

УДК 635.652.633.79:631.

**Цибрій-Сівак Н. В.**

аспірантка

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський, Україна

**E-mail:** natashathcbrij@gmail.com**Бахмат М. І.**

доктор сільськогосподарських наук, професор,

професор кафедри землеробства, ґрунтознавства та захисту рослин

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

м. Кам'янець-Подільський, Україна

**E-mail:** ivasyk.myroslava@gmail.com**ORCID:** 0000-0001-6119-9218

## ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СОРТІВ, ІНОКУЛЯЦІЇ ТА УДОБРЕННЯ

### Анотація

Ріст і розвиток рослин квасолі прямо залежить від умов навколишнього середовища, основними складниками якого є температура повітря та ґрунту, освітленість, вологість, мінеральне живлення. Продуктивність рослин зумовлюється наявністю цих факторів, і чим більше вони відповідають біологічним особливостям культури, тим повніше реалізуються потенційні можливості сортів квасолі.

Під час дослідження насіння квасолі звичайної перед сівою обробляли різними штамами мікроорганізмів. Залежно від цього дещо змінювалися міжфазні періоди росту й розвитку рослин. Тривалість періоду «сівба – повна стиглість» у рослин квасолі сорту Ластівка, інокульованих різними штамами *Rhizobium phaseoli*, у середньому за період дослідження 2020–2022 рр. відрізнялася на 1–3 доби.

**Ключові слова:** квасоля звичайна, насіння, штами *Rhizobium phaseoli*, урожайність, якість, ефективність.

**Вступ.** Вирощування квасолі зумовлене як економічною, так і агрономічною привабливістю. Квасоля, як і решта бобових культур, збільшує вміст азоту у ґрунті та збагачує ґрунт макро- й мікроелементами, що робить її надзвичайно корисним компонентом сівозміни, а також одним із найкращих попередників для зернової групи.

Дотепер у наших умовах у зв'язку з відсутністю наукових досліджень не досить вивченою залишається технологія вирощування квасолі звичайної відповідно до наявних ґрунтово-кліматичних умов, їх вплив на продуктивність та якісні показники зерна квасолі, не з'ясована економічна й енергетична ефективність технології вирощування квасолі звичайної на зерно в нашому регіоні. У зв'язку із цим підвищення зернової продуктивності сортів квасолі вітчизняної селекції шляхом установлення особливостей росту й розвитку та оптимізації елементів технології вирощування (удобрення, інокуляція) залежно від сортових особливостей і погодних умов вегетаційного періоду є актуальним завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під час вирощування квасолі тривалість вегетаційного періоду має вагоме значення, оскільки ріст, розвиток та формування врожаю цієї культури може тривати від 60 до 130 діб. Встановлено, що тривалість вегетаційного періоду залежить від генетичних особливостей сорту, екологічних умов регіону та застосування конкретних елементів технології вирощування [1; 2; 3].

За тривалістю вегетаційного періоду (від з'явлення сходів до першого збору бобів у технічній стиглості) сорти квасолі поділяють на ранні (до 45 діб), середньостиглі (46–55 діб), середньопізні (56–65 діб) та пізньостиглі (понад 65 діб) [4].

Подовження тривалості вегетації рослин квасолі, як правило, негативно впливає на розвиток рослин квасолі звичайної. Учені стверджують, що процес формування квіток, тривалість цвітіння, запліднення та формування бобів цілком залежать від кліматичних факторів. Найкращі умови для запліднення спостерігаються за температури повітря 20–27°C та вологості 45–60% [5; 6; 7].

Як правило, тривалість періодів «сходи – цвітіння» і «цвітіння – дозрівання» у квасолі майже однакова, з деякими коливаннями. Цвітіння в дуже ранньостиглих генотипів зазвичай починається на 28–30-ту добу, у пізньостиглих – на 55–57-му добу. У період цвітіння та на початку наливання бобів надземна маса квасолі починає розвиватися більш інтенсивно й накопичує ще 30% сухої речовини. Хоча ріст рослин після кінця цвітіння майже припиняється, нагромадження сухої речовини триває до повної стиглості насіння, і за цей період її додається ще до 40% [8; 9]. Процес формування квіток, тривалість цвітіння, запліднення й формування бобів залежать від кліматичних факторів. Дощова та прохолодна погода гальмує цвітіння, спричиняє обпадання бутонів і стерильність квіток [10].

**Метою дослідження** було визначення тривалості вегетаційного періоду та врожайності зерна квасолі для сортів Мавка, Еурека, Ластівка залежно від рівня удобрення та інокуляції насіння.

**Методика дослідження.** Мета досліджень передбачала визначення впливу удобрення мінеральними добривами та передпосівної обробки мікродобривом карбоксилатів природних кислот Аватар-1, імуномодуляторами (стимулятором ростових процесів) Йодіс концентрат і Йодіс концентрат + Se та колоїдними розчинами наночасток металів (10-9) на посівні якості насіння квасолі звичайної, а також впливу типів травм на інтенсивність дихання цілого та травмованого насіння під час зберігання.

Досліди проводили в Новоушицькому фаховому коледжі ЗВО «Подільський державний університет». У дослідженнях використано насіння квасолі сортів Мавка, Еурека та Ластівка.

Під час виконання наукової роботи дослідження проводили згідно із загальноприйнятими методиками дослідної справи. Фенологічні спостереження за рослинами квасолі проводили за методикою Ф.М. Куперман (1968 р.) та Є.В. Бочкарьової (1979 р.). Початок фази росту рослин фіксували за настанням її не менше ніж у 10% рослин, повну фазу – 75% і більше. Висоту рослин вимірювали за настанням кожної фази розвитку рослин. Густоту стояння рослин визначали двічі за вегетацію на фіксованих ділянках: за повної появи сходів та у фазу повної стиглості. Динаміку нагромадження сухої речовини визначали шляхом відбору з кожного варіанта по 25 рослин у дворазовому повторенні з несуміжних повторень. Проби рослин зважували й висушували за температури 105°C та перераховували на суху речовину. Площу листової поверхні визначали за методикою А.О. Ничипоровича (1966 р.). Динаміку фотосинтетичного потенціалу визначали за формулою А.О. Ничипоровича (1982 р.) шляхом перемноження середньої площі листків на 1 га на кількість діб у періоді між першим та останнім обліками. Чисту продуктивність фотосинтезу за певні проміжки часу визначали за формулою:

$$ЧПФ = \frac{(B2 - B1)}{\frac{Л1 - Л2}{2} \cdot T},$$

де ЧПФ – чиста продуктивність фотосинтезу; B2 – B1 – приріст сухої маси рослин з одиниці площі за обліковий проміжок часу;

$\frac{Л1 - Л2}{2}$  – середня площа листків за цей же проміжок часу; T – час між двома вимірами, у днях.

Вміст хлорофілу «а» та «в» у листках рослин квасолі визначали методом біохімічного аналізу з використанням спектрофотометра з подальшим розрахунком концентрації пігментів за рівняннями Ветштейна і Хольма. Кількісний вміст пігментів визначали у фазу цвітіння та наливу бобів спектрофотометрично, застосовуючи загальноприйнятий метод; нітрогеназну активність бульбочок кореневої системи квасолі визначали за ацетилен-етиленим методом. Відбір пробних снопів та визначення структури врожаю проводили за методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур [4]; облік урожаю проводили методом прямого ручного збору з кожного варіанту. Вміст жиру та білка в зерні квасолі визначали за методом інфрачервоної спектрометрії на інфрачервоному аналізаторі NIP Scanner 4250 із комп'ютерним забезпеченням ADI DM 3114. Посівні якості насіння (енергію проростання, лабораторну схожість, вологість) квасолі звичайної визначали згідно з методиками ДСТУ 4138-2002 в Новоушицькій насінневій інспекції. Інтенсивність дихання насіння квасолі визначали за допомогою респіраторного приладу І.М. Толмачова та титрованого розчину бариту Ва(ОН)<sub>2</sub>, який поглинає вуглекислий газ, що виділяється насінням. Визначення проводили за температури 20–22°C. Обчислення інтенсивності дихання проводили за кількістю поглинутого кисню одиницею біомаси за одиницю часу. Економічну ефективність технологій вирощування квасолі обчислювали за технологічними картами вирощування та методичними вказівками з визначення економічної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур за інтенсивними технологіями (2007 р.). Біоенергетичний аналіз проводили за методикою О.К. Медведовського та П.І. Іваненка (1988 р.). Дисперсійний і кореляційний аналізи та статистичну оцінку середніх показників проводили за методикою Б.О. Доспехова (1985 р.). Отримані дані аналізували за методами математичної статистики на персональному комп'ютері з використанням програмного пакета «Statistica-6».

Погодні умови за роки досліджень суттєво різнилися порівняно з багаторічними даними Новоушицької метеорологічної станції, яка знаходиться в регіоні проведення польових дослідів. За роки проведення досліджень встановлено тенденцію до підвищення температур повітря та зменшення кількості опадів за період вегетації культур порівняно із середньобагаторічними даними.

Зокрема, 2020–2021 рр. виявилися найбільш наближеними до середньобагаторічних показників і максимально сприятливими для нормального формування генеративних органів у сортів квасолі, що дало змогу культурі сформувати найвищий за роки проведення досліджень урожай, натомість 2022 р. був надзвичайно спекотним і посушливим. Розрахунок коефіцієнтів суттєвості відхилень засвідчив, що липень 2022 р. належав до III категорії (Kc=2,27) з умовами, які наближені до екстремальних.

Формування продуктивності сортів квасолі залежало від удобрення та інокуляції насіння. Польовий дослід був трифакторний (див. табл. 1): чинник А – районовані середньостиглі сорти квасолі звичайної; чинник В – норми внесення мінеральних добрив, розраховані балансовим методом на запланований урожай;

чинник С – інокуляція насіння. Загальна площа елементарної ділянки становила 37 м<sup>2</sup>, облікової – 25 м<sup>2</sup>. Повторність досліду чотириразова.

Таблиця 1. Схема досліду

Чинник А: сорт	Чинник В: удобрення, кг/га д. р.	Чинник С: інокуляція насіння
Мавка Еурека Ластівка (контроль)	Без добрив (контроль) N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub> N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub> N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub> N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub>	Без інокуляції (контроль) інокуляція Ризобіотом, штам Rhizobium phaseoli

Сівбу проводили ручною овочевою сівалкою, ширина міжрядь – 45 см, глибина заробки насіння становила 6–7 см. Норма висіву – 500 тис. шт. схожого насіння на гектар. Для захисту посівів квасолі від бур'янів проводили досходові боронування та застосовували суміш гербіцидів арамо (1,0 л/га) і базагран (2,0 л/га) у фазу 2–3 справжніх листків.

Мінеральні добрива вносили у вигляді аміачної селітри (34,4% N), фосфоритного борошна (30% P), калімагnezії (26–28% K, 11–18% Mg); додатково проводили вапнування ґрунтів із розрахунку 3 т/га. Інокуляцію насіння квасолі проводили в день сівби Ризобіотом, який містить симбіотичні азотфіксуючі бактерії роду Rhizobium phaseoli. Збирання врожаю квасолі проводили вручну у фазу повної стиглості насіння.

**Результати досліджень.** Суттєвий вплив на ріст і розвиток рослин квасолі в наших умовах мали чинники, що були визначені для дослідження, сортові особливості квасолі, а також гідротермічні умови вегетаційних років досліджень. Найдовший період вегетації сортів квасолі встановлено в найбільш наближеному за показниками до типових погодно-кліматичних умов та сприятливому для росту й розвитку рослин квасолі 2021 р. Достатня кількість опадів у травні, червні та липні (92 мм, 109,2 мм та 85 мм відповідно) викликала подовження фази цвітіння, інтенсивніше наростання вегетативної маси та збільшення висоти росту рослин. У найсухішому за роки досліджень 2022 р. вегетація досліджуваних сортів була найкоротшою та становила, залежно від чинників, поставлених на вивчення, 73–81 добу в сорту Ластівка, 83–95 діб у сорту Мавка, 85–96 діб у сорту Еурека. Міжфазні періоди в онтогенезі рослин квасолі тривали на 4–12 діб менше.

Досліджувані сорти квасолі належать до середньостиглої групи, проте різниця в настанні фаз росту залежно від досліджуваних чинників становила до 13 діб. Сорт Ластівка досягав раніше за інші, період вегетації в нього був на 8–13 діб коротший. Залежно від удобрення та інокуляції насіння Ризобіотом вегетаційний період середньостиглих сортів квасолі варіював у сортів Ластівка, Мавка та Еурека від 79 до 102 діб. За вирощування із застосуванням інокуляції насіння та внесенням добрив у нормі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> включно вегетація квасолі подовжувалася на 3–5 діб. За внесення добрив у нормі N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> та N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> період вегетації був майже однаковим як із застосуванням інокуляції Ризобіотом, так і без його застосування. За внесення добрив до N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> та без інокуляції насіння Ризобіотом вегетаційний період сортів квасолі подовжувався на 13–15 діб. Тривалість окремих періодів онтогенезу, як і вегетаційного періоду загалом, прямо залежала від гідротермічних умов року, сорту та норм мінеральних добрив. Збільшення норм мінеральних добрив від N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>10</sub> до N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> подовжувало настання фаз розвитку до 12 діб. За передпосівної обробки насіння Ризобіотом настання фенофаз також подовжувалося від 3 до 5 діб порівняно з ділянками без інокуляції. За інокуляції та удобрення в нормі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> (включно) спостерігалось подовження міжфазних періодів на 5–7 діб. За подальшого збільшення норм мінеральних добрив (до N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub>) настання фаз відбувалося за однаковий період як з інокуляцією насіння, так і без неї.

За роки проведення досліджень сорт Еурека характеризувався більш інтенсивним наростанням вегетативної маси та швидким темпом збільшення висоти рослин порівняно із сортами Мавка та особливо Ластівка. У фазу наливу бобів цей показник залежно від удобрення та інокуляції насіння Ризобіотом зростав у вищезазначеного сорту від 52,0 до 64,4 см, тоді як у сорту Мавка він варіював від 46,7 до 58,8 см. У сорту Ластівка висота рослин зростала від 40,6 см (без інокуляції, N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub>, фаза наливу бобів) до 52,5 см (інокуляція Ризобіотом, N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub>, фаза наливу бобів). Збільшення норми внесення мінеральних добрив до N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> сприяло збільшенню висоти рослин на 20–40% порівняно з контролем. Інокуляція насіння Ризобіотом за удобрення до N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> збільшувала висоту рослин на 2–10% порівняно з ділянками без інокуляції. Подальше збільшення добрив до N<sub>120</sub>P<sub>80</sub>K<sub>40</sub> нівелювало вплив інокуляції – висота рослин квасолі була майже на однаковому рівні як за проведення інокуляції, так і без неї.

На формування густоти та загальне виживання рослин квасолі позитивно впливали інокуляція насіння, низькі й середні норми внесення мінеральних добрив (N<sub>30</sub>P<sub>20</sub>K<sub>10</sub> та N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>). Вищий відсоток польової схожості рослин спостерігався в сорту Мавка, що пов'язано, на нашу думку, з вищою масою 1 000 насінин (280 г) порівняно з іншими сортами квасолі. Так, максимальний ступінь схожості насіння цього сорту виявлено на ділянках із проведенням інокуляції та за внесення N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> – 89,7%, що на 0,3% більше, ніж за тих же норм добрив, проте без інокуляції, та на 2,7% більше, ніж на абсолютному контролі. У сорту Еурека – відповідно 84,6% порівняно з 83,9% (N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> без інокуляції) та 80,3% (абсолютний контроль). У сорту Ластівка – відповідно 85,0% порівняно з 84,8% (N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> без інокуляції) та 80,8% (абсолютний контроль). Залежно від сортових особливостей вищий

відсоток виживання рослин спостерігався в сорту Еурека, нижчий – у сорту Ластівка. У фазу повної стиглості за внесення  $N_{60}P_{40}K_{20}$  та інокуляції насіння Ризобіфітом виживання рослин квасолі було найвищим і становило 96,9% від кількості рослин, які зійшли, у сорту Еурека, 93,1% – у сорту Мавка, 88,9% – у сорту Ластівка.

На схожість насіння квасолі та виживання рослин упродовж вегетації суттєвий вплив мали безпосередньо гідротермічні умови років проведення досліджень. Нижча польова схожість насіння квасолі та виживання рослин упродовж вегетації спостерігалися в посушливому й спекотному 2022 р. (ГТК за вегетацію становив 0,94). У сприятливому за зволоженням 2021 р. (ГТК за вегетацію становив 1,86) кількість рослин на 1 м<sup>2</sup> у фазу повних сходів у сорту Ластівка залежно від інокуляції та внесених добрив варіювала в межах 44,4–46,5 шт./м<sup>2</sup> (або 88,8–93,0%) від норми висіву, сортів Мавка та Еурека – 46,2–48,9 шт./м<sup>2</sup> (або 92,4–97,8%) та 44,1–46,3 шт./м<sup>2</sup> (або 88,2–92,6%) відповідно.

Вміст сухої речовини в рослинах та нагромадження вегетативної маси посівами квасолі звичайної формувалися під впливом погодних умов року та залежно від елементів технології вирощування: генетичних особливостей сорту, передпосівної інокуляції насіння, норми внесення мінеральних добрив. Максимальних значень ці показники досягали у фазу наливу бобів. Збільшення норм мінеральних добрив до  $N_{120}P_{80}K_{40}$  без попередньої інокуляції насіння сприяло збільшенню цих показників на 10–30% порівняно з контролем. Інокуляція насіння Ризобіфітом за внесення норм азотних добрив  $N_{60}P_{40}K_{20}$  сприяла більш інтенсивному нагромадженню вегетативної та сухої маси – на 6–20%. Більшу вегетативну масу нагромаджував сорт Еурека, меншу – сорт Ластівка. За інокуляції насіння Ризобіфітом вищий показник сухої речовини у фазу наливу бобів встановлено за внесення середньої норми мінеральних добрив  $N_{60}P_{40}K_{20}$ : 5,33 т/га в сорту Ластівка, 6,40 т/га в сорту Мавка, 6,85 т/га в сорту Еурека.

Залежно від сортових особливостей більшу площу листової поверхні формували сорти квасолі Еурека: на 0,2–4,1 тис. м<sup>2</sup>/га більше, ніж у сорту Мавка, та на 0,9–5,4 тис. м<sup>2</sup>/га більше, ніж у сорту Ластівка. Сорт Еурека загалом характеризувався більшим габітусом рослин у процесі онтогенезу. Сприятливі для росту й розвитку рослин квасолі гідротермічні умови 2020 р. та 2021 р. забезпечували формування більшої порівняно з 2022 р. площі асиміляційної поверхні посівів.

У міру проходження фаз росту й розвитку рослин квасолі площа їх листової поверхні збільшувалася та досягла свого максимуму у фазу цвітіння – 30,1–41,8 тис. м<sup>2</sup>/га в сорту Ластівка, 31,7–45,1 тис. м<sup>2</sup>/га в сорту Мавка, 32,3–46,6 тис. м<sup>2</sup>/га в сорту Еурека. У фазі наливу бобів спостерігали відмирання листків нижнього ярусу, що призводило до деякого зменшення площі листового апарату рослин.

Площа листової поверхні посівів квасолі також зростала за збільшення норми добрив до  $N_{120}P_{80}K_{40}$  без інокуляції. Максимальні показники площі листової поверхні рослин забезпечило внесення  $N_{60}P_{40}K_{20}$  в поєднанні з передпосівною інокуляцією насіння Ризобіфітом: 41,8 тис. м<sup>2</sup>/га в сорту Ластівка, 45,1 тис. м<sup>2</sup>/га в сорту Мавка, 46,6 тис. м<sup>2</sup>/га в сорту Еурека. За внесення високих норм мінеральних добрив  $N_{90}P_{60}K_{30}$  та  $N_{120}P_{80}K_{40}$  вплив інокуляції на формування площі листового апарату посівів квасолі нівелювався.

Максимальний показник фотосинтетичного потенціалу посівів квасолі припадав на період «кінець цвітіння – налив бобів». У сорту Ластівка він досягав 1,14 млн м<sup>2</sup>\*діб/га за внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{120}P_{80}K_{40}$  та інокуляції насіння Ризобіфітом; у сорту Мавка – 1,21 млн м<sup>2</sup>\*діб/га ( $N_{120}P_{80}K_{40}$ ) та 1,22 млн м<sup>2</sup>\*діб/га ( $N_{60}P_{40}K_{20}$  + інокуляція); у сорту Еурека – 1,23 млн м<sup>2</sup>\*діб/га ( $N_{120}P_{80}K_{40}$ ) та 1,24 млн м<sup>2</sup>\*діб/га ( $N_{60}P_{40}K_{20}$  + інокуляція). Застосування цих технологічних заходів забезпечило максимальні показники фотосинтетичного потенціалу посівів квасолі завдяки формуванню найвищих показників площі листової поверхні в результаті достатнього забезпечення рослин елементами живлення за рахунок мінеральних добрив та активізації фізіологічних процесів у рослинах унаслідок інокуляції насіння. Збільшення норм добрив до  $N_{90}P_{60}K_{30}$  та  $N_{120}P_{80}K_{40}$  майже зрівняло показник фотосинтетичного потенціалу як без інокуляції, так і з її проведенням, оскільки через пригнічення нітрогеназної активності бульбочкових бактерій високими нормами азотних добрив живлення рослин мало виключно мінеральну форму.

Найвищий показник чистої продуктивності фотосинтезу спостерігався в сорту Еурека, найнижчий – у сорту Ластівка, який загалом характеризувався меншою морфоструктурою та фотосинтетичною діяльністю посівів. Максимум продуктивності фотосинтезу квасолі припадав на період утворення трійчастих листків до повної бутонізації. Під час цвітіння й наливу бобів цей показник був у межах 1,08–2,08 г/м<sup>2</sup> за добу для сорту Ластівка, 1,20–2,85 г/м<sup>2</sup> за добу для сорту Мавка та 1,30–3,20 г/м<sup>2</sup> за добу для сорту Еурека.

Внесення мінеральних добрив до  $N_{60}P_{40}K_{20}$  забезпечило збільшення показників чистої продуктивності фотосинтезу вдвічі порівняно з контролем як за інокуляції насіння, так і без неї. Це пов'язано з тим, що поєднання біологічно засвоєного природного азоту з мінеральним у нормі 60 кг/га д. р. впливало на рослину так само, а в деяких випадках навіть краще, ніж максимальні (90 кг/га д. р. та 120 кг/га д. р.) дози виключно мінерального азоту. Вищий вміст суми пігментів (а+в) – 120,7 мг/100 г листя – спостерігався в сорту Еурека за внесення  $N_{60}P_{40}K_{20}$  та проведення передпосівної інокуляції Ризобіфітом. У сорту Мавка цей показник був дещо нижчим, проте різниця була несуттєвою порівняно з попереднім сортом, незважаючи на менший габітус рослин квасолі цього сорту та нижчий фотосинтетичний потенціал. Найнижчий вміст пігментів спостерігався в сорту Ластівка, який залежно від норм мінеральних добрив та без інокуляції у фазу цвітіння варіював від 68,8 до 84,3 мг/100 г листя, за інокуляції насіння – від 75,3 до 94,1 мг/100 г листя.



Дослідження симбіотичної діяльності рослин квасолі на дерново-підзолистих важкосуглинкових ґрунтах регіону показало, що передпосівна інокуляція насіння Ризобіфітом, який містить симбіотичні азотфіксувальні бактерії роду *Rhizobium phaseoli*, сприяла появі бульбочок, більшої їх кількості, масі та активності нітрогеназної системи. Без проведення передпосівної інокуляції насіння на коренях досліджуваних сортів квасолі звичайної Мавка, Еурека та Ластівка майже не утворювалися бульбочки й не відбувалася нітрогеназна активність, що свідчить про відсутність спонтанної інокуляції квасолі аборигенними штамми. Збільшення внесення мінеральних добрив, зокрема до  $N_{120}P_{80}K_{40}$ , пригнічувало діяльність бульбочкових бактерій, унаслідок чого нітрогеназна активність значно знижувалася і рослини квасолі використовували мінеральну форму живлення.

Основні показники активності симбіотичної азотфіксації досягали максимуму в період їх найбільшої фізіологічної активності – у фазу цвітіння рослин. До цього періоду відбувалося активне формування бульбочок та наростання їх маси в усіх досліджуваних сортів, після чого їх маса почала повільно зменшуватися до повної стиглості рослин. Збільшення азотних добрив від  $N_{90}$  до  $N_{120}$  на фоні фосфорно-калійних добрив проявило інгібуючу дію на рівень азотфіксації та знизило кількість бульбочок і, відповідно, їх масу. Симбіотична діяльність посівів квасолі була найвищою у фазу цвітіння за удобрення  $N_{60}P_{40}K_{20}$  та інокуляції насіння Ризобіфітом. Нітрогеназна активність бульбочок квасолі в середньому за роки проведення досліджень становила 2614 нМоль  $C_2H_4$ /год на рослину в сорту Еурека, 2342 нМоль  $C_2H_4$ /год на рослину в сорту Мавка та 2192 нМоль  $C_2H_4$ /год на рослину в сорту Ластівка (див. табл. 2).

**Таблиця 2. Симбіотична азотфіксація квасолі за вирощування з інокуляцією Ризобіфітом (середнє за 2020–2022 рр.)**

Варіант удобрення	Кількість бульбочок, шт./ рослину				Маса бульбочок, мг/рослину				Нітрогеназна активність, нМоль $C_2H_4$ /год на рослину			
	Фаза розвитку рослин											
	перший трійчастий листок	бутонація	цвітіння	формування насіння	перший трійчастий листок	бутонація	цвітіння	формування насіння	перший трійчастий листок	бутонація	цвітіння	формування насіння
Ластівка												
Без добрив (контроль)	3,8	16,4	21,0	10,7	21,3	107	199	71,0	302	896	1880	586
$N_{30}P_{20}K_{10}$	4,1	17,0	21,7	12,3	22,7	115	233	67,3	321	915	2032	624
$N_{60}P_{40}K_{20}$	4,8	18,1	23,0	13,2	23,7	144	247	66,7	345	951	2192	656
$N_{90}P_{60}K_{30}$	2,6	4,33	11,3	6,30	5,00	19,7	32,3	11,3	64,7	115	201	86,7
$N_{120}P_{80}K_{40}$	1,4	1,97	8,03	4,30	1,67	7,33	16,3	2,43	2,00	4,67	7,33	6,33
Мавка												
Без добрив (контроль)	7,3	11,4	22,3	10,5	23,3	131	226	73,7	386	901	2049	699
$N_{30}P_{20}K_{10}$	8,1	12,5	23,4	12,4	26,0	155	249	78,0	391	945	2159	718
$N_{60}P_{40}K_{20}$	9,3	14,4	26,4	13,4	28,7	185	277	78,7	417	1013	2342	734
$N_{90}P_{60}K_{30}$	4,9	7,73	13,2	5,77	4,33	34,0	40,7	23,0	75,7	125	214	89,7
$N_{120}P_{80}K_{40}$	2,5	3,10	6,23	3,93	1,07	6,67	16,7	4,67	3,00	6,33	9,67	8,33
Еурека												
Без добрив (контроль)	6,5	12,7	25,3	11,0	22,0	132	243	76,3	400	919	2120	717
$N_{30}P_{20}K_{10}$	7,2	14,3	28,5	12,5	22,7	148	263	80,3	432	964	2271	773
$N_{60}P_{40}K_{20}$	8,3	13,9	29,1	13,3	27,0	156	273	83,6	458	1050	2614	800
$N_{90}P_{60}K_{30}$	4,1	6,37	11,1	7,53	4,33	31,0	47,3	13,7	80,7	124	217	92,7
$N_{120}P_{80}K_{40}$	2,1	3,07	7,37	3,53	1,33	3,00	20,0	3,70	3,33	6,33	10,7	9,00

Формування структурних елементів урожайності квасолі було зумовлене сортовими особливостями, удобренням та інокуляцією насіння. Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{40}K_{20}$  та передпосівна обробка насіння Ризобіфітом забезпечували отримання максимальної кількості бобів та насінин на рослині, маси насіння з рослини та маси 1 000 насінин. Збільшення норми внесення мінеральних добрив до  $N_{90}P_{60}K_{30}$  та  $N_{120}P_{80}K_{40}$  викликало зниження цього показника як за проведення інокуляції, так і без неї. У крупнонасінного сорту Мавка маса 1 000 насінин становила 202,7–215,3 г, у середньонасінних сортів Ластівка та Еурека – 193,2–207,6 г та 173,9–183,9 г відповідно. Маса 1 000 насінин у сортів була вищою за вирощування квасолі з проведенням інокуляції насіння порівняно з ділянками без інокуляції та за тих самих норм мінеральних добрив.

Найкращі умови для формування індивідуальної продуктивності рослин забезпечувало внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{40}K_{20}$  на тлі допосівної інокуляції насіння Ризобофітом або внесення  $N_{90}P_{60}K_{30}$  без інокуляції. За такої системи удобрення рослини формували масу зерна на рівні від 18,5 до 20,9 г та від 18,1 до 20,3 г залежно від сорту, що на 15,3–20,1% перевищувало показники абсолютного контролю. Розглядаючи в комплексі ознаки (елементи) продуктивності та їх вплив на урожайність квасолі, ми встановили, що врожайність культури значною мірою залежала від кількості бобів на рослинах ( $r=0,508$ ), кількості насінин на рослині ( $r=0,487$ ), проте визначальним показником в урожайності (про що свідчить коефіцієнт кореляції між ними) є маса насіння з рослини ( $r=0,693$ ).

Сорт квасолі Еурека в дослідженнях формував найвищу врожайність – 1,98–2,67 т/га залежно від норми мінеральних добрив та інокуляції – за рахунок формування більшої кількості бобів і зерна на рослині, маси зерна з рослини. Сорт квасолі Мавка за рахунок найбільшої маси 1 000 насінини та густоти стояння рослин на час збирання формував дещо нижчу врожайність на рівні 1,9–2,49 т/га. Сорт квасолі Ластівка характеризувався вищою висотою кріплення бобів, найменшою в досліді довжиною бобів, середньою кількістю бобів і зерен на рослині, масою 1 000 насінин, тому в дослідженнях формував середню індивідуальну продуктивність рослини, а також з урахуванням найнижчого виживання рослин за вегетацію і, відповідно, густоти стояння рослин на час збирання формував найнижчу в досліді врожайність – у межах від 1,67 до 2,28 т/га залежно від норми мінеральних добрив та інокуляції. У середньому за роки проведення досліджень урожайність квасолі сорту Ластівка залежно від добрив та інокуляції становила 1,67–2,28 т/га, сорту Мавка – 1,90–2,49 т/га, сорту Еурека – 1,98–2,67 т/га (див. табл. 3).

**Таблиця 3. Урожайність квасолі залежно від удобрення та інокуляції насіння, т/га**

Норма добрив, чинник В	Інокуляція, чинник С	Рік			Середнє	+ до контролю
		2020	2021	2022		
Ластівка						
Без добрив (контроль)	–	1,64	1,95	1,41	1,67	0,00
	+	1,84	2,03	1,48	1,78	0,11
$N_{30}P_{20}K_{10}$	–	2,09	2,11	1,61	1,94	0,27
	+	2,23	2,50	1,68	2,14	0,47
$N_{60}P_{40}K_{20}$	–	2,13	2,33	1,68	2,05	0,38
	+	2,41	2,61	1,83	2,28	0,61
$N_{90}P_{60}K_{30}$	–	2,31	2,41	1,74	2,15	0,48
	+	2,29	2,53	1,73	2,18	0,51
$N_{120}P_{80}K_{40}$	–	2,24	2,38	1,71	2,11	0,44
	+	2,31	2,44	1,70	2,15	0,48
Мавка						
Без добрив (контроль)	–	2,03	2,25	1,42	1,90	0,00
	+	2,08	2,53	1,52	2,04	0,14
$N_{30}P_{20}K_{10}$	–	2,27	2,43	1,68	2,13	0,23
	+	2,44	2,67	1,77	2,29	0,39
$N_{60}P_{40}K_{20}$	–	2,39	2,61	1,71	2,24	0,34
	+	2,69	2,88	1,91	2,49	0,59
$N_{90}P_{60}K_{30}$	–	2,48	2,85	1,79	2,37	0,47
	+	2,58	2,81	1,84	2,41	0,51
$N_{120}P_{80}K_{40}$	–	2,43	2,81	1,76	2,33	0,43
	+	2,54	2,78	1,78	2,37	0,47
Еурека						
Без добрив (контроль)	–	2,17	2,21	1,57	1,98	0,00
	+	2,29	2,45	1,67	2,14	0,16
$N_{30}P_{20}K_{10}$	–	2,38	2,68	1,75	2,27	0,29
	+	2,51	2,84	1,85	2,40	0,42
$N_{60}P_{40}K_{20}$	–	2,48	2,93	1,89	2,43	0,45
	+	2,74	3,16	2,12	2,67	0,69
$N_{90}P_{60}K_{30}$	–	2,76	3,06	2,02	2,61	0,63
	+	2,70	3,07	2,08	2,62	0,64
$N_{120}P_{80}K_{40}$	–	2,58	3,02	1,97	2,52	0,54
	+	2,65	2,96	2,02	2,54	0,56
НІР05 2020 р.: А-0,10; В-0,09; С-0,09; АВ-0,09; АС-0,12; ВС-0,13; АВС-0,13. 2021 р.: А-0,16; В-0,07; С-0,11; АВ-0,11; АС-0,14; ВС-0,14; АВС-0,11. 2022 р.: А-0,11; В-0,06; С-0,08; АВ-0,08; АС-0,10; ВС-0,12; АВС-0,12. НІР0.05 для середніх 0,19						

Найсприятливішим для реалізації генетичного потенціалу продуктивності сортів квасолі виявився теплий із достатньою кількістю опадів 2021 р., у якому врожайність сортів Ластівка, Мавка та Еурека залежно від удобрення й інокуляції становила відповідно 1,95–2,61 т/га, 2,25–2,88 т/га та 2,21–3,16 т/га. Найменш сприятливим для формування врожаю виявився спекотний і посушливий 2022 р., у якому врожайність сортів квасолі становила відповідно 1,41–1,83 т/га, 1,42–1,91 т/га та 1,57–2,12 т/га.

Застосування різних норм добрив у комплексі з інокуляцією насіння сприяло помітному приросту врожаю досліджуваних сортів квасолі порівняно з абсолютним контролем. У середньому за роки досліджень у сорту Ластівка приріст від внесення різних норм добрив та проведення інокуляції становив від 0,47 до 0,61 т/га, у сорту Мавка – від 0,39 до 0,59 т/га, у сорту Еурека – від 0,42 до 0,69 т/га.

Максимальний рівень реалізації потенціалу сортів спостерігався в разі внесення низьких і середніх норм азотних на тлі фосфорно-калійних добрив у комплексній взаємодії з передпосівною обробкою насіння Ризобіфітом.

Максимальний приріст урожаю квасолі було отримано за внесення добрив у нормі  $N_{60}P_{40}K_{20}$  у комплексі з інокуляцією насіння Ризобіфітом, який становив 36,5% в сорту Ластівка, 31,1% в сорту Мавка та 34,8% в сорту Еурека. Збільшення норми внесення добрив з  $N_{90}P_{60}K_{30}$  до  $N_{120}P_{80}K_{40}$  знижувало ефективність інокуляції в досліджуваних сортів квасолі. Найбільший вплив на урожайність досліджуваних сортів квасолі мав чинник «мінеральні добрива» (53%), дещо менший – чинники «сорт» (20%), «інокуляція насіння» (14%) та «погодні умови» (13%). Спостерігався також вплив удобрення та інокуляції на якість зерна квасолі. Вміст білка в зерні квасолі залежно від досліджуваних чинників становив 20,4–21,2% в сорту Ластівка, 17,8–18,8% в сорту Мавка та 18,6–19,5% в сорту Еурека. Вміст жиру в зерні квасолі залежно від досліджуваних чинників у сорту Ластівка був у межах 1,67–1,87%, у сорту Мавка – 1,68–1,89%, у сорту Еурека – 1,88–2,05% (див. табл. 4).

**Таблиця 4. Вміст білка й жиру в зерні квасолі та їх збір з урожаем залежно від удобрення та інокуляції (середнє за 2020–2022 рр.)**

Варіант удобрення	Вміст білка, %		Збір білка, т/га		Вміст жиру, %		Збір жиру, т/га	
	Обробка насіння*							
	б/і	і	б/і	і	б/і	і	б/і	і
Ластівка								
Без добрив (контроль)	20,4	20,6	0,34	0,40	1,67	1,74	0,028	0,034
$N_{30}P_{20}K_{10}$	20,6	20,9	0,40	0,45	1,70	1,78	0,033	0,038
$N_{60}P_{40}K_{20}$	20,9	21,2	0,43	0,48	1,76	1,87	0,036	0,043
$N_{90}P_{60}K_{30}$	21,0	21,0	0,45	0,46	1,79	1,80	0,038	0,039
$N_{120}P_{80}K_{40}$	21,2	21,2	0,45	0,46	1,82	1,81	0,038	0,039
Мавка								
Без добрив (контроль)	17,8	18,3	0,34	0,37	1,68	1,78	0,032	0,036
$N_{30}P_{20}K_{10}$	18,1	18,5	0,39	0,42	1,73	1,84	0,037	0,042
$N_{60}P_{40}K_{20}$	18,4	18,8	0,41	0,47	1,77	1,89	0,040	0,047
$N_{90}P_{60}K_{30}$	18,5	18,6	0,44	0,45	1,80	1,80	0,043	0,043
$N_{120}P_{80}K_{40}$	18,7	18,7	0,44	0,44	1,82	1,82	0,042	0,043
Еурека								
Без добрив (контроль)	18,6	19,0	0,37	0,41	1,88	1,99	0,037	0,043
$N_{30}P_{20}K_{10}$	19,0	19,2	0,43	0,46	1,93	2,01	0,044	0,048
$N_{60}P_{40}K_{20}$	19,3	19,5	0,47	0,52	1,97	2,05	0,048	0,054
$N_{90}P_{60}K_{30}$	19,4	19,3	0,51	0,51	1,99	2,01	0,052	0,053
$N_{120}P_{80}K_{40}$	19,6	19,5	0,49	0,50	2,03	2,04	0,051	0,052
<i>НІР05</i>	1,2	1,4	0,14	0,08	1,2	1,3	0,004	0,006

Примітка: б/і – без інокуляції; і – інокуляція насіння

За умови вирощування квасолі з інокуляцією насіння найвищий приріст жиру в зерні спостерігався за внесення  $N_{60}P_{40}K_{20}$  і в сортів Ластівка, Мавка та Еурека становив відповідно 0,13%, 0,11% та 0,06%. Без застосування інокуляції насіння приріст білка та жиру в зерні квасолі зростав зі збільшенням норм внесення мінеральних, зокрема азотних, добрив. За умови подальшого збільшення норм добрив  $N_{90}P_{60}K_{30}$  та  $N_{120}P_{80}K_{40}$  спостерігався незначний приріст, а в деяких випадках встановлено зниження показників якості зерна. Максимальний збір жиру з одиниці площі встановлено за внесення  $N_{60}P_{40}K_{20}$  та інокуляції насіння Ризобіфітом за рахунок формування сортами квасолі найвищої в досліді врожайності, він становив 0,054 т/га в сорту Еурека, 0,047 т/га в сорту Мавка та 0,043 т/га в сорту Ластівка.

Енергія проростання насіння сорту квасолі Мавка залежала від збільшення внесення добрив і в середньому за роки проведення досліджень змінювалася в межах 82–86%, лабораторна схожість – 88–93%; у сорту Еурека

енергія проростання насіння становила 85–89%, лабораторна схожість – 93–96%. Загалом, внесення низьких і середніх норм мінеральних добрив ( $N_{30}P_{20}K_{10}$  та  $N_{60}P_{40}K_{20}$ ) підвищувало посівні якості насіння квасолі.

Встановлено, що травмоване насіння квасолі дихає значно інтенсивніше, ніж ціле, зокрема насіння з мікро- й макротравмами сім'ядолей. Після 20 місяців зберігання інтенсивність дихання насіння збільшувалася в декілька разів, особливо у травмованого насіння.

У цілому та (особливо) травмованого насіння сорту квасолі Еурека, який характеризується дрібнішим насінням (маса 1 000 насінин становить 174–184 г), дихання було інтенсивнішим, ніж у насіння сорту Мавка з масою 1 000 насінин у межах 203–215 г.

**Висновки.** Проведені нами дослідження показали, що суттєвий вплив на ріст і розвиток середньостиглих сортів квасолі звичайної в наших умовах мали як сортові особливості, так і мінеральні добрива та інокуляція насіння. Збільшення норми внесення мінеральних добрив зумовлювало подовження вегетаційного періоду досліджуваних сортів до 8–13 діб порівняно з контролем, унаслідок чого й настання фенологічних фаз також затягнулося в часі. За передпосівної обробки насіння Ризобіфітом тривалість вегетації та настання фенофаз також подовжувалася від 2 до 5 діб порівняно з варіантами без інокуляції. Сорт Ластівка досягав раніше за інші на 8–10 діб.

#### Список використаних джерел

1. Лехман А.А. Тривалість вегетаційного періоду сортозразків квасолі в умовах Правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 70. С. 38–40.
2. Мазур О.В., Пороховник І.І. Селекція квасолі звичайної на ранньостиглість і зернову продуктивність. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 4. С. 118–124.
3. Маслак О.М. Привабливість квасолі. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 9(304). URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/7899-pryvablyvist-kvasoli.html>.
4. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур. Випуск 2: Зернові, круп'яні та зернобобові культури / за ред. В.В. Вовкодава. Київ, 2001. 65 с.
5. Носенко Ю.М. Товарне вирощування квасолі звичайної. *Агробізнес сьогодні*. 2015. № 9(304). URL: <http://agro-business.com.ua/aharni-kultury/item/554-tovarne-vyroshchuvannia-kvasoli-zvychnoi.html>.
6. Овчарук В.І., Овчарук О.В., Білик Т.Л. Фенологічні фази росту і розвитку рослин квасолі звичайної та їх тривалість в умовах Західного Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2013. Вип. 83. С. 34–37.
7. Пархуць Б.І. Формування продуктивності квасолі звичайної залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу Західного : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво». Вінниця, 2008. 23 с.
8. Силенко С.І. Вихідний матеріал квасолі звичайної для створення ранньостиглих сортів. *Селекція і насінництво*. 2010. Вип. 98. С. 116–125.
9. Широкий уніфікований класифікатор України роду *Phaseolus L.* / Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва Української академії аграрних наук. Харків, 2004. 49 с.
10. Samavat S., Mafakheri S., Shakouri Javad M. Promoting common bean growth and nitrogen fixation by the co-inoculation of rhizobium and pseudomonas fluorescens isolates. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2012. Vol. 18. № 3. P. 387–395.

**Tsybryk-Sivak N. V.**

*Postgraduate Student*

*Higher Educational Institution "Podillia State University"*

*Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

*E-mail: natashatcbrij@gmail.com*

**Bakhmat M. I.**

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor,*

*Professor at the Department of Agriculture, Soil Science and Plant Protection*

*Higher Educational Institution "Podillia State University"*

*Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

*E-mail: ivasyk.myroslava@gmail.com*

*ORCID: 0000-0001-6119-9218*

## FORMING THE PRODUCTIVITY OF THE COMMON BEANS DEPENDING ON VARIETIES, INOCULATION, AND FERTILIZER

### Abstract

**Introduction.** The growth and development of bean plants occur in direct proportion to environmental conditions, the main components of which are air and soil temperature, light, humidity, and mineral nutrition. The productivity of plants is determined by the presence of these factors, and the more they correspond to the biological characteristics of the crop, the more fully the potential of bean varieties is realized.

Until recently, in our conditions, due to the lack of scientific research, the technology of growing common beans under the given soil and climatic conditions, their influence on the productivity and quality indicators of bean grain, the unexplained economic and energy efficiency of the technology for growing common beans in this region is not fully studied. In this regard, increasing the grain productivity of bean varieties of domestic breeding by establishing the characteristics of growth and development and optimizing the



elements of growing technology (fertilizers, inoculation) depending on varietal characteristics and weather conditions of the growing season is an urgent task.

**Purpose.** The study aimed to determine the duration of the growing season and the yield of beans for varieties Mavka, Eureka, Lastivka, depending on the level of fertilizing and seed inoculation.

**Methods.** In the study of common bean seeds, before sowing, they were treated with different strains of microorganisms. Depending on this, the interphase periods of plant growth and development changed somewhat. The duration of the period of sowing-full ripeness in bean plants of the Lastivka variety inoculated with different strains of *Rhizobium phaseoli* differed by 1–3 days on average over the study period of 2020–2022.

**Results.** A significant influence on the growth and development of bean plants under our conditions was exerted by factors determined for the study, varietal characteristics of beans, as well as hydrothermal conditions of the growing years of research. The longest period of vegetation of bean varieties was noted in 2021, which is closest in terms of indicators to typical weather and climatic conditions and favorable for the growth and development of bean plants. Sufficient rainfall in May, June, and July (respectively 92 mm, 109,2 mm, and 85 mm) caused an extension of the flowering phase, a more intensive growth of the vegetative mass, and an increase in the height of plant growth. In the dry year of 2022 over the years of research, the vegetation of the studied varieties was the shortest and, depending on the factors put into study, was 73–81 days for the Lastivka variety, 83–95 days, and 85–96 days for the Mavka and Eureka varieties, respectively. Interphase periods in the ontogeny of bean plants lasted 4–12 days less. The studied bean varieties belong to the mid-ripening group, however, the difference in the onset of growth phases, depending on the factors studied, was up to 13 days. Variety Lastivka ripened earlier than others, and its vegetation period was 8–13 days shorter. Depending on the fertilizer and seed inoculation with Rhizobifit, the growing season of mid-ripening bean varieties was different for Lastivka, Mavka, and Eureka varieties from 79 to 102 days.

**Originality.** When grown with the use of seed inoculation and fertilization at the rate of  $N_{60}P_{40}K_{20}$ , including the vegetation of beans, it was extended by 3–5 days. When applying fertilizers at the rate of  $N_{90}P_{60}K_{30}$  and  $N_{120}P_{80}K_{40}$ , the growing season was almost the same both with and without inoculation with Rhizobifit. With the application of  $N_{120}P_{80}K_{40}$  fertilizers and without seed inoculation with Rhizobifit, the growing season of bean varieties was extended by 13–15 days. The duration of individual periods of ontogenesis, as well as the growing season as a whole, was directly dependent on the hydrothermal conditions of the year, variety, and norms of mineral fertilizers.

**Conclusion.** Our studies have shown that both varietal characteristics and mineral fertilizers and seed inoculation had a significant impact on the growth and development of mid-ripening varieties of common beans under our conditions. The increase in the rate of application of mineral fertilizers caused the lengthening of the growing season of the studied varieties to 8–13 days compared to the control, as a result of which the onset of the phenological phases was also delayed in time. With the pre-sowing treatment of seeds with Rhizobifit, the duration of vegetation and the onset of the phenophase also lengthened from 2 to 5 days compared with the variants without inoculation. Variety Lastivka ripened earlier than others by 8–10 days.

**Key words:** common beans; seeds; strains of *Rhizobium phaseoli*; productivity; quality; efficiency.

## References

- Lekhman, A.A. (2011). Tryvalist vechetatsiinoho periodu sortozrazkiv kvasoli v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The duration of the growing season of bean samples in the conditions of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Fodder and fodder production*, iss. 70, pp. 38–40 [in Ukrainian].
- Mazur, O.V., Porokhovnyk, I.I. (2016). Seleksiia kvasoli zvychainoi na rannostyhlit i zernovu produktyvnist [Selection of common beans for early maturity and grain productivity]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*, no. 4, pp. 118–124 [in Ukrainian].
- Maslak, O.M. (2015). Pryvablyvist kvasoli [The attractiveness of beans]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, no. 9(304). Retrieved from: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/7899-pryvablyvist-kvasoli.html> [in Ukrainian].
- Vovkodav, V.V. (ed.) (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vypusk 2: Zernovi, krupiani ta zernobobovi kultury [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 2: Cereal, cereal and leguminous crops]*. Kyiv, 65 p. [in Ukrainian].
- Nosenko, Yu.M. (2015). Tovarne vyroshchuvannia kvasoli zvychainoi [Commercial cultivation of common beans]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness today*, no. 9(304). Retrieved from: <http://agro-business.com.ua/ahrami-kultury/item/554-tovarne-vyroshchuvannia-kvasoli-zvychainoi.html> [in Ukrainian].
- Ovcharuk, V.I., Ovcharuk, O.V., Bilyk, T.L. (2013). Fenolohichni fazy rostu i rozvytku roslyn kvasoli zvychainoi ta yikh tryvalist v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Phenological phases of growth and development of common bean plants and their duration in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Collection of scientific works of the Uman National University of Horticulture*, iss. 83, pp. 34–37 [in Ukrainian].
- Parkhuts, B.I. (2008). Formuvannia produktyvnosti kvasoli zvychainoi zalezno vid tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [The formation of the productivity of common beans depending on the technological methods of cultivation in the conditions of the Western Forest Steppe]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Vinnytsia, 23 p. [in Ukrainian].
- Sylenko, S.I. (2010). Vykhidnyi material kvasoli zvychainoi dlia stvorennia rannostyhykh sortiv [Raw bean material for creating early ripening varieties]. *Seleksiia i nasivnytstvo – Breeding and seed production*, iss. 98, pp. 116–125 [in Ukrainian].
- Institute of plant breeding named after V.Ya. Yuryev of the Ukrainian Academy of Agrarian Sciences (2004). *Shyrokyyi unifikovanyi klasyfikator Ukrainy rodu Phaseolus L. [Wide unified classifier of Ukraine of the genus Phaseolus L.]*. Kharkiv, 49 p. [in Ukrainian].
- Samavat, S., Mafakheri, S., Shakouri Javad, M. (2012). Promoting common bean growth and nitrogen fixation by the co-inoculation of rhizobium and pseudomonas fluorescens isolates. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, vol. 18, no. 3, pp. 387–395 [in English].