



CITOCININAS

Katia Christina Zuffellato-Ribas

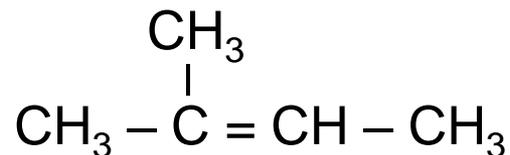
1955 – CINETINA (promoção da divisão celular na medula de caules de tabaco)

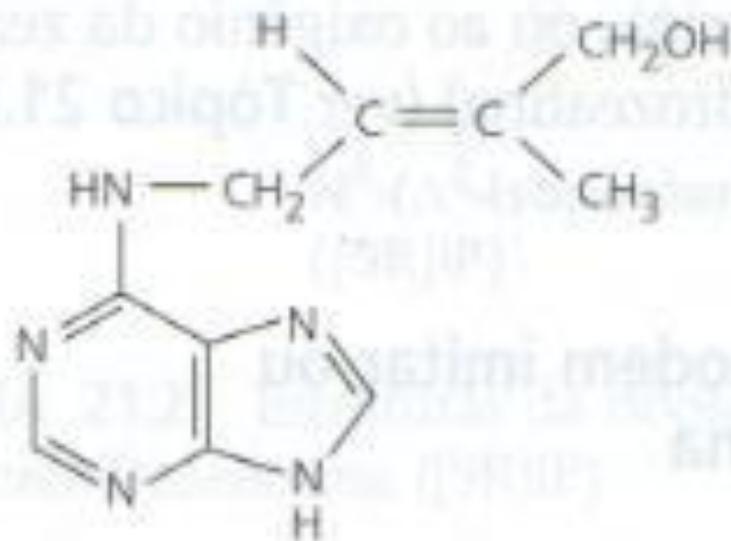
1964 - ZEATINA

CITOCININA = HORMÔNIO DA JUVENILIDADE

[0,01 A 1 μ M]

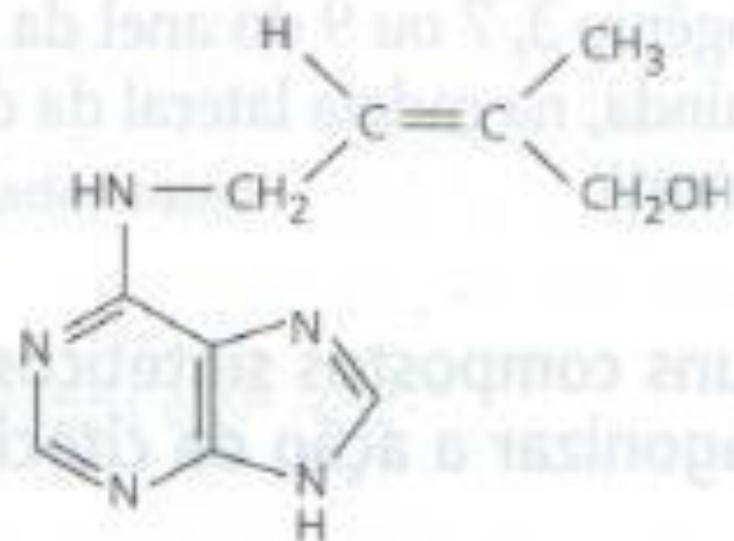
PRECURSOR: ISOPRENO





trans-Zeatina

6-(4-Hidróxi-3-metilbut-2-enilamino)purina

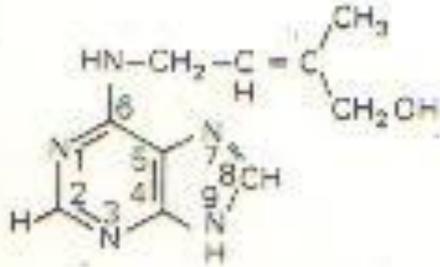


cis-Zeatina

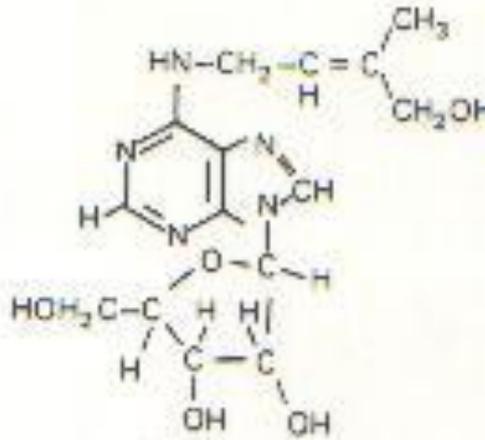
ZEATINA → CK COM MAIOR OCORRÊNCIA NATURAL

CITOCININAS NATURAIS E SINTÉTICAS:

CITOCININAS NATURAIS

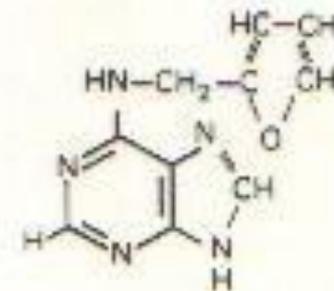


ZEATINA

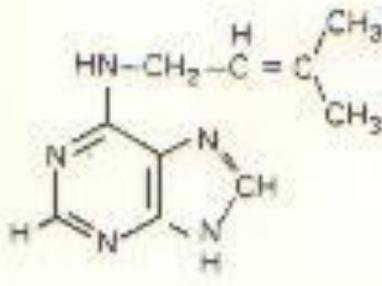


**ZEATINA RIBOSÍDEO OU
RIBOSIL ZEATINA**

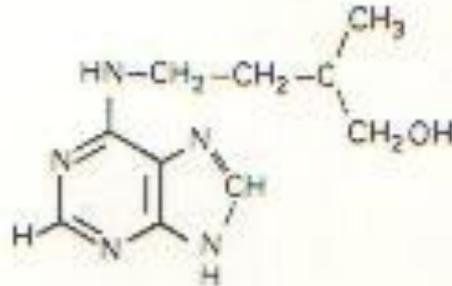
CITOCININA SINTÉTICA



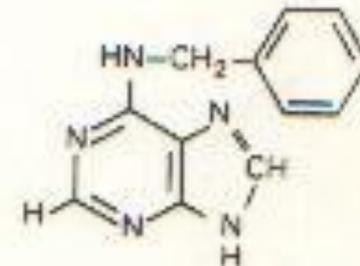
CINETINA



ISOPENTENIL ADENINA



DIHIDROZEATINA



BENZILADENINA
(incomum em plantas)

DISTRIBUIÇÃO NAS PLANTAS:

LEVEDURAS

BRIÓFITAS

PTERIDÓFITAS

FANERÓGAMAS

LOCAIS DE SÍNTESE:

REGIÕES DE DIVISÃO CELULAR

ÁPICES RADICULARES ***

ÁPICES CAULINARES

SEMENTES

FOLHAS EM DESENVOLVIMENTO

REGIÕES EMBRIONÁRIAS

ENDOSPERMA

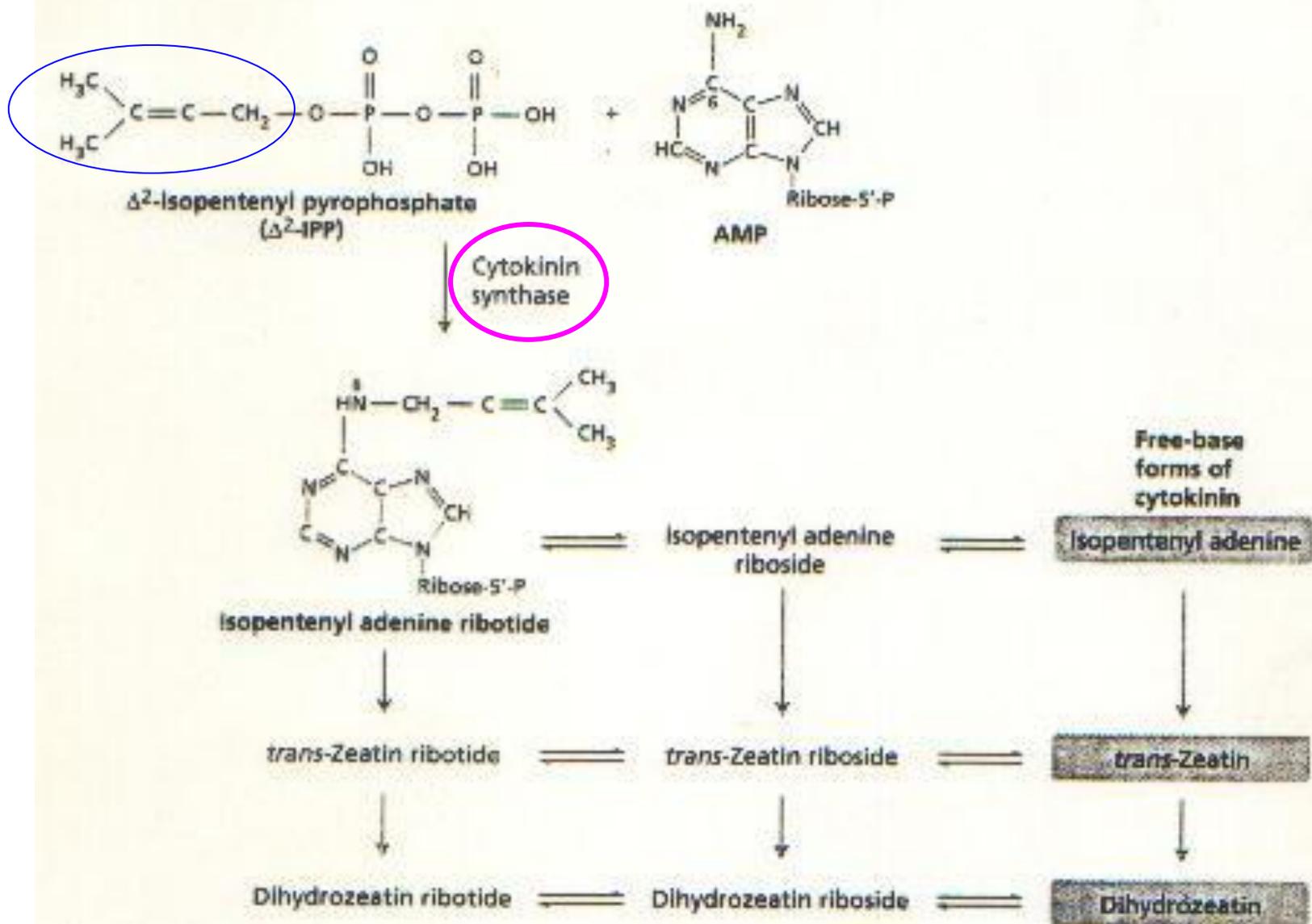
TRANSPORTE DE CITOCININAS:

XILEMA E FLOEMA

(NA FORMA LIVRE OU LIGADA COM NUCLEOSÍDEO (AÇÚCARES)

OU NUCLEOTÍDEOS (LIGADOS AO P)

SÍNTESE DE CITOCININAS:



SÍNTESE DE CITOCININAS:

Isopentenil-PP + AMP

↓ Citocinina sintase

Isopentenil-adenina
ribotídeo

→ Isopentenil-adenina
ribosídeo

→ Isopentenil-adenina

↓
Trans-zeatina
ribotídeo

→ Trans-zeatina
ribosídeo

→ Trans-zeatina

↓
Dihidrozeatina ribotídeo

→ Dihidrozeatina
ribosídeo

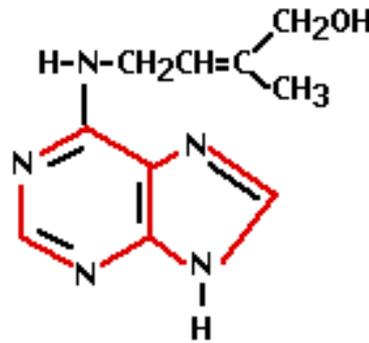
→ Dihidrozeatina



OCORRÊNCIA DAS CITOCININAS

FORMA LIVRE

➤ zeatina

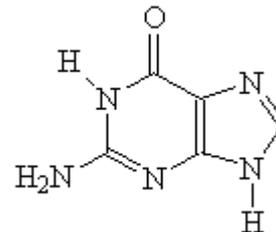


➤ isopentenil-adenina

➤ dihidrozeatina

FORMA CONJUGADA

➤ Ribosídeos (com açúcar)



(guanina)

➤ Ribotídeos (com ácido fosfórico)



(2-amino-6-mercaptapurina ribotídeo)

CITOCININAS ENDÓGENAS

- zeatina
- isopentenil-adenina
- dihidrozeatina

CITOCININAS PURÍNICAS

- zeatina
- zeatina ribosídeo (com açúcar)
- zeatina ribotídeo (com ácido fosfórico)
- isopentenil adenina
- isopentenil adenosina
- ribosil-zeatina

CITOCININAS SINTÉTICAS (EXÓGENAS)

- Citocininas purínicas
- Citocininas não purínicas

➤ **Citocininas purínicas**

benzilamino-purina (BAP)

benziladenina (BA)

tetrahidropiraniil-benzilaminopurina (PBA)

6-furfuril-aminopurina ou cinetina

➤ **Citocininas não purínicas**

difeniluréia

CCPU = N-(2-cloro-4-piridil-N-feniluréia) ou forchlorfemuron

benzimidazol

imidazol

fluorofenilbiureto

MODO DE AÇÃO DE CITOCININAS:

➤ REGULAÇÃO DA SÍNTESE PROTÉICA:

CK ↑ POLIRRIBOSSOMOS ↑ TAXA DE SÍNTESE DE ENZIMAS
TRADUÇÃO DE RNAm EM POLIPEPTÍDEOS

➤ CK AFETA ETAPA PÓS-TRANSCRIÇÃO

CK ↑ [RNAm] ESPECÍFICO PARA A SÍNTESE DE PTN DOS
FOTOSSISTEMAS I E II
↑ [SUBUNIDADES DE RUBISCO]
TORNA RNAm MAIS ESTÁVEL

MODO DE AÇÃO DE CITOCININAS:

➤ CK FAZENDO PARTE DO RNAm PODE REGULAR A SÍNTESE PROTÉICA

CK INFLUENCIA A LIGAÇÃO DO RNAt AO RNAm

CK IMPEDE A SÍNTESE DE ENZIMAS DE LISE

➤ CK REGULA $[Ca^{+2}]$ NO CITOSOL

CK ATIVAM ABSORÇÃO DE Ca^{+2}

↑ $[Ca^{+2}]$ NO CITOPLASMA

Ca-CALMODULINA (ativador enzimático)

➤ DIVISÃO CELULAR

CK DIMINUEM O PERÍODO DA FASE **S** E **G2** DA INTÉRFASE

MODO DE AÇÃO DE CITOCININAS:

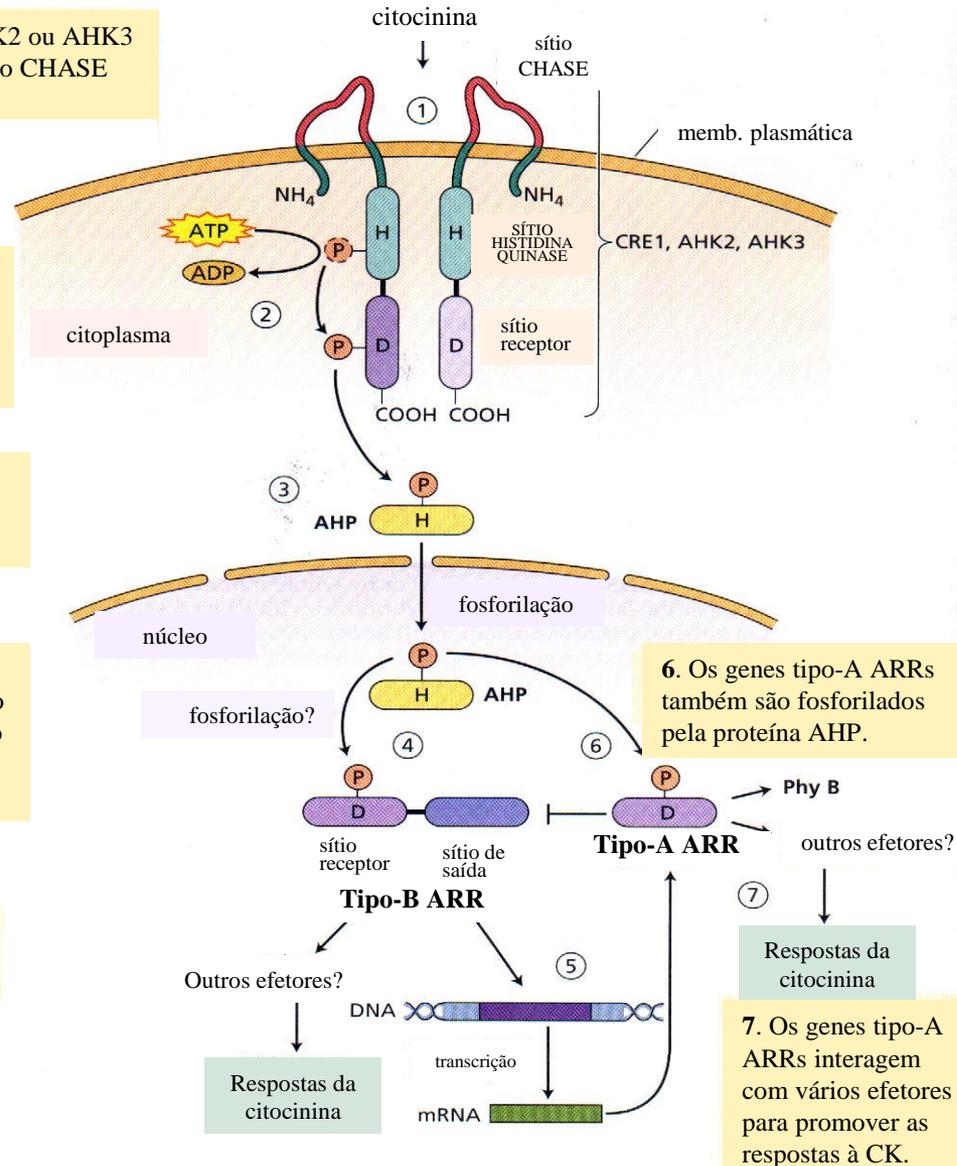
1. CK liga-se ao CRE1 ou AHK2 ou AHK3 (*Arabidopsis*) no sítio de ligação CHASE (porção extracelular do CRE1).

2. CK ligando-se aos receptores ativa a histidina quinase. O fosfato é transferido ao aspartato no sítio do receptor.

3. O fosfato é transferido à histidina presente na proteína AHP.

4. A fosforilação promove o movimento da proteína AHP ao núcleo, onde transfere o fosfato ao aspartato dentro do sítio do receptor do tipo-B ARR.

5. A fosforilação do tipo-B ARR ativa o sítio de saída, induzindo transcrição de genes tipo-A ARRs.

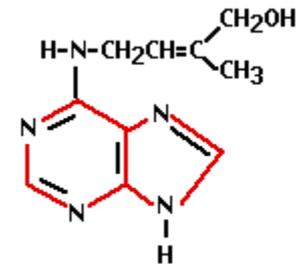
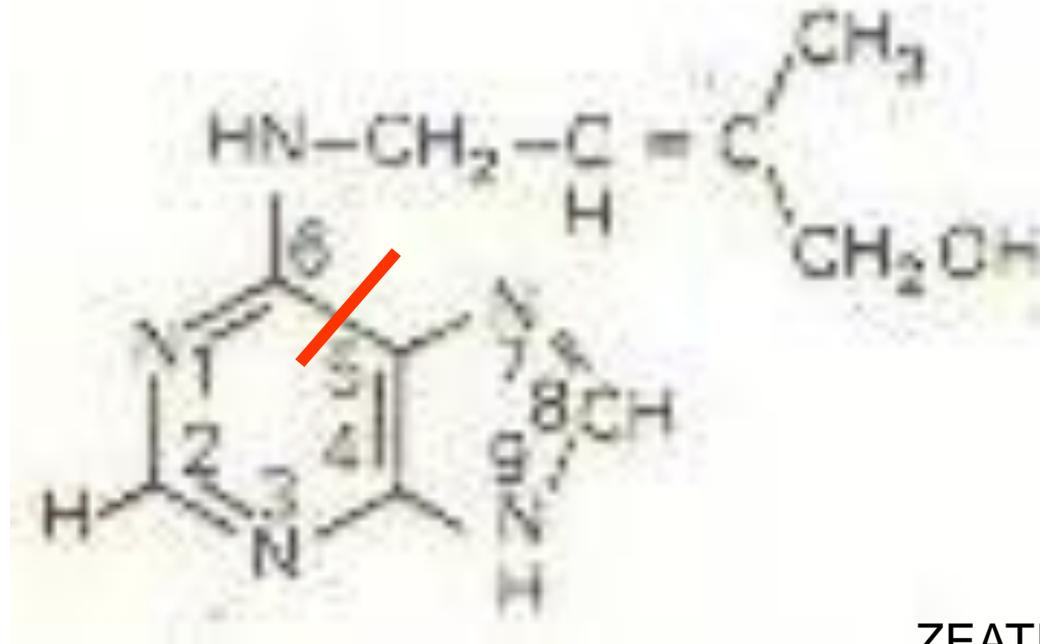


INATIVAÇÃO DE CITOCININAS:

CONJUGAÇÃO COM GLICOSE

CITOCININA-OXIDASE REMOVE C₅ DA CADEIA LATERAL

LIBERANDO ADENINA



ZEATINA

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

DIVISÃO CELULAR

CK → promove a citocinese

CK → promove a divisão celular

G1 → S → G2 → M

A diagram of the cell cycle showing the sequence of phases: G1, S, G2, and M. The S, G2, and M phases are enclosed in a yellow oval, indicating that cytokinins primarily affect these stages.

CK diminui a fase S

CK ↓ tempo de G2, levando rapidamente à mitose

↑ síntese de proteínas ou enzimas que serão utilizadas na mitose

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

DIVISÃO CELULAR

Ax e GA → regulam eventos que levam à replicação do DNA

CK → regula eventos que levam à mitose

Ax e CK → controlam a atividade de quinases dependente de ciclinas (CDKs) que regulam a divisão celular

CDKs (PROTEÍNAS QUINASES DEPENDENTES DE CICLINA)

CDKs + CICLINAS → SÃO AS ENZIMAS QUE REGULAM O CICLO

CELULAR EM EUKARIONTES

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

DIVISÃO CELULAR

CK → ↑ atividade das fosfatases → retirada grupo P de CDK



ativa complexo CDK-ciclina



fosforilação outras proteínas



início da mitose

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

DIFERENCIAÇÃO CELULAR

interage com a auxina na morfogênese em cultura de tecido

balanço CK/IAA (0,02 mg/L / 2 mg/L)

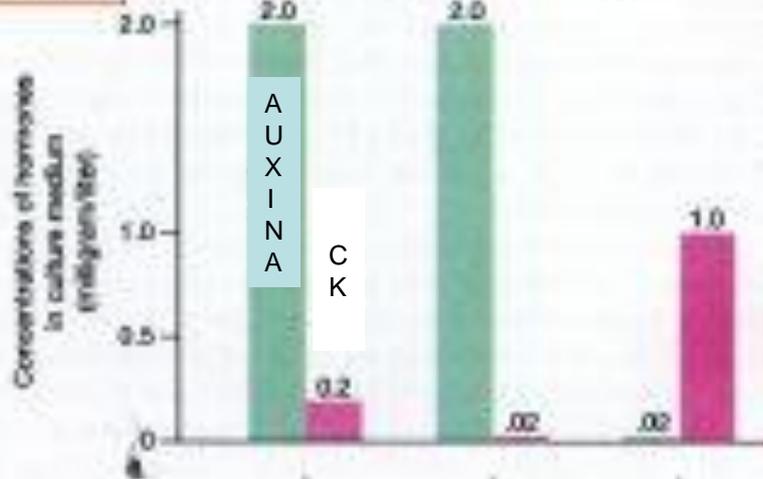
↑ relação CK/IAA → desenvolvimento parte aérea

↓ relação CK/IAA → desenvolvimento raízes

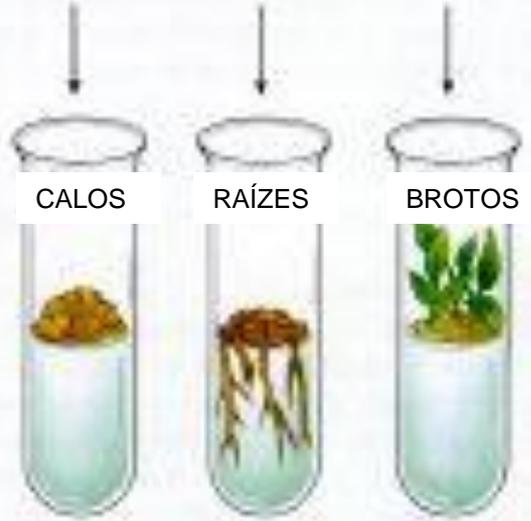
níveis \cong CK/Ax → formação de calos (tecido não diferenciado)



TREATMENT



RESULTS





Liquidambar styraciflua

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

EXPANSÃO CELULAR EM COTILÉDONES E FOLHAS DE DICOTILEDÔNEAS

CK → promove a expansão dos cotilédones

CK → ↑citocinese → ↑expansão celular

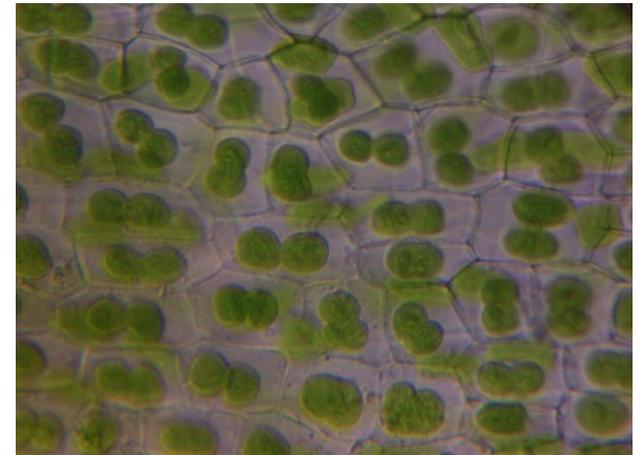


EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

DESENVOLVIMENTO DE CLOROPLASTO E SÍNTESE DE CLOROFILA

↑ formação de proteínas fotossintéticas (Rubisco) que ligam-se à clorofila, estabilizando-as nos dois fotossistemas

acelera a transformação na luz de etioplastos em cloroplastos e promove a formação dos tilacóides



EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

RETARDAMENTO DA SENESCÊNCIA

mantém a integridade das membranas, evitando que proteases do vacúolo sejam transportadas ao citoplasma e hidrolizem proteínas solúveis das membranas plasmáticas, do cloroplasto e mitocôndria

previne a oxidação de ácidos graxos (fosfolipídeos) das membranas
→ previne a degradação das membranas

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

RETARDAMENTO DA SENESCÊNCIA

inibe a formação e quebra de radicais livres como superóxidos (O_2^-) e hidroxilas (OH^-) → evita a degradação das membranas

↑ capacidade dos tecidos de agirem como drenos fisiológicos

tecidos tratados com CK → preferência de transporte e acúmulo de nutrientes → nova relação fonte/dreno

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

DOMINÂNCIA APICAL

quebra da dominância apical, causada pela Ax

\uparrow CK/Ax \rightarrow desenvolvimento gemas laterais \rightarrow quebra da dominância apical



EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

DOMINÂNCIA APICAL

quebra da dominância apical, causada pela Ax

↑CK/Ax → desenvolvimento gemas laterais → quebra da dominância apical

↓CK/Ax → dominância apical

CK → ↑[Ca²⁺] citoplasma → parede celular e lamela média → desenvolvimento gemas laterais

quebra da dormência das gemas de tiririca

fungos secretam CK → vassoura de bruxa em *Pinus*

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

DOMINÂNCIA APICAL

fungos secretam CK → vassoura de bruxa em *Pinus*



EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

GERMINAÇÃO DE SEMENTES

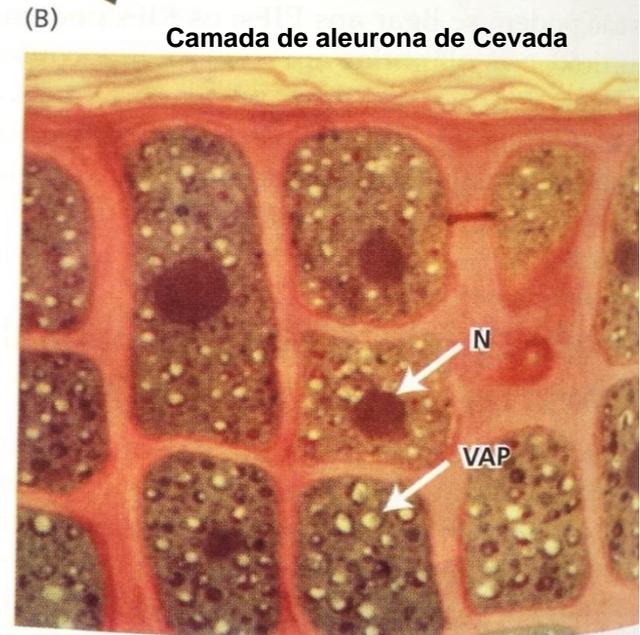
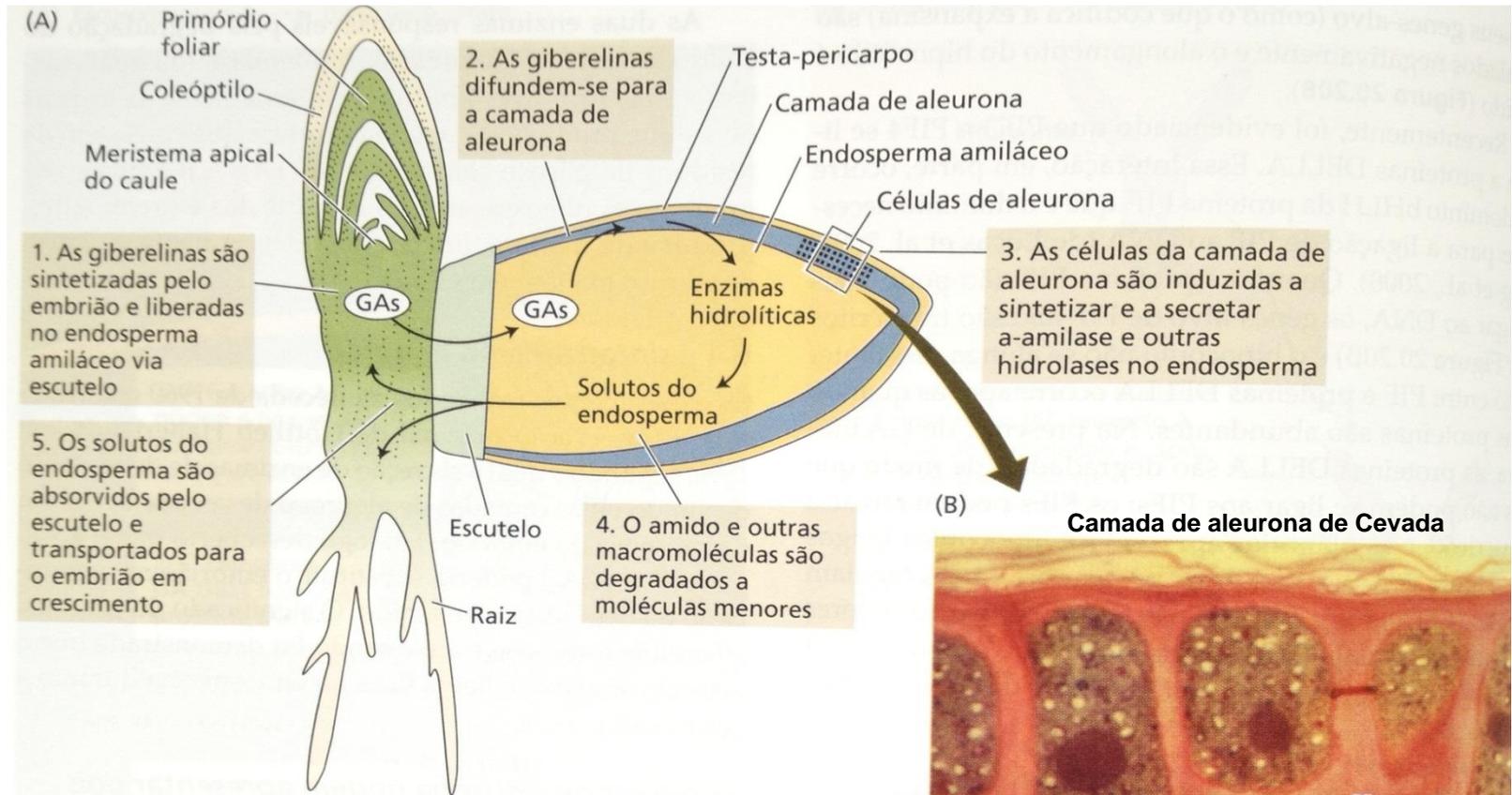
CK prepara a camada de aleurona para receber GA do embrião, alterando a permeabilidade da membrana, facilitando assim, o transporte de GA e nutrientes

estimula a síntese de enzimas como a α -amilase em cereais e feijão

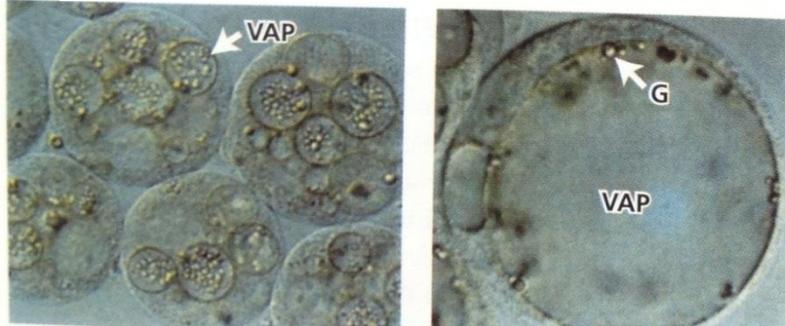
alface, *Xanthium*, picão-preto e fumo → CK + luz vermelha →

acelera a germinação

GERMINAÇÃO DE SEMENTES



(C) Protoplastos de células de aleurona de Cevada



VAP: vesículas de armazenamento de proteínas múltiplas
N: núcleo G: globóide de fitina que sequestra minerais

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

GERMINAÇÃO DE SEMENTES

em café, CK → contrabalança o efeito de inibidores como ABA e cumarina

↑ germinação de sementes de baixa viabilidade

sementes dormentes → ↑[CK glicosídeos] e ↓[CK ativa]

EFEITOS FISIOLÓGICOS DAS CITOCININAS:

ENRAIZAMENTO

CK promove o enraizamento de folhas

Ex.: violeta, begônias, maçã

↓ iniciação e alongamento de raízes e ↑ diâmetro da raiz, por ↑ atividade cambial

FIM!

