

Naturalment

Article

La sensibilitat vegetal

Introducció

La funció de relació és la capacitat que tenen els éssers vius de captar la informació del medi que l'envolta i el seu propi medi intern -els estímuls-, i poder interpretar-los i elaborar una resposta adequada. Per mitjà de la funció de relació els éssers vius poden coordinar els seus aparells i sistemes per tal que puguin funcionar correctament.

Per tant, gràcies a la funció de relació, una planta pot detectar la llum i créixer seguint-la o fer flors quan fa bon temps o tancar els estomes quan l'aigua escasseja. També és aquesta funció la que permet als animals notar quan tenen sed, fam o adonar-se'n d'un perill i sortir corrents, i molts més exemples. Sense aquesta funció la vida seria impossible.

Així doncs, ens podem preguntar com ho fan les plantes per saber d'on ve la llum. Són els mateixos processos tant per animals com per plantes? Quines són les parts dels éssers vius que fan aquesta funció? Les plantes també tenen òrgans dels sentits?

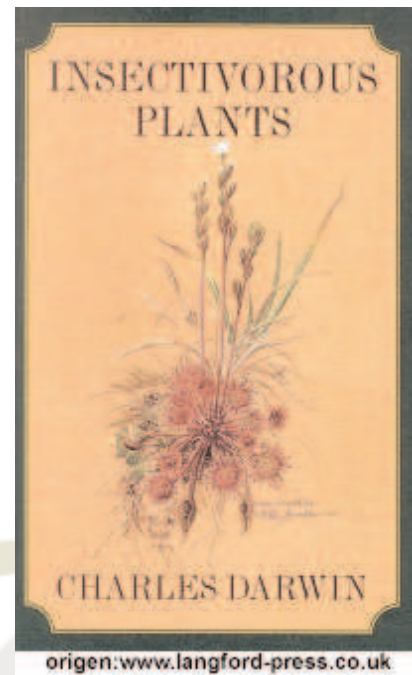
Antecedents/història

El tema de la sensibilitat vegetal s'havia deixat de banda en l'àmbit d'estudi de la ciència fins fa uns anys. Se'n sap poc i pràcticament no se'n parla als llibres.

El primer que va començar a interessar-se pel comportament dels vegetals va ser Charles Darwin. L'any 1875 va publicar *Insectivorous Plants* (Plantes carnívores). Aquesta obra descriu les investigacions i experiments que va dur a terme durant gairebé 15 anys, referents a un terreny de coneixement pràcticament desconegut. Tot va començar l'any 1860 quan Darwin va observar grups de formigues atrapades per les fulles de la *Drosera*. L'objectiu d'aquesta obra és mostrar els nexes existents entre plantes i animals i revelar els mecanismes mitjançant els quals un cert nombre de plantes actuen secretant uns líquids semblants als del sistema digestiu ani-

mal.

A *Insectivorous Plants*, Darwin relaciona els seus descobriments referents a aquestes plantes amb la seva teoria de l'evolució per selecció natural. L'any 1888 i sota la supervisió del seu fill, Francis Darwin, es va publicar una segona edició del llibre que inclou anotacions realitzades posteriorment per Charles Darwin.



Un gran avenç en el coneixement de la naturalesa de les plantes carnívores es va dur a terme a principis del segle XX. Per primer cop es va mesurar el potencial d'acció dels vegetals utilitzant microelèctrodes.

El descobriment dels canals iònics en animals a la dècada dels 60, va fer suposar als científics que les plantes també els tenien, però no fou fins a la dècada dels 80 que aquests es van descobrir a les plantes.

La sensibilitat vegetal

Resposta hormonal: nàsties i tropismes.

Els vegetals no tenen sistema nerviós com els animals, però també tenen mecanismes que els permeten detectar els canvis en l'ambient en el qual viuen i reaccionar a aquests canvis de forma adequada, és a dir, els vegetals responen als estímuls (lluminosos, gravitacionals, mecànics, químics, tèrmics...).

Aquestes són principalment respostes lentes i visibles, ja que són el resultat de l'activitat de les hormones vegetals o fitohormones.

Les hormones dels vegetals no es produeixen en glàndules, però circulen per l'interior del vegetal juntament amb la saba bruta i actuen allà on és necessari.

Són les hormones les encarregades d'estimular i inhibir el creixement de les plantes, i gràcies a elles les tiges, les fulles i les arrels creixen quan i com toca, o apareixen flors quan arriba el bon temps, o germinen les llavors si les condicions són adequades.

Les plantes produeixen una gran varietat d'hormones. Les auxines i giberelines són les hormones que promouen el creixement de la planta. Les citoquinines estimulen la divisió i la diferenciació cel·lular...

L'acció de les hormones provoca dos tipus de moviments en els vegetals: els tropismes i les nàsties.



Mimosa pudica, origen: www.lemiepiante.it

Els tropismes

Els tropismes són respostes a un estímulo extern que provoca una resposta motora degut a un creixement del vegetal en una direcció determinada, orientats per l'estímulo (a favor o en contra). Determinen la forma del vegetal d'una manera permanent. Es poden classificar en:

-Fototropisme. Les tiges tenen fototropisme positiu i creixen en direcció a la llum. Quan deixem una planta a un lloc fosc, podem observar com aquesta modifica la direcció del creixement cap a l'estímulo.

-Geotropisme (l'estímulo és la gravetat). Les arrels creixen enterrant-se dins el sòl perquè tenen geotropisme positiu.

-Tigmotropisme. S'anomena així el tropisme que té com a estímulo el contacte físic. Algunes plantes, com les enfiladisses, responen al contacte amb alguna superfície creixent en aquella direcció, tenen tigmotropisme positiu.

Les nàsties:

Són també moviments dels vegetals com a resposta a certs estímuls externs, però a diferència dels tropismes, no es produeixen en una direcció orientada per l'estímulo i és una resposta no permanent (no provoquen un creixement).

Algunes plantes responen a l'estímulo de la llum com algunes margarides, obrint i tancant els seus pètals, o com el gira-sol. Altres responen a la pressió o el contacte, com la *Mimosa pudica*, que tanca les fulles per semblar marcida i passar més desapercebuda, o algunes plantes carnívores que es tanquen per capturar la presa.

Hi ha nàsties com a resposta a la temperatura, és el cas, per exemple de les tulipes i les flors del safrà que tanquen i obren els seus pètals quan hi ha un canvi de temperatura.

-Algunes plantes també responen a la humitat, amb canvis de turgència de les fulles.

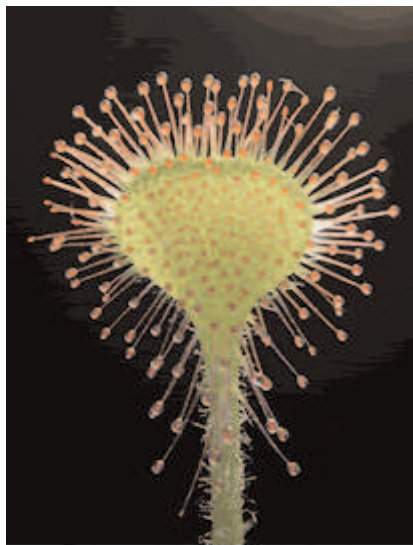
Plantes carnívores:

Les plantes carnívores són aquelles que obtenen part o la majoria de les seves necessitats nutricionals mitjançant la captura d'insectes i artròpodes.

Aquestes plantes creixen generalment en llocs on el sòl és pobre, especialment en nitrogen, com les terres àcides pantanoses i els farallons rocosos. Les plantes carnívores inclouen al voltant de 625 espècies que atreuen i atrapen a les seves preses, produeixen enzims o bacteris digestius i absorbeixen els nutrients resultants.

La *Drosera*:

Aquest gènere, està representat per la *Drosera rotundifolia*, pertany al tipus de dispositius enganxosos.



Drosera rotundifolia, origen: commons.wikimedia.org

Les seves fulles posseeixen nombrosos tentacles que tenen en els seus caps glàndules amb secrecions enganxoses. Un animal atret per les substàncies oloroses, quan toca els tentacles hi queda enganxat. També els tentacles veïns es corben cap a la presa per una quimionàstia o un quimiotropisme respectivament,

de manera que tot l'animal queda cobert de la secreció i és digerit, amb excepció de la seva closca quitinosa.

La *Dionaea*:

A la *Dionaea muscipula* les dues meitats foliars formen una trampa mecànica de frontisses, i el pecíol està aplanat en forma foliar. Quan es toquen els pèls tàctils, com a conseqüència de xocs, seismenàstia, o d'estímuls químics, les meitats foliars es dobleguen cap a dalt. Aquest moviment transcorre relativament ràpid i es produït per canvis de turgència en les cèl·lules del mesòfil que estan situades transversalment al nervi mitjà. Fora d'aquest hi ha també processos de creixement que intervenen en aquest moviment. Quan es doblega la



Dionaea muscipula, origen: es.fotopedia.com

fulla, les dents de la vora foliar encaixen en forma de reixa i no deixen escapar la presa. Les nombroses glàndules en la superfície foliar secreten de seguida una substància que dissol l'animal capturat, excepte la quitina.

Resposta motora: l'impuls nerviós.

La sensibilitat vegetal codificada als gens.

Les respostes mecàniques es desencadenen gràcies a neurotransmissors i a diferències de potencial. En aquests processos hi intervenen determinades proteïnes que es troben codificades al genoma.

Com es transmet l'impuls nerviós en plantes?

Moltes plantes també generen potencials d'acció que viatgen a través del floema per coordinar la seva activitat. La principal diferència entre els potencials d'acció d'animals i plantes és que les plantes utilitzen fluxos de potassi i calci mentre que els animals utilitzen potassi i sodi.

Respostes metabòliques

Les fulles també senten

Abans s'han explicat les respostes a estímuls que es poden veure a simple vista, però no totes les respostes són visibles, així doncs, també existeixen les respostes metabòliques que només poden ser detectades amb aparells específics.

La majoria del nostre coneixement es basa en senyals químics mentre que altres tipus de senyals, com per exemple el elèctrics, encara no s'entenen del tot. Com que els senyals elèctrics poden viatjar a altes velocitats, juguen un paper molt important a les respostes immediates de plantes a condicions adverses de l'ambient. Podem parlar de dos tipus de senyals elèctrics en plantes: el potencial d'acció i la variació de potencial. Es té poca informació dels efectes d'aquests senyals induïts per l'estrès en plantes.

Se sap que els senyals elèctrics influeixen en la fotosíntesi i que aquests poden viatjar a través de varis teixits vegetals o òrgans i recórrer grans distàncies. Canvis en el pH dels cloroplasts i en la conformació de la membrana cel·lular han estat especulats com a resultat de senyals elèctrics induïts per calor i d'aquí vénen els canvis en la fotosíntesi.

A part dels canvis observats en el procés de fotosíntesi després de subministrar calor, també es va observar un variació en la conductivitat dels estomes. A més, el transport d'electrons i la fixació de CO₂ que es duen a terme durant la fotosíntesi respongueren diferent després que se sotmetés la plan-

ta, o una part d'ella, a una font de calor.

Aquests resultats portaren als científics a postular que els canvis observats són, a la llarga, mediatos per un senyal elèctric que indueix a un decreixement de la conductància de CO₂ al mesòfil de les fulles. És a dir, els senyals elèctrics semblen ser les principals responsables de les variacions de CO₂ en les plantes com a resposta a canvis sobtats de l'ambient.

Per tal de verificar si les hipòtesis plantejades eren certes, es va realitzar un experiment amb una fulla trifoliada. Les mesures dels paràmetres de senyals elèctrics i intercanvi de gasos es varen mesurar dins capses de Faraday.

Després de mesurar-ne l'activitat metabòlica en condicions normals, es varen detectar senyals elèctrics en els folíols del costat en cremar un dels tres folíols. Així, la mateixa planta responia a la situació d'estrès variant el metabolisme per tal de "frenar" aquell canvi en l'ambient que la perjudicava. Un increment en la concentració de CO₂ també fou detectat.

Per primer cop, amb aquest estudi, ha quedat demostrat que els senyals elèctrics poden afectar la fisiologia dels processos en plantes.

En referència al mecanisme iònic dels senyals elèctrics, s'ha demostrat que l'entrada de Ca²⁺, així com la sortida de Cl⁻ i K⁺ estan involucrats en la formació del potencial d'acció.

Aquests estudis han estat confirmats per altres estudis d'altres plantes, on una declinació de la fotosíntesi després del subministrament de calor era sempre detectat.

Influència de les senyals hidràuliques a l'obertura dels estomes

El CO₂, la humitat de l'aire i la del sòl afecten a l'obertura dels estomes, en concret al pH de la saba del xilema, als ions (inorgànics i orgànics) i a les fitohormones. Les sequeres augmenten la retenció de l'aigua i el pH del xilema.

Els senyals elèctrics afecten la respiració cel·lular, el consum d'aigua i l'activitat de gens que inhibeixen gens al nivell d'intercanvi de gasos. Els senyals elèctrics i hidràulics intervenen en la comunicació de les arrels i els estímuls dels dos papers diferents de la fotosíntesi i en l'obertura dels estomes. Afecten de diferents maneres a la fotosíntesi i a l'obertura dels estomes.

EXPERIMENT

Objectiu:

Observar la influència dels senyals elèctrics i hidràu-

lics a l'intercanvi de feixos a les fulles, a la fluorescència de la clorofil·la, al potencial eclèctic de les plantes i a la turgència de les cèl·lules a través de la inhibició d'aquests senyals.

Conclusions:

El senyal hidràulic va iniciar el descens de l'obertura estomàtica a causa de la pressió que patia la planta. En canvi els senyals elèctrics varen provocar el control fisiològic de l'absorció del CO₂ en tornar a regar la planta després d'estar en un medi de sequera. La generació ràpida, independent i la propagació de ls senyals elèctrics i hidràulics en el sistema de l'arrel permet respondre ràpidament a l'augment d'humitat del sòl. Aquest fet sembla ser ecològicament significatiu per les plantes C₄ que tengueren el seu origen en hàbitats amb poca aigua.

Actualitat

Una investigació constata la importància dels canals iònics de les membranes cel·lulars amb diverses funcions vegetals.

Les plantes no tenen pensaments, però responen de diverses maneres als estímuls externs. Els mecanismes cel·lulars que subjuguen aquestes respostes estan sent estudiats per Elizabeth Haswell, biòloga de la Universitat de Washington en Sant Louis, Estats Units. Els seus descobriments han establert, a dia d'avui, que seqüències homòlogues dels gens que codifiquen el comportament de les cèl·lules bacterianes, així com determinats mecanismes d'aquestes, són la base de la "sensibilitat vegetal". Aquests gens i mecanismes explicarien, per exemple, la capacitat de les enfiladisses per envoltar enreixats. A més, altres homòlegs d'aquests tipus de canals iònics mecanosensitius han estat trobats no només en les membranes de les cèl·lules vegetals, sinó també en cloroplasts, i en les membranes de les mitocondries.

L'estudi de la investigadora es basa en què podrà provar-se que els canals mecanosensitius tenen una àmplia varietat de funcions no només en les cèl·lules bacterianes, sinó també en les cèl·lules vegetals.

La investigadora i els seus col·laboradors assenyalen que els canals mecanosensitius de les cèl·lules vegetals s'encarreguen no només de descarregar ions, sinó també de fer senyals a tota la cèl·lula, i que han d'estar integrats en processos de senyalització comuns, com la resposta a l'estrès osmòtic.

Haswell afirma que les funcions d'aquests canals podrien explicar fins i tot certs moviments ràpids de

les fulles, com els quals es produeixen en l'espècie *Mimosa pudica* quan és tocada. Els descobriments de Haswell han aparegut detallats en la revista *Structure*.

Curiositats

La planta del tabac (*Nicotiana tabacum*), en ser picada o mossegada per erugues o qualsevol insecte, crea una sobrecàrrega de nicotina en les seves arrels que llança a les seves branques i fulles a través dels vasos interns, produint un sabor tan fort que provoca que els insectes abandonin immediatament les plantes, defensant-se així la planta de l'atac.



Per saber-ne més

Article on s'explica la comunicació entre plantes quan es veuen en perill
<http://www.levante-emv.com/ciencia-investigacion/3224/comunicacion-plantas/215541.html>

Vogel, G., & Angermann, H. (1983). *Atlas de biología*, Barcelona: omega
 Llibre que introdueix els fonaments de la teoria científica, els temes i mètodes biològics. És una obra de consulta gràcies al seu índex detallat i les nombroses referències.

Nultsch, W. (1975). *Botánica general. Manual para médicos y naturalistas*. Barcelona: omega

Bibliografia

La funció de relació. [Retrieved 01/23, 2013, from <http://blocs.xtec.cat/naturalsom/2n-eso/5-la-funcio-de-relacio-en-animals-i-plantas/>]

Potencial d'acció. [Retrieved 01/23, 2013, from http://ca.wikipedia.org/wiki/Potencial_d'acci%C3%B3]

Darwin, Charles (1875) *Insectivorous plants*, [Retrieved 12/07, 2012, from <http://darwin-online.org.uk/>]

Comunicació entre plantes. [Retrieved 12/06, 2012, from <http://www.levante-emv.com/ciencia-investigacion/3224/comunicacion-plantas/215541.html>]