



УДК 678.743:579.26

Определение степени токсичности отходов производства фторполимеров по реакции почвенной микрофлоры и цианобактерии *Nostoc paludosum* Kütz

ЕЛЬКИНА
Татьяна Сергеевна

Вятская государственная сельскохозяйственная академия, tatyana_1@inbox.ru

ДОМРАЧЕВА
Людмила Ивановна

Вятская государственная сельскохозяйственная академия, dli-alga@mail.ru

ХИТРИН
Сергей Владимирович

Вятский государственный университет, tzb_khitrin@vyatsu.ru

ФУКС
Софья Львовна

Вятский государственный университет, tzb_fuks@vyatsu.ru

ДЕВЯТЕРИКОВА
Светлана

Вятский государственный университет, tzb_kaf@vyatsu.ru

Владимировна
Ключевые слова:

фторполимеры
СКФ-26
почвенная микрофлора
почвенные водоросли
цианобактерии
микробиоты

Аннотация:

В окружающую среду постоянно поступают и циркулируют в ней вещества, искусственно синтезированные человеком и, следовательно, не свойственные природе. Одним из наиболее массовых отходов производства фторкаучука СКФ-26 являются маточные растворы, попадающие в окружающую среду вместе со сточными водами химических предприятий. До настоящего времени для этих соединений предельно допустимые концентрации не установлены, т. к. их считают практически безопасными. Определение степени токсичности отходов производства фторполимеров, проведенное по реакции почвенных водорослей, цианобактерий и микробиот, показало, что отходы производства фторкаучука СКФ-26 не являются безопасными или нейтральными для данных групп микроорганизмов. Особенно ярко токсичность высоких концентраций маточного раствора СКФ-26 проявляется в водной среде по губительному воздействию на тест-организм *Nostoc paludosum*. Полевые опыты подтвердили токсичность не только самих маточных растворов, но и возможных продуктов их превращений, что четко иллюстрирует изменение структуры микробиот, в которых происходит прогрессирующее нарастание популяций с меланизированным мицелием.

© 2014 Петрозаводский государственный университет

Введение

В окружающую среду постоянно поступают и циркулируют в ней вещества, искусственно синтезированные человеком и, следовательно, не свойственные природе. В загрязненных экосистемах происходит поглощение этих веществ и продуктов их деструкции различными организмами. Особенно опасно включение ксенобиотиков в круговорот веществ в агроценозах, т. к. это может приводить к накоплению вредных соединений в товарных частях сельскохозяйственных культур. В литературе многократно обсуждались негативные последствия для организма человека и животных загрязнения продуктов питания и кормов пестицидами, продуктами разложения химического оружия, деструкции полимеров и другими веществами, связанными с антропогенными факторами (Донченко, Надыкта, 2001; Ключев, 2000).

Как правило, для веществ, вредный эффект воздействия которых на человека доказан, вводят предельно допустимые концентрации (ПДК). Кроме того, создана система оценки степени токсичности поллютантов, включающая биотестирование и биоиндикацию с использованием организмов различной систематической принадлежности (Биологический мониторинг..., 2011).

Однако существует достаточно большой круг соединений, не проходящих через биомониторинговые испытания. Априори подобные соединения признаются безвредными. В частности, до последнего времени к таким безопасным соединениям относились отходы производства фторполимеров.

В жизнь современного человека широко вошли изделия, произведенные из фторполимеров. Они используются в машиностроении, электронике и радиотехнике, для хранения и транспортировки химически активных веществ. Так, например, фторкаучук СКФ-26 используют для изготовления резинотехнических, кабельных и других изделий (ГОСТ 18376-79). Одним из наиболее массовых отходов производства данных фторполимеров являются маточные растворы (МР), попадающие в окружающую среду вместе со сточными водами химических предприятий. В них содержится от 0,02 до 0,05 % целевого продукта и более низкомолекулярных веществ, включая иницирующие и другие группы и побочные продукты. До настоящего времени для этих соединений ПДК не установлены, т. к. их считают практически безопасными. В настоящее время отсутствуют работы по влиянию отходов производства СКФ-26 на биоту, которые можно было бы рассматривать как биоиндикационные испытания.

Цель данной работы – определение степени токсичности маточных растворов СКФ-26 в различных концентрациях по отношению к тест-организму цианобактерии *Nostoc paludosum* Kütz. и почвенной микрофлоре.

Материалы

Испытанию на токсичность подвергали один из отходов производства фторкаучука СКФ-26 МР СКФ-26 (МР и продукты его разведения 1:1, 1:50 и 1:100), попадающий в водоисточники, находящиеся в зоне водозабора г. Кирова.

На первом этапе работы объектом исследования была альгологически чистая культура ЦБ *N. Paludosum* штамм 18 из коллекции фототрофных микроорганизмов кафедры биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии Вятской ГСХА, которую использовали как тест-культуру в рамках определения степени влияния снижающихся концентраций МР СКФ-26 на жизнеспособность клеток.

На втором этапе работы для изучения биоиндикационных возможностей альго-циано-микологических комплексов при действии снижающихся концентраций СКФ-26 в модельных лабораторных опытах использовали образцы полевой дерново-подзолистой почвы.

Третий этап нашей работы был связан с изучением влияния снижающихся концентраций СКФ-26 на состояние почвенной микрофлоры в полевом опыте.

Полевой опыт был заложен в конце мая 2012 г. в Даровском районе Кировской области. Почва – дерново-подзолистая супесчаная, pH_{KCl} не превышает 4.4. Содержание гумуса не выше 2 %. Предварительно участок был вскопан на глубину 25 см и выровнен. В подготовленную почву внесли снижающиеся концентрации СКФ-26 (МР и его разведения 1:1, 1:50, 1:100). В контроле для полива использовали артезианскую воду.

Методы

При тестировании токсичности различных концентраций МР СКФ-26 определяли

жизнеспособность клеток ЦБ тетразольно-топографическим методом. Суть метода состоит в дифференциации живых и погибших клеток по наличию в живых клетках кристаллов формазана красного цвета, который образуется из бесцветного 2,3,5-трифенилтетразолий хлорида (ТТХ) в результате дегидрогеназной активности живых клеток (рис. 1). Соотношение живых и мертвых клеток определяется при микроскопировании мазков, приготовленных из культуры ЦБ, которую сначала выдерживали в тестируемом веществе, а затем помещали в раствор ТТХ (Домрачева и др., 2011).

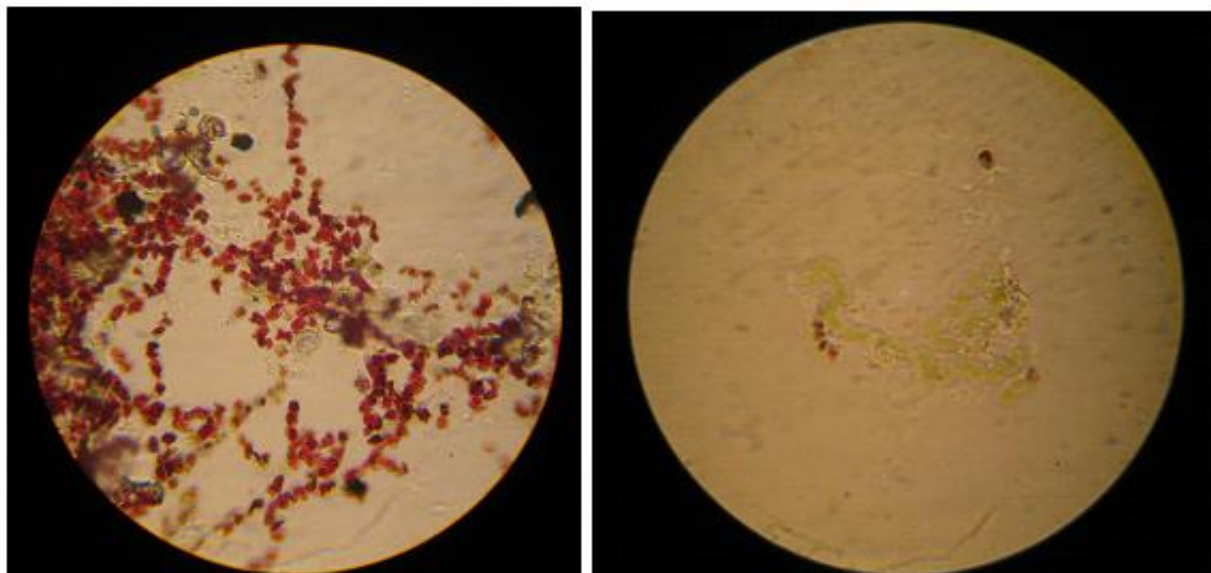


Рис. 1. Живые (с кристаллами формазана) и мертвые клетки цианобактерий

Fig. 1. Living (with formazan crystals) and dead cells of cyanobacteria

При проведении модельных лабораторных опытов почву высушивали, растирали в ступке до однородного состояния, готовили навески по 50 г, которые помещали в стерильные чашки Петри и увлажняли до 60 % от полной влагоемкости испытуемыми концентрациями МР СКФ-26. В контрольном варианте использовали артезианскую воду. После увлажнения почвы на гладко выровненную поверхность раскладывали покровные стекла, на которых впоследствии проводили микроскопический количественный учет клеток водорослей и цианобактерий. Время экспозиции – 3 месяца.

Состояние альго-циано-микологических комплексов в полевых опытах оценивали через сутки после внесения снижающих концентраций СКФ-26, через 7, 30 и 90 суток с момента закладки опыта. Для этого отбирались почвенные образцы с глубины 0–5 см. После приготовления средней пробы готовили мазки, на которых методом прямого микроскопического учета подсчитывали численность клеток водорослей, цианобактерий (Домрачева, 2005) и длину мицелия (Полянская, 1996) с раздельным учетом пигментированных и бесцветных фрагментов мицелия.

Результаты

При воздействии снижающих концентраций СКФ-26 на клетки *N. paludosum* было установлено, что все они в той или иной степени являются токсичными. МР СКФ-26 и его концентрация 1:1 вызвали 100 %-ную гибель клеток ЦБ (рис. 2). В то же время СКФ-26 в разведении 1:100 приводил к незначительному снижению численности живых клеток, т. е. в подобной концентрации в водной среде соединение можно признать мало токсичным для используемого тест-организма.

Действие любых соединений на организмы в такой гетерогенной системе, как почва, значительно отличается от воздействия на организмы в водной среде. При изучении реакции микрофлоры на внесение в почву МР СКФ-26 в модельных опытах было установлено, что во всех вариантах развиваются зеленые и диатомовые водоросли (табл. 1). При этом все концентрации МР СКФ-26 стимулируют размножение зеленых водорослей более чем в 3 раза. Наиболее ярко выраженный эффект отмечается при максимальном разведении СКФ-26 (1:100). Для диатомовых водорослей пик размножения выявлен в варианте с разведением 1:50 (почти в 3 раза по сравнению с контролем). Кроме водорослей, в почвах постоянно присутствуют прокариотные фототрофные организмы – цианобактерии, развитие которых в

ходе аутогенной сукцессии, как правило, идет в последовательности: безгетероцистные формы → гетероцистные формы, размножением которых характеризуется климаксная стадия в сезонном ходе альго-цианобактериальной сукцессии. Безгетероцистные цианобактерии развиваются во всех вариантах. Как и в случае водорослей, все концентрации МР СКФ-26 приводят к ускоренному размножению этой группы организмов. Максимум развития безгетероцистные цианобактерии достигли при разведении 1:100.

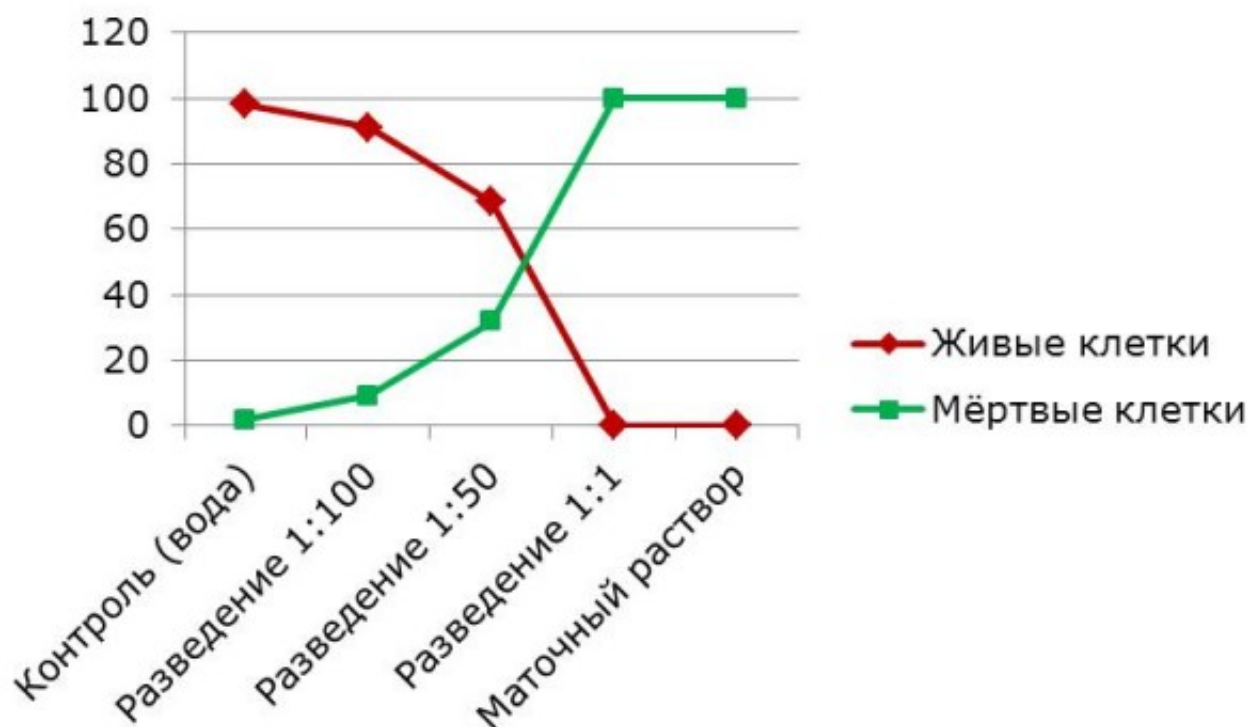


Рис. 2. Влияние МР СКФ-26 на жизнеспособность клеток цианобактерии *Nostoc paludosum* (%)

Fig. 2. Effect of MR SKF-26 on the cell viability of cyanobacteria *Nostoc paludosum* (%)

Известно, что внесение некоторых соединений в почву ускоряет ход аутогенных сукцессий микроорганизмов, что, например, сопровождается более ранним появлением в фототрофных комплексах азотфиксирующих ЦБ (Помелов и др., 2012). Подобное явление наблюдается и при действии МР СКФ-26 на цианобактериальный комплекс. Так, разведение 1:50 провоцирует размножение азотфиксирующих цианобактерий. Именно эта группа организмов стала причиной появления пика численности альго-цианофлоры в варианте с разведением МР СКФ-26 1:50 (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1. Влияние различных концентраций МР СКФ-26 на количественные показатели почвенной альгофлоры

Концентрация СКФ-26	Водоросли (клеток/см ²)		Цианобактерии (клеток/см ²)	
	Зеленые	Диатомовые	Безгетероцистные	Гетероцистные
Контроль (вода)	14245 ± 975	37.5 ± 1.25	400 ± 10	-
Разведение 1:100	54600 ± 3075	37.5 ± 1.25	1050 ± 35	-
Разведение 1:50	46200 ± 2675	100 ± 0	875 ± 35	33200 ± 110
Разведение 1:1	44375 ± 10500	46 ± 1.75	737 ± 50	-
Маточный раствор	41925 ± 5250	50 ± 0	575 ± 17,5	-

Примечание. «-» – цианобактерии не обнаружены.

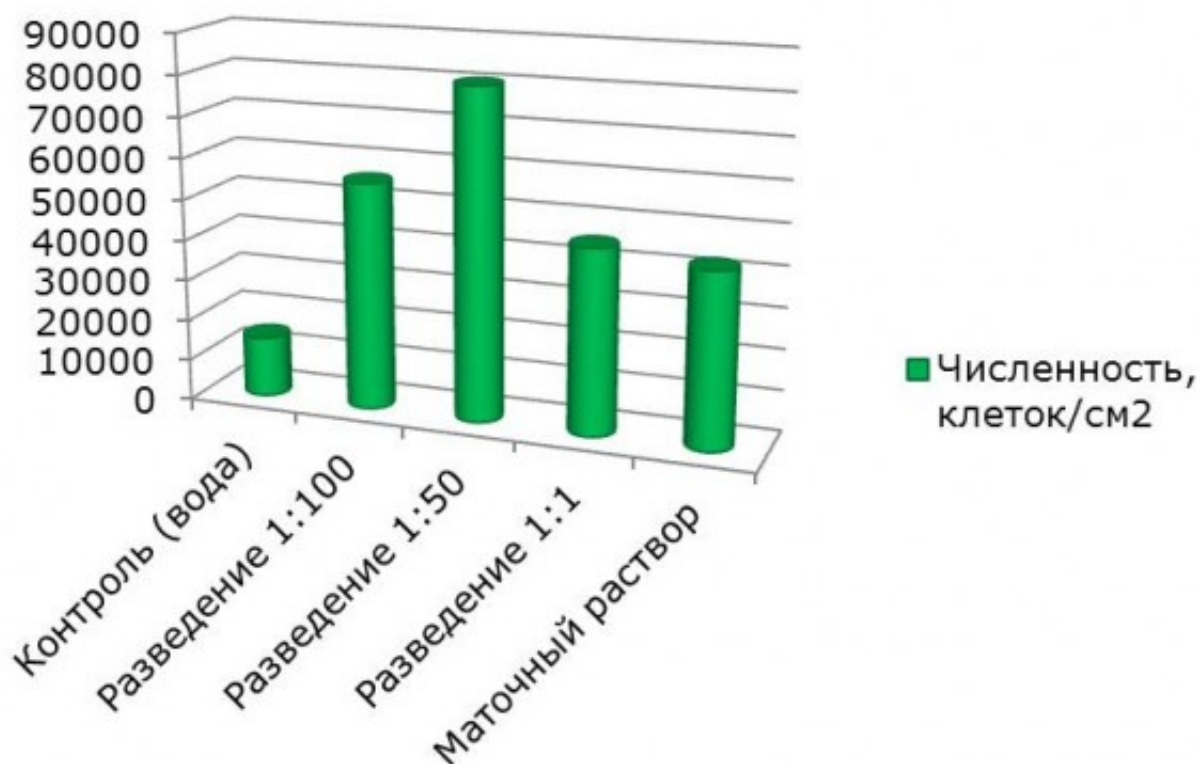


Рис. 3. Влияние МР СКФ-26 на численность почвенной альгофлоры, клеток/см²

Fig. 3. Effect of MR SKF-26 on the number of soil algal flora, cells/cm²

Следовательно, МР СКФ-26 выступает как стимулятор размножения почвенной альгофлоры и инициатор ускоренного протекания альго-цианобактериальной сукцессии. МР СКФ-26 в разведении 1:50 создает оптимальные условия для развития почвенных водорослей и цианобактерий и ускоряет ход аутогенной сукцессии в модельных опытах.

При изучении влияния снижающихся концентраций МР СКФ-26 на динамику численности почвенных водорослей в полевом опыте установлено, что это соединение по-разному действует на развитие микроразототрофов (рис. 4). Через сутки после внесения МР СКФ-26 во всех вариантах, кроме варианта с разведением МР СКФ-26 1:100, отмечено снижение численности водорослевых клеток. В варианте с разведением МР СКФ-26 1:1 и в варианте с внесением МР данный показатель снижается в 2 раза по сравнению с контролем. Через сутки в варианте с разведением СКФ-26 1:100 численность альгофлоры осталась на уровне контроля (250 тыс. кл./г почвы). Через 7 суток численность водорослей во всех вариантах практически не изменилась. Через 30 суток наблюдался рост численности фототрофных популяций во всех вариантах, особенно выраженный при внесении в почву МР СКФ-26 в разведении 1:100 (в 2 раза по сравнению с первым сроком наблюдения).

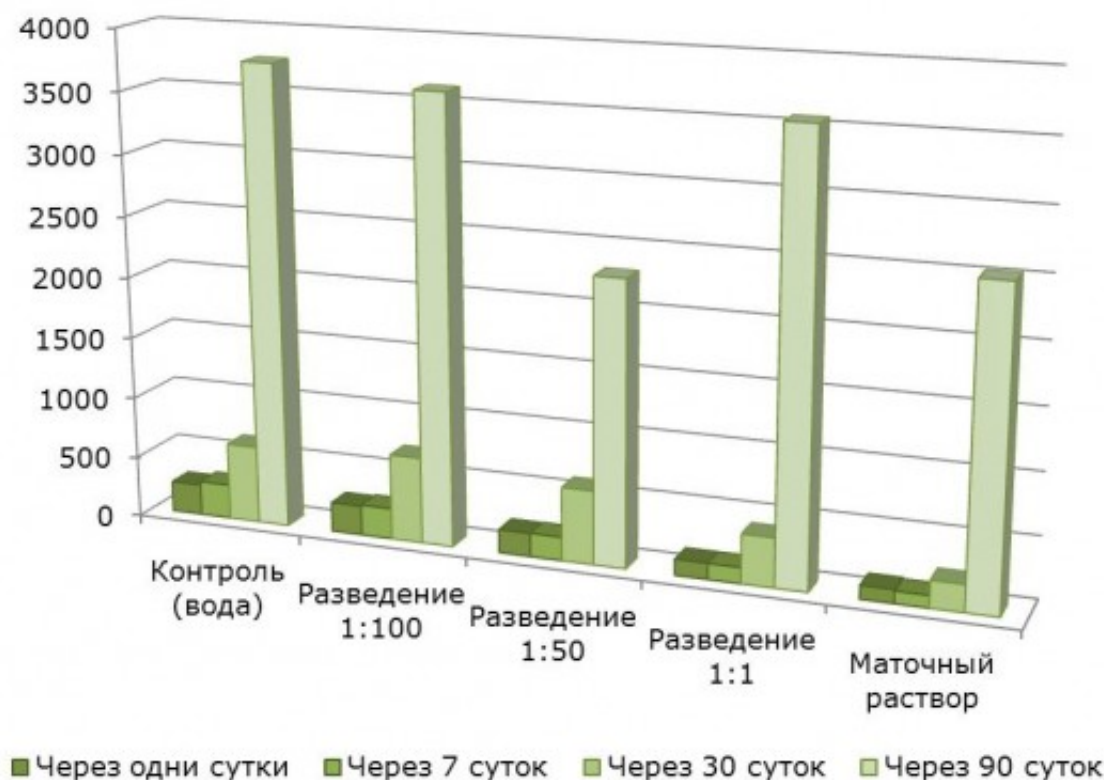


Рис. 4. Влияние МР СКФ-26 на динамику численности фототрофных организмов, тыс. клеток/г почвы

Fig. 4. Effect of MR SKF-26 on the dynamics of phototrophic organisms population, thousand cells/g soil

Эта же тенденция неуклонного роста численности клеток почвенных альгоценозов сохраняется и через 90 суток с момента закладки опыта. Увеличение численности фототрофных популяций в ходе сезонной сукцессии в почве обусловлено тем, что через 30 и 90 суток к группировкам эукариотных водорослей последовательно присоединяются группировки прокариотов – безгетероцистные и гетероцистные цианобактерии. Однако ни в одном варианте с применением МР СКФ-26 не был достигнут уровень развития водорослей, характерный для контроля.

Изучение группового состава почвенных фототрофов показало, что на завершающих этапах сезонной сукцессии (через 90 суток) решающую роль играют прокариотные фототрофы (цианобактерии), которые вносят основной вклад в количественные параметры альго-цианобактериальных комплексов (табл. 2). При этом безгетероцистные формы интенсивно развиваются во всех вариантах, а гетероцистные формы (азотфиксаторы) обнаружены только в контроле и в варианте с разведением 1:100. Следовательно, достаточно высокие концентрации МР СКФ-26 1:50, 1:1 и сам МР, не оказывая существенного влияния на общую численность популяций в альгоценозе, выбивают из структуры популяций важнейшую для почвенного плодородия группу – азотфиксирующие цианобактерии.

Таблица 2. Влияние различных концентраций МР СКФ-26 на численность фототрофов через 90 суток с момента закладки опыта (тыс. клеток/г почвы)

Вариант	Водоросли	Цианобактерии			Фототрофов (всего)
		БГЦ	ГЦ	Всего	
Контроль	830 ± 25	2200 ± 36	730 ± 100	2930 ± 136	3760 ± 161
Разведение 1:100	1060 ± 200	1930 ± 50	630 ± 150	2560 ± 200	3620 ± 400
Разведение 1:50	830 ± 33	1470 ± 60	-	1470 ± 60	2300 ± 93
Разведение 1:1	1230 ± 185	2330 ± 50	-	2330 ± 50	3560 ± 235
Маточный раствор	560 ± 20	1967 ± 150	-	1967 ± 150	2520 ± 170

Примечание. БГЦ – безгетероцистные цианобактерии; ГЦ – гетероцистные цианобактерии; «-» – цианобактерии не обнаружены.

При изучении влияния различных доз МР СКФ-26 на динамику роста длины мицелия почвенных микромицетов установлено, что их введение по-разному действует на развитие микофлоры в почве (рис. 5).

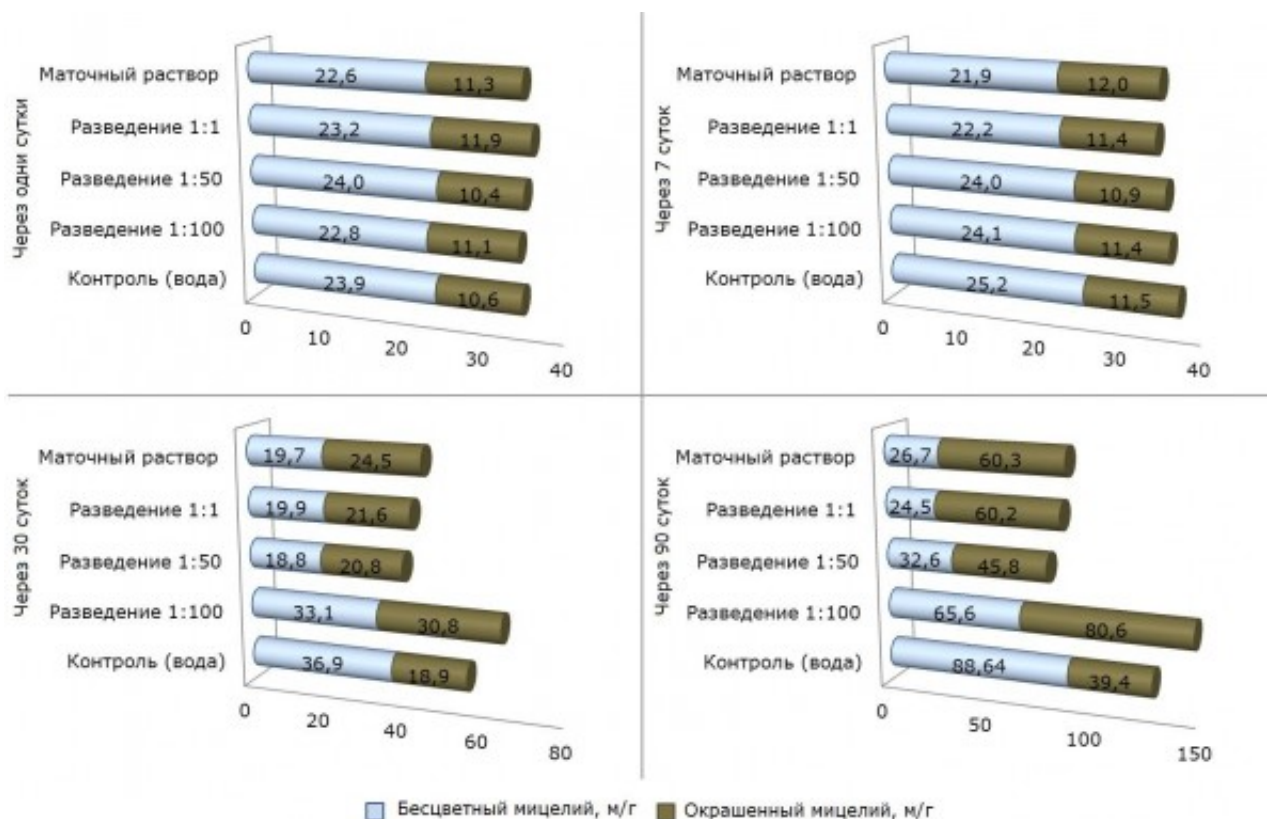


Рис. 5. Влияние МР СКФ-26 на динамику роста длины мицелия почвенных микромицетов, м/г
Fig. 5. Effect of MR SKF-26 on the dynamics of the growth of mycelium length of soil micromycetes, m/g

Через одни и 7 суток после внесения МР СКФ-26 ни в одном из вариантов не было отмечено существенного изменения длины мицелия грибов. Через 30 суток наблюдался рост мицелия в длину во всех вариантах, особенно выраженный при внесении в почву МР СКФ-26 в разведении 1:100 (почти в 2 раза по сравнению с первым сроком наблюдения).

Эта же тенденция неуклонного роста длины мицелия почвенных грибов сохраняется и через 90 суток с момента закладки опыта. Только начиная с разведения 1:50 происходит не такой усиленный рост мицелия в длину. Рост длины мицелия к концу вегетационного периода, как правило, связан с увеличением запасов в почве доступного органического вещества в виде корневого и листового опада. Даже к моменту снятия опыта этот показатель не достигает уровня контроля. МР СКФ-26 в разведении 1:100 можно признать стимулятором роста длины грибного мицелия.

Изучение структуры популяций микромицетов по соотношению особей с бесцветным и меланизированным мицелием показывает, что в первый срок наблюдения во всех вариантах преобладающей группировкой являются микромицеты с бесцветным мицелием (табл. 3).

Только к 30-м суткам опыта начиная с разведения МР СКФ-26 1:50 доля грибов с окрашенным мицелием увеличивается в среднем до 53 %.

Через 90 суток наблюдается бесспорное доминирование окрашенных форм микромицетов по мере возрастания концентраций МР СКФ-26, что достоверно указывает на возрастание экологической напряженности в почве, т. к. одним из биоиндикационных признаков оценки состояния почвы является соотношение в структуре популяций грибов бесцветных и окрашенных форм. Подобные же реакции почвенных грибов отмечены на действие таких поллютантов, как тяжелые металлы, пестициды, нефть и нефтепродукты, радионуклиды и др. (Терехова, 2005). Следовательно, меланизация микоценозов под влиянием МР СКФ-26 явно указывает на начинающийся токсикоз почвы.

Таблица 3. Структура популяций микромицетов в почве с внесением МР СКФ-26 (%)

Концентрация СКФ-26	Через одни сутки		Через 7 суток		Через 30 суток		Через 90 суток	
	Б	О	Б	О	Б	О	Б	О
Контроль (вода)	69.3	30.7	68.7	31.3	66.1	33.9	69.2	30.8
Разведение 1:100	67.3	32.7	67.9	32.1	51.8	48.2	44.9	55.1
Разведение 1:50	69.8	30.2	68.8	31.2	47.5	52.5	41.6	58.4
Разведение 1:1	66.1	33.9	66.1	33.9	48.0	52.0	28.9	71.1
Маточный раствор	66.7	33.3	64.6	35.4	44.6	55.4	30.7	69.3

Примечание. Б – бесцветный мицелий, О – окрашенный мицелий.

Обсуждение

Серия проведенных лабораторных и полевых опытов по изучению влияния МР СКФ-26 на водоросли, ЦБ и грибы показала, что МР активно влияет на развитие этих групп микроорганизмов. Особенно четко угнетающее действие МР СКФ-26 проявляется в водной среде. Так, при использовании в качестве тест-организма ЦБ *N. paludosum* был установлен репрессивный эффект вплоть до полной гибели клеток при экспозиции ЦБ в МР СКФ-26 и при разведении 1:1. 30 %-ная гибель клеток наблюдалась и при разведении 1:50. Следовательно, сброс в водоемы МР СКФ-26 или его малых разведений потенциально опасен для обитателей водоема.

Модельные опыты с малым количеством почвы в непроточной системе (чашки Петри) в ходе 30-суточного опыта, напротив, показали, что МР СКФ-26 во всех концентрациях не только стимулирует размножение почвенных микрорастений, но ускоряет протекание альго-цианобактериальной сукцессии. В первую очередь, это проявляется в развитии группировки гетероцистных ЦБ, которые, как правило, завершают естественный цикл сезонных сукцессий и являются климаксовой стадией в развитии почвенных альгоценозов. Размножение азотфиксирующих цианобактерий провоцирует МР СКФ-26 в разведении 1:50.

В полевых опытах на развитие почвенной микрофлоры всегда действует множество факторов одновременно, и испытуемый агент также подвергается деструктивным процессам со стороны почвенной микробиоты. Изучение динамики численности фототрофных микроорганизмов показало, что этот процесс во всех вариантах носит сходный характер: практически не меняется численность фототрофных популяций через 1 и 7 суток после внесения в почву МР СКФ-26, незначительно возрастает численность клеток этих организмов через 30 суток и наблюдается стремительный скачок этого показателя через 90 суток. Поскольку вектор развития альгоценозов одинаков во всех вариантах, то это можно объяснить комплексом климатических и агрохимических свойств почвы. Однако размножение азотфиксирующих ЦБ зафиксировано только в контроле и при разведении МР СКФ-26 1:100. Следовательно, в отличие от замкнутой системы, высокие концентрации МР СКФ-26 замедляют протекание сезонных альгосукцессий.

Изучение состояния грибных популяций показывает, что внесение МР СКФ-26 в почву в начальный период (1–7 суток) не сказывается на соотношении форм микромицетов с бесцветным и окрашенным мицелием. Однако с течением времени увеличивается степень токсического влияния различных концентраций МР, что приводит к резкому возрастанию в структуре микоценозов грибов с окрашенным мицелием (63.9 % при внесении в почву маточного раствора через 90 суток после внесения против 30.8 % в контроле). Данный факт может указывать на то, что продукты превращения МР СКФ-26 в почве после 3-месячной экспозиции могут быть гораздо токсичнее самого соединения.

Заключение

Проведенные исследования показывают, что отходы производства фторкаучука СКФ-26 не являются безопасными или нейтральными для таких групп почвенных микроорганизмов, как водоросли, ЦБ и микромицеты. Особенно ярко по губительному воздействию на тест-организм *N. paludosum* токсичность высоких концентраций МР СКФ-26 проявляется в водной среде.

Полевые опыты подтвердили токсичность не только самих МР, но и возможных продуктов их превращений, что четко иллюстрирует изменение структуры микоценозов, в которых происходит

Елькина Т. С. , Домрачева Л. И. , Хитрин С. В. , Фукс С. Л. , Девятерикова С. В. Определение степени токсичности отходов производства фторполимеров по реакции почвенной микрофлоры и цианобактерии *Nostoc paludosum* Kütz // Принципы экологии. 2014. № 1. С. 43–52. DOI: 10.15393/j1.art.2014.3321

прогрессирующее нарастание популяций с меланизированным мицелием.

Библиография

Биологический мониторинг природно-техногенных систем [Biological monitoring of natural and man-made systems] / Под общ. ред. Т. Я. Ашихминой, Н. М. Алалыкиной. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2011. 388 с.

ГОСТ 18376-79 Фторкаучуки СКФ-26 и СКФ-32. Технические условия [GOST 18376-79 Fluoroelastomers SKF-26 and SKF-32. Specifications].

Домрачева Л. И. «Цветение» почвы и закономерности его развития [«Bloom» of the soil and the laws of its development]. Сыктывкар, 2005. 336 с.

Домрачева Л. И., Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Фокина А. И. Применение тетразольно-топографического метода определения дегидрогеназной активности цианобактерий в загрязненных средах [Application of tetrazole-topographic method for determining dehydrogenase activity of cyanobacteria in contaminated environments] // Биологический мониторинг природно-техногенных систем. Сыктывкар, 2011. С. 113–120.

Донченко Л. В., Надыкта В. Д. Безопасность пищевой продукции [Bezopasnost food]. М.: Пищепромиздат, 2001. 525 с.

Клюев Н. А. Эколого-аналитический контроль стойких органических загрязнений в окружающей среде [Ecological and analytical monitoring of persistent organic pollutants in the environment]. М.: Джеймс, 2000. 48 с.

Полянская Л. М. Микробная сукцессия в почве [Microbial succession in soil]: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1996. 96 с.

Помелов А. В., Березин Г. И., Домрачева Л. И. Адаптационные резервы высшего растения и почвенной альгофлоры к действию пестицидов [Adaptation reserves of higher plants and soil algal flora to the action of pesticides] // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 87–93.

Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем [Micromycetes in the environmental assessment of aquatic and terrestrial ecosystems]. М.: Наука, 2007. 215 с.

Determination of the toxicity level of the fluoropolymers production wastes by reaction of soil microflora and cyanobacteria *Nostoc paludosum* Kütz

**ELKINA
Tatyana**

Vyatka state agricultural academy, tatyana_1@inbox.ru

**DOMRACHEVA
Ludmila**

Vyatka state agricultural academy, dli-alga@mail.ru

**KHITRIN
Sergey**

Vyatka State University, tzb_khitrin@vyatsu.ru

**FUKS
Sophiya**

Vyatka State University, tzb_fuks@vyatsu.ru

**DEVYATERIKOVA
Svetlana**

Vyatka State University, tzb_kaf@vyatsu.ru

Keywords:

fluoropolymers
SKF-26
soil microflora
soil algae
cyanobacteria
micromycetes

Summary:

The environment is constantly receiving the substances that are artificially synthesized by human, hence, not inherent in nature, that are circulating in it. One of the most common wastes of fluoroelastomer SKF-26 production is the mother solution entering the environment together with the wastewater of chemical enterprises. Until now limits of allowable concentrations of these compounds have not been established, as they are considered practically safe. By determining the toxicity level of the waste of fluoropolymers production conducted by reaction of soil algae, cyanobacteria and micromycetes it was showed that the waste of fluorine rubber SKF-26 production are not safe or neutral for these groups of microorganisms. The toxicity of high concentrations of the mother solution SKF-26 was particularly evident in the damaging effects to the of the test organism *Nostoc paludosum* in aqueous medium. Field experiments confirmed that not only mother solutions, but also the possible products of their transformations are toxic. This fact clearly illustrates the change in the structure of mikocenoses where a progressive increase in populations with melanized mycelium takes place.

References