

УДК 597.544:591.542

ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ И СУТОЧНОГО РИТМА ПИТАНИЯ МОЛОДИ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ (*Carassius auratus* (L.)) ПРИ РАЗЛИЧНОМ ОСВЕЩЕНИИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

© 2007 г. А. Б. Ручин

Мордовский государственный университет,
430000 Саранск, ул. Большевиктская, 68, e-mail: sasha_ruchin@rambler.ru
Поступила в редакцию 20.05.2004 г.

Изучали зависимость интенсивности и суточного ритма питания серебряного карася (*Carassius auratus* (L.)) от различного уровня освещения. Интенсивность питания снижалась по мере увеличения освещенности от 0 до 100–1200 лк, затем вновь возрастала. Такая зависимость проявлялась в опытах с различными по массе рыбами (2–4 и 10–13 г). Суточная ритмика питания наблюдалась при периодическом (12 ч свет : 12 ч темнота) и непрерывном освещении, однако отсутствовала в полной темноте. Пик интенсивности питания приходился на утренние и дневные часы.

ВВЕДЕНИЕ

Как и многие физиологические процессы, питание рыб – ритмический процесс. Например, у личинок пестрого толстолобика (*Aristichthys nobilis* (Rich.)) и карпа (*Cyprinus carpio* L.) максимум потребления пищи приходился на дневные часы [4, 9]. При этом у толстолобика дневной пик с возрастом смещался на утренние и ночные часы. У ерша (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) и кумжи (*Salmo trutta* (L.)) в естественных условиях выражена суточная ритмика питания. Для этих видов отмечено два пика наиболее интенсивного питания: утром и вечером – у ерша, днем при максимальной освещенности и в сумерки – у кумжи [5, 11]. В естественных условиях ритм питания может зависеть от доступности кормовых организмов, их размера, способа добычи и т.п. Однако в жестких условиях эксперимента многие из этих факторов утрачивают свое значение.

Цель работы – изучение влияния света как мощного экологического фактора на интенсивность и суточный ритм питания серебряного карася *Carassius auratus* (L.) в условиях эксперимента.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом служили сеголетки серебряного карася, которых ловили в небольшом пойменном водоеме (площадь 0.003 км²). До начала экспериментов рыб акклиматизировали к лабораторным аквариальным условиям в течение 20 сут при искусственном освещении. В каждый опытный аквариум помещали по 10–20 особей одинакового размера. Молодь серебряного карася содержали в аквариумах объемом 20–40 л с регулируемой температурой воды 20°C, принудительной аэрацией и про-

точностью 0.3 л/ч. Колебания температуры во всех аквариумах в течение опыта не превышали 1°C. Аквариумы освещали люминесцентными лампами, помещаемыми в 50 см от поверхности воды. Во всех случаях аквариумы полностью изолировали от естественного освещения. Опыты выполняли в сентябре – октябре. Рыб кормили живым кормом *Tubifex tubifex* (Oligochaeta: Annelida) до насыщения. Корм взвешивали с точностью до 2 мг.

В первом эксперименте изучали влияние постоянной, но разной интенсивности (от 0 до 8000 лк) освещенности на суточный рацион карася массой 2–4 и 10–13 г. Длительность опытов 10 сут. Величину суточного рациона определяли по разнице между массой вносимого и остающегося корма и выражали в относительных единицах (процентах по отношению к массе тела рыбы). При этом корм задавали и изымали ежесуточно. По окончании эксперимента рыб взвешивали и делали определенные расчеты суточного рациона. Всего проведено пять идентичных серий опытов. В последующем эти результаты усредняли. Средние значения из всех серий представлены на рис. 1 и 2.

Во втором эксперименте выявляли ритм питания рыб при ритмичном и постоянном освещении (при разной интенсивности светового воздействия). Изучали три режима фотопериода: 12 ч свет (С) : 12 ч темнота (Т); 0 ч свет : 24 ч темнота; 24 ч свет : 0 ч темнота. Фотопериод контролировался фототаймером. При ритмично меняющемся освещении свет включался одномоментно в 8 ч и отключался в 20 ч, освещенность в световой период составляла 800 лк на поверхности воды (первый режим). В опытах с постоянной освещенностью во втором режиме аквариумы закрывали черной пленкой; при этом освещенность приближалась к нулю. В третьем режиме проведено две серии опы-

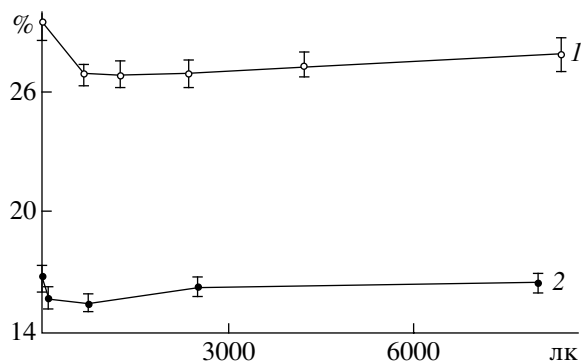


Рис. 1. Зависимость интенсивности потребления пищи молодью серебряного карася от освещенности: 1 – карась массой 2–4 г (в среднем из пяти 10-суточных опытов), 2 – карась массой 10–13 г (в среднем из двух 30-суточных опытов).

тов с постоянной, но различной по интенсивности освещенности на поверхности воды (800 и 8000 лк). Длительность опытов составляла 30 сут. Суточный ритм потребления корма определяли в последнюю декаду эксперимента, когда рыбы акклимированы к экспериментальным условиям. Величину суточного рациона определяли по разнице между массой вносимого и остающегося корма и выражали в абсолютных (в граммах на 1 экз. рыбы) единицах. При этом ритмику рассчитывали по средним значениям за 10 сут. Во избежание чрезмерного стресса корм изымали и взвешивали через каждые 2 ч. Параллельно проводили три идентичные серии опытов.

Для оценки значимости выявляемых различий использовали *t*-критерий Стьюдента[3].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интенсивность питания (суточный рацион) молодью серебряного карася зависит от величины освещенности (эксперимент 1). По мере увеличения освещенности этот показатель уменьшался от 16.5 и 29.6% при 0 лк до 15.4 и 26.9% (при 100–1200 лк), а затем вновь плавно возрастал, достигая 16.2 и 28.2% при максимальной интенсивности света (значения указаны для рыб массой соответственно 2–4 и 10–13 г) (рис. 1). Однако при максимальной освещенности (>8000 лк) суточный рацион не достигал тех величин, какие зарегистрированы при полном отсутствии света. Указанная зависимость обнаружена в опытах как с небольшими по размеру особями, так и с более крупной молодью. Заметим, что по ходу 30-суточного опыта (эксперимент 2) достоверность разницы данного показателя отмечалась не во всех режимах и, по-видимому, можно судить только о небольшом (но недостоверном) снижении интенсивности потребления пищи при оптимальном освещении (суточный рацион составлял 15.8%). Под оптимальным освещением понимали интенсивность освещения, при которой скорость роста рыб была наиболее высокой (800 лк). Для этого определяли начальную и конечную массу рыб и рассчитывали скорость роста. Результаты этих расчетов подтвердили ранее полученные данные [6]. Достоверность разницы средних величин суточных рационов, полученных в режиме с нулевой освещенностью и его минимальными значениями при освещенности 100–1200 лк, превышала уровень 95%. В то же время сравнение суточных рационов при нулевом освещении с таковыми при любом другом уровне освещения не выявило достоверных

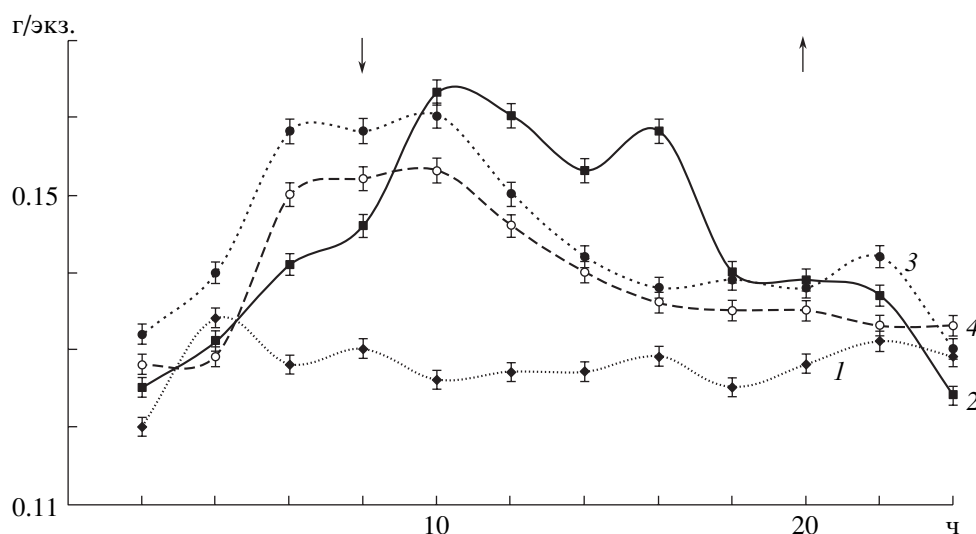


Рис. 2. Суточный ритм потребления корма (г/экз.) молодью серебряного карася массой 10–13 г при различных световых режимах (С : Т, ч): 1 – 0 лк (0 : 24), 2 – 800 лк (12 : 12), 3 – 800 лк (24 : 0), 4 – 8000 лк (24 : 0). Стрелками показано время включения и отключения света во втором режиме.

различий. В опытах на молоди карпа в целом были получены сходные результаты. В темноте суточные рационы заметно возрастали, а по мере увеличения освещенности до оптимального для роста режима снижались и затем вновь возрастали с повышением интенсивности освещения [7].

В потреблении корма в течение суток проявлялась определенная ритмичность. При периодически меняющемся освещении максимум интенсивности питания приходился на дневное время (10–16 ч) (рис. 2). При постоянном освещении независимо от интенсивности освещенности такой пик зарегистрирован утром (6–10 ч). В эксперименте с постоянным отсутствием света ритмичность была подавлена. Таким образом, включение света при периодическом освещении стимулирует интенсивность потребления корма, т.е. свет был пусковым механизмом. С другой стороны, появление утреннего пика при постоянном освещении можно объяснить работой внутреннего механизма биологических часов, реагирующих на природное изменение освещенности, которая в естественных условиях изменяется постепенно, а не одновременно, как в опытах автора.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Свет представляет собой первично-периодический фактор, изменения которого повторяются с жесткой ритмичностью в течение суток и сезона. Суточная периодичность многих физиологических процессов свойственна большинству рыб, за исключением рыб, живущих в пещерах и на больших глубинах. Определенный ритм потребления пищи характерен для многих видов. Например, сходная с данными авторов зависимость ритма питания от времени суток прослеживалась в опытах с молодой тилапией *Tilapia mossambica* (Peters) [10]. Питание обыкновенного пагра *Pagrus pagrus* (L.) также носило ритмический характер, причем большая часть пищи (до 70%) потреблялась в светлое время. В то же время в режиме постоянной темноты проявлялся аналогичный ритм, и максимум интенсивности питания также приходился на дневное время, что свидетельствует об эндогенной ритмике [12]. Еще одно подтверждение этого предположения – опыты с плотвой (*Rutilus rutilus* (L.)) и личинками карпа. Круглосуточное освещение или затемнение не влияло в рамках эксперимента на характер суточной ритмики питания плотвы [2]. В темноте и при естественной фотопериодичности ритм потребления корма карпом был одинаков и максимум приходился на утреннее и дневное время [1]. Однако в опытах автора подобный ритм питания в темноте не зафиксирован. По-видимому, это связано с экологическими особенностями отдельного вида. Согласно имеющимся в литературе данным [1, 8, 10, 11], максимальное потребление корма приходится на время повышенной двига-

тельной активности и, как следствие, увеличения интенсивности дыхания. Проведенные параллельно с опытами автора измерения интенсивности потребления кислорода полностью подтвердили данную зависимость.

Выводы. Интенсивность питания молоди серебряного карася в эксперименте зависит от величины освещения. Она снижалась по мере увеличения освещенности от 0 до 100–1200 лк, а затем вновь возрастала, не достигая однако тех величин, какие зарегистрированы в полной темноте. При периодическом и непрерывном освещении проявлялась суточная ритмика питания. Максимум потребления корма приходился на дневное время. При отсутствии света ритмичность подавлялась. Включение света служит пусковым механизмом для усиленного потребления корма. В то же время предполагается наличие определенных биологических часов, регулирующих время наибольшего потребления корма.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (МК-1066.2003.04).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Власов В.А. Оптимальные световые режимы при выращивании карпа в искусственных условиях // Изв. ТСХА. 1991. Вып. 4. С. 139–147.
2. Ионова В.А. Суточный ритм питания молоди плотвы в экспериментальных условиях. М., 1979. 11 с. Деп. в ВИНТИ. 09.08.1979. № 2956–79.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 293 с.
4. Лупачева Л.И., Рыбаков Ф.Ю. Суточный ритм питания личинок пестрого толстолобика при подращивании в лотках // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. 1980. № 27. С. 77–84.
5. Родионова Л.А. О суточном ритме питания и рационе ерша Камского водохранилища // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та, 1981. С. 65–66.
6. Ручин А.Б. Влияние астатичности светового фактора на рост и энергетику молоди рыб: Автореф. дис.... канд. биол. наук. М., 2000. 22 с.
7. Ручин А.Б. Особенности роста и энергетики молоди карпа (*Cyprinus carpio*) при различной освещенности // Зоол. журн. 2001. Т. 80. № 4. С. 433–437.
8. Шекк П.В. Суточная ритмика интенсивности потребления кислорода и двигательной активности молоди черноморских кефалей остроноса *Liza saliens* (Risso), сингиля *L. aurata* (Risso) и лобана *Mugil cephalus* L. // Вопр. ихтиологии. 1986. Т. 26. Вып. 3. С. 464–469.
9. Matlak J., Matlak O. The natural food of carp fry (*Cyprinus carpio* L.) // Acta Hydrobiol. 1976. V. 18. № 3. P. 203–228.
10. Nagarajan K., Gopal V. Effects of photoperiod on oxygen consumption and food utilization in *Tilapia mossambica* // Proc. Nat. Acad. Sci. 1983. V. B53. P. 217–225.

11. Oswald R.L. The use of telemetry to study light synchronization with feeding and gill ventilation rates in *Salmo trutta* // J. Fish Biol. 1978. V. 13. № 6. P. 729–739.
12. Pavlidis M., Paspatis M., Koistinen M. et al. Daily rhythms of serum metabolites and thyroid hormones in red porgy held in different photoperiod regimes // Aquacult. Int. 1999. V. 7. № 1. P. 29–44.

Dependence of Intensity and Daily Rhythms of Feeding of Young Silver Crucian (*Carassius auratus* (L.)) at Various Illumination in Experiment

A. B. Ruchin

Mordovian State University, 430000 Saransk, Bolshevikskaya str., 68, Russia

During the experiment the dependence of intensity and daily rhythms of silver crucian feeding on various illumination was studied. Intensity of feeding reduced at increase in light exposure from 0 lx up to 100–1200 lx, then again increased. Such dependence was shown in experiments with fish of various weight (2–4 and 10–13 g). Daily rhythms of feeding were observed at periodic (12 h light : 12 h darkness) and continuous illumination, however it was absent in full darkness. The peak of feeding intensity occurs in morning and day hours.