

УДК 630*114.5

UDC 630*114.5

ВЛИЯНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И РОСТ РАСТЕНИЙ¹

EFFECT OF NON-TRADITIONAL MELIORANTS ON THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND GROWTH OF PLANTS

Гордеева Татьяна Харитоновна
к.б.н., доцент

Gordeeva Tatiana Kharitonovna
Cand.Biol.Sci., associate professor

Малюта Ольга Васильевна
к.б.н., доцент
Поволжский государственный технологический университет, Йошкар-Ола, Россия

Malyuta Olga Vasilievna
Cand.Biol.Sci., associate professor
Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Рассматривается влияние новых мелиорантов на качественный и количественный состав микрофлоры подзолистой песчаной почвы и рост саженцев сосны. Выявлена активизация микробиологических процессов и роста растений на мелиорированных участках

The effect of the new meliorants on the qualitative and quantitative composition of the microflora of loamy sand soil and the growth of pine seedlings is presented. The activation of microbiological processes and growth of plants on the meliorated plots is revealed

Ключевые слова: ПОЧВЕННЫЕ МЕЛИОРАНТЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ, РОСТ РАСТЕНИЙ, КАЧЕСТВО СРЕДЫ

Keywords: SOIL MELIORANTS, ECOLOGICAL SAFETY, MICROBIOLOGICAL ACTIVITY, PLANT GROWTH, ENVIRONMENTAL QUALITY

Введение. Для повышения плодородия почв в лесных питомниках традиционно используются природные органические удобрения (в основном торф). Однако увеличение стоимости и уменьшение запасов торфа приводит к снижению объемов его применения. В связи с этим появилась потребность в новых, более дешевых и доступных видах органических удобрений – нетрадиционных органических удобрениях (НОУ), создаваемые на основе органических отходов производства и потребления, объемы которых ежегодно возрастают. Получение качественных НОУ возможно при смешении различающихся по своим свойствам органических отходов с дальнейшим компостированием смеси. Такие удобрения по своим свойствам не уступают, а в ряде случаев превосходят традиционно применяемый торф [1, 2]. Использование НОУ в

¹ Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (государственный контракт № 16.552.11.7050 от 29 июля 2011 г.) с использованием оборудования ЦКП «ЭБЭЭ» ФГБОУ ВПО «МарГТУ».

лесном хозяйстве позволяет решить сразу две экологические проблемы: повысить плодородие деградированных почв и утилизировать многотоннажные отходы.

Однако, созданные новые органо-минеральные или органические удобрения, имеют и отрицательные свойства, в частности – токсичность, которая может возникать как при взаимодействии компонентов отходов, так и под влиянием почвенной биоты в процессе токсификации. Поэтому при использовании подобных мелиорантов необходимо обеспечить экологическую безопасность для окружающей среды, по возможности, на всех уровнях.

Цель данной работы – оценить экологическую безопасность нетрадиционных мелиорантов (НОУ) на основе реакций растений и почвенной микробиоты.

Задачи: оценить степень возможной токсичности методом биотестирования с использованием трех тест-организмов (дафний, одноклеточной водоросли хлореллы, люминесцирующих микроорганизмов);

- исследовать качественный и количественный состав микроорганизмов на мелиорированных НОУ экспериментальных участках;
- оценить рост саженцев сосны обыкновенной на мелиорированной почве.

Биоиндикация новых мелиорантов на двух уровнях организации живых организмов позволит получить достаточно объективные данные о безопасности НОУ. Кроме того, использование многокомпонентной тест-системы при биотестировании даст однозначный ответ о степени токсичности исследуемых мелиорантов.

Объекты и методики. Исследования проводились в Куярском лесничестве Республики Марий Эл, на территории песчаного карьера, подлежащего рекультивации. Почва в карьере имеет песчаный

гранулометрический состав, содержание физической глины не превышает 2,44 %, в составе почвы преобладает фракция мелкого песка (гумус – 0,72%, калий – 1,7 мг/кг, фосфор – 1,2 мг/кг, рН - 4,71). На прилегающей естественной территории (вершина дюны) состав древостоя: 10С, А=65 лет, Р=0,7, Н=20 м; подрост- единично сосна обыкновенная; подлесок - рябина обыкновенная, можжевельник обыкновенный; ЖНП – лишайники, мхи, злаки, ландыш майский. Состав древостоя на междюнном понижении: 4С 6Б, А=55 лет, Р=0,6, Н=20 м; подрост – сосна обыкновенная, береза повислая; ЖНП – плаун булавовидный, осоки, брусника, зеленые мхи.

В эксперименте использовались: нетрадиционное органическое удобрение (НОУ) на основе осадков сточных вод и хвойно-лиственного опила со сроком компостирования 3 года (НОУ-3) и 5 лет (НОУ-5) в дозе 120т/га; донные отложения со сроком экспозиции в картах намыва 2 года в дозе 60 и 120 т/га. Контролем служила почва без мелиорантов. Повторность опыта – трехкратная, исследования проводились через год после их внесения на опытный объект.

При определении агрохимических показателей использовались стандартные методики: подвижный фосфор и обменный калий - по Кирсанову, рН солевой вытяжки, гидролитическая кислотность - по Каппену, сумма обменных оснований - трилометрическим способом, рассчитана степень насыщенности основаниями. [3]. Токсикологические исследования проводились в соответствии с аттестованными методиками [4, 5, 6]. Микробиологические исследования почвы проводили по общепринятым в микробиологии методикам [7]. Образцы почв для микробиологического анализа отбирали из слоя почвы 0-20 см методом Красильникова. Для учета численности микроорганизмов использовали метод посева на плотные питательные среды: аммонифицирующие бактерии, трансформирующие азотсодержащие органические соединения, определяли на мясо-пептонном агаре; амилалитические бактерии,

трансформирующие сложные органические безазотистые вещества и актиномицеты - на крахмало-аммиачном агаре; олигонитрофильные – на безазотистой среде Эшби; олигокарбофилы - на почвенном агаре; гумусоразлагающие микроорганизмы - на нитритном агаре; микроскопические грибы на подкисленной среде Чапека; спорообразующие бактерии - путем посева пастеризованной в течение 15 минут почвенной суспензии при 75-80С на среду, состоящую из равных объемов мясо-пептонного агара и сусло-агара; относительную плотность целлюлозоразрушающих бактерий и азотфиксаторов - методом обрастания комочков почвы на среду Гетчинсона с фильтровальной бумагой и среду Эшби, соответственно. Численность микроорганизмов, выросших на питательных средах, пересчитывали на 1 грамм абсолютно сухой почвы [8]. Интенсивность микробиологических процессов минерализации почвенного органического вещества оценивали по индексам олиготрофности (ПА/МПА), минерализации (КАА/МПА).

Измерение всех параметров проводили в 3- кратной повторности. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica.

Оценка возможной токсичности нетрадиционных мелиорантов. Проведение токсикологического эксперимента с использованием дафний *Daphnia magna* Straus, водорослей *Chlorella vulgaris* Beijer и люминесцирующих бактерий выявило принадлежность данных отходов к разным классам опасности. Установлено, что используемые в опыте нетрадиционные органические удобрения (НОУ-3, 5) имеют четвертый класс опасности для окружающей среды, т.е. наблюдается слабая токсичность (за окончательный результат принимается класс опасности, выявленный на тест - организме, проявившем более высокую чувствительность), а донные отложения - пятый класс, что свидетельствует об отсутствии токсичности (табл. 1).

Таблица 1. Определение класса опасности мелиорантов методами биотестирования

Вариант опыта	Показатели токсичности в тесте с дафниями			Показатели токсичности в тесте с бактериями		Показатели токсичности в тесте с водорослями		Класс опасности отхода
	ЛКР (50-48)	БКР (10-48)	Класс опасности	Т-индекс токсичн.	Класс опасности	ТКР (+20/30-22)	Класс опасности	
НОУ-5	-	1	V	-1,13	V	6,03	IV	IV
НОУ-3	-	1	V	-13,56	V	7,76	IV	IV
Донные отложен.	-	1	V	4,97	V	1,99	V	V

Таким образом, донные отложения, в отличие от нетрадиционных органических удобрений на основе осадков сточных вод и хвойно-лиственного опила, относятся к отходам пятого класса опасности и не обладают токсичностью. Следовательно, использование донных отложений в качестве почвенного мелиоранта целесообразно как с агрохимической, так и с экологической точки зрения.

Влияние мелиорантов на комплекс почвенной микробиоты. Проведение микробиологического анализа показало, что исследуемые почвы отличаются низкой численностью микроорганизмов. В микробном комплексе доминируют бактерии, численностью порядка 1,0 - 3,8 млн. кл./г. Доля содержания микромицетного комплекса незначительна, его численность варьирует от 7,0 до 24,1 тыс. КОЕ/г. абсолютно сухой почвы.

Анализ численности основных физиологических групп микроорганизмов показал, что внесение мелиорантов увеличивало количество аэробных гетеротрофных микроорганизмов, участвующих в разложении органического вещества, по сравнению с неудобренной почвой (табл.1).

Таблица 2. Численность микроорганизмов в подзолистой песчаной почве, мелиорированной нетрадиционными удобрениями.

Группы микроорганизмов	Вариант опыта			
	Контроль	Почва, модифицированная НОУ- 5	Почва, модифицированная НОУ- 3	Почва, модифицированная донными отложениями
Аммонифицирующие, млн. к/г. абс. сух. почвы	1,02±0,01	2,71±0,36	3,82±0,60	1,75±0,02
Аминоавтотрофные, млн. к/г. абс. сух. почвы	0,48±0,07	2,64±0,07	4,00±0,07	3,37±0,07
Актиномицеты, млн. к/г. абс. сух. почвы	0,41±0,01	0,78±0,07	0,69±0,06	0,41±0,01
Олигонитрофильные, млн. к/г. абс. сухой почвы	1,36±0,01	3,21±0,01	4,16±0,60	7,55±0,34
Олиготрофные, млн. к/г. абс. сухой почвы	1,02±0,01	3,57±0,36	1,73±0,05	3,09±0,01
Гумусоразлагающие, млн. к/г. абс. сухой почвы	0,92±0,07	1,21±0,07	0,97±0,07	1,10±0,07
Микромицеты, тыс. КОЕ/г. абс. сух. почвы	6,97±0,47	24,10±2,20	17,53±0,44	17,88±0,44
Целлюлозоразрушающие, %	32,0±2,16	34,0±2,15	41,0±3,16	50,0±3,31
Спорообразующие, тыс. к/г. абс. сух. почвы	3,74±0,34	57,07±3,94	7,97±0,35	9,27±1,59
Азотфиксирующие, %	14,0±1,33	6,0±1,33	3,0±0,91	24,0±1,33

Так, численность аммонифицирующих бактерий в почве, мелиорированной НОУ на основе осадков сточных вод, увеличивается в 2,6-3,8 раза по сравнению с контрольными значениями. Наиболее активно процесс аммонификации протекает при внесении в почву компоста на основе осадков сточных вод. Почвы, мелиорированные донными отложениями, отличались менее выраженным увеличением гетеротрофов, развивающихся на богатых органическим азотом средах.

Стимулирующий эффект компоста на основе осадка сточных вод связан как большим количеством органического вещества, вносимого с компостом, так и с наличием в его составе в качестве наполнителя целлюлозы [2]. Численность микроорганизмов, использующих подвижные

формы азота, сопоставима с количеством микроорганизмов, усваивающих органический азот. Коэффициент минерализации в среднем выше 1, что свидетельствует о наличии более поздних стадий минерализационных процессов сложных органических веществ.

Это подтверждает и высокая численность олиготрофных микроорганизмов в почве, модифицированной НОУ, что является показателем развития в почве интенсивных мобилизационных процессов. Однако, количество автохтонной микрофлоры не превышает контрольных показателей, (отмечается некоторая тенденция к их увеличению в почве, модифицированной НОУ), процесс трансформации гумуса выражен слабо.

В процессах гумусообразования важная роль на начальных этапах принадлежит микроскопическим грибам, а на завершающей стадии - актиномицетам. Эти физиологические группы почвенных микроорганизмов осуществляют тем самым превращение различных субстратов с новообразованием органического вещества.

В почве, мелиорированной нетрадиционными органическими удобрениями, отмечается увеличение численности актиномицетов по сравнению с контрольной почвой. Актиномицеты появляются в почве на этапе накопления в ней труднодоступных субстратов, выполняя основную роль в их преобразовании. Они способны использовать в процессе своей жизнедеятельности в качестве источника углерода и энергии вещества, не доступные для бактерий.

Значительную роль в минерализационных процессах играют и микроскопические грибы. Они разлагают органические субстраты в аэробной зоне, являются структурообразователями почв т.д.. Наибольшая численность микромицетов выявлена в почве, мелиорированной НОУ-5.

В почве с внесением НОУ увеличивается удельный вес спорообразующих бактерий, являющихся активными деструкторами органических веществ в почве. Изменение соотношения споросных и

неспорозных бактерий в почве, мелиорированной НОУ, свидетельствует, с одной стороны о степени доступности удобрения, а с другой – об изменении глубины минерализационных процессов. Увеличение бацилл, участвующих на более поздних этапах распада органических веществ, также свидетельствует об усилении интенсивности минерализационных процессов. Наибольшая численность бацилл отмечалась в почве, мелиорированной НОУ-5.

Используемые в опыте мелиоранты увеличивали целлюлозоразрушающую активность почвы, что свидетельствует об обеспеченности почв минеральным азотом. В структуре целлюлозоразрушающих микроорганизмов почвы преобладали актиномицеты. Внесение компостированного нетрадиционного органического удобрения на основе осадков сточных вод несколько увеличило долю бактериальной флоры за счет уменьшения доли актиномицетов.

Важную роль в обогащении почвы азотом играют свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы. Процесс азотфиксации зависит от многих факторов: от наличия микроэлементов, кислотности, влажности и др.; этим объясняется его нестабильность. К числу свободноживущих азотфиксаторов относятся бактерии рода *Azotobacter*, наличие которого является индикатором благоприятных свойств почвы. Азотфиксирующая способность (по относительной плотности *Azotobacter*) в целом была невысокой. Рекультивация подзолистой песчаной почвы нетрадиционными удобрениями оказала неоднозначное влияние на азотфиксирующие микроорганизмы. Установлено снижение частоты встречаемости азотобактера в почве, мелиорированной компостом на основе осадков сточных вод. Более благоприятный режим для развития микроорганизмов данной группы складывался при использовании донных отложений. В

целом, частота встречаемости азотобактера в исследуемой почве была низкой (от 3 до 14%).

Влияние нетрадиционных мелиорантов на рост саженцев сосны обыкновенной. В год внесения мелиорантов на объекте рекультивации были высажены саженцы сосны обыкновенной. Спустя 2,5 месяца проведены первые сравнения приживаемости растений и их рост в вариантах опыта. Анализ результатов дисперсионного анализа показал, что на данном этапе достоверных различий в росте саженцев сосны в вариантах опыта и в контроле не наблюдается (табл. 3).

Таблица 3. – Влияние нетрадиционных мелиорантов на рост саженцев сосны обыкновенной

Вариант опыта	Высота стволика саженцев сосны, см	
	2010 г.	2011 г.
НОУ -5 (120т/га)	8,0	10,17
НОУ -3 (120т/га)	6,4	8,23
Донные отложения (120т/га)	7,4	8,43
Контроль	7,6	7,97
НСП ₀₅	-	2,01

Через год после внесения мелиорантов уже наблюдалась существенная разница между высотой саженцев в вариантах опыта. Наибольшие средние значения по высоте стволика имели саженцы сосны в варианте с НОУ-5, наименьшее - в варианте с НОУ-3.

Таким образом, использование нетрадиционных органических мелиорантов на дерновой песчаной почве приводило к активизации почвенно-микробиологических процессов, в том числе, процессов минерализации органических веществ и накоплению элементов питания для растений; в вариантах с мелиорантами наблюдается наиболее интенсивный рост саженцев сосны обыкновенной по сравнению с контролем.

Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» (государственный контракт № 16.552.11.7050 от 29 июля 2011 г.) с использованием оборудования ЦКП «ЭБЭЭ» ФГБОУ ВПО «МарГТУ».

Список литературы:

1. Романов Е. М., Мухортов Д. И., Трегубов Д. А. Механизированное выращивание ивы на лозу с применением нетрадиционных органических удобрений // Лесное хозяйство. 2006. № 6. С. 43-45.
2. Романов Е. М., Мухортов Д. И., Ушнурцев А. В. Субстраты на основе органических отходов для выращивания сеянцев в контейнерах // Лесное хозяйство. 2009. № 2. С. 35-37.
3. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу. М.: МГУ, 1979. 487 с.
4. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.7-04) Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). Красноярский государственный университет.
5. ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.11-04 (ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.8-04) Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению интенсивности бактериальной биолюминесценции тест-системой "Эколюм" на приборе "Биотокс-10". ООО НЦ "Экологическая перспектива."
6. ПНД Ф Т 14.1:2:4.12-06 (ПНД Ф Т 16.1:2:3:3.9-06) Методика определения токсичности водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов, питьевой, сточной и природной воды по смертности тест-объекта *Daphnia magna* Straus. Красноярский государственный университет.
7. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
8. Методы почвенной микробиологии и биохимии: Учебное пособие / Под ред. Д. Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.