

ПРОГРЕССИВНЫЕ МЕТОДЫ КОРМЛЕНИЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

А.Н. Канидьев, Е.А. Гамыгин

По мере индустриализации промышленного рыбоводства, в частности форелеводства, соответственно повышается потребность в высококачественных искусственных кормах. Успех выращивания форели в садках, бассейнах, бетонированных форелевых прудах и других емкостях зависит от эффективности кормосмесей и методов кормления, поэтому за рубежом и в нашей стране разрабатываются и совершенствуются искусственные корма для рыб.

В настоящее время созданы полноценные, сбалансированные по основным питательным веществам кормосмеси с основой на сухих мукообразных ингредиентах. Большие исследования с целью определения оптимального состава кормосмеси для лососевых рыб были проделаны в США под руководством Д.Е. Хальвера и А.М. Филлипса.

Первые гранулированные корма оказались эффективнее пастообразных, но состав их был еще сравнительно примитивен. Затем были созданы первые кормосмеси, сбалансированные по основным питательным веществам. Вначале казалось парадоксальным то, что по мере повышения количества протеина в кормосмеси эффективность усвоения его рыбой также повышалась и оптимальный уровень оказался огромным — до половины и более от общего состава кормосмеси. Установлено, что потребность в протеине колеблется в связи с изменением температуры воды. Например, при температуре 8 °С оптимальное количество протеина равно 40–42%, при 15 °С поднимается до 52–55% [12]. Потребность в протеине меняется также с возрастом лососевых рыб. При температуре воды 10 °С в первый месяц жизни оптимальная концентрация протеина составляет 50%, а в последующее время — 40%, причем зрелые особи нуждаются в протеине меньше, чем растущие.

Все лососевые нуждаются примерно в равном количестве незаменимых аминокислот. Опытами на чавыче установлена следующая потребность в незаменимых аминокислотах (в %): аргинин 2,5, гистидин 0,7, изолейцин 1, лейцин 2,1, метионин 0,5, фенилаланин 2, треонин 0,8, триптофан 0,2 и валин 1,5 [12, 18]. Цистин может частично компенсировать потребность в метионине, а тирозин — в фенилаланине. Рост рыбы замедляется, когда количество изолейцина втрое превышает потребность, а количество лейцина остается в пределах нормы или когда указанное соотношение меняется на обратное. Лизин — основная лимитирующая аминокислота, затем идет метионин и другие серусодержащие аминокислоты [16].

У лососевых углеводный обмен как бы сходен с диабетическим, т.е. недостаток инсулина ограничивает способность к утилизации углеводов. При этом различные источники углеводов оказывают различное влияние на энергетическую обеспеченность диеты: простые углеводы легко усваиваются, сложные — с трудом. Глюкоза, фруктоза и манноза используются почти на 100%, лактоза и мальтоза — не более чем на 60–70%, еще ниже перевариваемость низкомолекулярных и высокомолекулярных полисахаридов, обработанного крахмала и, наконец, практически недоступная для усвоения целлюлоза. Средняя перевариваемость углеводов, содержащихся в обычных растительных культурах, используемых в составе кормосмесей для форели, равна 40% [17]. Несмотря на это, количество углеводов в диетах не должно превышать 25–30%.

Относительно содержания жира в диете долгое время существовали противоречивые данные. Это отчасти было вызвано тем, что оптимальное количество жира зависит от содержания протеина. Например, при содержании протеина, равном 30%, концентрация жира не должна превышать 4–5%, но при 50% протеина должна быть повышена до 10–11%.

Была установлена потребность лососевых рыб в ненасыщенных жирных кислотах трех типов: олеинового, линолевого и линоленового. Рыба может преобразовывать жирные кислоты одних типов в другие, но, безусловно, не может синтезировать кислоты линолевого и линоленового типов и должна получать их с кормом. Минимальная потребность в линоленовой кислоте составляет 1% [11]. Окисленные жиры в составе диет для форели вызывают токсикозы, анемию, хронический инсульт и повышенную смертность.

При определении состава диет для лососевых обычно ориентируются на потребность в протеине, углеводах и жире, оставляя произвольным минеральный состав. Между тем рыба нуждается в сравнительно широком спектре макро- и микроэлементов. Принято считать, что диеты, содержащие не менее 15% рыбной муки, вполне обеспечены минеральными солями.

Потребность лососевых в биологически активных веществах сначала определяли по содержанию витаминов в бычьей печени, увеличенному вдвое. Впоследствии были установлены значение витаминов в жизнедеятельности рыб и симптомы недостаточности того или иного витамина в составе кормосмесей. Например, при недостатке тиамина замедляется рост и наступает паралич; рибофлавина — развивается катаракта и через 2–3 мес рыбы слепнут; пиридоксина — вызывает сокращение мускулатуры и гибель рыбы; пантотеновой и фолиевой кислот — через 1,5–2 мес кормления появляется анемия, приводящая к гибели [19].

Симптомы недостаточности аскорбиновой кислоты у радужной форели впервые отметил Макларен [18]. У лосося, форели, гольца и молоди карпа, выращиваемых на диете с недостатком витамина С, искривляются позвоночник и лучи спинного плавника, деформируется хрящевая ткань жаберных дуг [13].

Недостаток некоторых других витаминов выражен слабо. Например, при недостатке холина снижаются скорость роста, усвояемость корма, у форели развивается некроз толстой кишки. При недостатке никотино-

вой кислоты были отмечены примерно такие же симптомы, недостаток витамина В₁₂ вызывает разрушение клеток крови, анемию, недостаток инозитола – замедление роста.

К настоящему времени определена следующая минимальная потребность форели в витаминах (в мг/кг): аскорбиновая кислота – 44, биотин – 4–5, В₁₂ – 0,6–1,1, холин – 40–80, фолиевая кислота – 4,4–6,6, инозитол – 396, никотиновая кислота – 110, пиридоксин – 20–22, рибофлавин – 44, тиамин – 11, витамин Е – 22–66, К – 11, витамин А – 10000 ед., Д – 1500 ед. В составе современных витаминных добавок (премиксов) минимальная потребность превышена не менее чем вдвое. Кроме того, в зависимости от состава ингредиентов кормосмеси количество тех или иных витаминов варьирует в широких пределах.

Таким образом, оптимальный корм для лососевых рыб должен содержать от 40 до 58% сырого протеина, не более 30% общих углеводов, от 8 до 15% минеральных веществ и от 5 до 14% жира. В состав премикса входит до 16 витаминов и других биологически активных веществ. Для прироста 1 кг форели расходуется до 1,5 кг корма, 600–700 г протеина и 3–4 тыс. ккал, причем около 60% за счет энергии протеина корма, в состав которого входит 10 незаменимых аминокислот в оптимальном количестве и соотношении. Состав стандартных форелевых кормов США приведен ниже [1].

	5Л-4 (для молоди форели)	PR-6 (для товарной форели)
Сырой протеин, %	48,0	42,8
Жир, %	12,5	8,0
Вода, %	7,5	9,0
Зола, %	9,5	9,5
Клетчатка, %	2,5	3,5
Углеводы, %		
общие	20,0	27,2
перевариваемые	9,0	12,0
Энергия, ккал/кг		
общая	4765	4407
рассчитанная	3227	2796
Количество энергии за счет протеина, %	57,9	59,8
Ожидаемый кормовой коэффициент на базе энергии (3740 ккал/кг форели)	1,15	1,34
на базе протеина (550 г протеина на 1 кг форели)	1,18	1,29

Гранулы готовятся методом сухого (иногда влажного) прессования на матрицах с отверстиями от 3 до 8 мм. Для молоди корм готовят в виде крупки, которую получают, пропуская через вальцы гранулы размером 4 мм с последующим просеиванием через систему сит. Определенному размеру рыбы соответствует определенный размер гранул. В промышленности США принято следующее соотношение:

Классификация	Размеры, мм	Масса рыбы, г
	Диета SD-4	
Начальные	0,4-0,6	до 0,18
Крупка		
№ 1	0,6-0,8	0,18-0,70
№ 2	0,8-1,2	0,70-1,40
	Диета PR-6	
№ 3	1,2-1,7	1,4-2,40
№ 4	1,7-2,8	2,4-4,70
Гранулы	2,4 x 2,4	4,7-11,2
Гранулы	3,2 x 3,2	11,2-46,0
Гранулы	4,4 x 4,8	46,0-175,0
Гранулы	6,4 x 6,4	175 и более

Из приведенных соотношений видно, что у современного гранулированного корма совсем иной состав, чем у живого, которым питается форель в естественных условиях. Кроме того, оказалось, что при нормированном кормлении полноценным гранулированным кормом скорость роста форели несравненно выше, чем в природных водоемах при хорошем обеспечении пищей. Это объясняется в первую очередь подбором состава искусственных кормосмесей, высоким уровнем протеина и оптимальным соотношением незаменимых аминокислот и биологически активных веществ, а также повышенной энергетической обеспеченностью.

Из-за высокой концентрации питательных веществ в сухих гранулированных диетах возможен перекорм форели, поскольку возникает несоответствие между способностью ферментативной пищеварительной системы и вместимостью желудочно-кишечного тракта, т.е. форель способна съесть больше, чем в состоянии переварить. Поэтому были разработаны оптимальные нормы кормления. В настоящее время широко пользуются таблицами Дьюэла [13] или модификациями этих таблиц, в которых суточная норма определена в зависимости от температуры воды в диапазоне до 20°С и от размера форели в диапазоне до товарной массы.

Основу полноценных гранулированных кормов составляют рыбная мука до 50%, соевый шрот до 15%, отходы обработки зерна до 15%, мука из водорослей, сухой обрат, растительное масло и др.

Страны с развитым форелеводством в последние годы полностью перешли на кормление форели полноценными гранулированными кормами. В некоторых странах, например в Дании и ГДР, для кормления товарной форели используют малоценную морскую рыбу. Однако посадочный материал выращивают только на гранулированном корме. Применение гранулированных кормов способствовало быстрому развитию форелеводства во всем мире. Например, по данным УШ сессии ИЕФАК, производство форели в европейских странах в последние 10 лет повысилось в несколько раз и достигло уровня 450 тыс. ц¹.

¹ Report on information and documentation, EIFAC, Gen. 4, March 1974.

В нашей стране разработка полноценных гранулированных кормов была начата сравнительно недавно. Однако в последние годы информация о новых методах кормления форели способствовала созданию эффективных гранулированных кормосмесей. В 1970 г. лабораторией форелеводства ВНИИПРХа была разработана и испытана первая в нашей стране сбалансированная диета для радужной форели [7]. В 1972 г. было испытано еще несколько новых диет, в том числе первая диета для молоди [2]. В этом же году в ГосНИОРХе была разработана полноценная гранулированная диета для товарной форели [9, 10]. Эффективность новых гранулированных кормов, как показала производственная проверка, была в 2-3 раза выше любых ранее известных в нашей стране пастообразных кормов для форели. Стала очевидной необходимость развития производства отечественных гранулированных кормов.

Однако теоретический расчет полноценных гранулированных диет для радужной форели в соответствии с физиологической потребностью в основных питательных и биологически активных веществах традиционными методами — дело весьма трудоемкое. При ручном расчете нет гарантии, что полученный рацион — лучший из всех возможных при данных условиях. В связи с этим был разработан метод расчета оптимального состава кормосмеси на ЭВМ [8]. Задача решалась симплексным методом на матрице 16x34. В результате освоения методики в 1972 г. было рассчитано 10 вариантов кормосмесей с минимальной стоимостью весовой единицы и максимальным содержанием протеина в составе кормосмеси. Производственное испытание одной из кормосмесей (РГМ-3В) показало ее высокую эффективность. В последующие годы сравнение эффективности диеты, сбалансированной обычным способом и на ЭВМ, подтвердило правильность методики расчетов и целесообразность сбалансирования кормосмесей на ЭВМ [7].

Первоначальный расчет химического состава полноценных гранулированных кормов был основан главным образом на литературных источниках [12, 14, 17]. Затем постепенно накапливались собственные данные. В 1972-1974 гг. была исследована эффективность полноценных диет в зависимости от размера выращиваемой форели [6], концентрации сырого протеина в составе кормосмесей [3]. Были также разработаны новые рецепты премиксов для гранулированных диет отечественного производства.

Предложенный промышленности полноценный гранулированный корм для форели, характеризующийся высокой экономической эффективностью, содержит 38-42% протеина. Столь высокая концентрация одного из основных химических соединений определяет как питательную ценность кормосмеси, так и стоимость единицы прироста. При оптимальном соотношении незаменимых аминокислот основу корма должны составлять компоненты животного происхождения, и в частности рыбная мука. Вместе с тем рыбная мука становится все более дорогостоящим и дефицитным продуктом в связи с сокращением промысла морских рыб. Поэтому возникла необходимость создания физиологически полноценных диет, базирующихся в основном на протеине растительного происхождения сравнительно невысокой стоимости.

В связи с этим в 1973 г. были рассчитаны на ЭВМ и испытаны в производственных условиях полноценные гранулированные кормосмеси,

в которых содержание животного протеина было понижено с 34 до 14%, а растительного повышено с 6 до 24%. При этом цена кормосмеси уменьшилась почти вдвое [4]. При замене 62% животного протеина растительным конечная масса рыбы снизилась на 15%, а кормовой коэффициент повысился с 1,54 до 1,75, т.е. на 11,3%; соответственно стоимость 1 кг прироста снизилась с 0,83 до 0,56 руб.

Следовательно, снижение скорости роста на 15% компенсировалось уменьшением стоимости единицы прироста на 33%. Такая компенсация, безусловно, целесообразна. При замене части животного протеина растительным возрос его общий расход, но вместе с тем снизился расход протеина животного происхождения и в результате коэффициент конверсии протеина сократился с 3,4 до 1,4. Следовательно, представилась возможность повысить преобразование протеина корма в протеин рыбы с 29 до 71%.

К концу 1973 г. в распоряжении отечественной рыбной промышленности имелись эффективные рецепты полноценных гранулированных диет для всех возрастных групп форели, за исключением самых ранних стадий постэмбрионального развития. В 1974 г. начаты разработки стартового корма для личинок и мальков. Молодь чрезвычайно требовательна к пище, и любое несоответствие состава корма и потребности организма вызывает опасные физиологические нарушения, часто заканчивающиеся гибелью рыбы. Тем не менее был разработан новый стартовый корм красного цвета для личинок и мальков форели с размером гранул от 0,4 до 1,0 мм. При испытании его кормовой коэффициент был равен 0,9–1,1, затраты протеина на 1 кг прироста составили 450 г, затраты энергии 2930 ккал. Стоимость 1 кг прироста равнялась 0,6 руб. (см. статью Гамыгина, Канидьева, опубликованную в данном сборнике).

Эффективность полноценного гранулированного корма зависит от правильно установленной суточной нормы, размера частиц и частоты раздачи. Суточная норма питания молоди форели в условиях относительно низкой температуры (8–10°С) выше, а при оптимальной температуре (15–17°С) несколько ниже, чем указано в таблицах Дьюэла [13]. Было также определено оптимальное соотношение между размером гранул и массой рыбы [5].

Выводы

1. В результате работ, выполненных лабораторией форелеводства ВНИИПРХа, были предложены эффективные гранулированные кормосмеси для всех возрастных групп форели: для личинок (индекс РГМ–6М), сеголетков (РГ–2М) и годовиков–двухлетков в начале выращивания (РГМ–5В) и на завершающих этапах товарного производства (РГМ–8В) а также рецепты премиксов.

2. В 1973–1974 гг. были произведены первые 200 т отечественных гранулированных кормов для товарной форели на комбикормовом предприятии. Производство этих кормов сопряжено с определенными трудностями, основные из которых заключаются в следующем: 1) существующий стандарт на тонину помола кормов в СССР не соответствует технологическим требованиям, предъявляемым к компонентам кормосмеси для форели, а оборудование комбикормовых предприятий не

предназначено для дополнительного измельчения ингредиентов (оптимальная тонина помола от 0,2 до 0,5 мм); 2) в распоряжении Министерства заготовок СССР нет некоторых витаминов и витаминсодержащих препаратов, необходимых для форелевых премиксов, поскольку ранее не было спроса на эти витамины; 3) отсутствует отечественное оборудование для производства гранул (крупки) размером менее 3 мм молоди форели.

Список использованной литературы

1. Галасун П.Т., Канидьев А.Н. Особенности интенсивного рыбоводства во внутренних водоемах США. - "Труды ВНИИПРХа. Интенсификация прудового рыбоводства", 1974, вып. П, с. 27-128.
2. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Эффективная диета для молоди форели. - "Рыбное хозяйство", 1973, № 12, с. 17-19.
3. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Сравнительная эффективность полноценных диет, различающихся количеством протеина. - "Труды ВНИИПРХа. Индустриальные методы рыбоводства", 1974а, вып. 3, с. 153-162.
4. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Гранулированный корм для форели на основе протеина растительного происхождения. - "Рыбное хозяйство", 1974б, № 8, с. 15-17.
5. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А. Новые рецепты и способы применения сухих полноценных гранулированных кормов для форели и лосося. - "Труды ВНИИПРХа. Индустриальные методы рыбоводства", 1974, вып. 3, с. 163-172.
6. Канидьев А.Н., Герасимчук С.И. Криль и леда в рационе форели. - "Рыбное хозяйство", 1971, № 9, с. 20-22.
7. Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А., Романенко Ю.И. Сравнительная эффективность полноценной диеты для годовиков радужной форели, сбалансированной на ЭВМ. - "Труды ВНИИПРХа. Индустриальные методы рыбоводства", 1974, вып. 3, с. 191-203.
8. Канидьев А.Н., Романенко Ю.И. Расчет на ЭВМ оптимальных рационов для радужной форели. - "Рыбное хозяйство", 1973, №3, с. 26-29.
9. Остроумова И.Н. Выращивание личинок сеголетков и годовиков радужной форели на сухих гранулированных кормах. - В кн.: К совещанию по обмену опытом в форелеводстве. Л., 1972. с. 33-34.
10. Остроумова И.Н. Первые отечественные гранулированные корма для форели. - "Рыбное хозяйство", 1973, № 5, с. 25-27.
11. Castell, I.D., Lee D.I., Sinnhuber R.O. Essential fatty acids in the diet of rainbow trout (*Salmo irideus*). Lipid metabolism and fatty acid composition. J. Nutr., 1958, v. 65. 589 p.
12. Delong, D.C., Halver I.E., Mertz E.T. Nutrition of salmonid fishes. VI. Protein requirements of chinook salmon at two water temperatures. J. Nutr., 1962, v. 76, 174 p.
13. Feeding tables for trout. Fish. Res. Bull., 1952, N°3, 61 p. C.R.Deuel, D.C.Haskell, D.R.Brockway, O.R.Kingsbury.

14. Halver, J.E., Shanks W.E. Nutrition of salmonid fishes, VIII. Indispensable amino acids for sockeye salmon. *J.Nutr.* 1960, v. 72, 340 p.

15. Ikeda, S., Sato M. Biochemical studies of L-ascorbic acid in aquatic animals, III. Biosynthesis of L-ascorbic acid by carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 1964, v. 30, 365 p.

16. Ogino, C. Amino acid composition of the protein of hatchery diet. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 1957, v. 23, 447 p.

17. Phillips, A.M., Brockway D.R. Dietary calories and the production of trout in hatcheries. *Progr. Fish-Cult.* 1959, Vol. 21. 3 p.

18. Shanks W.E., Gahimer G.D., Halver I.E. The indispensable amino acids for rainbow trout. *Prog. Fish-Cult.* 1962, v. 24. 68 p.

19. Smith, C.E., Halver I.E. Folic acid anemia in coho salmon. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 1969, v. 26, 111 p.

20. The nutrition of rainbow trout, I. Studies of vitamin requirements. *Arch. Biochem.*, 1947, v. 15, 169 p.
B.A.McLaren, E. Keller, D.I.O.Donnel, C.A.Elvehjem.

Progressive methods of feeding reinbow trout
at fish-cultural farms

A.N.Kanidyev, E.A.Gamygin

SUMMARY

The granular food for trout contains 40-58% of raw protein, not more than 30% of total carbohydrates, 8-15% of mineral salts and 5-14% of fat. The protein content includes up to 16 vitamins and other active substances. To obtain 1 kg of increment it is necessary to spend about 1,5 kg of food, 600-700 g of protein and 3000-4000 kcal of energy, and 60% of them are spent on account of energy of food protein which contains 10 indispensable amino acids in an optimum amount and ratio. The balancing of the composition at the computer has resulted in an increase of 13% in efficiency in terms of expenses required for a unit of increment. Replacement of 60% of animal protein in the food mixture with an adequate amount of vegetable protein has lowered the rate of growth of trout by 15% on the average, but it increased the efficiency of rearing by 33% in terms of expenses required for a unit of increment.