

БИОЛОГИЯ

УДК 631.46

DOI: 10.21779/2542-0321-2024-39-1-82-88

М.Г. Алиев

Роль альгосинузий в почвообразовании и их влияние на почвенный состав

*Дагестанский государственный университет; Россия, 367000, г. Махачкала,
ул. М. Гаджиева, 43а; gapshima81@yandex.ru*

Аннотация. В статье рассматривается развитие различных групп водорослей развитие различных групп водорослей в почвообразцах и их влияние на почвенный состав в почвообразных и их влияние на почвенный состав. Почва представляет собой сложно организованную структуру, важным компонентом которой являются микроводоросли. Изученные нами альгосинузы представляют собой совокупность почвенных водорослей преимущественно одноклеточной формы, относящихся к различным таксономическим группам (в основном, зеленые и диатомовые водоросли). Некоторые из них являются миксотрофами, поэтому более благоприятные условия для их развития характерны для почв с большим количеством органических веществ и более сбалансированными микробиологическими и биохимическими процессами.

Исследования выявили, что максимальное количество микроколоний и количество клеток в них наблюдается в стерилизованной светло-каштановой почве с искусственным внесением удобрений и альгокомплекса. Уменьшение количества гумуса в изученных светло-каштановой и супесчаной почвах свидетельствует о миксотрофности почвенных водорослей. Последующего накопления органической массы не происходило из-за коротких сроков культивирования водорослей в почвообразцах. Наличие альгосинузий в почве вызвало ее подщелачивание, но значимых изменений в ионном составе почвы отмечено не было.

Ключевые слова: альгогруппировка, микроколония, эрозия, культивирование, почвообразец, миксотрофность.

Почва представляет собой природный объект, формирующийся в результате преобразования поверхностных слоёв суши при совместном воздействии факторов почвообразования. Одними из таких факторов являются водоросли. Их многочисленная группа участвует в почвообразовании наряду с бактериями и грибами [4]. Однако количество и состав альгофлоры зависят от типа почвы, климатических условий и произрастающей растительности [10]. Альгогруппировки в почве могут быть наземные, водо-наземные и почвенные. Почвенные водоросли могут образовывать напочвенные разрастания, корочки, биопленки [6].

Альгофлора играет важную роль в становлении почвенного слоя и динамике ее состава благодаря высокой продуктивности за счет быстрых темпов деления клеток. Водоросли образуют органические вещества, обогащают почву азотом, изменяют pH, вызывая ее подщелачивание вследствие ассимиляции углекислого газа. Они оказывают детоксикационное действие, контролируя развитие фитопатогенных грибов и осуществляя инактивацию поллютантов [2]. Водоросли стимулируют развитие почвенных симбиотических бактерий и грибов, что играет важную роль в микробиологической стабилизации почвы, воздействуют на рост растений выделением метаболитов, вызывают трансформацию минералов и т. д.

В целом, альгосинузии осуществляют биологическую рекультивацию земель, оказывают структурирующее и противоэрзийное действие [5; 7; 8]. Поэтому изучение почвенных водорослей играет важную роль не только для повышения плодородия почвы, но и для внесения корректировок в минеральный и органический состав [12]. Вопрос повышения плодородия почв актуален, особенно для Дагестана, так как здесь очень высока эрозийность почв и вероятность нарушения экосистем в результате деятельности человека [7; 9].

Цель исследования – изучить развитие различных групп водорослей в почвообразцах и их влияние на почвенный состав.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Выявление одноклеточных водорослей в различных почвообразцах путем микроскопирования.

2. Подсчет количества клеток водорослей в микроколонии в динамике.

3. Изучение состава почвы по мере развития в ней водорослей.

В работе изучены альгогруппировки одноклеточных зеленых и диатомовых водорослей в двух произвольных почвообразцах и определена зависимость минерального и органического состава почвы от развития в ней водорослей. Видовой состав водорослей не определен из-за методических сложностей. В образцах определена зависимость минерального и органического состава почвы от развития в ней водорослей [9]. В исследовании важно было понять динамику развития водорослей в почвообразцах с различным начальным содержанием органических веществ и аборигенной микрофлоры.

Почвенные образцы относятся к светло-каштановым и супесчаным почвам. Образцы отбирались с соблюдением условий чистоты отбора проб [1]. Микроскопирование проводилось с помощью световых микроскопов «Опта» УМ-301 (кратность $\times 56$ и $\times 140$) и Microscope education (кратность $\times 100$, $\times 400$). Подсчет количества клеток водорослей производился на заданной площади покровного стекла с нанесенной сеткой в пяти больших квадратах, которые делятся на более мелкие.

Схема опыта. 1) Подборка почвенных образцов: А – светло-каштановая почва; Б – супесчаная почва; В – стерилизованная светло-каштановая почва с внесением водорослей; Г – стерилизованная супесчаная почва с внесением водорослей. 2) Культивирование почвенных водорослей при комнатной температуре ($23\text{--}24^{\circ}\text{C}$) в пластиковых лотках (15×20 см) с дозированным поливом отстоянной водопроводной водой с помощью распылителя (5 мл воды в сутки на площади 15×20 см). 3) Полное накрывание лотков с почвой стеклом – на почву на расстоянии 5 см друг от друга закладывались покровные стекла для микроскопирования, на которых развивались водоросли. 4) Проведение наблюдений под световым микроскопом ($\times 140$, $\times 280$, $\times 400$) за развитием водорослей на покровных стеклах (через каждые 5 суток). 5) Подсчет количества клеток водорослей на единице площади через каждые 5 суток. 6) Анализ почвы в вариантах А–Б на начало опыта и 30-е сутки культивирования, который проводился в Научно-производственной лаборатории экологического мониторинга и технических измерений Института экологии и устойчивого развития Дагестанского государственного университета.

Разнообразие почвенных водорослей огромно. К ним относятся около 2 тысяч видов. Разные виды могут сочетаться в тех или иных видах почв. Из обнаруженных нами водорослей в светло-каштановых и супесчаных почвах большая часть водорослей относится к одноклеточным зеленым и диатомовым водорослям. Конкретную систематическую принадлежность мы не изучали, так как это не входило в задачи исследования. Вопрос идентификации почвенных водорослей требует дополнительных исследований и соблюдения сложной методики [3].

Таблица 1. Сроки появления клеток водорослей с момента культивирования при комнатной температуре

Вариант	Дни учета			
	на 5-е сут.	на 10-е сут.	на 15-е сут.	на 20-е сут.
А			+	+++
Б		+	++	++
В	+	+	+++	++++
Г	+	++	++	+++

Примечание. Здесь и далее – А – светло-каштановая почва; Б – супесчаная почва; В – стерилизованная светло-каштановая почва с внесением водорослей; Г – стерилизованная супесчаная почва с внесением водорослей. Оценка по 5-балльной системе.

Таблица 1 демонстрирует сроки появления нескольких клеток водорослей с момента культивирования. Первые клетки колоний мы обнаружили на 5-е сутки в вариантах В и Г. На 10-е сутки культивирования клетки водорослей появились и в варианте Б, а в варианте со стерилизованной супесчаной почвой с внесением водорослевого комплекса удобрений число клеток водорослей почти утроилось. На этот же срок культивирования в варианте со стерилизованной светло-каштановой почвой с внесением водорослевого комплекса удобрений число клеток увеличилось ненамного.

В варианте А клетки водорослей обнаружились только на 15-е сутки культивирования. На этот срок более интенсивный рост клеток водорослей наблюдается в варианте В.

На 20-е сутки культивирования наибольшее количество клеток водорослей наблюдается в варианте со стерилизованной светло-каштановой почвой с внесением водорослевого комплекса удобрений (табл. 1). Чуть меньшее количество клеток водорослей мы обнаружили в вариантах А и Г. Наименьшее количество клеток водорослей находилось в варианте Б.

Таким образом, исходя из данных таблицы 1, можно заключить, что наиболее благоприятные условия для развития альгосинузий характерны для светло-каштановых почв. Это может объясняться большим количеством органических веществ (необходимы для питания миксотрофов) и более сбалансированными микробиологическими и биохимическими процессами, которые являются важнейшими условиями для развития почвенных водорослей [12]. Варианты с внесением водорослевого комплекса доказывают эффективность их применения для повышения плодородия почв, по крайней мере на ранних сроках их развития.

Таблица 2. Количество клеток водорослей в микроколонии (I) и на площади 1 мм² (II)

Вариант	Дни учета							
	на 15-е сут.		на 20-е сут.		на 25-е сут.		на 30-е сут.	
	I	II	I	II	I	II	I	II
А	4–6	≈250	6–8	≈270	10–12	≈300	8–10	≈320
Б	6–8	≈230	8–10	≈250	8–10	≈260	8–10	≈250
В	10–12	≈370	10–12	≈390	10–12	≈370	12–14	≈380
Г	6–8	≈310	6–8	≈320	6–8	≈300	8–10	≈280

При рассмотрении препарата из почвообразцов под микроскопом ($\times 240$) обна-

руживается следующая картина. Некоторые клетки водорослей лежат разрозненно, а другие объединены в небольшие колонии. Таблица 2 содержит сведения о количестве клеток водорослей в микроколониях и на общей площади в 1 мм² видимого под микроскопом пространства покровного стекла. Подсчеты количества клеток производились с долей ошибки из-за плохой визуализации, и поэтому показатели даны как примерные.

Так, на 15-е сутки культивирования в варианте со светло-каштановой почвой в микроколонии (группе) оказалось 4–6 клеток, а общее количество их на площади 1 мм² составило примерно 250. Эти же показатели в варианте с супесчаной почвой – 6–8 и 230 соответственно. Значительные показатели в количестве клеток в колонии и на заданной площади равны 10–12 и 370 соответственно. В варианте с супесчаной стерилизованной почвой и внесением водорослевых удобрений число клеток в группе составило 6–8 единиц, а на площади 1 мм² – примерно 310.

На 20-е сутки культивирования эти показатели меняются почти во всех вариантах (табл. 2). Так, в варианте со светло-каштановой почвой число клеток в группе оказалось 6–8, а количество клеток на заданной площади – примерно 270. Эти же показатели в варианте Б составляют 8–10 и 250, в варианте В – 10–12 и 390 и в варианте Г – 6–8 и 320 соответственно. На 25-е сутки культивирования значительные изменения в числе клеток в группе наблюдаются только в варианте А (табл. 2). В остальных вариантах культивирования этот показатель остается неизменным. На 30-е сутки наблюдений в вариантах с супесчаной почвой число клеток водорослей на заданной площади уменьшается.

Таким образом, максимальное число клеток в группе и максимальное число клеток на заданной площади в 1 мм² характерно варианту опыта со стерилизованной светло-каштановой почвой с внесением удобрений с альгокомплексом. Это может быть связано с отсутствием конкурентных фото- и гетеротрофных микроорганизмов, а также с трансформацией веществ почвы в результате термической обработки паром. Минимальное же число клеток водорослей наблюдается в вариантах Б и Г (табл. 1). Предположительно это связано с минимальным содержанием в этой почве первичных органических веществ и бедным катион-анионным составом.

Альгофлора почвы выполняет множество функций, главной из которых является продукция органического вещества. В таблицах 3 и 4 даны результаты химического анализа водной вытяжки из образцов светло-каштановых (А) и супесчаных (Б) почв на начало эксперимента. Отсюда видно, что светло-каштановая и супесчаная почвы существенно отличаются по показателям pH (6,7 и 5,7), плотному остатку (0,087 и 0,072), содержанию ионов кальция, хлора, натрия, гидрокарбоната, подвижного оксида калия, нитратного азота и гумуса (8,7 и 5,8).

Таблица 3. Результаты химического анализа водной вытяжки из образцов почв по генетическим горизонтам (на начало опыта)

№ п/п	Плотный остаток в %	В % от абс. сухой почвы					В милли-эквивалентах					pH		
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ по разности	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ по разности	
A	0,087	0,017	0,004	0,035	0,023	0,001	0,004	0,28	0,14	0,71	1,02	0,12	0,17	6,7
B	0,072	0,011	0,005	0,040	0,015	0,001	0,003	0,21	0,08	0,81	0,72	0,10	0,11	5,7

Чтобы понять, каким образом альгофлора влияет на состав и изменения в почве, был проведен повторный химический анализ образцов почв на 30-е сутки эксперимента (табл. 5 и 6).

Таблица 4. Результаты химического анализа водной вытяжки из образцов почв по генетическим горизонтам (на начало опыта)

№ п/п	Результаты химического анализа				
	pH	подвижная P ₂ O ₅ мг на 100 г	подвижная K ₂ O мг на 100 г	нитратный N мг на 100 г	гумус в %
A	6,7	12,1	17,0	16,9	8,7
Б	5,7	10,2	15,0	18,1	5,8

Из таблиц 5 и 6 видно, что существенных изменений в содержании катионов и анионов в двух почвообразцах не произошло. Вполне возможно, что это связано с небольшими сроками культивирования почвенных водорослей. Небольшие изменения произошли в показателях pH (7,8 и 6,3) и в содержании гумуса (6,9 и 5,1). Судя по литературным источникам, наличие альгофлоры в почве вызывает ее подщелачивание вследствие ассимиляции углекислого газа [12]. Небольшие изменения в pH среды после 30 суток эксперимента свидетельствуют о небольшой динамике роста альгофлоры в изучаемых почвообразцах.

Таблица 5. Результаты химического анализа водной вытяжки из образцов почв по генетическим горизонтам (на 30 сутки опыта)

№ п/п	Плот- ный остаток в %	В % от абс. сухой почвы						В милли-эквивалентах						pH
		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ по разно- сти	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ по разности	
A	0,086	0,016	0,004	0,037	0,02	0,001	0,004	0,27	0,12	0,73	1,01	0,12	0,17	7,8
Б	0,074	0,012	0,004	0,041	0,02	0,001	0,004	0,26	0,09	0,83	0,71	0,11	0,12	6,3

Таблица 6. Результаты химического анализа образцов почв по генетическим горизонтам (на 30 сутки опыта)

№ п/п	Результаты химического анализа					гумус в %
	pH	подвижная P ₂ O ₅ мг на 100 г	подвижная K ₂ O мг на 100 г	нитратный N мг на 100 г	гумус в %	
A	7,8	11,7	16,8	17,4	6,9	
Б	6,3	10,5	15,2	16,7	5,1	

Уменьшение количества гумуса в изученных светло-каштановой и супесчаной почвах, скорее, свидетельствует о миксотрофности почвенных водорослей. Накопления органической массы не произошло, видимо, из-за коротких сроков культивирования водорослей в почвообразцах.

Таким образом, наиболее благоприятные условия развития альгокомплекса характерны для светло-каштановых почв, так как они содержат больше органических веществ. Максимальное число клеток в микроколонии и максимальное число клеток на заданной площади в 1 мм² характерно варианту со стерилизованной светло-каштановой почвой с искусственным внесением альгокомплекса, что связано с отсутствием конкурентных фото- и гетеротрофных микроорганизмов.

Наличие альгофлоры в почве вызывает ее подщелачивание вследствие ассимиляции углекислого газа. Уменьшение количества гумуса в вариантах почв на 30 сутки связано с миксотрофностью водорослей и меньшим накоплением биомассы из-за ко-

ротких сроков культивирования альгокомплекса.

Литература

1. Буевич Т.А., Чудаев Д.А., Гололобова М.А. Предварительные результаты применения двух методов изучения почвенных диатомовых водорослей // Вопросы современной альгологии. 2021. Вып. 1. – С. 105–109.
2. Виттер А.Ф., Турусов В.И., Гармашов В.М., Гаврилова С.А. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 173 с.
3. Глущенко А.М., Кезля Е.М., Мальцев Е.И., Мартыненко Н.А., Генкал С.И., Гусев Е.С., Куликовский М.С. Почвенные диатомовые водоросли Национального парка Кат Тьен (Вьетнам): первые сведения // Вопросы современной альгологии. 2021. Вып. 1. – С. 134–137.
4. Домрачева Л.И., Зыкова Ю.Н., Ковина А.Л., Трефилова Л.В. Почвенная альгология. – Киров: Вятская ГСХА, 2017. – 86 с.
5. Другов Ю.С., Родин А.А. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 472 с.
6. Зенова Г.М., Штина Э.А. Почвенные водоросли – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. – 80 с.
7. Каракешишян Г.М., Навасардян И.А., Элбакян Г.З., Григорян Н.Н. Некоторые вопросы и результаты микробиологического способа борьбы с эрозией почвы // Ученые записки Ереванского государственного университета. Естественные науки. 2005. № 1. – С. 112–118.
8. Никулин А.Ю., Никулин В.Ю., Багмет В.Б., Аллагуватова Р.З., Абдуллин Ш.Р. Новые данные о цианобактериях и водорослях Дальнего Востока России. Часть II // Биота и среда природных территорий. 2022. Т. 10, № 4. – С. 5–15.
9. Околелова А.А., Егорова Г.С., Нефедьева Е.Э. Почвы урбокандшафтов. – Волгоград: Изд-во Волгоградского государственного аграрного ун-та, 2021. – 72 с.
10. Судакова Е.А., Егорова И.Н. Почвенные водоросли Минусинской котловины // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2020. Вып. 1. – С. 114–118.
11. Судакова Е.А., Егорова И.Н., Максимова Е.Н., Высоких Е.М. К флоре почвенных водорослей северных территорий байкальского региона: Байкало-патомское и становое нагорье // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. 2020. Вып. 1. – С. 179–184.
12. Якушев А.В., Грачева Т.А. Почвенная альгология. – М.: Дашков и К°, 2022. – 104 с.

Поступила в редакцию 10 января 2024 г.

Принята 10 февраля 2024 г.

UDC 631.46

DOI: 10.21779/2542-0321-2024-39-1-82-88

The Role of Algosinusions in Soil Formation and Their Effect on Soil Composition

M.G. Aliev

Dagestan State University; Russia, 367000, Makhachkala, M. Gadzhiev st. 43a; gap-shima81@yandex.ru

Abstract. The article discusses the development of various groups of algae the development of various groups of algae in soil samples and their effect on soil composition in soil-like plants and their effect on soil composition. The soil is a complexly organized structure, of which microalgae are an important component. The algosinusia studied by us are a collection of soil algae of predominantly unicellular form belonging to various taxonomic groups (mainly green and diatoms). Some of them are mixotrophs, therefore, more favorable conditions for their development are characteristic of soils with a large amount of organic substances and more balanced microbiological and biochemical processes.

The studies have revealed that the maximum number of microcolonies and the number of cells in them is observed in sterilized light chestnut soil with artificial fertilization and algocomplex. A decrease in the amount of humus in the studied light chestnut and sandy loam soils indicates the mixotrophy of soil algae. The subsequent accumulation of organic matter did not occur due to the short duration of algae cultivation in soil samples. The presence of algosinusions in the soil caused its alkalization, but no significant changes in the ionic composition of the soil were noted.

Keywords: algogroup, microcolony, erosion, cultivation, soil pattern, mixotrophy.

Received 10 January, 2024

Accepted 10 February, 2024