

**ДОСЛІДНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОСЛИН В  
ЕЛЕКТРИЧНОМУ ПОЛІ ВИСОКОЇ НАПРУЖЕНОСТІ ТА ПІД РІЗНИМ  
ОПТИЧНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ**

*Л. С. Червінський, доктор технічних наук, професор*

*О. А. Макода, аспірант*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: [lchervinsky@nubip.edu.ua](mailto:Ichervinsky@nubip.edu.ua)*

**Анотація.** Дослідження впливу електричних полів високої напруженості та різного оптичного випромінювання на ріст і розвиток рослин є перспективним напрямком у агрономії та агроекології. Метою цієї роботи є розробка та випробування дослідної установки, що дозволяє створювати контрольовані умови для вирощування рослин під впливом електричних полів та оптичного випромінювання різних спектрів. Установка складається з системи для створення електричних полів високої напруженості, світлодіодних джерел світла, кліматичної камери, а також системи моніторингу та аналізу даних для реєстрації параметрів росту та фізіологічних процесів рослин.

Основною метою дослідження є оцінка ефективності впливу цих факторів на фотосинтетичну активність, швидкість росту та врожайність рослин, а також визначення оптимальних параметрів для стимуляції їхнього розвитку. Експерименти показали, що електричні поля можуть значно підвищити швидкість росту рослин, а спектри світла (червоний, синій, ультрафіолетовий) впливають на ефективність фотосинтезу і розвиток кореневої системи. Крім того, комбінований вплив електричних полів та оптичного випромінювання сприяє покращенню врожайності та стійкості рослин до стресових факторів, таких як захворювання, шкідники та екстремальні кліматичні умови [3, 8].

Електричні поля високої напруги також відіграють важливу роль у стимулюванні росту рослин. Вплив електричних полів на біологічні об'єкти широко вивчається в різних галузях науки, зокрема в агрономії. Встановлено, що електричні поля можуть впливати на ріст рослин, стимулюючи йонні та електрохімічні процеси в клітинах, що покращує поглинання води і поживних речовин з ґрунту [12]. Це відкриває нові можливості для покращення якості і кількості врожаю.

**Ключові слова:** *електротехнологічний комплекс, енергоефективність, електричне поле високої напруженості, автоматизація*

**Актуальність.** У сучасному агропромисловому виробництві одним з основних факторів, що визначає ефективність вирощування рослин, є оптимізація умов для їхнього розвитку. Рослини, як і будь-які живі організми, потребують певних умов

для росту, серед яких основними є температура, вологість та, без сумніву, освітлення. Зокрема, освітлення є вирішальним чинником, що безпосередньо впливає на процес фотосинтезу – основну біологічну реакцію, яка дозволяє рослинам отримувати енергію та виробляти органічні сполуки для подальшого росту і розвитку [4].

З традиційними методами освітлення в теплицях, такими як лампи розжарювання або металогалогенні лампи, існують кілька обмежень. Одним з основних недоліків є високі енергетичні витрати, оскільки ці джерела світла мають низьку енергоефективність. Крім того, традиційне освітлення не дає можливості точного налаштування спектру світла, що є критично важливим для підтримки різних етапів розвитку рослин, таких як проростання, активний ріст, цвітіння та плодоношення [9].

З огляду на ці обмеження виникає необхідність у пошуку нових технологій, які здатні забезпечити більш ефективне освітлення з мінімальними витратами енергії. Одна з таких технологій – використання світлодіодних ламп (LED) та електричних полів високої напруженості для стимуляції росту рослин. Світлодіодне освітлення дозволяє точно налаштувати спектр світла в залежності від потреб рослин на різних етапах їхнього розвитку, тим самим підвищуючи ефективність фотосинтезу [6].

Електричні поля високої напруженості також відіграють важливу роль у стимулюванні росту рослин. Вплив електричних полів на біологічні об'єкти широко вивчається в різних галузях науки, зокрема в агрономії. Встановлено, що електричні поля можуть впливати на ріст рослин, стимулюючи йонні та електрохімічні процеси в клітинах, що покращує поглинання води і поживних речовин з ґрунту[13]. Це відкриває нові можливості для покращення якості і кількості врожаю.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Дослідження в галузі енергоефективного вирощування рослин з використанням електричних полів високої напруженості та різних спектрів світла, зокрема, світлодіодного освітлення (LED), стало важливою темою в агрономії та агропромислових науках. Враховуючи високі енергетичні витрати традиційних систем освітлення та необхідність

забезпечення оптимальних умов для росту рослин, ці технології набули особливої актуальності останнім часом [10].

Світлодіодне освітлення стало основною темою досліджень, спрямованих на поліпшення енергоефективності освітлення в теплицях та індустриальних установках для вирощування рослин. Як зазначають дослідження, використання LED-ламп дозволяє досягти значної економії енергії порівняно з традиційними джерелами світла, такими як лампи розжарювання або металогалогенні лампи. Оскільки світлодіоди забезпечують високу світловіддачу і можуть точно регулювати спектр світла, це дозволяє створювати оптимальні умови для різних етапів розвитку рослин, включаючи проростання, активний ріст, цвітіння та плодоношення [2].

Дослідження показують, що спектр світла в LED-лампах може бути налаштований так, щоб максимізувати ефективність фотосинтезу рослин. Наприклад, червоний спектр сприяє фотосинтезу, а синій – активному росту рослин. Завдяки цьому світлодіоди дозволяють точно налаштувати умови для розвитку рослин, зменшуючи витрати на енергію.

Окрім освітлення, вплив електричних полів високої напруженості на рослини став темою численних досліджень у галузі агрономії. Оскільки електричні поля можуть стимулювати електрохімічні процеси в клітинах рослин, вони допомагають активувати іонні потоки, покращуючи поглинання води та поживних речовин з ґрунту, що сприяє активнішому росту та розвитку рослин.

Особливо важливим є те, що електричні поля можуть бути адаптовані під конкретні потреби рослин в залежності від етапу їхнього розвитку. Це дозволяє отримати максимальний ефект від їх використання при мінімальних витратах енергії. Дослідження показують, що рослини, які ростуть під впливом електричних полів, мають більш розвинену кореневу систему та краще поглинають поживні речовини з ґрунту.

Дослідження також вказують на важливість інтеграції систем світлодіодного освітлення та електричних полів високої напруженості для створення максимально сприятливих умов для росту рослин. Кілька авторів відзначають, що поєднання світлодіодного освітлення, яке забезпечує необхідний спектр світла, з електричними

полями, які стимулюють поглинання води та поживних речовин, може значно підвищити ефективність агропромислового виробництва, підвищити врожайність і знизити енергетичні витрати.

Ці технології мають ряд переваг:

1. Зниження енергоспоживання. Завдяки високій енергоефективності LED-освітлення і можливості точного налаштування спектра світла зменшуються витрати на електричну енергію.

2. Покращення росту рослин. Електричні поля стимулюють біологічні процеси в клітинах рослин, активуючи поглинання поживних речовин.

3. Автоматизація процесів. Використання автоматизованих систем дозволяє точно налаштовувати освітлення та електричні поля залежно від змінних умов, таких як температура, вологість і рівень освітленості.

**Мета дослідження** – обґрунтування та розроблення дослідної установки для вирощування рослин в електричному полі високої напруженості та під різним оптичним випромінюванням.

**Матеріали та методи дослідження.** Для проведення дослідження впливу електричних полів високої напруженості та різного оптичного випромінювання на рослини була розроблена спеціальна дослідна установка, що складається з кількох основних компонентів.

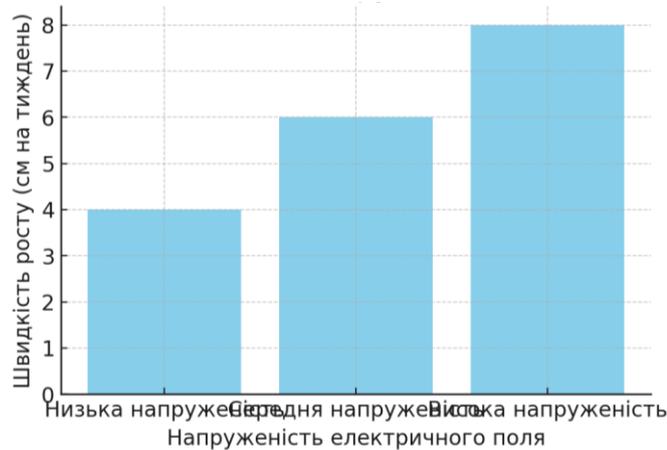
1. Система для створення електричних полів. Для створення та контролю електричного поля високої напруженості в установці використовується металеві електроди, які підключаються до генератора напруги з регульованим виходом. Напруга, що подається на електроди, дозволяє створити електричне поле з різною напруженістю, що можна точно контролювати за допомогою електричних контролерів. Установка дозволяє задавати різні рівні напруженості (від низької до високої), що важливо для оцінки різних варіантів впливу на рослини [3].

Напруженість електричного поля можна розрахувати за допомогою закону Ома для електричного поля:

$$E = \frac{V}{d}, \quad (1)$$

де  $E$  - напруженість електричного поля, В/м,  $V$  – напруга, В,  $d$  – відстань між електродами, м.

У дослідженні використовується як постійне, так і змінне електричне поле, яке змінюється за частотою або інтенсивністю залежно від умов експерименту.



**Рис. 1. Вплив електричного поля високої напруженості на швидкість росту рослин**

## 2. Джерела оптичного випромінювання

Для створення необхідних умов освітлення використовується система світлодіодних ламп (LED), які генерують світло з різними спектральними характеристиками. Використовуються спектри:

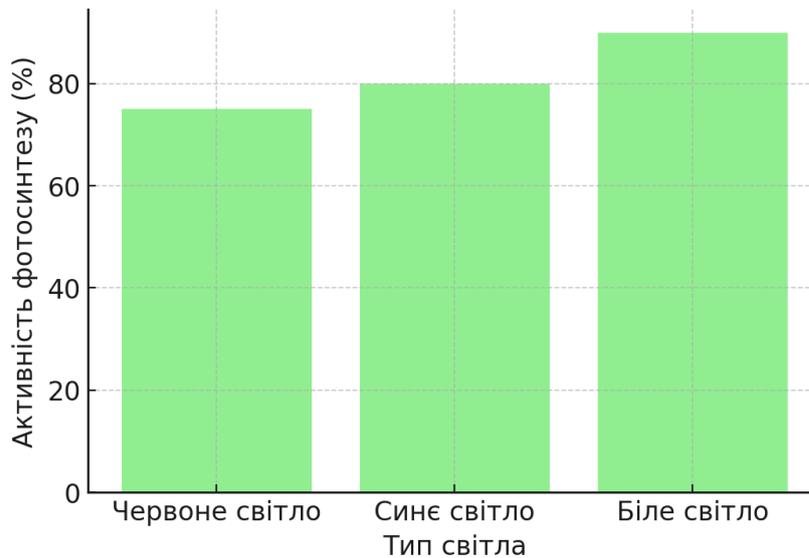
1. Червоний спектр (600-700 нм) стимулює фотосинтетичні процеси і ріст рослин.

2. Синій спектр (400-500 нм) активує фотосистему і сприяє розвитку кореневої системи.

3. Ультрафіолетовий спектр (UV) підвищує стійкість до стресів, але його надмірне застосування може бути шкідливим.

4. Інфрачервоний спектр (IR) сприяє активації фотосинтетичних ферментів.

Світло, яке генерується LED-лампами, може бути регульоване за інтенсивністю за допомогою контролерів яскравості, а також комбінувати різні спектри в залежності від умов експерименту [13].



**Рис.2. Вплив різних спектрів світла на фотосинтетичну активність рослин**

### 3. Кліматична камера

Кліматична камера є важливим компонентом дослідження, оскільки вона забезпечує стабільні умови для рослин. Температурний контроль важливий для підтримки температури в межах 20-25 °С, що є оптимальним діапазоном для більшості рослин. Система контролю вологості підтримує оптимальний рівень в межах 60-80 %, що необхідно для нормального росту. Вентиляція та повітряний обмін регулює оновлення повітря для забезпечення рослин киснем та видалення надлишкової вологи. Налаштування інтенсивності та тривалості світлового режиму дозволяє імітувати природні умови або експериментальні параметри [6]

#### **Результати дослідження та їх обговорення.**

Створення електричного поля .

Для кожного експерименту проводиться калібрування напруженості електричного поля. Зміна напруги на електродах дозволяє створювати електричне поле з різною інтенсивністю, від низької до високої.

Вибір статичного або змінного поля залежить від мети експерименту. Статичне поле дозволяє вивчати стабільний вплив на рослини, а змінне поле використовується для вивчення реакцій рослин на змінні умови.

Створення необхідного освітлення.

Світлодіоди (LED) налаштовуються для генерації різних спектрів світла в залежності від етапу розвитку рослин (наприклад, червоний спектр для фотосинтезу, синій для розвитку коренів).

Тривалість освітлення та інтенсивність змінюються відповідно до плану експерименту, щоб дослідити, як різні параметри освітлення впливають на ріст рослин.

Поглинена енергія рослиною від світла може бути розрахована за такою формулою:

$$P = IA\varepsilon c, \quad (2)$$

де  $P$  – поглинена енергія рослиною, Дж,  $I$  – інтенсивність світла, Вт/м<sup>2</sup>,  $A$  – площа, на яку потрапляє світло, м<sup>2</sup>,  $\varepsilon$  коефіцієнт поглинання світла,  $c$  час, с.

Моніторинг росту рослин.

Для вимірювання висоти рослин, площі листя та інших фізіологічних змін використовуються автоматизовані датчики росту.

Фотосинтетичну активність рослин вимірюють через аналіз рівня CO<sub>2</sub> та O<sub>2</sub>, а також за допомогою флуоресценції хлорофілу.

Ефективності фотосинтетичного процесу визначають за формулою:

$$E_f = P \cdot \frac{I_{spec}}{I_{total}}, \quad (3)$$

де  $E_f$  – ефективність фотосинтетичного процесу (відсотки);  $P$  – поглинена енергія рослиною, Дж;  $I_{spec}$  – інтенсивність світла в конкретному спектрі, Вт/м<sup>2</sup>;  $I_{total}$  – загальна інтенсивність світла, Вт/м<sup>2</sup>.

**Висновки і перспективи.** Електричні поля високої напруженості мають значний вплив на швидкість росту рослин, а також можуть стимулювати фотосинтетичні процеси. За результатами досліджень, підвищення напруженості поля (від низької до високої) прискорює ріст рослин. Відповідно, зміна інтенсивності електричного поля дозволяє оптимізувати умови для розвитку рослин, що має велике значення для сільського господарства.

Розроблена дослідна установка для вирощування рослин в електричному полі високої напруженості та під різним оптичним випромінюванням є перспективним

інструментом для покращення агрономічних технологій. Вплив електричних полів та оптичного випромінювання на рослини виявився значним, і з комбінованим використанням цих факторів можна досягти покращених результатів у вирощуванні сільськогосподарських культур.

Комбінація електричних полів і світлового випромінювання дає значно кращі результати порівняно з окремим використанням кожного з цих факторів. Така комбінація підвищує ефективність фотосинтетичних процесів, прискорює ріст рослин і збільшує їх врожайність. Це дослідження відкриває нові можливості для підвищення врожайності та стійкості рослин в умовах змін клімату та забруднення навколишнього середовища.

### Список використаних джерел

1. Дорошенко, І. С. (2017). *Інженерні рішення для оптимізації агротехнічних умов вирощування рослин*. Львів: Львівська політехніка. Режим доступу: <https://science.lpnu.ua>
2. Гончаренко, С. М. (2016). *Інноваційні технології в сільському господарстві: світло та електричні поля для оптимізації росту рослин*. Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова. Режим доступу: <https://swdep.stu.cn.ua>
3. Коваль, М. В. (2017). *Електромагнітні поля та їх вплив на рослини: теоретичні основи та практичне застосування*. Київ: Вища школа. Режим доступу: <https://science.lpnu.ua>
4. Кравчук, О. В. (2019). *Агротехнології у сучасному сільському господарстві*. Київ: Наукова думка. Режим доступу: <https://ismav.com.ua>
5. Лісовий, Ю. П. (2018). *Фізіологічні та біохімічні аспекти вирощування рослин в електричних полях*. Київ: Інститут біохімії ім. О.В. Палладіна. Режим доступу: <http://www.ukrbook.net>
6. Мельник, В. В. (2018). *Екологія та біотехнологія рослин: основи вирощування в умовах стресу*. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка. Режим доступу: <http://ecoj.dea.kiev.ua>
7. Петренко, Т. І. (2020). *Фізіологія рослин та їх адаптація до змін навколишнього середовища*. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. Режим доступу: <https://www.pdau.edu.ua>
8. Федорова, Н. О. (2015). *Вплив оптичного випромінювання на фотосинтетичні процеси рослин*. Харків: ХДПУ.
9. Шевченко, І. В. (2020). *Застосування новітніх технологій у сільському господарстві: вплив на врожайність та екологічні характеристики рослин*. Чернівці: Чернівецький університет. Режим доступу: <https://www.researchgate.net>
10. Барроса, М. (2018). *The Role of Electric Fields in the Growth of Plants: A Review*. *Plant Science Journal*. Режим доступу: <https://www.mdpi.com>

11. International Journal of Environmental Science and Technology, 2021. *Effects of Optical Radiation on Photosynthesis and Plant Growth*.  
Режим доступу: <https://www.mdpi.com>
12. Zhao, W., et al. (2019). *Electromagnetic Field and Its Influence on Plant Growth and Photosynthetic Activity*. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(12), 12045-12059.  
Режим доступу: <https://www.mdpi.com>
13. Sharma, R., & Chandra, S. (2020). *Lighting and Plant Growth: Spectral Effects on Photosynthesis*. *Agricultural and Environmental Science Journal*.  
Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication>

### References

1. Doroshenko, I. S. (2017). *Inzhenerni rishennia dlia optymizatsii ahrotekhnichnykh umov vyroshchuvannya roslyn* [Engineering solutions for optimizing agrotechnical conditions for growing plants]. Lviv: Lviv Polytechnic. Available at: <https://science.lpnu.ua>
2. Goncharenko, S. M. (2016). *Inzhenerni rishennia dlia optymizatsii ahrotekhnichnykh umov vyroshchuvannya roslyn* [Innovative technologies in agriculture: light and electric fields for optimizing plant growth]. Odesa: ONU named after I.I. Mechnikov. Available at: <https://swdep.stu.cn.ua>
3. Koval, M. V. (2017). *Elektromahnitni polia ta yikh vplyv na roslyny: teoretychni osnovy ta praktychne zastosuvannya* [Electromagnetic fields and their impact on plants: theoretical foundations and practical application]. Kyiv: Higher School. Available at: <https://science.lpnu.ua>
4. Kravchuk, O. V. (2019). *Ahrotekhnolohii u suchasnomu silskomu hospodarstvi* [Agrotechnologies in modern agriculture]. Kyiv: Naukova Dumka. Available at: <https://ismav.com.ua>
5. Lisovyi, Yu. P. (2018). *Fiziolohichni ta biokhimichni aspekty vyroshchuvannya roslyn v elektrychnykh poliakh* [Physiological and biochemical aspects of plant cultivation in electric fields]. Kyiv: O.V. Palladin Institute of Biochemistry. Available at: <http://www.ukrbook.net>
6. Melnyk, V. V. (2018). *Ekolohiia ta biotekhnolohiia roslyn: osnovy vyroshchuvannya v umovakh stresu* [Ecology and biotechnology of plants: basics of cultivation under stress conditions]. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv. Available at: <http://ecoj.dea.kiev.ua>
7. Petrenko, T. I. (2020). *Fiziolohiia roslyn ta yikh adaptatsiia do zmin navkolyshnoho seredovyscha* [Plant physiology and their adaptation to environmental changes]. Kharkiv: V. N. Karazin National University. Available at: <https://www.pdau.edu.ua>
8. Fedorova, N. O. (2015). *Vplyv optychnoho vprominiuvannya na fotosyntetychni protsesy roslyn*. [The influence of optical radiation on the photosynthetic processes of plants]. Kharkiv: KhPU.
9. Shevchenko, I. V. (2020). *Zastosuvannya novitnikh tekhnolohii u silskomu hospodarstvi: vplyv na vrozhaunist ta ekolohichni kharakterystyky roslyn*. [Application of

new technologies in agriculture: impact on yield and ecological characteristics of plants]. Chernivtsi: Chernivtsi University. Available at: <https://www.researchgate.net>

10. Barroca, M. (2018). The Role of Electric Fields in the Growth of Plants: A Review. *Plant Science Journal*. Available at: <https://www.mdpi.com>

11. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2021. Effects of Optical Radiation on Photosynthesis and Plant Growth. Available at: <https://www.mdpi.com>

12. Zhao, W., et al. (2019). Electromagnetic Field and Its Influence on Plant Growth and Photosynthetic Activity. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(12), 12045-12059. Available at: <https://www.mdpi.com>

13. Sharma, R., & Chandra, S. (2020). Lighting and Plant Growth: Spectral Effects on Photosynthesis. *Agricultural and Environmental Science Journal*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication>

## RESEARCH INSTALLATION FOR GROWING PLANTS IN A HIGH VOLTAGE ELECTRIC FIELD AND UNDER VARIOUS OPTICAL RADIATION

*L. Chervinsky, O. Makoda*

**Abstract.** *The study of the influence of high-intensity electric fields and various optical radiation on plant growth and development is a promising direction in agronomy and agroecology. The aim of this work is to develop and test an experimental setup that allows creating controlled conditions for growing plants under the influence of electric fields and optical radiation of various spectra. The setup consists of a system for creating high-intensity electric fields, LED light sources, a climate chamber, and a monitoring and data analysis system for recording growth parameters and physiological processes of plants. The main goal of the study is to assess the effectiveness of the influence of these factors on photosynthetic activity, growth rate and plant yield, as well as to determine the optimal parameters for stimulating their development. Experiments have shown that electric fields can significantly increase the growth rate of plants, and light spectra (red, blue, ultraviolet) affect the efficiency of photosynthesis and the development of the root system. In addition, the combined effect of electric fields and optical radiation helps to improve crop yield and plant resistance to stress factors such as diseases, pests and extreme climatic conditions.*

*High-voltage electric fields also play an important role in stimulating plant growth. The effect of electric fields on biological objects is widely studied in various fields of science, in particular in agronomy. It has been established that electric fields can affect plant growth by stimulating ionic and electrochemical processes in cells, which improves the absorption of water and nutrients from the soil. This opens up new opportunities for improving the quality and quantity of the crop.*

**Key words:** *electrotechnological complex, energy efficiency, high-voltage electric field, automation*