



Генетика популяций: прогресс и перспективы

Материалы Международной научной
конференции, посвящённой 80-летию
со дня рождения академика Ю.П. Алтухова
и 45-летию лаборатории
популяционной генетики ИОГен РАН

“Ваш Формат”
Москва 2017

Федеральное агентство научных организаций / Federal Agency of Scientific Organizations
Российская академия наук / Russian Academy of Sciences (RAS)
Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН
Vavilov Institute of General Genetics RAS (VIGG)
Научный совет по генетике и селекции РАН / Scientific Council for Genetics and Breeding RAS
Вавиловское общество генетиков и селекционеров
Vavilov Society of Geneticists and Breeders
Кафедра генетики Биологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова
Department of Genetics, Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University (MSU)
Учебно-научный центр ИОГен РАН и Кафедры генетики Биологического факультета МГУ
Scientific Training Center of VIGG and Department of Genetics of Faculty of Biology MSU
Звенигородская биологическая станция им. С.Н. Скадовского Биологического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова / S.N. Skadovsky Zvenigorod Biological Station MSU

Генетика популяций: прогресс и перспективы

Материалы Международной научной конференции, посвящённой
80-летию со дня рождения академика Ю.П. Алтухова (1936 – 2006)
и 45-летию основания лаборатории
популяционной генетики им. Ю.П. Алтухова ИОГен РАН

(Звенигородская биологическая станция им. С.Н. Скадовского Биологического
факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, 17-21 апреля 2017 г.)

Genetics of Population: Progress and Perspectives

Proceedings of the International Scientific Conference commemorating the 80th
birthday of Academician Yury P. Altukhov (1936–2006)
and dedicated to the 45th Anniversary of
the Laboratory of Population Genetics VIGG RAS named after Yu. P. Altukhov
(held at S. N. Skadovsky Zvenigorod Biological Station of Biological Faculty of
Lomonosov Moscow State University on April 17–21, 2017)

«Ваш Формат»
Москва - 2017

of Gondwana decay), and the time of the divergence of the genomes of sterlet and kaluga sturgeons, according to the method of molecular clock, is about 125 million years (Peng et al., 2007).

Клональное потомство гибридов осетровых рыб как экспериментальное воспроизведение первых этапов сетчатого видообразования

Васильев В.П.¹, Мелвелев Д.А.¹, Рачек Е.И.², Амвросов Д.Ю.², Васильева Е.Д.³

¹Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н.Северцова РАН, Москва, Россия

²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр, Владивосток, Россия

³Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Биологический факультет, Зоологический музей, Москва, Россия

В основе сетчатого видообразования у позвоночных животных лежат три взаимосвязанных явления: гибридизация, однополое размножение и полиплоидия. Полный цикл сетчатого видообразования включает несколько этапов: 1) межвидовая гибридизация диплоидных бисексуальных видов и возникновение новых клональных (геногенетически у рыб) или полуклональных (гибридогенетически) видов; 2) возвратная гибридизация клональных или полуклональных видов с одним из исходных или с третьим диплоидным бисексуальным видом, в результате чего возникают триплоидные клональные виды; 3) гибридизация триплоидных клональных видов с одним из исходных бисексуальных видов и образование тетраплоидных клональных и/или, что более важно, восстановление бисексуальности и возникновение тетраплоидных бисексуальных видов.

Среди рыб найдено достаточно большое число бисексуальных видов, имеющих полиплоидное происхождение. У современных осетровых (Acipenseridae) выделены три уровня плоидности: виды с числом хромосом около 120 (функциональные диплоиды, эволюционные тетраплоиды), с числом хромосом около 250-270 (функциональные тетраплоиды, эволюционные октоплоиды) и единственный вид *Acipenser brevirostrum* Lesauv., 1818 с числом хромосом около 372 (функциональный гексаплоид, эволюционный дидекаплоид). К настоящему времени общепринято, что полиплоидные виды осетровых имеют аллополиплоидное происхождение, т.е. возникли в результате гибридизации видов с меньшим уровнем плоидности. Действительно, многие виды осетров обладают исключительно высокой способностью к образованию жизнеспособных и более или менее плодовитых гибридов при искусственных скрещиваниях. Однако известно, что нормально фертильные гибриды, способные успешно размножаться, возникают от родительских видов с одинаковым уровнем плоидности, тогда как у гибридов от видов с разным уровнем плоидности стерильны оба пола или стерильны самки. В ряде случаев гибридные самки у рыб могут быть плодовитыми не только при сходных кариотипах родительских видов, но и при существенных их различиях. Плодовитость таких самок обусловлена тем, что они продуцируют нередуцированные яйцеклетки, благодаря премейотической эндоредупликации хромосом, и затем в первом делении мейоза конъюгируют не гомологичные, а возникшие сестринские хромосомы. В результате потомство, таких самок, при условии блокирования истинного оплодотворения, генетически идентично матери, т.е. является клоном.

Экспериментальные скрещивания для получения клонального потомства осетров проводили на Лучегорской НИРС ТИНРО-Центра. Использовали самок ранее полученного гибрида калуги *A. dauricus* Georgi, 1775 ($2n=250$) и стерляди *A. ruthenicus* Linnaeus, 1758 ($2n=120$) и интактную и инaktivированную сперму стерляди и инaktivированную сперму амурского осетра, *A. schrenckii* Brandt, 1869. Кариологический анализ секолетков возвратных гибридов (калуга \times стерлядь) \times стерлядь и (стерлядь \times калуга) \times стерлядь показал, что они являются триплоидами (имеют около 250 хромосом), соответственно самки гибрида продуцируют нередуцированные яйцеклетки (около 190 хромосом). Успешность инaktivации спермы в двух других скрещиваниях подтверждена анализом микросателлитов и кариотипов; с помощью микросателлитного анализа показана полная идентичность

гибридной самки и полученного потомства. Таким образом, нам впервые удалось получить клональное потомство осетровых рыб. Искусственное получение клональных линий гибридов и триплоидных гибридов осетровых можно рассматривать как экспериментальное воспроизведение первых этапов сетчатого видообразования.

The clonal progeny of sturgeon hybrids: as an experimental reproduction of the first stages of the reticular speciation

Vasil'ev V.P.¹, Medvedev D.A.¹, Rachev E.I.², Anzurov D.Yu.², Vasil'eva E.D.³

¹*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, Moscow, Russia*

²*Pacific Fisheries Research Center, Vladivostok, Russia*

³*M.V. Lomonosov Moscow State University, Biological Department, Zoological Museum, Moscow, Russia*

Three related events, namely hybridization, unisexual reproduction and polyploidy, underlie reticular speciation in vertebrates. The complete cycle of reticular speciation involves several stages: 1) interspecific hybridization between diploid bisexual species and the origin of new clonal (gynogenetic in fish) or semiclonal (hybridogenetic) species; 2) back-cross hybridization between clonal or semiclonal species and one of its parental or the third diploid bisexual species resulting in the origin of triploid clonal species; 3) hybridization between triploid clonal species and one of parental bisexual species resulting in the origin of tetraploid clonal species or, more important, tetraploid bisexual species by the restoration of bisexuality.

A large enough number of bisexual species from polyploid origin are found among fishes. Three levels of ploidy are revealed in recent sturgeons (Acipenseridae): species with a chromosome number of about 120 (functional diploids, but evolutionary tetraploids); species with about 250-270 chromosomes (functional tetraploids, evolutionary octoploids) and the only species *Acipenser brevirostrum* Lesueur, 1818 with about 372 chromosomes (functional hexaploid, evolutionary didekaploid). By now, it is generally accepted that the polyploid species of sturgeon have allopolyploid origin: they originated by the hybridization of species with lower levels of ploidy. Indeed, many species of sturgeon have extremely high ability to form a viable and more or less fertile hybrids when artificial crossings. However, it is known that normal fertile hybrids (that can successfully reproduce) arise from the parental species with the same ploidy level, whereas among hybrids of species with different ploidy levels both sexes and females are sterile. In some cases, the hybrid females in fishes are fertile not only if their parental species have similar karyotypes, but even these karyotypes are significantly different. The fecundity of these females is caused the fact that they produce unreduced eggs, owing to premeiotic endoreduplication of chromosomes, and then in the first division of meiosis the conjugation occurs between not homologous but newly appeared sister chromosomes. As a result, such females, provided blocking of true fertilization, produce the offspring genetically identical to the mother, i.e. a clone.

The experimental crossbreeding to produce clonal offspring in sturgeons was carried out in Luchegorsk station of Pacific Fisheries Research Center. Females of previously obtained hybrid between kaluga sturgeon *A. dauricus* Georgi, 1775 ($2n = 250$) and sterlet *A. ruthenicus* Linnaeus, 1758 ($2n = 120$) were used as well as intact and inactivated sterlet sperm and inactivated sperm of Amur sturgeon, *A. schrenckii* Brandt, 1869. The karyological analysis of back-cross hybrid fingerlings (kaluga sturgeon \times sterlet) \times sterlet and (sterlet \times kaluga) \times sterlet showed that they are triploids (have about 250 chromosomes), it means that hybrid females produce unreduced eggs (about 190 chromosomes). The success of the inactivation of the sperm in the other two crossings is confirmed by microsatellite analysis and karyological data; microsatellite analysis shows complete identity of the hybrid female and its progeny. Thus, we succeeded in producing of clonal progeny of sturgeon the first time. Artificial obtaining of clonal lines of hybrids and triploid hybrids of sturgeons can be considered as an experimental reproduction of the first stages of reticular speciation.