

Жариков Г.А., Крайнова О.А., Марченко А.И., Жариков М.Г., Сигаев В.И.

Научно-исследовательский центр токсикологии и гигиенической регламентации биопрепаратов – филиал ФГБУ «Государственный научный центр «Институт иммунологии» ФМБА России, Московская область, Серпуховский район, п. Большевик, РФ;
Zharikov@toxicbio.ru

ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПЕСТИЦИДАМИ, И СКЛАДОВ ЯДОХИМИКАТОВ

В ходе многолетних экспедиционных работ на территории России отобраны образцы почв возле складов ядохимикатов, на химических и нефтехимических предприятиях, с полей длительное время обрабатываемых пестицидами и гербицидами. Из них выделены и охарактеризованы микроорганизмы, разлагающие фосфорорганические и хлорорганические соединения, глифосат, имазетапир, сульфонилмочевину, полихлорированные бифенилы, нефтепродукты, полициклические ароматические углеводороды, этиленгликоль, фенолы... Ряд перспективных штаммов биодеструкторов депонирован во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (г. Москва) и запатентован.

Разработана биотехнология микробиологической очистки почвы и стен зданий, загрязненных пестицидами, подобрано необходимое аппаратное обеспечение работ. Проведена оценка токсикологической опасности для персонала, выполняющего эти работы, образующихся биологических аэрозолей микроорганизмов-деструкторов.

In the course of many years of expedition work on the territory of Russia, samples of soils near the warehouses of pesticides, chemical and petrochemical enterprises, fields cultivated for a long time by pesticides and herbicides were selected. Microorganisms that decompose organophosphorus and organochlorine compounds, glyphosate, imazethapyr, sulfonylurea, polychlorinated biphenyls, petroleum products, polycyclic aromatic hydrocarbons, ethylene glycol, phenols have been isolated and characterized. A number of promising strains of biodestructors are deposited in the All-Russian Collection of Industrial Microorganisms (Moscow) and patented.

The biotechnology of microbiological soil cleaning and walls of buildings contaminated with pesticides has been developed, the necessary hardware support for the work has been selected. An assessment of the toxicological hazard for the personnel performing these works of the biological aerosols formed by the microorganisms-destructors is carried out.

Ключевые слова: биоремедиация почв; пестициды; гербициды; микроорганизмы-деструкторы; аппаратура для мелкодозированного внесения.

Keywords: bioremediation of soils; pesticides; herbicides; microorganisms-destructors; equipment for small-scale application.

Введение

В настоящее время для очистки почвы от токсичных химических веществ все шире применяют экологически безопасные технологии микробиологической биоремедиации. Однако, недостаточно разработана методология внесения микроорганизмов в почву и на стены зданий для биоремедиации, не оценена токсикологическая опасность образующихся аэрозолей микроорганизмов для персонала, выполняющего эти работы.

Результаты исследований

В ходе многолетних экспедиций проведен отбор более 500 почвенных образцов в Краснодарском крае, Московской, Саратовской и Ленинградской областях, на космодроме Байконур. При выборе мест отбора проб предпочтение отдавалось участкам возле складов ядохимикатов, химических и нефтеперерабатывающих предприятий, в местах аварийных разливов ядохимикатов, на полях длительное время обрабатываемых гербицидами.

Для выделения микробных изолятов использовали метод накопительных культур. Затем на минимальной солевой среде, где в качестве единственного источника углерода был внесен пестицид, осуществляли поиск и селекцию микроорганизмов-деструкторов. По результатам проведенных лабораторных и полевых исследований были отобраны высокоэффективные штаммы деструкторов различных пестицидов.

Оценку безопасности штаммов проводили на базе виварного комплекса НИЦ ТБП на лабораторных линиях беспородных белых мышей и белых крыс по 4 критериям, принятым в международной практике для микроорганизмов-продуцентов лекарственных препаратов. Проведенными токсикологическими исследованиями было установлено отсутствие патогенных свойств у выделенных микроорганизмов, что позволяет их использовать без ограничений при проведении работ по биоремедиации почв.

Организован и поддерживается в активном состоянии музей штаммов микроорганизмов – деструкторов в отделе экологической биотехнологии НИЦ ТБП. Наиболее активные штаммы биодеструкторов депонированы во Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (ВНИИгенетики, г. Москва) и запатентованы в России и США, на них оформлены международные патентные заявки РСТ.

Разработана методология и подобрано оборудование для мелкодозированного внесения микробной суспензии в почву и на стен зданий, загрязненных пестицидами, для биоремедиации. Определены основные требования к мощности оборудования и условиям его эксплуатации, типам распылительных головок. По результатам тестовых испытаний, для мелкодозированного внесения (методом полива) в почву и на стены зданий микробной суспензии, был выбран бензиновый водяной насос Profer и распылитель с форсуночным соплом. Это позволяет дозированно и безопасно для оператора обрабатывать участки почвы и вертикальные поверхности зданий на расстоянии до 5 метров. Результаты испытаний показали, что при мелкодозированном аэрозольном нанесении в почву и на вертикальные поверхности зданий, гибели микроорганизмов от повышенного давления и под воздействием солнечного излучения не выявлено.

Проведены токсиколого-гигиенические исследования, основной целью которых являлась оценка уровня бактериального загрязнения воздуха рабочей зоны при опрыскивании вертикальных и горизонтальных поверхностей здания, а также почвы, мелкодозированным аэрозолем бактериальной суспензии. Результаты аэрозольных испытаний показали, что при обработке вертикальных поверхностей помещения выявлен высокий уровень бактериальной обсемененности воздуха – более 10^6 КОЕ/м³, что значительно превышает ПДК, установленные для промышленных микроорганизмов рода *Rhodococcus* – 5×10^4 КОЕ/м³ (ГН 2.2.6.2178-07). Высокий уровень обсемененности воздуха помещения сохраняется не менее 30 минут. Концентрация бактерий штамма-деструктора в воздухе рабочей зоны при обработке внешних вертикальных стен здания, и при обработке почвы опытной делянки имела значения, близкие к ПДК. В результате проведенных лабораторных и полевых деляночных исследований были установлены уровни микробной обсемененности воздуха рабочей зоны бактериями штамма-деструктора при различных условиях проведения процедур биоремедиации. Показано, что при обработке стен зданий микробными суспензиями обслуживающему персоналу необходимо использовать респираторы и защитную одежду.

В качестве благотворительной акции, была проведена очистка восстанавливаемого Знаменского храма в Пензенской области, ранее использовавшегося как склад удобрений и пестицидов. В результате обработки микробной биомассой внутренних стен, грунта внутри Храма и почвы вокруг здания, загрязняющие вещества были разложены, исчез запах, а почва стала не токсичной. Были даны рекомендации по обустройству стен и пола. В настоящее время в Храме возобновлено проведение церковных служб.

Заключение

По результатам проведенных лабораторных и полевых исследований организован музей штаммов микроорганизмов – деструкторов пестицидов в отделе экологической биотехнологии НИЦ ТБП.

Разработанная методология и испытанное оборудование для мелкодозированного внесения микроорганизмов-деструкторов в почву и на стены зданий рекомендуется для практического применения при проведении работ по биоремедиации территорий, загрязненных токсичными химическими веществами.

При обработке стен зданий микробными суспензиями обслуживающему персоналу необходимо использовать респираторы и защитную одежду. Это позволит снизить риск возникновения профпатологий у работников, занятых на работах по рекультивации загрязненных почв и очистке складов ядохимикатов.

Исследования проводили по государственным заданиям ФМБА России № 22.001.17.800 по теме «Разработка нормативно-технической документации по биоремедиации территорий предприятий, загрязненных токсичными химическими веществами» и № 22.002.17.800 «Разработка и токсиколого-гигиеническая оценка микробиологической технологии очистки почв, загрязненных компонентами ракетных топлив».

Библиографические ссылки

4. Веретенников Ю.М., Овсянкина А.В. Время распылять... и время выбирать. Воронеж: ВГУ, 2006.
5. ГН 2.2.6.2178-07 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны»
6. Капранов В.В., Жариков Г.А., Дядищев Н.Р. Штамм дрожжей *Hansenula californica*, разлагающий полихлорированные бифенилы: патент России № 2155803 от 13.02.98
7. Капранов В.В., Жариков Г.А., Боровик Р.В. Штамм бактерий *Alcaligenes latus*, разлагающий полихлорированные бифенилы: патент России № 2155804 от 13.02.98.
8. Жариков Г.А., Крайнова О.А., Капранов В.В., Дядищева В.П., Киселева Н.И. Штамм бактерий *Rhodococcus globerus* 19 Ф, разлагающий 1,1-диметилгидразин (гептил): патент России № 2236453 от 18.09.2002
9. Жариков Г.А., Крайнова О.А., Киселева Н.И., Медведева Н.Г., Зайцева Т.Б., Зиновьева С.В. Штамм *Rhodococcus erythropolis* для биодеградации продуктов гидролиза иприта, штамм *Pseudomonas putida* для биодеградации продуктов гидролиза иприта и способ биоремедиации почвы, загрязненной ипритом и продуктами его гидролиза: международная заявка на патент РСТ – ЗСЕ/RU/2007/000192. Междунар. публик. ВО 2008/130262 от 30.10.2008.
10. Леонтьевский А.А., Ермакова И.Т., Шушкова Т.В., Ковалева М.Н., Жариков Г.А., Киселева Н.И. Штамм бактерий *Achromobacter* sp. – деструктор органофосфонатов и способ его применения для биоремедиации почв: патент России № 2401298 от 18.02.2009.