



УДК 631.588:635.652

DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-35

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА КОРЕНЕВУ СИСТЕМУ КВАСОЛІ

Сухін В. В., інж.,

<https://orcid.org/0000-0002-6554-3992>

Лисиченко М. Л., д. т. н.

<https://orcid.org/0000-0003-1611-6705>*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

e-mail: VVS11101992@gmail.com, 1prlysychenko@ukr.net

Анотація – представлено експериментальне дослідження з визначення активізаційного впливу низькоенергетичного лазерного випромінювання на фізіологічні показники (висота стебла, діаметр стебла) ростків квасолі, впливаючи на їх кореневу систему. Для проведення досліду був побудований лабораторний стенд, який включав в себе: пульт керування, резервуар з живильним розчином і тримачем для розміщення вирощуваної квасолі, джерела штучного освітлення рослин і конструкцію їх встановлення, блок аерації і лазерну установку. Резервуар з живильним розчином і тримачем представляв собою гідропонну установку оснований на методі воднева культура і системі плаваюча платформа. Сам біостимуляційний розчин, вмщував у собі набір певних хімічних елементів і їх концентрацій для вирощування квасолі. Функціонування лабораторного стенду починалося з подачі загального живлення до пульта керування, а з нього подавались команди на вмикання джерел штучного освітлення рослин, блока аерації живильного розчину та лазерного пристрою. Також розроблена технологія лазерної обробки коренів ростків квасолі, яка ґрунтувалась на розділенні 30 ростків на 3 групи по 10 одиниць, перша і друга група опромінювалась лазером з відповідними параметрами довжини хвилі і дози, а третя являла собою контроль. Рісток брався з відповідного ряду і розміщувався в скляній ємності над якою знаходився випромінювач на висоті 0,01 м, при цьому, чітко впливаючи на зону всмоктування кореневої системи, а потім знову повертався у вихідне положення. За результатами досліду отримано набір даних і побудовані діаграми, які свідчать про ефективність лазерного стимулювання коренів квасолі за встановленими фізіологічними показниками та мають відсотковий приріст більший ніж у контрольній групі.

Ключові слова: лазерне випромінювання, довжина хвилі, енергетична доза, квасоль, гідропоніка, воднева культура, плаваюча платформа, висота стебла, діаметр стебла.

Постановка проблеми. Споруди захищеного ґрунту повинні виконувати забезпечення населення овочевою продукцією в несезонний (зимово-весняний) період року. Вирощування овочів в теплицях пов'язане зі значними енергетичними, матеріальними і трудовими витратами тому, для підвищення ефективності тепличного



овочівництва потрібні вивчення, узагальнення і застосування нових технологій вирощування, науково-технічні здобутки в напрямку активізації фізіологічних процесів в біологічних об'єктах, що подовжує період надходження продукції і підвищує її якість [1, 2].

Аналіз останніх досліджень. Аналіз науково-технічної літератури показує, що для підвищення продуктивності і якості культур, вирощуваних в спорудах захищеного ґрунту, застосовують гідропонний спосіб, який базується на вирощуванні рослин без застосування ґрунту. Даний спосіб включає в себе певну кількість методів та систем, які володіють своїми перевагами і недоліками та різняться в застосуванні в залежності від виду культури. Останнім часом він набуває широкого застосування, як в нашій країні так і за її кордоном. Однак, за наявних переваг, він не дозволяє забезпечити потреби в овочевій продукції в повному обсязі. Вченими розробляються технології по збільшенню врожайності рослин в гідропонних установках на основі додавання мінеральних добрив різної концентрації до складу живильного розчину, але всі вони призводять до хімічної забрудненості плодів. Тому, постає необхідність в пошуку нових екологічно-чистих технологій інтенсифікації розвитку рослин в гідропоніці [3].

Формулювання цілей статті. Експериментально визначити вплив лазерного випромінювання на активізацію фізіологічних процесів в квасолі сорту «Сахарная», яка вирощується гідропонним способом, з довжинами хвиль та дозами опромінення $\lambda_1 = 405$ нм, $W_1 = 0,1$ Дж і $\lambda_2 = 658$ нм, $W_2 = 0,4$ Дж.

Досягнення цілі пов'язане з виконанням наступних задач: побудови лабораторного стенду для проведення дослідів, розробки приладів і системи опромінювання кореневої системи квасолі.

Основні матеріали дослідження. Для проведення експериментального дослідження був створений лабораторний стенд, що складався з: пульта керування 1; резервуара з живильним розчином і тримачем для розміщення вирощуваних рослин в ньому 2; джерел штучного освітлення рослин і конструкції їх встановлення 3; блока аерації живильного розчину 4; лазерної установки 5 (рис. 1).

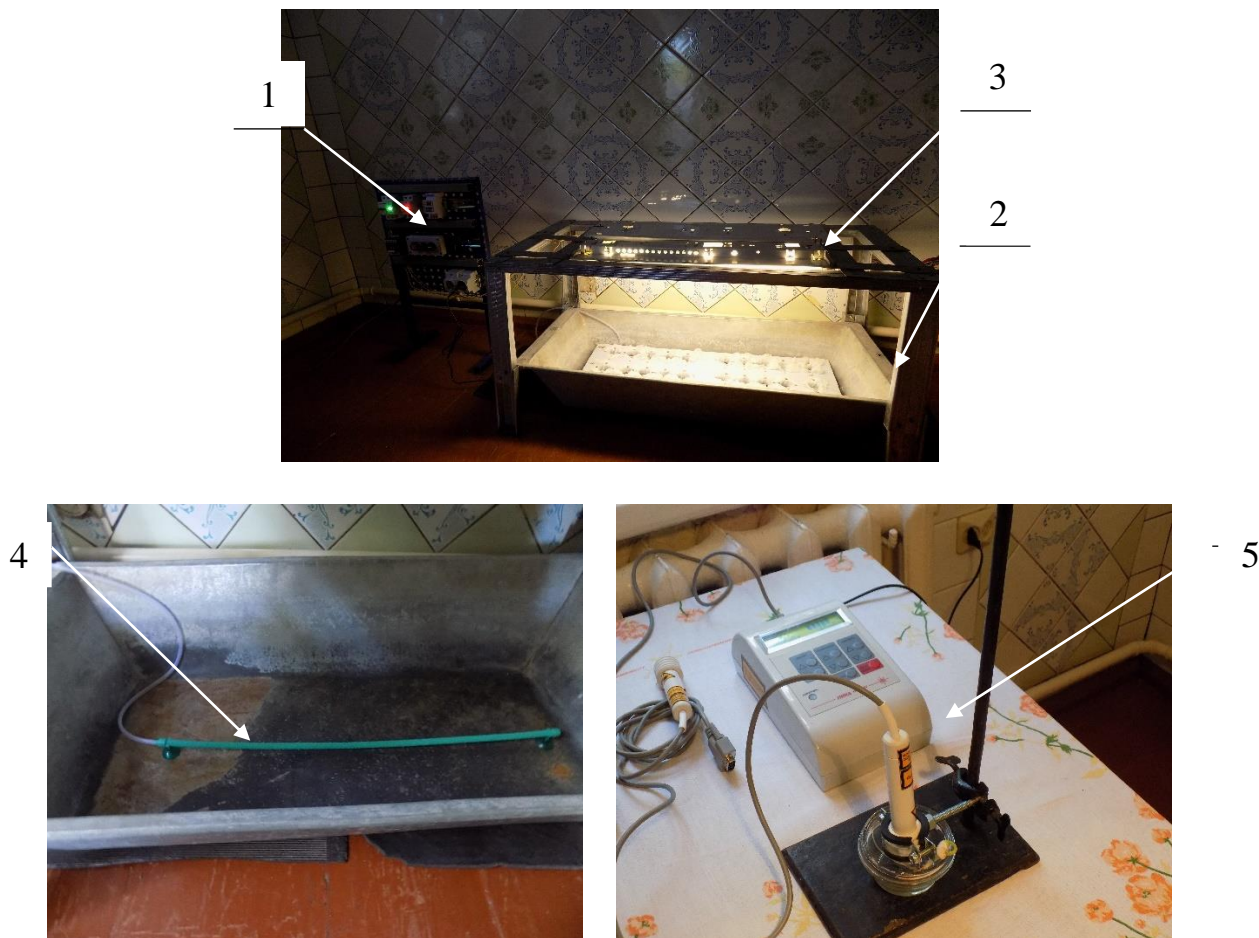


Рис. 1. Загальний вигляд лабораторного станда

До складу пульта керування входили: автоматичний вимикач найменування іС60N з параметрами В6А 2Р, призначений для підключення до мережі та захисту від струмів короткого замикання і перевантаження; автоматичний вимикачсерії ВА47-29 з технічними параметрами В 6А 1Р, який виконує функцію подачі живлення до кола керування і його захисту від ненормальних режимів роботи; сигнальна лампа найменування ЛС47М (230В, 0,5 Вт) у кількості двох одиниць для сигналізації наявності живлення в силовому колі і колі керування; електромагнітний контактор серії КМІ-11210(230В, 12А), призначений для комутації кола живлення освітлення; кнопковий пост на три місця з двома контактами типу N/O+N/C і сигнальною лампою, який забезпечує в ручному режимі вмикання та вимикання електромагнітного контактору; електронне реле часу найменування ТМ41 (240В, 16А), що необхідне для автоматичного включення і відключення штучного освітлення рослин в певні періоди часу доби; багатополюсний перемикач найменування ПКП10 (230В,10А), необхідний для перемикавання ручного і автоматичного режиму керування освітлення; дві розетки (230В, 16А), для підключення блока аерації та лазерної установки; ввідного кабелю з вилкою для загальної



подачі живлення до пульту, а також провідників для з'єднання електричних пристроїв.

Резервуар з живильним розчином і тримачем для розміщення рослин в ньому, мав вигляд ємності розміром 0,29x0,71x0,18 м і об'ємом 40 л, яка наповнювалась біостимуляційним розчином з набором таких макроелементів: азот (NH_2) 7,5 г/л, фосфор (P_2O_5) 5 г/л, калій (K_2O) 5 г/л, цинк (Zn) 0,24 г/л, мідь (Cu) 0,22 г/л, молібден (Mo) 0,024 г/л, кобальт (Co) 0,012 г/л; мікроелементів: бор (B) 0,25 г/л, залізо (Fe) 0,31 г/л, марганець (Mn) 0,25 г/л; вітамінів: (B_1)-48, (C)-134, (PP)-115; гуматів: 11 г/л, янтарна кислота 96 мг/л; амінокислот: метіонін-40, гліцин-40, лізин-134, триптофан-48, необхідних для росту квасолі, і пінополістиролової плити розміром 0,3x0,73x0,015 м із отворами діаметром 0,04 м у кількості 30 одиниць, в 3 ряди по 10 одиниць на кожний, з відступом між отворами 0,06 м та міжрядковим кроком 0,1 м, в які закріплювалась марля і встановлювався росток квасолі. Перший ряд оброблювався низькоенергетичним лазерним випромінюванням з параметрами $\lambda_1 = 405$ нм $W_1 = 0,1$ Дж, – $\lambda_2 = 658$ нм $W_2 = 0,4$ Дж, – представляв собою контрольну вибірку.

Установка для досвічування складається із 4 люмінесцентних ламп типу ЛБ 20-1 з технічними даними 20Вт 1060лм; пуско-регулюючої апаратури: дросель типу 2УБИ-20/220-ВПП-110-УХЛ4 (20Вт 220В), у кількості 2 одиниць; стартер найменування 4-22W 220-240V~Series з параметрами 4-22Вт 220-240В, у кількості 4 одиниць; 2 компенсуючих конденсаторів та металевої конструкції їх розміщення з розмірами 0,5x0,99x0,5 м. Каркас встановлювався над резервуаром з вирощуваною квасолею.

Блок аерації живильного розчину komponувався кисневим компресором найменування Sonic 9908 з (220/240В 6Вт 480 л/год), необхідним для забезпечення киснем кореневої системи квасолі, яка знаходиться в живильному розчині гідропонної установки; гумовим патрубком для передачі кисню від компресора до розпилювача повітря; зворотним клапаном, який упереджував виток води з резервуару через компресор і самим розпилювачем з мінерального каменю довжиною 0,6 м, який створював рівномірне насичення киснем по всьому об'єму розчину.

В якості лазерної установки застосовувався апарат «Ліка-терапевт», який комплектувався електронним блоком з такими технічними параметрами: число одночасно працюючих каналів 1; частота модуляції лазерного випромінювання 0,1-99,9Гц \pm 10%; час випромінювання від 1 хв до 99хв 59с; реєструєма доза випромінювання 0,01-99,9Дж \pm 20%, споживана потужність 15Вт; живлення 220В 50 Гц; виносними рукоятками типу ВРВ1 з даними:



оптичний діапазон – фіолетовий, довжина хвилі 405нм, максимальна потужність випромінювання 50мВт; ВРВ5 з даними: оптичний діапазон – червоний, довжина хвилі 658 нм, максимальна потужність випромінювання 250мВт.

Відповідно класифікації гідропонних установок[2], резервуар з живильним розчином і тримачем для утримання вирощуваної квасолі, відносимо до методу воднева культура і системи плаваюча платформа. Дослідження починалося із наповнення живильним розчином, з певним набором хімічних елементів і їх концентрації, перелічених вище, резервуару. На водну поверхню резервуару встановлювали тримач з отворами у які розміщували ростки квасолі пророщеної 3 дні на ватному диску. Далі, подавалось загальне живлення до пульту керування і вмикався автоматичний вимикач іС60N, який підводив напругу до силового кола. Багатополюсний перемикач ПКП10, встановлювався в положення автоматичного керування системою освітлення рослин і обирались необхідні параметри роботи електронного реле часу ТМ41 для створення потрібного світлового режиму вирощуваної культури. Вмикався автоматичний вимикач ВА47-29, що забезпечував напругою коло керування. Наявність напруги у цьому колі, давала можливість реле часу через свій керуючий контакт, вмикати електромагнітний контактор КМІ-11210 і тим самим створювати живлення ламп освітлення рослин, забезпечуючи при цьому 18 годинний світловий день, а потім після сплину часу відмикати його. Прийнята циклічність повторювалась на протязі 7 днів. Потім, з пульта, вмикався блок аерації, який через патрубок посилав кисень до розпилювача, наявного у живильному розчині для збагачення киснем кореневої системи квасолі.

Для опромінення коренів квасолі вирощуваних в гідропонній установці була створена така технологія: з першого ряду брався росток квасолі і укладався в скляну ємність над якою розміщувався випромінювач на висоті $h = 0,01$ см для створення можливості передачі запланованої дози, впливаючи на зону всмоктування кореня, з параметрами самої дози електромагнітної енергії $W_1 = 0,1$ Дж, що встановлювались на електронному блоці апарату і довжиною хвилі електромагнітного випромінювання $\lambda_1 = 405$ нм, яка забезпечувалась типом рукоятки ВРВ1. Після опромінення росток повертався до установки, і так послідовно по кожному із 10 одиниць у ряді. Потім, у той же спосіб опромінювався і другий ряд, але з іншими параметрами дози $W_2 = 0,4$ Дж, і довжини хвилі $\lambda_2 = 658$ нм кількістю 10 одиниць у ряді. Третій ряд виконував функцію контролю з тією же кількістю ростків. Загальна вибірка досліджуваних ростків склала 30 одиниць. Опромінення відбувалося раз на добу, у вечері, починаючи з першого

дня висадки і тривало 7 днів. Умови процесу лазерної обробки коренів ростків квасолі представлено на рис. 2.



Рис. 2. Зображення процесу лазерної обробки кореневої системи квасолі «Сахарная»

Кожного дня експерименту, проводився контроль значень повного солесмісту на одиницю об'єму, який повинен був дорівнювати $ppm = 300$ та показника ступеню кислотності або лужності, що мав складати $ph = 6,5$ живильного розчину. Вигляд ростків квасолі в перший день дослідження зображений на рис.3.



Рис. 3. Вигляд ростків квасолі на початок дослідження

Активізація фізіологічних процесів в квасолі фіксувалася за показниками середньої висоти і середнього діаметру стебла. У результаті виконання експериментального дослідження був отриманий набір даних, на основі яких були побудовані, гістограма залежності середньої висоти стебла $x_{cp.вис.}$ см від дня експерименту та постійних параметрів електромагнітного випромінювання для першого ряду ростків $\lambda_1 = 405$ нм, $W_1 = 0,1$ Дж, для другого ряду ростків $\lambda_2 = 658$ нм, $W_2 = 0,4$ Дж і контролю (рис. 4), а також

гістограма залежності середнього діаметру стебла $x_{cp.dia}$ см від дня експерименту та постійних, приведених вище, рис. 5. Для побудови діаграм застосовувалась інформація по програмі Excel 2013 [3].

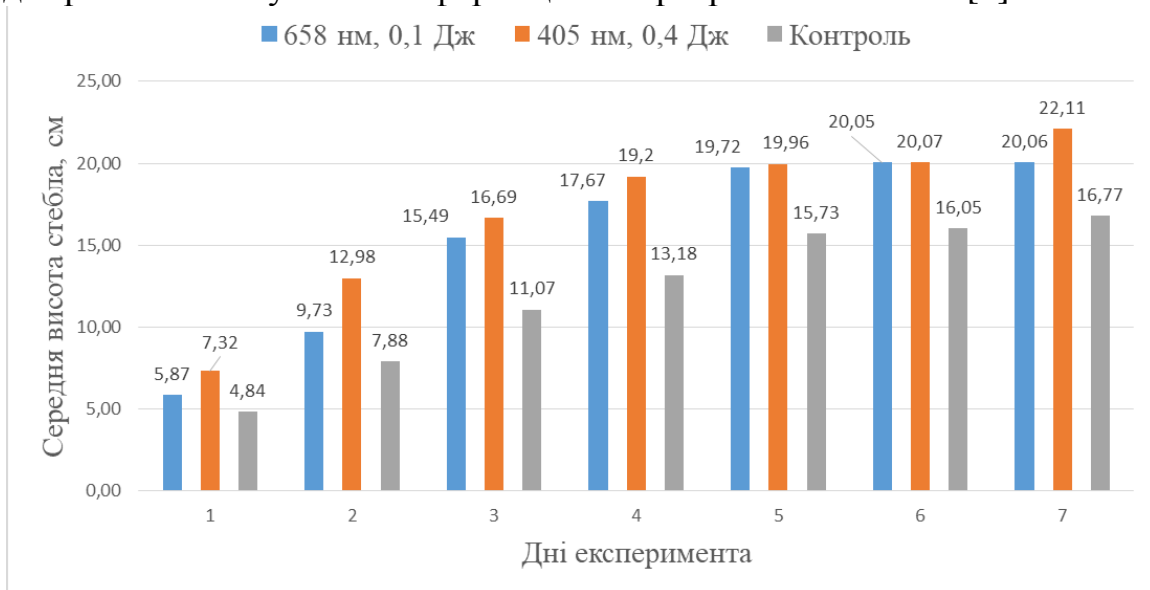


Рис. 4. Гістограма залежності середньої висоти стебла від дня експерименту і постійних параметрів електромагнітного випромінювання для кожного ряду ростків

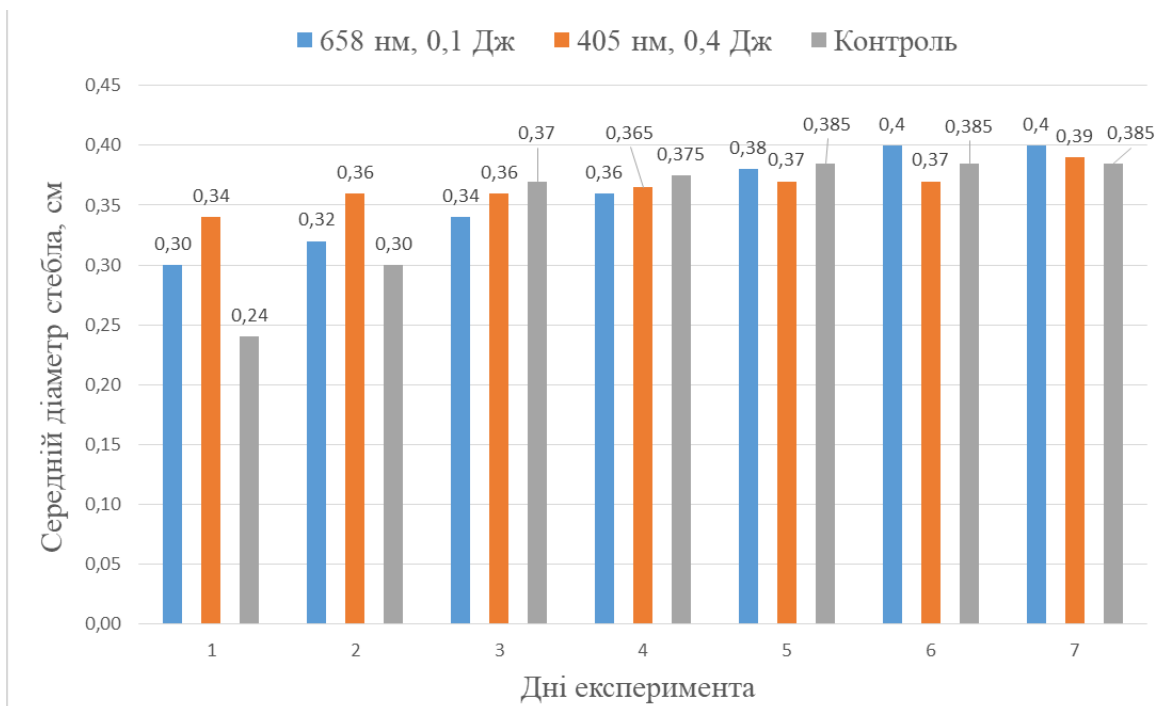


Рис. 5. Гістограма залежності середнього діаметру стебла від дня експерименту і постійних параметрів електромагнітного випромінювання для певного ряду ростків



Аналізуючи приведену гістограму можна сказати, що зі збільшенням тривалості експерименту величина $x_{cp.вис.}$ підвищується і при завершенні досліду є найбільшою по всім групам ростків, однак $x_{cp.вис.}$ ростків, коріння яких перебувало під впливом лазерного випромінювання є більшими від контрольної вибірки, а найбільше значення $x_{cp.вис.}$ досягається при $\lambda_1 = 405$ нм, $W_1 = 0,1$ Дж і спадає. Окрім цього, спостерігався найбільший стрибок в значеннях при переході від першого до другого, і від другого до третього дня експерименту по кожному ряду.

Розглядаючи дану гістограму можна зробити висновок, що так, як і у попередній, збільшення дня експерименту призводить до поступового збільшення $x_{cp.діа.}$ по всім досліджуваним групам ростків квасолі, з наявною постійністю на 2, 3 день у другому ряді, на 5, 6 день у другому і третьому ряді, а також на 6, 7 день у першому ряді і контрольному. Величина $x_{cp.діа.}$ ростка де корінь оброблювався лазерним випромінюванням є більшою, у порівнянні з контрольною групою, найбільший $x_{cp.діа.}$ досягається вже на 6 день досліду, при $\lambda_2 = 658$ нм, $W_2 = 0,4$ Дж.

Висновок. Застосування низькоенергетичного лазерного випромінювання з параметрами $\lambda_1 = 405$ нм, $W_1 = 0,1$ Дж для обробки кореневої системи квасолі «Сахарная» приводить на 7 день до $x_{cp.вис.} = 20,1$ см, що на 29 % більше від контролю і $x_{cp.діа.} = 0,4$ см, на 5 % більшого від контролю. Використання параметрів $\lambda_2 = 658$ нм, $W_2 = 0,4$ Дж, приводить на 7 день до $x_{cp.вис.} = 22,1$ см, що на 32 % більше від контролю та $x_{cp.діа.} = 0,39$ см, на 3 % більша від контролю. Тобто, отримані результати показують, що величина відсотка фізіологічних показників активізації квасолі при різних параметрах електромагнітного випромінювання різна, при одних параметрах показник середнього діаметру стебла більший, а показник середньої висоти стебла менший, а при інших навпаки. Таким чином, можна зробити висновок, що застосування низькоенергетичного лазерного випромінювання дає збільшення значень окремих показників квасолі, але потребує подальших дослідів і з'ясування чітких параметрів обробки для сумісного впливу на всі ростові показники квасолі.

Список використаних джерел

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / за ред. НААН Я. М. Гадзала, М. І.



Бащенко, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка. Київ: Аграрна наука, 2016. 216 с.

2. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) / за ред. М. І. Бащенко. Київ: Аграрна наука, 2017. 160 с.

3. *Лавренко С. С.* Ефективність застосування активованої води при вирощуванні огірків методом гідропоніки. *Вісник Державного агрокологічного університету*. 2005. № 2(15). С. 52-57.

4. *Сухин В. В., Лисиченко М. Л.* Визначення методу і системи із загальної класифікації гідропонних установок для ефективного використання лазерної обробки кореневої системи рослин. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. 2018. Вип. 195: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 141-144.

5. *Лебедев А.* Понятный самоучитель Excel 2013. Санкт-Петербург: Питер, 2014. 128 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА КОРНЕВУЮ СИСТЕМУ ФАСОЛИ ВЫРАЩИВАЕМУЮ ГИДРОПОННЫМ СПОСОБОМ ДЛЯ ВЫЯСНЕНИЯ АКТИВАЦИОННОГО ЭФФЕКТА ЕЁ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Сухин В. В., Лисиченко Н. Л.

Аннотация – в данной статье представлено экспериментальное исследование по определению активационного влияния низкоэнергетического лазерного излучения на физиологические показатели (высота стебля, диаметр стебля) ростков фасоли, влияя на их корневую систему. Для проведения опыта был построен лабораторный стенд, который включал в себя: пульт управления, резервуар с питательным раствором и держателем для размещения выращиваемой фасоли, источники искусственного освещения растений и конструкцию их установки, блок аэрации и лазерную установку. Резервуар с питательным раствором и держателем представлял собой гидропонную установку основанную на методе водная культура и системе плавающая платформа. Сам биостимулирующий раствор, включал в себя набор определенных химических элементов и их концентраций для выращивания фасоли. Функционирование лабораторного стенда начиналось с подачи общего питания к пульту управления, а с него подавались команды на включение источников искусственного освещения растений, блока аэрации питательного раствора и лазерного устройства. Также разработана технология лазерной обработки корней ростков фасоли, которая основывалась на разделении 30 ростков на 3 группы по 10 штук, первая и вторая группа облучалась лазером с соответствующими параметрами длины волны и дозы, а третья представляла собой контроль. Росток брался из соответствующего ряда и размещался в стеклянной емкости над которой находился излучатель на высоте 0,01 м, при этом, четко воздействуя на зону всасывания корневой системы, а затем снова возвращался в исходное положение.



По результатам опыта, получено набор данных и построены диаграммы, свидетельствующие об эффективности лазерного стимулирования корней фасоли по установленным физиологическим показателям, которые имеют процентный прирост больше, чем у контрольной группы.

Ключевые слова: лазерное излучение, длина волны, энергетическая доза, фасоль, гидропоника, водная культура, плавающая платформа, высота стебля, диаметр стебля.

EXPERIMENTAL STUDY ON THE EFFECT OF LOWNONORGANIC LASER RADIATION ON THE CORNER SYSTEM OF QUASIMUM GROWED BY HYDRAULIC METHOD FOR THE DISCLOSURE OF THE ACTIVATIVE EFFECT OF ITS PHYSIOLOGICAL PROCESSES

V. Sukhin, M. Lysychenko

Summary

This paper presents an experimental study to determine the activation effect of low-energy laser radiation on physiological parameters (height of stem, stem diameter) of bean germs, affecting their root system. A laboratory stand was built for the experiment, which included a control panel, a nutrient solution reservoir and a holder for placement of cultivated beans, sources of artificial lighting of plants and the design of their installation, aeration unit and a laser installation. The reservoir with nutrient solution and holder was a hydroponic plant based on the hydrogen culture method and the system-floating platform. Biostimulation solution itself, containing a set of certain chemical elements and their concentrations for growing beans. The operation of the laboratory bench began with the supply of a general supply to the control panel, and from it were given commands for switching on the sources of artificial lighting of plants, aeration unit nutrient solution and laser device. Also developed is the technology of laser treatment of the roots of bean germs, which was based on the division of 30 germs into 3 groups of 10, the first and second group was irradiated with a laser with appropriate parameters of wavelength and dose, and the third was a control. The germ was taken from a corresponding row and placed in a glass container above which was an emitter at an altitude of 0.01 m, while clearly affecting the absorption zone of the root system, and then again returned to its original position. According to the results of the experiment, a set of data was obtained and diagrams were constructed, indicating the effectiveness of laser stimulation of the beans roots according to established physiological parameters, which have a percentage increase greater than that of the control group.

Key words: laser radiation, wavelength, energy dose, beans, hydroponics, hydrogen culture, floating platform, stem height, diameter of stem.