

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця  
на правах рукопису

**БОБРОВ ВІКТОР СЕРГІЙОВИЧ**

УДК: 631.559:635.652+635.654

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ КВАСОЛІ**  
**ЗВИЧАЙНОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

201 Агрономія

20 Аграрні науки та продовольство

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

  
\_\_\_\_\_ **В.С. БОБРОВ**

**Науковий керівник:**

кандидат сільськогосподарських наук,

доцент

**КОНОНЕНКО Лідія Михайлівна**

**Умань – 2026**

## АНОТАЦІЯ

### **БОБРОВ В.С. УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 – Агрономія (20 – Аграрні науки та продовольство). Умань, 2026.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукового завдання, яке полягало в комплексному обґрунтуванні та практичному вирішенні поєднання елементів агротехнології вирощування квасолі звичайної щодо проходження процесів розвитку, росту і формування високої врожайності культури залежно від біологічних особливостей сортів, інокуляції насіння біологічними препаратами та їх норм висіву у зоні недостатнього зволоження Лісостепу правобережного.

**Мета та завдання досліджень:** Мета – комплексне дослідження та обґрунтування наукових і практичних засад удосконалених елементів агротехнології вирощування квасолі звичайної, адаптивного потенціалу і конкурентоспроможності сортів у формуванні структурних та якісних показників продуктивності культури у зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

Завдання досліджень:

-дослідити особливості процесів росту та розвитку квасолі звичайної за різної норми висіву насіння, застосування біологічних препаратів у зоні нестійкого зволоження правобережного Лісостепу України;

-визначити залежність основних фенологічних, біометричних, структурно-морфологічних показників сортів квасолі звичайної від норми висіву інокульованим насінням;

-з'ясувати вплив норми висіву насіння, обробленого біологічними препаратами на врожайність зерна квасолі звичайної та його якісні показники;

-обґрунтувати параметри елементів агротехнології вирощування, які зумовлюють високу реалізацію біологічного потенціалу зернової продуктивності досліджуваних сортів;

- встановити економічну ефективність вирощування сортів квасолі звичайної за норм висіву насіння та застосування біологічних препаратів

**Наукова новизна одержаних результатів** полягала в обґрунтованні комплексного застосування елементів агротехнології вирощування сучасних сортів квасолі звичайної, придатних до механізованого збирання та встановленні закономірностей формування продуктивності культури у зоні нестійкого зволоження правобережного Лісостепу України.

*Уперше* науково обґрунтовано та практично доведено доцільність комплексного застосування агротехнологічних елементів вирощування квасолі звичайної у встановленні сортових особливостей морфобіологічної структури рослин культури, формуванні та функціонуванні фотосинтетичної й симбіотичної систем та реалізації продуктивного потенціалу за інокуляції насіння біологічними препаратами та норм їх висіву, визначено та проаналізовано біохімічні компоненти та фітохімічний складник вегетативної маси та зерна культури.

*Удосконалено* елементи агротехнології вирощування квасолі звичайної за інокуляції насіння сучасних сортів біологічними препаратами у поєднанні з нормою висіву в зоні не стійкого зволоження Правобережного Лісостепу.

*Набули подальшого розвитку* питання виявлення впливу застосування біологічних препаратів, норм висіву насіння на терміни проходження етапів органогенезу квасолі, росту і розвитку рослин, реалізації їх продуктивного потенціалу для більш повного використання природного чинника, що у подальшому створюють умови для вирощування культури у промислових масштабах.

Оптимальні умови для одержання дружніх сходів квасолі звичайної забезпечила інокуляція насіння препаратом Мікофренд, 2 л/т – отримано найвищий відсоток польової схожості насіння у всіх досліджуваних сортах

квасолі звичайної. Сорти Буковинка та Щедра мали в середньому 95,1 % схожості насіння, сорти Галактика та Мавка - 94,4 %. Виживаність рослин квасолі звичайної була найвищою (87,5 %) у сорту Мавка за інокуляції насіння препаратом Мікофренд. У сорту Галактика виживаність рослин у цьому варіанті становила 83,4 %, у Щедра та Буковинка мала показники 86,6 %. У варіанті з інокуляцією насіння препаратом Ризоактив Бобові виживаність рослин у сорту Галактика підвищилась на 1,2 %, а у сортів Щедра, Мавка та Буковинка становила відповідно 85,4%, 86,2, та 85,2 %. Найнижчі показники збереженості рослин встановлено на контрольному варіанті.

Висока виживаність рослин забезпечила і формування оптимальної густоти рослин квасолі звичайної у фазу повних сходів за застосування інокуляції насіння біологічними препаратами. Сорт Буковинка за норми висіву насіння 400 тис.шт./га сформував агроценоз культури на контрольному варіанті 331,2 – 414,0 тис.шт./га, сорт Мавка 327,6 - 409,5 тис.шт./га, Сорт Щедра – 328,0 – 411,5 тис.шт./га, сорт Галактика 324,4 – 407,0 тис.шт./га. За інокуляції насіння препаратом Ризоактив Бобові, 1 л/т сформована густота агроценоза була вища відповідно за сортами на 17,6 тис.шт./га. 17,2, 13,6 та 14,0 тис.шт./га. За норми висіву насіння 500 тис.шт./га густота збільшилась на 12,6 тис.шт./га, 21,5, 15,5 та 15,0 тис.шт./га відповідно. Інокуляція насіння препаратом Мікофренд 2 л/т за норми висіву насіння 400 тис.шт./га, підвищила густоту агроценозу культури в середньому на 47,8 тис.шт./га, 27,2, 26,0 та 27,2 тис.шт./га, за норми 500 тис.шт./га — 48,5 тис.шт./га. 34,0, 32,0 та 37,5 тис.шт./га до контрольного варіанту. За норми висіву 600 тис.шт./га інокуляція насіння квасолі Ризоактив Бобові, 1 л/т агроценоз рослин становив у сорту Буковинка на 13,4 тис.шт./га більше за контроль, сорту Мавка – на 15,8, сорту Щедра – на 8,6 та сорту Галактика на 19,2 тис.шт./га відповідно. Інокуляція насіння препаратом Мікофренд 2 л/т забезпечила формування агроценозу культури відповідно за сортами на 58,2 тис.шт./га, 40,8, 37,4 та 42,0 тис.шт./га більше порівняно з контрольними показами.

Встановлено, що період органогенезу квасолі звичайної є сортовою ознакою культури, а амплітуда його коливань залежить від ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування, фактичними погодними умовами, що склалися протягом певного періоду росту й розвитку культури. Найтриваліший період вегетації в середньому за роки досліджень мав сорт Щедра 101-102 доби за густоти 400-500 тис. шт./га і 104 доби – за густоти 600 тис.шт./га. Найкоротший - у сорту Буковинка 87-88 діб, за загущення агроценозу 95 діб. Чергування посух з потужними зливами у вегетаційний період подовжувало тривалість органогенезу квасолі на 7-9 діб. Використання обробки насіння біологічними препаратами впливало на подовження тривалості вегетації на 1-3 доби.

Висота рослин є важливим морфометричним показником який характеризує біологічні особливості сорту, ефективність дії застосованих елементів агротехнологій, їх реакцію на абіотичні фактори. Під час проходження фенологічних фаз квасолі звичайної від цвітіння до технічної стиглості зерна продовжувалось наростання висоти головного пагона, але сповільненими темпами за всіх досліджуваних густот агроценозу культури. Дослідженнями встановлено, що найвища висота стебла (66,2 см) відзначена у сорту Галактика за загущеності агроценозу культури (600 тис. шт./га), сорту Щедра та Мавка показник висоти досягав відповідно 62-62,8 см, у сорту Буковинка – 63,6 см. За густоти агроценозу у 500 тис. шт./га висота головного пагона була нижча в середньому на 7-8 см.

Важливим аспектом успішного симбіозу квасолі і ризобій є кількість бульбочок на коренях, які починають формуватися на 12-14 добу після появи сходів. За результатами досліджень встановлено, що сортові особливості та інокуляція насіння позитивно вплинули на формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння. Найбільша кількість бульбочок була у варіанті насіння якого було інокульоване препаратом Мікофренд – 29,1 шт./рослину у сорту квасолі звичайної Буковинка.

Дослідженнями встановлено, що накопичення сухої речовини агроценозами сортів квасолі звичайної залежало від норми висіву та фаз органогенезу культури. Найвищі показники встановлено у варіантах з оптимальною густотою агроценозу (500 тис.шт./га) за сівби інокульованим насінням біологічними препаратами у всіх досліджуваних сортів квасолі. Процес накопичення сухої речовини відбувався поступово за фазами розвитку і відчутне та максимальне значення відмічено у фазу наливу бобів. Нижчі показники накопичення сухої речовини посівами квасолі встановлено у контрольних варіантах без застосування біологічних препаратів.

Чиста продуктивність фотосинтезу у сорту Буковинка відмічено у період фази розвитку – перший трійчастий листок – початок цвітіння у варіанті за норми висіву – 400-500 тис. шт./га інокульованим насінням біопрепаратами Ризоактив Бобові, 1 л/т та Мікофренд, 2 л/т в межах 5,47 – 6,19 г/м<sup>2</sup> та 5,51 – 6,23 г/м<sup>2</sup> за добу відповідно. Подальші фази органогенезу в період: початок – кінець цвітіння показник ЧПФ відповідно становив 4,47 – 5,11 г/м<sup>2</sup> та 4,50 – 5,22 г/м<sup>2</sup> за добу, у період: кінець цвітіння – формування зерна спостерігали зниженням показників в межах 3,21 – 3,69 г/м<sup>2</sup> та 3,24 – 3,75 г/м<sup>2</sup> за добу відповідно. У загущеному агроценозі (600 тис.шт./га) показники за фазами органогенезу становили 5,49 г/м<sup>2</sup>, 4,13, 2,91 г/м<sup>2</sup> за добу за інокуляції Ризоактив Бобові та 5,52 г/м<sup>2</sup>, 4,53, 2,90 г/м<sup>2</sup> за добу відповідно.

За проведеною оцінкою ефективності елементів агротехнологічних прийомів вирощування квасолі звичайної встановлено, що важливим чинником впливу на формування кількості бобів і зерен в бобі є умови розвитку агроценозу, які залежать від формування стеблостою, відповідно до біологічних особливостей генотипів квасолі та норми висіву насіння. Проведеними дослідженнями встановлено позитивний вплив інокуляції насіння сучасних сортів за сівби у формуванні густоти рослин квасолі звичайної на її зернову продуктивність. . Сорти Буковинка та Мавка спроможні до формування більшої кількості бобів, так як мають більшу кількість квіток та довшого періоду

цвітіння, при цьому рослини сорту Мавка формують в середньому меншу кількість зерен у бобі (5 шт.) за сорт Буковинка (7 шт.).

Врожайність зерна сорту Буковинка за норми висіву 400 тис.шт./га (найбіша площа живлення для зростання) без інокуляції насіння становила 2,67 т/га, сорту Мавка – 2,53, сортів Щедра та Галактика – 2,25 та 1,94 т/га. Застосування біологічних препаратів для інокуляції насіння за сівби 500 тис.шт./га забезпечила прибавку урожайності у сорту Буковинка 0,09 т/га за обробки насіння Ризоактив Бобові, 1 л/т та 0,14 т/га за обробки Мікофренд, 2 л/т, у сорту Мавка по 0,48 т/г, у сорту Щедра – 0,06 т/га за обробки Мікофрендом 2 л/т, за застосування Ризоактив Бобові, 1 л/т прибавку не отримали. У сорту Галактика застосування біологічних препаратів забезпечило отримання урожайності на 0,38 т/га більше за інокуляції Мікофрендом, 2 л/т та 0,17 т/га – за інокуляції Ризоактив Бобові, 1 л/т, порівняно з контрольним варіантом. У загущеному агроценозі (600 тис.шт./га) урожайність сортів була менша, застосування обробки насіння суттєво не вплинуло на урожайність.

Науково-обґрунтований вибір оптимальної норми висіву інокульованого насіння один із основних елементів агротехнології вирощування квасолі, так як від нього буде залежати величина врожайності та якість отриманого зерна. Серед сортів квасолі звичайної найвищу врожайність за роками досліджень забезпечував сорт Буковинка, зернова продуктивність якого в середньому за три роки становила 2,80-3,95 т/га. Враховуючи переваги зазначеного сорту за рівнем та стабільністю формування вражаю, досліджувані елементи агротехнології вирощування квасолі звичайної позитивно впливала на реалізацію продуктивного потенціалу культури.

В результаті проведеного загального фітохімічного аналізу вегетативної маси та зерна квасолі звичайної сортів кущової форми встановлено біохімічний профіль культури. У досліджуваних зразках виявлено такі групи біологічно активних речовин: флавоноїди, фенолкарбонові кислоти, кумарини, сапоніни, полісахариди, амінокислоти. Спектрофотометричним методом було встановлено, що кількісний вміст флавоноїдів знаходиться в межах від 0,13 до 0,22%. Розчинні

цукри (сахароза, глюкоза, фруктоза) сумарно мають уміст приблизно 5–15 %. Крохмаль, що накопичується у листках становить додаткові 5–20 %. Зола (мінерали) у вегетативній масі присутня у кількості 6–10 %. Калій, фосфор та кальцій, магній мали уміст відповідно 20–35 %, 0,2–6, 10–20 %.

У вегетативній масі квасолі звичайної сортів кущових форм найбільше заліза, цинку, міді та бору. Пагони культур мали найбільший уміст загальних фенолів – 200 та флаваноїдів – 150 мг/г, порівняно з зерном, де зазначені компоненти знаходились у кількості відповідно 140–145 та 10–50 мг/г сухої речовини. Уміст фітинової кислоти в зернах коливається від 4,09 до 9,96 мг/г. Кількість сапонінів у зерні квасолі всього 0,6% мг/г., таніну – 0,77–0,97 мг/г., оксалату – від 0,4 до 0,5 мг/г. Отримані результати досліджень щодо наявності профільних фенольних компонентів та інших нутрієнтів у зерні та біомасі квасолі звичайної свідчать про можливість використання листя та пагонів культури в медицині, фармакології без визначення сортової приналежності.

Пізньостиглі сорти (Щедра) потребують більше часу ( $50,8 \pm 2,2$  хв.) для розварювання порівняно з ранньостиглими ( $35,2 \pm 1,5$  хв) і середньостиглими (Галактика) сортами ( $42,5 \pm 1,8$  хв), що вказує на більшу структурну стійкість пізніх сортів до термічної обробки. Ранньостиглі сорти (Буковинка, Мавка) мають найвищий коефіцієнт розварювання ( $2,5 \pm 0,1$ ), що вказує на їх швидке розм'якшення, а пізньостиглі ( $3,2 \pm 0,2$ ) потребують більшого часу для розварювання. Пізньостиглі сорти ( $150,3 \pm 6,1$  %) 300 мають найвищу здатність до поглинання води, що відображає їх вищу здатність до набухання під час варіння, що може впливати на текстуру готового продукту. Відзначено, що пізньостиглі сорти мають найбільшу втрату маси ( $7,5 \pm 0,5$  %), що може свідчити про більшу кількість води в зернах, порівняно з ранньостиглими ( $5,8 \pm 0,3$  %). І ще вони мають найвищий вміст крохмалю ( $52,1 \pm 2,3$  %), що робить їх більш енергетичними, у порівнянні з ранньостиглими ( $40,2 \pm 1,8$  %) і середньостиглими ( $45,8 \pm 2,0$  %) сортами. Ранньостиглі сорти характеризуються вищою збереженістю білків ( $85,5 \pm 2,5$  %) та вітамінів ( $72,0 \pm 2,3$  %) порівняно з пізньостиглими ( $75,8 \pm 2,0$  % і  $63,8 \pm 1,8$  %, відповідно), що може свідчити про



більш високу біологічну цінність при короткому терміні приготування. Мінеральний склад і рН відвару встановлений у ранньостиглих сортах – вміст калію ( $1200 \pm 30$  мг/100 г) та рН відвару ( $6,2 \pm 0,2$ ), що може позитивно впливати на їх смакові та поживні характеристики порівняно з пізньостиглими сортами ( $1000 \pm 26$  мг/100 г калію та рН  $5,8 \pm 0,2$ ).

У результаті проведених досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння мікоризуючим препаратом Мікофренд, 2 л/т мала позитивний вплив на урожайність квасолі звичайної. Аналіз показників економічної ефективності застосованих елементів агротехнології вирощування сортів культури в залежності від норми висіву стверджує, що показники умовно чистого прибутку найвищими встановлені за вирощування сортів Буковинка –47597,2 грн./га за норми висіву 400 тис.шт./га 47339,2 грн./га за норми висіву 500 тис.шт./га та 47669,4 грн./га за норми висіву 600 тис.шт./га з рівнем рентабельності відповідно 171 %, 162 та 156 %. Сорти Мавка, Щедра та Галактика рівень рентабельності мали нижчий у цьому варіанті і становили відповідно 133 %, 132 та 130 % за норми висіву 400 тис. шт./га і на 15 % нижче за норми висіву 500-600 тис.шт./га.

Коефіцієнт енергетичної ефективності за застосування Мікофренд, 2 л/т також був високий. У сорту Буковинка за норми висіву 400 тис.шт./га становив 5,7, за норми висіву 500 тис.шт./га – 5,2, за норми висіву 600 тис.шт./га– 4,4. У сорту Мавка відповідно 4,5 за норми висіву 400-500 тис.шт./га і 4,1 за норми висіву 600 тис.шт./га. Сорт Щедра та Галактика мали показники К<sub>ее</sub> відповідно 4,6, 4,5, 4,1 та 4,5, 4,3, 3,6.

**Ключові слова:** *Квасоля звичайна, насіння, сорти, норми висіву насіння, біологічні препарати, боби, врожайність, фітохімічний складник*

## **ABSTRACT**

**BOBROV VIKTOR SERHIYOVYCH**

**"IMPROVEMENT OF COMMON BEAN AGRITECHNOLOGY ELEMENTS  
IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE OF UKRAINE"**

Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 201 – Agronomy  
(20 – Agricultural Sciences and Food). Uman, 2026

The dissertation work is devoted to solving the scientific problem, which consisted in a comprehensive justification and practical solution of the combination of elements of agrotechnology of growing common beans regarding the processes of development, growth and formation of high crop yields depending on the biological characteristics of varieties, seed inoculation with biological preparations and their sowing rates in the zone of insufficient moisture of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Purpose and objectives of the research: The purpose is a comprehensive study and justification of the scientific and practical principles of improved elements of agrotechnology of growing common beans, adaptive potential and competitiveness of varieties in the formation of structural and qualitative indicators of crop productivity in the zone of unstable moisture of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Research objectives:

- to investigate the features of the processes of growth and development of common beans at different seed sowing rates, the use of biological preparations in the zone of unstable moisture of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine;

- to determine the dependence of the main phenological, biometric, structural and morphological indicators of common bean varieties on the sowing rate of inoculated seeds;

- to determine the influence of the sowing rate of seeds treated with biological preparations on the yield of common bean grain and its quality indicators;

-to substantiate the parameters of the elements of agrotechnology of cultivation, which determine the high realization of the biological potential of grain productivity of the studied varieties;

- to establish the economic efficiency of growing common bean varieties at the sowing rate of seeds and the use of biological preparations.

The scientific novelty of the results obtained consisted in the substantiated comprehensive application of elements of agrotechnology for growing modern varieties of common beans, suitable for mechanized harvesting and establishing patterns of crop productivity formation in the zone of unstable moisture of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

For the first time, the feasibility of the comprehensive application of agrotechnology elements for growing common beans in establishing varietal features of the morphobiological structure of crop plants, the formation and functioning of photosynthetic and symbiotic systems and the realization of productive potential with seed inoculation with biological preparations and their sowing rates has been scientifically substantiated and practically proven, the biochemical components and phytochemical component of the vegetative mass and grain of the crop have been determined and analyzed.

Elements of agrotechnology for growing common beans with inoculation of seeds of modern varieties with biological preparations in combination with the sowing rate in the zone of unstable moisture of the Right-Bank Forest-Steppe have been improved.

The issue of identifying the influence of the use of biological preparations, seed sowing rates on the timing of the stages of bean organogenesis, plant growth and development, and the realization of their productive potential for a more complete use of the natural factor, which subsequently creates conditions for growing the crop on an industrial scale, has been further developed.

Optimal conditions for obtaining friendly seedlings of common beans were provided by seed inoculation with the drug Mikofrend, 2 l / t - the highest percentage of field seed germination was obtained in all studied varieties of common beans. The

varieties Bukovynka and Shchedra had an average of 95.1% seed germination, the varieties Galaktika and Mavka - 94.4%. The survival rate of common bean plants was the highest (87.5%) in the Mavka variety with seed inoculation with the drug Mikofrend. In the Galaktika variety, the survival rate of plants in this variant was 83.4%, in Shchedra and Bukovynka it was 86.6%. In the variant with seed inoculation with the drug Rizoaktiv Legumes, plant survival in the Galaktika variety increased by 1.2%, and in the Shchedra, Mavka, and Bukovynka varieties it was 85.4%, 86.2, and 85.2%, respectively. The lowest plant survival rates were found in the control variant.

High plant survival also ensured the formation of optimal density of common bean plants in the phase of full germination using seed inoculation with biological preparations. The Bukovynka variety with a seed sowing rate of 400 thousand pcs./ha formed an agrocnosis of the culture on the control variant of 331.2 - 414.0 thousand pcs./ha, the Mavka variety 327.6 - 409.5 thousand pcs./ha, the Shchedra variety - 328.0 - 411.5 thousand pcs./ha, the Galaktika variety 324.4 - 407.0 thousand pcs./ha. When inoculating seeds with the preparation Rizoaktiv Bean, 1 l/t, the formed agrocnosis density was higher by 17.6 thousand pcs./ha, respectively, for the varieties. 17.2, 13.6 and 14.0 thousand pcs./ha. At a seeding rate of 500 thousand pieces/ha, the density increased by 12.6 thousand pieces/ha, 21.5, 15.5 and 15.0 thousand pieces/ha, respectively. Inoculation of seeds with the drug Mycofriend 2 l/t at a seeding rate of 400 thousand pieces/ha increased the density of the agrocnosis of the crop on average by 47.8 thousand pieces/ha, 27.2, 26.0 and 27.2 thousand pieces/ha, at a rate of 500 thousand pieces/ha – 48.5 thousand pieces/ha. 34.0, 32.0 and 37.5 thousand pieces/ha to the control variant. At a seeding rate of 600 thousand pcs./ha, inoculation of bean seeds with Rizoaktiv Bobove, 1 l/t, the agrocnosis of plants in the Bukovynka variety was 13.4 thousand pcs./ha more than the control, in the Mavka variety - 15.8, in the Shchedra variety - 8.6 and in the Galaktika variety - 19.2 thousand pcs./ha, respectively. Inoculation of seeds with the drug Mycofriend 2 l/t ensured the formation of the agrocnosis of the crop by 58.2 thousand pcs./ha, 40.8, 37.4 and 42.0 thousand pcs./ha more than the control indicators, respectively.

It was established that the period of organogenesis of common beans is a varietal characteristic of the crop, and the amplitude of its fluctuations depends on the soil and climatic conditions of the growing region, the actual weather conditions that developed during a certain period of growth and development of the crop. The longest vegetation period on average over the years of research was the Shchedra variety, 101-102 days at a density of 400-500 thousand pcs./ha and 104 days at a density of 600 thousand pcs./ha. The shortest was the Bukovynka variety, 87-88 days, with a thickening of the agrocnosis, 95 days. Alternating droughts with heavy rains during the vegetation period extended the duration of bean organogenesis by 7-9 days. The use of seed treatment with biological preparations extended the duration of vegetation by 1-3 days. Plant height is an important morphometric indicator that characterizes the biological characteristics of the variety, the effectiveness of the applied elements of agricultural technologies, and their reaction to abiotic factors. During the passage of the phenological phases of common beans from flowering to technical ripeness of the grain, the height of the main shoot continued to increase, but at a slower pace at all studied densities of the agrocnosis of the crop. The studies have established that the highest stem height (66.2 cm) was noted in the Galaktika variety at the density of the agrocnosis of the crop (600 thousand pcs./ha), the height indicator of the Shchedra and Mavka varieties reached 62-62.8 cm, respectively, and in the Bukovynka variety - 63.6 cm. At the density of the agrocnosis of 500 thousand pcs./ha, the height of the main shoot was lower in the middle one by 7-8 cm.

An important aspect of the successful symbiosis of beans and rhizobia is the number of nodules on the roots, which begin to form 12-14 days after the emergence of seedlings. According to the results of the studies, it was found that varietal characteristics and seed inoculation had a positive effect on the formation of the number of nodules in common bean plants in the flowering phase. The largest number of nodules was in the variant whose seeds were inoculated with the drug Mycofriend - 29.1 pcs./plant in the common bean variety Bukovynka.

The studies have established that the accumulation of dry matter by agrocnoses of common bean varieties depended on the seeding rate and the phases of crop

organogenesis. The highest indicators were established in variants with the optimal density of agrocnoses (500 thousand pcs./ha) when sowing seeds inoculated with biological preparations in all studied bean varieties. The process of accumulation of dry matter occurred gradually according to the phases of development and a noticeable and maximum value was noted in the phase of bean filling. Lower rates of dry matter accumulation by bean crops were established in control variants without the use of biological preparations.

Net photosynthesis productivity in the Bukovynka variety was noted during the development phase - the first trifoliate leaf - the beginning of flowering in the variant with sowing rates - 400-500 thousand pcs./ha with inoculated seeds with biological preparations Rizoaktiv Bean, 1 l/t and Mikofrend, 2 l/t within 5.47 - 6.19 g/m<sup>2</sup> and 5.51 - 6.23 g/m<sup>2</sup> per day, respectively. Further phases of organogenesis in the period: beginning - end of flowering, the NPF indicator was 4.47 - 5.11 g/m<sup>2</sup> and 4.50 - 5.22 g/m<sup>2</sup> per day, respectively, in the period: end of flowering - grain formation, a decrease in indicators was observed within 3.21 - 3.69 g/m<sup>2</sup> and 3.24 - 3.75 g/m<sup>2</sup> per day, respectively. In the thickened agrocnosis (600 thousand pcs./ha), the indicators for the phases of organogenesis were 5.49 g/m<sup>2</sup>, 4.13, 2.91 g/m<sup>2</sup> per day with inoculation with Rizoaktiv Bean and 5.52 g/m<sup>2</sup>, 4.53, 2.90 g/m<sup>2</sup> per day, respectively.

According to the assessment of the effectiveness of the elements of agrotechnological techniques for growing common beans, it was found that an important factor influencing the formation of the number of beans and grains in a bean is the conditions for the development of agrocnosis, which depend on the formation of the stem, in accordance with the biological characteristics of bean genotypes and the seed sowing rate. The conducted studies have established the positive effect of inoculation of seeds of modern varieties during sowing in the formation of the density of common bean plants on its grain productivity. . The Bukovynka and Mavka varieties are capable of forming a larger number of beans, as they have a larger number of flowers and a longer flowering period, while plants of the Mavka variety form on average a smaller number of grains in a bean (5 pcs.) than the Bukovynka variety (7 pcs.).

The grain yield of the Bukovynka variety at a seeding rate of 400 thousand units/ha (the smallest area of nutrition for growth) without seed inoculation was 2.67 t/ha, the Mavka variety - 2.53, the Shchedra and Galaktika varieties - 2.25 and 1.94 t/ha. The use of biological preparations for seed inoculation at a sowing rate of 500 thousand units/ha provided an increase in yield in the Bukovynka variety of 0.09 t/ha for seed treatment with Rizoactiv Beans, 1 l/t and 0.14 t/ha for treatment with Mikofrend, 2 l/t, in the Mavka variety of 0.48 t/h, in the Shchedra variety - 0.06 t/ha for treatment with Mikofrend 2 l/t, with the use of Rizoactiv Beans, 1 l/t, no increase was obtained. In the Galaktika variety, the use of biological preparations ensured a yield of 0.38 t/ha more when inoculated with Mycofrenum, 2 l/t and 0.17 t/ha when inoculated with Rizoaktiv Bean, 1 l/t, compared to the control variant. In the thickened agroecocenosis (600 thousand pcs./ha), the yield of the varieties was lower, the use of seed treatment did not significantly affect the yield.

Scientifically based selection of the optimal sowing rate of inoculated seeds is one of the main elements of the agrotechnology of bean cultivation, since the yield and quality of the obtained grain will depend on it. Among the common bean varieties, the highest yield over the years of research was provided by the Bukovynka variety, whose grain productivity on average over three years was 2.80-3.95 t/ha. Considering the advantages of the specified variety in terms of the level and stability of the formation of the bush, the studied elements of agrotechnology for growing common beans had a positive effect on the realization of the productive potential of the crop. As a result of the general phytochemical analysis of the vegetative mass and grain of common beans of bush varieties, the biochemical profile of the crop was established. The following groups of biologically active substances were found in the studied samples: flavonoids, phenolcarboxylic acids, coumarins, saponins, polysaccharides, amino acids. The spectrophotometric method established that the quantitative content of flavonoids is in the range from 0.13 to 0.22%. Soluble sugars (sucrose, glucose, fructose) have a total content of approximately 5–15%. Starch accumulated in the leaves is an additional 5–20%. Ash (minerals) in the vegetative mass is present in an amount of 6–10%.

Potassium, phosphorus, calcium, and magnesium had a content of 20–35%, 0.2–6, and 10–20%, respectively.

The vegetative mass of common bean varieties of bush forms contains the most iron, zinc, copper and boron. The shoots of the crops had the highest content of total phenols – 200 and flavonoids – 150 mg/g, compared to the grain, where the indicated components were in the amount of 140–145 and 10–50 mg/g of dry matter, respectively. The content of phytic acid in the grains ranges from 4.09 to 9.96 mg/g. The amount of saponins in bean grains is only 0.6% mg/g, tannin – 0.77–0.97 mg/g, oxalate – from 0.4 to 0.5 mg/g. The obtained results of studies on the presence of profile phenolic components and other nutrients in the grain and biomass of common bean indicate the possibility of using the leaves and shoots of the crop in medicine, pharmacology without determining the varietal affiliation.

Late-ripening varieties (Schedra) require more time ( $50.8 \pm 2.2$  min.) for boiling compared to early-ripening ( $35.2 \pm 1.5$  min.) and mid-ripening (Galaktika) varieties ( $42.5 \pm 1.8$  min.), which indicates greater structural resistance of late varieties to heat treatment. Early-ripening varieties (Bukovynka, Mavka) have the highest boiling coefficient ( $2.5 \pm 0.1$ ), which indicates their rapid softening, while late-ripening varieties ( $3.2 \pm 0.2$ ) require more time for boiling. Late-ripening varieties ( $150.3 \pm 6.1$  %) 300 have the highest water absorption capacity, which reflects their higher ability to swell during cooking, which may affect the texture of the finished product. It was noted that late-ripening varieties have the greatest weight loss ( $7.5 \pm 0.5\%$ ), which may indicate a greater amount of water in the grains, compared to early-ripening ( $5.8 \pm 0.3\%$ ). They also have the highest starch content ( $52.1 \pm 2.3\%$ ), which makes them more energetic, compared to early-ripening ( $40.2 \pm 1.8\%$ ) and mid-ripening ( $45.8 \pm 2.0\%$ ) varieties. Early-ripening varieties are characterized by higher preservation of proteins ( $85.5 \pm 2.5\%$ ) and vitamins ( $72.0 \pm 2.3\%$ ) compared to late-ripening ( $75.8 \pm 2.0\%$  and  $63.8 \pm 1.8\%$ , respectively), which may indicate a higher biological value with a short cooking time. The mineral composition and pH of the broth were established in early-ripening varieties - potassium content ( $1200 \pm 30$  mg/100 g) and pH of the broth ( $6.2 \pm 0.2$ ), which can positively affect their taste and nutritional characteristics



compared to late-ripening varieties ( $1000 \pm 26$  mg/100 g potassium and  $\text{pH } 5.8 \pm 0.2$ ). As a result of the conducted studies, it was found that pre-sowing seed treatment with the mycorrhizal preparation Mycofriend, 2 l/t had a positive effect on the yield of common beans. Analysis of the indicators of economic efficiency of the applied elements of agrotechnology of growing crop varieties depending on the seeding rate states that the indicators of conditional net profit are the highest for growing Bukovynka varieties – 47597.2 UAH/ha for seeding rates of 400 thousand pcs./ha, 47339.2 UAH/ha for seeding rates of 500 thousand pcs./ha and 47669.4 UAH/ha for seeding rates of 600 thousand pcs./ha with a profitability level of 171%, 162 and 156%, respectively. The Mavka, Shchedra and Galaktika varieties had a lower profitability level in this variant and were 133%, 132 and 130%, respectively, for seeding rates of 400 thousand pcs./ha and 15% lower for seeding rates of 500-600 thousand pcs./ha.

The energy efficiency coefficient when using Mikofrend, 2 l/t was also high. In the Bukovynka variety, at a seeding rate of 400 thousand pcs./ha, it was 5.7, at a seeding rate of 500 thousand pcs./ha – 5.2, at a seeding rate of 600 thousand pcs./ha – 4.4. In the Mavka variety, it was 4.5, respectively, at a seeding rate of 400-500 thousand pcs./ha and 4.1, at a seeding rate of 600 thousand pcs./ha. The Shchedra and Galaktika varieties had KEE indicators of 4.6, 4.5, 4.1 and 4.5, 4.3, 3.6, respectively.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris*, seeds, varieties, seeding rates, biological preparations, beans, yield, phytochemical component

## Список публікацій за темою дисертації

### *Статті в наукових фахових виданнях*

1. Любич В. В., Бобров В. С., Мороз Л. М., Марченко Т. М. Урожайність і якість різних сортів квасолі. *Новітні агротехнології*. 2023. Т. 11. № 2. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.11.2.2023.285752>
2. Євчук Я. В., Кононенко Л. М., Вишинський А. В., Бобров В. С. Вплив добавок рослинного походження на якісні показники хліба оздоровчого

призначення. *Збірник наук. пр. Уманського НУС*. 2023. Вип. 103, ч. 1. С. 281–291. DOI: 10.32782/2415-8240-2023-103-1-281-291

3. Кононенко Л. М., Бобров В. С., Фізико-хімічні та технологічні властивості квасолі різних груп стиглості. *Збірник наук. пр. Уманського НУС*. 2025. Вип. 106, ч.1. С. 293–303. DOI: [10.32782/2415-8240-2025-106-1-293-303](https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-293-303)

4. Кононенко Л. М., Бобров В. С. Морфометричні показники рослин агроценозу квасолі звичайної в Правобережному Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 144. С. 88–94. URL: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.12>

5. Бобров В. С. Біохімічний профіль зерна та вегетативної маси квасолі звичайної. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 7–12. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.1>

#### ***Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:***

##### *Тези доповідей наукових конференцій*

1. Кононенко Л. М., Бобров В. С. Бактеріальні хвороби у посівах квасолі. *Проблеми і перспективи фітоімунітету в селекції рослин* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 10-11 листоп. 2022 р. Київ, 2022. С. 39.

2. Бобров В. С. Якість і продуктивність різних сортів квасолі. *Інноваційні зернопродукти і технології* : тези доп. Міжнар. наук. інтернет-конф., м. Умань, 20 лют. 2024 р. / редкол.: О. О. Непочатенко (відп. ред.) та ін. Умань, 2024. С. 16.

3. Bobrov V. S. Beans – varieties and health benefists. *Інноваційні зернопродукти та агротехнології* : тези доп. Міжнар. наук. інтернет-конф., м. Умань, 21 лют. 2025 р. / редкол.: О. О. Непочатенко (відп. ред.) та ін. Умань, 2025. С. 10

4. Kononenko L., Voevoda L., Bobrov V., Vyshinsky A. The influence of agronomic and ecological factors on the protein content of legume grains. Current trends in scientific research development : proceedings of the 8th International scientific and practical conference, March 13-15, 2025. Boston, USA, 2025. P. 11–17.

URL: <https://sci-conf.com.ua/viii-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-current-trends-in-scientific-research-development-13-15-03-2025-boston-ssha-arhiv/>

5. Бобров В. С. Морфологічні зміни насіння квасолі залежно від групи стиглості, тривалості зберігання та вологості повітря. *Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів* : матеріали VI Всеукр. наук.-практ. конф., м. Умань, 20 жовт. 2025р. / редкол.: В. В. Сокирська (відп. ред.) та ін. Умань, 2025. С. 26.

6. Бобров В. С. Оцінка адаптаційних властивостей квасолі різних груп стиглості за фізико-хімічними і технологічними показниками. *Біоенергетичні культури та цукрові буряки в умовах кліматичних змін: виклики, рішення, перспективи* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 29 жовт. 2025 р. / НААН України, Ін-т біоенергет. культ. і цукр. буряків. Електрон. вид. Київ : ІБКіЦБ НААН. С. 6.

7. Бобров В. С. Морфометричні показники квасолі звичайної залежно від густоти агроценоза культури. *Поліські наукові читання - 2025* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Чернігів, 02-04 груд. 2025 р. Чернігів, 2025. С. 100–103.

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ		2
ВСТУП		22
РОЗДІЛ 1	ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ	28
1.1	Стан і перспективи вирощування бобових культур	28
1.2	Агротехнологічні заходи вирощування квасолі звичайної в умовах змін клімату	31
1.3	Застосування біопрепаратів в удосконаленні елементів технології вирощування квасолі звичайної	36
1.4	Морфобіологічні особливост квасолі звичайної	41
Висновки до розділу 1		51
Список використаних джерел до розділу 1		53
РОЗДІЛ 2	ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	65
2.1	Місце проведення досліджень та ґрунти дослідних ділянок	65
2.2	Метеорологічні умови в роки проведення досліджень	67
2.2.1	Аналіз кліматичних змін за останні роки	71
2.3	Характеристика досліджуваних сортів, препаратів та методи проведення досліджень	73
2.4	Схема досліду та методика проведення досліджень	75
Висновки до розділу 2		79
Список використаних джерел до розділу 2		80
РОЗДІЛ 3	ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНОГЕНЕЗУ СОРТІВ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ	82
3.1	Польова схожість насіння квасолі звичайної залежно від інокуляції посівного матеріалу біологічними препаратами	82
3.2	Тривалість фаз органогенезу рослин квасолі звичайної за інокуляції насіння та різної густоти агроценозу культури	87
3.3	Морфометричні показники сортів квасолі звичайної	93
3.4	Симбіотична продуктивність сортів квасолі звичайної	102
Висновки до розділу 3		106

Список використаних джерел до розділу 3	109
<b>РОЗДІЛ 4      ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ</b>	<b>113</b>
4.1      Накопичення сухої речовини агроценозами кvasолі звичайної	114
4.1.1    Чиста продуктивність фотосинтезу сортів кvasолі звичайної	117
4.2      Структура врожаю сортів кvasолі звичайної залежно від використання біологічних препаратів та норм висіву насіння	120
4.3      Урожайність кvasолі звичайної залежно від комплексного застосування елементів технології вирощування культури	129
Висновки до розділу 4	136
Список використаних джерел до розділу 4	138
<b>РОЗДІЛ 5      ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ТА ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ</b>	<b>140</b>
5.1      Біохімічний профіль рослин кvasолі звичайної	140
5.2      Фізико-хімічні та технологічні властивості кvasолі різних груп стиглості	149
Висновки до розділу 5	157
Список використаних джерел до розділу 5	160
<b>РОЗДІЛ 6      ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ</b>	<b>164</b>
Висновки до розділу 6	174
Список використаних джерел до розділу 6	175
ВИСНОВКИ	176
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	182
Додатки	183

## ВСТУП

Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) посідає друге місце серед важливих зернобобових культур за світовими площами, підтверджуючи свою значну роль у глобальному сільському господарстві.

В Україні площі квасолі незначні і переважно зосереджені в приватному секторі. Головною причин цього є відсутність сучасних сортів, адаптованих до різноманітних ґрунтово-кліматичних умов, які характеризуються мінливою врожайністю та недостатньо розробленою технологією щодо механізованого збирання врожаю культури.

В Україні ця культура набуває стратегічного значення для забезпечення продовольчої безпеки, розширення експортного потенціалу та сприяння сталому розвитку аграрного сектору. Висока поживна цінність квасолі, обумовлена поєднанням високоякісного білка з крохмалем, цукрами, мінеральними речовинами, вітамінами та незамінними амінокислотами, робить її важливим джерелом рослинного білка

**Актуальність.** Квасоля – унікальна бобова культура, що наділена технічними і харчовими цінностями, має високу врожайність зерна та показники якості за короткий вегетаційний період. Слід відзначити, що основне призначення – продовольче, і залишається незмінним в останні роки. Боби та насіння квасолі населення споживає у консервованому та свіжому вигляді. Окрім рослинних білкових ресурсів, квасоля виконує роль найкращого попередника для багатьох сільськогосподарських культур. Це типовий азотофіксатор, який забезпечує здатність коренів використовувати малорозчинні та важкодоступні для злакових культур мінеральні сполуки з більш глибоких шарів ґрунту. За вирощування квасолі мінералізація гумусу значно зменшується, а родючість ґрунту підвищується, збагачує його азотом завдяки симбіотичній азотфіксації. Ця властивість дозволяє зменшити потребу в дорогих мінеральних добривах, що має як економічні, так і екологічні переваги.

На тлі нерентабельної цінової кон'юнктури на традиційні зернові культури, українські аграрії активно проводять пошук нових напрямів у рослинництві, серед яких вирощування квасолі виділяється як перспективний напрямок у вирішенні продовольчої програми та екологічного спрямування у покращенні родючості ґрунтів. Це підтверджується значним зростанням посівних площ під квасолею, які у 2024 році перевищили 50 тис. гектарів, що на 20% більше порівняно з попередніми роками. Зростання світового попиту на продукти переробки бобових також підвищує експортний потенціал квасолі для України.

Незважаючи на зростаючий інтерес до квасолі, традиційні агротехнології в Україні не забезпечують у повній мірі реалізувати генетичний потенціал сортів, що призводить до нестабільної врожайності. Середня врожайність в Україні становить близько 1,48 т/га, що значно нижче за потенціал сучасних сортів, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичної умов та за використання механізованого збирання, які реалізують продуктивний потенціал у 2,5-3,0 т/га. Ці виклики підкреслюють нагальну потребу в удосконаленні елементів агротехнології вирощування культури для підвищення зернової продуктивності, а також економічної та біоенергетичної ефективності вирощування квасолі звичайної.

### **З'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Оснoву дисертаційної роботи становлять матеріали науково-дослідної роботи, які входили до програми наукових досліджень Уманського національного університету «Збалансоване використання, прогноз і управління природним та ресурсним потенціалом агроєкосистем України» (2021–2025 рр., номер державної реєстрації 0121U112521).

**Мета та завдання досліджень:** Мета – комплексне дослідження та обґрунтування наукових і практичних засад удосконалених елементів агротехнології вирощування квасолі звичайної, адаптивного потенціалу і конкурентоспроможності сортів у формуванні структурних та якісних показників продуктивності культури у зоні нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України.

**Для досягнення поставленої мети було визначено наступні завдання:**

- проаналізувати традиційні елементи технології вирощування квасолі звичайної.

- дослідити особливості процесів росту та розвитку квасолі звичайної за різної норми висіву насіння, застосування біологічних препаратів у зоні нестійкого зволоження правобережного Лісостепу України;

- визначити залежність основних фенологічних, біометричних, структурно-морфологічних показників сортів квасолі звичайної від норми висіву інокульованим насінням;

- з'ясувати вплив норми висіву насіння, обробленого біологічними препаратами на врожайність зерна квасолі звичайної та його якісні показники;

- обґрунтувати параметри елементів агротехнології вирощування, які зумовлюють високу реалізацію біологічного потенціалу зернової продуктивності досліджуваних сортів;

- оцінити економічну ефективність досліджуваних і запропонованих удосконалень елементів агротехнології вирощування культури.

*Об'єкт досліджень* – процеси росту й розвитку рослин, особливості формування та функціонування фотосинтетичної й симбіотичної систем рослин та морфобіологічної структури, якісних показників врожайності квасолі звичайної залежно від технологічних чинників.

*Предмет досліджень* – сучасні сорти квасолі звичайної, біологічні препарати, інокуляція насіння та густина агроценозу, особливості продукційного процесу культури.

**Методи досліджень.** В роботі використовували наукові методи проведення досліджень: лабораторний для встановлення посівних властивостей насіння та якості зерна квасолі; польовий – для проведення польових досліджень і вимірювань морфометричних показників в процесі органогенезу культури; вимірювально-ваговий - для визначення біометричних показників структури урожаю; математично-статистичний метод (оцінка достовірності отриманих результатів). Хімічні та фізико-хімічні аналізи проводили стандартизованими і



загальноприйнятими методами з використанням сертифікованих приладів та обладнання в сертифікованій лабораторії масових аналізів УНУС (№ РЯ0078/21 від 02.11.2021 р.).

**Наукова новизна одержаних результатів** полягала в обґрунтованні комплексного застосування елементів агротехнології вирощування сучасних сортів квасолі звичайної, придатних до механізованого збирання та встановленні закономірностей формування продуктивності культури у зоні нестійкого зволоження правобережного Лісостепу України.

*Уперше* науково обґрунтовано та практично доведено доцільність комплексного застосування агротехнологічних елементів у встановленні сортових особливостей морфобіологічної структури рослин квасолі звичайної, формуванні та функціонуванні фотосинтетичної й симбіотичної систем та реалізації продуктивного потенціалу за інокуляції насіння біологічними препаратами та норм їх висіву, визначено та проаналізовано біохімічні компоненти та фітохімічний складник вегетативної маси та зерна культури.

*Удосконалено* елементи агротехнології вирощування квасолі звичайної за інокуляції насіння сучасних сортів біологічними препаратами у поєднанні з нормою висіву в зоні не стійкого зволоження Правобережного Лісостепу.

*Набули подальшого розвитку* питання виявлення впливу застосування біологічних препаратів, норм висіву насіння на терміни проходження етапів органогенезу квасолі, росту і розвитку рослин, реалізації їх продуктивного потенціалу для більш повного використання природного чинника, що у подальшому створюють умови для вирощування культури у промислових масштабах.

**Практичне значення одержаних результатів.** Комплексне застосування елементів технології вирощування сучасних сортів квасолі та закономірності формування продуктивності культури та якості зерна у зоні недостатнього зволоження Правобережного Лісостепу України пройшли виробничу перевірку та впроваджені в зоні Лісостепу у Вінницькій області на Уладово-Люлинецькій дослідно-селекційній станції на площі 2 га, що підтверджено актом

впровадження. Результати теоретичних досліджень впроваджено у навчальному процесі Уманського національного університету садівництва (акт від 12.02.2024 р.) та Уманського державного педагогічного університету ім. П. Тичини (довідка № 166/01 від 02.02.2024 р.) і у науково-дослідну роботу Дослідної станції тютюнництва ННЦ «Інститут землеробства НААН» (акт від 23.01.2024 р.). Наукові розробки за результатами досліджень впроваджено на Білоцерківській дослідно-селекційній станції, Білоцерківського району, Київської області у 2024 р. на площі 12 га.

**Особистий внесок здобувача в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі.** Здобувач опрацював вітчизняні та зарубіжні літературні джерела і визначив напрямки експериментальної роботи; заклав польові дослідни, провів комплекс супутніх обліків та узагальнив результати досліджень, висновки та пропозиції виробництву, вираховував економічну ефективність, підготував звіти та написав дисертаційну роботу. Самостійно опублікував наукові статті, забезпечив впровадження результатів досліджень на Уладівській дослідно-селекційній станції НААН.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень доповідались на наукових конференціях: Міжнародній науковій інтернет-конференції «Інноваційні зернопродукти і технології», м. Умань, 20 лютого 2024 року та 21 лютого 2025 року. VI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів», м. Умань, 20 жовтня 2025 р., Всеукраїнській науково-практичній конференції «Біоенергетичні культури та цукрові буряки в умовах кліматичних змін: виклики, рішення, перспективи», м. Київ, 29 жовтня 2025 р., Міжнародній науково-практичній конференції «Поліські наукові читання», м. Чернігів, 02-04 груд. 2025 р.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 12 наукових праць, у тому числі п'ять статей у наукових фахових виданнях категорії «Б», 7 тез доповідей у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій.

**Обсяг і структура дисертації.** Обсяг дисертації викладено на 185 сторінках комп'ютерного набору, включає 21 таблицю, 21 рисунок. Складається робота із анотації, вступу, 6 розділів, висновків, рекомендацій виробництву, додатків. Список використаних джерел налічує 203 джерела, з них 25 латиницею.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

#### 1.1 Стан і перспективи вирощування бобових культур

Вирощування бобових культур в Україні є ключовим для сільського господарства та економіки, оскільки вони є стратегічними культурами для продовольчої безпеки, експортного потенціалу та сталого розвитку аграрного сектору. Вирощування бобових культур покращує родючість ґрунту, диверсифікує виробництво, зменшує вплив на навколишнє середовище та забезпечує безпеку харчових продуктів. В Україні вирощування бобових культур створює нові можливості для експорту та розвитку сільськогосподарського сектору, сприяючи інтеграції країни у світові ринки та забезпечуючи економічну стабільність [1].

Бобові культури привертають значну увагу дослідників у сільському господарстві та харчовій промисловості. Ці культури відіграють ключову роль у харчовому, кормовому та агроекологічному секторах сільського господарства України. Однак, посівних площ під бобовими культурами недостатньо, що може бути обмежувальним фактором для подальшого розвитку бобових культур та використання їх повного потенціалу. Тому, за даними В. Мазура та ін. (2021), під час розширення посівних площ необхідно правильно вибирати сорти, враховуючи поточні умови навколишнього середовища та біологічні характеристики рослин[2].

Основними критеріями вибору сортів є їх врожайність, стійкість до стресу, висота та інші технологічні характеристики. У цьому контексті як зазначають Н. Лещук та ін. (2022) необхідно вирішити питання створення високопродуктивних сортів бобових культур, оптимізації структури посівних площ та розробки й впровадження наукових та інноваційних технологій вирощування, заснованих на ефективному використанні життєвих факторів, таких як світло, тепло, волога та поживні речовини, що сприятиме максимальному синтезу органічної речовини та білка[3].

Крім того, в умовах зміни клімату важливим буде розробка єдиної сільськогосподарської політики щодо виробництва бобових культур.

Вирощування бобових культур вимагає гнучкого підходу до міжнародної конкуренції для забезпечення продовольчої та екологічної безпеки сучасної глобалізованої економіки. Ці культури мають важливе значення в зерновому та кормовому балансі України. На думку І. Kulyk (2019), скорочення експорту сировини та розвиток поглибленої переробки є стратегічно важливим для України[1, 4].

Це задовольнить потреби інтенсивного тваринництва з високобілковими кормами, створить нові робочі місця, збільшити податкові надходження та забезпечити продовольчу та екологічну безпеку країни. Багато вчених наголошують на унікальних властивостях бобових, які відкривають широкі можливості в переробній промисловості – від різних харчових продуктів до виробництва кормів, ліків та косметики. Тому Y.A. Yigezu та ін. (2021), B. Desalegn та ін. (2022) та A. Singh та ін. (2023) стверджують, що існує потреба у стратегічному розвитку сільськогосподарських технологій, орієнтованих на світові тенденції у вирощуванні та удобренні цих культур. [5, 6, 7].

Для реалізації максимальної продуктивності бобових культур з мінімальним впливом на навколишнє середовище важливо досліджувати та впроваджувати сучасні сільськогосподарські технології, такі як сільськогосподарські операції, системи зрошення, добрива та захист рослин.

О. Krupchan, та В. Korol, (2022) наголошують на необхідності забезпечення високих стандартів якості продукції з бобових, що впливає на їх сприйняття світового ринку. [8].

Водночас, існує потреба підтримувати малі та середні фермерські господарства, які зазвичай вирощують бобові, щоб забезпечити їхній сталий розвиток та конкурентоспроможність на ринку. Е. Lagerquist та ін. (2024) зазначають, що це може включати забезпечення доступу до фінансових ресурсів, підтримку впровадження нових технологій, навчання та консультування щодо вирощування та управління фермерським господарством [9]..

Крім того, необхідність впровадження екологічно чистих елементів технологій вирощування бобових є ключовою для збереження природних ресурсів та забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського сектору.

W.F. Abobatta, та ін. (2022) та S. Kodgire, та ін. (2022) наголошують, що такі заходи не лише збережуть навколишнє середовище, але й сприятимуть забезпеченню продуктивності та якості врожаю, що є важливими аспектами сучасного виробництва[10, 11].

У контексті аналізу даних авторів слід зазначити, що існує прогалина у зборі та аналізі даних про виробництво, наявні посівні площі та врожайність бобових культур, безпосередньо квасолі звичайної в Україні. Інформація про точні обсяги. площі та динаміку їх вирощування є важливою для ефективного планування аграрної політики, розвитку сільськогосподарських технологій та продовольчої безпеки. Відсутність таких даних ускладнює аналіз тенденцій у виробництві бобових культур, виявлення проблемних областей та розробку стратегій їх вирішення.

Однією з важливих бобових культур є квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.). продовольча, високобілкова, є важливим джерелом рослинного білка, мінералів, антиоксидантів та біологічно активних сполук. Здатність цієї культури до фіксації азоту знижує її потребу у внесенні синтетичних азотних добрив для підвищення врожайності та якості. Також квасоля має високій адаптивну здатність, що в умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва має особливий важіль в збалансуванні продовольчого кошика людини та частковому розв'язанні проблеми нестачі продовольчого білка. [12].

Рід квасолі *Phaseolus* L. налічує 230 видів, які поділяються на дві групи: американську та азіатську. У квасолі американського походження формуються великі плоскі боби з довгим дзьобиком і великим насінням, в азіатської - вузькі боби без дзьобика й дрібним насінням. У нашій країні поширеним видом є квасоля звичайна, яка належить до американської групи.

У світовому землеробстві посівна площа квасолі становить близько 23-50 млн. га. Серед зернових бобових культур вона посідає друге місце після сої й

користується значним попитом, особливо як продовольча культура. В Україні квасолі вирощують здебільшого у західних регіонах, там зосереджено 35-40% усіх посівних площ. Основні регіони вирощування квасолі в Україні (забезпечують понад 55% усього виробництва): Західні області: Хмельницька, Тернопільська, Івано-Франківська. Центральні області: Вінницька, Житомирська, Київська. Відмічені області є ключовими для виробництва квасолі в Україні. В основному це спричинено сприятливими кліматичними умовами регіонів, близькістю до кордону та політичною ситуацією в країні. Загальновідомим є те, що 70% квасолі експортується до країн Європи [11, 12]. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, а також ННЦ «Інститут аграрної економіки» площі вирощування квасолі в Україні за період 2020-2024 рр. є такими: 2020–2021 роки – 48 тис. га; 2022 рік – 38 тис. га (скорочення більш ніж на 20%, що пов'язано з повномасштабним вторгненням та тимчасовою втратою близько 5 млн га посівних площ). За даними Держстату, у 2022 році збиральні площі квасолі становили 37,0 тис. га; у 2023 – 42 тис. га (відновлення площ після скорочення у 2022 році). 2024 рік: понад 50 тис. га (прогноз, збільшення на 20% порівняно з 2023 роком). Таким чином, незважаючи на значне скорочення площ у 2022 році через військові дії, українські аграрії спромоглися відновити, а у 2024 році навіть перевищити довоєнний рівень посівних площ під квасолею. [13].

## **1.2. Агротехнологічні заходи вирощування квасолі звичайної в умовах змін клімату**

Стала тенденція до потепління та аридизація клімату призвела до розширення зони вирощування квасолі. Зона правобережного Лісостепу України має суттєві відмінності в комплексі ґрунтово-кліматичних умов. Перш за все, це стресові фактори навколишнього середовища (посуха, засоленість та ущільнення ґрунту), сезонній та добовій динаміці температур, показниках кислотності ґрунту. Стресові фактори, пов'язані зі зміною клімату, такі як посуха, засоленість, ущільнення ґрунту та спека, разом зі стресовими факторами, пов'язаними із

забрудненню навколишнього середовища, обмежують врожайність та якість сільськогосподарських культур у світі, що призводить до значної соціально-економічної та продовольчої небезпеки [ 14 ].

Враховуючи чисельність населення світу в 10,4 мільярда до 2067 року, причому на Азію та Африку припадатиме 81% цього зростання [15], та прогнози щодо світового попиту на продукти харчування на майбутнє [16 ], необхідно швидко вжити ефективних заходів для збільшення виробництва сільськогосподарських культур.

Підвищуючи ефективне використання природних ресурсів та зважаючи на елементи агротехнологій: удобрення, зрошення та захист сільськогосподарських культур, можна досягти значного скорочення попиту на синтетичні хімічні добрива, прісну воду та хімічні пестициди в сільському господарстві без шкоди для врожайності та якості продукції [14]. Біологічні методи, які застосовуються за вирощування сільськогосподарської продукції, забезпечують більш позитивний вплив на функціонування еко та агросистем, їх економічну стійкість, також можуть слугувати високоефективними стратегіями для досягнення Цілей сталого розвитку Організації Об'єднаних Націй (ЦСР ООН), тобто подолання недоїдання та голоду і досягнення продовольчої безпеки [15]. Такі елементи агротехнологій забезпечують збереження природних ресурси, їх функцій та знижують витрати на вирощування сільськогосподарської продукції.

Дотримання сівозмін, органічне землеробство та мінімальний або безорний обробіток є одними з найважливіших стійких агрономічних заходів, застосування яких призводить до збільшення біорізноманіття, збереження орного шару ґрунту та покращення його структури [17]. Крім того, скорочення обробітку ґрунту вимагає різкого зменшення використання сільськогосподарської техніки та палива, що призводить до зменшення викидів парникових газів (ПГ) та витрат на агротехнології [18]. Управління зрошенням, особливо під час цвітіння або розмноження, також має вирішальне значення для продуктивності та якості сільськогосподарських культур у більшості регіонів світу [ 19, 20, 21, 22 ]. Іноземні дослідники зазначають, що впровадження високоврожайних сортів з



високими якостями продукції та підвищеною стійкістю до біотичних та абіотичних стресів, а також застосування та стимулювання корисних мікроорганізмів (наприклад, бактерій, водоростей, грибів) з потенціалом для збільшення поглинання поживних речовин та води без завдання шкоди для функціонування еко та агросистем та навколишнього середовища слід розглядати як життєздатні стійкі агрономічні технології для забезпечення та підвищення продуктивності рослин [23 , 24].

Застосування ґрунтових біоконтрольних агентів (наприклад, *Trichoderma*, *Beauveria*, *Bacillus*, *Pseudomonas* ) також може допомогти забезпечити захист рослин від хвороб. Як наслідок, використання хімічних пестицидів значно зменшується, що може мати переваги для корисних мікробів та навколишнього середовища [ 25,26 ].

Вирощування безґрунтового (гідропоніка) набуває дедалі більшого значення як у сучасних високотехнологічних теплицях, так і в простих тепличних комплексах. Безґрунтового вирощування має потенціал для покращення врожайності та якості продукції завдяки кращому контролюванню умов кореневого середовища [27, 28]. Крім того, обмеження застосування ґрунтових фунгігантів та пестицидів для боротьби з ґрунтовими хворобами роблять безґрунтового вирощування ще важливішим для забезпечення продовольчої безпеки.

Квасоля є найприбутковішою зернобобовою культурою. Органогенез рослин квасолі залежить від ґрунтового-кліматичних умов навколишнього середовища, основними чинниками якого є температура повітря і ґрунту, освітленість, вологість та мінеральне живлення.

Ґрунтового-кліматичні умови різних зон України доволі різняться за перерахованими чинниками, тому виокремлюється комплекс проблем у агротехнологіях вирощування квасолі. Ці проблеми взаємопов'язані: наприклад, відсутність адаптованих сортів, придатних до механізованого збирання та обмолоту зерна посилює ризик від несприятливих погодних умов, що впливає на стабільність врожайності та, як наслідок, на економічну привабливість культури.

Це виводить на новий рівень невідкладну потребу у впровадженні високопродуктивних адаптованих сортів, науково обґрунтованих та технологічно ефективних елементів технології вирощування культури для забезпечення стабільності та конкурентоспроможності галузі. [29].

Вирішення цих проблем вимагає системного, інтегрованого підходу, що включає не лише польові практики, а й аналіз попередніх розробок, адаптацію нових сортів до змін клімату, що є ключовим для переходу до більш сталого та рентабельного виробництва.

У комплексі це зумовлює необхідність включення в технологію додаткових елементів у процесі формування врожаю, насамперед через зміни в елементах агротехнології вирощування [30,31, 32, 33]. (Monarkh et. al., 2019; Mazur et. al., 2020; Dumpis et. al., 2021; Zhao et. al., 2022).

Сучасні тенденції у сільськогосподарському виробництві (висока вартість мінеральних добрив та енергоносіїв) спонукають до пошуку сучасних удосконалених елементів технологій вирощування зернобобових культур, які поєднують у собі підбір сортів, придатних до механізованого збирання та обмолоту зерна без високого ступеню травмування, оптимізацію живлення за рахунок інокуляції насіння, застосування сучасних мікродобрив та їх комбінації з урахуванням критичних (стресових) фаз органогенезу рослин, що гарантує реалізацію продуктивного та адаптивного потенціалу культури. [33, 34].

На сьогодні багаторічні результати досліджень науковців вказують, що важливою ознакою, яка унеможлиблює вирощуванні сорту квасолі у виробничих масштабах, є придатність до механізованого збирання культури та комбайного обмолоту зерна, із-за травмування останнього. [35, 36, 37, 38, 39].

Вітчизняними дослідниками О. В. Овчарук, (2014), О.П. Мазур та ін., (2013), О.М. Безугла, (2017) та С.Й. Оліфірович, (2020) встановлено, що 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 обсіпання[35, 37, 38, 42]. Низьке прикріплення нижніх бобів, як

зазначає О.В. Мазур та ін., (2017) призводить до зменшення врожайності сорту, так як значна частина бобів втрачається при збиранні комбайном. Втрати урожаю при цьому можуть сягати 20% [39]. Також авторами досліджень з'ясовано, що придатність до механізованого збирання врожаю квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) зумовлена такими ознаками: тип рослини (кущовий або кущовий з нутуючою верхівкою), нижній ярус бобів на рослині знаходиться вище 10 см [40,41], стійкість до вилягання рослин та висипання насіння з бобів у межах 7

Травмування зерна за обмолочування повинно бути помірне, крупність насіння мала або середня (маса 1000 насінин до 400 г), ступінь кавітації (не більше  $0,9 \cdot 10^{-2}$ ) [35]. Тип куща також є однією з основних та важливих господарсько цінних ознак сорту квасолі. Серед колекційних зразків квасолі звичайної наявні: кущові форми, які характеризуються низькорослістю, мають прямостояче, невите стебло; кущові зразки з виткою верхівкою; напіввиткі або слабовиткі зразки; високовиткі форми, які мають стебло, яке вилягає і потребують для реалізації свого потенціалу підпірок, навколо яких вони завиваються. [43, 44, 45, 46].

О.П. Мазур та ін., (2013) у своїй монографії відмічає, що для сортів квасолі важливим чинником є не стільки висота прикріплення нижнього ярусу бобів від ґрунту, а висота кінчика бобу нижнього ярусу, так як високо продуктивні боби формуються у середньому та нижньому ярусах рослини, а біб має довжину в середньому 10–14 см [40-42]. Деякі автори [38-39] за визначення найголовніших показників для механізованого збирання вказують на ознаку, як стійкість бобів до розтріскування, стійкість зерна до травмування під час збирання та осипання. [47]. Дослідженнями встановлено, що висота прикріплення нижніх бобів залежить від довжини міжвузлів, які знаходяться під першим продуктивним вузлом. Високопродуктивний сорт, наділений товстим довгим головним стеблом з 12–15 вузлами, має 3–5 гілок, у верхній частині рослини довгі міжвузля, боби розміщені дуже компактно з високим їх прикріпленням, забезпечують високу реалізацію генетичного потенціалу врожайності, що закладена у сортах [47, 48].

Отже, підбір сортів – це важлива складова агротехнології, яка є основою високої врожайності культури та ефективності виробництва квасолі звичайної.

### **1.3. Застосування біопрепаратів в удосконаленні елементів технології вирощування квасолі звичайної**

Одним з перспективним елементом агротехнології у підвищенні продуктивності квасолі та її стійкості у стресових умовах біотичного чинника є використання мікробних препаратів, серед яких значну частку займають бактеріальні препарати на основі азотфіксуючих мікроорганізмів. Як зазначають Dumpis, et. al., (2021). Zhao et. al., (2022) симбіози бобових рослин, утворені бульбочковими бактеріями та бобовими рослинами характеризуються високим азотфіксуючим потенціалом, результатом якого є накопичення азоту в ґрунті до 200–500 кг/га на рік [32,49]..

Відомо, що квасоля звичайна ( *Phaseolus vulgaris* L.), як зернова бобова культура, збагачує ґрунт шляхом біологічної фіксації азоту (БФА) через симбіоз з бактеріями, такими як *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* [ 49 ], тим самим зменшуючи потребу у внесенні азотних (N) добрив.

У фенофазу початку цвітіння культури інтенсивність бульбочкоутворення досягає максимального показника. У фенофазу утворення бобів закінчується інтенсивний ріст бульбочок квасолі, а штучна передпосівна інокуляція насіння сприяє інтенсивній нодуляції [67, 78]. Накопичення великої маси бульбочок закономірно приводить до підвищення активного симбіотичного потенціалу.

Науковцями доведено, що бульбочкові бактерії самі по собі є грам негативними, і у вільному стані не здатні фіксувати азот. Після заселення тканини кореня утворюється зона, в якій бактерії починають активно розмножуватися, проникаючи в епідерміс кореня, де починають формуватися бульбочки, які згодом утворюють бактероїди[50, 51,52].

Нітрогеназна активність симбіотичного апарату квасолі досить висока – 130 мкг N<sub>2</sub> на одну рослину за годину, що перевищує активність ризобіального

комплексу сочевиці на 85 мкг, вики – на 80, гороху – на 40, нуту – на 30 мкг, поступаючись лише квасолі, бобам і люпину.

Ємність БФА цієї бобової культури залежить від генотипу, штаму ризобій, кліматичних умов вирощування та кількості додатково внесених синтетичних азотних добрив [53, 54]. Враховуючи низьку ємність БФА цієї культури порівняно з іншими бобовими культурами, такими як соя та боби [53], ідентифікація сортів з високою ємністю БФА має велике значення.

Як зазначають дослідники, завдяки азотфіксації, яка проходить в сформованих у симбіозі з ризобіями бульбочках, квасоля може значною мірою або навіть повністю задовольняти свою потребу в азоті (симбіотрофне живлення азотом). Це знижує залежність рослини від наявності азотних сполук в недешевих і екологічно небезпечних азотних добривах [56, 57].

Біологічною основою інокулянту є високоефективні штами бульбочкових бактерій, які характеризуються підвищеною продукцією екзополісахаридів та стійкістю до несприятливих факторів довкілля, мають вищі азотфіксувальну активність (1,5-2,0 рази), вірулентність (10 %), забезпечують прибавку урожаю зерна на 12,0-21 % у порівнянні зі спонтанною інокуляцією. Мікроорганізми, що входять до складу препаратів, при формуванні бульбочок здатні фіксувати від 90 до 240 кг на 1 га атмосферного азоту. Після збирання урожаю у ґрунті та пожнивних рештках залишається значна кількість органічних азотовмісних сполук [58].

Поліфункціональна дія бактеріальних препаратів з залученням асоціативного азоту фіксуючих та фосфат мобілізуючих мікроорганізмів, мають суттєві переваги: мінеральне живлення рослин поліпшується, концентрується біологічний азот в ґрунті, що відповідно і призводить до зниження темпів розкладання гумусових компонентів, структурованість ґрунту покращується, знижується рівень ерозії та випаровування вологи з ґрунту. [59].

Одним з важливих аспектів бактеріальних препаратів є отримання екологічно чистого продукту (зерна), так як містять природні штами, які не спроможні викликати у людини генетичні зміни, порівняно з хімічно

синтезованим сполуками препаратів. Завдячуючи внесенню бактеріальних препаратів підвищується стійкість культури до абіотичних чинників, знижується і рівень розповсюдження та захворюваності рослин, що дозволяє знизити кількість застосування пестицидів і тим самим поліпшити екологічну ситуацію в агрофітоценозах [60].

Інокуляція дієвий елемент технології, так як підвищує кількість Ризобію, збільшуючи популяцію і норму утворення бульбочок у ґрунті, що є передумовою поліпшення утворення бульбочок і азотфіксації, в результаті підвищується урожайність культури [61]. Тому, бажаним заходом в удосконаленні технології вирощування квасолі повинна бути обробка (передпосівна) насіння культури біопрепаратами, в основі яких є селекціоновані штами специфічних ризобій, так як штучна передпосівна інокуляція насіння сприяє інтенсивній нодуляції [62, 63].

Результати досліджень науковців засвідчують, що інокуляція насіння квасолі сприяє більш активному формуванню жвавих азотфіксуючих бульбочок. Активність ферменту нітрогенези має спроможність відновлювати не тільки азот, а й інші компоненти. Як стверджують Ю. М. Шкатула та ін., (2015), Д.С. Шляхтуров, (2014) на коренях квасолі ефективний симбіоз відзначається значною кількістю великих бульбочок рожевого кольору. Бульбочки білого та жовтуватого кольорів маленького розміру утворюються за менш активного симбіозу. [64, 65, 66]

Слід відмітити таку особливість культури, що на початку органогенезу бульбочки не утворюються на коренях рослини в пересушеному ґрунті (вологість нижча за 50–60 %)]. А нестача вологи в наступні фази вегетації спричиняє відмирання вже сформованих бульбочок [67].

Оптимальна вологозабезпеченість для нормального розвитку бульбочок та азотфіксації є 60–70 % від повної вологоємності. Перезволоженість ґрунту менш шкідлива, ніж її нестача [68].

Асортимент інокулянтів для квасолі та інших бобових культур розробляють Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового

виробництва НААН (м. Чернігів), в Інституті фізіології рослин і генетики НАН України (м. Київ) та різних приватних компаніях. Відомі препарати, які застосовуються для бактеризації насіння квасолі з метою покращення азотного живлення рослин та підвищення рівня продуктивності культури: Роколта, Ризоактив, Ризогумін, Ризостим, Ризобофит та інші, виготовлені на основі високоефективних штамів мікроорганізмів [69, 70].

Розвиток органічного виробництва насіннєвої продукції рослин є актуальним сьогодні завдяки низці екологічних, економічних та соціальних переваг. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва, яка відбувається в усьому світі, супроводжується негативним впливом на навколишнє середовище та погіршенням природної родючості ґрунту, без якої сільське господарство неможливе. Органічне зерно та його продукція є кориснішим для споживачів завдяки мінімізації негативного впливу токсичних та стійких хімічних речовин на здоров'я суспільства (Piwowar et al., 2021; Mazur et. al., 2021; Giampieri et. al., 2022). [71, 72, 73].

Температурні коливання, нестача вологи, так і її надлишок суттєво впливають на агротехнологічні заходи вирощування квасолі. Сама культура є вологолюбивою, але стабільність опадів не може бути прогнозована. За зміни клімату близько 10% сільгоспугідь вже відчують дефіцит вологи, і ця тенденція може посилитися через підвищення температури та зміни кількості опадів. За підвищення глобальної температури на 1,5°C, зниження кількості опадів може вплинути на 41% сіль господарських угідь, а за підвищення до 3°C — і до 77%. Знищення Каховської ГЕС у 2023 році завдало відчутної шкоди сільськогосподарській галузі, посилюючи вплив зміни клімату та створюючи додаткові виклики для водного дефіциту. [58, 74]

В кореневій системі різних видів рослин поширене явище асоціативної азотфіксації. Вільно існуючі азотфіксуючі бактерії відносяться до видів асоціативних бактерій, які співіснують у ґрунті за рахунок елементів живлення і енергії, яка безпосередньо знаходиться у ньому, тоді як симбіотичні - лише в ризосфері бобових культур [76,77].

У науковій спільноті і понині існує дискусія щодо необхідності внесення азотних добрив за вирощування бобових культур, так як азотні компоненти мають вплив на формування і функціонування бобово–ризобіального комплексу, починаючи від утворення ризосфери і бульбочок до процесу активної азотфіксації [78, 79]. Дослідники зазначають, що доцільно раціонально проводити поєднання біологічного і технічного азоту у використанні для покриття потреб бобових рослин та зниженні дефіциту балансу цього елемента в ґрунті. Вчені стверджують, що забезпечення сприятливих умов у живленні мінеральним азотом бобових культур можна підвищити врожайність. Тому не доцільно відмовлятися від обох джерел надходження азоту [ 76, 77, 80].

Зважаючи на велику кількість наукових публікацій, в яких досконало проведений і викладений аналіз біолого фізіологічних механізмів фіксації азоту атмосфери і молекулярного азоту бобовими, симбіотичного і автотрофного співвідношення азотного живлення зазначені питання не можуть вважатись всебічно дослідженими, так як з'явилися на ринку нові сорти. Ефективність використання фіксованого азоту і азоту з мінеральних добрив у квасолі залежить від сорту та ґрунтово кліматичних умов вирощування культури, тому врожайність від застосування інокуляції може підвищуватись, порівняно з внесенням азотних добрив [81, 82, 67, 70, 83].

У цьому ракурсі важливим чинником, який діє на утворення і розвиток корневих бульбочок, їх азотфіксуючу активність, є мінеральний азот, високий вміст якого у ґрунті сповільняє появу бульбочок і знижує інтенсивність азотфіксації, а зменшені дози азоту її стимулюють [84, 85].

Підсумовуючи вище викладене слід зазначити, що симбіотична азотфіксація є важливим науково-обґрунтованим чинником інтенсифікації вирощування бобових культур та необхідним агротехнічним заходом. Проте, щоб отримати заплановане від застосування інокуляції, необхідно враховувати дію і взаємодію таких чинників, як: ґрунтово кліматичні умови вирощування культури, сортові особливості,



потреба в живленні залежно від фаз органогенезу рослину та розрахунок та доцільність внесення добрив.

#### **1.4. Морфобіологічні особливості квасолі звичайної**

Квасоля (*Phaseolus vulgaris*) відноситься до родини бобових (Fabaceae), підродини метеликових, до роду *Phaseolus* об'єднує біля 250 видів, з яких 20 – дикоростучі. Рослина самозапильна (іноді запилення комахами), стебла з трійчастими листками в'ються або стеляться [22,23].

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 роки квасоля повільно формує боби та нерівномірно досягає. Квасоля має розвинену кореневу систему, корінь стрижневий, проникає на глибину 1 м з розгалуженням до 60 см. В орному шарі (0-25см) зосереджено 39-55% загальної маси коренів, у підорному (26-40 см) – 17-21% і в шарі 80-100см знаходиться тільки 3,3-6,5%. За сприятливих умов на коренях однієї рослини утворюється 500-700 бульбочок, ріст і розмноження яких відбувається за слабокислої і нейтральної реакції ґрунту. Також коріння квасолі не відмирає після дозрівання бобів, а рослина починає утворювати нові квітконоси [86, 87, 20]

Квасолі за ростовим процесом розподіляють на два типи: індетермінантний (незавершений) та детермінантний (завершений), має стійкість до розтріскування бобів. Детермінантний тип стійкий до хвороб і шкідників та придатний до механізованого збирання. Форми куща можуть бути: виткі, напіввиткі, з завитою верхівкою, напівкущові та кущові. Довжина стебла рослини може бути як в межах від дуже короткого (<20 см) до дуже довгого (>250 см). Маса 1000 штук насінин від дуже дрібного (<101 г) до дуже крупного (>800 г), з різним забарвленням. [43,46, 66, 72, 82].

Для нормального розвитку квасолі потребує вищих середньодобових температур, порівняно з горохом. Мінімальна температурний режим для формування 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 [39,40, 42]. Для росту необхідні оптимальні показники температури - 20-25°C, а для цвітіння – нище 35°C. Стебло квасолі трав'янисте, здерев'яніле біля основи, оголене, має зелене або фіолетове забарвлення, висота у детермінантних формах досягає 50см, трохи в'ється. Такі форми найбільш розповсюджені, не потребують опори і тому придатні до механізованого збирання [34-38, 82, 88].

У квасолі перші листки прості (примордіальні), один на проти одного розміщені, мають серцеподібну форму. Після них розміщуються справжні трійчасті листки, які згруповані з трьох самостійних листочків і з'єднані між собою. [82, 88].

Середній листок округло–продовгуватої форми, витягнуто–продовгуватої та широко яйцевидної. Верхівка листка – тупа, гостра або витягнута у сторону. Крайні листки однакової та асиметричні форми. Забарвлення різноматне – від світло–зеленого, жовтувато–зеленого, зеленого, темно–зелене, антоціанове. На стеблі справжні листки розміщуються спіралью у кількості від 10 до 50. Квітконоси утворюються у пазухах листків або на верхівці стебел у кількості 20-30 і більше. [36, 82, 88]. Рівномірність розміщення квітконосів на стеблі наділяє стійкість до вилягання кущу. Квітконоси можуть бути довші за черешок листка і досягають іноді 12-20 см. На кожному квітконосі утворюються від двох до восьми квіток, які зібрані у пазушні китиці з кількістю квіток у китиці може бути від двох до дванадцяти. Найчастіше зустрічається від двох до восьми квітів [88-91]. Квасоля самозапильна культура, за 4-5 годин до запилення, яке проходить за 12 годин до розкриття квітки, пилок дозріває у закритому бутоні. Квітка відкрита 2-3 доби, цвітіння китиці, продовжується 10-15 днів. Іноді у квасолі спостерігається і перехресне запилення, у кущових форм цвітіння закінчується через 20-23 доби, у скороплідних – 12-15 доби. Квітки і зав'язі квасолі у посуху засихають.

Плід квасолі – біб складається з двох стулок різної форми: прямі, або загнуті, мечевидні, серповидні, плоскі, циліндричні, гладкі, зморшкуваті; довжина – 6-25см, іноді 10-12см. Недозрілі боби мають різне забарвлення –

блідо–жовте, жовте, жовто–зелене, червоне, з червоно–фіолетовими плямами, антоціанове та інше. За дозрівання стають солом’яно– жовтими, кремовими [91, 92, 93, 87, 46].

Сорти, які мають тонкі стулки бобу, які щільно облягають зерно, не піддаються обмолоту. У багатьох сортів боби нижнього ярусу розміщені на висоті 8-10 см, що унеможливорює механізоване збирання урожаю.

Зерно квасолі за забарвленням дуже різниться і буває: біле та за різними відтінками (кремове, жовто–біле, жовте, зелене, оливкове, рожеве, коричневе, фіолетове, чорне та ін.) . Насіння за формою поділяється на чотири різновиди [21, 91]:

- насіння еліптичне (яйцевидне), довжина в 1,5 рази більша за ширину, товщина приблизно дорівнює ширині;
- насіння циліндричне, довжина в 2 рази більша за ширину;
- насіння нирковидне (сплюснуте), довжина в 1,5 рази більша за ширину;
- насіння округле (сферичне) – з однаковою шириною і товщиною.

За характером рисунку на насінні розрізняють наступні типи різнокольорового насіння: ятковий, плямистий, пістрявий, смугастий, мозаїчний та інше.

Маса 1000 насінин у середньому 160-300 г, на 25-30% може відхилятися від зазначеного показника і в основному залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування. Товщина і довжина насіння мінлива за сприятливих умовах наливу, у посушливих умовах вирощування насіння стає щупле. Насіння квасолі зберігає схожість до 5-6, максимум до 10 років, з вологістю до 15 %, якщо зібране за сприятливих погодних умов. [20, 21, 90, 57]

На сьогодні користуються шкалою BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und CHemische Industrie) є стандартизованою, уніфікованою десятковою системою кодування, розробленою для опису фенологічних стадій розвитку широкого спектру однодольних та дводольних видів рослин[91, 95].

Шкала BBCH поділяє весь цикл розвитку рослин на десять чітко розпізнаваних і розрізнявальних основних стадій росту (від 0 до 9), при цьому вторинні стадії (від 0 до 9) забезпечують більш точне визначення процесу в межах кожної основної стадії, що призводить до двозначного коду. Для деяких важливих стадій можуть використовуватися навіть тризначні коди для досконалої деталізації. *Phaseolus vulgaris* (квасоля звичайна) є дводольною рослиною, і шкала BBCH чітко застосовна до цього виду. (табл. 2.1)

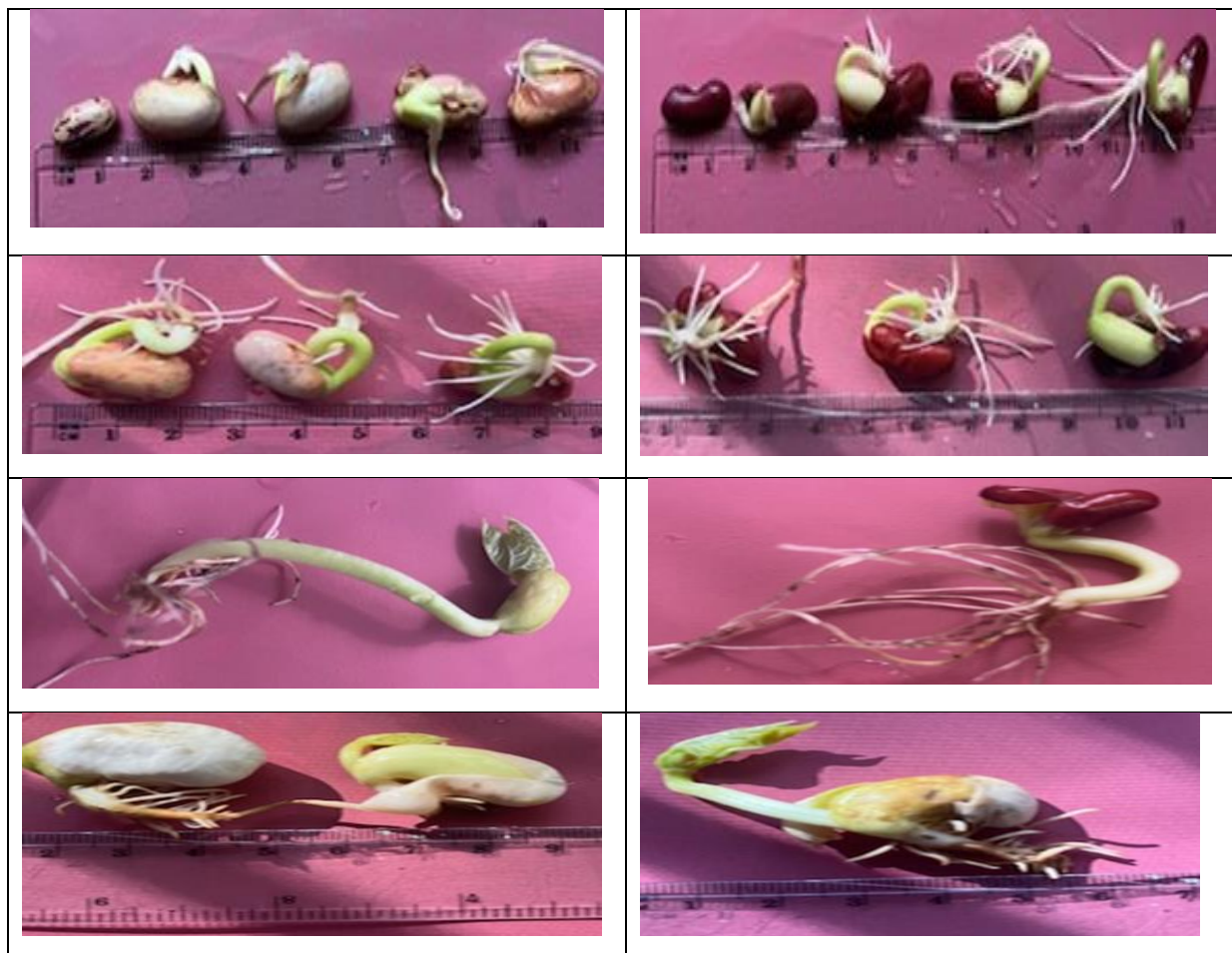
Таблиця 2.1

### Шкала BBCH для *Phaseolus vulgaris* []

Код BBCH	Опис
<b>0: Проростання</b>	
00	Сухе насіння
01	Початок набрякання насіння
03	Набрякання насіння завершено
05	З'явився корінець з насіння
07	Гіпокотиль з сім'ядолями пробивається крізь насіннєву оболонку
08	Гіпокотиль досягає поверхні ґрунту; видно арку гіпокотіля
09	Сходи: гіпокотиль з сім'ядолями пробивається крізь поверхню ґрунту ("стадія розтріскування")
<b>1: Розвиток листя</b>	
10	Сім'ядолі повністю розгорнуті
11	Перший справжній листок (перша пара листків) розгорнутий
12	2 повністю розгорнуті листки (перша пара листків)
13	3-й справжній листок (перший трійчастий листок) розгорнутий
19	9 або більше листків (2 повністю розгорнуті листки, 7 або більше трійчастих) розгорнуті
<b>2: Формування бічних пагонів</b>	
21	Видно перший бічний пагін
29	9 або більше бічних пагонів видно
<b>5: Поява суцвіть</b>	
51	Видно перші квіткові бруньки
55	Перші квіткові бруньки збільшилися
59	Видно перші пелюстки, квіти ще закриті
<b>6: Цвітіння</b>	
60	Відкрилися перші квіти (спорадично в популяції)

Код ВВСН	Опис
61	Початок цвітіння: 10% квітів відкриті (для сортів з обмеженим періодом цвітіння) або Початок цвітіння (для сортів з необмеженим періодом цвітіння)
65	Повне цвітіння: 50% квітів відкриті (для сортів з обмеженим періодом цвітіння) або Основний період цвітіння (для сортів з необмеженим періодом цвітіння)
69	Кінець цвітіння: видно перші стручки (для сортів з обмеженим періодом цвітіння)
<b>7: Розвиток плодів</b>	
71	10% стручків досягли типової довжини (для сортів з обмеженим періодом цвітіння) або Початок розвитку стручків (для сортів з необмеженим періодом цвітіння)
75	50% стручків досягли типової довжини, боби починають наповнюватися (для сортів з обмеженим періодом цвітіння) або Основний період розвитку стручків (для сортів з необмеженим періодом цвітіння)
79	Стручки: окремі боби легко поміпні (для сортів з обмеженим періодом цвітіння)
<b>8: Дозрівання плодів та насіння</b>	
81	10% стручків дозріли (боби тверді) (для сортів з обмеженим періодом цвітіння) або Насіння починає дозрівати (для сортів з необмеженим періодом цвітіння)
85	50% стручків дозріли (боби тверді) (для сортів з обмеженим періодом цвітіння) або Основний період дозрівання (для сортів з необмеженим періодом цвітіння)
89	Повністю дозрілі: стручки дозріли (боби тверді)
<b>9: Старіння</b>	
97	Рослини мертві
99	Зібраний продукт

У стані фізіологічного спокою (за виключення дихання) дозріле насіння має вологість 12-16%. Процес дихання починається з набубнявіння насінини, а за наявності достатньої кількості тепла і вологи починає проростає. Зародковий корінець розриває оболонку насінини і з нього розвивається корінь. У наступну фазу швидко росте підсім'ядольне коліно, яке виносить на поверхню ґрунту асимілюючі сім'ядолі (Рис.1.1)



**Рис. 1.1. Початок розвитку квасолі (00-09 за шкалою ВВСН), фото автора**

У цей період поживні речовини у сім'ядолях – основне джерело живлення рослини. Пізніше починають розвиватися первинні листки, через декілька днів з'являється два перших справжніх (трійчастих) листки і проходить накопичення вегетативної маси [91, 96,97].

У квасолі розрізняють основні і важливі три періоди:

- від сівби до появи сходів;
- від появи сходів до цвітіння;
- від цвітіння до дозрівання насіння на рослині.

Тривалість періоду органогенезу квасолі від появи сходів до цвітіння залежить від температури, вологості, умов живлення рослин квасолі.



**Рис. 1.2. Розвиток листків квасолі (10-19 за шкалою ВВСН), фото автора**

У цей період інтенсивно розвивається коренева система культури і рослина на цьому етапі дуже потребує вологи, бо в подальшому буде більш стійка до посухи. Період від цвітіння до дозрівання та його тривалість ще у більшій мірі залежить від наявності тепла і вологи. А от у перезволоженому ґрунті дозрівання квасолі сповільняється. [96,97].



**Рис. 1.3. Розвиток кореневої системи квасолі, фото автора**

Квасоля теплолюбива рослина, і особливо вибаглива до світла на початку органогенезу і потребує мінімального освітлення, 2400 люкса. Задля проростання насіння культура потребує мінімальної температури 10-12°C. За низької



температури 7°C насіння проростання сповільнюється або зовсім загниває. Сходи рослин квасолі чутливі до приморозків і за температури 1-2°C гинуть. Сформовані рослини витримують короточасні приморозки до -2°C.



**Рис. 1.4. Цвітіння квасолі (60-69 за шкалою ВВСН), фото автора**

У фазу цвітіння потреба в освітленні зменшується. А от потужне затінення викликає витягування рослини, вони слабшають і як наслідок врожайність знижується. Показник освітлення сильно змінюється залежно від густоти і є одним із лімітуючих факторів росту і розвитку рослин квасолі [92, 93, 94]. У цей період рослини дуже чутливі до зниження температури, так як велика кількість квіток може опати. А от підвищення середньодобової температури повітря скоротить фазу органогенезу цвітіння – дозрівання. Слід відмітити, що у ранній період органогенезу квасоля спроможна переносити спеку, порівняно з періодом цвітіння. У зазначений період цвітіння та формування бобів занадто високі температури призводять до обпадання бутонів, квіток і навіть молодих бобів. Тому, оптимальною температурою для органогенезу квасолі є 20-27°C, хоча і за температури 15°C (не нижще) культура проходить всі етапи органогенезу.





**Рис. 1.5. Розвиток плодів квасолі (71-79 за шкалою ВВСН), фото автора**



**Рис. 1.6. Дозрівання та старіння плодів квасолі (81-99 за шкалою ВВСН), фото автора**

Як зазначають дослідники, у змішаних та бінарних посівах з кукурудзою, картоплею квасоля спроможна переносити не значне затінення. Сформовані листки квасолі спроможні підніматися і опускатися, при цьому регулювати

надходження світла, не допускаючи їх перегрівання за високоінтенсивного освітлення (фототропізму). У вечірній період доби, основний черешок листка піднімається, а пластинки листка схиляються верхівками донизу. За посухи і потужному освітленні і нагріванні сонця, пластинки листка похиляються до низу.[91-95]. Її вирощують на середньозв'язних суглинках і чорноземах та мергелистих ґрунтах, багатих на гумус і сполуки кальцію. Ґрунти засолені, холодні, ущільнені з близьким заляганням ґрунтових вод вирощувати її не доцільно. А кислі піщані ґрунти зовсім не придатні. Розміщувати квасолі звичайну бажано на південних схилах, де ґрунт швидше і більше прогрівається. Під час травневих приморозків квасолі може загинути.

Задля формування бутону квітки для розміщення стручка потрібна достатня кількість вологи. Занадто багато чи занадто мало вологи, або підвищення температури є причиною цвітіння і опадання стручка. Тільки за сприятливих ґрунтово-кліматичних умов, оптимальній густоті за широкорядного способу сівби адаптованих сортів культури квасолі звичайної формує високі і сталі врожаї. За густоти від 500 до 800 тис. шт./га (загущення не значне) рослин квасолі звичайної висота прикріплення нижніх бобів підвищується. Сівба культури проводиться на глибині до 4-8 см з температурою ґрунту від 12°C. Рекомендується проводити останній строк сівби не пізніше третьої декади червня ранньостиглими сортами. Сівбу насіння кущових і напівкущових сортів квасолі проводять 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. Сорти квасолі напіввиткої форми висівають три- і чотири стрічковими способами з шириною міжрядь 50-60 см, відстань між рядками в стрічці 20 см. Розміщення насіння у рядку на відстані 8-12 см. Норма висіву в середньому становить від 20 до 60 г/м<sup>2</sup>. Міжряддя розпушують на 4-6 см після з'явлення сходів, у подальшому цю операцію проводять 2-3 рази. Через 12-18 діб після цвітіння починають збір бобів квасолі на лопатку в технічній стиглості.

Найбільш слабкою ланкою в технологічному процесі вирощування квасолі є придатність сортів до механізованого збирання. Для механізованого збирання

сортів повинні бути кущовими або зі слабовиткою верхівкою та високим прикріпленням нижніх бобів, стійких до розтріскування, а зерна до травмування та осипання під час збирання.

На сьогодні виведені високоврожайні сорти квасолі, які придатні до повної механізованої технології вирощування, вони мають кущову неполягаючу форму стебел, з високим прикріпленням нижніх бобів, з рівномірним дозріванням і придатних до збирання врожаю прямим комбайнуванням.

### **Висновки до розділу 1 :**

1. У представленому розділі проаналізовані вітчизняні та зарубіжні наукові джерела господарського значення та поширення бобових культури, стан та перспективи їх вирощування, біологічних особливостей та характеристик органогенезу квасолі звичайної за змін клімату та залежно від елементів агротехнології вирощування.

2. Результати досліджень, викладені у наукових та загальних інформаційних джерелах, надають підставу стверджувати, що в землеробстві використання біологічного азоту, (який є джерелом мінерального і біологічного азоту) проходить завдячуючи стабілізації землекористування, оптимізації структури посівних площ та розроблянню і впровадженню високоефективних елементів ресурсозберігаючих технологій, які спроможні реалізувати потужний потенціал агроєкосистем з використанням біологічних можливостей культури квасолі звичайної.

3. Аналіз джерел засвідчує, що аграріями України культурі квасолі звичайної не приділяється належної уваги, хоча попит і ціна на її зерно у світі постійно зростають. Причинами цього є низька продуктивність культури, відсутність сортів та сучасної техніки для механізованого збирання, недосконалість елементів високоврожайної технології вирощування, недостатнє використання можливостей біологічної азотфіксації, ряд негативних факторів організаційно - економічного характеру стримують вирощування квасолі у виробничих умовах

4. Зважаючи на суттєві та стрімкі зміни клімату, нестабільну та мінливу врожайність сортів квасолі звичайної в Правобережному Лісостепу України, є необхідність у комплексному дослідженні щодо вибору адаптованих сортів культури у поєднанні з різними сучасними елементами технології вирощування культури. Розв'язанню цих проблем і присвячена дана робота.

З опрацьованих наукових джерел застосування оптимальних норм органо-мінеральних добрив та високоефективних біопрепаратів, які спроможні за комплексного застосування забезпечити реалізацію продуктивного потенціалу адаптованих сортів, придатних до механізованого збирання та комбайного обмолу зерна є основними чинниками удосконалення елементів агротехнологій вирощування квасолі звичайної.

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

1. Drobitko, A., Kachanova, T., Markova, N., Manushkina, T., Tarabrina, A.-M. Aspects of legume growth in Ukraine. Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science. Vol. 28, No. 2. PP.9-20. DOI: 10.56407/bs.agrarian/2.2024.09
2. Мазур, В., Гончарук, І., Дідур, І., Панцирьова, Г., Телекало, Н., & Купчук, І. (2021). Інноваційні аспекти технології вирощування, зберігання та переробки бобових культур. Вінниця : Нілан-ЛТД. 180
3. Leschuk, N., Melnyk, S., Marchenko, T., Kokhovska, I., & Sytnyk, V. (2022). Historical aspects of the formation of national plant varietal resources in Ukraine. Plant Varieties Studying and Protection, 18(3), 209-219. doi: 10.21498/2518-1017.18.3.2022.269003 .
4. Kulyk, I. (2019). Analysis of impediments to grain export from Russia, Ukraine and Kazakhstan: Three essays. Halle: Leibniz Institute of Agricultural Development in Transition Economies. doi: 10.22004/ag.econ.296495.
5. Yigezu, Y.A., et al. (2021). Institutional and farm-level challenges limiting the diffusion of new varieties from public and CGIAR centers: The case of wheat in Morocco. Food Security, 13, 1359-1377. doi: 10.1007/s12571021-01191-7.
6. Singh, A., Schöb, C., & Iannetta, P.P.M. (2023). Nitrogen fixation by common beans in crop mixtures is influenced by growth rate of associated species. BMC Plant Biology, 23, article number 253. doi: 10.1186/s12870-02304204-z.
7. Dessalegn, B., Asnake, W., Tigabie, A., & Le, Q.B. (2022). Challenges to adoption of improved legume varieties: A gendered perspective. Sustainability, 14(4), article number 2150. doi: 10.3390/su14042150.
8. Krupchan, O., & Korol, V. (2022). Food security modern international law and rule-making priorities of Ukraine. Entrepreneurship, Economy and Law, 6, 112-121. doi: 10.32849/2663-5313/2022.6.17

9. Lagerquist, E., Vogeler, I., Kumar, U., Bergkvist, G., Lana, M., Watson, C.A., & Parsons, D. (2024). Assessing the effect of intercropped leguminous service crops on main crops and soil processes using APSIM NG. *Agricultural Systems*, 216, article number 103884. doi: 10.1016/j.agsy.2024.103884.

10. Abobatta, W.F., Hegab, R.H., & El-Hashash, E.F. (2022). Challenges and opportunities for the global cultivation and adaptation of Legumes B. opportunities for increasing legumes production and availability. *Annals of Agricultural & Crop Sciences*, 7(1), article number 1107. doi: 10.26420/annagriccropsci.2022.1107.

11. Kodgire, S., Saxena, N., Chandrashekharaiyah, P.S., Sanyal, D., & Dasgupta, S. (2022). Assessing technical and commercial aspects of soil microbiome in growing leguminous plants and formation of bio-fertilizer. In *Bioprospecting of microbial diversity: Challenges and applications in bio-chemical industry, agriculture and environment protection* (pp. 93-115). Amsterdam: Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-323-90958-7.00021-2.

12. Сівак Н. В., Бахмат М. І. Особливості росту й розвитку рослин та сортова продуктивність зерна квасолі звичайної в умовах Лісостепу західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. (2023). № 40. С. 60-65 DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.9>

13. Glauben, T., Svanidze, M., Götz, L., Prehn, S., Jaghdani, T.J., Đurić, I., & Kuhn, L. (2022). The war in Ukraine, agricultural trade and risks to global food security. *Intereconomics*, 57, 157-163. doi: 10.1007/s10272-022-1052-7.

14. Zandalinas, S.I.; Fritschi, F.B.; Mittler, R. Global Warming, Climate Change, and Environmental Pollution: Recipe for a Multifactorial Stress Combination Disaster. *Trends Plant Sci.* 2021, 26, 588–599.

15. Chojnacka, K.; Moustakas, K.; Witek-Krowiak, A. Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy. *Bioresour. Technol.* 2020, 295, 122223.

16. van Dijk, M.; Morley, T.; Rau, M.L.; Saghai, Y. A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for the period 2010–2050. *Nat. Food* 2021, 2, 494–501.

17. Morugán-Coronado, A.; Linares, C.; Gómez-López, M.D.; Faz, Á.; Zornoza, R. The impact of intercropping, tillage and fertilizer type on soil and crop yield in fruit orchards under Mediterranean conditions: A meta-analysis of field studies. *Agric. Syst.* 2020, 178, 102736.
18. Ghimire, R.; Norton, U.; Bista, P.; Obour, A.K.; Norton, J.B. Soil organic matter, greenhouse gases and net global warming potential of irrigated conventional, reduced-tillage and organic cropping systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 2017, 107, 49–62.
19. El-Noemani, A.A.; Aboellil, A.A.A.; Dewedar, O.M. Influence of irrigation systems and water treatments on growth, yield, quality and water use efficiency of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Int. J. ChemTech Res.* 2015, 8, 248–258.
20. da Conceição, C.G.; Robaina, A.D.; Peiter, M.X.; Parizi, A.R.C.; da Conceição, J.A.; Bruning, J. Economically optimal water depth and grain yield of common bean subjected to different irrigation depths. *Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.* 2018, 22, 482–487. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n7p482-487>
21. Abebe, A.; Tsige, A.; Work, M.; Enyew, A. Optimizing irrigation frequency and amount on yield and water productivity of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in NW Amhara, Ethiopia: A case study in Koga and Ribb irrigation scheme. *Cogent Food Agric.* 2020, 6, 1773690.
22. Campos, K.; Schwember, A.R.; Machado, D.; Ozores-Hampton, M.; Gil, P.M. Physiological and yield responses of green-shelled beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown under restricted irrigation. *Agronomy* 2021, 11, 562.
23. Alvares, R.C.; Silva, F.C.; Melo, L.C.; Melo, P.G.S.; Pereira, H.S. Estimation of genetic parameters and selection of high-yielding, upright common bean lines with slow seed-coat darkening. *Genet Mol Res.* 2016, 15, gmr15049081.
24. Rai, P.K.; Singh, M.; Anand, K.; Saurabh, S.; Kaur, T.; Kour, D.; Yadav, A.N.; Kumar, M. Role and Potential Applications of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria for Sustainable Agriculture; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands, 2020; ISBN 9780128205266.

25. Niu, B.; Wang, W.; Yuan, Z.; Sederoff, R.R.; Sederoff, H.; Chiang, V.L.; Borriss, R. Microbial Interactions Within Multiple-Strain Biological Control Agents Impact Soil-Borne Plant Disease. *Front. Microbiol.* 2020, 11, 2452.
26. Negi, S.; Bharat, N.K.; Kumar, M. Effect of seed biopriming with indigenous pgpr, rhizobia and trichoderma sp. On growth, seed yield and incidence of diseases in french bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Legum. Res.* 2021, 44, 593–601.
27. Savvas, D.; Gruda, N. Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry—A review. *European Journal of Horticultural Science*, 2018, 83, 280–293.
28. Pastor-Bueis, R.; Jiménez-Gómez, A.; Barquero, M.; Mateos, P.F.; González-Andrés, F. Yield response of common bean to co-inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas* endophytes and microscopic evidence of different colonised spaces inside the nodule. *European Journal of Agronomy*. 2021, 122, 126187.
29. Безугла О. М. Вирішення проблеми виробництва квасолі через використання сортів Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської обл.* 2016. Вип. 20. С. 91–98
30. Mahmood, N., Arshad, M., Kächele, H., Ma, H., Ullah, A., Müller, K. 2019. Wheat yield response to input and socioeconomic factors under changing climate: Evidence from rainfed environments of Pakistan. *Science of the Total Environment*, 688, 1275–1285. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.266>
31. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Pantsyreva H.V., Didur I.M., Mazur K.V., Alekseev O.O. Photosynthetic productivity of potato plants depending on the location of rows placement in agrophytocenosis. *EM International's Ecology, Environment, and Conservation page*. 2020. 26(2), 46–55
32. Dumpis, J., Lagzdins, A., Sics, I. 2021. Delineation of catchment area for the lake Kisezers for environmental sustainability. *Agronomy Research*, 19(4), 1718–1733. <https://doi.org/10.15159/AR.21.137>
33. Цибрій-Сівак Н.В., Бахмат М.І. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від сортів, інокуляції та удобрення. *Подільський вісник:*



*сільське господарство, техніка, економіка*. 2022. Вип. 2 (37). С. 32-40.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-59>.

34. Mazur V., Pantsyreva H., Honchar M. Research assessment of the quality a legumes by economic and value indicators. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. No 1 (28). С. 5-16. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-1>

35. Безугла О. М. Джерела квасолі звичайної (PHASEOLUS VULGARIS L.) за придатністю до механізованого збирання. *Генетичні ресурси рослин*. 2017. № 21. С. 41–52.

36. Безугла О. М., Лучна І. С., Сокол Т. В. Адаптивність квасолі до умов довколишнього середовища. *Селекція і насінництво*. 2004. Вип. 88. С. 83–90

37. Іванюк С. В., Глявин А. В. Оцінка сортозразків квасолі звичайної за вегетуючими ознаками. *Бюллетень Никитського ботаничного саду*. 2009. Вип. 99. С. 60–65.

38. Кобизєва Л. Н., Безугла О. М., Тertiшний О. В. Потенціал зернобобових культур для створення сортів, придатних до механізованого збирання урожаю. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 10–15.

39. Мазур О. В., Колісник О. М., Телекало Н. В. Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2017. № 7. Т. 2. С. 33–39.

40. Безугла О. М. Висота розташування бобів на рослині квасолі – важлива селекційна ознака. *Селекція і насінництво*. 1999. Вип. 82. С. 74–78.

41. 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

42. Оліфірович С. Й., Оліфірович, В. О. Урожайність вітчизняних сортів квасолі звичайної (зернової) в умовах південної частини Лісостепу західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020. Вип. 68 (І). С. 162-175.

43. Овчарук О. В. Агроекологічна характеристика сортів квасолі звичайної та їх продуктивність в умовах Західного Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. Вип. 85. С. 92–97.
44. Овчарук О. В. Продуктивність сортів квасолі в умовах Західного Лісостепу. Наукові доповіді НУБіП. 2014. № 45. Травень. URL: <http://nbuv.gov.ua/j>
45. Шляхтуров Д. С. Урожайність квасолі звичайної залежно від технології вирощування і погодних умов. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. Київ, 2008. Вип. 334. С. 85–89.
46. Оліфірович С.Й. Вивчення сортозразків квасолі звичайної на придатність до механізованого збирання в умовах південної частини Лісостепу Західного. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту — Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення*. 2015. Вип. 26 (66). С. 148-153.
47. Андреев О. А., Овчарук О. В. Динаміка процесів розтріскування бобів квасолі під час механізованого збирання врожаю: *Збірник наукових праць Подільського держ. аграр.-технч. Університету*. 2004. Вип. 12. С. 63–65.
48. Силенко С. І. Аналіз сортозразків квасолі звичайної за придатністю до механізованого збирання врожаю. *Вісник Полтавської держдержавної аграрної академії*. 2010. № 3. С. 68–71.
49. Zhao, J., Bindi, M., Eitzinger, J., Ferrise, R., Gaile, Z., Gobin, A., Holzkämper, A., Kersebaum, K.-C., Kozyra, J., Kriaučiūnienė, Z., Loit, E., Nejedlik, P., Nendel, C., Niinemets, Ü., Palosuo, T., Peltonen-Sainio, P., Potopová, V., Ruiz-Ramos, M., Reidsma, P., Rijk, B., Trnka, M., van Ittersum, M.K., Olesen, J.E. 2022. Priority for climate adaptation measures in European crop production systems. *European Journal of Agronomy*, 138, 126516. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126516>
50. Jones KM, Kobayashi H, Davies BW, Taga ME, Walker GC.. How rhizobial symbionts invade plants: the Sinorhizobium-Medicago model. *Nature Reviews Microbiology*, 2007. 5: 619-633. DOI:10.1038/nrmicro1705

51.Ketehouli, T. , Sossah, F ., Panwala, R., Suazo, A- K., Goss, E., Garcia, F, Vallad, G., Martins, S. Secondary metabolites in plant-microbe interactions. Journal of Applied Microbiology 2025.136(6). DOI:10.1093/jambio/lxaf124

52.Kumar A., Omae H., Egawa E.and other. Adaptation to heat and drought stresses in snap bean (*Phaseolus vulgaris*) during reproductive stage of development. Japanese Agricultural Research Quarterly. 2006. Vol. 40. P. 213-216.

53.Barros, R.L.N.; De Oliveira, L.B.; De Magalhães, W.B.; Pimentel, C. Growth and yield of common bean as affected by seed inoculation with rhizobium and nitrogen fertilization. Exp. Agric. 2018, 54, 16–30.

54.Massa, N.; Cesaro, P.; Todeschini, V.; Capraro, J.; Scarafoni, A.; Cantamessa, S.; Copetta, A.; Anastasia, F.; Gamalero, E.; Lingua, G.; et al. Selected autochthonous rhizobia, applied in combination with AM fungi, improve seed quality of common bean cultivated in reduced fertilization condition. Appl. Soil Ecol. 2020, 148, 103507.

55. Vasconcelos, M.W.; Grusak, M.A.; Pinto, E.; Gomes, A.; Ferreira, H.; Balázs, B.; Centofanti, T.; Ntatsi, G.; Savvas, D.; Karkanis; et al. The biology of legumes and their agronomic, economic, and social impact. In The Plant Family Fabaceae: Biology and Physiological Responses to Environmental Stresses; Hasanuzzaman, M., Araújo, S., Gill, S.S., Eds.; Springer Nature: Singapore, 2020; pp. 3–25

56.Чинчик О. С. Особливості формування показників фотосинтетичної продуктивності квасолі звичайної під впливом екограну і мінеральних добрив. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН*. 2014. Вип.22. С. 88-92.

57.Omae H., Kumar A., Egawa E. and other. Assessing drought tolerance of snap bean (*Phaseolus vulgaris*) from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters. Plant Production Science. 2007. Vol. 10. P. 28-35.

58.Kebede, E. Contribution, utilization, and improvement of legumes-driven biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, (2021). 5. doi: 10.3389/ fsufs.2021.767998.

- 59.Патика В. П, Петриченко В. Ф. Мікробна азотфіксація у сучасному кормовиробництві. *Корми і кормовиробництво*. 2004. Вип. 53. С. 3 – 11.
- 60.Моргун В. В. Живлення рослин: теорія і практика. К.; Логос, 2005. 471с.
61. 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.
62. Медведовський О. К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ. Урожай. 1988. 208 с.
63. Волкогон В. В., Дімова С. Б., Волкогон К. І., Комок .. Нові біологічні препарати комплексної дії на основі активних штамів азотфіксувальних бактерій та фізіологічно активних речовин. *Фізіологія рослин : проблеми та перспективи розвитку*: 2 т. / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; Голов. ред. В. В. Моргун. К.: Логос, 2009. Том 1. С. 393-403.
64. Шкатула Ю. М., Паламарчук І. І., Петровець В. А. Екологічна доцільність використання ефективних мікроорганізмів у відновлювальних процесах ґрунтів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. № 4. С. 73-76.
65. Шляхтуров Д. С. Вплив елементів технології вирощування на ріст і розвиток рослин квасолі. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 4. С. 90-94.
66. Шляхтуров, Д. С., Голодна А. В., Любич О. Я. Вплив регуляторів росту на урожайність квасолі. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2014.
67. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Монографія. / В. В. Волкогон, О. В. Надкернична, Т. М. Ковалевська та ін. За ред. В. В. Волкогона. К.: Аграрна наука. 2006. 312 с.
68. Біологічно активні речовини в рослинництві / Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. К. : ЗАТ «Нічлава», 2008. 352

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

70. Крутило Д. В., Надкренична О. В., Шерстобоева О. В. Різноманіття бульбочкових бактерій квасолі в агроценозах України. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 3. С. 117-125.

71. Piwowar, A., Dzikuć, M., Dzikuć, M. 2021. Water management in Poland in terms of reducing the emissions from agricultural sources – current status and challenges. *Cleaner Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100082>

72. Mazur V., Didur I., Tkachuk O., Pantsyрева H., Ovcharuk V. 2021. Agroecological stability of cultivars of sparsely distributed legumes in the context of climate change. *Scientific Horizons*. 24(1), 54–60. [https://doi.org/10.48077/scihor.24\(1\).2021.54-60](https://doi.org/10.48077/scihor.24(1).2021.54-60)

73. Giampieri, F., Mazzoni, L., Ciancesi, D., AlvarezSuarez, J.M., Regolo, L., SánchezGonzález, C., Capocasa, F., Xiao, J., Mezzetti, B., Battino, M. Organic vs conventional plant-based foods: A review. *Food Chemistry*, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132352>

74. Kodgire, S., Saxena, N., Chandrashekharaiyah, P.S., Sanyal, D., & Dasgupta, S. Assessing technical and commercial aspects of soil microbiome in growing leguminous plants and formation of bio-fertilizer. In *Bioprospecting of microbial diversity: Challenges and applications in bio-chemical industry, agriculture and environment protection*. (2022). (pp. 93-115). Amsterdam: Elsevier. doi: 10.1016/B978-0-323-90958-7.00021-2

75. Методичні основи прискорення селекційного процесу сортів квасолі звичайної: методичні рекомендації. О. М. Могильна, І. М. Підлубенко, О. М. Біленька, Н. О. Кирюхіна, Л. Ю. Штепа. Київ: Аграрна наука, 2021. 48 с.

76. Голодна А. В., Камінський В. Ф. Вплив інокуляції насіння на урожайність квасолі. Збірник наукових праць Уманського ДАУ. Умань, 2003. С. 255-258.

77. Голодна А. В., Камінський В. Ф., Шляхтуров Д. С. Шляхи підвищення продуктивності квасолі в умовах північного Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2004. Вип. 53. С. 63-73.
78. Доктор Н. М., Новицька Н. В., Мартинов О. М. Вегетація квасолі під впливом передпосівної інокуляції насіння та удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 45-48.
79. Технологія вирощування квасолі. Фермерське господарство. 2010. №33. С. 21.
80. Іванюк С. Зернова квасоля. The Ukrainian FARMER. 2015. № 3. С. 96–97.
81. Farzaneh Zamani, Naser Majnoun, Hosseini, Mostafa Oveisi, Kiavash Arvin, Ehsan Rabieyan, Zahra Torkaman, Daniel Rodriguez. Rhizobacteria and Phytohormonal interactions increase Drought Tolerance in Phaseolus vulgaris through enhanced physiological and biochemical efficiency. *Scientific Reports*. 2024. 14(1). DOI:10.1038/s41598-024-79422-y
82. Коць С. Я. Роль біологічного азоту у підвищенні продуктивності сільськогосподарських рослин. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2001. Т. 33. № 3. С. 208-215.
83. Цибрій-Сівак Н. В., Бахмат М. І. Ресурсозберігаюче і екологічне значення біологічної азотфіксації квасолі звичайної. Сільськогосподарські науки. Хмельницька область. *Електронний науковий журнал «Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка»*. м. Кам'янець-Подільський, 2023. Вип. 39. С. 41-48.
84. Доктор Н. М., Новицька Н. В. Вплив мінеральних добрив та інокуляції насіння на симбіотичну діяльність рослин квасолі звичайної. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2019. Вип. 105. Т. 1. С. 45-51.

85. Ковальчук Д. П. Продуктивність сортів квасолі у фазу технічної стиглості бобів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. № 149. С. 303-306
86. Гайдай Л. С. Індивідуальна продуктивність і урожайність квасолі звичайної в умовах Правобережного Лісостепу України. *Екологія та охорона навколишнього середовища*. № 7 (Том 1). 2017. С. 168-177.
87. Камінський В. Ф., Вишнівський П. С. Вплив чинників інтенсифікації на ріст, розвиток та продуктивність квасолі. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2008. Вип. 2. С. 51-55.
88. Elberth Hernando Pinzón-Sandoval, Federal University of Lavras, Wellington Carvalho Silva Paulo Eduardo Ribeiro Marchiori. Phenology, mass accumulation patterns and growing degree days in common bean: Fenología, patrones de acumulación de masa y grados día de crecimiento en frijol común. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 2024 41(3):e3239. DOI:10.22267/rcia.20244103.239
89. Florentino da Silva, K. G., Rozatto, P. V. de Magalhães, de Juiz, U. F. de Fora, de Oliveira e Sousa K., Hudson. L. D., et al. Bean leaf image dataset annotated with leaf dimensions, segmentation masks, and camera calibration. *Data in Brief* . 2025. 59(1):111-328 DOI:10.1016/j.dib.2025.111328
90. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: Українські технології, 2006. 730 с.
91. Adailza guilherme Cavalcante, Leandro Borges Lemos, Flávia Meirelles, Alian Cássio Pereira Cavalcante, Leonardo Angelo Aquino. Thermal sum and phenological descriptions of growth stages of the common bean according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*. 2020. 176(3). DOI:10.1111/aab.12571
92. Крутило Д. В., Надкренична О. В., Шерстобоева О. В. Різноманіття бульбочкових бактерій квасолі в агроценозах України. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 3. С. 117-125.
93. Сайко О. Ю. Ефективний спосіб вирощування квасолі звичайної. *Овочівництво і багтанництво*. 2015. Вип. 61. С. 200-206.

94. Шкатула Ю. М., Паламарчук І. І., Петровець В. А. Екологічна доцільність використання ефективних мікроорганізмів у відновлювальних процесах ґрунтів. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету*. 2015. № 4. С. 73-76.

95. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants BBCH Monograph edited by Uwe Meier Julius Kühn-Institut (JKI). Quedlinburg 2018. 204 P. DOI: 10.5073/20180906-074619

96. Дудчак Т. В. Стан і перспективи виробництва в Україні зерна квасолі. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського університету*, 2007. № 15. С. 92–96.

97. Методика Державного сортовипробування сільськогосподарських культур. К., 2004. Вип. 3. 78 с.

98. Аверченко В.І. Самойленко Н. М. Ґрунтознавство: навч. пос. Харків : Мачулін, 2018. – 118 с.



## РОЗДІЛ 2

### ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1 Місце проведення досліджень та ґрунти дослідної ділянки

Дослідження проводились упродовж 2023 – 2025 рр. на дослідному полі Уманського національного університету МОН України. Зазначена територія відноситься до південної частини Правобережного Лісостепу України.

Ґрунтовий покрив дослідного поля – важкосуглинкові чорноземи опідзолені

на лесі. Для ґрунтів сформованих на лесах характерно потужний вбирний комплекс, що сприяє формуванню високої родючості та забезпечує гарні водо-фізичні властивості. Відповідно до геоморфологічного районування області, земельні угіддя установи розташовані на лесовому акумулятивному плато. Відповідно ґрунтоутворюючими породами є леси. Мають гарну водопроникність, тонкозернисті по структурі, вміст карбонатів кальцію в межах від 4 до 23 %.

Морфологічна структура профілю чорнозему має таку характеристику: горизонт Н (гумусовий) від 0 до 38-46 см, орний шар – 22-27 см, тип - темно-сірий, пилювато-грудкуватий, важкосуглинковий. Нижче, від 27 до 46 см залягає під орний шар, темно-сірий із грудкувато-зернистою структурою, ущільнення не значне. Горизонт НР (гумусово-перехідний) від 38-46 до 60-65 см, темно-сірий з бурим забарвленням, який нище стає світлішим, з грудкувато-горіхуватою структурою, щільний; перехід у наступний шар суттєво помітний. Горизонт РНк (перехідний) від 60-65 до 80-90 см; забарвлення нерівномірно сірувато-бурувате, донизу світлішає, структура - грудкувато-горіхувата, щільна. Поступовий перехід до материнської породи, помітні виділення карбонатів у вигляді псевдоміцелія. Горизонт Рк (материнська порода) 80-90 см і нижче; забарвлення бурувато-палеве, карбонатний, пористий, важкосуглинковий лес. На зазначеній глибині спостерігаються виділення карбонатів у вигляді білоглазки.

Механічний склад орного шару чорноземів, на яких функціонували агроценози сільськогосподарських культур, характеризується таким вмістом: пилу (часток від 0,05 до 0,01 мм) від 44,0 до 45,0%, фізичної глини (часток менше 0,01 мм) від 49,1 до 52,7%, з яких мулистих часток (менше 0,001 мм) від 29,7 до 35,1%. По профілю ґрунту механічний склад практично не змінюється і визначається як важкосуглинковий, мулувато-крупнопиловатий.

Основні агрохімічні компоненти цих чорноземів характеризуються наступними показниками. Вміст гумусу в орному шарі змінюється від 2,0 до 3,5%. З глибиною кількість його поступово зменшується і в під орному шарі досягає 2,2-2,5%, а на глибині 40-60 см – 0,9-1,4%.

Поглинені луґи в ґрунті представлені кальцієм і магнієм. Вміст кальцію в орному шарі складає 27,9-31,2, тоді як магнію дорівнює тільки 4,9-5,6 мг екв. на 100 г абсолютного-сухого ґрунту, тобто кальцій насичує поглинаючий комплекс на 80%. Співвідношення між цими елементами знаходиться в межах 7:1-5,7:1, що є характерним для звичайних чорноземів. Реакція ґрунтового розчину нейтральна, рН– 6,5-7,0.

Уміст поживних речовин в орному шарі є такий: азоту від 0,23 до 0,26%, фосфору від 0,11 до 0,16%, калію від 2,0 до 2,5%. Кількість рухомих фосфатів (за Чириковим – Шконде) складає 20,3 мг на 100 г абсолютно сухого ґрунту, вміст обмінного калію (за Масловою) – від 18,6 до 22,9; гідролізованого азоту (за Тюріним – Кононою) – 10,0-11,4 мг на 100 г абсолютно сухого ґрунту.

Питома й об'ємна маса звичайних важкосуглинкових чорноземів збільшуються за глибиною профілю орного шару: питома маса від 2,62 г/см<sup>3</sup> у шарі ґрунту 0-20 см і 2,69 г/см<sup>3</sup> у шарі 80-100 см, об'ємна маса відповідно від 1,16 г/см<sup>3</sup> до 1,39 г/см<sup>3</sup>.

Вологість стійкого в'янення важкосуглинкових чорноземів має показник у 11,2-12,1% до маси абсолютного-сухого ґрунту, запас доступної вологи складає в метровому шарі ґрунту близько 150 мм. Оранка, при такій вологості ґрунту, забезпечує формування дрібно-агрегатного стану орного шару. Щільність орного шару 1,15-1,25 г/см<sup>3</sup> [99].

Розгорнуті агрофізичні властивості ґрунту наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

**Агрофізичні властивості чорноземів опідзолених важкосуглинкових**

Шар ґрунту, см	Питома маса, г/см <sup>3</sup>	Об'ємна вага, г/см <sup>3</sup>	Загальна пористість,	Ґрунтова вологість стійкого в'янення		Найменша вологоє- мність		Діапазон активної вологи, мм	Вологість уповільненого росту рослин	
				%	мм	%	мм		%	мм
0-30	2,65	1,22	53,9	11,1	40,6	29,2	106,8	66,2	20,4	74,8
30-70	2,68	1,31	51,1	11,5	60,2	24,7	129,0	68,8	17,3	90,3
70-100	2,71	1,39	48,5	10,8	45,2	22,5	94,1	48,9	15,7	55,9
100-150	2,73	1,37	49,7	11,2	77,0	22,1	151,6	74,6	15,5	106,1
0-70	2,17	1,27	52,3	11,3	100,8	26,6	235,8	135,0	18,6	165,1
0-100	2,68	1,31	51,2	11,2	146,0	25,4	329,9	183,9	17,8	230,9
0-150	2,70	1,33	50,7	11,2	223,0	24,3	481,5	258,5	17,0	337,0

Найбільш істотний недолік чорнозему це розпорошеність і глибинність орного шару, що суттєво впливає на його водно-фізичні властивості.

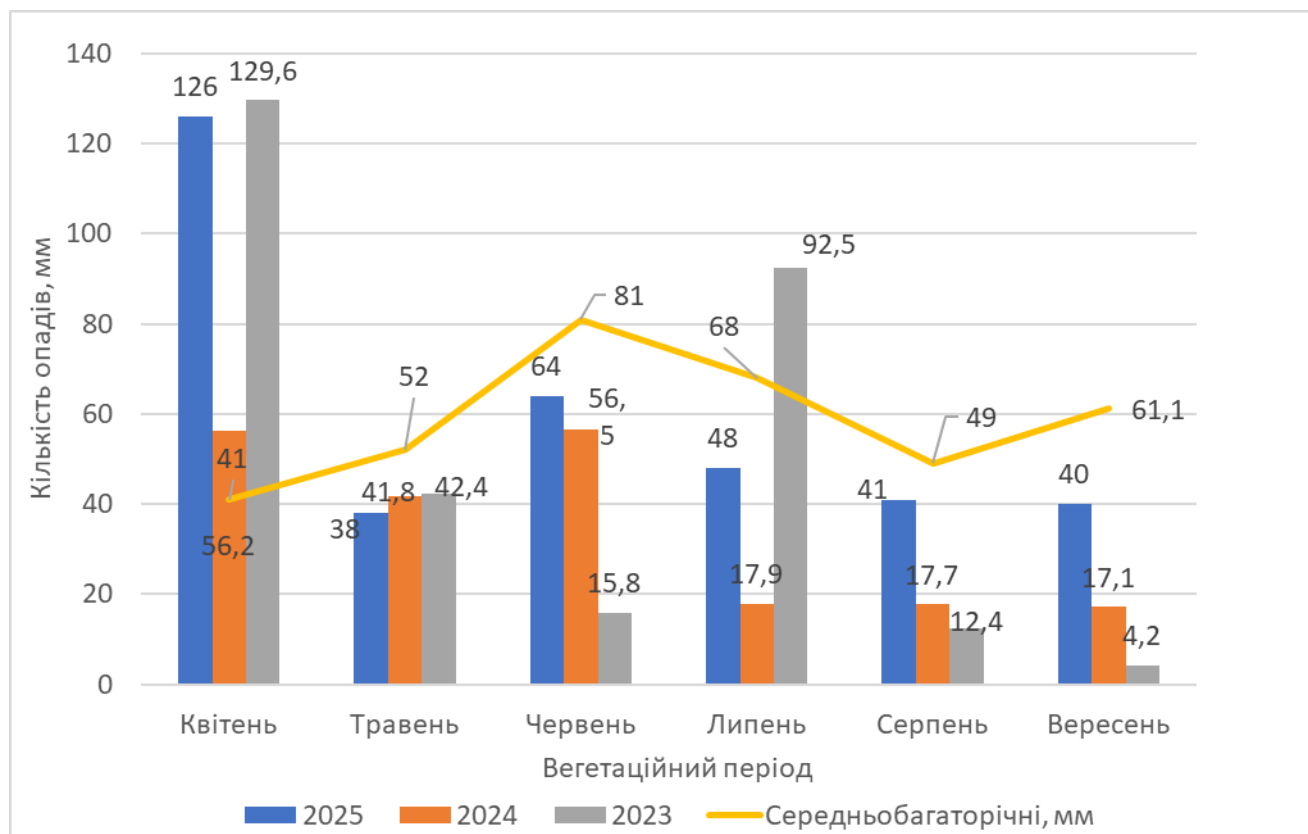
Загалом, аналізуючи вище викладене, структура орного шару дослідного поля пилувато-грудкувата, підорного – грудкувата-зерниста. Кількість водостійких агрегатів в орному шарі складає 40-50%, у підорному – 55-65%. Якісний обробіток ґрунту є найважливішою умовою утворення і збереження структури орного шару під час його фізичної стиглості. Щодо фізико-хімічних показників, то вони мають вагомий вплив на поживний режим ґрунту, його біологічну активність і забезпечують урожайність і якість отриманої сільськогосподарської продукції.

## 2.2 Метеорологічні умови в роки проведення досліджень

Клімат зони розміщення дослідного поля помірно-континентальний, характеризується посушливістю та нестійкими умовами зволоження. На більшій частині регіону ґрунтові води залягають на глибині 12-20 м, внаслідок чого

рослини забезпечуються вологою в основному тільки за рахунок атмосферних опадів. В останні роки відмічається суттєва тенденція зміни клімату, збільшилася кількість аномалій, тобто погодні умови окремого року стають або аномально посушливими, або навпаки – аномально зволженими. Гідротермічний коефіцієнт за Селяниновим впродовж вегетації рослин квасолі від 1,0 до 1,3.

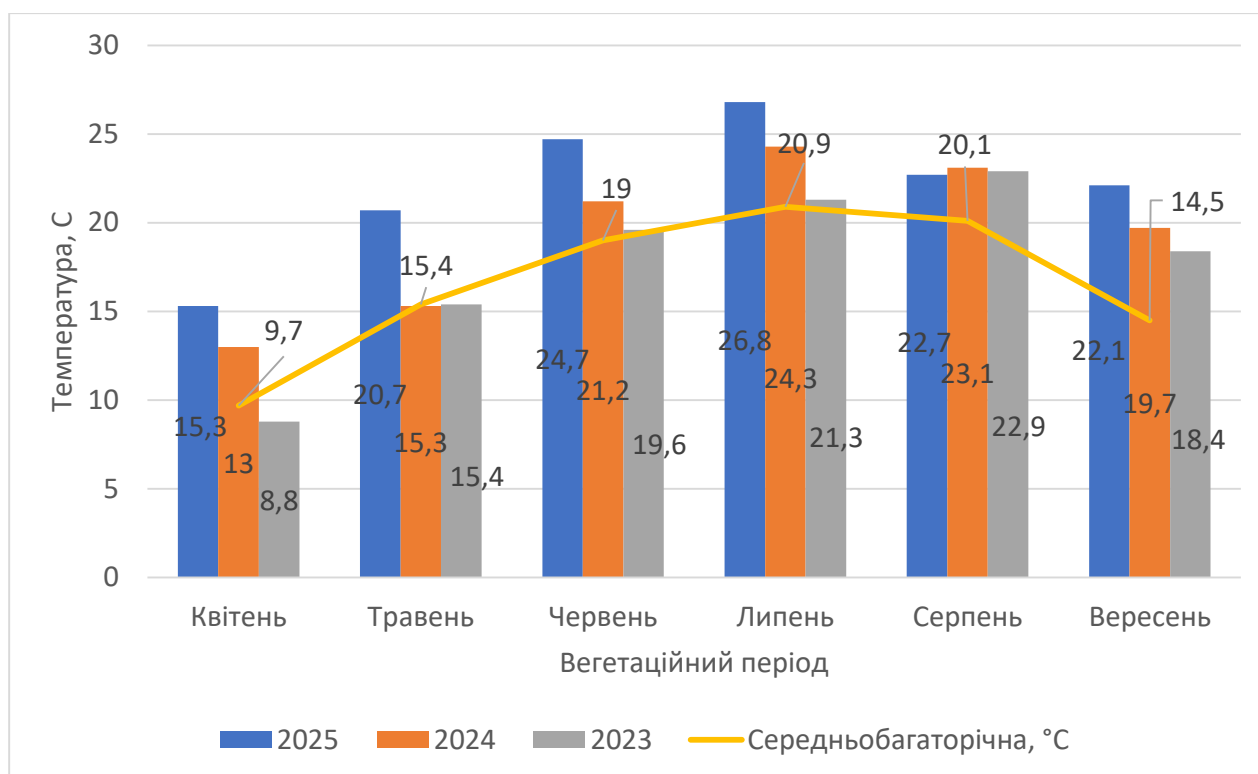
Зимові середні температури в межах 5–0 °С, літо тепле, відносно вологе, середні температури 22-27 °С. Безморозний період триває в середньому 160-170 діб. Сума активних температур вище 5°С дорівнює 2500-2900 °С. Річна сума опадів в середньому складає 586 мм, проте в останні роки показник знижується до 200-300 мм. За весняно-осінній періоди (квітень-вересень) опадів випадає 61,6 % від річної норми. Тобто розподіл опадів за інтенсивністю у період органогенезу культур нерівномірний. Погодні умови різнилися за роками проведення досліджень (рис. 2.1)



**Рис. 2.1. Кількість опадів та багаторічні показники вологозабезпеченості за вегетаційний період по рокам проведення досліджень, (за даними метеостанції Умань).**

Так, у 2023 р. за квітень – травень випало – 172,0 мм опадів, у 2024 – 98,0, а в 2025 – 164,4 мм, тобто у 2024 рік вологість на початку органогенезу культури була у 2 рази менше порівняно з 2023 та 2025 роками. Тому, сприятливішим для початкового росту та розвитку рослин квасолі був 2023 та 2025 р., а 2024 р. був не сприятливим для розвитку культури (табл. 2.1). що підтверджується і наступним аналізом: У Літні місяці (червень- серпень) тенденція зволоженості по роках зберіглася. Так, у 2023 та 2025 роки опадів випало відповідно 120,7 та 153,0 мм, що на 77,3 та 45 мм менше за багаторічні показники. У 2024 році опадів випало всього 92,1 мм, що майже у два рази менше за багаторічні показники. Вересень місяць теж мав низькі показники зволоженості. Так, у 2023 році випало всього 4,2 мм опадів, що на 56,9 мм менше за багаторічні покази. У 2024 та 2025 роках році випало відповідно у чотири та 10 разів більше опадів, порівняно з 2023 роком, і на 44 та 21 мм менше за багаторічні покази. Аналізуючи вище викладене, слід зазначити, що з кожним наступним роком зволоженість регіону знижується.

За багаторічними даними середньорічна температура повітря на початку органогенезу становить 9,7 – 15,4°C, влітку, в середньому – 20,0 °C, восени 14,5 °C. За даними 2023 рік, абсолютний максимум становив у серпні – 23 °C, у червні та липні на декілька градусів менше °C, що майже відповідає багаторічним температурним показникам, у вересні температурні показники були вищі на 4 °C за середньо багаторічні (Рис. 2.2). У 2024 році у весняний період температурні покази були у межах 13,0 – 15,3°C, у літній період органогенезу культури показники підвищились у червні на 2,1°C, порівняно з багаторічними, у липні на 3,6 °C, у серпні на 3°C. У вересні температурний показник був вищий на 5,3 °C за багаторічний. Тобто, зважаючи на низьку зволоженість та вищі за багаторічні температурні показники, 2024 рік характеризувався посушливими умовами росту і розвитку квасолі, але в цілому, були сприятливі умови для вирощування та формування продуктивності.



**Рис. 2.2. Середньодобова та багаторічні температури повітря за вегетаційний період за рокам проведення досліджень, (за даними метеостанції Умань).**

2025 рік характеризувався найвищими температурними показниками, порівняно з 2023 та 2024 роками досліджень. Так, у весняний період температура у квітні становила 15,3°C, у травні вже 20,7 °C, що в середньому на 5,4 °C, вища за багаторічні покази. Літні та осінній місяці органогенезу культури також мали температурний режим вищий за попередні 2023 та 2024 роки та багаторічні показники в середньому на 2-5°C, а зважаючи на дефіцит вологи зазначений період характеризується, як посухостійкий, що формування і наливу насіння і отримання різної врожайності зерна.

Атмосферні опади та ґрунтові води та їх неглибоке залягання до поверхні ґрунту є основним джерелом вологозабезпечення рослин і культур фітоценозів. Найбільша кількість опадів випадає у квітні та травні. Характер їх розподілу - нерівномірний, так як відзначаються частими зливами. Протягом літа баланс опадів стабільно дефіцитний, опади випадають переважно зливами, іноді з інтенсивністю 30-50 мм/годину, їх ефективність не перевищує 24-28%. Тому за

кількістю опадів регіон відносять до зони із нестійким зволоженням. Режим випадіння опадів нерівномірний, із частими і тривалими посухами.

### 2.2.1 Аналіз кліматичних змін за останні роки.

На основі даних метеостанції Умань ми проаналізували динаміку змін середньорічної температури та кількості опадів у порівнянні з кліматичним періодом (1991–2020 років). Регіон Черкаської області має помірно-континентальний клімат, характеризується недостатнім зволоженням, а останні роки засвідчили суттєві кліматичні зрушення. За результатами моніторингу кліматичних показників з'ясовано, що Правобережний Лісостеп України зазнає помітних кліматичних трансформацій унаслідок глобального потепління. (Табл.2.2)

Таблиця 2.2

#### Аналіз кліматичних змін за останні 15 років, Метеостанція Умань

Показники	Кліматичні умови, роки	
	1991–2020	2020–2024
Середньорічна температура	+7,4 °С	+8,0...+8,5 °С
Зима	–5 °С, Основне потепління – у зимові місяці	–3...–2 °С, часті відлиги
Весна		+11.8 °С (на +3 °С) Дуже тепла весна 2024
Липень	+20 °С	у окремі дні від +22...+25 °С до +35 °С, часті посухи
Річні опади,	470–500 мм	Залишаються, але є літній дефіцит
Опади : літні,	~160 мм	110–140 мм (дефіцит 20–30%)
весняні	~150 мм	+10–25 мм над нормою
осінні	~120 мм	

Встановлено зростання щороку середньорічної температури на 0,6–1,0 °С за температуру 1991-2000 років. Спостерігається більше аномальних зим: у 2022 та 2023 роках підвищення січної температури до –2...–3 °С, частіше

фіксуються відлиги до  $+5...+8^{\circ}\text{C}$ . Весна настає раніше, фази вегетації подовжується приблизно на 10–15 діб. У літній період 2021–2024 рр. часті посухи (з температурою  $+30...+35^{\circ}\text{C}$ , що перевищує середні показники  $+20^{\circ}\text{C}$  . Частота теплових хвиль ( $>+30^{\circ}\text{C}$  більше 10 днів підряд) помітно зросла, що підвищує ризики теплового стресу рослин.

Щодо зволоження, то середньорічні показники суми опадів становлять 470 – 500 мм, найвологіші місяці: травень, червень, липень. За спостереженнями 2020–2024 рр. весна та осінь стали вологішими: перевищення норми опадів на 10 – 25 мм, дефіцит 20 – 40 мм у порівнянні до норми. Взимку часті дощі замість снігу, що зменшує сніговий покрив. Такі зміни викликають порушення водного режиму ґрунтів, підвищують ризики ерозії, що забезпечує влітку зростання посух.

Загалом, значне підвищення температури повітря, особливо в літні місяці, призводить до більш посушливих умов функціонування агроценозів. Режим опадів також зазнає змін, зокрема в червні спостерігається збільшення кількості опадів, що є кліматичними аномаліями.

Згідно з прогнозами Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту (УНДГМІ), до 2050 року в Україні очікується подальше підвищення температури повітря та зміна режиму опадів, зокрема збільшення опадів у зимові місяці та зменшення влітку. Це може призвести до дефіциту вологи та вплинути на продуктивність сільськогосподарських культур.

Слід відзначити, що тенденції потепління позначаються на зміщенні сезонних меж і перерозподілу опадів, подовженні органогенезу сільськогосподарських культур на 10 – 15 діб, зниженні врожайності зернових і технічних культур через літні посухи. Зниження загального водного балансу регіону підвищує ризик ерозій через весняні та осінні зливи і впливає на екосистеми та економіку регіону, тому важливо враховувати ці тенденції при плануванні агроценозів та управлінні природними ресурсами. Ці зміни свідчать про поступове зміщення регіону до теплого кліматичного поясу.



Таким чином нагальним є потреба адаптації агротехнологій до нових кліматичних умов, перехід на стійкі до спеки сорти культур, використання технологій збереження вологості в ґрунті, моніторинг агрокліматичних ризиків на основі локальних метеоданих.

### **2.3. Характеристика досліджуваних сортів, препаратів та методи проведення досліджень.**

Упродовж 2022-2025 років висівали сорти квасолі звичайної внесені до реєстру сортів дозволених для використання на території України, створені у мережі наукових установ НААН:

**Сорт Буковинка**, створений селекціонерами Буковинської державної сільськогосподарської дослідної станції НААН, форма стебла – кушова, середньорозгалужена. Висота рослин – 50–55 см. Квітка біла, 2–6 шт. в китиці. Висота прикріплення нижнього бобу – 15–17 см від ґрунту. Стійкість до розтріскування бобів висока. Насіння біле, еліптичне, гладеньке, блискуче з рубчиком білого кольору. Маса 1000 насінин – 233–246 г. Вміст білку в зерні – 26%. Добре розварюється. Сорт зернового напрямку, технологічний. Тривалість вегетаційного періоду – 80–85 діб. Очікувана врожайність – 2,63–2,67 т/га.

**Сорт Щедра.** Оригігатор - Інституті землеробства НААН. Сорт зернового напрямку використання, рослини детермінантного типу росту, з прямостоячою формою куща, стійкі до вилягання, з товстим стеблом (7-9 мм) і потужною галузистістю (5-7галузок), висотою 50-55 см. Висота прикріплення нижнього бобу – 8-11 см, розташування нижнього ярусу бобів на висоті 10-12 см. Зерно біле, з високими смаковими якостями та доброю розварюваністю, з вмістом протеїну 23 %. Маса 1000 насінин 208-215 г. Стійкий до осипання, ураження найбільш поширеними хворобами, а також пошкодження квасолевою зернівкою. Потенційна урожайність 2,7-2,9 т/га. Тривалість періоду вегетації 100-105 днів. Відзначається хорошою придатністю до механізованого збирання

**Сорт Мавка.** Оригігатор Інститут землеробства УААН. Форма стебла – кушова. Висота рослин 45-55 см. Квітка біла. Висота прикріплення нижнього

бобу 13-18 см. Стійка до розтріскування бобів. Насіння біле, еліптичне, гладеньке, блискуче з рубчиком білого кольору. Маса 1000 насінин – 228-235 г. Вміст білку в зерні до 25%. Сорт зернового напрямку, холодостійкий, придатний до механізованого збирання. Тривалість вегетаційного періоду 80-85 днів. Врожайність зерна 2,3-2,5 т/га

**Сорт Галактика** - оригінатор Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН. Тип стебла – кущовий, рослини прямостоячі, висота рослин сорту – 40–45 см, висота 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, ниркоподібної форми. Насіннева оболонка чорна із вторинним коричневим кольором. Маса 1000 насінин – 344,7 г. Вміст сирого протеїну в насінні – 20–22%. Довжина вегетаційного періоду – 87–89 діб. Урожайність насіння в умовах Лісостепу становить 2,282,45 т/га. Середньостиглий, технологічний. Стійкий до основних грибкових і вірусних хвороб та вилягання, посухостійкий.

#### ***Характеристика препаратів, що використовувалися:***

**Ризоактив Бобові** (активні штами азотфіксувальних бульбочкових бактерій *Rhizobium phaseoli*, які створювались методом аналітичної селекції, тобто виділялись із природних ценозів) з колекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України. Застосовується передпосівною обробкою насіння різних бобових культур, що забезпечує утворення симбіотичних зв'язків коренів рослини та бактерій для покращення азотного живлення за рахунок біологічної фіксації атмосферного азоту. Норма витрат: 2 л/т. Бульбочкові бактерії, що входять до складу препарату вступають в симбіоз з відповідними бобовими рослинами, здійснюючи процес фіксації молекулярного азоту, переводячи його у амонійну форму, доступну для рослин. Для певного виду бобових використовується свій штам-симбіонт.

**Мікофренд** – біологічний препарат, основою якого є мікоризоутворюючі гриби *Glomus sp/* та *Trichoderma Harzianum*, із вмістом супутніх мікроорганізмів,

що сприяють біологічній активності ґрунту та утворенню мікоризи: *Streptomyces* sp., *Pseudomonas*, *Fluorescens*, а також фосфоромобілізуючими бактеріями та бактеріями що сприяють оздоровленню ґрунту: *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*, *Bacillus muciloginosus*, *Enterobacter* sp. Загальний титор життєздатних елементів  $(1,0 - 1,5) \times 10^8$  КУО/мл. Препарат також включає в себе продукти життєдіяльності мікробіоти, серед яких фітогормони, вітаміни, фунгіцидні речовини та амінокислоти.

За рахунок заселення кореневої системи відповідними мікроорганізмами даний препарат сприяє збільшенню площі поглинання кореневої системи та її вибіркової здатності за рахунок створення симбіотичної системи-мікоризи, захищає кореневу систему від збудників хвороб, шляхом природньої конкуренції корисних мікроорганізмів препарату із шкочочиними ґрунтовими організмами, забезпечує краще живлення рослини шляхом мобілізації та перетворенню недоступних форм елементів живлення в доступні для рослини, також виділенню фізіологічно активних речовин як продуктів життєдіяльності мікробіоти.

## 2.4 Схема досліду та методика проведення досліджень

Відповідно до теми дисертаційної роботи задля визначення впливу основних агротехнологічних елементів, а саме застосування біологічних препаратів та густоти агроценозу на формування продуктивності сортів кущової форми квасолі звичайної було закладено дослід у південній частині Лісостепу України (Табл.2.3-2.4).

Таблиця 2.3

**Дослід 1. Продуктивність сортів квасолі звичайної залежно від застосування біологічних препаратів та норми висіву насіння культури**

Сорти (Фактор А)	Інокулянти (Фактор В)	Норма висіву насіння, тис.шт./га (Фактор С)
Мавка	1. Котроль (обробка водою)	400
Галактика	2. Ризоактив Бобові (1 л/т)	500
Буковинка	3. Мікофренд (2 л/т)	600
Щедра		

Схема досліду

Сорт (фактор А)				Препарати (фактор В)	Норма висіву (фактор С)	Шифр варіанту			
Буковинка А <sub>1</sub>	Мавка А <sub>2</sub>	Щедра А <sub>3</sub>	Галактика А <sub>4</sub>	Контроль В <sub>1</sub>	400 С <sub>1</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>1</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>1</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>1</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>1</sub> С <sub>1</sub>
					500 С <sub>2</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>1</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>1</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>1</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>1</sub> С <sub>2</sub>
					600 С <sub>3</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>1</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>1</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>1</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>1</sub> С <sub>3</sub>
				Бобові В <sub>2</sub>	400 С <sub>4</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>2</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>2</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>2</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>2</sub> С <sub>1</sub>
					500 С <sub>5</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>2</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>2</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>2</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>2</sub> С <sub>2</sub>
					600 С <sub>6</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>2</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>2</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>2</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>2</sub> С <sub>3</sub>
				Мікофренд В <sub>3</sub>	400 С <sub>7</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>3</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>3</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>3</sub> С <sub>1</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>3</sub> С <sub>1</sub>
					500 С <sub>8</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>3</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>3</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>3</sub> С <sub>2</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>3</sub> С <sub>2</sub>
					600 С <sub>9</sub>	А <sub>1</sub> В <sub>3</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>2</sub> В <sub>3</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>3</sub> В <sub>3</sub> С <sub>3</sub>	А <sub>4</sub> В <sub>3</sub> С <sub>3</sub>

Спосіб розміщення варіантів – послідовний, систематизований, повторність кожного варіанту триразова. Площа облікових ділянок - 25 м<sup>2</sup>.

**Технологія вирощування квасолі була загальновизнаною** для умов Лісостепу України, за винятком факторів, які досліджували. Після збирання попередника (пшениця озима) проводили дворазове дискування стерні на глибину 6-8 та 10-12 см. Під оранку вносили мінеральні добрива N<sub>10</sub>P<sub>46</sub>K<sub>0</sub>. Через два тижні з метою знищення бур'янів і вирівнювання ґрунту проводили суцільну культивуацію на глибину 12-14 см. Весною при настанні фізичної стиглості ґрунту проводили боронування БЗСС-1,0. Передпосівну культивуацію виконували на глибину загортання насіння. Сівбу проводили щорічно у першій декаді травня на глибину 4-5 см трактором МТЗ-80 з сівалкою СЗ-5,4 «Акорд» з нормою 400, 500 та 600 тис. шт./га схожих насінин. Спосіб сівби – широкорядний з міжряддям 45см. Насіння за 1-2 години до сівби обробляли біопрепаратами високоефективних штамів бульбочкових бактерій [100].

Після сівби до сходів культури вносили ґрунтовий гербіцид Гезагард 500 FW к.с. нормою 3,0 л/га. Проти шкідників у фазу «бутонізація - початок цвітіння» вносили інсектицид Нурел Д нормою 1,0 л/га. Збирання врожаю проводили прямим комбайнуванням при повному дозріванні бобів.

***Спостереження та обліки*** виконували у відповідності з апробованими методиками:

Настання основних фаз органогенезу, густоту стояння рослин у фазі «повних сходів» і перед збиранням, аналіз елементів структури врожаю проводили за пробними снопами, які відбирали перед збиранням з двох несуміжних повторення за «Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур» (2000р.) [101].

Фотосинтетичний потенціал, чисту продуктивність фотосинтезу визначали за методикою А. А. Ничипоровича [102].

Висоту рослин квасолі визначали шляхом замірювання 25 рослин, закріплених кілочками у двох несуміжних повтореннях у 3-разовій повторності [103].

Визначення кількості та маси сирих бульбочок проводили за методикою Г.С. Посипанова (1991р.). У період їх 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.

Облік врожаю проводили на кожній ділянці окремо та в подальшому перераховували на стандартну вологість та повну чистоту насіння [103];  
- економічну оцінку та енергетичну ефективність вирощування квасолі звичайної розраховували за результатами насінневої урожайності залежно від досліджуваних чинників з використанням технологічних карт вирощування культури [104].

Статистичну обробку одержаних результатів виконували, використовуючи програми Excel, Statistika [105, 106].

### ***Лабораторні дослідження***

Рослини та зерно квасолі звичайної отримували з сформованих агроценозів культури на полях дослідної частини установи. В лабораторних умовах встановлювали біохімічну складову зерна та вегетативної маси рослин квасолі звичайної сортів кущової форми, які внесені до реєстру сортів дозволених для використання на території України [107]. Задля кількісного визначення вмісту

водорозчинного комплексу полісахаридів у бобах квасолі використовували екстракційний метод [107, 108]. Виділення та ідентифікацію біохімічних сполук з вегетативної маси рослин та зерна квасолі здійснювали за методикою Державної Фармакопеї України. [109].

Задля визначення фізико-хімічних та технологічних властивостей квасолі застосовувалися нище перераховані методи. Боби кожної групи стиглості були вручну відсортовані для забезпечення однорідності розміру та зовнішнього вигляду перед аналізом. Вміст сухих речовин визначався гравіметричним методом. Зразки сушили при температурі 105°C до сталого ваги, після чого обчислювався відсоток сухих речовин. Загальний вміст цукрів визначали за фенольно-сульфатною кислотою, використовуючи глюкозу як стандарт. Абсорбція вимірювалася при 490 нм за допомогою спектрофотометра [110]. Визначення органічних кислот проводилось за допомогою високоефективної рідинної хроматографії (HPLC). Використовували колонку C18 та УФ детектор з довжиною хвилі 210 нм. Мобільна фаза складалася з 0,1 % фосфорної кислоти в воді. Вміст білків вимірювали за методом К'єлдаля. Вміст азоту визначався і множився на коефіцієнт 6,25 для оцінки вмісту білка. Вміст бетаїну визначали за допомогою модифікованого методу HPLC з флуоресцентним детектором, вимірюючи при екситаційній хвилі 300 нм і емісії 350 нм. Вміст вітаміну С визначався методом титрування за допомогою 2,6-дихлорфеноліндофенолового індикатора. Вміст вітаміну С виражався в мг/100 мл. Вміст нітратів визначали за допомогою іонселективного електрода, використовуючи спеціальний електрод для нітратів і виражаючи в мг/100 мл [111]. Здатність квасолі до розварювання оцінювали шляхом варіння зразків у дистильованій воді протягом 30 хвилин і визначення відсотка бобів, що повністю розварилися. Варені боби оцінювали візуально та за допомогою текстурного аналізу [112, 113].

Показники якості насіння та зерна визначали за ДСТУ [114 – 117].

## **Висновки до розділу 2**

1. Досліди за темою дисертаційної роботи закладені в умовах нестійкого зволоження, які є оптимальними для вирощування сортів квасолі звичайної, кущової форми, придатні до механізованого збирання, і які можуть забезпечити високий урожай культури з застосуванням досліджуваних елементів технології.

2. Роки досліджень за гідротермічними умовами суттєво різнилися у порівнянні з середньобогаторічними показниками, як за рівнем температури, так і за рівнем зволоженості. За роки досліджень температурний та вологий режими не були обмежуючим чинниками, які суттєво впливали на врожайність квасолі звичайної.

3. В дослідженнях застосуванні загальноприйняті елементи технології та прийоми, які мають вплив на продуктивність культури. Схеми досліджень та їх проведення є логічними та відповідають робочим гіпотезам, а кількість обліків та аналізів, спостережень дозволять встановити вплив досліджуваних факторів на врожайність зерна сортів квасолі звичайної та її якісного складу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

99. Грунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості / В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестеров та ін. К.: Кондор, 2010. 414 с.
100. Рекомендації по ефективному застосуванню біопрепаратів азот фіксуючих і фосформобілізуєчих бактерій в сучасному ресурсозберігаючому землеробстві. Київ : МінАПУ, НААН, 1997. 19 с.
101. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Випуск 2: Зернові, круп'яні та зернобобові культури / за ред. В. В. Вовкодава. Київ, 2001. 65 с.
102. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 34 с.
103. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенка. Вінниця: Едельвейс, 2014. 331 с.
104. Медведовський О.К., Іваненко П. І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1991. 205 с.
105. Присяжнюк О. І., Каражбей Г. М., Лещук Н. В. та ін. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті БіагіБІІса 10 : методичні вказівки. Київ : Нілан-ЛТД, 2016. 54 с.
106. Ушкаренко В., Нікішенко В., Голобородько С., Коковіхін С. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві: навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 274 с.
107. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г. Л. Бондаренка, К. І. Яковенка. 3-тє вид., пер. і доп. Харків: Основа, 2001. 369 с.
108. Демешко О. В., Комісаренко А. М. Динаміка накопичення суми поліфенольних речовин у листі акації білої. *Фітотерапія. Часопис*. 2005. № 4. С. 63–65.
109. Державна Фармакопея України. (1-е вид., 2-ге доп.). Харків: РІРЕГ, 2008. 620 с



110. Євлаш В. В., Пілюгіна І. С., Газзаві-Рогозіна Л. В. Сучасні методи дослідження сировини та харчових продуктів : навч. посібник-практикум. Х. : ХДУХТ, 2021. 207 с.

111. Карпенко Ю. В. Реологія харчової сировини та продуктів: навчально методичний посібник. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. 89 с.

112. Євлаш В. В., Газзаві-Рогозіна Л. В., Серік М. Л., Сеногонова Л. І. Гігієна та санітарія закладів ресторанного господарства і торгівлі: навч. посіб. практикум для вищ. навч. закл. ХДУХТ, 2020. 240 с.

113. Черненко М. Л., Ткаченко В. О. Методи аналізу харчових продуктів. Харків: ХДУХТ, 2021. 210 с.

114. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2002-12-28]. Вид. офіц. Київ, 2003. 173 с. (Інформація та документація).

115. ДСТУ 4794:2007 Квасоля. Технологія вирощування. Загальні умови. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2009. 10 с. (Інформація та документація).

116. ДСТУ ISO 5983-1:2014 Корм для тварин. Визначення вмісту азоту та обчислення вмісту сирого протеїну. Частина 1. Метод К'ельдаля (ISO 5983-1:2005, IDT) [Чинний від 2015-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 12 с. (Інформація та документація).

117. ДСТУ ISO 6492:2003 Корми для тварин. Визначання вмісту жиру. (ISO 6492:1999, IDT). [Чинний від 2005-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2005. 12 с.

## РОЗДІЛ 3

### ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНОГЕНЕЗУ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ

#### **3.1 Польова схожість насіння квасолі звичайної залежно від інокуляції посівного матеріалу біологічними препаратами**

Основним критерієм оцінки застосованих агротехнічних заходів є польова схожість насіння культур, за яким розраховують потенціальну спроможність формування високого врожаю агроценозу. Науковою спільнотою доведено, що фаза органогенезу квасолі від сівби до повних сходів, їх виживаність є критичною, так як проростки культури чутливі до різних біотичних та абіотичних чинників. Багатьма науковцями підтверджено, що польова схожість та дружність сходів є основними критеріями інтенсивної технології вирощування квасолі і великі резерви підвищення врожайності. У більшості випадків проростання насіння, поява дружніх сходів квасолі забезпечується за рахунок ресурсів самого насіння. Як відзначає О. Овчарук (2014) і О.Чинчик та С. Оліфірович (2019), у випадку низької польової схожості насіння, зростає нерівномірність розміщення рослин на одиниці площі агроценозу, відбувається зміни та розбіжності в індивідуальному розвитку складових компонентів фітоценозу. В наслідок цього зростає інтенсивність взаємовпливу і конкуренції за фактори забезпечення росту і розвитку [43, 44, 118].

Відповідно до отриманих даних протягом років експерименту встановлено, що температурний режим, зволоженість ґрунту, генетичні особливості та агротехнологічні прийоми вирощування є визначальними чинниками, які обумовлюють початок органогенезу рослин квасолі: визначають швидкість та дружність появи сходів, тривалість міжфазних періодів культури.

Зважаючи на вологозабезпеченість, яку забезпечили опади у квітні місяці 2023 та 2025 років (більші за багаторічні покази у два рази) польова схожість насіння мала високі показники. У 2024 р. був посушливим, випала найменша кількість опадів, тому показники польової схожості були нижчими, але

усереднення даних знівелиювали загальні покази. Так, за результатами наших встановлено, що передпосівна інокуляція насіння досліджуваних сортів суттєво впливала на показники польової схожості та виживаності рослин квасолі звичайної (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

**Польова схожість насіння та виживаність рослин сортів квасолі звичайної у фазу «повні сходи», % (середнє за 2023-2025 рр.)**

Препарати (Фактор В)	Сорти квасолі звичайної (Фактор А)							
	Буковинка		Мавка		Щедра		Галактика	
	Польова схожість, %	Вживаність рослин, %	Польова схожість, %	Вживаність рослин, %	Польова схожість, %	Вживаність рослин, %	Польова схожість, %	Вживаність рослин, %
Контроль (обробка водою)	90,3	82,8	90,5	81,9	89,4	82,3	89,2	81,7
Ризоактив Бобові, 1 л/т	94,1	85,2	92,7	86,2	91,8	85,4	92,4	84,6
Мікофренд, 2 л/т	95,2	86,5	94,3	87,5	95,1	87,7	94,5	85,4

Застосування препарату Мікофренд, 2 л/т забезпечило найвищий відсоток польової схожості насіння у всіх досліджуваних сортах квасолі звичайної. Так, сорти Буковинка та Щедра мали в середньому 95,1 % схожості насіння, що на 4,9-5,7 % вище за показник у контрольному варіанті (обробка водою), на 1,1 – 3,3 % від варіанту, де інокуляція проводилась препаратом Ризоактив Бобові. Сорти Галактика та Мавка з застосуванням зазначеними препаратами мали середній показник польової схожості 94,4 %, що на 7,3- 4,2 % вище за контроль і на 2,1 – 1,4 % за показник у варіанті із інокуляцією насіння Ризоактив Бобові. Зважаючи на представлені результати слід зазначити, що препарат Мікофренд (інокулянт на основі мікоризних грибів) сприяє утворенню та розвитку мікоризи, що значно збільшує площу поглинання кореневою системою води та поживних речовин (особливо фосфору, калію, кремнію та

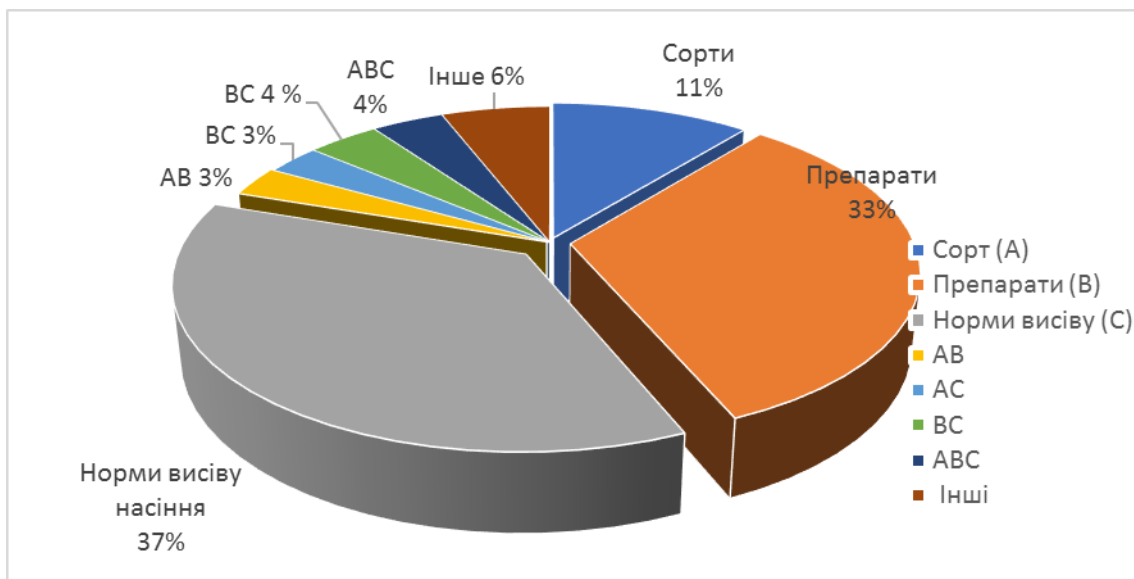
азоту). Він забезпечує рослини вітамінами, фітогормонами та амінокислотами, а також покращує мінеральне живлення, тому і «пришвидшує схожість насіння».

Препарат Ризоактив Бобові (інокулянт на основі *Rhizobium*) продукує фітогормони. Бактерії, що входять до складу препарату (в основному, з роду *Bradyrhizobium*), здатні синтезувати фітогормони, такі як ауксини, гібереліни та цитокініни. Ці речовини стимулюють проростання насіння, дозволяючи зародку швидше перейти до живлення з ґрунту. Обидва препарати мають бактерії-симбіонти, які створюють навколо насіння та кореня мікробіологічний бар'єр, який пригнічує розвиток шкідливих мікроорганізмів у ґрунті, що зменшує ризик загнивання насіння та ураження проростків хворобами, особливо у перезволоженому ґрунті, що є однією з головних причин низької польової схожості на контрольному варіанті. Доволі високі показники польової схожості насіння квасолі обумовлені комплексним поєднанням чинників вологи, кисню, тепла та способу інокуляції. Загалом можна стверджувати, що агроценоз за різною нормою висіву інокульованого насіння польова схожість була високою, що відповідає інтенсивній технології вирощування культури.

Між тим, головними чинниками продуктивності культури, є густота рослин перед збиранням, яка залежить від норма висіву, польової схожості насіння та збереженості рослин упродовж вегетації. Виживаність (збереженість) це здатність рослин протистояти стресовим факторам, які впливають на органогенез та врожайність культури. Це показник, який відображає відсоток рослин, які пережили негативні абіотичні чинники та продовжують свій ріст в процесі органогенезу. Загалом відомо, що упродовж вегетації кількість рослин від фази сходів до повної стиглості зерна поступово зменшується в середньому на 15-20 % під комплексним впливом абіотичних, едафічних, морфобіологічних особливостей культури та застосованих агротехнологічних методів.

Виживаність рослин квасолі звичайної у фазу повних сходів зберігала тенденцію показників польової схожості насіння і залежала від передпосівної інокуляції насіння препаратами, і найвищою ( 87,5 %) була у сорту Мавка за інокуляції насіння препаратом Мікофренд. У сорту Галактика виживаність

рослин у цьому варіанті становила 83,4 %, у Щедра та Буковинка мала показники 86,6 %. У варіанті, де застосовувалась інокуляція насіння препаратом Ризоактив Бобові виживаність рослин у сорту Галактика не суттєво підвищилась на 1,2 %, а у сортів Щедра, Мавка та Буковинка не значно різнилась і становила відповідно 85,4%, 86,2, та 85,2 %. Найнижчі показники збереженості рослин встановлено на контрольному варіанті. Таким чином, передпосівна обробка насіння сортів квасолі звичайної забезпечила дружність появи сходів та достатньо високий показник польової схожості культури, що в подальшому позитивно вплинуло і на збереженість рослин в агроценозі культури. Частка впливу досліджуваних факторів на виживаність рослин представлена на рис. 3.1.



**Рис. 3.1. Частка впливу сорту, біологічних препаратів та норми висіву насіння на густоту агроценозу квасолі звичайної (2023-2025 роки).**

Так за розрахунками вплив сорту на виживаність рослин мав 11 %, біологічні препарати, якими було оброблене насіння мали вплив на рівні 33 %, норми висіву насіння – 37 % їх взаємодія (ABC) – 4 %, інші – 6 %.

В агрофітоценозах у взаємовідносинах рослин має значення їх просторове розміщення, яке загалом регулюється нормою висіву насіння культури та застосованими елементами технології сівби. Спираючись на застосовані елементи технології вирощування отримуємо заплановану кінцеву густоту культури, яка забезпечить формування оптимального урожаю. Густота рослин на

одиниці площі є важливим фактором, який має вплив на формування врожаю, а умови його закладаються ще під час проведення сівби. Низькі показники врожаю є наслідком зрідження густоти агроценозу або їх загущення, так як рослини мають підвищену конкуренцію між собою. Цей чинник можна врегулювати нормою висіву насіння культури на задану густоту агрофітоценозу. Густота рослин кvasолі звичайної почала формуватися у фазі повних сходів і визначалась рівнем польової схожості та виживаністю, яка залежала від генотипу сортів, інокуляції насіння препаратами до сівби (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

**Формування густоти рослинами кvasолі звичайної у фазу повних сходів, тис.шт./га (середнє 2023-2025 рр.)**

Норма висіву (Faktor C)	Препарати (Faktor B)	Сорти кvasолі звичайної (Faktor A)				Середнє за Faktor B	Середнє за Faktor C
		Буковинка	Мавка	Щедра	Галактика		
400	Контроль (обробка водою)	331,2	327,6	328	324,4	327,6	343,2
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	340,8	344,8	341,6	338,4	343,6	
	Мікофренд, 2 л/т	370,0	354,8	354,8	353,6	358,3	
500	Контроль (обробка водою)	414	409,5	411,5	407,0	410,5	427,6
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	426,6	431,0	427,0	423	423,8	
	Мікофренд, 2 л/т	462,5	443,5	443,5	444,5	448,5	
600	Контроль (обробка водою)	496,8	491,4	493,8	488,4	492,6	518,5
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	511,2	517,2	512,4	507,6	521	
	Мікофренд, 2 л/т	555,0	532,2	532,2	530,4	537,5	
Середнє за Faktor A		434,1	430,2	427,2	424,1	429,3	
HiP <sub>0,05</sub>		11,6	14,7	17,2	15,3		

Так, у фазу органогенезу «повні сходи» за норми висіву насіння кvasолі 400-500 тис.шт./га у контрольному варіанті сорт Буковинка сформував агроценоз культури у 331,2 – 414,0 тис.шт./га, сорт Мавка 327,6 - 409,5 тис.шт./га, Сорт

Щедра – 328,0 – 411,5 тис.шт./га, сорт Галактика 324,4 – 407,0 тис.шт./га відповідно. За інокуляції насіння препаратом Ризоактив Бобові, 1 л/т та норми його висіву 400 тис.шт./га, показники сформованої густоти рослин агроценоза були вищі відповідно за сортами на 17,6 тис.шт./га. 17,2, 13,6 та 14,0 тис.шт./га.

За норми висіву насіння 500 тис.шт./га густота збільшилась на 12,6 тис.шт./га, 21,5, 15,5 та 15,0 тис.шт./га відповідно. Інокуляція насіння препаратом Мікофренд 2 л/т за норми висіву насіння 400 тис.шт./га, підвищила густоту агроценозу культури в середньому на 47,8 тис.шт./га, 27,2, 26,0 та 27,2 тис.шт./га, за норми 500 тис.шт./га — 48,5 тис.шт./га. 34,0, 32,0 та 37,5 тис.шт./га до контрольного варіанту. За норми висіву 600 тис.шт./га інокуляція насіння квасолі Ризоактив Бобові, 1 л/т агроценоз рослин становив у сорту Буковинка на 13,4 тис.шт./га більше за контроль, сорту Мавка – на 15,8, сорту Щедра – на 8,6 та сорту Галактика на 19,2 тис.шт./га відповідно. Інокуляція насіння препаратом Мікофренд 2 л/т забезпечила формування агроценозу культури відповідно за сортами на 58,2 тис.шт./га, 40,8, 37,4 та 42,0 тис.шт./га більше порівняно з контрольними показами. Отже, аналіз отриманих результатів застосування агротехнологічних чинників, а саме інокуляція насіння за різних норм висіву сортів квасолі звичайної показує їх вплив на формування густоти рослин квасолі звичайної у фазу повних сходів.

### **3.2. Тривалість фаз органогенезу рослин квасолі звичайної за інокуляції насіння та різної густоти агроценозу культури**

Тривалість органогенезу рослин квасолі одна з ознак на яку орієнтується агровиробники при виборі сорту придатного для вирощування в певній зоні, чи за певних елементів агротехніки. Саме тривалість вегетації та міжфазних періодів регламентує можливість використання тих чи інших технологічних прийомів. Тривалість вегетаційного періоду квасолі звичайної, як зазначають В.М. Сінченко та П.В. Фурман (2023) насамперед є сортовою ознакою культури, а амплітуда його коливань насамперед залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування, фактичними погодними умовами, що склалися упродовж певного

періоду росту й розвитку культури та застосованих елементів агротехнології. [119]. А от С.І. Корнієнко (2014), О.С. Чинчик (2016, 2019, 2021), Н. Новицька (2018) та І. Пороховник (2017) вказують, що вибір сортів з достеменним знанням тривалості міжфазних періодів допомагає у відборі оптимальних сортів, які спроможні забезпечити повне дозрівання у різних ґрунтово-кліматичних зонах вирощування. Загалом, органогенез рослин квасолі триває 60-130 діб. За даним критерієм сорти квасолі поділяють на: ранньостиглі - якщо вегетація триває 64-72 діб; середньоранні (73-80); середньостиглі (81-110), середньопізні (111-120) та пізньостиглі - понад 120 діб [118, 120, 122, 123, 124].

За результатами досліджень Мовчана К. І., підвищення норми висіву насіння до 600-700 тис. шт./га квасолі сортів Мавка та Надія подовжувало тривалість вегетаційного періоду на 1-2 доби [125]. Серед ключових агротехнічних елементів, що впливають на розвиток квасолі, виділяють інокуляцію насіння та густоту посіву. Інокуляція насіння – це застосування корисних мікроорганізмів, таких як азотфіксуючі бактерії (наприклад, *Rhizobium*) або мікоризні гриби, задля обробки насіння. Інокульоване насіння покращує засвоєння поживних речовин, стійкість рослин та їх розвиток, пришвидчення чи подовження періоду органогенезу. Кількість рослин на одиницю площі, суттєво впливає на конкуренцію між рослинами за ресурси (світло, воду, поживні речовини) і може впливати на індивідуальний розвиток рослин та загальну продуктивність культури.

Зона закладених дослідів нестійкого зволоження (ГТК – 1,2), має теплий помірно-вологий клімат, хоча в поодинокі роки бувають тривалі посухи, які чергуються з затяжними зливами. Річна сума опадів в середньому складає 475-500 мм, проте в останні роки показник знизився до 300 - 750 мм. У літні місяці випадає 160 мм, (дефіцит 30 %). У весняний та осінній періоди випадає приблизно 150 -120 мм опадів відповідно (+10–25 мм над нормою). А за вегетаційний період (квітень-жовтень) опадів випадає 66 % від річної норми. Термін середньодобової температури більше +10°C триває 160–165 діб. Середньорічна температура за останні п'ять років підвищилась з +7,4 °C до



+8,4<sup>0</sup>С. Сума активних температур коливається в межах 2600–2660<sup>0</sup>С. Тому чинник погодних умов є важливим у процесі ортогенезу рослин квасолі звичайної. Так за результатами наших спостережень в середньому за роки досліджень, тривалість періоду від сівби до появи повних сходів становила 6-9 діб, залежно від сорту. Така розбіжність періоду обумовлена надмірною кількістю опадів в 2023 та 2025 роках та посушливими умовами 2024 року. Інокуляція насіння азотфіксуючими бактеріями (*Rhizobium*) та мікоризними грибами (Мікофренд) дещо знівельювали тривалість появи сходів у сорту Буковинка, яка становила в середньому 6 діб за густоти 400-500 тис.шт./га. Загущення агроценозу до 600 тис. шт./м подовжило міжфазний період на добу. Сорт Мавка у зазначену фазу тривалість міжфазного періоду становив 8 діб, застосування препаратів зменшило період на одну добу за густоти агроценозу 400-500 тис.шт./га (Табл.3.3).

У сорту Щедра тривалість першого періоду ортогенезу досягала 9 діб, це найвищий показник з усіх досліджуваних сортів. Застосування біологічних препаратів не вплинуло на тривалість зазначеної фази ортогенезу, тому що дана ознака обумовлена біологічною особливістю сорту. Сорт Галактика мав тривалість фази сівба- сходи в середньому 8 діб за всіх досліджуваних густот. Тривалість періоду від формування третього трійчастого листка до початку цвітіння на контрольному варіанті у ранньостиглого сорту Буковинка становив 45 діб за густоти рослин 400-500 тис.шт./га, а за загущенні агроценозу до 600 тис.шт./га період подовжився на одну добу. Інокуляція насіння біологічними препаратами за густоти рослин агроценозу квасолі 400-500 тис.шт./га знизило тривалість періоду на дві доби, у загущеному агроценозі культури навпаки, подовжило на 2 доби. Різниця міжфазного періоду цвітіння- утворення бобів становила 1 добу за оптимальною та загущеною густотою агроценозу. Така ж тенденція зберіглася і за тривалості фази ортогенезу налив насіння – повна стиглість. Загалом тривалість вегетаційного періоду у сорту Буковинка за застосування біологічних препаратів та оптимального стеблестою 400-500 тис.шт./га становила 88 діб, за загущеного – 96 діб.

Таблиця 3.3

**Тривалість міжфазних періодів рослин квасолі звичайної залежно від густоти агроценозу та інокуляції насіння, середнє за 2023-2025 роки.**

Сорти	Інокуляція насіння препаратами	Норма висіву, тис.шт./га	Тривалість основних міжфазних періодів сортів квасолі звичайної, діб				
			Сівба-повні сходи (ВВСН 00-09)	3-й трійчастий листок-цвітіння (ВВСН 13-19)	Цвітіння-уворення бобів (ВВСН 61-71)	Налив насіння – повна стиглість (ВВСН 75-89)	Тривалість вегетаційного періоду
Буковинка	Контроль (обробка водою)	400	6	45	13	24	87
		500	6	45	13	25	89
		600	7	47	14	27	95
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	6	42	13	26	87
		500	6	42	13	26	87
		600	7	47	14	27	95
	Мікофренд, 2 л/т	400	6	45	13	25	89
		500	6	45	13	25	89
		600	6	47	16	29	98
Мавка	Контроль (обробка водою)	400	8	43	14	25	90
		500	8	43	15	26	92
		600	8	46	17	27	97
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	7	44	16	24	91
		500	7	44	17	24	92
		600	8	46	17	26	95
	Мікофренд, 2 л/т	400	7	46	16	25	94
		500	7	44	16	25	92
		600	7	46	17	25	95
Щедра	Контроль (обробка водою)	400	9	49	17	27	102
		500	9	47	17	27	101
		600	9	49	17	29	104
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	9	49	17	27	102
		500	9	48	17	26	101
		600	9	49	17	27	102
	Мікофренд, 2 л/т	400	9	47	16	27	99
		500	9	46	16	26	95
		600	8	49	17	27	103
Галактика	Контроль (обробка водою)	400	8	42	17	25	92
		500	8	42	17	25	92
		600	8	43	18	26	95
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	8	42	17	26	93
		500	8	42	17	26	93
		600	8	43	17	26	95
	Мікофренд, 2 л/т	400	8	43	17	25	94
		500	8	43	17	25	93
		600	8	44	18	25	94

Проходження фаз вегетації квасолею, габітус рослин набуває більших розмірів, посилюється або нівелюється взаємовплив досліджуваних факторів, тому і збільшувалась різниця між досліджуваними сортами культури. Сорт Мавка у початковий період органогенезу мав тривалість періоду 8 діб, з застосуванням біологічних препаратів тривалість знизилась на 1 добу. Тривалість періоду від «3-тього трійчастого листка до початку цвітіння» становила 43 доби, тільки за густоти агроценозу 600 тис.шт. рослин/га тривалість подовжилась до 46 діб. У варіантах з застосуванням біологічних препаратів у зазначену фазу знижує період на 2 доби.

У наступні фази органогенезу квасолі «цвітіння – утворення бобів» та «налив насіння – повна стиглість» тривалість терміну різнилась у 1-2 доби відповідно. Загущеність агрофітоценозу культури подовжувало період органогенезу також на 1-2 доби. Застосування біопрепаратів у ці фази не мало впливу на тривалість цих періодів вегетації. Слід відзначити, що така тенденція зберігається у всіх досліджуваних сортів. Загалом тривалість вегетаційного періоду сорту Мавка становила у варіантах з густотою рослин 400-500 тис.шт./га 91 добу, за густоти 600 тис.шт. рослин/га – 94 доби.

Пізньостиглий сорт Щедра мав тривалість проходженні мізфазних періодів ідентичні з зазначеними у характеристиці оригінатора (ННЦ Інститут землеробства НААН). Період сівба - повні сходи тривав 9 діб, за всіх досліджуваних чинників. Тривалість періоду «3-тього трійчастого листка до початку цвітіння» становила на контрольному варіанті 49 діб, у варіантах за інокуляції насіння квасол тривалість зменшилась на 2 доби. У варіантах з густотою стеблестою 400-500 тис.шт./га тривалість проходила 47 діб, за густоти агроценозу 600 тис.шт. рослин/га період тривав до 49 діб. Наступні фази органогенезу («цвітіння – утворення бобів» та «налив насіння – повна стиглість») тривали відповідно 16-17 та 26-27 діб. Вегетаційний період тривав 101 добу, застосування біологічних препаратів зменшило період вегетації на 4 доби.

Сорт Галактика, середньостиглий, тривалість періоду сівба - повні сходи становив 8 діб за всіх досліджуваних чинників. Фаза розвитку «3-тій трійчастий

листок – початок цвітіння» тривав 42 доби, за густоти агроценозу 600 тис.шт. рослин/га тривалість подовжилась до 44 діб. У варіантах з застосуванням біологічних препаратів у зазначену фазу знижує період на 1 добу. Наступні фази органогенезу тривали 17 та 25 діб. Тривалість періоду вегетації за густоти 400-500 тис.шт./га становила 93 доби, за густоти агроценозу 600 тис.шт. рослин/га 95 діб.

Так за результатами наших спостережень розвиток рослин квасолі проходив в залежності від ґрунтово-кліматичних умов, основними складовими якого є температура повітря і ґрунту, площа живлення та зволоженість орного шару. Так у квітні - травні 2024 році опадів випало в середньому на 11,2 мм менше за багаторічні показники, у 2023 та 2025 роки вологозабезпеченість агроценозу була доволі висока, так як у квітні місяці випало у 3 рази більше опадів, порівняно з середньобагаторічними показниками і забезпечило посіви квасолі високою польовою схожістю насіння. Та і інокуляція насіння препаратами впливала на показники схожості та виживаності рослин.

В середньому за 2023-2025 роки тривалість періоду сівба - повні сходи сортів квасолі залежно від факторів, що досліджувались, змінювались в межах від 1 до 2 діб. Загущеність стеблестою рослин квасолі до 600 тс.шт./га подовжило період органогенезу культури. Застосування якісних інокулянтів з високим вмістом азотфіксуючих бактерій для обробки насіння бобових культур сьогодні є необхідністю, оскільки дає змогу повною мірою реалізувати генетичний потенціал сучасних сортів, забезпечуючи найвищі врожаї за найкращої окупності затрат на вирощування.

Застосування біологічних препаратів для інокуляції насіння, які у своєму складі містять сучасні високоефективні штами *Rhizobium*, гарантує, що кожна насіннина має достатню кількість активних бактерій[126].

Однак, як вказують дослідники, важливо враховувати специфічність бактерій до певних видів квасолі та необхідність дотримання оптимальних умов для їх розвитку (температура, вологість), так як інокуляція насіння квасолі сприяє утворенню корневих бульбочок, які фіксують азот з повітря та забезпечують

його рослинам[118, 119, 120, 121]. Це покращує родючість ґрунту та можливість використання післядії накопиченого азоту в ґрунті наступним культурам у сівозміні. Таким чином, комплексна інокуляція насіння є запорукою отримання високої урожайності та якості продукції квасолі, а досконалий і науковий підхід до етапів органогенезу культури дозволяє підвищити показники схожості насіння, та й забезпечити оптимальний ріст і розвиток рослин у вегетаційний період.

Веgetаційний період досліджуваних сортів квасолі складає 80-105 діб, за короткий проміжок часу культура формує, достатню асиміляційну поверхню й потужну кореневу систему до настання високих літніх температур, та ймовірних посух, що є важливою передумовою отримання задовільних врожаїв, крім того раннє звільнення поля дозволяє ефективно використовувати залишок періоду до настання зимового спокою, для вирощування проміжних посівів, сидератів, або для проведення агрооперацій для підготовки до висіву наступної культури, що є вагомою перевагою серед інших ярих культур.

Нормальне проходження вегетації квасолі відбувається за умови стабільного бездефіцитного вологозабезпечення, швидкого наростання середньодобових температур, особливо на перших етапах росту, для забезпечення активного проходження ростових процесів, та відсутності надмірних температур у період цвітіння-утворення бобів, за сприятливою температурою є 20-26 °С, за умови відсутності значних перепадів між нічною та денною. При тривалих прохолодних періодах вегетація закономірно подовжується, так як для продовження кожної з фаз необхідна певна сума активних температур, за умови надмірних температур та дефіциту вологи міжфазні інтервали навпаки скорочуються, особливо фази формування генеративних органів.

### **3.3. Морфометричні показники сортів квасолі звичайної**

У процесі органогенезу рослин відбувається накопичення та перерозподіл метаболітів та асимілянтів в тканинах та органах культур, збільшується їх

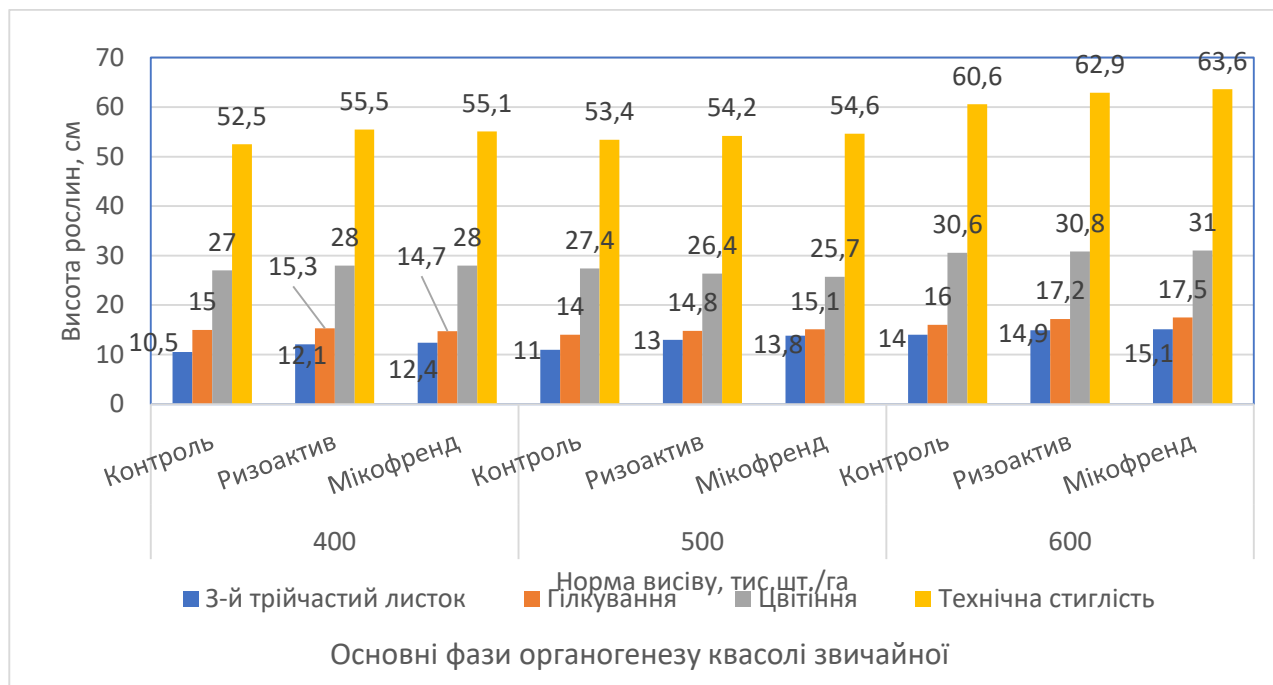
біомаса, асиміляційна площа та кількість бруньок, відповідно динаміці ростових процесів. А морфометричні показники рослини значною мірою впливають на її продуктивність. Обґрунтовуючи доцільності застосування тих чи інших агротехнологічних елементів вирощування сільськогосподарських культур важливим є аналіз їх впливу на ростові процеси рослин. Цей комплекс зовнішніх умов дозволяю визначити здатність культури реалізувати свій продуктивний потенціал. [127, 128, 129].

Висота рослин є важливим морфометричним показником який характеризує біологічні особливості сорту, ефективність дії застосованих елементів агротехнологій, їх реакцію на абіотичні фактори. Від висоти рослин значною мірою залежить продуктивність культури, її конкурентна здатність, придатність культури чи сорту до механізованого вирощування [130, 131]. . Висота є сортовою ознакою, проте окрім сортових ознак не менший вплив має густота розміщення рослин та кліматичні умови зони вирощування культури, так як надмірна кількість опадів призводить до формування розлогої вегетативної маси. Оптимальна висота сортів квасолі звичайної, придатних до механізованого збирання становить 50-60 см. При цьому дуже важливою є стабільність прояву цієї ознаки за роками вирощування [132, 133, 134].

Дослідженнями встановлено [135, 136], що високорослі рослини зернобобових культур мають кореневу систему, яка проникає і розташовується у глибших шарах, що ефективно використовувати вологу з нижніх горизонтів ґрунту, що мега актуально в умовах нестійкого зволоження.

Аналіз результатів досліджень показав, що лінійний ріст рослин квасолі залежав від сортових особливостей культури, інокуляції насіння, густоти рослин на площі впродовж їх вегетації. Незалежно від просторового розміщення та сорту квасолі до настання фази цвітіння у варіантах загущеності агроценозу (600 тис. шт./га) висота рослин була вищою порівняно на ділянках з густотою рослин 400-500 тис. шт./га. Так, у фазу 3-го трійчастого листка висота рослин за густоти 400-500 - 600 тис. шт./га у сорту Буковинка без застосування інокуляції насіння становила 10,6-11-14,0 см, у фазу гілкування показник підвищився в середньому

на 4,5 см, у наступні фази органогенезу цвітіння та технічної стиглості у 2 рази. Слід відмітити, що за загущеності агроценозу (600 тис. шт./га) висота рослин сорту Буковинку вища на 10 см порівняно з рослинами за оптимальної (400-500 тис. шт./га) густоти. (Рис.3.2).



$HP_{0,05}$  для фази 3-го трійчастого листка 1,4; для фази гілкування 2,1; для фази цвітіння 3,1; для фази технічна стиглість 3,8.

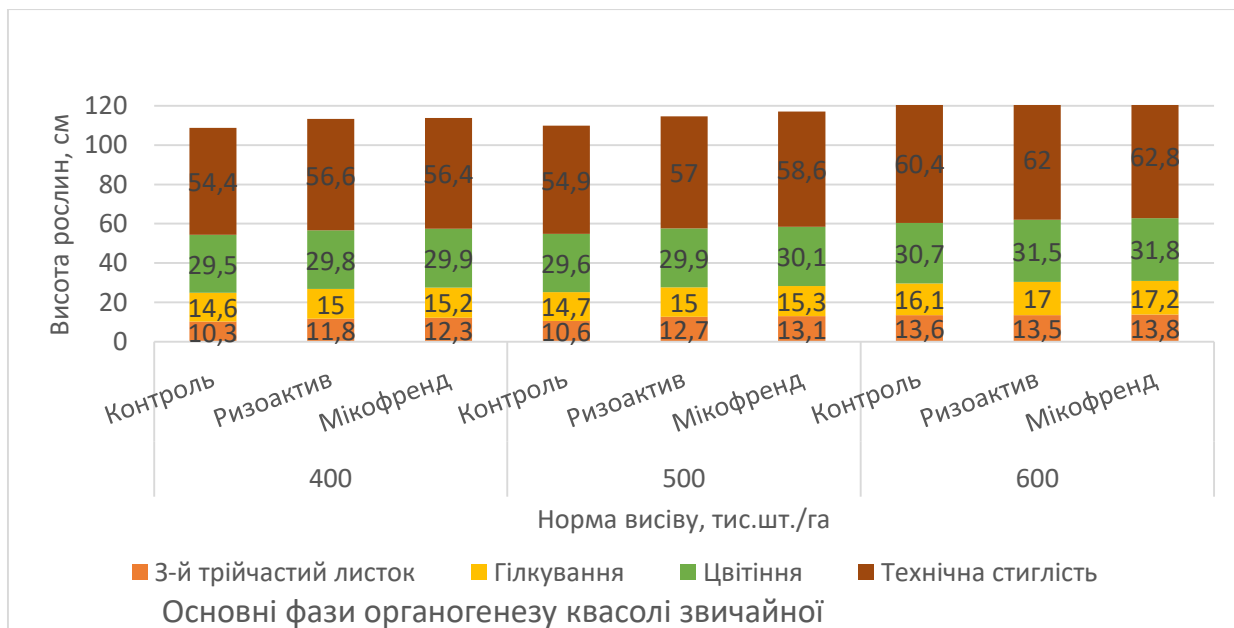
**Рис.3.2. Динаміка висоти рослин квасолі звичайної сорту Буковинка в залежності від інокуляції насіння та густоти агроценозу культури, середнє за 2023-2025 роки**

На ділянках, де висівалось інокуюване насіння біологічними препаратами показник висоти рослин був в середньому на 2-5 см більший у фази органогенезу «3-й трійчастий листок та гілкування» і у 3 рази у наступні фази. Загущений агроценоз за інокуляції насіння також мав вищі рослини.

Динаміка висоти рослин сорту Мавка досягла показників за оптимальної густоти агроценозу на контрольному варіанті 10,3 – 10,6 см, за загущеності – 13,7 см у фазу 3-го трійчастого листка та 14,6 – 14,7 см, та 16,1 см відповідно з у фазу гілкування (Рис.3.3).

Наступні фази вегетації мали показники висоти 29,5 та 54,4 см за густоти рослин 400 тис. шт./га: 29,6 см та 54,9 см – за густоти 500 тис. шт./га та 30,7 і 60,4 см за густоти стеблистою у 600 тис. шт./га. Інокуляція насіння підвищили висоту

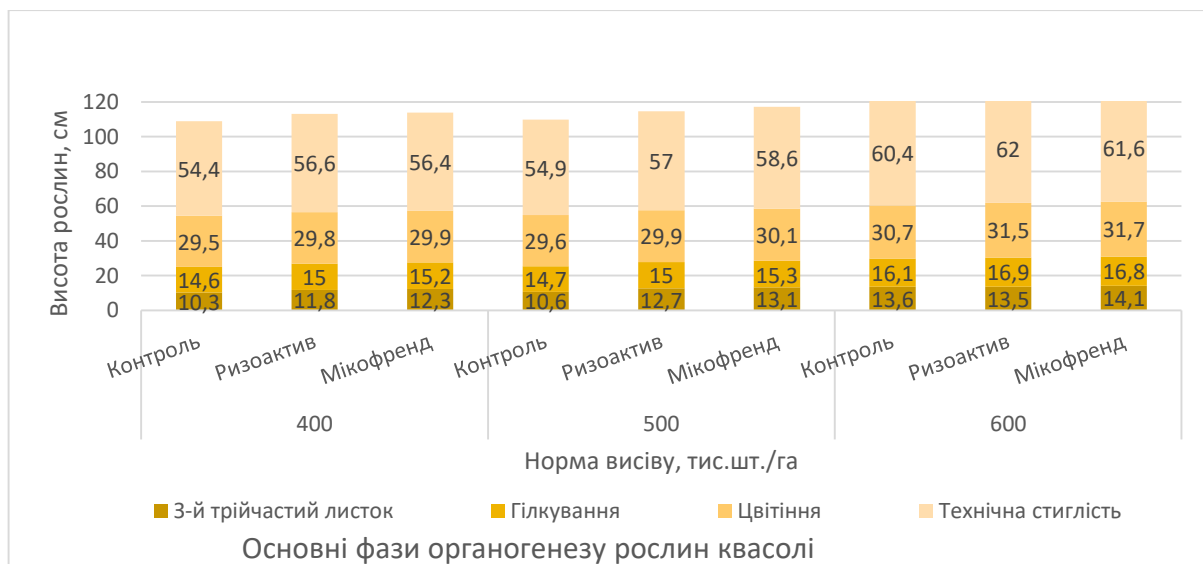
рослин сорту Мавка на 2-4 см у початковій фазі органогенезу і у 2 та 3 рази у фазі цвітіння та технічної стиглості.



$HP_{0,05}$  для фази 3-го трійчастого листка 1,7; для фази гілкування 2,2; для фази цвітіння 3,2; для фази технічна стиглість 3,7.

**Рис.3.3. Динаміка висоти рослин квасолі звичайної сорту Мавка в залежності від інокуляції насіння та густоти агроценозу культури, середнє за 2023-2025 роки**

У сорту квасолі Щедра динаміка висоти рослин була ідентична показникам сортів Буковинка та Мавка (Рис.3.4).

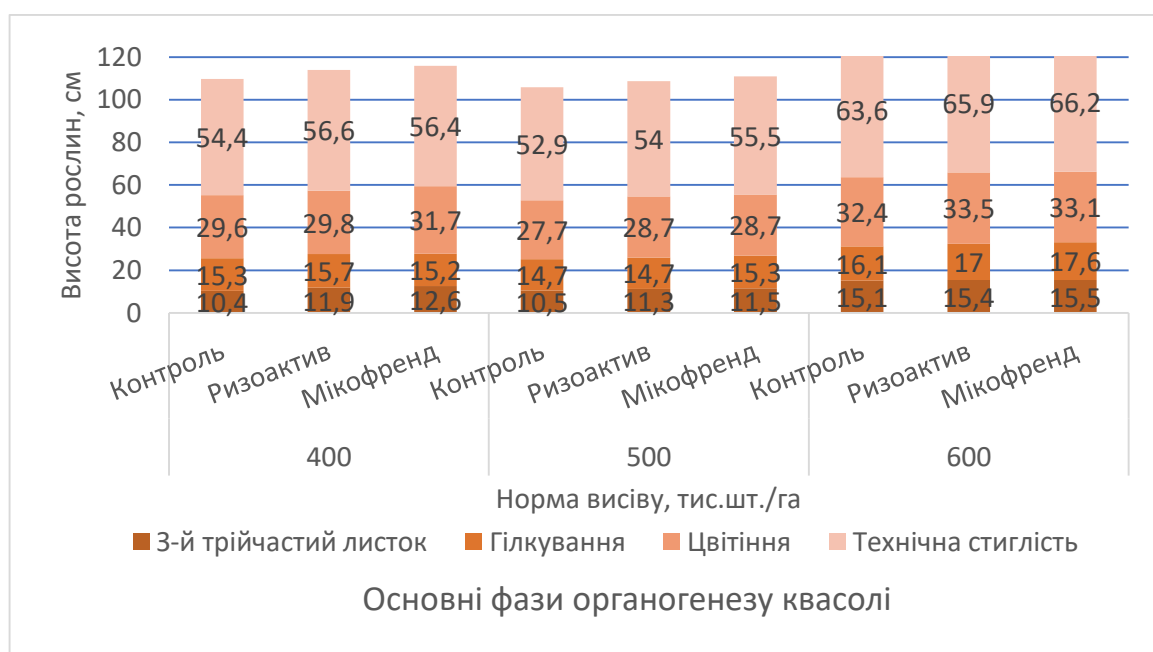


$HP_{0,05}$  для фази 3-го трійчастого листка 1,3; для фази гілкування 1,9; для фази цвітіння 2,8; для фази технічна стиглість 3,6.

**Рис.3.4. Динаміка висоти рослин квасолі звичайної в залежності від інокуляції насіння сорту Щедра та густоти агроценозу культури, середнє за 2023-2025 роки**



Найбільший вплив на висоту рослин сорту Щедра проявила інокуляція насіння біологічними препаратами, збільшення висоти за досліджуваних густот сягало близько 4,5 см на початкових фазах органогенезу порівняно з контрольним варіантом. Найвищі стебла рослини сорту Щедра були за загущеному стеблостої (600 тис. шт./га). У наступні фази органогенезу «цвітіння» та «технічної стиглості» висота підвищилась майже на 15 см. Використання біологічних препаратів мали найвищий вплив на зміну висоти стебла рослин і в сорту Галактика – в середньому збільшення висоти за різних густот сягало близько 5-6 см (Рис.3.5). Найменші показники висоти рослин спостерігались у контрольних варіантах без використання біологічних препаратів: за густоти 400 -500 тис. шт./га – 10,4 см, за густоти 600 тис. шт./га – 15,1 см у фазу органогенезу 3-й трійчастий листок. У фазу гілкування висота рослин досягла показників відповідно 15,3-14,7 см та 16,1 см. У фазу цвітіння показники підвищились в середньому на 14.5 см. За загущення агроценозу висота стебла рослин становила 33,5 см. У фазу технічної стиглості покази висоти збільшились у 2 рази за всіх досліджуваних густот.



НР<sub>0,05</sub> для фази 3-го трійчастого листка 1,2; для фази гілкування 2,2; для фази цвітіння 3,2; для фази технічна стиглість 3,7.

**Рис.3.5. Динаміка висоти рослин квасолі звичайної сорту Галактика в залежності від інокуляції насіння та густоти агроценозу культури, середнє за 2023-2025 роки**

Під час проходження фенологічних фаз кvasолі звичайної від цвітіння до технічної стиглості зерна продовжувалось наростання висоти головного пагона, але сповільненими темпами за всіх досліджуваних густот агроценозу культури.

За даними наших досліджень висота рослин в більшій мірі відповідала заявленій оригінаторами за густоти агроценозу 400-500 тис. шт./га. На початку органогенезу культури встановлено інтенсивне наростання висоти стебла, порівняно з загущеними посівами (600 тис. шт./га), де процес наростання стебла був сповільнений, що обумовлено інтенсивним розвитком загального габітусу та збільшення кількості листків в структурі рослини, і як наслідок – в агроценозі посилювалось взаємне затінення рослин. Використання біологічних препаратів впливало на показники висоти рослин, підвищуючи їх на 3-5 см у початковій фазі органогенезу, у наступних фазах органогенезу висота рослин підвищувалась не суттєво, їх дія проявлялась в розвиненій кореневій системі, яка здатна більш ефективно використовувати вологу з нижніх шарів ґрунту, що є надзвичайно актуально в умовах нестійкого зволоження, забезпечуючи оптимальну висоту рослин. А от в загущеному агроценозі (600 тис. шт./га) показники висоти були найбільші, що вказує на підвищення конкурентних взаємовідносин між рослинами за життєво необхідний фактор сонячної інсоляції, внаслідок якої рослини витягуються. Збільшення висоти стебла рослин кvasолі відбувається за рахунок збільшення його вузлів або довжини міжвузлів, або їх поєднанням [121, 124]. Важливим також є і показник висоти прикріплення нижнього бобу, ознака яка характеризує придатність сортів до механізованого збирання кvasолі (Рис.3.6). Зазначена ознака обумовлена генетикою сорту і значною мірою залежить від густоти агроценозу культури. У нижніх бобах, які закладаються першими, формується крупне, повноцінне насіння, яке має високі показники якості. Рослини які мають низький рівень прикріплення бобів при збиранні втрачають від 3 % до 20 % врожаю [137, 138, 139].



600 тис.шт./га

500 тис.шт./га

400 тис.шт./га

**Рис. 3.6. Висота прикріплення нижнього бобу у рослин квасолі звичайної за різної густоти агроценозу, 2025 рік**

Відомо, що у посушливі роки прикріплення бобів вище, у вологі – нижче. У загущених агроценозах зернобобових культур висота прикріплення бобу завжди підвищується, що є вирішальною ознакою для механізованого збирання квасолі. Доведено, що із загущенням агроценозу квасолі змінюється в кращу сторону ряд важливих у господарському відношенні ознак рослин.

За результатами наших досліджень висота прикріплення нижнього бобу за густоти стояння рослин агроценозу у 600 тис. шт./га у сорту Буковинка становила 16,2 см, Мавка – 15,8 см, Щедра 14,7 см та Галактика 17,4 см. За густоти рослин 500 тис. шт./га у вищезазначених сортах показник становив відповідно 15,3 см, 15,4, 13,5, 16,2 см, а за густоти 400 тис.шт./га – 14,3 14,9, 13,8 та 16,2 см. (Таб.3.4)

Таким чином, дослідження висоти прикріплення нижнього бобу вказало на тенденцію, що зі збільшенням густоти стояння рослин, збільшується висота прикріплення нижнього бобу. Зріджені агроценози (400 тис.шт./га) мають більшу площу живлення, відповідно й низький рівень прикріплення бобу – 9 -10 см.

**Біометричні показники сортів квасолі звичайної за різної густоти  
агроценозу (середнє за 2023-2025 рр.)**

Сорт	Норма висіву, тис.шт./га	Висота, см		Кількість, шт.	
		прикріплення нижнього бобу	від поверхні грунту до кінчика бобу	гілок	міжвузлів
Буковинка	400	14,3	6,8	3,3	12,8
	500	15,3	6,9	3,2	11,4
	600	16,2	7,6	3,0	10,7
Мавка	400	14,9	7,3	3,6	11,7
	500	15,4	8,2	3,4	10,2
	600	15,8	7,7	3,1	9,3
Щедра	400	13,8	4,9	4,3	10,9
	500	13,5	4,9	4,4	10,8
	600	14,7	5,7	5,2	9,6
Галактика	400	16,2	5,1	3,2	11,4
	500	16,2	5,2	3,3	11,5
	600	17,4	6,8	4,2	10,7
НІР <sub>0,05</sub>		1,7	2,1	0,56	0,78

Кількість пагонів, куцистість та діаметр куца — є важливими характеристиками, що відображають архітектуру рослини та її потенційну продуктивність. Однак, як і у випадку з висотою, ці параметри не є постійними і залежать від безлічі факторів. Куцистість - це здатність рослини утворювати бічні пагони, які формують куц. Вона визначається генетичними особливостями сорту, але загалом залежить від умов вирощування.

Проведені спостереження свідчать, що найбільша кількість гілок залежно від густоти рослин 400, 500 та 600 тис. шт./га на рослині була притаманна сорту Щедра – 4,3, 4,4 і 5,2 шт., найменша кількість гілок встановлена у сорту Буковинка – 3,3, 3,2 та 3,0 шт. Щодо міжвузлів, то найбільшою їх кількістю характеризувалися сорти Галактика– 11,4, 11,5 та 10,7 шт. та Мавка – 11,7, 10,2 та 6,3 шт., Буковинка – 12,8, 11,4 та 10,7 шт.

Діаметр куца та кількість пагонів є індикаторами куцистості. У сприятливих умовах (оптимальна густота, достатня вологість та живлення)

рослина формує більш розгалужений кущ з більшою кількістю пагонів. За результатами наших досліджень за густоти рослин 400 - 500 тис.шт./га сорти Мавка, Щедра та Буковинка сформували більшу кількість пагонів 9-10 шт., що забезпечило формування помірно розгалужені кущі (30-32 см) у порівнянні з сортом Галактика – кількість пагонів 8 шт. та діаметр 29 см (слабке розгалуження). За густоти агроценозу квасолі 600 тис. шт./га досліджувані сорти сформували 7-8 шт. пагонів з діаметром куща 27 см. Це робить рослини вищими, але менш стійкими до вилягання.

Дослідження щодо кущистості сортів, визначення та його діаметру вказало на залежність, що зріджений агроценоз (400 тис. шт./га) призводить до інтенсивного наростання вегетативної маси, яка формує розлогий кущ квасолі звичайної. Це пояснюється тим, що кожна рослина отримує більшу площу живлення, що є стимулом розвитку бічних пагонів, збільшуючи діаметр куща та його кущистість в цілому. Це є позитивною ознакою, оскільки сприяє більшому формуванню бобів на одній рослині. За густоти агроценозу (600 тис. шт./га) рослини конкурують за ресурси, що призводить до сповільнення розвитку бічних пагонів. В результаті, знижується кількість пагонів і кущі стають меншими за діаметром. Згідно технологічних вимог до механізованого збирання, діаметр куща не повинен перевищувати 30 см, окрім вищезазначеного, рослина має бути з прямостоячим детермінантним кущем з розвиненою кореневою системою, яка міцно утримує його у ґрунті, що на перших етапах органогенезу забезпечує інокуляція насіння біологічними препаратами [135].

Придатність до механізованого збирання урожаю – це комплексна ознака, яка складається у зернобобових культур зі стійкості рослин до вилягання, висоти прикріплення нижнього ярусу бобів від поверхні ґрунту, стійкості рослин до розтріскування бобів після досягання та висипання насіння, форми рослини [137].

### **3.4 Симбіотична продуктивність сортів квасолі звичайної**

Квасоля, така культура, яка спроможна самостійно отримувати азот з повітря завдяки особливим бактеріям, що живуть на її коренях. Це відбувається завдяки бобово-ризобіальному симбіозу, коли спеціальні бактерії (бульбочкові) фіксують атмосферний азот, перетворюючи його на доступну для рослини форму. Це найдешевший спосіб забезпечити рослину поживними речовинами, а також збагатити ґрунт для майбутніх врожаїв. Цей процес є найефективнішим і найдешевшим джерелом азоту як для самої квасолі, так і для наступних культур у сівозміні. Наші дослідження, проведені протягом 2023–2025 років, були спрямовані на дослідження симбіотичної активності різних сортів квасолі та впливу на неї інокуляції насіння культури біологічними препаратами. Як зазначають вітчизняні науковці, рослини квасолі формували стрижневу кореневу систему, яка мала бокові галушення додаткових корінців, які розташовуються горизонтально у верхньому шарі ґрунту до 30 см, а їх ріст і розвиток значною мірою залежить від рівня вологості. Для бобових культур бажано у агротехнологіях вирощування застосовувати інокуляцію насіння біопрепаратами, які сприяють інтродукції високоефективних штамів бульбочкових бактерій у ґрунтові мікробоценози [140, 141]. У фазу повних сходів починають формуватись бульбочки, і до фази цвітіння їх кількість збільшується, а за сприятливих кліматичних умов цей процес продовжується і до фази формування бобів [142].

Слід зазначити, що загальна маса коренів у вологі роки (2023-2025) збільшувалась, а в посушливі роки вони дуже повільно проникають в глибші шари ґрунту. І треба також враховувати особливість культури, що не всі бульбочки на коренях рослини є активними, частина з них є пасивні (табл. 3.5).

За результатами досліджень виявлено, що в середньому за період досліджень агроценоз квасолі, відповідно до сорту, інокуляції насіння та густоти стояння рослин формували загальну кількість бульбочок у фазі третього трійчастого листка від 6,0 до 9,8 шт. загальної кількості бульбочок та від 1,2 до 4,9 шт. активної.

Таблиця 3.5

**Динаміка кількості бульбочок на коренях залежно від інокуляції насіння та  
норми висіву насіння сортів квасолі звичайної, шт./рослину  
(середнє за 2023-2025 роки)**

Сорти	Інокуляція насіння препаратами	Норма висіву, тис. шт./га	Кількість бульбочок (шт./рослину) за основними фазами органогенезу квасолі					
			3-й трійчастий листок (ВВСН 10-13)		цвітіння (ВВСН 13-19)		формування насіння (ВВСН 61-71)	
			загальна	активна	загальна	активна	загальна	активна
Буковинка	Контроль (обробка водою)	400	8,1	3,4	27,6	23,1	12,3	6,9
		500	8,2	3,4	27,6	23,2	12,5	7,0
		600	8,4	3,0	26,8	22,7	12,1	6,9
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	9,7	4,7	29,2	24,6	13,3	7,5
		500	9,8	4,7	28,4	24,4	13,4	7,5
		600	9,8	4,3	27,9	24,7	13,0	7,2
	Мікофренд, 2 л/т	400	9,6	4,8	29,0	25,2	13,8	7,7
		500	9,8	4,9	29,1	25,2	13,7	7,6
		600	9,7	4,4	28,6	24,7	13,4	7,1
Мавка	Контроль (обробка водою)	400	8,2	3,8	24,1	18,4	12,2	6,3
		500	8,2	3,8	23,8	17,9	12,4	6,3
		600	8,1	3,6	23,5	17,6	12,1	6,0
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	8,7	4,0	27,2	22,2	13,3	7,1
		500	8,7	4,1	27,4	22,3	13,3	7,1
		600	8,5	4,0	27,1	22,0	13,0	6,9
	Мікофренд, 2 л/т	400	8,8	4,2	27,8	23,5	13,6	7,1
		500	8,7	4,2	27,2	23,1	13,5	7,1
		600	8,8	4,0	27,0	22,8	13,2	6,9
Щедра	Контроль (обробка водою)	400	8,1	3,2	20,7	16,5	12,3	6,2
		500	8,0	3,2	20,7	16,4	12,4	6,2
		600	7,9	3,1	20,6	16,1	12,0	6,0
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	8,6	3,8	25,7	20,2	13,4	6,7
		500	8,6	3,8	25,6	20,4	13,4	6,7
		600	8,4	3,7	24,9	19,9	13,1	6,2
	Мікофренд, 2 л/т	400	8,6	3,9	27,7	23,4	13,6	6,8
		500	8,5	3,9	27,5	23,3	13,6	6,8
		600	8,5	3,5	27,3	22,1	13,0	6,0
Галактика	Контроль (обробка водою)	400	6,1	1,7	19,6	15,1	11,8	5,7
		500	6,3	1,6	19,8	14,9	11,7	5,8
		600	6,0	1,2	18,7	13,8	11,1	5,3
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	6,6	2,7	21,3	16,4	11,9	8,6
		500	6,6	2,8	21,2	16,3	12,3	8,6
		600	6,3	2,4	21,1	15,9	12,0	8,2
	Мікофренд, 2 л/т	400	6,8	2,8	22,2	16,4	12,5	8,7
		500	6,8	2,8	21,8	16,3	12,5	8,7
		600	6,5	2,5	20,9	16,0	12,1	8,4
НІР <sub>0,05</sub>			1,9	2,3	3,4	3,3	1,1	2,5

Так сорт Буковинка у зазначену фазу органогенезу сформував на контрольному варіанті за густоти 400, 500, 600 тис.шт./га в середньому 8,3 шт. загальної кількості бульбочок з яких 3,2 шт. виявились активними. У варіанті з інокуляцією насіння препаратами Ризоактив Бобові, 1 л/т та Мікофренд, 2 л/т загальна та активна кількість бульбочок підвищилась в середньому на 1,7 шт. У фазу цвітіння культури на контрольному варіанті загальна кількість бульбочок становила в середньому 27,4 шт./рослині, активних 22,5 шт./рослину У варіанті з інокуляцією насіння препаратами Ризоактив Бобові, 1 л/т та Мікофренд, 2 л/т виявлено на коренях 28,4 та 29,1 шт./рослину загальної кількості бульбочок та 24,7-25,2 шт./рослину активних.

У фазі органогенезу формування насіння кількість бульбочок вже зменшувалась і становила в середньому 6,9 шт./рослині активних від загальної кількості 12,4 шт./рослині у контрольному варіанті. У варіанті з інокуляцією насіння біологічними препаратами інтенсивність зменшення уповільнилась і становила 7,5 шт./рослину активних від загальної кількості у 13,3 шт. на кореневій системі рослини. активних бульбочок із зазначеної

Сорт Мавка у контрольному варіанті у фазу 3-го трійчастого листка за всіх досліджуваних густот мав 8,2 шт./рослину загальну кількість бульбочок, з яких 3,7 шт. були активні. У варіанті з інокуляцією насіння біологічними препаратами кількість активних бульбочок зросла до 4,1 шт./рослину з загальної кількості 8,7 шт./рослину. У наступні фази органогенезу культури кількість активних бульбочок зростала до 18,4 шт./рослину із загальної 23,9 шт./рослину у контрольному варіанті у фазу цвітіння та до 6,2 шт./рослину активних із 12,2 шт./рослину загальної кількості бульбочок та у фазу формування насіння. Зазначені показники за обробки насіння біологічними препаратами становили відповідно у фазу цвітіння 22,7 шт./рослину активних із загальної кількості 27,4 шт./рослину та 7,1 шт./рослину активних з загальної кількості 13,4 шт./рослину у фазу формування насіння. У сорту Щедра на контрольному варіанті показник активних бульбочок та загальної кількості знизився в середньому на 0,7 шт./рослин у фазу 3-тього трійчастого листка. У фазу цвітіння на зазначеному



варіанті тенденція зниження показників активних та загальної кількості бульбочок збереглася і показник зниження кількості становив в середньому 4,5 шт./рослину загальної кількості та 2,2 шт./рослину активних. У фазу формування насіння показники загальної кількості та активних бульбочок була майже ідентичні показникам сорту Мавка і різнилися не суттєво. У варіанті з обробкою насіння сорту Щедра препаратами збереглась попередньо зазначена тенденція і показники не суттєво різнилися з показами кількості бульбочок сорту Мавка. Стосовно сорту Галактика, то слід зазначити, що кількість бульбочок була найменша у всіх досліджуваних варіантах по всіх факторах, порівняно з вище зазначеними сортами. Застосування інокуляції насіння суттєво не підвищило кількість бульбочок на рослину в основні фази органогенезу квасолі. Так у фазу 3-ього трійчастого листка на контрольному варіанті загальна кількість бульбочок становила в середньому 6,2 шт./рослину, активних - 1,4 шт./рослину. Застосування інокуляції насіння підвищило показник загальної кількості до 6,7 шт./рослину і 2,6 шт./рослину активних. У фазу цвітіння показник на контрольному варіанті підвищився до 19,6 шт./рослину загальної кількості і до 11,2 шт./рослину активних. У фазу формування насіння загальна кількість зменшилась до 11,8 шт./рослину і до 5,6 шт./рослину активних. У фазу цвітіння за інокуляції насіння показник загальної кількості бульбочок підвищився відповідно до 21,7 шт./рослину, а активних – до 16,2 шт./рослину, у фазу формування насіння зменшився до 12,1 шт./рослину загальної кількості бульбочок і до 8,5 шт./рослину активних. Аналізуючи вищевикладені показники кількості бульбочок на рослинах досліджуваних сортів нами встановлено закономірність, що сорти квасолі, інокуляція насіння біологічними препаратами впливала на кількісну складову утворення загальної і активної кількості бульбочок на коренях. Щодо різної густоти рослин агроценозу квасолі звичайної, то суттєвого залежності не зафіксовано. (табл. 4.12). Слід відмітити, що біологічні бактеріальні препарати поліфункціональної дії, з використанням асоціативних азотфіксуючих та фосформобілізуєчих мікроорганізмів, мають доволі суттєві переваги: 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. Тому інокуляція насіння завжди безпрограшний елемент агротехнології, що відображається на поліпшенню утворення бульбочок і азотфіксації та збільшенні популяції *Rhizobium* у ґрунті. Збільшення кількості чи популяції *Rhizobium* підвищує оптимально норму утворення бульбочок, і в результаті збільшується норма азотфіксації та урожай бобових через азотфіксацію.

Однак, бобові культури не завжди позитивно реагують на інокуляцію насіння. Відсутність реакції може бути, тому що присутнє природне утворення бульбочок, застосоване інокулювання 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 [142].

### **Висновки до розділу 3**

1. Оптимальні умови для одержання дружніх сходів квасолі звичайної забезпечила інокуляція насіння препаратом Мікофренд, 2 л/т – отримано найвищий відсоток польової схожості насіння у всіх досліджуваних сортах квасолі звичайної. Сорти Буковинка та Щедра мали в середньому 95,1 % схожості насіння, сорти Галактика та Мавка - 94,4 %. Виживаність рослин квасолі звичайної була найвищою ( 87,5 %) у сорту Мавка за інокуляції насіння препаратом Мікофренд. У сорту Галактика виживаність рослин у цьому варіанті становила 83,4 %, у Щедра та Буковинка мала показники 86,6 %. У варіанті з інокуляція насіння препаратом Ризоактив Бобові виживаність рослин у сорту Галактика підвищилась на 1,2 %, а у сортів Щедра, Мавка та Буковинка становила відповідно 85,4%, 86,2, та 85,2 %. Найнищі показники збереженості рослин встановлено на контрольному варіанті.

2. Висока виживаність рослин забезпечила і формування оптимальної густоти рослин квасолі звичайної у фазу повних сходів за застосування інокуляції насіння біологічними препаратами. Сорт Буковинка за норми висіву насіння 400 тис. шт./га сформував агроценоз культури на контрольному варіанті 331,2 – 414,0 тис.шт./га, сорт Мавка 327,6 - 409,5 тис.шт./га, Сорт Щедра – 328,0 – 411,5 тис.шт./га, сорт Галактика 324,4 – 407,0 тис.шт./га. За інокуляції насіння препаратом Ризоактив Бобові, 1 л/т сформована густота агроценоза була вища відповідно за сортами на 17,6 тис.шт./га. 17,2, 13,6 та 14,0 тис.шт./га. За норми висіву насіння 500 тис.шт./га густота збільшилась на 12,6 тис.шт./га, 21,5, 15,5 та 15,0 тис.шт./га відповідно. Інокуляція насіння препаратом Мікофренд 2 л/т за норми висіву насіння 400 тис.шт./га, підвищила густоту агроценозу культури в середньому на 47,8 тис.шт./га, 27,2, 26,0 та 27,2 тис.шт./га, за норми 500 тис.шт./га — 48,5 тис.шт./га. 34,0, 32,0 та 37,5 тис.шт./га до контрольного варіанту. За норми висіву 600 тис.шт./га інокуляція насіння квасолі Ризоактив Бобові, 1 л/т агроценоз рослин становив у сорту Буковинка на 13,4 тис.шт./га більше за контроль, сорту Мавка – на 15,8, сорту Щедра – на 8,6 та сорту Галактика на 19,2 тис.шт./га відповідно. Інокуляція насіння препаратом Мікофренд 2 л/т забезпечила формування агроценозу культури відповідно за сортами на 58,2 тис.шт./га, 40,8, 37,4 та 42,0 тис.шт./га більше порівняно з контрольними показами.

3. Найтриваліший період вегетації в середньому за роки досліджень мав сорт Щедра 101-102 доби за густоти 400-500 тис. шт./га і 104 доби – за густоти 600 тис.шт./га. Найкоротший - у сорту Буковинка 87-88 діб, за загущення агроценозу 95 діб. Чергування посух з потужними зливами у вегетаційний період подовжувало тривалість органогенезу квасолі на 7-9 діб. Використання обробки насіння біологічними препаратами впливало на подовження тривалості вегетації на 1-3 доби.

4. Висота рослин є важливим морфометричним показником який характеризує біологічні особливості сорту, ефективність дії застосованих елементів агротехнологій, їх реакцію на абіотичні фактори. Під час

проходження фенологічних фаз квасолі звичайної від цвітіння до технічної стиглості зерна продовжувалось наростання висоти головного пагона, але сповільненими темпами за всіх досліджуваних густот агроценозу культури. Дослідженнями встановлено, що найвища висота стебла (66,2 см) відзначена у сорту Галактика за загущеності агроценозу культури (600 тис. шт./га), сорту Щедра та Мавка показник висоти досягав відповідно 62-62,8 см, у сорту Буковинка – 63,6 см. За густоти агроценозу у 500 тис. шт./га висота головного пагона була нища в середньому на 7-8 см.

5. Важливим аспектом успішного симбіозу квасолі і ризобій є кількість бульбочок на коренях, які починають формуватися на 12-14 добу після появи сходів. За результатами досліджень встановлено, що сортові особливості та інокуляція насіння позитивно вплинули на формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння. Найбільша кількість бульбочок була у варіанті насіння якого було інокульоване препаратом Мікофренд – 29,1 шт./рослину у сорту квасолі звичайної Буковинка.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

118. Чинчик О. С., Оліфірович С. Й. Сорти квасолі звичайної та тривалість їх вегетації в умовах Лісостепу західного. Рослинництво ХХІ століття: виклики та інновації. До 120-ти річчя кафедри рослинництва НУБІП України: матеріали доповідей ІІІ Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 23-26 вересня 2019 р.). Київ, 2019. С. 78-80.
119. Сінченко В. М., Фурман П. В. Тривалість вегетаційного та міжфазних періодів росту і розвитку рослин квасолі звичайної залежно від технологічних заходів вирощування. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2023. № 133. С. 113-121. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.16>.
120. Корнієнко С.І. Статистична характеристика тривалості фаз вегетаційного періоду квасолі звичайної в селекції на адаптивність. *Селекція і насінництво*. Харків, 2014. № 106. С. 64-70
121. Чинчик О. С. Тривалість міжфазних періодів, густота і урожайність сортів квасолі звичайної залежно від удобрення в умовах південної частини західного Лісостепу. Стан та перспективи розвитку агропромислового виробництва України : Науковий збірник Вісник Степу. Матер. ХІІ Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спец. (м. Кіровоград, 24-25 березня 2016 р.). Кіровоград, 2016. Вип. 13. С. 86-89.
122. Чинчик О. С., Оліфірович С. Й., Оліфірович В. О. Тривалість вегетації та продуктивність сортів квасолі звичайної в умовах південної частини Лісостепу Західного. *Агробіологія*. 2021. № 1. С. 166-172. doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-166-172.
123. Новицька Н. В., Мартинов О. М., Доктор Н. М. Вегетація квасолі під впливом передпосівної інокуляції насіння та удобрення. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2018. № 2. С. 45-48. <https://doi.org/10.31210/visnyk>.
124. Пороховник І. Особливості формування фенологічних фаз розвитку квасолі звичайної в умовах Лісостепу правобережного. Техніко- технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства

України. Дослідницьке, 2017. № 21. С. 282-286. URL:  
<http://nbuv.gov.ua/иЛШ/Ttar 2017 21 37>.

125. Мовчан К. І. Вплив способу сівби та густоти рослин на тривалість міжфазних періодів і урожайність квасолі звичайної в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України*. Київ, 2014. Вип. 21. С. 96-100.

126. Рожко І. І., Кулик М. І., Ракшеев А. П. Вплив заходів післязбиральної доробки та передпосівної підготовки насіння на посівні якості та врожайність квасолі овочевої // *Український журнал природничих наук*. 2024. № 10. С. 158-171.

127. Воевода А. І. Квасоля: вирощування та догляд // *Агровісник Україна*. Київ, 2006. № 10. С. 76-77.

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

129. Іванюк С. В., Глявин А. В. Характеристики кількісних ознак та індексів генотипів квасолі звичайної // *Корми і кормовиробництво*. Вінниця, 2011. Вип. 67. С. 95-103.

130. Волкогон В. Мікробіологічні аспекти оптимізації азотного удобрення сільськогосподарських культур. Київ : Аграрна наука, 2007. 144 с.

131. Фурман П. В. Індивідуальна продуктивність та урожайність квасолі звичайної залежно від технологічних прийомів вирощування // *Корми і кормовиробництво*. 2024. №98. С. 112-121.

<https://doi.org/10.31073/kormovyrobnvtstvo202498>

132. Голохоринська М., Величко С., Вихристюк М., Овчарук О. Створення нових сортів квасолі та їх впровадження у виробництво// *Селекція і насінництво*. Харків, 2005. Вип. 9. С. 149-152.

133. Овчарук О. В. Характеристика сортів квасолі звичайної за їх сортовими особливостями умовах в Лісостепу Західного // Вісник Сумського національного аграрного університету. Суми, 2014. № 9 (28). С. 117-121.181.
134. Сівак Н. В., Бахмат М. І. Особливості росту й розвитку рослин та сортова продуктивність зерна квасолі звичайної в умовах Лісостепу Західного // Подільський вісник : сільське господарство, техніка, економіка. Кам'янець-Подільський, 2023. № 3 (40). С. 60-65. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.9>.
135. Мазур В. А., Дідур І. М., Мазур О. В., Мазур О. В. Особливості прояву господарсько-біологічних ознак квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) в умовах Лісостепу Правобережного: монографія. Вінниця : ТОВ «Друк», 2021. 256 с.
136. Чередниченко Л. І., Литвинюк Г. В. Ботанічна характеристика та біологічні особливості квасолі овочевої //Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Вінниця, 2017. № 5. С. 108-117.
137. Дупляк О., Ковальчук Т., Веселовська О. Особливості успадкування ознак придатності до механізованого збирання міжсортівими гібридами F1-F3 квасолі звичайної // *Селекція і насінництво*. 2011. Вип. 100. С. 264–270.
138. 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.
139. Овчарук О.В. Характеристика сортів квасолі звичайної в умовах Лісостепу західного. Зб. наук. Праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. Вип. 17, Том І. Київ. 2013. С. 236–239.
140. 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.
141. 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.*

142. 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 4

### ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ

Головним аспектом сучасного землеробства є виробництво продукції рослинництва за умов обмежених витрат антропогенної енергії та збереження навколишнього середовища від процесів деградації й забруднення. Одним із шляхів розв'язання цих питань є впровадження у виробництво нових сортів сільськогосподарських культур, агроценози яких завдяки значному адаптивному потенціалу забезпечують високий рівень реалізації продуктивності за мінімальних енергетичних витрат і мають позитивний вплив на родючість ґрунту, а також допомагають зменшити викиди парникових газів [ 90,143,114 ].

Продуктивність будь якої культури, а в нашому аспекті квасолі звичайної – багатогранна кількісна ознака, яка обумовлена взаємодією компонентів врожайності, найбільше значення яких мають елементи структури врожаю: кількість бобів на рослину, кількість насінин у бобі та їх маса, яка формується в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування і є результатом реакції на них. А агротехнологічні прийоми, які застосовуються за вирощування культури спрямовані в основному на підвищення врожайності, яку забезпечують інокуляція насіння та норма їх висіву [33]. Як зазначає О. Безугла, О. Овчарук (2014), Оліферович (2020) науково-обґрунтований вибір оптимальної норми висіву один із основних елементів агротехнології вирощування квасолі, так як від нього буде залежати величина врожайності та якість отриманого зерна, а також можливість застосування механізованих засобів при збиранні та обмолочуванні врожаю [35, 42, 43]. Найбільш вдалим є поєднання елементів структури врожаю, що забезпечує високу продуктивність культур. Не останню роль у формуванні продуктивності відіграє морфотип рослин, який є основою господарсько-цінних кількісних ознак (продуктивність, урожайність, якість). А ознаки морфометричних показників забезпечують реалізацію продуктивного

потенціалу будь якої культури. Для культури квасолі звичайної найбільш важливими є господарсько-цінні ознаки: високопродуктивні морфотипи придатні до механізованого збирання, так як промислове вирощування квасолі звичайної, цінної високобілкової культури, у нашій країні залишається проблемним, незважаючи на те, що вона є традиційною для України і користується високим попитом у населення. Спроби вирощувати її в промислових масштабах в господарствах різних форм власності поки що суттєвих змін не принесли. Квасоля, вирощена у приватних господарствах населення, не завжди відповідає потребам комерційних компаній та переробних підприємств. Проблемою є те, що задля вирощування на продовольче зерно, консервування та сушіння використовують сорти з нестабільною врожайністю та недостатньою технологічністю, зокрема щодо механізованого збирання врожаю [38].

У процесі органогенезу рослин оцінюється фотосинтетична продуктивність культури. Про те тут слід відзначити, що вагомим акцентом у фотосинтетичній продуктивності є накопичення сухої речовини агроценозом квасолі, оскільки з цим показником пов'язанні всі інші, що забезпечують формування врожайності.

#### **4.1. Накопичення сухої речовини агроценозами квасолі звичайної**

Відомо, що задля одержання високого врожаю зерна однією з вагомих умов є оптимальна густота стояння рослин в агрофітоценозі культури за лінійними показниками рослин та величиною листового апарату. За даними цих показників формується структурований агрофітоценоз квасолі звичайної з оптико-біологічним спрямуванням з зазначеною площею асиміляційної поверхні рослин культури та визначається ефективність її функціонування стосовно використання енергії сонця [145]. Напочатку органогенезу квасолі агрофітоценоз культури має замалу площу листової поверхні, що є причиною недостатнього використання фотосинтетично активної радіації, а у пізніші фази росту і розвитку рослин листки формують більшу площу, що призводить до взаємозатінення трійчастих листків нижніх ярусів, особливо у загущених

агроценозах. І, як наслідок – перерозподіл продуктів асиміляції неефективний і суттєво впливає на врожайність зерна квасолі звичайної [146]. Тому продуктивність у більшій мірі залежить від складових елементів агротехнології вирощування, що застосовуються, які спроможні сформувати оптимальну площу листової поверхні та тривалості її фотосинтетичної активності. Тому нами передбачено визначити динаміку накопичення сухої речовини досліджуваними сортами квасолі в залежності від норми висіву інокульованого насіння.

Наростання вегетативної біомаси і накопичення сухої речовини у ній упродовж органогенезу рослин квасолі звичайної проходило не рівномірно (табл. 4.1).

Дослідженнями встановлено, що накопичення сухої речовини агроценозами сортів квасолі звичайної залежало від норми висіву та фаз органогенезу культури. Так, найвищі показники встановлено у варіантах з оптимальною густотою агроценозу (500 тис.шт./га) за сівби інокульованим насінням біологічними препаратами у всіх досліджуваних сортів квасолі. Процес накопичення сухої речовини відбувався поступово за фазами розвитку і відчутне та максимальне значення відмічено у фазу органогенезу - наливу бобів. Так, сорт Буковинка за норми висіву насіння 400-600 тис. шт./га, зазначений показник становив 6,61 т/га, 6,52 та 7,09 т/га за інокуляції насіння препаратом Ризоактив Бобові і 6,68 т/га, 7,03 та 6,67 т/га за інокуляції насіння Мікофрендом. Сорт Мавка мав наступні значення – 6,40 т/га, 7,05, 6,44 т/га і 6,47, 7,12, 6,53 т/га відповідно. Сорт Щедра у фазу наливу бобів накопичив за зазначених вище норм висіву інокульованого насіння – 6,18 т/га, 6,29 та 5,83 т/га за застосування Ризоактив Бобові та 6,41 т/га, 7,11, 5,90 т/га за використання Мікофренд, а у сорту Галактика показники сухої речовини становили відповідно 6,41 т/га, 6,75, 6,13 т/га та 6,39 т/га, 7,41, 6,19 т/га. Нижчі показники накопичення сухої речовини посівами квасолі встановлено у контрольних варіантах без застосування біологічних препаратів.

Таблиця 4.1

**Накопичення сухої речовини (т/га) сортами квасолі звичайної залежно від норми висіву інокульованого насіння, середнє за 2023-2025 роки**

Сорти	Інокуляція насіння препаратами	Норма висіву насіння, тис.шп./га	Основні фази органогенезу			
			1-й трійчастий листок	Бутонізація	Цвітіння	Налив бобів
1	2	3	4	5	6	7
Буковинка	Контроль (обробка водою)	400	0,286	2,51	4,90	6,28
		500	0,323	2,53	4,92	6,28
		600	0,359	2,84	5,55	7,11
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	0,301	2,69	5,23	6,61
		500	0,318	2,67	5,15	6,52
		600	0,297	2,77	5,04	7,09
	Мікофренд, 2 л/т	400	0,314	2,75	5,33	6,68
		500	0,329	2,68	5,21	7,03
		600	0,299	2,79	5,11	6,67
Мавка	Контроль (обробка водою)	400	0,263	2,45	4,64	6,38
		500	0,271	2,55	4,71	6,81
		600	0,243	2,30	4,32	6,04
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	0,268	2,49	4,66	6,40
		500	0,275	2,58	5,18	7,05
		600	0,261	2,44	4,60	6,44
	Мікофренд, 2 л/т	400	0,271	2,50	4,75	6,47
		500	0,279	2,61	5,23	7,12
		600	0,260	2,43	4,81	6,53
Щедра	Контроль (обробка водою)	400	0,240	2,14	4,43	5,70
		500	0,268	2,39	4,93	6,35
		600	0,263	2,35	4,86	6,25
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	0,243	2,18	4,46	6,18
		500	0,271	2,45	5,02	6,29
		600	0,260	2,22	4,13	5,83
	Мікофренд, 2 л/т	400	0,251	2,23	4,49	6,41
		500	0,266	2,49	5,12	7,11
		600	0,243	2,20	4,14	5,90
Галактика	Контроль (обробка водою)	400	0,241	2,24	4,92	6,31
		500	0,257	2,36	4,99	7,22
		600	0,211	2,31	4,54	6,07
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	0,245	2,29	5,37	6,41
		500	0,262	2,41	5,44	6,75
		600	0,254	2,33	5,31	6,13
	Мікофренд, 2 л/т	400	0,249	2,47	5,55	6,39
		500	0,261	2,50	6,62	7,41
		600	0,244	2,34	5,38	6,19

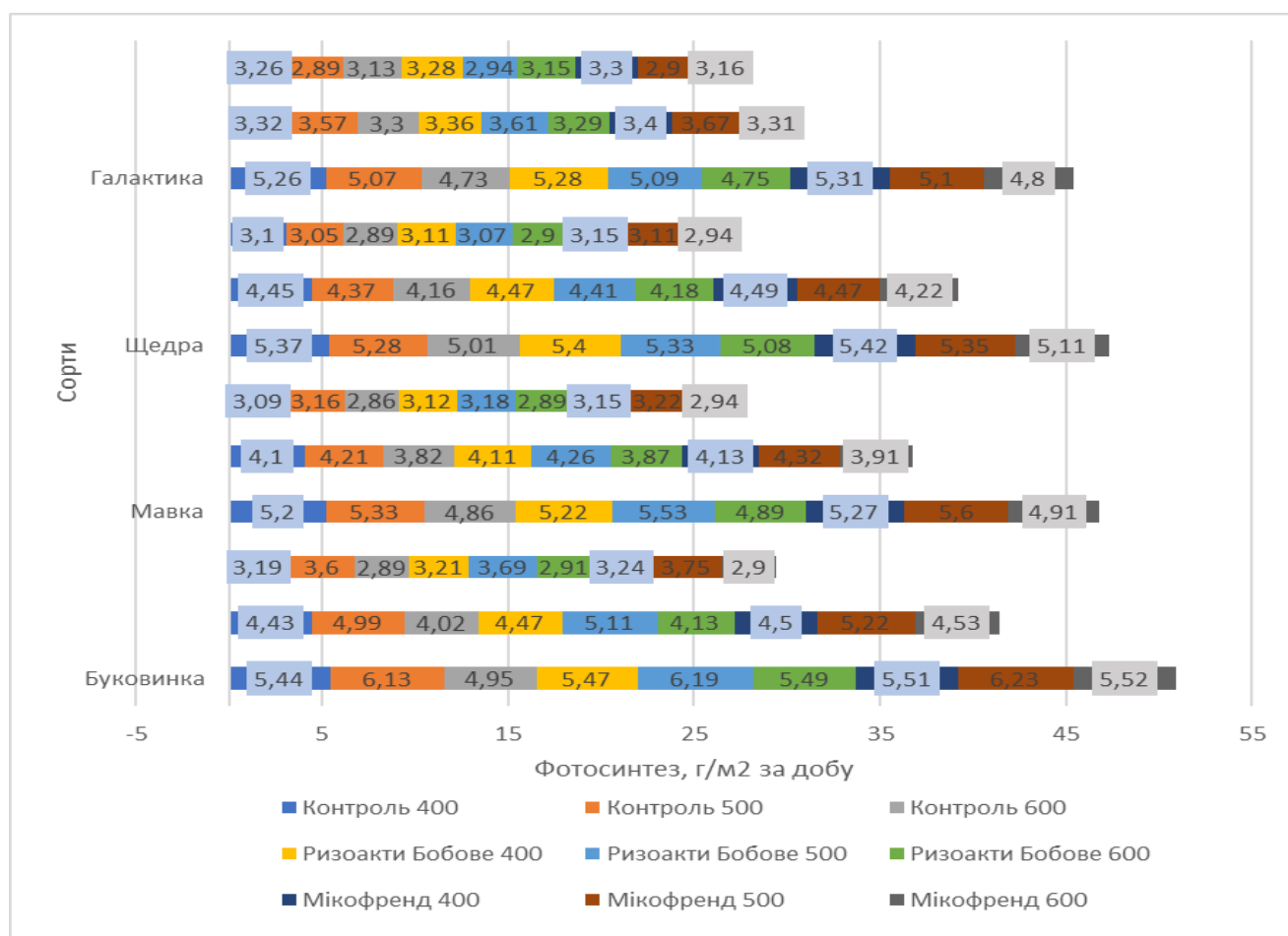
Продовження таблиці 4.1						
1	2	3	4	5	6	7
HiP <sub>0.05</sub>	Фактор А		0,27	0,02	2,14	2,37
	Фактор В		0,54	0,03	4,31	4,81
	Фактор С		0,77	0,05	6,52	7,20
	Фактори АВ		0,61	0,03	4,37	4,79
	Фактори АС		0,81	0,04	6,51	7,23
	Фактори ВС		1,64	0,07	13,11	14,15
	Фактори АСВ		1,76	0,11	14,72	15,13

Таким чином, аналіз результатів досліджень засвідчує, що агроценози сортів квасолі звичайної за різної норми висіву інокульованого насіння мали високі показники накопичення сухої речовини. Сорт Буковинка виділявся з усіх досліджуваних сортів найвищими показниками за оптимальної норми висіву насіння інокульованого мікоризуючим препаратом Мікофренд, 2 л/т. Слід відзначити, що сорти Мавка, Щедра та Галактика у цьому варіанті мали не суттєво нижчі показники.

#### **4.1.1. Чиста продуктивність фотосинтезу сортів квасолі звичайної.**

З'ясувавши кількість накопичення сухої речовини агроценозами квасолі звичайної, сортів, які досліджувались в умовах південної частини Лісостепу правобережного, нами в подальшому розраховано і чисту продуктивність фотосинтезу культури. Одним із головних факторів, що впливає на формування агрофітоценозу є розвинена асиміляційна поверхня рослин, що водночас являється показником інтенсивності утворення органічної речовини в процесі фотосинтетичної діяльності листкового апарату культури – чистої продуктивності фотосинтезу (ЧПФ). Інтенсивність та продуктивність ЧПФ агроценозів всебічно досліджувалась науковою спільнотою, а їх різнобічні дані вказують на те, що в основному цей показник залежить від ґрунтово-кліматичних умов вирощування та застосованих елементів агротехнологій, а величина чистої продуктивності у рослин подібна. Також вказано, що

фотосинтетична діяльність рослин – один із чинників, який визначає інтенсивність проходження ростових процесів рослин та розмірах площі листків. За роки досліджень нами встановлено, що динаміка росту рослин за вегетацію залежала від сортів та норми висіву інокульованого насіння (рис. 4.1). Як свідчить аналіз результатів досліджень, чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є перемінною у період органогенезу квасолі звичайної, та й під впливом досліджуваних елементів агротехнології вирощування культури. Так, найвищі показники ЧПФ у сорту Буковинка відмічено у період фази розвитку – перший трійчастий листок – початок цвітіння у варіанті за норми висіву – 400-500 тис. шт./га інокульованим насінням біопрепаратами Ризоактив Бобове, 1 л/т та Мікофренд, 2 л/т в межах 5,47 – 6,19 г/м<sup>2</sup> та 5,51 – 6,23 г/м<sup>2</sup> за добу відповідно.



НР<sub>0,05</sub> для фактору А - 1,3; для фактору В - 2,4; для фактору С – 2,7.

**Рис. 4.1. Чиста продуктивність фотосинтезу (г/м<sup>2</sup> за добу) агроценозу квасолі залежно від сорту, інокуляції насіння та норми висіву, (середнє за 2023-2025 рр.)**

Подальші фази органогенезу в період: початок – кінець цвітіння показник ЧПФ відповідно становив  $4,47 - 5,11 \text{ г/м}^2$  та  $4,50 - 5,22 \text{ г/м}^2$  за добу, у період: кінець цвітіння – формування зерна спостерігали зниженням показників в межах  $3,21 - 3,69 \text{ г/м}^2$  та  $3,24 - 3,75 \text{ г/м}^2$  за добу відповідно. У загущеному агроценозі ( $600 \text{ тис.шт./га}$ ) показники за фазами органогенезу становили  $5,49 \text{ г/м}^2$ ,  $4,13$ ,  $2,91 \text{ г/м}^2$  за добу за інокуляції Ризоактив Бобові та  $5,52 \text{ г/м}^2$ ,  $4,53$ ,  $2,90 \text{ г/м}^2$  за добу відповідно. У контрольному варіанті (без інокуляції насіння) показники ЧПФ у фазу перший трійчастий листок – початок цвітіння були нищі і становили  $5,44$ ,  $6,13$ ,  $4,95 \text{ г/м}^2$  за добу за норми висіву  $400, 500$  та  $600 \text{ тис. шт/га}$  відповідно. У наступні фази органогенезу показники були у межах  $4,43 \text{ г/м}^2$ ,  $4,99$ ,  $4,02 \text{ г/м}^2$  за добу та  $3,19 \text{ г/м}^2$ ,  $3,60$ ,  $2,89 \text{ г/м}^2$  за добу відповідно. Слід відзначити прослідковано закономірність зниження показників ЧПФ з кожною наступною фазою органогенезу рослин. Аналогічні показники чистої продуктивності фотосинтезу у рослин квасолі та їх поступове зниження за наступними фазами органогенезу залежно від досліджуваних елементів технології були встановлені у сортів Мавка Щедра та Галактика (рис. 4.2). Так, сорт Мавка на початку органогенезу мав показники ЧПФ відповідно до норм висіву насіння –  $5,20 \text{ г/м}^2$ ,  $5,33$ ,  $4,86 \text{ г/м}^2$  за добу у контрольному варіанті,  $5,22 \text{ г/м}^2$ ,  $5,53$ ,  $4,89 \text{ г/м}^2$  за добу за інокуляції насіння Ризоактив Бобові та  $5,27 \text{ г/м}^2$ ,  $5,60$ ,  $4,91 \text{ г/м}^2$  за інокуляції насіння Мікофрендом. У наступні фази росту і розвитку квасолі відбулося зниження показника ЧПФ в середньому на  $1,10 - 2,2 \text{ г/м}^2$  за добу.

Сорт Щедра на початку органогенезу показники ЧПФ відповідно до норм висіву насіння становив –  $5,37 \text{ г/м}^2$ ,  $5,28$ ,  $5,01 \text{ г/м}^2$  за добу у контрольному варіанті;  $5,40 \text{ г/м}^2$ ,  $5,33$ ,  $5,08 \text{ г/м}^2$  за добу за інокуляції насіння Ризоактив Бобові та  $5,42 \text{ г/м}^2$ ,  $5,35$ ,  $5,11 \text{ г/м}^2$  за інокуляції насіння Мікофрендом. У наступні фази росту і розвитку квасолі відбулося зниження показника ЧПФ в середньому на  $0,8 - 2,15 \text{ г/м}^2$  за добу.

Сорт Галактика на початку органогенезу мав показники ЧПФ у цифрових межах вищезазначених досліджуваних сортів і зі збереженою тенденцією зниження у послідовні фази росту і розвитку рослин квасолі звичайної. Хоча і

слід відмітити, що у фазу цвітіння та формування зерна на всіх варіантах показники ЧПФ нищі в середньому на 1–1,5 г/м<sup>2</sup> на добу, порівняно з вищезазначеними досліджуваними сортами.

#### **4.2. Структура врожаю сортів квасолі звичайної залежно від використання біологічних препаратів та норм висіву насіння**

Головним елементом структури врожаю квасолі звичайної, який обумовлений взаємодією чинників — генотип, вплив ґрунтово-кліматичних та агротехнічних умов є показник насінневої продуктивності рослин (маса насіння з однієї рослини). Однак, основні елементи структури врожаю, такі як кількість квіток, бобів і насінин, маса насіння, тощо, взаємопов'язані з формуванням зернової продуктивності. За дослідженнями М.І. Кондратенка [147], необхідно сформувати оптимальні показники структури врожаю, оскільки між нормою висіву, площею живлення, кількістю бобів та зерен на рослині, масою зерна з рослин та врожайністю існує пряма кореляційна залежність. Як вважають науковці [148], що норма висіву та інокуляція насіння за сівби в одній і тій же зоні, сформована густота рослин, площа живлення буде залежати від типу ґрунту та ступеня родючості, сортів, строків та способів сівби, забур'яненості агроценозу, тощо. Слід відзначити, що реакція рослин на збільшення площі живлення проявляється у збільшенні площі асиміляційної поверхні з посиленням росту і розвитку рослин, і безпосередньо гілкування квасолі [12, 148]. На основі проведених експериментальних досліджень упродовж 2023–2025 років встановлено, що норма висіву інокульованого насіння та особливості досліджуваних сортів (виживаність) впливають на густоту рослин агроценозу квасолі упродовж вегетації (табл. 4.2).

Так за норми висіву 400 тис. шт./га інокульованого насіння препаратом Мікофренд, 2 л/т сорт Буковинка сформував густоту агроценозу 260,3 тис.шт./га, сорт Мавка та Галактика в середньому на 12,5 тис. шт./га менше, а сорт Щедра — на 65,2 тис.шт./га менше.



Таблиця 4.2

**Густота рослин квасолі звичайної (тис.шт./га) та їх виживаність (%) у фазу технічної стиглості, залежно від норми висіву насіння (середнє 2023-2025 рр.)**

Норма висіву тис. шт./га	Препарати (фактор В)	Сорти квасолі звичайної (фактор А)							
		Буковинка		Мавка		Щедра		Галактика	
		Вижива- ність	Густота	Вижива- ність	Густота	Вижив аність	Густота	Вижива- ність	Густота
400	Контроль	77,8	311,2	76,4	305,6	74,3	296,1	75,6	300,2
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	83,1	332,4	81,3	329,2	77,9	304,8	79,5	318,0
	Мікофренд, 2 л/т	84,2	360,2	83,4	337,4	81,8	305,2	82,0	339,5
500	Контроль (обробка водою)	77,3	386,5	76,2	381,0	76,1	380,5	77,2	386,0
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	79,7	398,5	79,9	399,5	77,7	388,5	79,9	399,5
	Мікофренд, 2 л/т	82,6	413,0	80,5	402,5	80,7	403,5	82,2	411,0
600	Контроль (обробка водою)	76,2	457,2	74,1	444,6	73,6	441,6	77,6	465,6
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	79,3	475,8	76,9	461,4	75,9	455,4	79,5	477,0
	Мікофренд, 2 л/т	81,0	486,0	79,8	478,8	79,5	477,0	80,3	481,8
НіР <sub>0,05</sub>			1,57		1,9		1,18		1,31

Відповідно виживаність рослин квасолі за вегетаційний період у зазначеному варіанті становила 81,8-84,2 %.

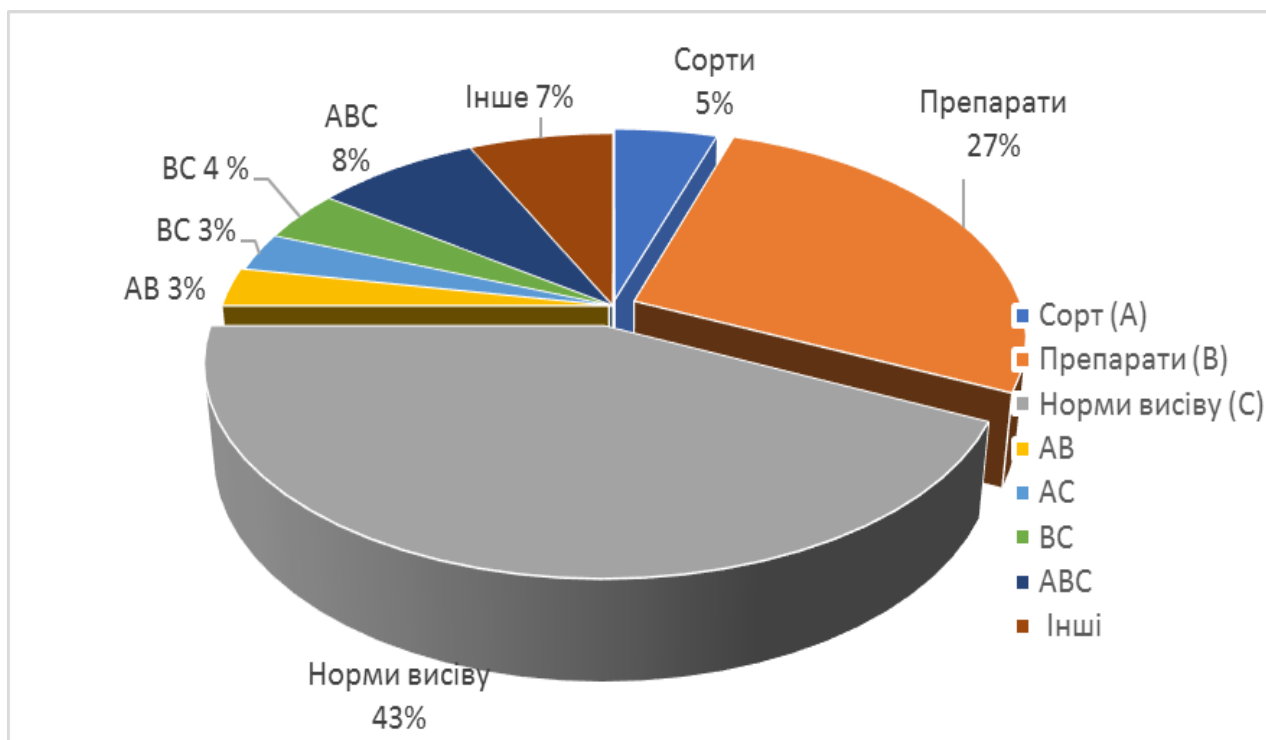
Сівба інокульованого насіння препаратом Ризоактив Бобові забезпечило формування агроценозу відповідно за сортами 332,4 тис. шт./га., 329,2 та 318,0 і 304,8 тис.шт./га. Виживаність рослин становила в середньому 77,9 - 83 %. Найменшу густоту стояння рослин сортів квасолі звичайної отримано у всіх контрольних варіантах (сівба не обробленим насінням), а виживаність рослин становила 74-77 %.

Результатами досліджень встановлено, що за норми висіву 500 тис. шт./га інокульованого насіння препаратом Мікофренд, 2 л/т сорт Буковинка сформував густоту агроценозу 413,0 тис.шт./га, сорт Мавка та Щедра в середньому на 10 тис. шт./га менше, а сорт Галактика – всього на 2,0 тис.шт./га менше. Відповідно виживаність рослин квасолі за вегетаційний період у зазначеному варіанті становила 80,5-82,6 %. Сівба інокульованого насіння препаратом Ризоактив Бобові забезпечило формування агроценозу в середньому за сортами 396,5 тис. шт. рослин на га, при цьому виживаність рослин становила в середньому 79,3 %.

Загущений агроценоз з нормою висіву 600 тис. шт./га забезпечив формування густоти стеблестою у варіанті з застосуванням інокуляції насіння препаратом Мікофренд, 2 л/т сорту Буковинка 486,0 тис. шт. рослин на га, сорт Мавка – 478,8 тис. шт./га, сорт Щедра – 477,0 тис. шт./га та сорт Галактика – 481,8 тис. шт. рослин на га. Застосування препарату Ризоактив Бобові, 1 л/т за інокуляції насіння квасолі забезпечило формування густоти стеблестою за відповідно сортами 475,8 тис.шт./га. 461,4 тис. шт./га, 455,4 тис. шт./га та 477,0 тис. шт./га Виживаність рослин культури за вегетацію у зазначеному варіанті становила в середньому 75,9-79,5 %.

Таким чином, в умовах Правобережного Лісостепу України найбільш сприятливі умови для формування оптимальної густоти агроценозу склалися на варіантах, де сівбу проводили інокульованим насінням біологічними препаратами, що в подальшому вплинуло на виживання рослин сортів квасолі.

Частка впливу досліджуваних факторів на формування густоти стояння рослин квасолі звичайної в агрофтоценозі культури представлена на рис. 4.2. За проведеним дисперсійним аналізом досліджуваних факторів на формування густоти агрофітоценозу квасолі звичайної встановлено, що застосування біологічних препаратів, норм висіву та сортові особливості та їх поєднання мали найбільші частки впливу і становили відповідно 27 %, 43 та 5 %.



**Рис. 4.2. Частка впливу сорту, біологічних препаратів та норм висіву насіння на густоту агроценозу квасолі звичайної (2023-2025 роки).**

Оптимізація умов вирощування через поєднання впливу структурних елементів технології (сортівий склад, інокулянти, норми висіву) сприяє максимальній реалізації генетичного потенціалу сортів квасолі звичайної.

Важливими та основними продуктивними системами в рослинництві є не рослини самі по собі, а їх сукупність у посіві – агрофітоценоз. Врожай культур характеризується складною залежністю між щільністю рослин і структурою ценозу, з різними біотичними та абіотичними чинниками впливу. Тому дослідження етапів та процесів формування врожаю дає можливість встановити ступінь залежності елементів структури врожайності від факторів середовища та особливостей технології вирощування [149].

На сьогодні сучасні агротехнології вирощування квасолі звичайної – це низка агротехнічних заходів, що забезпечують оптимальні умови росту і розвитку рослин необхідних для формування високого врожаю. Відомо, що різна норма висіву насіння створює неоднакові умови для росту і розвитку рослин квасолі звичайної. Проведеними науковцями дослідженнями доведено, що із збільшенням норми висіву, зменшувалась продуктивність кожної рослини

окремо. Літературні джерела свідчать, що існує пряма залежність продуктивності від кількості бобів та зерен на рослині у квасолі звичайної за різних норм висіву насіння. В наукових розробках Січкара, (2006) та Околюдько (2004) відзначається, що підвищення продуктивності зі збільшення кількості зерен на рослині за рахунок кількості бобів є найефективнішим способом [148, 150]. Кількість бобів, зерен та маса їх 1000 шт. теж є важливою ознакою сорту та якості насіння квасолі. Нашими дослідженнями підтверджено, що важливим чинником впливу на формування кількості бобів і зерен в бобі є умови розвитку агроценозу, які залежать від формування стеблостою, відповідно до біологічних особливостей генотипів квасолі та норми висіву насіння (табл. 4.3.).

Таблиця 4.3

**Структурні показники продуктивності та ознаки бобів сортів квасолі  
звичайної, (середнє 2023-2025 роки)**

Сор- ти	Інокуляція насіння препаратами	Норма висіву, тис. шт./га	Кількість бобів, шт/ рослину	Зерен у бобі, шт.	Озерне- ність, шт/ рослину	Маса зерен, г	
						з рослини	1000 шт.
1	2	3	4	5	6	7	8
Буковинка	Контроль (обробка водою)	400	26,4	6,1	161,6	43,3	257,2
		500	25,1	5,5	138,1	41,1	240,4
		600	21,2	5,1	108,1	35,4	234,7
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	27,1	5,6	151,6	40,5	261,1
		500	26,0	5,5	158,6	34,7	258,4
		600	22,2	5,5	122,1	30,8	242,9
	Мікофренд, 2 л/т	400	26,1	6,0	156,6	45,1	301,2
		500	24,7	6,3	155,6	44,0	257,6
		600	25,6	5,8	148,5	29,8	227,9
Мавка	Контроль (обробка водою)	400	20,3	5,0	101,5	32,3	232,5
		500	19,7	5,0	98,5	28,6	226,7
		600	16,4	4,7	77,1	23,5	222,3
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	20,5	5,4	110,7	20,7	216,4
		500	20,3	5,2	105,6	18,4	215,3
		600	17,1	4,6	78,7	16,6	210,4
	Мікофренд, 2 л/т	400	24,2	5,7	137,9	22,1	220,1
		500	22,9	5,1	116,8	20,7	222,2
		600	19,4	4,5	87,3	16,4	211,5

Продовження таблиці 4.3							
	2	3	4	5	6	7	8
Щедра	Контроль (обробка водою)	400	20,1	5,4	108,5	15,3	145,5
		500	18,7	5,1	86,7	13,8	130,2
		600	16,4	4,3	70,5	11,2	105,7
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	20,8	5,5	114,4	16,2	152,9
		500	17,9	5,2	93,1	14,8	139,7
		600	16,7	4,4	73,5	11,7	110,5
	Мікофренд, 2 л/т	400	22,3	5,6	124,9	18,9	178,4
		500	20,4	5,3	108,1	17,2	162,4
		600	18,5	4,4	81,4	11,7	110,5
Галактика	Контроль (обробка водою)	400	10,9	4,4	47,9	18,1	418,0
		500	10,3	4,2	43,3	15,0	411, 5
		600	9,7	3,9	37,8	16,4	389,3
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	12,4	4,5	55,8	21,1	410,1
		500	10,7	4,3	46,0	17,4	397,4
		600	9,9	3,8	37,6	14,2	378,5
	Мікофренд, 2 л/т	400	10,3	5,0	51,5	19,5	417,9
		500	10,1	4,9	49,5	18,7	404,6
		600	9,8	4,6	45,1	17,1	365,8
НіР <sub>0.05</sub>	Фактор А		0,28	0,02	2,19	0,06	2,42
	Фактор В		0,55	0,03	4,38	0,13	4,84
	Фактор С		0,83	0,05	6,57	0,16	7,25
	Фактори АВ		0,63	0,04	4,38	0,11	4,84
	Фактори АС		0,83	0,05	6,57	0,16	7,25
	Фактори ВС		1,66	0,09	13,13	0,32	14,51
	Фактори АСВ		1,82	0,13	14,78	0,37	15,12

Найвищі показники кількості бобів і зерен відмічено у сорту Буковинка за широкорядного способу сівби з нормою висіву 400 – 500 тис. шт./га, де зазначені показники становили відповідно 23,4 - 25,1 шт. бобів, зерен – 142,7-138,1 шт. відповідно. Маса зерна з рослини становила відповідно 43,3 – 41,1 г, а 1000 шт. – 257 та 240,4 г. За норми висіву 600 тис. шт./га перераховані вище структурні показники дещо знизись і кількість бобів на рослину становила 21,2 шт.. зерн – 108,1 шт. з масою з рослини 35,4 г та 1000 шт. 23,4,1. У варіантах з сівбою інокульованим насінням біологічними препаратами тенденція щодо вищих показників за сівби з меншою нормою висіву насіння зберіглася. Так, застосування для інокуляції насіння препаратів Ризоактив Бобові, 1 л/т та

Мікофренд, 2 л/т забезпечили формування бобів у кількості 27,7 – 26,4 шт. та 26,1- 26,7 шт. за норми висіву 400-500 тис.шт./га, озерненість рослин становила 151,6-134,2 шт. та 156,6 та 168,2 шт. відповідно. Маса зерна з рослини у варіанті з Ризоактив Бобові відповідно була 40,5- 34,7 г, 100- шт. 261,1 та 258,4 г, у варіанті з Мікофрендом – 15,1-44,0 г, та 301,2- 277,6 г. За норми висіву 600 тис.шт./га інокульованого насіння біологічними препаратами кількісні структурні показники сорту Буковинка були нижчі порівняно з нормою висіву 400-500 тис.шт./га. Але вищі ( в середньому на 4,4 шт. бобів та 30,2 шт. озерненість) за показники у контрольному варіанті, де інокуляція насіння не застосовувалась.

У сорту Мавка (контрольний варіант) кількості бобів і зерен за широкорядного способу сівби з нормою висіву 400 – 500 тис. шт./га становили 22,3-19,7 шт. бобів, зерен – 111,5- 98,5 шт. відповідно. Маса зерна з рослини становила відповідно 32,3 – 28,6 г, а 1000 шт. – 227,9 та 232,5 г. За норми висіву 600 тис. шт./га структурні показники були жчії кількість бобів на рослину становила 16,4 шт., зерен – 77,1 шт. з масою зерна з рослини 23,5 г та 1000 шт. 222,3 г.

Сорт Щедра у контрольному варіанті за норми висіву 400-500 тис.шт./га мав 20,1-18,7 шт. бобів на рослину, 108,5-86,7 шт. зерен на рослину з масою 15,3- 13,8 г, та масою 1000 шт. відповідно 145,5- 130,2 г. Загущений агроценоз (600 тис. шт./га) мас відповідно показники: кількість бобів – 16,4 шт. з кількістю зерен 70,5 шт. на рослину з масою зерна 11,2 г, (1000 шт. – 105,7 г).

У варіанті з інокуляцією насіння біологічними препаратами Ризоактив Бобові, 1 л/т та Мікофренд, 2 л/т з нормою висіву 400-500 тис. шт./га структурні показники врожайності квасолі були наступні: кількість бобів на рослині 20,8- 17,9 шт. та 22,3-20,4 шт., озерненість – 114,4-93,1 та 124,9-108,1 шт. на рослину. Маса зерен з рослини становила 16,2-14,8 г та 18,9-17,2 г, а маса 1000 шт. відповідно 152,9-139,7 г та 178,4 та 162,4 г. За норми висіву 600 тис.шт./га кількість бобів на рослину мала показник 16,7- 18,5 шт., озерненість – 73,5-81,4 шт., з масою зерна з рослини та 1000 шт. відповідно 11,7 г та 110,5 г.

Сорт Галактика мав найнижчі структурні показники врожайності, інокуляція насіння за сівби не мала значного впливу на кількісні показники врожаю. Але даний сорт відрізнявся біологічною особливістю – великою масою зерна. Так, у контрольному варіанті за сівби 400-500 тис.шт./га отримали в середньому 10,6 шт. бобів на рослину, озерненість мала показник у 45,4 шт. А от маса зерен з рослини та 1000 шт. майже у два рази вища за масу зерна попередньо зазначених сортів і становила відповідно 16,1 г та 414,2 г. У загущеному агроценозі (600 тис.шт./га) показники структури урожаю були гірші. Так, кількість бобів на рослину була всього 9,7 шт., озерненість - 37,8 шт. з масою з рослини 16,4 г та маса 1000 шт. – 410,1 г. За інокуляції насіння біологічними препаратами Ризоактив Бобові, 1 л/т та Мікофренд, 2 л/т з нормою висіву 400-500 тис. шт./га структурні показники врожайності квасолі були наступні: кількість бобів на рослині 12,4-10,7 шт. та 10,3-10,1 шт., озерненість – 55,8-46,0 та 51,5-49,5 шт. на рослину. А от маса зерен з рослини суттєво відрізнялась від показників інших сортів і становила 21,2-17,4 г та 19,5-18,7 г, а маса 1000 шт. відповідно 410,1-397,4 г та 417,9-404,6 г. За норми висіву 600 тис.шт./га кількість бобів на рослину мала показник 9,9- 9,8 шт., озерненість – 73,6-45,1 шт., з масою зерна з рослини та 1000 шт. відповідно 14,2-17,1 г та 378,5-365,8 г (табл. 4.2).

Таким чином, кількість бобів на рослині залежить від багатьох чинників. Першочергово на кількість бобів впливають сортові особливості (рис.4.3).

Сорти Буковинка та Мавка спроможні до формування більшої кількості бобів, так як мають більшу кількість квіток та довшого періоду цвітіння, при цьому рослини сорту Мавка формують в середньому меншу кількість зерен у бобі (5 шт.) за сорт Буковинка (7 шт.), а аналізуючи співвідношення цих структурних показників, можна зробити висновок, що озерненість однієї рослини у сорту Буковинка вища.



**Рис. 4.3. Кількість бобів на рослинах сортів Буковинка та Мавка**

Іншими елементами структури, що значно вплинули на біологічну врожайність сортів були маса 1000 насінин, так сорт Галактика формував більшу масу 1000 насінин, що компенсувало меншу його озерненість. З таблиці видно, що обробка насіння біологічними препаратами не мала суттєвого впливу на кількість бобів на рослині, даний показник варіювався залежно від сортових особливостей, при чому суттєвої і вагової різниці не спостерігалось.

В агроценозах квасолі звичайної важливо сформувати оптимальні показники структури врожаю, оскільки між кількістю бобів та зерен на рослині, масою зерна з рослин та врожайністю існує пряма кореляційна залежність. Так, густота стояння рослин квасолі не опосередковано впливає на врожайність та якість насіння і залежить від генотипу, кліматичних умов та інших агротехнічних заходів. У проведених дослідженнях виявлено вагомі відмінності у структурі врожаю та адаптивних властивостях досліджуваних сортів. Слід відмітити, що за різної норми висіву насіння змінюється структура врожаю. За норми висіву 400-500 тис.шт. насінин на га підвищувались всі показники структури врожаю.



#### **4.3 Урожайність квасолі звичайної залежно від комплексного застосування елементів технології вирощування культури**

Основною метою оптимізації агротехнології вирощування будь-якої культури – це отримання високих показників врожайності культури. Культура квасолі звичайної має високу чутливість до умов ґрунтово-кліматичних умов вирощування, оскільки інтенсифікація процесів її росту і розвитку обумовлюється складною взаємодією різноманітних чинників та адаптованою технологією вирощування, що за нинішньої динаміки кліматичних змін є особливо актуально. Зважаючи на вище викладене для формування високої продуктивності квасолі найбільш вагомим агроприйомом є вибір сорту, оптимальна норма висіву у поєднанні з інокуляцією насіння біологічними препаратами за сівби, які спроможні знівелювати вплив мінливих ґрунтово-кліматичних умов та зберегти рослини в період органогенезу культури.

Першочерговим результатом, що свідчить про ефективність застосованих агротехнологічних рішень, є врожайність основної продукції (зерна) та прибавка урожайності до контрольного варіанту. Погодні умови у зоні південної частини Лісостепу упродовж років досліджень мали аномальні покази щодо температурного режиму та кількості опадів, їх розподіл упродовж року і на середні показники за три роки, що суттєво вплинуло на результати досліджень.

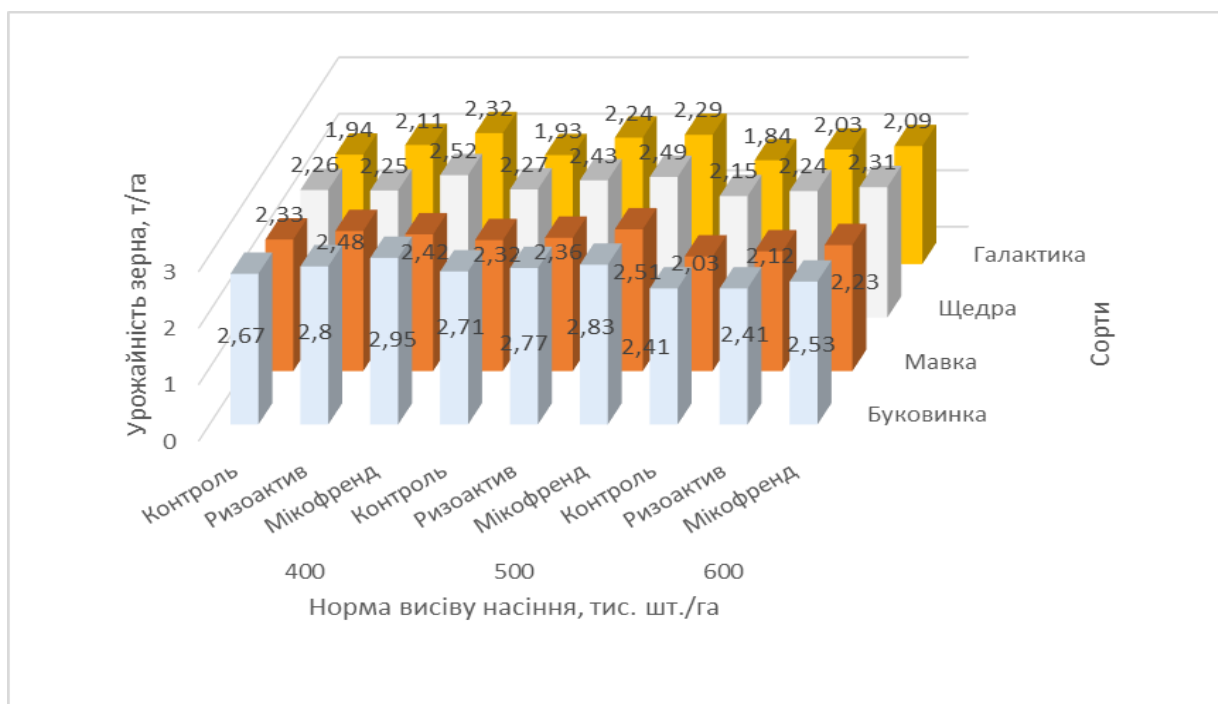
Головним чинником впливу на продуктивність квасолі належить сорту, вклад якого у рівень формування зернової продуктивності може досягати 30-50% [151, 152]. Урожайність квасолі суттєво зменшується як в зріджених, так і в загущених агроценозах. За зменшеної кількості рослин насіннєва продуктивність культури зменшується із-за неефективного використання ними площі живлення, яка спонукає до забур'яненості агроценозу. У загущених агроценозах, навпаки, спостерігається недостатня освітленість рослин, уповільнення процесу органогенезу, призупинення росту та відмирання значної їх кількості, формування щуплого та малого за розміром насіння, ураження хворобами та шкідливими організмами, схильність до виляння та зниження рівномірності розподілу на площі. У науковій спільноті єдиного висновку стосовно параметрів

оптимального стеблестою агроценозу квасолі звичайної до нині не існує, що обумовлено істотними відмінностями генотипових ознак сортів, різноманітністю ґрунтово-кліматичних умов регіонів та застосовуваних агротехнологічних особливостей [153, 154, 155, 156].

Агротехнологічні заходи і прийоми визначають площу живлення рослин, забезпеченість вологою і поживними речовинами, архітектуру, їх освітленість, висоту головного пагону, облистненість, стійкість до вилягання та хвороб і шкідників, кількість бобів на рослині і насінин в них та насіннєву продуктивність [157, 158, 159].

З'ясовано, що за сівби широкорядним способом з шириною міжрядь 45 см позитивно впливала на формування оптимального стеблестою рослин квасолі, що забезпечило повну реалізацію продуктивного потенціалу усіх досліджуваних сортів культури (табл. 4.3).

Так, варіанти обробки насіння біологічними препаратами в комбінації із нормою висіву мали дуже різну ефективність протягом років досліджень (Рис. 4.4).



**Рис. 4.4. Урожайність сортів квасолі звичайної за різної норми висіву та інокуляції насіння біологічними препаратами, середнє за 2023-2025 роки.**

Так, за роки досліджень врожайність зерна сорту Буковинка за норми висіву 400 тис.шт./га (найбіша площа живлення для зростання) без інокуляції насіння становила 2,67 т/га, сорту Мавка – 2,53, сортів Щедра та Галактика – 2,25 та 1,94 т/га. Застосування біологічних препаратів для інокуляції насіння за сівби 500 тис.шт./га забезпечила прибавку урожайності у сорту Буковинка 0,09 т/га за обробки насіння Ризоактив Бобові, 1 л/т та 0,14 т/га за обробки Мікофренд, 2 л/т, у сорту Мавка по 0,48 т/г, у сорту Щедра – 0,06 т/га за обробки Мікофрендом 2 л/т, за застосування Ризоактив Бобові, 1 л/т прибавку не отримали. У сорту Галактика застосування біологічних препаратів забезпечило отримання урожайності на 0,38 т/га більше за інокуляції Мікофреном, 2 л/т та 0,17 т/га – за інокуляції Ризоактив Бобові, 1 л/т, порівняно з контрольним варіантом. У загущеному агроценозі (600 тис.шт./га) урожайність сортів була менша, застосування обробки насіння суттєво не вплинуло на урожайність. Так, у сорту Буковинка урожайність зерна у контрольному варіанті отримана на рівні 2,41 т/га, у сорту Мавка - 2,37 т/га. Низьку урожайність отримано у сортів Щедра та Галактика – 2,15 та 1,84 т/га відповідно. Застосування біологічних препаратів у загущеному агроценозі квасолі не значно підвищило показники урожайності. У сорту Буковинка за інокуляції насіння показник урожайності був на 0,02-0,12 т/г вище за контрольний. У сорту Мавка – на 0,07- 0,24 т/га, у сорту Щедра – на 0,09-0,16 т/га, у сорту Галактика – на 0,09-0,25 т/га.

Проведений аналіз застосованих елементів агротехнології вирощування квасолі звичайної дозволяє зробити висновок, що інокуляція насіння біологічними препаратами позитивно впливає на урожайність культури за різних густот стояння рослин і забезпечує отримання прибавки врожаю в межах 0,02-0,48 т/га. Сорти Буковинка та Мавка позитивно зреагували на інокуляцію насіння за сівби, що відобразилось виживаності та збереженні запланованої густоти стояння стеблестою, а в результаті отриманню прибавки врожаю на рівні 0,04–0,16 т/га та 0,20-0,48 т/га відповідно.

Щодо урожайності зерна квасолі звичайної по роках досліджень, то слід зазначити, то отримані результати різнилися суттєво, зважаючи на 2024 рік, який

характеризувався посухами, які чергувалися з потужними зливами. Інокуляція насіння сортів культури дещо знівельювала негативний чинник, але усереднені дані були нижчі (табл.4.4).

Таблиця 4.4

**Урожайність зерна сортів квасолі звичайної залежно від норми висіву насіння та використання біологічних препаратів**

Сор-ти	Інокуляція насіння препаратами	Норма висіву, тис. шт./га	Урожайність зерна за роками, т/га				Різниця до контролю
			2023	2024	2025	Середнє	
1	2	3	4	5	6	7	8
Буковинка	Контроль (обробка водою)	400	2,89	2,04	3,08	2,67	-
		500	3,08	1,88	3,16	2,71	-
		600	2,83	1,97	2,43	2,41	-
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	3,18	1,99	3,21	2,80	0,13
		500	3,06	2,05	3,21	2,77	0,06
		600	2,84	1,99	2,38	2,41	0,0
	Мікофренд, 2 л/т	400	3,41	2,06	3,38	2,95	0,28
		500	3,16	2,16	3,16	2,83	0,12
		600	3,00	2,02	2,56	2,53	0,12
Мавка	Контроль (обробка водою)	400	2,92	2,93	2,65	2,33	-
		500	2,73	2,72	2,6	2,31	-
		600	2,55	2,46	2,11	2,03	-
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,98	2,99	2,96	2,48	0,15
		500	2,75	2,91	2,64	2,36	0,05
		600	2,66	2,48	2,18	2,36	0,33
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,71	2,35	2,44	2,41	0,08
		500	2,92	2,97	2,82	2,50	0,47
		600	2,69	2,59	2,24	2,23	0,20
Щедра	Контроль (обробка водою)	400	2,06	1,95	2,75	2,26	-
		500	2,04	1,99	2,78	2,27	-
		600	1,91	1,86	2,68	2,15	-
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,28	1,99	2,51	2,25	-
		500	2,08	2,11	3,09	2,43	0,16
		600	2,04	1,97	2,93	2,24	0,09
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,44	2,04	3,07	2,52	0,25
		500	2,09	2,20	3,19	2,49	0,22
		600	2,04	1,97	2,93	2,31	0,16
Г а		400	2,32	1,48	2,21	1,94	-

Продовження таблиці 4.4							
1	2	3	4	5	6	7	8
	Контроль (обробка водою)	500	2,34	1,43	2,01	1,93	-
		600	2,23	1,38	1,92	1,84	-
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,25	1,93	2,14	2,10	0,16
		500	2,54	1,91	2,29	2,25	0,32
		600	2,31	1,68	2,08	2,03	0,19
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,54	2,04	2,37	2,32	0,38
		500	2,63	1,92	2,35	2,29	0,36
		600	2,40	1,73	2,15	2,09	0,05
	НіР <sub>0.05</sub>	Фактор А	0,28	0,02	2,19	2,42	0,06
		Фактор В	0,55	0,03	4,38	4,84	0,13
		Фактор С	0,83	0,05	6,57	7,25	0,16
		Фактори АВ	0,63	0,04	4,38	4,84	0,11
		Фактори АС	0,83	0,05	6,57	7,25	0,16
		Фактори ВС	1,66	0,09	13,13	14,51	0,32
		Фактори АСВ	1,82	0,13	14,78	15,12	0,37

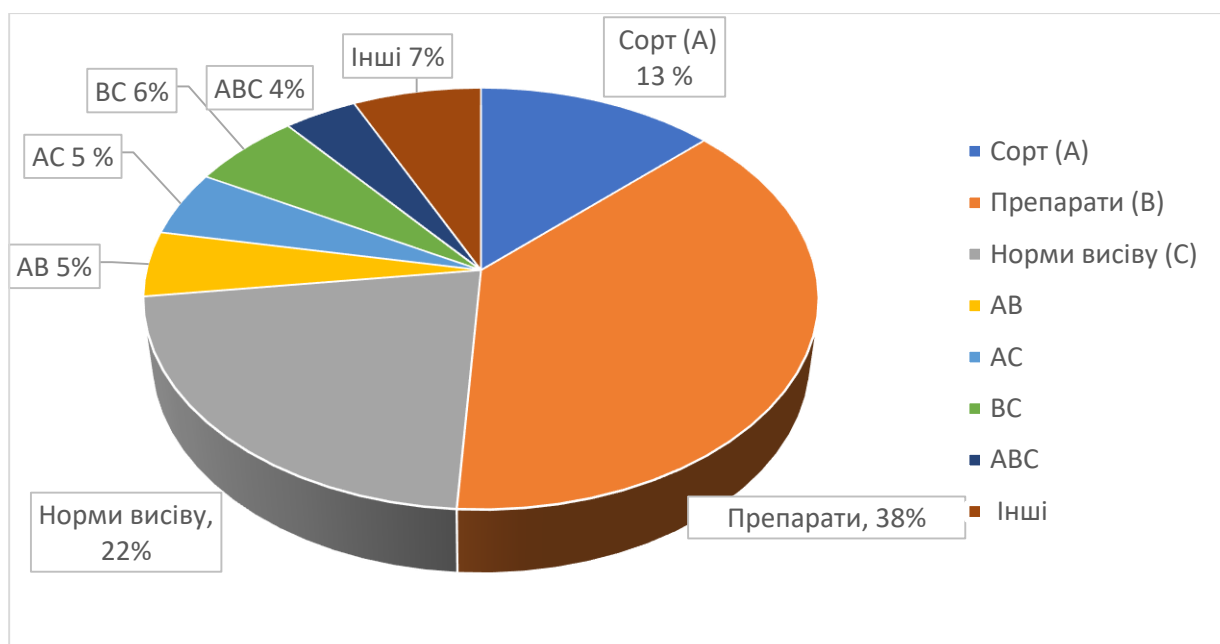
Найвищу врожайність зерна у 2024 році сформували сорти Буковинка (2,05-2,16 т/га) та Мавка ( 2,72-2,97 т/га) у варіантах з інокуляцією насіння препаратами за оптимальної норми висіву насіння (500 тис. шт./га). У 2023 та 2025 роках зазначені сорти також мали високі показники урожайності зерна 3,06-3,16 т/га та 3,21-3,38 т/га, порівняно з іншими сортами. Тобто сорти Буковинка та Мавка дуже пластичні і позитивно реагують на досліджуваний чинник інокуляції насіння за сівби. Сорт Галактика у 2024 році мав низькі показники урожайності зерна (в середньому 1,38-1,48 т/га у контрольних варіантах) за всіх досліджуваних чинників. Обробка насіння біологічними препаратами не суттєво вплинула на урожайність, прибавка була в середньому 0,50 т/га). У 2023 та 2025 роках показники урожайності були не суттєво вищі, в середньому на 0,30-0,40 т/га. Таким чином сорт не наділений високою пластичністю і реагує на екстремальні погодно-кліматичні умови.

Сорт Щедра у 2025 році мав високі показники урожайності 3,09 т/га та 3,19 т/га у варіантах з інокуляцією насіння біологічними обома препаратами за оптимальної норми висіву насіння (500 тис. шт./га). У загущеному агроценозі

(600 тис. шт./га) квасолі показники знизились на 0,26 т/га за інокуляції насіння Мікофрендом та 0,06 т/га за інокуляції насіння Ризоактив Бобові. У екстремальному за погодними умовами році, у вище перерахованих варіантах урожайність зерна була нижча в середньому на 1 т/га, у 2023 році показники врожайності становили за інокуляції насіння Ризоактив Бобові і норми висіву 400-500 тис.шт./га 2,28-2,36 т/га, у загущеному агроценозі – 2,04 т/га. За використання мікоризуючого препарату Мікофренд відповідно – 2,44-2,39 та 2,04 т/га. Важливим є те, що і густина стеблестою кожного досліджуваного сорту, яка формувалась за різною нормою висіву інокульованого насіння відповідного його просторового і кількісного розміщення рослин на площі, є тими чинниками, які можуть як посилювати або послаблювати конкурентоспроможність рослин за фактори життя і тим самим впливати на зернову продуктивність культури.

Слід звернути увагу, що ефективність застосування біологічного препарату Мікофренд, 2 л/т доволі висока за всіх варіантів на сортах квасолі звичайної, що свідчить про високу пластичність сортів до зміни густоти стояння, так як різниця врожайності між варіантами густоти відрізнялася не суттєво (Див. табл. 4.2). Акцент зазначеного препарату відображається на заселенні кореневої системи відповідними мікроорганізмами, що сприяє збільшенню площі поглинання кореневої системи та створенні симбіотичної системи-мікоризи, що захищає генеративні органи від збудників хвороб, шляхом природньої конкуренції корисних мікроорганізмів препарату із шкочочиними ґрунтовими організмами, забезпечує краще живлення рослини шляхом мобілізації та перетворенню недоступних форм елементів живлення в доступні для рослини, також виділенню фізіологічно активних речовин як продуктів життєдіяльності мікробіоти.

За розрахунками дисперсійного аналізу досліджуваних факторів на врожайність зерна квасолі звичайної показав, що застосування біологічних препаратів, норм висіву та сортові особливості мали найбільші вплив частки і становили відповідно 38 %, 22 та 13 %. (Рис. 4.5).



**Рис. 4.5. Частка впливу фактору сорту, біологічних препаратів та норми висіву насіння на врожайність зерна сортів квасолі звичайної (середнє за 2023-2025 роки).**

Поєднання частки впливу сортових особливостей та біологічних препаратів 5%, сортових особливостей та норми висіву – 5%, препаратів та норми висіву – 6%. Взаємодія сортових особливостей, препаратів та норми висіву становила 4%, на частку впливу інших факторів припадало 7%.

Таким чином, у формуванні продуктивності квасолі звичайної вагому роль відіграють агротехнологічні заходи, які за комплексної взаємодії з вибраними сортами можуть її підвищити, незважаючи на нерегульовані чинники. Роль сорту у вирощуванні квасолі звичайної постійно зростає, вона має домінуючий аспект, що і забезпечує приріст врожайності у 1т/га. За оптимізації елементів технології вирощування через поєднання дії структурних чинників (сортівий склад, інокулянти, норма висіву насіння) сприяє максимальній реалізації генетичного потенціалу сортів квасолі звичайної [3].

Тому нагальною є потреба у досконалому та ретельному дослідженні закономірностей органогенезу вибраних сортів та розроблення на цій основі сортових технологій вирощування культури.

## Висновки до розділу 4:

1. Дослідженнями встановлено, що накопичення сухої речовини агроценозами сортів квасолі звичайної залежало від норми висіву та фаз органогенезу культури. Найвищі показники встановлено у варіантах з оптимальною густотою агроценозу (500 тис.шт./га) за сівби інокульованим насінням біологічними препаратами у всіх досліджуваних сортів квасолі. Процес накопичення сухої речовини відбувався поступово за фазами розвитку і відчутне та максимальне значення відмічено у фазу наливу бобів. Нижчі показники накопичення сухої речовини посівами квасолі встановлено у контрольних варіантах без застосування біологічних препаратів.

2. Чиста продуктивність фотосинтезу у сорту Буковинка відмічено у період фази розвитку – перший трійчастий листок – початок цвітіння у варіанті за норми висіву – 400-500 тис. шт./га інокульованим насінням біопрепаратами Ризоактив Бобові, 1 л/т та Мікофренд, 2 л/т в межах 5,47 – 6,19 г/м<sup>2</sup> та 5,51 – 6,23 г/м<sup>2</sup> за добу відповідно. Подальші фази органогенезу в період: початок – кінець цвітіння показник ЧПФ відповідно становив 4,47 – 5,11 г/м<sup>2</sup> та 4,50 – 5,22 г/м<sup>2</sup> за добу, у період: кінець цвітіння – формування зерна спостерігали зниженням показників в межах 3,21 – 3,69 г/м<sup>2</sup> та 3,24 – 3,75 г/м<sup>2</sup> за добу відповідно. У загущеному агроценозі (600 тис.шт./га) показники за фазами органогенезу становили 5,49 г/м<sup>2</sup>, 4,13, 2,91 г/м<sup>2</sup> за добу за інокуляції Ризоактив Бобові та 5,52 г/м<sup>2</sup>, 4,53, 2,90 г/м<sup>2</sup> за добу відповідно.

3. За проведеною оцінкою ефективності елементів агротехнологічних прийомів вирощування квасолі звичайної встановлено, що важливим чинником впливу на формування кількості бобів і зерен в бобі є умови розвитку агроценозу, які залежать від формування стеблостою, відповідно до біологічних особливостей генотипів квасолі та норми висіву насіння. Проведеними дослідженнями встановлено позитивний вплив інокуляції насіння сучасних сортів за сівби у формуванні густоти рослин квасолі звичайної на її зернову продуктивність. . Сорти Буковинка та Мавка спроможні до формування більшої кількості бобів, так



як мають більшу кількість квіток та довшого періоду цвітіння, при цьому рослини сорту Мавка формують в середньому меншу кількість зерен у бобі (5 шт.) за сорт Буковинка (7 шт.).

4. Врожайність зерна сорту Буковинка за норми висіву 400 тис.шт./га (найбіша площа живлення для зростання) без інокуляції насіння становила 2,67 т/га, сорту Мавка – 2,53, сортів Щедра та Галактика – 2,25 та 1,94 т/га. Застосування біологічних препаратів для інокуляції насіння за сівби 500 тис.шт./га забезпечила прибавку урожайності у сорту Буковинка 0,09 т/га за обробки насіння Ризоактив Бобові, 1 л/т та 0,14 т/га за обробки Мікофренд, 2 л/т, у сорту Мавка по 0,48 т/г, у сорту Щедра – 0,06 т/га за обробки Мікофреном 2 л/т, за застосування Ризоактив Бобові, 1 л/т прибавку не отримали. У сорту Галактика застосування біологічних препаратів забезпечило отримання урожайності на 0,38 т/га більше за інокуляції Мікофреном, 2 л/т та 0,17 т/га – за інокуляції Ризоактив Бобові, 1 л/т, порівняно з контрольним варіантом. У загущеному агроценозі (600 тис.шт./га) урожайність сортів була менша, застосування обробки насіння суттєво не вплинуло на урожайність.

5. Науково-обґрунтований вибір оптимальної норми висіву інокульованого насіння один із основних елементів агротехнології вирощування квасолі, так як від нього буде залежати величина врожайності та якість отриманого зерна. Серед сортів квасолі звичайної найвищу врожайність за роками досліджень забезпечував сорт Буковинка, зернова продуктивність якого в середньому за три роки становила 2,80-3,95 т/га. Враховуючи переваги зазначеного сорту за рівнем та стабільністю формування вражаю, досліджувані елементи агротехнології вирощування квасолі звичайної позитивно впливала на реалізацію продуктивного потенціалу культури.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

143. Stagnari, F.; Maggio, A.; Galieni, A.; Pisante, M. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: An overview. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 2017, 4, 2.
144. Мазур В. А., Дідур І. М., Ткачук О. П., Панцирева Г. В. Агроекологічна стійкість сортів квасолі звичайної до несприятливих умов вегетації. *Наукові доповіді НУБіП.* 2021 № 2 (90).
145. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. М.: Наука, 1972. С. 12-16.
146. Овчарук В.І. Овчарук О.В., Мишак А.А. Фотосинтетична продуктивність квасолі овчевої залежно від сорту в умовах південної частини Західного Лісостепу // *Збірник наукових праць ПДАТУ. Кам'янець-Подільський*, 2012. Вип. 20. С. 10-14.
147. Кондратенко М. І. Формування адаптивності ознак зернової продуктивності колекційних зразків гороху посівного різних морфотипів в умовах правобережного лісостепу України. *Корми і кормовиробництво.* 2015. Вип. 81. С. 21–30.
148. Околюдько Ю. В. Вплив способу сівби та норм висіву на масу в 1000 насінин квасолі звичайної. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету.* Кам'янець-Подільський, 2004. № 12. С. 110-112.
149. Панчишин В. З., Стоцька С. В., Мойсієнко В. В., Фоміна О. П. Продуктивність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник.* Херсон, 2021. Вип. 118. С. 145-151. doi: 10.32851/2226-0099.2021.118.18
150. Сичкарь В. И., Хухлаев И. И. Горох. Биологические особенности сорта и современные технологии возделывания (методические рекомендации). Одесса : СГИ – НАЦСЕИС, 2006. 26 с.

151. Камінський В.Ф. Вплив комплексу агротехнічних заходів на урожайність і якість насіння сортів гороху, які відносяться до різних агротипів // *Збірник наукових праць Ін-ту землеробства УААН*. К., 1997. Вип. 1. С. 117-119.

152. Кабак О. Біоенергетичні показники вирощування квасолі в умовах півдня України [Текст] / О. Кабак // *Зб. наук. пр. XXIII наук. конф. студентів та магістрів: «Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи»*. – Вінниця: РВВ ВДАУ, 2009. С. 137-140.

153. Камінський В.Ф., Дворецька С.П., Єфіменко Г.М. Формування продуктивності гороху за різних технологій вирощування // *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. – К.: Нора-прінт, 2004. Вип.1. С. 66-69.

154. Овчарук О.В. Особливості формування симбіотичної продуктивності сортів квасолі звичайної // *Збірник наукових праць ПДАТУ*. – Кам'янець-Подільський, 2015. Вип. 23. С. 54-59.

155. Овчарук О.В. Оцінка продуктивності сортів квасолі звичайної в умовах Лісостепу Західного // *Збірник наукових праць ПДАТУ*. Кам'янець-Подільський, 2013. Вип. 21. С. 17-20.

156. Овчарук О.В. Показатели продуктивности фасоли обыкновенной в зависимости от сорта и норм высева в условиях западной Лесостепи Украины // *Збірник наукових праць аграрного університету Молдови Știința Agricolă*. Кишинів: Chișinău, 2014. № 2. С. 66-69.

157. Воронецька І.С. , Мовчан К.І. Особливості формування генеративних органів квасолі звичайної залежно від способу сівби та густоти рослин в умовах Правобережного Лісостепу України // *Вісник аграрної науки*. 2014. №4. С. 14-18.

158. Крутило Д.В., Данилюк В.Г. Реакція сортів квасолі на інокуляцію *Rhizobium phaseoli* за наявності в ґрунті численної популяції ризобій // *Корми і кормовиробництво: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Вінниця: ФОП, 2008. № 61. С. 78-83.

159. Силенко С.І. Аналіз сортозразків квасолі звичайної за придатністю до механізованого збирання урожаю // *Вісник Полтавської державної академії*. 2010. №3. – С. 68-71.

## **РОЗДІЛ 5**

### **ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ТА ВЕГЕТАТИВНОЇ МАСИ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ**

Так як квасоля (*Phaseolus vulgaris* L.) є однією з популярних харчових культур, яка широко споживається в Україні та багатьох країнах світу, доцільно дослідити якісні показники всієї рослини, механізм прояву фітохімічних компонентів та доцільність їх використання в різних галузях промисловості [160]. Зерно квасолі, та і вегетативна маса культури багаті на цінні біологічно активні речовини, прояв яких має різний вплив на ріст і розвиток рослин в період органогенезу. Більшість сільськогосподарських культур мають широкий спектр біохімічних характеристик, дія яких може відбуватися як в стимуляції так і в інгібуванні активності ферментів, зміни проникненості мембран та білкового й ліпідного метаболізму [161]. Вони зумовлюють гормональні зміни, які спроможні активувати або пригнітити антиоксидантні властивості клітин, що на рівні рослинного організму призводить до зміни інтенсивності дихання, величини листових продихів та інтенсивності росту культур [162, 163]. Дія цих природних та профільних фітохімічних сполук квасолі залежать від генотипу, стадії органогенезу, ґрунтово кліматичних умов вирощуванні культури. Тому важливим є дослідження біохімічної компоненти вегетативної маси рослин та зерна квасолі звичайно для подальшого використання у харчовій, медичній, косметологічній та фармацевтичній промисловостях.

#### **5.1 Біохімічний профіль рослин квасолі звичайної**

Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) це теплолюбна рослина, що походить з Центральної та Південної Америки та Південної Азії, де її культивують вже п'ять і шість тисяч років. [160].

Існує багато сортів квасолі, які відрізняються один від одного низкою характеристик: зовнішніми ознаками, періодами цвітіння та плодоношення тощо. За типом росту – кущові (детермінантні) і кучеряві з довгими стеблами (індетермінантні). По термінах дозрівання – діляться на ранні (65-75 діб.), середні (75-90 діб.) і пізні (понад 3 міс.). Мають різне забарвлення зерен та форму бобів [163]. Квасоля – одна з найбільш різнокольорових овочевих культур яка є цінним джерелом харчового білка, необхідних вітамінів, низькокалорійних вуглеводів, клітковини та мінералів для здоров'я людини. З наукових джерел, відомо, що листя звичайної квасолі містить флавоноїди (кемпферол, глікозиди кверцетину), дубильні речовини, сапоніни, фітинову кислоту, амінокислоти, полісахариди. Ці фітохімічні речовини можуть включати механізм пригнічення виділення кисню хлоропластами, мають потужний вплив на функцію мітохондрій, зміну поглинання поживних речовин, пігментів хлорофілу [2,6], або ефективність використання води [161, 164, 165].

Фенольні сполуки рослин беруть участь у різних окисно-відновних процесах, нейтралізують активні радикали і виводять з організму важкі метали і радіоактивні елементи, загалом захищають рослини від дії несприятливих чинників [163,165]. Balisteiro et al., (2013) у своїх наукових працях зазначав, що біоактивні сполуки, такі як поліфеноли в квасолі, включають флавоноїди, фенольні кислоти та проціанідини, які діють як поглиначі вільних радикалів, відновники та хелатори металів, і мають гіпохолестеринемічні, антиатерогенні, антиканцерогенні та гіпоглікемічні властивості [163].

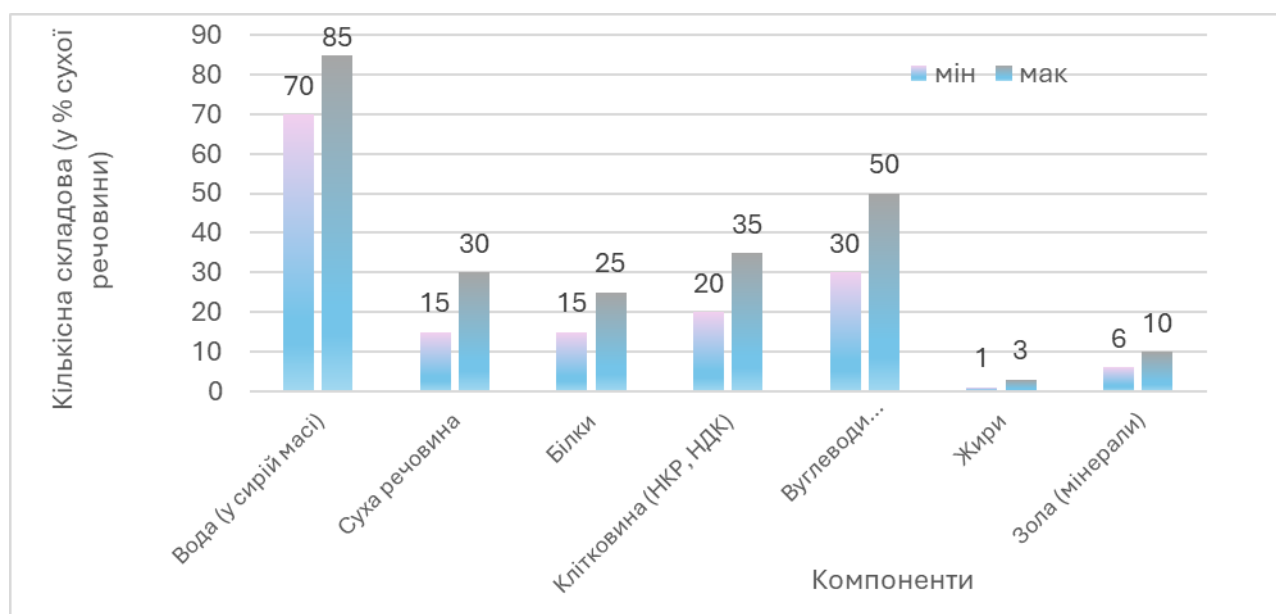
Як вітчизняні так і зарубіжні вчені Сторожик, Терещенко [161], Макаренко, Левицький [166], Nekoum et al., [167], концентрація фенольних сполук у рослині залежить від чинників довкілля і суттєво змінюється за стресових умов. За умов посухи у листках зростає кількість фенолів, компонентами яких є проантоціанідини або конденсовані таніни, які підвищують стійкість рослин до посухи [168]. Відома і світло залежність синтезу багатьох фенольних сполук. Цим пояснюється переважно поверхнева локалізація флавоноїдів та інших

фенольних сполук у різних органах рослин, Вважається, що основним місцем локалізації фенолів усередині клітини є вакуолі [169].

У світі існує велика кількість різновидів квасолі. Багато з них дуже схожі, а інші мають унікальні текстури, кольори та смаки. Квасоллю можна поділити на дві основні категорії кущові та виткі. Кущові сорти мають прямостояче низкоросле не витке стебло, а високо виткі – високі форми, мають вилягасе стебло і потребують опори для росту. Квасоллю вирощують та використовують у різних регіонах світу, і вона є основним джерелом білка в раціоні людини (20–25%). Це популярна культура, як вказують Aslani and Souri, (2018), завдяки своїм різноманітним перевагам, зокрема багатству білків, вуглеводів, мінералів, антиоксидантів та клітковини [170]. Квасоля є значним джерелом β-каротину (провітаміну А), тіаміну (В1), рибофлавіну (В2), ніацину, піридоксину (В6), пантотенової кислоти, фолієвої кислоти, аскорбінової кислоти, а також вітамінів Е і К [171]. Смак та поживна цінність квасолі пов'язані з їх хімічним складом [172]. Сприйняття смаку квасолі значно пов'язане за містом цукру та органічних кислот [173]. Фолат квасолі бере участь у біосинтезі різних важливих метаболітів, включаючи дезоксирибонуклеїнову кислоту (ДНК), рибонуклеїнову кислоту (РНК) та деякі амінокислоти, зокрема, системи біосинтезу метіоніну. Бобові містять велику кількість природного фолату, який відіграє важливу роль в вуглецевом у метаболізмі як кофермент у людини [174]. Також у ній містяться різні кислоти, вітаміни РР, В1, В2, В6, С, каротин, велика кількість мікроелементів і макроелементів (особливо калій, цинк і мідь, сірка). Квасоля у своєму складі містить багато заліза, а воно сприяє притоку до клітин кисню, утворенню еритроцитів, а також допомагає організму боротися з інфекціями. На сьогодні важливо ретельно оцінити поживні, хімічні та біологічно активні компоненти квасолі звичайної сортів кущової форми. Тому метою даного дослідження – визначити та проаналізувати біохімічні компоненти та фітохімічний складник рослин та зерна квасолі звичайної.

Аналіз результатів досліджень свідчить, що у вегетативній масі квасолі загальний уміст білку близько 10 %, безпосередньо в листках— до 20 %, що

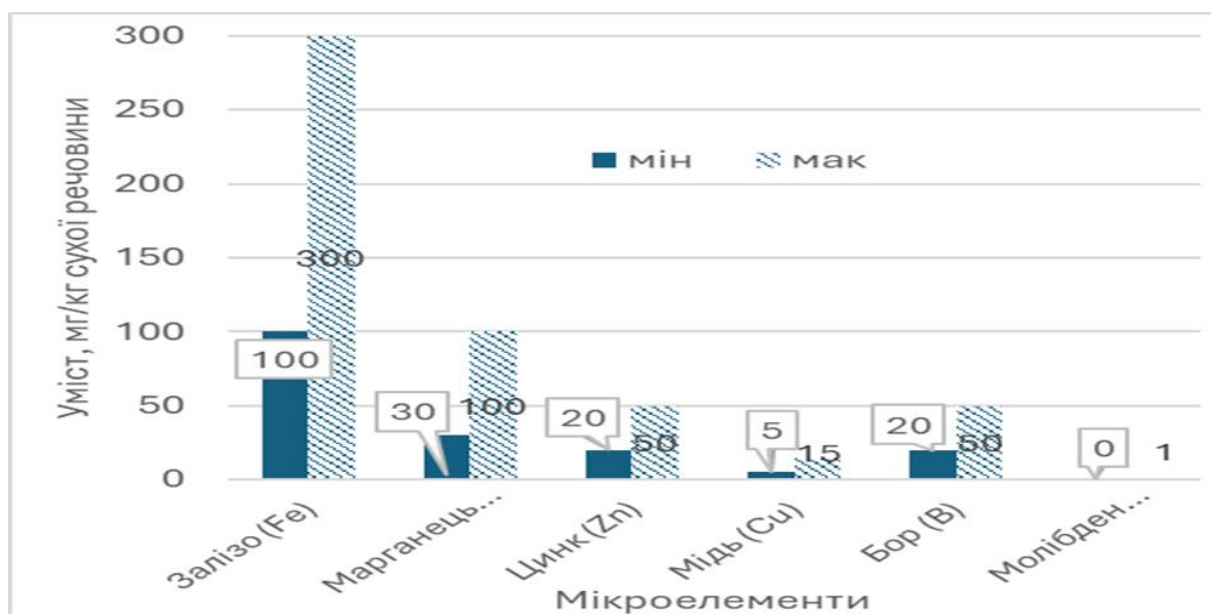
робить культуру ціним кормом і джерелом азоту (Рис.1). Середній показник для вегетативної маси (змішане листя та стебла) становить 5–11 % у цілому. Крім того, всі рослинні і більшість тваринних білків мають у своєму складі сірку (0,3–2,5%). Деякі фізіологічно важливі білки містять фосфор (0,5–0,6%). Завдячуючи здатності фіксувати атмосферний азот (симбіоз із бульбочковими бактеріями) вегетативна маса квасолі, яка активно розкладається, має відносно високий вміст білка і придатна для сидерації (зеленого добрива). Водночас має оптимальне співвідношення вуглецю до азоту ( $C:N \approx 15-25$ ), що забезпечує інтенсивне мінералізування у ґрунті. Розчинні цукри (сахароза, глюкоза, фруктоза) сумарно мають уміст приблизно 5–15 %, з урахуванням сезонних та генетичних розбіжностей.



**Рис. 5.1. Хімічний складник вегетативної маси квасолі (% на суху речовину).**

Вуглеводи це сполуки вуглецю, водню і кисню. Утворюються вуглеводи в зелених частинах рослин з участю хлорофілу з вуглекислоти повітря ( $CO_2$ ) і води ґрунту ( $H_2O$ ) під дією сонячної енергії. Крохмаль, що накопичується у листках, як тимчасовий резерв становить додаткові 5–20 %, всього ж вуглеводи можуть досягати 10–30 %. Ці показники можуть змінюватися в залежності від генотипу, стадії органогенезу культури, рівня фосфору у ґрунті, довжини світлового дня,

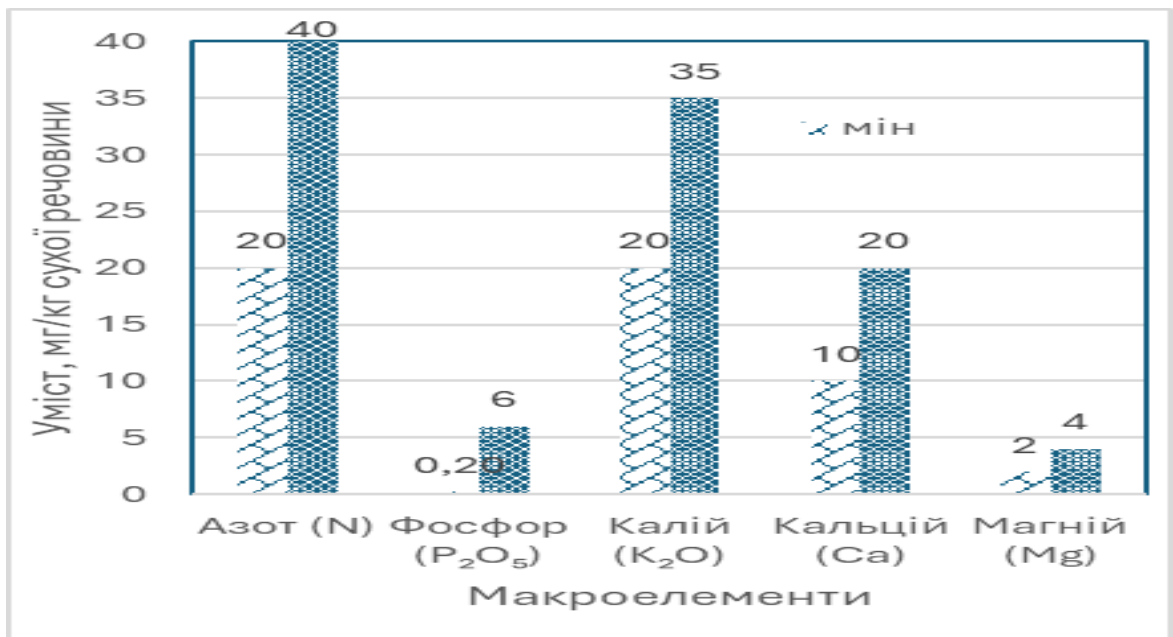
тощо. Як енергетичний та структурний матеріал жири у вегетативній масі квасолі мають самі найнижчі показники і становлять в загальному 1–3 % на суху речовину. Зола (мінерали) у вегетативній масі присутня у кількості 6–10 %. Основні мікроелементи, такі як бор, марганець, молібден, залізо, цинк, кобальт і мідь мають важливе значення для росту і розвитку рослин та формуванні структурних показників продуктивності квасолі (Рис. 5.2). Аналіз результатів досліджень дозволяє стверджувати, що у вегетативній масі квасолі звичайної сортів кущових форм найбільше заліза – 100–300 мг/кг сухої речовини, а от марганця у 3 рази менше, цинку – 20–50 мг/кг, мідь та бор мали показники 5–15 та 20–50 мг/кг відповідно.



**Рис. 5. 2. Уміст мікро у вегетативній масі квасолі**

Найменше у біомасі виявлено молібдену – 0,1–1 мг/кг сухої речовини. Молібден і бор важливі для симбіотичної фіксації азоту. Молібден входить до складу ензимів, які беруть участь у засвоєнні азоту з повітря. Загалом всі мікроелементи, які є наявними у біомасі, відповідають за ключові метаболічні, фізіологічні та біохімічні процеси в рослинному організмі й суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Калій, фосфор та кальцій, магній провідні макро елементи квасолі звичайної, уміст яких встановлено відповідно 20–35 %, 0,2–6, 10-20 % (Рис. 5.3).





**Рис. 5. 3. Уміст макроелементів у вегетативній масі квасолі**

Фітохімічні сполуки, до яких входять феноли, є основними рослинними компонентами і відіграють ключову роль в екосистемі. Їх наявність залежить не тільки від видової специфіки рослин, але й від стадій їх розвитку вегетативних та генеративних органів, а також від ґрунтово-кліматичних умов їх вирощування.

Вони синтезуються рослинами під час вегетації і відповідають за здатність до забарвлення, смакових якостей та аромату і поглинання ультрафіолету [163]. Половина фенольних сполук є флавоноїдами, представленими у вигляді агліконів, глікозидів і метильованих похідних. Проведені аналізи біомаси та зерна квасолі звичайної встановили основний біохімічний профіль культури (Табл.5.1).

Так, у листках і пагонах культури сума хлорофілів ( $a + b$ ) та каротиноїдів становила відповідно 300–800 та 20–300 мг/г сировини. У зерні виявлено тільки незначні сліди цих компонентів. Досліджувана біомаса та зерно квасолі містять достатню кількість і фенольних сполук, включаючи флавоноїди. Так листки мали найменшу кількість флавоноїдів – 30 мг/г, а загальних фенольних сполук 50 мг/г. Пагони культури мали найвищий уміст загальних фенолів – 200 та флавоноїдів – 150 мг/г, порівняно з зерном, де зазначені компоненти знаходились у кількості відповідно 140–145 та 10–50 мг/г сухої речовини.

**Біохімічний профіль вегетативної маси (листки, пагони, мг/г) та сухого зерна (мг/г сухої речовини) квасолі звичайної кущових форм**

Компоненти	Біомаса, мг/г		Зерно, мг/г сух.реч.	
	листя	пагони	мін	мак
Хлорофіли (a + b)	300	800	0	0
Каратиноїди	20	200	0	0
Загальні фенольні сполуки	50	200	140	145
Фітинова кислота	0,2	0,3	4,09	9,96
Сапоніни	0,1	0,2	0,5	0,6
Таніни	0,01	0,1	0,77	0,97
Оксалат	0,01	0,01	0,4	0,5
Флавоноїди:	30	150	10	50
-кахетін	0	0	7	10
-антоціани/темне забарвлення зерна	0,01/3	0,03/5	3/3	4/5
-геністин	0	0	0,01	0,13

Фітинова кислота вважається антинутриєнтом, оскільки вона міцно зв'язується з білком, крохмалем та мінералами, знижуючи їхню біодоступність. В ендоспермі зерна квасолі вона присутня у фосфатній формі. Вміст фітинової кислоти в зернах коливається від 4,09 до 9,96 мг/г. Фітинова кислота може запобігати ВІЛ, діє як профілактичний засіб для розвитку каменів у нирках. Сапоніни відомі як рослинні глікозиди, можуть руйнувати еритроцити. Кількість сапонінів, у зерні квасолі низька, всього 0,6% мг/г. Сапоніни мають низку корисних для здоров'я ефектів, таких як протигрибкові, гіперхолестеринемічні, протизапальні, протипаразитарні, імуномодулюючі, гіпоглікемічні тощо. Стосовно танінів, то активність  $\alpha$ -амілази, трипсину, хімотрипсину та ліпази може пригнічуватися танінами. Танін також знижує біодоступність мінералів (заліза, цинку та кальцію) та вітаміну В<sub>12</sub>. Уміст таніну в зерні був 0,77–0,97 мг/г. Таніни мають здатність зв'язуватися з білками та виводити токсини з кишковика. Уміст оксалату коливався від 0,4 до 0,5 мг/г. Оксалат знаходиться всередині клітини зернини квасолі, але під час обробки він зв'язується з різними

мінералами (кальцій, магній, калій і натрій), що робить ці поживні речовини недоступними для організму. Флавоноїди локалізуються в основному у зовнішніх шарах зерна, і їх концентрація пов'язана з кольором навколоплідника, його товщиною. Ці фітохімічні профілі є генетичними ознаками [161]. Так, світлі генотипи квасолі мають незначний уміст фенолів і порівняно з сортами з темним забарвленням. Також у зерні темного забарвлення квасолі виявлено і антоціани у кількості 3–5 мг/г сухої речовини. Антиоксидантна активність квасолі проявлялась у стійкості переносити періоди посухи. Щодо основних макронутрієнтів зерна квасолі звичайної, то найбільший уміст мали високомолекулярні сполуки – білки (Табл.5.2).

Таблиця 5.2

**Макронутрієнти зерна квасолі звичайної, % (на 100 г сухого зерна).**

Компоненти		Показники	
		мінімальні	максимальні
Білки		20	25
Фракційний склад білків	Глобуліни	43,8	44,9
	Альбуміни	40,4	42,1
	Глютеліни	13,0	15,6
Жири		1,3	1,9
Крохмаль		34	45
Клітковина (сирець)		4	5
Загальні вуглеводи		54	60
Зола (мінеральна частина)		3,3	4,6

За елементарним складом білки відрізняються від жирів і вуглеводів тим, що, крім вуглецю, водню і кисню, їх молекули містять азот. Крім того, всі рослинні білки у своєму складі мають сірку (0,3–2,5%). У квасолі представлені глобулярні (кулясті) білки у загальній кількості 20–25 % на 100 г сухого зерна. Білки беруть участь у транспорті кисню, в обміні вітамінів, мінеральних речовин, жирів, вуглеводів, є енергетичним матеріалом (забезпечують до 15% енергоцінності добового раціону). Білки у досліджуваному зерні квасолі різнились за фракційним складом, який був представлений: Глобуліни – 43,8–44,9

%, Альбуміни – 40,4–42,1%, Глютеліни 13,0–15,6%. Жири, клітковина та зола (мінерали) у зерні квасолі мали найменший уміст, який становив відповідно всього 1,3–1,9 %, 4–5 та 3,3–4,6 %. Клітковина (целюлоза геміцелюлози), в основному наявна у стінках клітин оболонки зерна. Найбільші показники мали такі макроеlementи, як вуглеводи та крохмаль – 54–60 % та 34–45 % відповідно. Крохмаль складається з великої кількості молекул моноцукру – глюкози. Таким чином, досліджений біохімічний профіль квасолі звичайної свідчать про можливість використання листя та пагонів культури в медицині, фармакології без визначення сортової приналежності.

Стосовно великої групи вітамінів В та антиоксидантів, то слід зазначити, що у зерні сирому пантотенової кислоти ( $B_5$ ) приблизно 1,46 мг/100 г. Пантотенова кислота є головним компонентом коензиму А, і сприяє у розщепленні жирів, білків та вуглеводів, забезпечуючи організм енергією і є головним компонентом гормонального балансу. Вітамін В<sub>5</sub> зміцнює імунну систему, забезпечує синтез нейромедіаторів для нормального функціонування нервової системи. Водорозчинний вітамін (С) є органічною сполукою з хімічною формулою  $C_6H_8O_6$ , у кількості 2,1 мг/100 г зерна квасолі, антиоксидант, забезпечує синтез колагену та інших білків, підтримує імунну систему, сприяє засвоєнню заліза, забезпечує метаболізм вуглеводів, має протизапальну та антиалергічну дію. Відомий Вітамін Е, (альфа-токоферол), має кількісну складову у зерні квасолі 0,08 мг/100 г речовини і позитивно впливає на серцево-судинну та імунну системи, шкіру, є потужним антиоксидантом. Вітамін К<sub>1</sub> (філлохінон) це жиророзчинна форма вітаміну К, яка у зерні квасолі була на рівні 13,5 мікрограм. Він відіграє важливу роль у згортанні крові та підтримці здоров'я кісток і судин. Щодо фолатів (вітамін В<sub>9</sub>), то їх кількість у зерні квасолі найбільша і становить в середньому 635 мікрограм. Зазначений вітамін бере участь у синтезі РНК та відновленні ДНК, що необхідно для росту, поділу та регенерації клітин, утворення еритроцитів та є запобіжниками анемії, позитивно впливає на психічне здоров'я.

Таким чином фітохімічні екстракти квасолі можуть бути потенційними продуктами для виробництва харчових добавок або пігулок для профілактики та лікування хронічних захворювань. Визначені фітохімічні компоненти є видоспецифічними та дискримінаційними щодо свого прояву, що робить культуру цінною для споживання та джерелом азоту в агроценозах сільськогосподарських культур.

## **5.2. Фізико-хімічні та технологічні властивості квасолі різних груп стиглості**

Одним із основних факторів, що визначають якість квасолі, є її група стиглості, яка безпосередньо впливає на фізико-хімічні та технологічні властивості зерна. Важливою характеристикою є також здатність квасолі до розварювання, яка визначає її використання в різних видах кулінарної обробки. Вивчення фізико-хімічних властивостей, таких як вміст вологи, сухих речовин, цукрів, органічних кислот, білків та інших компонентів, дозволяє краще зрозуміти, як різні групи стиглості квасолі впливають на її харчову цінність та технологічну придатність [175, 176]. Аналіз останніх досліджень і публікацій засвідчує, що квасоля є однією з найбільш важливих бобових культур, яка має високу харчову цінність завдяки великому вмісту білків, вуглеводів, жирів, мікроелементів і вітамінів. Відзначено, що фізико-хімічні та технологічні властивості квасолі залежать від її сорту та групи стиглості, що визначає не лише хімічний склад зерна, а й ефективність технологічних процесів, таких як розварювання, обробка та зберігання [177, 178]. Згідно з дослідженнями українських авторів, зокрема Овчарук О. В. було встановлено, що групи стиглості квасолі суттєво впливають на рівень білків та вуглеводів у зерні. Ранньостиглі сорти відзначаються меншою кількістю сухих речовин і більш високим вмістом води (13,6 %), тоді як пізньостиглі сорти мають значно більший вміст сухих речовин (до 15 %), що робить їх більш придатними для тривалого зберігання та подальшої переробки [179]. Іноземні дослідження, зокрема роботи Broughton, William [180], демонструють, що у пізньостиглих сортах квасолі рівень цукрів є

вищим, що може бути пов'язано з більшою кількістю часу для накопичення вуглеводів в плодах. Це особливо важливо для промислової переробки квасолі, оскільки наявність цукрів підвищує ефективність деяких технологічних процесів, таких як ферментація та консервування. Водночас, дослідження підтверджують, що наявність високих рівнів органічних кислот у середньостиглих сортах може впливати на зниження активності деяких ферментів у процесі бродіння, що обмежує їх застосування для ферментації [181, 182]. Технологічні властивості, такі як здатність до розварювання, також є важливими при виборі сорту для кулінарної обробки. Іноземні вчені, зазначають, що сорти квасолі мають нижчу здатність до розварювання в порівнянні з середньо- та пізньостиглими сортами, що обмежує їх застосування в кулінарії [183, 184]. Іноземні дослідження, але інших авторів, показують, що пізньостиглі сорти, завдяки більшій кількості сухих речовин і низькому вмісту води, мають вищі показники розварюваності, що робить їх кращими для промислової переробки та довготривалого зберігання [185, 186]. Дослідження також вказують на значення антиоксидантних властивостей, зокрема рівня бетаїну в пізньостиглих сортах. Робота Oomah B. [187] підтверджує, що пізньостиглі сорти мають значно більший вміст бетаїну, який є важливим антиоксидантом, що має здоров'я підтримуючі властивості. В подібних роботах також наголошується на тому, що високий вміст бетаїну в пізньостиглих сортах сприяє не тільки покращенню біологічної активності, але й підвищенню поживної цінності продукту [188]. Хоча наукові джерела вказують вплив групи стиглості на властивості квасолі, кількість практичних даних із системним порівнянням сортів різних груп стиглості в Україні залишається обмеженою. Саме тому поглиблене дослідження цього напрямку є актуальним. Метою досліджень є аналіз фізико-хімічних і технологічних властивостей квасолі не тільки досліджуваних сортів дисертанта, а й сортів різних груп стиглості, агроценози яких є на дослідному полі Уманського національного університету, оцінка їх впливу на якість обробки та харчову цінність продукту, а також визначення

оптимальних технологічних параметрів для підвищення ефективності використання квасолі в харчовій промисловості [194, 195].

У дослідженнях було використано окрім досліджуваних сортів Буковинка, Мавка, Щедра та Галактика, сорти квасолі Білосніжна, Дар, Панна, Перлина, Ассоль, Докучаєвська, що належать до різних груп стиглості: ранньостиглої, середньостиглої та пізньостиглої. [189-193]. Рослини були вирощені за однакових агроекологічних умов за загальноприйнятою технологією та аналізували згідно сучасних методів і методик для мінімізації впливу зовнішніх факторів. Зрілі боби з кожної групи стиглості були зібрані на 295 оптимальному етапі стиглості. Боби кожної групи були вручну відсортовані для забезпечення однорідності розміру та зовнішнього вигляду перед аналізом.

Встановлено, що вміст води у ранньостиглих сортах становить 12,5 %, тоді як у середньостиглих він дещо вищий – 13,0 %, а у пізньостиглих досягає 13,5 %. Така тенденція до зростання підтверджена статистично значущим результатом ( $p = 0,021$ ), що свідчить про залежність вологовмісту від групи стиглості (табл. 5.3). Вміст білка також підвищується зі збільшенням строку досягання: у ранньостиглих сортах він становить 22,5 г/100 г, у середньостиглих – 24,0 г/100 г, а в пізньостиглих – 25,5 г/100 г. Таким чином, у пізньостиглих сортах білка на 13,3 % більше, ніж у ранньостиглих. Ця різниця є статистично достовірною ( $p < 0,001$ ) (табл. 5.3). Варто вказати, що вміст жирів у ранньостиглих сортах становить 1,4 г/100 г, у середньостиглих – 1,6 г/100 г (+14,3%), а в пізньостиглих – 1,8 г/100 г (+28,6 %). Виявлена залежність також є статистично значущою ( $p = 0,003$ ), що може свідчити про поступове накопичення ліпідів у пізньостиглих генотипах. Встановлено, що у ранньостиглих сортах міститься 59,0 г/100 г вуглеводів, у середньостиглих – 57,5 г/100 г (-2,5 %), а у пізньостиглих – 56,0 г/100 г (-5,1 %). Зниження цього показника пояснюється накопиченням білкових і зольних речовин на фоні зменшення вуглеводного запасу ( $p = 0,009$ ) (табл. 1). Вміст клітковини підвищується з 6,8 г/100 г у ранньостиглих до 7,2 г/100 г (+5,9 %) у середньостиглих та 7,5 г/100 г (+10,3 %) у пізньостиглих ( $p = 0,029$ ). Аналогічна тенденція спостерігається і для зольного залишку – його рівень

змінюється від 3,4 г/100 г у ранніх сортів до 3,8 г/100 г – у пізніх сортах ( $p = 0,016$ ). Досліджено, що вміст кальцію становив: у ранньостиглих сортів 120 мг/100 г і середньостиглих – 130 мг/100 г (+8,3 %), у пізньостиглих – 140 мг/100 г (+16,7 %) ( $p = 0,004$ ) (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

**Хімічний склад зерна квасолі різних груп стиглості, середнє 2022–2024 рр.**

Показник	Ранньо- стиглість (Буковинка, Мавка)	Середньо- стиглі (Галактика)	Пізньо- стиглі (Щедра)	F- статисти- -ка	P- значен- ня
Вологість, %	12,5 ± 0,4	13,0 ± 0,5	13,5 ± 0,6	4,32	0,021
Білки, г/100 г	22,5 ± 0,8	24,0 ± 0,9	25,5 ± 1,0	7,84	<0,001
Жири, г/100 г	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1	16,45	0,003
Вуглеводи, г/100 г	59,0 ± 1,5	57,5 ± 1,4	56,0 ± 1,3	5,21	0,009
Клітковина, г/100 г	6,8 ± 0,3	7,2 ± 0,4	7,5 ± 0,4	3,92	0,029
Зола, г/100 г	3,4 ± 0,2	3,6 ± 0,2	3,8 ± 0,2	4,71	0,016
Кальцій	120 ± 5	130 ± 6	140 ± 6	6,02	0,004
Магній, г/100 г	140 ± 6	150 ± 7	160 ± 7	5,88	0,005
Залізо, г/100 г	6,2 ± 0,3	6,5 ± 0,3	6,8 ± 0,3	3,61	0,034
Фосфор, г/100 г	320 ± 10	340 ± 12	360 ± 13	7,11	<0,001

Варто вказати, що вміст магнію зростає від 140 мг/100 г у ранньостиглих до 160 мг/100 г у пізньостиглих ( $p = 0,005$ ), а вміст заліза був найменший у ранньостиглих сортів – 6,2 мг/100 г, найбільший у пізньостиглих – 6,8 мг/100 г ( $p = 0,034$ ). Вміст фосфору змінюється від 320 мг/100 г у ранніх сортів до 360 мг/100 г – у пізніх сортів (+12,5 %). Статистичний аналіз показує, що вміст вологи змінюється в межах 12,5– 13,5 %, з тенденцією до збільшення у пізньостиглих сортів ( $p = 0,021$ ), а білковий вміст у пізньостиглих сортів на 13,3 % вищий, ніж у ранньостиглих. Жирова фракція також зростає від 1,4 до 1,8 г/100 г ( $p = 0,003$ ), а вміст вуглеводів має зворотну залежність: у ранніх сортів – 59,0 г/100 г, у пізніх – 56,0 г/100 г ( $p = 0,009$ ). Клітковина та зольність також збільшуються, досягаючи



максимуму у пізньостиглих ( $p < 0,05$ ), а макро- і мікроелементи (Ca, Mg, Fe, P) поступово підвищуються, найвищі значення у пізньостиглих сортах ( $p < 0,01$ ) (табл. 1). Таким чином, пізньостиглі сорти квасолі містять більше білків, жирів, клітковини та мінеральних речовин, що робить їх більш поживними, а ранньостиглі сорти мають вищий вміст вуглеводів, що може бути важливим для виробництва крохмалю та енергетичних продуктів. Зміни складу статистично значущі, що підтверджує вплив стиглості на біохімічний профіль квасолі. Тому, вибір сорту, групи стиглості залежить від технологічних потреб: ранньостиглі 297 сорти більше підходять для вуглеводовмісних продуктів, а пізньостиглі – для білково-мінеральних сумішей. Встановлено, що тривалість розварювання у ранньостиглих сортів є найменшою і становить –  $45,2 \pm 2,3$  хв, що свідчить про їх більш швидке приготування. Середньостиглі сорти потребують більше часу для розварювання ( $58,1 \pm 2,7$  хв), але все ще значно менше, ніж пізньостиглі, а пізньостиглі сорти мають найбільшу тривалість розварювання ( $72,5 \pm 3,1$  хв), що вказує на необхідність більш тривалого процесу варіння, ймовірно через щільнішу структуру зерна (табл. 5.4).

Таблиця 5.4.

**Кулінарні властивості сортів квасолі різних груп стиглості,  
(середнє за 2022–2024 рр.)**

Показник	Ранньо- стиглості (Буковинка, Мавка)	Середньо- стигли (Галактика)	Пізньо- стигли (Щедра)	F- статисти- -ка	P- значен- ня
Тривалість розварювання, хв.	$45,2 \pm 2,3$	$58,1 \pm 2,7$	$72,5 \pm 3,1$	-12,14	<0,0001
Коефіцієнт розварювання	$2,15 \pm 0,08$	$1,90 \pm 0,07$	$1,60 \pm 0,06$	10,25	<0,0001
Збереженість форми боба, %	$65,3 \pm 3,2$	$80,5 \pm 3,5$	$92,1 \pm 4,0$	-8,92	<0,0001
Консистенція мякоті (1– тверда, 5– розсипчата)	$4,6 \pm 0,2$	$3,8 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,3$	9,37	<0,0001

Досліджено, що коефіцієнт розварювання у ранньостиглих сорти був найвищий ( $2,15 \pm 0,08$ ), що вказує на їх здатність до розм'якшення більш швидко й рівномірно. Середньостиглі сорти показують трохи менший коефіцієнт ( $1,90 \pm 0,07$ ), а пізньостиглі – найменший ( $1,60 \pm 0,06$ ). Це означає, що з часом квасоля стає більш стійкою до розварювання і потребує більш тривалого часу для досягнення потрібної консистенції (табл. 2). Експериментально встановлено, що ранньостиглі сорти мають найменше збереження форми зерна ( $65,3 \pm 3,2 \%$ ), що вказує на їх схильність до руйнування під час варіння. Середньостиглі сорти зберігають форму зерна значно краще ( $80,5 \pm 3,5 \%$ ), а пізньостиглі сорти демонструють найбільший результат ( $92,1 \pm 4,0 \%$ ), що свідчить про їх здатність зберігати форму під час варіння. Варто вказати, що у ранньостиглих сортах консистенція м'якоті є більш щільною ( $4,6 \pm 0,2$  за шкалою 1–5), що може свідчити про наявність більш твердих зерен. Середньостиглі сорти мають більш розсипчасту м'якоть ( $3,8 \pm 0,3$ ), а пізньостиглі сорти мають найм'якшу консистенцію ( $2,5 \pm 0,3$ ), що вказує на більш розслаблену структуру і кращу придатність для деяких технологічних процесів, наприклад, для приготування пюре або інших м'яких страв (табл. 5.5). Проведені статистичні дослідження вказують, що тривалість розварювання значно відрізняється між групами стиглості ( $p < 0,0001$ ), при цьому пізньостиглі сорти потребують найдовшого варіння (72,5 хв.), а ранньостиглі розварюються найшвидше (45,2 хв.) (табл. 5.5). Отже, ранньостиглі сорти найкраще підходять для приготування пюре та супів завдяки високій розварюваності, а середньостиглі мають універсальні кулінарні властивості. Пізньостиглі сорти рекомендовані для консервування та страв, де важливо зберегти цілісність зерен. Загалом, можна зробити вказати, що пізньостиглі сорти квасолі мають найкращі технологічні властивості з точки зору збереження форми зерна та консистенції м'якоті, але вимагають більше часу для розварювання, що може бути важливо в залежності від умов приготування. Встановлено, що пізньостиглі сорти мають найвищий показник водопоглинання –  $150,3 \pm 6,1 \%$ , що свідчить про їх здатність утримувати більше води під час варіння, а середньостиглі та ранньостиглі сорти поглинають менше води ( $135,2 \pm$

5,2 % і  $120,5 \pm 4,8$  %, відповідно), що також впливає на кінцеву текстуру зерна (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

**Фізико-хімічні властивості квасолі різних груп стиглості,  
середнє за 2022-2024 рр.**

Показник	Ранньо- стиглість (Буковинка, Мавка)	Середньо- стиглі (Галактика)	Пізньо- стиглі (Щедра)	ANOVA (F- статисти- ка)	P- значен- ня
Водопоглинаю- ча здатність, %	$120,5 \pm 4,8$	$135,2 \pm 5,2$	$150,3 \pm 6,1$	35,17	<0,0001
Втрата сухої маси, %	$5,8 \pm 0,3$	$6,2 \pm 0,4$	$7,5 \pm 0,5$	14,92	0,0002
Розтріскування оболонки, %	$12,5 \pm 1,2$	$15,8 \pm 1,4$	$18,2 \pm 1,6$	9,75	0,0018
Крохмальність, %	$40,2 \pm 1,8$	$6,8 \pm 0,4$	$8,5 \pm 0,5$	31,65	<0,0001
Твердість зерна, (Н)	$5,2 \pm 0,3$	$45,8 \pm 2,0$	$52,1 \pm 2,3$	28,56	<0,0001
Еластичність (мм)	$2,8 \pm 0,2$	$2,5 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,1$	12,38	0,0004
Клейкість, (г/см <sup>2</sup> )	$4,2 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,2$	$3,5 \pm 0,2$	7,12	0,0026
Збереженість білків, %	$85,5 \pm 2,5$	$80,2 \pm 2,2$	$75,8 \pm 2,0$	18,45	<0,0001
Збереженість вітамінів, %	$72,02 \pm 2,3$	$68,5 \pm 2,0$	$63,8 \pm 1,8$	16,72	<0,0001
Мінеральний склад, (мг/100 г)					
Калій	$1200 \pm 30$	$11008 \pm 28$	$1000 \pm 26$	14,58	0,0003
pH відвару	$6,2 \pm 0,2$	$6,0 \pm 0,2$	$5,8 \pm 0,2$	8,92	0,0015

Варто вказати, що вміст вітамінів показує, що ранньостиглі сорти мають найбільшу збереженість вітамінів –  $72,0 \pm 2,3$  %, а пізньостиглі сорти мають найменшу збереженість вітамінів –  $63,8 \pm 1,8$  %. Встановлено, що ранньостиглі сорти мають найбільший вміст калію –  $1200 \pm 30$  мг/100 г, а пізньостиглі сорти

мають найменший вміст калію –  $1000 \pm 26$  мг/100 г (табл. 3). Досліджено, що ранньостиглі сорти мають найбільший рН відвару –  $6,2 \pm 0,2$ , а пізньостиглі сорти мають найменший рН –  $5,8 \pm 0,2$  (табл. 3). Досліджено, що пізньостиглі сорти мають найбільшу втрату сухої маси –  $7,5 \pm 0,5$  %. Це може бути результатом більшого вмісту води та крохмалю в зерні, а ранньостиглі сорти мають найменшу втрату маси –  $5,8 \pm 0,3$  %. Оцінка сортів показала, що пізньостиглі генотипи характеризуються найвищим рівнем розтріскування оболонки –  $18,2 \pm 1,6$  %, що свідчить про їхню більшу схильність до руйнування під час термічної обробки. Водночас, серед ранньостиглих сортів цей показник найнижчий –  $12,5 \pm 1,2$  % (табл. 3). Вміст крохмалю також виявився вищим у пізньостиглих зразках –  $52,1 \pm 2,3$  %, що потенційно може підвищувати їх енергетичну цінність і впливати на консистенцію після варіння. Для порівняння, середньостиглі сорти містять  $45,8 \pm 2,0$  % крохмалю, а ранньостиглі – лише  $40,2 \pm 1,8$  %. З-поміж фізико-механічних властивостей варто відзначити твердість зерна: найвищу твердість мають пізньостиглі сорти –  $8,5 \pm 0,5$  Н, що обумовлює потребу в довшій термічній обробці. У той час як ранньостиглі сорти відзначаються найменшою твердістю –  $5,2 \pm 0,3$  Н. Досліджено, що саме ранньостиглі сорти проявляють найвищу еластичність –  $2,8 \pm 0,2$  мм, що може забезпечити кращу здатність до деформації під час варіння. У пізньостиглих цей показник нижчий –  $2,2 \pm 0,1$  мм (табл. 3). Клейкість зерна також варіюється залежно від групи стиглості. Найвищу здатність до злипання під час варіння виявлено у ранньостиглих сортів –  $4,2 \pm 0,3$  г/см<sup>2</sup>, тоді як у пізньостиглих цей показник є найнижчим –  $3,5 \pm 0,2$  г/см<sup>2</sup>. Збереженість білків вказує, що ранньостиглі сорти демонструють найбільшу збереженість білків –  $85,5 \pm 2,5$  %, що свідчить про менші втрати білкових компонентів при термічній обробці, а пізньостиглі сорти мають найменшу збереженість білків –  $75,8 \pm 2,0$  % (табл. 3). Таким чином, ранньостиглі сорти квасолі характеризуються більшою еластичністю та клейкістю, що забезпечує швидке приготування та менше розтріскування оболонки, але вони мають меншу здатність до збереження білків та вітамінів. Пізньостиглі сорти, у свою чергу, відзначаються більшим вмістом крохмалю, але потребують більш тривалого часу

для розварювання і мають меншу збереженість біологічно активних компонентів, таких як білки та вітаміни. Висновки. Пізньостиглі сорти ( $50,8 \pm 2,2$  хв.) потребують більше часу для розварювання порівняно з ранньостиглими ( $35,2 \pm 1,5$  хв) і середньостиглими ( $42,5 \pm 1,8$  хв) сортами, що вказує на більшу структурну стійкість пізніх сортів до термічної обробки. Ранньостиглі сорти ( $2,5 \pm 0,1$ ) мають найвищий коефіцієнт розварювання, що вказує на їх швидке розм'якшення, а пізньостиглі ( $3,2 \pm 0,2$ ) потребують більшого часу для розварювання. Пізньостиглі сорти ( $150,3 \pm 6,1$  %) 300 мають найвищу здатність до поглинання води, що відображає їх вищу здатність до набухання під час варіння, що може впливати на текстуру готового продукту. Відзначено, що пізньостиглі сорти мають найбільшу втрату маси ( $7,5 \pm 0,5$  %), що може свідчити про більшу кількість води в зернах, порівняно з ранньостиглими ( $5,8 \pm 0,3$  %). І ще вони мають найвищий вміст крохмалю ( $52,1 \pm 2,3$  %), що робить їх більш енергетичними, у порівнянні з ранньостиглими ( $40,2 \pm 1,8$  %) і середньостиглими ( $45,8 \pm 2,0$  %) сортами. Ранньостиглі сорти характеризуються вищою збереженістю білків ( $85,5 \pm 2,5$  %) та вітамінів ( $72,0 \pm 2,3$  %) порівняно з пізньостиглими ( $75,8 \pm 2,0$  % і  $63,8 \pm 1,8$  %, відповідно), що може свідчити про більш високу біологічну цінність при короткому терміні приготування. Мінеральний склад і рН відвару встановлений у ранньостиглих сортах – вміст калію ( $1200 \pm 30$  мг/100 г) та рН відвару ( $6,2 \pm 0,2$ ), що може позитивно впливати на їх смакові та поживні характеристики порівняно з пізньостиглими сортами ( $1000 \pm 26$  мг/100 г калію та рН  $5,8 \pm 0,2$ ).

### **Висновки до розділу 5:**

1. В результаті проведеного загального фітохімічного аналізу вегетативної маси та зерна квасолі звичайної сортів кущової форми встановлено біохімічний профіль культури. У досліджуваних зразках виявлено такі групи біологічно активних речовин: флавоноїди, фенолкарбонові кислоти, кумарини, сапоніни, полісахариди, амінокислоти. Спектрофотометричним методом було встановлено, що кількісний вміст флавоноїдів знаходиться в межах від 0,13 до

0,22%. Розчинні цукри (сахароза, глюкоза, фруктоза) сумарно мають уміст приблизно 5–15 %. Крохмаль, що накопичується у листках становить додаткові 5–20 %. Зола (мінерали) у вегетативній масі присутня у кількості 6–10 %. Калій, фосфор та кальцій, магній мали уміст відповідно 20–35 %, 0,2–6, 10–20 %.

2. У вегетативній масі квасолі звичайної сортів кущових форм найбільше заліза, цинку, міді та бору. Пагони культур мали найбільший уміст загальних фенолів – 200 та флаваноїдів – 150 мг/г, порівняно з зерном, де зазначені компоненти знаходились у кількості відповідно 140–145 та 10–50 мг/г сухої речовини. Уміст фітинової кислоти в зернах коливається від 4,09 до 9,96 мг/г. Кількість сапонінів у зерні квасолі всього 0,6% мг/г., таніну – 0,77–0,97 мг/г., оксалату – від 0,4 до 0,5 мг/г. Отримані результати досліджень щодо наявності профільних фенольних компонентів та інших нутрієнтів у зерні та біомасі квасолі звичайної свідчать про можливість використання листя та пагонів культури в медицині, фармакології без визначення сортової приналежності.

3. Пізньостиглі сорти ( $50,8 \pm 2,2$  хв.) потребують більше часу для розварювання порівняно з ранньостиглими ( $35,2 \pm 1,5$  хв) і середньостиглими ( $42,5 \pm 1,8$  хв) сортами, що вказує на більшу структурну стійкість пізніх сортів до термічної обробки. Ранньостиглі сорти ( $2,5 \pm 0,1$ ) мають найвищий коефіцієнт розварювання, що вказує на їх швидке розм'якшення, а пізньостиглі ( $3,2 \pm 0,2$ ) потребують більшого часу для розварювання. Пізньостиглі сорти ( $150,3 \pm 6,1$  %) 300 мають найвищу здатність до поглинання води, що відображає їх вищу здатність до набухання під час варіння, що може впливати на текстуру готового продукту. Відзначено, що пізньостиглі сорти мають найбільшу втрату маси ( $7,5 \pm 0,5$  %), що може свідчити про більшу кількість води в зернах, порівняно з ранньостиглими ( $5,8 \pm 0,3$  %). І ще вони мають найвищий вміст крохмалю ( $52,1 \pm 2,3$  %), що робить їх більш енергетичними, у порівнянні з ранньостиглими ( $40,2 \pm 1,8$  %) і середньостиглими ( $45,8 \pm 2,0$  %) сортами. Ранньостиглі сорти характеризуються вищою збереженістю білків ( $85,5 \pm 2,5$  %) та вітамінів ( $72,0 \pm 2,3$  %) порівняно з пізньостиглими ( $75,8 \pm 2,0$  % і  $63,8 \pm 1,8$  %, відповідно), що може свідчити про більш високу біологічну цінність при короткому терміні

приготування. Мінеральний склад і рН відвару встановлений у ранньостиглих сортах – вміст калію ( $1200 \pm 30$  мг/100 г) та рН відвару ( $6,2 \pm 0,2$ ), що може позитивно впливати на їх смакові та поживні характеристики порівняно з пізньостиглими сортами ( $1000 \pm 26$  мг/100 г калію та рН  $5,8 \pm 0,2$ ).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5

160.Ahmadi, M., Sour, M. K. Nutrient Uptake, Proline Content and Antioxidant Enzymes Activity of Pepper (*Capsicum annum* L.) under Higher Electrical Conductivity of Nutrient Solution Created by Nitrate or Chloride Salts of Potassium and Calcium. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 2019. 18(5):113-122. <http://dx.doi.org/10.24326/asphc.2019.5.11>

161. Сторожик Л.І., Терещенко І.С. Фенольні сполуки сорго [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] та їх алелопатична дія. *Новітні агротехнології*. 2023, Т. 11, № 2. <http://jna.bio.gov.ua/issue/view/16933>

162. Aslani, M., Sour, M. K. Growth and Quality of Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Foliar Application of Organic Chelate Fertilizers. *Open Agriculture*. 2018.3: 146–154. DOI:10.1515/opag-2018-0015

163. Balisteiro, D. M., Rombaldi, C. & Genovese, M. I. Protein, Isoflavones, Trypsin Inhibitory and in Vitro Antioxidant Capacities: Comparison among Conventionally and Organically Grown Soybeans. *Food Research International*. 2013. 51: 8-14. DOI:10.1016/j.foodres.

164.Hussain, M.I., Reigosa, M.J. Evaluation of herbicide potential of sesquiterpene lactone and flavonoid: Impact on germination, seedling growth indices and root length in *Arabidopsis thaliana*. *Pakistan Journal of Botany*.2014, 46, 995–1000.

165. Hussain, M.I., Reigosa, M.J. Seedling growth, leaf water status and signature of stable carbon isotopes in C3 perennials exposed to natural phytochemicals. *Australian Journal of Botany*. 2012.60(8):676-684.DOI:10.1071/BT12072.

166. Макаренко О. А., Левицький А. П. Фізіологічні функції флавоноїдів в рослинах. *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. 2013. Т. 45, № 2. С. 100–112.

167.Nekonam M. S., Razmjoo J., & Kraimmojeni H. Assessment of some medicinal plants for their allelopathic potential against redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*). *Journal of Plant Protection Research*. 2014. Vol. 54, Iss. 1. P. 90–95. doi: 10.2478/jppr-2014-00148.



168. Shah S. H., Khan E. A., & Shah H. Allelopathic sorghumwater extract helps to improve yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pakistan Journal of Botany*. 2016. Vol. 48, I ss. 3.P. 1197–1202
169. Głąb L., Sowiński J., Bough R., & Dayan F. E. Allelopathic potential of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in weed control: a comprehensive review. *Advances in Agronomy*. 2017. Vol. 145. P. 43–95. doi: 10.1016/bs.agron.2017.05.001
170. Aslani, M., Souri, M. K.. Growth and Quality of Green Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under Foliar Application of Organic Chelate Fertilizers. *Open Agriculture*. 2018. 3: 146–154. DOI:10.1515/opag-2018-0015
171. Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak, A., Eker, T. & Toker, C. 2018. The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. *Agronomy*. 2018. 8(9):166. DOI:10.3390/agronomy8090166
172. Naiji, M., Souri, M. K. Nutritional Value and Mineral Concentrations of Sweet Basil under Organic Compared to Chemical Fertilization, *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*., 2018. 17: 167- 175. DOI:10.24326/asphc.2018.2.14
173. Vanden Langenberg, K. M., Bethke, P. C. & Nienhuis, J. Patterns of Fructose, Glucose, and Sucrose Accumulation in Snap and Dry Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Pods. *Hort Science*. 2012.47(7):874-878. DOI:10.21273/HORTSCI.47.7.874
174. Cirdar, K. S., Yang, T. P., Berry, R. J. & Bailey, L. B. Folate and DNA Methylation: A Review of Molecular Mechanisms and the Evidence for Folate's Role. *Advances in Nutrition*. 2012. 3(1):21-38 DOI:10.3945/an.111.000992
175. Овчарук О., Іванюк С. Квасоля цінне джерело рослинного білка, зумовлене сортовими особливостями. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 1–2.С. 38–40.
176. Мазур, О. В., Колісник О. М., Телекало Н. В. "Генотипні відмінності сортозразків квасолі звичайної за технологічністю. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7 (т. 2). С. 33–39.

177. Uebersax M. A., Hosfield G. L., Kelly J. D. та ін. Dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as a vital component of sustainable agriculture and food security—A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5. № 1. Article e155.
178. Rubiales D., Mikic A. Introduction: legumes in sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2015. Vol. 34. № 1–3. С. 2–3.
179. Овчарук О. В. Перспективи вирощування квасолі в Україні. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні агротехнології: тенденції та інновації» (17–18 листопада). Вінниця, 2015. С. 282–284.
180. Broughton W. J., Hernández G., Blair M. та ін Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. *Plant and soil*. 2003. Vol. 252. С. 55–128.
181. Іванюк С. В., Глявин А. В. Оцінка сортозразків квасолі звичайної на основі кореляції кількісних ознак та індексів. *Селекція і насінництво*. 2012. № 101. С. 192–197.
182. Jensen E. S., Peoples M. B., Hauggaard-Nielsen H. Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. A review. *Agronomy for sustainable development*. 2012. Vol. 32. С. 329–364.
183. Kumar S., Nayyar H., Singh K. та ін. Grain legumes: a diversified diet for sustainable livelihood, food, and nutritional security. *Advances in legumes for sustainable intensification*. 2022. С. 157–178.
184. Meena R. S. et al., Legumes for soil health and sustainable management. *Singapore: Springer*, 2018. 978 p.
185. Kumar S., et al. Legumes for carbon and nitrogen cycling: an organic approach. *Carbon and nitrogen cycling in soil*. 2020. С. 337–375. 301
186. Mkanda A. V., Minnaar A., Henriette L. de Kock. Relating consumer preferences to sensory and physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2007. Vol. 87. № 15. P. 2868–2879.
187. Oomah B. D., Liang L. S. Y., Balasubramanian P. Volatile compounds of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Foods for Human Nutrition*. 2007. Vol. 62. P. 177–183.

188. Burnside O. C., Wilson R. G., Weisberg S. Critical periods for weed control in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *Weed science*. 1998. Vol. 46. № 3. P. 301–306.
189. Самойленко С. О., Губський С. М. Сучасні методи дослідження сировини та харчових продуктів : конспект лекцій. Х. : ХДУХТ, 2019. 73 с.
190. ДСТУ 4413:2005 Квасоля. Технічні умови. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2005. 12 с.
191. ДСТУ 4421:2005 Квасоля. Методи визначення якості. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2005. 16 с.
192. ДСТУ 4507:2005 Квасоля. Методи визначення вологості. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2005. 10 с.
193. ДСТУ 4128:2002 Продукти харчові. Пакування і маркування. Загальні вимоги. [Чинний від 2003-07-01]. Київ: Держстандарт України, 2002. 20 с.
194. Євлаш В. В., Пілюгіна І. С., Газзаві-Рогозіна Л. В. Сучасні методи дослідження сировини та харчових продуктів : навч. посібник-практикум. Х. : ХДУХТ, 2021. 207 с.
195. Черненко М. Л., Ткаченко В. О. Методи аналізу харчових продуктів. Харків: ХДУХТ, 2021. 210 с.

## РОЗДІЛ 6

### **ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА НОРМ ВИСІВУ НАСІННЯ**

Світова тенденція сьогодення свідчить про зростання інтересу аграріїв до культур з високою маржинальною прибутковістю, таких як нішеві зернобобові (нут, сочевиця, маш, квасоля). Ці культури не тільки задовольняють потребу в продовольчому білку, але й, як у випадку квасолі, покращують енергетично-економічний баланс завдяки фіксації азоту. Отримання сталих врожаїв квасолі звичайної базується на високій культурі агротехнології вирощування з використанням сучасної техніки з відповідними технологічними комплексами. Посівні площі, урожайність і валові збори зерна квасолі звичайної в Україні не відповідають ґрунтово-кліматичним можливостям вирощування культури. Вони мають бути вищими. Високу економічну ефективність виробництва зерна досягається поєднанням та використанням сукупних чинників, серед яких є впровадження інтенсивних агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур. Це комплекс науково обґрунтованих взаємопов'язаних способів, механізованих технологічних операцій і прийомів, що взаємопов'язані з фізіологічними особливостями органогенезу культури до біологічних особливостей їх розвитку і росту. В основі є виконання всіх технічних операцій у чітко визначені строки: залучення високоякісних сортів інтенсивного типу, дотримання сівозмін з урахуванням попередника, підготовка насіння до сівби (калібрування, прогрівання, протравлювання, інокуляція), визначення оптимальної норми висіву з урахуванням абсолютної маси насіння з господарсько цінними ознаками придатності в аспекті механізованого збирання, сівба на задану густоту, використання засобів захисту рослин та ін. Незважаючи на невеликі за площею посіви (4,9 %), вони займають вагомий сегмент на внутрішньому та зовнішньому ринках. У цьому аспекті нішеві зернобобові мають економічний інтерес для малого та середнього бізнесу,

забезпечують конкурентну перевагу завдяки високій реалізаційній ціні та низькій собівартості. Високі експортні ціни підтримують високий рівень цін і на внутрішньому ринку, мінімізуючи економічні ризики. В останні роки спостерігається стійке зростання попиту на квасолю, що зумовлює розширення посівних площ. Зернобобові є ключовим елементом диверсифікації посівів і важливим джерелом високобілкових компонентів, а квасоля є стратегічно важливою культурою, здатною вирішити проблему забезпечення населення економічно доступним і якісним білком та підвищити родючість ґрунту. Економічна ефективність вирощування культури передбачає досягнення максимального прибутку від господарської діяльності підприємств за мінімальних витрат ресурсів. При цьому вона відображає вплив сукупності факторів, що формують її рівень і зумовлюють тенденції розвитку галузі [196].

Розрахунок економічної ефективності агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур, і квасолі зокрема, базується на використанні двох показників, які формують ціну реалізації (урожайність зерна, і тих, що формують собівартість продукції). Ціна за 1 тону квасолі постійно змінюється і залежить від багатьох ринкових факторів. По перше це ринкова кон'юнктура: попит і пропозиція на внутрішньому та світовому ринках; по друге забарвлення та сорт: зерно білого забарвлення (Мавка, Щедра, Буковинка) та темного (Галактика) часто має свою цінову нішу; по третє - якість зерна: вологість, чистота, відсутність пошкоджень та розмір зерна. Ціна буде різною залежно від того, чи продається товар EXW (зі складу господарства), FCA (на елеваторі) чи FOB/CIF (у порту з доставкою). Також на ціну впливає і обсяг партії. Ціна за великий опт (кілька вагонів) буде вищою, ніж за малий опт. При розрахунку економічної ефективності вирощування сортів квасолі звичайної ми використовували ціни на зерно 2025 року, враховували і вартість препаратів для інокуляції, оплату праці та ін. Основні показники - чистий прибуток і рівень рентабельності, є економічної оцінкою використання розробок науково-дослідних розробок. Чистий прибуток – це різниця між вартістю

одержаного врожаю і виробничих витрат, рентабельність – відсоткове відношення чистого прибутку до виробничих витрат [197].

Загалом доцільність вирощування певної сільськогосподарської культури обумовлено можливістю отримувати стабільний прибуток від її вирощування. Задля цього необхідно підвищення рентабельності отриманої продукції і удосконалювати існуючі елементи агротехнології вирощування культур, які забезпечать оптимальне використання біологічного потенціалу продуктивності сортів та обґрунтовану систему норми висіву їх насіння[203].

Культура квасолі звичайної має суттєве економічне значення, яке залежить від застосованих елементів агротехнологій вирощування, ґрунтово-кліматичних умов та генотипу сорту.

За проведеними розрахунками собівартість сорту Буковинка у контрольному варіанті становила від 10370,7 до 12622,1 грн. зв норми висіву 400-600 тис. шт./га. Виробничі витрати були в межах 27689,7 – 30419,3 грн. Вартість продукції становила 71000- 73400 грн.. Отримали прибутку в середньому 43635,4 грн. з рентабельністю 156 % (табл. 6.1).

У варіанті з інокульованим насінням препаратом Ризоактив Бобові, 1 л/т за норми висіву 400, 500 та 600 тис.шт./га собівартість продукції була в межах 9908,0 – 12647,3 грн., з виробничими витратами 27745,1- 30480,1 грн. Вартість продукції сягала в середньому 74800 грн. Отримали прибуток 45754,9 грн. за норми висіву насіння 400 тис. шт./га, 45077,3 грн. за норми висіву насіння 500 тис. шт./га і 44519,9 грн. за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. Відповідно рентабельність становила 165%, 157 та 146 %.

За застосування біологічного препарату Мікофренд, 2 л/т показник собівартості досягав значень 9414,5, 10301,0 та 12047,5 грн. відповідно до норм висіву насіння 400 тис. шт./га, 500 та 600 тис.шт./га. Собівартість продукції становила 9414,50 – 12047,5 грн., з виробничими витратами від 27772,8 - 30510,6 грн. Вартість отриманої продукції сягала в середньому 76490 грн.

Таблиця 6.1

**Економічна ефективність вирощування квасолі звичайної залежно від  
норми висіву та інокуляції насіння, 2025 рік**

Сорти	Інокуляція насіння препаратами	Норма висіву тис. шт./га	Урожайність, т/га	Собівартість продукції, т	Виробничі витрати, грн.	Вартість продукції, грн.	Умовно чистий прибуток, грн.	Рентабельність, %
Буковинка	Контроль (обробка водою)	400	2,67	10370,7	27689,7	71000	43310,3	156
		500	2,71	10725,0	29064,6	72700	43635,4	150
		600	2,41	12622,1	30419,3	73400	42280,7	139
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,80	9908,0	27745,1	73560	45754,9	165
		500	2,77	10513,6	29122,7	74800	45077,3	157
		600	2,41	12647,3	30480,1	75000	44519,9	146
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,95	9414,5	27772,8	75370	47597,2	171
		500	2,83	10301,0	29151,8	76490	47338,2	162
		600	2,53	12047,5	30510,6	78180	47669,4	156
Мавка	Контроль (обробка водою)	400	2,33	11743,8	27363,1	61200	33836,9	123
		500	2,31	12438,5	28732,9	61900	33167,1	115
		600	2,03	14818,1	30080,7	62400	32319,3	107
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,48	11055,6	27417,8	61800	34382,2	125
		500	2,36	12199,3	28790,4	62350	33559,6	116
		600	2,36	12771,6	30140,9	63850	33708,1	112
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,41	11388,0	27445,2	63960	36514,8	133
		500	2,50	11527,6	28819,1	64750	35930,9	117
		600	2,23	13529,6	30170,9	65400	35229,1	117
Щедра	Контроль (обробка водою)	400	2,26	12094,2	27332,9	60120	32787,1	120
		500	2,27	12645,3	28704,8	60580	31875,2	111
		600	2,15	13964,8	30024,4	61900	31875,6	106
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2, 25	12172,3	27387,6	62420	35032,4	128
		500	2,43	11836,3	28762,2	62980	34217,8	119
		600	2,24	13430,5	30084,4	63340	33255,6	111
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,52	10878,9	27414,9	63520	36105,1	132
		500	2,49	11562,6	28790,9	64330	35539,1	123
		600	2,31	13036,6	30114,5	64580	34465,5	114
Галактика	Контроль (обробка водою)	400	1,94	14330,2	27800,5	62300	34499,5	124
		500	1,93	15119,6	29180,9	62850	33669,1	115
		600	1,84	16598,4	30540,9	63900	33359,1	109
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,10	13264,8	27856,1	62890	35033,9	126
		500	2,25	12995,2	29239,3	63560	34320,7	117
		600	2,03	15074,9	30601,9	63600	32998,1	108
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,32	12018,9	27883,9	64120	36236,1	130
		500	2,29	12780,9	29268,4	64970	35701,6	122
		600	2,09	14656,7	30632,5	65290	34657,5	113

Отримали прибуток 47597,2 грн. за норми висіву насіння 400 тис. шт./га, 47338,2 грн. за норми висіву насіння 500 тис. шт./га і 47669,4 грн. за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. Відповідно рентабельність становила 171%, 162 та 156 %.

Сорт Мавка за проведеними розрахунками мав собівартість у контрольному варіанті від 11743,8 до 1481,1 грн. за норми висіву 400-600 тис. шт./га. Виробничі витрати були в межах 27363,1 – 30080,7 грн. Вартість продукції становила 61200-62400 грн. Отримали прибутку в середньому 33167,1 грн. з рентабельністю 115 % (табл. 6.1).

У варіанті з інокульованим насінням препаратом Ризоактив Бобові, 1 л/т за норми висіву 400, 500 та 600 тис.шт./га собівартість продукції була в межах 11055,6 – 12771,6 грн., з виробничими витратами 27417,8 – 30140,9 грн. Вартість отриманої продукції сягала в середньому 62350 грн. Отримали прибуток 34382,3 грн. за норми висіву насіння 400 тис. шт./га, 33559,6 грн. за норми висіву насіння 500 тис. шт./га і 33708,1 грн. за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. Відповідно рентабельність становила 125%, 116 та 112 %.

За застосування мікоризуючого препарату Мікофренд, 2 л/т показник собівартості продукції досягав значень 11388,0, 11527,6 та 13529,6 грн. відповідно до норм висіву насіння 400 тис. шт./га, 500 та 600 тис.шт./га. Виробничі витрати відповідно становили 27445,2 грн., 28819,1 та 30170,9 грн. Вартість отриманої продукції сягала в середньому 64750 грн. Отримали прибуток в середньому 36514,8 грн. за норми висіву насіння 400 тис. шт./га, 35930,9 грн. за норми висіву насіння 500 тис. шт./га і 35229,1 грн. за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. Відповідно рентабельність становила 133%, 117 та 117 %.

Сорт Щедра за проведеними розрахунками мав собівартість продукції у контрольному варіанті від 11743,8 до 1481,1 грн. за норми висіву 400-600 тис. шт./га. Виробничі витрати були в межах 27332,9 – 30024,4грн. Вартість отриманої продукції становила 60120- 61900 грн. Отримали прибутку в середньому 31875,2 грн. з рентабельністю 112 % .



У варіанті за сівби інюкульованим насінням препаратом Ризоактив Бобові, 1 л/т за норми висіву 400, 500 та 600 тис.шт./га собівартість продукції була в межах 12172,3 – 13430,5 грн., з виробничими витратами 27387,6 – 30084,4 грн. Вартість отриманої продукції сягала в середньому 62980 грн. Отримали прибуток 35032,4 грн. за норми висіву насіння 400 тис. шт./га, 34217,8 грн. за норми висіву насіння 500 тис. шт./га і 33255,6 грн. за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. Відповідно рентабельність становила 128%, 119 та 111 %.

За застосування мікоризуючого препарату Мікофренд, 2 л/т показник собівартості продукції досягав значень 10878,9 грн., 11562,6 та 13036,6 грн. відповідно до норм висіву насіння 400 тис. шт./га, 500 та 600 тис.шт./га. Виробничі витрати відповідно становили 27414,9 грн., 28790,9 та 30114,5 грн. Вартість отриманої продукції сягала в середньому 64330 грн. Отримали прибуток в середньому 36105,1 грн. за норми висіву насіння 400 тис. шт./га, 35539,1 грн. за норми висіву насіння 500 тис. шт./га і 34465,5 грн. за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. Відповідно рентабельність становила 132%, 123 та 114 %.

Сорт Галактика за проведеними розрахунками мав собівартість продукції у контрольному варіанті від 14330,2 до 16598,4 грн. за норми висіву 400-600 тис. шт./га. Виробничі витрати були в межах 27800,5 – 30540,9 грн. Вартість отриманої продукції становила 62300 – 63900 грн. Отримали прибутку в середньому 33669,1 грн. з рентабельністю 115 % .

У варіанті за сівби інюкульованим насінням препаратом Ризоактив Бобові, 1 л/т за норми висіву 400, 500 та 600 тис.шт./га собівартість продукції була в межах 13264,8 – 15074,9 грн., з виробничими витратами 27856,1 – 30601,9 грн. Вартість отриманої продукції сягала в середньому 63560 грн. Отримали прибуток 35033,9 грн. за норми висіву насіння 400 тис. шт./га, 34320,7 грн. за норми висіву насіння 500 тис. шт./га і 32998,1 грн. за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. Відповідно рентабельність становила 126%, 117 та 108 %.

Застосування за сівби насіння інюкульоване мікоризуючим препаратом Мікофренд, 2 л/т показник собівартості продукції досягав значень 12018,9 грн.,

12780,9 та 14656,7 грн. відповідно до норм висіву насіння 400 тис. шт./га, 500 та 600 тис.шт./га. Виробничі витрати становили відповідно 27883,9 грн., 29268,4 та 30632,5 грн. Вартість отриманої продукції в середньому становила 64970 грн. Отримали прибуток 36236,1 грн. за норми висіву насіння 400 тис. шт./га, 35701,6 грн. за норми висіву насіння 500 тис. шт./га і 34657,5 грн. за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. Відповідно рентабельність становила 130%, 122 та 113 %.

Енергетична ефективність в аграрному виробництві є ключовим показником сталого розвитку, що відображає співвідношення між енергією, акумульованою у врожаї та сумарними енергетичними витратами на його вирощування. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.), як представник зернобобових культур, має унікальну перевагу, що значно підвищує її енергетичну ефективність: здатність до біологічної фіксації атмосферного азоту завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Це дозволяє мінімізувати або повністю виключити внесення азотних добрив — одного з найбільш енергоємних компонентів агротехнології.

За сучасними тенденціями сільське господарство нарощує виробництво рослинної продукції, яка має конкурентоспроможність на зовнішньому та внутрішньому ринках за ефективного використання природних, матеріально-технічних, трудових і енергетичних ресурсів задля забезпечення людства продуктами харчування, а переробні підприємств – сировиною [198, 199].

Сучасні дослідження масово підтверджують, що зниження виробничих властивостей ґрунту перетворилося на головний лімітуючий фактор для досягнення стійких і високих показників урожайності. Заходи із захисту ґрунту від деградаційних процесів є центральним елементом стратегії органічного та комплексного землеробства. Тому значна частина наукової роботи спрямована на впровадження альтернативних агротехнологій. Серед них — використання біологічних біопрепаратів, які містять фосформобілізуючі та ризобактерії. Ці бактерії, що вільно існують у ґрунті, формують взаємовигідні зв'язки з рослинами. Завдяки розвитку мікробіології, ці препарати можна застосовувати для часткового заміщення мінеральних добрив або як засіб відродження ґрунтової родючості. При

цьому важливо пам'ятати, що біогенність ґрунту, зокрема чисельність *Azotobacter*, чутлива до агроекологічних умов[200].

Використання енергетичного аналізу дозволяє сформувані обґрунтовані підходи до ресурсо- та енергозбереження через вдосконалення структури посівних площ. Ключовим показником, який надає цей аналіз, є оцінка ефективності виробництва: співвідношення між кількістю виробленого сирого протеїну та обсягом витраченої обмінної енергії (ГДж). Це забезпечує точне визначення потенційної енергетичної продуктивності сільськогосподарської культури[200].

Енергетичний аналіз є інструментом для оцінки ефективності використання всіх ресурсів, які впливають на родючість ґрунту та кінцевий урожай. Він охоплює енергетичні затрати на техніку (трактори, машини), речовини (добрива, пестициди, паливно-мастильні матеріали), а також природні чинники (ґрунт, сонячна радіація) [201].

На додаток до традиційних економічних та трудових показників, у світовій практиці все частіше застосовують універсальний енергетичний показник: співвідношення енергії, акумульованої у продукції, до енергії, витраченої на її отримання. Цей метод дозволяє максимально точно врахувати як прямі енерговитрати на технологічні операції, так і енергію, вкладену у самі засоби виробництва [202].

Така енергетична оцінка, що порівнює енергію фотосинтезу, накопичену в урожаї, із сукупними енергетичними затратами, є актуальною вимогою сучасного виробництва, спрямованою на заощадження енергії на одиницю сільськогосподарської продукції.

За проведеними розрахунками енергоемності отриманого зерна найвищий показник енергоефективності (5,7–5,2) встановлений у сортів Буковинка з нормою висіву іноккульованого насіння 400 – 500 тис.шт./га мікоризуючим препаратом Мікофренд, 2 л/т (табл. 6.2).

Таблиця 6.2

**Енергетична ефективність технологічних прийомів вирощування квасолі,  
2025 рік**

Сорти	Інокуляція насіння препаратами	Норма висіву, тис. шт./га	Урожайність, т/га	Уміст загальної енергії в урожаї, МДж/га	Заграти загальної енергії, МДж/га	К <sub>е</sub>
Буковинка	Контроль (обробка водою)	400	2,67	38660,3	7504	4,9
		500	2,71	39339,6	7624	5,0
		600	2,41	35276,4	7791	4,3
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,80	40557,8	7508	5,4
		500	2,77	40270,4	7784	5,1
		600	2,41	35489,9	8024	4,3
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,95	42899,5	7508	5,7
		500	2,83	41296,4	7784	5,2
		600	2,53	36876,4	8024	4,4
Мавка	Контроль (обробка водою)	400	2,33	32850,9	7504	4,4
		500	2,31	32771,8	7624	4,2
		600	2,03	28960,7	7791	3,9
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,48	34996,9	7508	4,6
		500	2,36	32897,3	7784	4,2
		600	2,36	29062,5	8024	3,6
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,41	34009,1	7508	4,5
		500	2,50	35707,7	7784	4,5
		600	2,23	31963,1	8024	4,1
Щедра	Контроль (обробка водою)	400	2,26	31042,2	7504	4,1
		500	2,27	31179,5	7624	4,1
		600	2,15	29666,6	7791	3,6
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2, 25	30904,8	7508	4,1
		500	2,43	30921,2	7784	4,1
		600	2,24	30687,2	8024	3,7
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,52	34613,4	7508	4,6
		500	2,49	34336,7	7784	4,5
		600	2,31	32287,7	8024	4,1
Галактика	Контроль (обробка водою)	400	1,94	28009,2	7504	3,7
		500	1,93	28010,4	7624	3,7
		600	1,84	26603,9	7791	3,6
	Ризоактив Бобові, 1 л/т	400	2,10	30319,2	7508	4,1
		500	2,25	32682,4	7784	4,2
		600	2,03	29520,7	8024	3,5
	Мікофренд, 2 л/т	400	2,32	33495,5	7508	4,5
		500	2,29	33186,8	7784	4,3
		600	2,09	30384,5	8024	3,6

За норми висіву 500 тис. шт./га інокульованого насіння препаратом Ризоактив Бобові, 1 л/т Кее становив відповідно 5,4–5,1. За загущеного агроценозу (600 тис. шт./га) Кее становив 4,3–4,4. Високий коефіцієнт енергетичної ефективності встановлено і у сорту Галактика за застосуванні інокуляції насіння біологічними препаратами – 4,1– 4,2 та 4,5 – 4,3 за нормами висіву 400–500 тис.шт./га відповідно. Сорти Щедра та Мавка за зазначених вище чинників мали Кее 4,6 – 4,5. Низькі показники енергетичної ефективності встановлені за загущеного агроценозу квасолі – 3,6 – 3,7 у сортів Мавка, Щедра та Галактика. Окрім визначення коефіцієнта енергетичної енергоємності вирощування зерна квасолі нами також було розраховано і уміст загальної енергії у врожаї квасолі. За результатами розрахунків встановлено, що сорт Галактика наділений найнижчим умістом енергії у врожаї – 26603,9 МДж/га за норми висіву насіння 600 тис. шт./га. що на 6891,6 МДж/га менше в порівнянні з варіантами, де застосовувалось інокульоване насіння біологічними препаратами та на 16296,5 МДж/га менше порівняно з сортом Буковинка, де встановлено найбільший показник умісту загальної енергії в урожаї – 42899,5 МДж/га. Зазначений сорт має найбільші показники енергетичної ефективності у варіантах з інокульованим насінням біологічними препаратами.

Виконані розрахунки та проведений аналіз економічної і енергетичної ефективності агротехнологій вирощування квасолі звичайної дали підставу стверджувати, що показники ефективності вирощування квасолі залежали від рівня урожайності культури.

Але слід відмітити, що прогресивні технології вирощування квасолі звичайної спорадично і повільно впроваджуються у виробництво, в порівнянні з іншими культурами. Це пов'язано з недостатньою увагою до агротехнології вирощування, ведення насінництва, розробки і впровадження сортової агротехніки, захисту рослин від шкідників та хвороб, боротьбі з бур'янами, запобіганню втрат під час збирання врожаю та інше [200].

Як відзначає Олег Овчарук (179), досвід передових господарств підтверджує, що навіть за несприятливих погодних умов, впроваджуючи у виробництво високопродуктивні сорти та інноваційні технології, можна вирощувати високі, стабільні з високою якістю врожаї зерна квасолі звичайної.

Тому, виявлення впливу застосування біологічних препаратів, норм висіву насіння на терміни проходження етапів органогенезу квасолі, росту і розвитку рослин, реалізації їх продуктивного потенціалу з повним використанням природного чинника, у подальшому створять умови для вирощування культури у промислових масштабах.

### **Висновки до розділу 6:**

1. У результаті проведених досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння мікоризуючим препаратом Мікофренд, 2 л/т мала позитивний вплив на урожайність квасолі звичайної. Аналіз показників економічної ефективності застосованих елементів агротехнології вирощування сортів культури в залежності від норми висіву стверджує, що показники умовно чистого прибутку найвищими встановлені за вирощування сортів Буковинка –47597,2 грн./га за норми висіву 400 тис.шт./га 47339,2 грн./га за норми висіву 500 тис.шт./га та 47669,4 грн./га за норми висіву 600 тис.шт./га з рівнем рентабельності відповідно 171 %, 162 та 156 %. Сорти Мавка, Щедра та Галактика рівень рентабельності мали нижчий у цьому варіанті і становили відповідно 133 %, 132 та 130 % за норми висіву 400 тис. шт./га і на 15 % нижче за норми висіву 500-600 тис.шт./га.

2. Коефіцієнт енергетичної ефективності за застосування Мікофренд, 2 л/т також був високий. У сорту Буковинка за норми висіву 400 тис.шт./га становив 5,7, за норми висіву 500 тис.шт./га – 5,2, за норми висіву 600 тис.шт./га– 4,4. У сорту Мавка відповідно 4,5 за норми висіву 400-500 тис.шт./га і 4,1 за норми висіву 600 тис.шт./га. Сорт Щедра та Галактика мали показники К<sub>е</sub> відповідно 4,6, 4,5, 4,1 та 4,5, 4,3, 3,6.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6

196. Горпинич О. В. Економічна ефективність виробництва продукції в сільськогосподарських підприємствах. URL: [http://archive.nbuv.gov.ua/Portal/Soc\\_gum/Vbumb/2011\\_3/10.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/Portal/Soc_gum/Vbumb/2011_3/10.pdf).
197. Мартьянов В. П. Методические указания для проектов (работ) по экономической и энергетической оценки результатов исследований. Харьков: Редакционно издательский отдел Харьковского Государственного Аграрного Университета. 1996. 30 с.
198. Кабак О. Біоенергетичні показники вирощування квасолі в умовах півдня України. Зб. наук. пр. XXIII наук. конф. студ. та магістрів «Напрями досліджень в аграрній науці: стан та перспективи». Вінниця: РВВ ВДАУ, 2009. С. 137–140.
199. Комплексна програма розвитку сільського господарства Київської області у 2008-2010 роках та на період до 2015 року. К.: ЕКМО, 2008. 284с.
200. Запарнюк В. І. Математична оцінка урожайності зерна вики ярої. Корми і кормовиробництво. 2013. Вип. 75. С. 92-98.
201. Крайняк О. К. Економічний та біоенергетичний аналіз технологій вирощування зернобобових культур. Інноваційна економіка: Всеукраїн. наук.-вироб. журн. *Економічна діагностика підприємства*. 2008. С. 109-113.
202. Мацибора В. І. Економіка сільського господарства: підручник. К.: Вища школа, 1994. С. 136-153.
203. Мазур В. А., Гайдай Л. С. Економічна ефективність технології вирощування квасолі. *Сільське господарство та лісівництво*. Вінниця, 2018. Вип. 9. С. 17–28.

## ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукового завдання, яке полягало в науковому обґрунтуванні поєднання елементів технології вирощування квасолі звичайної щодо проходження процесів розвитку, росту і формування високої врожайності культури залежно від біологічних особливостей сортів, норм висіву насіння та його інокуляції біопрепаратами в умовах Лісостепу правобережного.

1. Польова схожість насіння сортів квасолі звичайної мала високі показники. Одержання дружніх сходів квасолі звичайної забезпечила інокуляція насіння препаратом Мікофренд, 2 л/т – отримано найвищий відсоток польової схожості насіння у всіх досліджуваних сортах квасолі звичайної. Сорти Буковинка та Щедра мали в середньому 95,1 % схожості насіння, сорти Галактика та Мавка - 94,4 %. Вживаність рослин квасолі звичайної була найвищою (87,5 %) у сорту Мавка за інокуляції насіння препаратом Мікофренд. У сорту Галактика вживаність рослин у цьому варіанті становила 83,4 %, у Щедра та Буковинка мала показники 86,6 %. У варіанті з інокуляцією насіння препаратом Ризоактив Бобові вживаність рослин у сорту Галактика підвищилась на 1,2 %, а у сортів Щедра, Мавка та Буковинка становила відповідно 85,4%, 86,2, та 85,2 %. Найнижчі показники збереженості рослин встановлено на контрольному варіанті.

2. Період органогенезу є сортовою ознакою культури, а амплітуда його коливань залежить від ґрунтово-кліматичних умов регіону вирощування, фактичними погодними умовами, що склалися протягом певного періоду росту й розвитку культури. Найтриваліший період вегетації в середньому за роки досліджень мав сорт Щедра 101-102 доби за густоти 400-500 тис. шт./га і 104 доби – за густоти 600 тис.шт./га. Найкоротший – у сорту Буковинка 87-88 діб, за загущення агроценозу 95 діб. Чергування посух з потужними зливами у вегетаційний період подовжувало тривалість органогенезу квасолі на 7-9 діб.



Використання обробки насіння біологічними препаратами впливало на подовження тривалості вегетації на 1-3 доби.

3. Висота рослин характеризує біологічні особливості сорту, ефективність дії застосованих елементів агротехнологій, їх реакцію на абіотичні фактори. Дослідженнями встановлено, що найвища висота стебла (66,2 см) відзначена у сорту Галактика за загущеності агроценозу культури (600 тис. шт./га), сорту Щедра та Мавка показник висоти досягав відповідно 62-62,8 см, у сорту Буковинка – 63,6 см. За густоти агроценозу у 500 тис. шт./га висота головного пагона була нижча в середньому на 7-8 см.

4. Важливим аспектом успішного симбіозу квасолі і ризобій є кількість бульбочок на коренях, які починають формуватися на 12-14 добу після появи сходів. За результатами досліджень встановлено, що сортові особливості та інокуляція насіння позитивно вплинули на формування кількості бульбочок у рослин квасолі звичайної у фазу цвітіння. Найбільша кількість бульбочок була у варіанті насіння якого було інокульоване препаратом Мікофренд – 29,1 шт./рослину у сорту квасолі звичайної Буковинка.

5. Дослідженнями встановлено, що накопичення сухої речовини агроценозами сортів квасолі звичайної залежало від норми висіву та фаз органогенезу культури. Найвищі показники встановлено у варіантах з оптимальною густотою агроценозу (500 тис.шт./га) за сівби інокульованим насінням біологічними препаратами у всіх досліджуваних сортів квасолі. Сорт Буковинка за норми висіву насіння 400-600 тис. шт./га, зазначений показник становив 6,61 т/га, 6,52 та 7,09 т/га за інокуляції насіння препаратом Ризоактив Бобові і 6,68 т/га, 7,03 та 6,67 т/га за інокуляції насіння Мікофрендом. Сорт Мавка мав наступні значення – 6,40 т/га, 7,05, 6,44 т/га і 6,47, 7,12, 6,53 т/га відповідно. Сорт Щедра у фазу наливу бобів накопичив за зазначених вище норм висіву інокульованого насіння – 6,18 т/га, 6,29 та 5,83 т/га за застосування Ризоактив Бобові та 6,41 т/га, 7,11, 5,90 т/га за використання Мікофренд, а у сорту Галактика показники сухої речовини становили відповідно 6,41 т/га, 6,75, 6,13 т/га та 6,39 т/га,

7,41, 6,19 т/га. Нижчі показники накопичення сухої речовини посівами квасолі встановлено у контрольних варіантах без застосування біологічних препаратів.

6. Чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) є перемінним чинником у період органогенезу квасолі звичайної під впливом досліджуваних елементів агротехнології вирощування культури. Найвищі показники ЧПФ у сорту Буковинка відмічено у період фази розвитку – перший трійчастий листок – початок цвітіння у варіанті за норми висіву – 400-500 тис. шт./га інокульованим насінням біопрепаратами Ризоактив Бобові, 1 л/т та Мікофренд, 2 л/т в межах 5,47 – 6,19 г/м<sup>2</sup> та 5,51 – 6,23 г/м<sup>2</sup> за добу відповідно.

7. За проведеною оцінкою ефективності елементів агротехнологічних прийомів вирощування квасолі звичайної встановлено, що кількість бобів, зерен та маса їх 1000 шт. є важливою ознакою сорту та його продуктивності. Нашими дослідженнями підтверджено, що важливим чинником впливу на формування кількості бобів і зерен в бобі є умови розвитку агроценозу, які залежать від формування стеблостою, відповідно до біологічних особливостей генотипів квасолі та норми висіву насіння. Сорти Буковинка та Мавка спроможні до формування більшої кількості бобів, так як мають більшу кількість квіток та довший період цвітіння, при цьому рослини сорту Мавка формують в середньому меншу кількість зерен у бобі (5 шт.) за сорт Буковинка (7 шт.).

8. Врожайність зерна сорту Буковинка за норми висіву 400 тис.шт./га (найбільша площа живлення для зростання) без інокуляції насіння становила 2,67 т/га, сорту Мавка – 2,53, сортів Щедра та Галактика – 2,25 та 1,94 т/га. Застосування біологічних препаратів для інокуляції насіння за сівби 500 тис.шт./га забезпечила прибавку урожайності у сорту Буковинка 0,09 т/га за обробки насіння Ризоактив Бобові, 1 л/т та 0,14 т/га за обробки Мікофренд, 2 л/т, у сорту Мавка по 0,48 т/г, у сорту Щедра – 0,06 т/га за обробки Мікофрендом 2 л/т, за застосування Ризоактив Бобові, 1 л/т прибавку не отримали. У сорту Галактика застосування біологічних препаратів забезпечило отримання урожайності на 0,38 т/га більше за інокуляції Мікофреном, 2 л/т та 0,17 т/га – за інокуляції Ризоактив Бобові, 1 л/т, порівняно з

контрольним варіантом. У загущеному агроценозі (600 тис.шт./га) урожайність сортів була менша, застосування обробки насіння суттєво не вплинуло на урожайність.

9. Науково-обґрунтований вибір оптимальної норми висіву інокульованого насіння один із основних елементів агротехнології вирощування квасолі, так як від нього буде залежати величина врожайності та якість отриманого зерна. Серед сортів квасолі звичайної найвищу врожайність за роками досліджень забезпечував сорт Буковинка, зернова продуктивність якого в середньому за три роки становила 2,80-3,95 т/га. Враховуючи переваги зазначеного сорту за рівнем та стабільністю формування вражаю, досліджувані елементи агротехнології вирощування квасолі звичайної позитивно впливала на реалізацію продуктивного потенціалу культури.

10. В результаті проведеного загального фітохімічного аналізу вегетативної маси та зерна квасолі звичайної сортів кущової форми встановлено біохімічний профіль культури. У досліджуваних зразках виявлено такі групи біологічно активних речовин: флавоноїди, фенолкарбонові кислоти, кумарини, сапоніни, полісахариди, амінокислоти. Спектрофотометричним методом було встановлено, що кількісний вміст флавоноїдів знаходиться в межах від 0,13 до 0,22%. Розчинні цукри (сахароза, глюкоза, фруктоза) сумарно мають уміст приблизно 5–15 %. Крохмаль, що накопичується у листках становить додаткові 5–20 %. Зола (мінерали) у вегетативній масі присутня у кількості 6–10 %. Калій, фосфор та кальцій, магній мали уміст відповідно 20–35 %, 0,2–6, 10–20 %.

11. У вегетативній масі квасолі звичайної сортів кущових форм найбільше заліза, цинку, міді та бору. Пагони культур мали найбільший уміст загальних фенолів – 200 та флавоноїдів – 150 мг/г, порівняно з зерном, де зазначені компоненти знаходились у кількості відповідно 140–145 та 10–50 мг/г сухої речовини. Уміст фітинової кислоти в зернах коливається від 4,09 до 9,96 мг/г. Кількість сапонінів у зерні квасолі всього 0,6% мг/г., таніну – 0,77–0,97 мг/г., оксалату – від 0,4 до 0,5 мг/г. Отримані результати досліджень щодо наявності

профільних фенольних компонентів та інших нутрієнтів у зерні та біомасі квасолі звичайної свідчать про можливість використання листя та пагонів культури в медицині, фармакології без визначення сортової приналежності.

12. Пізньостиглі сорти (Щедра) ( $50,8 \pm 2,2$  хв.) потребують більше часу для розварювання порівняно з ранньостиглими (Буковинка, Мавка) ( $35,2 \pm 1,5$  хв) і середньостиглими (Галактика) ( $42,5 \pm 1,8$  хв) сортами, що вказує на більшу структурну стійкість пізніх сортів до термічної обробки. Ранньостиглі сорти ( $2,5 \pm 0,1$ ) мають найвищий коефіцієнт розварювання, що вказує на їх швидке розм'якшення, а пізньостиглі ( $3,2 \pm 0,2$ ) потребують більшого часу для розварювання. Пізньостиглі сорти ( $150,3 \pm 6,1$  %) 300 мають найвищу здатність до поглинання води, що відображає їх вищу здатність до набухання під час варіння, що може впливати на текстуру готового продукту. Відзначено, що пізньостиглі сорти мають найбільшу втрату маси ( $7,5 \pm 0,5$  %), що може свідчити про більшу кількість води в зернах, порівняно з ранньостиглими ( $5,8 \pm 0,3$  %). І ще вони мають найвищий вміст крохмалю ( $52,1 \pm 2,3$  %), що робить їх більш енергетичними, у порівнянні з ранньостиглими ( $40,2 \pm 1,8$  %) і середньостиглими ( $45,8 \pm 2,0$  %) сортами. Ранньостиглі сорти характеризуються вищою збереженістю білків ( $85,5 \pm 2,5$  %) та вітамінів ( $72,0 \pm 2,3$  %) порівняно з пізньостиглими ( $75,8 \pm 2,0$  % і  $63,8 \pm 1,8$  %, відповідно), що може свідчити про більш високу біологічну цінність при короткому терміні приготування. Мінеральний склад і рН відвару встановлений у ранньостиглих сортах – вміст калію ( $1200 \pm 30$  мг/100 г) та рН відвару ( $6,2 \pm 0,2$ ), що може позитивно впливати на їх смакові та поживні характеристики порівняно з пізньостиглими сортами ( $1000 \pm 26$  мг/100 г калію та рН  $5,8 \pm 0,2$ ).

13. Встановлено, що передпосівна обробка насіння мікоризуючим препаратом Мікофренд, 2 л/т мала позитивний вплив на урожайність квасолі звичайної. Показники умовно чистого прибутку найвищими встановлені за вирощування сортів Буковинка – 47597,2 грн./га за норми висіву 400 тис.шт./га 47339,2 грн./га за норми висіву 500 тис.шт./га та 47669,4 грн./га за норми висіву 600 тис.шт./га з рівнем рентабельності відповідно 171 %, 162 та 156 %. Сорти

Мавка, Щедра та Галактика рівень рентабельності мали нижчий у цьому варіанті і становили відповідно 133 %, 132 та 130 % за норми висіву 400 тис. шт./га і на 15 % нижче за норми висіву 500-600 тис.шт./га. Коефіцієнт енергетичної ефективності за застосування Мікофренд, 2 л/т також був високий. У сорту Буковинка за норми висіву 400 тис.шт./га становив 5,7, за норм висіву 500 тис.шт./га – 5,2, за норми висіву 600 тис.шт./га– 4,4. У сорту Мавка відповідно 4,5 за норми висіву 400-500 тис.шт./га і 4,1 за норми висіву 600 тис.шт./га. Сорт Щедра та Галактика мали показники К<sub>е</sub> відповідно 4,6, 4,5, 4,1 та 4,5, 4,3, 3,6.

## **РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

В умовах Лісостепу правобережного задля одержання стабільного врожаю квасолі звичайної рекомендується до вирощування високопродуктивні сорти Буковинка та Мавка з інокуляцією насіння мікробіологічним препаратом Мікофренд у комплексі з нормою висіву 400 – 500 тис. шт./га. Застосовані елементи агротехнології забезпечать отриманню врожайності зерна сорту Буковинка на рівні 2,95–2,83 т/га з рентабельністю 171–162 %, сорту Мавка – урожайністю 2,41–2,50 т/га з рентабельністю 133–117 %, що є підставою у подальшому вирощувати культуру у промислових масштабах.

## ДОДАТКИ

## АКТ

### впровадження науково-технічного досягнення як результат завершеної науково-дослідницької роботи (НДР)

1. Назва НДР, що впроваджується: **ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КВАСОЛІ ЗА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.**

2. Якою науково-дослідною установою одержано НДР, що впроваджується та його автори: **Уманський національний університет, Бобров В.С.**

3. Де проводилось впровадження (назва та адреса господарства): **Уладово-Люлинська дослідно селекційна станція, Вінницька область.**

4. Рік і обсяг впровадження (план/фактично): **у 2025 році план 1 га, фактично 1 га.**

5. Отримано фактичний економічний ефект від впровадження на одиницю (га, голову, машину і т. п.) і на весь обсяг впровадження: **Сорт Буковинка врожайність 2,95 т/га за інокуляції насіння Мікофренд, 2 л/т і нормі висіву 500 тис. літ./га**

Відповідальні за впровадження (ГПП, посада):

- від наукової установи: **здобувач Бобров В.С.**
- від господарства: **головний агроном Чернюк А.П.,  
завідуюча лабораторії Мазур Г.М.**

Акт складен о «28» листопада 2025 року



*[Signature]*

здобувач Бобров В.С.

Браніцький Ю.Ю.

Печатка наукової установи