Il Seme e la germinazione

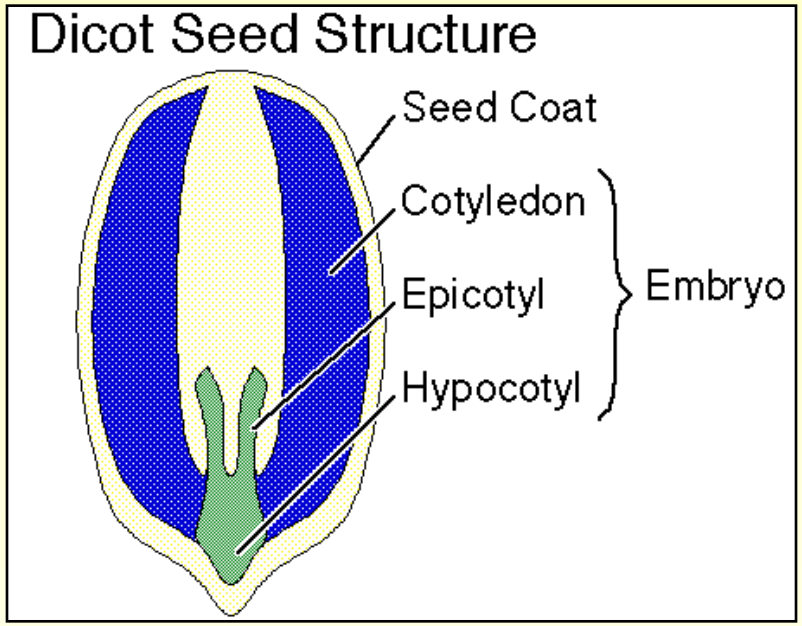
Perché l'importanza del seme ?

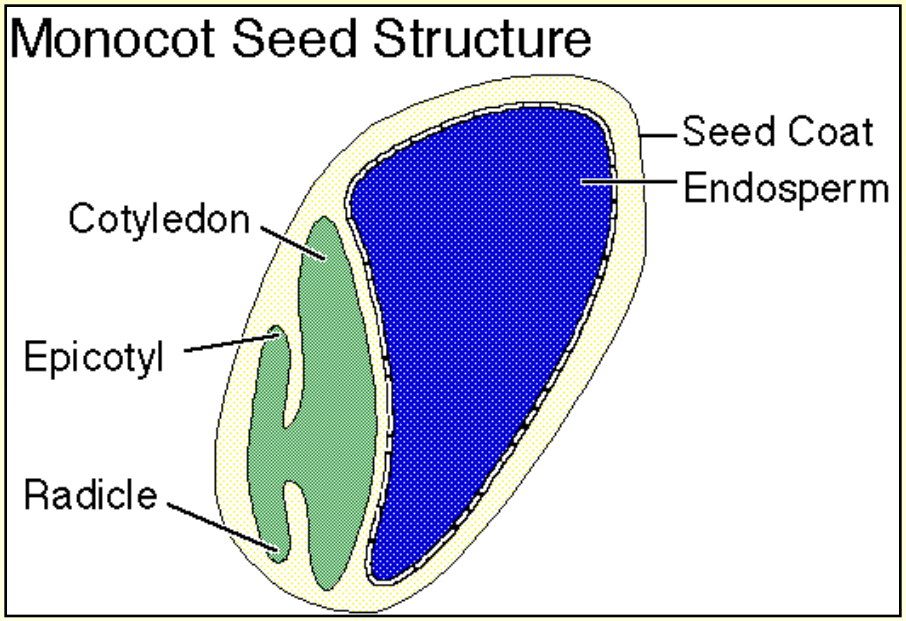
- **Il seme rappresenta la struttura fondamentale per la propagazione:**
  I vegetali superiori si riproducono per seme

- **contiene una pianta allo stadio embrionale, circondata da elementi morfologici adatti alla sua protezione**

- **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**





In qualsiasi tipico seme è possibile riconoscere tre regioni distinte:

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

1. **<u>Embrione</u>**: deriva dalla divisione della cellula uovo fecondata (zigote).

Il processo di morfogenesi : zigote→ individuo adulto non si verifica in continuità ma subisce un arresto, appunto allo stadio di embrione.

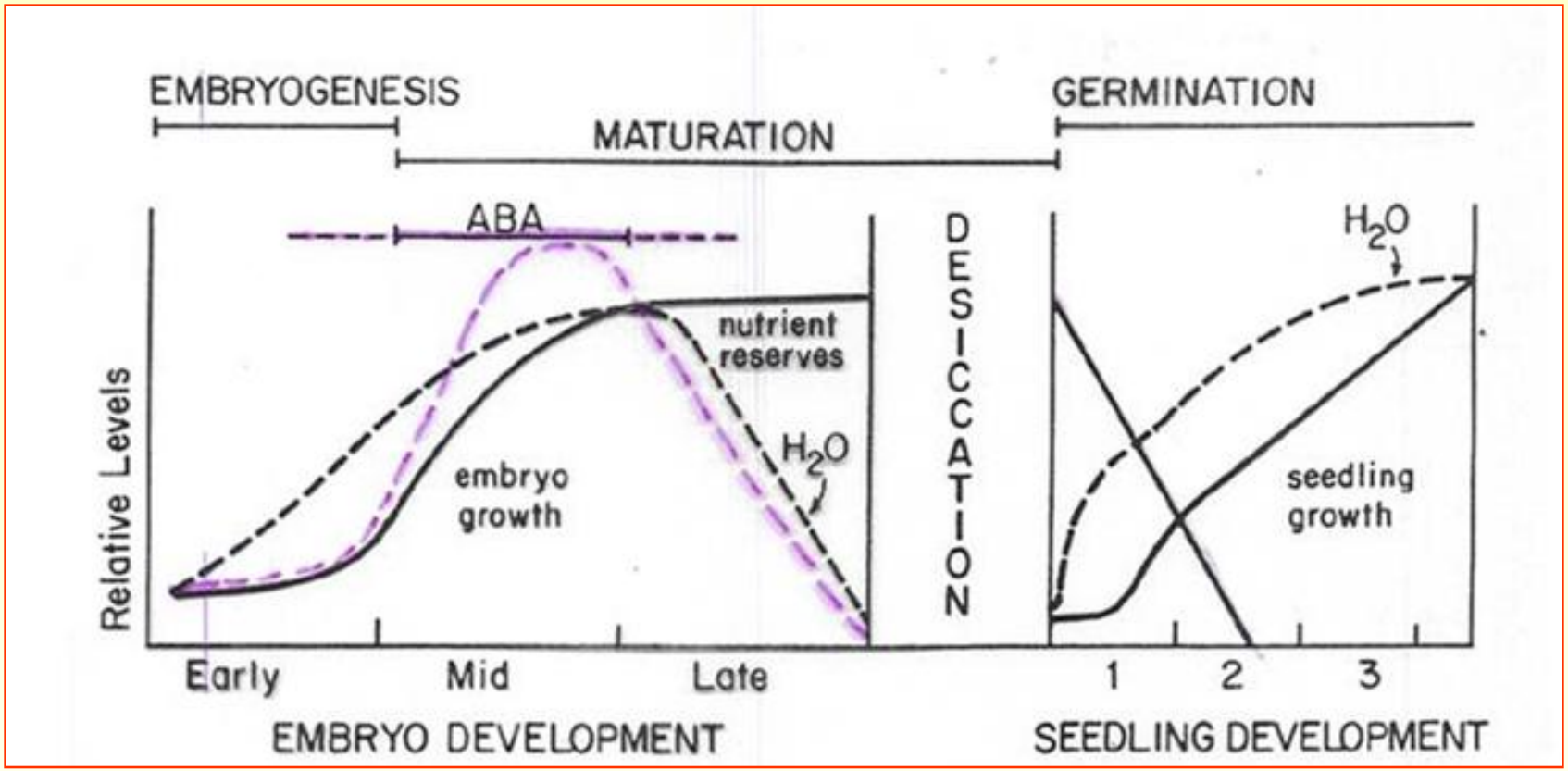
Lo sviluppo e la morfogenesi dell'embrione riprenderà dopo un intervallo di tempo variabile (mesi o anni)

2. **<u>Tessuti contenenti sostanze di riserva</u>:**

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)

3. **<u>Tegumento/i delimitano il seme</u>**



Le fasi di sviluppo del seme sono tipicamente 3

<u>1° fase:</u> embriogenesi vera e propria:

-<u>divisione cellulare</u> che si conclude con la formazione dell'embrione.

-Aumento di H_2O.

<u>2° fase: accumulo delle riserve</u>,

-arresto divisione cellulare: <u>aumento di volume</u> delle cellule

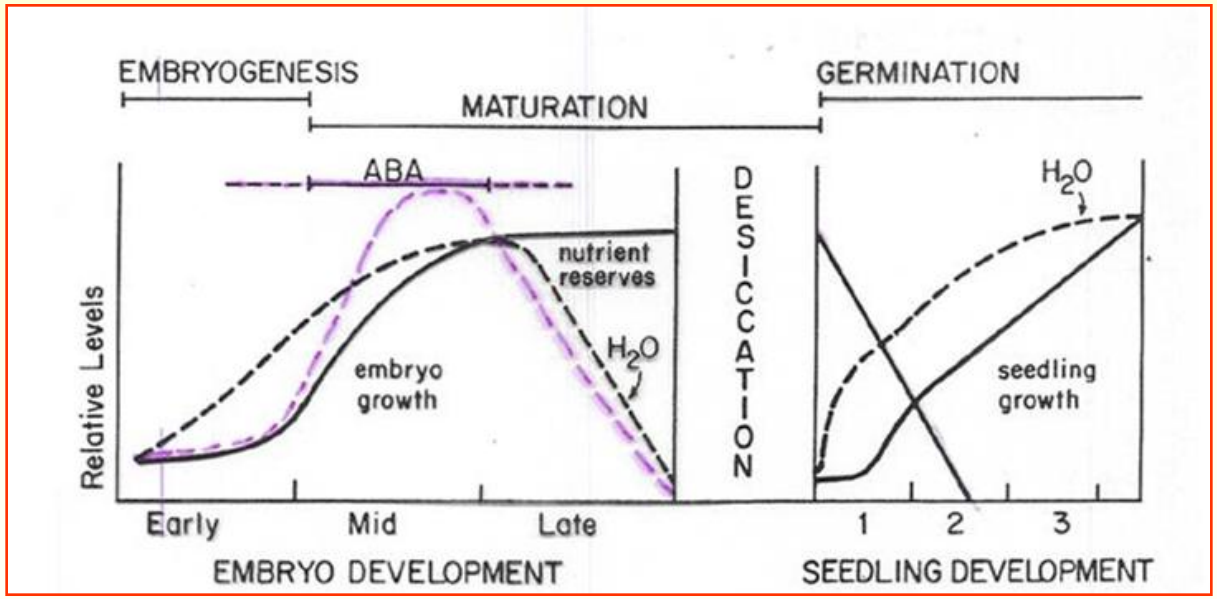
-accumulo sostanze di riserva.

- il contenuto di H_2O costante (circa il 70-80 % della sostanza fresca), solo alla fine ha una leggera flessione

<u>3° fase disidratazione</u>: forte perdita di H_2O

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

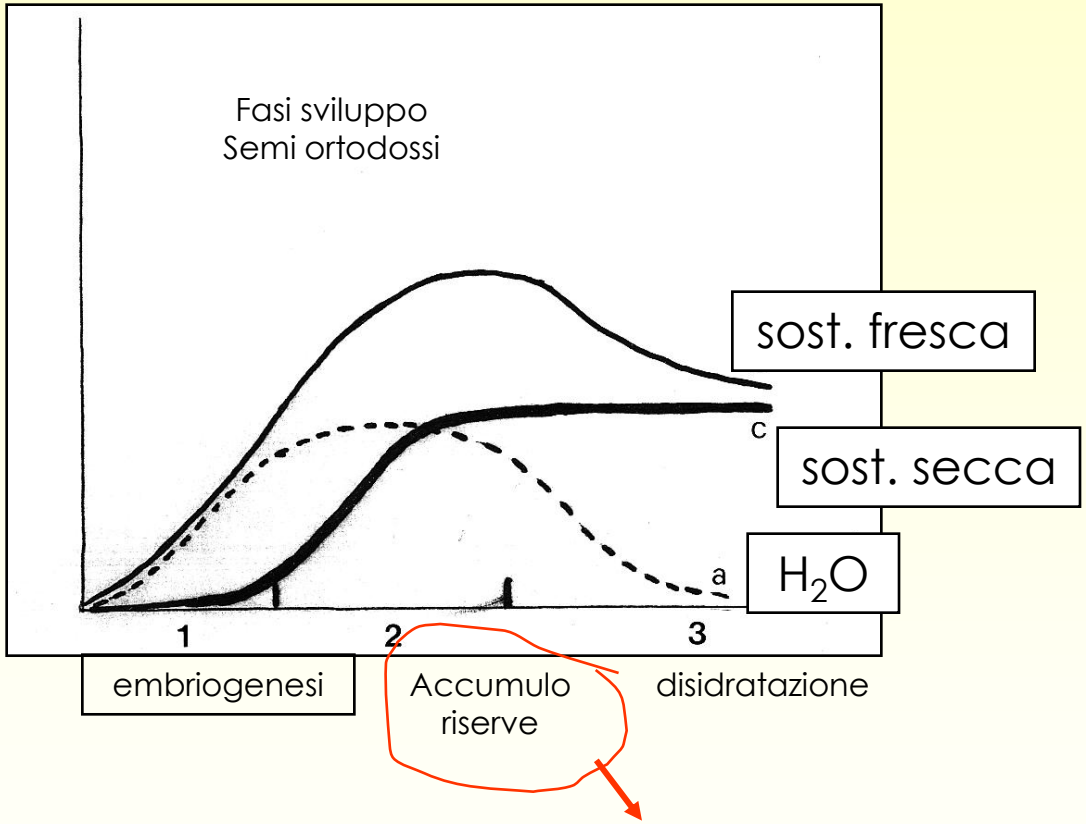
metabolismo rallentato

una forte resistenza a situazioni ambientali

Dopo la disidratazione, l'inizio della germinazione è caratterizzato da un forte assorbimento di H_2O

A seguito della disidratazione → **stato di vita rallentato**

Semi ortodossi
hanno tutte e tre le fasi



Durante tale fase l'embrione acquisisce la ***tolleranza alla disidratazione*** grazie alla produzione di specifici oligosaccaridi e proteine "LEA" (**Late Abundant Embryogenesis")**

Semi recalcitranti
Mancano della fase di disidratazione

I semi recalcitrati 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

vita più breve (da alcuni mesi a meno di un anno),

muoiono quando perdono un po' di H_2O o in presenza di basse temperature

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

Umidità, temperatura, illuminazione, O_2, etilene

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

Lo sviluppo di un seme è sostenuto dall'espressione di gruppi di **geni caratteristici** di ognuna delle tre fasi : si esprimono solo in una di esse e restano silenti nelle altre

e dalla presenza e attività di **ormoni specifici**:

- La ***prima fase: embriogenesi*** è controllata principalmente da *gibberelline* che sembrano controllare la sintesi ex novo delle amilasi e *citochinine* quelle delle proteasi
- nella ***seconda fase: accumulo di riserve*** è massima la quantità di ABA che regola la sintesi ed accumulo di alcune delle proteine di riserva e promuove la sintesi delle proteine coinvolte nella tolleranza alla disidratazione

"Late Abundant Embryogenesis" "LEA" = proteine a basso peso molecolare, idrosolubili, basiche, ricche in glicina e lisina.

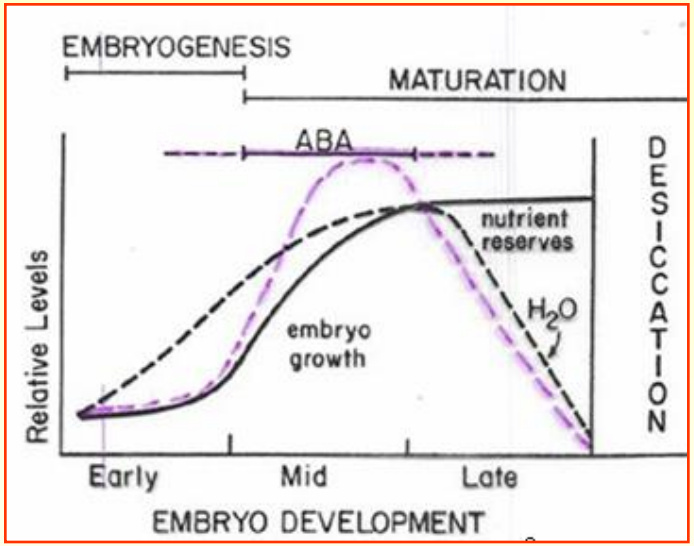
meccanismo d'azione non noto, hanno la funzione di proteggere le membrane e le proteine dai danni di disidratazione:

legando H_2O, impedendo la cristallizzazione dei componenti cellulari.

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 e/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_2O, temperatura, ossigeno) per quella specie

Un seme quiescente ha raggiunto la propria maturità morfologica e fisiologica.

La germinazione avrà luogo appena il seme, disperso anche mesi prima dalla pianta madre, **troverà nell'ambiente condizioni favorevoli**, in particolare disponibilità di acqua e di ossigeno e temperature adatte per la sua attività metabolica

in ambienti caratterizzati da stagionalità accentuata,con forti e anche non prevedibili variazioni ambientali :

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_2O
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)

I tipi di dormienza vengono distinti in 2categorie

dormienza tegumentaria : Il seme non germina ma lo fa l'embrione privato di tegumenti. → ***Causa della dormienza sono i tegumenti***

- **Prevenzione dell'assorbimento di H_2O – Tegumenti impermeabili all'acqua: Cuticola cerosa, strati suberificati.**
  (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_2 ed alla CO_2 e di eventuali altri gas, ammoniaca, cianidrico rispetto all'H_2O**

- **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, ammoniaca, composti fenolici, lattoni saturi, alcaloidi**

- **Produzione di inibitori – Presenza di inibitori ad alte concentrazioni capaci di sopprimere la germinazione dell'embrione (ABA)**

•L'**ABA** mantiene gli embrioni nel loro stato embriogenico e previene la germinazione precoce.

la sua carenza stimola la ***viviparia*** :la capacità di un seme a germinare nei frutti idratati della pianta madre prima della maturazione

• **Presenza di inibitori chimici:**

- ABA nei semi dormienti
- composti che vengono liberati dai semi: composti del CN (semi Rosacee), sostanze secrete che liberano NH_3 .

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.

dormienza embrionale
(più rara)

La causa dell'inibizione risiede quindi nell'embrione stesso:
l'embrione anche se maturo morfologicamente è fisiologicamente incapace di riprendere la crescita.
riscontrabile in specie quali: melo, nocciolo, frassino, faggio

Fattori ormonali soprattutto il rapporto ABA/GA
elevata concentrazione di ABA e basse gibberelline

In che modo vengono interrotte le varie forme di dormienza per consentire la germinazione?

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 =Abrasione dei tegumenti esterni con mezzi meccanici o chimici

Stratificazione , Vernalizzazione

Lavaggi con H_2O, 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 ma di "messaggio":

sono sufficienti brevi periodi di illuminazione e bassa energia per favorire o inibire la germinazione.

3 categorie:

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

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

I semi regolati dalla luce (fotoblastici) hanno una <u>*dormienza imposta dai tegumenti*</u> :

la luce permette alla radice di penetrare il tegumento

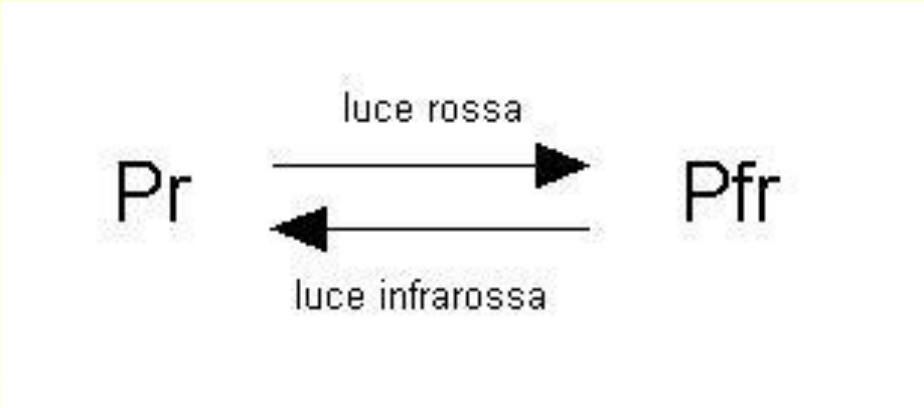
Specie con grandi semi e con ampie riserve alimentari in grado di sostenere un prolungato accrescimento della pianticella di solito non necessitano della luce per germinare

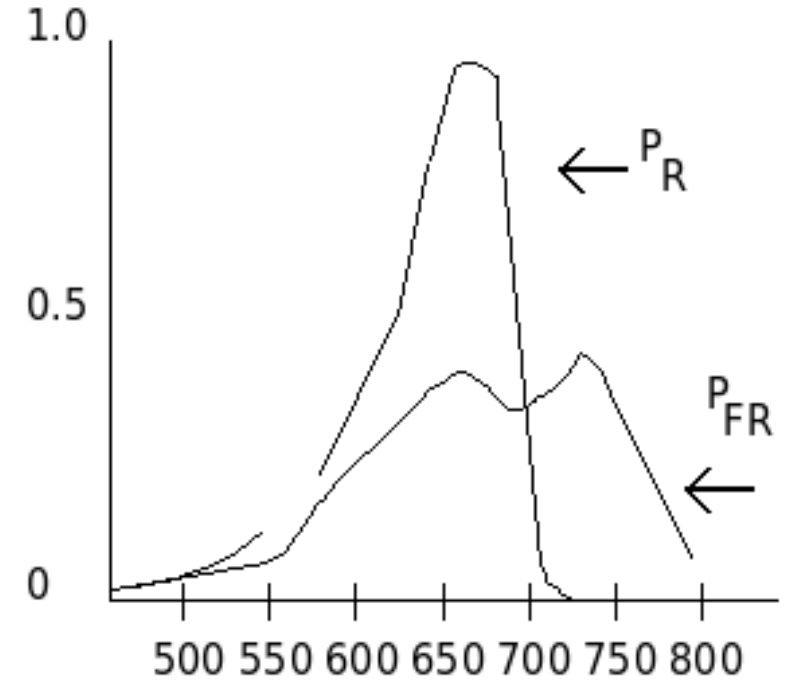
fotosensibilità negativa.

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 stimolante o inibente della luce è attribuibile **alla zona del rosso(R) e del rosso lontano (Fr)** ed è mediata dal **fitocromo:**

pigmento fotorecettore blu (Pr)



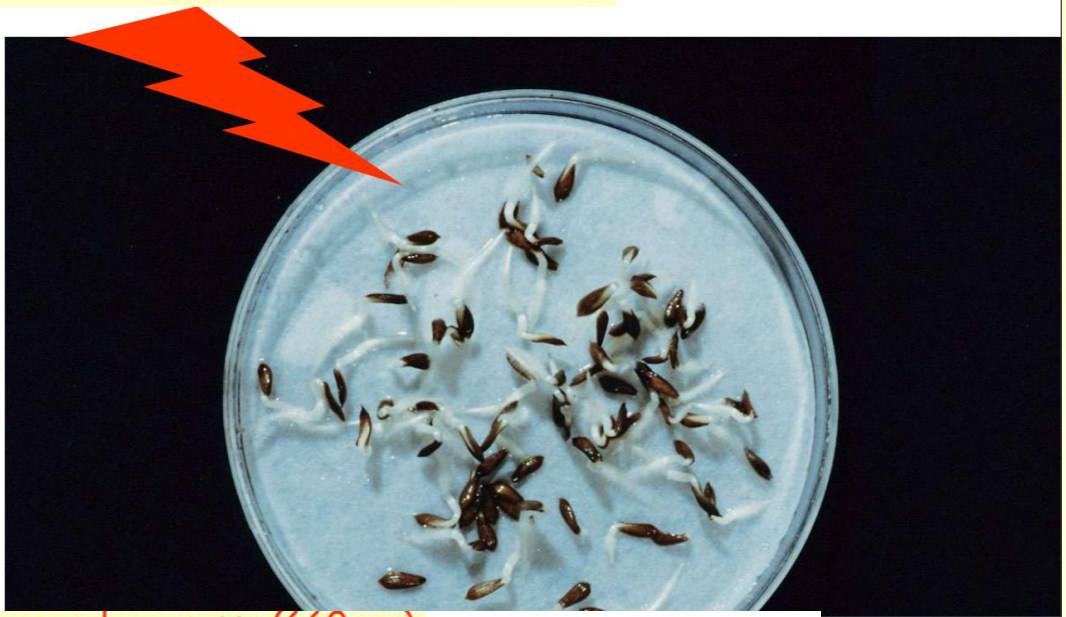


P_r, forma blu, assorbe nel rosso, (660 nm) convertendosi in una forma diversa **Pfr (verde oliva) assorbe le radiazioni nel rosso lontano (IR)** (730 nm) ritornando nella forma blu

Il **cromoforo** subisce una **isomerizzazione cis-trans e** il fitocromo passa da una forma all'altra

Il fitocromo: dimero con due subunità equivalenti ognuna formata da due componenti: il **cromoforo** e l'**apoproteina**.

Trattamento con luce rossa (660 nm)



Trattamento prima con luce rossa (660 nm)

e poi luce rosso lontano (730 nm)

Trattamento prima con luce rossa (660 nm)

e poi luce rosso lontano (730 nm)

di nuovo con luce rossa (660 nm)

Le risposte fisiologiche controllate dal fitocromo sono indotte dalla luce rossa (picco a 660 nm) e possono essere invertite dalla luce nel rosso lontano (picco a 730 nm)

L'ultimo impulso è responsabile della germinazione o meno dei semi

Il rosso provoca l'induzione

il rosso lontano la inibisce

Il fitocromo è sicuramente presente solo nell'embrione

ma responsabili della fotosensibilità sono i tegumenti

Il fitocromo è nella forma Pr → **GERMINAZIONE**

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

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}

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 .

Non è sufficiente in ambienti caratterizzati da stagionalità accentuata, con forti e anche non prevedibili variazioni ambientali.

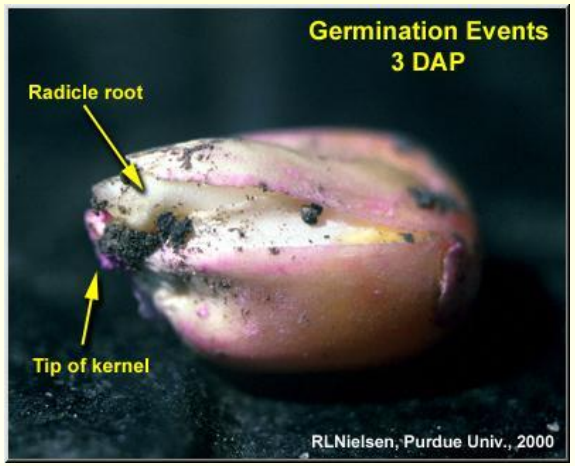
→ in questi ambienti sono prevalenti i casi di *dormienza.*

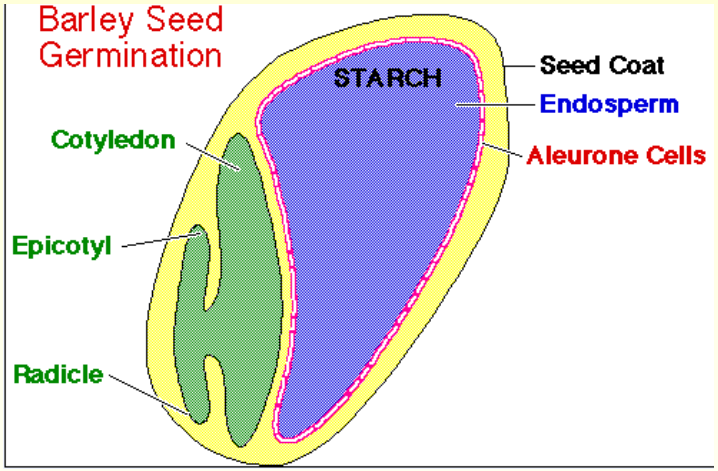
Eterogeneità della dormienza → dormienza secondaria potenzia la *scalarità della germinazione*

Dal seme maturo ….alla germinazione

Quando comincia il processo di germinazione il seme è nello stato **quiescente: gli eventi metabolici sono sospesi o estremamente lenti**, **un'elevata disidratazione** (<10% di H_2O),

una **parziale disorganizzazione cellulare**,





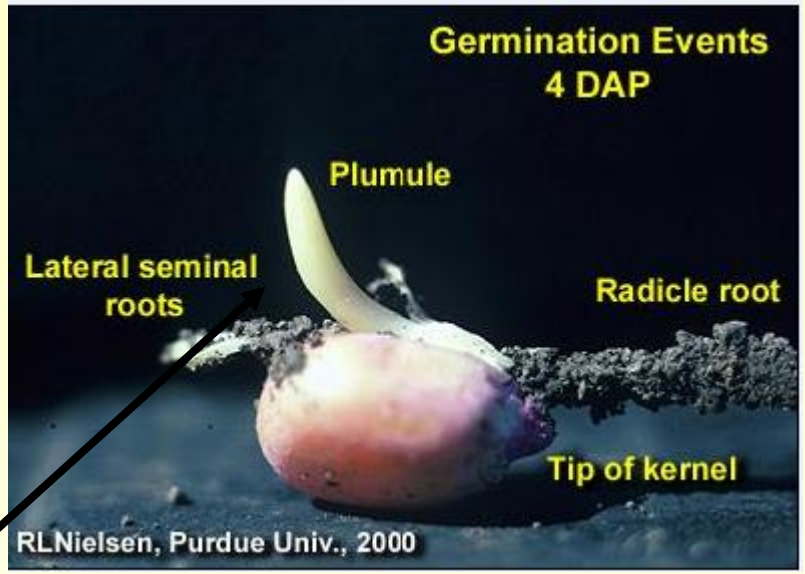
Perché avvenga la germinazione:

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

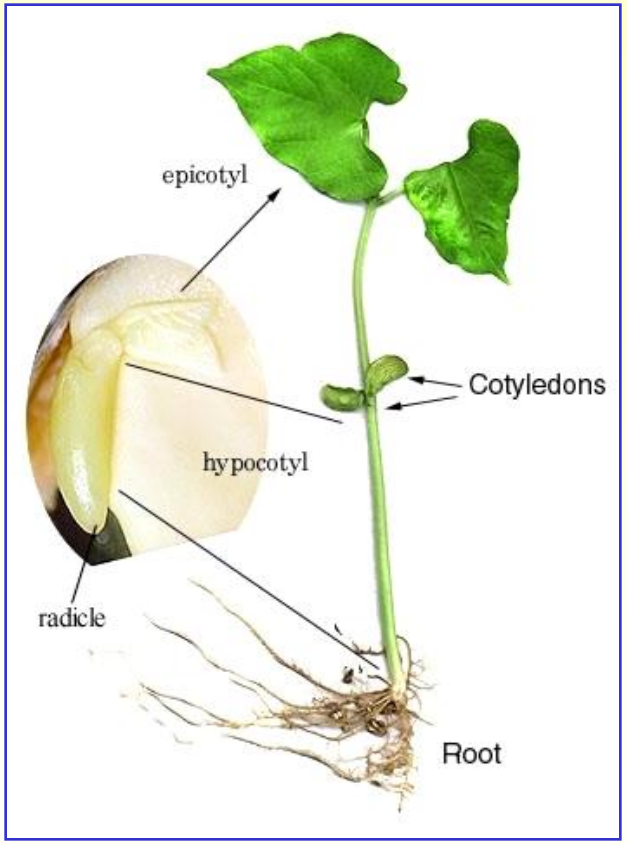
Germinazione fisiologica → Processi biochimici, riattivazione metabolica, riorganizzazione cellulare

Germinazione agronomica → Protrusione della radichetta

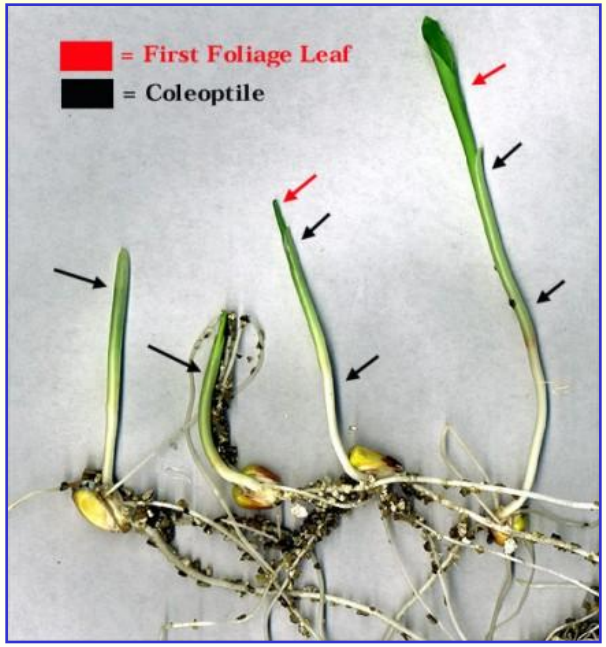
Gli eventi succesivi alla germinazione o eventi post-germinativi

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_2 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)

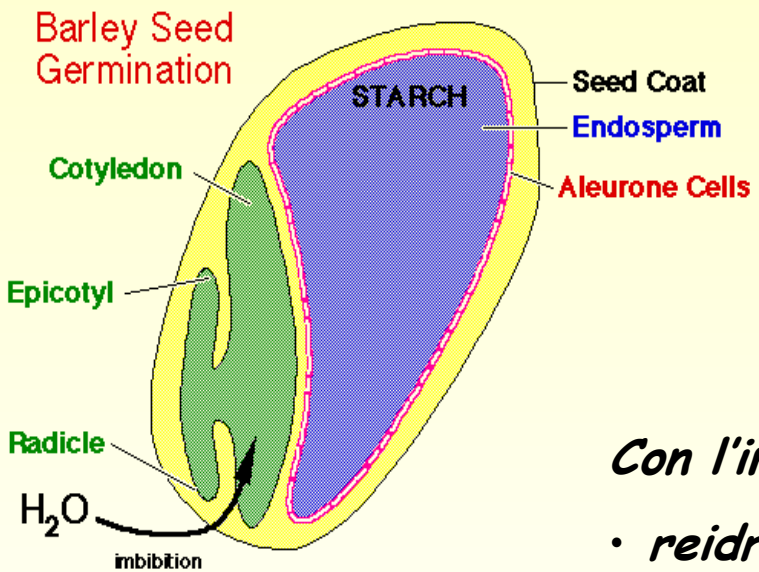
•**Velocità di germinazione**: il tempo impiegato dai semi a germinare

•**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

1° Presenza di Acqua.



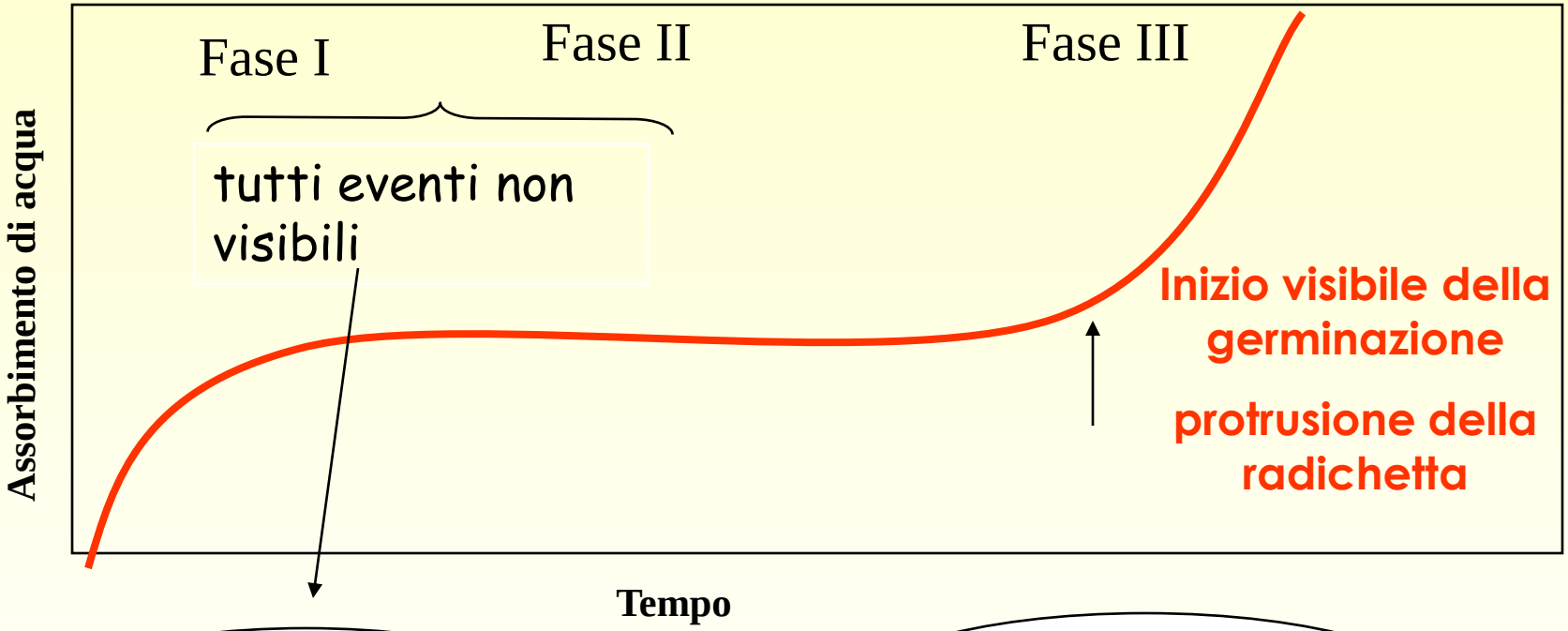
H_2O è necessaria per riattivare il biochimismo del seme

Con l'imbibizione si ha:

- ***reidratazione e riassemblaggio di <u>membrane cellulari</u>***
- ***reidratazione e attivazione di <u>proteine ed enzimi</u> necessari per l'utilizzazione delle riserve.***

In relazione all'assorbimento dell'H_2O

andamento nel tempo degli eventi germinativi



Germinazione fisiologica → Germinazione agronomica

Fase I → **Imbibizione del seme**

Rapida (30 minuti)

Intensa

Seguita da fase più lenta di 5 -10 ore

Forza guida per l'imbibizione → $\Delta\Psi$ Tra il seme ed il microambiente del suolo che lo circonda (1 cm Ø)

$$\Psi_{seme} << \Psi_{terreno}$$

Seme disidratato → Ψ_{seme} Fortemente negativo → Ψ_s, Ψ_m

In grado di assumere l'H_2O

Anche fino a –10 MPa

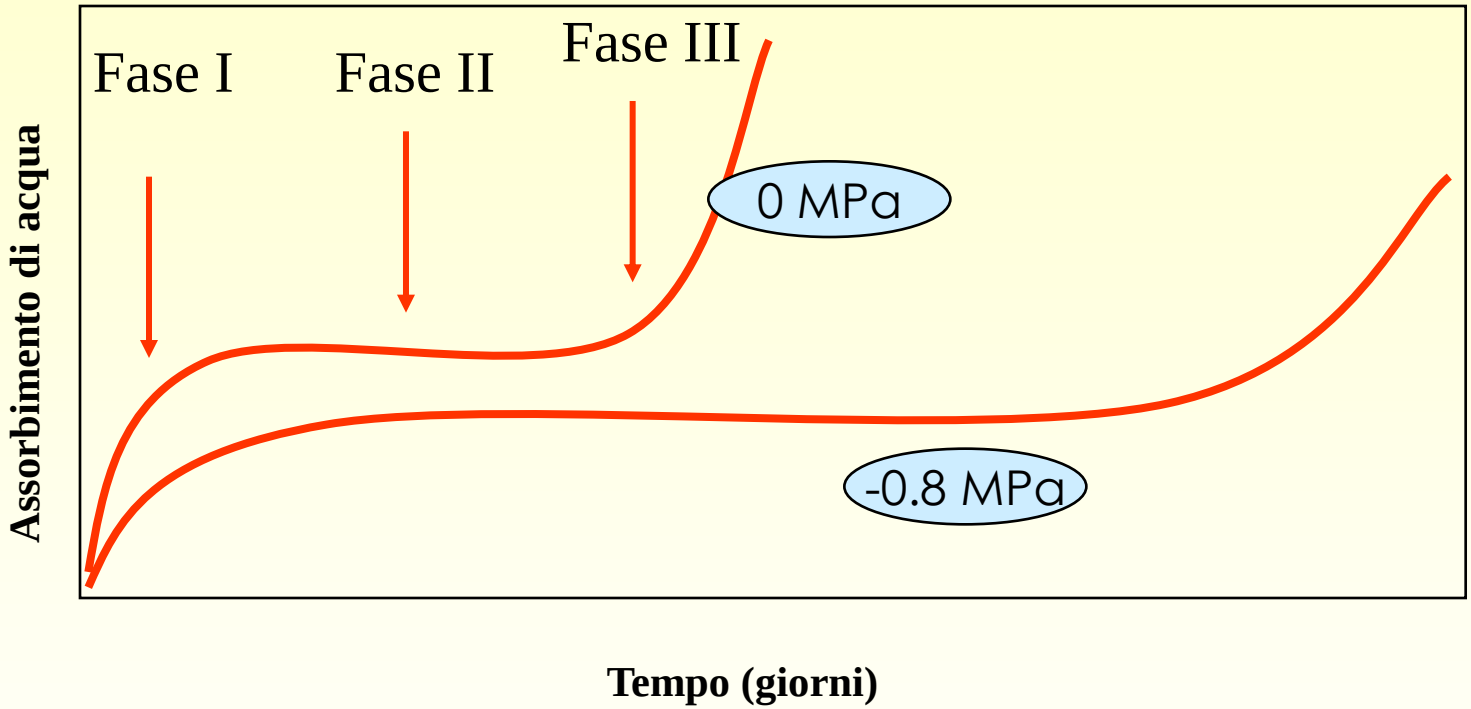
Assorbimento di H_2O, germinazione ed iniziale crescita di differenti specie dopo 7 giorni in suoli con diverso contenuto idrico

Terreni meno idratati, con $\Psi_{terreno}$ negativo rallentano la velocità di assorbimento di H_2O 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)
Oryzopsis holciformis	7.6	0	28	–	–
miglio	9.6	0	41	–	–
	11.2	52	99	3.0	–
	13.3	58	169	4.2	–
	14.9	62	250	5.2	6.3
Vicia dasycarpa	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
Medicago hispida	8.1	4	65	–	–
	9.8	8	89	–	–
	11.6	34	194	2.4	2.8
	13.6	86	637	2.5	4.3
Agropyron elongatum	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
Triticum aestivum	8.1	90	54	2.0	0
frumento	9.8	93	91	4.6	0.5
	11.6	93	145	6.0	2.3
	13.6	95	232	5.9	4.0

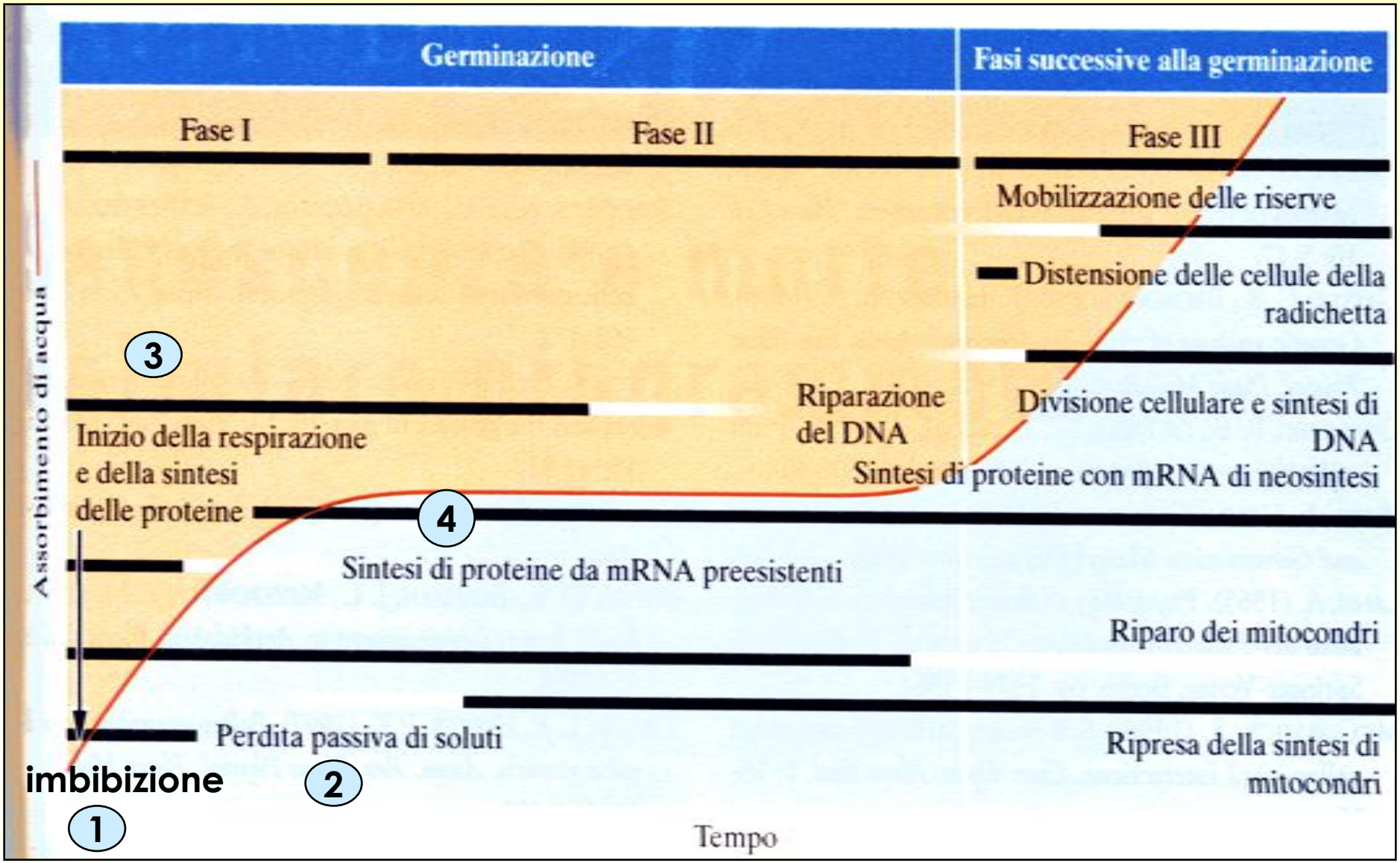
After Dasberg, 1971 [13]

Assorbimento di H_2O in semi quiescenti di **Pinus brutia** incubati in H_2O pura (0 MPa) ed in soluzione con potenziale idrico debolmente negativo (-0.8 MPa)



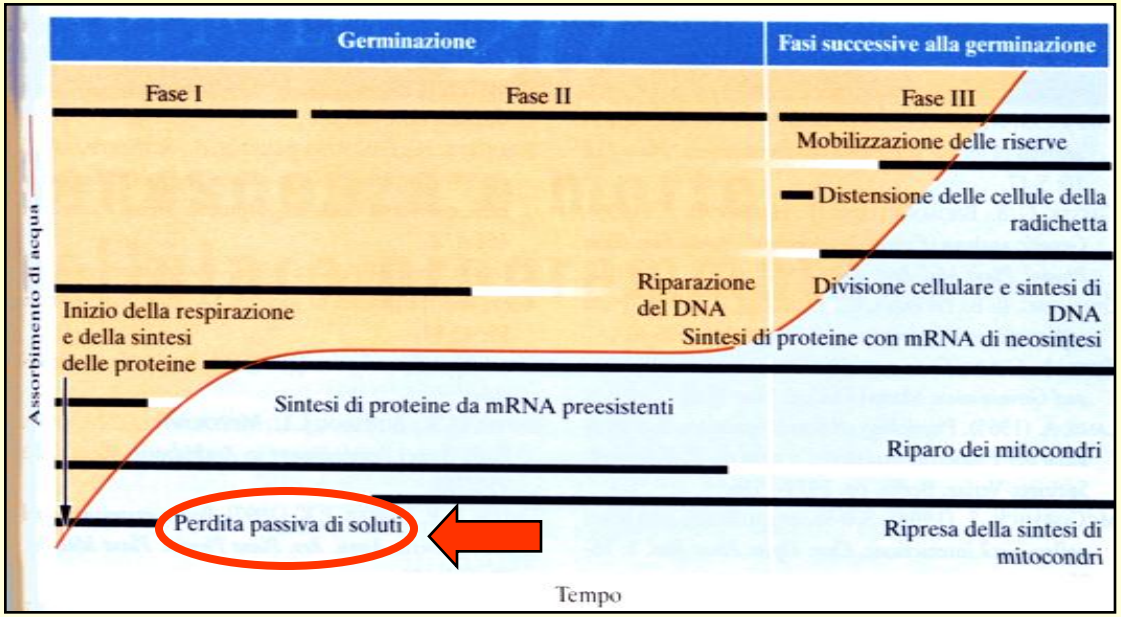
Con H_2O pura (0 MPa) le fasi di germinazione sono più rapide in quanto l'assorbimento di H_2O è più facile

Fasi della germinazione



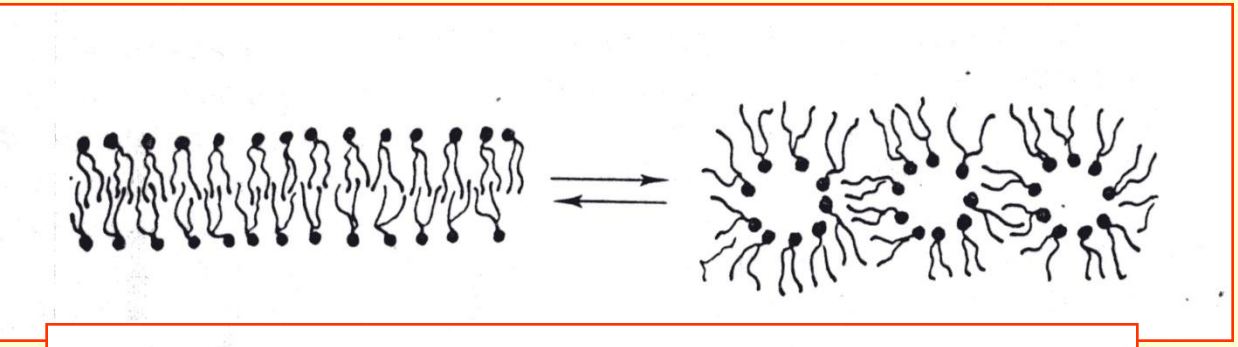
Con l'imbibizione del seme

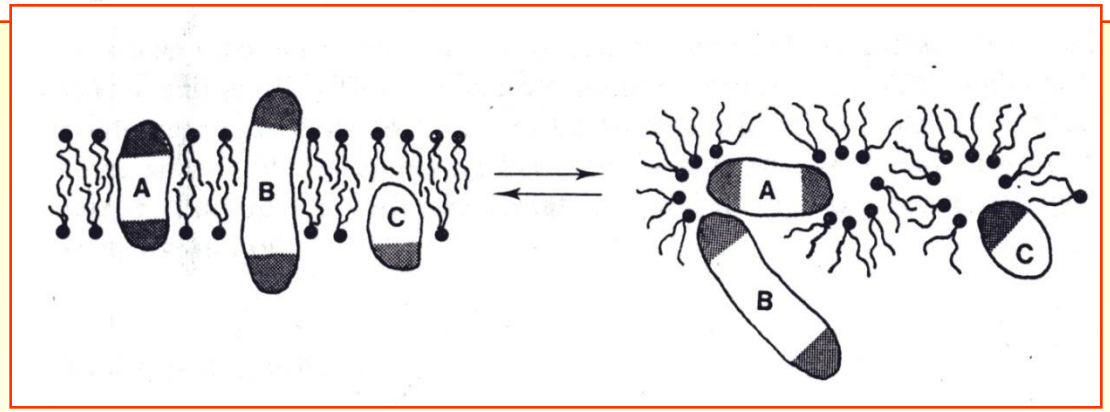
Perturbazioni strutturali temporanee della membrana che si manifestano attraverso la perdita passiva di soluti



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 a seconda del grado di idratazione

Da una fase di gel → Ad una struttura cristallina, organizzata e stabile

La perdita di soluti si riduce fino ad essere soppressa

Si riorganizza quindi una struttura compartimentalizzata

ORMONI

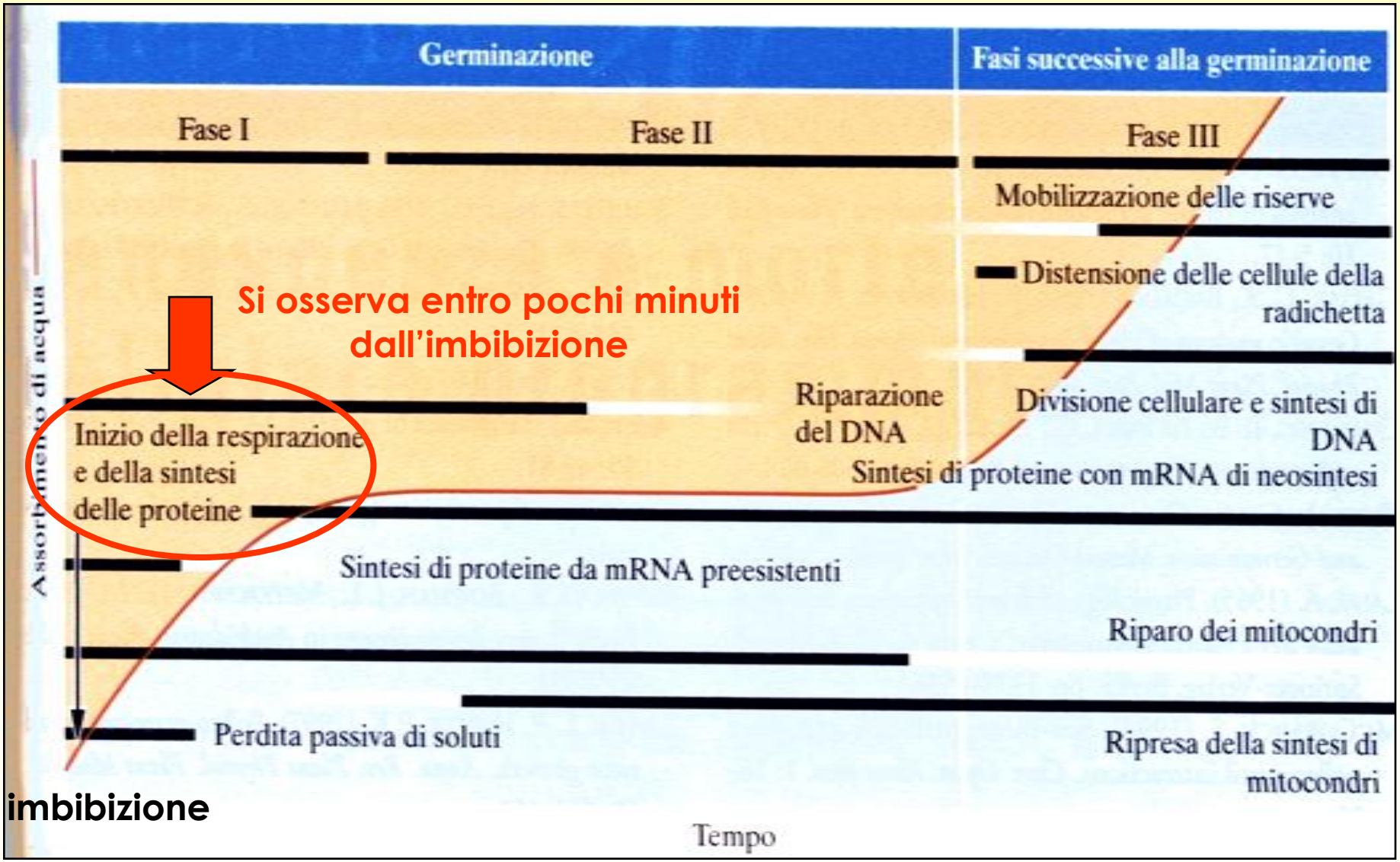
Etilene è prodotto nell'embrione

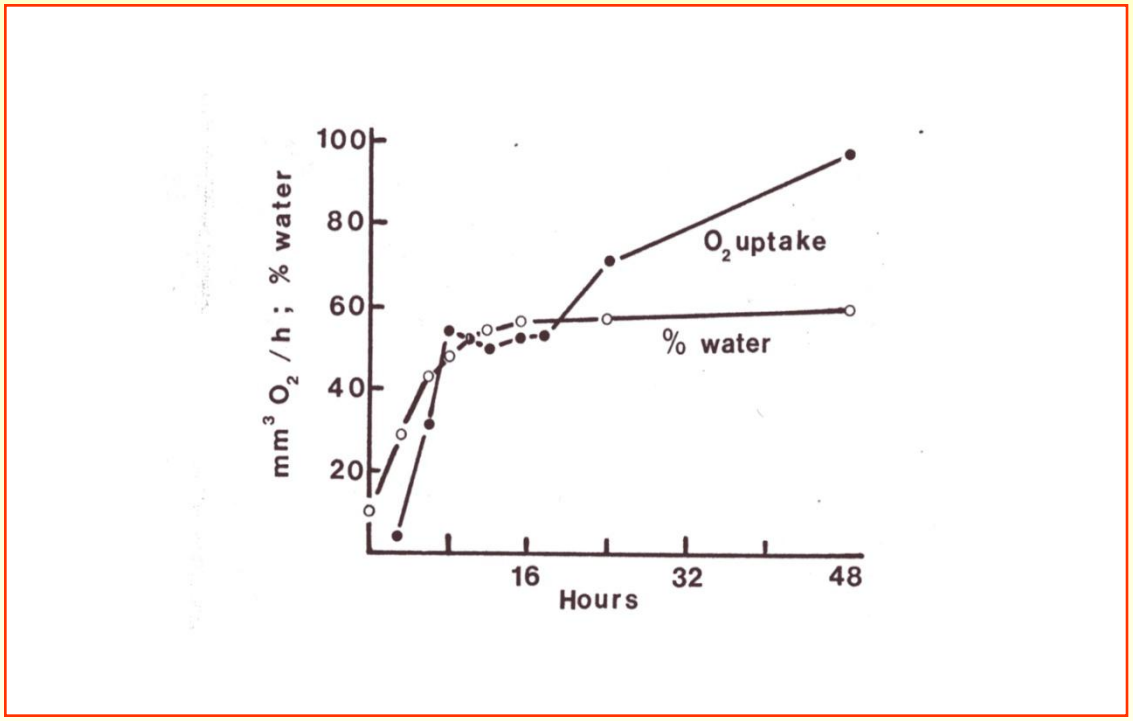
può stimolare la germinazione ed eliminare la dormienza in quanto ***inibisce la sintesi dell'ABA*** endogeno e la sua attività .

Le giberelline

- inducono la sintesi di enzimi che riducono inizialmente la resistenza meccanica dei tegumenti
- 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

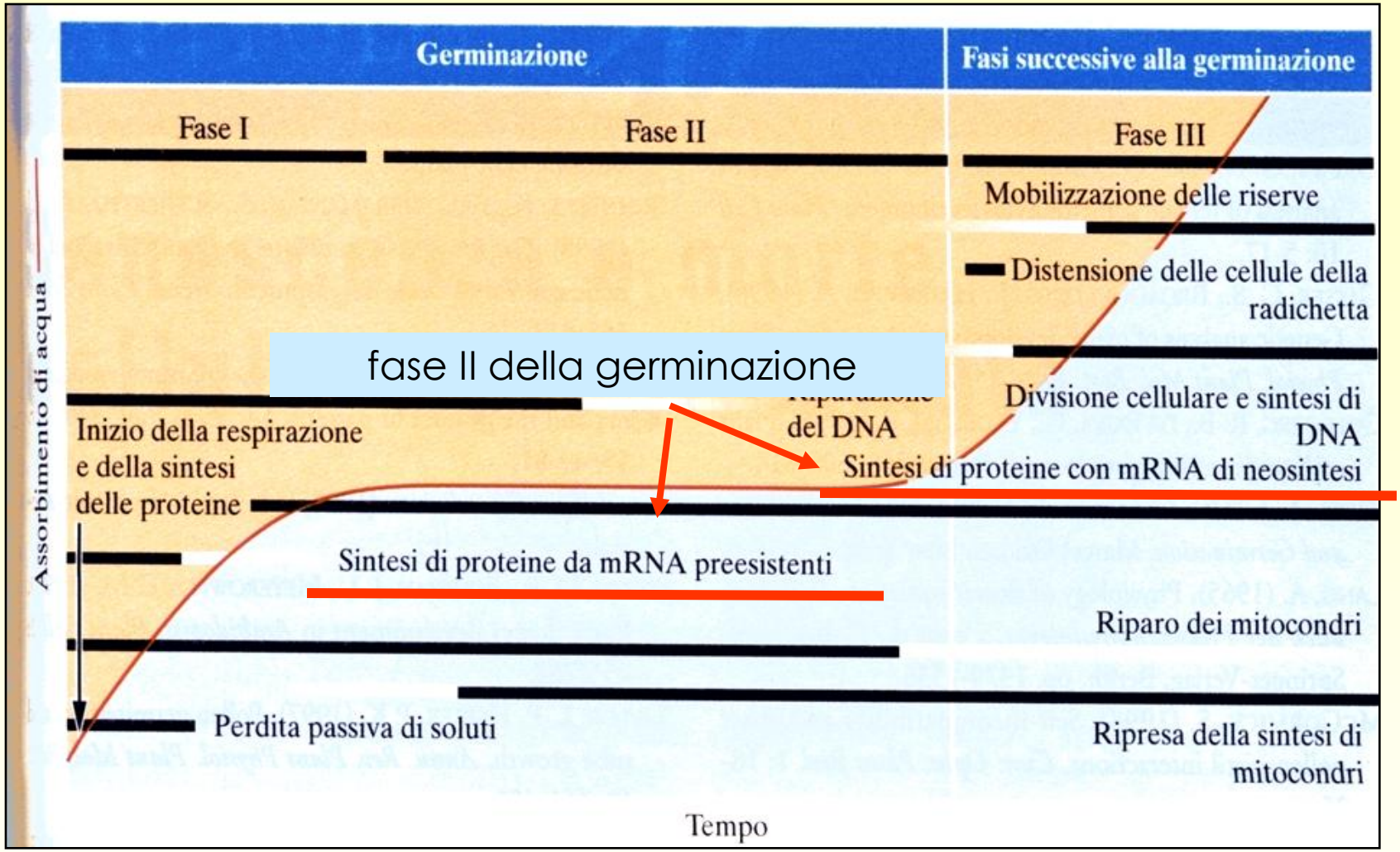
Nella 1°fase sono già presenti nel seme

Zuccheri prontamente metabolizzabili

- Saccarosio
- Raffinosio

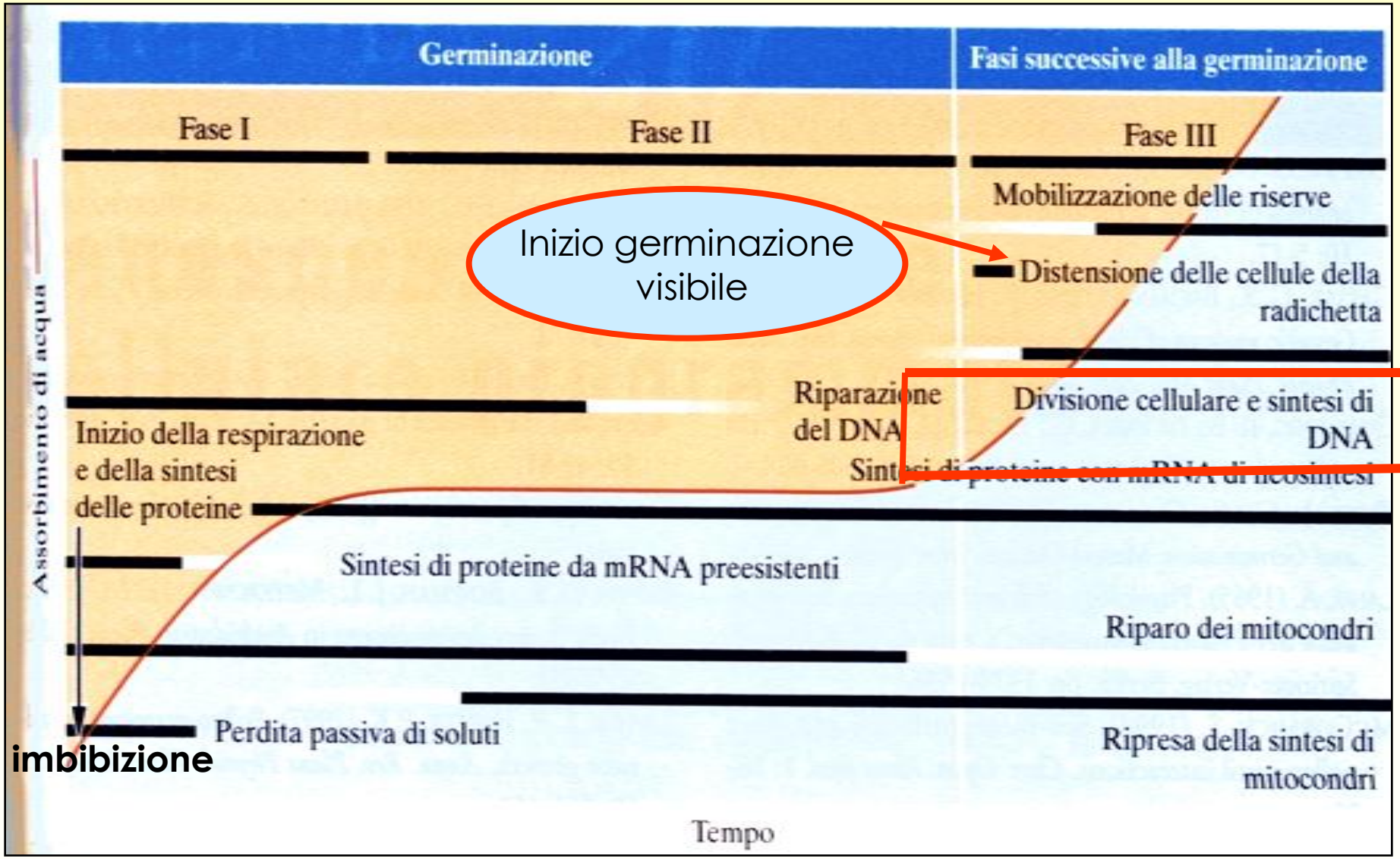
Enzimi ciclo glicolitico
ciclo Krebs → **Energia**

(ATP e NADH)



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

Non sono stati individuati mRNA specifici ed esclusivi per la germinazione


Germinazione
Fasi successive alla germinazione
Fase I
Fase II
Fase III
Mobilizzazione delle riserve
Inizio germinazione visibile
Distensione delle cellule della radichetta
Riparazione del DNA
Divisione cellulare e sintesi di DNA
Inizio della respirazione e della sintesi delle proteine
Sintesi di proteine da mRNA preesistenti
Riparo dei mitocondri
Perdita passiva di soluti
Ripresa della sintesi di mitocondri
Assorbimento di acqua
Tempo
imbibizione

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

Fase III

Caratterizzata da un nuovo assorbimento di H_2O

Aumento del turgore

Sintesi di DNA

Avviene l'estensione della radichetta :

termina la germinazione

inizio delle crescita della plantula

3 possibili ragioni per spiegare l'estensione della radichetta

1° ipotesi

Ψ_s più negativo per l'accumulo dei soluti derivati dall'idrolisi dei polimeri di riserva $\longrightarrow$ assorbimento di H_2O

$\longrightarrow$ aumento del potenziale di turgore $\longrightarrow$ cedevolezza pareti

Non sono mai state rilevate consistenti variazioni del Ψ_s

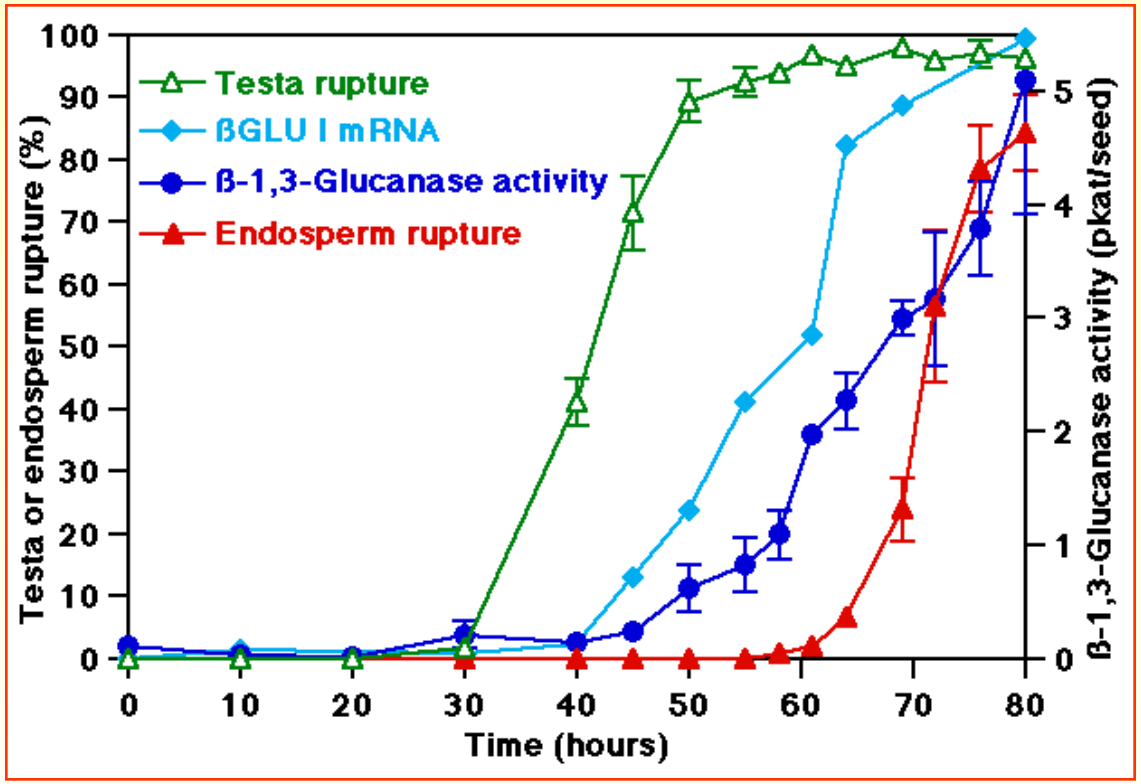
2° ipotesi

Produzione di enzimi che determinano l'allentamento della parete, oppure di **ESPANSINE**

Nessuna di queste proteine è stata osservata in semi germinanti e e le ESPANSINE sono indotte dall' ABA, inibitore dell'allungamento radicale

3° ipotesi

Sintesi delle prime 2:
Cedevolezza delle pareti e sintesi di enzimi

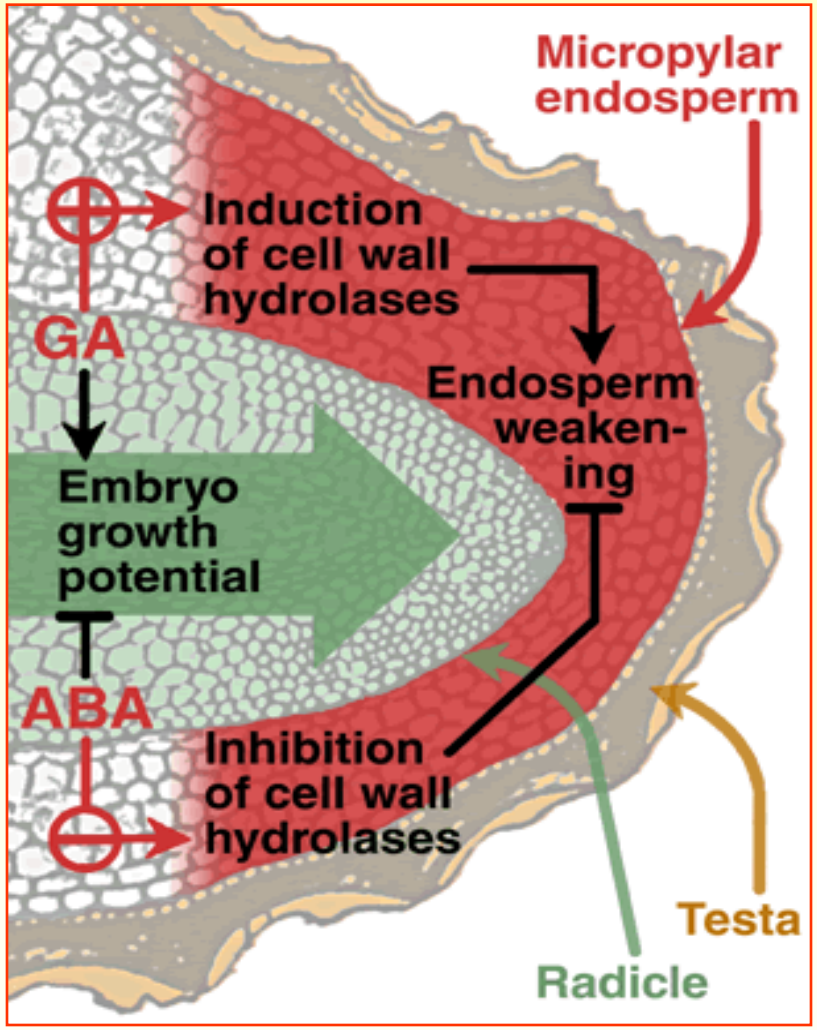


Andamento dell'induzione di **ß-Glucanasi nell'endosperma** di semi germinanti di tabacco

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

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

T E S T A

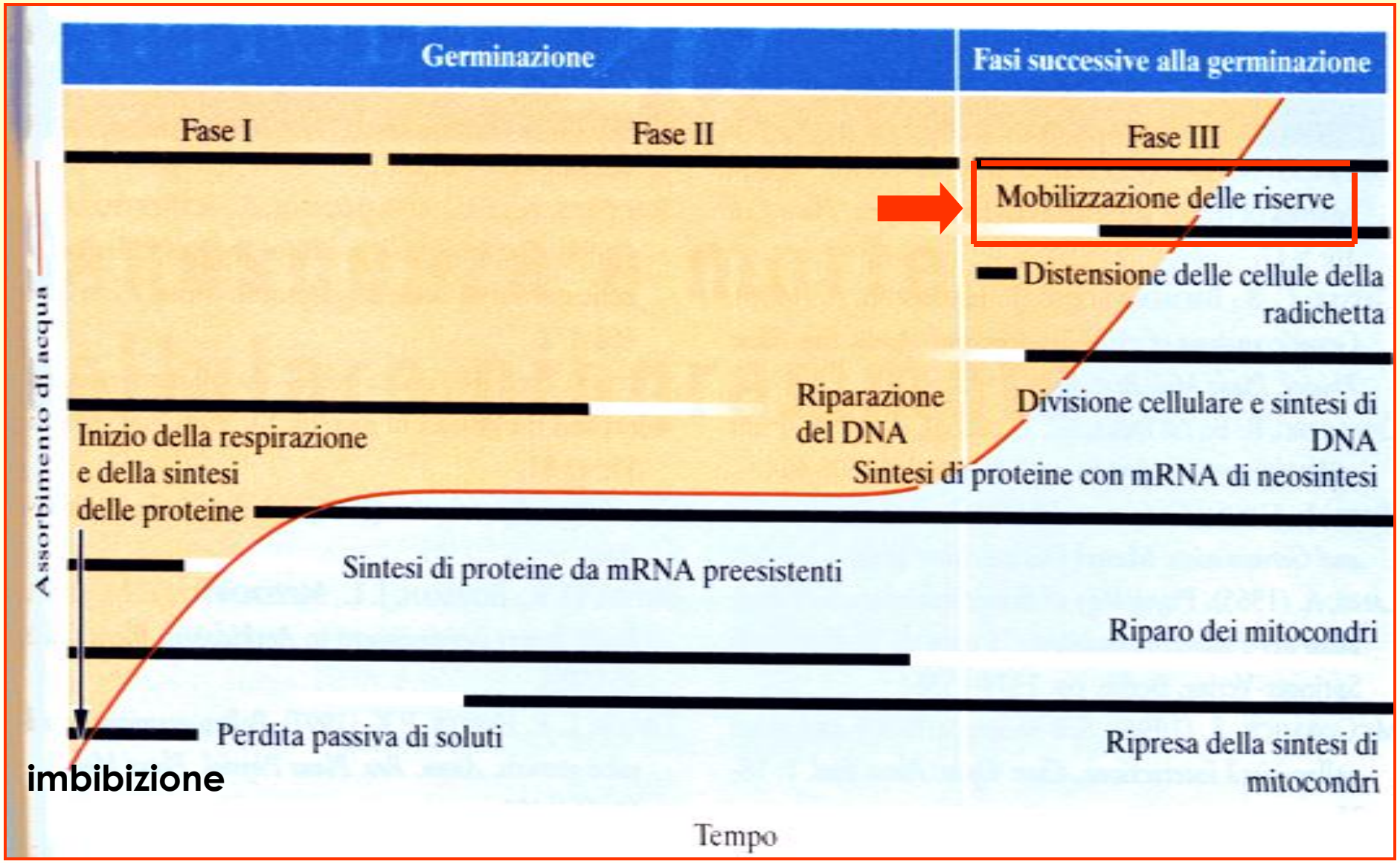


Da Leubner-Metzger, 1995

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

ABA inibisce
GA attiva
l'induzione di tali enzimi

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


Germinazione
Fasi successive alla germinazione
Fase I
Fase II
Fase III
Mobilizzazione delle riserve
Distensione delle cellule della radichetta
Riparazione del DNA
Divisione cellulare e sintesi di DNA
Inizio della respirazione e della sintesi delle proteine
Sintesi di proteine con mRNA di neosintesi
Sintesi di proteine da mRNA preesistenti
Riparo dei mitocondri
Perdita passiva di soluti
Ripresa della sintesi di mitocondri
Assorbimento di acqua
Tempo
imbibizione

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

Stato di eterotrofia della plantula → fotosintesi → Stato di autonomia autotrofica della pianta

Table 19.2 Storage reserves of some important crop species

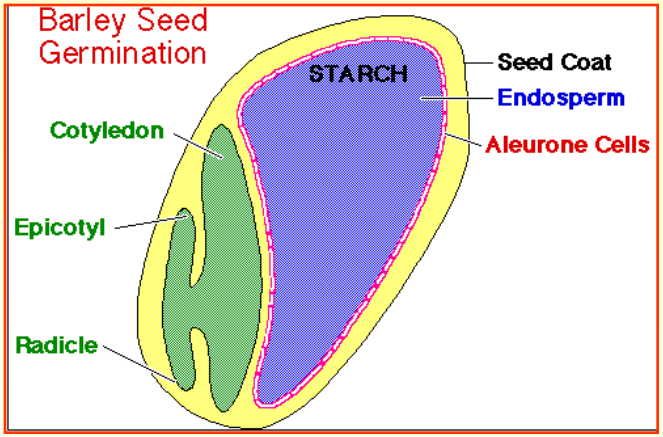
	Average percent composition			
	Protein	Oil	Carbohydrate	Major storage organ
Cereals				
Barley	12	3	76	Endosperm
Maize	10	5	80	Endosperm
Oats	13	8	66	Endosperm
Wheat	12	2	75	Endosperm
Legumes				
Broad bean	23	1	56	Cotyledons
Garden pea	25	6	52	Cotyledons
Peanut	31	48	12	Cotyledons
Soybean	37	22	12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

Riserve carboidratiche

Riserve proteiche

Riserve lipidiche

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



Amilosio

Amilopectina

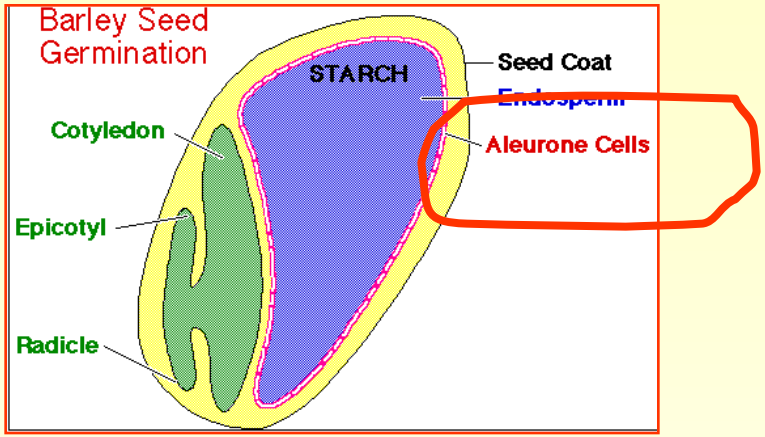
Saccarosio è presente in alcune linee di mais

Mannani nel dattero e nel caffè

Galattomannani nelle leguminose

Impregnano le pareti ispessite degli endospermi

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



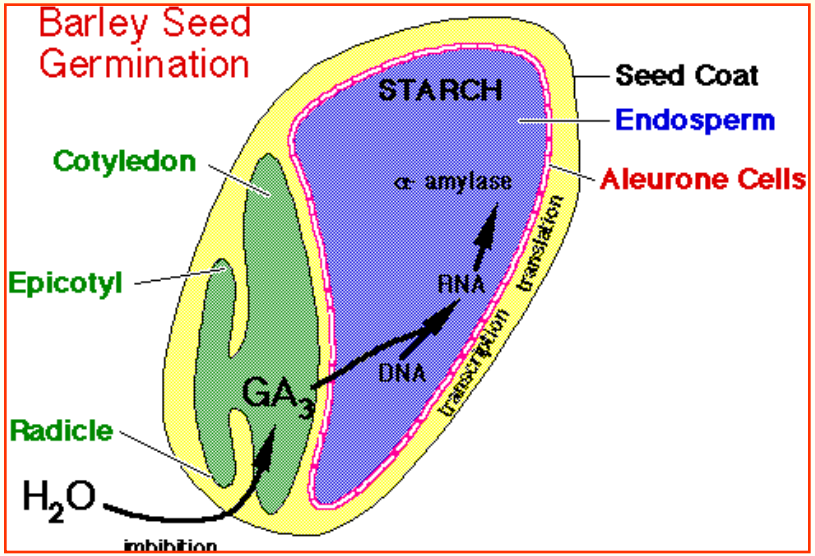
Nei granuli di aleurone vengono elaborati e/o secreti tutti gli enzimi

α e β-amilasi
Amido fosforilasi
α –glucosidasi
Limite-destrinasi
(E deramificante)

α amilasi viene sintetizzata *de novo* e β-amilasi viene attivata

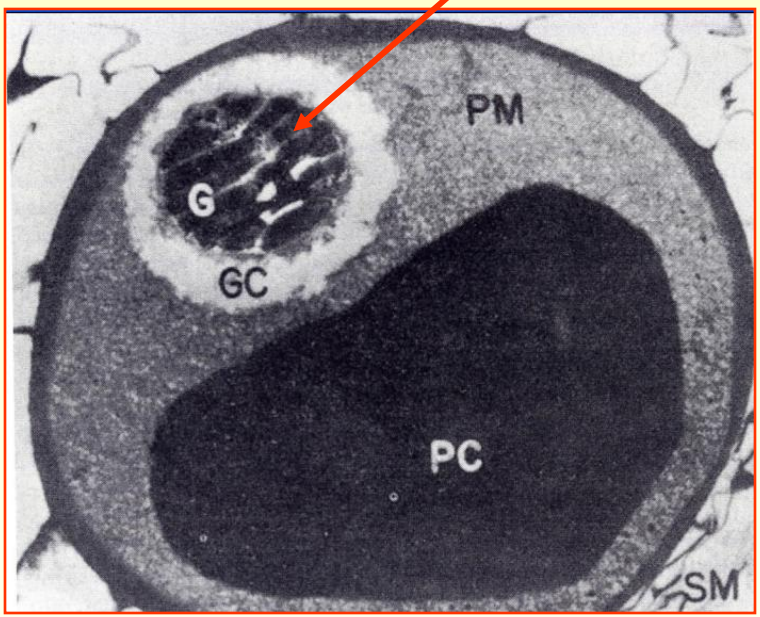
Il Controllo embrionale della scissione dell'amido è mediato dalle **gibberelline**

Nella ***cariosside di mais****,*
a differenza di grano e orzo
l'endosperma risponde alle auxine:
all'acido indolacetico (IAA)



Riserve lipidiche

Sferosomi, organelli sferici con singola membrana



I semi con riserve lipidiche

- sono mediamente più piccoli

- sono abbondanti (noce, mandorlo, olivo arachidi, soia ecc.)e costituiscono la base degli oli vegetali per scopi alimentari ed industriali

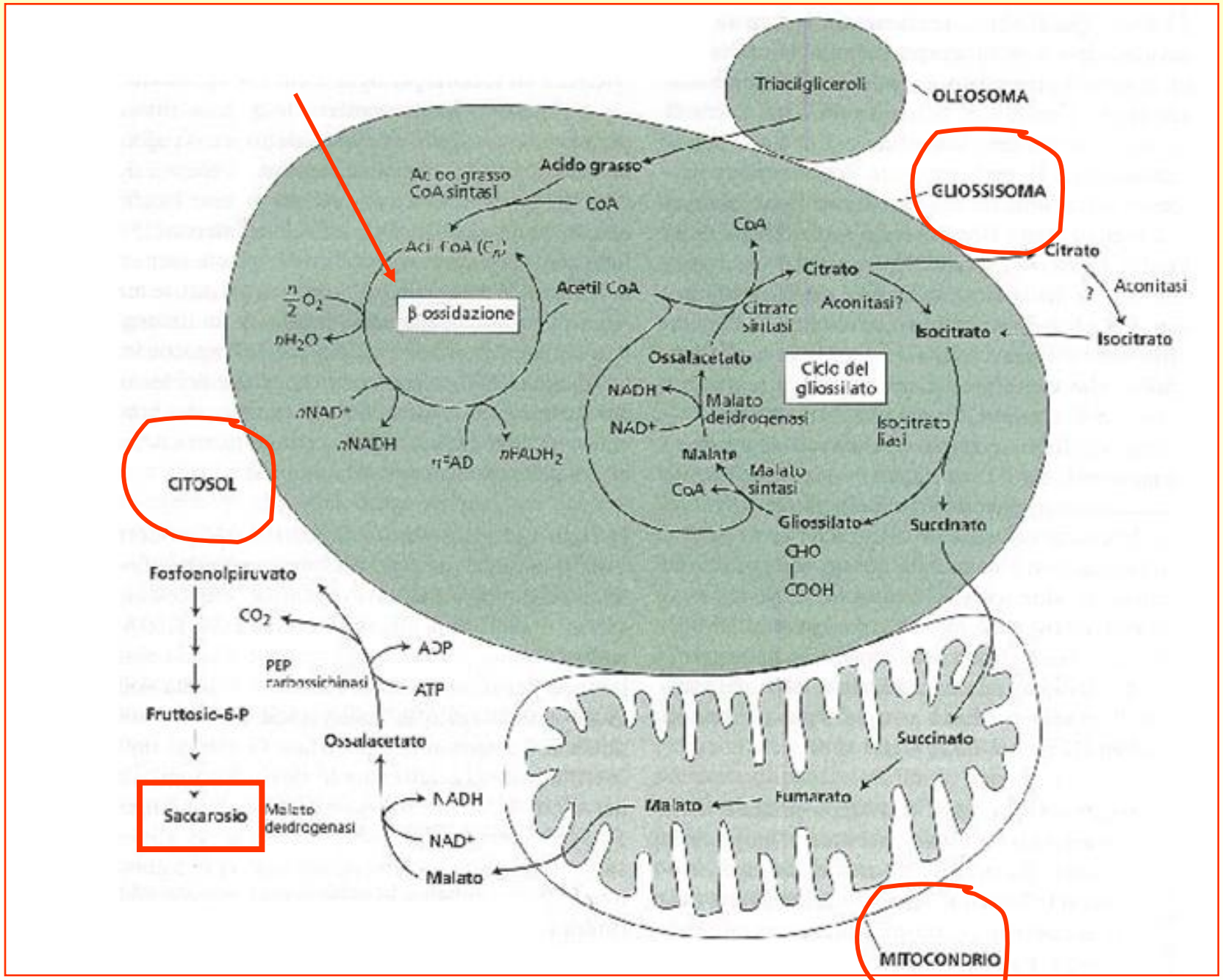
- hanno generalmente un elevato contenuto di proteine ma non di amido

Gli acidi grassi dei trigliceridi

più noti sono l'acido palmitico (acido grasso saturo) l'oleico ed il linoleico (acidi grassi insaturi)

Ciclo gliossilato e gluconeogenesi

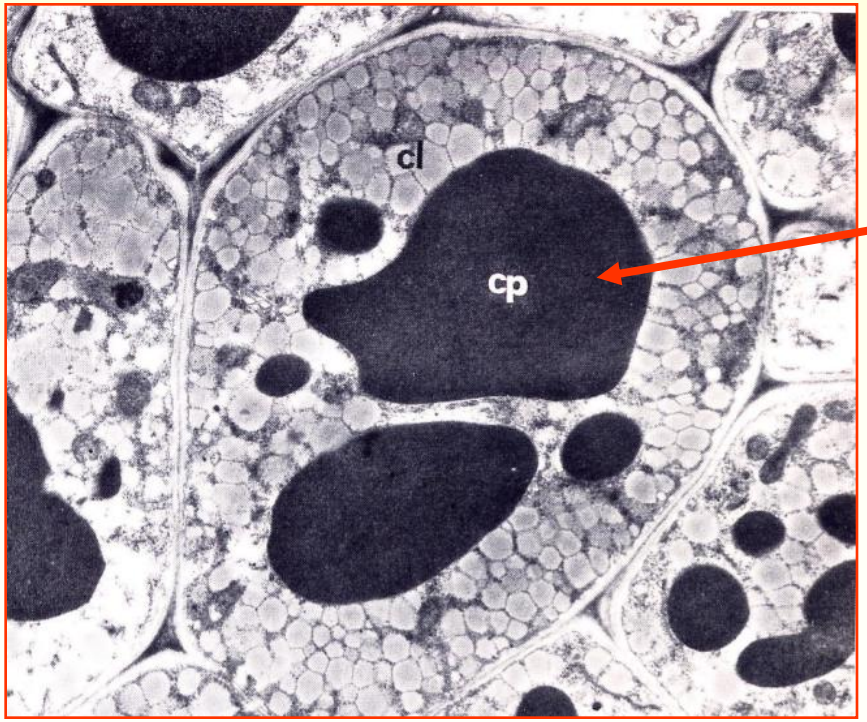
Riserve lipidiche → carboidrati


Triacilgliceroli
OLEOSOMA
Acido grasso
Acido grasso CoA sintasi
CoA
GLIOSSISOMA
Acil CoA (C_n)
CoA
Citrato
Citrato
Aconitasi
?
Acetil CoA
β ossidazione
$\frac{n}{2}O_2$
nH_2O
Citrato sintasi
Aconitasi?
Isocitrato
Isocitrato
Ossalacetato
Ciclo del gliossilato
NADH
Malato deidrogenasi
NAD+
Isocitrato liasi
nNAD+
nNADH
nFAD
$nFADH_2$
Malato
Malato sintasi
CoA
CITOSOL
Gliossilato
Succinato
CHO
COOH
Fosfoenolpiruvato
CO_2
ADP
PEP carbossichinasi
ATP
Fruttosio-6-P
Ossalacetato
Succinato
Saccarosio
Malato deidrogenasi
NADH
NAD+
Malato
Fumarato
Malato
MITOCONDRIO

Riserve proteica

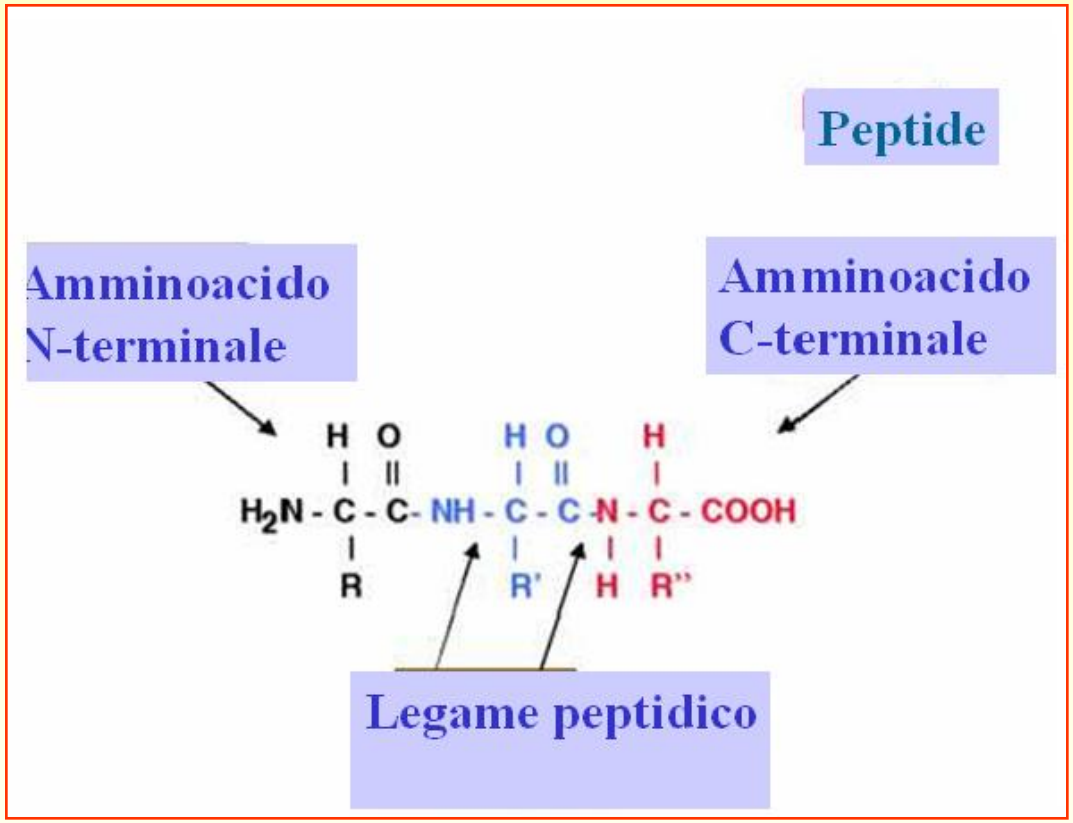
Sono suddivise in base allo loro solubilità:

1. **Albumine**, solubili in H_2O 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.

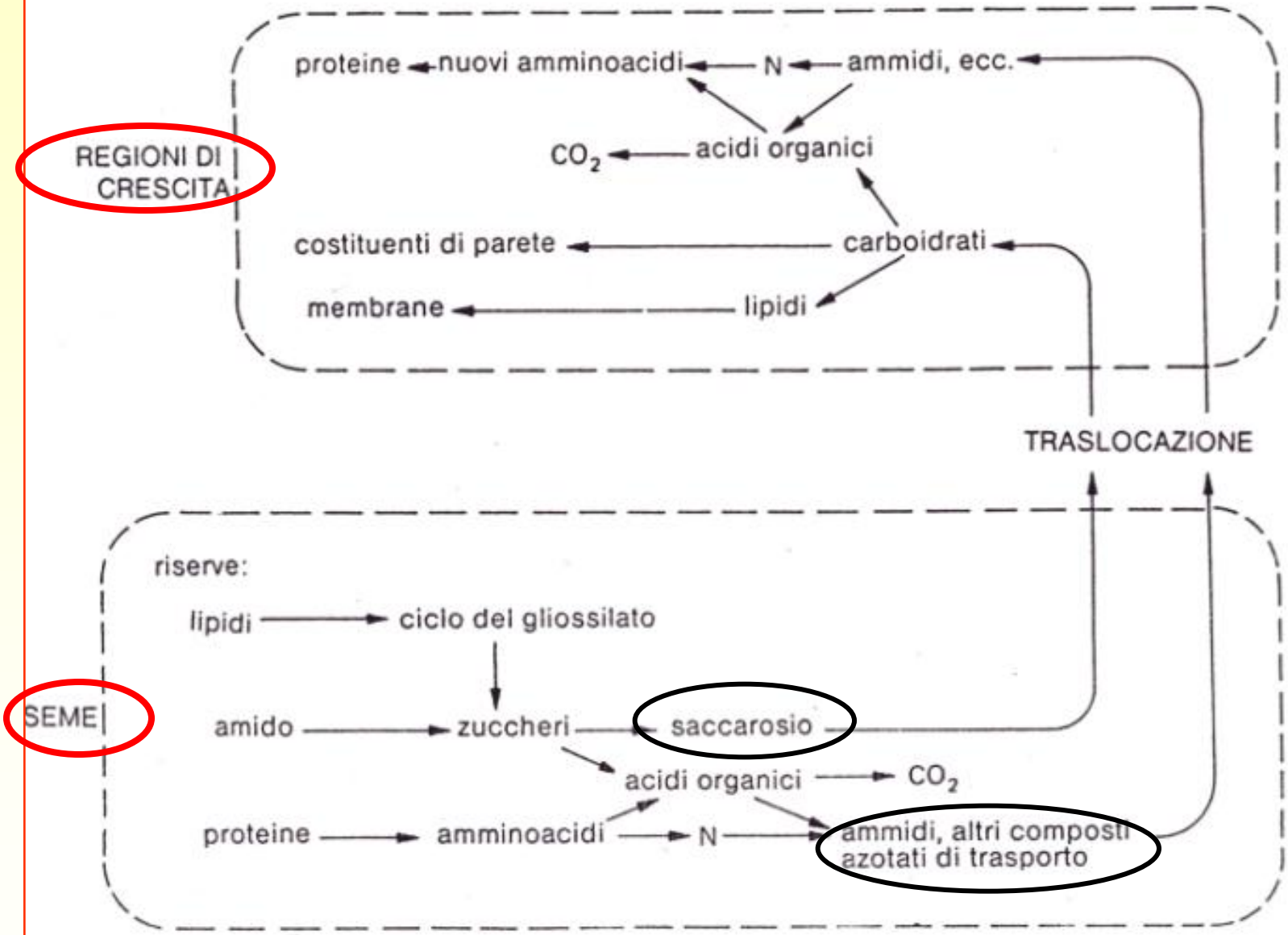
Endopeptidasi: idrolizzano i legami peptidici interni ed originano oligopeptidi



Carbossipeptidasi: attaccano il legame peptidico dalla parte del carbossile terminale

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

Originano amminoacidi liberi


REGIONI DI CRESCITA
proteine
nuovi amminoacidi
N
ammidi, ecc.
CO_2
acidi organici
costituenti di parete
carboidrati
membrane
lipidi
TRASLOCAZIONE
SEME
riserve:
lipidi
ciclo del gliossilato
amido
zuccheri
saccarosio
acidi organici
CO_2
proteine
amminoacidi
N
ammidi, altri composti azotati di trasporto