

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

РОМАНЕНКО ОЛЕКСІЙ ІВАНОВИЧ

УДК 621.384.4: 581.141

**ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ КОМБІНОВАНОГО ОПРОМІНЮВАННЯ
ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ СТИМУЛЯЦІЇ
НАСІННЯ**

05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи»

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2018

Дисертацією є рукопис

Роботу виконано у Національному університеті біоресурсів і природокористування України Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Червінський Леонід Степанович,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
професор кафедри електропривода
та електротехнологій імені С. П. Бондаренка

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Лисиченко Микола Леонідович,
Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка,
перший проректор

кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
Герасимчук Юрій Васильович,
Національний науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства» НААН,
провідний науковий співробітник
відділу електрифікації та автоматизації
агропромислового виробництва

Захист відбудеться «15» травня 2018 року о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.07 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 15, навчальний корпус № 3, кімната 301

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Національного університету біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ, вул. Героїв Оборони, 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розіслано «13» квітня 2018 року

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А. В. Петренко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Забезпечення населення України високоякісною плодовоовочевою продукцією власного виробництва є одним із найважливіших народногосподарських завдань.

Значна частка продукції рослинництва (близько 25–30 %) втрачається, оскільки понад 30 % посівного матеріалу є непридатним для сівби через низьку схожість та недостатню енергію проростання. Часткове вирішення цієї проблеми полягає у впровадженні сучасних, економічно вигідних, енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій передпосівної стимуляції насіння.

Нині існує достатньо багато методів впливу на посівний матеріал. Учені в області електрифікації сільськогосподарського виробництва довели ефективність застосування електромагнітного випромінювання різної частоти для отримання додаткової рослинницької продукції. Таке опромінення позитивно впливає на схожість і ріст рослин. Рання схожість насіння, у свою чергу, призводить до зменшення часу вегетації рослин, а стимуляція обмінних процесів дає змогу одержувати гарно розвинені рослини, що в підсумку збільшує врожай та допомагає одержати його в скорочені строки. Перспективною є оптична частина спектра електромагнітного випромінювання. Оптична стимуляція дає змогу відмовитися від використання хімічних стимуляторів росту, що позитивно позначається на екологічній чистоті вихідної продукції і довкілля та є малоенергоємною.

Вирішенню вищенаведеного науково-практичного завдання присвячено дисертаційну роботу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, подані у роботі, виконувалися відповідно до науково-дослідної роботи № 110/508-пр «Розробка методів і засобів підвищення енергоефективності і екологічної безпеки електрообладнання в технологіях АПК», де здобувачу належить виконання дослідження зміни електрофізичних параметрів огірка при оптичній обробці та розроблення методики визначення ефективності такої обробки.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження було обґрунтування параметрів процесу та електротехнологічного комплексу передпосівної стимуляції насіння комбінованим оптичним випромінюванням, що забезпечує підвищення врожайності та якості сільськогосподарських культур.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання – проаналізувати існуючі електрофізичні методи передпосівної обробки насіння тепличних культур та обґрунтувати напрям досліджень;

– розробити програму і методику досліджень та створити експериментальну установку для обробки насіння комбінованим оптичним випромінюванням;

– дослідити та встановити взаємозв'язок між параметрами процесу стимуляції насіння тепличних культур та зміною електрофізичних параметрів, біометричних показників, урожайністю;

– обґрунтувати ефективні режими обробки та параметри електротехнологічного комплексу для передпосівної стимуляції комбінованим оптичним випромінюванням насіння тепличних культур на прикладі насіння огірка;

– розробити експериментальний зразок електротехнологічного комплексу для стимуляції насіння тепличних культур комбінованим оптичним випромінюванням та провести його дослідження;

– провести виробничу перевірку результатів досліджень, дати техніко-економічне обґрунтування та розробити рекомендації щодо застосування отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – процес взаємодії енергії комбінованого оптичного випромінювання з насінням тепличних культур на прикладі насіння огірка.

Предмет дослідження – аналітичні залежності процесу комбінованого оптичного опромінювання, встановлення ефективного спектра дії та режимів обробки.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження зміни електрофізичних параметрів насіння тепличних культур на основі насіння огірка за комбінованої оптичної обробки проведено на основі законів квантової біофізики, фізичної теорії зіткнень з використанням методу математичного моделювання. Експериментальні дослідження проводилися з використанням методів планування експерименту, польового досліду, а дослідження параметрів оптичного опромінювання електротехнологічного комплексу для комбінованої оптичної обробки насіння тепличних культур – за відомими методиками проведення експериментів. Обробка результатів експериментальних досліджень здійснювалася статистичними методами на ПК із використанням регресійного і дисперсійного методів аналізу та F-критерію Фішера при перевірці отриманих математичних моделей на адекватність. Вірогідність досліджень визнавалася достатньою, якщо під час обробки експериментальних даних відносно відхилення показників не перевищувало 5 %, що є загальноприйнятим у практиці наукових досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів. Набули подальшого розвитку дослідження стимулюючого впливу енергії оптичного випромінювання різних ділянок спектра на біометричні показники та врожайність тепличних культур.

Уперше встановлено взаємозв'язки між оптичними параметрами обробки та енергією проростання і схожістю насіння огірка при його обробці комбінованим оптичним випромінюванням, що уможливило визначення стимулюючих енергоефективних режимів обробки.

Обґрунтовано й визначено енергоефективні режими обробки насіння тепличних культур на прикладі насіння огірка, що сприяло підвищенню якості та врожайності продукції.

Встановлено взаємозв'язок між геометричними параметрами насіння й продуктивністю вентилятора аерозмішувальної камери установки, що забезпечило рівномірне опромінювання окремих насінин.

Практичне значення одержаних результатів. Обґрунтовано конструктивні параметри та створено електротехнологічний комплекс для комбінованої оптичної стимуляції насіння тепличних культур.

Розроблено експериментальний зразок установки для передпосівної стимуляції насіння тепличних культур комбінованим оптичним випромінюванням та технологію передпосівної обробки, яка реалізована у ПАТ Комбінат «Тепличний» Броварського району Київської області.

За результатами досліджень визначено енергоефективні режими передпосівної оптичної стимуляції насіння тепличних культур на прикладі насіння огірка.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним науковим дослідженням. У наукових працях, опублікованих самостійно та у співавторстві, автором проаналізовано існуючі способи передпосівної стимуляції насіння та установок для оптичної обробки сільськогосподарської продукції, обґрунтовано параметри і розроблено схему дослідної установки [1, 2, 3, 6]; розроблено методики та досліджено вплив на насіння огірка параметрів обробки комбінованого оптичного випромінювання; удосконалено методику визначення ефективності оптичної стимуляції насіння огірка за зміною біопотенціалу [4, 7, 8, 9, 10]; досліджено взаємозв'язок між режимами обробки і зміною електрофізичних та електрохімічних властивостей насіння огірка, його біометричними показниками та врожайністю [12, 13]; розроблено принципові схеми й технічне завдання на розроблення електротехнологічного комплексу для передпосівної стимуляції насіння тепличних культур комбінованим оптичним випромінюванням [5, 11, 14]; здійснено виробничу перевірку результатів досліджень електротехнологічного комплексу для оптичної стимуляції насіння тепличних культур та надано техніко-економічне обґрунтування його практичного застосування.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та матеріали дисертації було викладено у доповідях та обговорено на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу наукових працівників і аспірантів Навчально-наукового інституту енергетики і автоматики Національного університету біоресурсів і природокористування України (м. Київ, 2011–2016 рр.); міжвузівській науково-практичній конференції «Актуальні питання електрифікованих технологій АПК та прикладної біофізики» (м. Мелітополь, 2012 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми енергозбереження в агропромисловій та природоохоронній сферах» (м. Київ, 2012 р.); науково-практичному семінарі «Енергозабезпечення та електротехнології в АПК» (Національна спеціалізована виставка «Україна аграрна – 2013» (м. Київ, 2013 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні питання енергетики і прикладної біофізики в агровиробництві» (м. Мелітополь, 2013 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» (м. Харків, 2013 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні питання енергетики і прикладної біофізики в агровиробництві» (м. Мелітополь, 2015 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції

«Сучасні тенденції розвитку техніки та технологій в агропромисловому виробництві» (м. Ніжин, 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання енергетики та біотехнологій» (м. Бережани, 2016 р.).

Публікації. Основні положення дисертації викладено у 19 наукових працях, з яких 7 статей у наукових фахових виданнях України, 4 статті у фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз даних, 2 статті у наукових виданнях інших держав, патент України на корисну модель та 5 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Роботу викладено на 129 сторінках комп'ютерного тексту, вона містить 24 рисунки та 8 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 125 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано наукове завдання, яке розв'язується в роботі; відзначено зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами; сформульовано мету й завдання досліджень; зазначено наукову новизну і практичне значення результатів дисертації та особистий внесок здобувача в опублікованих роботах; наведено інформацію про апробацію дисертаційних досліджень.

У першому розділі «**Сучасний стан застосування електрофізичних методів при передпосівній обробці насіння огірка**» на основі огляду літературних джерел та електронних ресурсів проаналізовано існуючі технології передпосівної обробки насіння сільськогосподарських культур. На практиці, при передпосівній обробці насіння сільськогосподарських культур здебільшого застосовуються хімічні методи обробки, такі як протруювання та дражування. Проте надмірне застосування хімічних речовин і мінеральних добрив призводить до зміни структури ґрунту й спричинює забруднення навколишнього середовища та погіршення якості продукції через накопичення нітратів і нітритів як у продукції, так і в ґрунті. Тому актуальним є підвищення врожайності іншими методами, щоб «повніше розкрити» генетичний і фізіологічний потенціал підвищення врожайності рослин на тлі вже існуючого хімічного методу обробки. Найбільший інтерес для одержання екологічно чистої продукції становлять методи фізичних факторів впливу на рослини, а саме: на їх насіння, бульби, цибулини, проростки або дорослі рослини на різних фазах розвитку. Закордонні та вітчизняні дослідники останніми роками розробили електрофізичні методи обробки в електричному полі коронного розряду, електромагнітному полі, електромагнітним випромінюванням тощо. На сьогодні є достатньо багато методів впливу на посівний матеріал. Учені в області електрифікації сільськогосподарського виробництва І. І. Мартиненко, Г. Б. Іноземцев, О. М. Берека, О. Ю. Синявський, В. В. Савченко, А. Г. Кушніренко, Л. Г. Прищепа, І. Ф. Бородін, Д. С. Стребков,

Н. Н. Протасова, І. І. Свентицький, А. К. Лямцов, Ю. М. Жилинський, В. М. Леман, М. Л. Лисиченко, Г. С. Саричев, А. А. Тихомиров, А. П. Примак, В. Н. Коробов, В. П. Шарупич, С. А. Овчукова, А. П. Коломієць, Л. К. Алфьорова, Н. Ф. Кожевнікова, В. А. Козинський, О. А. Косицін, Л. Є. Никифорова, R. McCree, P. Mekkel, V. Singh, M. Fischer, J. Bonnet, P. Harris та інші довели ефективність застосування електромагнітного випромінювання різної частоти для отримання додаткової рослинницької продукції.

Класифікацію електрофізичних методів обробки показано на рис. 1.

На основі аналізу техніко-економічних показників електрофізичних методів обробки насіння сільськогосподарських культур можна зробити висновок, що найперспективнішим з них є обробка насіння електромагнітним випромінюванням оптичного спектра. Цей метод, порівняно з іншими, є енергозберігаючим, екологічно чистим та безпечним для обслуговуючого персоналу, забезпечуючи при цьому комплексне підвищення врожайності та зменшення захворюваності рослин.

Проведений аналіз установок для передпосівної обробки сільськогосподарської продукції оптичним випромінюванням показав, що передпосівну обробку насіння тепличних культур найдоцільніше здійснювати установками з комбінованим оптичним випромінюванням.

Для впровадження технології передпосівної обробки насіння тепличних культур комбінованим оптичним випромінюванням необхідно дослідити його вплив на зміну електрофізичних параметрів та врожайність тепличних культур з метою визначення оптимальних режимів обробки, обґрунтувати конструктивні параметри системи обробки та розробити електротехнологічний комплекс для передпосівної оптичної стимуляції насіння.

У другому розділі «**Теоретичні передумови застосування оптичного опромінювання у технологіях передпосівної стимуляції насіння**» розглянуто теоретичні передумови застосування оптичного випромінювання в технологіях передпосівної обробки насіння та розроблено методику визначення ефективності оптичної обробки насіння тепличних культур.

Проведено теоретичне дослідження та обґрунтовано механізм дії енергії оптичного випромінювання на насіння на основі положень квантово-механічної теорії. Для визначення режиму оптичного опромінювання насіння обґрунтовано ймовірність протікання фотофізичних реакцій збудження атомів чи молекул опромінюваних структур біологічних об'єктів квантами (фотонами) оптичного випромінювання на основі врахування спектрального складу випромінювання та будови молекул опромінюваного тіла.

Ефективність біологічної дії енергії оптичного випромінювання на опромінювану насінину залежить від поглиненого випромінювання, яке доцільно прив'язувати до реагуючих на фотони оптичної енергії молекул біологічних структур насінини: каротиноїди, флавіни та ін., (фотони випромінювання поглинені молекулами-рецепторами клітин насінини передають цю енергію як електричний імпульс, енергія фотонів поглинених молекулами пігментів клітин іде на утворення продуктів фотохімічних реакцій).



Рис. 1. Класифікація електрофізичних методів обробки насіння

Узагальнюючим, з точки зору оптичних характеристик, для них є те, що всі клітини вміщують у своїх структурних одиницях у вільному чи зв'язаному вигляді воду, тому велике значення має дія фотонів на структурні перетворення молекул зв'язаної в клітинах насінини води. Відповідно до зміни кількості води, у клітинах змінюються оптичні властивості цих клітин і прошарку в цілому.

Взаємодію оптичного випромінювання із захисною шкіркою насінини можна продемонструвати спрощеною схемою, наведеною на рис. 2.

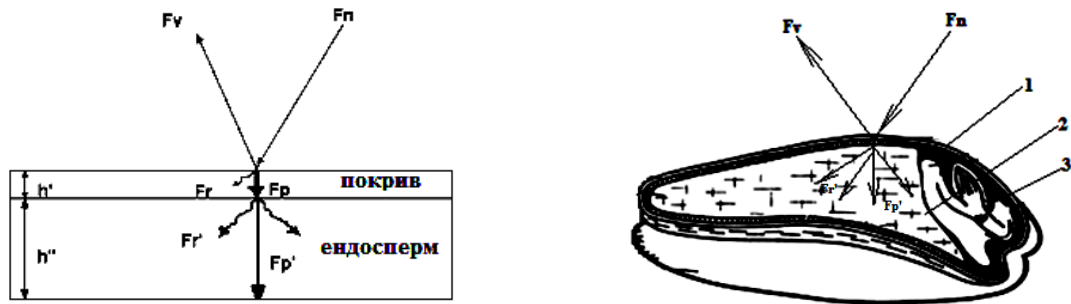


Рис. 2. Розподіл енергії оптичного випромінювання в товщі покриву насінини: 1 – покрив; 2 – ендосперм; 3 – зародок

Із рис. 2 видно, що оптичне випромінювання, яке падає на поверхню насінини (F_n), частково відбивається зовні (F_v), частково проникає в насіння (F_p). При проходженні в глибину шкіри потік випромінювання (F_p) розсіюється та поглинається в її структурних складових: в ендоспермі (F_r) та зародку (F_r').

Згідно з будовою насінини, пропонується, що потік падаючого випромінювання частково поглинається насінневою шкіркою (F_e) частково в ендоспермі (F_k) і поглинається підшкірним прошарком (F_s).

Таким чином, можна записати:

$$F_n = F_v + F_e + F_k + F_s, \quad (1)$$

де F_v – потік оптичного випромінювання відбитий поверхнею насінини; + потік випромінювання поглинутий насіниною, відповідно; F_e – потік випромінювання, поглинутий ендоспермом; F_k – потік випромінювання поглинутий зародком; F_s – потік випромінювання поглинутий підшкірним прошарком.

Потік оптичного випромінювання, що пройшов насінневу шкірку насінини, згідно із законом поглинання Бугера – Ламберта – Бера, запишеться як:

$$F_e = (F_n - F_v)(1 - e^{-\delta_1 h_1}) = F_1(1 - e^{-\delta_1 h_1}), \quad (2)$$

де δ_1 – показник поглинання випромінювання молекулами в товщі насінневої шкірки насінини; h_1 – товщина насінневої шкірки, мм; $F_1 = (F_n - F_v)$ – потік випромінювання, що надходить у насінневу шкірку.

Потік оптичного випромінювання, що пройшов насінневу шкірку насінини та надходить в ендосперм, запишеться як:

$$F_2 = F_1 - F_1(1 - e^{-\delta_2 h_2}) = F_1 e^{-\delta_1 h_1}, \quad (3)$$

де δ_1 – показник поглинання випромінювання в товщі насінневої шкірки; h_1 – товщина насінневої шкірки, мм.

Потік випромінювання, поглинений у товщі власне шкіри (ендосперми), записується:

$$F_k = F_2(1 - e^{-\delta_2 h_2}) = F_1 e^{-\delta_1 h_1} (1 - e^{-\delta_1 h_1}). \quad (4)$$

Потік випромінювання, що доходить до підшкіркового прошарку, визначається аналогічно:

$$F_3 = (F_n - F_v - F_e - F_k) = \{F_n - F_v - (F_n - F_v)(1 - e^{-\delta_1 h_1})[F_n - F_v - (F_n - F_v)e^{-\delta_1 h_1}](1 - e^{-\delta_2 h_2})\} = F_1 e^{-(\delta_1 h_1 + \delta_2 h_2)}. \quad (5)$$

Випромінювання, що поглинається в товщі підшкіркового прошарку визначається як:

$$F_s = F_3(1 - e^{-\delta_3 h_3}) = F_1 e^{-(\delta_1 h_1 + \delta_2 h_2)} (1 - e^{-\delta_3 h_3}), \quad (6)$$

де δ_3 – показник поглинання оптичного випромінювання шаром підшкірної клітковини; h_3 – товщина прошарку підшкірної клітковини.

Енергія фотонів поглиненого випромінювання, яка спричинює біологічну дію під час опромінювання насіння джерелами оптичного випромінювання, визначається з виразу:

$$W = W_1 + W_2 + W_3, \quad (7)$$

де W_1 , W_2 , W_3 , – кількість енергії оптичного випромінювання, що поглинається кожною структурою шкіряного покриву насінини і бере участь в фото-біологічній реакції з ефективністю $k(\lambda)$, відповідно: у насінневій шкірці, ендоспермі та підшкірному прошарку шкіряного покриву насінини.

Енергія оптичного випромінювання, ефективно поглинена в насінневій шкірці, визначається за формулою:

$$W_1 = \int_0^t \int_0^\lambda \int_0^h k_1(\lambda) \varphi(\lambda) (1 - \rho(\lambda)) (1 - e^{-\delta_1(\lambda, h_1) h_1}) d\lambda dt. \quad (8)$$

Енергія оптичного випромінювання, ефективно поглинена в ендоспермі насінини:

$$W_2 = \int_0^t \int_0^\lambda \int_0^h k_1(\lambda) k_2(\lambda) \varphi(\lambda) (1 - \rho(\lambda)) e^{-\delta_1(\lambda, h_1) h_1} (1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2) h_2}) d\lambda dt. \quad (9)$$

Енергія оптичного випромінювання, ефективно поглинена підшкірним прошарком:

$$W_3 = \int_0^t \int_0^\lambda \int_0^h k_1(\lambda) k_2(\lambda) k_3(\lambda) \varphi(\lambda) (1 - \rho(\lambda)) (e^{-\delta_1(\lambda, h_1) h_1}) (e^{-\delta_2(\lambda, h_2) h_2}) (1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3) h_3}) d\lambda dt. \quad (10)$$

Отже, енергія оптичного випромінювання ефективно поглинена насінниною за час опромінювання, t матиме вигляд:

$$W = \int_0^t \int_0^\lambda \int_0^h k_1(\lambda) \varphi(\lambda) (1 - \rho(\lambda)) \{[(1 - e^{-\delta_1(\lambda, h_1) h_1}) + k_2(\lambda) (e^{-\delta_1(\lambda, h_1) h_1}) (1 - e^{-\delta_2(\lambda, h_2) h_2}) + k_2(\lambda) k_3(\lambda) e^{-\delta_1(\lambda, h_1) h_1} \cdot e^{-\delta_1(\lambda, h_1) h_1} (1 - e^{-\delta_3(\lambda, h_3) h_3})] d\lambda dt dh, \quad (11)$$

де $k(\lambda)$ – відносна спектральна ефективність оптичного випромінювання з довжиною хвилі λ у конкретному прошарку; $\varphi(\lambda)$ – спектральна інтенсивність потоку джерела оптичного випромінювання; $\rho(\lambda)$ – спектральний коефіцієнт відбиття поверхні насінини випромінювання з довжиною хвилі λ ; h_1 ; h_2 ; h_3 – товщини прошарків шкірки, відповідно: насінневої шкірки, ендосперми, підшкірного прошарку; $\delta_1(\lambda, h_1)$, $\delta_2(\lambda, h_2)$, $\delta_3(\lambda, h_3)$ – спектральні

показники поглинання оптичного випромінювання з довжиною хвилі λ по товщі прошарку, відповідно: насінневої шкірки, ендосперми, підшкіркового прошарку. Дані викладки дають змогу визначити ефективну дозу оптичного опромінення.

У третьому розділі **«Експериментальні дослідження електрофізичних параметрів насіння огірка при обробці комбінованим оптичним випромінюванням»** наведено результати експериментальних досліджень зміни електрофізичних параметрів насіння тепличних культур під час передпосівної обробки комбінованим оптичним випромінюванням.

Проведено дослідження впливу різних спектрів випромінювання на насіння тепличних культур на прикладі насіння огірка з метою визначення ефективності різних частин спектра оптичного випромінювання. Дослідження спектрального впливу оптичного випромінювання на енергію проростання насіння огірка передбачали визначення окремої дії інфрачервоного, ультрафіолетового, а також комбінованого (ультрафіолетове + інфрачервоне) опромінення для пришвидшення синтезу функціонально активних речовин в опромінюваному насінні.

Обробка насіння огірка ультрафіолетовим опромінюванням проводилася за допомогою люмінесцентної еритемної лампи ЛЭ-15, інфрачервоним опромінюванням – лампою ИКЗК-250 та комбіноване поєднання ультрафіолетового та інфрачервоного опромінювання за допомогою ртутно-кварцової лампи ДРТ-400. Усі джерела опромінювання працювали в номінальному режимі. Висота встановлення ламп над площиною з опромінюваним насінням становила 0,25 м.

Обробка насіння комбінованим опромінюванням проводилася впродовж 1 хв, 3, 5 хв, а обробка насіння інфрачервоним та ультрафіолетовим опроміненням проводилася протягом 5 та 10 хв (доза інфрачервоного опромінювання визначалася за температурою). В усіх дослідженнях було дотримано вимогу однаковості дози ультрафіолетового опромінювання встановленням відповідної тривалості опромінювання. Пророщування насіння здійснювали в чашках Петрі на фільтрувальному папері, зволоженому водою, за $t=28^{\circ}\text{C}$ згідно з ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения всхожести», при 5-кратній повторності. У кожній чашці містилося по 50 насінин. Схожість і енергію проростання визначали у відсотках від кількості насіння, яке проросло і накілчилося протягом визначеного для даної культури періоду.

Лабораторні дослідження визначення енергії проростання, здатності проростання та довжини коренів проростків насіння визначалися згідно з ГОСТ 10968-88 «Методы определения энергии прорастания и способности прорастания». Результати дослідження обробки насіння огірка сорту «Конкурент» наведено на рис. 3 (А), а сорту «Ніжинський 12» на рис. 3 (Б).

Аналіз результатів свідчить, що найефективнішим режимом передпосівної обробки насіння огірка є комбіноване опромінення тривалістю обробки 3 та 5 хв. При обробці насіння комбінованим опромінюванням є

найбільшою енергія та здатність проростання насіння, а також значно поліпшена коренева система рослини.

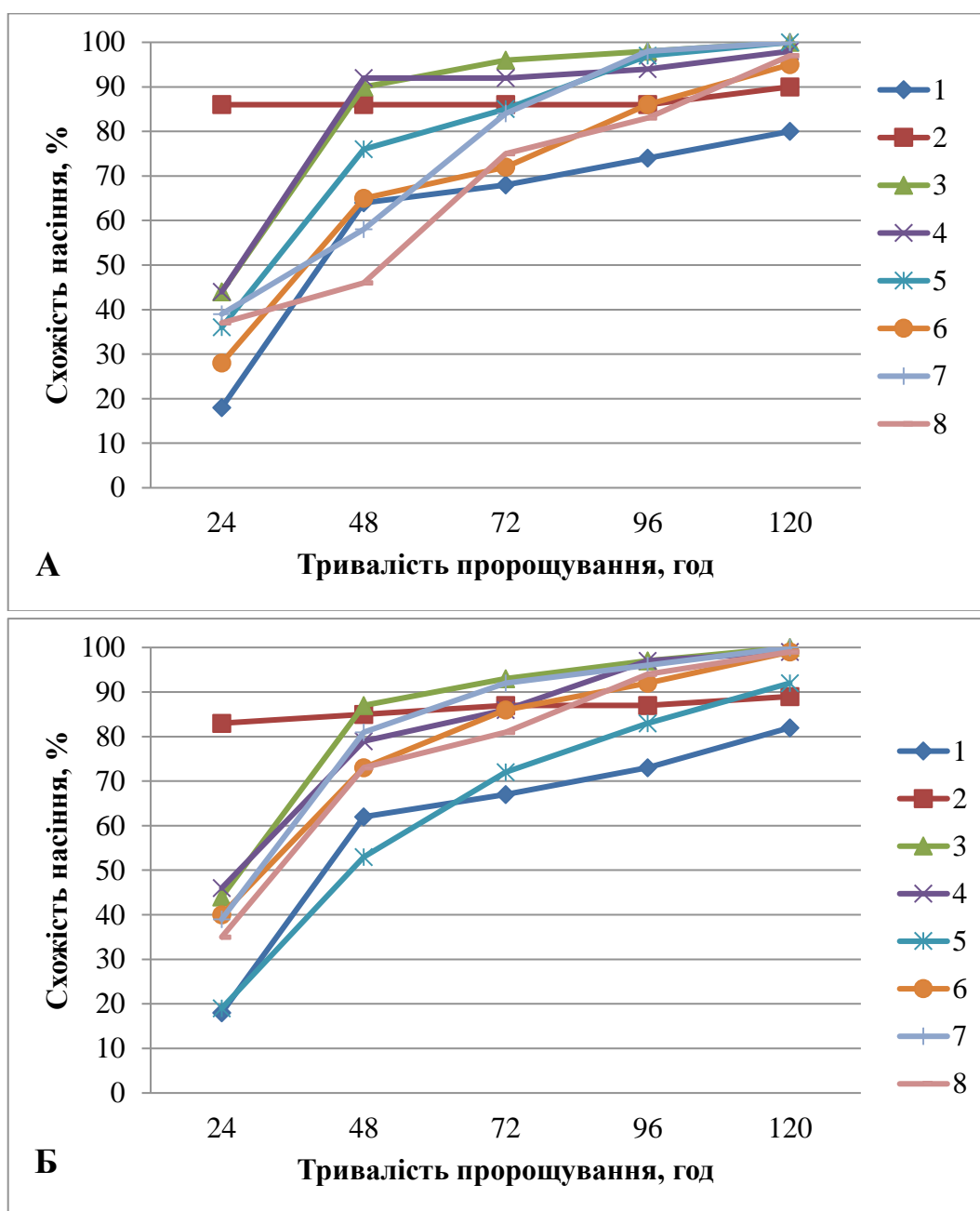


Рис. 3. Результати обробки досліджень схожості насіння огірка сорту «Конкурент» (А) та «Ніжинський 12» (Б) після обробки оптичним випромінюванням: 1 – контрольна проба; 2 – обробка насіння ультрафіолетовим та інфрачервоним опромінюванням упродовж 1 хв; 3 – обробка насіння ультрафіолетовим та інфрачервоним опромінюванням упродовж 3 хв; 4 – обробка насіння ультрафіолетовим та інфрачервоним опромінюванням упродовж 5 хв; 5 – обробка насіння інфрачервоним опромінюванням упродовж 5 хв; 6 – обробка насіння інфрачервоним опромінюванням упродовж 10 хв; 7 – обробка насіння ультрафіолетовим опромінюванням упродовж 5 хв; 8 – обробка насіння ультрафіолетовим опромінюванням упродовж 10 хв

Дані результати свідчать про доцільність проведення подальших досліджень передпосівної стимуляції насіння огірка лише комбінованим оптичним випромінюванням, а саме: ультрафіолетовим та інфрачервоним частинами спектра оптичного випромінювання. Дослідження врожайності та біометричних показників рослин огірка за оптичної обробки проводили відповідно до відомої методики польового досліджу.

Досліди виконувалися за такою схемою:

- перший варіант (контрольний) – насіння вирощували без обробки оптичним випромінюванням;
- другий варіант – насіння перед посадкою оброблювали оптичним випромінюванням із експозицією 1 хв;
- третій варіант – насіння перед посадкою оброблювали оптичним випромінюванням із експозицією 3 хв;
- четвертий варіант – насіння перед посадкою оброблювали оптичним випромінюванням із експозицією 5 хв.

Досліди виконувалися у чотирикратній повторності й проводилися з насінням огірка сорту «Ніжинський-12», «Конкурент» та «Атлет F1». Передпосівну обробку насіння, обробіток ґрунту, внесення мінеральних та органічних добрив, висів насіння та догляд за рослинами виконували відповідно до агротехніки вирощування огірка. Вплив оптичної обробки на насіння оцінювали за біометричними показниками рослин та врожайністю.

Дослідження впливу параметрів оптичної обробки насіння виконувалися із застосуванням методу планування експерименту. Під час досліджень використовувався ортогональний центрально-композиційний план (план ПФЕ 22 й зіркові точки). Межі зміни часу (0–5 хв) і температури (18–58 °С) обробки та значення верхнього, нижнього та основного рівня фактора визначали на основі проведених однофакторних експериментів. На основі багатофакторного експерименту отримали рівняння регресії зміни енергії проростання, які для 5 % рівня значущості мають вигляд:

$$E = 76,094 + 1,106T - 1,593t + 0,19Tt - 0,018T^2 - 1,153t^2; \quad (12)$$

де t – час обробки, хв; T – температура, °С.

Залежність зміни енергії проростання насіння огірка від часу й температури обробки за оптичної стимуляції показано на рис. 4.

Проведений багатофакторний експеримент уможливив визначення впливу енергетичної дози обробки, часу обробки на схожість та енергію проростання насіння огірка.

Енергетичну дозу обробки насіння огірка комбінованим оптичним випромінюванням можна визначити за формулою:

$$D = \frac{K_a}{k_{\phi} L^2 (1 + \beta)} \sum_{\lambda_2}^{\lambda_1} \tau_{\lambda} E_{\lambda}, \quad \text{Дж/см}^2, \quad (13)$$

де L – відстань від осі лампи до поверхні опромінюваного насіння, м; E_{λ} – фактична опроміненість на відстані 1 м; K_a – поправочний коефіцієнт, який враховує вплив арматури на перерозподіл випромінювання; β – коефіцієнт, який характеризує величину відхилення сили випромінювання

від закону квадратів; λ_1, λ_2 – довжини хвиль ефективного діапазону спектра випромінювання; K_ϕ – коефіцієнт форми насінини.

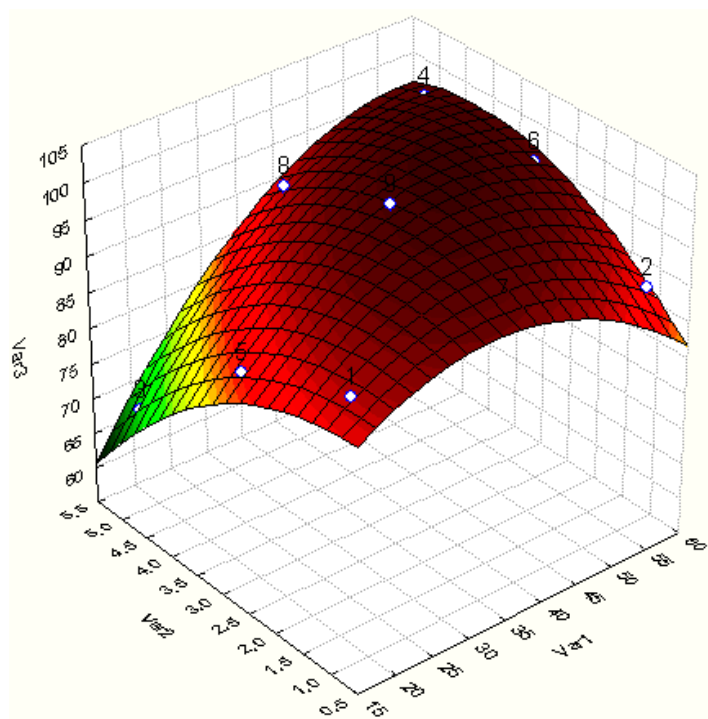


Рис. 4. Залежність зміни енергії проростання насіння від часу й температури обробки за оптичного опромінювання насіння огірка

У результаті проведених польових досліджень встановлено, що найкращі біометричні показники та врожайність огірка були за експозиції 2,5–3 хв і температури обробки 38 °С (опроміненість 25–30 мДж/см²). При збільшенні або зменшенні дози обробки біометричні показники й урожайність огірка зменшуються, але залишаються вищими, порівняно з необробленим комбінованим оптичним випромінюванням (рис. 5). Залежність середньої врожайності зі стебла огірка від дози обробки описується залежністю:

$$m = 0,58 + 0,95D - 1,52D^2. \quad (14)$$

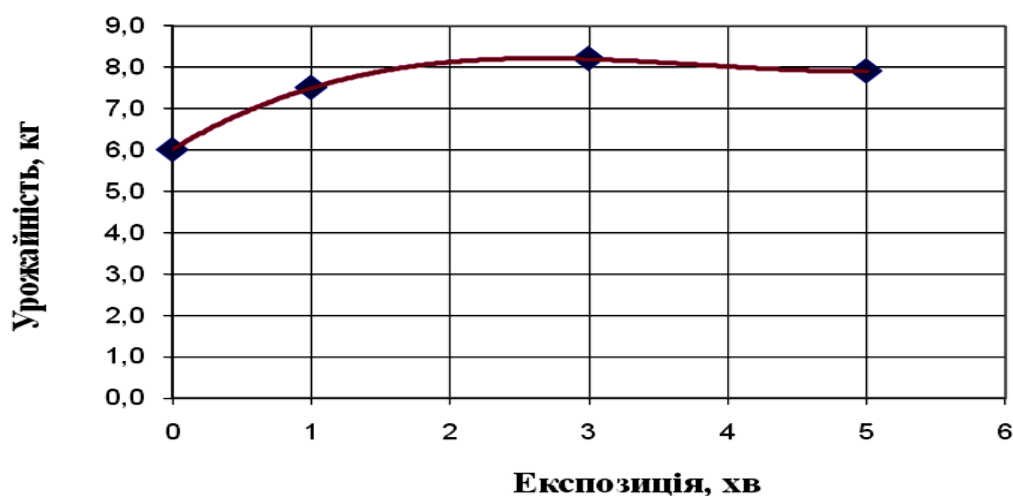


Рис. 5. Залежність середньої врожайності зі стебла огірка від експозиції передпосівного опромінювання

У четвертому розділі «Розробка та дослідження електротехнологічного комплексу для передпосівної стимуляції насіння огірка оптичним випромінюванням» обґрунтовано, що на практиці обробку сільськогосподарської продукції оптичним опромінюванням проводили на установках барабанного або транспортерного типу, головним недоліком яких є нерівномірність кількості оптичної енергії, що сприймає насіння в процесі обробки оптичним випромінюванням, унаслідок поганого перемішування насіння. Тому до 15 % насіння переопромінюється, до 12 % насіння недоопромінюється, 35–40 % від усієї маси насіння опромінюється лише з одного боку.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження уможливили обґрунтування конструктивно-технологічних вимог до електротехнологічного комплексу для оптичної стимуляції насіння, на основі яких розроблено структурну схему електротехнологічного комплексу для передпосівної обробки насіння тепличних культур комбінованим оптичним випромінюванням із пневматичним рівномірним перемішуванням насінневої маси (рис. 6).

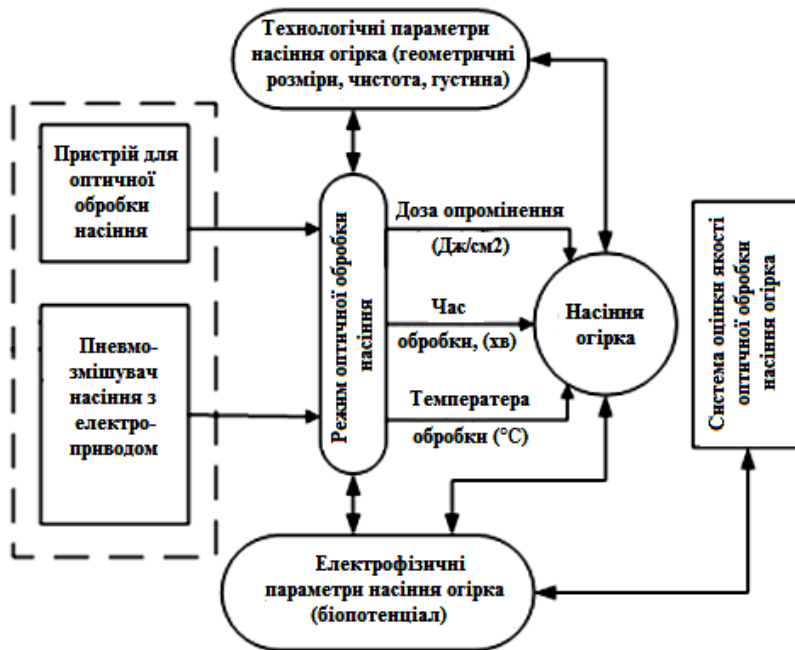


Рис. 6. Структурна схема електротехнологічного комплексу для передпосівної обробки насіння тепличних культур комбінованим оптичним випромінюванням

Запропоновано електротехнологічний комплекс для оптичної стимуляції насіння як інфрачервоним, так і ультрафіолетовим випромінюванням, причому рівномірність об'ємного опромінення поверхні кожної насінини забезпечується перемішуванням насіння у квазістаціонарному повітряному потоці, який створюється вентиляційною установкою з можливістю регулювання швидкості потоку повітря залежно від «парусності» окремої насінини. Проведено моделювання процесу перемішування насіння у квазістаціонарному потоці для передпосівної обробки комбінованим оптичним випромінюванням на перерізі камери для аеродинамічного перемішування насіння у квазістаціонарному

повітряному потоці в межах повітряної камери $b_0 < x < 2b_0$. Обґрунтовано, що необхідна швидкість повітряного потоку для рівномірного обертання окремих насінин та їх перемішування визначається рівнянням (15):

$$\vec{V} = V_{\max} \left(1 - \frac{x}{b_0}\right)^{1/7} \vec{i}, \quad (15)$$

де V_{\max} – максимальна швидкість повітря на виході патрубку повітропроводу до перемішувальної камери, b_0 – діаметр робочої поверхні сітки бункера для опромінення насіння.

Встановлено, що за діаметра робочої поверхні сітки бункера для опромінення насіння 25 см умови забезпечення квазістаціонарного повітряного потоку для рівномірного перемішування насіння в процесі опромінювання повинні бути такими: напір – $H = 233$ Па, швидкість потоку повітря в повітроводі опромінювальної камери 0,5 м/с, товщина прошарку опромінюваного насіння огірка на поверхні сітки 4–6 мм, коефіцієнт геометричної форми насінини приймається за 0,48.

Зовнішній вигляд установки показано на рис. 7, а функціональну схему установки для оптичної стимуляції тепличних культур – на рис. 8.



Рис. 7. Установка для стимуляції насіння тепличних культур комбінованим оптичним опромінюванням

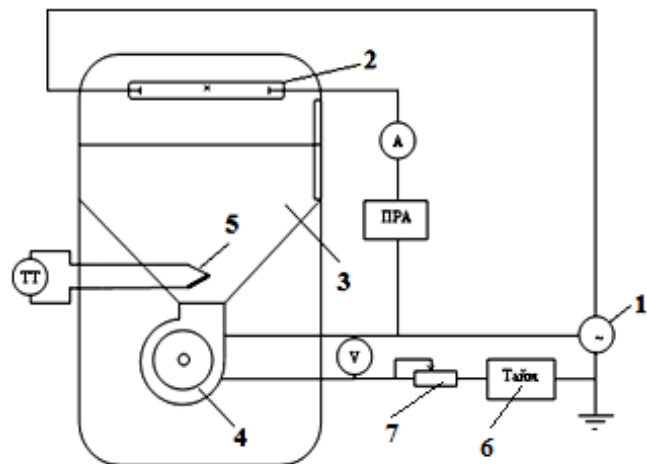


Рис. 8. Функціональна схема установки для оптичної стимуляції тепличних культур: 1 – джерело живлення змінного струму; 2 – джерело оптичного випромінювання; 3 – камера для обробки насіннєвого матеріалу; 4 – вентилятор; 5 – датчик температури; 6 – таймер; 7 – регулятор повітропотoku

У п'ятому розділі «Реалізація результатів досліджень та їх економічна ефективність» наведено результати виробничої перевірки електротехнологічного комплексу для оптичної обробки насіння тепличних культур комбінованим оптичним випромінюванням.

Виробничу перевірку експериментального зразка електротехнологічного комплексу для передпосівної комбінованої оптичної стимуляції насіння тепличних культур здійснювали у ПАТ Комбінат «Тепличний» Броварського району Київської області на насінні огірка сорту «Атлет F1».

Метою виробничої перевірки було визначення ефективності роботи розробленого електротехнологічного комплексу, перевірка його експлуатаційної надійності, а також техніко-економічне порівняння вирощування огірка із застосуванням запропонованого електротехнологічного методу передпосівної обробки насіння огірка з існуючою технологією.

Виробничі випробовування проводилися на площі 0,04 га. Необхідну кількість насіння огірка завантажували й пропускали через електротехнологічний комплекс для комбінованої оптичної стимуляції.

Як базовий варіант приймалася існуюча технологія вирощування огірка. Паралельно вирощували огірок, попередньо оброблений перед посівом комбінованим оптичним опромінюванням.

Насіння огірка оброблювали оптичним опромінюванням із експозицією 3 хв за температури до 38 °С і постійним перемішуванням насіння.

У результаті виробничої перевірки було встановлено, що запропонований електротехнологічний метод вирощування огірка, порівняно з існуючими технологіями, дає можливість підвищити врожайність на 25 % та зменшити кількість пустоцвіту.

Питому енергоємність процесу оптичної обробки насіння огірка визначали за формулою:

$$a = \frac{P_{cp}}{Q}, \quad (16)$$

де P_{cp} – споживана середня потужність, $P_{cp}=0,4$ кВт; Q – продуктивність установки, $Q=20$ кг/год.

Встановлено, що питома енергоємність процесу оптичної обробки насіння огірка становить 0,02 кВт·год/кг.

Застосування установки для оптичної обробки насіння тепличних культур забезпечує на площі 100 м² чистий дисконтовий прибуток 11 280 грн за терміну окупності 1 рік. Індекс прибутковості у перший рік експлуатації більший за одиницю, що підтверджує високу ефективність розробки.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне наукове завдання, яке полягає у встановленні взаємозв'язків між параметрами оптичного випромінювання і зміною врожайності огірка та його якості, що має істотне значення для розвитку електрофізичних методів обробки насіння сільськогосподарських культур і створення електротехнологічного комплексу передпосівної обробки насіння комбінованим оптичним випромінюванням для стимулювання росту, підвищення врожайності та поліпшення якості продукції. За результатами досліджень зроблено такі висновки.

1. Ефективність оптичної обробки насіння залежить від оптичних характеристик поверхні насінини, кількості поглиненої енергії оптичного випромінювання та глибини її перетворення в структурах насінини.

2. Доза ефективно поглиненої енергії оптичного випромінювання залежить від інтегрального коефіцієнта відбивання поверхні насінини і комбінованої біологічної дії інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання, що підвищує загальну ефективність стимуляції (опромінювання).

3. Проведені теоретичні дослідження свідчать, що за оптичної обробки зміна біометричних показників проростків насіння залежить від енергії оптичного опромінювання, температури та часу обробки. Це зумовлює необхідність проведення обробки насіння оптичним опромінюванням за певних значень енергії опромінювання, температури та часу обробки. На основі отриманих аналітичних виразів для розрахунку невизначеності потенціометричних вимірювань встановлено, що ефект оптичної обробки має місце тоді, коли зміна окисно-відновлювального потенціалу під час обробки перевищує 2 мВ.

4. Встановлено вимоги до експериментальної установки для комбінованої оптичної обробки насіння огірка та розроблено методику її розрахунку. Рекомендовано для комбінованої оптичної обробки насіння тепличних культур використання лампи ДРТ-375, що має ультрафіолетовий та інфрачервоний спектри випромінювання з її розміщенням не ближче, ніж 25 см від прошарку насіння.

5. У результаті проведених досліджень встановлено, що найкращі біометричні показники та врожайність огірка були за експозиції 2,5–3 хв і температури обробки +38 °С (опроміненість 25–30 мДж/см²). При збільшенні або зменшенні дози обробки біометричні показники та врожайність огірка зменшуються, але залишаються вищими, порівняно з необробленим комбінованим оптичним випромінюванням.

6. Проведені польові дослідження в умовах теплиці показали, що передпосівна оптична обробка насіння огірка позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. При цьому зростає врожайність огірка на 25 % і зменшується кількість пустоцвіту.

7. Розроблено й досліджено математичну модель, на основі якої встановлено співвідношення геометричних та аеродинамічних параметрів окремо взятих насінин огірка, що уможливають обґрунтування параметрів роботи вентиляційної установки для створення квазістаціонарного повітряного потоку в масі насіння для його рівномірного перемішування під оптичним випромінюванням лампи ДРТ-375, зокрема для насіння огірка швидкість потоку повітря в повітропроводі опромінювальної камери 0,5 м/с, товщина прошарку насіння огірка на поверхні сітки 4–6 мм, коефіцієнт геометричної форми насінини приймається за 0,48.

8. Застосування електротехнологічного комплексу для оптичної стимуляції насіння огірка може забезпечити на площі 1 га чистий дисконтовий прибуток 11 280 грн. Термін окупності електротехнологічного комплексу для оптичної стимуляції насіння огірка становить 1 рік, а індекс прибутковості у перший рік експлуатації більший за одиницю.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Результати пошукових досліджень комбінованого опромінювання насіння. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2012. Вип. 174. Ч. 2. С. 206–209. *(Здобувачем проведено дослідження впливу оптичного випромінювання на насіння огірка).*

2. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Установа для дослідження спектральних оптичних характеристик біологічних об'єктів. Енергетика і автоматика. 2012. № 2. С. 101–105. *(Здобувачем обґрунтовано та представлено універсальну установку для визначення спектральних оптичних характеристик біологічних об'єктів різних розмірів).*

3. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Електрофізичні методи передпосівної обробки насіння. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2013. Вип. 184. Ч. 1. С. 137–144. *(Здобувачем проаналізовано методи передпосівної обробки насіння).*

4. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Вплив електромагнітних полів на живі організми і механізми їх впливу. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. 2013. Вип. 141. С. 116–119. *(Здобувачем проведено аналіз впливу електромагнітних випромінювань на живі організми).*

5. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Методика розрахунку дози ультрафіолетового опромінення насіння огірка в установці транспортерного типу. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2013. Вип. 13. Т. 4. С. 84–89. *(Здобувачем взято участь у розробленні методики розрахунку дози опромінення).*

6. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Оптичні методи підвищення посівних якостей насіння. Світло люкс. 2013. Вип. 4. С. 72–73. *(Здобувачем запропоновано застосування комбінованого оптичного випромінювання для передпосівної стимуляції насіння та досліджено вплив оптичного випромінювання на насіння огірка).*

7. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Режими оптичної стимуляції схожості насіння огірка. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. 2014. Вип. 153. С. 134–135. *(Здобувачем встановлено режими оптичної стимуляції схожості насіння огірка).*

Статті у наукових фахових виданнях України,

включених до міжнародних наукометричних баз даних:

8. Червінський Л. С., **Романенко О. І.** Стимуляція росту проростків насіння огірка за дії комбінованого оптичного випромінювання. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2014. Вип. 194. Ч. 1. С. 96–101.

(Здобувачем досліджено вплив комбінованого оптичного випромінювання на насіння огірка).

9. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Моделювання процесу перемішування насіння у квазістаціонарному потоці при оптичній стимуляції. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2015. Вип. 224. С. 177–183. *(Здобувачем взято участь у розробленні моделі процесу перемішування насіння під час обробки насіння).*

10. Червінський Л. С., **Романенко О. І.** Теоретичні аспекти дії енергії оптичного випромінювання на структури біологічних об'єктів. Енергетика і автоматика. 2015. № 2. С. 62–68. *(Здобувачем розроблено прогноз застосування різних видів оптичного випромінювання в спорудах закритого ґрунту).*

11. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Вимоги до спектрального складу штучних джерел оптичного випромінювання для вирощування рослин у спорудах закритого ґрунту. Енергетика і автоматика. 2016. № 2. С. 88–95. *(Здобувачем проведено теоретичне обґрунтування впливу комбінованого оптичного випромінювання на насіння огірка).*

Статті в наукових виданнях іншої держави:

12. Червінський Л. С., **Романенко А. И.** Влияние комбинированного оптического излучения на семена огурца. Вестник Виэсх. 2015. № 1. С. 77–80. *(Здобувачем проведено дослідження впливу комбінованого оптичного випромінювання на насіння огірка).*

13. Червінський Л. С., **Романенко А. И.** Влияние комбинированного оптического излучения на семена огурца. Инновации в сельском хозяйстве. 2016. № 1. С. 93–96. *(Здобувачем розроблено математичну модель впливу обробки насіння огірка комбінованим оптичним випромінюванням).*

Патент України на корисну модель

14. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Патент на корисну модель 107145 UA, МПК (2016.01) A01C 1/00. Пристрій для передпосівної обробки сільськогосподарської продукції комбінованим оптичним випромінюванням; заявник і власник: Національний університет біоресурсів і природокористування України. № u 201511163; заявлено 13.11.2015; опубліковано 25.05.2016; Бюл. № 10/2016. *(Здобувач брав участь у розробці пристрою для передпосівної обробки сільськогосподарської продукції комбінованим оптичним випромінюванням).*

Тези наукових доповідей:

15. **Романенко О. І.**, Червінський Л. С. Дія енергії оптичного випромінювання різних ділянок спектру на схожість насіння. Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК: Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених, м. Київ, 2013 року: тези доповіді. К., 2013. С. 61–62. *(Здобувачем здійснено аналіз дії*

енергії оптичного випромінювання різних ділянок спектру на схожість насіння).

16. Романенко О. І., Червінський Л. С. Визначення спектра дії енергії оптичного випромінювання на схожість насіння огірка. Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта): Міжнародна науково-технічна конференція, м. Київ, 14–26 жовтня 2013 року: тези доповіді. К., 2013. С. 23. (*Здобувачем встановлено режими та дози оптичного опромінювання насіння тепличних культур на прикладі насіння огірка*).

17. Романенко О. І., Червінський Л. С. Вплив оптичного випромінювання на ріст проростків насіння огірка. Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах: IV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 21–22 листопада 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 40–42. (*Здобувачем було проведено дослідження впливу комбінованого оптичного випромінювання на насіння тепличних культур*).

18. Романенко О. І. Математичне обґрунтування енергетичної дози комбінованої оптичної стимуляції насіння огірка. Проблеми та перспективи розвитку енергетики, електротехнологій та автоматики в АПК: IV Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 21 листопада 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 39–40.

19. Романенко О. І. Результати досліджень комбінованого опромінювання насіння. Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК: IV Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, м. Київ, 21–22 листопада 2016 року: тези доповіді. К., 2016. С. 65–66.

АНОТАЦІЯ

Романенко О. І. Обґрунтування режимів комбінованого опромінювання та технічних засобів для передпосівної стимуляції насіння. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2018.

Дисертація містить результати теоретичних та експериментальних досліджень електротехнологічного комплексу для оптичної стимуляції насіння. Під час обробки насіння комбінованим оптичним випромінюванням, унаслідок зміни енергії активації, змінюється біопотенціал та біометричні показники проростків насіння огірка, які прямо пропорційні зміні енергії активації.

Отримано залежності зміни біопотенціалу проростків насіння огірка від часу й температури обробки. На підставі досліджень, що найбільше біопотенціал, біометричні показники та врожайність огірка змінюються за дози обробки 25–30 мДж/см², тому найдоцільнішим режимом оптичної обробки

насіння огірка перед посівом є час обробки 2,5–3 хв і температура обробки +38 °С.

Проведено моделювання процесу перемішування насіння у квазістаціонарному потоці для рівномірної передпосівної обробки комбінованим оптичним випромінюванням.

Наведено результати виробничих випробувань та визначено економічну ефективність застосування електротехнологічного комплексу для комбінованої оптичної стимуляції насіння тепличних культур.

Ключові слова: оптичне випромінювання, біометричні показники, насіння, біопотенціал, доза обробки, невизначеність вимірювань, режими обробки, електротехнологічний комплекс.

АННОТАЦИЯ

Романенко А. И. Обоснование режимов комбинированного облучения и технических средств для предпосевной стимуляции семян. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 «Электротехнические комплексы и системы». Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Киев, 2018.

Диссертация содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований электротехнологического комплекса для оптической стимуляции семян. При обработке семян комбинированным оптическим излучением в результате изменения энергии активации изменяется биопотенциал проростков и биометрические показатели семян огурца, которые прямо пропорциональны изменению энергии активации.

На основе обзора литературных источников и электронных ресурсов проанализированы существующие технологии предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур. В практике при предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур в большинстве применяются химические методы обработки, такие как протравливание и дражирование. Однако чрезмерное применение химических веществ и минеральных удобрений приводит к изменению структуры почвы и вызывает загрязнение окружающей среды и ухудшение качества продукции из-за накопления нитратов и нитритов, как в продукции, так и в почве. Поэтому актуальным является повышение урожайности другими методами, чтобы «полнее раскрыть» генетический и физиологический потенциал повышения урожайности растений на фоне существующего химического метода обработки. Наибольший интерес для получения экологически чистой продукции вызывают методы физических факторов воздействия на растения, а точнее на их семена, клубни, луковицы, проростки или взрослые растения на разных фазах развития. Зарубежными и отечественными исследователями в последние годы развиваются электрофизические методы обработки: в электрическом поле коронного разряда, электромагнитном поле, энергией электромагнитного излучения и т. п.

На основе анализа технико-экономических показателей электрофизических методов обработки семян сельскохозяйственных культур выбран метод обработки семян электромагнитным излучением оптического диапазона. Этот метод по сравнению с другими является энергосберегающим, экологически чистым и безопасным для обслуживающего персонала, обеспечивая при этом комплексное повышение урожайности и уменьшения заболеваемости растений.

Проведенный анализ установок для предпосевной обработки сельскохозяйственной продукции оптическим излучением показал, что наиболее эффективной предпосевной обработкой семян тепличных культур может быть обработка комбинированным (ультрафиолетовым и инфракрасным) оптическим излучением.

Для внедрения технологии предпосевной обработки семян тепличных культур комбинированным оптическим излучением проведено исследование его влияния на изменение электрофизических параметров, сходство и урожайность тепличных культур с целью определить эффективные режимы обработки, обосновать конструктивные параметры установки и разработать электротехнологический комплекс для предпосевной оптической стимуляции семян.

Обоснованы теоретические предпосылки применения оптического излучения в технологиях предпосевной обработки семян и разработана методика определения эффективности комбинированной оптической обработки семян тепличных культур.

В частности, проведено теоретическое исследование и обоснован механизм действия энергии оптического излучения на основе положений квантово-механической теории. Для определения режима оптического облучения семян учтено вероятность протекания фотофизических реакций возбуждения атомов или молекул облучаемых биологических структур квантами (фотонами) оптического излучения на основе учета спектрального состава излучения и строения молекул облучаемого тела.

Приведены результаты экспериментальных исследований изменения электрофизических параметров семян тепличных культур при предпосевной обработке комбинированным оптическим излучением, которые учтены при определении эффективных режимов обработки.

Получены зависимости изменения биопотенциалов проростков семян огурца от времени и температуры обработки. На основе исследований установлено, что наиболее биопотенциал, биометрические показатели и урожайность огурца изменяются при дозе обработки 25–30 мДж/см², поэтому целесообразным режимом оптической обработки семян огурца перед посевом есть время обработки 2,5–3 мин и температура обработки +38 °С. При этом возрастает урожайность огурца на 25 % и уменьшается количество пустоцвета.

Проведено моделирование процесса перемешивания в квазистационарном потоке для равномерной предпосевной обработки семян комбинированным оптическим излучением.

Приведены результаты производственных испытаний и определена экономическая эффективность применения электротехнологического комплекса для комбинированной оптической стимуляции семян тепличных культур.

Ключевые слова: оптическое излучение, биометрические показатели, семена, биопотенциал, доза обработки, неопределенность измерений, режимы обработки, электротехнологический комплекс.

ANNOTATION

Romanenko A. I. Justification of combined exposure modes and means for stimulation of seeds. – The Manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences on the specialty 05.09.03 «Electrical Engineering Complexes and Systems». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2018.

The thesis contains the results of theoretical and experimental studies of electro-technological complex for optical stimulation of seeds. By the treatment of seeds by combined optical radiation as a result of changes in the activation energy biopotential and biometric indicators of plantlets of cucumber seeds varies, which are directly proportional to the change of the activation energy.

Dependences of biopotential change of plantlets of cucumber seeds from treatment temperature and time were obtained. On the basis of researches it was found that biopotential, biometric indicators and cucumber yield is changed the most by treatment dose 25–30 mJ/cm², so the most appropriate regime of optical treatment of cucumber seeds before sowing is treatment time 2.5–3 minutes and treatment temperature is +38 °C.

Simulation of mixing process of seeds in a quasi-steady flow for the uniform presowing treatment by combined optical radiation was carried out.

Results of production tests are given and the economic efficiency of using the electro-technological complex for the combined optical stimulation of greenhouse crops seeds was determined

Key words: optical radiation, biometric indicators, seeds, biopotential, treatment dose, uncertainty of measurement, treatment regimes, electro-technological complex.