

Г. В. БАРИНОВ, О. А. СТЕПАНОВА, В. Г. ШАЙДА,
И. Н. ЧУБЧИКОВА

ВЛИЯНИЕ КОРОТКОВОЛНОВОЙ ЧАСТИ СПЕКТРА УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СИНЕ-ЗЕЛЕННОЙ ВОДОРОСЛИ *SPIRULINA PLATENSIS*

Изучено влияние коротковолновой части спектра ультрафиолетового (УФ) излучения на биоэнергетические процессы синезеленой водоросли *Spirulina platensis*. Выявлены ее высокая жизнеспособность, сопротивляемость губительному воздействию УФ и способность к восстановлению. Определено, что эти качества зависят от длительности облучения УФ радиацией и объема облучаемой культуры *Spirulina platensis*.

Губительный эффект коротковолнового ультрафиолетового (УФ) излучения в среде, отличающейся цветностью или мутностью, ограничен [5]. Присутствие в микропланктоне морской воды незначительного количества цианобактерий (синезеленых микроводорослей) играет определенную защитную роль по отношению к бактериопланктону при действии УФ радиации [4].

В настоящей работе представлены результаты изучения влияния УФ воздействия на биоэнергетические и продукционные процессы синезеленой водоросли *Spirulina platensis* в условиях культивирования.

Материал и методика. Эксперименты проводились в весенне-летний период 1999 г. Способ выращивания и режим культивирования синезеленой микроводоросли спирулины *Spirulina platensis* (Nordst.), а также измерение теплопродукции методом микрокалориметрии с помощью Монитора биологической активности при температуре 20°C описаны ранее [2]. Величины теплопродукции (табл. 1) выражены в микроваттах (мквт) на 1 г биомассы (сырого веса). Биомассу определяли в КФК 2.

УФ облучение спирулины проводили по [4]. Длительность УФ радиации составляла 5, 10, 15, 30 и 40 мин, 1 и 4 ч. Для облучения использовали спирулину в объемах 1, 0,5 и 0,1 л. При объеме 0,1 л материал облучали в стерильной чашке Петри высотой 2 см. При микрокалориметрии контролем служили ампулы с необлученной пробой спирулины.

Наличие сопутствующей гетеротрофной бактериальной флоры в культивируемой массе спирулины до и после УФ радиации определяли путем посева в питательную среду (пептонную воду) [3].

Результаты и обсуждение. По данным микрокалориметрии (табл. 1), максимальные величины теплопродукции спирулины в контролях с первоначальной биомассой 3,77-3,99 г/л (сырого веса) в первые 10 ч были в пределах 510-650 мквт/г. В последующие часы теплопродукция незначительно понижалась, а после 50 ч отмечалось увеличение теплопродукции, превышающее первоначальные уровни тепловых потоков.

Максимальные уровни тепловых потоков проб спирулины объемом 0,5-1 л, облученных в течение 5, 10, 40 мин и 1 ч, отличались от контрольных необлученных проб незначительно, что свидетельствует о сопротивляемости больших объемов спирулины губительному воздействию коротковолновой УФ радиации. Малые объемы (0,1 л) спирулины после воздействия УФ облучения в течение 1 ч и более при микрокалориметрии показали значительные изменения теплопродукции по сравнению с контрольной пробой, что свидетельствует о нарушениях процессов метаболизма. Иными словами, объемы спирулины 0,1 л подвергаются более сильному неблагоприятному воздействию УФ радиации. Этот же результат получен при облучении 1 л спирулины в течение 4 ч.

Очевидно, что значительное повышение теплопродукции - до 2600-4550 мквт/г указывает на ускоренные процессы деградаци и фотоллизиса, приводящие к гибели

Таблица 1 Теплопродукция контрольных и облученных УФ проб спирулины
Table 1 Heat production of *Spirulina platensis* control culture and after UV radiation impact

№ пробы	Объем пробы в л.	Время УФ радиации	Максимальный уровень теплопродукции (в мквт/г) через промежутки времени						Рост сопутствующей гетеротрофной бактериальной флоры в питательной среде	
			10ч	20ч	30ч	40ч	50ч	>50ч	24 ч	48 ч
1	1,0	Контроль	510	380	н/и	н/и	н/и	н/и	Рост	Рост
		5 мин	600	450	«	«	«	«	«	«
2	0,5	Контроль	600	540	470	400	360	1070	Рост	Рост
		10 мин	670	550	480	430	400	800	Н/и	Н/и
		40 мин	600	630	480	430	400	670	Отсутств.	Рост
3	1,0	Контроль	600	380	330	380	630	820	Рост	Рост
		1ч	590	400	690	410	970	1000	Отсутств.	«
		4ч	600	2880	1130	1270	1250	1270	«	«
4	0,1	Контроль	650	520	490	н/и	н/и	н/и	Рост	Рост
		1ч	820	2600	4550	«	«	«	Отсутств.	«
		4ч	260	780	3120	«	«	«	«	«

Обозначения: н/и – не исследовали; отсутств. – отсутствие роста.

живых клеток спирулины. Этот процесс отмечался и визуально в виде депигментации проб № 3 - 4 сразу после их облучения. Однако не исключено, что повышенная теплопродукция в этих экспериментах могла быть также обусловлена начальными стадиями регенерации, роста и развития сохранившихся гетеротрофных бактерий, использующих для своего питания продукты распада и фотолитизиса клеток спирулины, что и подтверждают положительные тесты роста облученных проб.

На клеточном уровне увеличение теплопродукции облученных проб спирулины можно объяснить нарушением проницаемости гидрофобных мембранных структур клетки водоросли и последующими процессами гидратации - взаимодействием продуктов метаболизма, в том числе участвующих в синтезе белков, углеводов, липидов и АТФ, с водой, проникающей в гидрофобные субклеточные органеллы. Большинство промежуточных продуктов метаболизма являются, как известно, биоэлектролитами и их взаимодействие с водой сопровождается значительным тепловым эффектом. Однако гидратированные промежуточные продукты метаболизма не участвуют в образовании важных конечных продуктов (белки и т.д.), и клетка гибнет. Таким образом, рост теплопродукции спирулины после облучения УФ можно рассматривать как еще одно экспериментальное подтверждение сольватационной концепции метаболизма в биоэнергетике [1, 2].

Изучение изменения биомассы культуры спирулины под влиянием УФ радиации внесли дополнительную информацию о неблагоприятном воздействии УФ на продуктивность спирулины (табл.2), зависящем от продолжительности облучения. Так, в пробе №4 после облучения культуры спирулины в течение 4 ч биомасса через 5 сут была ниже не только контрольной, но и первоначальной. Однако через 8 суток биомасса облученного образца повышается почти до первоначальных значений, что свидетельствует о способности спирулины к восстановлению (регенерации).

Выводы. Экспериментальное изучение теплопродукции сине-зеленой микроводоросли *Spirulina platensis* выявило тенденции ее снижения в период 20-40 ч и повышения после 50 ч. Уровни теплопродукции и величины биомассы спирулины в объеме 1- 0,5 л, облученной УФ в течение 5 мин – 1 ч, имеют те же значения и тенденции, что и в контрольных пробах. Это свидетельствует о высокой сопротивляемости спирулины губительному воздействию коротковолновой УФ радиации.

Таблица 2 Изменение биомассы *Spirulina platensis* в зависимости от облучаемого объема и длительности УФ воздействия
Table 2 Changes of *Spirulina platensis* biomass in dependence on its volume and UV radiation term

№№ проб	Объем пробы в л	Длительность УФ радиации	Биомасса в г/л (вес сырой)						
			Первоначальная	Через 1 сутки	Через 2 суток	Через 5 суток	Через 6 суток	Через 8 суток	Через 12 суток
1	1	Контроль	3,92	4,06	Н/и	Н/и	Н/и	Н/и	Н/и
		5 мин		3,92	"	"	"	"	"
4	1	Контроль	3,85	Н/и	Н/и	4,26	Н/и	5,68	5,68
		4 ч		"	"	2,67	"	3,53	1,96
5	0,5	Контроль	4,74	Н/и	5,48	Н/и	2,94	Н/и	Н/и
		5 мин		"	5,42	"	3,17	"	"
		15 мин		"	5,32	"	2,72	"	"
		30 мин		"	5,26	"	4,03	"	"
		1 ч		"	5,13	"	1,78	"	"

Уменьшение объема облучаемой спироулины (в 5-10 раз) приводит к более быстрым процессам деградации, проявляющимся всплеском теплопродукции, превышающей уровни тепловых потоков контрольных проб в 5-9 раз через 10-30 ч эксперимента (после 1 ч облучения) и в 6 раз через 20-30 ч (после 4 ч облучения). Причина столь высокой энергетики может быть обусловлена химическими реакциями фотолитизиса и деградации культуры спироулины, а также ростом и развитием выжившей и сохранившейся сопутствующей бактериальной флоры, использующей для питания продукты распада микроводоросли.

Кратковременное УФ воздействие (менее 1 ч) не вызывает ингибирования продуктивности спироулины, облучаемой в объеме 1-0,5 л. При длительном облучении (4 ч) на 8 сутки наблюдается эффект восстановления (регенерации).

1. Баринов Г.В. Экспериментальное обоснование сольватационной концепции энергетики метаболизма растительной клетки. Кинетический подход // Известия Академии наук СССР. Сер. биол. - 1983. - № 2. - С. 208 - 216.
2. Баринов Г.В., Тренкеншу Р.П., Шайда В.Г. Влияние температуры на теплопродукцию синезеленой водоросли *Spirulina platensis* // Экология моря. - 1999. - Вып. 48. - С.29 - 30.
3. Практикум по микробиологии / Под ред. Н.С. Егорова - М., 1976. - 308 с.
4. Степанова О.А., Шайда В.Г. Влияние ультрафиолетового излучения на биоэнергетику морского микропланктона // Экология моря. - 1999. - Вып.49. - С. 52 - 56.
5. Ультрафиолетовое излучение / Под ред. Франка Г.М., Варшавера Г.С., Данцига Н.М., Соколова М.В. - М.: Медгиз, 1960. - 272 с.

Институт биологии южных морей НАНУ,
г. Севастополь

Получено 05.10.99

G.V. BARINOV, O.A. STEPANOVA, V.G. SHAIDA, I.N. CHUBCHIKOVA

THE EFFECT OF SHORT-WAVE PART OF UV SPECTRUM ON BIOENERGY PROCESSES OF THE BLUE-GREEN ALGAE, *SPIRULINA PLATENSIS*

Summary

The study of the effect of short-wave part of ultraviolet (UV) radiation spectrum on bioenergy processes in *Spirulina platensis* has shown high vitality, the resistance to harmful UV effect and restoration capacity of the blue-green alga. It was found that these features are determined by the duration of UV impact and *S. platensis* irradiated culture volume.