

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 μM и фосфора (C_P) 120 μM) 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 (μ). С увеличением концентрации биогенов (N/P) с 260/20 до 364/26 μM и освещенности с 55 до 70 Вт/м² μ увеличивается на 20-30 %. В зависимости от условий предварительного содержания водорослей величина μ может увеличиваться в 1,5-2 раза, что предопределяет цикличность культивирования, перемежающегося с фазами отдыха. Установлено, что при солености 34‰ величина μ 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 (Correa 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.

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 CO₂, 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 винипластовых 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/м².

В качестве выходных параметров использовали время от начала эксперимента до появления проростков эпифитов длиной 3-4 мм и среднюю удельную суточную скорость роста биомассы (μ_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/м², 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 μM в

виде NaNO_3 , фосфора (C_P) – 20 и 26 μM 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 μM и 0,12-0,15 μM соответственно, pH воды регулировали растворением CO_2 . В экспериментах с соленостью во всех опытах поддерживали постоянными температуру ($24 \pm 0,5$ °C) и освещенность (110 ± 2 Вт/м²). 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 ($C_N = 260$ μM , $C_P = 20$ μM , ежедневной смене питательной среды) было задано 2 уровня температуры (20 и 25 °C) и освещенности (55 и 70 Вт/м²), 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/м² составил 0,58 г ($\mu = 0,067$) и при освещенности 70 Вт/м² – 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 ($\Delta W_{\text{ср}} = 1,65$ г, $\mu = 0,088$ и $\Delta W_{\text{ср}} = 2,12$ 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 2^3 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 испытываемого 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 $C_N = 340$ μM , $C_P = 26$ μM , ежедневной смене питательной среды, $t = 15-20$ °C, $E = 55-70$ Вт/м² 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.

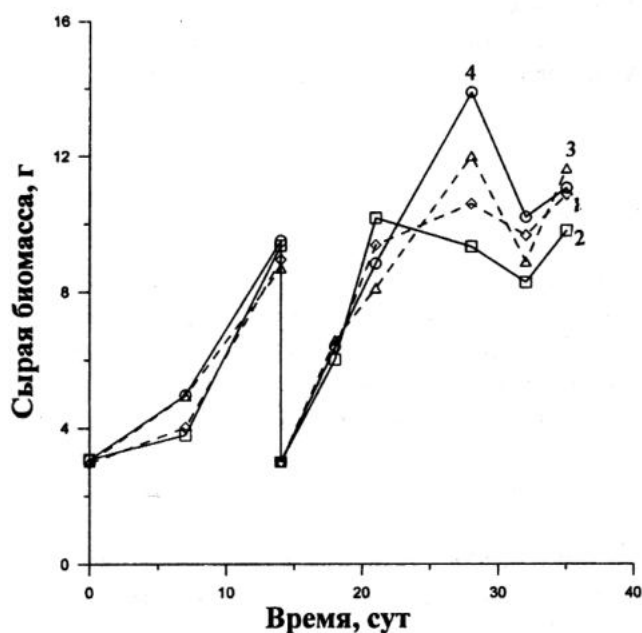


Рис. 1. Рост биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. в эксперименте № 3 при $C_N = 340 \mu\text{M}$; $C_P = 26 \mu\text{M}$: 1 – 15 °С, 55 Вт/м²; 2 – 15 °С, 70 Вт/м²; 3 – 20 °С, 55 Вт/м²; 4 – 20 °С, 70 Вт/м².

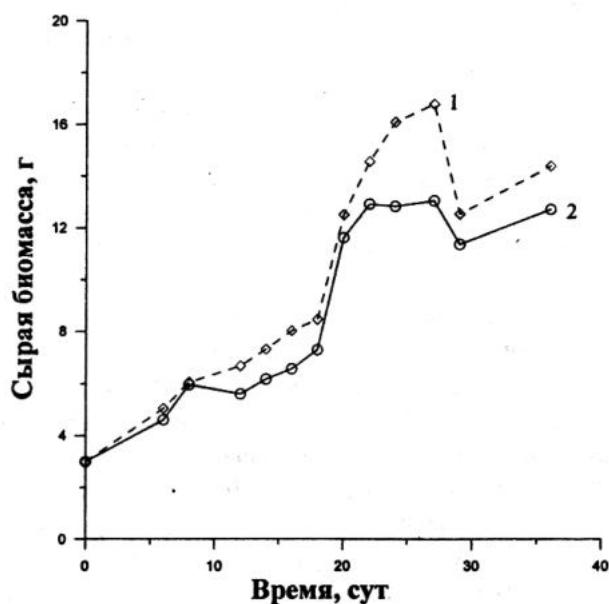


Рис. 2. Рост биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. в эксперименте № 4 с обсушиванием 1 раз в два дня при $C_N = 340 \mu\text{M}$, $C_P = 26 \mu\text{M}$, $t = 20$ °С, $E = 70$ Вт/м². Обсушивание 30 (1) и 60 (2) мин.

Они также способствовали отмиранию отдельных фрагментов талломов *Gelidium*, так что за последующие 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‰), μ 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 μ (сут), а также количество эпифитов на *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur., культивируемом при разных уровнях солености питательной среды

| Номер стакана | W (25.08.04) | μ_9 100 | $\bar{\mu}_9$ 100 | W (1.09.04) | μ_7 100 | $\bar{\mu}_7$ 100 | W (6.09.04) | W (7.09.04) | μ_5 100 | μ_6 100 | $\bar{\mu}_{5,6}$ 100 | W (15.09) | W (16.09) | μ_8 | μ_9 | μ_{10} | $\bar{\mu}_{8,9,10}$ 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 μ 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 $C_M = 1500\text{ }\mu\text{M}$ и $C_P = 120\text{ }\mu\text{M}$), а также дополнительном обсушивании перед питанием: 1 – $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, 67 Вт/м^2 , обсушивание 30 мин; 2 – $16\text{ }^{\circ}\text{C}$, 90 Вт/м^2 , без обсушивания; 3 – $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, 67 Вт/м^2 , без обсушивания; 4 – $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, 90 Вт/м^2 , обсушивание 30 мин.

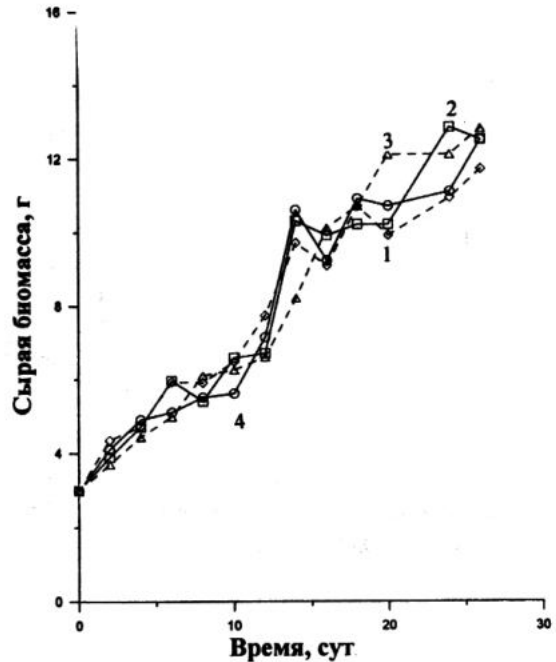


Таблица 2. Рост биомассы (W) и средняя удельная скорость роста биомассы (μ) *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. в эксперименте № 7

| 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 солености в выбранном диапазоне, выявленную в эксперименте 6, а также то, что водоросли, побывавшие в интенсивном эксперименте (объемы 1, 2, 3 и 4), даже после длительного покоя проявляют большие темпы роста по сравнению с водорослями из естественных условий.

Значения μ , 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).

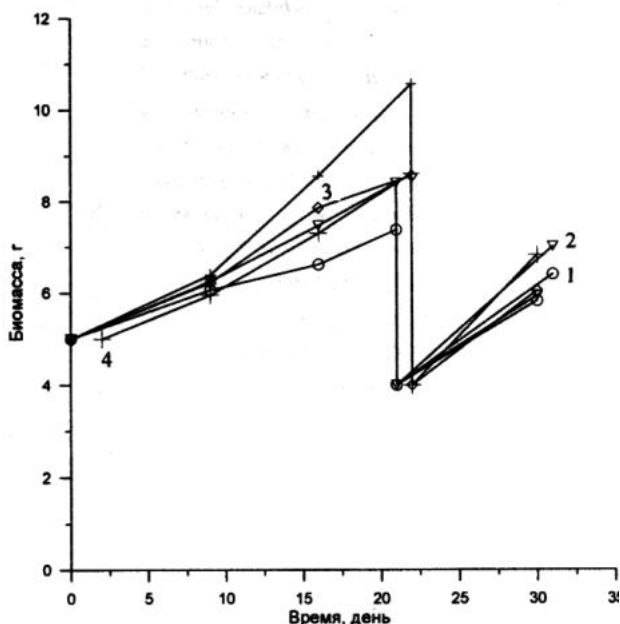


Рис. 4. Рост биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. при солёности 9‰ (1), 18‰ (2), 26‰ (3) и 34‰ (4).

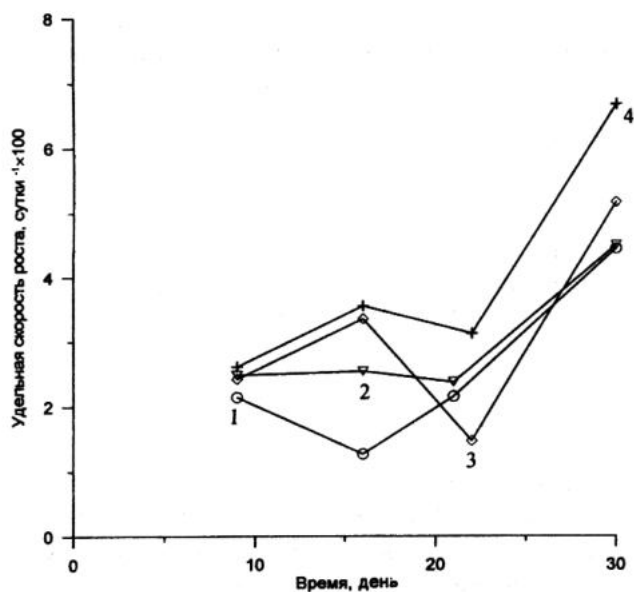


Рис. 5. Динамика средней удельной скорости роста биомассы *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. при солёности 9‰ (1), 18‰ (2), 26‰ (3) и 34‰ (4).

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 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 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 G², побывавший в эксперименте № 1 и "отдохнувший" в протоке трое суток, рос ($\mu = 0,096$, увеличение биомассы в 2 раза за 7,2 сут) в полтора раза быстрее материала G¹, 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, Силкин, 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/дм² (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 мМ и освещенности с 55 до 70 Вт/м² приводит к росту μ на 20-30 %.

Методы импульсного питания, обсушивания 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 °С) unconsiderably influenced average specific daily rate of biomass's growth (μ). At the same time, variation of lighting from 55 to 70 W/m² and concentration of nitrogen and phosphorus (N/P) from 260/20 to 364/26 μM increases μ on 20-30%, but by change of preliminary adaptation conditions it was possible to increase it 1.5-2 times. It's determined, that μ by salinity 34‰ is in 1.5-2,7 more, then by 9‰, and in 1.3-1.4 more, then by normal black see salinity.

Keywords: cultivation, red algae, biomass, Black Sea.

A.c. 1634708 СССР, МКИ⁴ С 12 NI/12, A01G33/00. 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, МКИ⁷ 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, МКИ⁷ 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. Євстигнеєва. – № 2000116443; Заявл. 14.11.00; Опубл. 15.10.01.
- Беляев Б.М., Міронова Н.В. Спосіб культивування чорноморської червоної водорості *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. - МКИ⁶ А 01 G 33/00 / ІнБПМ НАН України. № 93007772/13; Заявл. 29.11.93; Опубл. 30.10.97. Промислова власність. Оф. бюл. № 5. – С. 2.3.
- Беляев Б.М., Сілкін В.А. Спосіб культивування чорноморської червоної водорості *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. - МКИ⁶ С 12 N 1/12 / ІнБПМ НАН України. № 94063376/13; Заявл. 15.06.94; Опубл. 29.08.97. Промислова власність. Оф. бюл. № 4. – С. 2.52.
- Євстигнеєва Е.К., Беляев Б.Н. Методи боротьби з 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