

БИОЛОГИЯ, МОРФОЛОГИЯ
И СИСТЕМАТИКА ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597-147.132.2:57.017.5

СВЯЗЬ ПЛОДОВИТОСТИ С КОЛИЧЕСТВОМ ПОЗВОНКОВ У ПЛОТВЫ
Rutilus rutilus РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 2023 г. Н. И. Комова*

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

*e-mail: komovanadiv@yandex.ru

Поступила в редакцию 09.12.2022 г.

После доработки 22.03.2023 г.

Принята к публикации 27.03.2023 г.

Приведены данные по числу позвонков в отделах позвоночника в разных по относительной плодовитости группах плотвы. Среднее значение числа позвонков в туловищном отделе оказалось наименьшим у низкоплодовитых рыб. При сравнении средних значений относительной плодовитости у самок с разным числом позвонков в отделах позвоночника также выделилась группа низкоплодовитых рыб. В ней особи, имевшие 17 позвонков в туловищном отделе, обладали относительной плодовитостью статистически достоверно ниже, а имевшие 16 в хвостовом и в сумме 40 позвонков в позвоночнике — достоверно более высокой плодовитостью, чем особи с другим числом позвонков в этих отделах. У высокоплодовитых самок никаких различий по плодовитости между рыбами, имевшими разное число позвонков в отделах, не отмечено.

Ключевые слова: плотва *Rutilus rutilus*, относительная плодовитость, отделы позвоночника, число позвонков, Рыбинское водохранилище

DOI: 10.31857/S0320965223040125, EDN: RVVQDQ

ВВЕДЕНИЕ

Популяции рыб состоят из особей, отличающихся разнообразием проявлений генотипа, в том числе изменчивостью такого признака, как плодовитость, которая считается одним из показателей условий существования популяции. Изменение этих условий, в первую очередь — питания, отражается на росте, упитанности, жирности, в связи с чем меняется и плодовитость рыб. По мнению Володина (1983) и Изюмова с соавт. (1983), наряду с условиями среды, в определении уровня плодовитости большую роль играет индивидуальная изменчивость генотипических особенностей самок. В популяции всегда присутствуют как высокоплодовитые самки, так и самки с низкой и средней плодовитостью. Их соотношение в разных популяциях — величина непостоянная

(Володин, 1963, 1983; Анохина, 1969; Шатуновский, Рубан, 2009; Комова, 2016).

Формирование осевого скелета и его регионализация, морфология позвонков и их общее число у разных клад позвоночных, в том числе и у лучеперых рыб, предопределяются генетически (Кирпичников, 1987; Ward, Mehta, 2014; Wong et al., 2015 и др.). В частности, показана наследственная обусловленность числа позвонков в отделах позвоночника у плотвы *Rutilus rutilus* (L., 1758) (Изюмов, Касьянов, 1995), а также у сими *Oncorhynchus masou masou* (Brevoort, 1856) (Ando et al., 2008). Число позвонков может модулироваться самыми разными факторами, хотя колебания температуры наиболее действенны (Lindsey, 1988; Krylov et al., 2016). Известно о сдвигах в числе позвонков при изменениях температуры в период эмбрионального развития (Кирпичников, 1987; Witten, Hall, 2015 и др.). Вместе с тем, имеются данные о том, как значительные различия числа позвонков в отделах позвоночника у выращенной при разной температуре молоди могут маскироваться незначительными отличиями в общем числе позвонков, что, в частности, показано для чавычи *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum, 1792) (De Clercq et al., 2018). Установлено, что ИАП плотвы коррелирует с двумя наиболее часто

Сокращения: ДИ — диаметр одной икринки, мм; ИАП — индивидуальная абсолютная плодовитость, тыс. шт.; ИОП — индивидуальная относительная плодовитость, шт./г; В.ИОП — высокая, Н.ИОП — низкая, Ср.ИОП — средняя; МИ — масса одной икринки, мг; ТАГЦ — триацилглицерины; l — длина тела от кончика рыла до конца чешуйного покрова, мм; m — масса тела после извлечения гонад и внутренностей, г; r — коэффициент корреляции; V_a — число позвонков в туловищном отделе, V_i — в переходном, V_c — в хвостовом; V_t — общая сумма позвонков в трех отделах с включением Веберовых (4 шт.) и преуральных (3 шт.); $x \pm \sigma$ — средняя арифметическая и среднее квадратичное отклонение.

Таблица 1. Коэффициенты корреляции (r) биологических показателей, плодовитости и числа позвонков в отделах позвоночника

Показатель	ИАП	ИОП	V_a	V_i	V_c	V_t	Группа ИОП			V_t в группе		
	Общая выборка ($n = 268$)						Н.ИОП $n = 45$	Ср.ИОП $n = 93$	В.ИОП $n = 51$	Н.ИОП $n = 45$	Ср.ИОП $n = 93$	В.ИОП $n = 51$
l , мм	0.91	0.49	-0.02	0.02	0.01	-0.01	0.02	0.04	-0.21	—	—	—
m , г	0.94	0.44	-0.03	0.01	0.00	-0.02	0.04	0.03	-0.28	—	—	—
Возраст	0.82	0.42	0.03	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	0.00	-0.08	—	—	—
ИАП		0.69	-0.07	0.03	0.02	-0.03	0.36	0.33	-0.05	—	—	—
V_a	-0.07	-0.08		-0.42	0.03	0.40	-0.46	-0.12	0.19	0.45	0.54	0.19
V_i	0.03	0.03	-0.42		-0.33	0.01	0.13	0.03	0.00	-0.03	-0.06	-0.23
V_c	0.02	0.04	0.03	-0.33		0.66	0.22	-0.02	-0.11	0.68	0.65	0.77
V_t	-0.03	-0.02	0.40	0.01	0.66		-0.08	-0.10	0.06			

Примечание. Здесь и в табл. 2 жирным шрифтом выделены статистически значимые значения r ($p \leq 0.05$); “—” — данные отсутствуют, n — число обследованных особей.

встречающимися фенами переходного отдела позвоночника (Изюмов и др., 1983).

Цель работы — оценить наличие и степень связи таких, в значительной степени наследуемых показателей, как плодовитость и строение осевого скелета, в частности, общее число позвонков и их число в отделах позвоночника, на примере самок плотвы Рыбинского водохранилища.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Самок плотвы отлавливали на одном и том же нерестилище в Волжском плесе Рыбинского водохранилища в апреле–мае 2007, 2012 и 2013 гг. ИАП и ИОП рассчитывали по общепринятому методу (Анохина, 1969), МИ — по результатам взвешивания свежего материала, методика измерений ДИ описана ранее (Комова, 2011). Следуя принципам, использованным рядом авторов (Мироновский, 1991; Изюмов, Касьянов, 1995; Герасимов и др., 2015; Чеботарева, 2018; Чеботарева, Изюмов, 2021; Кожара и др., 2020 и др.), в позвоночнике выделяли три основных отдела и подсчитывали в них число позвонков. Возраст рыб определяли по чешуе и клейтруму (cleithrum), дополнительно использовали лобные кости (frontale). Общая выборка включала половозрелых самок плотвы, биологические характеристики которых колебались в пределах: l — 132–340 мм, m — 33–670 г, возраст — 4–14 лет, ИОП — 74–314 шт./г, ИАП — 4.41–139.52 тыс. шт. Всего исследовано 268 экз. Уровень связей между рассматриваемыми параметрами оценивали с помощью коэффициентов линейной корреляции Пирсона. Статистическая обработка исходных данных произведена с помощью программ MS Excel 2013, достоверными приняты значения показателей для уровня значи-

мости $p \leq 0.05$. Силу корреляций классифицировали по шкале Чеддока: 0.1–0.3 — незначительная корреляция, 0.3–0.5 — слабая, 0.5–0.7 — средняя, 0.7–0.9 — высокая, 0.9–0.99 — очень высокая.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ корреляционной зависимости между признаками в общей выборке рыб свидетельствовал о высокой и очень высокой связи ИАП с l , m и возрастом, тогда как уровень корреляций ИОП с этими показателями оказался заметно слабее (табл. 1). Вследствие этого, в настоящей работе будем рассматривать, в основном, ИОП. Корреляция общего числа позвонков V_t средняя с V_c , слабая с V_a и полностью отсутствует с V_i .

Для дальнейшего изучения из общей выборки отбирали особей близких размеров с l 221–300 мм, m у них колебалась в пределах 129–421 г, возраст — 6–11 лет, ИОП — 74–314 шт./г, ИАП — 16.31–112.98 тыс. шт. В выборке оказались рыбы с разным уровнем относительной плодовитости: присутствовали самки с низкой, средней и высокой плодовитостью. Поэтому всех особей этой выборки (196 экз.) разделили на группы по величине ИОП по методике, предложенной Бакановым с соавт. (1987). Согласно положению статистики, что в пределах интервала $x \pm 0.67\sigma$ лежит ~50% вариант вариационного ряда, группы выделяли следующим образом. Значения ИОП, имеющие величину ниже $x - 0.67\sigma$ условно определяли как низкие, выше, чем $x + 0.67\sigma$, — как высокие, находящиеся в пределах $x \pm 0.67\sigma$ — как средние. Группы с аномально низкой ($x - 2\sigma$) и аномально высокой ($x + 2\sigma$) ИОП не рассматривали из-за их низкой численности ($n = 5$ и $n = 2$ соответственно).

Таблица 2. Средние значения биологических показателей и числа позвонков в отделах позвоночника в разных по относительной плодовитости группах

Показатель	Группа			Значения <i>t</i> -St между группами		
	Н.ИОП (I)	Ср.ИОП (II)	В.ИОП (III)	I и II	I и III	II и III
<i>l</i> , мм	252.29 ± 2.48 221–300	256.58 ± 1.68 221–295	259.15 ± 2.64 221–295	–1.43	–1.89	–0.82
<i>m</i> , г	273.53 ± 7.85 196–442	280.83 ± 5.96 152–436	294.08 ± 8.65 178–421	–0.74	–1.76	–1.26
ИАП, тыс. шт.	49.20 ± 1.56 32.52–85.49	62.20 ± 1.39 34.08–95.38	77.38 ± 2.20 47.19–110.57	–6.24	–10.45	–5.83
ИОП, шт./г	179.74 ± 1.91 146–194	221.42 ± 1.45 195–245	263.89 ± 1.90 246–295	–17.36	–31.26	–17.76
Возраст, лет	8.93 ± 0.24 6–11	9.31 ± 0.13 6–11	9.29 ± 0.17 6–11	–1.39	–1.23	0.08
ДИ, мм	1.49 ± 0.02 1.39–1.61	1.47 ± 0.01 1.30–1.62	1.46 ± 0.01 1.34–1.62	1.12	1.49	0.41
МИ, мг	1.22 ± 0.02 0.97–1.55	1.19 ± 0.01 0.93–1.50	1.17 ± 0.02 0.96–1.49	1.24	1.97	1.01
<i>V_a</i>	16.11 ± 0.09 15–17	16.34 ± 0.06 15–18	16.18 ± 0.07 15–17	–2.23	–0.58	1.78
<i>V_i</i>	2.89 ± 0.09 2–4	2.76 ± 0.05 2–4	2.75 ± 0.07 2–4	1.24	1.28	0.20
<i>V_c</i>	15.09 ± 0.09 14–16	15.09 ± 0.05 14–16	15.20 ± 0.08 14–16	0.03	–0.87	–1.16
<i>V_t</i>	41.09 ± 0.10 40–42	41.19 ± 0.06 40–42	41.12 ± 0.08 40–42	–0.89	–0.22	0.73
<i>n</i>	45	93	51	138	96	144

Примечание. Над чертой – среднее значение показателя и его ошибка, под чертой – пределы колебаний показателя; *t*-St – критерий Стьюдента. Остальные обозначения, как в табл. 1.

В группах Н.ИОП и Ср.ИОП корреляции с *l*, *m* и возрастом рыб стремились к нулю. В группе В.ИОП единственная статистически значимая корреляция с *m* ($r = -0.28$) по шкале Чеддока была слабой (табл. 1), как и корреляция между ИОП и *V_a* в группе Н.ИОП ($r = -0.46$). Прочие корреляции ИОП с числом позвонков в отделах позвоночника (*V_i*, *V_c* и *V_t*) оказались статистически незначимы. У особей всех трех групп корреляции *V_t* с *V_c* были статистически значимы, причем корреляция *V_t* с *V_c* в группе В.ИОП относилась к высоким. Зависимость же *V_t* от *V_i* была статистически незначима.

В выделенных по ИОП группах средние значения основных биологических показателей (*l*, *m* и возраст) очень сходны (табл. 2). Значительно различались средние величины ИОП. Значения

ИАП статистически значимо возрастали в группах от Н.ИОП к В.ИОП, при этом ДИ и МИ между собой близки, хотя и несколько снижались с увеличением плодовитости.

По числу позвонков в отделах позвоночника в разных по ИОП группах можно отметить статистически значимое наименьшее среднее значение *V_a* у Н.ИОП. У этой же группы минимальные средние значения *V_c* и *V_t* при максимальном – *V_i*, хотя при данной численности выборок различия статистически недостоверны и можно говорить лишь о возможной тенденции. Предельные значения числа позвонков в группах в целом совпадали (табл. 2).

Сопоставление средних значений ИОП у рыб с определенным числом позвонков в отделах позвоночника в каждой из групп показало (рис. 1),

что у самок с высокой плодовитостью ее средние значения близки, независимо от числа позвонков в отделах. У самок со средней плодовитостью лишь в единственном случае ИОП у особей с $Va = 15$ достоверно выше, чем с $Va = 16$ и $Va = 17$. Выделилась группа Н.ИОП, в которой относительная плодовитость достоверно ниже у особей с $Va = 17$ и достоверно выше у особей с $Vc = 16$ и $Vt = 40$, чем у особей с другим числом позвонков в данной группе. Причем в этой группе средние величины l , m и возраста оказались очень сходными у рыб с разными фенами (кроме Vi), колебания значений критерия Стьюдента при их сравнении не достигали критических величин.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

У многих видов рыб наблюдается достоверная положительная корреляция ИАП с l и m , а также возрастом (Володин, 1963; Анохина, 1969; Зиновьев, Треногин, 2005; Шатуновский, 2006; Шатуновский, Рубан, 2009 и др.). Данные для плотвы Рыбинского водохранилища свидетельствуют об увеличении ИАП, а также ДИ, с перечисленными параметрами, однако закономерной связи ИОП с ними не выявлено (Володин, 1982). По более поздним материалам нами было определено, что у самок плотвы этого водоема ИАП достоверно возрастала с увеличением l , тогда как ИОП росла лишь у мелких рыб (до 180 мм), у особей 221–300 мм некоторое увеличение оказалось статистически незначимым (Комова, 2016). Та же тенденция наблюдается и в настоящем исследовании, отсутствие тесной корреляции ИОП и основных биологических характеристик рыб отмечено во всех по-разному сгруппированных выборках (табл. 1).

Анализ биохимического состава тканей плотвы из Рыбинского водохранилища (Комова, 2005) показал, что яичники рыб крупнее 220 мм, по сравнению с мелкими особями, были богаче общими липидами и основным резервным компонентом — ТАГЦ. У самок в размерной группе 261–280 мм доля ТАГЦ в мышцах была максимальна, в гонадах наблюдался самый высокий уровень общих липидов и высокий уровень ТАГЦ. Следовательно, крупные самки находятся в лучшем физиологическом состоянии и для них характерны высокие репродуктивные показатели. Поэтому в настоящей работе выбор был остановлен на рыбах, находившихся в лучшем физиологическом состоянии, с высоким уровнем генеративного обмена — среднего возраста и таких размеров, в пределах которых у производителей нет значительных изменений ИОП.

В выделенных по относительной плодовитости трех группах (Н.ИОП, Ср.ИОП и В.ИОП) отсутствие корреляции ИОП с биологическими по-

казателями рыб (табл. 1) свидетельствует об однородности внутри группы.

Ю.Г. Изюмов, А.Н. Касьянов (1995) описали наследуемость числа позвонков у плотвы. Причем, наследование признаков с ранней эмбриональной детерминацией, в частности, Va и Vt , описано как матроклинное, а признака Vi , который формируется последним, — как патроклинное. Для >300 видов рыб показано, что удлинение тела происходит в основном за счет добавления позвонков в брюшном отделе (согласно классификации, которой мы придерживаемся, он соответствует $Va + Vi$), а не хвостовых позвонков Vc (Maxwell, Wilson, 2013). Ямахира и Нишида (Yamahira, Nishida, 2009) выявили, что особи медаки *Oryzias latipes* (Temminck, Schlegel, 1846), обитающие в более высоких широтах, как правило, имеют большее число позвонков, чем их сородичи, живущие в более низких широтах (соответствие правилу Джордана). Эту широтную клину авторы объясняют разным числом позвонков в $Va + Vi$, так как число хвостовых не меняется закономерно в зависимости от широты. Впоследствии, по результатам изучения наследуемости числа позвонков у медаки из этих популяций, обнаружена существенная наследуемость $Va + Vi$, тогда как для Vc она не была статистически значимой (Yamahira et al., 2009; Kiso et al., 2012). Кроме того, среди популяций была отмечена значительная генетическая дифференциация по $Va + Vi$, но не по Vc . Сделано предположение, что позвонки в этих отделах контролируются отдельными модулями развития. Наследуемость Va у разных видов рыб подтвердилась и в работе (De Clercq et al., 2018). По материалам нашего исследования можно отметить статистически значимую, близкую к средней по силе, корреляцию ИОП именно с Va для группы Н.ИОП (табл. 1). Наименьшее среднее значение Va также у этой группы (табл. 2).

О наследуемости Vc литературные данные противоречивы, хотя на основе регрессионного анализа потомства Андо с соавт. (Ando et al., 2008) оценивали ее для симы как более высокую в сравнении с $Va + Vi$ (0.84 и 0.65 соответственно).

У трехиглых колюшек *Gasterosteus aculeatus* (L., 1758) из разных популяций Аляски, как $Va + Vi$, так и Vc , варьировали, что авторы рассматривали как адаптацию к различной среде обитания (Aguirre et al., 2014). Нами отмечена для группы Н.ИОП достоверно более высокая ИОП у рыб с $Vc = 16$. Интересно также, что, судя по величинам коэффициента корреляции, изменения общего числа позвонков теснее связаны с их числом в хвостовом отделе, причем в наибольшей степени это характерно для особей из группы В.ИОП.

При сравнении изучаемых групп по средней относительной плодовитости самок, имевших разное число позвонков в отделах позвоночника,

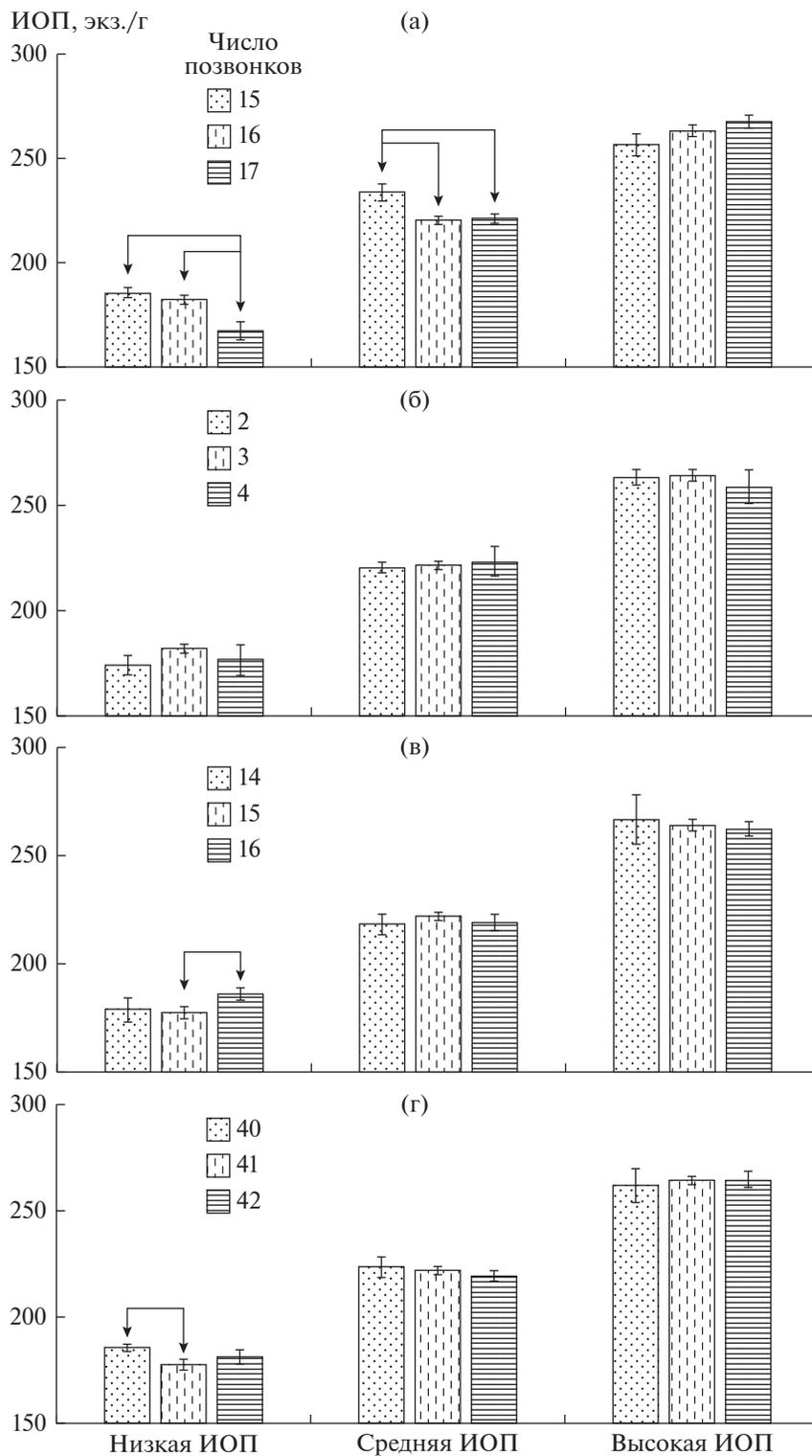


Рис. 1. Средние значения ИОП, экз./г в группах, выделенных по ее величине, у самок плотвы с разным числом позвонков в туловищном *Va* (а), переходном *Vi* (б), хвостовом *Vc* (в) отделах позвоночника и сумма позвонков в трех отделах с включением Веберовых и преуральных позвонков *Vi* (г); стрелками обозначены столбцы средних значений, статистически достоверно отличающихся друг от друга по критерию Стьюдента ($p \leq 0.05$).

следует отметить, что статистически значимые различия обнаружены для двух групп – Н.ИОП и Ср.ИОП у самок с разным числом позвонков именно в Va , а для группы Н.ИОП – и в Vi , т.е., согласно данным Изюмова и Касьянова (1995), по признакам с материнским эффектом наследования (рис. 1). Тогда как по признаку Vi с отцовским эффектом ни в одной из трех групп нет достоверных различий по ИОП у самок с разным числом позвонков.

Согласно полученным данным, в наибольшей степени обращает на себя внимание группа Н.ИОП. Ранее исследователями (Володин, 1983; Изюмов и др., 1983) сделано заключение о воспроизводительной способности рыб как об одном из проявлений свойств генотипа. Авторы также отмечали, что в обычных условиях преимущество в развитии получают рыбы со средней или низкой плодовитостью, у которых соотношение между генеративным и пластическим обменом близко к оптимальному. Возможно поэтому, по результатам нашего анализа, вычленилась именно группа Н.ИОП, тогда как в группе В.ИОП значения ИОП не зависели от числа позвонков.

Выводы. У плотвы из Рыбинского водохранилища наибольшая степень связи между плодовитостью и числом позвонков в отделах позвоночника выявлена для туловищного отдела Va , наследуемость числа позвонков в котором, согласно литературным источникам, наиболее существенна. Выделена группа низкоплодовитых самок (Н.ИОП), у которой особи, имевшие разные значения Va , Vc , Vi , примерно в половине случаев достоверно различались по относительной плодовитости. Сделано предположение, что у малоплодовитых самок плотвы наиболее сильно проявилось влияние генотипа на их генеративную способность.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания “Биоразнообразие, структура и функционирование пресноводных рыб континентальных водоемов и водотоков”, тема № 121051100104-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Анохина Л.Е. 1969. Закономерности изменения плодовитости рыб на примере весенне- и осеннерестующей салаки. М.: Наука.
- Баканов А.И., Кияшко В.И., Сметанин М.М., Стрельников А.С. 1987. Уровень развития кормовой базы и рост рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 27. Вып. 4. С. 609.
- Володин В.М. 1963. Плодовитость плотвы *Rutilus rutilus* (L.) в Рыбинском водохранилище // Вопр. ихтиологии. Т. 3. Вып. 2(27). С. 266.
- Володин В.М. 1982. Плодовитость массовых видов рыб Рыбинского водохранилища. 3. Плодовитость плотвы // Биология внутренних вод: Информ. бюл. № 54. Л.: Наука. С. 47.
- Володин В.М. 1983. Некоторые аспекты изучения плодовитости рыб // Пресноводные гидробионты и их биология // Тр. ИБВВ АН СССР. Вып. 48(51). Л.: Наука. С. 151.
- Герасимов Ю.В., Столбунов И.А., Левин Б.А. и др. 2015. Плотва // Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология. Ярославль: Филигрань. С. 263.
- Зиновьев Е.А., Треногин А.С. 2005. Плодовитость плотвы *Rutilus rutilus* (L.) в бассейне р. Камы // Вестн. Пермского ун-та. Биология. Вып. 6. С. 86.
- Изюмов Ю.Г., Володин В.М., Касьянов А.Н., Яковлев В.Н. 1983. О наследственной обусловленности плодовитости плотвы Рыбинского водохранилища // Тр. ИБВВ АН СССР. Вып. 48(51). С. 163.
- Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н. 1995. О наследственной обусловленности числа позвонков у плотвы *Rutilus rutilus* // Вопр. ихтиологии. Т. 35. № 5. С. 594.
- Кирпичников В.С. 1987. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука.
- Кожжара А.В., Маврин А.С., Мироновский А.Н. 2020. Структура фенетического разнообразия и систематика красноперки *Scardinius erythrophthalmus* (Cypriniformes, Cyprinidae) водоемов и водотоков России и сопредельных стран // Биология внутр. вод. № 6. С. 538.
<https://www.doi.org/10.31857/S0320965220060121>
- Комова Н.И. 2005. Внутривидовые особенности морфофункциональных и биохимических показателей фитофильных рыб Рыбинского водохранилища: Дис. ... канд. биол. наук. Борок. 186 с.
<https://www.disscat.com/content/vnutrividovye-osobennosti-morfofunktsionalnykh-i-biokhimicheskikh-pokazatelei-fitofilnykh-ry>
- Комова Н.И. 2011. Динамика изменения диаметра ооцитов у плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) в нерестовый период // Рыбн. хоз-во. № 5. С. 83.
- Мироновский А.Н. 1991. Особенности изменчивости и популяционной структуры некоторых карповых рыб Волго-Каспийского и сопредельных районов. 1. Популяционная подразделенность // Вопр. ихтиологии. Т. 31. Вып. 4. С. 576.
- Чеботарева Ю.В. 2018. Аномалии позвоночника и позвонковые фенотипы у сеголеток и двухлеток плотвы *Rutilus rutilus* (L.) (Cyprinidae, Cypriniformes), развившихся из одной выборки эмбрионов // Тр. ИБВВ РАН. Вып. 84(87). С. 58.
<https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10019>
- Чеботарева Ю.В., Изюмов Ю.Г. 2021. Межгодовая изменчивость морфологических признаков сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) из побережья Рыбинского водохранилища у поселка Борок (Ярославская область) // Вопр. ихтиологии. Т. 61. № 6. С. 635.
<https://doi.org/10.31857/S0042875221060059>
- Шатуновский М.И. 2006. Некоторые закономерности возрастной и географической изменчивости плодовитости у рыб // Изв. РАН. Сер. Биол. № 2. С. 244.

- Шатуновский М.И., Рубан Г.И. 2009. Экологические аспекты возрастной динамики показателей воспроизводства рыб // Экология. № 5. С. 339.
- Aguirre W.E., Walker K., Gideon S. 2014. Tinkering with the axial skeleton: Vertebral number variation in ecologically divergent three spine stickleback populations // Biol. J. Lin. Soc. Lond. V. 113. Is.1. P. 204. <https://doi.org/10.1111/bij.12316>
- Ando D., Mano S., Koide N., Nakajima M. 2008. Estimation of heritability and genetic correlation of number of abdominal and caudal vertebrae in masu salmon // Fish. Sci. V. 74. Is. 2. P. 293. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2008.01531.x>
- De Clercq A., Perrott M.R., Davie P.S. et al. 2018. Temperature sensitive regions of the Chinook salmon vertebral column: Vestiges and meristic variation // J. Morphol. V. 279. Is. 9. P. 1301. <https://doi.org/10.1002/jmor.20871>
- Kiso S., Miyake T., Yamahira K. 2012. Heritability and genetic correlation of abdominal and caudal vertebral numbers in latitudinal populations of the medaka *Oryzias latipes* // Environ. Biol. Fish. V. 93. Is. 2. P. 185. <https://doi.org/10.1007/s10641-011-9904-1>
- Komova N.I. 2016. Comparative analysis of generative parameters of the roach *Rutilus rutilus* (L., 1758) in the Volga reach of the Rybinsk reservoir // Inland Water Biol. V. 9. № 3. P. 289. <https://doi.org/10.1134/S1995082918030069>
- Krylov V.V., Chebotareva Yu.V., Izyumov Yu. G. 2016. Delayed consequences of extremely low-frequency magnetic fields and the influence of adverse environmental conditions on roach *Rutilus rutilus* embryos // J. Fish Biol. V. 88. № 4. P. 1283. <https://doi.org/10.1111/jfb.12869>
- Lindsey C.C. 1988. Factors controlling meristic variation // Fish Physiol. V. XI B. San Diego: Academic Press. P. 197.
- Maxwell E.E., Wilson L.A.B. 2013. Regionalization of the axial skeleton in the ‘ambush predator’ guild – are there developmental rules underlying body shape evolution in ray-finned fishes? // BMC Evol. Biol. V. 13. № 265. P. 1. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-265>
- Ward A.B., Mehta R.S. 2014. Differential occupation of axial morphospace // Zoology. V. 117. Is. 1. P. 70. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2013.10.006>
- Witten P.E., Hall B.K. 2015. Teleost skeletal plasticity: modulation, adaptation, and remodeling // Copeia. V. 103. № 4. P. 1. <https://doi.org/10.1643/CG-14-140>
- Wong S.F.L., Agarwal V., Mansfield J.H. et al. 2015. Independent regulation of vertebral number and vertebral identity by microRNA-196 paralogs // Proceedings of the National Academy of Sciences [PNAS]. V. 112. № 35. P. 1. <https://doi.org/10.1073/pnas.1512655112>
- Yamahira K., Nishida T. 2009. Latitudinal variation in axial patterning of the medaka (Actinopterygii: Adrianichthyidae): Jordan’s rule is substantiated by genetic variation in abdominal vertebral number // Biol. J. Lin. Soc. Lond. V. 96. P. 856.
- Yamahira K., Nishida T., Arakawa A., Iwaisaki H. 2009. Heritability and genetic correlation of abdominal versus caudal vertebral number in the medaka (Actinopterygii: Adrianichthyidae): genetic constraints on evolution of axial patterning? // Biol. J. Lin. Soc. Lond. V. 96. P. 867.

Relationship between Fecundity and the Number of Vertebrae in the Roach *Rutilus rutilus* of the Rybinsk Reservoir

N. I. Komova*

*Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences,
Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia*

*e-mail: komovanadiv@yandex.ru

The data on the number of vertebrae in the vertebral column regions in different relative fecundity groups of roach are given. The average value of the number of vertebrae in the abdominal region turned out to be the smallest in low fecundity fishes. When comparing the average values of relative fecundity in females with different numbers of vertebrae in the vertebral column, a group of low fecundity fishes was identified. In it, individuals with 17 vertebrae in the abdominal region had a statistically significantly lower relative fecundity, and those with 16 in the caudal and a total of 40 vertebrae in the vertebral column had a significantly higher fecundity than individuals with a different number of vertebrae in these regions. In highly fecundity females, no differences in fecundity between fish with different numbers of vertebrae in regions were noted.

Keywords: roach (*Rutilus rutilus*), relative fecundity, vertebral column regions, number of vertebrae, Rybinsk reservoir