

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД**  
**«ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**МАКСИМОВ ДМИТРО ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 631.51: 631.81: 631.543.2: 631.67: 635.652.2

**УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ ЗЕРНА КВАСОЛІ ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБІТКУ  
ГРУНТУ, МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ І ШИРИНИ МІЖРЯДДЯ ПРИ  
ЗРОШЕННІ**

06.01.02 – сільськогосподарські меліорації

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата сільськогосподарських наук

Херсон – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державному вищому навчальному закладі «Херсонський державний аграрний університет».

**Науковий керівник:** доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН  
**Ушкаренко Віктор Олександрович,**  
Державний вищий навчальний заклад «Херсонський державний аграрний університет», завідувач кафедри землеробства.

**Офіційні опоненти:** доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
**Малярчук Микола Петрович,**  
Інститут зрошуваного землеробства НААН, головний науковий співробітник відділу зрошуваного землеробства;

доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
**Васюта Володимир Вікторович,**  
Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України, головний науковий співробітник відділу зрошення і дренажу.

Захист відбудеться «30» листопада 2018 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 67.830.01 у Державному вищому навчальному закладі «Херсонський державний аграрний університет» (73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23), аудиторія 104.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет» (73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23), головний корпус.

Автореферат розіслано «29» жовтня 2018 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,  
кандидат сільськогосподарських наук, доцент \_\_\_\_\_ А.В. Шепель

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Особливою популярністю в даний час користуються бобові культури так названого нішового кластеру, це нут, сочевиця, маш та квасоля, які в повній мірі задовольняють потреби людини в продовольчому білку. Квасоля звичайна здатна не тільки формувати високі врожаї зерна в умовах незрошуваного і зрошуваного землеробства, а й акумулюючи азот в ґрунті поліпшувати енергетично-економічний баланс в господарстві. Завдяки високій адаптивній здатності квасоля в сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва відіграє особливе значення в збалансуванні продовольчого кошика людини та частковому розв'язанні проблеми нестачі продовольчого білка.

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

За кольором насінневої оболонки у нашій країні споживачі люблять білий, але з розвитком світових кулінарних традицій, в побут входе нове забарвлення – чорне. Таку квасолю називають Прето - (*Preto, Black Turtle, Frijol negro, Feijao preto*) - невелика квасоля, шовковисто-чорного кольору зовні. Вона має ніжну і при цьому щільну текстуру, солодкуватий смак з легкою гіркуватістю і приємним ягідним ароматом.

Квасоля Прето відноситься до виду квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris*). Вона дуже поширена в латиноамериканській кухні - використовується, і в м'ясних і овочевих стравах, в супах і супових сумішах, в рагу, салатах, а також в обсмаженому вигляді. Квасоля має щільну, м'ясисту текстуру, що робить її популярною у вегетаріанських стравах. Ця квасоля становить основу бразильської кухні, бразильці готують з неї «фейжоаду» - головну національну страву. Вирощується вона в промислових обсягах в Канаді, США, Китаї.

Квасоля здатна до симбіозу з ризобіями. При сприятливих умовах (оптимальне рН та вологість ґрунту, температура повітря, достатня забезпеченість макро- і мікроелементами, наявність активного штаму бактерій) засвоює з повітря за вегетацію 150-200 кг/га азоту.

Квасоля більш посухостійка культура, ніж горох і сочевиця. Особливо вибаглива до вологи в період проростання (необхідно 100-120% води від маси насіння), а також при цвітінні та зав'язуванні бобів. При перезволоженні під час наливу зерна ріст квасолі припиняється, затримується дозрівання, що є причиною поширення грибних хвороб і зниження врожаю. Посуха в період цвітіння і дозрівання призводить до обпадання квіток та молодих бобів, формування мілкого насіння.

Не дивлячись на високий експортний потенціал та природно-кліматичні умови вирощування квасолі звичайної в Україні не набуло великих обсягів й надалі вона залишається культурою присадибних ділянок. Ця тенденція ґрунтується на недосконалих прийомах вирощування, особливо в зрошуваних умовах Південного Степу України, водночас розкриття генетичного потенціалу рослин дасть змогу сільськогосподарським підприємствам одночасно поліпшити фізичні властивості ґрунту, їх поживний режим, збільшити в структурі посівних площ питому вагу

бобових культур та підвищити фінансові надходження від продажу.

Зазначені позитивні сторони вирощування квасолі звичайної та недоліки в технологічному комплексі вирощування цієї культури обумовили актуальність теми дисертаційного дослідження, його мету та завдання.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Експериментальні дослідження дисертаційної роботи були складовою частиною тематичних планів НДР Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет»: «Агроекологічні та біологічні основи інтенсифікації вирощування зернобобових культур в Степу України та ідентифікація сортів за рівнем адаптації до несприятливих факторів зовнішнього середовища» (державна реєстрація №0111 U 010248); «Удосконалення, розробка та впровадження ресурсощадних і еколого-безпечних адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах півдня України» (номер державної реєстрації 0114 U 002499) та «Стратегічні напрямки розвитку адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур за умов обмеженості природних і матеріальних ресурсів» (номер державної реєстрації 0117 U006764), де автор був безпосереднім виконавцем досліджень.

**Мета й завдання досліджень.** Метою дисертаційної роботи була розробка технологічних прийомів вирощування зерна квасолі звичайної в зрошуваних умовах Південного Степу України, що забезпечить збереження та поліпшення ґрунтових умов, дасть можливість отримувати високоліквідний врожай зерна.

До завдань досліджень входило:

- дослідити зміну водно-фізичних властивостей ґрунту на посівах квасолі залежно від досліджуваних прийомів вирощування;
- визначити умовне споживання основних елементів живлення з ґрунту квасолею звичайною залежно від факторів, взятих на вивчення;
- провести спостереження за ростом і розвитком рослин квасолі звичайної залежно від досліджуваних прийомів вирощування;
- дослідити зміну структурних елементів квасолі звичайної залежно від глибини основного обробітку ґрунту, фону живлення та ширини міжряддя;
- визначити рівень врожаю зерна квасолі звичайної залежно від агротехнологічних факторів, взятих на дослідження;
- проаналізувати зміни вмісту та виходу білка з посівів квасолі звичайної залежно від досліджуваних факторів;
- провести математичний аналіз отриманих даних в польових дослідках та побудувати математичні моделі процесу формування врожаю зерна квасолею звичайною;
- визначити сумарне водоспоживання та ефективність використання вологи рослинами квасолі звичайної в польових дослідках;
- розрахувати економічну та енергетичну ефективність вирощування зерна квасолі звичайної залежно від досліджуваних прийомів вирощування.

*Об'єкт досліджень:* процеси зміни фізико-хімічних властивостей ґрунту, росту, розвитку, формування продуктивності рослин, врожаю та якості зерна квасолі звичайної залежно від глибини оранки, дози мінеральних добрив та ширини

міжряддя.

*Предмет досліджень:* квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris*); темно-каштановий ґрунт; глибина оранки, дози мінеральних добрив, ширина міжряддя, економічні та енергетичні параметри технології вирощування культури.

**Методи досліджень.** Протягом проведення наукових досліджень були використані наступні методи: історичний - для ретроспективного узагальнення наукових досягнень вітчизняних та закордонних вчених щодо вивчення прийомів вирощування квасолі звичайної; польовий короткотривалий багатофакторний дослід - для визначення зміни біометричних, фізіологічних та репродуктивних показників культури; лабораторний – для визначення фізично-хімічних властивостей ґрунту, структури та якості врожаю зерна; розрахунковий – для оцінки економічної та енергетичної ефективності вирощування культури; статистичний – для проведення дисперсійного, регресійного, кореляційного аналізів та статистичної обробки результатів досліджень; програмування – для побудови математичних моделей формування врожаю зерна квасолі звичайної за різних елементів агротехнологічного комплексу вирощування культури.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Розроблено та впроваджено у виробництво прийоми вирощування квасолі звичайної в умовах Південного Степу України, що забезпечує збереження та поліпшення фізичних властивостей ґрунту, обумовлює зміну структури посівних площ до рекомендованих обсягів (збільшення частки бобових культур у сівозміні), формування сталих і якісних урожаїв зерна високоліквідної культури. Проаналізовано та всебічно обґрунтовано елементи технологічного комплексу (глибина оранки, доза мінеральних добрив, ширина міжряддя) вирощування квасолі звичайної при зрошенні. Здійснено багатогранний математичний аналіз та моделювання прийомів вирощування культури, які представлені сукупністю науково-прикладних положень, що виносяться на захист, зокрема:

*вперше:*

- досліджено особливості росту, розвитку та формування врожаю зерна квасолі звичайної в умовах Південного Степу України при зрошенні водами II класу якості;
- створено математичні моделі моделювання розвитку результуючого фактора (рівень урожаю) залежно від зміни досліджуваного елемента технології вирощування культури;

*удосконалено:*

- елементи агротехнологічного комплексу вирощування квасолі звичайної: глибина оранки, доза мінеральних добрив, ширина міжряддя;
- параметри досліджуваних прийомів вирощування на фізичні властивості, поживний режим ґрунту та елементи продуктивності рослин;

*набули подальшого розвитку:*

- вітчизняні та світові тенденції розвитку зрошувального землеробства, способи регулювання насиченості сівозмін бобовими культурами.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати наукових досліджень впроваджено у СК «Радянська земля» Білозерського району Херсонської області у 2014-2016 рр. на площі 1,5 га; ФГ «Роксолана» Білозерського району Херсонської області у 2017 рр. на площі 1,0 га; ФГ «Восток» Білозерського району Херсонської області у 2017 році на площі 2,5 га; ТОВ «Аграрна зона»

Високопільського району Херсонської області у 2017 році на площі 1,5; СВК «Агро лідер» Білозерського району Херсонської області у 2018 році на площі 2,0 га; в установах Південного наукового центру Національної академії наук і Міністерства освіти і науки України.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є результатом особистого наукового дослідження автора. Дисертантом, разом з науковим керівником, розроблено схему та програму досліджень. Автором проведено аналітичний огляд літературних джерел з досліджуваних питань; закладено польові досліди; проведено спостереження, лабораторні аналізи, узагальнення, статистична обробка експериментального матеріалу; розраховано економічну та енергетичну ефективність; розроблені науково-обґрунтовані основні положення дисертації, висновки та рекомендації виробництву.

**Апробація результатів дисертації.** Основні та проміжні результати досліджень доповідалися, обговорювалися й отримали позитивну оцінку на науково-практичних конференціях, зокрема: щорічних наукових конференціях викладачів і аспірантів агрономічного факультету ДВНЗ «ХДАУ» (м. Херсон, 2014-2018 рр.); Регіональній науково-практичній інтернет-конференції «Зрошуване землеробство: сьогодення, проблеми, перспективи» до 80-річчя з дня народження Ківера Володимира Хомича, доктора сільськогосподарських наук, професора, член-кореспондента НААН України (м. Дніпро, 2-3 листопада 2017 р., Дніпровський державний аграрно-економічний університет); Научно-практической конференции «Роль мелиорации и водного хозяйства в обеспечении устойчивого развития земледелия» (21 февраля 2018 года, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», г. Новочеркасск); Международной научной конференции, приуроченной к 90-летию со дня рождения академика Э.Д. Неттевича «Достижения и перспективы селекции сортов и разработки технологии возделывания зерновых и зернобобовых культур» (22-23 марта 2018 г., г. Москва, Инновационный центр «Сколково»); Наукова інтернет-конференція «Інноваційні технології в рослинництві» (15 травня 2018 р., м. Кам'янець-Подільський); Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток природничих наук: проблеми та рішення», на базі Університету імені Менделя (Чеська Республіка, м. Брно, 27–28 квітня 2018 р.).

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 16 наукових праць, з них 3 - у фахових виданнях України, 1 – у виданнях Web of Science, 2 – у закордонних та 2 – патенти на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота включає наступні структурні елементи: титульний аркуш, анотацію українською та англійською мовами, зміст, вступ, 6 розділів, висновки, рекомендації виробництву, список використаних джерел і додатки, має обсяг 188 сторінок комп'ютерного тексту, з яких 106 - основна частина. У роботі наведено 38 додатків, 6 рисунків, 37 таблиць. Список використаних джерел нараховує 242 найменування, з них 59 - латиницею.

## ЗМІСТ РОБОТИ

### ВСТУП

У вступі обґрунтовано необхідність і актуальність виконання роботи, її наукову

новизну, практичну цінність, відображено результати апробацій та наведено обсяг публікацій.

### **ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ДОСЛІДЖУВАНИХ ПИТАНЬ**

У розділі проаналізовано стан вивченості питань, результати досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених з впливу глибини основного обробітку ґрунту, мінеральних добрив, ширини міжряддя на ріст, розвиток та продуктивність квасолі.

### **МІСЦЕ, УМОВИ, МЕТОДИКА ТА АГРОТЕХНІКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Дослідження з удосконалення елементів технології вирощування квасолі в умовах півдня України проводили шляхом закладання трифакторного польового досліду на землях сільськогосподарського кооперативу «Радянська земля» Білозерського району Херсонської області (46°42'24.90"N 32°16'27.77"E, висота над рівнем моря 37 м).

Польові досліди було закладено в чотириразовій повторності. Розташування варіантів здійснювали методом розщеплених ділянок з частковою рендомізацією. Облікова площа ділянок третього порядку – 159,6 м<sup>2</sup>. При проведенні досліджень керувалися загальноновизнаними методиками польових дослідів.

У польових дослідах вивчали такі фактори та їх варіанти:

Фактор А – глибина оранки, см: 20-22 та 28-30;

Фактор В – фон живлення, кг/га діючої речовини: Без добрив; N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>; N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>;

Фактор С – ширина міжряддя, см: 15; 30; 45; 60.

Облік опадів за вегетаційний період культури проводили за показниками дощоміра, який був встановлений на дослідному полі. Температуру, відносну вологість повітря – фіксували за даними метеостанції м. Херсон.

Проведення дослідів супроводжувалось аналізом зразків ґрунту, спостереженнями за рослинами і метеорологічними умовами. Всі обліки, та спостереження проводили у двох несуміжних повтореннях.

Технологія вирощування квасолі була загальноновизнаною для умов Південного Степу України, за винятком факторів, які досліджували.

Після збирання попередника (пшениця озима) проводили дворазове дискування стерні на глибину 6-8 та 10-12 см. Основний обробіток ґрунту виконували згідно схеми досліду. Під оранку вносили мінеральні добрива згідно схеми дослідів. Через два тижні з метою знищення бур'янів і вирівнювання ґрунту проводили суцільну культивуацію на глибину 12-14 см. Весною при настанні фізичної стиглості ґрунту проводили боронування БЗСС-1,0.

Передпосівну культивуацію виконували на глибину загортання насіння. Сівбу виконували на глибину 5-7 см трактором МТЗ-80 з сівалкою СЗ-5,4 «Акорд» нормою 400 тис. шт/га схожих насінин. Насіння за 1-2 години до сівби обробляли біопрепаратами високоефективних штамів бульбочкових бактерій. Після сівби до сходів культури вносили ґрунтовий гербіцид Гезагард 500 FW к.с. нормою 3,0 л/га. Проти шкідників у фазу «бутонізація - початок цвітіння» вносили інсектицид Нурел Д нормою 1,0 л/га.

Вологість ґрунту в період вегетації культури підтримували на рівні 75-80%НВ в активному шарі ґрунту (0-50 см). Поливи здійснювали дощувальною машиною

ДДА-100 МА. За 2014 рік було проведено 2 поливи нормою 500 та 1 -450 м<sup>3</sup>/га, у 2015 році – 2 поливи нормою 500 м<sup>3</sup>/га, у 2016 році – 3 поливи нормою 450 м<sup>3</sup>/га.

Перед збиранням посіви обробляли неселективним контактним десикантом Реглон Супер 150 SL, РК нормою 2,0 л/га. Збирання врожаю проводили прямим комбайнуванням при повному дозріванні бобів.

### **ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ**

Створення сприятливих умов для росту та розвитку підземної частини (кореневої) за рахунок оптимізації фізичних властивостей є головним завданням обробітку ґрунту. Водночас, для кожної сільськогосподарської культури значення щільності складення ґрунту різне. Воно залежить від гранулометричного складу, вмісту органічних речовин, структурного стану ґрунту тощо.

Щільність складення ґрунту та його пористість суттєво залежала від глибини основного обробітку та строку визначення, зменшуючись від сівби до збирання культури. Найбільш оптимальні умови в шарі ґрунту 0-30 см склалися за оранки на глибину 28-30 см. Щільність складення ґрунту за цих умов на час сівби складала - 1,21, в період збирання - 1,29 г/см<sup>3</sup>, а пористість 54,1 та 50,9%, відповідно.

Водопроникність ґрунту за перший час визначення найвищою була за оранки на глибину 28-30 см, як на час сівби – 2,63, так і збирання – 1,89 мм/хв. За цих умов спостерігалася найбільша кількість поглинутої води за першу годину визначення – 157,7 та 113,4 мм, відповідно.

Найкращі умови для споживання рослинами квасолі звичайної з шару ґрунту 0-50 см лужногідролізованого азоту - 106,1, рухомого фосфору – 22,0 мг/кг ґрунту були за оранки на глибину 28-30 см, внесенні мінеральних добрив у дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та ширини міжряддя 15 см.

За оранки на глибину 28-30 см, внесенні мінеральних добрив дозою N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та ширини міжряддя 15 см відзначилось найбільше споживання лужногідролізованого азоту в розрахунку на одиницю врожаю зерна квасолі звичайної - 52,0 кг/т. Рухомого фосфору найбільше витрачалось на одиницю врожаю зерна - 11,0 кг/т у варіанті оранки на глибину 28-30 см, ширині міжряддя 15 см без внесення мінеральних добрив.

### **РІСТ І РОЗВИТОК КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДАХ**

Температурний режим повітря та вологість ґрунту є визначальними показниками, які обумовлюють ріст та розвиток рослин квасолі протягом онтогенезу: визначають швидкість появи сходів, тривалість міжфазних періодів тощо. Згідно отриманих за час проведення польових досліджень результатів найтриваліший вегетаційний період квасолі звичайної – від сходів до повної стиглості, був в 2016 році – 99 діб із сумою ефективних температур (>5°C) 1435,2°C.

Інтенсивність ростових процесів у квасолі обумовлюється генетичними особливостями та технологічними прийомами вирощування. Досліджувані прийоми вирощування на початкових фазах росту та розвитку не впливають на ростові процеси, це обумовлено повільним розвитком кореневої системи та незначною здатністю споживання поживних речовин.

Одночасне надходження інтенсивної сонячної інсоляції на фоні зрошення та



застосування агротехнологічних прийомів вирощування свідчить, що досліджувані глибини основного обробітку ґрунту суттєво не вплинули на висоту рослин кvasолі звичайної в фазу цвітіння та повної стиглості зерна (табл. 1).

Таблиця 1

**Висота рослин кvasолі звичайної у фазу цвітіння залежно від досліджуваних факторів, см**

Середнє за 2014-2016 рр.

Глибина оранки, см (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Ширина міжряддя, см (фактор С)				Середнє
		15	30	45	60	
20-22	Без добрив	28,7	32,3	36,1	40,8	<b>34,5</b>
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	32,7	36,7	40,0	43,6	<b>38,2</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	36,1	41,3	44,9	47,8	<b>42,5</b>
<b>Середнє</b>		<b>32,5</b>	<b>36,8</b>	<b>40,3</b>	<b>44,1</b>	<b>38,4</b>
28-30	Без добрив	29,8	32,9	37,2	42,1	<b>35,5</b>
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	33,6	38,2	40,8	44,9	<b>39,4</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	37,0	42,4	45,9	48,9	<b>43,5</b>
<b>Середнє</b>		<b>33,5</b>	<b>37,8</b>	<b>41,3</b>	<b>45,3</b>	<b>39,5</b>

НІР<sub>05</sub>, см в роки досліджень складала: для фактора А – 0,42-0,56; В – 0,51-0,68; С – 0,59-0,78; взаємодії АВ – 0,72-0,96; АС – 0,84-1,11; ВС – 1,02-1,36; комплексної дії АВС – 1,45-1,92.

Експериментальні дослідження дали можливість встановити, що у фазу цвітіння при збільшенні ширини міжряддя та густоти стояння рослин виникає конкуренція між ними у рядках у зв'язку із їх значним збільшенням. Боротьба за основні фактори життя примушує рослини до витягування, що у майбутньому позначається на їх продуктивності. Так, за звичайної рядкової сівби з міжряддям 15 см висота рослин, в середньому по досліді, складала 32,5-33,5 см. Сівба кvasолі звичайної з шириною міжряддя 30 см сприяла збільшенню висоти рослин на 13,0% порівняно з попередніми значеннями. Збільшення ширини міжряддя до 45 см визначило формування рослин кvasолі від 36,1 до 45,9 см, а максимальних значень – від 40,8 до 48,9 см – за ширини міжряддя 60 см.

Мінеральні добрива, особливо азотні, є основним будівельним «матеріалом» для нових органів рослин, тому підвищення доз внесення є основною причиною збільшення висоти рослин. Найменші рослини кvasолі звичайної були на неудобреному фоні – за рахунок низької природної родючості. За таких умов їх висота коливалась від 28,7 до 42,1 см. Незважаючи на те, що кvasоля відноситься до бобових культур, здатних до азотфіксації, внесення N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> забезпечило зростання висоти рослин на 10,9%. Максимальних показників висота рослини кvasолі звичайної досягала за внесення N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>, що склало, в середньому по досліді, від 36,1 до 48,9 см.

Під час онтогенезу рослини кvasолі звичайної змінювалися не лише лінійно, але й якісно. Так, на час фази утворення бобів площа листкової поверхні мала найбільші свої показники. Досліджуваний прийом вирощування, а саме глибина оранки, не мав істотного впливу згідно проведеного дисперсійного аналізу (табл. 2). Водночас, мінеральні добрива істотно вплинули на розвиток асиміляційного апарату з найвищими значеннями при дозі N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>, де вони склали від 38,23 до

49,70 тис. м<sup>2</sup>/га. Зменшення дози внесення мінеральних добрив до N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> суттєво позначилося на площі листової поверхні, яка зменшилася на 7,5%, або коливалась від 36,42 до 45,99 тис. м<sup>2</sup>/га. На неудобрених варіантах дослідів площа асиміляційного апарату була меншою та коливалась від 33,74 до 41,06 тис. м<sup>2</sup>/га, що порівняно з попередніми дозами менше на 18,7 та 10,4%, відповідно.

Таблиця 2

**Площа листової поверхні квасолі звичайної у фазу утворення бобів залежно від досліджуваних факторів, тис. м<sup>2</sup>/га**

Середнє за 2014-2016 рр.

Глибина оранки, см (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Ширина міжряддя, см (фактор С)				Середнє
		15	30	45	60	
20-22	Без добрив	39,90	39,01	38,11	33,74	<b>37,69</b>
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	44,52	43,26	41,95	36,42	<b>41,54</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	48,37	46,92	45,24	38,23	<b>44,69</b>
<b>Середнє</b>		<b>44,26</b>	<b>43,06</b>	<b>41,77</b>	<b>36,13</b>	<b>41,31</b>
28-30	Без добрив	41,06	40,18	39,10	34,60	<b>38,73</b>
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	45,99	44,75	43,05	37,54	<b>42,83</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	49,70	48,61	46,19	39,67	<b>46,04</b>
<b>Середнє</b>		<b>45,58</b>	<b>44,51</b>	<b>42,78</b>	<b>37,27</b>	<b>42,54</b>

НІР<sub>05</sub>, тис. м<sup>2</sup>/га в роки досліджень складала: для фактора А - 0,70-0,87; В - 0,86-1,06; С - 0,99-1,23; взаємодії АВ - 1,21-1,50; АС - 1,40-1,73; ВС - 1,71-2,12; комплексної дії АВС - 2,42-3,00.

Значні зміни в розвитку фотосинтезуючого апарату рослин квасолі звичайної відбувалися також за досліджуваних схем сівби. За сівби культури звичайним рядковим способом площа листової поверхні була найбільшою і коливалась від 39,90 до 49,70 тис. м<sup>2</sup>/га. Черезрядний посів культури (з міжряддям 30 см) призвів до зменшення активної дії фотосинтезу листової поверхні на 2,5% за рахунок затінення нижнього ярусу листків. Подальше збільшення ширини міжряддя до 45 та 60 см ще більше вплинуло на продуктивність фотосинтезу за рахунок зменшення кількості активно працюючих листків. За сівби квасолі звичайної з міжряддям 45 см площа листової поверхні складала від 38,11 до 46,19 тис. м<sup>2</sup>/га, що порівняно з попередніми значеннями менше на 3,6%, але більше на 15,2% - від найбільшої з досліджуваних показників ширини міжряддя. За експериментальними даними за ширини міжряддя 60 см площа листової поверхні коливалась від 33,74 до 39,67 тис. м<sup>2</sup>/га.

Проведенні експериментальні дослідження засвідчили, що максимальних показників фотосинтетичний потенціал посівів квасолі звичайної формувався у міжфазні періоди «гілкування – утворення бобів» - 1,148 та «утворення бобів – повна стиглість» - 1,579 млн. м<sup>2</sup>/га за добу за оранки на глибину 28-30 см, внесенні мінеральних добрив дозою N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та сівби з міжряддям 15 см.

**ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН, ЯКІСТЬ ЗЕРНА ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВРОЖАЮ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ В ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДАХ**

Формування врожаю будь-якої культури складається з багатьох факторів та

елементів. Тому вивчення структурних елементів дає змогу досліднику більш глибоко пізнати природу формування продуктивності та впливу на їх зміну. Основними показниками структури врожаю квасолі звичайної є кількість утворених бобів, зерен і маса 1000 насінин.

Експериментальні дослідження свідчать, що найбільша кількість бобів - 17,0-17,2 та зерен - 70,3-71,7 шт/рослина формувалися за внесення  $N_{90}P_{90}$  та сівби з шириною міжряддя 15 см. Суттєвої різниці між глибиною основного обробітку ґрунту не виявлено, тому оптимальною є оранка на 20-22 см.

Найкращі умови для формування найбільших за масою 1000 насінин квасолі звичайної - 125-126 г також були за внесення мінеральних добрив дозою  $N_{90}P_{90}$  та ширини міжряддя 15 см незалежно від глибини проведення основного обробітку ґрунту.

Досліджувані елементи технології вирощування квасолі звичайної при зрошенні з Інгулецької зрошуваної системи, води якої відносяться до II класу якості (обмежено придатні), виявили істотний вплив на продуктивність культури. В середньому за 2014-2016 рр. досліджень, врожайність зерна коливалася від 1,47 до 3,37 т/га (табл. 3).

Таблиця 3

**Урожайність зерна квасолі звичайної залежно від досліджуваних факторів, т/га**  
Середнє за 2014-2016 рр.

Глибина оранки, см (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Ширина міжряддя, см (фактор С)				Середнє
		15	30	45	60	
20-22	Без добрив	1,47	1,82	2,51	2,01	<b>1,95</b>
	$N_{45}P_{45}$	1,88	2,29	3,09	2,51	<b>2,44</b>
	$N_{90}P_{90}$	2,01	2,41	3,30	2,62	<b>2,59</b>
<b>Середнє</b>		<b>1,79</b>	<b>2,17</b>	<b>2,97</b>	<b>2,38</b>	<b>2,33</b>
28-30	Без добрив	1,49	1,86	2,58	2,06	<b>2,00</b>
	$N_{45}P_{45}$	1,91	2,34	3,17	2,58	<b>2,50</b>
	$N_{90}P_{90}$	2,04	2,46	3,37	2,67	<b>2,64</b>
<b>Середнє</b>		<b>1,81</b>	<b>2,22</b>	<b>3,04</b>	<b>2,44</b>	<b>2,38</b>

$HP_{05}$ , т/га в роки досліджень складала: для фактора А – 0,04-0,05; В – 0,05-0,06; С – 0,05-0,07; взаємодії АС - 0,08-0,09; АВ - 0,07-0,08; ВС - 0,09-0,11; комплексної дії АВС - 0,13-0,16.

Згідно нашим даним, проведення оранки на глибину 28-30 см забезпечило кращі умови для росту й розвитку рослин квасолі, що позначилося на рівні її врожаю. В середньому за роки досліджень, виконання цього обробітку забезпечило приріст врожаю від 0,02 до 0,08 т/га порівняно з оранкою на глибину 20-22 см. Але ці показники згідно проведеного дисперсійного аналізу знаходяться в межах похибки досліду ( $HP_{05}$  за роками досліджень складала для фактора А – 0,04-0,05 т/га). У цьому випадку поглиблення обробітку ґрунту є малоефективним і недоцільним, тому у виробництві краще застосовувати обробіток на глибину 20-22 см. Додатковим підтвердженням ефективності оранки на глибину 20-22 см є дольова участь фактора в формуванні врожаю, яка за роками досліджень склала 0,18-0,29%.

В умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва найбільший

вплив на врожайність будь-якої культури мають органічні та мінеральні добрива. Статистичний аналіз експериментальних даних свідчить, що дольова участь мінеральних добрив у формуванні врожаю за роки досліджень складала 14,6-39,8%.

Оранка на глибину 20-22 см на варіантах без добрив забезпечила, в середньому за роки досліджень, урожайність зерна - 1,95 т/га. Внесення азотно-фосфорних добрив дозою 45 кг/га діючої речовини забезпечило зростання врожаю зерна квасолі звичайної на 0,41-0,78 т/га. Збільшення дози внесення мінеральних добрив в два рази не забезпечило аналогічного рівня зростання приросту врожаю зерна. За цих умов приріст порівняно з неудобренними варіантами склав 0,54-0,78 т/га, а порівняно з попереднім варіантом - лише 6,1%.

За оранки на глибину 28-30 см динаміка зміни врожаю була аналогічною з оранкою на 20-22 см. Найвища продуктивність рослин квасолі звичайної формувалася за внесення  $N_{90}P_{90}$ , яка склала, в середньому, 2,64 т/га. Зменшення дози добрив призвело до зниження приросту врожайності, який склав 0,42-0,59 т/га порівняно з контрольними варіантами (без добрив). Найменший рівень врожаю формувалася на ділянках, де мінеральні добрива не вносили, і коливався від 1,49 до 2,58 т/га.

Найбільший вплив на величину врожаю зерна квасолі звичайної з досліджуваних елементів технології вирощування мала ширина міжряддя, її дольова участь складала за роки досліджень 59,1-83,1%. Проведений дисперсійний аналіз засвідчив істотність отриманого приросту врожаю зерна залежно від досліджуваних факторів.

Аналіз багаторічних даних свідчить, що найбільша продуктивність рослин квасолі звичайної була за ширини міжряддя 45 см. Починаючи з ширини міжряддя 15 до 45 см урожайність культури зростала, в середньому, від 1,79 до 2,97 т/га за оранки на глибину 20-22 см та з 1,81 до 3,04 – за глибини обробітку на 28-30 см. Подальше збільшення ширини міжряддя до 60 см призвело до значного зменшення врожаю культури.

Детальний аналіз отриманих нами результатів свідчить, що збільшення відстані між рядками та одночасне зменшення відстані між рослинами в рядку призвело до конкуренції їх за основні фактори життя. Приріст урожайності зерна квасолі звичайної за ширини міжряддя 30 см порівняно з звичайним рядковим способом сівби коливався від 0,35 до 0,43 т/га. За ширини міжряддя 45 см приріст урожайності зерна культури збільшився порівняно з шириною 15 см до 1,04-1,33 т/га, а порівняно з міжряддям 30 см - приріст зріс майже у 3 рази. Сівба квасолі з шириною міжряддя 60 см негативно позначилася на рівні врожаю культури. За цих умов приріст урожайності коливався від 0,54 до 0,66 т/га, що порівняно з міжряддям 45 см було меншим у 2 рази.

Вміст білка в зерні квасолі коливалася від 17,87 до 23,38% залежно від факторів та їх поєднання в дослідях (табл. 4).

Більш детальний розгляд кожного досліджуваного фактора дає можливість стверджувати, що найменший вплив на кількість накопиченого білка в зерні має обробіток ґрунту. Оранка на глибину 20-22 см забезпечила вміст білка в зерні квасолі звичайної від 17,87 до 23,24%. Збільшення глибини оброблюваного шару ґрунту до 28-30 см підвищило показник, в середньому по досліді, на 0,9 відсоткових пункти, що в абсолютних показниках склало 20,82%. Дисперсійний аналіз

отриманих даних засвідчив, що збільшення вмісту білка в зерні від глибини обробітку був у межах похибки, тому вважати його достовірним не можна.

Таблиця 4

**Вміст білка в зерні квасолі звичайної за різної глибини оранки, доз мінеральних добрив та ширини міжряддя, %**

Середнє за 2014-2016 рр.

Глибина оранки, см (фактор А)	Фон живлення (фактор В)	Ширина міжряддя, см (фактор С)				Середнє
		15	30	45	60	
20-22	Без добрив	19,74	19,44	18,66	17,87	<b>18,93</b>
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	21,81	21,32	20,35	19,72	<b>20,80</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	23,24	22,54	21,98	21,03	<b>22,20</b>
<b>Середнє</b>		<b>21,59</b>	<b>21,10</b>	<b>20,33</b>	<b>19,54</b>	<b>20,64</b>
28-30	Без добрив	19,81	19,94	18,85	17,92	<b>19,13</b>
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	22,15	21,46	20,47	19,78	<b>20,96</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	23,38	22,69	22,09	21,32	<b>22,37</b>
<b>Середнє</b>		<b>21,78</b>	<b>21,36</b>	<b>20,47</b>	<b>19,67</b>	<b>20,82</b>

НІР<sub>05</sub>, % в роки досліджень складала: для фактора А – 0,16-0,19; В – 0,22-0,27; С – 0,19-0,23; взаємодії АВ – 0,31-0,38; АС – 0,27-0,33; ВС – 0,38-0,47; комплексної дії АВС – 0,54-0,66.

Найбільш суттєвим впливом на вміст білка в зерні квасолі мали мінеральні добрива. Згідно отриманих експериментальних даних на неудобрених варіантах вміст білка складав, в середньому по досліді, за оранки на глибину 20-22 см – 18,93, а 28-30 см – 19,13%. Внесення N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> збільшило вміст білка в зерні квасолі на 9,7 відсоткових пункти, коливаючись по досліді від 19,72 до 22,15%. На фоні дози добрив N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> в зерні квасолі створювалися сприятливі умови для накопичення білка. За цих умов його вміст в зерні був найбільшим і коливався від 21,03 до 23,38%, що на 6,8 відсоткових пункти перевищує попередню дозу та на 17,1 – неудобрений фон.

Зміна площі живлення рослин шляхом збільшення ширини міжряддя призводила до погіршення умов росту та розвитку квасолі, що позначилося на кількості накопиченого в зерні білка. Найбільша його кількість була за сівби звичайним рядковим способом з міжряддям 15 см, що складало від 19,74 до 23,38%. Розширення міжряддя вдвічі - до 30 см зменшило вміст білка в зерні квасолі, в середньому по досліді, на 2,2 відсоткових пункти. Подальше зменшення відстані між насіннями в ряду шляхом збільшення ширини міжряддя до 45 см обумовило погіршення умов росту та розвитку рослин і вплинуло на зменшення вмісту білка в зерні до 18,66-22,09%, що порівняно з попереднім показником менше на 4,1 відсоткових пунктів. Найгірші умови для накопичення білка в зерні були за сівби квасолі з шириною міжряддя 60 см. За цих умов вміст білка складав, в середньому по досліді, 19,61%, що менше від ширини міжряддя 15 см на 10,6, а попереднього – на 4,0 відсоткових пункти.

Умовний загальний збір білка мав максимальні показники - 640 кг/га на варіантах оранки на глибину 28-30 см, внесення добрив дозою N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> та ширини міжряддя 45 см.

Сучасний світ вимагає від усіх сфер діяльності інформатизації та автоматизації

виробничого процесу. Аналіз сили зв'язку глибини оранки ґрунту ( $X_1$ ) з урожаєм зерна квасолі звичайної свідчить, що він слабкий (коефіцієнт кореляції  $r=0,0481$ ). Інші досліджувані фактори та їх поєднання були більш значні. Сила зв'язку дози мінеральних добрив ( $X_2$ ) і густоти рослин ( $X_3$ ) - середня та складала 0,4777 та 0,5444, відповідно. Парне поєднання факторів також засвідчило про середню силу зв'язку наступних елементів технології  $X_1X_2$  (глибина оранки ґрунту та доза мінеральних добрив) та  $X_1X_3$  (глибина оранки ґрунту та ширина міжряддя) – 0,4801 та 0,5466. На відміну від раніше описаних факторів та їх парного зв'язку комплексне поєднання дози мінеральних добрив ( $X_2$ ) та ширини міжряддя ( $X_3$ ) свідчить про сильний взаємозв'язок (0,7243) з урожаєм зерна квасолі звичайної. Множинний коефіцієнт кореляції ( $X_1X_2X_3$ ) свідчить про сильний взаємозв'язок (0,7259) предикторів з продуктивністю рослин квасолі звичайної.

Розраховані коефіцієнти регресії свідчать, що збільшення глибини оранки на 1 см веде до збільшення врожайності зерна квасолі звичайної на 6,5 кг/га; підвищення дози мінеральних добрив на 1 кг/га за діючою речовиною веде до збільшення врожайності культури на 3,5 кг/га, а збільшення ширини міжряддя на 1 см - до зростання врожайності на 17,5 кг/га.

Згідно розрахованих коефіцієнтів регресії та вільного члена була складена математична модель урожаю зерна квасолі звичайної в зрошуваних умовах:

$$Y=1,2173+0,0065 \times X_1+0,0035 \times X_2-0,0175 \times X_3.$$

Застосування складених рівнянь на виробництві, в умовах наближених до умов проведення досліджень, дозволяє з високою точністю моделювати розвиток результуючого фактора (рівень урожаю) залежно від зміни досліджуваного елемента технології вирощування культури.

### **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ ТА ЕКОНОМІЧНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ КВАСОЛЕЮ ЗВИЧАЙНОЮ В ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДАХ**

Уся світова спільнота останнє десятиріччя зосереджує увагу усіх людей планети до заощадливого використання природних ресурсів, що обумовлено їх обмеженістю. Саме тому розробка ресурсоощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур по відношенню до вологи є особливо актуальною в умовах Південного Степу України. Вирощування квасолі звичайної за оранки на 28-30 см, внесення  $N_{90}P_{90}$  та сівби з міжряддям 60 см формувало найбільше сумарне водоспоживання - 3710 м<sup>3</sup>/га.

Про ефективність використання води рослинами квасолі звичайної свідчить коефіцієнт водоспоживання. Цей показник залежно від досліджуваних технологічних приймів вирощування коливався від 1045 до 2177 м<sup>3</sup>/т (табл. 5).

Рослини квасолі звичайної за проведення полицевого обробітку ґрунту на глибину 20-22 см на 1,7% ефективніше використовували вологу ніж при оранці на 28-30 см. Зазначений обробіток ґрунту обумовив формування коефіцієнту водоспоживання, в середньому по досліді, на рівні - 1502 м<sup>3</sup>/т.

Оптимальний фон живлення створює найсприятливіші умови для використання космічних та земних факторів життя, зокрема вологи. При вирощуванні квасолі звичайної на ділянках досліді, де мінеральні добрива не вносили коефіцієнт водоспоживання був найбільшим і склав, в середньому по досліді, 1749 м<sup>3</sup>/т.

Внесення азотно-фосфорних добрив в кількості 45 кг/га д.р. суттєво покращило умови росту та розвитку рослин квасолі звичайної і зменшило показник на 22,8%. Подальше збільшення дози мінеральних добрив до N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> ще зменшило показник. За цих умов він коливався від 1045 до 1664 м<sup>3</sup>/т.

Таблиця 5

**Коефіцієнт водоспоживання квасолі звичайної залежно від досліджуваних факторів, м<sup>3</sup>/т**

Середнє за 2014-2016 рр.

Глибина оранки, см	Фон живлення	Ширина міжряддя, см				Середнє
		15	30	45	60	
20-22	Без добрив	2141	1771	1323	1695	<b>1733</b>
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	1709	1445	1099	1402	<b>1414</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	1627	1394	1045	1372	<b>1359</b>
<b>Середнє</b>		<b>1825</b>	<b>1537</b>	<b>1156</b>	<b>1490</b>	<b>1502</b>
28-30	Без добрив	2177	1803	1353	1729	<b>1765</b>
	N <sub>45</sub> P <sub>45</sub>	1741	1466	1121	1412	<b>1435</b>
	N <sub>90</sub> P <sub>90</sub>	1664	1413	1070	1391	<b>1385</b>
<b>Середнє</b>		<b>1860</b>	<b>1561</b>	<b>1181</b>	<b>1511</b>	<b>1528</b>

Досліджувані міжряддя сівби квасолі звичайної по-різному вплинули на коефіцієнт водоспоживання. Так, за сівби з міжряддям 15 см, в середньому по досліді, складав 1843 м<sup>3</sup>/т і був найбільшим серед інших. Збільшення ширини міжряддя до 30 см зменшило коефіцієнт водоспоживання на 19,0%. Найменший показник формувалася за відстані між рядками квасолі звичайної в 45 см, в середньому за роки досліджень, коливався від 1045 до 1353 м<sup>3</sup>/т. Збільшення ширини міжряддя до 60 см обумовило формування коефіцієнта водоспоживання, в середньому по досліді, - 1501 м<sup>3</sup>/т, що більше від попереднього значення на 28,4%.

Найбільша окупність мінеральних добрив врожаєм зерна квасолі звичайної була отримана за полицевого обробітку на глибину 20-22 та 28-30 см, внесені N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> та ширини міжряддя 45 см і складала 6,44 і 6,52 кг/кг д.р., відповідно.

Проведений економічний аналіз досліджуваних прийомів вирощування квасолі звичайної, з врахуванням статистичної обробки врожайних даних свідчить, що найкращі показники рівня рентабельності - 228% та собівартості зерна - 5486 грн/т формувалися при вирощуванні культури за оранки на глибину 20-22 см, внесенні добрив в дозі N<sub>45</sub>P<sub>45</sub> та ширини міжряддя 45 см.

Енергетичний аналіз елементів технології вирощування зерна квасолі звичайної при зрошенні засвідчив, що за показниками приросту енергії – 25,6 ГДж/га і коефіцієнту енергетичної ефективності - 1,88 найбільш доцільними прийомами вирощування культури були оранка на глибину 20-22 см, внесення N<sub>90</sub>P<sub>90</sub> та сівба з шириною міжряддя 45 см.

## ВИСНОВКИ

Експериментальні дослідження вивчення впливу технологічних прийомів вирощування квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris*), проведені в умовах Південного Степу України на темно-каштанових солонцюватих ґрунтах при зрошенні водами Інгулецької зрошувальної системи (II клас якості), дозволяють зробити наступні

висновки:

1. Оптимальні фізичні властивості темно-каштанового ґрунту в шарі 0-30 см склалися на посівах квасолі звичайної за оранки на глибину 28-30 см: щільність складення ґрунту за цих умов на час сівби -  $1,21 \text{ г/см}^3$ , пористість - 54,1%, водопроникність - 2,63 мм/хв. та кількість поглинутої води за першу годину визначення – 157,7 мм, а в період збирання - 1,29, 50,9, 1,89 та 113,4, відповідно.

2. Максимальне умовне споживання лужногідролізованого азоту з шару ґрунту 0-50 см - 106,1 та рухомого фосфору – 22,0 мг/кг ґрунту було за оранки на глибину 28-30 см, внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та ширини міжряддя 15 см. На формування одиниці врожаю зерна квасолі звичайної найбільше споживалося лужногідролізованого азоту - 52,0 кг/т за оранки на глибину 28-30 см, внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{90}P_{90}$  та ширини міжряддя 15 см, а рухомого фосфору - 11,0 кг/т за аналогічних умов, але на неудобрених варіантах.

3. Для формування повноцінного врожаю зерна квасолі звичайної рослинам необхідне накопичення суми ефективних температур ( $>5^\circ\text{C}$ ) від сходів до повної стиглості від 1411,9 до 1518,6 $^\circ\text{C}$ . За цих умов вегетаційний період складає 93-99 діб.

4. Найкращі умови для росту та розвитку рослин квасолі звичайної за показниками висоти рослин склалися у фазу цвітіння – 47,8-48,9 та повної стиглості – 63,1-64,6 см при внесенні мінеральних добрив дозою  $N_{90}P_{90}$ , ширини міжряддя 60 см незалежно від глибини оранки. Наростання і функціонування асиміляційного апарату рослин квасолі звичайної за площею листової поверхні – 48,37-49,70 тис.  $\text{м}^2/\text{га}$  та фотосинтетичним потенціалом посівів у міжфазні періоди «гілкування – утворення бобів» - 1,117-1,148 та «утворення бобів – стиглість» - 1,537-1,579 млн.  $\text{м}^2/\text{га}$  за добу формувалися за аналогічних умов, але за ширини міжряддя 15 см.

5. Найкращі умови для формування структурних елементів продуктивності рослин квасолі звичайної проходили за внесення  $N_{90}P_{90}$  та сівби з шириною міжряддя 15 см: кількість бобів - 17,0-17,2 шт., зерен - 70,3-71,7 шт, маса 1000 насінин - 125-126 г. Різниці між глибиною основного обробітку ґрунту не виявлено, тому оптимальною є оранка на 20-22 см.

6. Статистично проведений аналіз урожайності зерна квасолі звичайної свідчить, що найвищий і обґрунтований її рівень - 3,09 т/га формувався за оранки на глибину 20-22 см, внесення мінеральних добрив дозою  $N_{45}P_{45}$  та сівби з міжряддям 45 см.

7. Показники якості зерна квасолі звичайної такі як: вміст білка - 23,24% був за оранки на глибину 20-22 см, внесення мінеральних добрив дозою  $N_{90}P_{90}$  та ширини міжряддя 15 см, а умовний загальний збір білка - 640 кг/га на варіантах оранки на глибину 28-30 см, внесення добрив дозою  $N_{45}P_{45}$  та ширини міжряддя 45 см.

8. Всебічний математичний аналіз отриманих експериментальних даних дав змогу побудувати математичні моделі формування врожаю зерна квасолі звичайної від глибини оранки, дози добрив та ширини міжряддя, які в умовах приближених до умов проведення досліджень, дозволяють з високою точністю моделювати розвиток результуючого фактора (рівень врожаю) залежно від зміни досліджуваного елементу технології вирощування культури.

9. В умовах дефіциту прісної води найменший коефіцієнт водоспоживання - 1045  $\text{м}^3/\text{т}$  рослинами квасолі звичайної, а, відповідно, раціонально використовували



вологу за оранки на глибину 20-22 см, внесення  $N_{90}P_{90}$  та сівби з міжряддям 45 см. Найбільше сумарне водоспоживання - 3710 м<sup>3</sup>/га на посівах було за оранки на 28-30 см, внесення  $N_{90}P_{90}$  та сівби з міжряддям 60 см.

10. Економічно-енергетичний аналіз результатів експериментальних досліджень свідчить про ефективність оранки на глибину 20-22 порівняно з обробітком на 28-30 см. За цих умов найкращі показники рівня рентабельності - 228%, собівартості зерна - 5486 грн/т, приріст енергії – 25,6 ГДж/га та коефіцієнт енергетичної ефективності - 1,88 формувалися за внесення мінеральних добрив дозою  $N_{45}P_{45}$  та сівби з міжряддям 45 см.

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

На основі проведених експериментальних досліджень з вивчення продуктивності рослин та якості отриманого зерна на темно-каштанових ґрунтах Південного Степу України при зрошенні водами II класу рекомендуємо господарствам, які вирощують квасолі звичайну (Preto), вносити мінеральні добрива дозою  $N_{45}P_{45}$ , проводити оранку на глибину 20-22 см та виконувати сівбу з міжряддям 45 см. Зазначені заходи забезпечать отримання врожайності зерна на рівні 2,5-3,1 т/га з рівнем виробничої рентабельності 220-230%.

### СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

#### *Статті у наукових фахових виданнях України:*

1. Ушкаренко В., Лавренко С., Максимов Д., Негуляєва Н. Економічна ефективність вирощування квасолі звичайної в зрошуваних умовах Південного Степу України. *Техніка і технології АПК: науково-виробничий журнал*. Київ: ДП «УкрЦВТ», 2017. № 11(98)/листопад/2017. С. 36-39. (Автором дисертації проведено польові дослідження, економічні розрахунки й узагальнення одержаних даних, аналіз літературних джерел).

2. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О. Урожайність зерна квасолі звичайної залежно від обробітку ґрунту, мінеральних добрив та ширини міжряддя при зрошенні. *Меліорація і водне господарство: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Херсон: Олді-Плюс, 2017. Том 1, № 106 (2). С. 71-76. (Автором дисертації проведено польові дослідження, визначення врожайності, математичну обробку й узагальнення одержаних даних, аналіз літературних джерел).

3. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О. Математичне моделювання врожаю зерна квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris L.*) залежно від технологічних прийомів її вирощування. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал*. Вип. 99. Херсон: Олді-Плюс, 2018. С. 148-152. (Автором дисертації проведено польові дослідження, математичну обробку, побудовано математичні моделі, зроблені висновки).

#### *Статті включені до міжнародних наукометричних баз даних:*

4. Ushkarenko Viktor O., Lavrenko Sergiy O., Lykhovyd Pavlo V., Lavrenko Nataliia M., Maksymov Dmytro O. Yield components of haricot beans (*Phaseolus vulgaris L.*) depending on cultivation technology elements at the irrigated lands of the Steppe zone // *Modern Phytomorphology*. - Volume 12. – 2018. - P. 73–79. (<https://doi.org/10.5281/zenodo.1295697>) (Автором дисертації проведено польові та лабораторні дослідження, їх математичну обробку й узагальнення одержаних

даних).

5. Лавренко С.О., Максимов Д.А., Лавренко Н.Н. Содержание белка в зерне и его условный сбор при выращивании фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris*) в орошаемых условиях на юге Украины. *Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: научно-практический журнал*. ФГБНУ «РосНИИПМ». Вып. 1 (69). Новочеркасск: ИП Белусов А.Ю., 2018. С. 201-205. (Автором дисертації проведено польові та лабораторні дослідження, їх математичну обробку й узагальнення одержаних даних, аналіз літературних джерел).

6. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О. Енергетична ефективність вирощування квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris l.*) при зрошенні в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Київ: Видавництво «Основа», 2018. Ч. 1: Сільськогосподарські науки. С. 282-291. (Автором дисертації проведено польові дослідження, енергетичні розрахунки й узагальнення одержаних даних, аналіз літературних джерел).

#### **Патенти:**

7. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О., Лавренко Н.М. Патент на корисну модель №125833 «Спосіб вирощування квасолі звичайної при зрошенні»; заявник і патентовласник Лавренко Сергій Олегович; заявл. 22.12.2017; опубл. 25.05.2018, Бюл. №10. - 4 с. (Автором дисертації проведено польові дослідження, проведено узагальнення одержаних даних, виведена патентна формула корисної моделі).

8. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О., Лавренко Н.М. Патент на корисну модель №125835 «Спосіб визначення величини врожаю зерна квасолі звичайної за елементами технології вирощування»; заявник і патентовласник Лавренко Сергій Олегович; заявл. 22.12.2017; опубл. 25.05.2018, Бюл. №10. - 4 с. (Автором дисертації проведено польові дослідження, проведено узагальнення одержаних даних, виведена патентна формула корисної моделі).

#### **Статті в інших виданнях, тези конференцій:**

9. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О. Урожайність та якість зерна квасолі за різних технологічних прийомів вирощування в умовах Південного Степу України на зрошенні. *Наука в Південному регіоні України. Важливі досягнення наукових установ Південного регіону України в галузі фундаментальних, прикладних досліджень та інноваційної діяльності: Наукове видання*. Під загальн. ред. ак. НАН України Андронаті С.А. Одеса: ПНЦ НАН України і МОН України, 2016. Вип. XIV. С. 252. (Автором дисертації проведено польові та лабораторні дослідження, зроблені висновки).

10. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О. Урожайність та якість зерна квасолі залежно від обробки ґрунту, мінеральних добрив та ширини міжряддя при зрошенні. *Наука в Південному регіоні України. Важливі досягнення наукових установ Південного регіону України в галузі фундаментальних, прикладних досліджень та інноваційної діяльності: Наукове видання*. Під загальн. ред. ак. НАН України Андронаті С.А. – Одеса: ПНЦ НАН України і МОН України, 2017. Вип. XV. С. 72. (Автором дисертації проведено польові та лабораторні дослідження, зроблені висновки).

11. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О., Лавренко Н.М. Окупність

внесених мінеральних добрив врожаєм зерна квасолі звичайної в зрошуваних умовах Південного Степу України. *Матеріали регіональної науково-практичної інтернет-конференції «Зрошуване землеробство: сьогоднішня, проблеми, перспективи» (2-3 листопада 2017 р.): [До 80-річчя професора Ківера В.Х.]*. Дніпро : ДДАЕУ, 2017. С. 85-87. (Автором дисертації проведено польові дослідження, математичні розрахунки, зроблені висновки).

12. Лавренко С.О., Максимов Д.А., Лавренко Н.Н. Урожайность и качество зерна фасоли обыкновенной в зависимости от глубины обработки, минеральных удобрений и ширины междурядий при орошении. *Инновационные разработки по селекции и технологии возделывания сельскохозяйственных культур (по материалам международной научной конференции, приуроченной к 90-летию со дня рождения академика Э.Д. Неттевича)*. Москва: ФИЦ «Немчиновка», 2018. С. 208-215. (Автором дисертації проведено польові та лабораторні дослідження, їх математичну обробку й узагальнення одержаних даних, зроблені висновки).

13. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О. Вплив технологічних прийомів вирощування на величину насінин квасолі звичайної в Південному Степу України. *Інноваційні технології в рослинництві: матеріали наукової інтернет-конференції, (15 травня 2018 р., м. Кам'янець-Подільський)*. Кам'янець-Подільський, 2018. С. 188-190. (Автором дисертації проведено польові та лабораторні дослідження, їх математичну обробку й узагальнення одержаних даних, зроблені висновки).

14. Лавренко С.О., Лавренко Н.М., Ревтьо О.Я., Максимов Д.О. Особливості фенологічного розвитку квасолі звичайної в умовах Південного Степу України. *The development of nature sciences: problems and solutions: Conference Proceedings (The international research and practical conference), April 27-28, 2018*. Vrno: Baltija Publishing. Т.1. Р. 42-46. (Автором дисертації проведено польові дослідження, узагальнення одержаних даних, аналіз літературних джерел).

15. Лавренко С.О., Лавренко Н.М., Лиховид П.В., Пристемський О.С., Максимов Д.О., Пічура В.І., Влащук О.А., Максимов М.В. Стратегічні напрямки розвитку адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур за умов обмеженості природних і матеріальних ресурсів. *Наука в Південному регіоні України. Важливі досягнення наукових установ Південного регіону України в галузі фундаментальних, прикладних досліджень та інноваційної діяльності: Наукове видання*. Під загальн. ред. ак. НАН України Андронаті С.А. – Одеса: Фенікс, 2018. - Вип. XVI. – С. 67-68. (Автором дисертації проведено польові та лабораторні дослідження, зроблені висновки).

16. Ушкаренко В.О., Лавренко С.О., Максимов Д.О. Урожайність та якість зерна квасолі залежно від обробітку ґрунту, мінеральних добрив та ширини міжряддя при зрошенні. *Наука в Південному регіоні України. Важливі досягнення наукових установ Південного регіону України в галузі фундаментальних, прикладних досліджень та інноваційної діяльності: Наукове видання*. Під загальн. ред. ак. НАН України Андронаті С.А. – Одеса: Фенікс, 2018. Вип. XVI. С. 71. (Автором дисертації проведено польові та лабораторні дослідження, зроблені висновки).

## АНОТАЦІЯ

**Максимов Д.О.** Урожайність та якість зерна квасолі залежно від обробітку

грунту, мінеральних добрив і ширини міжряддя при зрошенні. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата сільськогосподарських наук (доктора філософії) за спеціальністю 06.01.02 «Сільськогосподарські меліорації» (Сільськогосподарські науки). – ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», Херсон, 2018.

У дисертаційній роботі представлені результати експериментальних досліджень з вивчення впливу прийомів вирощування квасолі звичайної, що забезпечує збереження та поліпшення фізичних властивостей ґрунту, обумовлює зміну структури посівних площ до рекомендованих обсягів (збільшення частки бобових культур у сівозміні), формування високих і якісних урожаїв зерна високоліквідної культури. Були вивчені та проаналізовані елементи технологічного комплексу (глибина оранки, доза мінеральних добрив, ширина міжряддя) вирощування квасолі звичайної при зрошенні. Проведений математичний аналіз отриманих експериментальних даних підтвердив результати досліджень та дав змогу сформулювати рекомендації сільськогосподарським товаровиробникам.

За результатами дисертаційних досліджень було сформовано практичні рекомендації щодо вирощування культури, а саме: на темно-каштанових ґрунтах Південного Степу України при зрошенні водами II класу рекомендуємо господарствам, які вирощують квасолю звичайну (Preto), вносити мінеральні добрива дозою  $N_{45}P_{45}$ , проводити оранку на глибину 20-22 см та виконувати сівбу з міжряддям 45 см. Зазначені заходи забезпечать отримання врожайності зерна на рівні 2,5-3,1 т/га з рівнем виробничої рентабельності 220-230%.

Рекомендований агротехнічний комплекс було впроваджено у господарствах Херсонської області, а також в установах Південного наукового центру Національної академії наук і Міністерства освіти і науки України.

**Ключові слова:** квасоля звичайна, Preto, оранка, мінеральні добрива, ширина міжряддя, фізичні властивості ґрунту, висота рослин, фотосинтетична продуктивність посівів, урожайність, вміст білка, математичне моделювання, водоспоживання, економічна та енергетична ефективність.

## АННОТАЦІЯ

**Максимов Д.А.** Урожайность и качество зерна фасоли в зависимости от обработки почвы, минеральных удобрений и ширины междурядья при орошении. - Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук (доктора философии) по специальности 06.01.02 «Сельскохозяйственные мелиорации» (Сельскохозяйственные науки). – ГВУЗ «Херсонский государственный аграрный университет», Херсон, 2018.

В диссертационной работе представлены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния приемов выращивания фасоли обыкновенной, что обеспечивает сохранение и улучшение физических свойств почвы, обуславливает изменение структуры посевных площадей с рекомендованными объемами (увеличение доли бобовых культур в севообороте), формирование высоких и качественных урожаев зерна высоколиквидной культуры. Были изучены и проанализированы элементы технологического комплекса (глубина вспашки, доза

минеральных удобрений, ширина междурядья) выращивания фасоли обыкновенной при орошении. Проведенный математический анализ полученных экспериментальных данных подтвердил результаты исследований и позволил сформировать рекомендации сельскохозяйственным товаропроизводителям.

По результатам диссертационных исследований были сформированы практические рекомендации: на темно-каштановых почвах Южной Степи Украины при орошении водами II класса рекомендуем хозяйствам, которые выращивают фасоль обыкновенную (Prato), вносить минеральные удобрения в дозе  $N_{45}P_{45}$ , проводить вспашку на глубину 20-22 см и выполнять посев с шириной междурядий 45 см. Указанные технологические элементы могут гарантировать получение урожайности зерна на уровне 2,5-3,1 т/га с уровнем производственной рентабельности 220-230%.

Рекомендуемый агротехнический комплекс был апробирован в хозяйствах Херсонской области, а также в учреждениях Южного научного центра Национальной академии наук и Министерства образования и науки Украины.

**Ключевые слова:** фасоль обыкновенная, Прето, вспашка, минеральные удобрения, ширина междурядья, физические свойства почвы, высота растений, фотосинтетическая продуктивность посевов, урожайность, содержание белка, математическое моделирование, водопотребление, экономическая и энергетическая эффективность.

#### ABSTRACT

**Maksymov D.O.** The productivity and quality of haricot beans depending on soil tillage, mineral fertilizers and row width under irrigation. – Qualifying research paper (manuscript).

The dissertation for the scientific degree of a Candidate of Agricultural Sciences (Doctor of Philosophy) in the area of study 06.01.02 «Agricultural reclamation» (Agricultural sciences). – Kherson State Agricultural University, Kherson, 2018.

The dissertation represents the results of many years' research on examining the impact of the techniques of growing haricot beans that allow maintaining and improving physical properties of soil, stipulate the change in the structure of areas under crops to recommended amounts (an increase in the share of legume crops in crop rotation), the formation of high-quality bean yields of a highly realizable crop. The paper examines and analyzes the elements of a technological complex (tillage depth, the rate of mineral fertilizers, row width) of growing haricot beans under irrigation. The mathematical analysis of the obtained experimental data proved the results of the research and allowed preparing recommendations for agricultural commodity producers.

When growing haricot beans (*Phaseolus vulgaris*) under conditions of the Southern Steppe of Ukraine on dark-chestnut alkaline soils irrigated with water of the Inhulets irrigation system (the 2<sup>nd</sup> class of quality), the best physical properties of dark-chestnut soil in the layer of 0–30 cm were characteristic of the crops under the tillage depth of 28–30 cm.

The best nutrition mode of haricot beans was when the indexes of consuming alkaline hydrolyzed nitrogen of the soil layer of 0–50 cm – 106.1 and movable phosphorus – 22.0 mg/kg and also under the tillage depth of 28–30 cm, the application of mineral fertilizers of the rate  $N_{90}P_{90}$  and the row width of 15 cm.

The analyzed results of consuming the nutritional elements and the formation of the yield unit of haricot beans showed that the biggest amount of alkaline hydrolyzed nitrogen was consumed under deep tillage, the application of mineral fertilizers of the rate  $N_{90}P_{90}$  and the row width of 15 cm, and movable phosphorus was consumed under similar conditions, but on non-fertilized variants.

During the ontogenesis of haricot beans the best conditions, essentially influencing their growth and development, were provided when applying mineral fertilizers of the rate  $N_{90}P_{90}$ , the row width of 60 cm regardless of the depth of tillage. The accumulation and functioning of the assimilation apparatus of haricot beans by the leaf surface area and photosynthetic potential of the crops were formed under analogous conditions and the row width of 15 cm.

The formation of generative organs of haricot beans occurred under different conditions. The best conditions for the development of the number of beans – 17.0–17.2 pieces, grains – 70.3–71.7 pieces and 1000 seed weight – 125–126 g were under the application of  $N_{90}P_{90}$  and sowing when the row width was 15 cm. Essential differences between the depths of tillage have not been established.

The highest and statistically substantiated yield rate of beans – 3.09 t/ha was formed under the tillage depth of 20–22 cm, the application of mineral fertilizers of the rate  $N_{45}P_{45}$  and sowing when the row width was 45 cm. And the best conditions for protein accumulation in the beans were under the tillage depth of 20–22 cm, the application of mineral fertilizers of the rate  $N_{90}P_{90}$  and the row width of 15 cm, and the conventional total protein accumulation on the variants of the tillage depth of 28–30 cm, the application of fertilizers of the rate  $N_{45}P_{45}$  and the row width of 45 cm.

The highest efficiency of the water consumption of haricot beans by the indexes of water consumption coefficient – 1045 m<sup>3</sup>/t was under the tillage depth of 20–22 cm, the application of  $N_{90}P_{90}$  and sowing when the row width is 45 cm.

The economic evaluation of the research results showed that the best indexes of the profitability level - 228% and the cost price of beans - 5486 UAH/t were under the tillage depth of 20–22 cm, the application of mineral fertilizers of the rate  $N_{45}P_{45}$  and sowing when the row width was 45 cm. Under these conditions the energy gain – 25.6 GJ/ha and the coefficient of energy efficiency – 1.88 also had maximum value.

The results of the dissertation research allowed preparing practical recommendations concerning the crop production, particularly: it is recommended that the farms growing haricot beans (Preto) on dark-chestnut soils of the Southern Steppe of Ukraine under irrigation with the 2<sup>nd</sup> class water should apply mineral fertilizers of the rate  $N_{45}P_{45}$ , the tillage depth of 20–22 cm and sow when the row width is 45 cm. The mentioned measures can ensure the obtaining of bean yields at the rate of 2.5–3.1 t/ha with the level of production profitability of 220–230%.

The recommended agro-technical complex was introduced on the farms of Kherson region, and also in the institutions of the Southern Scientific Center of the National Academy of Sciences and the Ministry of Education and Science of Ukraine.

**Key words:** haricot bean, Preto, tillage, mineral fertilizers, row width, physical soil properties, plant height, photosynthetic crop productivity, yield, protein content, mathematical modeling, water consumption, economic and energy efficiency.



Підписано до друку «27» жовтня 2018 р.  
Формат 60×90 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Папір офсетний.  
Друк різнографія. Гарнітура Times New Roman.  
Умовн. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим.

Друк здійснено з готових оригінал макетів  
у видавничому центрі «Колос»  
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»  
Свідоцтво ХС №6 від 12 жовтня 2000 року.  
73006, Україна, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23.  
Тел.: (0552)-41-44-32.