курской сельскохозяйственной государственной академии. – 2008. – № 5 (5). – С. 61–65. 10. Новый препарат «Лексофлон» для лечения коров при остром послеродовом и хроническом эндометритах / А. М. Семиволос, Л. М. Кашковская, И. Ю. Панков, А. А. Брюханова // Ветеринарный фармакологический вестник ФГБНУ «ВНИВИПФиТ». – 2019. – № 1 (6). – С. 62–68. 11. ЭкоНиваАгро. «EKONIVA-ЭКОНИВА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ekoniva-apk.ru/ekonivaagr. – Дата доступа: 05.02.2020.

Поступила в редакцию 14.09.2020 г.

УДК 639.3.034.2

ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОЛИМОРФИЗМА ГИБРИДНОЙ ПОПУЛЯЦИИ АМУРСКОГО САЗАНА (*CYPRINUS CARPIO HAEMATOPTERUS*), ПОЛУЧЕННОЙ ПРИ СКРЕЩИВАНИИ БЕЛОРУССКИХ И РОССИЙСКИХ ПЛЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПО ЛОКУСУ ТРАНСФЕРРИНА

Маханько О.В., Орлов И.А., Кралько С.В., Сергеева Т.А.
РУП «Институт рыбного хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

В статье оценен молекулярно-генетический полиморфизм по локусу трансферрина (Tf) популяции амурского сазана ханкайской популяции, полученной от скрещивания самок ремонтно-маточного стада восьмого поколения, включенного в коллекционный генофонд Республики Беларусь, с племенными самцами из ФГБНУ «ВНИИПРХ» (РФ). По результатам проведенного анализа подтверждена гибридность полученной популяции. ***Ключевые слова:*** *амурский сазан, поколение, генофонд, трансферрин, генотип, аллель.*

ESTIMATION OF GENETIC POLYMORPHISM OF WILD CARP (*CYPRINUS CARPIO HAEMATOPTERUS*) HYBRID POPULATION, OBTAINED FROM CROSSING OF BELARUSIAN AND RUSSIAN BROOD STOCK SPAWNERS, AT TRANSFERRIN LOCUS

Makhanko O.V., Orlov I.A., Kralko S.V., Sergeeva T.A.
RUE «Fish Industry Institute», Minsk, Republic of Belarus

The article presents the results of genotyping at transferrin locus (Tf) of hybrid lines, developed from crossing of the Amur wild carp (C. carpio haematopterus), included in the collection gene pool of the Republic of Belarus, females, with the VNIIPRH brood stock males from Russian Federation. ***Keywords:*** *amur wild carp, generation, genetic pool, transferrin, genotype, allele.*

Введение. Трансферрин (Tf) – β-глобулин сыворотки крови, характерной особенностью которого является способность обратимо связывать ионы железа. Он демонстрирует высокую степень полиморфизма и хорошо изучен у человека и животных, что позволяет использовать его в качестве маркеров для оценки генетического потенциала племенных стад рыб. Этому способствовали кодоминантная природа наследования гена *Tf* со множеством аллелей и методическая легкость электрофоретического разделения и визуализации изоформ этого белка [1, 2].

Обыкновенный карп является полиплоидом. Для него характерно наличие около 50 хромосом (n ≈50), что примерно в два раза больше, чем у большинства других карповых рыб [3]. Это подтверждается наличием дуплицированных локусов некоторых ферментов [4-6]. Однако M. Valenta [1976] с соавторами показали, что, несмотря на полиплоидию, у карпа активным является лишь один локус трансферрина [7]. Это справедливо также и для дикого предшественника карпа – сазана. Установлено, что у двух подвидов: сазана европейского и карпа *Cyprinus carpio carpio* L. и сазана амурского - *Cyprinus carpio haematopterus* Temm. Et Schleg. – система трансферринов параллельна [8, 9].

У амурского сазана обнаружено максимальное количество аллелей – десять: основные аллели x, y, z, a, b, c, d, e, а также аллели с промежуточной подвижностью - a^f и c^f. [2, 10-12]. Некоторые авторы выделяют до 20 фракций трансферрина, среди них гибридологический анализ наследования был проведен не для всех [13-14]. У культурных карпов наиболее распространены четыре аллеля Tf- a, b, c, реже – d [15].

Целью данного исследования являлось изучение полиморфизма РМС амурского сазана ханкайской популяции, выращиваемого на протяжении восьми поколений в Беларуси, по локусу трансферрина, оценка генетической базы РМС амурского сазана после гибридизации белорусских племенных производителей с российскими из ФГБНУ «ВНИИПРХ».

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на базе селекционно-племенного участка «Изобелино» Молодечненского района Минской области РУП «Институт рыбного хозяйства». Материалом для исследования служили 54 особи ремонтно-маточного стада амурского сазана ханкайской популяции восьмого поколения. Из них 30 особей – выборка гибридной популяции старшего ремонта, полученной от спаривания белорусских племенных

самок и самцов, предоставленных ФГБНУ «ВНИИПРХ» (РФ) (достигших на время анализа, 2020 год, 4-летнего возраста) и 24 экземпляра 6-летних племенных производителей – представителей белорусского генофонда.

При переводе в стадо производителей представителей старших групп ремонта проводили их биохимико-генетическую экспертизу. Отобранных производителей метили индивидуально проционовыми холодоводорастворимыми красителями. Красители разных цветов по разработанной схеме вводили в чешуйные кармашки [16].

Биохимико-генетические исследования проводили методом электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ) в камере вертикальной модификации Г.Н. Нефедова и К.А. Трувелера [17]. ПААГ готовили по методу Б. Девиса [18], окрашивание гелевых блоков – по модификации А. Таммерта [19]. Протеины выделяли из сыворотки крови рыб. Паттерны электрофоретического разделения изоформ трансферрина выявляли методом окрашивания в спиртово-уксусном растворе сложного красителя Кумасси [20].

Результаты исследований. На базе рыбхоза «Вилейка» в 1976-77 гг. была создана репродукционная база по формированию ремонтно-маточного стада амурского сазана ханкайской популяции, генетический материал которого был завезен из Украины (репродукционная база «Лисневичи») [15]. В республике амурский сазан воспроизводится «в себе» на протяжении восьми поколений, а племенной материал использовался для получения гибридов, полученных при скрещивании с самками карпа [21, 22].

Первые исследования белорусского генофонда амурского сазана по локусу трансферрина проводили при формировании маточного стада четвертого поколения, полученного методом семейных скрещиваний. Всего исследован генофонд 6 семей (304 экз.) амурского сазана [23].

В настоящее время в СПУ «Изобелино» имеется популяция амурского сазана восьмого поколения. Формируется девятое поколение. Генетический полиморфизм по локусу трансферрина смешанного РМС амурского сазана седьмого и восьмого поколения был ранее проанализирован в сравнении с популяцией четвертого поколения [24]. Было показано, что генетическая база РМС седьмого-восьмого поколения заметно сузилась, несмотря на попытку спаривания самок белорусского стада с двумя российскими самцами. Обнаружено лишь 11 генотипов из 17, присутствовавших ранее в четвертом поколении. Частоты аллелей X, Z, C, B значительно снизились, были утеряны аллели W и D. Гомозиготы стали значительно преобладать над гетерозиготами [24]. В связи с этим РМС восьмого поколения была вновь спарена с российскими производителями из ФГБНУ «ВНИИПРХ», в качестве отцовских партнеров.

Полученная в результате этой гибридизации популяция, находящаяся ко времени анализа (2020 год) в возрасте 4 года, послужила предметом исследования в настоящей работе. Результаты представлены в таблицах 1 и 2, рисунках 1-4.

Таблица 1 – Частоты фенотипов по трансферриновому локусу выборок РМС амурского сазана, проанализированных в 2020 г.

Пол	Кол-во рыб, экз.	Частоты фенотипов, %									
		AX	AY	AZ	AA	BB	BX	YY	BZ	BY	XX
гибридный ремонт, 4-летки											
♀	15	13,3	26,7	-	20,0	13,3	-	13,3	-	6,67	6,67
♂	15	-	33,3	-	20,0	13,3	20,0	-	6,67	-	6,67
Итого	**30**	**6,7**	**30,0**	**-**	**20,0**	**13,3**	**10,0**	**6,7**	**3,33**	**3,33**	**6,7**
производители, 6-летки											
♀	12	**-**	**-**	8,3	8,3	-	-	66,7	-	-	16,7
♂	12	8,3	-	8,3	25,0	8,3	-	41,8	-	-	8,3
Итого	**24**	**4,1**	**-**	**8,4**	**16,7**	**4,1**	**-**	**54,2**	**-**	**-**	**12,5**

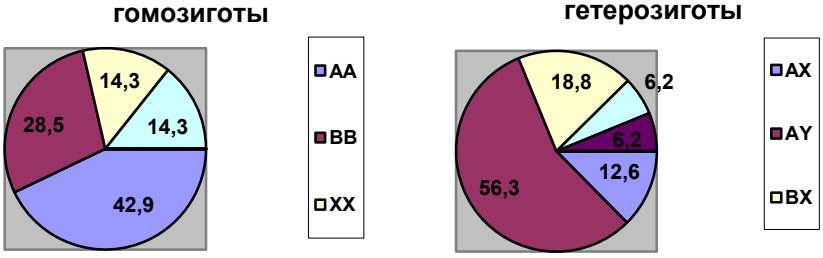

Рисунок 1 - Соотношение гомо- и гетерозигот в выборке амурского сазана (гибридные 4-летки)

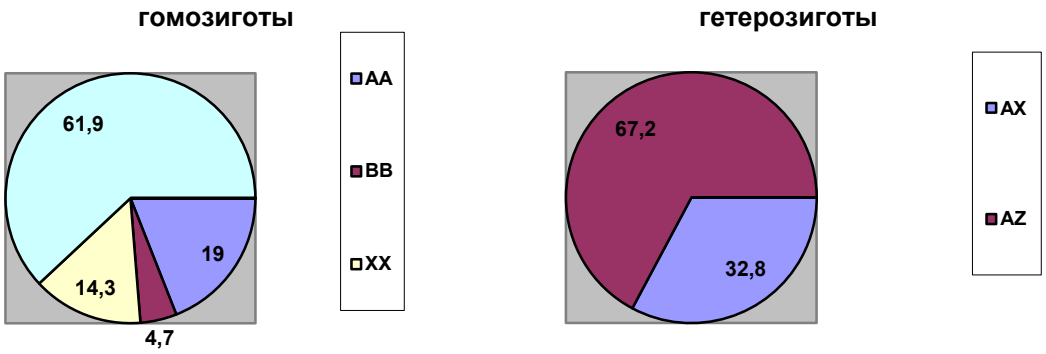

Рисунок 2 - Соотношение гомо- и гетерозигот в выборке амурского сазана (6-летки)

В популяции 6-леток насчитывается 6 фенотипов, из них четыре гомозиготы (AA, BB, YY, XX) и две гетерозиготы (AX, AZ).

Популяция 4-леток представлена 9-ю фенотипами, из них четыре – гомозиготы (AA, BB, YY, XX) и пять – гетерозиготы (AX, AY, BX, BZ, BY).

Более половины выборки 6-леток составляет фенотип YY (54,2%), у 4-леток наиболее многочисленна гомозигота AA (16,7%). Наиболее представленная гетерозигота у 4-леток – AY (30%), причем в выборке 6-леток она отсутствует.

Таблица 2 – Частоты аллелей по трансферриновому локусу выборок РМС амурского сазана, проанализированных в 2020 г.

Пол	Кол-во рыб, экз	Частоты аллелей					Доля гете-розигот,%
		q^A	q^B	q^Y	q^Z	q^X	
гибридный ремонт, 4-летки							
♀	15	0,4	0,17	0,3	-	0,13	
♂	15	0,36	0,27	0,17	0,03	0,17	
итого	**30**	**0,38**	**0,22**	**0,23**	**0,02**	**0,15**	**53,4**
производители, 6-летки							
♀	12	0,13	-	0,58	0,04	0,17	
♂	12	0,33	0,08	0,42	0,04	0,13	
итого	**24**	**0,23**	**0,04**	**0,5**	**0,04**	**0,15**	**12,5**

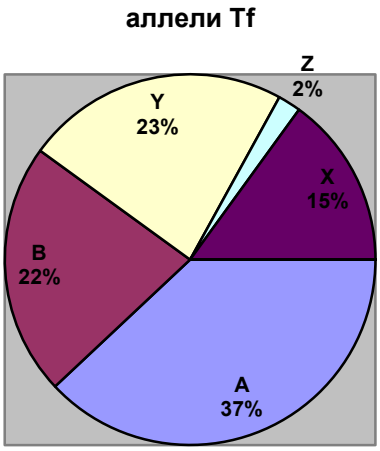

Рисунок 3 - Соотношение частот аллелей по трансферриновому локусу в выборке амурского сазана (гибридные 4-летки)

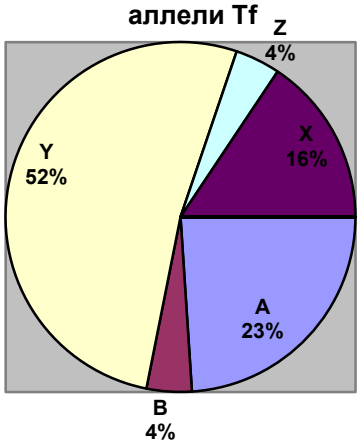

Рисунок 4 - Соотношение частот аллелей по трансферриновому локусу в выборке амурского сазана (6-летки)

Качественный состав аллелей гена *Tf* у гибридных 4-леток и у 6-леток совпадает. У 6-леток выявлено почти вдвое больше аллели Y, чем у 4-леток (50% и 23% соответственно). Для аллели А частоты составляют 23% и 38% соответственно. В поколении 4-леток увеличилось количество аллели В с 4% до 22%.

На рисунке 5 изображено графически соотношение гомо- и гетерозигот по локусу трансферрина в РМС разных поколений амурского сазана. Гетерозиготность резко снизилась в 7-8 поколении, а выборка 6-летних представителей РМС 2020 года состояла практически из гомозигот (87,5%). Предпринятая гибридизация с российским племенным материалом позволила значительно повысить гетерозиготность, которая вновь стала преобладать.

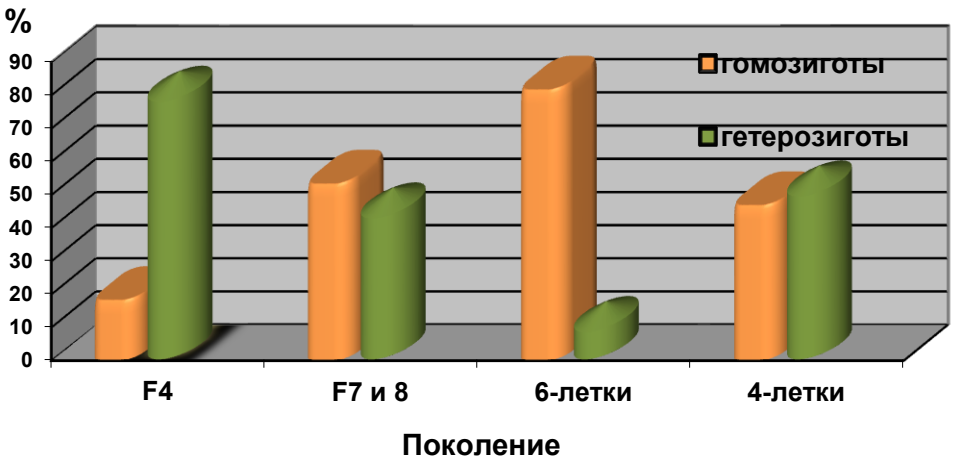

Рисунок 5 – Соотношение гомо- и гетерозигот по локусу трансферрина у амурского сазана 4-го [23], 7-8-го поколений [24] и выборок РМС 2020 года (6-летки и гибридные 4-летки)

Заключение. Поскольку гетерозиготность РМС амурского сазана повысилась на 40,9%, в частности, расширился состав фенотипов с 6 до 9, из них гетерозиготных - с 2 до 5, можно сделать вывод о том, что популяция 4-леток является гибридной, и генофонд амурского сазана, на протяжении многих поколений выращиваемого в условиях Беларуси, обогатился за счет спаривания с российскими производителями.

Литература. *1. Кирпичников, В. С. Генетика и селекция рыб / В. С. Кирпичников. – Ленинград : Наука, 1987. – 519 с. 2. Демкина, Н. В. Биохимические маркеры в селекции и разведении карповых и осетровых рыб : автореф. дис. … докт. биол. наук : 03.00.10 / Н. В. Демкина ; ВНИИПРХ. – Мн., 2005. – 50 с. 3. Diploid-tetraploid relationship among old-world members of the fish family Cyprinidae / S. Ohno [et al.] // Chromosoma. – 1967. – Vol. 23, № 1. – P. 1–9. 4. Polyploidization in the fish family Cyprinidae, order Cypriniformes. II/ Duplication of the gene loci coding for lactate dehydrogenase (E.C.1.1.1.27) and 6-phosphogluconate dehydrogenase (E.C.1.1.1.44) in various species of Cyprinidae / J. Klose [et al.] // Humangenetik. – 1969. – Vol. 7. – P. 245. 5. Shmidtke. J. Duplication of ther gene loci coding for the supernatant aspartate*

aminotransferase by polyploidisation in the fish family Cyprinidae / J. Shmidtke, W. Engel // Experientia. – 1972. – Vol. 28. – P. 976. 6. Futami, K. Functional divergence of duplicated c-myc genes in a tetraploid fish, the common carp (Cyprinus carpio) / K. Futami, H. Zhang, N. Okamoto // Gene. – 2005. – Vol. 363 – P. 61–66. 7. Polymorphism of transferrin in carp (Cyprinus carpio L.): Genetic determination, isolation, and partial characterization / M. Valenta // Biochemical Genetics. – 1976. – Vol. 14, № 1, 2. – P. 27–45. 8. Балахнин, И. А. Распределение и генная частота типов трансферрина у беспородного карпа и амурского сазана / И. А. Балахнин, Л. М. Романов // Гидробиологический журнал. – 1971. – Т. 7, № 3. – С. 84–86. 9. Балахнин, И. А. Типы гемоглобина, трансферрина, преальбумина и содержание калия в крови карпов из рыбхоза "Волма" (БССР) / И. А. Балахнин, Л. А. Богданов, А. А. Лазовский // Вестник зоологии. – 1973. – № 2. – С. 25–31. 10. Паавер, *Т. К. Генетический полиморфизм белков* карпа *Cyprinus carpio (L.): автореф. дис. … канд. биол. наук / Т. К. Паавер. – Л., 1980. – 16 с. 11. Паавер, Т. Биохимическая генетика карпа Cyprinus carpio / Т. Паавер. – Таллинн : Валгус, 1983. – 122 с. 12. Kirpitchnikov, V. S. Genetics and breeding of common carp, INRA / V. S. Kirpitchnikov. – Paris, 1999. – 126 с. 13. Сапрыкин, В. Г. Изучение системы трансферрина у карпа Cyprinus carpio L. I. Результаты генетико-популяционного анализа / В. Г. Сапрыкин // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1985. – № 219. – С. 141–155. 14. Щербенок, Ю. И. Генетическая изменчивость некоторых белков карпа трех породных групп / Ю. И. Щербенок, О. А. Галанов // Сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 1985. – № 219. – С. 133–140. 15. Грициняк, І. І. Генетична структура порід і порідних груп коропів за окремими генетико-біохімічними системами / І. І.Грициняк, Т. А. Нагорнюк, С. І. Тарасюк // Рибогосподарська наука України. – К., 2008. – № 1. – С. 29–35. 16. Катасонов, В. Я. Инструкция по мечению племенных рыб / В. Я. Катасонов, И. И. Стояновский, Ю. П. Мамонтов. – М.: ВНИИНРХ, 1979. – 27 с. 17. Трувелер, К. А. Многоцелевой прибор для вертикального электрофореза в параллельных пластинах полиакриламидного геля / К. А. Трувеллер, Г. Н. Нефедов // Доклады высшей школы. Серия: биологические науки. – 1974. – № 9. – С. 137–140. 18. Devis, B. I. Disc-electrophoresis. - II Metod (I) and applications to human serum proteins / B. I. Devis. – Ann N.Y. Acad. Sci. – 1964. – Vol. 121. – № 2, № 5. – P. 404–408. 19. Таммерт, М. Ф. Вариабельность трансферрина у карпа Cyprinus carpio L. / М. Ф. Таммерт // Биохимическая генетика рыб. – Л., 1973. – С. 138–140. 20. Салменкова, Е. А. Применение электрофоретических методов в популяционно-генетических исследованиях рыб в пределах их ареалов / Е. А.Салменкова, Т. В.Малинина // Типовые методики исследований продуктивности видов рыб в пределах ареалов. – Вильнюс : Мокслас,1976. – Ч. 2. – С. 82–92. 21. Инструкция по серийному мечению племенных производителей карпа органическими проционовыми красителями / А. И. Чутаева, А. П. Семенов, Е. В.Таразевич, И. В.Чимбур // Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси. – Минск, 2006. – С. 20–25. 22. Таразевич, Е. В. Промышленная гибридизация карпа с амурским сазаном – метод повышения рыбопродуктивности прудов / Е. В. Таразевич, А. И. Чутаева, Э. К. Скурат ; БелНИИНТИ. – Минск, 1984. – № 15. – 23 с. Сравнительная характеристика рыбохозяйственных показателей амурского сазана первого и пятого поколений / М. В. Книга, Е. В. Таразевич, А. П. Семёнов, В. В. Шумак // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. – Минск, 2007. – Вып. 23. – С. 281–287. 24. Полиморфизм племенного стада амурского сазана ханкайской популяции седьмого и восьмого поколения, выращенного в условиях Беларуси, по локусу трансферрина / С. В. Кралько, М. В. Книга, Т. А. Сергеева, Д. А. Жмойдяк, О. В. Маханько // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси : сб. науч. тр. / Под общ. ред. В. Ю. Агееца. – Минск, 2019. – Вып. 35. – С. 88–94.*

Поступила в редакцию 17.09.2020 г.

УДК 638.142

ВЛИЯНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОЙ ПЛЕНКИ В КАЧЕСТВЕ УТЕПЛИТЕЛЯ ГНЕЗДА НА РАЗВИТИЕ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ И УВЕЛИЧЕНИЕ ИХ ПРОДУКТИВНОСТИ

***Мищенко О.А., *Литвиненко О.Н.,'**Криворучко Д.И., **Трокоз В.А.**
*Национальный научный центр «Институт пчеловодства имени П.И. Прокоповича», г. Киев, Украина
**Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, г. Киев, Украина

Весна – один из ответственнейших периодов в пчеловодстве. Для успешного весеннего развития пчелиных семей одним из основных условий является достаточное количество углеводных и белковых кормов и оптимальное утепление гнезд. Экспериментально доказано, что утепление и герметизация пчелиного гнезда полиэтилентерефталатной пленкой в период весеннего развития уменьшает весенние потери пчел и ускоряет наращивание силы пчелиных семей, повышает их продуктивность. ***Ключевые слова:*** *гнездо пчелиной семьи, белковый корм, мед, полиэтилентерефталатная пленка, развитие семьи, расплод, биологический конденсат.*

THE INFLUENCE OF POLYETHYLENTEREPHTHALATE FILM AS A NEST HEATER ON THE DEVELOPMENT OF BEE FAMILIES AND INCREASING THEIR PRODUCTIVITY

***Mishcenko O.A., *Lytvynenko O.M., **Kryvoruchko D.I., **Trokoz V.O.**
*National Scientific Centre «Institute of Beekeeping Named After P.I. Prokopovich», Kyev, Ukraine
**National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyev, Ukraine