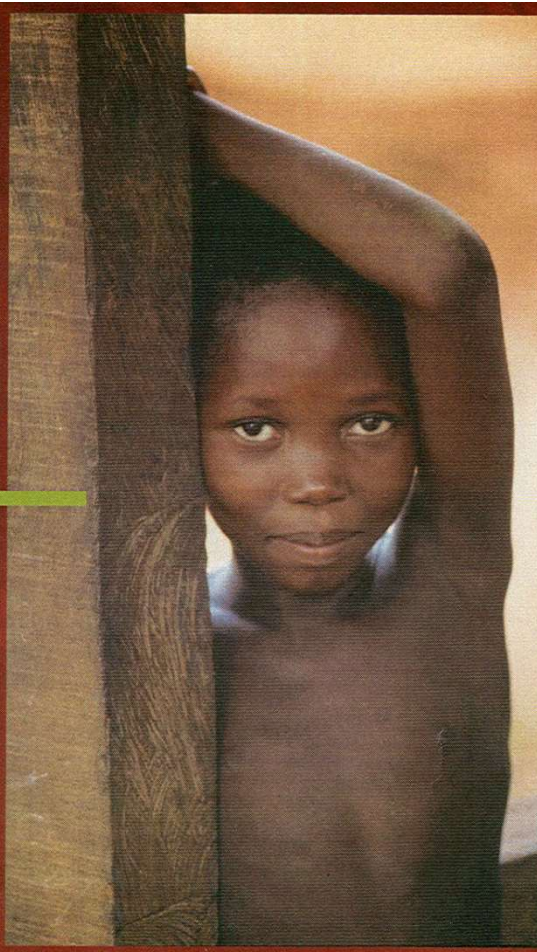


Il concetto di miglioramento genetico delle piante.

**“You Cannot
Build Peace on
Empty
Stomachs.”**

John Boyd Orr
Nobel Peace Laureate
First FAO Director General



Scopo primario dell'attività di miglioramento genetico è selezionare e creare piante in grado di produrre con maggior efficienza e minori costi economici ed ambientali, materie prime da usare come alimenti (per uomo e animali), fibre, farmaci o carburanti. Il miglioramento riguarda anche le piante ornamentali e quelle utilizzabili per il risanamento ambientale.

Salute umana e animale, ambiente e pace sociale dipendono fortemente da questa attività

8000

La crescita della popolazione umana (in milioni) negli ultimi due secoli

7000

6000

5000

4000

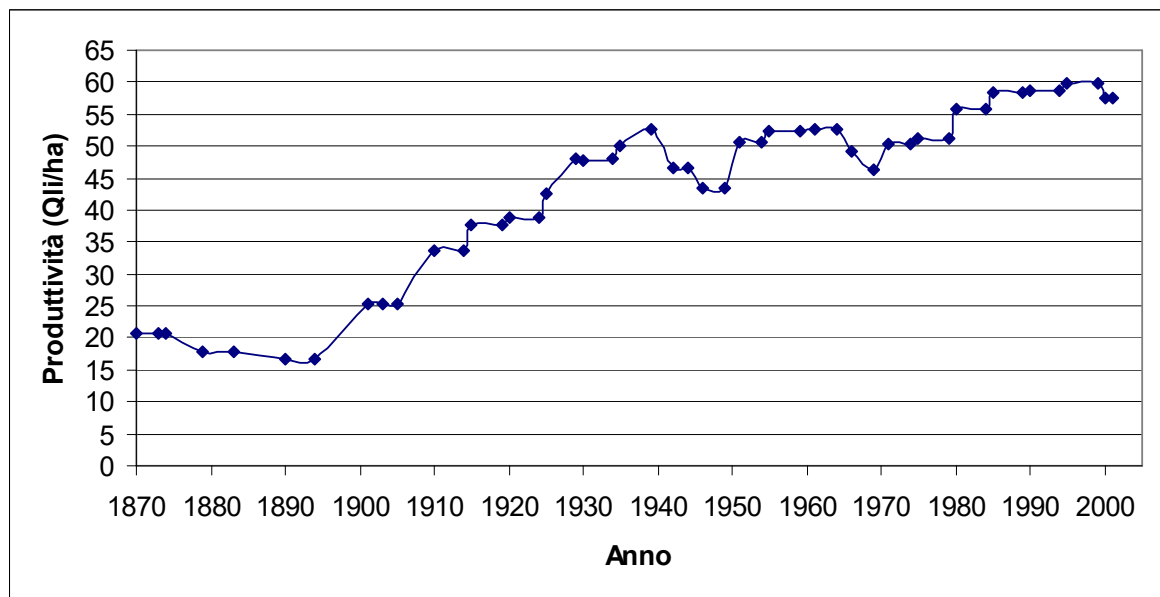
3000

2000

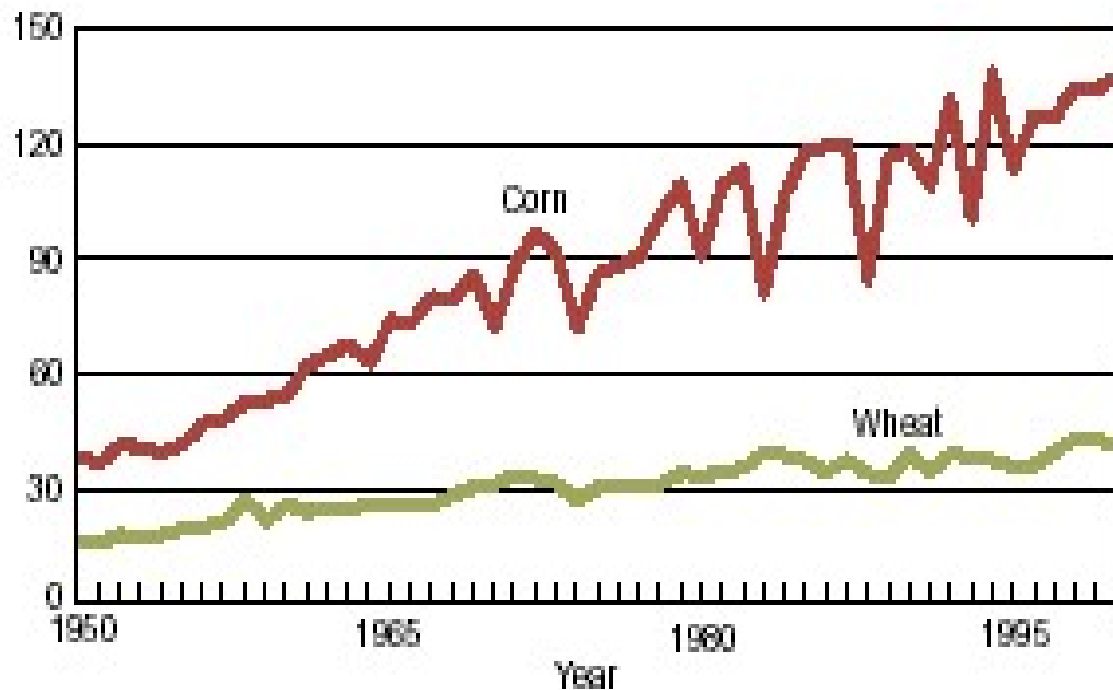
1000



1800 1825 1850 1875 1900 1925 1950 1975 2000 2025

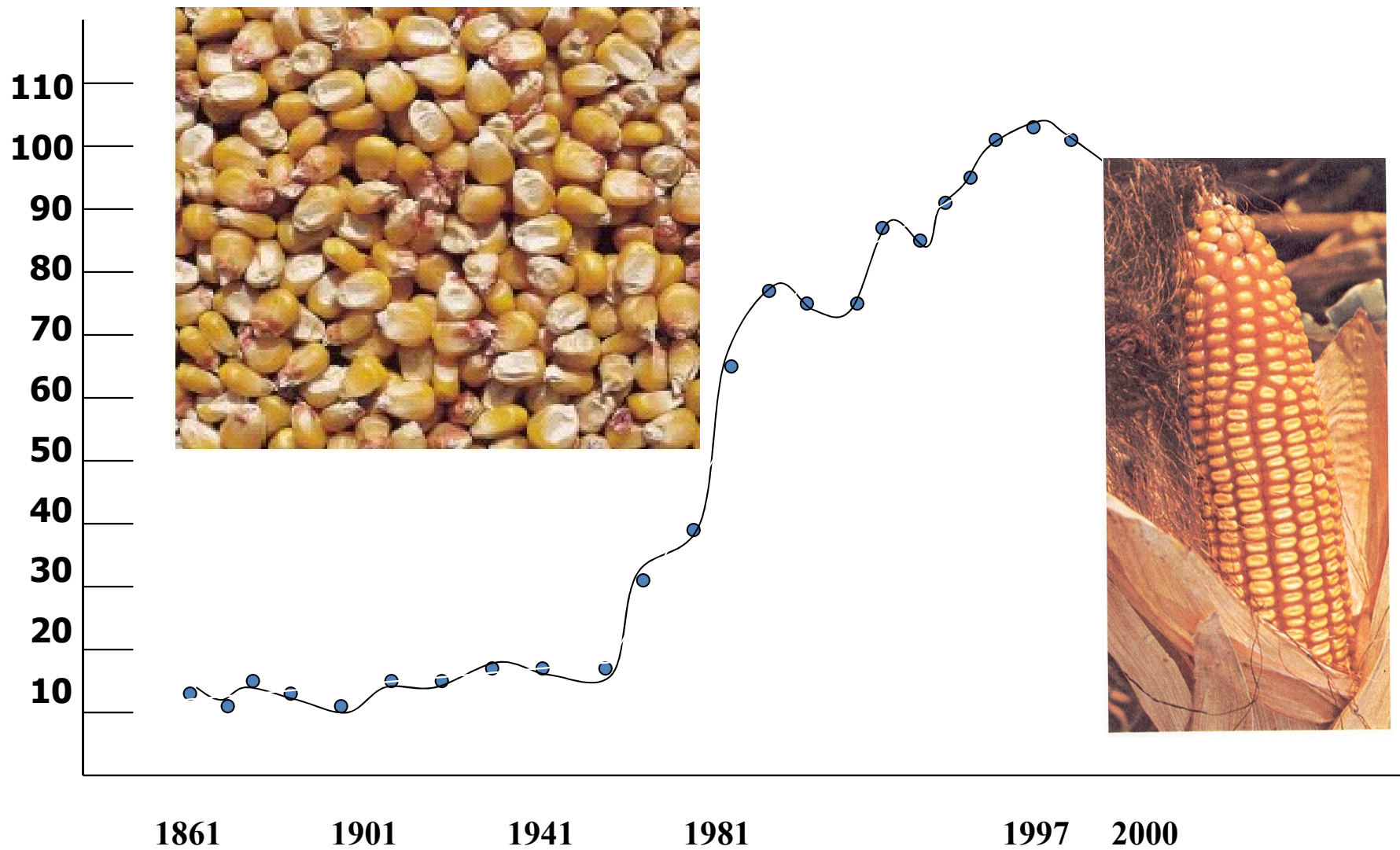


Resa in quintali/ettaro del riso nel periodo 1870 –2000 in Italia.



Resa in quintali/ettaro del mais e del grano tenero nel periodo 1950-2000 in UE

RESA (q/ha) DEL MAIS IN ITALIA DAL 1861 AL 2000



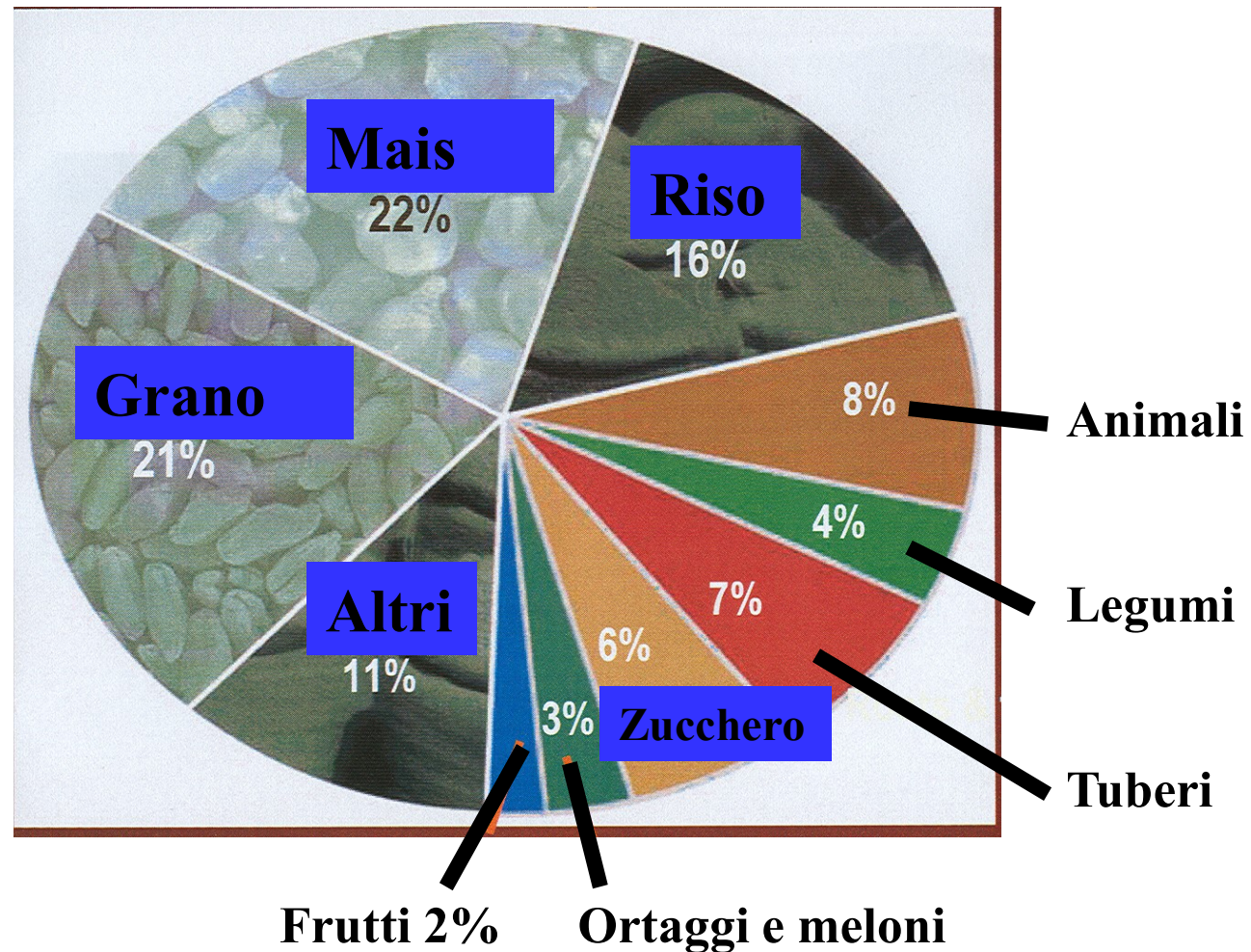
LA PRODUZIONE DI FRUMENTO TENERO IN ITALIA DAL 1925



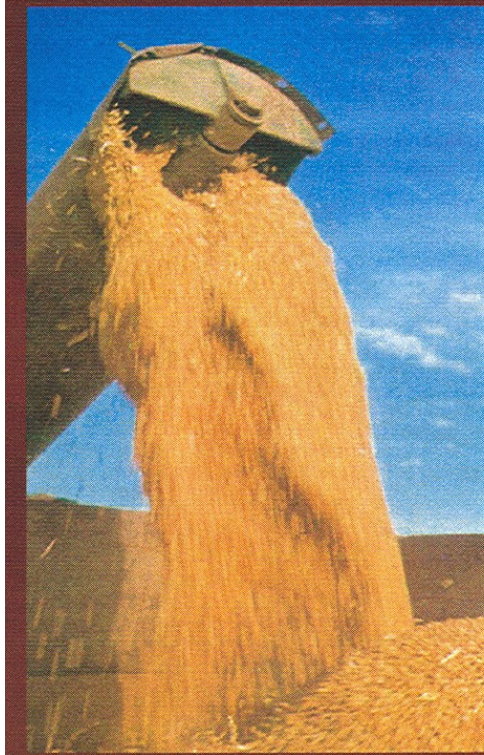
Anno	1925	1938	2002
Superficie	4,8 Mha	4,8 Mha	2,3 Mha
Produzione/ha	9,5 Mq	14,6 Mq	32,2 Mq
Importazioni	2,3 Mt	0,3 Mt	8,0 Mt
Popolazione	39,5 M	43,8 M	56,1 M
Agricoltori	24,1 M	25,2 M	1,2 M

Nel 2000 nel mondo sono stati prodotti 2,5 miliardi di tonnellate di materia secca destinata all'alimentazione. Questa materia è costituita per il 70% da cereali, soprattutto mais , grano e riso.

CEREALI
70%



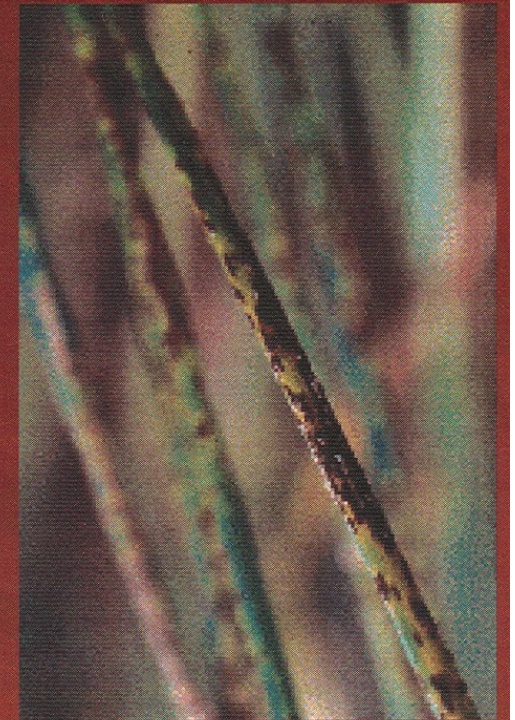
La produzione di mondiale di grano è seriamente minacciata



La produzione pro capite è in calo dal 1997



Lo scambio internazionale di germoplasma è in declino



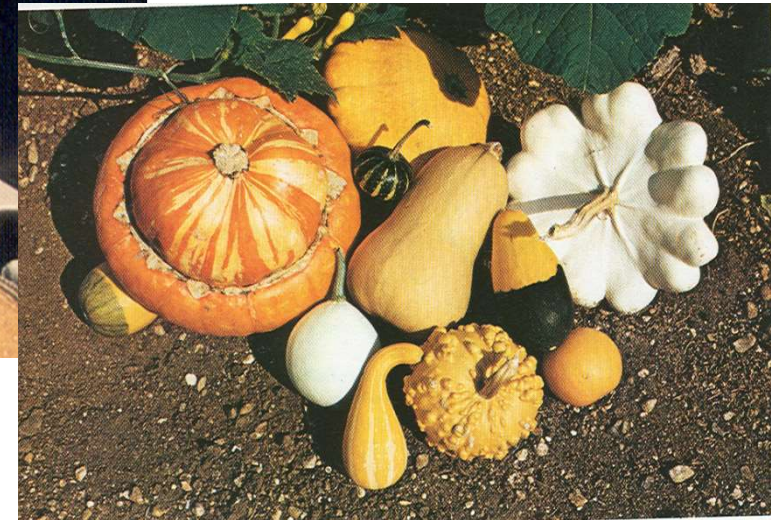
Compaiono forme più virulente di patogeni (ad es. la ruggine nera)



Epidemia di ruggine nella soia

Nel 2003 i produttori brasiliani di soia hanno perso 1,3 miliardi di dollari per la ridotta produzione dovuta ad una specie molto aggressiva di ruggine e per i costi sostenuti per l'acquisto di fungicidi.

Nel 2004 molte regioni sudamericane sono state colpite da questa patologia.



**IL MIGLIORAMENTO GENETICO SFRUTTA
LA VARIABILITA' GENETICA NATURALE O
INDOTTA. IN ASSENZA DI VARIABILITA' NON
SI PUÒ FARE MIGLIORAMENTO (E
NEMMENO GENETICA)**



Evoluzione, adattamento e domesticazione delle piante

I cosmologi ritengono che l'universo abbia avuto inizio circa 10 miliardi di anni fa a seguito di una violenta esplosione nota come “Big Bang”

Circa 4,5 miliardi di anni fa si è formata la Terra a seguito della aggregazione di particelle di dimensioni variabili originatesi dal “Big Bang”

Non ci sono prove dirette riguardo all'origine della vita sulla terra. Tuttavia si ritiene che la vita potrebbe aver avuto origine da materiale non vivente attraverso processi naturali che hanno portato alla sintesi di molecole organiche con attività enzimatica nel momento in cui il pianeta si era raffreddato a temperature compatibili con la vita.

I primi organismi viventi di cui abbiamo tracce fossili sono *Eubatteri* presenti in rocce di 3,7 miliardi di anni di età. Questi batteri vivevano in ambienti caldi e poveri di ossigeno e traevano energia da reazioni chimiche. A questi fecero seguito 3,5 miliardi di anni fa organismi appartenenti ai *Cyanobacteria*, in grado di trarre energia dalla luce solare per formare materia organica a partire dall'anidride carbonica disciolta nell'acqua di mare e liberando ossigeno, creando le condizioni per l'evoluzione di organismi aerobici. Reperti fossili dimostrano che nei nuovi ambienti creati dalla *rivoluzione dell'ossigeno* i batteri si sono differenziati in numerose linee evolutive aerobiche, fenomeno noto come “esplosione del Cambriano”



ERE GEOLOGICHE ED EVOLUZIONE DELLE PIANTE

ERA	PERIODO	INIZIO-FINE*	FORME DI VITA
Precambriano		4500 – 600	Batteri, alghe
Paleozoico	Cambriano	600 – 480	Piante non vascolari
	Ordoviciano	480 – 435	
	Siluriano	435 – 400	Piante vascolari**
	Devoniano	400 – 350	Diversificazione delle piante vascolari
	Carbonifero	350 – 260	Diversificazione di equiseti e muschi
	Permiano	260 – 225	Diversificazione delle felci

* Milioni di anni

** Equiseti, muschi, felci, gimnosperme

ERE GEOLOGICHE ED EVOLUZIONE DELLE PIANTE

ERA	PERIODO	INIZIO-FINE*	FORME DI VITA
Mesozoico	Triassico	225 – 180	Diversificazione delle gimnosperme Angiosperme Diversificazione di mono- e dicotiledoni
	Giurassico	180 – 130	
	Cretaceo	130 – 70	
Cenozoico	Terziario	70 – 1,6	Graminacee Uomo Inizio agricoltura
	Quaternario	1,6 – 0	

* Milioni di anni

ERE GEOLOGICHE ED EVOLUZIONE DELLE PIANTE

Un importante passaggio evolutivo si realizzò quando l'ozono stratosferico raggiunse livelli tali da funzionare come uno scudo protettivo contro i raggi ultravioletti di origine solare.

Nel periodo Siluriano è avvenuta la colonizzazione della terra ferma e la comparsa delle prime piante vascolari. Uno dei principali adattamenti delle piante al nuovo ambiente è stato lo sviluppo di:

- (i) cuticola cerosa in grado di proteggere la superficie esterna dall'essiccazione.**
- (ii) stomi per regolare lo scambio di ossigeno e anidride carbonica tra la foglia e l'atmosfera. Fossili di piante con cuticola e stomi con cellule di guardia risalgono a 410 milioni di anni fa.**
- (iii) cellule riproduttive asexuate (spore) fornite di cuticola per ridurre la disidratazione.**

Piante addomesticate e piante coltivate

- **Una pianta addomesticata è stata alterata geneticamente rispetto al suo stato selvatico e portata nell'ambiente umano.**
- **Una pianta coltivata è stata modellata per la coltivazione, attività che comporta l'aratura del terreno, la preparazione del letto di semina, il diserbo, lo sfoltimento (potatura), l'irrigazione, la concimazione eccetera.**

Piante addomesticate e piante coltivate

- Una pianta completamente adattata alla coltivazione non può sopravvivere senza l'aiuto dell'uomo, e solo una piccola parte della popolazione umana potrebbe sopravvivere senza le piante coltivate.
- Piante coltivate e uomo sono mutualmente dipendenti.

Che cosa sono le piante coltivate?

“Le piante coltivate sono organismi costruiti e modellati dall’uomo come le punte di freccia in selce, le asce di pietra o il vasellame di argilla.

(Harlan, 1975)

1. L'uomo paleolitico era prevalentemente **vegetariano**, mangiava semi di piante annuali ma anche tuberi, rizomi e noci. La carne entrava occasionalmente nella sua dieta.
2. Solo le popolazioni localizzate vicino a fiumi, laghi o mari avevano una dieta basata sui prodotti della pesca mentre quelle che abitavano regioni ad elevata latitudine dipendevano fortemente dalla caccia.
3. Intorno al 8500 a.C. nella regione della Mezzaluna Fertile la carne, il latte e il formaggio divennero componenti importanti della dieta a seguito della domesticazione di pecore, capre, vacche e maiali.
4. Le società primitive di raccoglitori hanno avuto una modesta influenza sulla evoluzione delle piante.

1. L'agricoltura è nata nel tardo Mesolitico - inizio Neolitico tra 15.000 e 10.000 anni fa in molte località del mondo. All'agricoltura si deve l'inizio del sedentarismo umano.
2. Nel processo di domesticazione hanno svolto un ruolo importante quattro processi:
 - a. Nel Pleistocene la selezione naturale portò alla comparsa di alcune specie con caratteristiche che facilitarono lo sviluppo dell'agricoltura.
 - b. Nel Neolitico l'autogamia e la riproduzione vegetativa facilitarono la comparsa di genotipi superiori e la loro riproduzione senza cambiamenti (clonazione).
 - c. I genotipi superiori addomesticati si diffusero rapidamente al di fuori della loro area d'origine, in ambienti diversificati. Ciò è avvenuto soprattutto negli ultimi 5 secoli.
 - d. L'accresciuto adattamento ai nuovi ambienti ha portato alla comparsa di nuove varianti tra le popolazioni addomesticate. Ciò è avvenuto a partire dal secolo scorso attraverso il miglioramento genetico.



***Triticum monococcum* (AA) è stato il primo grano coltivato su grandi areali nella regione della Mezzaluna Fertile. Con questo grano i Sumeri producevano pane e sette tipi di birra. Nell'età del bronzo in Europa il monococco era ancora il grano prevalente.**



Le grandi civiltà precolombiane del continente americano (aztechi, maya, pueblo ecc.) dipendevano dalla coltivazione del mais

LE GRANDI CIVILTÀ NEOLITICHE DI INDIA E CINA DIPENDEVANO DALLA COLTIVAZIONE DEL GRANO E DEL RISO



Domestication of corn



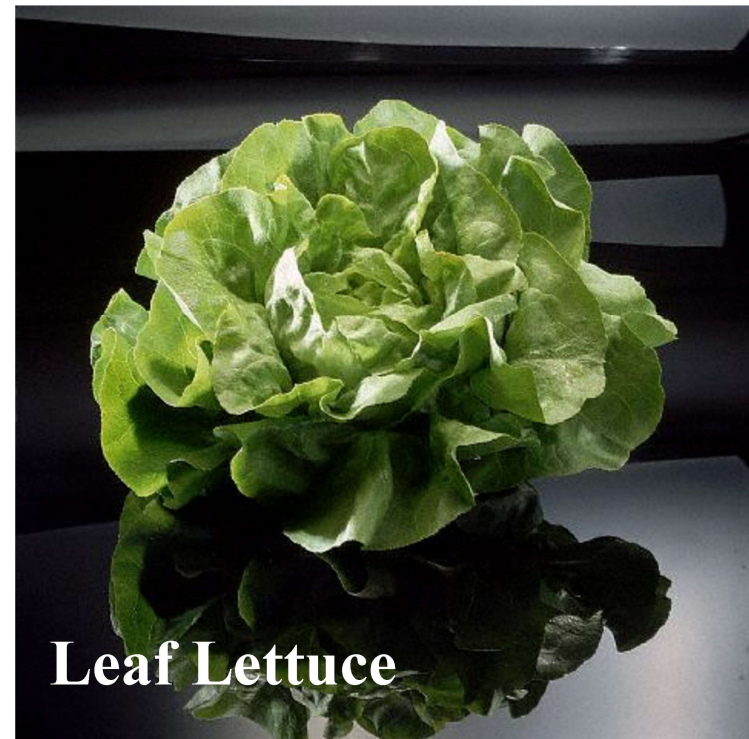
Teosinte

9000
Years Ago



Corn

Domestication of lettuce



Domestication of carrot



Queen Anne's Lace



1,100 to 300
Years Ago

- **Orange carrots appeared in Holland in the 1700s**

La selezione guidata dall'uomo è iniziata quando gli agricoltori neolitici coltivarono la progenie di alcune piante, scartando quella di altre. Queste scelte in genere tendevano ad aumentare il valore nutrizionale o la resa della coltura, talvolta a detrimento della sua fertilità e capacità di sopravvivenza, i due componenti della "fitness" (vedi Tabella).

Caratteri selezionati da

Uomo Natura

Presenza di spine

- +

Presenza di reste

-

Spiga fragile

-

Cariossidi nude

+ La deiscenza è l'apertura del
- baccello (frutto) maturo.

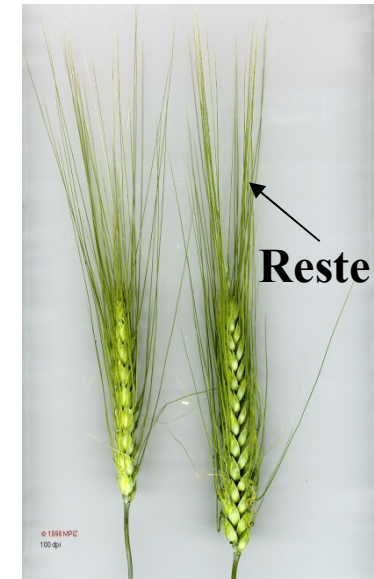
Infiorescenza compatta

Baccelli deiscenti (freccia)

Fioritura sincrona

Seme grande

Dormienza



Le popolazioni locali selezionate dall'uomo (o landraces) erano una miscela eterogenea di genotipi ben adattati tra loro e alle condizioni ambientali. Queste popolazioni hanno l'importante caratteristica di dare almeno modeste produzioni quando le condizioni di crescita sono sfavorevoli.

Molti cambiamenti importanti per l'agricoltura derivano da variazioni alleliche ad uno o due loci principali, come ad esempio la spiga non fragile di orzo determinata da due alleli recessivi bt_1 e bt_2 strettamente concatenati tra loro o la nudità della cariosside di grano determinata da un allele recessivo ad un unico locus.

I cereali coltivati 10.000 anni fa nella regione della Mezzaluna Fertile si diffusero rapidamente in direzione est-ovest verso la Grecia, l'Italia, l'Egitto e il Pakistan, paesi con la stessa latitudine e le stesse variazioni stagionali nella durata del giorno. Il fotoperiodo è infatti il fattore ambientale che più influisce sulla fioritura. La diffusione in direzione nord-sud è avvenuta molto più lentamente. L'introduzione in nuovi ambienti operata dall'uomo riguardava popolazioni (landraces) molto eterogenee geneticamente e pertanto in grado di adattarsi ai nuovi habitat.

Gli studi condotti sulla evoluzione di popolazioni segreganti di orzo (specie altamente autogama), sorgo e fagiolo (specie autogame con 3-10% di allogamia) e mais (specie allogama con 10% circa di autogamia) ottenute per incrocio tra varietà commerciali e coltivate per molte generazioni (oltre 60) in diverse località seguendo le pratiche agricole tipiche delle località stesse indicano che:

- a. Le perturbazioni ambientali naturali esercitano un ruolo importante sulla dinamica evolutiva di queste popolazioni. Pertanto gli studi genetici basati solo su una o poche generazioni non consentono di caratterizzare adeguatamente le cause e le conseguenze dei cambiamenti genetici.**
- b. La selezione naturale porta in poche generazioni a sostanziali miglioramenti nelle popolazioni fortemente autogame come l'orzo, miglioramenti che dipendono dalla comparsa di linee omozigoti con particolari combinazioni alleliche in più loci e dalla fissazione di queste combinazioni prima che la segregazione le distrugga. Nelle specie solo parzialmente autogame o allogame la formazione di combinazioni alleliche multigeniche favorevoli è facilmente distrutta dall'incrocio e dalla ricombinazione/segregazione, con il risultato che l'adattamento ai nuovi ambienti e la produttività crescono più lentamente.**
- c. Nelle piante fortemente allogame come il mais, a partire dagli anni 40 dello scorso secolo si è cercato di superare questo problema producendo linee omozigoti che una volta incrociate con altre linee omozigoti opportunamente scelte dessero luogo a particolari combinazioni alleliche multigeniche in grado di accrescere la produttività del seme F1 venduto all'agricoltore.**

LE SPECIE VEGETALI DI INTERESSE AGRICOLO E IL LORO CONTRIBUTO PERCENTUALE
IN MATERIA SECCA EDIBILE E PROTEINE

Specie	Materia secca	Proteine	Riproduzione	Origine
<i>Cereali</i>	69	55		
Grano	20	19	Auto	Asia minore
Mais	18	13	Allo	Messico
Riso	17	11	Auto	Asia SE, Africa
Orzo	7	5	Auto	Asia minore
Sorgo	3	2	Auto-Allo	Africa centrale
Avena	2	2	Auto	Mediterraneo
Segale	1	2	Auto	Mediterraneo
Miglio	1	1	Auto	Nord Africa
<i>Legumi</i>	6	13		
Soia	3	10	Auto	Asia
Fagiolo	1	1	Auto	Centro e Sud America
Pisello	1	1	Auto	Mediterraneo
Arachide	1	1	Auto	Argentina, Bolivia

LE SPECIE VEGETALI DI INTERESSE AGRICOLO E IL LORO CONTRIBUTO PERCENTUALE
IN MATERIA SECCA EDIBILE E PROTEINE

Specie	Materia secca	Proteine	Riproduzione	Origine
<i>TUBERI</i>	7,5	4,5		
Patata	3	2	Veg	Sud America
Cassava	2	1	Veg	Sud America
Patata dolce	2	1	Veg	Sud America
Igname	0,5	0,5	Veg	Africa ,Sud Am.
<i>OLIO</i>	3	2		
Colza	1	1	Allo	Mediterraneo
Girasole	1	1	Allo	USA
Cotone	1	1	Auto-Allo	Africa, America
Noce di cocco	1	1	Veg	Asia, Africa

LE SPECIE VEGETALI DI INTERESSE AGRICOLO E IL LORO CONTRIBUTO PERCENTUALE IN
MATERIA SECCA EDIBILE E PROTEINE

Specie	Materia secca	Proteine	Riproduzione	Origine
Zucchero	4	0		
Canna	3	0	Veg	India, isole Pacifico
Bietola	1	0	Allo	Mediterraneo
Ortaggi	2	1		
Pomodoro	1	0,5	Auto	Sud America
Cipolla, Cavolo	1	0,5	Allo	Mediterraneo
Frutti	1,5	0,5		
Vite, Melo, Arancio Asia				Veg. Mediter.,
Banano			Veg.	Asia NE
Animali	7	17		
Latte, Formag, Uova	3	6		
Carni	3	7		
Pesce	1	4		
Altro	2	7		

Importantissima quindi l'attività di miglioramento genetico effettuata fin dall'antichità dall'uomo

Importante anche conoscere i meccanismi che sono alla base dell'ottenimento di piante di interesse migliorate

Il sesso nelle piante

Le angiosperme possono essere DIOICHE con fiori maschili e femminili su piante diverse (5% delle specie). Esempi: Asparago, Kiwi, Papaia, Ortica, Pioppo, Spinacio, Canapa, Palma.

Nel caso del kiwi (*Actinidia chinensis*) per ottenere frutti di qualità, in condizioni climatiche favorevoli il rapporto fra piante maschili e femminili può essere di 1:6 o 1:8. In condizioni sfavorevoli si aumenta il numero di impollinatori fino ad 1 ogni 3-4 femmine. Entrato in coltivazione in Italia nel 1969, il kiwi è coltivato su 22.000 ettari, di cui 7.000 nella provincia di Latina. L'Italia è in secondo produttore mondiale dopo la Cina (>60.000 ha)



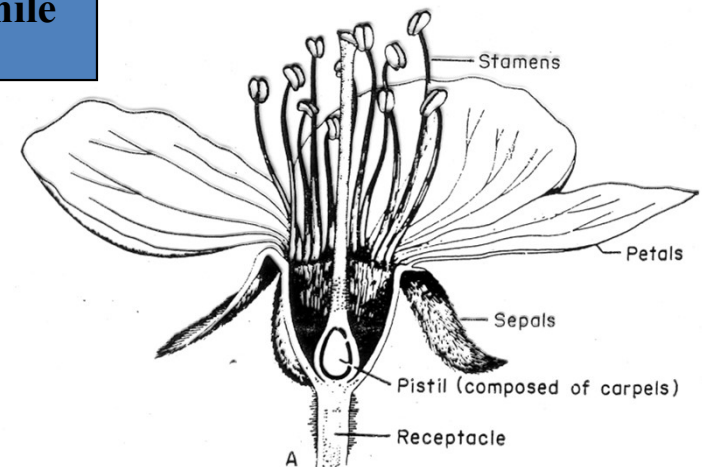
Il sesso nelle piante

Le angiosperme possono essere **MONOICHE** cioè con fiori maschili e femminili sulla stessa pianta. Se entrambi i sessi sono nello stesso fiore si parla di piante **MONOCLINE** o **ERMAFRODITE** (esempio tulipano, radicchio, pomodoro, patata, grano). Se i fiori maschili sono separati dai fiori femminili si parla di piante **DICLINE** (esempio mais).



Infiorescenze maschili di mais

Infiorescenza femminile di mais.



Fiore ermafrodita

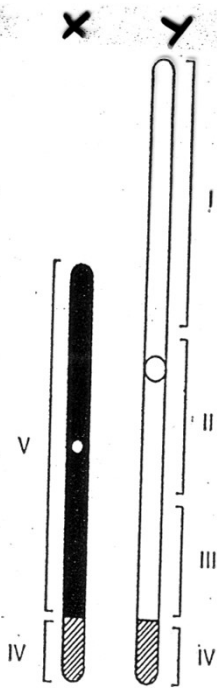
Il sesso nelle piante

Le angiosperme possono essere SUBDIOICHE cioè piante dioiche con individui monoichi. In particolare le piante **subandroiche** sono piante maschili che talvolta hanno rari fiori femminili o ermafroditi (es. asparago) , mentre le piante **subginoiche** sono piante femminili che talvolta presentano rari fiori maschili o ermafroditi. In queste piante l'espressione del sesso è fortemente influenzata dall'ambiente.

Il sesso nelle piante

Il dioicismo è controllato geneticamente. Sono noti quattro tipi di determinazione del sesso.

1. **Digametia maschile** con cromosomi del sesso eteromorfici e cromosoma Y mascolinizzante. Si trova ad esempio in **pioppo**, salice, **kiwi** e *Melandrium*.

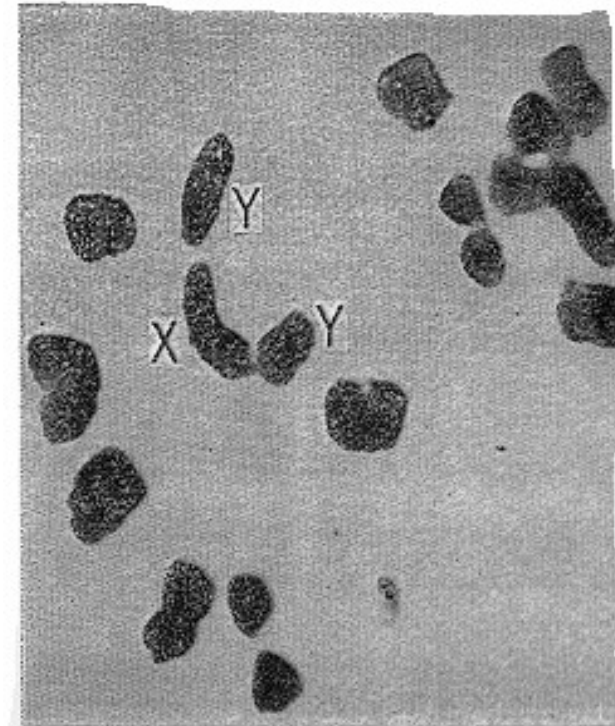


Il maschio XY ha una coppia di cromosomi eteromorfici in cui il cromosoma X è circa 2/3 del cromosoma Y. L'effetto mascolinizzante del cromosoma Y è tale che gli individui XXXY sono maschi mentre gli XXXXY hanno fiori ermafroditi e fiori maschi. In *Melandrium*, la regione I del cromosoma Y (a lato) contiene i geni repressori del sesso femminile, i segmenti II e III i geni per lo sviluppo delle antere, il segmento IV i determinanti del sesso femminile. In questo segmento avviene l'appaiamento tra X e Y in meiosi.

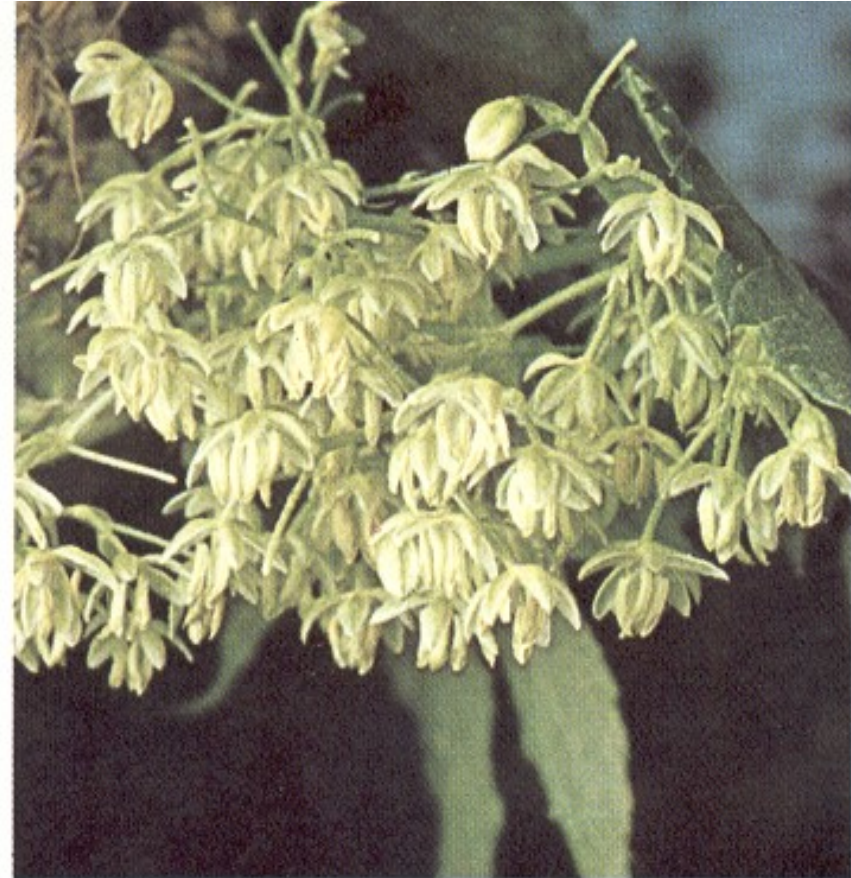
Il sesso nelle piante

2. **Digametia maschile** con cromosomi del sesso eteromorfici e sesso determinato dal rapporto A:X.

Si trova in *Rumex* e *Humulus lupulus* (il luppolo). In *Rumex acetosa* la femmina è $2n=14$ (12 autosomi + XX) mentre il maschio è $2n=15$ (12 autosomi + XY₁Y₂). In meiosi i cromosomi del sesso si appaiano testa a testa a formare una catena di 3 elementi e segregano X: Y₁Y₂ (foto). Nei cromosomi Y non ci sono geni per il sesso maschile. Il sesso dipende dal rapporto tra cromosomi X ed autosomi come accade in *Drosophila* (A : X=1 nella femmina, A : X= 2 nel maschio).



Il sesso nelle piante



Fiore maschile (sinistra) e fiore femminile (destra) di luppolo (*Humulus lupulus*) specie dioica con sesso maschile digametico e cromosomi del sesso eteromorfi.

Il sesso nelle piante

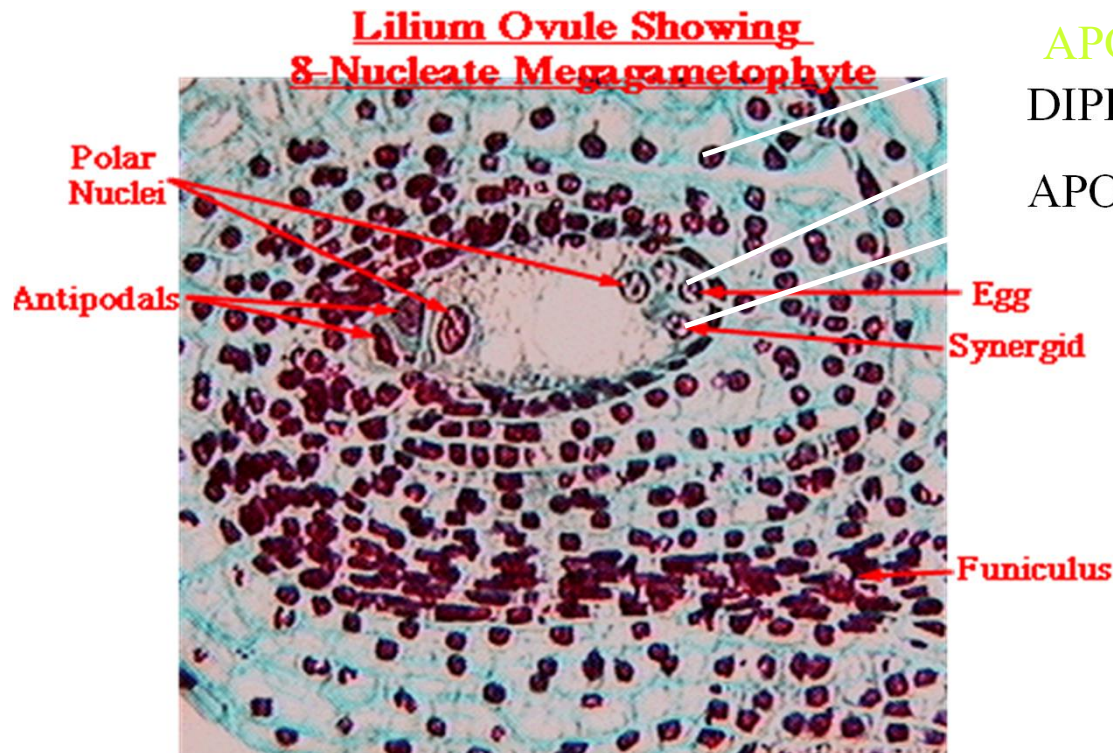
3. **Digametia maschile** con cromosomi del sesso omomorfi

Si riscontra in asparago (*Asparagus officinale*), in *Mercurialis* ecc. In queste specie si hanno piante subandroiche XY. I fiori ermafroditi per autofecondazione producono piante femminili e maschili nel rapporto 1: 3 (1XX, 2XY, 1YY). Le piante YY sono supermaschi che nell'incrocio con femmine XX danno solo progenie maschile o subandroica.

4. **Digametia femminile** con cromosomi del sesso eteromorfi. Si trova in *Fragaria eliator*.



PRODUZIONE ASESSUATA DI SEME. VIENE ANCHE DETTA AGAMOSPERMIA (AGAMO= SENZA MATRIMONIO; SPERMIA= PRODUZIONE DI SEME). SE IL SEME APOMITTICO DERIVA DA UNA CELLULA SOMATICA DELL'OVARIO SI PARLA DI AOSPORIA, SE DERIVA DA UNA CELLULA UOVO NON RIDOTTA (PER ALTERAZIONE DELLA MEIOSI) SI PARLA DI DIPLOSPORIA, SE DERIVA DA UNA SINERGIDE NON RIDOTTA, SI PARLA DI APOGAMETIA.



AOSPORIA
DIPLOSPORIA
APOGAMETIA

Talvolta l'embrione si sviluppa direttamente da una cellula somatica senza passare attraverso un embriosacco (embriogenesi avventizia)



Il dente di leone (*Taraxacum officinale*) è una specie che si riproduce per APOMISSIA. Pertanto non necessita di impollinazione anche se ha fiori vistosi.

In alcune specie è necessaria la fecondazione dei nuclei polari per il normale sviluppo del seme apomittico. Il fenomeno è noto come **pseudogamia**.

Genotipi particolari e genotipi ibridi difficili o impossibili da moltiplicare per via sessuale possono essere mantenuti per riproduzione apomittica.



***Poa pratensis* si riproduce per apomissia aposporica oltre che per via sessuale sia autogama che allogama. Talvolta la cellula diploide aposporica viene fecondata e produce individui poliploidi. La specie presenta infatti un numero cromosomico somatico elevato e irregolare con individui tetraploidi $2n=4x=28$ ma anche $2n=22x=154$. L'apomissia in *P.pratensis* è pseudogama.**

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).

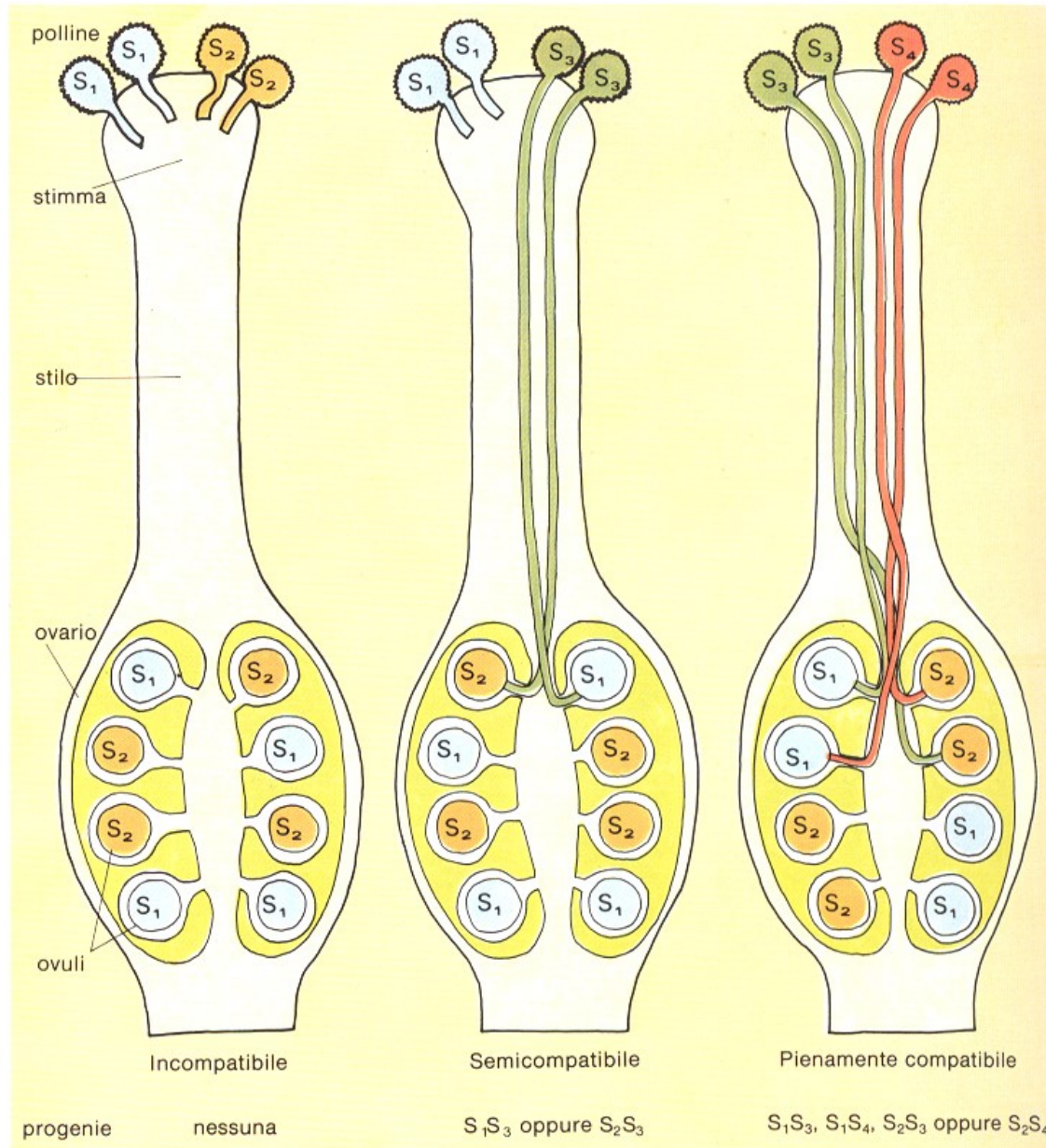
L'incompatibilità è un processo biochimico presente in oltre 3000 specie di fanerogame. E' efficace come il dioicismo nel costringere le piante all'incrocio ma ha il vantaggio che ogni pianta produce semi.

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 stilarli 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.

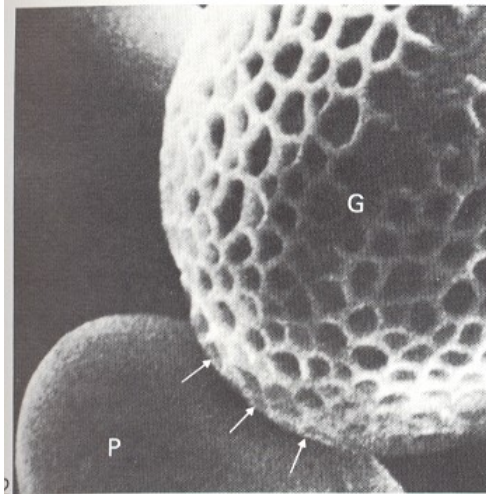
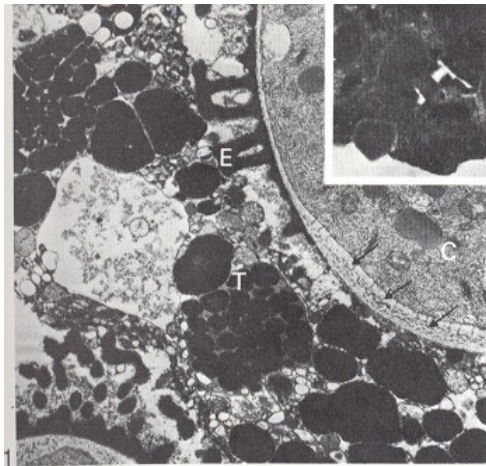
INCOMPATIBILITA' GAMETOFITICA

L' incompatibilita' nel ciliegio (*Prunus avium*) e nel pero (*Pyrus communis*) obbliga il coltivatore ad allevare almeno due varieta' compatibili . In pero il raddoppiamento del numero cromosomico (autotetraploidia) comporta la perdita dell'autoincompatibilita'.

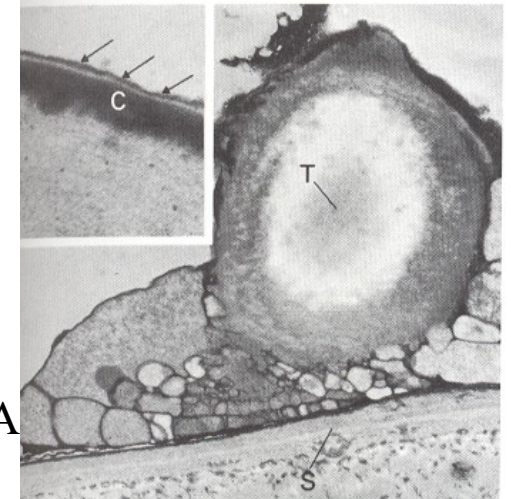
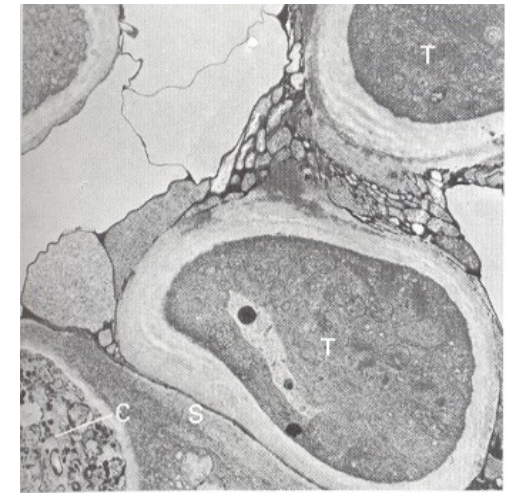
In segale (*Secale cereale*) l' allele S_F elimina l' incompatibilita' per cui l'incrocio $S_F S_2 \times S_F S_2$ è fertile e produce piante $S_2 S_2$ non ottenibili in altro modo.

Anche in *Nicotiana sanderae* esiste un allele S_T che elimina l' incompatibilita' in associazione con qualunque altro allele S . Le piante $S_T S_X$ (dove X è un allele qualunque) per autofecondazione producono piante $S_T S_X$ e $S_T S_T$. Un altro allele S_Y impedisce la crescita del tubulo pollinico S_T





L'INCOMPATIBILITA' SPOROFITICA DIPENDE DAL FENOTIPO DELLA PIANTA MADRE. IN *RAPHANUS* L'INCOMPATIBILITA' E' CAUSATA DA UN RIVESTIMENTO CHE CIRCONDA IL GRANULO POLLINICO DURANTE LE ULTIME FASI DI MATURAZIONE DEL POLLINE. IL RIVESTIMENTO, NOTO COME TRIFINA (T), E' PRODOTTO DALLE CELLULE DEL TAPPETO E SI STRATIFICA SULL'ESINA (E) (IN ALTO A SIN.). IL GRANULO ADERISCE AD UNA CELLULA PAPILLARE (P) DELLO STIGMA MEDIANTE UN SOTTILE

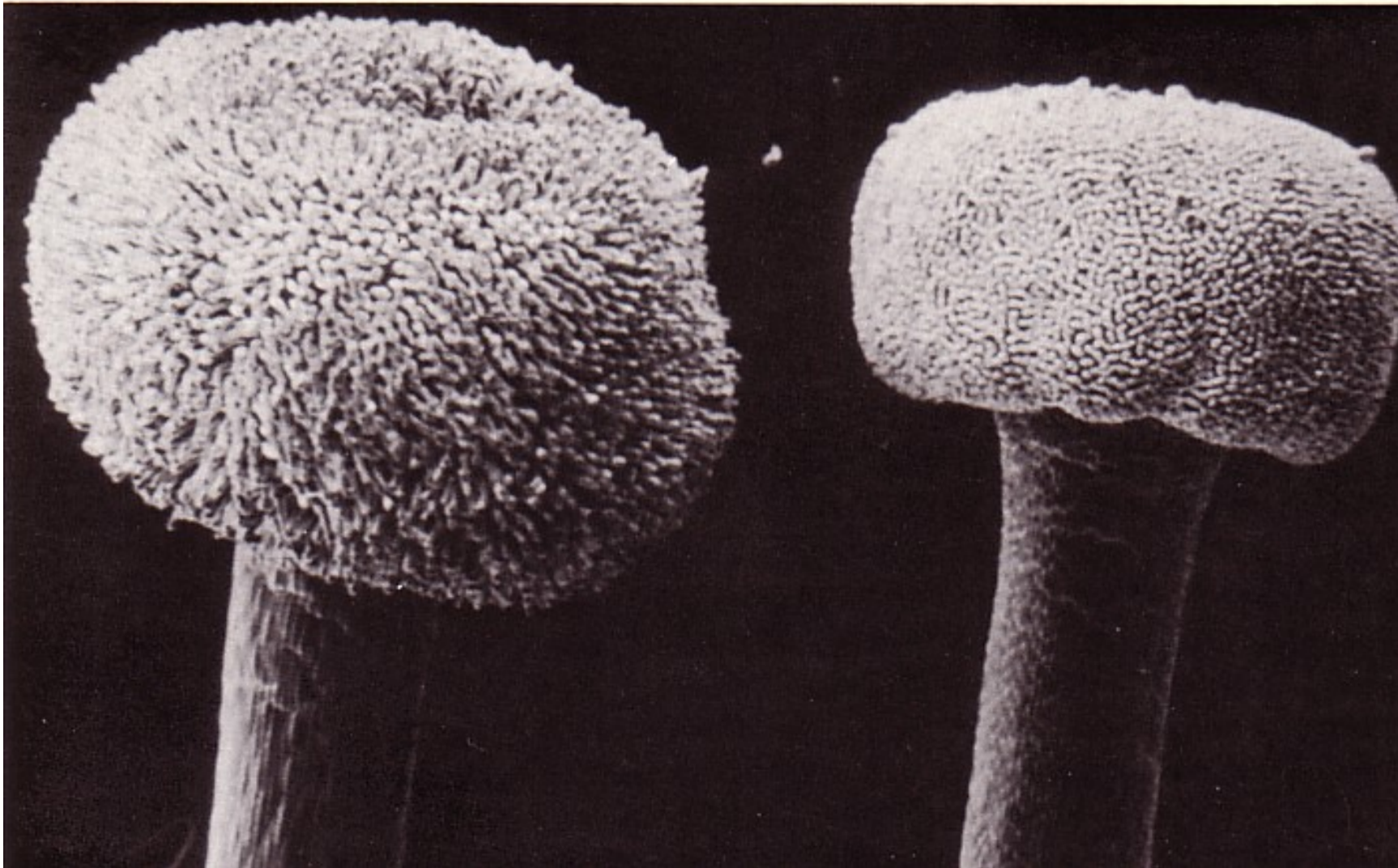


STRATO DI TRIFINA (FRECCE, IN BASSO A SIN.). IL TUBULO T (IN ALTO A DES.) PRENDE CONTATTO CON LA SUPERFICIE STIGMATICA (S), MA NON ESSENDO COMPATIBILE, NON RIESCE A PENETRARE NELLO STILO, MENTRE UN TUBULO COMPATIBILE C E' RIUSCITO AD ENTRARE. IL TUBULO T CONTINUA A SPOSTARSI SULLA SUPERFICIE DELLO STIGMA (IN BASSO A DES.). L'INCOMPATIBILITA' E' DOVUTA ALL'INTERAZIONE TRA LA TRIFINA E LO STRATO ESTERNO (CUTICOLA) DELLO STIGMA (FRECCE)



I fiori di primula esistono in due forme: fiori brevistili o “a spazzola” (a destra) con le antere che sporgono dalla corolla e stilo breve non visibile e fiori **longistili** o “a spillo” (a sinistra) con lo stigma che fuoriesce dalla corolla e antere con corto filamento. I primi sono **Ss** mentre i secondi sono **ss**. Nei fiori a spazzola vengono prodotti due tipi di polline (**S** oppure **s**) ma anche il polline **s** si comporta come se fosse **S**. Anche lo stilo **Ss** si comporta come se fosse **SS**. Pertanto l’impollinazione è efficace sono tra fiori a spazzola e fiori a spillo.

Incrocio	Genotipo	Progenie	
Spillo (F) x Spazzola	ss x Ss	1 Ss : 1 ss	
Spazzola (F) x Spillo	Ss x ss	1 Ss : 1 ss	
Spazzola (F) x Spazzola	Ss x Ss	incompatibile*	*si può avere qualche seme
Spillo (F) x Spillo	ss x ss	incompatibile*	



I fiori longistili di primula hanno stigmi grandi con lunghe papille (a sinistra) e producono granuli pollinici piccoli, mentre i fiori brevistili hanno stigmi piccoli con papille brevi (a destra) e producono grossi granuli pollinici. Immagini ottenute con microscopio elettronico a scansione.

INCOMPATIBILITA' SPOROFITICA

Questa forma di incompatibilità è controllata da un unico gene con alleli multipli, alcuni dominanti e altri recessivi. Possiamo avere diversi tipi di incrocio:

$S_1s_1 \times S_1s_4$ INCOMPATIBILE

$S_1s_1 \times S_2s_2$ COMPATIBILE

$S_1S_2 \times s_3s_4$ COMPATIBILE

$s_1s_2 \times S_1s_1$ COMPATIBILE

L'incompatibilità sporofitica eteromorfa è rara (primula, lino, grano saraceno). In *Nicotiana* e *Brassica* gli alleli S producono nello stilo delle glicoproteine con attività ribonucleasica, e nel polline di ci sono mRNA omologhi alle glicoproteine dello stigma della stessa pianta.

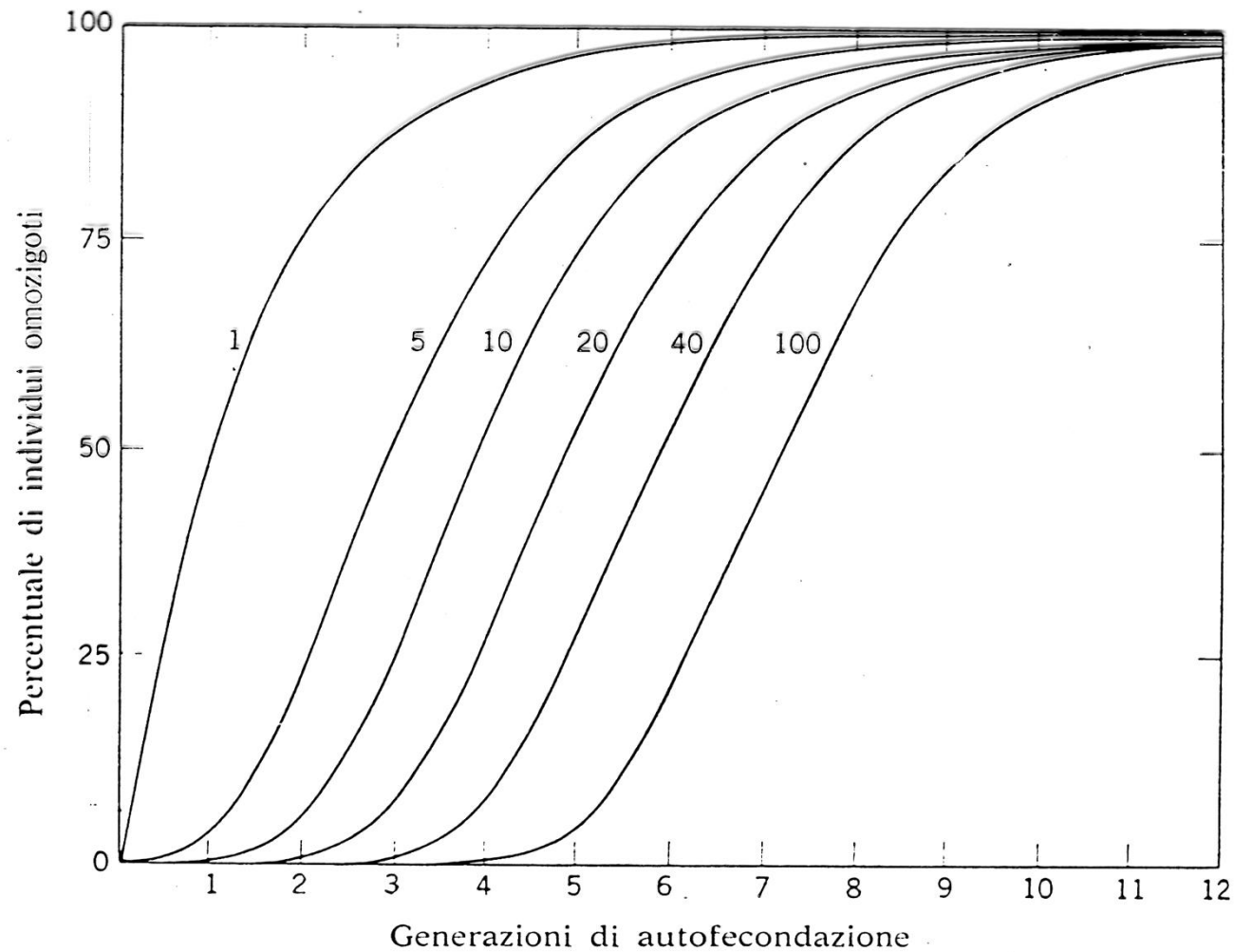


Grano saraceno *Fagopyrum esculentum*

SISTEMI DI RIPRODUZIONE

L'autogamia è rara in specie perenni e frequente in specie annuali a vita breve che vivono in ambienti instabili. Le specie autogame sono monoiche, hanno antere e stimmi che maturano nello stesso momento e solitamente situati in stretta vicinanza. In alcune specie l'autogamia è obbligatoria, ma generalmente l'autogamia è parziale. Ad esempio in grano tenero (*Triticum aestivum* L.) l'autogamia può variare dal 70% al 100% in funzione del genotipo e delle condizioni ambientali.





Percentuale di omozigoti (ordinata) dopo m generazioni di autofecondazione (ascissa) quando il numero di loci indipendenti in eterozigosi (n) varia da 1 a 100. La formula per calcolare la percentuale di omozigoti è : $[1 - 0,5^m]^n \times 100$

FENOMENI CHE FAVORISCONO L'ALLOGAMIA

Dioicismo

Autoincompatibilità

Proterandria

Proteroginia

Stili



La proterandria che si riscontra ad esempio in mais (a lato), è la liberazione del polline alcuni giorni prima della fuoriuscita dei lunghi stili filamentosi dalle brattee che proteggono la spiga (infiorescenza femminile). Anche la carota è proterandra.

In alcune specie monoiche lo stigma è recettivo prima della maturazione del polline della stessa pianta. Si parla in questo caso di proteroginia

METODO DI RIPRODUZIONE DELLE PRINCIPALI PIANTE COLTIVATE

AUTOGAME

<i>Cereali</i>	<u>Grano</u> , orzo, <u>riso</u> , avena, sorgo*
<i>Leguminose</i>	<u>Soia</u> , fagiolo, pisello, arachide, veccia, fava*
<i>Alberi</i>	Albicocco, <u>pescio</u> , <u>agrumi</u>
<i>Altre specie</i>	<u>Pomodoro</u> , melanzana, peperone, tabacco, lattuga, lino, cotone*

ALLOGAME

<i>Cereali</i>	<u>Mais</u> , segale**, loietto**, festuca**, erba mazzolina**
<i>Leguminose</i>	Erba medica, trifoglio violetto**, trifoglio bianco**
<i>Alberi</i>	Castagno, nocciolo, noce, <u>melo</u> **, <u>ciliegio</u> **, <u>olivo</u> **, <u>pero</u> **, susino**, mandorlo**, pistacchio^, papaia^, palma da datteri^, <u>fico</u> ^***, <u>banano</u> ***
<i>Altre specie</i>	Carciofo, carota, sedano, cipolla, prezzemolo, <u>girasole</u> , <u>bietola</u> , rapa, melone, fragola, cocomero, asparago^, canapa^, spinacio^, cavoli**, cicoria**, patata dolce**, <u>colza</u> **

* Con frequente (>10%) allogamia; ** autoincompatibilità ; *** partenocarpiche; ^ dioiche