

ISSN 1610-9810

ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Р

№ 1 2008

УДК 581.526.325.+582.26-117.41

Т.В. Козлова

СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА «А» В ФИТОПЛАНКТОНЕ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ НА ЮГЕ БЕЛАРУСИ

Анализируется сезонная динамика концентрации хлорофилла «а» в фитопланктоне нагульных прудов Белорусского Полесья. Показано, что концентрация хлорофилла «а» в водорослях зависит от уровня процесса интенсификации в рыбоводстве.

В рыбохозяйственной науке продуктивность водоемов и их трофический статус чаще всего определяют по величине первичного продуцирования, так как в большинстве водоемов основным поставщиком автохтонной органики является фитопланктон.

Давно известно, что между уровнем первичной продукции и рыбопродуктивностью рыбных прудов существует тесная взаимосвязь [1, 11]. Но ряд авторов утверждают, что вся первичная продукция эффективно утилизируется на последующих звеньях пищевой цепи, так как немаловажное значение имеет качественный состав фитопланктона, потребляемого первичными консументами [2, 4-6]. Продукция фитопланктона, в отличие от вторичной продукции, может быть оценена без анализа качественного состава водорослей, по величине первичной продукции или концентрации хлорофилла «а», но для точного определения трофического статуса водоема, скорости круговорота веществ, эффективности утилизации и трансформации продуцентов организмами последующих трофических уровней необходим анализ доминантных и массовых форм фитопланктона и изучение сезонной динамики его биомассы. Хлорофилл «а» является основным фотосинтезирующим пигментом водорослей, и по величине его концентрации в планктоне водоема можно судить о биомассе фитопланктона и его продукции. Этот метод используется достаточно давно [4, 5, 7, 8]. Изучение динамики концентрации хлорофилла «а» в фитопланктоне в сезонном аспекте в зависимости от уровня интенсификационных мероприятий представляет особый интерес, так как результаты таких исследований непосредственно учитываются в практике рыбоводства. Актуальность исследований влияния антропогенных факторов среды на концентрацию хлорофилла в фитопланктоне рыбных прудов несомненна. С этой целью был проведен анализ трехлетних наблюдений за сезонной динамикой концентрации хлорофилла «а» в нагульных прудах, эксплуатируемых при разных режимах интенсификации в рыбном хозяйстве «Белое» Гомельской области.

Материалы и методы исследования. Для определения содержания хлорофилла в фитопланктоне фильтровали 0,5 л прудовой воды. Для этой цели применяли фильтры (№ 5, 6). Осадок планктона на фильтре посыпали слоем CaCO_3 для нейтрализации клеточной кислотности и подсушивали в темноте при комнатной температуре. Подсохшие фильтры складывали пополам осадком внутрь и хранили в бытовом холодильнике. Пробы обрабатывали в течение 1-2 месяцев после их сбора. Концентрацию хлорофилла «а» определяли спектрофотометрически, учитывая рекомендации Р.З. Ковалевской [3]. Для расчета концентрации хлорофилла использовали формулы Джеффри и Хамфри [9, 10].

Результаты и их обсуждение. Условно принимали, что пруды, в которые вносили минеральные удобрения в среднем в количестве 0,8 ц/га, эксплуатировались со средним уровнем интенсификации (М-2 и М-3), а те, в которые вносили на 63 % больше, — с высоким уровнем интенсификации (А-1 и В-18). Условия выращивания рыб в этих прудах и показатели рыбопродуктивности были сходными (таблица 1).

Анализ сезонной динамики концентрации хлорофилла «а» в фитопланктоне пруда М-2 первый год эксплуатации выявил, что при снижении показателя прозрачности воды от 0,65 до 0,25 м концентрация хлорофилла «а» в водорослях изменялась от 22,83 до 209,48 мг/м^3 , т.е. показатели находились в обратно пропорциональной зависимости. На протяжении второго и третьего годов эксплуатации в пруду М-2 концентрация хлорофилла «а» колебалась от 14,2 до 107,29 мг/м^3 , но средние за сезон величины были очень близки (таблица 2). По величине ассимиляционного числа можно судить об активности единицы хлорофилла. Показатели ассимиляционных чисел фитопланктона пруда М-2 колебались от 1,12 до 3,38 $\text{мг CO}_2/\text{мг хл. в час}$ и были самыми высокими в сезон второго года эксплуатации при прозрачности 0,60 м.

Таблица 1 – Условия выращивания рыб в нагульных прудах

Пруд	Площадь, га	Плотность посадки, тыс. экз./га	Внесено за сезон, ц/га			Выход, %	Рыбопродуктивность, ц/га
			Минер. удобрения	Известь	Комбикорма		
Пруды со средним уровнем интенсификации							
М-2	15	7,5	0,7	–	70,0	79,6	10,4
М-3	12	5,5	0,9	–	69,8	75,5	8,4
Пруды с высоким уровнем интенсификации							
А-1	81	4,0	1,11	1,85	52,5	99,0	18,91
В-18	34	5,3	1,44	2,52	44,8	95,8	17,57

валовой первичной продукции 2,83 мгО₂/л и самыми низкими в этот же период при прозрачности 0,35 м и уровне валового фотосинтеза 3,71 мгО₂/л. В сезонной динамике концентрации пигментов в фитопланктоне наблю-

дался один максимум в конце рыбоводного сезона, когда содержание хлорофилла «а» в водорослях составляло 89,49 мг/м³. Динамика концентрации хлорофилла «а» и ассимиляционных чисел в сезон третьего года эксплуатации была схожей. Кривая динамики характеризовалась одним пиком в конце июля с концентрацией пигментов 107,29 мг/м³. Средние за сезон показатели концентрации хлорофилла «а» и ассимиляционных чисел представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Концентрация хлорофилла «а» в водорослях и ассимиляционные числа (пруд М-2)

Площадь, га	Средние показатели за сезон (май – июль)		
	Прозрачность, м	Хл. «а», мг/м ³	АЧ, мг СО ₂ /мг хл.
15	Первый год эксплуатации		
	0,43±0,05	77,36±53,34	2,88±0,83
	Второй год эксплуатации		
	0,38±0,06	54,67±13,15	2,36±0,28
15	Третий год эксплуатации		
	0,54±0,04	56,50±36,38	1,84±0,37

Таблица 3 – Концентрация хлорофилла «а» в водорослях и ассимиляционные числа (пруд М-3)

Площадь, га	Средние показатели за сезон (май – июль)		
	Прозрачность, м	Хл. «а», мг/м ³	АЧ, мг СО ₂ /мг хл.
12	Первый год эксплуатации		
	0,18±0,03	264,91±68,94	1,09±0,17
	Второй год эксплуатации		
	0,42±0,03	51,18±25,45	1,32±0,40

Для пруда М-3 в первый год его эксплуатации в сезонной динамике концентрации хлорофилла «а» были отмечены очень высокие показатели, которые составили в среднем 264,91±68,94 мг/м³ при колебаниях от 77,92 до 613,12 мг/м³. Прозрачность воды в этот период была очень низкой (таблица 3). Сезонная динамика характеризовалась двумя пиками: первый, самый мощный, – в июне, второй – в конце июля, когда концентрация фотосинтетического пигмента составляла 338,18 мг/м³. Показатели ассимиляционных чисел находились в пределах 0,36–1,82 мг СО₂/мг хл. Во второй год они были значительно ниже (таблица 3).

По результатам анализа динамики ассимиляционных чисел как для пруда М-2, так и для пруда М-3 установлена четкая обратная зависимость между концентрацией хлорофилла «а» в фитопланктоне и величиной ассимиляционного числа.

Исследования концентрации хлорофилла «а» в прудах с высоким уровнем интенсификации показали, что в первый год эксплуатации при достаточно высоком уровне прозрачности воды показатель концентрации хлорофилла «а», хотя и увеличился на протяжении рыбоводного сезона в 10,1 раза, в среднем был невысоким (таблица 4). Сравнительно слабое развитие фитопланктона объясняется сильным зарастанием водоема и бурным развитием макрофитов. Ассимиляционные числа колебались в пределах 1,95–4,85, их средние показатели были выше, чем для прудов со средним уровнем интенсификации (таблица 4).

Таблица 4 – Концентрация хлорофилла «а» в водорослях и ассимиляционные числа (пруд А-1)

Площадь, га	Средние показатели за сезон (май – июль)		
	Прозрачность, м	Хл. «а», мг/м ³	АЧ, мг СО ₂ /мг хл.
81	Первый год эксплуатации		
	0,64±0,12	18,29±11,60	3,56±1,07
	Второй год эксплуатации		
	0,68±0,19	75,97±22,74	2,38±0,48
81	Третий год эксплуатации		
	0,37±0,03	121,47±44,41	1,45±0,30

Увеличение дозы внесенных минеральных удобрений в нагульный пруд А-1 вело к повышению концентрации хлорофилла «а» в планктоне. Во второй год эксплуатации пруд-

да в режиме высокого уровня интенсификации концентрация хлорофилла «а» в фитопланктоне возросла от 4,27 до 204,32 мг/м³, т. е. увеличилась в 47,8 раза. При этом средние показатели концентрации хлорофилла «а» возрастали, а показатели ассимиляционных чисел напротив, снижались (таблица 4). В динамике сезонной концентрации хлорофилла «а» с мая до середины июля наблюдалось ее постепенное увеличение от 4,27 до 75,8 мг/м³, а за две последних недели июля произошел резкий скачок до 204,32 мг/м³, сопровождавшийся настолько резким увеличением первичной продукции. Это связано с накоплением в пруду аллохтонной органики (остатки комбикормов, высокая плотность выращиваемых рыб), которая стимулировала развитие фитопланктона. Проведение корреляционного анализа между показателями валовой первичной продукции и концентрации хлорофилла «а» показало наличие тесной зависимости между ними. Коэффициент корреляции $r = 0,75$ достаточно высок. Ассимиляционные числа уменьшались с мая по август от 5,25 до 0,74 мг С/мг хл., что свидетельствовало о снижении активности единицы хлорофилла. По результатам анализа данных за этот период пруд можно характеризовать как высокопродуктивный, что подтверждается данными по общей рыбопродуктивности, которая составила 18,9 ц/га (таблица 1) и была выше средних показателей для нагульных прудов III зоны рыбоводства. Высокий уровень интенсификационных мероприятий в третий год эксплуатации повлек за собой повышение показателей продуктивности рыбоводной экосистемы в целом. Концентрация хлорофилла «а» нарастала от начала сезона к его завершению. Уже с середины июня концентрация хлорофилла «а» достигала достаточно высокого уровня и была относительно стабильной до конца июля. В сезонной динамике были четко выражены два пика концентрации хлорофилла «а»: первый (170,35 мг/м³) – в конце июня при прозрачности воды 0,30 м и показателе валового фотосинтеза 13,52 мгО₂/л, второй (201,43 мг/м³) – в конце июля при такой же прозрачности и уровне валового фотосинтеза 14,29 мгО₂/л. Средние показатели за сезон были самыми высокими за период исследований продуктивности этого пруда (таблица 4). Показатели валового фотосинтеза на протяжении рыбоводного сезона находились в пределах 6,77–14,29 мгО₂/л, а в среднем составляли $10,99 \pm 0,82$ мгО₂/л.

Исследования концентрации хлорофилла «а» в фитопланктоне пруда В-18 за такой же период его эксплуатации показали результаты, аналогичные полученным для пруда А-1, что выразилось в близких показателях по рыбопродуктивности для этого водоема (таблица 1).

Анализ исследований продуктивности нагульных прудов, эксплуатируемых в режиме высокого уровня интенсификации в многолетнем аспекте, показал, что при постоянном увеличении органической нагрузки на их экосистемы среднесезонные показатели концентрации хлорофилла «а» закономерно возрастали в результате увеличения доз вносимых удобрений. За период эксплуатации экосистемы прудов проходили путь увеличения нагрузки от слабо интенсифицированной до сильно интенсифицированной. За этот же период средние за сезон показатели фотосинтетической активности фитопланктона, выраженные через ассимиляционные числа, снижались, самые высокие из них были характерны для низкопродуктивной экосистемы.

Таким образом, изучение содержания хлорофилла «а» в фитопланктоне нагульных прудов, эксплуатируемых при разном уровне интенсификации, показало, что его концентрация в водорослях имела тенденцию к увеличению к концу рыбоводного сезона, что являлось проявлением общей закономерности, выявленной для рыбоводных прудов III зоны. Как для прудов со средним уровнем интенсификации, так и для прудов с высоким уровнем интенсификационных процессов в первые годы их эксплуатации отмечалась очень высокая степень зависимости между первичной продукцией планктона и концентрацией хлорофилла «а», коэффициент корреляции был высок ($r = 0,80$).

Итак, анализ многолетних исследований нагульных рыбоводных прудов южного региона Беларуси показал, что амплитуда значений концентрации хлорофилла «а» в их фитопланктоне составляла 4,07–613,12 мг/м³, т. е. крайние значения различались в 150 раз.

Среднесезонные показатели концентрации хлорофилла «а» в нагульных прудах колебались в пределах $18,29 \pm 11,60$ – $264,91 \pm 68,94$ мг/м³ и различались в 14,5 раза.

Выявлено, что при постоянном увеличении органической нагрузки на экосистемы нагульных прудов средние за сезон показатели концентрации хлорофилла «а» в фитопланктоне закономерно возрастали в зависимости от степени интенсификации рыбоводных процессов в экосистеме прудов проходили путь от слабо интенсифицированных до сильно интенсифицированных водоемов.

Средние за сезон показатели фотосинтетической активности фитопланктона, выраженные через ассимиляционные числа, колебались в пределах $1,45 \pm 0,30$ – $3,56 \pm 1,07$. Самые высокие показатели ассимиляционных чисел характерны для низкопродуктивных систем.

Отмечена тесная связь между показателями валовой первичной продукции и концентрации хлорофилла «а» в планктоне прудов (коэффициенты корреляции $r = 0,75$, $r = 0,80$).

Между показателями концентрации хлорофилла «а» и прозрачности воды выявлена тесная обратно пропорциональная зависимость.

• Список литературы

1. **ВИНБЕРГ Г.Г.** Удобрение прудов / Г.Г. Винберг, В.П. Ляхнович. – М.: Пищевая пром-сть, 1965. – 271 с.
2. **ГОРДОН Л.М.** Пути повышения эффективности товарного рыбоводства / Л.М. Гордон, Л.А. Эрман. – М.: Пищевая пром-сть, 1974. – 286 с.
3. **КОВАЛЕВСКАЯ Р.З.** Содержание хлорофилла в фитопланктоне / Р.З. Ковалевская // Общие основы изучения водных экосистем. – Л., 1979. – С. 207–213.
4. **КОЗЛОВА Т.В.** Качественный состав фитопланктона и зообентоса при различных методах интенсификации прудового рыбоводства / Т.В. Козлова. – Горки, 2007. – 174 с.
5. **КОЗЛОВА Т.В.** Особенности развития и продуцирования фитопланктона рыбоводных прудов, созданных на мелководье крупного водохранилища: автореф. дис... канд. биол. наук / Т.В. Козлова. – Л., 1983. – 21 с.
6. **ЛАВРЕНТЬЕВА Г.М.** Сопоставление характеристик фитопланктона озер с высоким уровнем первичной продукции, определяемым естественным режимом или удобрением / Г.М. Лаврентьева // Тр. ГосНИОРХ. – Л., 1987. – Вып. 264. – С. 4–10.
7. **МИХЕЕВА Т.М.** Оценка продукционных возможностей единицы биомассы фитопланктона / Т.М. Михеева // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. – М., 1970. – Т. 15. – С. 50–70.
8. **СИВКО Т.Н.** Санитарная и гидрохимическая характеристика реки / Т.Н. Сивко // Биологические процессы на загрязненном участке реки (на примере верхнего Днепра). – Минск, 1973. – С. 12–32.
9. **JEFFREY S.W.** New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in algae, phytoplankton and higher plants / S.W. Jeffrey // CSIRO Marine Biochemistry Unit. Fnnual Report. – 1973–1974. – P. 6–9.
10. **JEFFREY S.W.** New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton / S.W. Jeffrey, G.F. Humphrey // Biochemie und Physiologie der Pflanzen. – 1975. – Bd. 167, № 2. – P. 191–194.
11. **LIANG Y.** Primary production and fish yields in Chinese ponds and lakes / Y. Liang, J.U. Mellack, J. Wang // Trans. Amer. Fisheries Soc. – 1981. – 110. – P. 346–350.

Полесский государственный университет

Т.В. Казлова

УТРЫМАННЕ ХЛАРАФІЛУ «А» Ў ФІТАПЛАНКТОНЕ РЫБАВОДЧЫХ САЖАЛАК НА ПОЎДНІ БЕЛАРУСІ

Прадстаўлены рэзультаты аналізу назіранняў за сезоннай дынамікай канцэнтрацыі хларафілу «а» ў нагульных сажалках, якія эксплуатавалі ў розных умовах інтэнсіфікацыі.

Паказана, што пры непарарыўным павелічэнні арганічнай нагрузкі на экасістэмы нагульных сажалак сярэднія за сезон паказчыкі канцэнтрацыі хларафілу «а» ў фітапланктоне заканамерна павялічваліся ў залежнасці ад ступені інтэнсіфікацыі рыбаводчых працэсаў. За трохгадовы перыяд назіранняў экасістэмы сажалак прайшлі шлях ад слаба да моцна інтэнсіфікаваных вадаёмаў.

Аналіз паказчыкаў фотасінтэтычнай актыўнасці фітапланктону, выражаных праз асіміляцыйныя лічбы, выявіў, што самыя высокія з іх характэрны для сажалак з сярэднім узроўнем інтэнсіфікацыі рыбаводчых працэсаў.

Выяўлена адваротна прапарцыянальная залежнасць паміж канцэнтрацыяй хларафілу «а» і празрыстасцю вады.