

Modern breeding contributed to improve crop yield

Wheat yield in ancient Rome: 1000 kg/ha

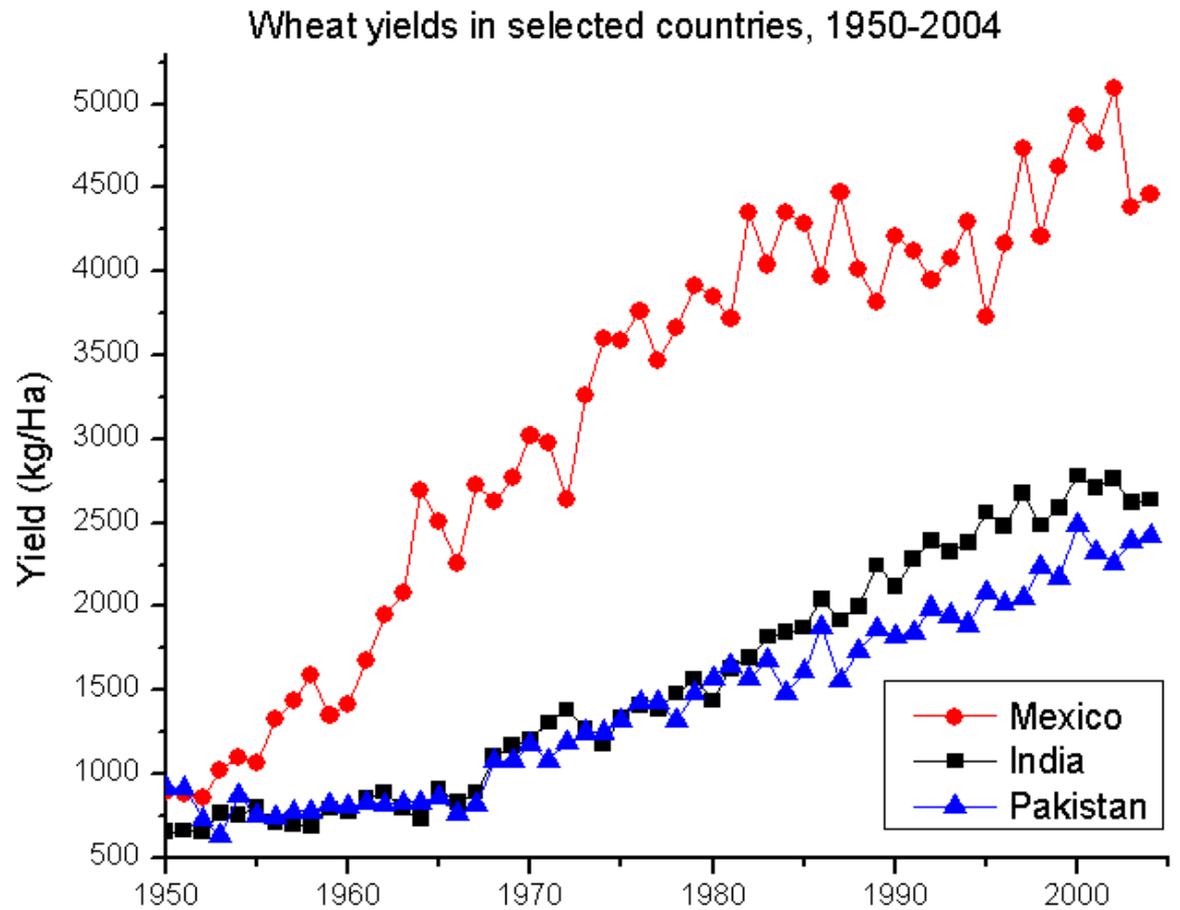
In Italy (1920): 1000 kg/ha

In Italy (today): 4000 kg/ha

The Green Revolution



Norman Borlaug
breeding wheat for Mexico
Nobel Peace Prize 1970



Source: FAO

Green revolution: crop varieties with higher yield and ability to use high doses of fertilizer

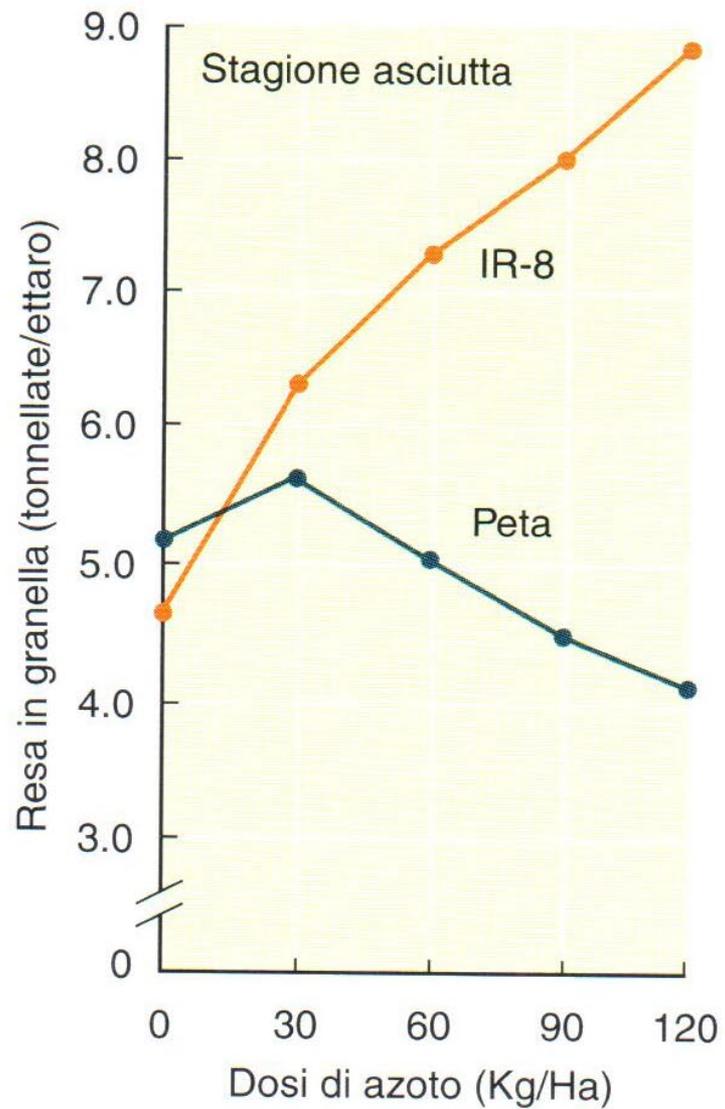
NPK

High yield (better use of nutrients and water)

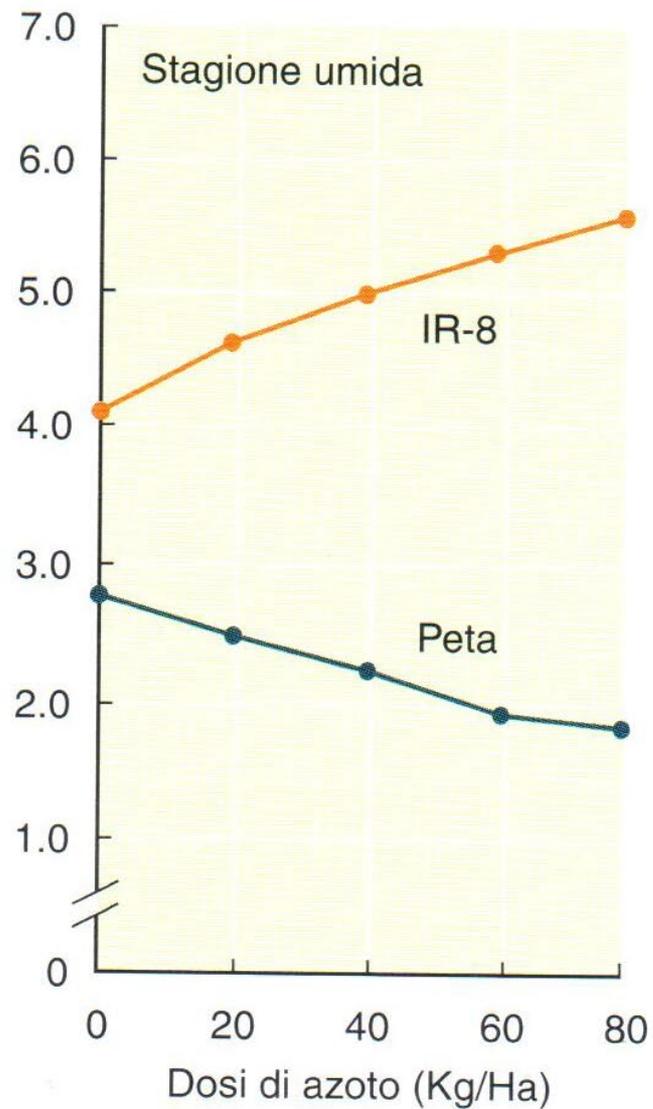
Fast maturation: (e.g. two harvests per year for modern rice)

Habitus : semi-dwarf (e.g. rice: 90 cm; wheat: 120 cm)





(a)





DEE-GEE-WOO-GEN

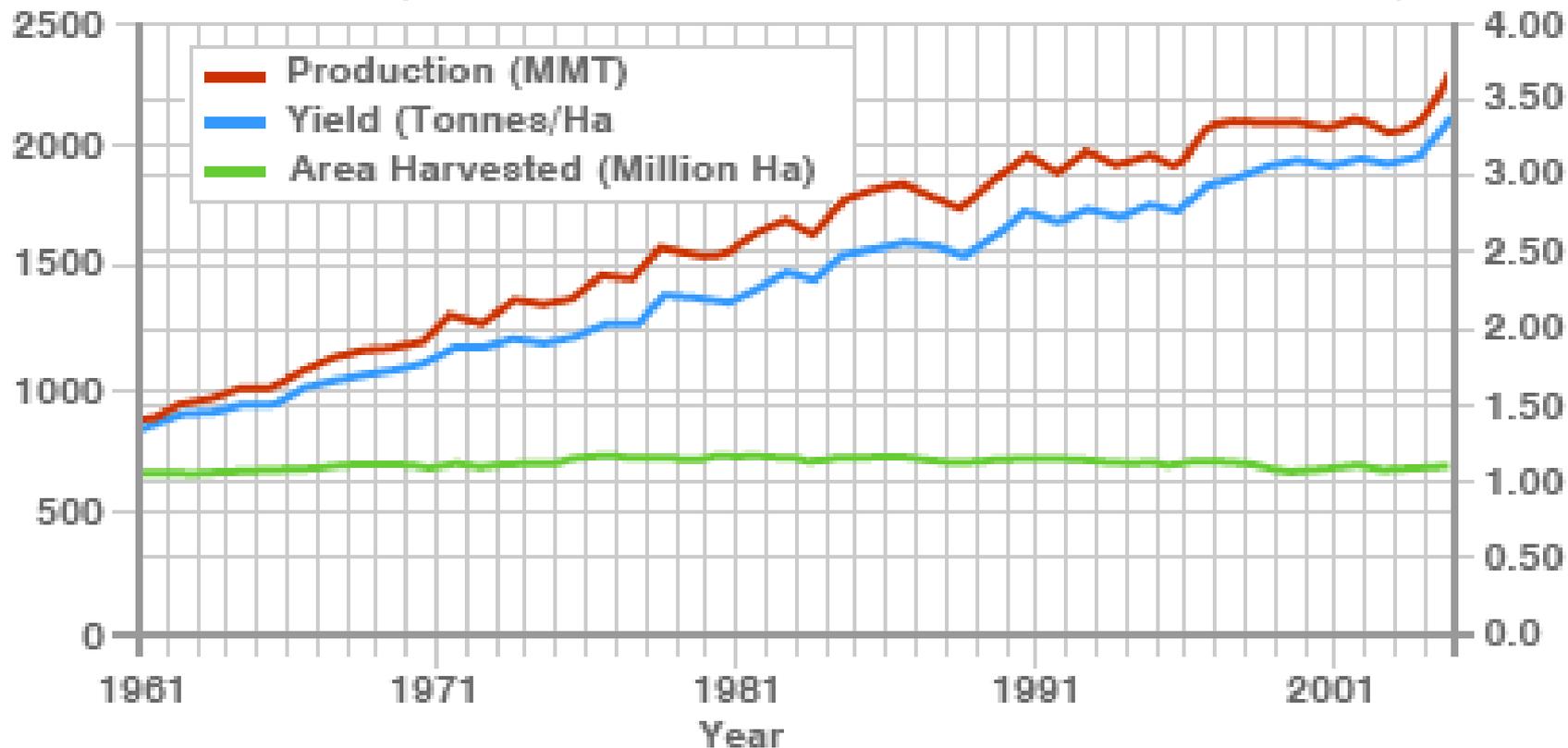
PETA

IR8

WORLD CEREALS PRODUCTION AND YIELDS

Million metric tonnes / million hectares

Tonnes / hectare



SOURCE: UN Food and Agriculture Organization



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

FAO's Strategic Objective 1: Help eliminate hunger, food insecurity and malnutrition



Breeding of new crop varieties

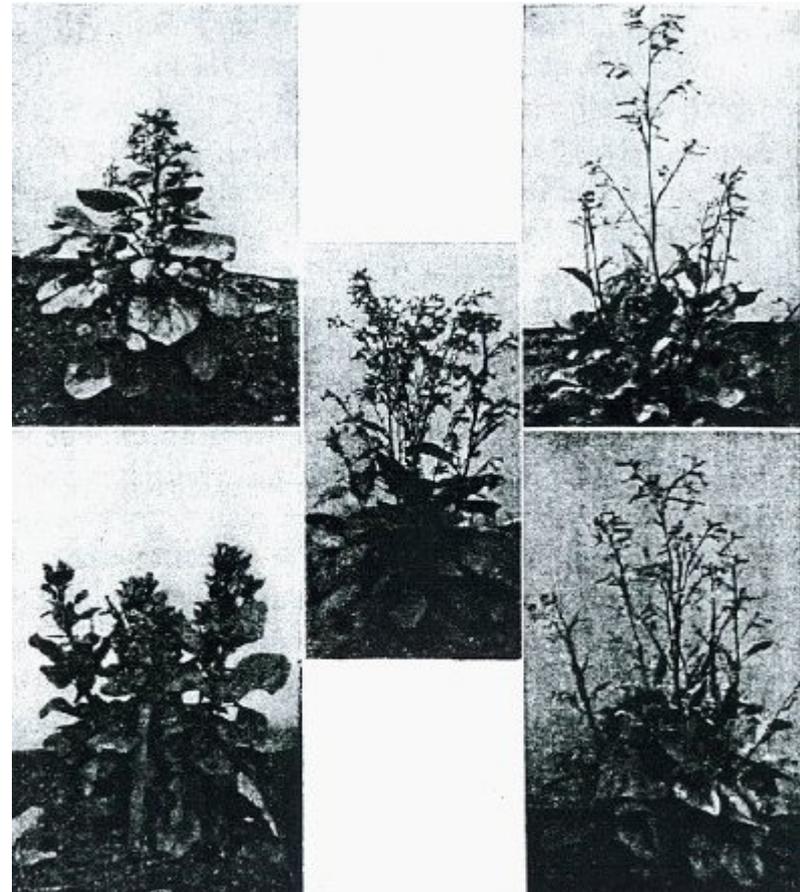
Up to XVII-XVIII century : selection of available genotypes, based on their phenotypes

Later: controlled crosses to obtain new genotypes with specific, improved traits

D. Joseph Gottlieb Kölreuters
Fortwährende Nachricht
von einigen
das Geschlecht der Pflanzen
betreffenden Versuchen
und Beobachtungen.



Verlag.
in der Königl. Hofbuchhandlung.
1761.



Incrocio o Ibridazione

fra specie può avvenire naturalmente

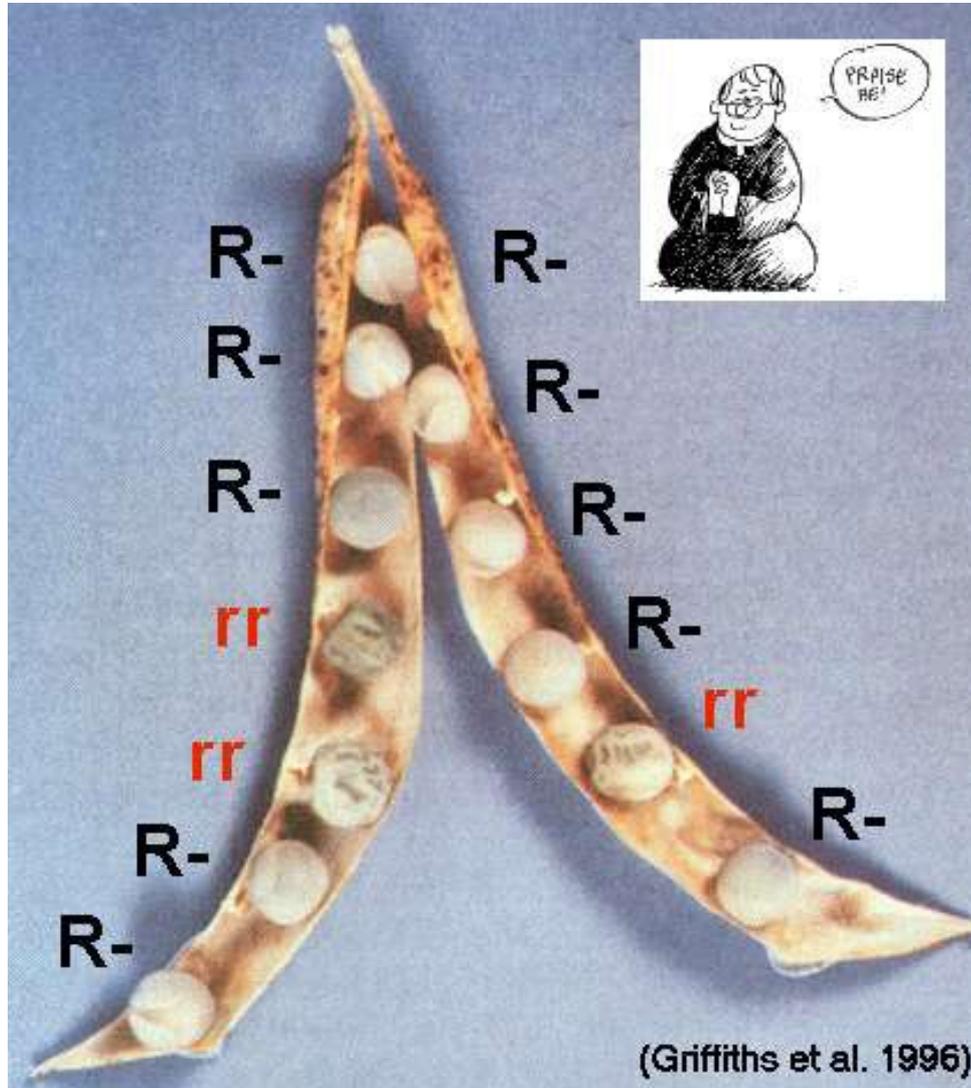
ruolo fondamentale nello sviluppo di nuove colture

l'incrocio fra specie è favorito dagli insetti impollinatori

fattori genetici: mutazioni che possono causare sterilità del polline aumentano la frequenza degli incroci, perché la progenie si ottiene solo dall'incrocio

l'incrocio può avvenire tra pianta coltivata e progenitore selvatico perché appartengono alla stessa specie

Mendel and the heritability laws

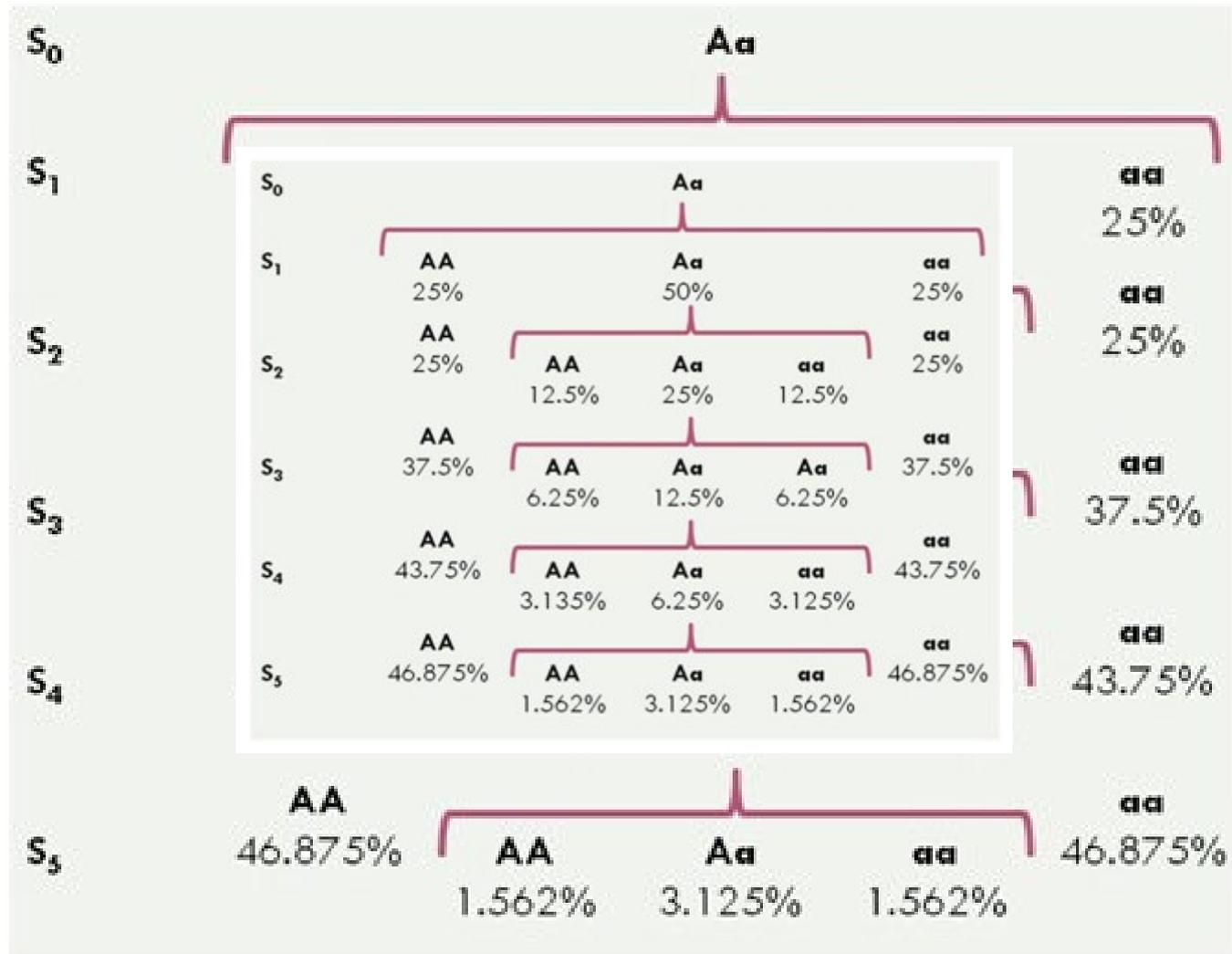


AUTOGAMIC SPECIES: self-pollination -> high degree of homozigosity

It is necessary to emasculate flowers and manually transfer pollen from the donor plant to the recipient plant for artificial crosses



Increase of homozygosity in self-pollinating plants



2) **Allogamy**: cross-pollination-> high degree of heterozygosity

- It is necessary to prevent unwanted pollination from neighbouring plants for artificial crosses
- Varieties are commercialized as non homogenous populations of heterozygous plants

Autoimpollinazione → LINEE PURE

varietà geneticamente omogenea (piante omozigoti)
riso, grano

Incrocio → IBRIDI - mais

Ibridi F_1 - VIGORE IBRIDO

Rese molto elevate

non si possono usare i semi raccolti dalla pianta a causa della segregazione
vantaggio per le compagnie sementiere

Ibridazione ➡ Allopoliploidia

allopoliploidia è un vantaggio

- combinazione di differenti genomi che conferiscono adattamenti a condizioni ambientali diverse
- esistenza di copie multiple dello stesso gene
- interazione tra geni di genomi diversi che può portare a nuovi tratti (es. grano tenero)

mais e soia sono antichi allotetraploidi

Le specie poliploidi hanno svolto un ruolo fondamentale nell'evoluzione delle piante coltivate

Molte varietà che gli agricoltori selezionarono per la crescita vigorosa e la resa elevata si rivelarono poliploidi

selezione artificiale di specie poliploidi

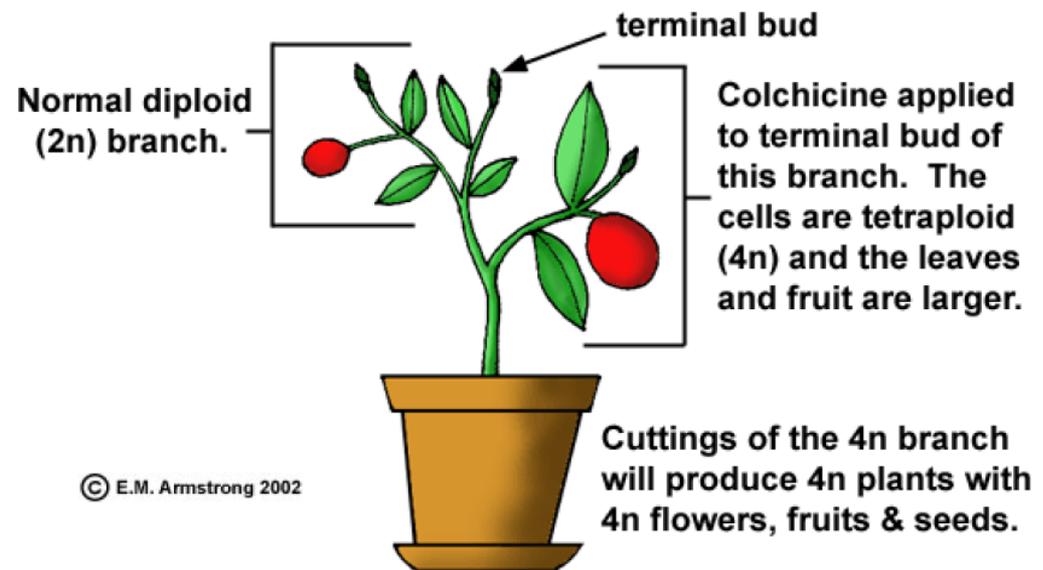
fiori, frutti, semi e foglie di piante poliploidi hanno spesso dimensioni maggiori

La poliploidia può essere indotta

COLCHICINA

alcaloide che interferisce con la polimerizzazione della tubulina

altera la formazione del fuso mitotico



AUTOINCOMPATIBILITA'

Nelle specie monoiche ermafrodite esistono sistemi genetici che determinano incompatibilità tra polline e stilo della stessa pianta o di piante con lo stesso genotipo. Ciò costringe all'impollinazione incrociata (il tabù dell'incesto).

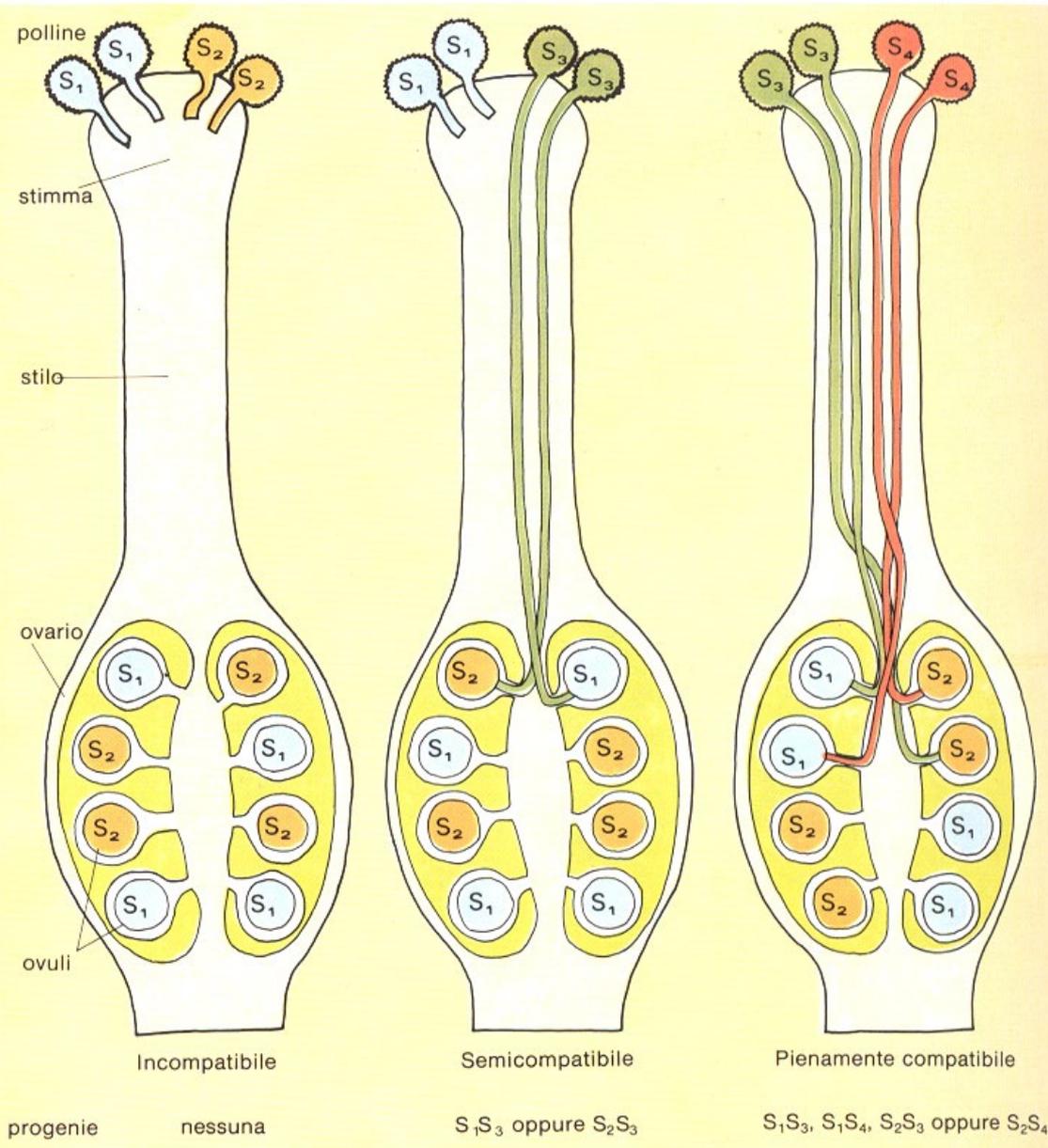
L'incompatibilità è un processo biochimico presente in oltre 3000 specie di fanerogame. E' efficace come il dioicismo nel costringere le piante all'incrocio ma ha il vantaggio che ogni pianta produce semi.

Si riconoscono due sistemi di incompatibilità:

-SISTEMA GAMETOFITICO

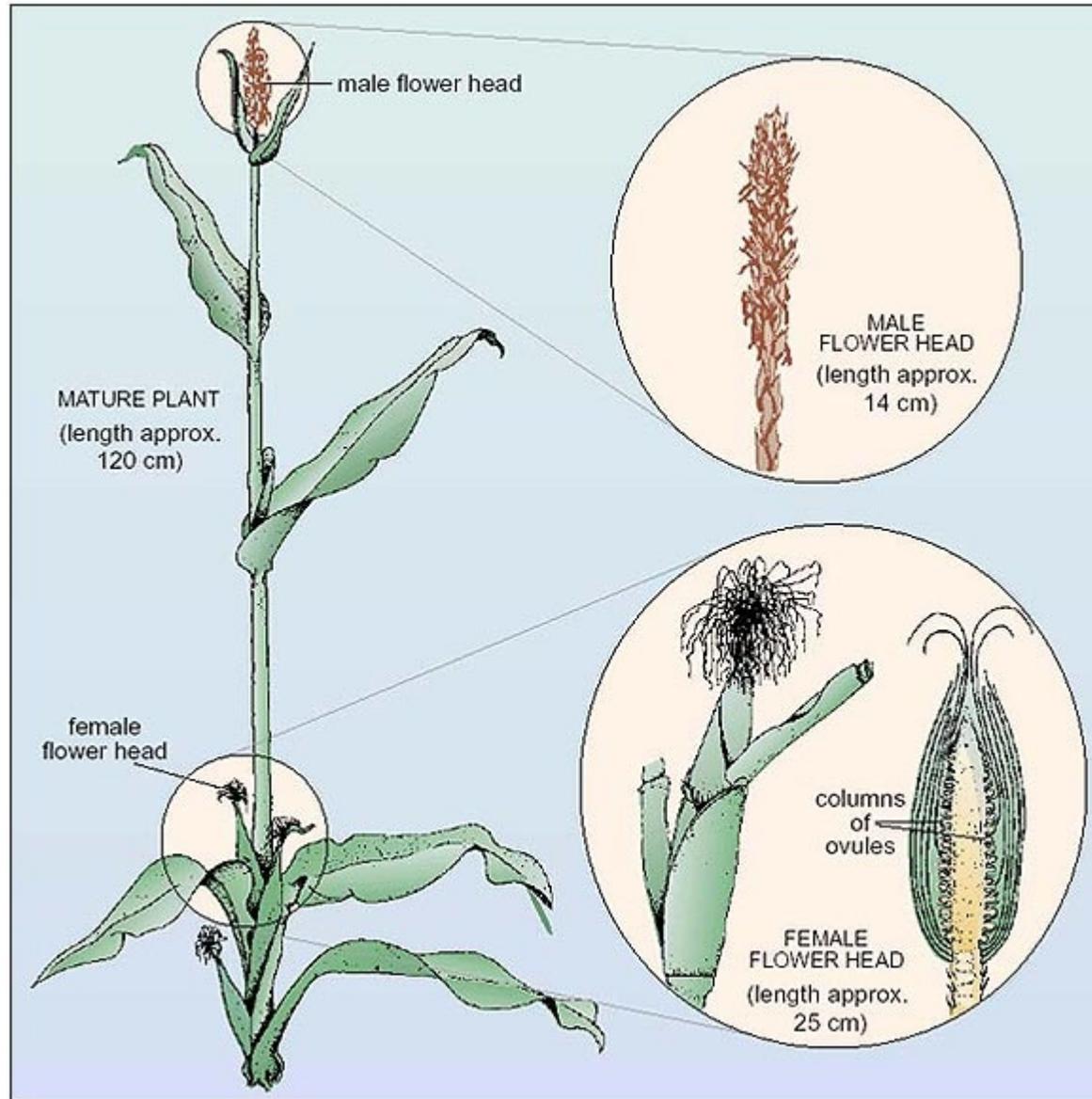
-SISTEMA SPOROFITICO (ETEROMORFICO O OMOMORFICO)

AUTOINCOMPATIBILITA'



L'autoincompatibilità **GAMETOFITICA** si manifesta con un'interazione tra stigma e granulo pollinico. Quest'ultimo è aploide e porta un solo allele del gene S, mentre lo stigma diploide porta due alleli diversi del gene S. Il tubulo pollinico che possiede uno degli alleli presenti nello stigma non è in grado di penetrare nel tessuto dello stilo. I tubuli con alleli diversi da quelli stilari penetrano nello stilo e fecondano. Questa forma di incompatibilità è presente nelle Solanaceae, Rosaceae, Leguminosae, Malvaceae. Si basa su un singolo gene S, presente in molte forme alleliche (400 alleli in *Trifolium pratense*). Nelle graminacee (ad esempio segale) ci sono due geni con alleli multipli che controllano l'incompatibilità, nella bietola (*Beta spp*) quattro geni.

Physical separation fo male and female flowers on the same plant (e.g. maize)



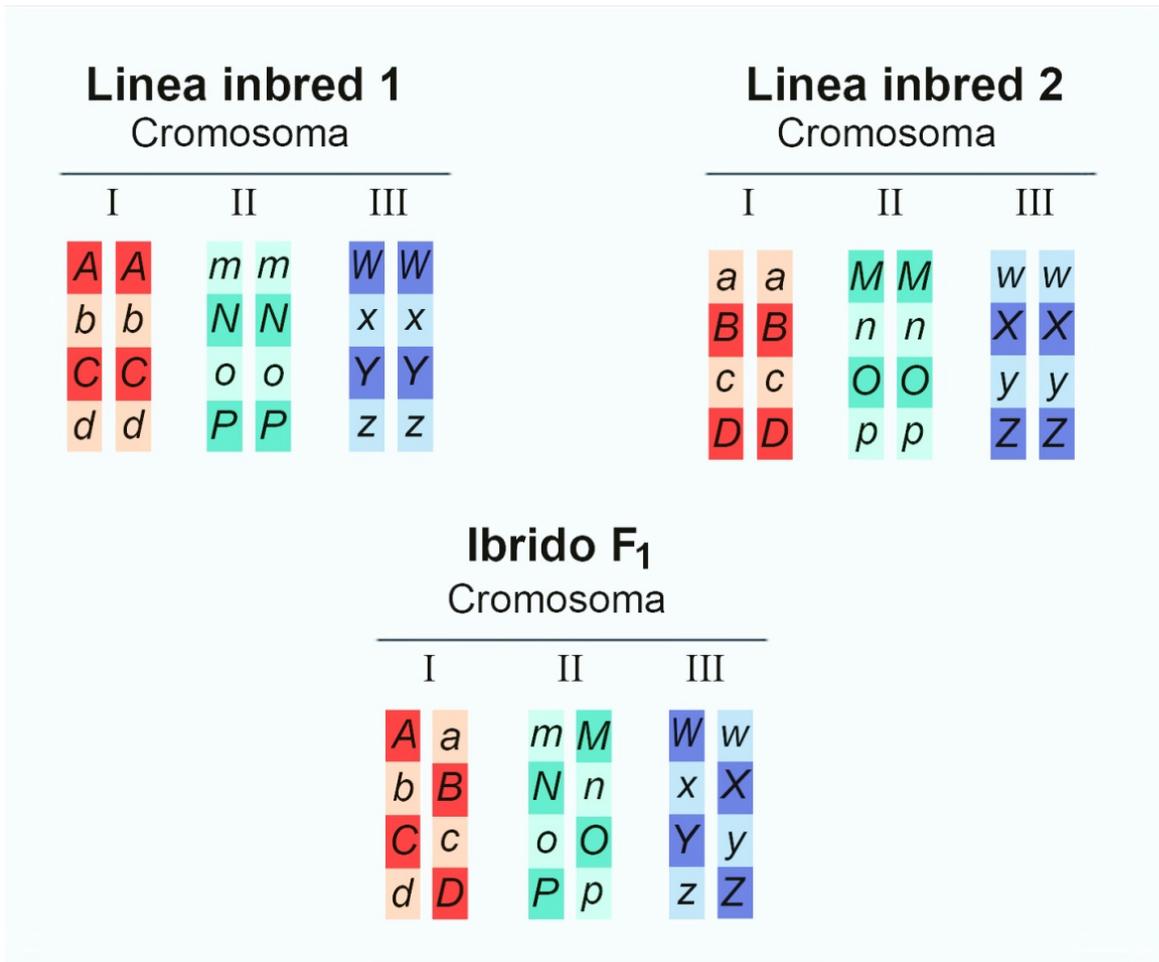
Male and female flowers in separate plants (e.g. kiwifruit)



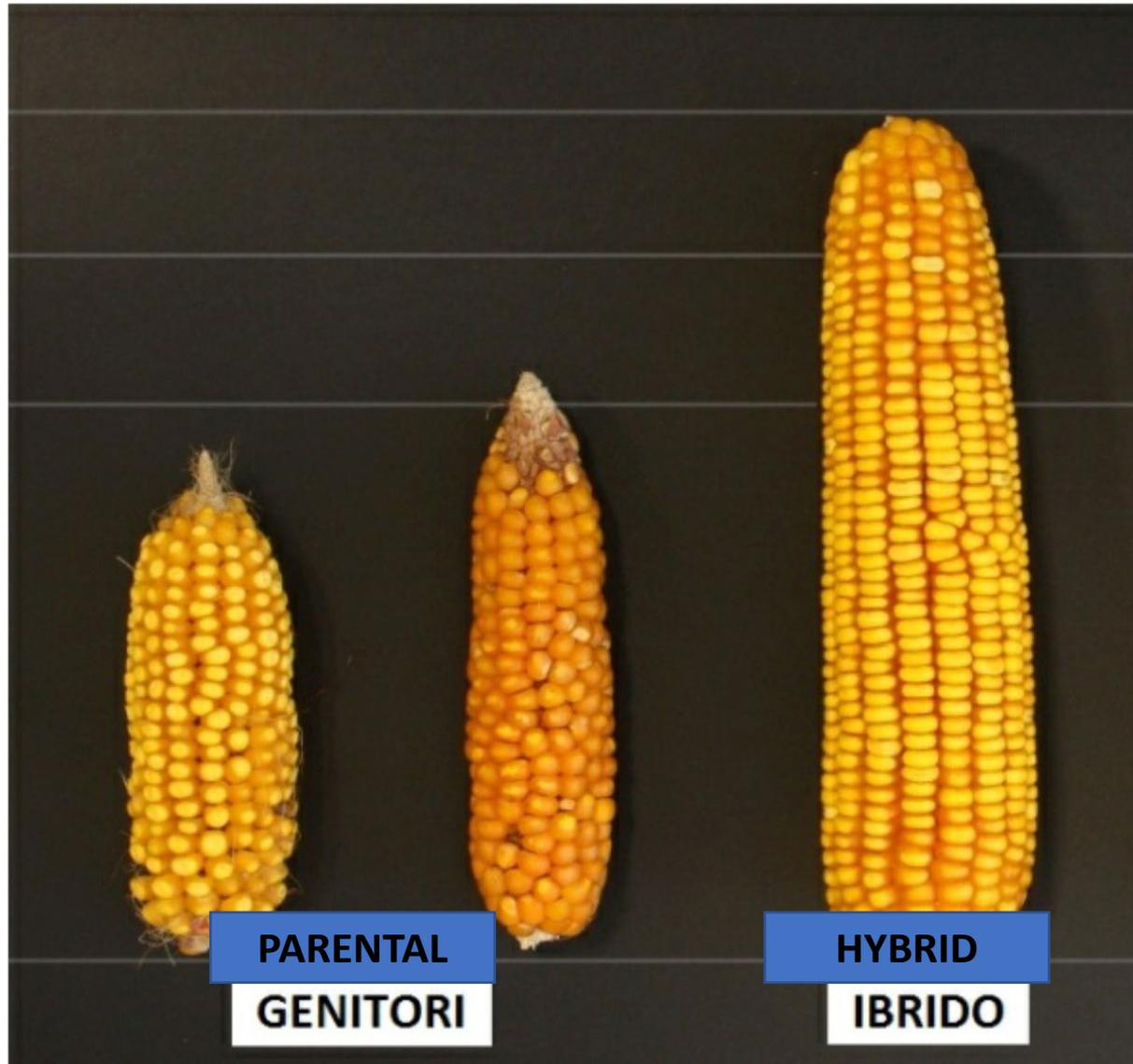
Production of F1 hybrids

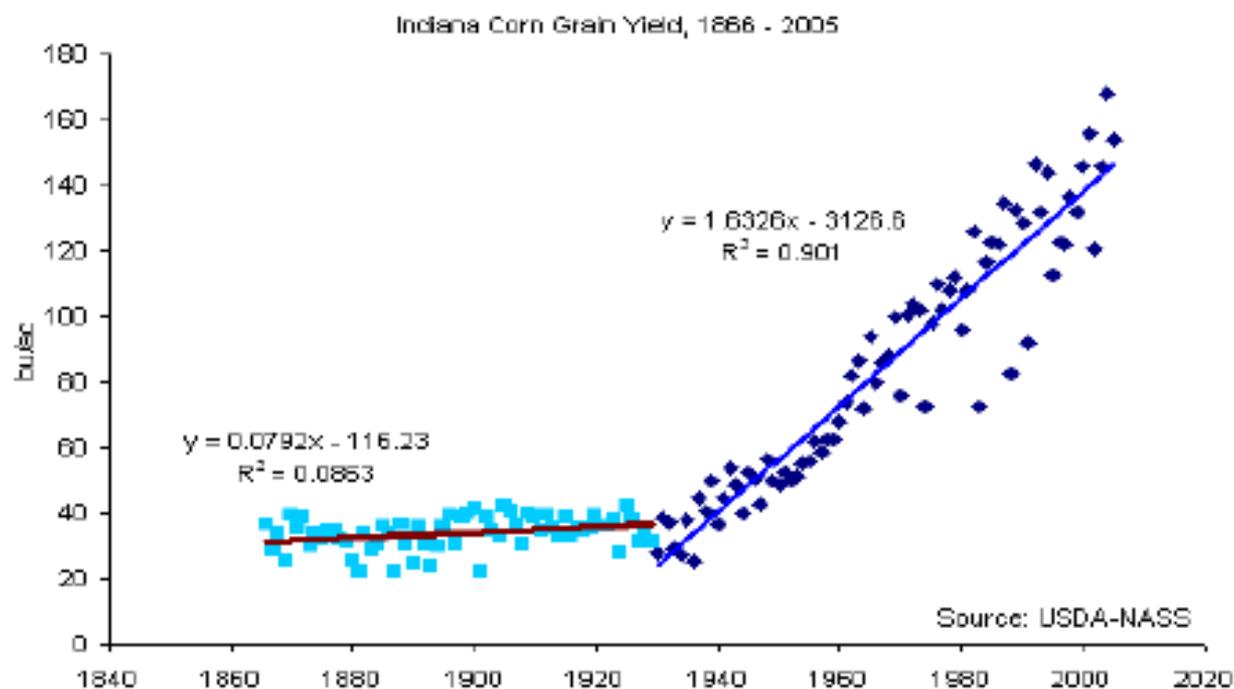
Both from autogamic and allogamic plants

- 1) Generation of **INBRED LINES** (pure, high degree of homozygosity)
- 2) Cross-pollination between selected inbred lines to obtain **F1 HYBRIDS**



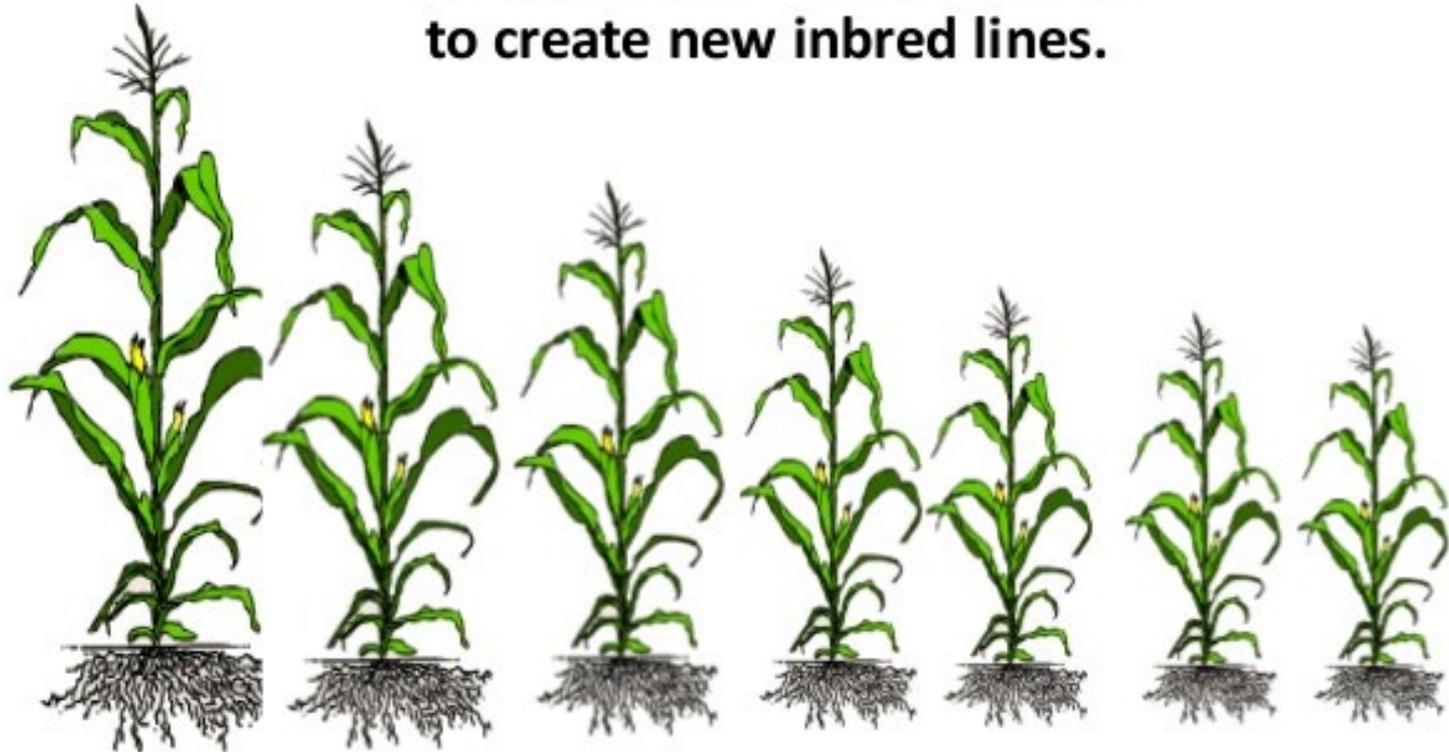
HETEROSIS: Hybrids are usually more robust, resistant and productive than pure lines



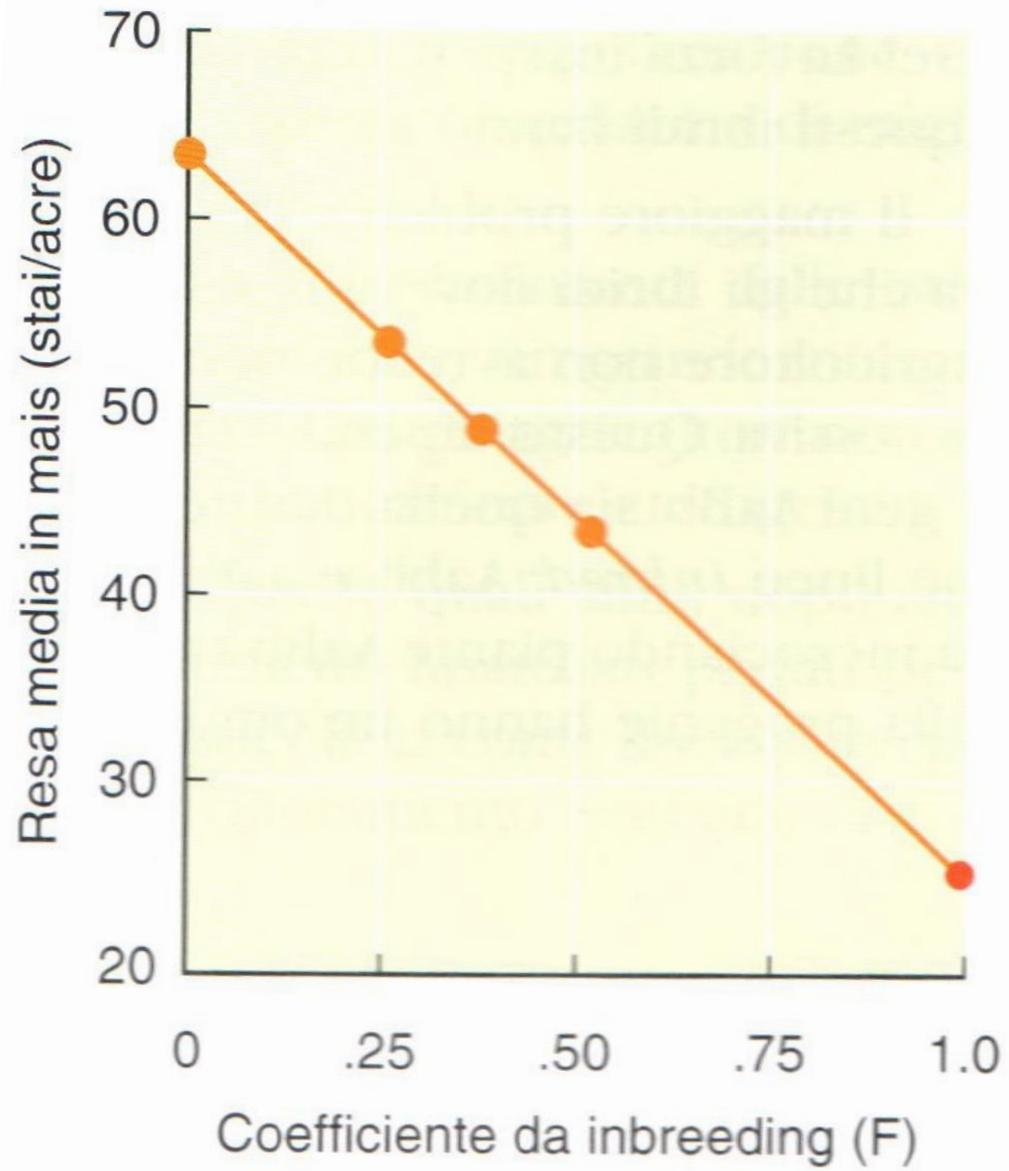


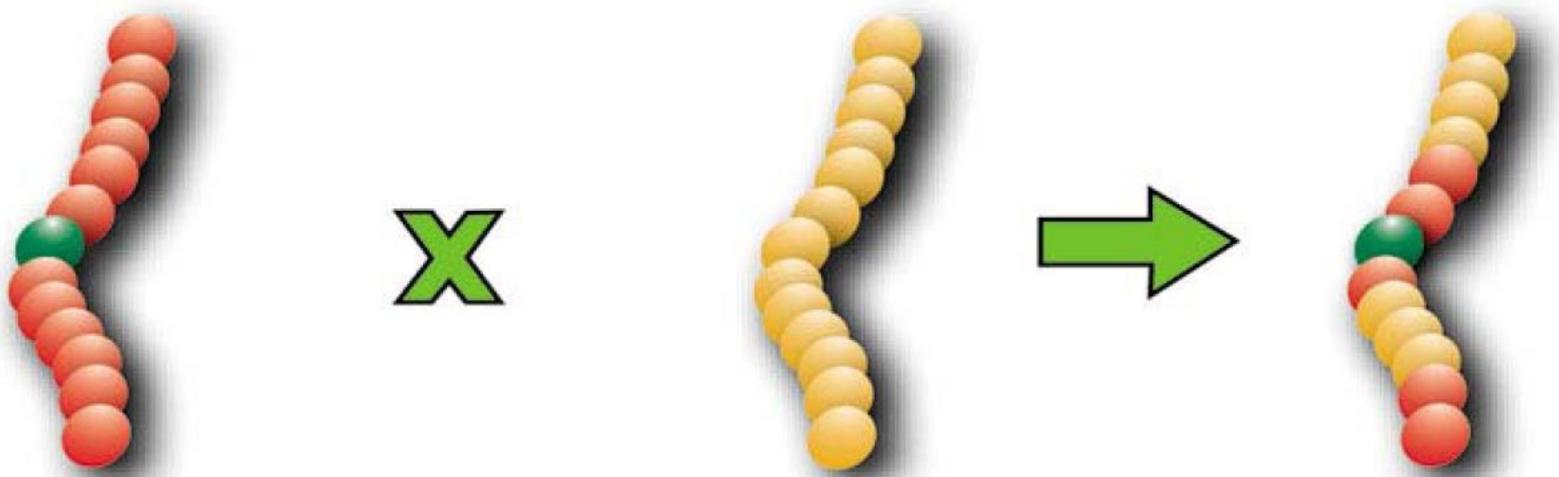
Adoption of hybrid genetics has tripled US corn yield since 1940

Historically 7+ generations of self-pollination were needed to create new inbred lines.



Inbreeding depression





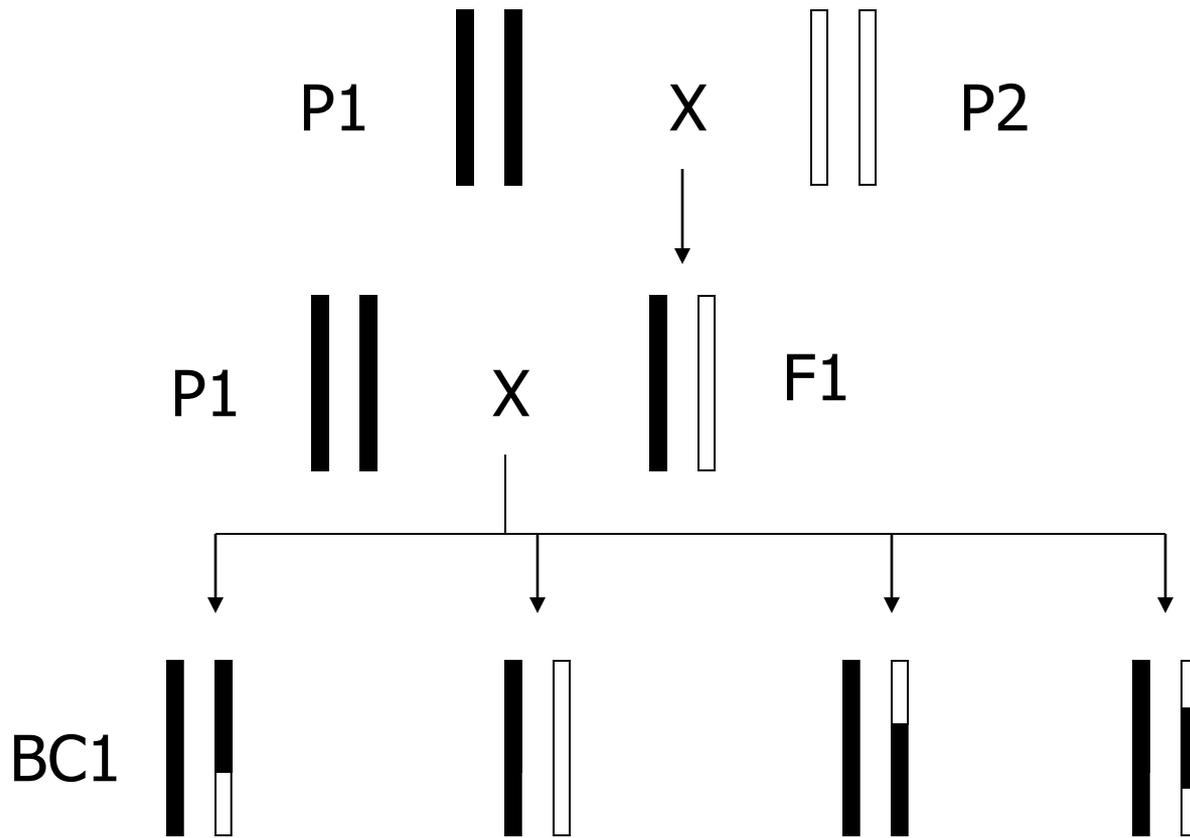
con l'incrocio, oltre al carattere di interesse, possono essere trasferiti anche altri caratteri non desiderabili



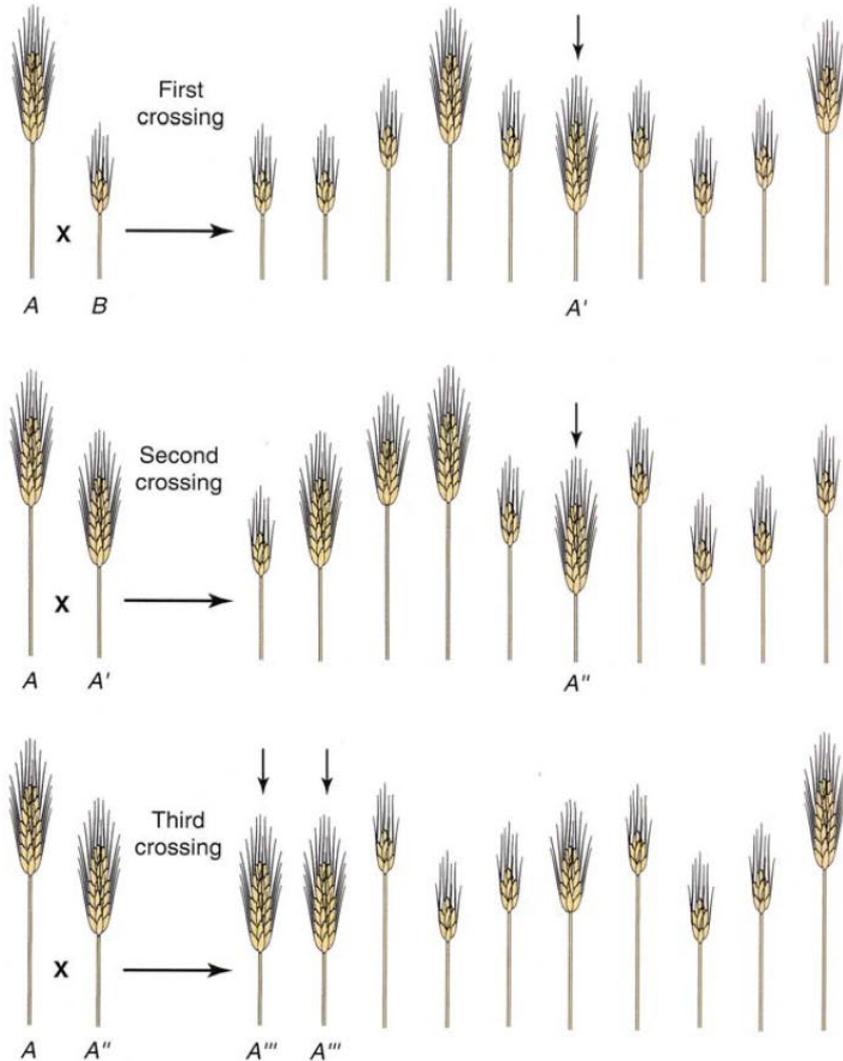
RE-INCROCIO

Lo scopo del reintrodo è quello di introdurre in una varietà il numero minore di geni possibile oltre quello di interesse

Backcross



introduzione del tratto "fusto corto" nel frumento



il reincrocio è ripetuto fino a che non emerge una varietà che ha tutte le caratteristiche dell'originale ad alta produttività + il gene della "cortezza"

Tabella 14.3**Tipi di varietà rilasciate dai genetisti sulla base del metodo di impollinazione**

| Coltura | Metodo naturale di impollinazione | Principale tipo di cultivar |
|----------------|--|------------------------------------|
| Riso | Autoimpollinazione | Linee pure e ibridi |
| Frumento | Autoimpollinazione | Linee pure |
| Mais | Incrocio | Ibridi |
| Soia | Autoimpollinazione | Linee pure |
| Patata | Incrocio (ma non in cultivar) | Cloni |
| Sorgo | Principalmente auto | Ibridi e linee pure |
| Orzo | Autoimpollinazione | Linee pure |
| Arachide | Autoimpollinazione | Linee pure |
| Fagiolo | Autoimpollinazione | Linee pure |
| Manioca | Incrocio e autoimpollinazione | Cloni |
| Erba medica | Incrocio | Popolazione |
| Girasole | Incrocio | Ibridi e popolazioni |

Programmi di miglioramento genetico convenzionale per un nuovo cereale

Valutazione/Selezione/Saggio



Plant biodiversity and potential use in agriculture

a) Currently known plant species

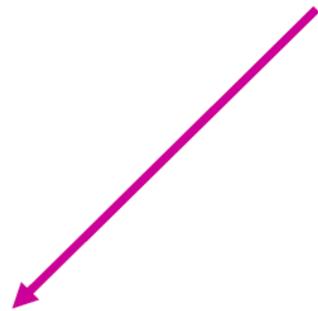
- 10.000 cereals
- 18.000 legumes
- 1.500 edible mushrooms
- 60.000 medicinal plants
- 3.000 contraceptive plants
- 2.000 plants with insecticidal properties ■
- 3.000 tropical fruit species ■

b) Species cultivated on a large scale

- * 4 tropical fruit crops (banana, mango, ananas and papaya)
- * 7 cereals (wheat, rice, maize, sarghum, oat, rye)
- * 6 legumes (bean, pea, soybean, peanut, alfalfa, clover)

PLANT BREEDING

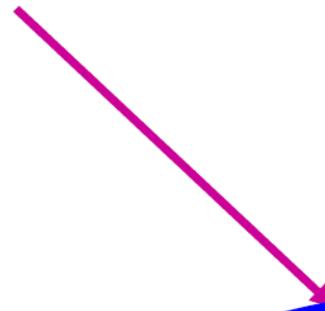
MIGLIORAMENTO GENETICO VEGETALE



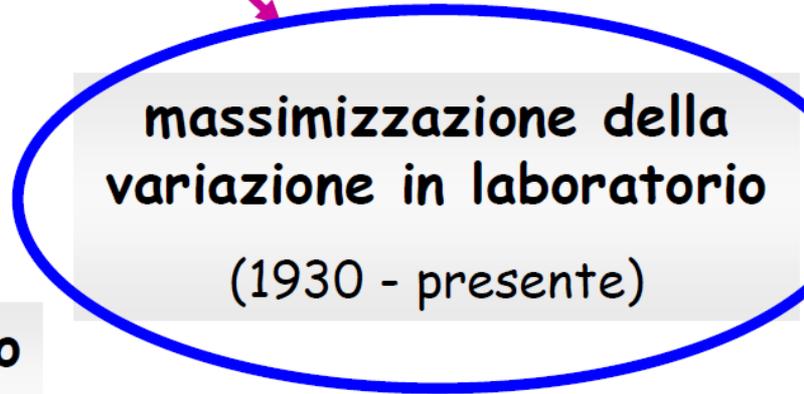
selezione artificiale
(~ 8000 a.C.- presente)



incrocio controllato
(1800 - presente)



**massimizzazione della
variazione in laboratorio**
(1930 - presente)



massimizzazione della
variazione in laboratorio

- **Migliorare la selezione artificiale**



**INDUZIONE DI MUTAZIONI
(MUTATION BREEDING)**

- **Aumentare le possibilità di incrocio controllato**



**RECUPERO EMBRIONALE
IBRIDAZIONE SOMATICA**

Mutagenesi sperimentale

L'induzione di mutazioni con diverse tipologie di agenti mutageni è utilizzata nel mondo per diverse colture erbacee ed arboree. Alla fine del 2000 il numero di varietà mutate era di 2252 (fonte F.A.O.) (www.fao.org), comprese le varietà ottenute da incroci con varietà mutate dove, ovviamente, i cereali rappresentano il gruppo più grande con 1072 varietà.

In Italia sono state già rilasciate 35 varietà ottenute con mutazioni indotte, tra cui 13 di frumento duro (Creso per esempio), 6 di pisello, 2 di frumento tenero, 3 di melanzane, 1 di olivo, 1 di patata e 1 di riso (nel 1973 la varietà Fulgente fu ottenuta trattando il Maratelli con raggi X).

Per quanto riguarda il riso, sempre secondo i dati F.A.O., nel 2000 il numero di varietà di riso mutate era di 434, comprese varietà ottenute da incroci con varietà mutate; queste sono presenti, oltre che in Italia, anche in Asia, negli USA, in Australia, Egitto, Sud-America.

Mutagenesi sperimentale

- Mutation breeding: ha incominciato ad affermarsi dopo la seconda guerra mondiale, in concomitanza con l'interesse verso le applicazioni pacifiche dell'energia nucleare
- Vantaggio: può essere applicato per creare variabilità riguardo una o poche caratteristiche in materiali genetici di pregio (es. genotipi già utilizzati nella coltivazione)
- Svantaggi: mutazioni sfavorevoli accanto a quelle favorevoli ed effetti pleiotropici

Mutagenesi sperimentale

- Organi vegetali sottoposti ad agenti mutageni: semi, polline, organi di propagazione vegetativa
- Agenti mutageni
 - Fisici (raggi UV, X e γ)
 - Chimici (EMS)

Mutation breeding

massimizzazione della
variazione in laboratorio

Mutageni raggi x
 raggi γ

da sorgenti radioattive come il Co

SEMI

svantaggio: i semi sono multicellulari, la pianta formata sarà una chimera



- cellule somatiche in colture
- polline

Variability induced by mutagenesis

- EMS, X-rays, gamma-rays
- Usually on seeds (-> chimeric individuals), sometimes on gametes (pollen) or somatic suspension cells
- Today: more than 2200 varieties derived from mutagenized genotypes

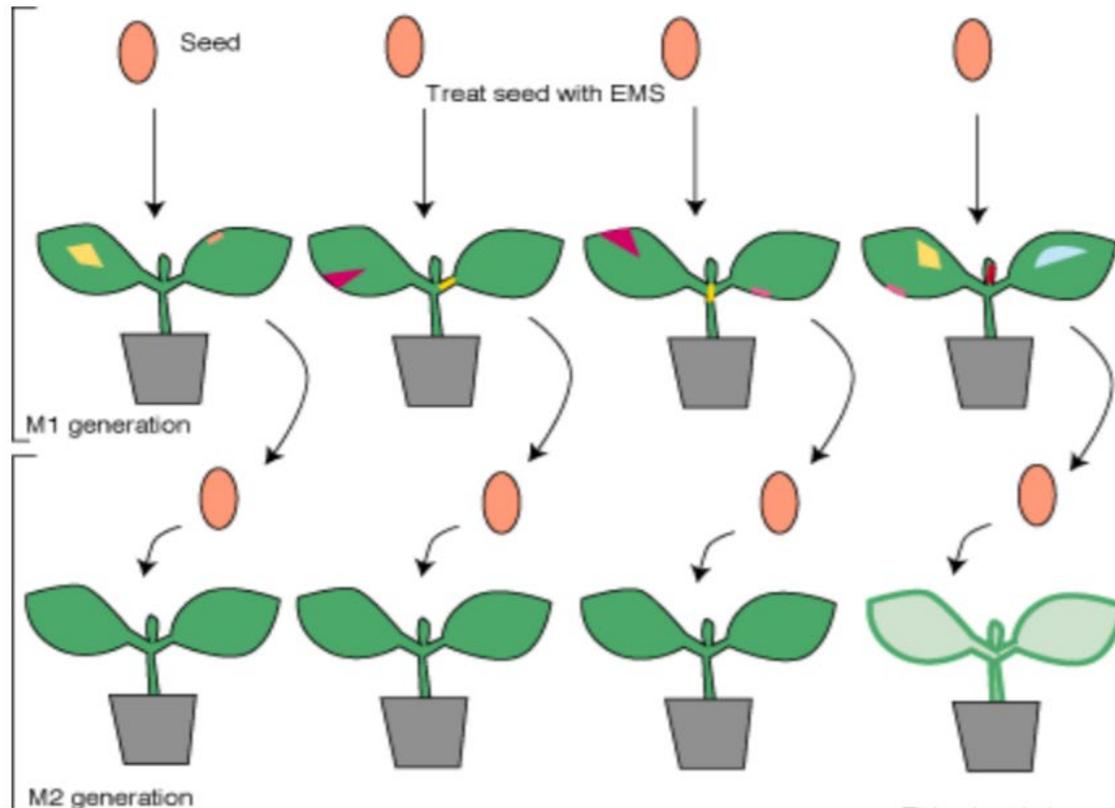
Mutagenesi sperimentale

- M1: prima generazione dopo il trattamento mutageno (ottenuta da organi mutagenizzati)
- La maggior parte delle mutazioni sono recessive, per cui il loro effetto fenotipico non è osservabile in M1
- Alcune eccezioni
- Tranne che nel caso di trattamenti al polline, le piante M1 presentano una situazione chimerica (tessuti geneticamente diversi in un individuo)

Dalla M_1 alla M_2 alla M_3

- Perché l'evento di mutazione sia osservabile in M_2 (ottenuta per autofecondazione della M_1) è necessario che:
- Le cellule mutate non perdano vitalità o rapidità di moltiplicazione. Se ciò avviene, si verifica competizione con cellule non mutate nella chimera per la formazione del tessuto sporigeno
- Le cellule mutate danno origine alle cellule sporigene
- Ordine di grandezza: 20000-40000 piante M_2
- Le mutazioni in M_2 vengono poi confermate in M_3

Manifestazione della mutazione nella generazione M2

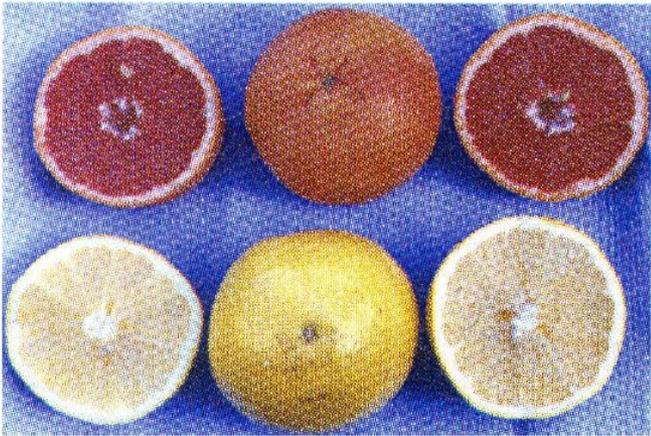


Solo se le cellule mutate danno origine al tessuto sporigeno la mutazione si manifesta in M_2

Esempio applicativo di mutagenesi sperimentale



- Trattamento con EMS
- 2000 piante M1
- 27000 piante M2
- Screening in M2 attraverso inoculo artificiale
- Conferma della mutazione in M3



pompelmo rosa (Texas red)

ottenuto per radiazione

il gene che codifica un enzima che degrada il pigmento rosso in uno incolore è stato reso knock out



grano duro CRESO (90% della produzione nazionale di grano duro)
ottenuto per irraggiamento con neutroni della varietà Cappelli

Grano duro cv Creso

- Proviene dall'incrocio di un frumento duro del CIMMYT con una linea mutante (Cp B144) del CNEN (ora ENEA), indotta da una irradiazione combinata di neutroni e raggi gamma nel frumento duro Cappelli, entrambi a paglia corta.
- taglia ridotta (70-80 cm) rispetto ai frumenti duri esistenti all'epoca (130-150 cm), che ha reso la cultivar molto resistente all'[allettamento](#).
- resistenza a molte razze di [ruggine](#) bruna e al [Fusarium graminearum](#)
- livelli produttivi decisamente superiori alle cultivar italiane fino ad allora coltivate, come per esempio i [grani duri antichi siciliani](#).
- anni '80 e '90: oltre il 50% della produzione di frumento duro in Italia.
- Rappresenta ancora quasi il 10% della produzione italiana di frumento duro.
- Buona parte della produzione mondiale di frumento duro è ottenuta da cultivar derivate dal Creso.

Variability induced by mutagenesis



BEFORE & AFTER

Mutation Assisted Breeding Strategies

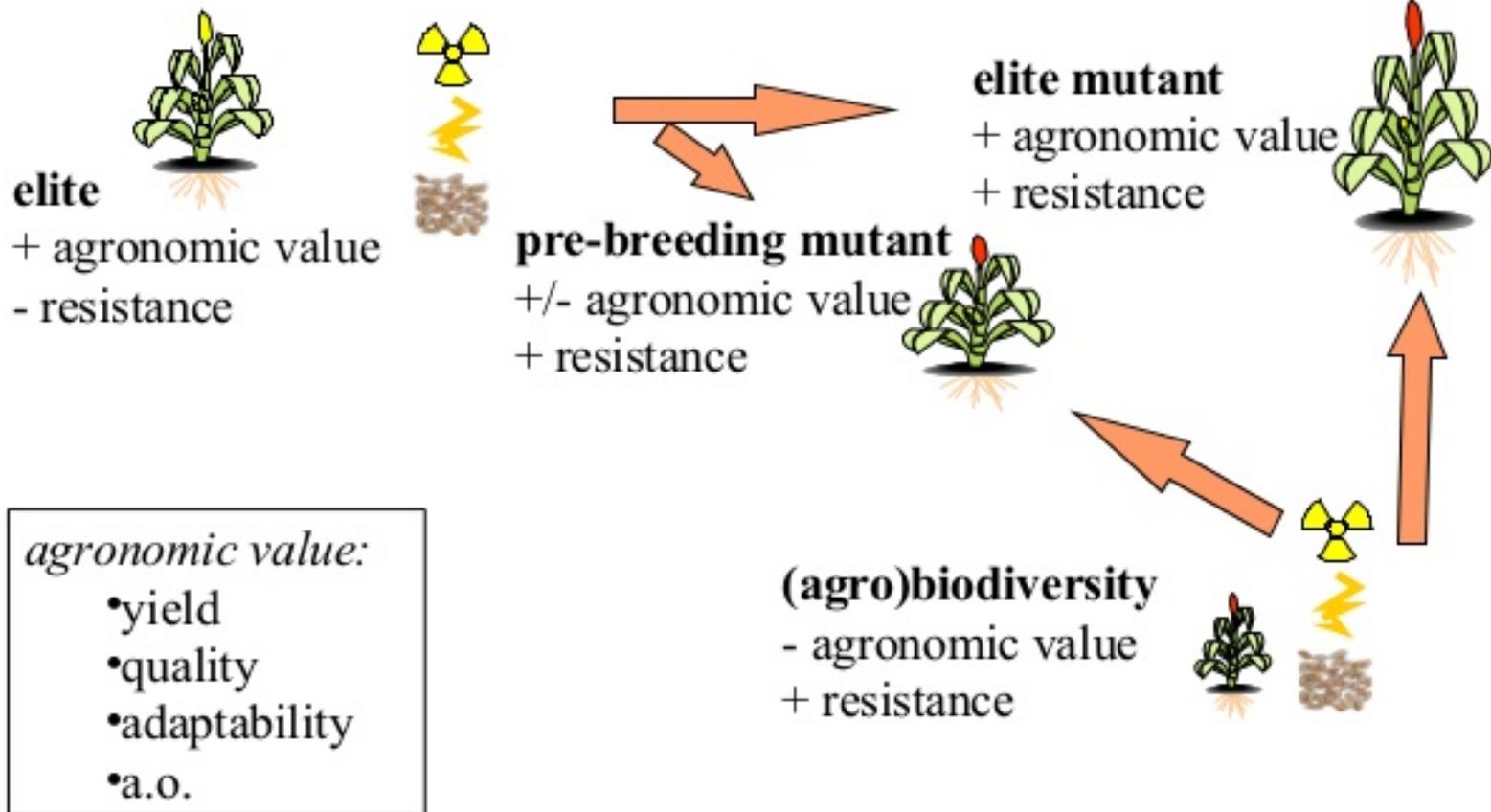


Table 1. Crops improved through induced mutation and the traits improved.

| Crop | Mutagen | Trait alteration | |
|------------|----------|--|-----------------------------------|
| Rapeseed* | EMS | Increased oleic acid, reduced poly unsat. fats | (Auld et al., 1992) |
| Rapeseed | EMS | Sylfonyl-urea resistance | (Tonnemaker et al., 1992) |
| Rice | Gamma | Dwarf, high yield | (Chakrabarti, 1995) |
| Rice | Gamma | Thermosensitive, genetic, male sterility | (Maruyama et al., 1991) |
| Flax | EMS | cooking oil quality | (Rowland, 1991) |
| Sunflower | X-ray | High oleic acid, high palmitic | (Fernández-Martínez et al., 1997) |
| Apple | Gamma | Skin color | (Brunner and Keppl, 1991) |
| Pear | Gamma | Disease resistance | (Masuda et al., 1997) |
| Grapefruit | X-ray | Flesh color, seedlessness | (Hensz, 1991) |
| Pineapple | In vitro | Spineless | (Lapade, 1995) |

* Largely adapted from Ahloowalia and Maluszynski, 2001

massimizzazione della
variazione in laboratorio

VARIAZIONE SOMACLONALE

riarrangiamenti ed alterazioni cromosomali

causa: colture *in vitro* di cellule e tessuti e rigenerazione

è una forma di **mutation breeding**

massimizzazione della
variazione in laboratorio

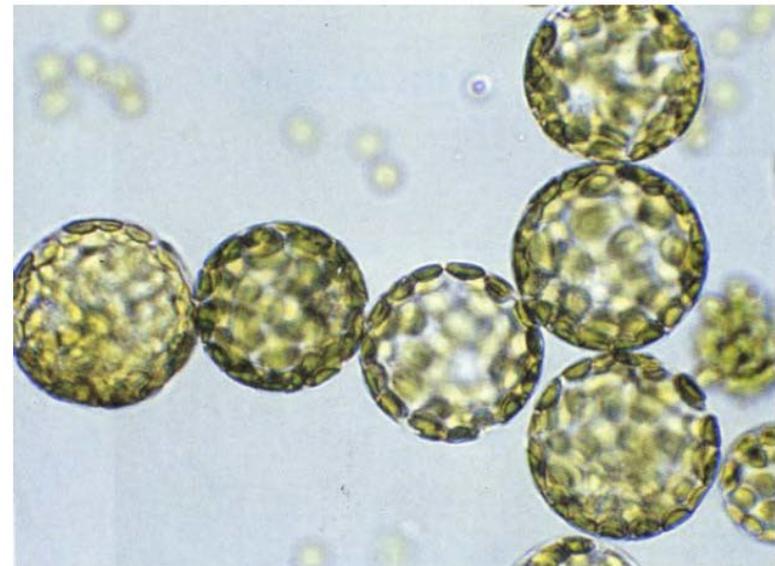
Ibridazione somatica

piante sessualmente incompatibili

fusione di cellule (protoplasti)



rigenerazione dell'ibrido



Sul concetto di specie

- Specie: una definizione comune è che la specie è un gruppo di individui interfertili e in grado di dare progenie illimitatamente feconda. Tale definizione implicherebbe tuttavia che specie diverse non possono assolutamente incrociarsi o, se lo fanno, danno progenie non fertili.
- In realtà per essere precisi, bisognerebbe dire che le specie sono: gruppi di individui che, **in condizioni naturali**, si incrociano **normalmente** tra loro a dare progenie fertile. Ciò implica che:
 - 1) incroci naturali tra specie diverse possono occasionalmente avvenire, come dimostrato dalla storia evolutiva di molte specie coltivate e non;
 - 2) In condizioni artificiali, le barriere riproduttive che ostacolano gli incroci interspecifici possono essere superate

Incroci interspecifici

- Incroci interspecifici permettono di sfruttare i pool genici secondario e terziario, e dunque aumentare la variabilità genetica di specie coltivate su cui poi fare selezione. Molto spesso, geni utili sono stati trasferiti attraverso successivi reincroci con la specie coltivata
- Ibridi interspecifici e intergenerici artificiali sono stati in alcuni casi impiegati direttamente in coltivazione (si sono create in tal modo nuove specie ibride)
- In alcuni casi, ibridi interspecifici e intergenerici artificiali hanno permesso, per raddoppiamento cromosomico artificiale, di ottenere nuove specie poliploidi

Recupero embrionale

massimizzazione della
variazione in laboratorio

Nell'incrocio "allargato" (interspecie) spesso la fecondazione avviene, ma l'embrione non si sviluppa per incompatibilità con il tessuto materno

recupero dell'embrione



coltura in vitro



Incroci interspecifici

Tabella E.1.2. — Esempi di caratteri di resistenza a malattie e parassiti trasferiti artificialmente da specie selvatiche a specie coltivate

| Specie coltivata | Avversità verso cui si esprime la resistenza | Specie donatrice |
|---------------------------------|---|---|
| Avena (<i>A. sativa</i>) | oidio | <i>A. barbata</i> |
| Bietola (<i>B. vulgaris</i>) | cercospora | <i>B. maritima</i> |
| Cotone (<i>G. hirsutum</i>) | nottuidi | <i>G. bardadense</i> |
| Fagiolo (<i>P. vulgaris</i>) | virus (BCMV e BYMV), antracnosi e batteriosi (<i>Xanthomonas</i>) | <i>P. coccineus</i> <i>P. acutifolius</i> |
| Frumento (<i>T. aestivum</i>) | ruggine ruggine ruggine carie carbone e carie | <i>Ae. umbellulata</i> <i>T. durum</i> <i>T. timopheevi</i> <i>Ag. elongatum</i> <i>T. dicoccum</i> |
| Girasole (<i>H. annuus</i>) | diverse | <i>H. tuberosus</i> |
| Lattuga (<i>L. sativa</i>) | afide radicale bremia | <i>L. virosa</i> <i>L. serriola</i> |
| Melo (<i>M. domestica</i>) | ticchiolatura | <i>M. floribunda</i> |
| Patata (<i>S. tuberosum</i>) | peronospora | <i>S. demissum</i> |
| Tabacco (<i>N. tabacum</i>) | nematodi | <i>N. repanda</i> <i>N. sylvestris</i> <i>N. tomentosiformis</i> |
| Vite (<i>V. vinifera</i>) | peronospora | <i>V. rotundifolia</i> |

Ibridi direttamente impiegati in coltivazione: es. tangelo

A photograph of two tangelos hanging from a tree branch with green leaves. The tangelos are bright orange and have a bumpy, textured skin. The background is dark green, suggesting the foliage of the tree.

Grow your own

Tangelo Minneola

Tangelo is a hybrid of Mandarin and Grapefruit.
Fruit is juicy with rich tart flavour and few seeds.
Matures mid to late season.

C. reticulata x *C. paradisiaca*

Ibridi direttamente impiegati in coltivazione:es. mapo



C. reticulata x *C. grandis*

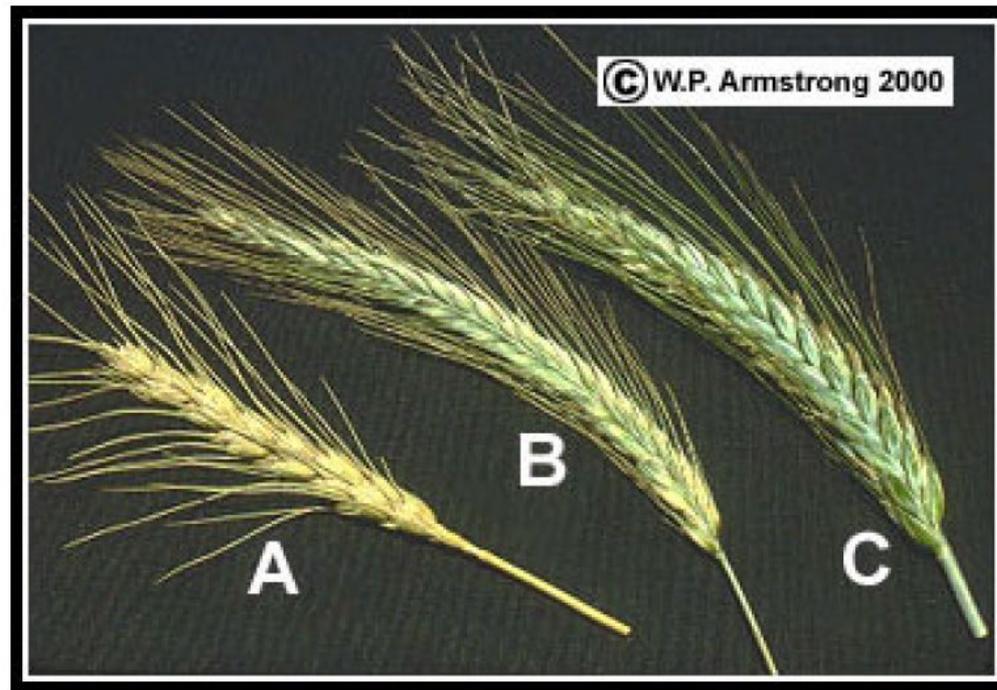
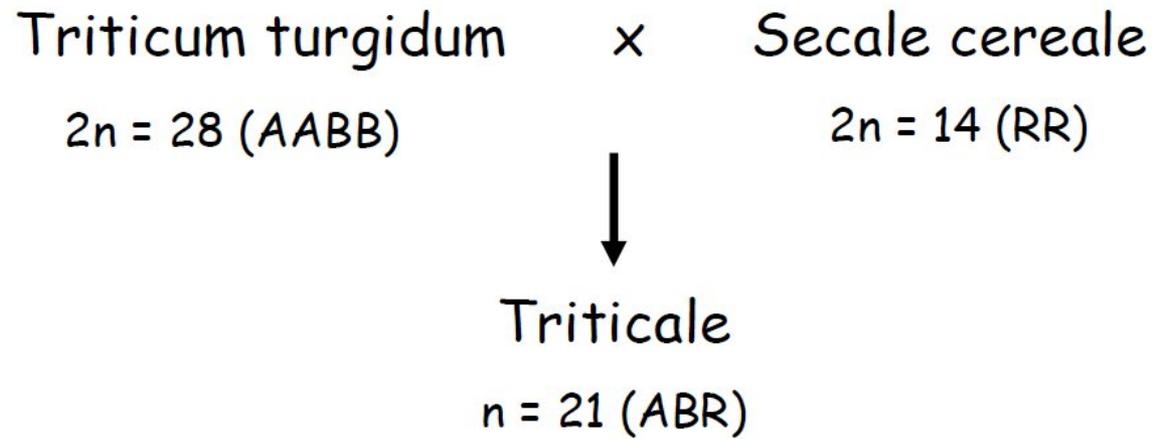
Tabella E.1.1. — Esempi di ibridi interspecifici utilizzati direttamente nelle coltivazioni

| Incrocio | Nome volgare |
|--|--|
| <i>Coffea arabica</i> × <i>C. robusta</i> | Caffè |
| (<i>Saccharum officinarum</i> × <i>S. spontaneum</i>) × altre specie (es. <i>S. sinense</i>) | Canna da zucchero |
| <i>Fragaria chiloensis</i> × <i>F. virginiana</i> | Fragola |
| <i>Lolium longiflorum</i> × <i>L. candidum</i> | Giglio |
| <i>Larix kaempferi</i> × <i>L. decidua</i> | Larice |
| <i>Lolium bulbiflorum</i> × <i>L. perenne</i> | Loiessa |
| <i>Pinus echinata</i> × <i>P. taeda</i> | Pino |
| <i>Pinus rigida</i> × <i>P. taeda</i> | Pino |
| <i>Populus deltoides</i> × <i>P. nigra</i> | Pioppo «canadese» |
| <i>Vitis vinifera</i> × <i>V. berlandieri</i> | Portinnesti resistenti alla fillossera |
| <i>Vitis vinifera</i> × <i>V. riparia</i> | Portinnesti resistenti alla fillossera |
| <i>Vitis vinifera</i> × <i>V. rotundifolia</i> | Portinnesti resistenti a malattie |
| <i>Rosa indica</i> × <i>R. gallica</i> | Rosa rifiorente |
| <i>Citrus reticulata</i> × <i>C. paradisi</i> | Tangelo |
| <i>Citrus reticulata</i> × <i>C. grandis</i> | Tangelo (mapo) |
| <i>Citrus reticulata</i> × <i>C. aurantium</i> | Tangerino |
| <i>Citrus reticulata</i> × <i>C. sinensis</i> | Tangor |
| <i>Triticum</i> spp. × <i>Secale cereale</i> (e reincroci) | Triticale |

Triticale

incrocio non
spontaneo

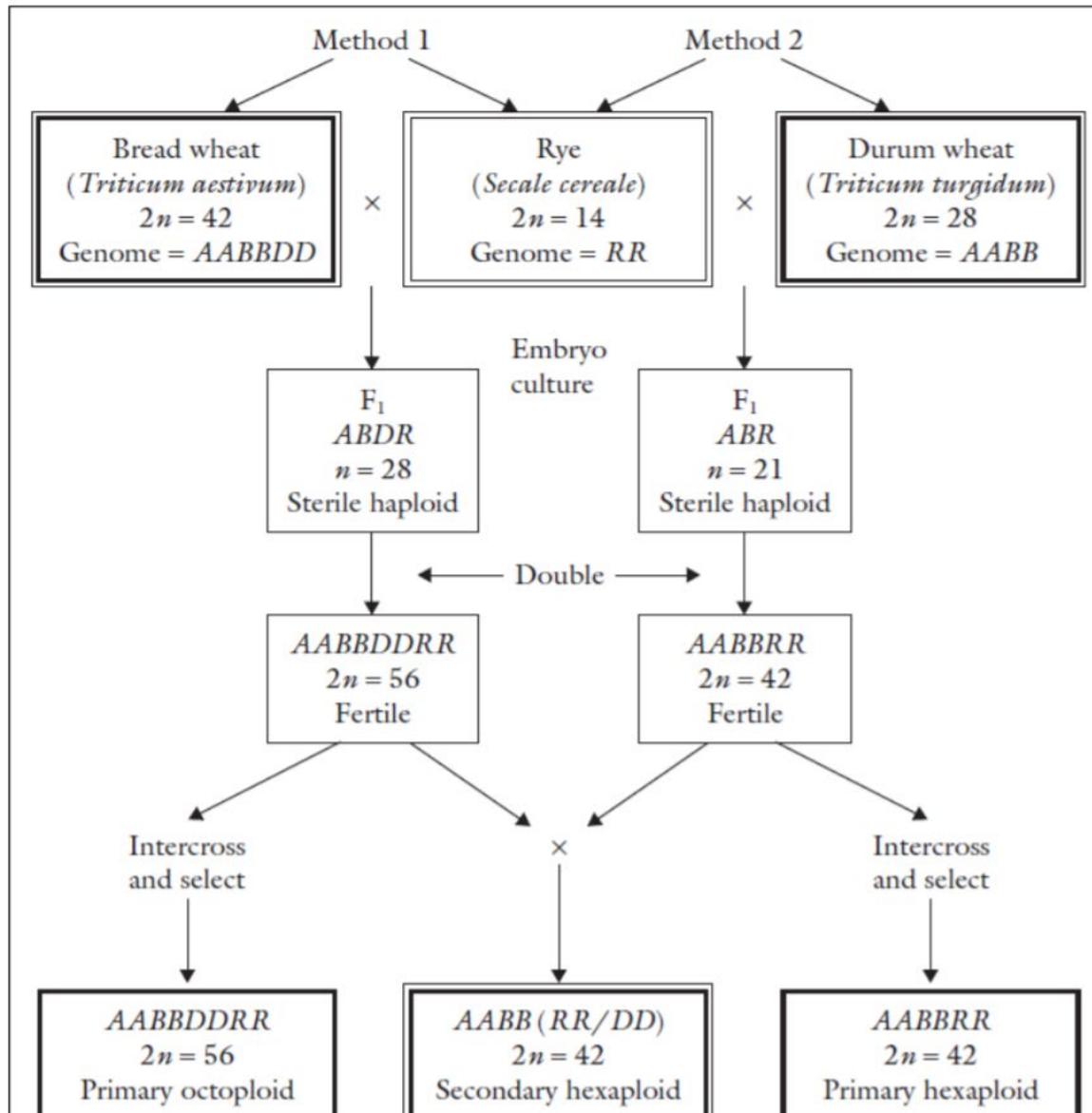
combinare la
qualità del
frumento con
le capacità di
adattamento
all'ambiente
della segale



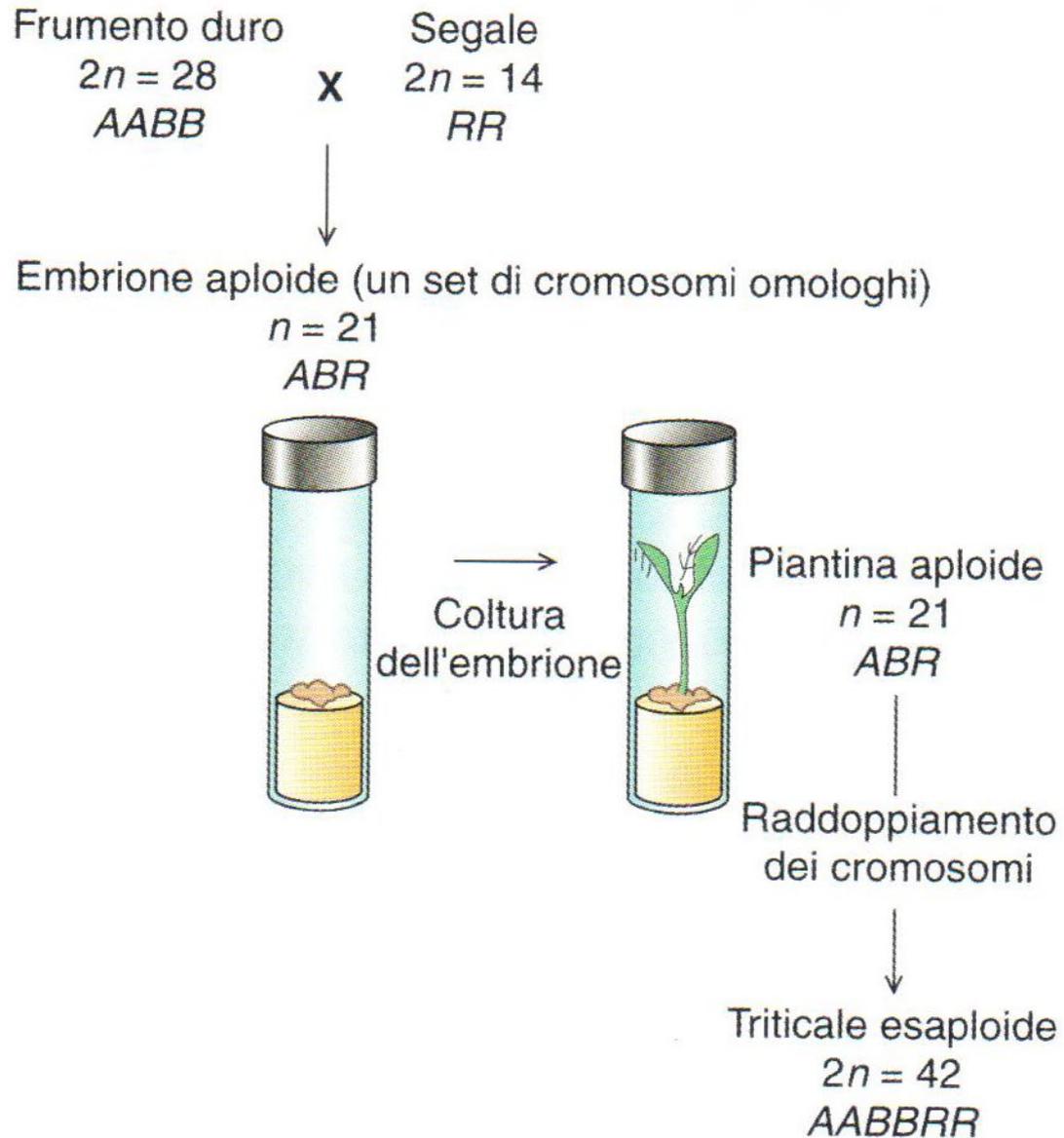
frumento

segale

triticale



Sviluppo del tritcale esaploide



Barriere riproduttive agli incroci interspecifici e intergenerici

- Barriere pre-zigotiche: isolamento geografico, isolamento ecologico (habitat diversi), isolamento stagionale (differente epoca di fioritura), isolamento meccanico (es. differenti specie di pronubi), incompatibilità genetica che impedisce la formazione dello zigote (es. il polline non riesce a germinare sullo stamma)
- Barriere post-zigotiche: non vitalità o scarsa vigoria degli ibridi, sterilità degli ibridi (es. mancato appaiamento degli omologhi in meiosi, che determina una anormale distribuzione dei cromosomi nei gameti)

Come superare le barriere riproduttive

- Individuare genotipi adatti: la variabilità esistente nelle specie gioca un ruolo fondamentale sulla possibilità di ottenere ibridi interspecifici. Es. accessioni italiane di *Trifolium negrescens* si incrociano più facilmente con *T. repens* rispetto ad accessioni turche
- Incroci reciproci
- Incroci con specie "ponte": es. *Nicotiana repanda*, *N. tabacum* e *N. sylvestris* (ponte) per il trasferimento di resistenza a nematodi

Come superare le barriere riproduttive

- Tecniche particolari di impollinazione, es.
 1. Rimozione dello stigma
 2. Applicazione di sostanze ormonali alla pianta portaseme, allo scopo di favorire l'allungamento del tubetto pollinico all'interno dello stilo
 3. Impollinazione successiva o contemporanea ad impollinazione con polline intraspecifico devitalizzato
- Modificazione del livello di ploidia. Es. da colture di granuli pollinici di patata tetraploide si ottengono individui diploidi che possono essere facilmente incrociati con specie selvatiche di patata (anch'esse diploidi). Dopo l'introggressione di geni utili, lo stadio tetraploide può essere ripristinato attraverso l'induzione del raddoppiamento cromosomico

Come superare le barriere riproduttive

- Coltura in vitro (coltura in vitro di embrioni): viene generalmente fatto nei casi in cui all'incrocio interspecifico segue la degenerazione dell'endosperma)
- Fusione di protoplasti (derivanti da cellule somatiche per degradazione della parete cellulare)

Poliploidia indotta

- Può essere un valido strumento per superare barriere di incompatibilità interspecifiche ed intergeneriche. In questo caso, si creeranno nuove specie poliploidi
- Ancora, può essere sfruttata per sfruttare direttamente gli effetti della poliploidia:
 - Maggiori dimensioni delle parti vegetative e riproduttive (importante per specie da fiore). In realtà sembra che la maggiore eterosi dei poliploidi, più che la poliploidia in sé, sia responsabile di questi fenotipi (linee inbred poliploidi sono inferiori alle corrispondenti linee diploidi)
 - Sterilità : es. banano e anguria (triploidi senza semi)

Poliploidi artificiali



Figure 15.5 Plant Biology, 2/e © 2008 Pearson Education

Il registro varietale

Il commercio delle sementi di numerose specie vegetali di interesse agricolo comporta l'iscrizione delle varietà ad un registro nazionale istituito con la legge n.1096 del 25.11.1971. Esiste anche un registro europeo che elenca le varietà commerciabili in UE. L'iscrizione al registro avviene su richiesta del costitutore o suo avente causa dopo verifica da parte dell'ufficio competente del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali dei requisiti necessari mediante prove agronomiche e fisiologiche della durata di 1-3 anni. L'iscrizione dura 10 anni ed è rinnovabile per 5 anni previa verifica dei suddetti requisiti.



Ministero delle Politiche Agricole e Forestali
Sistema Informativo Agricolo Nazionale

ELENCO DELLE VARIETA' DI SPECIE AGRARIE ISCRITTE NEL REGISTRO

Aggiornato al 15 maggio 2000



Ciascuna varietà deve possedere quattro caratteristiche per essere iscritta al Registro Nazionale delle Varietà:

1. Deve essere **distinguibile** da tutte le altre varietà iscritte.
2. Deve essere **omogenea**, cioè deve essere costituita da individui abbastanza simili tra loro per i caratteri peculiari della varietà. I limiti entro cui possono variare questi caratteri dipendono dal tipo di riproduzione della specie di appartenenza della varietà.
3. Deve essere **stabile**, cioè deve mantenere i propri caratteri peculiari attraverso le generazioni e in ambienti diversi.
4. Deve essere **agronomicamente valida**, cioè deve essere superiore per alcune caratteristiche e almeno in una determinata zona di coltivazione, alle varietà iscritte. Il valore agronomico di una varietà viene determinato mediante confronto con varietà testimoni (ad es. tre varietà testimoni nel caso di grano e orzo) in prove parcellari condotte in diverse località. L'esame del valore agronomico non è necessario per l'iscrizione di (i) varietà di graminacee per tappeti erbosi, (ii) varietà destinate all'esportazione e (iii) varietà ortive (ad es. pomodoro, peperone, melone, cetriolo, carota, zucchini ecc.)

Il DPR 8.10.1973 affida esclusivamente al costituutore la conservazione e la produzione del **seme di base** della varietà iscritta a Registro Nazionale. Il costituutore, attraverso la **selezione conservatrice**, deve mantenere la varietà distinguibile, omogenea e stabile per tutto il periodo di iscrizione.

La selezione conservatrice di una varietà di una specie autogama (ad es. grano o orzo) avviene seminando ogni anno 300-400 file-spiga della varietà e eliminando tutte quelle che non sono conformi al tipo varietale. Le file rimanenti forniscono il seme (60 – 80 Kg circa) che è moltiplicato in parcelloni di 0,5-1 ha per produrre il **seme del costituutore (3–7 tonnellate)**. Dalle file-spiga suddette si prelevano anche le 300-400 spighe destinate alla conservazione della varietà. Nel caso di varietà multilinea, la selezione conservatrice va fatta per ciascuna linea separatamente.



400 spighe



400 file-spiga

selezione conservatrice

moltiplicazione

Seme del costituutore



Il **seme del costituente** è seminato su 20 – 40 ha per produrre il **seme di base** (150 –500 t), dal quale si ottiene per ulteriore moltiplicazione il **seme di 1° riproduzione** e da questo il **seme di 2° riproduzione**. Quest'ultimo e talvolta il seme di 1° riproduzione sono venduti all'agricoltore. Il seme di base e quelli di 1° e 2° riproduzione sono ispezionati e certificati dall' ENSE (Ente Nazionale Sementi Elette) che emette un cartellino indispensabile per la vendita del prodotto. L'ENSE verifica il livello di purezza varietale ispezionando i campi di moltiplicazione e il raccolto immagazzinato nello stabilimento sementiero. La purezza varietale del seme di base non deve essere inferiore al 99,9%, mentre quello di prima e seconda generazione può essere meno puro (99%).

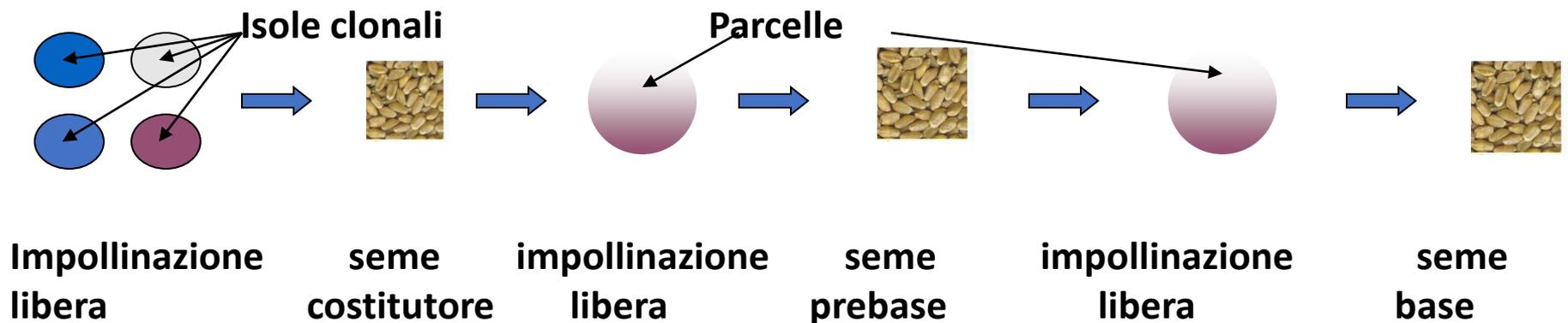
Nel caso di specie autogame in cui le singole piante producono molto seme (es. tabacco, pomodoro) le generazioni di moltiplicazione per la produzione di seme da immettere sul mercato possono essere ridotte ad una sola.



La selezione conservatrice di una varietà di una specie allogama (ad es. mais, girasole, erba medica, loglio, barbabietola) varia secondo il tipo di popolazione da conservare. Nel caso di varietà ottenute per *selezione massale o selezione fenotipica* non si opera nessuna selezione ma ci si limita a moltiplicare la varietà nella sua area di adattamento, conservando ogni anno un piccolo lotto di seme per avviare nuovi cicli di riproduzione se la varietà col tempo cambia fisionomia.

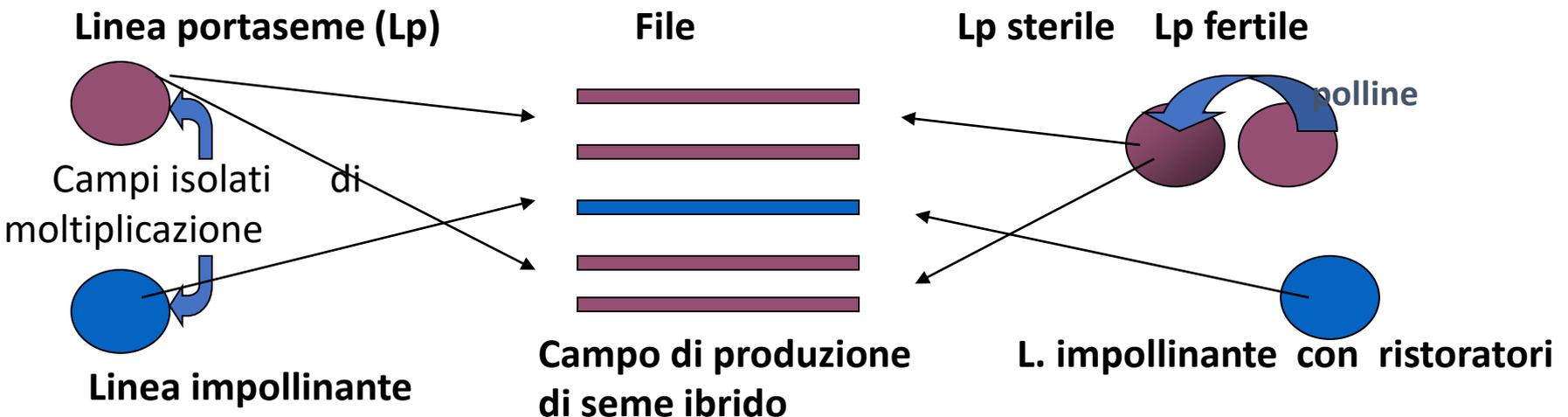
Nel caso di *varietà sintetiche poliennali* che si moltiplicano anche vegetativamente, si allevano le linee di base in grandi parcelle (isole clonali) che interincrociandosi danno ogni anno il **seme del costituente**. Da questo si ottiene per interincrocio il **seme prebase**, dal quale si ottiene per interincrocio il **seme di base** e il **seme di 1° e 2° riproduzione**.

Nel caso di *varietà sintetiche di specie biennali o di specie che non si moltiplicano vegetativamente*, una volta ottenuto il **seme del costituente** (vedi sopra) , questo è essiccato all'8% di umidità e conservato sigillato a 0°C (anche per 10 anni), prelevando ogni anno una piccola quantità di seme che è moltiplicato per interincrocio per due generazioni per produrre il **seme prebase** e da questo il **seme di base** e il **seme di 1° e 2° generazione**.

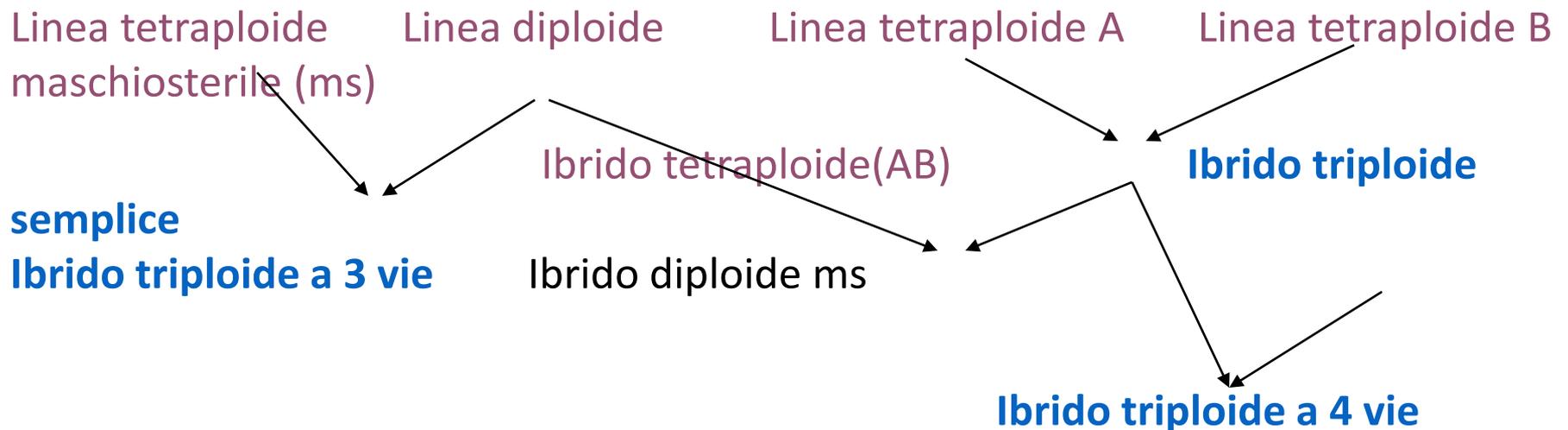


Nel caso di *varietà ibride di specie allogame*, la selezione conservatrice viene fatta sulla linee inbred, allevandole separatamente in campi di moltiplicazione isolati ed eliminando le piante che presentano un notevole vigore, sintomo di incrocio con polline estraneo. Il seme ottenuto dalle linee inbred è usato per produrre ibridi semplici o doppi.

Nel caso del mais, se non si usano linee maschiosterili, le file portaseme (4 linee per ogni linea impollinatrice) vengono demasculate manualmente prima della fioritura. Se si usano linee maschiosterili nucleocitoplasmatiche (NC), le linee impollinatrici devono portare i geni ristoratori. Per moltiplicare una linea maschiosterile occorre disporre della stessa linea in versione fertile ma senza geni ristoratori. Nel caso del sorgo e del girasole, specie in cui la demascolazione non è praticabile, si usano solo linee maschiosterili NC.



In barbabietola da zucchero si usa seme ibrido ottenuto con linee maschiosterili NC. Per mantenere queste linee si usano linee gemelle con citoplasma fertile e prive di geni ristoratori (dette linee "tipo 0"). Per produrre seme ibrido non è necessario usare una linea impollinatrice fornita di geni ristoratori perché il prodotto agricolo utile è la radice della pianta F1, non la sua progenie (granella). In Europa si usano semi ibridi triploidi ottenuti incrociando una linea diploide maschiosterile NC con una linea tetraploide impollinante. Talvolta come impollinante si usa un ibrido F1 tetraploide ottenendo così un ibrido triploide a tre vie (o un ibrido triploide a quattro vie se il genotipo diploide maschiosterile è a sua volta un ibrido F1 tra due linee diploidi, di cui una maschiosterile)



Ricapitolando l'insieme degli argomenti delle lezioni.....

Organismi vegetali: struttura, caratteristiche, sviluppo.

Organelli vegetali.

Riproduzione nei vegetali.

Concetti base di genetica.

Nascita dell'agricoltura.

Biotecnologie applicate agli organismi vegetali.

Breeding tradizionale.

Metodi di breeding tradizionale delle piante autogame

Selezione per linea pura e selezione massale.

Il metodo genealogico.

Il metodo per popolazione riunita.

Il metodo della discendenza da singolo seme (SSD).

Il reincrocio.

Varietà ibride.

Metodi di breeding tradizionale delle piante allogame

Selezione massale e selezione ricorrente.

Varietà ibride.

Colture cellulari e micropropagazione.

Trasformazione genetica transiente e stabile. Geni reporter.

Tecniche di biologia molecolare, biochimica e biologia cellulare applicate ai vegetali.

Polimorfismi genetici.

Marcatori genetici e molecolari.

Mappe genetiche e fisiche.

Mappatura di un gene.

Recombinant Inbred Lines.

Studio dei genomi vegetali: metodologie. Genome sequencing ed assemblaggio.

Evoluzione dei genomi vegetali. DNA ripetitivo; poliploidia; sequenziamento dei genomi; esempi di genomi vegetali: *Arabidopsis thaliana*, riso, pomodoro.

Genomica comparativa; individuazione di geni ortologhi in specie diverse, sintenia. Database dei genomi vegetali.

Domesticazione delle piante coltivate, Registrazione, conservazione e moltiplicazione delle sementi.

Storia della domesticazione delle piante e rivoluzione verde

Geni importanti nell'addomesticamento delle specie coltivate

sviluppo di nuove varietà vegetali e la registrazione di nuove varietà.

Conservazione e moltiplicazione delle sementi