

УДК 591.9:576.312.3:577.8:597.554

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРИПЛОИДНЫХ САМЦОВ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ ИЗ АЗОВСКОГО БАССЕЙНА<sup>1</sup>

© 2004 г. М. И. Абраменко, Е. В. Надтока\*, М. А. Махоткин\*,  
О. В. Кравченко, Т. Г. Полтавцева

НИИ биологии Ростовского госуниверситета  
344090 Ростов-на-Дону, пр-т Стачки, д. 194/1

\*Биолого-почвенный факультет Ростовского госуниверситета  
344006 Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, д. 105.

E3-mail: mabramenko@mail.ru

Поступила в редакцию 22.01.01 г.

Окончательный вариант получен 17.12.03 г.

За период исследований 1995–2000 гг. однополо-двуполых популяций серебряного карася *Carassius auratus gibelio* Азовского бассейна были обнаружены триплоидные самцы, составлявшие в среднем 2.5% от общей численности обследованных в различные годы выборок. Размеры площадей ядер эритроцитов триплоидных самцов в среднем в 1.35 раз больше, чем у диплоидных. При одинаковой оптической плотности ДНК размеры головок в зрелых сперматозоидах триплоидных самцов по данным, полученных летом 1996 г., были в среднем в 1.8 раз меньше, чем у диплоидных самцов. При проведении аналогичных обследований в 1997–1999 гг. в весенний период естественной нерестовой активности диаметры головок сперматозоидов триплоидных самцов, наоборот, были в среднем в 1.5 раза больше, чем у диплоидных. У триплоидных самцов *C. a. gibelio* наблюдается мозаичность по размерам сперматозоидов, а также хромосомный мозаицизм в соматических клетках. Электрофоретический анализ по локусу трансферрина подтвердил триплоидный статус у данной генетической группы. Результаты сравнительных скрещиваний серебряных карасей различной ploidy указывают на высокую оплодотворяющую способность триплоидных самцов, а также на нормальную жизнеспособность полученных потомств. Обнаружена четкая положительная корреляционная зависимость ( $r = 0.73$ ) между численностью триплоидных самок и триплоидных самцов в смешанных ди-триплоидных популяциях. Между представителями диплоидной и триплоидной форм *C. a. gibelio* (самками и самцами) значимая корреляционная зависимость не наблюдается.

**Ключевые слова:** карась, триплоидные самцы, распространение, эритроциты, сперматозоиды, хромосомы, мозаичность, трансферрины, скрещивание, корреляция.

Серебряный карась *Carassius auratus gibelio* представлен морфологически неразличимыми однополой гиногенетической и двуполой формами (Головинская и др., 1965). По данным литературы (Черфас, 1966 а, б, 1987), в европейских популяциях однополой форма *C. a. gibelio* является триплоидной ( $3n = 135–160$ ), а бисексуальная – диплоидной ( $2n = 94–100$ ). В некоторых водных регионах две формы серебряного карася обитают совместно, образуя одно-двуполые комплексы.

До начала 60-х гг. XX в. в западной европейской части ареала *C. a. gibelio* в СССР абсолютно доминировала гиногенетическая форма (Абраменко, 2001). За последние 35 лет в Азово-Черноморском бассейне наблюдается резкая смена

доминирования в сторону двуполой формы (Абраменко и др., 1997; Абраменко, Кравченко, 1999; Матишов и др., 2003). Ранее считалось (Васильев, 1985; Черфас, 1987), что самцы серебряного карася в естественных условиях обитания встречаются только у бисексуальной формы и имеют диплоидное число хромосом ( $2n = 100$ ). Однако триплоидные самцы ( $3n = 153–165$ ) с нормально развитыми семенниками были найдены в природных популяциях двух японских подвидов *Carassius auratus* (Muramoto, 1975). В этот же период в северо-восточных китайских триплоидных гиногенетических популяциях *C. a. gibelio* из бассейна р. Амур также были обнаружены фертильные триплоидные самцы ( $3n = 156$ ) с нормальной морфологией половых клеток (сперматогоний, сперматоцитов и сперматозоидов) на всех стадиях прохождения гаметогенеза (Shen et al., 1983a, b; Zhou et al., 1983; Fan, Shen, 1983a, b, 1990).

<sup>1</sup> Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проекты № 99-04-49757, 99-04-63077, 02-04-49662).



**Рис. 1.** Расположение участков лова серебряного карася в Азовском бассейне:

I – обводные каналы неэксплуатируемых прудов АО “Ростсельмаш”; II – пруды рыбхоза им. Мирошниченко; III – пойменные озера в устье р. Маныч; IV – рукав р. Дон – Мертвый Донец; V – бывший песчаный карьер в районе городской ТЭЦ; VI – дренажные каналы в районе пос. Каратаево, г. Ростов-на-Дону; VII – участок р. Дон между хуторами Усть-Койсуг и Донской; VIII – р. Дон в черте г. Ростова-на-Дону, тоневого участка “Оседлняя”; IX – р. Дон, тоневого участка “Тупка”; X – естественное нерестилище в районе Беглицкой косы Таганрогского залива; XI – р. Кубань в районе г. Темрюк, тоневого участка рыбоколхоза “Труженик моря”; XII – Курчанский лиман; XIII – Темрюкский залив в районе Соловьевско-Куликовского гирла; XIV – дренажные канавы в районе Гребного канала г. Ростова-на-Дону; XV – р. Хагин-Салы в районе села Ульяновское; XVI – приток р. Дунда – Бедрик.

В период с 1993 по 1996 гг. мы также зарегистрировали триплоидных самцов *C. a. gibelio* ( $3n = 130-150$ ) в популяциях бассейна Нижнего Дона (Абраменко и др., 1998). Нижнедонские  $3n$ -самцы серебряного карася имели нормально развитые семенники, брачный наряд и проявляли брачную и нерестовую активность (Абраменко, 1997).

Начиная с 1998 г. география наших популяционных исследований в Азовском бассейне была существенно расширена за счет устьевых и лиманных участков р. Кубань, собственно морских участков в Таганрогском и Темрюкском заливах Азовского моря (Абраменко и др., 1999), а также за счет некоторых водоемов республики Калмыкия и Ставропольского края, относящихся к бассейну основного юго-восточного притока Нижнего Дона – реке Западный Маныч.

Цель данной работы – определение степени распространения триплоидных самцов в популяциях серебряного карася Азово–Донского и Азово–Кубанского бассейнов, изучение их репродуктивных качеств, а также цитогенетических характеристик половых и соматических клеток.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Отлов серебряных карасей из водоемов Азовского бассейна в радиусе 450 км от г. Ростова-на-Дону (Ростовская обл., Краснодарский, Ставропольский края и Калмыкия) проводили в течение шести весенне-осенних сезонов 1995–2000 гг. Триплоидные самцы *C. a. gibelio* в различные го-

ды полевых работ были обнаружены в 16 из 19 обследованных участков (рис. 1).

Полевые работы вели в двух режимах. В первом варианте в зависимости от удаленности участка от аквариальной института и физиологического состояния отловленного материала рыб обследовали прямо на месте участка лова либо транспортировали в аквариальную и сразу же обследовали. Температура воды в аквариальной колебалась в пределах 17–25°C. После измерения малой длины и массы у отловленных рыб прижизненно из жаберной дуги брали мазки крови для цитометрического определения плоидности, затем вскрывали брюшную полость и определяли пол и стадию зрелости половых желез по методике Сакун и Буцкой (1968). Возраст рыб определяли по спилам лучей анального плавника (Бойко, 1946, 1951).

Во втором случае у доставленных в аквариальную рыб после 2–24-часовой акклимации из жаберной дуги также брали мазок крови для оперативного определения плоидности цитометрическим методом, а затем с помощью разноцветных проционовых красителей присваивали индивидуальные номера по методике Катасонова (1982). Основную часть материала использовали для карриологической идентификации плоидности, а определенное количество текущих самцов *C. a. gibelio* содержали в аквариальной для проведения цитогенетических тестов и постановок скрещиваний.

Для цитометрического определения плоидности рыб, основанного на измерении площадей ядер эритроцитов (ПЯЭ), обсчет вели по 30 зрелым ортохромным клеткам (Житенева и др., 1989) с

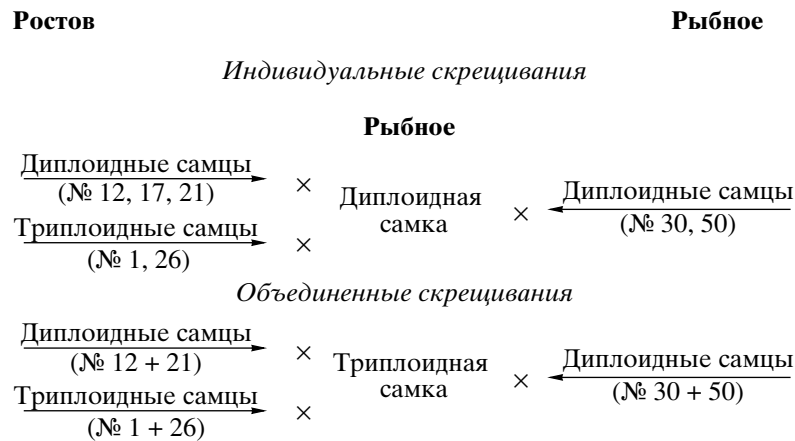


Рис. 2. Схема скрещиваний серебряных карасей различной ploидности и происхождения.

каждого мазка крови, окрашенного по Май–Грюнвальду (Предтеченский и др., 1950), с использованием окуляр-микрометра, установленного на микроскопе Лабоваль-3 (Германия). Данный экспресс-метод, основанный на соответствии размеров эритроцитов или их ядер с общим уровнем ploидности организма, давно используется в популяционных исследованиях различных диплоидно-полиплоидных комплексов рыб (Черфас, Шарт, 1970; Lin et al., 1978; Thibault, 1978; Богой, 1994; Абраменко и др., 1997). Из данных литературы (Черфас, Шарт, 1970; Горюнова, 1974) известно, что соотношение ПЯЭ у три- и диплоидной форм *C. a. gibelio* колеблется в пределах 1.3 – 1.5.

Pлоидность рыб после колхицинирования определяли путем подсчета числа хромосом на анализируемых метафазных пластинках клеток митотически стабильной почечной ткани (5–200 шт. с одного стекла) на микроскопе МБИ-16 с использованием метода давленных препаратов. Окрашивание препаратов проводили с использованием ацетоорсеина (Дарлингтон, Ла Кур, 1980; Макгрегор, Варли, 1986). Также определяли общие ихтиологические характеристики – длину, массу, пол и возраст рыб.

У прижизненно идентифицированных (по ПЯЭ) в 1996–1999 гг. ди- и триплоидных текущих самцов (V стадия зрелости), отобранных из различных пресноводных и морских локальных популяций Азово–Донского бассейна (рис. 1, IV–X), с помощью секундомера определяли подвижность сперматозоидов в воде до полной их остановки. У этих же рыб из свободно выделяемой семенной жидкости брали мазки спермы, впоследствии окрашенные по Май–Грюнвальду, для определения с помощью окуляр-микрометра диаметра головок сперматозоидов (100 клеток с каждого стекла)

В 1996 г. для определения среднего содержания ДНК в клетках сперматозоидов, окрашенных

по Фельгену (Макгрегор, Варли, 1986), мазки спермы четырех диплоидных и четырех триплоидных самцов были подвергнуты цитофотометрии на приборе Vickers-M86 при длине волны 540 нм.

В 1997 г. 27 рыб (самки и самцы *C. a. gibelio*) с цитометрически определенной ploидностью протестировали с помощью диск-электрофореза по Дэвису (Маурер, 1971). В качестве материала использовали гемолизированную кровь. Разгонку белков проводили с помощью приборов Трувеллера–Нефедова (1974) в 7.5%-ном разделяющем полиакриламидном геле. Для окрашивания на общие белки крови использовали 0.1%-ный раствор Кумасси G–250 (подробнее см.: Трувеллер, Абраменко, 1990).

Для определения фертильности триплоидных самцов серебряного карася в июне 1997 г. во ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства (пос. Рыбное, Московская обл.) были поставлены индивидуальные и объединенные скрещивания на икре одной диплоидной бисексуальной и одной триплоидной гиногенетической самок *C. a. gibelio* (из “местных” стабильных волминских прудовых дву- и однополых линий) с тремя ди- и двумя триплоидными донскими самцами. Контролем служили индивидуальные и объединенные скрещивания на икре тех же (2*n* и 3*n*) волминских самок с двумя диплоидными самцами волминской двуполой линии. Схема скрещиваний представлена на рис. 2.

После проведения скрещиваний ди- и триплоидных донских самцов также подвергли кариологическому и электрофоретическому анализам. Таким образом, общее число рыб, протестированных методом диск-электрофореза в одной акриламидной пластинке, составило 32 экземпляра.

Полученные потомства на стадии личинок, за исключением двух вариантов, были высажены в отдельные (площадью 0.025 га) нерестовые пруды для дальнейшего выращивания. В сентябре 1997 г. при спуске прудов определяли процент вы-

**Таблица 1.** Половой состав, генетическая и возрастная структуры объединенных выборок из популяций серебряного карася Азовского бассейна

Дата сбора материала и № выборок	Общее число рыб, шт.	Половой состав и генетическая структура, %				Доля 3n- самцов в трипло- идной группе, %	Возраст рыб, гг.	
		2n		3n			в выборке	3n-самцов
		♀ ♀	♂ ♂	♀ ♀	♂ ♂			
<b>Нижнедонские популяции</b>								
<b>1995</b> I – 11.04; 4.05. II – 5.05.	227	49.3	37.5	10.1	3.1	23.5	1–5	1, 3–4
<b>1996</b> IV – 24.05–29.05; 3.07. V – 2.06; 10.06; 1.08. VI – 7.06.	208	58.2	31.3	6.7	3.8	36.2	1–5	1–4
<b>1997</b> VI – 6.05–14.05. VII – 29.04. VIII – 22.05.	239	51.0	34.3	10.9	3.8	25.9	1–5	1–2
<b>1998</b> IX – 17.04. XIV – 11.09.	118	51.7	43.2	3.4	1.7	33.3	1+–6	1+–3
<b>1999</b> IX 20.04; 7.05.	79	57.0	34.2	6.3	2.5	28.4	1–5	2
<b>2000</b> IX 19–22.04.	100	68.0	28.0	3.0	1.0	25.0	2–6	3
<b>Маньчжские популяции</b>								
<b>1995</b> III – 10.10.	44	36.4	47.7	11.4	4.5	28.3	1+–2+	1+–2+
<b>1999</b> XV – 11.09. XVI – 12.09.	144	45.1	50.7	2.8	1.4	33.3	1+–3+	2+–3+
<b>Азовская популяция</b>								
<b>1998</b> X – 29.04; 15.05.	79	50.6	41.8	6.3	1.3	17.1	1–7	2
<b>1999</b> X – 5.04.–9.04; 3.05.	150	67.3	21.4	9.3	2.0	17.7	1–8	3–4
<b>Азово–Кубанские популяции</b>								
<b>1998</b> XI – 31.05–10.06. XII – 2.06.–4.06. XIII – 31.05; 5.06.	211	62.1	24.6	10.9	2.4	18.0	1+–7	3+–5+
<b>1999</b> XI – 1.06.–7.06. XII – 8.06.–9.06. XIII – 10.06; 18.06.	334	63.8	30.8	3.6	1.8	33.3	1–5	1–4
<b>Всего</b>	1933	56.6	33.7	7.1	2.5	26.04	1–8	1–5

живаемости (выхода) сеголетков в различных вариантах скрещиваний.

При статистической обработке полученных данных использовали программы Excel 2000 и Statistica 5.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по половому составу, генетической и возрастной структуре объединенных выборок из различных популяций серебряного карася Азовского бассейна представлены в табл. 1. Номера

выборок в табл. 1 совпадают с номерами расположения участков лова *C. a. gibelio* на рис. 1, а представленные данные указывают на стабильное существование триплоидных самцов *C. a. gibelio* в Азовском бассейне за шестилетний период исследований, независимо от сезонной динамики и возрастной структуры обследованных выборок.

Сравнительные данные цитометрических показателей ПЯЭ текущих ди- и триплоидных самцов *C. a. gibelio* (протестированных в 1996–1999 гг.), размеры головок сперматозоидов и время их подвижности представлены в табл. 2. и на рис. 3.

**Таблица 2.** Цитогенетические характеристики эритроцитов и сперматозоидов диплоидных и триплоидных самцов из нижнедонских и азовской популяций

Дата тестирования материала и № выборок	Число протестированных рыб, шт.		Площадь ядер эритроцитов, мкм <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm S_x$		Диаметр головок сперматозоидов, мкм, $\bar{x} \pm S_x$		Время подвижности сперматозоидов, с, $\bar{x} \pm S_x$		Число особей с мозаичными сперматозоидами	
	2n	3n	2n	3n	2n	3n	2n	3n	2n	3n
1996 IV – 5.07. V – 3.08. VI – 9.07.	13	5	63.00 ± 6.40	85.30 ± 2.70	1.97 ± 0.10	1.10 ± 0.22	90 ± 51	69 ± 35	5	0
1997 VI – 10.05. VII – 3.05. VIII – 25.05.	53	7	58.50 ± 6.90	89.20 ± 2.70	2.12 ± 0.28	2.99 ± 0.38	189 ± 77	166 ± 108	5	6
1998 IX – 21.04.	39	1	55.90 ± 8.40	119.95 ± 3.28* 57.78 ± 3.44**	2.11 ± 0.40	3.40	176 ± 51	270	3	1
1999 IX – 25.04; 11.05. X – 7.05.	42	2	71.40 ± 3.20	92.50 ± 0.60	2.03 ± 0.20	3.00 ± 0.00	152 ± 60	125 ± 64	1	1

Около 50%: \* крупноядерных и \*\*мелкоядерных эритроцитов.

Следует отметить, что в табл. 1 и 2 годы и номера выборок исследованного материала совпадают, но процентное соотношение ди- и триплоидных самцов в табл. 2, естественно, отличается, поскольку для проведения цитогенетических тестов использовали ограниченное и не адекватное естественному распределению количество самцов серебряного караса различной ploidy, содержащихся для проведения данных и других экспериментов в аквариальных условиях.

Данные табл. 2 показывают, что соотношение средних величин ПЯЭ три- и диплоидных самцов серебряного караса в выборках за 1996–1997 и 1999 гг. колеблется в пределах 1.30–1.52, что практически совпадает с цитометрическими данными полевых исследований, проведенных на российских и японских диплоидно-триплоидных популяциях данного вида (Черфас, Шарт, 1970; Lin et al., 1978).

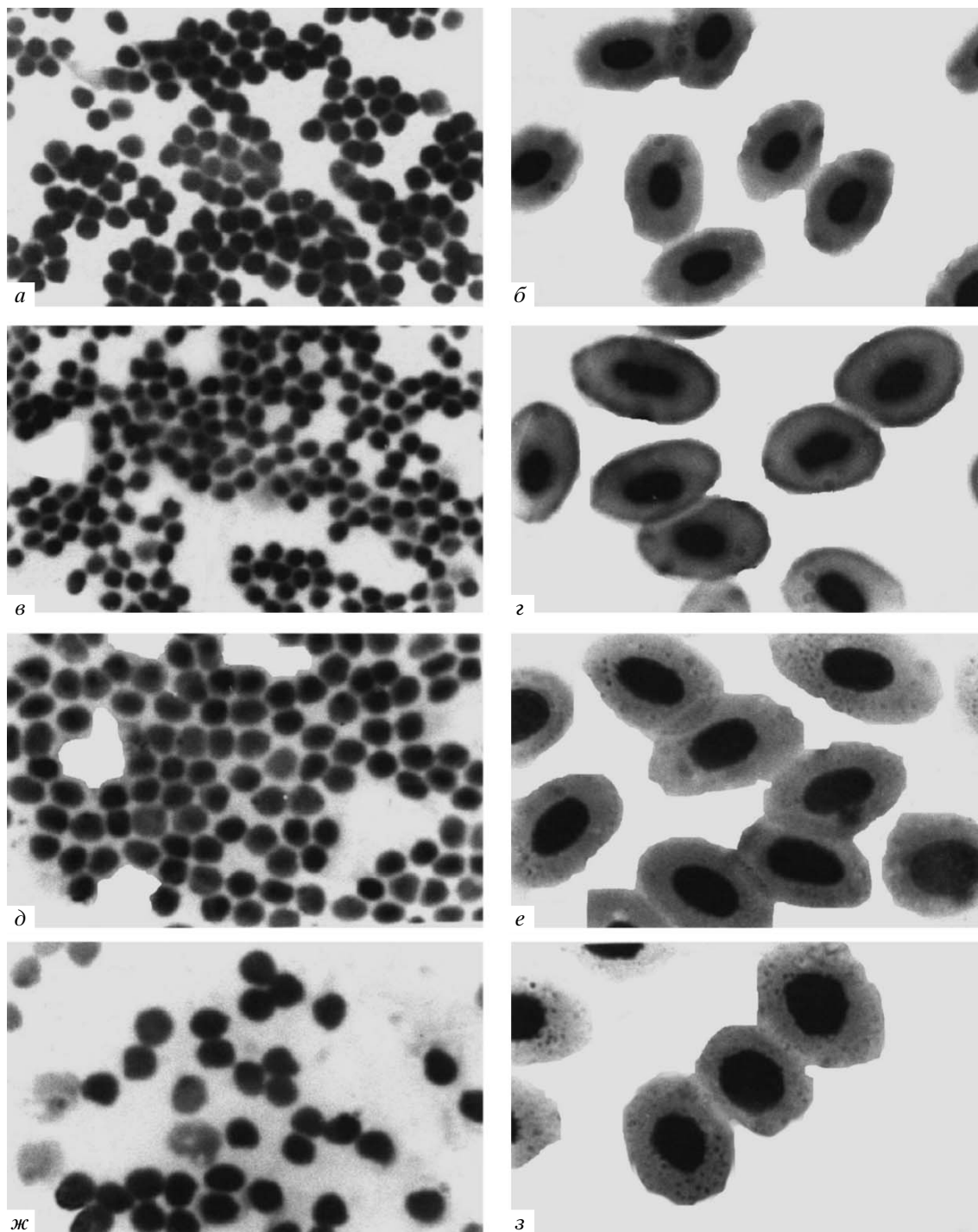
Средняя оптическая плотность ДНК ( $\bar{D}$ ) в клетках сперматозоидов ди- и триплоидных самцов *C. a. gibelio*, протестированных в 1996 г., составила  $108 \pm 3.7$  и  $114 \pm 3.3$  усл. ед. соответственно. При сравнении значения  $\bar{D}$  сперматозоидов в группах 2n- и 3n-самцов не различались с высокой степенью статистической достоверности. При сканирующей цитофотометрии (Аг-

роскин, Папаян, 1977) общее содержание ДНК в клетке *m* рассчитывается как

$$m = \frac{\bar{D}S}{\chi}$$

где *S* – площадь клетки,  $\chi$  – удельный показатель поглощения вещества (см<sup>2</sup>/г). Из этого следует, что если  $\bar{D}$  у самцов 2n и 3n практически одинакова, то и содержание ДНК в головках сперматозоидов ди- и триплоидных самцов напрямую зависит от размеров их половых клеток (*S*) и, соответственно, может быть больше или меньше.

Средние значения диаметров головок сперматозоидов диплоидных самцов, протестированных в 1996–1999 гг., достоверно не различаются (при *p* = 0.01) и имеют величину, примерно равную 2 мкм (табл. 2; рис. 3, а). Напротив, средние значения размеров сперматозоидов триплоидных самцов *C. a. gibelio*, протестированных в 1996 и 1997–1999 гг., достоверно различаются (табл. 2; рис. 3, в, д, ж). При сравнении усредненных показателей диаметров головок сперматозоидов у ди- и триплоидных самцов *C. a. gibelio* за весь период исследований были получены три достоверно различающиеся группы (при *p* = 0.01): диплоидные самцы (*N* = 147;  $\bar{x} \pm m = 2.08 \pm 0.02$ ), триплоидные самцы, протестированные летом 1996 г. (*N* = 5;



**Рис. 3.** Сперматозоиды и эритроциты диплоидного и триплоидных самцов серебряного карася.

*а, б* – сперматозоиды и эритроциты диплоидного самца, протестированного летом 1996 г., ПЯЭ = 58,2мкм<sup>2</sup> ;

*в, г* – сперматозоиды и эритроциты триплоидного самца, протестированного летом 1996 г., ПЯЭ = 85,4 мкм<sup>2</sup>;

*д, ж* – сперматозоиды и *е, з* – эритроциты триплоидных самцов, протестированных весной 1998–1999 гг., ПЯЭ = 92,9 и 119,95 мкм<sup>2</sup> соответственно.

Размер половых клеток: *а* – 2, *в* – 1, *д* – 3, *ж* – 3,4 мкм. Увел. ×1440.

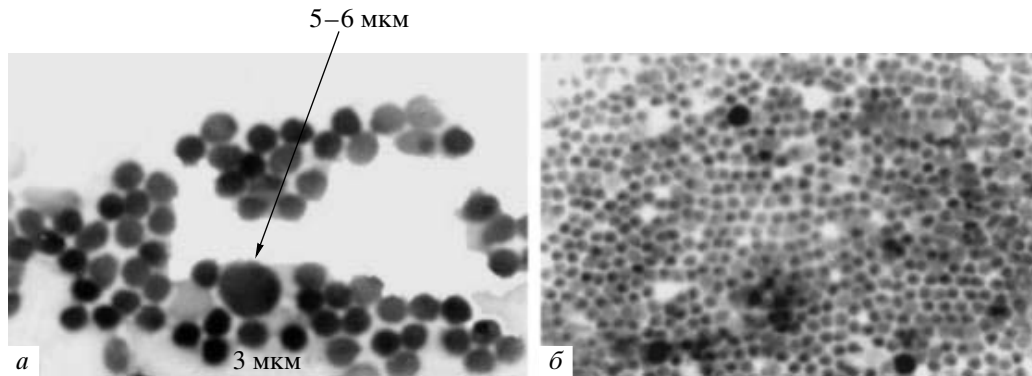


Рис. 4. Мозаичность сперматозоидов у триплоидных самцов серебряного карася. Увел.: а –  $\times 1440$ , б –  $\times 600$ .

$\bar{x} \pm m = 1.10 \pm 0.10$ ) и триплоидные самцы, протестированные весной 1997–1999 гг. ( $N = 10$ ;  $\bar{x} \pm m = 3.03 \pm 0.11$ ). Таким образом, по данным обследований за 1997–1999 гг., проведенных во время пика нерестовой активности у данного подвида, в отличие от результатов предыдущих исследований (Абраменко и др., 1998), размеры головок сперматозоидов триплоидных самцов были в 1.5 раза больше, чем у диплоидных, что совпадает с аналогичными данными китайских коллег (Fan, Shen, 1990).

По результатам обследований триплоидных самцов *C. a. gibelio* в 1997–1999 гг. их отличительной особенностью являлась мозаичность по размерам сперматозоидов. В основном половые клетки имели размеры около 3 мкм (рис. 3, д), но наблюдались и более крупные (рис. 3, ж), и особо крупные половые клетки (рис. 4). В этой связи можно предположить, что не все сперматоциты триплоидных самцов серебряного карася “проходят” редукционные мейотические деления. С другой стороны, на тех же препаратах наблюдали и более мелкие половые клетки размером около 2 мкм, по всей видимости, проходящие оба деления созревания. Если допустить, что модальное значение размера головок сперматозоидов триплоидных самцов *C. a. gibelio* из Азовского бассейна равно 3 мкм, то общее количество мозаичных по данному признаку особей, протестированных в 1997–1999 гг. (при общем  $N = 10$ ), составило 80% (табл. 2).

Аналогичное явление было обнаружено японскими исследователями (Murayama et al., 1986) при изучении самцов  $2n-3n$  и  $2n-3n-4n$ , мозаичных по содержанию ДНК в эритроцитах, спонтанно полученных в гиногенетическом потомстве самки *C. a. langsdorfii* при скрещивании с самцом *C. a. auratus*. Гистологический анализ семенников трехлетнего самца  $2n-3n-4n$  показал, что размеры сперматид у этой особи варьировали от обычных до в 1.4–2.3 раза больших. По данным других японских авторов (Kojima et al., 1984), число хромо-

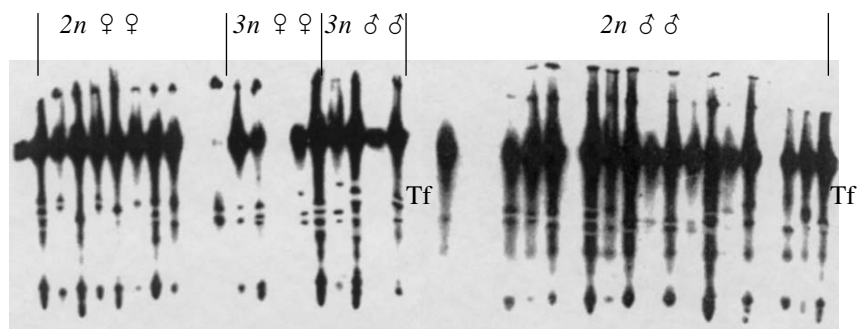
сом в полиплоидных сперматоцитах у самцов  $3n$  *C. a. langsdorfii* было больше гексаплоидного набора. Мозаичные по размерам сперматозоиды были также недавно обнаружены у триплоидных самцов китайского сома *Silurus asotus* (Siluridae) в отличие от диплоидных, имевших примерно одинаковые размеры (Yin Hong-bin et al., 2000).

Явление несбалансированного сперматогенеза у мозаичных самцов *C. a. langsdorfii* Мураяма и др. (Murayama et al., 1986) объясняют двояко. Во-первых, первичные (гермальные) диплоидные половые клетки проходят оба мейотических деления и становятся гаплоидными гаметами, в то время как часть половых клеток может “пропускать” мейотические деления и преобразовываться в полиплоидные гаметы по примеру протекания мейоза у триплоидных гиногенетических самок (Yamashita et al., 1993). Во-вторых, анеуплоидные гаметы могут являться результатом несбалансированных (неравных) мейотических делений.

Опираясь на литературные и собственные данные (табл. 2; рис. 3, 4), можно с высокой степенью вероятности предположить, что у триплоидных самцов серебряного карася из популяций Азовского бассейна имеет место несбалансированный сперматогенез.

Необходимо отметить, что мозаичные особи как с увеличенными, так и с уменьшенными размерами сперматозоидов (при модальном и среднем значениях 2 мкм) имеются и среди протестированных нами диплоидных самцов. Так, за весь период исследований ( $N = 147$ ) доля таких особей составила 9.5% от общей численности. Если рассматривать только период 1997–1999 гг. ( $N = 134$ ), то их доля уменьшится до 6.7% (табл. 2). Наличие анеуплоидных, а также полиплоидных сперматоцитов с числом хромосом, бóльшим тетраплоидного набора, было отмечено и у японских диплоидных самцов *C. a. buergeri* (Kojima et al., 1984).

По всей видимости, кроме цитогенетических факторов на процесс сперматогенеза у самцов *C. a. gibelio* и размеры гамет влияет и сезонная из-



**Рис. 5.** Электрофореграммы спектров общих белков крови у различных генетических форм серебряного карася из Азовского бассейна.

Tf – область трансферрина.

менчивость. Следовательно, различие средних значений диаметров головок сперматозоидов триплоидных самцов, протестированных в 1996 и 1997–1999 гг. (табл. 2), может быть связано с неодинаковой функциональной активностью гонад у порционно нерестующих карасей. Во время проведения тестов в июле–августе 1996 г. гонадосоматический индекс у самцов серебряного карася в данный период резко снижается (Вронский, 1965; Пипоян, Рухкян, 1998) и соответственно снижается количество пластического материала, необходимого для полноценного протекания сперматогенеза. Наше предположение о различном содержании энергетических компонентов в сперматозоидах у ди- и триплоидных самцов, протестированных в 1996 и 1997–1999 гг., косвенно подтверждается временным различием их подвижности в воде (табл. 2).

С учетом пониженного содержания пластического материала в гонадах триплоидных самцов серебряного карася летом 1996 г. можно допустить, что при несбалансированном (или весьма лабильном?) сперматогенезе в гаметы преобразовались только наиболее подвижные, мелкие половые клетки с наименьшим содержанием ДНК (табл. 2). Это предположение косвенно подтверждается отсутствием в данной выборке особей, на мазках спермы которых наблюдались бы различные (и в первую очередь крупные) по размерам сперматозоиды. Возможное продуцирование триплоидными самцами половых клеток различной ploidy в зависимости от сезонной динамики (табл. 2) представляется нам весьма интересным явлением, поскольку оно может происходить не только в лабораторных, но и в природных условиях. При обследовании нижнедонских популяций *C. a. gibelio* в различные годы в июле–августе нам очень часто попадались текущие самцы в брачном наряде; у данного подвида нередко наблюдался естественный нерест.

Таким образом, представленные нами ранее данные (Абраменко и др., 1998) о том, что у трип-

лоидных самцов *C. a. gibelio* размеры головок сперматозоидов значительно меньше, чем у диплоидных, уже не находят в противоречии с результатами аналогичных исследований китайских авторов (Fan, Shen, 1990), а только отражают одну из сторон сезонной динамики процессов сперматогенеза у данной генетической группы.

Возможность продуцирования различных по ploidy сперматозоидов вполне вероятна и у диплоидных самцов, поскольку именно летом 1996 г. у этой группы ( $N = 13$ ) при тестировании наблюдался самый высокий (38.5) процент мозаичных по размерам сперматозоидов рыб (табл. 2).

На рис. 5 представлена электрофореграмма общих белков крови самок и самцов донских серебряных карасей с различной ploidy по ПЯЭ, в том числе и у кариологически определенных пяти самцов  $3n$  и  $2n$ , участвовавших в скрещиваниях (см. рис. 2). По локусу трансферрина (Tf) с хорошо известным аллельным полиморфизмом у некоторых видов сем. карповых, в том числе и у *C. a. gibelio* (Поляковский и др., 1973; Кирпичников, 1987; Yang et al., 2001), обнаружилась характерная особенность. У девяти диплоидных самок область Tf представлена двумя и тремя аллелями, но большая часть особей имеет два аллеля. У трех из четырех протестированных триплоидных самок наблюдаются три аллеля в области Tf. У 16 диплоидных самцов наблюдается один или два аллеля по локусу Tf, а в спектрах всех трех триплоидных самцов, два из которых участвовали в скрещиваниях, наблюдаются три аллеля в области Tf. Таким образом, электрофоретический анализ является еще одним подтверждением триплоидного статуса самцов  $3n$  *C. a. gibelio* из Азовского бассейна.

Сравнительные данные по репродуктивной способности три- и диплоидных самцов, а также выживаемость потомств в различных вариантах скрещиваний представлены в табл. 3. Результаты опытов указывают на высокую оплодотворяющую способность триплоидных самцов, а также



**Таблица 3.** Оплодотворение и выживаемость потомств, полученных от скрещиваний серебряных карасей различной плоидности и происхождения

№ скрещиваний	Варианты скрещиваний	Количество использованной икры, шт.	Оплодотворение, %	Выход нормальных личинок от оплодотворенной икры, %
1	2n ♂ № 12 (Ростов) × 2n ♀	1720	69.6	76.2
2	2n ♂ № 17 (Ростов) × 2n ♀	1693	81.4	75.2
3	2n ♂ № 21 (Ростов) × 2n ♀	1283	76.5	82.2
4	3n ♂ № 1 (Ростов) × 2n ♀	2814	62.1	80.1
5	3n ♂ № 26 (Ростов) × 2n ♀	2888	55.5	81.8
6	2n ♂ № 30 (Рыбное) × 2n ♀	849	76.2	84.2
7	2n ♂ № 50 (Рыбное) × 2n ♀	906	77.8	86.5
8	2n ♂ № 12 + № 21 (Ростов) × 3n ♀	860	19.1	37.2
9	3n ♂ № 1 + № 26 (Ростов) × 3n ♀	555	18.7	47.1
10	2n ♂ № 30 + № 50 (Рыбное) × 3n ♀	1004	37.8	45.3

на нормальную жизнеспособность полученных потомств от скрещиваний с самками различной плоидности. Относительно невысокий процент оплодотворения в вариантах 8–10 связан с низким качеством икры триплоидной самки волминской линии. Выживаемость (выход) сеголеток в прудах по всем вариантам колебалась в пределах 50–70% от количества посаженных личинок, что является хорошим рыбоводным показателем.

Явление хромосомной мозаичности в соматических клетках обнаружено нами не только у триплоидных самцов, но и у представителей всех остальных генетических форм *C. a. gibelio*, а также у золотого карася *Carassius carassius* (Абраменко, Кравченко, 1999; Кравченко, 2000). Мозаицизм у особей диплоидной формы серебряного карася Азовского бассейна косвенно подтверждается существенной вариацией площадей ядер зрелых эритроцитов на уровне рядовых выборок в установленных нами пределах от 40 до 72 мкм<sup>2</sup>; а у рыб триплоидной формы – от 80 до 108 мкм<sup>2</sup> (Абраменко, Кравченко, 1999).

Хромосомная мозаичность в пределах одной ткани была обнаружена в однополо-двуполом комплексе северо-американских гольянов (Сургинidae) у диплоидной (2n = 50) гибридной однополо-женской формы *Phoxinus eos-neogaeus*, размножающейся естественным гиногенезом с самцами родительских видов (Goddard et al., 1989; Goddard, Dawley, 1990).

Ограничимся перечислением основных факторов, определяющих это явление.

1. Несбалансированность процессов сперматогенеза и оогенеза у некоторых подвидов *Carassius auratus* с продуцированием различных по плоидности и анеуплоидных половых клеток (Kojima et al., 1984; Murayama et al., 1984, 1986; неопубл. данные). Следствием этих процессов, возможно,

и является обнаружение в азовских популяциях *C. a. gibelio* миксоплоидных или мозаичных особей (Абраменко и др., 1998).

2. Несбалансированный митоз в соматических клетках, например, ди-тетраплоидный мозаицизм по содержанию ДНК в эритроцитах самца *C. a. langsdorfii* (являющегося гиногенетическим потомком триплоидной самки) японские авторы (Murayama et al., 1986) объясняют неодинаковым распределением хромосом триплоидных клеток в митозе. В результате часть клеток стала диплоидными, а часть – тетраплоидными, причем в равных количествах. Аналогичное явление обнаружено нами в 1998 г. у кариологически определенного (на клетках почки) триплоидного самца *C. a. gibelio*. При измерении ПЯЭ у этой особи была обнаружена ди-тетраплоидная мозаичность по данному форменному элементу крови (табл. 2).

3. Хромосомная мозаичность может быть достаточно широко распространенным эволюционным механизмом сохранения адаптивной эффективности однополого размножения у рыб (Schartl et al., 1995) при накоплении вредных рецессивных мутаций (Gräser, 1986), а также повышения экологической пластичности вида или популяции при клональном способе воспроизводства потомства (Абраменко, Кравченко, 1999).

4. Хромосомные перестройки, связанные с потерей генетического материала в процессе эмбриогенеза, диплоидизации геномов полиплоидных видов карповых и у представителей других семейств рыб, возможно, имеющих гибридное происхождение (Murayama et al., 1984; Черфас и др., 1986, 1989; Рухкян, 1989; Абраменко, 1990; Collares-Pereira, 1993; Krishna, Lakra, 1995; Goto et al., 1998).

5. Неоднократная полиплоидизация геномов в эволюции карповых (Suzuki et al., 1995; Suzuki,

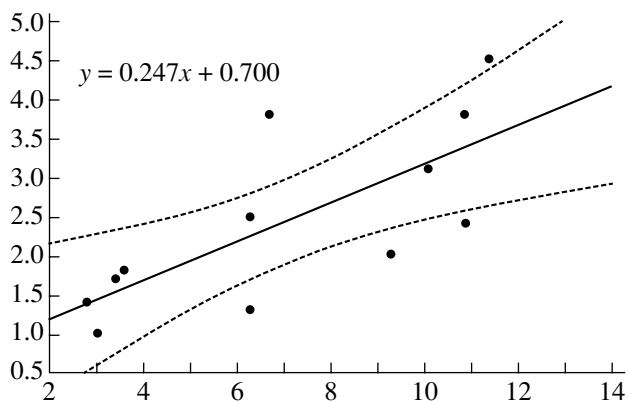
1996; Yamamoto et al., 1998 ) и лососевых рыб (Svärdson, 1945; Алтухов и др., 1997).

На основе усредненных многолетних данных по частоте встречаемости различных генетических форм серебряного карася в популяциях Азовского бассейна (табл. 1) была построена корреляционная матрица, данные которой указывают на высокую положительную корреляционную зависимость между численностью триплоидных самок и триплоидных самцов в смешанных ди-триплоидных популяциях.

Генетические формы	2n ♀♀	2n ♂♂	3n ♀♀
2n ♂♂	-0.895 ( $p < 0.001$ )		
3n ♀♀	-0.249 ( $p = 0.436$ )	-0.202 ( $p = 0.528$ )	
3n ♂♂	-0.474 ( $p = 0.122$ )	0.096 ( $p = 0.766$ )	0.734 ( $p = 0.007$ )

$p$  – величина доверительного интервала.

Между представителями ди- и триплоидной форм (как с самками, так и самцами) значимая корреляционная зависимость не наблюдается. Между диплоидными самками и диплоидными самцами также имеется высокая, но отрицательная, обратная пропорциональная корреляционная зависимость. Из анализа этих данных следует возможный вывод о том, что триплоидные самцы могут появляться в связи с малоизученными особенностями гаметогенеза триплоидных самок *C. a. gibelio*. На рис. 6 представлено соотношение частот встречаемости триплоидных самцов ( $y$ ) и триплоидных самок ( $x$ ), а также уравнение регрессии, описывающее эту зависимость.



**Рис. 6.** Соотношение частот встречаемости (%) триплоидных самцов (по оси ординат) и триплоидных самок (по оси абсцисс) серебряного карася в популяциях Азовского бассейна.

Доверительный интервал линии регрессии  $p = 95\%$ .

Авторы выражают свою признательность сотрудникам ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства А.В. Рекубратскому и Л.Н. Думе за оказанную помощь при проведении скрещиваний и выращиванию экспериментального материала.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абраменко М.И. Изучение гиногенетических потомств карасекарповых гибридов как модельного объекта для определения возможных механизмов клонообразования у гиногенетических и гибридогенных рыб // Вопр. ихтиологии. 1990. Т. 30. Вып. 3. С. 425–431.

Абраменко М.И. Дифференциальная избирательность самцов серебряного карася *Carassius auratus gibelio* при брачном ухаживании за самками бисексуальной и гиногенетической форм // Тез. докл. I конгр. ихтиологов России (Астрахань, сентябрь 1997 г.). М.: Изд-во ВНИРО, 1997. С. 185.

Абраменко М.И. Экологические и биологические закономерности пространственной динамики численности серебряного карася *Carassius auratus gibelio* в Понто-Каспийском регионе // Среда, биота и моделирование экологических процессов в Азовском море. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. Ч. 1. Гл. 2. С. 152–173.

Абраменко М.И., Кравченко О.В., Великоиваненко А.Е. Генетическая структура популяций в диплоидно-триплоидном комплексе серебряного карася *Carassius auratus gibelio* в бассейне Нижнего Дона // Вопр. ихтиологии. 1997. Т. 37. № 1. С. 62–71.

Абраменко М.И., Полтавцева Т.Г., Васецкий С.Г. Обнаружение триплоидных самцов в нижнедонских популяциях серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) // Докл. РАН. 1998. Т. 363. № 3. С. 415–418.

Абраменко М.И., Кравченко О.В. Динамика численности, изменение ареала обитания и возможные цитогенетические аспекты эврибионтности серебряного карася в Азово–Донском бассейне // Современное развитие эстуарных экосистем на примере Азовского моря. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1999. С. 200–203.

Абраменко М.И., Махоткин М.А., Никитин А.А. Определение размерно-возрастной и генетической структуры чисто морской популяции серебряного карася из Таганрогского залива Азовского моря // Матер. междунар. науч.-практич. конф. “Биосфера и человек”. Майкоп: Изд-во Адыг. ун-та, 1999. С. 79–82.

Агроскин Л.С., Папаян Г.В. Цитофотометрия. Аппаратура и методы анализа клеток по светопоглощению. Л.: Наука, 1977. 295 с.

Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб. М.: Наука, 1997. 288 с.

Бойко Е.Г. Определение возраста рыб по спилам плавников // Докл. АН СССР. 1946. Т. 53. № 5. С. 487–488.

Бойко Е.Г. Методика определения возраста рыб по спилам плавников // Тр. Азовско-Черномор. НИИ морск. рыбн. хоз-ва и океанографии. Симферополь: Крымиздат, 1951. Вып. 15. С. 141–168.

- Васильев В.П. Эволюционная кариология рыб. М.: Наука, 1985. 300 с.
- Вронский Б.Б. Влияние гидрологических и метеорологических условий на нерест некоторых фитофильных рыб Амура и выживание их икры и молоди // *Вопр. ихтиологии*. 1965. Т. 5. Вып. 1 (34). С. 111–126.
- Головинская К.А., Ромашиов Д.Д., Черфас Н.Б. Однополые и двуполые формы серебряного карася (*Carassius auratus gibelio* Bloch) // Там же. 1965. Т. 5. Вып. 4 (37). С. 614–629.
- Горюнова А.И. Применение цитометрического анализа крови при изучении внутривидовой дифференциации у серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) // Там же. 1974. Т. 14. Вып. 5 (88). С. 912–917.
- Дарлингтон С.Д., Ла Кур Л.Ф. Хромосомы. М.: Атомиздат, 1980. 182 с.
- Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. Ростов-на-Дону: Книж. изд-во, 1989. 112 с.
- Катасонов В.Я. Инструкция по племенной работе с карпом в репродукторах и промышленных хозяйствах. М., 1982. 38 с.
- Кирпичников В.С. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука, 1987. 520 с.
- Кравченко О.В. Хромосомная мозаичность в соматических клетках у серебряного и золотого карасей (Pisces: Cyprinidae) // Тез. Докл II съезда ВОГиС. СПб., 2000. Т. 1. С. 237–238.
- Макгрегор Г., Варли Дж. Методы работы с хромосомами животных. М.: Мир, 1986. 272 с.
- Матишов Г.Г., Абраменко М.И., Гаргона Ю.М., Буфетова М.В. Новейшие экологические феномены в Азовском море (вторая половина XX века). Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2003. 441 с.
- Маурер Г. Диск-электрофорез. М.: Мир, 1971. 242 с.
- Пипоян С.Х., Рухкян Р.Г. Размножение и развитие серебряного карася *Carassius auratus gibelio* в водоемах Армении // *Вопр. ихтиологии*. 1998. Т. 38. № 3. С. 353–358.
- Поляковский В.И., Папковская А.А., Богданов Л.В. Биохимический полиморфизм серебряного карася *Carassius auratus gibelio*, обитающего в озере Судобле (БССР) // Биохимическая генетика рыб. Л., 1973. С. 161–168.
- Предтеченский В.Е., Боровская В.М., Марголина Л.Т. Руководство по лабораторным методам исследования. М.: Медгиз, 1950. 804 с.
- Рухкян Р.Г. Кариология и происхождение форелей Закавказья. Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1989. 165 с.
- Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. Мурманск: Изд-во ПИПРО, 1968. 46 с.
- Трувеллер К.А., Нефедов Г.Н. Многоцелевой прибор для вертикального электрофореза в параллельных пластинах полиакриламидного геля // Научн. докл. высш. школы. Сер. биол. науки. 1974. № 9. С. 137–140.
- Трувеллер К.А., Абраменко М.И. Оценка дивергенции некоторых представителей карповых (Cyprinidae) по электрофоретическим спектрам белков и трансплантационному тесту // *Журн. общ. биологии*. 1990. Т. 51. № 5. С. 669–681.
- Черфас Н.Б. Естественная триплоидия у самок однополной формы серебряного карася (*Carassius auratus gibelio* Bloch) // *Генетика*. 1966а. Т. 2. № 5. С. 16–24.
- Черфас Н.Б. Анализ мейоза у однополых и двуполых форм серебряного карася // *Тр. ВНИИ пруд. рыб. хоз-ва*. М.: Пищевая пром-сть, 1966б. Т. 14. С. 63–82.
- Черфас Н.Б. Гиногенез у рыб // *Генетика и селекция рыб*. Л.: Наука, 1987. С. 309–335.
- Черфас Н.Б., Шарт Л.А. О триплоидии в молдавских популяциях серебряного карася // *Сб. науч.-исслед. работ ВНИИ пруд. рыб. хоз-ва*. 1970. Вып. 5. С. 276–283.
- Черфас Н.Б., Абраменко М.И., Емельянова О.В. и др. Генетические особенности индуцированного гиногенеза у гибридов серебряного карася с карпом // *Генетика*. 1986. Т. 22. № 1. С. 134–139.
- Черфас Н.Б., Емельянова О.В., Рекубретский А.В. и др. Исследование гибридов серебряного карася с карпом (опыт применения генетических методов в работах с отдаленными гибридами) // *Генетика в аквакультуре*. Л.: Наука, 1989. Ч. 2. С. 137–152.
- Boroň A. Use of erythrocyte measurements to detect natural triploids of spined loach *Cobitis taenia* (L.) // *Cytobios*. 1994. V. 78. № 315. P. 197–202.
- Collares-Pereira M.J. Révision caryologique des barbinés et hypotheses concernant la plésiomorphie possible de l'état polyploïde chez les cyprinidés // *Bull. Fr. Peche Piscicult*. 1993. V. 66. № 334. P. 191–199.
- Fan Z., Shen J. Studies of spermatozoa biology in *Carassius* // *Sci. Rep. Heilongjiang Fish Res. Inst. Chin. Acad. Fish. Sci.* 1983a. V. 21. P. 3–8.
- Fan Z., Shen J. Observation of the processes of spermatogenesis in *Carassius* by electron microscope // *Ibid.* 1983b. V. 21. P. 16–20.
- Fan Z., Shen J. Studies on the evolution of bisexual reproduction in crucian carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch) // *Aquaculture*. 1990. V. 84. № 3–4. P. 235–244.
- Goddard K.A., Dawley R.M., Dowling T.E. Origin and genetic relationships of diploid, triploid and diploid-triploid mosaic biotypes in the *Phoxinus eos-neogaeus* unisexual complex // *Evolution and ecology of unisexual vertebrates*. Albany: N.Y. St. Mus. Bull., 1989. V. 466. P. 268–280.
- Goddard K.A., Dawley R.M. Clonal inheritance of a diploid nuclear genome by a hybrid freshwater minnow (*Phoxinus eos-neogaeus*, Pisces: Cyprinidae) // *Evolution (USA)*. 1990. V. 44. № 4. P. 1052–1065.
- Goto Y., Kubota S., Kohno S. Highly repetitive DNA sequences that are restricted to the germ line in the hagfish *Eptatretus cirrhatus*: A mosaic of eliminated elements // *Chromosoma*. 1998. V. 107. № 1. P. 17–32.
- Gräser H.J. Partenogenese bei *Carassius*, sexuelle Fortpflanzung und Theorie des Alterns // *Biol. Zentrbl.* 1986. Bd. 105. S. 475–489.
- Kojima K., Matsumura K., Kawashima M. et al. Studies on the gametogenesis in polyploid ginbuna *Carassius auratus langsdorfii* // *J. Fac. Sci. Shinshu Univ.* 1984. V. 19. № 1. P. 37–52.

- Krishna G., Lakra W.S. Karyotype of a marine teleost, *Osteogobius militaris* (Linnaeus) // Proc. Natl. Acad. Sci. India. B. 1995. V. 65. № 3. P. 285–287.
- Lin S.M., Sezaki K., Kobayashi H. et al. Simplified techniques for determination of polyploidy in gimbuna *Carassius auratus langsdorfii* // Bul. Jap. Soc. Sci. Fish. 1978. V. 44. № 6. P. 601–606.
- Muramoto J. A note on triploidy of the funa (*Cyprinidae*, Pisces) // Proc. Jap. Acad. Sci. 1975. V. 51. № 7. P. 583–587.
- Murayama Y., Hijikata M., Nomura T. et al. Analyses of histocompatibility and isozyme variations in triploid fish, *Carassius auratus langsdorfii* // J. Fac. Sci. Shinshu Univ. 1984. V. 19. № 1. P. 9–25.
- Murayama Y., Hijikata M., Kojima K. et al. The appearance of diploid-triploid and diploid-triploid-tetraploid mosaic individuals in polyploid fish, gimbuna (*Carassius auratus langsdorfii*) // Experientia. 1986. V. 42. № 2. P. 187–188.
- Schartl M., Nanda I., Schlupp I. et al. Incorporation of sub-genomic amounts of DNA as compensation for mutational load in a gynogenetic fish // Nature. 1995. V. 373. № 6509. P. 68–71.
- Shen J., Fan Z., Wang G. Karyotype studies of male triploid crucian carp (Fangzheng crucian carp) in Heilongjiang // Acta Genet. Sin. 1983a. V. 10. № 2. P. 133–136.
- Shen J., Wang G., Fan Z. The ploidy of crucian carp and its geographical distribution in Heilongjiang Main River // J. Fish Chin. 1983b. V. 7. № 2. P. 87–94.
- Suzuki A. Chromosomal evolution of the suborder *Cyprinoidei*, with special reference to topical problems of phylogenetic relationships of their families // Cytobios. 1996. V. 87. № 350. P. 169–179.
- Suzuki A., Taki Y., Mochizuki M. et al. Chromosomal speciation in Eurasian and Japanese Cyprinidae (Pisces, Cypriniformes) // Ibid. 1995. V. 83. № 334. P. 171–186.
- Svärdson G. Chromosome studies on Salmonidae // Rep. Swed. State Inst. Freshwater Fish. Res. 1945. V. 23. P. 1–151.
- Thibault R.E. Ecological and evolutionary relationships among diploid and triploid unisexual fishes, associated with the bisexual species, *Poeciliopsis lucida* (Cuprinodontiformes, Poeciliidae) // Evolution. 1978. V. 32. № 3. P. 613–623.
- Yamamoto S., Takase T., Ikeda M. et al. Linked loci with a null allele for liver esterase in crucian carp // Tohoku J. Agr. Res. 1998. V. 48. № 3–4. P. 93–101.
- Yamashita M., Jiang Jianqiao, Onozato H. et al. A tripolar spindle formed at meiosis I assures the retention of the original ploidy in the gynogenetic triploid crucian carp, gimbuna *Carassius auratus langsdorfii* // Devel. Growth Differ. 1993. V. 35. № 6. P. 631–636.
- Yang L., Yang S.T., Wei X.H. et al. Genetic diversity among different clones of the gynogenetic silver crucian carp, *Carassius auratus gibelio*, revealed by transferrin and isozyme markers // Biochem. Genet. 2001. V. 39. № 5–6. P. 213–225.
- Yin Hong-bin, Sun Zhong-wu, Pan Wei-zhi et al. Изучение развития гонад у триплоидного сома (*Silurus asotus*) // Oceanol. Limnol. Sin. 2000. V. 31. № 2. P. 123–129.
- Zhou J., Shen J., Liu M. A cytological study on the gynogenesis of Fangzheng crucian carp of Heilongjiang province // Acta Zool. Sin. 1983. V. 29. № 1. P. 11–16.

## Distribution and Cytogenetic Features of Triploid Male Goldfish in Azov Basin

M. I. Abramenko\*, E. V. Nadтока\*\*, M. A. Makhotkin\*\*,  
O. V. Kravchenko\*, and T. G. Poltavtseva\*

\* Research Institute of Biology, Rostov State University, pr. Stachki 194/1, Rostov-on-Don, 344090 Russia

\*\* Faculty of Biology and Pedology, Rostov State University, ul. B. Sadovaya 105, Rostov-on-Don, 344006 Russia

E-mail: mabramenko@mail.ru

**Abstract**—When studying uni-bisexual goldfish (*Carassius auratus gibelio*) populations in the Azov basin in 1995–2000, we found triploid males, which constituted 2.5%, on average, of the total numbers of studied samples. The areas of nuclei of erythrocytes of triploid males were, on average, 1.35 times those in diploid males. At the same optical density of DNA, the sizes of mature spermatozoon heads in triploid males were, on average, 1.8 times smaller than in diploid males, as follows from the data obtained in 1966. The results of similar studies carried out during the period of natural spawning activity in 1997–1999 suggest that the sizes of spermatozoon heads suggest that the sizes of spermatozoon heads in triploid males were, on the contrary, 1.5 those in diploid males. Triploid males were characterized by mosaicism of spermatozoon size and chromosome mosaicism in somatic cells. Electrophoretic analysis for the locus of transferring confirmed the triploid status of this genetic group. The results of comparative crosses of goldfish with different ploidy suggest a high fertilizing capacity of triploid males, as well as normal viability of their progenies. A distinct positive correlation ( $r = 0.73$ ) was found between the numbers of triploid females and triploid males in mixed di-triploid populations. No significant correlation was found between males and females within di- or triploid populations.

**Key words:** goldfish, triploid males, distribution, erythrocytes, spermatozoa, chromosomes, mosaicism, transferrins, crosses, correlation.