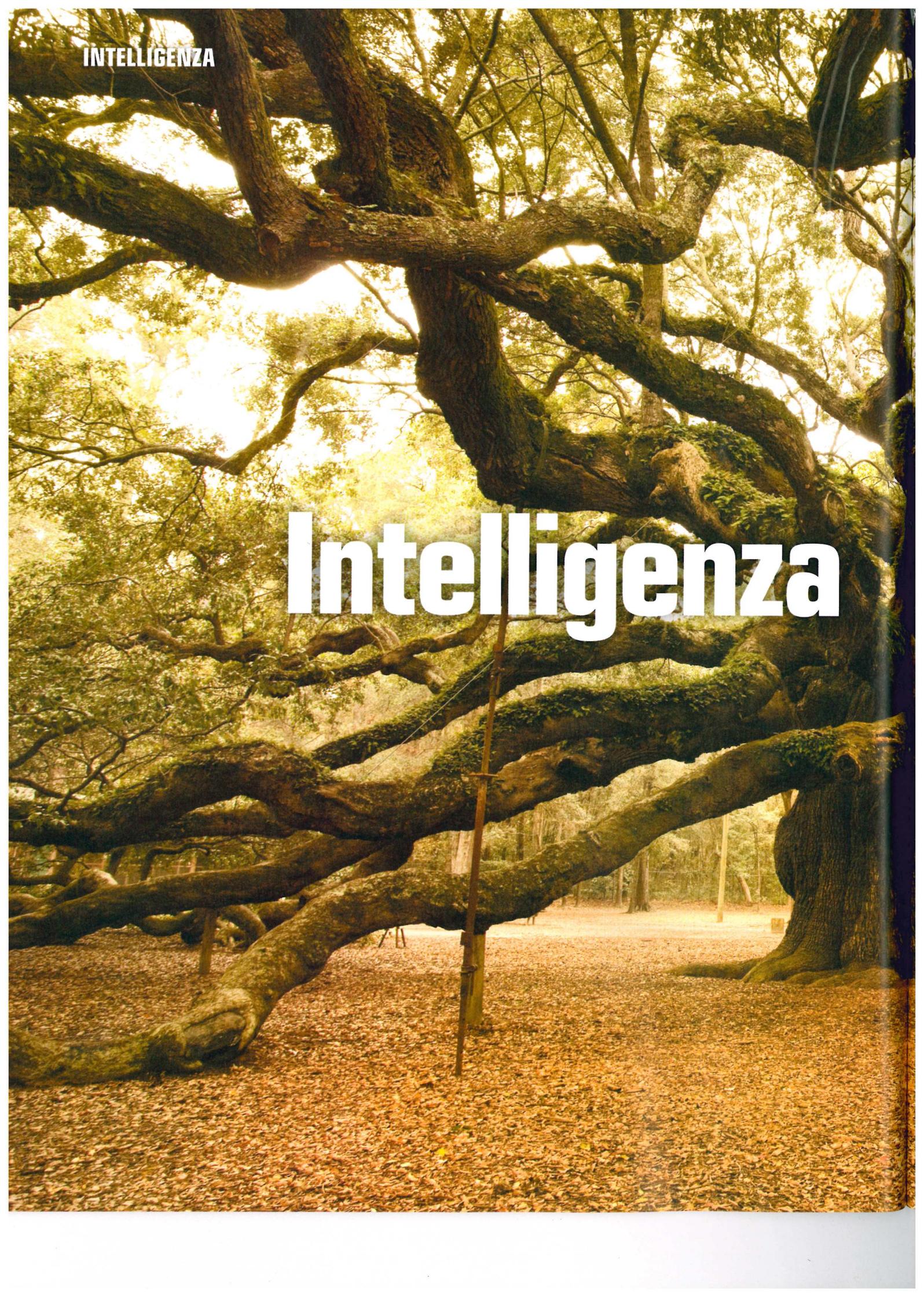
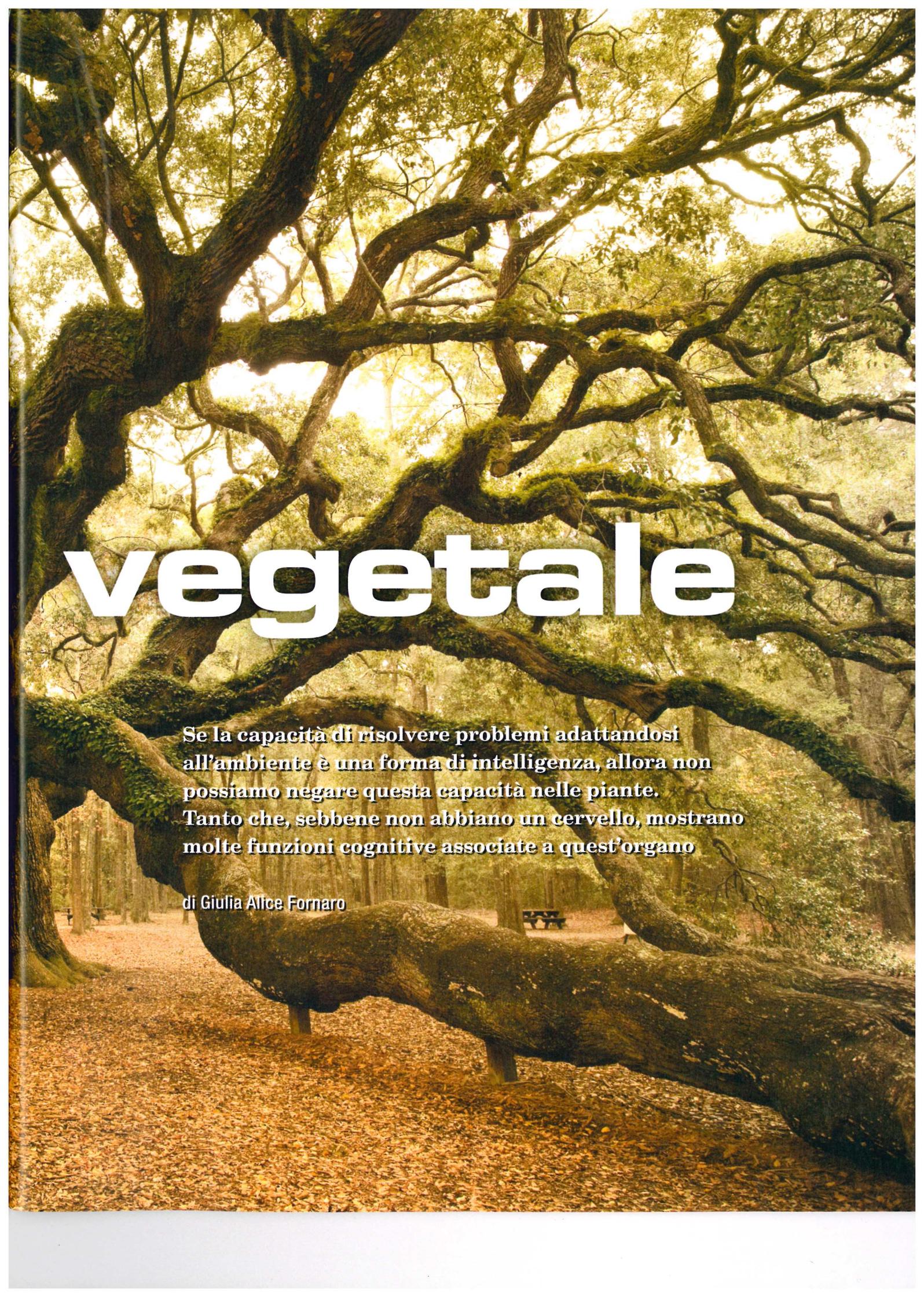


INTELLIGENZA

Intelligenza



A photograph of a forest with large, gnarled trees and a path covered in fallen leaves. The trees have thick, twisted trunks and dense green foliage. The ground is covered in a thick layer of brown and orange leaves. The lighting is warm and golden, suggesting late afternoon or early morning. The overall mood is serene and natural.

vegetale

Se la capacità di risolvere problemi adattandosi all'ambiente è una forma di intelligenza, allora non possiamo negare questa capacità nelle piante. Tanto che, sebbene non abbiano un cervello, mostrano molte funzioni cognitive associate a quest'organo

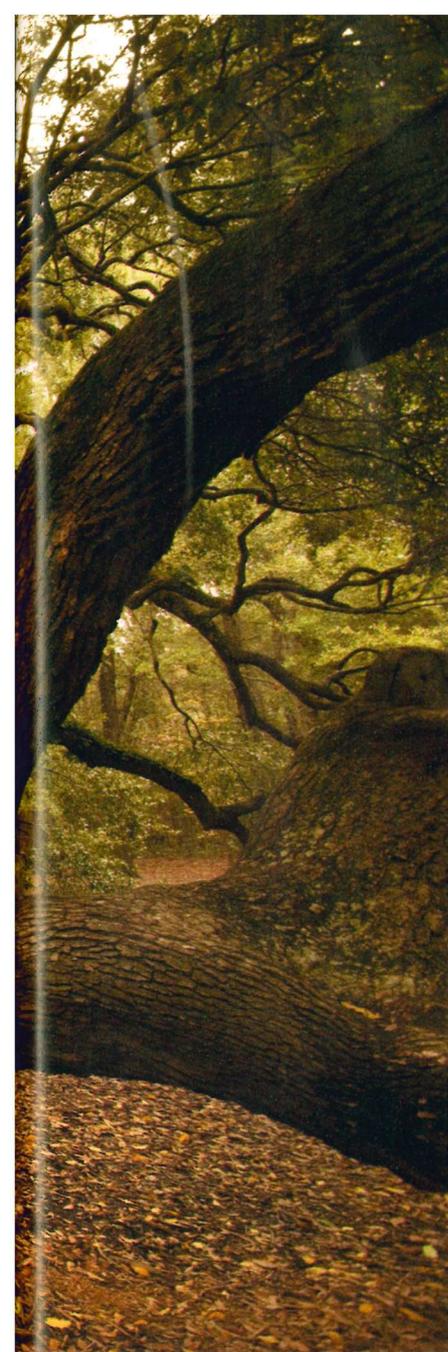
di Giulia Alice Fornaro



Associare il concetto di «intelligenza» a quello di «vegetale» sembra un ironico gioco di parole. Da sempre l'idea di vegetale ci rimanda a qualcosa di immobile, inconsapevole e sicuramente non intelligente, tanto che l'espressione «essere un vegetale» ha assunto una connotazione negativa: indica la perdita di capacità motorie e sensorie. In ambito clinico lo «stato vegetativo» è una condizione che può evolvere dal coma ed è caratterizzata da un'attività di veglia in assenza di consapevolezza di sé e dell'ambiente circostante. Una percezione che risale ad Aristotele, che aveva sviluppato la teoria della tripartizione dell'anima: vegetativa, deputata a nutrizione, crescita e riproduzione; sensitiva, responsabile della percezione, del movimento e della capacità di provare emozioni, e infine

quella coincidente con il pensiero e la capacità di agire coscientemente. Mentre l'essere umano le possiede tutte e tre, secondo il filosofo greco gli animali hanno solo le prime due e gli organismi vegetali solo la prima.

Ma siamo sicuri che le piante non abbiano la capacità di percepire il mondo? Come farebbero allora a sopravvivere stando ferme e non potendo «scappare» dai «predatori» o andare altrove quando acqua e nutrimenti scarseggiano? La nostra difficoltà a capire il mondo vegetale sta nella sua diversità dal mondo animale: le piante hanno «scelto» la stanzialità e si sono evolute in modo da nutrirsi, riprodursi e difendersi stando ancorate al suolo. E proprio la necessità di difendersi da attacchi esterni le ha portate a sviluppare una struttura corporea modulare: a differenza



degli animali che concentrano in singoli organi le funzioni vitali, le piante hanno strutture ridondanti, e nessuna parte è indispensabile per la sopravvivenza; così che, se sono mangiate in parte da un erbivoro, non saranno condannate a morte. Eppure l'assenza di organi non implica l'assenza di funzioni: le piante respirano tramite la fotosintesi pur non avendo polmoni, si nutrono anche senza apparato digerente, annusano senza naso e così via. Si può arrivare a dire che sono intelligenti senza avere un cervello? «Se per intelligenza intendiamo la capacità di percepire i cambiamenti dell'ambiente esterno e di retroagire nella maniera più adeguata possibile, potremmo dire che le piante percepiscono e retroagiscono, dunque sono intelligenti», afferma Stefano Mancuso, del Laboratorio internazionale di neurobiologia vegetale (LINV) di Firenze. Cosa che ci costringe a ridefinire il concetto di intelligenza staccandoci dal modello strettamente animale.

► I sensi delle piante

Se ci rifacciamo a una definizione ampia del senso della vista, che non implichi l'uso degli occhi, possiamo dire che è la capacità di percepire la luce e gli oggetti illuminati. Le piante allora, non solo sono dotate di questo senso, ma riconoscono anche la quantità e la qualità della luce, fonte principale per il loro nutrimento energetico attraverso la fotosintesi. Ed è esperienza comune che le piante crescono in direzione della luce, disponendo le loro foglie per riceverla in modo ottimale, talvolta anche competendo le une con le altre nella crescita per guadagnarsi la migliore

esposizione. Sono infatti dotate di fotorecettori capaci di distinguere la lunghezza d'onda della luce e riconoscere in particolare l'ultravioletto, che regola molti aspetti del loro sviluppo. È indubbio però che le piante non hanno un sistema ottico come gli occhi in grado di distinguere i contorni degli oggetti.

Se però guardiamo all'olfatto non si può dire che la loro capacità di percepire gli odori siano da meno della nostra. E se gli animali hanno concentrato in un unico organo i recettori responsabili di questo senso, le piante presentano questi recettori lungo tutta la loro superficie. Le molecole responsabili degli odori prodotti e ricevuti dalle piante si chiamano BVOC (*Biogenic volatile organic compounds*) e spesso costituiscono segnali di allarme. L'esempio più famoso riguarda la pianta di pomodoro: quando viene attaccata da insetti erbivori emette grandi quantità di queste molecole avvertendo del pericolo altre piante anche a centinaia di metri di distanza, così che possano prendere le opportune contromisure per tempo, come alterare il gusto delle foglie in modo che sia sgradevole all'insetto o disorientarlo in altro modo.

► Assaggiare la terra

Se la vista e l'olfatto della pianta sono diffusi, il senso del gusto si concentra nelle radici, e si esplica tramite recettori in grado di «assaggiare» il terreno alla ricerca di sostanze nutritive come fosfati, nitrati e potassio. Ed è proprio in base alla concentrazione di queste sostanze nel terreno che le radici dirigono la propria crescita. Ma lo fanno in anticipo, investendo risorse ed energie per avere

I sentimenti degli altri

Ammettere che le piante siano dotate di molte capacità, anche di natura cognitiva, assimilabili agli animali o addirittura all'uomo, potrebbe portarci ad antropomorfizzare le piante e pensare che abbiano dei sentimenti, un po' come noi, e una psiche. Come ironizza Maurizio Crozza nel suo show del venerdì sera quando entra nei panni di Germidi Soia, uno chef vegano con influenze fruttariane e ayurvediche, e raccomanda di ascoltare e risolvere i problemi psicologici delle verdure prima di consumarle.

«Parlando di intelligenza vegetale si corre il rischio di saltare alle conclusioni e fare affermazioni di poca o nulla consistenza scientifica», afferma Stefano Mancuso del Laboratorio internazionale di neurobiologia vegetale (LINV) di Firenze. Abbiamo infatti a disposizione una terminologia che stride se

applicata ai vegetali perché è prodotta dall'uomo per descrivere il comportamento umano o animale. Per le piante c'è invece un vuoto di terminologia, a causa proprio della loro apparente diversità. «Le strade che si aprono sono due allora», illustra Mancuso. «O si creano nuove parole, oppure si cerca di allargare il senso delle parole esistenti come sto cercando di fare io nel mio lavoro di ricerca e di divulgazione».

Ma è proprio così per tutte le culture? Non per tutte in effetti. «Per esempio in Giappone, come in gran parte dell'Oriente, si ha un'idea degli organismi viventi più unificante», racconta Mancuso. «Per queste culture le piante fanno parte a pieno titolo della comunità dei viventi. E nessuno è all'apice della scala dei viventi perché non c'è alcuna scala, come ci ha insegnato Darwin».

un ritorno nutritivo solo successivamente. In altre parole calcolano il rischio e agiscono di conseguenza in vista di un guadagno futuro. Esattamente come farebbe un imprenditore.

In uno studio pubblicato nel 2016 su «Current Biology» un gruppo internazionale di ricercatori ha concepito un esperimento volto a indagare la capacità decisionale dei vegetali. Coltivando piante di piselli con le radici divise tra due vasi con diverse concentrazioni di nutrienti hanno osservato inizialmente che, come è ragionevole, le radici prediligono il vaso che ha stabilmente una maggiore quantità di nutrimento rispetto a quello con quantità ugualmente abbondanti ma variabili. Tuttavia, se il nutrimento scarseggia da entrambe le parti la pianta preferisce il vaso dalle quantità variabili. In altre parole accetta il rischio a fronte di maggiori possibilità di «guadagno»: un comportamento da «stratega dinamico». Nel primo caso non c'è alcun vantaggio ad accettare il rischio associato a un ambiente imprevedibile, ma se c'è scarsità di nutrimento la variabilità può comportare maggiori possibilità di sopravvivenza.

Il senso del tatto nelle piante rivela invece un'altra capacità cognitiva per nulla associata ai vegetali nel sentire comune: l'apprendimento. Ne è un esempio la *Mimosa pudica*, un particolare tipo di mimosa che, se sfiorata, ritrae le foglie come se fosse timida. E non è un semplice riflesso condizionato, perché questa reazione non si verifica se le foglie vengono scosse dal vento o bagnate dall'acqua: a dimostrazione che il suo senso del tatto è in grado di distinguere tra diversi stimoli ed è dunque particolarmente sviluppato. Un senso che, cosa ancora più sorprendente, è in grado di apprendere: dopo qualche prova le foglie della mimosa non si ritraggono più se lo stimolo non si rivela pericoloso. Sembra quindi una vera strategia difensiva, anche se i ricercatori non sanno ancora da quale pericolo la mimosa dovrebbe difendersi.

Le radici sono sede del senso del tatto, che permette loro di dirigere la loro stessa crescita per evitare gli ostacoli. Le piante rampicanti sono invece sempre alla ricerca di un sostegno e proprio grazie al tatto riescono a individuarlo per crescere in quella direzione.

► Un buon «orecchio»

Come per gli altri sensi, le piante non hanno un organo preposto all'udito. Ma nemmeno serpenti, talpe e vermi ce l'hanno, eppure ci sentono. Come è possibile? L'ambiente



in cui si sono evoluti, il sottosuolo, è in effetti un ottimo propagatore delle vibrazioni del suono, migliore dell'aria, che invece ha costretto gli animali di superficie a sviluppare un sofisticato organo preposto.

Nella terra invece tutte le cellule di un organismo sono in grado di percepire queste vibrazioni grazie a canali meccanico-sensibili. Compresse le cellule delle piante, che ne hanno sia nelle radici sia nella loro parte aerea. E si è visto che la crescita delle radici è influenzata da queste vibrazioni. Ma anche le stesse radici producono un suono, percepibile dalle radici di altre piante: è chiamato *cli-*



Comunicazione verde.

Le piante sono in grado di usare segnali che le aiutano a regolare la loro crescita senza interferire con altri vegetali o addirittura per competere per risorse limitate.

cking, ed è dovuto probabilmente alla rottura delle pareti cellulari durante la crescita.

Si aprono così scenari nuovi sulla comunicazione vegetale, visto che le piante potrebbero usare questi e altri segnali per esempio per regolare la loro crescita e non interferire tra loro o per competere per risorse limitate. Ricerche pubblicate nel 2012 hanno rivelato che le radici mostrano comportamenti organizzati tipici degli sciami.

Ma c'è di più. La musica piace anche alle piante: in un esperimento condotto dal LINV e finanziato da un'azienda leader nella tecnologia del suono, un viticoltore di Montal-

cino ha coltivato per oltre cinque anni i suoi vitigni a suon di musica. Il risultato? Le viti sono cresciute meglio, arrivando prima a maturazione e producendo uva più saporita, colorata e ricca di polifenoli rispetto alle viti che non avevano ascoltato nulla. Ovviamente non è il tipo di musica, sono specifiche frequenze sonore a influenzare la crescita delle piante: quelle tra i 100 e i 500 hertz la stimolano, quelle più alte hanno effetti inibitori.

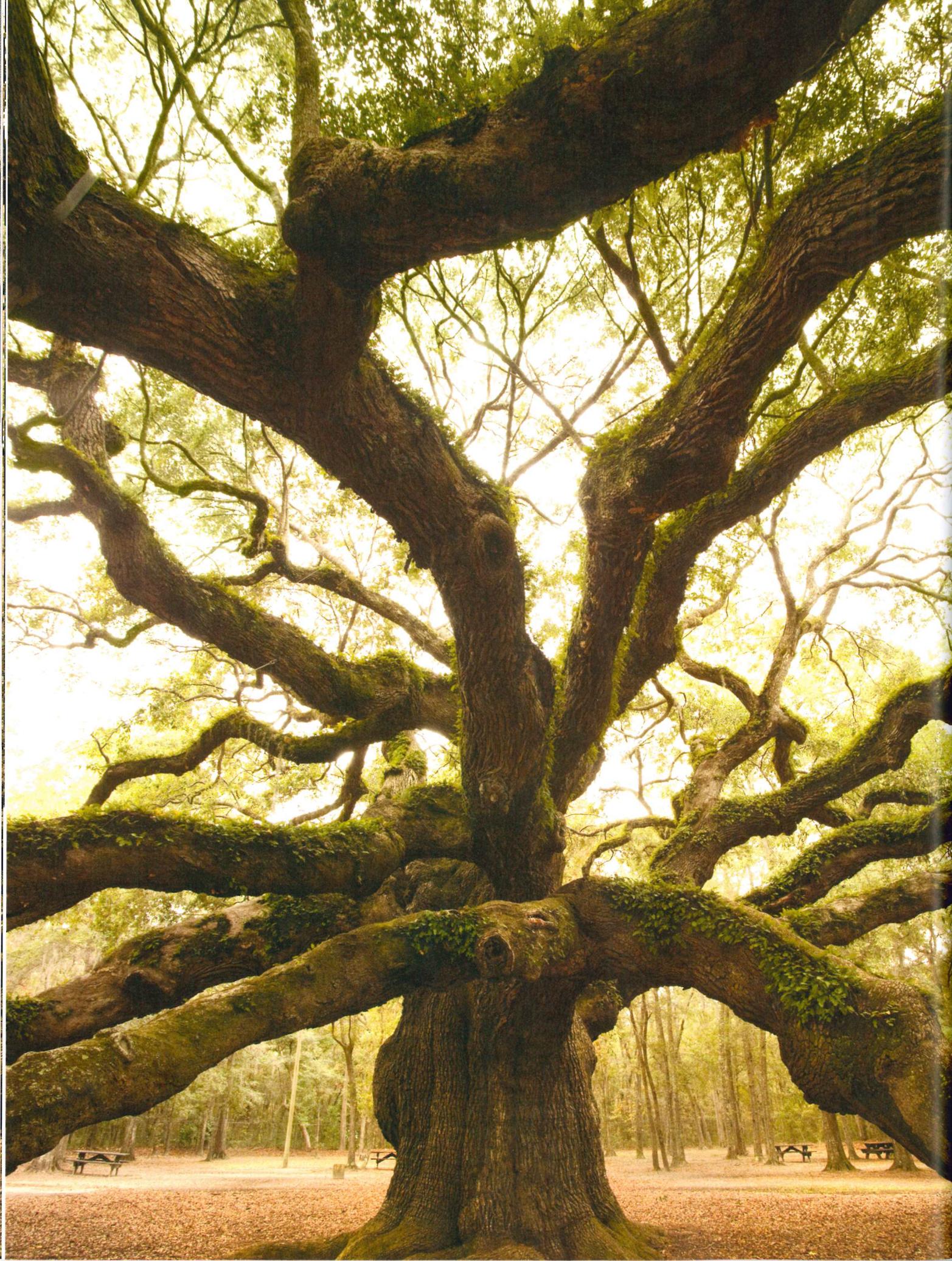
► Gli interessi della robotica

Oltre ad avere capacità percettive assimilabili ai nostri cinque sensi, le piante hanno molti altri sensi che le aiutano a decifrare l'ambiente per crescere e adattarsi di conseguenza. Sensori di gravità, di campi elettromagnetici, di umidità e di moltissimi gradienti chimici diversi. Tutte capacità di interesse per una branca della robotica del tutto nuova che, anziché avere come oggetto di studio la riproduzione di capacità cognitive e motorie umane, ha lo scopo di riprodurre alcune capacità delle piante, che si rivelano utilissime per tutte quelle applicazioni che fanno dell'esplorazione del sottosuolo il loro focus.

Il primo robot ispirato alle piante fa parte di Plantoid, un progetto europeo coordinato dalla biologa Barbara Mazzolai, del Center for Micro-BioRobotics dell'Istituto italiano di tecnologia (IIT) di Firenze, che ha lo scopo di sviluppare hardware e software in grado di imitare le capacità delle radici di esplorare, penetrare e adattarsi al suolo. Capacità che potrebbero essere usate anche in ambito medico, per esempio per produrre moderni endoscopi in grado di ridurre l'attrito e la pressione incontrati nel corpo con la conseguente riduzione di dolorose lesioni nei tessuti.

Proprio i progressi dell'intelligenza artificiale ci costringono a porci interrogativi su che cosa sia l'intelligenza. È la velocità di calcolo? La capacità di astrazione? Oppure la capacità di risolvere problemi adattandosi all'ambiente per imporsi sulla scena evolutiva? Se ammettiamo quest'ultima definizione di intelligenza non possiamo negare questa capacità alle piante. E il fatto che non abbiano un cervello non dovrebbe impedirci di considerare che potrebbero avere le funzioni cognitive associate a questo organo.

D'altra parte nell'ultimo secolo siamo arrivati a riconoscere l'intelligenza negli animali perché sono capaci di procurarsi il cibo usando attrezzi, di elaborare un linguaggio e di risolvere problemi come uscire da labirin-



ti, capacità riscontrata persino nelle amebe. E le piante? Aggirano ostacoli, si muovono per raggiungere cibo, acqua, luce e ossigeno, cacciano animali o li seducono (con i fiori e i profumi, per esempio) per usarli come tramite per l'impollinazione, e usano raffinate strategie per difendersi dai predatori. Fino a comunicare tra loro e formare reti.

Come se non bastasse, in uno studio sui «Proceedings of the National Academy of Sciences» alcuni ricercatori hanno individuato nelle piante molecole che hanno le stesse caratteristiche dei prioni e che, come queste proteine animali, sono coinvolti nella formazione dei ricordi. Ma che tipo di ricordi può avere una pianta? Come si è già visto per la *Mimosa pudica*, può essere utile apprendere che uno stimolo apparentemente pericoloso in realtà non lo è, e risparmiare quindi l'energia necessaria per la chiusura delle foglie. Ma per la maggior parte delle piante può essere utile tenere traccia delle esposizioni al fred-

per le risorse. Una capacità, quella di riconoscersi tra «familiari», vantaggiosa da un punto di vista ecologico ed evolutivo. «Organismi in grado di riconoscere i propri parenti possono organizzarsi meglio, evitare accoppiamenti incestuosi, competere o beneficiare del "supporto" dei familiari», scrivono gli autori.

In qualche modo esprimono anche caratteri diversi. Ci sono per esempio le *Pinaceae*, che crescono timidamente in modo da non intrecciare le chiome. Esistono poi piante collaborative che accettano la simbiosi con funghi come le micorrize, per un reciproco vantaggio, oppure quelle aggressive come certe piante rampicanti o carnivore. E infine ci sono le manipolatrici. Come *Ceropegia sandersonii*, i cui fiori, rivela un recente studio su «Current Biology», emettono molecole simili ai feromoni prodotti da api in pericolo mortale, così che alcune mosche carnivore, che impollinano la pianta, sono attratte dal fiore nella speranza di nutrirsi dell'ape che non

Le piante sono capaci di aggirare ostacoli, muoversi per raggiungere nutrimento e ossigeno, cacciare animali e difendersi dai predatori

do per poter distinguere quelle occasionali, dovute magari a una nottata fredda, da quelle prolungate dell'inverno. Così, in base a un fenomeno simile a quello del potenziamento a lungo termine delle sinapsi neuronali, che stabilizza i ricordi nel cervello degli animali, la pianta si predispone per germogliare in primavera, al termine del freddo prolungato.

E anche nel mondo vegetale c'è l'equivalente di *Drosophila melanogaster* nel mondo animale: l'organismo modello per condurre diversi esperimenti, anche di intelligenza vegetale, si chiama *Arabidopsis thaliana*.

► Doti interpersonali

Le piante hanno anche una forma di intelligenza interpersonale, perché sono in grado di riconoscersi tra parenti ed essere più amichevoli con loro, per esempio non entrando in competizione per le risorse e per il suolo dove si sviluppano le radici. È il risultato di uno studio del 2007 pubblicato su «Nature» che ha verificato la differenza di comportamento durante la crescita di gruppi di 30 piante figlie della stessa madre e di altrettante non imparentate: privilegiando la crescita aerea a scapito di quella radicale nel primo caso ed estendendo l'apparato radicale nel secondo, in un comportamento tipicamente competitivo

c'è. O ancora come i fiori di *Ophrys apifera*, un'orchidea che riproduce alla perfezione la forma, la consistenza e la superficie dei tessuti oltre che gli odori delle femmine di alcuni imenotteri al punto che il maschio preferisce accoppiarsi con quel fiore, cospargendosi di polline, invece che con le femmine vere.

E forse ancora più sorprendente è il comportamento dei fiori dei *Citrus* (arance) e del caffè che, come è stato descritto in uno studio su «Science» del 2013, sono in grado di arricchire di caffeina il proprio nettare se l'insetto «in visita» sta svolgendo bene il lavoro di impollinatore. Così l'insetto, stimolato dalla sostanza eccitante, si ricorderà meglio di quel fiore e ci tornerà più facilmente. Niente caffeina però se l'insetto «batte la fiacca», così eviterà di tornare e far perdere energie preziose alla pianta. E se anche gli attraenti e succosi frutti che le piante producono fossero esche per manipolare gli animali superiori, compresi noi umani, per favorire la loro diffusione sulla Terra?

► Il cervello non è tutto

Per *embodied agent* gli studiosi di intelligenza vegetale intendono un agente intelligente che interagisce con il mondo usando il proprio corpo. D'altra parte il cervello senza



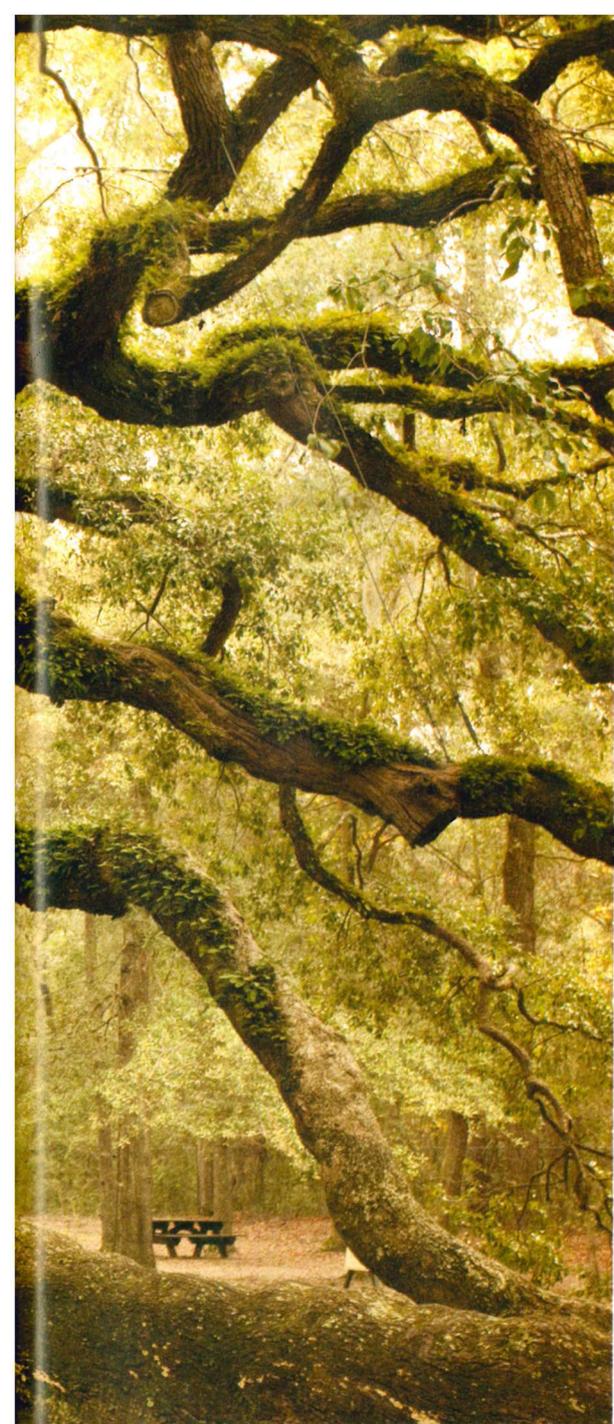
le capacità percettive e le possibilità di azione del corpo sarebbe un insieme di cellule impossibilitate a esprimere ogni tipo di intelligenza. E se l'intelligenza delle piante non è data da un cervello si può dire che, in virtù della loro struttura modulare e reiterata, ha sede in molteplici centri di «elaborazione dati».

Così, anziché dover far passare l'informazione attraverso un unico centro di rielaborazione, le varie parti della pianta, anche periferiche, possono comunicare tra loro: tra radici, tra foglie e tra radici e chioma. Come se un nostro piede potesse direttamente comunicare con una mano, il che rende la comunicazione efficace e fa della pianta un esempio vivente di embodied agent.

Tuttavia è stato riconosciuto alle radici in particolare un ruolo specifico nel concetto di intelligenza. «Non è un'esagerazione dire che la punta della radice, così dotata [di sensibilità] e che ha il potere di dirigere il movimento delle regioni adiacenti, agisce come il cervello di un animale inferiore; il cervello, essendo situato nella parte anteriore del corpo riceve impressioni dagli organi di senso e dirige i diversi movimenti». È quanto si legge in *The Power of Movements in Plants*, di Charles Darwin, il cui lavoro da botanico non è stato da meno di quello di biologo. Ma, proprio a causa della poca considerazione di cui gode il mondo vegetale, questa parte del suo lavoro è stata quasi dimenticata. Darwin vedeva

Prospettive future.

Un giorno lo studio delle piante potrebbe fornirci eccellenti modelli per indagare meccanismi e disordini di molte funzioni biologiche.



nel comportamento delle radici tutti i segni di un'intelligenza simile a quella di un animale inferiore: percezione degli stimoli ambientali, decisione sulla direzione da prendere, movimento finale. Le radici infatti non rispondono a un meccanismo di semplice crescita automatica del tipo «seguì l'acqua». Ma dato che le esigenze nutritive sono diverse e distribuite in modo eterogeneo nel terreno, la punta della radice deve bilanciare esigenze a volte opposte: crescere verso destra e raggiungere il fosforo o verso sinistra verso l'azoto di cui ha bisogno? Privilegiare la crescita verso il basso dove c'è più acqua o più in alto dove può ricevere meglio la luce?

Come aveva già notato Darwin, l'apice è

la parte viva della radice, e svolge un'attività elettrica molto intensa basata su potenziali d'azione simili a quelli usati dai neuroni del cervello. E come i neuroni in un cervello sono numerosissimi, l'apparato radicale di una piccola pianta può arrivare ad avere 15 milioni di apici. Democrito non sbagliava di molto ad assimilare le piante a uomini con la testa piantata in terra e i piedi in aria.

► Il sonno delle piante

Nel 1755 il botanico svedese Carl von Linné inizia a studiare la fioritura di *Lotus corniculatus*, e si accorge che le foglie di questa pianta si distendono di notte chiudendosi sopra i gruppi di fiori, i peduncoli si piegano e i ramoscelli si inclinavano verso terra. Intuisce che la causa del cambiamento non è la temperatura, ma la variazione della luce, tanto che, dopo aver osservato il comportamento notturno di diverse piante, progetta un giardino-orologio dove sia possibile riconoscere l'ora del giorno semplicemente osservandole. Definisce questo fenomeno «sonno delle piante», e nota diverse somiglianze con il sonno degli animali. Per esempio il fatto che le foglie durante la notte assumono posizioni che avevano nelle prime fasi di crescita e addirittura che la durata e la qualità del sonno varia con l'età della pianta stessa: invecchiando tende a prolungare lo stato di veglia e ad «addormentarsi» con difficoltà, proprio come nel mondo animale.

Von Linné pubblicò i suoi studi in *Somnus Plantarum*, un trattato poco noto, perché se la possibilità di un'intelligenza vegetale non ha mai destato particolare interesse, il sonno e la sua importanza per le facoltà cognitive sono materia di studio solo degli ultimi decenni. Oggi sappiamo che il sonno ha effetti sui processi di apprendimento e razionalizzazione e agisce sulle funzioni più nobili del cervello. Anche per questo abbiamo ritenuto a lungo che fosse una prerogativa degli esseri umani e degli animali superiori.

Nel 2000 si è invece scoperto che anche *Drosophila melanogaster* si addormenta. Ee lo fa uno degli animali più semplici il sonno sembrerebbe una delle prerogative della vita stessa. E se ammettiamo che anche le piante siano dotate di forme di intelligenza perché dovremmo escludere che dormano? C'è molto ancora da studiare in questo campo, tanto che si potrebbe arrivare a usare le piante come modelli per indagare meccanismi e disordini di questa come di altre funzioni biologiche. ■

IN PIÙ

MANCUSO S. e VIOLA A., *Verde Brillante, sensibilità e intelligenza del mondo vegetale*, Giunti Editore, 2015.

MANCUSO S., *Uomini che amano le piante. Storie di scienziati del mondo vegetale*, Giunti Editore, 2014.

POLLAN M., *La botanica del desiderio*, il Saggiatore, 2005.