

УДК 582.232:275-11:577.082

**Е.М. УРМЫЧ, Х.А. БЕРДЫКУЛОВ, М.Б. ЭШПУЛАНОВА**

Научно-производственный центр «Ботаника» АН Республ. Узбекистан,  
700143 Ташкент, ул. Ф. Ходжаева, 32, Республика Узбекистан

## **ПРОДУКТИВНОСТЬ МИКРОВОДОРΟΣЛЕЙ В ИНТЕНСИВНЫХ УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ**

Исследованы интенсивность фотосинтеза, дыхания и продуктивность 26 штаммов микроводорослей из различных систематических групп. Данные виды и штаммы характеризуются высоким адаптационным потенциалом и являются перспективными объектами фотобиотехнологии.

*Ключевые слова:* фотосинтез, дыхание, продуктивность, освещение, микроводоросли, фотобиотехнология.

### **Введение**

Перспективные виды и штаммы микроводорослей изучаются и используются во многих странах (США, Япония, Тайвань, Россия, Болгария). В Узбекистане исследованы местные выделенные и полученные штаммы пресноводных микроводорослей, которые представляют интерес как объекты различных биологических исследований и биотехнологии (Кучкарова, 1974; Бердыкулов, 1991; Abdullaev et al., 2000).

Практическое использование микроводорослей заключается в их промышленном культивировании с целью получения биомассы и использования ее в сельском хозяйстве, фармакологии, парфюмерии. Содержание во многих микроводорослях значительного количества белков (включая незаменимые аминокислоты), углеводов, липидов, витаминов, лабильных к различным условиям, позволяет управлять биосинтезом в необходимом направлении (Исмаилходжаев, 1994) и использовать их как источники биологически активных веществ (БАВ) (Сиренко, Козицкая, 1988).

Преимуществом лабораторного культивирования является получение экологически чистого продукта, что немаловажно в условиях современного экологического фона. Технология получения БАВ из микроводорослей, культивируемых при заданных абиотических факторах, упрощается по сравнению с получением экстрактов морских макро- и микроводорослей, которые требуют предварительной очистки от примесей, сушки, обработки кислотой и др.

Водоросли, культивируемые нами в лабораторных интенсивных условиях и содержащиеся в коллекции водорослей, принадлежат к различным систематическим группам.

© Е.М. Урмыч, Х.А. Бердыкулов, М.Б. Эшпуланова, 2008

Целью данной работы было изучение некоторых физиологических свойств представителей синезеленых, зеленых, красных, эвгленовых водорослей в интенсивных условиях культивирования.

### Материалы и методы

Объектами исследования служили микроводоросли из родов: *Chlorella*, *Chlamydomonas*, *Dictyococcus*, *Bracteacoccus*, *Cyanidium*, *Synechococcus*, *Dunaliella*, *Scenedesmus*, *Euglena*, *Ankistrodesmus*, *Nostoc*. Водоросли содержатся в лабораторной коллекции в экстенсивных условиях. Интенсивное культивирование осуществляли на лабораторной установке с круглосуточным освещением лампами ДРЛ-400, контролем температурного фактора, барботажным перемешиванием смесью воздуха и CO<sub>2</sub> (1,5 %).

Водоросли выращивали в сосудах объемом 500 мл в полустерильных условиях. Использовали минеральные среды 04, Громова 6 (Г.6), УзИМ-Узбекский ин-т микробиологии, Громова, 17, Тамийя (Т), Зарукка, Артари, Мухамад-Таха с известным содержанием и соотношением ингредиентов. Для каждой культуры подобраны благоприятные условия. рН среды измеряли на рН-метре. Продуктивность рассчитывали по приросту биомассы (г/л сухой биомассы в сутки). Сухую массу учитывали весовым методом. Освещение измеряли люксметром типа Ю-116 и переводили в Вт/м<sup>2</sup> ФАР. Полученные данные обрабатывали статистически (Доспехов, 1973; Бердыкулов, 1979).

### Результаты и обсуждение

Ниже приведен список микроводорослей, адаптированных к интенсивным условиям (см. таблицу). Основное количество штаммов относится к *Chlorophyta*, отдельные штаммы – к *Cyanophyta* и *Rhodophyta*. В список вошли культуры, которые относятся к продуктивным перспективным штаммам. Минимальный прирост биомассы водорослей в сутки в оптимальных условиях составляет 0,28 г/л а.с.б. К таким штаммам относятся наиболее изученные виды: *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Euglena*. Максимальный прирост биомассы всех водорослей получен в условиях круглосуточного освещения, при котором создаются условия для непрерывной фотосинтетической активности.

Опыты показали, что благоприятными для большинства культур являются широкие температурные и световые пределы (18-35 °С и 25-100 Вт/м<sup>2</sup> ФАР).

Минеральные питательные среды являются среднеминерализованными с количеством основных составляющих 1-5 г/л. Исключение составляют галотолерантные штаммы *Dunaliella salina* и *D. minuta*, требующие повышенного количества солей. Рост культур происходит при значениях рН, близких к нейтральным

(6,0-7,5). Вид *Cyanidium caldarium* относится к ацидофильным водорослям (растет при pH 1,5-2).

Рост изученных водорослей имеет 3 фазы. В благоприятных интенсивных условиях адаптированные штаммы имеют укороченные сроки лаг-фазы (1-3 сут), период активного роста (экспоненциальная фаза) сопровождается наибольшей скоростью прироста биомассы, что является результатом активных фотосинтетических процессов. Максимальная интенсивность фотосинтеза всегда отмечается в экспоненциальную фазу (Урмыч, 1999). Стационарная фаза развития характеризуется стабильным поддержанием биомассы несколько дней. Интенсивность фотосинтеза на этом этапе существенно снижается. Темновое дыхание в благоприятных условиях может быть на низком уровне, однако в основном этот период характеризуется активацией дыхания по сравнению с фотосинтезом, т.е. наблюдается обратная корреляция этих процессов. Одной из задач при изучении газообмена культур является создание условий, обеспечивающих наименьшие энергетические затраты на дыхание на этом этапе (Урмыч и др., 2005).

Таблица. Прирост биомассы адаптированных штаммов микроводорослей в интенсивной культуре

Отдел	Вид, штамм	Благоприятные условия культивирования				Прирост а.с.б./сут, г/л
		Освещение, Вт/м <sup>2</sup> ФАР	Темпе- ратура, °С	Минер. среда	pH среды	
1	2	3	4	5	6	7
Chlorophyta	<i>Chlorella vulgaris</i> Beijer, YA-1-8	50-100	18-32	О4. Тамия	6-7	0,38±0,01
	<i>Ch. vulgaris</i> , YA-1-9	50-100	18-32	О4. Тамия	6-7	0,38±0,02
	<i>Ch. vulgaris</i> , Str. p-1	50-100	18-33	О4. Тамия	6-7	0,29±0,01
	<i>Chl. vulgaris</i> , YA-1-10	50-100	18-33	О4. Г, 6 Тамия	6-7	0,38±0,01
	<i>Ch. pyrenoidosa</i> Chick, YA-1-1	50-100	18-33	О4. Г, 6 Тамия	6-7	0,39±0,03
Chlorophyta	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i> Dang, YA-5-16	30-70	18-25	Г.6 Тамия	6-7,5	0,50±0,03
	<i>Ch. reinhardtii</i> , 449	50-200	18-40	Г.6	6-7	1,1±0,04
	<i>Ch. globosa</i> , Snow., YA-5-20	50-150	18-35	Г.6	6-7,5	0,83±0,03
	<i>Ch. parietaria</i> Dill, YA-5-21	50-150	18-35	Тамия	6-7,0	0,81±0,04
Chlorophyta	<i>Dictyococcus pseudovarians</i> Korsch., Str. Gromov	50-100	20-30	Г.6	5-7	0,62±0,02
	<i>Bracteacoccus minor</i> Tereg, Str. Gromov	50-100	20-30	Г.6	5-7	0,62±0,02

Chlorophyta	<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerh.) Chodat, YA-2-8	25-75	18-25	Г.6	6-7	0,28±0,01
	<i>S. quadricauda</i> (Turp.) Bréb., YA-2-7	25-75	18-25	Г.6	6-7	0,28±0,01
	<i>S. obliquus</i> (Turp.) Kütz., YA-2-6	25-75	18-25	Г.6	6-7	0,30±0,01
Euglenophyta	<i>Euglena gracilis</i> Klebs., YA-4-17	25-75	20-30	Узим	6-7	0,39±0,01
	<i>E. proxima</i> Dang., YA-4-19	25-75	18-33	Узим	6-7	0,42±0,02
	<i>E. clara</i> Skuja, E-23	25-75	20-30	Узим	6-7,5	0,31±0,01
	<i>E. oblonga</i> Schmitz, E-22	25-60	20-28	Узим	6-7,5	0,31±0,01
Chlorophyta	<i>Ankistrodesmus braunii</i> (Naeg.) Brunth., YA-3-3	25-75	20-28	Узим	6-7	0,29±0,02
	<i>A. angustus</i> (Bern.) Korsch. YA-3-1	25-75	20-28	Узим	6-7	0,28±0,01
	<i>Dunaliella minuta</i> Lerche, D-10	50-80	18-30	Артари	6-7	0,81±0,03
	<i>D. salina</i> Teod, D-9	50-80	18-30	Артари	6-7	0,91±0,02
Rhodophyta	<i>Cyanidium caldarium</i> (Tild.) Geitl., C-1	50-300	25-41	Г.17	1,5-2	0,81±0,03
Cyanophyta	<i>Synechococcus elongates</i> (Naeg.), S-2	50-200	25-40	Г.6	6-7	0,49±0,03
	<i>Spirulina platensis</i> (Nord.) Geitl., S-1	25-80	20-28	Зарукка	8-9	0,49±0,04
	<i>Nostoc linckia</i> Calcicola (Bréb.) Elenk., N-2	25-70	20-29	М-Таха	6-7,5	0,38±0,02

Большое значение для продуктивности водорослей имеет фактор светоустойчивости, т.к. рост биомассы при повышенной освещенности позволяет использовать энергию излучения с большим КПД и сопровождается быстрым накоплением биомассы за короткие сроки. К выраженным светоустойчивым штаммам относятся *Cyanidium caldarium*, S-1, *Synechococcus elongates*, S-2, *Chlorella reinhardii* Dang. 449 (рост при освещении до 200-300 Вт/м<sup>2</sup> ФАР). Кроме того, выделяется группа водорослей, которые легко адаптируются к повышенной освещенности: все приведенные штаммы *Chlorella vulgaris*, *Chlamydomonas*, *globosa*, *Ch. parietaria*, *Bracteacoccus minor*, *Dictyococcus pseudovarians* (рост при освещении 100-150 Вт/м<sup>2</sup> ФАР). Остальные штаммы являются продуктивными мезофильными водорослями.

Интенсивность темнового дыхания в благоприятных условиях в экспоненциальную фазу, как правило, на несколько порядков ниже фотосинтеза на протяжении всего культивирования, что характеризует активное накопление биомассы (Урмыч, 1999). Конечная продуктивность является основным критерием перспективности культур. Наиболее продуктивными из приведенных водорослей

являются *Chlamydomonas reinhardii*, 449, *Ch. parietaria*, *Cyanidium caldarium* (см. таблицу).

Таким образом, все изученные нами штаммы водорослей стабильно сохраняют альгологическую чистоту, не требуют сложных специфических условий культивирования и большого количества минеральных солей. Подобранные штаммы также характеризуются высоким адаптационным потенциалом.

### Выводы

К интенсивным условиям культивирования адаптировано 26 штаммов микроводорослей из различных систематических групп. Наиболее продуктивными являются отдельные штаммы *Chlamydomonas*, *Dunaliella* и *Cyanidium*.

Светоустойчивые штаммы из родов *Chlamydomonas* и *Cyanidium* при культивировании имеют наиболее короткий период адаптации, высокие показатели продуктивности, что немаловажно для климатических условий Узбекистана. Приведенные микроводоросли являются перспективными объектами фотобиотехнологии. Полученные данные могут быть использованы для паспортизации микроводорослей.

*E.M. Urmich, H.A. Berdiculov, M.B. Eshpulatova*

Scientific Centre of Plant Production "Botanica", Uzbek Academy of Sciences,  
32, F. Khodjaev St., 700125, Tashkent, Republic of Uzbekistan

### THE INTENSIVE CULTURES OF MICROALGAE AS PROMISING OBJECTS OF PHOTOBIO TECHNOLOGY

Some physiological features in 26 strains of microalgae from different systematic groups have been studied. These strains are characterized by high adaptive potential. All these microalgae are the promising objects of photobiotechnology.

*Key words* : photosynthesis, production, lightening, microalgae, photobiotechnology.

*Бердыкулов Х.А.* Фотосинтез микроводорослей, культивируемых под открытым небом. – Ташкент: Фан, 1979. – С. 11-15.

*Бердыкулов Х.А.* Биологические особенности перспективных фототрофных микроводорослей и их массовое культивирование: Автореф. дис. ... д.б.н. – Ташкент, 1991. – 37 с.

*Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. – М., 1973. – С. 30-35.

*Исмаилходжаев Б.Ш.* Физиолого-биохимические особенности зеленых и эвгленовых микроводорослей и перспективы их применения: Автореф. дис. ... д.б.н. – Ташкент, 1994. – 46 с.

*Кучкарова М.А.* Водоросли рисовых полей р. Чирчик. – Ташкент: Фан, 1974. – 287 с.

- Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. – Киев: Наук. думка, 1988. – 352 с.
- Таубаев Т.Т., Худайбердыева Р., Якубов Х.Ф. О методах выделения новых штаммов водорослей из природы и их хранение в коллекционных культурах // Спорые растения Средней Азии. – Ташкент: Фан, 1969. – С. 99-103.
- Урмыч Е.М. Оптимизация фотосинтетической продуктивности светостойчивых штаммов микроводорослей: Автореф. дис. ... к.б.н. – Ташкент, 1999. – 23 с.
- Урмыч Е.М., Бердыкулов Х.А., Козирахимова Н.К. Суточная динамика газообмена и содержания фотосинтетических пигментов *Chlorella parietaria* Dill (*Chlorophyta*) // Альгология. – 2005. – 15. – № 1. – С. 45-50.
- Abdullaev A.A., Kamolov B.Sh., Rakhimbaev B. Potobiotechnology of galotolerant microalgae as sources of  $\beta$ -Karotene Znter Seminar // Proshrcets for Saline agriculture. – Islamabad (Pakistan), 2000. – 46 p.

Получена 28.12.05

Подписала в печать Е.И. Шнюкова