

МІКРОБНА ДЕСТРУКЦІЯ ПОХІДНИХ ЦИКЛІЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ
(α -, β -, γ -ГЕКСАХЛОРОЦИКЛОГЕКСАНІВ) У ГРУНТІ

Г.О. ПУТИНСЬКА, доктор біологічних наук, професор

Н.А. ЯМБОРКО, кандидат біологічних наук

А.А. ПІНДРУС, провідний інженер

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

С.Д. МЕЛЬНИЧУК, доктор біологічних наук, професор

В.Й. ЛОХАНСЬКА, кандидат біологічних наук

Ю.С. БАРАНОВ, кандидат хімічних наук

О.П. САМКОВА, науковий співробітник

Українська лабораторія якості та безпеки продукції АПК,
Національний аграрний університет

Досліджено зміни мікробного угруповання ґрунту та деструкцію пестицидів за умов ремедіації з використанням селекціонованої мікробної асоціації Мікрос. У ґрунті, забрудненому пестицидами із групи похідних хлорорганічних циклічних вуглеводнів α -, β -, γ -ГХЦГ(гексахлорциклогексанами), біоремедіація сприяла зростанню загальної біологічної активності, чисельних характеристик мікробного ценозу та прискоренню деструкції ізомерів ГХЦГ

Мікрос, біоремедіація, α -, β -, γ - гексахлорциклогексани, біологічна активність ґрунту, автохтонні, амоніфікуючі, фосфатмобілізуючі, целюлозоруйнівні мікроорганізми

Тривале застосування засобів хімічного захисту рослин призвело до того, що їхнє накопичення в оточуючому середовищі перетворилось на

постійно діючий шкідливий фактор [16]. Пестициди – це сотні діючих речовин і десятки тисяч препаратів, за відсутності інформації щодо їх екотоксикологічних властивостей значно зростає небезпека їх застосування [12]. Серед властивостей пестицидів, з точки зору їх впливу на довкілля, найбільш важливими є персистентність, тобто стійкість проти руйнування, що зумовлює тривале зберігання у воді і ґрунті без перетворення у безпечні продукти, а також розчинність і пов'язана з нею міграційна здатність [3]. Так, залишки α -, β -, γ -ГХЦГ можуть зберігатися у ґрунті понад 2 роки, розчинність препаратів у воді є невисокою і становить 20 мг/л, а міграція з рідкою і твердою фазами ґрунту не перевищує 10% від внесеної кількості. Ізомери ГХЦГ зберігають свої властивості за дії світла, високих температур, кислого середовища, але можуть піддаватися гідролізу при високих значеннях рН [4].

Очищення ґрунтів, забруднених стійкими органічними речовинами – одна із гострих сучасних проблем як в Україні, так і в світі. Найперспективнішим вважається біологічний метод очищення – біоремедіація. Він передбачає використання потенціалу мікроорганізмів – деструкторів, здатних повністю розкласти речовини – забруднювачі [7,10]. Однак цей метод використовують лише у 5–10% випадків очищення забруднених територій. Одна з причин обмеженого застосування біоремедіації – підвищена токсичність забруднених ґрунтів для мікроорганізмів – деструкторів [14].

Процес розкладу ізомерів ГХЦГ у природному середовищі відбувається досить повільно, вони більшою мірою розчиняються у воді і є більш леткими сполуками ніж інші хлоровані органічні хімічні речовини. Цим пояснюється їх присутність у всіх екотопах (вода/сніг, повітря, ґрунти/відкладення) [1,6].

Метою наших досліджень було вивчення мікробних угруповань ґрунту та динаміки вмісту у ньому пестицидів – хлорорганічних похідних поліциклічних вуглеводнів - α -, β -, γ -ізомерів гексахлорциклогексану за умов застосування селекціонованої мікробної асоціації мікрос.

Методика досліджень. Досліджували мікробну деструкцію пестицидів - α -, β -, γ -ізомерів гексахлорциклогексану. Технічний гексахлорциклогексан містить п'ять ізомерів: α - гексахлорциклогексан (53-70%), β - гексахлорциклогексан (3-14%), γ -гексахлорциклогексан (6-10%) і ϵ - гексахлорциклогексан (3-5%). Суміш ізомерів в основному використовується як недорогий інсектицид, у складі якого γ -ізомер – єдиний, що має властивості сильнодіючого інсектициду. У чистому вигляді він представлений на ринку під комерційною назвою ліндан.

Досліди з вивчення біоремедіації ґрунту, забрудненого трьома основними ізомерами ГХЦГ (α -, β -, γ) з використанням селекціонованої асоціації ґрунтових мікроорганізмів проводили у лабораторних умовах. Наважки ґрунту (по 500 г) вміщували у лабораторні склянки, зволожували до 65-70% від повної вологоємності та інкубували для стабілізації мікробіологічних процесів протягом трьох діб. Потім у ґрунт вносили пестициди з розрахунку їхньої кількості, еквівалентної виробничим дозам. При забрудненні полі циклічними пестицидами їх вміст на початку дослідження становив: α -гексахлорциклогексан – 0,45, β - гексахлорциклогексан – 0,36 мкг/кг, γ –гексахлорциклогексан – 0,85 мкг/кг ґрунту.

Після експозиції протягом п'яти діб у дослідні варіанти вносили мікробну асоціацію, а у контрольних варіантах забруднений ґрунт не підлягав біоремедіації.

Природна асоціація мікроорганізмів була виділена із чорноземного ґрунту, відібраного поблизу звалища некондиційних пестицидів різної хімічної природи. Селекція за ознакою стійкості мікроорганізмів проти пестицидів проводили шляхом багаторазових пасажів на рідкому середовищі із зростаючими концентраціями ГХЦГ. Селекціонована після пасажів асоціація отримала умовну назву мікрос. Мікробну асоціацію мікрос вирощували на синтетичному середовищі такого складу, г/л: мінеральна основа: KCl – 0,5; NaNO₃ – 2,0; на 100 мл мінеральної основи додавали: 0,5 мл 10% - вого розчину MgSO₄, 1,0 мл 20% - вого розчину K₂HPO₄, 1,0 мл

50% - вого розчину глюкози. Для активації асоціації мікрос використовували регулятор росту еней.

Еней – композиційний препарат, розроблений у Міжвідомчому науково – технологічному центрі „Агробіотех” НАН і МОН України. Основою препарату є природний регулятор росту емістим – С (комплекс ростових речовин, який синтезується мікроміцетом *Cylindrocarpon magnusianum*) та комплекс мікроелементів. Еней додавали у поживне середовище для вирощування мікроорганізмів в робочій концентрації – $1 \cdot 10^{-8}$, що становить 10 пл/мл [13].

Після культивування асоціації протягом трьох діб на качалках при температурі $+28^{\circ}\text{C}$ мікробну біомасу відділяли центрифугуванням від поживного середовища, промивали фізіологічним розчином NaCl, вдруге центрифугували, ресуспендували в стерильній водогінній воді і вносили в кількості 40 мл на 1 кг при концентрації біомаси 0,7 мг/мл, тобто 28 мг/кг ґрунту.

За перебігом біоремедіації спостерігали впродовж 40 діб. Експозицію проводили при температурі $+18, +20^{\circ}\text{C}$, рівень вологості ґрунту підтримували протягом всього дослідження в межах 65-70 від повної вологоємності. Кількість води, необхідну для зволоження ґрунту, розраховували загальноприйнятим методом [2].

Упродовж експозиції на 20-ту і 40-ву добу дослідження визначали у ґрунті кількість мікроорганізмів основних функціональних груп. Для проведення мікробіологічних аналізів відбирали з кожного варіанту по 10 г ґрунту (1 змішаний зразок з 2 повторностей). Мікроорганізми дисперували з ґрунтових часточок за методом Д.Г. Звягінцева [9], після цього наважки вміщували у колби, додавали 90 мл води і струшували на шуттель – апараті протягом 20 хвилин. З отриманої суспензії готували 10-кратні розведення.

Використовуючи метод посіву ґрунтової суспензії на агаризовані поживні середовища визначали чисельність мікроорганізмів: автохтонних (на ґрунтовому агарі), амоніфікуючих (на м'ясо – пептонному агарі),

целюлозоруйнівних (на середовищі Гетчинсона), фосфатмобілізуючих (на середовищі Наумової з фенолфталеїнфосфатом натрію), грибів (на сусло - агарі), стрептоміцетів (на середовищі Гаузе-1), вміст азотобактеру – методом обростання грудочок ґрунту, розкладених на безазотовому середовищі Ешбі. Склад середовищ загальноприйнятий в ґрунтовій мікробіології і описаний у відповідних літературних джерелах [15].

Після посіву на живильні середовища інкубацію мікроорганізмів проводили при температурі $+28^{\circ}\text{C}$ протягом 5-15 діб (залежно від швидкості росту мікроорганізмів певних груп). Колонії, що виростили на середовищах, підраховували, припустивши, що з кожної життєздатної клітини формується одна колонія. Кількість мікроорганізмів виражали в колонійутворюючих одиницях (КУО) на 1 г сухого ґрунту. Для цього термостатно–ваговим методом [9] визначали вологість зразка ґрунту, взятого для дослідження, і перераховували отриману кількість колоній з врахуванням коефіцієнта вологості та розведення ґрунтової суспензії.

Посіви проводили у трьох повтореннях і отримані дані обробляли методами математичної статистики, розраховуючи довірчий інтервал кількості мікроорганізмів [8].

Інтенсивність „дыхання” ґрунту характеризували за активністю продукування діоксиду вуглецю, яку визначали сорбційним методом шляхом поглинання CO_2 , що виділяється ґрунтом, 0,1 н розчином гідроксиду натрію. Активність дихання ґрунту виражали кількістю виділеного CO_2 за 24 години 1 г ґрунту [5].

Вміст пестицидів у ґрунті визначали на газовому хроматографі „Кристал – Люкс - 4000” з детектором за захопленням електронів і термоіонним детектором, а також на приладі ГРХ/МС FINIGAN – TRACE – GC – Ultra із мас селективним детектором Polaris – Q типу „іонна пастка” в режимі іонізації електронним ударом [11]. Швидкість деструкції пестицидів (М, мкг/добу) розраховували за формулою:

$$M = (K_0 - K_1) / t_1,$$

де K_0 – вміст пестициду на початку дослідження (мкг/кг ґрунту);

K_1 – вміст пестициду після експозиції (мкг/кг ґрунту) протягом t_1 діб.

Результати досліджень і їх інтерпретація. Отримані дані характеризують динаміку чисельності мікроорганізмів ґрунту, забрудненого α -, β -, γ -ГХЦГ при застосуванні біоремедіації і без неї (табл.1). Кількість автохтонних мікроорганізмів у варіанті з мікросом на 20-ту добу була більшою ніж у контролі на 61,3%, на 40-ву добу – на 50,2%, що є статистично достовірним.

За біоремедіації з мікросом чисельність амоніфікуючих мікроорганізмів перевищувала значення контролю на 20-ту добу у 2,2 рази, а на 40-ву добу у 1,8 рази. Впродовж експозиції у ґрунті внесеної мікробної асоціації мікросом спостерігали зниження чисельності амоніфікуючих мікроорганізмів на 38,7%, у контролі достовірних змін не відмічали. При застосуванні біоремедіації кількість фосфатмобілізуючих бактерій була в 1,6 – 2,2 рази вищою порівняно з контролем (різниця статистично достовірна).

Кількість грудочок ґрунту з обростанням азотобактером, як у контрольному, так і дослідному варіантах, складала 100 %.

1. Динаміка чисельності мікроорганізмів різних еколого – трофічних груп у ґрунті, забрудненому α -, β -, γ -ГХЦГ, млн. КУО в 1 г ґрунту

| Варіант | Мікроорганізми еколого – трофічних груп | | | | | | | |
|---------------------------|---|----------|--------------|----------|-------------------|-----------|---|--------|
| | автохтонні | | амоніфікуючі | | фосфатмобілізуючі | | азотобактер, % обростання грудочок ґрунту | |
| | 20 діб | 40 діб | 20 діб | 40 діб | 20 діб | 40 діб | 20 діб | 40 діб |
| Контроль (без ремедіації) | 21,5±5,4 | 25,3±2,3 | 18,7±4,4 | 13,8±2,3 | 0,6 ± 0,2 | 0,6 ± 0,2 | 100 | 100 |
| Ремедіація з мікросом | 34,8±1,2 | 38,0±2,0 | 40,8±5,3 | 25 ± 0,1 | 1,0 ± 0,1 | 1,3 ± 0,2 | 100 | 100 |

Вивчаючи зміни в чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів на варіанті з мікросомом, виявлено, що кількість целюлозоруйнівних бактерій

і грибів залишалась стабільною у перебігу процесу біоремедіації. Кількість целюлозоруйнівних бактерій при застосуванні біоремедіації з мікрос була більшою порівняно з контролем на 20-ту добу – на 47,2 %, на 40-ву добу досліду – на 30,4 %, проте зазначені зміни були статистично не достовірними (табл. 2).

2. Динаміка чисельності целюлозоруйнівних мікроорганізмів у ґрунті, забрудненими α -, β -, γ -ГХЦГ, тис. КУО в 1 г ґрунту

| Варіант | Бактерії | | Гриби | | Актиноміцети | | Загалом целюлозоруйнівних мікроорганізмів | |
|---------------------------|----------|---------|---------|----------|--------------|----------|---|----------|
| | 20 діб | 40 діб | 20 діб | 40 діб | 20 діб | 40 діб | 20 діб | 40 діб |
| Контроль (без ремедіації) | 1,9±0,6 | 2,3±1,2 | 3,8±1,3 | 12,1±1,7 | 21,8±3,8 | 34,5±1,2 | 27,5±1,7 | 48,9±2,3 |
| Ремедіація з мікрос | 3,6±0,0 | 3,0±1,0 | 7,2±1,2 | 12,0±4,0 | 21,6±1,2 | 44,0±4,0 | 32,4±1,9 | 59,0±2,6 |

Упродовж ремедіації з мікрос спостерігали статистично достовірне збільшення числа целюлозоруйнівних актиноміцетів у 2 рази, тоді як у контролі без ремедіації – лише на 58,2 %. Крім того, на 40-ву добу досліду у варіанті з мікрос кількість актиноміцетів була достовірно вищою, ніж у контролі (на 27,5 %).

Загальна кількість целюлозоруйнівних мікроорганізмів стабільно збільшувалася у варіанті з біоремедіацією на 20-ту добу – на 17,8 %, на 40-ву – на 20,6 %.

Достовірних відмінностей щодо кількості мікроскопічних грибів у варіантах з біоремедіацією і без неї не виявлено (табл. 3).

3. Динаміка чисельності міцеліальних форм мікроорганізмів у ґрунті, забрудненому α -, β -, γ -ГХЦГ

| Варіант | Мікроскопічні гриби, тис. КУО/ г ґрунту | | Стрептоміцети, млн. КУО/ г ґрунту | |
|------------------------------|--|------------|--------------------------------------|-----------|
| | 20 діб | 40 діб | 20 діб | 40 діб |
| Контроль (без ремедіації) | 32,6 ± 3,2 | 30,5 ± 2,9 | 1,8 ± 0,3 | 1,0 ± 0,1 |
| Ремедіація з мікрос | 33,0 ± 0,6 | 27,5 ± 0,5 | 3,4 ± 0,1 | 2,6 ± 0,2 |

Кількість стрептоміцетів перевищувала показники контролю без ремедіації на 20-ту добу досліду – у 1,9 раза, а на 40-ву – у 2,6 раза, що є статистично вірогідно.

Таким чином, застосування для біоремедіації забрудненого α -, β -, γ -ГХЦГ ґрунту селекціонованої мікробної асоціації мікрос сприяло зростанню порівняно з контролем чисельності автохтонних, амоніфікуючих, фосфатмобілізуєчих бактерій, а також стрептоміцетів.

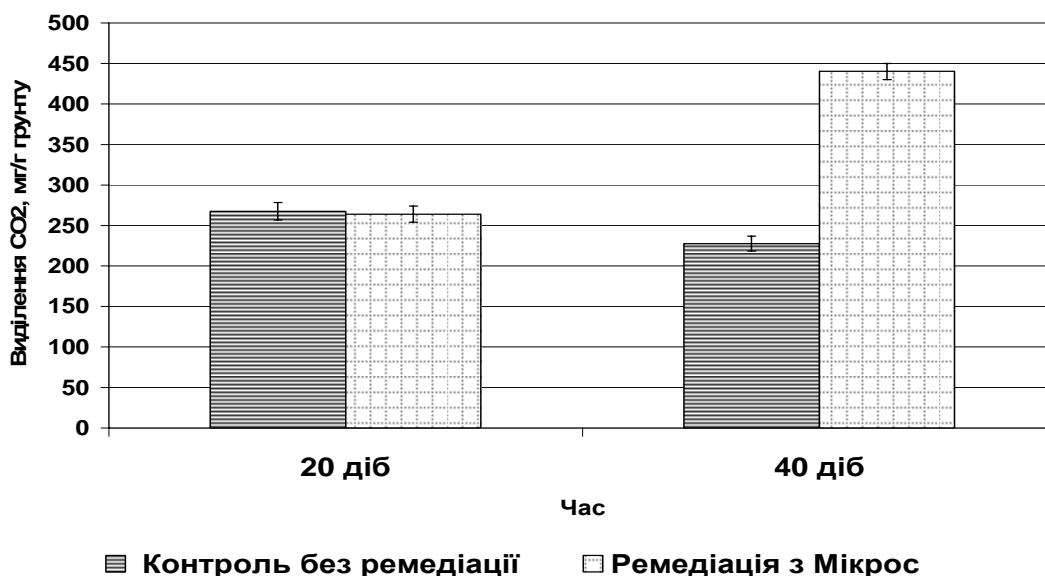


Рис. 1. Динаміка виділення CO₂ у чорноземному ґрунті, забрудненому α -, β -, γ -ГХЦГ

Дослідження інтенсивності виділення CO₂ забрудненим ґрунтом показали, що на 20-ту добу досліду різниці між варіантами з ремедіацією

і без неї не відмічали, лише на 40-ву добу дослідження активність „дыхання” ґрунту при застосуванні біоремедіації збільшилась в 1,7 рази і перевищувала контроль у 1,9 рази (рис.1).

Концентрація поліциклічних пестицидів впродовж проведеного експерименту зменшувалася як у контролі, так і у ґрунті із застосуванням мікробної асоціації (рис. 2).

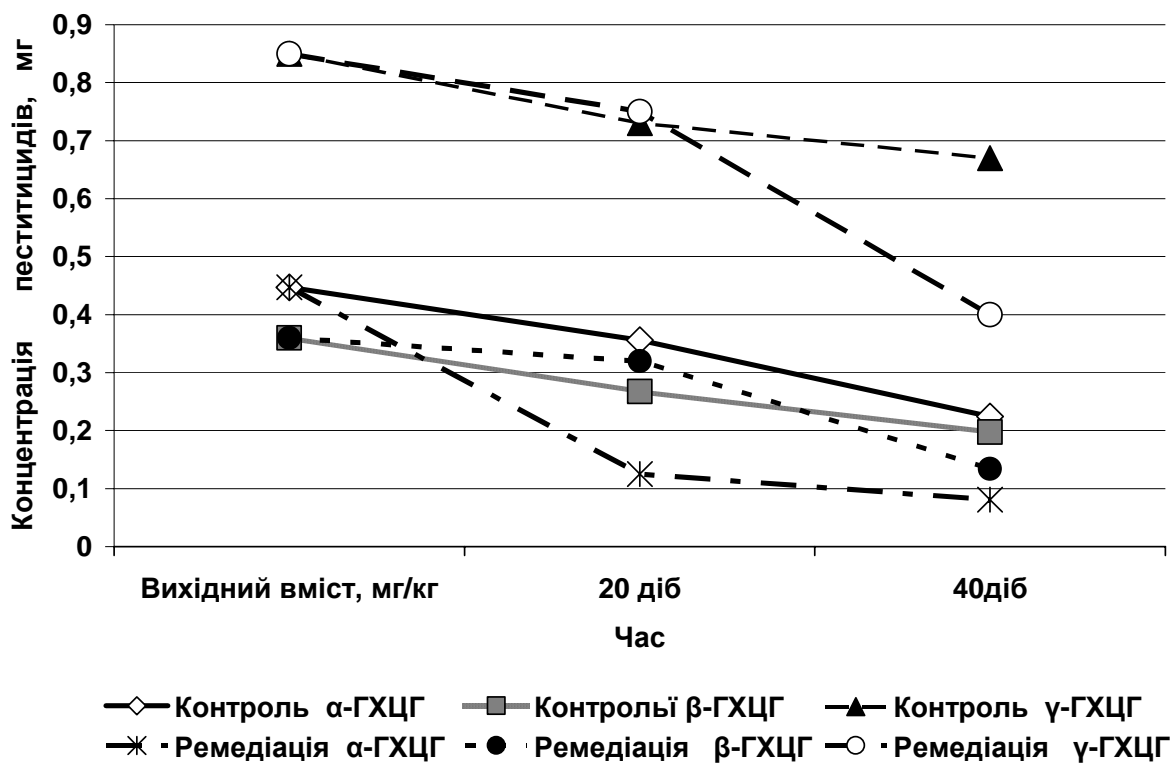


Рис. 2. Динаміка вмісту α -, β -, γ -ГХЦГ у ґрунті

На 40-ву добу дослідження у забрудненому ґрунті (контроль) вміст α -ГХЦГ був у 2 рази, а при застосуванні мікрос у 5,5 рази меншим порівняно із вихідним. Концентрація β -ГХЦГ у контрольному варіанті на 40-ву добу дослідження зменшилась в 1,8 рази, а при використанні мікросу – у 2,7 рази.

Найстійкішим був γ -ГХЦГ: у контролі без ремедіації його кількість зменшилась лише в 1,3 рази, а при застосуванні асоціації мікрос – у 2,1 рази.

Активність процесу ремедіації під час дослідження характеризували показником швидкості деструкції, який для α -ізомеру ГХЦГ наприкінці першого етапу ремедіації з мікрос перевищував контроль у 3,6 рази, а в кінці дослідження знижувався і був утричі меншим, ніж у контролі. Швидкість

деструкції β -ГХЦГ при застосуванні мікросу у перші 20 діб експерименту була повільнішою за інтенсивність процесу у контролі без ремедіації, але до кінця періоду спостереження вона перевищувала показники контролю у 2,7 рази і становила $9,3 \cdot 10^{-3}$ мкг/добу. Розкладання γ -ГХЦГ відбувалося інтенсивніше на 40-ву добу досліду: швидкість деструкції з мікрос перевищувала швидкість ремедіації у контролі у 6 разів, що у 3,6 рази перевищувало швидкість деструкції на першому етапі експерименту – в перші 20 діб досліду (табл. 4).

4. Швидкість деструкції ізомерів ГХЦГ на різних етапах ремедіації, мкг/добу

| Варіант | Пестицид | Період | |
|---------------------------|----------------|---------------------|---------------------|
| | | 20 діб | 40 діб |
| Контроль (без ремедіації) | α -ГХЦГ | $4,5 \cdot 10^{-3}$ | $6,6 \cdot 10^{-3}$ |
| | β -ГХЦГ | $4,7 \cdot 10^{-3}$ | $3,5 \cdot 10^{-3}$ |
| | γ -ГХЦГ | $6,0 \cdot 10^{-3}$ | $3,0 \cdot 10^{-3}$ |
| Ремедіація з мікрос | α -ГХЦГ | $1,6 \cdot 10^{-2}$ | $2,2 \cdot 10^{-3}$ |
| | β -ГХЦГ | $2,0 \cdot 10^{-3}$ | $9,3 \cdot 10^{-3}$ |
| | γ -ГХЦГ | $5,0 \cdot 10^{-3}$ | $1,8 \cdot 10^{-2}$ |

ВИСНОВКИ

Застосування селекціонованої мікробної асоціації мікрос сприяло збільшенню швидкості деструкції β - і γ -ізомерів ГХЦГ відповідно у 4,7 і 3,6 рази, внаслідок чого у ґрунті зменшився вміст α -ГХЦГ – у 5,5, β -ГХЦГ – у 2,7, γ -ГХЦГ – у 2,1 рази. Біоремедіація ґрунту, забрудненого α -, β -, γ -ГХЦГ, за допомогою селекціонованої мікробної асоціації мікрос сприяла зростанню порівняно з контролем чисельності автохтонних, амоніфікуючих, фосфатмобілізуючих бактерій, а також стрептоміцетів. Біологічна активність забрудненого ґрунту зростала на 40-ву добу експерименту в 1,7 рази.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алдобаев В. Н. Очистка почв от загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами на основе применения хемотаксически активных микроорганизмов ризосферы растений: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Пушино, 2004. – 22 с.
2. Александрова Л. Н., Найденова О. А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1976. – 280 с.
3. Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф., Валагурова О. В., Козирицька В. Є., Пономаренко С. П. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. – К.: Обереги, 2001. – 240 с.
4. Багоцкий С. В., Санин М. В., Эйнон Л. О. Пестициды и их воздействие на водные экосистемы: обзорная информация. – М.: ВНИИТЭИ Агропром, 1999.
5. Благовещенская Г. Г., Духанина Т. М. Микробные сообщества почв и их функционирование в условиях применения средств химизации//Агрехимия. – 2004. - №2. – С. 80-88.
6. Бублик Л. І., Ассасса В. Ф. Динаміка розпаду пестицидів//Захист рослин. – 1999. – №12. – С. 22-23.
7. Дезанов Г. О., Ткаченко С. И. Проблемы і можливі засоби захисту довкілля від токсичної дії заборонених та некондиційних пестицидів//Екологічний вісник. – 2003. - №31. – С. 23-25
8. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. – 292 с.
9. Звягинцев Д. Г. Методы подготовки почв к количественному учету микроорганизмов//Научн. докл. высш. школы. Биол. науки. – 1969. - №3. – С. 74-81.
10. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія. – К.: Арістей, 2006. – 284 с.

11. Клисенко М. А., Александрова Л. Г., Демченко В. Ф., Макарич Т. Л. Аналітична хімія залишкових кількостей пестицидів. – Навч. посібник. – К.: ЕКОГІНТОКС, 1999. – 238 с.
12. Пестициды: Справочник/В. И. Мартыненко, В. К. Промоненков, С. С. Кукаленко и др. – М.: Агропромиздат, 1992.
13. Пономаренко С. П. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина: физико-химические свойства и биологическая активность. – К.: Техника, 1999. – 269 с.
14. Стрижакова Е. Р. Влияние активированного угля на свойства почвы при биологической очистке от органических загрязнителей (на примере 3,4-дихлоранилина). – Автореф. дис. к.б.н. – М.: 2004. – 19 с.
15. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. – М.: Колос, 1972. – 199 с.
16. Филатов Б. Н., Колодий Т. Н., Кононов В. М. Загрязнение хлорорганическими пестицидами сельскохозяйственных угодий и риск для здоровья населения Волгоградской области//Материалы конференции „Национальный план действий по экологическому обоснованному управлению диоксинами/фуранами и диоксиноподобными веществами”. – Санкт – Петербург, 2001. – 245 с.

Микробная деструкция производных циклических углеводородов α - β - γ -гексахлорциклогексанов в почве

Г. О. Иутинская, Н. А. Ямборко, А. А. Пиндрус.

Институт микробиологии и вирусологии им. Д. К. Заболотного НАН Украины.

С.Д. Мельничук, В.И. Лоханская, Ю. С. Баранов, О.П. Самкова.

Украинская лаборатория качества и безопасности продукции АПК, Национальный аграрный университет

Исследовано изменения микробного сообщества почвы и деструкцию пестицидов в условиях ремедиации с использованием селекционированной микробной ассоциации микрос.

В почве, загрязненной инсектицидами хлорорганическими производными циклических углеводородов (α - β - γ -гексахлорциклогексанами), биоремедиация способствовала увеличению общей биологической активности, количественных характеристик микробного ценоза, а также ускорению деструкции ГХЦГ

Микрос, биоремедиация, α - β - γ -гексахлорциклогексаны, биологическая активность почвы, автохтонные, аммонифицирующие, фосфатмобилизирующие, целлюлозоразрушительные микроорганизмы.

Microbial destruction of chlorine-organic cyclic hydrocarbons derivatives in the soil

G. O. Iutynska, N. A. Yamborko, A. A. Pindrous,

Institute of Microbiology and Virology ASU

S. D. Melnichuk, V. Y. Lokhanska, Y. S. Baranov, O. P. Samkova,

Ukrainian Laboratory quality and safety of AG products, National agrarian university

It was researched the changes of soil's microbial community and pesticides destruction in the remediation condition using selection microbial association micros. In the soil, polluted by insecticides of group derivatives chlorine-organic cyclic hydrocarbons (hexachlorocyclohexanes), bioremediation promoted to increasing of total biological activity, quantitative characteristics of microbial cenosis, and at the same time the velocity of hexachlorocyclohexanes degradation was increased.

Micros, bioremediation, biological activity of soil, autochthonous, ammonificational, phosphate-mobilizational, cellulose-lytic microorganisms.