

# ПЕРСПЕКТИВЫ



## ИНТЕНСИВНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЧЕРНОМОРСКОЙ КРАСНОЙ ВОДОРΟΣЛИ *Gelidium latifolium* (GREV.) *Born. et Thur. (Rhodophyta)*

БЕЛЯЕВ Б.Н. – и.о. ст. научн. сотрудника, отдел биотехнологий и фиторесурсов ИнБЮМ НАН Украины (г. Севастополь)

Приведены результаты исследований влияния на рост и жизнеспособность черноморской красной агароносной водоросли *Gelidium latifolium* (GREV.) *Born. et Thur. (Rhodophyta)* микродобавок хелатированного железа в питательную среду, представляющую собой фильтрованную прибрежную морскую воду, насыщенную азотом и фосфором до концентраций 4,8 и 0,8 мг/л. Добавки хлорного ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{EDTA}$ ) в диапазоне концентраций от 0,35 до 1,04 мг/л и сернокислого ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{EDTA}$ ) - от 0,46 до 1,39 мг железа на 1 л среды в первый месяц культивирования способствовали увеличению средней удельной скорости весового роста « $\mu$ » в 3 – 5 раз. Наиболее эффективная - добавка хлорного железа в концентрации 0,35 мг/л – способствовала круглогодичному поддержанию ростовых функций гелидиума, что ставит его в ряд потенциальных объектов культивирования в системах инженерного типа.

*Ключевые слова:* культивирование, красные водоросли, микродобавки, биомасса, Черное море.

### ВВЕДЕНИЕ

Содержание биогенов и микроэлементов в прибрежных черноморских акваториях, как правило, на порядок выше, чем в открытой части моря [1], и является достаточным для формирования соответствующих сообществ макрофитов. Именно поэтому многочисленные попытки в конце 80-х годов добиться увеличения темпов роста черноморской грацилярии в лабораторных условиях за счет повышения



концентрации микроэлементов в питательной среде на базе фильтрованной прибрежной воды соленостью 17 - 18‰ не привели к существенным результатам. Были опробованы микродобавки железа в диапазоне 50 – 350 мкг железа на 1 литр среды в виде  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , марганца (5 – 55 мкг) в виде  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , кобальта (10 – 60 мкг) в виде  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , молибдена (10 – 30 мкг) в виде  $\text{NH}_4 \cdot \text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  и цинка (15 – 215 мкг) в виде  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Из перечисленных элементов в заданных диапазонах только железо при  $C_{\text{Fe}} = 350$  мкг/л дало значимое увеличение (10 – 12%) темпов роста по сравнению с  $C_{\text{Fe}} = 50$  мкг/л, а молибден лишь обозначил в первую неделю культивирования прибавку на уровне значимости ~ 5% [2]. В связи с этим все последующие эксперименты по оптимизации условий культивирования черноморских макрофитов проводили без добавления микроэлементов, совершенствуя режимы температуры, освещенности, технологические приемы, а также устройства для культивирования и методы подавления эпифитов [3 - 6].



В краткосрочных экспериментах с грациярией, проводимых в мае 1991 г., была достигнута средняя удельная скорость весового роста  $\mu = 0,234$  (удвоение биомассы за трое суток), а с гелидиумом – на одном из этапов 35-суточного эксперимента в апреле 1993 г. –  $\mu_{\max} = 0,197$ , что соответствовало удвоению биомассы за 3,5 сут. [6]. Однако, при возобновлении исследований с гелидиумом в 2004 – 2006 гг. из-за его более позднего прорастания исходный материал можно было собрать только в конце июня – начале июля. В экспериментах с этим материалом средние удельные скорости весового роста не превышали 25 – 40% максимальной, зарегистрированной в апреле 1993 г.

В связи с этим были поставлены две задачи: исследовать влияние микродобавок железа на ростовые функции черноморского гелидиума и выявить возможность его длительно культивирования.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

В качестве исходного материала использовали *Gelidium latifolium* (GREV.) Born. et Thur. (Rhodophyta), собранный 5.10.2006 г. на глубине до 1 м с тетраподов берегоукрепительных сооружений правого берега бухты Карантинная (Черное море, Севастополь), который в течение 112 сут. содержали (I этап эксперимента) в 250-литровом аквариуме, разделенном на отсеки, барботируемые сжатым воздухом. Воду в аквариуме меняли один раз в месяц, освещенность в дневное время не превышала 0,3 клк. Другие этапы эксперимента выполняли на лабораторной установке с 8-ю 1,5-литровыми рабочими объемами со скошенным дном [5], на поверхности воды в которых поддерживали освещенность на уровне 20 клк. Температуру не регулировали, и в установке – в ноябре–марте – она колебалась в пределах 16 – 19°C, в апреле – октябре – от 20 до 27°C, а в аквариуме всегда была на 2 – 3°C ниже. В качестве питательной среды использовали фильтрованную прибрежную черноморскую воду соленостью 17 – 18‰, с добавлением азота из расчета 4,8 мг/л в виде  $\text{NaNO}_3$  и фосфора – 0,8 мг/л в виде  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , которую меняли ежедневно.

В качестве стимуляторов роста в питательную среду добавляли 2 формы хелатированного хлорного ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2 \text{EDTA}$ ) или сернокислого ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2 \text{EDTA}$ ) железа в концентрации 0,35, 0,70, 1,04 и 0,46, 0,93, 1,39 мг на 1 л соответственно. А в качестве выходных параметров использовали прирост биомассы и среднюю удельную скорость весового

роста, которую вычисляли по формуле:

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

где  $W_0$  – начальная масса (г),  $W_t$  – конечная масса (г),  $t$  – время между взвешиваниями, которое могло меняться от 4 до 12 сут.

Всего в эксперименте, продолжавшемся до 22.10.2007 г., схема которого представлена на рисунке, можно выделить VII этапов.

На II этапе (с 25.01 по 27.02.07 г.) при закладке в рабочие объемы  $W_0 = 5$  г эксперимент проводили без отбора биомассы. Объемы N 1 и N 5 были контрольными, в объемы 2, 3 и 4 добавляли хлорное (0,35 – 0,70 – 1,04 мг/л), а в объемы 6, 7 и 8 – сернокислое железо (0,46 – 0,93 – 1,39 мг/л).

На III этапе (с 27.02 по 3.04.07 г., табл. 2) – осуществляли с отбором культивируемого гелидиума. В начале этапа и 6.03.07 г.  $W_0$  в объемах 1 и 5 привели к величине 5 г, а в остальных – к 10 г. Последующую корректировку  $W_0$  произвели 13.03.07 г.: в объемах 1 и 5 вновь уменьшили до 5 г, в объеме 3 – до 6 г, а в остальных – до 7,5 г. Микродобавки продолжали вносить по схеме второго этапа.

На IV этапе (с 3.04 по 28.04.07 г.) в объемах 1 и 5 ( $W_0=5$  г) продолжали культивировать гелидиум, находящийся в эксперименте с 25.01.07 г. без добавок железа, а объемы 2 и 6 заложили гелидиум из смеси материала, который культивировали на II и III этапах с добавлением железа. В объемы 3 и 7 через двое суток (5.04.07 г.) загрузили ( $W_0=5$  г) гелидиум из аквариума, который содержался там с 5.10.06 г. (182 сут.), а в объемы 4 и 8 – свежие водоросли ( $W_0=1,5$  г), собранные 3.04.07 г., при этом во все объемы добавляли хлорное железо в концентрации 0,35 мг/л. В связи с деструкцией части таломов в объемах 1 и 5 биомасса в них 10.04.07 г. была уменьшена до 5 г. После завершения этапа водоросли были отправлены на «отдых» в аквариум с 28.04 по 22.05.07 г. (V этап).

В начале VI этапа – этапа циклического культивирования, в котором циклы интенсивного культивирования перемежались с циклами «отдыха», – в объемы 1 и 5 загрузили водоросли ( $W_0=5$  г), «отдыхавшие» в аквариуме с 5.10.06 г. (229 сут.), а через неделю – 29.05.07 г. – их заменили другими пробами гелидиума, «отдохнувшего» 236 сут. В объемах 2 и 6 продолжили эксперимент с гелидиумом, введенным в интенсивное культивирование с добавлением железа с 25.01.07 г., разделив биомассу, отправленную на «отдых» 28.04.07 г. из этих объемов, в соотношении 5 и 3,5 г. В объемах 3 и 7 продолжили культивировать водоросли, находив-

Таблица 1.

Результаты II этапа эксперимента с 25.01 ( $W_0 = 5$  г) по 27.02.07 г.

№ объе- ма	Уровни железа		1.02.07		13.02.07		20.02.07		27.02.07		$\mu_{33}$ $\cdot 10^2$	+ $W_{33}$ (г)
	SO <sub>4</sub>	Cl <sub>3</sub>	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$		
1	0	0	5,02	0,06	5,65	1,0	5,95	0,7	6,22	0,6	0,7	1,22
2	0	1	5,49	1,30	8,14	3,3	10,75	4,0	13,42	3,2	3,0	8,42
3	0	2	5,30	0,80	7,49	2,9	9,75	3,8	12,10	3,1	2,7	7,10
4	0	3	5,22	0,60	7,74	3,3	10,40	4,2	12,57	2,7	2,8	7,57
5	0	0	5,05	0,14	5,77	1,1	6,20	1,0	6,44	0,5	0,8	1,44
6	1	0	5,27	0,76	7,75	3,2	10,06	3,7	12,80	3,4	2,8	7,80
7	2	0	5,30	0,80	7,57	3,0	9,77	3,6	11,84	2,7	2,6	6,84
8	3	0	5,15	0,40	7,35	3,2	9,25	3,3	11,13	2,6	2,4	6,13

Таблица 2.

Результаты III этапа культивирования (27.02 – 3.04.07 г.).

№ объе- ма	27.02 W <sub>0</sub> , (г)	6.03.07		13.03.07		20.03.07		27.03.07		3.04.07	
		W <sub>t</sub> /W <sub>0</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> /W <sub>0</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$
1	5	6,52/5,0	3,8	6,95/5,0	4,7	6,02	2,7	7,50	3,1	9,20	2,9
2	10	14,30/10	5,1	12,10/7,5	2,7	10,42	4,7	12,80	2,9	14,10	1,4
3	10	12,70/10	3,4	12,50/6,0	3,2	8,50	5,0	12,05	4,9	12,45	0,5
4	10	13,30/10	4,1	12,45/5,0	3,1	9,10	2,8	12,20	4,2	14,22	2,2
5	5	5,90/5,0	2,4	6,50/7,5	3,7	5,80	2,1	7,27	3,8	9,20	3,4
6	10	12,40/10	3,1	12,01/7,5	2,6	9,72	3,7	12,09	3,1	14,10	2,2
7	10	13,10/10	3,9	12,13/7,5	2,8	9,35	3,1	13,00	4,7	14,78	1,8
8	10	11,80/10	2,4	12,35/7,5	3,0	8,61	2,0	11,40	4,0	12,05	0,8

Таблица 3.

Результаты IV этапа культивирования (3.04 – 28.04.07 г.).

№ объе- ма	3.04	5.04	10.04.07		17.04.07		24.04.07		28.04.07	
	W <sub>0</sub> , (г)		W <sub>t</sub> /W <sub>0</sub> , (г)	$\mu_7/\mu_5 \cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$	W <sub>t</sub> , (г)	$\mu_7$ $\cdot 10^2$
1	5	-	6,4/5,0	3,5	5,72	1,9	5,20	(-)	4,90	(-)
5	5	-	6,7/5,0	4,2	6,12	2,9	6,45	0,8	6,65	0,8
2	5	-	7,7	6,2	9,30	2,7	10,55	1,8	10,75	0,5
6	5	-	6,55	3,8	7,45	1,8	8,40	1,7	8,50	0,3
3	-	5	5,2	0,8	6,35	2,8	7,05	1,5	7,40	1,2
7	-	5	5,35	1,4	7,60	5,0	10,00	3,9	10,50	1,2
4	-	1,5	1,8	3,6	2,33	3,7	2,65	1,8	2,80	1,4
8	-	1,5	1,8	3,6	2,65	5,5	3,60	4,4	4,55	5,8

шиеся на IV этапе эксперимента в этих же объемах, разделив их в соотношении 5 и 3,9 г. Навески по 5 г загрузили 22.05.07 г. в рабочие объемы, а меньшие части отправили на «отдых», чтобы через неделю поменять их места-

ми. В объемы 4 и 8 вернули гелидиум, собранный 3.04.07 г. Через неделю (29.05.07 г.) подросшие биомассы разделили, оставив в объемах 4 и 8 соответственно 1,5 г и 3 г, а 5.06.07 г. заменили их вторыми частями. Как и на IV эта-

Таблица 4.

Начальные биомассы и величины « $\mu$ » на VI и VII этапах культивирования.

№	VI																				VII			
	W <sub>0</sub>	W <sub>t/0</sub>	$\mu_t \cdot 10^2$																		8	15	22	
			22	29,05	5/6	12	19	26	3/7	10	17	24	31	6/8	13	20	27	3/9	10	17				24
1	5,0	4,9	(-)	-	1,1	-	2,4	-	0,2	-	1,8	-	1,7	-	1,7	-	-	-	2,4	1,9	-	-	0,4	1,1
		5,0	-	0,3	-	3,3	-	2,6	-	2,2	-	1,1	-	0,5	-	0,6	2,2	2,6	-	-	(-)	1,0	-Н	-
5	5,0	5,8	2,1	-	2,2	-	1,4	-	2,6	-	1,1	-	0,4	-	1,6	-	-	-	1,8	0,6	-	-	1,1	3,1
		5,0	-	0,8	-	2,2	-	1,9	-	2,3	-	0,8	-	0,2	-	1,5	2,7	2,1	-	-	(-)	0,9	-Н	-
2	5,0	5,3	0,7	-	(-)	-	1,0	-	3,0	-	3,4	-	1,3	-	0,1	-	-	-	1,5	1,8	-	-	2,1	5,1
		3,5	-	(-)	-	(-)	-	3,3	-	3,6	-	3,3	-	0,7	-	1,5	3,1	2,7	-	-	0,4	1,6	-	-
6	5,0	5,8	2,1	-	0,9	-	(-)	-	2,3	-	2,6	-	1,0	-	0,8	-	-	-	1,2	0,2	-	-	0,1	2,3
		3,5	-	(-)	-	(-)	-	2,5	-	3,1	-	3,8	-	0,4	-	1,6	3,4	2,0	-	-	0,1	1,0	-	-
3	5,0	5,1	0,4	-	0,2	-	1,6	-	2,0	-	2,2	-	0,9	-	0,0	-	-	-	1,7	1,0	-	-	2,0Ж	4,2
		3,9	-	(-)	-	(-)	-	3,3	-	1,9	-	4,1	-	0,9	-	2,6	4,1	4,0	-	-	1,9	3,2	-	-
7	5,0	5,7	1,9	-	1,3	-	0,1	-	0,5	-	1,3	-	0,2	-	0,5	-	-	-	1,5	0,4	-	-	1,5Ж	3,8
		3,9	-	(-)	-	0,6	-	1,0	-	2,5	-	2,3	-	0,4	-	1,1	2,2	2,2	-	-	1,9	3,2	-	-
4	2,8	3,0	1,0	-	(-)	-	2,1	-	2,1	-	2,7	-	0,9	-	0,8	-	-	-	0,9	0,1	-	-	1,2Ж	3,0
		1,5	-	(-)	-	(-)	-	3,5	-	2,9	-	0,9	-	0,6	-	1,3	2,1	1,9	-	-	0,0	0,6	-Н	-
8	4,6	4,9	1,0	-	1,4	-	1,6	-	3,2	-	1,1	-	0,3	-	0,4	-	-	-	1,0	(-)	-	-	1,6Ж	1,9
		3,0	-	0,9	-	(-)	-	3,4	-	4,5	-	2,3	-	0,1	-	(-)	2,0	1,7	-	-	(-)	0,7	-Н	-

пе хлорное железо добавляли во все объемы.

На VII этапе 8.10.07 г. в объемы 1, 5, 4 и 8 загрузили из аквариума по 5 г гелидиума, собранного 20.09.07 г., а в объемы 2, 6, 3 и 7 – по 5 г гелидиума, помещенного на «отдых» из соответствующих объемов. Микродобавки железа вносили только в объемы 3, 7, 4 и 8.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты измерений биомассы и вычислений « $\mu$ » на этапах II, III, IV, VI и VII представлены в табл. 1 - 4. Значки (-) в столбцах для величин « $\mu$ » обозначают то, что за предыдущий цикл произошло уменьшение биомассы, и величина не определялась, а прочерки «—» в табл. 4 - то, что соответствующая часть пробы находилась на «отдыхе». Значки «Ж» и «Н» в последних трех столбцах обозначают объемы, в которые вносилось железо и «новый гелидиум», собранный 20.09.07 г.

Результаты II этапа, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о том, что гелидиум, «отдыхавший» в аквариуме с 5.10.06 г. по 25.01.07 г. (112 суток), в объемах без добавок железа (N 1 и N 5) практически не прибавлял в весе в первую неделю культивирования. Максимальные величины « $\mu$ », зафиксированные за промежуток с 1 по 13.02.07 г. (1,0 — 1,1), в три с лишним раза меньше величин « $\mu$ », характеризующих рост в объемах с добавлением железа. На последних циклах второго этапа это различие увеличилось до 5 — 6 раз. В результате прирост биомассы в объемах 1 и 5 за 33 сут. составил всего 1,22 и 1,44 г, а в объемах 6 и 2 — 7,8 г и 8,42 г.

В первую неделю III этапа за счет изъятия час-

ти биомассы (визуально более хилых талломов) в большинстве объемов значения « $\mu$ » заметно увеличились, особенно в объемах 1 и 5, и средние удельные скорости весового роста подравнялись, а за вторую и пятую недели значения « $\mu$ » в вариантах без железа даже превысили таковые для вариантов с железом. Тем не менее, в сумме за 2 этапа прирост биомассы в объемах 1 и 5 (16,93 г) в два раза меньше, чем в объемах 2 и 6 (34,23 г).

За первый цикл IV этапа за счет очередной сортировки талломов и приведения к начальной массе  $W_0 = 5$  г в объемах 1, 5, 2 и 6, где продолжали культивировать водоросли, прошедшие III этап эксперимента, а в объемах 1 и 5 еще и за счет того, что в них стали добавлять хлорное железо, произошло увеличение « $\mu$ » по сравнению с последним циклом III этапа. В объеме 2 была достигнута наибольшая за 4 этапа величина « $\mu$ » - 0,062, что соответствует удвоению биомассы за 11 суток, однако в последующих циклах произошло резкое снижение темпов роста.

В отличие от этого, в объемах 3 и 7, в которых был гелидиум, впервые вовлеченный в интенсивное культивирование после 182 сут. «отдыха», максимальные величины « $\mu$ » пришлось на второй цикл. В объеме 8, где культивировали «свежий» гелидиум, собранный 3.04.07 г., в течение всего этапа был активный рост, и максимальное значение « $\mu$ » пришлось на четвертый цикл. К сожалению, на этом цикле во всех остальных объемах произошло резкое снижение « $\mu$ », а в объеме 1 уменьшилась и биомасса за счет деструкции части талломов. Этап был пре-

кращен, и водоросли отправлены на «отдых».

Представляет интерес сравнение результатов за первые циклы в объемах с железом II этапа (0,004<«μ»<0,013) и в объемах 1 и 5 этапа VI, где для гелидиума, введенного в эксперимент 22.05.07 г. (нечетные циклы) после 229 сут. «отдыха» (-)<«μ»<0,021. Для гелидиума четных циклов, введенного после 236 сут. «отдыха» в аквариуме, 0,003<«μ»<0,008. Т.е, если исключить сбоя в цикле с 22 по 29.05.07 г. в объеме 1, можно говорить о сравнимости результатов, хотя перед вторым этапом водоросли содержали в аквариуме всего 112 сут. Гелидиум нечетных циклов (табл. 4, объемы 1 и 5) при сбое всего в одном из 18 циклов проявлял тенденцию к увеличению биомассы до конца эксперимента с ним 24.09.07 г. Из 22 четных циклов (с 29.05.07 г.) имели место 2 сбоя (в обоих объемах с 24.09 по 1.10.07 г.), но на последних циклах (с 1 по 8.10.07 г.) вновь наблюдался прирост биомассы (μ ≈ 0,01).

Таким образом, гелидиум, собранный 5.10.06 г, сохранил жизнеспособность после года содержания в искусственных условиях, что подтверждается результатами в объемах 3, 7 (μ=0,032) и 2, 6 (0,010<μ<0,016). Этот факт является очень важным результатом с точки зрения возможности культивирования гелидиума, т.к. не каждый вид черноморских макрофитов способен выдерживать искусственные условия. Например, таломы испытанных нами грателюпии (*Gratelouhia dichotoma J. Ag*) и це-

рамиума (*Ceramium rubrum (Huds.) Ag.*) разрушались уже после месяца культивирования.



Зафиксированные многочисленные сбои роста биомассы в июне месяце были обусловлены повышениями температуры питательной среды в дневное время до 27 – 28°C, а также частыми отключениями электроэнергии, приводившими к прекращению подачи воздуха в рабочие объемы и аквариум.

Если просуммировать результаты μ<sub>14</sub> последних двух циклов (этап VII, рис.), либо μ<sub>7</sub> последнего цикла (табл. 4), отдельно для объемов с гелидиумом, собранным 20.09.07 г (1, 5, 4 и 8), и для объемов 2, 6, 3 и 7, в которых продолжали культивировать гелидиум, собранный 5.10.06 г., можно убедиться, что средние удельные скорости весового роста в последних в 1,6 - 1,7 раза выше. Это еще раз подтверждает вывод по результатам VI этапа о сохранении жизнеспособности гелидиума после года экспериментирования с ним. Сравнив же результаты по признаку наличия железа (4 и 8) и его отсутствия (1 и 5) в объемах с новым гелидиумом, еще раз можно убедиться в пользе микродобавок: соотношение за первую неделю культивирования составляет 2,8 к 1,5, а за две недели – 3,9 к 2,8.

О положительном влиянии микродобавок железа на поддержание жизнеспособности гелидиума свидетельствует и тот факт, что в объеме 1, в котором водоросли на II и III этапах

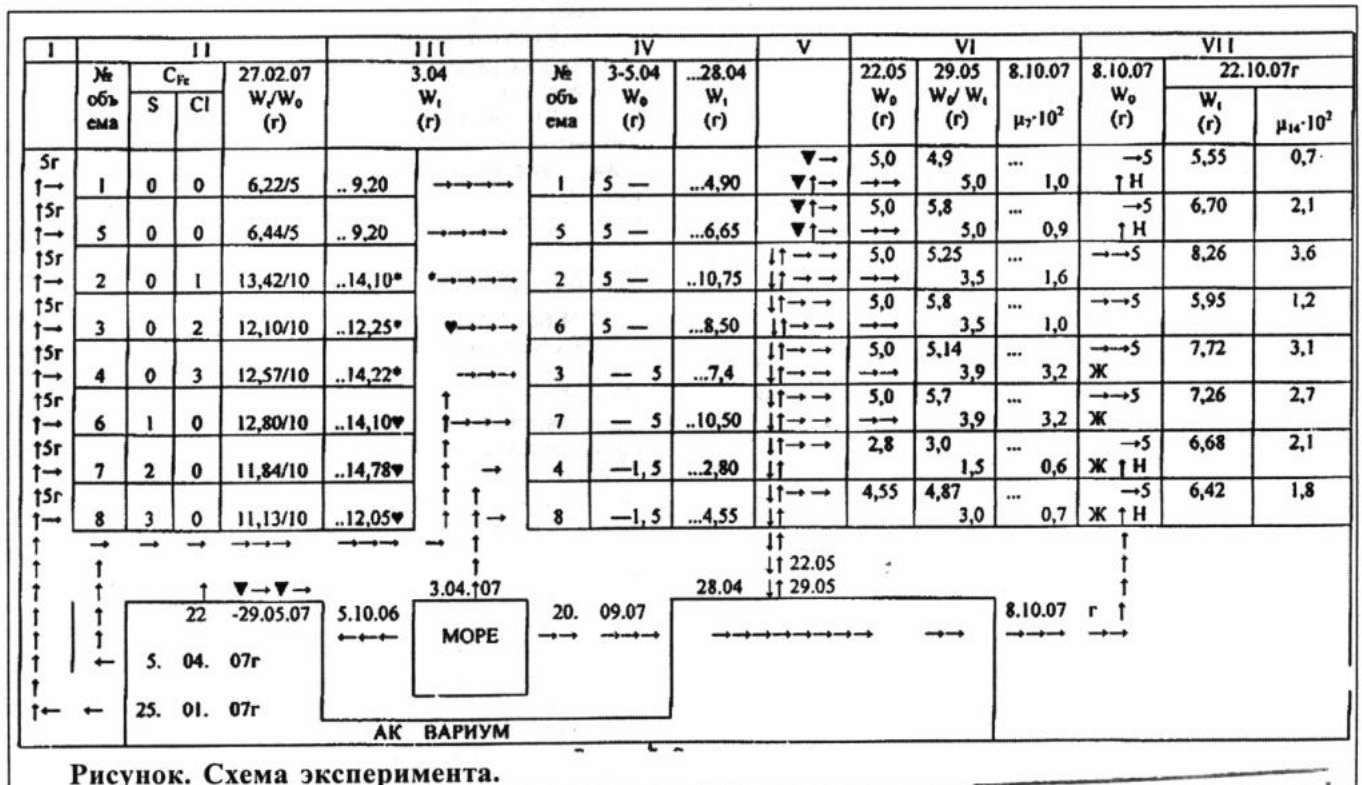


Рисунок. Схема эксперимента.



культивировали без железа, сбой в росте биомассы из-за деструкции талломов имели место в циклах с 17 по 24 и с 24 по 28.04.07 г. В объемах же 2 и 6, в которых гелидиум культивировали с микродобавками с самого начала эксперимента, такие сбои стали наблюдаться только в июне месяце. При этом, как было сказано выше, причиной этих сбоев были повышение температуры и прекращение подачи воздуха.

Поскольку в течение целого года величины « $\mu$ » не приблизились к максимальным результатам 1993 г., можно предположить, что это следствие разных уровней жизнеспособности исходного материала, которые могли формироваться под влиянием множества факторов. Так, согласно данным Государственного водного кадастра (МО УкрНИГМИ), среднемесячные температуры марта-апреля 1992 - 1993 гг. (6,5 - 9,4°C) не превышали значений температуры прибрежных вод в марте-апреле 2004 - 2006 гг. (7,1-11,3°C) и средней многолетней температуры (7,4-12,33°C) [6]. Но мелководье в районе сбора гелидиума в 90-е годы (бухты Омега и Песочная) могло прогреваться в третьей декаде марта при спокойной гидро-метеорологической обстановке до 13 - 15°C, что способствовало раннему прорастанию гелидиума. К сожалению, в 2000-е годы в этих местах гелидиума в нужных количествах и соответствующего качества обнаружить не удалось. Это было обусловлено мощным эвтрофированием прибрежных вод в результате частых аварийных выпусков сточных вод, и как наиболее загрязненная отмечается Карантинная бухта [7], на правом берегу которой и производился сбор гелидиума для эксперимента 2006 - 2007 гг. А все красные водоросли - это алигосопробы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Черноморский гелидиум *Gelidium latifolium* (GREV.) Born. et Thur. (Rhodophyta) - источник высококачественного агара - выдерживает круглогодичное содержание в искусственных условиях и является потенциальным объектом культивирования в береговых системах инженерного типа, но для выявления реальных возможностей гелидиума необходимо исходный материал отбирать из наиболее чистых районов.

Микродобавки хелатированного хлорного железа в количестве 0,35 - 0,45 мг на 1 л питательной среды положительно влияют на продолжительность жизнеспособности черноморского гелидиума и являются стимулятором роста, увеличивая в первый месяц его культивирования среднюю удельную скорость весового роста в 3 - 5 раз. Учитывая положительный эф-

фект микродобавок железа, важно также исследовать влияние других микродобавок, традиционно используемых в питательных средах.

Анализ данных, полученных в 1993 ( $\mu_{\max} = 0,197$ ) и в 2007 гг. ( $\mu_{\max} = 0,062$ ), представляет вполне реальным выход на массовый результат  $\mu = 0,068 - 0,070$  (удвоение биомассы за 10 сут.). Такой показатель при работе береговой системы культиваторов глубиной 0,5 м и общей площадью зеркальной поверхности 1 га всего 300 дней в году, начальной плотности посадки 2 кг на 1 м<sup>2</sup> (4 кг/м<sup>3</sup>) обеспечит урожай 600 т сырой или 60 т сухой массы гелидиума, из которой можно выработать 15 т высококачественного агара. Однако окончательные выводы и разработка технико-экономического обоснования культивирования черноморского гелидиума могут быть сделаны после проведения круглогодичного опытно-промышленного выращивания гелидиума на пилотной установке площадью зеркальной поверхности до 5 м<sup>2</sup>.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Скопинцев Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. - Л., Гидрометеиздат, 1975. 336 с.
2. Беляев Б.Н. и др. Рост *Gracilaria verrucosa* в лабораторных условиях при комбинированном влиянии факторов среды. // III Всесоюз. конф. по морской биологии: Тез. докл. - Севастополь, октябрь 1988. - Киев, 1988. - С.197-198
3. Беляев Б.М., Мironova Н.В. Спосіб культивування чорноморської червоної водорості *Gracilaria verrucosa* (Huds.) Papenf. - Заявка N 93007772 от 29.11.93 г., МК6 А01G33/00, А01Н13/00, С12R1/89. Опубл. 29.08.97 г. - Промислова власність. Оф. бюл. '4. - С. 2.3.
4. Беляев Б.М., Сілкін В.А. Спосіб культивування чорноморської червоної водорості *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. - Заявка N 94063376 от 15.06.94 г. МК6 С12 N1/12, А01G33/02, А01Н13/00. Опубл. 29.08.97 г. - Промислова власність. Оф. бюл. N 4. - С. 2.52.
5. Беляев Б.Н. Техническое обеспечение культивирования макрофитов. - Рыбное хозяйство Украины, 2001, N5. - С. 21-24.
6. Беляев Б.Н. Оптимизация условий культивирования черноморской красной водоросли *Gelidium latifolium* (GREV.) Born. et Thur. (Rhodophyta). - Альгология, 2006. Т. 16, N3. - С. 293 - 303.
7. Иванов В.Н. и др. Гидрохимический режим вод Севастопольского взморья и его перспективы для хозяйственного использования. - Сб. «Эколог. безоп. прибр. и шельф. зон и компл. использ. ресурсов шельфа». - Севастополь, 2003, вып. 2 (7). - С.134 - 143.
8. Белокопытов В.Н. и др. Фоновая характеристика и сезонная изменчивость вертикальной стратификации термохалинного поля у побережья Севастополя. - Сб. «Эколог. безоп. прибр. и шельф. зон и компл. использ. ресурсов шельфа». - Севастополь, 2002, вып. 1 (6) - С. 22 - 28.

B.N. BELYAYEV

INTENSIVE CULTIVATION'S PERSPECTIVE JF BLACK SEA WEED *GELIDIUM LATIFOLIUM* (GREV.) BORN. ET THUR. (RHODOPHYTA)

Investigation's results of influence of iron's micro additions in nourishing environment on red Black Sea weed's *Gelidium latifolium* (Grev.) Born. et Thur. (Rhodophyta) growth and viability during annual cultivation have been presented. As environment a filtered littoral Black Sea water by salinity 17 - 18‰, enriched by 4,8 mg/l of nitrogen and 0,8 mg/l of phosphorous, was used. As additions two chelated iron's compositions were used.

It has been shown, that solutions of  $FeCl_2 \cdot 6H_2O + EDTA$  and  $FeSO_4 \cdot 7H_2O + EDTA$  with concentration 0,35 - 0,70 - 1,04 and 0,46 - 0,93 - 1,39 mg Fe/l increase the average specific rate of biomass's growth « $\mu$ » 3 - 5 times during the first month of cultivation. Concentration about 0,35 mg Fe/l of chloride iron was the most optimum, thank to which the growth's function of gelidium the whole year round was supported. So red Black Sea weed gelidium will be able to be a object of cultivation in engineering systems.