

Генетический букварь

введение в генетику гуппи для начинающих



Записки Philip Shaddock
www.guppydesigner.com

Генетический букварь

*Права защищены 2008 Philip Shaddock
Разработка гуппи
(www.guppydesigner.com)*

Этот букварь предназначен как для начинающего разводчика гуппи, так и для давно занимающегося разводчика, который не очень интересовался углубленно генетикой. Для начала вы просто хотите знать что получится при скрещивании серебристой гуппи с кобровой. Дело в том, что даже простой крест требует, по крайней мере небольшое знание о генетике, чтобы полностью понять, что происходит, когда вы помещаете породы вместе. Я знаю, что вы можете просто поместить породы в один аквариум и ждать, чтобы увидеть, что получится. Но, надеюсь, что чтение и использование информации данного букваря поможет вам понять, что это является более эффективным и более удовлетворительным способом исследовать скрещивание гуппи.

Букварь был изначально опубликован на веб-сайт IGEES (Международное общество изучения и выставок гуппи). Для этой публикации оно было дополнено и переработано.

Для чего изучать генетику

Что такое генетика? Слово генетика означает изучение генов.

Здесь приведено определение гена:

"Гены - это сегменты ДНК находящиеся на хромосомах. Хромосомы размещены в клеточных ядрах. Гены хранят шаблоны форм. Когда появляется необходимость построения новой частички формы (тела), происходит чтение шаблона формы

и создание из этой формы. Ген передает форму к следующему поколению."

Итак гены действительно места хранения инструкций как формировать форму тела и как протекает этот процесс, включая цвета клеток в коже, которые дают гуппи цвет и форму окраса. Они сворачиваются в хромосомы и безопасно сохраняются в ядрах. Если просто, то форма хочет брать специальное руководство по эксплуатации.

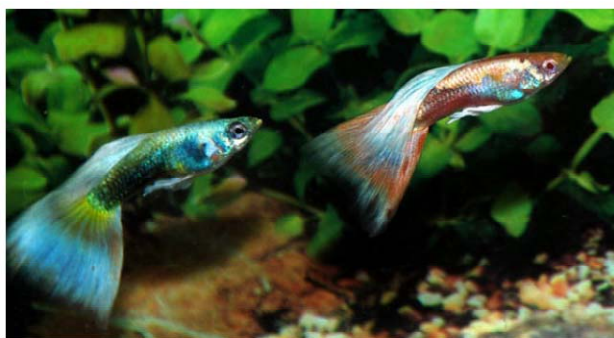
Генетика гуппи - проста для понимания
Гуппи генетика - это просто знания, которые мы накопили о тех шаблонах для клеток окраса и их распределения. Это также знания о том, как эти гены передаются от одного поколения к другому. Большинство людей не заинтересованы в том, как гены действуют в качестве шаблонов для формирования формы. Они были более заинтересованы в том, что происходит, когда спариваются две особи гуппи, или как сохранять или увеличивать особенность - длинный спинной плавник. Но, как и любой хороший механик скажет вам, понимая как машина работает, это большая помощь, когда она ломается.

Много людей говорят, что они не изучают генетику гуппи. Но вскоре они делают заявление о том, как признак наследуется, т.е. они попали в царство генетики гуппи. Например, получерный гуппи или тукседо окраса, когда скрещивается с гуппи без получерного, будет получено потомство с получерным окрасом. Кто-нибудь, кто сделал этот крест может подтвердить этот результат. Генетика гуппи это просто тщательное наблюдение за наследованием форм окрасов гуппи.

Существование получерного гена - это просто теория.

На этом этапе мы пока неуверены, что это получерный ген. Но здесь высокая достоверность того, что скрещивание получерной гуппи с гуппи без этого получерного гена будет порождать самцов или самок (или и тех и тех) имеющих получерный окрас. Итак это второе предположение необходимое знать о теории генетики. Оно включает предсказание. Я предсказываю, что если вы сделаете этот крест вы получите получерные гуппи, если не в первом поколении креста, то по крайней мере уже во втором поколении креста. Тот факт, что шаблон получерного окраса хранится в генах и эти гены передаются на сыновей и дочерей - это довольно удивительно по моему мнению.

Я обнаружил ряд простых теорий, которые объясняют, почему гуппи выглядят так, какие они есть. Долгое время я был озадачен странными цветами и узорами гуппи, которые имеют ген магенты. Затем, однажды, мой друг José René Meléndez Berríos положил сравнительную диаграмму между однопометными гуппи (братьями) в гуппи дизайнерстве.



Брат слева без гена магенты и магента гуппи справа

Я проделал много крестов вовлекающих ген магенты и Я тщательно изучил оба генотипа и цвета клеток у гуппи. До этого я предлагал теорию о влиянии гена магенты на цвет клеток гуппи. Но я ошибался. Я смотрел в неправильные места. Была взята картинка José René для большего понимания. Ген магенты влияет на тип клеток серебристого цвета называемых “blue iridophore” (синий радужный?) и клетки красной пегмента ассоциируются с ним. Я сходил в свою комнату с рыбами и про-

верил своих магента. Там где был “blue iridophore” на нормально окрашенных братьях был пурпурный(магента) красный цвета. Моя новая теория: ген магента -ген который влияет на распределение iridophores и красный цвет клеток корпуса.

Я бы заметил это без изучения генетики и цвет клетки? - Может быть. Но теория, изначально изученная, подсказала мне, где искать и как правильно интерпретировать то, что я вижу.

Так для чего изучать теорию генетики и биологию окраса клеток? Ну, можно придумать лучше (это проще и элегантнее) теории о проявлении генов и как они передаются от одного поколения к другому. Лучшие теорий приводят к улучшению прогнозов. Эти прогнозы могут сохранить вам много времени в рыбьей комнате. Года. Сотни галлонов воды. Килограммов корма. Чтобы проверить мою теорию магента, я решил выбрать самцов, которые показывают много синего серебристого цвета. Они должны произвести сыновей, которые несут больше цвета магента. Посмотрим, как это работает? Вместо того, чтобы полагаться на пробы и ошибки, продолжение моего исследования гена магенты направлены и сосредоточены на теории.

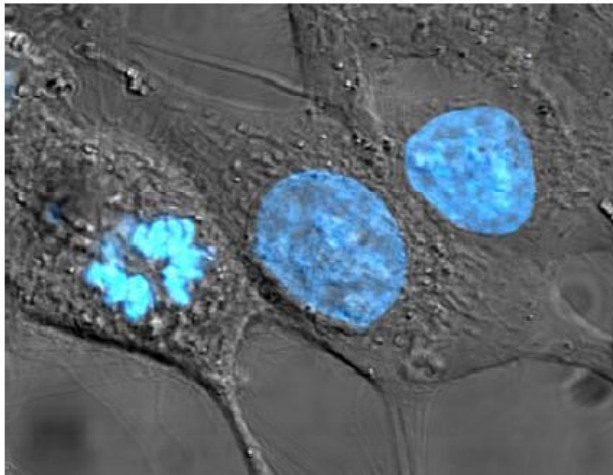
Если моя теория окажется правильной, я буду более осторожным при создании гуппи. Ген магенты станет, как кисть в моей руке и будет инструментом для раскраски гуппи. Вместо смешивания двух образцов гуппи и надеясь на лучшее, я выбираю сознательно моих экземпляров. Это разница между брызгами краски на холсте в надежде на лучшее по сравнению с намеренно нанесение краски на холст. Гораздо лучше!

Но есть еще одна, более веская причина для изучения генетики. Накопленные знания у меня о цвете клеток и как они наследуются делают моих гуппи магента, гораздо более интересно выглядящими. Это то же самое, когда шеф-повар садится за стол. Это, то же, что астроном видит в небе ночью. Это то, что видит биолог когда ходит в лес на прогулку. Генетика гуппи это удовольствие для себя.

Думаю вы поймете, что я имею ввиду.

Гены как шаблон

Я предоставлял описание гена в предыдущей главе как шаблон хранящийся в ядре клетки. Я могу реально показать вам изображение этого шаблона. Фотография из Википедии демонстрирует три клетки и их ядра.



Синий цвет, который вы видите на изображении, это генетический материал ДНК тот, что подкрашен синим красителем. (нет, я не называю ген шаблоном потому что он окрашен красителем. Это просто совпадение). Видимые гены в синем это наглядное подтверждение существования хромосом, которые хранят гены.

Что я имею в виду, что гены играют роль шаблонов для построения и развития тела (корпуса)?

Хорошо, как эти шаблоны используются? Вы имеете прародительницу, которая хранит образцы платьев в кедровом сундуке? Она будет брать образец у модельера, упакованный в сверток. Она будет использовать модель платья как некий шаблон для платья, которое хочет создать. Образец будет состоять из различных частей. Она бы взяла часть образца из свертка и распределила бы его на материале а затем бы вырезала из материала. Она бы вырезала остальные части платья используя отдельные кусочки образцов как шаблон. После чего она все детали платья сшила в одно целое. Затем, когда у нее все готово, она бы все снова убрала бы в кедровый сундук.

Хорошо, у меня есть много метафор приведенных здесь: модель платья, шаблоны и образцы. Теория образцов это более аккуратная аналогия, потому что корпус использует ген как некий шаблон белков из которых состоят гены. Но я думаю, что шаблоны связанные с изображением были бы проще для вашего запоминания.

Зачем хранить ген-шаблон в ядре? По этой же причине ваша бабуля хранит модель платья в ее кедровом сундуке: для его сохранения и доступности. Хранение копий генетического материала, ДНК, безопасно хранится в ядре, организм может получить доступ к нему в будущем, чтобы сделать еще больше копий.

Существует еще одно значение для сохранения генетического материала, аккуратно упакованного в ядре - хромосомы. Схема сама по себе может быть продублирована и широко распространена. Это то, что происходит во время роста. Вы даже можете проследить хромосомы и ее гены последующим поколениям. Это означает, что гены могут выступать в качестве наследственного материала.

Мы так привыкли к мысли о генах, что это вызывает удивление, что это относительно современная идея. В течении тысячи лет разведения животных и растений заводчики не имели представления о гене. Позвольте мне объяснить.



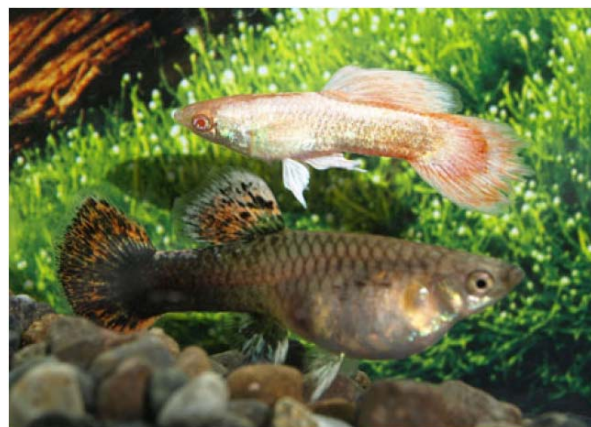
Это был Грегор Мендель, австрийский монах, который впервые обнаружил гены во второй половине 19-го века. Он обнаружил их у гороха в саду возле своего дома в монастыре, где он жил. Его аббат дал ему задачу оказания помощи фермерам повысить выход их культур. Мендель приступил к открытию секретов для более быстрого и более обильный урожая. Он решил попытаться обнаружить законы наследования путем скрещивания различных штаммов гороха.

Мендель не использовал устройства высокого разрешения изображения, чтобы обнаружить гены. Его не существовало. Он использовал тщательные наблюдения, научную методологию и математику. И простые садовые инструменты. На самом деле, Мендель понятия не имел о физической структуре генов, называя их "факторами" за неимением лучшего термина. И так как он обнаружил "гены?"

Часть ответа заключается в том, что он нашел распределение в наследстве таких видимых черт в горошке, как морщинистые или гладкие семена. Он будет скрещивать два различных вида семян, отметив, что одна из двух характеристик деформации исчезнет в следующем поколении. Тогда бы это проявилось в последующем поколении. Это привело его к предположению, что ген представляет собой единицу наследства. Он переходит от одного поколения к другому без изменений. (Идея мутации придет гораздо позже.) То есть современный способ характеризующих генов, но он содержит основное понимание. Когда вы скрещиваете два растения или животных, геном не меняется, он остается нетронутым и неизменным. Это может появиться в последующих поколения без изменений. Это была огромная проницательность, потому что предыдущие люди в теории гена, думали, что черты могут быть изменены с помощью пересечения различных штаммов. На самом деле есть еще люди, которые считают, что гены могут быть физически изменены другими генами!

Но это просто не тот случай. Это как образец для платья. Образец не может быть изменен. Образец может быть поврежден или скопирован с изменением через некоторый сбой в процессе копирования, который мы теперь называем мутацией. Повреждения генов очень редко случается, в результате его потомство с поврежденной копией гена часто погибают. Однако в очень редких случаях поврежденные копии выживают. Это может дать какое-то преимущество для потомства. В этом случае мутация может стать новым геном хозяина.

Чтобы проиллюстрировать идею о гене как неделимой единице наследственности, я буду использовать классический пример гуппи альбиноса. Это рыба, которая не может показать черного цвета. У нее глаза красные, потому что нет черного цвета в сетчатке поглощающей свет, и красная кровь просвечивается через них. Кожа желтого цвета, потому что желтые клетки цвета распространены в отсутствие черного цвета клеток. Красный, белый и другие радужные цвета (серебристый, синий и т.д.) могут проявиться, но не черный цвет.

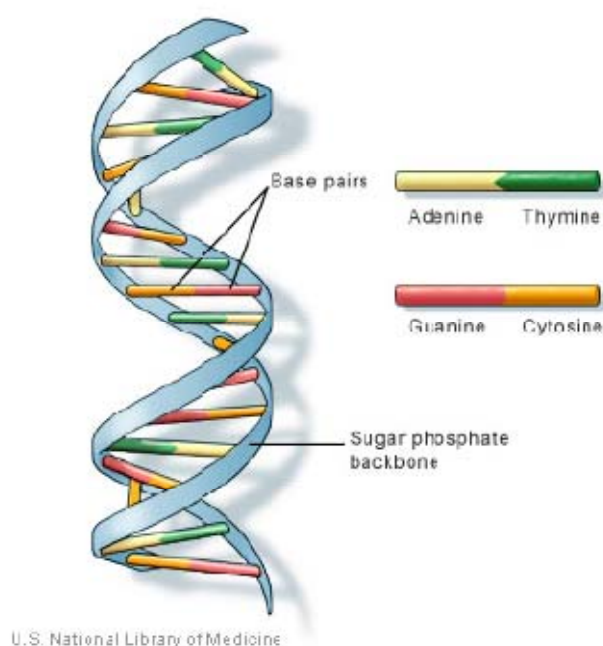


Альбина Silverado выше, и его серая или дикого типа сестра ниже. Обратите внимание на розовые глаза альбиносов. Альбиносные самцы также демонстрирует белый и красный цвета, которые не подвержены влиянию геном альбиноса.

Когда вы скрещиваете гуппи альбиноса с обычной версией серого одного и того же штамма вы получите все серое потомство. Но в следующем поколении вы получите около 25% альбиносов потомстве. Остальные потомки будут серого цвета. Если бы вы были Мендель, вы спросите: "Что случилось с признаком альбиноса в первом поколении кре-

ста?" Очевидно, он был спрятан в первом поколении, только чтобы появиться во втором поколении. Но что это значит быть "скрытым"? Почему это не выражается? Для того что бы пыливый ум, как Менделя, сказал, что ген был "скрытым" не будет удовлетворенным. Он заинтересовался, что случилось с ним в первом поколении креста. Что делает признак альбиноса исчезающим в первом поколении креста с серым или нормальным цветом гуппи?

Гены как генетический код



Люди наблюдали в течение тысяч лет, что видимые черты, такие как форма глаз или носа передаются от родителей к детям. Несмотря на то, что теория признаков передается от одного поколения к другому кажется несколько очевидно, что оказывается трудно применить теорию. Фермеры стремятся улучшить свои урожаи и скот, выбирая лучшие экземпляры производителей для следующего поколения. Но более часто чем нет, выбираются производители более крупные самые плодовые самцы и крупнейшие самые плодовые самки, что привело к противоположным результатам. Последующие поколения стали мельче, менее плодовые и более нежными. Искривленные особи будут проявляться.

Можно сказать, что в большей степени увлеченность гуппи оказалась в такой же ситуации. Наиболее распространенный способ "улучшения" породы, это выбор лучших самца и самки, по некоторым абстрактным стандартам и сделать из них новых Адама и Еву для последующих поколений. Многие люди находят это сложным для понимания, почему селекционное разведение, когда практиковалось как инбридинг почти всегда приводит к потере породы или его желательных признаков.

Такова была ситуация перенята Грегором Менделем, австрийским монахом, более чем полтора века назад (около 1866 года). Его задачей было помочь местным фермам повысить выход их культур за счет улучшения практики разведения. Разница между Менделем и всеми разводчиками было то, что он делал исчерпывающие, тщательно записанные и правильно проведенные эксперименты. Мендель проанализировал почти 21000 гибридных растений! Он использовал простую статистику, чтобы понять это огромное количество тщательно собранных данных. И он пришел к выводу, что, сделал немного хорошего для своих местных фермеров (они слушали вежливо, но не поняли значение его заключений), но его концепция в конечном счете дала революцию в сельском хозяйстве. Он придумал понятие «фактор», одна единица наследства, передающаяся неизменной от одного поколения к другому, как заветная реликвия семьи. Мы теперь называем этот фактор "ген" и считаем его неизменяемой одной единицей наследования.

Это было не так много десятилетий спустя, ученые проследили физическое местоположение гена в хромосоме в ядре клетки. И только в середине двадцатого века определили, что хромосома оказывается принимает форму двойной спирали. Вы видите, она здесь похожа на винтовую лестницу. Мы теперь знаем, ее химическую структуру. Она может быть разбита на более мелкие молекулы называемые базами. Эти базы бывают четырех типов: аденин, тимин, гуанин и цитозин. Таким образом, ген представляет собой серию парных базисов на хромосоме.

Это расположение из этих базисов, сокращенно А Т G и С, что очень важно. Если вы внимательно посмотрите на иллюстрацию хромосомы из Национальной библиотеки медицины США, вы увидите, что она состоит из двух нитей базисов связанных друг с другом. Везде, где есть аденин базис, есть базис тимин связан с ним. Везде, где есть гуанин базис, есть cytosine базис связан с ним. Иными словами, каждая база по длине хромосомы дублируется. Таким образом, ген вдоль цепи ДНК может выглядеть следующим образом:

adenine - thymine

guanine - cytosine

cytosine - guanine

thymine - adenine

thymine - adenine

guanine - cytosine

и т.д.

Одна нить зеркало напротив другой, поскольку тимин всегда связан с аденином и гуанин всегда связан с цитозином. Эта структура создает чрезвычайно стабильные молекулы, которые не могут быть легко нарушены химическими веществами в клетках или паразитного излучения. Изменение даже одной пары базисов часто смертельные для организма, поэтому природа пошла в увеличение длины, чтобы защитить целостность молекулы ДНК. Гены могут состоять из тысячи пар базисов в длину. В генетике "одиночная точка мутации" происходит, когда одна из пар базиса в этой длинной цепи пар базисов делают изменения гена. Строка g c t t g может стать g a t t g. Так что это очень важно для пород, когда точный порядок пар базисов, которые составляют геном для сохранения и передачи следующему поколению. Скажем, agcttg является генетическим кодом окраса для рода мышей. Если изменен через ошибку копирования или физическое повреждение (например от излучения), изменение в коде может привести к черному цвету мыши в замен светло серого

цвета. Потенциально, это бы сделало такого индивидуума более заметными для хищников. Существует сильное предубеждение против изменений в генетическом коде.

Порядок базисов на хромосоме используется в качестве шаблона для клетки, когда ей нужно сделать новую часть тела (обычно белок). Этот шаблон передается от одного поколения к другому. Разводчики гуппи говорят о гене длинного спинного плавника (гена удлиннения). То, это в конечном счете единица информации, которая передается от одного поколения гуппи к следующей, которая обеспечивает инструкции для формирования длины спинного плавника.

Теперь мы подошли к наиболее важным открытиям, сделанным Менделем - ключу к пониманию генетики.

Мендель обнаружил то, что люди давно подозревали - такие видимые признаки, как цвет глаз или форму тела передавались из поколения в поколение. Но он также обнаружил что это никто не выяснил. Он обнаружил, что гены пришли в парах. Это было, пожалуй, даже более значимо, чем открытие генов. Вы должны подумать о значении этого открытия, прежде чем читать дальше. Это одно из золотых ключей в генетике гуппи.

Парные хромосомы

История до сих пор, что мы видим в особенностях гуппи, как распределении змеиной кожи, есть из-за сегментов ДНК называемых генами, которые состоят длинными последовательностями парных базисов. Так сложилось, что одинаковое количество хромосом у гуппи как и у людей, 23. Итак, все правила для построения гуппи распределены на 23-х хромосомах разной длины.

Это двойной набор хромосом. Общим количеством 46 штук или 23 пары. На диаграмме ниже я представил один набор хромосом. Вы можете видеть, что здесь есть красная полоса на хромосоме. Это

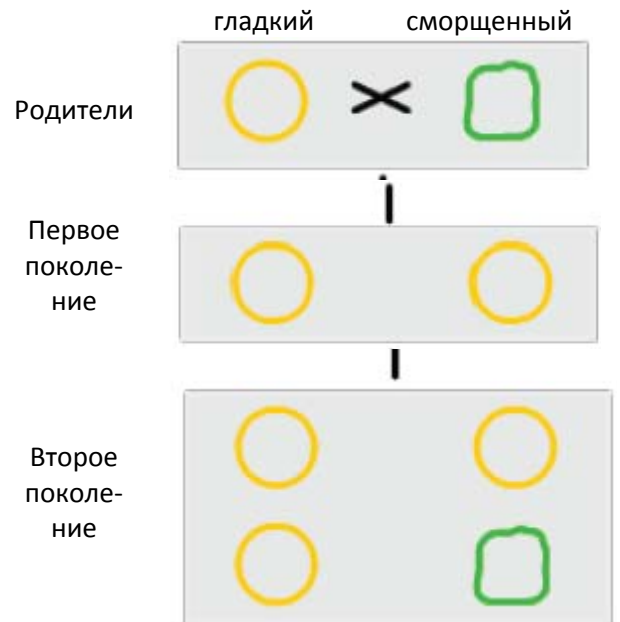
представлен ген, отвечающий за один красный цвет на гуппи.



Вы можете интуитивно понять преимущество парных генов. Эта точно такая же причина, по которой вы делаете вторую копию ключей от вашего сейфа, вторую копию записки или резервную копию компьютерного файла. Если одна копия повреждена или потеряна, вторая копия может быть использована в ее место.

Это был Мендель, кто в первые раскрыл что гены передаются по наследству в парах. Но он не пришел к заключению, что гены приходят в парах с целью мер безопасности. Он вывел теорию из экспериментов с горохом. Что он отметил, что черты такие как гладкие или сморщенные семена оказались взаимоисключающими. Семя было либо сморщенное или гладкое, не было промежуточной формы типа слегка сморщенное, оставалось по прежнему гладкое. Когда растение с гладким семенем было скрещено с растением со сморщенным семенем, в результате все потомство оказалось с гладкими семенами. Если он затем скрестил его первое гибридное потомство, и во втором потомстве он получил смесь из гладких и сморщенных семян.

Диаграмма показывает, как выглядит результат:



Как вы можете видеть, растение с гладкими семенами (желтое) скрещено с растением со сморщенными семенами (зеленое). Первое поколение представляет собой полностью гладкие семена. Повторное появление сморщенных семян во втором поколении скрещивания должно было поставить в тупик Менделя на долго. Его решение проблемы донеслось эхом до нас спустя 1,5 века позже. Он сделал вывод, что ген текстуры семени сморщенного или гладкого, пришел в паре и один является доминантным над другим.

Мы можем это отобразить графически через изменение хромосомы.



То, что вы видите - это зеленый признак сморщенности в паре с желтым признаком гладкости. Оба гена заняли одинаковые относительные позиции на своих соответствующих хромосомах. Как они говорят "код для" одинакового признака, что означает - они обеспечивают одинаковую информацию о том как сформировать семя. Это только один из кодов для сморщенной текстуры и остальные коды для гладкой текстуры. Эта хромосома, которая дает противоречивую информацию. Так Мендель создал естественный закон. Когда два парных гена обеспечивают различную генетическую информацию по одному признаку, то один будет доминировать над другим. Другой называется рецессивным.

Этот закон полученный опытным путем заводчиками гуппи, которые получили группы от заводчиков и затем обнаружили случайно окрашенные или незнакомые формы плавников гуппи "внезапно" появляющихся в последующих поколениях. Откуда же появляются незнакомые гуппи?



Гуппи альбинос. Изображение Филиппа Шаддока.

Например, что всегда дает в наследстве ген альбинизма. Гуппи альбинос есть особь с розовыми глазами и покрыт желтым цветом. Он не имеет черного цвета. Когда вы скрещиваете гомозиготного гуппи альбиноса с гомозиготной серой гуппи, вы получите серых гуппи в первом поколении креста. Если затем вы возьмете самца и самку от первого поколения и скрестите их, в следующем поколении вы получите небольшое процентное количество гуппи, которые будут альбиносами.

В чем причина? Признак альбиноса, когда гуппи не могут производить черный цвет, называется рецессивным по отношению к нормальному или дикого типа признаку.

Этот феномен может быть объяснен на биологическом уровне. Черный цвет у гуппи из-за типа пигмента, называемого "меланин". Один из белков, который используется клетками для производства меланина, оказывается поврежденным в случае альбиноской гуппи. Предположительно, одна из базисных пар, что составляет ген который кодирует пигмент белка оказывается измененным. Это как беспорядочная инструкция для выпечки пирога. Для нормальных гуппи, это два рецепта для выпечки нормального пирога. Для альбиноских гуппи, это два плохих рецепта для выпечки пирога. И так, гуппи альбинос не имеет хороших инструкций для производства черного меланина, это неудача для построения. Когда вы скрещиваете нормальных гуппи с гуппи альбиносами, потомство получает один хороший ген от нормального родителя и один плохой плохой от альбино родителя. И так имеем один хороший ген и один плохой ген. Плохой ген непригоден для выпечки пирога. Но хороший ген - это хорошо. И так в случае креста альбиноса на нормальную гуппи, один нормальный ген будет всем необходимым для окраски малька от нормального серого. Это не тот случай, когда ген альбино исчезает. Он оставался там всегда. Мендель назвал это рецессив. Дефект это еще один термин, который приходит в голову. Как оказалось, гуппи нуждается только в одном хорошем гене для производства серой гуппи, не два. Теперь вы видите одну причину по которой гены приходят парами. Другая причина более интригующая. Но я оставляю это на потом.

Мутации и сцепленность.

Грегор Мендель передал нам важную концепцию, которую я буду называть условно, геновая последовательность (непрерывность). Природа дает большую длину для предотвращения от изменчивости. Гены

физически не изменяются под действием соседства других генов или внешних воздействий. Ген может быть скрыт доминантным геном. Но это не разрушает или изменяет.

На самом деле, если ген изменился через ошибку копирования или воздействием на ДНК химически или излучением, которое изменяет генетическую структуру - рождается новый ген. Старый ген остается без изменений. Новый ген остается жить сам или умирает. Вот что я имею ввиду под непрерывностью.

Когда ген меняет свою физическую структуру случайно, мы говорим он мутировал. Последовательность базисов, которые служат для определения гена,

adenine - thymine

guanine - cytosine

cytosine - guanine

thymine - adenine

thymine - adenine

guanine - cytosine

становится чем-то новым (показано зеленым):

adenine - thymine

guanine - cytosine

cytosine - guanine

guanine - cytosine

thymine - adenine

guanine - cytosine

Это потому что, шаблон гена изменился и белок, который создан из того шаблона различен. В случае альбино гуппи, мутация причина сбоев в производстве черного пигмента. Во многих случаях мутация приводит к гибели гуппи, несмотря на это в некоторых случаях мутация не вызывает последствий. В других, новая версия белка может произвести новую и отличительную версию белка, который будет годным для организма. Я упоминал, в случае с серой мышью, которая несла черный цвет. На сером фоне черная мышь была бы легкой добычей для хищников. Но на черных кам-

нях лавы, черная мышь будет иметь преимущество над ее серыми братьями и сестрами. Черная мышь будет жить и размножаться передавая его или ее новую версию гена последующим поколениям.

Популяция мыши будет теперь иметь два различных гена окраски, серый и черный. И серый или дикого типа цвет, будет доминантным над геном черного цвета. Это означает, что черный ген не будет проявляться, пока особь имеет один серый и один черный гены. Это позволит серой мышью, которая имеет один серый и один черный гены, передавать ген черного окраса потомкам. Таким образом два рецессивных черных гена будут проявляться в индивидууме и будут делать его мишенью для хищников или позволит выжить, если он родился на почерневшей от лесных пожаров земле.

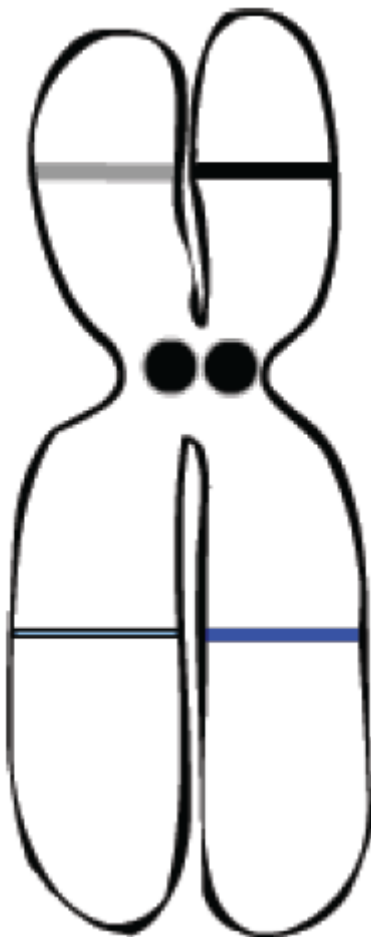
Для порядка при разговоре о двух разных генах, ученые разделяют старую версию гена, как дикого типа и новый ген, как мутант. Они называются аллелями друг-друга. И так ген серой мыши аллель гену черной мыши и наоборот. Так сказать - они братья. Здесь графическое изображение их взаимоотношений, на примере разобранным выше:



Помните, что гены это отдельные участки длинной нити ДНК. Они упорядочены в ряды как бусинки на нитке. Положение гена на нити ДНК очень важно. Когда механизм, который читает (распознает) гены готов сделать копию, он следует как точное расположение вдоль длины хромосомы. Если его нет здесь, то ген не может быть расшифрован и белок не будет произведен. Обычно это летальный исход.

И так очень важно в описание гена, то что он занимает определенное положение вдоль длины хромосомы и делает это аллелей. Алель - это ген который находится в таком же локусе (положении) как и другой ген на парной хромосоме, прямо как вы видите на иллюстрации.

Давайте взглянем на случай двух различных генов одной хромосомы.



два гена (черный и синий)

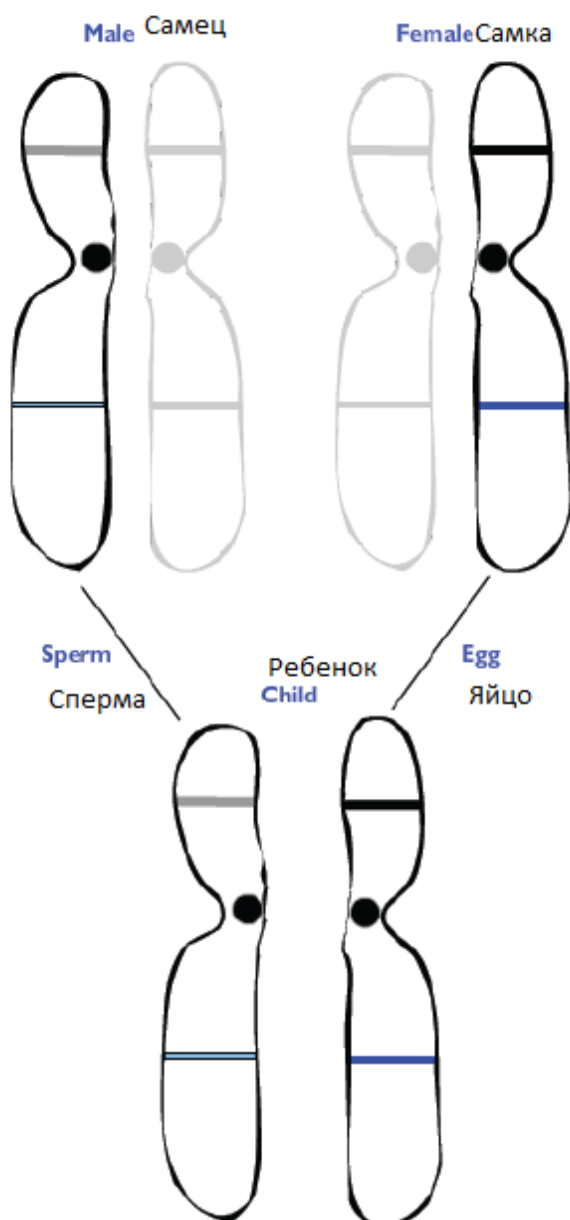
Здесь мы имеем два гена на одной хромосоме, представленные черным и синим. Давайте скажем, что синий ген отвечает за

длину спинного плавника и черный ген дает гуппи получерный или туксedo окрас.

Синий и черный гены не аллельны друг другу. Они разные гены, один отвечает за длину спинного плавника и другой за цвет на белой полоске. Я сделал черный ген слегка другого цвета и я так же сделал синий ген слегка другого гена. Скажем так, что темно-черный аллель представляет получерный окрас и серый аллель отвечает за отсутствие получерного окраса. Аналогично, темно синий ген представляет длинный спинной плавник и светло-синий аллель представляет короткий плавник.

Другими словами, на одной хромосоме вы имеете ген короткого спинного плавника и ген отсутствия получерного окраса, а на другой хромосоме вы имеете ген длинного плавника и ген получерного окраса. Как вы думаете как это будет передаваться по наследству? Это нечто, что Мендель так и не открыл, потому что он не знал о физических структурах строения генов. Он рассуждал о понятии генов как самостоятельных наследованных частях или факторах. Но и только через долгое время после его смерти, ученые открыли, что гены расположены на хромосомах. Эти хромосомы передаются на следующее поколение. Одна из пары хромосом каждого родителя передается ребенку.

Давайте посмотрим на диаграмму этого. Что я здесь показываю - это путь отдельных хромосом передаваемых в виде спермы и яиц. Как вы можете наблюдать, пара хромосом разошлась на части, и отдельные части этой пары передались в сперму или яйцо. Я закрасил серым второго члена набора для упрощения диаграммы, но они также передаются в этом пути:



Как гены наследуются.

То, что нужно уяснить с этой диаграммы, так это то, что хромосомы передаются по наследству и гены следуют вдоль для выживания. Итак, ты имеешь ген длинного спинного плавника на одной хромосоме с геном получерного окраса, они будут передаваться как целое, не раздельно. Два гена называют связанными (сцепленными). Сцепленность - это очень важная концепция в генетике гуппи. В данном случае сцепленность имеет ввиду, что ген длинного спинного плавника и ген получерного окраса связаны. Потому что они оба расположены на одной хро-

мосоме, и они передаются как одно целое. Разводчик Doug Grey предоставил хороший пример этого в этих изображениях. Здесь IFGA синяя дельта гуппи без получерного окраса и с коротким спинным плавником.



IFGA синяя дельта гуппи без получерного окраса и с коротким спинным плавником.

И здесь брат IFGA синей дельта гуппи, IFGA получерный синий.



IFGA получерная синяя с длинным спинным плавником. Из того же рода.

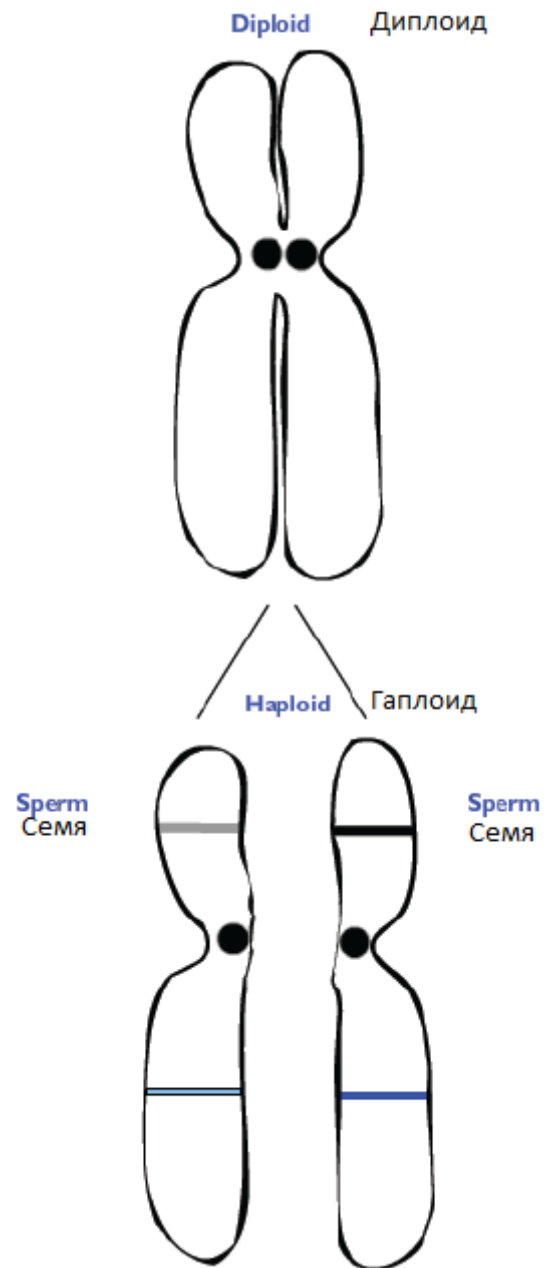
Теперь вы знаете, почему это риск использование самца из магазина с коротким спинным плавником. (Конечно же Doug не получал своих гуппи из пакета). Это может быть в случае, когда магазинные гуппи с коротким спинным плавником связаны с другими приятными признаками. И так в попытках создать превосходную комбинацию признаков, вы можете найти, что они никогда не проявляются вместе у одной гуппи. Гены связаны. Бездна ли задача создания

признака в новом сочетании признаков если гены связаны? Возвращаясь к природе, создавшей решение этой проблемы, которое назвали "кроссовер". Я опишу этот механизм в конце позже. Я только скажу здесь, что хромосомы действительно рвутся и пересобираются сами в себя во время сексуального воспроизведения (репродукции). И так терпение и время, и много попыток, вы можете иногда встретить самца где связь между двумя признаками будет разорванной. Вы можете встретить синего дельта самца с длинным спинным плавником. Это будет возможно один самец из пятидесяти или ста попыток. Вам может повезти и найти его в следующей попытке или не повезти и не найти его за два года. На шанс предоставляется. Чем дальше друг от друга гены в хромосоме, тем более вероятно, что разрыв в хромосоме произойдет между двумя связанными генами. И так это шанс в игре.

Я использовал пример связи признаков что бы вы задумались о том, как гены наследуются. Почему вам не провести время на обдумывание этого, прежде чем вернуться к следующему разделу?

Квадрат Punnett

Как я показал в последней главе, гены переходят к следующему поколению на хромосомах. Как и люди, гуппи имеют 23 различных хромосомы, которые сдвоены в общее количество 46 хромосом. Когда хромосомы сдвоены, они называются диплоид. Когда они не сдвоены, они называются **гаплоид**.



Сдвоенные диплоидные хромосомы разделяются на гаплоидные гаметы (яйца и сперма) во время сексуального воспроизводства.

Диплоидный набор хромосом разрывается во время репродукции. Каждый набор 46 хромосом делится на два яйца или два семени (гаметы), каждая гамета снабжена 23 хромосомами. Если коротко, то во время воспроизводства хромосомы гаплоидны. Когда гаплоидное яйцо и гаплоидное семя объединяются, новая зигота становится диплоидной снова.

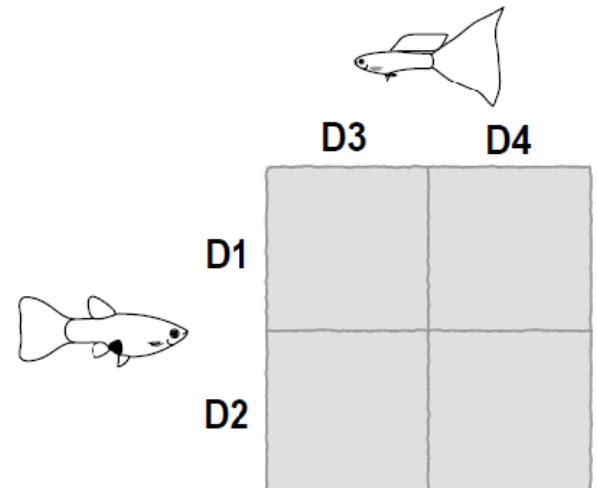
Теперь здесь точка того, к чему я все вел. Обратите внимание, что хромосомы в примере Я выбрал, имеют разные аллели. Од-

на может быть для получерного окраса и дикого типа (без получерного). Теперь семя или яйцо может нести только одну хромосому, любому отданной семени или яйцу может нести только один аллель. Некоторые могут нести ген короткого спинного плавника и остальные длинного спинного плавника. Яйца и семя оплодотворяющие могут иметь различные гены, как лучше. То семя которое оплодотворит яйцо является всегда делом случая.

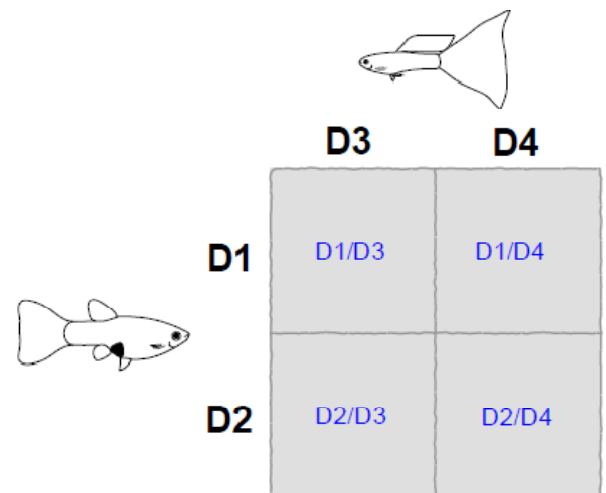
Деление диплоидных хромосом на гаплоидные гаметы и их пересортировка является как тасование колоды карт. Вы разделяете колоду и смешиваете карты случайно. Это генетическое тасование есть основополагающая причина почему природа изобрела сексуальное воспроизводство. Пробуя новые комбинации аллелей, разные цвета мышей могут прийти к лучшей адаптации к различным цветам окружающей обстановки.

Потенциально могут быть четыре различных варианта гена, или аллель у потомства в кресте. Самец может иметь две различных аллели для длины спинного плавника. Самка может иметь две совершенно разных аллели длины спинного плавника, разного по отношению к другому и разным по отношению к самцу. Потому что яйца и семя подобраны случайно, вы получите четыре различных комбинации аллелей. Почему только четыре а не шестнадцать? Потому что здесь две разных аллели семени и две разных аллели яйца, так $2 \times 2 = 4$.

Не проследили? Здесь есть путь проследить это визуально. Для тех из нас кто тупит в математике, это на много лучше путь визуализировать комбинации. Скажем, у вас есть четыре гена влияющих на длину спинного плавника, которые мы будем называть d1, d2, d3, d4. Самка гуппи имеет аллельную комбинацию d1, d2. Самец имеет аллельную комбинацию d3, d4. И так, чтоб вычислить сколько генов будет собрано у малька, мы используем нечто, что называют квадратом Punnett. Это очень простая таблица:



Две семенных аллели упорядоченные в строках и две яичные аллели, упорядоченные в столбцах. Для определения как гены семени и яйца будут сопоставлены, просто заполните в квадратах где пересекаются строки и столбцы.



Это простой визуальный метод разъясняющий как семенные и яичные гены собираются.

Квадрат Punnett это один из наиболее мощных инструментов, который вы можете использовать в генетике гуппи. Просто убедитесь в понимании этого. Я применю это снова при использовании реального примера.

Помните гуппи альбиноса? Это мутант, который не может производить черный пигмент. И так - гуппи желтый с красными глазами. Это рецессивный признак, подразумевающий, что ген альбино не может быть проявлен если скрещен с геном нормальной или дикого типа гуппи. Пройдемся через эксперимент разведения, где мы скрестим гомозиготного альбиноса представителя породы и гомозиготного серого или дикого типа представителя породы. Что я имею ввиду под "гомозиготным (truebreeding)" - это когда каждый родитель имеет только одну версию гена. Серые родители имеют два нормальных или дикого типа гена и родители альбиноса имеют два мутированных альбиносных гена.

Здесь картинка самца платинового магента (пурпурный) альбиноса и его серого типа сестры.

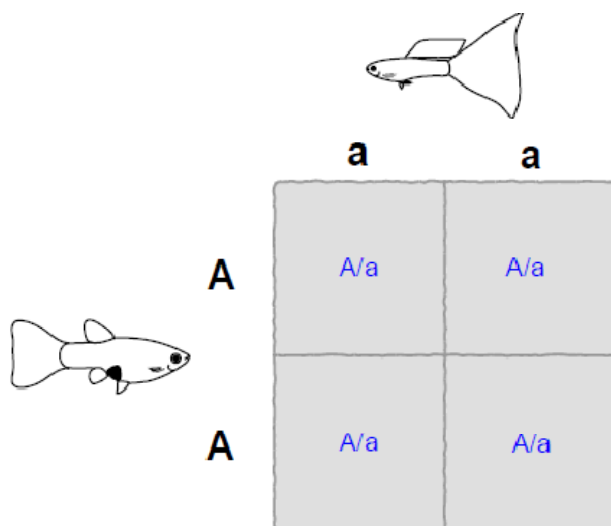


Альбинос сверху и серая самка снизу. Фото Филиппа Шаддока.

Ученые имеют сокращенные названия для генов. Для гена альбиноса это буква "a" (а для альбино). Потому что альбино признак рецессивный, "a" а маленькая. По конвенции, нормальному или дикого типа аллели дана такая же буква, только заглавная. И так, дикого типа аллель гена альбиноса есть "A". Однако, потенциально ген может иметь много вариаций, изначальная форма гена, один из них наиболее распространен в природе, называется аллель дикого типа. Когда вы сравниваете аллели, вы должны всегда помнить это. Ген который окрашивает гуппи черным и называе-

мым "альбино" обозначается заглавной "A". Эта мутированная аллель обозначается маленькой "a". Поскольку есть две хромосомы и гены могут быть на разных аллелях, вы используете два символа "AA". И теперь, как мы обозначили гомозиготную альбиносную гуппи: aa.

Теперь давайте посмотрим какие комбинации мы получим если мы разведем эти две гуппи.



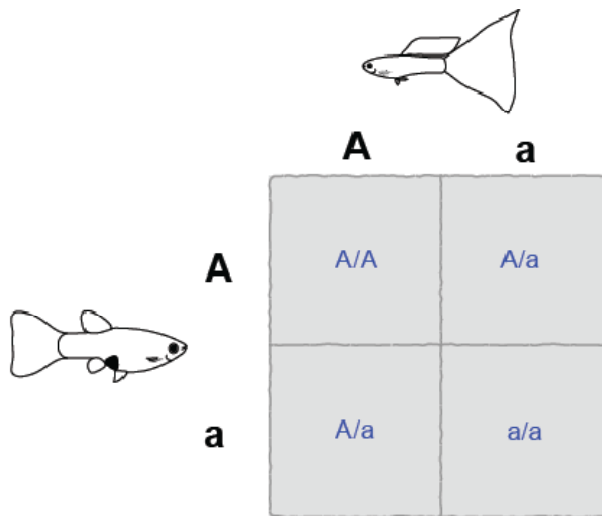
Крест между альбиносом самцом и серой самкой.

Самец имел только аллель одного типа (a) и самка имела аллель одного типа (A), и так когда мы соединим их, все потомство получит один тип комбинации аллели: aA. Поскольку комбинация рецессивных аллель с доминантной аллелью A подразумевается только доминантная аллель будет проявляться, все потомство будет дикого серого типа.

Это достаточно актуально, когда вы скрещиваете одну гомозиготную породу с другой гомозиготной породой. Первое поколение креста выглядит достаточно похожим друг на друга. Если там в родительских породах не очень много вариаций аллель, тогда потомство будет незначительно отличаться.

Это очень важная причина, почему вы должны ждать до второго поколение, прежде чем вынести вердикт значению креста. Я покажу что я имею ввиду. Возьмем самца

и самку в первом поколении креста и просто скрестим их. Чтобы увидеть, как гены разделяются, мы сделаем еще один квадрат Punnett.



Второе поколение креста.

Во втором поколении креста мы получили три различных комбинации:

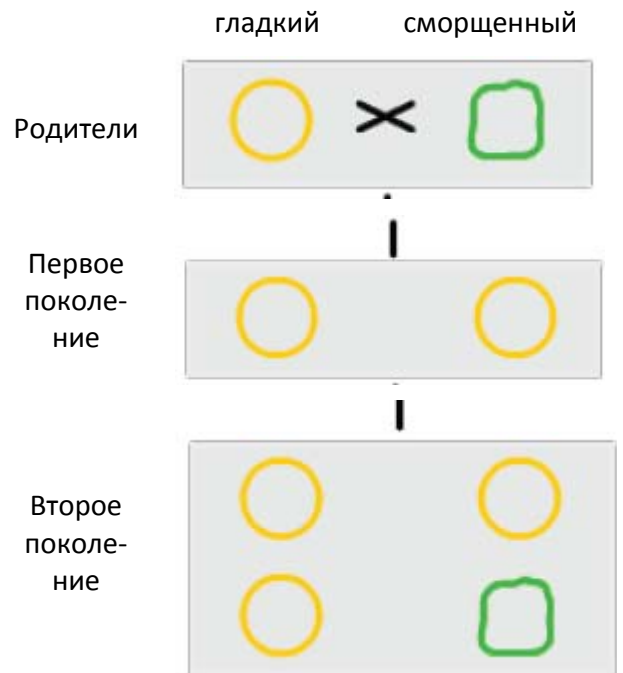
aa (как у самца родителя)

aA (как в первом поколении)

AA (как у самки родителя)

Оба aa и AA индивидумы будут серыми (aA имеет доминантную аллель A). aa индивидум будет альбино. К слову, 3 из 4 потомков будут серыми и 1 из 4 будет альбино. Помните, что комбинация аллелей будет случайной, когда мы говорим, что альбиносов будет 1 к 4, и серых будет 3 к 4, мы имеем ввиду среднее. Выш результат может варьироваться.

Задолго перед одомашниванием гуппи, задолго перед квадратом Punnett выдуманным кем-то с фамилией Punnett, кто то уже вычислил соотношение рецессивных индивидуалов во втором поколении креста. Это был Грегор Мендель. Он выразил статистическую закономерность в результатах его крестов. Помните его опыты с морщинистыми и круглыми семенами гороха?



Мендель сформировал свою теорию работая от обратного - из статистического анализа его результатов. Это было его гением. Как вы увидите, как вы получите в дальнейшем в генетике гуппи, вы можете следовать по его стопам. Тщательно отмечая соотношение признаков в ваших попытках, вы можете работать в обратную сторону до вероятного гена выделяющего ваш признак. Это делает квадрат Punnett чрезвычайно мощным инструментом для изучения генетики вашей породы. Например, во втором поколении креста 25% от вашего помета -одного типа, 75 % другого типа, вы знаете какой признак вероятно рецессивный.

Мендель лучше обозначил то, что я называю генетическим тасованием. Он это называл независимым набором и выделением. Что он имел ввиду, что гены наследуются независимо друг от друга и формируют новые комбинации в последующих поколениях крестов. В разговорах о генетике гуппи вы будете слышать его термин выделение (разделение) довольно часто. Человек будет говорить о том как порода повторяется в следующих поколениях креста. Или своеобразная гибридная порода будет

постоянно производить своеобразные видимые вариации, как красные и синие версии. Этот феномен из-за Менделевского разделения. Я предоставил вам квадрат Punnett как инструмент для работы по разделению генов.

Почему учат как использовать квадрат Punnett? Он позволяет вам работать на бумаге и видеть исход будущих крестов. Взамен простого отсаживания некоторых гуппи вместе и надеяться на лучшее, вы теперь имеете инструмент для предсказания комбинаций генов, которые будут в результате креста. Это может сохранить вам много времени и сил гонясь за крестами, которые в конечном счете могут дать случайные аллели. Я вернусь к квадрату Punnett и дам вам еще примеры его использования. Вы должны уделить время чтоб поиграть с ним до того как поймете его отношение к генам и пути передачи их по наследству.

ХУ сексуальная система

Сходство между генетиками гуппи и людей сходится к тому, что они имеют обе по 23 хромосомы которые диплоидны. Они также разделяются на ХУ половую систему.

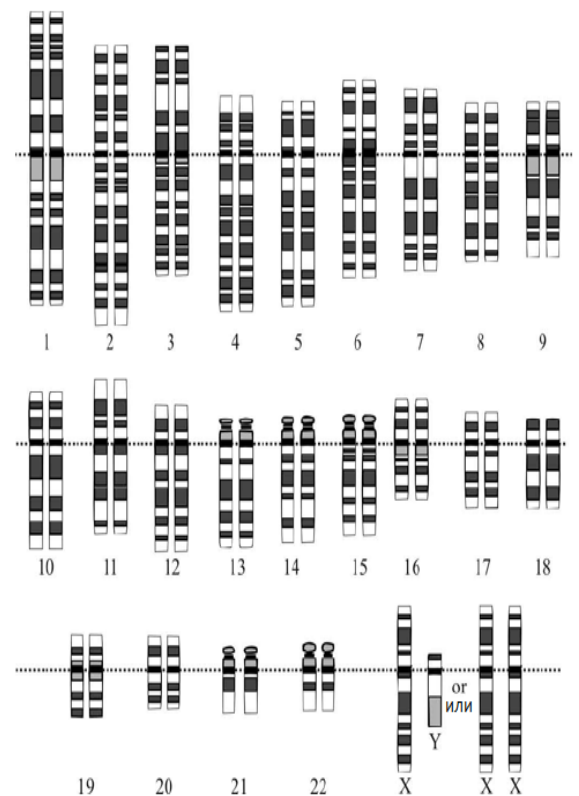
Есть две очень специфические хромосомы в наборе 23-х. Это половые хромосомы, обозначаемые X и Y. У хромосома имеет ген или гены определяющие развитие оплодотворенной яйцеклетки как самца или самки. У самки отсутствует У хромосома.

самец = ХУ

самка = ХХ

И так, самец имеет все хромосомы, которые имеет самка, плюс У хромосому. У самки отсутствует У хромосома.

Эта диаграмма показывает графическое представление различных размеров хромосом людей.



Заметьте, что все хромосомы, за исключением X и Y хромосом, являются гомологичными (сходными), имеется ввиду, что каждый член пары одинаковой длины и имеет точно такой же набор генов. Исключение у X и Y хромосом. Мужская Y хромосома значительно меньше чем женская. У хромосома фактически не имеет генов. Фактически она ничтожно мала. Она по сути является только сигналом (знаком) для оплодотворения яйцеклетки и развитию в ней половых признаков самца.

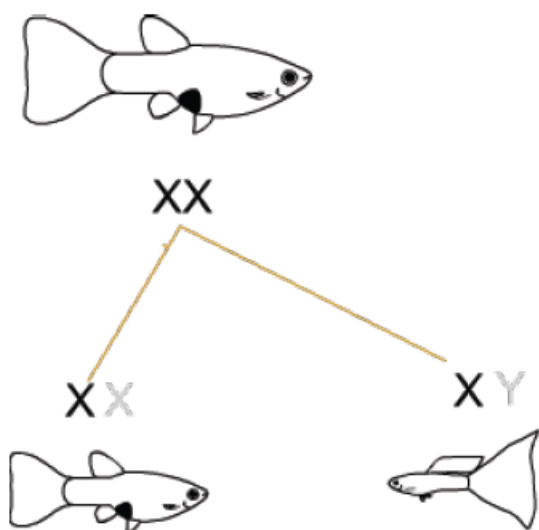
Вот где половая система гуппи значительно отличается от человеческой половой системы. В случае X и Y хромосом, они не различимы друг от друга когда находятся в сжатом состоянии. Это достаточно подтверждается ими в примере на ранней стадии развития ХУ половой системы. На самом деле половое разделение у гуппи не устойчиво по сравнению с людьми. Большинство людей увлеченных

и не знают, что большинство самцов в их помете родилось самками и наоборот. Иногда острым взглядом разводчики отмечают самку гуппи вдруг превращающуюся в самца на поздних стадиях развития.

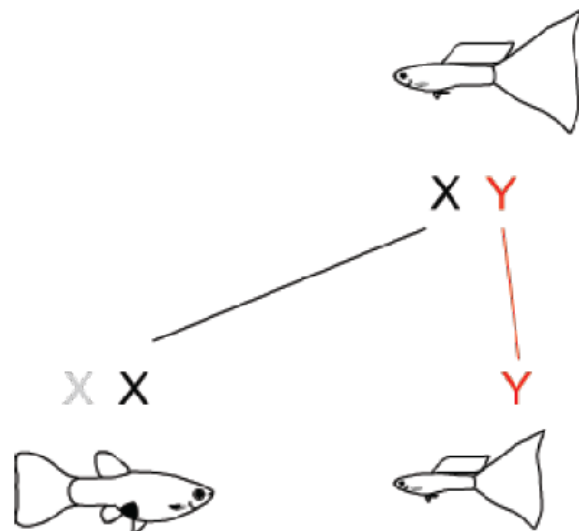
Теперь наступает, вероятно, наиболее важный момент в генетике гуппи. Обе X и Y хромосомы несут большинство генов окраса и формы плавников. Помните как я сказал, что шаблон тела гуппи хранится в виде генов распределенных среди 23 хромосом? Гены, наиболее интересные для разводчиков гуппи, гены связанные с цветом, распределением, форма и длина плавников в основном расположены на X и Y хромосомах. Другими словами, они связаны по полу. Это означает, что их признаки связаны с X и Y хромосомами.

Есть и исключения, такие как ген вертикальной полосы, золотой и блондинистый гены, гены полностью черного корпуса, гены металлические, гены альбинизма и другие. Но распределение и окраска, как змеиная кожа, цветные точки, много красных генов полупрозрачный окрас и такие как форма плавников - длинный спинной плавник, расположены на X и Y хромосомах.

Когда вы слышите, как кто то сказал, что ген змеиной кожи X-сцеплен, они говорят, что ген его породы расположен на X хромосоме. Давайте взглянем, что будет когда ген передается по наследству:



Женские две X хромосомы передаются обоим дочке и сыну. Но посмотрите на случай Y-сцепленной передачи:



Самец гуппи передает свою X хромосому своей дочке. Но Y хромосома передается только его сыну. Все гены мужской Y-хромосомы наследуются только сыном.

Что означает этот факт? У диких гуппи самцы используют свои цвета и рисунок для демонстрации своего состояния потенциальной супруге. Но это подтверждает его риску стать легкой мишенью для хищников. Тусклые самки имеют гораздо больше шансов на выживание. На самом деле это именно поэтому, что самцы гуппи ярко окрашены и самки лишены окраски, эти гуппи были изначально в лабораториях "подопытными крысами" в предпочтении у генетиков. Первым ученым был Джохан Шмид из Гарлсбергской лаборатории в Дании, кто был особенно поражен теми гуппи к возможности разделения пород. Он получил породу диких гуппи в начале 1916 года. Но несколько лет спустя он посетил выставку рыб и обнаружил гуппи с совершенно разными признаками по сравнению с его гуппи в лаборатории. Он скрестил их с его породой и обнаружил, что самцы передали свои узоры своим сыновьям, даже когда были скрещены с самками другой породы. Это натолкнуло его к выводу, что гуппи используют XY половую систему и что у них было что-то называемое "только

мужское наследование". То есть, сыновья унаследовали свой узор от отца а не от матери. Шмидт открыл У-сцепленное наследование генов.

Это может показаться противоречащим вашему опыту разведения. После всего, вы скрестили две породы и обнаружили, что самка действительно влияет на узор сыноаей. Но Шмидт проводил свой эксперимент с дикими гуппи или гуппи взятыми прямо с природы. И если вы приобретаете дикую самку сегодня, вы будете наблюдать, что самка полностью не окрашена за исключением ее сероко фонового цвета.

Теперь вы знаете почему это так важно знать где гены расположены у вашей породы. Вы не можете скрещивать самца с У-связанным распределением цвета с другой самкой и ожидать у потомков наследование оцовского окраса. Пример из Москвы. Обычно металлик голова Москвичей строго У-сцеплена.

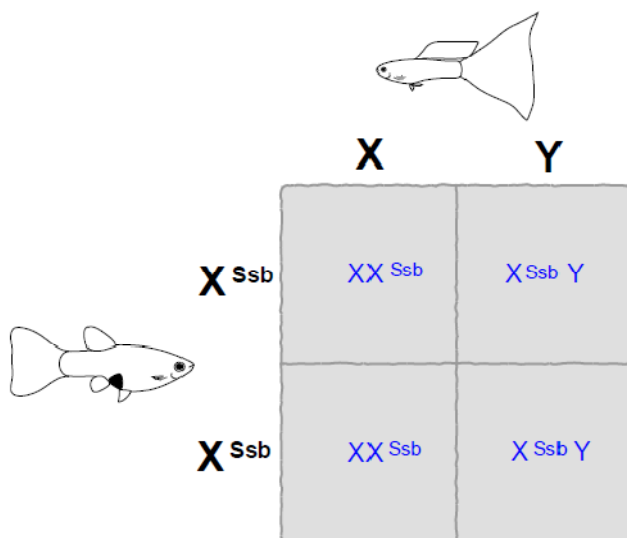


Гавайская синяя московская. Фото Филиппа Шадока.

Факт, что синяя голова и некоторые другие участки тела и зоны, строго У-связаны у Москвичей означает, что вы можете создать новую породу скрещивая самок с самцами Москвичей, но самки Москвичей самки Москвичей не несут кода Московского признака другим породам.

В случае змеиной кожи, ген (или гены) узора приходят в обоих вормах. Вы можете иметь Х-сцепленный или У-сцепленный признак змеиной кожи. В этом случае вы можете передать узор змеиной кожи другой породе используя Х-сцепление змеино кожей самки. Посмотрим как это работает?

Квадрат Punnett, с которым ознакомились в предыдущей главе, очень полезен для планирования крестов, в которые вовлечены половые хромосомы. Скажем, вы скрещиваете змеинокожую (которая имеет обозначение гена для узора корпуса - Ssb) с гуппи без змеиной кожи. Вы можете использовать квадрат Punnett, чтобы просмотреть как ген змеиной кожи будет наследоваться. Сделайте квадраты Punnett для двух возможных сценариев (Х-сцепленный или У-сцепленный). Вот сценарий для Х-сцепленной линии змеиной кожи:

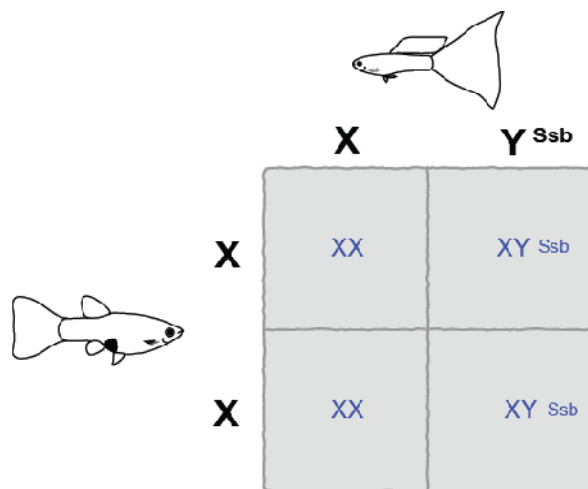


Сценарий Х-сцепленности

Я поместил мужские Х и У хромосомы сверху квадрата, а женские вдоль левого края. На пересечении строк и столбцов, вы можете видеть, что все потомство получит женскую Х-сцепленную змеинокожую аллель. (Подразумевается, что обе Х хромосомы самки несут ген.) И так все

самцы будут проявлять змеинокожий окрас.

Вот сценарий для У-сцепленного сценария:



У-сцепленный сценарий.

В У-сцепленном сценарии, ген змеиной кожи наследуется только сыновьями. Если вы поупражняетесь с квадратами Punnett, то вскоре станете генетиками гуппи раньше чем гуппи разводчик глядящий в ваш аквариум со скрещенными пальцами. Я должен отметить, что обозначение половых сцепленных генов выделяется имя доминантного гена с заглавной буквы и привязывается с символом гена хромосомы, на которой он находится. Это основа. Это также отображается в верхнем индексе. Это гуппи альбинос (aa) со змеиной кожей, которая У-сцеплена. Имя гена дикого типа не отображается конвенцией.

$XY^{Ssb} aa$

Другое замечание. Гены, что расположены на не половых хромосомах в общем называются генами-аутосомами. Например, ген альбиноса аутосомный.

Некоторые из вас, кто прочитал эту серию внимательно, будет удивляться как со-

временные самки гуппи стали богаты Х-сцепленными генами цветов.

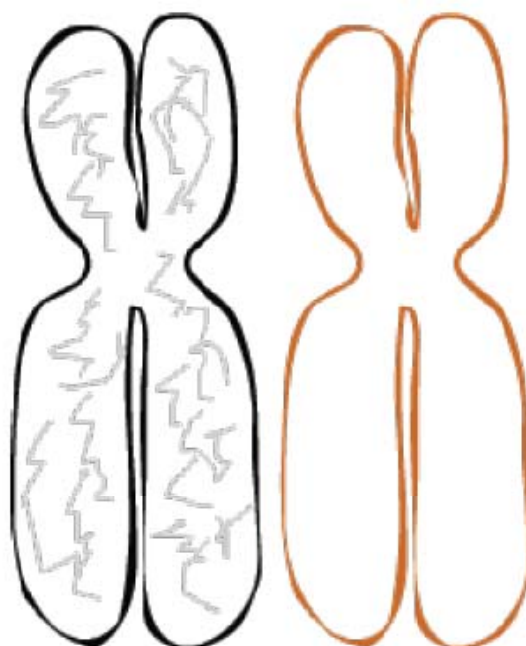
Разрыв связей: Кроссовер

В последней главе Я обозначил, что современные самки гуппи имеют много генов цвета по сравнению с их дикими сестрами. Причина этого - кроссовер. Кроссовер позволяет парным хромосомам обмениваться генетическим материалом. Это разрывы связей между двумя генами одной хромосомы и позволяет Х и У хромосомам обменяться генами. В природе самки, что приобрели гены окраса не отбираются. Но разводчики гуппи выбирают окрашенных самок, если не прямо, то косвенно.

Например ген, что легко скрещивается, является ген змеиной кожи. Он может быть найден или в Х или в У хромосомах потому что это стало возможным из-за кроссовера. Рассмотрим затронутый физический механизм.

Кроссовер происходит во время полового размножения.

Здесь две хромосомы.



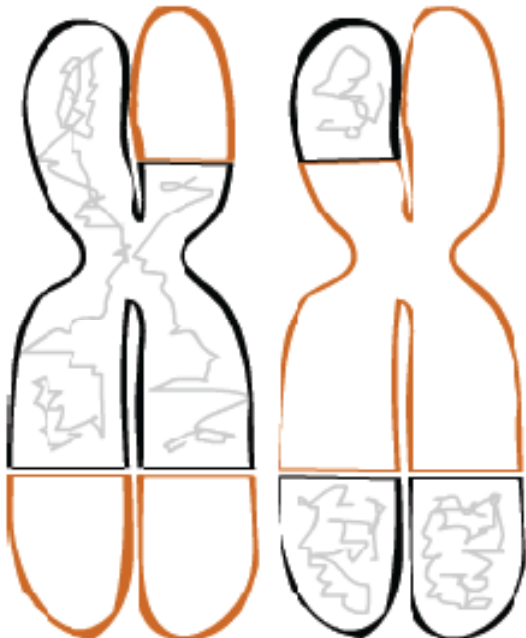
До кроссовера.

Во время оплодотворения яйцеклетки и спермы, хромосомы буквально переплетаются вокруг друг друга.



Во время кроссовера.

Хромосомы рвутся на части и пересобираются, меняясь одной, иногда двумя или тремя различными сегментами.



После кроссовера.

Кроссовер гарантирует, что связанные гены (гены одной хромосомы) разделяются на части, как то они могут разде-

ляться и передаются независимо. В случае X и Y хромосом, ген который был на Y хромосоме и передавался только сыну, будет перемещен на X хромосому, где может быть передан от матери к дочери. И дочери могут нести его к самцам другой породы. Кроссовер это инструмент для изменения внутреннего мира гуппи.

Есть по крайней мере один участок на Y-хромосоме, которые не подвержен кроссоверу. Это участок около определяющего пол гена называемый SDR или определяющий пол участок. Если ген определяющий пол был подвержен кроссоверу, разница между X и Y хромосомами будет утрачена. Механизм, который предотвращает кроссовер SDR непонятен ученым. Но есть самцы гуппи цвета которых никогда не подвергаются кроссоверу, такие как красные пятна на гуппи или такой ген как у Московской суперзеленой.

Частота кроссовера колеблется и зависит от удаленности гена от SDR. Чем гены ближе к SDR, тем реже происходит кроссовер. Например, ген Москвичей никогда не был проявлен определенно под действием кроссовера. Ген змеиной кожи делает достаточно часто (возможно чаще 1 из 50).

Иногда "урод" проявляется в выводке, самец значительно отличается от своих братьев или сестер. Многие люди будут считать, что случилась мутация, хотя это более вероятно случай кроссовера. Это сложно оценить частоту мутации гуппи, но в общем это есть в диапазоне 10^4 - 10^6 . Другими словами частота мутаций чрезвычайна редкая. Вы должны считать кроссовер, когда видите необычно окрашенных или с узором появившихся гуппи в помете. Конечно, если гуппи есть результат недавнего креста, что был в течении последних 10 поколений и вы не можете исключить этот ген, что он там присутствовал все время, но был закрыт или рецессивным.

В заключении букваря, Я даю вам самую суть в генетику гуппи. Я отбросил или

проигнорировал много исключений из теории и законов, что я привел здесь. Например, гены могут иметь более сложные взаимоотношения чем доминантный - рецессивный. Гены могут быть содоменирующие или частично доминирующие. Некоторые гены могут затенять другие (ингибитор). Многие гены не простые точечные мутации, как я рассказывал раньше. Они состоят из сети генов. Например, нет ни одиночного гена Москвичей, но число генов, что участвуют в этом, ведут себя как один ген. Однако основы генетики, что я рассказал здесь должны служить вам хорошо до того момента, когда вам понадобится лучшее объяснение того, чему вы стали свидетелем в аквариуме. Это будет хороший момент присоединиться к дизайнерам гуппи, где я следую за пределами простой генетики. Тем не менее удачи в ваших аквариумах. И пусть ваши кресты в итоге имеет меньше общего с удачей и больше с хорошим планированием основанным на хорошей и надежной теории и понимании.