

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Aula 10

Melhoramento de Espécies Alógamas

1

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

INTRODUÇÃO

Espécies alógamas ⇔ reprodução via fecundação cruzada (mais de 95% de cruzamentos).

- **Definição:** “Comunidade reprodutiva composta de organismos de fertilização cruzada, os quais participam de um mesmo conjunto de genes” (Dobzhansky, 1951).
- **Exemplos:** milho, girassol, mandioca, cana-de-açúcar, cebola, cenoura, beterraba etc.

Melhoramento de Espécies Alógamas

Aula 10.1

2

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Mecanismos que favorecem a alogamia:

- Monoicia;
- Dioiccia;
- Protandria;
- Protoginia;
- Autoincompatibilidade.

Melhoramento de Espécies Alógamas

Aula 10.1

3

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

ESTRUTURA GENÉTICA

- **Populações de espécies alógamas:** indivíduos “trocam” genes por ocasião da reprodução; uma população partilha de um mesmo conjunto gênico através das gerações.

Melhoramento de Espécies Alógamas

Aula 10.2

4

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Denominando:

$f(A) = p, f(a) = q$

Como consequência tem-se uma elevada frequência de heterozigotos;

Manutenção da carga genética na população, que é a manutenção de genes letais e deletérios.

Melhoramento de Espécies Alóginas Aula 10.2

5

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Supondo 1 loco com dois alelos:

$f(A) = p$

$f(a) = q$

$p+q = 1$

Devido a troca de genes ao acaso, tem-se:

		Gametas ♀	
		p (A)	q (a)
Gametas ♂	p (A)	$p^2 (AA)$	$pq (Aa)$
	q (a)	$pq (Aa)$	$q^2 (aa)$

Cruzamentos ao acaso

Melhoramento de Espécies Alóginas Aula 10.2

6

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Na geração seguinte tem-se as seguintes proporções genéticas:

$f(A) = p^2 + \frac{1}{2}(2pq)$

$f(A) = p^2 + pq$

$f(A) = p^2 + p(1-p)$

$f(A) = p^2 + p - p^2 = p$

Assim, $f(a) = q$

Novamente:

$AA = p^2$

$Aa = pq$

$Aa = q^2$

Na ausência de seleção, mutação, migração e oscilação genética, a estrutura das populações permanece inalterada através das gerações \Rightarrow **EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG.**

Melhoramento de Espécies Alóginas Aula 10.2

7

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Consequências da alogamia:

1. Indivíduos da população têm vários locos heterozigóticos \Rightarrow permanência de alelos recessivos deletérios e/ou letais na população (carga genética);
2. Depressão por endogamia acentuada devido a heterozigose e carga genética elevada;

Melhoramento de Espécies Alóginas Aula 10.2

8

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

➤ **Conseqüências da alogamia:**

3. Parentais não transferem integralmente o genótipo a descendência; estes são formados a cada geração aleatoriamente;
4. Variabilidade genética associada a homozigose e heterozigose;

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.2

9

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

➤ **Conseqüências da alogamia:**

5. Nos programas de melhoramento de espécies alógamas, utiliza-se normalmente da endogamia obtida artificialmente, mas no final do processo a alogamia natural deve ser restaurada;

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.2

10

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

➤ **Conseqüências da alogamia:**


6. Como os genitores não transferem o genótipo aos descendentes, o melhoramento destas espécies visa aumentar a freqüência dos alelos favoráveis, e com isto melhorar o comportamento da população;
7. A fixação de genótipos é feita através do método de híbridos, que são obtidos via endogamia e posterior hibridação.

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.2

11

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Significado da seleção em espécies alógamas



Para que haja melhoramento genético, os indivíduos selecionados devem dar origem a descendentes superiores (fundamentos de todo o melhoramento genético).

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.2

12

ESALQ/USP - LQI-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Espécies autógamas (já homocigóticas) e de propagação vegetativa:

Reprodução integral do genótipo

Espécies alógamas ⇨ O esquema não é bem esse, pois o genótipo não é transmitido integralmente. O elo de uma geração para a seguinte são os **gametas**. Estes se unem ao acaso para formar a geração seguinte.

Aula 10.2

13

ESALQ/USP - LQI-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Esquemáticamente seria:

Não há reprodução exata do genótipo de uma geração a outra

Indivíduo selecionado **Descendente**

Na realidade, o elo de ligação é o gameta, que é haplóide. Por isso é que se diz que apenas o "efeito aditivo" (efeito do gene) é que passa de uma geração para outra.

Aula 10.2

14

ESALQ/USP - LQI-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

- Supondo a seguinte situação:

$f(a) = 0,7$	}	AA = 0,09
$f(A) = 0,3$		Aa = 0,42
		aa = 0,49

⇨ **E.H.W.**
- Numa população de 1.000 indivíduos, tem-se:

Genótipos	População original			
	Antes da seleção		Após a seleção	
	N°	F.G.	N°	F.G.
AA	90	0,09	90	0,176
Aa	420	0,42	420	0,824
aa	490	0,49	0	0
Total	1.000	1,00	510	1,00

Aula 10.2

15

ESALQ/USP - LQI-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

- Novas frequências alélicas:
 - $f(A) = 0,176 + (0,824/2) = 0,588;$
 - $f(a) = (0,824/2) = 0,412.$

Nesse exemplo, a seleção é feita contra o alelo recessivo e supondo que ocorre dominância completa. Também está sendo feito seleção antes do florescimento.

- Assim, por exemplo temos:
 - A = resistente a uma doença;
 - a = suscetível a uma doença.

Aula 10.2

16

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

➤ Na descendência tem-se as seguintes frequências genótípicas:

AA	$(0,588)^2$	0,346	346
Aa	$2 \times 0,588 \times 0,412$	0,484	484
aa	$(0,412)^2$	0,170	170
Total		1,00	1.000

➤ Resumindo ⇨ Ocorre alteração na frequência de genes (alelos) favoráveis:

- Pop. não melhorada = 51% de resistentes;
- Pop. Melhorada = 83% de resistentes.

Esse é um processo contínuo, devendo chegar teoricamente a $f(A) = 1$.

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.2


17

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Intensidade de seleção

Qual?

- Conhecer a população (variabilidade);
- Decidir: progresso rápido ou longo prazo?



Seleção intensa ⇨ Restrição da base genética

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.2

18

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

INTERAÇÕES GÊNICAS

➤ **Ação dominante**

Valor dos alelos A = 20 e a = 5

AA x aa
20 5

F₁: Aa = 20

F₂: 1AA : 2Aa : 1aa

Média da F₂ = $(1 \times 20 + 2 \times 20 + 1 \times 5) / 4 = 16,25$

$$\bar{F}_1 = \bar{P}_1$$

$$\bar{F}_2 < \bar{F}_1$$

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.3

19

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

INTERAÇÕES GÊNICAS

➤ **Ação aditiva**

Valor dos alelos A = 20 e a = 5

AA x aa
40 10

F₁: Aa = 25

F₂: 1AA : 2Aa : 1aa

Média da F₂ = $(1 \times 40 + 2 \times 25 + 1 \times 10) / 4 = 25,00$

$$\bar{F}_1 = \frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2}$$

$$\bar{F}_2 = \bar{F}_1$$

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.3

20

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

INTERAÇÕES GÊNICAS

➤ **Ação sobredominante**

Valor dos alelos A = 20 e a = 5

AA x aa
20 5

F₁: Aa = 40

F₂: 1AA : 2Aa : 1aa

Média da F₂ = (1 x 20 + 2 x 40 + 1 x 5)/4 = 26,25

$$\bar{F}_1 > \bar{P}_1$$

$$\bar{F}_2 < \bar{F}$$

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.3


21

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

INTERAÇÕES GÊNICAS

➤ **Interações**

- Caracteres qualitativos = um tipo envolvido;
- Caracteres quantitativos = vários.



O que importa ⇔ média das ações gênicas

Ação dominante e sobredominante ⇔ envolvidas na heterose.

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.3

22

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

MELHORAMENTO DE ALÓGAMAS

- Melhoramento populacional;
- Uso de híbridos.

Para começar { População grande
Existência de variabilidade

- Basicamente duas abordagens metodológicas:
 - Unidade de seleção = indivíduo (seleção massal);
 - Unidade de seleção = progênie (seleção recorrente com MI, IG, S₁, S₂)

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.4

23

ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

1. Seleção clonal

- Obtenção de clones de uma população
- Avaliação dos clones
- Seleção do clone superior
- Nova variedade

Melhoramento de Espécies Alógamas Aula 10.4

24

ESALQ/USP - LQI-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

2. Seleção de híbridos

- Base genética - fixação de genótipos
- Obter linhagens puras que podem ser reproduzidas, cruzá-las e selecionar melhor híbrido

Melhoramento de Espécies Alógamias Aula 10.4

25

ESALQ/USP - LQI-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

SELEÇÃO RECORRENTE

1. Bases Genéticas

Processo de fixação e seleção de genótipos superiores (seleção clonal e híbridos), é um processo estático:

Genótipo superior: extraído da população.
Portanto, necessita-se de um processo que gere novos genótipos superiores.

Melhoramento de Espécies Alógamias Aula 10.5

26

ESALQ/USP - LQI-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Seleção recorrente

Aumentar continuamente e progressivamente as frequências dos alelos favoráveis nas populações, melhorando-as geneticamente, com conseqüente aumento da frequência dos genótipos superiores e geração de genótipos superiores aos existentes.

Melhoramento de Espécies Alógamias Aula 10.5

27

ESALQ/USP - LQI-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Genótipos inferiores Genótipos superiores

\bar{m}

Ciclo 0

Genótipos inferiores Genótipos superiores

\bar{m}

Ciclo n

Melhoramento de Espécies Alógamias Aula 10.5

28

ESALQ/USP - LON-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

	C_0	C_1	C_2	...	C_n
f(A)	0,30	0,35	0,39	...	0,70
f(a)	0,70	0,65	0,61	...	0,30

$AA = 0,09$
 $Aa = 0,42$ } = 51%
 $aa = 0,49$

$AA = 0,49$
 $Aa = 0,42$ } = 91%
 $aa = 0,09$

Devido à recombinação (acasalamento ao acaso) a cada geração entra-se em E.H.W; e uma população em E.H.W. não se altera mais, como já foi visto anteriormente.

$C_n - C_0 = 40\% \Rightarrow G_s = 78,4\% =$ aumento na frequência de genótipos superiores na população.

Aula 10.5

Melhoramento de Espécies Alógamas

29

ESALQ/USP - LON-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Nota:

Generalizar para caracteres quantitativos.

► Isto acontece para todos os genes envolvidos no controle do caráter. Consegue-se assim aumentar gradativamente a média da população para um dado caráter quantitativo como, por exemplo, a produção de grãos.

Aula 10.5

Melhoramento de Espécies Alógamas

30

ESALQ/USP - LON-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

2. Procedimentos

Um ciclo de seleção recorrente é composto de 4 fases:

1. Obtenção de progênies:
 - Meios-irmãos;
 - Irmãos germanos (completos).
2. Avaliação de progênies em experimentos com repetições:
 - 100 a 500 progênies.

Aula 10.5

Melhoramento de Espécies Alógamas

31

ESALQ/USP - LON-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

2. Procedimentos

Um ciclo de seleção recorrente é composto de 4 fases:

3. Seleção das progênies superiores:
 - 10 a 20% das progênies avaliadas.
4. Recombinação das progênies selecionadas:
 - Gerar variabilidade para o próximo ciclo seletivo.

Aula 10.5

Melhoramento de Espécies Alógamas

32

ESALQ/USP - LON-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

♂ ♀ ♂

♂: Macho: mistura das sementes das progênes selecionadas;
♀: Fêmea: progênes selecionadas.

Melhoramento de Espécies Alógamas

33

ESALQ/USP - LON-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Recombinação de Progênes Obtenção de Progênes

Seleção Avaliação de Progênes

♂₁
♀₁
♀₂
♂₃

♂ ♀ ♂

♂: Seleção massal ou fenotípica: caracteres de alta herdabilidade.
♀: Seleção com progênes: caracteres de baixa herdabilidade.

Melhoramento de Espécies Alógamas

34

ESALQ/USP - LON-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

3. Seleção recorrente e fixação de genótipos

▪ **Processos complementares:**

GENÓTIPO SUPERIOR: extraído da população via seleção clonal ou de híbridos. Após este processo não se obtém genótipos superiores aos selecionados.

Melhoramento de Espécies Alógamas

35

ESALQ/USP - LON-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

BIBLIOGRAFIA

1. ALLARD, R.W. Princípios do melhoramento genético das plantas, 1971. Cap. 14.
2. BORÉM, A. Melhoramento de plantas. Viçosa: UFV. 1997. Cap. 17 e 20.

Melhoramento de Espécies Alógamas

36



ESALQ/USP - LGN-313 MELHORAMENTO GENÉTICO
Prof. José Baldin Pinheiro

Aula 10

Obrigado!
jbaldin@usp.br

Melhoramento de Espécies Alóginas