

УДК 57.025

DOI: 10.26456/vtbio306

ПИЩЕВЫЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ДВУХЛЕТКОВ КАРПА (*CYPRINUS CARPIO*) ПРИ СВОБОДНОМ ВЫБОРЕ КОРМА

**В.П. Панов¹, С.Б. Мустаев², А.В. Сафонов¹,
С.С. Сафонова¹, А.В. Золотова¹**

¹Российский государственный аграрный университет – МСХА
им. К.А. Тимирязева, Москва;

²ВНИРО филиал по пресноводному рыбному хозяйству ВНИИПРХ,
Московская область (пос. Рыбное)

В настоящей работе представлены данные о пищевом поведении двухлетков карпа при свободном выборе кормов с различной питательностью. При выращивании рыб определена большая вкусовая привлекательность высококалорийного корма. Поэтому рыбы в основном предпочитали потреблять комбикорм Карп 38/12. В процессе откорма приоритеты в отношении пищевого объекта не изменились, но в рационе увеличилась доля низкокалорийного корма К-111. Возможно, это связано с ростом рыб и появлением на их теле большего количества хеморецепторов. Проведенные исследования свидетельствуют о возможности использования автокормушек для выявления пищевой привлекательности различных видов кормов. Обладая хорошо развитой хеморецепторной системой, рыбы отдают предпочтение высокоэнергетическому корму, у которого, по-видимому, более ярко выражены вкусовые качества, привлекающие рыб. Однако, при постоянном потреблении такого корма, у рыб притупляются первоначально выраженные рецепторные свойства вкусового, а возможно, и обонятельного анализаторов. Поэтому наблюдается частичный переход рыб на потребление низкокалорийного корма.

Ключевые слова: *Cyprinus carpio*, пищевое поведение, питательность корма, маятниковые автокормушки, Дмитровский район Московской области.

Введение. Корма, используемые при выращивании различных видов рыб в условиях аквакультуры, имеют неодинаковый состав, питательность и, соответственно, органолептические свойства. Пищевое поведение рыб связано непосредственно с работой рецепторов, определяющих запах и вкус того или иного кормового объекта (Golietal, 2014).

Обонятельная способность к различным видам пищевых объектов изучена у ряда видов: осетровых (Лавровский, 1981), угря (Konosuetal, 1968), тресковых (Девицына, 1972, 1973; Pawson, 1977),

форели (Hara, 1973), карпа (Малюкина и др., 1987; Satouetal, 2005) и дорадо (Tandleretal, 2006). Обонятельный спектр, воспринимаемый рыбами, не является видоспецифическим и подобен даже у видов, относящихся к разным семействам (Cargio, 2011).

Ольфакторный рецептор состоит из розеток, включающих серию ламелл. Они образованы двумя слоями эпидермиса с тонкими соединительнотканными прослойками. Эпителий разделен на две области: чувствительную и слабодифференцированную. Отмечены различные видовые особенности по распределению клеток в этих областях. Клетки в них трех видов: рецепторные, поддерживающие и базальные. У костистых рыб морфологически выделяют два типа рецепторных клеток: реснитчатые и микроворсинчатые (Yamamoto, 1982;Hara, 2007).Обоняние является проводникомдляхимических веществ, определяющим поведение рыб, но при этом очевидно, что роль вкусовых анализаторов весьма разнообразна(Hara, 2007; Yamamori et al, 2011).

Оральное восприятие вкуса является высоко видоспецифичным. Вкусоощущение свободных аминокислот и других химических веществ сильно различается даже у рыб, обитающих в схожих условиях и предпочтительно использующих в пищу одних и тех же гидробионтов (Kasumyan, 2003).Вкусовые почки развиваются позднее, чем структуры обонятельного рецептора. Первые примордиальные почки появляются вокруг и внутри ротоглотки за несколько дней до вылупления (данио рерио, канальный сом) (Hansenetal, 2002; Northcutt, 2005). У форели самые ранние почки появляются на 8-ой день после вылупления (Twongoetal, 2011). Количество почек в оральной полости у дальневосточного лосося медленно нарастают в первые 60 дней после вылупления, многократно увеличиваясь в следующие 300 дней, так что их число при смолтификации достигает 15000 шт. (Komada, 1993).

Некоторые рыбы, подобные сомовым, осетровым, тресковым и карповым, имеют экстраоральные почки и могут оценивать вкусовые качества пищи перед взятием ее в рот (Atema, 1971; Gomahretal, 1992; Devitsina, Kazhlaev, 1993;Harvey, Batty, 2005). У карповых, в отличие от других рыб, пищевое поведение зависит, главным образом, от химических и тактильных восприятий многочисленных терминальных вкусовых луковиц поверхностного слоя кожи (Atema, 1971;Maruietal, 1983).В составе вкусовой почки находятся три типа клеток, обеспечивающие восприятие вкуса: стержневидные с ресничками на апикальном полюсе, с микроворсинками и базальные (Braun, Northcutt, 1995;Hansenetal, 2002).

Установлено, что живые организмы, включая рыб, в гетерогенной среде способны выбирать стратегию поведения, при

которой диссипация (потери) их энергии минимальны (Зотин, 1988). При возможности выбора корма хеморецепция помогает минимизировать эти потери энергии.

Некоторые вещества значительно увеличивают потребление корма одним видом рыб, но имеют противоположный эффект у других (Kasumyan, 2003).

Знание вкусовых предпочтений рыб является важным аспектом, который должен учитываться для повышения эффективности аквакультуры и рыболовства. «Аппетитные» вещества могут быть использованы для повышения привлекательности искусственных кормов, наживок и прикормок (Golietal, 2014). Для наилучшего использования искусственных кормов при выращивании товарных видов рыб (осетровые, форель, карп) возникает необходимость учета их запаха и вкуса. Это может позволить увеличить потребление кормов и обеспечить более высокую степень их усвоения, ускоряя, таким образом, рост гидробионтов.

Объективным видом испытания эффективности разных кормов в производственных условиях может служить одновременное предложение их рыбам. Устройством, отвечающим всем требованиям для этого, являются маятниковые автокормушки (Лавровский, 1977, 1987; Alanaga, 1996).

Цель настоящего исследования заключается в установлении характера влияния питательности корма на его поедаемость двухлетками карпа в условиях свободного выбора.

Методика. Опыт проводился на базе Всероссийского научно-исследовательского института пресноводного рыбного хозяйства (ныне филиал ВНИРО), в ОСПХ (опытное селекционно-племенное хозяйство) «Якоть» Дмитровского района Московской области. Объектом исследования служили двухлетки карпа.

Работа велась с апреля по октябрь 2019 г. по схеме, представленной в таблице 1, в двух повторностях. Гидробионты содержались в 6-ти непроточных прудах, площадью 0,07 га. Плотность посадки годовиков составляла 7000 экз./га.

Таблица 1

Схема опыта

Показатели	Вариант		
	I (К-111)	II (Карп-38/12)	III (К-111, Карп-38/12)
Средняя начальная масса рыб, г	30	30	30
Плотность посадки, экз./га	7000	7000	7000
Площадь пруда, га	0,07	0,07	0,07
Количество автокормушек, шт.	2	2	2
Вид корма	К-111	Карп 38/12	К-111, Карп 38/12

При кормлении рыб использовались однамятниковые автокормушки типа «Рефлекс» вместимостью 25 кг. В автокормушки засыпались два комбикорма К-111 и Карп 38/12 (табл. 2), без ограничения суточного рациона, реализуя бионический метод кормления (Лавровский, 1982). В варианте I использовали комбикорм К-111 (в обеих автокормушках), в варианте II – Карп-38/12 (в обеих автокормушках), в варианте III – К-111 и Карп-38/12 (в разных автокормушках).

Таблица 2

Питательность комбикормов

Показатель	Комбикорм	
	К-111	Карп 38/12
Сырой протеин, %	23	38
Жир, %	3,5	12
Клетчатка, %	не более 8	не более 3,5
Переваримая энергия, МДж/кг	10	17,1
Энерго-протеиновое соотношение	10,3	10,7
Размер гранул, мм	5	6

Массу тела рыб измеряли с помощью электронных весов, длину тела – с использованием доски для бонитировки рыб. Полученный материал обработан статистически с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel. Рассчитывались такие показатели как среднее абсолютное значение со стандартной ошибкой средней ($M \pm m$), коэффициент вариации ($Cv, \%$). Достоверность различий определялась по t-критерию Стьюдента при

$p \leq 0.05$ (по Пирсону). Для установления суммарного количества месячного и сезонного потребления рыбами кормов ежедневно проводили их учет в каждой автокормушке.

Результаты и обсуждение. Поскольку в вариантах I и II рыбы были лишены выбора в течение всего периода откорма, основное внимание в наших исследованиях направлено на установления особенностей количественного соотношения потребления кормов двухлетками в варианте III. Несмотря на то, что рыбы в варианте III первоначально приучались потреблять высококалорийный корм, они относительно безболезненно перешли, во всяком случае, частично на поедание низкокалорийного. В конце периода выращивания (с августа) заметно значительное отличие рыб, питавшихся двумя видами корма, по массе и длине тела (табл. 3).

Таблица 3

Морфометрические показатели рыб

Вид корма	Масса рыб, г				
	апрель	июнь	июль	август	октябрь
К-111	28,7±0,69	124,8±10,52	282,7±27,09	515,6±11,09	572,0±64,66
Карп 38/12	28,7±0,69	124,8±10,52	432,0±37,02	864,0±21,17	986,7±43,72
К111/Карп 38/12	28,7±0,69	124,8±10,52	361,0±21,07	1064,0±61,98	1220,0±15,81
Вид корма	Длина тела рыб, см				
	апрель	июнь	июль	август	октябрь
К-111	12,9±0,22	19,2±0,58	23,9±0,70	28,8±0,35	31,9±2,08
Карп 38/12	12,9±0,22	19,2±0,58	26,0±9,42	32,5±0,29	33,7±0,33
К111/Карп 38/12	12,9±0,22	19,2±0,58	24,3±6,39	35,7±1,09	37,8±0,25

При этом необходимо отметить особенности количественного потребления корма рыбами во время всего нагульного периода. В начале, в мае, после загрузки автокормушек, наблюдается почти равное потребление корма рыбами во всех вариантах опыта. В последующем величина этого показателя различается. В меньшей степени потребляется корм К-111 в варианте I, и это не связано с сезоном года (июнь–сентябрь). Расход высококалорийного комбикорма выше, чем низкокалорийного на 12,0-53,0%. Подобная тенденция отмечена и при одновременном использовании в прудах двух видов кормов (К-111 + Карп 38/12) (табл. 4). Это свидетельствует об относительно низкой вкусовой привлекательности корма с невысоким содержанием белка и жира, т.е. он является недостаточно аппетитным.

Таблица 4

Расход кормов по месяцам, кг

Вид корма	Расход кормов по месяцам, кг				
	май	июнь	июль	август	сентябрь
К-111	23	24,5	171,5	157,5	62,5
Карп 38/12	22	37,5	204	177,5	70
К111/Карп 38/12	0/23	10/26,5	81/155	45/118,5	25/52,5

Судя по полученным результатам, рыбы, независимо от периода откорма, отдавали предпочтение более калорийному корму. Его потребление существенно выше, чем комбикорма К-111 (в 1,9-2,6 раза). Однако последний занимает большую долю в рационе двухлеток карпа (около 1/3) (рис. 1).

Это вызывает определенный практический интерес, поскольку существенно удешевляет выращивание этого коммерчески важного

вида рыб. Особенностью использования в одном пруду двух видов кормов, является некоторое количественное колебание при их потреблении в разные периоды откорма.

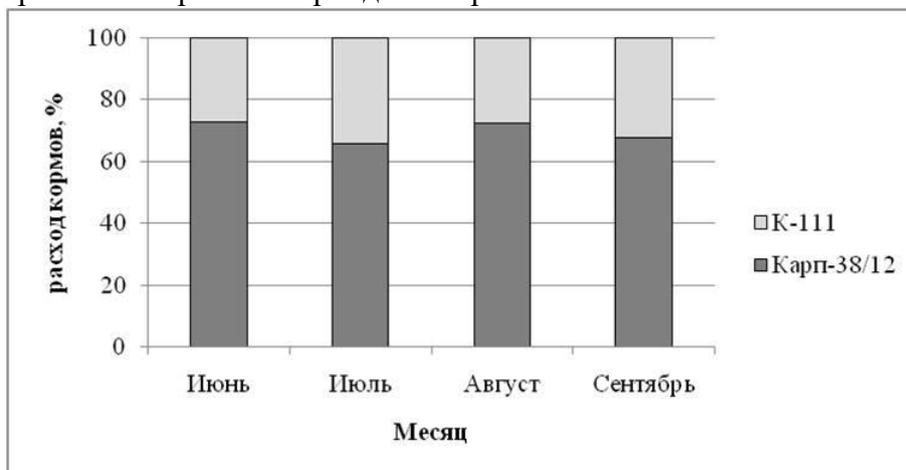


Рис. 1. Расходы кормов в третьей группе, %

Температурный режим во всех прудах в период эксперимента фактически был одинаковым (рис. 2), т.е. он не оказывал влияния на интенсивность потребления того или иного корма.

Динамика содержания кислорода в воде прудов была в основном сходная. С мая по июль в воде прудов, где были установлены кормушки с разными видами корма (вариант III), отличались более высоким содержанием кислорода. Минимальное его содержания независимо от варианта опыта отмечено в конце июля – начале августа при температуре воды около 20°C (рис. 3).

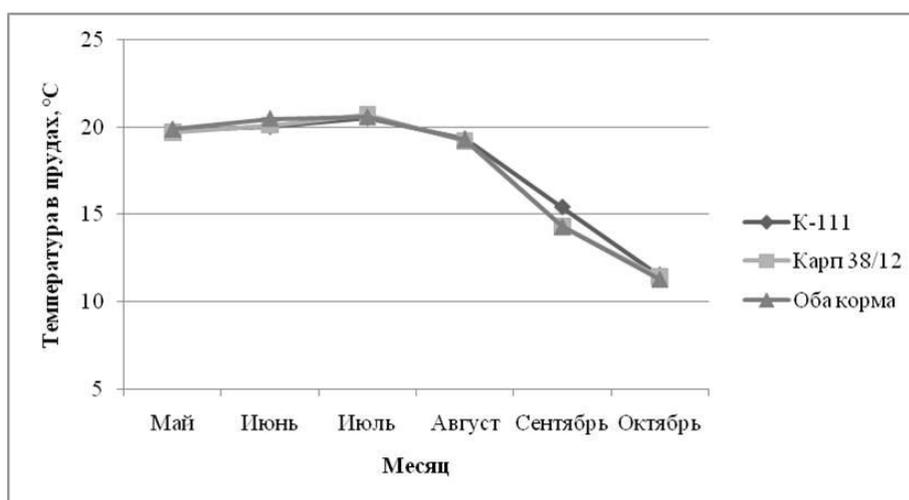


Рис. 2. Средняя температура воды в прудах в течение опыта

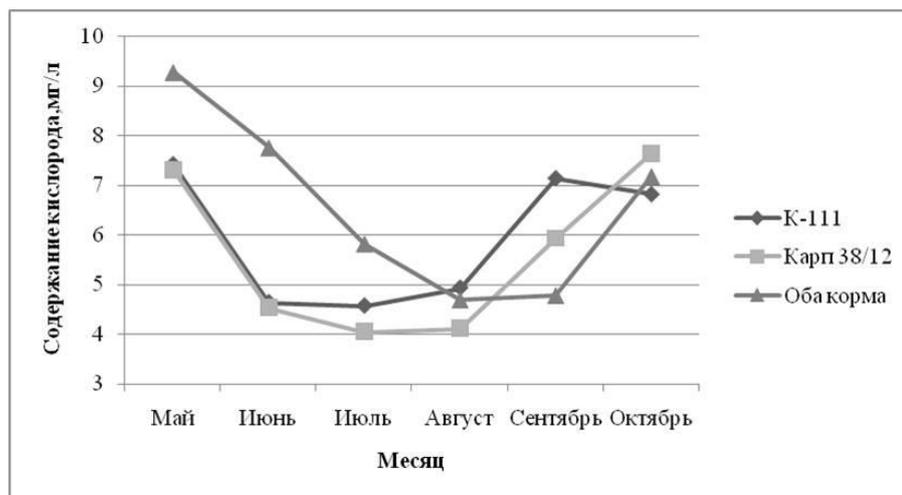


Рис. 3. Среднее содержание кислорода в прудах

Помесячное потребление корма непосредственно связано с температурой воды. Влияние кислорода на пищевую активность имеет более сложный характер. Отмечено, что высокая связь потребленного корма с содержанием кислорода не всегда проявляется в пруду даже в условиях высокой плотности посадки рыб. В июне при удовлетворительном состоянии газового режима коэффициент корреляции между количеством съеденного корма и содержанием кислорода равен 0,44. В августе при увеличении пищевых нагрузок и ухудшении кислородного режима коэффициент корреляции существенно выше – 0,91 (Мустаев и др., 1988).

Автокормушки, используемые для кормления различных видов рыб, позволяют удовлетворять их потребности в питательных веществах в полной мере, обеспечить в определенной степени благополучие искусственно созданной популяции (welfare). Двухлетки карпа и радужной форели в садках приучаются потреблять корм из автокормушек в течение 30-120 минут (Лавровский, 1982, 1987; Касумян, Кажлаев, 1989). Эта способность рыб обусловлена хорошо развитой условно-рефлекторной деятельностью нервной системы и центрами хеморецепции (Zielinski, Hara, 2007). В условиях пруда, при наличии естественной пищи способность к получению корма из автокормушек у мелких двухлеток карпа (100-130 г) увеличивается до 10 и более дней. Численность и биомассу кормовых организмов в прудах не определяли. Однако, поскольку экспериментальные пруды располагались рядом друг с другом и были подготовлены для зарыбления одинаковым образом, это позволяет

считать, что степень развития естественной кормовой базы в них различалась незначительно.

Карп ведет в основном придонный образ жизни, питаясь бентосом, при поиске и добыче которого происходит взмучивание воды. В связи с этим он обладает многочисленными экстраоральными хеморецепторами, которые неравномерно распределены по телу. У карповых наблюдается ростро-каудальный градиент уменьшения плотности вкусовых луковиц. В дорсальных по сравнению с вентральными областями тела рыб плотность вкусовых луковиц снижается. Бентический образ жизни положительно сказывается на плотности вкусовых луковиц. Бентосоядные рыбы имеют большую плотность вкусовых луковиц (Maruietal, 1983), что объясняется более близким контактом этих рыб с источником пищи в виде грунта дна водоема, где обитают кормовые объекты (Schemmel, 1967), а также мутностью воды, где химические стимулы являются важными источниками информации (Bardach, Atema, 1971). У костистых рыб вкусовые луковицы разделены на пять областей (субпопуляций), выраженных в различной степени: оральные, небные, глоточные, жаберные и кожные. У карповых и сомовых наблюдается обширное распределение вкусовых сосочков, охватывающих всю поверхность тела. У сома (*Ictalurus natalis*) имеется более 175000 вкусовых сосочков, только на поверхности тела (Atema, 1971). У карпа, с другой стороны, имеется утонченная (высокоспециализированная) отдельная (пищевая, вкусовая) система в крыше ротовой полости (oro-pharyngeus-palateorgan), которая обильно усыпана тысячами вкусовых луковиц (Sibbing, Uribe, 1984). Плотность оральных вкусовых почек в области небного органа составляет 300-400 шт./мм² (Kasumyan, Doving, 2003).

У карповых рыб относительно других видов пищевое поведение зависит, главным образом, от химических и тактильных восприятий многочисленных терминальных вкусовых луковиц поверхностного слоя кожи (Atema, 1971; Maruietal, 1983).

При выращивании двухлеток карпа определена большая вкусовая привлекательность высококалорийного корма. Поэтому рыбы в основном предпочитали потреблять комбикорм Карп 38/12. В процессе откорма (июнь-сентябрь) приоритеты в отношении пищевого объекта не изменились, но в рационе увеличилась доля низкокалорийного корма К-111 (около 1/3). Возможно, это связано с ростом рыб и появлением на их теле большего количества хеморецепторов. У старших возрастных групп ювенильных и зрелых особей карповых рыб количество вкусовых луковиц на теле относительно постоянно (Gomahretal, 1992). Подобные изменения в степени привлекательности корма различного качества связаны с адаптацией организма к условиям окружающей среды и потребностью

рыб в корме, содержащим низкое содержание белка и жира. Это, возможно, обусловлено памятью о пищевых организмах в прудах карпов, питающихся высококалорийным рационом. В нагульных прудах двухлетки карпа в основном питаются личинками хирономид (Мустаев и др., 1988), жирность которых невысока.

Содержание энергии в гранулированном корме в 2-3 раза больше, чем в естественной пище (Jobling, 1986). В соответствии с этим, рыбы, питающиеся высокоэнергетическим кормом, получают больше энергии, чем им необходимо (Bres, 1986). Это приводит к повышенному жиरोотложению (Wurtsbaugh, Davis, 1977, Панов и др., 1994) и перегружает желудочно-кишечный тракт, что приводит к потере энергии корма при акте дефекации. Переваримость искусственного корма на 5-10% ниже, чем естественного (Hidako, Yokota, 1967).

Рыбы могут воспринимать 4 вида вкуса: сладкий, горький, кислый и соленый. Вкусовые внутриоральные рецепторы карпа делятся на два вида: одни из них различают комплекс многих веществ таких, как сахароза, декстроза, фруктоза, глицин и хлорид натрия, другие – только глицин (Jobling, 1986). Аминокислоты также являются высокоэффективными стимуляторами вкусовых рецепторов пищеварительной системы карпа (Marui, 1977). Привлекательность высококалорийного корма, прежде всего, определяется наличием жировых веществ, запах которых распространяется при попадании в воду. Недаром для привлечения рыбы в подкормку добавляются подсолнечное, анисовое и другие масла. Поскольку экструдированные гранулы имеют плотную консистенцию и фактически сразу потребляются рыбами, запах вещества другой природы имеет меньшее значение или не имеет никакого. При этом потери корма при автокормлении существенно уменьшаются или исключаются полностью (Мустаев и др., 1988), а его усвоение улучшается и эффективнее используется рыбой для роста (Лавровский, 1982).

Существенное значение в выборе корма, его потреблении и усвоении имеет такой физиологический процесс как аппетит. Он зависит от ряда факторов как внешней среды, так и внутреннего состояния организма животных (Fletcher, 1984). В целом с понятием аппетита связано любое потребление пищи, поскольку внешне трудно установить нравится рыбе или нет предлагаемый без альтернативы тот или иной корм. Работы, связанные с возможностью свободного выбора пищевого объекта, немногочисленны. Примером могут служить исследования, проведенные на радужной форели с использованием диет с различными наполнителями. При этом предпочтительнее оказался корм с основой из рыбной муки. Наименьшей популярностью пользовалась желатиновая диета (Adron et al, 2006). Помимо потребления аппетитного корма, обязательным условием для роста

рыб является его оптимальная конверсия. В районе потребления корма из автокормушки в воде при большом скоплении рыб возникают достаточно напряженные условия с газовым режимом, прежде всего с содержанием кислорода. Это так называемое специфическое динамическое действие, которое связано с питательными и физическими свойствами пищи. Считается, что этот фактор может осуществлять контроль за аппетитом рыб (Fletcher, 1984). В связи с этим возникают проблемы с нормальным протеканием физиолого-биохимических процессов, в том числе и в системе пищеварения рыб. Деятельностью самих двухлеток создаются неблагоприятные условия для существования в области, прилегающей к автокормушке. При этом надо учитывать, что насытившиеся рыбы не остаются у кормушки на долгое время, а мигрируют в более комфортные для них места. Подобные наблюдения проведены в больших прудах на трехлетках карпа, которые после посещения мест кормления обосновывались на некоторое время на хорошо прогреваемых богатых кислородом мелководьях, т.е. в зоне наибольшего комфорта (Лавровский и др., 1991).

Заключение. Проведенные исследования с участием большого количества двухлеток, обладающих хорошо развитой хеморецепторной системой, свидетельствуют о возможности использования автокормушек для выявления пищевой привлекательности различных видов кормов. Обладая хорошо развитой хеморецепторной системой рыбы, отдают предпочтение высокоэнергетическому корму, у которого, по-видимому, более ярко выражены вкусовые качества, привлекающие рыб. Однако, при постоянном потреблении такого корма, у рыб притупляются первоначально выраженные рецепторные свойства вкусового, а возможно, и обонятельного анализаторов. Поэтому наблюдается частичный переход рыб на потребление низкокалорийного корма, т.е. фактически рыбам требуется разнообразие для удовлетворения трофических потребностей. Такое свободное совмещение двух видов кормов позволяет сохранять аппетит на протяжении всего периода откорма. Таким образом, автокормление имеет непосредственное отношение к обеспечению благосостояния рыб, поскольку позволяет рыбам выбрать корм по вкусу. В результате наблюдается повышение продуктивных качеств рыб в конце откорма. В дальнейшем возникает необходимость в углублении наших знаний о возможных приоритетах разнокачественных кормов для выращивания различных видов в условиях аквакультуры.

Список литературы

- Девыцына Г.В.* 1972. Морфология органа обоняния тресковых рыб. *Вопр. Икhtiологии*. Вып. 6 (77): С. 1095-1103.
- Девыцына Г.В.* 1973. О некоторых морфофункциональных особенностях обонятельных луковиц налима и щуки // *Вестник МГУ*. Вып. 1. С. 10-18.
- Зотин А.И.* 1988. Термодинамическая основа реакции организмов на внешние и внутренние факторы. М.
- Касумян А.О., Кажлаев А.А.* 1989. Формирование обонятельной чувствительности в онтогенезе проходных видов осетровых рыб // *Физиология морских животных*. Апатиты. С. 18-20.
- Лавровский В.В.* 1977. Использование пищевых рефлексов при организации интенсификации кормления рыб в разработке систем автокормушек. *Известия ГосНИОРХ*. Вып. 127. С. 27-34.
- Лавровский В.В.* 1981. Пути интенсификации форелеводства. М.: Легкая и пищевая пром-сть.
- Лавровский В.В.* 1982. Биологические основы совершенствования методов кормления рыб в хозяйствах индустриального типа. *Известия ТСХА*, 1982. № 4. С. 127-136.
- Лавровский В.В.* 1987. Бионический метод кормления рыб. Рыбохоз. использ. внутр. водоемов. *ЦНИИТЭИРХ*. № 4. С. 23.
- Лавровский В.В., Панов В.П., Есавкин Ю.И., Саранчов С.И., Полумордвинов В.А.* 1991. Особенности горизонтальных миграций карпа в пруду. *Известия ТСХА*. № 1. С. 156-161.
- Малюкина Г.А., Девыцына Г.В., Белоусова Т.А., Червова Л.С.* 1987. О сенсорных функциях тройничного нерва карпа // *Журн. эволюц. биохим. и физиол.* Вып. 23(3). С. 417-421.
- Мустаев С.Б., Артамонова Т.И., Федорченко В.И., Лавровский В.В.* 1988. Особенности ритма питания двухлеток карпа в интенсивно используемых прудах // *Известия ТСХА*. № 3. С. 149-154.
- Панов В.П., Лавровский В.В., Есавкин Ю.И., Смирнов В.В.* 1994. Влияние липидных добавок в корм на морфобиохимические показатели двухлеток радужной форели // *Известия ТСХА*. № 3. С. 203-213.
- Adron J. W., Grant P.T., Cowey C.B.* 2006. A system for the quantitative study of the learning capacity of rainbow trout and its application to the study of food preferences and behavior // *J. Fish Biol.* V. 5(5). P. 625-636 (doi: 10.1111/j.1095-8649.1973.tb04497.x).
- Alanara A.* 1996. The use of self-feeders in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production // *Aquaculture*. V. 145. P. 1-20.
- Atema J.* 1971. Structures and functions of the sense of taste in the catfish (*Ictalurus natalis*) // *Brain BehavEvol.* V. 4(4). P. 273-94 (doi: 10.1159/000125438. PMID: 5118142).
- Bardach J.E., Atema J.* 1971. The sense of taste in fishes // In: L.M. Beidler (ed.) *Handbook of sensory physiology*. V. 4. P. 293-336.
- Braun C.B., Northcutt R.G.* 1995. Distribution and innervation of the cutaneous chemosensory systems in zebrafish (*Danio rerio*) // *Soc. Neurosci.* V. 21.

- P. 691.
- Bres M.* 1986. A new look at optimal foraging behaviour, rule of thumb in the rainbow trout // *J. Fish Biol.* V. 29. P. 25-36.
- Caprio J.* 2011. Similarity of olfactory responses (EOG) of freshwater and marine catfish to amino acids // *Canadian Journal of Zoology.* V. 58(10). P. 1778-1784 (doi: 10.1139/z80-245).
- Devitsina G.V., Kazhlaev A.A.* 1993. Development of chemosensory organs in Siberian Sturgeon, *Acipenserbaeri* and Stellate Sturgeon, *A. steeatus* // *J. Ichthyol.* V. 33. P. 9-19.
- Fletcher D.J.* 1984. The physiological control of appetite in fish // *Comp. Biochem. Physiol.* V. 78A. P. 617-628.
- Goli S., Jafari V., Ghorbani R., Kasumyan A.* 2015. Taste preferences and taste thresholds to classical taste substances in the carnivorous fish, kutum *Rutilus frisiiikutum* (Teleostei: Cyprinidae) // *PhysiolBehav.* V. 140. P. 111-117 (doi: 10.1016/j.physbeh.2014.12.022).
- Gomahr A., Palzenberger M., Kotrschal K.* 1992. Density and distribution of external taste buds in cyprinids // Wieser W., Schiemer F., Goldschmidt A., Kotrschal K. (eds) *Environmental biology of European cyprinids. Developments in environmental biology of fishes.*
- Hansen A., Reutter K., Zeiske E.* 2002. Taste bud development in the zebrafish, *Danio rerio* // *Developmental Dynamics.* V. 223(4). P. 483-496 (doi:10.1002/dvdy.10074).
- Hara T.J.* 1973. Olfactory responses to amino acids in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Comparative biochemistry and physiology // *A, Comparative physiology.* V. 44 (2). P. 407-416 (doi:10.1016/0300-9629(73)90493-3).
- Hara T.J., Zielinski B.S.* 1989. Structural and functional development of the olfactory organ in teleosts // *Transactions of the American Fisheries Society,* V. 118 (2). P. 183-194. (doi:10.1577/1548-8659(1989)118<0183:SAFDOT>2.3.CO;2).
- Hara T.J.* 2007. Gustation. Sensory systems neuroscience // *Fish Physiology.* V. 25. P. 45-96.
- Harvey R., Batty R.S.* 2005. Cutaneous taste buds in gadoid fishes // *J. Fish Biol.* V. 60(3). P. 583-592 (doi:10.1111/j.1095-8649.2002.tb01686.x).
- Hidako I., Yokota S.* 1967. Taste receptor stimulation by sweet tasting substances in the carp // *Jpn. J. Physiol.* V. 17(6). P. 652-666 (doi:10.2170/jjphysiol.17.652).
- Jobling M.* 1986. Gastrointestinal overload – a problem with formulated feeds? // *Aquaculture.* V. 51. P. 257-263.
- Kasumyan A.O., Døving K.B.* 2003. Taste preferences in fish // *Fish and fisheries.* V. 4(4). P. 289-347 (doi:10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x).
- Komada N.* 1993. Distribution of taste buds in the oropharyngeal cavity of fry and fingerling amago salmon, *Oncorhynchus rhodurus* // *Jpn. J. Ichthyol.* V. 40. P. 110-116.
- Konosu S., Fusetani N., Nose T., Hashimoto Y.* 1968. Attractants for eels in the extracts of short-necked Clam-II // *Nippon Suisan Gakkaishi.* V. 34. P. 78-83 (doi:10.2331/SUISAN.34.78).

- Marui T.* 1977. Taste responses in the facial lobe of the carp, *Cyprinus carpio* L. // *Brain Res.* V. 130(2). P. 287-298 (doi: 10.1016/0006-8993(77)90276-1. PMID: 884525).
- Marui T., Harada S., Kasahara Y.* 1983. Gustatory specificity for amino acids in the facial taste system of the carp, *Cyprinus carpio* L. // *J. Comp. Physiol.* V. 15. P. 299-308 (doi: 10.1007/BF00612584).
- Northcutt R.G.* 2005. Taste bud development in the channel catfish. *The Journal of Comparative Neurology.* V. 482(1). P. 1-16 (doi:10.1002/cne.20425).
- Pawson M.G.* 1977. Analysis of a natural chemical attractant for whiting *Merlangiusmerlangus* L. and cod *Gadusmorhua* L. using a behavioural bioassay // *Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.* V. 56(2). P. 129-135 (doi: 10.1016/0300-9629(77)90174-8).
- Satou M., Anzai S., Huruno M.* 2005. Long-term potentiation and olfactory memory formation in the carp (*Cyprinus carpio* L.) olfactory bulb // *J. Comp. Physiol. A Neuroethol. Sens Neural Behav. Physiol.* V. 191(5). P. 421-434 (doi: 10.1007/s00359-005-0600-5).
- Schemmel C.* 1967. Vergleichen de untersuchungen an den Hautsinnesorganenober- und unterirdischleben der *Astyanax*-Formen // *Z. Morph. Tiere.* Bd. V. 61. P. 255-305.
- Sibbing F.A., Uribe C.R.* 1984. Regional specializations in the oro-pharyngeal wall and food processing in the Carp (*Cyprinus carpio* L.) // *Netherlands Journal of Zoology.* V. 35. P. 377-422 (doi:10.1163/002829685X00280).
- Tandler A., Berg B.A., Kissil G. Wm., Mackie A.M.* 2006. Effect of food attractants on appetite and growth of gilthead seabream (*Sparus aurata* L) // *J. Fish Biol.* V. 20(6). P. 673-681 (doi:10.1111/j.1095-8649.1982.tb03977.x).
- Twongo T.K., Mac Crimmon H.R.* 2011. Histogenesis of the oropharyngeal and oesophageal mucosa as related to early feeding in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson // *Canadian Journal of Zoology.* V. 55(1). P. 116-128 (doi:10.1139/z77-014).
- Wurtsbaugh W.A., Davis G.E.* 1977. Effects of temperature and ration level on the growth and food conversion efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson // *J. Fish Biol.* V. 1. P. 87-98 (doi: 10.1111/j.1095-8649.1977.tb04101.x).
- Yamamori K., Nakamura M., Matsui T., Hara T.J.* 2011. Gustatory responses to tetrodotoxin and saxitoxin in fish: a possible mechanism for avoiding marine toxins // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* V. 45(12). P. 2182-2186 (doi:10.1139/f88-253).
- Yamamoto M.* 1982. Comparative morphology of the peripheral olfactory organ in teleosts // *Chemoreception in fishes, Amsterdam.* P. 39-59.
- Zielinski B.S., Hara T.J.* 2007. Olfaction. Sensory systems neuroscience. *Fish Physiology.* V. 25. P. 4-43.

FOOD PREFERENCES OF TWO-YEAR-OLD CARP (*CYPRINUS CARPIO*) WITH FREE CHOICE OF FOOD

**V.P. Panov¹, S.B. Mustaev², A.V. Safonov¹, S.S. Safonova¹,
A.V. Zolotova¹**

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow

²Branch for the Freshwater Fisheries of «VNIRO» («VNIIPRKH»), Moscow
Region (Rybnoe)

Here we present data on the nutritional behavior of two-year-old carp with a free choice of food with different nutritional value. When growing fish, the great attraction of fish to the high-calorie food has been determined. Fish mostly preferred to consume compound feed Carp 38/12. In the process of fattening, priorities regarding the food object have not changed, but the proportion of low-calorie K-111 feed has increased. This is, perhaps, due to the growth of fish and the appearance of more chemoreceptors on their body. The conducted studies indicate the possibility of using car feeders to identify the nutritional attractiveness of various types of food. Having a well-developed chemoreceptor system, fish prefer high-energy food, which, apparently, has more pronounced taste qualities. However, with the constant consumption of such food, the initially pronounced receptor properties of the taste, and possibly, olfactory analyzers, are dulled. This causes partial transition of fish to the consumption of low-calorie food.

Keywords: *Cyprinus carpio*, eating behavior, nutritional value of food, pendulum automatic feeders, Dmitrovsky district of the Moscow Region.

Об авторах:

ПАНОВ Валерий Петрович – доктор биологических наук, профессор кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д.44, e-mail: panovval@gmail.com.

МУСТАЕВ Сергей Борисович – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, руководитель группы комплексной интенсификации прудового рыбоводства, ФГБНУ «ВНИРО» филиал по пресноводному рыбному хозяйству («ВНИИПРХ»), 141821, Московская область, Дмитровский городской округ, поселок Рыбное, д. 40А, e-mail: mustaevsb@yandex.ru.

САФОНОВ Александр Владимирович – ассистент кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО

РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 44, e-mail: aleks.safonow@yandex.ru.

САФОНОВА Станислава Сергеевна – ассистент, аспирант кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 44, e-mail: Sfaliij@yandex.ru.

ЗОЛОТОВА Анастасия Владимировна – кандидат биологических наук, доцент кафедры морфологии и ветеринарно-санитарной экспертизы, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 44, e-mail: avzolutova@gmail.com.

Панов В.П. Пищевые предпочтения двухлетков карпа (*Cyprinus carpio*) при свободном выборе корма / В.П. Панов, С.Б. Мустаев, А.В. Сафонов, С.С. Сафонова, А.В. Золотова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2023. № 2(70). С. 46-60.

Дата поступления рукописи в редакцию: 19.09.22
Дата подписания рукописи в печать: 03.06.23