

УДК 582.275.39:582.26—119

**ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИИ И БИОХИМИИ ЧЕРНОМОРСКОЙ
PHYLLOPHORA NERVOSA (DC) GREV.****К. М. Каминер**

Дефицит агара и агароподобных веществ, наличие значительных неиспользованных сырьевых ресурсов агарсодержащих водорослей, вызывает настоятельную необходимость дальнейшего расширения агарового производства.

Между тем недостаточная изученность биологических и технико-биологических особенностей видов филлофоры и их форм, произрастающих в северо-западной части Черного моря, препятствует организации рациональной эксплуатации значительных водорослевых ресурсов этой части моря. В настоящей работе предпринята попытка исследовать биологические и биохимические особенности форм *Ph. nervosa*, образующих промысловые скопления на поле Зернова и в заливах северо-западной части Черного моря, что позволит более рационально использовать эти водоросли.

Данные по биологии филлофоры ребристой, по литературным сведениям, весьма ограничены. По всей вероятности, на поле Зернова филлофора ребристая размножается только вегетативно, так как никем не были найдены ее органы размножения.

Экологические формы *Ph. nervosa* характеризуются определенными биологическими особенностями, которые тесно связаны с условиями обитания. *Ph. nervosa* — многолетняя водоросль, поэтому «старая» и «молодая» части таллома физиологически не идентичны. Чтобы установить различия между этими частями слоевища, *Ph. nervosa*, культивируемую в лабораторных условиях, расчленили на отдельные возрастные фракции (молодую и старую) и помещали в аквариумы с соленостью воды 18‰, которые устанавливали у окон, выходящих на север. Опыт ставили зимой, когда процессы роста сведены до минимума. Начало роста новых пролифакций наблюдалось у молодых частей слоевища в начале марта. На отделенной старой части слоевища «юные» пролифакции не появлялись, хотя старая часть слоевища оставалась вполне жизнеспособной. Отделенные от талломов молодые членики к концу второго года вегетации превратились в хорошо развитые растения.

Разновозрастные части слоевища *Ph. nervosa* отличаются физиологической разнокачественностью: наиболее активным ростом характеризуется молодая часть таллома на уровне завершившего рост последнего конечного членика.

В море рост имеет свои закономерности и тесно связан с рядом экологических факторов. Новые членики образуются только на завершивших рост конечных члениках прошлого года.

Сроки начала роста водорослей в естественных и лабораторных условиях не совпадают. У широкочленистой формы *Ph. pervosa* завершение роста молодых и начало образования юных члеников наблюдается в июне — июле; у узкочленистой — в августе — сентябре [3]. Рост и формирование члеников у обеих форм *Ph. pervosa* продолжается и в осенне-зимний период, однако масса таллома снижается. Видимо, в это время года процессы отмирания старой части таллома превалируют над процессами роста.

Процессы роста и накопления органической массы *Ph. pervosa* тесно связаны с температурой придонных вод и суточной величиной солнечной радиации, которая на параллели 45° с. ш. составляет 150 ккал/см² в год. Значения радиации в течение года изменяются в широких пределах: в декабре она в 4 раза меньше, чем в июне. Наибольший прирост массы (весовой) филлофоры наблюдается весной, когда при значительном прогреве придонных вод очень высока солнечная радиация.

Фотосинтез и фотосинтетические пигменты. Интенсивность фотосинтеза (кислородный обмен по методу Винклера) филлофоры изучалась в природной обстановке (на глубине 25 и 35 м) в районах произрастания широко- и узкочленистой форм вида. Склянки с водорослями в специальных контейнерах опускались на дно моря; экспозиция 4 ч, регистрировались температура воды, соленость, кислород, прозрачность (по диску Секки), освещенность поверхности моря и придонных горизонтов воды, облачность.

Интенсивность фотосинтеза носит сезонный характер с весенним максимумом. В июне интенсивность фотосинтеза и накопление массы водоросли резко снижаются, хотя среднемесячная величина солнечной радиации в это время самая высокая — 30 ккал/см² в месяц, но она действует угнетающе на фотосинтез этой теневыносливой водоросли.

В конце июля — начале августа наблюдается новый подъем интенсивности фотосинтеза. Среднемесячная величина солнечной радиации для августа составляет 26 ккал/см² в месяц.

По всей вероятности, оптимальной величиной солнечной радиации для протекания ассимиляционных процессов у *Ph. pervosa* является 500 — 750 ккал/см²/сут.

Наибольшей интенсивностью фотосинтеза отличается широкочленистая форма *Ph. pervosa*. Содержание абсолютно сухих веществ в талломе этой водоросли достигает 30% ; у узкочленистой формы содержание сухих веществ значительно ниже.

В осенне-зимний период, когда солнечная радиация резко снижается до 250 — 350 ккал/см²/сут, фотосинтез падает до минимума, держится на уровне точки компенсации, а иногда имеет и отрицательное значение. Рост и формирование члеников текущего прироста в этот период года все же наблюдается и, видимо, осуществляется за счет ассимилятов, накопленных водорослью в весенне-летний период.

Изучение фотосинтетических пигментов филлофоры ребристой проводилось сотрудниками Одесского университета [4, 5]. Нами выяснена сезонная динамика содержания пигментов в талломах двух основных форм *Ph. pervosa* (широко- и узкочленистой).

Водоросли добывались с восьми стандартных станций ежемесячно. Концентрация зеленых и желтых пигментов в ацетоновом экстракте измерялась на спектрофотометре СФ-4, красных (фикобиллины) — на фотоэлектроколориметре М-56. Расчет производился по формулам Maskipney (1941) и Miller (1934, 1937).

Снижение уровня концентрации хлорофилла a , ксантофилла и β -каротина характерно как для широкочленистой, так и для узкочленистой форм в конце осени и в зимний период. Максимум пигментов наблюда-

ется в весенне-летний сезон года. Содержание красных пигментов в различные периоды года не меняется существенно. Наиболее богата пигментами молодая часть слоевища водоросли.

Сравнительная биохимическая характеристика *Ph. pervosa* получена на материале, взятом на стандартных станциях филлофорного поля Зернова и в заливах. В тщательно очищенных, измельченных водорослях определяли минеральные вещества — озолением при 700° С. Отдельно в навеске определяли йод [1]; общее содержание азотистых веществ — по Кьельдалю; белковых веществ — по Барнштейну. Моносахаридный состав легко- и трудногидролизуемых полисахаридов устанавливали методом нисходящей хроматографии на бумаге в системе растворителей: бутанол — пиридин — бензол — вода в соотношении 5:3:1:3 [1, 2]. Сумму редуцирующих сахаров определяли по Бертрану.

Содержание золы (общая зольность) определяли в четырех экологических формах. Водоросли были добыты в одно и то же время (25 октября 1973 г.) и единообразно подготовлены к анализу. Сравнительно высоким минеральным составом характеризуются шаровидная и тендровская формы *Ph. pervosa*, зольность которых составляет соответственно 10,3 и 9,25%; зольность у широкочленистой формы составляет 7,8%, а узкочленистой — 7,43%. Для двух форм (широко- и узкочленистой) минеральная часть определялась во все сезоны года. Характерно, что в весенне-летний период общая зольность изучаемых популяций несколько выше, чем в осенне-зимний.

Отдельно в золе популяций *Ph. pervosa* определялся йод. В октябре содержание йода в талломах узкочленистой и шаровидной форм было почти вдвое больше (0,96%), чем в популяциях широкочленистой (0,41%) и тендровской форм (0,45%).

Содержание йода в сырье узкочленистой формы *Ph. pervosa* во все периоды года высокое и держится почти на одном уровне (0,87—0,96%); для широкочленистой, обитающей на средних глубинах (22—25 м), характерно снижение содержания йода в летне-осенний период.

Проведенные исследования показали, что основную часть органических веществ *Ph. pervosa* составляют углеводы и азотистые вещества, некоторые из них в период вегетации претерпевают значительные количественные изменения.

Редуцирующие сахара форм *Ph. pervosa* представлены легко- и трудногидролизуемыми полисахаридами. Соотношение их в зависимости от экологической формы (филлофоры) колеблется в значительных пределах (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика углеводного состава *Ph. pervosa* (DC) Grev. в октябре 1973 г. (в % к абсолютной сухой массе водоросли)

Формы <i>Phyllophora pervosa</i>	Сумма редуцирующих сахаров	ЛГП	ТГП
Широкочленистая	35,69	26,89	8,80
Узкочленистая	32,12	22,87	9,25
Шаровидная	38,41	27,36	11,05
Тендровская	34,03	25,55	8,48

В основном углеводы представлены легкогидролизуемыми полисахаридами (галактоза, глюкоза, арабиноза и ксилоза), преобладает галактоза (табл. 2) с максимумом в июне. Значительное падение редуцирующих сахаров отмечено в зимне-весенний период.

Моносахаридный состав *Ph. pervosa* (DC) Grev.
в октябре 1973 г. (в % к абсолютной сухой массе водоросли)

Формы <i>Phyllophora pervosa</i>	Галактоза	Глюкоза	Арабиноза	Ксилоза
Широкочленистая	14,80	1,58	+	1,44
Узкочленистая	17,88	7,76	+	4,11
Шаровидная	17,24	+	+	1,81
Тендровская	23,23	5,50	+	5,36

Если качественно моносахаридный состав во все сезоны года остается неизменным, то соотношение между отдельными сахарами претерпевает изменения. В содержании трудногидролизуемых полисахаридов (ТПП) не наблюдается значительных различий в изучаемых формах филлофоры; преобладает клетчатка.

По содержанию клетчатки *Ph. pervosa* (шаровидная форма) в 2 раза превосходит *Ph. Brodiaei*, соответственно 11 и 6,9%.

В весенне-летний период содержание клетчатки ниже у широкочленистой формы, чем у узкочленистой формы, в осенне-зимний период происходит выравнивание по данному показателю (рис. 3).

Уровень азотистых веществ для всех форм черноморской *Ph. pervosa* высок (см. табл. 3) и зависит от сезона года и условий вегетации.

Таблица 3

Азотистые вещества *Ph. pervosa* (DC) Grev,
в октябре 1973 г. (в % к абсолютной сухой
массе водоросли)

Формы <i>Phyllophora pervosa</i>	Общий азот	Сырой протеин $N \times 6,25$
Широкочленистая	4,69	29,3
Узкочленистая	4,63	28,9
Шаровидная	3,90	24,4
Тендровская	5,01	31,3

Максимум содержания «сырого» протеина в *Ph. pervosa* (широкочленистая) приходится на зимне-весенний период (табл. 4), летом отмечается значительное его снижение (25,83%). В узкочленистой форме наблюдается более равномерное содержание азотистых веществ во все периоды года, кроме снижения в октябре.

Оценка черноморской *Ph. pervosa* (DC) Grev как сырья для агарового производства. Из произрастающих в северо-западной части

Таблица 4

Сезонные изменения в содержании азотистых веществ *Ph. pervosa* (DC) Grev.
1973—1974 гг. (в % к абсолютной сухой массе водоросли)

Месяц	<i>Phyllophora pervosa</i>			
	широкочленистая		узкочленистая	
	общий азот	$N \times 6,25$	общий азот	$N \times 6,25$
Январь	5,73	35,80	5,02	31,40
Март	5,51	34,45	4,93	30,80
Июнь	4,13	25,83	5,06	31,60
Октябрь	4,69	29,30	4,63	28,90
Январь	5,52	34,50	4,96	31,00

Черного моря форм *Ph. pervosa* в настоящее время используется только широкочленистая форма.

Нами изучались экстракты агароида из водорослей по методу однократных трехчасовых варок в дистиллированной воде. Длительность варок определена эмпирически и для условий данного опыта является оптимальной. Варки производились без избыточного давления в стеклянных конических колбах на глицериновых банях.

Температурный режим каждой варки стабильно поддерживался в пределах 98—100°С с помощью термореле; гидромодуль составлял 1:10. Экстракты анализировались согласно требованиям ГОСТа на агароид. Повторность всех вариантов опыта трехкратная. Сравнительные лабораторные исследования показали, что наиболее высоким выходом желирующих веществ и прочностью студня экстрактов отличается широкочленистая форма: прочность студня экстрактов, содержащих 2,5% сухих веществ, достигает 500—600 г по Валенту.

Узкочленистая форма, произрастающая на филлофорном поле Зернова в виде чистых зарослей и в смеси с *Ph. Brodiaei*, по прочности студня экстрактов (200—400 г) значительно уступает широкочленистой форме.

Экстракты, полученные из филлофоры Каркинитского залива — шаровидная форма, отличаются низким содержанием экстрактивных сухих веществ (1,63—1,83%); навары темно-коричневого цвета и очень мутные.

Из тендровской формы навариваются экстракты более светлые, но с таким же низким содержанием экстрактивных сухих веществ. После упаривания наваров (до 2,5% сухих веществ) студни приобретают значительную прочность (500—600 г).

С целью сравнительной оценки доброкачественности сырья изучаемых популяций нами рассчитывался «показатель добротности» по И. В. Кизветтеру [6] для широкочленистой и узкочленистой форм во все сезоны года:

$$D = \frac{AJ}{100},$$

где A — содержание агароида в филлофоре, %;
 J — прочность 2,5% студня, полученного из исследуемой водоросли.

Показатель добротности D для широкочленистой формы на протяжении вегетации колеблется в пределах 11—19 единиц, для узкочленистой формы *Ph. pervosa* он не превышает 6,5—10 единиц.

Что касается сезонной динамики накопления желирующих веществ и прочности студня, то наибольшей прочностью отличаются студни экстрактов из широкочленистой формы в осенне-зимний и весенний периоды. В летний период этот показатель ниже (400—500 г), в некоторые годы падает до 150—200 г.

Результаты выполненных исследований показали, что формы черноморской *Ph. pervosa* весьма разнокачественны. При разработке технологических схем утилизации сырья следует учитывать его технологические и биохимические особенности.

Выводы

1. К изучению биологических особенностей *Ph. pervosa* следует подходить дифференцированно, учитывая ее экологические формы.

2. Экологические формы *Ph. pervosa* характеризуются определенными биологическими и биохимическими особенностями, которые обусловлены средой обитания.

3. Формам черноморской *Ph. nervosa* по некоторым биохимическим и технохимическим показателям свойственны существенные различия, которые следует учитывать как в агаровом производстве, так и при использовании водорослей в других областях народного хозяйства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианов А. М., Гаж А. П. А. Определение йода в водорослях.— «Гидробиологический журнал», 1974, т. X, № 2, с. 122—124.
2. Дудкин М. С. и Старикова В. Е. Количественное определение углеводов в гидролизатах пленок проса.— «Известия вузов СССР. Пищевая технология», 1962, с. 24—26.
3. Каминер К. М. Особенности роста и накопления массы черноморской промысловой водоросли *Phyllophora nervosa* (DC) G. Материалы Всесоюзного симпозиума по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов. Ч. III, Киев, 1973, с. 69—73.
4. Лебедев С. И., Ярцева И. А. О биологических особенностях красной водоросли филофоры.— «Природа», 1956, № 4, с. 96—98.
5. Лебедев С. И., Ярцева И. А. Дослідження пигментів філофори. «Праці ОДУ», 1957, т. 146, вып. 8, с. 5—6.
6. Кизеветтер И. В. Технология дальневосточного агара.— «Известия ТИНРО», 1952, т. XXXVI. 310 с.

Peculiarities of biology and biochemistry of populations of *Phyllophora nervosa* (DC) G.

K. M. Kaminer

SUMMARY

Data on the biology, biochemistry and physiology of *Ph. nervosa* from the Black Sea are presented. Quantitative and qualitative characteristics of the biochemical composition are obtained. Differences in chemical and technological indices are shown on a population basis.
