

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

Aula 05

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa

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

Introdução

Em espécies em que existe uma variabilidade intra e interespecífica como: produção de biomassa, taxa de crescimento, resistência a geadas e déficit hídrico, entre outros, uma forma de manter as características favoráveis, evitando a variabilidade encontrada em árvores obtidas a partir de sementes, é recorrer à propagação vegetativa.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.1

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

Exemplos



Cacau



Eucalipto

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.1

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

Exemplos



Mandioca



Seringueira



Cana-de-açúcar

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.1

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

Princípios básicos da propagação vegetativa

- O processo da propagação vegetativa não inclui meiose, portanto as brotações originárias da planta doadora são geneticamente idênticos aos da planta doadora.
- O estado de maturação (ontogenia=desenvolvimento biológico) tem um grande efeito na facilidade de propagação e subsequente crescimento dos propágulos originários de estacas ou da cultura de tecidos.
- Técnicas para manter ou reduzir a juvenildade são as chaves do sucesso para qualquer programa de propagação vegetativa.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.1

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

Métodos de propagação clonal

A propagação clonal pode ser alcançada pela macropropagação ou pela micropropagação. A propagação vegetativa pela macropropagação envolve métodos convencionais, como a estaca e a enxertia, enquanto que na micropropagação se utiliza a técnica de cultura de tecidos.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.1

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

Métodos de propagação clonal

Exemplos

Geração 1 Geração 2 Geração 3 Geração 4

1 planta 100 plantas 1.000 plantas 10.000 plantas

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.1

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

► **Os genótipos são idênticos em todas as gerações**

$$F_1 = G_1 + E_1 \xrightarrow{\text{Reprodução}} F'_1 = G_1 + E'_1$$

► O número de clones de cada planta (genótipo) aumenta de forma exponencial

► As plantas das espécies que apresentam reprodução vegetativa são altamente heterozigóticas (apresentam algum grau de cruzamento) e possuem alta carga genética \Rightarrow acasalamento entre clone aparentados \Rightarrow elevada **DEPRESSÃO POR ENDOGAMIA.**

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.1

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

Geração da variabilidade genética

1. Tipos de cruzamentos

Cruzamentos de cultivares comerciais:

- Biparentais $\Rightarrow C_1 \times C_2$
- Multiparentais $\Rightarrow (C_1 \times C_2) \times C_3$ ou $(C_1 \times C_2) \times (C_3 \times C_4)$

$$\begin{array}{ccc} & \downarrow & \downarrow \\ F_1(12) & \times & F_1(34) \\ & \downarrow & \\ & F_1(12)(34) & \end{array}$$

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

Variabilidade genética em função da heterozigidade dos clones

$$C_1(A_1A_2) \times C_2(A_3A_4)$$

$$\downarrow$$

$$F_1 \Rightarrow \frac{1}{4} A_1A_3 : \frac{1}{4} A_1A_4 : \frac{1}{4} A_2A_3 : \frac{1}{4} A_2A_4$$

σ_G^2 disponível para seleção

São obtidos 4 genótipos, pois cada parental forma $2^n = 2^1$ gametas, logo: $2^1 \times 2^1 = 4$

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

Exemplo:

a) parentais diferem em 20 locos com 2 alelos:

Gametas_A = 2^{20} gametas diferentes

Gametas_B = 2^{20} gametas diferentes

Nº de genótipos diferentes: $2^{20} \times 2^{20} = 2^{40} \cong 10^{12}$

b) parentais diferem em 50 locos com 2 alelos:

Nº de genótipos diferentes: $2^{50} \times 2^{50} = 2^{100} \cong 10^{30}$

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

Exemplo (cont.):

Nº de genótipos diferentes $\cong 10^{12}$ e 10^{30}

Variabilidade Genética Considerável

Clones altamente heterozigotos, populações altamente heterozigóticas \Rightarrow grande número de genótipos diferentes.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

2. Escolha de cultivares parentais

➤ **Cultivares parentais** ⇔ **cultivares comerciais**, formados de apenas um genótipo:

- Motivo: procura-se aproveitar os efeitos da seleção já praticada para produzi-los.
- Aumenta-se a probabilidade de concentração de alelos favoráveis em um genótipo.
- Estes clones geralmente apresentam um nível já elevado de produtividade e uma série de características favoráveis, como resistência a doenças e pragas, acamamento, precocidade, etc.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

Assim, a variabilidade genética para os caracteres menos complexos que a produtividade é menor, permitindo que a seleção seja intensa para produtividade.



Exemplo: florescimento em cana-de açúcar: normalmente são cruzados parentais que não florescem na região do cultivo comercial.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

Escolha dos parentais

genealogias, divergência genética, complementariedade e performance

a) Genealogias: evitar cruzamento de indivíduos aparentados (endogamia).

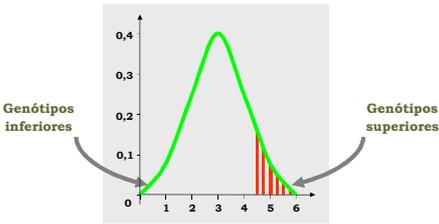
$$\begin{array}{ccc} (C_1 \times C_2) & \times & (C_2 \times C_4) \\ \downarrow & & \downarrow \\ C_3 & \times & C_5 \\ & & \downarrow \\ & & C_6 \end{array}$$

C₃ e C₅ são meio-irmãos

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

b) Divergência genética: maximizar variabilidade em F₁, heterose



Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

c) Complementariedade: concentrar características favoráveis em um único genótipo.

$$C_1(R_A S_B) \times C_2(S_A R_B) \Leftrightarrow \text{Objetivo: } C_3(R_A R_B)$$

d) Performance: Presença de Genes de interesse.

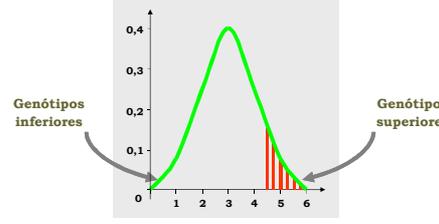
Banco de dados com informações sobre:
Genealogias e divergências genéticas,
complementariedade e performance dos caracteres de importância agrônômica e/ou econômica.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.2

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

Avaliação e seleção

Objetivos: identificar, selecionar e multiplicar os genótipos superiores.



Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

$$F = G + E$$

$$F_X = G_X + E_X$$

$$F_Y = G_Y + E_Y$$

- Sem repetições:

$$(F_X - F_Y) = (G_X - G_Y) + (E_X - E_Y)$$
- Com repetições:

$$(F_X - F_Y) = (G_X - G_Y) + \left(\frac{1}{r}\right)(E_X - E_Y)$$

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

- h^2 plantas individuais:

$$h^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \sigma_E^2} \rightarrow GS = ds \times h^2$$
- h^2 nível de médias de repetições:

$$h_X^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_G^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}} \rightarrow GS = ds \times h_X^2$$

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

Exemplo: Etapas de um programa de melhoramento

1ª Etapa ⇨ Obtenção dos indivíduos F_1 ⇨ Sementes ⇨ Plantas individuais (10.000 a 20.000 em cana-de-açúcar).

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

- Avaliação de plantas individuais:
 - competição completa.
- Cada genótipo é diferente dos demais.
- Seleção massal**
 - Caracteres de alta herdabilidade (p. ex. resistência doenças e pragas, altura, precocidade).

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

2ª Etapa ⇨ cada planta selecionada é clonada.

Características desta fase:

- Experimentos com poucas repetições (reduzido número de clones/planta);
- Seleção com base nas médias;
- Poucas repetições: seleção para caracteres de herdabilidade alta e mediana.

Genótipos	I	II	Médias
1	Y_{1I}	Y_{1II}	\bar{Y}_1
2	Y_{2I}	Y_{2II}	\bar{Y}_2
...
n	Y_{nI}	Y_{nII}	\bar{Y}_n

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

3ª Etapa ⇨ avaliação dos genótipos selecionados na etapa anterior.

- Aumento do número de repetições;
- Seleção com base nas médias;

Genótipos	I	II	III	IV	V	VI	Médias
15	Y_{15I}	Y_{15II}	Y_{15III}	...	...	...	\bar{Y}_{15}
22	...	...	...	...	...	...	\bar{Y}_n
38	...	...	...	...	...	...	...
...
n	Y_{nI}	Y_{nII}	Y_{nIII}	...	...	...	\bar{Y}_n

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

Genótipos	I	II	III	IV	V	VI	Médias
15	Y_{15I}	Y_{15II}	Y_{15III}	...	...	...	\bar{Y}_{15}
22	...	...	...	...	...	...	\bar{Y}_n
38	...	...	...	...	...	...	...
...
n	Y_{nI}	Y_{nII}	Y_{nIII}	...	...	...	\bar{Y}_n

- Valores fenotípicos mais precisos;
- Seleção com intensidade alta para caracteres de herdabilidade mediana e intensidade média para os de baixa herdabilidade.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

4ª Etapa ⇔ Avaliação dos genótipos selecionados na etapa anterior.

- Aumento do número de repetições;
- Avaliação em diversos locais;
- Seleção com base nas médias (de repetições e de locais);
- Intensidade de seleção alta para caracteres de baixa herdabilidade.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

5ª Etapa ⇔ seleção dos poucos genótipos selecionados na etapa anterior.

- Aumento do número de repetições;
- Aumento do número de locais onde são instalados os experimentos;
- Seleção do genótipo superior;
- Origem dos cultivares.**

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

Redução da Base Genética

Causas e conseqüências:

- Vulnerabilidade genética;
- Redução da σ_G^2 ;
- Patamar de produtividade;
- Riscos: doenças e pragas.

Ampliar a base genética com introdução de material exótico que tenha potencial para integrar programas de melhoramento.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.4

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

Exemplo:

C_e X C_{c_1}

↓

F_1 (50% C_e ; 50% C_{c_1}) X C_{c_2}

↓

F_1 (25% C_e ; 25% C_{c_1} ; 50% C_{c_2})

↓

75% C_c

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.3

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

Bibliografia

- Valois, A.C.C; Paiva, J.R.; Ferreira, F.R.; Filho, W.S.S.; Dantas, J.L.L. Melhoramento de espécies de propagação vegetativa. In: Nass, L.L.; Valois, A.C.C.; Melo, I.S. e Valadares-Inglis, M.C. (Eds.) Recursos genéticos & melhoramento - Plantas. p. 283-291, 2001.
- Pereira, A.B. Melhoramento clonal. In: Dias, L.A.S. (Ed) Melhoramento genético do cacauero. p. 361-384, 2001.

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa Aula 5.5



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

Aula 05

Obrigado!
jbaldin@usp.br

Melhoramento de espécies de propagação vegetativa