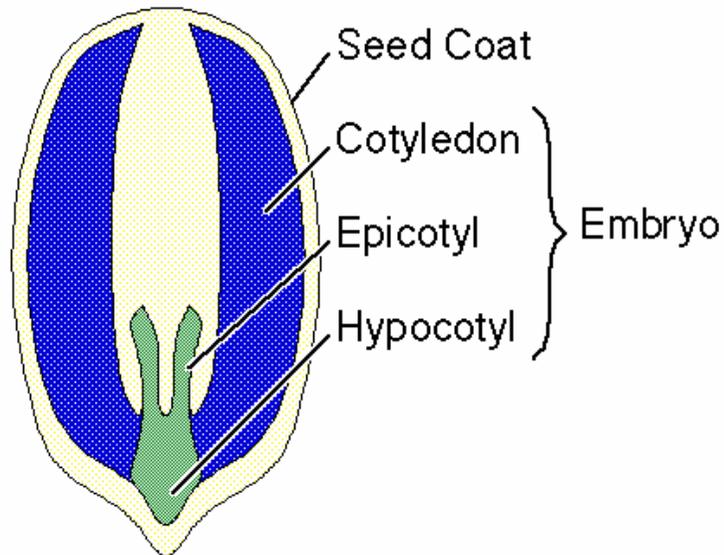


## **Il Seme e la germinazione**

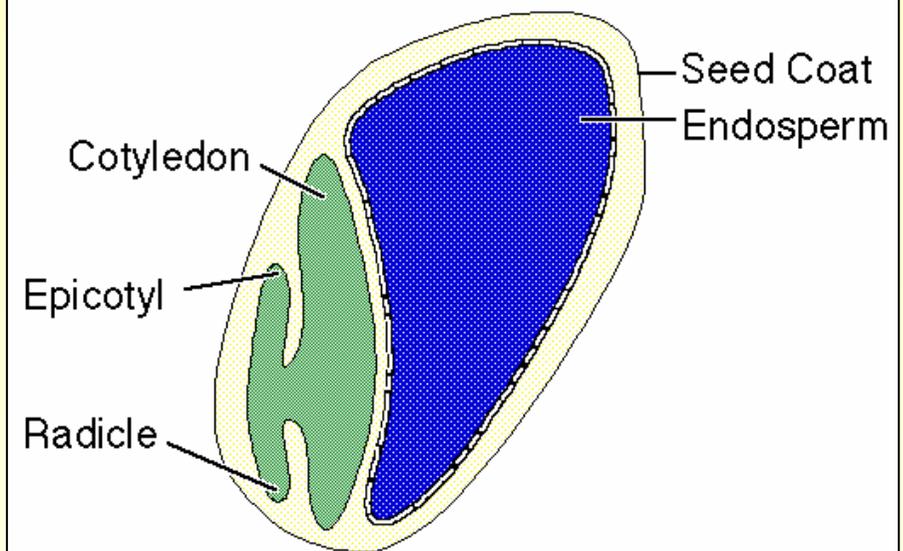
### **Perché l'importanza del seme ?**

- **Il seme rappresenta la struttura fondamentale per la propagazione:  
contiene una pianta allo stadio embrionale,  
circondata da elementi morfologici adatti alla sua protezione:  
utili nel caso di circostanze difficili e  
per assicurarne la crescita in ambiente favorevole.**
- **Attraverso il seme è possibile colonizzare nuove aree.**
- **è una componente vitale dell'alimentazione mondiale:  
i semi di cereali sono il 90% di tutti i semi coltivati,  
contribuiscono più del 50% all'introduzione dell'energia globale**
- **I vegetali superiori si riproducono per seme**

### Dicot Seed Structure



### Monocot Seed Structure



**In qualsiasi tipico seme è possibile riconoscere tre regioni distinte:**

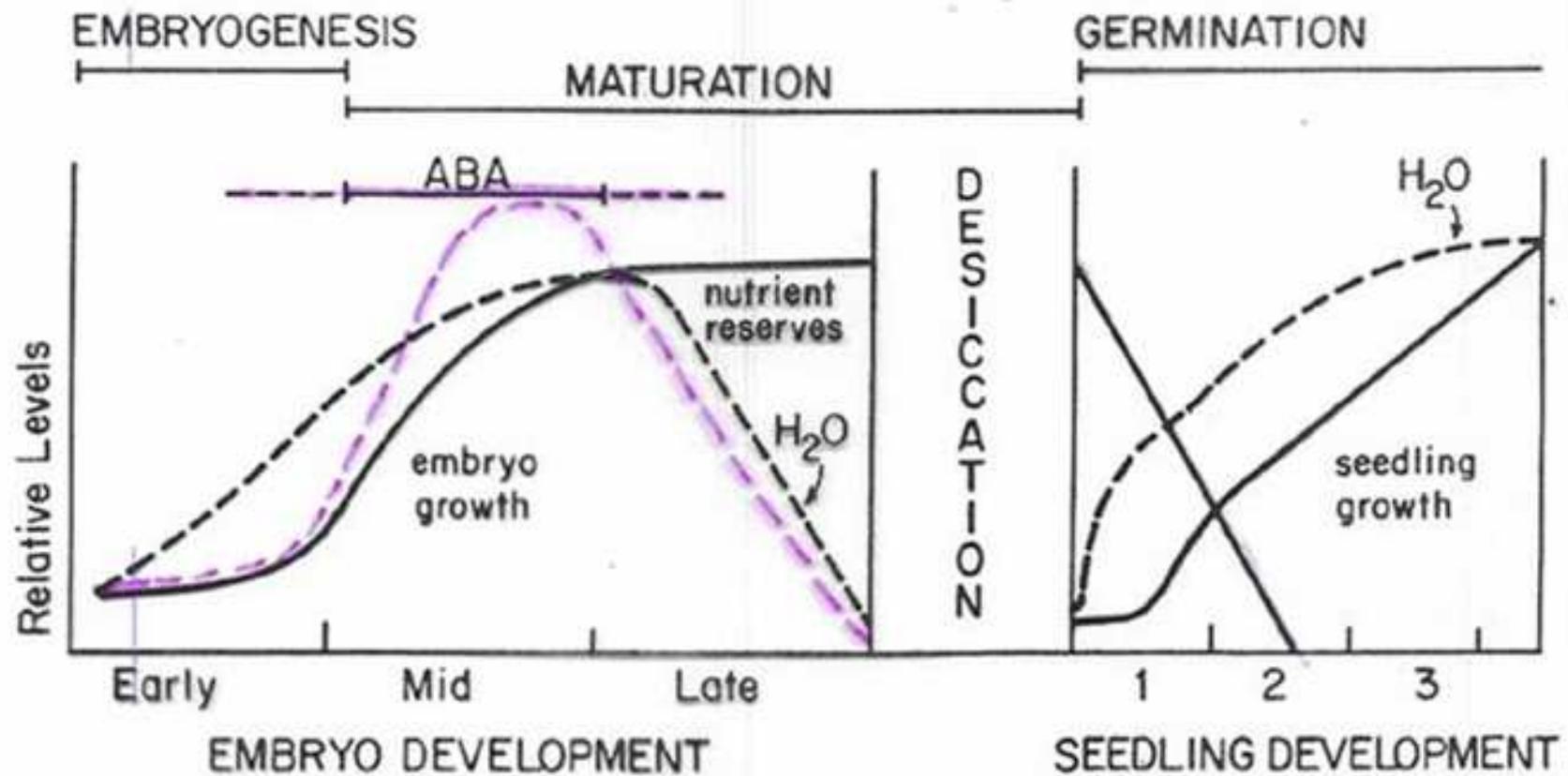
- **Embrione** *Nell'embrione è già prefissata e riconoscibile la nuova pianta adulta*
- **tessuti contenenti sostanze di riserva (endosperma)**
- **tegumenti che hanno funzione protettiva**

**Embrione**: deriva dalla divisione della cellula uovo fecondata. Lo sviluppo e la morfogenesi che porta dallo zigote si ferma allo stadio di embrione, dal quale riprenderà dopo un intervallo di tempo variabile (mesi o anni)

**Tessuti contenenti sostanze di riserva**: nelle prime fasi del suo accrescimento sono localizzate nei cotiledoni o nell'endosperma da utilizzare durante la germinazione e nello stadio di plantula,

- **Riserve amilacee** (cereali come frumento e mais)
- **Riserve lipidiche** (semi oleaginosi come arachidi, girasole, ricino)
- **Riserve proteiche** (semi di leguminose)

• **Tegumento/i delimitano il seme**



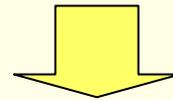
Dopo la disidratazione, l'inizio della germinazione è caratterizzato da un forte assorbimento di H<sub>2</sub>O

Quali sono le condizioni per cui resta vitale un seme senza svilupparsi ?

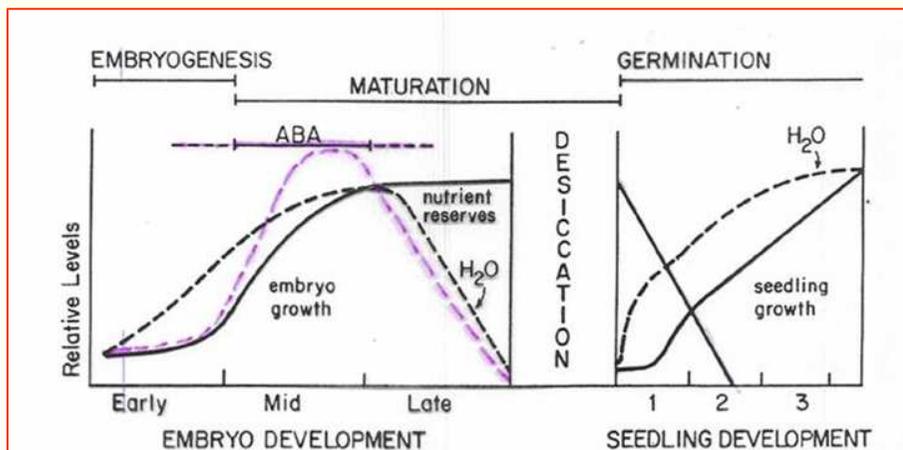
**1° fase: embriogenesi vera e propria:** divisione cellulare che si conclude con la formazione dell'embrione. Fase caratterizzata da aumento di  $H_2O$  e sostanza organica.

**2° fase: accumulo delle riserve, arresto divisione cellulare,** le cellule subiscono un aumento di volume, accumulo sostanze di riserva e inizia la fase di disidratazione

**3° fase disidratazione:** caratterizzata da una forte perdita di  $H_2O$  che alla fine è il 10-15 % della sostanza fresca



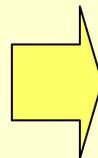
Maggiore è la disidratazione e maggiore è la sua **vitalità** intesa come integrità della cellula e conservazione delle riserve.



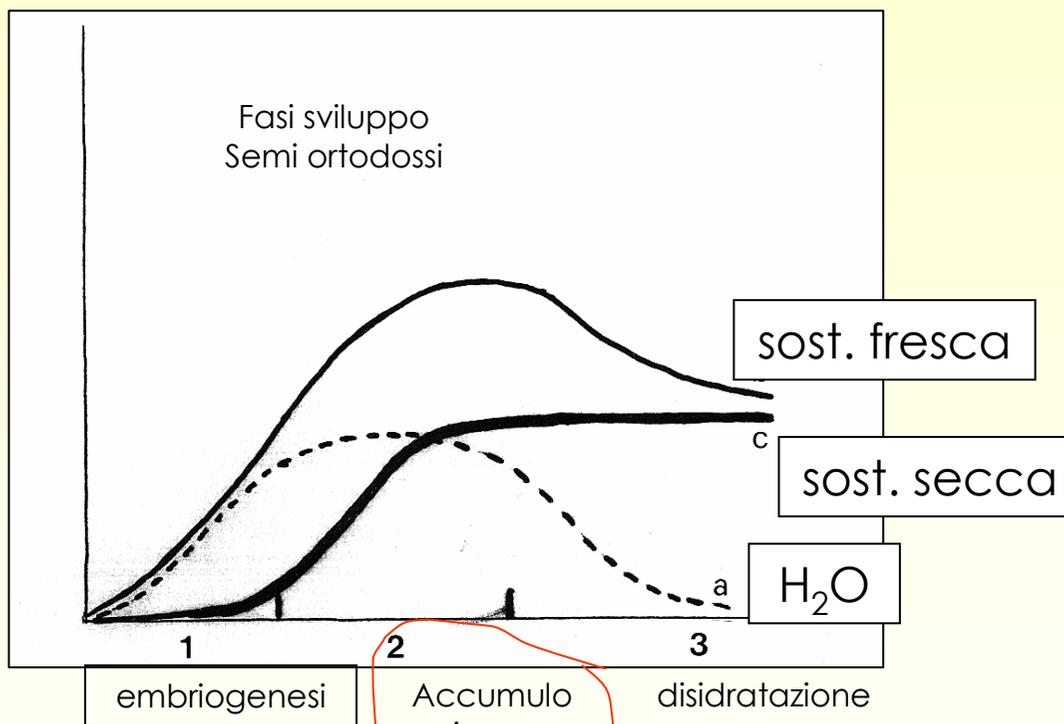
Disidratazione + parziale disorganizzazione cellulare determinano un **metabolismo rallentato ma anche una forte resistenza a situazioni ambientali**

A seguito della disidratazione....

**Semi ortodossi**  
hanno tutte e tre le fasi

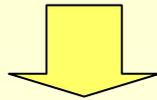


organi di resistenza in uno  
stato di vita rallentato



l'embrione acquisisce la **tolleranza alla disidratazione** grazie alla produzione di specifici oligosaccaridi e proteine "LEA" la cui sintesi è indotta dall'**ABA**

**Semi recalcitranti**  
alla fase  
di disidratazione



vita più breve (da alcuni mesi a meno di un anno),  
muoiono quando perdono un po' di H<sub>2</sub>O o in presenza di basse temperature

I semi recalcitranti devono germinare quando cadono al suolo.  
(semi di alberi di zone tropicali e sub-tropicali, e di zone temperate quali salici e aceri).

Limita la  
conservazione del  
germoplasma

La vitalità del seme dipende anche dalle condizioni di conservazione del seme



Umidità, temperatura,  
illuminazione, O<sub>2</sub>, etilene

La rottura dell'integrità cellulare provoca danneggiamento dell'embrione, perdita di nutrienti che costituiscono validi substrati per patogeni

## Che ruolo hanno gli ormoni nel processo di sviluppo del seme?

1° fase  
embriogenesi

Gibberelline e citochinine

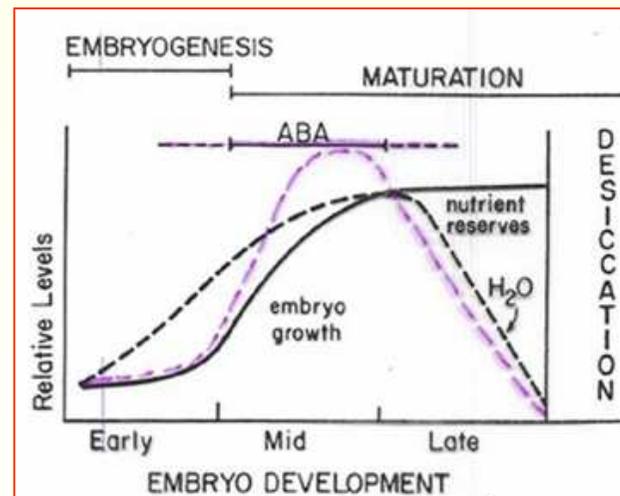
2° fase  
accumulo riserve

Acido abscissico (ABA) la cui  
concentrazione raggiunge il massimo

**ABA** = regola la sintesi di alcune proteine di riserva accumulate nel seme e promuove la sintesi di proteine coinvolte nella tolleranza alla disidratazione "**Late Abundant Embryogenesis**" "**LEA**".

**LEA** = *proteine a basso peso molecolare, idrosolubili, basiche, ricche in glicina e lisina.*

meccanismo d'azione non noto, hanno la funzione di proteggere le membrane e le proteine dai danni di disidratazione, *legando H<sub>2</sub>O, impedendo la cristallizzazione dei componenti cellulari.*



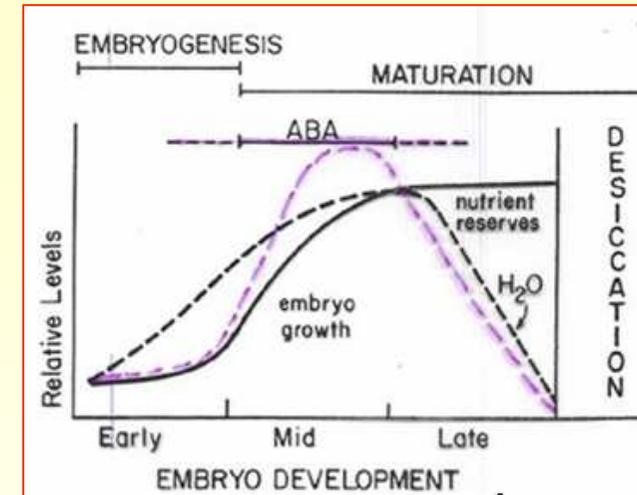
Lo sviluppo di un seme è sostenuto dall'espressione di gruppi di **geni caratteristici** di ognuna delle tre fasi :  
si esprimono, cioè, solo in una di esse e restano silenti nelle altre ed è caratterizzato dalla presenza e attività di **ormoni specifici**.

- La **prima fase** è controllata principalmente da gibberelline che sembrano controllare la sintesi ex novo delle amilasi e citochinine quelle delle proteasi
- nella **seconda fase** è massima la quantità di ABA riscontrabile,  
ABA che regola la sintesi di almeno alcune delle proteine di riserva accumulate.

3° fase  
disidratazione

ABA declina la sua concentrazione

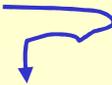
Un seme ortodosso, è un organismo in condizioni di vita "sospesa" o rallentata, capace di rimanere vitale, pur senza svilupparsi, fino a quando non si realizzano le condizioni "interne o esterne" favorevoli alla germinazione



quiescenza

dormienza

**LA QUIESCENZA** è la condizione in cui un seme non germina perché non sono favorevoli le **condizioni ambientali esterne** (disponibilità di H<sub>2</sub>O, temperatura, ossigeno) per le attività metaboliche di quella specie

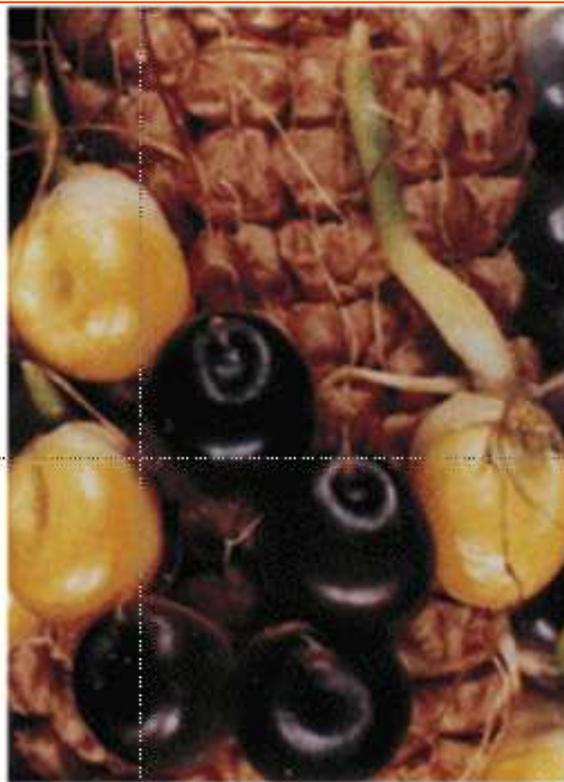
- L'**ABA** può essere considerato un elemento di costrizione naturale: mantiene gli embrioni in via di sviluppo nel loro stato embriogenico. previene la germinazione precoce, e *la sua carenza* stimola la **viviparia** 

la capacità di un seme a germinare nei frutti idratati della pianta madre prima che comincino a disidratarsi e maturare.

**Dormienza è sotto il controllo ormonale**

**Mutante *vp1* con difetto nella risposta all'ABA**

**Viviparo**



- Nel frutto il  $\psi_s$  del succo è troppo negativo per permettere la germinazione
  - Presenza di inibitori chimici:
    - ABA nei semi dormienti
    - composti che vengono liberati dai semi : composti del CN (semi Rosacee), sostanze che liberano  $\text{NH}_3$  secrete prima della germinazione .
- Gli inibitori sono presenti anche in foglie, radici e quando vengono liberati durante la decomposizione, inibiscono la germinazione di altre piante.

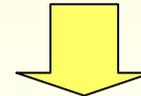
Allelopatia = composti prodotti da una pianta che danneggiano un'altra.

Un seme quiescente ha raggiunto la maturità morfologica e fisiologica.

Dormienza

è la condizione in cui un seme non germina a **causa di condizioni interne**, anche se le condizioni ambientali esterne sono favorevoli.

E' una caratteristica controllata geneticamente che interagisce in vario modo con i fattori ambientali



- 1) È disponibile una grande quantità di H<sub>2</sub>O
- 2) Si trova nelle condizioni atmosferiche tipiche di suoli ben aerati o della superficie del terreno
- 3) La temperatura è nell'intervallo solitamente associato all'attività fisiologica (10-30°C)

### ***dormienza tegumentaria :***

Il seme non germina ma lo fa l'embrione privato di tegumenti

- **Prevenzione dell'assorbimento di H<sub>2</sub>O** – Tegumenti impermeabili all'acqua: Cuticola cerosa, strati suberificati e scleridi lignificate. (Tipica di semi di climi aridi e semiaridi, specie leguminose erbacee quali trifoglio-erba medica e piante arboree quale l'acacia)
- **Interferenza con lo scambio gassoso** – Tegumenti meno permeabili all'O<sub>2</sub> ed alla CO<sub>2</sub> e di eventuali altri gas, ammoniacca, cianidrico rispetto all'H<sub>2</sub>O
- **Impedimenti meccanici** - Gusci rigidi e lignificati (noce) anche pareti rigide dell'endosperma che possono sopprimere l'espansione (lattuga). L'embrione non riesce a romperli per fuoriuscire
- **Ritenzione di inibitori osmotici e chimici** – Tegumenti che impediscono la fuoriuscita di inibitori dal seme quali cianuro, ammoniacca, composti fenolici, lattoni saturi, alcaloidi
- **Produzione di inibitori** – Presenza di inibitori ad alte concentrazioni capaci di sopprimere la germinazione dell'embriona (ABA)

**dormienza  
embrionaria  
(più rara)**

Dipende solo dall'embrione che anche se maturo morfologicamente è fisiologicamente incapace di riprendere la crescita.

Tipico di specie di interesse agronomico e forestale quali: melo, nocciolo, frassino, faggio etc.

Fattori ormonali quali ABA, citochinine, gibberelline regolano tale fenomeno e soprattutto il calo del rapporto ABA/GA

**In che modo vengono interrotte le varie forme di dormienza per consentire la germinazione sia in natura che in agricoltura?**

**In natura**

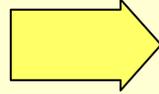
Microrganismi, batteri, funghi  
Succhi gastrici del tubo digerente di uccelli, o di altri animali  
Abrasione dei tegumenti  
Gelo-disgelo  
Pioggia e fuoco

**In agricoltura ed in laboratorio**

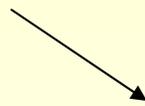
Scuotimento  
Scarificazione  
Stratificazione  
Estivazione  
Lavaggi con H<sub>2</sub>O, alcool, acidi

## Dormienza e luce

Luce



Fattore ambientale per interrompere la dormienza



Breve esposizioni  
Luce intermittente  
Fotoperiodo specifico

il ruolo della luce non è di tipo energetico quanto di tipo "messaggio": sono sufficienti brevi periodi di illuminazione e basse energie per favorire o inibire la germinazione.

3 categorie:

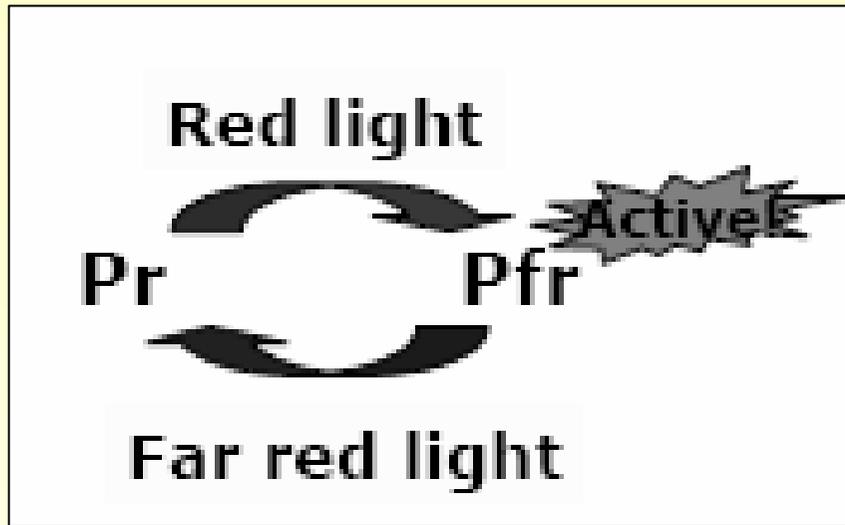
- **fotosensibilità positiva** (semi fotodormienti o fotoblastici),
- **fotosensibilità negativa,**
- **non fotosensibili.**

Ai **semi non fotosensibili**, categoria numericamente minoritaria, appartengono molte **specie coltivate**, grazie alla selezione operata dall'uomo

Tutti i semi regolati dalla luce mostrano una dormienza imposta dai tegumenti e la luce permette alla radice di penetrare il tegumento

Specie con grandi semi e con ampie riserve alimentari in grado di sostenere un prolungato accrescimento della pianticella al buio (per es. sotto terra), di solito non necessitano della luce per germinare (fotosensibilità negativa).

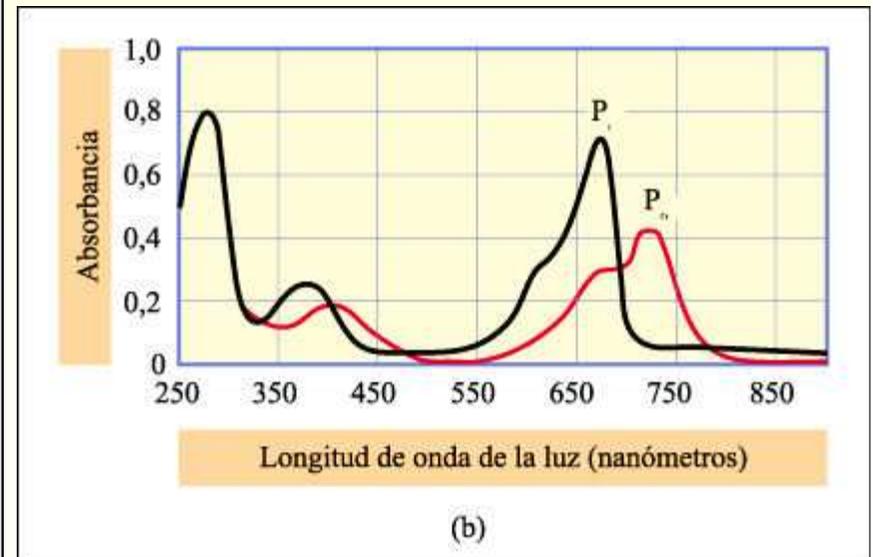
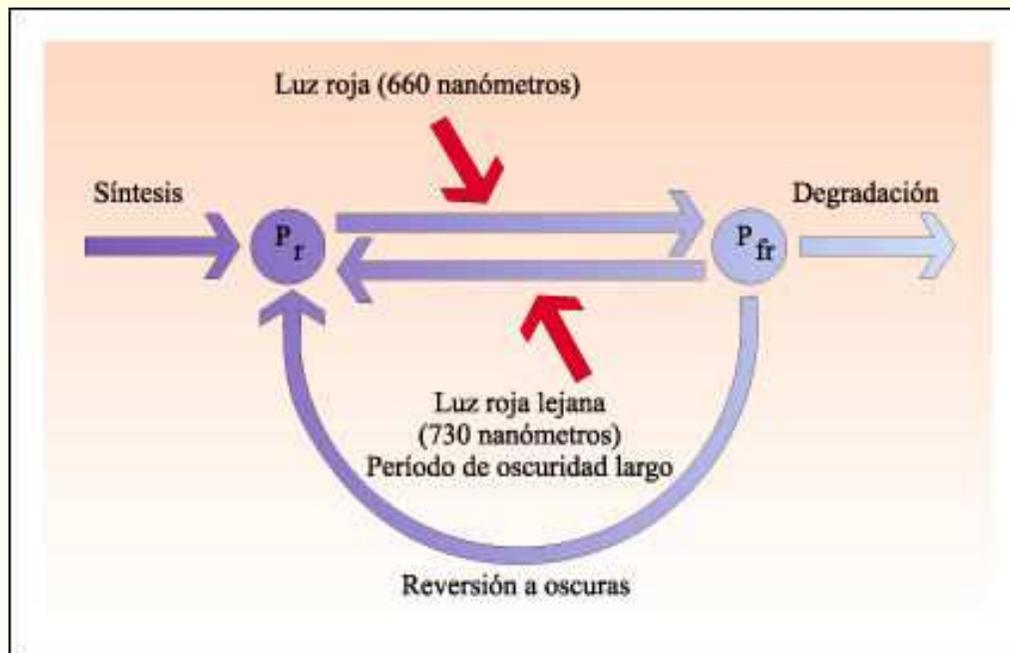
Piccoli semi delle specie erbacee e graminacee rimangono dormienti, anche se idratati, quando sono sepolti al di sotto della profondità a cui penetra la luce (fotosensibilità positiva).

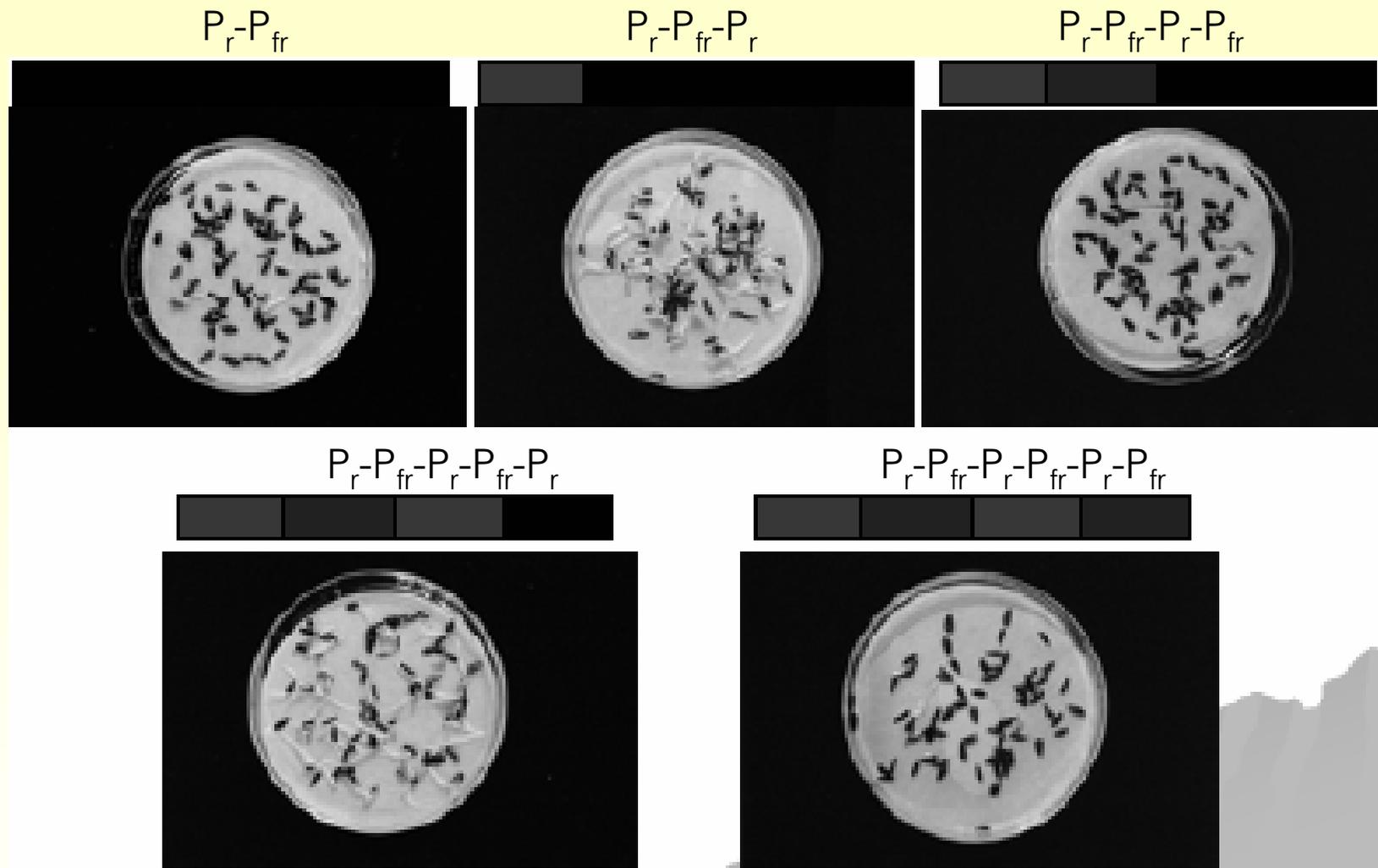


L'azione della luce è mediata dal **fitocromo**, pigmento fotorecettore che assorbe le radiazioni prevalentemente: del rosso e del rosso-lontano

$P_r$ , forma blu, assorbe nel rosso,  $\lambda = 660 \text{ nm}$

$P_{Fr}$ , forma verde oliva, assorbe rosso lontano,  $\lambda = 730 \text{ nm}$ ,





L'ultimo impulso è responsabile della germinazione o no dei semi  
 Il rosso provoca l'induzione mentre il rosso lontano la inibisce

La differenza nella fotosensibilità dei semi dipende:

- Sintesi-fotoconversione-degradazione
  - Disponibilità di quantità di recettore nelle cellule
- Situazione del seme maturo disperso dalla pianta madre

*Il fitocromo è sicuramente presente nell'embrione e solo nell'embrione ma responsabili della fotosensibilità sono i tegumenti*

$$\frac{P_{fr}}{P_{fr} + P_r}$$

Come nei meccanismi di fotomorfogenesi è importante per la risposta il rapporto "fotostazionario" cioè la % di  $P_{fr}$  sul totale. Questo rapporto è specie-specifico, per cui le risposte alla luce sono quantitativamente diverse

**E' generalmente accettato che ogni seme per germinare deve possedere una certa quantità di fitocromo nella forma  $P_{fr}$**

## Alcune considerazioni....

La dormienza è un mezzo estremamente efficace per assicurare la propagazione e la diffusione della specie

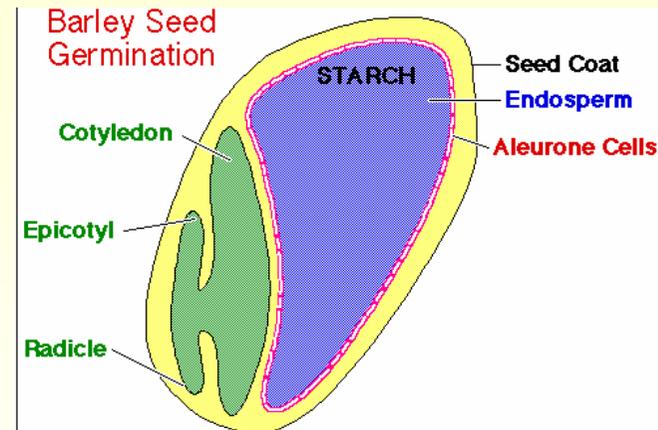
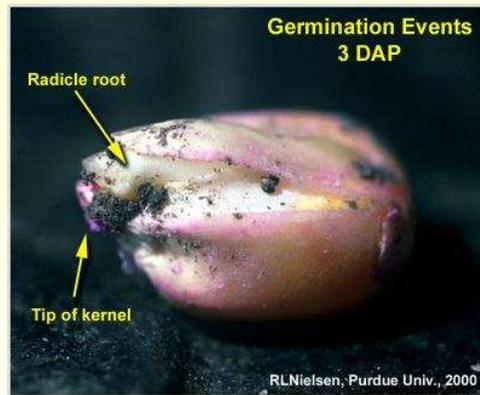
E' un tratto adattativo che ottimizza la distribuzione della germinazione in una popolazione di semi

La quiescenza (capacità di restare vitale per lunghi periodi anche in presenza di condizioni avverse e di reagire prontamente alla presenza di condizioni favorevoli) è un efficace strumento per realizzare questi obiettivi. Ma non sufficiente, almeno in ambienti caratterizzati da stagionalità accentuata, con forti e anche non prevedibili variazioni ambientali. E' infatti in questi ambienti che sono prevalenti i casi di dormienza.

La presenza di una dormienza secondaria oltre che primaria potenzia la scalarità della germinazione provocata dalla eterogeneità della dormienza e garantisce nel terreno, ad ogni istante la presenza di una banca di semi di quella data specie che assicura al meglio la sopravvivenza nel tempo della specie stessa

## Dal seme maturo ....alla germinazione

Quando comincia il processo di germinazione il seme è nello stato **quiescente**, ha **un'elevata disidratazione** (<10% di H<sub>2</sub>O), una **parziale disorganizzazione cellulare**, gli **eventi metabolici sono sospesi o estremamente lenti**

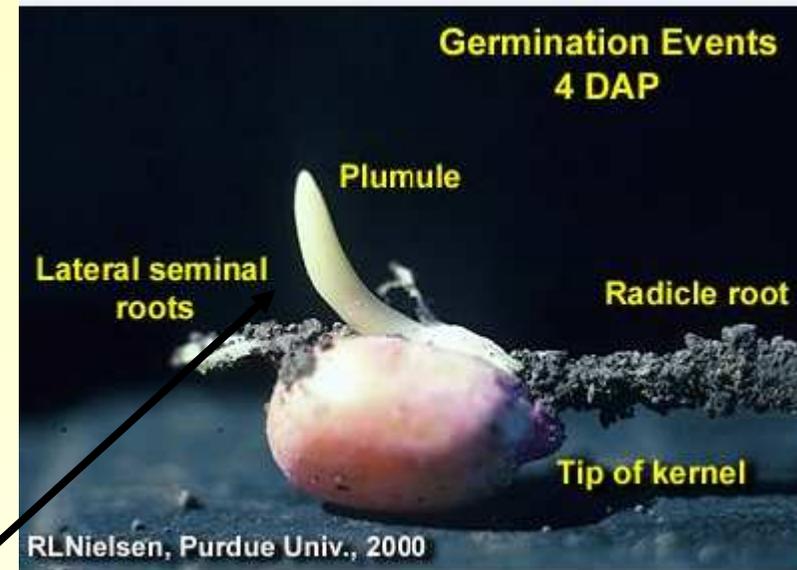


Perché avvenga la germinazione:

- 1) l'embrione deve essere vitale
- 2) non ci devono essere barriere fisiologiche, fisiche chimiche
- 3) condizioni ambientali favorevoli

La germinazione è quel processo che comincia con l'imbibizione del seme e termina con la protrusione della radichetta

Il segno visibile che la germinazione è completa



Allungamento dell'asse embrionale attraverso i tegumenti



Germinazione visibile

Germinazione fisiologica



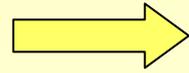
Processi biochimici,  
riattivazione metabolica,  
riorganizzazione cellulare

Germinazione agronomica



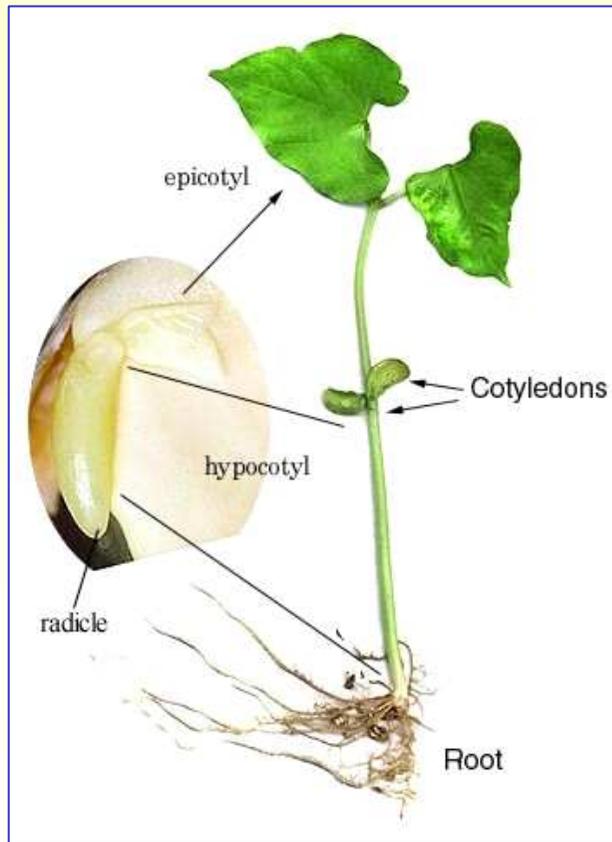
Protrusione della radichetta

Gli eventi successivi alla germinazione o eventi postgerminativi

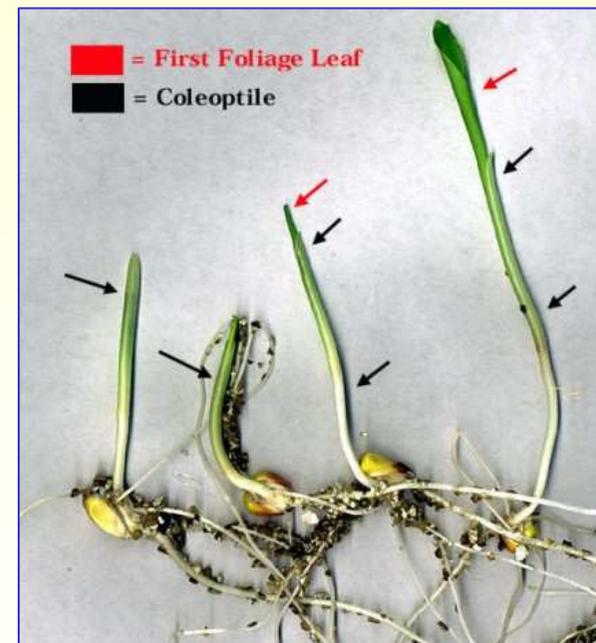


Mobilizzazione o idrolisi delle sostanze di riserva

Crescita della pianta



Fagiolo  
(Dicotiledone)

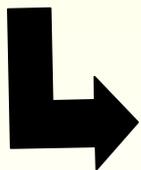


Frumento  
(Monocotiledone)

## Condizioni necessarie per il processo di germinazione

- **Presenza di Acqua.** Fondamentale perché abbia inizio la germinazione
- **Presenza di Ossigeno.** Il metabolismo può essere inizialmente anaerobio ma diviene aerobio appena il tegumento si rompe e l'O<sub>2</sub> può penetrare
- **Temperatura.** I semi non germinano al disotto di una certa temperatura che è specie-specifica:

Intervallo termico specifico ottimale (10-20°C per specie di climi temperati, 20-40 °C per specie di origine subtropicale e tropicale )

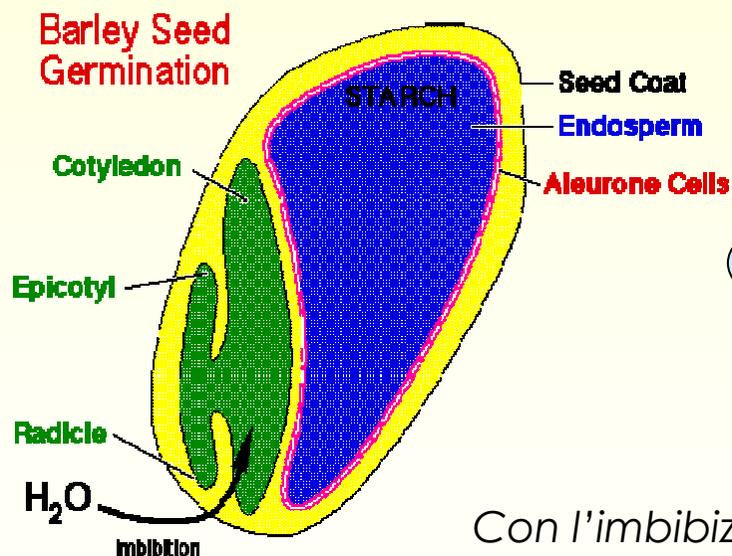


- **Velocità di germinazione:** il tempo impiegato dai semi a germinare
- **Capacità germinativa:** la quantità di semi che riescono a germinare

La temperatura influenza maggiormente la **velocità di germinazione**,

- **Luce.** E' necessaria per i semi piccoli che devono divenire presto autotrofi. In altre specie può svolgere un ruolo inibitorio (aglio)

## 1° Presenza di Acqua.



**H<sub>2</sub>O è necessaria per riattivare il biochimismo del seme**

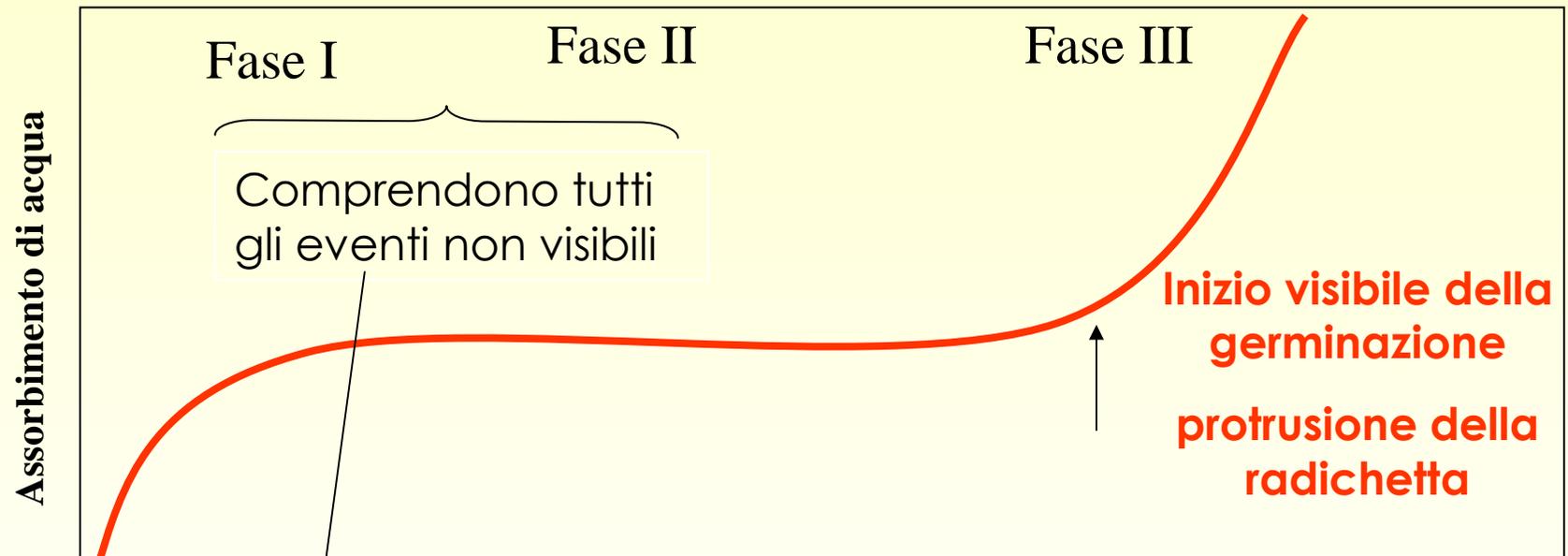


*Con l'imbibizione si ha reidratazione e riassetto di membrane cellulari e reidratazione e attivazione di proteine ed enzimi necessari per l'utilizzazione delle riserve.*

In relazione  
all'assorbimento  
dell'H<sub>2</sub>O



E' possibile costruire un andamento  
nel tempo degli eventi germinativi



Tempo

Germinazione fisiologica

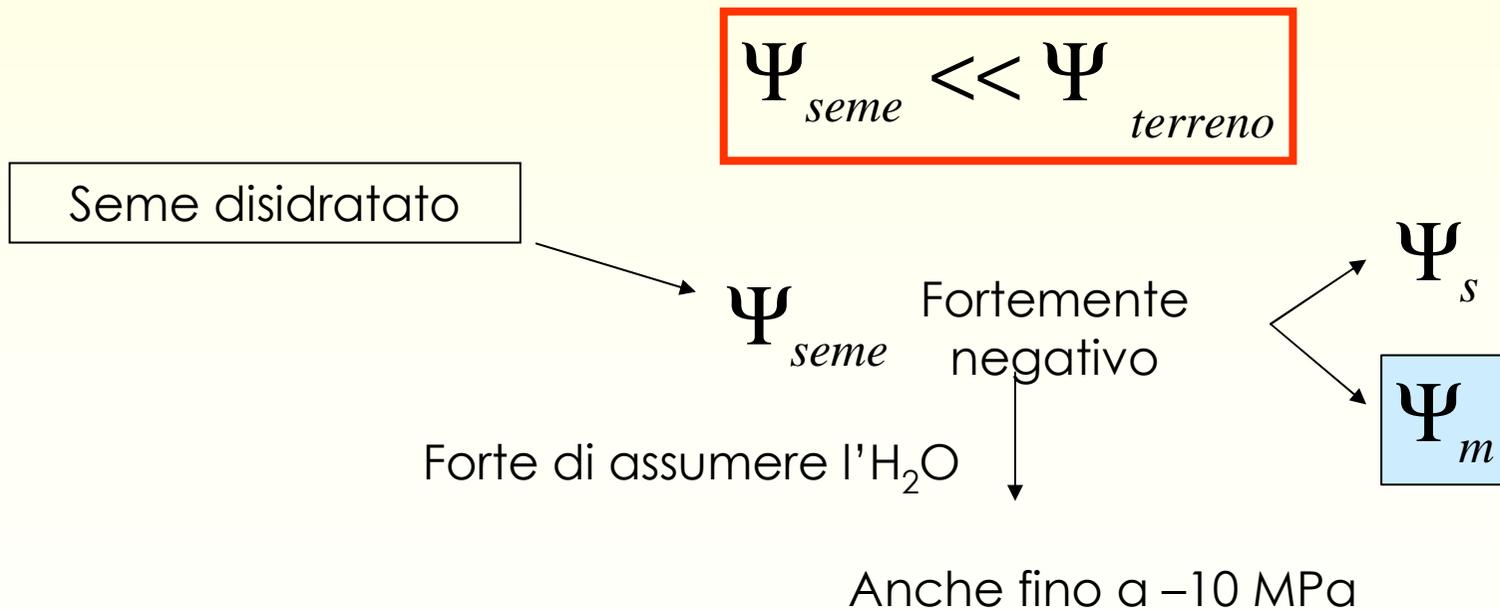
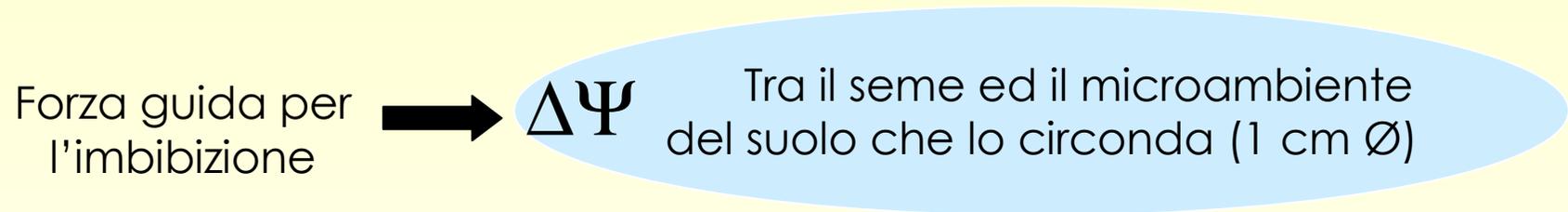


Germinazione agronomica





Seguita da fase più lenta di 5-10 ore



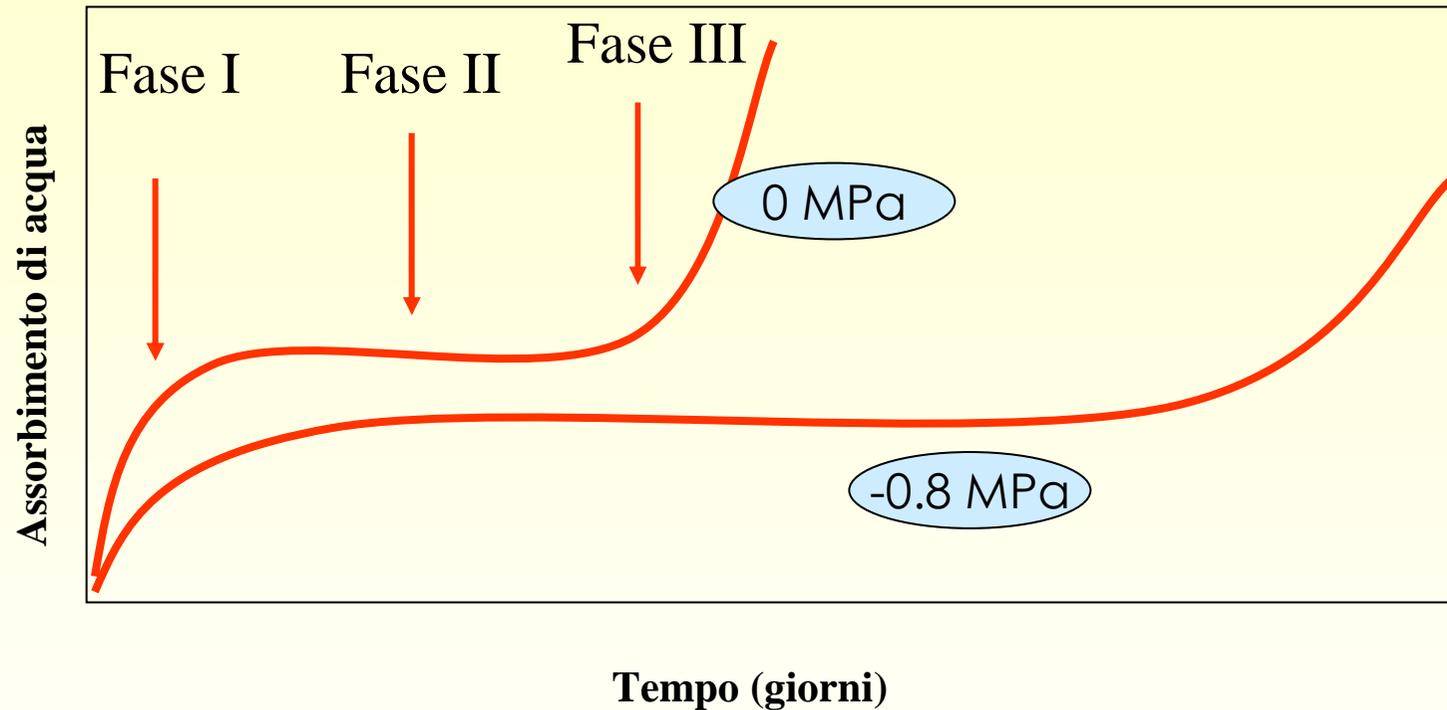
Assorbimento di H<sub>2</sub>O, germinazione ed iniziale crescita di differenti specie dopo 7 giorni in suoli con diverso contenuto idrico

Terreni meno idratati, con  $\Psi_{\text{terreno}}$  negativo rallentano la velocità di assorbimento di H<sub>2</sub>O e le % di germinazione sono minori

Species	Soil water content (%)	Germination (%)	Water uptake (percent of initial weight)	Length of root (cm)	Length of shoot (cm)
<i>Oryzopsis holciformis</i>	7.6	0	28	—	—
	9.6	0	41	—	—
	11.2	52	99	3.0	—
	13.3	58	169	4.2	—
	14.9	62	250	5.2	6.3
<i>Vicia dasycarpa</i>	11.6	0	76	—	—
	12.5	23	102	3.8	1.7
	13.4	27	103	3.9	2.1
	15.5	90	199	4.2	3.6
<i>Medicago hispida</i>	8.1	4	65	—	—
	9.8	8	89	—	—
	11.6	34	194	2.4	2.8
	13.6	86	637	2.5	4.3
<i>Agropyron elongatum</i>	9.5	16	39	—	—
	10.3	55	90	—	—
	10.7	87	181	5.0	3.2
	11.0	67	131	5.0	3.4
	11.3	90	168	4.8	3.8
	13.0	90	206	4.9	4.0
	13.1	97	224	4.8	4.8
	15.2	90	277	4.6	6.1
<i>Triticum aestivum</i>	8.1	90	54	2.0	0
	9.8	93	91	4.6	0.5
	11.6	93	145	6.0	2.3
	13.6	95	232	5.9	4.0

After Dasberg, 1971 [13]

Assorbimento di H<sub>2</sub>O in semi quiescenti di *Pinus brutia* incubati in H<sub>2</sub>O pura (0 MPa) ed in soluzione con potenziale idrico debolmente negativo (-0.8 MPa)

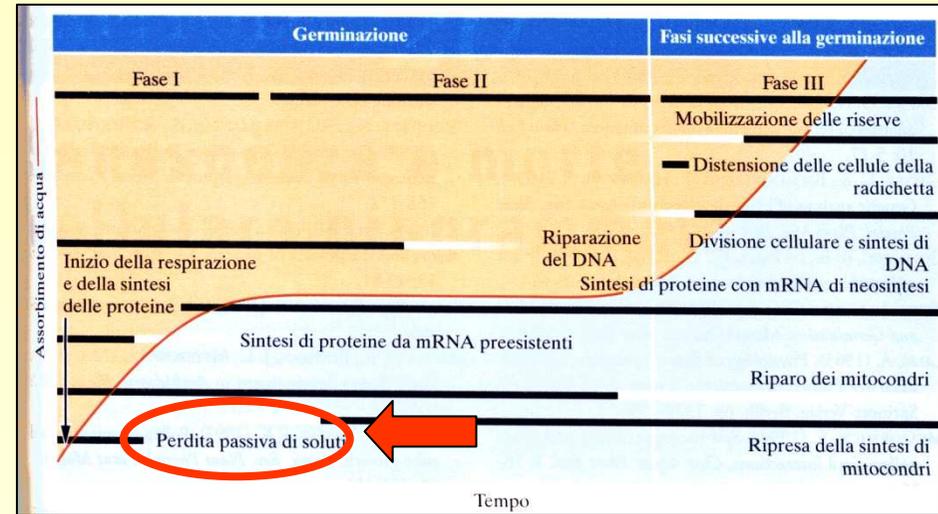


Con H<sub>2</sub>O pura (0 MPa) le fasi di germinazione sono più rapide in quanto l'assorbimento di H<sub>2</sub>O è più facile

## Con l'imbibizione del seme

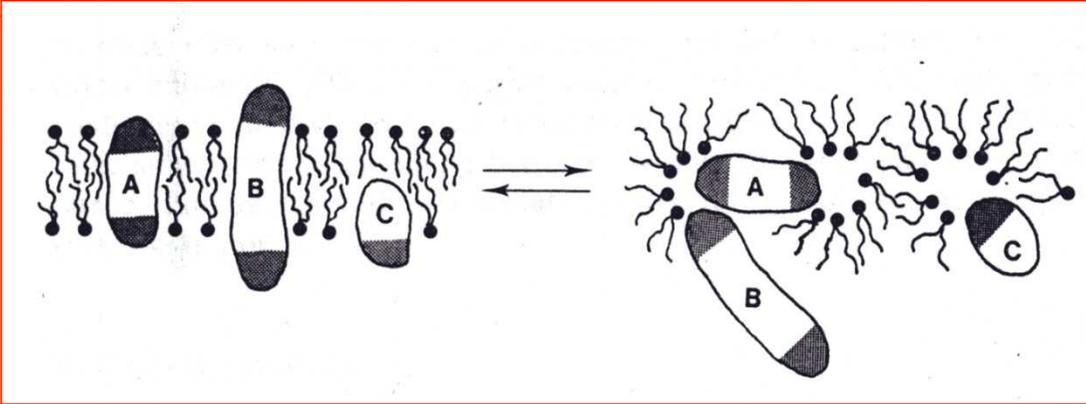
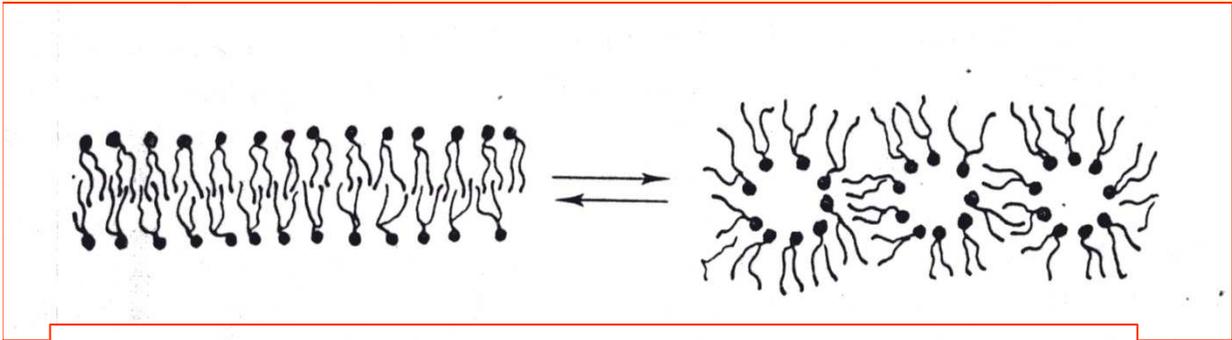


Perturbazioni strutturali temporanee della membrana che si manifestano attraverso la perdita di soluti



**Soluti e metaboliti a basso peso molecolare**

Amminoacidi e proteine  
Acidi organici e zuccheri  
Ioni  $K^+$   
Acido gibberellico  
Enzimi (G6PD, GDH, Fumarasi)



Stato idratato

Idratazione < 20%

Orientamento dei fosfolipidi e delle proteine di membrana in relazione al grado di idratazione

Da una fase di gel



Ad una struttura liquida cristallina, organizzata e stabile

La perdita di soluti si riduce fino ad essere soppressa

Si riorganizza quindi una struttura compartimentalizzata



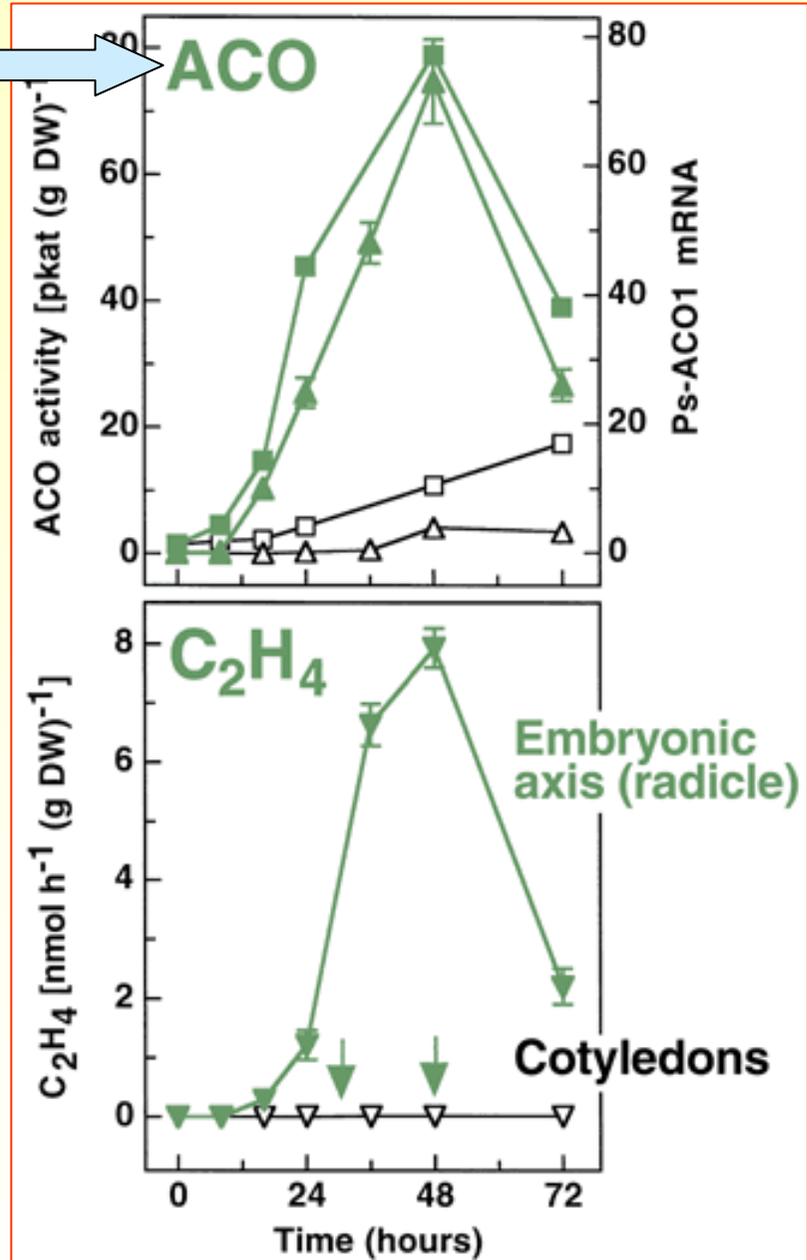
ORMONI **Etilene** è prodotto nell'embrione e non nei cotiledoni.

può stimolare la germinazione ed eliminare la dormienza in quanto influisce sulla sintesi dell'ABA endogeno e la sua attività .

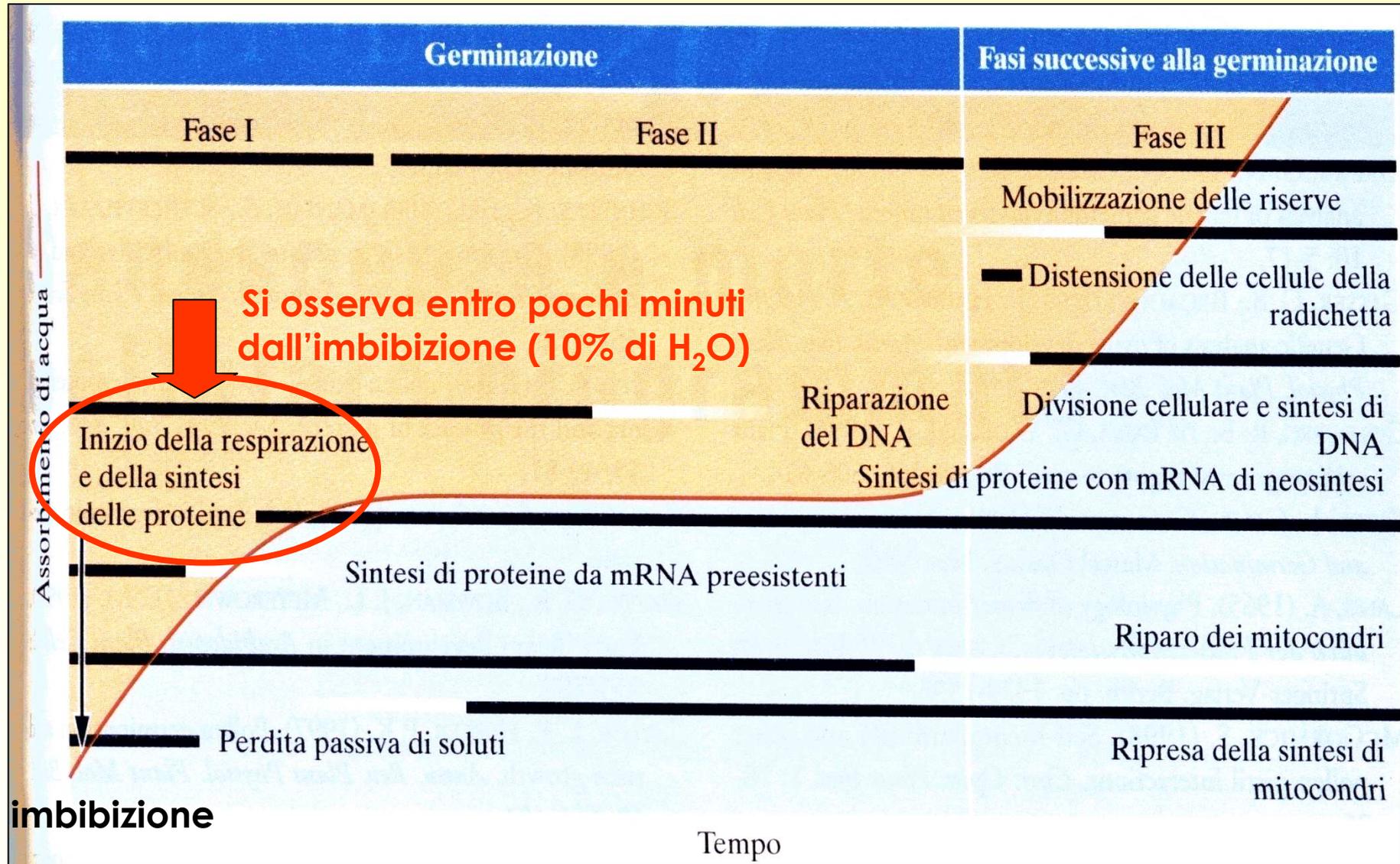
l'ACC è convertito in etilene dall'**ACO**, acido 1-amminociclopropano ossidasi

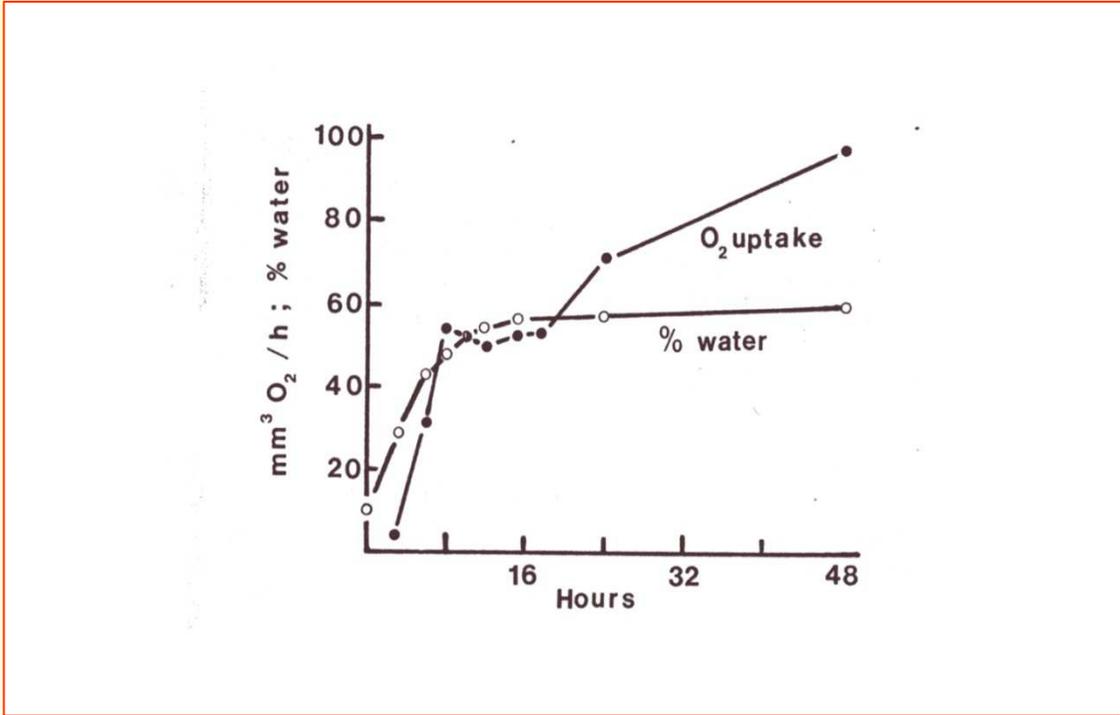
***Le giberelline sono indispensabili per superare lo stato di dormienza imposto dall'ABA.***

codificano inoltre enzimi che riducono inizialmente la resistenza meccanica dei tegumenti e poi hanno un effetto diretto sulla crescita potenziale dell'embrione



# Fasi della germinazione





Andamento trifasico dell'attività respiratoria

E' possibile assistere in una fase iniziale ad un processo fermentativo

Nella 1° fase sono già presenti nel seme



Zuccheri prontamente metabolizzabili

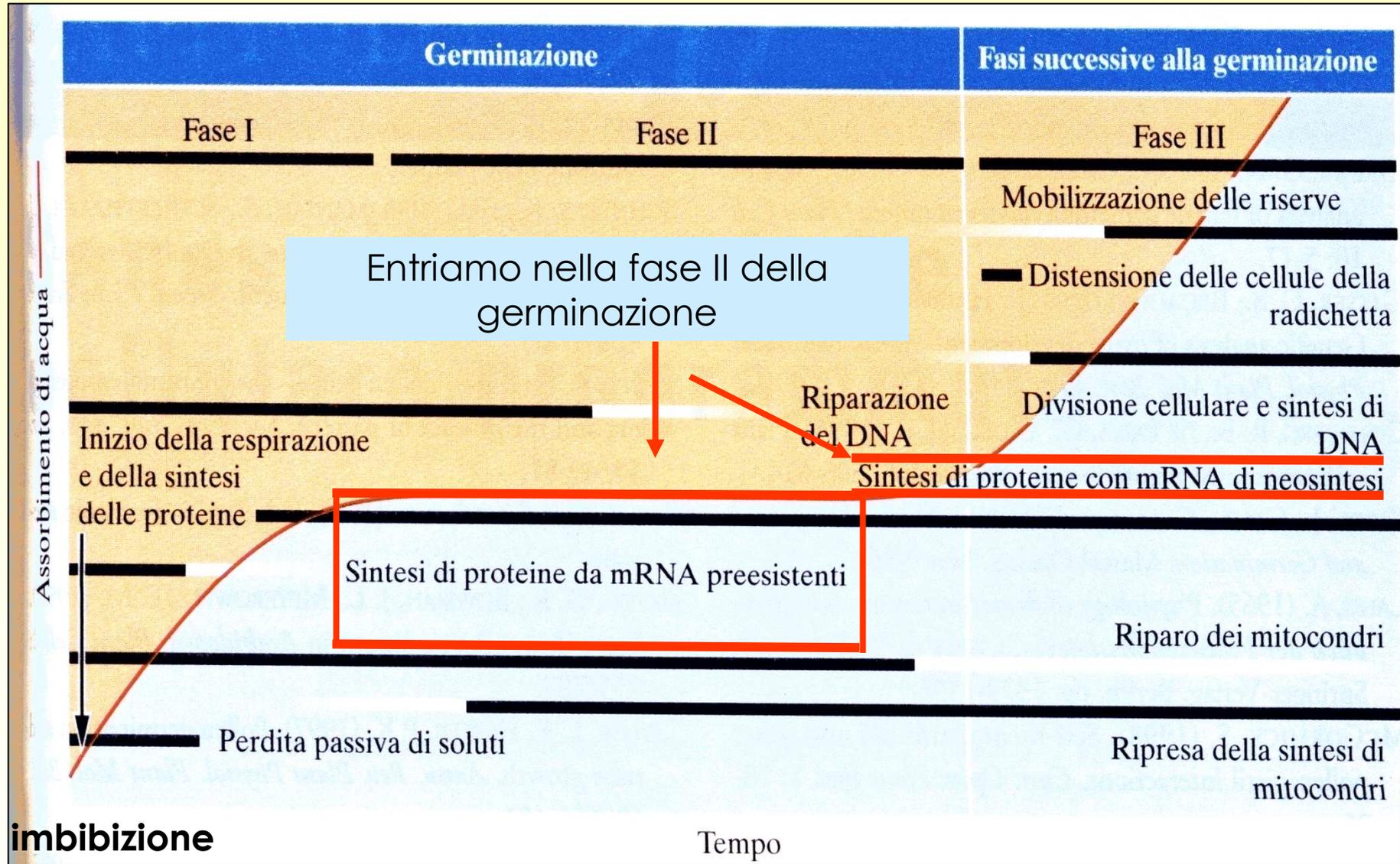
Saccarosio  
Raffinosio

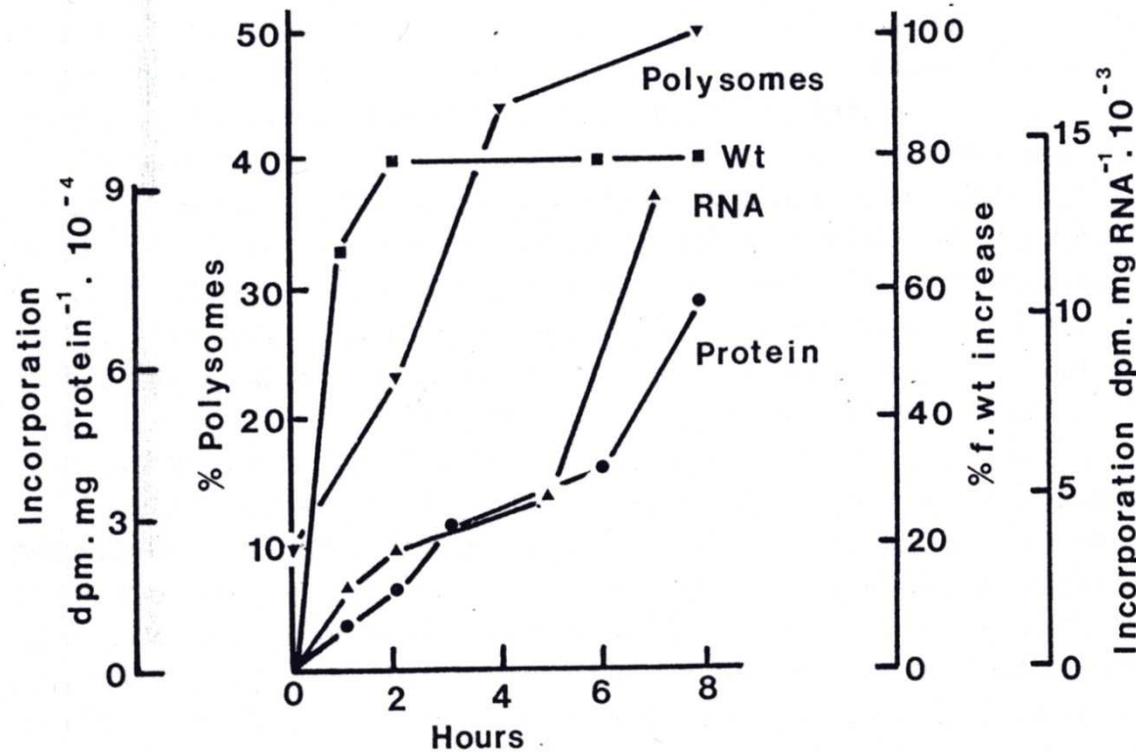
Enzimi ciclo glicolitico, PPP e ciclo Krebs

Limitante funzionalità catena respiratoria



Meno ATP  
Più NAD(P)H



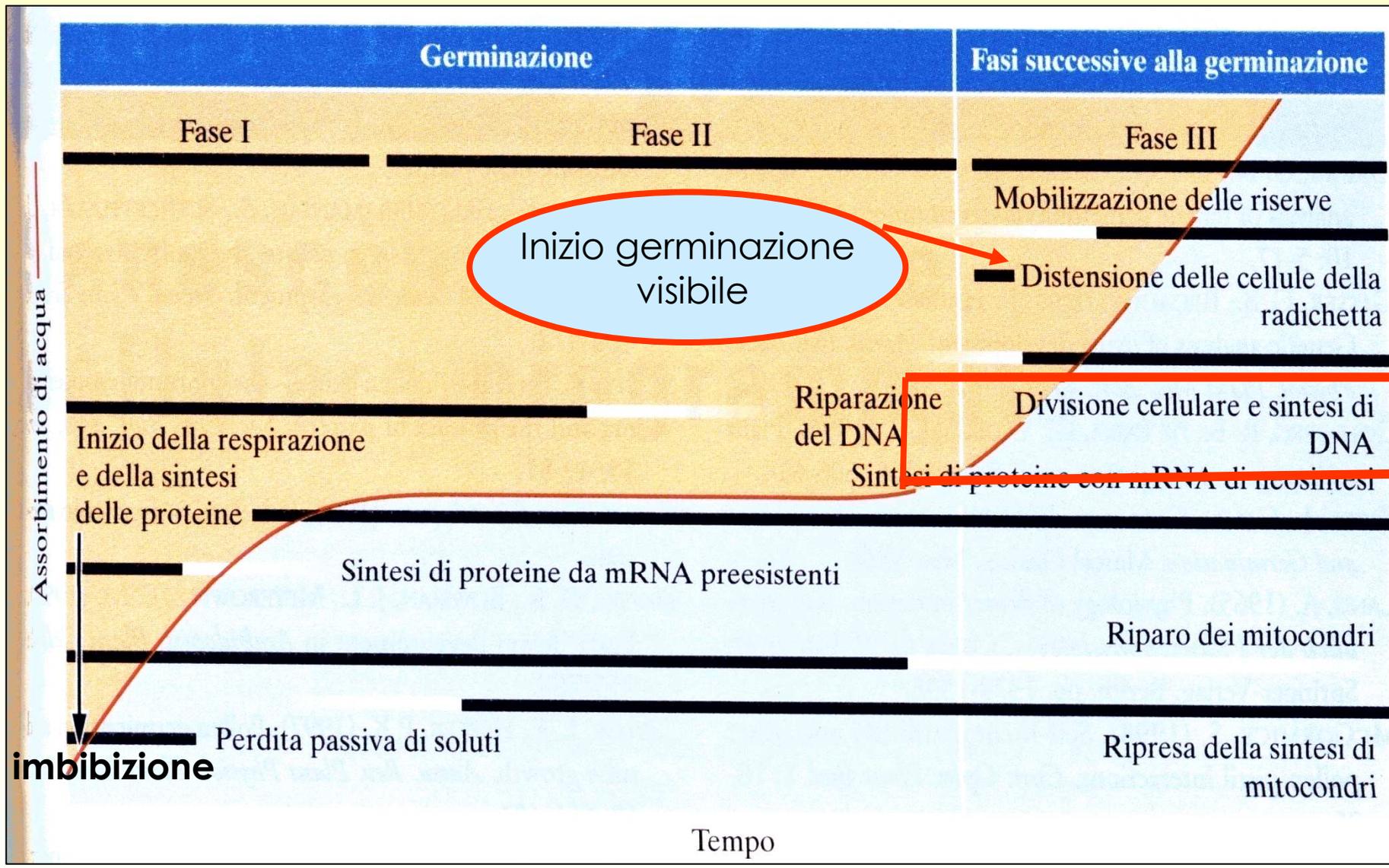


Processo di sintesi proteica è fondamentale per la germinazione e può manifestarsi già dall'inizio dell'imbibizione

Nel seme maturo sono presenti tutti i componenti necessari alla sintesi proteica tranne i **polisomi** e gli **mRNA associati ai ribosomi**

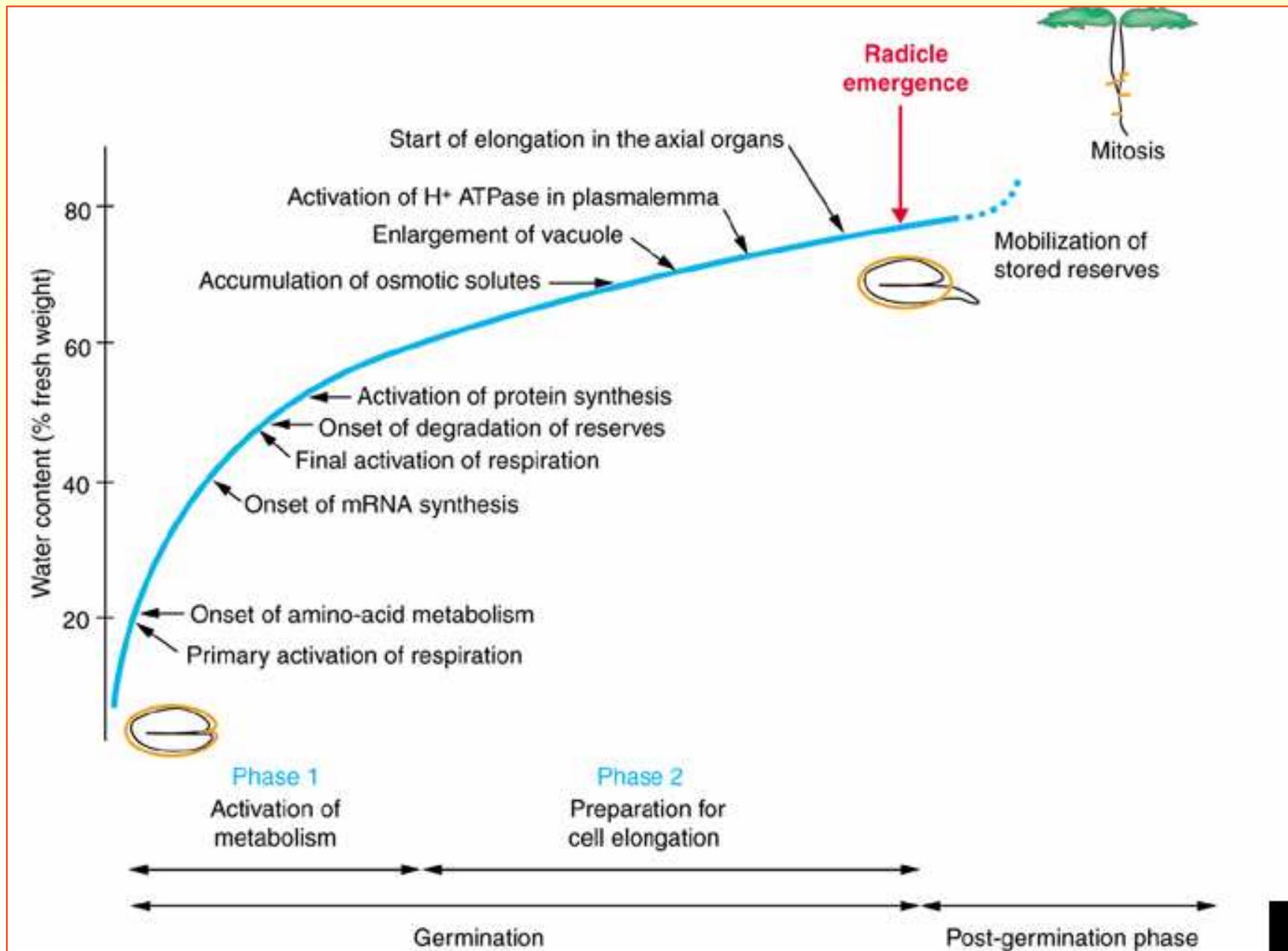
**Non sono stati individuati mRNA specifici ed esclusivi per la germinazione**

I semi maturi utilizzano nelle prime fasi mRNA "LEA" già presente associato con precedenti periodi di sviluppo

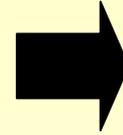


**imbibizione**

Tempo



Fase I e Fase II sono una condizione necessaria ma non sufficiente per la germinazione



I semi dormienti possono avere entrambe le fasi ma non germinare



Caratterizzata da un nuovo assorbimento di H<sub>2</sub>O



Sintesi di DNA



Avviene l'estensione della radichetta evento che termina la germinazione e che segna l'inizio della crescita della plantula

3 possibili ragioni per spiegare l'estensione della radichetta

### 1° ipotesi

$\Psi_s$  delle cellule radicali diventa più negativo per l'accumulo dei soluti derivati dall'idrolisi dei polimeri di riserva. Questo determina assorbimento di  $H_2O$  ed un conseguente aumento del potenziale di turgore

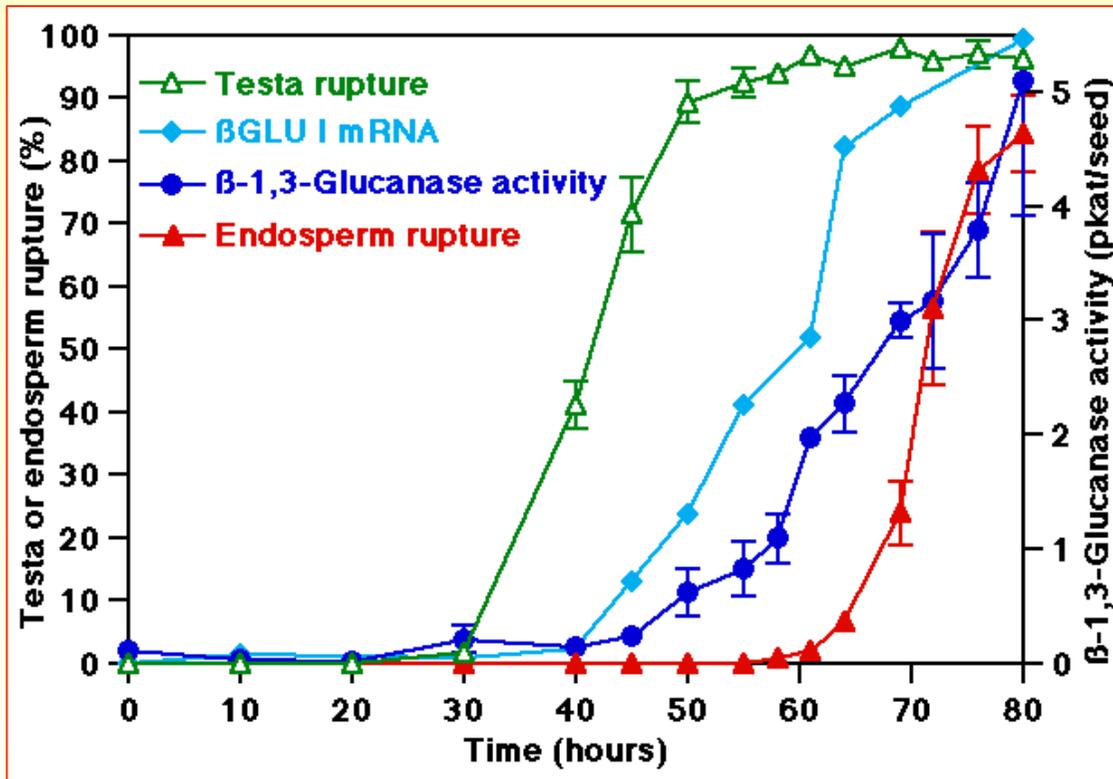
Non sono mai state rilevate consistenti variazioni del  $\Psi_s$

### 2° ipotesi

Produzione di enzimi che determinano l'allentamento della parete, xiloglucano endotransglicosilasi (XET) oppure candidati alternativi le ESPANSINE

Nessuna di queste proteine è stata osservata in semi germinanti ed inoltre XET sembra attivata dall'auxina, ormone non coinvolto nella germinazione ed il secondo da ABA, inibitore dell'allungamento radicale

### 3° ipotesi

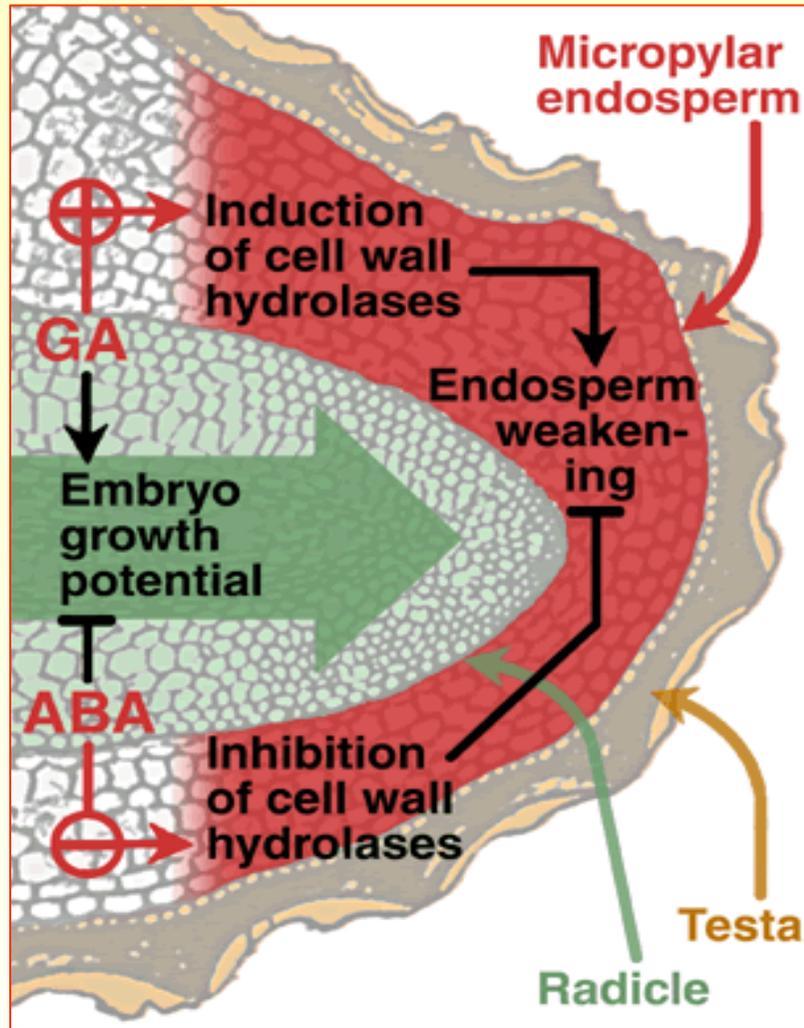


L'estensione cellulare è un processo che necessita di **cedevolezza delle pareti** di quelle cellule dell'asse embrionale che sono poste tra la cuffia e la base dell'epicotile guidato dal **turgore**  $\Psi_p$

T  
E  
S  
T  
A

Andamento dell'induzione di beta-Glucanasi nell'endosperma di semi germinanti di tabacco

Induzione di idrolasi secrete dall'**endosperma** che determina una parziale degradazione della parete

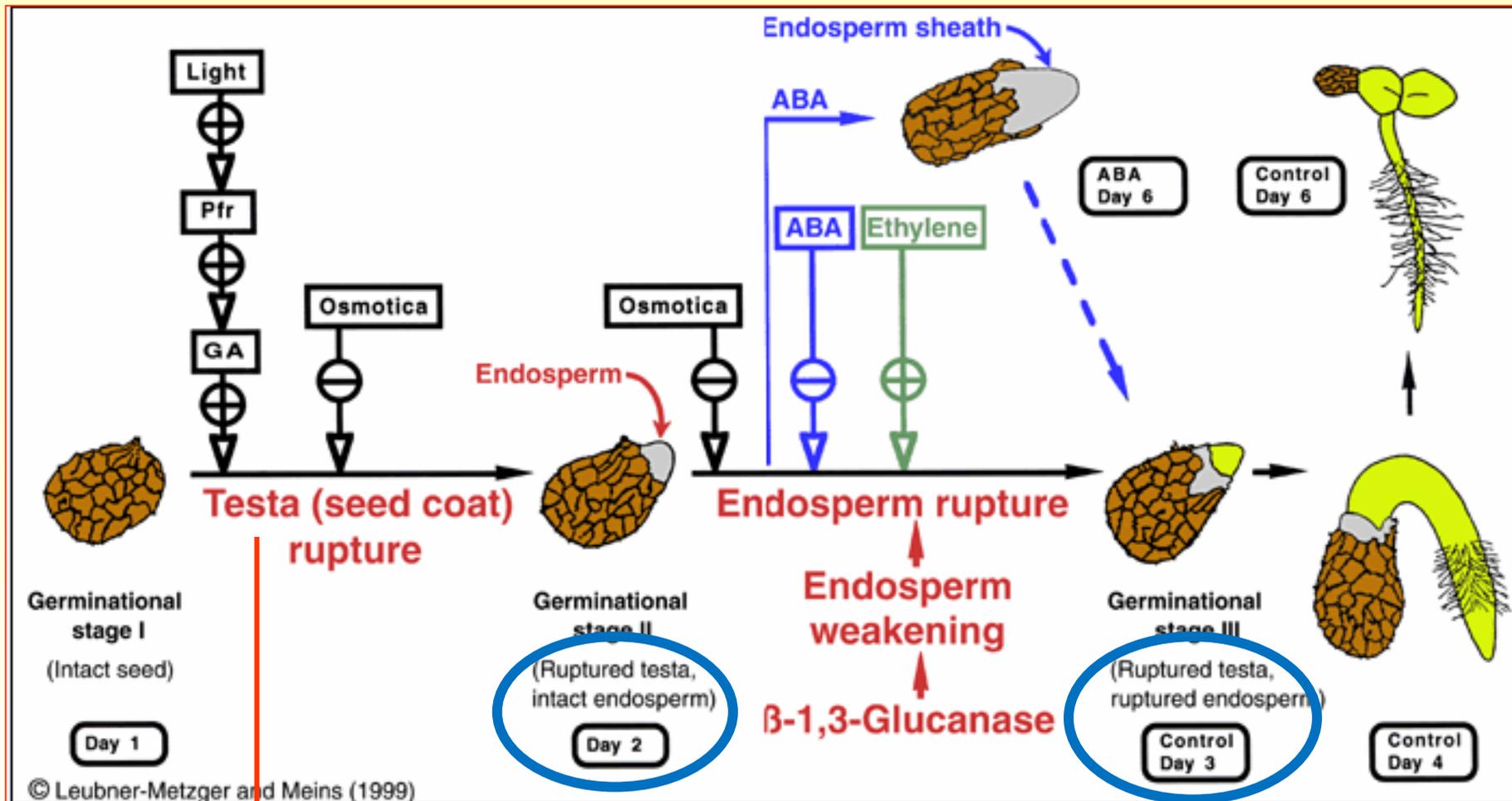


Questa 3° ipotesi trova sostegno con l'applicazione di ormoni che inibiscono (ABA) e inducono (GA) la germinazione

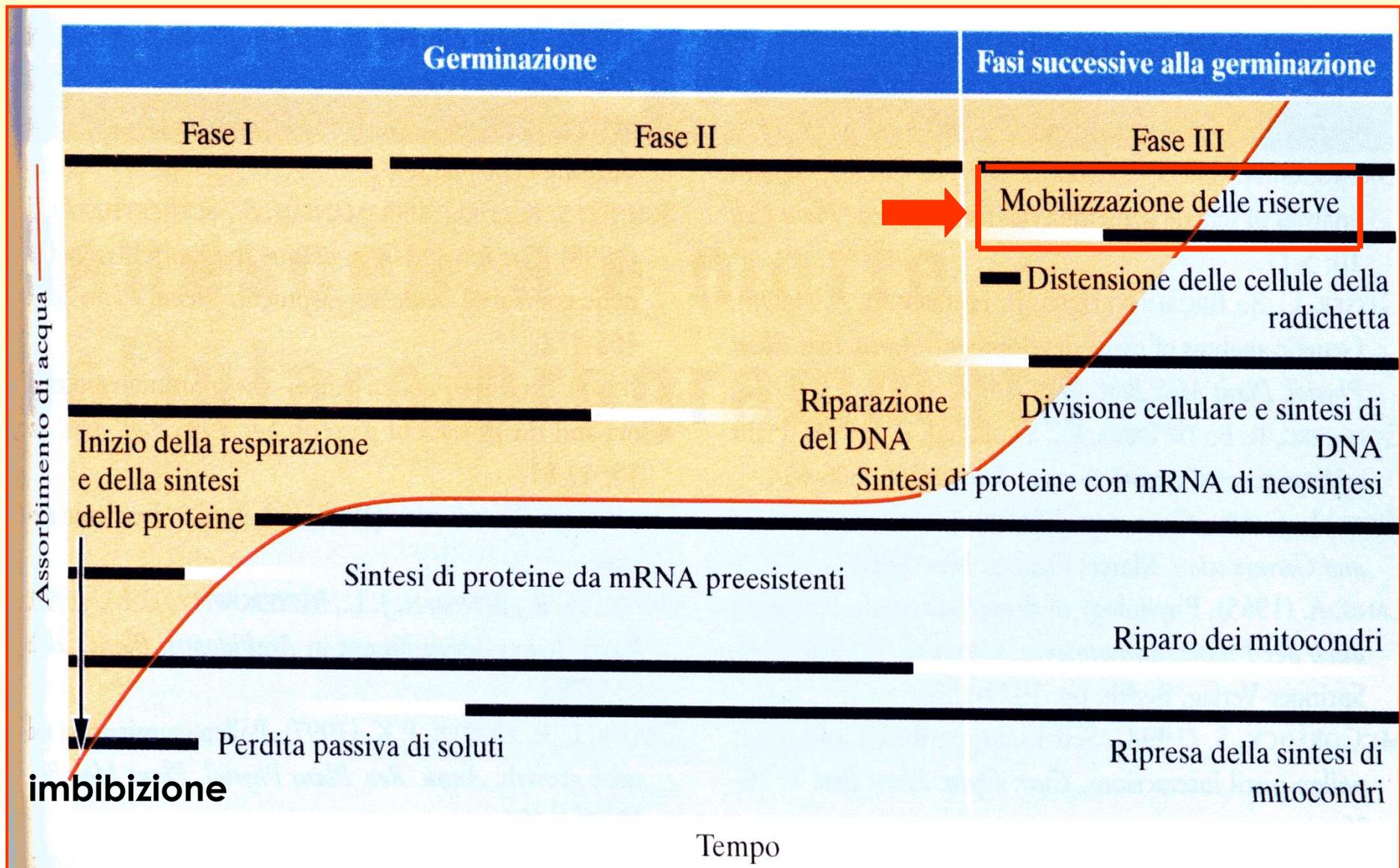
ABA previene l'estensione della parete cellulare radicale, all'ultimo stadio della germinazione, mentre non interferisce con  $\Psi_s$  e l'assorbimento di  $H_2O$

**ABA** inibisce  
**GA** attiva  
l'induzione di tali enzimi

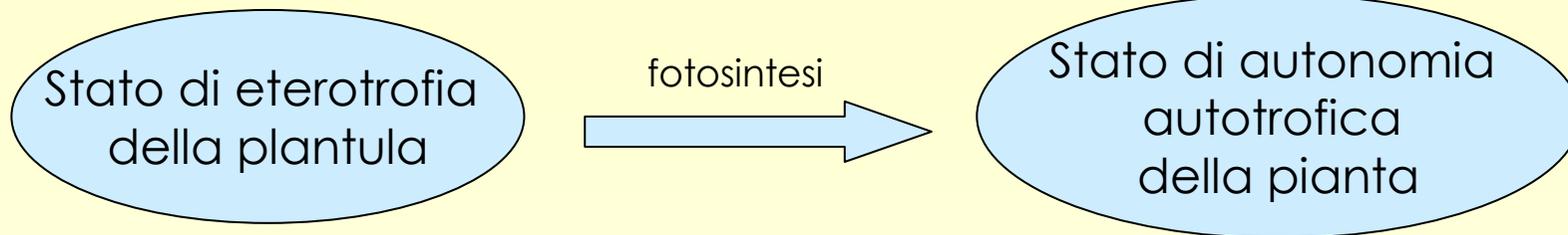
Da Leubner-Metzger, 1995



Le caratteristiche della testa (seed coat) in semi di tabacco sono importanti per imporre la dormienza.



La mobilizzazione delle riserve stoccate nel seme sono associate con la crescita della plantula



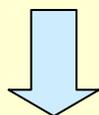
**Table 19.2** Storage reserves of some important crop species

	Average percent composition			Major storage organ
	Protein	Oil	Carbohydrate	
<b>Cereals</b>				
Barley	12	3	76	Endosperm
Maize	10	5	80	Endosperm
Oats	13	8	66	Endosperm
Wheat	12	2	75	Endosperm
<b>Legumes</b>				
Broad bean	23	1	56	Cotyledons
Garden pea	25	6	52	Cotyledons
Peanut	31	48	12	Cotyledons
Soybean	37	22	12	Cotyledons
<b>Other</b>				
Castor bean	18	64	Negligible	Endosperm
Oil palm	9	49	28	Endosperm
Pine	35	48	6	Megagametophyte
Rapeseed	21	48	19	Cotyledons

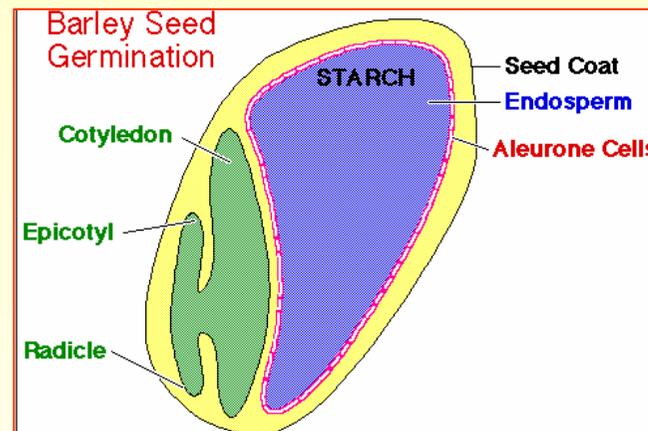
Riserve  
carboidratice

Riserve proteiche

Riserve lipidiche



Amido principale  
riserva nei granuli di amido  
dell'endosperma delle cariossidi  
dei cereali



Amilosio

Amilopectina

Mannani nel  
dattero e nel caffè

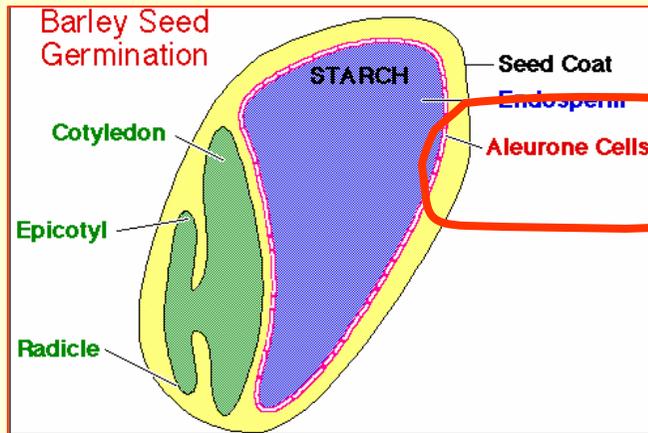
Galattomannani nelle  
leguminose

Saccarosio è  
presente in  
alcune linee di  
mais

Impregnano le pareti ispessite  
degli endospermi

Saccarosio+  
stachiosio+raffiniosio  
(pisello)

**l'amido viene scisso, per via idrolitica e fosforolitica, dopo 24-72 h di imbibizione**

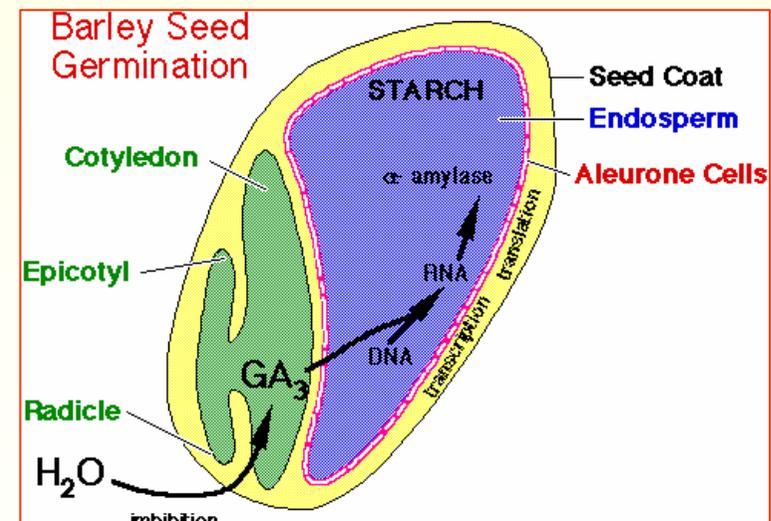


Nello strato di aleurone vengono elaborati e/o secreti tutti gli enzimi

$\alpha$  e  $\beta$ -amilasi  
Amido fosforilasi  
 $\alpha$ -glucosidasi  
Limite-destrinasi

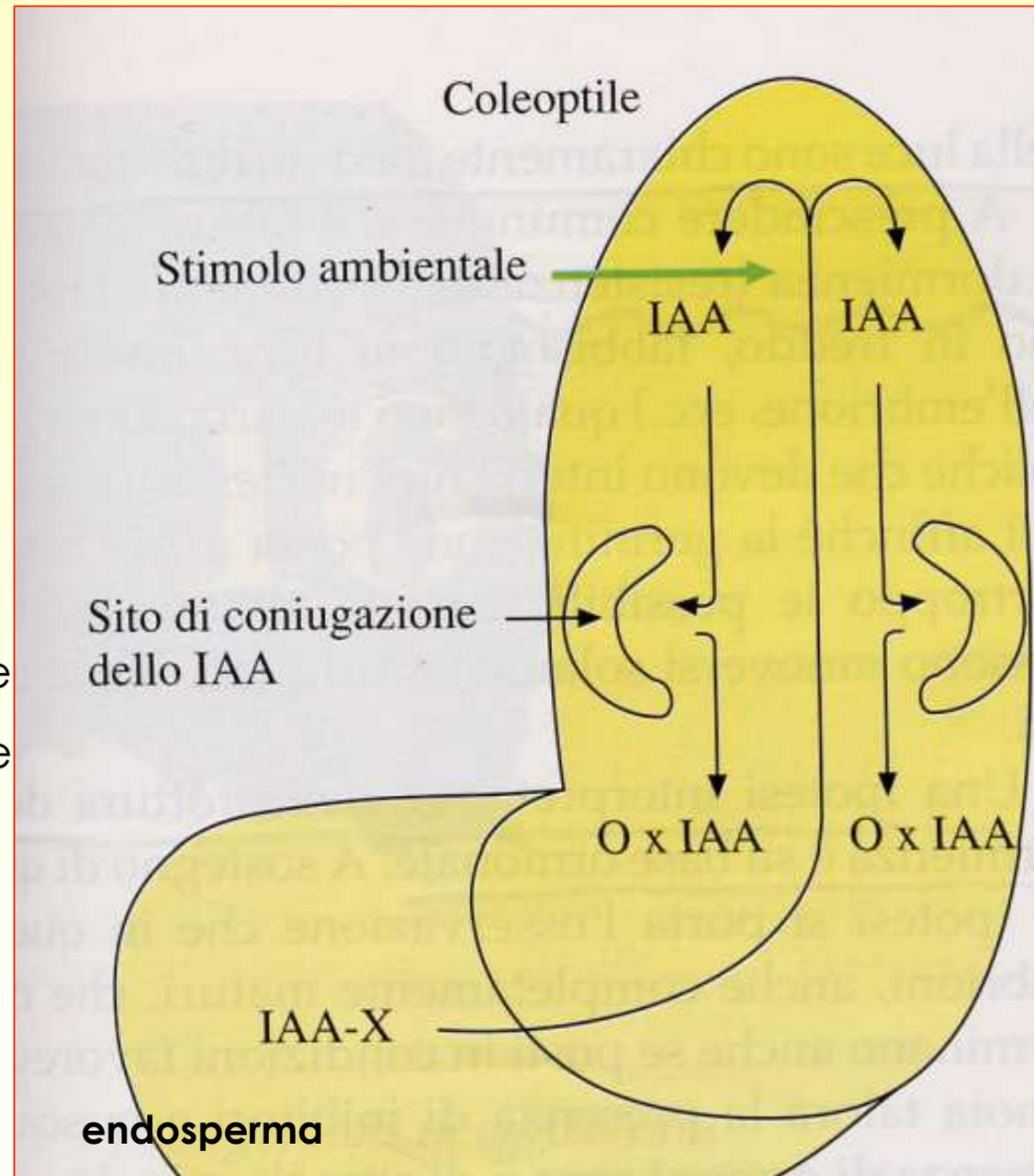
$\alpha$  amilasi viene sintetizzata de novo e  $\beta$ -amilasi viene attivata

**Il Controllo embrionale** della scissione dell'amido è mediato dalle gibberelline



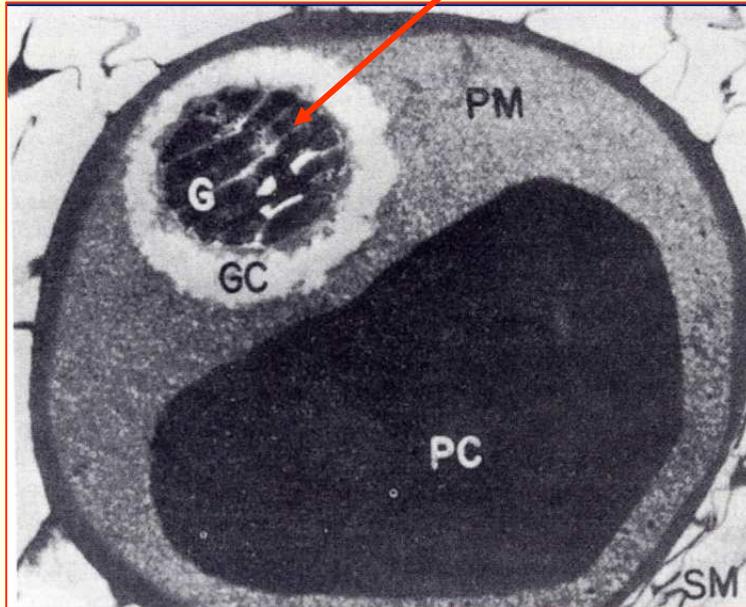
Nella cariosside di mais, a differenza del grano e dell'orzo l'endosperma non risponde alla gibberelline ma interviene l'**acido indolacetico (IAA)** che nella forma coniugata passa dall'endosperma all'embrione in crescita, nella parte apicale viene idrolizzato e diffonde nelle regioni sottostanti in crescita dove esercita la sua funzione. Successivamente viene idrolizzato dall'IAA

ossidasi



## Riserve lipidiche

Sferosomi, organelli sferici con  
singola membrana



I semi con riserve lipidiche sono i più abbondanti (noce, mandorlo, olivo arachidi, soia ecc.) e costituiscono la sorgente degli oli vegetali per scopi alimentari ed industriali

Gli acidi grassi dei trigliceridi contengono una catena carboniosa da pochi C a più di venti  
I più noti sono l'acido palmitico (acido grasso saturo) l'oleico ed il linoleico (acidi grassi insaturi)

gluconeogenesi

Riserve lipidiche

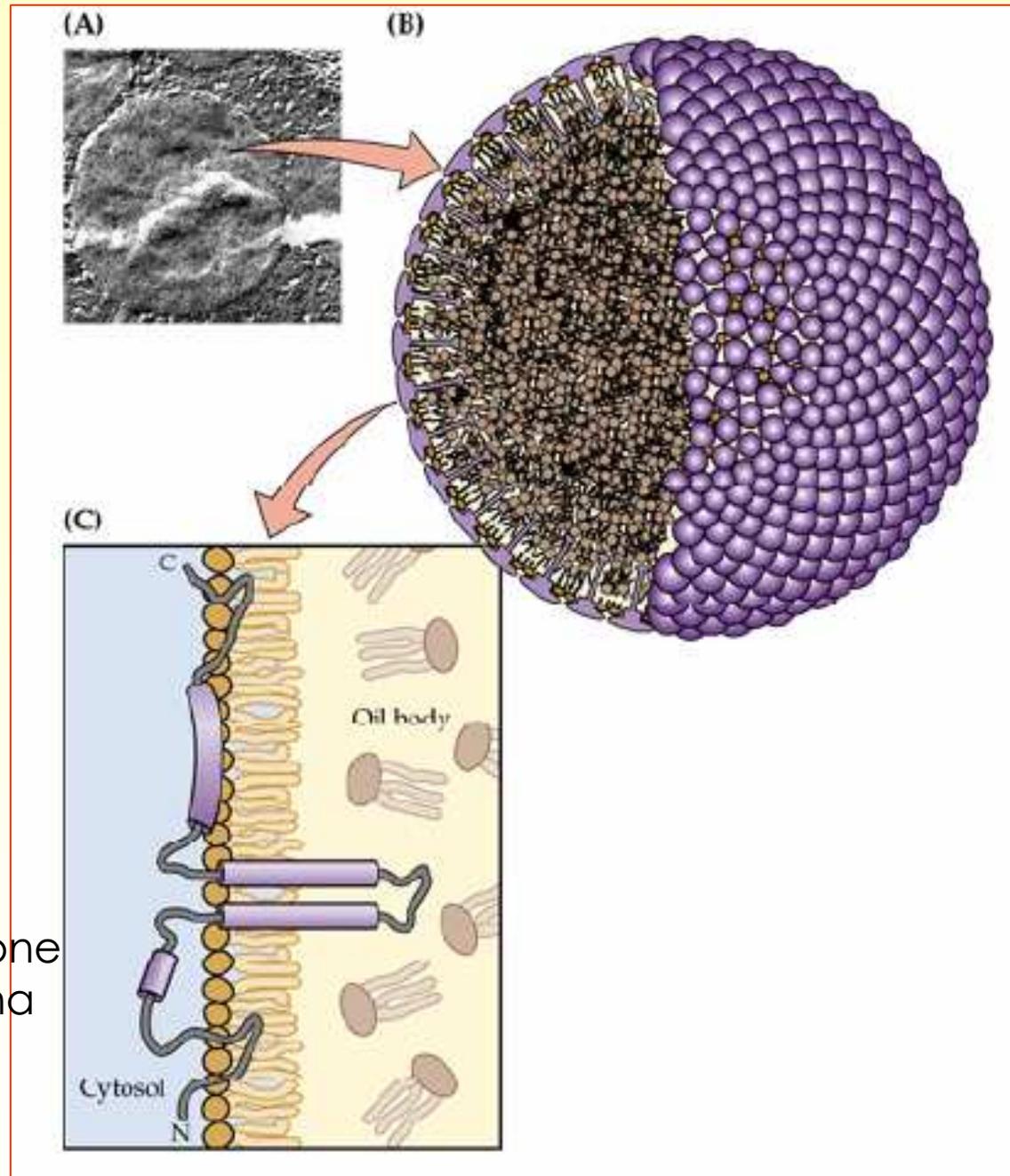


carboidrati

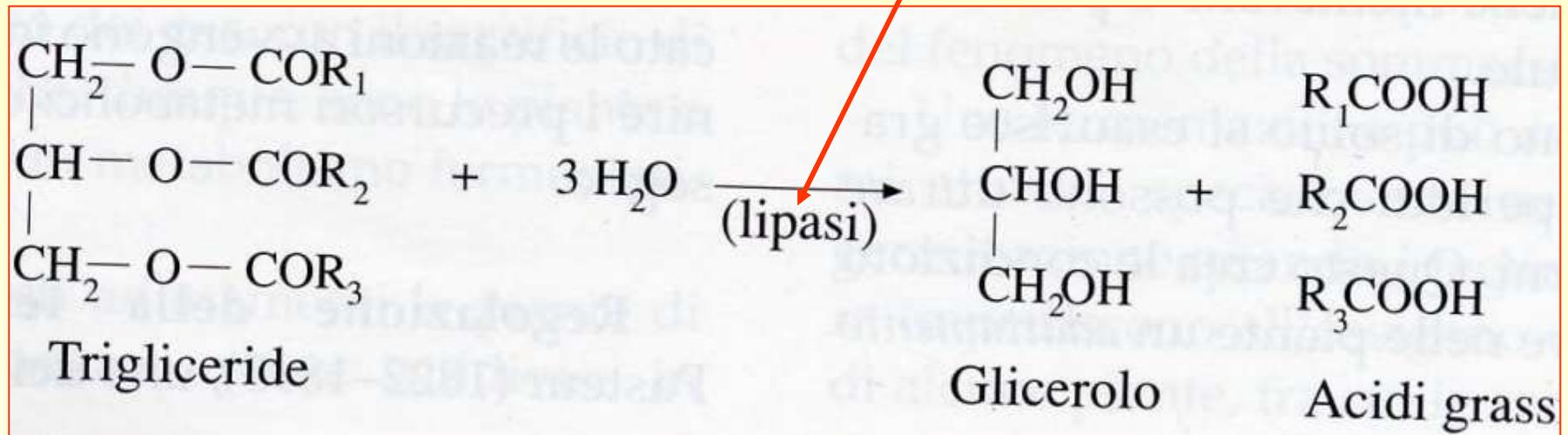
Partecipano diverse vie metaboliche e diversi organelli cellulari

Corpo oleico di  
mais

Configurazione  
dell'oleosina



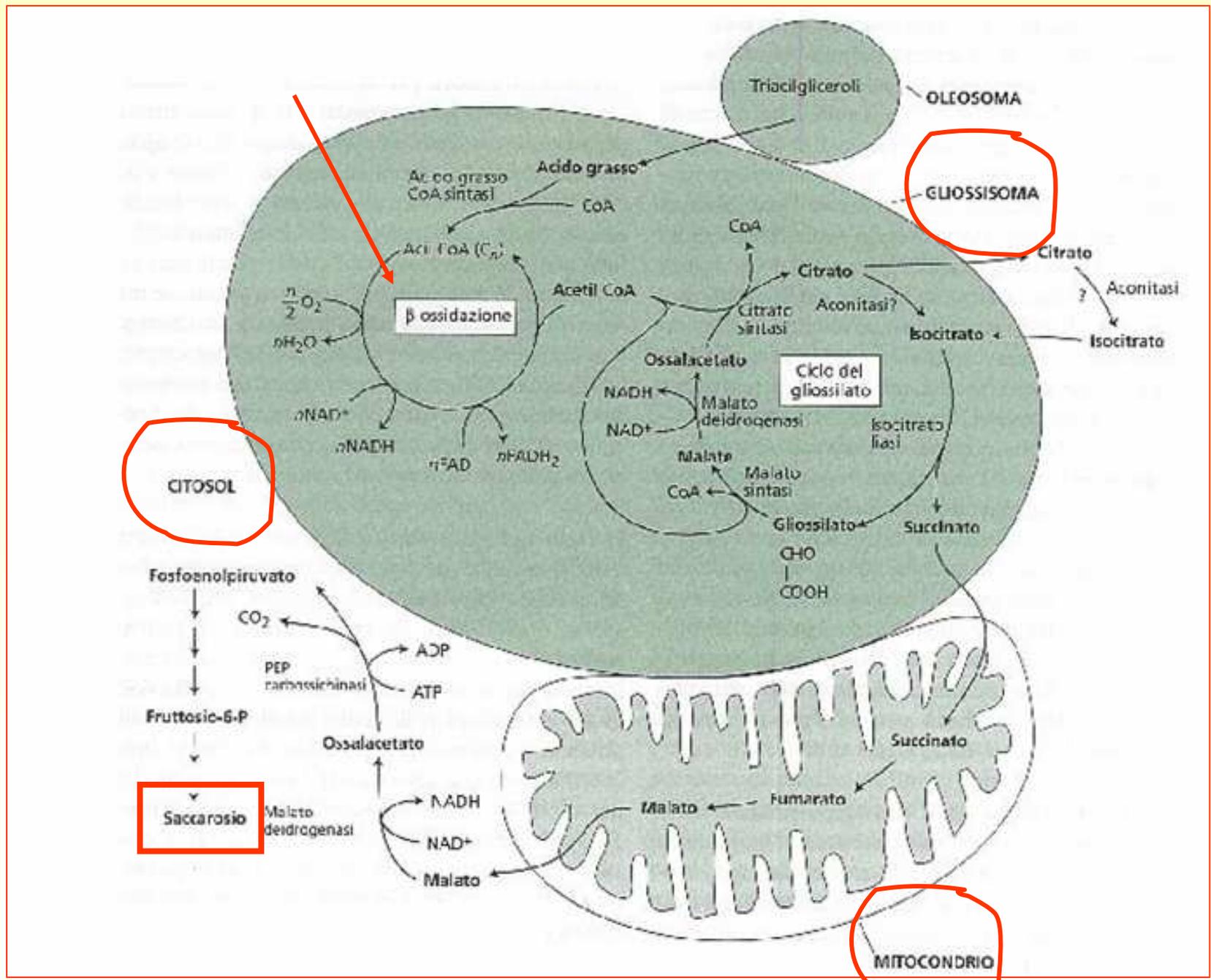
1° tappa: **idrolisi dei trigliceridi**



2° tappa: **ossidazione degli acidi grassi e sintesi di succinato nel ciclo del gliossilato (Gliossisoma)**

3° tappa: **dal succinato all'ossalacetato (Mitocondrio)**

4° tappa: **dall'ossalacetato al saccarosio –glicolisi inversa- (Citoplasma)**



CITOSOL

GLIOSSISOMA

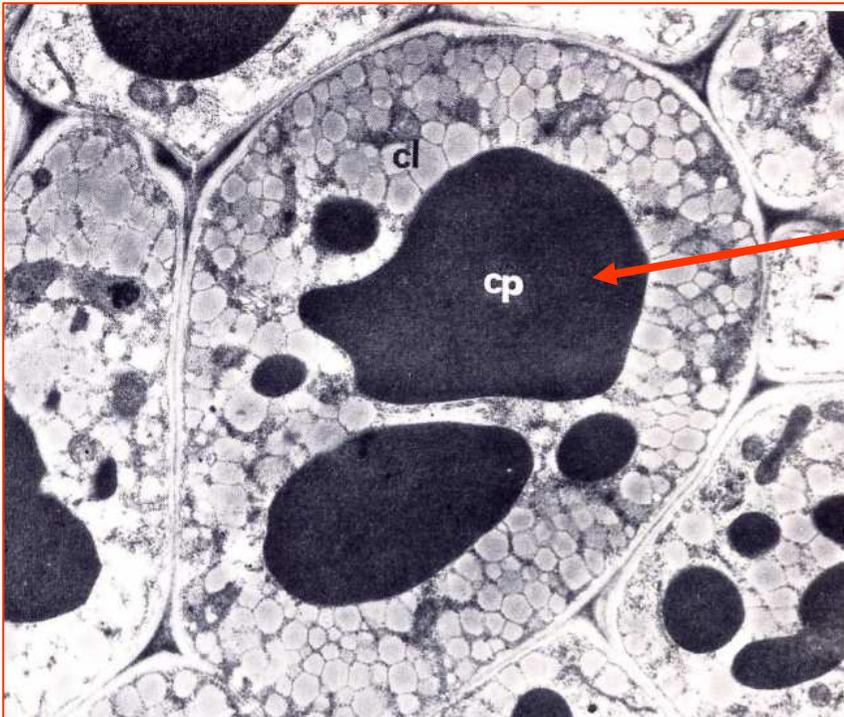
MITOCONDRIO

Saccarosio

## Riserve proteica

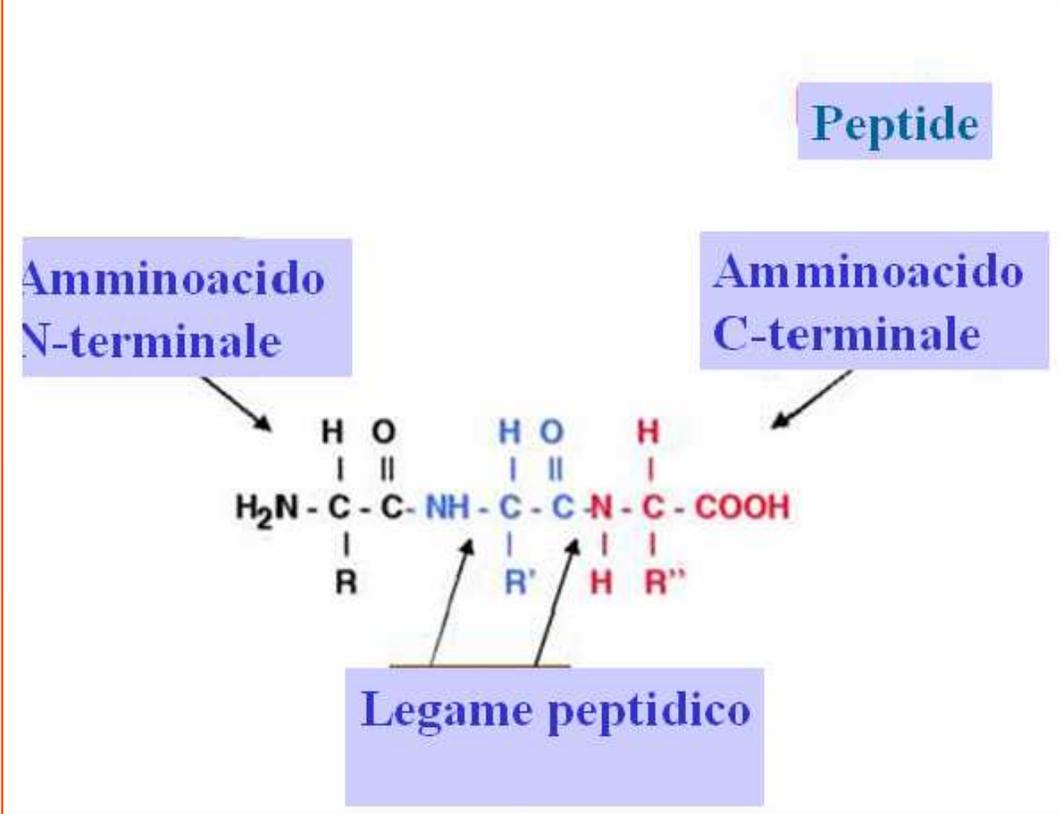
Sono suddivise in base alla loro solubilità:

1. **Albumine**, solubili in H<sub>2</sub>O a pH neutro o debolmente acido
2. **Globuline**, solubili in soluzioni saline
3. **Prolammine**, solubili in etanolo
4. **Gluteline**, solubili in alcali o acidi forti



Le riserve proteiche sono contenute nei **corpi proteici**, organelli delimitati da singola membrana.

**Endopeptidasi:**  
idrolizzano i legami  
peptidici interni ed  
originano  
oligopeptidi



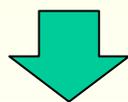
**Carbossipeptidasi:** attaccano  
il legame peptidico dalla  
parte del carbossile terminale

**Amminopeptidasi:** attaccano  
il legame peptidico dalla  
parte dell' ammina terminale

Originano  
amminoacidi liberi

1) Solo alcuni aminoacidi sono specificamente coinvolti nel trasporto dai tessuti di riserva all'embrione

2) Dato che la composizione degli essudati è assai diversa da quelle di riserva



**una conversione di a.a. ha luogo prima dell'utilizzazione da parte dell'embrione**

15.7

## Concentrazione dei vari aminoacidi in endosperma, cotiledoni ed essudato di ricino durante la germinazione

### CONCENTRAZIONE

	Endosperma	Cotiledoni	Essudato
Aspartato	1.9	5.7	nd
Asparagina	5.7	4.7	4.7
Treonina	4.2	3.6	3.2
Serina	6.2	4.5	5.0
Glutammato	5.2	0.6	1.5
Glutammina	15.2	47.1	43.6
Prolina	3.8	4.3	5.1
Glicina	2.3	nd	0.9
Alanina	6.4	2.4	1.3
Cisteina	nd	nd	nd
Valina	10.6	8.4	9.6
Isoleucina	1.9	0.8	0.8
Leucina	6.2	4.2	5.4
Tirosina	1.3	nd	nd
Fenilalanina	5.3	1.8	2.0
Istidina	2.7	2.6	2.8
Lisina	0.7	0.9	4.2
Arginina	17.0	10.2	9.2

6

### LO SVILUPPO DELLA PIANTA. IL SUO COMPORTAMENTO

