

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПОДЛІСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

## Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису

## ГАЙДАЙ ЛЮБОВ СЕРГІЙВНА

УДК 635.652-042.75:631.559(477.4+292.485)

## **ДИСЕРТАЦІЯ**

# **ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ БОБОВО-РИЗОБІАЛЬНОГО СИМБІОЗУ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

06.01.09 – рослинництво

Сільськогосподарські науки

Подається на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії)

Науковий керівник – Шкатула Юрій Миколайович  
кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Кам'янець-Подільський – 2019

## АНОТАЦІЯ

**Гайдай Л. С. Особливості формування продуктивності та функціонування бобово-ризобіального симбіозу квасолі звичайної в умовах Правобережного Лісостепу України. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.09 – рослинництво. – Подільський державний аграрно-технічний університет, Кам'янець-Подільський, 2019 р.

У дисертаційній роботі викладені результати досліджень з вивчення особливостей росту, розвитку та формування симбіотичної, фотосинтетичної, індивідуальної та зернової продуктивності рослин квасолі звичайної залежно від впливу передпосівної обробки насіння штамами *Rhizobium phaseoli*. Проведена економічна та енергетична оцінка технології вирощування квасолі звичайної.

Ріст і розвиток рослин квасолі проходить в прямій залежності від умов навколошнього середовища, основними складовими якого є температура повітря і ґрунту, освітленість, вологість та мінеральне живлення. Продуктивність рослин обумовлюється наявністю цих факторів і чим більше вони відповідають біологічним особливостям культури, тим повніше реалізуються потенціальні можливості квасолі.

Під час дослідження насіння квасолі звичайної перед сівбою обробляли різними штамами мікроорганізмів. Залежно від цього дещо змінювались міжфазні періоди росту і розвитку рослин.

Тривалість періоду сівба–повна стиглість у рослин сорту квасолі Галактика, інокульованих різними штамами *Rhizobium phaseoli* в середньому за період дослідження 2014-2016 рр. відрізнялась на 1-2 доби.

Аналіз проведених досліджень показує, що тривалість міжфазних періодів залежить від гідротермічних умов вирощування. Тому, у 2015 році, за умов нестачі вологи цей період тривав довше на 10-13 діб порівняно з 2014 і 2016 роками. У варіантах, де квасолю інокульювали *Rhizobium phaseoli* (Ф-

16) + Регоплант + ЕПАА вказаний період був коротший на 1 добу порівняно з іншими варіантами.

За фенологічними спостереженнями встановлено, що у рослин квасолі звичайної сорту Славія, тривалість періоду сівба–повна стиглість за передпосівної обробки насіння (середнє за 2014-2016 рр.) також відрізнялася на 1-2 добиу порівняно з сортом Галактика.

Важливими показниками успішного симбіозу квасолі і ризобій є кількість і маса рожевих бульбочок на коренях, особливо в період найбільшої фотосинтетичної активності рослин. У середньому формування загальної кількості бульбочок найбільше відмічено у сорту Галактика – 15,6 шт. у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, У сорту Славія – 17,5 шт. відповідно. Серед них кількість активних бульбочок становила у сортів: Галактика – 9,5 шт. та Галактика – 11,8 шт. відповідно. За інтенсивністю нагромадження маси бульбочок у рослин у сортів квасолі звичайної в фазу цвітіння виділяється передпосівна обробка насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. У сорту Галактика загальна маса бульбочок становила 0,54 г/рослину, з них активних 0,48 г/рослину. У сорту Славія ці показники відповідно становили 0,57 та 0,51 г/рослину відповідно.

Передпосівна обробка насіння різними штамами азотфіксуючих мікроорганізмів вплинула на врожайність квасолі звичайної. В середньому за 2014-2016 роки рослини сорту Галактика формували урожайність в межах 1,22-1,96 т/га, у сорту Славія – 2,00-2,58 т/га.

За роки проведення досліджень, відмічено, що максимальна урожайність і максимальний приріст урожаю (порівнюючи з контролем) одержано у варіантах, де проводили передпосівну обробку насіння штамами *Rhizobium phaseoli* спільно з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА. Рослини сорту Галактика мали максимальну урожайність у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 1,96 т/га, із приростом до контролю у 0,74 т/га.

Аналогічно у сорту Славія максимальна урожайність становила 2,58 т/га, з приростом до контролю 1,36 т/га.

Хімічний склад насіння квасолі звичайної, обробленої азотфіксуючими штамами бактерій, відрізнявся від варіантів без обробки насіння. Так, у рослин сорту Галактика вміст сирого протеїну варіював від 21,55% – найнижчий рівень показника у варіанті без інокулювання (контроль), до 23,65% у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА. Вміст жиру становив від 2,26% до 2,87%, вміст клітковини від 3,78% до 4,71%, зола в межах 3,62-4,70%, відповідно.

Сорт Славія показав дещо вищі результати, порівнюючи з сортом Галактика. Вміст сирого протеїну змінювався у межах від 23,36% у варіанті досліду без обробки до 24,56% у варіанті з передпосівною інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. Рівень жиру у насінні коливався від 0,80% у варіанті без обробки насіння до 1,23% з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. Вміст клітковини був у межах від 4,00% до 4,98%, кількість золи коливалася від 3,29% до 3,96%.

В результаті проведених розрахунків економічної ефективності отримано найвищий рівень рентабельності – 106,34%, у варіанті, де висівали насіння квасолі сорту Славія, інокулюваного азотфіксуючим штамом мікроорганізмів *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант і прилипачем ЕПАА. Вказаний рівень рентабельності було отримано за рахунок найвищої урожайності насіння – 2,58 т/га, що забезпечило найнижчу собівартість 1 т зерна квасолі – 4984,61 грн./т. При цьому затрати на вирощування становили 12860,30 грн./т, а умовно чистий прибуток – 13675,17 грн./т, порівнюючи з іншими варіантами досліду.

За допомогою отриманого та узагальненого матеріалу рекомендовано у виробництво найбільш економічно вигідні та конкурентоспроможні елементи технологій вирощування квасолі звичайної сорту Славія в умовах

Правобережного Лісостепу України, що забезпечує формування урожайності зерна квасолі на рівні 2,58 т/га з вмістом сирого протеїну 24,56%.

**Ключові слова:** квасоля звичайна, передпосівна обробка насіння, сорт, насіння, штами *Rhizobium phaseoli*, симбіотична та фотосинтетична діяльність, індивідуальна продуктивність, урожайність, якість зерна, економічна та енергетична ефективність.

## ANNOTATION

**L. Haidai. Peculiarities of productivity formation and functioning of bean-rhizobial symbiosis of common Beans under the conditions of right-bank Forest-Steppe of Ukraine. – qualifying scientific work on the rights of manuscript.**

Dissertation for the degree of Candidate of Agricultural Sciences in specialty 06.01.09 – Plant cultivation. Podilskyi State Agrarian and Technical University, Kamyanets-Podilskyi, 2019.

The dissertation present the results of investigations on the studyof growth peculiarities, development and formation of symbiotic, photosynthetic, individual and grain productivity of common bean plants, depending on the effect of pre-treatment inoculation with nitrogen-fixing strains and pre-treatment with biopreparate is given. The economic and energy evaluation of common bean cultivating technology was carried out.

During the examination of seeds, common beans were treated with different strains of microorganisms prior to sowing. Depending on this, the interphase periods of plant growth and development changed somewhat.

Duration of the sowing period–complete stiffness in the beans Galaktyka plants, which were inoculated by different strains of *Rhizobium phaseoli*, averaged over the period of the 2014-2016 research for 1-2 days.

According to the phenological observations, it was found that in plants of beans of the usual Slavia variety, the duration of the period of sowing–the total maturation of the pre-sowing seed treatment also varied by 1-2 days, compared

with the grade of the Galaktyka.

Pre-sowing processing of seeds by different strains of nitrogen-fixing microorganisms was somewhat different. On average, in 2014-2016, plants of the Galaktyka breed reached a yield of 1,22-1,96 t/ha, of Slavia – 2,00-2,58 t/ha, respectively.

During the years of research, it was noted that the maximum yield and the maximum increment to the crop (compared to control) were obtained in variants where pre-sowing seed treatment was carried out with *Rhizobium phaseoli* strains together with the preparation Regoplant and EPAA adherent. The following data were obtained by us during the research: the plants of the Galaktyka variety had the maximum yield on variants with seed precipitate strain *Rhizobium phaseoli* (F-16) + Regoplant + EPAA – 1,96 t/ha, with an increase to control at 0,74 t/ha. Similarly, in the Slavia variety, the maximum yield was 2,58 t/ha, with an increase to 1,36 t/ha, respectively.

It was established by the results of researches that the chemical composition of common beans seed, treated with nitrogen-fixing strains of bacteria were differed from variants without seed treatment.

Thus, in plants of the Galaktyka variety, the content of crude protein varied from 21,55% – the lowest index in the variants without inoculation (control), up to 23,65% in variants with seed precipitate strain *Rhizobium phaseoli* (F-16) together with the use of the Regoplant preparation and adhesive EPAA. The fat content ranged from 2,26% to 2,87%, cellulose content from 3,78% to 4,71%, ash within 3,62-4,70%, respectively.

Grade Slavia showed somewhat higher results compared to the Galaktyka grade. The content of crude protein varied from 23,36% in the experiments without processing to 24,56% in variants with pre-sowing inoculation with the strain *Rhizobium phaseoli* (F-16) + Regoplant + EPAA. The level of fats in the seeds ranged from 0,80% in the variant without seed treatment to 1,23% with pre-seed treatment with the strain *Rhizobium phaseoli* (F-16) + Regoplant + EPAA. The fiber content was from 4,00% to 4,98%, the amount of ash ranged from 3,29% to

3,96%.

As a result of the performed calculations of economic efficiency, the highest profitability level was obtained – 106,34%, in variants where seeds of Slavia variety beans were fed, inoculated with Rhizobium phaseoli (F-16) + nitrogen-fixing strain of microorganisms, and Regoplant and EPAA adherent. This indicator was obtained at the expense of the highest seed yield – 2,58 t/ha, which provided the poorest cost of 1 ton of grain beans – 4984,61 UAH/t. At the same time, the costs of cultivation amounted to 12860,30 UAH/t, and conditionally net profit – 13675,17 UAH/t, comparing with other variants of the experiment.

With the help of the received and generalized material it is recommended into the production the most economically profitable and competitive of beans cultivation technology of the Slavia variety in the right-bank forest-Steppe Ukraine, which ensures the production of bean grain yield at the level of 2,58t/ha with the content of crude protein 24,56%.

**Key words:** *common beans, seed inoculation, pre-sowing seed treatment, symbiotic, photosynthetic, individual productivity, yield, economic, energy efficiency.*

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕТРАЦІЇ

***Статті у фахових виданнях України:***

1. Шкатула Ю. М., **Краєвська Л. С.** Біологічний азот в землеробстві Вінницької області. *Науково-теоретичний збірник ВІСНИК ЖНАЕУ*. Житомир, 2014. Вип. 1 (41), т. 3. С. 303-307. (*проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку*).
2. Шкатула Ю. М., **Краєвська Л. С.** Роль біологічного азоту в підвищенні насінневої продуктивності квасолі. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2016. Вип. 4. С. 231-239. (*проводення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку*).
3. **Краєвська Л. С.** Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної в залежності від передпосівної обробки насіння. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2017. Вип. 6 (Т 1). С. 166-174. (*проводення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку*).
4. **Гайдай Л. С.** Індивідуальна продуктивність і урожайність квасолі звичайної в умовах правобережного Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2017. Вип. 7 (т 1). С. 168–177. (*проводення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку*).
5. Мазур В. А., **Гайдай Л. С.** Економічна ефективність технології вирощування квасолі. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2018. Вип. 9. С. 17–28. (*проводення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку*).

***Статті у фаховому виданні України, що включено до міжнародних наукометрических баз даних, статті у закордонному виданні:***

6. **Краєвська Л. С.** Вплив передпосівної обробки насіння на врожайність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris L.*). *Агроекологічний журнал*. Київ, 2017. Вип. 2. С. 211–215. (*проводення досліджень, обробка*

*результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку).*

7. Краевская Л. С. Влияние предпосевной обработки семян на урожайность фасоли обыкновенной в почвенно-климатических условиях Правобережной Лесостепи Украины. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.* Горыки, Беларусь, 2017. Вып. 2. С. 80-82. (*проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку)*

**Опубліковані праці, які додатково відображають наукові результати:**

8. Шкатула Ю. М., Краєвська Л. С. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах квасолі. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету.* Дніпропетровськ, 2015. Вип. 4 (38). С. 73-76. (*проведення досліджень, обробка результатів та їх аналіз, підготовка статті до друку).*

**Тези і матеріали конференцій:**

9. Краєвська Л., Шкатула Ю. Бобові рослини в агросфері Тиврівського району вінницької області. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку:* матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (м. Переяслав-Хмельницький, 25-26 лютого 2014 р.). Переяслав-Хмельницький, 2014. С. 4-9.

10. Краєвська Л. С., Шкатула Ю. М. Агроекологічні особливості вирощування квасолі. *Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства:* матеріали наукової конференції (м. Умань, 25 березня 2014 р.). Умань, 2014. С. 238-239.

11. Краєвська Л. С., Шкатула Ю. М. Особливості формування біоенергетичної продуктивності квасолі залежно від технології вирощування. *Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки держави:* матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції (м. Вінниця, 17-18 жовтня 2014 р.). Вінниця, 2014. С. 38-40.

12. Краєвська Л., Шкатула Ю. Агроекологічні заходи вирощування

квасолі. *Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи:* тези III-ї Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (м. Дрогобич, 26-27 березня 2015 р.). Дрогобич, 2015. С.21-22.

13. **Краєвська Л. С.**, Шкатула Ю. М. Продуктивність квасолі сорту Галактика в залежності від інокуляції насіння. *Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні:* матеріали Восьмої міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 2-3 квітня 2015 р.). Львів, 2015. С. 243-247.

14. Шкатула Ю., **Краєвська Л.** Шляхи підвищення продуктивності квасолі в умовах Вінницької області. *Сучасні агротехнології: тенденції та інновації:* матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Вінниця, 17-18 листопада 2015 р.). Вінниця, 2015. Т.3. С. 349-352.

15. **Краєвська Л. С.** Продуктивність квасолі сорту Славія залежно від інокуляції. *Екологічні проблеми сільського виробництва:* Всеукраїнська науково-практична конференція (м. Вінниця, 7 грудня, 2016 р.). Вінниця, 2016. С. 18-19.

16. **Гайдай Л.** Особливості фотосинтетичного потенціалу квасолі звичайної залежно від інокуляції різними штамами *Phizobium Phaseoli* та біопрепаратом. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації:* матеріали XXXI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Переяслав-Хмельницький, 19 грудня 2017 р.). Переяслав-Хмельницький, 2017. Вип. 31. С. 28-31.

17. **Гайдай Л. С.** Вплив передпосівної інокуляції насіння на біометричні показники рослин квасолі звичайної. *Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері біологічних наук:* Міжнародна науково-практична конференція (м. Люблін, Польща, 27-28 грудня 2018 р.). Люблін, 2017. С. 130-133.

18. **Гайдай Л. С.** Ефективність симбіотичної азотфіксації агроценозів квасолі звичайної в залежності від передпосівної обробки насіння. *Проблеми*

*та перспективи розвитку сучасної науки: XXVI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Вінниця, 21 січня 2019 р.). Вінниця, 2019. С. 9-11.

19. Гайдай Л. С. Особливості впливу інокуляції зерна квасолі звичайної на якість насіння в умовах правобережного Лісостепу України. *Світові досягнення: XXXXV науково-практична конференція* (Лоренс, США, 1 березня 2019 р.). Лоренс, 2019. С.17-20.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ .....</b>	<b>2</b>
<b>СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ....</b>	<b>8</b>
<b>ЗМІСТ.....</b>	<b>12</b>
<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....</b>	<b>14</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>15</b>
<b>РОЗДІЛ 1. БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ</b>	
<b>(огляд літератури).....</b>	<b>21</b>
1.1. Значення і розповсюдження квасолі в світі та Україні.....	21
1.2. Агробіологічні особливості культури.....	26
1.3. Умови бобово-ризобіального симбіозу квасолі.....	31
1.4. Екологічне та ресурсозберігаюче значення біологічної азотфіксації .....	47
Висновки до розділу 1.....	60
За матеріалами розділу опубліковано наукові праці.....	61
Список використаних джерел до розділу 1.....	61
<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....</b>	
	<b>70</b>
2.1. Грунтово-кліматичні умови Правобережного Лісостепу .....	70
2.2. Ґрунт та погодні умови в роки досліджень.....	73
2.3. Матеріал та методика проведення досліджень.....	79
Висновки до розділу 2.....	84
За матеріалами розділу опубліковано наукові праці.....	84
Список використаних джерел до розділу 2.....	84
<b>РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ СОРТУ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН .....</b>	
	<b>88</b>
3.1. Польова схожість та виживання рослин .....	88
3.2. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин квасолі звичайної .....	91
3.3. Фотосинтетична діяльність рослин сортів квасолі звичайної .....	100
Висновки до розділу 3.....	114
За матеріалами розділу опубліковано наукові праці.....	115
Список використаних джерел до розділу 3.....	116

РОЗДІЛ 4. СИМБІОТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В АГРОЦЕНОЗІ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ.....	119
4.1. Особливості формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної .....	119
4.2. Загальний і активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної .....	126
4.3. Кількість фіксованого азоту повітря бобово-ризобіального симбіозу квасолі звичайної.....	128
Висновки до розділу 4.....	131
За матеріалами розділу опубліковано наукові праці.....	132
Список використаних джерел до розділу 4.....	132
РОЗДІЛ 5. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ, УРОЖАЙНІСТЬ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ...	134
5.1. Продуктивність сортів квасолі звичайної залежно від досліджуваних факторів .....	137
5.2. Урожайність зерна сортів квасолі звичайної .....	141
5.3. Вплив передпосівної обробки насіння на хімічний склад зерна сортів квасолі звичайної.....	145
Висновки до розділу 5.....	150
За матеріалами розділу опубліковано наукові праці.....	151
Список використаних джерел до розділу 5.....	151
РОЗДІЛ 6. ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ .....	154
Висновки до розділу 6.....	160
За матеріалами розділу опубліковано наукові праці.....	161
Список використаних джерел до розділу 6.....	161
ВИСНОВКИ .....	163
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ .....	165
ДОДАТКИ .....	166

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НААН – Національна академія аграрних наук

т – температура

°С – градус Цельсія

% – відсоток

га – гектар

м – метр

см – сантиметр

мм – міліметр

т – тонна

кг – кілограм

г – грам

мг – міліграм

л – літр

мл – мілілітр

грн. – гривня

тис. – тисяч

шт. – штук

млн. – мільйон

р. – рік

рр. – роки

ГДж – гігаджоуль

Дж – джоуль

pH – реакція ґрунтового розчину

NIP – найменша істотна різниця

Кеє – коефіцієнт енергетичної ефективності

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Останнім часом особлива увага звертається на виробництво зернобобових, що мають велике значення для поліпшення постачання населення продовольством. В даний час зібрано велику кількість зразків колекції зернобобових, в тому числі квасолі. Вивчення деяких біохімічних показників цих зразків має велике теоретичне і практичне значення [1].

Рослинний білок є найбільш важливою складовою частиною харчових і кормових ресурсів, використання яких суттєво впливає на стан здоров'я людей, їхній добробут, тривалість і рівень життя. Особливого значення це досягнуло у наші дні, коли має місце значний ріст населення нашої планети, що призводить у ряді країн до білкового голодування. У кінці ХХ сторіччя частка рослинного білка складала 70%, а 30% припадало на тваринний, у загальному балансі цього продукту [2].

Дефіцит рослинного білка залишається однією з найважливіших проблем сучасності. За останні роки вона не втратила своєї актуальності. Більшість вчених схильні вважати, що цей період має стати століттям зернобобових культур, за рахунок яких буде вирішено завдання збільшення виробництва рослинного білка для потреб тваринництва та харчування населення. В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва поповнення білкового дефіциту за рахунок власних ресурсів стає гострою необхідністю [3].

На сучасному етапі однією з причин білкового дефіциту є недостатнє використання рослинних ресурсів, зокрема представників родини Fabaceae видів роду *Phaseolus vulgaris*, яка включає біля 200 видів. Проте, висока продуктивність рослин квасолі можлива лише за умов максимального їхнього забезпечення елементами живлення. Азот – основний поживний елемент, що обумовлює родючість ґрунтів і врожайність сільськогосподарських культур, а біологічна азотфіксація є важливим

екологічно безпечним та економічно доцільним способом надходження його до бобових рослин [4, 5].

Дві основні властивості, що роблять бобові корисними для сільського господарства – це високий вміст білку в них і їхня здатність фіксувати атмосферний азот. Перевага біологічної азотфіксації реалізується тільки у симбіозі рослини з ефективно діючою бактерією. Факторами визначення симбіотичного процесу є генетична структура рослини-хазяїна і бактерії, навколоїшнє середовище і технологічні внески, такі як інокулянт і добрива [7].

Біологічна азотфіксація є одним з найбільш важливих джерел виробництва азоту, приблизно 65%, якого використовується у сільському господарстві [8].

Квасоля цінна високобілкова харчова культура, яка має різностороннє використання в народному господарстві. В її насінні міститься до 31% білку (із незамінних амінокислот вміст лізину коливається від 2 до 4% і триптофану – 0,1-0,2 %), 50-60% вуглеводів, до 3,6% жиру. В зелених бобах і насінні також містяться вітаміни групи В, С, каротин. В харчуванні використовуються як зріле зерно, так і борошно.

Завдяки здатності збагачувати ґрунт біологічним азотом (до 120 кг/га), та сприятлива фітосанітарна дія рослин квасолі на ґрунт дає можливість їй бути гарним попередником для багатьох сільськогосподарських культур. Квасоля здавна була традиційною культурою в Україні, але вона не знайшла широкого розповсюдження. Відсутність високоврожайних сортів придатних до механізованого збирання, недосконалість технології вирощування, недостатнє використання можливостей біологічної азотфіксації стримують вирощування квасолі у виробничих умовах.

Тому подальша розробка наукових основ екологічно безпечної технології її вирощування є важливою науковою проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**  
Дослідження по темі дисертаційної роботи виконані згідно з тематикою

наукових досліджень Вінницького національного аграрного університету на 2014-2016 рр. (номер державної реєстрації 0115U006788).

**Мета і завдання досліджень.** Метою досліджень є теоретичне обґрунтування і розробка наукових зasad підвищення ефективності процесу фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами *Rhizobium phaseoli* – квасоля звичайна, удосконалення технології вирощування, встановлення фотосинтетичного та симбіотичного потенціалів на основі агроекологічно-безпечних прийомів передпосівної обробки насіння штамами *Rhizobium phaseoli* в умовах Правобережного Лісостепу України.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- виділити високоефективні штами *Rhizobium phaseoli* на основі скринінгу селекціонованих бульбочкових бактерій;
- встановити вплив різних штамів бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli* на формування симбіотичного і фотосинтетичного апарату квасолі та виявити серед них найбільш ефективні для передпосівної обробки насіння;
- вивчити роль сортових особливостей квасолі в ефективності симбіозу з бульбочковими бактеріями;
- вивчити вплив біопрепаратів в поліпшенні симбіотичної фіксації азоту та фотосинтетичного потенціалу рослинами квасолі звичайної;
- дослідити дію штамів бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli* спільно з біопрепаратами на процес симбіозу, ріст, розвиток і врожайність зерна сортів квасолі звичайної;
- дати енергетичну і економічну оцінку запропонованим елементам технології вирощування квасолі.

*Об'єкти досліджень* – виділення високоефективних штамів *Rhizobium phaseoli*, процеси впливу штамів бульбочкових бактерій, біопрепаратів на ріст, розвиток, формування зернової продуктивності квасолі звичайної.

*Предмет дослідження* – квасоля звичайна, штами мікроорганізмів, сорти, технологія вирощування, біопрепарати.

**Методи дослідження:** польовий метод – вивчення властивостей системи ґрунт – Rhizobium phaseoli – квасоля звичайна, кількісні та якісні показники продуктивності квасолі звичайної; біохімічний – для визначення хімічного складу насіння; статистичні методи: дисперсійний, кореляційний, регресійний для визначення вірогідності різниць між досліджуваними факторами; порівняльно-розрахунковий – для визначення економічної і енергетичної ефективності технології вирощування квасолі звичайної.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Уперше в умовах Правобережного Лісостепу України:

- встановлено вплив різних штамів бульбочкових бактерій Rhizobium phaseoli на формування симбіотичного і фотосинтетичного апарату сортів квасолі звичайної;
- виявлено найбільш ефективні штами мікроорганізмів для передпосівної обробки насіння квасолі звичайної;
- встановлено вплив досліджуваних факторів на симбіотичну продуктивність, фотосинтетичний потенціал, урожайність та якісні показники зерна квасолі звичайної.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в удосконаленні технології вирощування квасолі звичайної, де урожайність зерна підвищилась до рівня 2,58 т/га в умовах Правобережного Лісостепу. Запропонована технологія вирощування квасолі звичайної на зерно впроваджена у ФГ «Зоря Василівки» Тиврівського району Вінницької області на площі 4,5 га, а також у ДП ДГ «Олександрівське» с. Олександрівка, Тростянецького р-ну, Вінницької області на площі 7,1 га.

**Особистий внесок здобувача.** Автором проведено аналіз сучасного стану досліджуваної проблеми, висунуто робочу гіпотезу, розроблено програму та методику досліджень (частка участі автора 90%), опрацьовано вітчизняні та зарубіжні літературні джерела, особисто виконано експериментальну й аналітичну роботу, узагальнено результати досліджень, сформульовано висновки і рекомендації виробництву. Матеріали, що

викладено у дисертації, отримано здобувачем особисто у процесі проведення досліджень.

**Апробація результатів дослідження.** Основні положення та результати наукової роботи обговорювались і доповідались на таких наукових конференціях: II Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку» (Переяслав-Хмельницький, 2014 р.); науково-практичній конференції «Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства» до 135-ї річниці від дня народження М. О. Ткаченка, випускника лісового відділення 1899 року Уманського училища землеробства і садівництва (Умань, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми екології та лісовпорядкування» (Житомир, 2014 р.); IV Міжнародній науково-технічний конференції «Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної безпеки держави» (Вінниця, 2014 р.); III Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи» (Дрогобич, 2015 р.); VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні» (Львів, 2015 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні агротехнології, тенденції та інновації» (Вінниця, 2015 р.); Міжнародній науковій конференції молодих учених «Інновації в сучасній агрономії» (Вінниця, 2016 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Екологічні проблеми сільського господарства» (Вінниця, 2016 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток земельних відносин та організаційно-економічне, правове, технологічне забезпечення агропромислового комплексу України» (Київ-Вінниця, 2017 р.); XXXI Міжнародній науковій інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (Переяслав-Хмельницький, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Modern methodologies, innovations, and operational experience in the field of biological sciences» (Люблін, Республіка Польща, 2017 р.);

Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції молодих вчених та студентів «International scientific and practical internet conference for young scientists and students» (Вінниця, 2018 р.); XXVI Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки» (Вінниця, 2019 р.); XXXXV науково-практична конференція «Світові досягнення» (Лоренс, США, 2019 р.).

Основні результати досліджень опубліковано у 19 наукових працях: серед них 5 статей у наукових фахових виданнях; 1 – у міжнародному виданні республіки Білорусь; 1 – у виданнях України, що включено до міжнародних наукометричних баз даних; 1 – додатково відображає наукові результати; 11 – матеріали конференцій.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Основний обсяг роботи становить 165 сторінок комп’ютерного тексту, містить 23 таблиці, 18 рисунків, 36 додатків, список використаних джерел сформований із 160 найменувань, з них латиницею – 17.

## РОЗДІЛ 1.

### БІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ

(Огляд літератури)

#### **1.1. Значення і розповсюдження квасолі в світі та Україні**

Останніми роками в Україні рівень споживання білка, особливо тваринного походження, істотно знизився; що не могло не позначитися на стані здоров'я населення. В підвищенні загального рівня та якості білкового харчування населення велике значення мають продовольчі зернобобові культури.

Одна з найбільш поширених зернобобових культур, що традиційно вирощується на території України, це – зернова квасоля, використання якої виправдано з урахуванням гарної збалансованості амінокислотного складу, високої засвоюваності, ефективності цінової політики.

Вирощування квасолі та переробка її на консервовану продукцію є перспективним напрямом, оскільки наша держава має сприятливі природнокліматичні умови для цього, а також достатній потенціал для виготовлення високоякісної продукції [8].

Серед зернобобових рослин відповідну нішу займає і квасоля – високобілкова продовольча культура. За світовими площами квасоля посідає провідне місце серед бобових культур (26 млн. га), проте в Україні вони незначні (блізько 20 тис. га), що складає в середньому за 2006 – 2008 рр. близько 5,4% у структурі посівних площ зернобобових культур. При цьому, середня врожайність її становить 1,6 т/га [9, 10].

Квасоля є цінною продовольчою культурою. Значення її в народному господарстві визначається високими смаковими та харчовими якостями. Продукти з квасолі дозволяють не тільки задовільнити потреби людини в рослинному білку, але урізноманітнюють раціон харчування, тому користуються великим попитом у населення. Найважливішою в харчовому відношенні складовою частиною насіння квасолі є білки, які беруть участь у

найважливіших функціях організму і не можуть бути замінені іншими харчовими речовинами [11].

Квасоля володіє високою потенційною врожайністю, яка реалізується в разі дотримання агротехнічних вимог і рекомендацій. Її середня врожайність у світі близько 0,07 т/га, а за оптимальних умов – сягає 3,0 – 4,5 т/га [12].

Квасоля користується великим попитом, особливо в якості продуктів харчування [13].

Квасоля є цінною високобілковою культурою, яку широко використовують в харчовій промисловості, медицині, косметиці. У зерні наявні речовини, які сприяють виведенню радіонуклідів з організму людини [14].

Її зерно містить до 32% білка, який за поживністю наближається до білків тваринного походження. Окрім білків, зерно місить 41,0-54,6% вуглеводів, 0,4-3,6% жирів, 2,2-6,6% клітковини, вітаміни Е, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, С, патогенну кислоту, рибофлавін, мінеральні речовини [15].

Особливістю квасолі є її багатий мінеральний склад – залізо (до 8 %), кальцій, фосфор, калій, натрій, магній, йод, клітковина, лимонна кислота, зольні речовини. Квасоля, як підтверджують наведені дані, є таким харчовим продуктом, в якому містяться майже всі речовини, необхідні для нормального харчування людини, що ставить її в число дієтичних продуктів.

Історія цієї найдревнішої культурної рослини планети налічує понад 7 тис. років. Вирощували її на присадибних ділянках як овочеву культуру, а пізніше квасоля поширилась на поля і стала однією з важливих зернобобових культур. В світі площі під посівами цієї культури щорічно збільшуються. За даними FAO, в 2007 році вони становили понад 914 тис. га проти 183 тис. га в 2002 році. Основними виробниками є Китай (218,5 тис. га), Індія (150 тис. га), Індонезія (150 тис. г) [16].

В Україні вирощуються різні сорти квасолі звичайної для отримання овочевої продукції, а стулки бобів застосовують у лікарських цілях. У медицині стулки плодів квасолі відомі під назвою *Phaseoli pericarpium*, мають

цукрознижуючу дію завдяки чому їх називають “рослинним інсуліном” і вважається, що стулки плодів всіх сортів квасолі звичайної придатні для застосування. Так, відомо, що одна склянка настою стулок квасолі відповідає 3 одиницям інсуліну. Для підсилення цукрознижувального ефекту їх застосовують в сумішах з іншою лікарською рослинною сировиною, наприклад, з листям чорниці звичайної [17].

Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris*), як свідчать дослідження, походить з Мексики та Центральної Америки. Це широко розповсюджений вид, який вирощується у тропіках, субтропіках, країнах помірного клімату. В Україні найчисельніша колекція квасолі, що складає 1748 зразків, підтримується в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва в м. Харкові [18].

Квасоля звичайна рідна культура для американського континенту і утворює частину традиційної дієти корінних американців, в більшості по всій площі Центральної та Південної Америки, задовго до приходу європейців у Америку. Дійсно, квасоля була серед культур, що іспанці і португальці швидко перемістили до Європи, з якої вона поширилась крізь територію Азії, Туреччину, Іран і до Китаю. Португальські торговці так само мріяли перевези квасолю звичайному до африканського континенту деякі 300 р. тому, де вона зараз є традиційною культурою, особливо у гірських місцевостях, що простягаються з Європи через Кенію, район Великих Озер і на південь до Малаві і Пд. Африки. Виробництво відбувається на дивовижно широкій географічній і екологічній межі, від 50° N широти до 40° S широти і на кожному континенті, крім Антарктиди [19].

У Кенії квасоля звичайна, найбільш дешева у вирощуванні зерна бобових з продуктивністю понад 414 000 тонн в рік [20].

У світі за кількістю та площами серед усіх зернобобових культур квасоля займає одне із перших місць та доволі поширену у світовому землеробстві. Її посіви в 70 країнах складають близько 27 млн. га, а обсяги виробництва від 17 до 20 млн. т. Ареал поширення цієї культури пов'язаний з генетичними центрами її походження, найбільші площини сконцентровано в

Азії та Америці.

В Україні квасолю вирощують в усіх зонах, але, як показали дослідження, найбільш сприятливою виявилась зона центральних, частини північних і західних областей.

До 20-х років ХХ ст. в Україні квасоля була неплановою культурою, та з розвитком городництва в колгоспах, радгоспах та в приміських смугах на поширення цієї культури почали звертати особливу увагу. Цьому сприяла висока цінність продуктів квасолі, за калорійністю вона перевищує м'ясо майже у 2,5 рази. На 100г продукту квасолі припадає 345 калорій, а на 100 г м'яса – 130 калорій, за що її вважають цінним та поживним продуктом харчування. Щодо інших культурних рослин вона є корисним попередником і надто важливою для сівозміни, оскільки забезпечує підвищення родючості ґрунту, поповнення балансу ґрутового азоту за рахунок його біологічної фіксації. Посівні площі за кордоном, на відміну від України, коливалися за роками, але увесь час мали тенденцію до збільшення [21].

У світовому виробництві найбільші площі під квасолю сконцентровано в тропічних та субтропічних поясах обох півкуль, більшість з яких відмічено в Америці, переважно у Мексиці, Бразилії, США (близько 650тис. га), Канаді, Перу, Чилі, Венесуелі. В Азії квасолю вирощують в Китаї (близько 440 тис. га), Японії, Бірмі, Туреччині та Ірані. Приблизно 850 тис. га квасолі знаходиться в Румунії, де була широко розповсюджена змішана культура кукурудзи із квасолею, більше 500 тис. га – в Італії. В Югославії площа квасолі складала 33 тис. га, але середній врожай буввищим за інші країни – 34,7 ц/га. Дрібнонасінні види квасолі, займали площу близько 3 млн. га та зосереджені в Індії, Пакистані, В'єтнамі, КНР, Корейській Народній Республіці та Японії, що свідчить про ріст посівних площ у світовому господарстві. Найвищі врожаї квасолі отримували в Італії – 34 ц/га, середні в США – 13,3 ц/га, мінімальні у Угорщині – 2,2 ц/га.

Варто зазначити, що посівні площі квасолі коливалися за роками залежно від кон'юнктури ринку. Основною країною експорту була Бразилія,

другорядними Мексика та Індія. Країнами-імпортерами – США, Англія, Франція тощо.

Розширення посівних площ було найбільш перспективним в районах, де отримували високі врожаї: в Україні, Молдавії, Грузії, а при введені у вирощування високоврожайних сортів – в районах чорноземної та в південній частині нечорноземної зони [22].

Вирощування і споживання квасолі в Україні набуває широкого розповсюдження. Для ефективного використання біологічного потенціалу сортів квасолі і ґрунтово-кліматичних умов Лісостепу важливе значення має розробка та впровадження у виробництво нової адаптивної сортової технології вирощування. Тому, лише всебічне вивчення агробіологічних особливостей квасолі та залежність від умов вирощування забезпечить досягнення високих показників продуктивності, збільшення виробництва зерна [23].

Попит і ціна її на насіння у світі постійно зростають. У той же час аграріями України цій культурі не приділяється належної уваги. Причинами цього є низька продуктивність культури, відсутність сортів та належної техніки для механізованого збирання, недосконалість елементів технології вирощування, недостатнє використання можливостей біологічної азотфіксації, ряд негативних факторів організаційно-економічного характеру стримують вирощування квасолі у виробничих умовах [24].

Україна відноситься до традиційних районів вирощування квасолі. Родючі ґрунти, достатня кількість вологи, тепла, світла при досить тривалому безморозному періоді дають можливість одержувати високі врожаї зерна культури, для чого необхідно застосовувати відповідні агротехнічні заходи, які забезпечували б оптимальний ріст і розвиток рослин з урахуванням їх морфо-біологічних особливостей [25].

У наш час низьке виробництво високобілкових продуктів харчування тваринного походження, їхня висока собівартість дає поштовх для збільшення площ під зернобобовими культурами. Однією з рослин цієї групи

є квасоля. Створення та впровадження у виробництво сортів квасолі, придатних до механізованого збирання – одна з основних умов для широкого розповсюдження цієї культури. Пошук та використання надійного вихідного матеріалу квасолі, який би характеризувався високими показниками придатності до механізованого збирання, прискорить процес розповсюдження даної культури на великих площах [26].

Історії походження квасолі присвятили свої наукові праці низка дослідників. За свідченнями Ази Грей, Вітмака, Н. Р. Іванова, В. І. Буданової, перші знахідки квасолі звичайної було виявлено в Перу приблизно 7680–10000 р. до н.е., але єдиної думки щодо походження квасолі не існує і сьогодні [27].

## **1.2. Агробіологічні особливості культури**

Квасоля – теплолюбна культура. Насіння квасолі звичайної починає проростати за температури 8-10°C. У разі зниження температури до 0°C рослини пошкоджуються, а за мінус 0,5-1°C – гинуть. У холодні й вологі роки квасоля сильніше уражується хворобами, слабо формує боби, нерівномірно достигає. Дещо менш вибаглива до несприятливих умов багатоквіткова квасоля.

Квасолю за характером росту розділяють на два типи: індетермінантний (незавершений) та детермінантний (завершений). За типом куща вона буває: витка, напіввитка, з завитою верхівкою, напівкущова та кущова. Довжина стебла рослини знаходиться в межах від дуже короткого (<20 см) до дуже довгого (>250 см). Насіння за масою 1000 штук буває від дуже дрібного (<101 г) до дуже крупного (>800 г), з різним характером забарвлення. Для вирощування квасолі на зерно сорти мають бути детермінантними, з стійкими проти розтріскування бобами, одночасно дозрівати, з високою стійкістю проти хвороб та шкідників, придатними для механізованого збирання, з високою врожайністю та дуже доброю розваристістю та смаковими якостями [28].

Культура досить вимоглива до умов навколошнього середовища. За повідомленням Ф. С. Стаканова біологічно мінімальною температурою повітря для формування нею вегетативних органів є 10-13°C, генеративних – 15-18°C, плодоношення – 15-20°C, а оптимальними відповідно 15-20°C, 18-22°C та 20-23°C [29].

Для нормального розвитку квасоля потребує вищих середньодобових температур, ніж горох. Оптимальна температура для її росту 20-25°C, для цвітіння – не вище 35°C. За вищої температури, особливо під час посухи, квітки і зав'язь засихають. Краще переносить посуху гостролиста квасоля або тепарі. Квасоля добре переносить легке затінення, тому її можна вирощувати у змішаних посівах з кукурудзою, картоплею та ін.

Звичайна квасоля дуже вибаглива до родючості ґрунту. Найбільші врожаї її вирощують на чорноземах та середньозв'язних суглинках і мергелистих ґрунтах, багатих на гумус і сполуки кальцію. На важких ґрунтах, які сильно ущільнюються, на холодних з близьким заляганням ґрутових вод та на засолених ґрунтах вона росте погано. Кислі піщані ґрунти для неї також малопридатні. Квасоля тепарі та лімська досить добре переносить солонцоватість ґрунтів у посушливих умовах.

У помірно теплих лісостепових районах і в Прикарпатті рекомендується розміщувати квасолю звичайну на південних схилах, де ґрунт швидше і більше прогрівається. На понижених місцях вона часто гине під час травневих приморозків.

Проблема рослинного білка, дефіцит якого ще значний при виробництві кормів, упродовж багатьох років є актуальною як з наукової так і практичної точки зору. Головною умовою її вирішення, незалежно від біологічних особливостей росту і розвитку культур, є максимальна реалізація сортового потенціалу для отримання урожайності і білка високої якості при збереженні родючості ґрунту [30].

Достатня волога, особливо важлива, коли формується бутон квітки для розміщення стручка. Занадто багато чи занадто мало вологи, або підвищення

температури є причиною цвітіння і опадання стручка. Екстремальна волога в ґрунті може також призвести до повторних стручків, в яких тільки перші кілька насінин розвиваються, залишивши іншу частину стручка квасолі зморщеною. Поливати рано вранці, щоб рослини висохли швидко для зменшення можливості зараження хворобами [31].

Останніми роками слідом за Європою в Україні посилилася тенденція до біологізації рослинництва (починаючи з удосконалення сівозміни, в яку включають трави і бобові культури). Дослідженнями ряду вчених встановлено, що після збирання бобових культур у ґрунті збільшується вміст фосфору та калію порівняно з колосовими [32, 33].

В умовах Лісостепу, квасоля звичайна формує високі і сталі урожаї зерна тільки за сприятливих погодних умов, оптимальній густоті рослин та широкорядному способі сівби. У міру загущення рослин квасолі звичайної від 500 до 800 тис. шт./га висота прикріплення нижніх бобів збільшується. Найвищий показник прикріплення нижнього бобу був відмічений у сорту Мавка за звичайного рядкового способу сівби з шириною міжрядь 15 см при густоті рослин 500 тис. шт./га. Висота прикріплення верхнього бобу та зона плодоношення зменшуються. Найвищу урожайність зерна квасолі – 2,89 т/га відмічено у сорту Мавка у варіанті досліду з густотою рослин 600 тис. шт./га при широкорядному способі сівби з шириною міжрядь 45 см, з приростом до контролю – 0,41 т/га. На урожайність зерна квасолі звичайної, в більшій мірі впливає сорт (54%) ніж спосіб сівби (33%) та густота рослин (13%) [34].

Цінна біологічна особливість зернобобових культур – їхня здатність до засвоєння азоту з повітря, яка здійснюється по-різному залежно від культури і умов вирощування. У рослин гороху, квасолі і вики здатність до засвоєння азоту з повітря становить 60-65% [35]. Позитивна дія бобових культур, як азотнагромаджувачів, здійснюється тільки при симбіозі із специфічними бульбочковими бактеріями. Тому використання біопрепаратів бульбочкових бактерій типу ризоторфіну є запорукою одержання високих врожаїв бобових культур з підвищеним вмістом білка [36].

У відношенні до удобрення зернобобових культур існують суперечливі думки, особливо до застосування азотних добрив. Проте, результати переважної більшості досліджень свідчать про позитивну дію азотних добрив на бідних ґрунтах з низькою природною родючістю, коли відсутні умови для ефективної діяльності бульбочкових бактерій. Для отримання високих врожаїв насіння зернобобових культур з якісними показниками в більшості випадків достатньо вносити стартові дози (20-30 кг/га) азотних добрив [37].

У бобових дефіцит фосфору особливо впливає на симбіотичну фіксацію  $N_2$ , обмежуючи зростання і виживання ризобій, формування бульбочок і функціонування, і ріст рослини-хазяїна [38].

На урожайність і якість насіння зернобобових культур позитивно впливають фосфорно-калійні добрива.

Насіння квасолі висівають тоді, коли ґрунт на глибині 10 см прогріється до 10-12°C і міне загроза весняних приморозків. У південних районах України і Закарпатті – це третя декада квітня, в Лісостепу і на Поліссі – кінець квітня – перша половина травня. У разі використання плівкового покриття висівати насіння можна на 5-10 днів раніше. Щоб подовжити період споживання цукрових сортів квасолі, її доцільно висівати у 2-3 строки з інтервалом 15-20 днів. Останній строк сівби – третя декада червня. Для останнього строку сівби слід використовувати ранньостиглі сорти.

Насіння кущових і напівкущових сортів квасолі висівають широкорядним способом з шириною міжрядь 30-45 см або стрічковим – за схемою 50×20 см; 50×20×20×20 см. У рядку насіння висівають на відстані 5-10 см. Напіввиткі сорти квасолі висівають переважно три- і чотири стрічковим способами. Ширина міжрядь 50-60 см, відстань між рядками в стрічці 20 см. У рядку насіння розміщують на відстані 8-12 см. Норма висіву залежить від маси насіння і способу сівби. У середньому вона становить від 20 до 60 г/м<sup>2</sup>. Глибина загортання насіння 4-8 см залежно від маси насіння.

Після з'явлення сходів міжряддя розпушують на 4-6 см. Подальший

догляд за рослинами полягає в 2-3 разовому розпушуванні міжрядь, виполюванні бур'янів у рядках, боротьбі з шкідниками і хворобами. Слід зазначити, що розпушувати ґрунт у міжряддях квасолі глибоко не можна, оскільки коренева система її розміщується у верхньому його шарі. В разі її пошкодження продуктивність рослин знижується.

Збирають боби квасолі на лопатку в технічній стигlostі через 12-18 діб після цвітіння. Боби мають характерне для сорту забарвлення, стають соковитими, крихкими, а насіння в них досягає розміру пшеничного зерна. Збирають їх систематично, через кожні 2-6 діб (залежно від погодних умов року), краще в ранкові години, коли боби мають підвищену соковитість і більшу крихкість. Запізнення із збиранням призводить до втрати соковитості, утворення грубих волокон і зниження якості продукції, особливо напівцукрових сортів. Зібрани боби зберігають у холодильниках за температури 0-1°C не довше однієї доби. На зерно квасолю збирають у біологічній стигlostі, коли луски бобів стають м'якими і тонкими. Запізнюватись із збиранням врожаю не можна, оскільки пересохлі боби розтріснуються і насіння з них висипається. Збирати квасолю краще в ранкові години (боби зволожені і не розтріснуються). Рослини виривають з ґрунту, в'яжуть у невеликі снопи і розставляють під навісом для дозрівання.

Якщо в цей період тепла і суха погода, снопи для дозрівання можна розставляти і на городі, підстеливши під них поліетиленову плівку або інший матеріал (під час дозрівання боби розтріснуються і насіння висипається). Після дозрівання (5-20 днів залежно від погоди) квасолю обмолочують і очищають.

При повному досягненні збирають квасолю однофазовим способом. Для цього жниварку комбайна обладнують опірним положком із сталевого листа завтовшки 3 мм, завдовжки 400 мм та шириною, рівною ширині жниварки. Встановлюють його під переднім бруском [39].

Низька придатність сортів до механізованого збирання є однією з причин, що стримують поширення квасолі як польової культури. Найбільш

придатними для механізованого вирощування є високорослі детермінантні та кущові із завиваючою верхівкою форми, що мають стиснуту форму куща, незначне гілкування та високе прикріплення нижніх бобів, стійкі до вилягання та обсипання [40].

### **1.3. Умови бобово-ризобіального симбіозу квасолі**

Надійним шляхом одержання високоякісних, екологічно безпечних продуктів переробки квасолі є впровадження у виробництво екологічно безпечної технології, яка передбачає підсилення функціонування симбіотичної системи, застосування методів алелопатичної біостимуляції макро- і мікросимбіонтів [41, 4].

Одним з найбільш важливих шляхів використання переваг взаємодії мікроорганізмів і підтримання різноманітності сільськогосподарських екосистем, є використання наземних мікроорганізмів. Зараз бактерії ризосфери використовують для біологічних добрив у багатьох країнах. Деякі дослідники вважають, що азотфіксація спадкова властивість сортів квасолі звичайної генетично відрізняється у біологічній азотфіксації [42].

Природою закладені всі механізми управління найважливішими біосферними процесами: азотфіксація, фосфатмобілізація, антагонізм мікроорганізмів до фітопатогенів, синтез багатьма ґрутовими мікроорганізмами біологічно активних речовин, здатних суттєво впливати на фізіологічний стан рослин і їхній імунітет, викликати епізоотії у шкідників сільськогосподарських культур тощо. Активізація рослинно-мікробної взаємодії є потужним фактором підвищення продуктивності агроценозу, хоча в сільськогосподарській практиці використовується недостатньо. Тому необхідна широкомасштабна біологізація агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур для забезпечення умов реалізації природних процесів [43].

У життєвому циклі бульбочкових бактерій можна виділити дві стадії: стадію вільноіснуючих гетеротрофів та стадію симбіотичної взаємодії з

бобовими рослинами. Під час сапрофітного існування (*ex planta*) екологічною нішею для ризобій є ґрунт, який забезпечує їх необхідними елементами живлення. Після проникнення мікроорганізмів у корені бобових (*in planta*) екологічною нішею для бульбочкових бактерій стає рослина, фізіологічні та генетичні особливості якої безпосередньо впливають на мікросимбіонта.

Бульбочкові бактерії широко розповсюжені в ґрунтах. Поширення бульбочкових бактерій у різних ґрунтах визначають за наявністю кореневих бульбочок. Зазначений метод дозволяє врахувати лише вірулентні штами ризобій, які селекціонуються рослиною-живителем. Незважаючи на те, що в ґрунті в значній кількості можуть бути наявні невірулентні бактерії, саме вірулентні ризобій вносять найбільший вклад у накопичення біологічного азоту. Незважаючи на те, що бульбочкові бактерії є одним з головних компонентів агроекосистем бобових рослин, вони складають відносно невелику частину ґрутових мікроорганізмів. Так, штами *Rhizobium* *Bradyrhizobium* становлять 0,1-8,0% від загальної кількості бактерій у ризосфері та 0,01-0,14% від їхньої біомаси [5].

Чисельність бульбочкових бактерій у різних ґрунтах значно варіює і залежить від низки абіотичних, біотичних та антропогенних факторів. Чисельність ризобій, специфічних до тих бобових культур, які є в складі дикої флори або культивуються довгий час у даній місцевості, вимірюється порядками  $10^4$ - $10^6$  клітин в 1 г ґрунту, а рослин, які рідко вирощуються –  $10^1$ - $10^3$  клітин в 1 г ґрунту. Після тривалого існування ризобій без бобової рослини чисельність їх знижується і вони поступово зникають з мікробного ценозу ґрунту. У ґрунтах, де тільки починають вирощувати певні види бобових культур, бульбочкові бактерії взагалі можуть бути відсутні. У ґрунті існують бульбочкові бактерії, які відрізняються за активністю, вірулентністю та конкурентноздатністю. У різних ґрунтах змінюється лише їхнє кількісне співвідношення. Окультурення ґрунтів, особливо пов'язане з внесенням органічних добрив або вапнуванням, покращує умови для розмноження та розвитку ризобій. Активні штами цих бактерій частіше трапляються в

нейтральних ґрунтах (чорноземах, окультурених дерново-підзолистих) [41].

Аборигенні популяції ризобій, на відміну від несимбіотичних бактерій, характеризуються високою гетерогенністю. У ґрунті одночасно можуть існувати як вірулентні, так і фенотипно наближені до них невірулентні штами, а також значна кількість рекомбінантних генотипів. Важливу роль у процесі формування структури популяцій бульбочкових бактерій та забезпечення їхньої гетерогенності має перенос плазмід між штамами в ґрунті. Плазміди ризобій можуть виступати у ролі векторів для переносу хромосомних генів цих мікроорганізмів.

На долю бульбочкових бактерій у ґрунті істотно впливає рослинно-живитель. Це зумовлено: 1) впливом кореневих видіlenь, 2) розмноженням бульбочкових бактерій у бульбочках з наступним виходом їх у ґрунт, 3) здатністю рослини-живителя “вибирати” певні генотипи ризобій з ґрутової популяції. За присутності рослини відбувається різке збільшення чисельності специфічних бульбочкових бактерій, оскільки в ризосфері бобових культур створюються більш сприятливі умови для їхнього розвитку, ніж у ґрунті, віддаленому від коренів. Існування ризобій у прикореневій зоні значною мірою залежить від кореневих видіlenь, які містять різноманітні поживні речовини та біологічно активні сполуки [19].

Г. Лисичкою вивчено динаміку чисельності бульбочкових бактерій сої в ризоплані та ризосфері сої, гороху, ячменю та в ґрунті без рослин за різних початкових рівнів внесення популяції. Відмічено тенденцію до стимуляції розвитку ризобій поблизу кореня рослини-живителя. В ризосфері та в ґрунті без рослин спостерігали чітку залежність рівня стабілізації чисельності бактерій від рівня внесення. Проте в ризоплані стабілізація чисельності ризобій сої на певному рівні відбувалася незалежно від рівня початкової щільності популяції. Автори дійшли висновку, що зона впливу рослини-живителя на бульбочкові бактерії максимально наблизена до кореневої поверхні [44].

Дослідження, проведені П. Кожевіним, свідчать, що простір ризосфери

сої не є однорідним для розвитку бульбочкових бактерій сої. Їхня чисельність у різних точках кореня значно розрізняється. На початку спостережень (168 годин) максимальна кількість мікросимбіонта спостерігалася не на поверхні кореня, а на відстані близько 1 мм від нього. З часом зона максимальної щільності популяції була відмічена на відстані 0,5 мм до кореня і на кінець досліду (через 888 годин) спостерігалася на його поверхні. Важливе значення у взаємовідносинах мікро- і макросимбіонтів мають генетична природа штаму та сорт рослини. Так, для ризобій характерним є збільшення генетичного різноманіття бактеріальних популяцій у присутності рослинно-живителя, оскільки умови розвитку мікроорганізмів у ризосфері сприяють більш інтенсивному переносу генів між різними штамами, ніж у ґрунті. Тому в природі має місце високий поліморфізм за симбіотичними ознаками популяцій бульбочкових бактерій та сортів бобових рослин [45].

Слід зазначити, що серед бобових культур існують форми, які не вступають у симбіотичні відносини із специфічними ризобіями. Прикладом можуть бути афганський горох, стійкий до інфікування більшістю європейських штамів *R. leguminosarum*, та безбульбочкова соя. Дано ознака детермінована наявністю у рослин генів, що зумовлюють стійкість до нодулляції.

Після переходу до симбіотичного стану бульбочкові бактерії ведуть зовсім інший “спосіб життя”, екологічною нішею для них стають бульбочки. Вони захищають бактерії від дії зовнішніх несприятливих факторів та забезпечують їх поживними речовинами у вигляді рослинних фотоасимілятів. Бактерії, в свою чергу, надають рослинам продукти біологічної фіксації азоту, необхідні для побудови рослинного організму. В результаті взаємодії генетично гетерогенної популяції вірулентних ризобій з рослиною-живителем у ній збільшується частка штамів, які здатні активно фіксувати азот повітря. Згідно “альtruїстичної” моделі, відбір на підтримку генів азотфіксації відбувається завдяки “альtruїзму” не бактерій по відношенню до рослини, а одних бактеріальних клітин (бактероїдів) по

відношенню до інших (недиференційованих бактерій) [5].

Симбіоз бобових рослин з бульбочковими бактеріями є вигідним для макросимбіонта лише за умов дефіциту зв'язаних форм азоту, а за наявності азотовмісних сполук утворення бульбочок не завжди покращує розвиток рослин. Відносини бульбочкових бактерій з зовнішнім середовищем у цей період регулюються рослиною-живителем, а вплив ґрунту проявляється тільки опосередковано. Фактори, які негативно діють на рослину, таким же чином діють і на розвиток бульбочкових бактерій та функціонування бульбочок.

На взаємовідносини бульбочкових бактерій з рослиною-живителем впливають різноманітні екологічні фактори: абіотичні, біотичні та антропогенні. Ці фактори регулюють утворення бобово-ризобіального симбіозу та нерідко відіграють визначальну роль у реалізації потенційних можливостей симбіонтів і ефективності даної системи [41].

Оскільки бульбочкові бактерії довгий час існують в ґрунті як сапрофіти, на їхній розвиток, фізіологічні властивості і здатність вступати у симбіотичні взаємовідносини з рослинами істотно впливає механічний склад ґрунту та вміст у ньому гумусу. Тип ґрунту та його властивості можуть обмежувати або, навпаки, сприяти розповсюдженню та домінуванню в ньому бактерій, різних за активністю. Дослідження, проведені В. Тильбою, свідчать, що для різних типів ґрунтів показник бульбочкоутворення у сої достатньо стійкий і найсприятливіші умови для нодуляційного процесу створюються у багатих на гумус ґрунтах.

Одним з головних екологічних факторів для бульбочкових бактерій є температура. Вони стійкі до низьких температур і гинуть при температурі вищій 50°C. Значне підвищення температури призводить до зниження чисельності *B. Japonicum* у ґрунті [46].

Оскільки ризобії та бобові рослини по-різному реагують на температурний стрес, вплив температури на симбіоз визначається сортотипомовою взаємодією. Ю. Стояновою встановлено, що із збільшенням

температури від 18 до 28°C підсилюється ріст рослин в 1,4-1,7 рази, фіксація молекулярного азоту в 1,3-4,2 рази та підвищується урожайність в 1,9-3,6 рази. З іншого боку, в польових умовах зниження температури під час вегетації затримує розвиток рослин та уповільнює процес бульбочкоутворення. Дефіцит вологи або перезволоження негативно впливають як на рослину-живителя, так і на бульбочкові бактерії. Вважається, що оптимальна вологість, яка необхідна для формування та ефективного функціонування симбіотичної системи, становить 60-70% повної вологоємності. Так, у період посухи у бобових рослин знижується азотфіксувальна активність та поглинання мінерального азоту кореневою системою. За умов нестачі або надлишку вологи у бульбочкових бактерій порушується респіраторна функція, внаслідок чого зменшується їхня чисельність в екотопі [47].

На ріст та розвиток бульбочкових бактерій також істотно впливає аерація ґрунту. Вважається, що при кисневому голодуванні для виживання ризобій у ґрунті велике значення можуть мати окиси азоту, які використовуються як акцептори електронів. Зниження концентрації кисню біля коренів призводить до слабкого розвитку кореневої системи та зменшення кількості бульбочок і рівня поглинання коренем калію, кальцію і фосфору.

Симбіотичні системи дуже чутливі до реакції ґрунтового розчину. Оптимальне значення pH для ефективного функціонування симбіозу становить 6,5-7,0. У більшості випадків низькі значення pH призводять до зниження активності та вірулентності бульбочкових бактерій або до їх загибелі. Разом з тим, існують штами, які витримують низькі значення pH (на рівні 4,5) і при цьому мають високу нодуляційну здатність. Важливо підкреслити роль рослини-живителя як екологічного фактору, який корегує вплив кислотності ґрунту на вірулентність та активність ризобій [20].

Багатьма дослідниками вивчалася специфіка азотного живлення бобових рослин та вплив різних доз азотних добрив на взаємовідносини їх із

бульбочковими бактеріями. Встановлено, що соя та квасоля належать до групи бобових культур, у яких однаково виражена активність автотрофного та симбіотрофного типів живлення. Коефіцієнт ефективності у них наближається до 100%. У роботі Г. Троїцької, показано, що за сприятливих умов соя здатна формувати високі врожаї переважно за рахунок симбіотичної азотфіксації. Запаси мінеральних сполук азоту в ґрунті забезпечують потреби рослин у цьому елементі до початку функціонування бульбочок. Внесення мінерального азоту, як правило, знижує рівень використання молекулярного азоту пропорційно використаній дозі добрива.

Істотний вплив на бобово-ризобіальний симбіоз має вміст у ґрунті фосфору, калію та мікроелементів. Так, при використанні фосфорно-калійних добрив покращується розвиток кореневої системи рослин, підвищується кількість бульбочок та ефективність симбіозу. Відмічено позитивний вплив мікроелементів на ріст і розвиток бульбочкових бактерій, процеси нодуляції та функціонування леггемоглобіну і нітрогенази. Недостатня кількість цих елементів у ґрунті призводить до порушення нормального розвитку бульбочок та зниження активності азотфіксації [48].

Серед біотичних факторів найбільше значення для ризобій мають кореневі виділення бобових рослин. Вони можуть істотно впливати на популяції бульбочкових бактерій в екотопі, стимулювати або пригнічувати їхню активність. У місцевих популяціях цих мікроорганізмів відбувається відбір за реакцією на умови прикореневої зони рослин та ґрунту. У літературі є також повідомлення щодо впливу на ризобій кореневих ексудатів небобових рослин. Так, у роботі Г. Лисичкиної [44] показано стимуляцію розвитку бульбочкових бактерій сої кореневими виділеннями ячменю.

Антропогенний вплив на бульбочкові бактерії проявляється у застосуванні в сільськогосподарській практиці речовин, які порушують природну взаємодію ризобій з рослиною-живителем, що може привести до спрощення біологічних систем. Під впливом екологічних факторів обмежується розмір та активність популяцій бульбочкових бактерій у

природних екотопах, регулюється формування та продуктивність рослинно-мікробних систем. Дані щодо активності окремих компонентів агроценозу та їх взаємозв'язку з іншими компонентами, а також реакції на природні та антропогенні чинники можуть слугувати цінним матеріалом для прогнозування процесів, що відбуваються в агроекосистемах, з метою забезпечення їх стабільності [49].

Відомо два основних природних шляхи зв'язування молекулярного азоту – фізико-хімічний і біологічний. Перший пов'язаний з впливом на молекулярний азот електричних розрядів, які бувають під час грози. Кількість зв'язаного таким чином азоту незначна і не відіграє великої ролі в живленні рослин.

Другий шлях фіксації молекулярного азоту пов'язаний з життєдіяльністю мікроорганізмів, що належать до двох груп: мікроби, які перебувають у симбіозі з рослинами, та азотфіксатори, що вільно живуть у ґрунті та воді.

Для створення ефективної симбіотичної системи *Rhizobium* – бобовим рослинам необхідний ретельний добір симбіотичних партнерів, який вимагає постійного оновлення сортів вирощуваних бобових рослин і штамів бульбочкових бактерій [50, 51, 52].

Азот – життєво важливий елемент для росту рослин, який зазвичай поглинається у вигляді нітрату чи амонію, беручи участь у білках, ферментах і структурі хлорофілу. Сільськогосподарські землі забезпечують азотом застосовуючи сечовини і амонійно-нітратні хімічні добрива, але шкідливий вплив цих хімічних внесків надихнув дослідників зробити стійку сільськогосподарську практику, наприклад: застосування біологічних добрив. *Rhizobium* посівний – біодобриво, яке відповідає деякій частині бобових, вимагає азот через біологічну азотфіксацію. Ця система біологічної азотфіксації може фіксувати 70-85 млн. т азоту в рік, який становить 50% світового азоту, що фіксується і еквівалентний до всіх факторів виробництва хімічного добрива [53].

Біологічна азотфіксація тісно пов'язана з фотосинтезом. Тому для формування високої продуктивності посівів квасолі необхідно добитися того, щоб ці два біопроцеси мали максимальне значення.

Накопичення біологічного азоту бобовими культурами відбувається за наявності у ґрунті симбіотично активних бульбочкових бактерій. Відсутність мікросимбіонтів призводить до зміни екологічної функції бобових: вони з культур, які акумулюють азот атмосфери, перетворюються у культури, що використовують азот ґрунту [5].

Обмеження поживних речовин може бути основним показником зменшення азотфіксації і урожаю бобових. У культур квасолі звичайної, вирощених на андалузьких ґрунтах (Пд. Іспанія) низька реакція ризобій інокулянтів була поєднана з високими рівнями залишків нітрату у ґрунтах і низькою концентрацією Р і В листя. Квасоля, як правило, вважається бідною у азотфіксації, особливо чутлива до кількості нітрату, у порівнянні з іншими бобовими. Високий рівень N у ґрунті впливає на утворення бульбочок і на сам процес азотфіксації. Збільшення постачання обмеження поживних речовин може поліпшити симбіотичну азотфіксацію квасолі, в присутності високої концентрації N [54].

Широке використання мікробних препаратів у практиці агропромислового виробництва зумовило необхідність систематичного пошуку активних штамів бульбочкових бактерій для збільшення ефективності функціонування бобово-ризобіального симбіозу.

Широке застосування мінеральних азотних добрив у рослинництві гальмують доволі високі енергетичні затрати на їх виробництво, що в умовах нинішньої світової фінансової кризи спонукає дослідників до пошуку альтернативних шляхів забезпечення сільськогосподарських культур необхідними сполуками цього елемента. Саме таким шляхом є його біологічна фіксація з повітря мікроорганізмами, здатними зв'язувати молекулярний азот атмосфери й перетворювати його на сполуки, придатні для засвоєння рослинами. У зв'язку з цим серед заходів поліпшення азотного

живлення рослин в агрокультурі особливе місце належить теоретичним і практичним розробкам, спрямованим на значне підвищення рівня біологічного перетворення азоту атмосфери на органічні азотовмісні сполуки мікроорганізмами-азотфіксаторами, насамперед бульбочковими бактеріями. Останні у симбіозі з бобовими рослинами здатні фіксувати молекулярний азот повітря, забезпечувати потребу в ньому макросимбіонтів і накопичувати його в орному шарі ґрунту в кількості від 40 до 500 кг/га за рік залежно від вирощуваної бобової культури [5].

Актуальним сьогодні є також пошук нових азотфіксувальних мікроорганізмів і створення на їх основі ефективних симбіотичних асоціацій, які можна було б застосовувати для підвищення врожайності сільськогосподарських культур і водночас запобігати забрудненню навколишнього середовища синтетичними сполуками.

Фундаментальні дослідження біологічної фіксації атмосферного азоту, що проводяться вченими багатьох країн світу, спрямовані на вивчення її механізмів, деталізацію перебігу фізіологічно-біохімічних процесів, які відбуваються під час зв'язування інертної молекули азоту в доступні рослинам азотні сполуки. Практичний аспект розробок у цьому напрямі полягає в пошуку шляхів мобілізації внутрішніх резервів азотфіксаторів для досягнення максимальної інтенсифікації процесу. Успішне вирішення цих завдань можливе лише за умови з'ясування суті багатьох фізіологічних і біохімічних реакцій, що сприяють посиленому синтезу й функціонуванню ферментного нітрогеназного комплексу, який відповідає за біологічне зв'язування молекулярного азоту [4].

Первинна взаємодія між мікроорганізмами й рослинами під час формування симбіозу відбувається ще в період проростання насіння бобових, коли біологічно активні речовини, що інтенсивно декретуються насінням у навколишнє середовище, здатні змінювати властивості бульбочкових бактерій. Зокрема, показано, що ексудати насіння бобових культур можуть впливати на здатність специфічних бульбочкових бактерій формувати

симбіотичні взаємовідносини з рослинами. Спрямованість впливу ексудатів насіння залежить від їхньої концентрації, тривалості періоду проростання насіння, сорту рослин, симбіотичних характеристик штамів-інокулянтів. Слід зазначити, що ексудати бобових у певних концентраціях здатні стимулювати ростову активність бульбочкових бактерій [55].

Специфічний характер взаємодії бобових рослин із бульбочковими бактеріями під час формування симбіозу полягає у здатності певного виду ризобій інфікувати відповідну йому рослину з утворенням кореневих бульбочок. Молекулярною основою такої здатності до «роздільання» симбіопартнерів вважають вуглевод-білкову і білок-білкову взаємодію, яка ґрунтуються на універсальній властивості лектинів (рослинних білків) специфічно й неспецифічно взаємодіяти з вуглеводними детермінантами біополімерів без їх хімічного перетворення. Вони можуть взаємодіяти як із моно-, так і з олігосахаридами, а також із залишками вуглеводів, що входять до складу деяких органічних речовин – глікопротеїдів, полісахаридів, глікозидів. Ці властивості особливо чітко виявляються в процесі формування симбіотичних взаємовідносин між бобовими рослинами і бульбочковими бактеріями. За таких умов лектин бобової рослини зв'язується з полісахаридами лише специфічних для неї ризобій, так відбувається «роздільання» симбіопартнерів.

Лектини виявляють специфічну біологічну активність щодо бульбочкових бактерій і мають важливе значення не лише в їхньому «роздільанні» рослиною, а й в адсорбції та зв'язуванні з коренями рослини-хазяїна, формуванні й функціонуванні бульбочок. Зокрема показано, що в разі інкубації ризобій із лектином перед інокуляцією значно збільшується кількість інфекційних ниток у коренях рослин, а також змінюється вірулентність й конкурентоспроможність бактерій. У зв'язку з цим дослідження ролі лектинів у формуванні бобово-rizobіального симбіозу вельми актуальні, їхньої результати дають змогу не тільки наблизитися до розуміння загальної біологічної проблеми «роздільання», а й з'ясувати

напрями дії цих білків, розробити заходи коригування симбіотичних взаємовідносин між мікро- і макропартнерами. Останнє відкриває шлях до істотного підвищення ефективності симбіотичної фіксації молекулярного азоту. Всі аспекти біологічної ролі лектинів, у тому числі лектинів бобових рослин, остаточно не з'ясовані. Зважаючи на те що ці білки містяться в різних тканинах і органах рослин, вони мусить мати важливе і водночас різnobічне значення для їхньої життєдіяльності [42].

Відповідальною стадією, яка передує ініціації інфекції, є адсорбція ризобіальних клітин на коренях рослини-хазяїна. Адсорбція бульбочкових бактерій на коренях бобових рослин, як перша стадія формування симбіозу не має чітко вираженої специфічності, тобто на коренях рослин можуть адсорбуватись і гомо-, і гетерологічні їм бульбочкові бактерії, проте гомологічні (специфічні) – у значно більшій кількості [5].

Роль лектинів у формуванні симбіозу не обмежується лише їх зв'язуванням із глікополімерами мікросимбіонта на початкових етапах контакту з коренями рослин. Такий вплив виявляється у стимуляції гомологічним лектином партнерів симбіозу та нейтральній або супресорній дії лектину, невідповідного цим симбіонтам. Лектини як рецепторні молекули беруть участь не лише на первих етапах взаємодії ризобій із коренями рослини-хазяїна, а й виконують роль сигналльних молекул і біологічно активних речовин у подальшому формуванні й функціонуванні азотфіксувальної симбіотичної системи.

Симбіотичні властивості ризобій, від яких залежить рівень азотфіксувальної активності бобових, істотно впливають на лектинову активність не лише утворених ними бульбочок, а й інших органів цих рослин. Серед численних наукових доробок у галузі лектинології чільне місце посідають дослідження біологічної активності лектинів, отриманих із різних сортів бобових рослин, що належать до однієї групи вуглеводної специфічності й таких, що мають певні відмінності щодо ступеня їх взаємодії з окремими вуглеводами [55].

Азотфіксувальна активність симбіотичних систем залежить від виду лектину, використаного для обробки бульбочкових бактерій, та його концентрації. Слід зазначити, що концентрація лектину великою мірою визначає характер його впливу на формування і функціонування симбіотичних систем. Сумісна дія бульбочкових бактерій і лектинів гомологічних (специфічних) їм рослин позитивно впливає на нодуляційний процес, азотфіксувальну активність бульбочок, продуктивність рослин і залежить від концентрації лектину в інокуляційній суспензії. Це означає, що лектин як сигнална молекула опосередковано, через бактеріальну клітину регулює процес розвитку симбіотичної системи, активність азотфіксації і може бути використаний для підвищення ефективності бактеріальних добрив [6].

Лектини – продукти рослинного метаболізму, які характеризуються широким спектром біологічної активності і полівекторною дією. За екзогенної дії цих білків на насіння стимулюються процеси проростання насіння, росту й розвитку рослин, підвищується їх продуктивність. Лектини не тільки позитивно впливають на метаболізм і функціональну активність азотфіксувальних мікроорганізмів, а й пригнічують ріст фітопатогенних грибів, що розкриває перспективність практичного використання цих біологічно активних молекул у рослинництві як регуляторів росту рослин і мікроорганізмів, біологічних агентів у розробці екологічних методів захисту рослин [55].

Під час симбіотичної взаємодії ризобій із бобовими рослинами активується каскад фізіологічних реакцій, спрямованих на підтримання функціонального стану утворених систем. Метаболічні процеси, що відбуваються при цьому, включають активування низки ферментів, синтез нових білків, необхідних для нормального функціонування нітрогеназного комплексу, а також підтримання гомеостазу бульбочки у процесі її онтогенезу. Тому вивчення білкового складу симбіотичних систем, утворених за участю ризобій із різними характеристиками, дало б змогу

ідентифікувати протеїни, задіяні у формуванні й функціонуванні бульбочок, зрозуміти роль цих біологічних макромолекул на різних етапах розвитку симбіозу.

Під час вивчення фізіологічних особливостей симбіотичних взаємовідносин бобових із ризобіями важливо дослідити фізіологічний стан рослин, зумовлений бактеризацією. Особливе місце при цьому відводиться функціонуванню окисно-відновних ферментів. Вважають, що пероксидази, зв'язані з клітинною стінкою рослини-хазяїна, беруть участь не лише в процесах росту і формування клітинних стінок, а й виконують ширший спектр фізіологічних функцій. Виявлено, що в разі встановлення симбіотичних відносин у клітинах макросимбіонта істотно зростає активність окиснювальних процесів, які супроводжуються утворенням і розкладанням пероксидних сполук за участю пероксидази і каталази. Одним із підходів при вивчені «імунної» відповіді макросимбіонта на інфікування бульбочковими бактеріями може бути дослідження цієї реакції в симбіотичних системах різної ефективності [19].

Широке застосування інокуляції бульбочковими бактеріями бобових культур для підвищення їхнього урожаю та поліпшення його якості спонукає до систематичної роботи над удосконаленням симбіотичних властивостей цих бактерій, а отже, ефективності бобово-rizобіального симбіозу. Генетичною базою для селекції активних штамів бульбочкових бактерій слугують ризобії, виділені з природних біоценозів (аналітична селекція) або отримані за дії різних мутагенів – фізичних і хімічних.

Сьогодні у розпорядженні мікробіологів є доволі великі колекції штамів бульбочкових бактерій – симбіонтів різних бобових культур, виділених із різних ґрунтів, тому подальше отримання таким способом нових штамів із високою азотфіксувальною активністю проблемне. Для розширення генетичної бази цих мікросимбіонтів необхідно залучати нові штами з різних географічних зон, насамперед із центрів походження окремих бобових культур, а також поліпшувати симбіотичні властивості наявних штамів

бульбочкових бактерій [55].

Проблема біологічної фіксації молекулярного азоту є однією із фундаментальних проблем біології, важливою та перспективною для підвищення продуктивності землеробства й усунення дефіциту кормового білка, поліпшення екології довкілля. Важливим фактором, що визначає ефективність симбіотичної азотфіксації, є сумісність штамів бульбочкових бактерій та рослини-господаря. Зростання ефективності симбіотичної азотфіксації і підвищення продуктивності бобової культури неможливо без ґрунтовного вивчення факторів, які визначають взаємодію симбіотів протягом вегетаційного періоду.

На активність бульбочкових бактерій істотно впливають бактеріальні препарати. Це екологічно безпечні добрива комплексної дії, оскільки мікроорганізми, на основі яких вони створені, не тільки фіксують азот атмосфери, а й продукують амінокислоти і речовини антибіотичної природи, що стримують розвиток патогенів. Відомими серед таких препаратів є бактеріальні добрива під бобові культури, що розроблені на основі симбіотрофних азотфіксуючих мікроорганізмів. Використання ризоторфіну забезпечує рослини на 30 і більше відсотків дешевим екологічно безпечним азотом та підвищує їхню врожайність на 10-30%, а вміст білка на 15% [56].

За рахунок здатності бобових рослин вступати в симбіоз зі специфічними для певного виду або групи видів бульбочковими бактеріями, вони можуть у ґрунтово-кліматичних умовах України засвоїти за вегетацію близько 125-380 кг/га азоту повітря. Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури формують високі урожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю понад 30% біологічно фіксованого азоту залишається в поживних і кореневих залишках й використовується наступними культурами. Інокуляція насіння високоефективними штамами бульбочкових бактерій, одержаними в процесі селекційного відбору, дає змогу реалізувати близько 15-50% симбіотичного азотфіксуючого

потенціалу, а решта резерву може бути використана при оптимізації умов функціонування симбіозу [41].

У ґрунтах півдня, центру і сходу України наявні ефективні аборигенні популяції ризобій гороху, бобів, вики, чини, сочевиці, проте не виявлено аборигенних бульбочкових бактерій сої, квасолі, нуту, люпину. У місцях, де раніше вирощували ці культури, в ґрунті зустрічаються локальні інтродуковані популяції ризобій, хоча невисока азотфіксуюча активність ґрутових ризобій або їх недостатня кількість у зоні проростання насіння для нодуляції бобових рослин обмежує азотфіксуючий потенціал бобово-ризобіального симбіозу. У зв'язку з цим обов'язковим агрозаходом у технологіях вирощування зернобобових культур має бути передпосівна обробка насіння біопрепаратами. Мікробні препарати на основі бульбочкових бактерій розробляються як в Україні, так і в інших країнах світу. В умовах України такі препарати забезпечують підвищення продуктивності бобових культур усередньому на 10-30%, а зростання вмісту протеїну в рослинах – на 20-45%. Розробляються й застосовуються різні форми препаратів (торф'яна, вермикулітна, гельна і рідка).

Одним із шляхів оптимізації умов функціонування симбіозу є поєднане застосування при інокуляції насіння одночасно із ризобіями інших штамів мікроорганізмів, які володіють фосфат-мобілізацією та здатністю пригнічувати розвиток фітопатогенних грибів. Практичне застосування такого поєднання штамів здійснюється через змішування препаратів безпосередньо при інокуляції або при виготовленні препаратів. В Україні розроблено експериментальні комплексні мікробні добрива, що включають інокуляційний матеріал бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium japonicum*, асоціативні азотфіксуючі та фосфатмобілізуючі ризосферні бактерії формі рідкого препарату [43].

Однією з найважливіших передумов отримання високого врожаю квасолі є правильний підбір сорту. Гарний сорт для виробництва характеризується не лише високою стабільною урожайністю, толерантністю

до хвороб, високими харчовими властивостями, а і придатністю до механізованого збирання [57], яка є найбільш слабкою ланкою в технологічному процесі вирощування квасолі.

Ефективність симбіотичної азотфіксації та фосфатмобілізації залежить від виду і сорту бобової культури, штаму бактерій та екологічних умов, у яких відбувається цей процес [10].

#### **1.4. Екологічне та ресурсозберігаюче значення біологічної азотфіксації**

Відомо, що основними чинниками, що впливають на природну високу врожайність сільськогосподарських культур, є сприятливі кліматичні умови, родючість ґрунту, структура мікробного комплексу, відсутність збудників захворювань різної етіології тощо. Зокрема ґрунтознавцями доведено, що на природний потенціал родючості ґрунту суттєво впливає якісний та кількісний склад його мікрофлори. Дослідження в галузі класичної ґрунтової мікробіології показали, що чисельність, біомаса та таксономічна структура мікробного комплексу ґрунту залежать від багатьох чинників. Введення ґрунту в активне землекористування призводить до значних змін цих показників. При тривалому використанні земель ці зміни накопичуються. При цьому вплив даних факторів на формування мікробного комплексу і в цілому на якість ґрунту мало вивчений, хоча від цього залежить система заходів, що забезпечують гомеостаз ґрунтів, а також їхню високу продуктивність. Із вище зазначеного можна дійти висновку, що вирішення питання знаходиться, передусім, у площині вивчення ґрутових мікроорганізмів і аналізі характеру їх взаємодії з рослинами.

Природою закладені всі механізми управління найважливішими біосферними процесами: азотфіксація, фосфатмобілізація, антагонізм мікроорганізмів до фітопатогенів, синтез багатьма ґрутовими мікроорганізмами біологічно активних речовин, здатних суттєво впливати на фізіологічний стан рослин і їхній імунітет, викликати епізоотії ушкідників

сільськогосподарських культур, тощо. Активізація рослинно-мікробної взаємодії є потужним фактором підвищення продуктивності агроценозу, хоча в сільськогосподарській практиці використовується недостатньо [43].

Одним з актуальних напрямів розвитку екологічного землеробства є створення мікробних біотехнологій, що сприяють інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та збереженню родючості ґрунтів. Для сучасної системи землеробства важливе значення мають мікробіологічні фактори, використання яких дає можливість істотно підвищити родючість ґрунту і ступінь реалізації генетичного потенціалу культурних рослин.

Грунтова мікрофлора – обов'язковий компонент будь-якого агрофітоценозу, де між рослинами і мікроорганізмами відбуваються молекулярні взаємодії, суть яких полягає в обміні метаболітами і їхній трансформації. Мікроорганізми сприяють формуванню в ризосферній зоні фонду доступних рослині поживних речовин і фізіологічно активних сполук, регулюючих метаболізм і взаємини між партнерами. До складу метаболітів ризосферних мікроорганізмів входять також антибіотичні речовини, які пригнічують розвиток фітопатогенів. Очевидно, що спектр механізмів взаємодії партнерів агрофітоценоза знаходиться під впливом різних екологічних факторів і може ефективно здійснюватися при оптимальних умовах [49].

Необхідною умовою розвитку екологічного землеробства є створення методів і технологій формування, підтримки та ефективного функціонування високоінтегрованих мікробно-рослинних систем, що поєднують в собі корисні властивості і рослин, і мікроорганізмів. Перспективним з цієї точки зору є створення в ґрунті багатокомпонентних систем, що відтворюють оптимальні природні агрофітоценози і забезпечують високу стійкість землеробства. Дослідження, спрямовані на створення високопродуктивних агрофітоценозів шляхом селекції активних комплементарних партнерів (рослина + мікроорганізми), актуальні для рослинництва. Підвищення врожайності сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від

їхньої забезпеченості елементами мінерального харчування, в першу чергу – азотом. Джерелом екологічно безпечного біологічного азоту в ґрунті є мікроорганізми, здатні фіксувати молекулярний азот атмосфери [53].

Використання в практиці сільського господарства біологічних препаратів, створених на основі азотфіксуючих мікроорганізмів і ризобактерій, що стимулюють ріст рослин (*plant growth-promoting rhizobacteria – PGPR-бактерій*), є одним із технологічних прийомів, що сприяють підвищенню урожаю культурних рослин і накопичення в ґрунті біологічного азоту. Перспективні також дво-, три- і чотирикомпонентні мікробні препарати, що включають бульбочкові бактерії, ризобактерії, мікоризні гриби і біологічно активні речовини.

PGPR-бактерії характеризуються рядом позитивних (прямих і опосередкованих) ефектів дії на рослини, серед яких визначальними є здатність до фіксації молекулярного азоту атмосфери, синтез речовин гормональної природи, а саме, ауксинової, гіббереллінової, цитокінінової, вітамінів, речовин антибіотичної і антифунгальної природи, здатність до мобілізації важкорозчинних фосфатів ґрунту і розкладанню шкідливих хімічних сполук [58].

Багато мікроорганізмів, асоційовані з рослинами, здатні синтезувати речовини фітогормональної природи, необхідні їм як для власного розвитку, так і для встановлення зв'язків з рослинами та іншими ґрутовими мікроорганізмами. Утворення гормонів – одне з важливих властивостей ризосферних, епіфітних і симбіотичних бактерій, стимулюючих ріст рослин. Стимулююча дія ризосферних мікроорганізмів на ріст рослин пов'язано з активізацією асоціативної і симбіотичної азотфіксації і фізіологічних процесів в рослинах, поліпшенням мінерального, у тому числі і азотного харчування, збільшенням нагромадження біологічного азоту в них [54].

PGPR-штами бактерій стимулюють ріст і розвиток рослин не тільки за рахунок утворення біологічно активних речовин, але і за рахунок здатності до азотфіксації, поліпшенню водного і мінерального живлення рослин,

запобігання або зменшення росту фітопатогенів завдяки можливості синтезувати речовини бактерицидної і фунгіцидної дії. До комплексу позитивних ефектів, наданих PGPR-бактеріями на рослину, належить і їхня здатність трансформувати недоступні сполуки фосфору, що містяться в ґрунті. Мікроорганізми, що розчиняють фосфати, сприяють росту і розвитку рослин. До опосередкованих ефектів впливу PGPR-бактерій на рослини відноситься здатність мікроорганізмів синтезувати речовини, що володіють антибактеріальною і фунгітоксичною дією.

Однією із властивостей ризосферних мікроорганізмів є їхня здатність до синтезу екзополісахаридів (ЕПС), що забезпечують в'язкість і дають бактеріям можливість агрегуватися з іншими ґрутовими мікроорганізмами, утворюючи асоціації, прилипати до різних ґрутових і рослинних тканин, захищати клітину від дії факторів навколошнього середовища. Азотфіксуючі ризобактерії надають вплив на стійкість рослин до абіотичних стресових факторів. Комплекс позитивних ефектів впливу PGPR-бактерій на рослини і ґрунт широко використовується в практиці рослинництва, а саме, у застосуванні бактеріальної інокуляції насіння або обробці рослин у період вегетації [58].

Позитивний ефект бактеризації насіння залежить від ряду факторів: активності штаму мікроорганізму, концентрації суспензії клітин, кількості біологічно активних речовин в суспензії, тривалості обробки насіння, виду рослин, стану аборигенної мікрофлори в момент посіву, особливостей ґрунту, умов агротехнічного комплексу. Встановлено, що набагато успішніше відбувається інтродукція штамами, спочатку ізольованими з ризоплани або ризосфери того ж виду рослин.

Одним із прийомів, що використовуються для підвищення реалізації біологічного потенціалу рослин і мікроорганізмів агрофітоценозів, є комплексна бактеризація насіння. Препарати полівалентної дії на основі композицій кількох мікроорганізмів при умові індивідуального комплементарного підбору характеризуються більшими стабільністю та

ефективністю в різних агрокліматичних умовах. Використання в сільськогосподарському виробництві мінеральних добрив надає значний вплив на розвиток мікроорганізмів в ризосфері культурних рослин і ефективність інокуляції насіння ризобактеріями [38].

Вміст азотних добрив в ґрунті впливає на азотфіксуючу здатність мікроорганізмів. Застосування способу інокуляції насіння бактеріальними препаратами на основі азотфіксуючих ризобактерій сприяє збільшенню продуктивності сільськогосподарських культур, зниженню кількостей внесених азотних добрив і підвищенню родючості ґрунту за рахунок активного розвитку агрономічно-корисної групи ризосферних діазотрофних мікроорганізмів. Для отримання нових штамів ризобактерій використовують традиційні методи аналітичної селекції, проводячи скринінг мікроорганізмів за властивостями, корисними для рослин (наприклад, висока азотфіксуюча активність, здатність синтезувати фітогормони, трансформувати фосфати, здійснювати біоконтроль над розвитком, хвороб та ін.), а також методи хімічного і транспозонового мутагенезів [49].

Різноманітність природних форм ґрутових мікроорганізмів дозволяє виділяти їхні нові штами з агрономічно-корисними властивостями, адаптовані до кореневих виділень тих чи інших сільськогосподарських рослин, невибагливі до умов існування, з високою активністю зростання, за рахунок чого вони здатні легко інтродукуватись в ризосферу культурних рослин. Пошук і виділення з різних ґрунтів і ризосфери рослин методом аналітичної селекції нових штамів мікроорганізмів, що характеризуються високою азотфіксуючою активністю, і створення на їхній основі бактеріальних препаратів під культури є актуальним напрямком сільськогосподарської біотехнології.

Практичне застосування в сільськогосподарському виробництві препаратів асоціативних мікроорганізмів активізує ріст і розвиток рослин, сприяє суттєвому підвищенню врожайності і вмісту білка, дозволяє знизити кількість внесених мінеральних добрив. Продуктивність процесу

асоціативної азотфіксації можна значно підвищити цілеспрямованим підбором генотипів рослин, чутливих до інокуляції активними штамами асоціативних діазотрофів, і більш повної реалізації потенціалу азотфіксації внесенням у ґрунт фізіологічно оптимальних доз мінерального азоту, обробкою мікроелементами і стимуляторами росту рослин [7].

Розрізняють декілька механізмів впливу рістстимулюючих ризобактерій на рослини:

- збільшення фіксації атмосферного азоту і його надходження в рослини за рахунок функціонування бактеріальної нітрогенази;
- трансформація важкорозчинних сполук, в першу чергу фосфорних, в легкозасвоювані для рослин завдяки функціонуванню бактеріальних фосфатаз;
- підвищення асиміляції нітратів за рахунок активності бактеріальної нітратредуктази;
- синтез мікроорганізмами фізіологічно активних речовин (гормонів, вітамінів, амінокислот та ін.), що здійснюють пряму гормональну регуляцію росту рослин;
- здатність мікроорганізмів до синтезу екзополісахаридів природними прилипачами бактерій до рослинних тканин і ґрутових частинок;
- колонізація ризосфери і біоконтроль зараження рослин патогенами за рахунок здатності бактерій до синтезу речовин антибіотичної і фунгітоксичної дії;
- зміна проникності мембрани клітин кореневих тканин і збільшення поглинальної здатності коренів рослин.

Таким чином, грамотне застосування бактеріальних препаратів на основі рістстимулюючих ризобактерій як елемента екологічного землеробства в технологіях вирощування різних сільськогосподарських культур дозволяє значно знизити хімічне навантаження на екосистеми внаслідок зменшення кількостей застосовуваних мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин, призводить до підвищення врожайності і

поліпшенню якості екологічно безпечної сільськогосподарської продукції [58].

Біологічна фіксація молекулярного азоту є однією з найскладніших фундаментальних проблем біології і надзвичайно актуальною для сільськогосподарської біології, тому що вона безпосередньо пов'язана з урожайністю важливих сільськогосподарських культур – бобових рослин. Процес зв'язування молекулярного азоту – це унікальне явище природи і разом з фотосинтезом обумовлює життя на Землі. Фіксація молекулярного азоту здійснюється мікроорганізмами, найважливішими з яких є бактерії роду *Rhizobium*, які забезпечують живлення рослин зв'язаним азотом і підтримання його запасів у ґрунті [59].

У сучасному землеробстві приділяється мало уваги біогенній фіксації атмосферного азоту в різних формах – як потужному фактору підтримання родючості ґрунтів, економії азотних добрив і екологічної безпеки. Провідна роль у цьому належить бобовим культурам, які завдяки симбіотичній фіксації азоту формують порівняно високі врожаї, синтезують найдешевший, біологічно повноцінний рослинний білок без азотних добрив [60].

Азот є одним з основних елементів формування врожаю, а також важливим фактором відтворення родючості ґрунтів. Тому проблема його балансу та перетворень в агроекосистемах є важливою складовою розробки сучасних енергозберігаючих екологічних технологій у сільському господарстві. Надходження азотних сполук у ґрунт, в основному, відбувається за рахунок органіки, симбіотичної та несимбіотичної (асоціативної) азотфіксації та у вигляді мінеральних добрив (синтетичного продукту промислового зв'язування молекулярного азоту). У традиційних технологіях переважаюча увага надавалась кількісним показникам забезпечення ґрунту азотовмісними речовинами, а тому в агрономічних системах живлення сільськогосподарських рослин виключна роль належала органічним та мінеральним добривам. Такий підхід був і залишається визначальним, оскільки дозволяє оперативно та масштабно впливати на

рівень врожайності. При цьому, азотфіксація мікроорганізмами є планетарним процесом, який тісно взаємопов'язаний із процесами фотосинтезу, дорівнює йому за масштабом і значенням у природі. Загальна продуктивність біологічної азотфіксації становить 270-330 млн. т/рік, у тому числі 160-170 млн. т/рік належить суходолу. У глобальному вимірі лише 5% зв'язуваного азоту належить промисловості у перерахунку на аміак [19].

Грунтова азотфіксація (зв'язування атмосферного азоту) забезпечується широким спектром мікроорганізмів із родів *Rhizobium*, *Clostridium*, *Azotobacter*, *Derxia*, *Azotomonas*, *Spirillaceae*, *Rhizobiaceae*, *Achromobacteriaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Bacillaceae* та ін. Завдяки розвитку сучасної сільськогосподарської мікробіології розроблені методи кількісного обліку, що дають можливість більш детального їх вивчення та врахування в регламентах агрономічних технологій. Тому важливим напрямком у землеробстві сьогодення є використання біопрепаратів у якості меліоративного заходу з метою коригування мікробіологічних процесів у ґрунтах [6].

Ефективність бактеріальних препаратів може лімітувати вологість і температура ґрунту, внутрішньо-ґрунтові режими, інші природні та антропогенні чинники. Проте, це не заперечує їхніх позитивних екологічних властивостей, як фактора мікробіологічного покращення ґрунтів, що впливає на якість отримуваної сільськогосподарської продукції. Відомо, що найбільш збалансованим екологічним напрямком є біологічне землеробство, яке сприяє активізації окремих ґрунтових процесів та покращенню родючості ґрунту (в тому числі за рахунок фіксації атмосферного азоту ґрунтовими мікроорганізмами). Встановлено, що дози мінерального азоту, які не перевищують фізіологічного оптимуму для рослин, сприяють підвищенню активності азотфіксації. Тому, виходячи з вище викладеного, актуальними залишаються питання розробки науково обґрунтованих підходів до технологій біологічного землеробства, досліджень екологічних аспектів застосування мінеральних та органічних добрив (в т.ч. сидератів) з

урахуванням особливостей трансформації біогенних елементів у системі ґрунт – мікроорганізми – рослина, обґрунтування фізіологічно (отже, й екологічно) доцільних доз добрив та заходів, спрямованих на підвищення коефіцієнтів використання добрив, виключення можливості забруднення сільськогосподарської продукції та довкілля, а також відтворення біологічних властивостей ґрунтів. У даному сенсі важливими є не лише кількісні та якісні еквіваленти, а і просторові закономірності [61].

Під біологічною фіксацією азоту розуміють засвоєння елементарного азоту мікроорганізмами, який зв'язується в амонійні сполуки і стає доступним для рослин після відмиралня мікрофлори. Біологічна фіксація азоту виникла на самих ранніх стадіях розвитку живої матерії і пов'язана з поширенням на поверхні землі рослинності. Для розуміння процесу азотфіксації і практичного його використання в агротехнологіях важливого значення набуває механізм його дії в природних умовах. Перенесення природної азотфіксації у сферу виробничої діяльності людини наближує її до функціональних властивостей самої природи [62].

У практиці землеробства існує чотири загальновідомих способи отримання ґрунтами зв'язаного азоту – симбіотична фіксація, асоціативна азотфіксація, надходження з опадами і внесення добрив. Використання симбіотичної азотфіксації набуло значного поширення в Україні в II половині ХХ ст. з організацією обласних і районних біолабораторій, що збереглись в окремих областях і до цього часу. Інокуляція насіння бобових культур бактеріями, переважно, роду *Rhizobium* створює умови інтенсивної азотфіксації за достатнього мінерального живлення рослин. Явище асоціативної азотфіксації поширене в кореневій системі практично кожного виду рослин. Вільноживучі азотфіксувальні бактерії відносяться до видів асоціативних бактерій, що можуть існувати у ґрунті за рахунок елементів живлення і енергії, що міститься безпосередньо в ґрунті, тоді як симбіотичні – лише в ризосфері бобових культур.

Створити функціональну систему життєдіяльності ґрунту як живого

тіла здатна технологія максимального залучення в біологічний кругообіг вторинної продукції рослинництва, сидеральної культури і нового покоління органо-мінеральних біоактивних добрив і біопрепаратів, що забезпечать відтворення процесу синтезу-деструкції органічної речовини ґрунту, які майже всуціль порушені, та максимальне залучення для потреб рослини атмосферного азоту [57].

Відомо, що джерелом як мінерального так і біологічного азоту є атмосферний азот. Тому використання біологічного азоту в землеробстві можливе завдяки стабілізації землекористування, оптимізації структури посівних площ та створенню і впровадженню високоефективних ресурсозберігаючих технологій, які спрямовуються на реалізацію природного потенціалу агроекосистем і ґрунтуються на ефективному використанні їх біологічних можливостей. У сучасному землеробстві приділяється мало уваги біогенній фіксації атмосферного азоту в різних формах – як потужному фактору підтримання родючості ґрунтів, економії азотних добрив і екологічної безпеки. Ведуча роль у цьому належить бобовим культурам, які завдяки симбіотичній фіксації азоту формують порівняно високі врожаї, синтезують самий дешевий, біологічно повноцінний рослинний білок без азотних добрив [55].

Вивчення питання біологічної азотфіксації бобовими рослинами є досить актуальним в сучасних умовах господарювання і потребує ефективних заходів збільшення виробництва продукції при економії енергетичних ресурсів за рахунок дешевого природного джерела. Залучення азоту з повітря в кругообіг поживних речовин бобовими фітоценозами забезпечує покращення екологічного стану навколошнього середовища.

Біологічна азотфіксація існувала на перших стадіях розвитку живої матерії й особливо тісно пов'язана з розповсюдженням на Землі рослинності. Необхідність азоту повітря для росту рослин виявилась тільки з розвитком землеробства. Наврядчи у житті рослин є інший біохімічний процес, подібний до процесу азотфіксації, вивчення якого б мало стільки

загадковості й таємниць, широких горизонтів та перспектив у практиці сільськогосподарського виробництва.

Незважаючи на дефіцит азоту від якого потерпають рослини і деякі тварини, з повітря його можуть використовувати лише бактерії, які мають високий коефіцієнт розмноження; швидко пристосовуючись до середовища, вони здатні синтезувати різноманітні хімічні сполуки. Біологічна азотфіксація – найповільноплинний процес у кругообігу азоту в природі. Про це свідчить практично невичерпні запаси газоподібного азоту в атмосфері й відносна нестача сполук азоту в ґрунті. Питання кругообігу та балансу азоту в агроекосистемах є актуальним для різних галузей аграрної науки. Причина полягає в тому, що азот та його сполуки в природі виступають життєво необхідними факторами існування людини на Землі [63].

Ще донедавна використання агрофітоценозів здійснювалось на основі науково обґрунтованих систем землеробства. При цьому ефективність оцінювалась за величиною акумульованої в урожаї енергії. У сучасних умовах інтенсивного зростання та ускладнення форм впливу екологічних і антропогенних факторів на агроекосистему вчені почали звертати увагу на процеси, які відбуваються в системі «ґрунт – рослина – приземна атмосфера», оцінювати ефективність їх перебігу. Одним із глобальних процесів, що проходить в агрофітоценозах з бобовими культурами, є біологічна фіксація атмосферного азоту у симбіозі з мікроорганізмами.

Біологічний азот дозволяє з найменшими ресурсозатратами розв'язати питання підвищення родючості ґрунтів. За даними Патики В. П. азотфіксація здійснюється за рахунок енергії Сонця і є найбільш ресурсоощадним джерелом надходження атмосферного азоту в агроекосистему [64].

Інтерес до проблеми азоту в теперішній час пояснюється актуальністю завдань які стоять перед людством, серед яких, вирішення вічної проблеми білка – важливої складової частини продовольчих ресурсів. Основним надходженням білкових компонентів є бобові рослини, які можуть в симбіозі з бульбочковими бактеріями синтезувати дані білки із вуглекислого газу,

води і невеликої кількості неорганічних джерел азоту [65].

Як вважає Волкогон В. В., управління родючістю ґрунтів – це, перш за все, керування мікробіологічними процесами, які в них проходять. Мікроорганізми є необхідною ланкою в кругообігу всіх біогенних елементів, беруть безпосередню участь в процесах ґрутоутворення і підтримці родючості ґрунтів [5].

Говорячи про тісну взаємодію мікроорганізмів з культурними рослинами мається на увазі ризосферні бактерії і мікроскопічні гриби, які розвиваються і функціонують в прикореневій зоні з градієнтом чисельності, що йде від поверхні коріння, де дія рослинного організму на мікроорганізми найсильніша. При цьому здійснюється не тільки вплив рослини на розвиток мікроорганізмів, але й дія бактерій та грибів на процеси мінералізації органічних сполук, засвоєння атмосферного азоту, поглинання рослинами поживних речовин, синтез і постачання фітогормонів, вітамінів, антибіотиків та інших фізіологічно активних речовин [66].

Відомо, що провідна роль у формуванні врожаю рослин належить фотосинтезу як єдиному джерелу синтезу органічних речовин. Тому найважливішим завданням землеробства є розробка заходів спрямованих на ефективне використання фотосинтетичної функції рослин серед яких провідне місце належить ґрутовому живленню. Особливе значення в цьому контексті набуває забезпеченість рослин азотом. Для порівняння: за нестачі фосфору або калію продуктивність фотосинтезу зменшується на 2%, фосфору і калію – 9%, азоту на 63% [67].

За рахунок здатності бобових рослин вступати в симбіоз зі специфічними для певного виду або групи видів бульбочковими бактеріями, вони можуть у ґрутово-кліматичних умовах України засвоїти за вегетацію близько 125-380 кг/га азоту повітря. Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури формують високі врожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю понад 30% біологічного фіксованого

азоту залишається в поживних і кореневих залишках й використовується наступними культурами.

Дослідженнями, проведеними в Україні та за кордоном, установлено, що бобові культури у симбіозі із бульбочковими бактеріями здатні фіксувати значну кількість азоту: конюшина – 180-670 кг/га, люцерна – 200-460, боби – 100-550, соя – 90-240, горох – 70-160, люпин – 150-450, пасовища з бобовими – 100-260 кг/га [68].

Тому, за умов, коли немає можливості виконати один з основоположних законів землеробства – повернути в ґрунт винесені з урожаєм поживні речовини шляхом застосування мінеральних та органічних добрив, виникає потреба у пошуку інших джерел поповнення запасів поживних речовин ґрунту для охорони та відтворення його родючості. Найперспективнішим, враховуючи економічні аспекти, є біологічний азот.

Завдяки симбіотичній азотфіксациї бобові культури формують високі урожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних добрив [43].

Наявність у сівозміні бобової культури дає змогу позитивно вирішувати проблему відтворення родючості ґрунту за рахунок кореневих залишків і побічної продукції та покращувати азотний режим за її здатністю фіксувати атмосферний азот. За даними літературних джерел, частка біологічно фіксованого азоту всіх бобових культур становить 2/3, або в середньому 67% [14].

Застосування асоціативних азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів дає змогу рослинам покращити живлення завдяки підвищенню коефіцієнта використання мінерального азоту та фосфору із ґрунту, синезу біологічно активних речовин, які стимулюють як ріст і розвиток кореневої системи, так і рослини в цілому.

Біопрепарати на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур за рахунок трансформації молекулярного азоту атмосфери та

нерозчинних фосфорних сполук ґрунту в доступні рослинам форми [69].

### **Висновки до розділу 1:**

1) В підсумку огляду літературних джерел можна зробити висновок, що багато дослідників займалось вивченням рослин квасолі звичайної, застосуванням бактеріальних препаратів, регуляторів росту рослин та мікродобрив і спостерігали позитивну динаміку у формуванні продуктивності рослин квасолі звичайної та формуванні її якісного складу. Україна відноситься до традиційних районів вирощування квасолі. Родючі ґрунти, достатня кількість вологи, тепла, світла за досить тривалого безморозного періоду дають можливість одержувати високі врожаї зерна культури, для чого необхідно застосовувати відповідні агротехнічні заходи, які забезпечували б оптимальний ріст і розвиток рослин з урахуванням їхніх морфо-біологічних особливостей. Але з'являється безліч нових сучасних сортів, новітніх препаратів які у своєму складі містять усе новіші і складніші речовини, і усі ці складові можуть вдосконалювати технологію вирощування квасолі звичайної та збільшувати її врожаї, підвищувати рентабельність, і що не менш важливо забезпечувати адаптивні особливості культури для вирощування в умовах Лісостепу правобережного, що є особливо важливим при зміні кліматичних умов.

2) Огляд літературних джерел вказує на те, що для одержання максимальної продуктивності квасолі потрібно використовувати біопрепарати, фітогормони, регулятори росту чи мікроелементи комплексно або послідовно. За умов, коли немає можливості повернути в ґрунт винесені з урожаєм поживні речовини шляхом застосування мінеральних та органічних добрив, виникає потреба у пошуку інших джерел поповнення запасів поживних речовин ґрунту для охорони та відтворення його родючості. Найперспективнішим, враховуючи економічні аспекти, є біологічний азот. Тому активізація процесу азотфакції є дуже важливою у наш час. Він дозволяє економити на внесенні азоту у ґрунт. Використання штамів

азотфіксуючих мікроорганізмів для квасолі звичайної стає все більш доцільним.

Основні наукові результати, викладені у першому розділі, опубліковані у наукових працях автора, які наведені у списку літератури [70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82].

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1**

1. Рафиев Э. Б., Гасумов Г. Г., Асадова А. И., Аллахвердиев Т. И. Исследование содержания азотистых веществ в семенах коллекционных образцов фасоли. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования: Материалы IX международного симпозиума. 2011. Т. III. С. 74-77.
2. Січкар В. І. Роль зернобобових культур у вирішенні білкової проблеми в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2004. С. 110–115.
3. Грищенко О. М., Тинкевич Т. О. Характеристика сортозразків квасолі овочевої (*phaseolu vulgarisL.*) за показниками якості бобів у фазу технічної стигlosti. *Наукові доповіді НУБіП*. 2011. 5 (27).
4. Біологічний азот / В. П. Патика, С. Я. Коць, В. В. Волкогон та ін. К.: Світ, 2003. 424 с.
5. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика: монографія / Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевськата Т. М. та ін. К.: Аграрна наука, 2006. 312 с.
6. Sangakkara U. R., Higa T. Effect of EM on Nitrogen Fixation by Bush Bean and Mungbean. 1998.
7. Golparvar A. R. Multivariate Analysis and Determination of the Rest Indirect Selection Criteria to Genetic Improvement the Biological Nitrogen Fixation Ability in Common Bean Genotypes (*Phaseolus Vulgaris L.*). *Genetika*. Iran, 2012. Vol. 44, No. 2. P. 279-284.
8. Баля Л. В. Товарознавча характеристика зернової квасолі білої. *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та*

*готельного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг.* 2011. Ч. 2. С. 3.

9. Глявин А. В. Характеристика гібридів квасолі F1. *Корми і кормовиробництво.* 2011. Вип. 68. С.12-17.

10. Поліщук В. Г. Вплив інокулювання насіння на азотфіксувальну здатність гороху і квасолі. *ННЦ «Інститут землеробства УААН».* 2006. С. 99-105.

11. Акуленко В. В. Ріст рослин квасолі звичайної залежно від технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області.* 2014. Випуск 16. С. 5-11.

12. Полянська Л., Чалий О., Гуторова О. Квасоля в сучасних умовах господарювання. *Пропозиція.* 2001. № 11. С. 44–45.

13. Голодна В. Ф., Акуленко В. В., Столляр О. О. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від елементів технології вирощування в північній частині Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН».* 2013. Вип. 1-2. С. 120-124.

14. Савчук О. І., Мельничук А. О., Іванченко Л. А. Вирощування квасолі за органічного виробництва. *Агропромислове виробництво Полісся.* 2013. С. 30–34.

15. Агроэкологическая роль азотфиксирующих микроорганизмов аллелопатии высших растений / В. Ф. Патыка, Г. Ф. Наумов, Л. В. Подоба и др. К.: Основа, 2004. 320 с.

16. Ковал'чук Д. П. Оцінка бобів-лопаток квасолі овочевої різних сортів за основними біохімічними показниками. *Наукові доповіді НУБіП.* 2011. 7(23). С.1-7.

17. Вронська Л. В. Дослідження зі стандартизації стулок плодів квасолі за вмістом флавоноїдів. *Pharmaceutical review.* 2013. №4. С. 47–53.

18. Романюк Л. С. Вихідний матеріал для селекції квасолі. *ННЦ «Інститут землеробства УААН».* 2007. С. 151–155.

19. Beede S. Improvement of Common Bean for Mineral Nutritive Content

- at Ciat. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Colombia, 2001. vol.1.
20. Effect of inoculating selected climbing bean cultivars with different rhizobia strains on nitrogen fixation / G. K. Gicharu, H. M. Gitonga, H. Boga et al. *Online International Journal of Microbiology research*. Kenya, 2013. Volume 1, Issue 2. P. 25-31.
21. Казыдуб Н. Г., Пучкова С. Ю., Рассказова Т. В. Селекция фасоли овощной в южной Лесостепи западной Сибири. *Сельскохозяйственные науки*. 2013. С. 9-13.
22. Семенюшко А. А. Селекція квасолі в діяльності спеціалізованих дослідних установ України: методичні підходи та основні результати. *Історія науки і біографістика*. 2013. № 3.
23. Овчарук О. В., Бахмат М. І. Стан та перспективи розвитку вирощування квасолі в Україні. БНАУ Наукові пошуки молоді у III тисячолітті «Новітні технології в рослинництві»: Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції вчених, аспірантів та докторантів. 2014. С. 8–9.
24. Іванюк С. В., Глявин А. В. Використання коефіцієнта повторності для характеристики кількісних ознак та індексів генотипів квасолі звичайної. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С.97-101.
25. Голодна А. В., Камінський В. Ф., Шляхтуров Д. С. Система удобрення квасолі в умовах Північного Лісостепу. *Збірник наукових праць Інституту землеробства Української Академії аграрних наук*. 2003. Випуск 3. С. 54-58.
26. Силенко С. І. Аналіз сортозразків квасолі звичайної за придатністю до механізованого збирання урожаю. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. С. 68–71.
27. Иванов Н. Р. Фасоль. 2-е изд., испр. и доп. М.: Гослитиздат, 1961. 280 с.
28. Овчарук О. В. Продуктивність сортів квасолі в умовах Західного Лісостепу. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і*

*природокористування України.* № 3. 2014.

29. Шляхтуров Д. С. Урожайність квасолі звичайної залежно від технологій вирощування і погодних умов. *ННЦ «Інститут землеробства УААН».* 2008. С. 85-89.
30. Каминский В. Ф., Голодна А. В. Пути решения проблемы растительного белка на Украине. Проблемы дефицита растительного белка и пути его преодоления. Минск: Белорусская наука, 2006. С. 30-35.
31. Lerner R. B. Growing Beans in the Home Vegetable Garden. *Vegetables.* 2001. Р. 1-3.
32. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України. К.: Аграрна наука, 2002. 146 с.
33. Зернобобовые культуры в интенсивном земледелии / А. О. Бабич, В. Ф. Петриченко, В. П. Орлови др. М.: Агропромиздат, 1986. 206 с.
34. Петриченко В. Ф., Мовчан К. І. Вплив способів сівби та густоти рослин на зону плодоношення та урожайність квасолі звичайної. *Корми і кормовиробництво.* 2013. Вип. 75. С. 3-11.
35. Минеев В. Г. Экологические проблемы агрохимии. М.: Изд-во Моск. ун.-та, 1987. 285 с.
36. Носко Б. С. Шляхи підвищення родючості ґрунтів у сучасних умовах сільськогосподарського виробництва. К.: Аграрна наука, 1995. С. 42-44.
37. Авдонин Н. С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции. Колос. 1979. С. 150–157.
38. Kouas S., Labidi N., Debez A., Abdelly C. Effect of P on nodule formation and N fixation in bean. *Agron. Sustain. Dev.* Tunisia, 2005. № 25. Р. 389-393.
39. Клиша А. І., Хорошун І. В. Взаємозв'язок ознак продуктивності та їхній вплив на урожайність квасолі. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2009. № 2. С. 41-44.
40. Дупляк О. Т., Ганіна О. О. Особливості прояву господарсько-цінних

ознак квасолі звичайної в умовах північного Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2009. Вип. 97. С. 113-118.

41. Патика В. П., Петриченко В. Ф. Мікробна азотфіксація у сучасному кормовиробництві. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 3 – 11.

42. Mehrpouyan M. Ecophysiology of Nitrogen Fixation Ability on 3 cultivars Common Bean (*Phaseolus vulgaris*L.) with some types of Inoculants which contain different strains of *Rhizobium leguminosarum*; bv. *Phaseoli*. *Egypt. Acad. J. biolog. Sci. Iran*, 2010. 1(1). Р. 23-27.

43. Гриник І. В., Патика В. П., Шкатула Ю. М. Мікробіологічні основи підвищення врожайності та якості зернових культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. №4 (63). С. 7-11.

44. Лисичкина Г. А., Кожевин П. А., Звягинцев Д. Г. Динамика численности *Rhizobium japonicum* в ризоплане и ризосфере различных растений. *Микробиол.* 1983. Т. 52, № 4. С. 646–650.

45. Кожевин П. А. Микробные популяции в природе. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1989. 175 с.

46. Тильба В. А. Аборигенная популяция ризобий сои основной соесеющей зоны России: автореф. дис. д-ра. биол. наук: 03.00.07. Тихоокеанский институт биоорганической химии Дальневосточного отделения РАН. Владивосток, 1998. 46 с.

47. Стоянова Ю. С. Рост, фиксация азота и транспирация растений сои. Влияние температуры корней. *Физиология растений*. 1997. Т. 44, № 3. С. 413-419.

48. Троицкая Г. Н., Гадимов А. Г., Измайлова С. Ф. Роль малых доз нитрата и симбиотически фиксированного азота в азотном питании сои в онтогенезе. *Физиология растений*. 1993. Т. 40, № 3. С. 448–457.

49. Крутило Д. В. Бульбочкові бактерії – гетеротрофний та симбіотрофний способи життя. *Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2008. С.147-161.

50. Гукова М. М., Бокангель Р. Э. Усвоение азота и продуктивность сои

при предпосевной обработке семян микроэлементами. *Проблемы тропического и субтропического сельского хозяйства*. 1989. С. 18-22.

51. Моргун В. В. Живлення рослин: теорія і практика. К.; Логос, 2005. 471 с.

52. Тимченко В. Соя: перспективи розвитку виробництва та роль у підвищенні ефективності тваринництва. *Аграрний тиждень*. 2010. № 17. С. 9-10.

53. Samavat S., Mafakheri S., Shakouri M. J. Promoting Common Bean Growth and Nitrogen Fixation by the Co-Inoculation of Rhizobium and Pseudomonas Fluorescens Isolates. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. Iran, 2012. 18(No3). P.387-395.

54. Leidi E. O., Rodriguez-Navarro D. N. Nitrogen and phosphorus availability as limiting factors of  $N_2$  fixation in common bean. Spain, 1999. P. 1-32.

55. Коць С. Я. Сучасний стан досліджень біологічної фіксації азоту. *Физиология и биохимия культур растений*. 2011. Т. 43 № 3. С. 212-225.

56. Конончук О. Б., Пида С. В., Григорюк І. П. Ефективність інокулюючої суміші «Байкал Ем-1У» – Rhizobium phaseoli на рослинах квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris L.*). *Біоресурси і природокористування*. 2012. С. 24–31.

57. Kjeldahl J. A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. Z. Anal. Chem, 1883. 22. 366 p.

58. Моргун В. В., Коць С. Я., Кириченко Е. В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение. *Физиология и биохимия культур растений*. 2009. Т.41 № 3. С. 187-207.

59. Фесик І. І. Морфологічні та функціональні особливості азотфіксуючих бактерій-симбіонтів представників родини Fabaceae. Матеріали V Всеукраїнської студентської наукової конференції «Сучасні проблеми природничих наук». Ніжин, 2010. С. 34.

60. Бенцаровський Д. М., Дацько Л. В., Кирієнко М. В. Баланс азоту в

землеробстві України. Зб. наук. Пр. ННЦ «ІЗ УААН». Спецвипуск. 2006. С. 22-25.

61. Бойко Н. В., Зінчук М. І. До питання розробки технологій мікробіологічної меліорації осушуваних земель західного Полісся. *Біологічні системи*. 2012. Т. 4. Вип. 2. С.131-135.

62. Дегодюк Е. Г., Дегодюк С. Е. Біологічний азот у землеробстві України. ННЦ «Інститут землеробства УААН». 2006. С. 13–22.

63. Кретович В. Л. Биохимия усвоения азота воздуха растениями. М.: Наука, 1994. 167с.

64. Мікроорганізми і альтернативне землеробство / В. П. Патика, І. А. Тихонович, І. Д. Філіп'єва та ін. К.: Урожай, 1993. 174с.

65. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобиальный симбиоз: монография / С. Я. Коць, В. В. Моргун, В. Ф. Патыка, и др. К.: Логос, 2010. Том 1. 523 с.

66. Грицаєнко З. М., Леонтюк І. Б. Інтенсивність мікробіологічних процесів і врожайність озимої пшениці за дії проділу максі та регулятора росту біолану. Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування. 2008. 792 с.

67. Шишкану Г. В., Титова Н. В. Фотосинтез плодових растений. Кишенев: Штиинца, 1985. 232 с.

68. Городній М. М., Бикін А. В., Нагаєвська Л. М. Агрохімія: Підручник. К.: Видавництво ТОВ «Алефа», 2003. 786 с.

69. Пустова З. В. Вплив бактеріальної обробки насіння на продуктивність квасолі звичайної. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2011. С. 146–152.

70. Краєвська Л., Шкатула Ю. Бобові рослини в агросфері Тиврівського району Вінницької області. Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції: «Вітчизняна наука назламі епох: проблеми та перспективи розвитку». Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький, 2014. 4-9 с.

71. Краєвська Л. С., Шкатула Ю. М. Агроекологічні особливості вирощування квасолі. Матеріали наукової конференції: Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства. Умань, 2014. 238-239 с.
72. Шкатула Ю. М., Краєвська Л. С. Біологічний азот в землеробстві Вінницької області. *Вісник ЖНАЕУ*. № 1 (41), т. 3. 2014. 303-307 с.
73. Краєвська Л. С., Шкатула Ю. М. Особливості формування біоенергетичної продуктивності квасолі залежно від технології вирощування. Земля України – потенціал продовольчої, енергетичної та екологічної беぺки держави: Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конф. Вінниця, 2014. 38-40 с.
74. Краєвська Л. С., Шкатула Ю. М. Продуктивність квасолі сорту Галактика в залежності від інокуляції насіння. Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні: Матеріали Восьмої міжнародної науково-практичної конференції: Зб. наук. статей. Львів, 2015 243-247с.
75. Краєвська Л., Шкатула Ю. Агроекологічні заходи вирощування квасолі. Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи: тези III-ї Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених. Дрогобич, 2015. 21-22 с.
76. Шкатула Ю., Краєвська Л. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах квасолі. *Вісник ДДАЕУ*. № 4 (38). 2015. 73-76 с.
77. Краєвська Л. С. Продуктивність квасолі сорту Славія залежно від інокуляції. Всеукраїнська наук.-пр. конф. «Екологічні проблеми сільського виробництва», Вінниця. 2016. 18-19 с.
78. Краєвська Л. С. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної в залежності від передпосівної обробки насіння. Зб. Наук. праць ВНАУ. Серія «Сільське господарство та лісівництво». № 6 (т. 1). 2017. 166-174 с.
79. Краевская Л. С. Влияние предпосевной обработки семян на урожайность фасоли обыкновенной в почвенно-климатических условиях

Правобережной Лесостепи Украины. *Вестник БГСХА*. №2. 2017. 80-82 с.

80. Краєвська Л. С. Вплив передпосівної обробки насіння на врожайність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.). *Агроекологічний журнал*. № 2. 2017. 211-215 с.

81. Гайдай Л. С. Індивідуальна продуктивність і урожайність квасолі звичайної в умовах правобережного Лісостепу України. Зб. *Наук. праць ВНАУ. Серія «Сільське господарство та лісівництво»*. № 7 (т. 1). 2017. 168-177 с.

82. Гайдай Л. С. Вплив передпосівної інокуляції насіння на біометричні показники рослин квасолі звичайної. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері біологічних наук». Люблін, 2017. С. 130-133.

## РОЗДІЛ 2

### УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### **2.1. Грунтово-кліматичні умови Правобережного Лісостепу**

Формування продуктивності квасолі звичайної залежить, окрім технологій вирощування, від грунтово-кліматичних умов. Вивчивши грунтово-кліматичні умови даної території, де вирощується культура, можна пояснити ряд особливостей росту і розвитку та її потенційні можливості в даному регіоні.

Зона Лісостепу простягається із заходу на схід, займає центральну частину України і становить 34,6% території. В складі її земельного фонду 80% сільськогосподарські угіддя, в тому числі 66% рілля [83].

Лісостеп має значний відсоток орної землі, на якій вирощується широкий діапазон сільськогосподарських культур. Основними галузями тваринництва є м'ясо-молочне скотарство, свинарство та птахівництво, що вимагає добре розвиненого рослинництва та кормовиробництва.

Згідно сучасної структури природно-сільськогосподарського та грунтового районування України зона Лісостепу поділяється на три провінції: Лісостеп західний, Лісостеп правобережний та Лісостеп лівобережний [84].

Лісостеп правобережний займає центральну частину Лісостепу і включає всю Вінницьку область, східну половину Хмельницької, південну – Житомирської та Київської, північну Одеської, північно-західну Кіровоградської та майже всю Черкаську область за винятком лівобережної смуги Дніпра.

Рельєф Лісостепу правобережного рівнинний, але трапляються хвилясті території. В західній частині провінції простягається Волино-Подільська височина, яка на схід поступово переходить у Дніпровські тераси. Внаслідок таких особливостей рельєфу, орні землі у Правобережному Лісостепу значною мірою зазнають водної ерозії. Грунтотвірними породами

виступають лес і лесовидні суглинки. Грунтові води на більшій частині провінції залягають на глибині 10-15 м, на терасах річок – 5-10 м, а в зниженнях – 2,5-3,0 м [85].

Ступінь родючості ґрунту в значній мірі залежить від механічного складу. В Лісостепу правобережному переважають суглинкові ґрунти: на півночі – легко- і середньо-, а на півдні – важко суглинкові. Грунтовий покрив порівняно однорідний. Найбільш поширеними є сірі опідзолені ґрунти та чорноземи. Сірі опідзолені ґрунти є малородючими. Вміст гумусу в них невисокий – 2,0-2,5% і зосереджений переважно в гумусово-елювіальному горизонті, тому запаси його невисокі – 150-200 т/га. Реакція ґрунтового розчину кисла  $pH_{sol}$  4,5-5,5, гідролітична кислотність висока – 2,5-4,0 мг-екв./100г, ступінь насыщеності основами – 70-80%. Сума обмінних основ – 12-14 мг-екв./100 г ґрунту [86].

Дані ґрунти бідні легкодоступним азотом – 3,4-4,5 мг/100г, рухомим фосфором – 10-15 мг/100г, та обмінним калієм – 10-15 мг/100г. Вони безструктурні, запливають і утворюють кірку.

Чорноземи є високо родючими. Вміст гумусу в них 3-6%, реакція ґрунтового розчину нейтральна і близька до нейтральної, гідролітична кислотність низька – 1-13 мг-екв./100г ґрунту, ступінь насыщення основами висока. Чорноземи мають вищий, ніж в сірих опідзолених ґрунтах вміст легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору та обмінного калію. Водно-фізичні властивості більш сприятливі, тому забезпечують добру водопроникливість і вологоємкість.

Клімат Лісостепу помірно-континентальний з тривалим і теплим літом та короткою помірно-холодною зимою. Середньорічна температура повітря становить  $7,0^{\circ}C$ , найнижча середньомісячна температура зими складає мінус  $6,0^{\circ}C$ , найвища – літом –  $18^{\circ}C$ . Зимою спостерігаються тривалі інтенсивні відлиги. Мінімальна температура – мінус  $38^{\circ}C$ . Літо характеризується високими сталими температурами. Найвища температура сягає  $38^{\circ}C$ . (табл. 2.1).

## Таблиця 2.1

### Кліматичні показники Лісостепу правобережного\*

Показник	Величина
Середньорічна температура повітря, °C	7,0
Абсолютний мінімум температури повітря, °C	- 38
Абсолютний максимум температури повітря, °C	38
Середньорічна температура ґрунту, °C	8,4
Середньорічна глибина промерзання ґрунту, м	0,4
Середньорічна кількість опадів, мм	580-630
Сума опадів за вегетаційний період, мм	432
Середня висота снігового покриву, см	16
Тривалість сонячного сяйва за рік, год.	889-1975
Переважаючі вітри	Зх., Пд., Пн.-Зх.
Середня швидкість вітру, м/с	1,7-3,3

\*Джерело: подано автором за даними [87]

За багаторічними метеорологічними спостереженнями перехід середньодобової температури через 5°C весною відбувається на початку квітня, а восени – в кінці жовтня – на початку листопада. Таким чином, тривалість вегетаційного періоду становить 200-205 днів [87].

Перші приморозки на поверхні ґрунту спостерігаються в кінці вересня, останні заморозки на ґрунті – в середині травня. Середньорічна температура ґрунту становить 8,4°C.

Середньорічна сума опадів – 580-630 мм, за вегетаційний період випадає 432 мм опадів. Найбільше вологи випадає літом – 80-90 мм/міс., найменше – зимою – 30-35 мм/міс.

В Лісостепу правобережному часто трапляються посушливі періоди. В середньому за рік спостерігається 4 бездошові та з неефективними опадами періоди тривалістю до 10 днів, 2 періоди тривалістю до 15 днів, 1 – до 20 днів та кожні 2 роки тривалістю понад 25 днів. Кожен третій – четвертий дощ у червні – липні має зливовий характер, тому значна частина вологи стікає в низини, а на поверхні ґрунту утворюється кірка.

Сніговий покрив неглибокий і нестійкий, з'являється в грудні і в березні зникає. Запас продуктивної вологи на період посіву озимих становить

130-140 мм, ярих 180-200 мм.

За умовами зволоження Лісостеп правобережний ділиться на три під-зони: достатнього, нестійкого та недостатнього зволоження. Північно-західна частина провінції належить до під-зоны достатнього зволоження з річною кількістю опадів понад 600 мм. Тут водний режим ґрунту здебільшого сприятливий. Центральна частина – до нестійкого зволоження з опадами до 600 мм за рік і південна – до недостатнього, де 30-70% років бувають з опадами менше 400 мм за рік.

Найвища середньомісячна вологість повітря спостерігається зимою – 85-90%, найменша – у травні – 66% [88].

Волога з поверхні ґрунту випаровується в помірній кількості – 5-40 м<sup>3</sup>/га за добу, але часто бувають посушливі періоди, які негативно впливають на ріст рослин.

В цілому Лісостеп правобережний характеризується помірно-теплим і вологим кліматом, що є сприятливим для росту і розвитку квасолі.

## **2.2. Ґрунт та погодні умови в роки проведення досліджень**

Польові дослідження проводились впродовж 2014-2016 років на полях відділу селекції та технології вирощування зернобобових культур дослідного господарства “Бохоницьке” Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААНУ Вінницького району.

Дослідне поле знаходиться в центрі Вінницької області і розміщене майже на межі двох геоморфологічних районів: Летичівсько-Літинської давньоалювіальної і водно-льдовикової западини та Вінницької денудаційно-акумулятивної хвилястої рівнини Придністровської височини.

Територія господарства має рівнинний рельєф, що характеризується незначним підняттям і слабким розчленуванням території. Абсолютні висоти сягають 298 м над рівнем моря. Перепад висот між найвищою частиною вододілів і зниженням балок складає 25-30 м.

Поле дослідної ділянки має широко-хвилястий тип рельєфу, рівнинні

землі значно переважають схилові. Поверхня вододільних плато вирівняна, нахил її не перевищує 2-3°, тому поверхневий стік атмосферних і талих вод повільний і змив ґрунтів майже відсутній. Зваження ґрунту відбувається за рахунок атмосферних опадів, рівень ґрутових вод знаходиться на глибині 10-15 м.

За агрогрунтовим районуванням дослідна ділянка належить до Вінницько-Немирівського підрайону Центрального агрогрунтового району, майже на межі з Хмільницько-Погребищенським агрогрунтовим районом, північної під-провінції Лісостепу правобережного.

Грунт на дослідній ділянці – сірий лісовий середньо-суглинковий. За даними агрохімічного обстеження вміст гумусу в орному шарі низький – 3%. Вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) [89] низький – 7,0-8,0, рухомого фосфору (за Чірковим) високий – 16,0-19,4, обмінного калію (за Чірковим) підвищений – 9,5 мг/100г ґрунту [90].

Гідролітична кислотність висока і становить 4,32 мг-екв./100г ґрунту. За обмінною кислотністю  $pH_{sol}$ . 5,0-5,4 ґрунт середньо-кислий.

Отже, ґрунт дослідної ділянки та його агрохімічні показники є типовими для даної зони і придатні для вирощування квасолі звичайної на насіння.

За агрокліматичним районуванням територія дослідного господарства віднесена до першого, помірно теплого вологого району.

За даними метеорологічної станції м. Вінниця температура повітря в роки проведення досліджень дещо відрізнялися: на початку травня 2014 року відбулися заморозки на поверхні ґрунту, а далі спостерігалась жарка нестійка погода, що сприяло швидкому підсиханню верхнього шару ґрунту, утворилася міцна ґрутова кірка. Не розроблений грудкуватий ґрунт через перезволоження у травні місяці позасихав і погано піддавався обробітку (табл. 2.2).

Літо почалось теплою і вологою погодою. В червні місяці випало 53 мм опадів, що менше в порівнянні з багаторічними даними, які носили зливовий

характер з градом і шквалистим посиленням вітру, що сприяло підсушуванню верхнього шару ґрунту. У липні місяці спостерігалась помірно тепла погода з опадами різної інтенсивності. Це призвело до перезволоження ґрунту. Серпень місяць у перших двох декадах був сухий, у третій декаді відбувалося коливання добових температур.

*Таблиця 2.2*

**Кліматичні показники протягом вегетаційного періоду, 2014 рік\***

Дата	Травень		Червень		Липень		Серпень	
	t°C	Опади мм.	t°C	Опади мм.	t°C	Опади мм.	t°C	Опади мм.
I дек.	12,1	8	18,1	29	19,1	26	23,5	9
II дек.	15,0	48	16,3	0	20,3	35	20,9	0
III дек.	19,3	79	15,5	24	21,2	4	16,1	38
За міс.	15,5	135	16,6	53	20,2	65	20,2	47
Ср.бр.	13,8	65,0	17,3	74	18,5	78	17,9	69

\*Джерело: розроблено автором за даними АМС м. Вінниці

Погодні умови 2015 року дещо відрізнялися від погодних умов 2014 року. Травень місяць був теплим, з середньою температурою 15,3°C, що вище за багаторічні дані на 1,5°C. Опади випали в основному в першій половині місяця.

Літо 2015 року було посушливим і теплим. Середня температура за червень місяць була вищою за багаторічні дані на 2°C. Початок і кінець місяця був майже без опадів. За місяць випало 35 мм опадів. У липні температура повітря була жаркою і опадів майже не було. В кінці місяця місяці температурні показники були 21,2°C, що вище на 3,3°C, в порівнянні з багаторічними даними. Серпень місяць був дуже сухим, опадів майже не спостерігалося. Ґрунт майже не містив вологи ( табл. 2.3).

Такі умови були несприятливими для функціонування бобово-

ризобіального симбіозу, тобто для утворення великої кількості активних бульбочок на коренях квасолі.

*Таблиця 2.3*

**Кліматичні показники протягом вегетаційного періоду, 2015 рік\***

Дата	Травень		Червень		Липень		Серпень	
	t°C	Опади мм.	t°C	Опади мм.	t°C	Опади мм.	t°C	Опади мм.
I дек.	13,1	26	20,4	2	21,5	3	22,6	1
II дек.	14,1	8	19,2	26	19,1	8	20,4	3
III дек.	18,5	0,3	18,2	7	22,7	4	20,7	0
За міс.	15,3	34,3	19,3	35	21,1	15	21,2	4
Ср.бр.	13,8	65,0	17,3	74	18,5	78	17,9	69

\*Джерело: розроблено автором за даними АМС м. Вінниці

Кліматичні показники 2016 року були нестійкими і часто відбувалися температурні коливання. Стрімке нарощання тепла та суха погода весною сприяли швидкому підсиханню ґрунту. Спостерігалися коливання температури з нерівномірним розподілом опадів, в останні дні відбулося суттєве зниження температури, місцями з нічними заморозками на ґрунті. Атмосферні процеси обумовили коливання температурного режиму та розподіл опадів весняно-літнього характеру – спостерігалися сильні зливи у супроводі гроз, шквалів та граду (табл. 2.4). Фазовий розвиток проходив на 10 днів раніше середніх багаторічних строків.

Зернобобові менш вибагливі до тепла, але вологолюбні, тому погодні умови на початку літа були більш сприятливими для їхньої вегетації. Внаслідок випадання дощів ґрунт був перезволожений, ущільнений сильними зливами. Протягом другої декади липня спостерігалися різкі перепади температури повітря. Протягом третьої декади липня спостерігалися жарка, без істотних опадів погода.

В кінці літа спостерігалися малосприятливі температури вище 25 та

30°C, зменшення запасів вологи в ґрунті по всьому метровому розрізі. Небезпечних та стихійних явищ не спостерігалося. Загалом кліматичні умови були у межах норми для росту і розвитку квасолі.

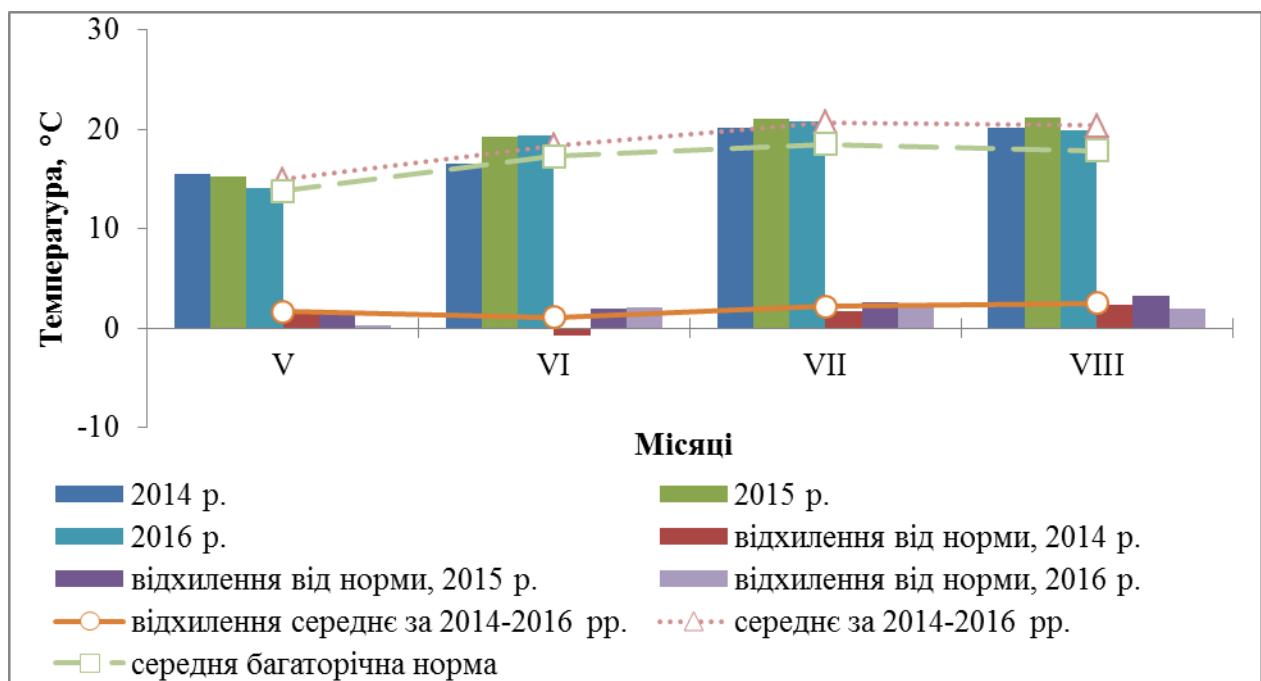
*Таблиця 2.4*

**Кліматичні показники протягом вегетаційного періоду, 2016 рік\***

Дата	Травень		Червень		Липень		Серпень	
	t °C	Опади мм.	t °C	Опади мм.	t °C	Опади мм.	t °C	Опади мм.
I дек.	13,3	8	15,9	15	19,3	13	21,3	12
II дек.	11,9	43	18,7	22	21,4	26	17,3	11
III дек.	17,2	3	23,7	15	21,6	5	21,1	7
За міс.	14,1	54	19,4	52	20,8	44	19,9	30
Ср.бр.	13,8	65,0	17,3	74	18,5	78	17,9	69

\*Джерело: розроблено автором за даними АМС м. Вінниці

В середньому за роки проведення досліджень температура повітря була сприятливою для вирощування квасолі (рис. 2.1).



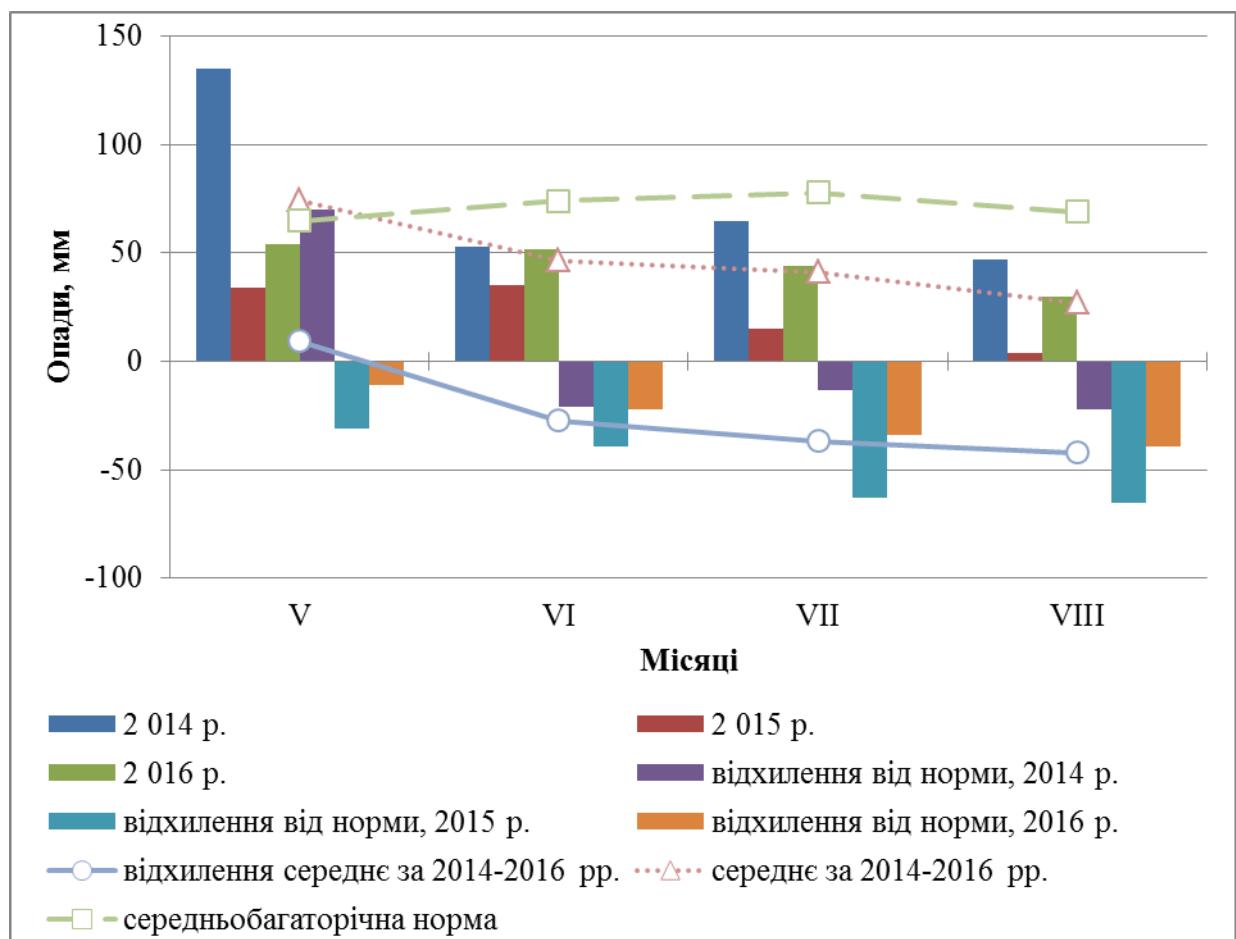
**Рис. 2.1. Температура повітря упродовж вегетаційного періоду**

**квасолі звичайної, °C\***

\*Джерело: сформовано автором за даними АМС м. Вінниця

Температура повітря за травень – серпень у роки дослідження 2014 – 2016 рр. була вищою за середньобагаторічну норму в межах від 1,7-3,3°C. Найбільш спекотним був 2015 рік, де температура повітря була більшою за середні багаторічні дані на рівні 2-2,6°C. Найменш спекотним був 2014 рік, перевищення середніх багаторічних даних сягало в межах 1,7-2,3°C.

Що стосується опадів, то їхня кількість упродовж 2014 – 2016 років відрізнялась від середньобагаторічних показників, а розподіл за місяцями був дещо нерівномірним (рис.2.2).



**Рис. 2.2.Кількість атмосферних опадів упродовж вегетаційного періоду квасолі звичайної, °C\***

\*Джерело: сформовано автором за даними АМС м. Вінниця

Отже, як можна побачити з вище наведених даних, найбільш сприятливі умови для росту і розвитку квасолі були у 2016 році, дещо гірші у 2014 році, і найменш сприятливі у 2015 році. За роки дослідження, ґрунтово-

кліматичні умови Правобережного Лісостепу України сприятливі для вирощування квасолі.

### **2.3. Матеріал та методика проведення досліджень**

Для закладання досліду використовували кущові сорти квасолі звичайної Галактика і Славія.

Сорт квасолі звичайної Галактика – створений шляхом індивідуального добору з гібридної комбінації Сакса б/в 6/5 × Zeneth. Різновидність – *oblongus niger variegatus*. Тип росту рослин – кущовий, рослини прямостоячі, висота рослин сорту – 40-45 см, прикріплення нижнього бобу – 15-17 см. Листки трійчасті, зеленого кольору, середнього розміру. Суцвіття – багатоквіткова китиця. Колір квітки – фіолетовий. Боби жовтого кольору, слабо зігнуті. Насіння середнього розміру, форма ниркоподібна. Насіннєва оболонка чорна із вторинним коричневим кольором. Маса 1000 насінин – 344,7 г. Вміст білка в насінні 20-22%. Тривалість вегетаційного періоду 87-89 днів. Потенціал урожайності насіння в умовах Лісостепу 22,8-24,3 ц/га. Середньостиглий, технологічний. Стійкий до основних грибкових та вірусних хвороб, вилягання і посухостійкості, придатний до механізованого збирання. Сорт зернового типу. Має високі смакові якості, добру розварюваність [23].

Сорт квасолі звичайної Славія – створений шляхом індивідуального добору з гібридної комбінації Харківська штамбова / К-14998. Різновидність – *ellipticus albus variegates*. Тип росту рослин – кущовий, рослини прямостоячі, висота рослин сорту – 48 см, прикріплення нижнього бобу – 12,5 см. Листки трійчасті, зеленого кольору, середнього розміру. Суцвіття – багатоквіткова китиця. Колір квітки – білий. Боби жовтого кольору, слабо зігнуті. Насіння середнього розміру, форма еліптична. Насіннєва оболонка білого кольору. Маса 1000 насінин – 301,6 г. Вміст білка в насінні 25,6%. Тривалість вегетаційного періоду 86 днів. Потенціал урожайності насіння в умовах Лісостепу 2,7 т/га. Середньостиглий, технологічний. Стійкий до основних грибкових та вірусних хвороб, вилягання і посухостійкості,

придатний до механізованого збирання. Сорт зернового типу. Має високі смакові якості, добру розварюваність [28].

Для вивчення ефективності процесу інокуляції насіння квасолі звичайної використовували штами бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli* (активні штами, які створювались методом аналітичної селекції, тобто виділялись із природних ценозів) з колекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України.

Активні штами мікроорганізмів (які є складовими біопрепаратів) не викликають у людини генетичних наслідків подібно до дії хімічних засобів захисту [91].

Закладання дослідів, спостереження, аналізи та технологія вирощування в цілому відповідала рекомендованій для зони Лісостепу. За 1-2 години до сівби насіння обробляли водною суспензією семидобової культури ризобій штамів № 657а, № 700, № Ф-16, № ФК-6 із розрахунку  $0,2-0,5 \times 10^6$  бактерій на насінину. На контрольному варіанті передпосівна обробка не проводилась. На окремих варіантах досліду насіння квасолі додатково обробляли стимулятором росту Регоплант (20 мл/т) з біологічним прилипачем ЕПАА в кількості 0,15 л/т насіння.

Для передпосівної обробки насіння використовували новий композиційний поліфункціональний препарат біологічного походження Регоплант, який був створений на Державному підприємстві «Міжвідомчий науково-технічний центр «Агробіотех» НАН та МОН України». Препарат володіє посиленою біозахистною та регуляторною властивостями, які обумовлені синергічним ефектом взаємодії продуктів життєдіяльності (суміші амінокислот, вуглеводів, жирних кислот, полісахаридів, фітогормонів та мікроелементів) в культурі *in vitro* гриба-мікроміцета, вилученого з кореневої системи женышеню, та аверсектинів – комплексних антипаразитарних макролідних антибіотиків, продуктів метаболізму ґрунтового стрептоміцету *Streptomyces avermitilis* [92].

Регоплант – Радостим (жирні кислоти, олігосахариди, біологічно

активні аналоги фітогормонів, хітозан, амінокислоти, хелатні і біогенні мікро – Cu, Mo, B, Mn, Zn та мікроелементи – Mg, S, K, Ca, Fe, N) з аверсектинами [93, 94].

ЕПАА – універсальний біологічний прилипач мікробних препаратів, пестицидів і регуляторів росту рослин. Створений на основі мікробних полісахаридів та деяких безпечних хімічних компонентів [95].

Дослідження проводилися у 2014-2016 роках на дослідній ділянці за схемою, представленою в таблиці 2.5.

*Таблиця 2.5*

**Схема польового досліду\***

Сорт квасолі (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)								
	Без обробки (к)	Rhizobium phaseoli (657a)	Rhizobium phaseoli (700)	Rhizobium phaseoli (Ф-16)	Rhizobium phaseoli (ФК-6)	Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА
Шифри варіантів									
Галактика (к)	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>8</sub>	A <sub>1</sub> B <sub>9</sub>
Славія	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>8</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>9</sub>

\*Джерело: авторська розробка

Сівбу квасолі проводили в другій декаді травня в добре прогрітий і достатньо зволожений ґрунт. Спосіб сівби – широкорядний з міжряддям 45 см, норма висіву – 500 тисяч схожих насінин на 1 га. Облікова площа ділянки – 100 м<sup>2</sup>, повторення досліду – чотириразове, розміщення ділянок – систематичне. Попередник – озима пшениця [96].

Для всебічної оцінки досліду проводили комплекс обліків, спостережень і аналізів [97].

Настання основних фаз росту і розвитку, густоту стояння рослин у фазі

сходів і перед збиранням, аналіз елементів структури врожаю проводили за пробними снопами, які відбирали перед збиранням з двох несуміжних повтореннях за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (2000 р.) [98].

Площу листкової поверхні рослин визначали в динаміці за основними фазами росту і розвитку методом «висічок» (1990 р.) [99].

На дослідній ділянці відбирали 10 рослин, зривали з них усі листки і зважували. Потім за допомогою коркового свердла брали з цих листків по 20 висічок і зважували їх. Загальну листкову поверхню у пробі визначали за формулою :

$$\Pi = M^* \cdot n^* \cdot k / m$$

де:  $\Pi$  – загальна площа листків у пробі;  
 $M$  – маса листків у пробі, г;  
 $n$  – площа однієї висічки,  $\text{cm}^2$ ;  
 $k$  – кількість висічок, шт.;  
 $m$  – маса висічок, г.

Обчисливши загальну площу листків у пробі, визначали площу листків на одній рослині і, помноживши цей показник на густоту рослин на 1 га, одержували площу листкового апарату рослин виражену в  $\text{m}^2/\text{га}$  [100].

Фотосинтетичний потенціал, чисту продуктивність фотосинтезу визначали використовуючи методику А. А. Ничипоровича [99].

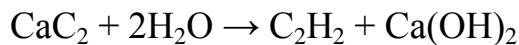
Визначення кількості та маси сиріх бульбочок проводили за методикою Г. С. Посипанова (1991 р.) [101]. У період їхнього максимального формування (фазу цвітіння рослин) у вибірках по 10 рослин з кожного повторення досліду відбирали рослини з корінням. З коренів зрізували бульбочки, мили, підраховували і зважували.

Надземну масу сирої та сухої речовини встановлювали зважуванням на електронних вагах на 10 рослинахрендомізовано взятих із кожної повторності.

Активність процесу азотфіксації визначали ацетиленовим методом [102]. Корені з бульбочками поміщали в герметично закриті скляні флакони

ємністю 75 мл, в яких створювали 10% концентрацію ацетилену. Тривалість інкубації – 1 год. Після інкубації газову суміш, яка містила етилен, утворений у результаті редукції ацетилену нітрогеназою, аналізували на газовому хроматографі «Agilent GC system 6850» (США) з полум'яно-іонізаційним детектором. Розділення газів проводили на колонці (Supelco Porapak N) при температурі печі 55°C і температурі детектора 150°C. Газоносієм був гелій (50 мл за 1 хв). Об'єм аналізованої проби газової суміші становив 1 мл. Як стандарт використовували чистий етилен (Sigma). Кількість етилену, що утворився із ацетилену за 1 год. під дією нітрогенази інкубованого зразка, тобто, азотфіксацію виражали у молярних одиницях утвореного етилену на 1 рослину за 1 годину (нмоль або мкмоль C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> / (рослину · год) – загальна C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> – відновлювальна активність (AVA)).

Ацетилен, який використовували в дослідах, одержували шляхом дії води на технічний карбід кальцію:



з подальшим очищеннем утвореного газу завдяки пропусканню його через систему склянок Дрекселя з розчинами-поглиначами: 1) розбавленою сірчаною кислотою, (3 об'ємні частини на 1 частину води – вилучення ацетону і аміаку); 2) 20% розчином оцтовокислого свинцю або кадмію (вилучення водень–сульфіду); 3) 20% розчином сірчанокислої міді або солянокислим розчином сулеми (вилучення фосфіну); 4) активованим вугіллям в U-подібній трубці (вилучення ацетону); 5) 20 % лужним розчином пірогалолу на 20 % розчині гідроксиду калію (вилучення кисню). Одержаній ацетилен зберігали в газометрах над насиченим розчином хлористого натрію.

Вміст білка визначали методом інфрачервоної спектрометрії на інфрачервоному аналізаторі NIP 4500 Scanner 4250 з комп'ютерним забезпеченням ADIDM 3114 [46].

Облік врожаю проводили шляхом суцільного обмолоту облікової площині кожної ділянки селекційним комбайном «Sampo – 130».

Статистичну обробку отриманих результатів проводили методом

дисперсійного аналізу (Б. О. Доспехов, 1985 р.) на персональному комп'ютері [96].

Економічну та енергетичну ефективність технології вирощування квасолі проводили з урахуванням застосованих агрозаходів за допомогою методики та довідниковими даними, викладеними О. К. Медведовським, П. І. Іваненком (1988), Г. І. Гашушем (1996 р.) [106, 107].

### **Висновки до розділу 2:**

1) Ґрунтово-кліматичні умови в роки досліджень (2014 – 2016 рр.) характеризувалися незначними відхиленнями від середніх багаторічних показників але були в цілому сприятливими для росту, розвитку рослин квасолі звичайної. В цілому Лісостеп правобережний характеризується помірно-теплим і вологим кліматом, що є сприятливим для росту і розвитку квасолі звичайної. Ґрунтово-кліматичні умови Лісостепу правобережного є сприятливими для вирощування такої культури як квасоля звичайна.

2) Польові дослідження проводилися згідно загальноприйнятих методик, технологія вирощування в досліді загальноприйнята для умов Лісостепу правобережного для квасолі звичайної, також використовувалися фактори експериментального характеру.

Основні наукові результати, викладені у другому розділі, опубліковані у наукових працях автора, які наведені у списку літератури [74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 108].

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2**

83. Сучасні системи землеробства України / В. Ф. Петриченко, Я. Я. Панасюк, Г. М. Заболотний, Л. П. Середа. Вінниця: Діло, 2006. 212 с.
84. Зубець М. В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. К.: Логос, 2004. 776 с.
85. Барвінченко В. І., Заболотний Г. М. Ґрунти Вінницької області. ВДАУ. 2004. 45 с.

86. Грунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості / В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестеров та ін. К.: Кондор, 2010. 414 с.
87. Півошенко І. М. Клімат Вінницької області. Вінниця: Віноблдрукарня, 1997. 240 с.
88. Ройченко Г. И., Волошин Е. Т., Сливка П. М. Атлас Винницкой области. М.: ГУГК СССР, 1987. 32 с.
89. Методические указания по определению щелочногидролизуемого азота в почве по методу Корнфильда. М., 1985.
90. Грунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова: ДСТУ 4115–2002. К., 2002. 5 с.
91. Жерносекова І. В. Фізіологічна активність біопрепаратів стрептоміцету та комерційних препаратів відносно рослин квасолі (*Phaseolus Vulgaris*). *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Медицина.* 2012. Вип. 3, т. 2. С. 32–36.
92. Биорегуляция микробно-растительных систем / Пономаренко С. П., Терек О. И., Грицаенко З. М., и др. ред. Г. А. Иутинская и С. П. Пономаренко. К.: Ничлава, 2010. 472 с.
93. Грицаенко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. 352 с.
94. Регулятори росту в рослинництві [Текст]. Рекомендації по застосуванню. К.: МНТЦ Агробіотех НАН та МОН України, 2007. 27 с.
95. Методичні рекомендації. ЕПАА – універсальний біологічний прилипач мікробних препаратів, пестицидів і регуляторів росту рослин / С. К. Воцелко, Л. А. Данкевич, В. В. Крутъ та ін. За ред. В. П. Патики. Інститут мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАН України. Київ. 2014. 30 с.
96. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
97. Методика наукових досліджень в агрономії / Е. Р. Ермантраут, М. А. Бобро, Т. І. Гопцій та ін. Х.: ХНАУ, 2008. 63 с.
98. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських

культур[Текст] / Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин; Під ред. В. В. Волкодава. К.: [б. в.], 2000. Загальна частина. 2000. 100 с.

99. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 34 с.

100. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.

101. Пустова З. В. Ефективність бактеріальної обробки насіння квасолі звичайної. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. С. 146–151.

102. Hardy R. W. F., Holsten R. D., Jackson E. K., Burns R. C. The acetylene-ethylene assay for N<sub>2</sub> fixation: laboratory and field evaluation. *PlantPhysiol.* 1968. V. 43. P.1185-1207.

103. Пименова М. Н. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под ред. Н. С. Егорова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 215 с.

104. Полтавська О. А., Коваленко Н. К. Антагоністичні властивості біфідобактерій, ізольованих із різних природних джерел. *Мікробіол. журн.* 2005. 67, № 2. С. 70–80.

105. Возняковська Ю. М., Попова Ж. П. Методические указания по идентификации неспоровых бактерий, доминирующих в ризосферерастений. Д., 1985. 48 с.

106. Гануш Г. И., Жукова П. С. Методические указания по определению экономической эффективности применения регуляторов роста при выращивании овощных растений. *Овощеводство*. 1996. Вып. 9. С. 17-21.

107. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідницьких і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів та раціоналізаторських пропозицій. К.: Урожай, 1986. 117 с.

108. Гайдай Л. Особливості фотосинтетичного потенціалу квасолі звичайної залежно від інокуляції різними штамами *Phizobium Phaseoli* та

біопрепаратом. Матеріали XXXI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав-Хмельницький, 2017. Вип. 31. 28-31 с.

## РОЗДІЛ 3.

### ВПЛИВ СОРТУ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ НА РІСТ І РОЗВИТОК РОСЛИН

#### **3.1. Польова схожість та виживання рослин**

На основі проведених експериментальних досліджень впродовж 2014-2016 років встановлено, що передпосівна обробка насіння та особливості досліджуваних сортів впливають на показники польової схожості та виживання рослин квасолі звичайної (табл. 3.1).

*Таблиця 3.1*

#### **Польова схожість та виживання рослин сортів квасолі звичайної, % (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика	Славія	польова схожість	виживання рослин
Без обробки (к)	89,4	75,3	91,5	76,2
Rhizobium phaseoli (657a)	92,2	90,5	94,8	78,9
Rhizobium phaseoli (700)	93,4	81,1	95,3	81,7
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	94,7	81,3	96,1	82,5
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	90,6	77,8	92,6	78,4
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	94,1	90,2	96,2	81,9
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	93,8	80,7	96,0	82,4
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	95,2	81,8	97,3	83,1
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	94,4	81,4	96,5	82,7

\*Джерело: власні дослідження автора

Впродовж трьох років досліджень встановлено, що кращі умови

для одержання дружніх сходів квасолі звичайної, найвища польова схожість встановлена у варіанті *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА і становила у сорту Галактика – 95,2%, у сорту Славія – 97,3%, відповідно. Найнижчі показники відмічено у варіанті без обробки насіння, у сорту Галактика – 89,4%, у сорту Славія – 91,5%.

Виживання рослин квасолі звичайної також залежало від передпосівної обробки насіння, і найвищим було у сорту Галактика у варіантах *Rhizobium phaseoli* (657a) – 90,5%, та *Rhizobium phaseoli* (657a) + Регоплант + ЕПАА – 90,2%. У сорту Славія у варіанті з передпосівною обробкою насіння *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 83,1%.

Передпосівна обробка насіння сортів квасолі звичайної в подальшому вплинула на формування густоти рослин у фазу технічної стигlosti (табл. 3.2).

*Таблиця 3.2*

**Вплив передпосівної обробки насіння на формування густоти рослин сортів квасолі звичайної у фазу технічної стигlosti, шт./м<sup>2</sup>  
(середнє 2014-2016 pp.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)	
	Галактика	Славія
Без обробки (к)	38,7	38,1
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a)	41,6	39,5
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700)	40,6	40,9
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16)	40,7	41,3
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6)	38,9	39,2
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a) + Регоплант + ЕПАА	42,1	41,0
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700) + Регоплант + ЕПАА	40,4	41,2
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	40,9	41,6
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	40,2	41,4

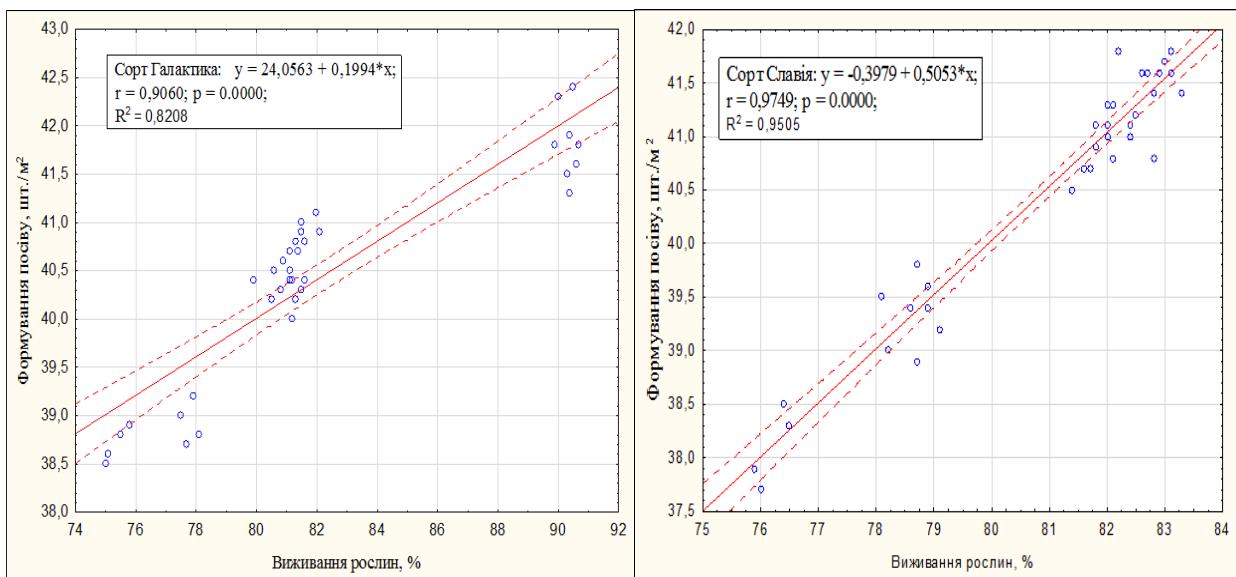
\*Джерело: власні дослідження автора

Так, найбільша кількість рослин від передпосівної обробки насіння у

сорту Галактика становили 40,1-40,9 шт./м<sup>2</sup>, з найнищим показником без обробки насіння – 37,7 шт./м<sup>2</sup>, у сорті Славія 40,9-41,6 шт./м<sup>2</sup> та 38,1 шт./м<sup>2</sup>, відповідно.

У 2015 р. випала менша кількість опадів, він був посушливим, порівняно з 2014 р. і 2016 р., тому показники польової схожості, виживання рослин та густоти рослин квасолі звичайної були нижчими, ніж у інші роки дослідження. Дані по роках подані у додатках А.1, Б.1.

В результаті проведеного регресійного аналізу встановлено залежність кількості рослин у фазу технічної стигlosti від виживання рослин сортів квасолі звичайної (рис. 3.1). Одержані наступні рівняння апроксимуючої залежності: у сорті Галактика  $y=24,0563+0,1994 \times x$  ( $R^2=0,7258$ ) та у сорті Славія  $y=-0,3979+0,5053 \times x$  ( $R^2=0,9505$ ).



**Рис. 3.1. Залежність кількості рослин у фазу технічної стигlosti від виживання рослин сортів квасолі звичайної (середнє за 2014-2016 pp.)\***

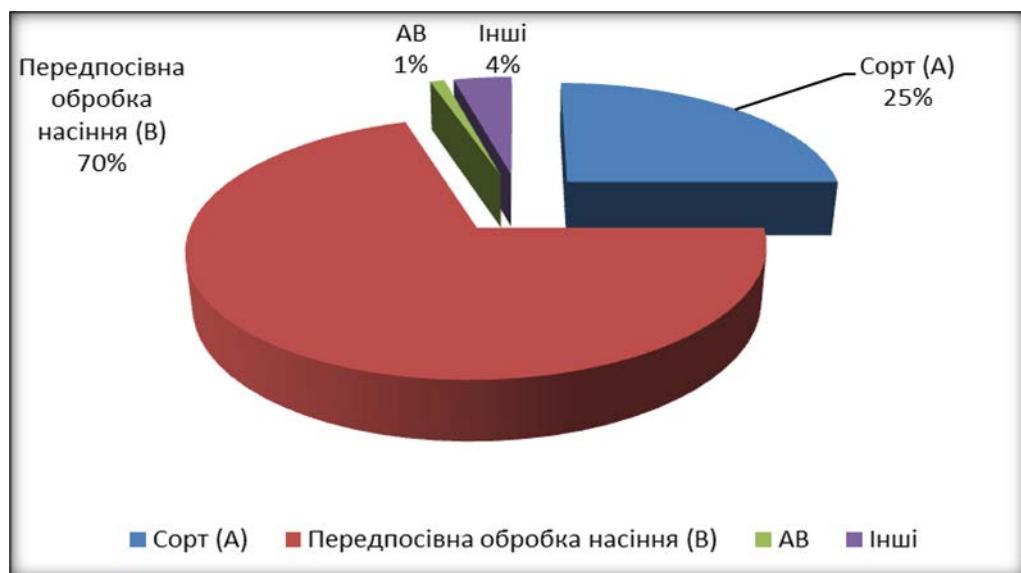
\*Джерело: власні дослідження автора

Ця залежність виражалась у вигляді лінійної функції і, згідно коефіцієнта кореляції, значення якого по сортах становило  $r = 0,91-0,97$  ( $p<0,05$ ) свідчила про тісний зв'язок між вказаними ознаками. Таким чином, за знайденими рівняннями лінійної функції на рівні 95% ( $p<0,05$ ) можна передбачити величину кількості рослин у фазу технічної стигlosti від

виживання рослин сортів квасолі.

Також встановлено, що довірча зона, яка визначає ту ділянку графіка, в межах якої знаходяться значення кількості рослин не є досить широкою, тому прогнози залежності кількості рослин у фазу технічної стигlosti від виживання рослин будуть мати високу точність.

Результати дисперсійного аналізу отриманих даних підтверджують, що найбільшою мірою на польову схожість, за роки досліджень, впливали передпосівна обробка насіння (В) – 70% та сорт (А) – 25 % (рис. 3.2).



**Рис. 3.2. Частка впливу сорту та передпосівної обробки насіння на польову схожість квасолі звичайної (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Взаємодія факторів (AB) – 1% та інших факторів – 4%, практично не впливали на зміну польової схожості.

### **3.2. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком рослин квасолі звичайної**

Ріст та розвиток є однією із найважливіших агробіологічних особливостей сільськогосподарських культур, яка відображає складну взаємодію генотипу рослинного організму із комплексом технологічних прийомів та агрокліматичних ресурсів регіону вирощування [109].

Інтенсивність ростових процесів прямо пропорційно збільшує продуктивність бобових культур. У свою чергу інтенсифікація процесів росту і розвитку обумовлюється впливом екологічних, едафічних та біотичних чинників, проте домінуюча роль належить сортам і технології вирощування. Важливу роль у формуванні продуктивності бобових культур відіграють технологічні заходи, які за сприятливої взаємодії нерегульованих чинників можуть збільшувати її до 85% і більше. На відміну від технологічних заходів, роль сорту, як одного із найбільш доступних і ефективних засобів виробництва, постійно зростає і його вклад, за даними останніх років, у приріст врожайності оцінюється в 30-50%.

Тривалість вегетаційного періоду сільськогосподарських культур є генетично обумовленою ознакою. В однорічних культур норма реакції за цією ознакою на зміну умов зовнішнього середовища складає 5-9% [110].

Впровадження у виробництво нових високопродуктивних сортів обумовлює значну потребу в ґрунтовних знаннях та детальному вивчені закономірностей процесів росту та розвитку рослин, що є важливим для розробки сучасних сортових технологій вирощування сільськогосподарських культур [111]. Тому, дослідження особливостей росту, розвитку та формування зернової продуктивності сучасних сортів квасолі залежно від впливу штамів мікроорганізмів має важливе значення.

У процесі росту і розвитку рослин особливе місце займає динаміка та формування показників фотосинтетичної продуктивності агроценозу, оскільки це є основа урожайності кожної із сільськогосподарських культур. Проте тут варто відзначити, що домінуючу роль у фотосинтетичній продуктивності посіву відіграє темп і розміри формування листкової поверхні посіву, оскільки з цим показником пов'язані всі інші, що забезпечують продукування урожайності. Так, зокрема, темп і розміри асиміляційної поверхні посіву визначають інтенсивність поглинання вологи, елементів живлення та фотосинтетично-активної радіації сонця. Внаслідок такого поєднання посівом нагромаджується суха речовина, що є основою

вегетативної маси і накопичення продуктів асиміляції, які пізніше забезпечують кількісне формування урожаю та повноцінність його якісних показників. Тому, в аналізі процесу росту і розвитку дослідних посівів квасолі ми детально вивчали динаміку формування площі листкової поверхні сортів квасолі від факторів, що були передбачені програмою досліджень.

Ріст і розвиток рослин квасолі проходить в прямій залежності від умов навколошнього середовища, основними складовими якого є температура повітря і ґрунту, освітленість, вологість та мінеральне живлення. Продуктивність рослин обумовлюється наявністю цих факторів і чим більше вони відповідають біологічним особливостям культури, тим повніше реалізуються потенціальні можливості квасолі [112].

Під час проведення досліджень насіння квасолі інокулювалося різними штамами мікроорганізмів. В залежності від цього і від кліматичних умов дещо змінювались міжфазні періоди росту і розвитку рослин сортів квасолі звичайної (табл. 3.3, 3.4). У 2015 році порівняно з 2014 і 2016 роками тривалість між фазних періодів дещо відрізнялася, на що вплинули кліматичні умови. Дані по роках подані у додатках В.1-В.3.

Так, період сівба–сходи у досліджуваних сортів становив 9 діб, сходи–3-й трійчастий листок – 14 діб.

Тривалість періоду сівба–повна стиглість у рослин сортів квасолі Галактика та Славія, інокульованих різними штамами *Rhizobium phaseoli* в середньому за 2014-2016 рр. відрізнялась на 1-2 доби.

Найтриваліший міжфазний період сівба–цвітіння рослин сортів квасолі становив 52-53 доби.

Аналіз проведених досліджень показує, що тривалість міжфазного періоду залежить від гідротермічних умов вирощування. Тому, у 2015 році, за нестачі вологи цей період тривав довше на 10-13 діб порівняно з 2014 і 2016 роками. У варіантах, де квасолю інокулювали *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА вказаний період був коротший на 1 добу, порівняно з іншими варіантами.

Таблиця 3.3

**Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі сорту Галактика, діб (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	сівба – сходи	Фази росту і розвитку рослин								
		сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – початок цвітіння	початок цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налів насіння – фізіологічна стиглість	фізіологічна стиглість – повна стиглість	Сівба – повна стиглість	Вегетаційний період
Без обробки (к)	9	14	16	13	5	14	12	13	97	87
Rhizobium phaseoli (657a)	9	14	17	13	5	13	13	14	99	89
Rhizobium phaseoli (700)	9	14	17	13	5	13	12	14	98	88
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	9	14	16	13	5	14	12	13	97	87
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9	14	17	13	5	13	13	14	99	89
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	9	14	16	13	5	14	12	14	98	88
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	9	14	16	13	5	14	12	13	97	87
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	9	14	16	13	5	14	12	14	98	88
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	9	14	17	13	5	13	13	14	99	89

\*Джерело: власні дослідження автора

Таблиця 3.4

**Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі сорту Славія, діб (середнє за 2014-2016 рр.)\***

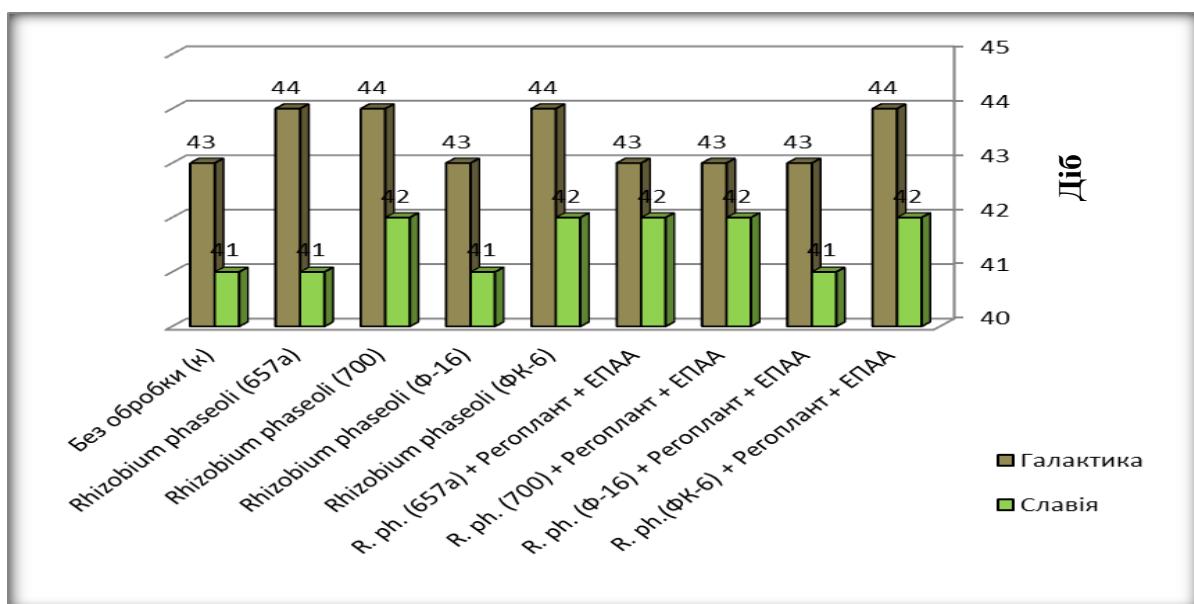
Передпосівна обробка насіння (фактор В)	сівба – сходи	Фази росту і розвитку рослин								
		сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – початок цвітіння	початок цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налів насіння – фізіологічна стиглість	фізіологічна стиглість – повна стиглість	Сівба – повна стиглість	Вегетаційний період
Без обробки	9	14	15	12	5	15	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (657a)	9	14	15	12	5	15	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (700)	9	14	16	12	5	14	13	13	97	87
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	9	14	15	12	5	15	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9	14	16	12	5	14	13	13	97	87
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	9	14	16	12	5	14	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	9	14	16	12	5	14	13	13	97	87
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	9	14	15	12	5	15	12	13	96	86
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	9	14	16	12	5	14	13	13	97	87

\*Джерело: власні дослідження автора

Проведеними дослідженнями встановлено, що тривалість періоду сівба–повна стиглість у сортів Галактика і Славія за різної передпосівної обробки насіння різнилися на 1-2 доби.

Тривалість вегетаційного періоду у сорту Галактика – 87-89 діб, у сорту Славія – 86-87 діб.

Найдовшим міжфазний період сходи–цвітіння відмічено у сорту Галактика 43-44 доби (рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Тривалість періодусходи–цвітіння рослин сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння (середнє за 2014-2016 pp.)\***

\*Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень

У сорту квасолі звичайної Славія тривалість даного періоду становила 41-42 доби, що в середньому на 1-3 доби менше, ніж у сорту Галактика.

Бактеріальні препарати поліфункціональної дії, з використанням асоціативних азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів, мають цілий ряд переваг: поліпшують мінеральне живлення рослин, нагромаджують біологічний азот у ґрунті, призводять до зниження темпів розкладання гумусових речовин, покращують структурованість ґрунту, зменшують випаровування вологи ґрунту і масштаби ерозії. Бактеріальні препарати

дозволяють одержати екологічно безпечну продукцію, тому що містять природні ефективні штами, які не здатні викликати у людини віддалені генетичні наслідки подібно неприродним хімічно синтезованим засобам. Одним із важливих наслідків використання бактеріальних препаратів поліфункціональної дії є також зниження рівня захворюваності рослин, що дозволить зменшити застосування пестицидів і тим самим поліпшити екологічну ситуацію в агрофітоценозах.

Біопрепарати на основі азотфіксуючих та фосфатмобілізуючих мікроорганізмів сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур за рахунок трансформації молекулярного азоту атмосфери та нерозчинних фосфорних сполук ґрунту в доступні рослинам форми [69].

Інокуляція вигідна з двох причин. Перша, поліпшення утворення бульбочок і азотфіксації; друга – збільшення популяції *Rhizobium* у ґрунті. Підвищення кількості чи популяції *Rhizobium* збільшує норму утворення бульбочок, тому може також збільшитись норма азотфіксації. А також збільшується урожай бобових через азотфіксацію.

Однак, бобові культури не завжди позитивно реагують на інокуляцію. Відсутність реакції може бути, тому що присутнє природне утворення бульбочок, застосоване інокуллювання не засвоїлося через невдачу виживання чи колонізацію, чи змагання з корінними *Rhizobium*, чи несприятливі умови для утворення і функціонування бульбочок (волога, температура, дефіцит поживних речовин). Крім того, штами *Rhizobium* можуть мати низьку симбіотичну ефективність і ефективність азотфіксації [113].

Важливою морфологічною та біологічною характеристикою квасолі є висота рослини, яка значною мірою залежить від умов вирощування.

Нашиими польовими дослідженнями виявлено, що більшість штамів бульбочкових бактерій мають позитивний вплив на рослини квасолі. Результати проведених досліджень в середньому за 2014-2016 роки показали, що висота рослин сортів квасолі звичайної незначно варіювала від передпосівної обробки насіння (табл. 3.5, рис. 3.4).

Таблиця 3.5

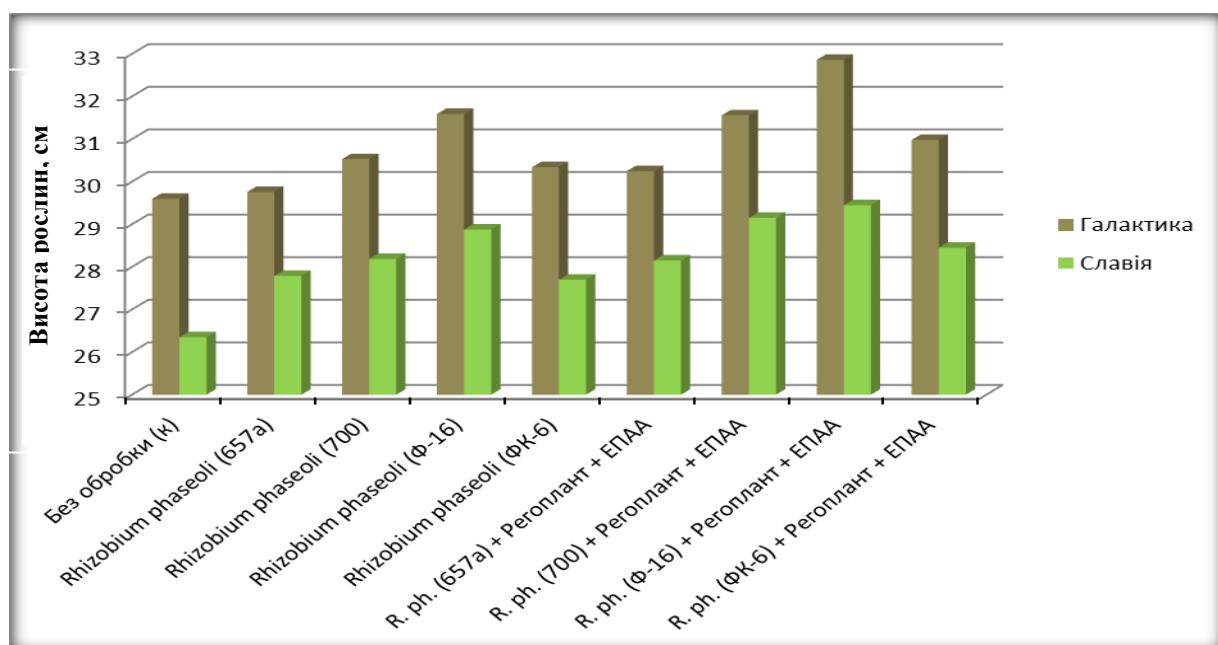
**Динаміка висоти рослин залежнос від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі звичайної, см  
(середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин					
	третій трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	10,51	26,91	29,60	32,05	33,06	34,86
Rhizobium phaseoli (657а)	10,85	27,15	29,76	32,12	33,32	35,12
Rhizobium phaseoli (700)	12,78	27,88	30,53	32,76	34,10	36,30
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	14,37	28,97	31,59	33,02	34,84	37,34
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	11,66	27,86	30,34	32,64	33,49	35,29
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	13,25	28,35	30,25	32,49	34,26	36,66
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	15,47	28,97	31,56	33,17	34,25	36,65
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	16,38	29,78	32,86	33,42	35,87	38,57
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	13,96	28,56	30,98	32,85	35,14	37,74
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	8,51	24,01	26,35	28,50	30,71	32,41
Rhizobium phaseoli (657а)	9,68	25,18	27,79	29,95	32,07	34,27
Rhizobium phaseoli (700)	11,62	25,92	28,19	30,42	32,59	35,49
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	12,27	26,47	28,88	31,14	33,20	36,20
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9,93	25,33	27,7	29,83	31,95	33,65
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	12,85	26,75	28,15	30,15	32,12	34,92
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	13,95	26,85	29,15	31,37	33,56	36,76
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	14,38	26,98	29,45	31,67	33,89	37,19
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	12,56	26,56	28,45	30,98	33,45	36,65

\*Джерело: власні дослідження автора

Дещо впливали на висоту рослин і кліматичні показники. За рахунок того, що 2015 рік був посушливіший, ніж 2014 і 2016 роки, висота рослин була дещо нижча. Динаміка росту рослин за роки проведення дослідження подана у дадатках Д.1, Д.2.

Так, найвищі показники висоти рослин сортів квасолі звичайної у фазі трійчатого листка відмічено у сорту Галактика – 10,51-16,38 см, тоді як у сорту Славія – 8,51-14,38 см, за різних варіантів передпосівної обробки насіння. У фазі фізіологічної стигlosti висота рослин залежно від передпосівної обробки насіння у сорту Галактика становила 35,12-38,57 см, на контролі (без обробки) – 34,86 см. У сорту Славія – 33,65-37,19 см на контролі (без обробки) – 32,41 см, відповідно.



**Рис. 3.4. Динаміка висоти рослин сортів квасолі звичайної у фазу цвітіння залежно від передпосівної обробки насіння, см  
(середнє за 2014-2016 pp)\***

\*Джерело: сформовано на основі власних досліджень автора

На рисунку показано, що найвищі показники висоти рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння сорту Галактика за передпосівної обробки насіння Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА та Rhizobium phaseoli (Φ-16). У сорту Славія показники були нижчими і спостерігалась подібна тенденція.

### **3.3. Фотосинтетична діяльність рослин сортів квасолі звичайної**

Фотосинтез – основне джерело формування фітомаси рослин та сухої маси врожаю (90-95%). Він також забезпечує енергією всі процеси росту і розвитку, обміну енергії. Для оптимального проходження фотосинтезу посів повинен мати певну площину листкової поверхні. За Ничипоровичем А. А., оптимальна площа листкової поверхні ( $40-50$  тис.  $m^2/га$ ) має припадати на період активної вегетації рослин, збільшення площи до  $60$  тис.  $m^2/га$  та більше є негативним, тому що освітленість у посівах порушується і, відповідно, знижується продуктивність фотосинтезу. Як відомо, на інтенсивність фотосинтезу впливає цілий ряд чинників: особливості сорту, його вегетаційний період, а також умови навколошнього середовища, технологічні прийоми догляду за посівами. Важливими показниками фотосинтетичної діяльності є площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу [114].

Основним фотосинтезуючим органом рослин є листки, а фотосинтез, який проходить у них, є унікальним процесом перетворення енергії світла в енергію хімічних зв'язків, необхідних для загального метаболізму рослин та включає послідовні фотосинтетичні реакції, які здійснюються у рослині за рахунок енергії фотосинтетично-активного спектру сонячної радіації. Фотосинтез посіву нерівномірний у різні періоди вегетації культури. Сумарне нагромадження вегетативної маси залежить, як від листкової поверхні, яка формується у міжфазні періоди росту і розвитку рослин у посіві, так і тривалості даного періоду. Добуток цих величин – середньої площи листкової поверхні у міжфазний період і тривалості цього періоду, дасть міжфазний потенціал продуктивності (МФПП) [115].

Формування площи листкової поверхні та фотосинтетичного потенціалу є передумовою отримання максимальних врожаїв культури. Показник площи листкової поверхні рослин, тривалість її функціонування залежить від генотипу сорту, ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування та елементів технології вирощування культури [11].

Формування високого врожаю сільськогосподарських рослин є результатом фотосинтезу, у процесі якого з простих речовин утворюються багаті енергією складні і різноманітні за хімічним складом органічні сполуки. Як відомо, інтенсивність накопичення органічної речовини залежить від величини листкової поверхні, яка визначається біометричними параметрами рослин і значною мірою залежить від режиму їх живлення, а також тривалістю активної діяльності листя. Потужність асиміляційного апарату і тривалість його роботи є вирішальним фактором продуктивності фотосинтезу, який зумовлює кількісні та якісні показники врожаю [116].

Упродовж періоду вегетації рослин квасолі формування площини листкової поверхні на досліджуваних варіантах за фазами розвитку проходило з різною інтенсивністю. До фази бутонізації процес йшов відносно повільно, потім – інтенсивно, набуваючи максимуму в фазі наливу бобів, після чого відмічали відмирання листків нижнього ярусу, що призводило до зменшення площини листкового апарату рослин.

На думку А. І.Чундерової [117], для квасолі в більшій мірі, ніж для інших зернобобових культур, характерним є наявність сортів і рослин з пізнім чи досить незначним бульбочкоутворенням за рахунок спонтанного інокулювання, або його повна відсутність, тому для нормального розвитку рослин необхідне штучне інокулювання насіння. Особливо чітко реакція досліджуваних сортів на передпосівне обробляння насіння взятим для дослідження штамом бульбочкових бактерій проявилась у фазі 2-х справжніх листків рослин квасолі.

А. А. Ничипорович [114] вважає, що для отримання максимальної врожайності індекс листкової поверхні більшості сільськогосподарських культур має становити  $4-5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , на думку Яковлевої В. М. [118] оптимальний індекс може варіювати в межах від 2 до  $7 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Головною умовою отримання високого рівня врожайності є формування потужного фотосинтетичного потенціалу (ФП) посіву. Як вказує Ничипорович А. А., понад 90% врожаю формується за рахунок фотосинтетичної діяльності

рослин у посіві. Проте сформована листкова поверхня найефективніше функціонує лише за оптимальних умов, які досягаються за рахунок оптимальної щільності посіву, удобрення, проведення передпосівного інокулування та обробляння рістрегулюючими речовинами. На початкових фазах росту і розвитку (міжфазний період 2-х справжніх листків-бутонізація) фотосинтетичний потенціал формувався повільно [11].

Щодо динаміки асиміляційної поверхні листків рослин на одиниці площині, то нині єдиної думки немає. Одні вчені вважають, що на початкових фазах росту і розвитку цей процес відбувається повільно, однак, починаючи з фази бутонізації, швидко нарastaє, набуваючи максимуму у фазі цвітіння. У фазі наливу бобів спостерігають відмирання листків нижнього ярусу, що призводить до зменшення площині листкового апарату рослин [119, 112].

В результаті наших досліджень встановлено (табл. 3.6., рис. 3.5), що листкова поверхня рослин квасолі інтенсивно росте до фази наливання насіння.

Аналізуючи дані таблиці, виявлено, що площа асиміляційної поверхні рослин відрізняється у досліджуваних сортів квасолі, так у варіантах досліду, з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) у рослин сорту Славія площа листкової поверхні становила 28,45 тис. м<sup>2</sup>/га у фазу налив насіння, а у рослин сорту Галактика – 29,56 тис. м<sup>2</sup>/га, відповідно.

Найвищі показники площині листкової поверхні у фазу налив насіння відмічено у рослин квасолі сорту Славія, інокульованих *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з використанням препарату Регоплант з прилипачем ЕПАА – 30,86 тис. м<sup>2</sup>/га, дещо менші у сорту Галактика – 30,24 тис. м<sup>2</sup>/га. Найменша площа листкової поверхні була у варіанті без обробки, у сорту Галактика і становила 15,97 тис. м<sup>2</sup>/га.

Зростання листкової поверхні відрізнялося між різними сортами квасолі і залежало від кліматичних умов. Так, як у 2015 році погодні умови відрізнялися від 2014 і 2016 років, то це вплинуло на площину листової поверхні рослин.

Таблиця 3.6

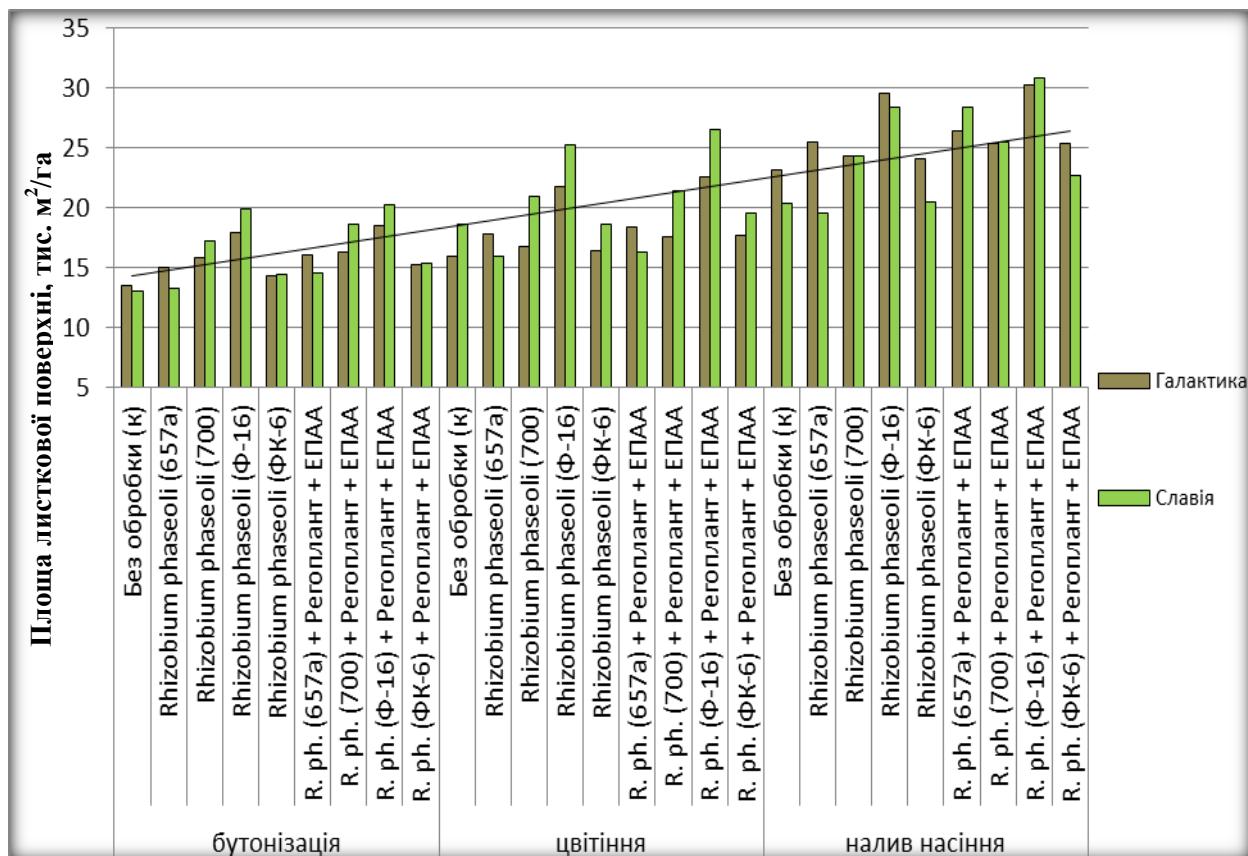
**Динаміка формування площі листкової поверхні рослин на одиниці площи залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин						
	сходи	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	наплив насіння	
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>							
Без обробки (к)	0,71	6,84	13,53	15,97	20,01	23,15	16,57
Rhizobium phaseoli (657а)	1,12	7,21	15,07	17,80	22,46	25,45	18,80
Rhizobium phaseoli (700)	1,19	7,34	15,80	16,80	21,36	24,34	18,87
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,32	7,61	17,97	21,77	26,47	29,56	22,90
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,89	6,94	14,37	16,47	21,15	24,12	17,53
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	1,44	7,56	16,12	18,41	23,59	26,47	19,65
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	1,53	7,65	16,32	17,58	22,39	25,34	19,87
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	1,63	7,84	18,54	22,56	27,45	30,24	23,56
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,28	7,33	15,23	17,65	22,48	25,34	18,45
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>							
Без обробки	0,84	7,90	13,07	18,67	23,14	20,32	21,60
Rhizobium phaseoli (657а)	1,17	8,25	13,27	15,90	20,56	19,56	18,87
Rhizobium phaseoli (700)	1,28	8,34	17,20	20,90	25,34	24,36	23,13
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,42	8,46	19,87	25,27	30,45	28,45	27,90
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,95	7,49	14,47	18,67	23,24	20,45	20,23
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	1,47	8,57	14,56	16,35	31,27	28,36	19,58
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	1,61	8,69	18,65	21,45	26,75	25,45	24,51
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	1,74	8,91	20,23	26,58	31,67	30,86	28,45
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,37	8,43	15,32	19,56	24,25	22,64	21,36

\*Джерело: власні дослідження автора

Динаміка формування площі листової поверхні рослин по роках подана у додатка Е.1, Е.2.

У сорту Галактика наростання площі листя збільшувалась швидше, ніж у сорту Славія. У фазу налив насіння ці показники майже стали однаковими.



**Рис. 3.5. Динаміка формування площі листкової поверхні сортів квасолі звичайної в різні фази росту і розвитку залежно від передпосівної обробки насіння, тис. м<sup>2</sup>/га(середнє за 2014-2016 pp.)\***

\*Джерело: сформовано на основі власних досліджень автора

Сформована площа листкової поверхні посівів вказує лише на кількісний показник і не завжди корелює із формуванням урожайності. А для забезпечення урожайності важливою умовою є тривалість функціонування сформованої площі листкової поверхні посівів, що виражається в показнику фотосинтетичного потенціалу (ФП). Фотосинтетичний потенціал дає сумарну характеристику фотосинтетичної діяльності рослин за період вегетації. Він може варіювати в широких межах, залежно від ґрунтово-кліматичної зони та

умов вирощування даної культури [120].

Фотосинтез і мінеральне живлення складають єдину систему живлення рослин. Суть позитивного впливу мінерального живлення полягає у збільшенні фотосинтетичної продуктивності рослин. Фотосинтетичний апарат квасолі звичайної від сходів до збирання безперервно змінюється, досягаючи максимуму в період «бутонізація–цвітіння» цієї культури. Чим більша площа листкового апарату при оптимальній густоті квасолі звичайної, тим вищий фотосинтетичний потенціал на одиницю площині. Біопрепарати, мають позитивний вплив на збільшення площині листкової поверхні, чистої продуктивності фотосинтезу та фотосинтетичного потенціалу. Формування урожайності знаходиться в прямій залежності від чистої продуктивності фотосинтезу квасолі звичайної. Використання біопрепаратів має суттєвий позитивний вплив на чисту продуктивність фотосинтезу. За повідомленням Д. С. Шляхтурова, поєдання в системі удобрень квасолі звичайної азоту біологічно фіксованого із мінеральних добрив створює кращі умови для формування продуктивності рослин цієї культури [121].

Врожайність рослин, передусім, визначається розмірами та продуктивністю роботи листя, яке в процесі росту повинно якомога скоріше досягти оптимального розміру. Одним із факторів, що регулює величину площині асиміляційної поверхні, є поживний режим рослин. Тому в період вегетації необхідно створювати найбільш сприятливі умови живлення, аби рослини сформували оптимальну площину листкового апарату для ефективної фотосинтетичної діяльності [122].

Прискорене формування фотосинтетичного апарату у рослин, особливо важливе для культур з коротким вегетаційним періодом та тривалим нарощанням листкового апарату. Проте відмічено, що загальна площа листків і фотосинтетична продуктивність цілої рослини можуть бути в більшій або меншій мірі у позитивній кореляції з її продуктивністю [123].

Фотосинтетична діяльність рослин сортів квасолі звичайної залежить від величини площині листкового апарату і тривалості міжфазних періодів. В

результаті наших досліджень виявлено, що рослини сорту Славія мають дещо вищу фотосинтетичну діяльність, в порівнянні з рослинами сорту Галактика (табл. 3.7).

У роки досліджень на фотосинтетичний потенціал також впливали кліматичні умови. Так, у 2014 р. і 2016 р. погодні умови не значно відрізнялися, а у 2015 р. випало менше опадів, тому і накопичення фотосинтетичного потенціалу було дещо нижчим. Динаміка накопичення фотосинтетичного потенціалу посівів квасолі звичайної по роках подана у дадотках Є.1, Є.2.

Фотосинтетичний потенціал у період бутонізація–цвітіння у рослин квасолі звичайної сорту Галактика був найнижчим у контрольних варіантах проведеного дослідження і становив  $0,19 \text{ млн. m}^2/\text{га} \times \text{діб}$ . Аналогічно у період утворення зелених бобів–налив насіння ( $0,30 \text{ млн. m}^2/\text{га} \times \text{діб}$ ). У рослин сорту квасолі звичайної Славія найнижчий показник фотосинтетичного потенціалу був у варіанті досліду без передпосівної обробки насіння і становив  $0,19 \text{ млн. m}^2/\text{га} \times \text{діб}$ . У період утворення зелених бобів–налив насіння найнижчий результат спостерігали також у варіанті досліду без передпосівної обробки насіння азотфіксуючими мікроорганізмами –  $0,33 \text{ млн. m}^2/\text{га} \times \text{діб}$ .

Найвищі показники досліду у рослин сорту квасолі звичайної Галактика в період бутонізація–цвітіння спостерігалися у варіанті проведеного досліду з передпосівною обробкою насіння штамом мікроорганізмів *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА –  $0,27 \text{ млн. m}^2/\text{га} \times \text{діб}$ . У сорту Славія –  $0,28 \text{ млн. m}^2/\text{га} \times \text{діб}$ , відповідно.

У фазу цвітіння–утворення зелених бобів найвищі показники фотосинтетичного потенціалу були у варіантах досліду, оброблених азотфіксуючим штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант і ЕПАА у обох сортів квасолі з показниками  $0,12 \text{ млн. m}^2/\text{га} \times \text{діб}$  і  $0,15 \text{ млн. m}^2/\text{га} \times \text{діб}$  відповідно.

Таблиця 3.7

**Динаміка накопичення фотосинтетичного потенціалу посівів квасолі залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, млн. м<sup>2</sup>/га на добу(середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Міжфазні періоди					
	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	0,05	0,16	0,19	0,09	0,30	0,24
Rhizobium phaseoli (657а)	0,06	0,19	0,21	0,10	0,31	0,29
Rhizobium phaseoli (700)	0,06	0,20	0,21	0,10	0,30	0,26
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,06	0,20	0,26	0,12	0,39	0,31
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,05	0,18	0,20	0,09	0,29	0,27
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,22	0,11	0,35	0,28
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,22	0,10	0,33	0,24
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,21	0,27	0,12	0,40	0,32
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,21	0,10	0,31	0,28
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	0,06	0,16	0,19	0,10	0,33	0,25
Rhizobium phaseoli (657а)	0,07	0,16	0,19	0,09	0,33	0,23
Rhizobium phaseoli (700)	0,07	0,20	0,23	0,12	0,35	0,31
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,07	0,21	0,27	0,14	0,44	0,34
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,06	0,18	0,20	0,10	0,31	0,27
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,19	0,19	0,12	0,42	0,29
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,22	0,24	0,12	0,37	0,32
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,22	0,28	0,15	0,46	0,35
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,19	0,21	0,11	0,33	0,27

\*Джерело: власні дослідження автора

Отже, в результаті проведеної роботи, встановлено, що найкращий рівень показника фотосинтетичного потенціалу був у квасолі сорту Славія у міжфазний період утворення зелених бобів–налив насіння у варіантах інокульованих *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 0,46 млн.  $\text{m}^2/\text{га} \times \text{діб}$ .

Величина роботи асиміляційної поверхні посівів формує кількість нагромадження продуктів асиміляції, які безпосередньо виражуються в урожайності сільськогосподарської культури [124].

Важливим показником асиміляційної діяльності в посівах є також чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ), що характеризує інтенсивність накопичення сухої речовини впродовж доби в розрахунку на 1  $\text{m}^2$  листкової поверхні рослин. Цей показник знаходиться у певному зворотному зв'язку із розміром листкової поверхні, що є найбільш впливовим фактором у розвитку надземної маси рослини і відіграє важливу роль у поглинанні  $\text{CO}_2$  та продукуванні органічної маси в процесі фотосинтезу. Врожайність насіння залежить від величини асимілюючої поверхні, її максимум забезпечується за досягнення сумарної площині листків у період найбільш активного росту рослин квасолі.

Впродовж усього вегетаційного періоду рослин квасолі значення чистої продуктивності фотосинтезу рослин квасолі дещо відрізнялося у фази росту і розвитку (табл. 3.8).

В результаті проведених досліджень показник чистої продуктивності фотосинтезу рослин квасолі сорту Галактика у всі фази росту і розвитку найменшим був у варіантах без інокулювання і передпосівної обробки насіння препаратами (контроль) із значеннями: у фазу сходи–3-й трійчастий листок – 9,25  $\text{г}/\text{м}^2$  за добу; у фазу 3-й трійчастий листок–бутонізація – 3,89  $\text{г}/\text{м}^2$  за добу; у фазу бутонізація–цвітіння – 3,78  $\text{г}/\text{м}^2$  за добу; у фазу цвітіння–утворення зелених бобів – 3,31  $\text{г}/\text{м}^2$  за добу; у фазу утворення зелених бобів–налив насіння – 3,28  $\text{г}/\text{м}^2$  за добу і у фазу налив насіння–фізіологічна стиглість – 1,24  $\text{г}/\text{м}^2$  за добу.

Таблиця 3.8

**Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу рослин залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2014-2016 pp.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Міжфазні періоди					
	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість
Сорт Галактика (фактор А)						
Без обробки (к)	9,25	3,89	3,78	3,31	3,28	1,24
Rhizobium phaseoli (657а)	10,24	4,26	4,11	4,55	4,26	1,36
Rhizobium phaseoli (700)	11,59	4,65	4,58	4,57	4,47	1,66
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	11,75	5,25	4,81	5,65	5,19	2,01
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10,85	4,48	4,05	3,95	3,71	1,59
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	11,64	5,87	5,32	5,36	5,26	2,03
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	11,58	5,91	5,69	5,65	5,45	2,42
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	11,85	5,96	5,87	6,45	6,25	2,54
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	10,92	5,49	5,01	4,64	5,13	1,98
Сорт Славія (фактор А)						
Без обробки	9,34	4,12	3,82	3,84	3,55	1,34
Rhizobium phaseoli (657а)	10,63	4,35	3,95	4,28	3,76	1,39
Rhizobium phaseoli (700)	11,05	5,24	4,82	4,55	3,98	1,45
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	11,81	5,36	5,04	5,03	4,65	2,04
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10,54	4,18	3,92	3,92	3,67	1,68
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	11,06	5,42	4,65	5,26	4,35	1,77
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	11,25	5,61	5,45	5,69	4,80	1,94
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	11,96	5,74	6,23	6,06	5,26	2,45
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	10,78	4,89	4,75	4,06	4,33	1,75

\*Джерело: власні дослідження автора

Найвищий рівень показників отримано у варіанті досліду з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з Регоплант і ЕПАА у період у сходи–3-й трійчастий листок –  $11,85 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу 3-й трійчастий листок–бутонізація –  $5,96 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу бутонізація–цвітіння –  $5,87 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу цвітіння–утворення зелених бобів –  $6,45 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу утворення зелених бобів–налив насіння –  $6,25 \text{ г/м}^2$  за добу і у фазу налив насіння–фізіологічна стиглість –  $2,54 \text{ г/м}^2$  за добу.

Найнижчий рівень показника сорту квасолі Славія, отримано у варіантах без обробки насіння у всі фази, відмічені у таблиці, з показниками: у фазу сходи–3-й трійчастий листок –  $9,34 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу 3-й трійчастий листок–бутонізація –  $4,12 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу бутонізація–цвітіння –  $3,82 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу цвітіння–утворення зелених бобів –  $3,84 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу зелених бобів–налив насіння –  $3,55 \text{ г/м}^2$  за добу і у фазу налив насіння–фізіологічна стиглість –  $1,34 \text{ г/м}^2$  за добу.

Найвищі показники отримані у варіантах, де проводили інокулювання тим самим штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з Регоплант + ЕПАА (у фазу сходи–3-й трійчастий листок –  $11,96 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу 3-й трійчастий листок–бутонізація –  $5,74 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу бутонізація–цвітіння –  $6,23 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу цвітіння–утворення зелених бобів –  $6,06 \text{ г/м}^2$  за добу; у фазу утворення зелених бобів–налив насіння –  $5,26 \text{ г/м}^2$  за добу і у фазу налив насіння–фізіологічна стиглість –  $2,45 \text{ г/м}^2$  за добу).

Встановлено, що найвищий показник чистої продуктивності фотосинтезу у фазу цвітіння–утворення зелених бобів отримано у рослин сорту квасолі Галактика, у варіантах досліду, оброблених *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА і становить  $6,45 \text{ г/м}^2$  за добу, у рослин сорту Славія цей показник дещо нижчий –  $6,06 \text{ г/м}^2$  за добу.

Впродовж усього вегетаційного періоду рослин квасолі звичайної значення чистої продуктивності фотосинтезу рослин квасолі дещо залежало від кліматичних показників у роки дослідження. Так, у 2014 р. і 2016 р.

погодні умови не значно відрізнялися, а у 2015 р. випало менше опадів, тому показники чистої продуктивності фотосинтезу були дещо нижчим. Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу рослин квасолі звичайної по роках подана у додатках Ж.1, Ж.2.

Дуже важливе значення у формуванні господарсько-цінної частини врожаю має динаміка нагромадження надземної повітряно-сухої біомаси рослинни. Абсолютна величина її приросту є зовнішнім проявом внутрішніх процесів, що не відбуваються в рослинах. Тому за темпами приросту надземної маси можна робити висновок про вплив того чи іншого чинника на рослину [125,126].

Розміри та тривалість роботи асиміляційної поверхні посівів формують кількість нагромадження продуктів асиміляції, які безпосередньо виражаються в урожайності сільськогосподарської культури. Для аналізу формування продуктів асиміляції нами було досліджено нагромадження посівами квасолі сухої речовини, яка вивчалась нами впродовж вегетаційного періоду досліджуваних сортів, залежно від передпосівної обробки насіння в умовах регіону.

Проведеними спостереженями відмічено, що у сортів квасолі звичайної Галактика та Славія підвищується вміст сухої речовини залежно від передпосівної обробки насіння в період росту і розвитку рослин (табл. 3.9).

Аналогічна закономірність спостерігалась упродовж усіх років досліджень і дещо залежала від кліматичних показників. У 2015 р. випало менше опадів, ніж у 2014 р. і 2016 р. рік був посушливіший, тому рівень накопичення сухої речовини рослинами дещо вдрізнявся по роках. Динаміка накопичення сухої речовини рослинами квасолі звичайної за роки проведення досліджень подана у додатках 3.1, 3.2.

Результатами проведених досліджень підтверджено, що накопичення відбувається не рівномірно. До фази бутонізації відбувається повільніше, а починаючи із фази цвітіння інтенсивніше і набуває максимуму у фазу наливу насіння (рис. 3.6).

Таблиця 3.9

**Динаміка накопичення сухої речовини рослинами залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/рослину  
(середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку							
	Сходи	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	наплив насіння	фізіологічна стиглість	повна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>								
Без обробки (к)	0,14	1,07	2,24	4,92	6,45	11,31	13,12	12,27
Rhizobium phaseoli (657а)	0,15	1,25	2,34	5,45	7,34	12,56	14,25	13,44
Rhizobium phaseoli (700)	0,16	1,30	2,45	5,98	7,45	12,78	14,47	13,53
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,21	1,34	2,85	6,72	7,69	13,25	15,56	14,86
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,15	1,08	2,28	5,57	6,75	12,64	14,75	13,45
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,18	1,28	2,56	5,78	7,43	13,23	15,45	14,35
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,19	1,35	2,64	6,14	7,56	13,86	15,78	14,36
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,22	1,41	2,92	7,26	7,87	14,64	16,64	15,63
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,17	1,12	2,61	6,15	7,47	13,27	15,13	14,25
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>								
Без обробки	0,14	1,06	2,20	5,14	6,34	12,56	14,15	13,12
Rhizobium phaseoli (657а)	0,16	1,15	2,31	5,97	6,39	13,75	15,43	14,23
Rhizobium phaseoli (700)	0,16	1,24	2,42	6,46	7,37	13,98	15,78	14,35
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,20	1,28	2,78	7,03	7,62	14,57	16,25	15,75
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,14	1,18	2,42	6,57	7,34	13,35	15,36	14,28
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,17	1,25	2,48	6,25	7,45	14,89	16,56	15,45
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,18	1,32	2,56	6,89	7,53	14,78	16,85	15,38
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,22	1,39	2,86	7,78	7,74	15,75	17,78	16,56
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,16	1,24	2,54	6,76	7,37	14,64	16,23	15,34

\*Джерело: власні дослідження автора

У фазу цвітіння найнижчі показники відмічені у контрольних варіантах досліду без інокулювання (контроль) у рослин обох сортів квасолі Галактика і Славія з показниками 4,92 г/рослину і 5,14 г/рослину, відповідно.

Накопичення кількості сухої речовини у рослин сорту Галактика відбувалося у межах 0,14-16,64 г/рослину. З найбільшим нагромадженням сухої речовини у варіантах досліду з інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА з значенням – 16,64 г/рослину у фазу фізіологічної стигlosti. У рослин сорту Славія були дещо вищі показники у межах 0,14-17,78 г/рослину. З найкращим результатом із інокулюванням штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 17,78 г/рослину.



**Рис. 3.6. Динаміка накопичення сухої речовини рослинами залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/рослину(середнє за 2014-2016 pp.)\***

\*Джерело: сформовано на основі власних досліджень автора

У фазу наливання насіння накопичення сухої речовини теж відбувалося нерівномірно. У рослин сорту Галактика отримано результати у межах 11,31-14,64 г/рослину. Так, найменше значення спостерігалося у варіантах без обробки насіння (контроль) – 11,31 г/рослину, а найбільше – у варіантах досліду, оброблених штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 14,64 г/рослину. Така ж закономірність спостерігалась і у рослин сорту квасолі Славія, з найнижчим накопиченням у варіантах досліду без обробки насіння – 12,56 г/рослину і найвищим з інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 15,75 г/рослину.

У фазу фізіологічна стиглість у рослин сорту Галактика було отримано показники накопичення кількості сухої речовини у межах – 13,12-16,64 г/рослину. Відповідно з найнижчим показником у варіантах без обробки насіння (контоль) – 13,12 г/рослину і найвищим – у варіантах з інокулюванням штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з Регоплант і ЕПАА – 16,64 г/рослину. Така ж закономірність накопичення сухої речовини у рослин квасолі звичайної спостерігалась і у сорту квасолі Славія. Було отримано найнижчі дані з показником – 14,15 г/рослину (без обробки насіння) і найвищі – 17,78 г/рослину (з обробкою штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з Регоплант і ЕПАА).

Таким чином, накопичення сухої речовини у квасолі під час дослідження у різні фази росту і розвитку відрізнялося, обробка насіння штамами мікроорганізмів сприяла нагромадженню сухої речовини. Максимальне накопичення було у рослин сорту квасолі Славія у варіантах інокульованих штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА із значенням 17,78 г/рослину.

### **Висновки до розділу 3:**

- 1) Кращі умови для одержання дружніх сходів квасолі звичайної, найвища польова схожість встановлена у варіанті *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА і становила у сорту Галактика – 95,2%, у сорту Славія –

97,3%, відповідно. Найнижчі показники відмічено у варіанті без обробки насіння, у сорту Галактика – 89,4%, у сорту Славія – 91,5%. Виживання рослин квасолі звичайної також залежало від передпосівної обробки насіння, і найвищим було у сорту Галактика у варіантах *Rhizobium phaseoli* (657a) – 90,5%, та *Rhizobium phaseoli* (657a) + Регоплант + ЕПАА – 90,2%. У сорту Славія у варіанті з передпосівною обробкою насіння *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 83,1%. Результати дисперсійного аналізу отриманих даних підтверджують, що найбільшою мірою на польову схожість, за роки досліджень, впливали передпосівна обробка насіння (В) – 70% та сорт (А) – 25%. Взаємодія факторів (АВ) – 1% та інших факторів – 4%, практично не впливали на зміну польової схожості.

2) Ріст і розвиток рослин квасолі проходить в прямій залежності від умов навколошнього середовища, основними складовими якого є температура повітря і ґрунту, освітленість, вологість та мінеральне живлення. Продуктивність рослин обумовлюється дією цих факторів і чим більше вони відповідають біологічним особливостям культури, тим повніше реалізуються потенціальні можливості квасолі. Результати проведених досліджень в середньому за 2014-2016 роки показали, що висота рослин сортів квасолі звичайної незначно варіювала від передпосівної обробки насіння.

3) В результаті наших досліджень встановлено, що листкова поверхня рослин квасолі інтенсивно росте до фази наливання насіння. Зростання листкової поверхні відрізнялося між різними сортами квасолі. У сорту Галактика наростання площини листя збільшувалась швидше, ніж у сорту Славія. У фазу налив насіння ці показники майже стали однаковими. Отже, в результаті проведеної роботи, встановлено, що найвищий рівень показника фотосинтетичного потенціалу був у квасолі сорту Славія у міжфазний період утворення зелених бобів–налив насіння у варіантах інокультованих *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 0,46 млн.  $\text{m}^2/\text{га} \times \text{діб}$ .

Основні наукові результати, викладені у третьому розділі, опубліковані у наукових працях автора, які наведені у списку літератури [78,79, 80].

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3**

109. Созінов О. О. Принципи розвитку агросфери України в ХXI столітті. Зб. наук. Праць Інституту землеробства УААН. 1999. Вип. 4. С. 91-96.
110. Овчарук В. І., Овчарук О. В., Білик Т. Л. Фенологічні фази росту і розвитку рослин квасолі звичайної та їх тривалість в умовах західного Лісостепу. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2013. Вип. 83. С. 34-37.
111. Керефов К. Н. Биологические основы растениеводства. М.: Высшая школа, 1982. 480 с.
112. Агроекологічні особливості формування фотосинтетичних показників квасолі звичайної / В. І. Овчарук, О. В. Овчарук, Р. Ю. Гаврилянчик та ін. Вісник Черкаського університету. Серія «Біологічні науки». 2011. С. 131–136.
113. Fomeg-As D. Y., Merestela T. M., Balaoing J. G., Fang-asan M. L. D. On-farm Trials of Biological Nitrogen Fixation (BNF) Technology on Beans (*Phaseolus Vulgaris*) in Mountain Province. Benguet. 2007. P. 1-28.
114. Дідора В. Г., Ступніцька О. С. Фотосинтетична активність та урожайність сої залежно від елементів технології вирощування в умовах полісся України. Вісник ЖНАЕУ Рослинництво, селекція та насінництво. 2014. № 2 (42), т. 1. С. 106-112.
115. Борисенко В. В. Листкова поверхня та фотосинтетичний потенціал посіву соняшнику залежно від умов вирощування. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2013. Вип. 83. С. 79-84.
116. Середа І. І. Площа листкової поверхні та фотосинтетичний потенціал рослин пшениці озимої залежно від умов вирощування. Бюлєтень Інституту зернового господарства. 2011. № 40. С. 144-147.
117. Чундерова А. И. Влияние высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий на урожай и содержание протеина в зерне фасоли.

*Селекция, семеноводство и приемы возделывания фасоли.* Орел, 1975. С. 192-195.

118. Яковлева В. М. Бактероиды клубеньковых бактерий. Новосибирск: Наука, 1975. 172 с.

119. Камінський В. Ф. Агробіологічні основи інтенсифікації вирощування зернобобових культур в Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня д-ра с.-г. наук : спец. 06.01.09 «Рослинництво». Вінниця, 2006. 48с.

120. Кобернюк О. Т. Фотосинтетична діяльність посівів соризу в умовах південно-західної частини Лісостепу України. *Агробіологія.* 2011. Вип. 6. С. 84-87.

121. Чинчик О. С. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної під впливом екограну і мінеральних добрив. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків.* 2014. С. 88–92.

122. Петриченко В. Ф., Вишневська О. В. Фотосинтетична діяльність люпину вузьколистого в монопосівах та агроценозах в умовах Полісся України. *Корми та кормовиробництво.* 2010. № 66. С. 3-8.

123. Гончар Т. М. Формування фотосинтетичного апарату та продуктивності гороху в умовах правобережного Лісостепу України. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН». К.: ВД «ЕКМО», 2007. Вип. 3-4. С. 90-99.

124. Овчарук О. В. Фотосинтетична продуктивність рослин сортів квасолі звичайної залежно від способів сівби в умовах західного Лісостепу. Збірник наукових праць. Сільськогосподарські науки. 2014. № 22. С. 16-21.

125. Золотар Ю. В. Вплив системи живлення на продуктивність сої в умовах північного Лісостепу України. Сучасна аграрна наука: напрями досліджень, стан та перспективи: Друга міжвуз. наук.-практ. конф. аспірантів, Вінниця 27-28 лютого 2002 р.: тези доп. Вінниця, 2002 р. С. 38-39.

126. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / Н. Н. Третьяков, Е. И. Кошкин, Н. М. Макрушин и др.; под. ред. Н. Н. Третьякова. М.: Колос, 2000. 640 с.

## РОЗДІЛ 4.

### **СИМБІОТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В АГРОЦЕНОЗІ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ**

#### **4.1. Особливості формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної**

Інтенсифікація процесу симбіотичної азотфіксації є однією із актуальних проблем сучасного землеробства. Один із перспективних шляхів її вирішення – збільшення частки симбіотрофного азоту в агроценозах при забезпеченні високоефективного симбіозу бобових культур із відповідними видами бульбочкових бактерій.

Квасоля, як зернобобова культура, біологічно спроможна забезпечити накопичення та розвиток симбіотичних мікроорганізмів у власній кореневій системі і завдяки бобово-ризобіальному симбіозу використовувати азот атмосфери та накопичувати його в ґрунті. Фіксація азоту бульбочковими бактеріями та надходження його в рослину є найдешевшим способом одержання азоту для живлення рослин квасолі і подальшому в сівозміні сільськогосподарських культур. За даними багатьох науковців встановлено, що не тільки біологічні ознаки рослин квасолі визначають величину її симбіотичної продуктивності, але й низка технологічних заходів, сорти, строки сівби та глибина загортання насіння з врахуванням специфіки ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування [31, 91].

Для зернобобових культур обов'язковим агроприйомом у технологіях вирощування повинна бути передпосівна обробка насіння біопрепаратами на основі селекціонованих штамів специфічних ризобій, яка не тільки підвищує продуктивність рослин, а й сприяє інтродукції у ґрутові мікробоценози високоефективних штамів бульбочкових бактерій.

Для підвищення продуктивності симбіотичної азотфіксації в агроценозах необхідно проводити селекцію сортів бобових культур і штамів

бульбочкових бактерій, враховуючи конкретні ґрунтово-кліматичні і агротехнічні умови, а також створювати сприятливі умови для ефективного функціонування бобово-ризобіального симбіозу [127].

Важливими показниками успішного симбіозу квасолі і ризобій є кількість і маса рожевих бульбочок на коренях, особливо в період найбільшої фотосинтетичної активності рослин [128].

Бульбочки на рослинах квасолі звичайної починають формуватися на 12-14 добу після з'явлення сходів, при сприятливих погодно-кліматичних умовах кількість їх збільшується до початку формування бобів [129].

За результатами досліджень встановлено, що сорт, кліматичні умови, а також передпосівна обробка насіння вплинули на формування кількості і бульбочок у рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння (табл. 4.1). Аналогічна залежність щодо динаміки згаданого показника спостерігалась за роками досліджень і подана у додатках I.1-I.3. У посушливий 2015 р. на корінні рослин було отримано меншу кількість бульбочок, ніж у 2014 р. і 2016 р.

У середньому формування загальної кількості бульбочок найбільше відмічено у сорту Галактика – 15,6 шт. у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, сорту Славія – 17,5 шт., відповідно. Серед них кількість активних бульбочок становила у сортів: Галактика – 9,5 шт. та Славія – 11,8 шт., відповідно.

Формування кількості бульбочок у сортів квасолі звичайної у варіанті без обробки насіння становить у сорту Галактика активних – 3,7 шт., загальних – 9,6 шт., у сорту – Славія 10,4 та 4,4 шт., відповідно. Це підтверджує збільшення симбіотичної активності рослин за рахунок передпосівної обробки насіння штамами *Rhizobium phaseoli*.

Фіксація азоту повітря проходить в бульбочках, тому найбільш чітку оцінку даного процесу можна зробити за розвитком симбіотичного процесу. Дослідженнями встановлено, що інтенсивний ріст бульбочок квасолі проходить до фази утворення бобів. Також встановлено, що на наявність спонтанної інокуляції квасолі аборигенними штамами, штучна передпосівна

інокуляція насіння сприяє інтенсивній нодуляції.

*Таблиця 4.1*

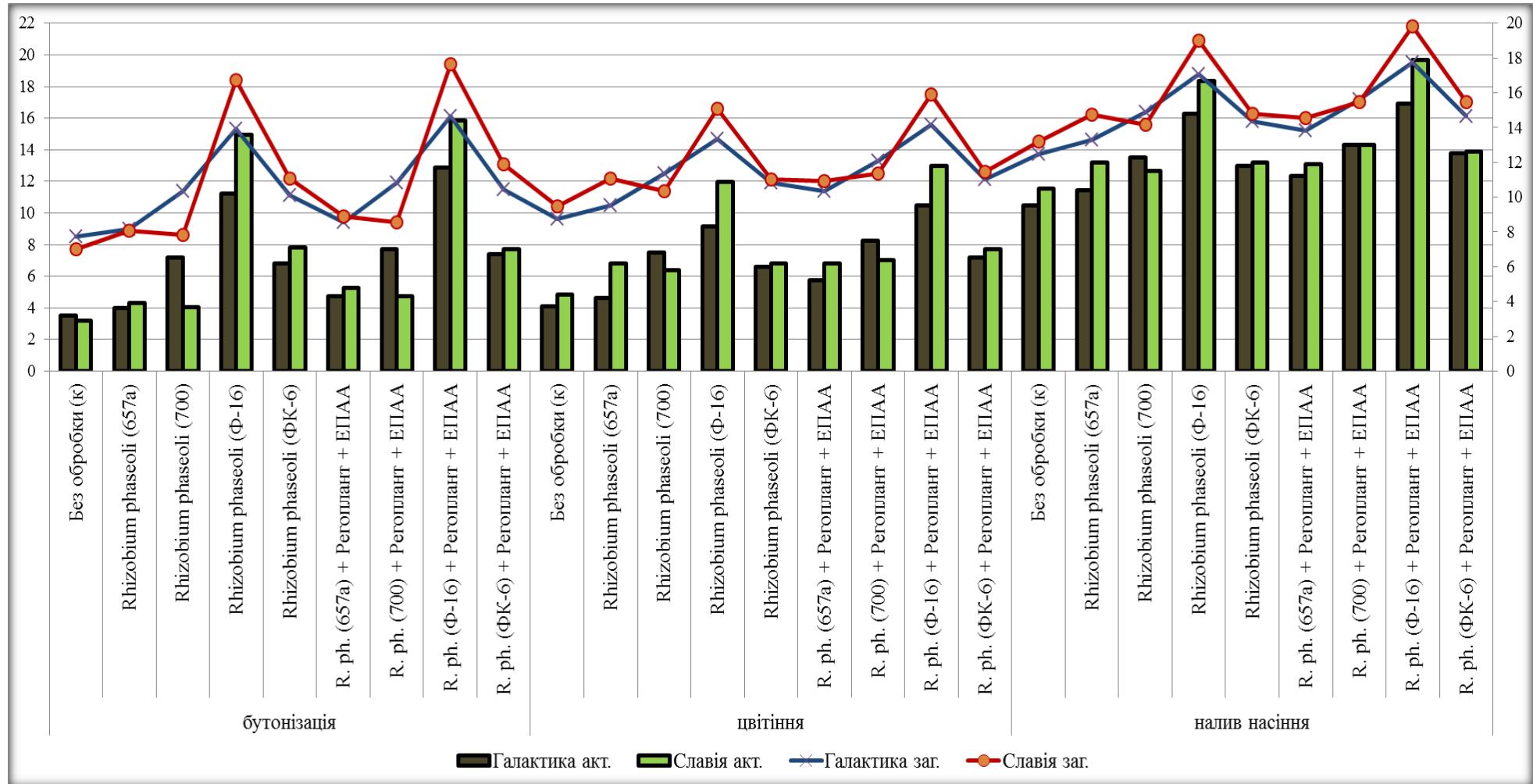
**Динаміка кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної в фазу цвітіння, шт. на рослині (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	Кількість бульбочок, шт.			
	загальна	активних	загальна	активних
Без обробки (к)	9,6	3,7	10,4	4,4
Rhizobium phaseoli (657а)	10,5	4,2	12,2	6,2
Rhizobium phaseoli (700)	12,5	6,8	11,4	5,8
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	14,7	8,3	16,6	10,9
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	11,9	6,0	12,1	6,2
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	11,4	5,2	12,0	6,3
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	13,3	7,5	12,5	6,4
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	15,6	9,5	17,5	11,8
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	12,1	6,5	12,6	7,0

\*Джерело: власні дослідження автора

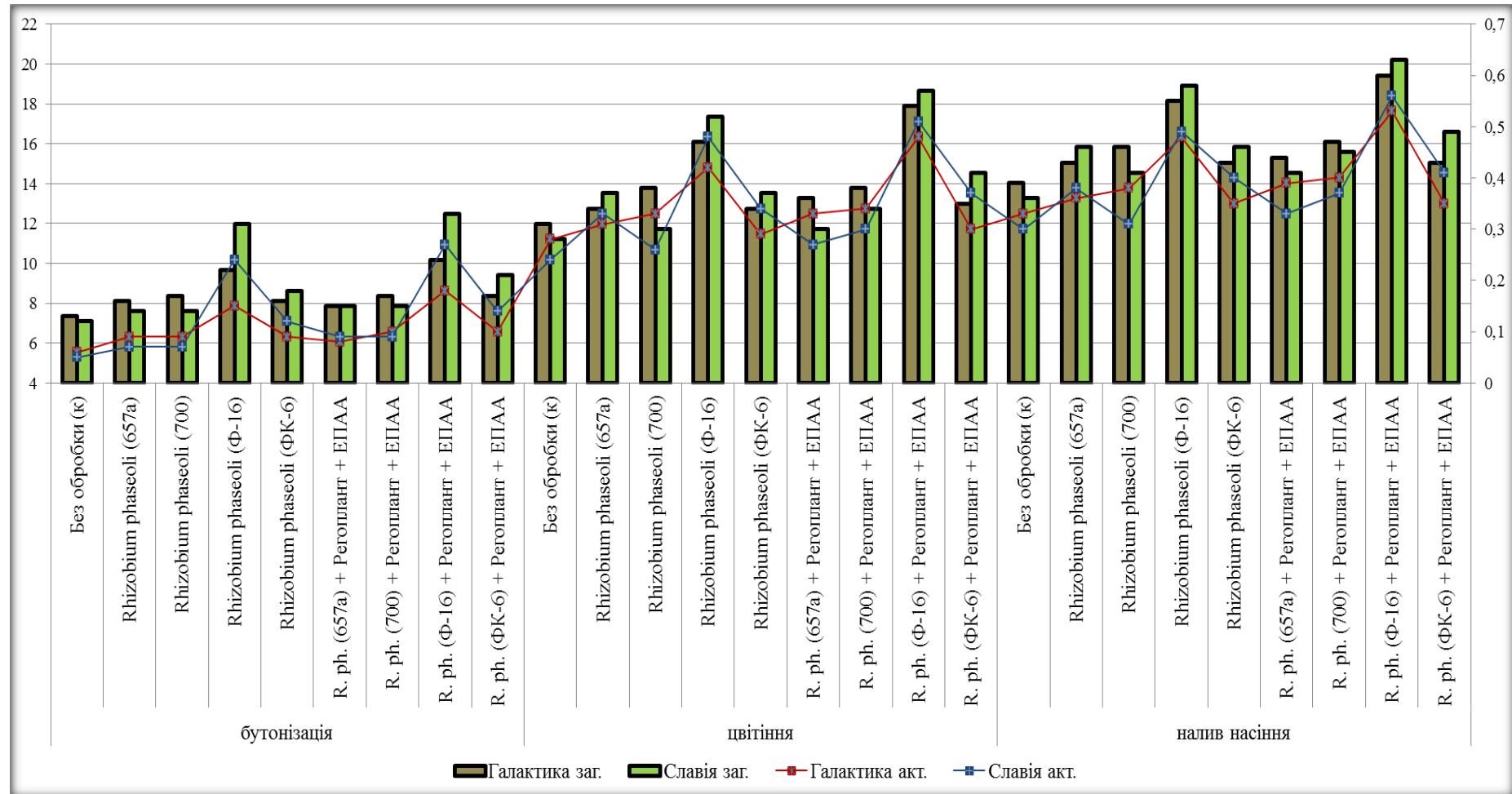
В результаті інокуляції збільшилась кількість бульбочок на корінні квасолі. Так, підрахунки у фазі цвітіння рослин квасолі сорту Галактика показали, що на контрольних ділянках кількість бульбочок нараховувалось 9,6 шт./рослину. Найбільша кількість 15,6шт./рослину бульбочок на одній рослині квасолі нараховувалось у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, відповідно маса бульбочок становила 0,54 мг/рослину.

Найменша кількість бульбочок (10,4 шт./рослину) сорту Славія у фазу цвітіння на одну рослину була у варіанті без обробки насіння, найбільша – у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА (17,5 шт./рослину) з масою бульбочок – 0,57 мг/рослину (рис. 4.1-4.2).



**Рис. 4.1. Динаміка кількості бульбочок на коренях рослин сортів квасолі залежно від передпосівної обробки зерна (середнє за 2014-2016 pp.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора



**Рис. 4.2. Динаміка маси бульбочок на коренях рослин сортів квасолі залежно від передпосівної обробки зерна (середнє за 2014-2016 pp.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Спостереженнями встановлено, що найбільша кількість бульбочок була у варіантах інокульованих штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 17,5 шт./рослину з масою бульбочок – 0,57 мг/рослину у сорту квасолі звичайної Славія.

Значного впливу на нагромадження маси бульбочок у рослин сортів квасолі звичайної у фазі цвітіння залежно від передпосівної обробки насіння штамами *Rhizobium phaseoli* нашими дослідженнями не встановлено (табл. 4.2, рис. 4.3). Даний показник дещо змінювався у роки дослідження під впливом погодно-кліматичних умов (додаток І.1-І.3). Найменше нагромадження маси бульбочок у рослин сортів квасолі звичайної було у 2015 році, порівнюючи з 2014 і 2016 роками, тому що цей рік був посушливішим, ніж інші роки.

*Таблиця 4.2*

**Нагромадження маси бульбочок у рослин сортів квасолі звичайної в fazu цвітіння, г/на одну рослину (середнє за 2014-2016 pp.)\***

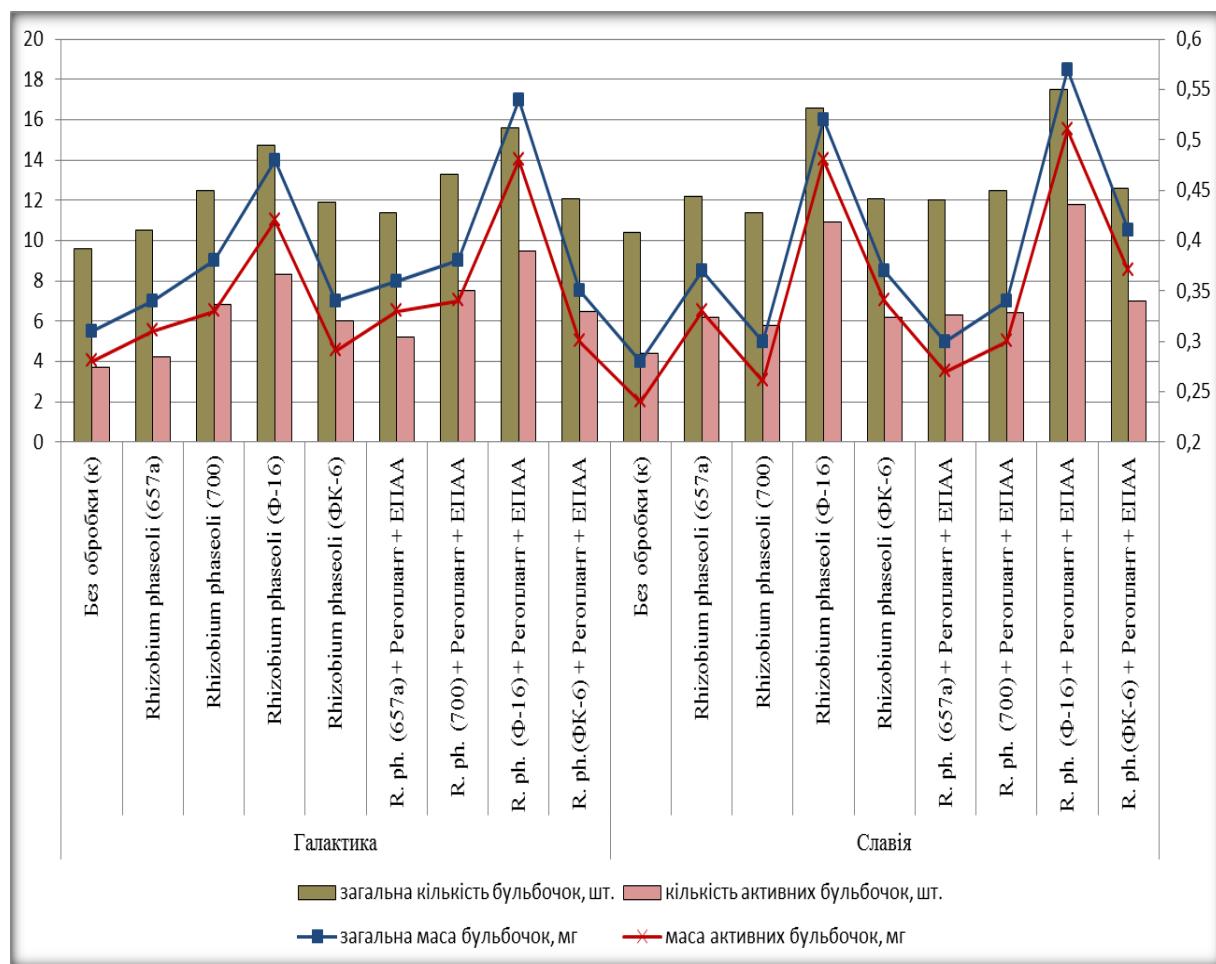
Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	Маса бульбочок, г			
	загальна	активних	загальна	активних
Без обробки (к)	0,31	0,28	0,28	0,24
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657а)	0,34	0,31	0,37	0,33
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700)	0,38	0,33	0,30	0,26
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16)	0,48	0,42	0,52	0,48
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6)	0,34	0,29	0,37	0,34
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,36	0,33	0,30	0,27
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700) + Регоплант + ЕПАА	0,38	0,34	0,34	0,30
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,54	0,48	0,57	0,51
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,35	0,30	0,41	0,37

\*Джерело: власні дослідження автора

За інтенсивністю нагромадження маси бульбочок у рослин у сортів квасолі звичайної в fazu цвітіння виділяється передпосівна обробка насіння

штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, у сорту Галактика загальна маса бульбочок становила 0,54 г/рослину, з них активних 0,48 г/рослину. У сорту Славія ці показники відповідно становили 0,57 та 0,51 г/рослину, відповідно.

Найнижчі показники відмічено у варіанті без обробки насіння. Так, у сорту Галактика вони становили загальних – 0,31 г/рослину, в т. ч. активних – 0,28 г/рослину, у сорту Славія – 0,28 та 0,24 г/рослину, відповідно.



**Рис. 4.3. Динаміка кількості та маси бульбочок на коренях рослин сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння в фазі цвітіння (середнє за 2014-2016 pp.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Характеризуючи динаміку кількості та маси бульбочок на коренях рослин сортів квасолі звичайної від передпосівної обробки насіння з найвищими показниками виділяється сорт Славія і дещо нижчі показники у

сорту Галактика.

Таким чином, передпосівна обробка насіння квасолі звичайної штамами *Rhizobium phaseoli* підвищує кількість і масу бульбочок на коренях рослин. Також це підтверджується незначними коливання рівня показників за сортами, що залежить від біологічних особливостей, факторів зовнішнього середовища та погодно-кліматичних умов вирощування.

#### **4.2. Загальний і активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної**

Результатами проведених досліджень встановлено, що формування бульбочок та їхній симбіотичний потенціал залежав від передпосівної обробки насіння (табл. 4.3).

*Таблиця 4.3*

**Загальний та активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння, тис. кг діб/га  
(середнє за 2014-2016 рр.)\***

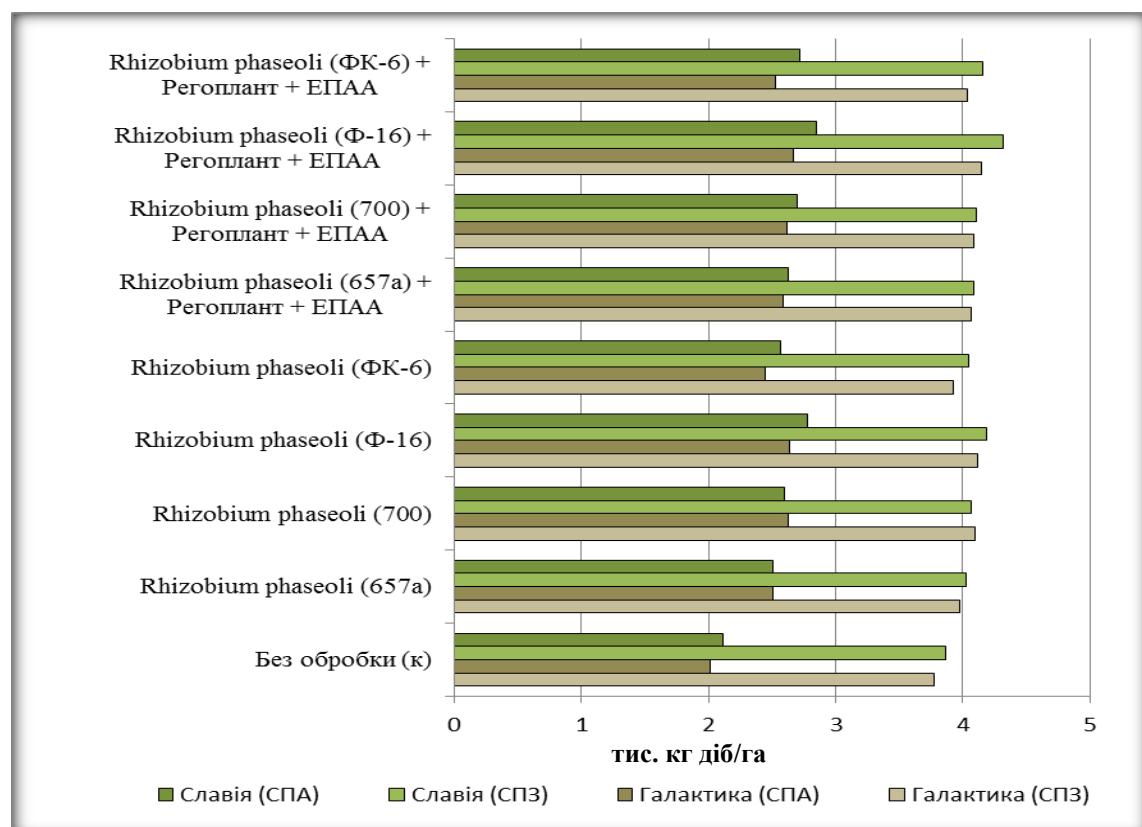
Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	Симбіотичний потенціал			
	загальний	активний	загальний	активний
Без обробки (к)	3,77	2,01	3,86	2,12
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a)	3,98	2,51	4,03	2,51
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700)	4,10	2,63	4,07	2,60
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16)	4,12	2,64	4,19	2,78
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6)	3,92	2,45	4,05	2,57
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a) + Регоплант + ЕПАА	4,07	2,59	4,09	2,63
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700) + Регоплант + ЕПАА	4,09	2,62	4,11	2,70
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	4,15	2,67	4,32	2,85
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	4,04	2,53	4,16	2,72

\*Джерело: власні дослідження автора

Визначення симбіотичної продуктивності квасолі звичайної включає в себе дослідження динаміки кількості бульбочок на коренях рослин, визначення нагромадження їх маси та симбіотичного потенціалу. Тому, нами було вивчено процес формування, як загальної кількості бульбочок, так і їхньої активної частини, відповідно до досліджуваних факторів.

Зокрема, нами було встановлено, що в середньому за період досліджень, агроценози квасолі звичайної відповідно до сортів квасолі звичайної за передпосівної обробки насіння формували загальний симбіотичний потенціал у варіанті *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА у сорту Галактика – 4,15 тис. кг діб/га, у сорту Славія – 4,32 тис. кг діб/га, відповідно.

Для оцінки симбіотичного потенціалу рослин в агроценозах було визначено динаміку симбіотичного потенціалу (рис. 4.4).



**Рис. 4.4. Вплив передпосівної обробки насіння на загальний та активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної, тис. кг діб/га (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Експериментальними дослідженнями встановлено, що симбіотичний потенціал у фазу цвітіння залежно від сортів та передпосівної обробки насіння квасолі звичайної був більшим за показники у варіанті без обробки насіння.

Найвищі показники були одержані від передпосівної обробки насіння азотфіксуючими штамами бактерій *Rhizobium phaseoli* (Ф-16), *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА та *Rhizobium phaseoli* (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА.

За результатами проведених досліджень встановлено, що формування бульбочок та їхній симбіотичний потенціал дещо змінювався залежно від погодних умов. За посушливих умов, формується менша кількість бульбочок, тому симбіотичний потенціал у такі роки буде дещо нижчим, ніж у інші роки дослідження. У 2015 році погодні умови були менш сприятливими для даного показника порівняно із 2014 р. і 2016 р. Загальний та активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння за роками дослідження подано у додатку Й.1.

#### **4.3. Кількість фіксованого азоту повітря бобово-ризобіальним симбіозом квасолі звичайної**

Підвищення продуктивності квасолі, як і інших бобових культур, можна досягти шляхом передпосівної обробки насіння бульбочковими бактеріями. За активного симбіозу до 50% азоту, що акумулюється в урожаї квасолі, може засвоїтись з повітря. Водночас у квасолі частіше, ніж інших бобових культур, зустрічаються рослини із пізнім або незначним утворенням бульбочок за рахунок спонтанної інокуляції. У цьому випадку для оптимального росту і розвитку рослин необхідно проводити штучну інокуляцію.

Фізіологічні особливості розвитку бобових культур у природних умовах залежать від виду і сорту рослин, штаму ризобій, типу ґрунту попередника, кліматичних умов, використання добрив, пестицидів,

агротехніки та багатьох інших чинників. Ефективна взаємодія бульбочкових бактерій з бобовими рослинами забезпечує активацію низки метаболічних процесів їх життєдіяльності й, насамперед, фіксацію атмосферного азоту. В результаті цього поліпшується живлення, підвищується продуктивність та якість сільськогосподарської продукції.

Мікробні препарати, створені на основі монокультури мікроорганізмів, за незаперечної екологічної доцільності їх застосування, мають такий суттєвий недолік, як нестабільність дії. На ефективність бактеріальних препаратів можуть негативно впливати несприятливі чинники навколошнього середовища. Тому, достовірний стимулюючий ефект монопрепарати забезпечують лише у 60-70% випадків їхнього використання. Стабілізувати господарський ефект біопрепаратів можна введенням до їхнього складу мікроорганізмів з доповнюючими екологічними функціями. У зв'язку із цим, стратегія створення біопрепаратів змістилася в напрямку розробки біотехнологій на основі мікроорганізмів [58].

Накопичення великої маси бульбочок закономірно приводить до збільшення активного симбіотичного потенціалу. Спостереження показали, що інокуляція насіння квасолі сприяє більш активному формуванню активних азотфіксуючих бульбочок (табл. 4.4).

Активність фермента нітрогенези, має особливість відновлювати азот та інші компоненти. Вивчення азотфіксуючої активності в кореневій зоні рослин показує її збільшення при передпосівній інокуляції. Даний показник дещо змінюється зажно від погодно-кліматичних умов. У 2015 р. було отримано дещо нижчий рівень нітрогеназної активності порівняно з 2014 р. і 2016 р., так як випала не значна кількість опадів і рік був посушливіший (додаток К.1 ).

Результатами досліджень встановлено, що високою азотфіксуючою активністю сорту Галактика відмічені штами *Rhizobium phaseoli* (Ф-16), нітрогеназна активність була на рівні 8,3895 нМоль етилену на рослину за годину. Найкращий результат азотфіксуючої активності рослин квасолі сорту

Галактика спостерігався у варіанті, інокульованому штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА з показником 9,4526 нМоль С<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину×годину.

За показниками сорту Славія, найменша азотфіксуюча здатність встановлена у варіанті без обробки насіння (2,0440 нМоль С<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину×годину). Найвищі показники були у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамами *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, відповідно – 14,2356 нМоль С<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину×годину.

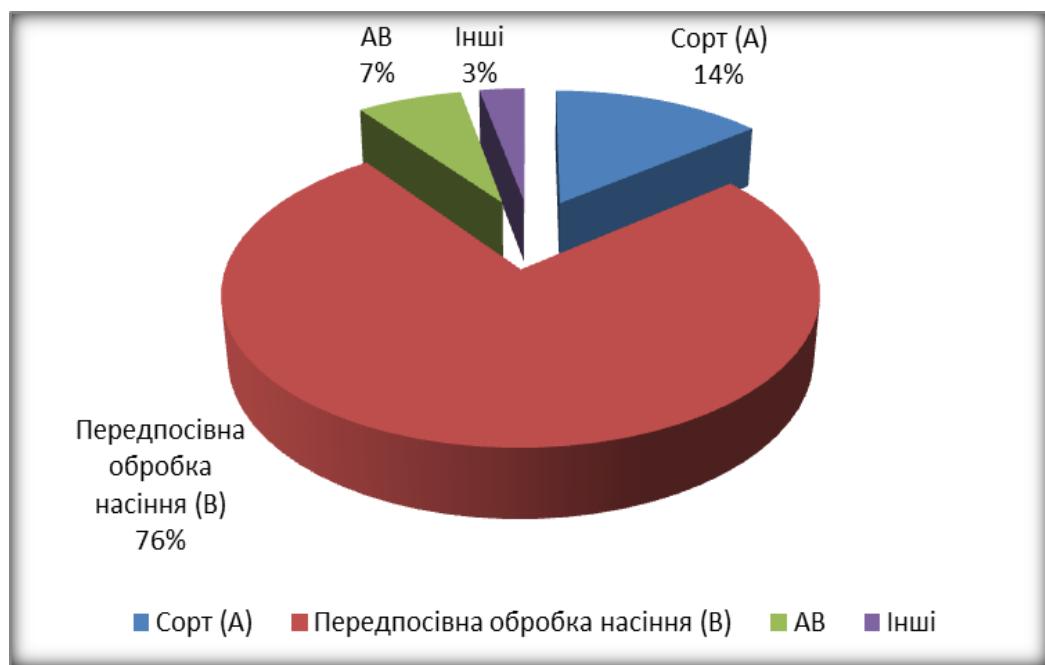
*Таблиця 4.4*

**Нітрогеназна активність рослин (фаза бутонізації) залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі звичайної, нМоль С<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину×годину (середнє за 2014-2016 pp.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)	
	Галактика	Славія
Без обробки (к)	2,0440	2,4095
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a)	7,6595	8,7675
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700)	7,7735	9,5275
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16)	8,3895	13,1155
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6)	6,6370	9,1215
<i>Rhizobium phaseoli</i> (657a) + Регоплант + ЕПАА	8,6667	9,1250
<i>Rhizobium phaseoli</i> (700) + Регоплант + ЕПАА	8,9612	10,1960
<i>Rhizobium phaseoli</i> (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	9,4526	14,2356
<i>Rhizobium phaseoli</i> (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	7,2360	9,8623

\*Джерело: сформовано автором на основі проведених досліджень у Інститут фізіології рослин і генетики НАН України

Результатами дисперсійного аналізу встановлено частки впливу досліджуваних факторів на нітрогеназну активність рослин (рис. 4.5).



**Рис. 4.5. Частка впливу досліджуваних факторів на нітрогеназну активність рослин квасолі звичайної (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Частка впливу досліджуваних елементів технології вирощування квасолі на урожайність зерна квасолі становила: сорт (фактор А) – 14%, передпосівна обробка насіння (фактор В) – 76%, взаємодія факторів АВ – 7%, інші – 3%.

#### **Висновки до розділу 4:**

- 1) Важливими показниками успішного симбіозу квасолі і ризобій є кількість і маса рожевих бульбочок на коренях, особливо в період найбільшої фотосинтетичної активності рослин. Бульбочки на рослинах квасолі звичайної починають формуватися на 12-14 добу після з'явлення сходів, за сприятливих погодно-кліматичних умовах кількість їх збільшується до початку формування бобів. За результатами досліджень встановлено, що сортові особливості а також передпосівна обробка насіння вплинули на формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння. Найбільша кількість бульбочок була у варіанті інокульованому штамом

*Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 17,5 шт./рослину з масою бульбочок – 0,57 мг/рослину у сорту квасолі звичайної Славія.

2) Формування бульбочок та їхній симбіотичний потенціал залежав від передпосівної обробки насіння. В середньому за період досліджень, агроценози квасолі звичайної відповідно до сортів квасолі звичайної за передпосівної обробки насіння формували загальний симбіотичний потенціал у варіанті *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА у сорту Галактика – 4,15 тис. кг діб/га, у сорту Славія – 4,32 тис. кг діб/га, відповідно.

3) Високою азотфіксуючою активністю сорту Галактика відмічені штами *Rhizobium phaseoli* (Ф-16), нітрогеназна активність була на рівні 8,3895 нМоль етилену на рослину за годину. Найкращий результат азотфіксуючої активності рослин квасолі сорту Галактика спостерігався у варіанті, інокульованому *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА з показником 9,4526 нМоль  $C_2H_4$  /рослину × годину. За показниками сорту Славія, найвищі показники були у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамами *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, відповідно – 14,2356 нМоль  $C_2H_4$  / рослину × годину.

Основні наукові результати, викладені у четвертому розділі, опубліковані у наукових працях автора, які наведені у списку літератури [76, 77, 82, 130].

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4**

127. Дідович С. В., Толкачова М. З., Бутвіна О. Ю. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах України. *Сільськогосподарська мікробіологія. Міжвідомчий тематичний наук. зб. ІСГМ УААН*. 2008. Вип. 8. С. 117-125.

128. Поташова Л. М., Поташов Ю. М. Роль інокуляції та біостимуляції в підвищенні продуктивності квасолі. *Вісник Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Серія : Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2012. № 2. С. 100-105.

129. Чинчик А. С. Формирование элементов продуктивности фасоли обыкновенной в условиях западной лесостепи Украины. *Молочнохозяйственный вестник*. 2014. № 2 (14). С. 43-48.
130. Гайдай Л. С. Ефективність симбіотичної азотфіксації агроценозів квасолі звичайної в залежності від передпосівної обробки насіння. Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки: XXVI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Вінниця, 2019. С. 9-11.

## РОЗДІЛ 5.

### **ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ, УРОЖАЙНІСТЬ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ**

Морфотип рослин є основою формування важливих господарсько-цінних кількісних ознак (продуктивність, урожайність, якість). Від біометричних показників морфологічних ознак залежать результати оцінки потенціалу будь-якої рослини та зразка, який вивчають [131].

Господарсько-цінні ознаки квасолі звичайної, серед яких найбільш важливими є продуктивність та придатність до механізованого збирання є комплексними показниками, які складаються з багатьох ознак, що мають кількісний вираз та складну генетичну природу. Продуктивність рослин квасолі – складна кількісна ознака, обумовлена взаємодією цілого комплексу показників, з яких найбільше значення мають такі елементи структури врожаю, як кількість насінин у бобі, кількість бобів на рослині та маса насіння з рослини. Висока продуктивність квасолі – результат найбільш оптимального поєднання елементів структури врожаю [132].

Показник насіннєвої продуктивності рослин (маса насіння з однієї рослини) – один з головних елементів структури врожаю, обумовлений взаємодією багатьох генів, впливом ґрунтово-кліматичних та агротехнічних умов. Наукові дослідження, які проведені ще в 70-тих роках ХХ століття в Молдавії показали, що за оптимальних умов одна рослина різних сортів квасолі може формувати від 36 до 150 бобів на рослині, з високою масою зерен – до 96 г/рослину. Наведені дані свідчать про величезні потенційні можливості сортів квасолі, технологія вирощування яких може забезпечити врожайність 3,5-4,0 т/га і більше. Однакна формування елементів продуктивності квасолі звичайної значний впливмають погодні умови, сортові особливості, органічне та мінеральне живлення рослин, передпосівна обробка насіння та інше [133].

Підвищення продуктивності бобових залежить від запасів азоту в ґрунті, що може бути отриманий від симбіотичної азотфіксації, як від наявної ефективності природних штамів в ґрунті, або проведення передпосівної обробки штамами *Rhizobium* [134].

Продуктивність квасолі звичайної зумовлюється складним комплексом біологічних, морфологічних та інших властивостей, до яких належать елементи структури врожайності, стійкість до хвороб та шкідників, посухи і низьких температур, вилягання тощо. Кожна з перелічених ознак сама є досить складною й потребує специфічних методів селекції. Серед зернобобових культур для збільшення виробництва високобілкових та якісних продуктів харчування збалансованим вмістом білка, незамінних амінокислот і засвоюваністю. Одне з провідних місць займає серед зернобобових культур квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris L.*).

Згідно з літературними джерелами, у зернобобових культур суттєвою є залежність продуктивності від кількості бобів і насінин на рослині. За цими твердженнями, збільшення кількості насінин на рослині за рахунок кількості бобів є найефективнішим способом підвищення насіннєвої продуктивності зернобобових. Одним із важливих елементів кількості та якості насіння квасолі є маса 1000 зерен. Про позитивний вплив крупності насіння на продуктивність зернобобових вказують окремі дослідники. Деякі з науковців характеризують невисокий зв'язок маси 1000 зерен із насіннєвою продуктивністю [131].

Характеристика довжини головного стебла і довжини від першого плодоносного вузла до верхівки вказує на наявність тенденції позитивного зв'язку цих показників з продуктивністю та врожайністю, що пов'язано з формуванням більшої кількості продуктивних вузлів, бобів і насінин на рослині. Укорочене стебло від першого плодоносного вузла до верхівки небажане, оскільки може зменшитися кількість продуктивних вузлів, бобів і насінин на рослині. Довжина стебла до першого продуктивного вузла (висота кріplення першого бобу) значною мірою впливає на технологічність

культури, тобто зменшення втрат урожаю в процесі збирання.

Важливим елементом продуктивності є кущистість, яка позитивно впливає на урожайність. Залежно від сортових особливостей та умов вирощування на рослинах формується від одного до п'яти продуктивних стебел, що й визначає кількість бобів і насіння в ньому. Ступінь кущистості вказує на регенераційні можливості культури і прямо впливає на урожайність за залеженої густоти.

Важливою ознакою продуктивності рослин квасолі звичайної є кількість плодоносних вузлів, що також визначає урожайність, а з кількістю неплодоносних вузлів спостерігається навіть тенденція до негативної кореляції [66].

Розглядаючи в комплексі ознаки (елементи) продуктивності та їхній вплив на урожайність, можна відмітити, що значною мірою врожайність буде залежати від кількості та маси бобів на рослинах. Кількість бобів, у свою чергу, складається з числа продуктивних вузлів і кількості бобів на них. У переважній більшості сучасних сортів квасолі на вузлі формується 2-4 боби. Із збільшенням бобів на вузлах рослини урожайність підвищується в тому випадку, коли кількість продуктивних вузлів і виповненість бобів не зменшуються, а залишаються на попередньому рівні. У зв'язку з природною напрямленістю до стабілізації елементів продуктивності (переважно до середнього рівня) одержання високоврожайних сортів шляхом збільшення числа бобів на рослині завдання селекції досить складне, але цілком віправдане. Збільшенням кількості бобів часто приводить до зменшення їхньої виповненості [39].

Рівень урожайності корелює з кількістю насінин на рослині, проте кореляція з кількістю насінин у бобі виражена досить слабко. Кількість насінин у бобі та їхня крупність визначає поняття «виповненість бобів». В урожайних сортів недостача насінин у бобі компенсується за рахунок їхнього розміру.

Поряд з цим кількість насінин у бобі є генетично обумовленою

ознакою, за якою і проводять добір у селекційному процесі виведення нового сорту більшості сільськогосподарських культур.

Аналізи маси рослин із насінням свідчать про позитивний зв'язок з урожайністю, проте, з масою рослин без насіння кореляції не було встановлено. В процесі створення сортів зернового напряму використання необхідно враховувати співвідношення маси зерна до незернової частини врожаю. Чим більше таке співвідношення, тим урожайніший сорт [133].

Необхідно особливу увагу звернути на те, що істотний зв'язок у наших дослідженнях було виявлено між масою бобів із рослини і насіннєвою продуктивністю та врожайністю. Отже, за цією ознакою доцільно проводити добір продуктивних рослин.

Визначальним в урожайності, про що свідчить коефіцієнт кореляції між ними, є маса насіння з рослини. Проте корективи в цей показник часто вносить густота рослин, які збереглися до збирання. Помилку цього коефіцієнта визначає, як реалізація генотипу в даних умовах та взаємодія генотипу і середовища. Слід також зауважити, що маса зерен з рослини (насіннєва продуктивність) знаходиться в досить тісній взаємозалежності від маси рослини, кількості бобів та зерен на рослині [135].

### **5.1. Продуктивність сортів квасолі звичайної залежно від досліджуваних факторів**

Одержання високого урожаю зерна квасолі звичайної відповідної якості – це кінцева характеристика діяльності системи агробіоценозу культури. Крім цього, необхідно зазначити, що кількість бобів на одиниці площині є вихідною величиною для фази цвітіння, кількість зерен – для фази наливання зерна, маса 1000 зерен – для фази дозрівання [136].

Порівнюючи структурні показники посівів квасолі за роки дослідження між варіантами, можна зробити висновки, що передпосівна обробка насіння рослин має позитивний вплив на урожайність рослин квасолі звичайної досліджуваних сортів, а також дещо змінюється залежно від погодно-

кліматичних умов, нижчі значення були у 2015 р., порівняно з 2014 і 2016 роками (табл. 5.1, додаток Д.1).

*Таблиця 5.1*

**Індивідуальна продуктивність рослин залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі звичайної ( $M \pm m$ )  
(середнє за 2014-2016 pp.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Маса зерен, г/рослину	Кількість бобів, шт./рослину	Кількість насінин, шт./рослину	Кількість насінин у бобі, шт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>				
Без обробки (к)	3,05±0,34	4,74±0,52	15,41±0,26	3,25±0,73
Rhizobium phaseoli (657a)	3,85±0,50	4,87±0,36	18,02±0,55	3,70±0,47
Rhizobium phaseoli (700)	4,25±0,60	5,64±0,38	21,88±0,71	3,88±0,63
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	5,18±0,34	5,97±0,46	23,58±0,97	3,95±0,50
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	3,53±0,77	4,87±0,42	18,60±0,77	3,82±0,63
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	4,27±0,29	5,13±0,09	21,29±0,53	4,15±0,25
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	4,96±0,32	5,78±0,14	24,85±0,50	4,30±0,99
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	5,88±0,54	6,28±0,31	26,38±0,88	4,30±0,33
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	4,00±0,10	4,82±0,30	11,26±0,11	4,20±0,44
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>				
Без обробки	5,00±0,55	7,96±0,87	18,79±0,32	2,36±0,53
Rhizobium phaseoli (657a)	5,41±0,66	7,98±0,59	20,32±0,62	2,54±0,32
Rhizobium phaseoli (700)	5,75±0,81	8,70±0,59	24,11±0,78	2,77±0,45
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	6,90±0,45	8,93±0,69	25,27±1,04	2,83±0,36
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	5,49±0,99	7,99±0,69	20,38±0,84	2,55±0,42
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	5,77±0,39	8,83±0,16	23,04±0,57	2,61±0,16
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	6,41±0,42	8,94±0,22	24,93±0,50	2,79±0,64
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	7,74±0,71	9,11±0,45	25,95±0,87	2,85±0,22
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	6,11±0,16	8,88±0,55	23,52±0,22	2,65±0,28
<i>Коефіцієнт варіації (V), %</i>	0,59	0,34	3,76	0,57

\*Джерело: власні дослідження автора

Основним показником продуктивності є кількість бобів на одній рослині, яка змінювалась у сорту квасолі Галактика з 4,74 шт. на рослину у варіантах без передпосівної обробки насіння (контроль) до 6,28 шт. на рослину у варіантах з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

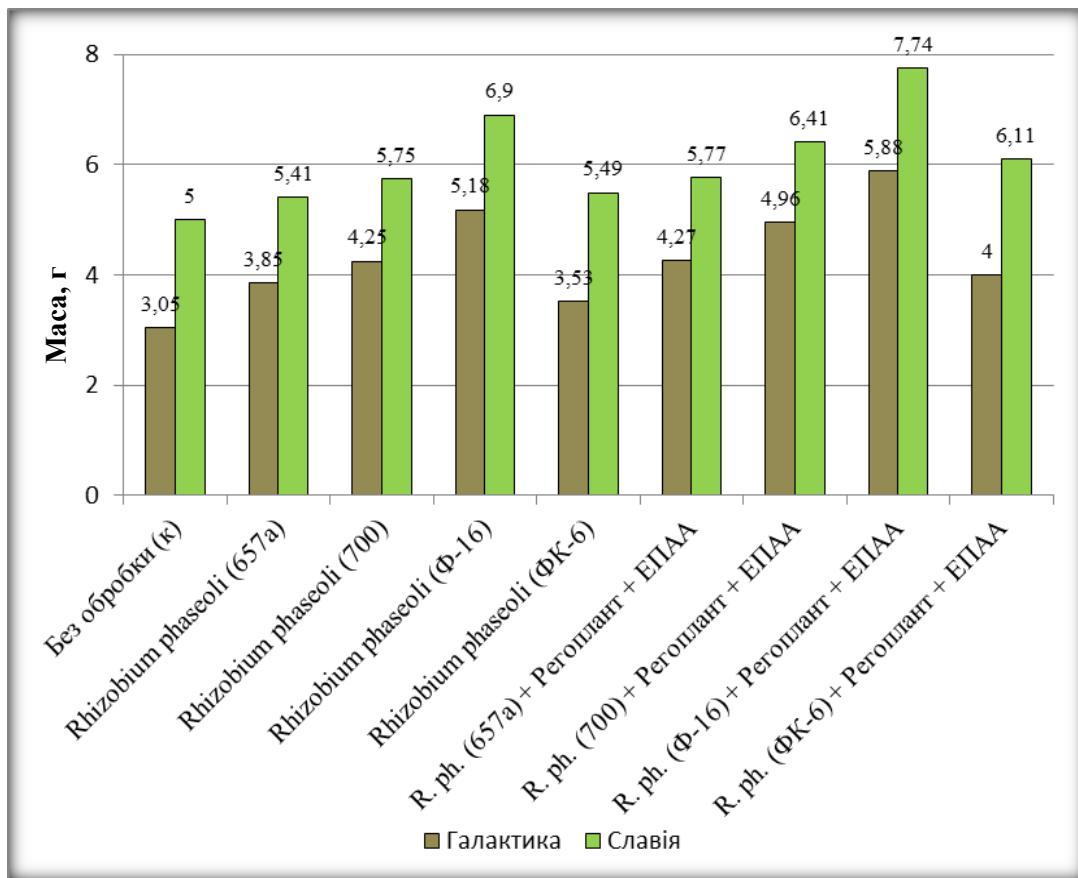
У рослин сорту квасолі Славія цей показник варіював з 7,96 шт. на рослину у варіанті без обробки до 9,1 шт. на рослину у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

Вивчення процесів формування врожаю квасолі звичайної дає можливість встановити ступінь залежності елементів структури врожайності від маси насіння, факторів середовища та особливостей технології вирощування. Сучасні технології вирощування квасолі звичайної являють собою низку агротехнічних заходів, що забезпечують оптимальні умови росту і розвитку рослин, зокрема передпосівна обробка насіння штамами *Rhizobium phaseoli* та застосування біологічно активних речовин та прилипачів.

Важливим біометричним показником є кількість зерен на одній рослині. У рослин сорту Галактика цей показник становив наступні значення – кількість насіння коливалась із 15,41 шт. на рослину у варіанті без інокулювання (контроль) до 26,38 шт. на рослину з передпосівною інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. У рослин сорту квасолі Славія цей показник змінювалася від 18,79 шт. на рослину у варіанті без обробки насіння, до 25,95 шт. на рослину у варіантах з передпосівною інокуляцією штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

За різних штамів бульбочкових бактерій, що використовують для передпосівної обробки насіння квасолі звичайної створюються неоднакові умови для симбіотичної їх взаємодії, що створює різні умови для росту і розвитку рослин. Проведеними дослідженнями та експериментальними даними підтверджено, що з найбільшою масою зерен виділяється сорт Славія

у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, що становила 7,74 г (рис. 5.1).



**Рис. 5.1. Динаміка маси зерен сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

У сорту Галактика виділяється варіант з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА, де маса зерен становила 5,88 г. Найнижчі показники були відмічені у варіанті без обробки насіння у обох досліджуваних сортів. Вони становили сорту Галактика – 3,05 г. та сорту Славія – 5,0 г.

Отже, передпосівна обробка насіння штамами *Rhizobium phaseoli* має позитивний вплив на біометричні показники рослин квасолі обох сортів, що вивчалися під час дослідження. Передпосівна обробка насіння сприяла росту, як кількості бобів на рослині, так і кількості насіння на рослині, а також мала позитивний вплив на масу зерен квасолі звичайної.

## 5.2. Урожайність зерна сортів квасолі звичайної

Урожайність – відносний результативний економічний показник стану і розвитку рослинництва та сільськогосподарського виробництва в цілому, в якому відображається діяння природно-економічних умов і рівня організаційно-господарської діяльності сільськогосподарських підприємств. Урожайність – це середній розмір тієї чи іншої продукції рослинництва, одержаної з одиниці площі. Термін «урожайність» не тотожний терміну «урожай». Під останнім розуміють обсяг одержаної продукції або валовий збір сільськогосподарських культур з усієї площі посіву. Урожаєм називають також загальний збір тієї чи іншої продукції рослинництва в господарстві, районі, області, зоні, країні. Таким чином, урожай характеризує загальний обсяг виробництва продукції даної культури, а урожайність – продуктивність цієї культури в конкретних умовах її вирощування. Оскільки в поняттях «урожайність» і «урожай» міститься певний економічний зміст, це дає підстави визнати їх економічними категоріями [137].

Реакція урожаю квасолі на інокуляцію специфічними мікроорганізмами *Rhizobia* часто змінна і залежить від екологічних і агрономічних факторів. Відсутність реакції на інокуляцію можна пояснити дійсними характеристиками обох: рослини-господаря і бактерій, а також великою чутливістю симбіозу до навколишнього стресу, сухості ґрунту і низької родючості ґрунту [138].

У результаті проведених досліджень виявлено позитивний вплив передпосівної інокуляції насіння квасолі звичайної штамами мікроорганізмів, препаратами на урожайність (табл. 5.2).

Так, у 2014 році рівень урожайності рослин сорту Галактика змінювався з 1,08 т/га (контроль) до 1,95 т/га (*Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА). У рослин сорту Славія рівень урожаю був дещо вищий, від 2,06 т/га у варіанті з передпосівною обробкою штамом *Rhizobium phaseoli* (700) до 2,60 т/га з обробкою *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА).

Таблиця 5.2

**Урожайність сортів квасолі звичайної залежновід передпосівної обробки насіння, т/га (2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Урожайність, т/га				Приріст	
	2014р.	2015р.	2016р.	середнє	т/га	%
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	1,08	0,72	1,87	1,22	—	—
Rhizobium phaseoli (657а)	1,32	1,08	2,05	1,48	0,26	21,31
Rhizobium phaseoli (700)	1,56	1,44	2,06	1,69	0,47	38,25
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,86	1,54	2,07	1,82	0,60	49,45
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	1,25	0,95	2,03	1,41	0,19	15,57
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	1,40	1,12	2,23	1,58	0,14	9,72
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	1,63	1,55	2,12	1,77	0,33	22,92
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	1,95	1,61	2,31	1,96	0,52	36,11
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,36	1,22	2,05	1,54	0,10	6,94
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	2,10	1,50	2,40	2,00	—	—
Rhizobium phaseoli (657а)	2,18	1,58	2,49	2,08	0,08	4,00
Rhizobium phaseoli (700)	2,06	1,66	2,66	2,13	0,13	6,50
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	2,35	2,02	2,78	2,38	0,38	19,00
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	2,15	1,53	2,65	2,11	0,11	5,50
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	2,38	1,73	2,55	2,22	0,22	11,00
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	2,21	1,82	2,85	2,29	0,29	14,50
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	2,60	2,20	2,93	2,58	0,58	29,00
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	2,36	1,79	2,90	2,35	0,35	17,50
$HIP_{0,05} m/га A = 0,014; B = 0,012; C = 0,019; AB = 0,020; AC = 0,032;$ $BC = 0,026; ABC = 0,045.$						

\*Джерело: власні дослідження автора

В 2015 році урожайність квасолі звичайної була нижчою, у порівнянні з минулим роком, на що вплинули екстремальні погодно-кліматичні умови. Так, у рослин сорту Галактика рівень урожайності коливався від 0,72 т/га (контроль) до 1,61 т/га (*Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА). Рослини сорту Славія, так як і у 2014 році мали дещо вищу урожайність – від 1,50 т/га у варіанті без обробки, до 2,20 т/га з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

У 2016 році було відмічено найвищу урожайність у рослин досліджуваних сортів квасолі звичайної. Рівень урожайності сорту Галактика був у межах від 1,87 т/га на варіанті без обробки (контроль) до 1,96 т/га з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. У рослин сорту Славія урожайність варіювала від 2,40 т/га у варіанті без обробки, до 2,93 т/га з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА.

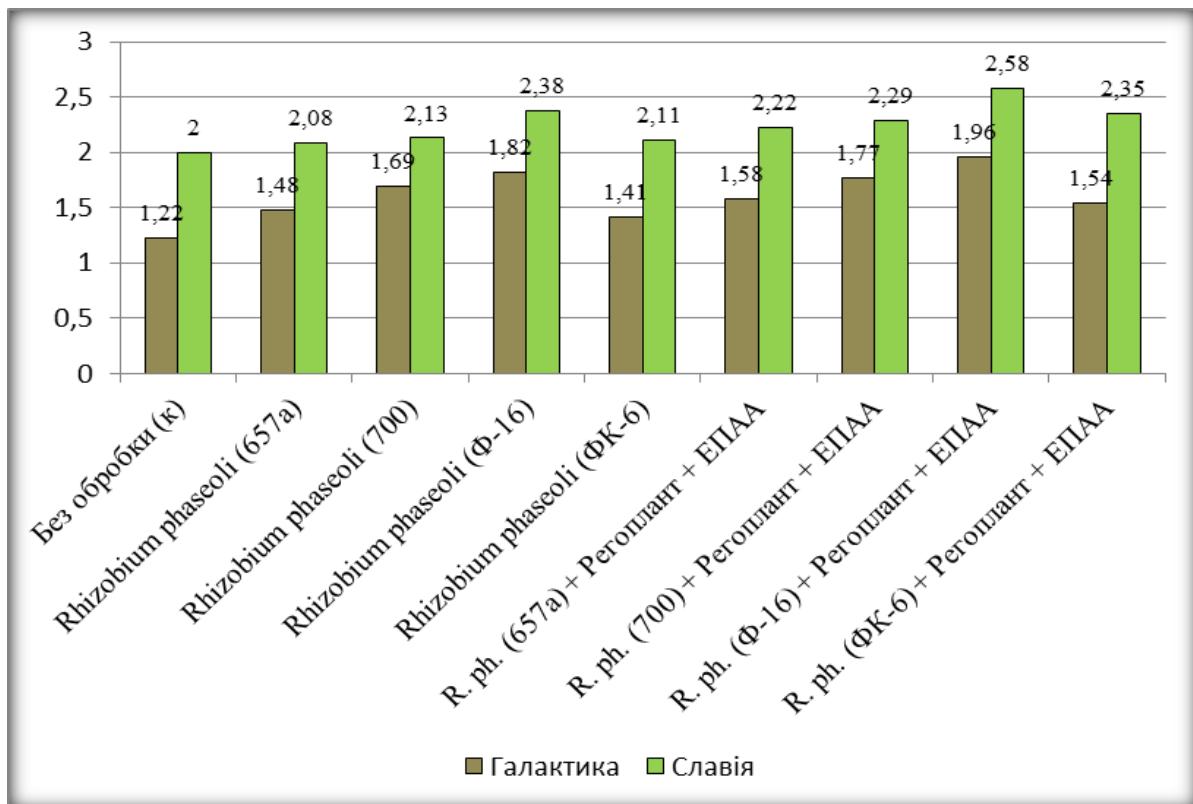
Результати дисперсійного аналізу подані у додатках М.1-М.5. Порівнюючи урожайність зерна сортів квасолі звичайної за роки проведення експериментальних досліджень, встановлено, що найвищу урожайність отримано у 2016 році.

Передпосівна обробка насіння різними штамами азотфіксуючих мікроорганізмів по різному впливали на рівень врожайності. В середньому за 2014-2016 роки рослини сорту Галактика становили урожайність в межах 1,22-1,96 т/га, у сорту Славія – 2,00-2,58 т/га, відповідно (рис. 5.2).

Оцінка впливу різних штамів *Rhizobium phaseoli* на рослини сортів квасолі Галактика і Славія дала змогу виділити серед них найбільш ефективні.

Так, за роки проведення досліджень, відмічено, що максимальна урожайність і максимальний приріст до урожаю (порівнюючи з контролем) одержано у варіантах, де проводили передпосівну обробку насіння штамами *Rhizobium phaseoli* спільно з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА. Нами під час досліджень було отримано такі дані: рослини сорту Галактика

мали максимальну урожайність у варіантах з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 1,96 т/га, із приростом до контролю у 0,74 т/га. Аналогічно у сорту Славія максимальна урожайність становила 2,58 т/га, з приростом до контролю 1,36 т/га, відповідно.



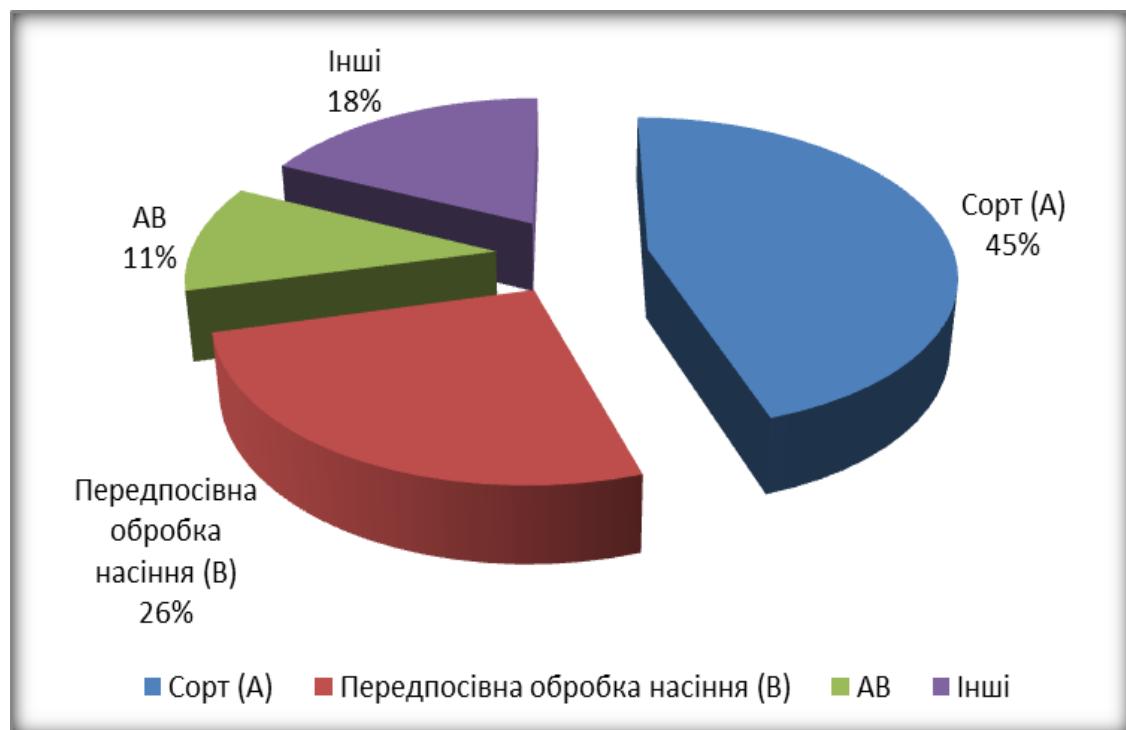
**Рис. 5.2. Урожайність квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів, т/га  
(середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Нашими дослідженнями встановлено, що передпосівна інокуляція впливає на збільшення урожайності зерна квасолі звичайної. Найвищу урожайність отримано у сорту Славія з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + прилипач ЕПАА, що становила 2,58 т/га. Таким чином було встановлено, що квасоля звичайна, інокульована штамами *Rhizobium phaseoli* може давати урожаї зерна з порівняно високим приростом.

Результати статистичної обробки даних підтверджують, що сорт і

передпосівна обробка насіння сортів квасолі звичайної впливає на рівень урожайності (рис. 5.3).



**Рис. 5.3. Частка впливу досліджуваних факторів на урожайність сортів квасолі (середнє за 2014-2016 pp.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Частка впливу досліджуваних елементів технології вирощування квасолі на урожайність зерна квасолі становила: сорт (фактор А) – 45%, передпосівна обробка насіння (фактор В) – 26%, взаємодія факторів АВ – 11%, інші – 18%.

### **5.3. Вплив передпосівної обробки насіння на хімічний склад зерна сортів квасолі звичайної**

Біологічна цінність білків харчових продуктів характеризується за амінокислотним сладом, що вираховується у відсотках як відношення вмісту амінокислот у досліджуваному білку до їхнього вмісту в умовно ідеальному білку (шкала ФАО-ВОЗ), який задоволяє потреби організму.

Лімітовані амінокислоти мають поповнюватися або за рахунок білка іншого харчового продукту, або за рахунок збільшеного споживання

продукту з лімітованою амінокислотою. Мікронутрієнти відносяться до незамінних харчових елементів. Вони необхідні для нормального обміну речовин, росту та розвитку організму, захисту від хвороб і несприятливих чинників зовнішньогосередовища, тощо. Зернобобові продукти – це джерело багатьох вітамінів. Відомо, що тіамін, рибофлавін і ніацин досить стійкі до дії високих температур. Мінеральні елементи, що містяться в продуктах, визначають у золі після спалювання наважки. Вони приймають участь у багатьох функціях організму, ферментативних процесах, водно-сольовому й кислотно-лужному обміні тощо. Зернобобові та продукти їхньої переробки є одним із джерел надходження мінеральних речовин до організму людини, переважно це стосується калію, магнію, заліза [139].

Аналіз хімічного складу дає уявлення про харчову цінність продукту, а також дає змогу спрогнозувати технологічні властивості та біологічні ефекти при вживанні цього продукту [8].

Найважливішим показником, що характеризує науковий рівень організації технології вирощування сільськогосподарських культур, є якість одержуваної продукції. Якість зерна квасолі залежить від вмісту у ньому протеїну. Численними дослідженнями встановлено, що в зерні квасолі накопичується від 19,0 до 30,0 і більше відсотків білка [140].

За даними Б .П. Плещкова, сортова мінливість за вмістом білка для квасолі 2,4-8,3%. Географічна мінливість кількості білка залежно від ґрунтово-кліматичних умов вирощування значно перевищує сортову: при вирощуванні різних сортів квасолі в одній зоні різниця за вмістом білка становила 1,6-2,5%, тоді як при вирощуванні одного і того ж сорту у різних зонах – 3,2-4,1% [141].

За даними Н. Б. Белоглазової [142], склад білка змінюється залежно від форми куща квасолі та довжини вегетаційного періоду. За даними П. С. Гвачилиани [143], дрібнонасінні сорти квасолі звичайної містять більш високий процент білка. За даними П. М. Минюка [144] не встановлено залежності між крупністю насіння, формою куща та вмістом білка.

Жири необхідні в харчуванні як енергетичний та структурний матеріал. Вони беруть участь в обміні інших харчових речовин. В зерновій квасолі вміст жирів складає 1,30-1,94%.

Одним із важливих критеріїв харчової цінності продуктів як основи життєдіяльності організму людини є їхній мінеральний склад. Провідними зольними елементами квасолі є калій, фосфор, сірка та кальцій. Зола в сортах квасолі складає від 4,80 до 5,13%. Значний вміст вуглеводів визначає високу енергетичну цінність [145, 146].

Результатами досліджень, встановлено, що хімічний склад зерна квасолі звичайної, обробленої азотфіксуючими штамами бактерій відрізняється від варіантів без обробки насіння (табл. 5.3). Не значні зміни рівня даних показників були також залежно від погодно-кліматичних умов. У 2015 р. випала менша кількість опадів, тому відмічено дещо нижчі показники хімічного складу зерна квасолі, ніж у 2014р. і 2016 р. Дані рівня хімічного складу зерна по роках дослідження подано у додатках О.1-О.3.

Так, у рослин сорту Галактика вміст сирого протеїну варіював від 21,55% – найнижчий показник у варіанті без інокулювання (контроль), до 23,65% у варіантах з передпосівною обробкою зерна азотфіксуючим штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА. Вміст жиру становив від 2,26% до 2,87%, вміст клітковини від 3,78% до 4,71%, зола в межах 3,62-4,70%, відповідно.

Сорт Славія показав дещо вищі результати, порівнюючи з сортом Галактика. Вміст сирого протеїну змінювався у межах від 23,36% у варіанті досліду без обробки до 24,56% у варіанті з передпосівною інокуляцією штамом бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. Рівень жиру у зерні коливався від 0,80% у варіанті без обробки насіння до 1,23% з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium haseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. Вміст клітковини був на рівні від 4,00% до 4,98%, кількість золи коливалася від 3,29% до 3,96%.

Якщо порівняти хімічний склад зерна рослин сортів Галактика і Славія,

то у сорту Галактика рівень показників був вищим за вмістом жиру і золи, тоді як у сорту Славія рівень показників був вищим за вмістом сирого протеїну та клітковини.

*Таблиця 5.3*

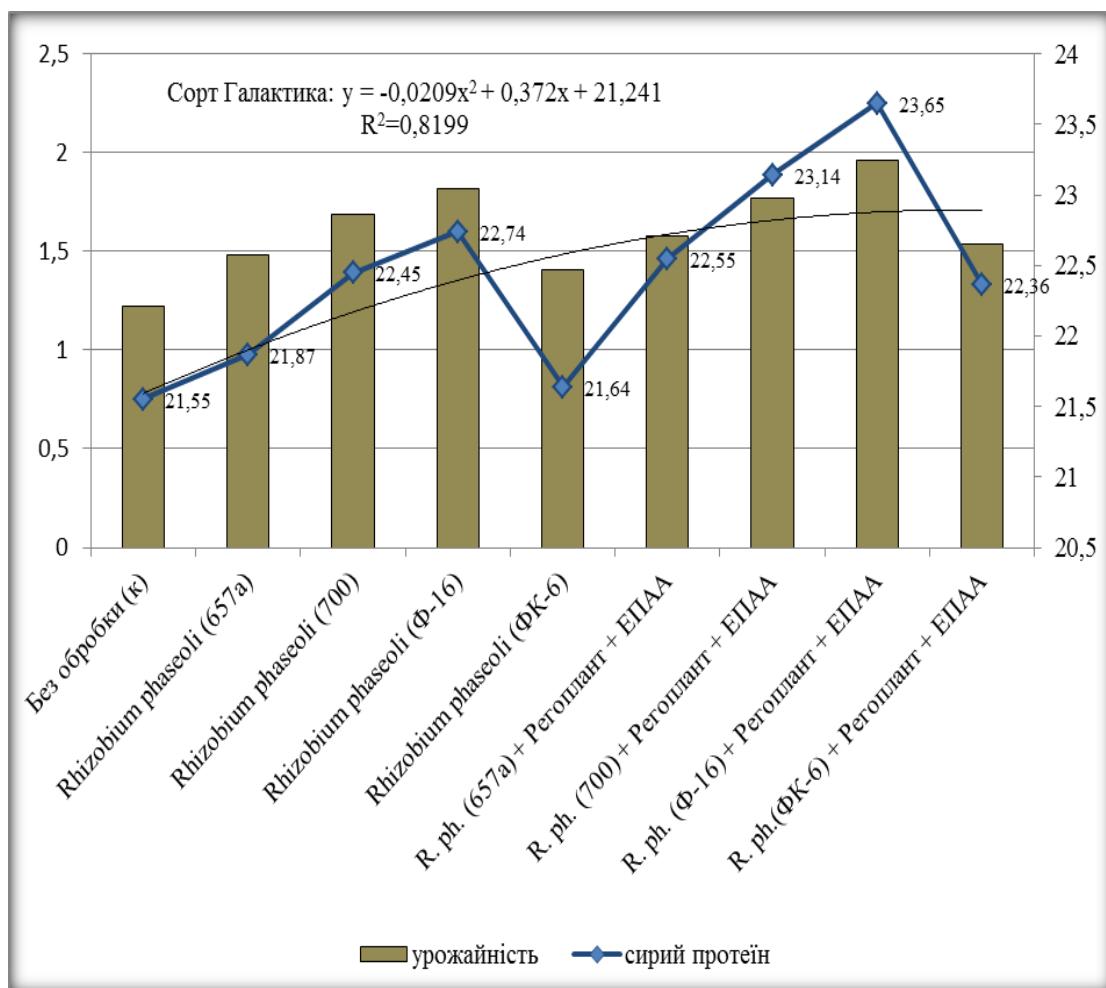
**Якісні показники зерна сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння, % (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Вміст на абсолютно суху речовину			
	сирий протеїн	жир	клітковина	зола
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>				
Без обробки (к)	21,55	2,26	3,78	3,62
Rhizobium phaseoli (657a)	21,87	2,34	3,81	3,75
Rhizobium phaseoli (700)	22,45	2,38	3,94	3,85
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	22,74	2,67	3,96	3,92
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	21,64	2,28	3,79	3,69
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	22,55	2,47	3,94	4,36
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	23,14	2,66	4,45	4,65
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	23,65	2,87	4,71	4,70
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	22,36	2,37	3,98	4,12
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>				
Без обробки	23,36	0,80	4,00	3,29
Rhizobium phaseoli (657a)	23,45	0,89	4,14	3,35
Rhizobium phaseoli (700)	23,67	0,95	4,45	3,47
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	24,12	1,06	4,85	3,88
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	23,75	0,93	4,23	3,55
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	23,78	0,99	4,64	3,57
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	24,05	1,03	4,78	3,63
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	24,56	1,23	4,98	3,96
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	23,72	1,01	4,36	3,61

\*Джерело: дані сформовані на основі досліджень проведених у Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААНУ

Залежність вмісту сирого протеїну зерна квасолі досліджуваних сортів від рівня урожайності можна описати за допомогою рівнянь поліноміальної регресійної моделі за методом найменших квадратів (рис. 5.4, 5.5).

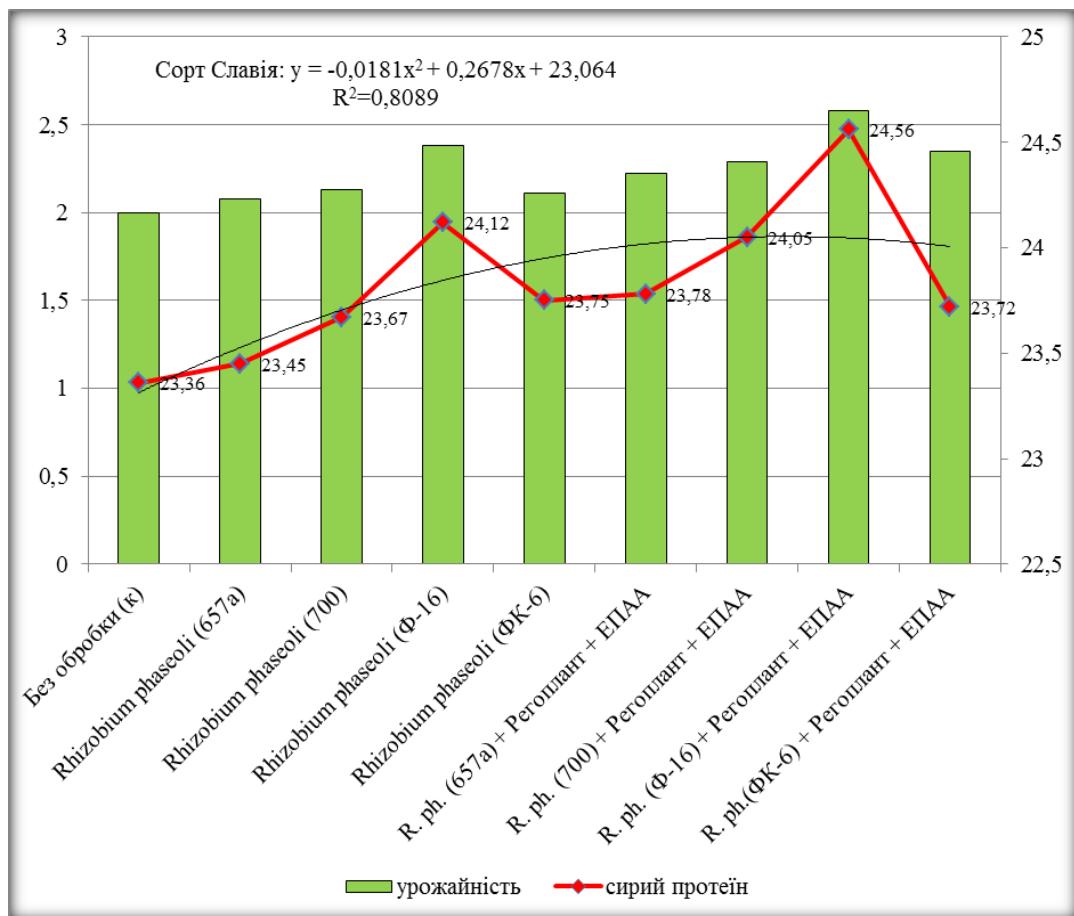
Так, у рослин сорту Галактика ця залежність описується у вигляді апроксимуючої функції:  $y = -0,0209x^2 + 0,372x + 21,241$ . При  $p < 0,05$  – лінія апроксимації статистично достовірна на рівні 95%. Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) становить 0,8199, і рівняння пояснює 82% варіації залежної змінної.



**Рис. 5.4. Залежність вмісту сирого протеїну від рівня урожайності рослин сорту квасолі звичайної Галактика (середнє за 2014-2016 pp.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

У рослин сорту Славія ця залежність описується у вигляді наступної апроксимуючої функції:  $y = -0,0181x^2 + 0,2678x + 23,064$ . При  $p < 0,05$  – лінія апроксимації статистично достовірна на рівні 95%. Коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) становить 0,8089, і рівняння пояснює 81% варіації залежної змінної.



**Рис. 5.5. Залежність вмісту сирого протеїну від рівня урожайності рослин сорту квасолі звичайної Славія (середнє за 2014-2016 рр.)\***

\*Джерело: власні дослідження автора

Отже, інокулювання штамами ризобій і передпосівна обробка насіння позитивно впливали на хімічний склад зерна квасолі. Максимальний результат вмісту білка було отримано у рослин сорту квасолі Славія, у варіанті, де проведено передпосівне інокулювання штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант і ЕПАА.

### **Висновки до розділу 5:**

- 1) Продуктивність квасолі звичайної зумовлюється складним комплексом біологічних, морфологічних та інших властивостей, до яких належать елементи структури врожайності, посухи і низьких температур, вилягання тощо. Порівнюючи структурні показники посівів квасолі за роки досліджень між варіантами, можна зробити висновки, що передпосівна

обробка насіння рослин має позитивний вплив на урожайність рослин квасолі звичайної досліджуваних сортів.

Основним показником урожайності є кількість бобів на одній рослині, яка змінювалась у сорту квасолі Галактика з 4,74 шт. на рослину у варіанті без передпосівної обробки насіння (контроль) до 6,28 шт. на рослину у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА. Виявлено позитивний вплив передпосівної інокуляції насіння квасолі звичайної штамами мікроорганізмів, препаратами на урожайність. Порівнюючи урожайність зерна сортів квасолі звичайної за роки проведення експериментальних досліджень, встановлено, що найвищу урожайність отримано у 2016 році.

2) У рослин квасолі сорту Галактика вміст сирого протеїну змінювався від 21,55% до 23,65%. Вміст жиру був на рівні від 2,26% до 2,87%, вміст клітковини варіював від 3,78% до 4,71%, зола була у межах 3,62-4,70%. У рослин квасолі сорту Славія ці показники мали дещо вищі результати, порівнюючи з рослинами сорту Галактика. Вміст сирого протеїну змінювався у межах від 23,36% до 24,56%. Рівень жиру у насінні коливався від 0,80% до 1,23%. Вміст клітковини був на рівні від 4,00% до 4,98%. Кількість золи змінювалася від 3,29% до 3,96%.

Основні наукові результати, викладені у п'ятому розділі, опубліковані у наукових працях автора, які наведені у списку літератури [74, 76, 79, 80, 81, 147, 148]

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5**

131. Горова Т. К., Сайко О. Ю. Мінливість морфологічних ознак рослин квасолі звичайної у фазі технічно стиглого зеленого боба. *Овочівництво і баштанництво*. 2014. Вип. 60. С. 74-80.
132. Іванюк С. В., Глявин А. В. Оцінка сортозразків квасолі звичайної на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Селекція і насінництво*. 2012. С. 192–197.

133. Чинчик О. С. Вплив використання Екограну на показники симбіотичної продуктивності квасолі звичайної в умовах південної частини Лісостепу західного. *Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2014. Вип. 21. С. 108-112.
134. Bhattacharai N., Baral B., Shrestha G., YamiK. D. Effect of Micorrhiza and Rhizobium on Phaseolus Vulgaris L. *Scientific World*. Nepal. 2011. Vol. 9, No. 9. P. 66-69.
135. Клиша А. І., Хорошун І. В. Мінливість господарсько-цінних ознак у квасолі і добір урожайних форм. *Бюлєтень інституту зернового господарства*. 2009. № 36. С. 159-162.
136. Минюк П. М. Фасоль. 2-е изд., перераб. и дополн. Минск : Ураджай, 1991. 96 с.
137. Опрая А. Т. Статистичні методи аналізу урожаю й урожайності: особливості комплексного використання при концептуальному визначенні урожайності як економічної категорії. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Серія: Економічні науки*. 2011. Вип. 2. Т. 1. С. 181-193.
138. Pirbalouti A. G., Alahdadi I., Akbari G. A., Golparvar A. R. Nitrogen Fixation on Common Bean Cultivars as Affected by Inoculation of Different Strains of Rhizobium leguminosarum biovar phaseoliin Shahrekord Region. *Proceedings of the Fourth International Iran and Russia Conference*. 2002.P. 475-484.
139. Жук В., Баля Л. Вплив волого-термічної обробки на біологічну цінність зернової квасолі. *Товари і ринки*. 2010. №1. С. 116-120.
140. Стаканов Ф. С. Фасоль. Кишинев: Штиинца, 1986. 193 с.
141. Плешков Б. П. Биохимия сельскохозяйственных растений. М., 1980. 495с.
142. Белоглазова Н. Б. Ботанический состав и хозяйствственно-селекционная ценность фасоли Дагестана: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук. Орджоникидзе, 1967. 24 с.
143. Гвачилиани П. С. Влияние способов посева и площади питания

на урожайность, химический состав и технологические свойства фасоли в поливных зернобобовых культурах. Орел, 1968. Т.2. С. 19–28.

144. Минюк П. М. Особенности возделывания фасоли в условиях Юго-Запада Белоруссии. *Селекция, семеноводство и технологии возделывания зернобобовых культур*. Орел, 1985. С. 116–119.

145. Баля Л. В. Визначення хімічного складу та якісних характеристик зернової квасолі білої. *Зернові продукти і комбікорми*. 2016. – Vol. 61, I.1. С. 17-20.

146. Донченко Л. В., Надыкта В. Д. Безопасность пищевой продукции. М. : Пищепромиздат, 2001. 528 с.

147. Шкатула Ю. М., Краєвська Л. С. Шляхи підвищення продуктивності квасолі в умовах Вінницької області. Сучасні агротехнології: тенденції та інновації: Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 2015. Т.3. 349-352 с.

148. Гайдай Л. С. Особливості впливу інокуляції зерна квасолі звичайної на якість насіння в умовах правобережного Лісостепу України. Світові досягнення: XXXXV науково-практична конференція. Лоренс, 2019. С.17-20.

## **РОЗДІЛ 6.**

### **ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ**

Сучасне сільське господарство спрямоване на нарощування виробництва сільськогосподарської продукції, конкурентоспроможної на внутрішньому і зовнішньому аграрних ринках на основі ефективного використання природних, матеріально-технічних, трудових і енергетичних ресурсів з метою максимального забезпечення населення продуктами харчування, а переробних підприємств – сировиною [149, 150].

Необхідність досліджування природних об'єктів зумовлена їхнього значною мінливістю. Навіть однорідні об'єкти, спеціально відібрані за подібністю їхнього основних ознак, наприклад, рослини одного сорту або гібрида, внаслідок дії на них багатьох випадкових факторів неоднакові, хоча відмінності між ними можуть бути непомітними для неозброєного ока і виявляються в результаті визначень і вимірювань. Тому результати вимірювання однієї тієї ж ознаки природних об'єктів неоднакові, внаслідок чого ця ознака являє собою випадкову величину. Досліднику необхідно отримати значення цієї випадкової величини, щоб оцінити вплив досліджуваного прийому, змінюваного чинника на ту чи іншу ознаку рослин та ґрунту [151].

Незалежно від того сільськогосподарські продукти вирощують для внутрішнього ринку чи для експорту, якість продукції визначає успіх на ринку. Додаткове позакореневе підживлення широко застосовується для того щоб поліпшити якість продуктів і подолати деякі ґрунтові проблеми, що пов'язані з удобренням землі. У цьому досліджені позакореневе дослідження спрямоване не тільки для поліпшення росту рослини, але також поліпшення економічного урожаю з точки зору кількості і якості [152].

Зростаюча популяція продукції рослинництва без використання мінеральних добрив і пестицидів, а також здатність мікроорганізмів

забезпечувати рослини необхідними поживними речовинами, показує, що мікробні добрива замають важливе місце у сільськогосподарському виробництві. У рамках стійких систем, ґрунт займає центральне положення, будучи основою для виживання живих організмів. Безпечно виробництво продуктів харчування з використанням біологічних циклів має велике економічне і екологічне значення. У останні десятиліття велика кількість наукових робіт показала, що виробничі властивості ґрунту стали обмежуючим фактором у досягненні високих і стійких врожаїв. Захист ґрунту від деградації сільськогосподарського виробництва є одним із заходів, з метою і завданнями комплексного і органічного землеробства. Тому і більша кількість досліджень зосереджена на пошуку альтернативних заходів у рослинництві, щоб уникнути небажаних наслідків. Одним із таких заходів є застосування мікробних біопрепаратів, що містять ризобактерії. Вони живуть вільно у ґрунті і мають взаємодіючий зв'язок з рослинами. Сьогодні розвиток методів в мікробіології дозволяють використовувати більше ризобактерій у рослинництві. Існує вирощування з використанням мікробних біопрепаратів з ризобактеріями як доповнення або заміщення мінеральних добрив. Ці препарати можуть бути також використані для відродження ґрунту. З точки біогенності ґрунту, важливо підкреслити, що кількість Azotobacter залежить від агроекологічних умов у роки дослідження [153].

В останні роки в землеробстві поширюється використання мікробних препаратів для рістстимуляції, посилення азотфіксації, фосфатомобілізації в ризосфері рослин, захисту від патогенів і шкідників. Серед біопрепаратів, що використовують при вирощуванні бобових культур, провідна роль належить тим, які мають у складі ефективні селекційні штами специфічних бульбочкових бактерій для забезпечення азотного живлення рослин за рахунок біологічної азотфіксації з повітря, формування високих врожаїв без застосування мінеральних азотних добрив і поповнення азотного балансу ґрунту. Проте, оптимізація і потенціал активної бобово-ризобіальної взаємодії залежить від багатьох факторів, у тому числі і від інтродукції в

ризосферу рослин мікроорганізмів різної функціональної дії [154].

Економічне і екологічне значення бобових культур багато в чому залежить від їхньої здатності фіксувати атмосферний азот у симбіозі з *Rhizobia*. Хоча очевидно, що бобові допомагають створювати родючість ґрунтів, їх азотфіксація інші переваги у агроекосистемі, включаючи поліпшення структури ґрунту, глибоке укорінення, захист від ерозії і сприяння поліпшенню біологічної активності і стійкості [155]. Екологічне і природоохоронне значення агроценозів залежить від інтенсивності енергетичного обміну в середині екосистеми [156].

Енергетичний аналіз дає змогу розкрити науково обґрунтовані підходи до вдосконалення структури посівних площ з метою ресурсо- та енергозбереження. Остаточним результатом енергетичного аналізу є критерій оцінювання ефективності виробництва сирого протеїну та затрати обмінної енергії (ГДж) на його виробництво. Це дає змогу об'єктивно визначити потенціальну енергетичну продуктивність культури [157].

У результаті проведених польових досліджень встановлено, що предпосівна інокуляція азотфіксуючими штамами мікроорганізмів мала позитивний вплив на показники енергетичної ефективності технології вирощування квасолі звичайної в залежності від інокулювання штамами *Rhizobium phaseoli*.

Так, у рослин квасолі звичайної сорту Галактика найменші показники по виходу валової енергії, витратах сукупної енергії на вирощування та енергетичному коефіцієнтові отримано з варіантів досліду без інокулювання (контроль) з показниками – 84,50 ГДж/га; 22,30 ГДж/га; 3,79 відповідно (табл. 6.1). Що ж стосується варіантів досліду, де насіння квасолі звичайної обробляли перед посівом штамами мікроорганізмів і використовували спільно передпосівний обробіток препаратом і прилипачем, то дані варіювали в межах: вихід валової енергії – 96,15-103,01 ГДж/га; витрати сукупної енергії на вирощування – 22,40-22,51 ГДж/га та енергетичний коефіцієнт – 3,95-4,58.

Таблиця 6.1

**Енергетична ефективність технології вирощування рослин квасолі залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів, (середнє за 2014-2016 рр.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Вихід валової енергії, ГДж/га	Витрати сукупної енергії на вирощування, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт, Ек
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>			
Без обробки (к)	84,50	22,30	3,79
Rhizobium phaseoli (657а)	96,15	22,40	4,29
Rhizobium phaseoli (700)	97,60	22,40	4,36
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	100,74	22,40	4,50
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	88,43	22,40	3,95
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	97,33	22,51	4,32
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	99,04	22,51	4,40
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	103,01	22,51	4,58
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	97,86	22,51	4,35
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>			
Без обробки	83,05	22,30	3,72
Rhizobium phaseoli (657а)	83,71	22,40	3,74
Rhizobium phaseoli (700)	96,55	22,40	4,31
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	99,82	22,40	4,46
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	96,15	22,40	4,29
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	97,60	22,51	4,34
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	98,64	22,51	4,38
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	101,40	22,51	4,50
Rhizobium phaseoli(ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	96,55	22,51	4,30

\*Джерело: власні дослідження автора

Найвищі дані по вище названих показниках було отримано у варіанті, де насіння квасолі обробляли штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 103,01 ГДж/га; 22,51 ГДж/га і 4,58 відповідно.

Економічні розрахунки показують, що конкурентоспроможно буде та сільськогосподарська продукція, на одиницю енергії якої за виробництва витрачається в 6-7 разів менше енергії [156].

Розрахунок економічної ефективності технологій вирощування польових культур, і квасолі зокрема, повинен базуватися на використанні двох груп показників – тих, що формують ціну реалізації (урожайність зерна, його якість) і тих, що формують собівартість продукції (виробничі витрати) [158].

Основними показниками економічної оцінки використання результатів науково-дослідних робіт слугують чистий прибуток і рівень рентабельності.

Чистий прибуток – це різниця між вартістю одержаного врожаю і виробничими витратами, рентабельність – відсоткове відношення чистого прибутку до виробничих витрат [159].

В результаті проведених розрахунків економічної ефективності отримано найвищий рівень рентабельності – 106,34%, у варіантах, де висівали насіння квасолі сорту Славія, інокулюваного азотфіксуючим штамом мікроорганізмів *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант і прилипачем ЕПАА. Цей показник було отримано за рахунок найвищої урожайності насіння – 2,58 т/га, що забезпечило найнижчу собівартість 1 т зерна квасолі – 4984,61 грн./т. При цьому затрати на вирощування становили 12860,30 грн./т, а умовно чистий прибуток – 13675,17 грн./т, порівнюючи з іншими варіантами досліду (табл. 6.2).

Що стосується сорту Галактика, то було отримано дещо нижчі результати, ніж у сорту Славія, але спостерігалася аналогічна тенденція щодо передпосівної обробки насіння штамами і препаратами. Так найкращим показником були дані у варіанті досліду, де насіння обробляли *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА (рівень рентабельності становив 80,23%).

Таблиця 6.2

**Економічна ефективність вирощування квасолі залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів,  
(середнє за 2014-2016 pp.)\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Урожайність, т/га	Вартість продукції, грн.	Затрати на вирощування, грн./га	Умовно чистий прибуток, грн./га	Собівартість 1 т зерна, грн.	Рівень рентабельності, %
Сорт Галактика (фактор А)						
Без обробки (к)	1,22	14320,13	10640,15	3679,98	8721,43	34,59
Rhizobium phaseoli (657а)	1,48	18960,75	11390,23	7570,52	7696,10	66,47
Rhizobium phaseoli (700)	1,69	18980,75	11390,23	7590,52	6739,78	66,64
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,82	18995,75	11390,23	7605,52	6258,37	66,77
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	1,41	18950,75	11390,23	7530,52	8078,18	66,12
R. phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	1,58	21520,80	11960,45	9560,35	7569,91	79,95
R. phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	1,77	21540,80	11960,45	9580,35	6757,32	80,10
R. phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	1,96	21555,80	11960,45	9595,35	6102,27	80,23
R. phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,54	21510,80	11960,45	9550,35	7766,53	79,85
Сорт Славія (фактор А)						
Без обробки	2,00	18160,54	10790,24	7370,30	5395,12	68,31
Rhizobium phaseoli (657а)	2,08	23120,36	12180,35	10940,01	5855,94	89,82
Rhizobium phaseoli (700)	2,13	23140,36	12180,35	10960,01	5718,47	89,98
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	2,38	23155,36	12180,35	10975,01	5117,79	90,10
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	2,11	23110,36	12180,35	10930,01	5772,68	89,73
R. phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	2,22	26400,47	12860,30	13540,17	5792,93	105,29
R. phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	2,29	26420,47	12860,30	13560,17	5615,85	105,46
R. phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	2,58	26535,47	12860,30	13675,17	4984,61	106,34
R. phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	2,35	26390,47	12860,30	13530,17	5472,47	105,21

\*Джерело: власні дослідження автора

Отже, при збільшенні затрат на вирощування на 1 га знижується умовно чистий прибуток та рівень рентабельності за однакової ціни реалізації.

### **Висновки до розділу 6:**

1) У результаті проведених польових досліджень встановлено, що передпосівна інокуляція азотфіксуючими штамами мікроорганізмів мала позитивний вплив на показники енергетичної ефективності технології вирощування квасолі звичайної в залежності від інокулювання штамами *Rhizobium phaseoli*. Так, у рослин квасолі звичайної сорту Галактика найменші показники по виходу валової енергії, витратах сукупної енергії на вирощування та енергетичному коефіцієнтові отримано з варіанту досліду без інокулювання (контроль) з показниками – 84,50 ГДж/га; 22,30 ГДж/га; 3,79 відповідно. Що ж стосується варіантів досліду, де насіння квасолі звичайної обробляли перед сівбою штамами мікроорганізмів і використовували спільно передпосівний обробіток препаратом і прилипачем, то дані варіювали в межах: вихід валової енергії – 96,15-103,01 ГДж/га; витрати сукупної енергії на вирощування – 22,40-22,51 ГДж/га та енергетичний коефіцієнт – 3,95-4,58.

2) В результаті проведеного дослідження отримано найвищий рівень рентабельності – 106,34%, у варіанті, де висівали насіння квасолі сорту Славія, інокулюваного азотфіксуючим штамом мікроорганізмів *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант і прилипачем ЕПАА. Цей показник було отримано за рахунок найвищої урожайності насіння – 2,58 т/га, що забезпечило найнижчу собівартість 1 т зерна квасолі – 4984,61 грн./т. При цьому затрати на вирощування становили 12860,30 грн./т, а умовно чистий прибуток – 13675,17 грн./т, порівнюючи з іншими варіантами досліду. У сорту Галактика було отримано дещо нижчі результати, ніж у сорту Славія, але спостерігалася аналогічна тенденція щодо передпосівної обробки насіння штамами і препаратами. Так найефективнішим виявився варіант досліду, де насіння обробляли *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА (рівень

рентабельності становив 80,23%).

Основні наукові результати, викладені у шостому розділі, опубліковані у наукових працях автора, які наведені у списку літератури [160].

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6**

149. Кабак О. Біоенергетичні показники вирощування квасолі в умовах півдня України. Зб. наук. пр. ХХІІ наук. конф. студ. та магістрів [«Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи»]. Вінниця: РВВ ВДАУ, 2009. С. 137–140.

150. Комплексна програма розвитку сільського господарства Київської області у 2008-2010 роках та на період до 2015 року . К.: ЕКМО, 2008. 284с.

151. Запарнюк В. І. Математична оцінка урожайності зерна вики ярої. *Корми і кормовиробництво*. 2013. Вип. 75. С. 92-98.

152. Tantawy A. S., Abdel-Mawgoud A. M. R., Habib H. A. M., Hafez M. M. Growth, Productivity and Pod Quality Responses of Green Bean Plants *Phaseolus vulgaris* to Foliar Application of Nutrients and Pollen Extracts. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*. Egypt. 2009. № 5(6). P. 1032-1038.

153. Dozet G., Cvijanovic G. Varietal Adaptability of Organic Green Beans Cultivated Using Microbial Preparations. Serbia. 2011. P. 431-443.

154. Дідович С. В., Мальцева І. А. Ефективність застосування альгорізобактеріального консорціуму при вирощуванні бобових рослин. *Біологічний вісник МДПУ*. 2012. № 2. С. 67-73.

155. Abd-Alla M. H. Nodulation and nitrogen fixation in interspecies grafts of soybean and common bean is controlled by isoflavonoid signal molecules translocated from shoot. *Plant Soil Environ.* Egypt. 2011. № 57.P. 453-458.

156. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. К.: Урожай, 1988. 206 с.

157. Крайняк О. К. Економічний та біоенергетичний аналіз

технологій вирощування зернобобових культур. *Інноваційна економіка: Всеукраїн. наук.-вироб. журн. Економічна діагностика підприємства.* 2008. С. 109-113.

158. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства: підручник. К.: Вища школа, 1994. С. 136-153.

159. Мартъянов В. П. Методические указания для проектов (работ) по экономической и энергетической оценки результатов исследований. – Х.: Ред.-изд. отдел ХГАУ, 1996. 30 с.

160. Мазур В. А., Гайдай Л. С. Економічна ефективність технологій вирощування квасолі. *Сільське господарство та лісівництво.* Вінниця, 2018. Вип. 9. С. 17–28.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне обґрунтування і розробка наукових елементів підвищення ефективності процесу фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами *Rhizobium phaseoli* – квасоля квасоля звичайна, удосконалення технології вирощування квасолі та збільшення фотосинтетичного потенціалу на основі агроекологічно-безпечних прийомів передпосівної інокуляції, біостимуляції насіння в умовах Правобережного Лісостепу України, що дозволило сформулювати наступні висновки:

1. Показники висоти рослин квасолі звичайної показали, що найвищі рослини сформувалися у сорту Галактика у фазу фізіологічна стиглість у варіанті з передпосівною обробкою штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з препаратами Регоплант + ЕПАА – 38,57 см.
2. Найінтенсивніше йшло формування симбіотичної продуктивності у варіані сорту Славія з передпосівною обробкою штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА – 17,5 шт./рослину, з масою активних бульбочок – 0,57 мг/рослину.
3. Найвищою азотфіксуючою властивістю володіли рослини у варіанті з передпосівною обробкою штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА сорту Славія – 14,2356 нМоль  $C_2H_4$  / рослину × годину.
4. Тривалість вегетаційного періоду квасолі звичайної – ознака зумовлена сортовими особливостями культури та кліматичними умовами вирощування. Передпосівна інокуляція насіння штамами азотфіксуючих мікроорганізмів з спільним використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА збільшило тривалість вегетаційного періоду на 1-2 доби.
5. Найінтенсивніший хід формування площині листкової поверхні відмічено у рослин квасолі звичайної сорту Галактика у фазу наливу насіння з передпосівною обробкою штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 30,24 тис.  $m^2/ga$ . Найвищі показники фотосинтетичного потенціалу

були у рослин квасолі сорту Славія у фазу утворення зелених бобів–наливу насіння у варіанті інокульованому штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) спільно з Регоплант + ЕПАА (0,46 млн. м<sup>2</sup>/га × діб). Максимальний показник чистої продуктивності фотосинтезу був у рослин сорту квасолі Галактика, у варіанті досліду, оброблених штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА і становить 6,45 г/м<sup>2</sup> за добу. Накопичення сухої речовини найбільш інтенсивно йшло у рослин сорту квасолі Славія у варіанті інокульованому штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА із значенням 17,78 г/рослину.

6. Передпосівна обробка насіння позитивно впливає на біометричні показники рослин сортів квасолі звичайної. Інокуляція штамами мікроорганізмів і обробка препаратами підвищувала кількість бобів та насіння на рослині, а також мала позитивний вплив на масу 1000 зерен. Так, рослини сорту Славія мали вищу продуктивність насіння – 7,74 г на рослину, у сорту Галактика – 5,88 г на рослину.

7. Найвищу урожайність зерна було отримано у рослин квасолі звичайної сорту Славія за передпосівної обробки насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант і прилипач ЕПАА, яка становила 2,58 т/га.

8. Найвищий вміст сирого протеїну отримано у рослин сорту Славія у варіанті з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА – 24,56%.

9. Найвищий чистий прибуток у 13675,17 грн./га при рівні рентабельності 106,34% одержано у сорту квасолі Славія у варіантах з передпосівною обробкою насіння штамом *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА з найбільшим виходом валової енергії на рівні 101,40 ГДж/га за енергетичного коефіцієнта – 4,50.

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

В умовах Правобережного Лісостепу України на сірих лісових ґрунтах, для одержання високих та сталих врожаїв зерна квасолі звичайної з високим рівнем якісних показників та за перевагою комплексу біологічних характеристик біометричних показників, рівня рентабельності рекомендується вирощувати сорт Славія з передпосівною обробкою насіння штамом бактерій *Rhizobium phaseoli* (Ф-16) з спільним використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА. Впроваджувати у виробництво доповнені та встановлені елементи технології вирощування квасолі звичайної, застосовуючи рекомендовані для передпосівної обробки азотфіксуючі штами *Rhizobium phaseoli*.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А.1

**Польова схожість та виживання рослин сортів квасолі звичайної, %\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	Польова схожість	Виживання рослин	Польова схожість	Виживання рослин
2014 р.				
Без обробки (к)	94,2	78,3	96,1	78,3
Rhizobium phaseoli (657a)	96,7	94,0	98,3	80,6
Rhizobium phaseoli (700)	96,9	79,5	98,6	83,4
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	97,7	79,6	99,2	85,1
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	94,5	79,1	97,4	80,7
Rhizobium phaseoli(657a) + Регоплант + ЕПАА	97,2	93,1	98,9	83,6
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	96,5	79,3	99,2	84,5
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	97,9	79,6	98,3	85,6
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	97,1	79,4	98,3	84,7
2015 р.				
Без обробки (к)	77,3	69,2	80,2	69,6
Rhizobium phaseoli (657a)	82,3	84,3	86,4	69,7
Rhizobium phaseoli (700)	85,1	77,5	87,7	73,2
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	86,6	77,9	88,9	74,7
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	79,2	85,6	82,1	69,8
Rhizobium phaseoli(657a) + Регоплант + ЕПАА	86,2	84,1	89,9	73,4
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	85,4	70,6	89,0	74,6
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	87,8	72,7	94,2	75,4
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	86,3	74,6	92,5	74,3
2016 р.				
Без обробки (к)	96,7	78,4	98,2	80,7
Rhizobium phaseoli (657a)	97,6	93,2	99,7	86,4
Rhizobium phaseoli (700)	98,2	86,3	99,6	88,5
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	99,8	86,4	99,8	87,7
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	98,1	85,6	98,3	84,7
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	98,9	93,4	99,8	88,7
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	99,5	92,2	99,8	88,1
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	99,9	93,1	98,3	88,3
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	99,8	90,2	98,3	89,1

\*Джерело: власні дослідження автора

## Додаток Б.1

**Вплив передпосівної обробки насіння на формування густоти рослин сортів квасолі звичайної у фазу технічної стиглості, шт./м<sup>2</sup>, \***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)	
	Галактика	Славія
2014 р.		
Без обробки (к)	39,6	38,6
Rhizobium phaseoli (657a)	42,5	39,8
Rhizobium phaseoli (700)	42,2	41,3
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	41,3	41,1
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	40,2	38,7
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	42,5	40,6
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	40,2	41,2
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	41,4	41,6
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	40,3	41,4
2015 р.		
Без обробки (к)	36,2	35,6
Rhizobium phaseoli (657a)	38,7	37,3
Rhizobium phaseoli (700)	37,6	38,6
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	37,7	39,4
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	36,1	37,1
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	39,5	39,2
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	38,4	39,1
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	38,6	39,6
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	38,1	39,5
2016 р.		
Без обробки (к)	40,3	40,1
Rhizobium phaseoli (657a)	43,6	41,4
Rhizobium phaseoli (700)	42,7	42,8
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	43,1	43,4
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	40,4	41,8
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	44,3	43,2
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	42,6	43,3
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	42,7	43,6
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	42,2	43,3

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток В.1*

**Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі, діб,  
2014 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	сівба – сходи	Фази росту і розвитку рослин									
		сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – початок цвітіння	початок цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість	фізіологічна стиглість – повна стиглість	Сівба – повна стиглість	Вегетаційний період	
Сорт Галактика (фактор А)											
Без обробки (к)	9	13	16	11	4	13	10	15	91	82	
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	9	13	17	11	4	12	11	16	93	84	
Rhizobium phaseoli (700)	9	13	17	11	4	12	10	16	92	83	
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	9	13	16	11	4	13	10	15	91	82	
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9	13	17	11	4	12	11	16	93	84	
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	9	13	16	11	4	13	10	16	92	83	
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	9	13	16	11	4	13	10	15	91	82	
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	9	13	16	11	4	13	10	16	92	83	
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	9	13	17	11	4	12	11	16	93	84	
Сорт Славія (фактор А)											
Без обробки (к)	9	14	14	10	5	14	11	15	92	83	
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	9	14	14	10	5	14	11	15	92	83	
Rhizobium phaseoli (700)	9	14	15	10	5	13	12	15	93	84	
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	9	14	14	10	5	14	11	15	92	83	
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9	14	15	10	5	13	12	15	93	84	
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	9	14	15	10	5	13	11	15	92	83	
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	9	14	15	10	5	13	12	15	93	84	
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	9	14	14	10	5	14	11	15	92	83	
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	9	14	15	10	5	13	12	15	93	84	

\*Джерело: власні дослідження автора

## Додаток В.2

**Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі, діб, 2015 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	сівба – сходи	Фази росту і розвитку рослин										Сівба – повна стиглість	Вегетаційний період
		сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонизація	бутонизація – початок цвітіння	початок цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість	стиглість – повна стиглість					
Сорт Галактика (фактор А)													
Без обробки (к)	10	17	17	14	5	15	12	14	104	94			
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	10	17	18	14	5	14	13	15	106	96			
Rhizobium phaseoli (700)	10	17	18	14	5	14	12	15	105	95			
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	10	17	17	14	5	15	12	14	104	94			
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10	17	18	14	5	14	13	15	106	96			
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	10	17	17	14	5	15	12	15	105	95			
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	10	17	17	14	5	15	12	14	104	94			
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	10	17	17	14	5	15	12	15	105	95			
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	10	17	18	14	5	14	13	15	106	96			
Сорт Славія (фактор А)													
Без обробки (к)	10	16	16	15	5	16	11	12	101	91			
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	10	16	16	15	5	16	11	12	101	91			
Rhizobium phaseoli (700)	10	16	17	15	5	15	12	12	102	92			
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	10	16	16	15	5	16	11	12	101	91			
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10	16	17	15	5	15	12	12	102	92			
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	10	16	17	15	5	15	11	12	101	91			
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	10	16	17	15	5	15	12	12	102	92			
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	10	16	16	15	5	16	11	12	101	91			
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	10	16	17	15	5	15	12	12	102	92			

\*Джерело: власні дослідження автора

## Додаток В.3

**Тривалість міжфазних періодів росту і розвитку рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі, діб, 2016 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сівба – сходи	Фази росту і розвитку рослин									
		сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонизація	бутонизація – початок цвітіння	початок цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість	стиглість – повна стиглість	Сівба – повна стиглість	Вегетаційний період	
Сорт Галактика (фактор А)											
Без обробки (к)	9	12	15	11	5	14	13	15	94	85	
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	9	12	16	11	5	13	14	16	96	87	
Rhizobium phaseoli (700)	9	12	16	11	5	13	13	16	95	86	
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	9	12	15	11	5	14	13	15	94	85	
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9	12	16	11	5	13	14	16	96	87	
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	9	12	15	11	5	14	13	16	95	86	
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	9	12	15	11	5	14	13	15	94	85	
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	9	12	15	11	5	14	13	16	95	86	
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	9	12	16	11	5	13	14	16	96	87	
Сорт Славія (фактор А)											
Без обробки (к)	9	13	15	11	4	15	14	12	93	84	
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	9	13	15	11	4	15	14	12	93	84	
Rhizobium phaseoli (700)	9	13	16	11	4	14	15	12	94	85	
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	9	13	15	11	4	15	14	12	93	84	
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	9	13	16	11	4	14	15	12	94	85	
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	9	13	16	11	4	14	14	12	93	84	
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	9	13	16	11	4	14	15	12	94	85	
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	9	13	15	11	4	15	14	12	93	84	
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	9	13	16	11	4	14	15	12	94	85	

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток Д.1*

**Динаміка висоти рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі звичайної, см,\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку											
	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість
2014 р.												2015 р.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>												
Без обробки (к)	8,17	20,36	23,53	26,81	27,62	32,45	10,17	26,07	29,80	32,18	34,06	34,55
Штам-еталон Rh. ph. (657а)	8,25	21,69	24,84	27,97	29,46	33,87	11,45	24,64	28,19	31,94	32,21	32,36
Rhizobium phaseoli (700)	10,14	22,01	25,07	28,45	29,54	34,18	13,23	23,69	27,18	30,18	31,50	32,70
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	13,02	21,84	25,07	27,01	28,98	35,25	14,27	28,07	31,48	32,84	35,44	35,85
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10,56	22,89	25,95	28,35	28,96	33,83	11,14	21,95	25,12	28,45	29,44	30,29
Rh. ph. (657а) + Регоплант + ЕПАА	12,45	26,36	28,85	30,01	33,45	33,18	12,89	28,15	29,18	33,12	33,66	36,15
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	14,36	27,18	30,18	32,41	33,47	33,27	15,85	28,41	31,66	32,18	33,12	37,56
Rh. ph. (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	15,38	27,45	31,17	32,03	34,15	35,81	15,93	29,18	32,51	33,30	33,89	37,39
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	12,65	27,09	29,67	30,59	34,02	35,12	13,73	28,34	30,36	32,25	33,12	38,98
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>												
Без обробки (к)	6,45	19,11	22,10	26,47	28,79	29,56	9,22	23,52	25,28	28,45	29,66	32,89
Штам-еталон Rh. ph. (657а)	7,58	22,39	25,60	27,36	32,50	33,47	10,32	19,82	22,42	26,17	26,41	30,76
Rhizobium phaseoli (700)	8,36	23,36	26,16	28,34	33,31	34,26	12,27	22,90	25,01	27,65	28,97	35,76
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	10,24	23,89	27,17	29,01	34,26	34,90	12,32	23,23	25,30	28,56	29,06	36,45
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	8,56	21,70	24,88	27,03	31,85	31,97	9,87	22,62	24,79	27,84	28,61	32,04
Rh. ph. (657а) + Регоплант + ЕПАА	11,47	22,13	24,45	27,34	32,56	33,78	12,76	26,07	27,45	27,68	28,05	34,51
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	13,25	23,64	27,56	28,25	33,45	35,87	14,56	26,24	27,88	28,60	29,11	34,66
Rh. ph. (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	13,39	23,78	28,05	29,05	34,30	36,14	14,89	26,45	28,02	28,65	29,16	35,54
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	11,15	23,70	26,14	28,85	33,59	35,92	12,64	26,33	27,46	27,54	29,01	34,91

\*Джерело: власні дослідження автора

Додаток Д.2

**Динаміка висоти рослин залежно від передпосівної обробки насіння  
квасолі звичайної, см, 2016 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку					
	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	13,25	34,29	35,47	37,16	37,50	37,58
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	12,85	35,12	36,26	36,45	38,29	39,13
Rhizobium phaseoli (700)	14,97	37,94	39,34	39,65	41,26	42,02
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	15,82	37,00	38,22	39,21	40,11	40,92
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	13,28	38,76	39,95	41,12	42,08	42,35
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	14,41	30,54	32,72	33,34	35,67	40,65
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	16,20	31,32	32,84	34,32	36,16	39,12
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	17,83	37,71	34,90	34,93	39,57	42,51
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	15,50	30,25	32,91	35,71	38,28	39,12
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	9,86	29,40	31,68	30,58	33,68	34,78
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	11,14	33,33	35,33	36,32	37,30	38,58
Rhizobium phaseoli (700)	14,23	31,50	33,40	35,27	35,48	36,45
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	14,25	32,29	34,17	35,85	36,28	37,25
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	11,36	31,68	33,43	34,62	35,39	36,94
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	14,32	32,05	32,55	35,43	35,75	36,47
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	14,02	30,67	32,01	37,26	38,12	39,75
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	14,86	30,71	32,28	37,31	38,21	39,89
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	13,89	29,65	31,75	36,55	37,75	39,12

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток Е.1*

**Динаміка площі листкової поверхні рослин на одиниці площі залежно від передпосівної обробки насіння  
різних сортів квасолі, тис. м<sup>2</sup>/га\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин												
	сходи	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість	сходи	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння
	2014 р.						2015 р.						
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>													
Без обробки (к)	0,71	6,91	13,55	16,04	19,02	23,02	16,59	0,64	5,65	12,43	14,93	19,89	22,18
Rhizobium phaseoli (657a)	1,12	7,22	15,09	17,82	22,01	25,53	18,69	1,08	6,18	13,99	16,76	21,56	24,19
Rhizobium phaseoli (700)	1,18	7,35	15,82	16,76	21,45	23,93	19,14	1,17	6,29	14,72	15,77	20,18	23,64
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	1,29	7,62	17,99	21,81	26,55	29,42	23,21	1,30	6,55	16,90	20,69	25,37	28,45
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,90	6,95	14,39	16,41	20,76	25,22	17,62	0,83	5,89	13,29	15,49	20,21	23,83
Rh. ph. (657a) + Регоплант + ЕПАА	1,45	7,57	16,14	18,28	23,61	26,19	19,77	1,40	6,51	15,04	17,48	22,53	25,73
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	1,54	7,66	16,34	17,80	22,03	24,99	20,23	1,47	6,60	15,21	16,45	21,42	24,39
Rh. ph. (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	1,65	7,86	18,55	22,71	26,89	30,03	23,55	1,55	6,78	17,48	21,56	26,82	29,41
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,28	7,35	15,24	17,94	22,56	25,05	18,02	1,24	6,23	14,09	16,64	21,37	24,43
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>													
Без обробки	0,74	8,12	12,85	18,84	22,91	20,25	21,61	0,63	6,84	12,13	17,48	22,24	19,26
Rhizobium phaseoli (657a)	1,15	7,93	13,02	16,04	20,57	19,53	19,01	0,95	7,45	12,42	14,92	19,47	18,51
Rhizobium phaseoli (700)	1,34	8,38	16,84	21,31	25,29	23,71	22,75	0,96	7,25	16,25	19,44	24,32	23,44
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	1,28	8,65	20,02	25,26	30,33	28,32	27,88	1,15	7,34	18,65	24,18	29,35	27,41
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	1,08	7,21	13,97	18,63	23,19	20,23	19,87	0,64	6,43	13,81	17,63	22,18	19,47
Rh. ph. (657a) + Регоплант + ЕПАА	1,64	8,59	14,33	16,24	31,22	28,39	19,64	0,83	7,47	13,62	15,39	30,21	27,23
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	1,89	8,71	18,51	21,44	26,68	25,22	24,43	0,97	7,62	17,69	20,37	25,74	24,38
Rh. ph. (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	2,01	8,92	19,98	26,61	31,66	30,81	28,37	1,16	7,86	19,34	25,52	30,61	29,83
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,84	8,29	15,28	19,63	23,55	22,53	21,22	0,74	7,37	14,27	18,43	23,37	21,68

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток Е.2*

**Динаміка площі листкової поверхні рослинна одиниці площи  
залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі,  
тис. м<sup>2</sup>/га, 2016 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин					
	сходи	3-й трійчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	натив насіння
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	0,78	7,96	14,61	16,94	21,18	24,25
Rhizobium phaseoli (657а)	1,16	8,24	16,13	18,82	23,81	26,63
Rhizobium phaseoli (700)	1,22	8,38	16,86	17,87	22,45	25,45
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,37	8,66	19,02	22,81	27,49	30,81
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,94	7,98	15,43	17,51	22,44	25,31
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	1,47	8,60	17,18	19,47	24,63	27,49
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	1,58	8,69	17,41	18,49	23,72	26,64
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	1,69	8,88	19,59	23,41	28,64	31,28
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,32	8,41	16,36	18,37	23,51	26,54
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	1,15	8,74	14,23	19,69	24,27	21,45
Rhizobium phaseoli (657а)	1,41	9,37	14,37	16,74	21,64	20,64
Rhizobium phaseoli (700)	1,54	9,39	18,51	21,95	26,41	25,93
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	1,83	9,68	20,94	26,37	31,67	29,62
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	1,13	8,83	15,63	19,75	24,35	21,65
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	1,94	9,65	15,73	17,42	32,38	29,46
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	1,97	9,74	19,75	22,54	27,83	26,75
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	2,05	9,95	21,37	27,61	32,74	31,94
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	1,53	9,63	16,41	20,62	25,83	23,71

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток Є.1*

**Динаміка фотосинтетичного потенціалу посівів квасолі залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, млн. м<sup>2</sup>/га на добу\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Міжфазні періоди											
	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налів насіння – фізіологічна стиглість	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утворення зелених бобів	Утворення зелених бобів – налив насіння	налів насіння – фізіологічна стиглість
2014 р.												2015 р.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>												
Без обробки (к)	0,05	0,16	0,19	0,09	0,29	0,23	0,04	0,15	0,18	0,08	0,28	0,22
Rhizobium phaseoli (657a)	0,06	0,19	0,21	0,10	0,30	0,28	0,05	0,18	0,20	0,09	0,29	0,27
Rhizobium phaseoli (700)	0,06	0,20	0,21	0,10	0,29	0,25	0,05	0,19	0,20	0,09	0,28	0,24
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,06	0,20	0,26	0,12	0,38	0,30	0,05	0,19	0,25	0,11	0,37	0,29
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,05	0,18	0,20	0,09	0,28	0,26	0,04	0,17	0,19	0,10	0,27	0,25
Rh. ph. (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,22	0,11	0,34	0,27	0,05	0,18	0,21	0,10	0,33	0,26
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,22	0,10	0,32	0,23	0,05	0,18	0,21	0,09	0,31	0,22
Rh. ph. (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,21	0,27	0,12	0,39	0,31	0,06	0,20	0,26	0,11	0,38	0,30
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,06	0,19	0,21	0,10	0,30	0,27	0,05	0,18	0,20	0,09	0,29	0,26
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>												
Без обробки	0,06	0,16	0,19	0,10	0,32	0,24	0,05	0,15	0,18	0,09	0,31	0,23
Rhizobium phaseoli (657a)	0,07	0,16	0,19	0,09	0,32	0,22	0,06	0,15	0,18	0,08	0,31	0,21
Rhizobium phaseoli (700)	0,07	0,20	0,23	0,12	0,34	0,30	0,06	0,19	0,22	0,11	0,33	0,29
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,07	0,21	0,27	0,14	0,43	0,33	0,06	0,20	0,26	0,13	0,42	0,32
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,06	0,18	0,20	0,10	0,30	0,26	0,05	0,17	0,19	0,09	0,29	0,25
Rh. ph. (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,19	0,19	0,12	0,41	0,28	0,06	0,18	0,18	0,11	0,40	0,27
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,22	0,24	0,12	0,36	0,31	0,06	0,21	0,23	0,11	0,35	0,30
Rh. ph. (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,22	0,28	0,15	0,45	0,34	0,06	0,21	0,27	0,14	0,44	0,33
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,19	0,21	0,11	0,32	0,26	0,06	0,18	0,20	0,10	0,31	0,25

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток Е.2*

**Динаміка фотосинтетичного потенціалу посівів квасолі залежно  
від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі,  
млн. м<sup>2</sup>/га на добу, 2016 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Міжфазні періоди					
	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – наплив насіння	наплив насіння – фізіологічна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	0,06	0,17	0,20	0,10	0,33	0,27
Rhizobium phaseoli (657а)	0,07	0,20	0,22	0,11	0,34	0,32
Rhizobium phaseoli (700)	0,07	0,21	0,22	0,11	0,33	0,29
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,07	0,21	0,27	0,13	0,42	0,34
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,06	0,19	0,21	0,11	0,32	0,30
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,20	0,23	0,12	0,38	0,31
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,20	0,23	0,11	0,36	0,27
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,22	0,28	0,13	0,43	0,35
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,07	0,20	0,22	0,11	0,34	0,31
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	0,07	0,17	0,20	0,11	0,36	0,28
Rhizobium phaseoli (657а)	0,08	0,17	0,20	0,10	0,36	0,26
Rhizobium phaseoli(700)	0,08	0,21	0,24	0,13	0,38	0,34
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	0,08	0,22	0,28	0,15	0,47	0,37
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,07	0,19	0,21	0,11	0,34	0,30
Rhizobium phaseoli (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,20	0,20	0,13	0,45	0,32
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,23	0,25	0,13	0,40	0,35
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,23	0,29	0,16	0,49	0,38
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,20	0,22	0,12	0,36	0,30

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток Ж.1*

**Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу рослин залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/м<sup>2</sup> за добу\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утв. зелених бобів	утв. зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утв. зелених бобів	утв. зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість
	2014 р.	Міжфазні періоди						2015 р.				
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>												
Без обробки (к)	8,96	4,36	3,93	2,88	3,02	0,95	8,34	2,73	2,74	2,57	2,37	0,59
Rhizobium phaseoli (657a)	10,21	4,31	3,74	4,29	3,62	0,98	9,14	3,29	3,34	3,62	3,35	0,89
Rhizobium phaseoli (700)	11,68	4,61	4,41	4,21	4,51	1,62	10,45	3,75	3,71	3,67	3,53	1,02
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	11,72	4,92	4,54	5,61	5,23	2,41	10,81	4,35	3,92	4,62	4,13	1,14
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10,76	4,38	3,17	4,08	3,58	1,32	9,87	3,49	3,14	2,85	2,82	1,17
(657a) + Регоплант + ЕПАА	11,71	5,74	4,97	5,45	5,25	2,29	10,37	4,91	4,26	4,18	4,22	1,38
(700) + Регоплант + ЕПАА	11,15	6,17	5,91	5,76	5,44	2,84	10,64	4,72	4,32	4,62	4,37	1,46
(Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	11,99	6,29	5,58	6,35	5,66	2,93	10,48	4,83	4,91	5,37	5,28	1,74
(ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	10,85	5,08	4,69	4,33	4,98	2,23	9,74	4,57	4,16	3,68	4,18	1,43
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>												
Без обробки	9,29	3,82	3,57	3,97	3,27	1,24	8,30	3,35	2,94	2,72	2,63	0,63
Rhizobium phaseoli (657a)	10,78	3,76	3,91	3,77	3,79	1,10	9,75	3,46	2,85	3,35	2,58	0,87
Rhizobium phaseoli (700)	10,81	5,19	4,76	4,25	4,27	1,19	9,91	4,21	3,76	3,65	2,75	0,92
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	11,71	5,29	4,67	4,68	4,92	2,56	10,77	4,32	4,18	4,18	3,41	1,17
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	10,38	3,96	4,25	3,96	3,92	1,54	9,48	3,25	2,19	2,83	2,62	1,09
(657a) + Регоплант + ЕПАА	11,17	5,28	4,52	4,61	4,31	1,44	9,37	4,41	3,61	4,36	3,36	1,25
(700) + Регоплант + ЕПАА	10,85	5,74	5,14	5,62	5,63	1,92	10,43	4,34	4,48	4,72	3,56	1,33
(Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	11,99	6,65	5,92	5,84	5,08	2,65	10,74	4,75	5,32	5,13	4,37	1,76
(ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	10,41	4,96	4,52	3,79	4,27	1,71	9,83	3,79	3,81	3,21	3,25	1,18

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток Ж.2*

**Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу рослин залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/м<sup>2</sup> за добу,**

**2016 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Міжфазні періоди					
	сходи – 3-й трійчастий листок	3-й трійчастий листок – бутонізація	бутонізація – цвітіння	цвітіння – утворення зелених бобів	утворення зелених бобів – налив насіння	налив насіння – фізіологічна стиглість
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>						
Без обробки (к)	10,45	4,58	4,67	4,48	4,45	2,18
Rhizobium phaseoli (657a)	11,37	5,18	5,25	5,74	5,81	2,21
Rhizobium phaseoli (700)	12,64	5,59	5,62	5,83	5,37	2,34
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	12,72	6,48	5,97	6,72	6,21	2,48
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	11,92	5,57	5,84	4,92	4,73	2,28
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	12,84	6,96	6,73	6,45	6,31	2,42
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	12,95	6,84	6,84	6,57	6,54	2,96
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	13,08	6,76	7,12	7,63	7,81	2,95
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	12,17	6,82	6,18	5,91	6,23	2,28
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>						
Без обробки	10,43	5,19	4,95	4,83	4,75	2,15
Rhizobium phaseoli (657a)	11,36	5,83	5,03	5,72	4,81	2,20
Rhizobium phaseoli(700)	12,43	6,32	5,94	5,75	4,92	2,24
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	12,95	6,47	6,27	6,23	5,62	2,39
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	11,76	5,33	5,32	4,97	4,47	2,41
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	12,64	6,57	5,82	6,81	5,38	2,62
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	12,47	6,75	6,73	6,73	5,21	2,57
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	13,15	6,82	7,45	7,21	6,33	2,94
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	12,10	5,92	5,92	5,18	5,47	2,36

\*Джерело: власні дослідження автора

Додаток 3.1

**Динаміка накопичення сухої речовини рослинами залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/рослин\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку															
	сходи	3-й трийчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість	повна стиглість	сходи	3-й трийчастий листок	бутонізація	цвітіння	утворення зелених бобів	налив насіння	фізіологічна стиглість	повна стиглість
2014 р.												2015 р.				
Сорт Галактика (фактор А)																
Без обробки (к)	0,13	0,96	2,02	5,22	6,35	11,28	13,07	12,20	0,12	0,82	1,66	3,85	5,51	10,37	12,08	11,29
Rhizobium phaseoli (657а)	0,14	1,08	2,13	5,44	7,08	12,99	14,17	13,48	0,13	1,03	1,74	4,37	6,42	11,45	13,26	12,38
Rhizobium phaseoli (700)	0,15	1,13	2,21	6,56	7,19	12,79	14,38	13,45	0,14	1,08	1,96	4,47	6,53	11,74	13,42	12,57
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,20	1,16	2,90	6,75	7,72	13,28	15,70	14,89	0,19	1,12	2,33	5,72	6,62	12,15	14,51	13,83
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,14	0,95	2,05	5,45	6,62	12,47	14,75	13,41	0,13	0,87	1,58	4,59	5,79	11,63	13,71	12,36
Rh. ph. (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,17	1,14	2,49	5,86	7,42	13,14	15,39	14,17	0,16	1,04	2,14	4,64	6,39	12,21	14,43	13,39
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	0,18	1,18	2,64	5,92	7,27	13,92	15,97	14,15	0,17	1,11	2,21	5,21	6,57	12,75	14,54	13,41
Rh. ph. (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,21	1,23	2,98	7,07	7,79	14,53	16,59	15,53	0,20	1,04	2,37	6,32	6,93	13,65	15,72	14,64
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,16	0,97	2,63	5,93	7,39	13,21	14,96	14,18	0,15	0,94	2,17	5,18	6,49	12,24	14,18	13,26
Сорт Славія (фактор А)																
Без обробки	0,13	0,95	1,94	7,94	6,22	12,76	14,02	13,01	0,12	0,81	1,63	4,27	5,41	11,47	13,20	12,09
Rhizobium phaseoli (657а)	0,15	1,16	2,09	6,12	6,38	13,68	15,36	14,12	0,14	0,94	1,72	4,85	5,38	12,75	14,41	13,26
Rhizobium phaseoli (700)	0,15	1,23	2,13	6,30	7,21	14,26	15,78	14,32	0,14	1,02	1,94	5,47	6,43	12,82	14,75	13,31
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,19	1,24	2,76	6,71	7,60	14,51	16,31	15,73	0,18	1,04	2,31	6,17	6,65	13,58	15,26	14,73
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,13	1,22	2,13	6,49	7,07	13,12	15,29	14,11	0,12	0,95	1,93	5,59	6,41	12,30	14,37	13,32
Rh. ph. (657а) + Регоплант + ЕПАА	0,16	1,27	2,24	6,19	7,49	14,93	16,94	15,34	0,15	1,03	1,99	5,19	6,39	13,82	15,53	14,48
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	0,17	1,22	2,45	6,89	7,52	14,72	17,34	15,35	0,16	1,16	1,98	5,87	6,43	13,75	15,81	14,40
Rh. ph. (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,21	1,35	2,93	7,63	7,87	15,83	18,24	16,67	0,20	1,19	2,33	6,79	6,52	14,79	16,73	15,53
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,15	1,24	2,39	6,62	7,41	14,56	16,08	15,25	0,14	1,05	2,18	5,82	6,28	13,67	15,29	14,32

\*Джерело: власні дослідження автора

Додаток 3.2

**Динаміка накопичення сухої речовини рослинами залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, г/рослину, 2016 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку							
	СХОДИ	3-й трійчастий листок	БУТОНІЗАЦІЯ	ЦВІТІННЯ	Утворення зелених бобів	НАПІВ НАСІННЯ	ФІЗІОЛОГІЧНА СТИГЛІСТЬ	ПОВНА СТИГЛІСТЬ
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>								
Без обробки (к)	0,17	1,43	3,04	5,69	7,49	12,28	14,21	13,32
Rhizobium phaseoli (657a)	0,18	1,64	3,15	6,54	8,52	13,24	15,32	14,46
Rhizobium phaseoli (700)	0,19	1,69	3,18	6,91	8,63	13,81	15,61	14,57
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,24	1,74	3,32	7,69	8,73	14,32	16,47	15,86
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,18	1,42	3,21	6,67	7,84	13,82	15,79	14,58
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,21	1,66	3,05	6,84	8,48	14,34	16,53	15,49
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,22	1,76	3,07	7,29	8,84	14,91	16,83	15,52
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,25	1,96	3,41	8,39	8,89	15,74	17,61	16,72
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,20	1,45	3,03	7,34	8,53	14,36	16,25	15,31
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>								
Без обробки	0,17	1,42	3,03	6,21	7,39	13,45	15,23	14,26
Rhizobium phaseoli (657a)	0,19	1,35	3,12	6,94	7,41	14,82	16,52	15,31
Rhizobium phaseoli (700)	0,19	1,47	3,19	7,61	8,47	14,86	16,81	15,42
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,23	1,56	3,27	8,21	8,61	15,62	17,18	16,79
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	0,17	1,37	3,20	7,63	8,54	14,63	16,42	15,43
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,20	1,45	3,21	7,37	8,47	15,92	17,21	16,53
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,21	1,58	3,25	7,91	8,64	15,87	17,36	16,39
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,25	1,63	3,32	8,92	8,83	16,63	18,37	17,48
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,19	1,43	3,05	7,84	8,42	15,69	17,32	16,45

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток I.1*

**Динаміка кількості бульбочок на коренях рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі звичайної, шт./рослину, 2014 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин									
	3-й трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		налив насіння		фізіологічна стиглість	
	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	4,5	1,6	8,4	3,1	10,2	4,3	14,3	10,1	8,4	4,2
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657а)	5,3	2,0	9,5	4,3	12,7	6,2	16,7	12,3	9,6	5,4
Rhizobium phaseoli (700)	6,1	2,2	9,7	4,3	12,8	6,5	16,8	12,4	9,7	5,5
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	6,5	2,8	10,2	5,1	14,3	7,3	18,5	14,5	9,9	6,4
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	5,9	2,0	8,6	3,9	12,7	6,8	16,4	12,5	8,7	5,3
Штам-еталон (657а) + Регоплант + ЕПАА	6,0	2,2	9,8	4,6	12,9	6,7	16,8	12,6	9,7	5,7
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	6,3	2,5	9,9	4,9	13,6	6,9	17,6	13,1	10,1	5,8
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	6,7	3,4	10,4	6,5	14,8	8,6	18,6	14,5	10,4	6,7
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	6,1	2,6	8,8	4,3	12,6	7,1	16,7	12,8	9,8	5,7
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	4,5	1,4	8,3	3,5	10,3	4,8	14,6	10,3	8,6	4,8
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657а)	5,3	2,2	10,4	5,3	12,4	6,5	16,7	12,4	10,5	6,7
Rhizobium phaseoli (700)	4,7	1,8	8,6	3,7	10,5	4,7	14,5	10,5	8,7	4,3
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	7,3	4,7	11,2	6,9	14,1	8,3	18,7	14,6	12,6	8,6
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	6,2	2,8	10,3	5,1	12,5	6,3	16,8	12,2	10,5	6,4
Штам-еталон (657а) + Регоплант + ЕПАА	6,4	2,8	11,1	6,4	12,6	6,9	16,9	12,8	10,7	6,8
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	6,8	2,7	9,6	4,2	11,3	5,5	16,7	12,7	10,9	6,7
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	7,5	2,4	12,4	7,6	15,2	9,6	19,3	15,3	13,4	9,2
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	5,1	3,3	11,0	6,3	12,4	7,3	17,2	12,1	10,3	6,5

\*Джерело: власні дослідження автора

## Додаток I.2

**Динаміка кількості бульбочок на коренях рослин залежно від та передпосівної обробки насіння квасолі звичайної, шт./рослину, 2015 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин									
	3-й трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		налив насіння		фізіологічна стиглість	
	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	5,8	2,6	8,5	3,3	9,1	3,4	13,5	9,2	7,4	3,4
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	5,4	2,2	8,6	3,0	8,5	2,2	12,7	8,4	6,2	2,7
Rhizobium phaseoli (700)	8,3	6,5	12,1	7,4	12,3	6,4	16,2	12,3	10,4	6,4
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	12,5	9,9	17,4	12,0	13,5	7,3	17,5	13,2	11,5	7,8
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	7,4	5,4	12,1	7,4	11,7	5,2	15,4	11,4	9,2	5,2
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	6,8	3,1	8,6	3,9	9,8	3,4	13,2	9,5	7,1	3,5
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	10,1	7,0	12,2	7,9	13,5	7,3	17,7	13,2	11,3	7,3
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	13,4	10,7	18,3	13,7	14,8	8,4	18,2	14,3	12,7	8,1
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	9,4	6,3	13,4	8,1	11,2	5,9	15,3	11,7	9,9	5,2
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	5,4	2,3	6,2	1,9	10,5	4,3	14,5	10,7	8,3	4,3
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	4,9	1,2	7,5	2,4	11,6	5,7	15,5	11,3	9,7	5,5
Rhizobium phaseoli (700)	4,8	1,4	7,4	2,7	11,4	5,9	15,7	11,5	9,9	5,7
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	13,2	10,5	22,4	17,0	12,3	6,7	16,3	12,1	10,7	6,9
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	10,3	7,1	13,8	8,4	11,2	5,4	15,2	11,5	9,4	5,4
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	6,4	3,6	8,7	3,3	10,5	4,9	14,4	10,4	8,9	4,9
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	5,3	2,7	8,1	3,5	12,7	6,5	16,7	12,8	10,5	6,7
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	14,1	11,2	23,1	18,3	13,3	7,5	17,6	13,7	11,5	7,5
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	11,2	8,4	14,6	9,1	12,2	6,1	16,1	12,2	10,1	6,4

\*Джерело: власні дослідження автора

## Додаток I.3

**Динаміка кількості бульбочок на коренях рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі звичайної, шт./рослину, 2016 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин									
	3-й трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		налив насіння		фізіологічна стиглість	
	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	6,1	3,2	8,6	3,3	9,4	3,5	13,4	9,3	11,6	7,4
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	6,6	3,3	8,9	3,6	10,3	4,2	14,5	10,5	12,4	8,4
Rhizobium phaseoli (700)	6,8	3,6	12,4	7,8	12,5	7,5	16,3	12,3	14,6	10,3
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	13,2	9,7	18,2	13,6	16,4	10,3	20,4	16,7	18,5	14,2
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	8,5	5,2	12,7	7,3	11,3	5,9	15,6	11,6	13,4	9,5
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	7,4	3,9	9,7	4,5	11,4	5,4	15,7	11,4	12,7	8,4
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	7,6	4,3	13,6	8,1	12,7	8,3	16,4	12,7	14,5	10,7
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	13,5	10,5	19,7	14,9	17,3	11,5	21,6	17,5	19,4	15,6
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	9,2	5,9	12,4	7,8	12,4	6,5	16,3	12,9	14,6	10,7
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	5,4	2,3	8,6	3,2	10,4	4,1	14,5	10,6	12,4	8,4
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	6,7	3,3	8,9	3,8	12,6	6,5	16,5	12,4	14,6	10,6
Rhizobium phaseoli (700)	5,4	2,0	9,7	4,5	12,4	6,8	16,7	12,6	14,2	10,4
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	11,6	8,9	21,6	16,9	23,4	17,8	27,6	23,4	24,7	20,5
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	5,9	2,5	12,4	7,8	12,7	6,9	16,8	12,4	14,3	10,6
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	6,8	3,7	9,6	4,7	12,8	6,9	16,8	12,6	14,7	10,8
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	5,7	2,9	10,4	5,1	13,5	7,1	17,6	13,4	15,2	11,7
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	12,6	9,5	22,7	17,4	24,1	18,4	28,5	24,6	26,4	22,5
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	6,7	3,3	13,6	8,5	13,1	7,6	17,6	13,5	15,6	11,9

\*Джерело: власні дослідження автора

## Додаток І.1

**Динаміка маси бульбочок на коренях рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі звичайної, г/рослину, 2014 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин									
	3-й трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		налив насіння		фізіологічна стиглість	
	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	0,08	0,05	0,17	0,12	0,51	0,47	0,58	0,49	0,12	0,11
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	0,08	0,06	0,25	0,19	0,57	0,56	0,64	0,57	0,11	0,10
Rhizobium phaseoli (700)	0,11	0,08	0,20	0,15	0,61	0,57	0,67	0,61	0,13	0,12
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,12	0,09	0,26	0,20	0,76	0,72	0,81	0,75	0,14	0,13
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	0,10	0,07	0,20	0,14	0,54	0,49	0,64	0,52	0,13	0,12
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,06	0,19	0,13	0,61	0,59	0,68	0,61	0,12	0,10
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,09	0,07	0,21	0,15	0,64	0,61	0,72	0,65	0,13	0,12
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,13	0,10	0,30	0,24	0,82	0,78	0,84	0,80	0,15	0,14
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,07	0,21	0,16	0,53	0,51	0,64	0,56	0,14	0,13
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	0,07	0,05	0,16	0,11	0,41	0,38	0,49	0,42	0,12	0,11
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	0,08	0,05	0,19	0,14	0,67	0,63	0,74	0,64	0,13	0,12
Rhizobium phaseoli (700)	0,08	0,06	0,19	0,13	0,44	0,40	0,57	0,42	0,11	0,10
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,12	0,11	0,50	0,43	0,77	0,74	0,79	0,75	0,14	0,13
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	0,10	0,08	0,30	0,23	0,65	0,62	0,71	0,65	0,13	0,12
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,10	0,08	0,23	0,18	0,42	0,39	0,56	0,43	0,12	0,11
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,09	0,08	0,22	0,17	0,53	0,48	0,64	0,52	0,13	0,12
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,14	0,12	0,54	0,51	0,86	0,79	0,89	0,82	0,14	0,13
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,10	0,09	0,34	0,29	0,76	0,71	0,82	0,73	0,13	0,12

\*Джерело: власні дослідження автора

## Додаток І.2

**Динаміка маси бульбочок на коренях рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі звичайної, г/рослину, 2015 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин									
	3-й трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		налив насіння		фізіологічна стиглість	
	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	0,09	0,02	0,11	0,03	0,21	0,18	0,30	0,25	0,07	0,03
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	0,09	0,02	0,12	0,03	0,24	0,19	0,34	0,26	0,07	0,02
Rhizobium phaseoli (700)	0,14	0,07	0,16	0,07	0,27	0,22	0,36	0,26	0,10	0,06
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,18	0,12	0,19	0,12	0,30	0,24	0,38	0,31	0,12	0,08
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	0,09	0,04	0,15	0,07	0,26	0,21	0,34	0,28	0,10	0,05
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,10	0,04	0,14	0,05	0,25	0,22	0,34	0,29	0,09	0,04
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,14	0,08	0,16	0,08	0,27	0,23	0,35	0,28	0,12	0,07
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,17	0,13	0,20	0,14	0,41	0,35	0,48	0,37	0,14	0,09
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,09	0,05	0,16	0,08	0,27	0,21	0,32	0,24	0,11	0,07
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	0,08	0,03	0,11	0,02	0,22	0,18	0,29	0,21	0,16	0,11
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	0,05	0,01	0,12	0,03	0,23	0,18	0,30	0,22	0,17	0,13
Rhizobium phaseoli (700)	0,07	0,02	0,13	0,03	0,24	0,19	0,32	0,24	0,16	0,13
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,13	0,08	0,21	0,14	0,42	0,35	0,49	0,31	0,20	0,14
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	0,09	0,05	0,15	0,07	0,25	0,21	0,36	0,27	0,16	0,12
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,09	0,04	0,14	0,05	0,25	0,22	0,35	0,28	0,17	0,14
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,03	0,14	0,05	0,26	0,21	0,37	0,30	0,18	0,14
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,15	0,09	0,22	0,15	0,43	0,36	0,51	0,43	0,21	0,15
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,09	0,06	0,16	0,07	0,25	0,19	0,31	0,22	0,17	0,13

\*Джерело: власні дослідження автора

## Додаток І.3

**Динаміка маси бульбочок на коренях рослин залежно від передпосівної обробки насіння квасолі звичайної, г/рослину, 2016 р.\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Фази росту і розвитку рослин									
	3-й трійчастий листок		бутонізація		цвітіння		налив насіння		фізіологічна стиглість	
	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.	заг.	акт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	0,08	0,03	0,11	0,04	0,21	0,18	0,30	0,25	0,06	0,02
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	0,08	0,03	0,12	0,04	0,22	0,19	0,32	0,25	0,06	0,03
Rhizobium phaseoli (700)	0,11	0,07	0,14	0,06	0,25	0,21	0,34	0,27	0,08	0,05
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,15	0,12	0,21	0,13	0,36	0,29	0,45	0,39	0,12	0,07
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	0,11	0,07	0,12	0,05	0,21	0,18	0,31	0,25	0,09	0,06
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,11	0,06	0,12	0,05	0,21	0,18	0,31	0,26	0,08	0,04
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,12	0,07	0,14	0,06	0,22	0,18	0,33	0,26	0,09	0,06
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,17	0,13	0,23	0,15	0,38	0,32	0,48	0,43	0,13	0,08
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,11	0,08	0,13	0,06	0,24	0,19	0,32	0,26	0,08	0,06
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>										
Без обробки (к)	0,05	0,02	0,10	0,02	0,21	0,17	0,31	0,27	0,09	0,05
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	0,05	0,03	0,10	0,03	0,22	0,18	0,33	0,28	0,09	0,06
Rhizobium phaseoli (700)	0,06	0,02	0,11	0,04	0,21	0,19	0,33	0,27	0,10	0,06
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	0,13	0,07	0,22	0,15	0,38	0,35	0,46	0,41	0,23	0,15
Rhizobium phaseoli (ΦК-6)	0,07	0,04	0,09	0,06	0,21	0,19	0,31	0,28	0,10	0,06
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,04	0,09	0,05	0,22	0,19	0,32	0,29	0,11	0,07
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	0,08	0,05	0,10	0,05	0,23	0,20	0,33	0,29	0,11	0,06
Rhizobium phaseoli (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	0,14	0,09	0,23	0,16	0,41	0,37	0,49	0,43	0,25	0,16
Rhizobium phaseoli (ΦК-6) + Регоплант + ЕПАА	0,09	0,05	0,12	0,07	0,23	0,20	0,33	0,29	0,10	0,07

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток Й.1*

**Загальний та активний симбіотичний потенціал сортів квасолі звичайної залежно від передпосівної обробки насіння, тис. кг діб/га\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Сорт квасолі (фактор А)			
	Галактика		Славія	
	Симбіотичний потенціал			
	загальний	активний	загальний	активний
2014 р.				
Без обробки (к)	4,03	2,05	4,25	2,09
Rhizobium phaseoli (657a)	4,12	2,73	4,42	2,71
Rhizobium phaseoli (700)	4,37	2,81	4,48	2,81
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	4,45	2,82	4,47	2,94
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	4,18	2,62	4,37	2,73
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	4,45	2,67	4,39	2,82
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	4,48	2,78	4,52	2,85
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	4,51	2,82	4,66	2,97
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	4,43	2,65	4,45	2,88
2015 р.				
Без обробки (к)	2,92	1,85	2,91	1,95
Rhizobium phaseoli (657a)	2,96	2,03	3,10	2,10
Rhizobium phaseoli (700)	3,02	2,07	3,12	2,14
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	3,16	2,08	3,23	2,28
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	2,99	2,04	3,15	2,12
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	3,08	2,05	3,16	2,15
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	3,12	2,07	3,18	2,17
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	3,20	2,12	3,39	2,35
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	3,08	2,05	3,25	2,20
2016 р.				
Без обробки (к)	4,36	2,13	4,36	2,32
Rhizobium phaseoli (657a)	4,86	2,77	4,57	2,72
Rhizobium phaseoli (700)	4,91	3,01	4,61	2,85
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	4,75	3,02	4,87	3,12
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	4,59	2,69	4,63	2,86
Rhizobium phaseoli (657a) + Регоплант + ЕПАА	4,68	3,05	4,72	2,92
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	4,67	3,01	4,63	3,08
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	4,74	3,07	4,91	3,23
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	4,61	2,89	4,78	3,08

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток К.1*

**Нітрогеназна активність рослин квасолі (фаза бутонізації) залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі, нМоль C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/рослину\*годину\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Нітрогеназна активність	
	Сорт Галактика (фактор А)	Сорт Славія (фактор А)
<b>2014 р.</b>		
Без обробки (к)	2,2456	3,1516
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	8,0140	9,2134
Rhizobium phaseoli (700)	8,7534	9,9510
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	8,9410	14,0432
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	7,0250	9,6615
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	9,1543	9,6545
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	9,4512	11,2702
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	10,0230	15,7511
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	8,3345	10,0145
<b>2015 р.</b>		
Без обробки (к)	1,8531	2,0115
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	7,0213	8,2531
Rhizobium phaseoli (700)	6,5165	9,0511
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	7,8535	12,3547
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	5,9495	8,4510
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	8,1456	8,3517
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	8,0433	9,1475
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	9,1045	13,0405
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	6,5514	9,6503
<b>2016 р.</b>		
Без обробки (к)	2,0333	2,0654
Штам-еталон Rhizobium phaseoli (657a)	7,9432	8,8360
Rhizobium phaseoli (700)	8,0506	9,5804
Rhizobium phaseoli (Ф-16)	8,3740	12,9486
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	6,9365	9,2520
Штам-еталон (657a) + Регоплант + ЕПАА	8,7002	9,3688
Rhizobium phaseoli (700) + Регоплант + ЕПАА	9,3891	10,1703
Rhizobium phaseoli (Ф-16) + Регоплант + ЕПАА	9,2306	13,9155
Rhizobium phaseoli (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	6,8221	9,9221

\*Джерело: сформовано автором на основі проведених досліджень у Інституті фізіології рослин і генетики НАН України

*Додаток Л.1*

**Індивідуальна продуктивність рослин залежно від передпосівної обробки насіння різних сортів квасолі\***

Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Маса насіння, г/рослину	Кількість бобів, шт./рослину	Кількість насінин, шт./рослину	Кількість насінин у бобі, шт.	Маса насіння, г/рослину	Кількість бобів, шт./рослину	Кількість насінин, шт./рослину	Кількість насінин у бобі, шт.	Маса насіння, г/рослину	Кількість бобів, шт./рослину	Кількість насінин, шт./рослину	Кількість насінин у бобі, шт.
<b>Сорт Галактика (фактор А)</b>												
Без обробки (к)	3,22	4,82	15,39	3,16	2,65	4,53	14,54	2,83	3,28	4,88	16,30	3,77
Штам-еталон Rh. ph. (657a)	3,90	4,98	17,62	3,53	3,55	4,6	17,49	3,19	4,10	5,03	18,95	4,38
Rhizobium phaseoli (700)	4,22	5,83	21,71	3,79	3,98	4,93	21,35	3,53	4,55	6,18	22,58	4,32
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	5,02	6,03	23,53	3,8	4,58	5,10	22,94	3,55	5,93	6,78	24,27	4,50
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	3,45	4,95	18,47	3,74	3,28	4,60	18,05	3,59	3,85	5,05	19,29	4,13
Rh. ph. (657a) + Регоплант + ЕПАА	4,16	5,04	21,25	4,18	4,09	4,86	21,03	3,81	4,56	5,49	21,59	4,46
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	4,87	5,75	24,79	4,33	4,69	5,61	24,69	4,05	5,32	5,98	25,08	4,52
Rh. ph. (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	5,89	6,21	26,31	4,10	5,55	6,05	25,78	4,01	6,21	6,58	27,05	4,49
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	3,99	4,78	11,03	4,22	3,80	4,57	10,80	4,05	4,21	5,12	11,95	4,63
<b>Сорт Славія (фактор А)</b>												
Без обробки (к)	5,03	7,78	18,74	2,10	4,58	8,13	18,56	1,79	5,40	9,44	19,07	2,60
Штам-еталон Rh. ph. (657a)	5,43	7,90	22,28	2,81	4,90	7,55	21,86	2,55	5,90	8,46	22,82	3,05
Rhizobium phaseoli (700)	5,83	6,86	24,07	3,28	5,10	6,79	23,54	3,13	6,33	7,62	24,73	3,80
Rhizobium phaseoli (Φ-16)	6,78	9,55	25,05	2,54	6,63	9,11	24,60	2,41	7,30	10,1 <sub>8</sub>	26,16	2,94
Rhizobium phaseoli (ФК-6)	5,33	6,33	20,11	3,10	4,83	6,06	19,91	2,84	6,33	7,09	21,12	3,48
Rh. ph. (657a) + Регоплант + ЕПАА	5,75	8,52	23,12	2,76	5,55	8,38	22,56	2,55	6,01	8,61	23,44	2,82
Rh. ph. (700) + Регоплант + ЕПАА	6,53	7,80	25,03	3,04	6,05	7,63	24,51	2,81	6,65	7,95	25,26	3,75
Rh. ph. (Φ-16) + Регоплант + ЕПАА	7,56	9,56	25,80	2,74	7,30	9,30	25,37	2,59	8,36	9,97	26,68	2,93
Rh. ph. (ФК-6) + Регоплант + ЕПАА	6,06	6,65	23,54	3,46	6,03	6,34	23,34	3,31	6,24	7,17	23,69	3,73

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток М.1*

**Урожайність сортів квасолі, т/га (результати дисперсійного 2-х факторного польового досліду, 2014 – 2016 рр.)\***

Джерело варіації	Величина варіації	Число ступенів свободи	Середній квадрат	Відношення $F_{\Phi}$	Відношення $F_{0,5}$	Відсоток варіації	$Sd$	$HIP_{05}$ , т/га
A	16,7	2	8,3	7971,7	3,11	50,5	0,007	0,014
B	11,2	1	11,2	10753,8	3,95	34,0	0,006	0,012
C	3,3	4	0,8	785,2	2,47	9,9	0,009	0,019
AB	0,3	2	0,2	157,3	3,11	1,0	0,010	0,020
AC	0,6	8	0,1	74,9	2,04	1,9	0,016	0,032
BC	0,4	4	0,1	93,2	2,47	1,2	0,013	0,026
ABC	0,5	8	0,1	58,0	2,04	1,5	0,023	0,045
Помилки	0,1	87	0,001					
Повторення	0,30	3	Pік		Сорт		Варіант інокуляції	
Загальна	33,4	119	Групування 1	1,79	Групування 1	1,53	Групування 1	1,61
A – рік	Заг середнє	1,83	Групування 2	1,40	Групування 2	2,14	Групування 2	1,78
B – сорт	I повт.	1,90	Групування 3	2,31			Групування 3	1,91
C – інокуляція	II повт.	1,76					Групування 4	2,11
	IV повт.	1,84					Групування 5	1,75
	III повт.	1,82						

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток М.2***Маса насіння, г/рослину (результати дисперсійного 2-х факторного польового досліду, середнє 2014 – 2016 рр.)\***

Джерело варіації	Величина варіації	Число ступенів свободи	Середній квадрат	Відношення $F_{\phi}$	Відношення $F_{0.5}$	Відсоток варіації	Sd	HIP <sub>05</sub> , т/га
A	15,87	2	7,9	12437,5	3,11	9,6	0,006	0,011
B	90,81	1	90,8	142371,0	3,95	54,9	0,005	0,009
C	54,69	4	13,7	21433,7	2,47	33,1	0,007	0,015
AB	0,49	2	0,2	387,5	3,11	0,3	0,008	0,016
AC	0,83	8	0,1	162,7	2,04	0,5	0,013	0,025
BC	1,12	4	0,3	437,2	2,47	0,7	0,010	0,021
ABC	1,61	8	0,2	315,7	2,04	1,0	0,018	0,035
Помилки	0,06	87	0,0006					
Повторення	0,07	3	Рік		Сорт		Варіант інокуляції	
Загальна	165,5	119	Групування 1	4,82	Групування 1	3,97	Групування 1	4,03
A – рік	Заг середнє	4,84	Групування 2	4,41	Групування 2	5,71	Групування 2	4,63
B – сорт	I повт.	4,87	Групування 3	5,30			Групування 3	5,00
C – інокуляція	II повт.	4,81					Групування 4	6,04
	III повт.	4,85					Групування 5	4,51
	IV повт.	4,83						

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток М.3***Кількість бобів, шт./рослину (результати дисперсійного 2-х факторного польового досліду, середнє 2014-2016 рр.)\***

Джерело варіації	Величина варіації	Число ступенів свободи	Середній квадрат	Відношення $F_{\phi}$	Відношення $F_{0.5}$	Відсоток варіації	Sd	HIP <sub>05</sub> , т/га
A	17,33	2	8,7	2454,5	3,11	5,1	0,013	0,026
B	229,05	1	229,1	64877,1	3,95	67,4	0,011	0,022
C	57,01	4	14,3	4037,0	2,47	16,8	0,017	0,034
AB	0,96	2	0,5	136,6	3,11	0,3	0,019	0,037
AC	1,30	8	0,2	46,0	2,04	0,4	0,030	0,059
BC	32,01	4	8,0	2266,4	2,47	9,4	0,024	0,048
ABC	2,07	8	0,3	73,3	2,04	0,6	0,042	0,083
Помилки	0,31	87	0,0035					
Повторення	0,05	3	Pік		Сорт		Варіант інокуляції	
Загальна	340,1	119	Групування 1	6,56	Групування 1	5,21	Групування 1	6,71
A – рік	Заг середнє	6,59	Групування 2	6,14	Групування 2	7,97	Групування 2	6,39
B – сорт	I повт.	6,62	Групування 3	7,07			Групування 3	6,37
C – інокуляція	II повт.	6,56					Групування 4	7,79
	III повт.	6,58					Групування 5	5,68
	IV повт.	6,59						

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток М.4***Кількість насінин, шт./рослину (результати дисперсійного 2-х факторного польового досліду, 2014 – 2016 рр.)\***

Джерело варіації	Величина варіації	Число ступенів свободи	Середній квадрат	Відношення $F_{\phi}$	Відношення $F_{0.5}$	Відсоток варіації	Sd	HIP <sub>05</sub> , т/га
A	32,72	2	16,4	1335,5	3,11	3,0	0,025	0,049
B	215,10	1	215,1	17556,7	3,95	19,7	0,020	0,040
C	808,26	4	202,1	16493,1	2,47	74,1	0,032	0,064
AB	0,47	2	0,2	19,2	3,11	0,0	0,035	0,070
AC	0,42	8	0,1	4,2	2,04	0,0	0,055	0,110
BC	31,16	4	7,8	635,9	2,47	2,9	0,045	0,090
ABC	2,44	8	0,3	24,9	2,04	0,2	0,078	0,155
Помилки	1,07	87	0,0123					
Повторення	0,13	3	Pік		Сорт		Варіант інокуляції	
Загальна	1091,8	119	Групування 1	20,72	Групування 1	19,50	Групування 1	17,10
A – рік	Заг середнє	20,84	Групування 2	20,27	Групування 2	22,18	Групування 2	20,18
B – сорт	I повт.	20,89	Групування 3	21,53			Групування 3	23,00
C – інокуляція	II повт.	20,81					Групування 4	24,42
	III повт.	20,82					Групування 5	19,49
	IV повт.	20,83						

\*Джерело: власні дослідження автора

*Додаток М.5***Кількість насінин у бобі, шт. (результати дисперсійного 2-х факторного польового досліду, 2014 – 2016 рр.)\***

Джерело варіації	Величина варіації	Число ступенів свободи	Середній квадрат	Відношення $F_{\Phi}$	Відношення $F_{0.5}$	Відсоток варіації	Sd	HIP <sub>05</sub> , т/га
A	11,91	2	6,0	97842,0	3,11	23,1	0,002	0,003
B	23,98	1	24,0	394081,7	3,95	46,5	0,001	0,003
C	12,02	4	3,0	49375,2	2,47	23,3	0,002	0,004
AB	0,36	2	0,2	2968,8	3,11	0,7	0,002	0,005
AC	0,23	8	0,0	471,2	2,04	0,4	0,004	0,008
BC	2,61	4	0,7	10742,1	2,47	5,1	0,003	0,006
ABC	0,45	8	0,1	925,8	2,04	0,9	0,006	0,011
Помилки	0,01	87	0,0001					
Повторення	0,03	3	Rік		Сорт		Варіант інокуляції	
Загальна	51,6	119	Групування 1	3,18	Групування 1	3,72	Групування 1	2,71
A – рік	Заг середнє	3,27	Групування 2	2,94	Групування 2	2,83	Групування 2	3,25
B – сорт	I повт.	3,29	Групування 3	3,70			Групування 3	3,64
C – інокуляція	II повт.	3,25					Групування 4	3,29
	III повт.	3,28					Групування 5	3,48
	IV повт.	3,27						

\*Джерело: власні дослідження автора

**Додаток Н.1**

**РЕЄСТРАЦІЙНА КАРТКА НДР І ДКР (РК)**

5436. Державний реєстраційний номер <u>013 У 006788</u>	5256. Особливі позначки 5
5517. Реєстраційний номер, що змінюється	7209. Статус виконавця 17
5418. №, дата супровідного листа 12-48-2341; 13.11.15	
7146. Підстави для проведення роботи НДР (ДКР) 43	7021. Шифр роботи
7210. Державний реєстраційний номер НДР (ДКР) головного виконавця	

**ВІДОМОСТІ ПРО ВИКОНАВЦЯ**

2457. Код за ЄДРПОУ (ідентифікаційний номер) 00497236
2151. Повне найменування юридичної особи (або П.І.Б.)
1. Вінницький національний аграрний університет
2. Винницацький національний аграрний університет
3. Vinnitsa national agrarian university
2358. Скорочене найменування юридичної особи ВНАУ
2655. Місцезнаходження 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3
2934. Телефон / Факс (0432) 46-00-03
2394. E-mail / WWW office@vsau.org
1332. Відомча підпорядкованість Міністерство освіти і науки України
1133. Сектор науки ВУЗ
2142. Співвиконавці

**ВІДОМОСТІ ПРО ЗАМОВНИКА**

2458. Код за ЄДРПОУ (Ідентифікаційний номер) 00497236
2152. Повне найменування юридичної особи (або П.І.Б.) Вінницький національний аграрний університет
2656. Місцезнаходження 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3
2935. Телефон / Факс (0432) 46-00-03
2395. E-mail / WWW office@vsau.org

**ДЖЕРЕЛА, НАПРЯМИ ТА ОБСЯГИ ФІНАНСУВАННЯ НДР (ДКР)**

7700. КПКВК	
7201. Напрям фінансування 2.2	
7023. Назва ДЦП	
7022. Код ДЦП	

Код джерела фінансування	Загальний обсяг фінансування, тис. грн.	у тому числі за роками					
		2014	2015	2016	2017	2018	2019
7704	50	15	15	15	5		

**ТЕРМІНИ ВИКОНАННЯ РОБОТИ**

7353. Початок 01.14
7362. Закінчення 04.17

9036. Порядковий №; початок та закінчення етапу; вид звітного документа з НДР (ДКР); назва етапу  
 1. 01.14, 04.17, 91. Особливості формування та функціонування симбіозу "RHIZOBIUM PHASEOLI - КВАСОЛЯ" та шляхи підвищення його продуктивності

**Додаток Н.2****ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО НДР (ДКР)**

9027. Назва НДР (ДКР) (1- українською мовою, 2 - російською мовою, 3 - англійською мовою)

1. Особливості формування та функціонування симбіозу "RHIZOBIUM PHASEOLI - КВАСОЛЯ" та шляхи підвищення його продуктивності
2. Особенности формирования и функционирования симбиоза "RHIZOBIUM PHASEOLI - ФАСОЛЬ" и пути повышения его производительности
3. Peculiarities of the formation and functioning of the symbiosis "Rhizobium phaseoli - haricot bean" and ways to improve its productivity

9126. Мета НДР (ДКР)

Теоретичне обґрунтування і розробка наукових засад підвищення ефективності процесу фіксації молекулярного азоту симбіотичними системами Rhizobium phaseoli - квасоля та удосконалення технології вирощування квасолі на основі агроекологично-безпечних прийомів передпосівної інокуляції, біостимуляції насіння в умовах правобережного Лісостепу України

7199. Пріоритетний напрям 04

7191. Вид НДР (ДКР) 48

9153. Очікувані результати 03 поліпшення стану навколошнього середовища

9155. Галузь застосування

01.11 Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур

9156. Експертний висновок

**ЗАКЛЮЧНІ ВІДОМОСТІ**

5634. Індекс УДК

5616. Коди тематичних рубрик

635.652:581.557.003.13

*68.35.51*

6111. Керівник юридичної особи

Мазур Віктор Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

6210. Науковий ступінь, вчене звання керівника юридичної особи кандидат с.-г. наук, доцент

Підпис



6120. Керівник роботи

(1 - українською мовою; 2 - російською мовою, 3 - англійською мовою)

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Шкатула Юрій Миколайович
2. Шкатула Юрій Николаєвич
3. Yuri N. Shkatula

6228. Науковий ступінь, вчене звання керівника роботи кандидат с.-г. наук, доцент

Підпис

6141. Відповідальний за підготовку реєстраційних документів

Телефон 0633273143 Краєвська Любов Сергіївна

Підпис

(прізвище, ім'я, по батькові)

6140. Керівник відділу УкрІНТЕІ

Підпис

(прізвище, ім'я, по батькові)

6142. Реєстратор

Підпис

(прізвище, ім'я, по батькові)

М.П.



## Додаток О.1

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ НААН**

ЛАБОРАТОРІЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ КОРМІВ І СИРОВИНІ  
СВІДОЦТВО ПРО АТЕСТАЦІЮ №ПУ-0111/14  
видане 08 серпня 2014 року чинне до 23 липня 2017 року

Адреса: 21100, м. Вінниця  
пр. Юності, 16  
тел/факс 46-41-16  
тел. лабор. 43-81-94  
ел.пошта: [zoolab@ukr.net](mailto:zoolab@ukr.net)  
<http://www.fri.vin.ua>

ЗАТВЕРДЖАЮ  
Директор Інституту  
кормів та сільського  
господарства Поділля НААН  
*Василь Корнійчук*  
О.В. Корнійчук  
15 грудня 2014 р.  


**ПРОТОКОЛ № 114**

**ВИПРОБУВАНЬ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КОРМІВ**

Заявник: Гайдай Любов Сергіївна

Об'єкт випробувань: Зразки квасолі, сорти Галактика і Славія.

Мета випробувань: визначення вмісту сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини, золи.

Дата надходження зразка до випробувальної лабораторії: 26.12.2014 р.

Дата проведення випробувань: 26.12.2014 р. – 05.01.2015 р.

Результати випробувань:

Варіант	Вміст на абсолютно суху речовину, %			
	сирий протеїн	сирий жир	сирої клітковини	сирої золи
Сорт Галактика				
Контроль	23,61	2,48	3,30	3,75
Штам-еталон Rhizobium phaseoli, 657a	21,54	2,69	3,24	3,93
Rhizobium phaseoli, 700	22,94	2,73	3,51	4,06
Rhizobium phaseoli, Ф-16	21,37	3,21	3,74	4,11
Rhizobium phaseoli, ФК-6	19,01	2,76	3,37	3,78
Штам-еталон, 657a + Регоплант + ЕПАА	21,33	2,81	3,56	4,77
Rhizobium phaseoli, 700 + Регоплант + ЕПАА	21,42	3,30	4,46	5,34
Rhizobium phaseoli, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА	21,29	3,34	4,65	5,23
Rhizobium phaseoli, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА	20,75	3,04	3,61	4,57
Сорт Славія				
Контроль	22,59	1,27	3,34	3,11
Штам-еталон Rhizobium phaseoli, 657a	22,65	0,79	3,42	3,29
Rhizobium phaseoli, 700	23,18	0,80	3,90	3,45
Rhizobium phaseoli, Ф-16	24,62	0,75	4,92	4,10
Rhizobium phaseoli, ФК-6	22,67	0,57	3,79	3,61
Штам-еталон, 657a + Регоплант + ЕПАА	23,89	0,65	4,26	3,70
Rhizobium phaseoli, 700 + Регоплант + ЕПАА	22,47	0,79	4,48	6,32
Rhizobium phaseoli, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА	24,10	1,03	4,71	4,08
Rhizobium phaseoli, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА	23,08	0,73	3,78	3,58

Завідувач відділу оцінки якості, безпеки  
кормів і сировини,  
кандидат с.-г. наук

*Л.П. Чорнолата*

## Додаток О.2

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ НААН**

**ЛАБОРАТОРІЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ КОРМІВ І СИРОВИНІ**

СВІДОЦТВО ПРО АТЕСТАЦІЮ №ПУ-0111/14

видане 08 серпня 2014 року чинне до 23 липня 2017 року

Адреса: 21100, м. Вінниця  
пр. Юності, 16  
тел/факс 46-41-16  
тел. лабор. 43-81-94  
ел.пошта: [zoolab@ukr.net](mailto:zoolab@ukr.net)  
<http://www.fri.vin.ua>

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Директор Інституту  
кормів та сільського  
господарства Поділля НААН  
  
О.В. Корнійчук  
28.12.2015 р.  
00496558  
Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН \* ННІУ  
Вінниця, м. Вінниця \* ННІУ

**ПРОТОКОЛ 150**  
**ВИПРОБУВАНЬ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КОРМІВ**

**Заявник:** Гайдай Любов Сергіївна

**Об'єкт випробувань:** Зразки квасолі, сорті Галактика і Славія.

**Мета випробувань:** визначення вмісту сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини, золи.

**Дата надходження зразка до випробувальної лабораторії:** 23.12.2015 р.

**Дата проведення випробувань:** 23. – 29.12.2015 р.

**Результати випробувань:**

Варіант	Вміст на абсолютно суху речовину, %			
	сирій протеїн	сирій жир	сира клітковина	сира зола
<b>Сорт Галактика</b>				
Штам-еталон Rhizobium phaseoli, 657a	22,58	1,86	3,27	3,71
Rhizobium phaseoli, 700	20,99	1,70	3,20	3,90
Rhizobium phaseoli, Ф-16	22,74	1,71	3,46	4,02
Rhizobium phaseoli, ФК-6	20,89	1,63	3,71	4,07
Штам-еталон, 657a + Регоплант + ЕПАА	18,91	1,35	3,33	3,75
Rhizobium phaseoli, 700 + Регоплант + ЕПАА	21,16	1,85	3,53	4,72
Rhizobium phaseoli, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА	20,82	1,43	4,44	5,28
Rhizobium phaseoli, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА	21,23	1,96	4,60	5,20
Штам-еталон Rhizobium phaseoli, 657a	20,69	1,06	3,57	4,56
<b>Сорт Славія</b>				
Контроль	22,46	1,23	3,26	3,05
Штам-еталон Rhizobium phaseoli, 657a	22,36	0,78	3,37	3,25
Rhizobium phaseoli, 700	22,89	0,75	3,87	3,38
Rhizobium phaseoli, Ф-16	24,55	0,72	4,83	4,03
Rhizobium phaseoli, ФК-6	22,56	0,50	3,76	3,56
Штам-еталон, 657a + Регоплант + ЕПАА	23,74	0,64	4,22	3,64
Rhizobium phaseoli, 700 + Регоплант + ЕПАА	22,84	0,75	4,41	3,58
Rhizobium phaseoli, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА	23,93	0,99	4,63	4,03
Rhizobium phaseoli, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА	22,98	0,67	3,74	3,55

Завідувач відділу оцінки якості, безпеки  
кормів і сировини,  
кандидат с.-г. наук

Л.П. Чорнолата

## Додаток О.3

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ КОРМІВ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ПОДІЛЛЯ НААН**

**ЛАБОРАТОРІЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ КОРМІВ І СИРОВИНІ  
СВІДОЦТВО ПРО АТЕСТАЦІЮ №ПУ-0111/14 НА ПРОВЕДЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ У СФЕРІ ТА  
ПОЗА СФЕРОЮ ПОШИРЕННЯ ДЕРЖАВНОГО МЕТРОЛОГІЧНОГО НАГЛЯДУ ОБ'ЄКТІВ  
ВИМІРЮВАННЯ НАСІННЯ, ПРОДОВОЛЬЧОГО ЗЕРНА, КОРМІВ, КОМБІКОРМІВ ТА  
КОРМОВИХ ДОБАВОК**

видане 08 серпня 2014 року чинне до 23 липня 2017 року

Адреса: 21100, м. Вінниця  
пр. Юності, 16  
тел/факс 46-41-16  
тел. лабор. 43-81-94  
ел.пошта: [zoolab@ukr.net](mailto:zoolab@ukr.net)  
<http://www.fri.vin.ua>



**ПРОТОКОЛ №177  
ВИПРОБУВАНЬ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ КОРМІВ**

**Заявник:** Гайдай Любов Сергіївна

**Об'єкт випробувань:** зразки квасолі, сорти Галактика і Славія.

**Мета випробувань:** визначення вмісту цирого протеїну, цирого жиру, цирої клітковини, золи.

**Дата надходження зразка до випробувальної лабораторії:** 27.12.2016 р.

**Дата проведення випробувань:** 25. 12– 28.12.2016р.

Результати випробувань наведені у таблиці.

Варіант	Вміст на абсолютно суху речовину, %			
	цирий протеїн	цирий жир	цира клітковина	цира зола
Сорт Галактика				
Штам-еталон Rhizobium phaseoli, 657a	23,08	2,63	4,99	3,42
Rhizobium phaseoli, 700	21,67	2,70	4,85	3,47
Rhizobium phaseoli, Ф-16	25,96	3,17	4,43	3,58
Rhizobium phaseoli, ФК-6	27,09	2,73	4,67	3,54
Штам-еталон, 657a + Регоплант + ЕПАА	25,16	2,75	4,73	3,59
Rhizobium phaseoli, 700 + Регоплант + ЕПАА	27,18	3,25	4,54	3,33
Rhizobium phaseoli, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА	28,43	3,31	4,88	3,67
Rhizobium phaseoli, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА	25,64	3,01	4,76	3,23
Штам-еталон Rhizobium phaseoli, 657a	23,08	2,63	4,99	3,42
Сорт Славія				
Контроль	25,03	1,15	5,40	3,71
Штам-еталон Rhizobium phaseoli, 657a	25,34	1,10	5,63	3,51
Rhizobium phaseoli, 700	24,94	1,30	5,58	3,58
Rhizobium phaseoli, Ф-16	23,19	1,71	4,80	3,51
Rhizobium phaseoli, ФК-6	26,02	1,72	5,14	3,48
Штам-еталон, 657a ± Регоплант + ЕПАА	23,71	1,68	5,44	3,37
Rhizobium phaseoli, 700 + Регоплант + ЕПАА	26,84	1,55	5,45	3,69
Rhizobium phaseoli, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА	25,65	1,67	5,60	3,77
Rhizobium phaseoli, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА	25,10	1,63	5,56	3,70

Завідувач відділу оцінки якості, безпеки  
кормів і сировини, кандидат с.-г. наук

Л.П. Чорнолата

**Додаток П.1****ПОГОДЖЮЮ**

Ректор Вінницького національного  
аграрного університету

Мазур В.А.  
М.П.  
« *І.І.* »  
2018 р.

**ЗАТВЕРДЖЮЮ**

Директор ФГ «Зоря Василівки»

Ільченко І.І.  
М.П.  
« *І.І.* »  
2018 р.

**АКТ****впровадження науково-дослідної роботи**

1. Найменування наукової установи – Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.

2. Найменування НДР, що проходить впровадження: “Особливості формування та функціонування симбіозу “Rhizobium phaseoli – квасоля” та шляхи підвищення його продуктивності” (державний реєстраційний номер 0115U006788).

3. Автори завершеної НДР: Шкатула Юрій Миколайович, кандидат с.-г. наук, доцент, Гайдай Любов Сергіївна, асистент Вінницького національного аграрного університету.

4. Впровадження проводилась в ФГ «Зоря Василівки» с. Василівка, Тиврівського р-ну, Вінницької області.

**5. Відповіальні за впровадження:**

- від Вінницького національного аграрного університету – Гайдай Любов Сергіївна, асистент;

- від ФГ «Зоря Василівки» – Ільченко І.І., директор.

6. Умови проведення впровадження: Лісостеп правобережний, ґрунти – сірі лісові середньосуглинкові.

7. Обсяг впровадження: 4,5 га.

8. Строк впровадження: 2017 р.

9. Методика проведення впровадження: квасолю звичайну сорту Славія висівали за рекомендаційними нормами для зони вирощування. Перед сівбою використовували інокуляцію штамом Rhizobium phaseoli, Ф-16 спільно з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА.

10. Порівняння проводили до рекомендованої технології вирощування квасолі звичайної сорту Славія.

11. Найвищий приріст зерна становив 0,22 т/га.

13. Рекомендації виробництву: вирощувати квасолю звичайну сорту Славія з передпосівною інокуляцією штамом Rhizobium phaseoli, Ф-16 з спільним використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА.

Директор ФГ «Зоря Василівки»

Кандидат с.-г. наук, доцент Вінницького національного аграрного університету  
Асистент Вінницького національного аграрного університету

Ільченко І.І.

*Ю.М. Шкатула*  
Ю.М. Шкатула  
*Л.С. Гайдай*  
Л.С. Гайдай

**Додаток П.2****впровадження науково-дослідної роботи**

1. Найменування наукової установи: Вінницький національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України.
2. Найменування НДР, що проходить впровадження: "Особливості формування та функціонування симбіозу "Rhizobium phaseoli – квасоля" та шляхи підвищення його продуктивності" (державний реєстраційний номер 0115U006788).
3. Автори завершеної НДР: Шкатула Юрій Миколайович, кандидат с.-г. наук, доцент, Гайдай Любов Сергіївна, асистент Вінницького національного аграрного університету.
4. Впровадження проводилась в ДП ДГ «Олександрівське» с. Олександрівка, Тростянецького р-ну, Вінницької області.
5. Відповідальні за впровадження:
  - від Вінницького національного аграрного університету – Гайдай Любов Сергіївна, асистент;
  - від ДП ДГ «Олександрівське» Вишневський В.М., головний агроном.
6. Умови проведення впровадження: Лісостеп правобережний, ґрунти – чорноземи опідзолені.
7. Обсяг впровадження: 7,1га.
8. Строк впровадження: 2017 р.
9. Методика проведення впровадження: квасолю звичайну сорту Славія висівали за рекомендаційними нормами для зони вирощування. Перед сівбою використовували інокуляцію штамом Rhizobium phaseoli, Ф-16 спільно з препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА.
10. Порівняння проводили до рекомендованої технології вирощування квасолі звичайної сорту Славія.
11. Найвищий приріст зерна становив 0,31 т/га.
12. Рекомендації виробництву: вирощувати квасолю звичайну сорту Славія з передпосівною інокуляцією штамом Rhizobium phaseoli, Ф-16 з спільним використанням препарату Регоплант і прилипача ЕПАА.

Головний агроном ДП ДГ «Олександрівське» Вишневський В.М.  
 Кандидат с.-г. наук, доцент Вінницького національного аграрного університету  
 Асистент Вінницького національного аграрного університету

Ю.М. Шкатула  
 Л.С. Гайдай