

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”

Idrocarburi trovati in rocce australiane di circa 2,7 miliardi di anni fa e derivati da membrane cellulari fossilizzate sono le più antiche prove della presenza di cellule eucarioti



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
	Giurassico	180 – 130	Angiosperme
	Cretaceo	130 – 70	Diversificazione di mono- e dicotiledoni
Cenozoico	Terziario	70 – 1,6	Graminacee
	Quaternario	1,6 – 0	Uomo Inizio agricoltura

* 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 a sessuate (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.

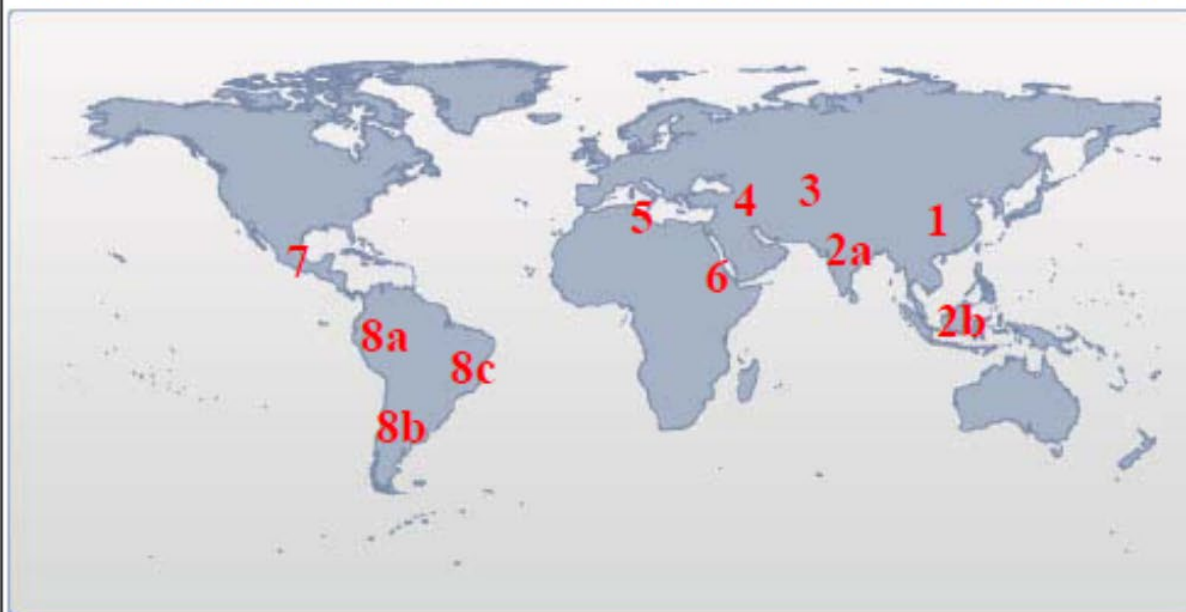
(Harlan, 1975)

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 diventarono 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.

- La diversità genetica delle specie coltivate non è uniforme
- Vavilov propose che i centri di diversità coincidessero con i centri di origine della domesticazione
- In seguito dell'evidenza, per specie coltivate, di più aree di diversità, Vavilov distinse tra centri primari di diversità (in cui sono anche presenti specie selvatiche affini e corrispondenti ai centri di origine) e centri secondari (in cui una specie è stata trasferita e ha accumulato mutazioni).
- Harlan: il centro di diversità può non corrispondere al centro di domesticazione. Inoltre, possono esservi stati eventi multipli di domesticazione. Distinzione tra centri di origine del progenitore selvatico (e possibilmente di domesticazione) e non centri, in cui è presumibile sia avvenuto l'evento o gli eventi di domesticazione

I CENTRI DI ORIGINE DELLE SPECIE COLTIVATE



1. CINA CENTRO OCCIDENTALE

Avena
Orzo
Soia
Cipolla
Pera
Pesco
Albicocco
Ciliegio
Noce
Melo
Agrumi
Susino
Tè

7. MESSICO E AMERICA CENTRALE

Mais
Fagiolo
Zucca
Cotone
Patata
Peperone
Papaia
Guava
Cacao
Tabacco

2a. INDIA

Riso
Fagiolo
Melanzana
Arancio
Limone
Cocco
Cotone

3. (?) ASIA CENTRALE

Segale	Fava
Fumento	Miglio
Cece	Spinacio
Pisello	Carota
Lenticchia	Vite

5. (?) MEDITERRANEO

Fumento	Avena	Pisello
Lupino	Rapa	Olivo
Bietola	Cavolo	Lattuga
Asparago	Sedano	Cicoria
Timo	Menta	Salvia

8a. PERU'

Patata	Mais	Cotone
Peperone	Pomodoro	Tabacco

8b. CILE

Patata	Fragola
--------	---------

4. MEDIO ORIENTE

Orzo	Fico	Noce
Fumento	Trifoglio	Vite
Medica	Melo	Mandorlo
Olivo	Pera	Melograno

6. ABISSINIA

Fumento	Orzo
Sorgo	Miglio
Caffè	Lino
Ricino	Sesamo

8c. BRASILE

Manioca	Arachide
Ananas	Anacardio
Albero della gomma	

2b. INDOMALESIA

Pompelmo
Banano
Canna

L'addomesticamento è avvenuto tramite:

- 1) Selezione di piante con caratteristiche migliori**
- 2) Commercio su lunga distanza**
- 3) Incrocio (accidentale o deliberato) con forme selvatiche e con altre specie**

Evoluzione durante la domesticazione

- La domesticazione è il processo per cui una specie viene trasferita da una situazione naturale ad una situazione che prevede l'intervento dell'uomo (coltivazione). Sancisce il passaggio dall'uomo raccoglitore all'uomo agricoltore
- Inizia nel processo di domesticazione è la selezione da parte dell'uomo, che aumenta la frequenza di geni utili nelle popolazioni, per renderle sempre più adatte a soddisfare le sue esigenze
- La selezione ha in generale interessato pochi caratteri monogenici
- Fitness vs esigenze dell'uomo

Che cosa è la domesticazione?

- Definizione di domesticazione: “Processo tramite il quale le piante o gli animali selvatici vengono **adattati all’uomo** e all’ambiente che egli fornisce”
- Ben di più che il semplice allevare in cattività, domare o coltivare
- **Processo di selezione** che porta a caratteristiche morfologiche, fisiologiche, genetiche e “comportamentali” ereditabili
- In molti casi esistono **progenitori selvatici** (o loro discendenti)
- I principali caratteri sotto selezione sono stati identificati
- Lasso di tempo richiesto: (1.000 – 10.000 anni)

Evoluzione durante la domesticazione

La selezione operata dall'uomo durante la domesticazione ha generalmente riguardato gli stessi aspetti, tanto che si parla di **sindrome di domesticazione**.

- Aumento delle dimensioni dei semi e frutti
- Mancata dispersione dei semi
- Habitus di crescita determinato
- Minor numero di ramificazioni e di fiori
- Ridotta dormienza dei semi
- Cicli biologici ridotti
- Fotoperiodo e vernalizzazione alterate
- Riduzione dei meccanismi e composti di difesa (spine, sostanze velenose, etc.)



L'evoluzione dell'agricoltura è stata segnata da tre importanti tappe:

- La domesticazione

- Selezione di piante con tratti desiderabili . Riduce la diversità genetica

[Razze territoriali: colture sviluppate negli originali centri di domesticazione. L'eterogeneità genetica le rende fonte di tratti interessanti per i miglioratori

- La dispersione dal centro di domesticazione

- Ha coinvolto piccoli campioni di semi. Ha ridotto ulteriormente la diversità genetica delle colture. Nel nuovo ambiente un secondo round di selezione ha adattato le nuove colture alle nuove condizioni.

- Il miglioramento genetico nel XX secolo

- Si è concentrato su un numero sempre più piccolo di varietà élite che hanno mostrato caratteristiche superiori.
- A causa sia dell'industria che dell'uniformità delle esigenze dei consumatori, oggi un numero limitato di varietà di ogni specie occupa una proporzione significativa del territorio dedicato a quella coltura

- Per molte specie, la domesticazione ha comportato notevoli mutamenti nel comportamento, nel ciclo di vita e addirittura nella fisiologia.

Storia delle tecnologie in agricoltura

2,000 a.C.

XIX sec.

inizio XX sec.

metà XX sec.

Anni '30

Anni'40

Anni'50

Anni'70

Anni'80

Anni'80

Anni'90

2000

Coltivazione

Incrocio selettivo

Mutagenesi e selezione

colture cellulari

Variazione somaclonale

Culture di embrioni

Poliembriogenesi

Culture di antere

DNA ricombinante

Marcatori molecolari

Sequenziamento genomi

Bioinformatica



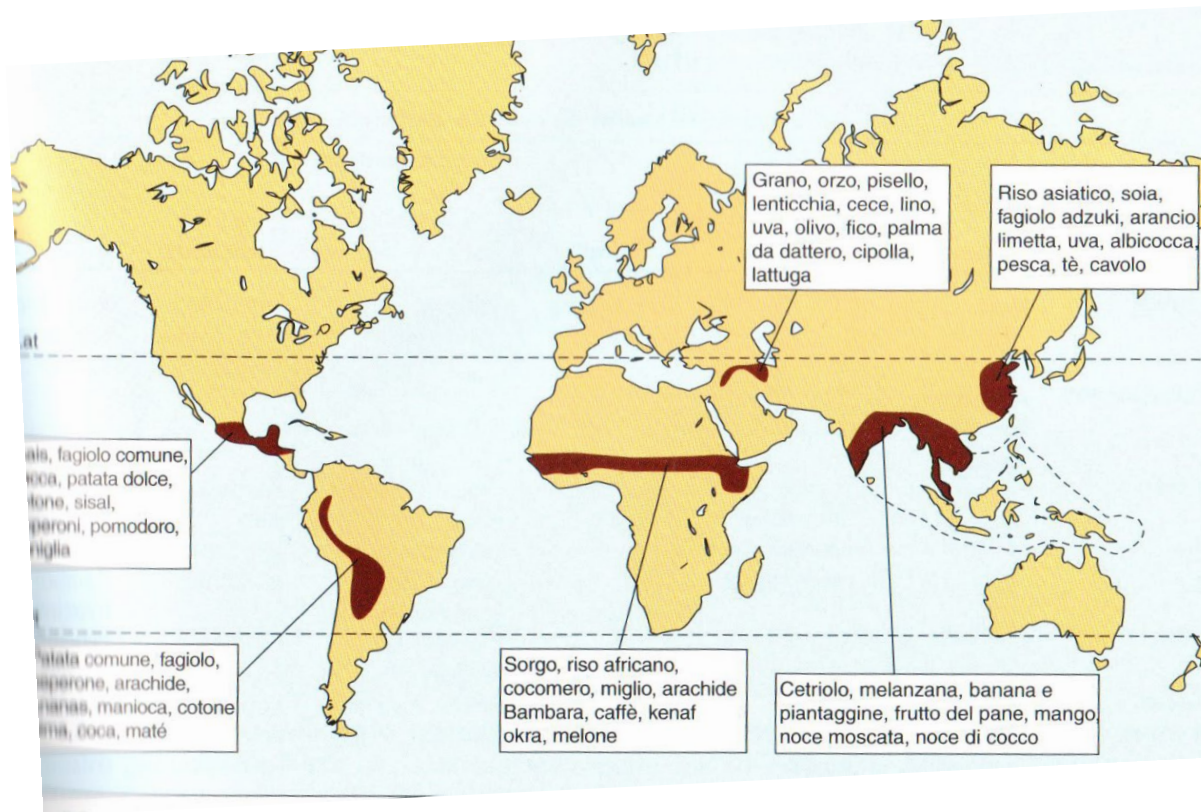
L'agricoltura è il più antico esempio di biotecnologia delle piante

BIOTECNOLOGIE = uso di processi o prodotti naturali di organismi viventi in medicina, agricoltura, industria (es. fermentazione alcolica, lievitazione, produzione di metaboliti)

ORGANISMO GENETICAMENTE MODIFICATO (GMO) = organismo in cui il materiale genetico è stato alterato in un modo che non occorre naturalmente per riproduzione sessuata e/o ricombinazione naturale (Direttiva Comunitaria 90/220/EEC).

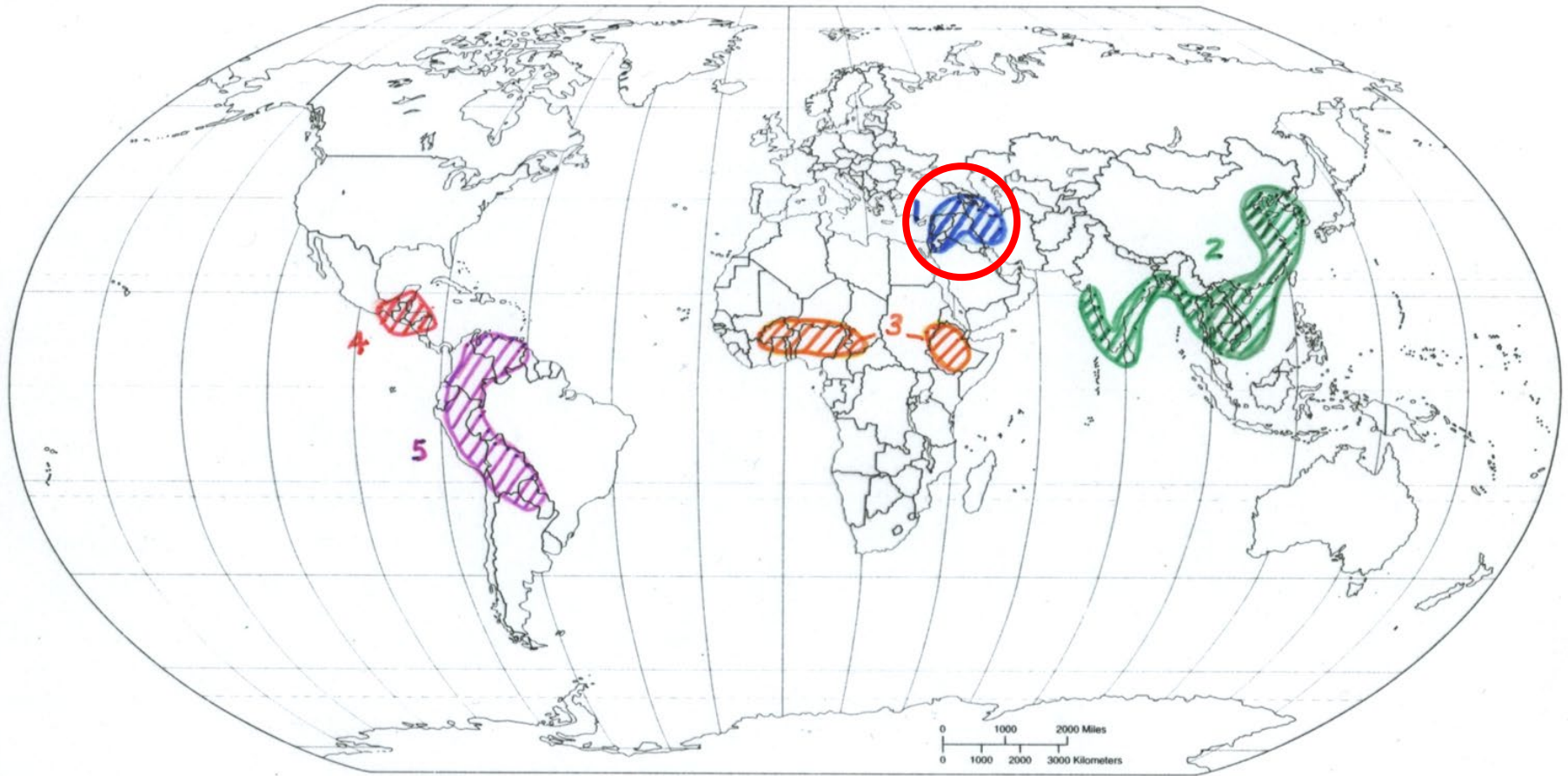
NASCITA DELL'AGRICOLTURA

- ca. 10.000 anni fa
- Indipendentemente in diversi luoghi



Medio Oriente e Mezzaluna fertile

AGRICULTURAL HEARTHES





***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.**

SOUTHWEST ASIA/FERTILE CRESCENT

Plant domestication
Small grains

wild grasses



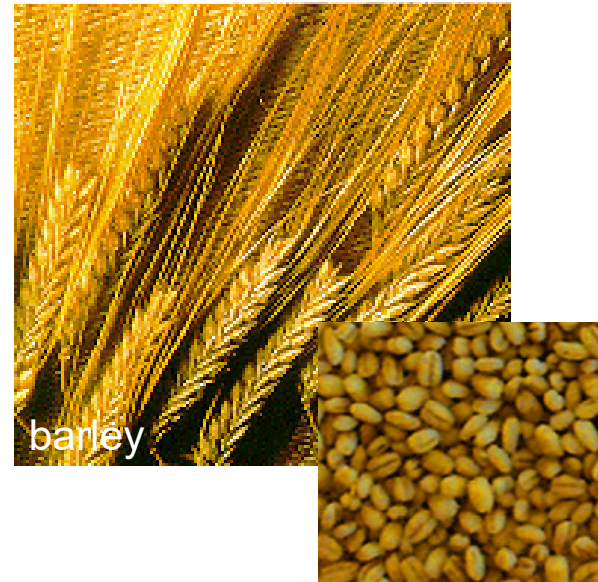
wheat



SOUTHWEST ASIA/FERTILE CRESCENT

Plant domestication Small grains

STARCHY
FILLER-FOOD!



SOUTHWEST ASIA/FERTILE CRESCENT

Plant domestication Vegetables

pea



chickpea



lentil



carrot



onion



garlic

cabbage



lettuce



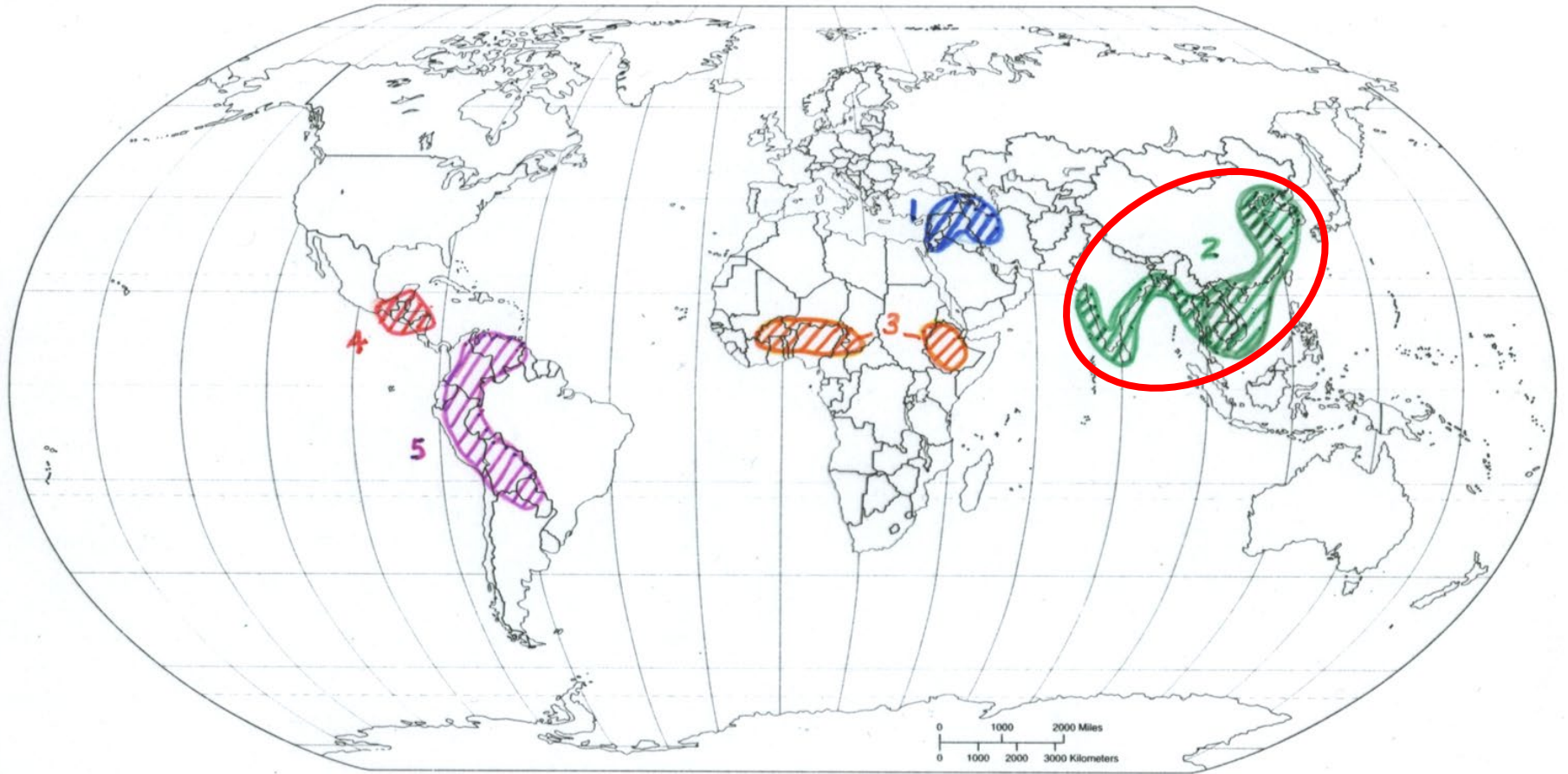
turnip



radish

MONSOON ASIA

AGRICULTURAL HEARTHES



MONSOON ASIA

Plant domestication

Rice



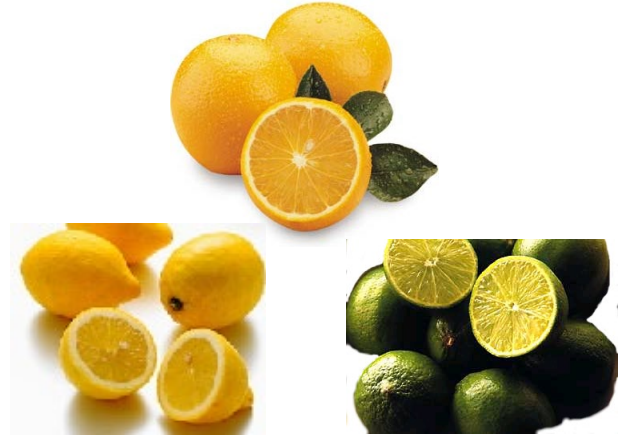
MONSOON ASIA

Plant domestication

banana



citrus



coconut



sugar cane



MONSOON ASIA

Plant domestication Spices



MONSOON ASIA

Plant domestication

Soybean

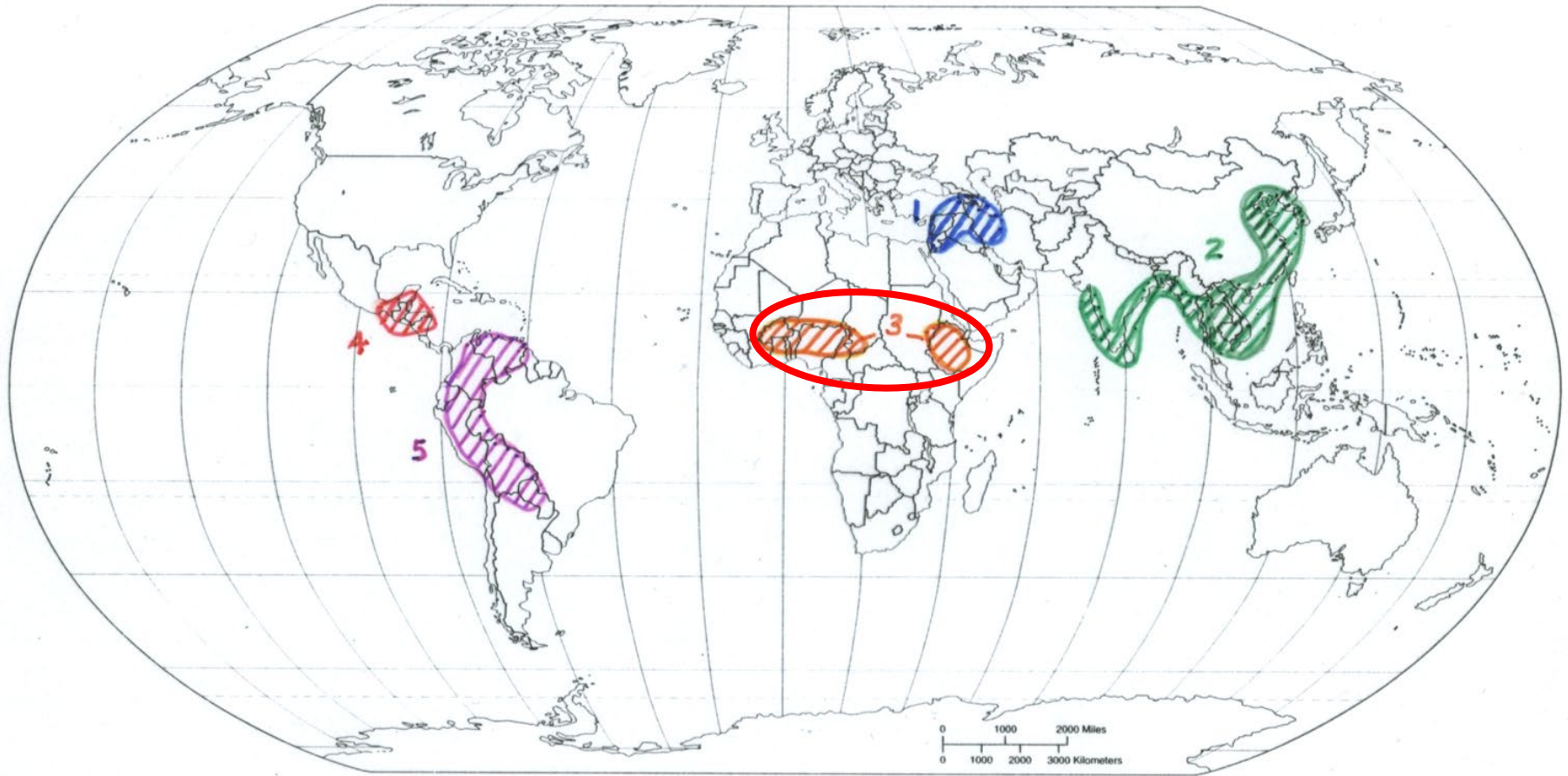


LE GRANDI CIVILTÀ NEOLITICHE DI INDIA E CINA DIPENDEVANO DALLA COLTIVAZIONE DEL GRANO E DEL RISO



EAST & WEST AFRICA

AGRICULTURAL HEARTHTHS



EAST & WEST AFRICA

miglio



sorgo



EAST & WEST AFRICA

Plant domestication

gourds



melons



yams

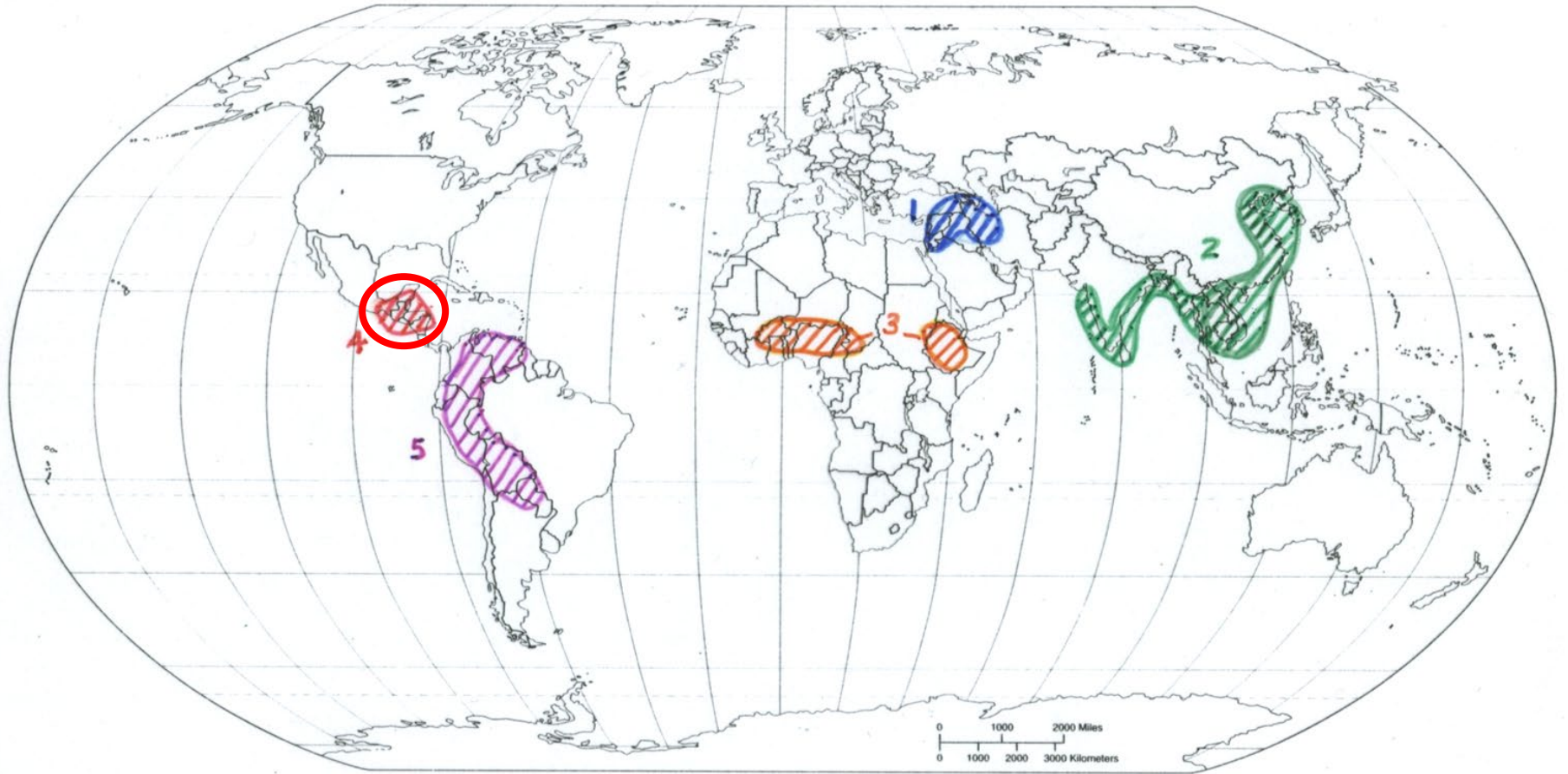


okra



MESOAMERICA

AGRICULTURAL HEARTHTHS





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

STARCHY
FILLER-FOOD!

MESOAMERICA

Plant domestication
Maize (Corn)



Xilonen
Goddess of
Young Maize
(Aztec)



Maize God
(Mayan)

MESOAMERICA

Plant domestication

beans



squashes



chili peppers



MESOAMERICA

Plant domestication



chicozapote



tlilxochitl

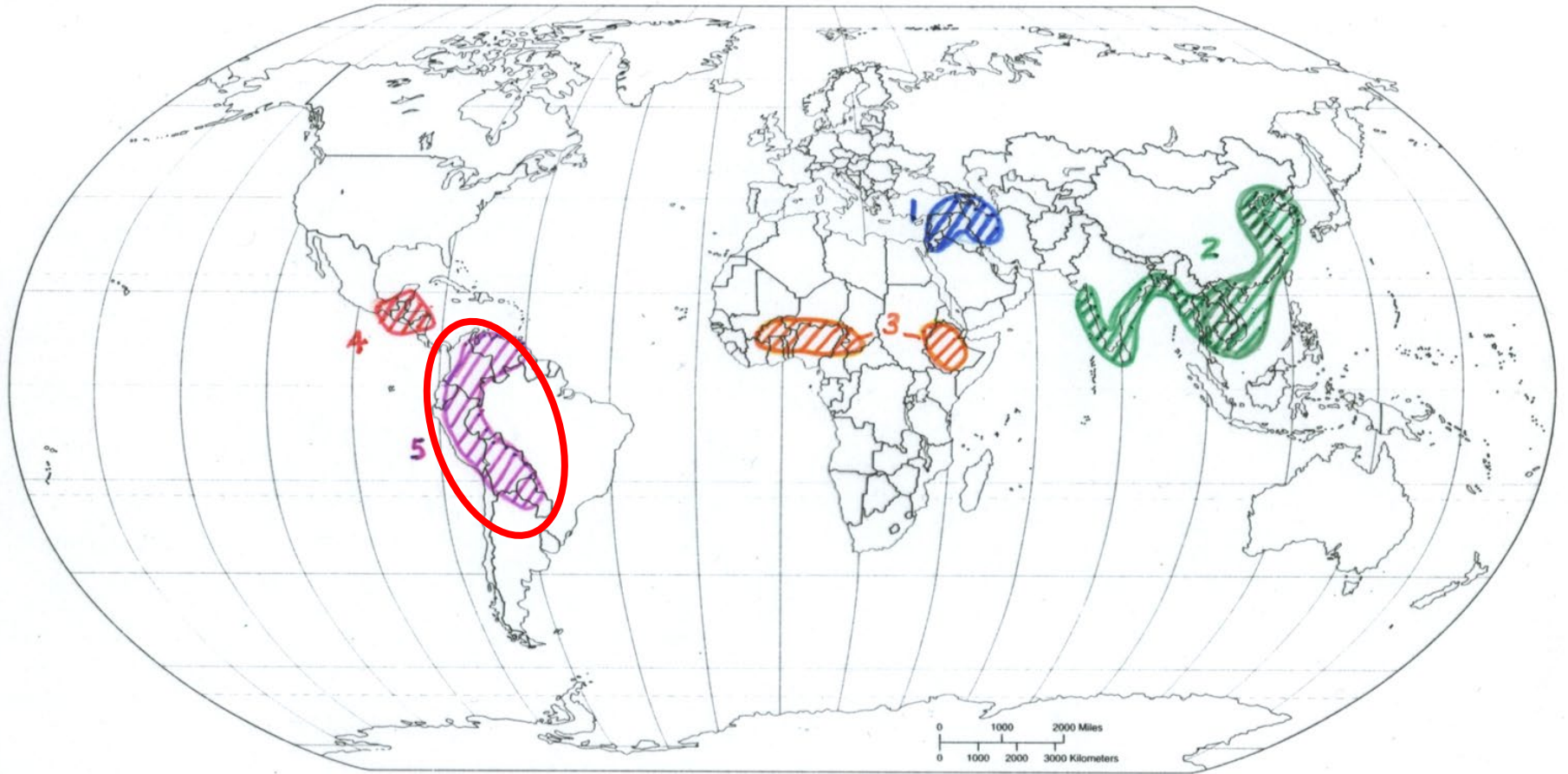


sunflower



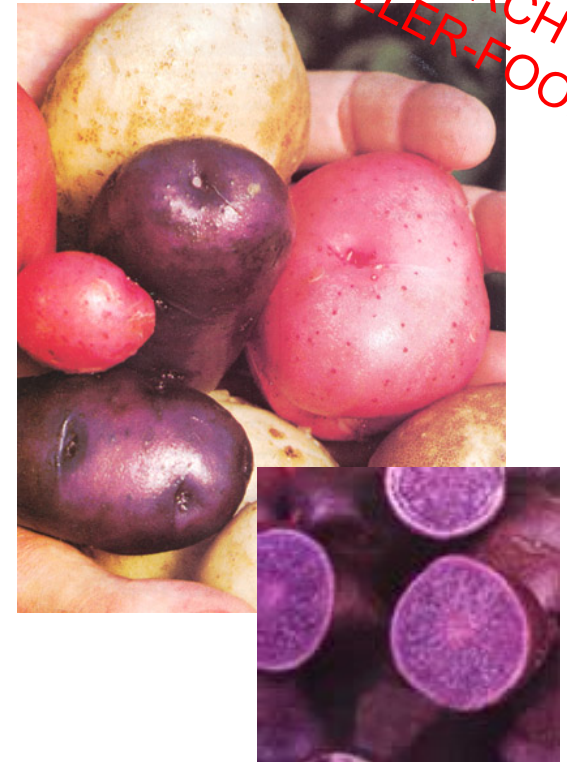
ANDEAN HIGHLANDS

AGRICULTURAL HEARTHTHS

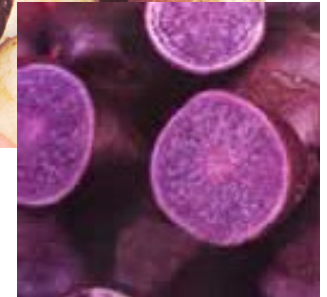


ANDEAN HIGHLANDS

Plant domestication
Potato



STARCHY
FILLER-FOOD!



ANDEAN HIGHLANDS

Plant domestication

tomato



pineapple



peanut



Suffolk, VA



**Peanut Capital
of the World!**



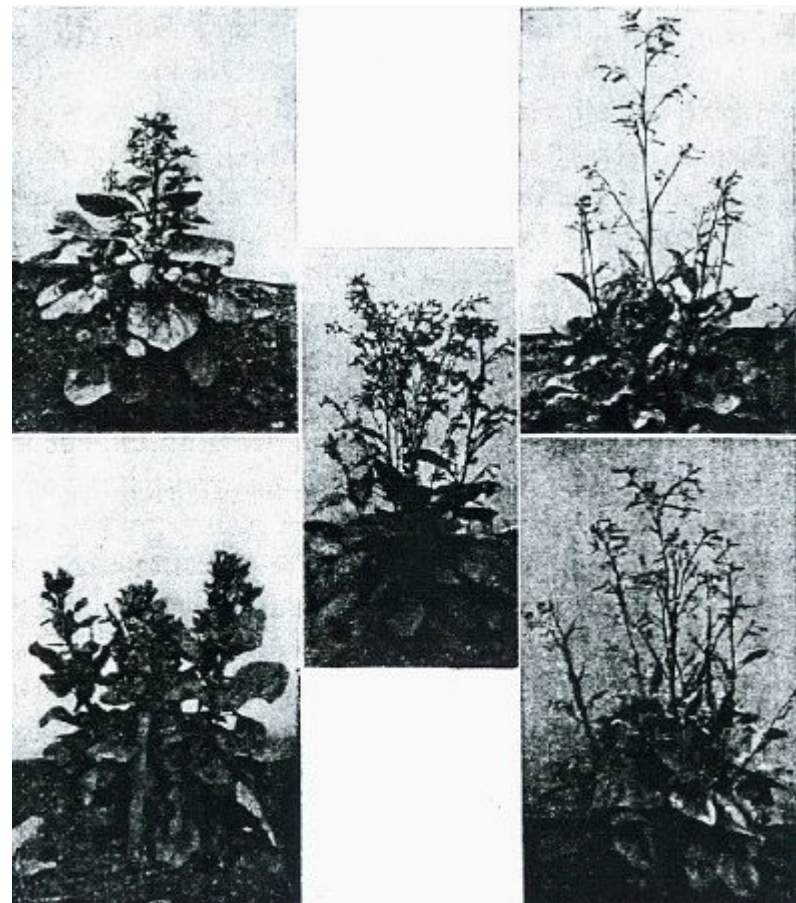
Fino al XVII-XVIII secolo, l'uomo ha semplicemente selezionato genotipi migliori basandosi sul fenotipo, sfruttando la variabilità genetica esistente

In seguito, ha iniziato a combinare in modo controllato tale variabilità per ottenere piante con specifici tratti migliorati: incroci intra- ed interspecifici

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



Reipzig,
in der Obergoldschen Buchhandlung.
1761.

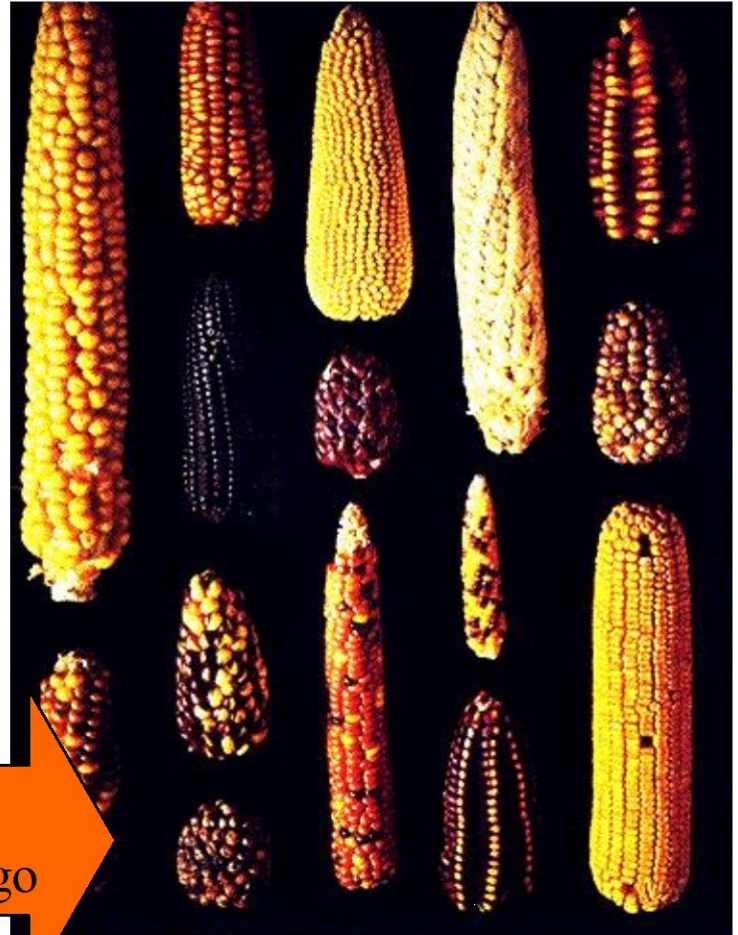


Domestication of corn



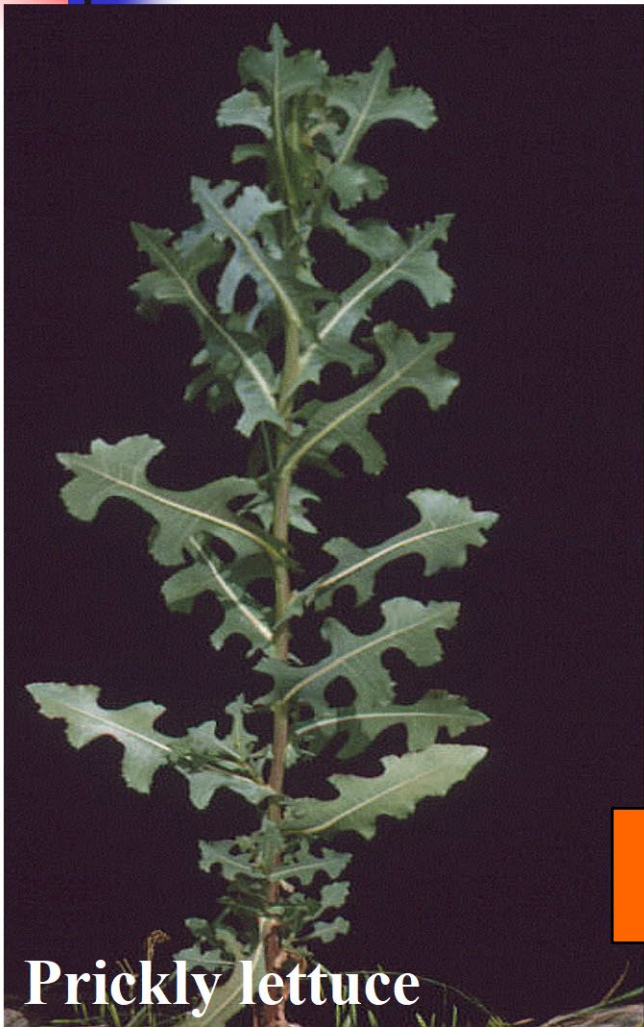
Teosinte

9000
Years Ago

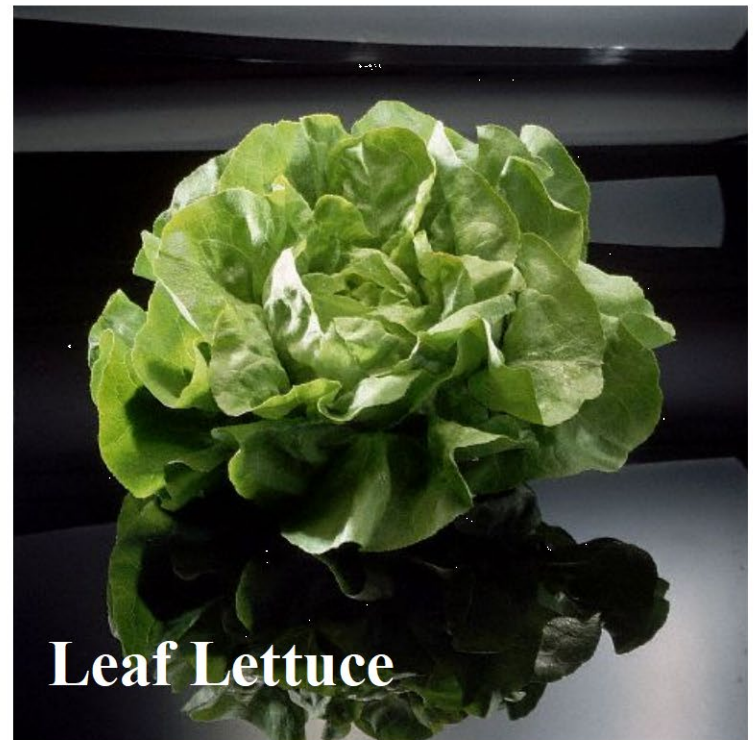


Corn

Domestication of lettuce



4,500
Years Ago



Domestication of carrot



Queen Anne's Lace

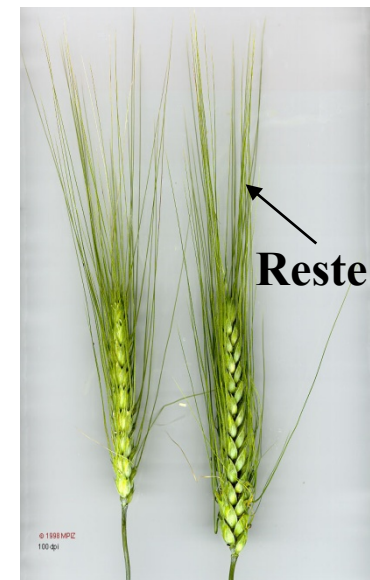


1,100 to 300
Years Ago

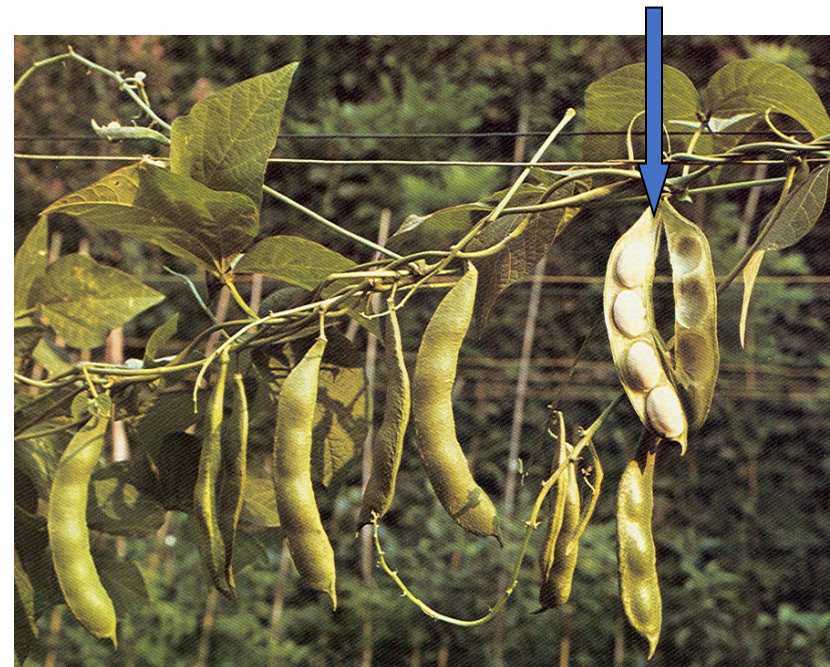
- **Orange carrots appeared in Holland in the 1700s**

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).

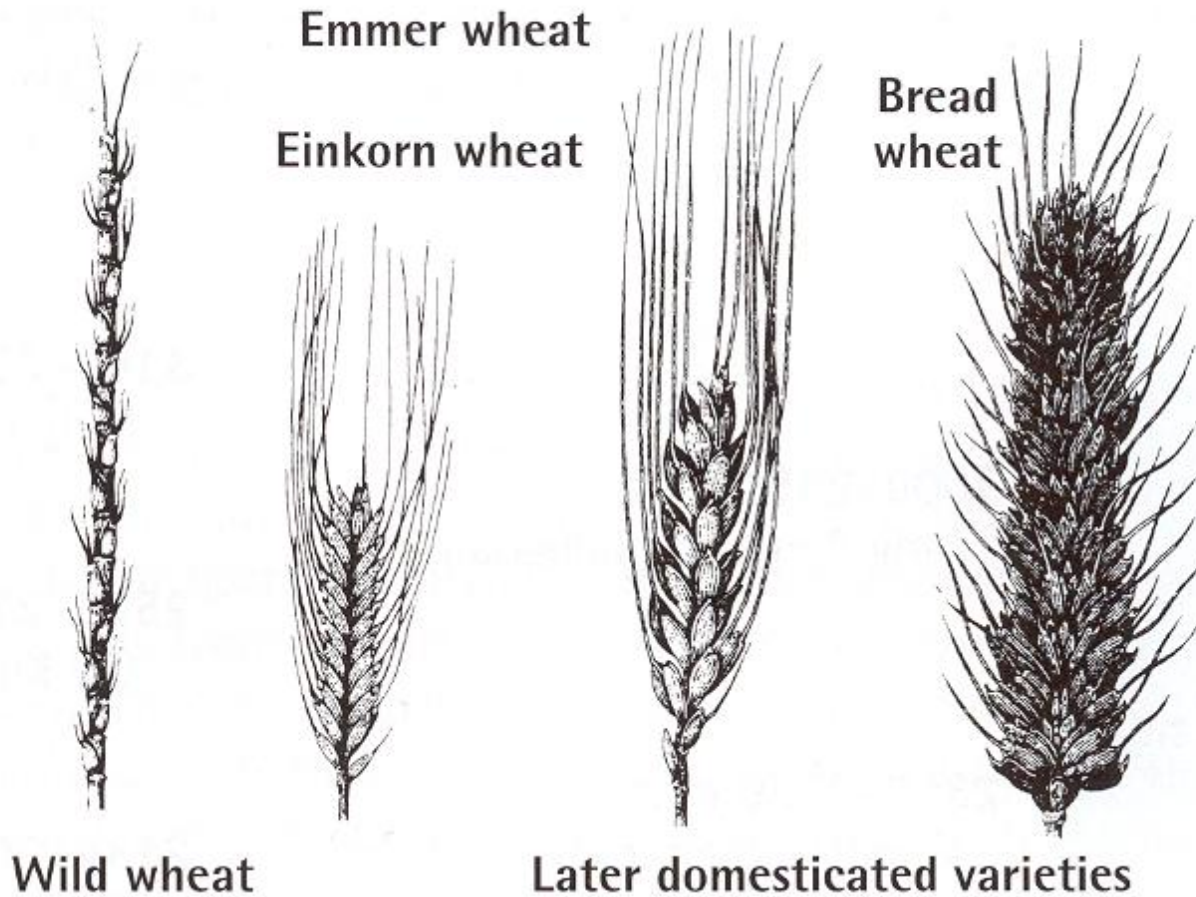
Caratteri selezionati da	Uomo	Natura
Presenza di spine	-	+
Presenza di reste	-	+
Spiga fragile	-	+
Cariosside nuda	+	-
Infiorescenza compatta	-	+
Bacelli deiscenti (freccia)	-	+
Fioritura sincrona	+	-
Seme grande	+	+/-
Dormienza	-	+



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



Piante addomesticate: crescono e si riproducono solo grazie all' intervento dell'uomo



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:

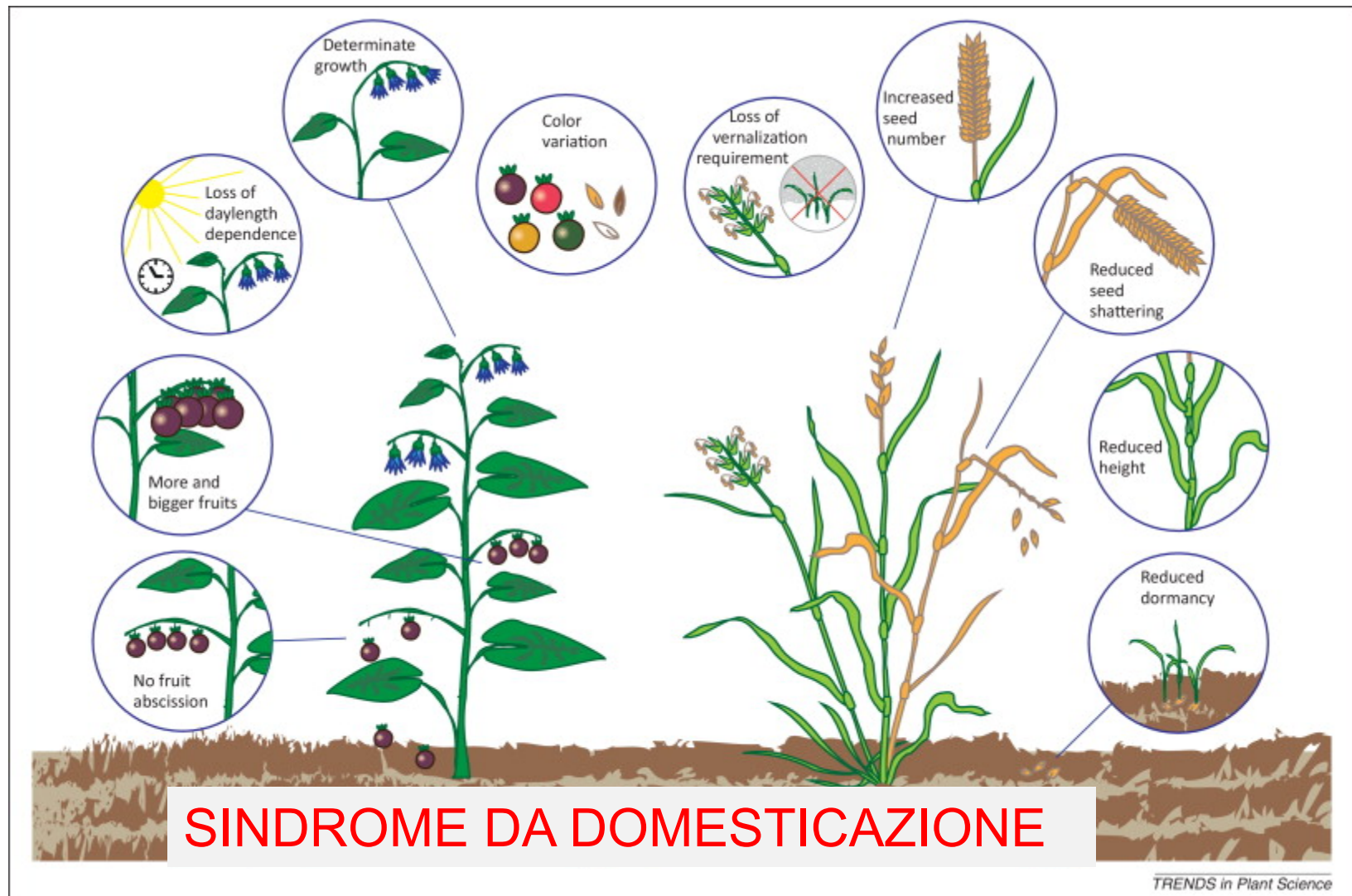
- a. Le perturbazioni ambientali naturali esercitano un ruolo importante sulla dinamica evolutiva di queste popolazioni. Pertanto gli studi genetici basati solo su una o poche generazioni non consentono di caratterizzare adeguatamente le cause e le conseguenze dei cambiamenti genetici.**
- b. La selezione 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.**

La sindrome da domesticazione

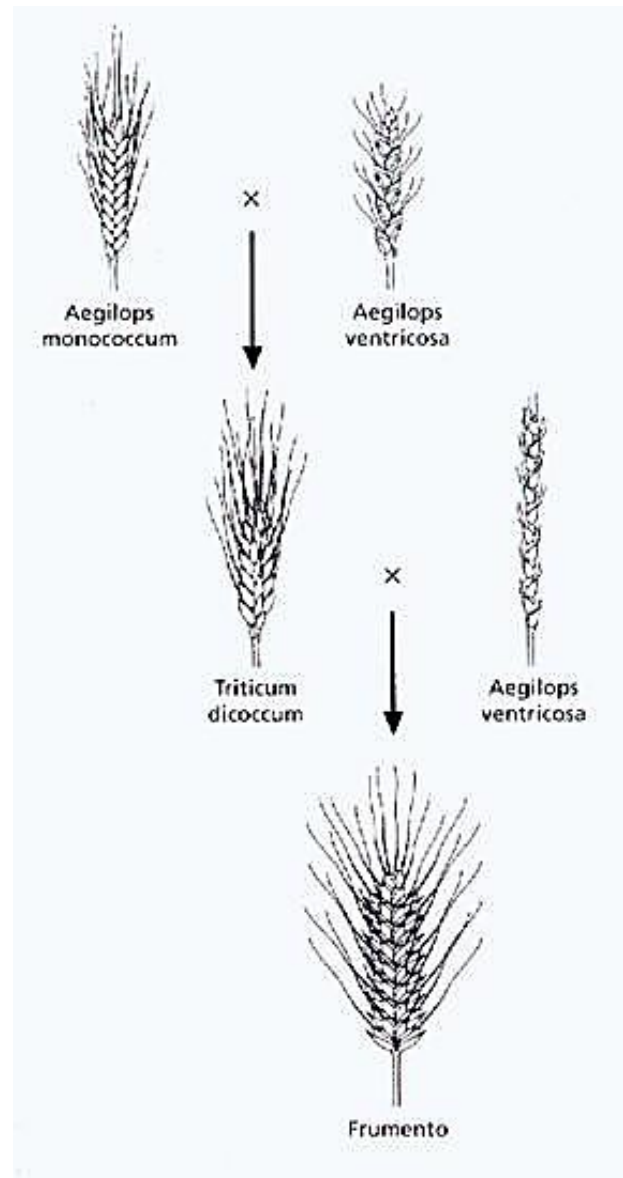
Accumulo di mutazioni dannose per la pianta, ma favorevoli all'uomo (oltre a quelle dannose tramite linkage)

- Seme trattenuto a maturità della spiga (frutto)
- Riduzione del contenuto di tossine (patogeni...)
- Dimensioni, forma e colore del frutto/semi/parte commestibile
- Aumento nel numero di semi/fertilità
- Nanismo/accestimento (in generale “plant architecture”)
- Dormienza del seme (infestanza, permanenza..)
- Richieste nutrizionali (fertilizzanti...)
- Adattamento della fioritura alle condizioni locali

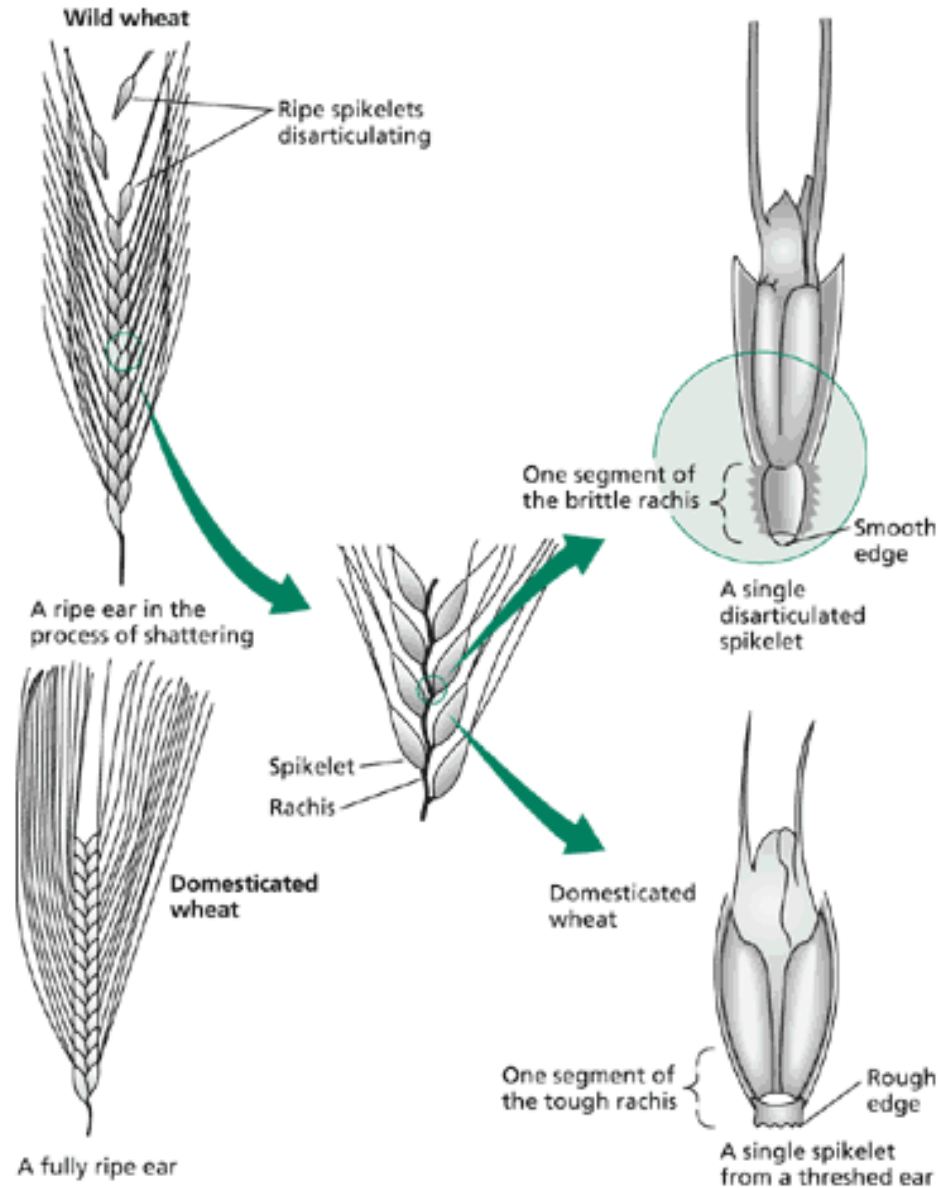
CARATTERI ALTERATI NEL CORSO DELLA DOMESTICAZIONE DELLE PIANTE



Evoluzione del frumento a partire dai suoi genitori selvatici



Dispersion dei semi nel frumento e nelle specie selvatiche



Domesticazione dei frumenti



Rachide persistente (mancata dispersione dei semi)

Glume libere permettono una più facile separazione dalle cariossidi



Cariossidi più grandi



Un bel carattere

**Spighetta in una pianta matura:
i semi cadono a terra entro pochi
giorni.**

**Spighetta in una pianta matura:
i semi rimangono per anni
attaccati alla spighetta. Il loro
distacco richiede un trattamento
vigoroso (trebbiatura).**



Orzo selvatico (murino) - coltivato



Teosinte – Mais



Semi di teosinte

i semi si staccano facilmente

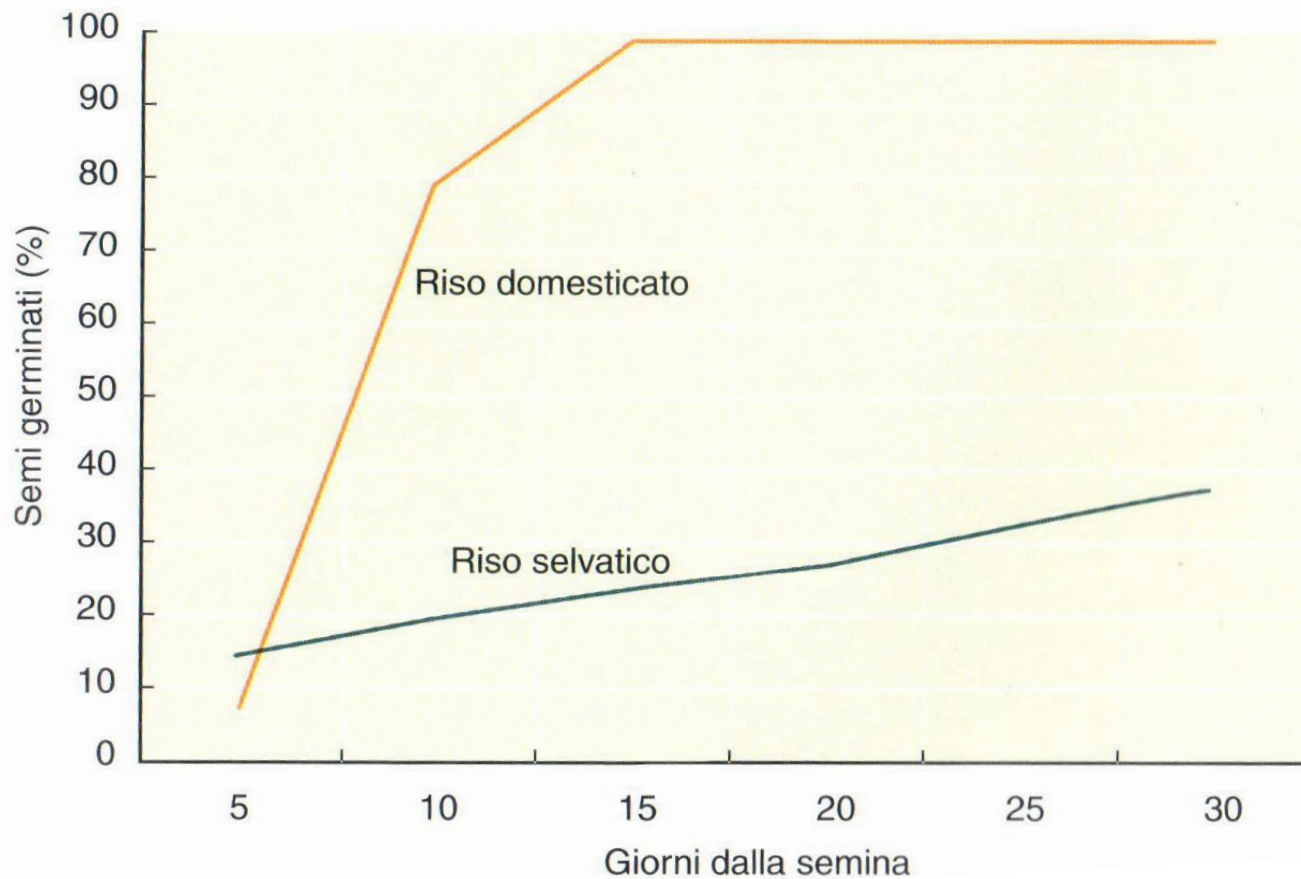
Semi di mais



Per staccare i semi occorre un'azione vigorosa



Germinabilità dei semi di piante di riso selvatico e domestico



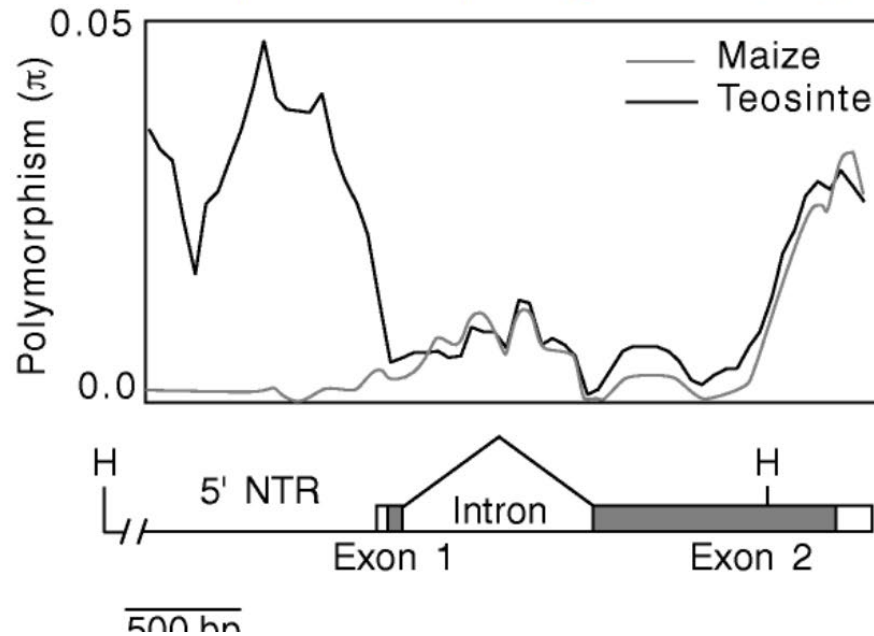
Domesticazione del mais

- Riduzione numero steli (mais)



- Crescita più rapida

Sweep selettivo per il gene *tb1* (Wang 1999)

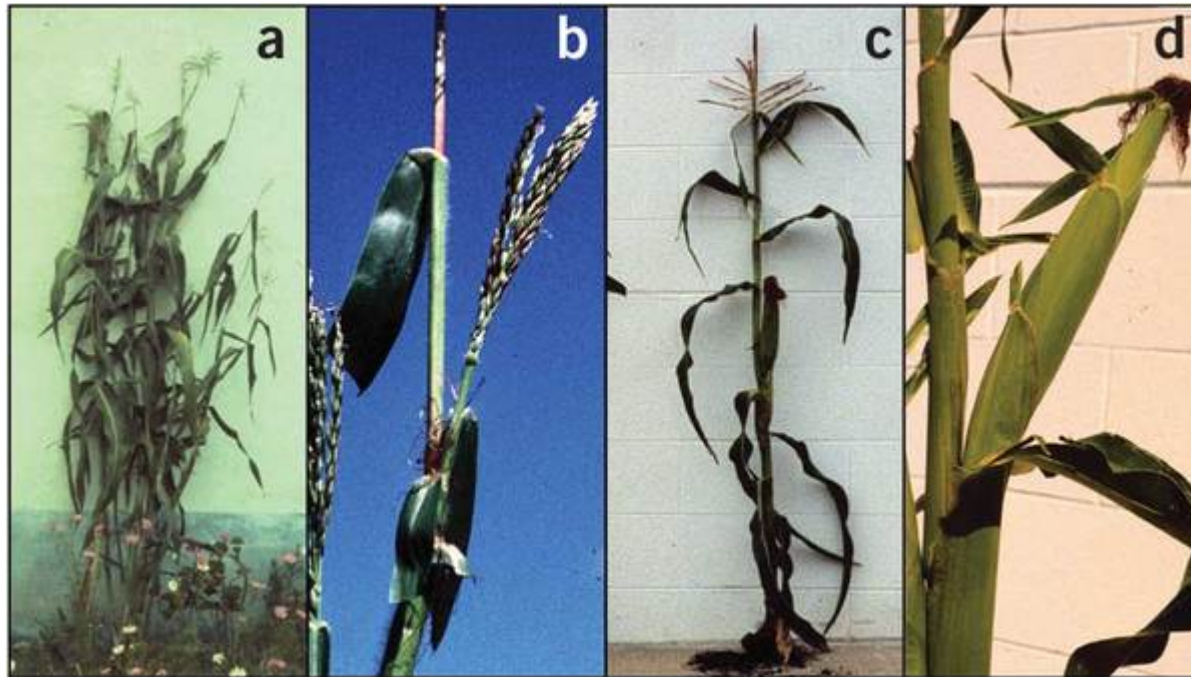


Habitus



The main stalk (stelo) of a **teosinte** plant has multiple long branches, each tipped by a tassel and bearing many small ears of grain at its nodes. By comparison, the stalk of a modern maize plant has only one or two short branches, each of these tipped by a large, grain-bearing ear. The difference in size of the teosinte and maize ears is substantial. The small ears of teosinte have only 10 or 12 kernels, whereas a single ear of maize can have 300 or more. Overall, maize shows much greater apical dominance, with the development of the branches repressed relative to the development of the main stalk.

Teosinte and
maize plants.



(a) Highly branched teosinte plant. (b) Teosinte lateral branch with terminal tassel. (c) Unbranched maize plant. (d) Maize ear shoot (that is, lateral branch).

HABITUS DI CRESCITA

Riduzione taglia (frumento)



- minor produzione paglia
- possibilità di aumentare le concimazioni senza pericolo di allettamento



Eliminazione habitus rampicante e crescita illimitata (fagiolo)



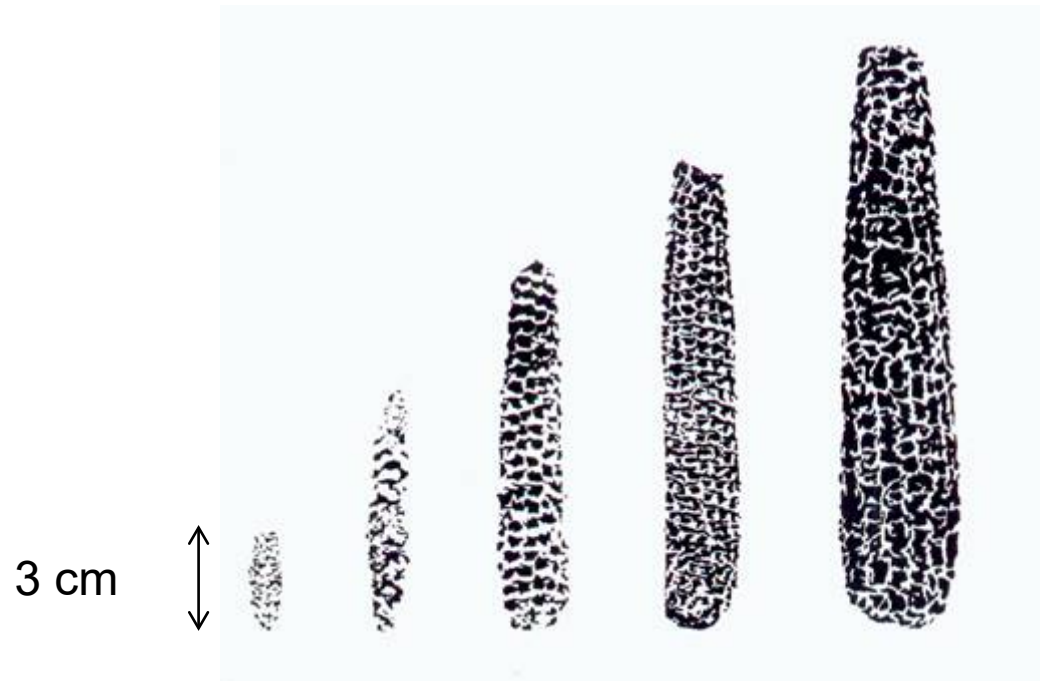
- competizione intraspecifica
- necessità tutori



varietà nane di frumento



Aumento nelle dimensioni del mais fra il 1500 a.C e il 1500 d.C.



Dimensioni dei frutti e/o delle altre parti commestibili



Mancata dispersione dei semi nei legumi

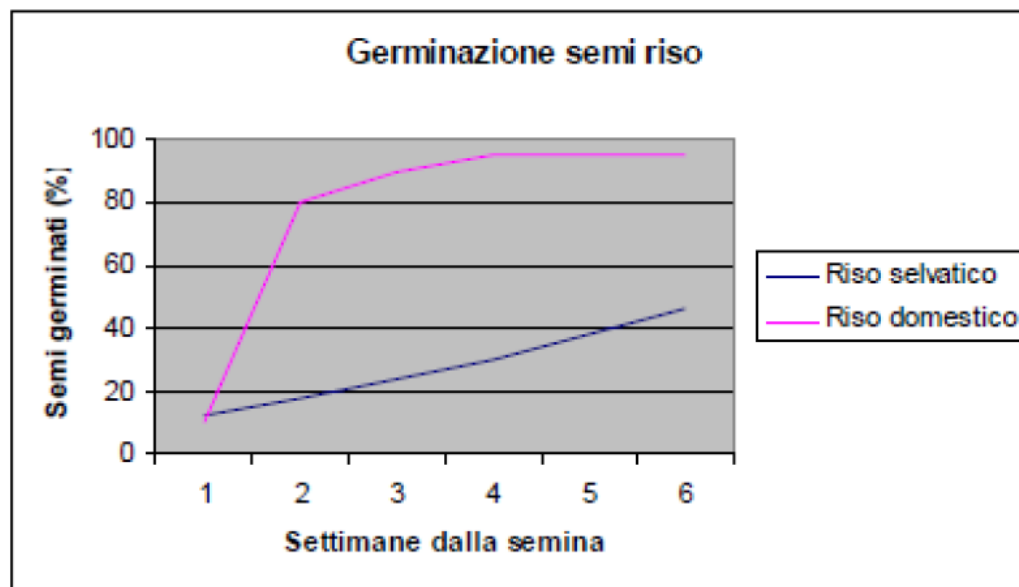


Selvatico

Coltivato

DORMIENZA DEI SEMI

Scalarità di germinazione dei semi



- **Adattamento contro situazioni sfavorevoli (gelate tardive, siccità, incendi, predazione)**
- **Problema per specie coltivate, dove la germinazione dei semi deve essere veloce ed uniforme**

Un effetto della domesticazione: alterazione nel contenuto in tossine

Cultivated plant foods commonly contain on average fewer natural toxins than do their wild counterparts. For example, the wild potato *Solanum Acaule*, the progenitor of cultivated strains of potato, has a glycoalkaloid content about 3 times that of cultivated strains and is more toxic. The leaves of the wild cabbage *Brassica oleracea* (the progenitor of cabbage, broccoli, and cauliflower) contain about twice as many glucosinolates as cultivated cabbage. The wild bean *Phaseolus lunatus* contains about 3 times as many cyanogenic glucosides as does the cultivated bean. Similar reductions in toxicity through agriculture have been reported in lettuce, lima bean, mango, and cassava.

da Ames et al., PNAS 1990

<http://socrates.berkeley.edu/mutagen/center.pubs.html>

Gli agricoltori della preistoria hanno selezionato quei caratteri (alleli) che hanno reso le piante selvatiche coltivabili (domesticate). I “plant breeders” hanno selezionato ulteriori tratti genetici per produrre le piante coltivate che noi oggi conosciamo e di cui ci nutriamo.

la conclusione: le piante coltivate NON sono piante “naturalì”

Assenza di semi

Banane, arance, uva → scomparsa dei semi



Sterilità → propagazione vegetativa

FOTOPERIODO

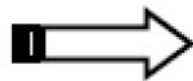
Piante brevidiurne, longidiurne, neutridiurne

In condizioni naturali il fotoperiodo fa sì che le piante fioriscano nel momento più opportuno

Problema se le specie vengono coltivate a latitudini diverse da quelle della zona di origine

DIMENSIONE PARTE UTILIZZATA

Foglie, frutti, germogli, fiori, frutti, semi, ecc.



Molte piante ornamentali presentano mutazioni



Rosa canina (selvatica)



Rosa coltivata

DIGERIBILITA' PARTE EDULE

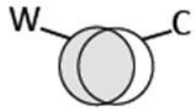
Eliminazione prodotti poco digeribili

Miglior rapporto tra parte interna dei frutti ed epidermide

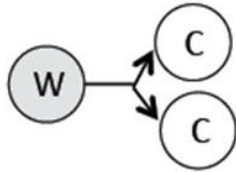
RESISTENZA (e minore attrattività) VERSO I PARASSITI

- **Tomentosità fogliare**
- **Ispessimento cuticola**
- **Sintesi prodotti tossici**
- **Frutti nascosti tra le foglie**
- **Modificazione colore frutti (da rosso a giallo)**
- **Riduzione piccantezza**

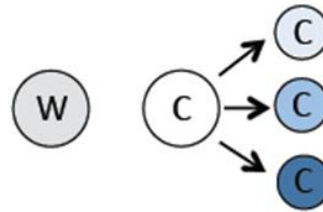
Stage 1: onset of domestication



Stage 2: *in situ* increase in frequency of desirable alleles



Stage 3: cultivated populations form that are adapted to new environment and local preferences



Stage 4: deliberate breeding

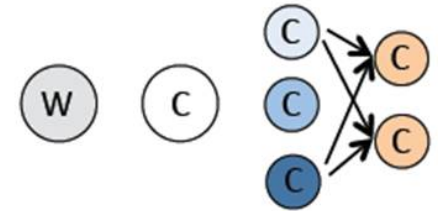
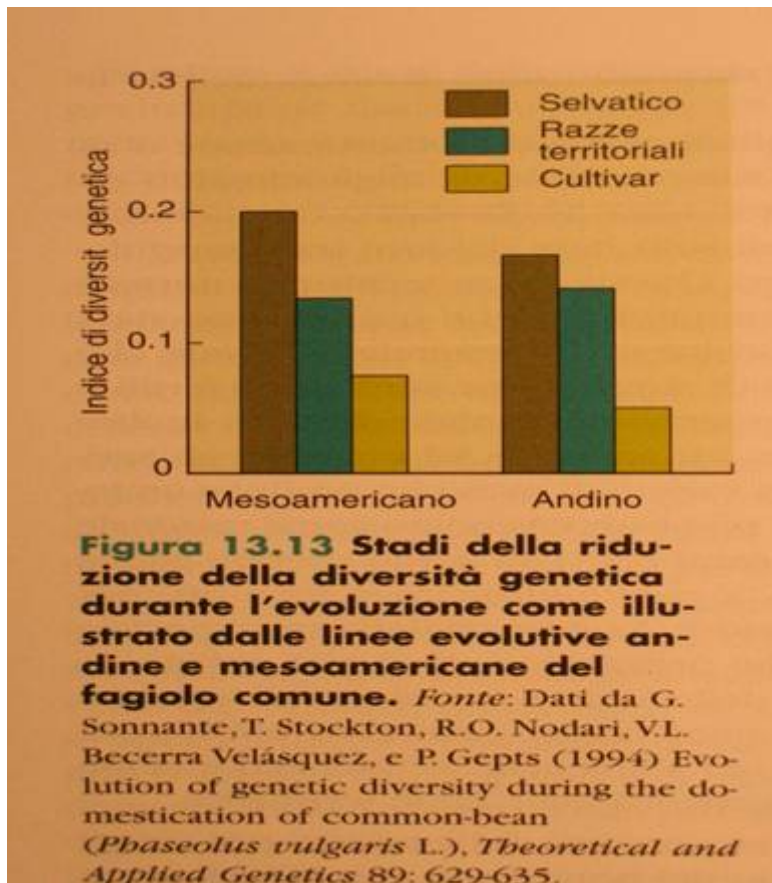


Table 1 | **Commonly observed traits in crops* accompanying domestication (Stage 1) and diversification (Stages 2–4)**

	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4
Seed crop	<ul style="list-style-type: none"> • Larger seeds • Resource allocation • Thinner seed coat, and increased seed softening and ornamentation • Inflorescence architecture (including shape, number and determinacy) • Increased yield potential and productivity • Loss of dormancy • Determinate growth 	<ul style="list-style-type: none"> • More seeds • Increased seed size variation • Pigment change • Flavour change • Change in starch content • Non-shattering seeds[‡] • Reduced germination inhibition 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduced vernalization • Reduced photoperiod sensitivity • Modified hormone sensitivity • Synchronized flowering time • Shortened or extended life cycle • Dwarfism 	<ul style="list-style-type: none"> • Increased yield • Increased abiotic stress tolerance • Increased biotic stress tolerance • Improved eating quality
Root and Tuber	<ul style="list-style-type: none"> • Flavour change • Resource allocation • Change in starch content • Ability to thrive in modified landscape • Reduced branching 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduced toxicity • Vegetative propagation and reduced sexual propagation • Abiotic stress tolerance • Biotic stress tolerance • Extended harvest season 	<ul style="list-style-type: none"> • Hybridization using effect of heterosis • Promotion of allogamy • Increased yield 	<ul style="list-style-type: none"> • Improved nutritional quality • Improve multiplication ability and rate
Fruit	<ul style="list-style-type: none"> • Flavour change • Resource allocation • Larger seed size • Larger fruit size • Shortened life cycle • Softer fruit 	<ul style="list-style-type: none"> • Increased fruit size variation • Selfing breeding system 	<ul style="list-style-type: none"> • Improved pollination success • Reduced fruit shedding • Continuous fruiting 	<ul style="list-style-type: none"> • Delayed ripening • Increased post-harvest quality and delayed senescence • Increased yield • Increased abiotic stress tolerance • Increased resistance • Attractiveness and even ripening

*Examples in annual or short-lived perennial fruits, roots and seeds are shown. Fewer general traits could be identified for less well-characterized crops, such as leaf crops and long-lived perennial species, and these were therefore excluded. [‡]A Stage 1 trait in some crop species.

Il fagiolo comune è stato domesticato almeno due volte



- Tutte le cultivar di fagiolo comune derivano da una delle due linee
- La diversità genetica in entrambe le linee è stata ridotta dalla domesticazione, dalla diffusione verso altre regioni del globo, dallo sviluppo di nuove cultivar

I vantaggi raggiunti dai selezionatori

Contadino romano: 1000 kg frumento per ettaro

In Italia 1920: 1000 kg frumento per ettaro

Adesso: 4000 kg frumento per ettaro

Pratiche agricole più efficiente e selezioni

RIVOLUZIONE VERDE

Biodiversità come fonte di nuove specie agrarie

Inventario delle specie vegetali:

a) attualmente conosciute

- 10.000 cereali
- 18.000 leguminose
- 1.500 funghi commestibili
- 60.000 specie medicinali
- 2.000 specie con poteri insetticidi
- 3.000 specie di frutta tropicali

b) coltivate su scala commerciale

- * 4 specie di frutta tropicale (banana, mango, ananas e papaya)
- * 7 cereali (frumento, riso, mais, sorgo, segale, avena)
- * 6 leguminose (fagiolo, pisello, soia, arachide, erba medica, trifogli)

Biodiversità come fonte di nuove specie agrarie

Con approccio trasversale:

- Specie dotate di parti eduli (radici, foglie, fusto, semi, frutti) e già in qualche modo utilizzate: **20.000**
- Specie attualmente capaci di alimentare l'umanità: **22** (frumento, mais e riso = $2/3$, in termini calorici, della produzione alimentare mondiale)
- Specie portate a buon livello di progresso agronomico: **100**

Domesticazione, cerealicoltura nativa e “civiltà indigene” 1.

Cerealicoltura nativa

- Per frumento, orzo e segale, nasce con l'agricoltura circa 10.000 anni fa nella “mezzaluna fertile”, nel bacino tra Tigri ed Eufrate.
- Analoghe evoluzioni per il riso, nel subcontinente indiano, e per il mais nelle Americhe, dal Messico al Perù, anche se in epoche successive.

Domesticazione preferenziale dei cereali

- legata anche ad alcune loro caratteristiche.
- La facile conservazione delle cariossidi favorisce la costituzione di insediamenti umani e lo stabilirsi di una società. L'Australia, unico continente a non aver ospitato una “civiltà indigena”, è anche l'unico a non aver avuto una cerealicoltura nativa.

Domesticazione, cerealicoltura nativa e “civiltà indigene” 2.

Tra le caratteristiche che hanno favorito la domesticazione:

- una maggior plasticità genetica (più vasta generazione di variabilità genetica),
- un migliore adattamento alla variabilità ambientale,
- una più rapida risposta alla selezione umana, e quindi
- una più rapida utilizzabilità delle specie
- **nei cereali**, particolarmente significativa la perdita del carattere ***“shattering”***
- In epoche seguenti alla domesticazione, tuttavia, e fino al moderno miglioramento genetico (anni 20-30-40), rese produttive delle specie domestiche per lo più costanti

Come elevare la produzione di cibo

- In teoria, due vie percorribili:
 - estensione della superficie coltivabile
 - incremento della produttività (*produzione per ettaro*)
- Prima opzione da tempo non più praticabile. La superficie mondiale di terre arabili si sta in realtà riducendo, a causa di diversi fattori, quali:
 - urbanizzazione sempre più estesa (case, strade, canali, ecc.)
 - desertificazione;
 - erosione
 - degrado dei suoli (salinizzazione, mineralizzazione, ecc.)
- L'acquisizione di altre terre agricole mediante deforestazione è improponibile (non sostenibile)
- Ineluttabilmente, la sola via per incrementare, come necessario, la produzione di alimenti è quella di accrescere la produttività delle specie agrarie.

I FONDAMENTI DEL PROGRESSO PRODUTTIVO 1.

- Dopo secoli di stasi, a partire dagli anni '30-'40 la produttività delle più importanti specie domestiche ha fatto registrare incrementi considerevoli, che continuano ancora.
- Essi sono ascrivibili a progressi paralleli nella genetica e nelle agro-tecnologie.
- Concentrazione su una delle tre principali specie di cereali (2/3 del fabbisogno calorico dell'umanità): il frumento

I FONDAMENTI DEL PROGRESSO PRODUTTIVO 2.

- La selezione genetica presuppone l'esistenza e disponibilità di variabilità genetica, o "biodiversità", di opportuna qualità.
- I fenotipi (genotipi) più idonei vengono scelti ("selezionati") per la riproduzione.
 - Nel passato, tale selezione era esercitata da parte degli agricoltori.
 - Successivamente, è stata praticata da parte di figure più specializzate, i genetisti agrari, che dopo tentativi ripetuti e più o meno laboriosi, giungono a costituire nuove forme ("varietà") migliorate, coltivate con più successo dagli agricoltori.

PROGRESSO PRODUTTIVO NEI FRUMENTI 1.

- N. Strampelli, genetista italiano, introduce negli **anni '20** la varietà di frumento giapponese Akagomuki, e la ibrida con diverse varietà italiane ed europee.
- Akagomuki “porta in dote” geni per bassa taglia e per fotoinsensibilità. Effetti positivi su resistenza all'allettamento e sulla precocità di maturazione.
- Il grano “Ardito”, capostipite di una serie di nuove varietà.
- Aumenti di produttività di quasi il 100% e affrancamento da onerosissime importazioni (“Battaglia del Grano”)

PROGRESSO PRODUTTIVO NEI FRUMENTI 2.

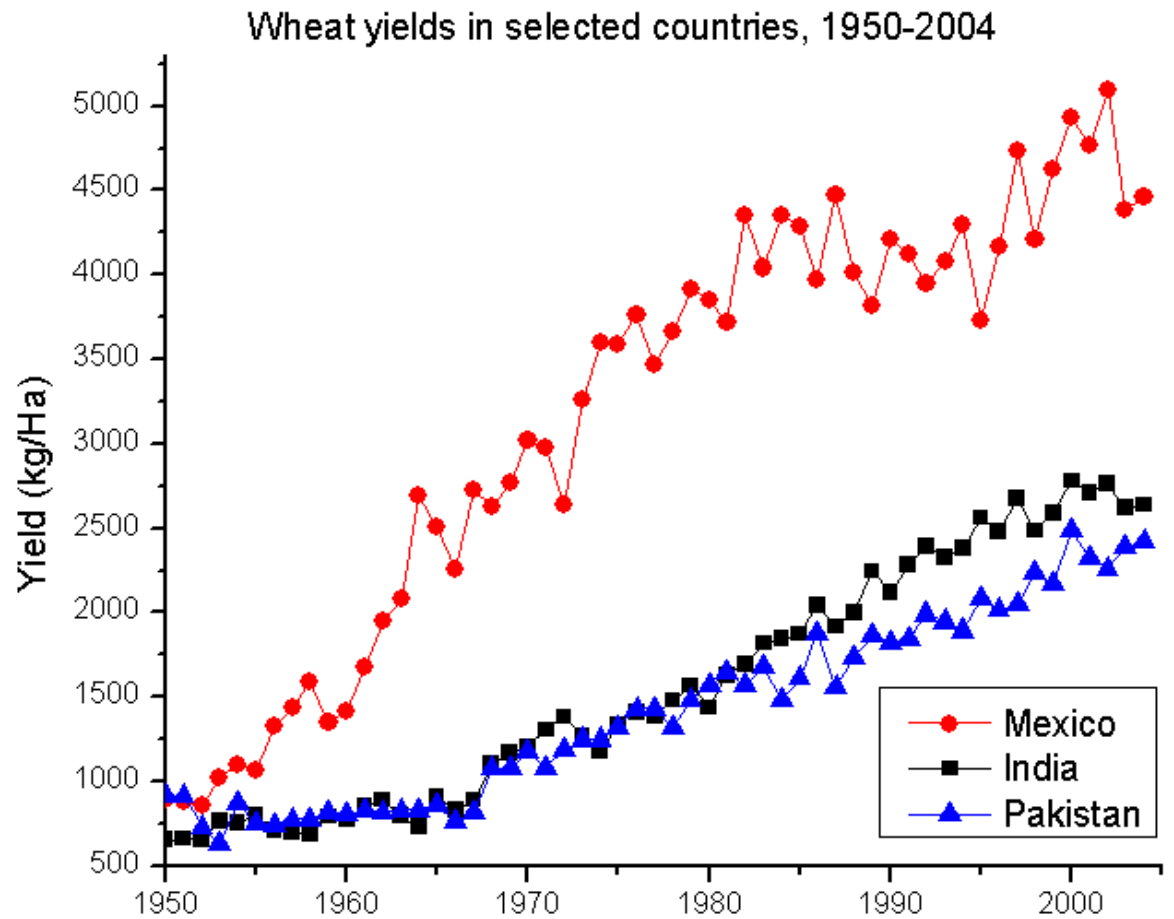
- Nel secondo dopoguerra, l'americano Borlaug in Messico introduce nei programmi di ibridazione e miglioramento dei frumenti un'altra serie di geni per bassa taglia, ancora di origine giapponese ("Norin 10" ed altri).
- Le varietà a taglia bassa che ne derivano sono **ad un tempo resistenti all'allettamento e alle ruggini.**
- Risultati: 1 kg di azoto somministrato, che determinava un incremento produttivo di **3 kg**. nelle vecchie varietà, ne determina uno di **10 kg** nelle nuove varietà.

La Rivoluzione verde

“l'uomo che disinnescò la bomba dell'aumento della popolazione umana”



Norman Borlaug
breeding wheat for Mexico
Nobel Peace Prize 1970



Source: FAO

La rivoluzione verde

Agricoltura ad alta resa con elevato input di sostanze chimiche

NPK

Alta resa: migliore assorbimento dei nutrienti, maggior biomassa

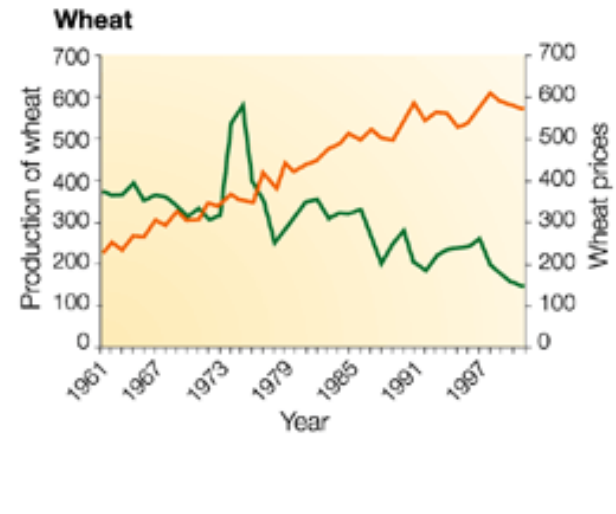
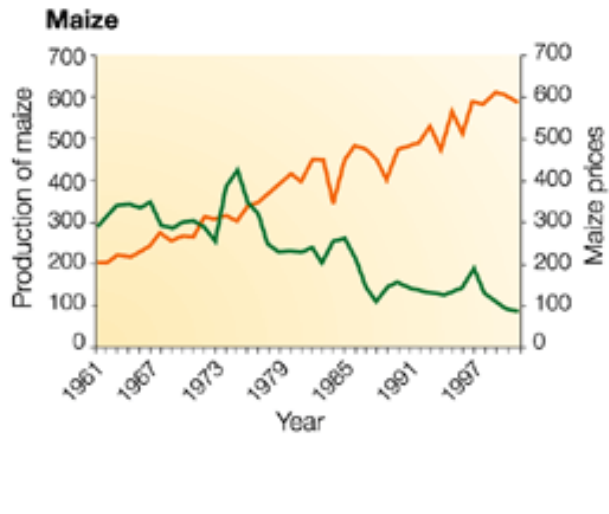
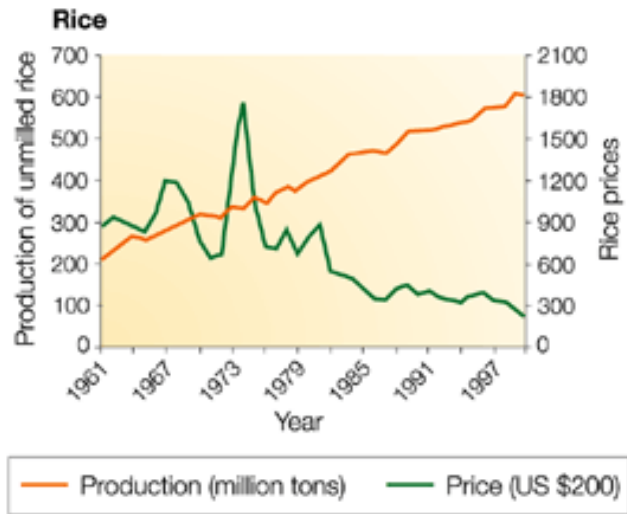
Rapida maturazione: nel riso dalla semina alla raccolta in 125 giorni contro i 210 previsti (in Asia due cicli)

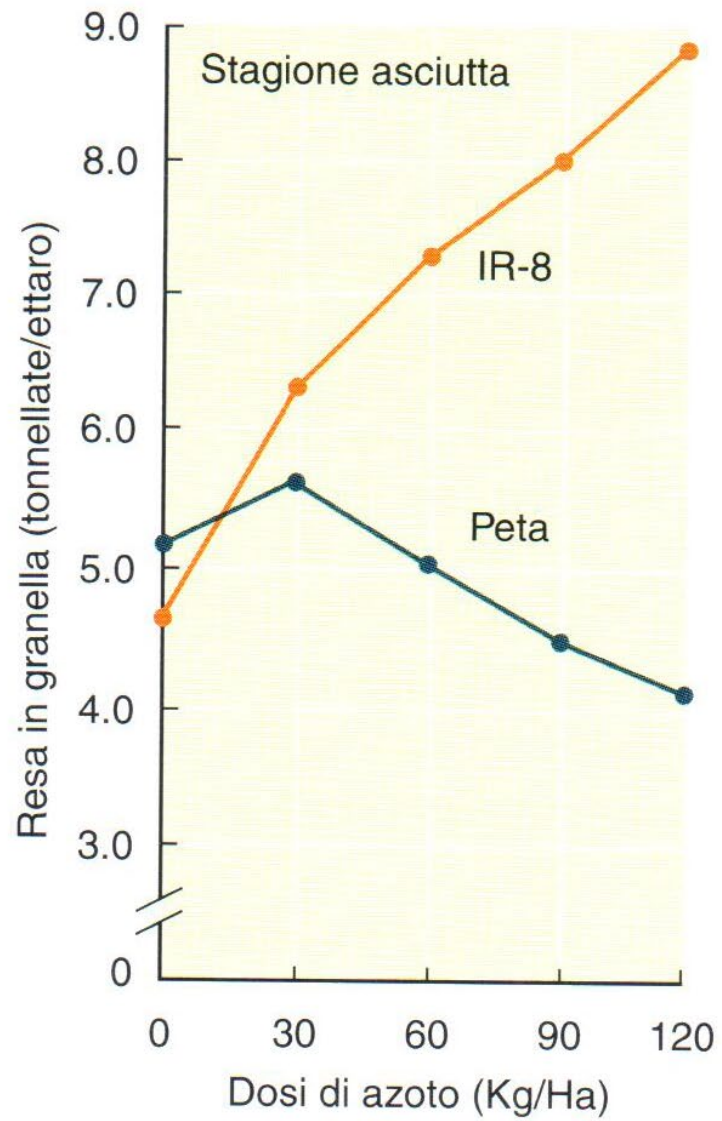
Habitus di crescita: semi-nano (90 cm contro i 120 del frumento)

Giappone, Filippine, USA

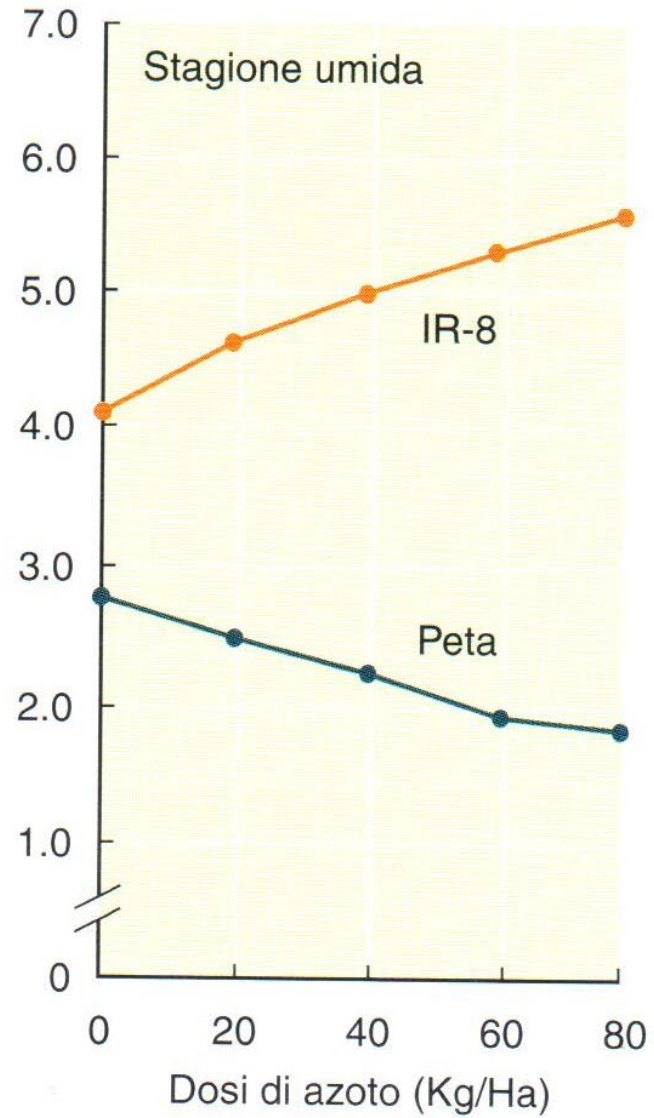
Riso: varietà Japonica e Indica







(a)



LA “RIVOLUZIONE VERDE” 1.

- Le nuove varietà che scaturiscono dal lavoro di Borlaug ed altri danno l'avvio alla cosiddetta “**rivoluzione verde**”, che si espande negli anni '60 in Asia, America Latina, Vicino Oriente, su una superficie di più di 25 milioni di ettari (1886).
- Tale espansione, tuttavia, è condizionata dalla disponibilità di una serie di fattori, quali:
 - acqua per irrigazione
 - capacità professionale
 - capitali per l'acquisto di mezzi di produzione
 - terre fertili
- La frequente indisponibilità di uno o più di tali fattori limita l'ulteriore espansione della rivoluzione verde.

La rivoluzione verde si basa sulle tecniche del miglioramento genetico

Alta resa

Rapida maturazione

Habitus di crescita semi-nano

Resistenza alle malattie

Adattabilità alle condizioni locali

Applicazione di fertilizzanti inorganici
erbicidi e fitofarmaci


Tecnologia di irrigazione, macchine....

Le conseguenze....

Tabella 14.5**I risultati della
rivoluzione verde: rese
(t/ha) di frumento e
riso in India e in Cina**

Paese	Coltura	1963	1983
India	Frumento	0.9	1.7
India	Riso	0.9	2.2
Cina	Frumento	1.0	2.5
Cina	Riso	2.0	4.7

Fonte: Dati FAO

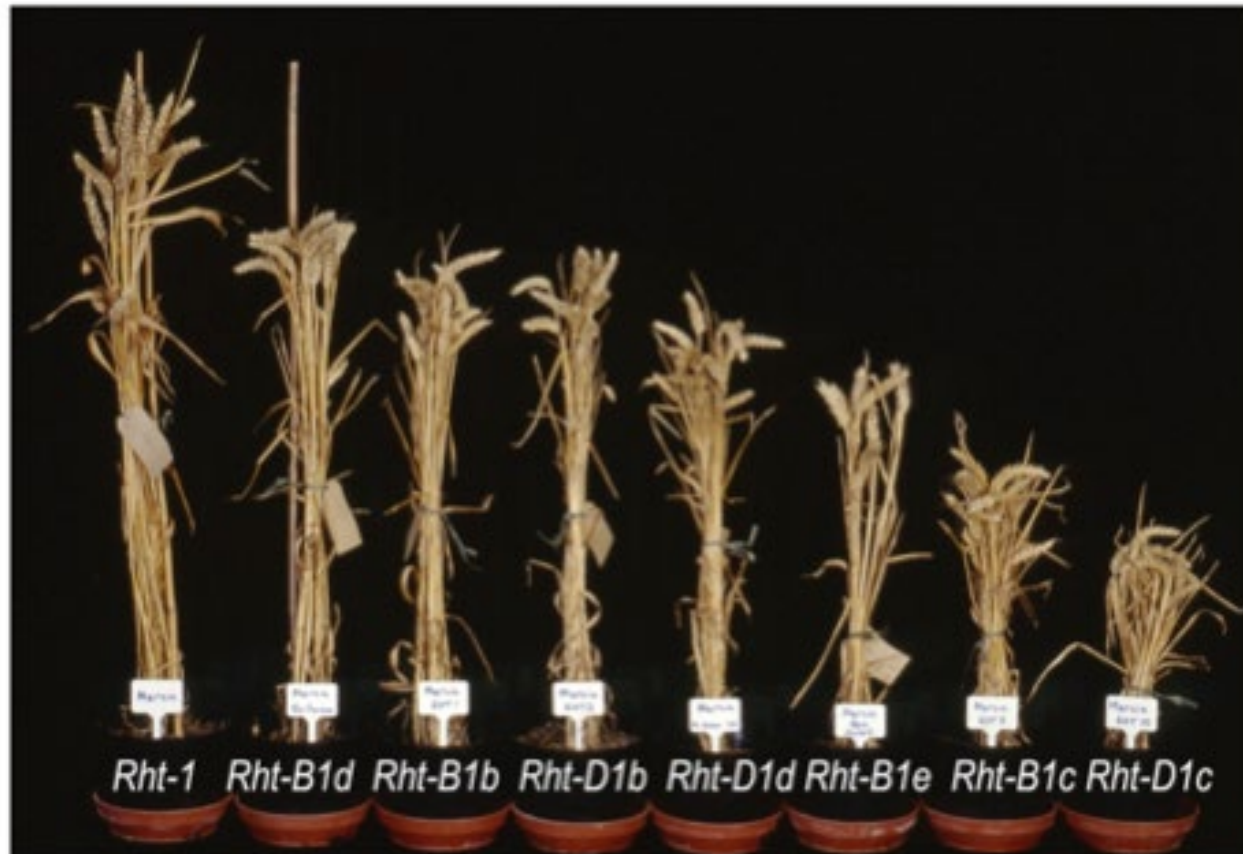


DEE-GEE-WOO-GEN

PETA

IR8

Dwarf Wheat



99% of wheat grown worldwide

FASI DEL MIGLIORAMENTO GENETICO

- 1) Introduzione di specie coltivabili in una regione
- 2) Selezione all'interno delle varietà locali -> omogeneità genetica (svantaggiosa sul lungo termine, es. suscettibilità a malattie)
- 3) Incroci intra- ed interspecifici per creare variabilità e selezionare nuovi genotipi

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			Veg.	Mediter., Asia
Banano			Veg.	Asia NE
Animali	7	17		
Latte,Formag,Uova	3	6		
Carni	3	7		
Pesce	1	4		
Altro	2	7		

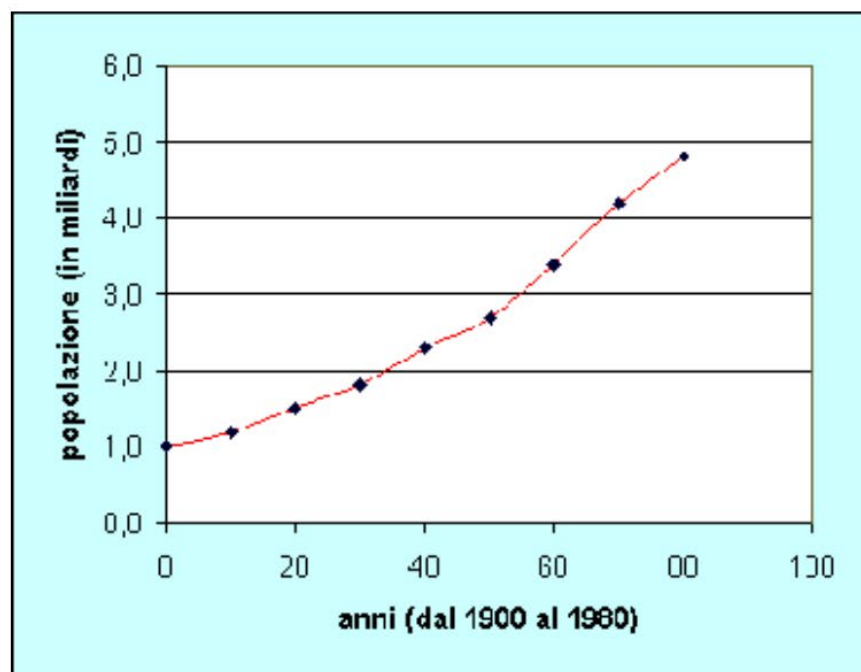
Concetto di erosione genetica

- Restrizione del pool genico all'interno di una specie
- L'erosione genetica e l'estinzione delle specie sono sempre avvenuti. Tuttavia, alcune attività antropiche fanno sì che, oggi, il ritmo con cui questi fenomeni avvengono sia drammaticamente aumentato rispetto al passato
- L'erosione genetica coinvolge numerosissime specie vegetali, comprese quelle immediatamente riconoscibili come risorse genetiche. Determina, tra le altre cose, l'impossibilità o gravi difficoltà nel far fronte a future esigenze dell'umanità
- Di qui, l'impellenza di programmi mirati alla salvaguardia e alla valorizzazione di risorse genetiche
- E' impensabile, una volta persa, ricostituire la biodiversità risultato di migliaia di anni di evoluzione. Questo anche utilizzando strumenti di biotecnologia avanzata

Cause di erosione genetica di specie non coltivate (pool secondario, terziario e quaternario)

- Perdita di habitat (es. deforestazione)
- Inquinamento e cambiamenti climatici
- Eccessivo sfruttamento di alcune specie
- Introduzione di specie aliene

Perdita di habitat e introduzione di specie aliene



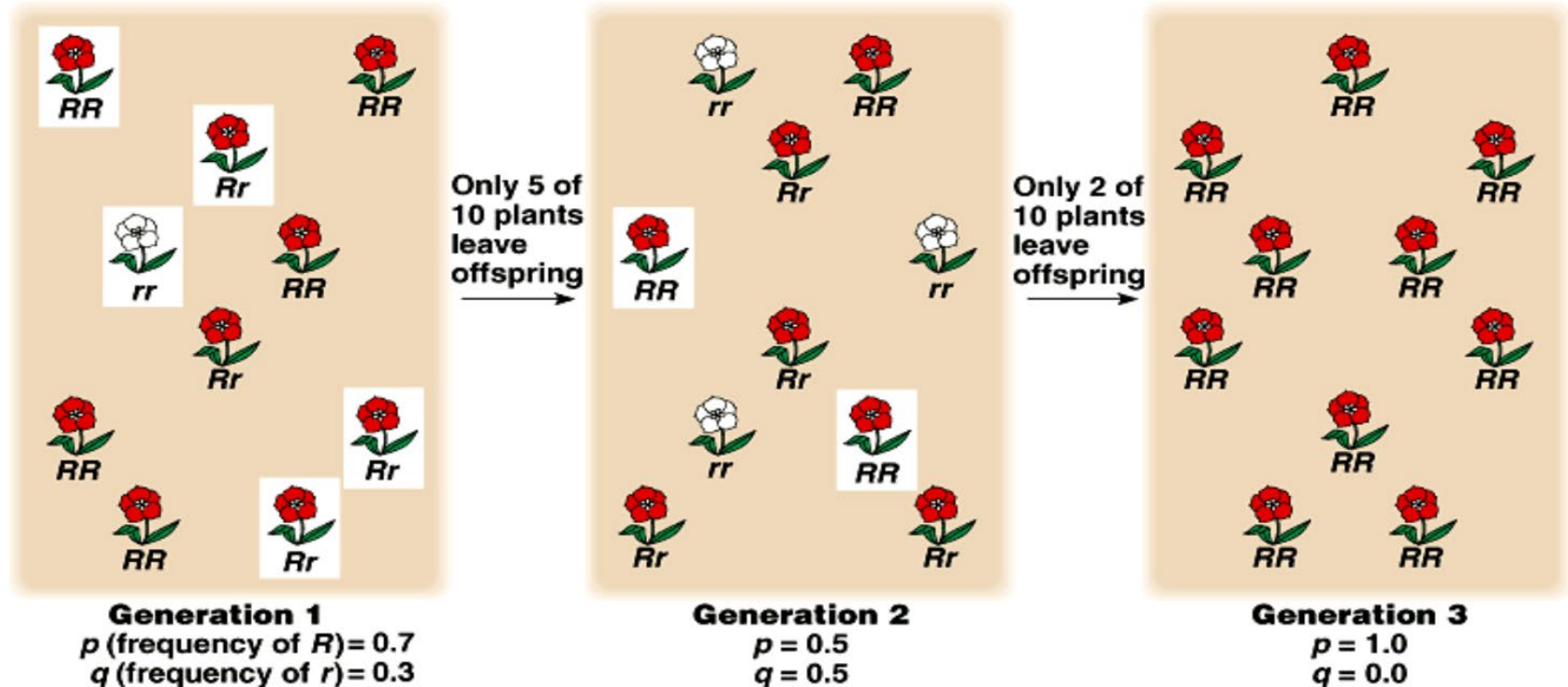
Principali cause di erosione genetica di specie coltivate

La diversità genetica di specie coltivate è generalmente molto ridotta rispetto a quella presente nelle specie selvatiche a loro affini. Tre fenomeni principali hanno determinato tale tipo di erosione genetica:

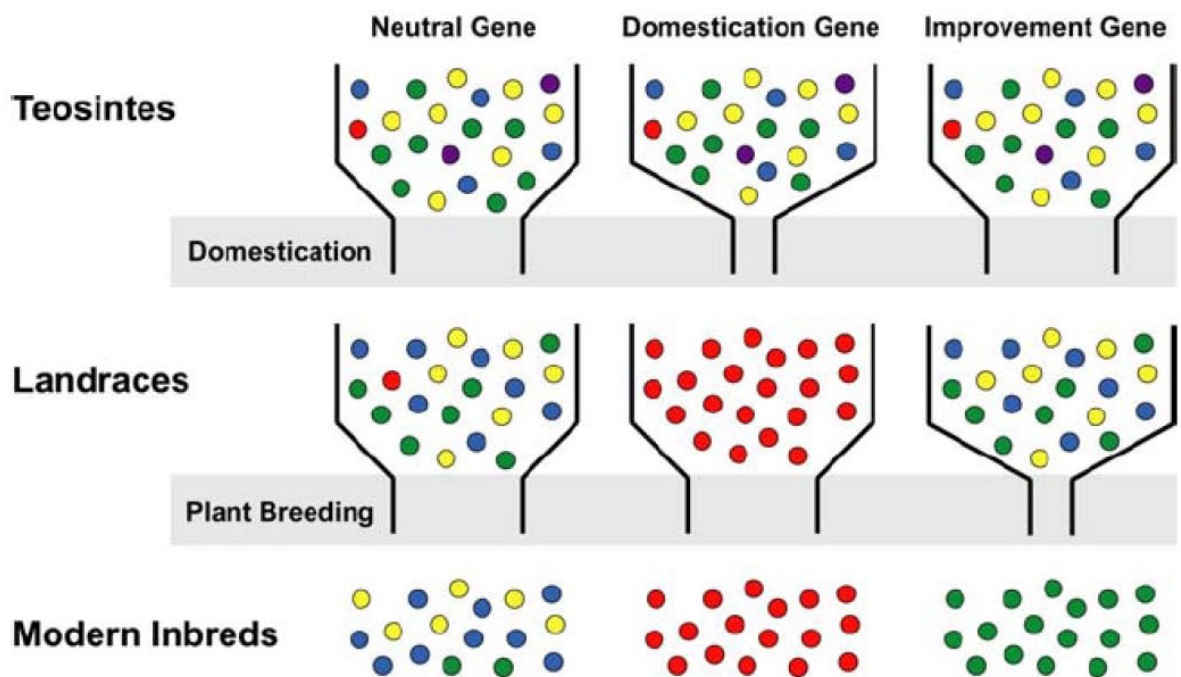
- Domesticazione
- Attività moderne di miglioramento genetico
- Dispersione dai centri di origine e diversificazione

In tutti e tre i casi, l'uomo ha effettuato un processo di selezione che ha portato ad un impoverimento del pool genico (consapevolmente o casualmente, per effetto della deriva genetica)

Deriva genetica



Effetti della domesticazione e del moderno miglioramento genetico sulla erosione



Dispersione dai luoghi di domesticazione

Buona parte delle piante coltivate sono state domesticate in zone tropicali o subtropicali, e successivamente sono state introdotte in zone temperate. Questo passaggio ha spesso interessato pochi semi, da cui una minore diversificazione (effetto fondatore)

Miglioramento genetico ed erosione genetica

- Affermazione di poche varietà, per giunta composte da individui geneticamente identici (linee pure, ibridi F1, cloni) e scomparsa di varietà locali, un tempo molteplici e geneticamente eterogenee (si stima che l'80% delle antiche varietà italiane sia andato perduto).
 - Forte contrazione del pool genico di specie minori prima coltivate (gelso, melograno, etc.).
 - L'erosione genetica è collegata all'erosione culturale
 - Il paradosso del miglioramento genetico: erode risorse genetiche, ma ha estremo bisogno delle stesse risorse
-

Erosione ed uniformità varietale



Abbandono di varietà locali

Table 13.3 The diversity of our crops is limited because of cultivation of a few varieties over a large area

Crop	Total Number of Varieties	Major Varieties	
		Number	Acreage (%)
Beans, dry	25	2	60
Beans, snap	70	3	76
Cotton	50	3	76
Maize	197	6	71
Peanut	15	9	95
Soybean	62	6	56
Wheat	269	9	50

Abbandono di varietà locali



- In india oggi si coltivano poco più di 10 varietà di riso: un tempo erano 30.000

-In Italia nel primo dopoguerra si coltivavano almeno 250 varietà di frumento: oggi una ventina



- In Toscana nel XVII secolo erano note 108 varietà di pero: oggi ne rimangono 17



40000 specie commestibili



circa 200 specie domesticate



circa 15 sostentano l'alimentazione umana

cereali

riso
frumento
mais
orzo
sorgo

legumi

fagioli
soia
arachidi

frutti

banana
cocco

radici e fusti

barbabietola da zucchero
canna da zucchero
patate
manioca
igname

Necessità di contrastare l'erosione: vulnerabilità genetica



"Discovery of the Potato Blight" (Daniel MacDonal)

Conservazione delle risorse genetiche

- *In situ*: conservazione delle risorse genetiche insieme al loro ecosistema (incluso agro-ecosistema, conservazione on farm)
- *Ex situ*: conservazione delle risorse genetiche al di fuori del loro ecosistema

E' fondamentale preservare la variabilità genetica da cui attingere anche per lo sviluppo e l'ottenimento di nuove varietà di piante con caratteristiche utili e per contrastare l'erosione genetica