

QUIN IDIOMA PARLES? EL FASCINANT MÓN DE LA COMUNICACIÓ SOTA TERRA.

Cristiana Ariotti¹, Elena Giuliano¹, Paolina Garbeva² and Gianpiero Vigani^{1,2*}

¹ Plant Physiology Unit, Department of Life Sciences and Systems Biology, University of Turin, Turin, Italy

² Department of Microbial Ecology, Netherlands Institute of Ecology (NIOO-KNAW), Wageningen, Netherlands

YOUNG REVIEWER



**SHASHI
PREETHAM**
AGE: 13

Si ets un microbi que vius al sòl, com et comuniques amb els teus veïns? Parlar anglès, francès o italià no et servirà massa sota terra. En canvi, hauries d'utilitzar molècules com a paraules! Els microbis del sòl com els bacteris i els fongs es comuniquen entre ells i amb altres organismes, com ara els animals o les plantes, a través de la producció de diferents tipus de molècules. Molts organismes utilitzen aquestes molècules com a paraules químiques. Aquestes molècules poden ser volàtils, que vol dir que són com gasos, tal i com passa amb l'aire. Per tant, poden viatjar fàcilment a través de petites butxaques d'aire que hi ha al sòl i poden viatjar molt lluny. És com comunicar-se a llarga distància. Altres molècules són solubles i per tant es poden dissoldre en aigua, permetent la comunicació entre organismes que estan a prop els uns dels altres. Els organismes que reben aquesta comunicació hi poden respondre de diverses maneres, com per exemple creixent més ràpidament o produint altres molècules com a resposta. En aquest article, explorarem l'emocionant i

misteriós món de la comunicació química sota terra i quina funció tenen les interaccions entre microbis i plantes.

VIDA AL SÒL

El sòl és un dels **ecosistemes** més fascinants i complexos que hi ha a la Terra. No només és la superfície exterior del nostre planeta on creixen les plantes, sinó també un món espectacular i amagat on hi viuen molts tipus d'organismes. El sòl és una barreja de trossos irregulars de roca, petits espais d'aire, i matèria orgànica (plantes i animals morts). Aquest medi ambient és un lloc meravellós per a viure-hi microbis, insectes i plantes. Pots creure que el sòl està tant ple de vida? Diferents tipus d'organismes poden viure al sòl depenent de les característiques d'aquest (mida de les roques, tipus d'aliment, quantitat d'aigua, etc.). Aquests diferents organismes construeixen una comunitat específica, que és una col·lecció única dels diferents organismes que viuen junts.

Saps que són els bacteris del sòl? Són organismes molt petits que viuen adherits a les partícules de sòl o a altres coses vives. Hi ha fongs que tenen una forma molt semblant a arrels molt primes que els permet tocar i intercanviar informació amb els seus veïns. Hi ha també bacteris, organismes que només tenen una sola cèl·lula i que normalment només pots veure si fas servir un microscopi. Els organismes que viuen a la **rizosfera** (la porció de sòl que envolta les arrels de les plantes) s'anomenen microbis rizosfèrics. Aquests microbis també poden viure a la superfície de les arrels o dins de les arrels [1]. A la rizosfera hi pots trobar microbis beneficiosos (bons) que ajuden a les plantes a sobreviure i a créixer millor però també microbis nocius (dolents) que ataquen les plantes i les fan emmalaltir.

COM ES COMUNIQUEN ELS MICROBIS DEL SÒL I LES PLANTES?

L'habilitat dels microbis del sòl de comunicar-se entre ells i amb altres organismes és realment emocionant, incloent com es comuniquen amb plantes i animals. Molts científics han estudiat la comunicació entre microbis i plantes. Aquesta comunicació es basa en l'ús de molècules com a paraules, i s'anomena **comunicació química**. Et pots imaginar una molècula com un grup de moltes pilotes petites (que anomenem àtoms) connectades entre elles. Aquests àtoms són peces químiques importants, com el carboni (C), l'hidrogen (H), l'oxigen (O), i el nitrogen (N) que s'ajunten (com un puzzle) per formar molècules com l'aigua (H₂O) o el diòxid de carboni (CO₂). La combinació específica d'àtoms és responsable de crear molècules que tenen propietats diferents.

Els microbis del sòl poden produir molts tipus de molècules que es poden dividir en dues categories principals: molècules **solubles** i molècules **volàtils**. Les molècules solubles es dissolen en aigua, com un terròs de sucre al te, i poden ser transportades per l'aigua al sòl. Aquestes molècules s'utilitzen per parlar amb plantes que es troben a prop dels microbis. Les molècules volàtils, o també anomenats compostos orgànics volàtils (**COVs**), s'utilitzen per a la comunicació

ECOSISTEMA

el conjunt d'organismes diferents (plantes, animals, i microbis) que interactuen amb la matèria no viva en una àrea específica.

RIZOSFERA

la porció de sòl que envolta les arrels on les plantes i els microbis parlen els uns amb els altres mitjançant molècules.

COMUNICACIÓ QUÍMICA

la comunicació que es dona entre dos o més organismes diferents (plantes, animals i microbis) mitjançant l'ús de molècules.

SOLUBLE

una substància que es pot dissoldre en aigua, com la sal o el sucre.

VOLÀTIL

una substància que té una forta tendència en convertir-se en gas i a estendre's per l'aire, com l'olor d'una flor.

COVS

compostos orgànics volàtils produïts per diferents organismes (com plantes i microbis) per comunicar-se els uns amb els altres en la distància.

Figura 1

Interaccions entre les plantes i els microbis en la rizosfera. La il·lustració mostra 3 tipus d'interaccions: (A) interaccions entre les plantes i els microbis que viuen a la superfície o molt a prop de les arrels mitjançant molècules solubles; (B) interaccions entre les plantes i els microbis que viuen lluny de les arrels mitjançant molècules volàtils i (C) interaccions amb els microbis que viuen dins de les arrels, en contacte directe amb les cèl·lules de les arrels. Aquestes interaccions es troben al sòl, una capa formada per roques, espais buits i matèria orgànica.

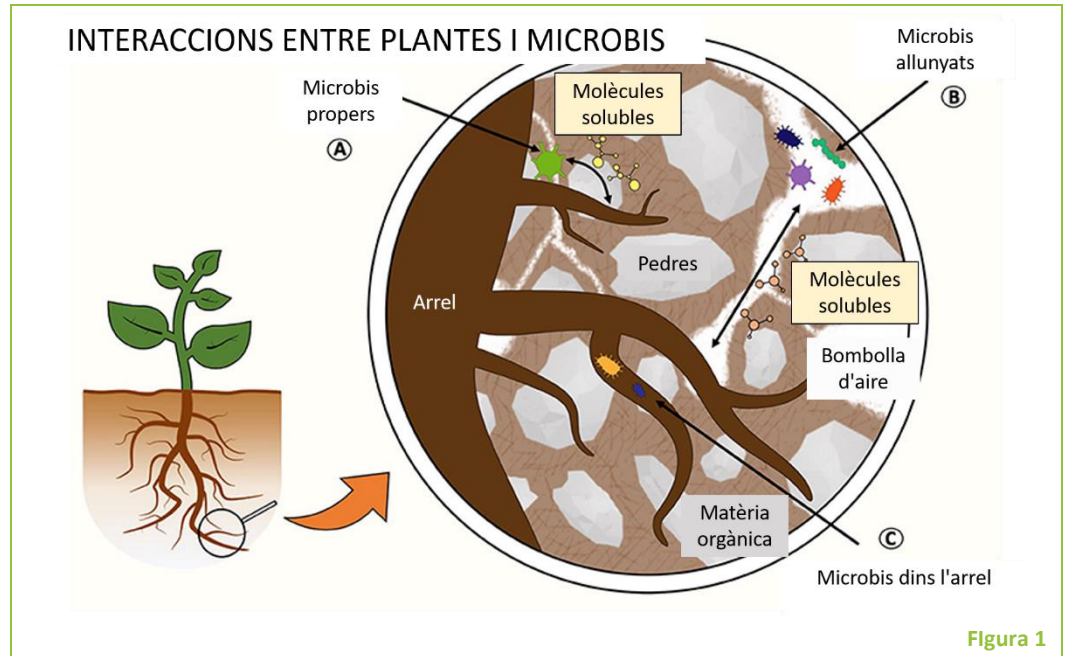


Figura 1

QUINS SÓN ELS EFECTES DE LES MOLÈCULES DE LA COMUNICACIÓ?

Aquí hi ha uns quants exemples del que passa entre microbis i plantes quan comencen a parlar els uns amb els altres.

Plantes i microbis s'ajuden els uns als altres per obtenir menjar

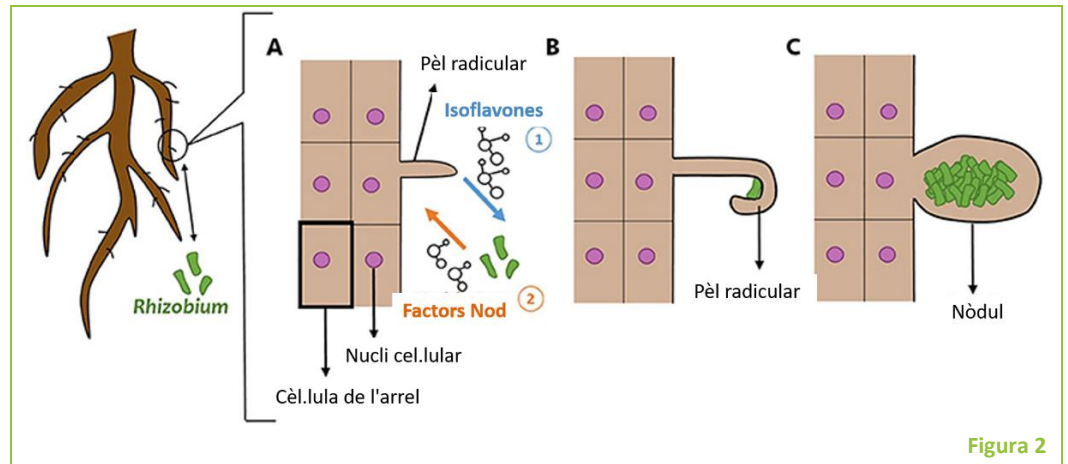
Molts microbis del sòl poden ajudar les plantes a créixer millor perquè fan més disponibles els nutrients que les plantes necessiten. Per exemple, un bacteri anomenat *Rhizobium* pot transformar el nitrogen present a l'aire (N_2) en una molècula diferent: amoníac (NH_3). Aquesta transformació s'anomena fixació del nitrogen i passa al sòl. La fixació del nitrogen és un procés molt important per a les plantes perquè necessiten nitrogen per créixer i només poden obtenir-lo en forma de NH_3 del sòl. Mitjançant aquesta transformació el *Rhizobium* ajuda les plantes a créixer i les fa més fortes!

El què és encara més interessant és que el *Rhizobium* pot parlar amb un grup específic de plantes que inclou la mongeta i el pèsol. Però com funciona aquest diàleg? Primer, la planta deixa anar unes molècules anomenades isoflavones a la rizosfera per atraure el *Rhizobium*. El bacteri "escolta" la planta "parlar" i viatja cap a ella. En el seu trajecte cap a la planta, el *Rhizobium* comença a produir altres molècules conegudes com a factors NOD o de nodulació que ajuden a la planta a crear un espai a les arrels (anomenat nòdul de l'arrel o nòdul radicular) on el *Rhizobium* hi pot viure. A canvi de rebre de la planta un lloc per viure i menjar (sucre), el *Rhizobium* dona a la planta un munt de NH_3

(Figura 2). Això fa que les plantes que deixen viure el *Rhizobium* amb elles creixin millor. Tant per a la planta com per al *Rhizobium*, viure junts és avantatjós perquè ambdós organismes tenen més menjar quan viuen junts i per tant poden créixer millor [2].

Figura 2

Els efectes de les interaccions entre plantes i *Rhizobium* en l'estructura de l'arrel. (A) Estructura normal en una arrel a l'inici de la comunicació química. Primer, la planta produeix isoflavones (1), després el *Rhizobium* hi respon produint factors NOD. (B) El *Rhizobium* es mou cap a l'arrel i s'enganxa a un pèl absorbent, fent que canvii de forma per abraçar el bacteri de tal manera que el bacteri pot entrar dins l'arrel. (C) Formació d'un nòdul en l'arrel, un espai on el bacteri es multiplica i s'intercanvia sucre i nitrogen.



Els microbis poden ajudar les plantes a protegir-se contra patògens i plagues

Els **factors biòtics** són les parts vives del medi ambient, com ara les plantes, els animals i els microbis (Figura 3). Els organismes poden notar estrès biòtic, que és un estrès com quan una planta rep danys degut a bacteris dolents, anomenats patògens, o insectes perjudicials, com les plagues. Els microbis bons poden ajudar les plantes a lluitar contra els patògens i les plagues de dues maneres. En la primera, els microbis poden fer que el patògen/plaga s'allunyi o fins i tot mori. Per exemple, alguns microbis bons produeixen COVs que poden aturar el creixement del patògen o l'atac d'una plaga en una planta. En la segona, els microbis bons poden ajudar les plantes a lluitar contra els patògens dient-li a la planta que es prepari per lluitar mitjançant un increment de les seves defenses. Potser la teva mare també et diu que mengis taronges a l'hivern perquè contenen vitamina C, una molècula important que és capaç d'incrementar les teves defenses immunològiques, protegint-te de malalties. El mecanisme és el mateix per als microbis i les plantes! Per exemple, les molècules produïdes pel bacteri *Pseudomonas fluorescens* fa que les plantes puguin resistir millor als atacs dels patògens [3].

Els microbis poden ajudar les plantes a sobreviure en llocs difícils

Els **factors abiòtics** són les parts no vives d'un medi ambient que inclouen la llum del sol, la temperatura i l'aigua (Figura 3). L'estrès abiòtic és l'efecte negatiu que aquests factors tenen en un ésser viu. Alguns exemples d'estrès abiòtic que poden afeblir a les plantes són un baix nivell d'aigua disponible o nivells elevats de sal. Els microbis bons poden ajudar les plantes a viure en llocs difícils on troben condicions de vida dolentes. Per exemple, el bacteri *Pseudomonas chlororaphis* O6 ajuda algunes plantes a sobreviure quan no hi ha prou aigua [4]. Altres microbis, com el bacteri *Bacillus subtilis* ajuden les plantes a sobreviure en sòls que contenen una gran concentració de sal mitjançant la reducció de la quantitat de sal que entra a les arrels de les plantes [5].

FACTORS BIÒTICS

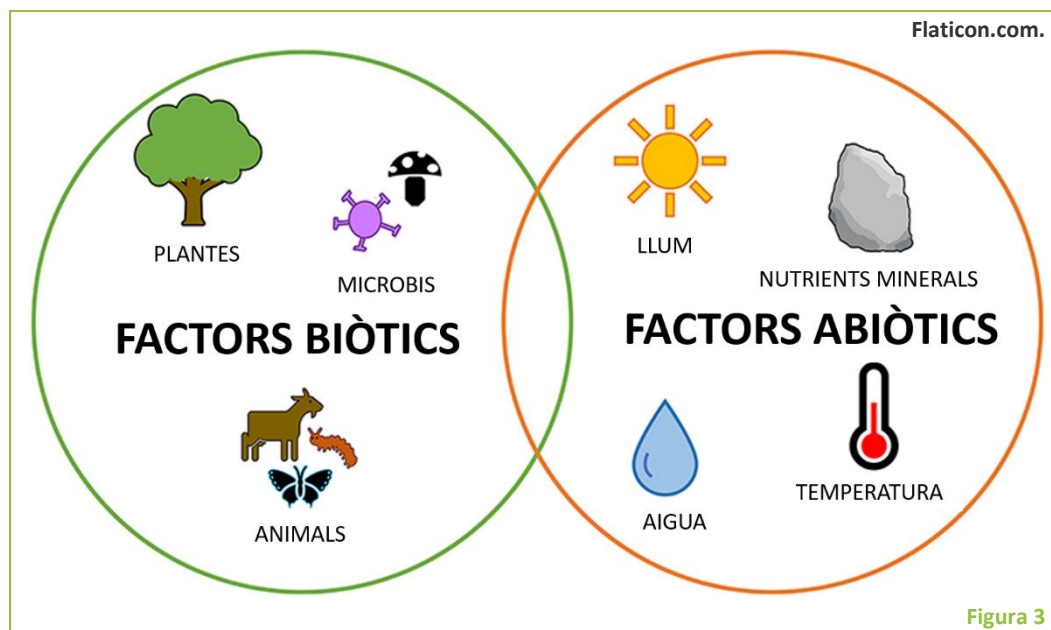
els components vius del medi ambient, com les plantes, els animals i els microbis.

FACTORS ABIÒTICS

els components no vius del medi ambient, com les pedres, la llum del sol i l'aigua.

Figura 3

Alguns factors biòtics i abiòtics importants que interactuen al medi ambient. Aquests factors afecten al creixement de les plantes i poden influir en la comunicació química entre plantes i microbis del sòl.



PER QUÈ ÉS IMPORTANT ENTENDRE LA COMUNICACIÓ QUÍMICA?

La comunicació química entre microbis i altres organismes es va originar fa molts milions d'anys. Fa 450 milions d'anys que les plantes van passar del mar a viure sobre la terra. Els científics pensen que els fongs del sòl van ajudar les plantes a fer aquest salt cap a la terra. Els fongs ajudaven les plantes a obtenir nutrients importants i així les plantes podien sobreviure [6]. Per tant, des de fa milions d'anys la comunicació química entre organismes del sòl ha esdevingut important per al benestar i el creixement de les plantes. En aquest article, hem explicat com les interaccions entre plantes i bacteris poden donar més menjar a les plantes, ajudar-les a lluitar contra patògens, o ajudar-les a viure en llocs difícils. Malauradament però, aquestes interaccions estan en perill! L'ús d'antibiòtics, pesticides i fertilitzants en l'agricultura poden canviar el sòl i també les comunitats d'organismes que hi habiten, fent que alguns d'aquests organismes morin i que creixin uns altres. Canvis en la comunitat microbiana poden tenir efectes terribles per a les plantes. Per exemple, els microbis que creixen poden ser patògens!

La població humana encara està creixent i com que la gent necessita menjar per sobreviure, hem de trobar nous mètodes per incrementar el creixement de les plantes i produir més menjar [2]. Cada vegada més, els microbis estan sent utilitzats com a ajudants naturals per millorar la producció de menjar i el creixement de les plantes. L'estudi de la comunicació entre microbis i plantes és necessària per entendre quins microbis poden ser utilitzats per ajudar les plantes a créixer millor. Hem de vigilar i escollir els microbis adequats! Per exemple, podries pensar que l'ús del fong *Fusarium culmorum* és una bona idea perquè aquest fong ajuda a algunes plantes a créixer en llocs difícils que contenen sals. Però el *Fusarium culmorum* és un organisme perjudicial per al blat de moro. És un patògen! Per aquesta raó els investigadors volen entendre tot el que es pugui sobre la comunicació, per incrementar el nostre coneixement sobre els ecosistemes del sòl, per entendre com els organismes

interactuen en aquests ecosistemes i per ajudar-nos a utilitzar les interaccions entre plantes i microbis per millorar el creixement de les plantes per tal de produir més menjar i protegir els ecosistemes del sòl.

REFERENCES

- [1] van Dam, N. M., Weinhold, A., and Garbeva, P. 2016. Calling in the dark: the role of volatiles for communication in the rhizosphere. *ISME J.* 12:1252–62. doi: 10.1007/978-3-319-33498-1_8
- [2] Tomer, S., Suyal, D. C., and Goel, R. 2016. “Biofertilizers: a timely approach for sustainable agriculture,” in *Plant-Microbe Interaction: An Approach to Sustainable Agriculture*, eds D. Choudhary, A. Varma, and N. Tuteja (Singapore: Springer). p. 375–95. doi: 10.1007/978-981-10-2854-0_17
- [3] Van Wees, S. C. M., Van der Ent, S., and Pieterse, C. M. J. 2008. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Curr. Opin. Plant Biol.* 11:443–8. doi: 10.1016/j.pbi.2008.05.005
- [4] Garbeva, P., and Weiskopf, L. 2020. Airborne medicine: bacterial volatiles and their influence on plant health. *New Phytol.* 226:32–43. doi: 10.1111/nph.16282
- [5] Ortíz-Castro, R., Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., and López-Bucio, J. 2009. The role of microbial signals in plant growth and development. *Plant Signal. Behav.* 4:701–12. doi: 10.4161/psb.4.8.9047
- [6] Field, K. J., Pressel, S., Duckett, J. G., Rimington, W. R., and Bidartondo, M. I. 2015. Symbiotic options for the conquest of land. *Trends Ecol. Evol.* 30:477–86. doi: 10.1016/j.tree.2015.05.007

EDITED BY: Rémy Beugnon, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

CITATION: Ariotti C, Giuliano E, Garbeva P and Vigani G (2020) The Fascinating World of Belowground Communication. *Front. Young Minds* 8:547590. doi: 10.3389/frym.2020.547590

CONFLICT OF INTEREST: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

COPYRIGHT © 2020 Ariotti, Giuliano, Garbeva and Vigani. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

YOUNG REVIEWER



SHASHI PREETHAM, AGE: 13

Hello, my name is Shashi, I am 13 years old and I go to Penglais School. I enjoy playing football and basketball. My favorite subjects are Maths and Computers. I am currently studying year 8. I am a four times Guinness World Records holder in a game called Rocket League and my name is in 2018 Guinness World Record Gamers Edition.

AUTHORS

CRISTIANA ARIOTTI

I recently graduated from the University of Turin with a degree in Environmental Biology. I am now a Ph.D. student at the University of Turin where I study the communication between plants and soil microbes growing in iron-deficient conditions. In my free time, I love climbing mountains (I live near the Alps!) and singing in choirs.

ELENA GIULIANO

I recently graduated in Environmental Biology from the University of Turin. I would like to apply for a Ph.D. in plant science. I am interested in plant-microbe interactions and plant protection against biotic and abiotic stress. I like sharing knowledge and ideas with people from different cultures and I love reading and taking photos in my spare time.

PAOLINA GARBEVA

I am group leader in the Department of Microbial ecology at NIOO in Wageningen. The focus of my current research is to understand the fundamental mechanisms of microbial chemical interactions and communication.

GIANPIERO VIGANI

I am researcher at University of Turin (Italy). The focus of my research is to understand how plants take up nutrients and water from the soil and how plant-microbe interactions belowground occur. *gianpiero.vigani@unito.it

TRANSLATOR

SANDRA VARGA

University of Lincoln