

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ГЕНЕТИКИ

Мишель А. Ваттио
Институт им.Бабкока

ЧТО ТАКОЕ ГЕНЕТИКА?

Генетика - это наука, изучающая изменчивость и передачу черт и признаков от одного поколения к другому. В этом определении термин "изменчивость" обозначает генетическую изменчивость, т.е. интервал возможных значений (проявлений), которые может принимать признак под воздействием наследственности. Наследственность - это передача признаков от родителей потомству через генетический материал. Такая передача происходит во время оплодотворения в ходе процесса воспроизводства - когда сперма быка сливается с яйцеклеткой коровы (яйцом), давая в результате теленка с уникальным генетическим набором. Только однояйцевые близнецы обладают одинаковым генетическим набором, т.к. они вырастают из одной оплодотворенной яйцеклетки, разделившейся на два зародыша на ранней стадии развития.

ЧТО ТАКОЕ ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА?

За окружающую среду часть принимают физическое окружение животного - свет, температуру, вентиляцию и другие параметры, влияющие на физический комфорт животного. Однако в генетике термин "окружающая среда" имеет более общее значение. Он обозначает комбинацию всех факторов за исключением генетических, которые могут повлиять на проявление генов. Например, молочная продуктивность коровы зависит от возраста при отеле, сезона отела, питания и многих других факторов. Поэтому коровы с похожим или даже одинаковым генетическим набором будут давать разное количество молока в различных внешних условиях. Например, надой за лактацию у пары однояйцевых близнецов будет резко отличаться, если телята были отделены при рождении и отправлены в разные страны. Однако существенное различие может иметь место,

даже если они были помещены на разные фермы с различным уровнем содержания, находящимся в одном районе.

ГЕНОТИП И ФЕНОТИП

Генотип животного - это ген или набор генов, отвечающих за конкретный признак. В более широком смысле генотипом называется весь набор генов, унаследованный индивидуумом.

Фенотипом, наоборот, называется величина, принятая признаком, или, другими словами, то, что можно наблюдать или измерять. Например, фенотипом может быть молочная продуктивность отдельной коровы, содержание жира в молоке или классификационная оценка сложения.

Существует важная разница между генотипом и фенотипом. Генотип, по существу, является зафиксированной характеристикой организма; он остается постоянным на протяжении всей жизни и не изменяется под влиянием внешних условий. Когда всего один или несколько признаков отвечают за признак, фенотип остается неизменным в течение всей жизни (напр. цвет шерсти). В таком случае фенотип является хорошим индикатором генетического строения индивидуума. Однако для некоторых признаков фенотип постоянно изменяется в течение жизни индивидуума в результате реакции на внешние условия. В таком случае фенотип не отражает генотип адекватно. Такое обычно имеет место, когда множество генов участвуют в проявлении признаков, как в случае молочной продуктивности. В результате, выход молока у коровы часто выражают следующим образом:

Фенотипический выход молока = $G + E$, где:

G - генетическое достоинство коровы по надоем молока (влияние генов);

E - относится к влиянию уровня содержания коровы и окружающей среды.

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Генетический материал находится в ядре каждой клетки организма. За исключением половых клеток (сперматозоидов и яйцеклеток) и нескольких других исключений (красные кровяные тельца), клетки содержат две полных копии генетического материала животного. Когда клетки делятся, генетический материал организуется в набор длинных нитевидных образований, называемых хромосомами (Рис.1). В клетках организма каждая хромосома имеет двойника такой же длины и формы (за исключением двух хромосом, определяющих пол) и содержит генетическую информацию по тому же признаку. Такие две хромосомы принадлежат одной хромосомной паре, один член которой происходит от отца, а другой - от матери. Число хромосом обычно одинаково для данного вида животных и обозначается буквой "n". Например у людей $n=23$, у свиней $n=19$, а у коров $n=30$. Таким образом клетки в организме человека, свиньи и коровы содержат $2n = 46, 38, 60$ хромосом соответственно.

Гены располагаются вдоль хромосом. Ген является основной функциональной единицей наследственности; т.е. он содержит информацию, отвечающую за проявление конкретного признака. Вся длина хромосомы может быть разделена на тысячи таких функциональных единиц, каждая из которых отвечает за отдельный признак.

Ген состоит из вещества, называемого дезоксирибонуклеиновой кислотой, или ДНК. Функцией ДНК является перенос информации, необходимой для синтеза белков. По мере того, как белки синтезируются и ДНК воспроизводит саму себя, число клеток в организме возрастает

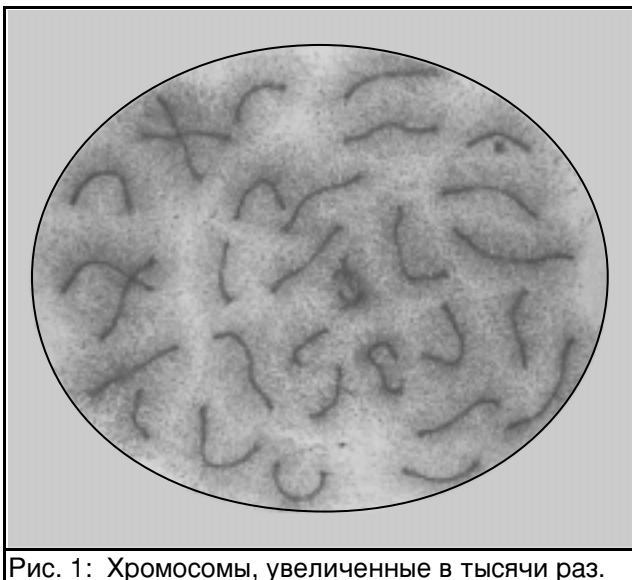


Рис. 1: Хромосомы, увеличенные в тысячи раз.

(рост) и клетки могут специализироваться по конкретным функциям (развитие), в которых некоторые гены задействованы, а некоторые - нет. Например клетки кожи (специализированная ткань) содержат генетический материал, необходимый для создания индивида, но только только специализированные гены, задействованные в этих клетках, отвечают за формирование и цвет шерсти.

ПЕРЕДАЧА ГЕНЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Мужской или женский?

Семенники быка и яичники коровы производят воспроизводительные (половые) клетки в ходе особой последовательности клеточных делений, уменьшающей нормальное число хромосом в клетке вдвое. Сперматозоид и яйцеклетка содержат только один член хромосомной пары. Таким образом, клетки коров и быков содержат 60 хромосом ($2n=60$), но сперматозоид в сперме и яйцеклетка в яичниках содержат только 30 хромосом ($n=30$, Рис.2). Два основных принципа передачи признака (напр. пола) приведены ниже:

- 1) Разделение парных хромосом во время образования репродуктивных клеток;
- 2) Слияние сперматозоида и яйцеклетки с целью создания новых клеток с уникальным набором хромосом.

У 29 пар хромосом оба члена пары внешне идентичны. Однако у одной из пар один член намного длиннее другого; он называется X-хромосомой, а более короткий член пары называется Y-хромосомой. Все яйцеклетки содержат X хромосому, тогда как сперматозоиды могут нести или X-, или Y-хромосому. Во время клеточного деления, образующего половые клетки, каждый член хромосомной пары попадает в отдельную клетку. В результате, 50% сперматозоидов содержат X-хромосомы, а другие 50% - Y-хромосомы. Если яйцеклетка будет случайно оплодотворена сперматозоидом с Y-хромосомой, то потомок будет мужского пола. Если, однако, новорожденный получит две X-хромосомы, то это будет особь женского пола (Рис.2). Необходимо понимать, что предсказать пол потомства во время скрещивания (осеменения) невозможно; однако мы можем утверждать, что в среднем 50% потомства будет мужского, а другие 50% - женского пола.

Качественные признаки

Качественные признаки обычно попадают в отдельные категории. Часто только один или несколько генов оказывают основное влияние на качественные признаки. Окружающая среда обычно играет незначительную роль в определении того, в какую из категорий попадет животное. В этом случае фенотип животного определяется его генотипом. Примерами качественных признаков у молочных коров являются:

- цвет шерсти;
- наследственные дефекты, например карликовость;
- наличие или отсутствие рогов;
- группа крови.

Количественные признаки

Количественные признаки отличаются от качественных по двум основным признакам:

- 1) на них влияет множество генных пар;
- 2) фенотипическое проявление подвержено более сильному влиянию внешних условий по сравнению с качественными признаками.

Многие экономические важные признаки у молочных коров являются количественными:

- молочная продуктивность;
- состав молока;

- телосложение (оно же - тип);
- эффективность переваривания кормов;
- сопротивляемость болезням.

Совместное воздействие множества генов в сочетании с влиянием внешних условий значительно затрудняют точное определение генотипа по сравнению с большинством качественных признаков. Иногда фенотип животного дает очень мало информации о его генотипе. Например учет лактации дает только частичную информацию о генетической ценности коровы в отношении производства молока.

Что делает генотип коровы уникальным?

При образовании яйцеклеток они получают только одного члена хромосомной пары. Поэтому конкретная хромосома может быть аналогична либо первому, либо второму члену материнской хромосомной пары. Таким образом существует только два различных вида яйцеклеток по данной паре хромосом. Если вместо одной пары хромосом мы рассмотрим две, чему будет равняться общее число различных яйцеклеток? Другими словами, каково полное число различных комбинаций хромосом? Эта ситуация аналогична бросанию двух монетодновременно. Число возможных комбинаций равно: два возможных значения для первой монеты умножить на два возможных

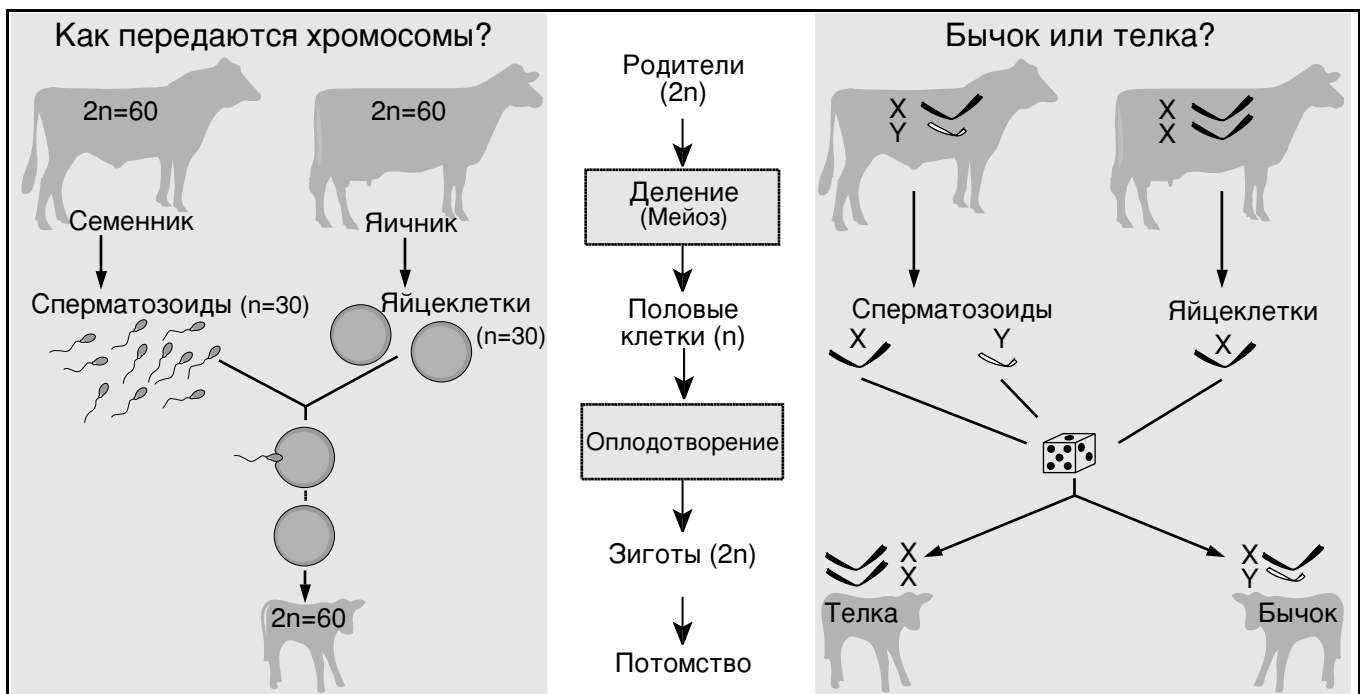


Рис. 3: Хромосомы передаются через репродуктивные клетки, которые содержат только половину нормального для данного вида числа хромосом. Случайный выбор в момент оплодотворения является ответственным за конкретные признаки, унаследованные потомством (напр. пол).

значения для второй монеты = $2 \times 2 = 2^2 = 4$ различных комбинации. Число возможных генотипов яйцеклетки равняется четырем, а вероятность получения любой отдельной комбинации равна $1/4$. Это также верно для числа возможных генотипов в мужских половых клетках. Таким образом, когда один из четырех возможных типов сперматозоидов оплодотворяет один из четырех возможных типов яйцеклеток, то число возможных генетически различных типов потомства равняется $4 \times 4 = 16$ (т.е. $2^2 \times 2^2$). Таким образом, вероятность обнаружения любого отдельного генотипа у новорожденного теленка равна $1/16$.

Когда 30 хромосомных пар молочной коровы разделяются в процессе образования воспроизводительных клеток, а затем объединяются при оплодотворении, полное число возможных комбинаций хромосом равно $2^{30} \times 2^{30} = 1\,152\,900\,000\,000\,000\,000$, и каждая из них уникальна. При таком числе возможностей при каждом спаривании легко понять, почему в популяции нет двух одинаковых особей, даже если у них общие родители.

Международный Институт по
Исследованию и Развитию Молочного
Животноводства им. Бабкока является
подразделением Университета
Висконсина.

Эта публикация финансировалась
специальным Грантом от USDA CSRS
номер Гранта 92-34266-7304, а также U.S.
Livestock Genetics Export, Inc.

Номер публикации DE-RG-6-080996-R

Эта и другие публикации могут быть
затребованы из Института им. Бабкока по
следующему адресу:
240 Agricultural Hall
1450 Linden Drive
Madison, WI 53706-1562 USA
Tel. (608) 262 4621
Fax (608) 262 8852
babcock@calshp.cals.wisc.edu
<http://babcock.cals.wisc.edu>