



DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-2-25

УДК 620.96:634

О. В. Окушко, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-1894-5294

І. П. Радько, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-4235-3969

В. А. Наливайко, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-6297-9045

В. В. Васюк, к.т.н.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

e-mail: oaleks@ukr.net, тел.: +380674956618

## СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ В РОСЛИННИЦТВІ УКРАЇНИ

*Анотація* В статті проведено аналіз стану питання розвитку аграрного виробництва України різної сільськогосподарської продукції, в т.ч. і в рослинництві, його суттєвого відставання від розвинених країн в напрямі забезпечення підвищення енерго- та ресурсоефективності технологічних процесів виробництва, зберігання та переробки продукції. Розкрито необхідність реалізації заміни традиційних технологій, які досягли своїх критичних значень і фактично вичерпали свої можливості.

Встановлено необхідність створення нових високоефективних технологій та обладнання, які спрямовані на біологічну стимуляцію життєдіяльності сільськогосподарської продукції. Одним із таких методів може бути застосування методів електротехнологій, які можуть дати суттєвий економічний зиск від їх впровадження у виробництво.

*Ключові слова:* виробництво, енергозберігаючі технології, електромагнітна енергія, виробництво, енергоефективність, технологічний процес, вплив.

*Постановка проблеми.* Перетворення аграрного виробництва у високоефективну галузь, яка б забезпечувала продовольчу безпеку та сировинну базу для розвитку промисловості є один з пріоритетних напрямів розвитку України. Однак нинішній стан аграрного сектору України значно відстає від провідних світових тенденцій у сфері агровиробництва, зокрема у впровадженні енергозберігаючих технологій. Це відставання супроводжується постійним зростанням як енергетичних, так і матеріальних витрат на виробництво сільськогосподарської продукції.

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу склалася ситуація, коли традиційні технології обробки сільськогосподарської продукції, зокрема в рослинництві, вичерпали свої можливості. Вони досягли критичних меж, що не дозволяє забезпечити подальше підвищення енерго- та ресурсоефективності



технологічних процесів, включаючи виробництво, зберігання та переробку продукції. Для вирішення цієї проблеми необхідне впровадження сучасних наукоємних технологій, спрямованих на підвищення ефективності використання енергії та ресурсів на всіх етапах аграрного виробництва, зберігання та переробки [1, 2].

Загальна картина в аграрному виробництві, особливо в рослинництві та тепличному овочівництві демонструє суттєві недоліки в питаннях ощадливого використання паливно-енергетичних ресурсів, енергоємності, витрат електроенергії на виробництво сільськогосподарської продукції. Так, наприклад, у США, ФРН та Японії на 1 кг енергоресурсів при переробці продукції прибуток становить 5 ... 7,5 у.о, а в Україні при виробництві тієї ж продукції енергоємність у 2 – 5 разів вища за середню, ніж у розвинених держав. При цьому технологічні втрати сягають 18 ... 20 %, а витрати на електроенергію у 3 ... 5 разів вищі за середньоєвропейські. Так наприклад, при вирощуванні овочевих культур у теплицях, витрати становлять близько 120 кВт·год/т проти 25 ... 30 кВт·год/т в Україні [1, 3].

Аналіз останніх досліджень. Ситуація, що склалася, вимагає не лише реалізації енергозберігаючих рішень, але й застосування сучасних наукоємних технологій, спрямованих на підвищення енерго- та ресурсоефективності на всіх етапах виробництва, зберігання та переробки сільськогосподарської продукції. Такий підхід дозволить суттєво знизити енергетичні витрати та підвищити ефективність аграрного виробництва.

Як показують дослідження [4, 5, 6], вирішення цієї проблеми можливе за умови розгляду електроенергії не лише як носія енергії для електрифікації та автоматизації технологічних процесів, але й як безпосереднього чинника, що впливає на об'єкти сільськогосподарського виробництва. Це дозволяє змінювати структуру, біофізичні властивості та покращувати якість кінцевого продукту, забезпечуючи тим самим більш ефективне використання енергетичних ресурсів.

Підвищення ефективності впливу електричної енергії на живі біоорганізми, зокрема насіння та рослини, з метою зменшення патологічних змін під час виробництва і зберігання, може бути досягнуто шляхом розробки та впровадження сучасних технологій і обладнання на основі електротехнологій. Це підтверджується численними дослідженнями [7, 8, 9]. Так наприклад, на рис. 1 наведено основні напрями застосування електротехнологій у рослинництві, які можуть дати суттєвий економічний зиск від їх впровадження у виробництво [10, 11].

Такі електротехнології передбачають використання електричних і магнітних полів, електричних струмів різних частот, електромагнітного випромінювання тощо для удосконалення та ефективності процесів з підвищення впливу на сільськогосподарські продукти, в т.ч. і підвищення урожайності при її вирощуванні.

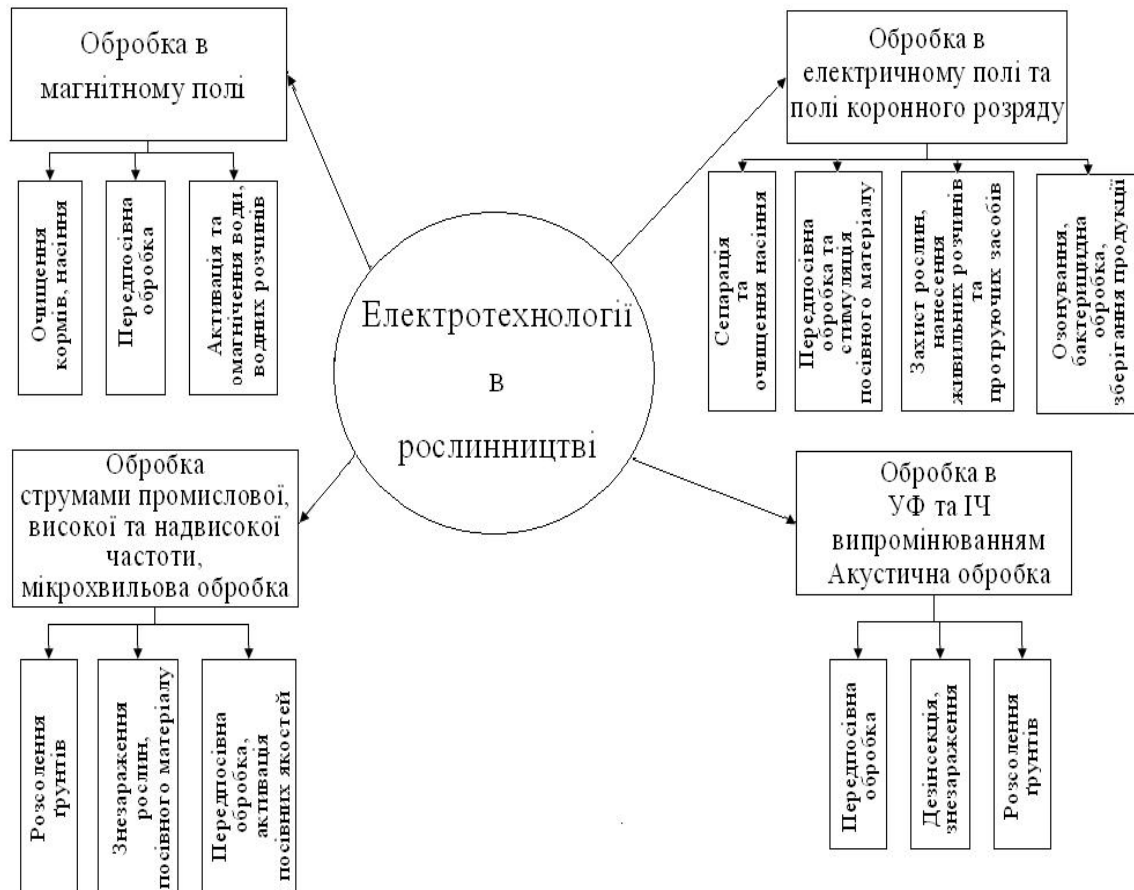


Рис. 1. Основні напрями застосування електротехнологій в рослинництві.

Аналіз досліджень [1, 12, 13] присвячених впливу електромагнітних полів та випромінювання, струмів промислової, високої і надвисокої частоти на біологічні об'єкти рослинного походження в процесах передпосівної обробки насіння, посіву, вирощування та зберігання продукції рослинництва, підтверджує їх високий потенціал у вирішенні ряду важливих агротехнологічних завдань. До таких завдань належать стимуляція життєдіяльності рослин і посівних матеріалів, їх знезараження, підвищення стійкості до патогенів і підживлення, особливо в тепличних умовах. Вплив цих технологій спрямований на покращення посівних якостей насіння, підвищення схожості та врожайності сільськогосподарських культур, а також на покращення якості і збільшення термінів зберігання продукції.



*Метою досліджень* є проведення аналізу сучасних технологій обробки сільськогосподарської продукції, в т.ч. і рослинництві з метою рекомендацій до створення нових, сучасних, високоефективних технологій та обладнання, спрямованих на біологічну стимуляцію життєдіяльності сільськогосподарської продукції та забезпечувати підвищення енерго- та ресурсоефективності технологічних процесів виробництва при їх вирощуванні, зберіганні та переробці

*Основна частина.* Зокрема, дослідження [14, 15, 16] показали, що під час стимуляції росту рослин, формування стійкого до стресових факторів проростка та спрямованого впливу на фізіологічні й біологічні процеси у посівному матеріалі, електромагнітні технології не мають конкурентів за ефективністю. Вони забезпечують значне підвищення продуктивності та життєздатності сільськогосподарських культур.

Яскравим свідченням усвідомлення можливостей і перспектив застосування електротехнологій в напрямі підвищення урожайності сільськогосподарських культур шляхом одержання рослин, стійких до шкідників, різних мікроорганізмів, виведення сортів культурних рослин з поліпшеними наслідуваними ознаками тощо, є високі темпи росту інвестицій в цей напрям у ряді розвинених країн світу.

Тривалість і своєчасність таких рішень підтверджується результатами численних досліджень із застосування електротехнологій в рослинництві для підвищення схожості і урожайності різних зернових (пшениця, ячмінь, кукурудза) та овочевих культур (огірки, томати, морква, перець, баклажани) відповідно на 15 ... 20 % та 12 ... 18 % [17, 18, 19].

Враховуючи, що об'єктом дії електромагнітної дії є рослини важливим моментом стає необхідність розкриття генетичного і фізіологічного потенціалу рослин, який обумовлює підвищення урожайності.

Численні дослідження, присвячені застосуванню різних електротехнологій у рослинництві, незалежно від типу електромагнітної енергії, демонструють незаперечні переваги цих технологій у стимуляції проростання насіння, прискоренні росту рослин під час вегетаційного періоду, підвищенні посівних якостей та врожайності сільськогосподарських культур. Крім того, відзначається підвищення стійкості рослин до шкідників, мікроорганізмів та несприятливих кліматичних умов. Отримані результати підтверджують можливість впливу на життєві функції біологічних об'єктів через відновлення їх біоенергетичного потенціалу.

Однак, недостатність інформації та об'єктивної оцінки реакції біооб'єктів на безпосередню дію енергоносіїв вимагає проведення більш глибокої і чіткої теоретичної проробки з позицій повного



розуміння механізму впливу та трансформації наданої енергії живим організмам, рослинам, насінню, які являють собою найбільш досконалі елементи природи.

Залежність приросту рослинної речовини від енергії в загальному вигляді може являти собою статичну модель виду [1, 10]:

$$E = E_0 + \alpha \cdot t, \quad (1)$$

де  $E_0$  – початкова (природня) енергія рослини;  $\alpha$  – теми росту енергії ( $\alpha = \frac{dE}{dt}$ ).

На рис. 2 представлено спрощений графік росту рослини від енергії проростання.

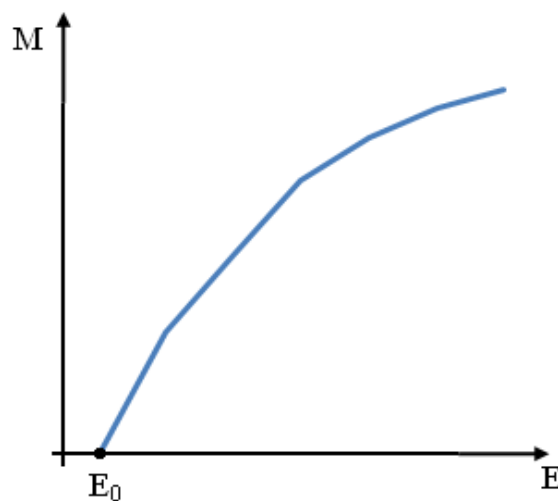


Рис. 2. Графік росту рослини від енергії проростання

Використовуючи цей метод, динамічна росту матиме наступний вигляд:

$$\frac{dE}{dt} = F(E, t), \quad (2)$$

або

$$\frac{dE}{dt} = \lambda E, \quad (3)$$

де  $\lambda$  – параметр відносно темпу зростання рослинної речовини за рахунок перетворення в неї енергії.

Рішення диференційного рівняння (3) дає змогу отримати рівняння росту рослини:

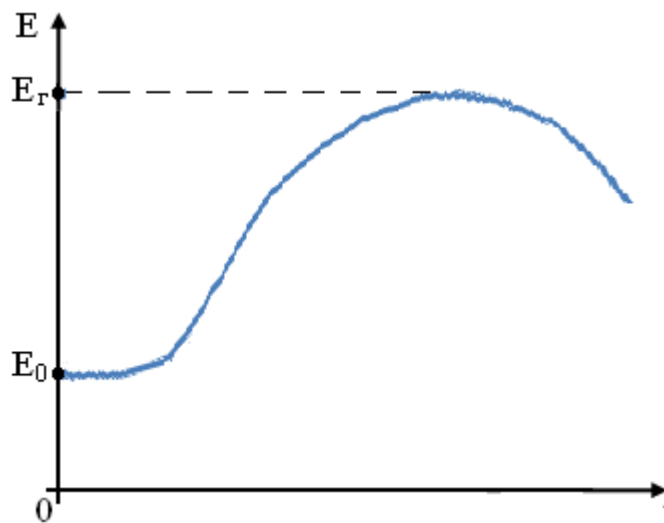
$$E = E_0 \cdot e^{\lambda t}, \quad \text{при } t \geq 0; t < t_{\infty}. \quad (4)$$

На рис. 3 наведена залежність росту енергії проростання від часу дії.

Аналізуючи залежність (рис. 3), можна стверджувати про існування для кожної рослини граничної межі енергетичного ресурсу,

закладеного природою на рівні генотипу. Перебільшення останнього зумовлює негативний результат, що й отримало підтвердження в багатьох експериментальних дослідженнях [1, 11, 20].

Відсутність повного розуміння механізмів впливу електротехнологій на біологічні об'єкти значною мірою стримує їх широке впровадження в рослинництві. Для успішної реалізації цих технологій необхідні нові експериментально-аналітичні дослідження, спрямовані на глибше пізнання процесів енергообміну в рослинних об'єктах на клітинному рівні.



$E_0$  – початкове значення енергії проростання,  $E_r$  – граничне (максимальне значення енергії проростання, яке може отримати рослина

Рис. 3. Залежність росту енергії ( $E$ ) проростання від експозиції ( $t$ ) залежно від її енергетичного ресурсу [1, 10]

Наявність докладної інформації про взаємодію енергетичних носіїв із біологічними об'єктами, а також реакції клітин на таку дію, сприятиме глибшому розумінню життєво важливих процесів у рослинних клітинах (обмінних, окислювальних, дихальних тощо). Це відкриє можливості для більш точного управління і корекції енергетичних процесів на різних етапах вирощування рослин, що забезпечить підвищення їх продуктивності.

**Висновки.** Необхідно констатувати, що розвиток електротехнологій у рослинництві стримується не лише через відсутність достатньої кількості теоретичних досліджень, про що йшлося вище, але й через низку інших важливих факторів, зокрема:

– неадекватне сприйняття фахівцями електротехнологій, які часто ототожнюють їх із простою електрифікацією технологічних процесів або використанням електрообладнання, що суттєво обмежує



розуміння їх потенціалу як інноваційного інструменту підвищення ефективності агропромислового виробництва.

– низька сприйнятливість аграрного сектору до наукових досягнень та інноваційних рішень, що призводить до збереження прихильності до традиційних агротехнічних технологій, які часто є менш ефективними з точки зору енерго- та ресурсозбереження.

– відсутність масового виробництва відповідного обладнання, навіть на рівні малих серій, незважаючи на високу ефективність цього обладнання, що була підтверджена під час практичних апробацій. Це обмежує можливості впровадження електротехнологій у широкому масштабі.

– недостатня популяризація та відсутність державної політики, спрямованої на впровадження електротехнологій, а також слабка обізнаність фахівців щодо функціональних можливостей і науково-технічного потенціалу цих технологій у рослинництві.

Для подальшого розвитку електротехнологій у сільському господарстві необхідно усунути ці бар'єри шляхом активізації наукових досліджень, формування державної політики на підтримку інновацій та створення сприятливих умов для виробництва й впровадження електротехнологічного обладнання. Це дозволить значно підвищити енерго- та ресурсоефективність аграрного виробництва, покращити якість сільськогосподарської продукції та знизити залежність від традиційних ресурсомістких технологій.

#### *Список використаних джерел*

1. Електротехнології обробки сільськогосподарської продукції / Г. Б. Іноземцев, О. М. Берека, О. В. Окушко, С. М. Усенко; за ред. Г.Б. Іноземцева. Київ: «ЦП «КОМПРИНТ», 2015, 306 с.
2. Radko I., Nalyvaiko V., Okushko O. Electromagnetic energy as an impact factor on life processes of a biological object of a plant origin. *Korean Journal of Food & Health Convergence*. 2019. Vol 6(1). P. 1-8. <http://dx.doi.org/10.13106/kjfhc.2020.vol6.no1.1>.
3. Karpov V. N. Energy saving in optical electrotechnologies of agro-industrial complex. *Applied theory and private methods*. 2009. 100 p.
4. Bogatina N., Shekina N. Effect of electric fields on plants. *Biologiya, himiya*. 2011. Vol. 24(63). P. 10–17.
5. Фізико-технологічні та електрофізичні властивості сільськогосподарських продуктів і матеріалів: навч. посібник / Г. Б. Іноземцев, Л. С. Червінський, О. М. Берека, О. В. Окушко; за ред. Г. Б. Іноземцева. Київ: Аграр Медіа Груп, 2010. 180 с.
6. Barba F. J., Parniakov O., Pereira S., Wiktor A., Grimi N., Boussetta N., Saraiva J., Raso J., Martin-Belloso O., Witrowa-Rajchert D., Lebovka N., Vorobiev E. Current applications and new opportunities for



the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Research International*. 2015. Vol. 77. P. 773–798.

7. Nikiforova L., Kizim I., Bogatyrev Y. Electrotechnological system for monitoring effects of optical range electromagnetic fields on vegetation bioobject. *Technical Electrodynamics*. 2014.

8. Chervinsky L., Radko I., Nalyvaiko V., Okushko, O. (2022) The Results of Experimental Studies of the Passage of Light Energy under the Skin of Animals Along Individual Hairs. *Machinery & Energetics, Scientific Journal*. 2022. Vol. 13, Is. 2, 102–108.

9. Hozayn M., Amal A.E.-M., Abdel-Rahman H. (2015). Effect of magnetic field on germination, seedling growth and cytogenetic of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Agriculture and Research*. 2015. Vol. 10. P. 849–857.

10. Іноземцев Г. Б., Берека О. М., Окушко О. В. Електротехнології обробки сільськогосподарської продукції. Київ: ТОВ «АграрМедіаГруп», 2013. 293 с.

11. Іноземцев Г. Б., Окушко О. В. Технологічні аспекти зберігання продукції рослинництва із застосуванням аероіонізації. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. 2005. Вип. 31. С. 3–7.

12. Iderawumi A. M., Friday C. E. Effects of magnetic field on pretreatment of seedlings and germination. *Journal of Agriculture and Research*. 2020. Vol. 6. P. 1–8.

13. Nyakane N. E., Markus E. D., Sedibe M. M. (2019). The effects of magnetic fields on plants growth: A comprehensive review. *International Journal of Food Engineering*. 2019. Vol. 5. P. 79–87.

14. De Souza A., Sueiro L., García D., Porrás E. Extremely low frequency non-uniform magnetic fields improve tomato seed germination and early seedling growth. *Seed Science and Technology*. 2020. Vol. 38(1). P. 61–72. <http://dx.doi.org/10.15258/sst.2010.38.1.06>.

15. Kozyrskiy V., Savchenko V., Sinyavsky O. The processing of irrigation water and artificial fertilizer solutions in magnetic field. *International Journal of Energy Optimization and Engineering*. 2020. Vol. 9. P. 74–83.

16. Pietruszewsk, S., Martínez E. (2015). Magnetic field as a method of improving the quality of sowing material: A review. *International Agrophysics*. 2015. Vol. 29(3). P. 377–389. <http://dx.doi.org/10.1515/intag-2015-0044>.

17. Іноземцев Г. Б., Окушко О. В. Енергозберігаюча технологія стимуляції росту рослин. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. 2009. Вип. 9, т. 1. С. 184–189.

18. Yehorova O. Yu. Doslidzhennia mozhyvosti vplyvu kuta padinnia vuprominennia na intensyvnyist vyhonky roslyny v zakrytomu





hrunti [Investigation of the possibility of influx of waterfall in comparison with the intensity of forcing of plants in closed soil]. *Visnyk KhNTUSH im. P. Vasylenka*. 2016. Vol 176. P. 78–79.

19. Zablodskiy M., Savchenko V., Synyavskiy O., Pliuhin V. Interactions between Magnetic Field and Biological Objects of Plant Origin. *IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology: International Conference on Electronics and Nanotechnology, ELNANO 2018 Kyiv, 24 April 2018*. 2018. P. 261–266. <http://dx.doi.org/10.1109/ELNANO.2018.8477484>.

20. Chervinskyi L. S. Rozrobka uzahalniuiuchoi matematychnoi modeli protsesu vyroshchuvannya ovochiv u teplytsi dla vyrishennia pytannia optymizatsii protsesu [Development of a basic mathematical model of the process of growing vegetables in a greenhouse for high nutritional optimization of the process]. *Visnyk KhNTUSH im. Petra Vasylenka*. 2017. Vol 186. P. 98–100

21. Kotyk M., Andriichuk V., Herts A. Osvitliuvalni ustanovky dla svitlokultury roslyn z dodatkovym impulsnym oprominiuvanniam [Illumination installations for light culture of plants with additional pulse propagation]. *Visnyk TNTU*. 2018. Vol. 4(92). P. 91–96.

*Стаття надійшла до редакції 30.09.2024 р.*

**I. Radko, V. Nalyvaiko, O. Okushko**

**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**

## **CURRENT STATE OF THE DEVELOPMENT OF ELECTRICAL TECHNOLOGIES IN PLANT PRODUCTION OF UKRAINE**

### *Summary*

The transformation of agricultural production into a highly efficient industry that would ensure food security and the raw material base for industrial development is one of the priority directions of Ukraine's development.

At the same time, the development of the domestic agrarian complex demonstrates the constant growth of energy and material costs for the production of agricultural products, their outpacing of productivity growth indicators. This significantly demonstrates lagging behind existing trends in developed capitalist countries, especially in the implementation of energy-saving technologies.

Today, a situation has arisen when the implementation of many traditional technologies has reached critical values and has actually exhausted its capabilities, which cannot ensure an increase in the energy efficiency of agricultural production processes, a deeper and more effective processing of it.

The results of the latest research in the direction of creating highly efficient technologies and equipment aimed at biological stimulation of the vital activity of agricultural products, increasing soil fertility and yield show significant opportunities and prospects for the use of electrical technologies in agricultural production.



The application of electrical technologies in agricultural production requires in-depth attention and already today requires in-depth research involving fundamental knowledge, since the main object is the most perfect and, unfortunately, insufficiently studied elements of nature - living organisms, plants, seeds, etc.

**Key words:** production, energy-saving technologies, electromagnetic energy, production, energy efficiency, technological process, impact.