

ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРЫ СООБЩЕСТВА МОРСКИХ ПЛАНКТОННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ОТ ИСТОЧНИКА АЗОТА

Е.В. Запара, Т.А. Белевич

Каф. гидробиологии Биологического ф-та МГУ им. М.В. Ломоносова

При недостатке минеральных форм азота некоторые виды планктонных водорослей используют в качестве источника азота растворенные органические субстраты. В составе фитопланктона Белого моря отмечен ряд видов, имеющих миксотрофный тип метаболизма (Ильяш и др., 2003). Цель настоящего исследования – изучение структуры экспериментально изолированного сообщества планктонных водорослей Белого моря при ассимиляции различных форм органического и минерального азота.

Работа проводилась на Беломорской биологической станции МГУ (Кандалакшский залив Белого моря) с 11 по 29 августа 2005 г. Концентрированный фитопланктон, пропущенный через зоопланктонную сеть, сеяли на среду f/2 (Guillard, Ryther, 1962), обогащенную всеми биогенными элементами, за исключением

азота. Азот вносили в виде глицина, мочевины, нитратов или аммония в концентрации 0,18 ммоль N/л. В качестве контроля рассматривали фитопланктон без добавок азота. Экспериментальные сообщества экспонировали в склянках на глубине 1 м. Каждые трое суток из склянок отбирали пробы для количественного анализа фитопланктона согласно рекомендациям (Федоров, 1979; Hillebrand *et al.*, 1999). Оценку сходства экспериментальных сообществ по структуре и проверку достоверности влияния факторов времени и добавок азота на структуру сообществ, а так же выделение характерных и дифференцирующих видов производили с помощью пакета анализа экологических данных PRIMER Version 5.2.4. (Clarke, Warwick, 1994, 2001).

В составе экспериментальных сообществ фитопланктона отмечено 60 таксономических единиц, относящихся к трем отделам водорослей – Bacillariophyta, Dinophyta и Cyanophyta. Помимо истинно планктонных форм обнаружены также перифитонные водоросли *Licmophora oedipus* и *Licmophora* sp.

Исходно структура экспериментальных сообществ в целом соответствовала структуре вегетирующих в августе комплексов природного фитопланктона (Федоров и др., 1982). После внесения добавок азота во всех сообществах наблюдалось увеличение суммарных численности и биомассы, превосходящее таковое в контроле. Динамика суммарных показателей зависела от источника азота. Наибольших величин максимальной численности фитопланктон достигал при использовании глицина и аммония. Наибольшее значение максимальной биомассы отмечено в сообществе с добавкой нитратов на шестые сутки роста. К 18-м суткам эксперимента сообщества, росшие с использованием разных источников азота, имели сходные значения суммарной биомассы.

В общем виде на основе анализа сходства структуры экспериментальных сообществ выделяются следующие этапы их развития:

1-й этап. 0–6 сутки – синхронная сукцессия во всех вариантах сообществ.

2-й этап. 9–12 сутки – проявление реакции на внесение азотсодержащих добавок, дифференциация сообществ с добавками азота от контроля, проявление сходства структуры пар сообществ, ассимилирующих нитраты (N) и мочевины (M), а также глицин (G) и аммоний (A), проявление достоверного отличия этих пар.

3-й этап. 12–18 сутки эксперимента – сохранение дифференциации сообществ, росших с добавками от контроля и между парами сообществ «N–M» и «G–A». Структурные изменения во времени не выражены.

Таблица 1. Характерные (полужирный шрифт) и дифференцирующие виды экспериментальных сообществ. К – контроль, N–M – нитраты-мочевина, G–A – глицин-аммоний

Сравниваемые группы сообществ	К	N–M	G–A
К	<i>Thalassiosira</i> sp.2, <i>Nitzschia longissima</i> , <i>Chaetoceros</i> spp.	–	–
N–M	<i>Licmophora oedipus</i> , <i>Coscinodiscus</i> sp., <i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Licmophora oedipus</i>	–
G–A	<i>Nitzschia</i> sp., мелкие пеннатные диатомеи, <i>Melosira moniliformis</i>	<i>Nitzschia</i> sp., <i>Licmophora oedipus</i> , <i>Melosira moniliformis</i> , мелкие пеннатные диатомеи	<i>Nitzschia</i> sp., мелкие пеннатные диатомеи

Высокое сходство внутри каждой группы сообществ (в нашем случае это пары сообществ «N–M» и «G–A»), а также контрольное сообщество, росшее без добавок) определяют не все виды, входящие в их состав, а так называемые характерные виды. С другой стороны виды, обуславливающие различия между сообществами являются дифференцирующими (Миркин и др., 1989). Характерными и дифференцирующими видами, определяющими специфический отклик сообществ на добавки азота и форму азота в добавках (9–18-е сутки), оказались водоросли, представленные в табл. 1.

Сходный эффект пар азотсодержащих субстратов «мочевина и нитраты» и «глицин и аммоний» на структуру сообщества может быть обусловлен рядом факторов: в природных морских экосистемах мочевина потребляется преимущественно фитопланктоном, поскольку у большинства бактерий величины константы полусыщения для мочевины существенно выше таковых у водорослей

(Jahns *et al.*, 1988). Многие планктонные бактерии не способны потреблять нитраты вследствие отсутствия у них нитратредуктазы (Kirchman, 1994). К тому же из-за высоких энергетических затрат потребление нитратов бактериями, имеющими нитратредуктазу, во многих случаях лимитировано недостатком органического углерода – источником энергии для гетеротрофов (Kirchman, 1994). Поэтому аммоний и аминокислоты являются предпочтительным источником азота для гетеротрофного бактериопланктона. И если бактериопланктон в экспериментальных сообществах был лимитирован недостатком органического углерода, то при потреблении бактериями глицина возможно выделение аммония в среду. Следовательно, потребление части аммония и глицина бактериопланктоном может вести к иной динамике азота в сообществах, росших с добавками аммония и глицина по сравнению с таковой в случае добавок мочевины и нитратов. Однако, близкие величины биомассы, накопленной к концу эксперимента (18-е сутки) фитопланктоном, использовавшим нитраты, мочевины, глицин и аммоний, а также близкие значения максимальной биомассы, достигаемые фитопланктоном, ассимилирующим нитраты, глицин и аммоний, косвенно свидетельствуют об отсутствии значимых потерь азота для фитопланктона вследствие потребления глицина и аммония бактериопланктоном.

Сходство отклика фитопланктона на добавки нитратов и мочевины (аналогично, глицина и аммония) может быть обусловлено преимущественным развитием вследствие большей конкурентной способности водорослей, у которых эффективность использования этих субстратов примерно одинакова.