

Cartilha de Genética

Uma introdução à genética dos guppies para o iniciante



Escrito por Philip Shaddock
www.guppydesigner.com

traduzido para o português por [William Soares](#), com permissão do autor.
Revisado por [Carlos Bessera](#) e [Rodrigo Ziviani](#)

Genética

Esta cartilha é dirigida ao iniciante na criação de guppies, ou ao criador experiente que não está realmente interessado em genética avançada. Talvez você somente queira saber o que acontece quando cruza um guppy metálico com um snakeskin (cobra). O fato é que mesmo um cruzamento simples como esse requer ao menos um pequeno conhecimento de genética para compreender exatamente o que está acontecendo quando você coloca as variedades juntas.

Eu sei que você pode apenas colocar as variedades no mesmo aquário e esperar para ver o que produzem. Mas, felizmente, lendo e utilizando a informação desta cartilha você vai entender que há uma maneira mais eficiente e mais prazerosa de explorar os cruzamentos de guppies.

A cartilha foi primeiramente publicada no site da IGEES (International Guppy Education and Exhibition Society). Ela foi expandida e revisada para esta publicação.

Por que estudar genética

O que é genética? A palavra “genética” significa o estudo de “genes”.

Aqui está a definição de gene:

“Genes são segmentos de DNA encontrados em cromossomas. Cromossomas estão localizados no núcleo das células. Genes armazenam o mapa do corpo. Quando uma nova

parte do corpo precisa ser construída, o mapa é lido e essa nova parte é construída por ele. O gene passa esse mapa para a próxima geração”.

Então os genes são o local de armazenamento de instruções de como construir o corpo e realizar seus processos, incluindo as células de cor na pele que dá aos guppies cor e padronagem. Eles são inseridos nos cromossomas e armazenados com segurança no núcleo. Obviamente o corpo deseja tomar cuidados especiais com seu manual de instruções.

“Genética do guppy” é simplesmente o conhecimento que nós acumulamos acerca desses mapas para cores e padronagens. É também o conhecimento de como esses genes são passados de uma geração para a próxima. Muitas pessoas não estão interessadas em saber como os genes agem como modelos para planos de corpos. Elas estão mais interessadas no que acontece quando você cruza dois guppies ou como preservar ou melhorar uma característica, tal como uma grande dorsal. Mas, como qualquer bom mecânico vai lhe contar, saber como um carro trabalha quando está andando é uma grande ajuda quando ele quebra.

Muitas pessoas dizem que não estudam a genética dos guppies. Mas tão logo eles fazem uma afirmativa acerca de como uma característica é herdada eles caem nos domínios da genética dos guppies. Por exemplo, um guppy com o padrão half-black ou tuxedo,

quando cruzado com um guppy sem esse padrão irá produzir filhotes com padrão half-black. Qualquer um que faça esse cruzamento vai confirmar esse efeito. Genética dos guppies é apenas a observação cuidadosa dos padrões de herança dos guppies.

A existência do gene half-black é “apenas uma teoria”.

Até agora, não estamos absolutamente certos de que há um gene half-black. Mas há uma alta probabilidade de que cruzar um guppy half-black com um guppy sem o gene half-black vai produzir filhos ou filhas (ou ambos) que tenham o padrão half-black. Então esta é a segunda coisa que você precisa aprender sobre a “teoria genética”. Ela envolve uma predição. Eu predisse que se você fizer esse cruzamento você vai ter guppies half-black, se não na primeira geração do cruzamento, pelo menos na segunda geração dele. O fato de que o padrão half-black está armazenado em genes, e que esses genes são transmitidos para filhos e filhas é bem interessante, eu penso.

Eu descobri uma variedade de teorias simples que explicam por que guppies parecem como eles são. Por um longo tempo, eu fiquei confuso pela estranha cor e padrão dos guppies que tinham o gene magenta. Então, um dia meu amigo José René Meléndez Berríos colocou uma tabela comparativa entre filhotes de guppies irmãos no Guppy Designer.



O irmão sem o gene magenta está na esquerda, o guppy magenta na direita

Eu fiz diversos cruzamentos envolvendo o gene magenta e estudei extensivamente tanto a genética como as células de cor do guppy. Antes disso eu propus uma teoria acerca dos efeitos do gene magenta nas células de cor do guppy. Mas eu estava errado. Estava procurando nos locais errados. Foi necessária a tabela do José René para me acionar um súbito entendimento.

O gene magenta afeta um tipo de célula de cor metálica chamada de “iridóforo azul” e a célula de pigmento vermelho associada a ele. Fui até a minha estufa e examinei meus magentas. Sempre que havia iridóforos azuis nos filhotes normalmente coloridos, havia vermelho magenta nos filhotes magenta. Minha nova teoria: magenta é um gene que afeta a distribuição dos iridóforos e células de cor vermelha no corpo.

Poderia ter descoberto isso sem estudar genética e células de cor? Talvez. Mas a teoria que eu havia aprendido antes me mostrou onde olhar e como interpretar adequadamente o que eu estava vendo.

Então para que aprender teoria genética e biologia de células de cor? Bem, você pode descobrir uma teoria melhor (isso é mais simples e

elegante) acerca da expressão dos genes e da forma como são passados adiante, de uma geração para a seguinte. Teorias melhores levam a melhores predições. Essas predições podem economizar muito do seu tempo na sua estufa. Anos. Centenas de litros de água. Quilos de alimentos. Para testar a minha teoria sobre magenta, eu decidi selecionar machos que apresentavam bastante azul metálico. Eles poderiam produzir filhos que mostrassem muito mais cor magenta. Viu como isso funciona? Ao invés de confiar na tentativa e erro, minha pesquisa contínua sobre o gene magenta é direcionada e focalizada em teorias.

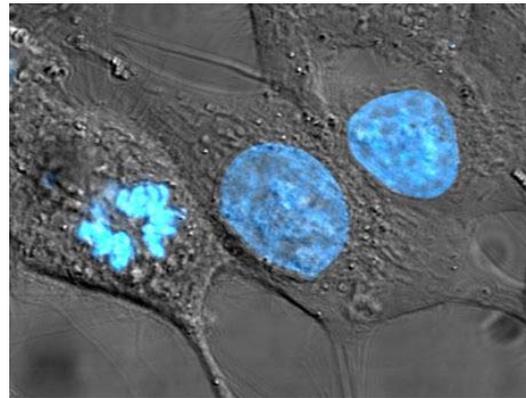
Caso minha teoria prove ser correta, eu me tornarei um melhor “projetista” de guppies. O gene magenta se tornará como um pincel em minhas mãos, um instrumento para colorir guppies. Ao invés de misturar duas variedades e esperar pelo melhor, eu deliberadamente escolho minhas variedades. É a diferença entre arremessar tinta na tela e esperar pelo melhor contra deliberadamente aplicar tinta na tela. Bem mais satisfatório.

Mas há uma razão muito melhor para estudar genética. O conhecimento cumulativo que eu possuo sobre células de cor e de como elas são herdadas faz meus guppies magenta muito mais interessantes para olhar. É o que um Chef experimenta quando senta para uma refeição. É como o que um astrônomo vê quando olha para o céu à noite. É o que um biologista vê quando sai para uma caminhada na floresta. A genética do guppy é o seu próprio prazer.

Felizmente você vai ver o que eu quero dizer.

Genes como mapas

Eu forneci uma definição de gene como um “mapa” armazenado no núcleo da célula. Eu posso realmente mostrar a você uma foto desse mapa. Esta foto da Wikipedia mostra três células e seus núcleos.



A cor azul que você vê na figura é o material genético (DNA) que foi colorido com uma tinta azul. Ver os genes em azul é a prova visível da existência dos cromossomas, que armazenam genes.

O que eu quero dizer sobre genes agindo como um mapa da estrutura e dos processos do corpo? Bem, como os mapas são utilizados?

Você tem uma avó que guarda moldes para vestidos em uma cômoda? Ela vai retirar o molde da gaveta, dentro de um envelope. Vai usar o molde do vestido como uma espécie de mapa do vestido que ela quer fazer. O molde vai ter diferentes partes. Ela vai pegar uma das partes, no envelope, e colocar por sobre o tecido e então vai cortá-lo. Vai cortar as diferentes partes, utilizando as diferentes peças do molde como modelo. Então ela vai costurar as partes juntas. Após ter

todas as partes do vestido de que precisa, ela vai dobrar o molde, enfiá-lo de volta no envelope e colocá-lo de volta na gaveta da cômoda. Legal, eu tenho um monte de metáforas aqui: molde de vestido, mapa e modelo. O conceito de modelo é a analogia mais próxima, por que o corpo utiliza o gene como uma espécie de modelo para as proteínas que são feitas dos genes. Mas eu pensei que o mapa associado com a figura seriam mais fáceis de lembrar.

Porque armazenar um gene modelo em um núcleo? Pela mesma razão pela qual sua avó guarda o molde de vestido em sua cômoda, por segurança e para ser imediatamente disponível.

Mantendo uma cópia do material genético, DNA, armazenado em segurança no núcleo, o corpo pode acessá-lo no futuro, para fazer mais cópias.

Há outra vantagem em armazenar o material genético sistematicamente empacotado no núcleo como cromossomas. O modelo em si pode ser duplicado e amplamente distribuído. É isso que acontece durante o crescimento. Você pode até passar o cromossoma e seus genes para as gerações subseqüentes. Isso significa que os genes podem agir como material hereditário.

Tornamos-nos tão acostumados com a idéia de genes que é uma surpresa que ele seja uma idéia relativamente moderna. Durante os milhares de anos de criação de animais e plantas, os criadores não tinham idéia de um gene.

Deixe-me explicar.



Foi Gregor Mendel, o monge austriaco quem primeiro descobriu os genes no final do século dezanove. Ele os descobriu em sua horta de ervilhas perto de sua casa no monastério onde vivia. Sua abadia lhe havia dado o encargo de auxiliar os fazendeiros a melhorar o volume de suas safras. Mendel se dedicou a descobrir o segredo de obter colheitas mais rápidas, mais bonitas. Ele resolveu tentar descobrir as leis da hereditariedade através do cruzamento de diferentes tipos de ervilhas. Ele não empregou um dispositivo de alta resolução de imagens para descobrir os genes. Nenhum existia. Ele utilizou a observação cuidadosa, metodologia científica e matemática. E instrumentos simples de jardinagem. De fato, Mendel não tinha pistas da estrutura física dos genes, chamando-os de “fatores” na falta de um termo melhor. Então, como ele descobriu “genes”?

Parte da resposta é que ele encontrou um padrão de hereditariedade das características visíveis nas ervilhas, tais como favas crespas e lisas. Ele cruzava duas variedades diferentes de favas, notando que uma das duas características iria desaparecer na próxima geração. Então, ela reapareceria na geração subseqüente. Isso o levou a teorizar

que um gene é uma unidade de hereditariedade. Ele passa de uma geração para a outra sem alteração (a idéia de mutação só surgiu muito tempo depois). Essa é uma forma moderna de caracterizar um gene. Quando você cruza duas plantas ou animais o gene não é alterado, ele permanece intacto e não modificado. Ele pode reaparecer em gerações subseqüentes sem modificação. Isso é uma imensa percepção, porque previamente à teoria do gene as pessoas pensavam que características poderiam ser alteradas mediante o cruzamento de diferentes variedades. Na verdade, ainda existe gente que pensa que genes podem ser fisicamente alterados por outros genes!

Mas, este simplesmente não é o caso. É como o padrão de um vestido. A matriz não pode ser alterada. A matriz pode ser estragada ou uma cópia alterada por alguma falha no processo de cópia, que agora nós chamamos de mutação. Defeito em um gene muito raramente acontece, e quando isso ocorre o descendente com o gene defeituoso freqüentemente morre. Contudo, em casos muito raros uma cópia defeituosa vai sobreviver. Ela pode conferir algum tipo de vantagem para o descendente. Nesse caso, a mutação pode passar a ser o novo gene matriz.

Para ilustrar a idéia do gene como a unidade indivisível de hereditariedade, eu vou utilizar o exemplo clássico do guppy albino. É um peixe que não pode manifestar a cor preta. Seus olhos são vermelhos por que não há preto na retina para absorver a luz e o sangue vermelho pode ser visto através dela. A pele é amarela porque as células de cor

amarela proliferam na ausência de células de cor preta. Vermelho, branco e outras cores iridescentes (prateado, azul, etc.) podem aparecer, mas não a cor preta.

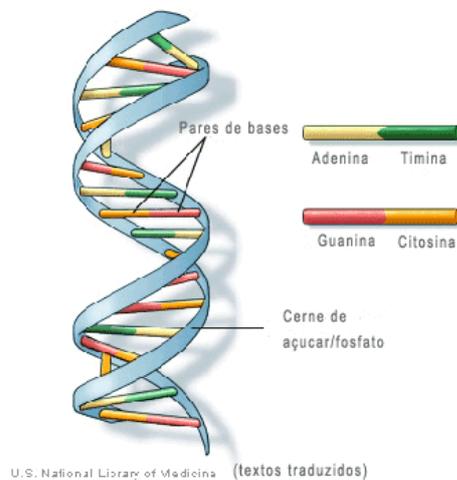


Albino Silverado acima e sua irmã cinza ou tipo selvagem. Note os olhos rosa do albino. O macho albino está apresentando cores branco e vermelho, que não são afetadas pelo gene albino.

Quando você cruza um guppy albino com uma versão normal cinza, da mesma variedade você obtém descendentes todos cinzas. Mas na geração seguinte você terá 25% de descendentes albinos. O resto dos descendentes é cinza.

Se você fosse Mendel, você perguntaria “O que aconteceu com a característica albino na primeira geração do cruzamento?”. Obviamente ela foi escondida na primeira geração, apenas para reaparecer na segunda. Mas o que significa estar “escondido”? Por que não é expresso? Para uma mente curiosa como a de Mendel, dizer que o gene estava “escondido” não seria satisfatório. Ele iria imaginar o que ocorreu na primeira geração do cruzamento. O que fez com que a característica albino desaparecesse na primeira geração de um cruzamento com um guppy cinza ou normalmente colorido.

Genes como Código Genético



As pessoas observaram durante milhares de anos que os traços visíveis, tal como a forma dos olhos ou do nariz, são transmitidos entre pais e filhos. Embora a teoria de que características são passadas de uma geração para a próxima pareça de certa forma óbvia, ela se mostrou difícil de aplicar na teoria. Fazendeiros procuram aumentar suas colheitas e rebanhos selecionando os melhores indivíduos como matrizes para a próxima geração. Mas, muito freqüentemente, cruzar seletivamente o macho maior e mais fértil com a maior e mais fértil fêmea leva ao resultado contrário. Gerações subsequentes se tornam menores, menos férteis e mais frágeis. Indivíduos deformados aparecem.

Você pode dizer que em uma grande extensão o hobby de criar guppies se encontra na mesma situação. O método mais comum de “melhorar” uma variedade é selecionar o melhor macho e fêmea de acordo com algum padrão abstrato e torná-los os novos Adão e Eva, para as gerações

subseqüentes. Muitas pessoas acham difícil entender por que cruzamentos selecionados quando praticados como *inbreeding* quase sempre resultam em perda da linhagem ou de seus atributos desejáveis.

Tal foi a situação herdada por Gregor Mendel, o monge austriaco, mais de um século e meio atrás (por volta do ano 1866). Sua tarefa era ajudar os fazendeiros locais a melhorar a colheita de suas safras através de melhores práticas de cruzamento. A diferença entre Mendel e todos os criadores antes dele foi que ele realizou exaustivos experimentos adequadamente conduzidos e cuidadosamente registrados. Mendel analisou perto de 21.000 plantas híbridas! Ele empregou estatística simples para dar sentido a esse grande volume de dados cuidadosamente coletados. E ele chegou a uma conclusão que provavelmente trouxe pouco benefício para seus fazendeiros locais (eles escutaram polidamente, mas não compreenderam a significância de suas conclusões), mas o conceito iria mais tarde revolucionar a agropecuária.

Ele trouxe o conceito de “fator”, uma simples unidade de hereditariedade, passada sem modificação de uma geração para a próxima tal como uma jóia de herança de família. Nós agora chamamos esse fator de “gene” e o consideramos a unidade singular irreduzível de hereditariedade.

Foi somente muitas décadas depois que os cientistas localizaram o gene em uma localização física, o cromossoma no núcleo da célula. E somente na metade do século vinte

que o cromossoma adquiriu a forma de uma hélice dupla. Você o vê aqui, adquirindo a forma de uma escada em espiral. Nós agora conhecemos sua estrutura química. Ele pode ser quebrado em moléculas menores chamadas bases. Essas bases são de quatro tipos: adenina, timina, guanina e citosina. Assim, um gene é uma série de pares de bases em um cromossoma.

É a ordem dessas bases, abreviadas como A, T, G e C, que é importante. Se você olhar cuidadosamente para a ilustração dos cromossomas da U.S. National Library of Medicine verá que é composta de duas fitas de bases mantidas juntas. Sempre que há uma base adenina, há uma base timina ligada a ela. Em outras palavras, cada base ao longo do comprimento do cromossoma é duplicada. Assim, um gene ao longo de uma fita de DNA pode ser como segue:

adenina - timina
 guanina - citosina
 citosina - guanina
 timina - adenina
 timina - adenina
 guanina - citosina
 etc.

Uma fita é o oposto no espelho da outra fita, pois a timina sempre se liga a adenina e guanina sempre se liga a citosina. Essa estrutura cria uma molécula extremamente estável que não pode ser facilmente rompida por agentes químicos nas

células ou radiação eletromagnética. Modificar apenas um par de bases pode ser letal para o organismo, assim a natureza esmerou-se em proteger a integridade da molécula de DNA.

Genes podem ter milhares de pares de bases de comprimento. Em genética uma “mutação de um único ponto” ocorre quando um dos pares de bases dessa longa cadeia realiza uma troca de gene. Uma cadeia **agcttg** pode se tornar a **gattg**. Assim, é muito importante para as espécies que a exata ordem dos pares de base que formam o gene seja preservada e passada adiante para a próxima geração.

Digamos que **agcttg** seja o código genético para a cor do pelo de uma variedade de rato. Se o código muda por um erro de cópia ou dano físico, por radiação, por exemplo, a mudança no código pode produzir um rato com o pelo preto ao invés de um pelo cinza claro. Potencialmente, isso fará com que esse indivíduo se torne mais visível para carnívoros. Há uma forte resistência quanto a modificações no código genético.

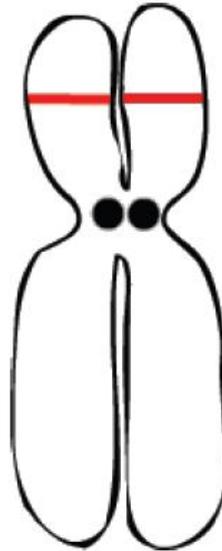
A ordem das bases no cromossoma é utilizada como um modelo pela célula quando ela precisa fazer uma nova parte do corpo (usualmente uma proteína). Esse modelo é passado de uma geração para próxima. Os criadores de guppies falam sobre o gene para uma longa dorsal (o gene alongado). A que eles estão se referindo em última instância é a unidade de informação que é passada de uma geração de guppies para a próxima que fornece instruções para determinação do comprimento da dorsal.

Agora nós chegamos à mais importante descoberta feita por Mendel, a chave para entender genética. Mendel descobriu algo que as pessoas há muito suspeitavam, que as características visíveis tais como cor dos olhos e formato do corpo são transmitidas de geração para geração. Mas ele também descobriu algo que ninguém imaginara. Ele descobriu que genes vêm em pares. Isso talvez seja mais significativo do que a descoberta dos genes. Você pode ponderar sobre a significância dessa descoberta antes de seguir na leitura. É uma das chaves de ouro da genética dos guppies.

Pares de Cromossomas

A história até agora é que as características que nós vemos em guppies, como o padrão snakeskin (cobra), são devidas a segmentos de DNA chamados genes, que são compostos de uma longa série de pares de bases. Acontece que há o mesmo número de cromossomas nos guppies do que nos humanos, vinte e três. Assim, as instruções para fazer um guppy são distribuídas em 23 diferentes cromossomas de diferentes comprimentos.

Há um conjunto duplicado de cromossomas. Assim, o total final é de 46 cromossomas ou 23 pares. No diagrama a seguir eu representei um conjunto de cromossomas. Você pode ver que há uma tarja vermelha no cromossoma. Isso representa um gene, talvez o que defina a cor vermelha no guppy.

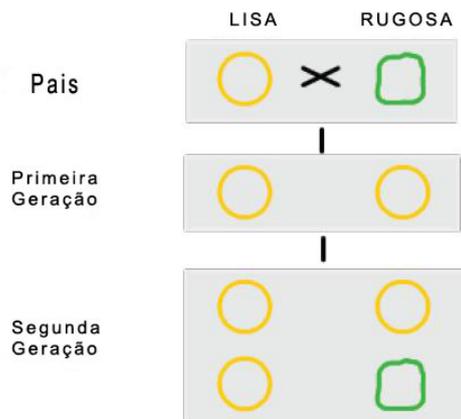


Você pode intuitivamente descobrir a vantagem de ter genes em duplicatas. É o mesmo motivo pelo qual você faz uma segunda cópia das chaves do seu cofre, uma segunda cópia do seu testamento ou uma cópia backup de um arquivo no computador. Se uma cópia estragar ou for perdida, a outra cópia pode ser usada em seu lugar.

Foi Mendel que primeiro descobriu que os genes são herdados em pares. Mas ele não chegou à conclusão de que os genes vêm aos pares raciocinando acerca de medidas de segurança dos genes. Ele deduziu a teoria dos seus experimentos com as ervilhas. O que ele notou é que características como lisa ou rugosa pareciam ser mutuamente exclusivas. A semente era ou lisa ou rugosa, não havendo uma forma intermediária tal como “levemente rugosa”, mas ainda lisa.

Quando as plantas com vagens lisas eram cruzadas com plantas de vagem rugosa, toda a primeira geração resultante tinha vagens lisas. Se ele cruzasse essa primeira geração de híbridos ele teria na segunda geração uma mistura de

vagens lisas e rugosas. O diagrama mostra como eram os resultados.



Como você pode ver, uma planta de vagens lisas (amarela) é cruzada com uma de vagens rugosas (verde).

A primeira geração produz todas com vagens lisas. O reaparecimento de vagens rugosas na segunda geração deve ter confundido Mendel por um longo tempo. Sua solução do problema ecoa para nós quase um século e meio depois. Ele deduziu que os genes para a textura da vagem, lisa ou rugosa, vinham em pares e um gene era dominante sobre o outro. Nós podemos ver isso através de uma modificação do gráfico do cromossoma.

O que você vê é a característica verde, rugosa, emparelhada com a característica amarela, lisa.

Ambos os genes ocupam a mesma posição relativa no seu respectivo cromossoma. Então se diz que “codificam” para a mesma característica, o que significa que eles fornecem a mesma informação em como conformar a vagem. É apenas que um código é para uma textura rugosa e o outro código é para textura lisa. Esse é um cromossoma que está fornecendo

informação conflitante! Então Mendel estabeleceu uma lei natural. Quando dois genes emparelhados fornecem informação genética diferente sobre a mesma característica, um será dominante sobre o outro. O outro é denominado recessivo.



Essa é uma lei experimentada por criadores de guppy que receberam trios de criadores e então encontraram guppies de cor estranha ou com formato exótico de nadadeiras aparecendo em gerações subsequentes. De onde veio o guppy estranho?



Guppy albino. Foto de Philip Shaddock

O exemplo que é sempre dado é a herança do gene albino. Um guppy albino é aquele com olhos rosa e uma cor geral amarela. Ele não tem cor preta. Quando você cruza um guppy realmente albino com um guppy realmente cinza, você obtém todos os

guppies cinza, na primeira geração do cruzamento. Se você usa um macho e uma fêmea dessa primeira geração e os cruza, então você terá uma pequena porcentagem de guppies albinos nessa próxima geração. O motivo? A característica albino, onde o guppy não pode produzir cor preta, é dita recessiva para a cor normal ou selvagem.

Esse fenômeno pode ser explicado no nível biológico. Cor preta em guppies é devida a um tipo de pigmento chamado "melanina". Uma das proteínas que é usada para produzir melanina se torna corrompida, no caso do guppy albino. Presumivelmente um dos pares de bases que formam o gene que codifica para a proteína de pigmento mudou. No caso do guppy normal, ele tem duas boas receitas para "fazer o bolo". No caso do guppy albino, há duas receitas ruins para fazer o bolo.

Como o guppy albino não tem uma boa receita para fazer melanina preta, ele falha nisso. Quando você cruza um guppy normal com um guppy albino, os filhos recebem um gene bom do genitor normal e um gene ruim do genitor albino. Assim, ele possui um gene bom e um gene ruim. O gene ruim é inútil para fazer o bolo. Mas o gene bom é bom.

Assim, no caso do cruzamento do guppy albino x guppy normal, o gene bom tem tudo o que é necessário para colorir todos os filhotes da cor normal cinza. Não é que o gene albino desaparece. Ele está sempre lá. Mendel o chamou de recessivo. Defeituoso é outro termo que vem à mente. Como se vê, o guppy precisa de apenas um bom gene para fazer um guppy cinza, não dois. Agora você vê uma

razão por que os genes vêm em pares. A outra razão é ainda mais intrigante. Mas nós vamos reservar isso para depois.

Mutação e Ligação

Gregor Mendel nos transmitiu um conceito importante que eu vou chamar transitoriamente de continuidade gênica. A natureza vai longe para prevenir os genes de mudar. Os genes não mudam pela presença de outros genes ou fatores externos. Um gene pode ser mascarado por um gene dominante. Mas não é destruído ou alterado.

De fato, se um gene muda por um erro de cópia ou a exposição do DNA a um elemento químico ou a radiação que altera a estrutura física do gene, um novo gene é criado. O gene antigo continua inalterado. O novo gene assume uma vida própria ou morre. Isso é o que eu entendo por continuidade.

Quando um gene tem a sua estrutura física alterada por acidente, dizemos que ele sofreu uma mutação. A seqüência de bases que costumava definir o gene

adenina - timina

guanina - citosina

citosina - guanina

timina - adenina

timina - adenina

guanina - citosina

se torna algo novo (mostrado em destaque):

adenina - timina

guanina - citosina

citosina - guanina

guanina - citosina

timina - adenina

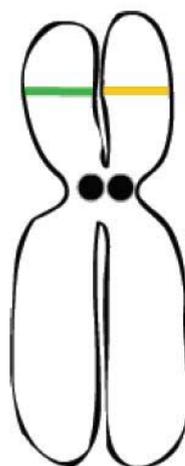
guanina - citosina

Isso por que o mapa do gene mudou e a proteína que era criada por aquele mapa é diferente. No caso do guppy albino, a mutação cria uma disfunção na produção de pigmento preto. Em muitos casos uma mutação resulta na morte do guppy, embora a ocorrência mais comum seja de a mutação não ter importância. Em outros, a nova versão da proteína pode produzir uma versão diferente da proteína que é útil para o organismo. Eu citei o caso do rato cinza que se tornou preto. Em um ambiente cinza o rato preto seria uma presa fácil para um predador. Mas em rochas pretas de larvas, um rato preto teria vantagem sobre seus irmãos cinzentos. O rato preto iria sobreviver e se multiplicar, passando adiante a nova versão do gene para as gerações subsequentes.

A população de ratos terá agora dois genes diferentes para cor do pelo: cinza e preto. E o cinza ou do tipo selvagem pode ser dominante sobre o gene da cor preta. Isso significa que o gene preto não será expresso quando um indivíduo tenha um gene cinza e um gene preto. Será permitido que indivíduos que tenham um gene cinza e um gene preto continuem passando adiante o gene para a cor preta a seus descendentes. Eventualmente, dois genes pretos recessivos

aparecerão em um indivíduo e ele será perseguido por predadores ou irá sobreviver se nascer em um terreno enegrecido por um incêndio florestal.

De forma a falar sobre os dois genes diferentes, os cientistas se referem à versão mais velha do gene como tipo selvagem e ao novo gene como um mutante. Eles são denominados alelos um do outro. Portanto, o gene do rato cinza é um alelo do gene preto e vice-versa. É como dizer que são irmãos. Aqui uma disposição gráfica dessa relação, uma imagem que você já viu antes:



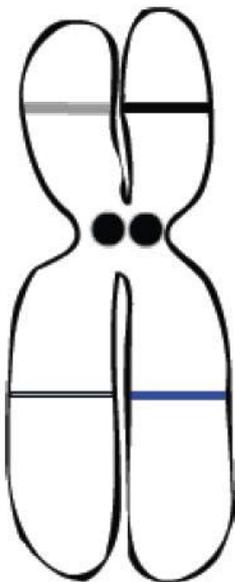
Lembre-se que genes são seções distintas de longos filamentos de DNA. Eles são organizados em linhas como contas em um cordão. A posição do gene na cadeia do DNA é muito importante. Quando o mecanismo que lê (transcreve) o gene está pronto para fazer uma cópia, ele vai à posição precisa ao longo do comprimento do cromossoma. Se não está lá, o gene não pode ser transcrito e a proteína não será feita. Isso é normalmente letal.

Assim, uma definição muito importante de um gene é de que ele

ocupa uma posição específica ao longo do comprimento do cromossoma e o mesmo ocorre com seus alelos. Um alelo é um gene que está exatamente no mesmo locus (local) de outro gene em um par de cromossomas (emparelhado), tal como você vê na figura anterior.

Vamos ver o caso de dois genes diferentes no mesmo cromossoma.

Aqui temos dois genes do mesmo cromossoma, representados em pretos e azuis. Digamos que o gene azul determina o comprimento da dorsal e o gene preto dá ao guppy um padrão half-black ou tuxedo. Os genes azul e preto não são alelos um do outro.



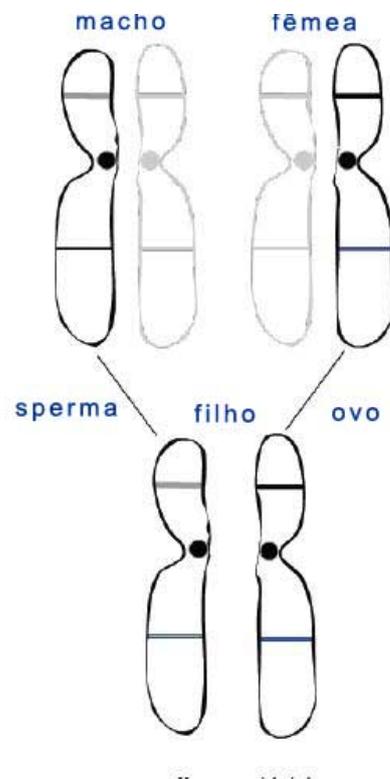
Eles são genes diferentes, um determinando comprimento da dorsal e o outro a cor no pedúnculo. Eu desenhei o gene black em uma cor ligeiramente diferente e também fiz os genes azuis em cor ligeiramente diferente. Digamos que o alelo preto escuro representa o padrão half-black e o alelo cinza representa a ausência do padrão half-black. Igualmente, o gene azul

escuro representa uma longa dorsal e seu alelo azul claro representa uma dorsal curta.

Em outras palavras, em um cromossoma você tem um gene para dorsal curta e um gene para padrão half-black. Como você imagina que serão herdados? Isso é algo que Mendel nunca descobriu, porque ele não sabia das estruturas físicas que abrigam os genes.

Ele pensou em termos de genes como unidades independentemente herdadas ou fatores. Mas, muito depois de sua morte, cientistas descobriram que os genes existiam em cromossomas. São os cromossomas que são passados para a próxima geração. Um par de cromossomas de cada genitor vai para o filho.

Vamos ver um diagrama disso



Como os genes são herdados

O que mostramos até aqui é a forma como cromossomas individuais são passados na forma de espermatozoides e ovos. Como você pode ver o par de cromossomas se separa, e o membro individual do par é passado na forma de espermatozoides ou ovos. Eu escureci o segundo membro do par para simplificar o diagrama, mas ele também será passado dessa forma: eles serão herdados como uma unidade, não separadamente. Os dois genes são ditos ligados (linked). Ligação (Linkage) é um conceito muito importante na genética de guppies. Nesse caso, ligação significa que o gene de dorsal longa e o padrão half-black estão ligados. Como estão ambos localizados no mesmo cromossoma, são passados como uma única unidade. O criador Doug Grey fornece um bom exemplo disso nessas figuras.



IFGA Blue delta, com dorsal curta e sem padronagem half-black

Aqui está um guppy IFGA Blue delta sem a padronagem half-black e com uma dorsal curta.

E aqui está um irmão do IFGA Blue delta, um IFGA Half-Black Blue.



IFGA Half-Black Blue com dorsal alongada. Da mesma ninhada do anterior

Agora você sabe por que é arriscado utilizar um macho de uma loja de animais com uma dorsal curta (Claro que Doug não conseguiu seus guppies de uma loja local de peixes). Pode ser o caso de o guppy de loja de dorsal curta seja ligado a outra característica desejável. Assim, na tentativa de criar a combinação perfeita de características você poderá descobrir que elas não aparecem juntas no mesmo guppy. Os genes são ligados.

A tarefa de criar a variedade com uma nova combinação de características é impraticável se os genes estão ligados? Como se descobriu a natureza criou uma solução para esse problema, chamada "crossover". Vou descrever esse mecanismo exhaustivamente mais tarde. Eu apenas vou dizer que o cromossoma realmente quebra e se rearranja durante a reprodução sexual. Assim, com paciência e tempo e um monte de ninhadas você encontrará um macho em que a ligação entre as duas características se rompeu. Você pode encontrar o macho Blue delta com uma longa dorsal. Ele poderá ser o único em uma ninhada de cinquenta ou cem. Você pode ter sorte de encontrá-lo na próxima ninhada ou azar e não o encontrar por dois anos. Mas, a

probabilidade é de que aconteça. Quanto mais distantes estiverem os genes no cromossoma, mais provavelmente a segmentação do cromossoma irá ocorrer entre os dois genes ligados. Portanto é um jogo de probabilidades.

Usei esse exemplo de ligação de características para vê-lo pensando em como os genes são herdados.

Por que você não gasta algum tempo pensando nisso antes de se voltar para a nova seção?

O Diagrama de Punnett

Como eu mostrei na última seção, os genes são passados para a próxima geração em cromossomas. Assim como os humanos o guppy tem 23 pares diferentes cromossomas para um total de 46 cromossomas. Quando cromossomas estão em pares são chamados de diplóides. Quando não estão em pares são chamados de haplóides.

Os cromossomas emparelhados são divididos em gametas (ovos e esperma) haplóides durante a reprodução sexual.

O conjunto diplóide de cromossomas é fragmentado durante a reprodução sexual. Cada conjunto de 46 cromossomas é dividido em dois ovos ou dois espermas (os gametas). Cada gameta contribui com 23 cromossomas. Resumindo, durante a reprodução sexual os cromossomas são haplóides. Quando o ovo haplóide e o esperma haplóide são unidos, o novo zigoto se torna diplóide novamente.

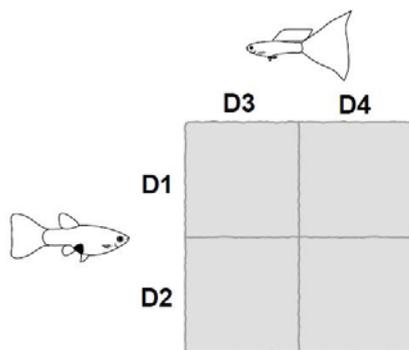
Agora, aqui está o ponto para o qual eu vinha conduzindo. Note que os cromossomas no exemplo que eu escolhi tinham diferentes alelos. Um podia ser de padrão half-black e do tipo selvagem (sem half-black). Com esperma e ovos só carregam um cromossoma, qualquer esperma ou ovo somente pode carregar um alelo. Alguns podem conduzir o gene para dorsal curta e os outros para dorsais longas. Os ovos que o esperma fertilizou podem ter diferentes genes também. Que esperma fertiliza qual ovo é quase inteiramente uma questão de chance.

A divisão do cromossoma diplóide em gametas haplóides e sua combinação é uma espécie de embaralhamento natural de cartas. Você corta o baralho e mistura as cartas aleatoriamente. O embaralhamento genético é a razão fundamental pela qual a natureza inventou a reprodução sexual. Experimentando novas combinações de alelos, as diferentes cores dos ratos podem se tornar melhor adaptadas a ambientes coloridos diferentemente.

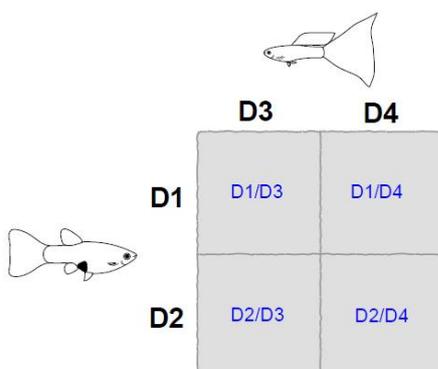
Potencialmente pode haver quatro diferentes versões de um gene, ou alelos, nos filhos de um cruzamento. O macho pode ter dois alelos diferentes para comprimento da dorsal. A fêmea pode ter dois alelos completamente diferentes para comprimento da dorsal, diferentes entre si e diferentes dos do macho. Como os ovos e esperma se encontram aleatoriamente você terá quatro combinações diferentes de alelos. Por que apenas quatro e não dezesseis? Porque há dois alelos diferentes no esperma e dois alelos diferentes no ovo, então $2 \times 2 = 4$.

Não acompanhou? Aqui há uma forma de trabalhar nisso visualmente. Para aqueles que são ruins em matemática, essa é uma maneira melhor de visualizar as combinações.

Digamos que você tenha quatro genes afetando o comprimento da dorsal, que nos iremos denominar D1, D2, D3, D4. A fêmea guppy tem a combinação de alelos D1, D2. O macho tem as combinações de alelos D3, D4. Para ver como os genes vão combinar no filhote, nós utilizamos algo denominado Quadro de Punnett. É uma tabela muito simples:



Os dois alelos do esperma são registrados nas linhas e os dois alelos do ovo são registrados nas colunas. Para determinar como o esperma e o ovo casam, preencha a célula em que a coluna e a linha se interceptam.



É uma maneira visual simples de determinar como o esperma e o ovo combinam.

O Quadro de Punnett é a ferramenta mais poderosa que você pode utilizar na genética de guppies. Apenas se assegure que você o entendeu. Eu vou empregá-lo de novo, utilizando um exemplo real.

Lembra do guppy albino. É um mutante que não consegue produzir pigmento preto. Então o guppy é amarelo com olhos vermelhos. É uma característica recessiva, significando que o gene albino não pode ser expresso se empareirado com um gene normal ou de tipo selvagem. Vamos desenvolver um experimento de cruzamento onde cruzamos um albino verdadeiro com um guppy cinza ou tipo selvagem verdadeiro. O que eu quero dizer com verdadeiro é que cada genitor tem apenas uma versão do gene. O genitor cinza tem dois genes normais ou tipo selvagem e o genitor albino tem dois genes mutantes albinos.

Aqui está a figura do macho albino platinum magenta e sua irmã cinza tipo selvagem



Albino acima e fêmea cinza selvagem abaixo. Foto de Philip Shaddock.

Cientistas têm uma notação abreviada para genes. Para o gene albino é a letra “a” (de albino). Como a característica albino é recessiva, a letra “a” é minúscula. Por convenção, o alelo normal ou tipo selvagem assume a mesma letra, só que maiúscula. Assim, o alelo tipo selvagem para o guppy albino é “A”. Desde que potencialmente um gene pode ter muitas variações, a forma original do gene, aquela mais comumente encontrada na natureza, é chamada de alelo tipo selvagem.

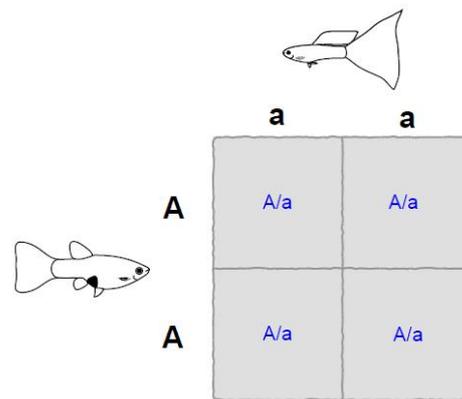
Quando você está comparando alelos, você sempre tem que se lembrar disso.

O gene que colore o guppy de preto é chamado “albino” e é designado com um “A” maiúsculo. O seu alelo mutante é designado com letra “a” minúscula. Como há dois cromossomas, e os genes podem ser de alelos diferentes, nós usamos dois símbolos (AA).

Então, é assim que nós designamos um verdadeiro guppy cinza ou de tipo selvagem : AA

E aqui está como designamos um verdadeiro guppy albino: aa.

Agora vamos ver que tipo de combinações obtemos quando cruzamos esses dois guppies:



Cruzamento de um macho albino e uma fêmea cinza

O macho tem apenas um tipo de alelo (a) e a fêmea tem apenas um tipo de alelo (A), então quando você os combina, todos os filhotes têm um tipo de combinação (aA). Como a combinação de um alelo recessivo a com um alelo dominante A significa que apenas o alelo dominante será expresso, todos os filhos serão do tipo selvagem, cinza.

Isso acontece muito quando cruzamos uma variedade verdadeira (geneticamente) com outra variedade verdadeira (não híbrida). A primeira geração do cruzamento parece muito entre si. Se não há um grande número de variações de alelos entre os pais, então os filhos mostram relativamente pouca variação.

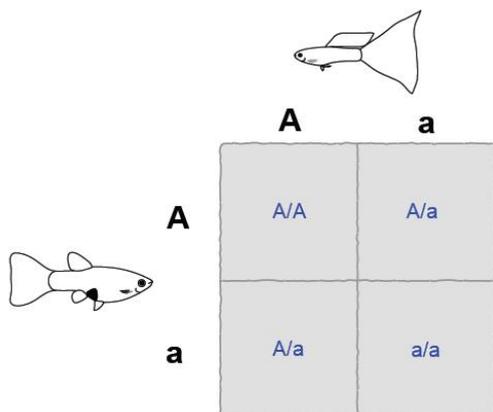
Essa é uma razão importante pela qual devemos esperar até a segunda geração antes de estabelecer julgamento sobre o valor de um cruzamento. Eu vou mostrar o que quero dizer. Vamos tomar um macho e uma fêmea da primeira geração do cruzamento que acabamos de fazer e cruzá-los. Para ver como os genes se combinam, vamos mais uma vez utilizar o Quadrado de Punnett. Na segunda geração do cruzamento

nós temos três diferentes combinações.

aa (como o pai)

aA (como a primeira geração)

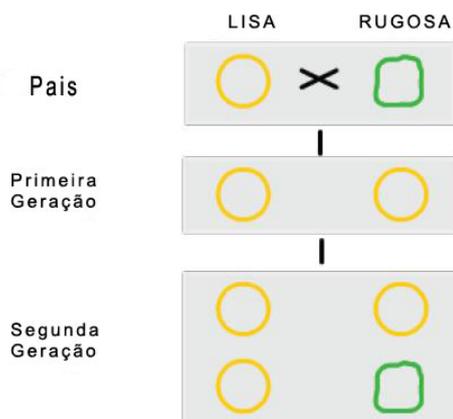
AA (como a mãe)



Segunda geração do cruzamento

Tanto os indivíduos aA como os AA serão cinza (aA tem o alelo dominante A). Os indivíduos aa serão albinos. Em outras palavras, 3 de 4 dos filhotes serão cinza e 1 de 4 será albino. Lembre-se de que a combinação de alelos é aleatória, então quando dizemos que os indivíduos albinos estarão em uma razão 1:4 e os cinza em uma relação 3:4, nós dizemos em média. Seus resultados podem variar.

Bem antes de o guppy ser domesticado e muito antes de o Quadro de Punnett ser inventado por alguém com o sobrenome Punnett, alguém havia calculado a razão de indivíduos recessivos na segunda geração de um cruzamento. Foi Gregor Mendel. Ele notou a regularidade estatística dos resultados de seus cruzamentos. Lembra-se de seus experimentos com ervilhas de vagens rugosas e lisas?



Mendel formou sua teoria trabalhando retroativamente a partir dos resultados da análise estatística dos seus resultados. Esse era o seu gênio. Como você verá se for adiante em genética de guppies, você pode seguir seus passos. Pela anotação cuidadosa dos resultados de seus cruzamentos você pode retroceder para a provável formação genética de sua variedade. Isso torna o Quadrado de Punnett uma ferramenta poderosa para explorar a genética de sua variedade.

Por exemplo, se na segunda geração de um cruzamento 25% da ninhada é de um tipo e 75% de outro, você sabe que a característica é possivelmente uma característica recessiva.

Mendel tinha termos melhores para o que eu tenho chamado de “embaralhamento” genético. Ele chamava de distribuição e segregação independentes. O que ele queria dizer é que genes são herdados independentemente dos outros e formam novas combinações em gerações subsequentes de cruzamentos. Nas discussões de genética dos guppies você vai ouvir esse termo “segregação” com bastante frequência.

Alguém vai falar sobre como uma variedade ressurge em gerações subseqüentes de um cruzamento. Ou uma certa variedade híbrida vai constantemente produzir determinada variação visível, tal como versões azuis e vermelhas. Esses fenômenos são devidos a segregação mendeliana. Eu lhe forneci o Quadrado de Punnett para trabalhar como os genes segregam. Porque aprender a usar um Quadrado de Punnett? Bem, ele permite que você trabalhe em papel o futuro resultado de cruzamentos. Ao invés de apenas jogar alguns guppies juntos e esperar pelo melhor, você agora tem um ferramenta para prever a combinação de genes que irá resultar de um cruzamento. Isso pode economizar um monte de tempo e esforço perseguindo cruzamentos que eventualmente conduzem a becos sem saída.

Vou retornar ao Quadrado de Punnett e dar a você mais exemplos de seu uso. Você deve reservar algum tempo para brincar com ele até que entenda sua relação com os genes e a forma como são herdados.

O Sistema Sexual XY

A similitude entre a genética dos guppies e a humana vai além do fato de ambos terem 23 cromossomas que são diplóides. Eles também compartilham o sistema sexual XY.

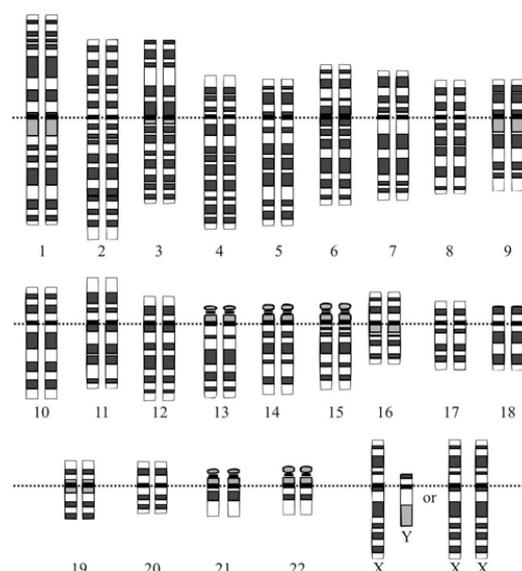
Há dois cromossomas muito especiais no conjunto de 23. Eles são os cromossomas sexuais, designados X e Y. O cromossoma Y tem um gene ou genes que determinam se o ovo fertilizado se desenvolverá como um macho ou

fêmea. A fêmea não possui o cromossoma Y.

macho = XY

fêmea = XX

Então o macho tem todos os cromossomas que a fêmea, mais o cromossoma Y. A fêmea não tem o cromossoma Y. Este diagrama mostra uma representação gráfica dos cromossomas de diferentes tamanhos de humanos. Note que todos os cromossomas, exceto o X e Y são homólogos, significando que cada membro do par é do mesmo tamanho e tem exatamente os mesmos complementos de genes. A exceção é o cromossoma X e Y (número 16 no diagrama)



O cromossoma Y do macho é substancialmente menor do que o da fêmea. O cromossoma Y praticamente não tem gene. De fato ele é totalmente desimportante. Quase que a única coisa para que serve é assinalar para que o ovo desenvolva as características sexuais secundárias dos machos.

Aqui é onde o sistema sexual dos guppies difere expressivamente do

sistema sexual humano. No caso dos cromossomas X e Y do guppy, eles não são distinguíveis um do outro quando em estado condensado. É largamente acreditado que são um exemplo dos estágios anteriores de desenvolvimento do sistema sexual XY.

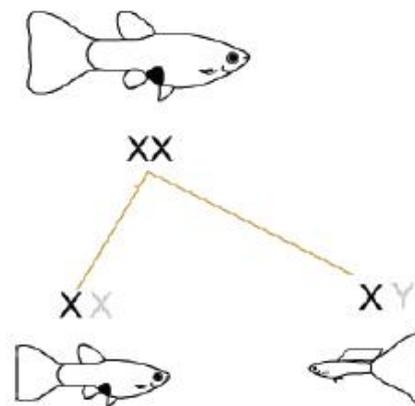
De fato a determinação do sexo em guppies é menos estável do que em humanos. Muitas pessoas no hobby não percebem que muitos dos machos de suas ninhada nasceram fêmeas e vice-versa. Ocasionalmente, criadores atentos notarão que uma fêmea repentinamente se transformou em macho relativamente tarde em seu desenvolvimento.

Agora vem talvez o fato mais importante sobre genética de guppies. Tanto cromossomas X quanto Y carregam a maioria dos genes para cor e formato de nadadeiras. Lembra-se como eu disse que o mapa do corpo do guppy na forma de genes estava distribuído entre os 23 cromossomas. Os genes que são de maior interesse para os criadores, os genes associados a cor, padrão, forma e comprimento das nadadeiras são em sua maioria localizados nos cromossomas X e Y. Em outras palavras, são vinculados ao sexo. O que isso significa é que são características ligadas aos cromossomas X e Y.

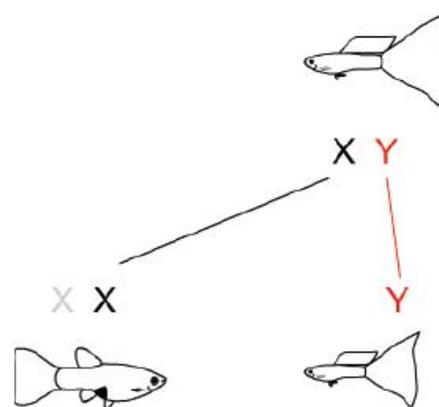
Há exceções, como o gene da barra vertical, o gene para *golden* e *blond*, o gene para o corpo totalmente negro, genes metal, albino e outros genes. Mas, padrão e cores, como o padrão snakeskin, as pintas coloridas, muitos genes vermelhos, o padrão half-black e suas formas

de nadadeiras como a dorsal longa, estão localizados nos cromossomas X e Y.

Quando você escuta alguém dizer que o gene snakeskin é ligado ao cromossoma X, ele está dizendo que esse gene, nessa linhagem, está localizado no cromossoma X. Vamos ver o que acontece quando esse gene é herdado.



Os dois cromossomas X da fêmea são herdados tanto por filhas como por filhos. Mas, observe o caso da herança vinculada a Y.



O macho guppy passa no seu cromossoma X para suas filhas. Mas ele passa os cromossomas Y apenas para seus filhos. Todos os genes no cromossoma Y são passados apenas para filhos.

Qual é o significado desse fato? Nos guppies selvagens os machos usam suas cores e padrões para mostrar seu bom condicionamento para as parceiras potenciais. Mas isso os coloca em risco de serem alvos fáceis para predadores. Fêmeas descoloridas têm uma chance muito maior de sobrevivência. De fato, é exatamente por isso que o macho guppy é tão colorido e as fêmeas tão sem cor, que os guppies foram um “rato” precoce de laboratórios aquáticos favorito entre os geneticistas. O cientista pioneiro foi Johann Schmidt do Carlsberg Laboratory na Dinamarca, que se impressionou particularmente com o fato de que os guppies tendiam a se segregar em variedades. Ele tinha uma variedade de guppies selvagens em seu laboratório desde 1916. Mas alguns anos mais tarde ele visitou uma exposição de peixes e descobriu guppies com padrões bem diferentes dos seus guppies do laboratório. Ele os cruzou com sua variedade e descobriu que os machos transmitiram seus padrões a seus filhos, mesmo quando cruzado com uma fêmea de variedade diferente. Isso o conduziu à conclusão de que o guppy utilizava o sistema sexual XY e de que havia algo chamado “hereditariedade apenas do macho”. Isso é, os filhos herdavam sua padronagem do pai e não da mãe. Schmidt descobriu a herança de genes vinculada ao cromossoma Y.

Isso pode parecer contrário a sua experiência de cruzamento. Pois você já cruzou duas variedades e descobriu que a fêmea influencia de fato as padronagens de seus filhos. Mas, Schmidt conduziu seus experimentos com guppies selvagens ou guppies tirados

recentemente do ambiente natural. E se você adquirir uma fêmea vinda do ambiente natural hoje em dia, verá que as fêmeas são totalmente desprovidas de cor, com a exceção de sua cor de fundo cinza.

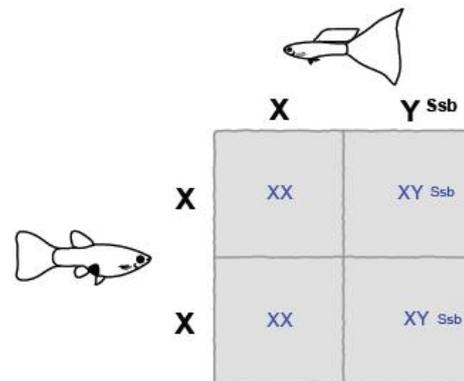
Agora você sabe por que é importante saber onde os genes estão localizados em sua variedade. Você não pode cruzar um macho com um padrão ligado a Y com uma outra fêmea e esperar que a ninhada herde a cor do pai. Um exemplo é o Moscow. A típica cabeça metálica do Moscow é estritamente Y-linked (vinculada ao cromossoma Y).



O fato de que a cabeça azul e algumas outras cores do corpo e áreas são estritamente vinculadas a Y no Moscow significa que você pode criar novas linhagens cruzando fêmeas com machos Moscow, mas as fêmeas Moscow não vão carregar as características Moscow para outra linhagem.

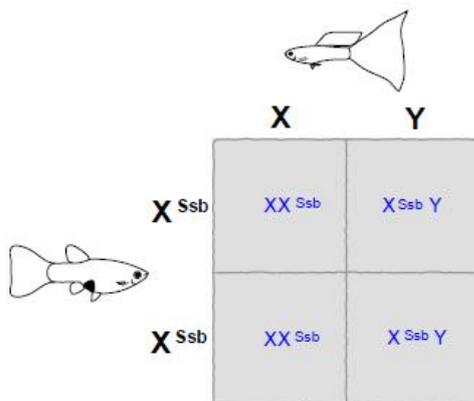
No caso dos snakeskin, o gene (ou genes) para esse padrão vem em ambas as formas. Você pode ter linhagens snakeskins vinculadas a X ou vinculadas a Y. Nesse caso você pode transferir o padrão snakeskin para outra variedade, utilizando uma fêmea de variedade vinculada a X. Vê como funciona?

O Quadrado de Punnett é muito útil para planejar cruzamentos envolvendo os cromossomas sexuais. Vamos dizer que você está cruzando um snakeskin (que tem o símbolo de gene para o padrão do corpo Ssb) com um guppy não-snakeskin. Você pode usar o Quadrado de Punnett para ver como esse gene é herdado.



Faça um Quadrado de Punnett para os dois cenários possíveis (ligado a X ou ligado a Y).

Aqui está o cenário para linhagem snakeskin ligada a X:



Eu coloquei os cromossomas X e Y do macho ao longo do topo do quadrado e os da fêmea no lado esquerdo. Onde as linhas e colunas se interceptam você pode ver que toda a ninhada vai ter o alelo ligado a X da fêmea (isso presume que ambos os cromossomas X da fêmea carreguem o gene). Assim, todos os machos vão mostrar o padrão snakeskin.

Aqui está o cenário para vinculada a Y:

No cenário ligado a Y, o gene snakeskin é herdado apenas por filhos. Se você praticar com os Quadrados de Punnett, você logo se tornará um geneticista de guppy, mais do que um criador de guppies olhando para seu aquário com os dedos cruzados. Eu devo notar, de passagem, que a notação para genes sexo-vinculados é mostrar o nome do gene dominante maiúsculo e associado ao símbolo do gene com o cromossoma encontrado. Também é mostrado em sobrescrito. Este é um guppy albino (aa) snakeskin que é ligado a Y. O nome do gene de tipo selvagem não é mostrado, por convenção.

XY ^{Ssb} aa

Outra nota. Os genes que são encontrados nos cromossomas não sexuais são chamados autosômicos. Por exemplo, o gene albino é autosômico.

Alguns de vocês que estão lendo esse artigo com atenção podem estar imaginando porque as fêmeas de guppy modernas se tornaram tão ricas em genes de cores ligados a X.

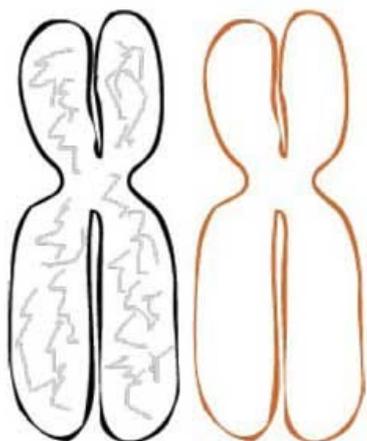
Quebrando o Link: o Crossover

Eu afirmei que as modernas fêmeas de guppy tem muito mais genes de cor do que suas primas selvagens. A razão para isso é o *crossover*. Crossover permite que pares de cromossomas (empareirados) troquem material genético. Isso quebra o link entre dois genes do mesmo cromossoma, e permite que os cromossomas X e Y troquem genes. Na natureza as fêmeas que adquirem cor são evitadas. Mas os criadores de guppy selecionam para fêmeas coloridas, senão direta, indiretamente.

Um exemplo de gene que quase prontamente faz crossover é o gene de padrão snakeskin. Ele pode ser encontrado nos cromossomas X e Y em razão da sua habilidade em fazer crossover. Vamos olhar o mecanismo físico envolvido. Crossover ocorre durante a reprodução sexual.

Aqui estão dois cromossomas.

ANTES DO CROSSOVER



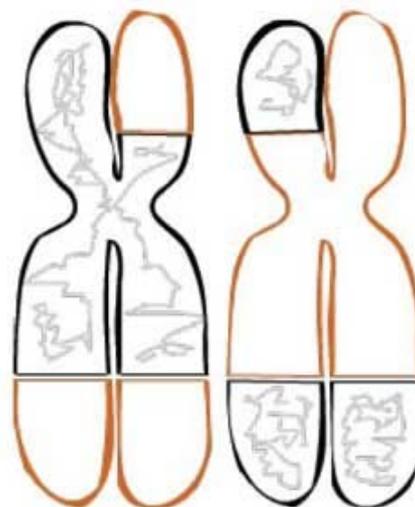
Durante a produção de ovos e esperma os cromossomas literalmente cruzam um por cima do outro.

DURANTE O CROSSOVER



Os cromossomas se rompem e remontam, trocando um, por vezes dois ou três diferentes segmentos.

APÓS O CROSSOVER



Crossover assegura que genes ligados (genes no mesmo cromossoma) sejam divididos para que possam segregar e ser passados adiante de forma independente. No caso dos cromossomas X e Y, um gene está no cromossoma Y e apenas passado a seus filhos, será trocado para o cromossoma X, onde ele pode ser passado da mãe para as

filhas. E as filhas o podem carregar para machos de uma linhagem diferente.

O crossover é a ferramenta para a mudança no mundo doméstico do guppy.

Há pelo menos uma região do cromossoma Y que não faz crossover. Essa é a área em torno do gene da determinação de sexo, chamada de RDS ou região de determinação de sexo. Se o gene de determinação de sexo fosse permitido a crossover a diferença entre os cromossomas X e Y seria perdida.

O mecanismo que não permite o crossover não é entendido pela ciência. Mas há cores de guppies machos que nunca sofrem crossover, tal como a mancha vermelha em guppies e o supergene Moscow. A frequência de crossover varia de acordo com quão distante o gene está da região de determinação de sexo. Quanto mais próximos os genes estiverem do SDR, mais infrequentemente o crossover ocorre. Por exemplo, o gene Moscow nunca se mostrou claramente como tendo ocorrido crossover. O gene snakeskin faz isso com relativa frequência, talvez algo como 1:50)

Algumas vezes um “sport” aparece em uma ninhada, um macho significativamente diferente de seus irmãos ou irmãs. Muitos irão pensar que uma mutação ocorreu, quando será mais um caso de crossover. É difícil estimar a taxa de mutação dos guppies, mas em geral está na casa de 10^{-4} ou 10^{-6} . Em outras palavras, a taxa de mutação é extremamente baixa. Você deve pensar em crossover quando vir um padrão ou

cor única em um guppy em uma ninhada. Evidentemente, se o guppy é resultado de um cruzamento recente, isso é dentro das últimas dez gerações, você não pode eliminar que o gene estava lá todo o tempo, mas mascarado ou recessivo.

Isso conclui a cartilha. Forneci a você uma introdução básica à genética de guppies. Saltei ou ignorei diversas exceções às leis e teorias que apresentei aqui.

Por exemplo, genes podem ter relacionamentos mais complicados do que “dominante – recessivo”. Genes podem ser “co-dominantes” ou parcialmente dominantes. Alguns genes podem mascarar outros (epistático). Muitos genes não são apenas mutações pontuais como eu descrevi anteriormente. Elas são compostas de uma rede de genes. Por exemplo, não existe um simples gene Moscow, mas um conjunto de genes que agem como se fossem um único gene. Contudo a genética básica que eu apresentei aqui deve lhe servir bem até que atinja o ponto em que necessite de melhores explicações sobre o que testemunha em sua estufa. Esse será um bom momento para se filiar ao Guppy Designer, onde eu vou além da genética simples. Até lá, boa sorte em sua estufa. E que seus cruzamentos possam ter menos que ver com a sorte e mais a ver com bom planejamento baseado em uma sólida teoria e entendimento.

Copyright (c) 2008 Philip Shaddock

Guppy Designer (www.guppydesigner.com)