

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНСТИТУТ АГРОЕКОЛОГІЇ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НААН
ІНСТИТУТ БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР І ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ
НААН
ONDOKUZ MAYIS UNIVERSITY (ТУРЕЧЧИНА)
CZECH UNIVERSITY OF LIFE SCIENCES PRAGUE (ЧЕХІЯ)**



**МАТЕРІАЛИ
І МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ
КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН»**

20 БЕРЕЗНЯ 2025 РОКУ

**БІЛА ЦЕРКВА
2025**

2. Demyanyuk. O.S., Patyka V.P., Sherstoboeva O.V., Bunas A.A. Formation of the structure of microbiocenoses of soils agroecosystems depending on trophic and hydrothermic factors Biosystems diversity. 2018. Vol. 26 (2). P. 103–110
3. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/108_2019/18.pdf
4. <https://www.researchgate.net/publication/375905604>

УДК 577:631.95:631.147

Цехмістренко С.І., д-р. с.-г. наук, професор

Бітюцький В.С., д-р. с.-г. наук, професор

Білоцерківський національний аграрний університет

Svetlana.tsehmistrenko@gmail.com

РОЛЬ БІОХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Розглянуто біохімічні та біотехнологічні аспекти органічного землеробства, зокрема механізми адаптації рослин до стресових умов, роль мікроелементів і фітогормонів, біотехнологічні рішення для підвищення врожайності та стресостійкості. Особливу увагу приділено фітореMediaції забруднених ґрунтів, використанню нанотехнологій та інноваційним методам генної модифікації рослин.

Ключові слова: біохімія рослин, органічне землеробство, біотехнології, фітореMediaція, нанотехнології, генетична інженерія, стресостійкість.

Tsehmistrenko S.I., Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Bityutskyy, V.S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Bila Tserkva National Agrarian University

THE ROLE OF BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY FOR ORGANIC CROP PRODUCTION

The article discusses biochemical and biotechnological aspects of organic farming, including mechanisms of plant adaptation to stressful conditions, the role of trace elements and phytohormones, and biotechnological solutions for increasing yields and stress resistance. Particular attention is paid to phytoremediation of contaminated soils, the use of nanotechnology and innovative methods of plant genetic modification.

Key words: plant biochemistry, organic farming, biotechnology, phytoremediation, nanotechnology, genetic engineering, stress resistance.

Сучасні виклики аграрного сектору, зокрема наслідки воєнних дій, кліматичні зміни та необхідність оптимізації використання природних ресурсів, зумовлюють нагальну потребу в трансформації традиційних методів землеробства. Органічне сільське господарство, орієнтоване на відмову від синтетичних агрохімікатів та використання екологічно безпечних технологій, потребує глибокого розуміння молекулярно-біохімічних процесів у рослинах та агроєкосистемах. Впровадження науково обґрунтованих біотехнологічних

підходів забезпечує підвищення врожайності, стійкості до абіотичних і біотичних стресів, а також збереження ґрунтової родючості.

Основою ефективного органічного виробництва є розуміння біохімічних процесів, що забезпечують життєдіяльність рослин у відсутності хімічних стимуляторів росту. Метаболічні шляхи синтезу фітогормонів, вторинних метаболітів, антиоксидантних ферментів і поліамідів відіграють ключову роль у пристосуванні рослин до змінених умов середовища. Ауксини, цитокініни, абсцизова кислота та гібереліни контролюють ріст та розвиток, регулюючи експресію генів, пов'язаних із водним балансом, синтезом білків теплового шоку (HSPs) та антиоксидантною відповіддю. Крім того, гормональні баланси тісно взаємопов'язані з метаболізмом реактивних форм кисню (ROS), які беруть участь у сигнальних шляхах стресової відповіді [3]. Дослідження показують, що рівень супероксиддисмутази (SOD), каталази (CAT) та пероксидази (POD) суттєво зростає в умовах органічного землеробства, що забезпечує підвищену толерантність рослин до біотичних і абіотичних стресів. Також важливим механізмом адаптації є зміни у складі мембранних ліпідів, що впливають на пластичність клітинних структур та регуляцію транспорту іонів. Більш глибоке розуміння цих процесів дозволяє розробляти біотехнологічні рішення для покращення фізіологічного стану культур в умовах обмеженого застосування хімічних агротехнологій.

Дефіцит мікроелементів у органічному землеробстві компенсується використанням біологічно активних комплексів, що містять хелатні форми металів [1]. Зокрема, залізо необхідне для біосинтезу хлорофілу, магній – для функціонування рибулозобісфосфаткарбоксилази, а мідь – для активності оксидоредуктаз. Крім того, марганець відіграє критичну роль у фотосистемі II, беручи участь у розщепленні води під час фотосинтезу, тоді як бор необхідний для синтезу пектинів, що забезпечують міцність клітинних стінок. Метаболічне картування показує, що екзогенне застосування біогенних наночастинок на основі мікроелементів сприяє покращенню фізіолого-біохімічного статусу рослин і стимулює експресію генів, пов'язаних із продуктивністю фотосинтетичного апарату. Зокрема, дослідження вказують на підвищення активності ферментів глутатіонредуктази і аскорбатпероксидази, що відіграють ключову роль у знешкодженні реактивних форм кисню (ROS), які утворюються у відповідь на стресові фактори. Застосування органічних екстрактів, що містять комплекс мікроелементів і фітогормонів, значно підвищує адаптаційний потенціал рослин у стресових умовах, посилює регуляцію осмотичних балансів через проліновий метаболізм та синтез флавоноїдних антиоксидантів [7]. Виявлено зростання рівня лютеоліну та кверцетину, які здатні захищати рослини від UV-опромінення та окисного стресу [5]. Отже, інтеграція нанотехнологій та біохімічних методів у органічному землеробстві створює можливості для розширеного управління фізіологічним станом рослин та підвищення їхньої продуктивності в екстремальних умовах.

Органічне виробництво передбачає активне використання біотехнологічних методів для підвищення стійкості рослин до стресових факторів. Використання

ризобіальних бактерій (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*), фосфатмобілізувальних мікроорганізмів (*Pseudomonas*, *Bacillus*) та мікоризних грибів (*Glomus*) сприяє підвищенню біодоступності макро- та мікроелементів. Окрім цього, використання азотфіксувальних бактерій (*Azospirillum*, *Frankia*) дозволяє значно скоротити залежність від азотних добрив, що є важливим фактором для екологічно збалансованого сільського господарства.

Генетичні та протеомні дослідження свідчать про активацію сигнальних каскадів, пов'язаних із системною стійкістю індукованою мікроорганізмами (ISR). Наприклад, інокуляція насіння ризобіальними бактеріями активує сигнальні молекули, такі як етилен, саліцилова та жасмонова кислоти, які регулюють експресію генів, пов'язаних зі стресовими відповідями. Крім того, сучасні підходи в синтетичній біології дозволяють створювати генетично модифіковані мікроорганізми, здатні продукувати специфічні біостимулятори росту та фітогормони, адаптовані до конкретних умов середовища [5]. Застосування бактеріальних біоплівків, які містять консорціуми корисних мікроорганізмів, сприяє довготривалому ефекту взаємодії між рослиною та мікробіотою, що забезпечує стабільне покращення біогеохімічного циклу елементів живлення в агроекосистемах.

Додатково, перспективним напрямом є використання біотехнологічних методів редагування геному (CRISPR-Cas), які дозволяють модифікувати генетичний потенціал рослин для ефективнішого симбіозу з мікроорганізмами. Наприклад, внесення мутацій у гени, що кодують експресію факторів Nod-індукованого сигналізу, може покращити формування бульбочок у бобових культур, підвищуючи ефективність біологічної фіксації азоту. Водночас використання нанобіотехнологічних підходів дозволяє створювати наноматеріали на основі біополімерів, які слугують носіями біологічно активних мікроорганізмів, сприяючи їхній ефективній колонізації кореневої системи [4].

Сучасні біотехнології редагування геному (CRISPR-Cas9) дозволяють таргетно змінювати регуляторні елементи, що контролюють стресові відповіді. Наприклад, модифікація регуляторних послідовностей генів DREB (Dehydration Responsive Element Binding) забезпечує підвищення толерантності до посухи, а супресія негативних регуляторів АВА-залежних шляхів (PP2C) збільшує посухостійкість без зниження врожайності. Крім того, застосування наноматеріалів, зокрема карбонвмісних квантових точок та біогенних наночастинок металів, демонструє перспективність у підвищенні біодоступності поживних речовин та прискоренні метаболічних реакцій, що позитивно впливає на продуктивність рослин. Новітні дослідження свідчать про ефективність застосування біополімерних носіїв для поступового вивільнення біологічно активних сполук, що дозволяє значно покращити засвоєння мікроелементів і стимулювати ріст кореневої системи рослин [6].

Воєнні дії спричинили значне забруднення ґрунтів важкими металами, нафтопродуктами та вибуховими речовинами, що потребує ефективних методів біологічної ремедіації. Фітобіотехнології, засновані на використанні рослин-гіперакумуляторів (*Brassica juncea*, *Helianthus annuus*) у поєднанні з

ризосферними мікроорганізмами, дозволяють значно знизити вміст токсичних сполук у ґрунті.

Біохімічний механізм фітореMediaції ґрунту включає декілька взаємопов'язаних процесів, що відбуваються як у рослинному організмі, так і в мікробному середовищі ризосфери. Одним із ключових механізмів є секреція фітосидерофорів – низькомолекулярних органічних сполук, які мають високу спорідненість до іонів важких металів. Ці молекули утворюють комплекси з металами, роблячи їх більш доступними для кореневої системи рослин.

Ще одним важливим механізмом є стимуляція металотіонеїнів – невеликих білків, збагачених залишками цистеїну, що здатні зв'язувати токсичні іони металів у вакуолях клітин, запобігаючи їхній токсичній дії на метаболічні процеси. Активна експресія генів, відповідальних за синтез металотіонеїнів (MT1, MT2), була зафіксована у рослин, що ростуть у забруднених ґрунтах, зокрема в *Brassica juncea* та *Arabidopsis thaliana*. Крім того, важливу роль у процесі фітореMediaції відіграє активація антиоксидантних систем рослин, що забезпечують нейтралізацію оксидативного стресу, спричиненого надлишком важких металів [2].

Додатково, ризосферні мікроорганізми відіграють вирішальну роль у підвищенні ефективності фітореMediaції. Бактерії роду *Pseudomonas*, *Bacillus* та *Rhizobium* продукують екзополісахариди, які можуть зв'язувати та нейтралізувати токсичні метали, а також стимулювати ріст рослин через синтез індол-3-оцтової кислоти та фітогормонів. Таким чином, комплексне застосування рослинної та мікробної біотехнології відкриває перспективи для створення ефективних методів ремедіації забруднених територій, знижуючи екологічне навантаження та підвищуючи продуктивність агроecosystem.

Одним із перспективних напрямів є використання бактеріальних консорціумів, що містять гени детоксикації (parA, merA, pbrA), які каталізують редукцію важких металів до менш токсичних форм. Поєднання біоелектрохімічних методів очищення ґрунтів із використанням штучних біоплівки та електроактивних мікроорганізмів демонструє високу ефективність у детоксикації поліциклічних ароматичних вуглеводнів та нафтових забруднень.

Отже, глибоке розуміння біохімічних і біотехнологічних аспектів органічного землеробства є ключовим для створення екологічно безпечних та продуктивних агросистем. Використання природних регуляторів росту, біоінокулянтів та наноструктурованих добрив забезпечує підвищення стресостійкості рослин та оптимізацію біогеохімічних циклів. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення біополімерних носіїв для біоактивних сполук, впровадження новітніх підходів до мікробного інженерингу та розробку методів точного контролю агроecosystem.

Список літератури

1. Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Веред П.І., Онищенко Л.С. (2024). Використання "зелених" нанотехнологій для контролю забруднення та екологічного відновлення. Екологія, охорона навколишнього середовища та

збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво: матеріали міжнар. наук.-практ. конф.. Біла Церква, 3 жовт. 2024 р., 17–19.

2. Бітюцький В.С., Цехмістренко С.І., Мельниченко Ю.О. (2024). Екстракти рослин як джерело відновників і стабілізаторів у разі зеленого синтезу наночастинок металів і металоїдів. Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Біла Церква, 3 жовт. 2024 р., 37–39.

3. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С., Демченко О.А., Тимошок Н.О., & Мельниченко О.М. (2022). Екологічні біотехнології “зеленого” синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: за редакцією С.І. Цехмістренко. Біла Церква, 2022. 270.

4. Amarakoon I. I., Hamilton C. L., Mitchell S. A., Tennant P. F., & Roye M. E. (2024). Biotechnology: principles and applications. In *Pharmacognosy*, 627–645.

5. Kolur S.M., Burud A., Ramasamy M., Sampath V., Chellem S. R., Satapathy S.N., & Rout A. (2024). A review on biotech innovations in seed technology for robust crop production. *J. Adv. Biol. Biotechnol*, 27, 535–550.

6. Lubieniechi S.A., Van Eenennaam A.L., & Smyth, S.J. (2025). Regulation of animal and plant agricultural biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 43(3), 511–521.

7. Tsekhmistrenko S., Bityutskyy V., Melnychenko Y., Shulko O. (2024). Harnessing the potential of nanoparticles for innovative green nanotechnologies in agroecology. The development of modern science and education: realities, problems of quality, innovations: materials of the V International Scientific and Practical Internet Conference, May 29-31, 2024, Zaporizhzhia, 176–180.

УДК 631.582/.425.4

Дегтярєва З.О., доктор філософії, асистент

Мирза П.О., здобувач магістратури

Державний біотехнологічний університет

zinaidasamosvat@gmail.com

ВПЛИВ РІЗНИХ СІВОЗМІНИ НА СТРУКТУРНИЙ СТАН ҐРУНТУ

У дослідженні вивчався вплив сівозміни на вміст ґрунтових агрегатів у шарі ґрунту 0–30 см. Отримані дані свідчать про те, що сівозміна, де першою культурою був соняшник сприяла накопиченню агрегатів >10 мм у глибших шарах ґрунту. Сівозміна з кукурудзою сприяла збільшенню кількості агрегатів 7–5 і 5–3 мм у шарі ґрунту 10–20 см, тоді як варіант із соняшником сприяв вищому вмісту агрегатів 2–1 і 0,5–0,25 мм у верхньому шарі ґрунту 0–10 см. Соя та чистий пар забезпечили збалансований розподіл таких агрегатів по всій глибині. Ці результати підкреслюють важливу роль сівозміни у структурній стабільності ґрунту.

Ключові слова: рослинні рештки, структура ґрунту, сівозміна

Dehtiarova Zinaida, Doctor of Philosophy, Assistant

Myrza Pavlo, Master's Student

State Biotechnological University