

НАУКОВІ РОЗРОБКИ ІНСТИТУТУ МІКРОБІОЛОГІЇ І ВІРОСОЛОГІЇ ім. Д.К. ЗАБОЛОТНОГО НАН УКРАЇНИ, ГОТОВІ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ У ПРОМИСЛОВЕ ВИРОБНИЦТВО



Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України (ІМВ НАНУ) є лідером в Україні з розробки та впровадження в практику мікробних препаратів. Біотехнологічна продукція Інституту випускається вітчизняними та закордонними підприємствами. Основні галузі застосування розробок Інституту: сільське господарство та промисловість, медицина, охорона навколишнього середовища, альтернативна енергетика.

Заснований у 1928 році вченим зі світовим ім'ям, академіком Данилом Заболотним, ІМВ НАНУ з самого початку свого створення почав формувати колекцію непатогенних мікроорганізмів – Українську колекцію мікроорганізмів (УКМ), яка входить до реєстру об'єктів, що становлять Національне надбання України та зареєстрована у Всесвітньому центрі даних про мікроорганізми (WDCM - WORLD DATA CENTRE FOR MICROORGANISMS).

Серед колекційних культур є унікальні (ізолювані та підтримувані лише в УКМ) пробіотичні штами; штами-продуценти ферментів, антибіотиків, полісахаридів, антиоксидантів та інших біологічно активних речовин; стимулятори росту рослин і штами, здатні до біодеградації широкого спектру стійких органічних забруднювачів навколишнього середовища. На основі цих штамів проводяться розробки новітніх біотехнологічних препаратів для розвитку сучасної економіки. Вагомим здобутком Інституту є більше 20-и діючих ліцензійних договорів на мікробні препарати для різних галузей економіки.

РОЗРОБКИ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ПРАКТИКИ

Мацелюх Б.П., Сафронова Л.А., Лазаренко Л.М., Бабенко Л.П.

БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ ПОЛІМІКСИНУ В

Поліміксин В – циклопептидний антибіотик, який успішно застосовується для лікування інфекцій, викликаних патогенними грамнегативними мікроорганізмами *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Salmonella spp.* та іншими бактеріями, стійкими до відомих антибіотиків. Поліміксин В також вживається для лікування хворих у стані токсичного шоку, викликаного переліченими вище бактеріями, і для препаративного виділення токсинів, з якими він утворює комплекс.

Поліміксин В менш токсичний у порівнянні з іншими поліміксинами і тому може вводитися внутрішньом'язево.

У ІМВ НАНУ за допомогою мутагенезу, індукованого нітрозогуанідом, одержано високоактивні і технологічно більш досконалі безкапсульні штами промислового продуцента поліміксину В *Bacillus polymyxa*, які втратили

здатність синтезувати мукополісахариди і набули резистентності до бактеріофагу. Один із штамів проданий на основі ліцензійної угоди словацькій фірмі Біютика, де він протягом 13-и років використовується для одержання і продажу поліміксину В.

Запропоновано ферментаційне середовище для максимального утворення культуурою антибіотика протягом 72-х годин вирощування у промисловому ферментері. Співвідношення компонентів В1, В2 і В3 в очищеному препараті поліміксину В та його активність відповідають стандартним нормам. Із ферментаційного середовища поліміксин В виділяється за допомогою іонообмінної хроматографії.

Рідке середовище пропускається через колону із іонообмінною смолою, на якій адсорбується антибіотик. Потім він вимивається із колони розчинниками, які випаровуються у вакуумній установці, і сухий поліміксин В залишається для подальших маніпуляцій.



ПРОБИОТИК ДІАЛАК З ІМУНОМОДУЛЬОВАЛЬНОЮ, АНТИМІКРОБНОЮ ТА ГІПОХОЛЕСТЕРИНЕМІЧНОЮ ДІЄЮ

ДІАЛАК – це пробіотик (імунопробіотик) з живих клітин штаму *Lactobacillus casei* IMB B-7280 з імуномодульовальною, антимікробною та гіпохолестеринемічною дією, рекомендований для профілактики і лікування інфекційно-запальних захворювань, а також захворювань, що супроводжуються розвитком метаболічного синдрому.

Штам бактерій *Lactobacillus casei* IMB B-7280 стійкий до деяких антибіотиків, має високу адгезивність до епітеліоцитів. При дослідженнях *in vitro* показано, що штам зберігає життєздатність у присутності жовчі, холестерину, шлункового соку, ферментів травлення, фенолу, а також у середовищах з широким діапазоном рН. Тому бактерії, які входять до складу ДІАЛАКу, будуть зберігати життєздатність при проходженні через стравохід, шлунок, дванадцятипалу кишку, тонкий і товстий кишечник. Антимікробна дія штаму *in vitro* проявляється стосовно музейних і клінічних штамів умовно-патогенних та потенційно патогенних мікроорганізмів: стафілококів, стрептококів, псевдомонад, кишкової палички, клібсїел, ентерококів, кандид, і пов'язана з його здатністю продукувати молочну кислоту, перекис водню тощо.

У доклінічних дослідженнях на різних експериментальних моделях інфекційно-запальних процесів у тварин (генералізованій стафілококовій інфекції, інфекційних захворювань сечостатевої системи) доведено профілактичну та лікувальну дію *Lactobacillus casei* IMB B-7280, пов'язану з його антимікробною, протизапальною та імуномодульовальною ефективністю. Штам *in vivo* запобігає росту та розмноженню умовно-патогенної мікрофлори (стафілококів, стрептококів, кандид, псевдомонад тощо), а також нормалізує склад мікробіоти різних біотопів організму. Імуномодульовальна дія *Lactobacillus casei* IMB B-7280 *in vivo* підтверджується активацією фагоцитів, зміною експресії Толл-подібних рецепторів на поверхні клітин та продукції про- і протизапальних цитокінів на локальному й системному рівнях, які залучаються у балансування імунної відповіді Th1-, Th2-типів, а також нормалізацією показників клітинної ланки імунітету. За експериментальної генітальної герпетичної інфекції у тварин, інду-

кованої вірусом простого герпесу 2-го типу, під впливом *Lactobacillus casei* IMB B-7280 скорочувалась тривалість перебігу захворювання, хоч і не змінювалась виразність його клінічних симптомів; зменшувався інфекційний титр вірусу, що свідчить про потенційну антивірусну активність штаму, а також нормалізувалась мікробіота піхви.

За умов експериментального ожиріння у тварин, індукованого глутаматом натрію та збагаченою жирами дієтою, під впливом *Lactobacillus casei* IMB B-7280 спостерігали попередження накопичення вісцерального жиру, а також нормалізацію обміну вуглеводів, жирів та затухання запальної реакції.

Препарат ДІАЛАК рекомендований для застосування: у профілактиці та комплексній терапії інфекційно-запальних захворювань; при лікуванні дисбактеріозу; профілактиці дисбактеріозу кишечника, ротової порожнини, сечостатевої системи під час і після застосування антибіотиків, хіміопрепаратів, променевої терапії тощо; при комплексній терапії захворювань, що супроводжуються метаболічним синдромом.

БІОТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ БЕТА-КАРОТИНУ

Бета-каротин – високоефективний природний антиоксидант, біостимулятор і провітамін А, який успішно застосовується в медицині, харчовій промисловості, парфумерії, косметичці, тваринництві, птахівництві та інших галузях. Він зменшує пошкодження клітин, викликаних реактивним киснем, фототоксичними молекулами і хімічними радикалами при радіоактивному опроміненні організму, тому застосовується також для профілактики і лікування ракових, серцево-судинних та очних захворювань. Бета-каротин захищає мембрани і стимулює регенерацію клітин, особливо печінки, зменшує запальні процеси шкіри і слизових оболонок, підвищує опірність організму до інфекційних захворювань, повністю замінює вітамін А і покращує гостроту зору.

У IMB НАНУ за допомогою індукованого мутагенезу і клітинної інженерії (злиття і регенерації протопластів) одержано високоефективні штами мукорального гриба *Blakeslea trispora* – продуцента бета-каротину. Міцелій селекціонованих штамів гриба має більш тонку клітинну стінку, яка сприяє кращій екстракції бета-каротину із сухої біомаси і більш короткому циклу ферментації, що знижує технологічні витрати. На основі цих штамів розроблена та впроваджена у промислове виробництво біотехнологія одержання бета-каротину, яка дозволяє отримати вихід останнього в кількості 2,0 г/л ферментаційного середовища (4,0–5,0 % у сухій біомасі міцелію).

Схема біосинтезу бета-каротину в умовах виробництва включає спершу окреме зростання різних типів гриба в колбах на качалках і в накопичувальних ферментерах, а потім змішане зростання міцелію обох форм гриба у промислового ферментері при інтенсивній аерації рідкого середовища з метою накопичення кристалів бета-каротину в міцелії. Головні компоненти посівного і ферментаційного середовищ представлені соєюю і кукурудзяною мучкою, кукурудзяним екстрактом, мелясою і соняшниковою олією. Максимальний вихід бета-каротину досягається після 72-х годин ферментації.

АНТИМІКРОБНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ І ЛІКУВАННЯ ІНФЕКЦІЙНИХ УСКЛАДНЕНЬ ПРИ ОПІКАХ

Актуальність розроблення та впровадження в медицину сучасних інноваційних методів лікування хворих із опіками та опіковою хворобою, зокрема на основі пробіотичних штамів бактерій роду *Bacillus*, зумовлена високою частотою виникнення цих патологічних станів в Україні, особливо після збройної агресії зі сторони РФ. У хворих із опіками інфекційні ускладнення становлять серйозну проблему. Поряд із хірургічними методами лікування, спрямованими на механічне видалення збудників з опікових ран, важливе значення має застосування антимікробних лікарських засобів. Проте сьогодні існує серйозна проблема зниження ефективності застосування антибіотиків внаслідок формування множинної резистентності до них багатьох збудників захворювань.

Штами бацил, що входять до складу антимікробного засобу, характеризуються комплексом корисних властивостей для лікування та реабілітації цього контингенту хворих завдяки їхній здатності продукувати антибіотичні речовини та літичні ферменти для пригнічення широкого спектру патогенів, в тому числі антибіотикорезистентних; протеолітичні ферменти із тромболітичним ефектом для

попередження утворення рубців та некротичного лізису тканин, що пришвидшує регенерацію тканин; полісахариди з протизапальною та ранозагоювальною дією. Крім того, до пробіотичних штамів бацил не розвивається резистентність патогенної мікробіоти, на відміну від антибіотиків.

Антимікробний засіб виявив ефективність при лікуванні та профілактиці кишкових та гнійних інфекцій у тварин, має доведені антимікробні, ранозагоювальні, імуномодулювальні та антиоксидантні властивості. Такий препарат може бути ефективним засобом для боротьби із антибіотикорезистентними штамми мікроорганізмів, сприятиме покращенню не тільки ефективності лікування, а також і якості життя пацієнтів, оскільки при застосуванні засобу в комплексній терапії хворих з опіками можна буде уникнути побічних ефектів, які виникають при надмірному та неправильному використанні антимікробних препаратів.

Антимікробним препаратам на основі бактерій роду *Bacillus* притаманна безпечність для макроорганізму та навколишнього середовища, стабільність при збереженні, технологічність у виробництві та невисока собівартість. Потреба в таких препаратах для практичної та тактичної медицини зростає, дослідження в цьому напрямку є актуальними та перспективними. ■

МІКРОБНІ ПРЕПАРАТИ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ І ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИННИЦТВА

Білявська Л.О., Іутинська Г.О., Титова Л.В.

За сучасних умов агротехногенного навантаження відновлення родючості ґрунтів і розробка заходів їхнього збереження є актуальною задачею землеробства. Сьогодні внаслідок повномасштабної агресії росії великі площі земель сільськогосподарського призначення постраждали від вибухів боєприпасів, горіння техніки, точок ведення вогню. Тому постає нагальна задача виходу з аграрної кризи через відновлення постраждалих земель, деструкцію накопичених у ґрунті токсичних речовин, відновлення біологічного потенціалу аборигенної мікробіоти та її здатності до самоочищення. Ці заходи дадуть можливість підвищити урожайність сільськогосподарських культур для забезпечення продовольчої безпеки України.

При вирішенні цих проблем необхідно враховувати, що ґрунт – це багатофакторна екосистема, в якій її природні мешканці – мікроорганізми – відіграють ключову роль у збереженні родючості ґрунту, стабілізації розвитку і підвищенні продуктивності сільськогосподарського виробництва. У результаті багаторічних досліджень науковці ІМВ НАНУ селекціонували і створили представницьку колекцію унікальних корисних ґрунтових мікроорганізмів, що нараховує більше 300 штамів – симбіотичних, вільноіснуючих, асоціативних, ендofітних бактерій, які здатні фіксувати атмосферний азот, мобілізувати нерозчинні фосфати і утворювати ефективні мікробно-рослинні системи. На сьогодні створені технології виробництва і застосування комплексних біопрепаратів на основі симбіотичних та асоціативних азотфіксуювальних і фосфатмобілізуювальних

мікроорганізмів, які синтезують фітогормони, вітаміни, органічні і амінокислоти, антимікробні сполуки та інші біологічно активні речовини.

Для бобових культур створено і зареєстровано єдиний в Україні комплексний інокулянт **Ековітал** на основі асоціації фосфатмобілізуювальних і бульбочкових бактерій, комплексарних до різних видів бобових (сої, люпину, гороху, люцерни, конюшини, козлятника, буркуну, лядвенця, нуту, квасолі, віки, сочевиці) та широкого спектру сортів.

Ековітал сприяє формуванню потужного симбіотичного азотфіксуювального апарату (бульбочок) на коренях бобових і колонізації ризосфери фосфатмобілізуювальними бактеріями; інтенсифікує розвиток рослин; захищає від захворювань і стресів; підвищує урожайність бобових культур (на 17–38 %); збільшує вміст протеїну, жирів у насінні; покращує агрохімічні та фізичні показники ґрунту.

Ефективність біопрепарату визначається тим, що бактерії, які входять до його складу, завдяки активності специфічних ферментних систем здатні фіксувати азот атмосфери в умовах симбіозу (у бульбочках на коренях рослин), перетворюючи його в амінний азот, а також мінералізувати органічні фосфоровмісні сполуки у ризосфері. Завдяки цьому покращується забезпечення бобових рослин високоякісним азотним, фосфорним живленням та біологічно активними речовинами (вітамінами, фітогормонами, амінокислотами, жирними кислотами).

Ековітал збалансований за біосинтетичною активністю штамів та за спектром мікробних метаболітів, від-

значається високою стабільністю, конкурентоздатністю відносно аборигенних ґрунтових ризобій, ефективністю на різних ґрунтах.

Аналіз мікробіологічних властивостей ґрунту кореневої зони інокульованих препаратом рослин виявив позитивні зміни у структурі мікробного угруповання, які проявились у збільшенні чисельності мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп, що беруть участь у кругообігу вуглецю і азоту. Збільшення чисельності представників цих груп мікроорганізмів сприяло збагаченню ризосферного ґрунту поживними та фізіологічно-активними речовинами і підвищенню вмісту азоту, що легко гідролізується (на 15 %), рухомого фосфору (на 55 %) та обмінного калію (на 18 %) порівняно з контрольними рослинами.

Показано ефективність Ековіталу у зменшенні ураженості хворобами та підвищенні продуктивності сортів сої, що належать до різних груп стиглості. Встановлено, що інокуляція Ековіталом насіння сої сприяла зниженню ураження рослин фітопатогенами в 1,5–2,6 рази порівняно з контролем. При цьому зниження ураження сої грибними хворобами (альтернаріоз, пероноспороз) за умов дії інокулянту знаходилося практично на рівні дії хімічного фунгіциду, а розвиток бактеріозів у цьому варіанті виявився найменшим.

Для злакових (озимої та ярої пшениці, ячменю та ін.), технічних (кукурудзи, соняшника, льону та ін.) і овочевих (огірки, капуста, томати та ін.) культур розроблено високоефективний бактеріальний комплексний препарат **Екофосфорин** на основі рістстимулювальних азотфіксуювальних бактерій родів *Azotobacter*, *Agrobacterium* та фосфатмобілізувальних бактерій *Bacillus megaterium*.

Застосовується Екофосфорин як для передпосівної обробки насіння, так і для замочування коріння розсади перед висаджуванням у ґрунт та обробки рослин під час вегетації. Ефективність препарату визначається здатністю біоагентів покращувати азотне та фосфорне живлення рослин, а також стимулювати їхній ріст і розвиток за рахунок забезпечення біологічно активними речовинами (полісахаридами, вітамінами, фітогормонами, жирними кислотами, амінокислотами та ін.) та підвищувати стійкість рослин до фітопатогенів і стресових чинників.

Екофосфорин сприяє збільшенню польової схожості та енергії проростання насіння на 10–20 %, формуванню розвиненої кореневої системи і утворенню активної мікробно-рослинної асоціації, інтенсифікує процес фотосинтезу, при цьому відбувається підвищення стійкості рослин до фітопатогенів та стресових факторів. Урожай зростає на 15–35 % та покращується його якість.

Біологічно активні речовини препарату активізують формування генеративних органів у рослин, що суттєво впливає на зростання продуктивності і прискорення термінів визрівання. У польових дослідках з озимою пшеницею сорту Подолянка застосування Екофосфору забезпечувало збільшення врожаю до 54,0 ц/га, що перевищувало контрольний показник на 10,9 ц/га (на 25,3 %). Бактеризація насіння цим біопрепаратом забезпечує прискорений розвиток вторинної кореневої системи, що може значно покращити водний режим рослин за умов посухи. Так, незважаючи на посуху, за умов використання Екофосфору було отримано достовірну прибавку врожаю озимої пшениці сорту Миронівська 65, що становила 2,2 ц/га. При цьому інокуляція насіння сприяла зростанню стійкості пшениці озимої до фузаріозно-гельмінтоспоріозної кореневої гнилі.

Встановлено захисний ефект Екофосфору проти мікозів капусти білоголової, томатів, кукурудзи та його стимулювальний вплив на підвищення урожайності культур порівняно з контролем. Захисний ефект Екофосфору проти альтернаріозу томатів становив у середньому 72,6 %. Проти фузаріозу капусти білоголової на штучному інфекційному фоні ефективність Екофосфору була на рівні 78–80 %, проти альтернаріозу капусти в польових умовах на природному інфекційному фоні – на рівні 44,5–52,4 %. Після обробки насіння кукурудзи Екофосфором ураженість рослин пухирчастою сажкою знизилася на 33,3 %. При цьому захисна дія біопрепарату та стимулюючий вплив на урожайність культур у більшості випадків не поступалися дії хімічних препаратів.

Застосування мікробних препаратів позитивно впливає на підвищення родючості ґрунтів за рахунок збагачення їх доступними формами азоту і фосфору, збільшення структурованості, зростання біологічної активності, формування комплексу корисної мікробіоти у кореневій зоні рослин, збереження біорізноманітності мікробіому.

Розроблені біопрепарати відповідають санітарно-гігієнічним нормам, безпечні для людей і тварин, можуть застосовуватись в енергозберігаючому органічному землеробстві, яке є пріоритетним напрямом сучасного сільськогосподарського виробництва в усьому світі. Воно передбачає екологічний режим природокористування з підтриманням оптимальних умов для функціонування ґрунтової біоти і мікробно-рослинної взаємодії, а також підвищення якості урожаю і продуктів харчування.

На сьогодні отримано обнадійливі результати випробування ефективності впливу нових ендоефітно-ризобіальних інокулянтів на урожай та якість насіння різних за скоростиглістю сортів сої в умовах зрошення південної частини зони Степу України. Новітні технології, що ґрунтуються на впровадженні комплексних біопрепаратів на основі ендоефітних бактерій з праймінговими властивостями, є запорукою успішного вирощування сільськогосподарських культур за умов дії екстремальних погоднокліматичних факторів сьогодення.

Серед колекційних і нововиділених ізолятів проведено широкий скринінг стрептоміцетів, виявлено штами, здатні продукувати антибіотичні речовини, що діють проти шкідників (нематод, шкідливих комах), фітопатогенних бактерій і грибів. Окрім антибіотиків виділені штами синтезують природний збалансований комплекс фізіологічно активних продуктів метаболізму: амінокислоти (в тому числі глутамінова, аспарагінова, пролін, які активізують клітинний метаболізм рослин), вітаміни групи В (тіамін, біотин, піридоксин), ліпіди (в тому числі фосфоліпіди, стерини, жирні кислоти олеїнова, лінолева, ліноленова, арахідонова), які підвищують імунітет рослин до хвороб та несприятливих факторів довкілля).

Фітогормони-стимулятори – ауксини, цитокініни, гібереліни, брасиностероїди – активно регулюють процеси життєдіяльності у рослин, особливо за негативних зовнішніх впливів. Стероли, які синтезують продуценти, підвищують опірність рослин до фітопатогенів, паразитів та несприятливих факторів довкілля. Визначені метаболіти виступають не тільки як регулятори росту і розвитку рослин, але й відіграють ключову роль у формуванні рослинного імунітету та їх адаптивного потенціалу і формуванні мережі сигнальних систем, що впливають

на прояв клітинних реакцій рослин на патогени і стреси (посуха, заморозки, перепади температур тощо)

На основі високоактивних штамів стрептоміцетів розроблено мікробні препарати зі збалансованим комплексом біологічно активних речовин, що значно підвищують ефективність готового продукту. Створено новітні метаболічні біопрепарати **Фітовіт**, **Віолар**, **Аверком**. Також створено модифікацію останнього – препарат **Аверком^H**, до складу якого для підсилення фітозахисної дії введено хітозан – біологічну речовину з елісаторними властивостями.

Проведені аналітичні дослідження виявили у складі препаратів природні антибіотичні речовини різної дії: у Аверкомі^H – макролідні авермектини, у Фітовіті – полієнові, у Віоларі – антрациклінові. Зазначені антибіотики не впливали на умовно-патогенні і патогенні для людини мікроорганізми, що виключає можливість виникнення лікарської резистентності при їх застосуванні.

Фітовіт, Віолар і Аверком^H відносяться до найсучасніших біопрепаратів IV покоління — індукторів системної стійкості рослин проти фітопатогенів та шкідників. Використання таких полікомпонентних метаболічних біопрепаратів для підвищення резистентності рослин має низку переваг над біоцидами, тому що базується на індукції природних механізмів захисту рослин. За умов застосування Фітовіту, Віолару і Аверкому^H в агротехнологіях вирощування сільськогосподарських культур розвивається системна і доволі тривала стійкість рослин, оскільки захисні системи залучаються до контакту з патогеном (грибами, вірусами, бактеріями, а також фітонематодами і шкідниками). До того ж за умов включення захисних механізмів малоімовірно є адаптація фітопатогенів до імунізованих рослин.

Розроблені новітні біотехнологічні продукти відзначаються вибірковістю дії і високою активністю до фітопатогенів завдяки низьким концентраціям, що дає змогу уникнути їх надлишкового накопичення у сільськогосподарській продукції. Порівняно з хімічними препаратами вони інтенсивніше проникають через листову поверхню, стебла та корені і метаболізуються в тканинах рослин, швидко розкладаються, не забруднюють довкілля та є ефективнішими від більшості пестицидів щодо дії на збудників захворювань, шкідників та рослин.

Створення біопрепаратів комплексної пролонгованої дії нового покоління, які поєднують властивості біоіндукторів, біостимуляторів, біофунгіцидів, нематодцидів, інсектицидів, антистресантів та адаптогенів, сприяє розв'язанню проблем біологічного захисту рослин, підвищення якості продукції сільськогосподарських культур та родючості ґрунтів. Застосування новітніх метаболічних біопрепаратів дозволяє найбільш повною мірою реалізувати потенціальні можливості рослини, закладені в геномі природою та селекцією, регулювати терміни дозрівання і збільшувати їх продуктивність.

Розроблено і оформлено технічну документацію на створені комплексні мікробні і метаболічні препарати і практичні рекомендації для впровадження у виробництво. Встановлено, що застосування новітніх біопрепаратів забезпечує збільшення продуктивності рослинництва на 15–35 % при зменшенні витрат як мінімум на 100 дол. США на 1 га на виробництво і придбання агрохімікатів, а також збереження екологічного стану і родючості ґрунтів та підвищення рентабельності. Це забезпечує конкурентоспроможність розроблених препаратів. Біопрепарати відповідають вимогам органічного землеробства і мають відповідний

сертифікат Organic Standard. Тому вірогідними користувачами біопрепаратів є господарства органічного землеробства, площа землі яких в Україні постійно зростає.

Розробляються природоохоронні питання створення біотехнологій очищення ґрунтів, забруднених пестицидами. Селекціоновано штами бактерій – активні деструктори хлороорганічних пестицидів. Розроблений на їхній основі біопрепарат **Біорем** призначений для ремедіації (оздоровлення) ґрунтів, забруднених хлороорганічними пестицидами шляхом біологічної деградації останніх, а також для стимулювання росту і розвитку рослин, що вирощуються на забруднених угіддях. Біорем може застосовуватись для детоксикації ґрунтів в умовах відкритого ґрунту та в умовах теплиць. Дуже ефективним є застосування біопрепарату Біорем для максимально повного знешкодження пестицидів, які застосовувалися у попередні роки, для підготовки ґрунту до вирощування органічної продукції рослинництва (у тому числі і на присадибних ділянках).

Біорем придатний до використання на територіях з критично високим рівнем техногенного забруднення (у місцях виробництва і складування хлороорганічних речовин). Прикладом останніх можуть бути склади і полігон захоронення хлороорганічних відходів підприємства «Оріана-Галев» (м. Калуш, Івано-Франківська обл.), а також склади пестицидів у сільськогосподарських підприємствах по всій Україні, які розташовані навіть у житловій зоні.

До складу препарату Біорем входять живі клітини мікроорганізмів *Pseudomonas putida*, *Stenotrophomonas maltophilia* і *Bacillus megaterium* та їхні метаболіти. Штами мікроорганізмів відповідають санітарно-гігієнічним вимогам, не токсичні для людей, теплокровних тварин, бджіл та не забруднюють навколишнє середовище.

Механізм дії препарату пов'язаний із життєдіяльністю мікроорганізмів-деструкторів, ферментні системи яких перетворюють хлороорганічні пестициди (ліндан, гексахлоран, бензол-гексахлорид, гамекан, вермексан, ГХЦГ, ДДТ та ін.), токсиканти (гексахлорбензол, пентахлорбензол, флуорен, антрацен та ін.) на менш токсичні або нетоксичні (при тривалому часі деструкції) речовини. Фітостимулювальна активність Біорему пов'язана з наявністю гормонів-стимуляторів (ауксинів, цитокінінів, гіберелінів), які синтезують мікроорганізми, що входять до його складу. Завдяки рістрегулюючим властивостям застосування біопрепарату є перспективним для підвищення ефективності заходів фіторемедіації – для активізації росту рослин, які вирощують для очищення забруднених територій.

Отже, біотехнологічними продуктами, створеними в результаті проведених фундаментальних і прикладних досліджень в ІМВ НАНУ є екологічно безпечні препарати на основі живих культур мікроорганізмів та їх метаболітів, які стимулюють ріст і розвиток рослин, покращують азотне і фосфорне живлення, пригнічують фітопатогенні організми, підвищують резистентність рослин до біотичних і абіотичних стресів. Новітні біопрепарати мають багатовекторну дію та ефективні у технологіях вирощування бобових, зернових, технічних, овочевих, ягідних, садово-паркових культур, а також у технологіях очистки ґрунтів від політантів та фіторемедіації. Впровадження екологічно безпечних ефективних біопрепаратів є складовою сталого розвитку агроєкосистем, має інвестиційну привабливість для України і сприятиме вирішенню екологічних, економічних та соціальних проблем. ■