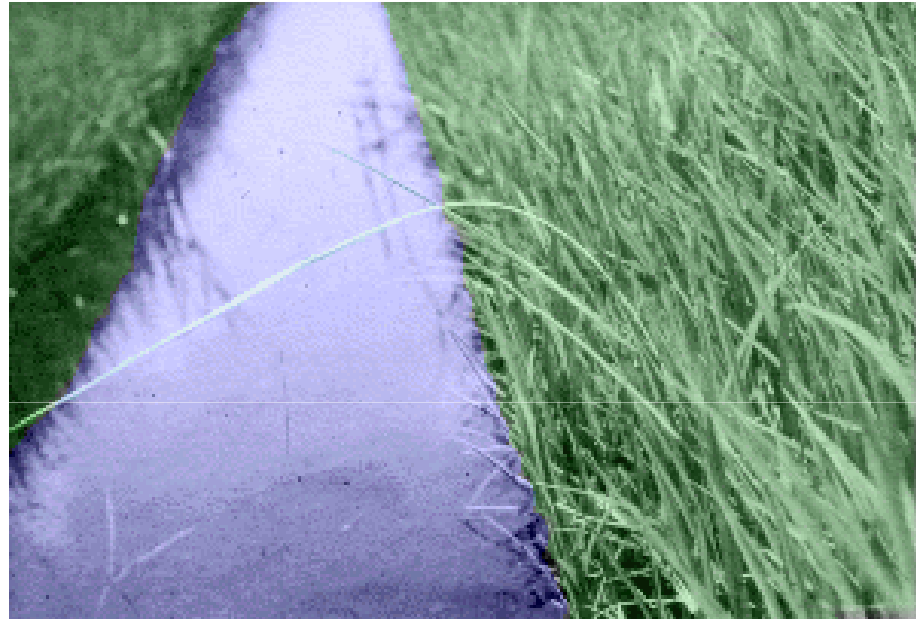


GIBBERELLINE

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 136 GIBBERELLINE

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

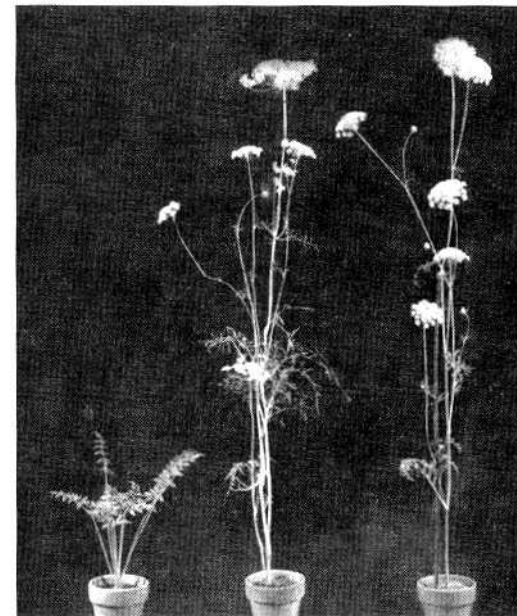
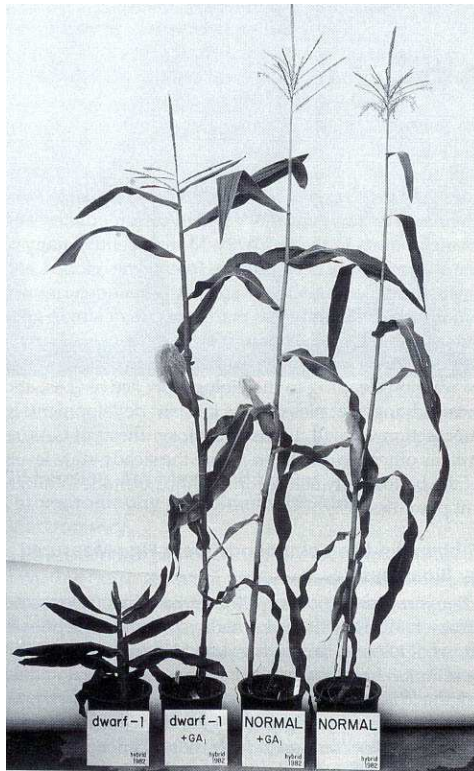
NOMENCLATURA: GA_x , a seconda dell'ordine cronologico della scoperta

PRIMI STUDI SULL'ATTIVITA' DELLE GIBBERELLINE

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



effetto GA_1 su mais nano

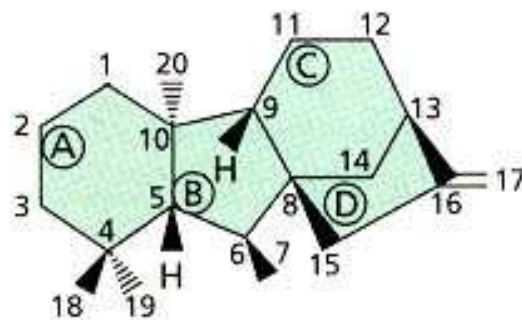


**effetto GA sulla fioritura
di piante di carota**



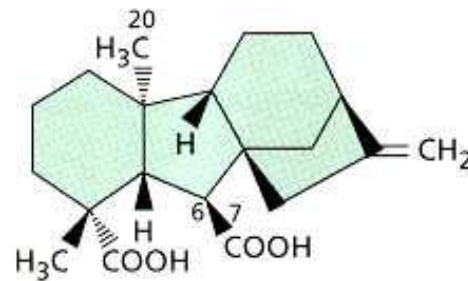
**effetto GA_3 sull'allungamento
del fusto di piante di pisello**

STRUTTURA BASE DELLE GIBBERELLINE

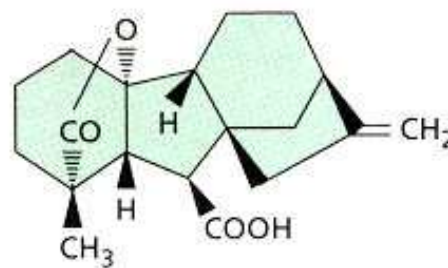


scheletro *ent*-gibberellanico

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



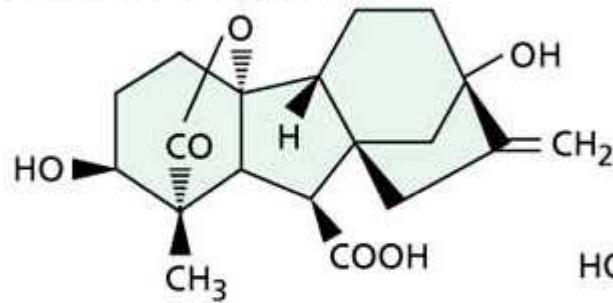
**GA12
(C20)**



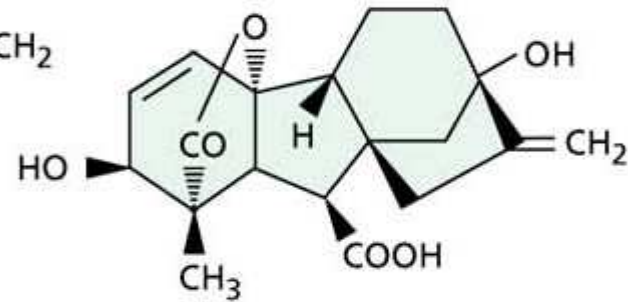
**GA9
(C19)**

-idrossilazioni in C3 e in C13

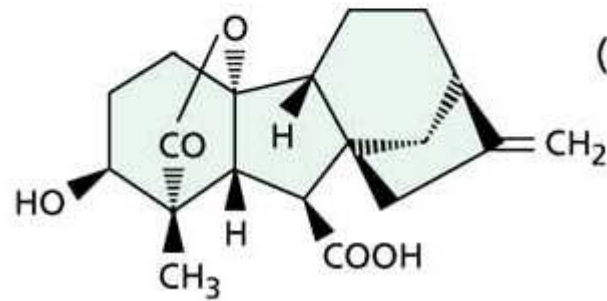
ACTIVE GIBBERELLINS



(E) Gibberellin A₁ (GA₁)

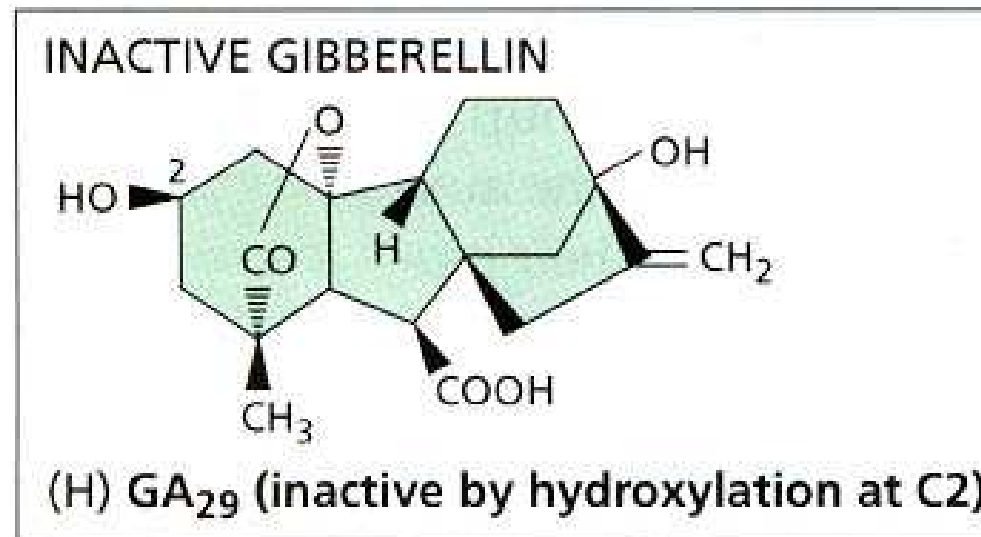


(F) Gibberellic acid (GA₃)



(G) Gibberellin A₄ (GA₄)

l'idrossilazione in 2 β abolisce l'attività biologica



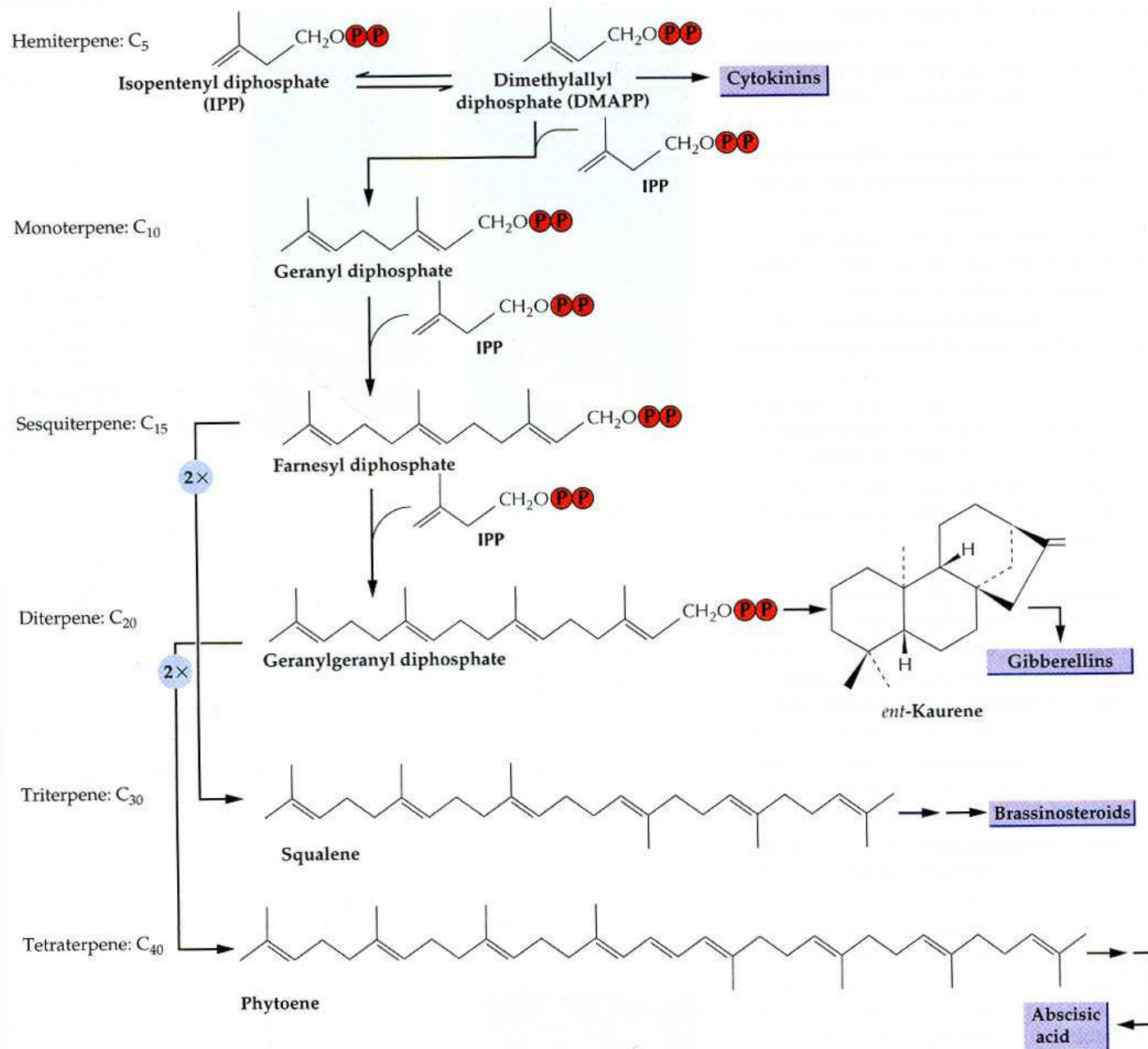
BIOSINTESI

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

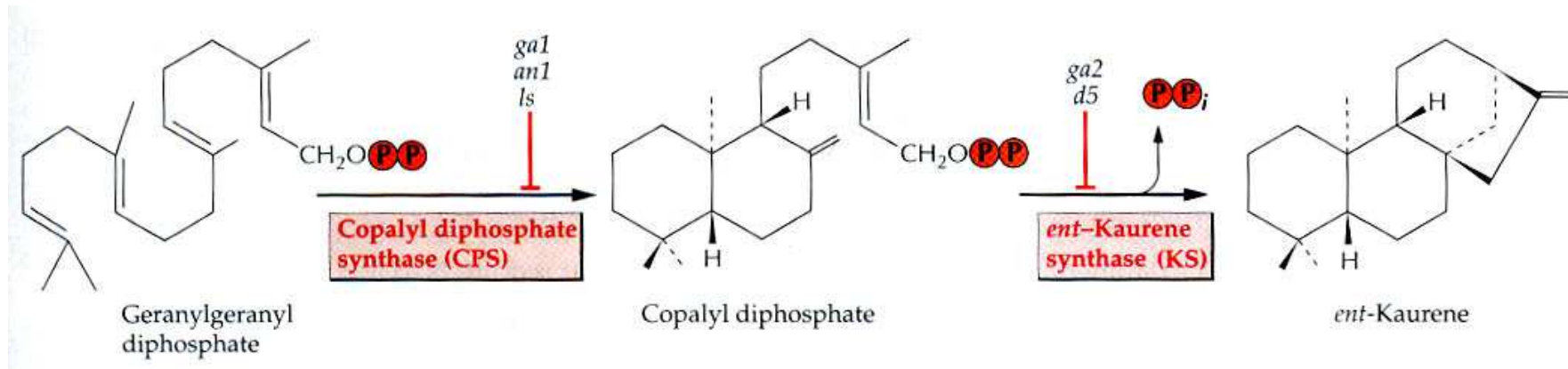
Esistono due vie:

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

Probabilmente viene usata la seconda via



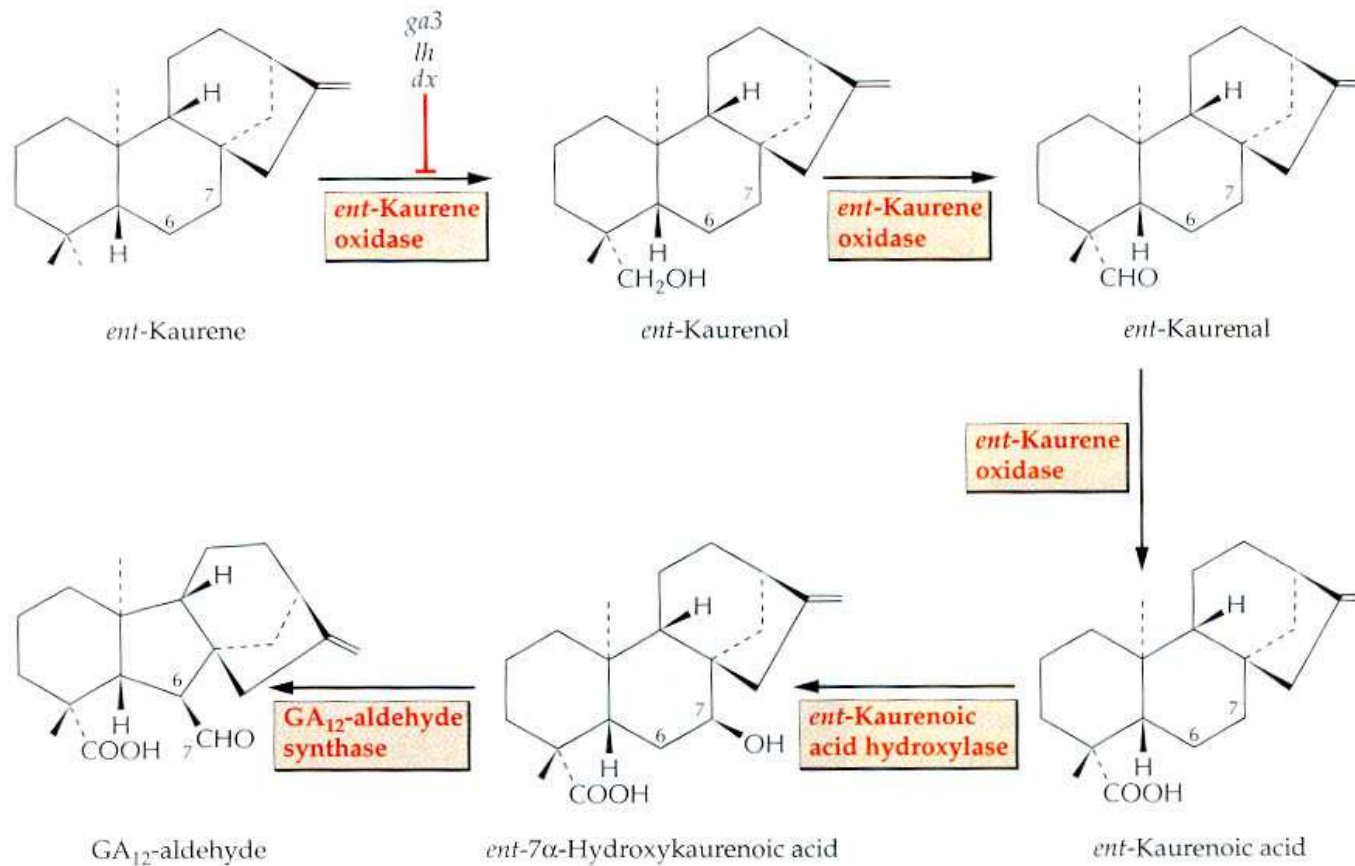
REAZIONI DI CICLIZZAZIONE (plastidi)



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

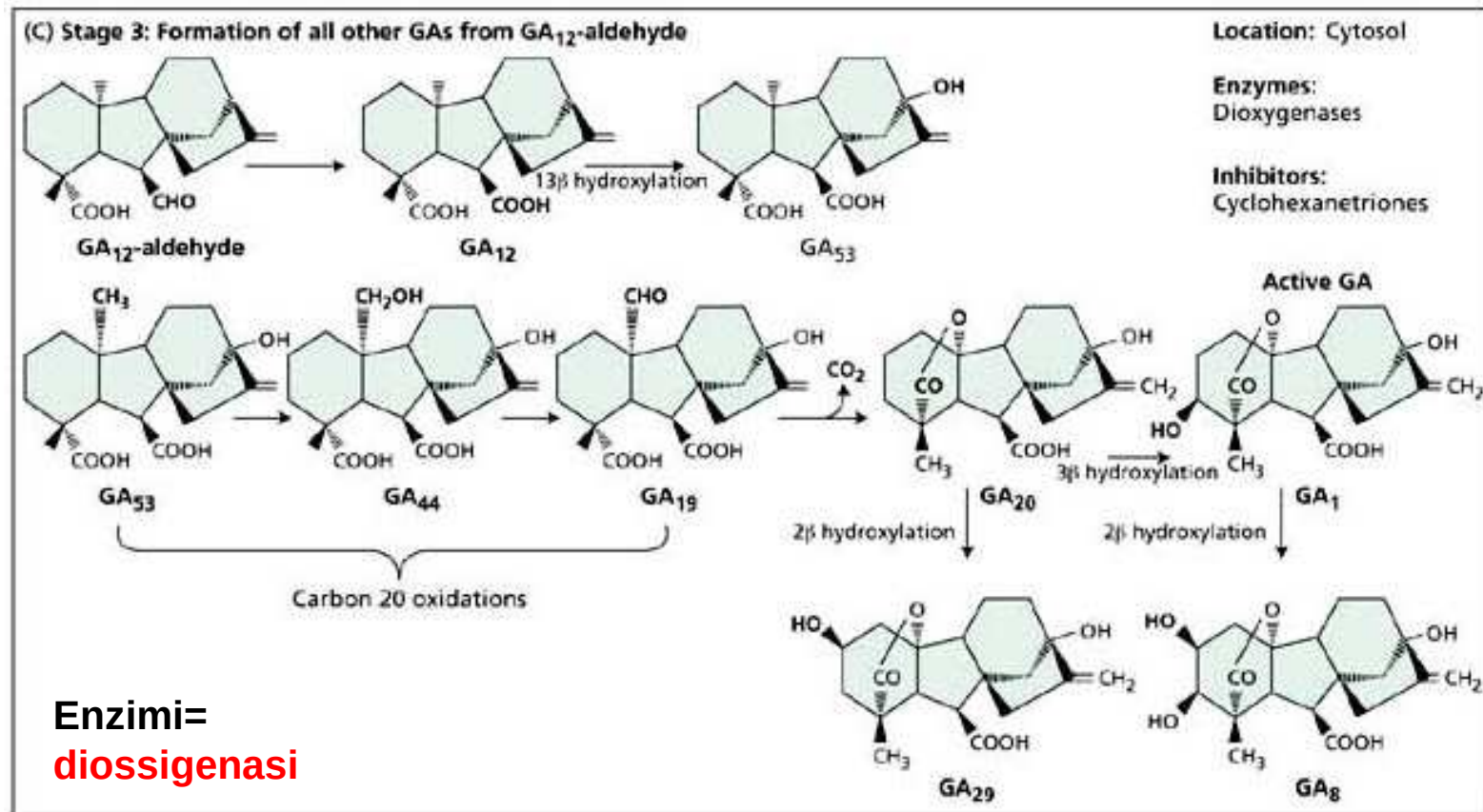
terpene ciclasi- peptidi di transito –inibiti da AMO-1618

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)

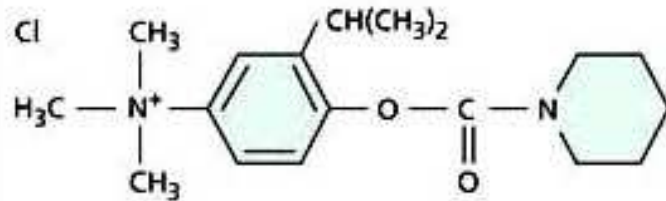


- ossidazione C7 (da GA12 aldeide a GA12)
- idrossilazioni C13 e C3
- ossidazioni C20
- perdita atomo di C
- idrossilazione C2 (inattivazione)

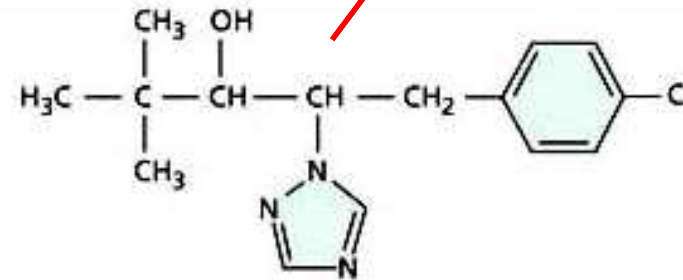
terpene ciclasi
terpene ciclasi

monossigenasi

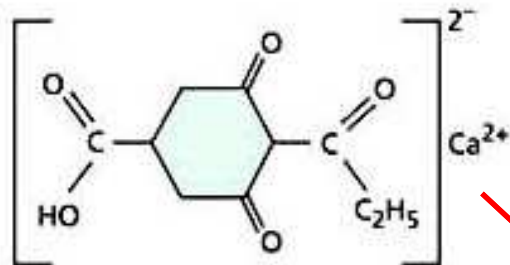
INHIBITORS OF GIBBERELLIN SYNTHESIS



(I) AMO-1618



(J) Paclobutrazol (bonzi)

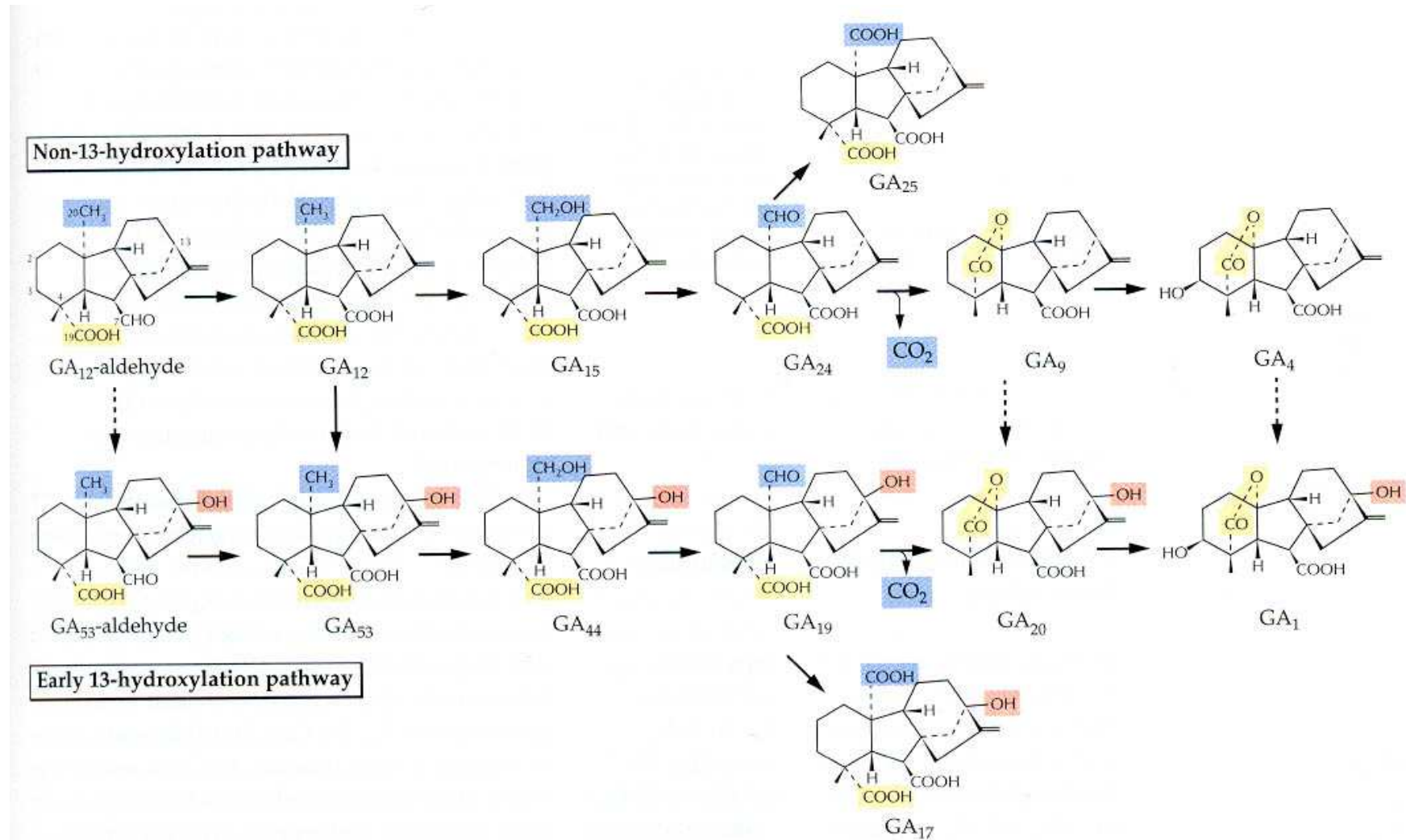


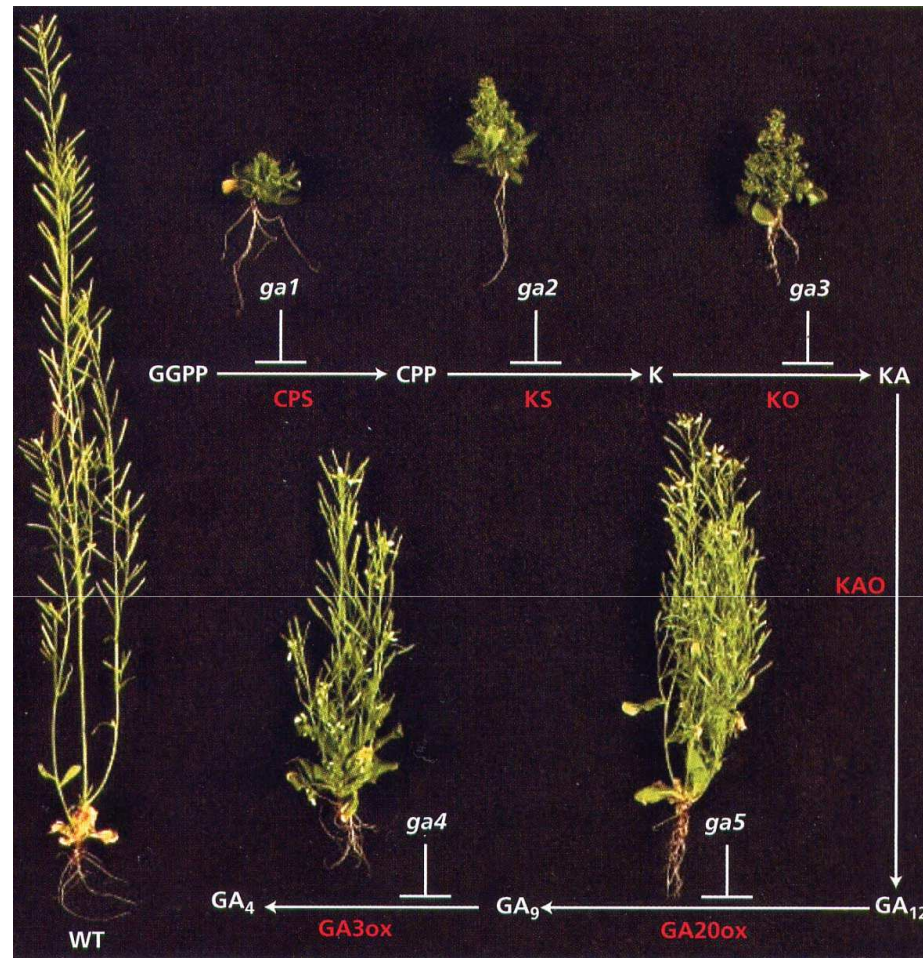
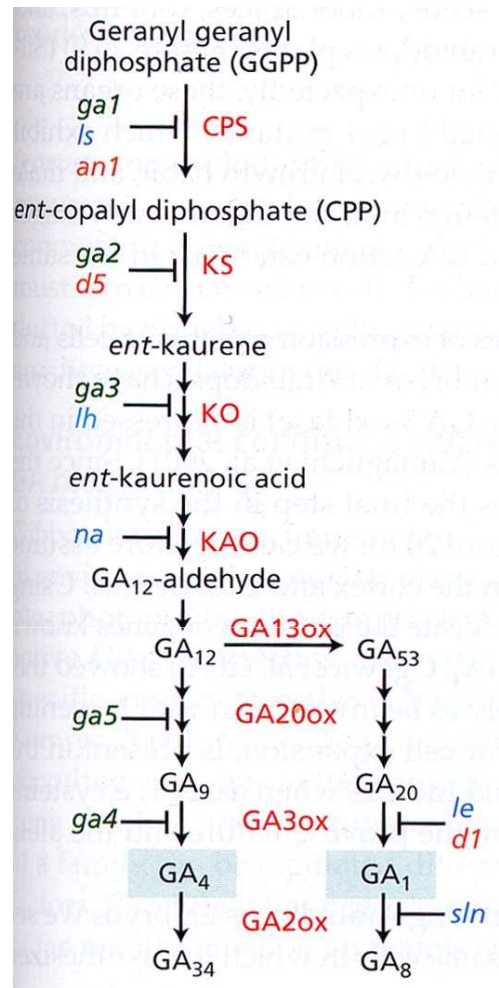
(K) BX-112 (prohexadione-calcium)

INIBITORI SINTESI
GIBBERELLINE

diossigenasi

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)

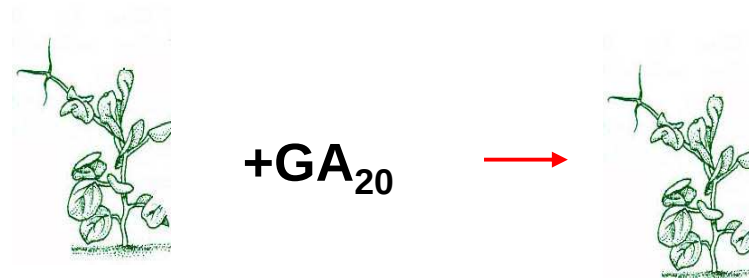
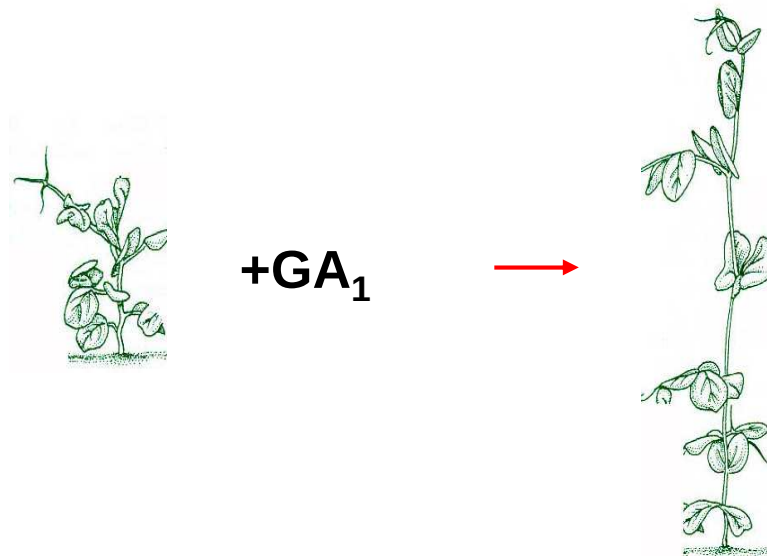
Le piante *Le* hanno un contenuto maggiore di GA1 rispetto alle piante *le*



le

Le

Le piante le rispondono a GA₁, ma non a GA₂₀



L'allele Le conferisce la capacità di
convertire la GA₂₀ in GA₁

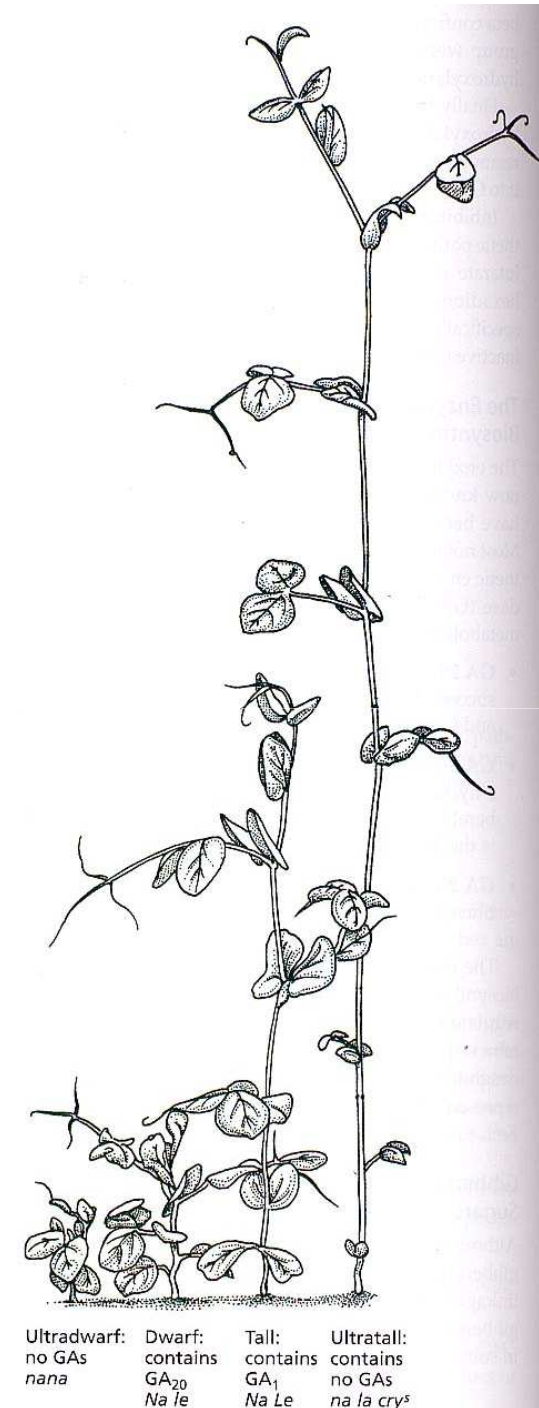
Le [¹³C, ³H] GA₂₀ → *GA₁, *GA₈, *GA₂₉

le [¹³C, ³H] GA₂₀ → *GA₂₉

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

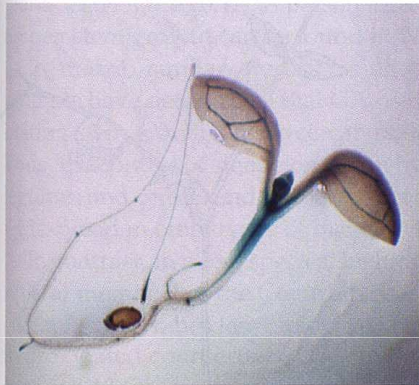
gemma apicale
giovani foglie

promotore GA20ox::luciferasi

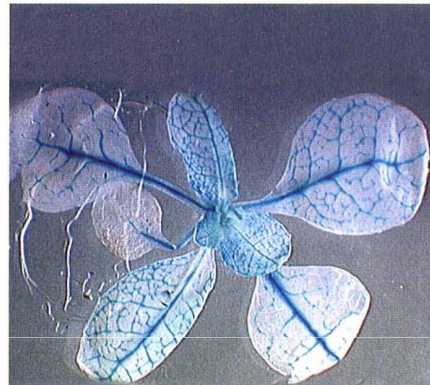


analisi promotore *GA1* (CPS)

(A) 5-day-old seedling



(B) 3-week-old seedling



(C) Open flower



(D) Mature silique with seeds



(E) Developing embryos



TRASPORTO

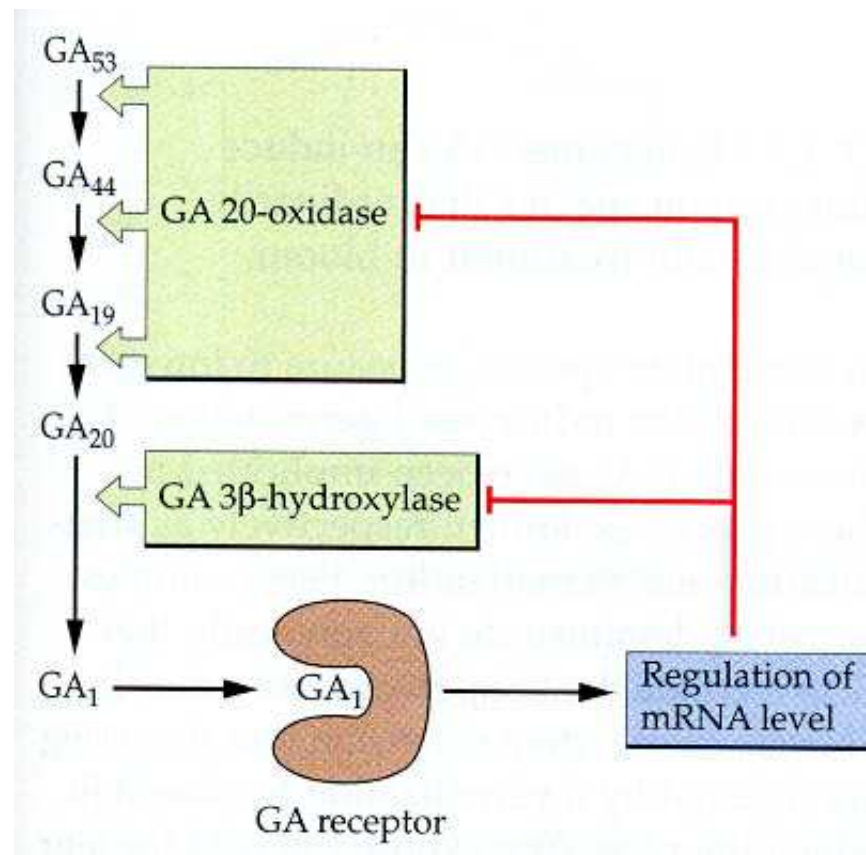
floema

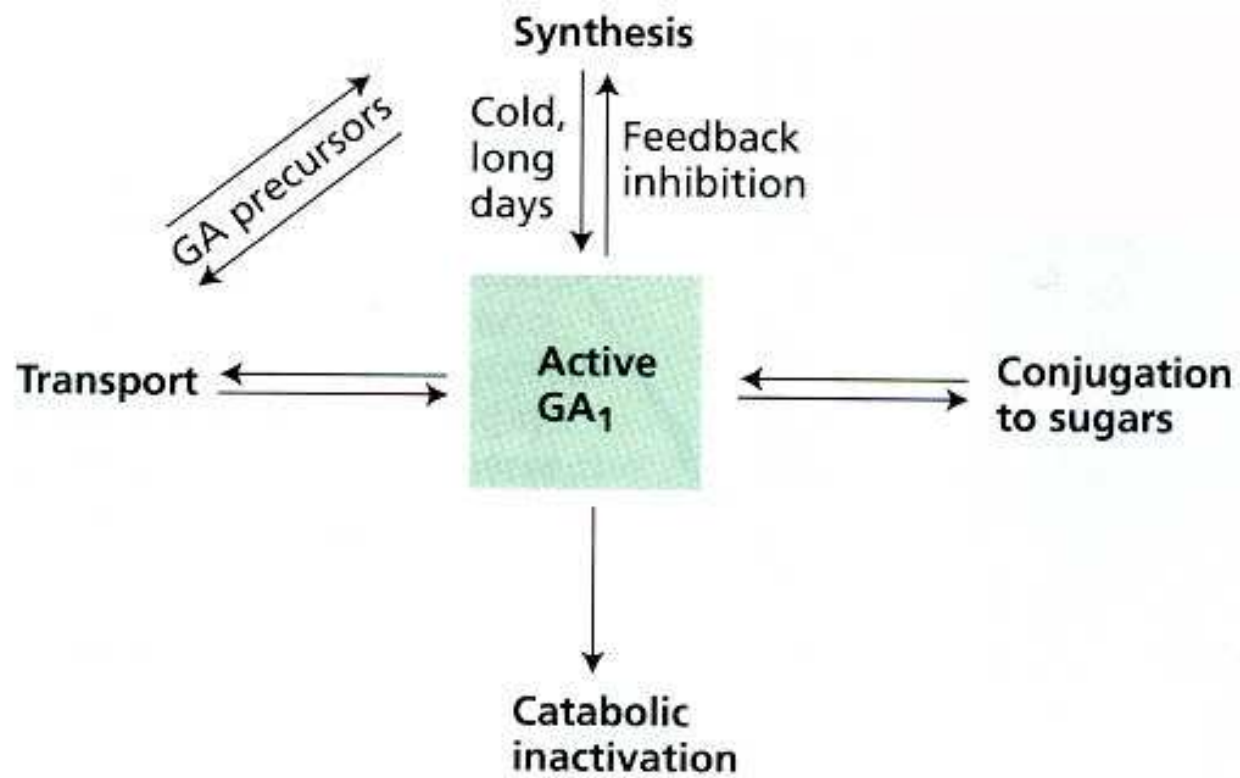
vengono trasportati anche i vari metaboliti

REGOLAZIONE DELLA SINTESI DELLE GIBBERELLINE

CONTROLLO FEEEDBACK

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

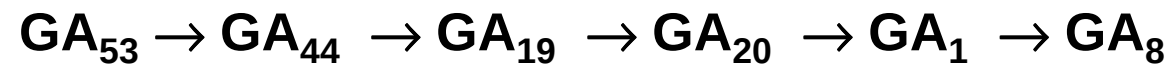


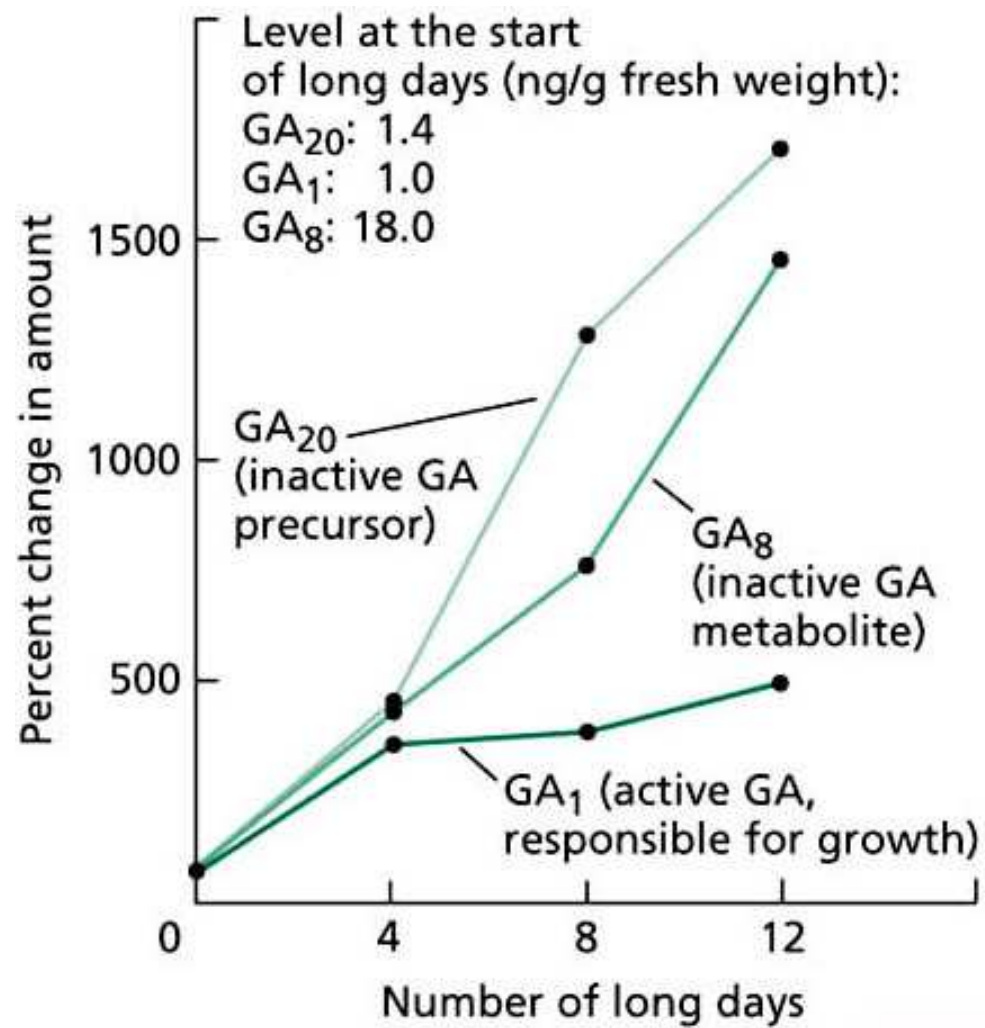


FOTOPERIODO



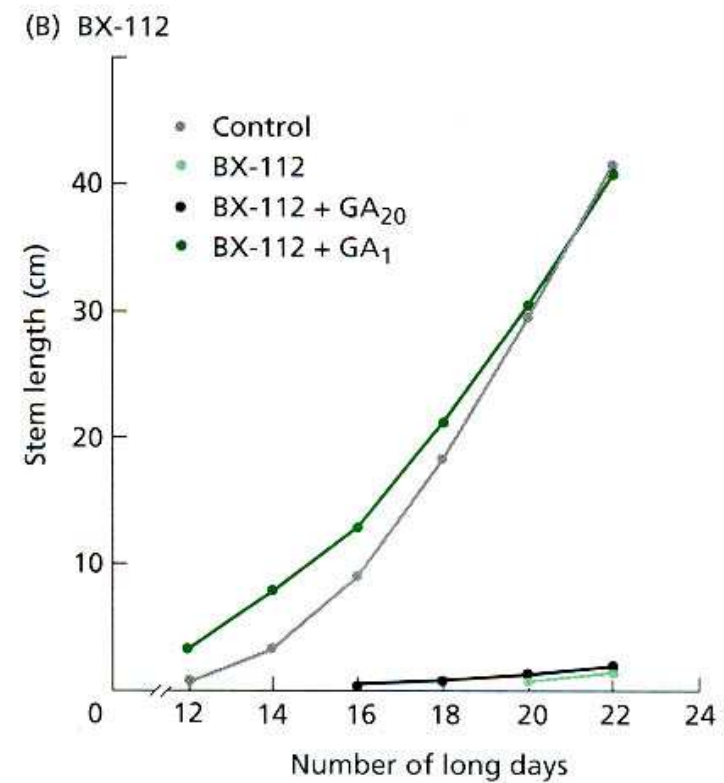
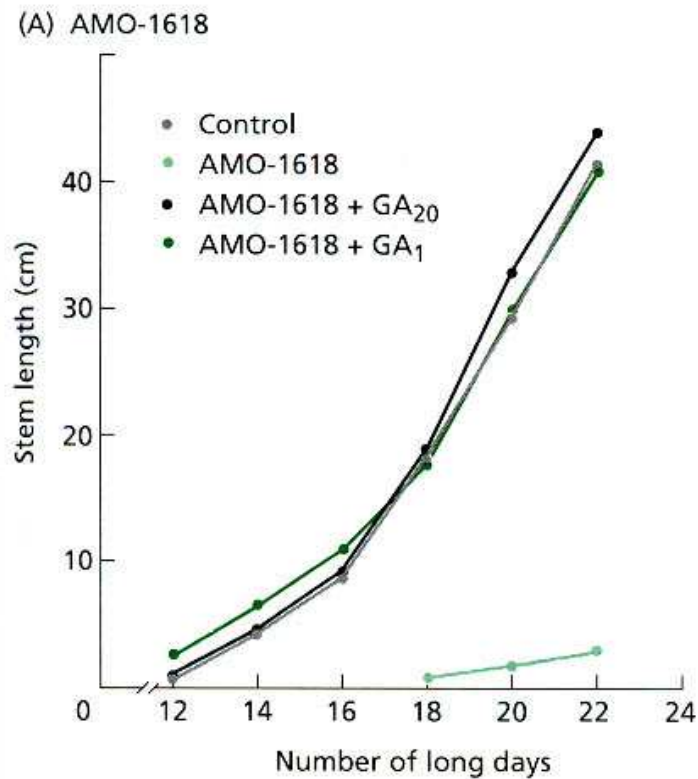
↑
I livelli di 13-OH GAs
Sono molto bassi





AMO-1618 e BX112 prevengono la crescita dello stelo

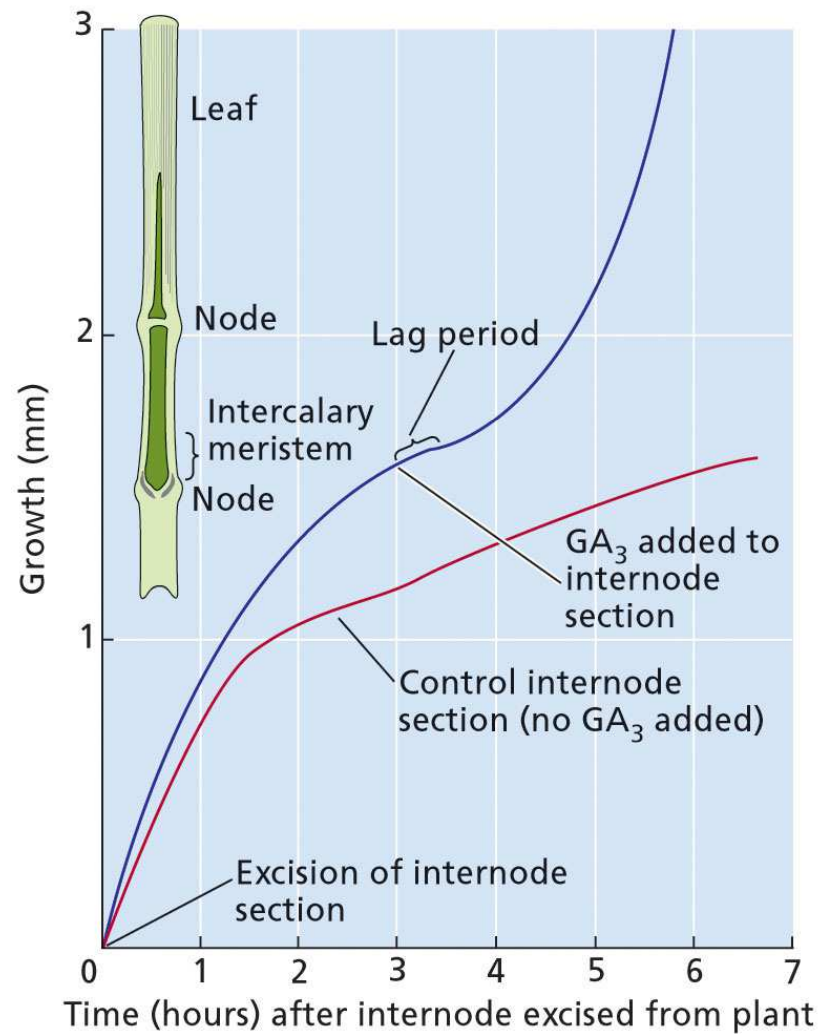
GA₂₀ blocca l'effetto di AMO-1618 ma non di BX112



GA₁ è indispensabile per la crescita dello stelo

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)

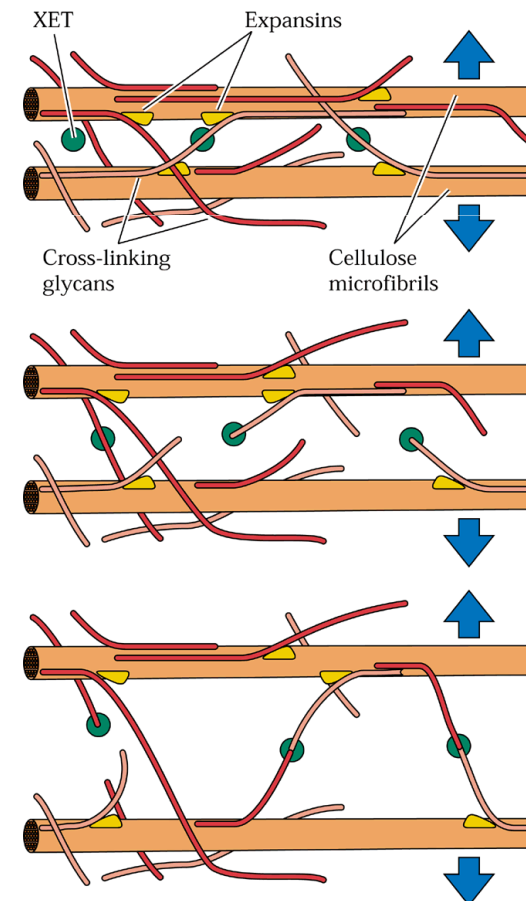
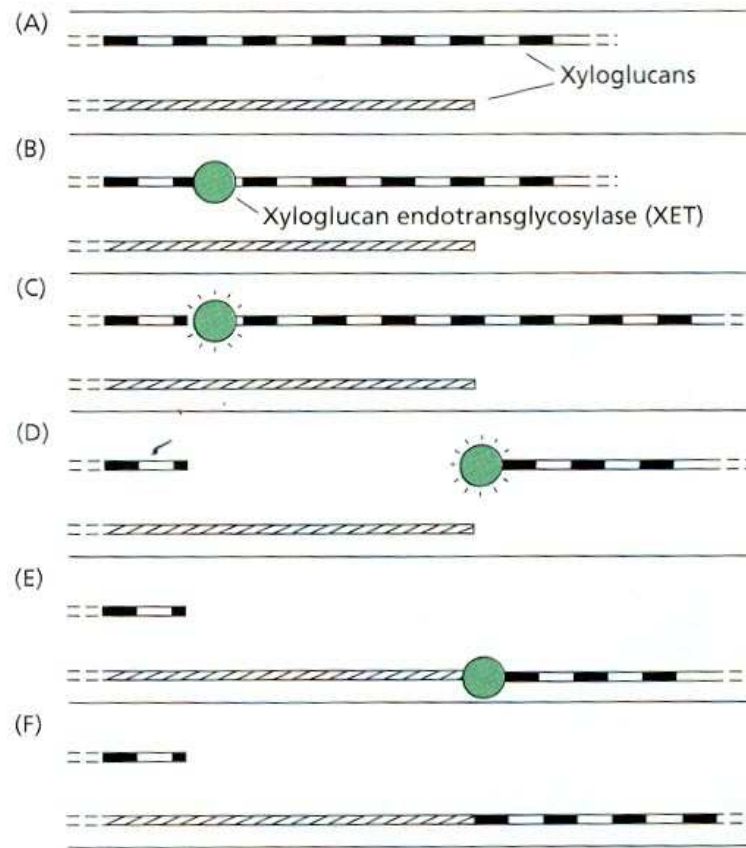
Lag time da 40 min a 3 ore

Effetti additivi

VARIE IPOTESI

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

Attivazione xiloglucano endotransglicosidasi (XET)



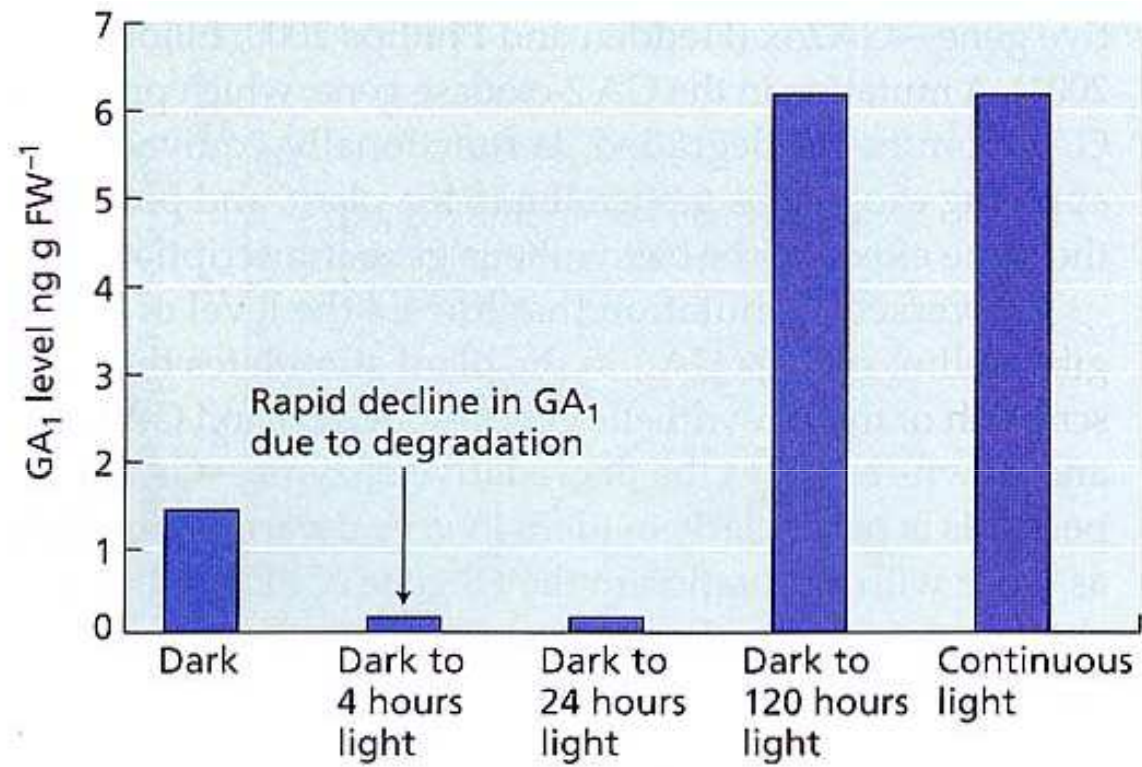
Le gibberelline regolano l'allungamento del fusto

Alla luce la velocità di allungamento diminuisce

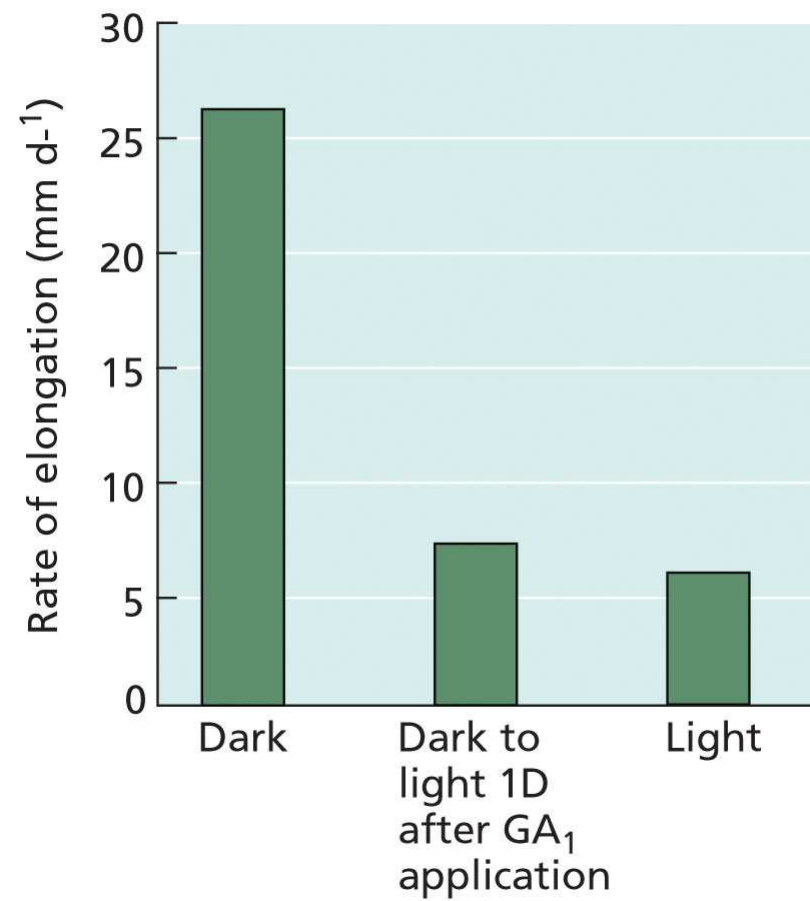


Alla luce diminuisce la [GA]?

alla luce i livelli di GAS aumentano



(B)

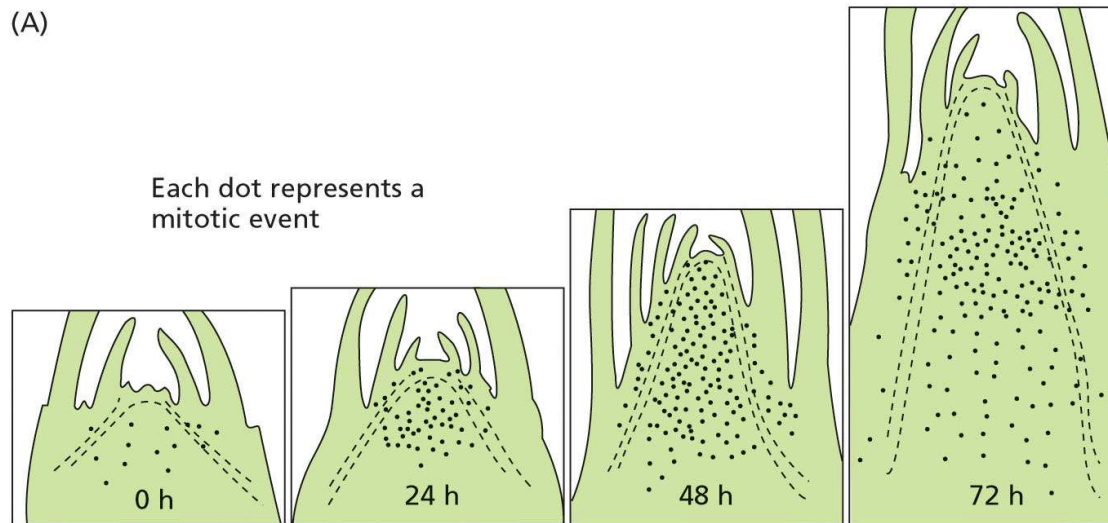


PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 20.13 (Part 2) © 2002 Sinauer Associates, Inc.

diminuisce la sensibilità delle cellule alla GA₁

STIMOLO DIVISIONE CELLULARE

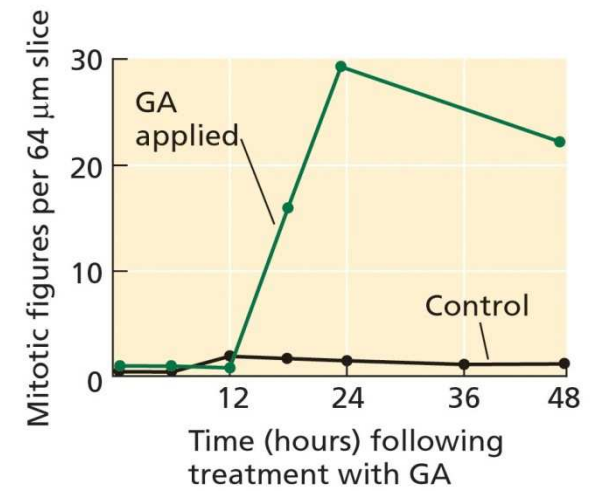
(A)



Distribution of cell division following application of GA

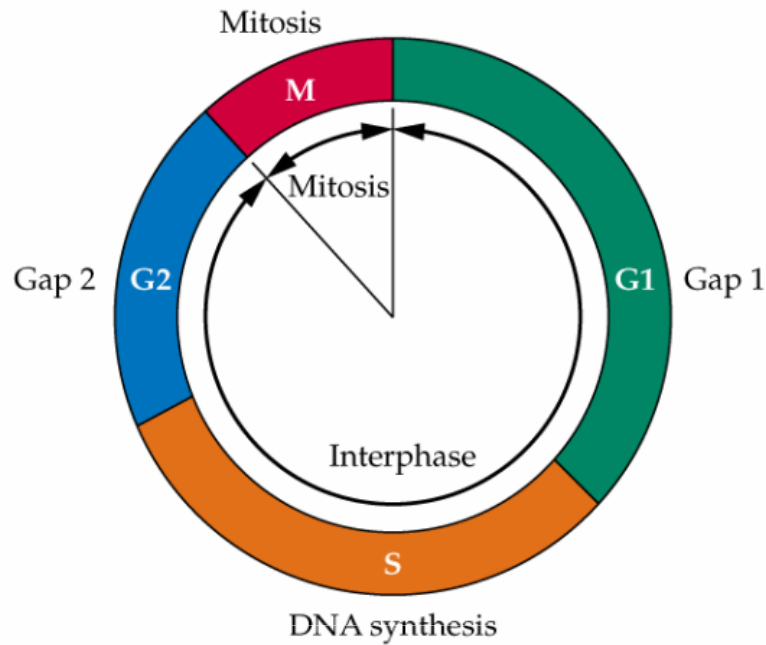
PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 20.24 (Part 1) © 2002 Sinauer Associates, Inc.

(B)



PLANT PHYSIOLOGY, Third Edition, Figure 20.24 (Part 2) © 2002 Sinauer Associates, Inc.

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

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**

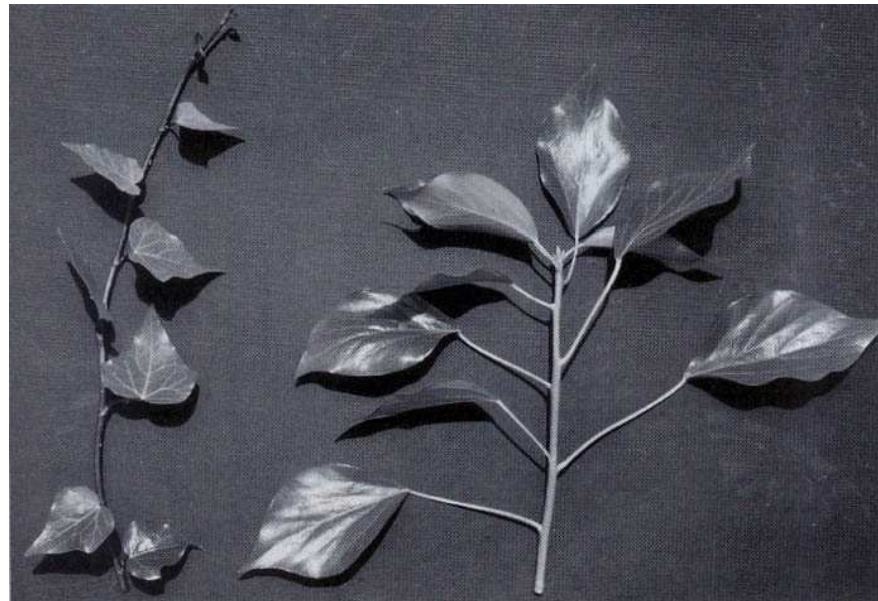
alti livelli acido ent-kaurenoico

**TRATTAMENTO A
BASSE TEMPERATURE**

**alti livelli GAs
(principalmente GA9)**

ALTRI EFFETTI FISIologici DELLE GIBBERELLINE

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



(A) White spruce



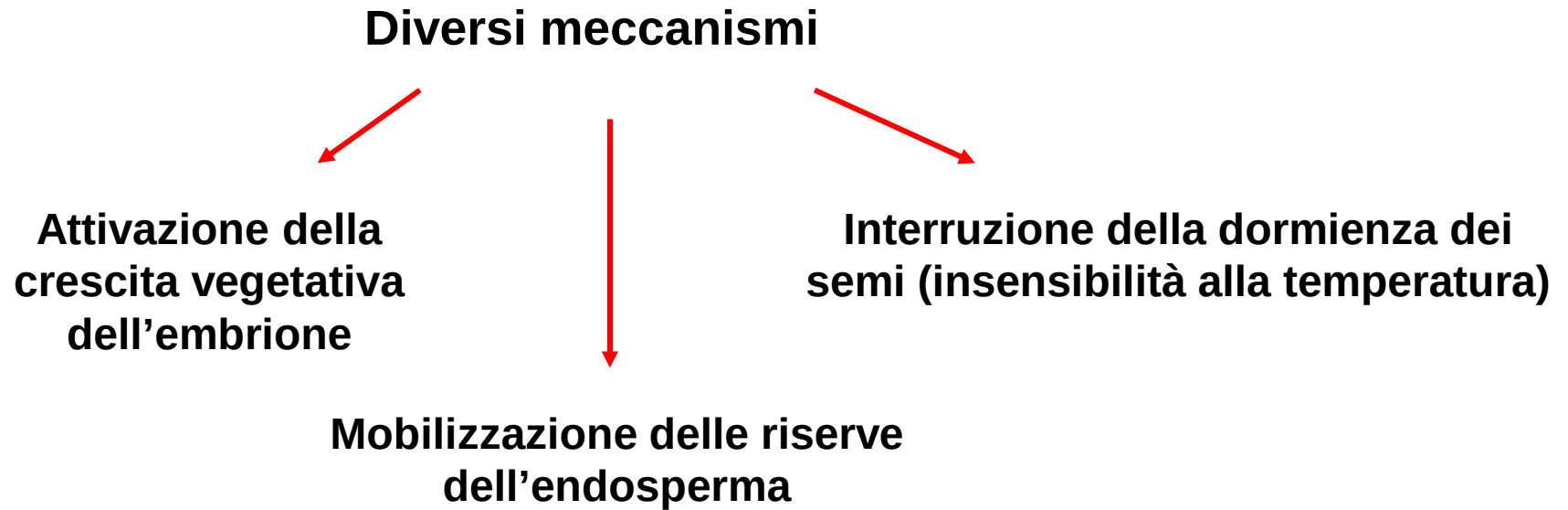
(B) White spruce



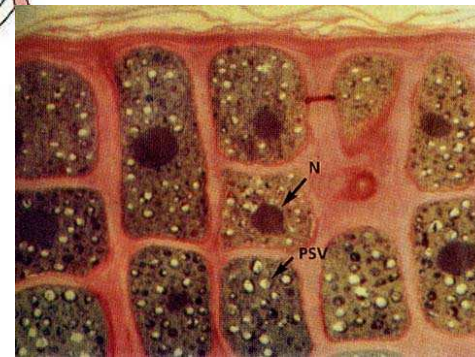
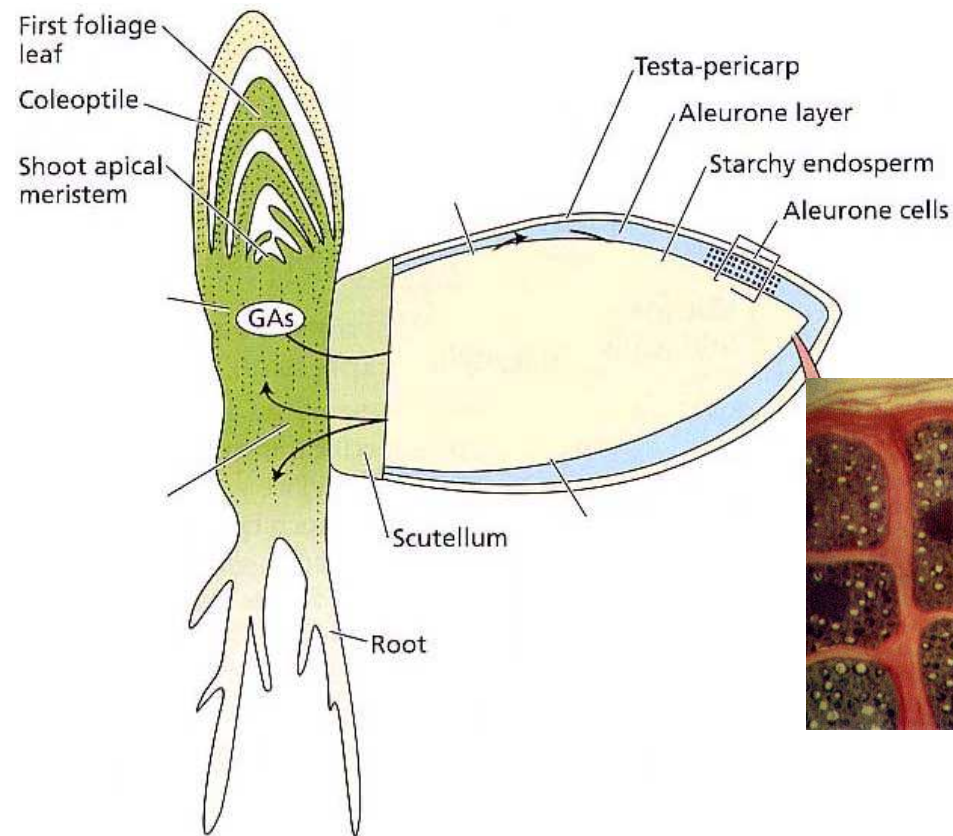
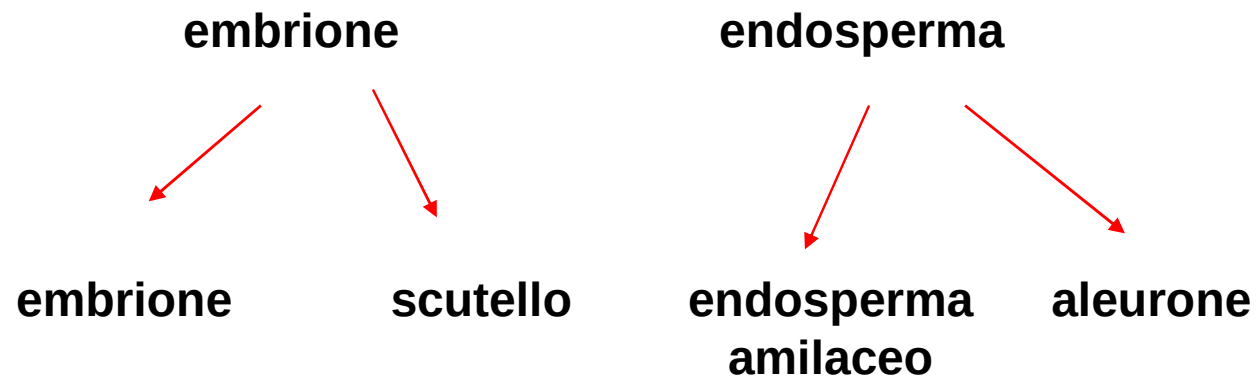
(C) Giant sequoia seedling



Induzione della germinazione dei semi



semi dei cereali



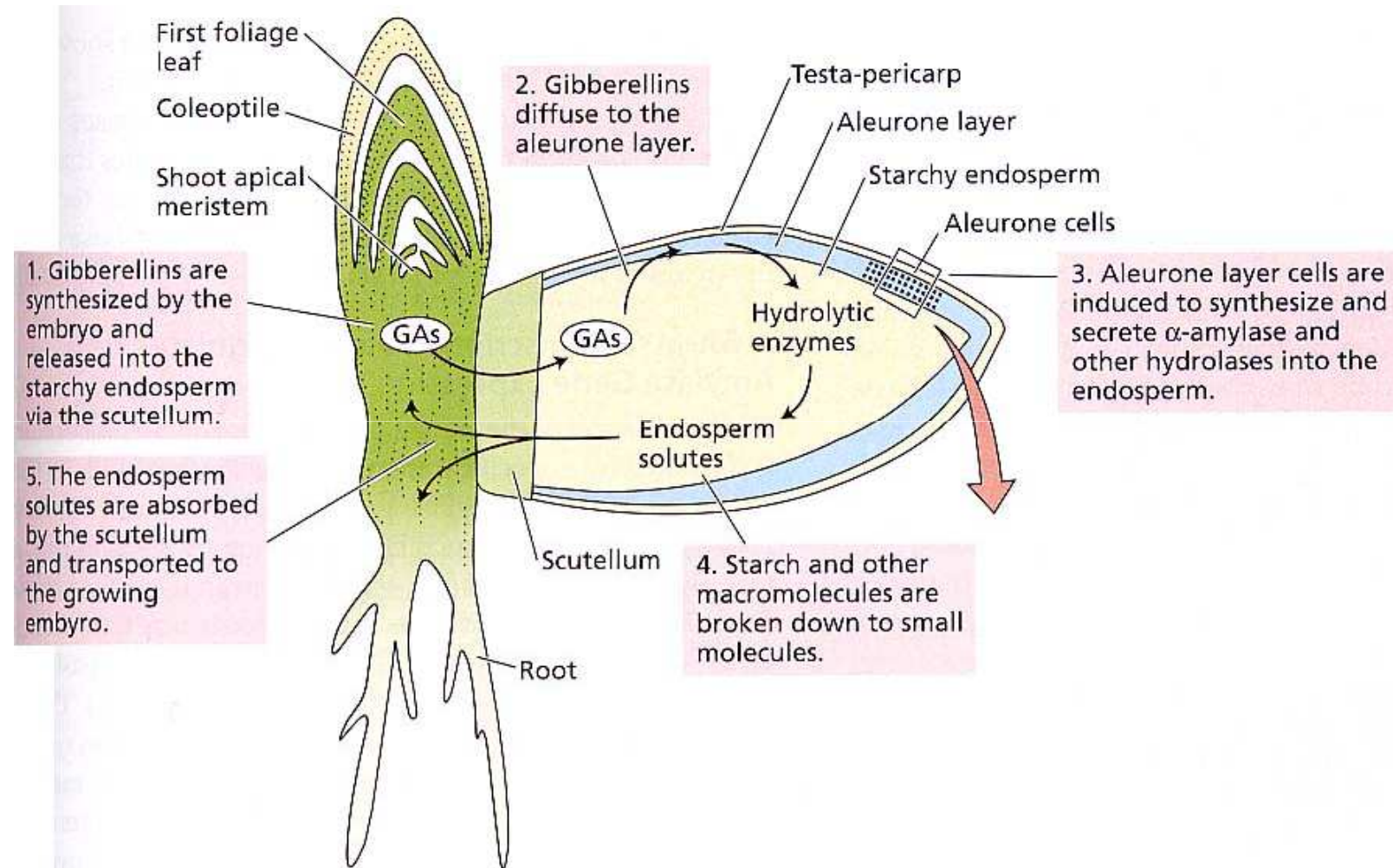
**L' α -amilasi viene secreta nell'endosperma
sia dallo scutello che dall'aleurone**

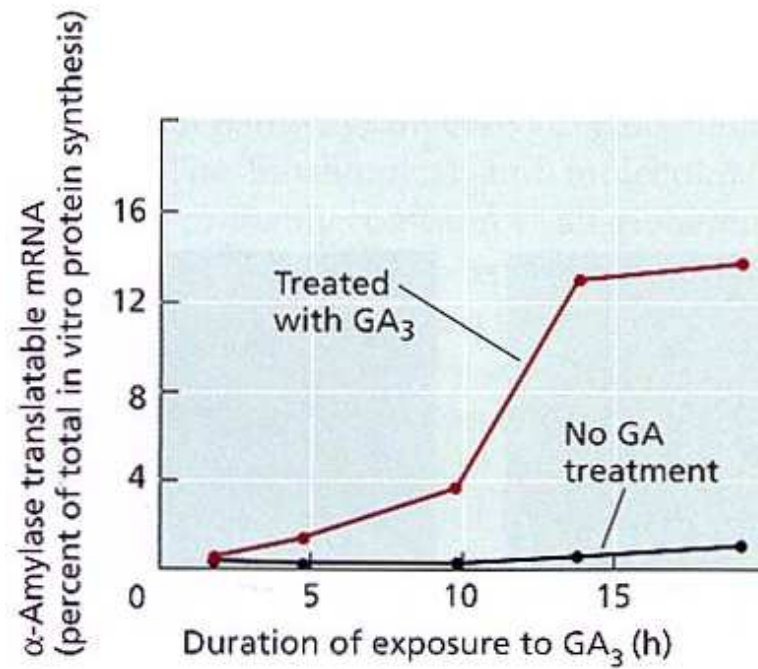
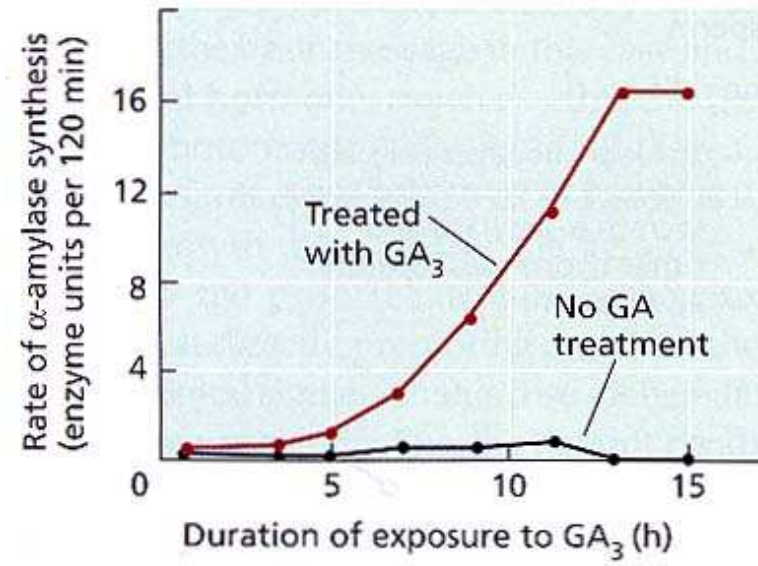
Staccando l'embrione, non si ha degradazione

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**

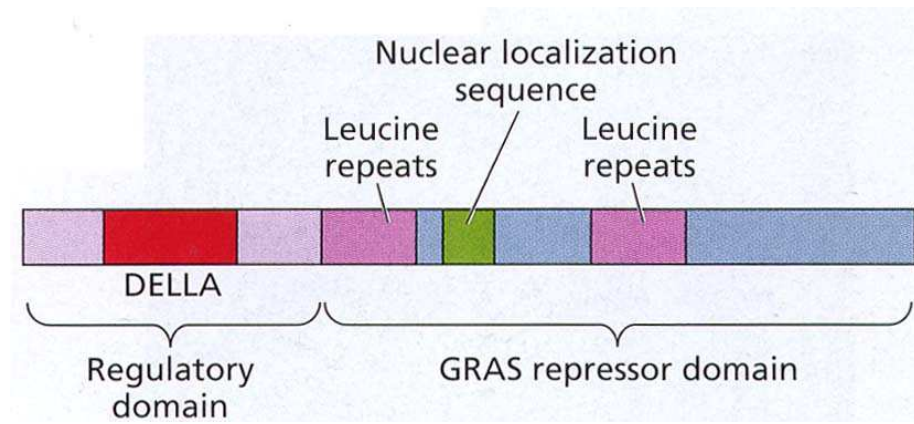
**mutante riso nano dwarf1 (d1) =
mutazione subunità α proteine G**

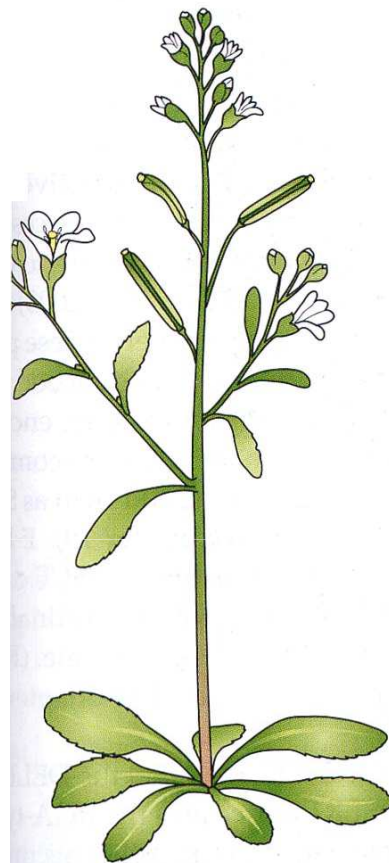
USO DI MUTANTI PER IDENTIFICARE COMPONENTI DELLA VIA DI TRASDUZIONE DEL SEGNALE

**-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)**





Wild type



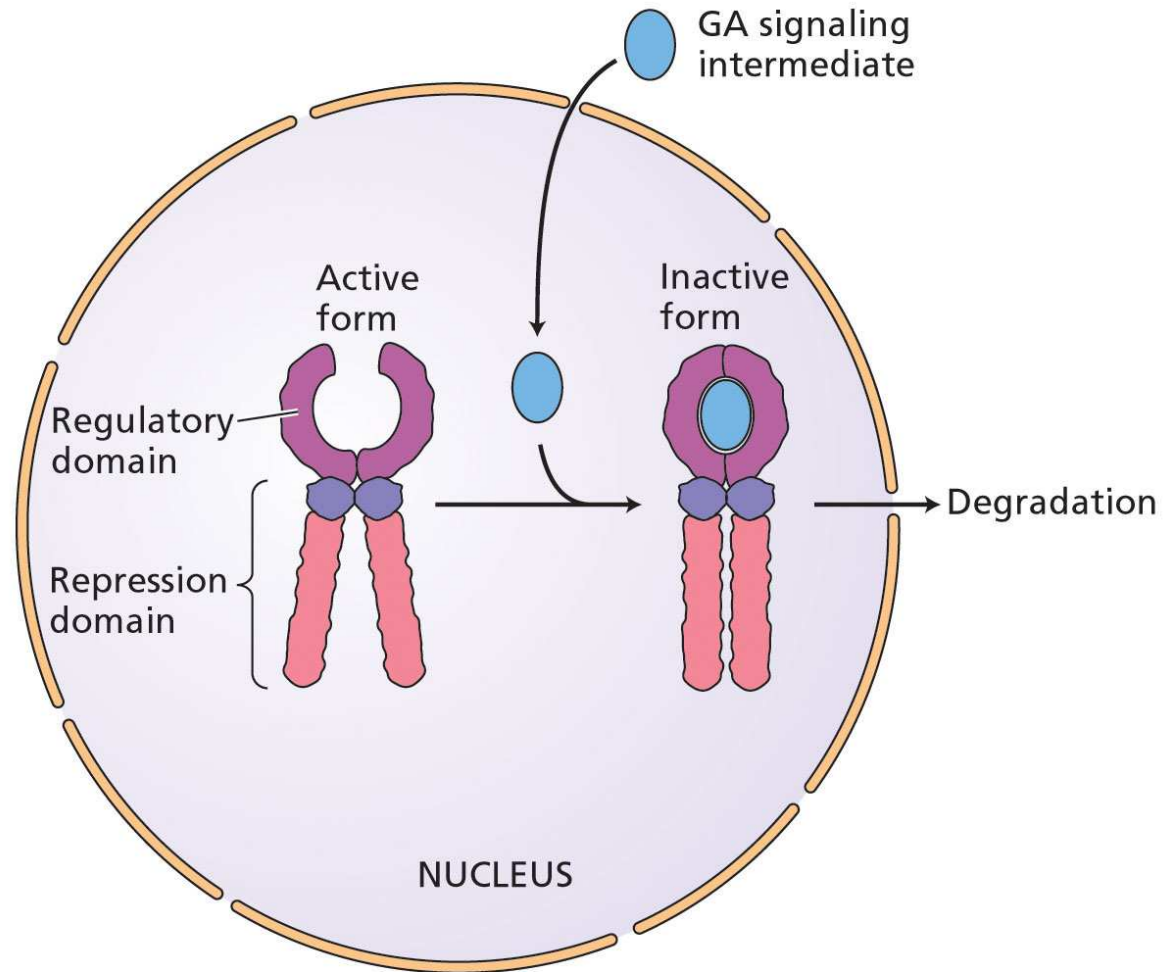
gai

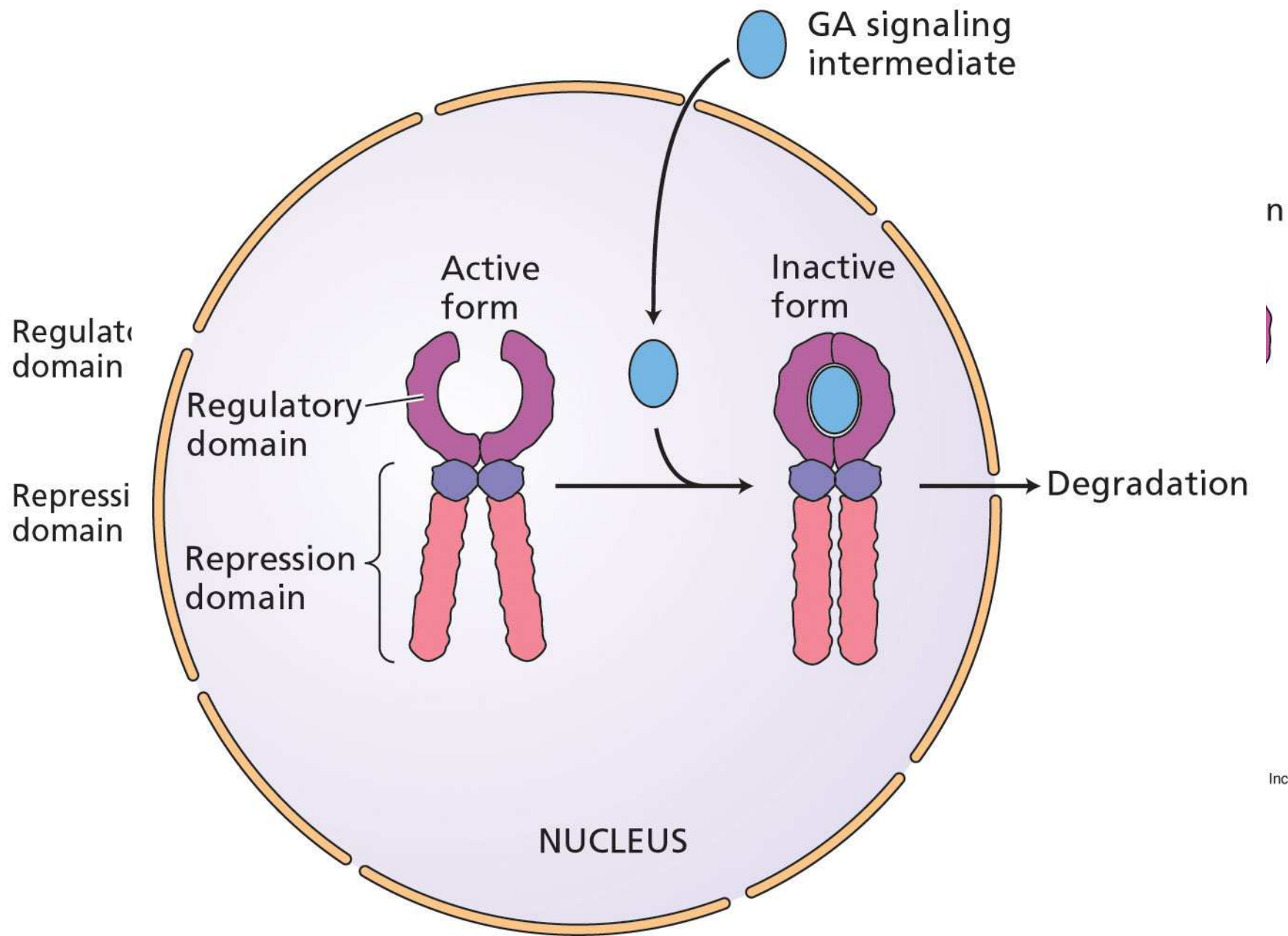


ga1



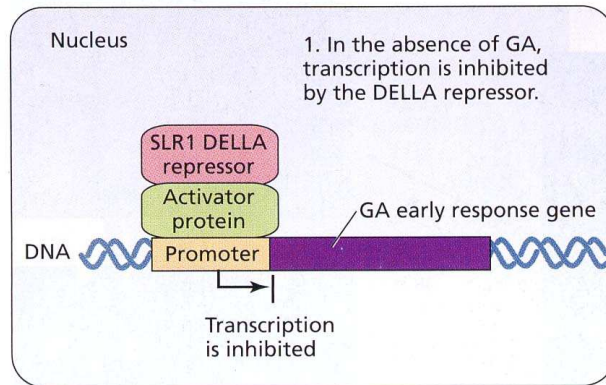
rga/ga1
double mutant





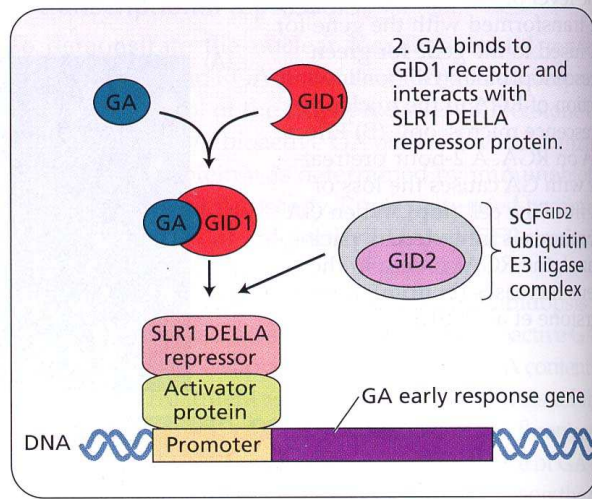
Come viene degradato il repressore DELLA?

(A)



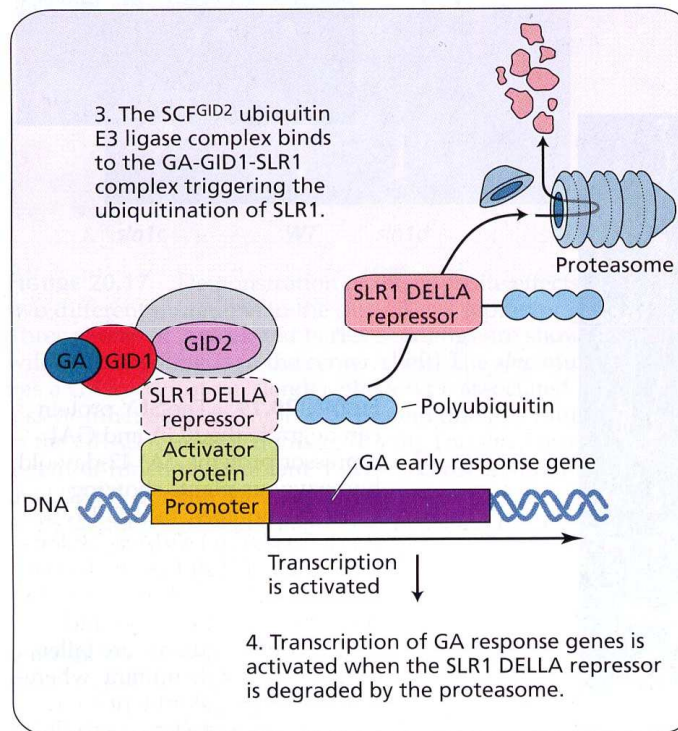
Il recettore è stato recentemente identificato

(B)

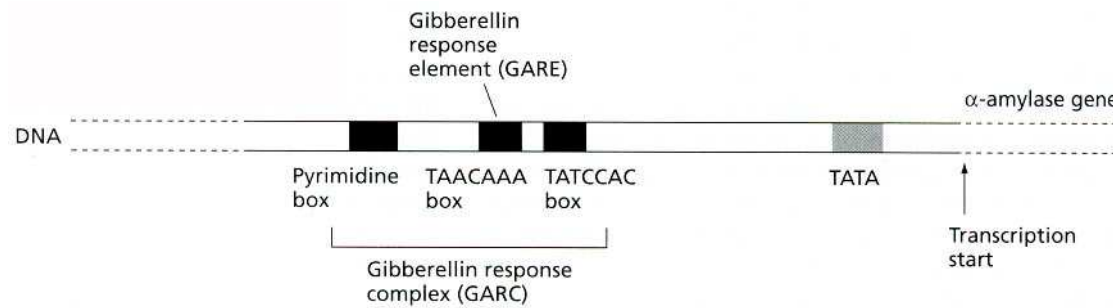


Il legame delle GA a GID1 promuove l'associazione E3 (SCF^{GID2})-DELLA

(C)



Analisi del promotore

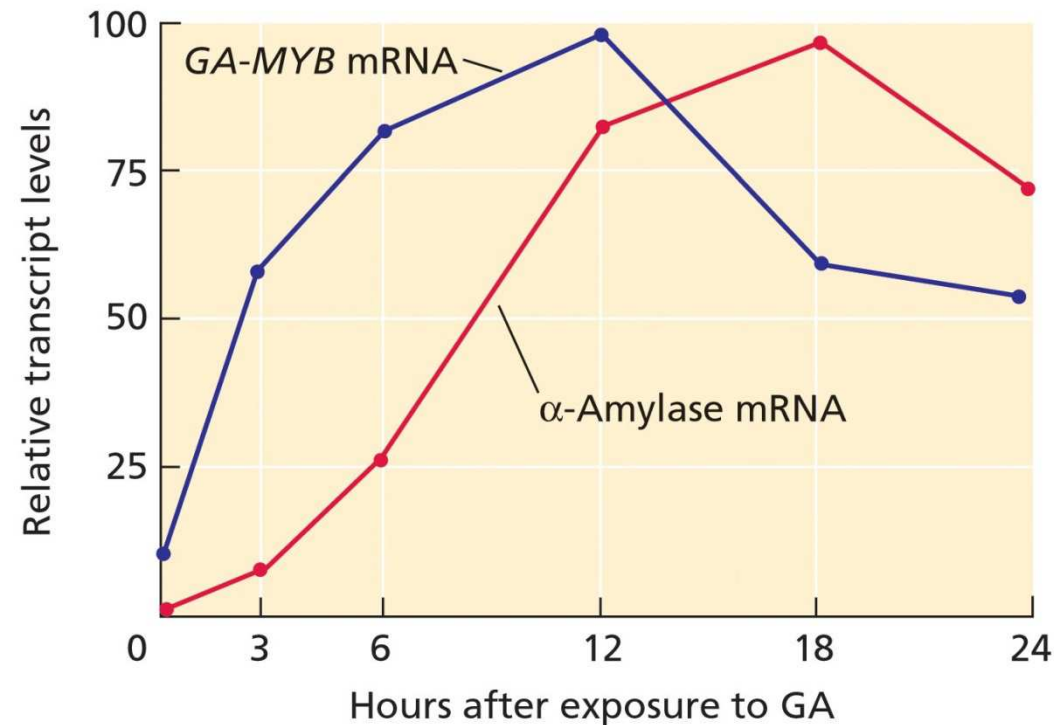


Elementi caratteristici GARC

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

