

5. Краюшкина Л.С. Хлоридсекретирующие клетки у рыб // Архив анат., гистол. и эмбриол. — 1974. — Т. 47, № 11. — С. 92–99.
6. Наточин Ю.В., Краюшкина Л.С., Маслова М.Н., Соколова М.М. и др. Активность ферментов в жабрах и почках и эндокринные факторы регуляционного обмена у покатной и нерестующей нерки (*Oncorhynchus nerka*) // Вопр. ихтиологии. — 1975. — Т. 15, вып. 1. — С. 131–140.
7. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищ. пром-сть, 1966. — 376 с.
8. Черницкий А.Г. Состояние хлоридных клеток на различных этапах жизненного цикла балтийского лосося // Вопр. ихтиологии. — 1979. — Т. 19, вып. 6. — С. 1114–1119.
9. Krogh A. Comparative Physiology of Respiratory Mechanism, University of Pennsylvania Press., 1941. — P. 172.

ГИСТОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ АДАПТАЦИЯ ЖАБЕРНОГО АППАРАТА РЫБ РАЗНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУППИРОВОК

М.С. Козий, И.М. Шерман

Изучены особенности гистологической структуры жаберного аппарата стерляди (*Acipenser ruthenus*), угря европейского (*Anguilla anguilla*) и лосося черноморского (*Salmo trutta labrax*). Полученные данные предлагается использовать в качестве материала для изучения разнообразия адаптивных черт дыхательной системы рыб.

THE ADAPTATION GISTOMORFOLOGICAL OF BRANCHIAL DEVICE OF FISH OF THE DIFFERENT ECOLOGICAL GROUPS

M. Koziy, I. Sherman

Studied particularities of gistological structures of branchial device *Acipenser ruthenus*, *Anguilla anguilla* and *Salmo trutta labrax*. Got given is offered use as material for study of the variety adaptive devil respiratory fish system.

УДК 574.24

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ “ЖИЗНЕННОГО ПРОСТРАНСТВА” И РОСТА РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

В.Н. Подопригора

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

В ходе эксперимента было выяснено, что параметры “жизненного пространства” существенно влияют на рост радужной форели. В “идеальном” объеме ее мальки легче переживают воздействие других стресс-факторов. Чем больше объем водной среды отличается от “идеального”, тем сильнее у мальков радужной форели проявляется стресс, и наоборот.

Сейчас аквакультура в Украине и других странах развивается по пути использования методов интенсификации. Активно разрабатываются и применяются методики выращивания рыбы в замкнутых рыбоводных установках (Проскурин, 2003). В данном случае одной из важнейших проблем является плотность посадки. На практике чаще всего нормы посадки определяют эмпирическим путем для каждого отдельного случая, поскольку

все зависит от огромного количества факторов (проточность, температура и т. д.), но в первую очередь исходят из возраста, вида рыб и размерных параметров водоемов.

В литературе нет четкой информации о том, насколько рост отдельных особей рыб зависит от размерных параметров водоема. Как правило, данный вопрос рассматривался авторами в рамках изучения эффекта группы (Шварц, 1976;

Северцев, 1995; Paul J.V. Hart, 2002). Так, Мина и Клевезаль (1976) вводят понятие “жизненного пространства” и определяют его как пространство, в котором животное может спокойно передвигаться. В нашем случае это объем экспериментальных аквариумов. Данные о взаимосвязи параметров “жизненного пространства” с ростом отдельных особей рыб стали основой для разработки более эффективных методик выращивания рыбы в условиях промышленного рыбоводства. Поэтому основной задачей нашего эксперимента было установление зависимости роста рыб от объема “жизненного пространства”.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследований — радужная форель (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792). Нерестится главным образом весной, но имеются и осенне-мечущие популяции. Живет постоянно в пресной воде. Радужная форель является важным объектом холодноводного прудового рыбоводства (Никольский, 1954). У нас она прекрасно прижилась и ее разводят в форелевых хозяйствах западных областей и в Крыму. В природе личинка форели, превращаясь в малька, сразу же становится активным хищником и питается зоопланктоном. В период роста среди мальков этого вида распространен каннибализм. Для молоди радужной форели температура 23–24°C является не только стрессовой, но и фатальной. При такой температуре смерть рыбы наступает от недостаточного количества растворенного в воде кислорода.

Учитывая это, мы для эксперимента брали личинку радужной форели в форелевом хозяйстве Крымского природного заповедника (г. Алушта). Здесь десятилетиями выращивали радужную форель в условиях повышенных температур, что в результате отбора сделало алуштинскую форель более устойчивой к повышенным температурам. Личинку доразвивали в течение двух недель. Слабых мальков выбраковывали, далее из оставшейся группы случайным способом отбирали мальков для эксперимента.

Контролируемые факторы и способы их контроля. Мальки были рассажены независимо от размера и веса в

пять аквариумов (в каждый по одному мальку). Таким образом было исключено возможное влияние эффекта группы на рост рыбы. Бескаркасные аквариумы размерами 21,5×42,5×27,5; 17×38×23; 16×36,5×21,5, 13×33×18,5; 10×30×15 были пронумерованы от 1 до 5. Высота столба воды составляла соответственно 28,5; 21; 20; 16 и 13 см. Аквариумы, покрытые стеклами, аэрировались и освещались одинаково. Температуру в них поддерживали постоянно: 23–24°C.

В водоемах использовалась водопроводная вода, отстоянная не менее трех суток. Замену ее осуществляли в каждом аквариуме на 90% объема каждый день перед кормлением и каждые пять дней — на 100% объема (в это же время мыли стенки аквариумов). Этим исключалось влияние накапливающихся продуктов метаболизма на рост рыбы.

В качестве корма использовали промытый трубочник *Tubifex tubifex*. Кормление проводилось по утрам, кроме дней, когда мальки измерялись. В результате предварительного эксперимента определили оптимальную массу корма — 0,25 г на 1 г живой массы рыбы в сутки. Норму устанавливали следующим образом. Сначала в каждый аквариум давали корм из расчета 1 г на 1 г живой массы. Остатки корма вечером из аквариума удаляли. На следующий день в каждый аквариум давали корма на 10 мг меньше, чем в предыдущий. Мы считали оптимальным такое количество корма, которое к вечеру съедалось рыбами без остатка. Взвешивание корма проводили на технических весах.

Контролируемые параметры объекта и способы их контроля. В ходе эксперимента с помощью штангенциркуля измеряли общую длину тела мальков и массу тела. Для взвешивания использовали технические весы. Влагу, попавшую на чаши весов, удаляли фильтровальной бумагой. Так как особенности поведения мальков позволяют оценить их самочувствие и степень комфортности условий, в которых они находятся, нами фиксировались следующие поведенческие реакции подопытных мальков:

- 1) наличие или отсутствие поисковой активности;
- 2) способ употребления мальком пищи (питался он спокойно, плавая вокруг

корма по всему объёму аквариума или же хватал корм из дальнего угла аквариума, немедленно скрываясь обратно);

3) способ перемещения малька по аквариуму (плавал он спокойно и плавно или же резко и прерывисто).

План эксперимента. Эксперимент проводили одновременно в пяти одинаковых группах аквариумов. Группу составляли пять аквариумов разного объема.

За месяц до начала эксперимента мальков сажали в экспериментальные аквариумы. В течение этого времени эмпирическим путем вычисляли оптимальное количество корма для одной особи. Одновременно проводили контроль за физическим состоянием мальков. Вялых и ослабленных рыб заменяли на мальков с нормальной активностью. В течение эксперимента вечером каждого пятого дня рыба взвешивалась, а также измерялась её общая длина тела. В день обмеров малька не кормили. Также в этот день из экспериментальных аквариумов

полностью сливали воду и мыли стенки. Наблюдение за поведением мальков в остальные дни проводилось в течение часа после кормления.

Несмотря на все принятые меры, в определенный период эксперимента малек начал гибнуть, хотя при планировании эксперимента были учтены все значимые факторы, и при его проведении не было отклонений от плана. Это четко иллюстрируют графики (рис. 1–5), на которых видно, что точки, полученные экспериментальным путем, практически совпадают с теоретической кривой.

Используя формулы теоретических кривых роста мальков для каждого аквариума, рассчитали массу мальков по их длинам. Так как рост животных мы описывали с помощью нелинейной функции, для проверки соответствия эмпирических значений массы мальков массам, вычисленным теоретическим способом, мы использовали критерий χ^2 К. Пирсона (Лакин, 1980). В результате для всех трех аквариумов $\chi^2=1$, кото-

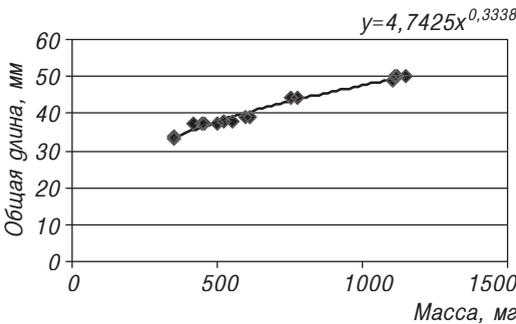


Рис. 1. Зависимость общей длины тела (L) от массы тела (m) мальков радужной форели в аквариумах № 1

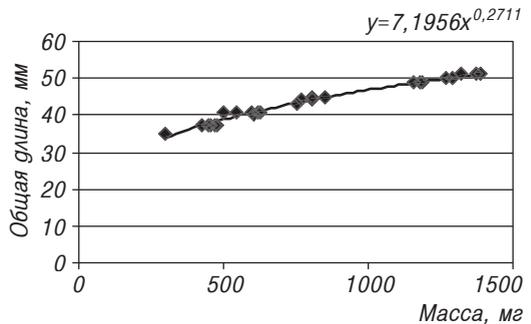


Рис. 2. Зависимость общей длины тела (L) от массы тела (m) мальков радужной форели в аквариумах № 2

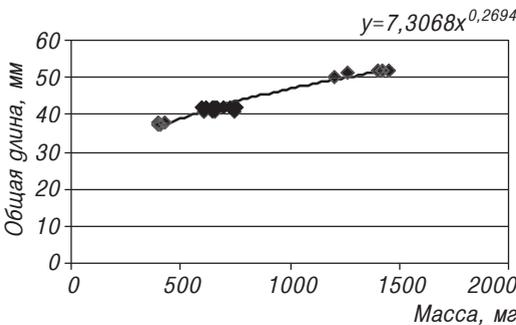


Рис. 3. Зависимость общей длины тела (L) от массы тела (m) мальков радужной форели в аквариумах № 3

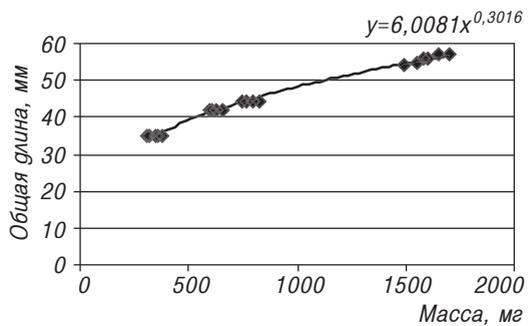


Рис. 4. Зависимость общей длины тела (L) от массы тела (m) мальков радужной форели в аквариумах № 4

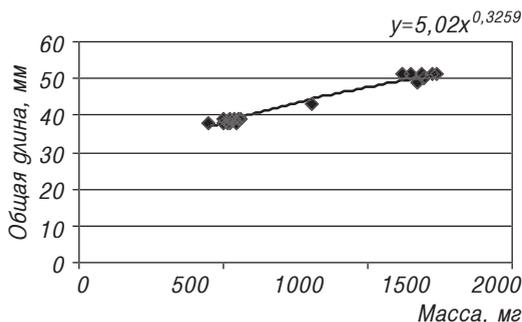


Рис. 5. Зависимость общей длины тела (L) от массы тела (m) мальков радужной форели в аквариумах № 5

рый был меньше табличного значения ($\chi^2 < \chi^2_{st} = 1 < 61,92$). Это свидетельствует о полном соответствии вычисленных значений эмпирическим значениям массы мальков и позволяет дальнейший математический анализ проводить, используя общие длины мальков.

Результаты, полученные с помощью критерия χ^2 , свидетельствуют о том, что используемые нами совокупности имеют нормальное распределение, что дает нам все основания для использования дисперсионного анализа. Необходимо отметить, что в данном случае мы пользовались формулами для неравночисленных выборок. Полученное дисперсионное отношение F_{ϕ} больше стандартного табличного значения критерия Фишера F_{st} ($22,31 > 3,51$). Результаты достоверны на 1% уровне значимости. Следовательно, можно сделать вывод, что фактор (объем аквариума) оказывает влияние на рост радужной форели и, как следствие, на средние значения общей длины мальков (рис. 6).

Используя данные дисперсионного анализа, мы вычислили силу влияния фактора ($h^2_x = 0,08 \pm 0,03$). Это значит, что около 8% общего варьирования данного признака (длины мальков) обусловлено объемом "жизненного пространства" и около 92% приходится на долю воздействующих на этот признак других (модифицирующих) факторов (Лакин, 1980). Низкие показатели h^2_x говорят о том, что объем "жизненного пространства" влияет опосредованно. Об этом говорят и низкие темпы роста. На диаграмме хорошо видно, что наименьшее значение средней длины мальков на-

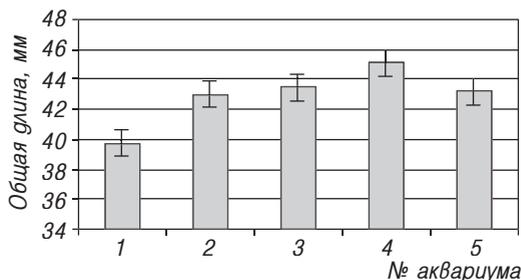


Рис. 6. Зависимость среднего значения общей длины тела мальков радужной форели от объема аквариума (№ 1 — 23 л, № 2 — 14 л, № 3 — 11 л, № 4 — 7 л и № 5 — 4 л)

блюдается в самых больших аквариумах. В следующих аквариумах оно постепенно растет, достигая максимума в четвертых аквариумах, затем в пятом аквариуме становится практически равной значению средней длины мальков во втором аквариуме.

Результаты предыдущих экспериментов по этой методике показали, что средние значения длин мальков не всегда соответствуют величинам скорости роста мальков. Хотя именно по скорости роста можно достоверно судить о характере взаимосвязи роста мальков и объема "жизненного пространства". В данном случае о нормальном росте мальков форели говорить не приходится. С уверенностью можно говорить о том, что все экспериментальные рыбы находились в стрессовом состоянии. Об этом говорит достаточно высокая смертность и отсутствие изменений общей длины мальков в период эксперимента. Наблюдаемые поведенческие элементы у всех мальков были характерны для стрессового состояния. Мальки большую часть времени проводили на дне аквариума, были пугливыми со слабо выраженным поисковым поведением.

Исходя из ранее приведенных фактов и основываясь на результатах подобных экспериментов с другими видами рыб, мы сделали следующие выводы.

Если объем "жизненного пространства" не устраивает малька, то в первую очередь у него начинает проявляться стресс, что в результате ведет к ухудшению общего состояния и замедлению роста.

Чем больше объем аквариума отличается от идеального для малька, тем

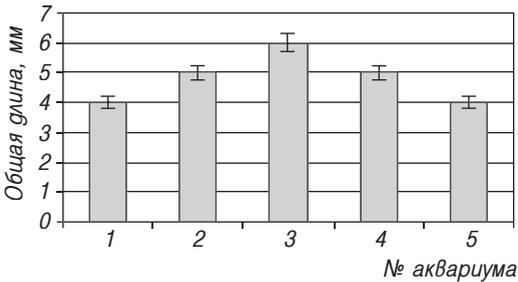


Рис. 7. Зависимость среднего количества взвешиваний, пережитых мальками радужной форели, от объема жизненного пространства (№ 1 — 23 л, № 2 — 14 л, № 3 — 11 л, № 4 — 7 л и № 5 — 4 л)

сильнее проявляются у него признаки стресса.

Воздействие нескольких стресс-факторов суммируется, что согласуется с имеющимися по этому вопросу литературными сведениями (Головин, 2004).

Следовательно, чем больше объем аквариума отличается от идеального, тем тяжелей радужная форель будет переносить кислородное голодание и температурный стресс. Малек будет чаще и раньше гибнуть в аквариумах с наиболее неподходящим объемом “жизненного пространства”. В аквариумах с идеальным объемом смертность должна быть минимальной или вообще отсутствовать. Поэтому мы рассмотрели в качестве изучаемого параметра смертность мальков за период эксперимента. В качестве изучаемого параметра рассматривали среднее количество взвешиваний, которое пережили мальки в каждом объеме (данные представлены в таблице).

Из таблицы видно, что наибольшее количество взвешиваний мальки пережили в третьих объемах. Во всех сериях в этих аквариумах за время эксперимента не погибло ни одного малька. Наибольшая смертность была зафиксирована в крайних объемах (первые и пятые аквариумы). Эти данные иллюстрирует диаграмма (рис. 7).

Следовательно, в третьих объемах мальки радужной форели чувствовали себя наиболее комфортно. В осталь-

Количество взвешиваний, перенесенное мальками

№ серии	№ аквариума				
	1	2	3	4	5
a	5	5	5	3	3
б	5	5	5	5	5
с	2	3	5	2	2
д	5	5	5	5	2
е	4	8	8	8	8
Среднее	4	5	6	5	4

ных аквариумах они были подвержены стрессу. Это подтверждает смертность, уровень которой уменьшался от крайних объемов к среднему. Наблюдение за поведением мальков показало, что они во всех аквариумах были пугливы и угнетены, поисковое поведение было выражено слабо, большую часть времени проводили на дне аквариума. Но в третьих аквариумах мальки, как правило, съедали корм гораздо быстрее, чем в других аквариумах.

ВЫВОДЫ

Параметры “жизненного пространства” существенно влияют на рост радужной форели.

Около 8% общего варьирования данного признака (длины мальков) обусловлено объемом “жизненного пространства” и около 92% приходится на долю воздействующих на признак других (модифицирующих) факторов.

Существует идеальный объем, в котором мальки радужной форели чувствуют себя комфортно, в нем они легче переживают воздействие других стресс-факторов.

Чем больше объем “жизненного пространства” отличается от идеального, тем сильнее у малька радужной форели развивается стресс, и наоборот.

Воздействие стресс-факторов суммируется, что приводит к замедлению и остановке роста, а затем и к летальному исходу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головин П.П. Стресс у рыб // Труды зоологического института АН СССР. — 1987. — Т. 17. — С. 22–32.

2. Головин П.П. Проблемы стресса у рыб в пресноводной аквакультуре: способы диагностики и коррекции // Сб. науч. тр. ВНИИПРХ: Болезни рыб. — М.: Компания "Спутник+", 2004. — Вып. 79. — С. 54–61.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия: учебное пособие для биологических специальностей вузов. — М.: Высш. шк. — 1980. — 293 с.
4. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных. — М.: Наука, 1976. — 291 с.
5. Никольский Г.В. Частная ихтиология. — М.: Советская наука, 1954. — 458 с.
6. Проскуренко И.В. Замкнутые рыбоводные установки. — М.: Издательство ВНИРО, 2003. — 152 с.
7. Северцев А.С., Суворова Г.С. Эффект группы как групповая адаптация // Зоологический журнал. — 1995. — Вып. 2. — С. 80–91.
8. Шварц С.С., Пястолова О.А., Добринская Л.А., Рункова Г.Г. Эффект группы в популяциях водных животных и химическая экология. — М.: Наука, 1976. — 151 с.
9. Paul J. B. Hart, John D. Reynolds Handbook of fish biology and fisheries // Fish biology, 2002. — V. 1. — 432 p.

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ПАРАМЕТРІВ "ЖИТТЄВОГО ПРОСТОРУ" І РОСТУ РАЙДУЖНОЇ ФОРЕЛІ

В.М. Подопрігора

Під час експерименту було з'ясовано, що параметри "життєвого простору" істотно впливають на ріст райдужної форелі. В "ідеальному" об'ємі її мальки легше переживають вплив інших стрес-факторів. Чим більший об'єм водного середовища відрізняється від "ідеального", тим сильніше у мальків райдужної форелі виявляється стрес і напaки.

RELATIONSHIP BETWEEN PARAMETERS OF "LIFE SPACE" AND GROWTH OF RAINBOW TROUT

V. Podoprigora

The main goal of the experiment was to discover the dependence of fish growth from the "life space" volume. The experiment was conducted at the temperature of 23–24°C in five equal series of aquariums (five aquariums of various volume in each group). Body mass and mortality of hatchlings were recorded. Parameters of "life space" were found to significantly affect growth of rainbow trout. Placed in optimal water volume, trout hatchlings better survive under the influence of other stress factors. The more the "life space" volume deviates from the optimum, the more stress is manifested, and vice versa.