

Федеральное агентство научных организаций
Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН
Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН
Российский фонд фундаментальных исследований

МОРСКИЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ДОСТИЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

*Всероссийская научно-практическая конференция
с международным участием,
приуроченная к 145-летию
Севастопольской биологической станции*

Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.

Сборник материалов

Том 3

Севастополь
ЭКОСИ-Гидрофизика
2016

УДК 574.5(063)
ББК 28.082.14
М 80

Редакторы: д.б.н. И.В. Довгаль

Морские биологические исследования: достижения и перспективы :
М 80 в 3-х т. : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.) / под общ. ред. А.В. Гаевской. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2016. – Т. 3. – 493 с.

ISBN 978-5-9907936-5-1

ISBN 978-5-9907936-8-2 (том 3)

Сборник подготовлен на основании материалов докладов, представленных на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции. В третий том вошли статьи по радиохемозологии; проблемам загрязнения и биоиндикации качества водной среды; рациональному природопользованию, особо охраняемым природным территориям и акваториям; морским биологическим ресурсам; биотехнологии и аквакультуре.

УДК 574.5(063)

ББК 28.082.14

Marine biological research: achievements and perspectives: in 3 vol. : Proceedings of All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation dedicated to the 145th anniversary of Sevastopol Biological Station (Sevastopol, 19–24 September, 2016) / Ed. A.V. Gaevskaya. – Sevastopol : EKOSI-Gidrofizika, 2016. – Vol. 3. – 493 p.

Proceedings were prepared on the basis of reports submitted to the All-Russian scientific-practical conference with international participation dedicated to the 145th anniversary of Sevastopol Biological Station. The third volume includes articles on radioecology, the problems of pollution and the bio-indication of water quality; rational use of natural resources, marine and terrestrial protected areas; marine biological resources, biotechnology and aquaculture.

Сборник издан при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-04-20627)

Оргкомитет конференции не несет ответственности
за оригинальность и достоверность подаваемых авторами материалов

Печатается по решению ученого совета
Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН
(протокол № 7 от 24.06.2016 г.)

ISBN 978-5-9907936-5-1

ISBN 978-5-9907936-8-2 (том 3)

©Авторы статей, 2016

©Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН, 2016
©Карадагская научная станция им. Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН, 2016

ВЛИЯНИЕ МИКРОДОБАВОК Mn, Co, Zn НА РОСТ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЧЕРНОМОРСКОГО ГЕЛИДИУМА

Б. Н. Беляев, Н. М. Береговая

Институт морских биологических исследований им. А. О. Ковалевского РАН, Севастополь, РФ,
belyaevbob@yandex.ru

Приведены результаты влияния микроэлементов Mn, Co и Zn на рост и пигментный состав *Gelidium spinosum* (Grev.) Born. et Thur. (Rhodophyta), культивируемого в черноморской воде, доведенной до солености 26 ‰ и обогащенной азотом (4,8 мг/л), фосфором (0,8 мг/л), хелатированным хлорным железом (0,5 мг/л) и магнием (50 мг/л). При 5 % уровне значимости ни один из испытуемых элементов в целом не оказал влияния на ростовые характеристики, но они существенно повлияли на биохимический состав гелидиума.

Ключевые слова: черноморский гелидиум, микроэлементы, скорость роста, пигментный состав

В экспериментах 2007–2013 гг были определены эффекты влияния добавок различных форм железа, магния, молибдена и меди при разных уровнях температуры, освещенности обогащения питательной среды азотом и фосфором на ростовые характеристики и биохимический состав черноморского гелидиума. В качестве базовой для представленных исследований выбрана питательная среда на основе черноморской воды, доведенной до солености 26 ‰, обогащенная азотом до 4,8 мг/л, фосфором – до 0,8 мг/л, хелатированным хлорным железом – до 0,5 мг/л и магнием – до 50 мг/л, а в качестве факторов – марганец, кобальт и цинк, которые входят в десятку «металлов жизни». При этом первые два входят в состав 4 известных питательных сред для культивирования микроводорослей («Тренкеншу», “Goldberg”, “Ben-Amotz” и “Zarrouk”), а цинк, наряду с магнием и медью, – в последние две. Марганец, как и магний, совершенно необходим при фотосинтезе, активирует ферменты, участвующие в процессе фосфорилирования, может заменять его в некоторых биохимических процессах, в т. ч. в синтезе ДНК, участвует в синтезе витамина С. Цинк присутствует во многих ферментах, например, в карбоангидразе, участвующей в тканевом дыхании, и карбоксипептидазе А, участвующей в гидролизе белков, а недостаток его в пище животных приводит к замедлению роста организма. Кобальт входит в состав витамина В₁₂ – единственного витамина, в состав которого входит металл, – и является активатором упомянутых ферментов – карбоангидразы и карбоксипептидазы А [1].

Испытывали *Gelidium spinosum* (Grev.) Born. et Thur. (Rhodophyta), собранный летом 2013 г. на глубине до 1 м с тетраподов у радиобиологического корпуса (РБК) на правом берегу бухты Карантинная (Черное море, Севастополь). К эксперименту его адаптировали в 250-литровом аквариуме, разделенном на отсеки, барботируемые сжатым воздухом, где освещенность на поверхности воды в дневное время не превышала 0,3 кЛк, а температура в течение суток колебалась в пределах 20–25 °С. Профильтрованную морскую воду соленостью 17–18 ‰ меняли в аквариуме один раз в месяц.

Эксперименты выполняли на лабораторной установке с 8 1,5-литровыми рабочими объемами со скошенным дном [2], на поверхности воды в которых в течение 16 часов (с 6 до 22) поддерживалась освещенность на уровне 12–20 кЛк. Температуру не регулировали, и она одинаково колебалась во всех объемах в течение суток в пределах 21–27 °С. Такая установка позволяет проводить трехфакторный эксперимент типа 2³ без учета взаимодействий факторов [3].

Основой питательной среды служила фильтрованная прибрежная черноморская вода, соленость которой повышали с помощью поваренной соли до 26 ‰ и добавляли азот из расчета 4,8 мг/л в виде NaNO₃, фосфор – 0,8 мг/л в виде KH₂PO₄, хелатированное хлорное железо (FeCl₃·6H₂O) в концентрации 0,5 мг/л в сочетании с 8 г Na₂ЭДТА на 1 г соли, а также магний в количестве 50 мг/л в виде MgSO₄·7H₂O. Её меняли 3 раза в неделю. Испытуемые факторы варьировали на двух уровнях: Mn в виде MnCl₂·4H₂O – 0 и 0,55 мг/л, Co в виде CoCl₂·6H₂O – 0 и 0,3 мг/л и Zn в виде ZnSO₄·7H₂O – 0 и 0,06 мг/л.

В качестве выходных параметров использовали прирост биомассы, содержание фикоэритрина (R_{ФЭ}), хлорофилла-а (Cl-а), общих каротиноидов (Cl-а) и среднюю удельную скорость весового роста, которую вычисляли по формуле:

$$\frac{W_t - W_0}{t}, \quad (1)$$

где W₀ – начальная масса (г), W_t – конечная масса (г), t – время между взвешиваниями в сутках.

По техническим причинам эксперимент разделили на 3 этапа: 1-й, двухнедельный, – с 02.10.2013 по 16.10.2013 г., – после которого материал отправили в аквариум «на отдых», 2-й – с 23.10.2013 по 06.11.2013 г., – после которого произвели отбор биомассы на биохимические исследования, и заключительный, недельный, – с 06.11.2013 по 13.11.2013 г. Начальная плотность посадки водорослей W₀ на каждом этапе составляла 5 г на 1,5 л. План эксперимента представлен в табл. 1, гдн знаки (-) и (+) обозначают отсутствие или наличие испытуемого микроэлемента в соответствующем объеме.

Табл. 1 План эксперимента и результаты биохимических анализов проб гелидиума

№ объема	Mn	Co	Zn	R _{ФЭ} , мг/г	Кар., мкг/г	Cl-а, мг/г
1	+	+	+	10,1 ± 0,6	449 ± 28	1,4 ± 0,05
2	+	+	-	9,1 ± 1,2	330 ± 71	1,1 ± 0,1
3	+	-	+	11,8 ± 0,8	329 ± 87	1,1 ± 0,05
4	+	-	-	12,3 ± 2,0	289 ± 22	1,1 ± 0,95
5	-	+	+	6,4 ± 0,7	498 ± 54	1,6 ± 0,1
6	-	+	-	6,9 ± 1,0	361 ± 45	1,3 ± 0,1
7	-	-	+	5,0 ± 0,5	472 ± 65	1,2 ± 0,08
8	-	-	-	5,0 ± 0,3	395 ± 83	1,6 ± 0,09

Измерения биомассы гелидиума в процессе эксперимента и вычисления удельной скорости его весового роста приведены в табл. 2.

По результатам табл. 1 построены линейные модели, отражающие влияние каждого микроэлемента на биохимические показатели:

$$R_{ФЭ} = 8,325 + 2,5 Mn - 0,2 Co \pm 0,00 Zn \quad (2)$$

$$Кар = 390,1 - 41,1 Mn + 19,6 Co + 46,6 Zn \quad (3)$$

$$Cl_a = 1,3 - 0,125 Mn + 0,05 Co + 0,025 Zn, \quad (4)$$

а по результатам табл. 2 – их поэтапное влияние на вес и удельную скорость весового роста:

$$W_1 = 7,47 + 0,005 Mn - 0,0275 Co - 0,115 Zn \quad (5)$$

$$\mu_1^7 = 0,0360 + 0,001 Mn - 0,0008 Co - 0,0018 Zn \quad (6)$$

$$W_2 = 7,34 + 0,15 Mn - 0,09 Co - 0,18 Zn \quad (7)$$

$$\mu_2^7 = 0,0261 + 0,0036 Mn - 0,0009 Co - 0,0061 Zn \quad (8)$$

$$W_3 = 6,38 - 0,05 \text{ Mn} - 0,08 \text{ Co} + 0,10 \text{ Zn} \quad (9)$$

$$\mu_3^7 = 0,0349 - 0,0011 \text{ Mn} - 0,0019 \text{ Co} + 0,0024 \text{ Zn} \quad (10)$$

В уравнениях 2–10 жирным шрифтом отмечены слагаемые, равные или превышающие уровень 5 % оцениваемой величины. При этом уровне значимости все 3 микроэлемента (уравнение 3) при заданных концентрациях оказали значимое влияние на содержание каротиноидов: положительное – кобальт и цинк (+5 и +12 %), отрицательное – марганец (-10,5 %). Кроме того, марганец существенно повлиял и на содержание R-фикоэритрина (+30 %) и хлорофилла-а (-9,6 %), а также на удельную скорость роста на втором этапе (уравнение 8). На ростовые характеристики добавки кобальта оказали отрицательное влияние, а цинка - на разных этапах разное (от -23 до +7 %).

Таким образом, если конечной целью культивирования гелидиума будет получение R-фикоэритрина, целесообразно в питательную среду добавлять марганец, оптимальное количество которого можно определить при дополнительных исследованиях.

Табл. 2 Рост биомассы и удельная скорость весового роста гелидиума

№ объема	Этапы									
	02.10.2013–16.10.2013				23.10.2013–06.11.2013				06.11.2013–13.11.2013	
	09.10.2013		16.10.2013		30.10.2013		06.11.2013		13.11.2013	
	W_n, Γ	$\mu_7 \times 10^3$	W_n, Γ	$\mu_7 \times 10^3$	W_n, Γ	$\mu_7 \times 10^3$	W_n, Γ	$\mu_7 \times 10^3$	W_n, Γ	$\mu_7 \times 10^3$
1	5,75	20	7,23	32,7	5,64	17	6,48	20	6,65	41
2	5,75	20	7,46	37,2	6,16	30	7,80	34	6,22	31
3	5,78	20,7	7,54	38,0	6,34	34	8,04	34	6,16	30
4	5,80	21,2	7,66	39,7	6,14	29	7,65	31	6,29	33
5	5,76	20,2	7,00	27,9	6,28	33	7,23	20	6,34	34
6	6,02	26,5	8,07	41,9	6,22	31	7,51	27	5,99	26
7	5,88	23,2	7,64	37,4	6,12	29	6,92	18	6,80	44
8	5,74	19,7	7,14	31,2	5,97	25	7,12	25	6,62	40

Примечание: – *06.11.2013 г биомасса гелидиума приведена к исходной $W_0 = 5 \text{ г}$

1. Терлецкий Е. Д. Металлы, которые всегда с тобой. Москва: Знание, 1986. 144 с.
2. Беляев Б. Н. Техническое обеспечение культивирования макрофитов // Рыбное хозяйство Украины. 2001. № 5. С. 21–24.
3. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. – Планирование эксперимента при оптимальных условиях. – М. «Наука». – 1976 – 280 с.

INFLUENCE OF MICROADDINGS Mn, Co, Zn ON A HEIGHT AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BLACK SEA GELIDIUM

B. N. Belyaev, N. M. Beregovaya

Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, RF, belyaevbob@yandex.ru

Results of influence of microelements (Co, Mn, Zn) on a height and pigment composition of *Gelidium spinosum* (Grev.) Born. et Thur. (Rodophyta) are brought. This algae was cultivated in the Black Sea water taken to salinity 26 ‰ and enriched by nitrogen (48 mg/ml), phosphorus (0.8 mg/ml), chelated chloric iron (0.5 mg/ml) and magnesium (50 mg/ml). At 5 % level of meaning fullness no one element had influence on descriptions of height, but they influenced on pigment composition of gelidium substantially.

Key words: Black Sea gelidium, microelements, speed of height, pigment composition