

ТАВРІЙСЬКА ДЕРЖАВНА АГРОТЕХНІЧНА АКАДЕМІЯ

ВАСИЛШИН Роман Вікторович

УДК 631.331.92

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ І ПАРАМЕТРІВ
ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ПЕРЕДПОСІВНОГО ОПРОМІНЕННЯ
НАСІННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР**

**05.09.16 – електротехнології та електрообладнання
в агропромисловому комплексі**

Автореферат

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Мелітополь - 2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Таврійській державній агротехнічній академії Міністерства аграрної політики України.

Науковий керівник - кандидат технічних наук, професор
Діордієв Володимир Трифонович,
Таврійська державна агротехнічна академія,
завідуючий кафедрою автоматизації
сільськогосподарського виробництва.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Скрипник Микола Микитович, Українська академія зовнішньої торгівлі,
професор кафедри світового господарства і міжнародної економічної інтеграції;

- кандидат технічних наук, доцент **Стьопін Юрій Олексійович**,
Таврійська державна агротехнічна академія, доцент кафедри енергетики.

Провідна установа – Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка.

Захист відбудеться “ 20 ” січня 2006 року о 13-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 18.819.01 Таврійської державної агротехнічної академії за адресою: 72312 Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького 18, навчальний корпус 1, коференцзал.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Таврійської державної агротехнічної академії (72312 Україна, Запорізька обл., м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького 18).

Автореферат розісланий “ 9 ” грудня 2005 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

В.О. Мунтян

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Посівні якості насіння багато в чому визначають врожайність овочевих культур. Тим часом необхідність мати страховий фонд насіння, зниження посівних якостей насіння при збереженні, особливо в неоптимальних умовах, відсутність єдиної ефективної системи контролю за якістю насінного матеріалу, призводять до зниження якісних показників насіння, що веде до недостатньо раціонального використання площ під овочевими культурами, підвищення витрат на вирощування і недобору врожаю.

Через це широко застосовуються різні методи передпосівної стимуляції насіння. Одним з найбільш ефективних способів передпосівної стимуляції насіння є опромінення їх лазером. Однак існуючі рекомендації в значній мірі засновані на емпіричних даних, що носять випадковий характер і не мають достатнього теоретичного обґрунтування, що істотно стримує їхнє широке впровадження. Також відносно висока вартість універсального лазерного устаткування, сезонність його застосування для передпосівного опромінення насіння перешкоджає його використанню в умовах сільськогосподарського виробництва, особливо для невеликих господарств. Тому пошук і обґрунтування найбільш ефективних технологічних режимів опромінення насіння овочевих культур з використанням інформації про вихідні якісні показники насіння, розробка технічних засобів для опромінення насіння різних культур, сортів і вихідної якості для умов різних господарств - один з перспективних напрямків для підвищення ефективності овочівництва в цілому.

Поставлена задача ефективно вирішується шляхом стимуляції фітохромної системи насіння при імпульсному лазерному опроміненні насіння з використанням даних про вихідні посівні якості, вид і сорт насіння при використанні спеціальних приставок до універсальних установок з мікропроцесорними системами управління параметрами опромінення.

Тому дослідження залежностей посівних якостей насіння від параметрів режимів опромінення, їх впливу на розвиток рослин, розробка технічних засобів для реалізації оптимальних режимів є одним з найбільш перспективних шляхів підвищення ефективності передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася відповідно до Державної науково-технічної програми 3.12 "Енерго- і ресурсозберігаючі технології в сільськогосподарському виробництві", тематикою міжвузівських наукових і науково-технічних програм щодо пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки (Наказ Міністерства освіти України № 37 від 13.02.96, п. 2) і Програмою №1 науково-дослідних робіт Таврійської державної агротехнічної академії на 2004-2008 роки "Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України" (підпрограма 1.13.6.

"Підвищення ефективності передпосівного опромінення насіння овочевих культур") – державний реєстраційний № 0102U000687.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення посівних якостей насіння овочевих культур передпосівним імпульсним лазерним опроміненням шляхом обґрунтування найбільш ефективних технологічних режимів та розробки відповідних технічних засобів.

Поставлена мета обумовила **такі задачі дослідження:**

1. Виконати порівняльний аналіз способів передпосівної стимуляції насіння овочевих культур і визначити шляхи підвищення ефективності передпосівного опромінення насіння овочевих культур.

2. Дослідити закономірності зміни посівних показників якості насіння овочевих культур у залежності від параметрів технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення.

3. Розробити технічні засоби для забезпечення оптимальних параметрів технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур.

Об'єкт дослідження. Процес передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур.

Предмет дослідження. Параметри технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур.

Методи дослідження. При підготовці і проведенні експериментальних досліджень і при обробці експериментальних даних використовувалися методи планування експерименту, методи обробки статистичних даних, методологічні принципи системного аналізу і синтезу. При побудові і дослідженні моделі впливу променистої енергії при передпосівній лазерної обробці на механізми регуляції проростання насіння використовувалися методи операційного обчислення і методи рішення диференціальних рівнянь. Моделювання процесів і розрахункова частина досліджень проводилася на сучасних ПЕОМ шляхом розробки і використання моделюючих і розрахункових програм, а також пакетів прикладних програм. Експериментальні дослідження проводилися за допомогою серійних вимірювальних приладів і з використанням розроблених лабораторних установок.

Наукова новизна отриманих результатів. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень отримані такі основні результати:

Вперше одержані залежності схожості і сили проростання насіння овочевих культур від параметрів технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення і внутрішніх факторів, що дозволило запропонувати нові ефективні в сенсі скорочення часу опромінення, підвищення продуктивності та стимулюючого ефекту параметри технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур.

Вперше запропоновані методи для встановлення параметрів технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур у залежності від вихідних посівних якостей насіння, сорту і виду культур, що дозволило розробити відповідні технічні засоби для передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур.

Практичне значення отриманих результатів. На підставі проведених досліджень обґрунтовані параметри технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур, розроблені технічні засоби з установленням параметрів технологічних режимів передпосівного опромінення насіння овочевих культур у залежності від виду і сорту культур і вихідних посівних якостей насіння для використання у фермерських і індивідуальних господарствах. Ці технічні засоби впроваджені в ТОВ ім. Котовського Токмакського району Запорізької області і підтвердили свою економічну ефективність.

Особистий внесок здобувача.

Дисертантом особисто:

1. Досліджено залежності схожості і сили проростання насіння овочевих культур від параметрів технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення і вихідних посівних якостей для насіння огірків, томатів, перцю і баклажанів [2];
2. Знайдено нові ефективні в сенсі скорочення часу обробки, підвищення продуктивності і стимулюючого ефекту параметри технологічних режимів передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур [3];
3. Розроблено модель впливу променистої енергії при передпосівній лазерній обробці на механізми регуляції проростання насіння [6];
4. Розроблено технічні засоби для лазерного опромінення насіння овочевих культур з установленням параметрів технологічних режимів передпосівного опромінення насіння овочевих культур у залежності від виду і сорту культур і вихідних посівних якостей насіння для використання у фермерських і індивідуальних господарствах [7, 8].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і матеріали дисертації доповідалися й обговорювалися на Міжнародній науково-технічній конференції, присвяченій 50-річчю факультету "Енергетика" Таврійської державної агротехнічної академії (Мелітополь, 2002), на XVIII Міжнародній науково-практичній конференції "Застосування лазерів у медицині і біології" (м. Ялта, 2002), на Міжнародних науково-практичних конференціях "Проблеми енергозабезпечення й енергозбереження в АПК України" (м. Харків, 2002 і 2003), на наукових конференціях профессорсько-викладацького складу, науковців і аспірантів Таврійської державної агротехнічної академії 2002-2005 років.

Публікації. Основні положення дисертації викладені у 8 друкованих працях.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, додатків, в яких містяться розрахункові таблиці, програми, схеми а також акти впровадження. Повний обсяг дисертації складає 183 сторінки, з них 160 сторінок основного тексту, в тому числі 27 ілюстрацій на 22 сторінках і 33 таблиць на 26 сторінках, а також 5 додатків на 21 сторінці. Список використаних джерел містить 106 найменувань (в тому числі 22 - на іноземних мовах) – на 11 сторінках.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подана загальна характеристика дисертації, обґрунтовано актуальність, сформульовані мета, об'єкт, предмет та методи дослідження, поставлені задачі дослідження.

У першому розділі "Стан проблеми та визначення задач досліджень" розглянуто способи передпосівної стимуляції насіння овочевих культур та основні механізми дії стимулюючих факторів на проростання насіння. Встановлено, що одним з найбільш ефективних способів передпосівної обробки насіння овочевих культур є використання лазерного опромінення.

Питаннями застосування лазерного опромінення для передпосівної стимуляції насіння та вивченням основних механізмів впливу світла (в тому числі і в поєднанні з іншими факторами середовища) на проростання насіння займалися такі вчені як: Строна І.Г., Маркушин М.М., Бахтіяров Р.С., Ніколаєва М.Г., Негруцький С.Ф., Симонова Л.І., Рубін А.В., Скварко К.О., Кушніренко А.Г., Якобенчук В.Ф., Урусбаєв К.У., Китлаєв Б.М., Абдул-Бакі А., Санчес Р., Андерсен Дж., Майер А., Полякоф-Мейбер А., Коллер Д., Ботто Дж., Сміт Г., Касал Дж., Йенсен П. та інші, чії розробки створили основу для пошуку та впровадження найбільш ефективних режимів лазерного опромінення насіння та для визначення його параметрів.

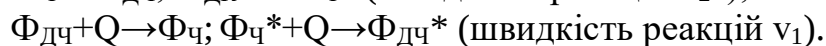
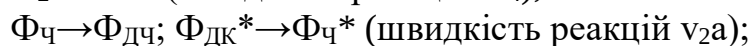
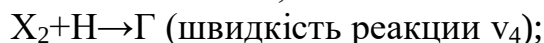
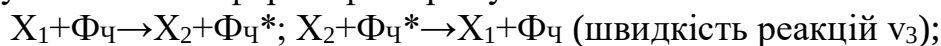
При огляді сучасного стану проблеми встановлено, що при всій складності механізмів світлового впливу на процеси проростання насіння найбільш важливу роль відіграє фітохромна система, тому для підвищення ефективності опромінення насіння овочевих культур доцільно використовувати, як спосіб передпосівної стимуляції насіння, імпульсне лазерне опромінення в діапазоні червоного світла з довжиною хвилі 630-680 нм. При цьому необхідно визначити оптимальні параметри технологічних режимів опромінення для різних культур, сортів і вихідних показників схожості насіння, а при оптимізації зазначених режимів варто використовувати визначені стандартом посівні якості насіння - лабораторну схожість (ЛС) і енергію проростання (ЕП).

У другому розділі "Теоретичні передумови для обґрунтування техноло-

гічних режимів передпосівної лазерної імпульсної стимуляції схожості насіння" розглянуто теоретичні передумови для пошуку більш ефективних режимів передпосівного опромінення насіння.

Численними дослідженнями ряду вчених було встановлено, що світло з довжиною хвилі 630-680 нм прискорює проростання насіння, а з довжиною хвилі 730-750 нм - сповільнює його. Цей фізіологічний ефект обумовлений, насамперед, фоторецепторним пігментом - синім хромопротеїном (який має назву "фітохром"), що має активну (ФДЧ) і неактивну (ФЧ) форми, які переходять одна в одну й обумовлюють індукцію світлом синтез і активацію насіння, що беруть участь у регуляції спокою, біологічно активних хімічних сполук. Ряд досліджень показують, що дія зазначених форм фітохрому йде на мембранному рівні.

Автором запропонована спрощена модель переносу через клітинні мембрани під впливом фітохрому метаболіту, що ініціює процеси проростання насіння з запуском дії зазначених форм при їх безпосередньому взаємному перетворенні під дією світла, представлену на рис. 1. Модель побудована при допущенні, що при переході речовин через мембрану має місце процес типу дифузії і що діючий метаболіт приєднується до однієї молекули фітохрому і при цьому зворотнім переносом його через мембрану можна зневажити в силу того факту, що діючий метаболіт при проростанні насіння зв'язується коли запускаються біохімічними реакціями і тому швидкість його можливого зворотнього переносу дуже мала. У моделі використані такі позначення: X_1 і X_2 - концентрації метаболітів у внутрішньому і зовнішньому (стосовно клітинної мембрани) фондах, ФЧ і ФДЧ - концентрації фітохрому у формах Ч и ДЧ відповідно, позначення з індексом * вказують на перебування фітохрому поблизу зовнішньої сторони мембрани. Запишемо хімічні реакції, що відбуваються в системі, з урахуванням введення дії світлової енергії як формального діючої речовини Q з концентрацією, пропорційною інтенсивності падаючої світлової енергії в діапазоні максимуму поглинання форми фітохрому ФЧ:



Точні значення швидкостей реакцій визначити важко, однак можна зробити деякі висновки про співвідношення між ними, а саме:

$$v_2 \geq v_1 > v_4 \gg v_3. \quad (1)$$

З урахуванням того, що концентрація в середині кліток метаболіту X_1 , що переноситься через мембрану з'єднаннями фітохрому значно перевершує концентрацію самого фітохрому (не менш ніж на 3-4 порядки), можна вва-

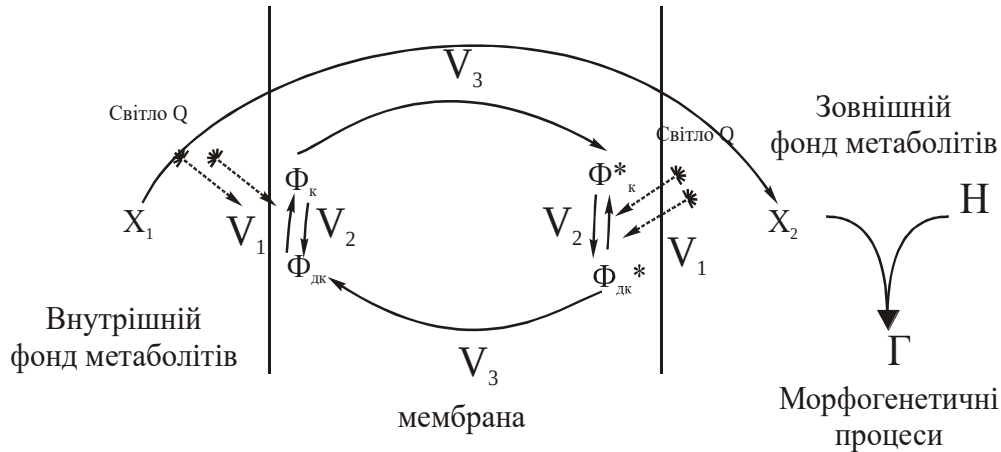


Рис. 1. Спрощена модель дії фітохрому при світловому впливі на процеси проростання насіння.

жати цю концентрацію постійною і рівною константі a . Також постійною вважаємо концентрацію взаємодіючого з перенесеним через мембрану метаболітом X_2 метаболіту H і позначимо її як постійну h . Введемо тепер для скорочення розмірів записів наступні позначення для концентрацій діючих речовин:

$$\{X_1\} = \text{const} = a; \{X_2\} = F; \{H\} = h; \{Q\} = \text{const} = q;$$

$$\{\Phi_k\} = B; \{\Phi_{lk}\} = D; \{\Phi_k^*\} = C; \{\Phi_{lk}^*\} = E.$$

При цьому значення швидкості реакцій $X_1 + \Phi_q \rightarrow X_2 + \Phi_q^*$; $\Phi_q^* \rightarrow \Phi_k$ буде v_{3a} и $\Phi_q \rightarrow \Phi_{lk}$; $\Phi_{lk}^* \rightarrow \Phi_q^*$ як v_{2a} .

Тоді можна записати наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dB}{dt} = v_1 q D - v_2 a B - v_3 a B \\ \frac{dC}{dt} = v_3 a B + v_1 q E - v_2 a C \\ \frac{dD}{dt} = -v_1 q D + v_2 a B + v_3 a E \\ \frac{dE}{dt} = v_2 a C - v_1 q E - v_3 a E \end{cases} \quad (2)$$

При переході від оригіналів до зображень одержуємо:

$$\begin{cases} p\bar{B} = v_1 q \bar{D} - v_2 a \bar{B} - v_3 a \bar{B} \\ p\bar{C} = v_3 a \bar{B} + v_1 q \bar{E} - v_2 a \bar{C} \\ p\bar{D} - D_0 = -v_1 q \bar{D} + v_2 a \bar{B} + v_3 a \bar{E} \\ p\bar{E} = v_2 a \bar{C} - v_1 q \bar{E} - v_3 a \bar{E} \end{cases} \quad (3)$$

а звідси, з урахуванням того, що на протязі всього процесу концентрація Φ_{lk}^* незначна і того, що швидкість реакції v_{3a} в порівнянні з іншими дуже мала, можемо записати, зневажаючи в третім рівнянні останнім з доданків:

$$\begin{cases} (p + v_2 a + v_3 a) \bar{B} = v_1 q \bar{D} \\ (p + v_2 a) \bar{C} = v_3 a \bar{B} + v_1 q \bar{E} \\ (p + v_1 q) \bar{D} = D_0 + v_3 a \bar{B} \\ (p + v_1 q + v_3 a) \bar{E} = v_2 a \bar{C} \end{cases} \quad (4)$$

звідкіль одержуємо:

$$\bar{B} = \frac{v_1 q D_0}{p^2 + (v_2 a + v_3 a)p + v_1 q v_3 a}, \quad \bar{D} = \frac{(p + v_2 a + v_3 a) D_0}{p^2 + (v_2 a + v_3 a)p + v_1 q v_3 a} \quad (6)$$

Звідси, переходячи до оригіналів, одержуємо:

$$B = \frac{v_1 q D_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)t\right) \times \text{sh}\left(\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a} \cdot t\right)$$

$$D = D_0 \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)t\right) \times \left\{ \text{ch}\left(\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a} \cdot t\right) + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a}} \times \text{sh}\left(\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a} \cdot t\right) \right\} \quad (7)$$

Приймаючи умовно $v_3 a = 1$, отримаємо залежності $B(t)$ для деяких співвідношень швидкостей реакцій, що приведені на рис. 2. Аналізуючи приведені залежності, можна зробити висновки, аналогічні отриманим при аналізі залежностей на рис. 2, про дискретність переносу метаболітів і про більшу ефективність імпульсного передпосівного опромінення насіння. Крім того, при збільшенні щільності енергії перенос метаболіту здійснюється при меншому числі імпульсів.

Для оцінки кількості метаболіту, що переноситься за час дії одного імпульсу T , за умови прийняття сталості концентрації вихідного метаболіту, необхідно обчислити наступний інтеграл (див. останнє рівняння системи 4):

$$F_1 = v_2 a \int_0^T B(t) dt = \frac{v_1 q v_3 a D_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a}} \cdot \int_0^T \left\{ \exp\left(-\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)t\right) \times \right.$$

$$\left. \times \text{sh}\left(\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a} \cdot t\right) \right\} dt \quad (8)$$

З використанням методу інтегрування за частинами знаходимо:

$$F_1 = \frac{D_0}{\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a}} \left[1 - \exp\left(-\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)T\right) \times \left[\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a) \times \right. \right.$$

$$\left. \times \text{sh}\left(\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a} \cdot T\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a} \times \right.$$

$$\left. \times \text{ch}\left(\sqrt{\left(\frac{1}{2}(v_2 a + v_3 a)\right)^2 - v_1 q v_3 a} \cdot T\right) \right] \quad (9)$$

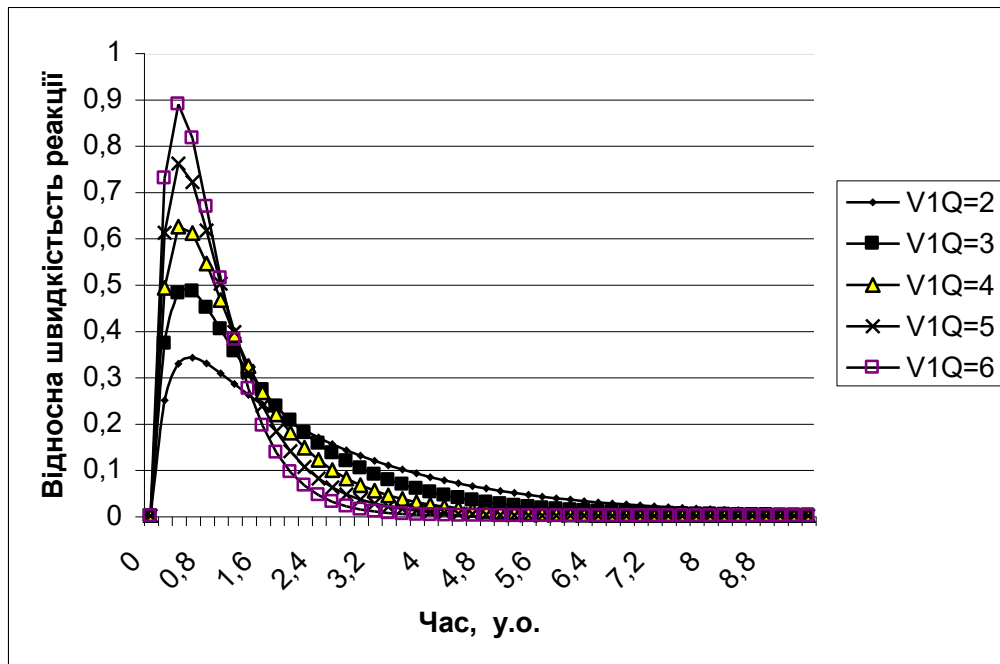


Рис. 2. Зміна швидкості переносу вихідного метаболіту через мембрану в часі (відраховуючи від початку опромінення) при $v_{2a}=4$.

При аналізі цього виразу можна помітити, що оскільки аргумент показової функції по модулю більше аргументів гіперболічних функцій, то при T , не близьких до нульового значення (що відповідає досить тривалим періодам між імпульсами), можна прийняти залежність між перенесеним за імпульс метаболітом і тривалістю імпульсу у виді зворотної до показової функції виду

$$F_1 = [1 - \exp(-\alpha T)].$$

При подальшому зменшенні довжини періоду (яке відповідає при фіксованому значенні скважності імпульсів зменшенню періоду проходження імпульсу), як можна бачити з рис. 2, буде спостерігатися різке падіння перенесеного метаболіту, тому ефективне опромінення в імпульсному режимі починається з деякої визначеної тривалості імпульсів, далі з ростом тривалості імпульсів спостерігається поступове підвищення ефективності опромінення, однак наростання цієї ефективності буде спадати.

Таким чином, можна зробити загальний висновок про підвищення показників посівних якостей насіння (ПЯН) опроміненого насіння з ростом щільності падаючої енергії і про підвищення з явно вираженим насиченням посівних якостей опроміненого насіння з ростом таких параметрів, як загальне число імпульсів, період проходження імпульсів і їхня тривалість. Виходячи з отриманих основних співвідношень параметрів режимів імпульсного опромінення насіння і з того факту, що точні значення швидкостей ді-

ючих реакцій і концентрацій діючих речовин (які, вірогідно, мають складні залежності від виду і сорту насіння, а також параметрів їхнього стану і, можливо, параметрів середовища) визначити досить складно, є доцільним визначати основні параметри режимів імпульсного опромінення насіння методом активного експерименту для конкретних видів і сортів, а також вихідних показників схожості.

У третьому розділі "Експериментальні дослідження параметрів режимів імпульсного світлолазерного передпосівного опромінення насіння овочевих культур" наведено результати досліджень впливу параметрів режимів опромінення на посівні якості насіння овочевих культур. Визначення параметрів режимів імпульсного передпосівного опромінення насіння овочевих культур лазерним випромінюванням, що роблять найбільший стимулюючий вплив на посівні якості насіння, було метою експериментальних досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень у роздільній мережі "Укрсортсемяовощ" були придбані насіння овочевих культур, що займають найбільші площі на території України, а саме насіння наступних культур і сортів: огірки "Родничек" і "Конкурент", томати "Розовый гигант", перець "Подарок Молдовы", баклажани "Донецкий урожайный". Посівні якості насіння перевірялися за відомою стандартною методикою, дані про них зазначені в таблиці 1. Оскільки усі насіння відповідали першому класові по посівних якостях (по ЛС і ЕП) згідно ОСТ 46 90 - 80 - ОСТ 46 107 - 80, то для одержання насіння з більш низькими посівними якостями з метою пошуку для них оптимальних режимів передпосівного опромінення був застосований відомий метод штучного старіння, який полягає в тім, що зволожені насіння витримуються на водяній лазні в герметично закритій судині при температурі 80°C у протязі визначеного часу, від тривалості якого залежить зниження їхньої лабораторної схожості, по якій і визначаються ПЯН, з наступним висушуванням насіння. Одночасно відбувається і зниження ЕП, однак цей показник не регламентує віднесення насіння до визначеного класу по ПЯН.

Для наступного дослідження були отримані партії насіння, що відповідають по посівних якостях 2-му класові і позакласні, котрі в даному розділі в наступному будуть використані в досліді по визначенню впливу діючих факторів на посівні якості насіння, що будуть позначений як "Дослід 2" і "Дослід 3" відповідно, на відміну від дослідів з вихідним насінням, що відповідають 1-му класові і позначений як "Дослід 1". Дані про посівні якості отриманих у такий спосіб насіння приведені в табл. 1.

Таблиця 1 -

Дані про ПЯН для проведення експериментальних досліджень

Культура, сорт	Дослід 1 (первинне насіння, що відповідає 1-му класу за ПЯН)		Дослід 2 (насіння, що відповідає 2-му класу за ПЯН)		Дослід 3 (позакласні за ПЯН)	
	ЛВ, %	ЕП, %	ЛВ, %	ЕП, %	ЛВ, %	ЕП, %
Огірок, сорт "Конкурент"	94	71	79	59	66	40
Огірок, сорт "Родничек"	93	73	83	64	65	43
Томати "Розовый гигант"	91	57	77	52	60	32
Перець "Подарок Молдовы"	88	52	73	39	54	24
Баклажани "Донецкий урожайный"	79	57	68	42	55	30

Визначення ПЯН проводилося для вихідних партій насіння до опромінення, а також після опромінення і наступної витримки насіння у 6-7 днів відповідно до рекомендацій. В усіх випадках визначення ПЯН (ЛС і ЕП) проводилося за стандартною методикою, при цьому пророщення насіння для всіх культур велося при температурі 20-30°C (більш висока - 8 год., більш низька - 16 год.), на світлі, для насіння огірка за способом "між папером", а для пасльонових - за способом "на папері", при цьому використовувалися паперові серветки, що були перевірені на відповідність показників капілярного підйому, кислотності і зольності. Проби у всіх випадках відбиралися 4 партії по 100 насінин кожна, з визначенням ЛС і ЕП як середнього з 4 показників числа нормальних проростків. Пророщення велося при утриманні зволоженого паперу з насіннями на піддонах у термостатичній шафі ШС №3. Для визначення ЛС і ЕП пророщення велося протягом термінів, передбачених стандартними методиками.

Для імпульсного опромінення насіння овочевих культур лазером з метою вивчення впливу параметрів режимів на ПЯН була створена лабораторна установка, схема якої представлена на рис. 3.

Установка працює таким чином. Промінь лазера 1 системою дзеркал 2,3 направляється до розфокусовуючої лінзи 4, а потім, відбиваючись від дзеркала 5, направляється на предметний столик 6, на який одношарово в чашці Петрі 7 міститься насіння. При необхідності зменшити інтенсивність випромінювання на шляху променя встановлюється світлофільтр 8. Для переривання променя на його шляху міститься непрозорий диск 9 з 4 прорізами, що приводиться в обертання двигуном постійного струму 10 (типу ПД062), що живиться від випрямного моста 11, на який подається перемін-

на напруга від мережі. Швидкість обертання двигуна регулюється обертанням ручки автотрансформатора, при чому змінюється величина напруги живлення. Ця швидкість обертання контролюється електронним тахометром типу "ТЭМП-1" у комплекті з фотоелектричним датчиком ДФ-1 (позиція 13 на рис. 3) і встановлюється попередньо перед проведенням досліду. Потім прилад "ТЭМП-1" переключається у режим лічильника імпульсів, при якому і визначається час опромінення. В обох випадках датчик приладу ДФ-1 (позиція 14 на рис. 3) встановлюється так, щоб у його проріз вільно проходила перфорована частина диска. Перед проведенням кожного окремого досліду щільність енергії, що падає на насіння, контролювалася приладом ИЛД-2М (позиція 15 на рис. 3), при цьому дзеркало 5, що відбиває, поверталася на 90 градусів навколо своєї осі, а чуттєва голівка приладу ИЛД-2М знаходилася від його осі на такій же відстані, як і предметний столик; у той же час двигун, що приводить в обертання диск, відключався від мережі, а диск вручну встановлювався так, щоб промінь лазера вільно проходив в одну з наявних на ньому 4 прорізів.

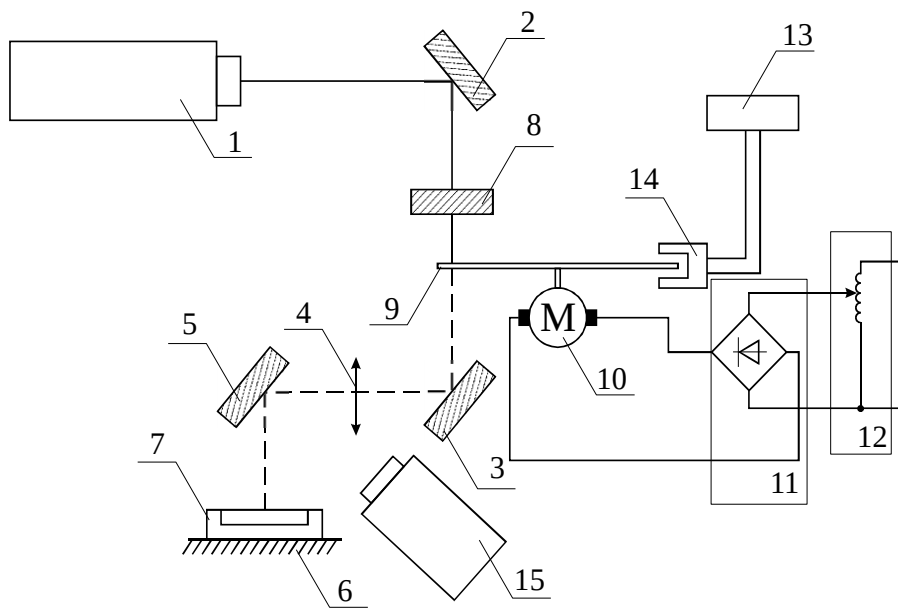


Рис. 3. Схема експериментальної установки:

1-лазер, 2,3,5-дзеркала, 4-лінза, 6-предметний столик, 7-чашка Петри з насінням, 8-світлофільтр, 9-непрозорий диск з прорізами, 10-двигун, 11-випрямний міст, 12-автотрансформатор, 13-лічильник імпульсів/тахометр з датчиком 14, 15-прилад для виміру щільності енергії.

Як джерело променистої енергії використовувався лазер газовий ЛГ-38 гелій-неоновий, одномодовий, безперервної дії з довжиною хвилі лазерного випромінювання 0,6328 мкм.

На першому етапі досліджень по літературних джерелах були визначені фактори, що можуть впливати на ПЯН:

X_1 - щільність енергії, мВт/см²;

X_2 - період між імпульсами, мс.;

X_3 - число імпульсів, штук.

X_4 – ступень заповнення імпульса, в.о.

X_5 – температура навколишнього середовища, °С.

X_6 – число днів від опромінення до початку визначення ПЯН, діб.

Оскільки таких факторів виявилось досить багато для проведення дослідження для всіх сортів і вихідних ПЯН (як мінімум $15 \cdot 26 \cdot 2 = 1920$ дослідів навіть за умови адекватності лінійної моделі і при повторності 2), то було вирішено провести відсіюючий експеримент. Проведено експериментальні дослідження тільки при визначенні показника ЛС для насіння огірків сорту "Конкурент" (як культури роду гарбузових) і для насіння перцю "Подарок Молдовы" (як культури роду пасльонових) в обох випадках з ПЯН, що відповідають 2-му класові насіння для встановлення найбільш значущих факторів для наступного експериментального визначення їхнього впливу на ПЯН для всіх зазначених у табл. 1. видів насіння перерахованих там же культур і сортів. При цьому значення інтервалів варіювання були обрані такими, котрі можуть мати місце при передпосівній обробці насіння в умовах виробництва.

Відсіюючий експеримент проводився за стандартною методикою по методу випадкового балансу. Ґрунтуючись на результатах цього експерименту, значущими є лише перші три з наведених вище вхідних факторів, тому остаточно прийнято, що для визначення значень ПЯН варто провести повнофакторний експеримент з трьома вхідними факторами, що контролюються.

Оскільки за попередніми даними було відомо, що значення ПЯН (як ЛВ, так і ЕП) мають явно нелінійну залежність типу насичення, оскільки очевидним є факт наявності граничних, обумовлених біологічними особливостями насіння, значень ПЯН, то як рівняння регресії обране нелінійна залежність, тобто

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_{12} X_1 X_2 + B_{13} X_1 X_3 + B_{23} X_2 X_3 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{33} X_3^2,$$

де Y - вихідна функція, у якості якої виступають ЛВ і ЕП.

Виходячи з того, що положення екстремуму і центральної точки плану були попередньо невідомими, а також з можливості проведення меншого числа дослідів (при повторності $m=1$), був обрано рототабельний центральний композиційний план (РЦКП) другого порядку. Дані про рівні й інтервали варіювання для кожного з факторів приведені в табл. 2.

Для зручності запису плану експерименту й обробки його результатів доцільно користуватися кодованими значеннями факторів:

$$X_i = (x_{iB} - x_{i0}) / I_i. \quad (10)$$

Таблиця 2 -

Інтервали варіювання і рівні факторів (РЦКП)

Фактор	Нульовий рівень	Інтервал варіювання	Нижній рівень (-1)	Верхній рівень (+1)	Нижній зірковий рівень $-\alpha = -1,682$	Верхній зірковий рівень $+\alpha = +1,682$
X_1 – щільність енергії, мВт/см ²	5	2,8	2,2	7,8	0,3	9,7
X_2 – період між імпульсами, мс.	250	130	120	380	30	470
X_3 – число імпульсів, шт.	2000	1180	820	3180	15	3985

Після обробки результатів експериментів отримані відповідні рівняння регресії, що зв'язують значення ПЯН з параметрами режимів опромінення насіння. Приведені нижче рівняння регресії містять тільки значимі коефіцієнти для нормованих значень факторів. Значення ЛС і ЕП позначені відповідно через $Y(**)$ і $Z(**)$, де цифри в дужках позначають вихідне значення для ЛВ і ЕП.

Результати експериментів для огірків сорту “Конкурент” (вихідна лабораторна схожість - 94%, вихідна енергія проростання - 71%):

$$Y(94)=98,096+1,224X_1+1,139X_3-0,554X_1^2-0,554X_2^2-0,731X_3^2$$

$$Z(71)=86,751+3,554X_1+1,664X_2+3,063X_3-2,378X_1^2-3,094X_2^2-2,211X_3^2$$

$$Y(79)=93,505+2,063X_1+2,110X_2+4,133X_3-2,523X_1^2-2,523X_2^2-2,877X_3^2$$

$$Z(59)=74,624+3,234X_1+1,378X_2+2,928X_3-2,161X_1^2-2,161X_2^2-2,515X_3^2$$

$$Y(66)=78,127+2,476X_1+0,835X_2+2,880X_3-2,379X_1^2-2,556X_3^2-2,202X_3^2$$

$$Z(40)=53,310+3,111X_1+2,449X_2+1,978X_3-2,111X_1^2-2,288X_2^2-2,465X_3^2$$

Результати експериментів для огірків сорту “Родничек” (вихідна лабораторна схожість - 93%, вихідна енергія проростання - 73%):

$$Y(93)=97,269+0,832X_1+1,278X_3-0,648X_1^2-0,689X_3^2$$

$$Z(73)=85,747+3,111X_1+1,078X_2+3,461X_3-1,828X_1^2-2,712X_2^2-1,828X_3^2$$

$$Y(83)=94,929+2,133X_1+1,371X_2+2,183X_3-1,698X_1^2-1,874X_2^2-1,167X_3^2$$

$$Z(64)=78,149+2,462X_1+0,908X_2+2,716X_3-2,341X_1^2-2,694X_2^2-1,987X_3^2$$

$$Y(65)=78,126+2,353X_1+1,228X_2+2,647X_3-1,846X_1^2-2,553X_3^2-1,492X_3^2$$

$$Z(43)=52,518+2,083X_1+1,760X_2-1,307X_1^2-1,484X_2^2-1,307X_3^2$$

Результати експериментів для насіння томатів сорту “Розовый гигант” (вихідна лабораторна схожість - 91%, вихідна енергія проростання - 57%):

$$Y(91)=96,769+1,248X_1+1,278X_3-0,996X_1^2-0,996X_3^2$$

$$Z(57)=75,481+2,672X_1+1,980X_2+4,366X_3-1,736X_1^2-2,619X_3^2$$

$$Y(77)=93,986+3,773X_1+2,333X_2+4,088X_3-3,276X_1^2-3,100X_2^2-3,276X_3^2$$

$$Z(52)=73,247+4,216X_1+2,845X_2+5,275X_3-4,694X_1^2-3,280X_2^2-4,164X_3^2$$

$$Y(67)=76,759+3,284X_1+1,644X_2+3,880X_3-2,203X_1^2-2,380X_3^2-2,380X_3^2$$

$$Z(32)=54,295+3,387X_1+2,772X_2+5,322X_3-2,250X_2X_3-3,340X_1^2-3,517X_2^2-3,871X_3^2$$

Результати експериментів для насіння перцю сорту "Подарок Молдови" (вихідна лабораторна схожість - 86%, вихідна енергія проростання - 52%):

$$Y(86)=95,924+2,060X_1+1,151X_2+1,975X_3+1,375X_1X_3-1,671X_1^2-1,848X_2^2-1,141X_3^2$$

$$Z(52)=65,612+2,479X_1+3,773X_2+3,183X_3-2,203X_1^2-2,203X_3^2$$

$$Y(73)=85,747+3,111X_1+1,078X_2+3,461X_3-1,828X_1^2-2,712X_2^2-1,828X_3^2$$

$$Z(39)=55,922+2,602X_1+2,772X_2+4,161X_3-2,987X_1^2-2,104X_2^2-2,457X_3^2$$

$$Y(54)=74,636+4,020X_1+2,333X_2+4,300X_3-2,586X_1^2-2,763X_3^2-3,116X_3^2$$

$$Z(24)=36,182+1,960X_1+2,083X_2+2,953X_3-1,599X_1^2-2,129X_2^2-2,129X_3^2$$

Результати експериментів для насіння баклажанов сорту "Донецкий урожайный" (вихідна лабораторна схожість - 79%, вихідна енергія проростання - 57%):

$$Y(79)=91,942+2,452X_1+1,051X_2+3,947X_3+1,625X_2X_3-2,335X_1^2-3,572X_2^2-2,335X_3^2$$

$$Z(57)=69,139+2,160X_1+1,005X_2+3,063X_3+1,625X_2X_3-1,872X_1^2-2,756X_2^2-2,226X_3^2$$

$$Y(68)=84,346+2,356X_1+2,233X_2+4,249X_3-2,809X_1^2-2,986X_2^2-2,986X_3^2$$

$$Z(42)=60,508+2,752X_1+3,384X_2+4,713X_3+1,625X_2X_3-3,212X_1^2-3,212X_2^2-3,743X_3^2$$

$$Y(55)=64,773+2,056X_1+1,863X_2+2,533X_3-1,342X_1^2-1,342X_2^2-1,872X_3^2$$

$$Z(30)=43,310+3,331X_1+2,306X_2+3,391X_3-2,519X_1^2-1,812X_2^2-2,166X_3^2$$

Після аналізу отриманих у виді рівнянь регресії залежностей для схожості відповідного насіння визначені оптимальні значення вхідних факторів. Аналізуючи ці дані, можна їх узагальнити й одержати значення діючих факторів з урахуванням того, що мінімально можливим значенням діючих факторів відповідає мінімально можливий час обробки партії насіння, макмальна продуктивність і мінімально можливі витрати енергії. Результати такого узагальнення з переводом відповідних вхідних факторів з нормованих одиниць виміру у фізичні, приведені в табл. 3, де приведені значення факторів, що задовольняють умові максимальних показників ЛВ, узагальнених для усіх вихідних ПЯН у межах кожного сорту.

Таким чином, визначено, що для всіх досліджених сортів овочевих культур найбільш доцільним є прийняття режимів передпосівного опромінення насіння, при яких забезпечується щільність енергії близько 6,7 мВт/см², період проходження імпульсів близько 250 мс, при зміні числа імпульсів у залежності від виду і сорту культури для насіння, що опромінюється, поза залежністю від їх вихідних ПЯН. Ці значення режимів опромінення варто використовувати при створенні відповідних установок для передпосівного опромінення насіння.

При цьому варто врахувати, що резерви підвищення схожості насіння при застосуванні імпульсного лазерного передпосівного опромінення мають свої обмеження, тому не є можливим досягти таким способом підвищення ПЯН до рівня 1-го класу для насіння, що не відповідають по вихідним ПЯН рівню 2-го класу, і, відповідно, підвищення ПЯН до рівня 2-го класу для насіння, вихідні ПЯН якого значно (більш ніж на 15-20% по ЛВ) нижче рівня 2-го класу.

Таблиця 3 -

Значення факторів (у фізичних одиницях), що відповідають максимальним значенням ЛС, продуктивності й енергозбереження.

Культура, сорт	Оптимальні з точки зору схожості значення факторів			В т.ч. оптимальні значення факторів за енергозбереженням та продуктивністю		
	X_1 – густина енергії, мВт/см ²	X_2 – період між імпульсами, мс.	X_3 – число імпульсів, шт	X_1 – густина енергії, мВт/см ²	X_2 – період між імпульсами, мс.	X_3 – число імпульсів, шт
Огірки сортів "Родничек" та "Конкурент"	6,4 - 8,08	250 - 302	2590 - 2944	6,4	250	2600
Томати сорту "Розовый гигант"	6,68 - 7,52	250 - 315	2472 - 3062	6,7	250	2480
Перець сорту "Подарок Молдовы"	6,12 - 7,8	250 - 315	3062 - 3416	6,2	250	3080
Баклажани сорту "Донецкий урожайный"	6,4 - 8,08	250 - 328	2236 - 3298	6,4	250	2240
Для всіх культур	6,68 - 7,52	250 - 302	---	6,7	250	---

Оскільки передпосівна обробка насіння, як відзначалося раніше, є найбільш необхідною для тепличних господарств, невеликих фермерських господарств і садівничих товариств, а потреба в передпосівному опроміненні насіння існує в основному у відносно невеликий проміжок часу, то пристрій для здійснення знайдених режимів опромінення доцільно виконувати у виді приставок до промислових стаціонарних лазерних установок. Найбільш доцільним буде використання конструкцій типу волоконно-оптичного перетворювача (ВОП). Це положення доцільно прийняти при розробці конструкції пристрою для опромінення насіння овочевих культур.

У четвертому розділі "Результати лабораторних та виробничих випробувань режимів передпосівного лазерного імпульсного опромінення насіння овочевих культур" наведено опис розробленого автором пристрою для передпосівного опромінення у вигляді приставки до стаціонарної універсальної лазерної установки.

Встановлено, що найбільш доцільним буде використання конструкції типу волоконно-оптичного перетворювача "пляма-лінія" з перериваючим пристроєм типу обюртатора з постійною швидкістю обертання. При цьому

відносно переміщення перетворювача й матеріалу, що обробляється, може здійснюватися в одному напрямку, що значно спрощує конструкцію і підвищує її надійність. На основі цього рішення розроблена конструкція приставки, яка показана на рис. 4. Приставка містить волоконно-оптичний перетворювач, з'єднаний з рухомою платформою, яка приводиться у рух кроковим двигуном і переміщується по спеціальних напрямних. Основою даного стандартного пристрою є мікроконтролер типу AT90S2313 фірми Atmel. Для дослідження роботи запропонованого пристрою складені відповідні структурні схеми. На рис. 5 представлена структурно-функціональна схема

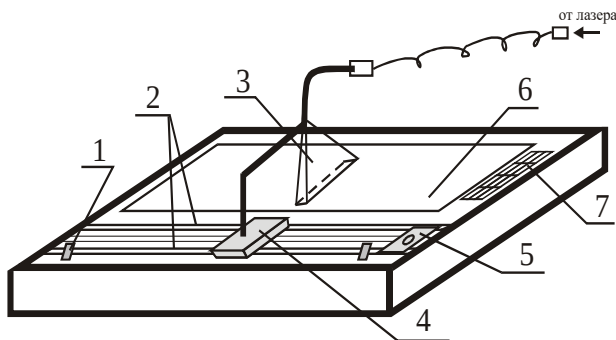


Рис. 4. Лазерна приставка:

- 1-кінцевий вимикач; 2-напрвляючі;
- 3 - волоконно-оптичний перетворювач,
- 4 - рухлива платформа; 5-кроковий двигун;
- 6-контейнер для насіння;
- 7-пульт управління.

лазерної приставки, що містить два контури управління, перший з яких відображає формування системи імпульсного управління кроковим двигуном і, а другий - привод переміщення рупорного оптичного перетворювача.

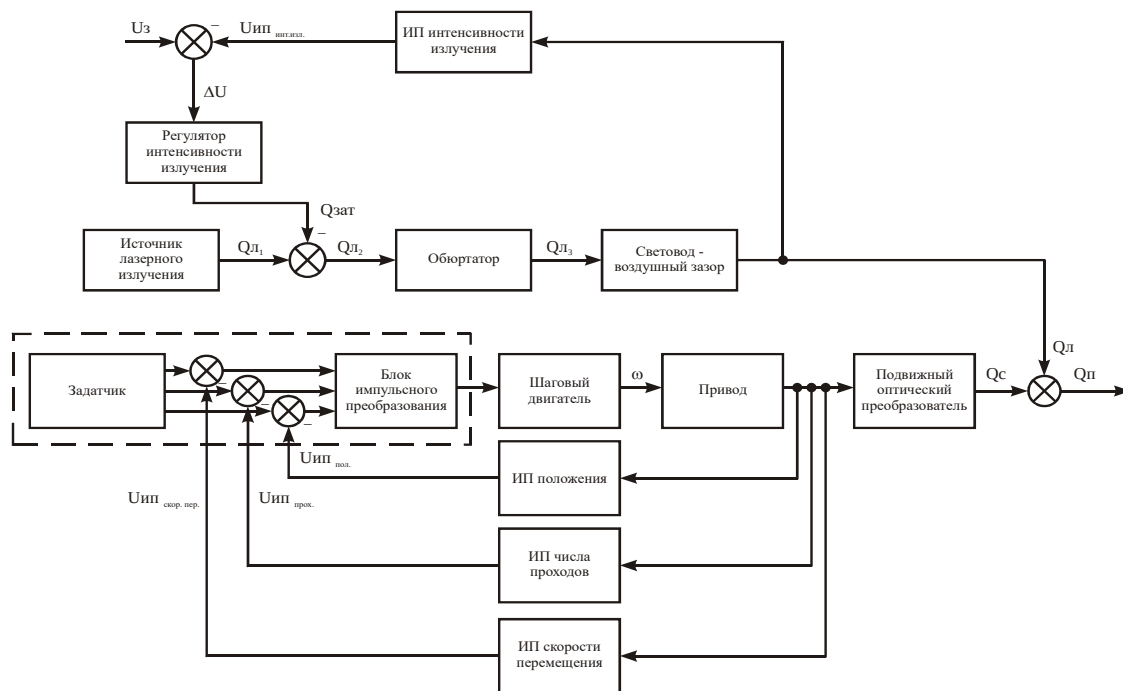


Рис. 5. Структурно-функціональна схема лазерної приставки.

З метою дослідження статичних і динамічних властивостей системи, на підставі розробленої структурно-алгоритмічної схеми, одержані передатні функції відповідних контурів управління:

$$W_{e1}(P) = \frac{W_1(P) \cdot W_2(P) \cdot W_3(P) \cdot W_4(P)}{1 + W_1(P) \cdot W_2(P) \cdot W_3(P) \cdot [W_5(P) + W_{61}(P) + W_7(P)]};$$

$$W_{e2}(P) = \frac{W_{11}(P) \cdot W_8(P) \cdot W_9(P)}{1 + W_{11}(P) \cdot W_8(P) \cdot W_9(P) \cdot W_{10}(P)}.$$

Апроксимація елементів системи виконана з урахуванням конструктивних параметрів лазерної приставки, а також статичних і динамічних властивостей ланок у координатах "вихід-вхід". Аналіз стійкості роботи системи був проведений по діаграмі Боде і за імпульсним критерієм стійкості Шур-Кона.

Діаграма Боде дозволяє визначити "технічну стійкість" як лінійних, так і імпульсних систем і являє собою сполучені логарифмічні амплитудо - і фазочастотні характеристики (ЛАЧХ і ЛФЧХ) контурів управління. Відповідні характеристики на діаграмі Боде будуються по асимптотичних виразах логарифмічних амплітудних і фазових характеристик, точки зламу яких визначаються логарифмом частот сполучення, для одержання яких використовуються корені відповідних поліномів, представлених у виді відношення дробно-раціональних функцій

$$W_i(P) = K \frac{(P - \alpha_1)(P - \alpha_2) \dots (P - \alpha_n)}{(P - j_1)(P - j_2) \dots (P - j_n)},$$

де K - коефіцієнт передачі контуру, що визначається через приведення до одиниці вільних членів поліномів, тобто $K = \frac{1/b_m}{1/a_n}$;

α_n, j_n - корені поліномів відповідно чисельника і знаменника рівняння.

При побудові діаграми Боде (рис. 6) для частот сполучення уклін ЛАЧХ відповідає $\pm n_i 20 \text{ дБ} = \lg \omega^{\pm n_i}$,

а зміна фази, що відкладається в градусах, $\pm n 20 \text{ дБ} = \pm n 90^\circ$,

де n - коефіцієнт, що залежить від виду коренів поліномів.

З рис. 6 видно, що зі збільшенням частоти має місце випереджальне перетинання ЛАЧХ рівня 0 дБ відносно перетинання ЛФЧХ рівня -180 град., що свідчить про технічну стійкість обох контурів з запасом відповідно: по амплітуді близько 22 і 18 дБ, а по фазі - приблизно 170 і 20 град., що дозволяє забезпечити цілком стабільну роботу даної системи.

Для аналізу стійкості імпульсної системи управління запишемо рівняння імпульсної передатної функції для розімкнутих контурів E1 і E2, скориставшись для цього правилами перетворення схем для імпульсних систем управління:

$$W_{p1}(s) = W_1(s)W_2(s)W_3(s)[W_5(s) + W_6(s) + W_7(s)];$$

$$W_{p2}(s) = W_8(s)W_9(s)W_{10}(s)W_{11}(s).$$

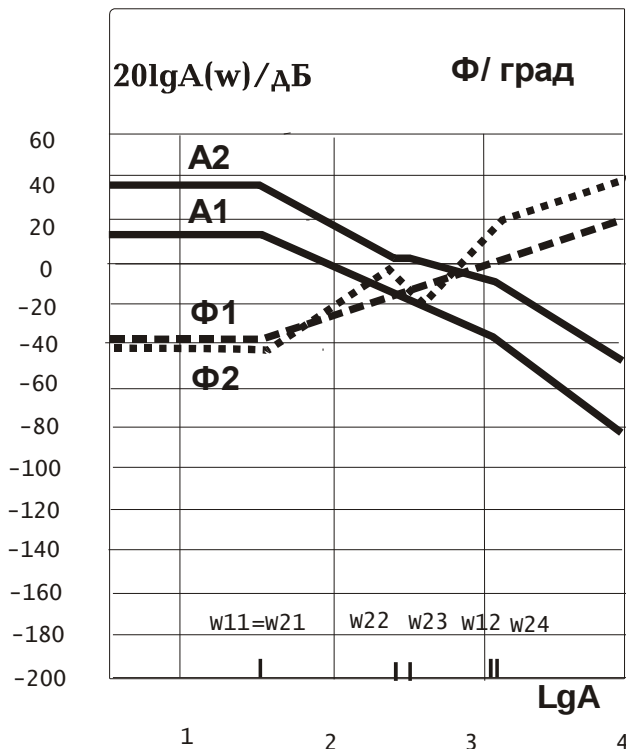


Рис 6. Діаграма Боде.

Шур-Кона, для чого необхідно скласти матрицю і знайти значення визначників, що склали:

для контура E1

$$\Delta_1 < 0; \Delta_2 > 0; \Delta_3 < 0; \Delta_4 > 0,$$

для контура E2:

$$\Delta_1 < 0; \Delta_2 > 0; \Delta_3 < 0.$$

Оскільки для обох контурів непарні визначники негативні, а парні - позитивні, то обидві системи є стійкими, а тому запропонована схема буде працездатною.

Також у главі приведені результати виробничих випробувань знайдених режимів і розробленої установки, що підтвердили її ефективність. Виробничі випробування розробленої приставки підтвердили її ефективність для поліпшення ПЯН при підвищенні врожайності отриманих рослин на 6-

Далі, провівши z-перетворення отриманих виразів, одержуємо передатні функції імпульсної системи для контурів E1 і E2, для чого проводимо розкладання передатних функцій на суми найпростіших дробей, після чого використовуємо правила z-перетворень. Потім, після обчислення допоміжних функцій, були знайдені характеристичні рівняння і їхні коефіцієнти для імпульсної системи управління.

Для визначення стійкості імпульсних систем управління скористаємось критерієм

9%, що дозволяє рекомендувати зниження норм висіву обробленого насіння на 4-8%. Зроблено розрахунок економічної ефективності від впровадження режимів і пристрою, який показав, що використання приставки дозволяє обробити до 10 кг насіння огірків і до 5 кг томатів за тиждень, тому строк окупності залежить від обсягу, залученого для обробки насіння перед посівом. При досягненні зазначених обсягів строк окупності складе відповідно 1,06 і 0,32 року.

ВИСНОВКИ

У дисертації приведені рішення наукової задачі підвищення ефективності передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур. На підставі проведених досліджень можна зробити такі основні висновки.

1. Для підвищення врожайності овочевих культур доцільне використання передпосівної стимуляції їх насіння. Найбільш перспективним способом такої стимуляції є імпульсне лазерне опромінення діапазону червоного світла з довжиною хвилі 630-680 нм, яке через фітохромну систему насіння справляє стимулюючу дію на його посівні якості.

2. Проведений аналіз моделі дії фітохрому в процесі опромінення насіння показує більшу ефективність імпульсного опромінення в порівнянні з безперервним.

3. На підставі аналізу залежностей ПЯН від параметрів опромінення у виді рівнянь регресії, отриманих при проведенні експериментів, встановлено, що для всіх досліджених сортів овочевих культур найбільш доцільним є прийняття режимів передпосівного опромінення насіння, при яких забезпечується щільність енергії близько $6,7 \text{ мВт/см}^2$, період проходження імпульсів близько 250 мс, при зміні числа імпульсів у залежності від виду і сорту культури для насіння, що опромінюється, поза залежністю від їх вихідних ПЯН.

4. Застосування зазначених режимів опромінення дає можливість підвищення ПЯН до рівня 1-го класу для насіння, що відповідають по вихідним ПЯН рівні 2-го класу, і підвищення ПЯН до рівня 2-го класу для насіння, вихідні ПЯН яким не більше ніж на 15-20% по ЛВ нижче рівня 2-го класу.

5. Встановлено, що для здійснення зазначених режимів опромінення найбільш доцільним буде створення пристрою у виді спеціалізованої приставки до промислових універсальних лазерних установок з застосуванням волоконно-оптичного перетворювача типу "пляма-лінія" з перериваючим пристроєм типу обюртатора з постійною швидкістю обертання, при відносному переміщенні перетворювача й оброблюваного матеріалу тільки в одному напрямку.

6. Запропоновано конструкцію лазерної приставки і розроблена імпульсна система управління нею на базі крокового двигуна КДШИ 200-1 з імпульсним мікропроцесорним управлінням, що забезпечує точність переміщення виромінювача з похибкою не більше 4% від величини кроку без її накопичення і дозволяє реалізовувати обґрунтовані раніше режими передпосівного опромінення насіння.

7. Виробничі випробування розробленої приставки підтвердили її ефективність для поліпшення ПЯН при підвищенні врожайності отриманих рослин на 6-9%, що дозволяє рекомендувати зниження норм висіву обробленого насіння на 4-8%.

8. Економічні розрахунки підтвердили доцільність використання розробленої приставки. Використання приставки дозволяє обробити до 10 кг насіння огірків і до 5 кг томатів за тиждень, тому строк окупності залежить від залученого для обробки насіння у плинні терміну перед посівом. При досягненні зазначених обсягів термін окупності складе відповідно 1,06 і 0,32 року.

СПИСОК ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Василішин Р.В. Стимуляція схожості насіння овочевих культур при передпосівному лазерному імпульсному опроміненні // Зб. наук. пр.: Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип. 1. Т.24 - Мелітополь, ТДАТА, 2001. - С. 108-111.

2. Діордієв В.Т., Василішин Р.В. Порівняння основних методів передпосівної стимуляції насіння овочевих культур. // Зб. наук. пр.: Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 5.– Мелітополь, ТДАТА, 2002. – С. 21 –25 (Автором розроблено класифікацію існуючих методів передпосівної стимуляції насіння овочевих культур) .

3. Діордієв В.Т., Василішин Р.В. Використання низькоінтенсивного імпульсного лазерного випромінювання для передпосівної обробки насіння овочевих культур. // Материалы XVIII Международной научно-практической конференции "Применение лазеров в медицине и биологии" – Ялта, "Лазер и Здоровье", 2002. – С. 56-57. (Автором запропоновані параметри низькоінтенсивного імпульсного лазерного випромінювання).

4. Василішин Р.В. Моделювання дії фітохромів при передпосівному лазерному опроміненні насіння для визначення основних параметрів режимів опромінення // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Вип. 10. “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХДТУСГ, 2002. – С. 145-151.

5. Василішин Р.В., Діордієв В.Т., Сабо А.Г. Визначення оптимальних технологічних режимів для імпульсного лазерного передпосівного опромінення насіння овочевих культур // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства "Проблеми енергозабезпечення

та енергозбереження в АПК України". – Харків, ХДТУСГ, 2003. – Вип. 19, Т.1.- С. 177-182.(Автором визначено перелік технологічних режимів та робочі діапазони їх оптимізації).

6. Василішин Р.В., Діордієв В.Т., Сабо А.Г. Спосіб передпосівної стимуляції насіння лазерним опроміненням. Патент. №63403 А Україна, МКВ7 А01С1/00, Опубл.15.01.04; Бюл. №1. (Автором запропоновано спосіб двочастотного лазерного опромінення насіння).

7. Діордієв В.Т., Василішин Р.В. Розробка пристрою для імпульсного лазерного передпосівного опромінення насіння овочевих культур.// Зб. наук. пр.: Праці Таврійської державної агротехнічної академії. - Вип. 19. - Мелітополь, ТДАТА, 2004. - С. 66-72. (Автором розроблені кінематична та принципові схеми пристрою, визначені параметри якості функціонування системи управління).

8. Діордієв В.Т., Василішин Р.В. Дослідження роботи лазерної приставки для передпосівної обробки насіння овочевих культур // Зб. наук. пр.: Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 25.– Мелітополь, ТДАТА, 2005. – С. 141 –150 (Автором розроблені структурні схеми та математичні моделі функціонування лазерної приставки).

АНОТАЦІЯ

Василішин Р.В. Обґрунтування технологічних режимів і параметрів пристрою для лазерного передпосівного опромінення насіння овочевих культур. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.16 – електротехнології та електроустаткування в агротехнічному комплексі. Таврійська державна агротехнічна академія. – Мелітополь, 2005.

Робота присвячена вирішенню задачі підвищення ефективності передпосівного імпульсного лазерного опромінення насіння овочевих культур. Зроблено порівняльний аналіз основних способів передпосівної стимуляції насіння, приведено огляд задіяних біологічних механізмів і використовуваних технічних засобів. Встановлено, що найбільш ефективним для застосування в умовах невеликих господарств є лазерне опромінення. Аналіз запропонованої автором моделі впливу світлового випромінювання на проростання насіння показав, що найбільш ефективним є імпульсне світлолазерне опромінення і дозволив встановити основні співвідношення між параметрами режимів опромінення. На основі досліджень, що проводилися при використанні методів активного експерименту з застосуванням рототабельного центрального композиційного плану, встановлено залежності посівних якостей насіння після опромінення від числа імпульсів, щільності падаючої енергії і періоду між імпульсами для ряду сортів овочевих культур у виді рівнянь регресії. Встановлено, що для всіх досліджених сортів овочевих куль-

тур можна застосувати передпосівне опромінення насіння з щільністю енергії близько $6,7 \text{ мВт/см}^2$, періодом проходження імпульсів близько 250 мс при зміні числа імпульсів у залежності від виду і сорту культури. Запропоновано конструкцію приставки до стаціонарної промислової лазерної установки. Виробничі випробування знайдених режимів і розробленої приставки підтвердили їх ефективність.

Ключові слова: *передпосівна стимуляція, лазер, імпульсне опромінення, схожість насіння, рівняння регресії, лазерна приставка, кроковий двигун, система управління.*

АННОТАЦИЯ

Василишин Р.В. Обоснование технологических режимов и параметров устройства для лазерного предпосевного облучения семян овощных культур. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.16 – Электротехнологии и электрооборудование в агротехническом комплексе. Таврическая государственная агротехническая академия. – Мелитополь, 2005.

Работа посвящена решению задачи повышения эффективности предпосевного импульсного лазерного облучения семян овощных культур. Во введении обоснована актуальность выбранной темы исследований, сформулированы цель и задачи исследований. В первом разделе работы произведен сравнительный анализ основных способов предпосевной стимуляции семян, приведен краткий обзор задействованных при этом биологических механизмов и используемых технических средств. На основе сравнительного анализа различных способов предпосевной стимуляции семян установлено, что одним из наиболее эффективных и пригодных для применения в условиях небольших хозяйств способов предпосевной стимуляции семян овощных культур является лазерное облучение. Установлено, что, несмотря на всю сложность задействованных в процессе светового воздействия на прорастание семян механизмов, ведущая роль в этом явлении принадлежит фитохромной системе семян, что и определяет преимущественное использование для световой стимуляции всхожести семян красного света с длиной волны 630-680 нм.

При анализе предложенной автором модели воздействия светового излучения на прорастание семян через его действие на фитохромную систему, который приведен во втором разделе работы, выяснено, что наиболее эффективным (с точки зрения стимуляции механизмов прорастания) является импульсное лазерное облучение, при котором может быть достигнут стимулирующий эффект, который будет в принципе недостижимым при непрерывном облучении. Этот анализ позволил установить основные соотношения между искомыми параметрами режимов облучения, что дало возмож-

ность для эффективного экспериментального поиска оптимальных режимов облучения, который производился в третьем разделе работы.

При выполнении экспериментальных исследований, проводившихся на экспериментальной лазерной установке при использовании методов активного эксперимента, сначала при проведении отсеивающего эксперимента были отделены наиболее существенные факторы, влияющие на эффективность предпосевного импульсного лазерного облучения семян и являющиеся одновременно параметрами режимов такого облучения. Затем методом активного эксперимента с использованием рототабельного центрального композиционного плана определены зависимости посевных качеств семян после облучения от числа импульсов, плотности падающей энергии и периода между импульсами для ряда сортов овощных культур (огурцов, томатов, перца и баклажан) с различными исходными посевными качествами в виде уравнений регрессии. При анализе полученных зависимостей в виде уравнений регрессии было установлено, что для всех исследованных сортов овощных культур наиболее целесообразным является принятие режимов предпосевного облучения семян, при которых обеспечивается плотность энергии около $6,7 \text{ мВт/см}^2$, период следования импульсов около 250 мс, при изменении числа импульсов в зависимости от вида и сорта культуры для облучаемых семян вне зависимости от их исходных посевных качеств семян. Эти значения режимов облучения следует использовать при создании соответствующих установок для предпосевного облучения семян. Однако следует учесть, что резервы повышения всхожести семян при применении импульсного лазерного предпосевного облучения имеют свои ограничения в виде повышения посевных качеств семян на один класс.

Предпосевная обработка семян является наиболее необходимой для тепличных хозяйств, относительно небольших фермерских хозяйств, а потребность в предпосевном облучении семян существует в основном в относительно небольшой промежуток времени, поэтому устройства для осуществления найденных режимов облучения целесообразно выполнять в виде приставок к выпускаемым промышленно стационарным лазерным установкам. В четвертом разделе предложена конструкция такой приставки на основе применения шагового двигателя и импульсной системы управления, проведен анализ технической устойчивости разработанной системы и устойчивости импульсной системы управления по критерию Шур-Кона. Производственные испытания разработанной приставки подтвердили ее эффективность для улучшения посевных качеств семян при повышении урожайности полученных растений на 6-9%, что позволяет рекомендовать снижение норм высева обработанных семян на 4-8%. Экономические расчеты подтвердили целесообразность использования разработанной приставки. Использование приставки позволяет обработать до 10 кг семян огурцов и до 5 кг томатов за

неделю, при этом срок окупаемости составит соответственно 1,06 и 0,32 года.

Ключевые слова: *предпосевная стимуляция, лазер, импульсное облучение, всхожесть семян, уравнение регрессии, лазерная приставка, шаговый двигатель, система управления.*

ABSTRACT

Vasylyshin R.V. Substantiation of technological mode parameters for the pulse laser irradiation of vegetable culture seeds before sowing. – Manuscript.

Theses for a candidate's degree by specialty 05.09.16 – Electric technologies and electrical equipment in agrotechnical complex. – Tavria Agrotechnical State Academy. – Melitopol, 2005.

The work is devoted to the decision of a task to increase of the efficiency of the pulse laser irradiation of vegetable culture seeds before sowing. The comparative analysis of the basic seed stimulation ways is made, the brief review of the involved biological mechanisms and used technical means is given. It is established that laser irradiation is the most effective for application in conditions of small facilities. The analysis of the model of the influence of laser radiation on the seed germination offered by the author has shown the pulse laser irradiation is the most effective and it has allowed to establish the basic ratios between parameters of an irradiation modes. During the performance of researches which are carried out with use of active experiment methods under the rotatable central composite plan, the dependences of seed sowing qualities after an irradiation are determined from number of pulses, density of falling energy and period between pulses for a number of sorts of vegetable cultures as the regress equations. It was established, that it is possible to apply to all investigated sorts of vegetable cultures a laser seed irradiation with density of energy about $6,7 \text{ mWt/sm}^2$, period between pulses about 250 ms with change of number of the pulses depending on the sort and kind of culture. The design of the additional unite for seed irradiation to a stationary industrial laser installation was offered. The industrial tests of the found modes and unite have confirmed their efficiency.

Key words: *stimulation before sowing, laser, pulse irradiation, seed germination, regress equation, additional unite, step motor, control system.*

Підписано до друку 3.12.05
Зам. № 64

Формат 145x215(60x90/16)
Обсяг 0,85 ум. авт. арк.
Тираж 100 прим.

Адреса редакції видавця та поліграфпідприємства
ТДАТА, просп. Б.Хмельницького, 18, м.Мелітополь, 73312