

Б. Н. БЕЛЯЕВ, Н. М. БЕРЕГОВАЯ, Л. Б. ДАЛЕКАЯ

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, СОЛЕННОСТИ И КОНЦЕНТРАЦИИ БИОГЕНОВ  
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КРАСНОЙ ЧЕРНОМОРСКОЙ ВОДОРОСЛИ  
*GELIDIUM LATIFOLIUM***

Приведен анализ содержания агара, общих каротиноидов, фикоэритрина и хлорофилла-а в талломах гелидиума *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. (Rhodophyta) непосредственно после сбора его с мест обитания на м. Сарыч и в б. Карантинная и после разных сроков содержания в аквариуме и проведения экспериментов по интенсивному культивированию при различных условиях. Рекомендован циклический режим, доведение солёности питательной среды до 26 ‰ и насыщение её при объемной плотности культуры 3 – 4 г·л<sup>-1</sup> минеральным азотом до 6 – 7 мг·л<sup>-1</sup> и фосфором – до 1,3 – 1,5 мг·л<sup>-1</sup>, а также повышение температуры до 25 °С на первых циклах с последующим снижением до 18 – 20 °С.

**Ключевые слова:** агар, *Gelidium latifolium*, режим культивирования, продуктивность.

В наших экспериментах 2004 г. (с 16.08 по 15.09) в первой серии определений влияния солёности в диапазоне 9-34 ‰ на продуктивность черноморского гелидиума на значение 26 ‰ пришелся максимум содержания агара «А» и минимум значений содержания общих каротиноидов «Кр», хлорофилла а «СI-а» и средней удельной скорости весового роста «μ», а также минимум содержания «Кр» из второй серии. При этом во второй серии максимум «А» пришелся на солёность 9 ‰, кривая «А»  $\approx f(S \text{ ‰})$  отображала обратно пропорциональную зависимость, «μ»  $\approx f(S \text{ ‰})$  в обоих случаях имела прямо пропорциональную тенденцию, и биомасса эпифитов при повышенных уровнях солёности уменьшилась в 7 – 9 раз [2]. В экспериментах с 27.10.04 по 3.12.04 г. с гелидиумом, собранным в октябре, при солёности 18 ‰ были зафиксированы довольно высокие уровни содержания «А» – 43,4 %, «Кр» – 1400 мкг·г<sup>-1</sup>, «СI-а» – 0,16 % и фикоэритрина «Фэ» – 0,9 % сухого вещества. В экспериментах 2005 г. (с 19.08 по 20.09), которые проводили при двух уровнях солёности – 26 и 34 ‰, было выявлено преимущество первого для накопления «А», «Фэ» и «СI-а». В то же время зависимость накопления «Кр» от солёности оказалась неоднозначной, и максимум их концентрации (1800 мкг·г<sup>-1</sup>) был зафиксирован при солёности 34 ‰ [3].

В связи с этим была поставлена задача продолжить исследования влияния различных условий содержания и интенсивного культивирования гелидиума на его продуктивность с целью разработки элементов теории управляемого биосинтеза агароносных водорослей.

**Материал и методы.** Объектом исследования служила красная черноморская водоросль гелидиум *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur (Rhodophyta), собранная на глубине 0,5 – 1 м со скальных образований мыса Сарыч и бетонных тетраподов берегоукрепительных сооружений у радиобиологического корпуса (РБК) ИнБЮМ (Чёрное море, Севастополь). Собранный гелидиум содержали в 250-литровом аквариуме, разделенном на отсеки, барботируемые сжатым воздухом. В аквариуме, где освещенность в дневное время не превышала 0,3 кЛк, воду меняли один раз в месяц. Эксперименты выполняли на лабораторной установке с восемью 1,5-литровыми рабочими объемами квадратного сечения (0,1×0,1 м) с усеченным дном, снабженными барботёрами для создания объемной циркуляции [1]. В качестве питательной среды использовали фильтрованную прибрежную черноморскую воду солёностью 17 – 18 ‰, куда добавляли азот из расчёта 2,4 - 7,2 мг·л<sup>-1</sup> в виде NaNO<sub>3</sub> и фосфор – 0,4 - 1,2 мг·л<sup>-1</sup> в виде KН<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> и которую меняли три раза в неделю. Для увеличения солёности использовали осадочную морскую соль из Сакских лиманов (Крым, г. Саки). На поверхности питательной среды в рабочих объё-

© Б. Н. Беляев, Н. М. Береговая, Л. Б. Далекая, 2010

мах поддерживали освещенность на уровне 20 кЛк. В экспериментах, когда температуру не регулировали, в январе-марте и сентябре-октябре она колебалась в пределах 17 – 22 °С, а в апреле-августе – от 20 до 27 °С. Для сравнения продукционных потенциалов гелидиума, культивируемого в разных условиях, использовали величину средней удельной скорости весового роста « $\mu$ », определяемую за период между взвешиваниями сырой массы по формуле:

$$\mu = (\ln W_k - \ln W_n) / t,$$

где  $W_n$  – начальная масса, г;  $W_k$  – конечная масса, г;  $t$  – продолжительность периода между взвешиваниями, сут.

Сырую массу после стряхивания воды и промокания фильтровальной бумагой определяли на аптекарских весах с точностью до 10 мг. Для определения содержания агара обычно отбирали 4 – 5 г, а для определения пигментов – 1 – 1,5 г сырой массы, которую предварительно промывали дистиллированной водой, заворачивали в фильтровальную бумагу и до момента определения в целлофановом пакете помещали в морозильную камеру. Суммарные каротиноиды и хлорофилл *a* экстрагировали из одной навески хлороформ-этанольной смесью (2:1) и определяли по методике, разработанной в ИнБИОМ [6]. Выделение агара осуществляли путем щелочной [5], а фикоэритрина – водной экстракции [7].

**Результаты и обсуждение.** В эксперименте № 1 (8.06–6.07.06 г.) с гелидиумом «С», собранном 4.06.06 г. на прибрежных скалах м. Сарыч (Чёрное море, г. Севастополь) на глубине 0,5 м, была осуществлена реализация плана ДФЭ типа  $2^{3-1}$  с двумя повторами с целью уточнения предпочтительности температурного режима в диапазоне 17 – 23 °С ( $x_1$ ), солёности в диапазоне 17 – 26 ‰ ( $x_2$ ) и концентрации биогенов ( $x_3$ ) – от 4,76 мг N и 1,054 мг P до 7,14 мг N и 1,58 мг P на литр среды. Начальная плотность посадки ( $W_0 = 3$  г) составила 2 г/л, конечная – от 4,1 до 5,7 г/л. Матрица планирования и результаты эксперимента приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Эксперимент № 1 (8.06 – 6.07.2006 г.)**

**Table 1. Experiment № 1 (8.06 – 6.07.2006)**

№ опыта	№ объема	$T, ^\circ C (x_1)$	$S, \text{‰} (x_2)$	$C_{NP} (x_3)$	$\mu_7^1 \cdot 10^3$	$\mu_7^2 \cdot 10^3$	$\mu_7^3 \cdot 10^3$	$\mu_7^4 \cdot 10^3$	$\mu_{28} \cdot 10^3$	A, % ACB	$\Phi_3$ , % ACB	Cl-a, % ACB	Kp, мкг/г ACB
1	1	+	+	+	27	66	27	21	35	16,6	2,3±0,3	0,14±0,03	947±60
	2	+	+	+	37	53	36	24	38	22,0	1,4±0,2	0,11±0,01	1046±150
2	3	+	-	-	32	38	32	23	31	18,5	2,4±0,2	0,20±0,03	653±42
	4	+	-	-	29	38	29	18	29	17,9	1,4±0,3	0,07±0,005	655±97
3	5	-	+	-	23	50	42	23	35	21,2	1,2±0,1	0,09±0,005	837±105
	6	-	+	-	27	44	42	25	35	18,0	1,8±0,4	0,09±0,01	836±50
4	7	-	-	+	21	35	39	20	28	21,4	1,4±0,2	0,07±0,005	693±53
	8	-	-	+	22	31	31	18	26	21,3	1,6±0,3	0,05±0,005	676±74

Кроме того, были проведены биохимические измерения в пробах из исходного материала (гелидиум “С”): A = 27,2 %;  $\Phi_3 = 1,8 \pm 0,3$  %; Cl-a = 0,16 ± 0,05 %; Kp = 1596 ± 60 мкг·г<sup>-1</sup> (проба №1, табл. 3).

По результатам эксперимента № 1 (табл. 1), который длился 4 недели, были построены регрессионные модели главных эффектов, отражающие влияние температуры, солёности и минерального питания в пределах заданных интервалов варьирования на содержание агара, пигментов и среднесуточную удельную скорость весового роста для каждой недели и за весь период. Жирным шрифтом отмечены коэффициенты, превышающие уровень значимости 5 %, который означает, что исследуемая величина меняется, как минимум, на 10 % при изменении уровней задаваемых факторов:

$$\begin{aligned} \mu_7^1 &= 0,0273 + 0,0040 T + 0,0013 S - 0,0005 C & (1) \\ \mu_7^2 &= 0,0444 + 0,0044 T + 0,0096 S + 0,0019 C & (2) \\ \mu_7^3 &= 0,0348 - 0,0038 T + 0,0020 S - 0,0015 C & (3) \\ \mu_7^4 &= 0,0214 + 0,0001 T + 0,0019 S - 0,0009 C & (4) \\ \mu_{28} &= 0,0321 + 0,0011 T + 0,0036 S - 0,0004 C & (5) \\ A &= 19,6 - 0,86 T - 0,16 S + 0,71 C & (6) \\ \Phi_3 &= 1,56 + 0,06 T + 0,11 S + 0,11 C & (7) \\ Kp &= 793 + 32 T + 124 S + 48 C & (8) \\ Cl &= 0,102 + 0,027 T + 0,0056 S - 0,0093 C & (9) \end{aligned}$$

С 12.07 по 9.08.06 г. был проведен эксперимент № 2, в котором при двух уровнях температуры (18 и 24 °С) и солености (26 и 34 ‰) испытывали гелидиум с двумя разными предысториями: “А” (нижний уровень, «-») - содержавшийся в аквариуме с момента сбора 4.06.06 г. до начала эксперимента; “Б” (верхний уровень, «+») – побывавший в эксперименте № 1. Освещенность ( $20 \pm 0,5$  кЛк) и питание (4,76 мг азота и 1,054 мг фосфора на 1 л среды) были одинаковыми во всех опытах. Был спланирован и осуществлён полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа  $2^3$  без повторов, который длился 4 недели в режиме недельного цикла: материал, задействованный в эксперименте в первую неделю, после недельного отдыха в аквариуме далее культивировали в третью неделю (первая партия – I). Соответственно, другую часть гелидиума (партия II) культивировали во вторую и четвертую недели. Матрица планирования эксперимента и величины “ $\mu$ ”, вычисленные отдельно для каждой партии гелидиума за двухнедельный цикл, представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Эксперимент № 2 (12.07 – 9.08.06 г.)**  
**Table 2. Experiment 2 (12.07 – 9.08.2006)**

№ опыта	T, °C 17-24	S, ‰ 26-34	Ge А - Б	$\mu_I$	$\mu_{II}$
1	+	+	+	0,0465	0,0410
2	+	+	-	0,0290	0,0195
3	+	-	+	0,0515	0,0460
4	+	-	-	0,0315	0,0235
5	-	+	+	0,0385	0,0420
6	-	+	-	0,0165	0,0165
7	-	-	+	0,0390	0,0435
8	-	-	-	0,0200	0,0270

По результатам эксперимента № 2 были построены регрессионные модели главных эффектов (без учета взаимодействий) для обеих партий гелидиума:

$$\mu_I = 0,0341 + 0,0056 T - 0,0014 S + 0,0098 Ge \quad (10)$$

$$\mu_{II} = 0,0324 + 0,0001 T - 0,0026 S + 0,0107 Ge \quad (11)$$

9.08.06 г. по окончании эксперимента № 2 были отобраны 5 проб для измерения содержания агара и пигментов, результаты которых (№№ 2 – 6) помещены в табл. 3. Кроме того, 11.10.06 г. были отобраны 2 пробы (№ 7 и № 8) из гелидиума “С” и одна проба из гелидиума “К”, собранного 5.10.06 г. в бухте Карантинная (№ 9). Из гелидиума “К”, отдыхающего в аквариуме, 31.10.06 г. были отобраны две пробы (№ 10 и № 11), а 26.12.06 г. – ещё две: № 12 и № 13. Пробы № 14 и № 15 были сформированы из гелидиума “К” на 41 сут эксперимента (15.11 – 26.12.06 г.) по его культивированию в двух 2,5-литровых культиваторах при непрерывном освещении (8 – 9 кЛк). В первые 27 суток (с 15.11 по 12.12.06 г.) биогены не добавлялись, а с 12.12.06 г. в питательную среду добавляли  $4,8 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$  азота в виде  $\text{NaNO}_3$  и  $0,8 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$  фосфора в виде  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . Эксперимент продолжали до 10.04.07 г. (146 сут), пока не начали разрушаться талломы гелидиума,

подверженные обрастаниям красными водорослями *Rhodochorton purpureum* (Lightf.) Rosenfv. В ходе эксперимента на 9-ой неделе культивирования при начальной биомассе 25 г (10 г·л<sup>-1</sup>) были зафиксированы максимальные значения средней удельной скорости весового роста равные 0,023 и 0,024.

**Таблица 3. Биохимические показатели гелидиума**  
**Table 3. Biochemical indicators of gelidium**

№ пробы	Характеристика проб	“Отдых”, сут	A, % ACB	ФЭ, % ACB	Cl, % ACB	Кр, мкг·г <sup>-1</sup> ACB
1	Гелидиум “С”, собранный на м.Сарыч 4.06.06 г., → Измерение (“И”)	0	27,2	1,8	0,16	1596 ± 60
2	“С”; 4-8.06.06-Отдых (“О”); 8.06-6.07.06 г.- Эксперимент (“Э”); 6-19.07.06 г.-“О”; 19-26.07.06-“Э”; 26.07-2.08.06-“О”; 2-9.08.06-“Э”→ “И”	0	26,9	1,9 ±0,3	0,13 ±0,02	1237 ±193
3	“С”; 4-8.06-“О”; 8.06-6.07-“Э”; 6-12.07-“О”; 12-19.07-“Э”; 19-26.07-“О”; 26.07-2.08-“Э”; 2-9.08.06-“О”→“И”	7	30,2	1,2 ±0,2	0,13 ±0,03	1424 ±105
4	“С”; 4.06-19.07-“О”; 19-26.07.06-“Э”; 26.07-2.08.06-“О”; 2-9.08-“Э”→“И”	0	23,3	1,9 ±0,2	0,39 ±0,05	3059 ±292
5	“С”; 4.06-12.07.06-“О”; 12-19.07-“Э”; 19-26.07-“О”; 26.07-2.08-“Э”; 2-9.08.06-“О”→“И”	7	25,8	1,6 ±0,3	0,20 ±0,03	2092 ±290
6	“С”; 4.06-9.08.06-“О”→“И”	66	20,8	1,7 ±0,4	0,25 ±0,03	1876 ±386
7	“С”; 4.06-9.08.06 – как у пробы №2; 9.08-11.10.06-“О”→“И”	63	26,8 ±0,8	0,8 ±0,08	0,08 ±0,005	330 ±23
8	“С”; 4.06-11.10.06-“О”→“И”	129	32,3 ±1,0	0,29 ±0,05	0,03 ±0,005	134 ±18
9	Гелидиум “К”, собранный в б.Карантинная 5.10 и 25.10.06 г.; 5.10-11.10.06 г.-“О”→“И”	6	22,8 ±0,4	0,38 ±0,03	0,07 ±0,0	316 ±34
10	“К”; 5.10-31.10.06 -“О”→“И”	26	23,1 ±0,4	0,62 ±0,02	0,24 ±0,01	1443 ±38
11	“К”; 25.10-31.10.06 -“О”→“И”	6	21,9 ±0,5	0,73 ±0,03	0,20 ±0,01	1546 ±69
12	“К”-25.10-26.12.06-“О”→“И”	62	24,5 ±1,5	0,67 ±0,05	0,14 ±0,01	974 ±67
13	“К”-5.10-26.12.06-“О”→“И”	82	22 ±0,0	0,84 ±0,08	0,14 ±0,03	1037 ±120
14	“К”; 5.10-15.11.06-“О”; 15.11 -12.12.06-“Э” при непр.осв. (НО) без N,P; 12—26.12.06 -“Э” НО +N,P) →“И”	0	15	0,27 ±0,05	0,04 ±0,005	248 ±11
15	“К”-25.10-15.11.06-“О”; 15.11-12.12.06-“Э” НО - N,P); 12-26.12.06-“Э” НО+N,P)→“И”	0	17	0,23 ±0,05	0,04 ±0,005	221 ±8

Коэффициенты  $\theta_0$  в регрессионных моделях (1 – 11) отражают средние величины выходных параметров в центре эксперимента – гипотетической точке с координатами  $x_i = 0$ , находящейся посередине между нижним ( $x_i = -1$ ) и верхним ( $x_i = +1$ ) значениями факторов. Судя по величинам  $\theta_0$  в моделях 1 – 4, максимальная удельная скорость весового роста пришлось на вторую неделю. Величина  $\mu$ , согласно модели 2, при  $x_1 = x_2 = x_3 = +1$  составляет 0,0603, что всего лишь на 1,3 % отличается от реального среднего двух параллельных опытов (№1) при  $T = 23$  °C,  $S = 26$  ‰,  $C_{N,P} = 7,14$  мг N; 1,05 мг P на 1 л. При этом наибольшее влияние на увеличение  $\mu^2_7$  оказал верхний уровень солёности (увеличение на 22 %, что при замене знака «+» на «-» даёт разницу в 44 %). И это влияние положительно на всех этапах эксперимента, что говорит о предпочтительности солёности 26 ‰ по сравнению с солёностью 17 ‰ при наращивании биомассы.

Коэффициенты  $\epsilon_1$  при факторе температуры значимы только в первых трёх из пяти моделей. На первых двух этапах положительный вклад дает верхний уровень (+), а на третьем этапе – нижний (-). Это говорит о том, что при температуре 23 °С гелидиум активно вовлекался в интенсивное культивирование с первой недели, а при температуре 17 °С ускорение роста биомассы началось только на третьей неделе. Далее скорости практически сравнялись, и в результате ( $\mu_{28}$ ) имеет место незначительное – порядка 3,5 % - положительное влияние температуры 23 °С.

Четыре знака «-» при коэффициентах  $\epsilon_3$  в моделях 1 – 5 говорят, в целом, об избыточности верхнего уровня питания для величины  $\mu$ , так же как и для концентрации хлорофилла (модель 9). В то же время, он оказал положительное влияние на накопление агара, фикоэритрина и каротиноидов (модели 6,7 и 8).

Сравнение моделей 5 и 6, отражающих влияние всех трех факторов на скорость роста биомассы и накопление в ней агара, только с определенной долей вероятности может быть фактом в пользу представления о невозможности сопряжения этих функций [4]. Хотя влияние всех трех факторов на величины «А» и « $\mu$ » противоположно, значимым является только один из шести коэффициентов – именно тот, который подтверждает предпочтительность солености 26 ‰ при наращивании биомассы по сравнению с  $S = 17$  ‰. Интересно, что два из трёх факторов в этом эксперименте (температура и соленость) согласно действуют не только на величину « $\mu$ » и содержание хлорофилла, но и на содержание фикоэритрина и каротиноидов. Это дает основание полагать, что последние играют активную роль в формировании биомассы. В модели 7 максимум фикоэритрина (1,84 %) достигается при условии, когда все факторы находятся на верхнем уровне (+, +, +), а реальное среднее в эксперименте при этих условиях – 1,85 %, что говорит о высокой точности моделей. При этом содержание в исходном материале – 1,8 %. Для каротиноидов при тех же условиях эти величины составили 997, 996 и 1596 мкг·г<sup>-1</sup> сухого вещества (модель 8).

Согласно модели 9 максимум содержания хлорофилла мог бы достигнуть при реально не созданной комбинации уровней факторов (+, +, -) и составил бы 0,144 %. В эксперименте максимум пришелся на комбинацию (+, -, -) и составил 0,135 %. И то, и другое ниже уровня его содержания в исходном материале (0,16 %). Это можно объяснить тем, что на момент сбора материала 4.06.06 г в 14-00 освещенность на глубине 0,5 м была в 5 раз выше, чем в установке, и скорость роста могла быть выше, чем зафиксированная за четвертую неделю эксперимента.

Концентрации биогенов верхнего уровня, судя по результатам четырех недель культивирования, незначимо угнетали темпы роста, зато способствовали накоплению агара, фикоэритрина и каротиноидов. Таким образом, при культивировании гелидиума с целью получения этих продуктов предполагаемый оптимум концентраций может лежать в пределах 5,95 – 7,14 мг азота и 1,32 – 1,58 мг фосфора на литр среды. Соленость на верхнем уровне (26 ‰) способствовала накоплению каротиноидов и фикоэритрина и практически не влияла в заданном диапазоне (17 – 26 ‰) на накопление агара.

В эксперименте №2 наибольшее влияние на величину « $\mu$ » для обеих партий гелидиума (модели №10 и №11) оказал третий фактор – предыстория испытуемого материала. В среднем « $\mu$ » материала «Б» (побывавшего ранее в эксперименте) в 1,4 – 1,8 раз больше « $\mu$ » материала «А». Отрицательные знаки коэффициентов  $\epsilon_2$  в обеих моделях подтверждают преимущество солености 26 ‰ по сравнению с соленостью 34 ‰. Температура 24 °С по сравнению с температурой 18 °С имела значимое преимущество только для первой партии (модель № 10), поэтому, вероятнее всего, температурный оптимум лежал в диапазоне от 21 до 24 °С.

Анализ биохимических измерений (табл. 3) показал, что содержание агара в гелидиуме “С” колеблется в пределах от 20,8 до 32,3 %, фикоэритрина – от 0,29 до 1,9 %, а каротиноидов от 134 до 3059 мкг на 1 г сухого вещества (пробы 1 – 8). При этом не просматривается никакой закономерности соотношения этих компонентов. В пробах из свежего гелидиума (№ 1), отправленного на измерение в день сбора (4.06.06 г.), все показатели одного порядка с максимальными, а в пробах № 8 из материала, “отдыхавшего”

в аквариуме 129 суток, при максимуме агара зафиксированы минимумы остальных величин. Наряду с этим в пробах № 6, “отдыхавших” 66 суток, при минимуме агара – высокое содержание фикоэритрина и каротиноидов, но пониженное содержание хлорофилла. Частично подтверждается закономерность накопления агара в фазе “отдыха”, если, например, сравнить пробы со схожей предысторией – № 2 и № 3, № 4 и № 5. В среднем в гелидиуме “С”, собранном в июне, агара в 1,16 раз больше, чем в гелидиуме “К”, собранном в октябре (пробы №№ 9 – 13), что свидетельствует о более благоприятных условиях для роста гелидиума на м. Сарыч по сравнению с б. Карантинная. Пробы № 14 и № 15 следует выделить особо: непрерывное освещение оказалось явно дискомфортным.

**Выводы.** 1. Увеличение до 26 ‰ солёности питательной среды, основанной на фильтрованной черноморской воде, не только повышает эффективность наращивания биомассы гелидиума за счет снижения пресса эпифитов, но и может быть рекомендовано в качестве элемента биотехнологии, повышающего содержание в ней фикоэритрина и каротиноидов. 2. Интенсивное культивирование следует вести в циклическом режиме, предусматривающем фазы «отдыха». 3. Для ускорения процесса после длительного «отдыха» в первом – втором циклах следует задавать температуру, близкую к верхней границе диапазона, оптимального для данного времени года, а на последующих циклах – снижать до значений, приближенных к его нижней границе. 4. При плотности культуры 3 – 4 г·л<sup>-1</sup> культивирование с целью получения фикоэритрина и каротиноидов следует вести при концентрации биогенов на уровне 6 – 7 мг азота и 1,3 – 1,5 мг фосфора на литр питательной среды.

1. *Беляев Б. Н.* Техническое обеспечение культивирования макрофитов // Рыбное хозяйство Украины. – 2001. – № 5. – С. 21 - 24.
2. *Беляев Б. Н.* и др. Влияние солёности на продуктивность красной черноморской водоросли *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. Et Thur // Рыбное хоз. Украины. – 2005. – № 6 (41), – С. 12 - 17.
3. *Беляев Б. Н.* и др. Биохимический состав красной черноморской водоросли *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. (*Rhodophyta*) // Рыбне господарство України. – 2008. – № 5. – С. 13 - 19.
4. *Дзидзооров В. Д., Жильцова Л. В.* Возможности сопряжений функций роста и накопления в них гелеобразующих полисахаридов у двух видов агарофитов – *Ahnfeltia tobuchinsis* и *Gracilaria lichenides* // III Всесоюз. конф. по морск. биологии: Тез. докл. (Севастополь, октябрь 1988). – Киев, 1988. – С. 202 - 203.
5. *Кизиветтер И. В.* и др. Производство агара при варке анфельции без добавления (беломорский агар) / Переработка морских и других промысловых водных растений. – М.: Пищепром, 1967. – С. 100 - 103.
6. *Копытов Ю. П.* и др. Схема комплексного биохимического анализа гидробиотнов // Мат. Конф. «Рац. Исполз. рес. моря – важн. вклад в реализ. прод. прогр.»/ Деп. ВИНТИ № 556 – 850. – 1985. – С. 227 - 231.
7. *Красновский А. А.* и др. Выделение фикоэритрина из красных водорослей, его спектральные и фотохимические свойства // Докл. Акад. Наук СССР. – 1952. – 82, № 6. – С. 947 - 950.

Институт биологии южных морей НАН Украины,  
г. Севастополь, Украина

Получено 22.03.2010 г.

Б. М. БЕЛЯЕВ, Н. М. БЕРЕГОВА, Л. Б. ДАЛЕКА

#### ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ, СОЛОНОСТІ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ БІОГЕНІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЧЕРВОНОЇ ЧОРНОМОРСЬКОЇ ВОДРОСТІ *GELIDIUM LATIFOLIUM*

##### Резюме

Наведено аналіз вмісту агару, загальних каротиноїдів, фікоеритрину і хлорофілу *a* в таломі гелідіуму *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. Et Thur. безпосередньо після збору його з місць перебування на м. Сарич і в б. Карантинна і після різних строків утримування в акваріумі та проведення експериментів по інтенсивному культивуванню при різних умовах. Рекомендовано циклічний режим, доведення солоності живильного середовища до 26 ‰ і насичення його при об'ємній щільності культури 3 - 4 г/л мінеральним азотом до 6 - 7 мг/л і фосфором – до 1,3 - 1,5

мг/л, а також підвищення температури до 25 °С на перших циклах з наступним зниженням до 18 – 20 °С.

**Ключові слова:** агар, *Gelidium latifolium*, режим культивування, продуктивність.

B. N. B E L Y A E V, N. M. B E R E G O V A Y A, L. B. D A L Y O K A Y A

**TEMPERATURE, SALINITY AND BIOGEN CONCENTRATION INFLUENCE ON PRODUCTION  
OF THE RED ALGA *GELIDIUM LATIFOLIUM***

**Summary**

Analysis of agar, common carotenoids, R-phycoerythrin and chlorophyll *a* contents in the thallus of *Gelidium latifolium* after gathering in the different places of residing, after different terms of keeping in the aquarium and after experiments of intensive cultivation under different conditions has been observed. It has been recommended to bring salinity of the nutrient medium up to 26 ‰ and to rise mineral N concentration up to 6 – 7 mg/l, mineral P - up to 1,3 – 1,5 mg/l, if culture volume density is 3 – 4 g/l. At the first cycles it was also recommended to raise the temperature up to 25 °С and then drop it to 18 – 20 °С.

**Key words:** agar, *Gelidium latifolium*, cultivation regime, productivity.