

## ЛЕКЦИЯ 3

### КУЛЬТИВИРОВАНИЕ КРАСНЫХ И ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

#### КРАСНЫЕ ВОДОРΟΣЛИ

Красные водоросли, или багрянки (*Rhodophyta*), широко распространены во всех морях от зоны прилива и отлива до глубины 50...100 м. Красные водоросли относительно невелики — от нескольких сантиметров до 2 м. Биомасса красных водорослей в естественных зарослях составляет десятки или даже сотни граммов на 1 м<sup>2</sup>.

Размножаются красные водоросли вегетативно, бесполом и половым способами. В цикле их развития имеет место смена изоморфных и гетероморфных (полового и бесполового) поколений.

Объектами культивирования для получения желирующих веществ и пищевых целей являются несколько видов порфиры, грацилярии и эухеумы, реже анфельция, хондрус, гелидиум, фурцеллярия, хипнея, глойопелтис, родимения и другие виды.

**Порфира** (*Porphyra*) имеет гаметофит (половое поколение) и спорофит (бесполое поколение) разного строения (рис. 1). Слоевница гаметофита пластинчатые, состоят из одного-двух рядов клеток, достигают в длину нескольких десятков сантиметров, чаще 20...30 см. Пластина гладкая, с ровными или складчатыми краями, в основании сужается и переходит в маленький стебелек и подошву. Спорофиты (фаза конхоцелис) нитевидные, обитают на известковых раковинах моллюсков. На одном и том же слоевище гаметофита при половом размножении отдельные клетки образуют половые органы — сперматангии (мужские) и карпогоны (женские), в которых развиваются спермации (мужские половые клетки) и карпоспоры (женские половые клетки). Бесполое размножение осуществляется при помощи моноспор. Порфира среди красных водорослей занимает одно из первых мест по объему выращивания. В ней содержатся до 40 % белка (от сухой массы), витамины и ценные для человека микроэлементы. Культивируют ее в странах Юго-Восточной Азии и др.

В Японии субстратом для выращивания порфиры служат сети из синтетических материалов длиной 15...45 м и шириной 1,2...2,4 м, с ячейей 15 x 15 см, натянутые на бамбуковые рамы.

Рамы в горизонтальном положении крепят на вбитые в дно шесты с таким расчетом, чтобы в прилив они затоплялись, а в отлив обсыхали, или сооружают полуплавающие или плавающие установки.

Для сбора посадочного материала в естественных зарослях или искусственных посадках порфиры устанавливают коллекторы — связки раковин устриц, морского гребешка и других моллюсков, или виниловые пленки, покрытые

кальциевыми гранулами. Слоевища порфиры (гаметофиты) в период размножения (январь — апрель) освобождают карпоспоры, которые оседают на коллекторах. В море нитевидные конхоцелисы, развивающиеся из оплодотворенных карпоспор, начинают расти в марте — апреле.



**Рис. 1. Красные водоросли:**

1 - порфира (*Porphyra sp.*); 2 - грацилярия бородавчатая (*Gracilaria verrucosa*); 3 – анфельция (*Ahnfeltia tobachiensis*).

Коллекторы переносят в бассейны с фильтрованной стерильной морской водой. Для ускорения роста конхоцелиса в воду добавляют соли азота, фосфора, микроэлементы. В бассейнах конхоцелисы выращивают с зимы до сентября. В оптимальных условиях развитие конхоцелиса заканчивается за 50...60сут. Нитевидная стадия длится 20...26 сут, формирование спорангиальных ветвей — 8...33сут при температуре 20..25°C. Стадия конхоспор длится 1...7сут при температуре 15...20 °C. Оптимальная освещенность для развития различных фаз конхоцелиса 1500...6000 лк. На каждой раковине с конхоцелисами площадью 40 см<sup>2</sup> развивается 10 млн конхоспор. В сентябре коллекторы с конхоцелисами переносят в море или специальные бассейны, где они при понижении температуры воды до 21...22 °C и ниже продуцируют конхоспоры. Предварительно вымоченные в морской воде сети размещают в море или бассейнах и туда же помещают коллекторы с конхоцелисом, продуцирующим зрелые конхоспоры. Конхоспоры закрепляются на сетях спустя 1...2ч. Максимальное количество конхоспор прикрепляется при освещенности 2500...5000лк и снижается при более слабой или более интенсивной освещенности. После закрепления конхоспор сети в сентябре — октябре при температуре ниже 22 °C переносят в море для выращивания растений до товарной массы. Сети ставят на 10 см выше, а после декабря опускают на 20 см ниже среднего уровня моря, и во время отлива они на 4...4,5 ч остаются сухими. На 10 см сети прикрепляются по 1...2тыс. растений. За период с ноября — декабря по март собирают два — четыре урожая или по 35... 105 кг сырых водорослей с каждой сети размером 18 x 2 м.

Некоторые сети с проростками упаковывают в полиэтиленовые мешки и замораживают при температуре минус 20... минус 25 °С. По мере необходимости эти сети выставляют в море.

Урожай порфиры собирают с помощью стригущих механизмов или вакуумного насоса. Талломы сразу промывают сначала морской, потом пресной водой, обсушивают, подают на машины для изготовления специальных брикетов — листов, которые затем досушивают в сушилках.

Серьезную опасность для порфиры в процессе выращивания представляют красная гниль и хитридиевая болезнь. Причиной первого заболевания является гриб *Pythium porphyrae*. Болезнь развивается на листовых талломах порфиры, но отсутствует в фазе конхоцелиса. Заболевание передается через споры при температуре 24...28 °С, низкой солености и густых посадках. На листовых пластинах порфиры образуются пятна со светло-зеленой серединой. Красную гниль лечат или предупреждают это заболевание обработкой слоевищ в течение 12...23 ч аминокислотами — гистидином, метионином, тирозином.

Конхоцелис поражается заболеванием «желтая пятнистость». Это заболевание вызывается повышенными (1,25 г/л и более) концентрациями растворенного органического вещества (РОВ), выделяемого слоевищами порфиры. Симптомы болезни исчезают при снижении концентрации РОВ и значительно усиливаются при ее увеличении. Симптомы болезни отсутствуют при рН 5 и сохраняются в щелочной среде.

Хотя выращивание порфиры уже давно поставлено на промышленную основу, исследования по совершенствованию этого процесса продолжают. Особенно много делается в области гибридизации, по созданию искусственных сред для выращивания порфиры на стадии конхоцелиса, изучаются ее болезни и возможность сохранения зрелых талломов в живом состоянии в течение круглого года. Ведутся работы по выращиванию порфиры из спор до товарного размера в искусственных условиях при продувке среды воздухом, обогащенным CO<sub>2</sub>, при температуре 11...18 °С, освещении флюоресцентными лампами, что приводит к значительному увеличению урожайности. Проводятся опыты по получению конхоцелиса в течение круглого года. Для этого талломы высушивают до влажности 20...30 % и сохраняют в течение 6 мес при температуре 12 °С. После погружения талломов в воду при 22 °С и освещении образуются, выходят в воду, прорастают карпоспоры и начинают развиваться конхоцелисы.

**Грацилярия** (*Gracilaria*) используется для получения агара. Искусственно выращивают пять видов грацилярии.

У берегов нашей страны промысловых скоплений этой водоросли нет. Северная граница распространения этой тепловодной формы — Японское и Черное моря. Жизненный цикл грацилярии длится 4...5 мес. Она обладает высоким темпом роста, нетребовательна к условиям среды, эвритермна (8...30°С), эвригалинна

(5...35 ‰), произрастает на глубинах 0,5...4 м даже в загрязненных водах. Способна образовывать полиплоиды, что открывает широкие возможности для селекционной работы. Дает высокий выход агара хорошего качества (29...35 % сухой массы водоросли). Все это делает грацилярию весьма перспективным объектом для разведения и выращивания.

Известны две формы грацилярии: прикрепленная (Японское море) и неприкрепленная (Черное море). Неприкрепленная форма грацилярии обычно стерильна и размножается только вегетативно. В цикле развития прикрепленной грацилярии происходит чередование изоморфных поколений: гаметофита и спорофита, размножение половое, бесполое, вегетативное.

Грацилярию неприкрепленной формы культивируют тремя способами: на дне мелководных, хорошо прогреваемых лагун и искусственных прудов; на сетях и веревках в толще воды; в специальных емкостях в строго регулируемых условиях.

При выращивании грацилярии в прудах и лагунах оптимальная соленость составляет 25 ‰, температура — 20...25 °С. В прудах периодически меняют воду для поддержания необходимой солености и содержания питательных веществ, температуры, вносят азотные, фосфорные и органические удобрения. Иногда лежащие на дне неприкрепленные растения прикрывают сверху старыми сетями, чтобы они не перемещались и не сбивались в кучу.

Для борьбы с обрастаниями в пруды запускают некоторые виды рыб, которые питаются этими обрастаниями. Затем рыб из пруда удаляют, иначе они уничтожат и выращиваемые водоросли.

Грацилярию можно выращивать в монокультуре или поликультуре с креветками и крабами. Урожайность сухой водоросли достигает 3...10 т/га. При выращивании грацилярии на веревках и сетях пучки растений вплетают в них. Сети и веревки с вплетенными растениями располагают в толще воды на глубине 0,5...1 м. Урожайность достигает 3,5 кг сырой водоросли в год с 1 м веревки.

При выращивании грацилярии в емкостях в регулируемых условиях при плотности посадки 2...3 кг сырой водоросли на 1 м<sup>2</sup> можно получить урожайность до 24 т/га сухой водоросли в год.

Одна из основных проблем выращивания грацилярии в Японском море — получение посадочного материала. Естественные заросли грацилярии там малочисленны и не могут обеспечить ее промышленное культивирование посадочным материалом при вегетативном размножении.

В Черном море в толще воды на веревочных субстратах грацилярия растет круглогодично, максимальный рост приходится на август — октябрь. Фитомасса грацилярии сохраняется на поводце только 3 мес, после чего, если ее не срезать, она обрывается под собственной тяжестью.

**Анфельция** (*Ahnfeltia*) — многолетняя водоросль, живущая 7-10 лет. Длина слоевища 7...25 см, ветви цилиндрические, хрящевидные, ветвление неправильное,

или дихотомическое. В морях России обитают и являются объектом промысла два вида анфельции: в Белом море *Ahnfeltia plicata* (прикрепленная форма); в дальневосточных морях *Ahnfeltia tobachiensis* (неприкрепленная форма).

Неприкрепленная форма анфельции образует пласт на песчано-илистых грунтах при скорости течения 8... 16 см/с на глубине 2...38 м в бухтах залива Петра Великого (Японское море), лагуне Буссе (остров Сахалин) и заливе Измена (Южные Курильские острова) Размножение вегетативное. Биомасса составляет 0,1... 22 кг/м<sup>2</sup>, высота пласта 5...40 см. Общие запасы анфельции на Дальнем Востоке 125 тыс. т.

Прикрепленная форма анфельции, обитающая в Белом море прикрепляется к твердым грунтам на глубине 1...5 м с помощью подошвы. Размножение вегетативное и моноспорами. Биомасса 1...5 кг/м<sup>2</sup>, общие запасы 3 тыс. т.

При выращивании в море неприкрепленной формы анфельции ее подсевают на участки пласта, сильно истощенные промыслом, а также создают новый пласт в местах с условиями окружающей среды, благоприятными для развития этой формы анфельции. Однако создать новый пласт или существенно увеличить биомассу на обловленном пласте очень трудно.

**Эухеума** (*Euchema*) — ее довольно широко культивируют на Филиппинах. Фермы располагают среди рифов, на мелководьях, защищенных от штормов, но при наличии хороших течений.

Эухеуму выращивают на нейлоновых сетях размером 2,5 x 0,5 м с ячейей 30 см. Сети устанавливают горизонтально на высоте 0,6...1,5 м от дна в отлив. На 1 га размещают 800 сетей, к которым прикрепляют 100 тыс. пучков растений массой по 200 г. За 1ч опытный рабочий обслуживает две-три сети. В процессе ухода за плантацией удаляют обрастания и хищников, прежде всего морских ежей. Собирают урожай спустя 2 мес после посадки, когда масса пучка растений достигает 800 г. Получают четыре урожая в год общей массой 13 т/га сухой водоросли, а на экспериментальных фермах — до 30 т/га.

Другой вид эухеумы (*Euchema musciformis*) выращивают в США в бассейнах. Максимальный прирост массы 20...30 % в сутки достигается при густоте посадки 12,2 кг/м<sup>2</sup>. Расчеты показывают, что для получения 1000 т в год сухих водорослей площадь бассейнов должна составлять Юга, а общая площадь территории — 24 га.

В водах Балтийского моря ведутся работы по разведению агароносной водоросли фуруцеллярии. Для этого строят искусственные рифы и устанавливают в море твердые субстраты на глубине 8...15 м.

## ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ

Зеленые водоросли (*Chlorophyta*) содержат в хлоропластах только зеленый пигмент хлорофилл. Они широко распространены во всех морях и океанах в супралиторали, литорали и сублиторали до глубины 20...30 м. Размеры зеленых

водорослей колеблются от нескольких сантиметров до 1 м и более. Их биомасса обычно составляет сотни граммов на 1 м<sup>2</sup>, но может достигать и нескольких килограммов. Размножение вегетативное, бесполое и половое.

Зеленые водоросли разводят преимущественно в странах Юго-Восточной Азии и используют в пищу, так как они содержат до 26 % белка. Их используют в качестве удобрений и для очистки сточных вод, в том числе и от тяжелых металлов. Главные объекты культивирования среди зеленых водорослей — монострома (*Monostroma*), ульва (*Ulva*), энтероморфа (*Enteromorpha*), каулерпа (*Caulerpa*), кладофора (*Cladophora*) и др. (рис. 2).



**Рис.2 Зеленые водоросли: 1 - ульва; 2 - энтероморфа.**

При культивировании зеленых водорослей используют сети, устанавливаемые в литоральной зоне и на мелководных участках морей (эстуариях, устьях рек и др.). Зеленые водоросли выращивают самостоятельно или совместно с порфирой. С одной сети размером 18 x 2 м снимают три урожая в год, а всего — около 26 кг сырых зеленых водорослей.