

# ЭКОЛОГИЯ



УДК 630\*414.4



**И.А. Фрейберг,  
Фуцзюань Фэн**

## К ВОПРОСУ РЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ ОТ ПЕСТИЦИДНОЙ ТОКСИЧНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ

**Ключевые слова:** сосна, сеянцы сосны, фенотип, пестициды, микроорганизмы, лесные питомники, терагенез, ремидиация.

Во всех странах мира в настоящее время накопилось немало фактов о том, что положительному действию пестицидов сопутствуют негативные побочные последствия. Использование пестицидов является весьма ответственным мероприятием, требующим управления. Действие их зависит от самого химического препарата, климатических условий, типа почвы и почвенных особенностей, погодных условий и ряда других факторов, среди которых важное место занимает вид растения. При исследовании в лесных питомниках было установлено, что включению пестицидов в агротехнику выращивания сеянцев сосны непосредственно сопутствуют два негативных явления. Первое – они вызывают тератогенез сеянцев, который проявляется в изменении фенотипа сеянцев сосны. Наряду с сеянцами нормального фенотипа формируются и преобладают тератоморфные растения: аномальные и условно нормальные, у которых нарушены морфология и физиолого-биохимические показатели [1]. Второе негативное явление – загрязнение почвы пестицидной токсичностью, что не позволяет использовать этот участок в дальнейшем для выращивания сеянцев сосны свойственного ей фенотипа. После применения пестицидов почва в течение 10 лет и более остается загрязненной [2, 3]. Проблема очистки почв от пестицидного загрязнения включает три

направления: внесение адсорбционных веществ, антидотов – химических соединений, способных ослабить или полностью снять фитотоксическое действие пестицидов, и использование микроорганизмов. Определенные успехи достигнуты в разработке реабилитации почв с помощью сорбентов – детоксикантов [4]. В то же время внесение адсорбционных веществ имеет недостатки. Одним из них является опасность консервации токсического действия пестицидов. Разработка этого метода и использование антидотов пока далеко не продвинулись.

Мы впервые предложили очищать почву с помощью кооперативного действия микроорганизмов. Во-первых, все пестициды разлагаются микроорганизмами, во-вторых, это наиболее дешевый способ в связи с близостью к питомнику органического вещества – лесной подстилки обогатленной микроорганизмами. Процесс контролируется гидротермическими условиями, массой разлагающихся остатков и другими факторами. О результатах очистки почв мы считаем возможным судить с помощью метода биоиндикации, широко применяемого в нашей стране и за рубежом. В качестве биоиндикатора использовали сосну, которая выращивается в питомниках.

**Целью работы** было устранение пестицидного загрязнения почвы при колонизации ее сапрофитами, которые обычно обильно заселяют лесную подстилку, и определение реакции сосны на пестицидную токсичность. В задачу входило исследование на деструкцию пестицидов внесенной в почву лесной подстилки и активности микробных сообществ.

ществ и их таксономического состава в лесной подстилке в зависимости от породного состава насаждений, значение влажности субстрата для деятельности микроорганизмов.

**Объекты и методы**

Исследования выполнялись на основе мелкоделяночных опытов в питомнике с подзолистой среднесуглинистой почвой, загрязненной пестицидами. Посев и обработка почвы осуществлялись по общепринятой технологии. Лесная подстилка вносилась в пахотный горизонт почвы (5-15 см). 2-летние сеянцы сосны выкапывались и сортировались согласно критериям выделения сеянцев сосны нормального и тератоморфного фенотипа [1]. В опытах определялись по принятым в биологии методам активность каталазы, влажность почвы. Показан способ определения таксономического разнообразия микроорганизмов подстилки методом полиморфизма длин рестрикционных фрагментов (ПДРФ).

**Результаты и обсуждения**

Опыт по исследованию влияния на деструкцию пестицидов внесения в почву лесной подстилки из насаждений разного состава древесных пород: березы (березовая), сосны (сосновая) и березы с сосной (смешанная) проводился в 2006-2007 и 2009-2010 гг. Действие на деструкцию пестицидов микроорганизмов при использовании разного вида подстилок приведено в таблице.

Результаты, полученные в опыте 2006-2007 гг., свидетельствуют о том, что перенос в почву, загрязненную пестицидами, подстилки с сапрофитами оказывает положительное влияние на сеянцы независимо от состава насаждения. Причем обращает на себя внимание более эффективное действие микроорганизмов, внесенных с подстилкой из соснового насаждения или с участием сосны, которая, как известно, более других богата грибами. Более высокий выход сеянцев нормального фенотипа коррелирует с активностью микробиологического потенциала, что проявляется в активности каталазы. Опыт, заложенный в 2009-2010 гг., положительных результатов не дал. Полагаем,

что причина заключается в недостаточной для жизнедеятельности микроорганизмов влажности. В период, когда происходит адаптация их к новым условиям и активизация жизнедеятельности, осадков было в два раза меньше, чем в 2006 г. Это сказалось на состоянии микробоценоза, объем которого, судя по активности каталазы, снижается в 2010 г.

Таким образом, для разложения пестицидов необходимы не только богатая сапрофитами органика, но и достаточная влажность среды. Оптимальная влажность для микробного ценоза 40-60%. Однако для успешной биоремедиации необходимо знать тот порог влажности, ниже которого необходимо вводить полив. Для ответа на этот вопрос был выполнен эксперимент колонизации почвы сапрофитами, внесенных на лесной подстилке из смешанного по составу древесных пород насаждения, с поливом и без него. Результаты эксперимента дают основание считать порогом влажности субстрата 28-30%, ниже которого затухает деятельность микроорганизмов. Необходимость поливов должна регламентироваться почвенными и погодными условиями.

Результаты проведенных экспериментов позволяют считать, что способ разложения пестицидов с помощью микроорганизмов вполне оправдал себя на среднесуглинистых почвах Среднего Урала. Полагаем, что проверка этого способа на тяжелых и легких почвах внесет свои коррективы в полученные нами параметры. Кроме того, надо считаться с географическим принципом распространения микроорганизмов, то есть важно для дальнейшего совершенствования и широкого распространения предложенного способа учитывать не только крупные таксономические группы, но также родовые принадлежности микроорганизмов. Последнее важно при отборе подстилок, так как ориентирует на отбор в тех насаждениях, которые богаты сапрофитами и позволит игнорировать условия с преобладанием олиготрофов. В этом плане хорошие результаты можно получить при использовании методов определения ДНК почвы (PCR-анализ).

Таблица

*Влияние подстилок из разных по составу лесных насаждений на количество 2-летних сеянцев нормального фенотипа и активность каталазы*

Подстилка	Опыт 2006-2007 гг.			Опыт 2009-2010 гг.		
	активность каталазы, мл O <sub>2</sub> на 1 г почвы за 1 мин.		сеянцы нормального фенотипа, %	активность каталазы, мл O <sub>2</sub> на 1 г почвы за 1 мин.		сеянцы нормального фенотипа, %
	19.06.06	14.06.07		26.06.09	06.07.10	
Березовая	1,0	1,5	50,7	2,2	1,9	17,0
Сосновая	1,1	1,8	64,3	2,1	1,9	12,7
Смешанная	1,0	1,6	56,4	2,3	1,5	17,2
Контроль	0,8	1,2	1,9	1,9	1,3	17,2

Исследования, проведенные в шести лесных насаждениях с различными экологическими условиями в горах Чанбай провинции Гири Китая, показали, что богатство разновидностей и индекс разнообразия Шеннона грибов и бактерий зависят от свойств леса, его породного состава и возраста, что также связано с особенностями почвенных условий [5, 6]. Было установлено, что грибное разнообразие сообщества имеет строгую корреляцию с условиями и сукцессионной динамикой леса. В стадиях онтогенеза леса такой строгой связи с бактериальным разнообразием не было. Кроме того, использование метода ПДРФ (полиморфизм длин рестрикционных фрагментов) позволило получить перечень представителей микрофлоры в их родовом значении: *Aeromicrobium*, *Aeromonas*, *Agromyces*, *Alcaligenes*, *Aneurinibacillus*, *Arsenophonus*, *Bacillus*, *Bacteroides*, *Brevibacillus*, *Brochothrix*, *Clavibacter*, *Clostridium*, *Craurococcus*, *Cytophaga*, *Deferribacter*, *Desulfobulbus*, *Eikenella*, *Erysipelothrix*, *Eubacterium*, *Fastidiosus*, *Flavobacterium*, *Flexibacter*, *Frankia*, *Geotogape-traea*, *Haloanaerobacter*, *Kitasatospora*, *Lactobacillus*, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Microscilla*, *Mycobacterium*, *Neisseria*, *Nitrospira*, *Oceanospirillum*, *Paenibacillus*, *Pediococcus*, *Persicobacter*, *Planctomyces*, *Planococcus*, *Polaribacter*, *Prevotella*, *Propionibacterium*, *Pseudoramibacter*, *Saccharothrix*, *Shewanella*, *Simonsiella*, *Sporohalobacter*, *Staphylococcus*, *Thermobacillus*, *Thermosiphon*, *Thermoactinomyces*, *Weissella*, *Zymophilus*.

#### Заключение

Такими образом, в результате исследований были научно обоснованы основные параметры биотехнологии очистки почв от пестицидной токсичности: состав лесной подстилки, преимущество подстилки из хвойного леса, порог влажности субстрата,

ниже которого затухает жизнедеятельность сапрофитов и возникает необходимость в поливах, регламентируемые типом почв и погодными условиями. Для широкого использования предложенного способа необходима оценка его на разных по механическому составу почвах с целью установления дозы внесения подстилки и учета таксономического состава микроорганизмов.

#### Библиографический список

1. Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К. Влияние пестицидов на морфологию и физиолого-биохимические показатели семян сосны обыкновенной // Лесоведение. – 2004. – № 2. – С. 55-60.
2. Иванова А.С. Последствия применения стойких хлорорганических пестицидов в садах Крыма // Агрехимия. – 2001. – № 3. – С. 42-50.
3. Цукерман В.Г., Чавар Э.Я. Прогноз разложения и накопления пестицидов в почве // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – С. 114-121.
4. Курбатов И.М., Двойнишникова Е.И. Катализная активность как показатель общей биологической активности почвы // Сб. докл. по ферментам почв. – Минск: Наука и техника, 1968. – С. 100-102.
5. Xin Sui, Fujuan Feng, Xin Lou, Junqiang Zheng, Shijie Han Relationship between microbial community and soil properties during natural succession of forest land // African Journal of Microbiology Research. – Vol. 6(42). – pp. 7028-7034. – 6 November, 2012. – P. 7028-7024.
6. Xin Sui, Fujuan Feng, Xin Lou, Junqiang Zheng, Shijie Han, Guanhua Dai Effects of birch forest at different developmental stages on soil microorganism community structure // Journal of Bionanoscience. – Vol. 7. – 78-83. – 2013. – P. 78-83.



УДК 633.88:581.4(571.53)

Е.Г. Худоногова,  
Н.А. Николаева,  
Н.Ю. Черниговская,  
В.Г. Тюменцева

## ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *ACHILLEA ASIATICA* SERG. В ПРЕДБАЙКАЛЬЕ

**Ключевые слова:** *Achillea asiatica*, высота особей, проективное покрытие, урожайность сырья, площадь, заросли.

#### Введение

*Achillea asiatica* Serg. (тысячелистник азиатский) – в Прибайкалье является восточно-