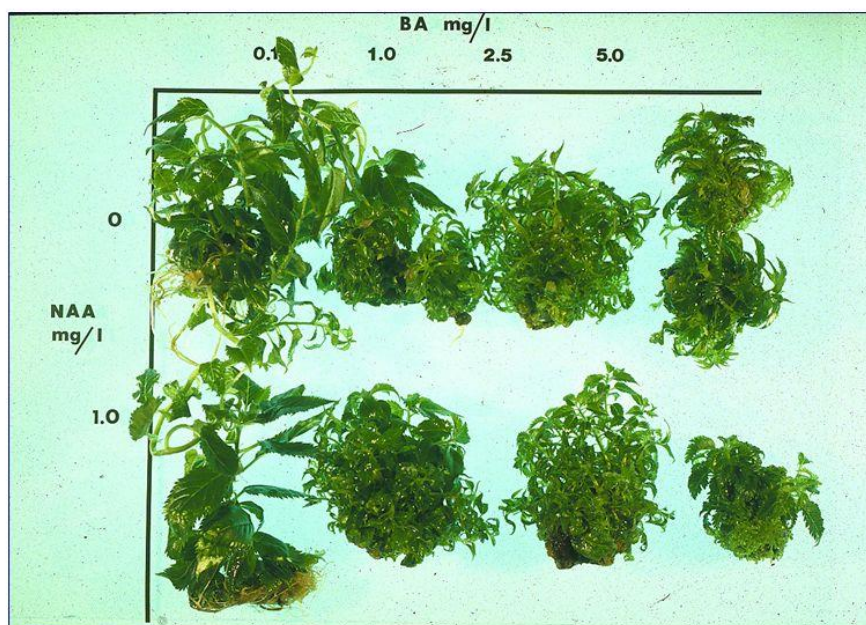


## Rapporto auxine : citochinine



33

Le **citochinine** sono i **fitormoni** della proliferazione cellulare. Furono scoperte per la prima volta negli anni 50 da Folke Skoog nello sperma d'aringa autoclavato sotto forma di artefatto artificiale, la **chinetina**, mentre negli anni 70' Letham ne isolò, nell'endosperma immaturo di mais, la prima forma naturale: la **zeatina**, un'amminopurina N6-sostituita.

Ad oggi sono considerate citochinine tutte le molecole possedenti attività biologica pari a quella della trans-zeatina:

- Induzione della divisione cellulare in calli in presenza di [auxina](#)
- Promozione della formazione di gemme o radici in colture di calli quando presenti in appropriati rapporti con le auxine
- Posticipazione di processi di senescenza fogliare -promozione dell'espansione dei cotiledoni nella dicotiledoni

**Strutturalmente, le citochinine, sono dei derivati dell'adenina.**

Queste molecole sono **amminopurine sostituite a livello dell'azoto in posizione 6**, N<sup>6</sup>, in genere da catene laterali lipofile. La zeatina, ad esempio, è sostituita a livello dell'N<sup>6</sup> da un'unità isoprenica contenente un gruppo ossidrilico.

Nella pianta le citochinine sono sintetizzate primariamente del meristema radicale

da cui vengono trasportate attraverso lo xilema. La citochinina libera, bioattiva, più abbondante è la zeatina, cui seguono la diidrozeatina (DZ) e l'isopentenil adenina (iP). Diversamente, le citochinine possono essere presenti nelle cellule in forma legata. In questo caso non è raro trovare nella pianta citochinine sotto forma di glicosidi, ribosidi (citochina+ribosio) o ribotidi (citochinina+ribosio fosfato), o accumulate come basi modificate legate a tRNA.

### Biosintesi e metabolismo delle citochinine

La biosintesi delle citochine avviene nei plastidi delle cellule del meristema radicale e negli tessuti di produzione primaria come le foglie giovani, e meristemi apicali. I precursori della sintesi sono l'adenina di/tri fosfato e il DMAPP, dimetilallil difosfato, ossia l'isomero dell'isopentenil difosfato.

Il DMAPP viene sintetizzato a partire da gliceraldeide3p e piruvato nella via del metileritritolo fosfato, o via MEP, che è una delle due vie biosintetiche che interessa la sintesi dei terpeni; il DMAPP è infatti il substrato donatore di unità isopreniche per la formazione della catena sostituyente dell' $N^6$ .

Il trasferimento dell'unità isoprenica dal DMAPP all'adenosiana è catalizzato dall'enzima chiave **isopentelin trasferasi**. Il prodotto di reazione viene convertito in zeatina dal citocromo **P450 monoossigenasi**. Successivamente si hanno la modificazione della catena laterale ed l'eventuale glicosilazione del residuo purinico.

### Le vie biosintetiche delle citochine sono state individuate nelle piante grazie al modello procariotico

Agrobacterium tumefaciens, o **batterio induttore del tumore del colletto**.

L'infezione da *Agrobacterium t.* produce la formazione di galle del colletto, indotte da un'eccessiva produzione di citochine ed ormoni dello sviluppo da parte della pianta, grazie all'integrazione nel genoma vegetale del plasmide batterico Ti.

**Il plasmide Ti veicola l'informazione genica degli oncogeni del locus tnr, "tumor", ossia geni per la sintesi:**

- Dell'enzima IPT batterico utilizza come substrati AMP e HMBDP per la produzione di citochine
- Degli enzimi biosintetici dell'auxina via triptofano dipendente, introduzione indolacetammide come intermedio
- Degli enzimi biosintetici delle opine

Le citochine e le auxine prodotte inducono nei tessuti della pianta la formazione di un microambiente neoplasico entro cui, il batterio, può riprodursi e proliferare utilizzando come fonte d'azoto le opine, molecole esogene al metabolismo vegetale.

### **Meccanismo d'azione**

**Citochinesi**, significa, letteralmente, divisione cellulare. Le citochinine sono volgarmente indicate come fitormoni della proliferazione cellulare, proprio perché regolano le molecole segnale che scandiscono le fasi del ciclo cellulare, CDK e cicline (modulatrici delle prime). Squilibri nella concentrazione delle citochinine, infatti, impediscono la transizione dalla fase G2 alla fase M. I meccanismi di regolazione della divisione cellulare governati dalle citochinine sono l'**attivazione della fosfatasi Cdc25 e l'espressione di CYCD3**.

### **La fosfatasi Cdc25 è la proteina attivatrice della CDK Cdc2.**

Sebbene l'auxina regoli l'espressione della Cdc2, questa è enzimaticamente inattiva previa fosforilazione. L'attivazione della Cdc2 permette la formazione del complesso MPF, fattore promozione della maturazione, necessario per il passaggio da G2/M.

### **Il gene CYCD3 codifica per la sintesi della ciclina D.**

Le cicline di tipo D vengono espresse durante le fasi G e sono anche identificate come cicline Start. Lo start è conosciuto negli eucarioti superiori come punto di restrizione, un checkpoint tipico di queste cellule, tale punto di controllo si trova nella fase G1 tardiva; e consiste nell'accumulo di concentrazioni sufficienti di cicline per il passaggio alla fase S. Le cicline di tipo D, inoltre, sono in genere per natura diverse in base al destino differenziativo tessuto specifico.

### **Effetti fisiologici**

- ***Promozione della proliferazione delle cellule del meristema apicale del germoglio, dei meristemi laterali (cambio vascolare) e del differenziamento delle cellule dei meristemi radicali.***

In particolare, nei meristemi radicali, è noto che le auxine promuovono la divisione cellulare, mentre le citochinine la differenziazione, così come in coltura è noto che la morfogenesi è influenzata dal rapporto in cui stanno i due fitormoni. Un modello di circuito regolativo tra i due ormoni è stato recentemente proposto.

Le citochinine stimolerebbero l'espressione delle proteine inibenti SHY2, responsabili della repressione del legame tra Aux/IAA (il legame tra recettore endocellulare e IAA portano all'espressione dei geni coinvolti nella risposta ormonale alle auxine); mentre le auxine la sua degradazione. Auxine e citochinine,

dunque, lavorano in antagonismo nel determinare l'abbondanza relativa di SHY2 nel citosol.

Alte concentrazioni di SHY2, sono coinvolte nella sovraespressione dei geni IPT, informativi gli enzimi biosintetici delle citochinine, e la repressione dei geni PIN, informativi per le proteine di efflusso auxinico, quindi nella differenziazione dei meristemi radicali.

Nei saggi di morfogenesi in cultura, dunque, bassi rapporti auxine:citochine portano allo sviluppo dei germogli, alti rapporti a quello delle radici (e non perché le citochine inibiscano la proliferazione dei meristemi radicali, quanto la differenziazione dei degli stessi.. le radici, infatti, a differenza dei germogli, devono essere sostenuti da proliferazione e differenziazione per poter essere fisiologicamente efficienti nell'assorbimento), rapporti intermedi allo sviluppo di calli indifferenziati.

- ***Lo stato nutrizionale della pianta influisce sulla regolazione dei rapporti auxina: citochina e relativi effetti fisiologici.***

A basse concentrazioni di nutrienti nel suolo si riscontra nei meristemi radicali un elevato rapporto auxina:citochina. L'effetto è quello di accrescimento della radice, che in questa maniera può allungarsi nel terreno alla ricerca di fonti nutritive nuove. Con concentrazioni ottimali di nutrienti, al contrario, sono favorite alte concentrazioni di citochinine che stimolano la crescita del germoglio e differenziazione dei tessuti vascolari in favore di una migliore economia fotosintetica.

**Alte concentrazioni di citochinine supportano lo sviluppo delle gemme laterali** in ragione del suo trasporto polare, l'auxina è il determinante della dominanza apicale. Com'è noto le auxine inibiscono l'espressione dei geni IPT, rallentando la biosintesi delle citochinine, e parallelamente stimolano la sintesi delle citochinine ossidasi.

Lo sviluppo delle gemme ascellari, e relativo sviluppo dei fenotipi ramificati, è perciò supportato dall'aumento delle concentrazioni di citochinine, biosintetizzate al livello del tessuto nodale adiacente alle gemme. L'azione dei fitormoni è quella di liberare le cellule della gemma dallo stato di dormienza indotto dal gradiente basipeto di auxina, alterando localmente il rapporto auxina:citochinina. A dimostrazione di ciò, numerosi esperimenti basati sulla decapitazione del germoglio o sulla somministrazione locale di citochinine esogene, promuovono la conversione di fenotipi assiali a ramificati.

Le citochinine sono coinvolte nella regolazione della senescenza fogliare e della differenziazione plastidiale attraverso numerosi esperimenti con l'utilizzo di geni ipt chimerici, e lo studio dell'effetto "isola verde" indotto dai pidocchi delle foglie, è stato possibile determinare che le citochinine regolano la velocità del processo di senescenza nelle foglie mature.

**La senescenza, programma d'invecchiamento tissutale, è rallentata da concentrazioni discrete di citochinine radicali.**

La radice, infatti, regola l'andamento dell'abscissione fogliare attraverso la sintesi della zeatina riboside e diidrozeatina riboside. Queste citochinine vengono trasportate alle foglie da flusso traspiratorio, dove si legheranno ai recettori AHK3. La soppressione dell'espressione di tali recettori in mutanti di Arabidopsis provoca la senescenza prematura delle foglie. Un altro processo su cui agiscono le citochinine a livello della foglia, è la differenziazione dei plastidi nelle piante eziolate.

Concentrazioni moderatamente alte inducono lo sviluppo di grana, clorofille ed enzimi fotosintetici negli ezioplasti. L'ipotesi corrente è che le citochinine aumentano la stabilità strutturale delle proteine HY5, un regolatore positivo della fotomorfogenesi che agisce a valle di numerose famiglie di fotorecettori, fitocromi e criptocromi compresi.

**Leggi anche:** [La dominanza apicale e il movimento dell'auxina](#)

**Attenzione:** I nostri PDF a volte non contengono tutto il materiale presente nell'articolo originale o potrebbero non essere aggiornati.

**Articolo completo:** <http://www.biopills.net/articoli/ripassiamo-aiuto-studio/fisiologia-vegetale/le-citochinine-fitormoni-della-proliferazione-cellulare/>

© BioPills. All Rights Reserved