DOI - 10.32743/UniChem.2021.83.5.11423

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗАСОЛЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ КАРАКАЛПАКСКОЙ РЕСПУБЛИКИ (НА ПРИМЕРЕ ТАХТАКУПЫРСКОГО ТУМАНА)

Набиева Гулчехра Мирэргашевна

д-р биол. наук, доц. кафедры почвоведения,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: gulchekhra-nabieva@rambler.ru

Махкамова Дилафруз Юлдашевна

д-р биол. наук (PhD), доц. кафедры почвоведения,
Национальный университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: d.mahkamova@nuu.uz

Ботирова Насиба Тахировна

науч. сотр.,
Государственная карантинная инспекция растений (УзГоскарантин),
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: nasiba09011915@mail.ru

MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF SALINE ALLUVIAL MEADOW SOILS IN THE KARAKALPAK REPUBLIC (ON THE EXAMPLE OF THE TAKHTAKUPIR FOG)

Gulchekhra Nabieva

Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Soil Science,
National University of Uzbekistan named after I. Mirzo Ulugbek,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Dilafruz Makhkamova

Doctor of Biological Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of Soil Science,
National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Nasiba Botirova

Researcher of the State Plant Quarantine Inspection (UzGoskarantin),
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся данные орошаемых лугово-аллювиальных почв Тахтакупырского района Каракалпакской Республики. Изучена микробиологическая активность (аммонификаторы, споровые, олигонитрофилы, азотфиксаторы, актиномицеты, микроскопические грибы) лугово-аллювиальных почв в зависимости от степени засоленности. Определена степень обогащенности микроорганизмами сильнозасоленных, средне- и слабозасоленных почв. По результатам исследований были выявлены поколения *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus niger sp.*, *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus niger sp.*

ABSTRACT

The article presents data on irrigated meadow-alluvial soils of the Takhtakupyr region of the Karakalpak Republic. The microbiological activity (ammonifiers, spore, oligonitrophils, nitrogen fixers, actinomycetes, microscopic fungi) of meadow-alluvial soils was studied according to the degree of salinity. The degree of enrichment with microorganisms in saline, medium and slightly saline soils has been determined. According to the research results, generations of *Alternaria sp.*, *Fusarium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus niger sp.*, *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Aspergillus niger sp.* were identified.

Ключевые слова: засоленные почвы, аммонификаторы, споровые, олигонитрофилы, азотфиксаторы, актиномицеты, микроскопические грибы, степень обогащенности, поколение микроорганизмов.

Keywords: saline soils, ammonifiers, spore soils, oligonitrophils, nitrogen fixers, actinomycetes, microscopic fungi, enrichment degree, generation of microorganisms.

Введение. Республика Каракалпакстан расположена на северо-западе Узбекистана, занимает 166 600 км² (28 % территории Узбекистана) и является крупнейшим по территории регионом Узбекистана. Территория Каракалпакстана включает также южную половину бывшего Аральского моря, на высохшем дне которого теперь формируется новая солончаковая пустыня Аралкум, и пересыхающие низовья реки Амударьи. Своеобразная форма пустыни – барханные пески. Каракалпакстан является зоной экологического бедствия в связи с высыханием Аральского моря. В Каракалпакстане пустыни занимают более 13,67 млн га (более 80 % территории). Приаралье долгое время медленно опускалось и было ареной аккумуляции осадков мезозойско-кайнозойских морей и сносимых с гор аллювиальных толщ.

Территория Республики Каракалпакстан охватывает древние, старые и относительно молодые поверхности дельты Амударьи, а также частично Кызылкумы, плато Устюрт и акваторию Аральского моря. На начало 2017 года площадь орошаемых земель в Республике Каракалпакстан составила 509,6 тыс. га (3,1 %) при общей земельной площади 16,7 млн га. На посевных площадях Каракалпакстана в основном выращивают хлопчатник и зерновые культуры. Хлопчатник культивируется во всех южных районах республики, кроме Муйнакского [8]. В условиях большого разнообразия природно-геоморфологических условий сформировались как типично пустынно автоморфные почвы, так и азональные гидроморфные. Среди них – серо-бурые, пустынные песчаные, такырные почвы и такыры, остаточно-гидроморфные, луговые и болотно-луговые почвы, а также континентальные и приморские солончаки. Изучение микробиологической активности пустынных почв под воздействием изменения климата и степени засоления вызывает большой интерес среди специалистов почвоведов, микробиологов, экологов и климатологов.

Утрата биоразнообразия стала глобальной проблемой, поскольку накапливаются доказательства того, что это отрицательно сказывается на состоянии экосистем, от которых зависит общество. До сих пор большинство исследований были сосредоточены на экологических последствиях утраты наземного биоразнообразия; однако большая часть биоразнообразия Земли буквально скрыта под землей. Влияет ли сокращение биоразнообразия в почвенных сообществах на общую производительность экосистемы, остается нерешенным. Это важно исследовать с учетом недавних наблюдений по сокращению биоразнообразия почв и изменению почвенных сообществ при интенсивном землепользовании [11].

Биоиндикатором почвенного плодородия является микробиологическая активность почв. Почвенные микроорганизмы являются ключевыми движущими

силами наземных биогеохимических циклов, однако до сих пор неясно, как вариации в составе почвенного микробного сообщества влияют на многие экосистемные процессы [12].

Ученые [9] изучали пространственную неоднородность физических, химических и биологических свойств почвы, допускающих распространение разнообразных микробных сообществ. Факторы, влияющие на структурирование микробных сообществ, включая доступность питательных веществ и воды, pH и структуру почвы, могут значительно различаться в зависимости от глубины почвы и внутри почвенных агрегатов. Были исследованы изменения микробных и функциональных сообществ в почвенных агрегатах, полученных по профилю почвы.

В небольшом количестве исследований использовался анализ корреляционной сети для изучения совместного присутствия грибов и бактерий в почве, и были выявлены различия, а также совпадения в экосистемных ролях этих групп [10]. Эти результаты противоречат точке зрения, согласно которой грибы и бактерии представляют собой две отдельные функциональные группы, которые можно изучать изолированно. Более полное понимание взаимосвязи между свойствами почвы, биогеохимическими циклами и взаимодействиями между грибами и бактериями станет важным шагом на пути к улучшению прогнозирования и управления услугами почвенных экосистем [10].

Цель исследования. Изучение численности физиологических групп микроорганизмов и степени обогащенности почв микроорганизмами на орошаемых лугово-аллювиальных почвах в зависимости от степени засоленности.

Объекты и методы исследования. Количественный учет отдельных физиологических групп микроорганизмов проводили общепринятым методом разведений с последующим высевом на твердые селективные питательные среды [2]. Учет и изучение функционального разнообразия сообществ микроорганизмов в почвах традиционно оценивали на уровне физиологических групп на соответствующих средах: аммонифицирующие бактерии на мясопептонном агаре (МПА), споровые бактерии на МПА с добавлением сулса (1:1), олигонитрофилы и азотфиксаторы на среде Эшби, актиномицеты на крахмало-аммиачной среде, микроскопические грибы на среде Чапека. Численность бактерий выражали в колониеобразующих единицах на 1 г почвы (КОЕ/г). Расчет количества микробов в почве, выделяемых на данных средах, производился по следующей формуле:

$$x = \frac{a * b * v * g}{d},$$

где а – число микробов на 1 г почвы;

б – среднее количество колоний на чашках;

в – разведение, из которого сделан посев;
г – количество капель в 1 мл суспензии;
д – вес почвы, взятой для анализа.

Материалы исследования. Цикл превращений азотсодержащих соединений в почве неразрывно связан с развитием и биохимической деятельностью аммонифицирующих микроорганизмов. Аммонификаторы разлагают азотсодержащие соединения на более простые, которые затем осмотическим путем проникают в клетки микроорганизмов и под действием внутриклеточных ферментов подвергаются дезаминированию. Аммонификации подвергаются все белковые вещества, содержащиеся в почве. Аммонификаторы, как правило, разлагают легкодоступное азотсодержащее органическое вещество почвы. При содержании азота в органическом веществе менее 2 % он будет полностью иммобилизован в клетках микроорганизмов, а при более высоком содержании он будет ассимилирован с выделением аммиака [2]. Процесс аммонификации неспецифичен, его способны проводить группы микроорганизмов, относящихся к различным таксономическим группам: бактерии из родов *Bacillus*, *bacterium*, *Pseudomonas*; грибы родов *Penicillium*, *Trichoderma*, *Aspergillus*; стрептомицеты [1]. Обнаружено, что на численность аммонифицирующих микроорганизмов большое влияние оказывают режимы аэрации, увлажнения – высушивания, температура, культура возделывания, внесение минеральных и органических удобрений, особенно навоза [4].

Олигонитрофильные микроорганизмы минерализуют безазотистое органическое вещество почвы. Они являются слабыми фиксаторами атмосферного азота, и после отмирания этих микроорганизмов почва обогащается белковым азотом. Олигонитрофилы, поселяясь на свежем растительном материале, минерализуют главным образом углеводную часть

органического вещества и уменьшают соотношение углерода к азоту в разлагаемом субстрате [7]. Способность олигонитрофилов развиваться при очень низком азотном уровне обеспечивает возможность их развития в условиях, неблагоприятных для других микроорганизмов, и благодаря этому позволяет участвовать в почвенных процессах [3]. Так как в почве эти микроорганизмы почти постоянно развиваются при остром дефиците азота, то с экологической точки зрения наибольший интерес представляют две особенности олигонитрофилов: способность развиваться при низком уровне связанного азота в среде и использовать азот атмосферы. Кроме того, по данным [6], олигонитрофилы участвуют в структуризации почвы, образуя цементирующую ее слизь.

В слабозасоленных (404–1193 р) почвах численность аммонификаторов в два раза больше и составила от 28×10^5 до 84×10^5 , споровые – от 27×10^3 до 45×10^3 , олигонитрофилы – от 10×10^3 до 16×10^5 , азотфиксаторы – от 4×10^4 до 6×10^4 , актиномицеты – от 3×10^4 до 4×10^4 , микроскопические грибы – от 10×10^3 до 12×10^3 КОЕ/г почвы. В средnezасоленных (2449–1187 р) почвах численность аммонификаторов составила от 25×10^5 до 42×10^5 , споровые – от 7×10^3 до 18×10^3 , олигонитрофилы – от 18×10^3 до 13×10^5 , актиномицеты – от 4×10^4 до 9×10^4 , микроскопические грибы – от 3×10^3 до 13×10^3 КОЕ/г почвы. В сильнозасоленных (403–2448 р) численность аммонификаторов составила от 18×10^5 до 21×10^5 , споровые – от 69×10^3 до 45×10^3 , олигонитрофилы – от 78×10^4 до 79×10^4 , азотфиксаторы – от 4×10^3 до 15×10^3 , актиномицеты – от 3×10^4 до 4×10^4 , микроскопические грибы – от 3×10^3 до 13×10^3 КОЕ/г почвы (табл. 1). Численность микроорганизмов от верхних горизонтов до нижних снижалась постепенно.

Таблица 1.

Численность физиологических групп микроорганизмов в почве (КОЕ/г почвы)

Глубина, см	Аммонификаторы	Споровые	Олигонитрофилы	Азотфиксаторы	Актиномицеты	Микроскопические грибы
403 – разрез (сильнозасоленные почвы)						
0–15	18×10^5	69×10^3	78×10^4	15×10^3	3×10^4	13×10^3
15–30	10×10^5	51×10^3	60×10^4	–	7×10^4	7×10^3
30–50	8×10^5	23×10^3	42×10^4	–	–	2×10^3
2449 – разрез (среднезасоленные почвы)						
0–15	42×10^5	18×10^3	13×10^5	–	4×10^4	13×10^3
15–30	28×10^5	60×10^3	14×10^5	–	9×10^4	3×10^3
30–50	25×10^5	7×10^3	10×10^5	-	9×10^4	3×10^3
2448 – разрез (сильнозасоленные почвы)						
0–15	21×10^5	45×10^3	79×10^4	–	4×10^4	3×10^3
15–30	4×10^5	3×10^3	25×10^4	4×10^4	4×10^4	3×10^3
30–50	12×10^5	13×10^3	48×10^4	1×10^4	6×10^4	4×10^3
404 – разрез (слабозасоленные почвы)						
0–15	84×10^5	45×10^3	16×10^5	–	3×10^4	10×10^3
15–30	28×10^5	40×10^3	14×10^5	–	4×10^4	2×10^3
30–50	13×10^5	15×10^3	6×10^5	-	4×10^4	2×10^3
1193 – разрез (слабозасоленные почвы)						

Глубина, см	Аммонификаторы	Споровые	Олигонитрофилы	Азотфиксаторы	Актиномицеты	Микроскопические грибы
0–15	24×10^5	27×10^3	16×10^5	6×10^4	6×10^5	12×10^3
15–30	18×10^5	42×10^3	10×10^5	4×10^4	4×10^4	3×10^3
30–50	8×10^5	9×10^3	10×10^5	3×10^4	5×10^4	3×10^3
1187 – разрез (среднезасоленные почвы)						
0–15	39×10^5	16×10^3	15×10^5	3×10^4	3×10^4	4×10^3
15–30	16×10^5	19×10^3	12×10^5	4×10^4	7×10^4	4×10^3
30–50	13×10^5	6×10^3	5×10^5	3×10^4	7×10^4	3×10^3

Таблица 2.

**Шкала для оценки степени обогащенности почв микроорганизмами
(метод посева на питательные среды) (по Звягинцеву, 1978)**

Степень обогащенности почв	Количество бактерий на МПА		Количество бактерий на средах Эшби, Чапека, КАА	
	млн/г	млн/см ³	млн/г	млн/см ³
1. Очень бедная	<1	<25	<2	<50
2. Бедная	1–2	25–50	2–4	50–100
3. Средняя обогащенность	2–5	50–125	4–10	100–250
4. Богатая	5–10	125–250	10–20	250–500
5. Очень богатая	>10	>250	>20	>500

Результаты исследования показали, что в сильнозасоленных почвах бактерии-аммонификаторы по уровню обогащенности по шкале Звягинцева [5] обеднены в слое 0–15, 15–30 см и очень обеднены в 30–50 см. В среднезасоленных почвах в слое 0–15 см количество бактерий находится на среднем уровне, а слои 15–30 см и 30–50 см обеднены и очень обеднены соответственно. В слабозасоленных почвах в слое 0–15 см количество бактерий находится на среднем уровне, а слои 15–30 см и 30–50 см обеднены.

В сильнозасоленных и слабозасоленных почвах актиномицеты по уровню обогащенности по шкале Звягинцева в слоях 0–15, 15–30, 30–50 см количество бактерий находится на среднем уровне. Согласно результатам исследования, количество микроскопических грибов по шкале Звягинцева в сильнозасоленных почвах в слоях 0–15, 15–30, 30–50 см мало,

в среднезасоленных почвах в слоях 0–15, 15–30 см количество бактерий находится на среднем уровне, в слое 30–50 см количество мало. В слабозасоленных почвах в слое 0–15 см среднеобеспеченные, в слоях 15–30, 30–50 см обеднены (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что увеличение концентрации рН в засоленных почвах произошло из-за отсутствия оптимальной среды в почвах, количественной и качественной недостаточности микроорганизмов.

Формирование и развитие почв в пустынном регионе характеризуется постоянной изменчивостью, связанной с условиями окружающей среды. Процесс засоления этих почв влияет не только на свойства почвы, но и на растительный мир, что приводит к снижению микробиологической активности (рис. 1). Мы знаем, что изучение микрофлоры в почвах – важный диагностический показатель почв (рис. 2).

Рисунок 1. Численность физиологических групп микроорганизмов в почве (КОЕ/г почвы)

Рисунок 2. Микробиологический анализ почв

Таблица 3.

Адаптируемость поколений микроорганизмов в различных засоленных почвах

Почва	Разрез	<i>Alternaria sp</i>	<i>Fusarium sp</i>	<i>Aspergillus sp</i>	<i>Penicillium sp</i>	<i>Aspergillus niger sp</i>	<i>Trichoderma sp</i>
Лугово-аллювиальная	403	+++	++	+			
	2449		+		++	+	
	2448	++					
	404			+	+++	++	
	1193		+		++	+++	++

По результатам лабораторных исследований из таблицы 3 видно, что в сильнозасоленных почвах были выявлены поколения *Alternaria sp*, *Fusarium sp*, *Aspergillus sp* и отмечено численное превосходство над другими поколениями. В умеренно засоленных почвах выявлены роды *Fusarium sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus niger sp*, *Trichoderma sp*, в слабозасоленных почвах преобладали виды *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Aspergillus niger sp*.

Согласно полученным диагностическим показателям, с экологической точки зрения микробиология почвы сильно повреждена, что отрицательно сказывается на всем процессе в почве, приводит к длительному снижению плодородия почвы и потере поколений микроорганизмов, в также к полной утрате плодородия в некоторых районах.

Закключение. Численность аммонификаторов (84×10^5 – 42×10^5) и спорных (45×10^3 – 18×10^3) в слабозасоленных в два раза выше, чем в средnezасоленных почвах. Численность олигонитрофилов в

слабозасоленных 16×10^5 , в средnezасоленных – 13×10^5 , меньшее количество азотфиксаторов объясняется необеспеченностью питательными элементами и экстремальными условиями изучаемой территории. Численность актиномицетов в слабозасоленных почвах составила 3×10^4 , в средnezасоленных – 4×10^4 , микроскопических грибов в слабозасоленных почвах составила 10×10^3 , в средnezасоленных – 13×10^3 КОЕ/г почвы.

Сильнозасоленные почвы бактериями-аммонификаторами по уровню обогащенности по шкале Звягинцева обеднены, средnezасоленные почвы среднеобеспеченные, слабозасоленные почвы богатые. Сильнозасоленные, средне- и слабозасоленные почвы актиномицетами по уровню обогащенности по шкале Звягинцева оказались среднеобеспеченными, а также микроскопическими грибами сильнозасоленные почвы обеднены, слабозасоленные почвы среднеобеспеченные, а в слое 15–30, 30–50 см бедные соответственно.

Список литературы:

1. Андрюк Е.И., Иутинская Г.А., Дульгеров А.Н. Почвенные микроорганизмы и интенсивное землепользование. – Киев : Наукова думка, 1988. – С. 192.
2. Бабьева И.И., Зенова Г.М. Биология почв. – М. : МГУ, 1989. – 336 с.
3. Германова Н.И., Медведева М.В. Микрофлора почв заповедника «Кивач» // Труды Карельского научного центра РАН. Вып. 10. – Петрозаводск, 2006. – С. 10–33.
4. Девятова Т.А., Безлер Н.Б., Антонюк А.Н. Влияние сельскохозяйственных угодий и подтипа почвы на микробное сообщество зональных почв на примере черноземов каменной степи // Вестник ВГУ. Серия «Химия, биология, фармация». – 2003. – № 1. – С. 46–49.
5. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48–54.
6. Мухамеджанов М.В., Теслинова Н.А. Микроорганизмы и повышение плодородия орошаемых сероземов. – Ташкент : ФАН, 1990. – 137 с.
7. Трипольская Л.Н., Багданавичене З.Е., Романовская Д.К. Микробиологическая активность дерново-подзолистой почвы и разложение органических удобрений в осенне-зимний период // Почвоведение. – 2004. – № 9. – С. 1100–1108.
8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uz.undp.org>.
9. Changes in bacterial and archaeal community structure and functional diversity along a geochemically variable soil profile / C.M. Hansel, S. Fendorf, P.M. Jardine, C.A. Francis // Applied and Environmental Microbiology. – 2008. – Vol. 74, Iss. 5. – P. 1620–1633.
10. Menezes de A.B., Richardson A.E., Thrall P.H. Linking fungal-bacterial co-occurrences to soil ecosystem function // Current Opinion in Microbiology. – 2017. – Vol. 37. – P. 135–141.
11. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality / C. Wagg, S.F. Bender, F. Widmer, M.G.A. Van Der Heijden // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2014. – Vol. 111, Iss. 14. – P. 5266–5270.
12. The Effects of Soil Bacterial Community Structure on Decomposition in a Tropical Rain Forest / J.W. Leff, D.R. Nemergut, A.S. Grandy, S.P. O'Neill [et al.] // Ecosystems. – 2012. – Vol. 15, Iss. 2. – P. 284–298.