

Список літератури

1. Kisvarga S., Farkas D., Boronkay G., Neményi A., Orlóci L. Effects of Biostimulants in Horticulture, with Emphasis on Ornamental Plant Production. *Agronomy*, 2022. 12(5), 1043. doi:10.3390/agronomy12051043.
2. Pashchak M., Voloshchuk O., Voloshchuk I., Hlyva V.. Efficiency of microfertilizer oracle multicomplex in corn cultivation technology. *Scientific Horizons*, 2021. 24(12), 25-31. doi: 10.48077/scihor.24(12).2021.25-31.
3. Kumar H. D., Alope P. Role of biostimulant formulations in crop production: An overview. *Int. J. Appl. Res. Vet. Med.*, 2020. 8(2), 38-46.
4. Kumar S.M., Zeng X., Wang Y., Su S., Soothar P., Bai L., Kumar M., Zhang Y., Mustafa A., Ye N. The short-term effects of mineral- and plant-derived fulvic acids on some selected soil properties: improvement in the growth, yield, and mineral nutritional status of Wheat (*Triticum aestivum L.*) under soils of contrasting textures. *Plants*, 2020. 9(2), 205. doi:10.3390/plants9020205.
5. Braziene Z., Paltanavicius V., Avizienytė D. The influence of fulvic acid on spring cereals and sugar beets seed germination and plant productivity. *Environ Res.*, 2021. 195, 110824. doi:10.1016/j.envres.2021.110824.

**УДК 632. 95. 025-022. 513. 2:63**

**БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ НАНОЧАСТКИ ЯК МОЖЛИВІ  
НАНОПЕСТИЦИДИ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ**

**Житкевич Н. В., Гнатюк Т. Т.**

Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН  
України, Київ

E-mail: [nataliaziti@gmail.com](mailto:nataliaziti@gmail.com), [gnatuktatiana@gmail.com](mailto:gnatuktatiana@gmail.com)

Застосування пестицидів може легко спричинити низку проблем екологічної безпеки, які серйозно обмежують сталий розвиток сучасного сільського господарства. Значний прогрес у нанотехнологіях дозволив постійно розвивати стратегії захисту рослин. Створення мікроелементних препаратів на основі наночасток має багато переваг, включаючи їх краще поглинання

та провідність рослинами, покращену ефективність, зменшене дозування, відстрочену резистентність, зменшення залишків і захист від природних ворогів, збереження корисних комах та підвищення імунітету рослин [3].

Деякі наночастки мають специфічні антибактеріальні або інсектицидні властивості та можуть використовуватися безпосередньо як активні компоненти пестицидів. Наприклад, відомо що наночастки срібла можуть контролювати ранню хворобу томатів і збільшувати свіжу масу та вміст хлорофілу в помідорах на 32,58% і 23,52% відповідно. Застосування наночасток оксиду магнію істотно пригнічує *Ralstonia solanacearum*, збудника бактеріального в'янення томатів, і знижує індекс поширення хвороби [2].

Нами визначено, що наночастки окремих хімічних елементів, які отримані методом електрохмічної абляції, такі як (Ag, Co, Cu, Bi, Se, J<sub>2</sub>, Pb, Al, Ni, V, Cr<sub>2</sub>, La, Cd, Ce, S, Li) можуть дієво впливати на представників найбільш поширених і агресивних фітопатогенних бактерій – збудників бактеріозів рослин [1]. Але дія таких нанoeлементів не перманентна, а вибіркова стосовно певних видів або патоварів збудників хвороб рослин. Тому подальші дослідження були спрямовані на створення різноманітних комплексів нанoeлементів для збільшення їх активності проти фітопатогенів. В дослідженнях були використані такі комплекси нанoeлементів як Al+Ni+V, J+S+Bi, Cu+Co+I<sub>2</sub>Se, Li+Ag, J<sub>2</sub>+S+Se+Br, Se+Li+Co+Cu; Se+Li; Se+S+Li+Cu+Co, J+S+Se; S+Se та інші. Поєднання наночасток було здійснено незалежно від ступеня їх активності проти бактеріальних рослинних патогенів. Адже таке поєднання може виявитись дієвим завдяки синергії нанoeлементів при якому досягається посилення позитивного результату їх впливу на збудника.

Активність усіх комплексів, які тестувалися, перевірялась як в нативному стані, так і експериментальних розведеннях із розрахунку від 200 мл до 500 мл на 1 гектар. Дослідження проводились в лабораторних умовах із використанням стандартних методів визначення чутливості мікроорганізмів до речовин хімічного походження. В якості тест-культур використовувались представники найбільш відомих агресивних

фітопатогенних бактерій, які поширені на сільськогосподарських полях та садах України. Штами збудників бактеріозів були отримані з колекції фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України: *Pseudomonas syringae* – УКМ В-1027<sup>7</sup>=АТСС 19310=NCPPB 281=ІМВ 8511- поліфаг, збудник плямистостей широкого кола сільськогосподарських та квіткових рослин; *Pseudomonas fluorescens*- ІМВ (відділ фітопатогенних бактерій) -8573 - плямистості та м'які гнилі; *Pectobacterium carotovorum* - УКМ В-1095<sup>†</sup> = АТСС 15713 = ІСМР 5702 = ІМВ 8982 – поліфаг, збудник гнилізни широкого кола сільськогосподарських та квіткових рослин; *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* – УКМ В-1049 = ІМВ 8003<sub>6</sub> - збудник судинного бактеріозу широкого кола сільськогосподарських рослин; *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* – ІМВ В-10<sub>2</sub> (відділ фітопатогенних бактерій) – 10<sub>2</sub> - бактеріальний рак томатів та інших пасленових, бура плямистість перцю; *Agrobacterium tumefaciens* (*Rhizobium vitis*) – УКМ В-1000 = ІМВ (відділ фітопатогенних бактерій) 8628 – викликає пухлини та некрози с/г рослин; *Pantoea agglomerans* – сільськогосподарських рослин, поліфаг ІМВ В-9049.

Більшість тестованих наночасток, перш за все таких, як J<sub>2</sub>, S, Co, Se, виявляють достатньо високу активність проти тестових фітопатогенних бактерій в нативному стані. При розведенні нативних препаративних форм наночасток активність одних груп елементів зменшується, а у деяких зникає. Найменш чутливими мікроорганізми були до наночасток Ag та Br, наночастки Co та Cu виявляли активність проти *Agrobacterium tumefaciens* як в нативному стані, так і в певному розведенні. Однак, треба відмітити, що активність наночасток Cu проти інших патогенів швидко падала при титрації.

Було визначено, що створення комплексів наноелементів на органічному носії значно розширює коло чутливих до них патогенних мікроорганізмів. Найбільш чутливі до більшості створених комплексів жовтопігментні фітопатогени *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, *Pantoea agglomerans*. Додовання наноелементів срібла до наноконкомплексів не несе синергетичної дії. Фітопатогени рода *Pseudomonas* – відомий як надзвичайно

стійкий до дії різноманітних засобів захисту рослин хімічного походження. Тому отримані результати щодо чутливості їх представників до наноелементів і їх наноконкомплексів (J<sub>2</sub>+S+Se+Br, Al+Ni+V та J+S+Bi) надзвичайно позитивні.

Проведені дослідження дозволили визначити ряд наноконкомплексів, які можуть бути найкращою основою для подальшого створення дієвих препаратів проти збудників бактеріозів рослин.

Додовання до таких базових комплексів інших окремих елементів або їх поєднань дозволить спрямовувати майбутні препарати як проти певного кола різновидів патогенів, так і проти певного виду збудника під час загальної епіфітотії або ураження посівів окремого району або області ендемічним бактеріозом. Таким чином застосування нанотехнологічних комплексів є одним із перспективних напрямків у рослинництві та сільському господарстві.

#### Список літератури

1. Hnatiuk T., Kravchenko O., Abarbarchuk L., Churilov A., Chobotar V. Influence of drugs produced by electropulse ablation methods on the development of soybean phytopathogenic bacteria. *Plant and Soil Science*. 2023. Vol. 14, №. 3. P. 22-34. <https://doi.org/10.31548/plant3.2023.22>
2. Jiaming Yin, Xiaofeng Su, Shuo Yan, Jie Shen. Multifunctional Nanoparticles and Nanopesticides in Agricultural Application. *Nanomaterials (Basel)*. 2023. Vol. 13 №. 7. P. 1255. DOI: 10.3390/nano13071255
3. Kumari M., Pandey S., Bhattacharya A., Mishra A., Nautiyal C.S. Protective role of biosynthesized silver nanoparticles against early blight disease in *Solanum lycopersicum*. *Plant Physiol. Biochem.* 2017. Vol. 121. P. 216–225.