

ЗООТЕХНИЯ, АКВАКУЛЬТУРА, РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 639.3.043.2

УСКОРЕННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННЫХ СТАД СТЕРЛЯДИ

А. А. Бахарева, кандидат биологических наук

Ю. Н. Грозеску, кандидат биологических наук

С. В. Пономарев, доктор биологических наук, профессор
Астраханский государственный технический университет

E-mail: grozesku@yandex.ru

Ключевые слова: комбикорма, спектр питания, стерлядь, аминокислотный состав, физиологическое состояние

Реферат. Эффективность формирования продуктивных маточных стад зависит, прежде всего, от качества используемых кормов. Для разработки полноценных комбикормов необходимы знания о спектре питания рыб в естественных условиях. Анализ сведений о пищевом предпочтении стерляди в различном возрасте позволил разработать специальный комбикорм для ремонтного стада, а также для производителей. Новые специализированные комбикорма дают возможность ускоренного формирования ремонтно-маточного стада стерляди из особей природной популяции. При содержании коллекционных стад осетровых рыб рекомендуется проводить регулярный контроль их физиологического состояния. На основании характеристики состава крови рыб можно судить об условиях выращивания, а также о полноценности пищевого рациона. Правильное применение полноценных комбикормов, сбалансированных по незаменимым аминокислотам, жирным кислотам и витаминам, при выращивании и содержании ремонтно-маточного стада осетровых рыб на рыбоводных предприятиях положительно отражается на составе крови и их общем физиологическом состоянии. Разработанная тест-диета для стерляди приближена по составу питательных веществ к естественной пище рыб. Результаты выращивания ремонтной группы стерляди с использованием нового комбикорма показали его положительное влияние на физиологическое состояние рыб и ее продукционные свойства.

Для определения подходов к повышению эффективности выращивания и содержания маточных стад осетровых рыб на искусственных кормах требуются четкие представления о структуре пищевого поведения этих рыб, о функциональных свойствах тех органов чувств и стимулов, которые контролируют пищевое поведение, а также о спектре питания.

Спектр питания стерляди отличается от рациона других видов осетровых рыб. В ее рационе присутствует большое количество бентических организмов, однако при их недостатке она переходит на питание несвойственной для нее пищей – зоопланктоном [1].

Основной частью белковой материи являются заменимые и незаменимые аминокислоты. Биологическая ценность белка определяется нали-

чием так называемых незаменимых аминокислот. Синтез 10 незаменимых аминокислот в организме не происходит или идет недостаточно быстро [2, 3], поэтому они должны поступать с пищей. Белки кормовых организмов, очевидно, являются наиболее полноценными по составу входящих в них аминокислот, что способствует оптимальному росту и развитию молоди осетровых рыб.

Цель исследований – разработать рецептуры комбикормов с использованием естественной пищи.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работа была выполнена в условиях рыбоводного комплекса Волгоградского ОРЗ, расположен-

ного в теле плотины Волжской ГЭС. Объектом исследований являлась стерлядь (*Acipenser ruthenus* Linne) различного возраста.

Заготовка двух- и трехлетков стерляди проводилась в р. Волге в районе пос. Булгаково. Возраст «диких» рыб, заготовленных для ускоренного формирования ремонтно-маточного стада, определяли общепринятыми методами.

Рецепты комбикормов для ремонтно-маточного стада стерляди составляли на основе сведений о составе питательных веществ в отдельных компонентах [4]. Опытные партии влажных комбикормов изготавливали на специальном оборудовании, применяемом в пищевой промышленности при производстве колбас. Кормление рыбы осуществляли вручную.

Анализ химического состава тела исследуемой рыбы выполняли общепринятыми методами: содержание влаги – высушиванием при температуре 105°C; жира – экстракционным методом в аппарате Сокслета; содержание белка – по Кьельдалю с использованием реактива Несслера; золы – сжиганием в муфельной печи при температуре 500°C.

Для анализа общего количества аминокислот обезжиренные и высушенные до абсолютно сухой массы образцы гидролизировали 6 н. HCl в течение 24 ч при температуре 105°C. Далее гидратанты упаривали досуха для удаления HCl, обессоливали и разводили в растворителях. Свободные аминокислоты определяли в водных вытяжках, последовательно обработанных абсолютным этиловым спиртом и хлороформом по методу Авапара. Количественное определение аминокислот проводили на вытяжках свободных аминокислот на анализаторе по прописи фирмы Hitachi.

Общие липиды извлекали бинарным растворителем (хлороформ с метанолом) модифицированным методом Блайя и Дайера. Для разделения липидов на классы использовали метод тонкослойной хроматографии. В качестве адсорбента применяли пластины Silufol 15 x 15 см. Разгонку липидов осуществляли в системе растворителей: гексан, диэтиловый эфир, ледяная уксусная кислота в соотношении 80 : 20 : 2. Жирно-кислотный состав определяли методом тонкослойной хроматографии.

Для анализа гематологических показателей кровь у молоди брали прижизненно из хвостовой артерии. Морфологическую картину крови оценивали по мазкам, которые обрабатывали под микроскопом. Мазки фиксировали и окрашивали

по Паппенгейму. Клетки крови идентифицировали по классификации Н. Т. Ивановой [5]. Уровень гемоглобина в крови определяли фотометрически гемоглобин-цианидным методом.

Опыты проводили в двукратной повторности, данные подвергали статистической обработке.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В кормовых организмах зоопланктона, в отличие от рыб и других высших животных, протеин в значительной мере представлен в водном растворе. Способность протеина создавать водные растворы связана со структурой белка. Чем меньше полипептидная цепь, тем она лучше способна растворяться в воде и тем легче гидролизуются ферментами [6, 7].

Таким образом, корма из естественной пищи осетровых позволяют улучшить питательность искусственных комбикормов, прежде всего, по содержанию незаменимых аминокислот, пептидов и белков с относительно низкой молекулярной массой [8].

Для гидробионтов характерно высокое содержание воды в теле, составляющее у беспозвоночных 80–90% [9, 10]. В связи с этим в общем химическом составе зоопланктона, представленного главным образом ветвистоусым ракообразным *Daphnia*, содержание сухого вещества было невысоким и составило 11,6%. Количество белка в сухом веществе водных организмов во многом зависит от абиотических факторов, в том числе и от кормности водоема. Уровень протеина в сухом веществе был достаточно высоким и составил 58,8% сухого вещества, жира – 13,7%.

Все гидробионты, включая рыб, характеризуются высоким содержанием азотистых экстрактивных веществ, доля которых у беспозвоночных может достигать 38%. При этом преобладающими являются свободные аминокислоты (до 80% от всего экстрактивного азота). Биологическая ценность белка в питании определяется соотношением аминокислот и их доступностью для организма. Потребность в незаменимых аминокислотах у рыб чрезвычайно высока, особенно таких, как лизин, аргинин, валин [11]. Для составления полноценного комбикорма для продукционного стада стерляди был определен аминокислотный состав сухого вещества зоопланктона (%):

Незаменимые		Заменяемые	
Лизин	5,02		
Метионин	1,19	Аспарагиновая	5,21
Триптофан	-	Серин	2,10
Аргинин	4,65	Глютаминовая	6,01
Гистидин	2,09	Пролин	2,91
Фенилаланин	2,95	Глицин	2,35
Треонин	2,6	Аланин	3,84
Валин	3,41	Цистин	1,12
Лейцин	4,52	Тирозин	3,37
Изолейцин	2,36		

Содержание незаменимых аминокислот в сухом веществе зоопланктона было достаточно высоким – 28,81 % от общей суммы аминокислот. Из незаменимых аминокислот наиболее высоким содержанием отличались лизин, аргинин, лейцин.

С кормом в организм рыб должны поступать эссенциальные жирные кислоты. Общее количество полиненасыщенных жирных кислот в липидах зоопланктона (%) было достаточно высоким:

Полиеновые	36,3
линоленовая $\omega 3$	8,1
эйкозапентаеновая $\omega 3$	12,3
докозагексаеновая $\omega 3$	5,6
линолевая $\omega 6$	6,2
арахидоновая $\omega 6$	4,1
Сумма полинасыщенных жирных кислот	36,3
$\omega 3$	26,0
$\omega 6$	10,3
$\omega 3/\omega 6$	2,5

Среди них доминировала линоленовая кислота $\omega 3$, линолевая присутствовала в несколько меньшем количестве. Также было отмечено высокое содержание длинноцепочных кислот семейства $\omega 3$ – эйкозапентаеновой и докозагексаеновой. Высокое содержание полиненасыщенных жирных кислот линоленового ряда в липидах зоопланктона свидетельствует о возможности использования его в качестве полноценного компонента в составе диеты для продукционного стада стерляди.

Стерлядь по спектру питания значительно отличается от других видов осетровых рыб. В естественных условиях излюбленной пищей взрослых особей являются ручейники, веслоногие, гаммариды, личинки хирономид. В связи с этим на основании биохимического состава биомассы зоопланктона и состава питательных веществ основных компонентов, используемых при производстве комбикормов, была разработана тест-диета, близкая по составу к естественной пище (%):

Сырой протеин	50
Сырой жир	14
Сырые углеводы	18
Общая энергия, ккал/мДж	4800/20

Аминокислотный состав разработанного комбикорма максимально приближен к составу естественной пищи (табл. 1).

Количество важнейших аминокислот – лизина, аргинина, валина в естественной пище стерляди и в новом комбикорме было близким, что позволяет делать вывод о том, что данный комбикорм сбалансирован по аминокислотному составу и может использоваться для кормления стерляди.

Результаты выращивания стерляди с использованием тест-диеты показали ее высокое продукционное действие (табл. 2). Абсолютный прирост стерляди был выше на 10 %.

При содержании коллекционных стад осетровых рыб рекомендуется проводить регулярный контроль физиологического состояния. На основании характеристики состава крови рыб можно судить об условиях выращивания рыбы, а также о полноценности пищевого рациона. Правильное применение полноценных комбикормов, сбалансированных по незаменимым аминокислотам, жирным кислотам и витаминам, при выращивании и содержании ремонтно-маточного стада осетровых рыб на рыбоводных предприятиях положительно отражается на составе их крови и общем физиологическом состоянии. Так, в крови двухлетков стерляди, выращенной на разных комбикормах, концентрация гемоглобина находилась в пределах 69–82 г/л (табл. 3). Однако у рыб, потреблявших новый комбикорм, этот показатель был несколько выше.

Число эритроцитов зависит в основном от возраста выращиваемых рыб, условий их содержания и качества кормов. В крови рыб, потреблявших естественные корма, содержание эритроцитов было на уровне $1,00 \pm 0,05$ млн/мм³.

Весьма важным физиологическим показателем состояния рыб является соотношение форм лейкоцитов. Клетки белой крови участвуют в обменных процессах и поэтому должны реагировать на изменения как во внешней среде, так и в организме рыбы. Лейкоциты были представлены в основном лимфоцитами – 66,2–70,2 % (табл. 4). Количество моноцитов и полиморфно-ядерных лейкоцитов было на низком уровне, что свидетельствовало об отсутствии воспалительных процессов, нормальном обмене веществ и удовлетворительном состоянии рыб.

Таблица 1

Аминокислотный состав тест-диеты и естественной пищи стерляди [12], % сухого вещества

Аминокислоты	Тест-диета	Естественная пища	Аминокислоты	Тест-диета	Естественная пища
1	2	3	1	2	3
<i>Незаменимые</i>			<i>Заменимые</i>		
Лизин	3,8	4,06	Аспарагиновая	4,8	3,98
Метионин	1,0	0,67	Серин	1,5	1,6
Аргинин	2,2	2,02	Глутаминовая	5,1	4,4
Гистидин	1,3	1,27	Пролин	2,5	2,15
Фенилаланин	1,8	1,63	Глицин	2,3	1,7
Треонин	2,1	1,57	Аланин	2,5	1,84
Валин	1,8	1,66	Цистин	0,5	0,39
Лейцин	4,0	3,94	Тирозин	1,7	1,5
Изолейцин	2,3	1,36			
Триптофан	0,65	-			

Таблица 2

Результаты выращивания стерляди

Показатель	Тест-диета	Aller Triden
Масса начальная, г	282,40±8,60	270,00±7,20
Масса конечная, г	340,65±10,40	316,39±12,10
Абсолютный прирост, г	58,25	46,39
Среднесуточный прирост, %	0,60	0,52
Выживаемость, %	100	100
Продолжительность эксперимента, сут	28	28

Таблица 3

Некоторые гематологические показатели ремонтной группы стерляди, выращенной на различных кормах

Питание	Белок сыворотки, %	Гемоглобин, г/л	Эритроциты, млн/мм ³
Тест-диета	3,57±0,12	82,0±0,2	0,987±0,080
Aller Triden	2,93±0,35	79,0±0,2	0,881±0,060
Естественная пища	2,81±0,14	76,0±0,1	1,000±0,050

Таблица 4

Лейкоцитарная формула крови стерляди, %

Питание	Лимфоциты	Моноциты	Нейтрофилы		Эозинофилы	
			палочко-ядерные	сегменто-ядерные	палочко-ядерные	сегменто-ядерные
Тест-диета	66,4±1,9	11,0±0,5	11,1±0,4	2,00±0,11	7,6±0,8	1,9±0,1
Aller Triden	70,2±1,6	11,8±0,7	9,1±0,1	1,60±0,08	5,2±0,7	2,1±0,4
Естественная пища	66,2±2,8	10,0±0,2	10,8±0,5	2,50±0,04	8,5±1,1	2,0±0,3

Биохимический состав тела стерляди, потреблявшей комбикорм, отличался главным образом большим содержанием белка в сухом веществе – 69,5%. Общий химический состав тела стерляди был близким к составу тела рыб, потреблявших естественный корм, что является весьма благоприятным признаком.

Жирно-кислотный состав липидов тела двух-летков стерляди, потреблявшей естественные

корма, согласно данным табл. 4, на 26,2% был представлен полиненасыщенными жирными кислотами. Из них 16,5% составляли весьма важные незаменимые жирные кислоты семейства ω3 (линоленовая кислота и ее производные). Близкие показатели были получены у рыб, выращенных на тест-диете. В липидах тела рыб потреблявших комбикорм Aller Triden, общее содержание полиеновых жирных кислот было ниже – 23,2%.

ВЫВОДЫ

1. В результате анализа литературных данных было установлено, что в естественной пище стерляди протеин представлен в водном растворе. Такая структура белка достаточно легко гидролизуеться ферментами рыб. В связи с этим комбикорма для стерляди должны содержать природный протеин живых кормовых организмов, что позволит улучшить питательность искусственных комбикормов.
2. В составе зоопланктона, представленного в основном родом *Daphnia*, достаточно низкое содержание сухого вещества – 11,6%, тогда как уровень протеина достаточно высокий – 58,8%. Белок представлен в основном свободными аминокислотами – до 80% от всего экстрактивного азота. Количество незаменимых аминокислот – 28,81% от общей суммы.
3. В липидах зоопланктона содержится 36,3% полиненасыщенных жирных кислот. Среди них доминирует линоленовая кислота $\omega 3$ – 8,1%. Линолевая присутствует в меньшем количестве – 6,2, уровень эйкозапентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот соответственно 12,3 и 5,6%.
4. Разработанная тест-диета для стерляди, приближена по составу питательных веществ к естественной пище рыб. Результаты выращивания ремонтной группы стерляди с использованием нового комбикорма показали его высокое продукционное свойство. Использование его оказало также положительное влияние на физиологическое состояние рыб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кузьмина И. А. Питание стерляди Ивановского водохранилища // Материалы междунар. науч.-практ. конф. «Аквакультура и интегрированные технологии: проблемы и возможности». Москва, 11–13 апр. 2005 г. – М., 2005. Т. 2. – С. 154–157.
2. Cowey C. B. Aspects of protein utilization by fish // Proc. Nutr. Soc. – 1975. – P. 57–63.
3. Amino acid pools of rotifers and Artemia under different conditions: nutritional implications for fish larvae / C. Aragao, L. E. Conceicao, V. T. Dinis, H.-J. Fyhn // Aquaculture. – 2004. – Vol. 234. – P. 429–455.
4. Пономарев С. В., Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А. Корма и кормление рыб в аквакультуре. – М.: Моркнига, 2006. – 506 с.
5. Иванова Н. Т. Атлас клеток крови рыб (Сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб). – М.: Легк. и пищ. пром-ть, 1982. – 184 с.
6. Berge G. M., Storebakken T. Fish protein hydrolyzate in starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry // Aquaculture. – 1996. – Vol. 145, N 1–4. – P. 205–212.
7. Грозеску Ю. Н., Бахарева А. А., Распопов В. М. Инновационные биотехнологии для повышения эффективности промышленного осетроводства // Вестн. АГТУ. Сер. Рыбн. хоз-во. – 2012. – № 1. – С. 154–159.
8. Бахарева А. А., Грозеску Ю. Н. Технологические особенности содержания ремонтных групп осетровых рыб в условиях рыбоводных заводов юга России // Изв. Самар. науч. центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 1. – С. 1264–1267.
9. Biochemical and enzymatic characterization of decapsulated cistis and nauplii of the brine shrimp Artemia at different development stages / A. Garcia-Ortega, J. A. J. Verreth, P. Coutteau et al. // Aquaculture. – 1998. – Vol. 161. – P. 501–514.
10. Остроумова И. Н. Биологические основы кормления рыб. – СПб.: ГосНИОРХ, 2012. – 564 с.
11. Mitra G., Mukhopadhyay P. K., Ayyappan S. Biochemical composition of zooplankton community grown in freshwater earthen ponds: nutritional implication in nursery rearing of fish larvae and early juveniles // Aquaculture. – 2007. – Vol. 272. – P. 346–360.
12. Dabrowski K., Rusiecki M. Content of total and free amino acids in zooplanktonic food of fish larvae // Aquaculture. – 1983. – Vol. 30, N 1–4. – P. 31–42.
1. Kuz'mina I. A. *Pitanie sterlyadi Ivan'kovskogo vodokhranilishcha* [Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Akvakul'tura i integrirovannye tekhnologii: problemy i vozmozhnosti». Moskva, 11–13 apr. 2005 g.]. Moscow, T. 2 (2005): 154–157.
2. Sowey C. B. *Aspects of protein utilization by fish* [Proc. Nutr. Soc.]. 1975. pp. 57–63.

3. Aragao C., Conceicao L. E., Dinis V. T., Fyhn H.-J. *Amino acid pools of rotifers and Artemia under different conditions: nutritional implications for fish larvae* [Aquaculture], vol. 234 (2004): 429–455.
4. Ponomarev S. V., Grozesku Yu. N., Bakhareva A. A. *Korma i kormlenie ryb v akvakul'ture*. Moscow: Morkniga, 2006. 506 p.
5. Ivanova N. T. *Atlas kletok krovi ryb (Sravnitel'naya morfologiya i klassifikatsiya formennykh elementov krovi ryb)*. Moscow: Legk. i pishch. prom-t', 1982. 184 p.
6. Berge G. M., Storebakken T. *Fish protein hydrolyzate in starter diets for Atlantic salmon (Salmo salar L.) fry* [Aquaculture], vol. 145. no. 1–4 (1996): 205–212.
7. Grozesku Yu. N., Bakhareva A. A., Raspopov V. M. *Innovatsionnye biotekhnologii dlya povysheniya effektivnosti promyshlennogo osetrovodstva* [Vestnik AGTU. Ser. Rybn. khoz-vo], no. 1 (2012): 154–159.
8. Bakhareva A. A., Grozesku Yu. N. *Tekhnologicheskie osobennosti soderzhaniya remontnykh grupp osetrovyykh ryb v usloviyakh rybovodnykh zavodov yuga Rossii* [Izv. Samar. nauch. tsentra RAN], T. 12, no. 1 (2010): 1264–1267.
9. Garcia-Ortega A., Verreth J. A. J., Coutteau P. et al. *Biochemical and enzymatic characterization of decapsulated cistis and nauplii of the brine shrimp Artemia at different development stages* [Aquaculture], vol. 161 (1998): 501–514.
10. Ostroumova I. N. *Biologicheskie osnovy kormleniya ryb*. Sankt-Peterburg: GosNIORKh, 2012. 564 p.
11. Mitra G., Mukhopadhyay P. K., Ayyappan S. *Biochemical composition of zooplankton community grown in freshwater earthen ponds: nutritional implication in nursery rearing of fish larvae and early juveniles* [Aquaculture], vol. 272 (2007): 346–360.
12. Dabrowski K., Rusiecki M. *Content of total and free amino acids in zooplanktonic food of fish larvae* [Aquaculture], vol. 30, no. 1–4 (1983): 31–42.

ACCELERATED BUILDING OF STERLET PRODUCTIONAL SCHOOL

Bakhareva A. A., Grozesku Yu. N., Ponomarev S. V.

Key words: combined feeds, food spectrum, sterlet, aminoacid composition, physiological condition

Abstract. The paper declares that effectiveness of building productional breeding flock depends mainly on the quality of feeds applied. Development of valuable feeds requires knowledge about fish food spectrum in natural conditions. The data analysis about sterlet's food preferences allowed developing the special combined feed for replacement stock and its producers. New special feeds allow accelerating of starlet replacement breeding flock building from the natural population. The authors recommend controlling physiology of sturgeons population when keeping them. The blood characteristics of fish allows making conclusion about growing conditions and energy value of feeds. Appropriate and correct applying of valuable combined feeds balanced on essential aminoacids, fatty acids and vitamins influences sturgeons population of replacement breeding flock blood composition and their physiology. The authors developed a test-diet for starlet, which has similar composition of nutrients to the natural feeds. The research results of growing starlet replacement flock by means of applying new combined feed demonstrated positive influence on fish physiology and their productional properties.