

# ДОКЛАДЫ

## АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ

---

---

АВТОРСКИЙ ОТТИСК

38-й ГОД ИЗДАНИЯ

Том 39, № 3

1995

УДК 596.324:591.134.1

Н. Н. ХМЕЛЕВА, А. П. ГОЛУБЕВ, А. КИДАВА

**РОСТ И РАЗМНОЖЕНИЕ DAPHNIA MAGNA (CLADOCERA)  
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СВЕТОВЫХ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ**

(Представлено академиком Л. М. Суценой)

Температурные условия в значительной мере определяют процессы роста, воспроизводства и продуктивности естественных популяций ветвистоусых раков [1, 2]. Фотопериод (соотношение между светлой и темной фазой суток) имеет главным образом сигнальное значение для запуска механизмов смены типов их размножения, выхода из диапаузы и т. д., но при определенных условиях может влиять на размеры и плодовитость рачков [3, 4]. Многочисленные экспериментальные исследования совместного воздействия светового и температурного факторов на рост и размножение ветвистоусых проведены при тех или иных комбинациях константных температур и фотопериодов. Однако в природных условиях, особенно в период весеннего прогрева водоемов, на фоне удлинения дня часто имеет место быстрое повышение среднесуточной температуры воды. Влияние такого сочетания повышающихся температуры и длительности светового периода на рост и размножение у ветвистоусых совершенно не изучено. Нами проведены специальные эксперименты с дафнией *Daphnia magna* — одним из доминирующих видов в зоопланктоне пресных вод и важным объектом аквакультуры. Ареал данного вида имеет значительную протяженность по широте — от арктических районов Европы до северо-западного побережья Африки [5], в пределах которого по сезонам года возникают самые разные сочетания температуры и фотопериода. Это делает указанный вид хорошей моделью для экспериментальных исследований.

Отрожденную молодежь *D. magna* в возрасте до 6—8 ч отбирали из лабораторной культуры и рассаживали по 25 особей в сосуды объемом 0,8 л с отстоянной водопроводной водой. Сосуды помещали в термостаты с 4 режимами температуры и фотопериода: I. Постоянная температура 25 °С и фотопериод 24С : 0Т (С и Т — продолжительность светлой и темной фазы суток, ч); II. Повышение температуры на 1° в сут от 20 до 30 °С, фотопериод 24С : 0Т; III. Ежесуточное повышение температуры на 1° от 20 до 30 °С и продолжительности светлой фазы на 1 ч в сут от фотопериода 7С : 17Т до 17С : 7Т; IV. Постоянная температура 25 °С и фотопериод 12С : 12Т.

В каждом режиме было по 6 параллельных сосудов. Длительность экспериментов — 11 сут. В режимах I и II длительность освещения за эксперимент составляла 264 ч, в III и IV — 132 ч, сумма температур за эксперимент во всех режимах равна 275 градусо-сут. Освещенность в установках от ламп дневного света (600 люкс) соответствовала естественной в водоемах на глубине 0,5—1 м в весенне-летний период. Концентрацию корма (суспензия *Chlorella* sp.) поддерживали на уровне 1 млн кл/мл. С интервалом 2—4 ч определяли сроки откладки яиц и вымета молодежи. Отрожденную молодежь подсчитывали и изымали для опре-

Таблица 1. Некоторые показатели роста *Daphnia magna* в разных режимах по окончании эксперимента

Показатель	Режим			
	I	II	III	IV
Соотношение самцы: самки	1:0,25	1:1	1:49	1:17
Выживаемость, %	100	94	100	100
Самцы				
размеры ( $L_d$ ), мм	2,06	2,02	1,90	2,025
С. V. для $L_d$ , %	3,9	2,2	—	0,1
сырая масса, мг	0,922	0,888	0,890	1,030
сухая масса, мг	0,0896	0,0965	—	0,113
Самки				
размеры при вымете первой кладки ( $L_1$ ), мм	2,26	2,54	2,34	2,65
С. V. для $L_1$ , %	8,4	3,8	2,6	3,7
размеры ( $L_d$ ), мм	3,14	2,95	2,75	3,02
С. V. для $L_d$ , %	4,5	0,8	0,8	2,8
сырая масса, мг	3,72	3,60	2,57	3,01
сухая масса, мг	0,230	0,232	0,274	0,222

Таблица 2. Некоторые показатели размножения *Daphnia magna* в разных режимах

Показатель	Режим			
	I	II	III	IV
Возраст самок при вымете первой кладки, ч	102	120	120	102
Длительность вынашивания первой кладки, ч	55	48	48	40
Размеры первой кладки ( $L_1$ )	4,22	6,85	9,30	10,52
С. V. для $L_1$ , %	44,0	24,2	50,2	33,4
Размеры последней кладки ( $L_d$ )	12,00	13,60	11,60	10,34
С. V. для $L_d$ , %	24,5	16,7	42,1	30,3
Абсолютная плодовитость за эксперимент в среднем на самку	41,3	29,6	17,1	30,2
Сырая масса новорожденных особей, мг	0,0450	0,0588	0,0410	0,0528
Сухая масса новорожденных особей, мг	0,0052	0,0063	0,0040	0,0052
$R_e$ по сырой массе, %	48,3	44,5	17,1	30,2
$R_e$ по сухой массе, %	33,3	32,6	21,4	34,6

деления сырой и сухой массы. На 3, 6 и 11-е сутки в каждом режиме снимали по два сосуда для определения линейных размеров, сырой, сухой массы и плодовитости особей. Полученные результаты обработаны статистически с помощью пакета прикладных программ STATGRAPHICS.

Гибели животных в эксперименте, за исключением единичных случаев в режиме II, не отмечено (табл. 1). Конечные размеры и масса самцов во всех режимах практически одинаковы ( $P > 0,1$ ). Коэффициенты вариации (С. V.) для линейных размеров самцов значительно ниже, чем самок. Напротив, конечные размеры самок в исследованных режимах (за исключением пары II—IV) достоверно различаются ( $P < 0,05$ ). Минимальные размеры и сырая масса самок отмечены в режиме III, однако здесь же отмечена наивысшая сухая масса особей. Различия могут быть обусловлены наличием у самок разного количества эмбрионов, у которых соотношение между сухой и сырой массой значительно выше, чем у материнских особей. В остальных режимах сухая масса самок практически не различалась. Это подтверждает вывод о независимости скорости весового роста *D. magna* от фотопериода [4].

В режимах I и IV вымет первой кладки в выводковую сумку происходит на 18 ч раньше, чем в режимах II и III (табл. 2), что несомненно

обусловлено методом экспериментального вынашивания первой кладки на равную температуру этого показателя светового фактора.

Размеры гонад выше, чем в I режиме, различаются за период эксперимента I. Снижение более поздних сроков отдельных параметров.

Сырая и сухая масса существенно различаются у особей в последовательности значений репродуктивных параметров (росте особи).

Заметно, что в последней кладке фенотипические различия условий и константы вынашивания.

но существование на скорость высокая скорость с повышением температуры медленнее с температурой.

Таким образом, световая выживаемость о скорости роста, снижением усиливается.

Ветвист фактора [4] могут иметь значение на фотопериод среды. Вынашивание важными в режиме дня).

Следующие условия скорости. Напряженность реальную соответствующим образом являются по сравнению с повышенными для достаточного периода.

Очевидно

таблица 1  
таблица 2

режим	
III	IV
1:49 100	1:17 100
1,90 — 0,890 —	2,025 0,1 1,030 0,113
2,34 2,6 2,75 0,8 2,57 0,274	2,65 3,7 3,02 2,8 3,01 0,222

таблица 3

Режим	
III	IV
120	102
48 9,30 50,2 11,60 42,1	40 10,52 33,4 10,34 30,3
17,1	30,2
0,0410	0,0528
0,0040 17,1 21,4	0,0052 30,2 34,6

и в каждом режиме х размеров, сырой, су-  
езультаты обработаны  
программ STATGRA-

ением единичных слу-  
ные размеры и масса  
л ( $P > 0,1$ ). Коэффи-  
в самцов значительно  
амок в исследованных  
но различаются ( $P <$   
мок отмечены в режи-  
ая масса особей. Раз-  
ок разного количества  
и сырой массой зна-  
альных режимах сухая  
одтверждает вывод о  
а от фотопериода [4].  
зодковую сумку проис-  
бл. 2), что несомненно

обусловлено меньшей средней температурой в них в начальный период эксперимента. Отмечена существенная разница по длительности вынашивания первой кладки в разных режимах, несмотря на приблизительно равную температуру (24—26 °С). Однако определенной зависимости этого показателя от световых условий не установлено. Вопрос о влиянии светового фактора на скорость эмбриогенеза ракообразных остается открытым.

Размеры первой кладки яиц у самок в режимах III и IV достоверно выше, чем в I и II ( $P < 0,01$ ). Размеры последней кладки во всех режимах различались недостоверно. Минимальная суммарная плодовитость за период эксперимента отмечена в режиме III, а максимальная — в режиме I. Снижение суммарной плодовитости в режиме III обусловлено более поздним началом размножения и увеличением интервалов между отдельными кладками.

Сырая и сухая масса отрожденных особей в разных режимах существенно различается (минимальные значения в режиме III). Однако эти показатели у ветвистоусых весьма лабильны и могут различаться даже в последовательных кладках одной особи [6, 7]. Вследствие минимальных значений абсолютной плодовитости и массы новорожденных особей репродуктивное усилие  $R_e$  (доля генеративного прироста в общем приросте особи) в режиме III существенно ниже, чем в остальных. Показательно, что максимальные значения  $C.V.$  для размеров первой и последней кладок также отмечены в режиме III. Увеличение дисперсии фенотипических признаков является одним из показателей неоптимальности условий существования [8]. В режимах II и IV (повышающаяся и константные температуры на фоне постоянных фотопериодов) кумулятивные показатели роста и воспроизводства практически одинаковы, но существенно выше, чем в III. Вероятно, ингибирующее воздействие на скорость воспроизводства дафний в режиме III оказывает либо очень высокая скорость увеличения продолжительности дня, либо ее сочетание с повышающейся температурой. Аналогичным образом суточные колебания температуры, выходящие за пределы толерантных, приводят к замедлению соматического роста ветвистоусых [9].

Таким образом, сочетание повышающихся температуры и длительности светового дня не оказывает определенного воздействия на выживаемость особей и рост самцов, но приводит к замедлению линейного роста, снижению суммарной абсолютной плодовитости и репродуктивного усилия самок.

Ветвистоусые раки весьма чувствительны к изменению светового фактора [5]. Даже различные географические популяции одного вида могут иметь неодинаковую фотопериодическую реакцию [10]. Это указывает на существование генетической адаптации на видовом и популяционном уровнях к определенным диапазонам изменений факторов среды. Выход за их пределы приводит к определенному сдвигу жизненно важных функций организмов, что в наибольшей степени проявилось в режиме III (повышающиеся температура и длительность светового дня). Следует отметить, что данный режим не имеет аналога в природных условиях, поскольку даже в Арктике в период весеннего равноденствия скорость увеличения светового периода не превышает 12—15 мин/сут. Напротив, остальные режимы в определенной степени моделируют реальную ситуацию в разных зонах ареала *D. magna*. Так, режим I соответствует ситуации в мелких скальных водоемах Арктики, прогреваемых летом до 25—30 °С, в которых в массовых количествах развиваются популяции ветвистоусых. Режим II моделирует ситуацию здесь же, но поздней весной, когда при прогреве водоемов среднесуточное повышение температуры на 1° достаточно обычно. Режим IV характерен для достаточно глубоких субтропических водоемов в весенне-летний период.

Очевидно, максимальная реализация ростовых и репродуктивных

View publication stats

потенций ветвистоусых возможна лишь в достаточно узком градиенте факторов среды, к которым адаптированы их естественные популяции. Однако выяснение условий, приводящих к снижению размеров новорожденной молодежи, имеет несомненное значение для развития биотехнологии производства стартовых кормов для личинок рыб. С другой стороны, размеры и массы новорожденных особей в значительной степени определяют их выживаемость в естественных условиях, что имеет важнейшее значение для динамики естественных популяций ветвистоусых [7, 11]. Учитывая важную роль данного таксона в природных экосистемах и аквакультуре, дальнейшие исследования совместного воздействия изменяющихся температуры и фотопериода на их рост и воспроизводство представляются весьма актуальными.

Работа выполнена на базе Института зоологии АН Беларуси (Н. Н. Хмелева, А. П. Голубев) в рамках Договора о сотрудничестве с Институтом экологии Польской АН (А. Кидава).

### Summary

The growth and reproduction of *Daphnia magna* at constant and changeable temperature and photoperiod regimes were investigated. A combination of both increasing temperature and light periods exerted a significant negative effect on the reproduction and reproductive potencies in *D. magna*. The rate of maturity was influenced by the temperature only.

### Литература

1. Иванова М. Б. Продукция планктонных ракообразных в пресных водах. Л., 1985.
2. Сушня Л. М., Семенченко В. П., Семенюк Г. А., Трубецкова И. Л. Продукция планктонных ракообразных и факторы среды. Мн., 1990.
3. Алексеев В. Р. Диapaуза ракообразных. М., 1990.
4. Хмелева Н. Н., Рощина Н. Н., Филюкова Т. А. Фотопериодизм водных беспозвоночных. Мн., 1991.
5. *Daphnia*. Ed by R. H. Peters & R. de Bernardi // Mem. dell' Ist. Ital. Idrobiol. dott. Marco de Marchi. 1987. Vol. 45.
6. Glazier D. S. // Ecology. 1992. Vol. 73. N 3. P. 910—926.
7. Семенченко В. П. Закономерности функционирования ветвистоусых ракообразных при различных температурных и трофических условиях. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Мн., 1992.
8. Алещенко Г. М., Букварева Е. Н. // Журн. общ. биол. 1991. Т. 52, № 4. С. 499—508.
9. Галковская Г. А., Сушня Л. М. Рост водных животных при переменных температурах. Мн., 1978.
10. Shan R., Kuo-Cheng, Frey D. G. // Biol. Sci. 1968. Vol. 18, N 3. P. 203—205.
11. Tessier A. J., Consolatti N. L. // Oikos. 1989. Vol. 56, N 2. P. 269—276.

Институт зоологии АН Беларуси,  
Институт экологии Польской АН

Поступило 11.04.94