

La coscienza delle piante

(ovvero, la forza della omologazione contro la diversità)

The consciousness of plants (i.e., the strength of homologation against diversity)

The definition of sentient being implies the ability to feel. This concept has animated heated discussions, so much so that the belonging of plants to sentient organisms has also been supported by some groups of researchers. As long as these statements remained within the scope of the hypotheses, they were not given much weight. To give a scientific confirmation to these hypotheses it is necessary to enter into the merits and establish exactly on which scientific experiments these affirmations are based, which would even lead to admitting the presence of "consciousness" in plant organisms. In recent years, some plant biologists have insisted that plants have a consciousness, while others have been very surprised by such conclusions. The word has passed to the scientific proofs of both sides. In this article, both points of view are compared.

Introduzione

Dal punto di vista evolutivo, le piante si sono originate, sul nostro pianeta, molto prima della comparsa degli esseri umani e possiamo considerarle come il substrato indispensabile affinché molte forme di vita animale, uomo compreso, potessero apparire sulla terra. Si è stabilita, quindi, una relazione di convivenza uomo-pianta che ha prodotto numerosi vantaggi per l'uomo, prima ancora che quest'ultimo imparasse a "sfruttarle" per vari scopi e, soprattutto, per fini alimentari, dando luogo alla nascita dell'agricoltura, che è comunemente situata a circa 10.000 anni fa. Durante questo lungo periodo le piante sono state variamente studiate per accertarne, dapprima, la loro qualità di esseri viventi e infine cercando di capirne i meccanismi fondamentali che ne guidano la vita sulla terra. Ma è dal 1700, sino ai nostri giorni, che si è assistito ad un crescendo di studi che hanno accertato molti aspetti della loro specifica organizzazione cellulare, anatomica, fisiologica, biochimica, sino ad entrare nello specifico della organizzazione subcellulare e biologico-molecolare, svelando sempre una avvincente complessità, non certo inferiore a quella di altri organismi, anche animali.

Nei classici corsi di biologia, tenuti nelle Università di tutto il mondo, le piante sono definite da specifiche caratteristiche che le distinguono dagli animali. Tali differenze sono molte e non è certo il caso di ricordarle; possiamo solo sottolineare, sinteticamente, che i "piani organizzativi", cioè le caratteristiche di fondo, intorno alle quali si organizza un tipo di vita vegetale o animale, sono profondamente diversi, nonostante le molteplici analogie che possiamo riscontrare soprattutto a livello biochimico.

Da qualche decennio si sta dibattendo sulle caratteristiche più sottili di ogni essere vivente e, ad esempio, nel Trattato di Lisbona, siglato dall'UE nel 2007, gli animali sono definiti "esseri senzienti", definizione che viene dalla bioetica e anche dalla filosofia. La definizione di essere senziente implica la capacità di sensazione. Questo concetto ha animato accese discussioni, tanto è vero che l'appartenenza anche delle piante agli organismi senzienti è stata sostenuta da alcuni gruppi di ricercatori. Sino a quando queste affermazioni rimanevano nell'ambito delle ipotesi non è stato dato loro molto peso. La questione si è posta su di un altro piano quando si è voluto dare un riscontro scientifico a queste ipotesi. A questo punto è doveroso entrare nel merito e stabilire esattamente su quali esperimenti scientifici si basano tali affermazioni che porterebbero persino ad ammettere la presenza della "coscienza" negli organismi vegetali.

La coscienza, pur se variamente definita, è, comunque, sostanzialmente riferita agli esseri umani così come si scopre studiando Filosofia o Etica. In anni recenti, un piccolo gruppo di biologi vegetali ha sostenuto, insistentemente, che le piante abbiano una coscienza, riportando, a supporto di tale convinzione, alcuni dati derivati dalle loro sperimentazioni. Questa affermazione ha incontrato l'incredulità di gran parte degli studiosi di biologia vegetale, mentre è stata accolta trionfalmente dai grandi mezzi di comunicazione (stampa e TV) e rilanciata da vari "social network" della rete. Pertanto non è più una novità sorprendente sentir parlare di "piante intelligenti" o di "neurobiologia vegetale" e, alla fine, di "coscienza delle piante".

Il 16 Novembre del 2020 è stato pubblicato su "**Protoplasma**" vol. 258 (3), pag. 459-476, un articolo dal titolo significativo "**Debunking a myth: plant consciousness**" cioè, "Sfatare un mito: la coscienza delle piante", ad opera di quattro ricercatori, **Michael R. Blatt, Andreas Draguhn, David G. Robinson, Lincoln Taiz**, appartenenti a centri di ricerca europei e americani, noti internazionalmente nel settore della biologia vegetale, insieme ad un esperto di coscienza, **Jon Mallatt** della Scuola di Medicina della Università dello Stato di Washington (USA).

Il lavoro condotto da questo gruppo di ricercatori si è basato sulla separazione del concetto di intelligenza da quello di coscienza in modo da discutere con precisione i 12 punti fondamentali sui quali, secondo alcuni studiosi di pensiero contrario, si baserebbe la coscienza delle piante, analizzando ciascuno di essi con criterio

sperimentale. Come hanno fatto i sostenitori della coscienza nelle piante, anche i ricercatori sopra ricordati hanno concentrato i loro studi sulla coscienza fenomenica o primaria che comprende qualsiasi tipo di esperienza o sensazione. Si tratta di quel tipo di coscienza che **non** coinvolge la capacità di riflettere sulle esperienze, o la consapevolezza di sé, o un pensiero cognitivo superiore. Tutte queste ultime sono forme superiori di coscienza che si sono sviluppate solo in alcuni organismi, mentre tutti gli organismi coscienti sono dotati di coscienza primaria. Talora i sostenitori della coscienza nelle piante hanno ritenuto che tali organismi avrebbero la consapevolezza delle variazioni dell'ambiente che le circonda, e da questa "consapevolezza" deriverebbe un comportamento "intenzionalmente" conseguente. Questa interpretazione sarebbe ben diversa dalla comune spiegazione che si basa sulle risposte di adattamento alle condizioni esterne, risposte che sono utilizzate, da sempre, a fini evolutivi.

I vari punti a favore della coscienza delle piante non sono sostenibili sul piano scientifico

• **Uno dei punti fondamentali a sostegno della coscienza nelle piante è che ogni cellula vivente sia cosciente; in altre parole, esisterebbe una "base cellulare della coscienza".**

La dimostrazione di ciò sarebbe basata sull'esistenza nelle cellule di recettori sensoriali che, incontrandosi con una molecola segnale, danno luogo ad una cascata di eventi biochimico-cellulari che generano risposte cellulari; tale serie di eventi verrebbe intesa come una percezione sensoriale cosciente. Si tratta di una conclusione errata, in quanto la fisiologia cellulare può produrre reazioni complesse senza alcuna coscienza. Inoltre le cellule sono anche capaci di apprendimento non-associativo che non richiede alcuna coscienza, così come rivendicato dai ricercatori delle scienze comportamentali. Inoltre se tutte le cellule sono coscienti dovremmo ammettere che tutte le cellule di un essere umano dovrebbero essere coscienti, mantenendo lo stato di coscienza delle cellule procariotiche, ma solo la malattia del cervello attenua la coscienza umana, mentre la perdita di cellule somatiche non genera nessuna alterazione in tal senso. E' una palese contraddizione.

Infine la constatazione che alcuni organismi unicellulari sarebbero capaci di raggiungere una destinazione precisa, palesando una coscienza intelligente, può essere spiegata bene con semplici meccanismi di ricezione (fenomeni di chemiotassi e ricezione da parte delle membrane cellulari).

Similmente a quanto detto sopra, anche l'affermazione che la coscienza delle piante sia manifesta perché esse percepiscono gli stimoli ambientali e rispondono in modo adattativo indirizzandosi verso precisi obiettivi, non è accettabile. Infatti, come già detto, tutti gli organismi viventi si adattano alla volubilità dei fattori esterni, tramite meccanismi fisiologici di ricezione, elaborazione e risposta agli stimoli.

Pertanto, a seguito delle considerazioni sopra esposte, la "base cellulare della coscienza" non si può scientificamente sostenere.

• **Altro punto di dibattito è la presenza nelle piante, così come negli animali, di potenziali di membrana e segnali elettrici, tali da consentire la coscienza.**

Le piante hanno sicuramente potenziali di membrana e possono propagare fluttuazioni di potenziale in grado di determinare risposte in altre parti del corpo vegetativo. Ma la domanda è: quanto questi fenomeni sono simili ai segnali elettrici dei neuroni animali? La "neurobiologia vegetale" sostiene che la trasmissione delle informazioni nelle piante avvenga tramite processi neurone-simili e che, quindi, ci sia una "equivalenza elettrochimica" tra piante e animali. Tale equivalenza non è dimostrabile.

Esistono differenze fondamentali. L'attività elettrica nelle piante è alimentata dal trasporto di protoni H^+ , mentre negli animali dal trasporto di ioni Na^+ . Inoltre le componenti elettrica e chimica del gradiente elettrochimico sono diverse: nelle piante il 50-70% dell'energia libera, generata dalle H^+ -ATPasi della membrana cellulare, costituisce la componente elettrica e la rimanente parte si ritrova sotto forma di gradiente di pH, negli animali è esattamente l'opposto, circa 80-90% dell'energia, generata dalle Na^+/K^+ -ATPasi, serve per formare il gradiente di Na^+ (e K^+) e soltanto una piccola frazione si ritrova come componente elettrica. I fautori della coscienza nelle piante uniscono la constatazione che tutte le cellule sono in grado di regolare i flussi ionici attraverso le loro membrane, all'esistenza generalizzata di sistemi di segnali elettrici, implicando, conseguentemente, l'esistenza di una coscienza, ma non considerano che la regolazione dei flussi e la segnalazione elettrica (come i potenziali di azione) sono presenti in tessuti non neuronali anche di animali e non hanno alcun ruolo nella integrazione delle informazioni. Cioè la presenza di attività elettrica non è un discrimine che consente, di per sé, l'identificazione della coscienza.

A questo riguardo le differenze tra piante e animali sono molte:

a) Le cellule vegetali non sono in grado di attivare rapidamente i canali del Na^+ dando origine ai potenziali di azione così come accade negli animali; questi stessi potenziali sono invece attivati dall'influsso di ioni Ca^{2+} , seguito da depolarizzazione da parte del Cl^- e da ripolarizzazione da parte di flussi di K^+ . In generale i flussi di

Ca^{2+} servono nelle piante per adattare la pressione di turgore, oppure segnalano un attacco parassitario, per cui l'esistenza di potenziali causati dal calcio non sta a significare una elaborazione delle informazioni neurone-simile.

b) I potenziali di azione nelle piante si trasmettono ad una velocità variabile da $0.04\text{-}0.6 \text{ m s}^{-1}$ contro una velocità $0.5\text{-}100 \text{ m s}^{-1}$ tipica negli animali.

c) I potenziali di azione nei vegetali causano un efflusso netto di K^+ e Cl^- , mentre negli animali i potenziali di azione sono osmoticamente neutri, cioè non utili, come avviene invece nelle piante, per la regolazione osmotica.

d) Le fluttuazioni del potenziale elettrico nelle piante sono molto diversificate anche a seguito della localizzazione tissutale, analogamente a quanto accade in vari organi animali, mentre risultano molto specifiche le rapide fluttuazione del potenziale nel tessuto nervoso. I segnali nervosi sono molto più uniformi, vincolati per velocità ottimale, efficienza energetica e trasferimento di informazioni.

e) Il glutammato e i suoi recettori sono importanti per la neurotrasmissione negli animali; i recettori per il glutammato esistono anche nelle piante, dove però il loro ruolo sembra limitato alla regolazione del flusso del Ca^{2+} anziché nella neurotrasmissione.

Infine, siccome il sistema di segnali elettrici nelle piante è di gran lunga meno complesso di quello presente negli animali, la cautela vuole che si usi prudenza nel fare similarità tra i due.

• **Un punto di forza dei sostenitori della coscienza nei vegetali è rappresentato dai potenziali di azione e altri segnali elettrici che si propagherebbero in modo neurone-simile, attraverso gli elementi del floema.**

Il sistema vascolare delle piante comprende il floema attraverso il quale si realizzano trasporti di segnali elettrici a considerevole distanza nella pianta, tuttavia questo sistema di trasmissione differisce notevolmente da quello attivo negli assoni neuronali. I potenziali di azione trasportati dal floema differiscono dai potenziali di azione degli animali perché includono una funzione osmoregolatrice, così come ben descritto in molte risposte fisiologiche dei vegetali: le cellule guardia degli stomi, i movimenti rapidi nelle piante carnivore, o di alcune speciali foglie ecc.

Una situazione diversa è rappresentata dai "potenziali di variazione" che si generano nel floema. Questi potenziali sono di particolare significato perché riguarderebbero la possibilità, da parte delle piante, di fare l'esperienza cosciente del dolore. Questi potenziali di variazione nelle piante sono gli analoghi funzionali più vicini ai segnali nocicettivi neurali che conducono alla coscienza del dolore negli animali. Comunque questo accostamento non si può fare in quanto il potenziale di variazione e il potenziale di azione nocicettivo sono molto diversi. Il primo si propaga ad una velocità di circa $0,001 \text{ m s}^{-1}$ mentre la velocità di propagazione di un potenziale di azione nocicettivo "lento" varia tra $0,5\text{-}2 \text{ m s}^{-1}$. Inoltre, negli animali, i potenziali d'azione nocicettivi vengono elaborati dal sistema nervoso centrale (dal bulbo e dal talamo) che li traducono nella sensazione di "dolore". Nelle piante ciò non avviene perché non esiste un centro di complessità più elevata per l'elaborazione e le integrazioni necessarie. Pertanto la trasmissione nel floema, sia dei potenziali di azione che dei potenziali di variazione, non assomiglia alla trasmissione del segnale negli assoni neurali. Il potenziale di variazione, quindi, non può avere alcun ruolo nella coscienza.

Durante la stesura di questi commenti è stato pubblicato un articolo "**Plants have neither synapses nor a nervous system**" nella rivista **Journal of Plant Physiology vol. 263, August 2021, 153467**, da parte di due degli autori citati in precedenza, **David G. Robinson** e **Andreas Draguhn**; già dal titolo appare chiara la volontà di insistere sulla contestazione della Neurobiologia vegetale.

L'obiettivo dell'articolo è l'esame critico dell'esistenza nelle piante di sinapsi e di un sistema di elaborazione delle informazioni simile al sistema nervoso degli animali. Le conclusioni sono molto chiare: 1) sinapsi, neuroni e reti neuronali sono strutture altamente specializzate che servono per la trasmissione, l'integrazione e la trasformazione di stimoli elettrici. Tali proprietà consentono varie manifestazioni quali le risposte molto rapide a stimoli esterni, il movimento, arrivando al conferimento della cognizione. I sistemi nervosi complessi si sono affermati in tre gruppi di animali dotati di grande capacità di movimento, gli Eumetazoa, sia nei Radiata (Cnidaria e Ctenophora) che nei Bilateria. Nelle piante strutture simili alle sinapsi non esistono, così come l'acido gamma-amminobutirrico o il glutammato rinvenuti nelle piante non funzionano come neurotrasmettitori.

Stessa valutazione negativa viene fatta a proposito della rappresentazione del floema come rete neuronale. In realtà neuroni e floema sono strutturalmente totalmente differenti e pertanto il floema non può conferire funzioni comportamentali-cognitive. La trasmissione elettrica che si osserva nel floema delle piante è correlata al sistema di segnalazione del Ca^{++} associato, per esempio, alla risposta della pianta quando viene ferita. La fisiologia delle piante è molto ben spiegata su solide basi scientifiche e non ha bisogno di essere forzata da similitudini con comportamenti animali o umani.

Si può, infine, constatare che le cellule vitali del floema delle piante raramente vivono più di un anno. Tanto per fare un confronto, gli esseri umani non rigenerano il loro sistema nervoso o il cervello ogni anno! Per ultima constatazione si riporta che se la presenza del floema è la base per la coscienza delle piante, allora le piante non vascolari, come i muschi, ne sarebbero privi nonostante abbiano anch'esse straordinari sistemi di percezione e di risposta a vari stimoli ambientali.

• **Si potrebbe sostenere che le piante, così come fanno gli animali mediante i neuroni, usino i segnali elettrici per integrare le informazioni ai fini della coscienza.**

Gli studiosi della coscienza negli animali ritengono che essa dipende dalla integrazione delle informazioni che comporta numerose azioni di feedback, o comunicazione reciproca, tra neuroni. Tale segnalazione elettrica integrata, facilmente riscontrabile nel cervello degli umani o di altri animali, non è mai stata riscontrata nel floema delle piante, come pure in nessun altro tessuto delle stesse. Nelle piante certamente vi sono segnali *forward* ma non *feedback*.

Un ulteriore requisito, affinché avvenga l'integrazione delle informazioni, è l'elevato grado di interconnessione tra neuroni; mediamente nel cervello umano un neurone ne contatta circa altri 10.000 mediante le sinapsi o strutture di ramificazione. Nelle piante i fasci vascolari sono essenzialmente lineari e la traslocazione degli zuccheri, come dei segnali avviene in modo lineare. Tuttavia i fasci vascolari possono avere delle interconnessioni con le anastomosi, così da formare una rete utile per il movimento laterale di acqua, ioni minerali o elaborati fotosintetici, ma sono simili a quanto accade nelle reti di vasi sanguigni negli animali che non risultano coinvolti nella coscienza.

Inoltre le anastomosi sono assenti negli internodi "giovani", così come risultano assenti nelle plantule appena germinate. Se la coscienza fosse importante per le piante, affinché esse possano prendere importanti decisioni, perché agirebbe solo nelle piante mature e non nelle giovani che ne hanno maggiore bisogno essendo più vulnerabili?

Le constatazioni sopra riportate escludono una integrazione dei segnali elettrici, fondamentale per la realizzazione della coscienza.

• **Per i sostenitori della coscienza nelle piante, esse avrebbero il centro di comando (cervello) nelle radici.**

Questa suggestiva ipotesi si basa sulla presenza, nelle cellule dell'apice radicale, di aree ricche in actina; tali aree vengono considerate come evidenza di esocitosi (se il riferimento è al rilascio di neurotrasmettitori), cioè di vescicole che ricordano le sinapsi neuronali. Tuttavia non c'è mai stata una chiara dimostrazione di presenza delle sinapsi nelle piante.

Inoltre la localizzazione di una struttura, simile al cervello e deputata alla coscienza, all'interno della zona di transizione dell'apice radicale, che si trova tra il meristema apicale e la zona di allungamento, appare assai impropria in quanto le cellule della zona di transizione risultano immature e indifferenziate, mentre i neuroni funzionali sono maturi e completamente differenziati.

L'equivalenza, tra la zona di transizione degli apici radicali con il cervello, consente un'altra obiezione. A seguito dell'attività del meristema apicale le cellule che si formano si allontanano progressivamente dal loro punto di origine verso le parti più mature dello stelo o della radice; ad esempio nella radice di mais l'intera popolazione di cellule, presenti nella zona di transizione, è spostata nella zona di allungamento all'incirca ogni 5 ore. Pertanto si ritiene che la continua rimozione delle cellule dal "centro di comando" sia incompatibile con la formazione di quelle reti stabili di elaborazione in grado di generare coscienza.

Infine, ancora una volta, si ritiene che la coscienza non sia necessaria alle piante in quanto esse rispondono agli stimoli esterni tramite sistemi di segnalazione molecolare che coinvolge gli ormoni, il Ca^{2+} e altre molecole conosciute.

• **Nella prospettiva che le piante abbiano una coscienza, esse dovrebbero esibire un comportamento proattivo, anticipatore.**

Le piante sarebbero capaci di comportamenti non solo reattivi, ma anche proattivi, cioè intenzionali, manifestando, pertanto una coscienza. Per poter fare queste affermazioni si portano esempi che mostrano come la crescita di radici e fustolini verso un preciso obiettivo, ma anche l'avvitarsi di germogli intorno a sostegni, siano valide evidenze di una coscienza. Si tratta invece di percezione di stimoli e di risposta ad essi, cioè sono meccanismi di risposta, quindi non proattivi. I modelli di crescita delle piante sono pre-programmati per rispondere agli stimoli ambientali, mentre il comportamento proattivo, che suppone la coscienza, si basa sulla possibilità di raggiungere un obiettivo nella totale assenza di stimoli, come se si possedesse una mappa mentale dell'ambiente circostante.

• **Il classico apprendimento associativo sarebbe presente anche nelle piante.**

Esistono due tipi di addestramento associativo. Il primo è il riflesso condizionato o riflesso pavloviano dimostrato dalla famosa esperienza del cane di Pavlov che in presenza del cibo produce abbondante salivazione, mentre il suono di una campanella non esercita alcuno stimolo in questo senso. Però se si procede ad un addestramento del cane mediante il suono di una campanella seguita dalla presenza del cibo, si ottiene abbondante salivazione anche solo dopo il suono della campanella non seguita dalla presenza di cibo.

Il secondo tipo di riflesso condizionato si basa sull'apprendimento operante o strumentale, dimostrato dal topo che, tenuto in gabbia, riesce a capire che se tira una leva ottiene cibo. Quest'ultimo è il tipo di addestramento più avanzato.

L'apprendimento classico non è mai stato dimostrato nelle piante. Inoltre non c'è alcun rapporto tra questo tipo di apprendimento e la coscienza, in quanto l'apprendimento classico è sempre stato considerato una espressione priva di coscienza. A tal riguardo sono stati fatti esperimenti su topi il cui midollo spinale era stato sezionato in modo da separarlo dal cervello; i risultati hanno sempre confermato che il classico apprendimento associativo non richiede coscienza.

- **Se la comunicazione tra piante fosse intenzionale potrebbe dimostrare un auto-riconoscimento cosciente.**

Ad esempio, le piante "comunicano" tra di loro tramite lo scambio di composti volatili o anche altri tipi di segnali, dandoci interpretazioni circa l'esistenza di comportamenti simili alla cognizione. In realtà lo scambio di segnali tra organismi è fenomeno assolutamente diffuso in biologia e lo si può osservare persino nei batteri, senza richiedere alcuna coscienza o cognizione. Questi fenomeni si spiegano tenendo conto che tutti gli organismi si sono evoluti anche tramite questa continua comunicazione con stimoli esterni. Tutti gli organismi realizzano la distinzione tra ciò che è interno e ciò che, di contro, è estraneo -anche altamente complessa come nei sistemi immunitari-, ma che, tuttavia, non richiede né costituisce la coscienza. Quindi una pianta non può essere considerata cosciente, non più, eventualmente, di quanto lo sia un batterio.

- **Per accertare le caratteristiche fondamentali che consentano di definire che un organismo è dotato di coscienza, i suoi sostenitori hanno seguito l'ipotesi del *naturalismo neurobiologico*.**

Tale ipotesi prevede due assunti logici. Il primo assunto è la presenza di una coscienza emotiva. Si assume, cioè, che le emozioni possono essere rivelate dall'apprendimento strumentale derivato dall'esperienza, come constatiamo negli esseri umani che hanno emozioni positive o negative in linea con l'apprendimento tramite meccanismo di ricompensa-punizione. Siccome questo tipo di reazione è definita come non cosciente, si è cercato di individuare un apprendimento strumentale elevato che metta insieme a) una iniziale attrazione per una ricompensa e b) la memoria di questa ricompensa.

Ciononostante, gli unici organismi che rientrano in questo criterio e che posseggono una coscienza emotiva sono i vertebrati, gli artropodi e alcuni cefalopodi.

Pertanto, sulla base delle affermazioni sopra riportate non è possibile sostenere per le piante una coscienza emotiva perché esse mostrano solo un apprendimento classico che è, come detto, non cosciente.

Il secondo assunto concerne la coscienza basata sull'immagine. Questo tipo di coscienza richiede la presenza nell'organismo di strutture di elevata complessità atte a "mappare" l'ambiente in cui vivono.

I sostenitori della coscienza nelle piante ritengono che dentro ad un batterio "l'ambiente è internamente mappato" e tale sarebbe la situazione nelle piante. Però nessun dato è stato mai riportato a comprovare tale affermazione.

- **L'evoluzione della coscienza.**

Ragionando sia sulla coscienza emotiva che sulla coscienza basata su immagini, si arriva a concludere che vertebrati, artropodi e cefalopodi sono i soli organismi coscienti, e che le piante devono restare escluse. La coscienza è, apparsa, in ciascuna delle tre linee animali, probabilmente in modo indipendente, mediante una evoluzione di tipo convergente perché la ricostruzione della loro storia ci porta ad un comune antenato che non possiede un cervello.

La coscienza, così come è stata definita, non ha rapporti diretti con la mobilità, anche se si può facilmente constatare che i gruppi di animali citati sono proprio quelli dotati di maggiore capacità di movimento. Pertanto queste conclusioni convergono, di fatto, con la convinzione diffusa che la coscienza si possa evolvere solo negli organismi dotati di elevata mobilità.

Conclusioni

Le considerazioni sopra esposte portano ad alcune principali affermazioni

1. Le piante non mostrano un comportamento proattivo, che implica l'agire in anticipo per prevenire un problema.
2. L'apprendimento "classico" non è indice di coscienza, per cui l'osservazione di un tale apprendimento nelle piante è irrilevante.
3. Le notevoli differenze tra i segnali elettrici nelle piante e nel sistema nervoso degli animali non si accordano con la equivalenza funzionale degli stessi. A differenza degli animali, i potenziali di azione delle piante hanno molti ruoli fisiologici che coinvolgono il sistema di "signaling" del Ca^{2+} o il controllo osmotico; i potenziali variabili delle piante hanno proprietà che precludono ogni percezione delle ferite come il dolore.
4. Nelle piante non c'è alcuna dimostrazione dell'esistenza di un "signaling" elettrico per l'integrazione dell'informazione che è un prerequisito per la coscienza.
5. La maggior parte dei sostenitori della coscienza nelle piante afferma che tutte le cellule sono coscienti, ma si tratta di una teoria speculativa sulla quale si sono accumulati molti dati contrari.

Credo che sia molto importante contestare l'esistenza di una coscienza nelle piante affinché la biologia delle piante, disciplina scientifica, non sia turbata da idee approssimate e sostanzialmente non vere. E' un dovere che dobbiamo avere nei confronti dei giovani che vanno formati al rispetto della scienza "galileiana" cioè basata sulle osservazioni sperimentali e ripetibili.

Non c'è alcun motivo serio per diffondere idee su di una vita delle piante più assimilabile a quella nostra o, più in generale a quella degli animali, quando tutto il fascino che le piante hanno su di noi rimane inalterato anche senza una loro coscienza.

Amedeo Alpi

Bibliografia

Nereida Bueno-Guerra, Where Is Ethology Heading? An Invitation for Collective Metadisciplinary Discussion . *Animals* 2021, 11(9), 2520.

Segundo-Ortin, M., & Calvo, P. (2021). Consciousness and cognition in plants. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, e1578.

Chiatante, D., Montagnoli, A., Trupiano, D., Sferra, G., Briant, J., Rost, T.L., and G.L. Scippa. Meristematic Connectome: A Cellular Coordinator of Plant Responses to Environmental Signals? *Cells* 2021, 10 (10), 2544

Lyon, P., Keijzer, F., Arendt, D., and M. Levin. Reframing cognition: getting down to biological basics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 25 January 2021, <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0750>