

Киреева Н.А., проф., д.б.н.,

Григориади А.С., к.б.н.,

Якупова А.Б., к.б.н.

ФГОУ ВПО Башкирский государственный университет

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА МИКРОМИЦЕТОВ СЕРОЙ ЛЕСНОЙ И ТОРФЯНО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И РЕМЕДИАЦИИ МИКРОБНЫМ ПРЕПАРАТОМ

Для прогнозирования экологического состояния нарушенных ландшафтов необходима системная информация о всех компонентах почвенной биоты, в частности, о специфике микологического сообщества. Нефтяное загрязнение является одной из основных проблем, связанных с промышленной деятельностью человека. Распространение данного вида поллютанта повсеместно. К настоящему времени уже разработаны различные методы утилизации и детоксикации нефтяных углеводородов, которые постоянно совершенствуются. Однако при оценке эффективности биоремедиационных мероприятий зачастую учитывается только основной показатель – содержание загрязнителя в почве. Однако о восстановлении среды сложно судить по столь ограниченным данным. Исследование микробиологической активности можно отнести к наиболее информативным показателем. Интерес к изучению микромицетов обусловлен их возможным влиянием на другие компоненты почвенного сообщества [1, с. 15; 2 с.10]. Изменения в микологическом сообществе могут привести к усилению фитотоксических свойств почвы, а также оказать негативное влияние на состояние здоровья человека и животных с ослабленным иммунитетом (оппортунистические свойства).

Целью данной работы явилось изучение изменения и сравнения микологического сообщества разных типов почв под влиянием нефтяного загрязнения и биоремедиации. В качестве объекта исследования были выбраны два типа почв – серая лесная (характерный для республики Башкортостан) и торфяно-глеевая почва (преобладает в республике Коми). Для ремедиации использовался микробный препарат Универсал на основе нефтеокисляющих бактерий *Rhodococcus equi* [3], который впервые был использован в условиях умеренных широт. Концентрация загрязнителя в опыте составляла 1,4 и 8% масс (модельный опыт), а также 6,4 и 10% (полевой опыт). Сходство сообществ грибов оценивалось с помощью коэффициента Жаккара [4, с 167].

Комплексы микромицетов фоновых (незагрязненных) почв разных типов не проявляли или проявляли минимальное сходство между собой. В фоновой серой лесной почве доминирующим видом был *Penicillium glabrum*, который явился довольно устойчивым и к действию нефти. В фоновой торфяно-глеевой почве доминирующими явились *Chrysosporium pannorum*, *Penicillium decumbens* и светлоокрашенная форма мицелия. Однако, при длительном загрязнении комплекс микромицетов торфяно-глеевой почвы сближался по составу с комплексом микромицетов исследованной

серой лесной почвы. При этом видами, общими как для серой лесной, так и для торфяно-глеевой почв были *Aspergillus fumigatus*, *A. niger*, *Penicillium canescens*, *P. funiculosum* и *Mucor hiemalis*, которые по нашим данным являются устойчивыми к неблагоприятным условиям и загрязнению нефтью.

Из образцов серой лесной почвы было выделено 49 видов, 19 из которых отнесены к типичным. В фоновых почвах преобладали *Penicillium glabrum*, *P. restrictum*. Чувствительными по отношению к нефтяному загрязнению в серой лесной почве были *Macrosporium bifurcum*, *Penicillium brevicomtractum*, устойчивыми - виды *Aspergillus candidus*, *A. flavus* var. *oryzae*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Penicillium canescens*, *P. glabrum*, *P. purpurogenum*, *P. restrictum*, *P. variabile*, *P. varians*, *Trichoderma viride*. Большинство видов микромицетов, обнаруженных в загрязненной серой лесной почве проявляли фитотоксические свойства или отнесены к группе оппортунистов.

Из почв республики Коми было выделено 73 вида грибов из классов *Zygomycetes*, *Ascomycetes*, *Hyphomycetes*, в том числе 39 типичных видов. Видами, характерными только для незагрязненных фоновых почв являлись *Chaetomium* sp., *Cladosporium herbarum*, *Macrosporium commune*, *Penicillium daleae*, *P. decumbens*, *P. tomii*. В этих почвах не встречался темноокрашенный стерильный мицелий и представители родов *Fusarium*, *Aspergillus*.

Внесение биопрепарата *Универсал* оказывало стимулирующее действие на некоторые виды микромицетов как в серой лесной, так и в торфяно-глеевой почвах. Во всех вариантах опыта с применением обработки происходило усиленное развитие *A. oryzae*, *A. ustus*, а так же нескольких видов рода *Fusarium*.

В рекультивируемой серой лесной, в отличие от торфяно-глеевой, почве с 1% концентрацией нефти появились новые виды *A. oryzae*, *P. atrovirens*, хотя их доля была относительно мала по сравнению с другими видами. При 4%-ном загрязнении выпадал вид *P. velutinum*, появились *A. niger* и *Talaromyces flavus*. Для сильнозагрязненной почвы (8%) характерно доминирование р. *Fusarium*. Через 3 сут после загрязнения в данных образцах почвы были идентифицированы *F. javanicum*, *F. martii*, *F. merismoides*, *F. oxysporum*. Аналогично серой лесной почве в торфяно-глеевой при высоких дозах поллютанта типичными частыми явились представители рода *Fusarium*: *F. javanicum*, *F. oxysporum*.

Было отмечено не только появление и выпадение микромицетов из микологического сообщества обоих типов почв, но и перераспределение постоянно присутствующих видов. Например, доминирующий в загрязненной как серой лесной, так и торфяно-глеевой почве *A. niger* стал типично редким видом в почвах с применением *Универсала*, *Mucor* sp. со временем в серой лесной почве (через 90 сут после начала лабораторного эксперимента) стал случайным. При использовании *Универсала* в торфяно-глеевой почве хорошо развивался *P. velutinum* по сравнению с нефтезагрязненной почвой.

При отслеживании временной динамики изменений в комплексе микромицетов, выявлено, что во всех анализируемых типах почв с *Универсалом* через 30 сут после загрязнения нефтью в лабораторных условиях максимальное развитие получил вид *A. ustus*. К концу инкубационного периода значительно снижалась доля фитопатогенных видов р. *Fusarium*. Сравнение видового состава микромицетов рекультивируемых *Универсалом* вариантов почвы с фоновой показало, что при

невысоких концентрациях загрязнителя (1 и 4% нефти) рекультивированные варианты проявляли большее сходство с комплексами фоновой почвы, чем их загрязненные аналоги, а более высокие дозы поллютанта не давали никакого сходства. Также наибольшее сходство наблюдалось в вариантах опытов с применением биопрепарата с разными концентрациями загрязнения (табл.1).

Таблица 1

Коэффициенты сходства Сьеренсена микобиоты серой лесной почвы при воздействии нефтью и биопрепарата *Универсал*

Варианты опыта	Контроль	Контроль + У	1% нефти	1% нефти + У	4% нефти	4% нефти + У	8% нефти	8% нефти + У
Контроль	-	-	-	-	-	-	-	-
Контроль+У	0,45	-	-	-	-	-	-	-
1% нефти	0,21	0,40	-	-	-	-	-	-
1% нефти+ У	0,85	0,60	0,46	-	-	-	-	-
4% нефти	0,54	0,61	0,71	0,60	-	-	-	-
4% нефти+ У	0	0,53	0,28	0,57	0,18	-	-	-
8% нефти	0,36	0,66	0,66	0,36	0,71	0,18	-	-
8% нефти+ У	0	0,31	0,66	0,75	0,54	0,88	0,54	-

В полевых условиях из нефтезагрязненной и рекультивируемой *Универсалом* серой лесной почвы было выделено 22 вида микромицетов и стерильная форма мицелия. Идентифицированные виды относились к родам *Alternaria*, *Aspergillus*, *Geosmithia*, *Raecilomyces*, *Penicillium*, *Trichoderma*. В чистой (фоновой) почве были обнаружено 11 видов.

При использовании *Универсала* увеличивалось видовое богатство микромицетов в рекультивируемой почве за счет новых видов: так, в рекультивируемых почвах с концентрацией нефти 6,4% выделялся вид *Aspergillus fumigatus*, в варианте с загрязнением 10% – *Raecilomyces lilacinus*.

Следует отметить, что половину видов представляли собой малочисленные изоляты, выделявшиеся однократно. *Aspergillus niger*, *Penicillium decumbens* и *P. lanosum*, встречались практически во всех образцах серой лесной почвы. *Aspergillus niger* – входивший в группу редких видов в незагрязненной почве, становился частым при концентрации поллютанта 6,4%. Типично частый *Penicillium lanosum* в загрязненной почве снизил свою численность и стал типичным редким. Внесение *Универсала* в незагрязненную почву приводило к изменению встречаемости типичных представителей – *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium griseoroseum*, *P. novae-caledoniae*.

Aspergillus fumigatus, *A. niger*, а также *Micelia sterilia*, обнаруживались во всех вариантах опыта с Универсалом. Применение *Универсала* способствовало некоторому снижению плотности *Aspergillus niger* в рекультивируемой почве и увеличению частоты встречаемости *Micelia sterilia*, *Penicillium citrinum*. *Alternaria tenuissima* и *Trichoderma viride* встречались исключительно в сильнозагрязненной почве вне зависимости от применения биопрепарата. Эти виды грибов синтезируют ряд токсинов, опасных как для растений, так для человека и животных. Виды *Aspergillus fumigatus* и *Penicillium citrinum* преобладали в образцах рекультивируемых вариантов, что, очевидно, может свидетельствовать об их относительной устойчивости к нефтяным углеводородам.

Сравнение видового состава микромицетов рекультивируемых с применением *Универсала* (в полевых условиях) показало наибольшее сходство в вариантах опытов с высоким содержанием поллютанта (6,4 и 10% нефти). Рекультивированные варианты проявляли большее сходство с комплексами фоновой почвы, чем их загрязненные аналоги (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты сходства Сьеренсена микобиоты серой лесной почвы при воздействии нефти и биопрепарата *Универсал* в полевых условиях

Варианты опыта	Контроль	Контроль +У	6,4% нефти	6,4% нефти + У	10% нефти	10% нефти+У
Контроль	-	-	-	-	-	-
Контроль+У	0,35	-	-	-	-	-
6,4% нефти	0,33	0,46	-	-	-	-
6,4% нефти+ У	0,34	0,43	0,53	-	-	-
10% нефти	0,09	0,25	0,24	0,33	-	-
10% нефти+ У	0,09	0,22	0,22	0,74	0,48	-

Таким образом, было показано, что нефтяное загрязнение обоих типов почв оказывало существенное влияние на структуру микробного комплекса и приводило к изменению видового состава микромицетов. С увеличением концентрации нефти в почвах видовое разнообразие микромицетов снижалось пропорционально увеличению концентрации нефти, что свидетельствует об упрощении видовой структуры комплекса микромицетов. Однако, при загрязнении торфяно-глеевой почвы высокими концентрациями поллютанта (8%) , наблюдалось увеличение величины этого показателя за счет возрастания частоты встречаемости фитотоксичных видов, устойчивых к данному типу загрязнения или способных использовать в качестве энергетического субстрата углеводороды нефти.

При сравнении видового состава микромицетов рекультивируемых и незагрязненных почв было отмечено, что при невысоких концентрациях загрязнителя обработанные образцы проявляли большее сходство с комплексами фоновой почвы, чем их загрязненные аналоги. При высоких концентрациях поллютанта

сходства не обнаруживалось. Это может служить свидетельством того, что почва не восстановилась после действия нефтяного стресса и требуется проведение дополнительных мероприятий для повышения ее биологической активности.

Литература:

1. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. М.: Медицина для всех. 2005. 196 с.
2. Киреева НА, Кузяхметов Г.Г., Мифтахова А.М., Водопьянов В.В. Фитотоксичность антропогенно загрязненных почв. Уфа: Гилем. 2003. 347 с.
3. Маркарова, М.Ю. Опыт применения биопрепарата "Универсал" для рекультивации нефтезагрязненных земель /М.Ю. Маркарова // Вест. Института Биологии Коми НЦТурО РАН.– 2004. – №84.
4. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учеб. пособие / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.