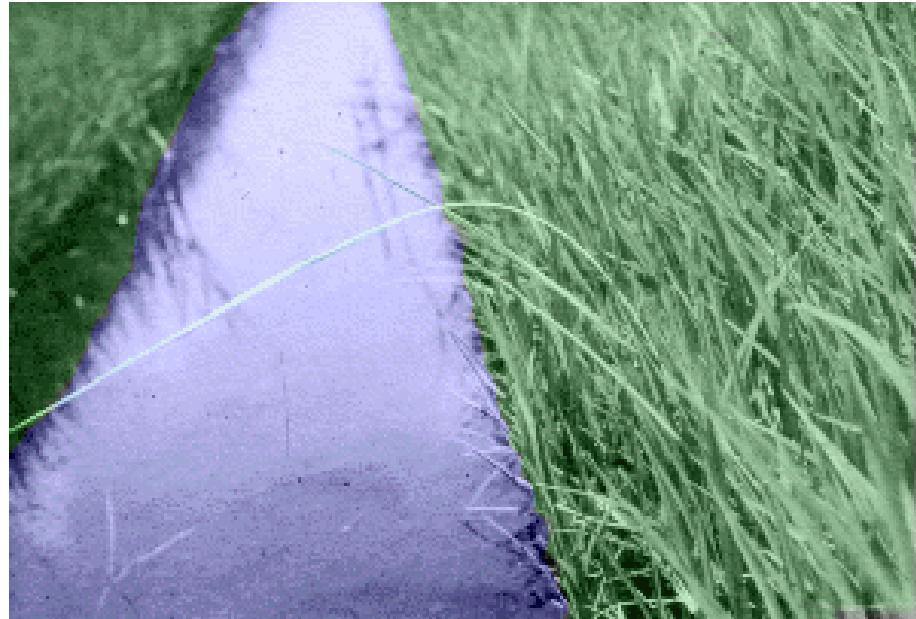


GIBBERELLINE

BAKANAE

(piantina sciocca)

Malattia del riso diffusa in
Asia causata dal fungo
Gibberella fujikuroi
(*Fusarium moniliforme*)



1930 (Giappone) Isolamento principio attivo

1950 (USA, GB) Struttura acido gibberellico

1950 (Giappone) Struttura GA₁, GA₂, GA₃

1958 Identificazione e purificazione nelle piante (GA₁)

ATTUALMENTE SONO NOTE 125 GIBBERELLINE

(12 presenti solo in *G. fujikuroi*, 100 presenti solo nelle piante, 13 ubiquitarie)

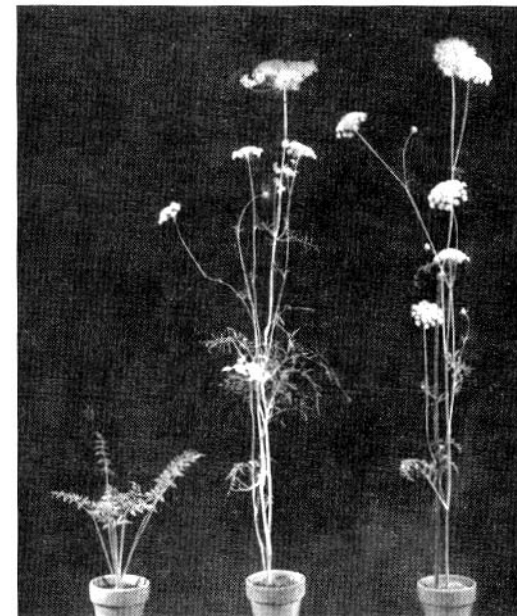
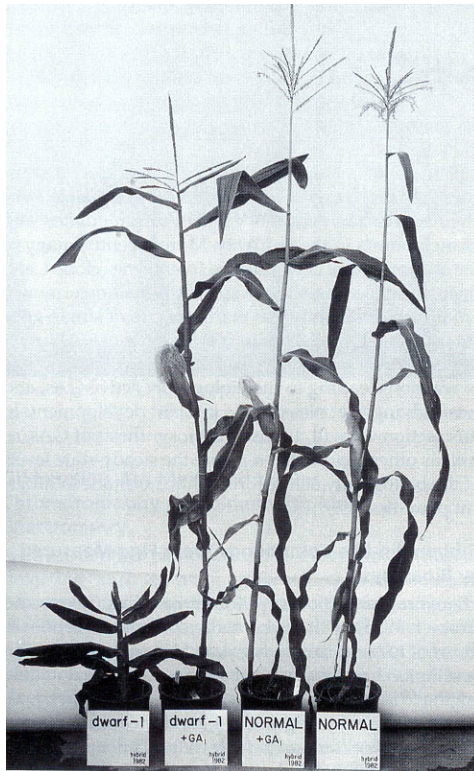
NOMENCLATURA: GA_x, a seconda dell'ordine cronologico della scoperta

PRIMI STUDI SULL'ATTIVITA' DELLE GIBBERELLINE

**effetto GA sulla crescita dello
stelo fiorale del cavolo**



effetto GA₁ su mais nano

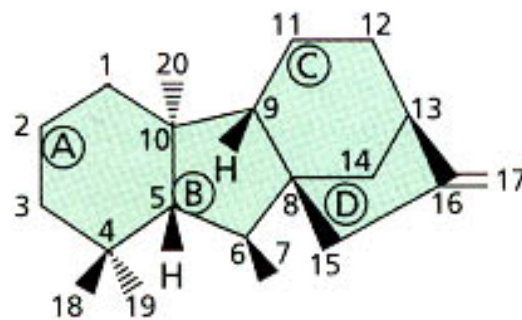


**effetto GA sulla fioritura
di piante di carota**



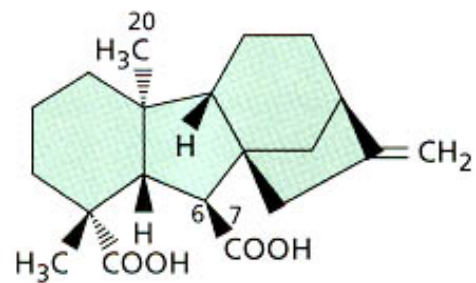
**effetto GA_3 sull'allungamento
del fusto di piante di pisello**

STRUTTURA BASE DELLE GIBBERELLINE

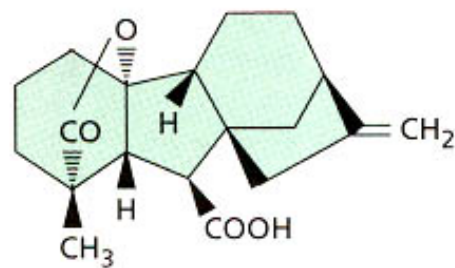


scheletro *ent*-gibberellanico

**Le gibberelline
contengono 19 o 20
atomi di carbonio**



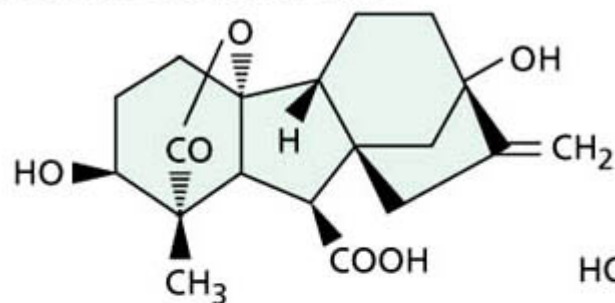
**GA12
(C20)**



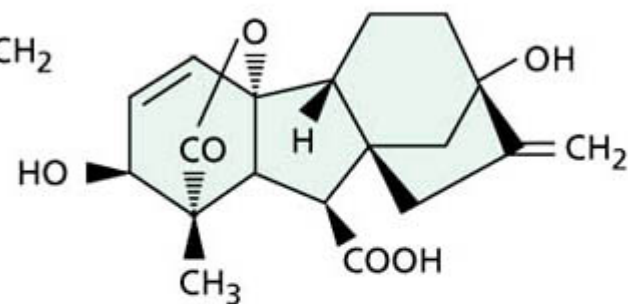
**GA9
(C19)**

-idrossilazioni in C3 e in C13

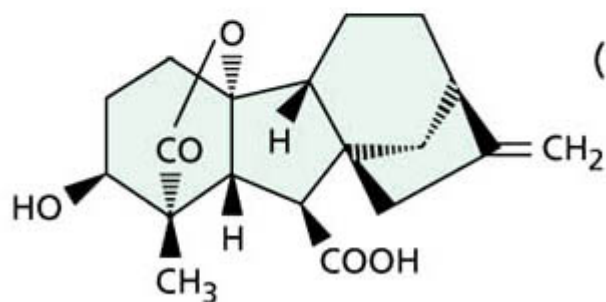
ACTIVE GIBBERELLINS



(E) Gibberellin A₁ (GA₁)

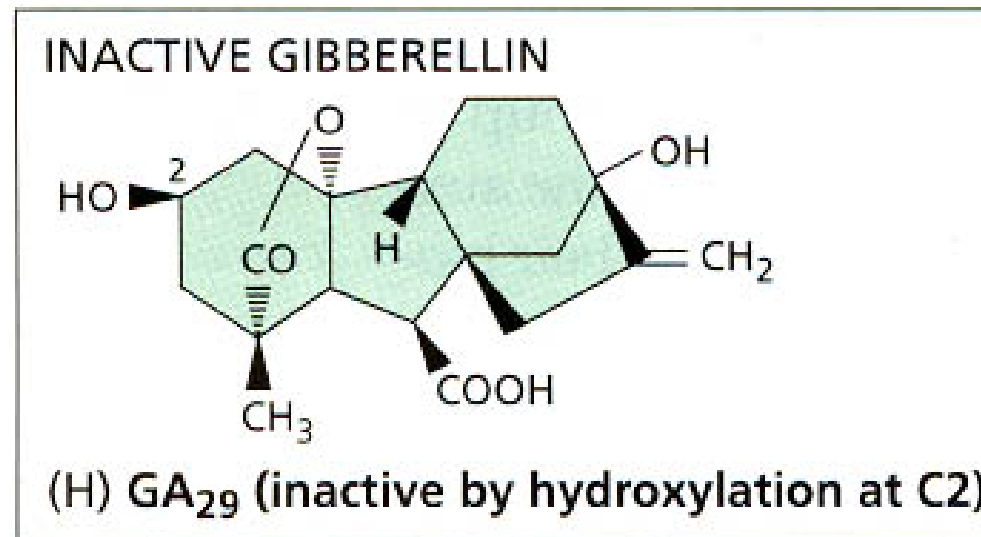


(F) Gibberellic acid (GA₃)



(G) Gibberellin A₄ (GA₄)

l'idrossilazione in 2 β abolisce l'attività biologica



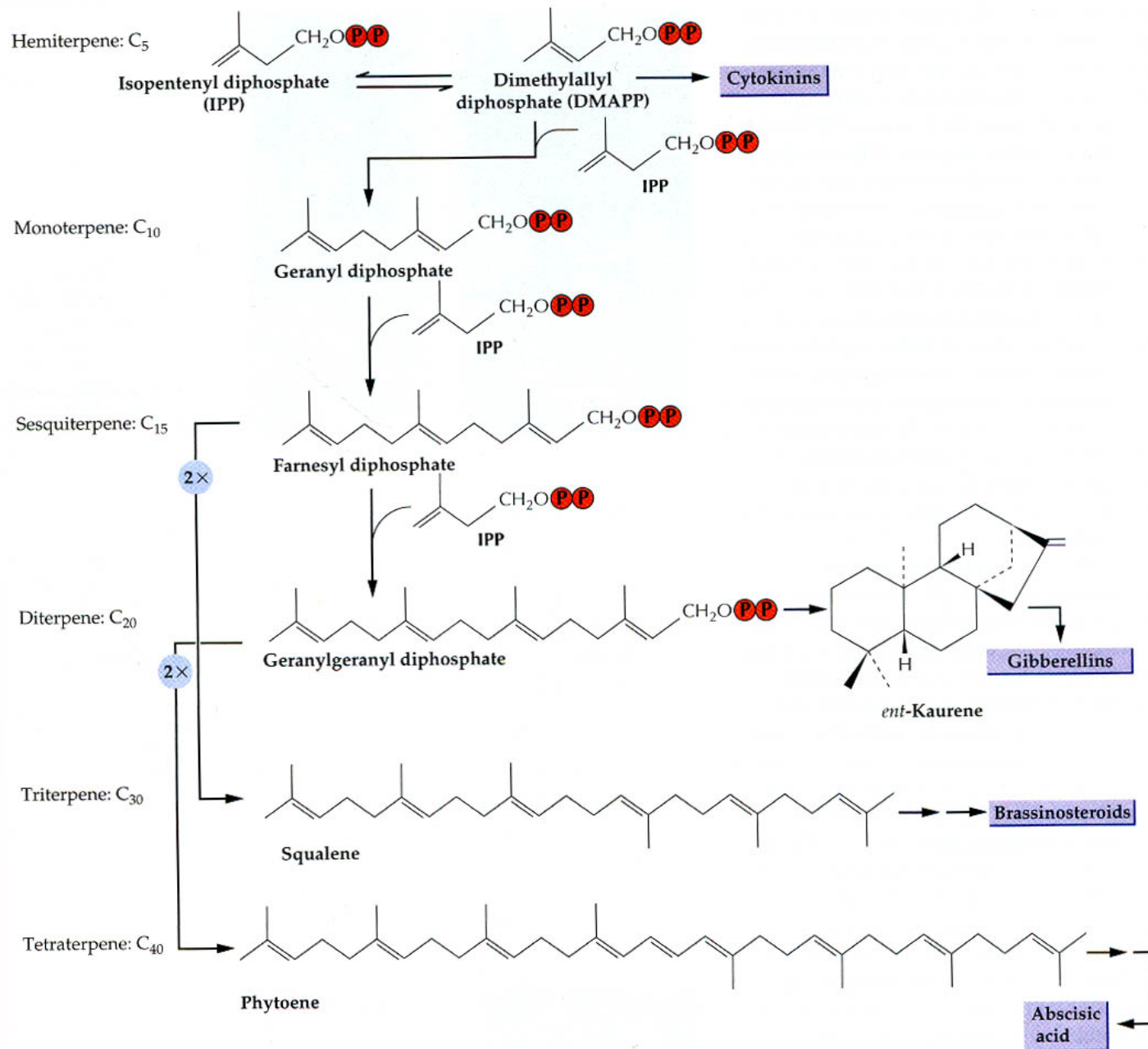
BIOSINTESI

**Le gibberelline vengono sintetizzate a partire
dall'isopentenil pirofosfato**

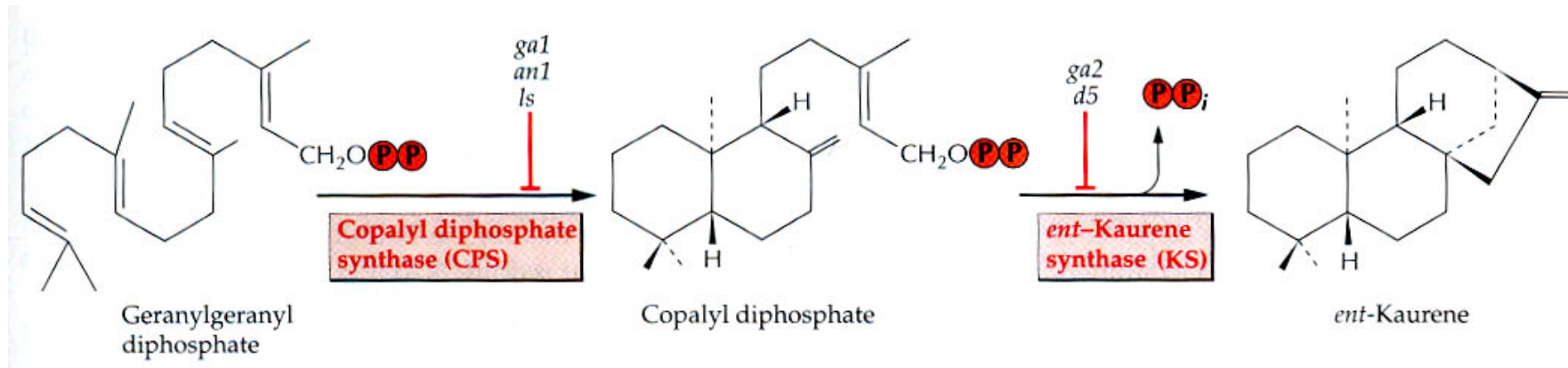
Esistono due vie:

**attraverso l'acido mevalonico (citosol)
attraverso la gliceraldeide 3-fosfato e il piruvato (plastidi)**

Probabilmente viene usata la seconda via



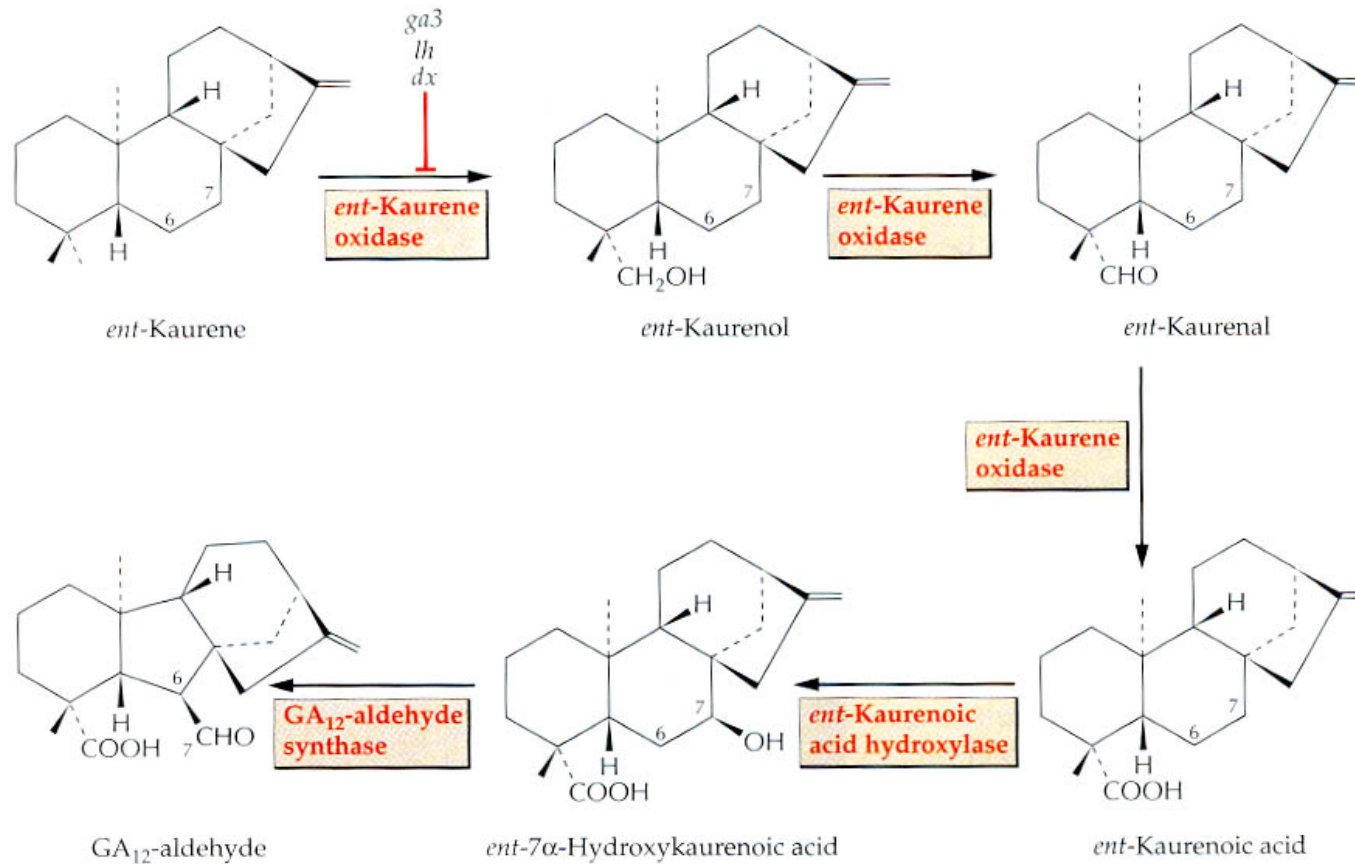
REAZIONI DI CICLIZZAZIONE (plastidi)



Enzimi coinvolti: CPS, copalil difosfato sintasi e KS,
ent-kaurene sintasi

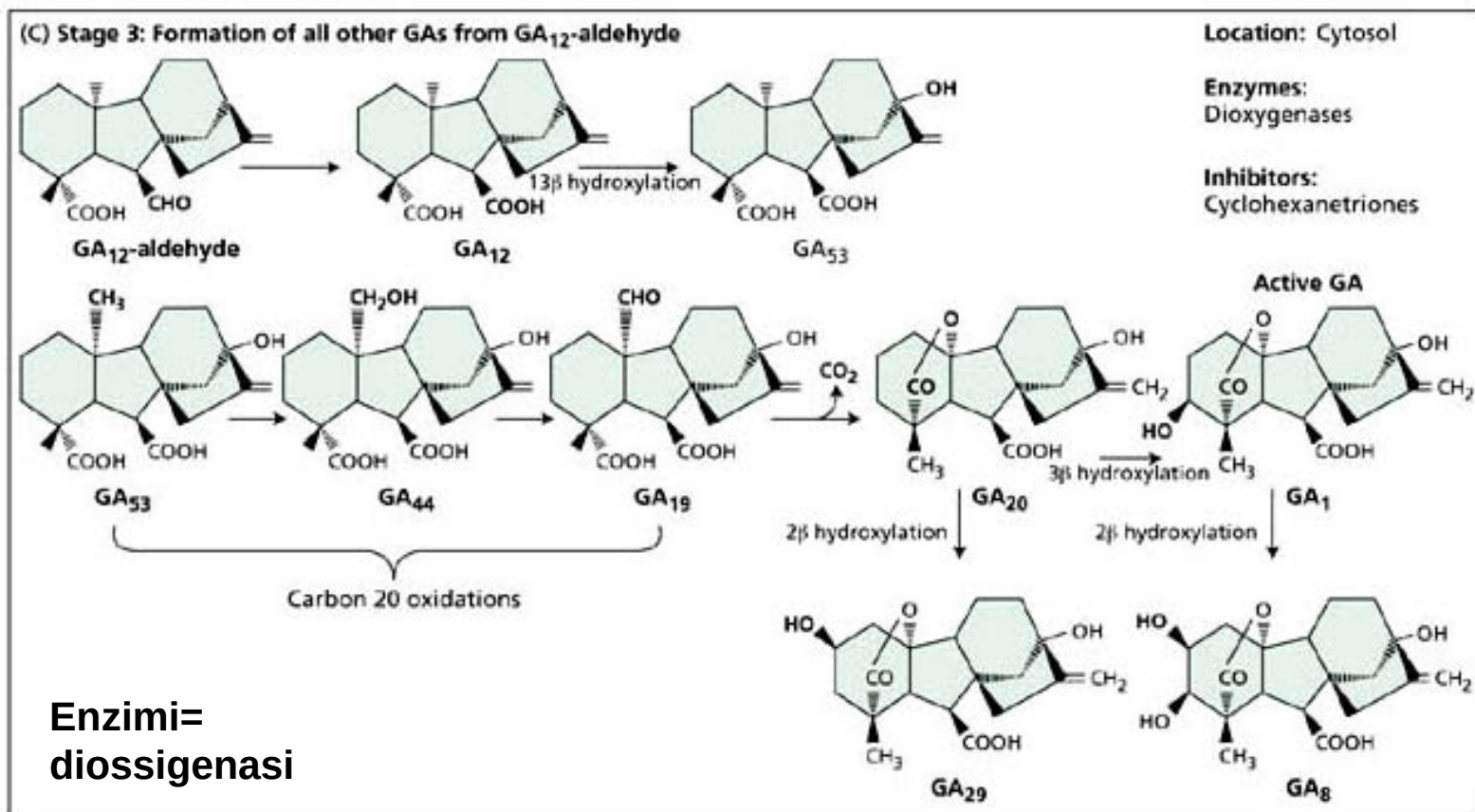
peptidi di transito – terpene ciclastasi- inibiti da AMO-1618

SERIE DI OSSIDAZIONI (reticolo endoplasmatico)



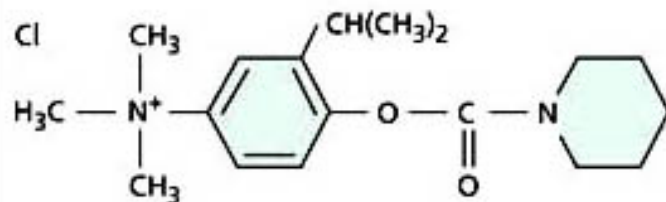
- un gruppo metilico viene ossidato ad acido carbossilico
- l'anello B si contrae (da 6 a 5 atomi di C)
- enzimi coinvolti=P450 monossigenasi

FORMAZIONE DI TUTTE LE GIBBERELLINE A PARTIRE DALLA GA12-ALDEIDE (citosol)

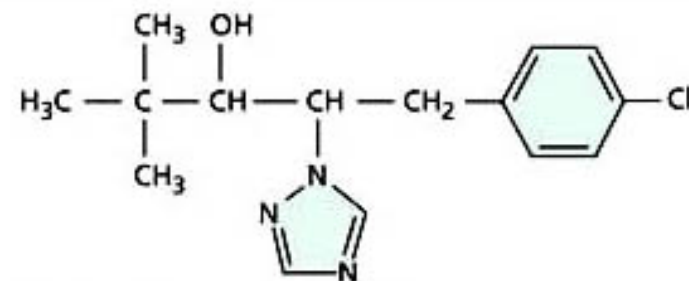


- ossidazione C7 (da GA12 aldeide a GA12)
- idrossilazioni C13 e C3
- ossidazioni C20
- perdita atomo di C
- idrossilazione C2 (inattivazione)

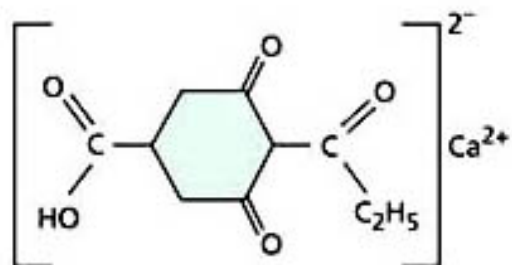
INHIBITORS OF GIBBERELLIN SYNTHESIS



(I) AMO-1618



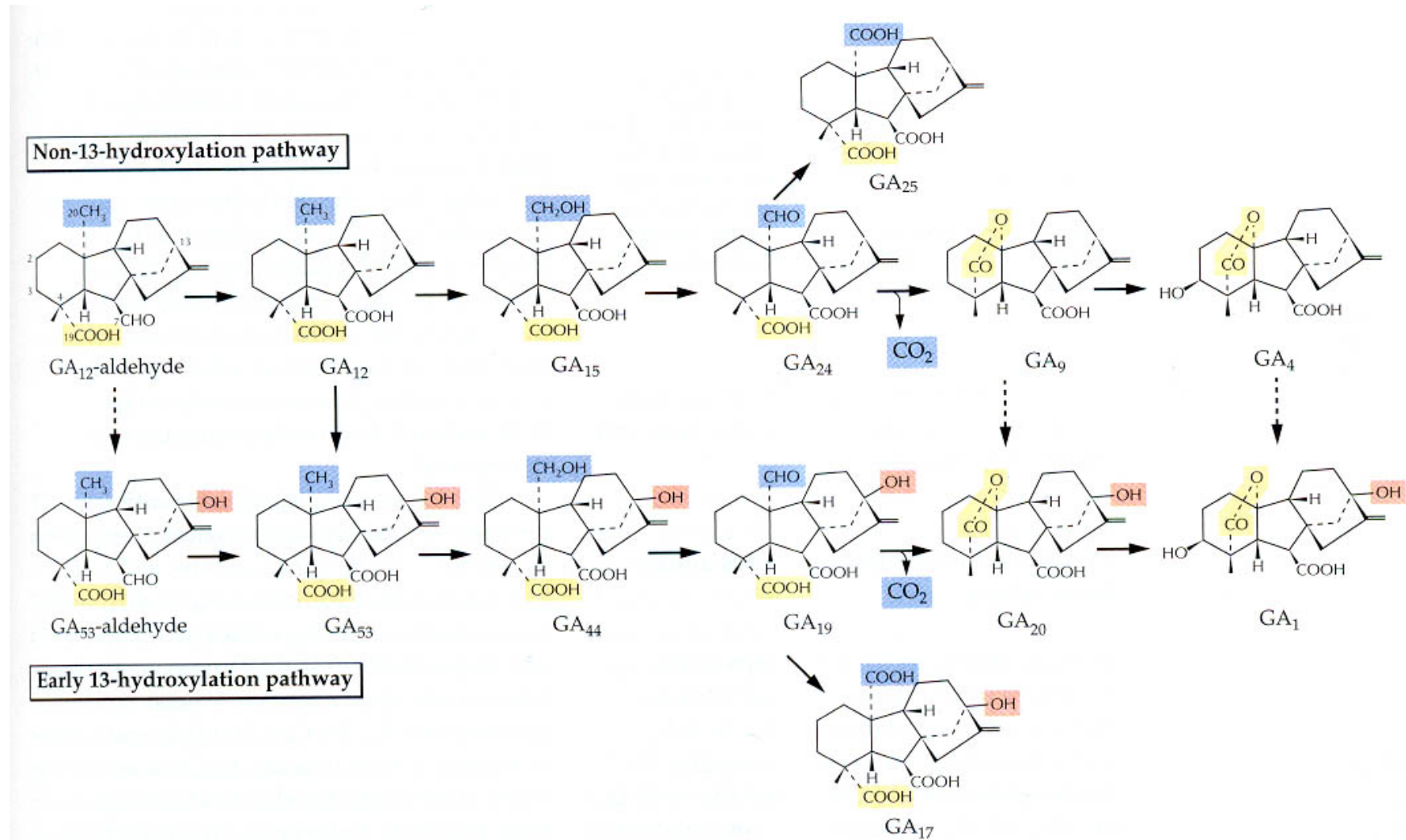
(J) Paclobutrazol (bonzi)

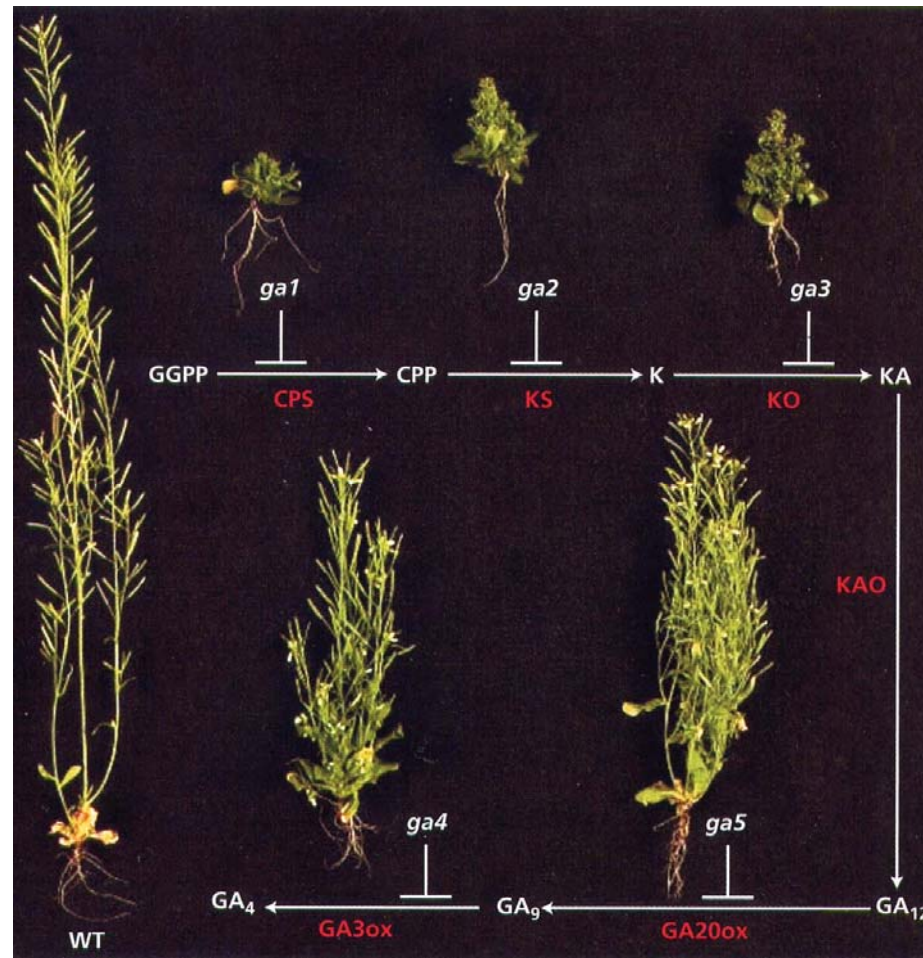
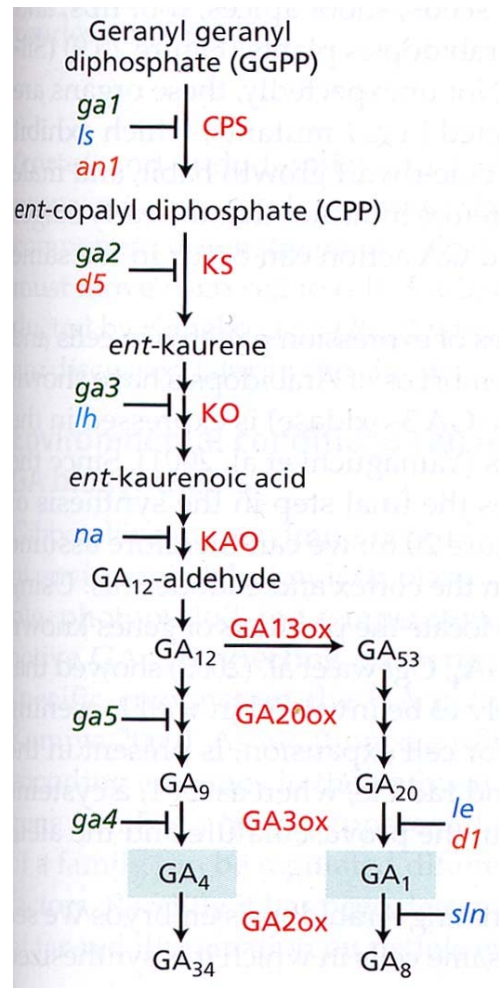


(K) BX-112 (prohexadione-calcium)

**INHIBITORI SINTESI
GIBBERELLINE**

Esiste anche un altro pathway che porta alla formazione della GA9 e della GA4





La maggior parte delle gibberelline sono dei precursori di quelle biologicamente attive

**Nella maggior parte delle piante
l'unica gibberellina attiva è la GA_1**

Altre GA_s attive:

GA_3

GA_4 e GA_7

GA_9



Le gibberelline sono dei regolatori di crescita naturali?

Le piante alte hanno più GA_s delle piante nane?

MUTANTI DI PISELLO *le*

Purificazione GA (HPLC, GC-MS)

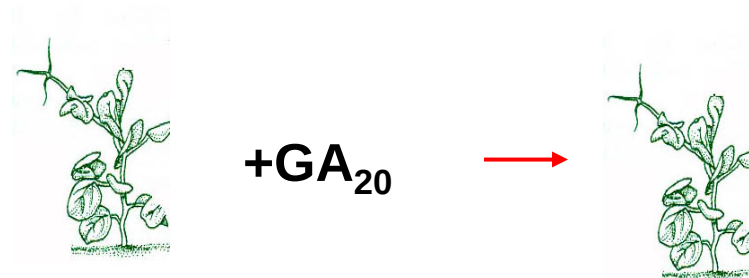
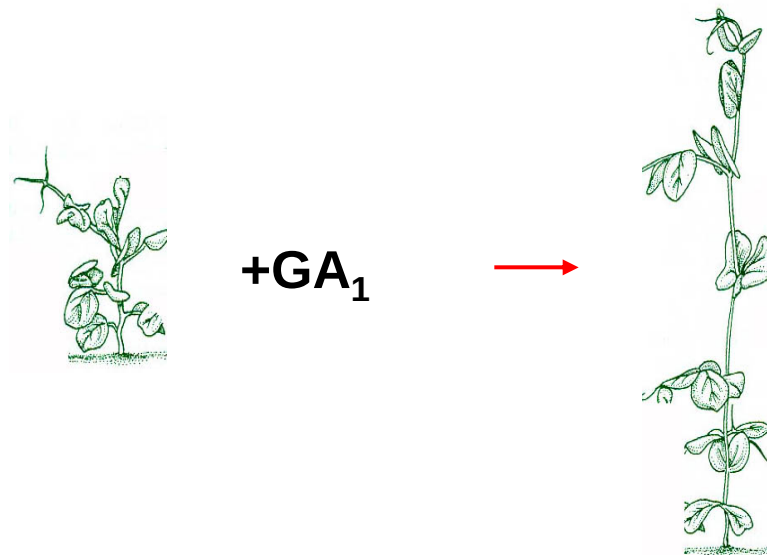
Le piante *Le* hanno un contenuto maggiore di GA1 rispetto alle piante *le*



le

Le

Le piante le rispondono a GA₁, ma non a GA₂₀



L'allele Le conferisce la capacità di
convertire la GA_{20} in GA_1

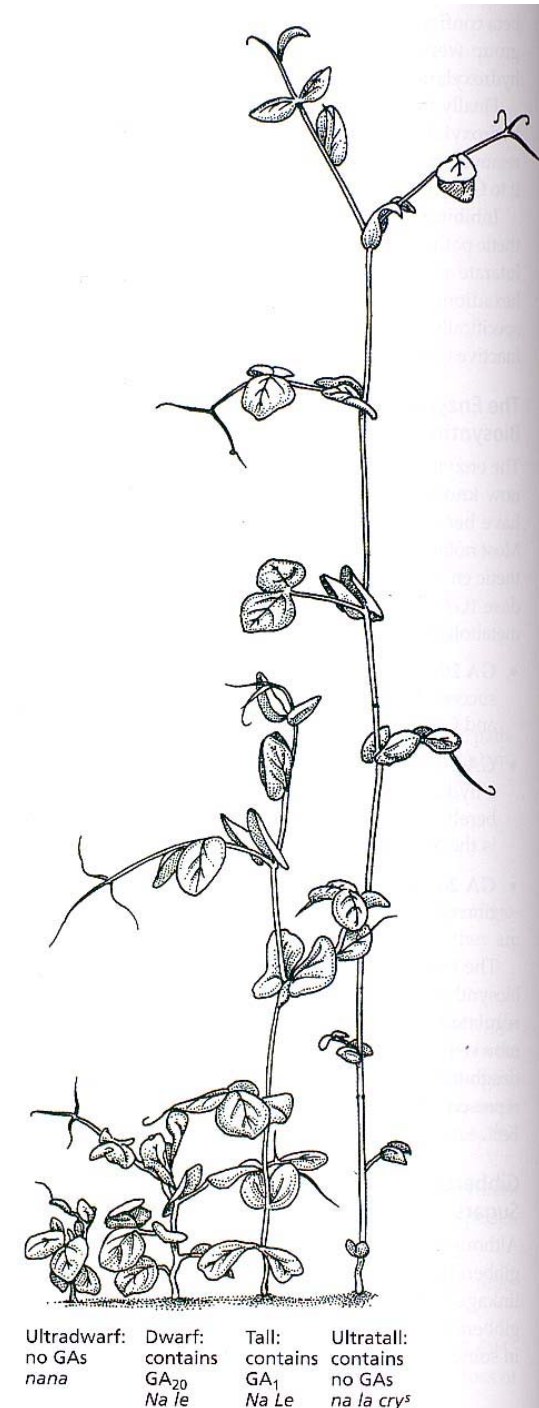
Le $[^{13}C, ^3H] GA_{20} \rightarrow *GA_1, *GA_8, *GA_{29}$

le $[^{13}C, ^3H] GA_{20} \rightarrow *GA_{29}$

Esistono dei mutanti di pisello *na* (nana) molto più bassi dei mutanti *le*

Sono incapaci di convertire l'ent-kaurene in GA_{12} -aldeide

I mutanti *Slender* (*la cry*) sono alti anche quando non hanno GA_s (*na la cry*)



tessuti di sintesi delle GAs

Arabidopsis

enzimi biosintetici localizzati in

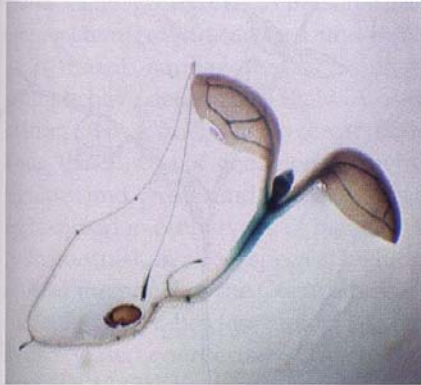
gemma apicale
giovani foglie

promotore GA20ox::luciferasi

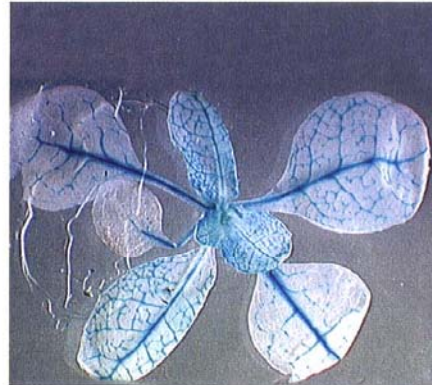


analisi promotore *GA1* (CPS)

(A) 5-day-old seedling



(B) 3-week-old seedling



(C) Open flower



(D) Mature silique with seeds



(E) Developing embryos



TRASPORTO

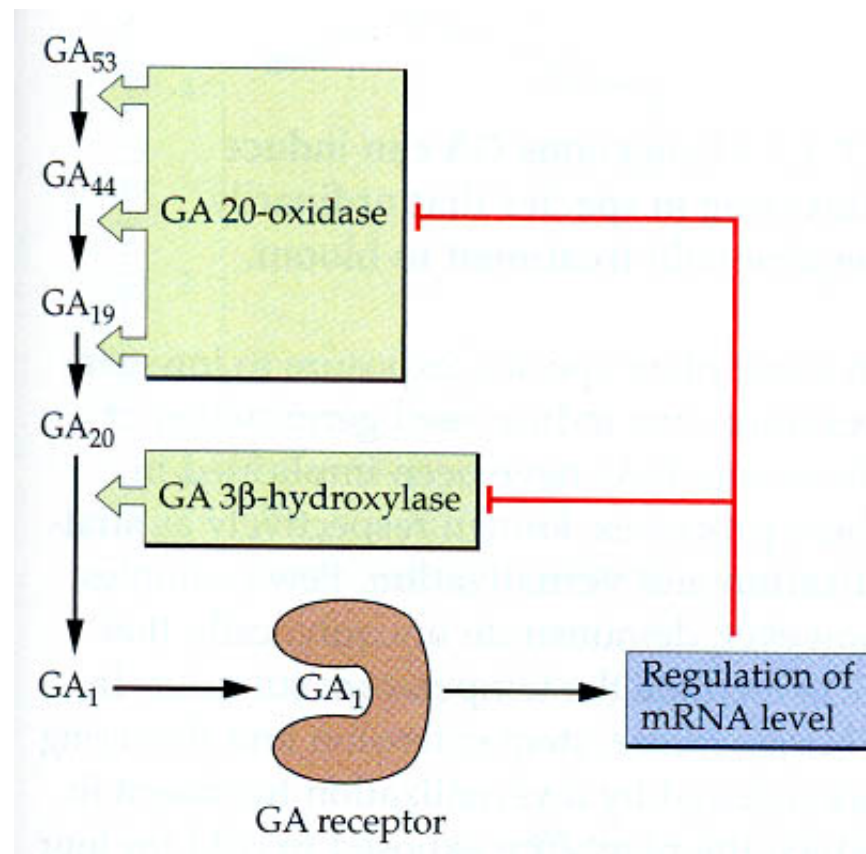
floema

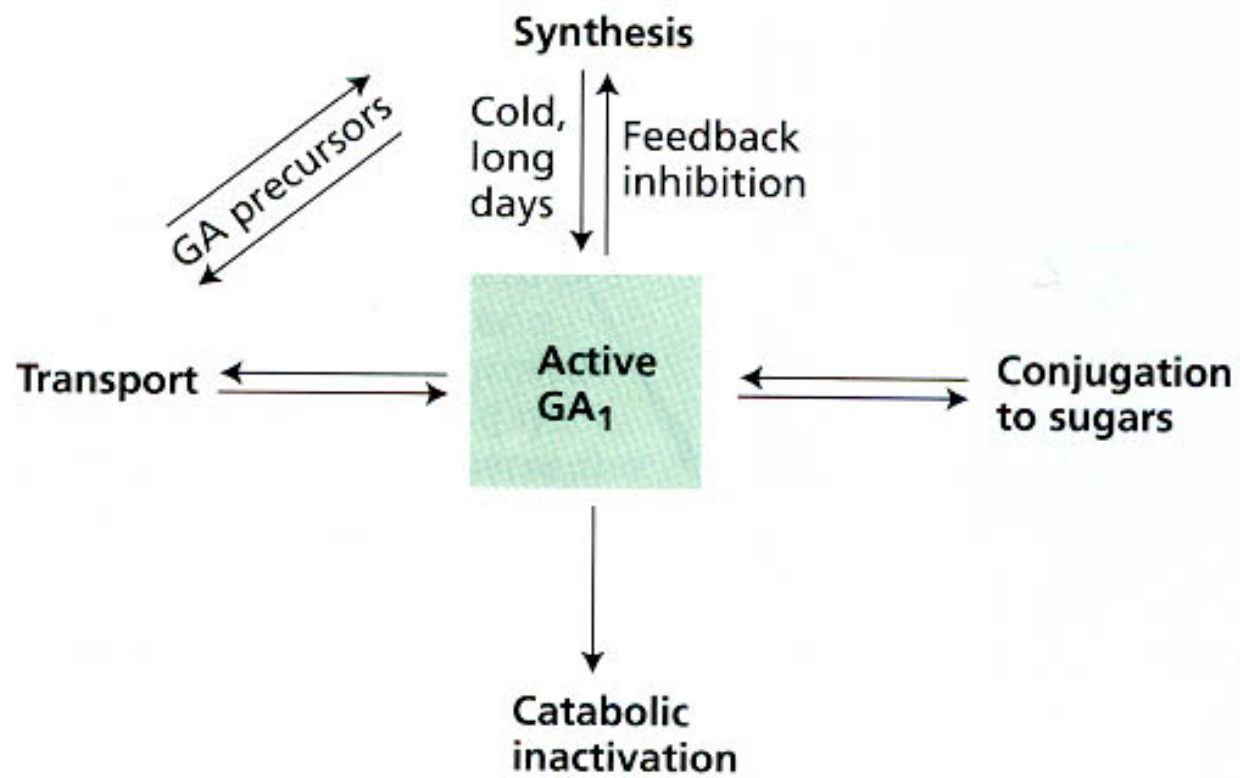
vengono trasportati anche i vari metaboliti

REGOLAZIONE DELLA SINTESI DELLE GIBBERELLINE

CONTROLLO FEEEDBACK

Alte concentrazioni di GAs inibiscono
la produzione di ulteriori molecole di GAs





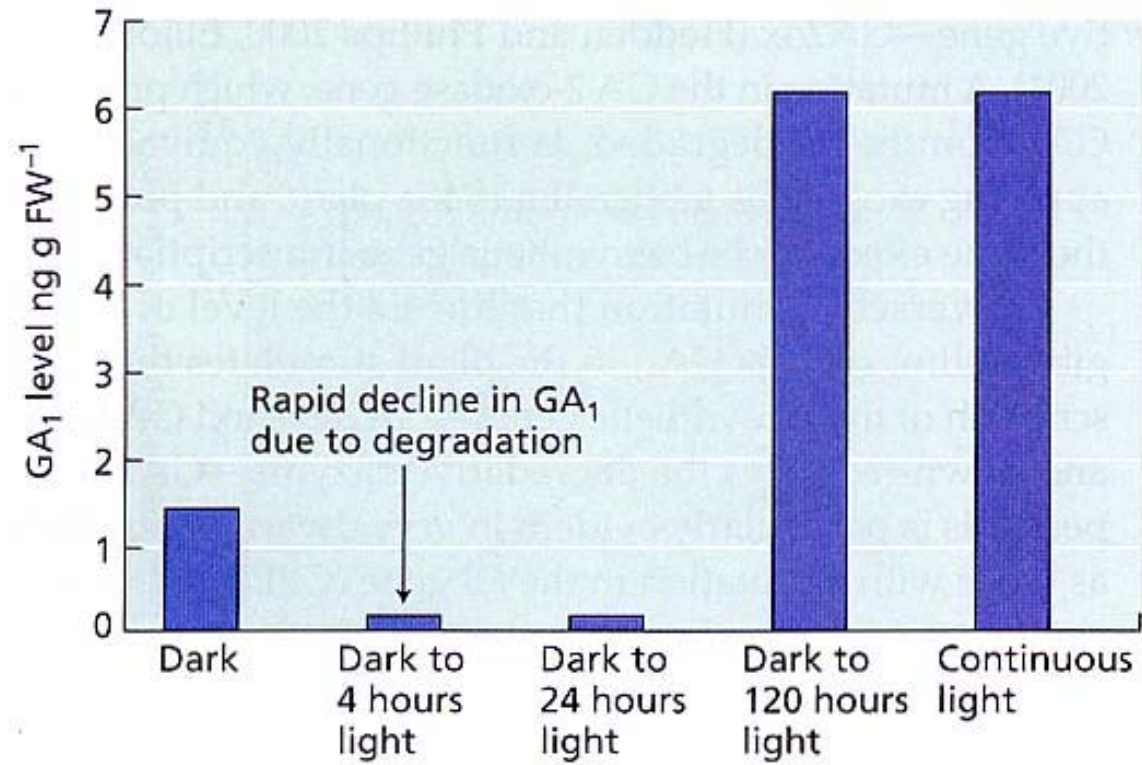
Le gibberelline regolano l'allungamento del fusto

Alla luce la velocità di allungamento diminuisce

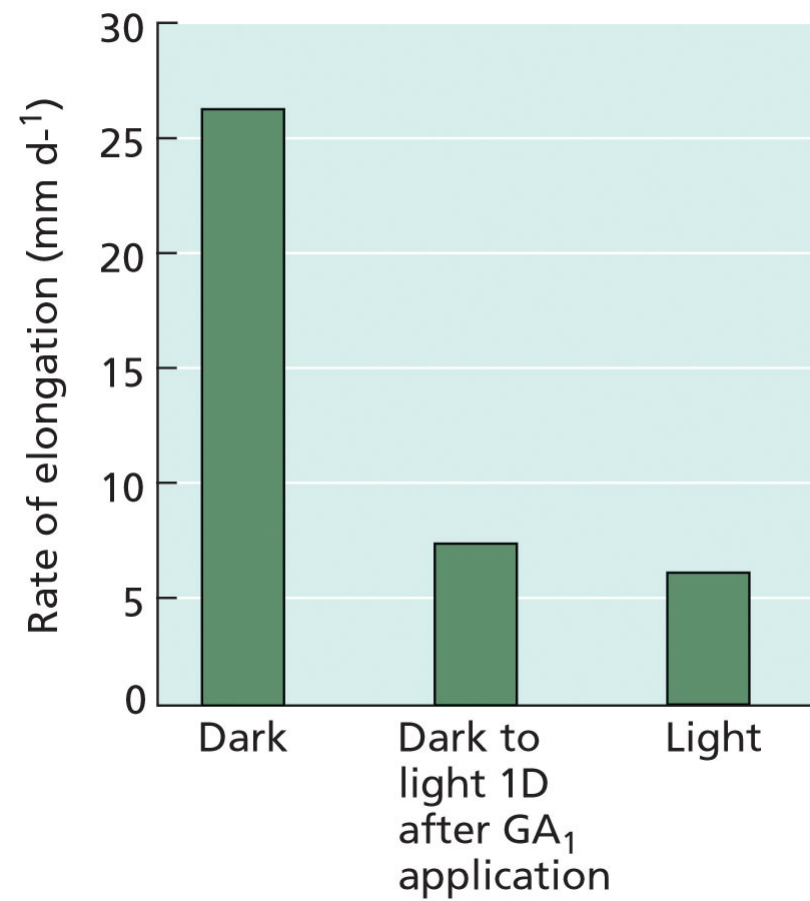


Alla luce diminuisce la [GA]?

alla luce i livelli di GAS aumentano



(B)



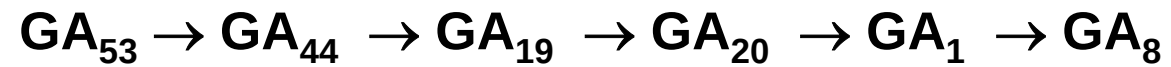
PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 20.13 (Part 2) © 2002 Sinauer Associates, Inc.

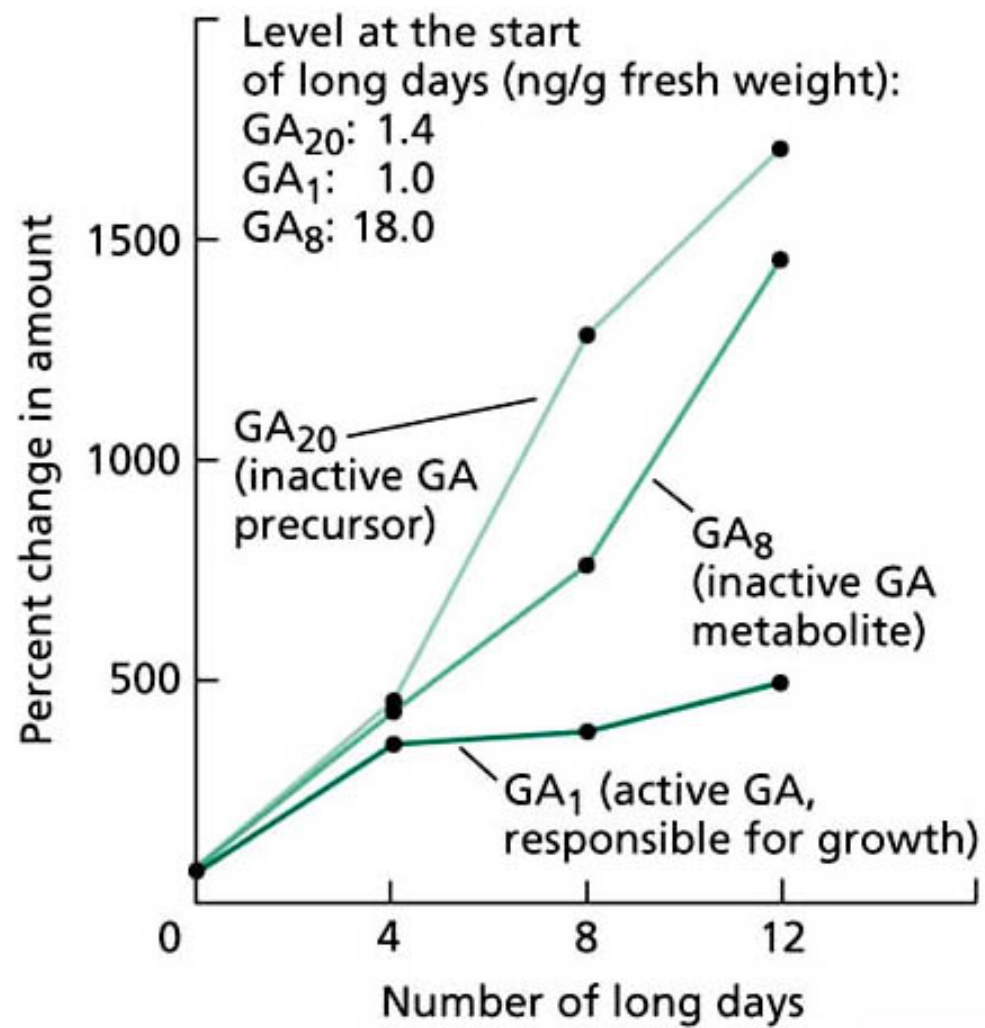
diminuisce la sensibilità delle cellule alla GA1

FOTOPERIODO



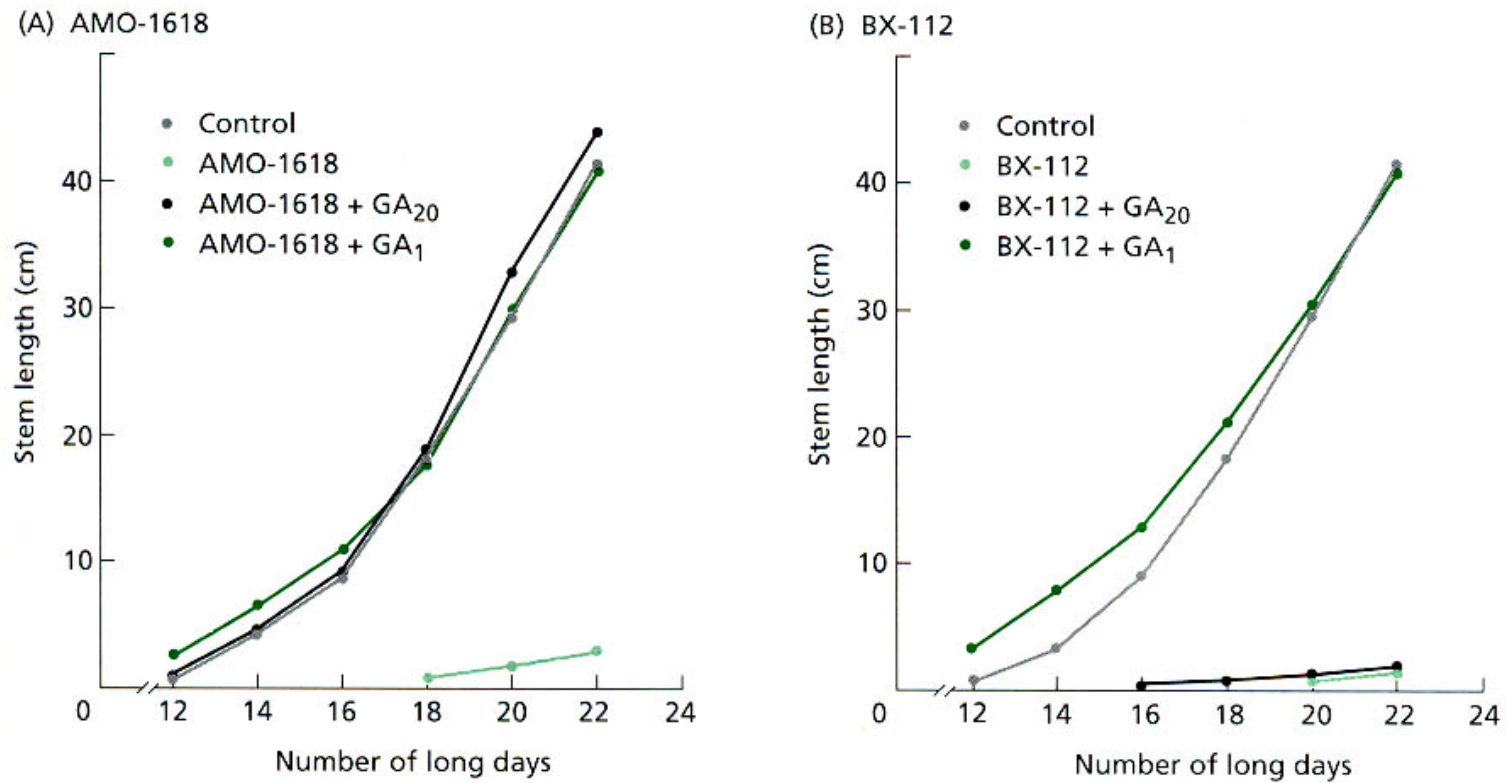
↑
I livelli di 13-OH GAs
Sono molto bassi





AMO-1618 e BX112 prevengono la crescita dello stelo

GA₂₀ blocca l'effetto di AMO-1618 ma non di BX112



GA₁ è indispensabile per la crescita dello stelo

TEMPERATURA

Alcune piante richiedono basse temperature per germinare (stratificazione) e per fiorire (vernalizzazione)

Le gibberelline possono sostituire il trattamento a basse temperature per produrre questi effetti

fioritura *Thalapsi arvense*

**NO TRATTAMENTO A
BASSE TEMPERATURE**

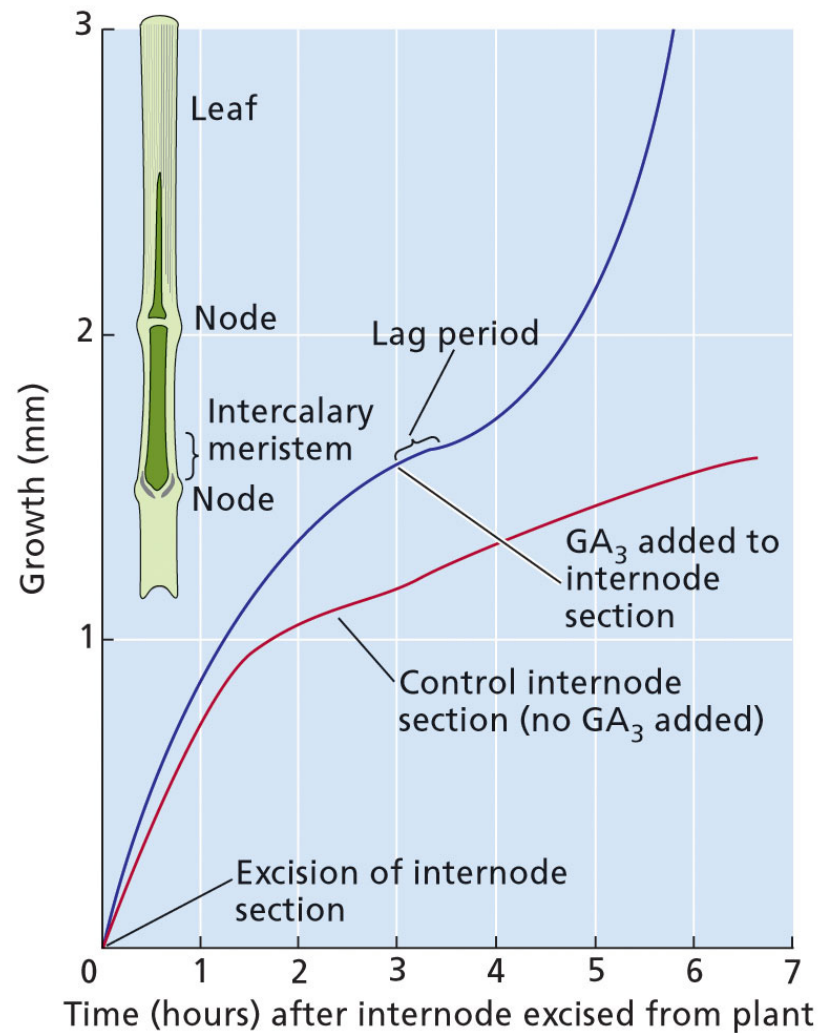
alti livelli acido ent-kaurenoico

**TRATTAMENTO A
BASSE TEMPERATURE**

**alti livelli GAs
(principalmente GA9)**

PROMOZIONE CRESCITA DEL FUSTO

allungamento internodo superiore riso



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 20.23 © 2002 Sinauer Associates, Inc.

aumento estensibilità parete cellulare

No acidificazione apoplasto (auxina)

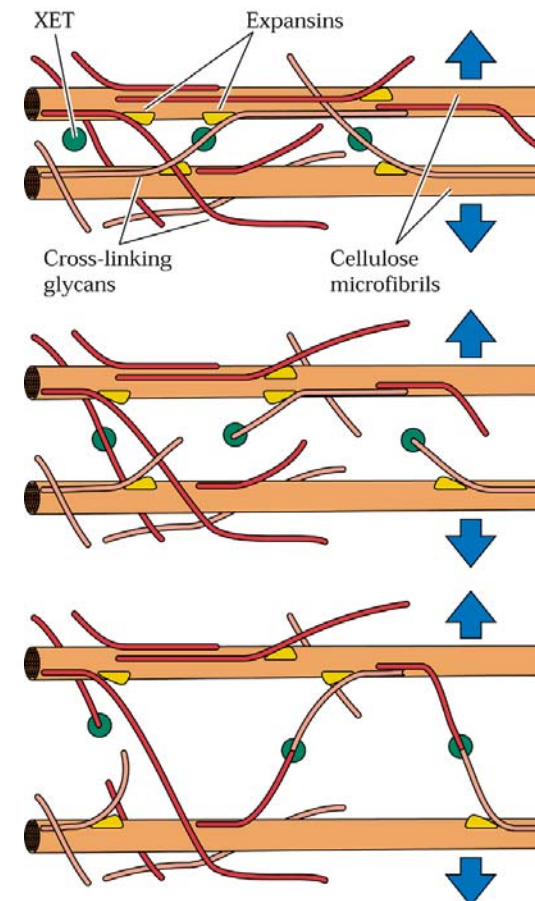
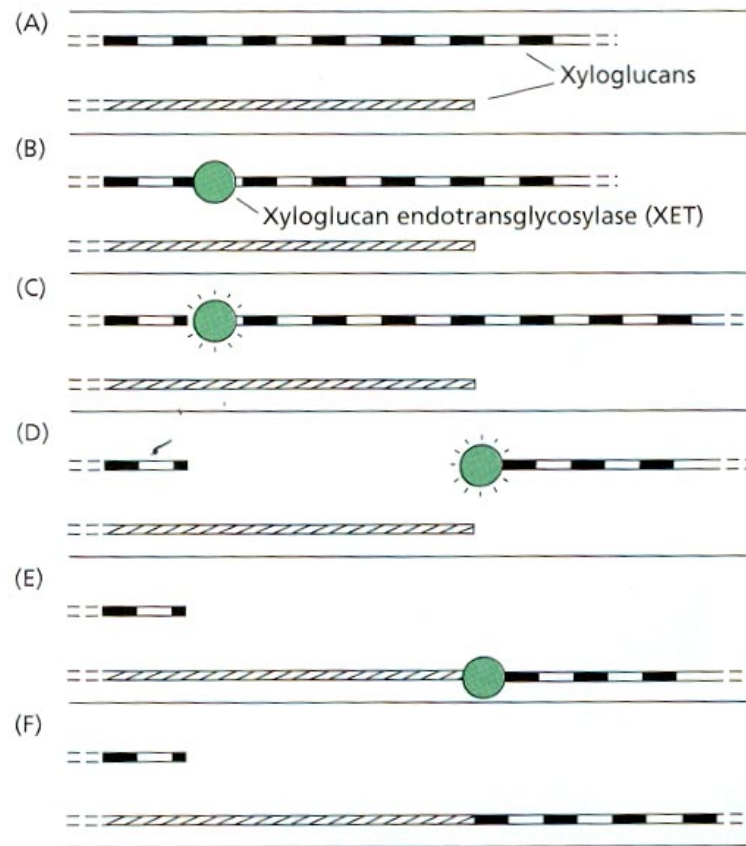
Lag time da 40 min a 3 ore

Effetti additivi

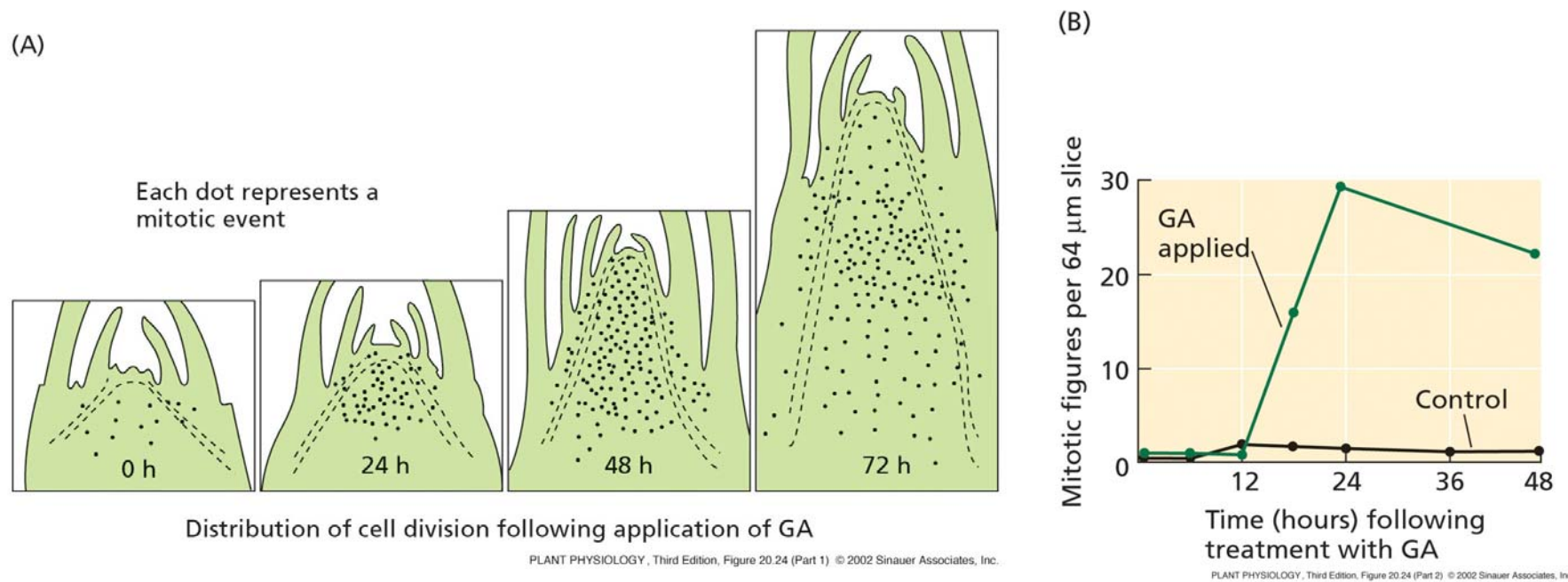
VARIE IPOTESI

Alterazione distribuzione del calcio
($<[Ca^{2+}]$ parete, $>$ assunzione Ca^{2+} cellula)

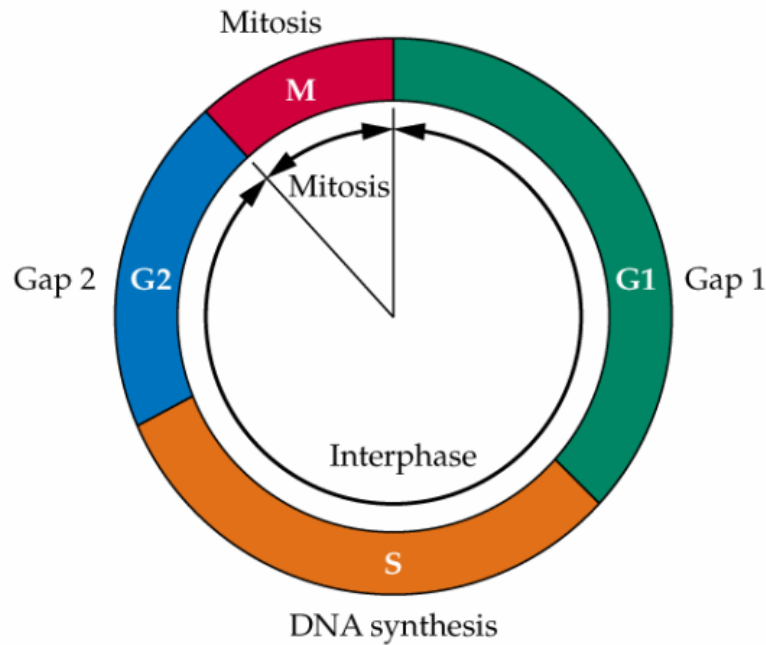
Attivazione xiloglucano endotransglicosidasi (XET)



STIMOLO DIVISIONE CELLULARE



Incremento mitosi nelle regioni apicali delle piante a rosetta



Le GAs stimolano la transizione tra la fase G1 e la fase S

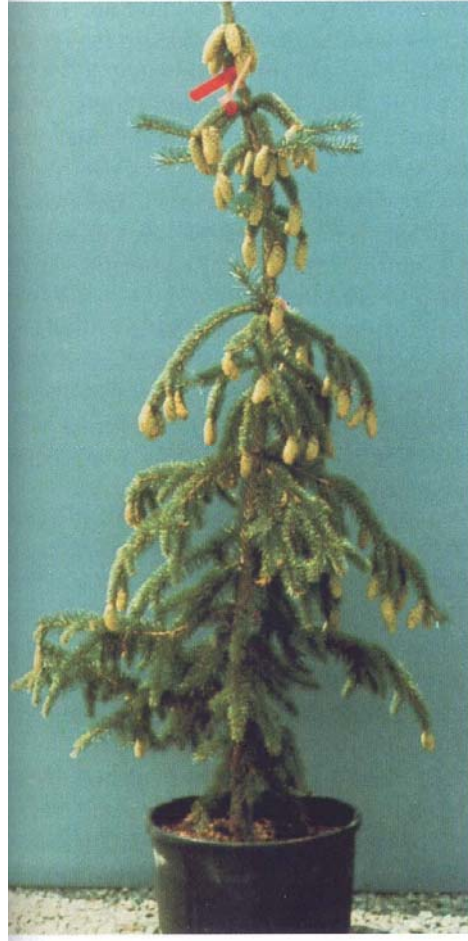
Nel riso le GA aumentano l'espressione di una CDK e di una protein chinasi in grado di attivarla

ALTRI EFFETTI FISIologici DELLE GIBBERELLINE

**Regolazione della transizione da stato
giovanile a fase adulta**



(A) White spruce



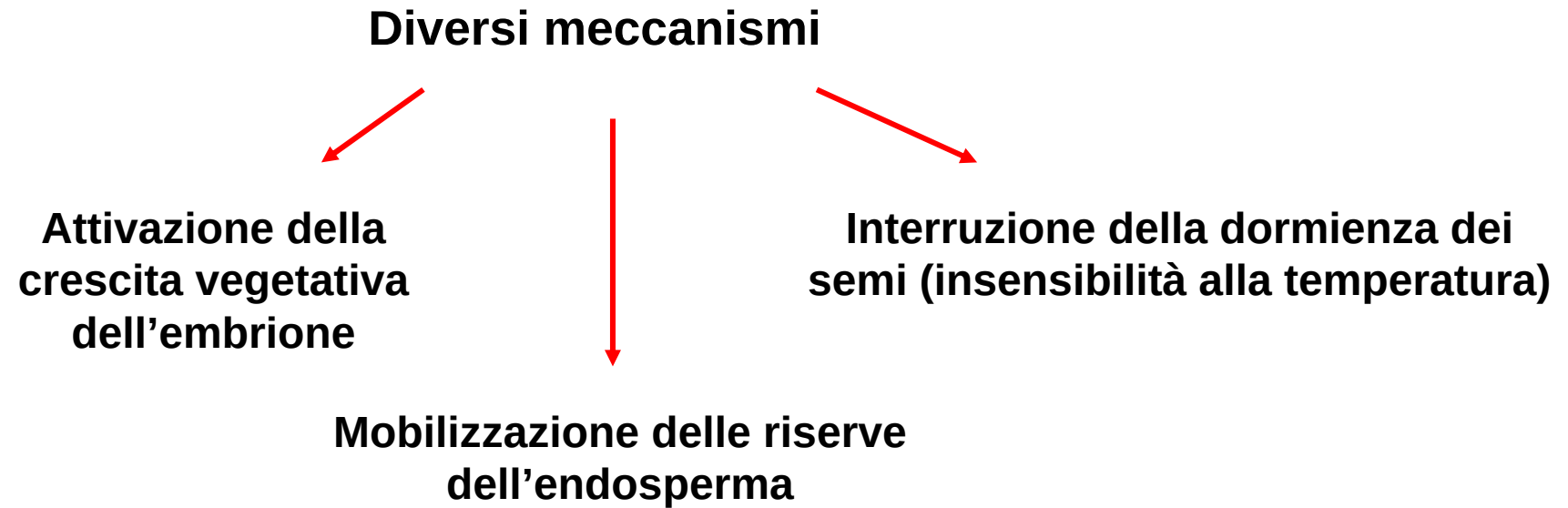
(B) White spruce



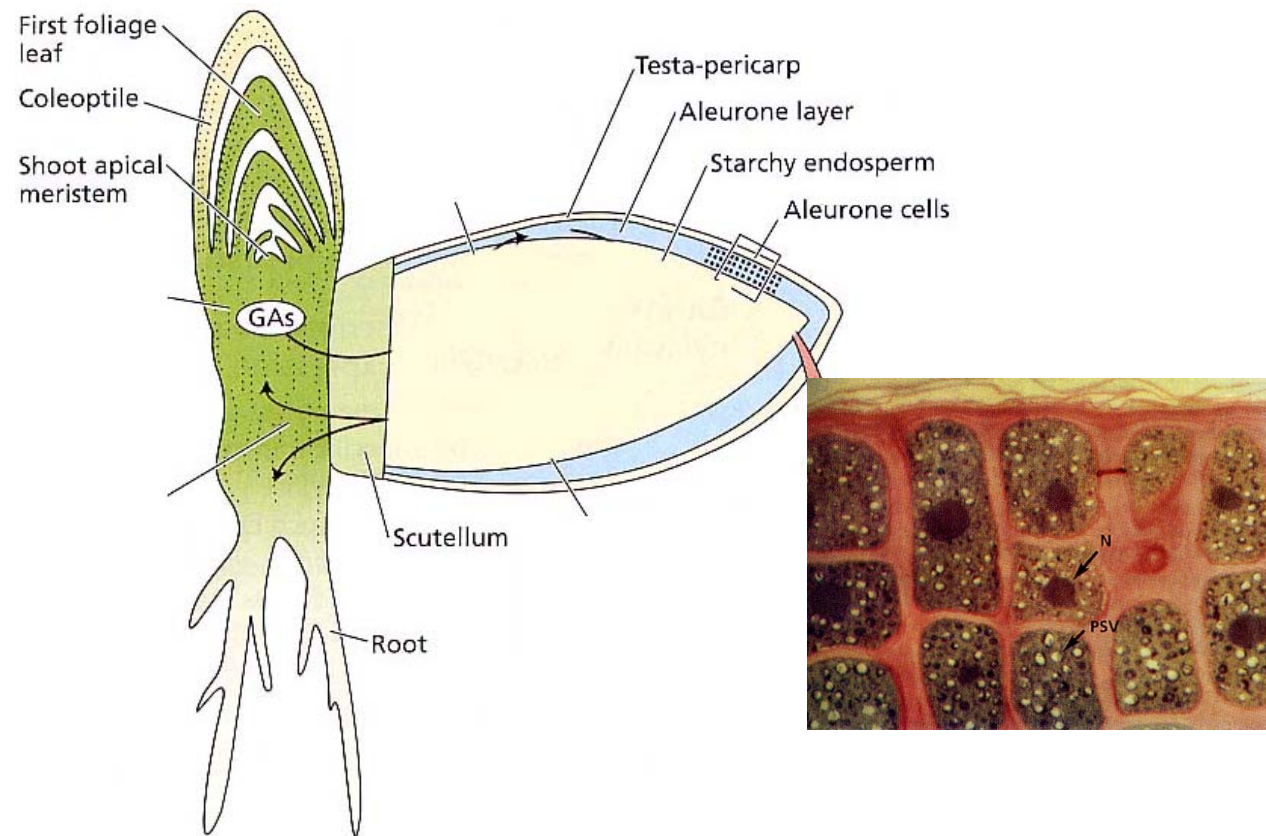
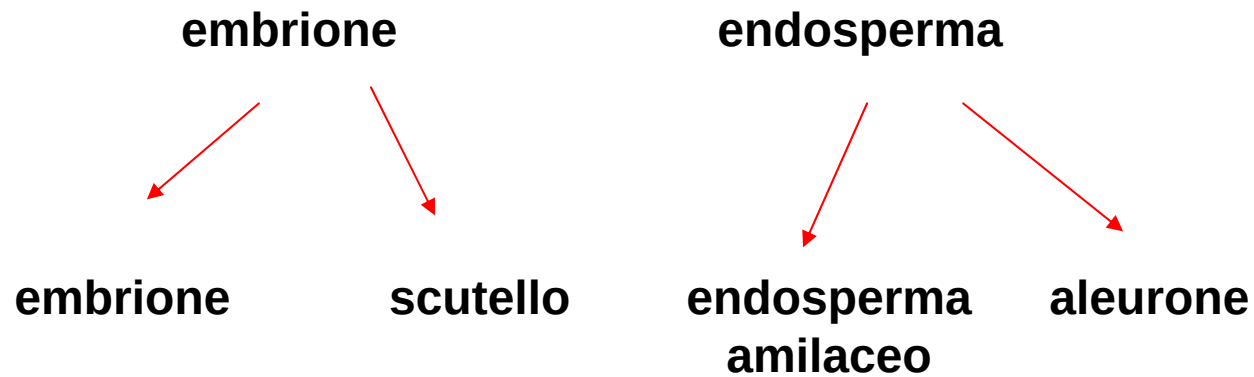
(C) Giant sequoia seedling



Induzione della germinazione dei semi



semi dei cereali



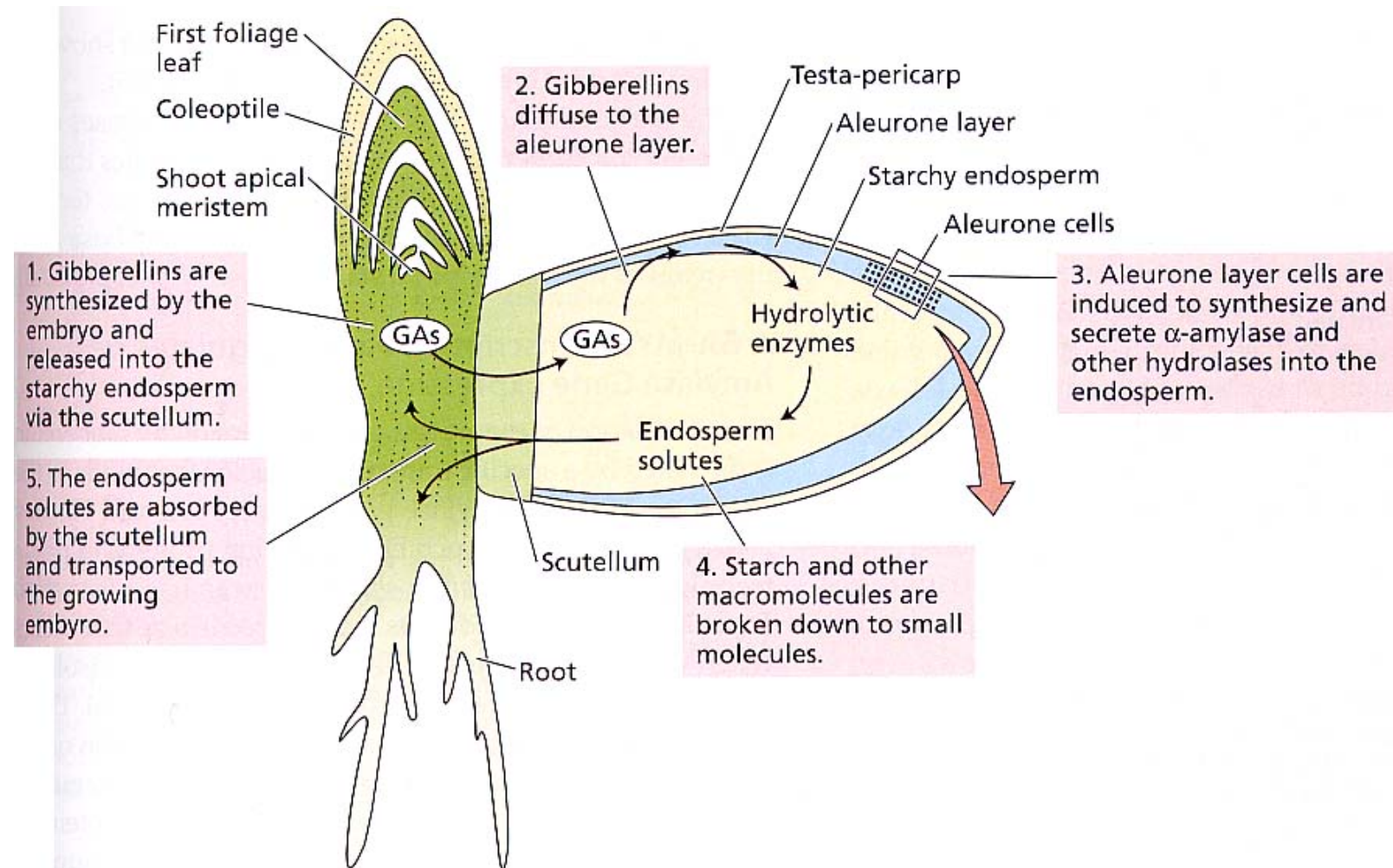
**L' α -amilasi viene secreta nell'endosperma
sia dallo scutello che dall'aleurone**

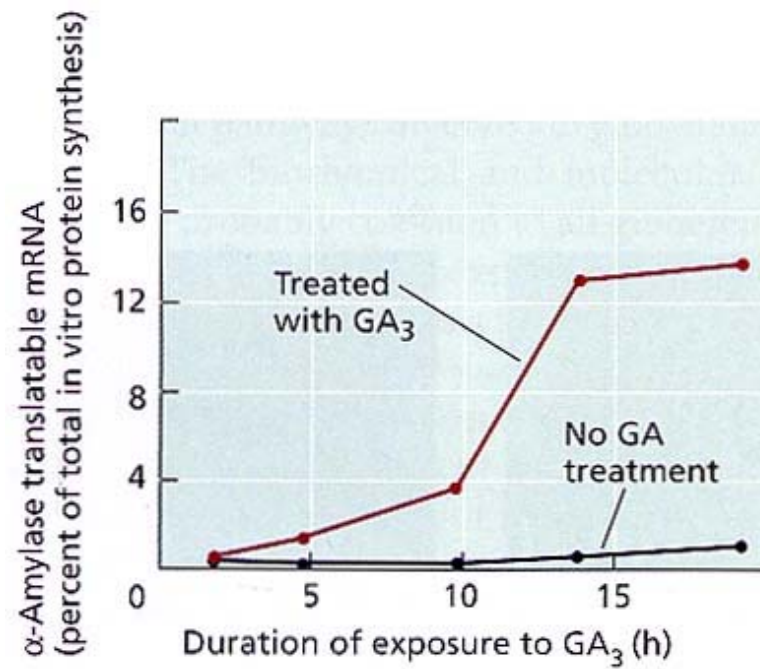
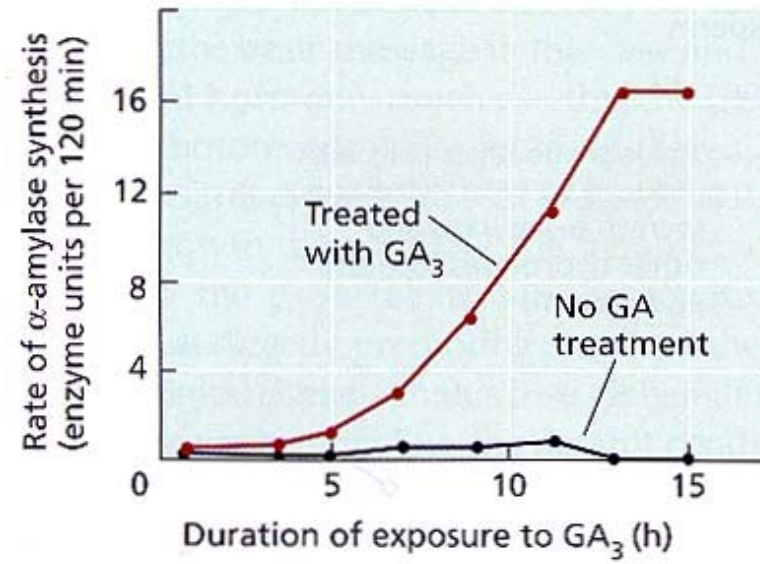
Staccando l'embrione, non si ha degradazione

Sostanza diffusibile?

GA+endosperma → degradazione

L'embrione produce GA₁





MECCANISMO DI AZIONE

Legame al recettore

**GA= attive fino a
10⁻¹⁴ M**



**Attivazione di una o più vie di
trasduzione**



**Trascrizione dei geni primari della
risposta**



Trascrizione dei geni secondari



RISPOSTA

RECETTORE

α -amilasi in protoplasti aleurone

derivati macromolecolari GA attivi

microiniezione GA3 = no risposta

PROTEINE G

peptide Mas7 (stimola scambio
GTP/GDP) attiva risposta

inibitore (analogo GTP) inibisce
risposta

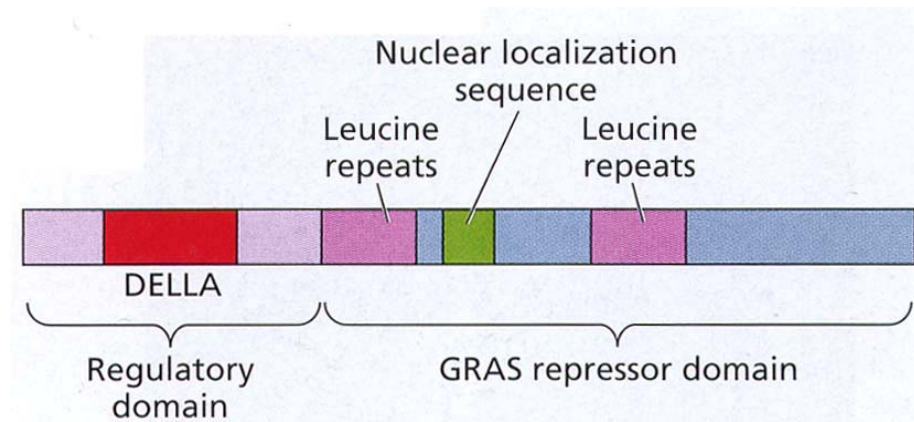
mutante riso nano dwarf1 (d1) =
mutazione subunità α proteine G

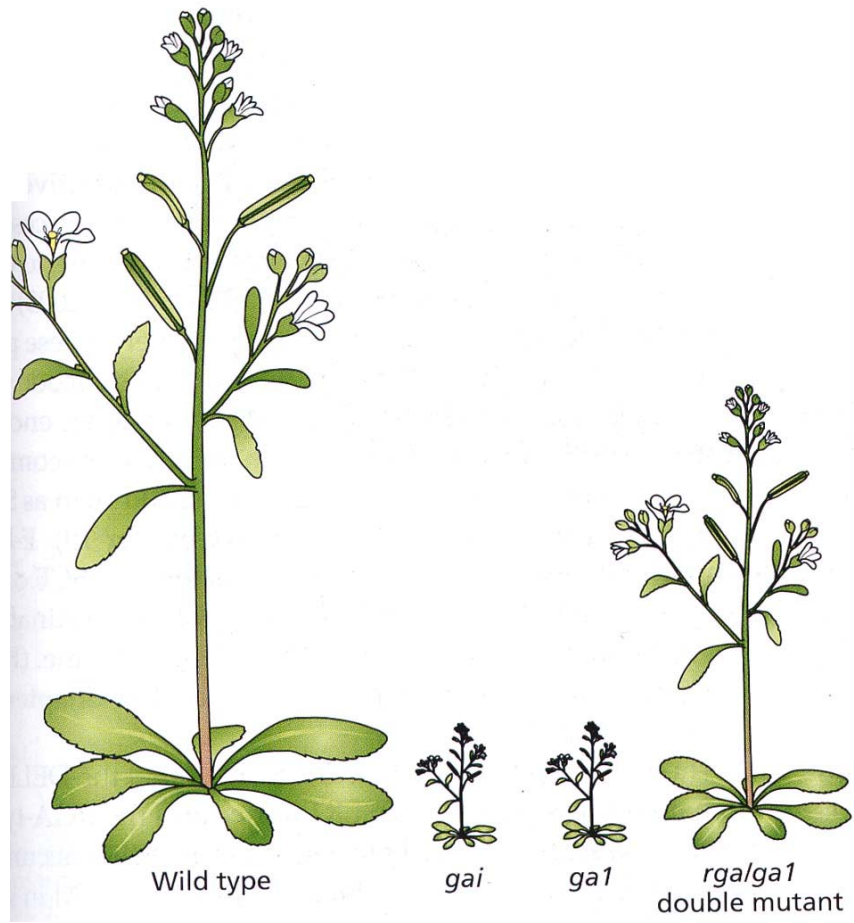
USO DI MUTANTI PER IDENTIFICARE COMPONENTI DELLA VIA DI TRASDUZIONE DEL SEGNALE

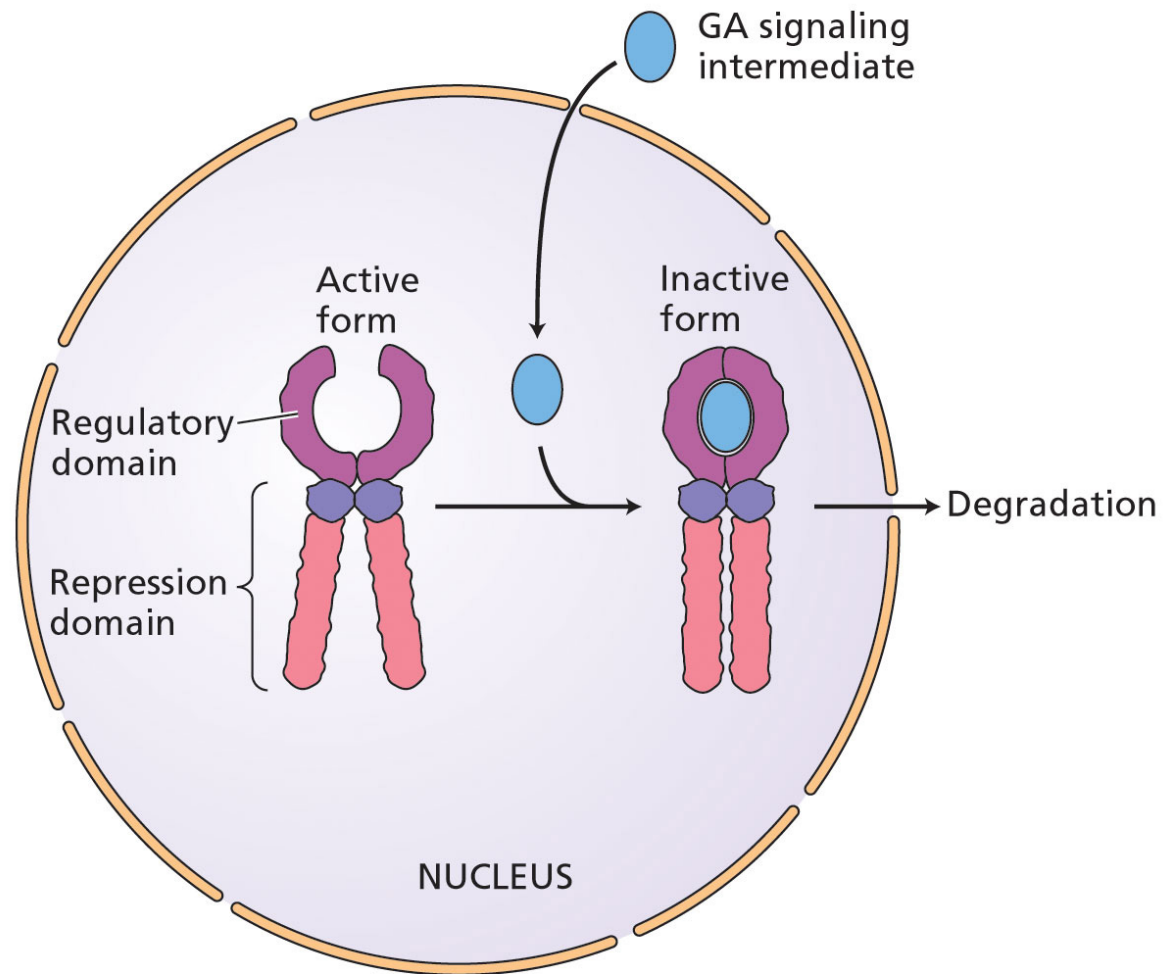
**-mutanti GA-insensibili
(nani)**

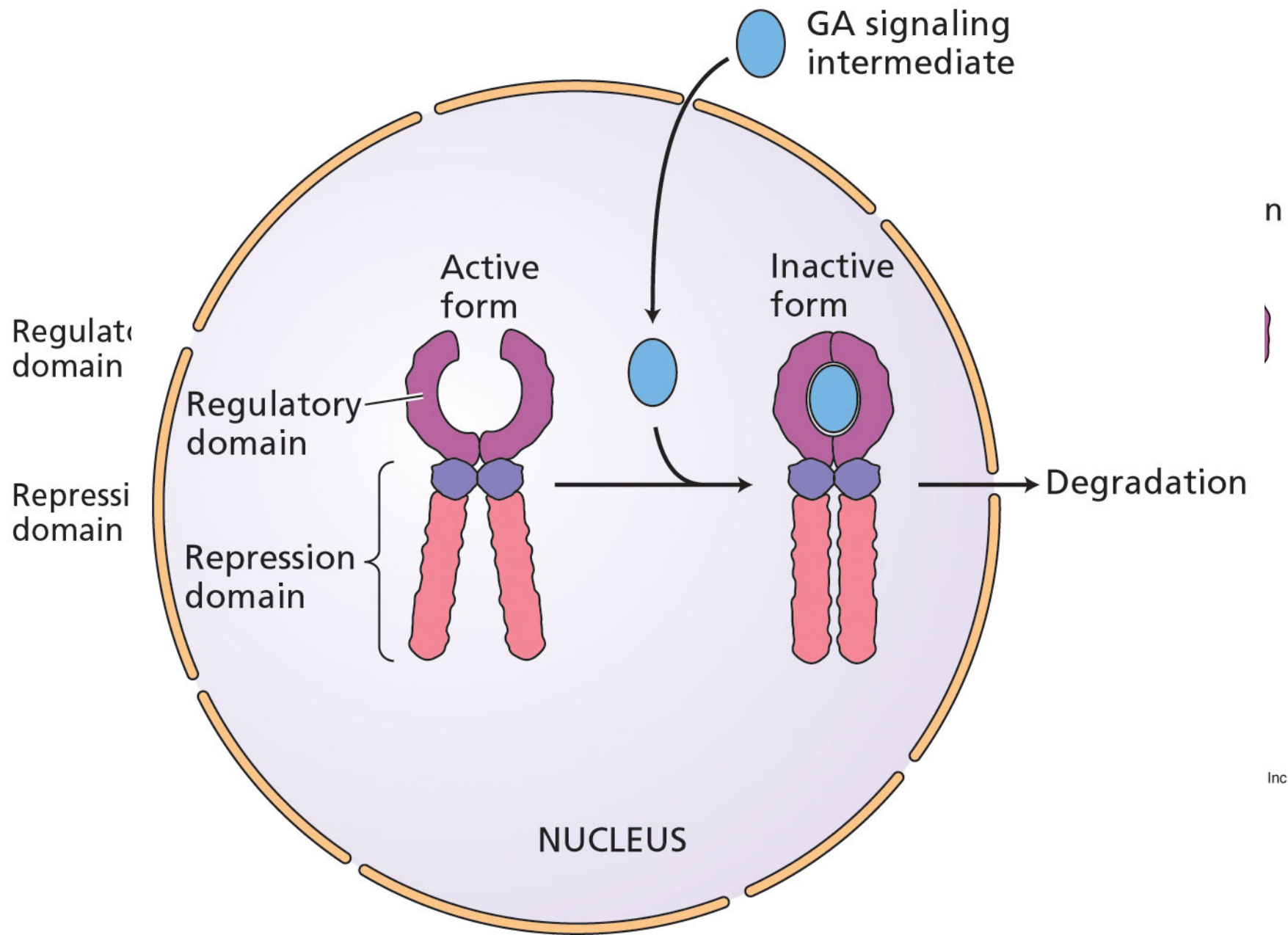
***d8* (mais) e *gai* (Arabidopsis)
non rispondono alle GA esogene**

**Il gene *gai* codifica per una proteina nucleare
(motivi leucine zipper)**



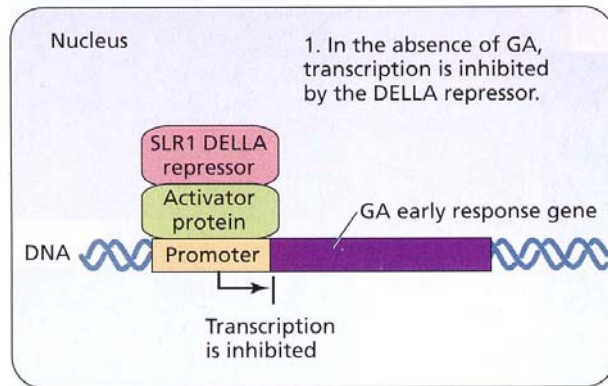






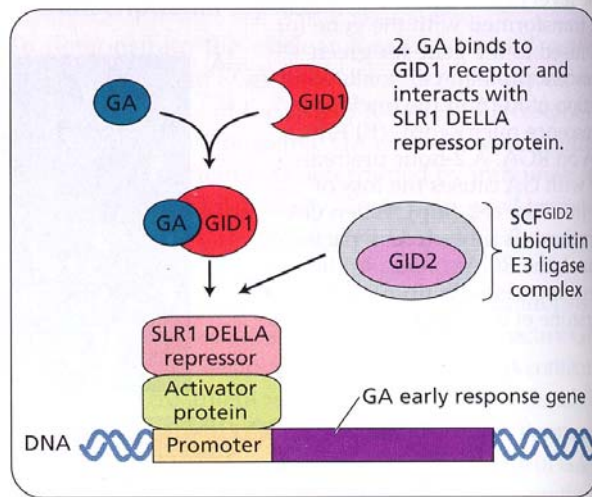
Come viene degradato il repressore DELLA?

(A)



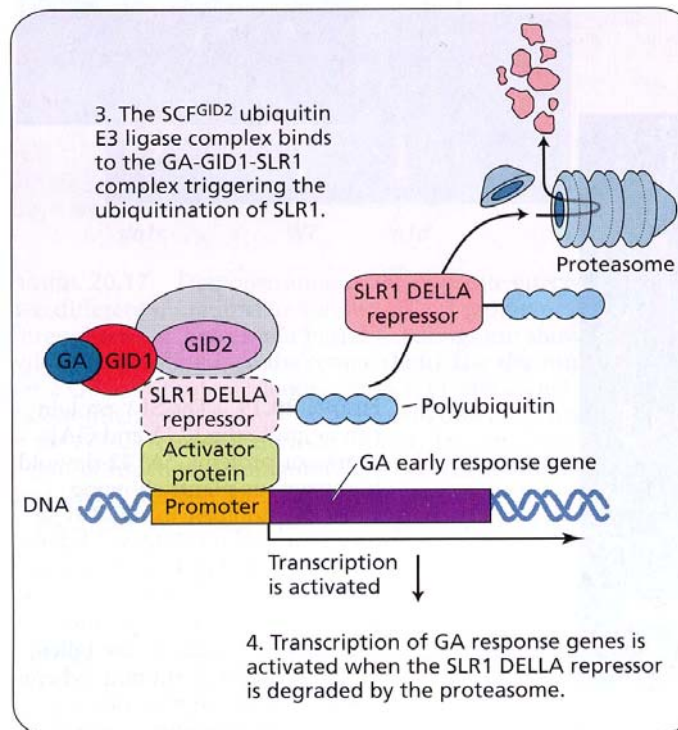
Il recettore è stato recentemente identificato

(B)

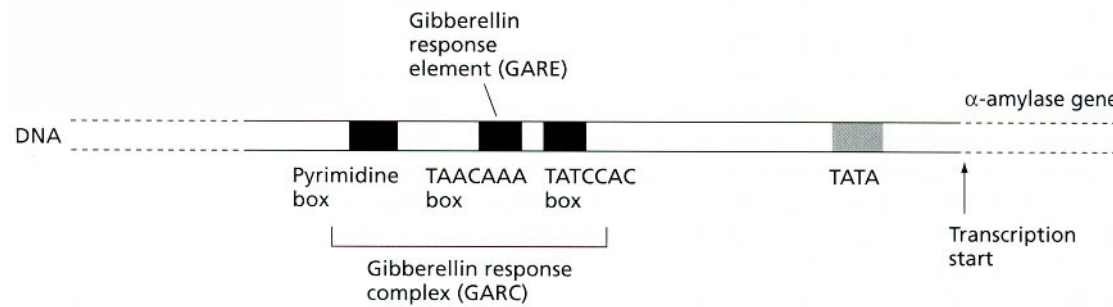


Il legame delle GA a GID1 promuove l'associazione E3 (SCF^{GID2})-DELLA

(C)



Analisi del promotore

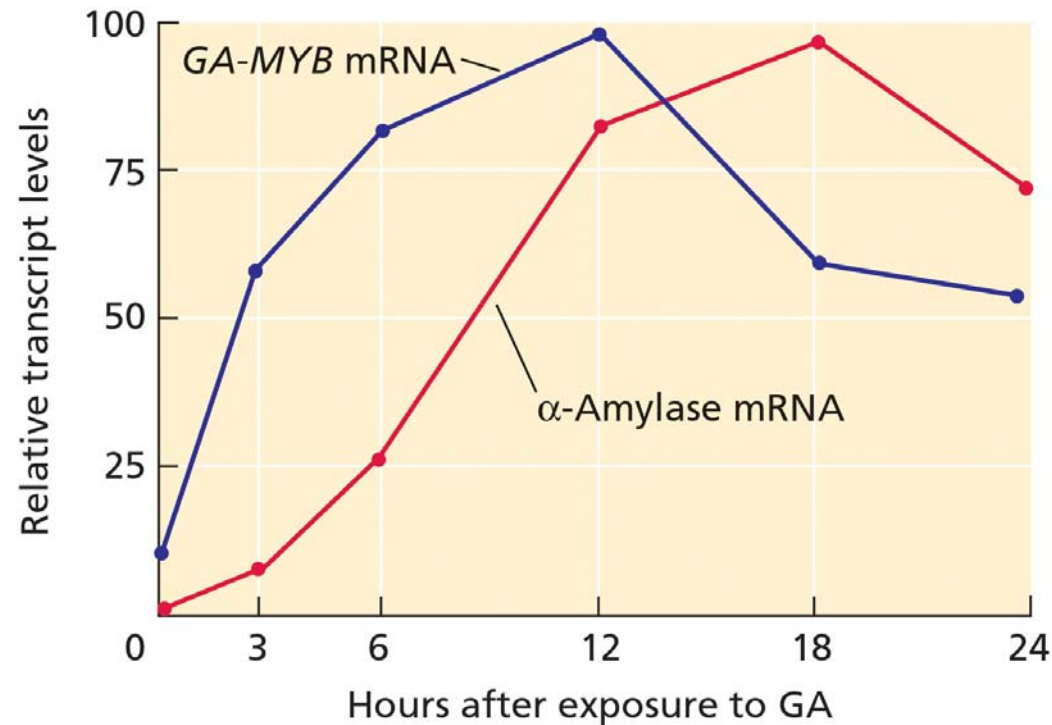


Elementi caratteristici GARC

TAACAAA = GARE
TATCCAC box
pyrimidine box

L'analisi della sequenza del promotore suggerisce che il fattore di trascrizione appartenga alla classe MYB

È stato isolato in mais un gene MYB la cui trascrizione è indotta da GA3



La proteina GA-MYB lega GARE

(A) GARE sequence

GGCCGATAACAACTCCGGCCG	1	Fragment of α -amylase promoter
.....CTCGAG.....	2	
.....G.....	3	Mutations in promoter
.....G.....	4	
.....G.....	5	
.....A.....	6	

