

УДК 582.273:574.5

Б.Н. БЕЛЯЕВ

Ин-т биологии южных морей НАН Украины,  
99011 Севастополь, пр. Нахимова, 2, Украина**ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ  
ЧЕРНОМОРСКОЙ КРАСНОЙ ВОДОРОСЛИ *GELIDIUM  
LATIFOLIUM* (GREV.) BORN. ET THUR. (*RHODOPHYTA*)**

Обобщены результаты исследований по интенсивному культивированию черноморской красной водоросли *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. (*Rhodophyta*) с использованием двух методов подавления эпифитов (импульсного питания и обсушивания), а также питательных сред на воде с соленостью 9; 18; 26 и 34‰. Наиболее эффективной оказалась комбинация импульсного питания (в течение 2 ч 1 раз в двое суток при концентрации азота ( $C_N$ ) 1500  $\mu\text{M}$  и фосфора ( $C_P$ ) 120  $\mu\text{M}$ ) и предварительного обсушивания в течение 30 мин. Увеличение температуры в весенний период в пределах предполагаемого оптимума ее значений (от 15 до 20-25 °C) незначительно влияло на среднюю удельную суточную скорость роста биомассы ( $\mu$ ). С увеличением концентрации биогенов (N/P) с 260/20 до 364/26  $\mu\text{M}$  и освещенности с 55 до 70 Вт/м<sup>2</sup>  $\mu$  увеличивается на 20-30 %. В зависимости от условий предварительного содержания водорослей величина  $\mu$  может увеличиваться в 1,5-2 раза, что предопределяет цикличность культивирования, перемежающегося с фазами отдыха. Установлено, что при солености 34‰ величина  $\mu$  в 1,5-2,7 раза больше, чем при солености 9‰, и в 1,3-1,4 раза больше, чем при нормальной черноморской солености, а биомасса эпифитов уменьшается в 6-8 раз.

*Ключевые слова:* культивирование, красная водоросль, биомасса, Черное море.

**Введение**

Всесторонние исследования возможностей культивирования макрофитов показали зависимость их темпов роста и биохимического состава не только от уровня освещенности, температуры, солености, обеспеченности биогенами, плотности посадки, скорости протока и pH среды, но и от технологических режимов и конструкций культиваторов (Lignell et al., 1987).

Наиболее изученной в условиях интенсивного культивирования оказалась *Gracilaria tikvahiae* McLachlan, клон ORCA, отличающаяся высокой скоростью роста и стабильной вегетацией в течение всего года (Edelstein, 1977; Lapoint, Ryther, 1978).

Данные об интенсивном культивировании *Gelidium* (*Rhodophyta*) чрезвычайно ограничены (Cogtea et al., 1985), но он представляет большой интерес, прежде всего, в связи с высоким содержанием в сухом веществе (от 25 до 50 %) и качеством добываемого из него агара, намного превышающим своими показателями агар, получаемый из других макрофитов (Kaliaperumal, Rao, 1981; Huang, 1982). Причиной малочисленности работ по интенсивному культивированию *Gelidium*, очевидно, является, во-первых, невозможность получить исходный материал без эпифитов, а во-вторых, его морфологические особенности, обуславливающие большое отношение площади поверхности к массе таллома.

© Б.Н. Беляев, 2006

Перед нами стояла задача – определить потенциальные возможности черноморского *Gelidium* к наращиванию биомассы в интенсивной культуре и влияния на них условий адаптации культуры, способов подавления обрастаний и солености питательной среды.

### Материалы и методы

Учитывая подверженность *Gelidium* обрастаниям, эксперименты проводили на установке четвертой модификации, в которой 8 полуторалитровых рабочих объемов, расположенных в двух продольных термостатах (по 4 в каждом), квадратного сечения (0,1 × 0,1 м) с частично усеченным дном снабжены распылителями CO<sub>2</sub>, барботерами для создания объемных циркуляций и освещаются двумя поперечными люминесцентными светильниками. Последние независимо регулируются по высоте и разделены световым экраном так, что каждый из них освещает по 2 объема из каждого термостата (Беляев, 2001; Беляев, 2001).

В пяти экспериментах 1992-1993 гг. использовали *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur., который собирали вручную в прибрежной полосе между бухтами Карантинная и Песочная и между бухтами Стрелецкая и Круглая на глубине до 1 м. В эксперименте № 6 (16.08.04-15.09.04) использовали водоросли обрастаний скального грунта и бетонных берегоукрепительных сооружений правого берега бухты Карантинная (Черное море, Севастополь). В эксперименте № 7 (5.10.04-15.10.04) в четырех объемах (стаканы № 1-4) исследовали водоросли из эксперимента № 6 после их трехнедельного “отдыха” в аквариуме, а в других четырех объемах (№ 5-8) – собранные в море 04.10.04.

Водоросли после сбора очищали и содержали в лаборатории в проточных условиях в винилпластовых лотках глубиной 30 см и в специальном 10-секционном аквариуме с ложным дном и системой барботирования, обеспечивающей объемное вращение талломов, где температура воды могла превышать естественную в море на 1-2 °С, а освещенность составляла не более 4 Вт/м<sup>2</sup>.

В качестве выходных параметров использовали время от начала эксперимента до появления проростков эпифитов длиной 3-4 мм и среднюю удельную суточную скорость роста биомассы ( $\mu_t$ ), которую вычисляли по формуле:

$$\mu_t = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t},$$

где  $W_0$ ,  $W_t$  – начальная и конечная масса (г) соответственно;  $t$  – время между взвешиваниями (сут).

Перед взвешиванием с талломов стряхивали воду, затем промакали фильтровальной бумагой. Температуру среды ( $t$ ) в экспериментах № 1-5 варьировали в диапазоне 15-21 °С, освещенность ( $E$ ) – от 55 до 90 Вт/м<sup>2</sup>, продолжительность светового дня – от 16 до 24 ч в сутки, концентрацию азота ( $C_N$ ) при ежедневной смене питательной среды задавали на уровне 240 и 360  $\mu\text{M}$  в

виде  $\text{NaNO}_3$ , фосфора ( $C_p$ ) – 20 и 26  $\mu\text{M}$  в виде  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , а при двухчасовом импульсном питании (один раз в двое суток) – 1,5-2  $\mu\text{M}$  и 0,12-0,15  $\mu\text{M}$  соответственно, pH воды регулировали растворением  $\text{CO}_2$ . В экспериментах с соленостью во всех опытах поддерживали постоянными температуру ( $24 \pm 0,5$  °C) и освещенность ( $110 \pm 2$  Вт/м<sup>2</sup>). Пониженный уровень солености получали разбавлением фильтрованной черноморской воды дистиллятом, а повышенные – добавлением соответствующих навесок морской соли. При выборе условий культивирования для *Gelidium* опирались на опыт многочисленных экспериментов с черноморской грацилярией (Беляев и др., 1991; Беляев, Миронова, 1997).

### Результаты и обсуждение

В краткосрочном весеннем эксперименте № 1 (30.03.92-06.04.92) был использован материал, собранный 26.03.92 и адаптированный в протоке в течение трех суток. При одинаковом питании ( $C_N = 260$   $\mu\text{M}$ ,  $C_p = 20$   $\mu\text{M}$ , ежедневной смене питательной среды) было задано 2 уровня температуры (20 и 25 °C) и освещенности (55 и 70 Вт/м<sup>2</sup>), которая первые 88 ч была непрерывной с последующим включением режима "ночь-день". Всего было проведено 4 опыта (по два при каждом уровне температуры и освещенности) с навесками исходным весом  $W_0 = 2$  г.

За первые 91,5 ч культивирования (3,8 сут) прирост биомассы в опытах с температурой 25 °C при освещенности 55 Вт/м<sup>2</sup> составил 0,58 г ( $\mu = 0,067$ ) и при освещенности 70 Вт/м<sup>2</sup> – 0,56 г ( $\mu = 0,065$ ), а за последующие 3 сут – 1,25 г ( $\mu = 0,132$ ) и 1,44 г ( $\mu = 0,149$ ). В целом за 6,8 сут средняя удельная суточная скорость роста биомассы при температуре 25 °C составила 0,096 и 0,102, а при температуре 20 °C – 0,081 и 0,111. Усреднение приростов и скоростей роста отдельно для каждого уровня освещенности ( $\Delta W_{cp} = 1,65$  г,  $\mu = 0,088$  и  $\Delta W_{cp} = 2,12$  г,  $\mu = 0,106$ ) показывает более значимое влияние увеличения освещенности по сравнению с температурой в выбранных диапазонах варьирования.

В эксперименте № 2 (9.04.92-16.04.92) при условиях по температуре, освещенности и  $W_0$  аналогичных эксперименту № 1, по схеме полного факторного эксперимента типа 2<sup>3</sup> было исследовано два сорта водорослей: адаптированные после сбора в протоке в течение 14 сут ( $G^1$ ) и талломы, "отдыхавшие" в протоке трое суток после эксперимента № 1 ( $G^2$ ). Усреднение приростов по каждому уровню всех трех факторов выявило незначительное влияние температуры в выбранном диапазоне (1,49 г и 1,59 г,  $\mu = 0,079$  и 0,084), отсутствие влияния величины уровня освещенности (1,53 и 1,51 г,  $\mu = 0,081$  и 0,08), а также значимое влияние качества испытуемого материала. Для  $G^1$  средний прирост составил 1,17 г ( $\mu = 0,066$ ), а для  $G^2$  – 1,92 г ( $\mu = 0,096$ ).

В продолжительном весеннем эксперименте № 3 (25.03.92-29.04.93) был использован *Gelidium*, выдержанный в протоке после сбора 7 сут. При  $C_N = 340$   $\mu\text{M}$ ,  $C_p = 26$   $\mu\text{M}$ , ежедневной смене питательной среды,  $t = 15-20$  °C,  $E = 55-70$  Вт/м<sup>2</sup> в режиме "день-ночь" (16-8) за первую неделю начальная масса ( $W_0 = 3$  г) увеличилась на 0,72-1,95 г ( $\mu = 0,03-0,07$ ), а за вторую – еще на 4,25-5,56 г ( $\mu = 0,08-0,129$ ) при незначительном влиянии температуры и освещенности (рис. 1).

К этому времени на отдельных талломах появились проростки эпифитов длиной 2-3 мм. Из наиболее чистых талломов для продолжения эксперимента

была набрана исходная масса ( $W_{14} = 3$  г), которая удвоилась за последующие 4 сут (от 3,02 до 3,59 г,  $\mu = 0,174-0,197$ ). Но к концу третьей недели существенный вклад в прирост биомассы (до 20 %) внесли эпифиты.

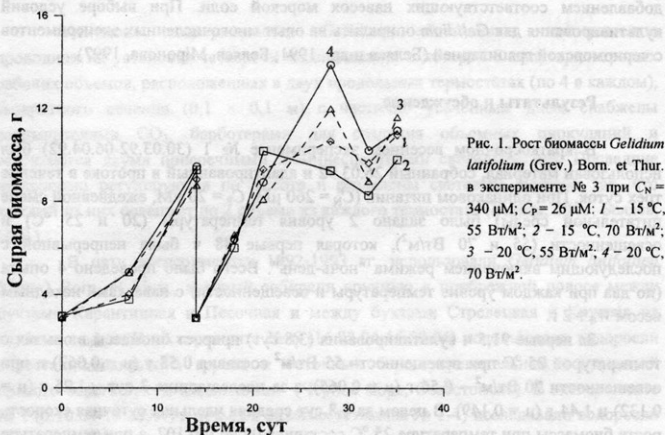


Рис. 1. Рост биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. в эксперименте № 3 при  $C_N = 340 \mu\text{M}$ ;  $C_P = 26 \mu\text{M}$ : 1 - 15 °C, 55 Вт/м<sup>2</sup>; 2 - 15 °C, 70 Вт/м<sup>2</sup>; 3 - 20 °C, 55 Вт/м<sup>2</sup>; 4 - 20 °C, 70 Вт/м<sup>2</sup>.

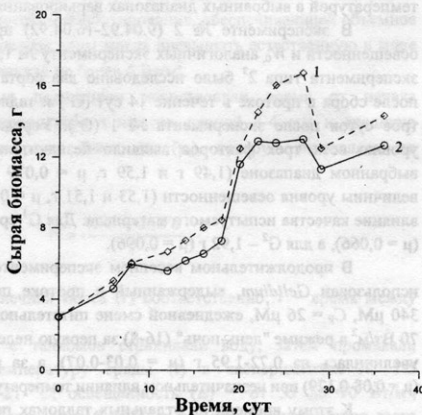


Рис. 2. Рост биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. в эксперименте № 4 с обсушиванием 1 раз в два дня при  $C_N = 340 \mu\text{M}$ ,  $C_P = 26 \mu\text{M}$ ,  $t = 20$  °C,  $E = 70$  Вт/м<sup>2</sup>. Обсушивание 30 (1) и 60 (2) мин.

Они также способствовали отмиранию отдельных фрагментов талломов *Gelidium*, так что за следующие две недели биомасса либо незначительно увеличилась (на 1,5-3,5 г), либо уменьшилась.

В эксперименте № 4 (06.05.93-11.06.93) для подавления обрастаний *Gelidium* была опробована описанная ранее методика обсушивания водорослей один раз в двое суток в течение 30 и 60 мин перед сменой питательной среды. В таких условиях при  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $E = 70\text{ Вт/м}^2$ ,  $C_N = 340\text{ }\mu\text{M}$  и  $C_P = 26\text{ }\mu\text{M}$  биомасса увеличилась в 2 раза за 8 сут ( $\mu = 0,086-0,088$ ), а за 20 сут – в 4 раза ( $\mu = 0,069-0,071$ ).

Из рис. 2 видно, что между 18-ми и 20-ми сутками культивирования произошло резкое увеличение биомассы в результате бурного разрастания эпифитов, подавить которое удалось трехчасовым обсушиванием в конце четвертой недели культивирования. За последнюю неделю прирост составил всего 1,85-1,35 г ( $\mu = 0,016-0,020$ ). В целом за 36 сут в варианте с 30-минутным обсушиванием биомасса увеличилась на 11,38 г ( $\mu = 0,044$ ), а в варианте с 60-минутным обсушиванием – на 9,71 г ( $\mu = 0,040$ ). В варианте с 30-минутным обсушиванием, начиная с конца второй недели культивирования, четко прослеживалось превышение биомассы примерно на 10 %.

В эксперименте № 5 (01.06.94-27.06.94) при  $t = 16-21\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $E = 67-90\text{ Вт/м}^2$  в режиме "день-ночь" (16-8) с навесками  $W_0 = 3\text{ г}$  была опробована методика импульсного питания – отдельно и в комбинации с обсушиванием. В опытах № 4 и 6 после 2 ч содержания в питательной среде ( $C_N = 1500\text{ }\mu\text{M}$ ,  $C_P = 120\text{ }\mu\text{M}$ ) водоросли ополаскивали и культивировали в фильтрованной черноморской воде с соленостью 17,5-18‰, а в двух других (№ 2 и № 8) – перед содержанием в питательном растворе еще и обсушивали в течение 30 мин.

За первые 8 дней (рис. 3) в вариантах с обсушиванием биомасса увеличилась на 2,5-2,9 г ( $\mu = 0,076-0,084$ ), в последующие 8 дней – еще на 3,18-3,72 г ( $\mu = 0,054-0,065$ ), а в вариантах без обсушивания – на 2,4-3,1 г ( $\mu = 0,073-0,089$ ) и на 4-4,5 г ( $\mu = 0,063-0,073$ ). Из рис. 3 видно, что при выбранном режиме питания, диапазонах температуры и освещенности дополнительное обсушивание незначительно снизило скорость роста биомассы *Gelidium*. Суммарный прирост биомассы за 26 сут составил для вариантов без обсушивания 9,5-9,8 г ( $\mu = 0,055-0,056$ ), а для вариантов с обсушиванием – 8,7-9,5 г ( $\mu = 0,052-0,055$ ).

Данные роста исходной биомассы *Gelidium* ( $W_0 = 5\text{ г}$ ) и эпифитов при  $t = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $E = 110\text{ Вт/м}^2$  в режиме "день-ночь" (16-8),  $C_N = 340$  и  $C_P = 26\text{ }\mu\text{M}$  при смене через сутки питательной среды разной солености (стаканы 1 и 5 – 9‰, 2 и 6 – 18‰, 3 и 7 – 26‰, 4 и 8 – 34‰), а также вычисления средней удельной скорости роста его биомассы в эксперименте № 6 приведены в табл. 1 и на рис. 4 и 5, а результаты эксперимента № 7 при тех же условиях – в табл. 2.

Результаты эксперимента № 6 показали, что биомасса *Gelidium* увеличивается при всех испытанных уровнях солености (9, 18, 26 и 34‰),  $\mu$  при солености 34‰ в 1,5-2,7 раза больше, чем при солености 9‰, и в 1,3-1,4 раза больше, чем при нормальной черноморской солености. При нормальной солености (см. табл. 1) количество эпифитов максимально, а при её повышении до 26-34‰ – уменьшается в 6-8 раз.

Таблица 1. Динамика роста биомассы  $W$  (г) и средней удельной скорости роста биомассы  $\mu$  (сут), а также количество эпифитов на *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thurg., культивируемом при разных уровнях солености питательной среды

Номер стака- на*	$W$ (25.08.04)	$\mu_9$ 100	$\bar{\mu}_9$ 100	$W$ (1.09.04)	$\mu_7$ 100	$\bar{\mu}_7$ 100	$W$ (6.09.04)	$W$ (7.09.04)	$\mu_5$ 100	$\mu_6$ 100	$\bar{\mu}_{5,6}$ 100	$W$ (15.09)	$W$ (16.09)	$\mu_4$	$\mu_9$	$\mu_{10}$	$\bar{\mu}_{4,9,10}$ 100	$W$ эпифит
1	6,00	2,03	2,14	6,50	1,14	1,27	7,30		2,31		2,15	5,82			4,17		4,44	1,87
5	6,12	2,24		6,75	1,40		7,45		1,98				6,40			4,70		
2	6,40	2,74	2,48	7,40	2,07	2,54	8,30		2,31		2,37	5,93			4,34		4,99	3,47
6	6,10	2,21		7,53	3,01		8,50		2,42				7,00			5,60		
3	6,32	2,60	2,42	7,95	3,29	3,35		8,70		1,51	1,41	6,04		5,15			5,16	0,44
7	6,10	2,24		7,77	3,41			8,40		1,30		6,05		5,17				
4	6,39	2,73	2,61	8,55	4,16	3,55		10,55		3,50	3,12	7,00		7,00			6,67	0,57
8	5,95	2,49		7,30	2,93			8,60		2,73		6,64		6,64				

Примечания. Цифры в индексе при  $\mu$  обозначают время в сутках; для стаканов 1 и 5 соленость питательной среды – 9 ‰, для 2 и 6 – 18 ‰, для 3 и 7 – 26 ‰, для 4 и 8 – 34 ‰.

Рис. 3. Рост биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. в эксперименте № 5 при  $t = 16-21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $E = 67-90\text{ Вт/м}^2$ , импульсном питании (2 ч 1 раз в два дня при  $C_N = 1500\text{ }\mu\text{M}$  и  $C_P = 120\text{ }\mu\text{M}$ ), а также дополнительном обсушивании перед питанием: 1 –  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $67\text{ Вт/м}^2$ , обсушивание 30 мин; 2 –  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $90\text{ Вт/м}^2$ , без обсушивания; 3 –  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $67\text{ Вт/м}^2$ , без обсушивания; 4 –  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $90\text{ Вт/м}^2$ , обсушивание 30 мин.

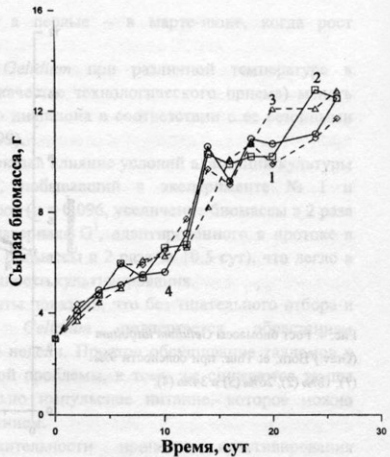


Таблица 2. Рост биомассы ( $W$ ) и средняя удельная скорость роста биомассы ( $\mu$ ) *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. в эксперименте № 7

Номер стакана	1	2	3	4	5	6	7	8
$W$ конечная, г	2,6	3,6	4,3	4,3	2,2	2,3	3,2	2,8
$\mu \cdot 100$	2,6	5,9	7,7	7,7	1,0	1,4	4,7	3,4

Результаты эксперимента № 7 подтвердили прямо пропорциональную зависимость скорости роста биомассы *Gelidium* от увеличения солёности в выбранном диапазоне, выявленную в эксперименте б, а также то, что водоросли, побывавшие в интенсивном эксперименте (объёмы 1, 2, 3 и 4), даже после длительного покоя проявляют большие темпы роста по сравнению с водорослями из естественных условий.

Значения  $\mu$ , полученные в эксперименте № 1 (0,132-0,149) и 3 (0,174-0,179), можно принять за ориентир потенциальных возможностей *Gelidium* при его культивировании. Они соответствуют скоростям роста с удвоением биомассы за 5-е и 4-е сут, что вдвое больше результата, достигнутого португальскими исследователями (Lignell et al., 1987). Для сравнения, в наших экспериментах *Gracilaria verrucosa* f. *procerima* росла со скоростью, соответствующей удвоению ее биомассы за 3 сут ( $\mu = 0,234$ ) и утроению – за 7 сут ( $\mu = 0,180$ ) (Беляев, 2001).

Рис. 4. Рост биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Borg. et Thur. при солёности 9‰ (1), 18‰ (2), 26‰ (3) и 34‰ (4).

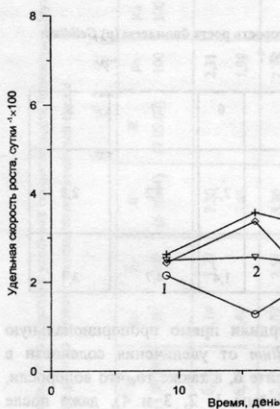
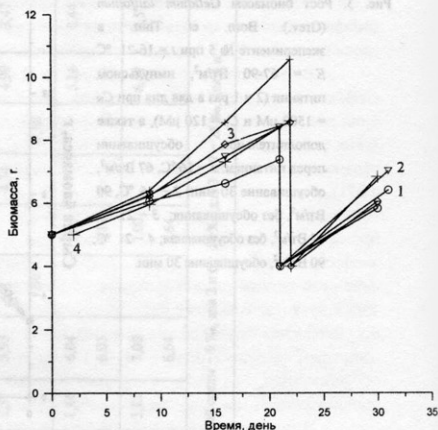


Рис. 5. Динамика средней удельной скорости роста биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Borg. et Thur. при солёности 9‰ (1), 18‰ (2), 26‰ (3) и 34‰ (4).

В экспериментах 1-5 увеличение освещенности в пределах выбранных диапазонов варьирования имело больший эффект по сравнению с увеличением температуры, однако технические возможности установки не позволяли задавать освещенность на поверхности воды больше  $90 \text{ Вт/м}^2$ , в то время как в естественных условиях на глубине 0,5-1 м она может быть в 2-3 раза больше. Возможно, в этом направлении есть скрытые резервы: хотя увеличение освещенности до  $110 \text{ Вт/м}^2$  в экспериментах 6 и 7 при тех же уровнях минерального питания и температуры среды не привело к повышению темпов роста, следует учесть, что последние проходили в конце августа-октябре, когда в



природе темпы роста замедляются, а первые – в марте-июне, когда рост макрофитов наиболее активен.

Сравнение скорости роста *Gelidium* при различной температуре в весенний период дает основание (в качестве технологического приема) менять температуру в пределах оптимального диапазона в соответствии с ее сезонными изменениями (Евстигнеева, Беляев, 1999).

Эксперимент № 2 наглядно показал влияние условий адаптации культуры на темпы ее роста. Материал G<sup>2</sup>, побывавший в эксперименте № 1 и "отдохнувший" в протоке трие суток, рос ( $\mu = 0,096$ , увеличение биомассы в 2 раза за 7,2 сут) в полтора раза быстрее материала G<sup>1</sup>, адаптированного в протоке в течение 14 сут ( $\mu = 0,066$ , увеличение биомассы в 2 раза за 10,5 сут), что легло в основу применения технологии цикличности культивирования.

Продолжительные эксперименты показали, что без тщательного отбора и очистки посадочного материала *Gelidium* подвергается обрастаниям макроэпифитами уже к концу второй недели. Простое обсушивание талломов в течение 30 или 60 мин не решает этой проблемы, к тому же снижаются темпы роста *Gelidium*. Более предпочтительно импульсное питание, которое можно сочетать с кратковременным обсушиванием.

При увеличении продолжительности процесса культивирования уменьшается средняя удельная скорость роста биомассы, потому что рост таллома сопровождается не только увеличением количества точек роста, но и его консервативной части, не принимающей участия в наращивании биомассы, но требующей для своего поддержания непроизводительных расходов биогенов.

Результаты экспериментов по культивированию *Gelidium* и других черноморских красных водорослей позволили выработать следующие основополагающие принципы.

Во-первых, это короткая цикличность интенсивного культивирования, допускающая увеличение биомассы не более чем в 1,5-2 раза, чередующаяся с периодами "отдыха".

Во-вторых, импульсное питание в сочетании с периодическим обсушиванием.

В третьих, температурный режим, соответствующий сезонным изменениям в природе. Эти принципы в той или иной мере вошли в заявленные нами способы культивирования водорослей (Беляев, Миронова, 1997; Беляев, Сілкін, 1997; Беляев, Евстигнеева, 2001).

Результаты экспериментов с разными уровнями солености питательной среды позволяют надеяться на то, что найден эффективный путь борьбы с эпифитами (что особенно важно при культивировании *Gelidium*), не снижающий продуктивности культивируемых макрофитов.

На основе полученных результатов можно сделать предварительные расчеты. Если за исходную величину принять скорость роста, соответствующую удвоению биомассы за 10 сут ( $\mu = 0,069$ ), то при загрузке в культиваторы высотой 50 см водорослей с начальной плотностью 20 г/дм<sup>2</sup> (что соответствует начальной объемной плотности 4 г/л) мы сможем каждые 10 дней с 1 га зеркальной поверхности культиваторов снимать 20 т сырой биомассы *Gelidium*. При работе 300 дней в году (с учетом времени на профилактику оборудования) урожай составит 600 т/га, или не менее 60-70 т сухой массы с 1 га в год, из которой можно будет выработать до 15-20 т высококачественного агара.

## Выводы

Повышение температуры в весенний период в пределах предполагаемого оптимума ее значений (от 15 до 20-25 °С) практически не влияет на среднюю удельную скорость роста биомассы *Gelidium*. Увеличение концентрации биогенов (N/P) с 260/20 до 340/26 мкМ и освещенности с 55 до 70 Вт/м<sup>2</sup> приводит к росту  $\mu$  на 20-30 %.

Методы импульсного питания, осушивания талломов в течение 30-60 мин один раз в двое суток либо их комбинации при длительном непрерывном культивировании не решают полностью проблемы подавления эпифитов.

Использование питательной среды с повышенной соленостью может значительно увеличить эффективность подавления эпифитов при культивировании черноморских красных водорослей, однако при использовании водоросли *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. в качестве объекта коммерческого культивирования целесообразна отработка способа получения чистого посадочного материала.

*Gelidium* после интенсивного культивирования и "отдыха" быстрее наращивает биомассу, чем водоросли, непосредственно изъятые из естественной среды, вне зависимости от того, проходили ли они адаптацию в условиях "отдыха". Этот факт предопределяет циклический режим технологии, когда интенсивное культивирование в течение 5-10 сут чередуется с последующим "отдыхом" такого же порядка при пониженной температуре и освещенности, что способствует также ограничению развития эпифитов.

B.N. Belyaev

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas,  
National Academy of Sciences of Ukraine,  
2, Nakhimov Prosp., 99011 Sevastopol, Ukraine

## INFLUENCE OF ADAPTATION, CULTIVATION AND EPIPHYTES SUPPRESSION REGIMES ON GROWTH BLACK SEA RED WEED *GELIDIUM LATIFOLIUM* (GREV.) BORN. ET THUR. (RHODOPHYTA)

Results of experiments on the Blacksea red weed's *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. intensive cultivation by two methods of epiphytes suppression (impulsive feeding and drainage) have been presented. It has been shown, that combination of impulsive feeding (2 hours once in 2 days by  $C_N = 1500 \mu\text{M}$ ,  $C_P = 120 \mu\text{M}$ ) and preliminary 30 minutes drainage were the most preferable. Increase of temperature in the limit of their supposed optima (from 15 to 20-25 °C) unconsiderably influenced average specific daily rate of biomass's growth ( $\mu$ ). At the same time, variation of lighting from 55 to 70 W/m<sup>2</sup> and concentration of nitrogen and phosphorus (N/P) from 260/20 to 364/26  $\mu\text{M}$  increases  $\mu$  on 20-30%, but by change of preliminary adaptation conditions it was possible to increase it 1.5-2 times. It's determined, that  $\mu$  by salinity 34‰ is in 1.5-2.7 more, then by 9‰, and in 1.3-1.4 more, then by normal black sea salinity.

**Key words:** cultivation, red algae, biomass, Black Sea.

А.с. 1634708 СССР, МКИ<sup>4</sup> С 12 N1/12, А01G33/00. Способ культивирования черноморской красной водоросли *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. / Б.Н. Беляев, А.А. Калугина-Гутник, Н.В. Миронова, А.В. Пархоменко, В.В. Сысов. Заявл. 15.09.87; Опубл. 15.03.91.

- Пат. 42296 А Україна, МКН<sup>7</sup> С 15 N 1/12; А01G33/00, А0Н13/00, С12R1/89/. Пристрій для культивування макрофітів / Б.М. Беляев. Заявл. 26.12.00; Опубл. 15.10.01.
- Беляев Б.Н. Техническое обеспечение культивирования макрофитов // Рыб. хоз. Украины. – 2001. – № 5. – С. 21-24.
- Пат. 42208 А Україна, МКН<sup>7</sup> С 12 N 1/12, С 12 N 1/89, А 01 G 33/00/. Спосіб культивування чорноморської червоної водорості *Laurencia papillosa* (Forsk.) Grev. / Б.М. Беляев, І.К. Савтигнєва. – № 2000116443; Заявл. 14.11.00; Опубл. 15.10.01.
- Беляев Б.М., Міронова Н.В. Спосіб культивування чорноморської червоної водорості *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Rarfenf. - МКН<sup>6</sup> А 01 G 33/00 / ІнБПМ НАН України. № 93007772/13; Заявл. 29.11.93; Опубл. 30.10.97. Промислова власність. Оф. біол. № 5. – С. 2.3.
- Беляев Б.М., Сікін В.А. Спосіб культивування чорноморської червоної водорості *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. - МКН<sup>6</sup> С 12 N 1/12 / ІнБПМ НАН України. № 94063376/13; Заявл. 15.06.94; Опубл. 29.08.97. Промислова власність. Оф. біол. № 4. – С. 2.52.
- Евстигнева Е.К., Беляев Б.Н. Методи боротьби с альгообрастанням *Laurencia papillosa* (Forsk.) Grev. в умовах інтенсивного культивування // Альгологія. – 1999. – 9, № 3. – С. 82-88.
- Correa J., Avila M., Satelices B. Effects of some environmental factors on growth of sporelings in two species of *Gelidium* (Rhodophyta) // Aquaculture. – 1985. – 44, N 3. – P. 221-227.
- Edelstein T. Studies on *Gracilaria* sp.: Experiments on inocula incubated under greenhouse conditions // J. Mar. Biol. Ecol. – 1977. – 30. – P. 249-259.
- Huang L. Preliminary observations on the growth of *Gelidium amansii* Lamx. in the sporelings stage // Acta Oceanol. Sin. – 1982. – 4, N 2. – P. 223-230.
- Lapoint Br.E., J.H. Ryther. Some aspects of the growth and yield of *Gracilaria tikvahiae* in culture // Aquaculture. – 1978. – 15. – P. 185-193.
- Kaliaperumal N., Rao M.U. Studies on the standing crop and phycocolloid of *Gelidium pusillum* and *Pterocladia heteroplata* // Ind. J. Bot. – 1981. – 4, N 2. – P. 91-95.
- Lignell A., Ekman P., Pedersen M. Cultivation technique for marine seaweeds allowing controlled and optimised conditions in the laboratory and on a pilotscale // Bot. Mar. – 1987. – 30. – P. 417-427.
- Sousa-Pinto I. et al. The effect of light on growth and agar content of *Gelidium pulchellum* (Gelidiaceae, Rhodophyta) in culture // Hydrobiologia. – 1999. – 398/399. – P. 329-338.

Получена 20.05.05

Подписала в печать К.Л. Виноградова