

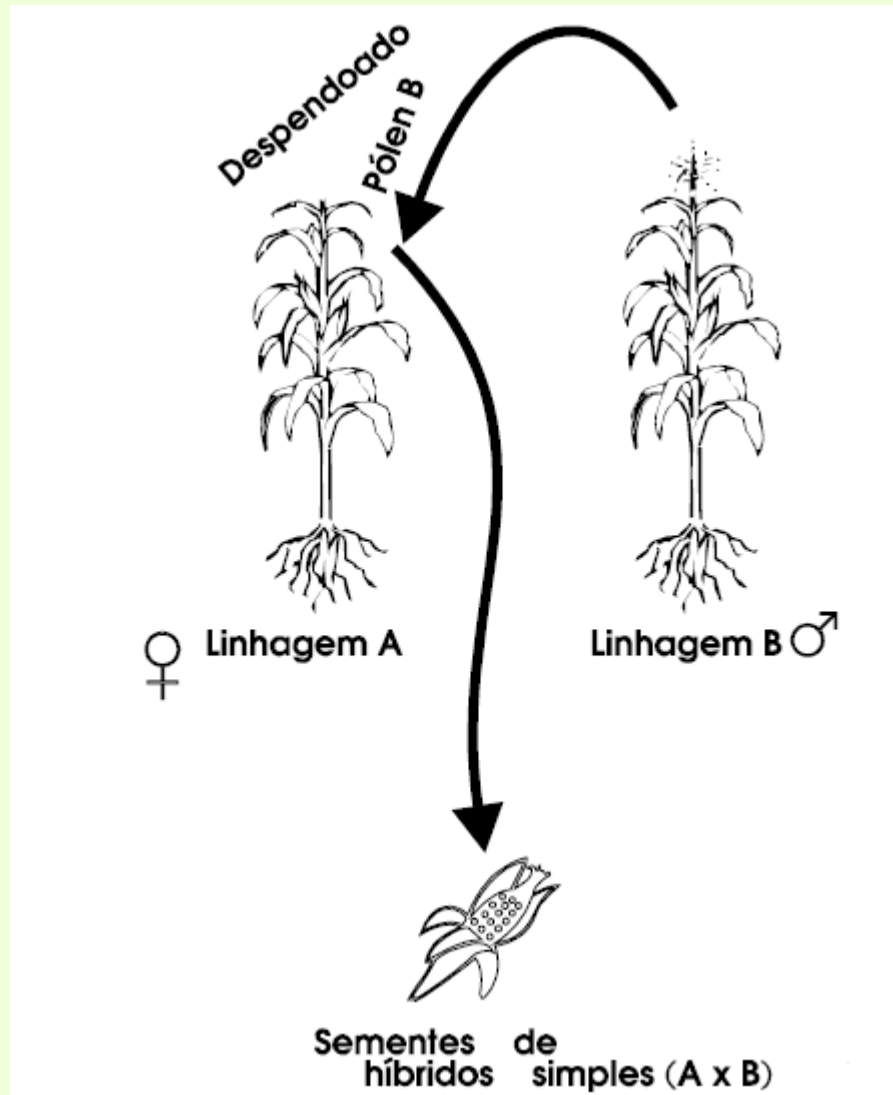
Universidade de São Paulo - USP
Escola Superior de Agricultura “Luiz De Queiroz” - ESALQ
Departamento de Genética
LGN-313 Melhoramento Genético



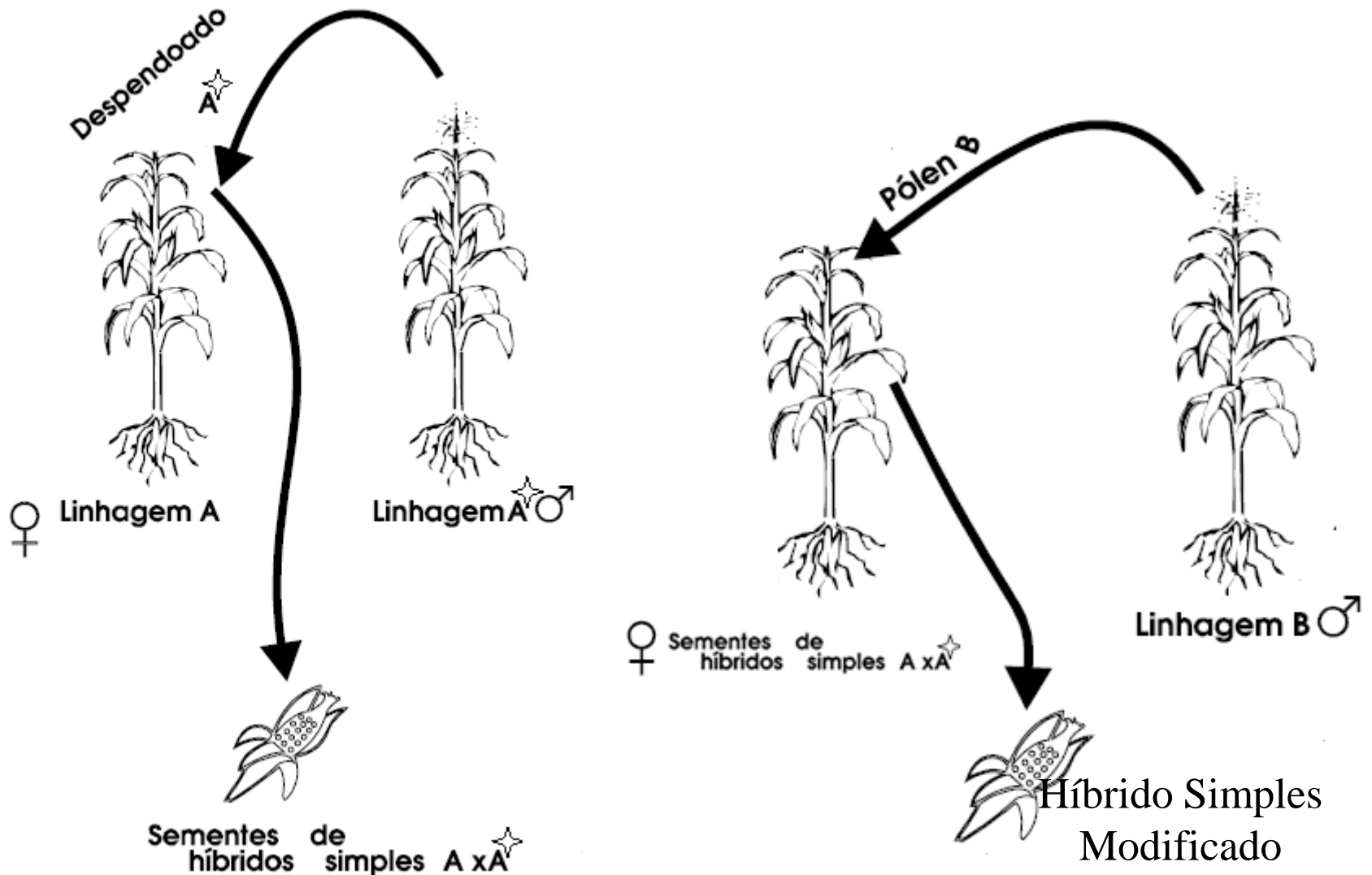
Predição de Híbridos e Macho Esterilidade Genético Citoplasmática

Fabiani da Rocha
Felipe Bermudez Pereira

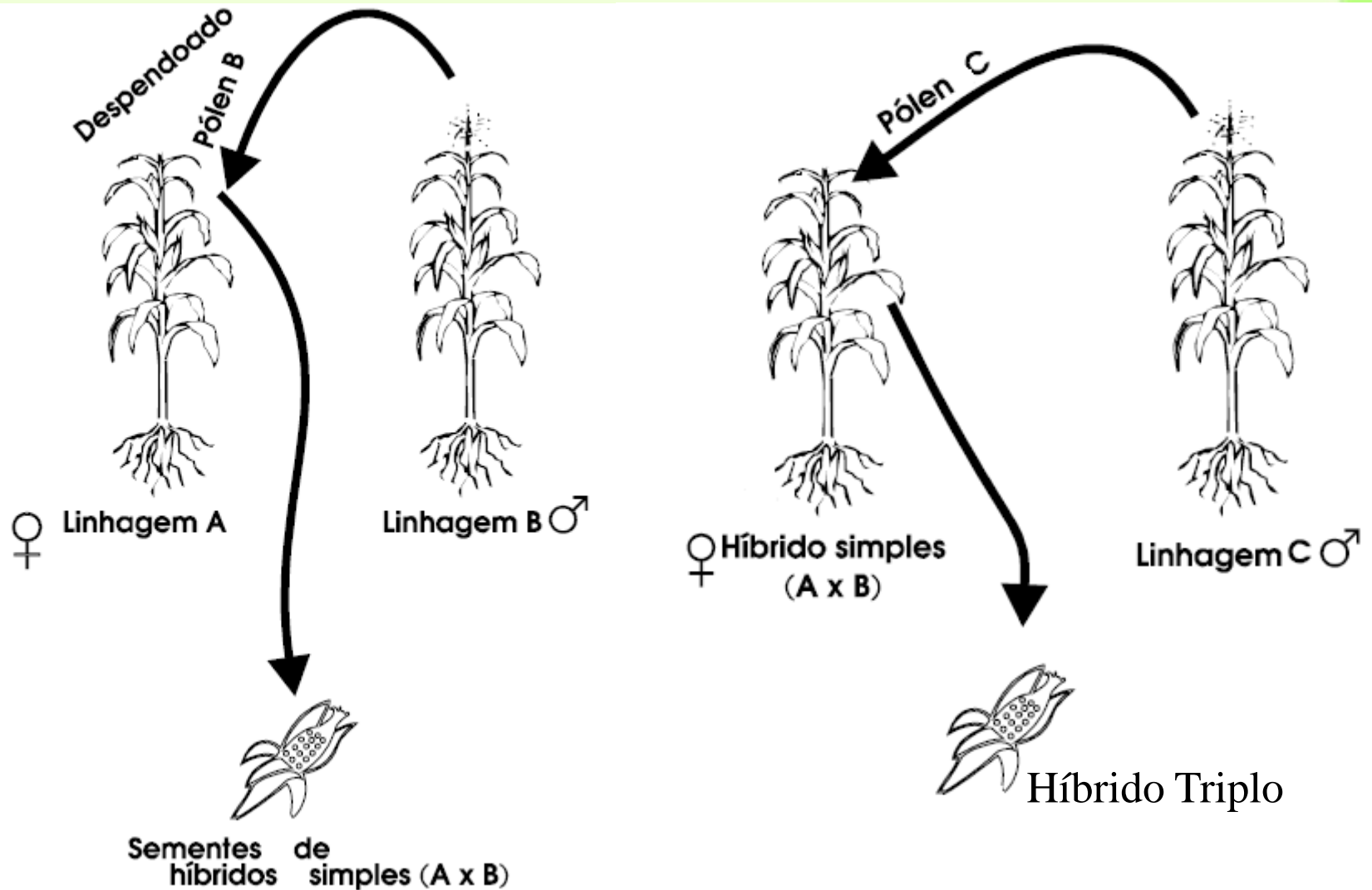
Híbrido Simple (A x B)



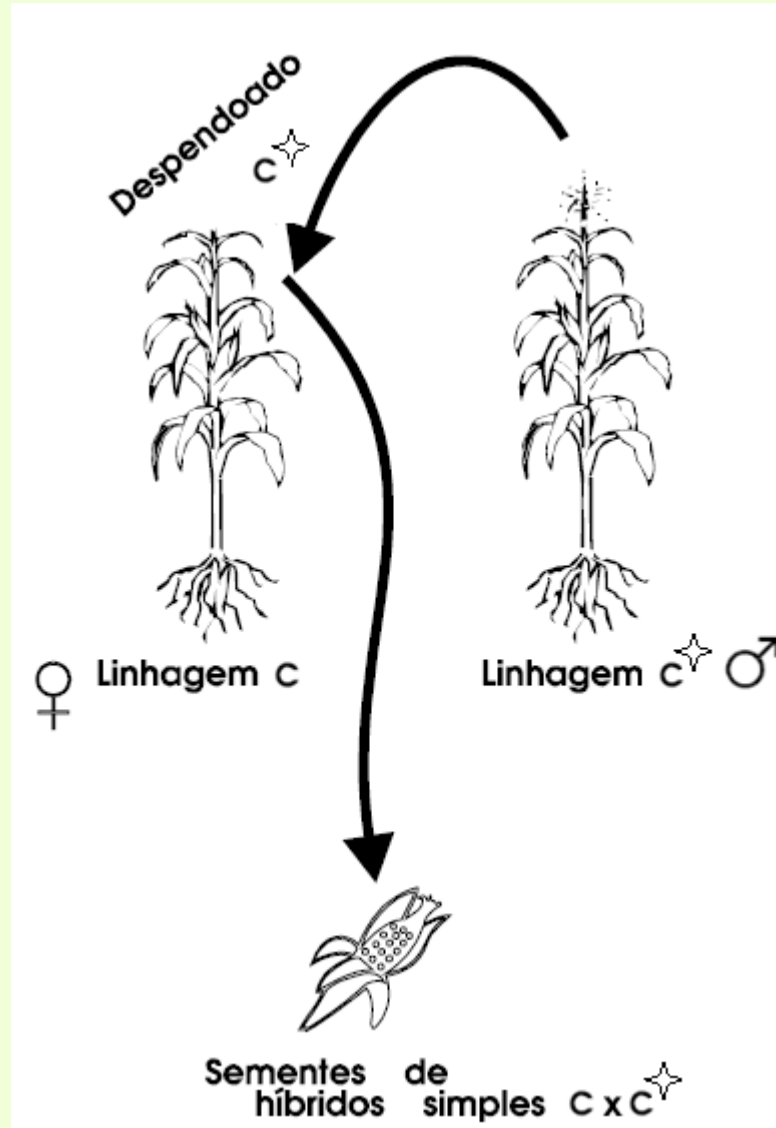
Híbrido Simple Modificado (A x A') x B



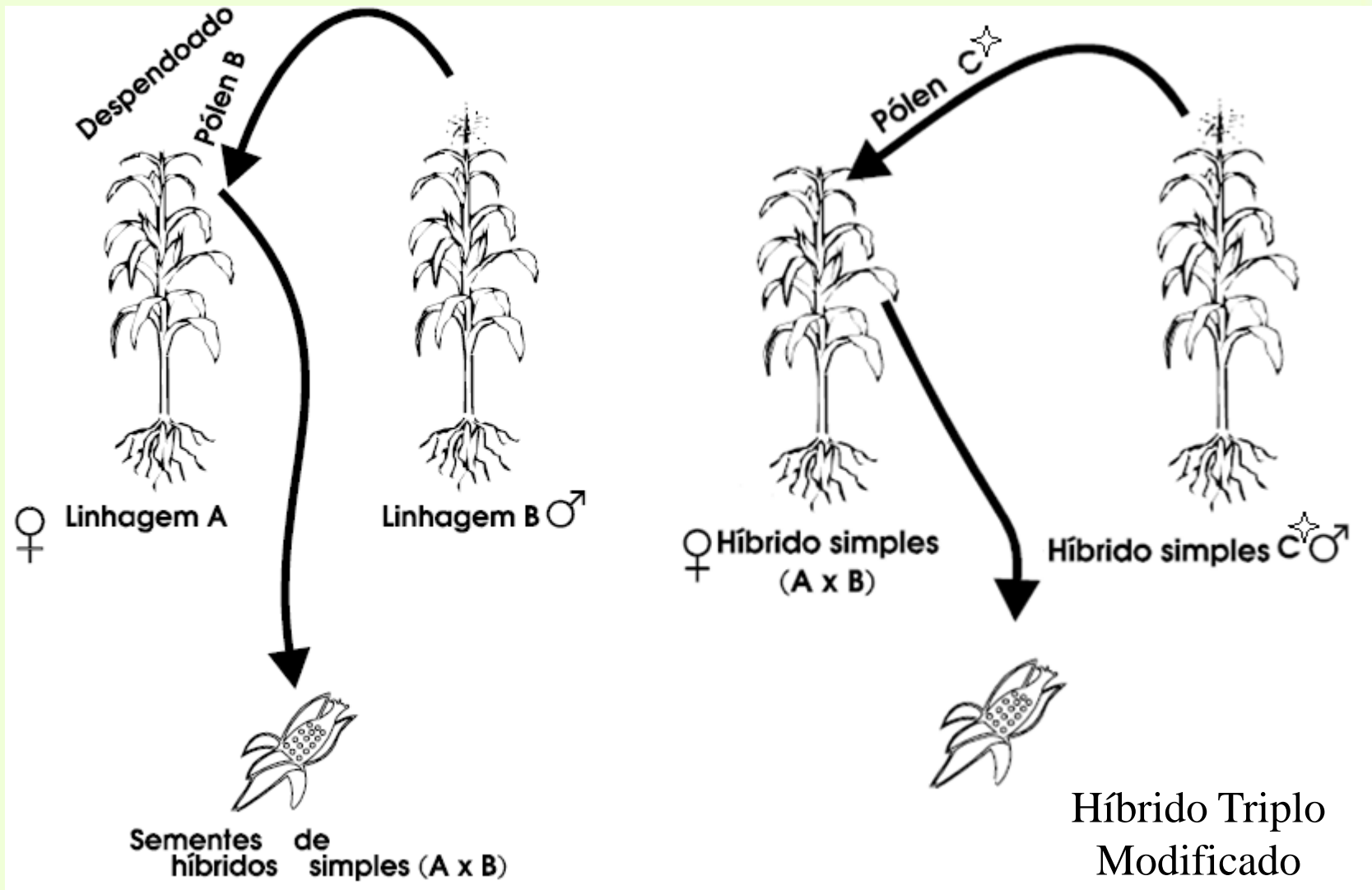
Híbrido Triplo (A x B) x C



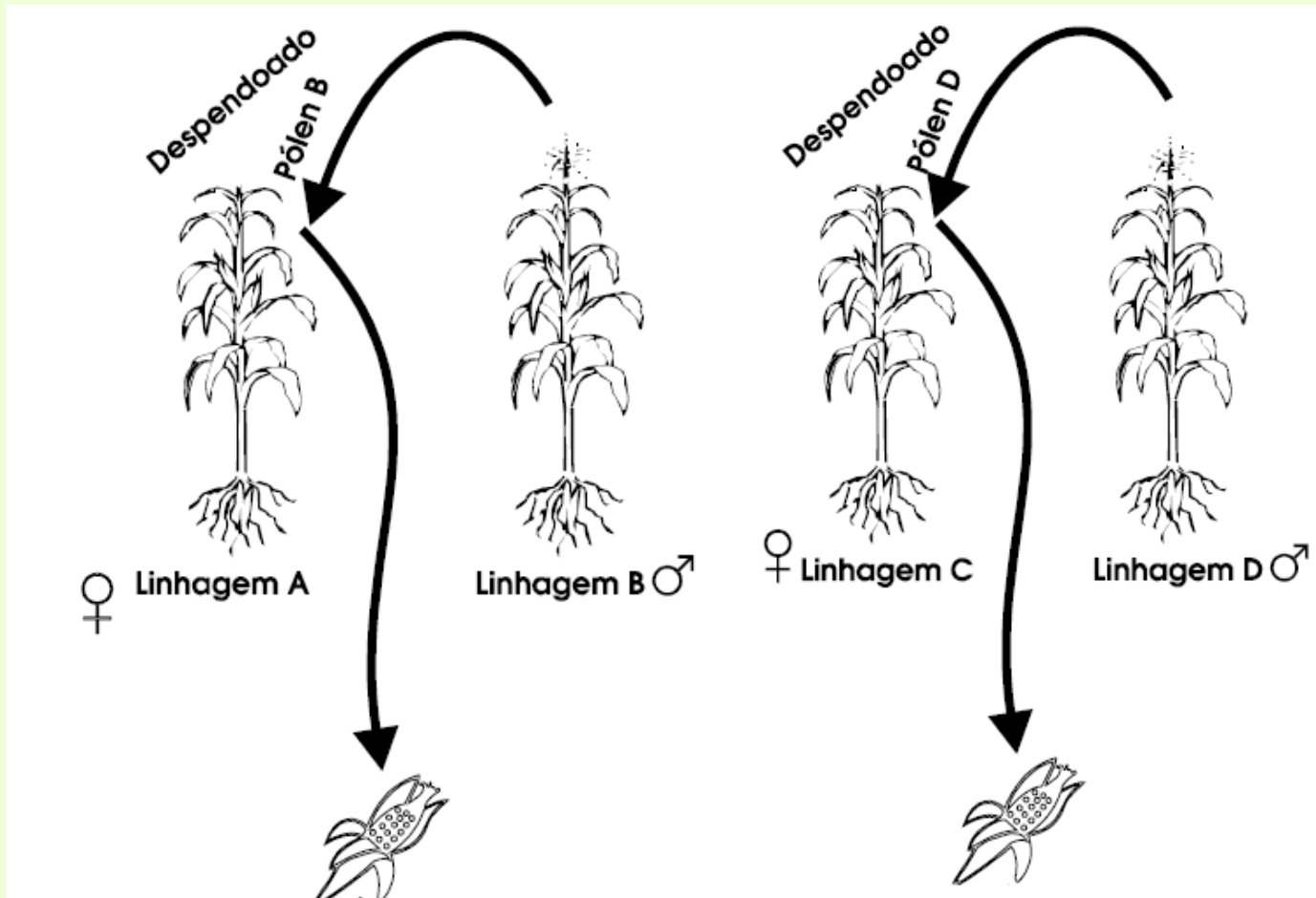
Híbrido Triplo Modificado (A x B) x (C x C')



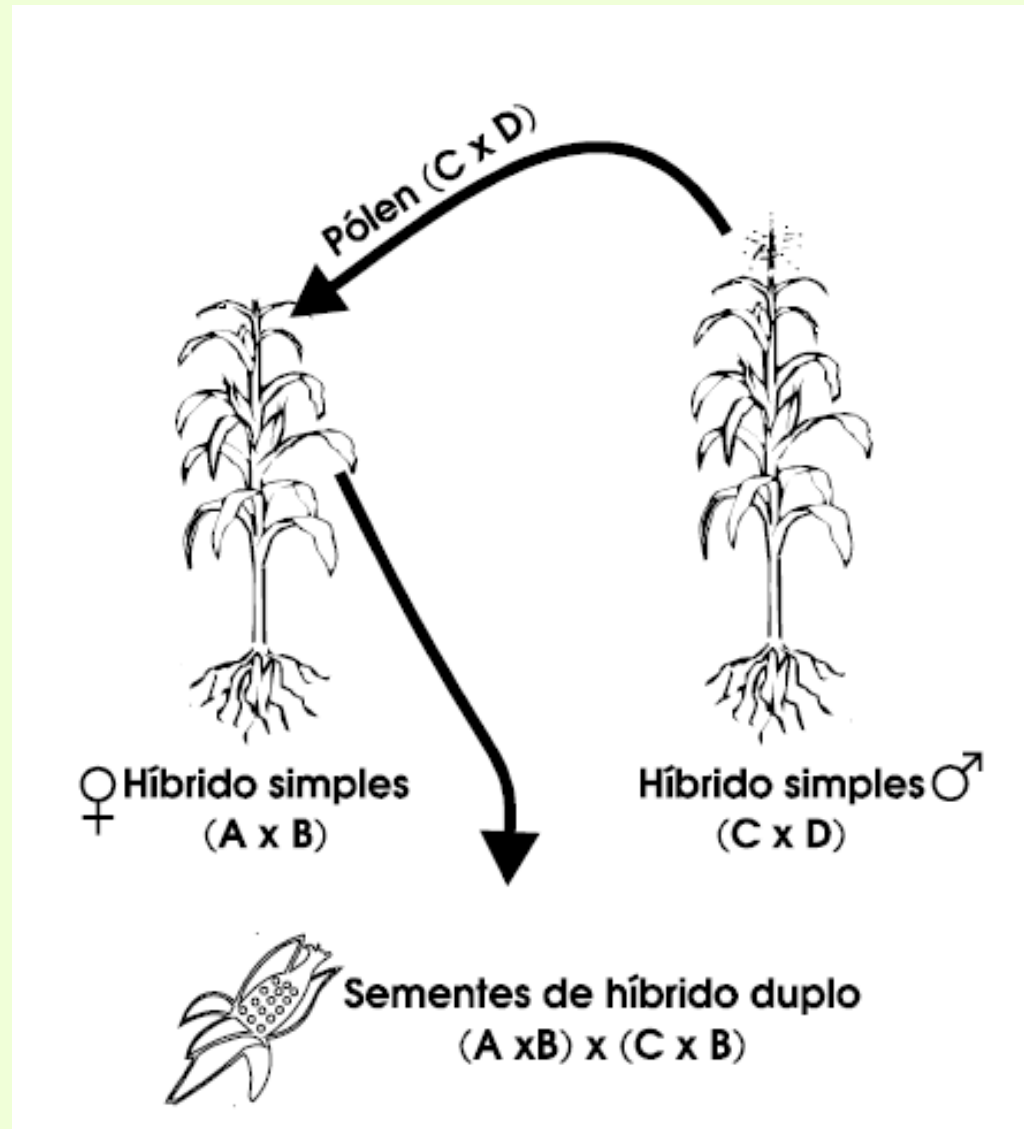
Híbrido Triplo Modificado (A x B) x (C x C')



Híbrido Duplo (A x B) x (C x D)



Híbrido Duplo (A x B) x (C x D)



Predição de Híbridos

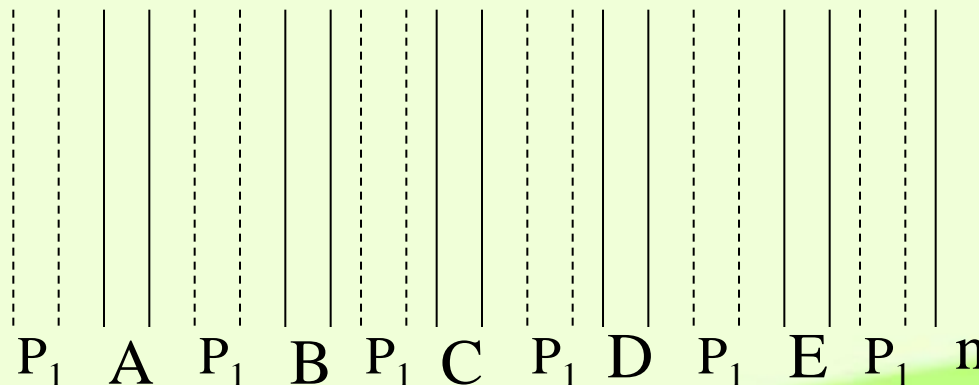
Número de linhagens parentais e sua correspondência com o número possível de diversos tipos de híbridos.

Número de linhagens	<i>Testcrosses</i>	HS	HT	HD
5	5	10	30	15
10	10	45	360	630
20	20	190	3.420	14.535
100	100	4.950	485.100	11.763.675
n	n	$n(n-1)/2$	$n(n-1)(n-2)/2$	$n(n-1)(n-2)(n-3)/8$

Predição de Híbridos

Produção HS – (A x B) ?

- Para caracteres de baixa herdabilidade a *performance* das linhagens não podem ser utilizadas para prever as dos híbridos
 - Seleção para capacidade de combinação
 - *Testcrosses*



- ✓ Só muda a fêmea
- ✓ Avalia as combinações
- ✓ 15 linhagens = 15 combinações

Predição de Híbridos

Rendimento em kg/ha dos híbrido simples possíveis resultantes do cruzamento entre cinco linhagens.

HS	Rendimento	HS	Rendimento
A x B	4.550	B x D	4.320
A x C	4.030	B x E	4.630
A x D	2.840	C x D	3.910
A x E	2.930	C x E	2.930
B x C	2.720	D x E	3.540

Predição de Híbridos

Produção HT: (A x E) x B?

Rendimento em kg/ha dos híbrido simples possíveis resultantes do cruzamento entre cinco linhagens.

HS	Rendimento	HS	Rendimento
A x B	4.550	B x D	4.320
A x C	4.030	B x E	4.630
A x D	2.840	C x D	3.910
A x E	2.930	C x E	2.930
B x C	2.720	D x E	3.540

$$(A \times E) \times B = [(A \times B) + (x B)]/2]$$

$$(A \times B) \times C = [(4.550) + (4.630)]/2 = 4.590$$

Predição de Híbridos

Produção HD – (A x D) x (B x C)?

Rendimento em kg/ha dos híbrido simples possíveis resultantes do cruzamento entre cinco linhagens.

HS	Rendimento	HS	Rendimento
A x B	4.550	B x D	4.320
A x C	4.030	B x E	4.630
A x D	2.840	C x D	3.910
A x E	2.930	C x E	2.930
B x C	2.720	D x E	3.540

$$(A \times D) \times (B \times C) = [(A \times B) + (A \times C) + (B \times D) + (C \times D)]/4$$

$$(A \times D) \times (B \times C) = [(4.550) + (4.030) + (4.320) + (3.910)]/4 = 4.202 \text{ kg/ha}$$

Predição de Híbridos

Características de diferentes híbridos e variedades referentes aos aspectos de produtividade, uniformidade e estabilidade do rendimento (+ = intensidade).

Genótipo	Produtividade	Uniformidade	Estabilidade	Custo semente
HS	++++	++++	+	++++
HT	+++	+++	++	+++
HD	++	++	+++	++
VPA	+	+	++++	+

Predição de Híbridos

Por que é necessário a compra de sementes a cada safra?

A redução em F_2 vai depende da heterose em F_1

$$P_1 = 5 \text{ ton}$$

$$P_2 = 7 \text{ ton}$$

$$F_1 = 12 \text{ ton}$$

$$F_2 = ?$$

$$F_n = F_{n-1} - \frac{h}{2^{n-1}}$$

$$h = \bar{F}_1 - \bar{P}_s$$

Predição de Híbridos

Por que é necessário a compra de sementes a cada safra?

$$h = \bar{F}_1 - \bar{P}_s$$

$$P_1 = 5 \text{ ton}$$

$$P_2 = 7 \text{ ton}$$

$$F_1 = 12 \text{ ton}$$

$$F_2 = ?$$

$$F_2 = 12 - \frac{6}{2^{2-1}} = 9 \text{ ton}$$

$$12 \text{ ton} \text{ ----- } 100\%$$

$$9 \text{ ton} \text{ ----- } x$$

$$x = 75\%$$

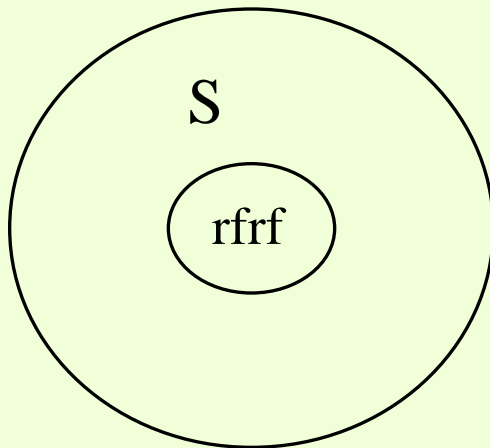
Esterilidade Genética Citoplasmática

- Como eliminar o processo de despendoamento em milho (alógama)?
- É possível a produção de híbridos de arroz (autógama)?

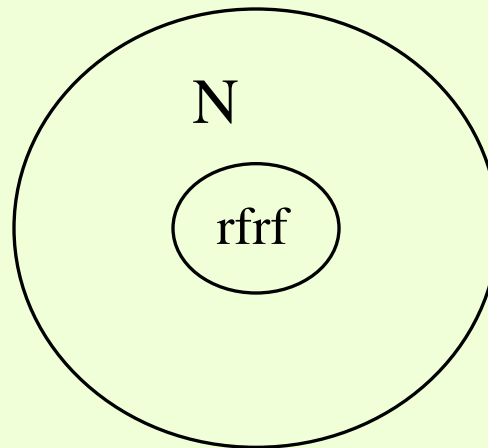
Esterilidade Genética Citoplasmática

- Sistema A-B-R

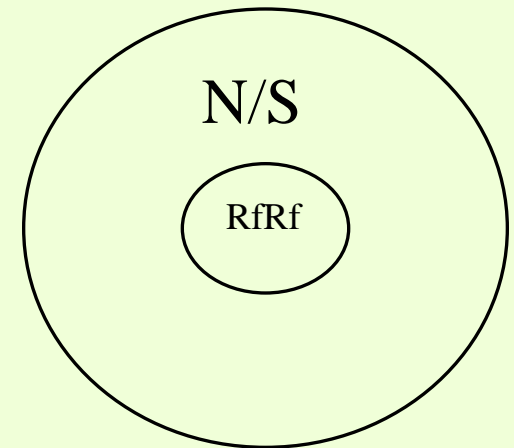
A=Macho
estéril



B=Mantenedora



R=Restauradora



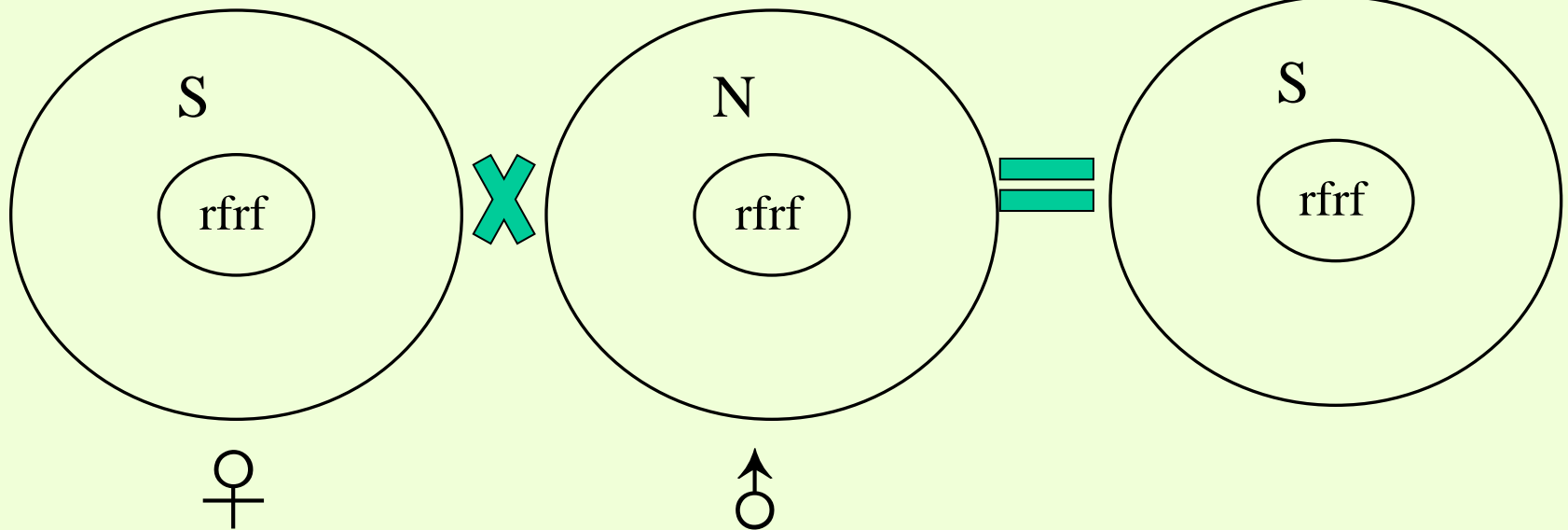
Sistema três linhas

1) Campo de **multiplicação** de sementes

A=Macho
estéril

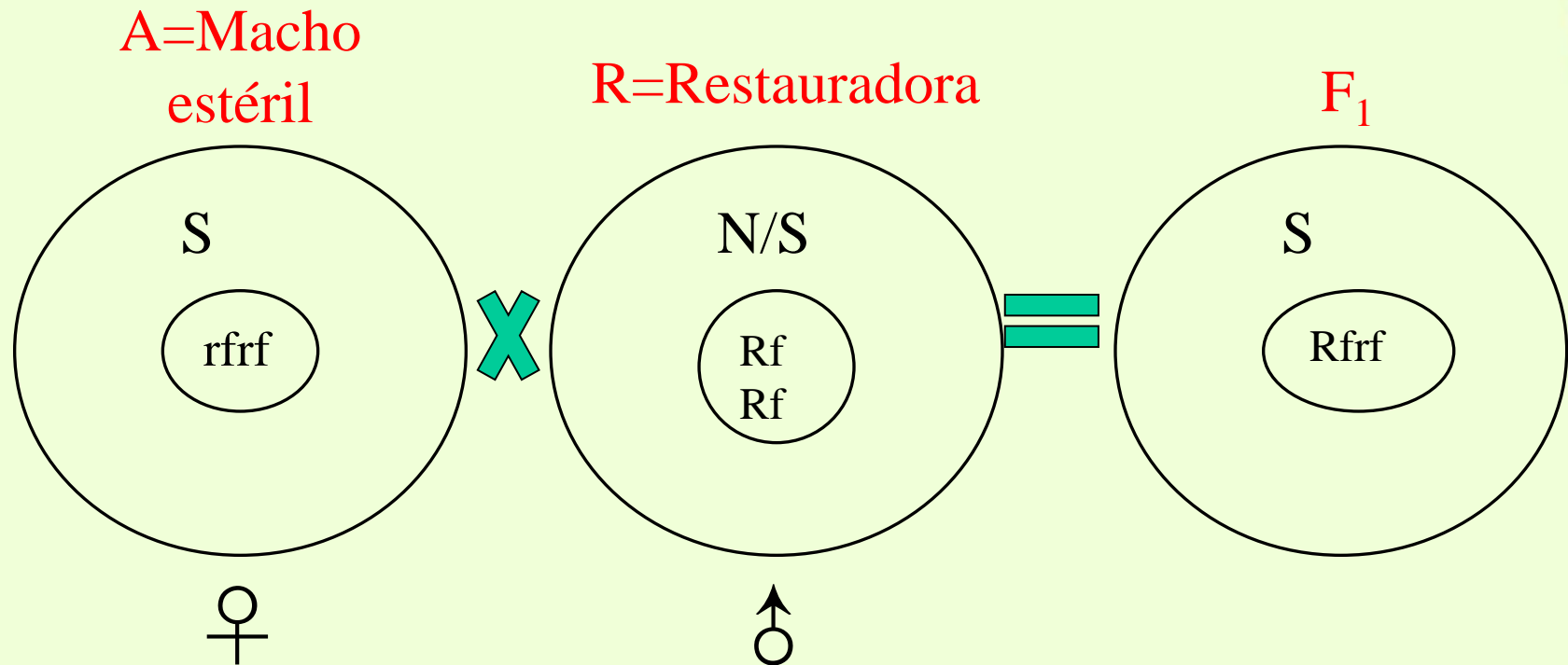
B=Mantenedora

Linha A

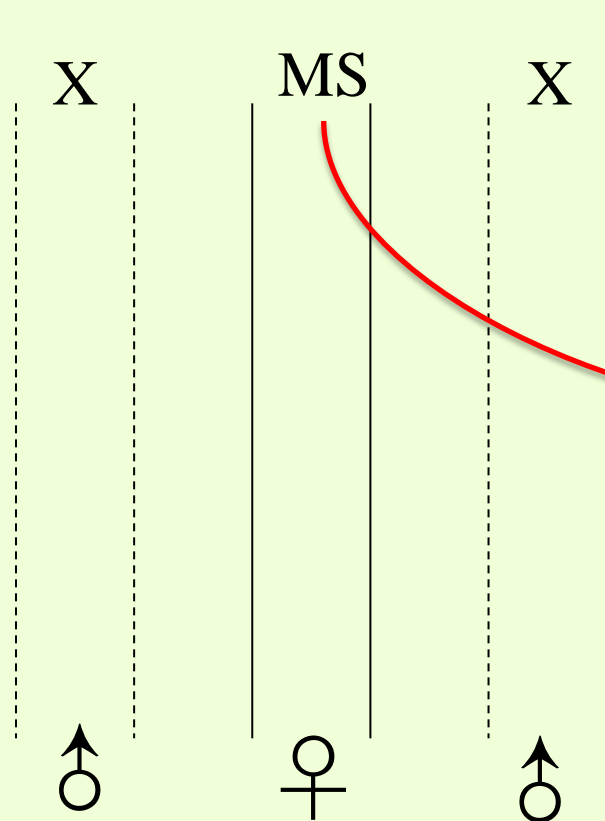


Sistema três linhas

2) Campo de **produção** de sementes F_1



Como identificar uma linha restauradora e mantenedora?



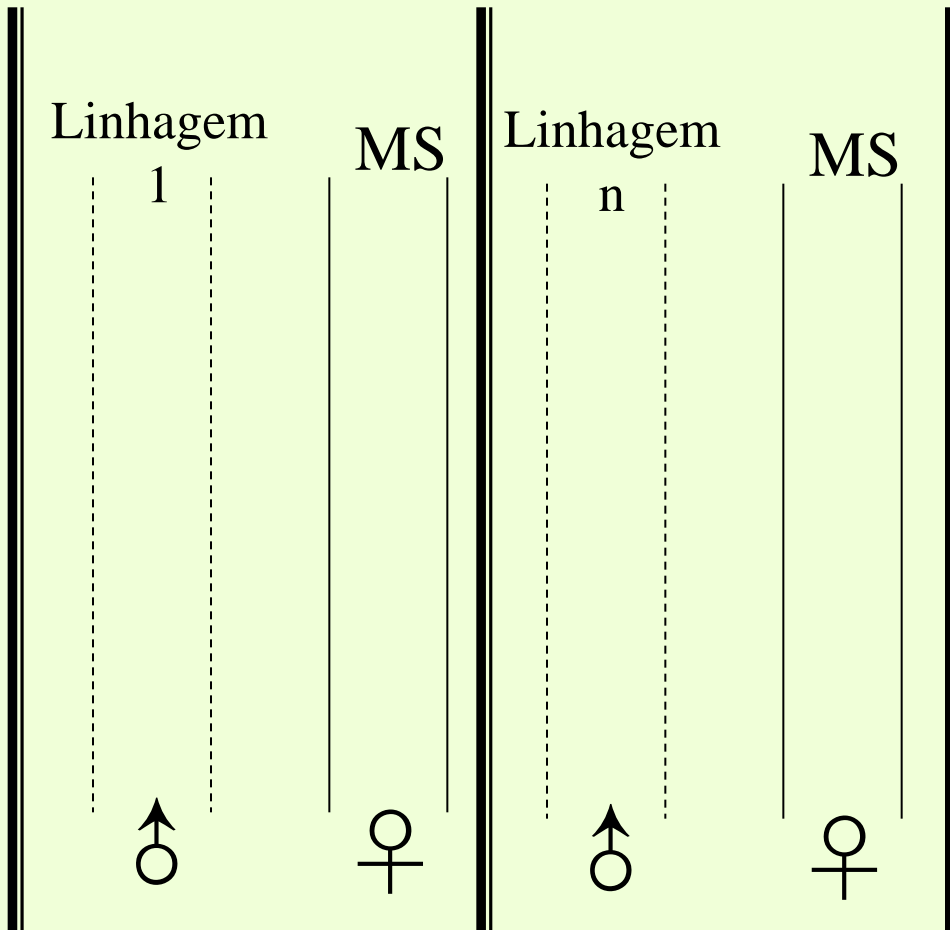
MS = citoplasma **S**/
núcleo **rfrf**

X = ?

Colhe as sementes das linhas MS, e semeia. Plantas:

- ✓ *Estéreis*: X é mantenedora porque não restaurou a fertilidade/núcleo *rfrf*
- ✓ *Fértil*: X é restauradora

Como sintetizar uma nova linha A?



- ✓ **Primeiro passo:**
- ✓ *Testcrosses* para encontrar linha B (mantenedora, núcleo rfrf)

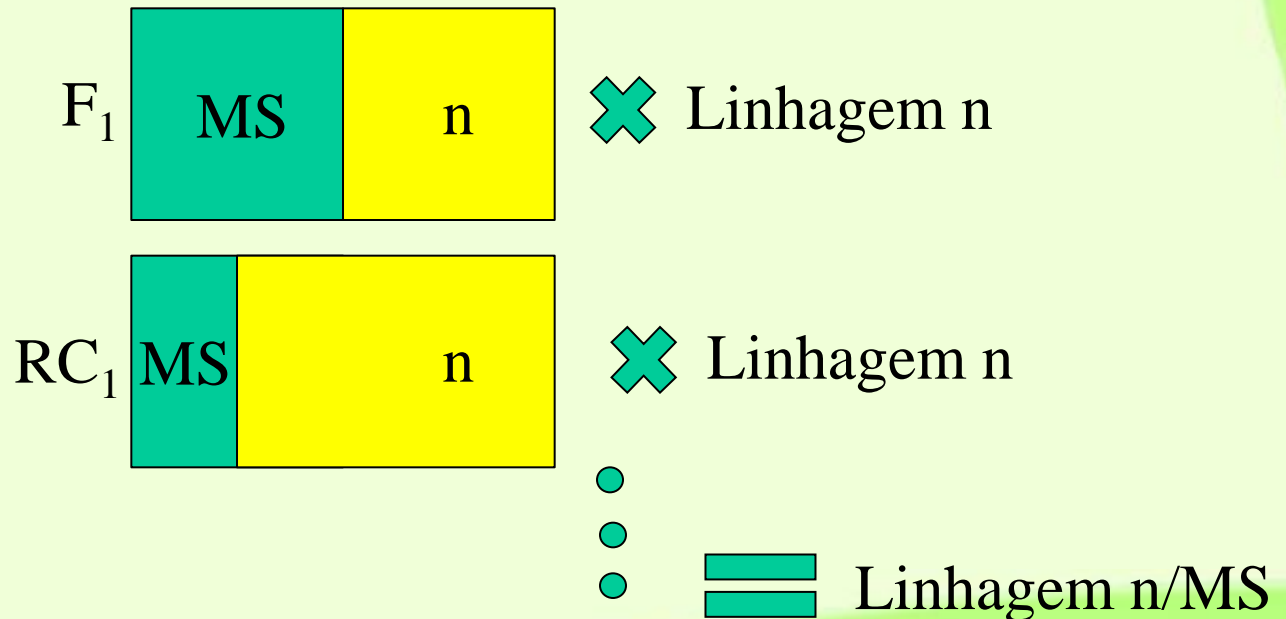
Como sintetizar uma nova linha A?

- ✓ **Segundo passo:**
- ✓ Avaliar a descendência
 - ✓ Se estéril, a linhagem n pode ser utilizada para sintetizar uma linha A (linhagem n é mantenedora)

Como sintetizar uma nova linha A?

- ✓ Retrocruzamento para inserir o citoplasma MS

Doador *Recorrente*
Linhagem MS  Linhagem n



Milho

O milho é uma espécie alógama

- MS descrita por Rhoades em 1933
- Não há necessidade de despendoamento manual
 - Mão-de-obra
 - Despendoamento diminui produtividade

Milho

- Citoplasma T foi amplamente empregado para a produção de híbridos nos EUA até o final da década de 60
- Macho-esterilidade T foi praticamente extinta USA: Helmintosporiose (*Helminthosporium maydis*)

Milho

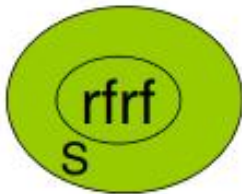


Figura 1: Detalhes de plantas férteis e macho-estéreis. A: Plantas macho-estéreis em fase de florescimento (pendões fechados, sem pólen). B: Detalhe do pendão de planta macho-estéril (pendão fechado, sem pólen). C: Detalhe do pendão de planta fértil (pendão com anteras liberando pólen).

Girassol

O girassol é uma espécie alógama

Linha A



Linha B
(mantenedora)



Linha R
(restauradora)



Girassol: Híbrido x variedade

Ano	Média do melhor híbrido (kg/ha)	Média dos híbridos (kg/ha)	Média das variedades (kg/ha)	Diferença
2008/2009	2562	2382	1870	512
2007/2008	2355	2070	-	-
2006/2007	1972	1713	1330	383
2005/2006	2517	2236	1406	830
2005/2004	2400	2000	1550	450
2004/2005	2185	1900	1515	385

Cebola

A cebola é uma espécie alógama

- Áreas de produção: Regiões Sul, Nordeste e Sudeste
 - Predomínio a agricultura de base familiar
 - Cultivares de polinização aberta
- Novas fronteiras:
 - Fazendas-empresas: Nordeste (Chapada Diamantina, BA) e em áreas do Cerrado em Goiás (Cristalina) e Minas Gerais (São Gotardo)
 - Sementes híbridas



Cebola

- Produção de sementes híbridas de cebola só se tornou economicamente viável a partir da identificação e caracterização de sistemas de macho-esterilidade do tipo genética-citoplasmática (CMS)
 - CMS-S (amplamente utilizado em programas de melhoramento e produção de sementes)
 - CMS-T

Arroz

O arroz é uma espécie autógama

- China: cultivo comercial de híbridos de arroz desde 1976
- 2006
 - 50% da área = 15 milhões ha
 - 103,5 milhões de ton ano; 6.900 kg/ha

Arroz

Arroz – cultivar convencional x híbrida.

Característica	Convencional	Híbrido
Número de grãos	150	300
PMG	↓	↑
Tamanho panícula	↓	↑
Panículas/planta	↓	↑
Sistema radicular	↓	↑
Estatura	↓	↑
Ciclo	↓	↑
Perfilhamento	↓	↑
Resistência Doença	↑	↓

✓ Heterose

✓ Vigor

✓ ↑ rendimento

✓ Gene da MS é pleiotrópico

✓ Encartuchamento panícula

Fabiani - fabiani@usp.br
Felipe - fbermudez@usp.br