

Учитывая необычайное богатство и уникальность гено-ценофонда водно-болотной растительности, все реликтовые озера Лорийской горной равнины следует объявить заказником.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барсегян А. М. Бот. журн., 51, 9, 1330—1337, 1966.
2. Барсегян А. М. Проблемы ботаники, 14, Новосибирск, 62—67, 1979.
3. Биш Н. А. Тр. Бот. музея АН СССР, 25, 7—16, 1932.
4. Гроссгейм А. А. Тр. Инст. бот. Лз. фил. АН СССР, 1, Баку, 257, 1936.
5. Гроссгейм А. А. Определитель растений Кавказа, М., 1949.
6. Егорова Т. В. Оскол СССР (виды подрода *Uzume*), М.—Л., 1966.
7. Зеделмейер О. М. Изв. Тифл. Политехн. инст., 2, 1—29, 1926.
8. Тахтаджян А. Л. Тр. Биол. инст. Арм. фил. АН СССР, 1, 19—39, 1939.
9. Тахтаджян А. Л. Тр. Бот. инст. Арм. фил. АН СССР, 2, 3—156, 1941.
10. Годлачев А. И. Тез. докл. съезда ВБО, 3, 41—46, М.—Л., 1958.
11. Флора Армении, 1—8, Ереван, 1954—1987.
12. Флора СССР, 1—30, М.—Л., 1934—1960.
13. Davies P. H. Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Edinburgh, 1—6, М.—Л. 1965—1978.
14. Zohary M., Iraq. Agric. Bull., 31, 201, 1950.
15. Zohary M. Bull. Res. Council, Israel, sect. D, Bot., 11, 1952.

Получено 5.III 1989 г.

Биолог. журн. Армении, № 3 (43), 1990

УДК 582.2323:576.8

### МИКРОВОДОРОСЛЬ СПИРУЛИНА И ЕЕ МИКРОФЛОРА

РАЗИК И. ХАЙДАД, С. И. БАГДАСАРЯН, Т. С. ДАВИДЯН, Э. К. АФРИКЯН

Показано, что *Spirulina platensis* и *S. maxima* характеризуются высоким содержанием усвояемого белка и витаминов. При их выращивании наблюдается бурное развитие алкалофильных и олиготрофных бактерий. Рассмотрены вопросы, касающиеся биохимических взаимоотношений между спирулиной и сопровождающей микрофлорой.

Սպիրուլինա ջնդին պատկանող *S. platensis* և *S. maxima* միկրոօրգանիզմները բնորոշվում են յուրացվող սպիտակուցի և վիտամինների բարձր պարունակությամբ:

Այդ միկրոօրգանիզմների զարգացման ժամանակ նկատվում է ալկալոֆիլի և օլիգոտրոֆիլի բակտերիաների բուռն աճ: Արձարձվում են Սպիրուլինայի և նրան ուղեկցող միկրոֆլորայի կենսաբիոսպիտան փոխհարաբերությունների հարցերը:

*Spirulina* microalgae, mainly *S. platensis* and *S. maxima* are characterized by high contents of consumable protein and vitamins.

During their cultivation in non-sterile conditions the abundant growth of alkaliphilic and oligotrophic bacteria has been observed. The apparent evidence of some biochemical relationships of microalgae and microflora is observed.

Достижения микробиологии и биотехнологии открыли новые перспективы решения проблемы кормового и пищевого белка организацией крупнотоннажного производства одноклеточного (микробного) белка, в частности, с использованием микроводорослей, представителей *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Spirulina* и некоторые других. Представители рода *Spirulina* — *S. maxima*, *S. platensis* являются, пожалуй, наиболее хорошо известными организмами, применяемыми в пищу в течение многих лет населением Чада, Мексики и ряда других стран. В настоящее время ведется большая работа по организации крупнотоннажного производства биомассы Спирулины для удовлетворения белкового дефицита в странах Африки, Центральной Америки и Юго-Восточной Азии.

Спирулина представляет исключительно большой практический интерес для производства белково-витаминных продуктов. Клетки этой микроводоросли характеризуются отсутствием ригидной оболочки, лишённой целлюлозы и хитина, благодаря чему содержимое их хорошо усваивается в пищеварительном тракте животных и человека. Являясь фотосинтезирующим организмом, Спирулина хорошо развивается на простых средах с добавлением минеральных источников азота. Большое значение представляет алкалфильность этой водоросли, позволяющая выращивать ее в средах с рН 10—11. В табл. 1 на основании

Таблица 1. Характеристика микроводоросли Спирулина

Урожайность биомассы Спирулины за 9 месяцев 50—70 т/га, в том числе выход белка 30—40 т/га.

Соя: 2—4 т/га, белок 1—2 т/га/год.

Пшеница: 2—4 т/га, белок 0,2—0,5 т/га/год.

Состав биомассы Спирулины

Белок 50—60%, усвояемость 80—90%.

Жиры 7—10%, в том числе ненасыщенные жирные кислоты 65—70%.

Мелководы 11—15%.

Бета-каротин и витамины группы В—в значительном количестве

Состав белка (г/16г)

Аминокислоты	Спирулина	Международные требования, ФАО
Валин	4—6	4,2
Лейцин	9,5	4,8
Изолейцин	3,5	4,2
Треонин	5,3—7	2,8
Метионин	1,1	2,2
Фенилаланин	5,8	2,8
Лизин	6,5	4,2

опубликованных работ [5, 7—9] обобщены наиболее ценные характерные данные по урожайности и составу биомассы Спирулины

По выходу биомассы эта микроводоросль превосходит в десятки раз урожайность зерновых и бобовых. Учитывая высокое содержание протеина в ее биомассе (около 60%), это преимущество еще больше.

Сжата клеточного белка характеризуется достаточно сбалансированным высоким содержанием незаменимых аминокислот, отвечающим требованиям ФАО. Можно отметить, что низкое содержание нуклеиновых кислот выгодно отличает эту и другие микродоросли от бактериальных организмов и дрожжей.

Для выращивания Спирулины используются синтетические среды и среды с добавками естественных субстратов [6, 8, 9]. Существенно важно, что для ее культивирования успешно применяются отходы животноводства и органические стоки, благодаря чему достигаются их переработка и утилизация. Поэтому Спирулина, как и другие фотосинтезирующие организмы, представляют большой практический интерес для обезвреживания стоков животноводческих хозяйств.

Условия выращивания Спирулины в открытом грунте обуславливают ее развитие в смешанной микрофлоре совместно с гетеротрофными и другими организмами. Регулирование взаимодействия этой микродоросли с другими микроорганизмами определяется как их физиолого-биохимическими взаимоотношениями, так и влиянием внешних факторов и среды выращивания [1—3, 6]. Наибольший интерес представляет создание взаимодополняющих процессов фото- и гетеротрофности, благодаря чему можно добиться цикличности проточных условий выращивания Спирулины в ассоциации с гетеротрофной микрофлорой [4, 8]. Все изложенное подчеркивает важность изучения сопутствующей микрофлоры, чему посвящена настоящая работа.

Объектами исследований служили культуры *S. platensis* и *S. maxima*, выделенные соответственно на оз. Чад в Африке и оз. Текскоко в Мексике. Штаммы получены от проф. Ciferri (Италия). Микродоросль выращивали в нестерильных условиях в замкнутой системе пилотной установки и в открытом грунте, причем в обоих случаях среду аэрировали. Использовали среды различного состава, причем систематическими съемами культуральной жидкости достигали проточного, непрерывного выращивания Спирулины.

Посевной материал поддерживали на среде Заррука следующего состава (г/л):  $\text{NaHCO}_3$  — 16,8;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  — 0,5;  $\text{NaNO}_3$  — 2,5;  $\text{NaCl}$  — 1,0;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,2;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,01;  $\text{K}_2\text{SO}_4$  — 1,0;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — 0,01; смесь макроэлементов. Учет алкалофильных бактерий производили на агаризованной среде, содержащей (%): сахароза — 1,0; пептон — 0,5; дрожжевой экстракт — 0,5;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,1;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,2;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  — 2,0; агар-агар — 2,0. Бактерий группы кишечной учитывали на Эндоагаре неспорозисные и спорозисные бактерии — на рыбопептонном агаре. Посев культуральной жидкости и разводки анализируемого субстрата проводили с пастеризацией и без нее (80° 10 мин) для надежной дифференциации бактериальных форм.

По ходу микробиологических исследований культуры микробов инкубали, очищали и изучали для идентификации. Основное внимание уделяли наиболее характерным и доминирующим группам микроорганизмов.

Выборочные данные по сопутствующей микрофлоре представлены в табл. 2. В таблицах приведены округленные средние данные повторностей анализов.

Особенно характерным является сравнительное обилие алкалофильных бактерий. Эта группа организмов, представленная в основном неспорозисными бактериями, преобладает и в посевном материале, культивируемом на среде Заррука. Характерное обилие алкалофильных бактерий выявляется и в процессе выращивания Спирулины на среде Заррука в условиях закрытого и открытого грунта.

Важно отметить, что в кж, особенно в биомассе, обнаруживаются культуры группы кишечной палочки. Как правило, грибы и дрожжи малочисленны, более регулярно обнаруживаются актиномицеты. При выращивании в открытом грунте микрофлора более обильна и неоднородна, однако выраженного накопления алкалофилов по мере культивирования Спирулины не отмечается. По-видимому, это связано со снижением щелочности среды в старых культурах этой микроводоросли.

Для выращивания Спирулины предложен ряд простых сред с добавлением отходов, в частности, мочи и навоза [9]. Понятно, что в этих случаях существенно важно изучить состав и изменения микрофлоры среды культивирования, ее влияние на развитие микроводоросли, не говоря уже о ее санитарно-гигиенической оценке как продукта кормового назначения.

Кроме того, учитывая возможность использования Спирулины для обеззараживания и утилизации органических отходов и стоков, изучение и характеристика сопутствующей Спирулине микрофлоры при применении подобных субстратов крайне важны.

Нами исследовалась микрофлора в процессе выращивания Спирулины на средах с отходами животноводства и другими биогенными субстратами. Больше внимание уделялось использованию метановой бражки—отходов переработки метановым брожением жидких и твердых экскрементов крупного рогатого скота.

Таблица 2. Микрофлора Спирулины (в тыс на г или мл; знаком (—) отмечено отсутствие данной группы в количестве менее 1000 клеток/мл; г; среда Зарука, 30°)

Группы микрофлоры	Посевной материал среда Зарука		<i>S. maxima</i>			
	<i>S. platensis</i>	<i>S. maxima</i>	кж, закрытый грунт	кж, открытый грунт, 7 сут.	кж, открытый грунт, 20 сут.	биомасса, открытый грунт
Неспорозоисные бактерии,	120	250	1400	1800	2200	3000
в том числе						
Кишечная палочка	3	—	4	8	12	150
Спорозоисные бактерии	20	2	100	20	16	50
Алкалофильные бактерии	100	200	1200	1600	1600	1800
Актиномицеты	2	6	20	21	18	40
Грибы	—	—	—	—	—	4
Дрожжи	—	—	—	—	—	—
Итого	142	258	1520	1544	2214	3031

В табл. 3 подытожены некоторые данные, характеризующие микрофлору, развивающуюся при выращивании *S. platensis* на средах с указанными субстратами. В качестве основной среды применялся раствор содержащий (г/л):  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ —4,5,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ —0,5,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ —1,0,  $\text{NaCl}$ —1,0,  $\text{MgSO}_4$ —0,2,  $\text{CaCl}_2$ —0,04,  $\text{FeSO}_4$ —0,1. Для сравнения приведены результаты выращивания на среде CFTR-1 [9], а также на среде Зарука без соли.

Прежде всего следует подчеркнуть, что во всех вариантах с добавками метановой бражки не было отмечено угнетения роста Спирулины.

Обычно выход биомассы составлял в пределах 0,1% от кж/сутки. Можно заметить, что в сравнительном аспекте использование столь богатого органикой субстрата позволяло снизить и даже исключить аэрацию

Таблица 3. Микрофлора *S. platensis* на различных средах (тыс. клеток на мл)

Питательные среды	Неспороносные бактерии		Бациллы	Актиномицеты	Коринебактерии
	Всего	алкалофиты E. coli			
Среда					
Заррука без NaHCO <sub>3</sub>	400	400	6	60	40
(CFR-1)	500	600	—	18	100
OC + 5% стер. бражки	500	400	2	4	10
OC + 1% стер. бражки	400	300	—	12	6
OC + 10% стер. бражки	8000	6000	8	16	6
OC + 5% нестер. бражки	4000	2600	20	8	6

среды, что, по-видимому, связано с развитием гетеротрофной микрофлоры, создающей условия определенного симбиоза газообмена с фотосинтетиком Спирулиной. Сказанное выявляет перспективность данного организма для использования в переработке органических субстратов.

Что касается состава микрофлоры, можно отметить выраженное преобладание алкалофильных бактерий. Поскольку осуществлялся сьем кж каждые 2—3 дня, обильного развития спорообразующих бактерий и актиномицетов не отмечалось. Обнаруживается довольно интенсивное развитие коринебактерий, включающих также и микробактерии. Надо заметить, что достаточно хороший рост олигонитрофильных форм, включая и коринебактерий, нами систематически отмечался во многих вариантах сред, особенно минерального состава.

Среди представителей доминантной микрофлоры наиболее распространенными являлись представители родов *Pseudomonas*, *Serratia*, *Aerobacter*, *Achromobacter*. Группа кишечной палочки обнаруживается регулярно, но его обильное развитие отмечается при продолжительном культивировании микроводоросли без обновления питательной среды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альбицкий О. И., Зайцева Г. И., Пахомова М. В., Горонкова О. И., Силакова Г. С., Ермохина Т. М. Микробиология, 13, 4, 649—653, 1974.
2. Владимиров М. Г., Семенов В. Е. Интенсивная культура одноклеточных водорослей. М., 1962.
3. Музафаров А. М., Таубин Т. Т. Культивирование и применение микроводорослей. 132. Ташкент, 1984.
4. Allen M. D. B., Girard M. K. J. Appl. Zool., 12, 27—33, 1977.
5. Blum J. C., Calet C. Ann. Nat. F. Chim. 29, 651—674, 1976.
6. Bogard L. Physiology and Biochemistry of Algae. AP, New York, 1962.
7. Cliver G., Tassan G. Ann. Rev. Microbiol., 29, 101—126, 1983.
8. Knief G., Soeder C. I. (Herausg.). Algal Biomass Production and Use. Elsevier, North Holland, Amsterdam, 1980.
9. Venkataraman V. L. Mysore, India, 91, 1983.

Поступило 12.IV 1989 г.