

DOS GENES AOS FENÓTIPOS

Cristina Yumi Miyaki, Lyria Mori e Maria Cristina Arias.

Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências da USP.

Enviar correspondência para Lyria Mori, Departamento de Genética e Biologia Evolutiva, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, C.P. 11.461, CEP 05422-970, São Paulo, SP.

cymiyaki@ib.usp.br, lmori@ib.usp.br, mcarias@ib.usp.br

Resumo

Esta atividade tem como objetivo trabalhar o conceito de interação gênica de forma lúdica. São apresentadas proporções fenotípicas encontradas na primeira e na segunda geração de cruzamentos controlados entre plantas. Com base nessas evidências experimentais, o aluno deve propor hipóteses sobre os genótipos dos indivíduos envolvidos nos cruzamentos e nas gerações filiais e sobre as vias metabólicas que possam explicar a interação dos genes que controlam o caráter em questão.

Objetivos

Pretende-se que o aluno perceba: (1) que os resultados de um experimento são inalteráveis, a não ser que novos experimentos sejam feitos; (2) que as hipóteses propostas têm que explicar todas as evidências encontradas; (3) que uma boa hipótese é aquela que permite fazer previsões, que possam ser testadas para validá-las. O aluno deve, também, compreender que há casos em que, a partir de cruzamentos entre parentais homozigóticos para dois genes, a proporção fenotípica obtida em F₂ não é aquela esperada pela segunda lei de Mendel, ou seja, 9:3:3:1, e que tal fato pode ser explicado como resultado da interação entre dois genes, com segregação independente, que controlam um único caráter, por exemplo, cor das flores.

Justificativa

Quando se estuda um caráter cuja herança depende da interação entre dois ou mais genes (ou locos), os alunos tendem a associar o conceito de epistasia positiva ou negativa com determinadas proporções fenotípicas observadas na geração F₂. Apesar desta associação, esta atividade pretende levar o aluno a entender que ele pode formular uma hipótese sobre uma via metabólica para explicar o controle genético daquele caráter em questão.

Função pedagógica

Estimular o aluno a propor hipóteses para explicar um conjunto de evidências experimentais. Este exercício deve ser explorado de modo que o aluno faça hipóteses, ou seja, faça previsões e proponha testes para validar essas hipóteses. O exercício pretende introduzir um novo conceito, o de interação gênica e complementação.

Materiais para cada grupo de trabalho (cinco a seis alunos)

- Fazer uma cópia da prancha (ilustração 1), de preferência plastificá-la, de modo que não venha a ser danificada ao receber etiquetas auto-adesivas, podendo ser usada novamente.
- Fazer uma cópia de cada uma das quatro hipóteses (ilustrações 2, 3, 4 e 5), e de preferência plastificá-las como cartelas independentes.
- Fazer uma folha com etiquetas auto-adesivas com os vários genótipos, semelhantes às da ilustração 6.

P homozigóticos	I  X II 
F₁	
F₂	9  7 

Ilustração 1: Evidências.

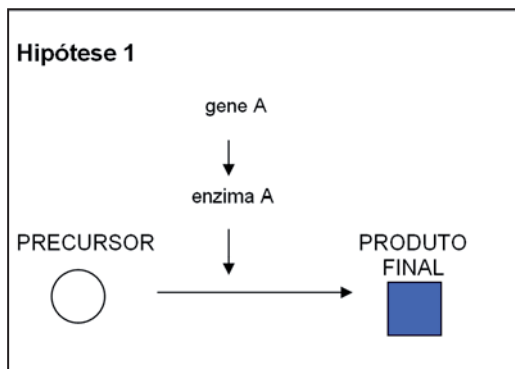


Ilustração 2: Esquema da hipótese 1.

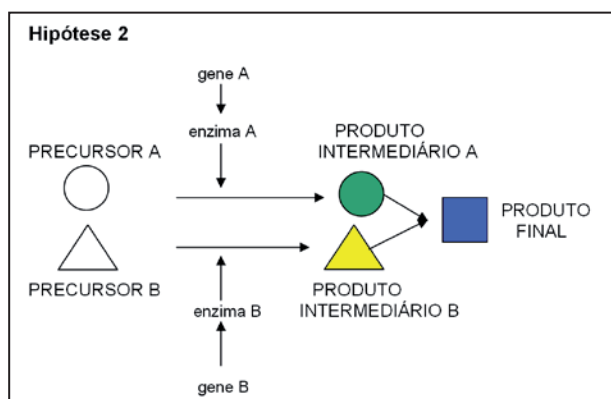


Ilustração 3: Esquema da hipótese 2.

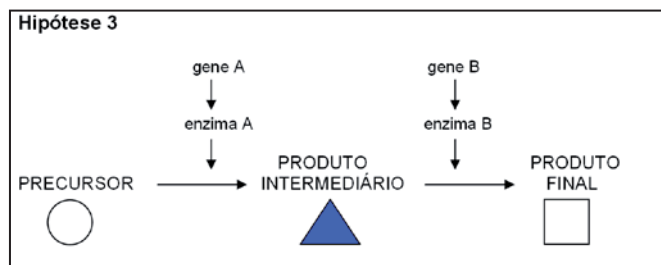


Ilustração 4: Esquema da hipótese 3.

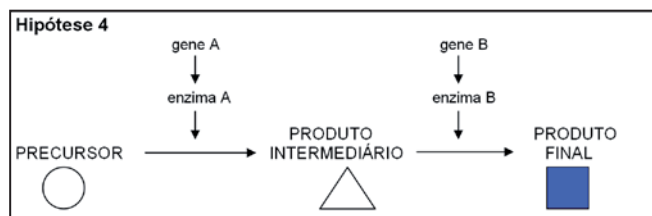


Ilustração 5: Esquema da hipótese 4

AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb
AA	A-	Aa	aa	BB	B-	Bb	bb

Ilustração 6: Etiquetas adesivas com os possíveis genótipos do gene A e do gene B. As etiquetas correspondentes ao gene A são independentes das etiquetas do gene B, de modo que o aluno poderá destacá-las e fazer as combinações que achar pertinentes para explicar a sua hipótese.

Aplicando a atividade

Essa atividade deve ser aplicada após a apresentação e discussão das leis de Mendel. Ao estudar um caráter cujas proporções fenotípicas em F2 desviam das esperadas, ou seja, ao não deparar com a proporção fenotípica de 9:3:3:1 em F2, os alunos deverão ser conduzidos a explicar os dados, admitindo a existência de uma interação entre dois genes atuando no controle da característica. Outros exemplos de interação gênica podem ser usados, por exemplo: cor dos olhos de drosófilas (mutante “scarlet” e “vermillion”), cor da pelagem de cães labrador (preto, marrom e bege), entre outros.

1. Podem ser formados grupos de, aproximadamente, cinco alunos.

2. Cada turma deve receber um conjunto contendo a prancha com os resultados experimentais (evidências), as etiquetas com os genótipos e os quatro esquemas com as vias metabólicas.

Procedimento para o aluno

1. As evidências: Plantas homozigóticas para o fenótipo “flores brancas” (linhagem I) foram cruzadas com plantas homozigóticas de mesmo fenótipo (linhagem II). Em F1, foram observados 100% de plantas com flores azuis. A geração F2 foi obtida pela autofecundação das plantas F1, e observaram-se plantas com flores azuis e plantas com flores brancas na proporção de 9:7, respectivamente.

2. Analisar atentamente a prancha mostrando os cruzamentos realizados.

3. Analisar as proporções fenotípicas observadas em F1 e F2.

4. Estabelecer as proposições para os possíveis genótipos dos parentais, e das gerações F1 e F2, utilizando as etiquetas com as letras.

5. Com base nos resultados experimentais e nos genótipos que compõem cada geração, propor uma via metabólica na qual o(s) gene(s) atua(m). Escolher, entre as várias hipóteses apresentadas na atividade, aquela que melhor explica os resultados.

Entendendo a atividade

1. As plantas com flores brancas da linhagem I são geneticamente iguais às plantas com flores brancas da linhagem II? Justifique a resposta.

2. A característica cor azul da flor é dominante sobre a cor branca? Por quê?

3. A proporção de 9:7 (flores azuis: flores brancas) observada na geração F2 é a proporção esperada quando há somente um gene envolvido na herança de um caráter? Explique a resposta.

Anexo I: Respostas para as Questões de “Procedimento para O Aluno”

1. Respostas para o item 4:

- genótipos da linhagem I = AAbb;
- genótipos da linhagem II = aaBB;
- genótipos da geração F1 = AaBb;
- genótipos da geração F2 = 9 A_—B_—, 3 A_—bb, 3 aaB_—, 1 aabb.

2. Resposta para o item 5: a hipótese que melhor explica os resultados do cruzamento é a hipótese 4.

Anexo II: Respostas para as Questões de “Entendendo a Atividade”

1. Considerando-se que os cruzamentos entre plantas homozigóticas brancas da linhagem I com plantas homozigóticas da linhagem II originaram plantas com flores azuis, a hipótese mais provável é que a linhagens I e II possuem mutações em locos (genes) diferentes. Segundo esta hipótese, na herança em questão ocorre complementação gênica, ou seja, alelos de locos distintos se complementam.

2. A característica azul deve ser dominante em relação à branca. Caso isso seja verdadeiro, o cruzamento entre plantas homozigóticas de flores brancas, da linhagem I ou da linhagem II, com plantas homozigóticas de flores azuis originará descendentes F1 duplo-heterozigóticos de flores azuis. Em F2, portanto, esperam-se plantas de flores azuis e plantas de flores brancas na proporção de 3:1.

3. A proporção esperada, nesse caso, seria de 3:1, ou 9:3, e não 9:7.

Anexo III: Notas para o Professor

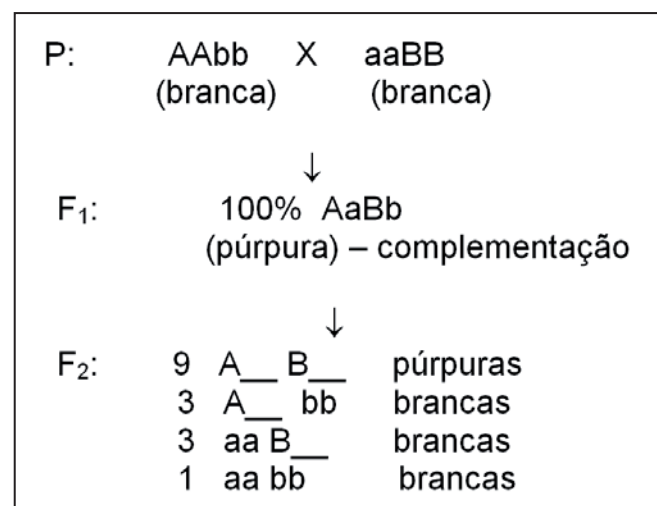
Os genes não agem isoladamente, os RNAs e as proteínas que eles codificam contribuem em vias celulares específicas, que também são controladas por produtos de vários outros genes. Muitos locos (genes) podem controlar um único caráter (fenótipo) de um

organismo. Em drosófila estima-se que há 100 ou mais genes que contribuem para a pigmentação do olho, cada um codificando um ou mais produtos gênicos envolvidos em vias metabólicas complexas com numerosos passos enzimáticos.

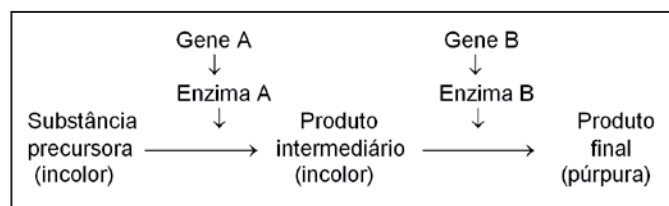
Quando a expressão de dois alelos mutantes recessivos é combinada em uma célula e o fenótipo é mutante, as mutações devem ter ocorrido em um mesmo loco (gene). Por outro lado, quando a expressão de alelos mutantes ocorre em uma célula e o fenótipo é selvagem, as mutações devem ter ocorrido em locos (genes) diferentes.

Um teste simples, teste de complementação, pode ser feito para determinar a identidade alélica de uma nova mutação. Em organismos diplóides, o teste de complementação é feito pelo cruzamento de mutantes homozigóticos recessivos. Caso as mutações recessivas sejam formas alélicas de um mesmo loco gênico, não haverá complementação porque ambos representam “perda de função” em um mesmo loco (ou gene), dando origem a descendente com fenótipo mutante. Entretanto, mutações recessivas em locos diferentes resultarão em descendentes selvagens. A explicação molecular para esses resultados está, freqüentemente, nas vias bioquímicas da célula e resulta da interação entre os alelos de diferentes genes na produção de um fenótipo.

Análises genéticas podem identificar genes que interagem na determinação de um fenótipo. O diagnóstico-chave é que a interação de dois genes produz, a partir de cruzamentos entre duas linhagens homozigóticas, uma descendência F2 com proporções fenotípicas diferentes daquelas previstas por Mendel, ou seja, há alterações na proporção fenotípica 9:3:3:1. Um exemplo pode ser visto na herança da cor da flor de ervilha doce, descoberta por William Bateson e Reginald Punnett. Ao cruzarem duas linhagens homozigóticas com flores brancas, esses pesquisadores obtiveram, em F1, 100% das plantas com flores púrpuras e, em F2, uma proporção de 9 plantas com flores púrpuras para 7 com flores brancas. A hipótese genotípica proposta foi a seguinte:



Uma via metabólica que pode explicar esses resultados está esquematizada a seguir:



Segundo a hipótese esquematizada anteriormente, para que haja a formação de pigmento púrpura é necessário que haja, pelo menos, um alelo dominante do loco A e um do loco B, para que ocorram as duas etapas da síntese do pigmento. Essa hipótese metabólica satisfaz a hipótese genotípica proposta, assim como os resultados apresentados.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Carlos Ribeiro Vilela, pelo auxílio na transposição das imagens utilizadas nas figuras para o computador. Aos assessores pelos valiosos comentários e sugestões. Aos inúmeros alunos e professores de Biologia que participaram das oficinas no Congresso da Sociedade Brasileira de Genética (Genética na Praça) e EPEB (Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia), e que deram importantes sugestões para aprimorar a atividade aqui relatada.

BIBLIOGRAFIA e LEITURAS ADICIONAIS RECOMENDADAS

Griffiths, A.J.F.; Miller, J.H.; Suzuki, D.T.; Lewontin, Gelbart, W.M. 2000. "An introduction to Genetic analysis". W. H. Freeman. New York.

Griffiths, A.J.F.; Gelbart, W.M. Miller, J.H. & Lewontin, R. C. 1999. "Modern Genetics Analysis". W. H. Freeman. New York.

Mass, W. "Gene action: A Historical account", 2001. Oxford Univ. New York.

Klug, W.S. & Cummings, M. R.1999. "Essentials of Genetics". Prentice Hall. New Jersey.

Snustad, D. P.; Simmons, M.J. & Jenkins, J.B. 1997. "Principles of Genetics". John Wiley. New York.

Sturtevant, A. H. 2000. "A History of Genetics". Cold Spring Harbor Laboratory. New York.

Wallace, B. 1992. "The search for the gene". Cornell Univ. New York.

Watson, J. D., com Andrew Berry. 2005. "DNA o segredo da vida". Tradução de Carlos A. Malferrari. Companhia das Letras. São Paulo.