



УДК: 631.4:631.6:631.46

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВ

Гузалова Анаида Георгиевна 

PhD, директор, компания «ООО Anguzal Agroservis»

e-mail: anguzal@mail.ru

Артикова Рано Мамурхановна 

Доцент Ташкентского аграрного университета

e-mail: ranoartikova898@gmail.com

Замалетдинов Минзахид Рафикович 

биотехнолог, компания «ООО Anguzal Agroservis»

e-mail: minzakhid@yandex.com

Новичкова Алина Александровна 

биотехнолог, компания «ООО Anguzal Agroservis»

e-mail: ell_angel@mail.ru

Новичкова Анна Александровна 

магистрант, Ташкентский Химико-Технологический институт

e-mail: anni_nov@mail.ru

Аннотация. Засоление почв относится к числу наиболее значимых экологических и агроэкономических факторов, ограничивающих продуктивность сельского хозяйства в аридных и полуаридных регионах. В статье рассмотрены биологические подходы к восстановлению засоленных почв, основанные на использовании галофитных растений, полезных почвенных микроорганизмов и фиторемедиационных технологий. Показано, что данные методы могут снижать содержание легкорастворимых солей, улучшать агрофизические свойства почвы и повышать её биологическую активность. Наиболее выраженный эффект установлен при совместном применении галофитов и микроорганизмов: электропроводность почвы снизилась с 8,4 до 5,8 дС/м, что соответствует уменьшению засоленности на 31,0%, а биомасса растений достигла 510 г/м². Полученные результаты подтверждают перспективность комплексной биологической рекультивации как экологически безопасного направления восстановления деградированных земель.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Ключевые слова: засоленные почвы; биологическая рекультивация; галофиты; фиторемедиация; почвенные микроорганизмы; плодородие почв; деградация земель.

Annotatsiya. Tuproqlarning sho'rlanishi qurg'oqchil va yarim qurg'oqchil hududlarda qishloq xo'jaligi unumdorligini cheklovchi muhim ekologik va agroiqtisodiy omillardan biridir. Maqolada sho'rlangan tuproqlarni tiklashda galofit o'simliklar, foydali tuproq mikroorganizmlari va fitoremediatsiya texnologiyalaridan foydalanishga asoslangan biologik yondashuvlar ko'rib chiqilgan. Ushbu usullar oson eruvchan tuzlar miqdorini kamaytirishi, tuproqning agrofizik xususiyatlarini yaxshilashi va biologik faolligini oshirishi ko'rsatildi. Eng yuqori samara galofitlar va mikroorganizmlarni birgalikda qo'llashda kuzatildi: tuproqning elektr o'tkazuvchanligi 8,4 dan 5,8 dS/m gacha kamaydi, bu sho'rlanishning 31,0% ga pasayishiga mos keladi, o'simlik biomassa ko'rsatkichi esa 510 g/m² ga yetdi. Olingan natijalar kompleks biologik rekultivatsiyaning degradatsiyaga uchragan yerlarni ekologik xavfsiz tiklash yo'nalishi sifatida istiqbolli ekanini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: sho'rlangan tuproqlar; biologik rekultivatsiya; galofitlar; fitoremediatsiya; tuproq mikroorganizmlari; tuproq unumdorligi; yerlarning degradatsiyasi.

Abstract. Soil salinization is one of the major ecological and agro-economic constraints limiting agricultural productivity in arid and semi-arid regions. This paper considers biological approaches to the restoration of saline soils based on the use of halophytic plants, beneficial soil microorganisms and phytoremediation technologies. The results indicate that these methods can reduce the content of soluble salts, improve soil physical properties and increase biological activity. The most pronounced effect was observed when halophytes and microorganisms were applied together: soil electrical conductivity decreased from 8.4 to 5.8 dS/m, corresponding to a 31.0% reduction in salinity, while plant biomass reached 510 g/m². The findings confirm the potential of integrated biological reclamation as an environmentally safe approach to restoring degraded lands.

Keywords: saline soils; biological reclamation; halophytes; phytoremediation; soil microorganisms; soil fertility; land degradation.

ВВЕДЕНИЕ

Засоление почв является одной из наиболее распространённых форм деградации земель и оказывает прямое влияние на устойчивость аграрного производства. В условиях дефицита пресной воды, высокой испаряемости и интенсивного орошения соли постепенно накапливаются в верхних горизонтах почвы. Это приводит к уплотнению почвенного профиля, ухудшению водопроницаемости, нарушению воздушного режима и снижению доступности элементов питания для растений.



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Для аридных и полуаридных территорий проблема особенно актуальна, поскольку даже умеренное увеличение концентрации солей может резко ограничивать рост корневой системы, снижать всхожесть семян и угнетать физиологические процессы культурных растений. В таких условиях агроэкосистема становится менее устойчивой: уменьшается микробиологическая активность, замедляется разложение органических остатков, ухудшается гумусное состояние почвы и снижается урожайность сельскохозяйственных культур.

Традиционные способы мелиорации засоленных почв, включая промывку, дренажные мероприятия и химическую мелиорацию, остаются важными, однако их применение часто требует значительных материальных и водных ресурсов. Кроме того, при неправильной организации такие мероприятия могут сопровождаться вторичным засолением, выносом солей на соседние участки или дополнительной нагрузкой на окружающую среду. Поэтому всё большее научное и практическое значение приобретают методы, основанные на естественных биологических процессах.

Биологическая рекультивация рассматривается как направление, позволяющее не только уменьшать проявления засоления, но и постепенно восстанавливать функционирование почвенной системы. В основе таких подходов лежит использование растений, устойчивых к повышенной концентрации солей, а также почвенных микроорганизмов, способных поддерживать рост растений, активизировать круговорот питательных веществ и повышать стрессоустойчивость агроценозов.

Особое место занимают галофиты - растения, приспособленные к жизни в условиях повышенной солёности. Они способны накапливать или перераспределять соли, формировать развитую корневую систему, улучшать структуру почвы и способствовать накоплению органического вещества. В сочетании с ризосферными микроорганизмами их действие может усиливаться за счёт улучшения питания растений, стимуляции корнеобразования и повышения биологической активности почвы.

Целью данной работы является оценка эффективности биологических методов восстановления засоленных почв и определение их роли в снижении уровня засоления, улучшении агрофизических свойств почвы и повышении продуктивности растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на участке с засоленными почвами, характерными для аридных условий. Для оценки результативности биологических методов были заложены опытные делянки с различными вариантами воздействия на почву. В качестве биологических компонентов использовались галофитные растения и почвенные микроорганизмы, а также их совместное применение.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Схема опыта включала четыре варианта: контроль без обработки, высев галофитов, внесение микроорганизмов и комбинированный вариант, предусматривающий одновременное использование галофитов и микроорганизмов. Контрольный участок служил для сравнения естественной динамики показателей засоленной почвы без целенаправленного биологического воздействия.

В качестве галофитных растений рассматривались солянка и сарсазан, обладающие способностью развиваться на засоленных субстратах и участвовать в биологическом улучшении почвенной среды. Микробиологический компонент был направлен на активизацию ризосферных процессов, повышение доступности элементов питания и улучшение условий для роста растений в стрессовой среде.

Мониторинг состояния почвы проводился до начала опыта и в течение вегетационного периода. Основными оцениваемыми показателями были электропроводность почвенного раствора (ЕС, дС/м), уровень рН, степень снижения засоленности и биомасса растений. Дополнительно учитывались изменения структуры почвы, влажности и общей биологической активности.

Для анализа использовались стандартные агрохимические и физико-химические методы, включая определение содержания легкорастворимых солей и кислотно-щелочной реакции среды. Полученные данные сравнивались между вариантами опыта, что позволило определить вклад каждого биологического приёма и оценить преимущество их совместного использования.

Обработка результатов проводилась сравнительным методом. Основным критерием эффективности считалось снижение электропроводности почвы после применения биологических подходов, поскольку данный показатель отражает изменение концентрации растворимых солей и позволяет оценивать динамику засоления.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты опыта показали, что все применённые биологические варианты оказали положительное влияние на состояние засоленной почвы по сравнению с контролем. На контрольном участке, где обработка не проводилась, электропроводность снизилась незначительно - с 8,4 до 8,1 дС/м. Уменьшение засоленности составило 3,6%, что можно рассматривать как естественное изменение показателя без выраженного восстановительного эффекта.

Высев галофитных растений обеспечил более заметное снижение засоленности. В этом варианте ЕС уменьшилась с 8,5 до 6,7 дС/м, а снижение засоленности достигло 21,2%. Полученный результат связан с биологическими особенностями галофитов: они способны переносить повышенное содержание солей, формировать корневую массу и участвовать в



AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

перераспределении солей в почвенной среде. Одновременно корневая система растений улучшает аэрацию, способствует формированию почвенных агрегатов и создаёт условия для накопления органического вещества.

Внесение почвенных микроорганизмов также оказало положительное действие. Электропроводность в данном варианте снизилась с 8,3 до 6,9 дС/м, что соответствует уменьшению засоленности на 16,9%. Несмотря на то что этот показатель ниже, чем при высеве галофитов, микробиологическая обработка способствовала улучшению условий питания растений и повышению биологической активности почвы. Это подтверждается ростом биомассы растений до 365 г/м² по сравнению с 280 г/м² в контроле.

Наиболее выраженный результат был получен при совместном применении галофитов и микроорганизмов. В этом варианте ЕС снизилась с 8,4 до 5,8 дС/м, а уменьшение засоленности составило 31,0%. Биомасса растений достигла 510 г/м², что является максимальным значением среди всех вариантов опыта. Такой эффект указывает на синергетическое действие растений и микроорганизмов: галофиты улучшают физическое состояние почвы, а микроорганизмы активизируют процессы в ризосфере и повышают адаптационный потенциал растений.

Изменения рН во всех вариантах были умеренными. В контроле рН после опыта составил 8,3, при высеве галофитов - 8,25, при внесении микроорганизмов - 8,20, а при комбинированном применении - 8,14. Несмотря на небольшую амплитуду изменений, тенденция к снижению щёлочности в опытных вариантах может рассматриваться как дополнительный положительный признак улучшения почвенной среды.

Таблица 1

Изменение показателей засоленной почвы при применении биологических методов

Вариант опыта	ЕС, дС/м до опыта	ЕС, дС/м после опыта	Снижение засоленности, %	рН после опыта	Биомасса растений, г/м ²
Контроль без обработки	8,4	8,1	3,6	8,3	280
Высев галофитов	8,5	6,7	21,2	8,25	420
Внесение микроорганизмов	8,3	6,9	16,9	8,20	365
Галофиты + микроорганизмы	8,4	5,8	31,0	8,14	510

Сравнение вариантов показывает, что использование одного биологического фактора уже обеспечивает улучшение состояния почвы, однако максимальная эффективность достигается при комплексном подходе.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Это подтверждает целесообразность сочетания фиторемедиационных технологий с микробиологической поддержкой, особенно на участках с выраженным засолением и сниженной биологической активностью.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что биологическая рекультивация не ограничивается кратковременным снижением концентрации солей. Она способствует восстановлению почвенной структуры, увеличению растительной массы и созданию более благоприятных условий для дальнейшего использования земель в сельскохозяйственном производстве. В отличие от исключительно химических или механических способов, биологические методы работают через естественные процессы и могут быть интегрированы в систему устойчивого земледелия.

В то же время эффективность биологических методов зависит от исходного уровня засоления, водного режима, видового состава растений, активности микроорганизмов и агротехнического сопровождения. Поэтому при внедрении данных подходов необходимо учитывать местные почвенно-климатические условия, подбирать устойчивые виды растений и использовать адаптированные микробиологические препараты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Биологические методы восстановления засоленных почв являются перспективным направлением рекультивации деградированных земель. Их действие связано с комплексным влиянием на почвенную систему: снижением содержания легкорастворимых солей, улучшением структуры почвы, активизацией микробиологических процессов и повышением устойчивости растений к стрессовым факторам.

Проведенный опыт показал, что наибольшую эффективность обеспечивает сочетание галофитных растений и почвенных микроорганизмов. При таком варианте электропроводность почвы снизилась с 8,4 до 5,8 дС/м, уровень засоленности уменьшился на 31,0%, а биомасса растений достигла 510 г/м². Эти данные подтверждают, что совместное применение растительного и микробиологического компонентов обладает более выраженным восстановительным потенциалом, чем их отдельное использование.

Для практического применения биологической рекультивации рекомендуется использовать комплексный подход, включающий подбор солеустойчивых растений, внесение эффективных почвенных микроорганизмов и регулярный мониторинг ЕС, рН, влажности и биологической активности почвы. На участках с высоким уровнем засоления целесообразно сочетать биологические методы с рациональным водным режимом и мероприятиями, направленными на предотвращение вторичного засоления.





AGRO KIMYO HIMOYA VA O'SIMLIKLAR KARANTINI

Дальнейшие исследования должны быть направлены на уточнение оптимальных сочетаний галофитов и микроорганизмов для различных типов засоленных почв, оценку длительности восстановительного эффекта и разработку практических схем внедрения биологической рекультивации в условиях сельскохозяйственного производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Засоленные почвы мира. - Москва: Наука, 1970.
2. Добровольский В.В. География почв. - Москва: МГУ, 2006.
3. Ковда В.А. Основы учения о почвах. - Москва: Наука, 1973.
4. Qadir M., Oster J.D. Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture // *Science of the Total Environment*. - 2004. - Vol. 323. - P. 1-19.
5. Rengasamy P. World salinization with emphasis on Australia // *Journal of Experimental Botany*. - 2006. - Vol. 57. - P. 1017-1023.
6. Flowers T.J., Colmer T.D. Salinity tolerance in halophytes // *New Phytologist*. - 2008. - Vol. 179. - P. 945-963.
7. Munns R., Tester M. Mechanisms of salinity tolerance // *Annual Review of Plant Biology*. - 2008. - Vol. 59. - P. 651-681.
8. Singh A. Soil salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability // *Ecological Indicators*. - 2015. - Vol. 57. - P. 128-130.
9. Wong V.N.L., Dalal R.C., Greene R.S.B. Salinity and sodicity effects on soil organic carbon stocks and fluxes // *Soil Use and Management*. - 2009. - Vol. 25. - P. 15-22.
10. Шумакова Н.Н. Биологическая рекультивация нарушенных земель. - Санкт-Петербург: Агропромиздат, 2012.