

Смирнова И.Э., Саданов А.К.,
Джамантиков Х.Д.

**Биологический способ
повышения плодородия почв**

В настоящее время, в Казахстане существует большая экологическая проблема – вторичное засоление почв. Одним из путей восстановления плодородия засоленных почв является разработка и применение биомелиорантов на основе растительных отходов. Применение биомелиорантов способствует улучшению структуры почвы, снижает засоленность и активизирует микрофлору почв. Разработан новый биологический способ повышения плодородия вторично-засоленных почв на основе применения нового биомелиоранта из отходов производства риса (рисовой шелухи), полученного с помощью целлюлолитических бактерий. Применение способа приводит к активизации микробных почвенных процессов, создает условия для транзитного выноса солей растворимых соединений почвы и нормализует рН почвы, что способствует значительному рассолению почвы, повышению ее плодородия и создает благоприятные условия для развития риса. При этом урожайность риса увеличивается в 1,7 раза по сравнению контролем.

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

Smirnova I.E., Sadanov A.K.,
Dzhamantikov H.D.

**The biological method of
increasing the fertility of soils**

At the present time, in Kazakhstan there is an environmental problem – salinization of soils. One way to restore the fertility of saline soils is the development and application of bioremediants based on plant waste. Application bioremediants improves soil structure, reduces salinity and activates the microbial soil processes. The new biological method to increase the fertility of second-saline soils by applying new bioremediant obtained by cellulolytic bacteria was developed. Application of the method leads to the activation of soil microbial processes, creates conditions for the transit of salt removal of soluble compounds, toxic effects on the development of rice plants, and normalizes the pH of saline soil, which contributes to a substantial desalination of the soil, improving its fertility and creates favorable conditions for the development of plants. This rice yield increased by 1.7 times compared to the control.

Key words: soil, secondary salinization, cellulolytic bacteria, solid-state fermentation, waste rice.

Смирнова И.Э., Саданов А.К.,
Джамантиков Х.Д.

**Топырақтың құнарлылығын
биологиялық әдіспен
жоғарылату**

Қазіргі уақытта Қазақстанда топырақтың екінші ретті сортаңдануы үлкен экологиялық мәселе болып отыр. Сортаңдаған топырақтың құнарлығын қайта қалпына келтірудің бірден-бір жолы өсімдік қалдықтары негізінде биомелиорантты пайдалану және өңдеу болып табылады. Биомелиоранттарды пайдалану топырақтың құрылысының жақсаруын қабілеттендіреді, сортаңдауын төмендетеді және топырақтағы микробты үрдісті белсендендіреді. Целлюлолитикалық бактериялардың көмегімен алынған биомелиоранттарды пайдалану негізінде екінші рет сортаңданған топырақтың құнарлылығын жоғарылатудың жаңа биологиялық әдісі өңделген. Бұл әдісті пайдалану топырақтың микробтық үрдістерін жандандыруға, тұздардың ерігіш қоспаларын транзитті шығаруға жағдай жасайды және топырақтың рН көрсеткішін тұрақтандыруға алып келеді, нәтижесінде топырақтың сортаңдығы айтарлықтай кемиді, құнарлылығы артады және күршінің дамуына қолайлы жағдай тудырады. Сонымен бірге, күршінің өнімділігі бақылаумен салыстырғанда 1,7 ретке артады.

Түйін сөздер: топырақ, екінші рет сортаңдану, целлюлолитикалық бактериялар, қатты фазалы ферментация, күрші қалдығы.

БИОЛОГИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Введение

По данным Международного института окружающей среды и развития (**International Institute for Environment and Development**) и Института мировых ресурсов (**World Resources Institute**), около 10% поверхности континентов покрыто засоленными почвами. В большей степени они распространены в аридных районах. Серьезно проблема засоления почв проявляется в 75 странах мира (Австралия, Китай, Индия, Ирак, Мексика, Пакистан, США и др.). Из 222 млн. га пашни, засоленные и осолонцованные почвы занимают 40 млн. га, солонцы, солончаки, солоди – 62 млн. га [1]. По данным ЮНЕСКО ФАО, площадь орошаемых земель мира составляет около 220 млн. га, из них не менее 40-50% площадей подвержено вторичному засолению и осолонцеванию. [2-4]. Проблема восстановления засоленных почв является актуальной во всем мире и поэтому проведение мелиоративных мероприятий на этих почвах является крайне важными как с научной, так и с практической точки зрения.

В настоящее время, в Казахстане существует большая экологическая проблема – вторичное засоление почв [5]. Эта проблема особенно актуальна для Приаральского региона Казахстана, являющегося основным производителем риса в Республике. Нынешнее состояние почв в Приаральском регионе является критическим, содержание гумуса за последние 50 лет снизилось на 30-40%, а около 60% посевных площадей содержат менее 1% гумуса [6,7]. Площадь непригодных к использованию сильнозасоленных земель в этом регионе составляет 13,9%, средnezасоленных – 69,4%, слабозасоленных – 16,7%, незасоленных почв практически нет.

Одним из путей восстановления плодородия засоленных почв является их рекультивация на основе применения биомелиорантов, таких как солома, пожнивные остатки и др. Применение биомелиорантов способствует улучшению структуры почвы, снижает засоленность и активизирует микробные почвенные процессы. Существует много научных исследований, посвященных этой проблеме [8-10]. Недостатком этих способов является незначительная деструкция отходов растениеводства в почве и, как следствие, недостаточное снижение щелочного

токсико́за растений, культивируемых на вторично-засоленных почвах. Кроме того, деградация целлюлозосодержащих отходов в почве осуществляется представителями спонтанной микрофлоры, образующей токсичные вещества для растений, которые угнетают рост и развитие проростков растений

Задачей исследования явилось разработка биологического способа снижения засоленности почв путем внесения в почву биомелиорантов – отходов рисового производства, предварительно подготовленных с помощью целлюлолитических бактерий.

Материалы и методы

Объектами исследования служили штаммы целлюлолитических бактерий, выделенные из почвы, силосов хорошего качества, пожнивных остатков пшеницы и риса, способные расти в факультативно-анаэробных условиях и синтезировать органические кислоты на целлюлозосодержащих источниках углерода. Культивирование бактерий проводили на электролитической среде Гетчинсона для целлюлолитических бактерий, в качестве единственного источника углерода и энергии использовали солому, на качалке при скорости 180 об/мин и на твердых питательных средах Гетчинсона и МПА.

О целлюлазной активности бактерий судили по степени гидролиза фильтровальной 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].

Кислотообразующую активность бактерий определяли по изменению значений pH среды, которую измеряли на иономере. Состав и количество органических кислот определяли по методу Вигнера [13-14].

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 биохимическим показателям [15].

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

Результаты и их обсуждение

Из почвы, силосов хорошего качества, пожнивных остатков пшеницы и риса были выделены более 100 штаммов факультативно-анаэробных кислототолерантных целлюлолитических бактерий. В результате скрининга бактерий были отобраны штаммы с высокой целлюлазной и кислотообразующей активностью. Этот штамм был использован в качестве биозакваски для ферментации отходов риса.

Для получения биомелиоранта использовали твердофазную ферментацию по типу силосования. Ферментацию рисовой шелухи проводили следующим образом. Жидкую культуру бактерий для инокуляции целлюлозосодержащего сырья выращивали в колбах со средой Гетчинсона с 2% рисовой соломы. Далее бактериальную суспензию разводили водой до концентрации 10^3 кл/мл и проводили обработку рисовой шелухи. Измельченное сырье смачивали водой до конечной влажности 60-65%, тщательно трамбовали и закупоривали, создавая анаэробные условия. Длительность ферментации составляла 30 суток.

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 (ЦЛБ) на биохимические показатели ферментированной в анаэробных условиях шелухи риса. В качестве контроля использовали рисовую шелуху без инокуляции целлюлолитическими бактериями.

Из данных таблицы 1 следует, что обработка целлюлолитическими бактериями существенно влияет на разложение целлюлозы. Так, если в контроле содержание целлюлозы составляло 42,1%, гемицеллюлоз – 29,9%, то при обработке рисовой шелухи бактериями содержание целлюлозы снизилось до 25,9%, гемицеллюлоз – до 15,6%. Полученные данные свидетельствуют об интенсивном размножении бактерий и активной утилизации ими целлюлозы. Также, показано, что в варианте с целлюлолитическими бактериями существенно увеличивается количество молочной и уксусной кислот при одновременном снижении концентрации масляной кислоты по сравнению с контрольным вариантом. Полученная ферментированная рисовая шелуха имела более низкое значение pH (4,7), чем контрольный вариант (pH 6,5).

Таблица 1 – Влияние целлюлолитических бактерий на биохимические показатели ферментированной рисовой шелухи

Показа-тель	рН	Целлю-лоза,%	Гемицеллю-лозы,%	Органические кислоты,%				
				свободные			связанные	
				молочная	уксусная	масляная	уксусная	масляная
Контроль	6,5	42,1±1,2	29,9±1,1	0,12±0,01	0,86±0,02	0,46±0,01	0,62±0,01	0,41±0,01
Рисовая шелуха + ЦЛБ	4,7	25,9±1,0	15,6±1,0	1,0±0,04	0,58±0,02	0,03±0,008	0,23±0,01	0,12±0,02

Внесение в пахотный горизонт шелухи, 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. Это связано с тем, что полученное сырье имеет кислое значение рН 4,7, при внесении его в почву происходит реакция нейтрализации ее щелочности.

Изучение влияния биомелиоранта на процессы транзитного выноса токсичных солей из пахотного горизонта проводили на территории опытно-производственного хозяйства при ТОО «Казахский НИИ рисоводства» в Кызылординской области Приаральского региона на сильно-засоленной такыровидной почве (сумма ионов солей составляет 23,8 г/л). Полученный биомелиорант весной путем заправки вносили в почву в количестве 2 т/га под культуру риса. В качестве контроля использовали рисовую шелуху без ферментации. Полученные данные представлены в таблице 2.

Мелиоративное действие биомелиоранта связано с существенным повышением минерализации почвенных фильтратов. Данные, приве-

денные в таблице 2, свидетельствуют о том, что ферментированная шелуха, взаимодействуя с почвой, повышает щелочность почвенных растворов, закрепляя анионы SO_4^{2-} и катионы Ca^{2+} , а также способствует транзитному выносу солей растворимых соединений, токсично влияющих на развитие растений риса. Так, общая щелочности среды в HCO_3^- возросла относительно контроля в 1,5 раза, относительно варианта, где была внесена шелуха риса без ферментации – в 1,3 раза, общая сумма солей увеличилась по сравнению с контролем в 2,3 раза, с вариантом, где использовали шелуху риса без ферментации в 1,4 раза. Эти показатели свидетельствуют о сдвиге значения рН почвы в нейтральную сторону, то есть внесение биомелиоранта в засоленную почву способствует ее значительному рассолению и созданию благоприятных условия для развития растений.

Культивирование риса сорта «Акмаржан» на засоленных почвах с внесением биомелиоранта на основе рисовой шелухи показало, что его применение оказывает высокое положительное влияние на урожайность риса. В таблице 3 представлены результаты влияния биомелиоранта на структуру и урожай риса.

Таблица 2 – Минерализация почвенных фильтратов при внесении биомелиоранта под рис

Варианты опыта	Сумма солей,%	Анионы (М. экв)			Катионы (М. экв)		
		Щелочность общая в HCO_3^-	Cl ⁻	SO_4^{2-}	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺ по разности
Контроль	2,39±0,1	44,0±0,4	26,9±1,4	23,0±1,1	56,0±1,4	29,0±1,1	36,0±1,5
Шелуха риса	3,42±0,1	59,0±0,5	33,5±1,5	25,0±1,1	87,0±1,6	17,1±0,09	33,0±1,1
Биомелио-рант	5,61±0,2	68,0±0,5	28,1±1,1	19,00±0,09	37,1±1,5	10,8±0,01	47,1±1,5

Таблица 3 – Влияние внесения биомелиоранта на структуру урожая риса сорта «Акмаржан»

Вариант	Всхожесть семян, %	Густота всходов, шт./м ²	Кустистость, шт.	Озерненность метелок, шт.	Масса 1000 шт. зерен, г	Урожайность зерна, ц/га
Контроль	52±1,6	72±1,9	1,1±0,2	94,9±2,1	27,9±1,1	23,8±1,2
Шелуха риса	59±1,4	75±1,8	1,3±0,1	105,2±2,5	31,2±1,0	35,9±1,4
Биомелиорант	67±2,1	84±1,9	1,6±0,2	117,3±2,7	33,2±1,2	40,8±2,1

Исследование структуры урожая риса показало, что за счет повышения кустистости растений, озерненности метелок и увеличения массы зерна, формируется повышенный урожай риса. При этом урожайность риса увеличивается в 1,7 раза по сравнению с контролем и на 13,6% по сравнению с вариантом, где использовали рисовую шелуху без ферментации.

Таким образом, разработан новый биологический способ повышения плодородия вторично-засоленных почв на основе применения биомелиорантов, полученных с помощью целлюлолитических бактерий. Применение способа приводит к активизации микробных почвенных процессов, создает условия для транзитного выноса солей растворимых соединений, токсично действующих на развитие растений риса, и нор-

мализует рН засоленных почв. Все это, способствует значительному рассолению почвы, повышению ее плодородия и создает благоприятные условия для развития растений риса. При этом урожайность риса увеличивается в 1,7 раза по сравнению контролем.

Разработанный способ повышения плодородия экологически безопасен, соответствует требованиям охраны окружающей среды, не приводит к загрязнению почвы и нарушению микробного равновесия почвы. Сами целлюлолитические бактерии являются полезными представителями микрофлоры почвы, участвующими в процессах повышения почвенного плодородия. На способ биологической мелиорации почв получен патент Республики Казахстан № 27624 KZ.

Литература

- 1 Лопатовская О. Г., Сугаченко А. А. Мелиорация почв. Засоленные почвы. – Иркутск: ИГУ. – 2010. – 101 с.
- 2 <http://agrotechnika.info>
- 3 <http://mse-online.ru>
- 4 Новикова А.В. Засоленные почвы, их распространение в мире, окультуривание и вопросы экологии. Харьков.: ХНАУ. – 2004.-120 с.
- 5 Рекс Л.М. Системные исследования мелиоративных процессов и систем. – М.: Алан. – 2005. – 97 с.
- 6 Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. – М.: Колос. – 2008. – 43 с.
- 7 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.
- 7 Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв. – М.: МГУ. – 2006. – 87 с.
- 8 Камара К. Х., Куст Г.С. Современное состояние и развитие почв и ландшафтов дельтовых территорий района Сент-Ла (Штат Табаско, Мексика). // Почвоведение. – 2006.- №10. – С. 41-48.
- 9 Новикова А.В. Исследования засоленных и солонцовых почв: генезис, мелиорация, экология. Избранные труды Харьков: ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского», 2009. – 720 с.
- 10 Толченев А. А., Зубов Д. В., Сергеева А. В. Программные системы: теория и приложения. Переславль-Залесский.: Наука. – 2009. – 216 с.
- 11 Mandels M., Weber W. The production of cellulose // Adv. Chem. Ser. – 1996. – Vol. -112. – P. 395-434.
- 12 Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. – СПб.: НПО Профессинал.- 2006.-1142 с.
- 13 Лукашик Н.А., Тащилин В.А. Зоотехнический анализ кормов. – М.: Наука. -2008. – С.106-120.
- 14 Ушаков Н.А., Бродский Е.С., Козлов А.А., нифотов. А.В. Анаэробная ферментация растительных субстратов с использованием *Bacillus subtilis* 8130 // Прикл. биох. и микробиол. – 2009. – Т.45, №1. – С. 70-77.

References

- 1 Lopatovskaja O. G., Sugachenko A. A. Soil melioration. Saline soils. – Irkutsk: IGU. – 2010. – 101 p.
- 2 <http://agrotechnika.info>
- 3 <http://mse-online.ru>
- 4 Novikova A.V. Saline soils and their distribution in the world, cultivation and environmental issues. Kharkiv.: HNAU. – 2004. – 120 p.
- 5 Rex L. System research of reclamation processes and systems. M.: Alan. – 2005. – 97 p.
- 6 Averyanov S.F. The fight against salinization of irrigated land. – M.: Kolos. – 2008. – 43 p.
- 7 Dobrovolsky G.V., Vasilyevskaya V.D., Zaydelman F.R., Zvyagintsev D.G. et al. Factors and types of soil degradation // degradation and soil protection. – M.: Mir. – 2002. – P. 33-60.
- 8 Zaydelman F.R. Soil melioration. – M.: MGU. – 2006. – 87 p.
- 9 Camara K.H., Bush G.S. The current state and development of soils and landscapes deltaic area Sentla territories (Tabasco, Mexico). // Soil science. – 2006. – №10. – P. 41-48.
- 10 Novikova A.V. Studies of saline and alkaline soils: the genesis, land reclamation, environment. Selected works Kharkov: NSC. Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry named after AN Sokolovsky. – 2009. – 720 p.
- 11 Tolchenov A.A., Zubov D.V., Sergeeva A.V. Software Systems: Theory and Applications. Pereslavl.: Science. – 2009. – 216 p.
- 12 Mandels M., Weber W. The production of cellulose // Adv. Chem. Ser. – 1996. – Vol. -112. – P. 395-434.
- 13 The new directory Chemist and technologist. Raw materials and products of industrial organic and inorganic substances. SPb.: NGO Professional. – 2006.-1142 p.
- 14 Looky N.A., Tashchilin V.A. Zootechnical analysis of the feed. – M.: Nauka. -2008. – P.106-120.
- 15 Ushakov N.A., Brodsky E.S., Kozlov A.A., Nifotov A.V. Anaerobic fermentation of plant substrates using *Bacillus subtilis* 8130 // Applied. Biochem. and Microbiology. – 2009 – T.45, №1. – P. 70-77.