

УДК 631.4

¹И.Э. Смирнова*, ²Х.Д. Джамантиков¹РГП «Институт микробиологии и вирусологии» КН МОН РК, г. Алматы, Казахстан²ТОО «Казахский НИИ рисоводства им. И. Жахаева», г. Кызылорда, Казахстан

*e-mail: iesmirnova@mail.ru

Биологический способ рассоления почв на примере вторично-засоленных почв Приаралья

Разработан биологический способ рассоления вторично-засоленных почв на основе внесения ферментированных отходов рисового производства, полученных с помощью целлюлолитических бактерий. Установлено, что внесение ферментированных отходов способствует рассолению почв, создает благоприятные условия для развития растений риса и повышает его урожайность практически в два раза по сравнению с контролем без внесения отходов.

Ключевые слова: почва, вторичное засоление, целлюлолитические бактерии, твердофазная ферментация, отходы риса

И.Э. Смирнова, Х.Д. Джамантиков

Арал маңының екіншілік - тұзданған топырақтар мысалында тұзсыздандырудың биологиялық әдісі

Целлюлолитикалық бактериялардың көмегімен алынған күріш өндірісінің ферменттелген қалдықтарын енгізу негізінде екіншілік-тұзданған топырақ-тарын тұзсыздандырудың биологиялық әдісі өңделді. Ферменттелген қалдық-тарды енгізу нәтижесінде топырақ тұзсызданып, күріштің өсуіне қолайлы жағдай жасалып, қалдықтар енгізілмеген бақылау нұсқасымен салыстырғанда, оның өнімділігі екі есе арта түскені анықталды.

Түйін сөздер: топырақ, екіншілік тұздану, целлюлолитикалық бактериялар, қатты фазалы ферментация, күріш қалдықтары.

I.E. Smirnova, H.D. Dzhamantikov

Biological method desalinization for example secondary saline soils Priaralye

On the base of the using of fermented rice wastes was developed a biological method of desalination secondary saline soils. For rice wastes fermentation were using as starters cellulolytic bacteria. Found that the introduction of fermented waste contributes desalinization, creates favorable conditions for the development of the rice plants and increases its productivity almost doubled compared to the control without making waste.

Keywords: soil, secondary salination, cellulolytic bacteria, solid-state fermentation, waste rice.

Приаральский регион Казахстана из-за существующих экологических проблем, таких как дефицит водных ресурсов, засоление почв, загрязнение вод, неудовлетворительное снабжения населения качественной питьевой водой, деградация пастбищ и пахотных земель, гибель тугайных и саксауловых лесов с 1992 признан года официально зоной экологического бедствия. Одной из главных экологических проблем региона является вторичное засоление земель, которое происходит вследствие повышения минерализации грунтовых вод [1]. Именно процесс засоления почв является одним из ведущих деградационных процессов на орошаемых землях Приаралья. Нынешнее

состояние почв в Приаральском регионе является критическим. Содержание гумуса за последние полвека снизилось на 30-40%, а около 60% посевных площадей содержат менее 1% гумуса [2]. В результате вторичного засоления орошаемые земли выходят из сельскохозяйственного оборота, формируя новые пятна солевых пустынь. Площадь непригодных к использованию сильнозасоленных земель только в Кызылординской области составляет более 40 тыс. га или 13,9%, средnezасоленных - около 200 тыс. га (69,4%), слабоzасоленных - 43 тыс. га (16,7%). Незасоленные почвы в этом регионе практически отсутствуют. В связи с этим, первоочередной проблемой земледелия

Приаралья является мелиорация засоленных почв и возврат их в сельскохозяйственный оборот.

Одним из путей восстановления плодородия засоленных почв является применение биологических способов мелиорации почв на основе активизации микробных почвенных процессов, способствующих их рассолению. Наиболее доступной для данного региона и экологически безопасной мелиоративной технологией является использование отходов растениеводства, таких как солома, пожнивные остатки, шелуха, которые в больших количествах присутствуют в Приаральском регионе, где основной культурой возделывания является рис. В тоже время отходы риса практически не используются. Они сжигаются или пропадают на полях, загрязняя окружающую среду. Существует большое количество научных исследований, посвященных проблеме использования отходов растениеводства для улучшения плодородия почв [3-7]. Однако исследований, посвященных применению отходов рисового производства для рассоления почв, практически нет [8]. Это связано с тем, что процесс микробиологического разложения целлюлозы шелухи и соломы риса сопряжен с большими трудностями, что обусловлено строением волокон целлюлозы и ее химическим составом. Шелуха риса характеризуется высоким содержанием целлюлозы (до 48,8%) и лигнина (28,2%), низким содержанием пентозанов (3,2%) и отличается повышенным количеством минеральных компонентов, из которых 80-95% приходится на долю диоксида кремния [9-10].

Целью настоящего исследования явилось разработка биологического способа рассоления вторично-засоленных почв путем внесения в почву отходов рисового производства, предварительно подготовленных с помощью микроорганизмов. В этом плане использование целлюлолитических бактерий является наиболее перспективным, так как они являются одной из основных групп микроорганизмов, способных разлагать целлюлозу как в аэробных, так и в анаэробных условиях. Кроме того, применение этой группы бактерий не приводит к загрязнению и нарушению биологического равновесия почв, так как сами целлюлолитические бактерии являются полезными представителями

микрофлоры почвы, которые участвуют в процессе почвообразования.

Материалы и методы

Объектами исследования служили штаммы целлюлолитических бактерий. Культивирование микроорганизмов проводили на жидких средах (среда Гетчинсона и МПБ,) на качалке при скорости 180-200 об/мин и на твердых питательных средах Гетчинсона и МПА.

О целлюлазной активности бактерий судили по степени гидролиза фильтро-вальной бумаги и по диаметру зон гидролиза твердой среды с 0,1% Na-КМЦ после окрашивания раствором конго-рот и соответственного пересчета, выражали в ед/мл [11]. Общую целлюлазную активность определяли методом Мандельс-Вебера [12]. Содержание целлюлозы и гемицеллюлоз определяли по стандартной методике [13].

Твердофазную ферментацию целлюлозосодержащих отходов растениеводства проводили по типу силосования. Целлюлолитические бактерии использовали в качестве биозаквасок. Измельченное сырье смачивали водой до конечной влажности 60-65% и вносили суспензию целлюлолитических бактерий. Массу тщательно перемешивали, утрамбовывали и герметично укупоривали. После 30-суточной инкубации полученный продукт оценивали по органолептическим и биохимическим показателям [14].

Статистическую достоверность полученных результатов определяли по коэффициенту Стьюдента для доверительной вероятности $p < 0,01$.

Результаты и их обсуждение

Ранее из силосов хорошего, пожнивных остатков пшеницы и риса были выделены 89 штаммов факультативно-анаэробных ацидотолерантных целлюлолитических бактерий. Среди них провели скрининг по способности к утилизации целлюлозы отходов риса и повышенному накоплению органических кислот. В результате проделанной работы были отобраны два штамма с наиболее высокой целлюлазной и кислотообразующей активностью. Эти штаммы использовали в качестве биозаквасок для твердофазной ферментации целлюлозосодержащих отходов риса.

Модельные опыты показали возможность регуляции кислотно-щелочного баланса почвы за счет внесения ферментированных отходов рисового производства. В таблице 1 представлены данные по влиянию целлюлолитических бактерий на

биохимические показатели ферментированной в анаэробных условиях рисовой соломы. В качестве контроля использовали рисовую солому без внесения целлюлолитических бактерий.

Таблица 1 - Влияние целлюлолитических бактерий на биохимические показатели ферментированной соломы риса

Варианты опыта	рН	Целлюлоза, %	Гемичеселлюлозы, %	Органические кислоты, %				
				свободные			связанные	
				молочная	уксусная	масляная	уксусная	масляная
Контроль	6,7	38,2	27,7	0,32	0,86	0,36	0,62	0,41
Рисовая солома + штамм №1	4,7	26,9	17,4	1,4	0,56	0,03	0,25	0,12
Рисовая солома + штамм №2	4,5	23,3	13,2	1,5	0,58	0,01	0,23	0,10

Из данных таблицы следует, что обработка штаммами целлюлолитических бактерий существенно влияет на разложение целлюлозы. Так, если в контроле содержание целлюлозы составляло 38,2%, гемичеселлюлоз - 27,7%, то при ферментации рисовой соломы с применением бактерий содержание целлюлозы снижалось до 26,9 и 23,3%, гемичеселлюлоз - до 17,4-13,2%. Полученные данные свидетельствуют об интенсивном размножении бактерий и активной утилизации ими целлюлозы. Также, установлено существенное увеличение количества молочной и уксусной кислот при одновременном снижении концентрации масляной кислоты по сравнению с контрольным вариантом. Полученная ферментированная рисовая солома имела значительно более низкое значение рН (4,5-4,7), чем контрольный вариант (рН 6,7). Внесение в пахотный горизонт соломы, ферментированной с помощью целлюлолитических бактерий, помимо увеличения количества целлюлолитических

бактерий, благоприятно влияющих на почвенные процессы и микрофлору засоленных почв, способствует снижению засоленности вторично-засоленных почв. Поскольку штамм №2 зарекомендовал себя как наиболее эффективный по степени утилизации целлюлозы и уровню накопления органических кислот, дальнейшие исследования продолжили с этим штаммом. Изучение влияния ферментированной соломы на процессы транзитного выноса токсичных солей из пахотного горизонта проводили на территории Караултюбинского опытно-производственного хозяйства Кызылординской области на сильнозасоленной такыровидной почве (сумма ионов солей составляет 24,3 г/л). Ферментацию рисовой соломы проводили описанным выше способом, затем проводили запашку соломы в почву в количестве 2 т/га под культуру риса. В качестве контроля был использован вариант без внесения соломы. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Минерализация почвенных фильтратов при внесении ферментированной соломы под рис (20-е сутки)

Варианты опыта	Сумма солей, %	Анионы (М. экв)			Катионы (М. экв)		
		Щелочность общая в HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ по разности
Контроль	2,429	46,0	27,8	28,0	54,0	28,0	35,0
Солома	3,502	41,0	34,7	28,0	82,0	15,4	34,0
Солома + штамм №2	5,082	70,0	27,8	18,0	36,4	11,0	46,0

Мелиоративное действие ферментированной соломы выразилось в существенном повышении минерализации почвенных фильтратов. Данные, приведенные в таблице 2, свидетельствуют о том, что ферментированная солома, взаимодействуя с почвой, повышает щелочность среды, закрепляя анион SO_4^{2-} и катионы Ca^{2+} , а также способствует транзитному выносу солей растворимых соединений, токсично влияющих на рост и развитие растений риса. Так, общая щелочности среды в HCO_3^- возросла относительно контроля в 1,5 раза, относительно варианта, где была внесена солома без ферментации - в 1,7 раза, общая сумма солей увеличилась по сравнению с контролем в 2 раза, с вариантом, где использовали солому без

ферментации в 1,5 раза. Эти показатели свидетельствуют о положительном сдвиге значения pH почвы в нейтральную сторону, то есть внесение ферментированной соломы в засоленную почву способствует ее значительному рассолению и созданию благоприятных условия для развития растений.

Культивирование риса сорта «Маржан» на засоленных почвах с внесением ферментированных отходов риса показало, что их применение оказывает высоко-кое положительное влияние на урожайность риса. В таблице 4 представлены результаты влияния ферментированных отходов на структуру и урожай риса.

Таблица 4 - Влияние ферментированных отходов на структуру урожайности риса

Вариант	Всхо- жесть семян, %	Густота всходов, шт./м ²	Кустистость (число стеблей на растение)	Озернен- ность метелок, шт.	Масса 1000 шт. зерен, г	Урожай, г/сосуд
Контроль	53	74	1,0	95,8	28,0	24,0
Солома	49	71	1,2	103,3	30,4	36,7
Солома + штамм № 2	65	83	1,4	117,2	32,2	46,5

Исследование структуры урожая показало, что за счет увеличения кустистости растений, озерненности метелок и возрастания массы зерна, формируется повышенный урожай риса. При этом урожайность риса увеличивается практически в 2 раза по сравнению с контролем и на 26,7 % по сравнению с вариантом, где использовали солому без ферментации. Также, отмечено улучшение качества урожая за счет снижения количества пустых и неполноценных зерен риса.

Таким образом, разработан биологический способ рассоления вторично-засоленных почв на основе внесения ферментированных отходов рисового производства, полученных с помощью целлюлолитических бактерий. Внесение этих отходов в сильнозасоленную

почву приводит к активизации микробных почвенных процессов и создает условия для транзитного выноса солей растворимых соединений, токсично действующих на рост и развитие растений риса. Применение данного способа экологически безопасно и соответствует требованиям охраны окружающей среды, поскольку не приводит к загрязнению почвы и нарушению биологического равновесия, так как целлюлолитические бактерии являются полезными представителями микрофлоры почвы, участвующими в процессах повышения почвенного плодородия. На данный способ биологической мелиорации почв получен инновационный патент Республики Казахстан.

Литература

- 1 Отаров А. Основные факторы и степень деградации почв Шиелийского массива орошения // Почвоведение и агрохимия. - 2011. - № 1. - С. 30-39.
- 2 Мейрман Г.Т., Абилтай О.К. Результаты изучения исходного материала люцерны и донника для селекции солеустойчивых сортов // Вестник с.-х. науки Казахстана.- 2004. - № 6. - С. 24-26.

- 3 Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. - М.: Колос. - 1998. - 43 с.
- 4 Добровольский Г.В., Васильевская В.Д., Зайдельман Ф.Р., Звягинцев Д.Г. и др. Факторы и виды деградации почв // Деградация и охрана почв. - М.: Мир. - 2002. - С. 33-60.
- 5 Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. - М.: МГУ. - 2006. - 87 с.
- 6 Камара Кордова Х., Куст Г.С. Современное состояние и развитие почв и ландшафтов дельтовых территорий района Сентла (Штат Табаско, Мексика). // Почвоведение. - 2006.- №10. - С. 41-48.
- 7 Ed. M. Ajmal Khan, Benno Boer, German S.Kust, Hans-Jorg Barth //Sabkha Ecosystems. Volume II: West and Central Asia. Springer. Netherlands. - 2006. - 259 p.
- 8 Патент РФ № 1740358. Способ мелиорации засоленных почв под культуру риса / С.Н. Нелидов, М.Г. Саубенова, И.Э. Смирнова; опубл.15.06.92, Бюл. № 22. - 6 с.
- 9 Будаева В.В. и др. Пути полной и экологически чистой переработки возобновляемого растительного сырья // Ползуновский вестник. - 2010. - № 4, вып.1. -159 с.
- 10 Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. Ч.П.-СПб.: НПО «Профессионал». - 2006. -1142 с.
- 11 Толченев А. А., Зубов Д. В., Сергеева А. В. Программные системы: теория и приложения. Переславль-Залесский.: Наука. - 2009. - 216 с.
- 12 Mandels M., Weber W. The production of cellulose //Adv. Chem. Ser. - 1996. - Vol. -112. - P. 395-434.
- 13 Лукашик Н.А., Тащилин В.А. Зоотехнический анализ кормов. - М.: Наука. -1968. - С.106-120.
- 14 . Шарков Н.К., Куйбина Л.И., Соловьева Т.А., Павлова Т.А. Количественный анализ растительного сырья. - М.: Лесная пром-ть. -1996. - 51 с.