

Abstract. *This article provides an analytical description of isotropic lines and minimal surfaces with a help of complex variable functions. To find the equation of isotropic lines we used parametric equations of a evolvent of a circle defined by natural parameter functions. Analytical description of minimal surfaces and connected minimal surfaces in complex space made of isotropic lines as lines of a translation net. When bending minimal surfaces one-parameter set of associated minimal surfaces was found. Expression of first and second coefficients of quadratic forms of generated minimal surfaces are given. It is shown that the evolvent of a circle, given by natural parameter functions, belong to formed minimal surfaces.*

It is possible to find an analytical description of isotropic line of zero length for any plane curve defined by parametric equations of natural parameter. Each isotropic line corresponds to the minimum isotropic surface and associated minimal surface that allow continuous bending. Use of function of a complex variable allows to get a simple analytical description of minimal surfaces, investigate their design geometrical parameters. Prospects for future research is to study the differential characteristics of adjoint minimal surfaces and optimization of engineering methods of technical surfaces forms design.

Keywords: *isotropic line, minimal surface, minimal surface, adjoint minimal surface, associated minimal surface, a evolvent of a circle, quadratic form of a surface, bending of a surface, function of a complex variable*

УДК 621.385: 631.234

ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ СВІТЛОДІОДНОГО ОПРОМІНЕННЯ ТЕПЛИЧНИХ РОСЛИН

Л. С. ЧЕРВІНСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор

Т. С. КНИЖКА, кандидат технічних наук, асистент

О. І. РОМАНЕНКО, старший викладач

Я. М. ЛУЦАК, інженер

Національний університет біоресурсів

і природокористування України

E-mail: lchervinsky@gmail.com

Анотація. *Оскільки в освітлювальних установках України витрачається приблизно 25 % генерованої електричної енергії, то підвищення енергоефективності оптичних установок є актуальним завданням.*

Метою проведених досліджень є обґрунтування необхідності використання світлодіодних джерел світла в теплиці для опромінення рослин і розробка енергоефективної системи та режимів опромінення.

© Л. С. Червінський, Т. С. Книжка,
О. І. Романенко, Я. М. Луцак, 2017

У статті обґрунтовано доцільність використання світлодіодних джерел світла в теплиці для опромінення рослин.

Проаналізовано і порівняно системи світлодіодного опромінення і опромінення натрієвими джерелами оптичного випромінювання для цибулі та салату. Світлодіодне опромінення рослин у теплиці показало додаткове зростання зеленої маси рослин, що надає можливість скоротити період вегетації і підвищує урожайність.

Проаналізовано особливості арматури світлодіодного промінення: світильник має більшу випромінювальну поверхню, дозволяє забезпечити рівномірний розподіл потоку фотосинтезної енергії і створює більш наближене до максимального ККД фотосинтезно активної радіації за спектром опромінення.

Ключові слова: теплиця, опромінення рослин, світлодіодні джерела світла, режими опромінення

Актуальність. На сьогодні в освітлювальних установках України витрачається приблизно 25 % генерованої електричної енергії, тобто близько 25 млрд. кВт·год, близько 10-13 % якої використовується в сільському господарстві. Тому підвищення енергоефективності оптичних установок є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вченими в області електрифікації сільськогосподарського виробництва (Гладина Д. В., Кондратьєва Н. П., Прищеп Л. Г., Леман В. Н. та ін.) доведена ефективність опромінення (різного за характером) для додаткового отримання продукції рослинництва, обґрунтовані і сформульовані вимоги до нормативу опромінення [2-4].

Мета дослідження – обґрунтувати необхідність використання світлодіодних джерел світла в теплиці для опромінення рослин і розробити енергоефективну систему та режими опромінення.

Матеріали і методи дослідження. Дослідженнями встановлено, що економічно доцільно опромінювати розсаду, так як період вегетації у розсади 25-50 днів і опроміненню піддають відразу велику кількість рослин. При цьому продукцію одержують на 20-30 днів раніше; урожайність розсадних культур підвищується на 20-25 % [5, 6].

Результати дослідження та їх обговорення. Встановлено, що інтенсивність світла значно впливає на швидкість фотосинтезу. За низької інтенсивності світла переважають процеси дихання рослин. У коренеплідних (наприклад, редиски) плоди утворюються погано, рослини формують квітконосні стебла. У томатів і огірка квіти опадають, плоди невеликі, смакові якості низькі.

За підвищення інтенсивності світла лінійно збільшується фотосинтез. Інтенсивне світло дозволяє збільшити урожай, отримати великі плоди високої якості, значно знизити терміни вегетації [1, 2].

Для вирощування зеленої маси потужне світло шкідливе, так як ріст листової поверхні сповільнюється, якість листя знижується, воно жовтіє і стає жорсткими.

Дослідники встановили, що рослинам в різні періоди росту необхідні різні рівні інтенсивності світла і спектральний склад випромінювання, відповідно до умов їх екологічної ніші. Для правильного розвитку рослин важливо, щоб вони отримували світло, добре збалансоване за спектром, відповідним їх природному оточенню [4].

Мінімальний рівень інтенсивності світлового потоку для росту рослин складає $2-8 \text{ Вт/м}^2$. Мінімальні середньоденні рівні інтенсивності світлового потоку, за яких рослини можуть нормально розвиватися, цвісти і плодоносити – 20 Вт/м^2 , а за вигонки розсади – $50...60 \text{ Вт/м}^2$. Для формування урожаю необхідна інтенсивність у $100-200 \text{ Вт/м}^2$. За потужності вище 200 Вт/м^2 відбувається насичення фотосинтезу і дані потужності неекономічні. [3].

Виробнича перевірка вище визначених інтенсивностей опромінення досліджуваних рослин під експериментальними світлодіодними опромінювачами проводилась на базі теплиці ТОВ «КрокУкрЗалізБуд» в одній з її секцій за наступною методикою. Дослідну ділянку $10 \times 6,5 \text{ м}$ розділили на дві частини, в яких були засіяні салат (сорт «Айсберг»), цибуля на перо (сорт «Параде»). Рослини вирощували в ґрунтовій культурі за середньої інтенсивності ФАР $20...40 \text{ Фіт/м}^2$ і тривалості світлового дня 16 год. (рис. 1, 2). Інтенсивність світла (опромінення) вимірювалася в Вт/м^2 ФАР (фотосинтезно активна радіація). Одна частина опромінювалась існуючим опромінювачем ЖСП-30-600 з натрієвою лампою ДНАЗ-600, друга частина – світлодіодним світильником, потужністю 150 Вт. Система опромінення забезпечувала додаткову опроміненість 25 Фіт/м^2 . Оцінку ФАР проводили приладом-індикатором Індикатор ФАР системи «OzuV». При цьому світильники-опромінювачі працювали в режимі досвічування: штучне опромінення вмикалося за зменшення інтенсивності природного світла менше 5 Фіт/м^2 . Ґрунт, згідно рекомендацій, мав наступний склад – перегній, дернову землю і пісок в пропорції 2-2-1. Насіння висаджувалось у канавки під посадку салату, глибиною 1-1,5 см і відстанню між ними близько 10-12 см. Вологість у місці вирощування салату та цибулі підтримували на рівні 70-80 %, а температуру – $+16\text{--}18 \text{ }^\circ\text{C}$.



Рис. 1. Ділянка теплиці для досліджень

Вирощування і періодичні дослідження зростання рослин та нарощування листяної маси проводились протягом 33 днів. Результати досліджень щодо вимірювання росту та зеленої маси вирощуваних рослин, після відповідної математичної статистичної обробки, приведено в таблицях нижче.

1. Результати досліджень збільшення маси рослин у виробничих умовах

	Тип опромінювання	14 день	21 день	28 день
Цибуля	Природне освітлення з доопроміненням світлодіодним	15 г	40 г	90 г
	Природне освітлення з натрієвим досвічуванням	10 г	25 г	50 г
Листя салатом	Природне освітлення з доопроміненням світлодіодним	3 г	10 г	45 г
	Природне освітлення з натрієвим досвічуванням	2 г	6 г	38 г

2. Результати досліджень збільшення росту рослин у виробничих умовах

	Тип опромінювання	19 день	26 день	33 день
Цибуля	Природне освітлення з доопроміненням світлодіодним джерелом	100 мм	255 мм	380 мм
	Природне освітлення з натрієвим досвічуванням	80 мм	196 мм	255 мм
Листя салата	Природне освітлення з доопроміненням світлодіодним джерелом	30 мм	70 мм	125 мм
	Природне освітлення з натрієвим досвічуванням	20 мм	55 мм	105 мм



Рис. 2. Зовнішній вигляд вирощуваних рослин у кінці періоду вирощування на дослідній ділянці теплиці

Висновки і перспективи. Аналізуючи отримані результати можна констатувати, що система світлодіодного досвічування дає кращі результати, порівняно із опроміненням натрієвими джерелами оптичного випромінювання для цибулі на 30-45 %, для салату – на 20-35 %.

Особливістю світлодіодного опромінення є те, що світлодіодний світильник має більшу випромінювальну поверхню і дозволяє забезпечити рівномірний розподіл потоку фотосинтезної енергії і створює більш наближене до максимального ККД ФАР за спектром опромінення.

Список використаних джерел

1. Червінський, Л. С. Дослідження фотосинтезної ефективності різних джерел оптичного випромінювання / Л. С. Червінський, Я. М. Луцак // Національний університет біоресурсів і природокористування України, науковий журнал «Енергетика і автоматика». – Київ: НУБіП, 2015. – №4 (26). – С.156–160.

2. Червінський, Л. С. Використання світлодіодів у світлокультурі тепличних рослин / Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук, Я. М. Луцак // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Київ: НУБіП, 2015. – Вип. 209, частина 2: Техніка та енергетика АПК. – С.153–159.

3. Червінський, Л. С. Особливості застосування світлодіодних джерел світла в світлотехнічних установках / Л. С. Червінський, Я. М. Луцак // Науково-технічний журнал «Енергетика та комп'ютерно-інтегровані технології в АПК». – Харків: ХНТУСГ, 2015 – №1 (3). – С. 43–45.

4. Червинский, Л. С. Обоснование влияния спектрального состава источников световой энергии на жизнедеятельность растений в сооружениях закрытого грунта / Л. С. Червинский, Я. Н. Луцак // Теоретический и научно-практический журнал Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства «Инновации в сельском хозяйстве». – Москва: – ВИЭСХ. 2016 – Вып. №4 (9) – С. 180–187.

5. Метод визначення просторової фотосинтезної опроміненості / Л. С. Червінський, С. М. Усенко, Т. С. Книжка, Я. М. Луцак // Технічна електродинаміка, Інст. Електродинаміки НАН України, – 2016 – № 5 – С. 88–90.

6. Червінський, Л. С. Вимоги до спектрального складу штучних джерел оптичного випромінювання для вирощування рослин в спорудах закритого ґрунту / Л. С. Червінський, О. І. Романенко // Енергетика і автоматика. – Київ: НУБіП, 2016. – № 3 (29).

References

1. Chervinskyi, L. S., Lutsak, Ia. M. (2015). Doslidzhennia fotosyntezyanoi efektyvnosti riznykh dzherel optychnoho vyprominiuvannia [Study the photosynthesis effectiveness of various sources of optical radiation]. Natsionalnyi universytet bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy, naukovyi zhurnal «Enerhetyka i avtomatyka». Kyiv: NUBiP, 4 (26), 156–160.

2. Chervinskyi, L. S., Storozhuk, L. O., Lutsak, Ia. M. (2015). Vykorystannia svitlodiodiv u svitlokulturi teplychnykh roslyn [The use of LEDs in photoculture of greenhouse plants]. Tekhnika ta enerhetyka APK. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Kyiv: NUBiP, 209 (2), 153–159.

3. Chervinskiy, L. S., Lutsak, Ia. M. (2015). Osoblyvosti zastosuvannya svitlodiodnykh dzherel svitla v svitlotekhnichnykh ustanovkakh [Features of LED light sources in lighting installations] Naukovo-tekhnichnyi zhurnal «Enerhetyka ta kompiuterno-intehrovani tekhnolohii v APK». Kharkiv: KhNTUSH, 1 (3), 43–45.

4. Chervinskiy, L. S., Lutsak, Ia. M. (2016). Obosnovaniye vliyaniya spektral'nogo sostava istochnikov svetovoy energii na zhiznedeyatel'nost' rasteniy v sooruzheniyakh zakrytogo grunta. [Justification of influence of the spectral composition of light energy sources in the plant life in the greenhouse plants]. Teoreticheskiy i nauchno-prakticheskiy zhurnal Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta elektrifikatsii sel'skogo khozyaystva «Innovatsii v sel'skom khozyaystve». Moskva: VIESKH, 4 (9), 180–187.

5. Chervinskiy, L. S., Usenko, S. M., Knyzhka, T. S., Lutsak, Ia. M. (2016). Metod vyznachennia prostorovoi fotosyntezi oprominenosti. [The method of determining the spatial photosynthesis exposure]. Tekhnichna elektrodynamika, Inst. Elektrodynamiky NAN Ukrainy, 5, 88–90.

6. Chervinskiy, L. S., Romanenko, O. I. (2016). Vymohy do spektralnoho skladu shtuchnykh dzherel optychnoho vyrominiuvannya dlia vyroshchuvannya roslyn v sporudakh zakrytoho hruntu [Requirements for the spectral composition of artificial sources of optical radiation to grow plants in the greenhouses]. Enerhetyka i avtomatyka. Kyiv: NUBiP, 3 (29), 88–95.

ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ СВЕТОДИОДНОГО ОБЛУЧЕНИЯ ТЕПЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ

Л. С. Червинский, Т. С. Книжка, А. И. Романенко, Я. Н. Луцак

Аннотация. *Поскольку в осветительных установках Украины расходуется примерно 25% генерируемой электроэнергии, то повышение энергоэффективности оптических установок является актуальной задачей.*

Целью проведенных исследований является обоснование необходимости использования светодиодных источников света в теплице для облучения растений и разработка энергоэффективной системы и режимов облучения.

В статье обоснована целесообразность использования светодиодных источников света в теплице для облучения растений.

Проведен анализ и сравнение системы светодиодного облучения и облучения натриевыми источниками оптического излучения для лука и салата. Светодиодное облучения растений в теплице приводит к дополнительному росту зеленой массы растений, позволяет сократить период вегетации и повышает урожайность.

Проанализированы особенности арматуры светодиодного облучения: светильник имеет большую излучающую поверхность, позволяет обеспечить равномерное распределение потока фотосинтезной энергии и создает более близкий к максимальному КПД фотосинтезно активной радиации по спектру излучения.

Ключевые слова: *теплица, облучение растений, светодиодные источники света, режимы облучения*

RATIONALE FOR ENERGY EFFICIENCY OF LED RADIATION OF GREENHOUSE PLANTS

L. Chervinsky, T. Knizhka, A. Romanenko, J. Lutsak

Annotation. *Lighting systems in Ukraine consumes about 25 % of the generated electricity, the energy efficiency of optical systems is an urgent task.*

The aim of the research is the rationale for the use of LED light sources in the greenhouse for the plants exposure and the development of energy-efficient systems and exposure modes.

The article proves the feasibility of using LED light sources in the greenhouse for the plants exposure.

Analyzed and comparatively LED exposure system and exposure sodium sources of optical radiation to onion and lettuce. LED irradiation plants in the greenhouse showed additional growth of the green mass of plants, reduces the growing season and increases the yield.

The features of LED irradiation fittings: lamp has a large radiating surface, ensures even distribution of the flow of energy and creates closer to maximum efficiency photosynthesis active radiation on the radiation spectrum.

Keywords: *greenhouse, plant radiation, LED light sources, exposure modes*

УДК 621.7.044.7:631.51.01

ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НАДВИСОКОЇ ЧАСТОТИ НА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ НАСІННЯ КУКУРУДЗИ

А. І. ЧМІЛЬ, доктор технічних наук, професор

К. О. ЛАЗАРЮК, аспірант*

Національний університет біоресурсів

і природокористування України

E-mail: kostiantynlazariuk@gmail.com

Анотація. *Підвищення врожайності сільськогосподарських культур – це питання, яке потребує сучасного рішення. Для досягнення даної мети використовуються різні методи, одним з яких є передпосівна обробка насіння електромагнітним полем надвисокої частоти. Дана технологія має цілий ряд переваг, а головною перевагою є значна економія часу, так як процес обробки відбувається досить швидко. Окрім того, дана технологія дозволяє зберегти в насінні всі поживні речовини, вітаміни та мінерали, чого за обробки іншими методами домогтися досить складно. Наведено результати*

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор А. І. Чміль

© А. І. Чміль, К. О. Лазарюк, 2017