

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Агрономічний факультет
Кафедра ґрунтознавства та землеробства

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Смарчевський Кірілл Сергійович

УДК: 631.816.1:633.31

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА ФОРМУВАННЯ
ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ В УМОВАХ ПП «ГЛИБОЧАНСЬКЕ –
ОСМТ» ЖИТОМИРСЬКОГО РАЙОНУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

201 «Агрономія»

Подается на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____ К.С. Смарчевський

Керівник роботи

канд. с.-г. наук, доцент Довбиш Л.Л.

Житомир–2024

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ (огляд літератури)	8
1.1. Значення та виробництво гороху в світі та Україні	8
1.2. Вплив інокуляції насіння та мінеральних добрив на формування продуктивності гороху	10
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	14
2.1. Місце та умови проведення досліджень	14
2.2. Програма та методика проведення досліджень	14
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ГОРОХУ ПОСІВНОГО	17
3.1. Динаміка формування висоти рослин гороху посівного залежно від удобрення та інокуляції насіння	17
3.2. Економічна оцінка результатів досліджень	27
3.3. Енергетична оцінка результатів досліджень	29
ВИСНОВКИ	32
ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	34
ДОДАТКИ	39

АНОТАЦІЯ

Смарчевський К.С. Вплив системи удобрення на формування продуктивності гороху в умовах ПП «Глибочанське – ОСМТ» Житомирського району Житомирської області. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 201 – агрономія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Кваліфікаційна робота викладена на 40 сторінках комп'ютерного набору, вона містить 9 таблиць та 1 рисунок. Складається зі вступу, 3 розділів, висновків, пропозицій виробництву та додатків. Список використаних джерел включає 40 найменувань.

У кваліфікаційній роботі приведені результати досліджень щодо впливу системи удобрення на формування продуктивності гороху сорту Оплот.

Проведені дослідження показали, що при використанні в основне удобрення гороху сорту Оплот $N_{32}P_{32}K_{32}$ та проведення передпосівної обробки насіння препаратом Ризогумін (300 г на 1 га норму) дало змогу одержати урожайність культури на рівні 3,95 т/га, зі вмістом у зерні сирого протеїну 25,4%. На цьому варіанті рівень рентабельності склав 96,8%, а коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,36.

Ключові слова: горох, структура урожаю, бульбочкові бактерії, інокуляція насіння, урожайність, мінеральні добрива, якісні показники, економічна ефективність, енергетична ефективність.

ANNOTATION

Smarchevskiy K.S. The influence of fertilizer system on the formation of pea productivity in the conditions of PE “Hlybochanske - OSMT” of Zhytomyr district, Zhytomyr region - Qualification work on the rights of manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 201 - Agronomy - Polissya National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work is presented on 40 pages of computer typing, it contains 9 tables and 1 figure. It consists of an introduction, 3 chapters, conclusions, suggestions for production and appendices. The list of references includes 40 titles.

The qualification work presents the results of research on the influence of the fertilizer system on the formation of productivity of peas of the Oplot variety.

The studies have shown that when using Oplot $N_{32}P_{32}K_{32}$ as the main fertilizer for peas and pre-sowing seed treatment with Rizogumin (300 g per 1 ha norm), it was possible to obtain a crop yield of 3.95 t/ha, with a crude protein content of 25.4%. This variant had a profitability level of 96.8% and an energy efficiency coefficient of 2.36.

Keywords: peas, crop structure, nodule bacteria, seed inoculation, yield, mineral fertilizers, quality indicators, economic efficiency, energy efficiency.

ВСТУП

Актуальність теми. Однією із актуальних проблем в світі є проблема виробництва рослинного білку. В розвинутих країнах це необхідно, насамперед, для задоволення потреб в харчовому рослинному білку, а в промислово-розвинутих країнах – для забезпечення кормовим білком тваринництва. Важливим джерелом рослинного білку в багатьох країнах є зернобобові культури, в тому числі і горох.

В умовах диспартету цін на мінеральні добрива і продукцію рослинництва значення зернобобових культур суттєво підвищується. Їх роль в сучасному землеробстві важко переоцінити. Як азотфіксуючі культури вони збагачують ґрунт симбіотичним, практично безкоштовним азотом, що дозволяє суттєво скоротити витрати на азотні мінеральні добрива. Мікробіологічна фіксація молекулярного азоту є єдиним шляхом постачання рослинам зв'язаного азоту, при якому принципово неможливе забруднення ґрунтів і водойм нітратами. Крім того, біологічний азот недорогий, оскільки на активізацію діяльності азотфіксуючих мікроорганізмів не потребує великих енергетичних затрат.

Горох - основна зернобобова культура України. Він має немале кормове, продовольче та агротехнологічне значення, ще цінний він тим, що містить багато поживних речовин. На сьогодні сумарна площа вирощування зернобобових культур займає друге місце, на першому місці - зернові культури. В Україні площа вирощування гороху становить більше 0,4 млн. га, разом з тим на зону Степу припадає 25%. Горох дуже вимогливий до умов росту та розвитку, а саме: світла, вологи, ґрунту, тому при несприятливих умовах часто не повністю реалізує свій генетичний потенціал продуктивності.

На сучасному рівні розвитку науково-технічного прогресу пріоритетне значення набуває проблема одержання продукції з використанням енергозберігаючих технологій.

Для максимального використання потенціалу гороху, забезпечення раціонального водного і поживного режимів ґрунту, сприятливого

фітосанітарного стану посівів в зерновій сівозміні при одержанні високих врожаїв відповідної якості необхідно розробити найбільш оптимальне співвідношення способів основного обробітку ґрунту і систем удобрення з врахуванням умов господарства. Це є актуальною проблемою в зв'язку з погіршенням екологічного, енергетичного і економічного стану сільськогосподарського виробництва.

Основним засобом, що забезпечує високу врожайність зернобобових культур, є використання добрив. Головним та важливим питанням у вирішенні підвищення продуктивності гороху є удосконалення та оптимізація системи удобрення цієї культури, що є метою даної кваліфікаційної роботи.

Мета і завдання дослідження. Мета роботи – полягала у визначенні залежностей формування зернової продуктивності гороху сорту Оплот від інокуляції насіння та доз мінеральних добрив в умовах ПП «Глибочанське-ОСМТ».

Завдання включали вивчення наступних питань:

- визначення впливу інокуляції насіння та доз мінеральних добрив на продуктивність гороху;
- встановлення впливу використання різних інокуляцій насіння та доз мінеральних добрив на якісні показники зерна гороху;
- розрахувати економічну та енергетичну ефективність застосування інокуляції насіння та різних доз мінеральних добрив при вирощуванні гороху.

Об'єкт дослідження – процеси росту, розвитку та формування продуктивності гороху сорту Оплот залежно від інокуляції насіння та мінерального живлення.

Предмет досліджень – сорт гороху Оплот, інокуляція насіння, мінеральне живлення, процеси розвитку рослин гороху, формування урожайності та якості зерна гороху.

Методи дослідження: ваговий – для визначення рівня урожайності рослин гороху; візуальний – для визначення фенологічних фаз росту і розвитку рослин гороху; фізіологічний – для визначення фотосинтетичної діяльності рослин гороху; статистичні методи (дисперсійний аналіз) – для розрахунку вірогідності різниці між досліджуваними чинниками та регресійних залежностей; порівняльно-розрахунковий – для проведення економічної та енергетичної оцінки моделей технології вирощування гороху.

Перелік публікацій автора за темою досліджень:

1. Dovbysh L., Kravchuk M., Nychyporchuk M., Borovichuk V., Pichuhina K., Smarchevskyi K., The effect of foliar fertilization with Manganese and Zinc on the productivity of pea varieties with different growing seasons Scientific Collection «InterConf+». 2024. № 52 (229) P. 488-497

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота викладена на 40 сторінках комп'ютерного тексту, вона містить 9 таблиць та 1 рисунок. Складається зі вступу, 3 розділів, висновків, рекомендацій виробництву та додатків. Список використаної літератури нараховує 40 найменувань.

РОЗДІЛ 1 АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ (огляд літератури)

1.1. Значення та виробництво гороху в світі та Україні

В світі зернобобові культури складають приблизно 27% валового виробництва всіх сільськогосподарських культур, із яких одержують біля 33% білку, що використовується людиною. При цьому однією із самих відомих і розповсюджених зернобобових культур є горох посівний (*Pisum sativum* L.) [20].

Горох — цінна культура з високою продовольчою та кормовою цінністю. Його зерно містить 20–35% білка, а також крохмаль, цукри, жири, вітаміни, каротин і мінерали (калій, кальцій, марганець, залізо, фосфор). Завдяки цьому, горох є не тільки смачним і поживним продуктом, але й дієтичним та лікувальним засобом. Він сприяє виведенню солей із речовин та корисний для серцево-судинної системи. У 100 г у зерні гороху міститься 491 ккал (для порівняння, у 100 г пшениці – 457 ккал), кількість білка відповідає вмісту в сирому м'ясі. В 1 кг зерна міститься 1,17 кормових одиниць, 180–240 г перетравного протеїну, а також амінокислоти: 15,2 г лізину, 3,2 г метіоніну, 2,3 г цистину та 1,6 г триптофану. Проростки гороху багаті на вітамін Е, а зерно накопичує магній, кальцій і фосфор. Енергетична цінність зеленого горошка становить 71 ккал [5, 20, 24].

Горох має і високі кормові цінності. У розрахунку на 1 кормову одиницю він містить 150 г перетравного протеїну, забезпечуючи високу білкову поживність раціону тварин. В 1 кг зерна міститься 1,17 кормових одиниць, 180–240 г перетравного протеїну, а також амінокислоти: 15,2 г лізину, 3,2 г метіоніну, 2,3 г цистину та 1,6 г триптофану. Для годування тварин його використовують в складі концентрованих кормів, для приготування силосу, горохового сіна, нерідко використовують у вигляді зеленого корму [20, 24].

Горох цінний ще і тим, що як бобові рослини здатний засвоювати вільний азот із повітря за допомогою бульбочкових бактерій. Тому він після збирання залишає в ґрунті порівняно велику кількість біологічного азоту, а саме більше 50кг/га, що в перерахунку на аміачну селітру складає 100-150 кг цього добрива на 1 га. Вирощування гороху в сівозміні дозволяє економити 10-15% техногенної енергії, використовуючи при вирощуванні сільськогосподарських культур [38]. .

На світовому рівні горох займає посівні площі близько 8 млн га. Лідерами з вирощування є Канада (1,1 млн га) та Китай (0,75 млн га). Ця культура також активно культивується у Великій Британії, Швеції, Нідерландах, Бельгії та інших країнах.

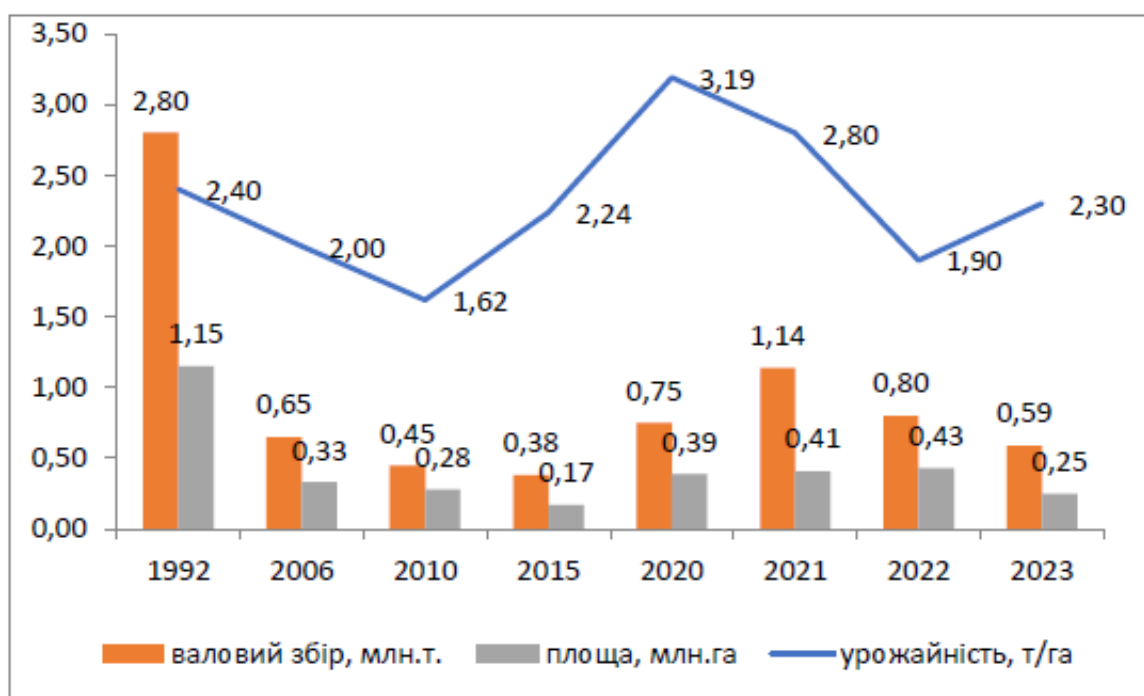


Рис. 1.1. Виробництво гороху в Україні [40].

В Україні горох вирощують на площі близько 0,4 млн га, зокрема значні площі цієї культури розташовані в Чернігівській, Сумській, Вінницькій, Київській, Хмельницькій та Черкаській областях. У деяких господарствах урожайність гороху досягає 30-50 ц/га [40].

1.2. Вплив інокуляції насіння та мінеральних добрив на формування продуктивності гороху

Основним засобом втручання в кровообіг речовин у землеробстві, підвищення врожайності сільськогосподарських культур і збереження родючості ґрунту є застосування добрив [4, 7, 14].

Значний вплив на урожайність гороху має удобрення. У сучасному світовому землеробстві мінеральні добрива є важливим чинником підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Частка добрив у формуванні врожайності сільськогосподарських культур, за даними дослідників Сполучених Штатів Америки, оцінюється за такими показниками: насіння – 8 %, добрива – 41 %, гербіциди – 16–20 %, ґрунтові умови – 15 %, інші фактори – 11–16 %, порівняно з іншими чинниками. За даними вчених-дослідників з Німеччини, вплив добрив на формування приросту врожайності складає більше 50 %. В Україні теж зустрічаються закономірності з деякими відхиленнями щодо ґрунтово-кліматичних умов [9, 14].

Проблемі мінерального живлення бобових культур присвячена ціла низка друкованих наукових праць. У програмуванні високих урожаїв гороху особливе значення має рівень мінерального азотного живлення. Однак, до теперішнього часу залишається відкритим питання щодо необхідності внесення азотних добрив під зернобобові культури [3]. На даний час у науковій літературі не існує чітко встановлених рекомендацій про доцільність внесення мінерального азоту при вирощуванні зернобобових культур [7, 21].

Горох споживає азот протягом вегетаційного періоду нерівномірно – так, до початку цвітіння засвоюється тільки 20 % від загальної кількості азоту. Під час цвітіння, утворення та росту бобів інтенсивність споживання азоту в 2,5 рази вища, ніж до цвітіння. Необхідно забезпечити горох азотом у такому розмірі, щоб уникнути пригнічення бульбочкових бактерій, і одночасно забезпечити ним формування запланованої врожайності, адже він є важливим у формуванні продуктивності [8].

Горох має відносно короткий вегетаційний період, кореневу систему слабо розвинену, тому потреба у елементах живлення висока. Для формування 1 т зерна і відповідної кількості соломи вони споживають 5,0– 6,0 кг азоту, 1,6– 2,0 кг фосфору, 2,0–3,0 кг калію. Для реалізації своєї високої продуктивності сорти вимагають створення сприятливих умов перш за все для симбіотичної фіксації азоту. Цей процес розпочинається у мікростадії ВВСН 12–13: розкриття другого справжнього листочка (з прилистком) або: розвиток другого вусика – розкриття третього справжнього листочка (з прилистком), або: розвиток третього вусика, досягаючи максимуму в мікростадії ВВСН 51–62: поява перших квіткових бруньок – 20 % квіток відкриті, і практично припиняється до ВВСН 71–77 [12, 38].

Недостатнє азотне живлення призводить до ослаблення росту, викликає загальне пригнічення рослин, а підвищене – посилює ростові процеси, сприяє утворенню занадто великої асиміляційної поверхні, подовжує тривалість вегетації, викликає вилягання посівів і вразливість хворобами та шкідниками. Про дію азотних добрив на зернобобові культури існує багато тверджень і думок. Деякі вчені говорять, що застосування добрив негативно впливає на азотфіксуючу діяльність бульбочкових бактерій рослин, тому азотні добрива взагалі краще не вносити при вирощуванні гороху [16, 17, 31].

Відмічено, що внесення мінеральних азотних добрив зменшує частку біологічно фіксованого азоту у формуванні врожайності зернобобових культур пропорційно застосованій дозі. Та доза азоту, при якій відбувалося пригнічення розвитку та формування симбіотичного апарату, залежить від виду та морфобіологічних особливостей сорту зернобобових культур, у даному випадку гороху посівного вусатого морфотипу [33]. Тому, твердження щодо доцільності застосування азотних добрив під горох передбачає, насамперед, встановлення можливого рівня формування продуктивності за рахунок процесу біологічної азотфіксації, що залежить від ґрунтово-кліматичних умов та від сортових особливостей. З метою підвищення урожайності гороху при його недостатній

активності процесу біологічної азотфіксації, виникає потреба у застосуванні азотних добрив у певних дозах [37].

Отже, одне із питань про необхідність внесення мінеральних азотних добрив при вирощування нових високопродуктивних сортів гороху посівного в різних регіонах, в тому числі й Правобережному Лісостепу України, потребує проведення відповідних досліджень та наукового обґрунтування.

У зв'язку із підвищенням урожайності і збільшенням виносу елементів живлення із ґрунту значно зросла роль мікроелементів, які є каталізаторами багатьох ферментативних процесів у рослинній клітині, крім того, вони покращують обмін речовин і позитивно впливають на урожай і якість зерна. Тому виникає потреба у дозованому окремому внесенні мікродобрив [39].

Під час програмування врожаю гороху велике значення має врахування спеціальних способів внесення добрив. Так, локальне їхнє застосування із нормою $N_{30}P_{60}K_{60}$, порівняно зі внесенням урозкид, забезпечує прибавку врожаю насіння гороху на 0,23–0,37 т/га, а поєднання локального використання з рядковим під час сівби – на 0,63 т/га. За локального внесення мінеральних добрив збільшується рівень використання азоту добрив, невраховані (або газоподібні) втрати знижуються від 23,2 до 16,5 % за поєднаного внесення добрива і 18,8 % – тільки азотних [25, 36].

Горох є культурою, що оздоровлює ґрунт, накопичує азот та поліпшує його механічний склад. За останнє століття інокулянти для бобових стали головним локомотивом довіри до біологічних препаратів [11, 31]. Їх застосування призвело не лише до підвищення урожайності культур та істотної економії фінансів, а й дозволило практично повністю виключити використання мінеральних азотних добрив у технологіях вирощування бобових [32, 33].

Застосування інокулянтів, що містять сучасні високоінтенсивні культурно-специфічні штами ризобіальних бактерій з підвищеною життєздатністю у високих концентраціях, забезпечує утворення максимальної кількості бульбочок на кореневій системі рослин, що, в свою чергу, сприяє інтенсивній фіксації азоту

з атмосфери та перетворенню його на доступну рослинам форму, що і є запорукою більших урожаїв не тільки гороху, але й всіх зернобобових культур [16]. Навіть за регулярного чергування культур та застосування мінеральних добрив інокуляція дає прибавку урожаю в середньому на 10–15 %. За умови правильної інокуляції та ефективного штаму, бактерії здатні фіксувати до 250 кг/га доступного рослинам азоту за період вегетації, частину якого використовують у сівозміні, наступні після бобової сільськогосподарської культури [14, 15, 21].

Відмічено, що при інокуляції насіння покращується ріст і розвиток гороху протягом всього вегетаційного періоду. Густота сходів при цьому була вищою та рослини гороху були більш стійкими [14, 23].

Висока екологічна і економічна ефективність нових технологій вирощування сільськогосподарських культур має забезпечуватися також за рахунок застосування мікробних препаратів, що значно покращують азотне та фосфорне живлення рослин, активізувати процеси біологічної азотфіксації та мікробіологічної мобілізації фосфору з ґрунтових резервів [18].

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Місце та умови проведення досліджень.

Дослідження впливу інокуляції насіння та різних норм мінеральних добрив на продуктивність гороху сорту Оплот проводили у виробничому досліді протягом 2022-2024 рр. у ПП «Глибочанське-ОСМТ» на дерново-підзолистому супіщаному ґрунті.

Орний шар ґрунту характеризувався такими показниками: гумус – 1,12-1,25%, рН сол. 5,2-5,3. Ґрунт має легкогідролізованого азоту – 78-83 мг, рухомого фосфору – 98-102 мг, обмінного калію – 110-117 мг на кг сухого ґрунту.

Погодні умови за роки проведення досліджень. Погодні умови за період вегетації гороху варіювали за роками досліджень. Разом з тим вони були типовими для зони Полісся, що дозволяє рекомендувати отримані результати для впровадження у зональні системи землеробства.

2.2. Програма та методика проведення досліджень.

Програмою досліджень передбачалось дослідження ростових процесів, морфогенезу та наукове обґрунтування технологічних та біологічних особливостей формування продуктивності гороху за рахунок оптимізації системи удобрення та інокуляції насіння.

Мета роботи – полягала у визначенні залежностей формування зернової продуктивності гороху сорту Оплот від інокуляції насіння та доз мінеральних добрив в умовах ПП «Глибочанське-ОСМТ».

Завдання включали вивчення наступних питань:

- визначення впливу інокуляції насіння та доз мінеральних добрив на продуктивність гороху;
- встановлення впливу використання різних інокуляцій насіння та доз мінеральних добрив на якісні показники зерна гороху;

- розрахувати економічну та енергетичну ефективність застосування інокуляції насіння та різних доз мінеральних добрив при вирощуванні гороху.

Для вирішення поставлених завдань закладали та проводили двофакторний польовий дослід (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Схема дослідів

А – інокуляція насіння	В – удобрення
1. без інокуляції	1. без добрив (контроль); 2. $N_{16}P_{16}K_{16}$; 3. $N_{32}P_{32}K_{32}$
2. інокуляція.	1. без добрив (контроль); 2. $N_{16}P_{16}K_{16}$; 3. $N_{32}P_{32}K_{32}$

Навесні перед посівом в основне удобрення вносили нітроамофоску ($N_{16}P_{16}K_{16}$), згідно схеми дослідів

Загальна площа посівної ділянки – 10 га, площі під кожним варіантом дослідження – 1 га. Сорт гороху – Оплот. Норма висіву гороху становила 1,2 млн шт. насінин на 1 га.

У господарстві попередником гороху був ячмінь ярий. Агротехніка вирощування культури була загальноприйнятою для господарства, виключення становила ділянка, де проводилися дослідів. Посів був проведений у першій декаді квітня при температурі ґрунту – 3–5°C, ширина міжряддя була 15 см, глибина заробки насіння – 4–6 см. Перед посівом провели інокуляцію насіння біопрепаратом Ризогумін (*Rhizobium leguminosarum* 31, титр бульбочкових бактерій становить $2,0 \times 10^9$ клітин у 1 г препарату) в день сівби за норми 900 г на 1 т насіння.

Методи дослідження були загально прийнятими для проведення таких досліджень [28, 29, 30].

Полюві дослідження супроводжувалися такими спостереження, обліками та аналізами:

- на фіксованих ділянках за повних сходів та у фазі повної стиглості визначали густоту стояння рослин [30];
- за фенологічними фазами росту і розвитку рослин проводили фенологічні спостереження за рослинами гороху посівного за методикою [28];
- висоту рослин вимірювали за настання кожної мікростадії росту та розвитку рослин [29];
- за Г. С. Посипановим визначали кількість і масу бульбочок;
- відбір рослин для аналізу структурних показників урожаю проводили за Методикою державного сортовипробування сільськогосподарських культур [28];
- облік урожаю проводили методом суцільного обмолоту комбайном з кожної ділянки з перерахунком на 100 % чистоту та 14 % вологість;
- економічну та енергетичну продуктивність вирощування пшениці ярої розраховували за сучасними загальноприйнятими методиками. Оцінку енергетичної ефективності елементів технології вирощування проводили згідно з рекомендаціями О.К.Медведовського і П.І.Іваненко [27]. Економічну ефективність обчислювали за технологічною картою вирощування пшениці ярої в господарстві і цінами, що склалися на 01.12.2024 р. статистичну обробку експериментальних даних проводили за загальноприйнятими методиками дисперсійного аналізу [10].

РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ НА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ ТА РОЗВИТОК РОСЛИН ГОРОХУ ПОСІВНОГО

3.1. Динаміка формування висоти рослин гороху посівного залежно Ошибка! Закладка не определена. від удобрення та інокуляції насіння

Вчасне проходження стадій росту й розвитку, які визначаються як сортовими особливостями культури, так і погодно-кліматичними умовами, роками має вирішальне значення для отримання високих і сталих врожаїв сортів гороху. Однією з найважливіших агробіологічних особливостей сільськогосподарських культур є розвиток і ріст, які показують, як генотип рослини взаємодіє з різними технологічними прийомами та агрокліматичними ресурсами регіону вирощування [9].

Висота рослин – морфологічний показник, який свідчить про умови проходження процесів росту рослин.

Удобрення позитивно впливає на висоту рослин гороху на всіх етапах їх розвитку. Доза $N_{16}P_{16}K_{16}$ забезпечує суттєвий приріст висоти в порівнянні з контролем, але при збільшенні дози до $N_{32}P_{32}K_{32}$ спостерігається ще більше підвищення, особливо у фазах інтенсивного росту та цвітіння. Найвищі рослини у фазі наливання насіння спостерігалися у варіанті $N_{32}P_{32}K_{32}$ - 57,5 см без інокуляції та 61,0 см з інокуляцією (табл. 3.1.).

Інокуляція насіння покращує висоту рослин у порівнянні з аналогічними варіантами без інокуляції. Найбільший ефект спостерігається у поєднанні з удобренням $N_{32}P_{32}K_{32}$, де висота рослин збільшується на 3,5 см у фазі наливання насіння порівняно з таким самим удобренням без інокуляції. Ефективність інокуляції особливо помітна у ранніх фазах розвитку, таких як інтенсивний ріст, збільшення висоти рослин на +1,6–2,9 см залежно від варіанту удобрення.

Найкращі результати отримано при поєднанні інокуляції та внесення підвищених доз мінеральних добрив $N_{32}P_{32}K_{32}$. У цьому варіанті висота рослин

у фазі наливання насіння сягає 61,0 см, що на 7,8 см вище, ніж у контрольному варіанті без інокуляції та добрив.

Таблиця 3.1.

Формування висоти рослин гороху залежно від удобрення та інокуляції насіння, см (середнє за 2022–2024 рр.)

Обробка насіння	Удобрення	Фази росту та розвитку			
		3 трійчастий листок	інтенсивний ріст	цвітіння	наливання насіння
Без інокуляції	без добрив (контроль)	4,8	21,7	44,1	53,2
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	7,2	24,7	46,1	55,4
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	6,3	26,2	48,6	57,5
З інокуляцією	без добрив (контроль)	5,1	22,5	44,7	53,9
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	7,3	26,1	50,5	59,8
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	7,5	29,1	51,6	61,0

Для досягнення максимальної висоти рослин, що забезпечує вищу продуктивність, рекомендовано застосовувати інокуляцію насіння у поєднанні з удобренням у дозі N₃₂P₃₂K₃₂. У регіонах із обмеженими ресурсами або менш родючими ґрунтами, ефективним варіантом є інокуляція у поєднанні з дозою N₁₆P₁₆K₁₆, яка також забезпечує суттєве збільшення висоти. Інтеграція цих заходів у загальну агротехнічну систему сприятиме підвищенню продуктивності культури гороху.

Численними дослідженнями з різними бобовими культурами встановлено, що азотні добрива пригнічують формування та функціонування симбіотичного апарату в рослин зернобобових культур; чим сильніше, тим вищі їх дози, що, в свою чергу, впливає на рівень азотфіксації. Недавні дослідження підтвердили цю закономірність і для гороху [8, 9].

Поєднання інокуляції та помірного удобрення створює оптимальні умови для формування бульбочок і підтримки їхньої активності протягом усього періоду вегетації (табл. 3.2.).

Таблиця 3.2.

Кількість бульбочок на коренях рослин гороху залежно від удобрення та інокуляції насіння, шт./рослину, г/рослину (середнє за 2022–2024 рр.)

Обробка насіння	Удобрення	Фази росту та розвитку		
		3 трійчастий листок	цвітіння	наливання насіння
Без інокуляції	без добрив (контроль)	5,2	15,2	23,5
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	2,6	22,4	17,9
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	4,8	19,4	22,4
З інокуляцією	без добрив (контроль)	11,2	33,7	41,3
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	8,4	29,1	34,6
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	12,2	31,4	39,5

Мінеральні добрива мали різний вплив на формування бульбочок у гороху, що залежить від їх дозування та фази розвитку культури. У ранніх фазах розвитку (третій трійчастий листок), внесення високих доз азоту N₁₆P₁₆K₁₆ і N₃₂P₃₂K₃₂ ускладнювало формування бульбочок через надлишок доступного мінерального азоту в ґрунті. Це знижувало активність бульбочкових бактерій, які конкурують із мінеральним джерелом азоту. У варіанті з внесенням N₁₆P₁₆K₁₆ кількість бульбочок зменшилася до 2,6 шт./рослину, що у 2 рази менше, ніж у контролі, а в N₃₂P₃₂K₃₂ – до 4,8 шт./рослину.

У фазах цвітіння та наливання насіння, удобрення сприяло збільшенню кількості бульбочок порівняно з ранніми фазами, але ці показники все одно поступаються варіантам із інокуляцією. Наприклад, у фазі цвітіння на варіанті N₁₆P₁₆K₁₆ кількість бульбочок становила 22,4 шт./рослину, тоді як на варіанті з

інокуляцією – 29,1 шт./рослину. У фазі наливання насіння кількість бульбочок у варіанті $N_{32}P_{32}K_{32}$ зростає до 22,4 шт./рослину, але вона значно менша, ніж у варіантах з інокуляцією.

Найкращі результати за кількістю бульбочок спостерігалися у варіанті з інокуляцією без добрив. У фазі наливання насіння кількість бульбочок становила 41,3 шт./рослину. Друге місце за ефективністю займає варіант із інокуляцією та удобренням $N_{32}P_{32}K_{32}$, де кількість бульбочок у фазі наливання насіння сягала 39,5 шт./рослину.

Удобрення у помірних дозах добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ у поєднанні з інокуляцією забезпечує значний приріст бульбочок, до 34,6 шт./рослину у фазі наливання насіння, підтримуючи баланс між використанням мінерального та біологічного азоту.

Інокуляція є ефективним прийомом для підвищення кількості бульбочок і покращення азотфіксації. Її слід застосовувати для всіх типів ґрунтів, особливо на ділянках із низькою природною родючістю. У разі дефіциту поживних речовин у ґрунті рекомендовано використовувати помірні дози добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$, які не пригнічують діяльність бульбочкових бактерій.

Для досягнення максимального ефекту рекомендовано поєднувати інокуляцію з помірним удобренням, що дозволить збалансувати мінеральний і біологічний азот. Застосування цих заходів сприятиме підвищенню ефективності азотфіксації, забезпеченню потреб рослин у азоті та отриманню стабільно високих врожаїв гороху.

Дані таблиці 3.4. відображають вплив інокуляції насіння та мінерального удобрення на масу бульбочок на коренях рослин гороху у різні фази розвитку.

Інокуляція насіння значно підвищує масу бульбочок на коренях рослин на всіх етапах розвитку: У фазі третього трійчастого листка маса бульбочок з інокуляцією зростає більш ніж утричі у порівнянні з варіантами без інокуляції (12,22 г проти 3,75 г у контролі). У фазі цвітіння інокуляція забезпечує збільшення маси бульбочок майже у 2,2 рази порівняно з варіантами без

інокуляції (39,66 г проти 18,05 г у контролі). У фазі наливання насіння маса бульбочок у контрольному варіанті з інокуляцією досягає 51,22 г, що є найвищим показником і вказує на активне функціонування бульбочкових бактерій до завершальних фаз вегетації.

Таблиця 3.3

**Вага бульбочок на коренях гороху залежно від інокуляції насіння та
удобрення г/ 100 рослин, (середнє за 2022–2024 рр.)**

Обробка насіння	Удобрення	Фази росту та розвитку		
		3 трійчастий листок	цвітіння	наливання насіння
Без інокуляції	Без добрив (контроль)	3,75	18,05	27,63
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	2,51	26,42	21,64
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	3,02	22,85	26,43
З інокуляцією	Без добрив (контроль)	12,22	39,66	51,22
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	9,64	33,64	40,81
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	14,43	37,3	46,82

Мінеральні добрива впливають на масу бульбочок неоднозначно: У фазі третього трійчастого листка внесення добрив (особливо N₁₆P₁₆K₁₆) пригнічує формування бульбочок через доступність мінерального азоту, що зменшує залежність рослин від біологічної азотфіксації. У фазі цвітіння маса бульбочок збільшується у варіантах із добривами, але поступається варіантам із інокуляцією. Наприклад, у фазі цвітіння маса бульбочок у варіанті N₁₆P₁₆K₁₆ без інокуляції становить 26,42 г, тоді як у варіанті з інокуляцією — 33,64 г. У фазі наливання насіння добрива N₃₂P₃₂K₃₂ сприяють зростанню маси бульбочок до 26,43 г без інокуляції та до 46,82 г з інокуляцією, що підтверджує важливість поєднання удобрення та інокуляції.

Поєднання інокуляції та мінерального удобрення дає значний результат, але ефективність залежить від дозування добрив: Найкращий результат (51,22 г у фазі наливання насіння) досягнуто у контрольному варіанті з інокуляцією без добрив, що підтверджує високу ефективність біологічної азотфіксації. Внесення добрив у помірній дозі ($N_{16}P_{16}K_{16}$) у поєднанні з інокуляцією забезпечує масу бульбочок у фазі наливання насіння на рівні 40,81 г, що також є досить високим показником.

Інокуляція насіння є обов'язковим прийомом для підвищення ефективності азотфіксації та збільшення маси бульбочок, особливо на бідних ґрунтах або в умовах обмеженого застосування добрив. У разі необхідності підживлення рекомендується застосовувати помірні дози мінеральних добрив ($N_{16}P_{16}K_{16}$), які сприяють зростанню продуктивності без значного пригнічення активності бульбочкових бактерій. Найкращі результати забезпечує поєднання інокуляції з добривами у дозі $N_{16}P_{16}K_{16}$ або $N_{32}P_{32}K_{32}$, які підтримують баланс між біологічним та мінеральним джерелами азоту. Для досягнення максимальної маси бульбочок і підвищення врожайності гороху рекомендується враховувати умови ґрунту, фазу розвитку рослин і кліматичні особливості регіону.

Як вже раніше згадувалось, одержання високих врожаїв гороху з високою якістю зерна залежить від гідротермічних умов вирощування, а також від удобрення, позакореневого підживлення та інокуляції насіння [46, 4]. У цілому, всі ці фактори впливають на показники якості зерна рослин гороху вусатого морфотипу, зокрема на основні елементи продуктивності: кількість рослин на одиниці площі, кількість бобів на одній рослині, кількість зерен у одному бобі та масу 1000 зерен [5].

А таблиці 3.4. приведені показники впливу обробки насіння гороху інокулянтами та різних рівнів удобрення на формування основних структурних елементів врожаю в середньому за три роки досліджень.

Таблиця 3.4

Структура врожаю рослин гороху залежно від досліджуваних факторів (у середньому за 2022-2024 рр.)

Обробка насіння	Удобрення	Кількість		Маса	
		бобів на одній рослині, шт.	насінин у бобі, шт.	насінин на 1 рослині, г	1000 насінин, г
Без інокуляції	Без добрив (контроль)	4,4	4,4	2,95	174,7
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	5,8	5,1	4,36	182,4
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	7,6	5,8	5,16	192,2
З інокуляцією	Без добрив (контроль)	5,1	4,8	3,79	183,6
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	7,4	5,4	5,32	193,9
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	8,8	6,1	5,87	200,6

У контрольному варіанті (без внесення добрив) кількість бобів на рослині становить лише 4,4 шт., а кількість насінин у бобі — 4,4 шт. Маса насінин на одній рослині досягає 2,95 г, тоді як маса 1000 насінин становить 174,7 г. Ці показники є найнижчими серед усіх варіантів дослідження. Застосування удобрення N₁₆P₁₆K₁₆ помітно покращує показники: кількість бобів зростає до 5,8 шт., насінин у бобі — до 5,1 шт., а маса насінин на одній рослині досягає 4,36 г. Маса 1000 насінин також зростає до 182,4 г. Максимальних результатів досягнуто при удобренні N₃₂P₃₂K₃₂: кількість бобів збільшується до 7,6 шт., кількість насінин у бобі — до 5,8 шт., маса насінин на рослині зростає до 5,16 г, а маса 1000 насінин сягає 192,2 г.

Навіть у контрольному варіанті (без добрив) показники перевищують ті, що отримані без інокуляції: кількість бобів становить 5,1 шт., насінин у бобі — 4,8 шт., маса насінин на рослині досягає 3,79 г, а маса 1000 насінин становить 183,6 г. Удобрення N₁₆P₁₆K₁₆ у поєднанні з інокуляцією сприяє суттєвому підвищенню продуктивності рослин: кількість бобів зростає до 7,4 шт., кількість насінин у бобі — до 5,4 шт., маса насінин на одній рослині досягає 5,32 г, а маса

1000 насінин – 193,9 г. Найвищі показники отримані при удобренні $N_{32}P_{32}K_{32}$: кількість бобів досягає 8,8 шт., кількість насінин у бобі – 6,1 шт., маса насінин на рослині – 5,87 г, а маса 1000 насінин – 200,6 г.

Реалізація генетичного потенціалу продуктивності рослин гороху залежить від значної кількості різних чинників, в тому числі і технологічних прийомів вирощування. Важлива роль у технології вирощування цієї культури належить особливостям застосування мінеральних добрив, в тому числі позакореневим підживленням [12].

Критерієм оцінки будь-якої технології вирощування культури залишається врожайність, а величина її повинна бути економічно виправдана і енергетично підтвердженою. Підвищити ефективність можливо за рахунок впровадження високоврожайних адаптивних сортів та вдосконалення технології їх вирощування [26, 36]. Підвищення врожайності і валових зборів гороху з високими технологічними якість як джерела кормового білка в тваринництві, а також для накопичення біологічного азоту в ґрунті, в сучасних умовах набула важливе значення. Горох має досить високий потенціал урожайності і за сприятливих погодних умов може формувати 4,0– 6,0 т/га високоякісного зерна [24].

Таблиця 3.5. показує залежність врожайності зерна гороху від обробки насіння (з інокуляцією та без неї) та удобрення (без добрив, внесення $N_{16}P_{16}K_{16}$ і $N_{32}P_{32}K_{32}$) за період 2022–2024 років.

У контрольному варіанті (без добрив) середня врожайність становить 3,06 т/га. При внесенні добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ врожайність підвищується до 3,32 т/га, що свідчить про позитивний вплив добрив. Максимальна врожайність у цьому випадку досягнута за $N_{32}P_{32}K_{32}$ і становить 3,57 т/га.

Навіть без добрив врожайність зростає до 3,55 т/га, що підтверджує ефективність інокуляції.

Поєднання інокуляції з удобренням $N_{16}P_{16}K_{16}$ забезпечує врожайність 3,77 т/га, перевищуючи показники без інокуляції.

Таблиця 3.5

**Урожайність зерна гороху залежно від досліджуваних чинників, т/га
(середнє за 2022–2024 рр.)**

Обробка насіння	Удобрєння	Урожайність, т/га (середня)	Приріст по фактору А		Приріст по фактору В	
			т/га	%	т/га	%
Без інокуляції	Без добрив (контроль)	3,06	—	—	—	—
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	3,32	—	—	0,26	8,49
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	3,57	—	—	0,51	16,54
З інокуляцією	Без добрив (контроль)	3,55	0,49	15,89	—	—
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	3,77	0,45	13,44	0,22	6,20
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	3,95	0,38	10,64	0,40	11,27
НІР ₀₅		0,15	0,09		0,11	

Найвищу врожайність у дослідженні (3,95 т/га) отримано при одночасному використанні інокуляції та удобрення N₃₂P₃₂K₃₂.

В усіх варіантах спостерігається стабільна тенденція до зростання врожайності із підвищенням рівня удобрення та використанням інокуляції, що свідчить про синергічний ефект цих факторів.

Як показують проведені нами дослідження, величини, які характеризують якість зерна гороху досить динамічні. Кількісний рівень їх зміни залежав від погодних умов та дії досліджуваних факторів: норм добрив, позакореневого підживлення та інокуляції насіння (табл. 3.6).

Збільшення рівня удобрення позитивно впливає на вміст як сирого протеїну, так і жиру у зерні гороху. Найбільший вміст протеїну (25,4%) та жиру (12,4%) досягнуто на варіанті N₃₂P₃₂K₃₂ з інокуляцією.

Використання інокуляції підвищує вміст сирого протеїну та жиру у зерні в усіх варіантах удобрення. Контрольний варіант з інокуляцією показав на 0,7% більше протеїну та 0,5% більше жиру порівняно з варіантом без інокуляції.

Таблиця 3.6

Вміст сирого протеїну та жиру у зерні гороху залежно від досліджуваних чинників, % (середнє за 2022–2024рр.)

Обробка насіння	Удобрення	Вміст сирого протеїну, %	± до контролю	Вміст сирого жиру, %	± до контролю
Без інокуляції	Без добрив (контроль)	22,3	—	10,8	—
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	23,4	1,1	11,5	0,7
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	22,8	0,5	11,9	1,1
З інокуляцією	Без добрив (контроль)	22,9	—	11,3	—
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	24,4	1,5	12,2	0,9
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	25,5	2,6	12,5	1,2

У варіантах з удобренням N₁₆P₁₆K₁₆ та N₃₂P₃₂K₃₂ приріст вмісту протеїну та жиру є стабільним. Це свідчить про ефективність підвищених норм добрив у поєднанні з інокуляцією. З інокуляцією вміст протеїну зріс на 2,1% (при N₃₂P₃₂K₃₂) порівняно з контролем, а вміст жиру збільшився на 1,2%.

Максимальні показники як протеїну, так і жиру спостерігаються у варіантах з інокуляцією та удобренням N₃₂P₃₂K₃₂. Це підтверджує, що поєднання інокуляції та інтенсивного удобрення є найбільш доцільним для підвищення якості зерна гороху.

Результати свідчать, що для досягнення високих показників якості зерна гороху (вміст протеїну та жиру) слід використовувати систему удобрення з підвищеними нормами добрив (N₃₂P₃₂K₃₂) у поєднанні з інокуляцією насіння. Це забезпечує максимальну ефективність і є перспективним підходом для впровадження у виробничу практику.

3.2. Економічна оцінка результатів досліджень

При впровадженні у виробництво того чи іншого сорту, поряд з визначенням урожайності і якості отриманої продукції, з господарської точки зору важливе місце належить оцінці економічної та енергетичної ефективності його вирощування [34].

Захід, який спрямований на приріст врожайності, тільки тоді має позитивні відгуки, коли він дає економічний ефект. Про доцільність заходу можна говорити в тому випадку, коли на витрати, пов'язані з його вирощуванням, господарство отримує додаткову продукцію, вартість якої перевищує ці витрати [34].

Ефективною технологією вирощування гороху посівного є та, яка забезпечує високий вихід сільськогосподарської продукції з 1 гектара орної землі і має високі показники якості та конкурентну спроможність на ринку. Однією з умов економічної оцінки різних технологій вирощування як гороху, так і супутніх культур сівозміни, є обов'язкові заходи, спрямовані на підвищення родючості ґрунтів, забезпечення екологічної безпечності та якості отриманої продукції [31].

Як свідчать наші дослідження, завдяки комплексному використанню всіх факторів інтенсифікації, особливо таких високовартісних, як мінеральні добрива, засоби захисту рослин, оренда землі та витрати на технічні ресурси, прирости врожайності від них повністю компенсують дані витрати і забезпечують належну рентабельність виробництва (табл. 3.7).

Таблиця демонструє показники економічної ефективності системи удобрення при вирощуванні гороху у середньому за 2022–2024 роки.

Використання інокуляції значно підвищує показники економічної ефективності. У всіх варіантах з інокуляцією спостерігається зростання урожайності, валової продукції, чистого прибутку та рівня рентабельності порівняно з варіантами без інокуляції. Найвищий рівень рентабельності (96,8%) досягнуто у третьому варіанті з інокуляцією.

Таблиця 3.7

Економічна ефективність системи удобрення при вирощуванні гороху, (у середньому за 2022-2024 рр.)

Інокуляція	Варіанти удобрення	Показники економічної ефективності					
		Урожайність зерна, т/га	Вартість урожаю, грн./га	Виробничі витрати, грн./га	Умовно чистий прибуток, грн./га	Собівартість 1 зерна, грн.	Рівень рентабельності, %
Без інокуляції	Без добрив (контроль)	3,05	19825	11425	8400	3746	73,5
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	3,31	21515	12194	9321	3684	76,4
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	3,56	23140	12937	10203	3634	78,9
З інокуляцією	Без добрив (контроль)	3,54	23010	11895	11115	3360	93,4
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	3,66	23790	12258	11532	3349	94,1
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	3,94	25610	13012	12598	3303	96,8

Рівень рентабельності поступово зростає зі збільшенням урожайності, що спостерігається у всіх варіантах. У варіантах без інокуляції рентабельність коливається від 73,5% до 78,9%, а у варіантах з інокуляцією — від 93,4% до 96,8%. Це підтверджує ефективність впровадження більш інтенсивних систем удобрення.

Найвищий чистий прибуток (12598 грн/га) зафіксовано у третьому варіанті з інокуляцією. Це свідчить про те, що поєднання найвищого рівня удобрення та інокуляції забезпечує максимальну економічну вигоду. Собівартість 1 тонни зерна зменшується з підвищенням врожайності. У варіантах без інокуляції собівартість варіюється від 3746 грн/т до 3634 грн/т, тоді як у варіантах з інокуляцією вона знижується від 3360 грн/т до 3303 грн/т. Це вказує на

ефективність системи, яка дозволяє зменшити виробничі витрати на одиницю продукції.

Найкращі економічні показники спостерігаються у третьому варіанті з інокуляцією. Високі показники урожайності, чистого прибутку та рентабельності демонструють доцільність впровадження цього варіанта у виробництво. Використання інокуляції у поєднанні з удосконаленням систем удобрення дозволяє досягти високої ефективності виробництва гороху.

Таким чином, інтенсивні системи удобрення з використанням інокуляції забезпечують найбільшу економічну вигоду та є перспективними для широкого застосування в аграрному виробництві.

3.3. Енергетична оцінка результатів досліджень

Результати енергетичного аналізу дають можливість порівняти і оцінити різні за рівнем інтенсифікації технології, визначити їх перспективність з точки зору енергозбереженням.

Для обліку сукупної енергії, витраченої на виробництво певного виду продукції, використовують енергетичні еквіваленти. Енергетичний коефіцієнт – це кількість первинної енергії (в джоулях або калоріях) яка необхідна для виконання певного виду робіт [35].

Дослідження показало, що третій варіант має найвищі показники енергетичної продуктивності, чистого енергетичного виходу та коефіцієнта енергетичної ефективності в обох роках. Це свідчить про те, що саме цей варіант є найбільш раціональним у контексті використання енергетичних ресурсів. Найвищі показники ефективності третього варіанта демонструють його здатність забезпечувати значний приріст енергетичного виходу при відносно невеликому збільшенні витрат. Такий результат є важливим у сучасних умовах, де зростає необхідність оптимізації витрат і підвищення загальної продуктивності.

Таблиця 3.8

Енергетична ефективність застосування мінеральних добрив та інокуляції насіння при вирощуванні гороху, (середнє за 2022-2024 рр.)

Інокуляція	Варіанти удобрення	Показники енергетичної ефективності			
		Вміст сукупної енергії, ГДж/га	Вихід валової енергії, ГДж/га	Чистий енергетичний прибуток, ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт
Без інокуляції	без добрив (контроль);	28,08	59,06	30,97	2,09
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ ;	29,15	65,01	35,85	2,22
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	30,27	69,95	39,67	2,30
З інокуляцією	без добрив (контроль);	29,73	63,27	33,53	2,12
	N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ ;	30,60	68,54	37,93	2,23
	N ₃₂ P ₃₂ K ₃₂	31,16	73,91	42,78	2,36

Особливу увагу заслуговує коефіцієнт енергетичної ефективності, який відображає співвідношення енергетичної продуктивності до витрат. Найвищий коефіцієнт був зафіксований у третьому варіанті (2,36). Це є свідченням того, що саме цей варіант забезпечує найбільш ефективне використання енергетичних ресурсів. Показники інших варіантів у цьому контексті також демонструють позитивну динаміку, але не досягають рівня ефективності третього варіанта. Це підкреслює важливість вибору оптимальної стратегії для максимізації продуктивності.

Результати дослідження показали, що зі збільшенням енергетичних витрат у всіх варіантах зростають як енергетична продуктивність, так і чистий енергетичний вихід. Це підтверджує ефективність інтенсивних підходів, де більше інвестованих ресурсів призводить до більш значного приросту виходу

продукції. Водночас варто відзначити, що економічна доцільність таких підходів потребує додаткового аналізу, оскільки збільшення витрат має бути виправдане високим приростом продуктивності.

Аналіз результатів дозволяє зробити висновок, що третій варіант дослідження є найбільш енергетично ефективним. Високі показники продуктивності та чистого енергетичного виходу у поєднанні з оптимальним коефіцієнтом енергетичної ефективності вказують на доцільність його впровадження у виробничий процес. Цей варіант дозволяє максимально ефективно використовувати енергетичні ресурси, забезпечуючи високу продуктивність і стійке зростання результативності з часом.

Таким чином, результати дослідження можуть бути використані для формування рекомендацій щодо вдосконалення виробничих технологій, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності у сільськогосподарському секторі.

ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень за темою кваліфікаційної роботи та детальному аналізі отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

1. Найкращі результати отримано при поєднанні інокуляції та внесення підвищених доз мінеральних добрив $N_{32}P_{32}K_{32}$. У цьому варіанті висота рослин у фазі наливання насіння сягає 61,0 см, що на 7,8 см вище, ніж у контрольному варіанті без інокуляції та добрив. Найнижчі рослини були на контрольному варіанті (без добрив та інокуляції насіння) та становили у фазу 3 трійчастого листка – 4,8 см, галуження – 21,7 см, цвітіння – 44,1 см, утворення бобів – 53,2 см.

2. Найкращі результати за кількістю бульбочок спостерігалися у варіанті з інокуляцією без добрив. У фазі наливання насіння кількість бульбочок становила 41,3 шт./рослину. Друге місце за ефективністю займає варіант із інокуляцією та удобренням $N_{32}P_{32}K_{32}$, де кількість бульбочок у фазі наливання насіння сягала 39,5 шт./рослину.

3. Інокуляція насіння значно підвищує масу бульбочок на коренях рослин на всіх етапах розвитку: У фазі третього трійчастого листка маса бульбочок з інокуляцією зростає більш ніж утричі у порівнянні з варіантами без інокуляції (12,22 г проти 3,75 г у контролі). У фазі цвітіння інокуляція забезпечує збільшення маси бульбочок майже у 2,2 рази порівняно з варіантами без інокуляції (39,66 г проти 18,05 г у контролі). У фазі наливання насіння маса бульбочок у контрольному варіанті з інокуляцією досягає 51,22 г, що є найвищим показником і вказує на активне функціонування бульбочкових бактерій до завершальних фаз вегетації.

4. Удобрення $N_{16}P_{16}K_{16}$ у поєднанні з інокуляцією сприяє суттєвому підвищенню продуктивності рослин: кількість бобів зростає до 7,4 шт., кількість насінин у бобі – до 5,4 шт., маса насінин на одній рослині досягає 5,32 г, а маса 1000 насінин – 193,9 г. Найвищі показники отримані при удобренні $N_{32}P_{32}K_{32}$: кількість бобів досягає 8,8 шт., кількість насінин у бобі – 6,1 шт., маса насінин

на рослині – 5,87 г, а маса 1000 насінин – 200,6 г.

5. У контрольному варіанті (без добрив) середня врожайність становить 3,06 т/га. При внесенні добрив $N_{16}P_{16}K_{16}$ врожайність підвищується до 3,32 т/га, що свідчить про позитивний вплив добрив. Максимальна врожайність у цьому випадку досягнута за $N_{32}P_{32}K_{32}$ і становить 3,57 т/га. Поєднання інокуляції з удобренням $N_{16}P_{16}K_{16}$ забезпечує врожайність 3,77 т/га, перевищуючи показники без інокуляції. Найвищу врожайність у дослідженні (3,95 т/га) отримано при одночасному використанні інокуляції та удобрення $N_{32}P_{32}K_{32}$.

6. Збільшення рівня удобрення позитивно впливає на вміст як сирого протеїну, так і жиру у зерні гороху. Найбільший вміст протеїну (25,4%) та жиру (12,4%) досягнуто на варіанті $N_{32}P_{32}K_{32}$ з інокуляцією.

7. Рівень рентабельності поступово зростає зі збільшенням урожайності, що спостерігається у всіх варіантах. У варіантах без інокуляції рентабельність коливається від 73,5% до 78,9%, а у варіантах з інокуляцією — від 93,4% до 96,8%. Це підтверджує ефективність впровадження більш інтенсивних систем удобрення. Найвищий чистий прибуток (12598 грн/га) зафіксовано у третьому варіанті з інокуляцією. Найвищий коефіцієнт був зафіксований у третьому варіанті (2,36).

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

В умовах господарства для одержання врожаїв зерна гороху на рівні 3,95 т/га, зі вмістом у зерні сирого протеїну 25,4 %, можна рекомендувати для вирощування сорти гороху типу Оплот з дотриманням наступної технології вирощування:

– в основне удобрення вносити $N_{32}P_{32}K_{32}$ та проводити передпосівну обробку насіння Ризогуміном або аналогічним препаратом. Норма витрати препарату становить 300 г на 1 га норму насіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Безуглий І.М. Аналіз сортової структури посівних площ гороху в Харківській області / І.М. Безуглий // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. – 2015. – Вип. 11. – С. 21-27.
2. Вешицький В.А., Давидова О.Є., Мокринський В.М. Ефективність використання нових агрохімікатів в рослинництві та кормовиробництві // Збірник наукових праць Уманської державної аграрної академії. – Вип. 55. – 2014. – С. 67-81.
3. Волкогон В.В. Шляхи активізації процесу асоціативної азотфіксації в агроценозах / В.В. Волкогон, В.В. Скорик // Інститут сільськогосподарської мікробіології НААН. – 2009. – № 69. – С. 7-36.
4. Гетьман С.В. Сучасна технологія вирощування гороху та сої / С.В. Гетьман // Зерно. – 2015. – №4. – С. 66-68.
5. Гончар Т.М. Особливості формування індивідуальної та зернової продуктивності гороху залежно від системи захисту захисту в умовах правобережного Лісостепу України // Корми і кормовиробництво. – 2008. – Вип. 60. – С.56-61.
6. Городній М.М., Макаренко В.М., Кудрявицька А.М. Оцінка ефективності застосування кристалону особливого та азотних добрив при підживленні пшениці озимої сорту Миронівська 61 на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті північного Лісостепу України // Науковий вісник національного аграрного університету. – Вип. 84. – 2005. – С. 201-206.
7. Городній М.М., Присташ І.В., Скрипка О.С., Овчинка В.В. Оптимізація живлення та удобрення кукурудзи на зерно // Науковий вісник національного аграрного університету. – Вип. 84. - 2005. – С. 207-212.
8. Дворецька С.П. Вплив агрометеорологічних умов на формування продуктивності сортів гороху / С.П. Дворецька, Т.М. Рябокінь, Т.В. Каражбей // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН» – К.: ВП

«Едельвейс», 2016. – Вип. 1. – С. 36-45.

9. Дворецька С.П. Особливості формування елементів продуктивності рослин гороху, залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування культури // С.П. Дворецька, Т.М. Рябокінь, Г.М. Єфіменко, та ін. / Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН» – К.: ВП «Едельвейс», 2014. – Вип. 3. – С. 56-66.

10. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навчальний посібник / [В. О. Ушкаренко, В. Л. Нікіщенко, С.П. Голобородько, С. В. Коковіхін]. – Херсон : Айлант, 2008. – 272 с

11. Дідур І.М. Оптимізація моделей технологій вирощування гороху на зерно в умовах правобережного Лісостепу України / І.М. Дідур // Наукове видання. Корми і кормо виробництво. – 2008. – № 63 – С. 251-258.

12. Дідур І.М. Формування урожайності та якості зерна гороху залежно від впливу вапнування, позакореневих підживлень та способів збирання в умовах Лісостепу правобережного. – Автореферат: спец. 06.01.09 - рослинництво – Вінниця, 2009. – 20 с.

13. Дірк Раков. Позакореневі підживлення: маленькі елементи з великим впливом // Пропозиція. – 2004. - № 4. – С. 46-47.

14. Заболотний Г. М. Вплив мінеральних добрив та мікродобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої в умовах Лісостепу правобережного / Г. М. Заболотний, В. І. Циганський, О. І. Циганська // Збірник наукових праць «Агробіологія». – Біла Церква, 2015. - Вип. 2 (121). – С. 130 – 133.

15. Заболотний Г. М. Симбіотична продуктивність сої залежно від рівня удобрення в Правобережному Лісостепу / Г. М. Заболотний, В. І. Циганський, О. І. Циганська // Збірник наукових праць Національного наукового центру “Інститут землеробства НААН”. – К.: ВП “Едельвейс”, 2015. – Вип. 4. – С. 66 – 71.

16. Заболотний Г.М. Фотосинтетична продуктивність сої залежно від рівня

удобрення та застосування комплексу мікроелементів /Г.М.Заболотний, О.І.Циганська, В.І. Циганський/ Наукові доповіді НУБІП, Київ, 2018 - №5 (75).

17. Ільєнко О.В. Формування врожайності гороху вусатого морфологічного типу під впливом добрив та норм висіву насіння в умовах північного Степу / О.В. Ільєнко // Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. – 2013. – №4. – С. 33-37.

18. Іщенко В.А. Урожайність насіння гороху при застосуванні біологічно активних речовин в умовах північного Степу України / В.А. Іщенко // Вісник Донецького Національного університету. Сер. А: Природничі науки. – 2009. – Вип. 1. – С. 557-561

19. Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Паламарчук В. Д., Поліщук І.С. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві. Підручник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 с.

20. Калінчик І.М. Конкурентоспроможність виробництва зернових в Україні // Матеріали науково-практичної конференції молодих вчених і спеціалістів. – Чабани, 2005. – С.136-137.

21. Камінський В.Ф. Вплив передпосівної обробки насіння мікроелементами та біологічними препаратами на урожайність гороху / В.Ф. Камінський, С.П. Дворецька, Т.П. Костина // Зб. наук. праць ННЦ «Інститут землеробства НААН» – К.: ВД "Едельвейс", 2012. – (вип. 1-2). – С. 82-87.

22. Камінський В.Ф. Формування урожаю сортів гороху залежно від рівня інтенсифікації технології вирощування у Північному Лісостепу // В.Ф. Камінський, С.П. Дворецька, Т.М. Рябокін, Т.В. Каражбей / Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – К.: ВП «Едельвейс», 2015. – Вип. 4. – С. 59-65.

23. Лихочвор В.В. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур: Навчальний посібник / В.В.Лихочвор, В.Ф.Петриченко. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.

24. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І.С. Новітні агротехнології у

рослинництві. Вінниця, 2017. – 588 с. (гриф ВНАУ Протокол №12 від 16.06.2017)

25. Манаєва Н.Н. Урожайність гороху залежно від строків і способів застосування азотних добрив та системи захисту рослин / Н.Н. Манаєва // Карантин і захист рослин. – 2014. – №12. – С. 4-5.

26. Мацибора В.І. Економіка сільського господарства: Підручник. – К.: Вища школа, 1994. – С. 136-153.

27. Медведовський О.В. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві / О.В. Медведовський, П.І. Іваненко – К.: Урожай, 1991. – 217 с.

28. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. – Київ, 2000. – Вип..1. – 100 с.

29. Методичні вказівки щодо проведення польових досліджень і вивчення технології вирощування зернових культур. – Чабани: Інститут землеробства УААН, 2001. – 22 с

30. Основи наукових досліджень в агрономії / В.О. Єщенко, П.Г. Копитко, В.П. Опришко, П.В. Костогриз: За ред. В.О. Єщенка. – К.: Дія, 2005. – 288 с.

31. Паламарчук В. Д., Климчук О. В., Поліщук І.С., Колісник О.М., Борівський А.Ф. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур: Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2010. 636 с.

32. Паламарчук В. Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Підручник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2013. 725 с.

33. Паламарчук В. Д., Поліщук І.С., Єрмакова Л.М., Каленська С.М. Системи сучасних інтенсивних технологій (2-ге видання виправлене та доповнене). Навчальний посібник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2012. 370 с.

34. Пархомець М. К., Гудак В. В. Організаційно-економічний механізм забезпечення дохідності сільськогосподарських підприємств: теорія, методика, практика: монографія. Тернопіль: ТНЕУ, 2014. 256 с.

35. Перебийніс В. І., Федірець О. В. Енергетичний фактор забезпечення

конкурентоспроможності продукції: монографія. Полтава: ПУЕТ, 2012. 190 с.

36. Петриченко В.Ф., Антипін Р.А. Фотосинтетична продуктивність гороху залежно від впливу технологічних прийомів вирощування в умовах Лісостепу України // Корми і кормовиробництво. – 2006. – Вип. 57. – С.3-14.

37. Петриченко В.Ф., Камінський В.Ф., Патики В.П. Бобові культури і сталий розвиток агро екосистем // Корми і кормовиробництво. – 2003. – Вип. 51. – С.3-6.

38. Рябокін Т.М. Вплив факторів інтенсифікації на фотосинтетичну діяльність посівів гороху // Т.М. Рябокін / Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН» – К.: ВП «Едельвейс», 2015. – Вип. 1. – С. 47-56

39. Таран Н. Ю., Ситар О. В., Новицька Н. В., Каленська С. М., Ганчурін В. В. Нанотехнології в сучасному сільському господарстві. Фізика живого. 2010. Т. 18. № 3. С. 113–116.

40. <https://superagronom.com/news/17124-virobnitstvo-gorohu-v-ukrayini-znachno-skorotilos-cherez-viynu>

ДОДАТКИ

РЕЗУЛЬТАТИ ДИСПЕРСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДВОФАКТОРНОГО ДОСЛІДУ 2Х3

ДИСПЕРСІЯ	Сума квадратів	Ступені свободи	Середній квадрат	F-факт.	F-табл.
ЗАГАЛЬНА	2,29	17	-	-	-
ПОВТОРЕНЬ	0,73	2	-	-	-
ФАКТОРНА	1,49	5	0,30	43,87	3,3
ФАКТОР А	0,86	1	0,86	127,10	4,9
ФАКТОР В	0,62	2	0,31	45,48	4,1
ВЗАЄМОДІЇ АВ	0,01	2	0,00	0,64	4,1
ЗАЛИШКОВА (ПОХИБКИ)	0,07	10	0,01		

СЕРЕДНІ ЗНАЧЕННЯ І НІР

ФАКТОР А	ФАКТОР В			Середні по А
	1	2	3	
1	3,06	3,32	3,57	3,32
2	3,55	3,77	3,95	3,76
Середні по В	3,31	3,55	3,76	3,54

T-коэф.= 2,2281389

НІР = 0,15 ДЛЯ ОЦІНКИ ІСТОТНОСТІ РІЗНИЦІ ЧАСТКОВИХ СЕРЕДНІХ

НІР = 0,09 ДЛЯ ОЦІНКИ ІСТОТНОСТІ РІЗНИЦІ СЕРЕДНІХ ПО ФАКТОРУ А

НІР = 0,11 ДЛЯ ОЦІНКИ ІСТОТНОСТІ РІЗНИЦІ СЕРЕДНІХ ПО ФАКТОРУ В І АВ