

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИНОКУЛЯТА ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОСТА И УРОЖАЯ ОВСА В УСЛОВИЯХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА «ОАО КЕДРОВСКИЙ»

Проведено выделение из почв микроорганизмов, способных расти на бедных питательными веществами субстратах, и получены инокулянты: микроскопических грибов (сусло 3[°]Б), микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (в крахмалоаммиачной среде), и микроорганизмов, способных разлагать силикаты (в среде Александра-Зака, содержащей алюмосиликаты). Из исходных инокулятов готовили смеси микроорганизмов в различных комбинациях и вносили на породные отвалы 2 раза за вегетацию. В качестве теста на процесс биодоступности элементов питания для растений на опытные делянки проводили посев овса. Экспериментально установлено, что внесение инокулята почвенных микроорганизмов в техногенные элювии стимулирует рост и повышает урожай овса. Максимальные показатели характеристик роста и урожая овса выявлены в вариантах с внесением инокулята микроорганизмов, выращенных на среде Александра-Зака как отдельно, так и в смеси: 1 – с микроорганизмами, выращенными на крахмалоаммиачной среде; 2 – с микроорганизмами, выращенными на крахмалоаммиачной среде, и микроскопическими грибами.

Ключевые слова: рост и урожайность овса; породные отвалы угольных разрезов; инокулят; почвенные микроорганизмы.

Многообразие условий и методов разработки угольных месторождений вызывает необходимость совершенствования технологических приемов рекультивации земель, нарушенных в процессе производственной деятельности шахт, разрезов и обогатительных фабрик. Как правило, площади, занимаемые отвалами, лишены плодородного почвенного слоя, и формирование последнего естественным путем представляет собой длительный процесс, измеряемый десятилетиями. Использование традиционных способов биологической рекультивации путем покрытия отвальной поверхности плодородным почвенным слоем или потенциально плодородными породами требует значительных затрат. Поэтому особое значение приобретают исследования, направленные на разработку экономически целесообразных способов восстановления биологической продуктивности нарушенных площадей, исключающих выполнение этих трудоемких операций. Основной задачей этих разработок является создание устойчивых растительных сообществ с целью улучшения экологической и санитарно-гигиенической обстановки в районах размещения предприятий угольной промышленности. Одним из способов ускорения почвообразовательного процесса на техногенно нарушенных землях является внесение препаратов почвенных микроорганизмов, способных расти на бедных субстратах, которым принадлежит первостепенная роль в повышении биодоступности элементов питания для растений [1–5].

Исследованиями микробиологов Института почвоведения СО РАН (г. Новосибирск) установлено, что инициальная и посттехногенная фазы развития экосистем на породных отвалах угольных разрезов Кузбасса характеризуются преимущественным развитием микроорганизмов, использующих доступные источники минерального питания, это в первую очередь микроскопические грибы и микроорганизмы, использующие минеральные формы азота [6, 7]. Благодаря мицелиальному строению сообщества грибов «захватывают» и подвергают биогеохимической трансформации значительные объемы мелкозема минерального субстрата, создавая тем самым возможность использования многих соединений более требовательными группами микроорганизмов. Кроме того, микроскопические грибы обладают способностью разрушать минералы за счет образования значительных количеств кислот. Микро-

организмы, разлагающие силикаты, способны переводить калий и другие зольные элементы в усвояемые для высших растений формы. Такой способностью кроме грибов обладают многие микроорганизмы – почвенные бациллы, псевдомонады, диатомовые водоросли, микобактерии, тионовые бактерии и др. [8, 9]. Оценку действия микроорганизмов по переводу труднорастворимых органоминеральных веществ отвальных пород в легкоусваиваемые формы можно проводить по показателям жизнедеятельности растений.

Цель данной работы – получение инокулятов почвенных микроорганизмов, способных расти на бедных питательных субстратах, и оценка их влияния на некоторые характеристики роста и урожай овса при внесении на породные отвалы угольного разреза «ОАО Кедровский».

Материалы и методика исследования

Модельный эксперимент заложен в 2008 г. на техногенных элювиях, лишенных растительности породного отвала «Южный» разреза «ОАО Кедровский», расположенного в Кемеровской области в зоне северной лесостепи [10]. Возраст отвала 20 лет, в 2004 г. проведен комплекс работ по его планировке. Породы отвала представлены песчаником (60%), алевролитами (20%), аргиллитами (15%), суглинками и глинами (5%). Преобладающей фракцией являются крупные агрегаты (от 3 до 10 и более мм), содержание мелких частиц снижено. Исследуемые элювии характеризуются щелочной реакцией (рН 7,8), низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора и азота (7 и 1,7 мг/кг соответственно), содержание обменного калия чуть ниже нормы (125 мг/кг). Анализ содержания тяжелых металлов показал незначительное превышение ПДК по подвижным формам никеля и хрома.

Эколого-трофические группы микроорганизмов – микроскопические грибы, микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, микроорганизмы, разлагающие силикаты, выделяли из почвы на специальных агаризованных средах. Выделение микроскопических грибов проводили на 3[°]Б сусло-агаре, подкисленном молочной кислотой; микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (в том числе актиномицетов), – на крахмалоаммиачном агаре (КАА)

[11, 12]; микроорганизмов, способных разлагать силикаты, – на агаризованной среде Александра-Зака [8]. Отличительной особенностью среды Александра-Зака является наличие минеральной формы азота, а также алюмосиликата, индуцирующего развитие микроорганизмов, способных разлагать силикаты. Инокуляты получали путем наращивания микробной массы в соответствующих жидких питательных средах – жидком сусле, среде Александра-Зака, крахмалоаммиачной среде (КАС) – последовательным пересее-

вом в возрастающие объемы среды. Содержание жизнеспособных клеток в жидких средах (табл. 1) определяли путем подсчета количества колонеобразующих единиц (КОЕ), выращенных на соответствующих агаризованных средах [11]. Смеси микроорганизмов для инокуляции составляли в равных объемах с учетом того, что общий объем для внесения на делянки соответствовал 7 л. Внесение инокулята микроорганизмов проводили летом 2008 и 2009 гг. дважды за вегетацию – 20 июня и 20 июля.

Т а б л и ц а 1

КОЕ микроорганизмов в исходных инокулятах

Дата определения	Число микроорганизмов, 10 ⁵ КОЕ/мл		
	Среда Александра-Зака	Крахмалоаммиачная среда	З ^о Б сусло
19.06.09 г.	8 514,93	1 245,25	35 416,42
19.07.09 г.	10 512,05	1 175,50	38 914,23

Пробные площадки (ПП) соответствовали 1 м², повторность опыта каждой пробной площадки 3-кратная. Делянки по повторностям пространственно отдалены друг от друга для исключения влияния неоднородности элювиального субстрата и рельефа местности.

На опытные делянки внесены инокуляты микроорганизмов согласно следующей схеме:

(ПП 1) – контроль (вода);

(ПП 2) – микроскопические грибы;

(ПП 3) – микроорганизмы, выросшие на среде Александра-Зака;

(ПП 4) – микроорганизмы, выросшие на крахмалоаммиачной (КА) среде;

(ПП 5) – микроскопические грибы + микроорганизмы, выросшие на среде Александра-Зака;

(ПП 6) – микроскопические грибы + микроорганизмы, выросшие на КА среде;

(ПП 7) – микроорганизмы, выросшие на среде Александра-Зака + микроорганизмы, выросшие на КА среде;

(ПП 8) – микроорганизмы, выросшие на среде Александра-Зака, + микроскопические грибы + микроорганизмы, выросшие на КА среде.

В качестве модельного растения использовали овес сорта «Ровесник». Посев овса на пробные площадки проводили 21 мая 2009 г. из расчета 45 г (867,79 ± ± 5,19 семян) на 1 м². В течение вегетации (каждые 10 дней) определяли такие характеристики роста, как сухой вес растения и величину нетто-ассимиляции (NAR) [13]. В конце вегетационного периода проведен анализ структуры урожая по следующим показателям: количество стеблей на одном растении, количество зерен с одного растения, масса 1 000 зерен, масса зерен с одного растения. Математическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием статистического пакета StatSoft Statistica 6.0.

Результаты исследования и обсуждение

Полученные экспериментальные данные показали, что прирост сухой массы овса в вегетационный период происходит по S-образной кривой Сакса как в контрольных, так и в опытных вариантах – с минимальным приростом в июне и периодом максимального роста в конце июля – начале августа (рис. 1).

Однако прирост массы растений в опытных вариантах выше во все сроки наблюдений в сравнении с контролем. Анализ полученных данных показал, что существенно выше прирост сухой массы у овса с ПП 7 и 8, причем отличия более выражены в период максимального роста растений. Так, величина сухой массы овса на ПП 7 и 8 превышает контрольные значения в 2,3; 2,5 раза, 3,1; 3,0 раза и 2,8; 2,9 раза соответственно в сроки наблюдений 15 июля, 25 июля и 4 августа (рис. 1).

Одной из характеристик роста является величина нетто-ассимиляции (NAR), которая отражает скорость накопления органического вещества в растительных тканях на единицу площади листьев, за вычетом того органического вещества, которое использовалось при дыхании растений [6].

Полученные экспериментальные данные показывают, что у всех исследуемых вариантов растений период максимального накопления органического вещества листьями немного сдвинут на более ранний период (начинается с 5 июля) в сравнении с периодом максимального накопления массы растений (рис. 2). Очевидно, что синтез органического вещества в листьях обеспечивает последующий их отток в другие органы и ткани и способствует последующему увеличению массы целого растения. К концу вегетации (25 июля – 4 августа) величина NAR уменьшается, что предполагает последующее снижение интенсивности накопления сухого веса на уровне целого растения. Таким образом, по величине NAR можно прогнозировать прирост массы растений.

Сравнительная характеристика экспериментальных данных показала, что величина NAR у овса опытных вариантов выше во все сроки наблюдений в сравнении с контролем, однако максимальное превышение данной величины отмечается в начале вегетации – в сроки 15–25 июня и 25 июня–5 июля – в среднем в 1,6 и 1,5 раза соответственно.

В большинстве случаев значения NAR выше в вариантах 3, 7 и 8. Накопление органического вещества листьями в начале вегетации способствует увеличению площади листовой поверхности у растений опытных вариантов, что в дальнейшем при более низких величинах NAR обеспечивает более высокий прирост массы целого растения, причем в большей степени в вариантах 3, 7 и 8.

Конечным результатом фотосинтетической деятельности растений является урожай.

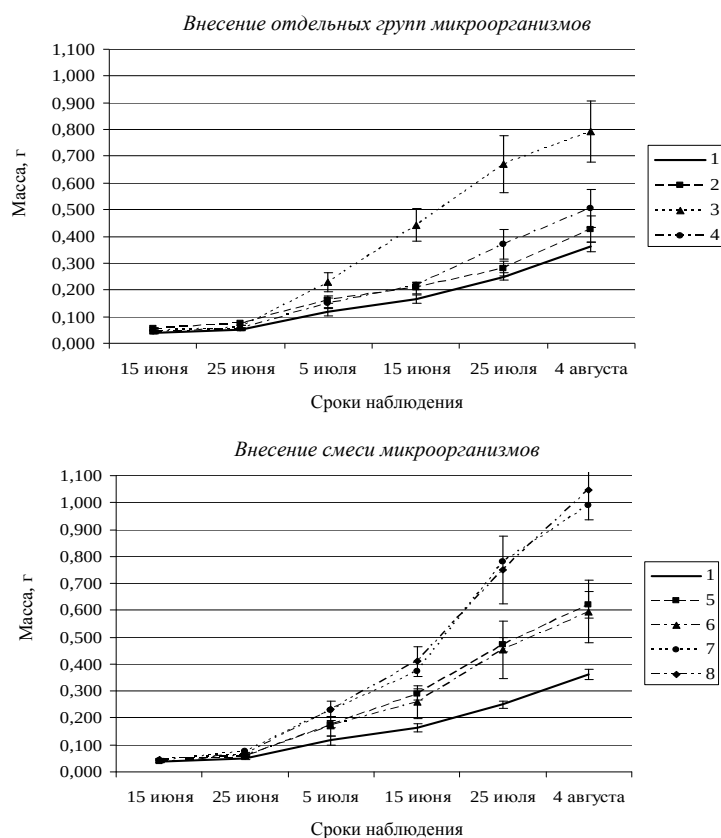


Рис. 1. Изменения сухой массы овса в динамике за вегетацию в условиях внесения инокулята микроорганизмов на породных отвалах угольного разреза

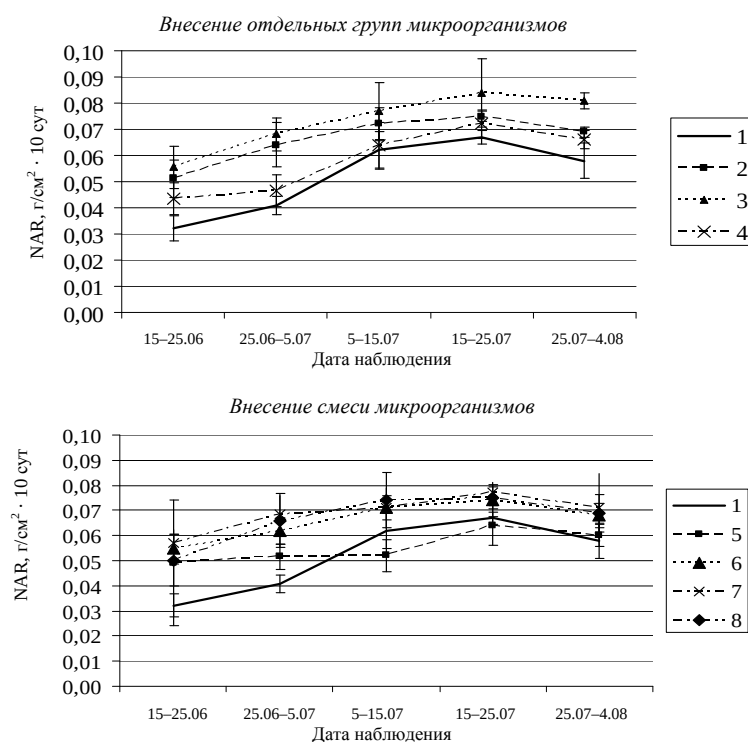


Рис. 2. Изменение величины нетто-ассимиляции овса в динамике за вегетацию в условиях внесения инокулята микроорганизмов на породных отвалах угольного разреза

Анализ структуры урожая показал, что у овса всех опытных вариантов наблюдаются более высокие значения его элементов (табл. 2), в особенности следует отметить ПП 3, 7 и 8.

Так, масса зерен с одного растения на ПП 3, 7 и 8 превышает контроль в 7; 3,7 и 5,7 раза, количество зерен с одного растения – в 3; 2 и 3 раза соответственно.

Наибольшая масса 1 000 зерен наблюдалась на ПП 3 и превышала контроль в 2 раза. Менее значительные отличия выявлены в показателе «количество стеблей с

одного растения». У опытных растений отмечается лишь тенденция к повышению данного показателя, однако, более выраженная на ПП 3, 5, 7 и 8.

Т а б л и ц а 2

Структура урожая овса, выращенного на породных отвалах угольного разреза в условиях внесения инокулята микроорганизмов

№ п/п	Количество стеблей с одного растения, шт.	Количество зерен с одного растения, шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерен с одного растения, г
1	1,03 ± 0,03	2,00±0,13	14,67±1,09	0,03±0,002
2	1,07 ± 0,05	4,20±0,37	23,50±1,38	0,11±0,014
3	1,43 ± 0,11	6,13±0,78	29,43±6,53	0,21±0,034
4	1,07 ± 0,05	3,43±0,18	24,63±0,45	0,09±0,006
5	1,33 ± 0,13	2,9±0,19	26,76±1,53	0,08±0,006
6	1,13 ± 0,06	3,63±0,24	25,43±1,61	0,09±0,008
7	1,27 ± 0,13	4,43±0,46	23,88±0,27	0,11±0,018
8	1,20 ± 0,07	6,1±0,47	26,12±2,21	0,17±0,02

Выводы. 1. Установлено, что внесение инокулята почвенных микроорганизмов в техногенные элювии породных отвалов угольного разреза ОАО «Кедровский» способствует увеличению процесса роста и урожая овса, что выражается в более высоких показателях прироста сухой массы растений, величины NAR, массы и количества зерен с одного растения и массы 1 000 зерен.

2. Максимальные показатели характеристик роста и урожая овса выявлены в вариантах с внесением инокулята микроорганизмов, выращенных на среде Александра-Зака как отдельно, так и в комплексе:

- 1 – с микроорганизмами, выращенными на КА среде;
- 2 – с микроорганизмами, выращенными на КА среде, и микроскопическими грибами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хорошавин А.Н., Катаева И.В. Ускоренная биологическая рекультивация породных отвалов угольных шахт с использованием микроорганизмов // Рекультивация земель в СССР : тез. Всерос. науч.-техн. конф. М., 1982. С. 118.
2. Красавин А.П., Катаева А.П., Хорошавин А.Н. Биогеохимические превращения в почвогрунтах при рекультивации нарушенных земель // Растения и промышленная среда. Свердловск, 1989. С. 119–123.
3. Красавин А.П., Катаева И.В. Восстановление нарушенных горными работами земель с использованием бактериальных инокулятов // Экологическая технология. Пермь, 1998. № 1–2. С. 26–39.
4. Красавин А.П., Хорошавин А.Н., Катаева И.В. Биотехнологические аспекты рекультивации земель // Ускоренная рекультивация земель с использованием высокоэффективной биотехнологии : сб. науч. тр. Пермь, 1988. С. 5–14.
5. Красавин А.П., Катаева И.В. Восстановление плодородия нарушенных земель в сложных экологических условиях с использованием биотехнологий // Биологическая рекультивация нарушенных земель : материалы Междунар. совещ. Екатеринбург : УрОРАН, 2003. С. 231–238.
6. Клевенская И.Л., Трофимов С.С., Таранов С.А., Кандрашин Е.Р. Сукцессии и функционирование микробоценозов в молодых почвах техногенных экосистем Кузбасса // Микробоценозы почв при антропогенном воздействии. Новосибирск : Наука, 1985. С. 3–21.
7. Наплекова Н.Н., Кандрашин Е.Р., Трофимов С.С., Фаткулин Ф.А. Формирование микробных ценозов почв техногенных ландшафтов Кузбасса // Известия Сибирского отделения АН СССР. Сер. Биол. науки. 1982. № 5, вып. 1. С. 69–73.
8. Кулебакин В. Г. Микроорганизмы рекультивируемых отвалов Байдаевского углеразреза в Кузбассе и их окислительная активность // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск : Наука, 1979. С. 179–185.
9. Каравайко Г.И. Микробная деструкция силикатных минералов // Труды Института микробиологии им. С.Н. Виноградского. Вып. XII: Юбилейный сб. к 70-летию Института / отв. ред. В.Ф. Гальченко. М. : Наука, 2004. С. 172–197.
10. Экологическая карта Кемеровской области / ред. спец. содерж. В.П. Сидельников. Новосибирск, 1999.
11. Егоров Н.С. Практикум по микробиологии. М. : МГУ, 1976. 306 с.
12. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.И. Практикум по микробиологии. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1987. 239 с.
13. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М. : Наука, 1976. 221 с.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 15 мая 2011 г.