

Г. И. Мелешко, А. А. Антонян,
Е. К. Лебедева, Л. А. Сидоренко

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ *CHLAMYDOMONAS REINHARDII*-
449 В ИНТЕНСИВНОЙ КУЛЬТУРЕ^x

Длительные исследования хлореллы выявили целый ряд свойств одноклеточных водорослей, которые делают их перспективными для массового производственного культивирования с целью получения дополнительных источников корма и пищи, а также для использования в составе фотоавтотрофного звена биологической системы жизнеобеспечения человека в космосе. Включение водорослей в состав фотоавтотрофного звена системы жизнеобеспечения наряду с высшими растениями улучшает его характеристики с точки зрения удовлетворения белковой и жировой части рациона человека, управляемости и надежности звена в целом. Доля одноклеточных водорослей в этом звене в значительной мере будет зависеть от полноты утилизации их биомассы, которая в свою очередь обусловлена ее биохимическим составом и технологией переработки.

Исследования в области одноклеточных водорослей до последнего времени ограничивались главным образом несколькими представителями близко родственных родов семейства протококковых, не обладающих сколько-нибудь существенными различиями в их биохимических, пищевых и кормовых свойствах. В связи с этим в моделируемых биологических системах жизнеобеспечения они представлены в небольших количествах, из расчета обеспечения части белкового рациона человека. При этом из-за трудно разрушаемой оболочки требуется довольно сложная технология и громоздкая аппаратура для переработки биомассы. Все это снижает эффективность автотрофного звена в системе.

Возможны разные пути увеличения биохимического, а следовательно, и пищевого разнообразия водорослей. Наиболее общим путем является селекционно-генетический. В настоящее время выделены индуцированные рентгеновским излучением мутанты хлореллы, накапливающие в биомассе цистеин. Таким путем удалось увеличить содержание в клетках хлореллы серосодержащих аминокислот почти в 5 раз (1-2).

^x Работа выполнена в Ин-те медико-биологических проблем МЗ СССР.

Более существенные результаты в направленном изменении биохимического состава хлореллы получены путем изменения условий культивирования водорослей. Показано, что при отсутствии азота в среде клетки хлореллы интенсивно синтезируют углеводы (до 55% органического вещества биомассы, в том числе до 45% крахмала) при одновременном уменьшении количества белка (3).

Оба указанных метода являются перспективными, но требуют проведения дальнейших исследований. Оказалось, что полученные мутанты с повышенным содержанием серосодержащих аминокислот обладают пониженной скоростью роста. В интенсивных условиях культивирования они быстро восстанавливают свою физиологическую активность, но теряют приобретенные свойства мутантов. Усиление синтеза углеводов клетками в безазотной среде сопровождается снижением общей продуктивности водорослей. Кроме того в данном случае невыясненным остается вопрос о составе остающегося в клетках белка. Установлено, что при азотном голодании одновременно с синтезом углеводов меняется аминокислотный состав белка (4) и, возможно, его пищевая ценность.

Третьим перспективным путем решения указанной проблемы является увеличение видового разнообразия культивируемых водорослей за счет подбора новых форм, различающихся по химическому составу биомассы.

За последние годы внимание исследователей стали привлекать некоторые представители сине-зеленых водорослей: анацистис (5-7), спирулина (8-11). Не меньший интерес представляют жгутиковые. Их подвижность и наличие соответствующего биохимического аппарата позволяют рассчитывать на отличие состава их биомассы, а следовательно, и ее пищевой ценности от протококковых водорослей. С другой стороны, способность жгутиковых к гетеротрофному питанию должна в принципе обеспечить гораздо большую устойчивость культуры при неблагоприятных условиях внешней среды.

Данное сообщение посвящено одной из форм жгутиковых - хламидомонаде. Представители этого рода широко распространены в природе и характеризуются большим морфологическим и физиологическим разнообразием. Среди них имеются и термофильные формы, обладающие высоким темпом деления в благоприятных условиях. Максимальная скорость роста была определена для *Chlamydomonas mundana* и соответствовала одиннадцати делениям в сутки (12). Однако попытки массового культивирования некоторых форм хламидомонад пока не дали хороших результатов. Для массового культивирования были использованы *Chl. snowia* (13), *Chl. reinhardii*, *intermedia* (14-16). Максимальный урожай при выращивании на асбестовых пластинках достигал около 13 г/м^2 (16), а при культивировании в открытых бассейнах - 9 г/м^2 (17). Как видно из приведенных данных, продуктивность этих форм водорослей в условиях массового культивирования значительно уступает протококковым.

Нами исследовался термофильный штамм *Chlamydomonas reinhardii* - 449, выделенный в чистую культуру и рекомендованный для интенсивного культивирования Б.В. Грозовым. Это подвижная одноклеточная водоросль диаметром 5-18 мк (в зависимости от физиологическо-

го возраста). При выращивании на богатых аэрируемых средах клетки утрачивают жгутики и становятся неподвижными. В наших условиях при интенсивном культивировании и хранении между отдельными опытами в холодильнике при температуре $+5^{\circ}\text{C}$ клетки полностью потеряли подвижность, и при выращивании их как на жидких, так и на агаровых средах подвижных форм не обнаруживалось. Размножение клеток осуществляется делением их на 2, 4 и более автоспор.

Нашей задачей являлось исследование некоторых физиолого-экологических характеристик указанной формы водорослей, позволяющих оценить перспективность ее для включения в состав фотоавтотрофного звена биологической системы жизнеобеспечения и для массового культивирования с целью производства кормовой биомассы.

В опытах исследовалась продуктивность культуры при накопительном и плотностатном культивировании — по приросту сухого вещества, скорости поглощения углекислоты и выделения кислорода клетками, химический и биохимический состав биомассы, элементный состав органического вещества.

Водоросли выращивались в установке ротационного типа с замкнутым воздушным контуром. Условия культивирования поддерживались близкими к найденным ранее для хлореллы (температура $37\pm 1^{\circ}\text{C}$, освещенность 35–40 клк, концентрация углекислоты в воздухе 1–5%). В первой серии опытов (№ 1–3) использовалась рекомендованная Б.В. Громовым питательная среда № 6 следующего состава, г/л: KNO_3 —3,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ —0,2; KH_2PO_4 —0,2; NaHCO_3 —0,2; CaCl_2 —0,13. К литру среды добавляли 1 мл микроэлементов следующего состава, г/л: $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ —0,022; MnSO_4 —1,81; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ —0,079; $\text{NaBO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ —2,63; $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ —1,0; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ —9,3; CaCl_2 —1,2; $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ —0,02; ЭДТА—10. Поскольку в процессе предварительных опытов было выявлено, что среда относительно бедна фосфором, то все эксперименты с применением среды № 6 проводились при двукратной концентрации солей. Во второй серии опытов (№ 4–6) использовалась сбалансированная среда, разработанная на основе результатов первой серии опытов, приведенных в данном сообщении.

Продуктивность культуры, рассчитанная по скорости нарастания биомассы на линейном участке кривой роста, составляла в среднем из 10 опытов $7,5\pm 0,56$ г/л в сутки при коэффициенте вариации 18%. На рис. 1 приведена динамика нарастания биомассы водорослей в 5 опытах. При переходе на плотностатный режим культивирования продуктивность снижалась примерно на 10% по сравнению с линейным участком кривой роста. Скорость нарастания биомассы при плотностатном культивировании сопоставлялась со скоростью поглощения углекислоты и выделения кислорода. Установлено, что при приросте 1 г сухого вещества водорослей поглощается 1 л углекислоты и выделяется 1,15 л кислорода. Указанные данные по коррелятивной зависимости между отдельными параметрами фотосинтеза оказались несколько другими, чем у хлореллы (18). В расчете на величину освещаемой поверхности продуктивность хламидомонады составляла 28 г/м^2 в сутки при освещенности 35 клк. Полученные данные показали, что

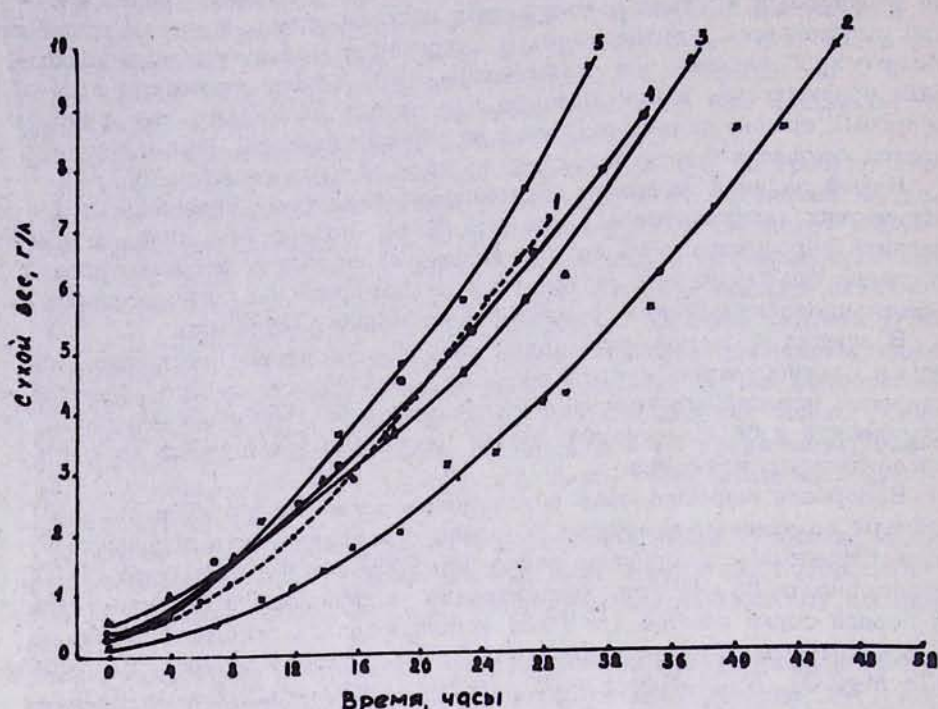


Рис. 1. Динамика нарастания биомассы при накопительном выращивании хламидомонады на разных питательных средах.

продуктивность хламидомонады ниже, чем у хлореллы, и составляет около 65% от продуктивности хлореллы, культивируемой в указанных выше условиях. Правда, полученный уровень продуктивности хламидомонады не может считаться предельным, поскольку еще недостаточно исследованы условия интенсивного культивирования. Во всяком случае полученные предварительные данные по продуктивности показывают, что данная форма водорослей является перспективной для дальнейших исследований.

Правильность такого вывода подтверждается и данными, полученными при изучении биохимического состава биомассы (табл. 1).

Биохимический состав хламидомонады отличается от состава биомассы хлореллы (21) большим содержанием углеводов, количество которых составляет $37 \pm 6,03\%$, и меньшим содержанием белков — $33,8 \pm 3,28\%$. Предварительные исследования показали, что основная часть углеводов хламидомонады представлена крахмалом. Эти отличительные качества хламидомонады нам представляются интересными.

При рассмотрении динамики содержания углеводов в биомассе при накопительном культивировании хламидомонады оказалось, что количество углеводов по ходу нарастания биомассы не остается постоянным (рис. 2). Максимальное содержание углеводов в клетках обнаруживается в первые 18–20 часов культивирования (при приросте

Таблица 1

Биохимический состав клеток хламидомонады, выращенных в накопительном режиме культивирования (средние данные из трех опытов; % на сухой вес)

Элемент	Белки	Жиры	Углеводы	Зола
$\bar{X}$	33,3	22,7	37,1	6,5
+ S	3,28	2,70	6,03	0,73
% V	9,8	11,9	16,2	13,5
n	25	6	31	18

4 г сухого вещества биомассы в литре) и составляет 40–45%. В дальнейшем по ходу опыта (при такой же, как и в начале опыта, скорости роста) содержание углеводов уменьшается до 33–35% и остается на этом уровне до конца опыта.

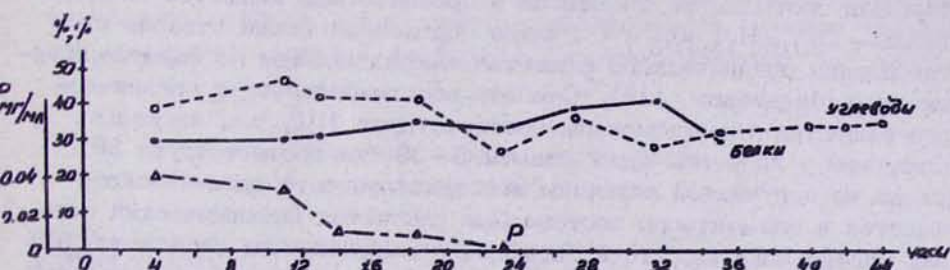


Рис. 2. Динамика изменения содержания белков и углеводов в составе биомассы, а также минерального фосфора в среде в ходе накопительного выращивания хламидомонады.

При сопоставлении динамики содержания в биомассе белков и углеводов с условиями культивирования установлено, что уровень содержания углеводов связан с концентрацией фосфора в питательной среде (рис. 2, кривая 3). При полном исчерпании фосфора из среды в биомассе снижается содержание углеводов при одновременном повышении содержания белка, хотя скорость нарастания биомассы и остается на прежнем уровне.

Таким образом, при фосфорном дефиците биохимический состав клеток хламидомонады изменяется в сторону уменьшения содержания в биомассе углеводов и некоторого увеличения содержания белка. У хлореллы при фосфорном голодании метаболизм в клетках сдвигается, наоборот, в сторону увеличения синтеза углеводов и уменьшения в клетках белка (4). Возможно, у жгутиковых это отличие связано с обеспечением функции движения.

Полученные результаты показывают, что при подборе соответствующих условий культивирования хламидомонады можно рассчитывать на

получение биомассы, содержащей до 50% углеводов. По-видимому, максимальное количество углеводов в клетках будет накапливаться при оптимальных условиях минерального питания.

Помимо прямого определения биохимического состава биомассы он рассчитывался также исходя из элементного состава органического вещества, приведенного в табл. 2.

Таблица 2

Элементный состав органического вещества клеток хламидомонады (% на сухой вес)

Элемент	N	C	H	O	Зола
$\bar{X}$	5,92	50,9	6,99	29,2	6,45
$\pm S$	0,56	0,66	0,58	1,00	0,76
% V	9,4	1,0	8,3	4,0	13,5
n	9	9	11	11	13

На основе полученных данных была рассчитана формула, характеризующая соотношение элементов в органическом веществе хламидомонады — $C_8,62H_{14,20}O_{3,7}N$. Была определена также степень восстановления органического вещества хламидомонады по формуле, предложенной Мильнером (19). Степень восстановленности органического вещества хламидомонады соответствует 41,8, т.е. несколько выше, чем у хлореллы (для штамма S-39 она соответствует 39). Исходя из полученной величины восстановленности органического вещества и элементного состава был рассчитан биохимический состав. Расчет показал, что в биомассе хламидомонады содержится 37% белка, 21,9% жира и 41,2% углеводов. Таким образом, рассчитанный исходя из степени восстановленности органического вещества хламидомонады биохимический состав полученной биомассы оказался близким к данным, полученным экспериментально (табл. 1).

Полученные данные показывают, что относительно высокое содержание углеводов в биомассе хламидомонады вполне компенсирует некоторое отставание ее в скорости роста от протококковых водорослей и оправдывает проведение исследований с целью включения ее в состав фотоавтотрофного звена биологической системы жизнеобеспечения наряду с хлореллой. В этом можно видеть одно из средств оптимизации звена водорослей и фотосинтетического звена в целом.

Как мы указывали выше, при дефиците фосфора в среде скорость роста культуры хламидомонады остается некоторое время постоянной, а изменяется только биохимический состав клеток. Представляло интерес рассмотреть особенности фосфорного питания клеток при этих условиях культивирования.

Динамика убыли фосфора из среды в одном из опытов приведена на рис. 1 (кривая 3). Из рисунка видно, что через 20 часов культивирования при приросте 4 г сухого вещества в литре суспензии среда стала дефицитной по фосфору. При рассмотрении динамики накоп-

ления фосфора в биомассе (табл. 3) оказалось, что количество фосфора в биомассе уменьшалось по мере увеличения плотности культуры и составляло в конце опыта при приросте 8,8 г/л 6 мг/л сухого вещества. Следовательно, прирост биомассы водорослей продолжался за счет перераспределения внутриклеточных запасов фосфора. Данные по динамике накопления в клетках фосфора и других минеральных элементов в одном из опытов приведены в табл. 3.

Данные таблицы 3 показывают, что после полного истощения фосфора из среды изменяется содержание в биомассе и других биогенных элементов. В частности, уменьшается количество магния, натрия и кальция и увеличивается содержание азота. Одновременно снижается содержание золы с 6,5 до 2,4%.

Фракционирование внутриклеточного фосфора показало, что содержание минерального фосфора уменьшилось с 4,9 до 0,6 мг/г. Снижилось также количество кислоторастворимой фракции фосфора в клетках с 5 до 0,7 мг/г. Содержание кислотонерастворимой фракции органического фосфора в клетках оставалось на протяжении опытов неизменным (табл. 4). Таким образом, после истощения минерального фосфора из среды фосфорное питание клеток осуществлялось за счет запасов минерального фосфора в клетках и перераспределения органического фосфора кислоторастворимой фракции. Данные по динамике различных фракций фосфора в составе биомассы по ходу

Таблица 3

Динамика нарастания биомассы и
ее химический состав

Время от на- чала опыта, час	Прирост биомас- сы, г/л	N	P	K	S	Na	Fe	Ca	Mg	Зола
					мг/г	сухого веса				
0	1,6	56,7	12,2	—	4,05	—	—	1,86	3,0	6,5
7	2,4	53,3	11,2	6,0	3,52	1,90	0,49	0,80	1,4	5,0
10	2,8	52,1	11,0	4,0	2,98	1,80	0,36	0,89	2,0	4,4
15	3,5	52,6	9,8	8,1	3,20	1,70	0,47	1,00	2,5	5,8
19 ^x	4,5	58,3	11,1	8,3	4,05	0,76	0,65	0,58	3,2	5,0
22	5,7	62,3	9,9	7,0	4,28	2,30	1,26	0,88	2,6	5,9
26	6,4	66,6	9,2	7,4	4,50	1,70	1,10	0,57	2,2	5,3
30	7,5	60,0	7,0	5,4	4,20	0,70	0,73	0,47	1,8	2,4
35	9,4	61,0	6,0	5,8	4,16	0,50	0,90	—	1,3	2,3

культивирования хламидомонады в накопительном режиме в одном из опытов представлены в табл. 4.

Задачей следующего этапа исследований являлось обоснование состава питательной среды, который бы обеспечил оптимальные условия минерального питания клеток в популяции большой плотности при дли-

^x Момент истощения фосфора из среды.

Таблица 4

Динамика содержания в биомассе хламидомонады различных фракций фосфора (мг/г сухого вещества)

Время от начала опыта, час	Общий	Минеральный	Органический	
			Кислотонераств.	Кислотораств.
0	12,2	4,9	3,8	3,5
7	11,2	2,3	4,6	4,3
10	11,0	2,7	4,1	4,2
15	9,8	3,2	4,3	3,6
19	11,1	3,7	4,6	2,8
22	9,9	2,9	3,7	3,3
26	9,2	2,3	3,9	3,0
30	7,0	1,7	4,6	0,7
35	6,0	0,6	4,6	0,8

тельном культивировании и устойчивость отдельных элементов в растворе. Питательная среда №6, которая нами была использована на первом этапе исследований, не удовлетворяла указанным требованиям. Она может применяться лишь при накопительном культивировании при условии увеличения содержания в ней фосфора и исключения из ее состава хлористого кальция. Для длительного интенсивного культивирования, в том числе с возвратом среды, перспективными являются полностью сбалансированные среды, в которых соотношение элементов соответствует их выносу из среды с отбираемым урожаем (20).

Для разработки указанных сред были подвергнуты химическому анализу на содержание биогенных элементов образцы биомассы, полученные, в отличие от данных табл. 3, при оптимальных условиях минерального питания. В табл. 5 приведены средние данные из разных опытов.

Таблица 5

Химический состав биомассы хламидомонады (мг/г сухого вещества)

Элемент	N	P	S	K	Na	Mg	Ca
$\bar{X}$	59,20	12,00	5,60	8,50	1,50	3,00	2,00
$\pm S$	0,56	1,10	0,37	1,70	0,22	0,85	0,48
% V	9,4	9,2	6,6	20,5	13,3	28,0	24,0
n	9	12	9	11	12	9	7

Из табл. 5 видно, что среднее содержание азота в биомассе значительно меньше, чем у хлореллы (21), и составляет в среднем $59,2 \pm 0,56$ мг/г сухого веса, что хорошо согласуется с литературными

ми данными, полученными для другого вида хламидомонады - *Chlamydomonas intermedia* (Salageanu). Содержание в биомассе остальных элементов практически такое же, как и в клетках хлореллы, и сохранялось довольно устойчиво от опыта к опыту. Значительные колебания наблюдались лишь в содержании катионов (магния, калия, кальция), что было отмечено ранее для хлореллы.

Известно, что часть поглощенных клеткой из среды элементов выделяется в культуральную жидкость в виде растворимых органических соединений (метаболитов), в связи с чем всегда убыль минеральных элементов из среды будет превышать их накопление в биомассе. Особенно существенной может быть разница для таких элементов, как азот и фосфор, содержание которых в биомассе достаточно велико. Поэтому для создания сбалансированных сред данных по химическому составу биомассы недостаточно.

В связи с этим нами исследовалась убыль азота и фосфора из среды, полученные данные сопоставлялись с накоплением элементов в биомассе, и вносились соответствующие корректировки при составлении сбалансированных сред. В табл. 6 и 7 приведены балансы азота и фосфора при культивировании хламидомонады в накопительном режиме. Данные по убыли элементов из среды и накоплению их в биомассе для расчета баланса взяты в конце опыта, при дефиците в среде фосфора, в связи с чем содержание азота в клетках выше средних данных, полученных при культивировании водорослей в оптимальных условиях минерального питания. Из табл. 6 видно, что

Таблица 6

Баланс азота при накопительном
культивировании хламидомонады

№ опыта	Общий прирост биомассы, г/л	Убыль азота из среды		Содержание азота в биомассе, мг/г	% найденного к убыли
		мг/л	мг/г		
1	6,30	455	72,2	62,8	87,0
2	9,60	557	67,6	58,0	86,4
4	8,35	590	70,6	59,6	84,4
5	7,75	547	71,0	64,6	90,0
6	7,50	510	68,0	60,6	89,0

убыль азота на прирост 1 г сухого веса значительно превышает его количество, найденное в биомассе. Накопленное в биомассе количество азота составляет лишь 85% от потребленного из среды азота нитратов. Около 15% поглощенного клеткой азота, по-видимому, выделяется в составе метаболитов. Предварительные данные показали, что количество внеклеточного органического вещества, выделяемого клетками в среду, значительно превышает найденные для хлореллы величины (22) при данном методе культивирования.

В табл. 7 приведены данные по балансу фосфора при накопительном культивировании хламидомонады.

Таблица 7

Баланс фосфора при культивировании хламидомонады

№ опы-та	Общий при-рост био-массы, г/л	Убыль фосфора из среды		Содержа-ние фос-фора в би-омассе, мг/г	%най-денно-го к убыли	Исполь-зован. среда
		мг/л	мг/г			
1	6,30	54	8,5	8,5	100	№ 6
2	9,60	54	5,6	5,6	100	"
3	8,80	54	6,1	6,0	98	"
4	8,35	87	10,4	10,1	97	Сбаланс.
5	7,75	88	11,4	11,3	99	"
6	7,50	89	10,4	10,2	98	"

Следует отметить, что при использовании среды №6 с солями вводилось 54 мг фосфора на литр среды, в то же время методами химического анализа в растворе обнаруживалось лишь 44 мг/л фосфора (рис. 2, кривая 3). Это связано с выпадением нерастворимых фосфатов кальция в осадок. Однако по мере исчерпания растворимого фосфора из среды он также использовался клетками водорослей, в связи с чем при расчете баланса фосфора мы пользовались величиной фактически внесенного фосфора в среду, а не обнаруженного при анализе раствора. Из табл. 7 видно, что убыль фосфора из среды полностью соответствует накоплению его в биомассе, т.е. практически весь ассимилированный фосфор включается в состав органического вещества клетки.

Полученные результаты позволили составить сбалансированную среду, которая может быть использована при накопительном и проточном режимах культивирования популяции водорослей любой плотности. Для обеспечения прироста 1 г сухого вещества биомассы хламидомонады необходимо содержание в среде следующих количеств солей, г: $KNO_3 - 0,51$; $KH_2PO_4 - 0,049$; $MgSO_4 \cdot 7H_2O - 0,044$. При длительном культивировании водорослей с возвратом среды в составе корректирующего раствора вместо KNO_3 должна использоваться азотная кислота. Во всех случаях целесообразно добавлять к основной среде бикарбонат натрия в количестве 0,3 г/л для повышения исходной величины pH среды и ее буферной емкости. Следует отметить, что в составе среды для выращивания хламидомонады вместо нитратов могут быть использованы и восстановленные формы азота.

Таким образом, результаты исследований продуктивности хламидомонады, химического и биохимического состава биомассы показали, что указанная форма водорослей представляет интерес с точки зрения возможного объекта для фотоавтотрофного звена системы жизнеобеспечения и массового культивирования в производственных условиях. Хламидомонада обладает и рядом других положительных качеств. В частности, клетки ее имеют легко разрушаемую оболочку, что в значительной степени упрощает технологию переработки биомассы. Объем клеток значительно превышает объем клеток хлореллы, следовательно, удельное количество вещества оболочек в биомассе меньше.

ԻՆՏԵՆՍԻՎ ՄՇԱԿՈՒՅԹՈՒՄ CHLAMYDOMONAS REINHARDII—449-ի
ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱ-ԵՎՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՄԻ ՓԱՆԻ ԱՌԱՆՁՆԱԼԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ

Ա մ փ ո լ ո լ մ

Ինտենսիվ մշակույթ է մտցված կանաչ ջրիմուռների նոր ձև՝ Chlamydomonas reinhardii—449, Դրա արդյունավետությունը քլորելայի համեմատ ցածր է և մշակույթի միկենույն պայմաններում կազմում է քլորելայի արդյունավետության 65%-ը, Աճի որոշ շափով ևս մնալը զգալիորեն փոխհատուցվում է այլ առավելություններով՝ կենսապանգվածում ածխաջրերի առավել բարձր պարունակությամբ (մինչև 40%), ավելի մեծ բջիջներով և հեշտ քայքայվող բջջաթաղանթով, Բջիջների քիմիական կազմը պայմանավորված է հանքային տարրերի ապահովվածության աստիճանով, Աշխատանքում բերված են ազոտի և ֆոսֆորի հաշվեկշռի, ինչպես նաև հավասարակշռված սննդալուծույթների սվլալները կուտակող մշակույթի պայմաններում:

G.I. MELESHKO, A.A. ANTONYAN, E.K. LEBEDEV, I.A. SIDORENKO

SOME PHYSIOLOGICAL-ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF
CHLAMYDOMONAS REINHARDII—449 UNDER INTENSIVE
CULTURE

S u m m a r y

A new form of green algae, that of Chlamydomonas reinhardii—449 has been studied. Its efficiency is lower than that of chlorella or has 65% of the efficiency of the latter. This deficiency in growth is significantly compensated by other advantages, such as, by its considerably higher amount of carbohydrates (up to 40%), bigger cells and easily deformed cellular membranes.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Квитко К.В., Захаров И.А., Хропова В.И. Некоторые принципы генетико-селекционной работы с микроорганизмами в применении к хлорелле. Сб. "Изучение интенсивной культуры водорослей", Прага, 1965.
2. Квитко К.В., Захаров И.А., Хропова В.И. Некоторые принципы генетико-селекционной работы с микроорганизмами в применении к хлорелле. "Генетика", № 2, 1966.
3. Клячко-Гурвич Г.Л., Семененко В.Е. Физиолого-биохимические аспекты направленного получения ценных метаболитов в условиях интенсивной культуры водорослей. Сб. "Биол. автотрофных микроорганизмов. Тр. Моск. о-ва испытателей природы", т. 24, 154-158, 1966.
4. Микаелян К.А. Влияние условий минерального питания на рост и биохимический состав хлореллы. Автореф. дис., Ереван, 1970.

5. Галкина Т.Б., Кашковский И.И., Курапова О.А., Лебедева Е.К., Мелешко Г.И., Ульянов Ю.Н. Некоторые характеристики роста и газообмена водоросли в интенсивной культуре. "Проблемы космической биологии", т. 7, М., изд-во "Наука", 1967.
6. Семененко В.Е., Владимирова М.Г., Райков Н.И., Игнатьевская М.А. "Интенсивная культура *Chlamydomonas reinhardtii*" Сб. "Биол. сине-зеленых водорослей", вып. II, Изд-во МГУ, 1969.
7. Федоров В.Д., Максимов В.Н. Выбор оптимального состава среды для сине-зеленой водоросли с помощью методов математического планирования, Сб. "Биол. сине-зеленых водорослей", вып. II, Изд-во МГУ, 1969.
8. Leonard J. Nature, 209, 5019, 1966.
9. Clement G., Giddey C. Journ. of Science of food and Agriculture, 18, II, 1967.
10. Gozzon A., Busson F. C.R. Acad. Sci. Paris, 269, 10, 1969.
11. Пиневич В.В., Верзилин Н.Н., Михайлов А.А. Изучение нового объекта высокопродуктивного культивирования. "Физиология растений", т. 17, вып. 5, 1970
12. Maciasz E.M., Eppley R.W. J Protozool. 10, 2, 1963.
13. Mayz A.M., Zuri U., Shain J., Ginzburg H. Biotech. Bioeng., 6, 2, 1964.
14. Salageanu N. Rev. roumain biol. Ser. Bot. II, 6, 1966.
15. Salageanu N. Rev. roumain biol. Ser. Bot. 12, 2, 1967.
16. Salageanu N. Rev. roumain biol. Ser. Bot. 14, 3, 1969.
17. Parashiv M. Studi si ceretari biol., Ser. Bot. 21, 4, 1969.
18. Мелешко Г.И., Лебедева Е.К., Галкина Т.Б. Некоторые характеристики популяции хлореллы как звена замкнутой системы круговорота веществ. "Управляемый биосинтез и биофизика популяций, тезисы докл.", Красноярск, 1965.
19. Milner H. Plant physiol. v.24, No. 1.
20. Мелешко Г.И., Лебедева Е.К., Галкина Т.Б., Курапова О.А., Ульянов Ю.Н. Длительное культивирование хлореллы с прямым возвратом среды. "Космическая биология и медицина", № 4, 1967.
21. Лебедева Е.К., Мелешко Г.И., Галкина Т.Б., Егорова Н.Н. Исследование устойчивости химического состава биомассы хлореллы при длительном культивировании ее с возвратом среды на нитратах. Сб. "Проблемы космической биологии", т. XVI, 1971.
22. Курапова О.А. Динамика накопления органического вещества в культуральной жидкости при длительном интенсивном культивировании хлореллы с возвратом среды. "Управляемый биосинтез и биофизика популяций, тезисы докл.", Красноярск, 1969.