

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність «Екологія»

Допускається до захисту
Зав. кафедри екології та біотехнології

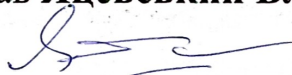


Проф. Бітюцький В.С.

« 11 / 12 » 2023 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО
ЧИСТОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ

Виконав **Яцевський Владислав Ярославович**



Керівник

проф. Бітюцький В.С.



Рецензент

Професор



Розпутський О.І.

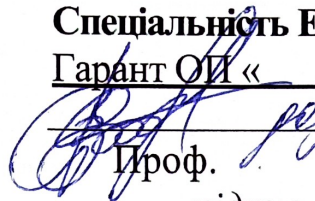
Я, Яцевський В.Я., засвідчую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Спеціальність Екологія

Гарант ОІ «

 Шибко В.В.»

Проф.

підпис, вчене звання, прізвище,

ініціали

«05» вересня 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА
Яцевського Владислава Ярославовича**

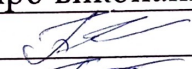
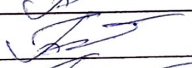
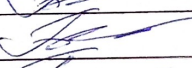
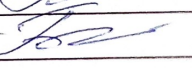
**Перспективи розширення виробництва екологічно чистої продукції в
Україні**

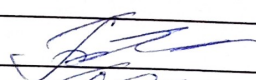
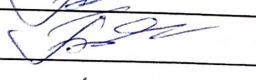
Затверджено наказом ректора №365/3 від 04.11.2023 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі:

- з'ясувати перспективи розширення виробництва екологічно чистої продукції в Україні;
- охарактеризувати зелений синтез металевих наночастинок з використанням мікроорганізмів та їх застосування в агропродовольчому секторі;
- охарактеризувати синтез MtNP мікроорганізмами;
- охарактеризувати застосування зелених синтезованих MtNP;
- ознайомитися із біосинтезом MtNP пробіотичними бактеріями та їх застосування в сільському господарстві;
- ознайомитися із біосинтезом MtNP непробіотичними бактеріями та їх застосування в сільському господарстві;
- ознайомитися із біосинтезом MtNP за допомогою грибів та дріжджів та їх застосування в сільському господарстві;
- з'ясувати особливості біосинтезу MtNP за допомогою мікроводоростей та їх застосування в сільському господарстві;
- застосувати зелений синтез щодо наночастинок міді;
- сформулювати висновки і пропозиції для оптимізації зеленого синтезу наночастинок металів та їх використання.

Календарний план виконання роботи

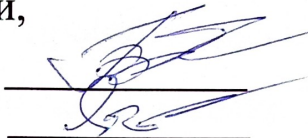
Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	28.09.2023	
Методична частина	12.10. 2023	
Дослідницька частина	26.10. 2023	
Оформлення роботи	02.11. 2023	

Перевірка на плагіат	13.11. 2023	
Подання на рецензування	28.11.2023	
Попередній розгляд на кафедрі	04.12.2023	

Керівник кваліфікаційної роботи,

Професор

Здобувач



Бітюцький В.С.

Яцевський В.Я.

Дата отримання завдання « 05 » 09 2023 р.

АНОТАЦІЯ

Яцевський В.Я. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ

Досліджено біотехнологічні методи одержання наночастинок металів з використанням мікроорганізмів, пробіотичних та небіотичних бактерій, грибів, дріжджів та водоростей та з'ясовано перспективи розширення виробництва екологічно чистої продукції в Україні, сформульовано висновки і пропозиції для оптимізації зеленого синтезу наночастинок металів та їх використання.

У роботі використано аналітичні, хімічні, токсикологічні методи досліджень та статистичні методи обробки даних.

Одержані результати можуть бути використані для модифікації та розвитку методів зеленого синтезу, розширення переліку організмів, що використовує зелений синтез, вдосконалення екологічних умов та мінімізації шкідливих техногенних відходів, для забезпечення перспективного майбутнього для зеленого синтезу MtNP та їх застосування в різних технологіях, включаючи сільське господарство

Кваліфікаційна робота бакалавра/магістра містить 68 сторінок, 3 таблиці, 10 рисунків, список використаних джерел із 51 найменування, 4 додатка.

Ключові слова: (5-8), нанобіотехнології, екологічно чиста продукція, наночастинки, гриби, бактерії, водорості

ANNOTATION

Yatsevsky V.Ya. PROSPECTS FOR EXPANDING THE PRODUCTION OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PRODUCTS IN UKRAINE

The biotechnological methods of obtaining metal nanoparticles using microorganisms, probiotic and non-biotic bacteria, fungi, yeast and algae were investigated and the prospects for expanding the production of environmentally friendly products in Ukraine were clarified, conclusions and proposals for optimizing the green synthesis of metal nanoparticles and their use were formulated.

Analytical, chemical, toxicological research methods and statistical methods of data processing were used in the work.

The obtained results can be used for the modification and development of green synthesis methods, the expansion of the list of organisms using green synthesis, the improvement of environmental conditions and the minimization of harmful man-made waste, to ensure a promising future for the green synthesis of MtNP and their application in various technologies, including agriculture.

Keywords: (5-8) nanobiotechnologies, environmentally friendly products, nanoparticles, fungi, bacteria, algae

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. Перспективи розширення виробництва екологічно чистої продукції в Україні	9
1.1. Зелений синтез металевих наночастинок з використанням мікроорганізмів та їх застосування в агропродовольчому секторі	9
1.2. Зелений синтез MtNP мікроорганізмами та їх характеристика	11
1.3. Застосування зелених синтезованих MtNP	15
1.4. Біосинтез MtNP пробіотичними бактеріями та їх застосування в сільському господарстві	17
1.5. Біосинтез MtNP непробіотичними бактеріями та їх застосування в сільському господарстві	21
1.6. Біосинтез MtNP за допомогою грибів та їх застосування в сільському господарстві	30
1.7. Біосинтез MtNP за дріжджами та їх застосування в сільському господарстві	35
1.8. Біосинтез MtNP за допомогою мікроводоростей та їх застосування в сільському господарстві	37
2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ	40
3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБГОВОРЕННЯ	47
3.1 Зелений синтез наночастинок міді з використанням екстрактів м'яти та меліси	47
3.2 Структура і морфологія нанокompозитів на основі стехіометричного поліелектролітного комплексу та металевих наночастинок срібла й міді	48
3.3 Обговорення результатів досліджень	53
3.4 Висновки	57
3.5 Список використаної літератури	58
Додатки	64

3.4. Висновки

1. Технологія зеленого синтезу пропонує потенційно простий, ефективний, чистий, нетоксичний та екологічно чистий метод для синтезу MtNP та приділяла велику увагу в останні роки через свої економічні перспективи. Для ефективного біосинтезу MtNP можна використовувати різноманітні мікроорганізми та рослинні екстракти. Хоча синтез MtNP з використанням екстрактів рослин простіший, ніж за використання мікроорганізмів, використання мікроорганізмів для отримання MtNP є більш економічним. Зміна ставлення міжнародної спільноти до сталого розвитку, вдосконалення екологічних умов та мінімізації шкідливих техногенних відходів, забезпечує перспективне майбутнє для зеленого синтезу MtNP та їх застосування в різних технологіях, включаючи сільське господарство.
2. У дослідженні показано, що наночастинки оксиду міді можуть бути синтезовані за допомогою простого та екологічного методу з використанням екстрактів листя м'яти перцевої (*Menta piperita*) та меліси лікарської (*Melissa officinalis* L.).
3. Проведене дослідження методом TEM морфології металевих наночастинок Cu^0 у об'ємі полімерних нанокомпозитів типу полімер-метал, створених відновленням катіонів Cu^{2+} термо-хімічним методом і методом зеленого синтезу. Показано, що при цьому середній розмір наночастинок міді (Cu^0) становить 3,5 і 12,2 нм відповідно.
4. Виявили, що термо-хімічний метод відновлення катіонів металу і створення наноком-позитів дешевий і доступний, однак висока температура відновлення цих катіонів до металевого стану викликає утворення малих за розміром металевих наночастинок, на відміну від полімерного нанокомпозиту, створеного методом зеленого синтезу, який є екологічним і відбувається за низьких температур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ali, M. A., Ahmed, T., Wu, W., Hossain, A., Hafeez, R., Islam Masum, M. M., ... & Li, B. (2020). Advancements in plant and microbe-based synthesis of metallic nanoparticles and their antimicrobial activity against plant pathogens. *Nanomaterials*, 10(6), 1146.
2. Bartolucci, C., Antonacci, A., Arduini, F., Moscone, D., Fraceto, L., Campos, E., ... & Scognamiglio, V. (2020). Green nanomaterials fostering agrifood sustainability. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 125, 115840.
3. Bityutsky, V. S., Tsekhmistrenko, S. I., Tsekhmistrenko, O. S., Tymoshok, N. O., & Spivak, M. Y. (2020). Regulation of redox processes in biological systems with the participation of the Keap1/Nrf2/ARE signaling pathway, biogenic selenium nanoparticles as Nrf2 activators. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 11(4), 483-493.
4. Costa, M. I., Álvarez-Cerimedo, M. S., Urquiza, D., Ayude, M. A., Hoppe, C. E., Fasce, D. P., ... & Gimenez, M. I. (2020). Synthesis, characterization and kinetic study of silver and gold nanoparticles produced by the archaeon *Haloferax volcanii*. *Journal of Applied Microbiology*, 129(5), 1297-1308.
5. Dasgupta, N., Ranjan, S., Mundekkad, D., Ramalingam, C., Shanker, R., & Kumar, A. (2015). Nanotechnology in agro-food: from field to plate. *Food Research International*, 69, 381-400.
6. Dhillon, N. K., & Mukhopadhyay, S. S. (2015). Nanotechnology and allelopathy: synergism in action. *J Crop Weed*, 11(2), 187-191.
7. Duhan, J. S., Kumar, R., Kumar, N., Kaur, P., Nehra, K., & Duhan, S. (2017). Nanotechnology: The new perspective in precision agriculture. *Biotechnology Reports*, 15, 11-23.
8. Fraceto, L. F., Grillo, R., de Medeiros, G. A., Scognamiglio, V., Rea, G., & Bartolucci, C. (2016). Nanotechnology in agriculture: which innovation potential does it have?. *Frontiers in Environmental Science*, 4, 20.
9. Gahlawat, G., & Choudhury, A. R. (2019). A review on the biosynthesis of

- metal and metal salt nanoparticles by microbes. *RSC Adv* 9: 12944–12967.
10. Gericke, M., & Pinches, A. (2006). Microbial production of gold nanoparticles. *Gold bulletin*, 39, 22-28.
 11. Golinska, P., Wypij, M., Ingle, A. P., Gupta, I., Dahm, H., & Rai, M. (2014). Biogenic synthesis of metal nanoparticles from actinomycetes: biomedical applications and cytotoxicity. *Applied microbiology and biotechnology*, 98, 8083-8097.
 12. Gudkov, S. V., Shafeev, G. A., Glinushkin, A. P., Shkirin, A. V., Barmina, E. V., Rakov, I. I., ... & Kalinitchenko, V. P. (2020). Production and use of selenium nanoparticles as fertilizers. *ACS omega*, 5(28), 17767-17774.
 13. Holmes, J. D., Smith, P. R., Evans-Gowing, R., Richardson, D. J., Russell, D. A., & Sodeau, J. R. (1995). Energy-dispersive X-ray analysis of the extracellular cadmium sulfide crystallites of *Klebsiella aerogenes*. *Archives of Microbiology*, 163, 143-147.
 14. Hulkoti, N. I., & Taranath, T. C. (2014). Biosynthesis of nanoparticles using microbes—a review. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 121, 474-483.
 15. Iravani, S., & Varma, R. S. (2020). Bacteria in heavy metal remediation and nanoparticle biosynthesis. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(14), 5395-5409.
 16. Jain, N., Bhargava, A., Majumdar, S., Tarafdar, J. C., & Panwar, J. (2011). Extracellular biosynthesis and characterization of silver nanoparticles using *Aspergillus flavus* NJP08: a mechanism perspective. *Nanoscale*, 3(2), 635-641.
 17. Jeyaraj, M., Gurunathan, S., Qasim, M., Kang, M. H., & Kim, J. H. (2019). A comprehensive review on the synthesis, characterization, and biomedical application of platinum nanoparticles. *Nanomaterials*, 9(12), 1719.
 18. Kasana, R. C., Panwar, N. R., Kaul, R. K., & Kumar, P. (2016). Copper nanoparticles in agriculture: biological synthesis and antimicrobial activity. *Nanoscience in Food and Agriculture* 3, 129-143.
 19. Kato, Y., & Suzuki, M. (2020). Synthesis of metal nanoparticles by

- microorganisms. *Crystals*, 10(7), 589.
20. Kingsley, J. D., Ranjan, S., Dasgupta, N., & Saha, P. (2013). Nanotechnology for tissue engineering: need, techniques and applications. *Journal of pharmacy research*, 7(2), 200-204.
 21. Kouhkan, M., Ahangar, P., Babaganjeh, L. A., & Allahyari-Devin, M. (2020). Biosynthesis of copper oxide nanoparticles using *Lactobacillus casei* subsp. *casei* and its anticancer and antibacterial activities. *Current Nanoscience*, 16(1), 101-111.
 22. Lengke, M. F., Fleet, M. E., & Southam, G. (2006). Morphology of gold nanoparticles synthesized by filamentous cyanobacteria from gold (I)- thiosulfate and gold (III)- chloride complexes. *Langmuir*, 22(6), 2780-2787.
 23. Li, J., Li, Q., Ma, X., Tian, B., Li, T., Yu, J., ... & Hua, Y. (2016). Biosynthesis of gold nanoparticles by the extreme bacterium *Deinococcus radiodurans* and an evaluation of their antibacterial properties. *International journal of nanomedicine*, 5931-5944.
 24. Mandal, D., Bolander, M. E., Mukhopadhyay, D., Sarkar, G., & Mukherjee, P. (2006). The use of microorganisms for the formation of metal nanoparticles and their application. *Applied microbiology and biotechnology*, 69, 485-492.
 25. Markus, J., Mathiyalagan, R., Kim, Y. J., Abbai, R., Singh, P., Ahn, S., ... & Yang, D. C. (2016). Intracellular synthesis of gold nanoparticles with antioxidant activity by probiotic *Lactobacillus kimchicus* DCY51T isolated from Korean kimchi. *Enzyme and microbial technology*, 95, 85-93.
 26. Mishra, V. K., & Kumar, A. (2009). Impact of metal nanoparticles on the plant growth promoting rhizobacteria. *Dig J Nanomater Biostruct*, 4(3), 587-592.
 27. Mittal, D., Kaur, G., Singh, P., Yadav, K., & Ali, S. A. (2020). Nanoparticle-based sustainable agriculture and food science: Recent advances and future outlook. *Frontiers in Nanotechnology*, 2, 579954.
 28. Mocan, T., Matea, C. T., Pop, T., Mosteanu, O., Buzoianu, A. D., Puia, C., ... & Mocan, L. (2017). Development of nanoparticle-based optical sensors for

- pathogenic bacterial detection. *Journal of nanobiotechnology*, 15, 1-14.
29. Mohd Yusof, H., Mohamad, R., Zaidan, U. H., & Abdul Rahman, N. A. (2019). Microbial synthesis of zinc oxide nanoparticles and their potential application as an antimicrobial agent and a feed supplement in animal industry: a review. *Journal of animal science and biotechnology*, 10, 1-22.
 30. Panferov, V. G., Safenkova, I. V., Byzova, N. A., Varitsev, Y. A., Zherdev, A. V., & Dzantiev, B. B. (2018). Silver-enhanced lateral flow immunoassay for highly-sensitive detection of potato leafroll virus. *Food and Agricultural Immunology*, 29(1), 445-457
 31. Pant, M., Dubey, S., Patanjali, P. K., Naik, S. N., & Sharma, S. (2014). Insecticidal activity of eucalyptus oil nanoemulsion with karanja and jatropa aqueous filtrates. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 91, 119-127.
 32. Ponmurugan, P., Manjukurambika, K., Elango, V., & Gnanamangai, B. M. (2016). Antifungal activity of biosynthesised copper nanoparticles evaluated against red root-rot disease in tea plants. *Journal of Experimental Nanoscience*, 11(13), 1019-1031.
 33. Prasad, R. (2019). *Microbial nanobionics*. Springer International Publishing.
 34. Rajesh, S., Dharanishanthi, V., & Kanna, A. V. (2015). Antibacterial mechanism of biogenic silver nanoparticles of *Lactobacillus acidophilus*. *Journal of Experimental Nanoscience*, 10(15), 1143-1152.
 35. Razmi, A., Golestanipour, A., Nikkhah, M., Bagheri, A., Shamsbakhsh, M., & Malekzadeh-Shafaroudi, S. (2019). Localized surface plasmon resonance biosensing of tomato yellow leaf curl virus. *Journal of virological methods*, 267, 1-7.
 36. Riaz, S., Raza, Z. A., & Majeed, M. I. (2020). Preparation of cadmium sulfide nanoparticles and mediation thereof across poly (hydroxybutyrate) nanocomposite. *Polymer Bulletin*, 77(2), 775-791.
 37. Rizwan, M. D., Singh, M., Mitra, C. K., & Morve, R. K. (2014). Ecofriendly application of nanomaterials: nanobioremediation. *Journal of Nanoparticles*, 2014, 1-7.

38. Saad, E. L., Salem, S. S., Fouda, A., Awad, M. A., El-Gamal, M. S., & Abdo, A. M. (2018). New approach for antimicrobial activity and bio-control of various pathogens by biosynthesized copper nanoparticles using endophytic actinomycetes. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 11(3), 262-270.
39. Shang, Y., Hasan, M. K., Ahammed, G. J., Li, M., Yin, H., & Zhou, J. (2019). Applications of nanotechnology in plant growth and crop protection: a review. *Molecules*, 24(14), 2558.
40. Singh, A., Gautam, P. K., Verma, A., Singh, V., Shivapriya, P. M., Shivalkar, S., ... & Samanta, S. K. (2020). Green synthesis of metallic nanoparticles as effective alternatives to treat antibiotics resistant bacterial infections: A review. *Biotechnology Reports*, 25, e00427.
41. Singh, P., Kim, Y. J., Zhang, D., & Yang, D. C. (2016). Biological synthesis of nanoparticles from plants and microorganisms. *Trends in biotechnology*, 34(7), 588-599.
42. Soni, M., Mehta, P., Soni, A., & Goswami, G. K. (2018). Green nanoparticles: Synthesis and applications. *IOSR J. Biotechnol. Biochem*, 4(3), 78-83.
43. Strasser, P., Koh, S., Anniyev, T., Greeley, J., More, K., Yu, C., ... & Nilsson, A. (2010). Lattice-strain control of the activity in dealloyed core-shell fuel cell catalysts. *Nature chemistry*, 2(6), 454-460.
44. Terra, A. L. M., Kosinski, R. D. C., Moreira, J. B., Costa, J. A. V., & Morais, M. G. D. (2019). Microalgae biosynthesis of silver nanoparticles for application in the control of agricultural pathogens. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 54(8), 709-716.
45. Tsekhmistrenko, O. S., Bityutskyy, V. S., Tsekhmistrenko, S. I., Kharchishin, V. M., Melnichenko, O. M., Rozputnyy, O. I., ... & Onyshchenko, L. S. (2020). Nanotechnologies and environment: A review of pros and cons. *Ukrainian journal of ecology*, 10(3), 162-172.

46. Tsekhmistrenko, S. I., Bityutskyy, V. S., Tsekhmistrenko, O. S., Horalskyi, L. P., Tymoshok, N. O., & Spivak, M. Y. (2020). Bacterial synthesis of nanoparticles: A green approach. *Biosystems Diversity*, 28(1), 9-17.
47. Usman, M., Farooq, M., Wakeel, A., Nawaz, A., Cheema, S. A., ur Rehman, H., ... & Sanaullah, M. (2020). Nanotechnology in agriculture: Current status, challenges and future opportunities. *Science of the Total Environment*, 721, 137778.
48. Weng, Y., Li, J., Ding, X., Wang, B., Dai, S., Zhou, Y., ... & Hua, Y. (2020). Functionalized gold and silver bimetallic nanoparticles using *Deinococcus radiodurans* protein extract mediate degradation of toxic dye malachite green. *International Journal of Nanomedicine*, 1823-1835
49. Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H. (2020). The antibacterial mechanism of silver nanoparticles and its application in dentistry. *International journal of nanomedicine*, 2555-2562.
50. Youssef, K., Hashim, A. F., Hussien, A., & Abd-Elsalam, K. A. (2017). Fungi as ecosynthesizers for nanoparticles and their application in agriculture. *Fungal Nanotechnology: Applications in Agriculture, Industry, and Medicine*, 55-75.
51. Żymańczyk-Duda, E., Brzezińska-Rodak, M., Klimek-Ochab, M., Duda, M., & Zerka, A. (2017). Yeast as a versatile tool in biotechnology. *Yeast Ind Appl*, 1, 3-40.