

Научная статья

УДК 639.64(265.54)

DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-648-658

EDN: RNHZSA



**РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ  
*SACCHARINA JAPONICA* В ЦЕНТРЕ МАРИКУЛЬТУРЫ НА О. ПОПОВА  
(ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

**Т.Н. Крупнова, О.А. Поньрко\***

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

**Аннотация.** Приведены результаты экспериментального выращивания зооспор, гаметофитов, ювенильных спорофитов и ранней рассады ламинарии японской *Saccharina japonica* в новом Центре марикультуры на о. Попова (ТИНРО). Описано техническое оснащение модулей для культивирования ранних стадий водоросли и указаны условия среды для их оптимального роста. Показано влияние диатомовых водорослей на развитие рассады ламинарии. Установлены оптимальные сроки оспоривания субстратов-рамок для культивирования рассады и время ее пересадки в море на плантации для организации наиболее рационального цикла выращивания товарной ламинарии в форсированном режиме.

**Ключевые слова:** ламинария японская, гаметофиты, ранний спорофит, условия среды, спороносная ткань

**Для цитирования:** Крупнова Т.Н., Поньрко О.А. Результаты выращивания рассады ламинарии японской *Saccharina japonica* в Центре марикультуры на о. Попова (зал. Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 3. — С. 648–658. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-648-658. EDN: RNHZSA.

Original article

**Results on growing the seedlings of laminaria *Saccharina japonica*  
in the Center of Mariculture on Popov Island (Peter the Great Bay, Japan Sea)**

**Tatyana N. Krupnova\*, Oksana A. Ponyrko\*\***

\*, \*\* Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

\* Ph.D., leading researcher, tatyana.krupnova@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0002-8181-5932

\*\* leading specialist, oksana.ponyrko@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0000-7483-7020

**Abstract.** Results on experimental cultivation of seedlings of laminaria kelp *Saccharina japonica* are considered. Growing of this species was conducted in the first time in the Center of Mariculture located on Popov Island in the coastal Japan Sea. Data on equipment of the modules for cultivation of early stages of algae and on environmental conditions for their optimal growth are presented. Diatoms influence on the growth of kelp seedlings is shown. The optimal dates for seeding the spores on artificial substrate frames and for the frames transplantation into the sea are determined that provides the most rational growing cycle in a forced mode.

\* Крупнова Татьяна Николаевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, tatyana.krupnova@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0002-8181-5932; Поньрко Оксана Андреевна, ведущий специалист, oksana.ponyrko@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0000-7483-7020.

© Крупнова Т.Н., Поньрко О.А., 2024

**Keywords:** kelp, gametophyte, early sporophyte, environmental conditions, spore-bearing tissue

**For citation:** Krupnova T.N., Ponyrko O.A. Results on growing the seedlings of laminaria *Saccharina japonica* in the Center of Mariculture on Popov Island (Peter the Great Bay, Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 3, pp. 648–658. (In Russ). DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-648-658. EDN: RNHZSA.

## Введение

Основой культивирования бурых водорослей в странах Азиатско-Тихоокеанского региона является получение рассады (проростков) в заводских условиях с последующим доращиванием до товарных размеров на подвесных плантациях в море. В России в настоящее время преимущественно используется более простой метод — в контролируемых условиях производится только оспоривание субстратов (поводцов), после чего они сразу выставляются на морские плантации для дальнейшего выращивания до товарного состояния\*.

Применение заводской технологии выращивания жизнестойкой рассады позволяет обеспечить наиболее чувствительным микроскопическим стадиям (зооспорам, гаметофитам и ювенильным спорофитам) оптимальные условия развития по температуре, освещенности, химическому составу среды и водообмену. В результате увеличивается выживаемость и ускоряется развитие проростков, всего за 30–40 сут они достигают размеров, соответствующих размерам 5–6-месячных растений в естественных условиях\*\*.

Использование заводского способа получения рассады совместно с мерами стимуляции развития спороносной ткани маточных слоевищ дает возможность уже осенью высадить рассаду на морские подвесные плантации. В это время в природе ещё происходит выход зооспор из спороносной ткани, а в хозяйствах, использующих технологию культивирования ламинарии в двухгодичном цикле, осуществляется оспоривание субстратов.

Раннее выставление жизнестойкой рассады на подвесные плантации позволяет более эффективно использовать осенне-зимне-весенний период, когда в море отмечаются оптимальные для роста взрослых спорофитов условия (низкая температура воды и повышенное содержание биогенов). В результате ламинария достигает товарного размера уже в возрасте одного года.

Для внедрения технологии заводского получения рассады ламинарии в практику отечественной марикультуры Тихоокеанским филиалом ВНИРО (ТИНРО) в 2020–2022 гг. в Центре марикультуры на о. Попова проведены исследования развития зооспор, гаметофитов и ювенильных спорофитов при разных значениях температуры воды и выявления оптимального размера ранней рассады для высадки в море на плантации.

## Материалы и методы

Работы проводились в отделении водорослей Центра марикультуры на о. Попова. Были задействованы 2 бассейна объемом по 3 т каждый, в которых размещались искусственные субстраты. Вода из моря поступала через механический фильтр типа «Ураган» в накопитель-отстойник, после чего через фильтр из мононити с тонкостью очистки 20 мкм подавалась в систему водообеспечения отделения водорослей.

Температура воды регулировалась с помощью чилеров фирмы Clivet (THE WSAN-XEE182), в бассейнах непрерывно осуществлялась циркуляция воды (0,5 л/мин).

---

\* Инструкция по биотехнологии культивирования ламинарии японской в двухгодичном цикле у берегов Приморья / Т.Н. Крупнова. Владивосток: ТИНРО, 1984. 37 с.; Инструкция по биотехнологии культивирования ламинарии японской в двухгодичном цикле / С.К. Буянкина. Владивосток: ТИНРО, 1988. 49 с.

\*\* Инструкция по выращиванию ламинарии японской в двухгодичном цикле с цеховым получением рассады / Т.Н. Крупнова, С.М. Дмитриев. Владивосток: ТИНРО, 1990. 53 с.

Аэрацию в первые три дня не проводили, затем, по мере роста рассады, увеличивали до максимально возможной.

В качестве субстратов использовались металлические рамки размером 60×50 см. На каждую рамку накручивали капроновую нить длиной около 450 м.

Освещение создавалось светодиодными лампами, закрепленными на подвижной раме. Уровень освещения измеряли люксметром. В первые три дня от момента опоривания она составляла около 3000 лк, затем еженедельно увеличивалась на 2000–3000 лк и к концу выращивания достигала 12000 лк. Продолжительность фотопериода составляла 14 ч в сутки (с 7.00 до 21.00 ежесуточно). Для нивелирования затенения субстратов и обеспечения равномерной освещенности рамки ежедневно в одно и то же время переворачивали на 180°.

Подмена воды осуществлялась ежедневно на ¼ объема и полностью — каждые 7 сут. Температуру воды для подмены предварительно доводили до необходимого уровня в отдельных емкостях.

При смене воды рамки переносили в расположенные рядом бассейны с водой такой же температуры во избежание резких перепадов, тормозящих развитие гаметофитов. После смены воды в выростных бассейнах на свежую ее температура доводилась до требуемой величины, вносился питательный раствор, после чего рамки вновь переносились в выростные бассейны.

Оспоривание проводилось согласно разработанной ранее методике\* путем помещения простимулированных для массового выхода зооспор маточных слоевищ в бассейны с рамками-субстратами (рис. 1).



Рис. 1. Оспоривание рамок-субстратов  
Fig. 1. Seeding of laminaria spores on artificial substrate frames

\* Инструкция по культивированию и восстановлению полей ламинарии / Т.Н. Крупнова. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2008. 34 с.

Для контроля развития рассады одновременно оспаривали предметные стекла\*. После осаждения зооспор рамки-субстраты перемещали в выростные бассейны, где проводилось культивирование микроскопических стадий — зооспор, гаметофитов — и ранней рассады.

Измерения длины и ширины гаметофитов, ювенильных спорофитов и рассады проводились встроенной линейкой в фотокамеру UCMOSO5100KPA под микроскопом Микромед MC4 Zoom LED. Виды диатомовых водорослей определяли по Синопису и Атласу [Рябушко, Бегун, 2016].

В качестве питательной среды применялась модифицированная среда ESI, которая содержит в первую очередь соли азота, фосфора и ряд солей металлов, не несущих трофической функции, но играющих роль стимуляторов роста ранних стадий водоросли [Пат. РФ № 2767197]. Модификация заключалась в том, что вместо соли Мора была использована мочевины в пересчете на равнозначное содержание азота. Питательная среда добавлялась в морскую воду выростного модуля в первый раз на пятый день после оспаривания в разведении 1 : 100, затем один раз в семь дней в разведении 1 : 50.

Для оспаривания субстратов-рамок использовали маточные слоевища, выращенные на подвесной плантации в бухте Рифовой по методике стимулирования созревания споронной ткани, разработанной на основе результатов собственных исследований, данных, полученных во время посещения водорослевых хозяйств КНДР, Республики Корея, Японии, а также с учетом анализа литературных сведений [Цзен Чен Куй, У Чжао Юань, 1956; Hasegawa, 1976; Крупнова, Подкорытова, 1985; Mizuta et al., 1998].

Температура воды в ходе выращивания поддерживалась в оптимальном для спорофитов ламинарии диапазоне — 12–16 °С. При этом колебания температуры в границах этого диапазона были минимальными. В разные годы температурный режим различался. В 2020–2021 гг. температура воды в ходе выращивания ежедневно постепенно понижалась на 0,1–0,2 °С в сутки — от 16 до 12 °С к концу выращивания. Однако регулировка температуры с такой точностью с использованием имеющегося оборудования оказалась затруднительной. Поэтому в 2022 г. в течение всего процесса (от оседания зооспор и до стадии раннего спорофита) температура воды поддерживалась постоянная — 14 °С.

### **Результаты и их обсуждение**

*Стимуляция созревания споронной ткани.* Для эффективного выращивания рассады в цеховых условиях необходимо получить зооспоры в более ранние сроки — к концу августа, тогда как в природных условиях закладка споронной ткани начинается в начале сентября, а максимального развития она достигает к началу октября. Спорообразование у ламинарии наступает в период приобретения репродуктивной зрелости, которая характеризуется накоплением определенного количества аминокислот, в частности до 2800 мг % глютаминовой кислоты [Крупнова, Подкорытова, 1985]. В природных условиях такое количество аминокислот ламинария образует в конце августа — начале сентября. Однако при выращивании ламинарии в поверхностном слое воды синтез необходимого количества веществ, в частности аминокислот, отвечающих за спорообразование, происходит в более ранние сроки.

Стимуляция созревания споронной ткани ламинарии осуществляется в несколько этапов. В начале апреля горизонтальный канат с растениями поднимают к поверхности воды, а поводцы с ламинарией размещают «качелями» (оба конца поводца привязаны к горизонтальному канату) для равномерного нахождения слоевищ в условиях повышенной освещенности и притока биогенов.

В поверхностном слое воды происходит наибольшее перемешивание и перемещение водных масс под действием ветра, что обеспечивает наибольший приток био-

---

\* Инструкция... (1990).

генных веществ в единицу времени по сравнению с нижними горизонтами. Также у раздела воды и атмосферы создаются дополнительные источники питательных веществ, приносимых воздушными пузырьками, поднимающимися со дна моря, на стенках которых концентрируются азот, фосфор и углекислый газ [Зайцев, 1979]. Ламинария, выращиваемая у поверхности воды, находится в наиболее благоприятных условиях и к концу мая — началу июня приобретает хорошую массу и физиологическую зрелость.

Для обеспечения свободного доступа биогенных элементов осуществляется разреживание ламинарии, в ходе которого также производится отбор маточных слоевищ. На поводце (длиной 5 м) оставляют 15–20 наиболее крупных слоевищ, имеющих признаки склонности к раннему накоплению аминокислот и раннему спорообразованию — крупные размеры, темный цвет и короткий черешок [Крупнова, 2002].

В весенне-летний период канат поддерживается у поверхности воды за счет привязывания дополнительных плавучестей до достижения температуры воды 18 °С, что обычно отмечается в начале июля.

В начале июля на маточные слоевища в шахматном порядке наносят поперечные надрезы. Это вызывает нарушение характерного для бурых водорослей потока синтезируемых веществ от основания к вершине и способствуют их накоплению (в том числе ответственных за начало спорообразования аминокислот) перед надрезами.

После этого горизонтальный канат с поводцами и находящейся на них ламинарией заглубляют на глубину 8–15 м (в зону пониженной температуры) для предотвращения разрушения слоевищ и создания пониженной освещенности, имитирующей осень.

В результате проведенных мероприятий к концу второй декады августа маточные слоевища в большинстве готовы к выходу зооспор. При этом 70 % растений имеют спороносную ткань с покрытием от 10 до 40 %, в то время как обычные слоевища на плантации еще практически не спороносят. На природных полях в северных районах Приморья (на полигоне в районе от мыса Ватовского до мыса Четырех Скал) в это время спорообразование начинают только 2–3 % слоевищ. Коэффициент покрытия у маточных слоевищ, подвергшихся стимуляции созревания спороносной ткани, равен 0,3, а в северном Приморье таких значений коэффициент достигает только к концу сентября. Слоевища крепкие, темного цвета, без признаков разрушения.

В начале сентября осуществляют отбор и транспортировку маточных слоевищ в Центр марикультуры на о. Попова.

Для оспоривания отбирают наиболее зрелые маточные слоевища ламинарии с развитой спороносной тканью. В момент отбора слоевища на 60–90 % покрыты зрелой спороносной тканью, имеющей VI стадию зрелости (рис. 2).



Рис. 2. Маточные слоевища ламинарии со зрелой спороносной тканью  
Fig. 2. Plants of laminaria with mature spore-bearing tissue

*Выращивание ранней рассады.* Оспоривание субстратов-рамок и выращивание зооспор, гаметофитов и ранней рассады в Центре в 2020 г. продолжалось с 17 сентября по 5 ноября (50 сут). В 2021 г. оспоривание проводилось в два этапа, выращивание осуществлялось с 16 сентября по 27 октября (41 сут) и с 21 сентября по 27 октября (36 сут), в 2022 г. — с 10 сентября до 15 октября (37 сут).

В первые сутки с момента оспоривания, как в 2020 г., так и в 2021–2022 гг., из зооспор образовались проростковые трубки, на 3-й день — гаметофиты, на 5-й — одноклеточные спорофиты, на 7-й — двухклеточные, на 8-й день — однорядные семиклеточные спорофиты, после чего массово начали развиваться многоклеточные спорофиты (рис. 3).

Ко второй декаде октября по достижении спорофитами длины 400 мкм их рост начал происходить по-разному. При постепенном понижении температуры воды (в 2021 г.) рост спорофитов был более активным, и за 5 дней (с 23 по 27 октября) их длина резко увеличилась до 800–1200 мкм. При постоянной же температуре воды (в 2022 г.) за эти 5 дней длина спорофитов увеличилась всего лишь на 100 мкм и составила к 27 октября 500 мкм (2022 г.) (рис. 4).

Влияние температуры воды на развитие ранних микроскопических стадий ламинарии является значимым фактором в ее жизненном цикле. При этом период длительности благоприятной для размножения температуры воды намного короче общего температурного диапазона обитания вида. Как известно, относительная консервативность температуры размножения четко коррелирует с зональным типом ареала. В биогеографической литературе эту эмпирически установленную закономерность именуют правилом Ортона [Кафанов, Кудряшов, 2000]. Диапазон температур для развития зооспор у ламинарии — от 16 до 12 °С — в природных условиях отмечается в сентябре-октябре, когда в море происходит осеннее охлаждение воды. Максимальное развитие репродуктивной спороносной ткани ламинарии на её природных полях приходится на период, когда температура воды благоприятна для развития выходящих из нее зооспор и дальнейшего роста гаметофитов и рассады. Это обеспечивает ежегодную воспроизводимость вида [Крупнова, 2012]. В случае проведения оспоривания субстратов для выращивания ламинарии в двухгодичном цикле на плантациях в море при более высокой или низкой температуре происходит гибель гаметофитов [Крупнова, 2004, 2012]. Именно при таких температурах воды осуществляется выращивание зооспор и гаметофитов до стадии ранней рассады в заводских условиях [Hasegawa, 1971; Lüning, Neushul, 1978; Мальцев, Моисеенко, 1979].

Поддержание оптимального температурного режима позволяет ускорить развитие ранних стадий по сравнению с природой, где происходят резкие перепады температуры, и получить жизнестойкую рассаду в более ранние сроки. Однако выращивание рассады в заводских условиях требует значительных затрат. В связи с этим необходимо найти баланс между продолжительностью выращивания рассады до жизнестойких размеров и минимизацией срока эксплуатации завода.

Эксперименты по культивированию рассады при разных температурных режимах показали, что плавное дозированное снижение температуры воды оказалось предпочтительнее, чем её поддержание на постоянном уровне 14 °С. При постепенном понижении температуры воды рассада растет быстрее, хотя в Центре легче поддерживать постоянную температуру, чем ежедневно проводить ее снижение.

Определение оптимального времени выращивания в заводских условиях тесно связано с изучением как скорости роста рассады, так и оценки ее выживаемости при разных размерах. Оптимальный для переноса в море размер ранней рассады является важным биотехнологическим показателем.

В 2021 г. культивирование рассады от стадии зооспоры проходило в течение 50 сут до достижения ею длины 1500–1800 мкм. При длине 800 мкм и особенно свыше 1000 мкм к 40-м сут культивирования на ювенильных спорофитах и нитях-субстратах

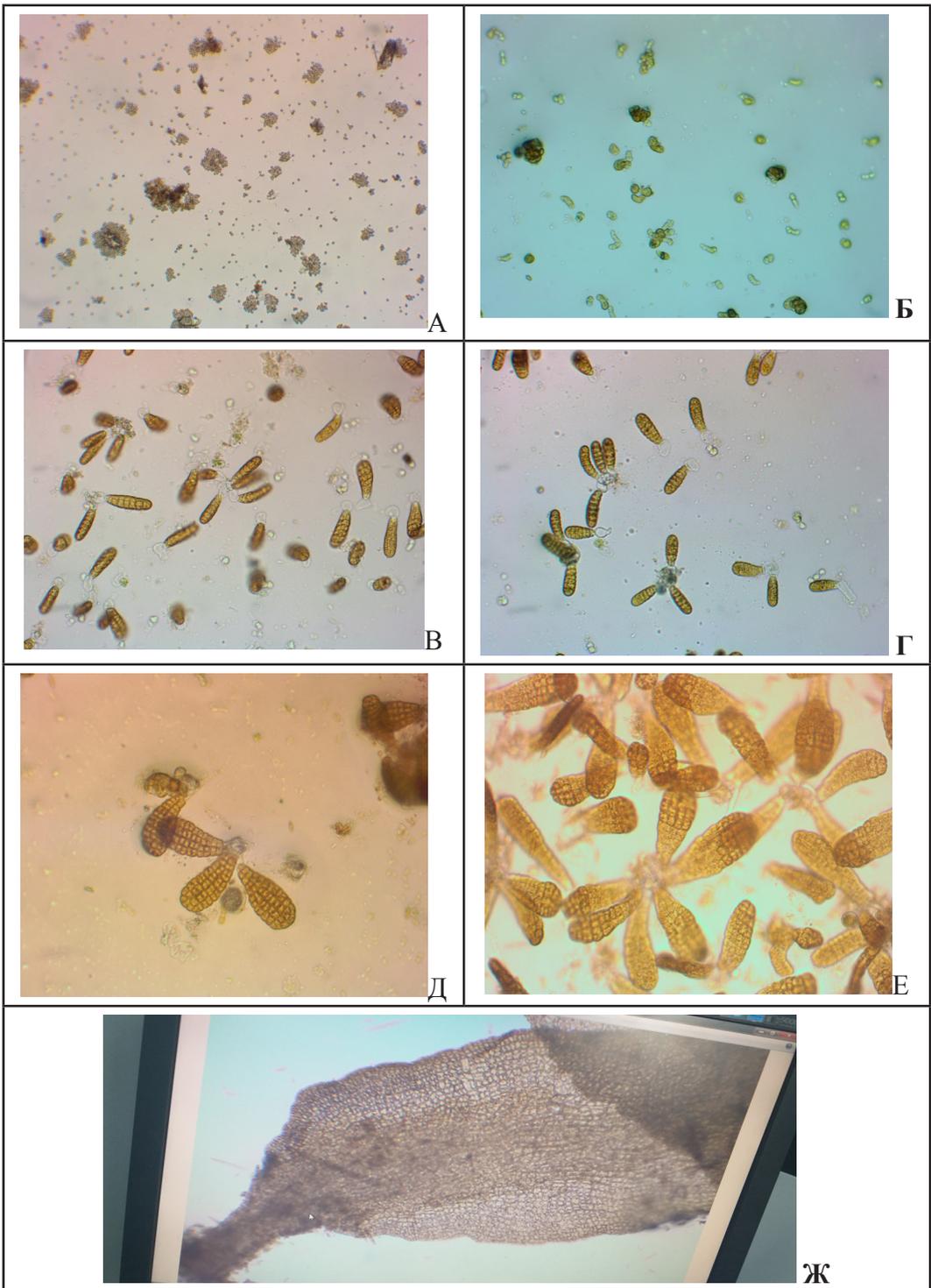


Рис. 3. Стадии развития рассады: А — осевшие зооспоры; Б — зооспоры с проростковыми трубками и гаметофиты; В — однорядные спорофиты; Г — двурядные спорофиты; Д — многоклеточные спорофиты; Е — многоклеточные спорофиты, видимые глазом (рассада); Ж — спорофиты длиной 2 мм

Fig. 3. Stages of laminaria seedlings development: А — settled zoospores; Б — zoospores with germ tubes and gametophytes; В — single-row sporophytes; Г — two-row sporophytes; Д — multicellular sporophytes; Е — Eye-visible multicellular sporophytes (seedlings); Ж — sporophytes 2 mm long

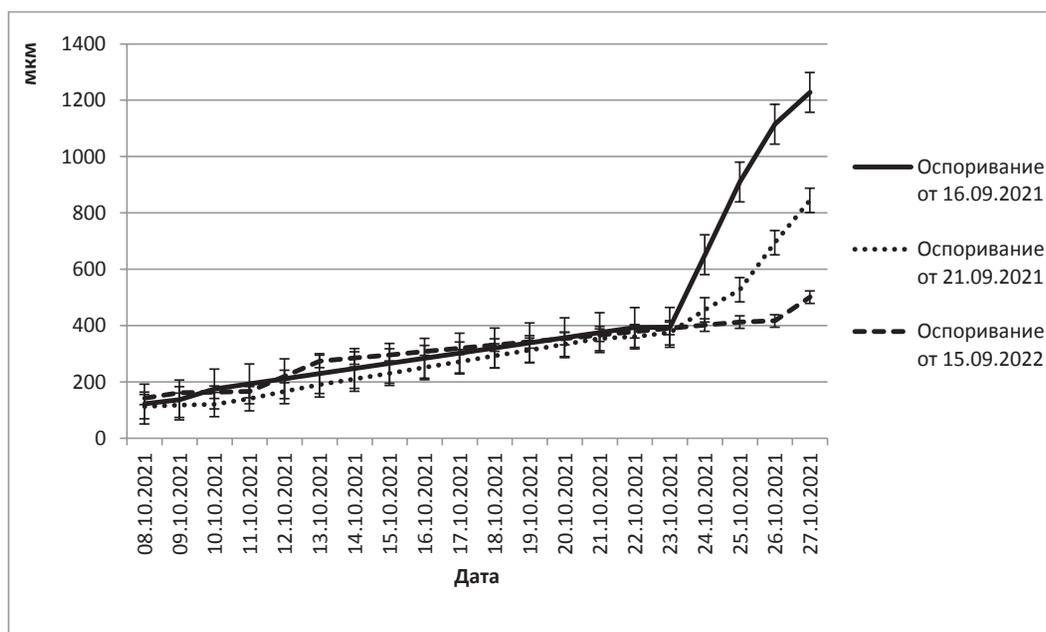


Рис. 4. Рост спорофитов ламинарии в зависимости от режима температуры воды в заводских условиях Центра марикультуры на о. Попова в 2021 г. (плавное понижение от 16 до 12°C) и в 2022 г. (постоянная температуры воды в 14 °C)

Fig. 4. Growth of laminaria sporophytes in dependence on water temperature in artificial conditions of the Center of Mariculture on Popov Island in 2021 (temperature decreased smoothly from 16 to 12°C) and 2022 (constant temperature of 14°C)

начали развиваться диатомовые водоросли, в основном *Tabularia tabulata*, *T. fasciculata*, *Thalassionema nitzschioides*, *Licmophora abbreviate*. К 50-м сут культивирования при длине рассады 1200 мкм практически все ее вершины и сами талломы были покрыты диатомовыми микроводорослями, что вызывало их разрушение (рис. 5)

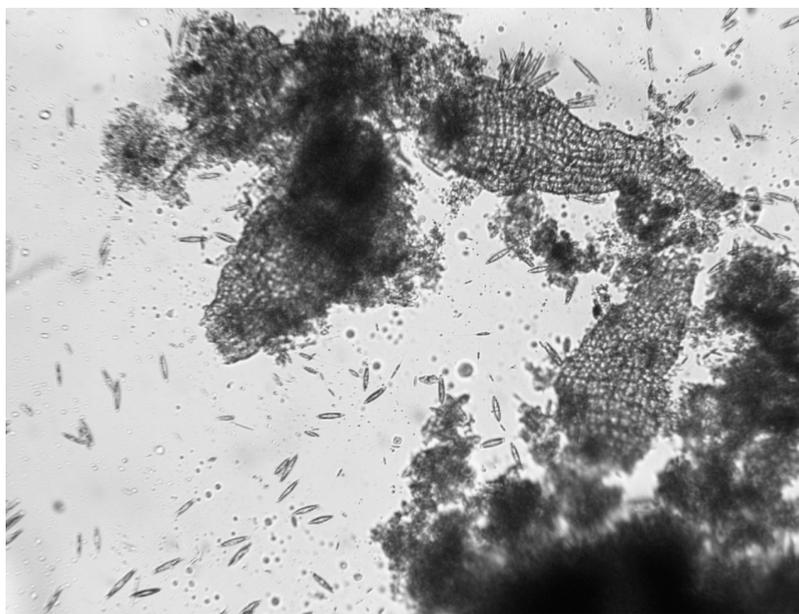


Рис. 5. Диатомовые водоросли на спорофитах ламинарии  
Fig. 5. Diatom algae on sporophytes of laminaria

Ранее в пос. Глазковка Приморского края рассада на заводе выращивалась до длины 2000 мкм, что требовало более активной аэрации и повышенного расхода питательных элементов. Также на ювенильные спорофиты длиной более 1000 мкм происходит оседание диатомовых водорослей, которые вызывают разрушение талломов. Результаты пересадки рассады длиной от 500 и до 1800 мкм с завода в море, проводимой ежегодно с 2020 по 2022 г., показали, что рассада длиной около 800 мкм хорошо приживается и в дальнейшем дорастает до товарных размеров. Рассада длиной менее 500 мкм частично погибает. Таким образом, необходимый уровень жизнестойкости рассады может быть достигнут в ходе выращивания в Центре на протяжении не более 35–40 сут до достижения ею длины 800 мкм.

### **Выводы**

Развитие ювенильных спорофитов ламинарии при их культивировании в заводских условиях более активно происходит при плавном понижении температуры воды от 16 до 12 °С (с ежедневным снижением на 0,1–0,2 °С).

Экспериментально показано, что длина заводской ранней рассады 800 мкм является оптимальной для переноса ее на морские плантации. Доращивание рассады в Центре до большей длины, чем 1000 мкм, требует более активной аэрации и повышенного расхода питательной среды. При длине рассады свыше 1000 мкм происходит оседание диатомовых водорослей на вершины ее талломов, что впоследствии приводит к разрушению всего растения. Полученные величины являются одними из важнейших нормативов технологического процесса выращивания рассады ламинарии в заводских условиях.

### **Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)**

Выражаем благодарность инженерно-техническому составу Центра марикультуры на о. Попова за обеспечение работы производственного оборудования завода по выращиванию водорослей, а также сотрудникам отдела марикультуры Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО) за помощь в выращивании рассады.

The authors are grateful to engineering and technical staff of the Center of Mariculture on Popov Island for maintenance of the production equipment in the algae growing plant and to colleagues from the Mariculture Department of the Pacific Branch of VNIRO (TINRO) for their assistance in the seedlings growing.

### **Финансирование работы (FUNDING)**

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study was not sponsored.

### **Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)**

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed. The authors state that they have no conflict of interest.

### **Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)**

Т.Н. Крупнова — разработка идеи исследования, организация процессов выращивания маточных слоевищ ламинарии и культивирования ее рассады в заводских условиях, обработка экспериментальных материалов и написание статьи. О.А. Понырко — проведение процесса выращивания рассады ламинарии, обработка экспериментальных материалов.

T.N. Krupnova — concept of the research, conducting the growing of mother thalli of laminaria and cultivation the seedlings in artificial conditions, processing the experimental materials, and writing and illustration the text of article. O.A. Ponyrko — conducting the growing of laminaria seedlings and processing the experimental materials.

### Список литературы

**Зайцев Ю.П.** Нейстон — биологический фактор воздействия на свойство воды в зоне гидросфера-атмосфера // Взаимодействие между водой и живым веществом. — М. : Наука, 1979. — С. 21–25.

**Кафанов А.И., Кудряшов В.А.** Морская биогеография : учеб. пособие. — М. : Наука, 2000. — 176 с.

**Крупнова Т.Н.** Влияние океанолого-климатических факторов на динамику полей ламинарии японской (*Laminaria japonica* Aresh.) в северной части Японского моря // Гидрометеорология и гидрохимия морей. — Т. 8 : Японское море. — Вып. 2 : Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. — СПб. : Гидрометеоиздат, 2004. — С. 162–166.

**Крупнова Т.Н.** Особенности развития споронной ткани у ламинарии японской под воздействием изменяющихся условий среды // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 130. — С. 474–482.

**Крупнова Т.Н.** Прогнозирование запасов ламинарии (*Saccharina japonica*) с заблаговременностью в два года // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 30–44.

**Крупнова Т.Н., Подкорытова А.В.** Морфобиологические группы *Laminaria japonica* Aresch. и их биохимические особенности // Растит. ресурсы. — 1985. — Т. 21, № 2. — С. 210–215.

**Мальцев В.Н., Моисеенко Т.Н.** Результаты исследований культивирования ламинарии японской в Приморье // Изв. ТИНРО. — 1979. — Т. 103. — С. 47–54.

**Пат. РФ № 2767197** Способ форсированного получения рассады ламинарии (*Saccharina*) японской в заводских условиях / Т.Н. Крупнова, А.В. Буслов, А.А. Байталюк, О.А. Поньрко. Заявл. 04.01.2021; Оpubл. 16.03.2022.

**Рябушко Л.И., Бегун А.А.** Диатомовые водоросли микрофитобентоса Японского моря : моногр. — Севастополь : КИА, 2016. — Т. 2. — 322 с.

**Цзен Чен Куй, У Чжао Юань.** Разведение морской капусты и связанные с этим проблемы // Ботан. журн. — 1956. — Т. 41, № 2. — С. 182–192.

**Hasegawa Y.** Cultivation of laminaria in Japan // Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. — 1971. — Vol. 37. — P. 46–48.

**Hasegawa Y.** Progress of Laminaria cultivation in Japan // J. Fish. Res. Bd Canada. — 1976. — Vol. 33. — P. 1002–1006.

**Lüning K., Neushul M.** Light and temperature demands for growth and reproductions of laminarian gametophytes in southern and central California // Mar. Biol. — 1978. — Vol. 45. — P. 297–309. DOI: 10.1007/BF00391816.

**Mizuta H., Hayasaki J., Yamamoto H.** Relationship between Nitrogen Content and Sorus Formation in the Brown Alga *Laminaria japonica* Cultivated in Southern Hokkaido, Japan // Fish. Sci. — 1998. — Vol. 64(6). — P. 909–913. DOI: 10.2331/fishsci.64.909.

### References

**Zaitsev, Yu.P., Neuston** — a biological factor influencing the properties of water in the hydrosphere-atmosphere zone, in *Vzaimodeystviye mezhdv vodoy i zhivym veshchestvom* (Interaction between water and living matter), Moscow: Nauka, 1979, pp. 21–25.

**Kafanov, A.I. and Kudryashov, V.A.,** *Morskaya biogeografiya* (Marine biogeography), Moscow: Nauka, 2000.

**Krupnova, T.N.,** The influence of oceanological and climatic facts on the dynamics of fields of Japanese kelp (*Laminaria japonica* Aresh.) in the northern part of the Sea of Japan, in *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei. T. 8: Yaponskoye more. Vyp. 2: Gidrokhimicheskiye usloviya i okeanologicheskkiye osnovy formirovaniya biologicheskoi produktivnosti* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 8: Sea of Japan, no. 2: Hydrochemical Conditions and Oceanographic Bases of Formation of Biological Productivity), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2004, pp. 162–166.

**Krupnova, T.N.,** Peculiarities of Laminaria japonica sporogenous tissue development under the influence of different environmental conditions, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 130, pp. 474–482.

**Krupnova, T.N.**, Forecasting of the laminaria *Saccharina japonica* stock with the lead time of two years, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 170, pp. 30–44.

**Krupnova, T.N. and Podkorytova, A.V.**, Morphobiological groups of *Laminaria japonica* Aresch. and their biochemical features, *Rastitel'nyye resursy*, 1985, vol. 21, no. 2, pp. 210–215.

**Maltsev, V.N. and Moiseenko, T.N.**, Results of investigation of *Laminaria japonica* cultivation in Primorye, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1979, vol. 103, pp. 47–54.

**Krupnova, T.N., Buslov, A.V., Baitalyuk, A.A., and Ponyrko, O.A.**, Patent RU № 2767197, Method for forced production of kelp (*Saccharina*) seedlings in factory conditions, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2022.

**Ryabushko, L.I. and Begun, A.A.**, *Diatomoye vodorosli mikrofitobentosa Yaponskogo morya* (Diatoms of the Microphytobenthos of the Sea of Japan), Sevastopol: KIA, 2016, vol. 2.

**Zeng Chen Kui and Wu Zhao Yuan**, Breeding seaweed and related problems, *Botan. Zh.*, 1956, vol. 41, no. 2, pp. 182–192.

**Hasegawa, Y.**, Cultivation of laminaria in Japan, *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, 1971, vol. 37, pp. 46–48.

**Hasegawa, Y.**, Progress of *Laminaria* cultivation in Japan, *J. Fish. Res. Bd Canada*, 1976, vol. 33, pp. 1002–1006.

**Lüning, K. and Neushul, M.**, Light and temperature demands for growth and reproduction of laminarian gametophytes in southern and central California, *Mar. Biol.*, 1978, vol. 45, pp. 297–309. doi 10.1007/BF00391816

**Mizuta, H., Hayasaki, J., and Yamamoto, H.**, Relationship between Nitrogen Content and Sorus Formation in the Brown Alga *Laminaria japonica* Cultivated in Southern Hokkaido, Japan, *Fish. Sci.*, 1998, vol. 64, no. 6, pp. 909–913. doi 10.2331/fishsci.64.909

**Krupnova, T.N.**, *Instruktsiya po biotekhnologii kul'tivirovaniya laminarii yaponskoy v dvukhgodichnom tsikle u beregov Primor'ya* (Instructions on biotechnology for cultivating Japanese *Laminaria* in a two-year cycle off the coast of Primorye), Vladivostok: TINRO, 1984.

**Buyankina, S.K.**, *Instruktsiya po biotekhnologii kul'tivirovaniya laminarii yaponskoy v dvukhgodichnom tsikle* (Instructions on biotechnology for cultivating Japanese *Laminaria* in a two-year cycle), Vladivostok: TINRO, 1988.

**Krupnova, T.N.**, *Instruktsiya po kul'tivirovaniyu i vosstanovleniyu poley laminarii* (Instructions for the cultivation and restoration of kelp fields), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008.

**Krupnova, T.N. and Dimitriev, S.M.**, *Instruktsiya po vyrashchivaniyu laminarii yaponskoy v dvukhgodichnom tsikle s tsekhovym polucheniyem rassady* (Instructions for growing Japanese *Laminaria* in a two-year cycle with workshop production of seedlings), Vladivostok: TINRO, 1990.

Поступила в редакцию 6.06.2024 г.

После доработки 5.08.2024 г.

Принята к публикации 13.09.2024 г.

The article was submitted 6.06.2024; approved after reviewing 5.08.2024;  
accepted for publication 13.09.2024