

УДК 582.276:591.13 (262.5)

В.Е. ЗАЙКА

Ин-т биологии южных морей им. А.О. Ковалевского НАН Украины,
Украина, 99011 Севастополь, пр. Нахимова, 2**ПИТАНИЕ МОРСКОЙ ГЕТЕРОТРОФНОЙ ДИНОФЛАГЕЛЛЯТЫ
NOCTILUCA SCINTILLANS (MACARTNEY) KOF. ET SWEZY
СИНЕЗЕЛЕННЫМИ ВОДОРΟΣЛЯМИ РОДА *SYNECHOCOCCUS* NÄG.**

Изложены результаты исследования питания черноморской динофлагелляты *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kof. et Swezy синезелеными водорослями (*Cyanophyta*). Об эффективности питания судили по темпу деления клеток *N. scintillans*. Для сравнения в качестве корма использовали также жгутиковую водоросль *Monochrysis lutheri* Droop. *N. scintillans* в темноте, при температуре 8-10 °C показала минимальный темп деления клеток (до 25% исходного числа за 8 сут) при значительной смертности. Предполагается, что зимой синезеленые водоросли могут служить для *N. scintillans* поддерживающей пищей.

Ключевые слова: *Noctiluca scintillans*, синезеленые водоросли, Черное море.

Введение

Noctiluca scintillans (Macartney) Kof. et Swezy (*Dinophyta*) имеет разные способы гетеротрофного питания и широкий пищевой спектр (Elbrachter, Qi, 1998). Данные о питании *N. scintillans* в Черном море показывают, что в течение года в составе ее пищи преобладает фитопланктон (Миронов, 1954). Она потребляет любые частицы небольших размеров, включая микросферы из стекла, латекса, и даже мельчайшие капли нефти. Как показали опыты, *N. scintillans* потребляет также такие микроорганизмы, как *Vibrio* sp. и *Serratia plymuthica*, но точных данных по их усвоению *N. scintillans* не получено. Тем не менее, высказано предположение, что при зимней бедности фитопланктона в Северном море именно микробная пища поддерживает популяцию *N. scintillans* (Kircher et al., 1996). Известен и особый механизм потребления *N. scintillans* частиц бактериальных размеров с помощью мукоидной ловчей сети (Elbrachter, Qi, 1998).

Имеющиеся данные по Черному морю показывают, что в его центральных глубоководных районах в теплые сезоны года *N. scintillans* обычно концентрируется в нижней части термоклина, в температурном слое 12-14 °C. Пик численности синезеленых водорослей (цианобактерий) *Synechococcus* sp. тоже часто находится под термоклином (Зайка и др., 1989, 1993). Для проверки наличия между ними значимой прямой трофической связи нами были выполнены специальные эксперименты в лаборатории на судне, результаты которых приведены ниже.

Материалы и методы

Исследования проведены в июне-июле 1991 г. на НИС «Профессор Водяницкий». Клетки *N. scintillans* диаметром 0,5-0,7 мм отбирали из вертикаль-

ных сетных ловов в центральной части Черного моря и помещали по одному экземпляру в небольшие пробирки с фильтрованной морской водой. В качестве корма использовали взятые на судно из лаборатории ИНБИОМ культуру синезеленых водорослей (*Cyanophyta*) *Synechococcus* sp., а также, для сравнения культуру жгутиковой хризодитовой водоросли *Monochrysis lutheri* Droop, повсеместно используемой в качестве пищи личинок планктонных и донных животных в лаборатории и аквакультуре.

Корм добавляли в избытке, количественный учет его не проводили. В опытах с *Synechococcus* велись микроскопические наблюдения за образованием пищеварительных вакуолей при люминесцентном освещении, что позволяло видеть клетки *Synechococcus*, дающих оранжевое свечение. Кроме того, для оценки состава растительных пигментов в пищеварительных вакуолях *N. scintillans* использовали микроспектрофотометр.

Были выполнены также две серии опытов с варьированием двух видов корма. В первой серии опытов 28 экз. *N. scintillans* получили в качестве корма *Synechococcus* sp., а 56 экз. получили *Monochrysis lutheri*. Во второй серии опытов использовано по 42 экз. *N. scintillans* на каждом из двух видов корма. Опыты проводили в лабораторном судовом холодильнике, в темноте, при температуре 8–10 °С, чтобы имитировать температурные условия, близкие к наблюдаемым под термоклином. Опыты продолжались по 8 суток – первая серия с 18.06 по 26.06, вторая с 27.06 по 05.07 1991 г. Несколько раз в сутки отмечали число поделившихся клеток *N. scintillans*.

Результаты и обсуждение

Предварительные наблюдения показали, что *N. scintillans*, взятая из слоя под термоклином, нередко обнаруживает под люминесцентным микроскопом оранжевое свечение пищеварительных вакуолей, характерное для синезеленых водорослей (цианобактерий). Это может быть результатом поедания как самих цианобактерий, так и фекальных пеллет копепоид, часто набитых цианобактериями (Заика и др., 1989).

При добавлении в сосуд с *N. scintillans* культуры *Synechococcus* sp. у *N. scintillans* наблюдалось интенсивное образование пищеварительных вакуолей. Насчитывалось одновременно до 12 пищеварительных вакуолей разного размера. Число вакуолей явно превышало наблюдаемое на иных испробованных нами видов корма. Таким образом, активное потребление цианобактерий пикопланктона *N. scintillans* очевидно. При использовании микроспектрофотометра установлено, что в клетках *N. scintillans*, потреблявшей цианобактерии, в пищевых вакуолях отсутствовал пик фикозритрина, хотя он считается более стойким, чем хлорофилл. Это свидетельствует, по крайней мере, о частичной переработке потребленных цианобактерий, поскольку фикозритрин, как и другие фикобилипротеины, характерен для всех *Cyanophyta* (Заика и др., 1989).

Происходит ли полное усвоение этой пищи и использование ее для роста популяции, мы пытались выяснить с помощью экспериментов по скорости клеточного деления при потреблении *N. scintillans* двух видов корма. Результаты, полученные в двух сериях опытов, представлены в таблице, из которой видно, что в данном эксперименте темп деления клеток минимальный. Это очень низкие величины, так как максимальный темп деления клеток в благоприятных условиях приближается к показателю два деления в сутки. Правда, соответствующие сочетания

условий почти никогда не наблюдаются в море. В частности, оптимальная температура для деления *N. scintillans* составляет 23 °С, хотя даже при 5 °С клетки сохраняют жизнеспособность (Lee, Hirayama, 1992).

Таблица. Число поделившихся клеток (*N*) *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kof. et Swezy при потреблении *Synechococcus* и *Monochrysis* в темноте, при температуре 8-10 °С

Экспозиция, сут.	Серия 1		Серия 2	
	<i>N</i> = 28	<i>N</i> = 56	<i>N</i> = 42	<i>N</i> = 42
	<i>Synechococcus</i>	<i>Monochrysis</i>	<i>Synechococcus</i>	<i>Monochrysis</i>
1	0	0	0	0
2	2	1	3	1
3	0	3	1	0
4	4	4	0	1
5	0	1	1	2
6	0	4	1	0
7	1	0	0	0
8	0	0	0	0
Всего	7	13	6	4
%	25	23	14	9

Известно, что в умеренных широтах в июне-июле наблюдается прекращение питания и деления клеток *N. scintillans* (Uhlig, Sahling, 1995). Возможно, наши опыты пришлись на такой период. Это подтверждается тем, что смертность *N. scintillans* в опытах была высокая, а в море делящиеся клетки практически не встречались.

Проведение опытов в темноте при температуре 8-10 °С тоже могло повлиять на темп размножения *N. scintillans*. Очевидно, условия проведения наших опытов оказались неблагоприятными для выяснения потенциально возможных темпов размножения *N. scintillans*, но повторить их в весенний период до сих пор не удалось. Основываясь на результатах наших опытов, можно заключить, что реакция *N. scintillans* на оба вида корма при прочих равных условиях была сходной. Как видно из таблицы, в каждой из серий опытов на обоих видах корма поделилась сравнимая доля исходного числа клеток *N. scintillans*. Не отличалось заметно распределение случаев деления по времени экспозиции.

Для популяции из Северного моря известно, что деление клеток *N. scintillans* происходит преимущественно в ночные часы, причем пик числа делящихся клеток достигается примерно в полночь и составляет 6-8%, иногда до 12% (Uhlig, Sahling, 1995). В наших опытах доля делящихся клеток была высокой в периоды 0-7 и 12-18 ч. Возможно, эти отличия вызваны отсутствием в наших опытах чередования дня и ночи, что нарушало обычные циркадные ритмы.

Noctiluca scintillans успешно выращивали на культурах таких видов водорослей, как *Tetraselmis tetrathelle* (Lee, Hirayama, 1992), *Skeletonema costatum* (Grev) Cl., *Thalassiosira* sp., *Dunaliella tertiolecta* Butch., но отрицательные результаты были получены, когда динофлагеллаты *Scrippsiella trochoidea*, *Gymnodinium sanguineum*, а также дрожжи *Debaromyces hanseni* использовали в качестве пищи (Elbrachter, Qi, 1998). Таким образом, далеко не все виды фитопланктона являются равноценной пищей для *N. scintillans*.

Результаты наших опытов показывают, что *Synechococcus* sp., как и *Monochrysis lutheri*, активно потребляются *N. scintillans* и обеспечивают, по меньшей мере, выживание ее клеток в течение восьми суток при низкой температуре. В то

же время размножение *N. scintillans* было минимальным на обоих видах корма, возможно, в связи с неудачным выбором сезона для опытов. Тем не менее, можно предположить, что зимой в центральных областях Черного моря в слое воды под термоклином, где наблюдаются небольшие скопления цианобактерий и *N. scintillans*, *Synechococcus* sp. может поддерживать существование *N. scintillans*.

Выводы

1. Учитывая вертикальное распределение *Noctiluca scintillans* и синезеленых водорослей (цианобактерий) в Черном море, можно предположить, что зимой цианобактерии могут служить для *Noctiluca scintillans* поддерживающим кормом.

2. При использовании в качестве корма цианобактерии *Synechococcus* sp. у *N. scintillans* наблюдается низкий темп деления клеток.

3. Такой же темп деления был отмечен при использовании в качестве корма жгутиковой водоросли *Monochrysis lutheri*.

Благодарности

Автор приносит глубокую благодарность С.А. Мазлумян за проведение технических работ во время экспериментов.

V.E. Zaika

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas,
National Academy of Sciences of Ukraine,
2, Nakhimov Prosp., 99011 Sevastopol, Crimea, Ukraine

THE FEEDING OF MARINE HETEROTROPHIC DINOFLAGELLATE *NOCTILUCA SCINTILLANS* (MACARTNEY) KOF. ET SWEZY BY CYANOBACTERIA FROM GENUS *SYNECHOCOCCUS*

Results of microscopic observations and experiments on feeding of the Black Sea *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kof. et Swezy by cyanobacteria are presented. For the comparison flagellate *Monochrysis lutheri* Droop have been used. During 8 days at 8-10°C in the darkness *Noctiluca* showed minimal rate of division (25% of the initial number for 8 days) with considerable mortality rate. It is assumed that in winter cyanobacteria can serve as supporting food for *N. scintillans*.

Key words: *Noctiluca scintillans*, cyanobacteria, the Black Sea.

Заика В.Е., Покотилов С.Л., Шалапенко Л.С. Фототрофный пикопланктон / Планктон Черного моря. – Киев: Наук. думка, 1993. – С. 68-73.

Заика В.Е., Шевченко В.А., Булатов К.В. Экология морского фототрофного пикопланктона. – М.: НЦБИ АН СССР, 1989. – 169 с.

Миронов Г.Н. Питание планктонных хищников. I. Питание ноктилюки // Тр. СЕБ. – 1954. – 8. – С. 320-340.

Elbrachter M., Qi Y.-Z. Aspects of *Noctiluca* (*Dinophyceae*) population dynamics // Physiological ecology of harmful algal blooms. – Berlin: Springer-Verlag, 1998. – P. 40-49.

Kircher M., Sahling G., Uhlig G., Gunkel W., Klings K.-W. Does the red tide-forming dinoflagellate *Noctiluca scintillans* feed on bacteria? // Sarsia. – 1996. – 81, N 1. – P. 45-56.

Lee J.K., Hirayama K. Effect of salinity, food level and temperature on the population growth of *Noctiluca scintillans* // Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ. – 1992. – N 71. – P. 163-168.

Uhlig G., Sahling G. *Noctiluca scintillans*: Zeitliche Verteilung bei Helgoland und räumliche Verbreitung in der Deutschen Bucht (Langzeitreihen 1970-1993) // Ber. Biol. Anst. Helgoland. – 1995. – 9. – P. 1-127.

Получена 12.07.04

Подписала в печать О.Н. Виноградова