

БИОЛОГИЯ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *COSTARIA COSTATA* (COSTARIACEAE, PHAEOPHYCEAE) В ПРИМОРЬЕ

© Т. Н. Крупнова

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
(ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток
E-mail: krupnova@tinro.ru

В связи с наметившейся в последние десятилетия тенденцией к снижению запасов бурых водорослей в прибрежье Приморья, и в частности перспективной для промысла бурой водоросли костарии ребристой *Costaria costata* (Ag.) Saund., представляется весьма актуальной разработка методов ее культивирования. Исследовались особенности спороношения *C. costata*, выявлены сроки закладки спороносной ткани, период ее максимального развития, сроки выхода зооспор и появления ювенильных проростков. На основе серии экспериментальных работ по опровержению субстратов зооспорами *C. costata* в разное время и анализа роста спорофитов на плантациях разработаны основные бионормативы ее культивирования. Полученные данные по биологии *C. costata* и материалы экспериментов по выращиванию на подвесных плантациях могут быть использованы для биологического обоснования культивирования этой водоросли в промышленных масштабах.

Ключевые слова: бурая водоросль *Costaria costata*, спороносная ткань, зооспоры, спорофиты, температура воды, запас, культивирование.

В последние годы в прибрежье Приморья наблюдается тенденция к снижению запасов бурых водорослей, что обусловлено различными причинами, главной из которых является чрезмерный промысел в годы с неблагоприятными условиями для развития водорослей. На некоторых участках прибрежья маточные слоевища макрофитов отсутствуют или находятся в разреженном состоянии, что препятствует полноценному восстановлению запасов. В связи с этим представляется актуальной разработка биотехнологий культивирования на подвесных или донных плантациях, способствующих сохранению и естественному восстановлению полей водорослей в традиционных местах их произрастания,

При введении в культуру водорослей обычно руководствуются такими требованиями, как компонентный состав слоевищ, незначительные естественные ресурсы или их нестабильность, изученность биологии, а также возможность вида поддаваться культивированию. Всем этим положениям отвечает бурая водоросль костария ребристая (рис. 1).



Рис. 1. *Costaria costata*, выращенная на подвесной плантации в южном Приморье.

Fig. 1. Cultivated *Costaria costata* from hanging plantation of South Primorye.



Рис. 2. Перфорации и сетчатый рельеф на пластине *Costaria costata*.

Fig. 2. Perforations and reticular relief on the *Costaria costata* lamina.

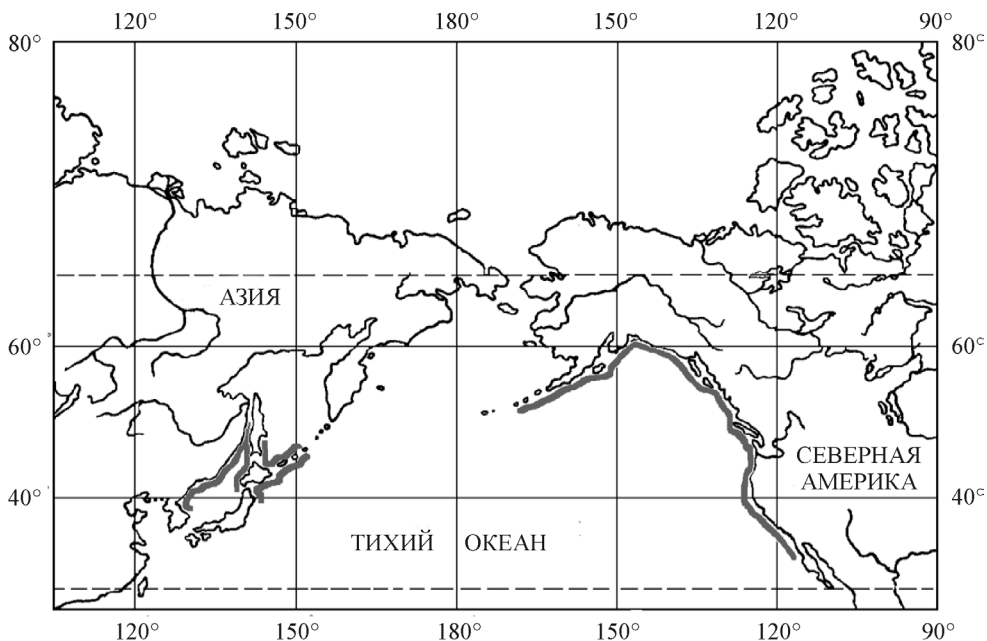


Рис. 3. Ареал *Costaria costata*.

Fig. 3. *Costaria costata* areal.

Костария ребристая *Costaria costata* (Ag.) Saund. до недавнего времени относилась к семейству ламинариевых (Laminariaceae). В результате сравнительного молекулярно-генетического анализа род *Costaria* вместе с родами *Agarum*, *Dictyoneurum* и *Thalassiophyllum* был выделен в отдельное семейство Costariaceae [1], для которого характерно наличие на пластинах перфораций и сетчатого рельефа в виде выпуклостей и впадин (рис. 1, 2).

C. costata — бореальный тихоокеанский вид, его ареал охватывает участки в северной части Азиатского и Американского побережий Тихого океана. У российских берегов эта водоросль распространена от южных границ Приморья до зал. Чихачева [2, 3], произрастает она также у берегов о-ва Сахалин и вдоль Курильских островов [4—7]. У берегов Северной Америки *C. costata* встречается от Алеутских островов до побережья Южной Калифорнии [8, 9]. Южная граница ее ареала в Японском море проходит у восточного побережья Корейского п-ова [10—12]. На тихоокеанском побережье Японии она распространена у берегов Хонсю и Хоккайдо [13, 14] (рис. 3). В побережье Приморья *C. costata* произрастает совместно с ламинарией, в природных условиях она не доминирует, однако постоянно сопутствует ламинарии как в природных поселениях, так и на промышленных плантациях. Слоевница *C. costata* служат кормом фитофагам, в первую очередь серому (*Strongylocentrotus intermedius*) и черному (*S. nudus*) морским ежам, а также брюхоногому моллюску (*Epheria turrita*).

C. costata имеет гетероморфный цикл развития, в котором микроскопический гаметофит сменяется крупным спорофитом. Жизненный цикл завершается за один год, что привлекательно для культивирования с точки зрения небольших затрат.

C. costata характеризуется высоким содержанием полезных веществ и может служить наравне с ламинарией источником их получения. Альгинаты (со-

ли альгиновой кислоты) используются во многих областях промышленности, особенно в текстильной, мыловаренной, при производстве пластмасс. Благодаря уникальной способности поглощать 200—300-кратные объемы воды с образованием вязких растворов альгинаты нашли широкое применение в пищевой промышленности и медицине [15]. Маннит используют в пищевой промышленности, медицине, парфюмерии и многих других областях. Содержание этих веществ в растениях может изменяться в зависимости от сезона и места обитания, но всегда остается высоким. По их количественному составу *C. costata* не уступает основному промысловому виду водорослей — ламинарии японской. В слоевищах ламинарии содержание альгиновой кислоты варьирует в пределах 22—37 % (к сухой массе водорослей) и маннита — 16—18 %, а в слоевищах костарии ребристой — 21—38 и 11—17 % соответственно [16].

В странах Азиатско-Тихоокеанского региона (Япония, КНДР, Южная Корея и Китай) *C. costata* успешно культивируют в промышленных масштабах. Проведенные в прибрежье Приморья исследования по изучению спороношения, выявлению оптимальных сроков оспоривания и материалы экспериментов по выращиванию *C. costata* на плантациях могут представлять биологическую основу для культивирования этого вида в нашей стране.

Цель работы — изучение спороношения, выявление оптимальных сроков оспоривания и экспериментальное выращивание слоевищ *C. costata* на плантациях в Приморье.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Сбор материала для изучения спороношения *C. costata*, определения оптимального периода для оспоривания субстратов, а также экспериментальное выращивание водоросли на плантациях проводили в 1982 и 1983 гг. в водах северного (бухта Веселая) и в 2010—2014 гг. — в водах южного Приморья (бухта Рифовая). Интенсивность спороношения изучали методом определения коэффициента покрытия (K) слоевищ спороносной тканью, вычисляемого как отношение спороносной площади всех слоевищ в выборке к их общей площади. Отбор проб для оценки спороношения проводили по возможности каждые 10 дней с апреля по август ежегодно. Исследовали растения с плантации и из природных сообществ. Одна выборка составляла не менее 30 слоевищ. Всего для изучения спороношения измерено около 1000 растений *C. costata*, для изучения ростовых характеристик при культивировании на плантации — 3600 экземпляров. Развитие спороносной ткани изучали также и на поперечных срезах, выполненных вручную и на микротоме 38 FX-802A (Coper Electronics Co., Ltd., Япония) с применением гель-фиксации; фотографии сделаны фотоаппаратом FX-35DX (Nikon, Япония). Оспоривание субстратов зооспорами *C. costata* проводили в соответствии с методикой, принятой для ламинарии [17, 18]. Субстратом для экспериментального выращивания рассады служили поводцы, выполненные из сеточника диаметром 8 мм и длиной 5 м.

Температуру воды измеряли инструментальным методом по возможности ежедневно на поверхности и у дна, также использовали данные по температуре воды, полученные со спутников Terra и Aqua, оснащенных сканером MODIS [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Запасы C. costata, распределение по глубинам, встречаемость в прибрежье Приморья

Запасы промысловых водорослей и трав вдоль всего побережья Приморья начали исследовать с 30-х годов XX века. Однако для *C. costata* имеются данные только для некоторых участков, главным образом для районов от м. Поворотного до м. Грозного и от залива Ольги до м. Белкина. По данным архивных отчетов ТИНРО, на участке м. Поворотный — м. Грозный запасы *C. costata* всегда имели относительно стабильный низкий уровень, за исключением 1977 и 2005 гг. (рис. 4). В последние годы происходило смещение зоны произрастания *C. costata* на мелководье — на глубины 0—5 м, что вызвало измельчание слоевищ и, следовательно, сокращение запасов (рис. 5). Также наблюдается разреживание поселений *C. costata*: поля с проективным покрытием (ПП) 60—100 % практически не встречаются, поля с ПП 30—60 % встречаются редко, основу поселений составляют поля с ПП до 30 % (рис. 6). В связи с небольшими природными запасами *C. costata*, их нестабильностью, а также смещением зарослей на мелководье целесообразно уделить особое внимание разработке биотехнологии культивирования этого ценного вида.

Спороношение C. costata в прибрежье южного Приморья

Технология культивирования водорослей строится на знаниях об особенностях размножения, которые необходимы для определения оптимальных сроков оспоривания субстратов, регулирования сроков появления рассады и получения урожая с заданными товарными качествами.

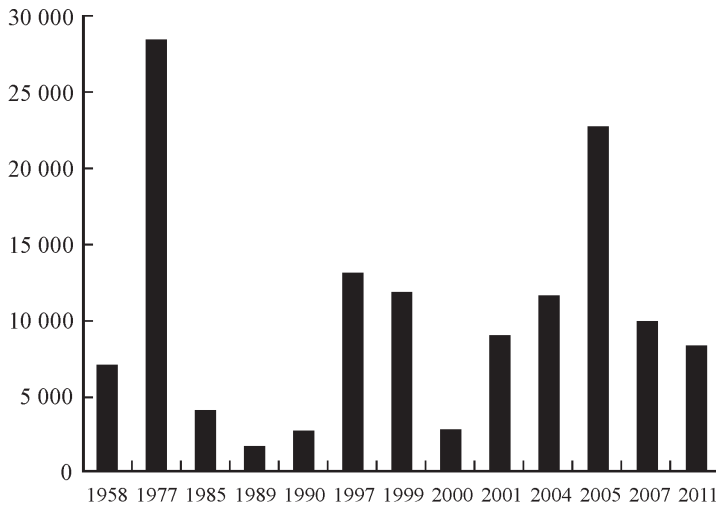


Рис. 4. Запасы *Costaria costata* на участке от мыса Поворотный до мыса Грозный.

По горизонтали — годы; по вертикали — запас, т.

Fig. 4. *Costaria costata* stock on the territory from Cape Povorotnyi to Cape Groznyi.

X-axis — years; y-axis — stock, ton.

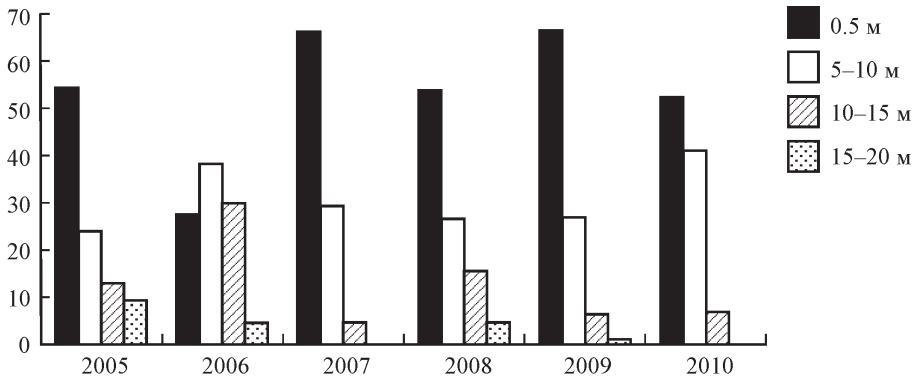


Рис. 5. Распределение *Costaria costata* по глубинам в прибрежье Приморья.

По горизонтали — годы; по вертикали — частота встречаемости, %.

Fig. 5. Depth distribution of *Costaria costata* in coastal zone of Primorye.

X-axis — years; y-axis — frequency, %.

Первым этапом является изучение сроков спороношения для районов предполагаемого культивирования. В связи с этим было проведено изучение развития споронной ткани *C. costata* в прибрежье Приморья. Для южного Приморья в начале мая споронная ткань у большинства слоевищ отсутствовала, в начале июня произошла ее закладка у 90 % слоевищ. К середине июня

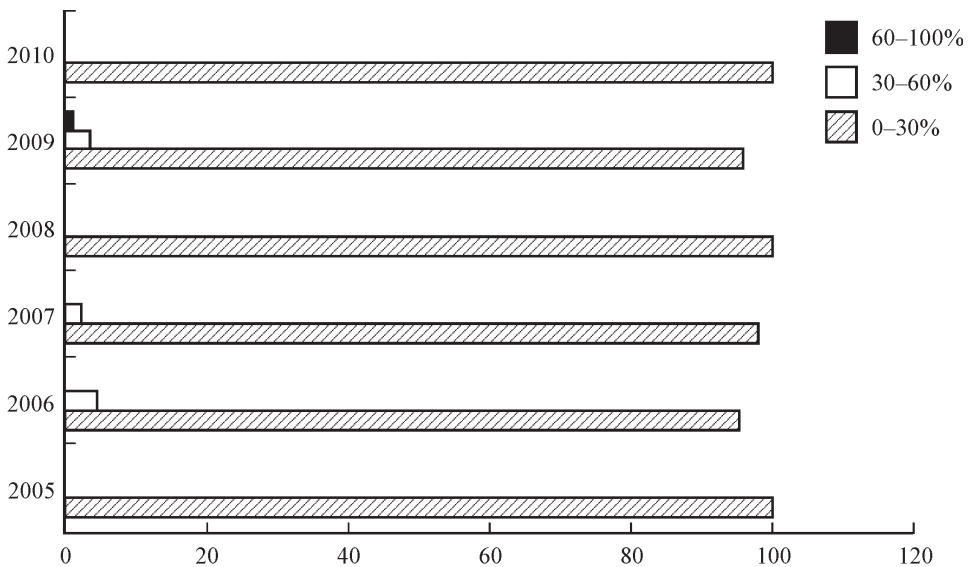


Рис. 6. Частота встречаемости полей *Costaria costata* с различным ПП субстрата в прибрежье Приморья в период 2005—2010 гг.

По вертикали — годы; по горизонтали — частота встречаемости, %.

Fig. 6. Frequency of *Costaria costata* fields with different projective cover in coastal zone of Primorye from 2005 to 2010.

X-axis — years; y-axis — frequency, %.

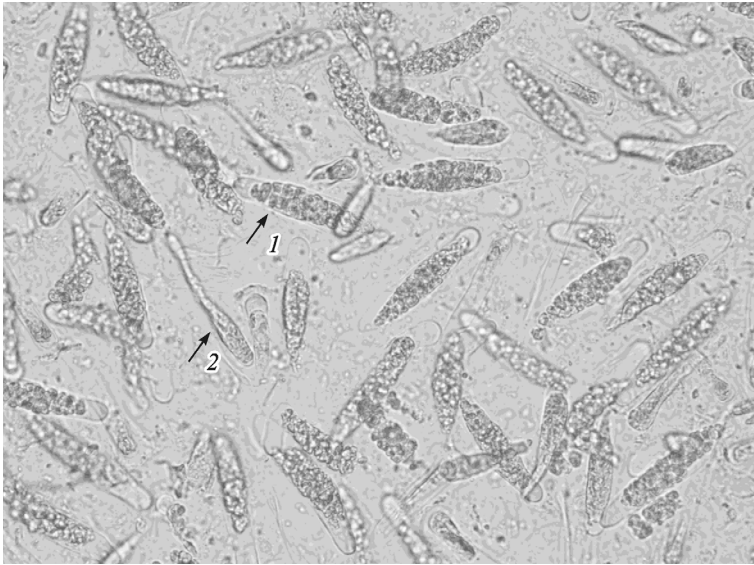


Рис. 7. Споронная ткань *Costaria costata* в июне 2010 г. (ув. $\times 620$).

1 — спорангии, 2 — парафизы.

Fig. 7. *Costaria costata* sporiferous tissue in June 2010 (magnification $\times 620$).

1 — sporangium, 2 — paraphysis.

44.2 % слоевищ *C. costata* имели хорошо развитую споронную ткань, у 41.3 % слоевищ она была в виде небольших пятен и лишь у 14.4 % она еще не начала развиваться. В целом коэффициент покрытия (K) споронной тканью был равен 0.13.

Появляющаяся споронная ткань выглядит как более темные участки на талломах и локализуется в их углублениях, разрастаясь по мере развития и сливаясь в одно пятно. Иногда встречается развитие ткани в виде полос вдоль пластины. В основном развитие споронной ткани всегда начинается с основания таллома.

В середине июня споронная ткань уже состоит из созревших спорангиев и парафиз (рис. 7). На срезах спорангии и парафизы различаются по размеру и форме. Спорангии удлиненно-овальной формы с округлыми шапочками. Парафизы возвышаются над спорангиями, поскольку они длиннее; слизистые шапочки трапециевидной формы. Размеры спорангиев без слизистой шапочки 60.9—67.5 мкм, длина слизистой шапочки 11.1 мкм. Размеры парафиз без слизистой шапочки 71.9—82.6 мкм, длина слизистой шапочки — 13.2 мкм. У ламинарии японской, являющейся родственным видом костарии ребристой, длина зрелых спорангиев и парафиз несколько больше и равна без слизистых шапочек 70.4 и 100.8 мкм соответственно [20].

В июле количество *C. costata* с хорошо развитой споронной тканью увеличилось до 74.8 %, слоевищ без споронной ткани было до 7.4 %, остальные экземпляры имели споронную ткань в виде незначительных разрозненных пятен и полос. В целом K увеличился до 0.31. В июле на поперечных срезах были видны зрелые спорангии, в некоторых случаях наблюдался выход споровой массы, что говорит о начавшемся процессе выхода зрелых зооспор. В августе начинается активный процесс разрушения слоевищ *C. costata*, в том чис-

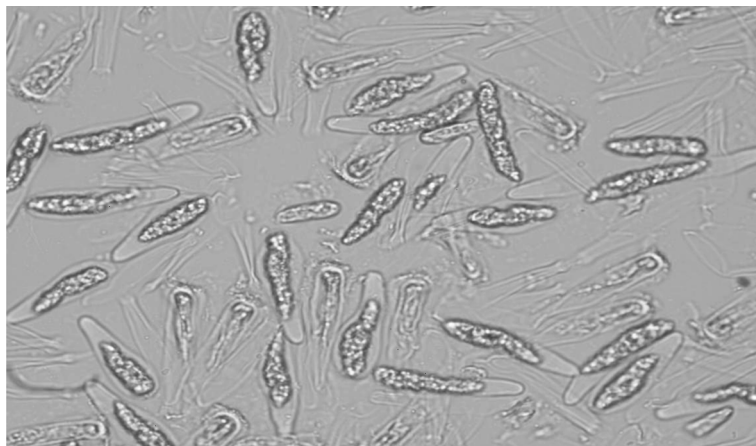


Рис. 8. Зрелые спорангии *Costaria costata* в июле—августе 2010 г. (ув. $\times 620$).

Fig. 8. Mature sporangium of *Costaria costata* in July—August 2010 (magnification $\times 620$).

ле и споронной ткани. На фотографии видны зрелые, с зооспорами и уже выпустившие их спорангии (рис. 8).

В августе уже все экземпляры *C. costata* имеют споронную ткань. *C. costata* в природе имеет более высокую степень развития споронной ткани по сравнению с плантационной: к концу июля у природной *C. costata* K равен 0.51, а у *C. costata* с плантациями — 0.44 (рис. 9).

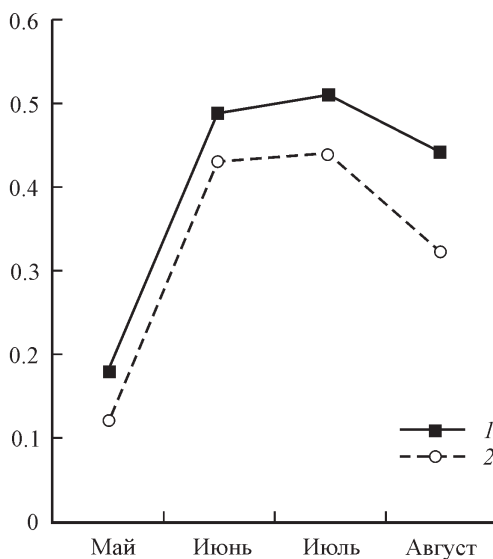


Рис. 9. Развитие споронной ткани *Costaria costata* в 2010 г.

1 — природная, 2 — культивируемая. По горизонтали — время, по вертикали — коэффициент покрытия (K).

Fig. 9. Development of *Costaria costata* sporiferous tissue in 2010.

1 — natural *Costaria*, 2 — cultured *Costaria*. X-axis — time, y-axis — coefficient of coverage (K).

Экспериментальное оспоривание субстратов, характеристика роста спорофитов на плантации

При проведении эксперимента по оспориванию субстрата установлено, что выход зооспор при стимуляции слоевищ более интенсивен в начале июля, чем в августе. В июле зооспоры выходят при меньшем времени стимуляции и в большем количестве. Оседание зооспор групповое, по 15—30 штук и более в группе. Такой групповой способ оседания характерен и для ламинарии, что способствует успешному оплодотворению и получению жизнестойкой рассады при культивировании [18, 21].

Для достижения массового выхода зооспор при промышленном проведении оспоривания субстратов необходимо установить продолжительность стимулирования маточных слоевищ. Наши исследования показали, что оптимальным временем стимулирования является 2—3 ч (табл. 1). Продолжительность стимулирования маточных слоевищ *C. costata* для получения массового выхода зооспор гораздо короче таковой у ламинарии японской, что связано, скорее всего, с более тонкими слоевищами *C. costata* (табл. 1).

Знание оптимального срока оспоривания субстратов зооспорами водорослей для промышленного культивирования является залогом закладки хорошего урожая. Для определения этого периода проводилось оспоривание субстратов зооспорами *C. costata* в разные сроки ее спороношения. Отмечено, что оспоривание, проведенное в начале июля, позволило получить не только более интенсивный выход зооспор, но и рассаду в более ранние сроки — уже к началу октября. Оспоривание, проведенное в конце мая и в конце августа, не дало проростков (табл. 2).

Т А Б Л И Ц А 1

Количество зооспор, выходящих из маточных слоевищ при различной продолжительности стимулирования (бухта Рифовая, южное Приморье, 10 июля 2013 г.)

Table 1. Quantity of zoospores from spawning thallomes in varying length of stimulation period (Rifovaya bay, South Primorye, July 10, 2013)

Продолжительность стимулирования маточных слоевищ (часы) Length of spawning thallomes stimulation period (hour)	Количество зооспор в поле зрения микроскопа при увеличении $\times 120$ (шт.) Quantity of zoospores per field of view (magnification $\times 120$) (item)	
	<i>Costaria costata</i>	<i>Laminaria japonica</i>
1	0	0
2	30	0
3	50	0
4	Ед.	0
5	0	0
6	0	20
7	0	30
8	0	50
9	0	500
10	0	200

Примечание. Ед. — единичные.

Note. Ед. — single.

Т А Б Л И Ц А 2

Календарные сроки оспоривания и время появления рассады *Costaria costata* в бухте Рифовая (южное Приморье) в разные годы

Table 2. Calendar dates of zoospores sedimentation and time of *Costaria costata* seedlings emergence in Rifovaya bay (South Primorye) in different years

Дата оспоривания Date of zoospores sedimentation	Время появления рассады Time of seedling emergence	Количество экземпляров на 1 м поводца Quantity of individuals per 1 m of rope
25 мая 2011 г. May 25, 2011	0	0
20 июня 2011 г. June 20, 2011	Начало ноября Beginning of November	50—70
10 июля 2011 г. July 10, 2011	Начало октября Beginning of October	300—500
20 июля 2011 г. July 20, 2011	Конец октября End of October	100—120
5 августа 2010 г. August 5, 2010	Середина декабря Middle of December	Единично Single
20 августа 2014 г. August 20, 2014	0	0

Данные табл. 2 свидетельствуют, что оптимальным периодом оспоривания субстратов для культивирования *C. costata* является время с конца июня до середины июля. Чем раньше и обильнее появляется рассада, тем продолжительнее срок ее вегетации и тем больше возможности у взрослых слоевищ *C. costata* достичь высоких товарных качеств до окончания жизненного цикла. Так, оптимальных размерно-массовых показателей достигли экземпляры, выращенные из зооспор, осевших на субстрат 10 июля 2011 г. и давших проростки уже в начале октября этого же года. К концу июля 2012 г. эти растения достигли максимальных размерно-массовых характеристик — их средняя длина составила 90.0 (75.0—115.0) см. В то же время длина растений, выращенных из зооспор, оседание которых было проведено 20 июля 2011 г. и 5 августа 2010 г., составляла в июле 2012 г. 77.0 (min 43.5, max 95.0) см и в июле 2011 г. 60.0 (min 23.4, max 85.0) см соответственно (рис. 10).

В южном Приморье в первом варианте выращивания прореживание и пересадка растений не проводились. Выживаемость в период от микроскопической рассады до товарных растений составила около 5 %. Из 2000 экземпляров молодой рассады, появившейся на одном поводце-субстрате в октябре 2011 г., к марту 2012 г. в результате элиминации осталось 500 экземпляров и к июлю этого же года из них сохранилось 110 взрослых растений со средней массой 220.0 (min 180.5, max 250.6) г. В скученном состоянии растения не достигают больших размеров. При нормативе 2400 поводцов на один гектар урожай из таких растений составит 58 т/га. Содержание сухих веществ в товарных слоевищах этого опыта составляло около 6.0 (min 4.8, max 7.2) %.

С целью создания оптимальных условий для роста во втором варианте выращивания в марте было проведено прореживание молодых спорофитов до 200 экземпляров на одном поводце. К июлю плотность поселения сократилась

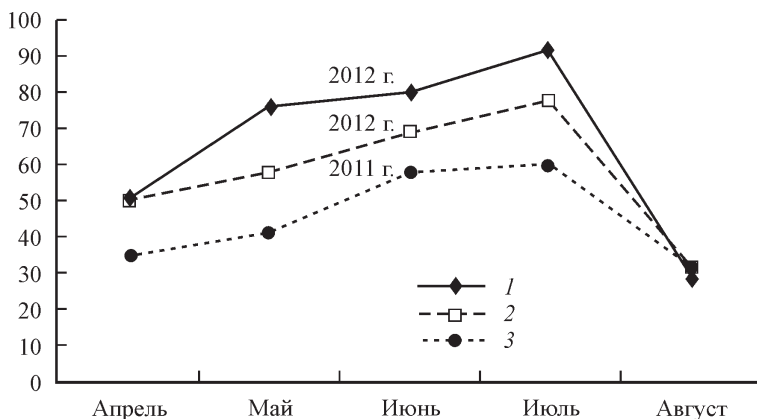


Рис. 10. Рост рассады из зооспор, осевших на субстраты в разное время.

Даты оспоривания: 1 — 10.07.2011, 2 — 20.07.2011, 3 — 05.08.2010. По горизонтали — время, по вертикали — длина (см).

Fig. 10. Growth of seedling from zoospores settled on substrate at different times.

Date of seeding: 1 — 10.07.2011, 2 — 20.07.2011, 3 — 05.08.2010. X-axis — time sporophyte growth, y-axis — length (cm).

до 70 экземпляров, но масса слоевищ достигла 400.0 (min 120.5, max 510.0) г. Содержание сухих веществ у этих растений возросло до 12.0 (min 5.8, max 14.2) %. Таким образом, прореживание может не только увеличить урожайность до 67 т/га, но и повысить товарные качества водорослей.

Наблюдения за динамикой развития культивируемой на подвесной плантации *S. costata* в северном Приморье (бухта Веселая) показали, что закономерности ее роста аналогичны таковым в южном Приморье. При этом длина и масса слоевищ *S. costata* из северного района превышают эти показатели у экземпляров из южного района. Срок достижения максимальных значений массы и длины на севере приходится на конец июля—начало августа со значениями 400.0 (min 352.8, max 566.0) г и 120 (min 55.0, max 182.8) см в непрореженных и 700.0 (min 482.5, max 1020.0) г и 150.0 (min 85.2, max 194.6) см в прореженных посадках. Прогнозируемая урожайность при этом составляет 88 и 98 т/га соответственно. Более высокие размерно-весовые показатели *S. costata* здесь достигаются благодаря более низким значениям температуры воды, не превышающей летом 14—16 °С, по сравнению со значениями в южном районе, достигающими до 22—24 °С. *S. costata* является холодолюбивым видом, поэтому в северном Приморье условия более благоприятны для роста не только спорофитов, но и особенно для развития микроскопических стадий — гаметофитов. Для последних экспериментально было показано, что температура воды со значениями около 10 °С является более благоприятной по сравнению с 20 °С, несмотря на то что выживание иногда отмечается и при температуре воды в 26—27 °С [22]. Этим объясняется отсутствие *S. costata* в природных условиях у берегов Китая, поскольку летом там вода может прогреваться до летальных для нее значений. Однако из зооспор маточных слоевищ, завезенных на север Китая из Кореи, были получены относительно урожайные поколения с продукцией около 30 т/га [23], что значительно ниже урожая, рассчитанного для плантаций в южной и северной частях побережья Приморья.

ВЫВОДЫ

Проведенные на плантациях в прибрежье Приморья исследования по изучению спороношения, выявлению оптимальных сроков оспоривания и материалы экспериментов по выращиванию урожая бурой водоросли Костарии ребристой *Costaria costata* (Ag.) Saund. позволили сделать следующие выводы.

1. Оспоривание субстратов для культивирования *C. costata* предпочтительнее проводить в начале июля, что позволяет получать рассаду уже в октябре текущего года и дает возможность спорифитам достигать товарных размерно-массовых показателей к середине июля—августу следующего года.

2. Стимулирование маточных слоевищ *C. costata* для получения массового выхода зооспор необходимо проводить в течение 2—3 ч.

3. Прогнозируемая урожайность *C. costata* составляет от 50 до 100 т/га в зависимости от района культивирования и плотности посадок.

4. Проведенные исследования возможности выращивания бурой водоросли *C. costata* на плантациях в прибрежье Приморья показали, что вид легко поддается культивированию и может давать хороший урожай.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lane C. E., Mayes C., Druehl L. D., Saunders G. W. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization // *J. Phycol.* 2006. Vol. 42. P. 493—512.
2. Суховеева М. В. Водоросли сублиторали Южно-Курильского мелководья // Исследования по биологии рыб и промысловой океанографии. ТИНРО. 1972а. Вып. 7 (3). С. 88—99.
3. Кузьмина Е. А. Распределение и состояние запасов промысловых водорослей в Японском море (м. Поворотный—м. Южный) // Архив ТИНРО. 1977. № 15725. С. 1—28.
4. Гайл Г. И. Промысловые водоросли Сахалина и Курильской гряды. Владивосток, 1949. 67 с.
5. Суховеева М. В. Распределение макрофитов на некоторых участках залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 1972б. Т. 81. С. 209—214.
6. Петров Ю. Е. Ламиinarieвые и фукусковые водоросли в морях СССР // Раст. ресурсы. 1973. Т. 9, вып. 1. С. 123—127.
7. Евсеева Н. В. Состояние зарослей и ресурсы промысловых водорослей в прибрежье островов Малой Курильской гряды // Раст. ресурсы. 1997. Т. 33, вып. 4. С. 98—105.
8. Druehl L. D. The Pattern of Laminariales distribution in the northeast Pacific // *Phycologia.* 1970. Vol. 9, N 3/4. P. 237—247.
9. Lindstrom S. C. An annotated bibliography of benthic marine algae of Alaska // Alaska Dept. of Fish. and Game Techn. 1977. N 31. P. 1—172.
10. Koh C. H., Shin H. C. Growth and size distribution of some large brown algae in Ohoi, east coast of Korea // *Hydrobiologia.* 1990. N 204. P. 225—231.
11. Sung Min Boo, Wook Jae Lee, Il Ki Hwang, Yeon-Shim Keum, Jung Hyun Oak, Ga Youn Cho. Algal flora of Koreae. Marine Brown Algae II. National institute of biological resources ministry of environment. 2010. 203 p.
12. Sung Min Boo, Yong Deok Ko. Marine Plants from Korea. Marine and Extreme Genome Research Center Program. 2012. 233 p.
13. Sanbonsuga Y., Hasegawa Y. Studies on Laminariales in culture. Contribution of the Hokkaido // *Reg. Fish. Res. Lab.* 1967. N 32. P. 41—48.

14. Yoshida T. Marine algae of Japan. Tokyo, 1998. 1222 p.
15. Барашков Г. К. Сравнительная биохимия водорослей. М., 1972. 336 с.
16. Аминина Н. М., Подкорытова А. В. Сезонная динамика химического состава *Laminaria japonica* Agesh., культивируемой у берегов Приморья // Раст. ресурсы. 1992. Т. 28, вып. 1. С. 137—140.
17. Крупнова Т. Н. Инструкция по выращиванию ламинарии японской в двухгодичном цикле. Владивосток, 1984. 51 с.
18. Крупнова Т. Н. Инструкция по культивированию и восстановлению полей ламинарии. Владивосток, 2008. 34 с.
19. Цыпышева И. Л., Крупнова Т. Н. Возможности спутникового дистанционного зондирования для характеристики условий обитания бурых водорослей // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М., 2012. Т. 8, № 4. С. 263—273.
20. Крупнова (Моисеенко) Т. Н. Развитие репродуктивной ткани и динамика спорогенеза ламинарии японской у берегов Приморского края // Тр. ВНИРО. Вопросы морской аквакультуры. Т. СXXXVIII. 1979. С. 59—67.
21. Крупнова Т. Н. Биология, распространение, культивирование и воспроизводство бурых водорослей // Фукоиданы — сульфатированные полисахариды бурых водорослей. Структура, ферментативная трансформация и биологические свойства. Владивосток, 2014. С. 10—34.
22. Dieck I. T. Temperature tolerance and survival in darkness of kelp gametophytes (Laminariales, Phaeophyta): ecological and biogeographical implications // Mar. Ecol. Prog. Ser. 1993. Vol. 100. P. 253—264.
23. Fu Gang, Liu Jidong, Wang Gaoge, Yao Jianting, Wang Xiuliang, Duan Delin. Early development of *Costaria costata* (C. Agardh) Saunders and cultivation trials // Chin. J. Oceanol. Limn. 2010. Vol. 28, N 4. P. 731—737.

Поступило 06 V 2015

EXPERIENCE OF CULTIVATION OF BROWN ALGA
COSTARIA COSTATA (COSTARIACEAE, PHAEOPHYCEAE)
IN PRIMORYE

© T. N. Krupnova

Pacific scientific research fisheries centre (TINRO-centre), Vladivostok
E-mail: krupnova@tinro.ru

SUMMARY

A tendency to decreasing field stock of large-size kelps, including perspective for industry *Costaria costata* (Ag.) Saund., is recently observed in coastal waters of the North-West Pacific. In view of this, elaboration of cultivation methods of the algae is vital. The characteristics of sporogenesis, periods of sporiferous tissue initiation and its maximum development, periods of zoospores outlet from sporiferous tissue and seedling emergence of *C. costata* were determined. As a result of experiments set by artificial sedimentation of zoospores on the substrate at different times

of year and analysis of sporophytes growth on hanging plantations, the basic biological standards for cultivation of this algae were worked out. The obtained experimental and biological data should be considered as a basis for *C. costata* industrial cultivation.

Key words: *Costaria costata*, sporiferous tissue, zoospores, sporophytes, temperature of water, stock, cultivation.

REFERENCES

1. Lane C. E., Mayes C., Druehl L. D., Saunders G. W. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization // *J. Phycol.* 2006. Vol. 42. P. 493—512.
2. Sukhoveeva M. V. Algae of South Kuril shallow water sublittoral // *Research of fish biology and commercial oceanography. TINRO.* 1972a. N 7 (3). P. 88—99. (In Russian)
3. Kuzmina E. A. Distribution and state of commercial algae stock in Japan sea (cape Povorotnyi—cape Yuzhnyi) // *Arkhiv TINRO.* 1977. N 15725. P. 1—28. (In Russian)
4. Gayl G. I. Promyslovye vodorosli Sakhalina i Kurilskoy gryady [Commercial algae of Sakhalin and Kuril ridge]. Vladivostok, 1949. 67 p. (In Russian)
5. Sukhoveeva M. V. Distribution of macrophyte at the certain areas of Peter the Great Bay // *Izvestiya TINRO.* 1972b. Vol. 81. P. 209—214. (In Russian)
6. Petrov Yu. E. Laminariales and fucal algae in the seas of the SSSR // *Rastitelnye resursy.* 1973. Vol. 9, N 1. P. 123—127. (In Russian)
7. Evseeva N. V. The state of coenotic growths and resources of food brown algae in coastal waters of the Minor Kuril islands chain // *Rastitelnye resursy.* 1997. Vol. 33, N 4. P. 98—105. (In Russian)
8. Druehl L. D. The Pattern of Laminariales distribution in the northeast Pacific // *Phycologia.* 1970. Vol. 9, N 3/4. P. 237—247.
9. Lindstrom S. C. An annotated bibliography of benthic marine algae of Alaska // *Alaska Dept. of Fish. and Game Techn.* 1977. N 31. P. 1—172.
10. Koh C. H., Shin H. C. Growth and size distribution of some large brown algae in Ohori, east coast of Korea // *Hydrobiologia.* 1990. N 204. P. 225—231.
11. Sung Min Boo, Wook Jae Lee, Il Ki Hwang, Yeon-Shim Keum, Jung Hyun Oak, Ga Youn Cho. Algal flora of Koreae. Marine Brown Algae II. National institute of biological resources ministry of environment. 2010. 203 p.
12. Sung Min Boo, Yong Deok Ko. Marine Plants from Korea. Marine and Extreme Genome Research Center Program. 2012. 233 p.
13. Sanbonsuga Y., Hasegawa Y. Studies on Laminariales in culture. Contribution of the Hokkaido // *Reg. Fish. Res. Lab.* 1967. N 32. P. 41—48.
14. Yoshida T. Marine algae of Japan. Tokyo, 1998. 1222 p.
15. Barashkov G. K. Sravnitel'naya biokhimiya vodorosley [Comparative biochemistry of algae]. Moscow, 1972. 336 p. (In Russian)
16. Aminina N. M., Podkorytova A. V. Seasonal dynamics in chemical composition of *Laminaria japonica* Aresch. cultivated in near-shore waters of Primorsky Krai // *Rastitelnye resursy.* 1992. Vol. 28, N 1. P. 137—140. (In Russian)
17. Krupnova T. N. Instruktsiya po vyrashchivaniyu laminarii japonskoy v dvukhgodichnom tsikle [Description on cultivation of *Laminaria japonica* in biennial cycle]. Vladivostok, 1984. 51 p. (In Russian)
18. Krupnova T. N. Instruktsiya po kultivirovaniyu i vosstanovleniyu poley laminarii [Description on cultivation and restoration of *Laminaria* bed]. Vladivostok, 2008. 34 p. (In Russian)

19. Tsypysheva I. L., Krupnova T. N. Satellite remote sensing possibility for the determination of the brown inhabiting conditions // *Sovremennye problemy distatsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2012. Vol. 8, N 4. P. 263—273. (In Russian)
20. Krupnova (Moiseenko) T. N. Development of reproductive tissue and dynamics of sporogenesis of *Laminaria japonica* in near-shore waters of Primorsky Krai // *Trudy VNIRO*. 1979. Vol. CXXXVIII. P. 59—67. (In Russian)
21. Krupnova T. N. Biology, areal, cultivation and reproduction of brown algae // *Fucoxidans — sulfated polysaccharides of brown algae. Structure, enzymatic transformation and biological property*. Vladivostok. 2014. P. 10—34. (In Russian)
22. Dieck I. T. Temperature tolerance and survival in darkness of kelp gametophytes (*Laminariales*, *Phaeophyta*): ecological and biogeographical implications // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1993. Vol. 100. P. 253—264.
23. Fu Gang, Liu Jidong, Wang Gaoge, Yao Jianting, Wang Xiuliang, Duan Delin. Early development of *Costaria costata* (C. Agardh) Saunders and cultivation trials // *Chin. J. Oceanol. Limn.* 2010. Vol. 28, N 4. P. 731—737.

Раст. ресурсы, вып. 3, 2016

ОСОБЕННОСТИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН *LOBELIA DORTMANNA* (LOBELIACEAE) В УСЛОВИЯХ ЭКСПЕРИМЕНТА

© *О. А. Лебедева*,¹ *Е. А. Беляков*

Институт биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН,
пос. Борок Ярославской обл.

¹ E-mail: anya@ibiw.yaroslavl.ru

В работе приводятся результаты экспериментов по проращиванию семян *Lobelia dortmanna* L. Исследованы условия прорастания семян *L. dortmanna*, а также семенная продуктивность и начальные этапы онтогенеза растений в лабораторных условиях. В опытах использовали семена *L. dortmanna* с разными сроком и условиями хранения. Показано, что семенная продуктивность *L. dortmanna* для растений с 3—6 коробочками составляет 1416.7 ± 536.7 шт. Эксперименты показали быструю потерю всхожести при хранении семян в сухом состоянии.

Ключевые слова: *Lobelia dortmanna*, диссеминация, семенная продуктивность, прорастание.

Лобелия Дортмана *Lobelia dortmanna* L. — водное редкое растение, занесенное в Красную книгу РФ [1], считается индикатором олиготрофных озер. Олиготрофные водоемы отличаются большой глубиной, высокой прозрачностью воды (по диску Секки ≥ 4 —20 м) и присутствием кислорода во всей толще воды в течение всего года. Эти водоемы занимают глубокие тектонические и эрозионные впадины со слабо выраженной литоральной зоной. Донные отложения бедны органическим веществом. В озерах такого типа жизнь водных растений ограничена недостатком биогенных соединений и низкой температурой воды, недостаточной литоральной зоной [1, 2].