



УДК 62-93:681.5

DOI 10.35433/naturaljournal.2.2023.174-180

**АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ  
УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ЗНЕЗАРАЖЕННЯ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНОГО  
ПОЖИВНОГО РОЗЧИНУ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО ГІДРОПОННОГО  
ПОЛИВУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У СЕРЕДОВИЩІ  
ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ**

**А. Г. Савченко<sup>1</sup>, С. В. Міненко<sup>2</sup>, В. М. Савченко<sup>3</sup>**

*Вирішальним для розв'язання проблем із забезпечення продовольчої безпеки в Україні з одночасним збереженням та відновленням екології навколишнього середовища має стати інтенсивний метод ведення господарювання, тобто орієнтація суб'єктами господарювання власної діяльності на інноваційний тип розвитку, активне використання науково-технічних розробок та впровадження сучасних агроінновацій. У свою чергу якісні та кількісні показники продукції рослинництва захищеного ґрунту залежать від технічного стану технологічного обладнання.*

*У роботі наведено результати дослідження та аналіз існуючих енергетичних установок для ультрафіолетового знезараження рециркуляційного поживного розчину в системах автоматичного гідропонного поливу сільськогосподарських культур в середовищі захищеного ґрунту. Також з'ясування впливу процесів фільтрації та знезараження поживного розчину на наявність мікроорганізмів при повторному використанні розчину в системах гідропонного автоматизованого поливу рослин. Наведено необхідну дозу опромінення для 90% знезараження рециркуляційного розчину від різних бактерій, вірусів та спор грибків та залежність бактерицидної ефективності від довжини світлових хвиль. УФ-промені довжиною від 200 до 280 нм (УФ-С діапазон) мають найбільш виражений бактерицидний ефект. Дослідження в цій області показали, що оптимальною для опромінення є довжина*

<sup>1</sup> кандидат історичних наук,  
доцент кафедри електрифікації,  
автоматизації виробництва та інженерної екології,  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail:slgua@ukr.net

ORCID: 0000-0002-7689-4982

<sup>2</sup> кандидат технічних наук,  
доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу,  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail:dgs-ua1@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0327-0017

<sup>3</sup> кандидат технічних наук,  
доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу,  
(Поліський національний університет, м. Житомир)  
e-mail:dgs-ua@ukr.net

ORCID: 0000-0002-0921-1424

хвилі 253,7 нм. В результаті такого опромінення мікроорганізми гинуть або втрачають здатність до відтворення. Доведено, що класична схема компоновки енергетичних установок для ультрафіолетового знезараження рециркуляційного розчину є малоефективною, адже вона не позбавляє рециркуляційний розчин мутності та наявності заліза і не гарантує високий ККД установок для ультрафіолетового знезараження. В роботі відображений метод карбонатного осадження іонів металів, що базується на утворенні нерозчинних сполук металів в результаті обробки водного розчину карбонатами чи гідрокарбонатами лужних металів. Перспективою подальших досліджень є розробка методів та засобів удосконалення роботи енергетичних установок для ультрафіолетового знезараження рециркуляційного поживного розчину при вирощуванні продукції рослинництва захищеного ґрунту.

**Ключові слова:** енергетичні установки, ультрафіолетове знезараження, рециркуляційний поживний розчин, продукція рослинництва захищеного ґрунту, гідропонний полив.

## **ANALYSIS OF EXISTING ENERGY INSTALLATIONS FOR ULTRAVIOLET DISINFECTION OF RECIRCULATING NUTRIENT SOLUTION IN SYSTEMS OF CROPS AUTOMATIC HYDROPONIC IRRIGATION IN PROTECTED GROUND**

**L. G. Savchenko, S. V. Minenko, V. M. Savchenko**

*Decisive for solving food security problems in Ukraine while preserving and restoring the ecology of the environment should be an intensive method of management, i.e. the orientation of economic entities of their own activities on the innovative type of development, active use of scientific and technical developments and implementation of modern agricultural innovations. In its turn, the qualitative and quantitative indicators of crop production of protected soil depend on the technical condition of technological equipment.*

*The purpose of the work is research and analysis of existing power plants for ultraviolet disinfection of recirculating nutrient solution in systems of automatic hydroponic irrigation of crops in a protected soil, as well as elucidation of the impact of filtration and disinfection of nutrient solution on the presence of microorganisms when reusing plants in systems. The paper investigates the ways to improve the operation of power plants for ultraviolet disinfection of recirculating nutrient solution in the cultivation of crop products of protected soil. It provides the value of the required radiation dose for 90% disinfection of the recirculation solution from various bacteria, viruses and fungal spores and the dependence of bactericidal efficiency on the wavelength of light. Ultraviolet rays with a length from 200 to 280 nm (UV-C range) have the most pronounced bactericidal effect. Research in this area has shown that the optimal wavelength for irradiation is 253.7 nm. As a result of such irradiation, microorganisms die or lose their ability to reproduce. It has been proven that the classical layout scheme of power plants for ultraviolet disinfection of the recirculation solution is inefficient, because it does not rid the recirculation solution of turbidity and the presence of iron and does not guarantee high efficiency of the ultraviolet disinfection plants. The paper describes the method of carbonate precipitation of metal ions, which is based on the formation of insoluble metal compounds as a result of treatment of an aqueous solution with carbonates or bicarbonates of alkali metals. Prospects for further research are the development of methods and tools to improve the operation of power plants for ultraviolet disinfection of recirculating nutrient solution in the cultivation of crop products of protected soil.*

**Key words:** power plants, UV-disinfection, recirculating nutrient solution, plant products of protected soil, hydroponic watering.

### **Вступ**

У роботах ряду вчених (Якобчук, 2020; Гуменний, 2014; Козир, 2006) зазначається, що вирішальним для розв'язання проблем із забезпечення продовольчої безпеки в Україні із одночасним збереженням та

відновленням екології навколишнього середовища має стати інтенсивний метод ведення господарювання, тобто орієнтація суб'єктами господарювання власної діяльності на інноваційний тип розвитку, активне використання науково-технічних розробок та

впровадження сучасних агроінновацій. При цьому, як зазначено в роботі Якобчук, Савченко (2020), якісні та кількісні показники продукції рослинництва захищеного ґрунту залежать від технічного стану технологічного обладнання. В роботах (Бойко, Савченко, Крот, 2016; Савченко, Крот, 2013) розглянуто вплив культивацийних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату, як основного чинника вищезазначених показників, а також проблеми забезпечення надійності та довговічності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту, як невід'ємної складової системи забезпечення продовольчої безпеки України (Якобчук, Савченко, 2020).

Метою роботи є аналіз існуючих енергетичних установок для ультрафіолетового знезараження рециркуляційного поживного розчину в системах автоматичного гідропонного поливу сільськогосподарських культур у середовищі захищеного ґрунту.

#### **Матеріал і методи**

Об'єкт досліджень – якість рециркуляційного поживного розчину в системах автоматичного гідропонного поливу. Висвітлені результати наукових робіт слугували матеріалами дослідження. Методи дослідження: бібліографічний, аналітичний.

#### **Результати**

Велика кількість підприємств, які спеціалізуються на вирощуванні продукції захищеного ґрунту, починають використовувати системи рециркуляції дренажного розчину. Це пов'язано з екологічними вимогами, які обмежують скидання дренажу в навколишнє природне середовище, а також з можливістю заощадження води та добрив. Проведені дослідження (Paludan, 1982; Tomlinson, Faithull, 1984; Berkelmann, Wohanka, Wolf, 1994) показують, що при повторному використанні дренажних вод істотно

зростає ризик перенесення збудників хвороб. Щоб виключити можливість поширення патогенних мікроорганізмів водою в процесі рециркуляції, її потрібно стерилізувати перед повторним використанням. В даний час в тепличній галузі використовують три основних види дезінфекції: термічна обробка, ультрафіолетове опромінення і озонування. Найбільш поширеним в галузі рослинництва захищеного ґрунту є вид дезінфекції рециркуляційного поживного розчину на основі ультрафіолетового опромінення.

УФ-промені довжиною від 200 до 280 нм (УФ-С діапазон) мають найбільш виражений бактерицидний ефект. Дослідження в цій області показали, що оптимальною для опромінення є довжина хвилі 253,7 нм (Рунія, 2011). У результаті такого опромінення мікроорганізми гинуть або втрачають здатність до відтворення. Детально дози опромінення, необхідні для знезараження дренажного розчину, відображені в роботі Рунія В. Т. (Рунія, 2011). Резюмуючи можна сказати, що для створення нормального інфекційного фону достатня доза опромінення в  $150 \text{ мДж/см}^2$ , а для повної дезінфекції води, включаючи віруси, рекомендується доза, яка рівна  $250 \text{ мДж/см}^2$ .

Залежність бактерицидної ефективності від довжини світлових хвиль представлена на рисунку 1.

На основі експертної оцінки групи фахівців провідних тепличних комбінатів України було встановлено, що якість ультрафіолетового знезараження дренажу поживного розчину залежить від його фізико-хімічного складу. А саме великий вплив на якісні показники роботи енергетичних установок для ультрафіолетового знезараження відіграє прозорість дренажного розчину.

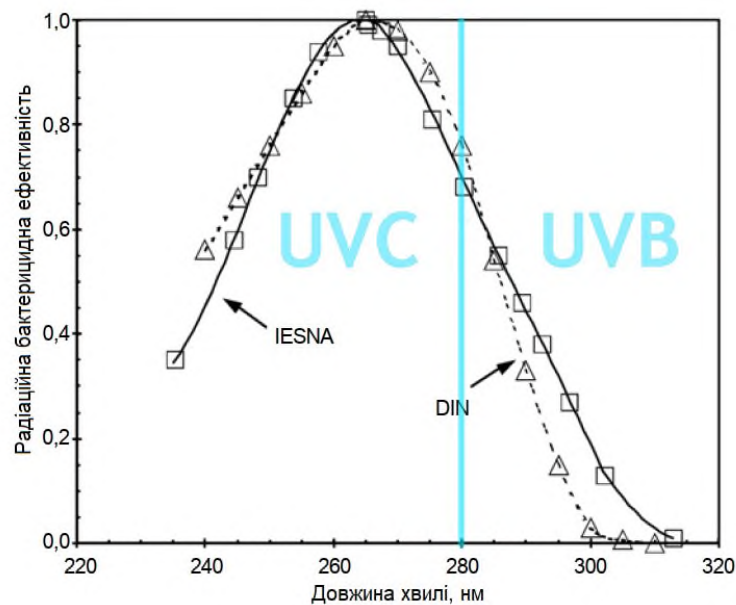


Рис. 1. Залежність бактерицидної ефективності від довжини світлових хвиль (Радовенчик, Радовенчик, 2018)

Вивчено зміни різних параметрів води, що відбуваються в результаті фільтрування, вплив різних факторів на ефективність процесу видалення іонів заліза. При цьому для досягнення необхідних рівнів вмісту іонів заліза, в тому числі і у дренажі поживного розчину для рослин, використовується велика кількість методів знезалізнення, які можна розділити на основні чотири групи: безреагентні, реагентні, катіонообмінні та біохімічні (Орлов та ін., 2013). Найбільшого поширення в галузі народного господарства набули безреагентні та реагентні методи. Безреагентні методи базуються на окисленні іонів заліза (II) киснем повітря (Орлов та ін., 2013). Використання спеціальних матеріалів природного чи штучного походження, котрі виступають в якості каталізаторів, дозволяє сумістити процес окислення та формування відшарувань гідроксидів та видаляти

їх при механічному фільтруванні за допомогою фільтрів грубої очистки. В роботі (Schöller, van Dijk, Wilms, 1987) відображений метод карбонатного осадження іонів металів, що базується на утворенні нерозчинних сполук металів в результаті обробки водного розчину карбонатами чи гідрокарбонатами лужних металів. При цьому досягається досить низька залишкова концентрація металів, що є досить ефективним. Разом з тим, метод потребує використання високооб'ємних споруд у вигляді відстійників для осадження та розділення фаз.

#### Обговорення

На основі використаних методів дослідження було встановлено необхідну дозу опромінення для знезараження рециркуляційного розчину від різних бактерій, вірусів та спор грибків яка представлена на рисунку 2.

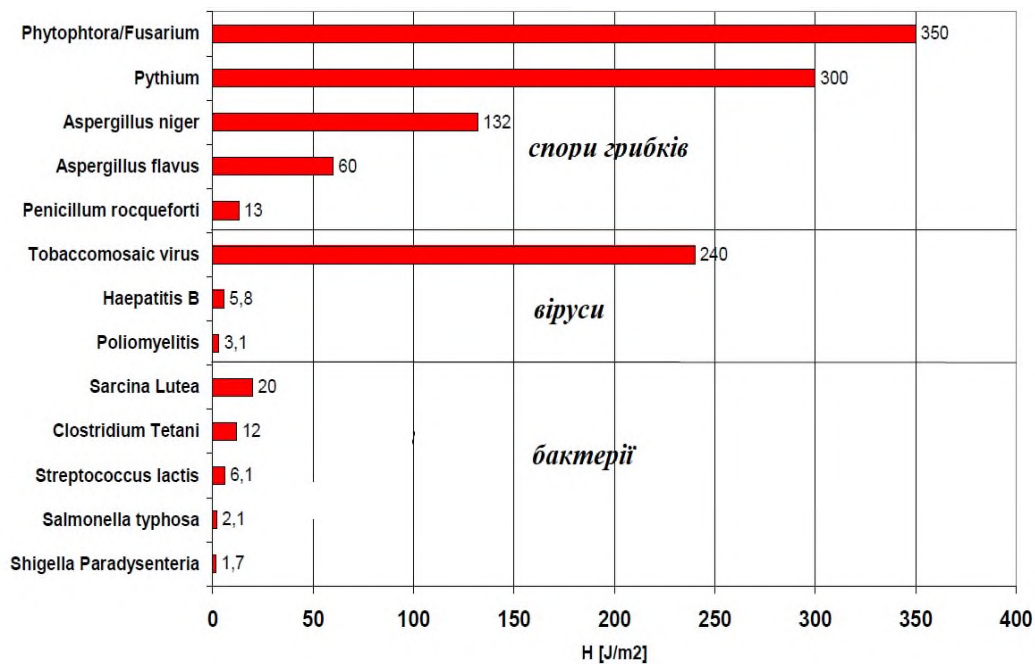


Рис. 2. Необхідна доза опромінення для 90% знезараження рециркуляційного розчину від різних бактерій, вірусів та спор грибків

За допомогою експертної оцінки було встановлено, що ймовірність виходу системи УФ знезараження з роботоздатного стану значно зростає, а ККД її роботи значно зменшується, при значному помутнінні розчину, що є наслідком наявності в ньому часток кокосового субстрату та торфяно-грунтових сумішей, які забарвлюють дренажний розчин в процесі рециркуляції, ще одним чинником, що призводить до значного зниження ефективності роботи вищезазначених систем – це наявність в дренажному розчині більше 6% заліза.

#### Висновки

Класична схема компоновки енергетичних установок для

ультрафіолетового знезараження рециркуляційного розчину є малоефективною, адже вона не позбавляє рециркуляційний розчин мутності та наявності заліза і не гарантує високий ККД установок для ультрафіолетового знезараження.

Перспективою подальших досліджень є розробка методів та засобів удосконалення роботи енергетичних установок для ультрафіолетового знезараження рециркуляційного поживного розчину при вирощуванні продукції рослинництва захищеного ґрунту.

#### Список використаної літератури

Бойко А. І., Савченко В. М., Крот В. В. Проблеми забезпечення надійності технологічного обладнання при вирощуванні продукції захищеного ґрунту в АПК України. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2016. № 6. С. 200 – 203.

Гуменний В. Д., Музика П. М. Стан продовольчої безпеки населення України на початку тисячоліття. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. Іжницького*. 2014. Т. 16. № 1(1). С. 134 – 150.

Козир В. С., Гуменний В. Д., Ткалич В. В. Деякі питання продовольчої безпеки. Матер. міжн. наук.-практ. конф. XVIII (XXIX) «Кроки науки назустріч виробництву». ІТЦР УААН. Дніпропетровськ, 2006. С. 12 – 15.

Орлов В. О., Мартинов С. Ю., Меддур М. М., Куницький С. О. Технологія знезалізнення води для питних потреб. Ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий. 2013. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/32156/1/7.pdf>.

Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединённых наций. Рим, 2009. 187 с.

Радовенчик В. М., Радовенчик Я. В. Знезалізнення води фільтруванням через завантаження із карбонату кальцію. *Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження*. 2018. № 1. С. 85 – 89.

Руния В. Т. Уничтожение корневых патогенов в воде, используемой в закрытых системах выращивания с помощью ультрафиолетового излучения. *Овощеводство и Тепличное хозяйство*. 2011. № 3. С. 34 – 40.

Савченко В. М., Крот В. В. Вплив культиваційних споруд та технологічних систем на параметри мікроклімату при вирощуванні продукції захищеного ґрунту. Крамаровські читання: зб. тез доп. II міжнар. наук.-техн. конф., 3 квіт. 2013. К.: НУБіП, 2013. С. 72 – 74.

Якобчук В. П., Савченко В. М. Вплив технічного стану культиваційних систем захищеного ґрунту на продовольчу безпеку України. Крамаровські читання: зб. тез доп. VII міжнар. наук.-техн. конф., 20-21 лют. 2020. К.: НУБіП, 2020. С. 189 – 191.

Berkelmann B., Wohanka W., Wolf G. Characterisation of the bacterial flora in recirculating nutrient solutions of a hydroponic system with rockwool. *Acta Hort.* 1994. 361. P. 372 – 381.

CIE Technical Division 6. CIE 155: 2003 Ultraviolet Air Disinfection. Vienna, Austria; 2003. doi:ISBN 978 3 901906 25 1.

Paludan N. Virus diseases in vegetables. *Plant Diseases and Pests in Denmark* 1982. 1983. P. 41 – 43.

Schöller M., van Dijk J. C., Wilms D. Recovery of heavy metals by crystallization. *Metal Finish*. 1987. 85. № 11. P. 31 – 34.

Tomlinson J. A., Faithull E. M. Studies on the occurrence of tomato bushy stunt virus in English rivers. *Ann. appl. Biol.* 1984. 104. P. 475 – 495.

### References (translated and transliterated)

Boiko, A. I., Savchenko, V. M., Krot, V. V. (2016) Problemy zabezpechennia nadiinosti tekhnolohichnoho obladnannia pry vyroshchuvanni produktsii zakhyshchenoho ґрунту v apk ukrainy [Problems of providing reliability of technological machinery when growing products of protected soil in agrarian and industrial complex of ukraine]. *Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv* [Technical service of agriculture, forestry and transport systems], 6, 200 – 203. [in Ukrainian].

Humennyi, V. D., Muzyka, P. M. (2014). Stan prodovolchoi bezpeky naselennia Ukrainy na pochatku tysiacholittia [The state of food security of the population of Ukraine at the beginning of the millennium]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii im. Gzhytskoho* [Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology named by Gzhitskyi], 16, 1 (1), 134 – 150. [in Ukrainian].

Kozyr, V. S., Humennyi, V. D., Tkalych, V. V. (2006). Deiaki pytannia prodovolchoi bezpeky [Some issues of food safety]. *Mater. mizhn. nauk.-prakt. конф. XVIII (XXIX) «Kroky nauky nazustrich vyrobnytstvu»* [Materials of the international scientific and

practical conference XVIII (XXIX) “Steps of science towards production”, 2006, 12 – 15. [in Ukrainian].

Orlov, V. O., Martynov, S. Iu., Meddur, M. M., Kunytskyi, S. O. (2013). Tekhnolohiia znezalznennia vody dlia pytnykh potreb [Technology of iron removal of water for drinking purposes]. Resursoberezheniye i energoeffektivnost inzhenernoy infrastruktury urbanizirovannykh territoriy [Resource saving and energy efficiency of the engineering infrastructure of urbanized territories]. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/32156/1/7.pdf>. [in Ukrainian].

Polozheniye del v oblasti prodovolstviya y selskoho khoziaistva. Prodovolstvennaia y selskokhoziaistvennaia orhanyzatsiya ob'edynennykh natsyi. Rym, 2009. 187. [in Russian].

Savchenko, V. M., Krot, V. V. (2013). Vplyv kulyvatsiinykh sporud ta tekhnolohichnykh system na parametry mikroklimatu pry vyroshchuvanni produktsii zakhyschenoho gruntu [The influence of cultivation facilities and technological systems on microclimate parameters during the cultivation of protected soil products]. Kramarovski chytannia : zb. tez dop. II mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 3 kvit. 2013 [Kramarov's readings: a collection of theses of reports of the II International Scientific and Technical Conference, April 3 2013.], 72 – 74. [in Ukrainian].

Radovenchyk, V.M., Radovenchyk, Ya. V. (2018). Znezalznennia vody filtruvanniam cherez zavantazhennia iz karbonatu kaltsiiu [De-ironing of water by filtration through calcium carbonate loading]. *Khimichna inzheneriia, ekolohiia ta resursozberzhennia* [Chemical engineering, ecology and resource conservation], 1, 85 – 89. [in Ukrainian].

Runyia, V. T. (2011). Unichtozheniye kornevykh patogenov v vode. ispolzuemoy v zakrytykh sistemakh vyrashchivaniya s pomoshchyu ultrafioletovogo izlucheniya [Destruction of root pathogens in water. used in closed growing systems using ultraviolet radiation.]. *Ovoshchevodstvo y Teplychnoe khoziaistvo* [Vegetable growing and greenhouse farming], 3, 34 – 40. [in Russian].

Iakobchuk, V. P. (2020). Vplyv tekhnichnoho stanu kulyvatsiinykh system zakhyschenoho gruntu na prodovolchu bezpeku Ukrainy [The influence of the technical condition of protected soil cultivation systems on the food security of Ukraine]. Kramarovski chytannia : zb. tez dop. VII mizhnar. nauk.-tekhn. konf., 20-21 liut. 2020 [Kramarov's readings: a collection of theses of reports of the VII International science and technology conference, February 20-21. 2020.], 189 – 191. [in Ukrainian].

Berkelmann, B., W. Wohanka, and G. Wolf. (1994). Characterisation of the bacterial flora in recirculating nutrient solutions of a hydroponic system with rockwool. *Acta Hort.* 361, 372 – 381. [in English].

CIE Technical Division 6. CIE 155: 2003 Ultraviolet Air Disinfection. Vienna, Austria; 2003. doi:ISBN 978 3 901906 25 1. [in English].

Paludan, N. (1983). Virus diseases in vegetables. *Plant Diseases and Pests in Denmark*, 1982, 41 – 43. [in English].

Schöller, M., van Dijk, J. C., Wilms, D. (1987). Recovery of heavy metals by crystallization. *Metal Finish*, 85 (11), 31 – 34. [in English].

Tomlinson, J. A. & Faithull, E. M. (1984). Studies on the occurrence of tomato bushy stunt virus in English rivers. *Ann. appl. Biol.* 104, 475 – 495. [in English].

Отримано: 6 жовтня 2022  
Прийнято: 22 листопада 2022