

L'altra endocrinologia

Cosa sono e come si misurano gli ormoni vegetali

Ruggero Dittadi

già UOC Medicina di laboratorio, Ospedale dell'Angelo, ULSS3 Serenissima, Mestre (VE)

Anche chi si occupa di endocrinologia, sia dal punto di vista clinico che in laboratorio, generalmente non considera l'esistenza di una branca piuttosto ampia e importante di questa materia. Si tratta della endocrinologia vegetale.

Le piante mancano di un sistema nervoso, e tutti i messaggi relativi alla regolazione dei processi di crescita, sviluppo e risposta agli stimoli ambientali vengono trasmessi dai cosiddetti "ormoni vegetali" (fitormoni). Proprio per questo, l'analogia fra gli ormoni animali e vegetali è in realtà superficiale, dato che questi ultimi non portano determinati segnali da uno specifico tessuto a un altro, e probabilmente è proprio con il sistema nervoso che si può trovare una maggiore affinità [1]. I fitormoni restano purtuttavia dei composti organici, che "entrano in circolo" a basse concentrazioni, agiscono tramite specifici recettori cellulari e hanno un impatto fondamentale sull'accrescimento e lo sviluppo, in questo caso delle piante. Grazie a queste molecole, la pianta coordina e regola praticamente tutte le sue funzioni. Gli ormoni vegetali sono particolarmente caratterizzati da una spiccata azione pleiotropica.

L'endocrinologia vegetale ha storicamente classificato i suoi ormoni in 5 classi, le auxine, le gibberelline, le citochinine, l'acido abscissico e l'etilene (Fig. 1).

Le *auxine* [2], tra cui l'acido indolacetico (IAA), sono fondamentali per l'allungamento cellulare, la differenziazione dei tessuti e la dominanza apicale, che determina la forma della pianta. Promuovono la crescita delle radici e dei germogli e sono coinvolte nella risposta alla gravità (gravitropismo) e alla luce (fototropismo).

Le *gibberelline* stimolano l'allungamento degli internodi, la germinazione dei semi, la fioritura e la crescita dei frutti. Agiscono rompendo la dormienza dei semi e dei boccioli, favorendo così una crescita rapida nelle fasi critiche del ciclo vitale della pianta [3].

Le *citochinine* sono una famiglia di fitormoni che promuovono la divisione cellulare, la differenziazione e lo sviluppo dei germogli, ritardando la senescenza delle foglie. Proprio l'equilibrio tra auxine e citochinine determina la formazione di radici o germogli, contribuendo alla morfogenesi della pianta [4].

L'*acido abscissico* è coinvolto nella risposta della pianta a stress abiotici, come la siccità. Regola la chiusura degli stomi, riducendo la perdita d'acqua, e promuove la dormienza dei semi, assicurando che la germinazione avvenga in condizioni ambientali favorevoli [5].

L'*etilene* regola la maturazione dei frutti, la senescenza delle foglie e la risposta agli stress meccanici. È noto per il suo ruolo nell'induzione della caduta delle foglie (abscissione) e nella modulazione della crescita in risposta a vari stimoli ambientali [6].

A queste classiche categorie, si sono più recentemente aggiunte altre molecole [7], fino ad arrivare alla classificazione di 9 diverse tipologie. In particolare la sesta classe di fitormoni identificata sono stati i *Brassinosteroidi*, vere

e proprie molecole a struttura steroidea con il classico ciclopentanoperidrofenantrene come scheletro, derivate dallo squalene. Promuovono l'allungamento, la divisione e la differenziazione cellulare, la germinazione dei semi e migliorano la resistenza delle piante a vari stress ambientali [8].

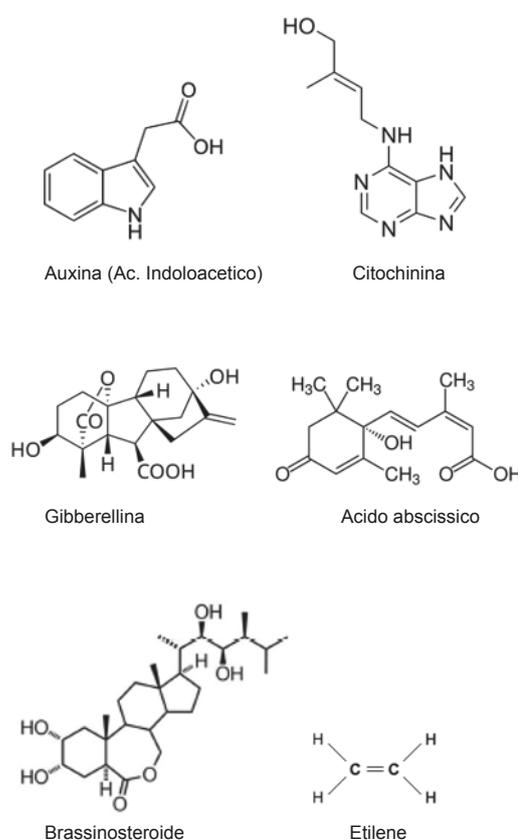


Figura 1
Esempi delle principali classi di fitormoni

Gli ormoni vegetali sono utilizzati come strumenti per aumentare la produttività agricola.

Queste pratiche possono essere considerate un vantaggio per l'agricoltura intensiva, poiché l'uso controllato di fitormoni consente di massimizzare la produzione di cibo in aree limitate. Tuttavia, l'uso eccessivo o non adeguatamente regolato di questi composti può avere effetti negativi a lungo termine. D'altra parte, l'uso di fitormoni naturali o regolatori della crescita potrebbe ridurre la necessità di fertilizzanti sintetici o di pesticidi, tanto che esistono proposte di utilizzo come strumenti di agricoltura sostenibile.

Senza entrare nel dibattito scientifico sull'utilizzo dei fitormoni e sulla relativa regolamentazione, si può comunque immaginare la necessità della misura quan-

titativa di tali sostanze, in diverse matrici biologiche. Nei tessuti e nei fluidi linfatici, per valutare la regolazione dello sviluppo, della crescita e della senescenza, la risposta agli stress e le interazioni pianta-patogeno. Così come nei liquidi di coltivazione (p.es. nelle colture idroponiche) o anche nell'ambiente, in contesti di agricoltura di precisione.

Di conseguenza, anche gli specialisti di quel settore si sono trovati ad affrontare il comune problema della misura di queste sostanze, presenti in basse concentrazioni e in diverse matrici biologiche. Le soluzioni sono simili a quelle che troviamo utilizzate nei nostri laboratori clinici.

Tuttavia, in ambito botanico la pressione della routine è molto minore e non è indispensabile l'utilizzo di sistemi ad alta produttività. Peraltro, dato il tipo di matrici utilizzate (spesso si parte da omogenati di tessuto), una fase di separazione ed estrazione è difficilmente eludibile. Questo ha portato a un panorama più variegato di metodi, meno concentrato su grosse strumentazioni analitiche.

A parte i biosaggi, usati fin dagli anni '20 del novecento per le auxine [9], e che peraltro stanno riguadagnando attenzione nelle loro più attuali formulazioni [10], già dalla fine degli anni '60 cominciano ad essere utilizzati i classici metodi immunometrici [11,12], con tutte le loro successive varianti [13,14]. Altri metodi, come l'elettroforesi capillare, la microscopia a fluorescenza [15] e le tecniche di biologia molecolare, si stanno diffondendo. Ma in particolare anche in questo ambito si sono sviluppate, e sono ormai ampiamente usate, le metodologie in spettrometria di massa, utilizzate in modo integrato più che alternativo, dove diventa più pressante l'esigenza di una elevata sensibilità e specificità [16-18].

Interessanti alcune innovative combinazioni di metodologie, come l'accoppiamento dell'elettroforesi capillare con la spettrometria di massa, che fornirebbe un incremento della sensibilità e della specificità analitiche con una più rapida procedura di separazione [19].

Probabilmente anche per i numeri relativamente ridotti di analisi necessarie e la conseguente minore specializzazione in senso analitico dei laboratori preposti, non sembra presente un significativo dibattito relativamente all'utilizzo delle diverse tecniche. Le quali, senza contrapposizioni campanilistiche, vengono utilizzate molto laicamente, ciascuna con i propri vantaggi e svantaggi, a seconda delle specifiche esigenze della ricerca.

BIBLIOGRAFIA

1. **Leyser HMO.** Plant hormones. *Curr Biol* 1998; 8: R5-R7
2. **Teale WD, Paponov IA, Palme K.** Auxin in action: signalling, transport and the control of plant growth and development. *Nature Rev Molecular Cell Biol* 2006; 7: 847-59
3. **Gupta R, Chakrabarty SK.** Gibberellic acid in plant: Still a mystery unresolved. *Plant Signal Behav* 2013; 8: e25504
4. **Werner T, Schmülling T.** Cytokinin action in plant development. *Curr Opin Plant Biol* 2009; 12: 527-38
5. **Cutler SR, Rodriguez PL, Finkelstein RR, et al.** Abscisic acid: emergence of a core signaling network. *Ann Rev Plant Biol* 2010; 61: 651-79
6. **Binder BM.** Ethylene signaling in plants. *J Biol Chem* 2020; 295: 7710-25
7. **Wang Y, Irving HR.** Developing a model of plant hormone interactions. *Plant Signal Behav* 2011; 6: 494-500
8. **Nolan TM, Vukašinović N, Liu D, et al.** Brassinosteroids: Multidimensional regulators of plant growth, development, and stress responses. *Plant Cell* 2020; 32: 295-318
9. **Went F.** On growth-accelerating substances in the coleoptile of *Avena sativa*. *Proc K Ned Akad Wet* 1926; 30: 10-19
10. **Larrieu A, Champion A, Legrand J, et al.** A fluorescent hormone biosensor reveals the dynamics of jasmonate signalling in plants. *Nat Commun* 2015; 6: 1-8
11. **Fuchs S, Fuchs Y.** Immunological assay for plant hormones using specific antibodies to indoleacetic acid and gibberellic acid. *Biochim Biophys Acta Gen Subj* 1969; 192: 528-30
12. **Weiler EW.** Plant hormone immunoassay. *Physiol Plant* 1982; 54: 230
13. **Beale MH.** Immunological methods in plant hormone research. In: Hooykaas PJJ, Hall MA, Libbenga KR (eds) *Biochemistry and molecular biology of plant hormones*. Elsevier, New York 1999; 61-88
14. **Tarkowski P, Ge L, Yong J, et al.** Analytical methods for cytokinins. *Trend Anal Chem* 2009; 28: 323-35
15. **Dobrev PI, Vankova R.** Quantification of abscisic acid, cytokinin, and auxin content in salt-stressed plant tissues. *Methods Mol Biol* 2012; 913:251-61
16. **Bai Y, Du F, Liu H.** Determination strategies of phytohormones: recent advances. *Anal Meth* 2010; 2: 1867-73
17. **Du F, Ruan G, Liu H.** Analytical methods for tracing plant hormones. *Anal Bioanal Chem* 2012; 403: 55-74
18. **Oklestkova J, Kvasnica M, Strnad M.** Analytical Methods for Brassinosteroid Analysis: Recent Advances and Applications. *Plant Cell Physiol* 2024; 65:1618-1626
19. **Bai Y, Chang C, Du F, et al.** Combination of dynamic pH junction with capillary electrophoresis-mass spectrometry for the determination of systemins in plant samples. *Electrophoresis* 2014, 35, 1984-8

Per corrispondenza:

Dott. Ruggero Dittadi
già UOC Medicina di laboratorio
Ospedale dell'Angelo – ULSS3 Serenissima
Via Paccagnella 11
30174 – Mestre (VE)
Tel.: 340 3212194
e-mail: rogegru@gmail.com