

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Белокопытин Ю. С. Исследования основного обмена у черноморских рыб. — Труды ВГО, 1973, т. 18, с. 117—128.
- Борисенко В. С. Влияние концентраций корма на рацион молоди кефали — лобана. — Рыбное хозяйство, 1978, № 4, с. 22—23.
- Винберг Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. — Минск: Изд-во Белорусского Государственного Университета, 1956. 251 с.
- Винберг Г. Г. Интенсивность обмена и пищевые потребности рыб. — Успехи современной биологии, 1966, т. 61, вып. 2, с. 274—293.
- Винберг Г. Г. Взаимозависимость интенсивности обмена и скорости роста у животных. — Биология моря, 1968, вып. 15, с. 5—15.
- Ивлев В. С. Метод вычисления количества пищи, потребляемой растущей рыбой. — Биология внутренних водоемов Прибалтики. М.—Л., 1962, с. 132—137.
- Карпевич А. Ф. Выносливость рыб и беспозвоночных при изменении солёности среды и методики ее определения. — Труды Карадагской биологической станции АН УССР, 1960, вып. 16, с. 86—131.
- Крохин Е. М. Определение суточных пищевых рационов молоди красной и трехиглой колюшки респирационным методом. — Известия ТИНРО, 1957, т. 44, с. 97—111.
- Мухамедова А. Ф. Уровень стандартного обмена молоди белого толстолобика *Hypophthalmichthys molitrix* (val). — Вопросы ихтиологии, 1977, т. 17, вып. 2(103), с. 330—337.
- Остапеня А. П. Полнота окисления органического вещества водных беспозвоночных методом бихроматного окисления. — Доклады АН БССР, 9, № 4, 1965.
- Сказкина Е. П. Энергетический обмен и пищевые рационы стальноголового лосося в условиях Чернореченского форелевого хозяйства. — Труды ВНИРО, 1970, т. 76, с. 130—134.
- Сушня Л. М. Количественные закономерности питания в связи с обменом и ростом ракообразных. — Труды ВГО, 1973, т. 18, с. 93—116.
- Яковлева К. К. Интенсивность обмена у мальков кефали и ставриды. — Биология моря, 1968, вып. 15, с. 99—103.
- Theilacker, G. H., M. F. McMaster. Mass culture of the rotifer *Brachionus plicatilis* and its evaluation as food for larvae anchovies. *Mar. Biol.*, 1971, 10, p. 183—188.

### *Energy metabolism and food requirements of cultivated larvae and young of grey mullet*

Maslova O. N.

#### SUMMARY

The food requirements of larvae and young of grey mullet were estimated in tanks. The rations were calculated by the balance equation (Vinberg, 1956). The relations of the oxygen uptake and the weights of larvae and young are expressed as  $R=1.65W^{1.752}$  and  $R=0.387W^{0.79}$  respectively. The relations of daily rations and weight of the young are described as  $C=0.579W^{1.14}$  when they were fed with rotifers and  $C=0.416W^{1.003}$  when they consumed *Artemia* nauplii.

УДК 574:639.64

## ИЗУЧЕНИЕ ГАМЕТОФИТА ЛАМИНАРИИ ЯПОНСКОЙ В СВЯЗИ С ЕЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЕМ

В. Н. Мальцев (ТИНРО)

Дальневосточные моря наиболее богаты как по видовому составу, так и по биомассе водорослей. Среди бурых водорослей, произрастающих у берегов Приморья, основным промысловым видом является ламинария японская (*Laminaria japonica* Aresch.), которая издавна употреблялась в пищу, а также как лекарственное и профилактическое средство во многих приморских странах Восточной Азии. В настоящее вре-

мя ламинария является ценным техническим сырьем для выработки альгиновой кислоты и ее производных. Альгинаты широко используются в пищевой промышленности, парфюмерии, медицине и фармакологии, сельском хозяйстве, бумажной и текстильной промышленности, в металлургическом производстве и радио-электронике, а также для очистки воды и многих других целей в качестве связующего, активизирующего, стабилизирующего и эмульгирующего вещества (Окадзаки, 1971).

Ежегодная добыча большого количества ламинарии японской вдоль всего побережья Приморья ставит перед учеными задачу сохранения прибрежных биоценозов. В таких странах, как Япония, Китай, КНДР, ламинариевые водоросли выращиваются в промышленном масштабе с применением разнообразных способов культивирования: активные (сбрасывание камней, взрывы рифов, удобрение, пересадка, ярусное культивирование) и пассивные (установление запретных зон промысла, очистка дна и др.). В нашей стране работы по выращиванию ламинарии проводятся в Японском, Белом и Баренцевом морях.

В Приморье ламинарию японскую начали выращивать в 1972 г., используя приемы и методы культивирования, существующие в мировой практике, применительно к нашим климатическим и эколого-биологическим факторам. В настоящее время созданы опытно-промышленные плантации по выращиванию ламинарии японской ярусным способом. Товарную ламинарию получают в результате двух лет выращивания.

Из естественных зарослей осенью отбирают зрелые маточные слоевища. Для одновременного выхода спор слоевища стимулируют: слегка подсушивают на воздухе, а затем помещают в емкости с морской водой. Под влиянием изменяющегося тургора в пластинках происходит активный выход спор, которые через несколько часов прикрепляются к веревкам. Оспоренные веревки закрепляют на заранее установленных в море специальных сооружениях. Из прорастающих спор сначала образуются гаметофиты (половое поколение), затем после оплодотворения развиваются спорофиты (бесполое поколение), которое весной пересаживают на выростные веревки или прореживают. На второй год ламинария достигает длины 3 м при массе 750 г. Урожай с 1 га морской плантации достигает 70 т массы-сырца.

От равномерного оседания спор ламинарии на искусственный субстрат (капроновые веревки), их своевременного прорастания и нормального развития гаметофита во многом зависит продуктивность водорослеводческих хозяйств. В этот период развития водоросль особенно чувствительна к воздействию различных факторов среды. Развитие ламинарии японской на ранних стадиях онтогенеза — один из важных, но мало изученных моментов ее жизни.

Ламинария японская имеет чрезвычайно большую плодовитость. По данным Гайла (1935), 1 см<sup>2</sup> спороносной ткани производит приблизительно 960 тыс. зооспор. Двухгодичный спорофит может выпустить сотни миллионов зооспор, однако в природе большинство их погибает вследствие воздействия неблагоприятных условий среды или отсутствия подходящего субстрата для оседания.

Канда (Kanda, 1936) дал описание мужских и женских гаметофитов ламинарии японской, отметив их различия, а также образование спорофитов. В трехмесячной культуре длина отдельных спорофитов достигала 1,2 см. По наблюдениям Гайла (1935), в природе в зависимости от температурного режима процесс развития ламинарии японской от момента оседания зооспор, через развитие гаметофитов, до образования видимых глазом спорофитов протекает в течение 80—180 дней. Фунано и Исикава (1974) считают, что запаздывание оплодотворения при развитии гаметофитов в естественных условиях связано со значительными

колебаниями содержания питательных веществ в воде и температуре воды. По-видимому, бедная питательная среда и высокая температура воды препятствуют оплодотворению. По данным Хасегава и Фукухара (1956), для развития гаметофита благоприятна температура воды около 11°C. Хасегава и др. (Хасегава, Комаки, Сибата, Хомма, 1960) отмечают положительное влияние мочевины (концентрации 10—100 мг/кг) на рост гаметофита и раннего спорофита. Эти авторы отмечали также образование спорофитов в основном в тех местах нити, где количество осевших спор сравнительно небольшое. Это могло быть связано с неравномерным распределением прикрепившихся к нити спор, что препятствовало нормальному развитию гаметофита.

Нами проводились наблюдения за аквариальной культурой ламинарии японской в среде Шрейбера (Shreiber, 1932), при температуре воды 11—15°C. Подсушенные двухгодичные слоевища ламинарии японской были помещены в морскую воду при температуре 13°C. Массовый выход зооспор произошел через 2 ч. Зооспоры овальные, яйцевидные, размером 7—9/4—6 мкм. Оседание их началось через 4 ч после выхода из спорангиев; через 6 ч около 20% зооспор прикрепилось к субстрату. Полное оседание спор произошло через 12 ч. Когда плотность оседания спор достигла 10—15 шт. на 1 мм<sup>2</sup>, предметные стекла с прикрепившимися спорами были перенесены в аквариум с питательной средой.

После оседания споры округлились и покрылись оболочкой (рис. 1). Хроматофор эмбриоспоры претерпел изменения: если у зооспоры хроматофор один, лентовидный, то у эмбриоспоры несколько бобовидных хроматофоров. Эмбриоспоры начали прорастать через 3—4 ч после оседания. Через 8—12 ч длина проростковой трубочки достигла 20—30 мкм, и содержимое эмбриоспоры начало постепенно перемещаться в дистальный конец трубочки (см. рис. 1). На второй день вокруг расширенного дистального конца трубочки образовалась оболочка и поперечная стенка начала отделять его от опустевшей оболочки эмбриоспоры. На третий день произошло первое клеточное деление и образовались двухклеточные гаметофиты.

На 12-й день мужские гаметофиты представляли собой ветвящиеся веточки, состоящие из 12—17 клеток размером 5—8 мкм. Большинство женских гаметофитов состояло из 1—2 клеток, хотя встречались и девятиклеточные. Клетки их округлые или грушевидные, размером 10—15 мкм, в первые дни растут очень медленно.

Образование половых органов происходило на 12—15-й день. На верхушках веточек мужских гаметофитов развивались антеридии, хроматофоры при этом начинали распадаться (рис. 2). Зрелый антеридий лопался, спермий выходил наружу, и на верхушках веточек оставались открытые оболочки антеридиев. Спермий имел эллипсоидную форму диаметром 4—6/3—4 мкм. Образование оогониев в женских гаметофитах происходило в то же время, при этом конечная клетка женского гаметофита вытягивалась и становилась в 2—3 раза длиннее, чем обычная вегетативная клетка. Хроматофоры ее распадались на мелкие части веретеновидной формы, которые располагались своими удлинненными концами по направлению к верхушке оогония. По мере созревания оогония происходил разрыв его оболочки, и яйцеклетка выпячивалась наружу (рис. 3). Яйцеклетка размером 20—32 мкм имела сферическую или овальную форму и была окружена чрезвычайно тонкой оболочкой. После оплодотворения оболочка зиготы утолщалась, что предупреждало внедрение других спермиев, которые часто скапливались на внешней поверхности оболочки.

На 6—7-й день после оплодотворения были отмечены 3—7-клеточные спорофиты, клетки которых располагались в один ряд. На 23-й день

культивирования спорофиты длиной до 80 мкм состояли из 30—50 клеток, расположенных в один слой (рис. 4). На 50-й день средняя длина спорофитов достигла 470 мкм при максимуме 620 мкм.

В то же время при температуре воды 14—17°C развитие гаметофита происходило более медленно. Образование половых органов произошло на 10—15 дней позже, чем в первом случае, спорофитов было немного. Опыты по выращиванию ламинарии японской в аквариуме показали, что температура 11—15°C благоприятна для развития гаметофита и раннего спорофита ламинарии японской. Развитие ее гаметофита в значительной степени зависит от плотности оседания спор.

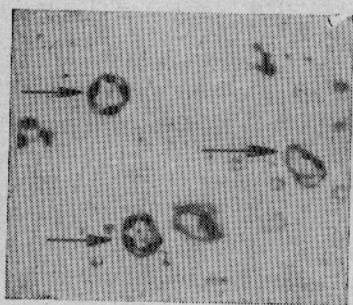


Рис. 1. Споры ламинарии японской в момент прикрепления и прорастания (увел. в 750 раз).

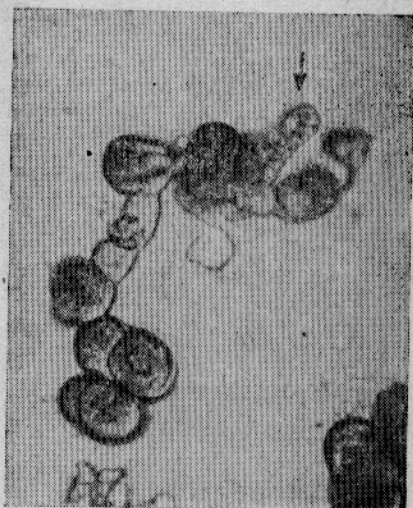


Рис. 2. Мужской гаметофит ламинарии японской с антеридием (увел. в 1500 раз).

При плотности оседания 10—15 спор на 1 мм<sup>2</sup>, как было показано выше, развитие гаметофита протекает нормально и в короткие сроки. В опыте часть стекол была оспорена до полного оседания зооспор, при этом плотность оседания достигла 500—800 спор на 1 мм<sup>2</sup>. При такой плотности эмбриоспоры начали прорастать только через 12 ч (одноклеточные гаметофиты образовались на 3—4-й день). Около 20% эмбриоспор не проросло, а из прораставших больше половины остановились в своем развитии на стадии образования проростковой трубочки. Развитие образовавшихся гаметофитов было замедленным: трехклеточные гаметофиты образовались только на 9—11-й день в небольшом количестве. Развития гаметангиев в течение 50 дней не было отмечено. Таким образом, большая плотность оседания спор ламинарии японской угнетает последующий рост и развитие гаметофита.

Для успешного культивирования ламинарии японской необходимо изучить ее развитие в природных условиях Приморья, которые существенно отличаются от таковых в странах традиционного выращивания водорослей — Японии, Китае, Корее. Для наших условий характерно раннее наступление гидрологической осени, сопровождающееся резким понижением температуры воды.

В районе расположения опытно-промышленной плантации рыбозавода «Валентин» температура воды осенью колеблется от 16—17°C в начале сентября до 4—5°C в ноябре. В октябре характерны резкие колебания температуры воды с понижением в течение нескольких дней до 5—6°C. Отмечено, что при бросании субстратов в конце сентября, когда температура воды в период развития гаметофита ( $\approx 20$  дней) не

опускается ниже 8—10°C, его развитие протекает нормально. Появление большого количества видимых проростков ламинарии в этих условиях происходит через 2,5—3 месяца после осаждения спор.



Рис. 3. Женский гаметофит ламинарии японской и яйцеклетка (увел. в 1000 раз)

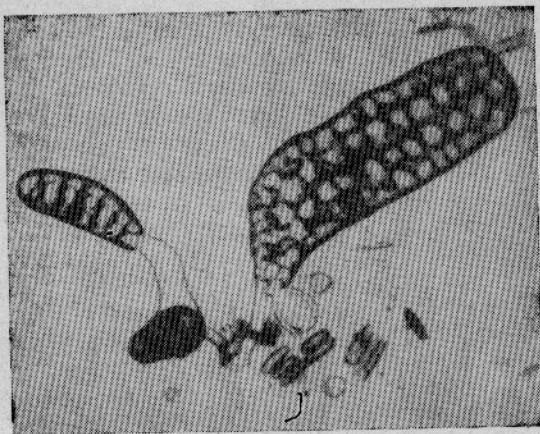


Рис. 4. Молодые спорофиты ламинарии японской (увел. в 750 раз).

Если же оспоривание субстратов проводится в октябре, когда температура воды резко понижается, прорастание спор замедляется, угнетается рост гаметофитов и уменьшается их выживаемость. Развитие спорофитов запаздывает и происходит неравномерно. Видимые проростки появляются только к весне и в недостаточном количестве.

Таким образом, создание оптимальных условий для развития гаметофита является одним из важнейших вопросов культивирования ламинарии японской. Особенно важно изучение гаметофита при проведении исследований по освоению более прогрессивного способа выращивания в одногодичном цикле. При этом способе выращивание гаметофита и раннего спорофита осуществляется в бассейнах с регулируемыми условиями среды. Способ форсированного культивирования заключается в выращивании ювенильных растений с опережением естественных сроков. Затем молодые спорофиты переносятся в море и выращиваются до товарных размеров. При этом, за счет удлинения вегетационного периода можно за одногодичный срок вырастить кондиционную ламинарию. В Японии одногодичное культивирование ламинарии начато в 1968 г., а к 1974 г. выход продукции, полученной этим способом превысил 7500 т (Hasegawa, 1976). Наиболее важными факторами для ускоренного производства молодых растений в бассейнах является питательный раствор, температура воды и освещенность (Hasegawa and Sanbonsuga, 1972). В оптимальных условиях выращивания в бассейне японские специалисты получают рассаду — проростки спорофитов — за 45 дней. Нами в лабораторных условиях, как описано выше, небольшое количество проростков ламинарии получено за 50 дней. Описанный нами метод одногодичного культивирования ламинарии весьма перспективен, его внедрение будет способствовать более широкому развитию водорослеводства в Приморье.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Гайл Г. Цикл развития и динамика зарослей японской ламинарии. — Труды ДВФАН СССР, 1935, т. 1, ботан. серия, с. 275—286.
- Окадзаки А., Морские водоросли и их применение в Японии. — Изд. Токийского ун-та (на яп. яз.), 1971.
- Фунано Т., Исикава М. Опыты по выращиванию стимулированной морской капусты и сам способ ее выращивания — Хокусуйси Гэппо, 1974, т. 31, № 10, (на яп. яз.).
- Хасегава Е., Фукухара Э. Разведение ламинарии. — Хокусуйси Гэппо, 1956, т. 13, № 10. (на яп. яз.).
- О влиянии мочевины на развитие морской капусты [Хасегава Е., Комаки С., Сибата М., Хомма К.]. — Хокусуйси Гэппо, 1960, т. 17, № 12 (яп.).
- Hasegawa, Y., Y. Sanbonsuga. Laboratory rearing of Laminariales plants. In: I. A. Abbott and M. Kurogi (ed) Contributions on the systematics of benthonic marine Algae of North Pacific Jpn. Sci. Phycol, 1972, p. 109—115.
- Hasegawa, Y. Progress of Laminaria cultivation in Japan. J. Fish. Res. Bd. of Canada. 1976, v. 33, N 4, part 2, p. 1002—1006.
- Kanda, T. On the gametophytes of some Japanese species of Laminariales. Sci. Rap. Inst. Algological Res. Fac. Sci. Hokk. Univ. 1936, v. 1, N 2, p. 221—260.
- Shreiber. Ueber die Entwicklungsgeschichte und systematische Stellung der Desmarestiaceen. Z. f. Bot, 1932, 25.

### *The study of the gametophyte of Laminaria japonica for cultivation purposes*

Maltsev V. N.

#### SUMMARY

The creation of optimum conditions for the development of the gametophyte is the main problem of cultivation of *Laminaria japonica*. It was necessary to collect data permitting the farm to accomplish the cultivation of *Laminaria* within a year instead of two years. The one-year cycle provides that gametophytes and sporelings are cultivated in tanks, then the sporelings are transferred to the sea. The temperature of water, medium and light are the most important factors which may accelerate the growth rate of young *Laminaria* in tanks. A few sproutings were obtained in the laboratory for 50 days.

УДК 582.26:639.294

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОРОСЛЕЙ (*Gracilaria verrucosa* (huds.) papenf), ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ**

**В. Ф. Макиенко (ТИНРО)**

Использование водорослей человеком имеет многовековую историю. Еще с античных времен многие водоросли использовались в пищу, особенно в странах Восточной Азии, Австралии, Океании. В настоящее время в различных странах водоросли используют в пищу, а также для кормления животных и как удобрения (Neish, 1976); на Гавайях, например, в пищу используют около 75 видов водорослей (Mathieson, 1975).

Водоросли содержат белки, углеводы, витамины, полный набор микроэлементов и поэтому имеют высокую пищевую и лекарственную ценность. Кроме того, из многих водорослей получают вещества, обладающие свойствами фикоколлоидов: агара, каррагинина, альгинатов.

В различных отраслях хозяйства очень широко применяют вещества желирующего характера, которые получают при переработке некоторых красных водорослей: *Gelidium*, *Pterocladia*, *Gracilaria*, *Ahnfeltia*, *Geli-diella*, *Suhria*, *Furcellaria*, *Euclidean*, *Phyllophora*, *Chondrus*, *Gigartina*.