

16

ENDOGAMIA E HETEROSE

João Carlos Bessalho F, Edson Perez Guerra e Ricardo de Oliveira

INTRODUÇÃO

As primeiras informações sobre endogamia e heterose vêm de hibridadores do século XVIII e XIX. O pesquisador alemão Koelreuter (1776) foi o primeiro a observar o vigor de híbrido entre indivíduos não aparentados. Charles Darwin (1887) publicou um livro sobre fertilização cruzada e autopolinização. Darwin observou em seus estudos que o cruzamento promovia um ganho em vigor nas descendências e que autofertilização produzia uma perda de vigor. Dois pesquisadores americanos, Shull (1908) e East (1908) desenvolveram a base científica da endogamia.

Neste capítulo vamos estudar a endogamia e a heterose, que são a base da produção de variedades híbridas.

ENDOGAMIA

A endogamia é definida como todo sistema de acasalamento que *promove o aumento de homozigose nas descendências*, como por exemplo, o cruzamento entre parentes. A endogamia é observada tanto em plantas como em animais.

Existem vários tipos de endogamia:

- **a natural** – que pode ser observada nas plantas autógamias;
- **artificial – não intencional**, quando populações alógamas são reproduzidas com pouco número de indivíduos, ou seja, populações pequenas, obrigando o acasalamento entre parentes; e
- **artificial - intencional** – quando deseja-se forçar o aumento de homozigose nas descendências, por exemplo na formação de raças em animais ou em linhagens endogâmicas em plantas.

O Coeficiente de endogamia (F) é a probabilidade de dois alelos, em um único loci, tomados ao acaso de uma população, serem idênticos por ascendência. O coeficiente de endogamia varia de acordo com o sistema de acasalamento.

Sistemas regulares de endogamia

Autofecundação (S) – as autofecundações sucessivas são o método mais rápido para atingir endogamia máxima. Em programas de híbridos de linhagens, a obtenção de linhagens puras é por meio de fecundações sucessivas.

Irmãos germanos (IG) – consiste em cruzar plantas aos pares, de tal modo que as descendências têm os dois pais em comum.

Meios irmãos (MI) – obtida coletando-se sementes de planta mãe fertilizada de pólen de outras plantas da população. Deste modo, as progênes têm a mãe em comum e os pais são diferentes.

SISTEMA DE ENDOGAMIA	COEFICIENTE DE ENDOGAMIA
Autofecundação (S)	$F_{(S)} = (1/2) (1+F')$
Irmãos germanos (IG)	$F_{(IG)} = (1/4) (1+2F'+F'')$
Meios irmãos (MI)	$F_{(MI)} = (1/8) (1+6F'+F'')$

F' = é o coeficiente de endogamia da geração anterior.

F'' = é o coeficiente de endogamia de duas gerações atrás.

Endogamia: $S > IG > MI$

Conseqüências da endogamia

Como conseqüência da endogamia, temos o **aumento da homozigose** nas descendências oriundas de cruzamentos endogâmicos.

Em algumas espécies, principalmente em animais e plantas alógamas, a endogamia pode levar à **depressão endogâmica**. A depressão endogâmica é a perda de vigor na descendência ocasionado pelo aparecimento de genes deletérios e letais em condição homozigota nas descendências (caráter com algum nível de dominância).

Um bom exemplo do efeito da depressão endogâmica é o milho. Plantas de milho obtidas por autofecundação apresentam desempenho muito inferior a plantas não endogâmicas. Elas apresentam menor altura, menor produtividade e menor fertilidade.

Para o melhoramento de plantas, a principal importância da endogamia é a fixação genética de um genótipo. Em outras palavras, a descendência será idêntica à planta mãe. Isto acontece quando é feita a autofecundação de uma planta homozigota. Na produção de híbridos de milho, essa fixação é utilizada na obtenção e manutenção de linhagens endogâmicas, que serão cruzadas entre si para darem origem aos híbridos.

Além da fixação genética, a endogamia permite expor nas progênes resultantes os genes deletérios ou letais escondidos na condição heterozigota. Desse modo pode-se fazer seleção contra eles.

Nas espécies alógamas, a tolerância à endogamia varia de espécie para espécie. Em alfafa, uma espécie autotetraplóide, e cenoura os efeitos são mais prejudiciais, seguindo-se de milho, diplóide. Por outro lado, a cebola, o girassol, as curcubitáceas, e outras espécies, são menos sensíveis.

HETEROSE (VIGOR DE HÍBRIDO)

A heterose é o incremento de vigor de uma planta (ou animal) oriunda de um cruzamento, de tal modo que se diferencie da média dos pais (Destro). Pode ser observada em vários caracteres como altura da planta, produtividade, até outras menos evidentes, como tamanho de células, vigor, competitividade.

A heterose ou vigor de híbrido é também definida como a expressão genética dos efeitos benéficos da hibridação (Ronzeli). É um processo inverso à endogamia. Pode ser observada também em espécies autógamas (arroz, beringela, trigo, tomate, etc.) que não sofrem prejuízos com a endogamia.

Endogamia e heterose são fenômenos relacionados, embora opostos.

Mensuração da heterose

Diferentes conceitos podem ser utilizadas para se medir o grau de heterose de um cruzamento. A **heterose tradicional** é calculada pela diferença entre o valor do híbrido (F1) e a média de seus pais (P1 e P2).

Heterose tradicional:

$$h (\%) = \frac{F1 - (P1 + P2/2)}{(P1 + P2)} \times 100$$

Um outro conceito que pode ser utilizado é o da **heterobiose**, que estima o grau de heterose em relação ao melhor parental (MP).

$$\text{Heterobiose (\%)} = \frac{F1 - MP}{MP} \times 100$$

Já na heterose padrão, a heterose é estimada em relação a um cultivar padrão (CP).

$$\text{Heterose padrão (\%)} = \frac{F1 - CP}{CP} \times 100$$

Base genética da heterose

A explicação do tipo de ação gênica responsável pela heterose ainda é controversa entre especialistas. Existem duas teorias mais comumente citadas para explicar a heterose.

A Teoria da Dominância foi proposta por Bruce (1910). Segundo essa teoria, a heterose é devida a existência de dominância parcial ou total nos genes envolvidos e o acúmulo de heterozigotos de F1 explicaria a heterose.

	AA BB CC dd	+	aa bb cc DD
Valor	10+12+10+5 = 37		5 + 7 + 8 + 10 = 30
F1	Aa Bb Cc Dd		
Valor	10+12+10+10 = 42		

A principal objeção a esta teoria é que, teoricamente, seria possível encontrar linhas endogâmicas (homozigotas) tão produtivas como os híbridos, o que nunca foi observado na prática. Os defensores dessa teoria, respondem a essa objeção afirmando que a probabilidade disto ocorrer é muito pequena, pelo grande número de genes envolvidos.

A Teoria da Sobredominância foi proposta por Shull (1908). Segundo essa teoria, a heterose ocorre porque o heterozigoto adquire um valor acima de qualquer dos homozigotos.

	AA BB CC dd	+	aa bb cc DD
Valor	10+12+10+5 = 37		5 + 7 + 8 + 10 = 30
F1	Aa Bb Cc Dd		
Valor	11+13+11+11 = 46		

São muitos os casos em que se detectaram a ação gênica da dominância, e muitos poucos casos da ocorrência de sobredominância.

Utilização da endogamia e da heterose

A grande utilização dos conceitos da heterose e da endogamia no melhoramento genético de plantas é o desenvolvimento de cultivares híbridos.

Atualmente são produzidas sementes híbridas em várias outras espécies como: milho, arroz, cebola, sorgo, repolho, tomate, pimentão, berinjela, beterraba e algumas curcubitáceas.

REFERÊNCIAS

Como citar esse texto:

BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. Endogamia e Heterose. In: BESPALHOK F., J.C.; GUERRA, E.P.; OLIVEIRA, R. Melhoramento de Plantas. Disponível em www.bespa.agrarias.ufpr.br, p.