

Федеральное агентство по рыболовству

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»**

**Филиал по пресноводному рыбному хозяйству
ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»)**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры

Выпуск 93



Астрахань – 2022

УДК 639.3/6
ББК 47.2
С 23

С23 Сборник научных трудов. Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. – Вып. 93. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2022. – 274 с.

Рецензент: С.Б. Купинский, к.б.н., доцент кафедры «Аквакультура и экология» Дмитровского рыбохозяйственного технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Астраханский государственный технический университет»

Сборник научных трудов ВНИИПРХ посвященный 90-летию Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), включает статьи, по всем основным направлениям научного обеспечения аквакультуры: технологии выращивания, ихтиопатологии, криобиологии, кормлению рыб и селекционно-племенной работе. Несколько статей посвящены вопросам мониторинга естественных водоемов рыбохозяйственного значения.

Собранные вместе, статьи сборника формируют представление о тематике исследований, выполняемых в настоящее время в Филиалах ФГБНУ «ВНИРО». Научные статьи представлены в авторской редакции.

УДК 639.3/6
ББК 47.2
С 23

ISBN 978-5-00201-089-9

© Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), 2022 г.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ И МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СУДАКОВ *SANDER LUCIOPERCA* ИЗ ПРУДОВ, ОЗЕРА И ВЫРАЩЕННЫХ В ИНДУСТРИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

А. А. Лютиков, А.Е. Королев
Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»
(«ГосНИОРХ им. Л.С. Берга»)
E-mail: tokmo@mail.ru

На основании морфометрического и морфологического анализов трехлеток судака из различных мест содержания/обитания были получены достоверные различия, позволяющие точно классифицировать исследованных рыб как заводских, диких (обитающих в озере) и прудовых. Основными признаками, внесшими вклад в классификацию рыб по группам среди морфометрических параметров, явились длина нижней челюсти, рыла и показатель наименьшей высоты тела, среди морфологических – индексы полостного жира, печени и желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Несомненно, на изменчивость морфометрических и морфологических показателей у рыб влияет среда обитания и тип питания.

Ключевые слова: судак, морфометрия, морфология, аквакультура, пруды, дикие особи.

ВВЕДЕНИЕ

Судак *Sander lucioperca* – ценный промысловый вид и перспективный объект аквакультуры. Снижение численности судака в естественных водоемах Северо-Запада России послужило основанием для проведения исследований по разработке технологии создания и эксплуатации ремонтно-маточного стада этого вида в Ленинградской области (Государственного задания – тема № 31.3 от 2021 г.).

Использование аквакультурных стад с целью воспроизводства природных запасов требует детального подхода к изучению качественных характеристик рыб-производителей. Ранее мы отмечали достоверные отличия у двухгодовиков судака, выращенных в прудах на естественной пище и садках на искусственных кормах, в размерно-массовых, химических, гематологических и гистофизиологических параметрах [Лютиков и др., 2022]. В настоящей работе будут приведены результаты исследования морфофизиологических показателей трехлеток судака из аквакультуры (садки промышленного хозяйства и пруды) и естественного водоема.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом исследования явились трехлетки судака, выращенные в садках рыбноводного хозяйства ООО «Форват» (оз. Суходольское, Приозерский р-н, Ленинградской обл.), прудах крестьянского прудового рыбноводного хозяйства К.А. Аверченкова (Приозерский р-н, Ленинградская обл.), а также выловленные из оз. Суходольское – естественного места обитания.

В садках рыба получала искусственные экструдированные производственные корма Raisio Royal Hercules (Финляндия), в прудах – питалась естественным кормом и молодью карповых рыб (каarp *Cyprinus carpio*, плотва *Rutilus rutilus*), специально посаженной для подкормки хищника.

Отлов рыб из садков и прудов проводили 25 и 26 октября, соответственно, диких рыб – с 4 по 10 октября 2021 г. Количество рыб в каждой исследованной группе составляло 10 экз. Морфометрические и морфологические признаки определяли согласно общепринятой схеме измерений окуневых рыб [Правдин, 1966], индексы внутренних органов (печени, гонад, сердца, селезенки, ЖКТ) и полостного жира определяли как процентное отношение их массы к массе рыбы. Коэффициент упитанности рассчитывали как отношение массы к длине тела рыбы до конца чешуйного покрова, возведенной в куб.

Статистическая обработка данных была выполнена с помощью программного пакета Statistica 6.0. В таблицах приведены среднеарифметические значения (M), стандартная ошибка среднего (m), коэффициент вариабельности признака (C_v). Для определения различий между группами использовали t -критерий Стьюдента, нормальность распределения определяли по критерию Пирсона. При одновременном сравнении исследуемых параметров трех групп рыб использовали дискриминантный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Морфометрические признаки

Результаты исследований показали достоверные различия между дикими и выращенными в садках трёхлетками судака по 16 из 31 морфометрическим признакам, касающихся, главным образом, относительных размеров туловища, головы, рыла, нижней челюсти и плавников (таблица 1). Аналогичное количество различающихся признаков установлено при сравнении морфометрических показателей рыб из садков и прудов, в том числе по наименьшей высоте тела, длине хвостового стебля, длине основания спинного и грудного плавников. В меньшей степени различаются между собой дикие особи и содержащиеся в прудах рыбы, значимые различия для которых определены по 8 признакам – длине рыла, заглазничному отделу головы, наименьшей высоте тела и размерам анального плавника.

Таблица 1 – Морфометрические признаки судака из различных условий обитания

Признак	Садки		Озеро		Пруд	
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
<i>ad</i> , см	26,2±0,5 ^{a, b*}	6,17	27,6±0,4 ^b	4,18	23,65±0,4 ^c	5,18
<i>m</i> , г	242,1±16,2 ^{a, b}	21,17	278,7±10,4 ^b	11,83	162,64±18,1 ^c	35,30
<i>Пластические признаки в % к длине головы (ao)</i>						
<i>lm</i>	52,80±0,59 ^a	3,52	48,41±0,69 ^{b, c}	4,51	48,91±0,81 ^c	5,21
<i>an</i>	24,15±0,31 ^{a, c}	4,03	26,96±0,57 ^b	6,73	24,54±0,31 ^c	3,93
<i>np</i>	17,96±0,69^{a, b, c}	12,15	17,01±0,33^{b, c}	6,18	16,92±0,23^c	4,35
<i>po</i>	58,46±0,47 ^{a, c*}	2,53	58,84±0,31 ^{b, c*}	1,66	60,06±0,37 ^c	1,96
<i>io</i>	16,97±0,30^{a, b*, c}	5,53	16,01±0,28^{b, c}	5,60	15,93±0,40^c	7,99
<i>a1a2</i>	44,58±0,34^{a, b, c}	2,44	45,33±0,42^{b, c}	2,95	44,57±0,34^c	2,44
<i>k1l1</i>	51,05±0,66 ^{a, c}	4,06	56,58±0,74 ^b	4,13	52,47±0,84 ^c	5,04
<i>Пластические признаки в % к длине тела (ad)</i>						
<i>ao</i>	28,11±0,20^a	2,22	29,42±0,30^{b, c}	3,25	30,01±0,37^c	3,88
<i>lm</i>	14,83±0,11 ^{a, b*, c}	2,44	14,23±0,19 ^{b, c}	4,26	14,69±0,35 ^c	7,53
<i>an</i>	6,79±0,12^a	5,62	7,93±0,16^{b, c*}	6,56	7,36±0,10^c	4,43
<i>np</i>	5,04±0,19 ^{a, b, c}	11,97	5,00±0,11 ^{b, c}	7,19	5,08±0,10 ^c	6,39
<i>po</i>	16,43±0,17^a	3,28	17,31±0,18^{b, c*}	3,33	18,03±0,25^{c*}	4,42
<i>io</i>	4,76±0,06 ^{a, b, c}	4,29	4,71±0,10 ^{b, c}	6,44	4,78±0,15 ^c	9,82
<i>a1a2</i>	10,92±0,21^a	6,13	13,33±0,15^{b, c}	3,50	13,38±0,21^c	4,96
<i>k1l1</i>	14,34±0,14^a	3,17	16,65±0,30^{b, c}	5,63	15,76±0,38^c	7,54
<i>gh</i>	21,58±0,38^{a, c*}	5,51	18,99±0,32^{b, c}	5,33	19,52±0,65^c	10,49
<i>ik</i>	7,88±0,10^{a, b}	4,13	7,89±0,09^b	3,75	8,55±0,17^c	6,20
<i>Cr</i>	13,81±1,31^{a, b*}	7,02	12,79±0,21^{b, c}	5,26	12,23±0,29^c	7,63
<i>aq</i>	32,38±0,33 ^{a, b, c}	3,18	32,81±0,29 ^{b, c}	2,76	32,43±0,56 ^c	5,45
<i>rd</i>	43,91±0,42 ^{a, b, c}	3,05	42,73±0,54 ^{b, c}	4,00	43,48±0,74 ^c	5,42
<i>fd</i>	18,86±0,22^{a, b}	3,61	17,89±0,41^{b, c}	7,24	17,19±0,36^c	6,59
<i>qs</i>	26,12±0,61 ^{a, b, c}	7,35	25,29±0,44 ^{b, c}	5,52	26,23±0,74 ^c	8,87
<i>q1s1</i>	24,38±0,26^{a, b}	3,34	23,91±0,49^{b, c}	6,54	23,17±0,31^c	4,29
<i>tu</i>	11,81±0,29^{a, c*}	7,88	13,07±0,15^{b, c}	3,60	12,92±0,29^c	7,10
<i>yu1</i>	12,45±0,60 ^{a, b, c}	15,34	13,45±0,24 ^{b, c*}	5,55	12,45±0,29 ^c	7,47
<i>ej</i>	12,82±0,19 ^{a, b*, c*}	4,77	15,08±0,28 ^b	5,97	13,50±0,22 ^c	5,19
<i>vx</i>	15,82±0,14^{a, c}	2,81	16,60±0,21^{b, c}	3,99	16,36±0,25^c	4,87
<i>zz1</i>	16,56±0,27 ^{a, b, c*}	5,18	17,14±0,27 ^{b, c}	4,90	17,61±0,33 ^c	5,96
<i>zu</i>	36,08±0,21 ^{a, b, c}	1,86	31,91±0,45	4,48	34,25±0,77	7,09

Здесь и далее – Cv – коэффициент вариации признака; значения с различными буквенными индексами имеют достоверные различия при уровне значимости $p \leq 0,05$, * – при $p \leq 0,01$; полужирным выделены признаки, имеющие достоверные отличия у сравниваемых групп рыб.

ad—длина до конца чешуйного покрова; *lm* – высота головы у затылка; *an* – длина рыла; *np* – диаметр глаза (горизонтальный); *po* – заглазничный отдел головы; *io* – ширина лба; *a1a2* – длина верхнечелюстной кости; *a1a2* – длина верхнечелюстной кости; *k1l1* – длина нижней челюсти; *ao* – длина головы; *gh* – наибольшая высота тела; *ik* – наименьшая высота тела; *Cr* – наибольшая толщина тела; *aq* – антедорсальное расстояние; *rd* – постдорсальное расстояние; *fd* – длина хвостового стебля; *qs* – длина основания ID; *q1s1* – длина основания ID; *tu* – наибольшая высота ID; *t1u1* – наибольшая высота ID; *yu1* – длина основания A; *ej* – наибольшая высота A; *vx* – длина P; *zz1* – длина V; *zu* – расстояние между V и A

Морфологические признаки

Выращенные в индустриальных условиях на искусственных кормах рыбы характеризуются достоверно большими значениями индекса печени, гонад и полостного жира. Индекс ЖКТ у искусственно выращенных рыб занимает промежуточное значение между таковыми индексами у судаков из пруда и озера (таблица 2). Кроме того, садковых рыб от диких отличают относительно низкий индекс сердца и коэффициент упитанности, а от прудовых – существенно меньший индекс селезенки. Между собой озерные и прудовые рыбы достоверно различаются индексами печени и ЖКТ, которые больше у диких особей, а также индексом селезенки, имеющей большее значение у судаков из прудов.

Таблица 2 – Коэффициент упитанности и индексы внутренних органов судака из различных условий обитания, %

Признак	Садки		Озеро		Пруд	
	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$	$M \pm m$	$Cv, \%$
Коэффициент упитанности	$1,25 \pm 0,01^{a, b^*, c}$	3,79	$1,33 \pm 0,03^{b, c}$	6,50	$1,37 \pm 0,10^c$	21,95
Полостной жир	$8,61 \pm 0,29^a$	10,75	$1,87 \pm 0,25^{b, c}$	42,07	$2,30 \pm 0,20^c$	27,27
Печень	$3,68 \pm 0,21^a$	17,80	$1,42 \pm 0,10^b$	21,39	$1,03 \pm 0,05^c$	15,07
Сердце	$0,15 \pm 0,01^{a, b^*, c}$	19,24	$0,20 \pm 0,02^{b, c}$	27,56	$0,18 \pm 0,01^c$	24,64
Селезенка	$0,09 \pm 0,01^{a, b}$	26,58	$0,11 \pm 0,01^b$	21,14	$0,16 \pm 0,01^c$	25,89
Гонады	$0,73 \pm 0,21^{a, b^*, c^*}$	88,82	$0,15 \pm 0,04^{b, c}$	78,87	$0,08 \pm 0,02^c$	72,58
ЖКТ	$2,82 \pm 0,14^a$	15,29	$4,29 \pm 0,40^b$	29,44	$2,17 \pm 0,08^c$	10,95

Дискриминантный анализ.

Применение дискриминантного анализа для морфометрических и морфологических параметров позволило классифицировать заводских, диких и прудовых особей судака с точностью 100%. Все три сравниваемые группы статистически достоверно различаются в пространстве дискриминантных функций – наибольший уровень значимости (p-level) составляет 0,0002 и характеризует различия между дикими и прудовыми рыбами.

Максимальные различия при идентификации принадлежности судака к определенной группе рыб по морфометрическим признакам вносят размеры нижней челюсти, длина рыла и показатель наименьшей высоты тела. Значения квадратов расстояний Махаланобиса, позволяющих судить о степени различий сравниваемых групп, имеют наибольшие значения между заводскими и дикими рыбами – 80 у.е. и заводскими и прудовыми – 51 у.е., а наименьшее – между дикими и прудовыми рыбами – 29 у.е.

Среди морфологических признаков наибольший вклад в различия между группами рыб вносят индексы полостного жира, печени и ЖКТ, что определяет увеличение значений квадратов расстояний Махаланобиса между заводскими и дикими рыбами до 191 у.е., заводскими и прудовыми – до 157 у.е. Между тем,

как и в случае с морфометрическими признаками, значение квадратов расстояний Махаланобиса при сравнении диких и прудовых рыб – наименьшее, и составляет всего 14 у.е.

Визуализация положения рассматриваемых групп судака в пространстве, оси которого образованы дискриминантными функциями, показана на рисунке. Для исследованных нами рыб характерно присутствие обособленных группировок по среде обитания, как по морфометрическим, так и по морфологическим признакам.

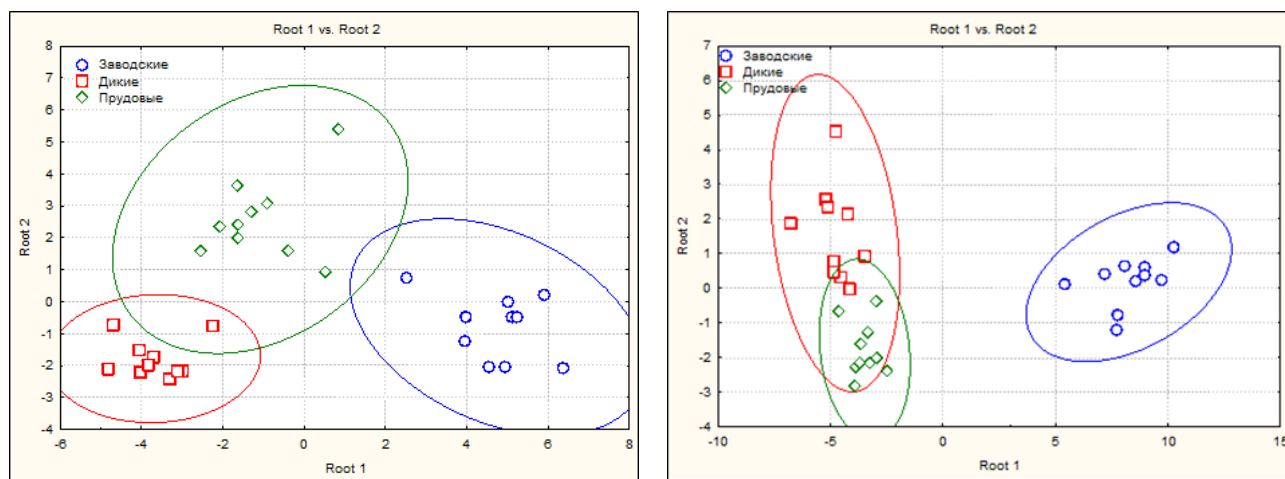


Рисунок – Диаграмма рассеивания канонических значений в пространстве признаков дискриминантной модели для классификации выделенных групп судака по морфометрическим (слева) и морфологическим (справа) показателям

Несомненно, среда обитания и тип питания влияют на изменчивость экстерьерных и интерьерных показателей у рыб. Следовательно, морфометрические и морфологические вариации, наблюдаемые у культивируемых в искусственных условиях рыб, являются ценным инструментом для описания изменений в особенностях формы. Так, у судаков в садках наблюдается изменение относительных размеров плавников, по сравнению с дикими и прудовыми особями, а также уменьшение относительной длины нижней челюсти, рыла и головы. Подобные изменения тела у заводских рыб, вероятно, связаны с меньшей двигательной активностью и отсутствием хищничества, а также с потреблением гранул искусственного корма, которые существенно меньше добычи судаков в природе. В целом, дифференциальный относительный рост частей тела, обусловленный факторами окружающей среды, является общей чертой развития рыб [Osse, 1990; Loy et al., 2001].

С низкой активностью рыб и использованием высококалорийных диет связаны также отличия морфологических показателей исследуемых групп судаков, среди которых сильно обособляются судаки, выращенные в садках (рисунок). Подобное обособление происходит за счет избыточного содержания полостного жира и высокого индекса печени, которые в среднем в 4,2 и 3,1 раза больше, соответственно, чем у диких и прудовых рыб. Накопление жира в полости тела и печени, приводящего к увеличению органа, как правило,

свойственно и другим объектам индустриальной аквакультуры [Schulz, Bódis, 2008; Kikuchi et al., 2009; Roh et al., 2020].

Другой особенностью судаков из заводских условий по сравнению с дикими особями, выступал относительно низкий индекс ЖКТ, что, предположительно, может быть также связано с особенностями диет и характера питания рыб. По мнению некоторых авторов, пища меньших размеров переваривается быстрее, чем крупных [Barrington, 1957]. Это объясняется большей площадью поверхности у более мелких кормовых организмов, доступной для пищеварительных ферментов. Таким образом, небольшой по размерам и легкодоступный для переваривания и усвоения искусственный корм в виде гранул сокращает энергозатраты аквакультурных рыб на процессы пищеварения и не способствует развитию массивного ЖКТ, в отличие от диких судаков, чьей пищей являются более сложные для переваривания кормовые объекты – рыбы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании морфометрического и морфологического анализов трехлеток судака из различных мест содержания или обитания, даже несмотря на малую выборку рыб в каждой группе, были получены достоверные различия, позволяющие точно определить к какой группе рыб они относятся – заводским, диким (обитающим в озере) или прудовым.

Основными признаками, внесшими вклад в классификацию рыб по группам среди морфометрических параметров, явились длина нижней челюсти, рыла и показатель наименьшей высоты тела, среди морфологических – индексы полостного жира, печени и ЖКТ.

Работа выполнена в рамках Государственного задания Росрыболовства – Тема № 15.2 «Разработка технологической документации для модельных хозяйств по получению молоди и товарному выращиванию рыб – перспективных объектов аквакультуры».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Лютиков А.А., Королев А.Е., Шумилина А.К., Вылка М.М., Селюков А.Г., Курдина Е.И., Баскакова Ю.А., Артемов Р.В. Физиологическое состояние годовиков и двухгодовиков судака *Sander lucioperca* после зимовки в садках и прудах // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2022, Вып. 98 (101). – С. 7-25.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.

Barrington E. J. W. The alimentary canal and digestion. M.E. Brown (Ed.), «The Physiology of Fishes», Vol. 1. Academic Press, New York, 1957. P. 109–161.

Kikuchi K., Furuta T., Iwata N., Onuki K., Noguchi T. Effect of dietary lipid levels on the growth, feed utilization, body composition and blood characteristics of tiger puffer *Takifugu rubripes* // Aquaculture, 2009. – Vol. 298. – P. 111-117.

Loy A., Bertelletti M., Costa C., Ferlin L., Cataudella S. Shape changes and growth trajectories in the early stages of three species of the genus *Diplodus* (Perciformes, Sparidae) // *Journal of Morphology*, 2001. – Vol. 250. – P. 24-33.

Osse J. W. M. Form changes in fish larvae in relation to changing demands of function // *Netherlands Journal of Zoology*, 1990. – Vol. 40. – P. 362-385.

Roh H., Park J., Kim A., Kim N., Lee Y., Kim B.S., Kim D.H. Overfeeding-induced obesity could cause potential immuno-physiological disorders in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Animals*. – 2020. – Vol. 10. – P. 1499-1506.

Schulz C., Bódis M. Rearing and feeding management of pikeperch (*Sander lucioperca*) in intensive systems // *World Aquaculture*, 2008. – Vol. 17-21.

COMPARATIVE MORPHOMETRIC AND MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF PIKEPERCH *SANDER LUCIOPERCA* FROM POND, LAKE AND GROWN IN INDUSTRIAL CONDITIONS

A. A. Lyutikov, A. E. Korolev

Saint-Petersburg branch of the «Russian Federal Research Institute of Fisheries and oceanography» («GosNIORKh named after L.S. Berg»)

E-mail: tokmo@mail.ru

Abstract. On the basis of morphometric and morphological analyzes of three-year-old pikeperch from different places of keeping/habitat, significant differences were obtained, allowing us to accurately classify the studied fish as cage, wild (living in the lake), and pond fish. Among the morphometric parameters, the main features that contributed to the classification of fish into groups were the length of the lower jaw, snout, and the indicator of the smallest body height; among the morphological parameters, the indices of abdominal fat, liver, and gastrointestinal tract (GIT). Undoubtedly, the variability of morphometric and morphological parameters in fish is influenced by the habitat and type of food.

Keywords: pike-perch, morphometry, morphology, aquaculture, ponds, wild individuals.