

УДК 639.371.7

ОЦЕНКА ЭКСТЕРЬЕРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОДИТЕЛЬСКИХ И ГИБРИДНЫХ ФОРМ АФРИКАНСКОГО КЛАРИЕВОГО СОМА *Clarias gariepinus*

© 2025 г. А. А. Климук^{1,*}, С. В. Бекетов², А. Л. Никифоров-Никишин¹, Н. И. Кочетков¹

¹Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет), Москва, Россия

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова, Российская академия наук, Москва, Россия
*e-mail: ord@mgut.ru

Поступила в редакцию 19.07.2024 г.

После доработки 28.10.2024 г.

Принята к публикации 28.10.2024 г.

Представлено сравнительное изучение морфометрических экстерьерных показателей африканских клариевых сомов *Clarias gariepinus* родительских форм (михайловская и таманская породы) с их гибридным потомством двух первых генераций и одной второй генерации. Непараметрический анализ (U-критерий Манна–Уитни) позволил выявить значительные различия между средними значениями рассматриваемых пяти выборок для 12 из 17 морфометрических промеров. Было установлено, что гибридные особи I и II генераций имеют отличный от родительского экстерьерный фенотип и характеризуются удлинённым телом, удлинённой хвостовой частью и большим размером головы. В ходе последующего анализа главных компонент выявлены два крупных кластера, первый из которых сформирован особями родительских групп (михайловская, таманская), а второй — гибридными генерациями. При этом гибридные особи образовали достаточно неоднородную группу, в которой гибриды F₁ первой и второй генераций оказались схожими и достаточно консолидированными, в то время как особи I генерации, отобранные по признаку «скорость роста», демонстрировали существенную вариабельность. Полученные результаты показывают, что изменчивость экстерьерных показателей культивируемых линий *C. gariepinus* пород михайловская и таманская не претерпела значительных изменений за время их изолированного выращивания в условиях замкнутого цикла водоснабжения, а полученные от их скрещивания помеси с учетом большей средней живой массы характеризуются улучшенными морфометрическими показателями и могут быть использованы для повышения выхода товарной продукции или в дальнейших селекционных программах по выведению новых пород.

Ключевые слова: африканский клариевый сом, родительские формы, гибриды, морфометрия, экстерьерные признаки, изменчивость

DOI: 10.31857/S0042132425010069, EDN: DMERSF

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на то, что аквакультура в России преимущественно ориентирована на разведение хозяйственно-ценных видов рыб (лососевые и осетровые), отличающихся высокими потребительскими качествами и питательной ценностью, в последние десятилетия активно внедряется культивирование новых объектов рыбоводства, в частности, африканского

клариевого сома *Clarias gariepinus*. Это вид обладает рядом привлекательных качеств, к которым относятся: быстрый рост, высокий индекс массонакопления, нетребовательность к гидрохимическим условиям водной среды и составу кормов (Roques et al., 2015; Nasr et al., 2021). При этом оптимальная температура для нормального роста и жизнедеятельности африканского сома составляет от 26 до 28°C (Hogendoorn, 1983), что позволяет выращивать его повсеместно

не только в установках с замкнутым циклом водоснабжения (УЗВ), но также в садковых и прудовых хозяйствах в регионах с теплым климатом. Однако в открытых рыбохозяйственных водоемах существуют риски резких колебаний температуры водной среды (16–30°C), которые могут повлечь за собой необратимые последствия в организме рыб, привести к замедлению их роста, потере биомассы и бактериальным инвазиям (Britz, Hecht, 1987).

Одним из решений этой проблемы может стать получение гибридного потомства. Известно, что за счет эффекта гетерозиса гибридизация у рыб способствует приобретению потомством новых полезных свойств, таких как жизнестойкость (сопротивление к бактериальным и вирусным поражениям), толерантность к перепадам температуры, сохранение кормовой активности в неблагоприятных термальных режимах выращивания, высокая скорость роста. При этом самостоятельный интерес представляют изменения в экстерьерных показателях сомов, многие из которых определяют такие технологические параметры, как выход тушки, порки и филе.

Соответственно, целью нашей работы стало сравнительное изучение основных промеров тела родительских и гибридных клариевых сомов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования послужили африканские клариевые сомы пород михайловская (патент № 9064) и таманская (патент № 10639), предоставленные соответственно ООО «ИН-АГРОБИО» (г. Москва) и «РЭНТОП-АГРО-5» (г. Темрюк), а также полученный на их основе межпородный гибрид (михайловская ♀ × ♂ таманская) (Климук и др., 2024а), выведенный на базе УНУ НТИ РФ (рег. № 3662433) «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии» факультета биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» (г. Москва).

Всего для анализа было взято 102 особи клариевого сома, средний возраст которых составил около 12 мес. Исследования проводили на пяти группах сомов: родительские особи породы михайловская ($n = 15$), родительские особи породы таманская ($n = 15$) и полученные на их основе гибриды первого поколения (F_1), в т.ч. особи I генерации ($n = 30$), особи, отобранные из I генерации, характеризующиеся повышенной скоростью роста ($n = 12$) (Климук и др., 2024б) и особи II генерации ($n = 30$).

Содержание рыб осуществляли в соответствии с установленными протоколами в рыбноводных емкостях объемом 3000 л с использованием систем биологической и механической фильтраций, УФ-дезинфекцией и подменой 10% воды в сутки (Курганский, 2021). В резервуарах УЗВ ежедневно проводили контроль гидрохимических параметров (t° , O_2 , pH, NO_2 , NO_3 , NH_4 , PO_4). Кормление рыб осуществляли два раза в день специализированным экструдированным кормом для сомовых рыб (Correns STAPLE 6 мм) согласно их возрасту и живой массе.

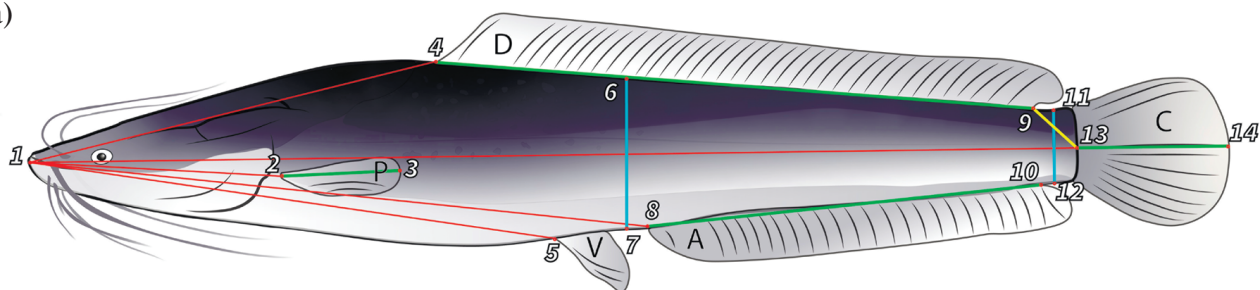
Морфометрические экстерьерные показатели (рис. 1) измеряли в соответствии с принятыми ихтиологическими методиками (Правдин, 1966).

Результаты промеров были представлены как среднее значение вариации со стандартным отклонением $M \pm SD$. С учетом того, что возраст анализируемых особей отличался, с целью нормализации данных признаки, характерные для туловищного отдела (PPD, PDD, PVD, PAD, DFL, PFL, AFL, BDA, CPD, DDCF), приводили в процентах к стандартной длине тела (SL, см), а для головного отдела (SNL, ID, ED, HW, DSO, OFL, OFW) – к длине головы (HL, см). Статистическую значимость определяли в программе GraphPad Prism версии 9.0 (GraphPad, Сан-Диего, Калифорния, США) с использованием непараметрического теста U-критерия Манна–Уитни, применение которого не зависит от характера распределения первичных данных. Анализ главных компонент (PCA) был выполнен на массиве морфометрических данных с использованием пакета программного обеспечения R (v3.5.2)/RStudio (RStudio Team, 2020) и пакета factoextra v 1.0.7 (Kassambara, Mundt, 2020).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты сравнительного изучения морфометрических характеристик, выраженные в процентах к длине тела и головы, представлены в табл. 1. Наряду с тем, что морфометрические характеристики экстерьера сомов родительских пород михайловской и таманской, а также помесных гибридных форм I и II генераций имели сходные значения, по отдельным показателям между ними были выявлены значимые различия. Так, антедорсальное расстояние (PDD) ($34.7 \pm 2.0\%$), длина основания спинного плавника (DFL) ($22.3 \pm 1.6\%$) у гибридов II генерации в 1.14 и 1.33 раза были больше, чем у рыб михайловской и в 1.23 и 1.3 раза больше, чем у таманской пород ($p < 0.05$), а антеанальное расстояние (PAD) в 1.16 раз превышало соответствующее значение у михайловской породы ($p < 0.05$). Гибриды I генерации, отобранные

(a)



(б)

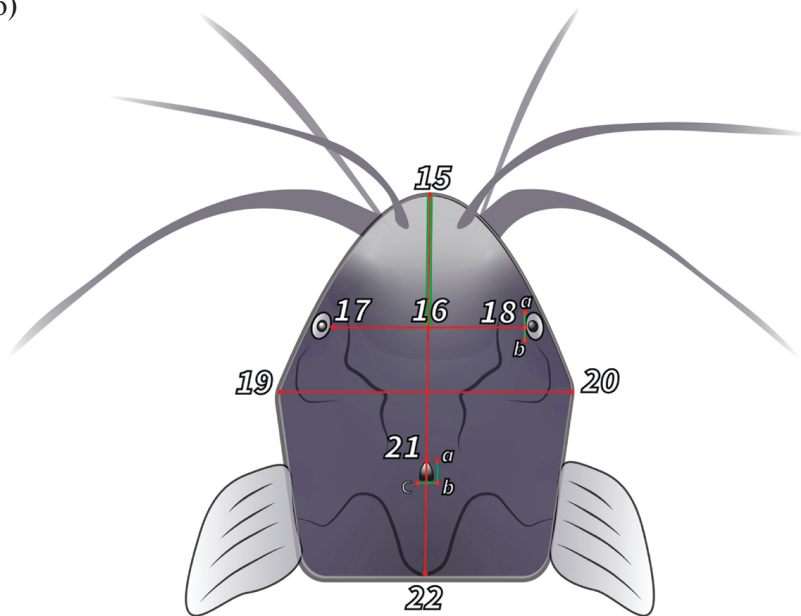


Рис. 1. Схематичное изображение морфометрических параметров *Clarias gariepinus* сбоку (а) и сверху (б): D – дорсальный, A – анальный, P – пектральный, V – вентральный и C – каудальный плавники; 1-14-TL, общая длина тела; 1-13-SL, стандартная (промысловая) длина; 1-2-PPD, антепектральное расстояние; 15-22-HL, длина головы; 1-4-PDD, антедорсальное расстояние; 1-5-PVD, антевентральное расстояние; 1-8-PAD, антеанальное расстояние; 4-9-DFL, длина основания спинного плавника; 2-3-PFL, длина грудного плавника; 8-10-AFL, длина основания анального плавника; 6-7-BDA, высота тела; 11-12-CPD, высота основания хвоста; 9-13-DDCF, расстояние между спинным и хвостовым плавниками; 15-16-SNL, длина рыла; 17-18-ID, межглазничное расстояние; 18(a-b)-ED, диаметр глаза; 19-20-HW, ширина головы; 15-21-DSO, расстояние до затылочной впадины; 21(a-b)-OFL, длина затылочной впадины; 21(b-c)-OFW, ширина затылочной впадины.

по скорости роста, также имели значимое отличие от михайловской породы по антевентральному расстоянию (PVD) ($p < 0.05$). В свою очередь, антепектральное расстояние (PPD) и высота тела (BDA) статистически различались между гибридными и родительскими формами, с наибольшим значением этих показателей у сомов михайловской породы, в которой PPD в 1.16 раз было больше, чем у гибридов II генерации, а BDA в 1.2 раза отличалась от гибридов I генерации, отобранных по признаку «скорость роста» ($p < 0.05$) (табл. 1).

Значимые различия были также обнаружены при сравнении родительских и гибридных групп по экстерьерным показателям головного отдела, а именно: длина (HL) и ширина головы (HW) у гибридных особей I и II генераций превышали соответствующие показатели михайловской породы. При этом длина рыла (SNL) у михайловской породы в 1.2 и 1.27 раз была больше, чем у гибридов I генерации и особей таманской породы. В свою очередь, длина межглазничного расстояния (ID) значимо отличалась у сомов таманской породы и гибридов II генерации от гибридов I генерации, подвергнутых отбору по скорости роста, а диаметр глаза (ED) у михайловской и таманской пород значимо отличался от гибридов I генерации. В то время как у гибридов I генерации расстояние до затылочной впадины (DSO) в 1.26 раза превышало соответствующую величину у михайловской породы (табл. 1).

В свою очередь, по результатам анализа главных компонент на графике проекций исходных и гибридных форм клариевого сома выявляются два крупных кластера, первый из которых сформирован особями родительских групп (михайловская, таманская) и смещен влево относительно компоненты (PC1), а второй кластер образован гибридными генерациями и занимает центральную и правую часть графика (рис. 2). При этом гибридные особи образовали достаточно неоднородную группу, в которой гибриды F_1 первой и второй генераций оказались схожими и достаточно консолидированными, в то время как особи I генерации, отобранные по признаку «скорость роста», демонстрируют существенный разброс и пересекаются с таманской родительской формой. Подобная вариабельность у гибридов I генерации, отобранных по признаку «скорость роста», объясняется тем, что этот динамический показатель является количественным признаком, который характеризуется низким коэффициентом наследования и, вероятнее всего, никак не связан с морфометрическими экстерьерными показателями.

На графике корреляций переменных (рис. 3) видно, что из всей совокупности рассматриваемых признаков существенный вклад в распределение данных по методу главных компонент вносят такие показатели, как DFL (длина основания спинного плавника), PVD (антевентральное расстояние), HW (ширина головы), HL (длина головы), PDD (антедорсальное расстояние), OWF (ширина затылочной впадины),

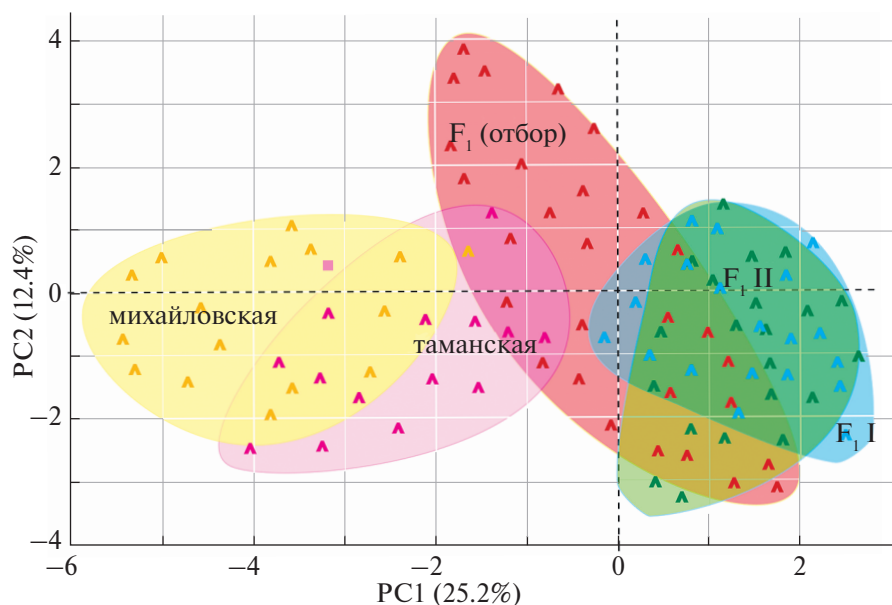


Рис. 2. График проекций наблюдений анализа главных компонент морфометрических параметров родительских и гибридных групп *Clarias gariepinus*.

Таблица 1. Морфометрические экстерьерные показатели клариевых сомов родительских пород михайловской, таманской и полученных от них помесных гибридных форм I и II генераций

Показатель	Группа														
	михайловская порода (n = 15)			таманская порода (n = 15)			I генерация (без отбора) (n = 30)			I генерация (отбор) (n = 12)			II генерация (n = 30)		
	min	max	M ± SD (a)	min	max	M ± SD (b)	min	max	M ± SD (c)	min	max	M ± SD (d)	min	max	M ± SD (e)
PDD (%SL)	27.5	35.4	30.3 ± 2.9 ^{bcd}	15.5	32.8	28.3 ± 7.3 ^{acd}	31.6	36.3	33.9 ± 1.5 ^{ab}	28.9	35.7	32.5 ± 1.9 ^{ab}	31.8	38.7	34.7 ± 2.0 ^a
PAD (%SL)	39.1	55.6	46.5 ± 5.4 ^{bcd}	45.6	53.0	49.8 ± 2.7 ^{acd}	48.8	59.3	53.9 ± 2.8 ^{ab}	32.6	62.5	52.4 ± 7.0 ^{ab}	39.1	58.1	54.1 ± 2.5 ^a
PVD (%SL)	38.1	46.8	40.4 ± 3.2 ^{bcd}	41.3	45.3	43.9 ± 1.6 ^a	41.4	50.6	46.5 ± 2.8 ^a	43.8	54.3	47.0 ± 3.0 ^a	38.1	50.9	46.6 ± 3.0 ^a
PPD (%SL)	23.2	28.7	25.6 ± 2.4 ^{bcd}	19.8	22.2	21.3 ± 1.0 ^{acde}	20.5	26.8	23.0 ± 1.9 ^{ab}	20.7	46.2	24.0 ± 7.1 ^{ab}	19.8	27.1	22.0 ± 2.1 ^b
DFL (%SL)	15.2	18.7	16.7 ± 1.4 ^{bcd}	9.8	20.2	17.2 ± 4.3 ^{ade}	19.9	24.1	21.9 ± 1.4 ^a	14.2	21.8	19.9 ± 2.1 ^{ab}	15.6	25.5	22.3 ± 1.6 ^a
AFL (%SL)	31.2	55.6	39.4 ± 8.6 ^{bcd}	41.3	43.3	42.1 ± 1.0 ^{ade}	41.1	45.6	43.9 ± 1.4 ^a	40.0	45.5	42.5 ± 1.9 ^{ab}	35.3	48.1	43.5 ± 2.2 ^{ab}
PPFL (%SL)	9.8	13.5	11.5 ± 1.3	11.6	13.9	12.3 ± 1.0	8.6	13.9	12.1 ± 1.4	9.8	13.2	11.3 ± 1.1	10.9	12.3	11.0 ± 1.1
DDDCF (%SL)	1.9	8.5	4.9 ± 2.3	4.8	9.5	7.1 ± 2.2	2.8	6.7	4.4 ± 1.1	3.2	5.5	4.3 ± 0.7	4.8	8.1	4.1 ± 1.8
CPD (%SL)	8.5	10.2	9.5 ± 0.6	7.9	9.1	8.6 ± 0.5	8.7	11.0	9.4 ± 0.7	7.4	10.9	8.7 ± 1.1	7.9	11.2	9.4 ± 1.0
BDA (%SL)	16.3	20.1	18.3 ± 1.5 ^{bc}	16.0	18.9	17.0 ± 1.2 ^{acd}	14.0	20.0	16.4 ± 2.0 ^{abe}	13.6	18.2	15.3 ± 1.5 ^b	16.0	22.2	18.3 ± 1.7 ^c
HW (%SL)	13.1	15.2	13.9 ± 0.9 ^{bcd}	16.5	20.4	18.2 ± 1.5 ^{ad}	16.9	20.9	18.8 ± 1.1 ^a	16.0	20.0	17.4 ± 1.2 ^{ab}	13.6	22.2	18.9 ± 1.2 ^a
SNL (%HL)	28.1	35.7	31.0 ± 2.9 ^{bde}	21.7	28.9	24.3 ± 2.8 ^{acde}	22.8	29.9	25.8 ± 2.2 ^b	22.7	31.0	26.4 ± 2.3 ^{ab}	21.7	34.7	27.3 ± 2.7 ^{ab}
ID (%HL)	38.5	46.6	42.5 ± 3.4 ^{bce}	42.7	53.5	48.3 ± 3.9 ^{acd}	41.3	50.0	44.3 ± 2.2 ^{abe}	37.5	51.9	42.0 ± 4.0 ^b	39.7	54.2	47.4 ± 3.3 ^c
ED (%HL)	5.5	7.1	6.1 ± 0.6 ^{be}	5.7	8.1	6.5 ± 0.9 ^{acde}	2.9	4.5	3.5 ± 0.5 ^b	2.8	11.3	4.4 ± 2.3 ^b	5.7	6.5	4.4 ± 1.1 ^{ab}
OFL (%HL)	5.9	14.7	11.8 ± 3.0	11.8	12.5	12.3 ± 0.3	12.5	16.2	13.4 ± 1.4	9.5	14.7	13.6 ± 3.2	11.8	21.0	14.0 ± 2.5
OFW (%HL)	4.5	5.0	4.9 ± 0.2	3.8	5.1	4.7 ± 0.5	5.0	8.6	6.5 ± 1.4	3.6	10.7	6.4 ± 2.1	3.8	10.5	6.8 ± 1.8
DSO (%HL)	50.8	71.4	59.5 ± 7.3 ^{bcd}	44.1	76.1	51.4 ± 13.8 ^{ae}	64.2	83.1	75.1 ± 5.7 ^a	67.4	78.7	74.9 ± 3.8 ^a	44.1	79.2	67.5 ± 7.2 ^{ab}

Примечание: надстрочные литеры a, b, c, d, e указывают на значимые межгрупповые различия на уровне $p < 0.05$.

OFL (длина затылочной впадины) и CPD (высота основания хвоста). Напротив, влияние таких признаков, как ED (диаметр глаза) и SNL (длина рыла), на распределение данных минимально.

ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что морфометрические экстерьерные признаки демонстрируют изменчивость в ответ на изменение условий окружающей среды, выражающиеся в обеспеченности кормовыми ресурсами, изменении температуры, гидрохимического состава воды и т.д. (Fagbuaro et al., 2015). Так, в Турции в пределах естественного ареала распространения клариевого сома (*C. gariepinus*) были обнаружены фенотипические различия в пяти его выборках, взятых из разных речных водоемов (Turan et al., 2005).

В то же время, несмотря на широкие параметры варибельности, морфологические показатели экстерьера являются эффективными фенотипическими маркерами видовой принадлежности и наряду с биохимическими, физиологическими и молекулярно-генетическими признаками достаточно эффективны при описании новых видов. В качестве примера можно привести открытие нового вида клариевого сома

Clarias intermedius, сравнительно недавно обнаруженного на о. Калимантан (Индонезия) (Teugels et al., 2001). Однако чаще всего оценка экстерьерных показателей применяется в рыбоводческих хозяйствах для идентификации чистопородных форм, что особенно актуально для развивающихся стран, где на аквафермах внутривидовые, межвидовые и даже межродовые гибриды культивируются зачастую в одном водоеме (Fagbuaro et al., 2015). Также с помощью морфометрических параметров экстерьера успешно выявляют межвидовые (Dunham, Liu, 2003; Green, Rawles, 2010; Jawad et al., 2021) и межродовые (Burchell, 1822; Legendre et al., 1992) гибридные формы сомов. Например, характерной особенностью гетеробранха длинноусого *H. longifilis*, одного из представителей семейства клариевых сомов, является наличие у него большого жирового плавника, начинающегося сразу за лучистым спинным плавником и достигающего основания хвостового плавника. При этом гибридные особи имеют промежуточную внешнюю форму жирового плавника и по размерам примерно в два раза меньше, чем у *H. longifilis*. Морфометрический анализ применяется также для определения триплоидных особей *C. gariepinus* (Normala et al., 2017), т.к. изменения в структуре хромосом

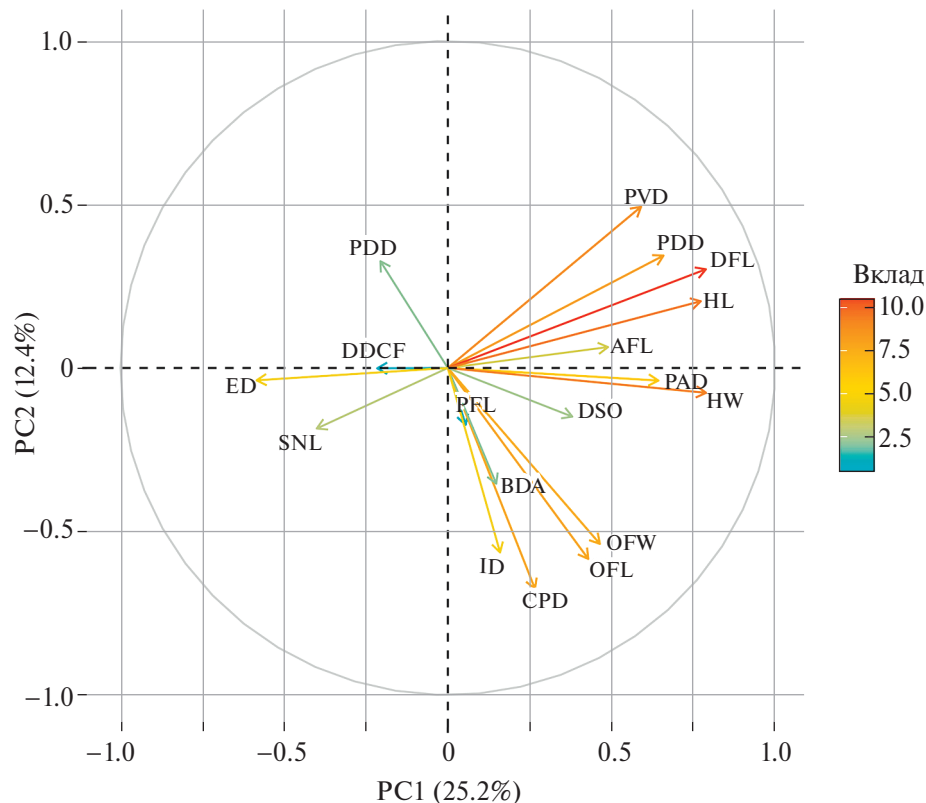


Рис. 3. График корреляций переменных анализа главных компонент экстерьерных показателей *Clarias gariepinus*.

вливают на экстерьерные характеристики особей (Dunham, Masser, 2012). Так, по морфометрическим параметрам оценивали гибридных особей, полученных при скрещивании канального и синего сома *Ictalurus punctatus* × *Ictalurus furcatus* (Jawad et al., 2021) (Dunham, Liu, 2003; Green, Rawles, 2010), а также межродовые гибриды *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) и *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (Legendre et al., 1992). Следовательно, по результатам нашей работы полученные экстерьерные характеристики межпомесных гибридов можно рассматривать в качестве нового морфотипа, частично схожего с родительскими формами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная нами селекционная работа с особями разных породных групп указывает на эффективность использования морфометрии экстерьерных признаков на рыбоводных фермах для выявления гибридных форм и повышения продуктивности хозяйств.

Полученные в результате скрещивания двух породных групп гибриды *C. gariepinus* (михайловская ♀ × ♂ таманская) по сравнению с родительскими особями характеризуются удлинённым телом (PDD, PAD, PVD), удлинённой хвостовой частью (DFL) и большим размером головы (HL, HW, DSO). При этом средняя живая масса гибридных рыб за 10 мес. выращивания составила 1820 г, в то время как родительские особи к 15 мес. достигли 1724 г (михайловские) и 1460 г (таманские) (Климук и др., 2024б).

Выявлено превосходство некоторых показателей экстерьера михайловской породы от гибридов для головного (SNL — длина рыла), грудного (PPD — антепектральное расстояние) и брюшного (BDA — высота тела) отделов. При этом обе родительские формы характеризуются большим диаметром глаза (ED).

Селекционный отбор гибридных особей только по одному количественному признаку «скорость роста» является бесперспективным.

Таким образом, в рамках индустриальной аквакультуры межпородные скрещивания и селекционный отбор позволяют получать новые гибридные формы рыб с улучшенными характеристиками и свойствами, что сопоставимо с проведением промышленных скрещиваний в птицеводстве и кролиководстве.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследования проводились в экспериментальной лаборатории фитоэкологических

аквабиотехнологий факультета биотехнологий и рыбного хозяйства ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» с использованием информационных ресурсов уникальной научной установки (УНУ) НТИ РФ Рег. № 3662433 «Научно-исследовательский комплекс передовых технологий аквакультуры и гидроэкологии».

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского». Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликтов интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Климук А.А., Пономарев А.К., Калита Т.Л., Никифоров-Никишин А.Л. Опыт выращивания гибридов первого поколения африканского клариевого сома (*Clarias gariepinus*) при пониженных температурных режимах // Вестн. КГМУ. 2024а. № 1. С. 20–28.
- Климук А.А., Сергасиева О.Д., Пономарев А.К. и др. Сравнение технологических характеристик гибридного потомства *Clarias gariepinus* с родительскими особями // Вестн. ВГУИТ. 2024б. № 2. С. 199–206.
- Курганский В. Африканский сом. Воспроизводство и выращивание клариевого (африканского) сома в установках замкнутого водообеспечения (УЗВ). М.: Litres, 2021. 42 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 372 с.
- Britz P.J., Hecht T. Temperature preferences and optimum temperature for growth of African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*) larvae and postlarvae // Aquaculture. 1987. V. 63 (1–4). P. 205–214.
- Dunham R.A., Liu Z. Gene mapping, isolation and genetic improvement in catfish // Aquatic genomics: steps toward a great future. 2003. P. 45–60.
- Dunham R.A., Masser M.P. Production of hybrid catfish. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center, 2012. V. 436 (190).
- Fagbua O., Oso J.A., Olurotimi M.B., Akinyemi O. Morphometric and meristic characteristics of *Clarias*

- gariepinus* from controlled and uncontrolled population from Southwestern Nigeria // J. Agric. Ecol. Res. Int. 2015. V. 2 (2). P. 39–45.
- Green B.W., Rawles S.D. Comparative growth and yield of channel catfish and channel × blue hybrid catfish fed a full or restricted ration // Aquac. Res. 2010. V. 41 (9). P. 109–119.
- Hogendoorn H., Jansen J.A.J., Koops W.J. et al. Growth and production of African catfish *Clarias lazera* (C&V) II. Effect of body weight, temperature and feeding level in intensive tank culture // Aquaculture. 1983. V. 34. P. 265–285.
- Jawad L.A., Farrag M.M.S., Park J.M. Interspecific and intraspecific differences in pectoral-fins spine morphology in Nile River and Lake Nasser catfishes, *Siluriformes* // Proc. Zool. Institute RAS. 2021. V. 325 (3). P. 308–322.
- Kassambara A., Mundi F. Extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package factoextra version 1.0.7. // Computer Sci. 2020.
- <http://www.sthda.com/english/rpkgs/factoextra>
- Legendre M., Teugels G.G., Cauty C., Jalabert B. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Heterobranchius longifilis* Valenciennes, 1840, and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae) // J. Fish Biol. 1992. V. 40 (1). P. 59–79.
- Nasr M.A., Reda R.M., Ismail T.A., Moustafa A. Growth, hemato-biochemical parameters, body composition, and myostatin gene expression of *Clarias gariepinus* fed by replacing fishmeal with plant protein // Animals. 2021. V. 11 (3). P. 889.
- Normala J., Mohd A.A., Munafi Ambok B.A. et al. Morphometric variations between triploid and diploid *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) // Croatian J. Fish. 2017. V. 75 (4). P. 113–121.
- Roques J.A., Schram E., Spanings T. et al. The impact of elevated water nitrite concentration on physiology, growth and feed intake of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) // Aqua. Res. 2015. V. 46 (6). P. 1384–1395.
- RStudio Team RStudio: integrated development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. 2020.
- <http://www.rstudio.com/>
- Teugels G.G., Sudarto P.L., Pouyard L. Description of a new *Clarias* species from Southeast Asia based on morphological and genetical evidence (Siluriformes, Clariidae) // Cybium. 2001. V. 25. P. 81–92.
- Turan C., Yalçin S., Turan F. et al. Morphometric comparisons of African catfish, *Clarias gariepinus*, populations in Turkey // Folia Zoologica. 2005. V. 54 (1/2). P. 165.

Assessment of Exterior Indicators of Parental and Hybrid Forms of African Catfish *Clarias gariepinus*

A. A. Klimuk^{a, *}, S. V. Beketov^b, A. L. Nikiforov-Nikishin^a, N. I. Kochetkov^a

^aRazumovsky Moscow State University of Technologies and Management (First Cossack University), Moscow, Russia

^bVavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*e-mail: ord@mgutm.ru

This article presents a comparative study of morphometric exterior parameters of African catfish *Clarias gariepinus* of parental forms (Mikhailovskaya and Taman breeds) with their hybrid offspring of the first two generations and one second generation. Nonparametric analysis (U Mann–Whitney criterion) revealed significant differences between the average values of the five samples for 12 of 17 morphometric measurements. It was found that hybrid individuals of the first and second generations have a different exterior phenotype from the parental one and are characterized by an elongated body, an elongated tail and a large head size. In the course of the subsequent principal components analysis two large clusters were revealed, the first of which was formed by individuals of the parental groups (Mikhailovskaya, Tamanskaya), and the second was formed by hybrid generations. In this case, the hybrid individuals formed a rather heterogeneous group, in which the F₁ hybrids of the first and second generations were similar and sufficiently consolidated. The individuals of the first generation, selected by the “growth rate” trait, demonstrated significant variability. The results show that the variability of the exterior indicators of the cultivated lines of *C. gariepinus* of the Mikhailovskaya and Tamanskaya breeds did not undergo significant changes during their isolated cultivation in conditions of a closed water supply cycle, and the hybrids obtained from their crossing, taking into account the higher average weight, are characterized by improved morphometric indicators and can be used to increase the yield of commercial products or in further selection programs for developing new breeds.

Keywords: African catfish, parental forms, hybrids, morphometry, exterior features, variability