УДК 620.91:631.311 DOI 10.31521/978-617-7149-86-5-43

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ В ТЕПЛИЦЯХ

Мартиненко В.О., канд. техн. наук, доцент
Миколаївський національний аграрний університет
https://orcid.org/0000-0003-4067-3640

Анотація. В умовах глобальних змін клімату та необхідності скорочення споживання традиційних енергоресурсів енергоефективні технології набувають дедалі більшого значення в сільському господарстві, особливо у тепличному виробництві. Одним із ключових напрямів оптимізації енергоспоживання є впровадження енергоефективного освітлення, яке суттєво впливає на розвиток та продуктивність рослин. Використання світлодіодних (LED) ламп у теплицях дає змогу зменшити витрати електроенергії, покращити фотосинтетичну активність рослин та забезпечити оптимальні умови для їх росту. У роботі розглянуто сучасні підходи до застосування LED-освітлення, його переваги над традиційними джерелами світла, економічну ефективність та перспективи інтеграції інтелектуальних систем керування освітленням у тепличні комплекси.

Ключові слова: енергоефективне освітлення, світлодіодне освітлення, LED-лампи, тепличне господарство, фотосинтетична ефективність, автоматизовані системи керування, енергозбереження.

Розвиток тепличного господарства є важливим елементом сталого сільського господарства, що забезпечує безперебійне постачання продукції незалежно від сезону. Одним із найбільш енергозатратних компонентів тепличного виробництва є система освітлення, яка безпосередньо впливає на якість і кількість вирощуваної продукції. Традиційно для освітлення теплиць використовували натрієві лампи високого тиску (HPS), металогалогенні та люмінесцентні лампи, які мають високу потужність, але водночас характеризуються значними втратами енергії та коротким терміном експлуатації.

У зв’язку з цим виникає потреба у впровадженні сучасних енергоефективних технологій, серед яких світлодіодне освітлення є найбільш перспективним. LED-системи не лише дозволяють зменшити споживання електроенергії, а й створюють оптимальні умови для росту рослин завдяки можливості точного налаштування спектра випромінювання. Завдяки новітнім розробкам стало можливим адаптивне регулювання інтенсивності світла та спектрального складу випромінювання відповідно до фаз росту культур, що значно покращує фотосинтетичну ефективність.

Світлодіодне освітлення має низку важливих переваг, які роблять його оптимальним вибором для тепличного господарства. По-перше, використання LED-ламп дозволяє скоротити споживання електроенергії на 50–70% у порівнянні з традиційними натрієвими або металогалогенними лампами. Це

сприяє зниженню операційних витрат і підвищенню економічної ефективності виробництва.

По-друге, LED-лампи мають тривалий термін служби, що перевищує 50 000 годин, що в декілька разів більше, ніж у традиційних джерел світла. Це знижує витрати на заміну та технічне обслуговування, що особливо важливо для великих тепличних комплексів.

По-третє, світлодіодне освітлення дозволяє створювати оптимальний спектр світла, який найбільш ефективно використовується рослинами для фотосинтезу. Зокрема, поєднання синього та червоного спектрів сприяє кращому розвитку листового апарату та стимулює ріст рослин, тоді як традиційні джерела світла не мають можливості точного регулювання спектрального складу випромінювання.

По-четверте, LED-лампи виробляють значно менше тепла, ніж HPS-лампи, що зменшує навантаження на систему охолодження теплиць і дозволяє підтримувати стабільний мікроклімат. Завдяки цьому мінімізуються ризики перегріву рослин та втрати вологи, що особливо важливо для закритих тепличних комплексів.

Значним досягненням у галузі енергоефективного освітлення є розробка та впровадження інтелектуальних систем керування, які дають змогу автоматично регулювати рівень освітлення відповідно до потреб рослин та змін зовнішніх умов. Такі системи можуть аналізувати рівень природного освітлення та вносити коригування у роботу штучного освітлення, знижуючи споживання електроенергії.

Крім того, сучасні LED-лампи можуть інтегруватися із системами Інтернету речей (IoT), що дає змогу віддалено контролювати параметри освітлення через мобільні додатки та комп’ютерні платформи. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни у тепличному середовищі та забезпечувати максимальну ефективність енергоспоживання.

Впровадження світлодіодного освітлення у теплицях є не лише технологічним, а й економічно вигідним рішенням. Завдяки значному скороченню витрат на електроенергію та зменшенню витрат на обслуговування, інвестиції у LED-освітлення окупаються протягом 2–3 років. Водночас підвищення врожайності за рахунок покращення умов освітлення сприяє збільшенню прибутковості аграрних підприємств.

Зважаючи на загальносвітові тренди щодо підвищення енергоефективності та використання екологічно чистих технологій, перехід на світлодіодне освітлення у тепличному господарстві є необхідним кроком до сталого розвитку сільськогосподарського сектору. Подальші дослідження у цій сфері мають бути спрямовані на вдосконалення спектральних характеристик LED-ламп, а також на розробку нових алгоритмів управління освітленням, що дозволять ще більш ефективно використовувати енергетичні ресурси.

Застосування світлодіодного освітлення у тепличному господарстві дозволяє значно зменшити споживання електроенергії, покращити умови росту рослин та скоротити операційні витрати. Інтеграція LED-освітлення із сучасними системами автоматизації відкриває нові можливості для ефективного

управління тепличним виробництвом. Враховуючи високу економічну ефективність та екологічні переваги, впровадження таких технологій є стратегічно важливим для розвитку аграрного сектору України. Подальші дослідження у цій сфері мають сприяти створенню більш ефективних та адаптивних рішень для сучасних тепличних комплексів.

Список використаних джерел

1. Cuce, E., Harjunowibowo, D., & Cuce, P. M. (2016). Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 64, 34-59. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.077

2. Chen, X. (2020). Application of energy-efficient lighting in greenhouse cultivation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 514, 032042. https://doi.org/10.1088/1755-1315/514/3/032042

3. Rasakhodzhaev, B. S., & Khamdamov, A. R. (2024). Research of the Energy Efficient System of a Solar Greenhouse with Solar Energy Storage. Applied Solar Energy, 59, 878-886. https://doi.org/10.3103/S0003701X23600200

4. Behroozeh, S., Hayati, D., & Karami, E. (2024). Factors influencing energy consumption efficiency in greenhouse cropping systems. Environment, Development and Sustainability. https://doi.org/10.1007/s10668-024-04851-8

5. Hassanien, R. H. E., Li, M., & Lin, W. D. (2016). Advanced applications of solar energy in agricultural greenhouses. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, 989-1001. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.095

6. Obtaining Electricity Through The Use of Biogas, Investments And Perspectives / V. Hruban et al. 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 27–30 September 2023. 2023. URL: https://doi.org/10.1109/mees61502.2023.10402480

Abstract. In the context of global climate change and the need to reduce the consumption of traditional energy resources, energy-efficient technologies are becoming increasingly important in agriculture, especially in greenhouse production. One of the key areas for optimizing energy consumption is the introduction of energy-efficient lighting, which significantly affects the development and productivity of plants. The use of light-emitting diode (LED) lamps in greenhouses allows you to reduce electricity consumption, improve the photosynthetic activity of plants and provide optimal conditions for their growth. The paper considers modern approaches to the use of LED lighting, its advantages over traditional light sources, cost-effectiveness and prospects for integrating intelligent lighting control systems into greenhouse complexes.

Keywords: energy-efficient lighting, LED lighting, LED lamps, greenhouse farming, photosynthetic efficiency, automated control systems, energy saving.