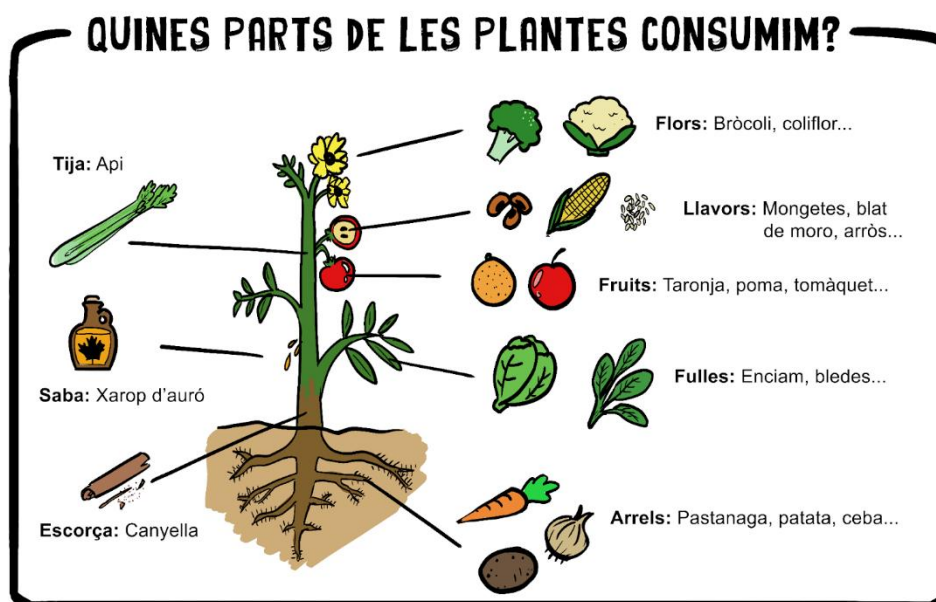


La vida secreta de les plantes (part I)

Les plantes ens envolten des de temps immemorials i ens encanten com a element decoratiu, oferint-nos un vincle o connexió amb la natura. De fet, molta gent probablement no es para a pensar en com de fascinants i complexos poden ser les vides d'aquests éssers vius fora de la seva vessant decorativa. A simple vista semblaria que les plantes viuen en una passivitat completa, on simplement absorbeixen aigua mentre fan la fotosíntesi per poder viure. Però això no és més que la punta de l'iceberg. Aquests apassionants éssers són realment sofisticats, més dinàmics del que ens pensem, i amaguen habilitats sorprenents!

Els humans, com a espècie, depenem completament de les plantes per sobreviure. De fet, n'aprofitem cada part en diferents espècies cultivables per a obtenir-ne nutrients, siguin arrels, flors, fruits, llavors, fulles, escorça, saba o tija.



Cada cop sabem més sobre les plantes, però això ens porta a fer-nos noves preguntes. De fet, us heu parat mai a pensar si les plantes ens escolten? Poden sentir dolor? Es comuniquen entre elles? En aquesta entrada de Xarrup de Ciència intentarem respondre algunes d'aquestes preguntes i encetar un fil de curiositats per explorar en properes entrades.

Per començar, sabem del cert que les plantes no tenen cervell, i això fa que no puguin sentir el dolor com ho fem nosaltres. Tot i així, és motiu de debat si tenen o no un sistema nerviós com els animals. De fet, si per sistema nerviós entenem la capacitat de generar, transmetre i processar senyals, les plantes **sí** que tenen sistema nerviós. De fet, [un estudi publicat el 2018](#) confirmava que aquesta capacitat de comunicar-se a través de senyals es dona a les plantes a través d'uns receptors basats en l'aminoàcid glutamat com a primer missatger, igual que passa en animals!

Essencialment, podem simplificar aquest sistema nerviós pensant que és un sistema de comunicació intern per a la planta. Una manera per la qual ella mateixa pot comunicar

les seves parts per prendre decisions segons els estímuls externs (per exemple, segons els nutrients al sòl, aigua disponible, o temperatura ambiental). Anant més enllà, al llarg dels anys s'han investigat diversos sistemes que permeten a les plantes comunicar-se, no només amb elles mateixes, sinó amb el seu entorn. Òbviament, aquesta comunicació no és duta a terme com la fem els humans, a través d'un llenguatge o gestos, sinó que normalment es basa en l'alliberació de senyals químiques. I no ens confonguem, la comunicació no sempre és amigable. Certs compostos que poden alliberar poden ser molestos, irritants, o fins i tot tòxics per als seus destinataris. En altres ocasions fins i tot, podem veure aquesta comunicació traduïda en la formació d'estructures de defensa per part de la planta, o canvis en la seva morfologia per atraure o dissuadir.

A continuació veurem alguns exemples segons el tipus de comunicació:

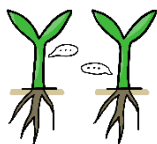
Comunicació interna



Una planta es comunica internament per enviar missatges sobre canvis en el seu entorn. Hi ha diverses maneres d'enviar senyals. Poden ser a través d'hormones, compostos volàtils, canals de calci a les cèl·lules, o fins i tot canvis de potencial elèctric. Els missatges més comuns durant el desenvolupament d'una planta poden ser aquells que regulen el creixement de la mateixa a través d'hormones, segons si a l'entorn es donen condicions favorables o no. Per exemple, en condicions de sequera, la planta enviarà senyals als estomes de les fulles perquè es tanquin i així la planta minimitza la pèrdua d'aigua.

Si prenem una mirada més específica, també trobarem les anomenades **senyals de resistència** sistèmica adquirida. Quan un microorganisme patògen infecta una part de la planta, aquesta envia senyals a les parts que encara són sanes per preparar-les per resistir la infecció a través de:

- Proteïnes pròpies que ataquen la paret cel·lular, que protegeix el patògen.
- Proteïnes que s'adhereixen al patògen per evitar que es dissemini.
- Substàncies oxidants, tòxiques per al patògen, que fan front a la infecció.
- Alteracions del metabolisme de la pròpia planta, estimulants la producció de lignina i compostos fenòlics per tornar més robusta la paret de les seves cèl·lules i així dificultar que el patògen envaeixi la planta.



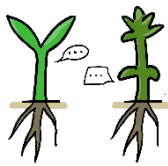
Comunicació entre plantes de la mateixa espècie

Com ho fan les plantes per parlar entre membres de la mateixa espècie? Aquí entren en joc els **compostos orgànics volàtils (COVs)**. Les plantes poden emetre un ampli ventall d'aquests compostos que fan de senyals per les plantes veïnes. Per exemple, algunes plantes emeten COVs en resposta a dany causat per patògens o animals herbívors, alertant així les altres plantes del seu voltant perquè preparin les seves defenses (per exemple, alliberant substàncies irritants o tòxiques que afectin a aquells mateixos herbívors).

Un altre mètode de comunicació són les senyals arrel-arrel a través de molècules com les estrigolactones, les citocines i les auxines. Per a què els serveix comunicar-se entre plantes a través de les arrels? Doncs aquesta comunicació no només permet estimular que les plantes veïnes en condicions de sequera per avisar-les que facin créixer més les arrels per aprofitar l'aigua, sinó que permeten a les plantes compartir la pròpia aigua!

A través d'un fenomen que anomenem redistribució hidràulica, algunes plantes dels climes àrids o periòdicament secs poden transportar aigua de capes profundes del sòl cap a la superfície, de la superfície a les profunditats, o fins i tot d'un lateral a l'altre si els cal redistribuir-la o compartir-la entre individus.

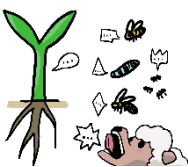
En tercer lloc, el contacte físic directe també pot provocar canvis en els patrons de creixement d'una planta, com ara l'allargament de les tiges o les fulles per evitar l'ombra. Aquesta resposta està mediada per una hormona anomenada auxina, que es produeix en resposta al tacte. I derivat del contacte físic també es pot desencadenar un enviament dels COVs dels que acabem de parlar. De fet, algunes plantes poden reaccionar als herbívors no només després de patir un dany directe, sinó des del moment que detecten la seva saliva. En aquests casos, algunes plantes poden alliberar senyals per atraure els depredadors dels herbívors que se les estan menjant. L'enemic de l'enemic, és el seu amic en aquest cas!



Comunicació entre plantes de diferents espècies

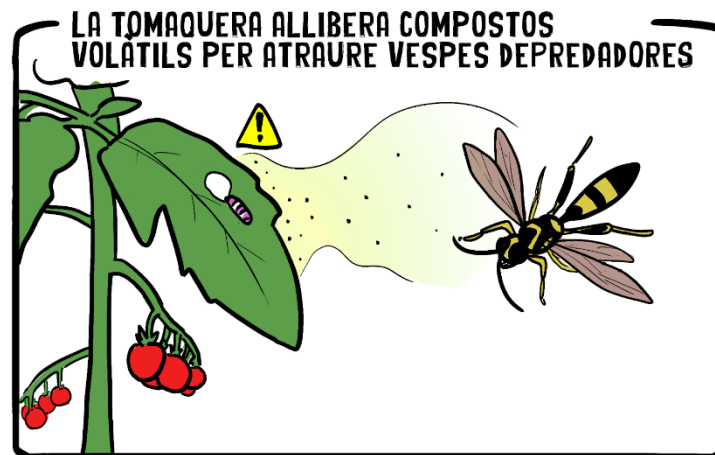
El contacte físic en aquest cas també és rellevant, doncs algunes plantes poden intensificar el creixement per competir per la llum i fer ombra a les altres plantes, o bé abastar més àrea al sòl fent créixer les arrels i competir millor per aigua i minerals. A més a més, les plantes poden alliberar substàncies químiques que inhibeixen el creixement o la germinació d'altres espècies vegetals. Coneixem aquest fenomen com al·lelopatia. Per exemple, els noguers negres (*Juglans nigra*) produeixen una substància química anomenada juglona, que és alliberada al sòl i és tòxica per a moltes plantes, com ara tomàquets, patates i pomes (a nivell pràctic, pot inhibir el seu creixement).

Però no totes les comunicacions entre plantes de diferents espècies són hostils. Les plantes poden formar xarxes en simbiosi amb fongs, que a través de les seves hifes connecten les arrels de diferents espècies vegetals. Aquestes xarxes, anomenades xarxes micorríziques, permeten a les plantes compartir sucres, nutrients i altres recursos amb les plantes veïnes. I no penseu que això és només una curiositat, el 95% de les plantes conegudes es coneix que tenen aquestes simbiosis amb fongs! De fet, la majoria dels bolets comestibles de boscos de pins (rovellons, llenegues, rossinyols, fredolics...) són el cos fructífer d'aquests fongs.



Comunicació amb altres espècies

En el marc de la defensa pròpia, ja hem mencionat alguns mecanismes per els quals les plantes es poden comunicar amb altres espècies, com per exemple atraient els enemics dels seus depredadors (alliberant COVs). Aquest tipus de **defensa indirecta** es coneix com a defensa tritròfica, i sense anar gaire lluny, la podem trobar en les tomaqueres. Concretament, s'ha descrit en tomaqueres la capacitat de reaccionar a l'herborisme per part d'erugues emetent compostos volàtils que atrauen a vespes parasitoides. Com hem parlat anteriorment a Xarrup de Ciència, això implica que aquestes vespes pondran els seus ous dins les erugues, matant-les quan aquests eclosionin i les seves larves se n'alimentin. Malgrat haver desenvolupat aquesta fantàstica capacitat, s'ha descrit que la domesticació de les tomaqueres ha acabat reduint la seva capacitat d'atraure enemics naturals dels herbívors.



I no acaben aquí els exemples. Alguns pollancres atacats per insectes herbívors poden alliberar substàncies que atrauen castors, que procediran a menjar-se l'escorça de l'arbre, reduint així el nombre d'herbívors. A més a més, les acàcies també han desenvolupat un ventall d'eines per fer front a herbívors com les girafes. Entre aquestes trobem l'atracció de formigues a través de compostos volàtils, que defensaran la planta d'invasors, també l'aparició d'espines per dificultar l'herborisme, o l'acumulació de tanins a les fulles fent que aquestes tinguin un gust amarg i desagradable!



Aquests dos darrers mètodes (l'aparició d'espines i l'acumulació de tanins) ja no els podem considerar mecanismes indirectes de defensa, sinó que són mecanismes de **defensa directa**. D'aquests també en trobem un ampli ventall que serveix per a dissuadir el herbívors. Entre els més estudiats trobem:

- El desenvolupament de fulles, branques o tiges endurides, amb pèls, o amb espines, que actuen com a barreres físiques per dificultar l'alimentació per part d'herbívors.
- La producció de substàncies químiques de defensa que es poden alliberar o acumular a la pròpia planta, i són tòxiques o desagradables per als depredadors o competidors.
- La mimesi de l'aparença d'altres organismes per a dissuadir herbívors, fent-los pensar que la planta no és comestible.

- Els moviments ràpids de la fulla. Algunes plantes sensibles com la Vergonyosa (*Mimosa pudica*) poden doblegar les fulles davant el contacte físic, espantant els herbívors.
- La deposició de silici per part d'algunes plantes, que forma estructures abrasives que fan que el teixit de la planta sigui difícil de mastegar i digerir.

Ara bé, no tot és defensa pròpia. Fora de la comunicació per evitar ser menjades per herbívors, les plantes poden interactuar amb altres individus pel seu bé, o un bé comú. Per exemple, produint colors brillants, nèctar dolç o fragàncies específiques poden atraure pol·linitzadors com les abelles i papallones, que assegurin la producció de llavors. Sense anar més lluny, un altre exemple poden ser les mateixes llavors, que poden ser atractives per a altres animals, que les transportaran a nous indrets on la planta es podrà escampar i assegurar la seva supervivència com a espècie.

Arriba un punt on costa de distingir qui és el que envia el primer missatge, o quina és l'espècie que treu benefici de l'altra. En aquest sentit, és comú que les plantes tinguin relacions mutualistes amb animals com les formigues, on la planta proveeix aliments i refugi a canvi de protecció per part de la colònia, com hem vist en el cas de les acàcies. En altres casos, algunes plantes tenen relacions pseudo-simbiòtiques amb insectes com els pugons, que es poden alimentar de la sàvia de les plantes a canvi d'aportar nutrients excedents a la planta un cop processats. No queda clar exactament quin és el benefici de la planta en aquesta relació, si és que en té algun...

El que sí queda clar però, és que els milions d'anys de coevolució entre plantes i animals han donat lloc a una miriada de mecanismes inversemblants per assegurar la supervivència d'uns i altres!

Referències

- Abdul Rashid War, Michael Gabriel Paulraj, Tariq Ahmad, Abdul Ahad Buhroo, Barkat Hussain, Savarimuthu Ignacimuthu & Hari Chand Sharma (2012) Mechanisms of plant defense against insect herbivores, *Plant Signaling & Behavior*, 7:10, 1306-1320, DOI: 10.4161/psb.21663
- Beckers B, Op De Beeck M, Weyens N, Van Acker R, Van Montagu M, Boerjan W, Vangronsveld J. Lignin engineering in field-grown poplar trees affects the endosphere bacterial microbiome. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016 Feb 23;113(8):2312-7. doi: 10.1073/pnas.1523264113. Epub 2016 Jan 11. PMID: 26755604; PMCID: PMC4776533.
- González-Teuber, M., Kaltenpoth, M. and Boland, W. (2014), Mutualistic ants as an indirect defence against leaf pathogens. *New Phytol*, 202: 640-650. <https://doi.org/10.1111/nph.12664>
- Karban, Richard. "Plant Sensing and Communication in Agriculture and Medicine." In *Plant Sensing and Communication* University of Chicago Press, 2015. Chicago Scholarship Online, 2016. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226264844.003.0010>.
- Li, X., Garvey, M., Kaplan, I., Li, B. and Carrillo, J. (2018), Domestication of tomato has reduced the attraction of herbivore natural enemies to pest-damaged plants. *Agr Forest Entomol*, 20: 390-401. <https://doi.org/10.1111/afe.12271>
- Masatsugu Toyota et al. Glutamate triggers long-distance, calcium-based plant defense signaling. *Science*. 361,1112-1115(2018). DOI:10.1126/science.aat7744

- Miguel-Tomé S, Llinás RR. Broadening the definition of a nervous system to better understand the evolution of plants and animals. *Plant Signal Behav.* 2021 Oct 3;16(10):1927562. doi: 10.1080/15592324.2021.1927562. Epub 2021 Jun 12. PMID: 34120565; PMCID: PMC8331040.
- Trappe, J.M. (1987) Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*, G.R. Safir (EDS), CRC Press, Florida
- Turlings, T., & Wäckers, F. (2004). Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-injured plants. In R. Cardé & J. Millar (Eds.), *Advances in Insect Chemical Ecology* (pp. 21-75). Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511542664.003
- Yang G, Huang L, Shi Y. Magnitude and determinants of plant root hydraulic redistribution: A global synthesis analysis. *Front Plant Sci.* 2022 Jul 22;13:918585. doi: 10.3389/fpls.2022.918585. PMID: 35937319; PMCID: PMC9355616.