



УДК 636.5 : 636.082

## СЕЛЕКЦИЯ НЕСУШЕК: ОТ МЕНДЕЛЯ ДО МАРКЕРА

Немировский Я.Н., региональный директор  
«Хендрикс Дженетикс», Голландия

**Аннотация:** В статье рассматриваются способы отбора птицы по продуктивности и жизнеспособности, в частности, на основе анализа ее генотипа.

**Summary:** In the paper the methods of poultry selection concerning performance, particularly on the base of its genotype analysis, are described.

**Ключевые слова:** племенная продукция, несушки, продуктивность, отбор, гены-маркеры, геном кур.

**Key Words:** breeding production, layers, productivity, selection, gens-markers, poultry genome.

Тысячи лет с момента одомашнивания дикой банкивской курицы человек занимался селекцией птицы, просто отбирая «на развод» особей с желательными признаками. Собственно, таким образом и было создано все многообразие современных промышленных и декоративных пород. Впервые о законах наследования задумался аббат Грегор Мендель еще в середине XIX века, отслеживая появление морщинистых и гладких горошин в потомстве гороха. Механизмы наследования у животных оказались сложнее, и до сих пор птицеводам приходится вести селекцию количественными методами, хотя и с применением сложных статистических программ, таких, например, как разработанная в 50-х годах BLUP. То есть по-прежнему в каждом новом поколении исходных линий отбираются лучшие по определенным показателям особи для получения последующего потомства.

При этом вся количественная генетика базируется на двух параметрах: реализации генетического потенциала в фенотипе (совокупности характеристик, присущих на определенной стадии развития) животного и наследовании потомством генотипа.

Результаты, достигнутые генетиками, дополняются гибридизацией, когда смешение разных генотипов приводит к проявлению гетерозиса — общего усиления всех жизненных функций — у финального гибрида. Параллельно с совершенствованием приемов селекции птицеводами были разработаны оптимальные программы содержания (в том числе освещения, кормления) несушек и инкубации яиц, созданы но-

вые ветеринарные препараты. Все это позволило современному промышленному птицеводству достичь высокой эффективности производства.

Однако в таком подходе оказалось заложено противоречие: чем интенсивнее развивалось птицеводство и дольше могла нестись птица, тем меньше требовалось несушек и родителей от племенных компаний. При этом цена племенной продукции оставалась неизменной, а стоимость рабочей силы и прочих ресурсов росла. В то же время на этом фоне постоянно ужесточались требования к ветеринарному благополучию поставляемого поголовья, заставляя племенников дополнительно инвестировать в программы мониторинга и профилактики заболеваний. Сегодня поставщикам приходится дублировать стада исходных линий на разных континентах, чтобы обезопасить свои генофонды на случай вспышки заболевания на одном из предприятий. С аналогичными проблемами столкнулись и селекционеры в других отраслях животноводства.

Сложившаяся ситуация постепенно привела к поглощению большинства селекционных фирм их более успешными конкурентами. Количество селекционеров в мире сократилось в разы, и сегодня осталось лишь 2–3 независимых генофонда несушек в составе крупных холдингов, занимающихся селекцией разных видов сельскохозяйственных животных — такие структуры позволяют значительно сократить расходы за счет объединения усилий в научных исследованиях и дистрибуции.

Сегодня ежегодный прирост продуктивности и увеличение жизнеспособности несушек по-прежнему обеспечивается в основном традиционными методами отбора: исходные линии содержатся на специальных фермах, где им созданы оптимальные стабильные условия из поколения в поколение. Это позволяет отделить влияние условий содержания от реального генетического прогресса. В то же время птица из тех же семей содержится и на испытательных фермах, где она должна проявить свой потенциал в обычных условиях. Чтобы выбрать для дальнейшего воспроизводства только высокопродуктивных и адаптивных производителей, необходим оперативный анализ больших массивов данных по каждой особи (несколько тысяч параметров). При этом достижение на уровне исходных линий фермеры смогут увидеть на своих курах только через три года. Ведь чтобы оценить, например, пожизненную продуктивность несушки требуется полтора года. Параллельно различные линии проверяются на скрещиваемость, т.е. на степень проявления гетерозиса. При этом селекционная программа должна быть сбалансированной и стабильно обеспечивать улучшение разных хозяйственно-важных показателей. После того как оптимальная комбинация линий найдена, надо получить достаточное поголовье родителей, затем родителей и только потом можно будет поставлять финальный гибрид.

Все эти факторы еще в 80-х годах прошлого века подтолкнули ученых



к поиску других способов отбора. И если традиционная селекция рассматривает животное как своеобразный «черный ящик» и измеряет, прежде всего, степень фенотипической экспрессии его генотипа, то новой задачей стало прочтение генома кур и достаточно точное предсказание степени выраженности определенных параметров по унаследованной комбинации генов. Иначе говоря, в идеале задача максимум — вместо трудоемкого выращивания большого поголовья и последующего выявления наиболее перспективных индивидов уметь точно предсказывать будущую ценность особи на основе анализа ее генотипа, например, по образцу крови, взятой у новорожденного животного.

Работы в этом направлении начались с поиска так называемых генов-маркеров, или микросателлитов — характерных участков ДНК, равномерно распределенных в геноме. Дело в том, что на определенном этапе развития науки проще было выявить связь между наличием определенного гена-маркера и степенью проявления признака, чем углубляться в расшифровку генома и выяснять влияние гена или комбинации генов на интересующий хозяйственный показатель. Подразумевалось, что маркеры, будучи часто и равномерно распределенными по геному, могут быть спутниками пока неизвестных, но важных генов.

Первые работы в этом направлении были выполнены по инициативе и при содействии компании «Еврибрид» на базе Сельскохозяйственного университета в г. Вагенинген (Нидерланды). Сегодня в эту работу вовлечены более полусотни научных центров по всему миру.

Карта маркеров постоянно дополнялась различными группами исследователей, и в 2000-м году она состояла уже из двух тысяч элементов.

После разметки генома следующим этапом стало отслеживание взаимосвязи между конкретным маркером и степенью проявления признака. При этом определяли место локализации на одной из 39 хромосом кур так называемого QTL, или «локуса влияния на признак». К 2004 году

статистически достоверно было определено наличие сотни локусов влияния, что покрывало все хозяйственно-полезные признаки. Результаты исследования превзошли ожидания скептиков, однако не нашли применения в практической селекции. Во-первых, оказалось, что QTL-картирование необходимо проводить для всех гнезд птицы в линиях, а, во-вторых, стоимость анализа была слишком высока.

Тем не менее труды по выявлению локусов влияния не пропали даром, поскольку они позволили определить примерное расположение важных для селекции генов. В то же время участок одного QTL размером от 30 до 150 сантиморган мог содержать несколько сотен генов, и выяснить, какой из них «тот самый», было непросто. Из многих попыток сделать это самой удачной стала совместная исследовательская работа ученых университетов Льежа и Упсалы, в результате которой был найден ген IGF2, отвечающий за скорость прироста мышечной массы у свиней. Стоимость одного такого эксперимента — миллионы евро.

В работе ученые применили метод генов-кандидатов, позволявший использовать полученные достижения в аналогичных исследованиях на других видах животных и человеке. Его суть состоит в том, что у различных живых существ гены, отвечающие за аналогичные функции, имеют схожую структуру. Зная, например, что у свиней есть ген, отвечающий за скорость роста мышц, а также место расположения соответствующего локуса влияния у бройлеров, можно и у бройлеров найти эту последовательность нуклеотидов — составных блоков ДНК. Таким образом, к примеру, у птицы был обнаружен ген, отвечающий за цвет оперения. В ходе работы выяснилось — за иммунитет у птицы отвечает гораздо больше генов, чем предполагалось, а за обоняние — столько же, сколько и у человека, что, по всей видимости, указывает на аналогичное восприятие курами и людьми запахов и вкуса.

В марте 2004 года был создан международный консорциум по расшифровке генома кур, который на сегодня обнаружил 24000 генов.

### ДАРВИН ОШИБАЛСЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ПРОИСХОЖДЕНИЯ КУРИЦЫ



Чарльз Дарвин (*Charles Darwin*) поддерживал идею, что домашняя курица произошла от красной джунглевой курицы, однако новое исследование, проведенное в университете Упсалы (Швеция), указывает на других прародителей.

Куры с желтой кожей обладают другой генной версией, чем их белокожие сородичи. Дарвин же верил, что все куры произошли от одного вида, известного как красная джунглевая курица. Когда исследователи стали у нее искать ген, свойственный курам с желтой кожей, они обнаружили лишь генетический вариант, несущий информацию о белокожей курице. Сюрприз ждал ученых, когда они, в конце концов, обнаружили генный вариант желтокожей курицы у совершенно другого дикого вида — серой джунглевой курицы.

Серая джунглевая курица замещает красную банкивскую курицу на юге и западе Индостана. Отличается от красной банкивской курицы более скромным серым с золотистыми просветами оперением и несколько более легким сложением (длина 80 см, масса 700–790 г). Характерное петушиное кукареканье несколько иного строя и с большим количеством слогов. Отдает предпочтение опушкам смешанных лесов, кустарниковым зарослям, окраинам плантаций. Практически круглый год встречается небольшими стайками.

«Наши исследования показали, что хотя большинство генов домашней



Кстати, последняя версия генома доступна на сайте [www.ensembl.org](http://www.ensembl.org). Примерно половина генов кур имеет аналоги у других видов животных, и из них только порядка тысячи детально исследованы (см. сайт [www.thearkdb.org](http://www.thearkdb.org)). Вообще же оказалось, что участки генома, кодирующие системы жизнеобеспечения, очень похожи у разных существ, например, геном человека и мыши схож практически на 80%.

Национальный институт здоровья США основной моделью для проведения медицинских исследований выбрал курицу и инвестировал \$50 млн в расшифровку ее генома. Таким образом, курица стала первым сельскохозяйственным видом животных, чья последовательность ДНК была полностью расшифрована, о чем и сообщил журнал «Nature» от 9 декабря 2004 года на своей обложке. Кстати, выяснилось, что генетическое разнообразие между некоторыми породами кур составляет почти половину разницы между человеком и шимпанзе. Это значит, что для дальнейшего прогресса в селекции пока нет препятствий.

Известно, что вся генетическая информация у сложных организмов кодируется последовательностью пар комплементарных нуклеотидов аденин-тимин (или урацил) и цитозин-гуанин.

После прочтения генома ученым удалось найти новые многочисленные маркеры, так называемые SNP, или «единичные полиморфные нуклеотиды». Это стало возможным после сравнения геномов бройлеров и несушек с геномами кур пород китайская шелковая и красная джунглевая, когда было обнаружено что отдельные нуклеотиды — А, Т, Ц или Г — на аналогичных участках различаются. Встречается такая аномалия очень часто — каждые 200 пар оснований, и сегодня их найдено более трех миллионов. При этом новые технологии позволили уменьшить стоимость определения одного маркера до нескольких центов. Новая, более частая «разметка» позволяет сузить локус влияния на признак и с большой вероятностью предположить, что маркер привязан к конкретному гену.

Фактически дальнейшая работа над геномом птицы свелась к тщательному статистическому анализу больших массивов информации, получаемой от череды поколений, с целью поиска корреляции определенного генетического маркера и степени выраженности признака. Параллельно идет исследование роли отдельных генов. Таким образом, селекционная компания, имея данные по своим коммерческим линиям за многие поколения, сможет с высокой вероятностью указать лучших производителей еще в их младенчестве просто по наличию у них набора важнейших маркеров.

Приведем пример. В отличие от растений, у животных очень редко, как в случае с лейкозом А, восприимчивость к заболеванию определяется одним геном. Вирусы часто мутируют, поэтому единственный способ противодействия им — это повышение общей резистентности организма животного. Генетики компании «Эйч Пи Би» определили, что некоторые линии несушек дают более выраженный иммунный ответ на введение в кровь эритроцитов овец. Такая птица показала более высокую неспецифическую резистентность к заболеваниям на испытательных фермах, иными словами, при прочих равных условиях меньше болела любыми болезнями. Совместно с Университетом в Вагенингене, компаний «Ньютреко» и фирмой, специализирующейся на разработке аналитических систем, «Эйч Пи Би» создала тест на принципах ПЦР (полимеразно-цепной реакции) и ощутило ускорила прогресс в селекции своих кроссов по жизнеспособности. При этом тест ПЦР «просто» позволяет найти в крови птицы характерный маркер без познания глубинного механизма генетического кодирования повышенного иммунного ответа.

В ближайшем будущем расшифровка роли отдельных генов продолжится и, вероятно, уже через 10 лет селекция будет вестись только по генам и важнейшим маркерам, т.е. методами молекулярной генетики. Это позволит значительно ускорить генетический прогресс и проводить, например, индивидуальную селекцию, учитывая

курицы происходят от красной джунглевой курицы, необходимо учесть и другие источники, в частности серую джунглевую курицу», — говорит Йонас Эрикссон (*Jonas Eriksson*), докторант университета Упсалы. Скорее всего, имел случай скрещивания ранней формы домашней курицы с серой джунглевой родственницей. Гены желтой кожи широко распространены среди миллиардов домашних кур во всем мире.

«Ирония заключается в том, что Дарвин думал, что на развитие собаки повлияло несколько диких видов, но при этом он полагал, что у курицы был лишь один предок. Сейчас выясняется, что все как раз наоборот», — говорит исследователь из английского университета *Durham* Григер Ларсон (*Greger Larson*).

Желтый цвет ног — это результат того, что в кормах птицы было больше каротиноидов. Гены, обнаруженные учеными, свидетельствуют о наличии фермента, при разрушении которого выделяется витамин А. Этот ген зафиксирован в коже, но у кур с желтыми ногами он активен и в других тканях. Сделано заключение, что желтые каротиноиды откладываются в коже этих кур. Это называется регулирующей мутацией, поскольку кодовая связь гена нарушена, а регуляция модифицирована.

«Наше исследование — хороший пример важности регулирующей мутации в свете эволюции. Чего мы не знаем, так это почему люди развили эту характеристику. Может быть, куры с ярко-желтыми ногами выглядели более здоровыми или плодовитыми, чем другие их собратья, или были просто более привлекательными благодаря своей необычности?» — удивляется профессор Лиф Андерссон (*Leif Andersson*), руководитель данного проекта.

Ученые верят, что один и тот же ген может быть важным при объяснении розового цвета фламинго, желтых ног у многих птиц, живущих в прериях, и красного мяса у лосося. Все эти черты основаны на наличии каротиноидов. Этот же ген может в какой-то мере влиять и на цвет кожи у людей.

«*Science Daily*», *Март*. 2008.





потребности каждого клиента, а, может быть, даже перенести селекцию к самому клиенту и осуществлять ее дистанционно, досылая ему по мере необходимости носителей нужных генов.

Тем же путем идут и селекционеры других видов животных. Например, в молочном скотоводстве, где испытания быков-производителей длятся до 5 лет и требуют наличия 100 лактирующих дочерей в десятках стад, на сегодня определили уже 50 тысяч генов-маркеров. И хотя достоверность племенного индекса, определенного по продуктивности ста дочерей, составляет 85%, а по генам-маркерам — пока только 60%, все же это выше 35%-ной точности предсказания продуктивности, исходя только из значений показателей родителей. Кроме того, применение молекулярной генетики позволяет снизить степень имбридинга производителей. Ожидается, что настоящий прорыв в

этой отрасли случится в ближайшем будущем, когда стоимость комплексного исследования наличия маркеров у одного животного снизится со 180 сегодня до 45 фунтов.

Как говорил наш университетский преподаватель генетики доктор биологических наук Юрий Леонидович Гужов, «генетика — очень интересная наука, и чем больше мы узнаем, тем больше возникает вопросов». Следующим шагом после определения функций генов станет выяснение их взаимовлияния и условий экспрессии в фенотипе, расшифровка протеома или механизма взаимодействия протеинов организма, определение биохимических и сигнальных связей, клеточных функций и межклеточного взаимодействия организма. Только после этого можно будет точно сказать, как формируется фенотип живого существа, т.е. как его генотип

проявляется во внешних и внутренних признаках и свойствах, появившихся в процессе развития. Сейчас такой объем работы пока даже трудно представить, но, вероятно, придут новые технологии, которые позволят ученым справиться и с ним.

Уже сегодня ведутся исследования в области генетической модификации птицы для нужд фармацевтики. Возможно, что к тому моменту, когда человек выяснит функциональность генома кур, будут усовершенствованы и методы трансгенеза птиц, который сложнее, чем у млекопитающих. Специалисты считают, что первые генномодифицированные куры появятся в течение ближайших 20 лет. □

*Для контактов с автором:  
Немировский Ярослав Николаевич  
e-mail: Yaroslav.Nemirovsky@  
bendrix-genetics.com*



### «ОптиПро» — профилактика теплового стресса у птицы

- Активизирует синтез антистрессовых белков (белков теплового шока), определяющих защиту клеток от продуктов окисления липидов;
- Улучшает энергетический обмен в стрессовой ситуации, повышает сохранность и снижает выбраковку;
- Снижает окисление липидов при хранении мяса и яиц.

Результаты испытаний «ОптиПро», проведенные в Научно-исследовательском Центре (НИЦ) Провими по птицеводству (птицефабрика «Маркинская») показали, что ввод «ОптиПро» в рацион бройлеров в условиях теплового стресса способствовал повышению показателей живой массы на 3,4% и сохранности — на 2,8%.

Себестоимость 1 кг прироста в опытной группе оказалась ниже на 2,4%, а индекс эффективности выше на 25 единиц.

**На каждый потраченный на добавку рубль получено 10,8 рублей прибыли.**

Интенсивность яйцекладки в группе кур, получавших с кормом ОптиПро, повысилась на 1,4%. Интенсивность яйцекладки в группе кур, получавших с кормом ОптиПро, повысилась на 1,4%; яйценоскость на среднюю несушку — на 1,3 яйца. Затраты корма на 1 яйцо в опытной группе были ниже контроля на 2,2 грамма. На 1 яйцо получено 0,1 рублей дополнительной прибыли.

Кормовую добавку «ОптиПро» вводят в корма для кур в количестве 1,5 кг на 1 тонну корма, для цыплят — 1,0 кг.

Применяют кормовую добавку в жаркое время года и при любых стрессовых ситуациях.