


Декабрь 2011 года

R

	منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة	联合国 粮食及 农业组织	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture	Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
---	--	--------------------	---	---	---	--

# КОМИТЕТ ПО РЫБНОМУ ХОЗЯЙСТВУ

## ПОДКОМИТЕТ ПО АКВАКУЛЬТУРЕ

### Шестая сессия

Кейптаун, Южная Африка, 26-30 марта 2012 года

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

### ВВЕДЕНИЕ

1. С древнейших времен промысел рыбы, беспозвоночных (в первую очередь моллюсков и ракообразных) и водных растений (в первую очередь морских водорослей) был для населения земного шара важным источником питания. Сегодня в аквакультуре и рыболовстве непосредственно заняты более 180 миллионов человек, отрасль обеспечивает средствами к существованию восемь процентов населения планеты. Доля каждого из указанных секторов в производстве пищевых продуктов водного происхождения составляет около 50 процентов<sup>1</sup>. В природе существует 31 000 видов костных рыб, 85 000 видов моллюсков, 47 000 видов ракообразных и 13 000 видов морских водорослей. Более 5 000 из них являются объектами промысла, а 400 видов используются в аквакультуре. В основе продуктивности и устойчивости мировой аквакультуры и рыболовства, как и основных услуг, предоставляемых водными экосистемами морских, солоноватых и пресных вод, лежат генетические ресурсы водных организмов.

2. Применение генетических принципов к используемым в аквакультуре видам водных организмов представляет собой относительно недавнее явление. Сектор еще не в полной мере использует существующие технологии в целях увеличения производства, уступая в этом другим секторам продовольственной отрасли. Широкое признание важной роли, которую генетическое совершенствование и применение биотехнологий должны сыграть в развитии аквакультуры, равно как возможности достичь очень значительного прироста производства за счет должного применения генетических технологий в рамках правильно спланированных программ работы по генетическому улучшению видов водных организмов, стало фактом лишь в последние двадцать лет.

3. Настоящий документ сопровождает рабочий документ COFI:AQ/VI/2012/9 *"Генетические ресурсы и технологии в развитии аквакультуры: возможности и вызовы"*. В документе излагаются вопросы настоящего и будущего применения в производстве продукции аквакультуры генетических технологий, приносящих выгоды как в краткосрочном, так и в долгосрочном масштабе, вкратце затрагиваются возможности их применения в целях описания

<sup>1</sup> FAO, 2010. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры, 2010 г. FAO, Рим. 225 стр.

генетических ресурсов водных организмов и управления такими ресурсами, рассматривается их возрастающая важность в обеспечении возможности отслеживания рыбы и рыбопродуктов.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ АКВАКУЛЬТУРЫ**

4. Задачи применения генетических технологий в аквакультуре могут быть разными, но в первую очередь генетические технологии используются в целях совершенствования производства. Соответствующие генетические технологии могут способствовать достижению улучшений в плане соответствия требованиям рынков, устойчивости к болезням, формы тела, цвета, пригодности к разведению и выращиванию, сохранения природных ресурсов. Программы по генетическому совершенствованию могут осуществляться с целью получения выгод в краткосрочном либо в долгосрочном масштабе. Выгоды в рамках программ, ориентированных на краткосрочный период, получаются незамедлительно, обычно в рамках двух поколений. Они, как правило, не носят кумулятивного характера, за исключением случаев, когда краткосрочные программы ведутся в сочетании с программами, нацеленными на получение выгод в долгосрочном масштабе. Именно долгосрочные программы, например селекционные, позволяют добиться улучшений, проявляющихся во всех поколениях<sup>2</sup>.

### **Долгосрочные стратегии генетического совершенствования**

5. Окультуривание и полноценное использование потенциала водных генетических ресурсов возможны исключительно за счет осуществления долгосрочных программ улучшения видов. В части окультуривания и получения генетически усовершенствованных линий аквакультура далеко отстала от растениеводства и животноводства.

### **Селекция**

6. Чаще всего селекционные программы нацелены на ускорение темпов роста организмов. Имеются сведения о том, что было достигнуто увеличение темпов роста в 20 процентов на поколение. Было доказано, что и другие особенности организмов характеризуются аддитивной генетической изменчивостью и, следовательно, также поддаются совершенствованию. Все чаще в программы селекционной работы включаются вопросы устойчивости к болезням и стрессам, сроков достижения половой зрелости и качества мяса. В последнее время охват селекционных программ расширился, они подвергались оптимизации, была начата реализация новых программ. В качестве примера видов, ставших объектами последних селекционных программ, можно привести атлантическую треску, атлантического лосося, обыкновенного карпа, королевскую дораду, гибридного полосатого лаврака, тилапию из озера Малави, средиземноморского лаврака, нильскую тилапию, красноперого пагеля и индийского большого карпа.

7. Если говорить об устойчивости к болезням, использование окультуренной и генетически усовершенствованной линии белой тихоокеанской креветки *Penaeus vannamei* позволило сектору аквакультуры значительно увеличить производство креветок, но при этом создало серьезный риск устойчивых инфекций, в частности вирусных, передающихся от маточного стада особям, только что вышедшим из стадии личинок. Использование свободной от специфицированной патогенной микрофлоры (SPF) окультуренной креветки требует, в первую очередь, серьезного учета вопросов биобезопасности<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Bartley D.M. 1998. Genetics and breeding in aquaculture: current status and trends, pp. 13-30. In D.M. Bartley and B. Basurco (eds), Genetics and Breeding of Mediterranean Aquaculture Species Cahiers OPTIONS Vol. 34. 297p.

<sup>3</sup> Hine, M. et al. 2011. Expert Panel Presentation III.3. Improving biosecurity: a necessity for aquaculture sustainability, pp. xx-xx. Book of Abstracts, Global Conference on Aquaculture 2010, 22-25 September 2010. FAO/NACA/Thailand Department of Fisheries. Phuket, Thailand.

8. Еще одним потенциальным направлением применения генетической селекции является повышение отдачи кормов. Это означает, что необходимо определить, могут ли средствами генетики быть выведены новые линии хищных рыб, обладающих природной способностью к усвоению белков как основного источника энергии<sup>4</sup>.

9. Основным двигателем развития промышленного разведения костных рыб на глобальном уровне останутся классические селекционные программы<sup>5</sup>.

### **Генная инженерия**

10. Сегодня методы генной инженерии начинают находить применение в производстве кормов. Задача состоит в сокращении зависимости аквакультуры от рыбной муки и рыбьего жира, в совершенствовании получаемых на суше животных и растительных компонентов кормов. В качестве примеров<sup>6,7</sup> можно привести: 1) полученные методом генной инженерии дрожжи для производства важных ингредиентов кормов, включая гормон роста и каротиноидные пигменты; 2) технологию предварительной подготовки растительных компонентов кормов с целью ослабления воздействия факторов, препятствующих усвоению питательных веществ; 3) выведение растений, характеризующихся оптимизированным набором аминокислот и ограниченным числом факторов, препятствующих усвоению питательных веществ; и 4) преобразование малоценной побочной продукции животноводческого производства в высокоценный белок.

11. Трансгенная рыба выращивается с середины 1980-х годов. Основное внимание в ходе исследований уделяется передаче генов гормона роста<sup>8</sup>. В ряде случаев сообщалось о значительном ускорении темпов роста. На сегодняшний день ни один вид трансгенной рыбы не одобрен для коммерческого производства в качестве пищи для людей.

### **Краткосрочные стратегии генетического совершенствования**

12. Методы генетического совершенствования, нацеленные на получение выгод в краткосрочном масштабе, могут не требовать того же уровня регистрации данных и управления, что и долгосрочные проекты. При этом они способны за счет несложных технологий обеспечить в короткий период времени значительные выгоды.

### **Гибридизация и скрещивание**

13. Скрещивание и гибридизация могут применяться для соединения положительных качеств двух генетически различных групп и использования преимуществ, связанных с повышением жизнестойкости гибридов (гетерозисом). Межвидовая гибридизация рыб позволила получить важные результаты: ускорение темпов роста, получение заданного соотношения полов, получение стерильных особей, повышение качества мяса, повышение устойчивости к болезням, повышение устойчивости к экстремальным условиям среды обитания, изменение других характеристик<sup>9</sup>.

---

<sup>4</sup> Rana, K.J. et al. 2009. Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. *Технический документ ФАО по рыбному хозяйству и аквакультуре*. № 541. Рим, ФАО. 63 стр.

<sup>5</sup> Hulata, G. 2009. Genetic improvement of finfish, p.55-86. In Burnell, G. and G. Allan (eds.). *New technologies in aquaculture*. CRC Press. 1191p.

<sup>6</sup> Ukibe, K. et al. 2009. Metabolic engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for astaxanthin production and oxidative stress tolerance. *Applied and Environmental Microbiology* 75:7205-7211.

<sup>7</sup> Rana, K.J. et al. 2009. Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. *Технический документ ФАО по рыбному хозяйству и аквакультуре*. № 541. Рим, ФАО. 63 стр.

<sup>8</sup> reviewed by Kapuscinski, A., 2005. Current scientific understanding of the environmental biosafety of transgenic fish and shellfish. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 24(1), 309-322.

<sup>9</sup> Bartley, D.M. et al. 2001. The use of inter-specific hybrids in aquaculture and fisheries *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10: 325–337.

### ***Изменение набора хромосом***

14. Изменение наборов хромосом (полиплоидизация) для многих видов водных организмов было осуществлено за счет теплового или химического шокового воздействия на развивающиеся эмбрионы. Триплоидные организмы полезны: они стерильны и, следовательно, способны вкладывать больше энергии в рост вместо созревания и размножения. Если в коммерческом разведении костных рыб изменение набора хромосом не нашло широкого распространения, то в разведении устриц использование триплоидов заняло важное место. Не меньше его потенциал и с точки зрения выращивания других моллюсков. В качестве примера можно отметить, что, в сравнении с диплоидными особями контрольной группы, темп роста триплоидов гигантской устрицы был выше на 14-159 процентов<sup>10</sup>. Кроме того, стерильность сокращает опасность скрещивания с природными видами, что может быть особо важно при проведении зарыбления, например, когда для борьбы с водорослями в водоемы выпускается белый амур, либо для предотвращения воздействия на окружающую среду в случае ухода рыбы из садков.

### ***Изменение соотношения полов***

15. Изменение соотношения полов может дать определенные выгоды при разведении видов, для которых характерен половой диморфизм важных особенностей, либо когда желательно обеспечить более низкую вероятность репродукции. При разведении ряда видов однополые стада, состоящие из самцов, несут в себе значительные коммерческие преимущества. Особо заметно это проявляется при разведении тилапии: для данного вида характерны раннее половое созревание и нежелательная репродукция в рамках производственной системы. Самки форели и лосося растут быстрее самцов, а самки осетра производят икру. Изменить соотношение полов рыбы с помощью гормонов нетрудно. Но в последнее время высказываются опасения по поводу использования гормонов при производстве пищевых продуктов животного происхождения, вследствие чего в развивающихся странах, поставляющих продукцию на внешний рынок, более широко используются другие биотехнологии.

### **Новые технологии**

16. Сегодня при разведении водных организмов начинает применяться ряд новых генетических технологий. Геномные технологии включают применение ДНК-маркеров, новые методы секвенирования, идентификацию и изоляцию генов, картирование генома (отображение взаимного расположения генов в хромосоме) и технологии экспрессии генов, позволяющие установить действительные функции гена в организме. Перечисленные технологии будут полезны для идентификации важных генов, определяющих такие особенности организма, как устойчивость к болезням, темп роста и формирование пола. Они позволят с большей точностью направить селекционную работу на повышение продуктивности аквакультуры.

### **Другие области применения**

17. В аквакультуре генетические технологии самым разнообразным образом применяются для описания генетических ресурсов: это и идентификация ценных генетических ресурсов для программ генетического совершенствования, и управление маточным стадом, и обеспечение

---

<sup>10</sup> Guo et al. 2009. Chromosome set manipulation in shellfish, pp. 165-194. In Burnell, G. and G. Allan (eds.). New technologies in aquaculture. CRC Press. 1191p.

разделения диких и культурных особей, и мониторинг генетического воздействия проникающих в дикую природу культурных особей на природные популяции<sup>11</sup>.

18. Широкий спектр применения и высокая разрешающая способность генетических маркеров могут содействовать повышению ценности на этапах переработки и торговли рыбой и рыбопродуктами. Отслеживание является ключевым аспектом сертификационных систем<sup>12</sup>. Генетические маркеры обеспечивают возможность высокоточной идентификации образцов рыбы, идентифицировать которые с применением других средств не представляется возможным: это и замороженный материал, и филе, и особи на ранних стадиях развития – икра, личинки. Молекулярно-генетическая диагностика рыбы и рыбопродуктов уже позволила выявить случаи неправильной маркировки, обмана потребителей, помогла осудить нарушителей<sup>13</sup>.

19. Иммунодиагностика и молекулярные технологии широко применяются при обследовании с целью выявления патогенов, при определении характера их болезнетворности, при диагностике заболеваний. Высокая чувствительность, специфичность и возможность быстрой диагностики определили важную роль этих технологий в сфере здравоохранения<sup>14</sup>.

20. Согласованное применение генетических технологий в рыболовстве и аквакультуре повысит действенность и эффективность их использования. При этом, однако, следует отметить, что применение указанных технологий подразумевает наличие специального оборудования и высококвалифицированного персонала.

---

<sup>11</sup> Lidder, et al. 2011. Biotechnologies for the Management of Genetic Resources for Food and Agriculture. Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Исследование общего характера №52, ФАО, 2011.

<sup>12</sup> ФАО, 2011. Техническое руководство по сертификации продукции аквакультуры. Версия, одобренная на 29-й сессии Комитета по рыбному хозяйству (КРХ), проведенной в Риме (Италия). ФАО, Рим.

<sup>13</sup> Martinsohn, J. 2011. Detering Illegal Activities in the Fisheries Sector - Genetics, Genomics, Chemistry and Forensics to Fight IUU Fishing and in Support of Fish Product Traceability. JRC European Commission Reference Report.

<sup>14</sup> Hine, M., et al. 2011. Expert Panel Presentation III.3. Improving biosecurity: a necessity for aquaculture sustainability, pp. xx–xx. Book of Abstracts, Global Conference on Aquaculture 2010, 22–25 September 2010. FAO/NACA/Thailand Department of Fisheries. Phuket, Thailand.