

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РОСТА И ПРИРОДНЫХ АДАПТОГЕНОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ РЫБ

А.В. Линник<sup>1</sup>, Э.В. Иванов<sup>2</sup>, Е.В. Иванеха<sup>1</sup>, Ю.И. Скурлатов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский НИИ пресноводного рыбного хозяйства,  
141821, пос. Рыбное, Дмитровский район, Московская область, Россия

<sup>2</sup>Экологический факультет, Российский университет дружбы народов,  
Подольское шоссе, 8/5, 113093, Москва, Россия

<sup>3</sup>Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН,  
ул. Косыгина, 4, 117334, Москва, Россия

Несоответствие между наблюдаемой массой и способностью к росту радужной форели — главная причина низкого коэффициента метода выбора масс. В ограниченном объеме водной среды создаются неблагоприятные условия для развития икры и мальков рыб. Добавление перекиси водорода в инкубационную среду при развитии икры карпа и мальков (а также и лососевых рыб) позволяет резко уменьшить отходы в ранней стадии развития последних.

Среда обитания гидробионтов при интенсификации рыбного хозяйства существенно отличается от природной. Так, характерные для интенсивного рыбоводства высокие плотности посадки имеют ряд неблагоприятных последствий: замедляется темп роста рыб, происходит быстрое загрязнение водной среды аутоксинами и остатками кормов, создаются благоприятные условия для быстрого распространения возбудителей болезней рыб. Для предупреждения или устранения таких последствий без отказа от интенсивных методов выращивания рыбы наиболее целесообразным представляется эффективное использование тех внутренних резервов организма и факторов внешней среды, которые все еще недостаточно изучены и поэтому часто не принимаются в расчет.

В течение ряда лет во ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства разрабатывается методика селекции радужной форели, обладающей быстрым ростом в условиях высокой плотности посадки. Такая селекция принципиально отличается от традиционного массового отбора, так как необходимые качества могут быть присущи особям, расположенным совершенно произвольно в размерной структуре популяции. Анализ литературных данных показал, что в этом направлении исследования практически не ведутся и ограничиваются изучением влияния сортировки на продуктивность популяций [1, 2].

Первые эксперименты, проведенные в 1993-95 гг., подтвердили принципиальную возможность изменения степени воздействия плотности посадки на рост радужной форели, рассматриваемой в качестве элемента экологического коэффициента массонакопления [3, 4]. Небольшие его изменения проявляются в резком увеличении темпа роста, так как изменяется норма реакции на фундаментальный фактор внешней среды, действующий на организм как биотический контролирующий фактор [5]. В то же время динамика роста потомства радужной форели, отобранной при выращивании в градиенте плотности посадки, в сравнении с контролем, не соответствовала теоретически ожидаемой. Было очевидно, что в селекционную группу попало значи-

тельное количество случайных особей, не обладающих необходимыми признаками, но соответствующих по массе отбираемым в силу других причин. Преодоление возникших проблем было невозможно без более глубокого знания особенностей формирования размерной структуры популяции, ее динамики, соотношения потенциального роста рыб и реально наблюдаемого, то есть без оценки корреляции между размерами рыб и скоростью роста.

Опыты по изучению особенностей формирования размерной структуры популяции подтвердили, что потенциал роста отдельных особей далеко не соответствует их положению в вариационном ряду. В качестве примера приведем результаты эксперимента, в котором популяция молоди радужной форели средней массой 2-3 г была разделена строго по массе на три группы (мелкие, средние и крупные). В течение 50 дней они выращивались при разной плотности посадки до момента выравнивания средней массы (6,1 г), после чего меченые группы вновь объединили в одну популяцию. Через 2 нед. выращивания рыбы сформировалась стандартная кривая распределения по массе. Дальнейшее выращивание объединенной популяции до средней массы 23,0 г, в целом, показало сходное соотношение в размерном распределении особей из разных групп (табл. 1).

Таблица 1  
Размерное распределение в выравненных по средней массе группах через 2 нед. после объединения в одну популяцию

Группы особей	Вариационный ряд, г							
	4-6	6-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20
	Частоты, %							
Мелкие	0	10	60	7	8	7	8	0
Средние	2	21	46	24	7	0	0	0
Крупные	0	9	28	33	20	7	2	1
Объединенная популяция	0,7	14	45	20	12	4	4	0,3

Таким образом, значительная часть особей (в наших опытах до 50%) после изменения их размерного статуса растет в соответствии с новым положением в популяции.

Полученные результаты соответствуют представлению о зависимости роста рыбы от собственного размера в отношении к другим членам популяции [6]. При этом радужная форель с помощью зрения оценивает не только факт наличия партнеров по стае, но и их количество [7]. Занимаемое особью место в размерном ряду является результирующей многих факторов на фоне исходно случайного распределения на начальных этапах онтогенеза. Эти факторы оказывают разнонаправленное влияние на темп роста рыб и, следовательно, наблюдаемое распределение по массе также в значительной степени является случайным. Отсюда следует, что массовый отбор в неподготовленной популяции неэффективен, так как особи могут быть сходными по массе вследствие близкого наблюдаемого темпа роста, но при этом отличаться генетическими свойствами, реакцией на плотность посадки и изменение положения в социальной структуре популяции. Учитывая постоянную смену положения в популяции части особей в соответствии с потенциалом роста и реакцией на плотность посадки, которая, как мы полагаем, связана с уровнем точности индивидуальной оценки места в социальной структуре [8] и происходит очень медленно, в течение всего ювенильного периода (прослежено до сред-

ней массы 1000 г), можно представить, насколько недостоверно наблюдаемая масса рыбы отражает ее генетический потенциал роста.

Таким образом, для эффективной селекции по темпу роста традиционному массовому отбору должна предшествовать значительно более сложная по методике и объему работ подготовка исходной популяции, выражающаяся в приведении в соответствие наблюдаемого размера рыб и их генетического потенциала роста, с учетом влияния плотности посадки и характера социального взаимодействия.

Для получения и подращивания полноценных и устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды личинок рыб может оказаться полезным использование адаптогенов естественного происхождения, участвующих в процессах детоксикации и обеспечения гомеостаза. При дефиците таких соединений, как витамины, свободные аминокислоты, биогенные пептиды, нарушается способность организмов рыб адаптироваться к условиям окружающей среды, особенно на самых ранних этапах развития, до перехода на внешнее питание. Известно, что для успешного функционирования систем детоксикации необходимо постоянное использование восстановленного глутатиона; повышение уровня глутатиона в организме и тем самым повышение устойчивости к действию ксенобиотиков может быть достигнуто либо путем введения экзогенного синтетического трипептида, либо путем стимуляции его синтеза в организме, либо торможением его катаболизма [9]. При обработке икры кижуча, сима и балтийского лосося на заключительных стадиях эмбрионального периода развития, предшествующих выклеву, витамином В<sub>12</sub> (цианокобаламином) в дозах 0,4-1,0 мг/л в течение 2-6 час. отмечено повышение жизнестойкости и токсикорезистентности лососевых рыб в ранние периоды онтогенеза [10]. Профилактическое введение витамина С (аскорбиновой кислоты) в организм рыб приводило к повышению выживаемости рыб и к меньшему изменению некоторых гематологических показателей в присутствии хлорорганических пестицидов [11, 12].

В природных водах обнаружены вещества (перекись водорода, гуматы), которые в определенных условиях могут повышать устойчивость рыб к стресс-факторам и интоксикациям. Гибель личинок осетровых рыб на ранних стадиях развития (до перехода на жаберное дыхание) совпадала по времени с отсутствием в воде перекиси водорода природного происхождения (при нормальных стандартных гидрохимических и гидробиологических показателях) [13]. В модельных условиях перекись водорода обуславливала тенденцию к снижению энергозатрат сеголеток карпа в процессе зимовки [14].

В наших опытах исследовалось влияние витамина В<sub>12</sub>, витамина С, восстановленного глутатиона и перекиси водорода на выход из икры, и выживаемость личинок карпа в условиях ограниченного водообмена и накопления аутоксикантов в среде инкубации. Икру предварительно обрабатывали раствором фиолетового К, затем отсчитывали в чашки Петри по сотне живых (неокрашенных) икринок. Каждый вариант опыта ставился в 10-кратной повторности. На третий день после оплодотворения икры в среду инкубации добавлялись витамин В<sub>12</sub> (1 мг/л, однократно), перекись водорода, витамин С или восстановленный глутатион (в течение всего опыта). Растворы в чашках Петри заменялись 2 раза в сутки, отход личинок подсчитывался ежедневно. Для сравнения вариантов опыта использовались такие показатели, как процент выхода личинок из икры, число личинок с морфологическими аномалиями (недоразвитый хвостовой отдел, изогнутая хорда), а также среднее время жизни и время гибели 50% личинок, вычисляемые по формуле:

$$T_s = (A_1T_1 + A_2T_2 + \dots + A_nT_n) / A_0,$$

где  $n$  — число подсчетов погибших личинок в течение опыта;  $A_i$  ( $i$  от 1 до  $n$ ) — число погибших личинок в ряду последовательных подсчетов  $i$ ;  $T_i$  ( $i$  от 1 до  $n$ ) — время жизни личинок  $A_i$  с начала опыта к моменту гибели;  $T_s$  — среднее время жизни личинок;  $A_0$  — исходное число личинок.

Несмотря на обработку икры фиолетовым К, после выклева предличинок оказалось, что они заражены сапролегниозом. В результате процент выхода личинок из зараженной сапролегнией икры был низким, а процент личинок с аномалиями, наоборот, довольно высоким во всех вариантах опыта, кроме одного (табл. 2).

Таблица 2

## Показатели качества икры и личинок после обработки икры биологически активными веществами

Вариант эксперимента	Выход личинок из икры, %	Личинки с аномалиями, %
Контроль	41,3 ± 39,1	12,2 ± 3,7
Витамин В <sub>12</sub> , 1 мг/л	17,0 ± 5,3	14,2 ± 3,8
Витамин С, 10 <sup>-5</sup> М	16,0 ± 2,7	11,0 ± 4,7
Витамин С, 10 <sup>-4</sup> М	15,3 ± 6,7	13,1 ± 2,9
GSH, 10 <sup>-5</sup> М	18,7 ± 12,1	13,5 ± 4,3
GSH, 10 <sup>-4</sup> М	16,0 ± 8,2	15,0 ± 2,7
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 10 <sup>-5</sup> М	20,3 ± 13,3	11,3 ± 4,1
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 10 <sup>-4</sup> М	26,0 ± 17,1	9,5 ± 2,8
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 10 <sup>-3</sup> М	98,3 ± 1,5	3,6 ± 1,7

В варианте с концентрацией перекиси водорода 10<sup>-3</sup> М (34 мг/л) процент выхода личинки был достоверно более высоким, а число личинок с аномалиями — достоверно более низким, чем в остальных вариантах. Чтобы исключить вероятность побочных эффектов при длительном воздействии этой относительно высокой концентрации перекиси водорода на личинок, после окончания выклева личинки этого варианта содержались в чистой воде в течение 17 сут.; за этот период визуальные признаки поражения личинок сапролегнией не проявились. Личинки в остальных вариантах опыта погибли от сапролегниоза через 2 сут. Устойчивое подавление развития грибов перекисью водорода проявилось при ее концентрации как минимум в 10 раз более низкой, чем применявшиеся в зарубежных исследованиях для обработки лососей от эктопаразитов [15] концентрации этого вещества (400-800 мг/л). Применение таких высоких концентраций окислителя создает некоторые проблемы: необходимость быстрой замены значительного объема воды, обильное выделение кожной слизи (работа проводилась на карпах) и загрязнение воды, непрогнозируемый отход рыбы при недостаточной скорости разбавления раствора окислителя водой. В концентрации 34 мг/л (10<sup>-3</sup> М) перекись водорода не является остротоксичной для рыб и довольно быстро разлагается с образованием кислорода и воды. Изменения некоторых физиолого-биохимических показателей у личинок вьюна и годовиков карпа проявлялись только после экспозиции при этой концентрации окислителя не менее 10 сут., отхода не было при экспозиции до 35 сут.

Для дальнейшей работы икру предварительно обрабатывали перекисью водорода (10<sup>-3</sup> М, 1 сутки), затем фиолетовым К (для отбора живых икри-

нок). Признаки заражения икры и личинок сапролегнией в течение эксперимента не проявлялись. Выход личинок из икры и число аномальных личинок в разных вариантах достоверно не различались и находились в диапазонах от  $93,5 \pm 1,5$  до  $96 \pm 1,1\%$  и от  $7,8 \pm 1,9$  до  $9,1 \pm 3,1\%$  соответственно. Время гибели 50% личинок ( $T_{50}$ ) и среднее время жизни ( $T_s$ ) в вариантах с перекисью водорода были на 13-20% выше, чем в контроле и других вариантах опыта (табл. 3).

Таблица 3

Динамика выживаемости личинок в присутствии биологически активных веществ

Вариант эксперимента	$T_{50}$ , сут.	$T_s$ , сут.
Контроль	$7,5 \pm 0,5$	$7,0 \pm 0,2$
Витамин В <sub>12</sub> , 1 мг/л	$7,5 \pm 0,5$	$7,1 \pm 0,2$
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 10 <sup>-5</sup> М	$8,5 \pm 0,5$	$8,2 \pm 0,3$
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , 10 <sup>-4</sup> М	$9,0 \pm 0,0$	$8,4 \pm 0,1$

Эти два показателя связаны обратной зависимостью со скоростью гибели личинок, их более высокие значения говорят об увеличении времени жизни личинок на самых ранних стадиях развития. Снижение скорости отхода личинок при ограниченном водообмене и аккумуляции в воде продуктов метаболизма в присутствии экологически чистого окислителя — перекиси водорода — может оказаться полезным при транспортировке личинок.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Gunnes K. Effect of size grading young Atlantic salmon (*Salmo salar*) on subsequent growth // *Aquaculture*. — 1976. — Vol. 9. — №4. — P. 381-386.
2. Pyll E.A. The effect of grading on the total weight gained by three species of trout // *Progr. Fish-Cult.* — 1966. — Vol. 28. — №1. — P. 29-32.
3. Резников В.Ф., Баранов С.А., Стариков Е.А., Толчинский Г.И. Стандартная модель массонакопления рыбы / Сб. науч. трудов ВНИИПРХ. — Вып. 22. — 1978. — С. 182-195.
4. Толчинский Г.И., Резников В.Ф. Структура стандартной модели массонакопления рыбы. Сообщение 1. Генетический коэффициент / Сб. науч. тр. ВНИИПРХ. — Вып. 26. — 1980. — С. 145-151.
5. Линник А.В. Влияние плотности посадки и интенсивности водообмена на рост и питание радужной форели: Автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук. — М.: ВНИИПРХ, 1988. — 21 с.
6. Brown M.E. The growth of brown trout (*Salmo trutta* L.). 1. Factors influencing the growth of trout fry // *J. Exp. Biol.* — 1946. — Vol. 22. — P. 118-129.
7. Итазава Я., Мацумото Т., Канда Т. Групповой эффект на физиологические и экологические явления у рыб. 1. Групповой эффект на потребление кислорода у форели и медаки // Нихон суйсан гаккайши., *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* — 1978. — Vol. 44. — № 9. — P. 965-969.
8. Линник А.В. Некоторые особенности формирования и динамики размерной структуры популяции радужной форели // Первый конгресс ихтиологов России. Тезисы докладов. Астрахань, 1997. — М.: ВНИРО, 1997. — С. 158.
9. Голицков С.Н., Саночкин И.В., Тиунов Л.А. Общие механизмы токсического действия. — М.: Медицина, 1986. — С. 211-217.
10. Глубоков А.И. Токсикологическое исследование некоторых видов промысловых рыб в раннем онтогенезе: Автореф. канд. дис. — М., 1987.
11. Agrawal N.K., Juneja G.I., Mahajan C.L. Protective role of ascorbic acid in fishes exposed to organochlorine pollution // *Toxicology*. — 1978. — Vol. 11. — №4. — P. 369-375.

12. Verma S.R., Tonk I.P., Gupta A.K., Daiela R.C. Role of ascorbic acid in the toxicity of pesticides in a fresh water teleost // *Water, Air and Soil Pollut.* — 1981. — Vol. 16. — №1. — P. 107-114.
13. Скурлатов Ю.И., Эрнестова Л.С., Штамм Е.В., Шпотова Т.В., Калинин В.Б. Редокс-состояние и сезонная токсичность природной воды // Докл. АН СССР. — 1984. — Т. 276. — №4. — С. 1014-1017.
14. Домашлинец В.Г., Евтушенко Н.Ю., Малышева Т.Д. Биохимический статус сеголеток карпа при моделировании условий зимовки // Второй симпозиум по экологической биохимии рыб. Тез. докл. — Ярославль, 1990. — С. 70-72.
15. Мирзоева Л.М. Новые методы борьбы с сапролегнией и эктопаразитами // Рыбное хозяйство. Сер. «Аквакультура». — Вып. 2. — М., 1995. — С. 10-14.

## ASSESSMENT OF EFFECT OF GENETIC GROWTH POTENTIAL AND NATURAL ADAPTOGENS ON PRODUCTIVITY AND RESISTANCE OF FISH POPULATIONS

A.V.Linnik<sup>1</sup>, E.V.Ivanov<sup>2</sup>, E.V.Ivanekha<sup>1</sup>, Yu.I.Skurlatov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>All-Russian Research Institute of Freshwater Fishing Economy,  
141821, pos. Rybnoe, Moscovskaya obl., Russia

<sup>2</sup>Ecological Faculty, Peoples' Friendship Russian University,  
Podolskoye shosse, 8/5, 113093, Moscow, Russia

<sup>3</sup>Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Science,  
Kosygin street, 4, 117334, Moscow, Russia

Discrepancy between observed mass and growth potential of rainbow trout is the main cause of low-effective mass selection. In limited water-change conditions the addition of hydrogen peroxide in incubating medium for carp eggs and fry led to increase of fry mean life-time in early stage of development.