

# Le piante. Vita intelligente dei nostri paesaggi

**Bianca Bonato**

Dipartimento di Psicologia Generale, Università degli Studi di Padova, Padova, Italia  
[bianca.bonato.1@gmail.com](mailto:bianca.bonato.1@gmail.com)

**Umberto Castiello**

Dipartimento di Psicologia Generale, Università degli Studi di Padova, Padova, Italia  
[umberto.castiello@unipd.it](mailto:umberto.castiello@unipd.it)

## Abstract

*In this essay we will delve into the behavior of plants, one of the main elements that characterize our landscapes. A solid understanding of a landscape cannot exclude a deep knowledge of the plants world and the dynamics that exist between the communities of plants that compose it. The aim is to go beyond the vision of greenery as a mere background and compositional language to consider it, more properly, as the main actor of the landscape, with its needs, its peculiarities and its...intelligence. We will initially make a brief excursus into the remarkable cognitive capacities of plants, and then we will focus on the complex interactions that plants are capable of in order to enhance their survival. We will conclude emphasizing the value of green spaces also for the protection of biodiversity and ecosystems.*

In questo saggio approfondiremo il comportamento di uno dei principali elementi che caratterizza i nostri paesaggi: le piante. La comprensione di un paesaggio non può esimersi da una profonda conoscenza del mondo vegetale e dalle dinamiche che intercorrono tra le comunità di piante che lo compongono. Lo scopo è di andare oltre la visione del verde come mero sfondo e linguaggio compositivo per considerarlo, più propriamente, come il principale attore del paesaggio, con i suoi bisogni, le sue peculiarità e la sua...intelligenza. Dopo un breve excursus sulle straordinarie abilità cognitive delle piante, ci soffermeremo sulle complesse relazioni che le piante sanno tessere al fine della sopravvivenza. Concluderemo, con una riflessione sull'importanza del verde non solo per la progettazione dei nostri paesaggi ma anche per la salvaguardia della biodiversità e gli ecosistemi.

## Keywords

*Plants, Plants behavior, Plants communities, Social, Intelligence.*

Piante, Comportamento vegetale, Comunità vegetali, Socialità, Intelligenza.

Questo saggio vuole stimolare un confronto e una riflessione sul ruolo delle piante per la comprensione e la progettazione del paesaggio, al fine di lasciare spazio alla conservazione degli ecosistemi e della vita che supporta l'umanità.

In effetti, non si può parlare di umanità se non si parla prima del mondo vegetale. Tra i 488 e 444 milioni di anni fa, nel tardo Ordoviciano, le piante hanno fatto la loro comparsa sulla Terra (Lenton et al., 2012) e da quel momento sono state indispensabili per lo sviluppo della vita, espandendola dagli oceani alla terraferma. L'atmosfera primordiale iniziò ad arricchirsi di ossigeno gassoso, favorendo l'evoluzione di tutti gli esseri viventi in quella che è chiamata 'Esplosione del Cambriano' o '*Biological Big Ben*'. Appare quindi evidente che le piante abbiano da sempre giocato un ruolo centrale non solo nella comparsa dell'umanità, ma più in generale nella comparsa di tutte le forme di vita e della Terra per come la conosciamo oggi.

Attualmente, le piante rappresentano l'83% (Bar-On et al., 2018) della biomassa vivente, contro l'1,5% degli animali, e sono alla base dell'evoluzione bio-geo-chimica ed ecologica del pianeta, alimentando, oltre agli animali, i funghi e i batteri. Nonostante l'enorme importanza che le piante rivestono per la nostra sopravvivenza, viviamo in un mondo in cui l'inquinamento, la deforestazione, l'urbanizzazione stanno

portando danni irreparabili all'ambiente. Stiamo distruggendo il mondo vegetale senza renderci conto che questo potrebbe portare anche alla nostra estinzione. Negli ultimi 250 anni sono scomparse ben 571 specie di piante, più del doppio del numero delle specie animali estinte nello stesso periodo, ossia 271 (Humphreys et al., 2019).

In questo senso non solo appare fondamentale, ma anche necessario, recuperare l'importanza della conservazione degli ecosistemi attraverso la progettazione del paesaggio, al fine di tutelare il verde ed educarne all'importanza. Quando si parla di paesaggio, inevitabilmente si fa riferimento ad una comunità di piante che si sviluppa in una particolare area e svolge un ruolo vitale nell'ecosistema. La progettazione di un paesaggio non può esimersi da una profonda conoscenza del mondo vegetale e delle dinamiche che intercorrono tra le varie piante di una comunità.

Addentriamoci ora nelle complessità del mondo vegetale sotto un'ottica scientifica che mira alla comprensione delle caratteristiche cognitive e comportamentali delle piante: le scienze cognitive comparative. Lo scopo è di andare oltre la visione del verde come mero sfondo e linguaggio compositivo, per considerarlo più propriamente come il principale elemento del paesaggio, con i suoi bisogni, le sue peculiarità e la sua... intelligenza.

**Fig. 1** - Diverse specie vegetali, per lo più piante carnivore, all'interno delle *Amazon Spheres* di Seattle (WA, USA). Uno scrigno di biodiversità all'interno di una metropoli. Il fine delle *Spheres* è creare uno spazio verde per i dipendenti Amazon. Le serre, infatti, sono state create e pensate come uffici per riconnettere le persone alla natura grazie ad un design biofilico e fornire ai lavoratori gli effetti benefici dell'esposizione al verde (foto: Bianca Bonato).



### Cognizione nel mondo vegetale

Quando si parla di intelligenza e cognizione vi è sempre il rischio di antropomorfizzare il mondo vegetale, o di assegnare un significato animistico al comportamento delle piante. È necessario, dunque, definire una terminologia che non susciti ilarità e perplessità. Il comportamento intelligente è definito come la capacità di adattarsi all'ambiente circostante ed affrontare nuove situazioni (Sternberg, 1986). La cognizione è ciò che sta alla base di questo comportamento intelligente, racchiudendo sotto questo 'termine-ombrello' tutte quelle attività mnemoniche, attentive, comunicative, di elaborazione delle informazioni e dell'ambiente al fine di implementare risposte adattive.

Data questa definizione, anche nel mondo vegetale possiamo riconoscere un comportamento intelligente. Alla base del comportamento intelligente, così come descritto per gli esseri umani e altre specie animali, vi è la capacità di valutare i costi ed i benefici associati a particolari contesti e di compiere delle scelte in base alle informazioni disponibili. Stiamo parlando di un processo decisionale che vale anche per gli organismi vegetali. La decisione qui viene intesa come un processo adattivo di scelta che si attua attraverso l'acquisizione e l'integrazione delle informazioni pre-

senti nell'ambiente. Per esempio, le piante decidono quando è il momento migliore per germogliare e fiorire. La fioritura, regolata da sostanze che la attivano o la inibiscono, avviene a seguito di una precisa valutazione della presenza e della giusta concentrazione degli elementi necessari all'interno dell'apice vegetativo (Boss et al., 2004). Nello specifico, è stato osservato che il crespino (*Berberis vulgaris* L., una pianta spesso utilizzata per realizzare siepi) è in grado di abortire i propri semi per prevenire l'infestazione dei parassiti, al fine di evitare rischi futuri (Meyer et al., 2014). Infatti, è stato studiato il comportamento di questa pianta quando viene infestata dai tefritidi (*Tephritidae newman*), parassiti che si insinuano nelle bacche prodotte dalla pianta e vi depongono le uova. Una volta schiuse le uova, la larva inizia a nutrirsi non solo del frutto, ma anche dei semi, che di solito sono due. A quel punto la pianta blocca lo sviluppo dei suoi semi per non alimentare ulteriormente il parassita, oppure mette in atto una sorta di aborto del seme infestato, che ha come conseguenza la morte della larva poiché le viene a mancare il nutrimento. In tal modo il secondo seme è salvo e così la pianta può riprodursi. Il processo decisionale comporta che l'agente, in questo caso la pianta, sia in grado di elaborare le informazioni interne ed esterne ad esso, ed integrarle



**Fig. 2** - Orto Botanico di Padova. L'orto botanico più antico del mondo, ove piante diverse convivono seguendo il ritmo delle stagioni e fornendo un polmone verde per la città (foto: Bianca Bonato).

**Fig. 3** - L'addomesticazione del paesaggio in giardino ornamentale con aiuole circoscritte e prati tagliati. Sullo sfondo la riserva naturale dello *Yorkshire Three Peaks Park* (Settle-Horton in Ribblesdale, Yorkshire, UK), caratterizzata da arbusti di brughiera (foto: Bianca Bonato).



con le esperienze passate. Tale processo implica che le informazioni siano presenti in una possibile memoria al fine di poter compiere la scelta più adattiva.

Ma le piante hanno una memoria? Se prendiamo come riferimento la definizione di memoria intesa come la funzione cognitiva tesa ad apprendere, conservare e riprodurre informazioni esterne ed interne all'individuo, allora possiamo attribuirle anche al regno vegetale. A tal proposito sono numerose le evidenze sperimentali che dimostrano la capacità delle piante di memorizzare le informazioni. Per esempio, le piante sono in grado di memorizzare le conseguenze di un attacco da parte di parassiti o insetti erbivori, così da poter mettere in atto meccanismi di difesa per prevenire attacchi futuri (Karban, 2008; Karban, Niiho, 1995). La memoria, quindi, non è presente so-

le piante in quanto permette loro di reagire in modo funzionale all'ambiente circostante e di adattarsi ad esso.

Ma come aggiornare la memoria delle esperienze passate con nuove esperienze? Con l'apprendimento. L'apprendimento è cambiamento, ovvero la capacità di modificare il proprio comportamento al fine di poter rispondere in modo rapido ed adattivo alle numerose e mutevoli richieste ambientali (Darwin, 1859). Un esempio di modificazione comportamentale è la progressiva diminuzione dell'intensità di una risposta alla presentazione di uno stimolo. In particolare, uno stimolo nuovo o inusuale comporta l'attivazione di una serie di rapide reazioni fisiologiche e motorie nell'individuo (e.g. orientamento). Allo stesso tempo, se tale stimolo viene presentato più volte subentra una progressiva indifferenza, ovvero una progres-

siva abitudine allo stimolo presentato. Si tratta di un processo adattivo che permette ad un organismo di focalizzarsi sulle informazioni rilevanti presenti nell'ambiente e di escludere le informazioni irrilevanti (Eisenstein et al., 2001). Pfeffer (1873) fu il primo ad applicarla alla pianta di *Mimosa pudica* (*Mimosa pudica* L.), una pianta che chiude le sue foglie a seguito di una stimolazione tattile. Egli osservò che applicando una stimolazione tattile ripetuta le foglie della *Mimosa pudica* cessavano di richiudersi. In un ulteriore studio, Gagliano et al. (2014) hanno approfondito tale aspetto. In particolare, questi studiosi hanno sottoposto la pianta di *Mimosa pudica* a ripetute cadute da una certa altezza e hanno notato che dopo un certo numero la pianta smetteva di richiudere le foglie. La pianta aveva appreso che le conseguenze della caduta non erano tali da mettere a repentaglio la sua sopravvivenza.

### **Il movimento delle piante: una finestra sulla loro cognizione**

Addentrando ulteriormente nelle abilità cognitive delle piante, dopo i processi decisionali, la memoria e l'apprendimento non può che venire l'abilità cognitiva animale per antonomasia: il movimento. Nella nostra visione del mondo, ciò che si muove è vivo. Chi o cosa si muove ha intenzioni e chi ha intenzioni ha una mente. In questa prospettiva, organismi apparentemente immobili, come le piante, tendono ad essere considerati come organismi 'passivi', che non sono in grado di muoversi e di interagire intenzionalmente con l'ambiente circostante. In realtà le piante producono numerosi movimenti e anche molto complessi. La principale differenza fra il movimento animale e vegetale è data dalla diversa *scala temporale* all'interno della quale le piante operano. Infatti, se il movimento delle piante fosse ricondotto ad una scala temporale simile alla nostra, saremmo in grado di percepirlo ed apprezzarlo. Prendiamo l'esempio delle piante rampicanti. Di solito vengono utilizzate per abbellire le pareti delle case, creare ornamenti sce-

nografici o riparare dal caldo un terrazzo estivo. Tuttavia, le piante rampicanti non sono solo scenografiche a livello ornamentale: crescendo rigogliose verso l'alto, sono un perfetto esempio di movimento pianificato e controllato. Ma andiamo per gradi, le piante rampicanti sono così dette perché necessitano, a causa della loro struttura morfologica molto sottile, di aggrapparsi ad un supporto per crescere ed accedere con maggiore facilità alla luce. Le piante rampicanti utilizzano il movimento oscillatorio per ricercare nell'ambiente un possibile supporto e, una volta identificato, direzionano il loro movimento verso di esso al fine di potersi aggrappare (Darwin, 1859). Numerose evidenze hanno dimostrato che le piante rampicanti sono capaci di identificare le varie caratteristiche dei potenziali supporti e di 'determinare' se questi siano idonei o meno per la fase di aggrappo (Darwin, 1859; Gianoli, 2015; Trevas, 2014). Ma questo movimento non è un semplice meccanismo di causa-effetto, è un movimento dalla natura flessibile e attiva, dotato quindi di un'intenzionalità motoria, ovvero di uno scopo che lo guida al fine di raggiungere un obiettivo. Recenti studi hanno analizzato il movimento di raggiungimento e prensione nelle piante di pisello (*Pisum sativum* L.) (Guerra et al., 2019; Ceccarini et al., 2020; Wang et al., 2023; Bonato et al., 2023) attraverso l'analisi tridimensionale (3D) del movimento. I risultati hanno dimostrato non solo come le piante siano in grado di pianificare il movimento in modo diverso e dipendente dalle caratteristiche del supporto da afferrare, ma che sono anche in grado di decidere quale supporto afferrare sulla base della miglior convenienza in termini di dispendio energetico (Ceccarini et al., 2020). Inoltre, Bonato et al. (2023) hanno osservato come questi movimenti siano modulati anche dal contesto in cui si svolge l'azione, individuale o sociale, suggerendo un differente pattern motorio a seconda dell'intenzione che guida l'azione. Questa ricerca potrebbe essere di particolare interesse nello studio di una comunità di piante rampicanti, per tenere in considerazione il comportamen-

to di aggrappo delle singole piante quando si trovano in un contesto sociale, una comunità, appunto. Ad esempio, quando più piante si trovano vicine a dover afferrare un singolo supporto nell'ambiente, sembra che ci siano degli aspetti comunicativi che fanno propendere alcune piante per l'aggrappo al supporto e altre per cercare un altro supporto nei dintorni, lasciando quindi il supporto percepito inizialmente alla propria vicina. Stiamo parlando di 'cooperazione'? Di 'competizione'? Questo aspetto è di difficile interpretazione, ma sicuramente Bonato et al. (2023) hanno dimostrato che la cognizione sociale, anche nelle piante, viene riflessa nel movimento e nel modo in cui il movimento viene pianificato, proprio come accade negli umani e negli altri animali.

### **La socialità e la comunicazione nel mondo vegetale**

Questa attitudine sociale nelle piante nasce da un'abilità di base che è quella di distinguere ciò che è sé da ciò che è non-sé, ad esempio nel processo di fecondazione. Infatti, le piante devono essere in grado di distinguere l'identità genetica del polline da quella del pistillo (i.e., organo femminile delle piante) al fine di poter respingere quello geneticamente simile ed evitare così l'autofecondazione (Nasrallah, 2002). Inoltre, la capacità di distinguere il sé dall'altro consente alle piante di percepire la presenza di altre piante vicine e di discriminare gli organismi estranei da quel-

**Fig. 4** - Pianta rampicante di fagiolo (*Phaseolus vulgaris* L.), con il cirro che si arrotola attorno ad un supporto fornito artificialmente (foto: Bianca Bonato).

li appartenenti a sé. Date queste premesse, non possiamo fare altro che riconoscere che anche la cognizione sociale è presente nel mondo vegetale.

In uno studio pionieristico Dudley e File (2007) hanno osservato che le piante di *Artemisia marina* (*Artemisia* L.) presentano una minore proliferazione radicale in presenza di piante parenti rispetto a piante estranee, al fine di condividere con la pianta vicina risorse quali acqua e nutrienti. Ancora, numerosi esperimenti hanno evidenziato come, quando le sostanze nutritive sono particolarmente scarse, piante adiacenti sfruttano la rete di comunicazione creata attraverso il micelio per scambiarsi informazioni e nutrimento al fine di salvaguardare la propria sopravvivenza. Le piante e il micelio cooperano nel senso che in cambio della trasmissione del segnale le piante condividono con i funghi gli zuccheri prodotti tramite la fotosintesi. Un esempio ci viene dalle foreste del Nord-America di Abeti di Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) e Betulle da carta (*Betula papyrifera*). Diversi studi (Simard et al., 1997; Simard, 2009) hanno dimostrato che questi alberi sono in grado di rifornire di carbonio (elemento nutritivo estremamente importante nel regno vegetale) le giovani piante della stessa specie che, non avendo ancora raggiunto grandi altezze e restando quindi perennemente in ombra, non riescono ad ottenere i nutrienti necessari. Per farlo utilizzano la *Micorriza* che, in simbiosi con le radici vegetali, funge da ve-



ro e proprio network sotterraneo (il cosiddetto 'Wood-Wide-Web'). Quindi il *Wood-Wide Web* permette agli alberi più sviluppati di aiutare quelli più giovani che altrimenti non sopravviverebbero. Attraverso la stessa via, le piante possono scambiarsi altri elementi quali azoto e fosforo (Simard et al., 2012). Un'altra evidenza arriva dall'altra parte del mondo, tra i pendii scoscesi della Nuova Zelanda. Uno studio recente (Bader, Leuzinger, 2019) ha indagato una particolare specie arborea, l'Albero di Kauri (*Agathis australis*) in cui, se il tronco viene tagliato, il ceppo si mantiene in vita con l'aiuto delle radici degli alberi vicini, rifornendosi di acqua e sostanze nutritive attraverso il sistema radicale collegato con la *Micorriza*. Sembra che gli esemplari in vita, innestando le loro radici in quelle dei tronchi tagliati, li mantengano in vita. Per i secondi il vantaggio è palese: la sopravvivenza. Ma per gli esemplari in salute quale potrebbe essere il vantaggio? La risposta risiede in un sistema radicale più esteso. Sembra infatti che gli innesti radicali espandano la massa radicale consentendo di raggiungere maggiori distanze e quindi anche maggiori quantità d'acqua e sostanze nutritive. Inoltre, sistemi radicali più estesi consentono una maggiore stabilità della foresta nei ripidi pendii del terreno.

La chiave per la regolazione di tutte le interazioni e le dinamiche nelle comunità vegetali è la capacità delle piante di scambiarsi informazioni attraverso un vero e proprio linguaggio. Le piante, ebbene sì, comunicano e lo fanno sottoterra e sopra il suolo attraverso dei

**Fig. 5** - Nell'isola di Sao Miguel (Sao Miguel, Azores), le ortensie vengono comunemente utilizzate come recinti naturali per i pascoli (foto: Bianca Bonato).

composti chimici che prendono il nome di essudati radicali, e nella parte aerea attraverso le foglie prendono il nome di 'composti organici volatili' (VOCs).

Il linguaggio delle piante è prevalentemente chimico e non ha proprio nulla da invidiare a quello di alcuni animali e dell'uomo. Un recente lavoro di Bonato et al. (2021) si è occupato di andare ad osservare con un'ottica comparativa alcune caratteristiche che rendono il linguaggio chimico dei VOCs simile per alcune caratteristiche al linguaggio umano, al fine di poter dimostrare che il termine *linguaggio* è fortemente appropriato anche per il mondo vegetale. Brevemente, è stato approfondito come il linguaggio chimico delle piante presenti una costruzione gerarchica da unità più semplici, le unità isopreniche, a unità più complesse, i terpeni; proprio come il linguaggio umano, dai morfemi alle parole alle frasi (Penuelas et al., 1995; Bonato et al., 2021). Ancora, è stato riconosciuto come questo linguaggio sia creativo, proprio come quello di alcuni animali, dalle api alle balene alle scimmie, all'uomo (Von Frisch, 1967; Seyfarth, Cheney, 2003; Salwiczek, Wickler, 2004). La creatività si rivela nella capacità delle piante di utilizzare le stesse molecole ma combinarle in maniera differente a seconda del messaggio da veicolare (Holopainen, 2004). Ancora, la capacità astrattiva del linguaggio umano di richiamare concetti che non sono tangibili nel qui ed ora, è stata riconosciuta anche nelle piante. In particolare, l'orchidea *Dendrobium sinense* (Broadmann et al., 2008) combina diverse molecole al fi-



ne di mimare i feromoni emessi da alcune api, con lo scopo di attrarre delle vespe predatrici, che le servono ai fini dell'impollinazione. I feromoni sono segnali chimici tipicamente animali e il fatto che una pianta si sia evoluta per astrarre quelle molecole e ri-utilizzarle a proprio vantaggio non può che darci un esempio concreto di quanto siano organismi perfettamente connessi al proprio ambiente e ricchi di capacità che fino a pochi decenni fa non credevamo possibili (Bonato et al., 2021).

Molte comunità di piante, ai fini paesaggistici ed estetici molto spesso sono composte da piante con fiore, le angiosperme. Essendo i fiori i principali organi riproduttivi delle piante, è importante conoscere il modo in cui le piante li utilizzano anche al fine di comunicare con gli insetti impollinatori, soprattutto se vogliamo ricreare una comunità di piante per sostenere anche le api e dunque, la biodiversità. Per esempio, se vogliamo piantare un'aiuola di *Desmodium* (*Des-*

*modium desv*) (Raguso, 2004), dobbiamo sapere che la comunicazione che avverrà tra questi fiori e gli insetti impollinatori avrà delle ripercussioni sul colore dei fiori stessi. Infatti, è stato dimostrato che questa pianta, normalmente dai fiori color lilla, utilizza l'alta densità di UV di questo colore per attrarre impollinatori. Una volta che il fiore è stato impollinato, attrarre gli insetti non è più una prerogativa della pianta che convertirà il colore dei suoi fiori in un poco interessante azzurrino chiaro.

Ma questa comunicazione non è completamente positiva e mirata allo scambio di informazioni utili per le piante. Vi è anche un altro tipo di comunicazione, che possiamo definire negativa e che va ad intaccare la sopravvivenza delle piante vicine. Questo fenomeno viene chiamato 'allelopatia'. L'allelopatia è l'immissione di sostanze non nutrizionali, provenienti dal metabolismo secondario, che agiscono sul funzionamento e lo sviluppo di altre specie (Kobayashi, 47

2004). Ad esempio, restando nel nostro bacino mediterraneo, troviamo numerose piante con attività allelopatica che innescano comportamenti aggressivi tra le diverse specie. In merito, uno studio ha riportato come le specie di mentuccia comune (*Clino-podium nepeta*), iberico ircino (*Hypericus hircinum*), l'assenzio arbustivo (*Artemisia arborescens*) e euforbia rigida (*Heuphorbia rigida*) avessero effetti fitotossici sulla germinazione e crescita delle radici della lattuga (*Lactuca sativa*), del farinello comune (*Chenopodium album*), del giavone (*Echinochloa crus-galli*) e della senape bianca (*Sinapis alba* (Araniti et al., 2012). Ma non solo, un altro esempio di comunicazione aggressiva e fitotossicità la troviamo con il Noce nero (*Juglans nigra*). Il noce viene spesso apprezzato per la sua chioma che offre ombra, riparo e deliziosi frutti dentro le drupe, le noci appunto. Ma il noce produce una sostanza, lo Juglone, che è altamente tossica per altre piante (estremamente sensibili sono ad esempio il pomodoro, la Nicotiana, le peonie, ortensie), in quanto inibisce la respirazione che consente di produrre l'energia necessaria per l'attività metabolica (Jose, Gillespie, 1998). Spesso, infatti, troveremo accanto ad un Noce delle piante dalle foglie gialle e appassite.

Tuttavia, nelle comunità di piante in un paesaggio, l'alleopatia potrebbe anche essere utile per il controllo naturale delle erbe infestanti, andando così incontro ad una riduzione dei diserbanti chimici (Albuquerque et al., 2011).

Abbiamo dunque esplorato come la comunicazione vegetale e la cognizione sociale siano aspetti fondamentali nello studio di come un gruppo di piante interagisce, si scambia informazioni e può competere o cooperare a seconda del vantaggio da trarre dall'ambiente.

Le comunità vegetali, dunque, ai nostri occhi nascondono intricate relazioni sociali fatte di battaglie nel sottosuolo, messaggi di s.o.s. nell'aria e legami cooperativi o competitivi al fine di approvvigionare le risorse, l'acqua e la luce. Dopotutto, essendo le pian-

te radicate al terreno, l'unica maniera per poter attivamente sopravvivere nell'ambiente è stata quella di sviluppare delle strategie di sopravvivenza che comprendessero la cooperazione di altre piante e alcuni animali, ma anche dei meccanismi difensivi che le proteggessero da eventuali usurpatori.

### Aprire ad una riflessione più ampia

Dopo questo breve excursus sulle abilità cognitive delle piante e sul loro utilizzo per implementare una frenetica vita sociale, un'ultima riflessione ci porta a considerare quanto sia importante studiare il funzionamento di questi organismi non solo per la salvaguardia dei singoli alberi ma anche per la salvaguardia di intere foreste ed ecosistemi che negli ultimi anni vedono sempre più incombente la minaccia legata ai cambiamenti climatici e alla deforestazione.

In conclusione, dobbiamo fare uno sforzo per sovvertire ciò che abbiamo pensato per secoli: che le piante fossero organismi passivi, un mero sfondo delle nostre vite. Impariamo a guardare alle piante come l'altro possibile risultato della nostra stessa evoluzione, un risultato che ha preso una strada diversa con l'ultimo antenato comune universale (un organello primordiale, molto simile ad una cellula) comparso tra i 3,6 e i 4,1 miliardi di anni fa (Hoeninsberg, 2003; Weiss et al., 2018).

Quando guardiamo un paesaggio, non stiamo guardando uno sfondo, ma la brulicante vita di un mondo fatto di esseri viventi che vivono in una scala temporale diversa dalla nostra, a volte impercettibile, in un mondo fatto di chimica e colori che il nostro sistema percettivo limitato non riesce a cogliere ma c'è. Stiamo guardando una società di organismi che ha imparato ad adattarsi alla terra, a sopravvivere per milioni di anni, che ha prodotto l'aria che respiriamo, il cibo che mangiamo e che ha consentito a noi di essere lì, davanti a loro.

Abbiamo un grande debito nei confronti delle piante, impariamo a conoscere la loro straordinaria diversità e intelligenza adattiva. Solo così potremo proteggerle.

## Bibliografia

- Araniti F., Sorgonà A., Lupini A., Abenavoli M.R. 2012, *Screening of Mediterranean wild plant species for allelopathic activity and their use as bio-herbicides*, «Allelopathy Journal», vol. 29, n. 1, pp. 107-124.
- Bader M.F., Leuzinger S. 2019, *Hydraulic coupling of a leafless kauri tree remnant to conspecific hosts*, «Iscience», vol. 19, pp. 1238-1247.
- Bar-On Y. M., Phillips R., Milo R. 2018, *The biomass distribution on Earth*, «Proceedings of the National Academy of Sciences», vol. 115, n. 25, pp. 6506-6511.
- Bonato B., Castiello U. 2020, *Dagli abeti ai piselli. Storie di ordinaria resilienza*, «Psiche», vol. 7, n. 1, pp. 113-121.
- Bonato B., Peressotti F., Guerra S., Wang Q., Castiello U. 2021, *Cracking the code: a comparative approach to plant communication*, «Communicative & Integrative Biology», vol. 14, n. 1, pp. 176-185.
- Bonato B., Simonetti V., Bulgheroni M., Wang Q., Guerra S., Quaggiotti S., Ruperti B., Castiello U. 2023, *Evidence of motor intentions in plants: A kinematical study*, «Journal of Comparative Psychology», Online advance publication, <https://doi.org/10.1037/com0000351>.
- Boss P.K., Bastow R.M., Mylne J.S., Dean C. 2004, *Multiple pathways in the decision to flower: enabling, promoting, and resetting*, «The Plant Cell», vol. 16 (suppl.), pp. S18-S31.
- Brodmann J., Twele R., Francke W., Hölzler G., Zhang Q.H., Ayasse M. 2008, *Orchids mimic green-leaf volatiles to attract prey-hunting wasps for pollination*, «Current Biology», vol. 18, n. 10, pp. 740-744.
- Ceccarini F., Guerra S., Peressotti A., Peressotti F., Bulgheroni M., Baccinelli W., Bonato B., Castiello U. 2021, *On-line control of movement in plants*, «Biochemical and Biophysical Research Communications», vol. 564, pp. 86-91.
- Darwin C. 2001, *On the origin of species (Facsimile edition ed.)*, Harvard University Press, Cambridge, MA (ed. orig. 1859).
- de Albuquerque M.B., dos Santos R.C., Lima L.M., Melo Filho P.D.A., Nogueira R.J.M.C., Da Câmara C.A.G., de Rezende Ramos A. 2011, *Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review*, «Agronomy for Sustainable Development», vol. 31, n. 2, pp. 379-395.
- Dudley S. A., File A. L. 2007, *Kin recognition in an annual plant*, «Biology Letters», vol. 3, n. 4, pp. 435-438.
- Dudley S.A., Schmitt J. 1995, *Genetic differentiation in morphological responses to simulated foliage shade between populations of *Impatiens capensis* from open and woodland sites*, «Functional Ecology», vol. 9, n. 4, pp. 655-666.
- Dudley S. A., Schmitt J. 1996, *Testing the adaptive plasticity hypothesis: density-dependent selection on* 49

- manipulated stem length in *Impatiens capensis**, «The American Naturalist», vol. 147, n. 3, pp. 445-465.
- Eisenstein E. M., Eisenstein D., Smith J. C. 2001, *The evolutionary significance of habituation and sensitization across phylogeny: A behavioral homeostasis model*, «Integrative Physiological & Behavioral Science», vol. 36, n. 4, pp. 251-265.
- File A. L., Klironomos J., Maherali H., Dudley S.A. 2012, *Plant kin recognition enhances abundance of symbiotic microbial partner*, «PLOS ONE», vol. 7, n. 9: e45648.
- Gagliano M., Renton M., Depczynski M., Mancuso S. 2014, *Experience teaches plants to learn faster and forget slower in environments where it matters*, «Oecologia», vol. 175, n. 1, pp. 63-72.
- Gianoli E. 2015, *The behavioural ecology of climbing plants*, «AoB Plants», vol. 7, plv013.
- Guerra S., Peressotti A., Peressotti F., Bulgheroni M., Baccinelli W., D'Amico E., Gómez A., Massaccesi S., Ceccarini F., Castiello U. 2019, *Flexible control of movement in plants*, «Scientific Reports», vol. 9, n. 1, 16570.
- Hoenigsberg H. 2003, *Evolution without speciation but with selection: LUCA, the Last Universal Common Ancestor in Gilbert's RNA world*, «Genet Mol Res», vol. 2, n. 4, pp. 366-375.
- Holopainen J.K. 2004, *Multiple functions of inducible plant volatiles*, «Trends in plant science», vol. 9, n. 11, pp. 529-533.
- Humphreys A.M., Govaerts R., Ficinski S.Z., Nic Lughadha E., Vorontsova M.S. 2019, *Global dataset shows geography and life form predict modern plant extinction and rediscovery*, «Nature ecology & evolution», vol. 3, n. 7, pp. 1043-1047.
- Jose S., Gillespie A.R. 1998, *Allelopathy in black walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping. II. Effects of juglone on hydroponically grown corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth and physiology*, «Plant and soil», vol. 203, pp. 199-206.
- Karban R. 2008, *Plant behaviour and communication*, «Ecology letters», vol. 11, n. 7, pp. 727-739.
- Karban R., Niiho C. 1995, *Induced resistance and susceptibility to herbivory: plant memory and altered plant development*, «Ecology», vol. 76, n. 4, pp. 1220-1225.
- Kobayashi S., Goto-Yamamoto N., Hirochika H. 2004, *Retrotransposon-induced mutations in grape skin color*. «Science», vol. 304, n. 5673, pp. 982.
- Lenton T.M., Crouch M., Johnson M., Pires N., Dolan L. 2012, *First plants cooled the Ordovician*, «Nature Geoscience», vol. 5, n. 2, pp. 86-89.
- Meyer S.E., Merrill K.T., Allen P.S., Beckstead J., Norte A.S. 2014, *Indirect effects of an invasive annual grass on seed fates of two native perennial grass species*, «Oecologia», vol. 174, pp. 1401-1413.
- Murphy G.P., Dudley S.A. 2009, *Kin recognition: competition and cooperation in *Impatiens**

- (*Balsaminaceae*), «American journal of botany», vol. 96, n. 11, pp. 1990-1996.
- Nasrallah J. B. 2002, *Recognition and rejection of self in plant reproduction*, «Science», vol. 296, n. 5566, pp. 305-308.
- Penuelas J., Llusia J., Estiarte M. 1995, *Terpenoids: a plant language*, «Trends in ecology & evolution», vol. 7, n. 10, 289.
- Pfeffer W. 1873, *Physiologische untersuchungen*, Wilhelm Engelmann, Leipzig.
- Ragus R.A. 2004, *Why are some floral nectars scented?*, «Ecology», vol. 85, n. 6, pp. 1486-1494.
- Salwiczek L.H., Wickler W. 2004, *Birdsong: an evolutionary parallel to human language*, «Semiotica», vol. 2004, n. 151, p. 163-182.
- Schmitt J., McCormac A.C., Smith H. 1995, *A test of the adaptive plasticity hypothesis using transgenic and mutant plants disabled in phytochrome-mediated elongation responses to neighbors*, «The American Naturalist», vol. 146, n. 6, pp. 937-953.
- Seyfarth R.M., Cheney D.L. 2003, *Signalers and receivers in animal communication*, «Annu Rev Psychol», vol. 54, n. 1, pp. 145-173.
- Simard S.W. 2009, *The foundational role of mycorrhizal networks in self-organization of interior Douglas-fir forests*, «Forest Ecology and Management», vol. 258, pp. S95-S107.
- Simard S.W., Beiler K.J., Bingham M.A., Deslippe J.R., Philip L. J., Teste, F.P. 2012, *Mycorrhizal networks: mechanisms, ecology and modelling*, «Fungal Biology Reviews», vol. 26, n. 1, pp. 39-60.
- Simard S.W., Perry D.A., Jones M.D., Myrold D.D., Durrall D.M., Molina R. 1997, *Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field*, «Nature», vol. 388, n. 6642, pp. 579-582.
- Trewavas A. 2014, *Plant behaviour and intelligence*, Oxford University Press, Oxford.
- Von Frisch K. 1967, *The dance language and orientation of bees*, Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Wang Q., Guerra S., Bonato B., Simonetti V., Bulgheroni M., Castiello U. 2023, *Decision-making underlying support-searching in pea plants*, «Plants», vol. 12, n. 8, 1597.
- Weiss M.C., Preiner M., Xavier J.C., Zimorski V., Martin W.F. 2018, *The last universal common ancestor between ancient Earth chemistry and the onset of genetics*, «PLoS genetics», vol. 14, n. 8, e1007518.