

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО СВІТЛОДІОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ У СПОРУДАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ

Л. С. ЧЕРВІНСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор

Т. С. КНИЖКА, кандидат технічних наук, асистент

О. І. РОМАНЕНКО, старший викладач

**Національний університет біоресурсів і природокористування
України**

E-mail: lchervinsky@gmail.com

Анотація. Розглянуто переваги та обґрунтовано доцільність застосування різних світлодіодних джерел освітлення для створення ефективних світлових режимів у спорудах закритого ґрунту для отримання максимально можливої продуктивності рослин. Досліджено спектральний склад світлодіодів та їх вплив на зростання рослин.

Встановлено, що під дією світлодіодного освітлення найбільше підвищення схожості насіння дослідного виду спостерігалось при доопроміненні комбінованим спектром випромінювання з відношенням 65% червоного спектра та 35% синього. Використання комбінованих світлодіодних ламп зумовлює підвищення інтенсивності росту рослин та збільшення їх ефективної маси, що підтверджує перевагу використання світлодіодних ламп над іншими типами ламп, які використовуються для доосвітлення рослин в спорудах закритого ґрунту.

Ключові слова: ефективність, продуктивність, світлодіодні лампи, режими освітлення, споруди закритого ґрунту

Актуальність. Відомо, що оптичне випромінювання, як фактор зовнішнього середовища, значною мірою впливає на зростання, розвиток і продуктивність рослин.

Аналіз структури енергоспоживання теплиць свідчить, що найбільш енергоємними є процеси опромінення та обігріву рослин. Близько 40% електроенергії, яку споживають тепличні господарства, використовується для опромінення, тому раціонально шукати шляхи підвищення рентабельності підприємств, а відтак і збільшення овочевої продукції, за рахунок енергоощадного виробництва.

Крім того, необхідно пам'ятати, що на сьогодні основним напрямом розвитку сільського господарства є інтенсифікація, яка передбачає переважне підвищення врожайності культур замість нарощування площ під ними. У цьому відношенні важливе значення має забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату теплиць, до яких належить і якість опромінення рослин. Тому доцільно детальніше вивчити вплив якісних параметрів освітлення (спектр та інтенсивність) на процес зростання та морфологічного розвитку рослин. Використання у традиційних технологіях

опромінення рослин принципово нових джерел світла – світлодіодів, дасть змогу значно збільшити показники кінцевої врожайності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вивченню питань впливу оптичного випромінювання на розвиток і продуктивність рослин присвячені дослідження багатьох вчених. Доведено, що для нормального росту та розвитку рослин необхідне світло певного спектрального складу та достатньої інтенсивності впродовж визначеного часу. Вплив світла на врожай найбільш значущий і компенсувати нестачу освітленості з економічних причин більш проблематично порівняно з компенсацією нестачі інших факторів. Інтенсивність світла, необхідного для нормального протікання процесу фотосинтезу, залежить від багатьох факторів, найважливішими з яких є вид рослини, фенологічна фаза розвитку, співвідношення тривалості дня і ночі, газовий склад, температура і вологість повітря.

Рослини сприймають довжини хвиль не так, як людина. З рис.1 видно, що для них життєвонеобхідними є червоні (720–600 нм) і помаранчеві (620–595 нм) промені [1, 2]. Саме вони є головним джерелом енергії для фотосинтезу і значно впливають на швидкість з якою рослини розвиваються. Сині та фіолетові промені (490–380 нм), не лише беруть участь у фотосинтезі, а і стимулюють утворення білків і регулюють темпи розвитку рослини. Жовті (595–565 нм) та зелені (565–490 нм) промені не відіграють важливої ролі в розвитку рослини, проте вони є важливими для людей [2].

Спектральний склад світла впливає на швидкість протікання біохімічних реакцій рослин: ультрафіолетові промені (довжина хвилі – 380–400 нм) сприятливі для розсади і небажані в період активної вегетації і плодоносіння,

жовтогарячі і червоні хвилі (595–750 нм) сприяють інтенсивному накопиченню біомаси та ранньому цвітінню. Збільшення у спектрі синьо-фіолетових променів (400–490 нм) активізує процеси плодоносіння [1, 2]. Жовто-зелені хвилі найменше поглинаються рослинами, викликають збільшення витрат енергії на дихання.

Енергія світла абсорбується хлорофілом та каротиноїдами в листках рослин. Ця енергія використовується для вироблення цукрози з вуглекислого газу (CO₂), що поглинається листям. Встановлено, що джерелом енергії для фотосинтезу є переважно червоні промені світлового діапазону. Це підтверджує спектральна активність фотобіологічних процесів у фотоморфогенезі (формування

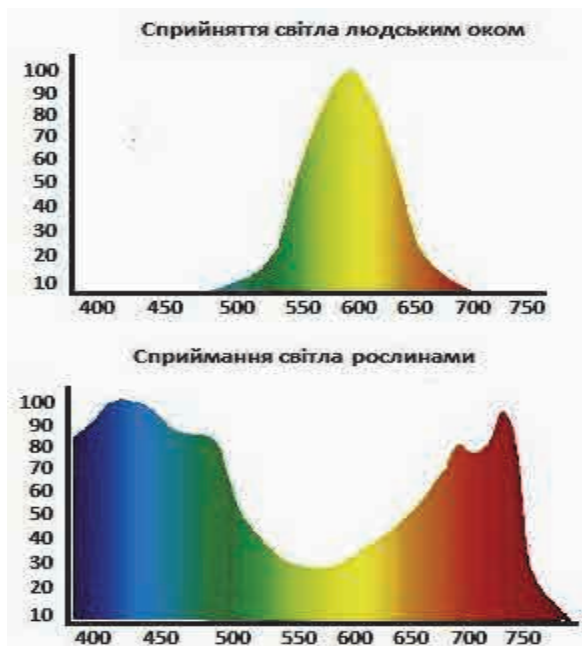


Рис. 1. Спектральна характеристика світла

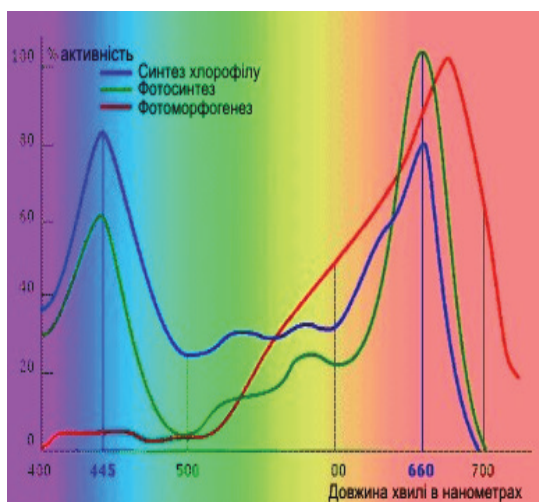


Рис. 2. Спектральна активність фотобіологічних процесів у фотоморфогенезі

«урожайності»), позначена на рис. 2 червоним кольором. Як видно з графіка, найбільш інтенсивна смуга поглинання спостерігається в червоній області спектра, і майже зовсім не поглинається зелено-синьо-фіолетовою областю.

Мета дослідження – встановити спектральний склад світлодіодних джерел світла та їх вплив на зростання й продуктивність рослин захищеного ґрунту.

Матеріали і методи дослідження. У процесі дослідження використано методи фотометрії, математичного моделювання та системного аналізу.

Результати пророщування насіння салату при опроміненні різними світлодіодними джерелами

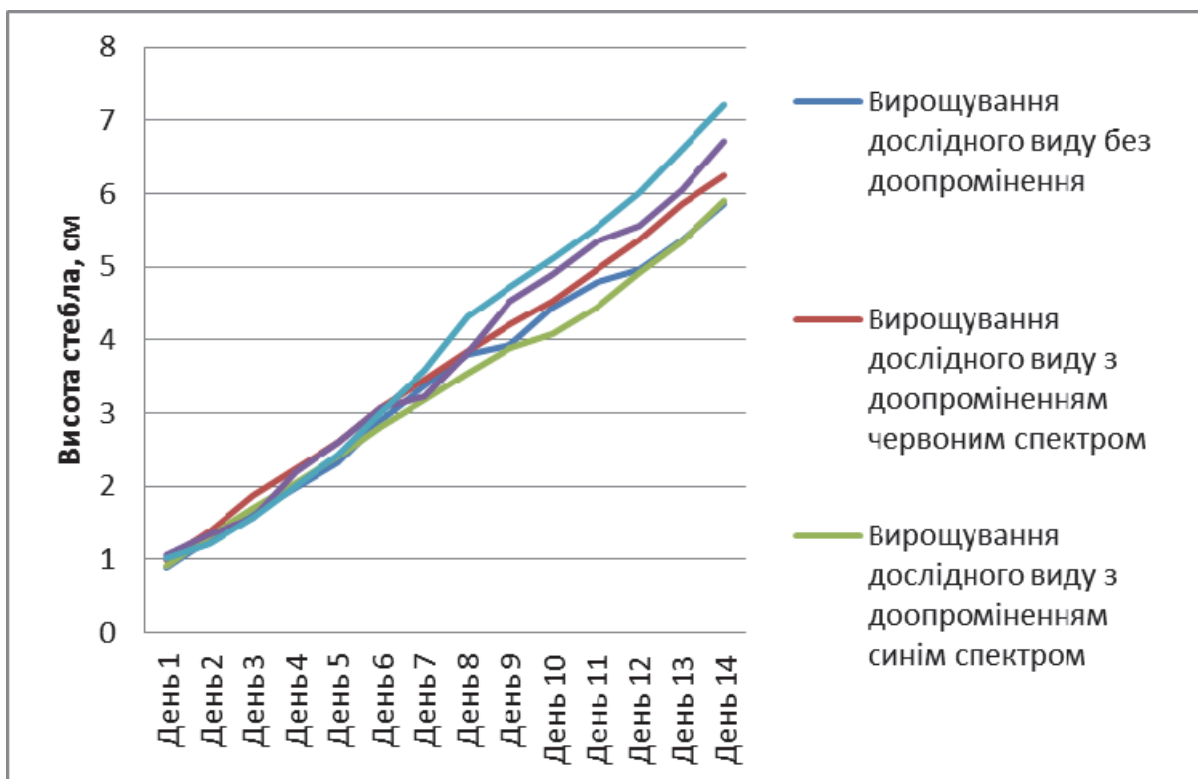
| Назва досліду | Довжина хвиль опромінення, нм | Світловий потік, лм | Кількість здорових пророщених насінин | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----|----|------------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | Середнє значення |
| Пророщення насіння без доопромінення | - | - | 59 | 64 | 68 | 63,7 |
| Пророщення насіння з доопроміненням червоним спектром випромінювання | 625 | 864 | 64 | 68 | 62 | 64,7 |
| Пророщення насіння з доопроміненням синім спектром випромінювання | 460 | 864 | 63 | 66 | 70 | 66,3 |
| Пророщення насіння з доопроміненням комбінованим спектром випромінювання (50% червоного та 50% синього) | Синій – 460 Червоний – 625 | Синій – 432 Червоний – 432 | 65 | 69 | 74 | 69,3 |
| Пророщення насіння з доопроміненням комбінованим спектром випромінювання (65% червоного та 35% синього) | Синій – 460 Червоний – 625 | Синій – 302 Червоний – 562 | 68 | 78 | 73 | 73 |

Результати дослідження та їх обговорення. Новітні світлодіодні (LED) технології дають змогу створювати світло будь-якого кольору та інтенсивності. Використовуючи світлодіоди різного кольору в різних пропорціях можна сформувати світильники, що даватимуть необхідну кількість світла тільки того діапазону, який активно споживається рослинами. Це буде сприяти швидкому й гармонійному розвитку рослин [3].

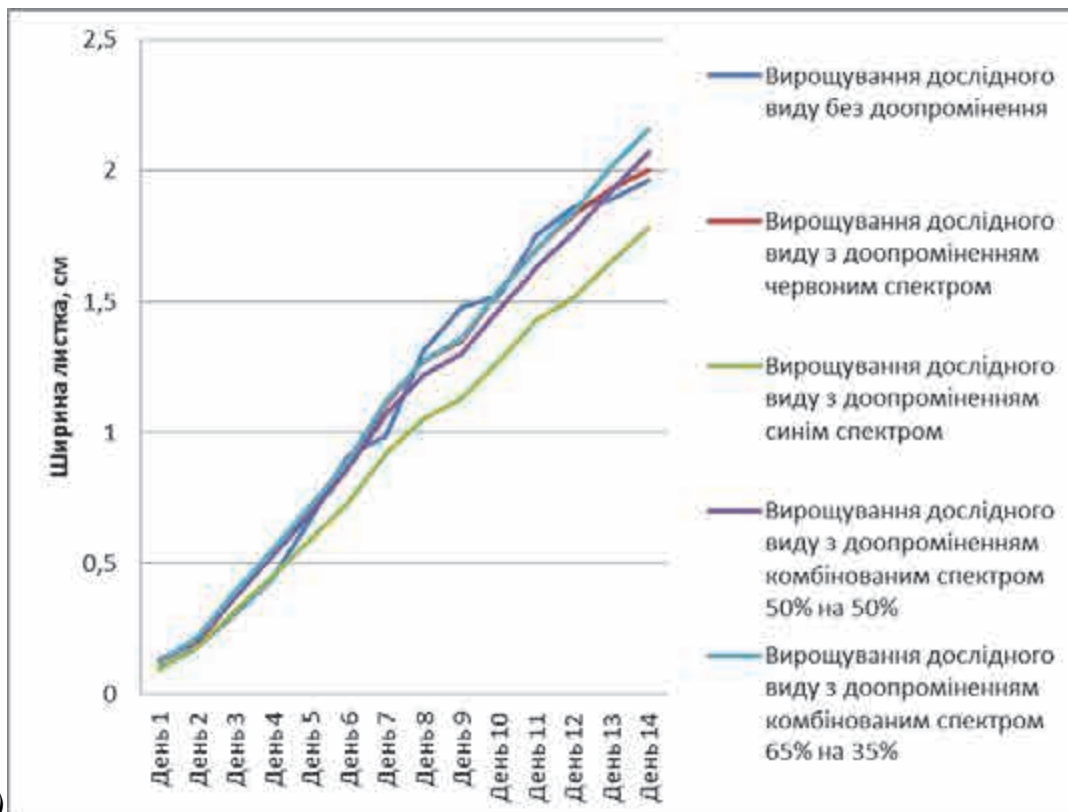
Для проведення досліджень було використано експериментальну установку зі світлодіодними модулями. Експерименти проводились у лабораторії за постійної вологості повітря 70%, вологості ґрунту 65% температури середовища – 18°C та сталого режиму роботи (16 годин опромінення). Дослідним видом було обрано салат, обґрунтовуючи це високими темпами росту та невибагливістю до умов мікроклімату. Оптимальними умовами мікроклімату для вирощування салату є: температура повітря 15–20 °С, вологість повітря 70–80%, вологість ґрунту 60–70% [3, 4, 5].

У таблиці наведено результати пророщування насіння салату під опроміненням різних світлодіодних джерел.

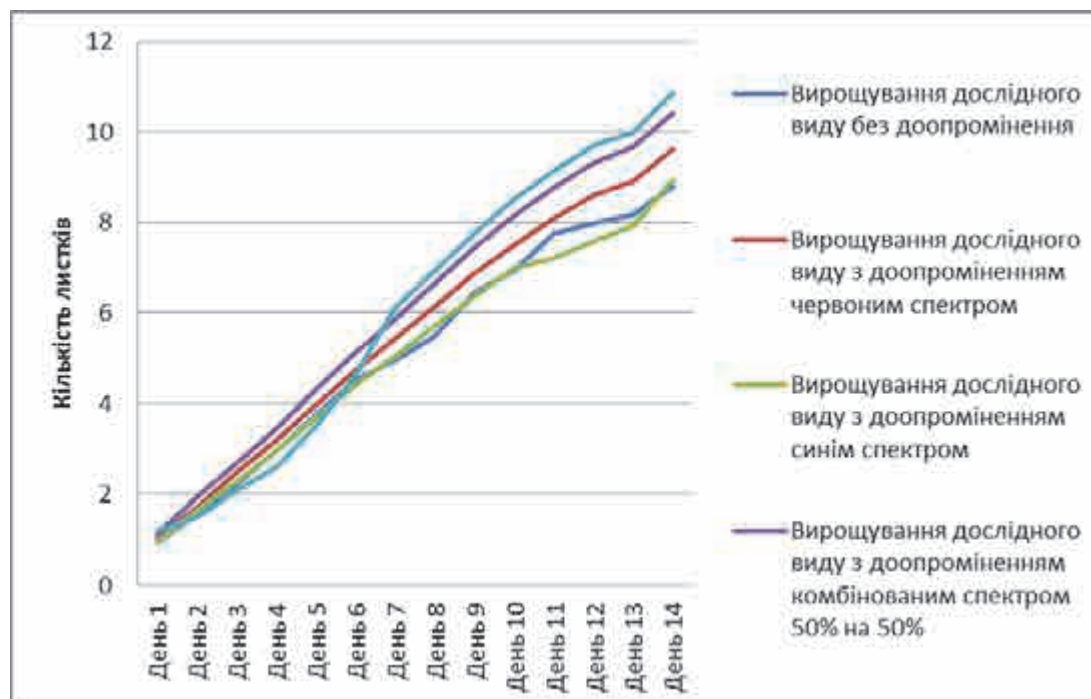
Нижче (рис. 3) показано результати польових експериментальних досліджень залежності біометричних показників дослідного виду від зміни спектра опромінення.



а)



б



в)

Рис. 3. Залежності зміни біометричних показників дослідного виду від зміни спектра доопромінення:

а – висоти стебла; б – ширини листка; в – кількості листків

На графіках чітко виражений позитивний вплив різних спектрів світлодіодного доопромінення рослин на їхні біометричні показники.

Висновки і перспективи. На підставі проведених досліджень відзначено позитивний вплив світлодіодного доопромінення з комбінованим спектральним складом, а саме:

- при вирощуванні дослідного виду з доопроміненням червоним спектром – збільшення висоти стебла на 6,67%, ширини листка на 2%, кількості листків на 9,32%;

- при вирощуванні дослідного виду з доопроміненням синім спектром – збільшення висоти стебла на 0,85%, кількості листків на 1,59%, зменшення ширини листка на 10,1%;

- при вирощуванні дослідного виду з доопроміненням комбінованим спектром 50% на 50% – збільшення висоти стебла на 14,87%, ширини листка на 5,61%, кількості листків – на 18,41%;

- при вирощуванні дослідного виду з доопроміненням комбінованим спектром 65% (червоний) на 35% (синій) – збільшення висоти стебла на 23,41%, ширини листка на 10,2%, кількості листків – на 23,52%.

Дослідженнями показано, що оптимальний спектр випромінювання, а саме: опромінення рослин комбінованим спектром 65% (червоний) на 35% (синій).

Список літератури

1. Применение светодиодных светильников для освещения теплиц: реальность и перспективы / И. Бахарев, А. Прокофьев, А. Туркин, А. Яковлев // Современные технологии автоматизации. – 2010. – № 2. – С. 76–82.

2. О влиянии дополнительного ультрафиолетового облучения на продуктивность и пищевую ценность овощей в условиях защищенного грунта / Н. А. Голубкина, М. В. Добровольский, Л. Б. Прикупец, Н. Н. Протасова // Светотехника. – 1994. – № 6. – С. 2–5.

3. 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». – М. : ВИЭСХ, 2016 – Вып. № 4 (9). – С. 180–187.

4. Червінський Л. С. Вплив електромагнітних полів на живі організми і механізми їх впливу / Л. С. Червінський, Т. С. Книжка, О. І. Романенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2013. – Вип. 142. – С. 116–119.

5. Теоретичне обґрунтування механізму керування впливом оптичного випромінювання на біологічні системи на основі фотореактивації / Л. С. Червінський, Т. С. Книжка, О. І. Романенко, Я. М. Луцак // Науковий вісник НУБіП України. – 2016. – Вип. 242. – С.106–116.

References

1. Bakharev, I., Prokof'yev, A., Turkin, A., Yakovlev, A. (2010). Primeneniye svetodiodnykh svetil'nikov dlya osveshcheniya teplits: real'nost' i perspektivy

[Application of LED lighting for greenhouses: reality and prospects] Modern automation technologies. 2, 76–82.

2. Golubkina, N. A., Dobrovol'skiy, M. V., Prikupets, L. B., Protasova, N. N. (1994). O vliyaniyi dopolnitel'nogo ul'trafioletovogo oblucheniya na produktivnost' i pishchevuyu tsennost' ovoshchey v usloviyakh zashchishchennogo grunta [On the influence of additional ultraviolet irradiation on the productivity and nutritional value of vegetables in protected soil conditions]. Svetotekhnika, 6, 2–5.

3. Chervinskiy, L. S., Lutsak, Ia. M. (2016). Obosnovaniye vliyaniya spektral'nogo sostava istochnikov svetovoy energiyi 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.

4. Chervinskiy, L. S., Knyzhka, T. S., Romanenko, O. I. (2013). Vplyv elektromahnitnykh poliv na zhyvi orhanizmy i mekhanizmy yikh vplyvu [Influence of electromagnetic field on living organisms and mechanisms of their influence] Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni PetraVasylenka, 142, 116–119.

5. Chervinskiy, L. S., Knyzhka, T. S., Romanenko, O. I., Lutsak, Ia. M. (2016). Teoretychne obhruntuvannya mekhanizmu keruvannya vplyvom optychnoho vprominiuvannya na biolohichni systemy na osnovi fotoreaktyvatsii [Theoretical substantiation of the mechanism of control of the influence of optical radiation on biological systems on the basis of photoreactivation] Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy, 242, 106–116.

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

**Л. С. Червинский,
Т. С. Книжка,
О. И. Романенко**

Аннотация. В статье рассмотрены преимущества и обоснована целесообразность применения различных светодиодных источников освещения для создания эффективных световых режимов в сооружениях закрытого грунта для получения максимально возможной производительности растений. Исследован спектральный состав светодиодов и их влияние на рост растений.

Установлено, что под действием светодиодного освещения наибольшее повышение всхожести семян исследовательского вида наблюдалось при облучении комбинированным спектром излучения с отношением 65% красного спектра и 35% синего. Использование комбинированных светодиодных ламп приводит к повышению интенсивности роста растений и увеличения их эффективной массы, подтверждает преимущество использования светодиодных ламп над другими типами ламп, которые используются для доосвещения растений в сооружениях закрытого грунта.

Ключевые слова: *эффективность, производительность, светодиодные лампы, режимы освещения, сооружения закрытого грунта*

THE SUBSTANTIATION OF EFFECTIVE LED LIGHTING IN THE CONSTRUCTION OF CLOSED SOIL

**L. S. Chervinsky
T. S. Knizhka,
A. I. Romanenko**

Adstract. *In the article the advantages and justified the expediency of using various LED lighting sources to create effective light regimes in the structures of closed ground to obtain the maximum possible plant productivity. The spectral composition of light-emitting diodes and their influence on plant growth is investigated.*

It was found that under the influence of LED lighting, the greatest increase in seed germination of the research species was observed when irradiated with a combined emission spectrum with a ratio of 65% of the red spectrum and 35% of blue. The use of combined LED lamps leads to an increase in the intensity of plant growth and an increase in their effective mass, confirms the advantage of using LED lamps over other types of lamps that are used for pre-emergence of plants in structures of enclosed soil.

Keywords: *efficiency, performance, LED lamps, lighting modes, construction of enclosed ground*

УДК 621.37: 628.349.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРОБКИ НЕЗБИРАНОГО МОЛОКА ІМПУЛЬСНИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ ПОЛЯМИ

Р. С. СВЯТНЕНКО, аспірант
А. І. МАРИНІН, кандидат технічних наук, доцент
О. В. КОЧУБЕЙ-ЛИТВИНЕНКО, кандидат технічних наук, доцент
О. П. ФУРСІК, аспірант
Національний університет харчових технологій
E-mail: Svyatnenko@i.ua

Анотація. *У сучасних умовах виробництва продукції науково-технічний прогрес є одним з найважливіших факторів у молочній промисловості, при якому створюються та впроваджуються у виробництві нові методи обробки.*

© Р. С. Святненко, А. І. Маринін, О. В. Кочубей-Литвиненко,
О. П. Фурсік, 2017