

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ РОЛЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ЭКОСИСТЕМАХ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ БЕЛОРУССИИ

Интенсификация рыбоводных процессов, выражающаяся в уплотненных посадках рыб, массовом использовании минеральных и органических удобрений, концентрированных кормов, а также интенсификация сельскохозяйственного использования водосборных площадей за последние 20 лет привела к увеличению количества бактерий в воде прудов более, чем в шесть раз. В отдельных случаях плотность бактериопланктона в прудах приближается к 50 млн/мл [1, 2]. В этой связи первоестественное значение приобретает изучение бактериальных процессов в прудах, позволяющее выяснить не только функциональное значение бактериопланктона в цепи трансформации вещества и энергии в планктонном сообществе прудового биоценоза, но и найти пути рационального управления микробными процессами с целью создания оптимальных условий для выращивания рыбы.

В настоящей работе обобщаются результаты восьмилетних исследований количественного развития и продукции бактериопланктона, проводившиеся на 50 экспериментальных нагульных прудах рыбплемхоза «Изобелино» Минской области, в связи с изучением эффективности утилизации азотно-фосфорных удобрений, влияния фактора зарыбления и плотности посадки карпа на биологическую продуктивность прудов.

Численность, биомасса и продуктивность бактериопланктона в каждом пруду учитывались еженедельно на протяжении всего вегетационного периода по методике, стандартизованной для Международной биологической программы [3]. Все пруды разделены на 9 групп в зависимости от плотности зарыбления годовиками карпа от 1 до 8 тыс/га и адекватно возрастающих нагрузок искусственных кормов (0—77 ц/га) и минеральных удобрений (0—10 ц/га суперфосфата и аммиачной селитры в равных весовых отношениях). Общая рыбопродуктивность соответственно возростала от 0 (незарыбленные пруды) до 19,8 ц/га.

Результаты и их обсуждение

Сезонные изменения численности и биомассы водной микрофлоры в прудах разной продуктивности в основном бывают трех типов: 1 — постепенное возрастание массы бактерий от начала к концу вегетационного периода, с наибольшим развитием в августе — сентябре; 2 — увеличение численности микрофлоры в августе — сентябре с ярко выраженной депрессией в июне — июле; 3 — максимальное развитие бактерий в начале сезона с постепенным уменьшением массы бактерий к концу вегетационного периода. Первые два типа развития бактериопланктона во времени наиболее часто встречаются в рыбоводных прудах как с низкой, так и с высокой рыбопродуктивностью, третий отмечен нами только в прудах с высокой рыбопродуктивностью, где получены лучшие рыбоводные результаты: большая продуктивность при высоком темпе роста рыбы (вариант 7, табл. 1).

Максимальное и минимальное значения величины численности и биомассы бактериопланктона в одном и том же пруду на протяжении сезона обычно различаются на порядок.

Размах колебания численности бактерий в течение сезона в основном зависит от уровня интенсификации. Наименьшие величины отмечены в незарыбленных и неудобряемых прудах, а также в прудах с высокой плотностью посадки годовика карпа (6—8 тыс. шт/га), где микрофлора на протяжении сезона испытывала сильный пресс как со стороны мелких фильтратов, так и фитопланктона.

Уровень развития микрофлоры определялся в основном степенью раз-

Содержание микроорганизмов и рыбоводные результаты в нагульных прудах рыблемехоза «Изобелино» (1969—1975, 1977, 1978)

Вариант	Количество микрофлоры в воде		Конечная среднесуточная навеска карпа, ц/га: $S_{\bar{x}}$	Общая рыбопродуктивность, ц/га: $S_{\bar{x}}$
	млн.кл./мл	мг/л		
1	1,7 ± 0,145	0,627 ± 0,046	—	—
1а	2,0	0,706	—	—
2	2,1 ± 0,138	0,735 ± 0,053	384 ± 80,57	2,5 ± 0,30
3	2,7 ± 0,241	0,973 ± 0,148	391 ± 22,53	2,8 ± 0,23
4	2,9 ± 0,322	1,580 ± 0,170	390 ± 25,87	3,5 ± 0,23
5	3,5 ± 0,381	1,723 ± 0,264	421 ± 30,36	5,4 ± 0,26
6	4,0 ± 0,400	2,999 ± 0,355	376 ± 13,80	11,60 ± 0,20
7	5,3 ± 1,314	3,341 ± 0,822	556 ± 44,40	18,9 ± 1,75
8	3,0 ± 0,100	1,889 ± 0,122	407 ± 20,0	19,8 ± 2,20
9	2,9 ± 0,181	1,858 ± 0,116	352 ± 13,57	19,5 ± 1,39

вития водорослей. В прудах с биомассой фитопланктона до 4,6 мг/л корреляция количества микрофлоры с продукцией и биомассой фитопланктона положительная, а при увеличении биомассы водорослей свыше 7,0 мг/л меняется на отрицательную.

Увеличение общего количества микрофлоры в используемых с высоким уровнем интенсификации рыбоводных прудах сопровождается изменением соотношения в ее морфологическом составе в сторону увеличения кокковидных форм [4, 5], которые в исследуемых прудах составляли от 90 до 98 % общей численности микрофлоры.

В зависимости от уровня интенсификации количество бактерий в воде опытных прудов в среднем за сезон колебалось от 2,1 до 5,3 млн кл/мл, биомасса 0,735—3,341 мг/л. Уровень развития бактерий в воде исследуемых прудов достоверно коррелировал с общей рыбопродуктивностью ($r = +0,62$ при $n = 50$). Зависимость между этими показателями описывается прямой линейной функцией типа $y = 1,708 + 1,66 x$, где y — рыбопродуктивность, ц/га; x — среднесезонная биомасса бактерий, мг/л.

Применение азотно-фосфорных удобрений увеличивает количество микрофлоры в воде на 28—30 % (см. табл. 1). Равноценное по силе действие оказывает добавка к карпу белого амура старших возрастных групп из расчета 0,2—0,8 тыс. шт/га. При этом действие минеральных удобрений усиливается до 67 %.

Наименьшее воздействие удобрений на микрофлору отмечено в прудах без рыбы. Несмотря на ничтожный удельный вес рыб в общем балансе энергии прудовой экосистемы, их роль в круговороте вещества и потоке энергии существенна.

В условиях комплексной интенсификации содержание бактерий в среднем возрастает на 58—83 %; наибольший эффект отмечен в группе прудов с плотностью выращиваемого карпа 4 тыс. шт/га. По мере увеличения плотности карпа от 1 до 4 тыс. шт/га наблюдалась пропорциональное возрастание микрофлоры. Дальнейшее увеличение плотностей посадки карпа до 6—8 тыс. шт/га вело к снижению количества бактерий в 1,5 раза. При такой плотности посадки рыбы в прудах водная микрофлора испытывает сильное угнетение как со стороны зоопланктона (на 75—82 %), представленного мелкими фильтраторами, так и фитопланктона, биомасса которого в 23—30 раз превышает биомассу бактерий.

Оптимально в развитии бактериопланктона в прудах соответствовали лучшие рыбоводные показатели: рыбопродуктивность 18,9 ц/га, среднесуточная навеска карпа 556,0 г (см. табл. 1).

Минимальные и максимальные величины продукции бактериопланктона в прудах различаются в течение сезона в десятки и сотни раз. Среднесезонные характеристики более стабильны и в основном укладываются в пределы колебаний для евтрофных водоемов [6, 7]. В прудах разной продуктивности время удвоения численности бактерий в среднем за сезон составляло 7,4—27,7 ч, удельная продукция 0,55—2,52, суточная — 1,046—7,562 мг/л сырой биомассы бактериопланктона (табл. 2).

Таблица 2

Продукция бактерий в воде опытных нагульных прудов рыбплемхоза «Изобелино» (1969—1975, 1977, 1978)

Вариант	$D, \text{ч} \pm S_{\bar{x}}$	Среднесуточная $P, \text{мг/л} \pm S_{\bar{x}}$	Среднесуточный P/B коэф. $\pm S_{\bar{x}}$
1	$27,7 \pm 11,41$	$1,131 \pm 0,24$	$1,78 \pm 0,261$
1а	7,4	1,609	2,28
2	$23,6 \pm 4,373$	$1,465 \pm 0,351$	$1,80 \pm 0,396$
3	$14,2 \pm 2,042$	$2,324 \pm 0,313$	$2,38 \pm 0,189$
4	$19,1 \pm 2,091$	$1,498 \pm 0,156$	$0,84 \pm 0,061$
5	$16,9 \pm 1,054$	$1,858 \pm 0,186$	$1,0 \pm 0,177$
6	$9,0 \pm 0,0$	$7,562 \pm 0,898$	$2,52 \pm 0$
7	$19,1 \pm 0,935$	$2,347 \pm 0,647$	$0,67 \pm 0,047$
8	$18,0 \pm 0,4$	$1,046 \pm 0,025$	$0,55 \pm 0,03$
9	$21,2 \pm 2,876$	$1,119 \pm 0,137$	$0,61 \pm 0,096$

Основным фактором, определяющим скорость воспроизводства бактерий в изученных прудах, служила плотность бактериопланктона. При повышении плотности темп продуцирования бактерий закономерно снижался. Эта зависимость описывается уравнением регрессии $Y = 1,489 X^{-0,561}$, где Y — удельная продукция ($P/B, \text{сут}^{-1}$), X — плотность бактериопланктона, млн. кл/мл (рис. 1).

Выведенное уравнение дает возможность в условиях рыбоводных прудов БССР избирательно, в зависимости от плотности водной микрофлоры, применять расчетные P/B -коэффициенты для оценки ориентировочных величин суточной продукции бактериопланктона. Способность бактериального сообщества перестраивать свои функциональные особенности в зависимости от плотности является механизмом регуляции, направленной на сохранение гомеостаза сообщества. Влияние плотности карпа и соответствующей интенсификации на темп продуцирования бактериопланктона наглядно подтверждается диаграммой, из которой вид-

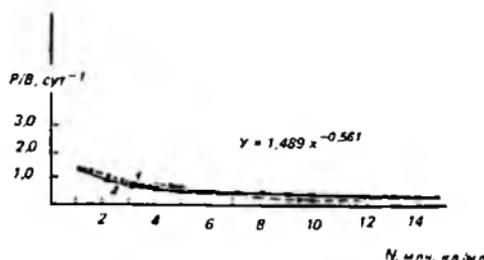


Рис. 1. Зависимость удельной продукции от плотности бактериопланктона в нагульных прудах рыбплемхоза «Изобелино»:

1 — эмпирическая кривая по средним значениям функций, полученным в 224 опыта; 2 — теоретическая кривая по уравнению

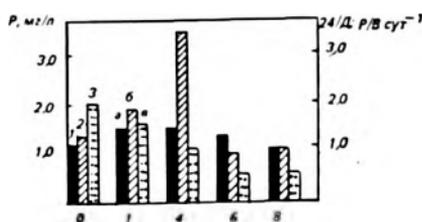


Рис. 2. Основные показатели продуктивности бактериопланктона в зависимости от плотности карпа в нагульных прудах рыбплемхоза «Изобелино»:

а — число поколений за сутки; б — суточная продукция, мг/л; в — $P/B, \text{сут}^{-1}$

но, что увеличение плотности посадки карпа в нагульных прудах в 8 раз приводит к снижению темпа продуцирования бактериопланктона в 2,5 раза (рис. 2). Следует отметить, что возможности любого сообщества, как и экосистемы в целом, к саморегуляции ограничены [8], и, таким образом, перегрузка прудов при высокой степени интенсификации рыбоводства может привести к нарушению устойчивости бактериального сообщества и в конечном счете к микробiallyму загрязнению.

Применение удобрений в незарыбленных прудах и прудах с плотностью посадок карпа от 1 до 4 тыс. шт/га значительно стимулирует процессы продуктивности бактериопланктона. В то же время внесение удобрений в пруды с высокими плотностями посадок карпа (6—8 тыс. шт/га) вызывает снижение темпов продуцирования бактериопланктона. Продукция бактериопланктона (P_b) в изученных прудах составляла от 10 до 84 % первичной продукции фитопланктона (P_{ϕ}). Наибольшие величины отношения P_b/P_{ϕ} (31—84 %) отмечены в слабо интенсифицируемых прудах, где большая часть продукции бактерий создавалась за счет утилизации органических веществ, первичной продукции, а также в прудах при плотности посадки карпа 4 тыс. шт/га, с умеренной нагрузкой органических веществ комбикормов. Правильный подбор плотностей посадок рыбы в прудах (в данном случае 4 тыс. шт/га) способствует более эффективному использованию первичного звена продукционного процесса. В целом прослеживается тенденция к снижению P_b/P_{ϕ} по мере усиления интенсификации. В интенсивно эксплуатируемых нагульных прудах продукция бактерий в среднем составляет около 10 % первичной продукции фитопланктона.

В результате исследований можно сделать следующие выводы.

Современный уровень интенсификации рыбоводных процессов приводит не только к перестройке соотношения между основными компонентами прудового биоценоза (значительное отставание в развитии бактериопланктона от первичного звена), но и к снижению функциональной активности бактерий.

Оптимизация микробiallyных процессов в рыбоводных прудах лежит в правильном подборе плотности посадок рыбы, широком применении растительноядных рыб, утилизирующих первичное звено.

В условиях БССР оптимальной плотностью посадки карпа в нагульных прудах, при которой поддерживается гомеостаз прудового биоценоза, можно считать 4 тыс. шт/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов Е. А.— В сб.: Биологические основы рыбного хозяйства респ. Средней Азии и Казахстана. Душанбе, 1976, с. 101.
2. Кулиненко Е. М., Кожокару Т. Т.— В сб.: Интенсификация производства прудовой рыбы в Молдавии. Кишинев, 1976, с. 60.
3. Романенко В. П., Кузнецов С. И. Экология микроорганизмов пресных водоемов.— Л., 1974.
4. Воронова Г. П. Вопросы рыбного хозяйства Белоруссии.— Минск, 1972, т. 8, с. 109.
5. Антипчук А. Ф.— Гидробиол. ж., 1975, т. 11, № 6, с. 64.
6. Сорокин Ю. П.— Гидробиол. ж., 1967, т. 3, № 5, с. 32.
7. Кожова О. М., Мамонтова Л. М.— Проблемы экол. Прибайкалья: Тез. докл. Рос. республ. совещания. Иркутск, 1979, с. 13.
8. Шкорбатов Г. Л.— В сб.: Самоочищение, биопродуктивность и охрана водоемов и водотоков Украины. Киев, 1975, с. 5.