

ОРГАНИЗМ И СРЕДА

УДК 597.587.9:591.13

А. В. ЧЕПУРНОВ, Ю. Е. БИТЮКОВА,
Н. К. ТКАЧЕНКО

ПИЩЕВОЕ ПОВЕДЕНИЕ ЛИЧИНОК КАМБАЛЫ КАЛКАНА *PSETTA MAEOTICA PALLAS* НА ЭТАПЕ СМЕШАННОГО ПИТАНИЯ И ПЛОТНОСТЬ КОРМОВЫХ ОРГАНИЗМОВ ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ

При выращивании личинок рыб в системах с замкнутым циклом водообеспечения необходимо поддерживать оптимальную плотность кормовых организмов, поскольку избыточные концентрации пищи неблагоприятно влияют на гидрохимический режим среды, приводят к замедлению роста личинок и снижению их жизнестойкости [6]. Определение уровня концентрации пищи включает вопросы изучения пищевых потребностей личинок и особенностей их пищевого поведения.

Основные элементы пищевого поведения формируются на этапе смешанного питания, когда происходит становление взаимоотношений хищника и жертвы. Они определяются двигательной активностью личинок, их способностью удерживаться на определенных горизонтах водной толщи, особенностями рецепции и точностью пищевых атак [7, 8].

Задача настоящего исследования — изучение пищевого поведения личинок камбалы калкана для установления необходимой плотности кормовых организмов в замкнутых системах на этапе перехода на экзогенное питание.

Материал и методика. Личинок содержали в установках с замкнутой циркуляцией воды [1]. В качестве корма использовали коловраток *Brachionus plicatilis*. Морфометрический анализ включал измерение личинок, размеры плавательного пузыря и желточного мешка. Резорбцию желточного мешка оценивали по сокращению площади поперечного сечения, которую рассчитывали по формуле

$$S = \frac{\pi l h}{4},$$

где l — длина, мм; h — высота, мм.

Для изучения изменений в зрительной системе определяли диаметр глаза, хрусталика, взаимное расположение глаз. Величину бинокулярного угла зрения находили по уравнению

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2d_3}{d_2 - d_1},$$

где d_1 и d_2 — расстояния между вертикальными осями глаз соответственно в назальном секторе и темпоральном; d_3 — проекция горизонтального диаметра глаз на сагиттальную плоскость, проходящую через центр тела личинки.

Дистанцию восприятия пищевых организмов в горизонтальной и вертикальной плоскостях рассчитывали по Дж. Хантеру [7]. Скорость движения определяли визуально для 10—15 одноразмерных личинок, учитывая пройденный путь за исследуемый промежуток времени [4]. Время движения и покоя фиксировали секундомером.

Анализ содержимого кишечника 20—25 личинок проводили каждые 2 ч на протяжении суток. Подсчитывали количество свежезагло-

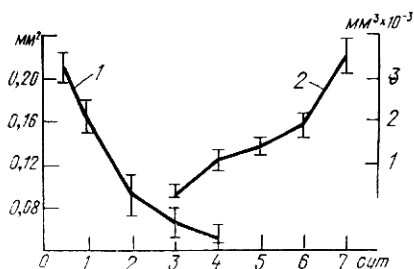


Рис. 1. Изменения площади поперечного сечения желточного мешка (1) и объема плавательного пузыря (2) у личинок камбалы калкана в период эндогенного и смешанного питания.

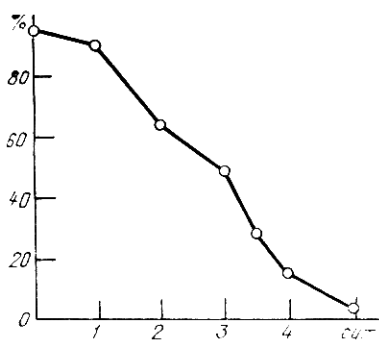


Рис. 2. Сокращение времени покоя личинок калкана в период эндогенного и смешанного питания.

таных коловороток, а также восстанавливали общее их количество по наличию челюстных аппаратов.

Результаты исследований. В течение первых дней после выклева личинки камбалы калкана пассивны, 80—90% времени находятся в покое. Большой желточный мешок и жировая капля создают положительную плавучесть, удерживают личинок в приповерхностных слоях. По мере роста и развития происходит сокращение желточного мешка, личинки приобретают отрицательную плавучесть и концентрируются на границе светлых и затененных участков, совершая челночные движения к поверхности и опускаясь вниз на глубину 7—12 см.

В 3-суточном возрасте у личинок появляется эритроцитарное кровообращение. Через 6—8 ч после появления форменных элементов на плавательном пузыре развивается сосудистое тело, после чего начинается его заполнение (рис. 1). При заполнении плавательного пузыря воздухом значительно увеличивается активность личинок. Они опускаются из поверхностных слоев в толщу воды культиваторов и плавают горизонтально. К моменту перехода на внешнее питание желточный мешок почти полностью резорбирован, жировая капля перемещается в область печени, максимальная высота головного синуса сдвигается в ростральном направлении. Периоды покоя сокращаются и составляют 3—15% времени суток (рис. 2). С увеличением грудных плавников, хвостового отдела скорость движения личинок возрастает до 21 см/мин (таблица).

На ранних этапах развития морских рыб зрение — основной рецептор, обеспечивающий ориентацию, реакцию поиска и захвата пищевых организмов. На этапе смешанного питания в зрительной системе личинок развиваются приспособления, обеспечивающие увеличение остроты зрения.

При пищевых атаках, помимо локомоции, важную роль играет способность личинок оценивать расстояние до жертвы. Как известно, точность дистантных характеристик зрения определяется степенью биноку-

Скорость движения личинок калкана на этапе смешанного питания

Показатель	Возраст, сут				
	3	4	5	6	7
Длина, см	0,37	0,38	0,40	0,41	0,43
Скорость, см/мин	21,0	21,6	29,4	36,0	48,0

лярности [5]. У личинок калкана на выклеве бинокулярный угол равен 10—15°. В процессе развития изменяются пропорции частей головы, в частности формируются и удлиняются челюсти, изменяется взаимное расположение глаз. Назальные края глаз к 4-суточному возрасту личинок сближаются, в результате чего бинокулярный угол увеличивается до 45° и до начала метаморфоза величина его изменяется незначительно.

Процесс захвата жертвы включает несколько поведенческих актов. При появлении в поле зрения кормовых организмов личинка с помощью грудных плавников и хвостового отдела ориентирует голову по направлению к жертве так, что последняя оказывается в центре угла бинокулярного зрения. После кратковременной остановки (2—4 с) и нескольких колебательных движений головного конца тела в вертикальной плоскости личинка совершает резкий бросок.

Минимальное расстояние восприятия пищи у 4-суточных личинок составляет 2,7 мм. К концу этапа смешанного питания эта дистанция увеличивается до 3 мм.

Личинки калкана при температуре 18—19°C начинают питаться в возрасте 84—96 ч. После внесения корма только около 10% личинок способны начать питаться (рис. 3). К концу 5-х суток 90% личинок, обитающих в толще воды установок, переходят на внешнее питание. У начинающих питаться личинок в кишечнике обнаружено 2—5 коловерток, в 5-суточном возрасте максимальное их количество достигает 8—14 экз. При постоянном освещении интервалов в питании личинок в течение суток не выявлено.

Обсуждение результатов. На этапе смешанного питания у пелагических личинок морских рыб основная форма поведения, обеспечивающая выживание, — пищевая. Обнаружение и отлов кормовых организмов личинками на ранних этапах развития определяют их дальнейший рост и развитие. Отсутствие пищи на протяжении 24—36 ч вызывает необратимые изменения в пищеварительной системе личинок.

Функциональные особенности органов рецепции и локомоции претерпевают значительные изменения к 8—9-суточному возрасту. Плавающие качества личинок улучшаются. Они в состоянии совершать длительные миграции в единицу времени. Несвоевременное заполнение плавательного пузыря приводит к значительному ухудшению плавучих качеств личинок, к большим энергетическим затратам для удержания тела в горизонтальном положении.

При поиске и захвате пищевых организмов большое значение имеет зрение. К моменту перехода на внешнее питание у личинок полностью пигментированы глаза, появляется предметное зрение. С увеличением бинокулярности усиливается восприятие жертв в переднем поле зрения, которым, по-видимому, ограничиваются пищевые реакции личинок. Дж. Хантер [7] с помощью киносъемок установил, что у личинок анчоуса угол реакции на пищевые организмы в горизонтальной плоскости ограничен 60°, в вертикальной — 30°. Для личинок камбалы калкана подобные определения не выполнялись, но можно предположить, что угол атак совпадает с бинокулярным углом зрения, а несколько заниженные его характеристики связаны с тем, что не учитываются возможности восприятия периферических участков сетчатки.

Особенности поведения личинок калкана на этапе смешанного питания необходимо учитывать при выборе кормовых организмов и их плотности, так как в этом возрасте способности хищника к захвату жертвы ограничены и далеко не все атаки завершаются успешно. В ре-

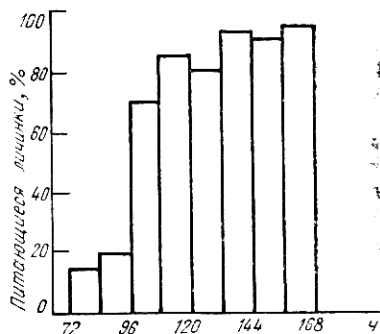


Рис. 3. Эффективность перехода личинок камбалы калкана на внешнее питание.

зультате экспериментов на личинках анчоуса [7] и сельди [8] показано, что количество успешных бросков в начале питания невелико — около 10% общего количества. Поэтому концентрации стартовых кормов должны быть значительно выше, чем пищевые потребности личинок на ранних этапах экзогенного питания. Необходимую плотность кормовых организмов C можно вычислить по уравнению

$$C = \frac{N}{V},$$

где N — количество коловраток, обнаруженных одной личинкой за 1 ч; V — объем воды, см³. Допуская, что успешный захват кормовых организмов из общего числа обнаруженных составляет 10%, а одна личинка камбалы калкана захватывает 9 экз/ч [3], общее количество коловраток, встреченных личинкой в течение 1 ч, должно составлять 90 экз. Объем воды, облавливаемой одной личинкой за 1 ч, равен

$$V = \frac{S\pi r^2(\alpha_1\alpha_2)}{4},$$

где S — путь, пройденный личинкой, см; r — дистанция восприятия кормовых организмов, см; α_1 и α_2 — угол восприятия жертв соответственно в горизонтальной и вертикальной плоскостях, рад. Подставляя в последнее уравнение полученные данные, находим, что личинка в возрасте 3,5—4-х суток за 1 ч в состоянии обловить 35 см³, а искомая концентрация коловраток должна составлять 3 экз/мл.

Анализ содержимого кишечника личинок 3,5—4-суточного возраста (рис. 3) показал, что незначительная часть личинок в состоянии перейти на внешний корм. Однако по мере развития личинок повышается их активность, происходит закрепление рефлексов, связанных с добыванием пищи. Пятисуточные личинки способны за 1 ч исследовать 60 см³, а необходимая плотность коловраток для осуществления успешных атак должна составлять около 1,5 экз/мл.

В замкнутых системах для выращивания личинок морских рыб с проточным режимом необходимо создавать агрегации кормовых организмов, размер которых варьирует в зависимости от плотности внесения личинок и объема культиватора. С помощью оптических устройств легко регулируются световые пятна, в которых концентрируются кормовые организмы [2]. В результате снижается биологическая нагрузка в замкнутой системе и создаются благоприятные условия для кормления личинок. Питание личинок на пятне значительно облегчает поиск пищи, экономит энергетические ресурсы. Обнаружение и отлов жертв с возрастом личинок совершенствуется, поэтому в дальнейшем плотность зоопланктона может быть снижена.

Выводы. 1. К началу смешанного питания личинки камбалы калкана имеют отрицательную плавучесть. Их плавучие качества, активность обеспечиваются плавательным пузырем.

2. Восприятие кормовых организмов определяется бинокулярным углом зрения, который у личинок 4-суточного возраста увеличивается до 45°.

3. Скорость движения личинок калкана на этапе смешанного питания увеличивается от 21 до 48 см/мин.

4. Для успешного перевода личинок на внешнее питание плотность коловраток в культиваторах должна составлять 2—3 экз/мл, к концу этапа может быть снижена до 1,5 экз/мл.

1. А. с. 789067 (СССР). Установка для содержания водных организмов / Б. Н. Беляев, А. В. Чепурнов. — Оpubл. в Б. И., 1980, № 47.
2. А. с. 873997 (СССР). Устройство для концентрирования живых кормовых организмов / Б. Н. Беляев, А. В. Чепурнов. — Оpubл. в Б. И., 1981, № 39.

3. *Борисенко В. С.* Морфоэкологические особенности личинок камбалы калкана (*Scophthalmus maoticus* Pallas) и кефали лобана (*Mugil cephalus* L.) в связи с искусственным воспроизводством: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1980. — 28 с.
4. *Дука Л. А., Синюкова В. И.* Руководство по изучению питания личинок и мальков морских рыб в естественных и экспериментальных условиях. — Киев: Наук. думка, 1976. — 132 с.
5. *Протасов В. П.* Зрение и ближняя ориентация рыб. — М.: Наука, 1968. — 206 с.
6. *Brownell C. L.* Water quality requirements for first-feeding in marine fish larvae. — *Exp. Mar. Biol. and Ecol.*, 1980, 44, N 2, p. 269—283.
7. *Hunter J. R.* Swimming and behavior of larval anchovy *Engraulis mordax*. — *Fish Bull. U. S.*, 1972, 70, N 3, p. 821—839.
8. *Rosenthal H., Hempel G.* Experimental studies in feeding and food requirements of herring larvae (*Clupea harengus* L.). — In: *Marine food chains* ed. by J. H. Steele. — Edinburgh, 1970, p. 344—364.

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 02.04.84

A. V. СHERPURNOV, Ун. Е. BITYUKOVA,
N. K. TKACHENKO

**EATING BEHAVIOUR OF PSETTA MAEOTICA
PALLAS LARVAE AT THE STAGE
OF MIXED NUTRITION AND DENSITY
OF FOOD ORGANISMS UNDER CULTIVATION**

Summary

Basing on the data of eating behaviour of the *Psetta maotica* Pallas larvae, it is stated that the Rotatoria density in cultivators must be 2-3 specimen/ml, in the end of the stage it may be decreased to 1-1,5 specimen/ml.

УДК 591.148.1:577.472(26)

П. В. ЕВСТИГНЕЕВ, Э. П. БИТЮКОВ

**О СУТОЧНОЙ РИТМИКЕ БИОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ
МОРСКИХ КОПЕПОД
И ВЛИЯНИИ НА НЕЕ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Изучению ритмической активности уделяется большое внимание, поскольку она отмечается на всех уровнях организации живых форм и может касаться внутриклеточных механизмов и проявляться на уровне сообществ. Количественные характеристики суточных ритмов биолюминесценции морских организмов, в основном представителей фитопланктона, достаточно освещены в литературе [6, 10, 12, 13, 16—18]. В частности, отмечаются циркадные ритмы у перидиней (например, *Gonyaulax polyedra*; период между пиками максимальной интенсивности свечения которого 23 ч, причем ночной уровень превышает дневной в 40—60 раз) [17]. Свечение подавляется освещением, однако при помещении в темноту восстанавливается [5, 14]. Эти ритмы весьма стабильны и не изменяются даже при повышении температуры. В равной мере наблюдаются суточные изменения интенсивности биолюминесцентного поля в толще пелагиали, при этом различие может достигать двух порядков [8].

Специальные исследования ритмов биолюминесцентной активности гетеротрофов выполнены в незначительном объеме. Проведенные исследования биолюминесценции *Noctiluca miliaris* показали, что уровень ее светоизлучения в ночные часы отличается от дневного не более чем в два раза [1]. Суточные ритмы биолюминесценции копепод, являющихся массовыми планктонными биолюминесцентами, не определены.

В связи с этим поставлены два параллельных эксперимента для выяснения изменчивости характеристик светоизлучения копепод рода *Pleuromamma*, находящихся на протяжении суток при естественной