

УДК 631.461.61

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ЗАСОЛЕННОСТИ ОРОШАЕМЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ БУХАРСКОЙ ОБЛАСТИ НА КОЛИЧЕСТВО ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗЛАГАЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

¹Ортиков Т.К., ²Умаров О.Р., ³Бафаева З.Х.¹Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова, Самарканд;^{2,3}Бухарский государственный университет, Бухара, e-mail: Umarov_O.R1990@inbox.ru

Орошаемые почвы играют ключевую роль в сельском хозяйстве, однако их засоление приводит к снижению численности активных микроорганизмов и ухудшению процессов разложения органических веществ. В данном исследовании изучено влияние уровня засоления на активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в орошаемых аллювиальных почвах Бухарской области в разные сезоны года. Полевые исследования проводились в Шофирконском районе, где почвы различались по степени засоления. Анализ почвенных образцов включал микробиологические исследования, определение численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов и уровня засоления. Результаты показали, что с увеличением степени засоления активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов снижается. Наибольшая их активность наблюдалась в летний период, что связано с благоприятными температурными условиями и усиленной деятельностью корневых систем растений. Осенью и весной активность снижалась, особенно в почвах с высоким содержанием солей. Также установлено, что глубина почвы влияет на численность микроорганизмов: в верхнем слое их больше, чем в более глубоких горизонтах, что обусловлено доступностью органического вещества и кислорода. Полученные данные подтверждают необходимость разработки агротехнических и мелиоративных мер для снижения засоления почв, особенно в осенний период, когда концентрация солей достигает максимальных значений. Управление засолением почв способствует поддержанию их биологической активности, улучшению структуры и повышению продуктивности сельского хозяйства в засушливых регионах.

Ключевые слова: засоление почвы, биологическая активность, микроорганизмы, сельское хозяйство, сезонная динамика, орошаемые почвы, мелиорация, почвенные экосистемы

INFLUENCE OF THE SALINITY DEGREE OF IRRIGATED ALLUVIAL SOILS IN THE BUKHARA REGION ON THE NUMBER OF CELLULOSE-DEGRADING MICROORGANISMS

¹Ortikov T.K., ²Umarov O.R., ³Bafaeva Z.Kh.¹Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand;^{2,3}Bukhara State University, Bukhara, e-mail: Umarov_O.R1990@inbox.ru

Irrigated soils play a key role in agriculture; however, soil salinization leads to a decrease in the number of active microorganisms and disrupts the decomposition of organic matter. This study examines the impact of salinity levels on the activity of cellulose-degrading microorganisms in irrigated alluvial soils of the Bukhara region across different seasons. Field studies were conducted in the Shofirkon district, where soils varied in salinity levels. Soil sample analysis included microbiological studies, quantification of cellulose-degrading microorganisms, and determination of soil salinity levels. The results showed that increasing soil salinity leads to a decrease in the activity of cellulose-degrading microorganisms. The highest microbial activity was observed in summer, which is associated with favorable temperature conditions and enhanced root system activity. In autumn and spring, microbial activity declined, particularly in highly saline soils. It was also found that soil depth influences microbial abundance: the highest number of microorganisms was recorded in the upper layer, while deeper horizons showed a significant decline due to reduced organic matter and oxygen availability. The findings confirm the need to develop agrotechnical and reclamation measures to reduce soil salinity, especially in autumn when salt concentrations peak. Effective soil salinity management contributes to maintaining soil biological activity, improving soil structure, and enhancing agricultural productivity in arid regions.

Keywords: cellulose-degrading microorganisms, salinity level, irrigated meadow alluvial soils, microorganisms, non-saline, weakly saline, moderately saline, strongly saline

Введение

Орошаемые почвы играют важную роль в мировой аграрной системе, являясь основным ресурсом для достижения высокой продуктивности сельского хозяйства. Орошение часто изменяет физико-химические свойства почвы и может оказывать влияние на ее экологическое состояние [1, 2]. Засоление почвы, особенно на орошаемых территориях, представляет собой актуальную

проблему, поскольку приводит к снижению численности активных микроорганизмов, замедлению процессов разложения и образования органических веществ, а также к значительному снижению сельскохозяйственной продуктивности [3–5].

Определение влияния засоления на биологическую активность почвы, в частности на деятельность целлюлозоразлагающих микроорганизмов, важно для решения агро-

номических и экологических задач [6–8]. Целлюлозоразлагающие микроорганизмы играют ключевую роль в минерализации органических веществ в почве [9–11]. Они активно разлагают органические остатки, перерабатывая углерод, азот и другие элементы с высокой эффективностью. Их деятельность обеспечивает стабильность биологических циклов, что подчеркивает их значимость для экосистем. Однако с увеличением уровня засоления активность этих микроорганизмов снижается, что замедляет разложение органических остатков и приводит к снижению сельскохозяйственной продуктивности [12, 13].

Орошаемые аллювиальные почвы, несмотря на их высокую продуктивность, подвержены негативному влиянию засоления, что сказывается на их биологических характеристиках [14]. Уровень засоления почвы изменяется в зависимости от сезона, что, в свою очередь, влияет на различные биологические процессы. Например, если весной уровень засоления низкий, его повышение летом и осенью может отрицательно сказаться на активности микроорганизмов. Таким образом, сезонные изменения засоленности почвы играют важную роль в разработке устойчивых систем земледелия, повышении сельскохозяйственной продуктивности и обеспечении экологической стабильности [15].

В сельском хозяйстве Узбекистана ведутся научно-исследовательские работы, направленные на повышение плодородия и улучшение мелиоративного состояния орошаемых почв. Разрабатываются агротехнические методы, позволяющие предотвратить засоление, минимизировать его негативное воздействие, повысить биологическую активность почвы и обеспечить экологическую стабильность. Полученные результаты уже способствуют росту эффективности фермерских хозяйств. Кроме того, ведется работа по разработке новых подходов к снижению уровня засоления орошаемых почв и решению связанных с этим экологических проблем [16].

Основной целью исследования является углубленное изучение влияния уровня засоления на активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в орошаемых аллювиальных почвах в разные сезоны года. Работа направлена на анализ сезонных изменений уровня засоления почвы и их воздействия на биологическую активность, в частности на численность и активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Кроме того, исследуется динамика их активности в зависимости от степени засоления и времени года.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются орошаемые луговые аллювиальные почвы Бухарской области, различающиеся по степени засоления. Изучение проводилось методом почвенных разрезов с анализом их генетических горизонтов. Исследования выполнялись на территории Шофирконского района Бухарской области, общая площадь которого составляет 317 400 га. Из них 175 355 га занимают сельскохозяйственные угодья, а площадь орошаемых земель составляет 23 007 га. В регионе имеются благоприятные условия для возделывания различных сельскохозяйственных культур и получения высоких урожаев. Развита садоводство, выращивание фруктов и овощей, полевых культур, корнеплодов, а также культивирование основных сельскохозяйственных культур, таких как хлопчатник и зерновые [17].

Микробиологические анализы. Для анализа почвенных микроорганизмов из образцов, отобранных из различных почвенных горизонтов, выделяли 10 г почвы и помещали в 90 мл стерильной дистиллированной воды. Затем смесь встряхивали в течение 5 мин, после чего получали первую жидкую вытяжку (почвенную суспензию). Далее из первой вытяжки с помощью стерильной пипетки отбирали 10 мл и добавляли в 90 мл стерильной дистиллированной воды для приготовления второй суспензии. По аналогичной методике проводили дальнейшие разведения, вплоть до четвертого, которое использовали для определения численности целлюлозоразлагающих бактерий в почвенных образцах. Определение численности этих микроорганизмов проводилось на среде Гетчинсона.

Определение степени засоления. Степень засоления почвы определяли по плотному остатку из водной вытяжки при соотношении почвы и воды 1:5.

Предметом исследования являются степень и химизм засоления орошаемых аллювиальных почв Бухарской области, а также количество и активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Полученные данные подвергались математико-статистическому анализу по методу Б.А. Доспехова (1985).

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты исследования показали, что степень засоления почвы оказывает значительное влияние на численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов, что подтверждается динамикой их актив-

ности в различных почвенных горизонтах и в разные сезоны года. Установлено, что с увеличением уровня засоления почвы активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов снижается (таблица).

В незасоленных почвах наибольшая численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов отмечена как в верхнем слое (0–25 см), так и в более глубоких горизонтах (25–50 и 50–80 см). Например, весной в верхнем горизонте (0–25 см) количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов составляло 594 тыс. КОЕ/г почвы, летом – 693 тыс. КОЕ/г, а осенью – 610 тыс. КОЕ/г. В нижних горизонтах почвы численность этих бактерий уменьшалась, особенно в слое 50–80 см. Полученные значения значительно превышают показатели для почв с более высоким уровнем засоления. Таким образом, с увеличением степени засоленности численность целлюлозоразлагающих бактерий существенно сокращается. В незасоленных почвах при низкой концентрации почвенного раствора активность целлюлозоразлагающих бактерий достигает максимальных значений.

В слабозасоленных почвах численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов (весной – 510 тыс. КОЕ/г, летом – 625 тыс. КОЕ/г, осенью – 517 тыс. КОЕ/г) была заметно ниже, чем в незасоленных почвах. Однако эти значения все же свидетельствуют о достаточно высокой активности микроорганизмов, особенно в летний период.

Это указывает на то, что слабое засоление не оказывает критического воздействия на целлюлозоразлагающие микроорганизмы, хотя и приводит к некоторому снижению их численности. Повышение численности этих бактерий летом, вероятно, связано с активной деятельностью корневых систем растений, поскольку в ризосфере растений содержание микроорганизмов обычно выше, чем в бескорневых зонах почвы.

В средnezасоленных почвах снижение численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов выражено гораздо сильнее. В верхнем горизонте (0–25 см) весной зафиксировано всего 295 тыс. КОЕ/г, летом – 320 тыс. КОЕ/г, осенью – 270 тыс. КОЕ/г. В более глубоких горизонтах (25–50 см и 50–80 см) численность микроорганизмов еще ниже, что свидетельствует о негативном влиянии водорастворимых солей на биологическую активность почвы. Высокая концентрация солей в сочетании с недостатком кислорода и органических веществ усугубляет угнетение микробиологических процессов (таблица).

В сильнозасоленных почвах активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов была минимальной, что свидетельствует о значительном угнетающем влиянии засоления на их жизнедеятельность. Например, в верхнем горизонте (0–25 см) весной численность бактерий составила всего 130 тыс. КОЕ/г, летом – 175 тыс. КОЕ/г, осенью – 105 тыс. КОЕ/г.

Влияние засоления ирригационных луговых аллювиальных почв на количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов, тыс. КОЕ/г почвы

Глубина горизонта, см	Времена года		
	Весна	Лето	Осень
Незасоленная			
0–25	594	693	610
25–50	487	601	533
50–80	109	173	112
Слабозасоленная			
0–25	510	625	517
25–50	375	415	365
50–80	80	94	78
Средnezасоленная			
0–25	295	320	270
25–50	180	215	165
50–80	60	67	55
Сильнозасоленная			
0–25	130	175	105
25–50	75	100	60
50–80	20	33	15

В более глубоких слоях эти показатели были еще ниже, что подтверждает зависимость активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов от степени засоленности почвы и подчеркивает негативное влияние высоких концентраций солей на микробиологические процессы.

Сезонное колебание содержания водорастворимых солей и их влияние на активность микроорганизмов. Как и ожидалось, сезонные колебания концентрации солей в почве оказывают значительное влияние на активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Наибольшая их активность зафиксирована в летний период, что обусловлено повышенной температурой, влажностью почвы и усиленной деятельностью корневых систем растений, создающих более благоприятные условия для роста и функционирования микроорганизмов. Летом температура почвы, атмосферные условия, а также активность корневых выделений способствуют усилению метаболической активности микроорганизмов, что подтверждается увеличением их численности. Например, в незасоленных почвах максимальная активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов отмечена летом – 693 тыс. КОЕ/г в верхнем горизонте (0–25 см), что подтверждает ключевую роль температуры, влажности и корневых систем в стимуляции биологической активности почвы.

Осенью и весной наблюдается снижение активности микроорганизмов по сравнению с летним периодом. Весной это обусловлено более низкими температурами, замедляющими метаболизм микроорганизмов, а осенью – снижением температуры, изменением влажности почвы, увеличением концентрации солей и ослаблением активности корневых систем растений. В результате активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов осенью была ниже, чем летом, особенно в глубоких горизонтах почвы.

В условиях сильного засоления даже летом не отмечено значительного увеличения активности микроорганизмов, что свидетельствует о первостепенном влиянии концентрации солей на жизнедеятельность микроорганизмов по сравнению с сезонными изменениями температуры и влажности. Таким образом, повышение температуры в летний период не может компенсировать угнетающее воздействие высоких концентраций водорастворимых солей на микробное сообщество.

Влияние глубины почвы на активность микроорганизмов. Глубина залегания почвы также оказывает значительное влияние на активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. В верхнем го-

ризонте (0–25 см) активность этих микроорганизмов наиболее высокая независимо от степени засоления почвы. Это объясняется тем, что верхние слои богаты органическими веществами, питательными элементами и кислородом, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов.

В среднем горизонте (25–50 см) наблюдается умеренное снижение активности целлюлозоразлагающих бактерий, что связано с уменьшением содержания доступных органических соединений и кислорода. В глубоком горизонте (50–80 см) активность этих микроорганизмов значительно снижается и достигает минимальных значений, что обусловлено снижением доступности кислорода, органического материала и питательных веществ, а также ухудшением агрофизических свойств почвы, создающих неблагоприятные условия для микроорганизмов.

С увеличением засоления почвы, особенно в глубоких слоях, угнетение микроорганизмов становится более выраженным. Это обусловлено тем, что при орошении значительное количество солей вымывается в нижние горизонты, где их концентрация, как правило, выше, создавая менее благоприятные условия для жизнедеятельности целлюлозоразлагающих микроорганизмов. Данный эффект наиболее отчетливо проявляется в сильнозасоленных почвах, где даже в верхнем горизонте наблюдается значительное снижение активности этих микроорганизмов.

Результаты проведенного исследования подчеркивают важность контроля уровня засоления для поддержания высокой биологической активности почвы, необходимой для эффективного разложения органических веществ, формирования гумуса и обеспечения устойчивого сельскохозяйственного производства. Повышение уровня засоления оказывает угнетающее воздействие на целлюлозоразлагающие микроорганизмы, что, в свою очередь, замедляет разложение целлюлозосодержащих органических остатков, снижает содержание гумусовых веществ и ухудшает агрофизические свойства почвы.

Особое внимание следует уделить разработке агротехнических мероприятий, направленных на снижение концентрации солей в почве. Это позволит поддерживать высокую биологическую активность почвы во все сезоны года, даже в периоды максимального засоления. Такие меры являются ключевым фактором повышения эффективности сельскохозяйственного производства в регионах с высокой засоленностью почв, таких как Бухарская область Республики Узбекистан.

Заключение

Результаты исследования показывают, что уровень засоления орошаемых луговых аллювиальных почв Бухарской области оказывает значительное влияние на численность и активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов. С увеличением засоленности наблюдается постепенное снижение их активности, что обусловлено ухудшением условий для жизнедеятельности микроорганизмов. Наибольшая активность отмечена летом, что связано с повышением температуры и влажности почвы, а также с активным ростом растений, создающих благоприятные условия для микроорганизмов. Осенью и весной активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов снижается, особенно в условиях сильно-го засоления.

Глубина почвы также играет ключевую роль в активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов. В верхнем слое (0–25 см) их численность максимальна, тогда как в более глубоких горизонтах их активность постепенно снижается. Это объясняется уменьшением содержания органического вещества и кислорода, а также ухудшением условий среды в нижних слоях почвы.

Полученные данные подчеркивают необходимость разработки эффективных агротехнических и мелиоративных мероприятий, направленных на снижение уровня засоления почв, особенно в осенний период, когда концентрация водорастворимых солей достигает пиковых значений. Рациональное управление процессами засоления способствует поддержанию высокой биологической активности почвы, улучшению ее структуры и повышению продуктивности сельского хозяйства. Это, в свою очередь, играет важную роль в обеспечении долгосрочной экологической устойчивости региона.

Список литературы

1. Гуламова З.С., Раупова Н.Б. Картографические модели, описывающие влияние различных сельскохозяйственных культур на биологическую активность почвы на орошаемых типичных солонцеватых почвах // Интеграция науки, образования и производства в устойчивом развитии аграрного сектора: сборник материалов III дистанционной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и молодых ученых, посвященной «Году науки, образования и цифровой экономики» (2020). Ташкент, 2020. С. 966–969.
2. Жабборов О.А., Махкамова Д.Ю. Степень засоленности орошаемых земель в Вобкентском районе Бухарской области // Почва, климат, удобрение и урожай: Актуальные проблемы и перспективы: Республиканская научно-практическая конференция, посвященная 100-летию Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека. М., 2018. С. 190–194.
3. Зинченко М.К., Федулова И.Д. Микробиологические показатели плодородия серой лесной почвы Верхневолжья // Почва, климат, удобрение и урожай: Актуальные проблемы и перспективы: Республиканская научно-практическая конференция, посвященная 100-летию Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека. М., 2018. С. 35–41.
4. Идирисов К.А., Махкамова Д.Ю. Распространение аэробных бактерий, разлагающих целлюлозу, в засоленных почвах // Почва, климат, удобрение и урожай: Актуальные проблемы и перспективы: Республиканская научно-практическая конференция, посвященная 100-летию Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека. М., 2018. С. 520–524.
5. Кадиров Б.Г. Изучение влияния различных уровней засоленности почв на фазы развития риса // Вестник современных исследований. 2018. № 7.3 (22). С. 139–142.
6. Каримов Э.К., Жураев К.Х. Научные основы составления и использования карт шұрланишини на орошаемых землях (на примере Карокульского района) // Хоразмская академия Маъмун информационный бюллетень. 2019. № 2. С. 89–93. URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=811243> (дата обращения: 17.02.2025).
7. Ортиков Т.К., Артикова Х.Т., Умаров О.Р. Микробиологическая активность лугово-аллювиальной почвы Бухарского оазиса в зависимости от типа и степени засоления // Научное обозрение. Биологические науки. 2021. № 3. С. 27–31. URL: <https://s.science-biology.ru/pdf/2021/3/1234.pdf> (дата обращения: 16.02.2025).
8. Esmailpour S., Mahmoudabadi E., Ganjehie M.G., Karimi A. Different pixel sizes of topographic data for prediction of soil salinity // PLoS ONE. 2024. Vol. 19 (12). P. 1–18. URL: https://www.researchgate.net/publication/226753040_The_influence_of_pine_forests_of_different_ages_on_the_biological_activity_of_layland_soils_in_the_middle_Angara_River_basin (дата обращения: 16.02.2025). DOI: 10.1371/journal.pone.0315807.
9. Ortikov T.K., Umarov O.R., Bafaeva Z.H., Jumaev J.J. Regime of salt in alluvial soils irrigated in Bukhara region, Uzbekistan // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 587. № 04001. P. 2–5. DOI: 10.1051/e3sconf/202458704001.
10. Qi L., Yang J. Microbial community composition regulates SOC decomposition response to forest conversion in a Chinese temperate forest // Ecological Research. 2017. Vol. 32. P. 163–172. DOI: 10.1007/s11284-016-1428-x.
11. Xu J., Feng Y., Wang Y., Luo X., Tang J., Lin X. The foliar spray of *Rhodopseudomonas palustris* grown under Stevia residue extract promotes plant growth via changing soil microbial community // Journal of Soils and Sediments. 2016. Vol. 16. P. 916–923. DOI: 10.1007/s11368-015-1269-1.
12. Zhang T., Wang T., Liu K., Wang L., Wang K., Zhou Y. Effects of different amendments for the reclamation of saline coastal soil on soil nutrient dynamics and electrical conductivity responses // Agricultural Water Management. 2015. Vol. 159. P. 115–122. DOI: 10.1016/j.agwat.2015.06.002.
13. Zhang W., Cao J., Zhang S., Wang C. Effect of earthworms and arbuscular mycorrhizal fungi on the microbial community and maize growth under salt stress // Applied Soil Ecology. 2016. Vol. 107. P. 214–223. DOI: 10.1016/j.apsoil.2016.06.005.
14. Zhou M.H., Klaus B.B., Harry V., & Nicolas B. A meta-analysis of soil salinization effects on nitrogen pools, cycles and fluxes in coastal ecosystems // Global Change Biology. 2017. Vol. 23. P. 1338–1352. DOI: 10.1111/gcb.13430.
15. Тўраева Н. Генезис, распространение, плодородие и сельскохозяйственное использование песчаных пустынных почв Бухарской области // Центр научных публикаций. 2022. № 19 (19). URL: https://journal.buxdu.uz/index.php/journals_buxdu/article/view/7536 (дата обращения: 17.02.2025).