

УДК 536.65 : 577.42 : 581.524 : 581.526.323 ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. Л. ДРАГОЛИ

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТЕПЛООБМЕНА ТАЛЛОМОВ МОРСКИХ
МАКРОФИТОВ С ВОДНОЙ СРЕДОЙ**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 29 IX 1971)

При изучении защитных реакций черноморских макрофитов на экстремальные изменения водной среды в опыте с охлаждением талломов бурой водоросли *Cystoseira barbata* при температуре, близкой к 0°, у этих талломов был обнаружен явственный эффект теплоотдачи. Разница в температурных показателях воды в непосредственной близости от талломов и на некотором расстоянии от них достигала в одном случае 1,5—2,0°, а в другом 3,0°. Это наблюдение и послужило поводом для специального исследования.

В обширной литературе, посвященной роли термического фактора в жизни водных растительных организмов, нам удалось обнаружить лишь одно исследование, имеющее непосредственное отношение к интересующему нас вопросу. Это — работа К. А. Виноградова, ⁽¹⁾, в которой обобщаются данные промеров температуры непосредственно в зоне скопления красной водоросли филлофоры (в северо-западной части Черного моря) и на некотором расстоянии выше от них и обнаруживается явное различие температурных показателей, свидетельствующее о наличии эффекта теплопередачи в массах филлофоры. Различие это достигало в серии осуществленных промеров летом 1954 и 1958 гг. от 0,4 до 4,6°. Однако происхождение теплового эффекта и в придонных скоплениях черноморской филлофоры, как и вопросы условий и распространенности этого явления, оставалось до сего времени не выясненным.

В качестве основных объектов исследования были взяты три наиболее массовых вида черноморских водорослей: зеленая — *Enteromorpha intestinalis*, бурая — *Cystoseira barbata* и красная — *Phyllophora nervosa*. Талломы цистозир и энтероморф были собраны в прибрежной зоне с обрастаний камней на глубине 0,5—1,0 м в районе Карадагской биологической станции. Образцы филлофоры получены в морской воде из аквариумов Севастопольского института биологии южных морей.

Основной задачей исследования явилось определение термической реакции талломов исследованных макрофитов на их охлаждение и последующий обогрев в водной среде. Для этого стограммовые навески талломов помещались в стеклянные чашки-кристаллизаторы диаметром 17 см, содержащие литровые пробы свежей морской воды. Контролем служили такие же чашки с морской водой, но не содержащие талломов. Охлаждение производилось в холодной термостатной комнате в течение 17—19,5 час. при температуре воздуха ниже нуля в пределах до 7—15°. Последующий обогрев проводился в условиях лаборатории при температуре 16—18°. Определение температуры воды во всех вариантах опытов осуществлялось при помощи предварительно откорректированных спиртовых минимальных термометров, укрепленных у стенок кристаллизаторов на одинаковом расстоянии от дна. Учет изменений температуры воздуха и воды проводился через каждые 10 мин.

В других опытах изучались теплообменные свойства в морской воде тех же навесок талломов водорослей, но предварительно убитых кипя-

Изменение температуры морской воды в вариантах опыта с живыми талломами энтероморфы и цистозирры

Охлаждение														
Время, час. мин.	14.50	15.00	15.10	15.20	15.30	15.40	15.50	16.00	16.10	16.20	16.30	16.40	16.50	17.00
T воздуха, °C	+18,8	-2,2	-7,1	-8,5	-8,7	-8,3	-8,1	-7,9	-7,9	-7,8	-7,8	-7,7	-7,6	-7,5
T воды контрольного варианта, °C	+18,6	+16,4	+14,3	+12,4	+10,8	+9,1	+7,8	+6,5	+5,3	+4,4	+3,5	+2,7	+2,0	+1,5
T воды в вар. с энтероморфой, °C	+18,0	+15,3	+13,3	+11,4	+9,8	+8,4	+7,4	+6,5	+5,4	+4,7	+4,0	+3,3	+2,8	+2,3
T воды в вар. с цистозиррой, °C	+18,3	+16,5	+14,3	+12,6	+11,0	+9,7	+8,6	+7,6	+6,7	+5,9	+5,2	+4,6	+4,0	+3,4

Согревание (после 17-часового охлаждения)														
Время, час. мин.	8.20	8.30	8.40	8.50	9.00	9.10	9.20	9.30	9.40	9.50	10.00	10.10	10.20	10.30
T воздуха, °C	-13,5	+17,8	+17,1	+18,8	+17,8	+17,6	+17,2	+17,2	+17,1	+17,0	+17,0	+17,0	+16,9	+16,9
T воды контрольного варианта, °C	-4,5	-4,6	-4,6	-4,6	-4,5	-4,3	-4,2	-4,0	-3,8	-3,6	-3,4	-3,2	-3,1	-2,9
T воды в вар. с энтероморфой, °C	-2,7	-2,2	-2,0	-2,0	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,0	-1,9
T воды в вар. с цистозиррой, °C	-3,2	-2,4	-2,3	-2,3	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,1	-1,9	-1,9	-1,8	-1,7

Убитые кипячением в условиях охлаждения														
Время, час. мин.	14.30	14.40	14.50	15.00	15.10	15.20	15.30	15.40	15.50	16.00	16.10	16.20	16.30	16.40
T воздуха, °C	+18,8	-12,9	-12,2	-11,4	-11,2	-11,0	-10,8	-10,8	-10,8	-10,5	-10,5	-10,3	-10,0	-10,0
T воды контрольного варианта, °C	+17,1	+15,5	+13,2	+11,4	+9,6	+7,9	+6,5	+5,2	+4,1	+2,9	+2,3	+1,5	+1,0	+0,4
T воды в вар. с энтероморфой, °C	+16,7	+14,4	+11,8	+10,0	+8,4	+7,0	+5,8	+4,8	+3,8	+2,9	+2,3	+1,7	+1,2	+0,6
T воды в вар. с цистозиррой, °C	+16,5	+14,3	+12,2	+10,4	+8,8	+7,3	+6,0	+4,9	+4,1	+2,9	+2,3	+1,6	+1,0	+0,4

Убитые кипячением в условиях согревания (после периода 18,5-часового охлаждения)														
Время, час. мин.	8.50	9.00	9.10	9.20	9.30	9.40	9.50	10.00	10.10	10.20	10.30	10.40	10.50	11.00
T воздуха, °C	-15,0	+16,8	+16,8	+16,9	+16,9	+17,0	+17,9	+16,8	+16,8	+16,8	+16,8	+16,8	+16,8	+16,9
T воды контрольного варианта, °C	-9,7	-9,9	-9,7	-9,2	-9,0	-7,9	-7,3	-6,8	-6,3	-5,8	-5,4	-5,1	-4,7	-4,4
T воды в вар. с энтероморфой, °C	-7,0	-6,0	-5,5	-5,0	-4,5	-4,2	-3,9	-3,7	-3,4	-3,3	-3,1	-2,9	-2,8	-2,6
T воды в вар. с цистозиррой, °C	-8,4	-6,8	-6,0	-5,3	-4,6	-4,3	-3,9	-3,6	-3,4	-3,1	-2,9	-2,7	-2,6	-2,4

чением, а также агароида, полученного из черноморской филофоры (в виде сухих пластинок) и гигроскопической хлопковой ваты, обладающих многими сходными свойствами (^{2, 3}). Навески последних двух объектов брались в половину меньше — по 50 г.

В описанных нами в этом сообщении опытах с макрофитами учитывались и сравнивались только изменения температуры морской воды в опытных и контрольных вариантах. В опыте же с агароидом и ватой па-

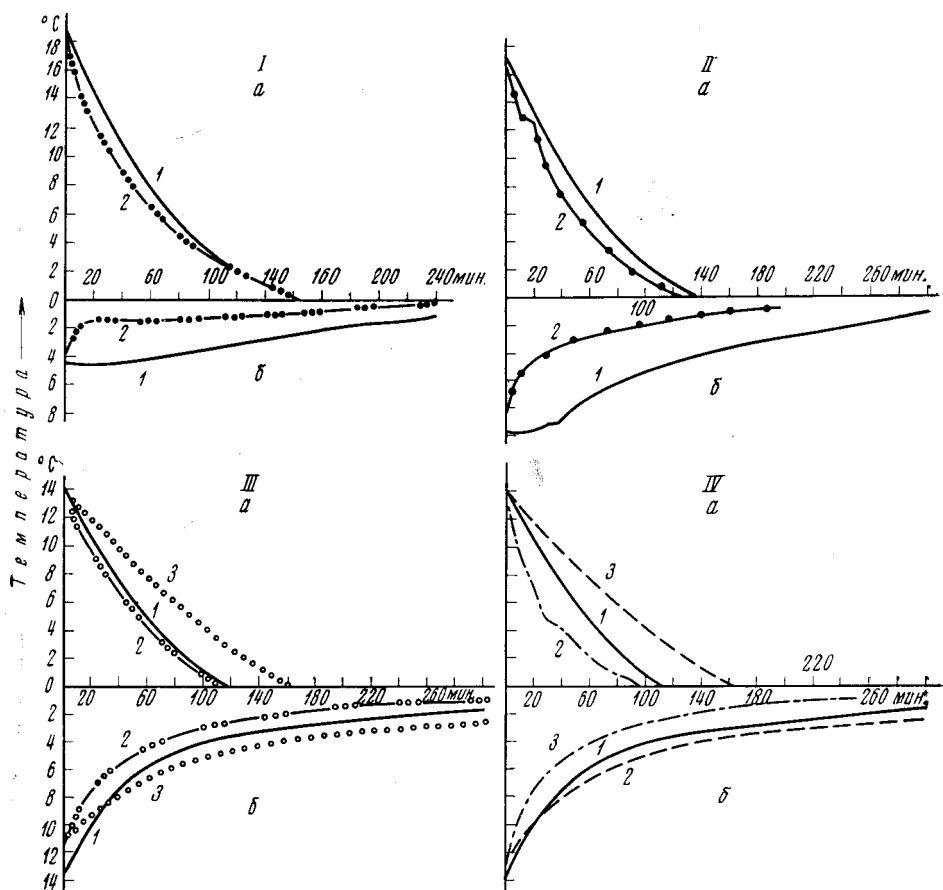


Рис. 1. Изменения температуры морской воды в вариантах опыта: I — с живыми талломами филофоры, II — с талломами филофоры, предварительно убитыми кипячением, III — с агароидом, IV — с хлопковой ватой, при охлаждении (а) и при последующем обогреве (б). Температура воды контрольного (1) и опытного (2) варианта, температура поверхности агароида (в морской воде) (3), поверхности ваты (в морской воде) (4)

раллельно учитывались также изменения температуры поверхности названных объектов. Для этого исследуемый материал плотно обертывался вокруг регистрирующего резервуара термометра с последующим фиксированием компактности комка тончайшей нейлоновой ниткой.

Результаты опытов с энтероморфой и цистозирой приведены (в начальных фрагментах серий промеров) в табл. 1. Результаты опытов с филофорой, агароидом и ватой приводятся на рис. 1 и в табл. 1.

Таким образом, как свидетельствуют результаты приведенных опытов, эффект теплоотдачи, который удалось воспроизвести при обогреве талломов в водной среде (после их предварительного охлаждения) практически не зависит от жизнеспособности водорослей.

Оба термических эффекта: аккумуляции тепла при охлаждении, с одной стороны, и теплоотдачи при последующем обогреве водной среды, с другой, — по-видимому, являются последовательными этапами интенсивного физического теплообмена, обусловленного специфическими свойствами (прежде всего высокой теплоемкостью) высокомолекулярных фитогенных полимеров, теплообменные свойства которых связаны с жизнью водорослей лишь косвенно, поскольку сами они являются продуктами жизненного процесса.

Можно думать, что именно этой закономерностью обусловлен и тепловой эффект в массах черноморской филофторы, описанный К. А. Виноградовым, поскольку наблюдения были сделаны им в июне — июле, т. е. в период, когда температура придонных слоев воды, как об этом свидетельствуют многолетние данные гидрологических характеристик северо-западной части Черного моря (⁴), еще повышается, вызывая тем самым эффект теплоотдачи.

Карадагское отделение
Института биологии южных морей
Академии наук УССР
Феодосия

Поступило
30 IX 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. А. Виноградов, Научн. ежегодн. Одесск. унив., биол. фак., в. 2, 141 (1960).
² И. В. Кизеветтер, В. А. Евтушенко, Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений, М., 1967. ³ Физические исследования по хлопку, Ташкент, 1962. ⁴ К. А. Виноградов, М. Ш. Розенгурт, Д. М. Талмазин, Атлас гидрологических характеристик северо-западной части Черного моря (в рыбопромысловых целях), Киев, 1966.