

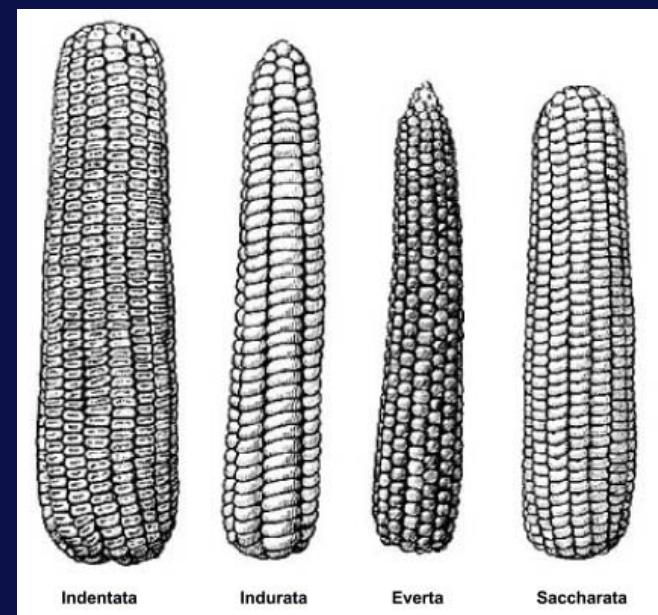
Classificazione botanica

Classificazione x tipo di cariossidi

ssp. <i>indentata</i> Sturt.	m. dentato	dent corn
ssp. <i>indurata</i> Sturt.	m. vitreo (plata)	flint corn
ssp. <i>everta</i> Sturt.	m. da scoppio	pop corn
ssp. <i>saccharata</i> Sturt.	m. zuccherino	sweet corn
spp. <i>ceritina</i> Kulesh.	m. amilopectinico	waxy corn
ssp. <i>tunicata</i> Sturt.	m. vestito	pod corn



Specie
molto "plastica"



indentata



indurata



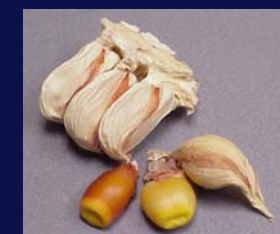
everta



saccharata



ceritina

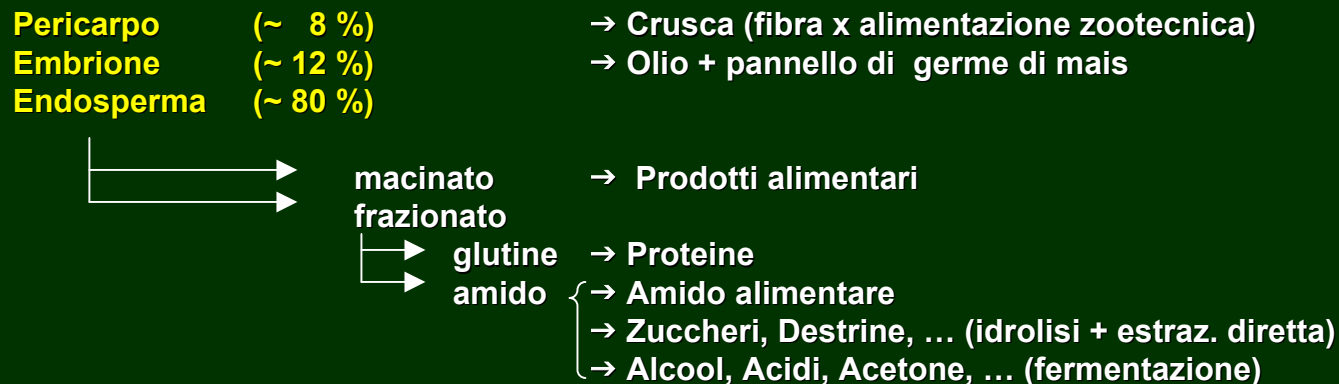


tunicata

Prodotti

Granella di mais

- **Destinazione alimentare** → Oggi in Italia soprattutto x zootecnia
Alto valore calorico (4.000 Kcal/kg - 1,10 UF/kg)
ma poche proteine e carenza di alcuni aminoacidi essenziali
- **Destinazione industriale**



Composizione cariosside

Acqua	15%
Amido	72%
Proteine	10%
Grassi	5%
Zuccheri	3%
Cellulosa	3%
Ceneri	1%

Insilato



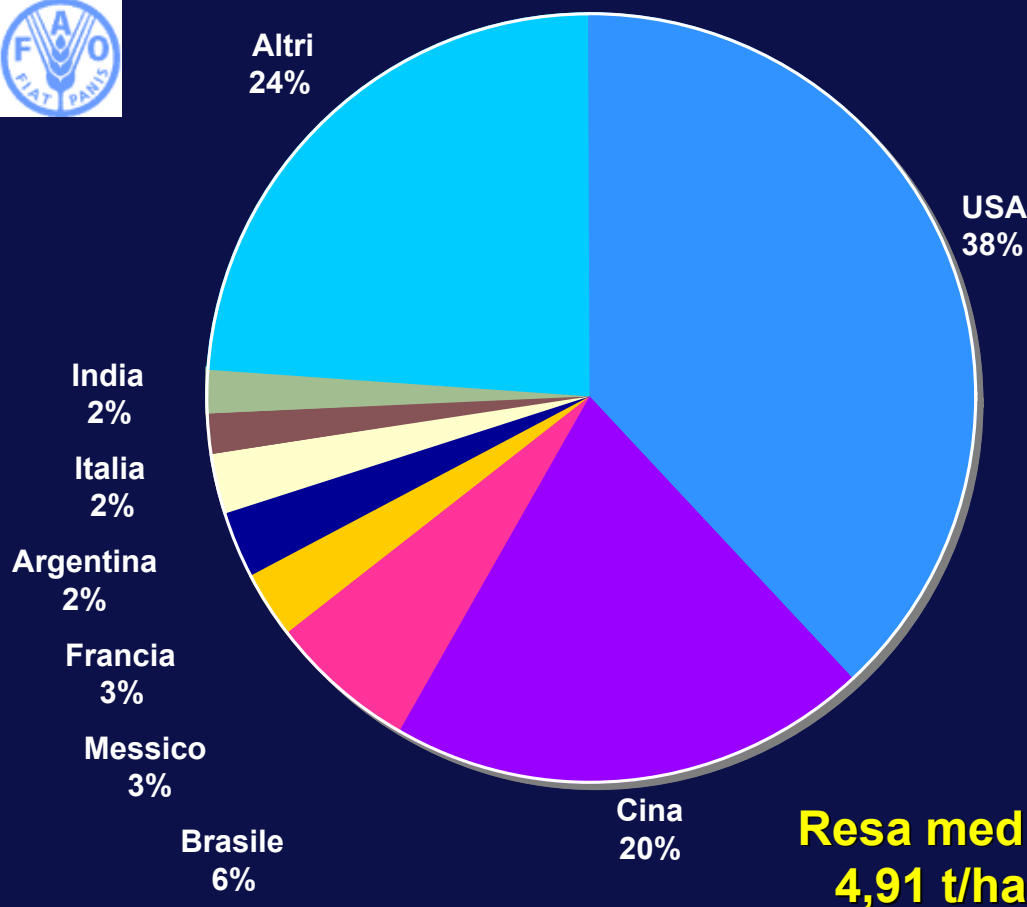
Alimentazione dei bovini (poligastrici) allevati in azienda

Composizione trinciato (sulla sostanza secca)
Zuccheri 63%; Fibra 22%; Proteine 8%; Grassi 2,5%; Ceneri 6%

Diffusione mondiale

Produzione complessiva 721 milioni t

FAO 2004



Resa media 4,91 t/ha



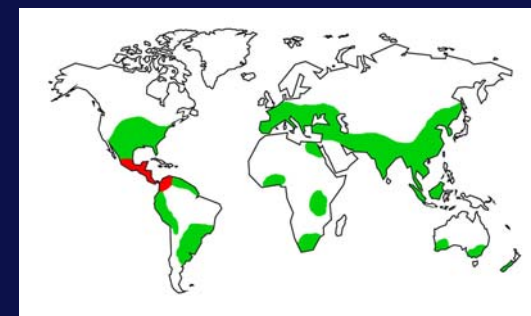
Dio Atzeco

Origine americana

Uno dei cereali di più antica coltivazione

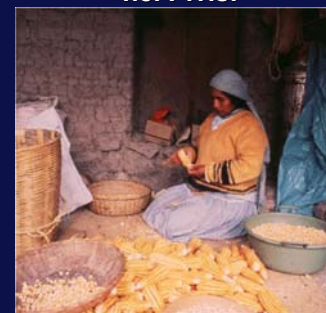
Oggi diffusione molto ampia

147 milioni ha



Areale (in rosso zona d'origine)

Coltivato nei P.v.s.



Coltivato nei Paesi sviluppati



Scambi commerciali

MONDO

Scambi 102 milioni t

Importatori % del tot

Giappone	20
Corea del Sud	13
Messico	9
Egitto	7

Esportatori % del tot

USA	62
Argentina	15
Cina	10
Brasile	5

United States Dept. Of Agriculture (USDA) 2004



milioni t

UE 15

ITALIA

Produzione	34,2	8,4
Importazioni	2,4	0,2
Stock iniziali	5,4	2,1

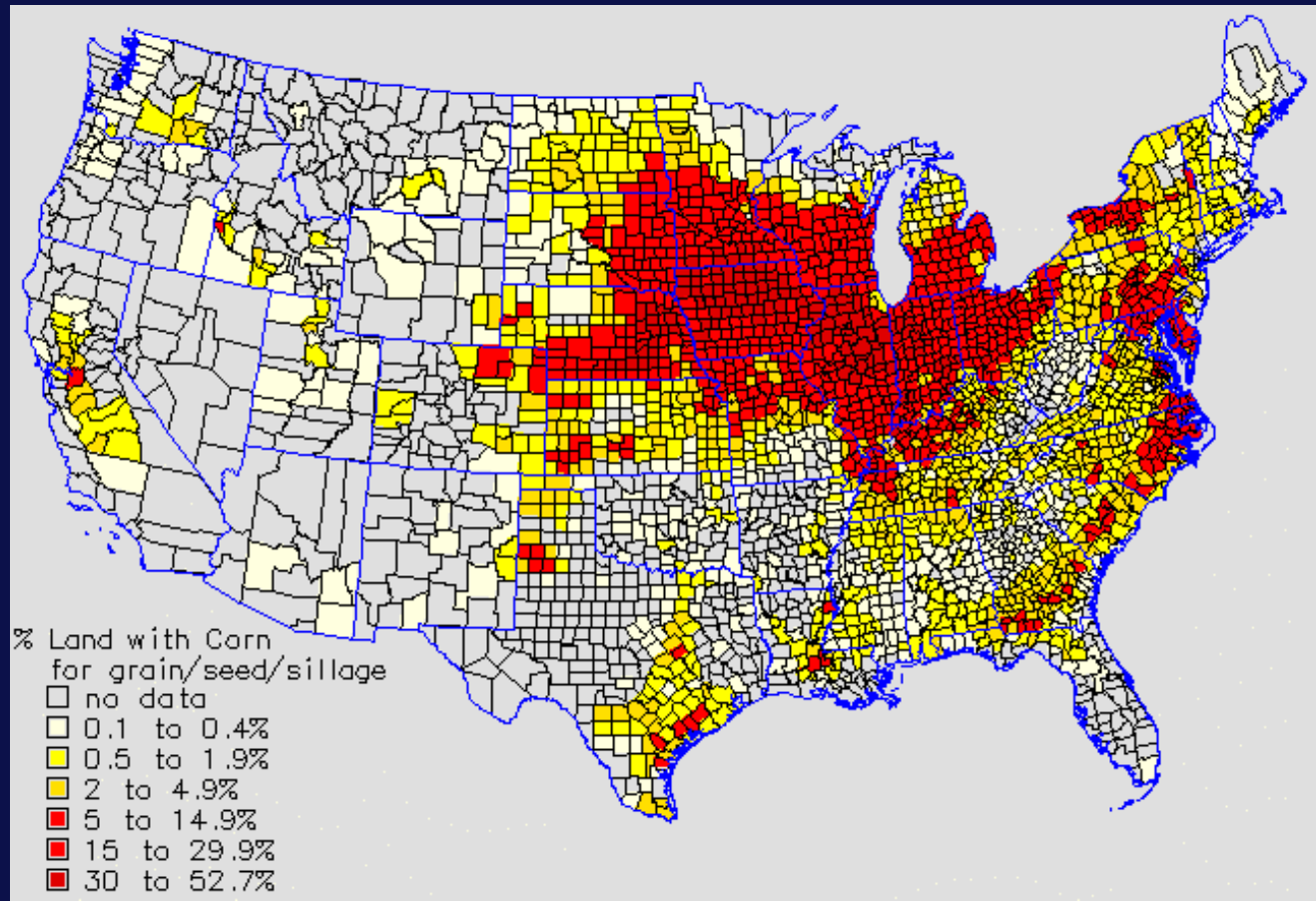
Utilizzazione	35,2	8,7
<i>Alimenti zootecnici</i>	26,6	7,0
<i>Usi industriali</i>	5,3	1,3
<i>Altri usi</i>	3,3	0,4
Esportazioni	2,2	0,7

International Grains Council (IGC) 2002





Corn Belt USA



Diffusione in UE e Italia

EU 25

EUROSTAT 2004

SUPERFICIE 6,1 milioni ha
PRODUZIONE 41,4 milioni t

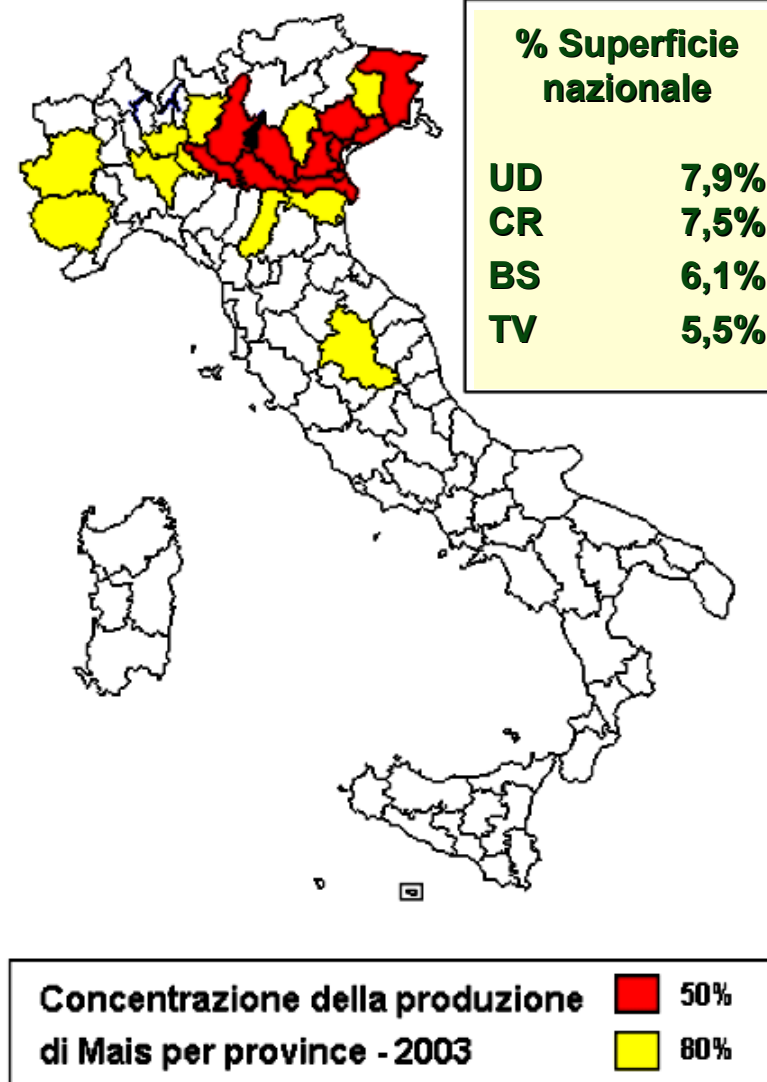
	% Sup	% Prod	Resa t/ha
Francia	27	29	7,1
Italia	19	22	7,7
Ungheria	19	11	3,9
Germania	8	8	7,2
Spagna	8	10	9,1
Polonia	6	5	5,3

ITALIA

ISTAT 2004

SUPERFICIE 1,20 milioni ha
PRODUZIONE 11,5 milioni t

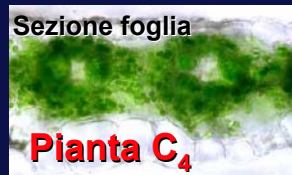
	% Sup	% Prod	Resa t/ha
Veneto	28	27	8,0
Lombardia	26	24	9,7
Piemonte	17	19	8,1
Friuli V.G.	12	10	7,6



Morfologia

Famiglia Graminaceae (o Poaceae)

MAIS Zea mays L.



Ligula
lunga,
priva di
auricole



Rispetto alla sua
forma ancestrale
(Teosinte)
il mais:



Ha una sola
spiga femminile
(di sviluppo
abnorme)



P. monoica diclina →
fiori maschili e femminili
sulla stessa pianta,
ma in posizione diversa



Non accetisce,
ma ha radici
secondarie
che si originano
dal 2° nodo



- **Pannocchia apicale** con solo fiori maschili con antere contenenti il polline
- **Spiga (= spadice) all'ascella della 5-6^a foglia** (erroneamente detta pannocchia) con solo fiori femminili, senza stigma, con lunghi stili, che fuoriescono dalle brattee

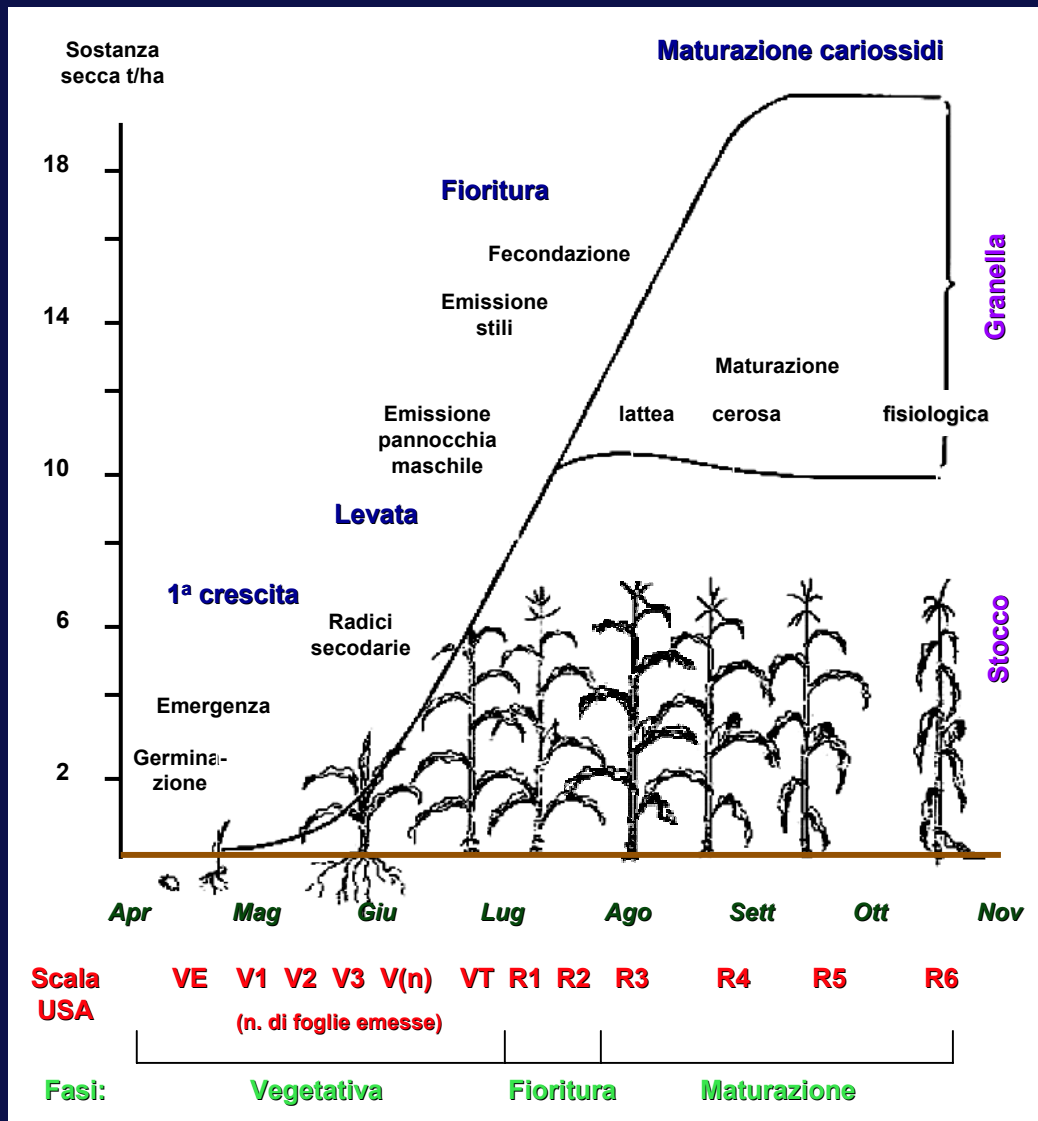
Fecondazione allogama, impollinazione anemofila, polline "pesante"



Ha cariossidi
nuda,
con grosso
endosperma,
ricco di amido



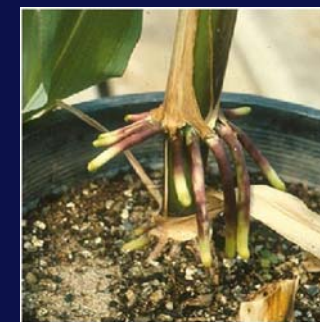
Ciclo biologico - fase vegetativa



Germinazione



4ª foglia



Radicamento



Emergenza



Levata

Ciclo biologico - fase riproduttiva

FASI DI FIORITURA



Source: USDA Online Photography Center

Fioritura maschile



Emis-
sione
stili
femmi-
nili



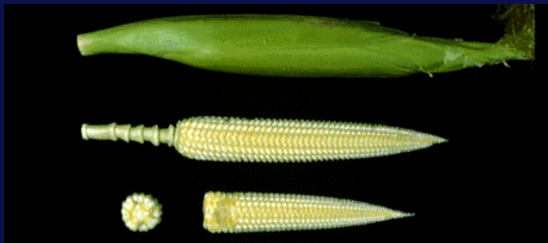
© K. D. Robertson
Illinois Natural History Survey

Dispersione polline



Fecondazione

FASI DI MATURAZIONE



Maturazione lattea



Maturazione cerosa



Black
layer



Maturazione fisiologica

Esigenze termiche e luminose

Esigenze termiche

Bassa resistenza al gelo (+ 7°C → morte)



Ridotto
assorbimento
del fosforo
x troppo freddo
in emergenza

Elevati fabbisogni termici

	T minima
Emergenza	10 - 12°C
Levata	22 - 24°C
Fioritura	26 - 28°C
Maturazione	17 - 18°C
T Max	32°C critica di notte

Sensibilità a temperature eccessive
soprattutto durante l'impollinazione



Apice spiga
non fecondato
x troppo caldo
a fine fioritura

→ scoppio dei
granuli pollinici

Esigenze luminose

Specie brevidiurna

ma oggi ampia ≠ varietale,
fino a fotoindifferenza

Richiede molta luce,
soprattutto in levata

Ibridi liguleless,
con foglie erette,
+ produttivi in Italia



Esigenze idriche

Pianta C₄

→ Fotosintesi netta elevata (= aumento biomassa)
anche con bassa concentrazione di CO₂ x stomi chiusi

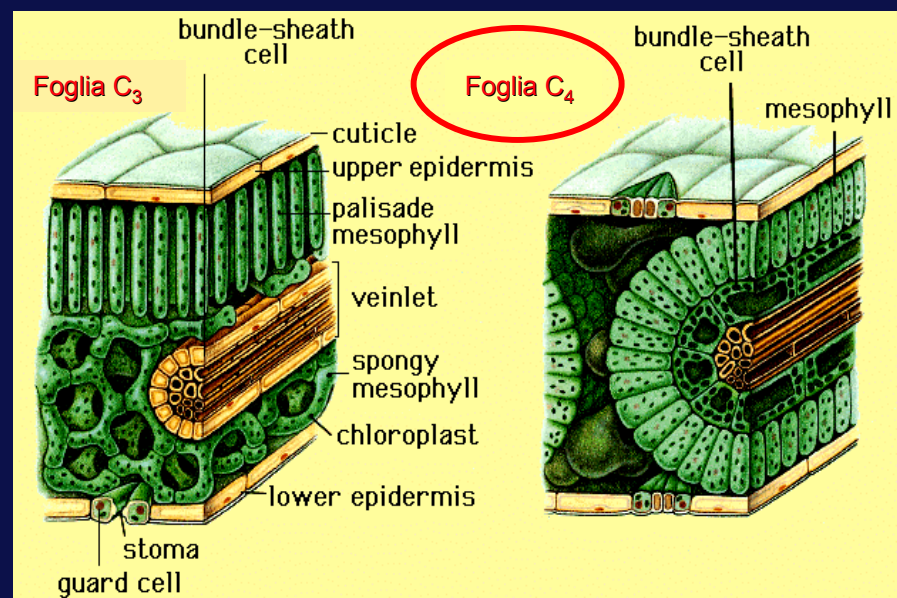
Coefficiente idrico basso ~ 300 kg H₂O/ kg sostanza secca

x produrre 20 t di sostanza secca/ha → necessari 600 mm di acqua

Ciclo primaverile - estivo → Periodo poco piovoso + elevata evapotraspirazione
es. in luglio in un campo di mais della Pianura Padana ET ~ 7-8 mm/d

Periodo critico
fine levata - fioritura

□□ Italia Centro Sud
spesso stress idrico
in giugno-luglio
(molto nocivo alla
produzione)



Esigenze pedologiche

Basse esigente pedologiche comunque, meglio

- ***Veloce sgrondo delle acque***

Teme asfissia radicale (x radici fascicolate)

→ Ottima sistemazione e drenaggio nei terreni poco permeabili

- ***Terreno caldo in primavera***

Alte esigenze termiche in emergenza

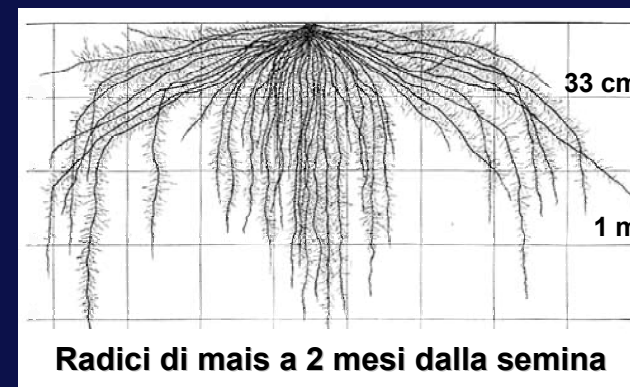
→ Meglio aratura e sarchiatura nei terreni argillosi, poco areati (+ freddi in primavera)

- ***Elevata disponibilità di elementi nutritivi***

Veloce levata ed abbondante produzione

→ Terreni ottimali

- Ricchi di elementi → Particolarmente N e K
- Ricchi di sostanza organica → Intensa mineralizzazione estiva
- Con alta C.S.C. (capacità di scambio cationico) → Terreni organici o argillosi



Avvicendamento

Coltura “da rinnovo” a ciclo primaverile - estivo
una volta benefica x aratura profonda + letamazione + sarchiatura

Ciclo di lunghezza variabile → Molte possibilità di avvicendamento

Epoca di raccolta della coltura precedente

• **Estate - autunno anno precedente** →
 (es. frumento, bietola, soia, girasole)

• **Primavera dello stesso anno** →
 (es. piselli da surgelato, orzo, cavolfiori)

• **Estate dello stesso anno** →
 (es. frumento, orticole da seme)

Semina mais in

Marzo-Aprile

Maggio-Giugno

Giugno-Luglio

Omosuccessione (= monosuccessione) di mais

Possibile x assenza di “stanchezza” - Problemi → Strutturazione terreno e malerbe “difficili”

Consociazione con leguminose

Una volta ovunque; oggi solo nei P.v.s. → incompatibile con diserbo e meccanizzazione

tipica con fagioli rampicanti

Lavorazione tradizionale del terreno

Aratura profonda (40-50 cm)

→ Interramento residui colturali, semi malerbe, letame, ...
e strutturazione terreno

+ Erpicatura a dischi

→ Frantumazione zolle, eliminazione eventuali infestanti

+ 2-3 Erpicature (o fresature) in presemina

→ Preparazione letto di semina + interramento concimi

Dopo frumento

(precessione più diffusa)

Aratura estiva (lungo periodo utile, buon interramento, ottima strutturazione)
+ erpicature primaverili

Dopo colture a raccolta autunnale

(bietola, soia, ecc.)

Aratura autunnale (terreno non sempre in tempera, spesso ridotta efficacia)
+ erpicature primaverili

Dopo colture a raccolta primaverile

(piselli, orticole, ecc.)

Aratura ed erpicature in primavera
(breve periodo utile, importante tempestività, spesso peggioramento struttura)



Aratura
su
stoppie



Erpice a
dischi su
terreno
arato



Erpice
rotante
pre-
semina

Lavorazioni: tendenze attuali

Abbandono dell'aratura

Minima lavorazione = Minimum tillage

es.

Discissura o Ripuntatura estiva

+ erpicatura rotativa primaverile

Erpicatura a dischi primaverile

+ fresatura

Ridge tillage

= assolcatura presemina del terreno

Attrezzi combinati

disco + estirpatore o fresa + seminatrice

**Non lavorazione = Semina su sodo
= No tillage = Sod seeding = Zero tillage**

Semina con apposita seminatrice

(□ organi lavoranti, importante buon ricoprimento seme)

Direttamente sui residui colturali

(imp. loro presenza e "consistenza")

Previo diserbo con

erbicidi totali (es. glyphosate)



Coltura per prima interessata da tale tecnica, oggi molto diffusa in tutto il mondo, soprattutto negli USA



Attrezzo
combinato



Seminatrice
da sodo

Scelta dell'ibrido

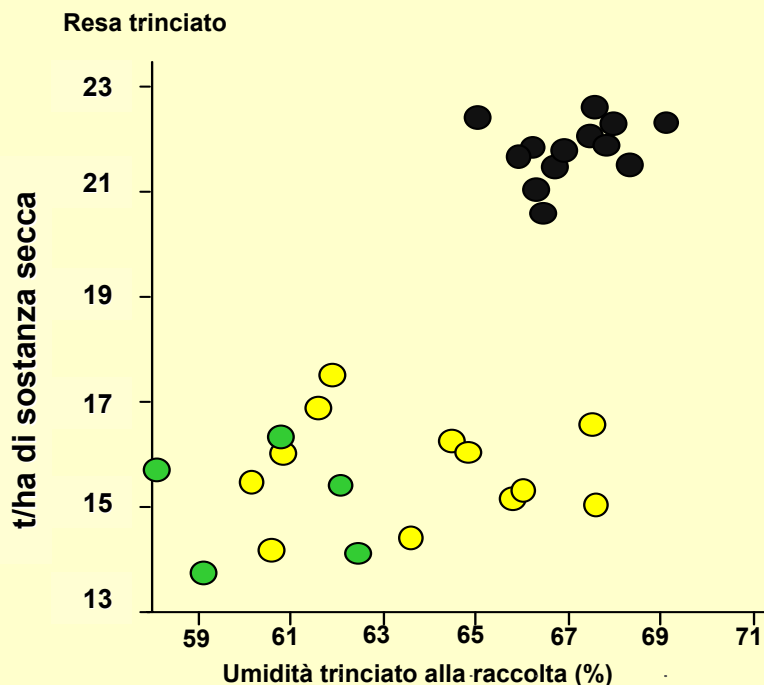
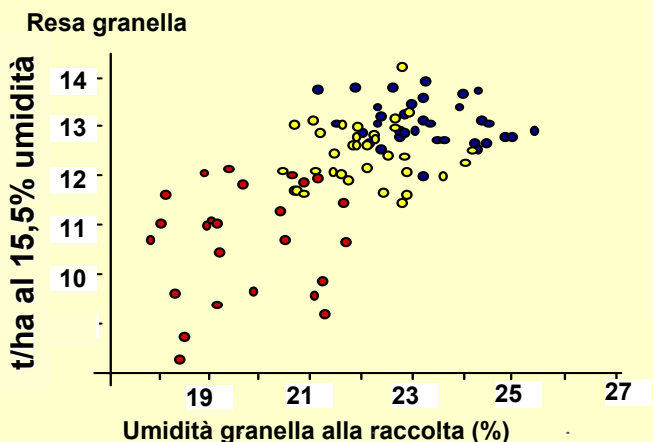
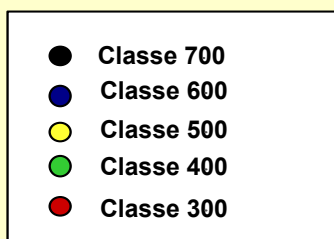
Fattori da considerare per la scelta dell'ibrido

- **Destinazione del prodotto** (trinciato o pastone o granella secca)
- **Precocità dell'ibrido** (in funzione della stagione utile di crescita)
- **Produttività dell'ibrido** (ovviamente + elevata possibile)
- **Stabilità produttiva dell'ibrido** (località x anni)

L'Informatore Agrario

Prove collegiali in Italia, Medie 98-99

Terra e Vita



Importante

**Correlazione
negativa**
**Produttività
x
Precocità**

Nel Nord Italia
lunghezza
stagione utile
limitante
x autunni
freddi
piovosi

Classificazione x lunghezza ciclo

Classi tradizionali italiane

Quarantini ← + precoci

Cinquantini

Agostanelli

Agostani

Maggenghi ← + tardivi



Marano vicentino
(Cinquantino vitreo)

Classi di precocità FAO

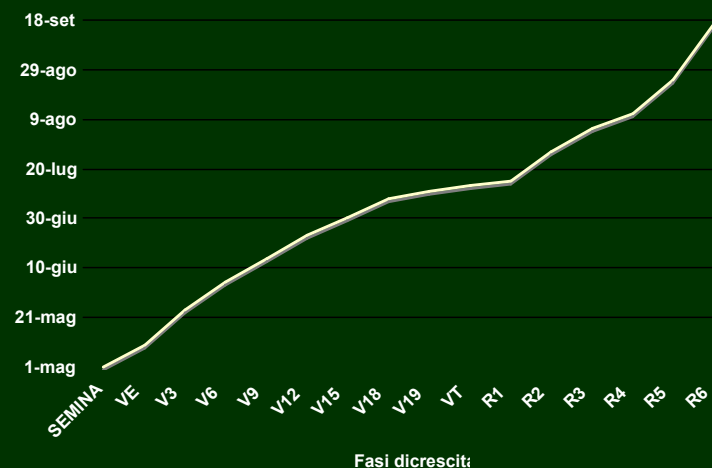
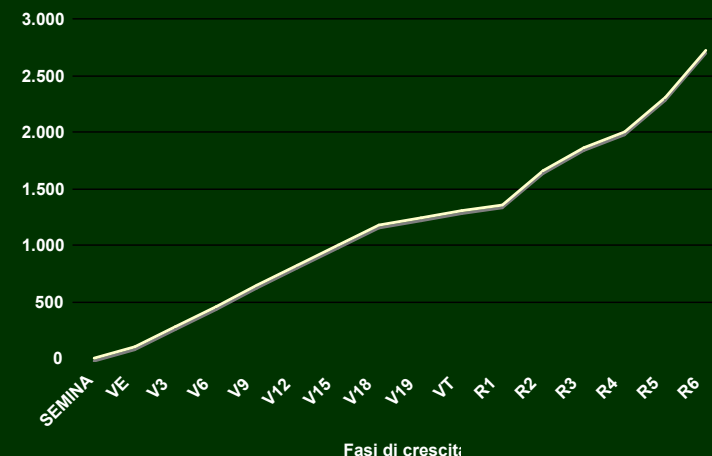
(100) - 200 - 300 - 400 - 500 - 600 - 700 - (800 - 900)

Classe FAO	∑ termiche (°C) [§]	Semina-Fioritura (n. di giorni)*
100	1.230	121
200	1.300	127
300	1.340	130
400	1.365	133
500	1.400	136
600	1.450	140
700	1.520	146

§ Metodo NOAA
(T min. = 10 °C;
T Max = 30°C)

* Medie del
periodo '52-71
a Bologna

Lunghezza del ciclo culturale
espressa in giorni e in somme termiche
di un ibrido classe 500 nel Corn Belt (USA)

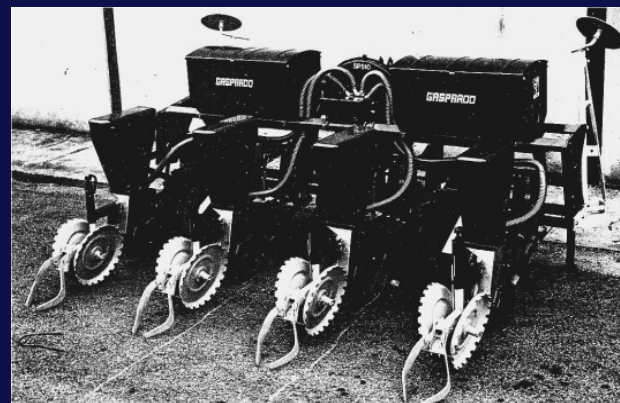


Seminatrici

Ieri

Seminatrice a fila continua

- + diradamento manuale,
precoce (alla 3^a foglia)
(40-60 h/ha di manodopera)



Oggi

Seminatrice di precisione

- una volta meccanica, oggi pneumatica
senza diradamento



Azioni contemporanee

- Geodisinfestazione
- Concimazione localizzata
- Semina a distanza prefissata lungo la fila
(sacchi di semente di 1 unità = 25.000 cariossidi)



Costo della semina di precisione del mais 40 - 45 €/ha (APIMA Prov. AN, 2005)

Epoca di semina

In Italia → Semina primaverile

Temperatura media terreno > 9-10°C
(in Emilia Romagna ~ metà Aprile)
a 15°C → emergenza in 10 giorni



Danni da freddo



Piralide II generazione

In Italia sarebbe meglio anticiparla x

- Sfuggire a siccità estiva in fioritura
- Sfuggire alla 2^a generazione della piralide
- Raccogliere + precocemente (- rischio di pioggia)
- Impiegare ibridi tardivi (+ produttivi)

ma rischi di freddo ad inizio primavera

Possibilità attuali

- Ibridi resistenti al freddo nelle 1^e fasi di sviluppo
- + Contratto di coltivazione con ditta sementiera
- con assicurazione contro i danni da freddo



Modalità di semina

Distanza tra le file

Tipicamente 70 o 75 cm

OK x raccolta meccanica, ma sarebbe meglio a 50 cm



Densità

5-6 piante/m² → Ibridi tardivi, semine precoci, perfette

8-9 piante/m² → Ibridi precoci, semina tardive, su sodo, ...

NON accetisce → 10-15% cariossidi in più

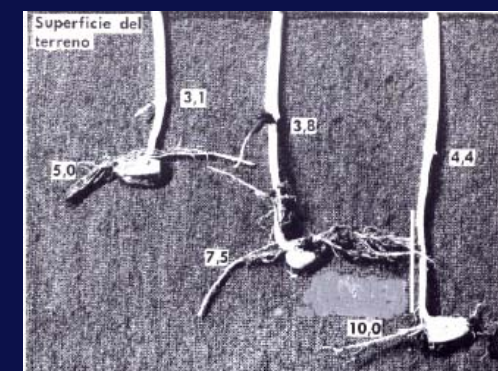


Profondità

Seme grosso → Germoglio vigoroso

4-5 cm, fino a 6-7 cm in terreni sciolti e secchi

+ profondo in semine ritardate x cercare umidità,
ma attenzione ad allungamento eccessivo del mesocotile



Concia e geodisinfestazione

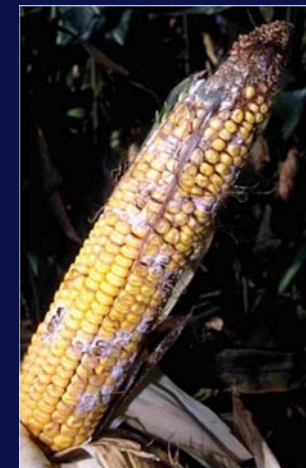
Lotta alle crittogame (carbone, fusariosi, ecc.)

→ Seme conciato con anticrittogamici dalla ditta sementiera

Lotta agli insetti terricoli (elateridi, nottue, ecc.)

→ Insetticidi microgranulari nella seminatrice
(es. foxim, forate, foxim + isofonofos, carbofuran)

→ Oggi insetticidi nella concia del seme
(es. imidacloprid Gaucho
fipronil Regent
thiametoxam Cruiser)



Fusariosi su spiga



Elateridi



Nottua



Piralide I generazione



Carbone



Helminthosporium

Concimazioni organiche

Coltura da rinnovo adatta a utilizzare concimi organici

- **Aratura profonda** ⇨ Buon interrimento dei fertilizzanti organici
- **Ciclo colturale estivo** ⇨ Rapida mineralizzazione sostanza organica x caldo

Concimazioni organiche, di “fondo”

Letame e Compost

→ Humus stabile (OK x proprietà fisiche terreno) 30-40 t/ha

Liquami e Fanghi di depurazione

→ Elementi nutritivi (OK x proprietà chimiche terreno) 300-500 m³/ha

Letamazione



Distribuzione liquami



Dosi di concime

Asportazioni x 10 t/ha di granella

kg/ha	Granella	Stocco	Totale
N	160	80	240
P ₂ O ₅	80	40	120
K ₂ O	50	150	200

X

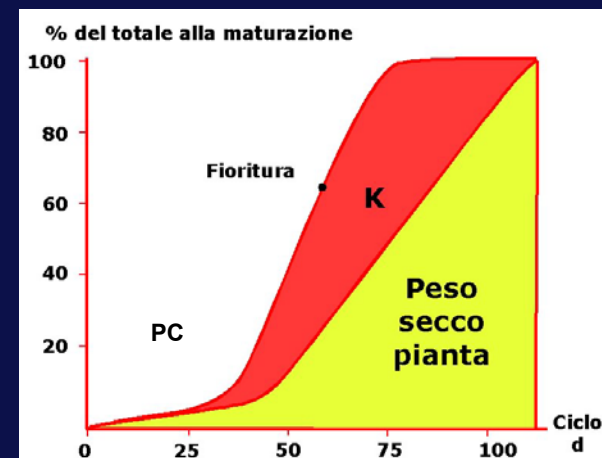
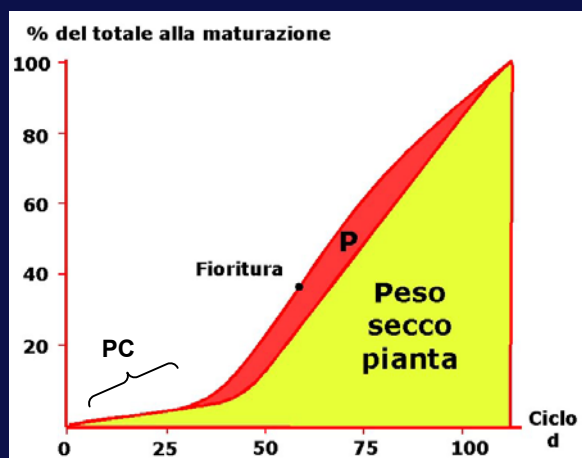
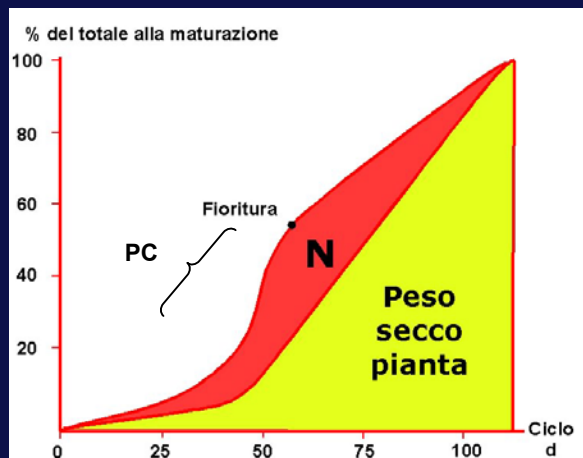
- Precessione colturale
- Gestione residui precedente coltura
- Fertilizzaz. organiche anni precedenti
- Tipo di terreno e suoi contenuti
- Andamenti meteorologici
- ecc.



Dosi "normali" nella Pianura Padana

Azoto	da 200 a 300 kg/ha
P ₂ O ₅	80-120 o 50-80 kg/ha, se localizzato
K ₂ O	Niente o 80 - 120 kg/ha, se carente nel terreno

Epoche di concimazione



Periodi critici

- N** → Fioritura
- P** → Emergenza
- K** → Levata

Mobilità nel terreno

$$N > P > K$$



Localizzazione
P

Epoche

- K + Letame o Liquame** → All'aratura o all'erpicoltura presemina
- P** → All'erpicoltura presemina o localizzato, con la seminatrice
- N** → Alla semina (1/2) + alla 4^a foglia (1/2), con la sarchiatura



Sarchiatura + Concimazione N

Gestione delle infestanti

Semina a file distanziate + lenta crescita iniziale in primavera "fredda"

- ➔ Alta suscettibilità alla competizione precoce (75 - 100% cali di resa senza diserbo)
- ➔ Una volta tipica coltura sarchiata (= "coltura rinettante")
- ➔ Oggi diserbo chimico su ~ 90% del mais italiano

Flora infestante

Malerbe ad
emergenza
primaverile
tardiva

Graminaceae



Echinochloa crus-galli



Digitaria spp.

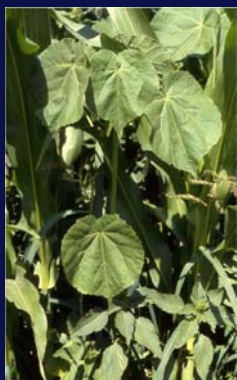


Setaria spp.



Sorghum halepense

Dicotiledoni



Abutilon theophrasti



Amaranthus spp.



Portulaca oleracea



Convolvulus arvensis



Polygonum persicaria



Solanum nigrum

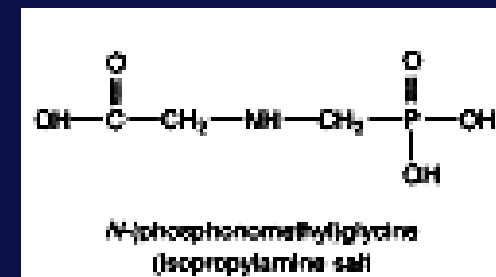
Diserbo presemina

Diserbo necessario per semina su sodo

→ Necessità di eliminare le malerbe emerse prima della semina del mais

Oggi si usa prevalentemente

GLYPHOSATE (= Roundup®)



- Ad azione totale → Impiego solo in assenza di coltura
- Ad assorbimento fogliare → Controlla solo piante emerse, senza azione antigerminello
- Ad azione sistemica → Ottima efficacia contro le perenni (es. *Sorghum halepense*)
- Alta efficacia graminicida → OK prima di colture cerealicole
- Ad azione relativamente lenta → Semina solo 7-10 d dopo il diserbo
- Rapida degradazione microbica → Nessun effetto residuo, innocuità ambientale

Oggi usato anche come

Diserbo di postemergenza su ibridi di mais OGM (RR = Roundup Ready)
con resistenza ottenuta mediante biotecnologie

In tal caso necessari 2-3 trattamenti → Emergenza scalare delle infestanti

Diserbo premergenza

Diserbo premergenza “preventivo” (nel mais spesso sufficiente)

Infestazioni solo previste → Ampio spettro d’azione
Emergenze scalari → Elevata persistenza

Oggi si impiegano

Miscele di p.a. antigerminello,
distribuite subito dopo la semina,
su seme ben coperto,
evitando sovrapposizioni
x selettività non sempre sicura



es.

- terbutilazina o simazina** → Buona selettività, ampio spettro, specialmente dicotiledonica, ma meno efficaci dell’atrazina
- + **metolachlor o alachlor** → *Graminaceae, Solanum* (Dual, Lasso)
- + **aclonifen** → *Chenopodium, Amaranthus* (Flex)
- + **pendimethalin** → *Graminaceae, Chenopodium* (Stomp)
- + **isoxaflutolo** → *Abutilon theophrasti* (Merlin)

Diserbo postemergenza

Diserbo postemergenza “curativo”

Spesso di soccorso → Malerbe sfuggite al preemergenza

Infestanti emerse, ben individuabili

Diserbo alla 4^a-5^a foglia del mais, con miscele di prodotti mirati, non residuali e a spettro d'azione ristretto

(Problema emergenza scalare infestanti, es. *Abutilon theophrasti*)



es.

→ *Graminacee*, anche perenni (es. *Sorghum halepense*)

Sulfoniluree (**nicosulfuron**, **primisulfuron**), **sulcotrione**

→ *Abutilon theophrasti* **fluroxipyr**, **pendimethalin**, **dicamba**

→ Specie atrazino-resistenti (es. *Chenopodium*, *Solanum*, *Amaranthus*)

bromoxinil + **piridate**, **clorpyralid**

→ Perenni non *Graminaceae* (es. *Equisetum*, *Calystegia*, *Convolvulus*)

Ormonici (**2,4D** + **MCPA**, **dicamba**)

Sarchiatura e rincalzatura

Ieri

Zappatura indispensabile
soprattutto x controllo malerbe



Oggi

Sarchiatura alla 5^a-6^a foglia
non indispensabile ma utile:
x riscaldare il terreno
x distribuire concime N

Costo 37 €/ha (APIMA, Prov. AN 2005)



± **Rincalzatura**

x favorire il radicamento
x eventuali solchi d'irrigazione



Irrigazione

Periodo critico per H₂O

Fine levata - maturazione lattea
= 10 d prima - 10 d dopo la fioritura

Relativa tolleranza a stress idrici con ≠ sensibilità varietale

- Anche solo soccorso a Nord del Po
- Turni lunghi (ogni 6-10 d)
- Poche adacquate (2-3/ciclo)
- Alti volumi (30-100 mm/adacquata)

Volumi stagionali

Nel Centro Nord Italia

→ 60 - 200 mm

Metodi irrigui adatti

- Infiltrazione da solchi
- Aspersione



Stress da carenza idrica



Infiltrazione laterale da solchi



Aspersione con pivot



Aspersione con rotolone

Raccolta della granella

Granella "secca"

Mietitrebbiatura della granella **col 18-25% di umidità**
+ Essiccazione forzata (a 40°C) fino al 15% umidità

Mietitrebbia da grano con testata spannocchiatrice

Capacità di lavoro 0,2-0,3 ha/h x fila; Perdite 2-5 %
Costo 220 - 250 €/ha (APIMA, Prov. AN, 2005)

Epoca Nel Nord Italia da metà settembre in poi



Granella "umida" → Pastone di mais

Mietitrebbiatura della granella **col 30-35% di umidità**
+ Schiacciatura meccanica (mulino)
+ Insilamento (= fermentazione in silos, senza O₂)

Mietitrebbia da grano con testata spannocchiatrice

+ sforzo e + perdite rispetto alla granella secca

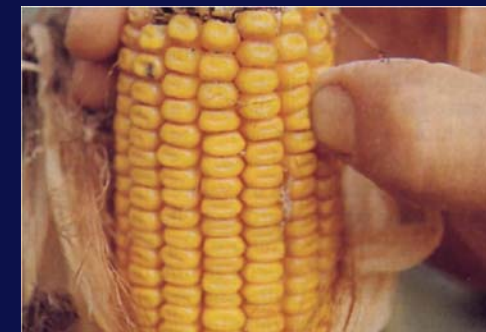
Epoca 10-15 d prima della granella secca



Raccolta del trinciato

Trinciato → Silomais

1. *Trinciatura dell'intera pianta*
col 30-35% di sostanza secca
(maturazione cerosa della granella)
→ Pezzi di pianta lunghi 4-7 cm

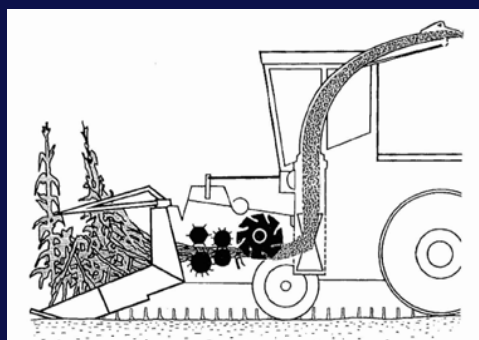


Raccogli-trincia-caricatrice

(semovente o portata)

Capacità di lavoro ~ mietitrebbia
ma necessaria + potenza

2. *Trasporto del trinciato*
Non a lunghe distanze
x costi e bassa conservabilità
→ solo reimpiego nella stalla aziendale



3. *Sistemazione in silos ermetici*
Fermentazione batterica, senza O₂
Zuccheri → Acido lattico



Epoca 40-45 d dalla fioritura
Nel Nord Italia ~ metà agosto

Rese

Granella secca o umida

Resa di cariossidi al 15,5% di umidità

Rese di granella

Media mondiale	4,12 t/ha
Media italiana	8,22 t/ha
In Lombardia	9,75 t/ha
In Veneto	8,03 t/ha (punte fino a 14 t/ha)



Trinciato di mais

Peso del foraggio "tal quale"
 Peso della sostanza secca
 Unità Foraggere
 (1 t di s. secca di trinciato = 800 UF)



Rese di trinciato

Medie nel Nord Italia	{ 40-65 t/ha di trinciato tal quale 12-20 t/ha di sostanza secca (~ 50% nella granella) 9.500 - 14.000 UF/ha