

I MOVIMENTI delle PIANTE e dei loro organi

La maggioranza delle piante viene considerata immobile per la buona ragione che è ancorata al suolo da un sistema di radici o da qualcosa di simile. Ciò è generalmente vero, almeno finché questa affermazione è limitata alle piante pluricellulari¹, e finché si considerano i movimenti di **traslazione**, in cui è l'intero organismo a muoversi.

Ma vi sono movimenti di traslazione di tanti vegetali microscopici unicellulari; ed inoltre vi sono movimenti in cui si spostano solo parti od organi della pianta, e questi sono assai più frequenti di quanto non si pensi. Li esamineremo con qualche dettaglio, ma prima di iniziare dobbiamo approfondire alcuni fenomeni e concetti generali.

Significato adattativo

I movimenti degli organismi viventi, come qualunque altro loro comportamento o qualunque fenomeno che si svolga in essi, non si sono affermati nel corso dell'evoluzione a caso, o per ragioni indipendenti, ma hanno più o meno sempre portato ad un miglioramento della capacità di sopravvivenza di ogni singola specie. Un carattere che riducesse in un modo o nell'altro il tasso di sopravvivenza² ridurrebbe anche la consistenza numerica della specie, verrebbe "filtrato" dalla selezione e tenderebbe a scomparire, a favore di altri caratteri più "utili". Un esempio per tutti: un movimento delle foglie in direzione della luce tende a favorire la fotosintesi clorofilliana³ e quindi risulta normalmente "utile"; il carattere opposto sarebbe dannoso e verrebbe "castigato" dalla selezione; dunque, molte piante mostrano questo orientamento spontaneo verso la luce (vedremo che il suo nome esatto è "foto-tropismo positivo") non per caso, ma perché è utile. Si tratta dunque di un "adattamento" alla miglior sopravvivenza in un ambiente in cui la luce viene di solito da una regione ben definita (il sole). Per quasi tutti i caratteri ed i comportamenti degli organismi si può identificare questa utilità "adattativa".

Il meccanismo "S - R" (stimolo - risposta)

Vi sono movimenti nelle piante (e negli animali) che sono assolutamente spontanei o "autonomi", e cioè sembrano essere provocati da un meccanismo interno dell'organismo, senza dipendere da un fattore esterno, da un elemento scatenante estraneo all'organismo stesso. Ne ripareremo.

Per contro, la maggioranza dei movimenti (e di moltissimi fenomeni viventi) è provocata da uno stimolo esterno, cioè da qualche fattore ambientale o da una sua variazione. Per es., una diminuzione dell'illuminazione provoca la chiusura di molti fiori, così come un rumore improvviso provoca la fuga di molti animali. In questi casi, vi è un rapporto stretto fra l'agente stimolante (variazione di luminosità, ad es.) e la "risposta", cioè la reazione dell'organismo (chiusura dei fiori nel nostro esempio).

Il rapporto stimolo – risposta rientra nel fenomeno più generale della "eccitabilità" degli organismi viventi, cioè della capacità di essi di reagire, di modificare in qualche modo il loro stato interno od il loro comportamento esterno, in seguito a qualche modificazione dell'ambiente. L'eccitabilità è una delle caratteristiche più essenziali della materia vivente in genere.

¹ In maggioranza, le piante visibili ad occhio nudo sono formate da un gran numero di cellule, ma vi sono piante microscopiche, generalmente acquatiche, formate da un'unica cellula, dette perciò "unicellulari".

² espresso come rapporto fra individui fertili sopravvissuti ed individui morti in ogni generazione

³ quel processo per cui, sfruttando l'energia della luce, le piante verdi possono sintetizzare il glucosio da cui trarre tutta l'energia necessaria alle loro funzioni vitali. Questo processo richiede la presenza di quella sostanza verde chiamata "clorofilla".

Vedremo che esistono nelle piante dei movimenti operati da tessuti od organi morti, essiccati (frutti secchi che si aprono spontaneamente quando sono maturi, ad es.), e qui non si può parlare di “risposta” consentita dalla “eccitabilità”: si tratta di fenomeni puramente fisici; ma in molti altri casi si tratta di vere “risposte” ad opportuni “stimoli”. E qui si impongono altre considerazioni.

In genere, uno stimolo trasmette all’organismo su cui agisce una qualche forma di energia, come nel caso della luce che stimola l’orientamento delle foglie, per tornare al primo esempio; ma l’energia che è necessaria alla reazione (il movimento delle foglie) non è fornita dallo stimolo, bensì da meccanismi interni all’organismo. Come paragone: quando si sfiora una trappola per topi o il grilletto di una pistola carica, l’energia trasmessa alla trappola o al grilletto è minima in confronto con l’energia contenuta nella risposta (scatto della trappola, movimento del proiettile). Lo stimolo è dunque solo un agente scatenante, che è in grado di liberare l’energia accumulata in qualche parte del sistema che reagisce; è l’energia contenuta nei tessuti della foglia a provocarne il movimento, non direttamente la luce.

E ancora: in pochi casi, specialmente con stimoli molto deboli, la risposta è proporzionale all’intensità dello stimolo; per es., se si tiene una pianta al buio per un certo tempo, e poi la si illumina per breve tempo, la pianta spesso si orienta verso la sorgente di luce, ed il movimento è proporzionale all’intensità della sorgente. In questi casi, anzi, vale la “legge della **“quantità di stimolo”**”, secondo la quale l’ampiezza della reazione dipende dal prodotto di due fattori: l’intensità i dello stimolo (per es. della sorgente di luce) ed il tempo t durante il quale lo stimolo è stato applicato. Quello che conta è dunque questo prodotto, questa “quantità” di stimolo: intensità $\times$ tempo di applicazione ($i \times t$). In questi casi la risposta è proporzionale alla quantità: $i \times t$.

Ma spesso, soprattutto per stimoli forti, questa legge di proporzionalità viene soppiantata dalla **“legge del tutto o nulla”**, secondo la quale, al disopra di un livello minimo o “di soglia”, qualunque stimolo produce sempre lo stesso effetto: qualunque sia lo stimolo, o la pianta non risponde, oppure risponde a piena intensità (“tutto” o “nulla”).

Naturalmente, quando si ha a che fare con esseri viventi, le cose non sono mai semplici, e così vi sono casi in cui uno stimolo eccessivo può provocare una diminuzione o addirittura un’inversione di risposta: per es., un’illuminazione moderata può provocare un orientamento di certe piante verso la sorgente, ma un’illuminazione eccessiva può provocare la reazione opposta.

Ma andiamo avanti.

Avviene in molti casi che in una pianta l’organo sensibile allo stimolo non sia lo stesso in cui ha sede la reazione. Per es.: in un germoglio di avena, si ha un incurvamento verso una sorgente di luce se il germoglio è illuminato da un lato; la parte sensibile alla luce è piccolissima, e cioè la punta del germoglio, per una lunghezza di pochi decimi di mm. Ma l’incurvamento non si verifica sulla punta, bensì molti millimetri più in basso, anche se questa parte viene tenuta al buio. Così certe piante (mimose esotiche, ad es.) ripiegano le foglie se vengono urtate, ma il ripiegamento si propaga lungo i piccioli delle foglie e lungo i rami, fino a qualche decimetro di distanza dal punto stimolato. Questi esempi ci fanno capire che il punto sensibile, o comunque il punto stimolato, TRASMETTE l’eccitazione ad organi lontani, che reagiscono indirettamente, anche quando l’organo stimolato di per sé non reagisce. Vi è dunque una trasmissione dello stimolo da un punto ad un altro della pianta. Questa trasmissione è quasi sicuramente dovuta alla diffusione di sostanze che si formano nel punto stimolato e si diffondono lentamente ai tessuti vicini. Non si può pensare ad una trasmissione di stimoli con un meccanismo elettrico, come avviene nella conduzione nervosa degli animali, poiché nelle piante non esiste alcuna struttura in grado di fornire una trasmissione di impulsi nervosi. Un sistema nervoso, per quanto rudimentale, è riscontrabile nella grande maggioranza degli animali, anche in quelli unicellulari, ma MAI nelle piante.

Ora esaminiamo come si sviluppa nel tempo un meccanismo di stimolo – risposta (S – R). Indipendentemente dalle leggi della “quantità di stimolo” o del “tutto o nulla”, si può immaginare che nessuno stimolo è efficace, per quanto duraturo, se non supera una “soglia” minima. An-

che noi, per quanto a lungo spalanchiamo gli occhi, non riusciamo a percepire una sorgente di luce se è troppo debole. Ma, anche per la durata, esiste una soglia minima: una reazione presuppone che lo stimolo, comunque intenso, agisca per un tempo (“tempo di presentazione”) che non deve essere minore di un valore limite.

Ma non basta: fra l’inizio dello stimolo e l’inizio della risposta esiste un ritardo, una latenza o “tempo di reazione”; se non altro per la necessità di una trasmissione dell’eccitazione, un certo tempo deve trascorrere.

In genere, in un meccanismo di stimolo – risposta occorre considerare almeno tre fasi:

- percezione (lo stimolo deve provocare qualche modificazione nell’organo sensibile);
- trasmissione (la modificazione si deve trasmettere dall’organo sensibile all’organo in grado di reagire);
- reazione (modificazione finale nell’organo predisposto a rispondere allo stimolo).

Anche fra gli animali superiori il meccanismo si svolge secondo questo schema. Per es., se io tocco un corpo troppo caldo, vi è prima una modificazione in qualche punto della mia pelle (percezione); poi lo stimolo viene trasmesso al sistema nervoso centrale, elaborato e ritrasmesso ai muscoli; infine i muscoli si contraggono (reazione) ed io ritiro il braccio prima di aver avuto il tempo di rendermi conto di ciò che è successo⁴.

Per concludere il nostro esame sullo sviluppo del meccanismo “stimolo – risposta” rispetto al tempo, ricordiamo che, al termine della risposta, l’organo o la pianta sensibile entra in una fase di stanchezza, di esaurimento, durante la quale non reagisce più, o diventa insensibile. Occorre che passi un certo tempo “di **refrattarietà**” perché venga ripristinata la sensibilità iniziale (**restituzione** o **restaurazione**). Non si dimentichi però che certi movimenti, specie del tipo passivo, possono venir effettuati una volta sola, non sono ripetibili (basti pensare all’apertura di un frutto maturo).

Esaminiamo ora il meccanismo fondamentale di tutti i movimenti delle piante, e constateremo che esso è ben diverso da quello dei movimenti negli animali⁵. Cominciamo da questi ultimi.

In tutti gli animali, a quanto sembra, il movimento è dovuto ad elementi contrattili, che possiamo chiamare genericamente “fibre muscolari”; negli animali più evoluti, le fibre possono riunirsi in fascetti ed in organi (muscoli), ma la singola “fibra” è sempre costituita da fibrille assai fini, in grado di accorciarsi (contrarsi). Il meccanismo della contrazione è basato sull’esistenza, all’interno delle fibrille, di serie di molecole filiformi parallele fra loro; queste molecole sono di due tipi⁶ e le molecole dei due tipi formano dei gruppi separati, come dei doppi pettini che si incastrano l’uno nell’altro in modo che le molecole dei due tipi risultino affiancate. Si guardi la fig. 1 in cui i tratti orizzontali sottili e spessi simboleggiano i due tipi di molecole:

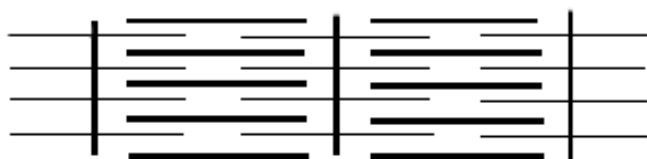


Fig. 1 - Schema elementare delle fibrille contrattili dei muscoli animali

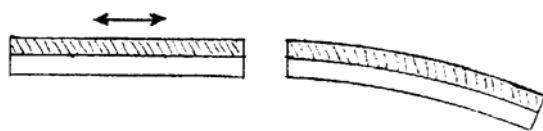


Fig. 2 - Schema del meccanismo di flessione di un organo vegetale

Le linee orizzontali più grosse rappresentano molecole di **miosina**, una proteina a molecole filiformi; le linee più sottili, attraversate da linee verticali ingrossate, rappresentano molecole di **actina**, un’altra proteina a molecole allungate. Come si vede, i due tipi di molecole formano co-

⁴ Questo è un banale esempio dei meccanismi nervosi “riflessi”.

⁵ Forse, questo è uno dei caratteri che meglio differenziano gli animali dalle piante.

⁶ Tutto questo discorso è assai semplificato, ma rende l’idea del fenomeno fondamentale della contrazione.

me dei pettini i cui denti si intercalano; ogni molecola di un tipo è circondata da due o più molecole dell'altro. La contrazione di questa struttura si verifica quando uno dei due tipi di "pettini" si incastra nell'altro e la struttura globale si accorcia. Il perché le molecole di un tipo scorrano sulle molecole dell'altro tipo, in modo da provocare l' "incastro", è spiegato dalla formazione di "legami" chimici fra una molecola e l'altra, legami che rappresentano delle specie di ancoraggi, di ponti, capaci di attrarre una molecola rispetto all'altra. La formazione e lo scioglimento di questi legami chimici è frutto di complesse reazioni chimiche che richiedono energia (fornita in ultima analisi dal glucosio sciolto nei liquidi organici) e che vengono scatenate dagli impulsi elettrici trasmessi dalle fibre nervose che entrano in relazione con le fibre muscolari attraverso speciali strutture a bottone ("sinapsi").

Ebbene, questo meccanismo a scorrimento di molecole filiformi della coppia actina - miosina è alla base di TUTTI gli organi contrattili e quindi di quasi tutti i movimenti osservati in TUTTO il mondo animale, dalle amebe all'elefante.

Nelle piante, è un'altra cosa: non vi sono strutture capaci di accorciarsi (né ossi a cui i muscoli si possano collegare); i movimenti sono sempre di incurvamento globale di un organo. Si veda la fig. 2 : vi è schematizzata una struttura (per es. il picciolo di una foglia) che possiamo immaginare divisa in due parti uguali da un piano orientato nel senso della lunghezza; possiamo ammettere che le due parti siano strettamente collegate fra loro, come avviene in un organo qualunque. Supponiamo ancora che la parte di sopra si allunghi o che la parte di sotto si accorci (vedremo come ciò può avvenire); l'organo nel suo complesso, finché le sue due parti restano collegate fra loro, non può che ripiegarsi verso il basso: la parte di sopra, allungandosi, non può scorrere su quella inferiore (abbiamo supposto che le due parti non possano staccarsi), ma la obbliga a curvarsi e viene trascinata in questo incurvamento poiché non può staccarsi. L'incurvamento è dovuto ad una variazione di lunghezza, ma la variazione deve essere diversa nelle due parti dell'organo.

Questo meccanismo viene sfruttato nei contatti "bimetallici" usati nei termostati dei ferri da stiro, dei frigoriferi, ecc.: due lamine di metalli diversi, con diverso coefficiente di dilatazione, vengono saldate fra loro nel senso della lunghezza; ad ogni variazione di temperatura, la lunghezza delle due lamine varia, ma in maniera diversa e l'insieme delle due si incurva andando ad aprire o chiudere un contatto che consente alla resistenza del ferro da stiro, od al compressore del frigorifero, di ripristinare la temperatura voluta.

Una prova sperimentale del fenomeno si può avere tagliando una striscia di carta (1 cm di larghezza, circa, e 10 cm di lunghezza) e tenendola appesa verticalmente per un estremo; alitando delicatamente sulla striscia su una delle sue facce, si ottiene un suo incurvamento, che scompare dopo poche decine di secondi, supponendo di non alitare più. Il fenomeno è dovuto al fatto che la superficie inumidita dall'alito si gonfia e si allunga più dell'altra.

L'esperimento riesce con certi tipi di carta più che con altri, ed alitando su una faccia più che sull'altra. Può riuscire meglio ritagliando da un dato foglio due strisce uguali, ma con tagli perpendicolari fra loro; incollando fra loro le due strisce, originariamente orientate in direzione diversa, si riproduce una specie di "bimetallico" che sfrutta il fatto che ogni tipo di carta si dilata in una certa direzione più che in quella perpendicolare.

Ora vediamo come una parte di un organo, uno strato di tessuto, ecc. possano accorciarsi o allungarsi, senza bisogno delle fibre contrattili tipiche degli animali. I meccanismi principali sono quattro.

- Crescita: una parte di un organo può accrescersi (in lunghezza) più velocemente dell'altra; un simile meccanismo di "crescita differenziale" dipende dall'ineguale distribuzione degli ormoni di crescita vegetali detti genericamente "auxine"; i movimenti dovuti ad una differenza di crescita sono in genere lenti, proprio perché la crescita in lunghezza di un tessuto presuppone apporto ed organizzazione di materiali.

- Turgore: le cellule vegetali, a differenza di quelle animali, possiedono in genere una "parete" impregnata di cellulosa, lignina, od altro, e quindi relativamente rigida; la concentrazione di zuccheri, sali ecc. all'interno della cellula è sempre superiore a quella dei liquidi circolanti fra una cellula e l'altra (la "linfa") per cui fra interno ed esterno della cellula si crea una differenza di pressione "osmotica" che tende a far entrare acqua nella cellula. In questo modo, la cellula è sempre gonfia d'acqua, cioè "turgida", e si irrigidisce come un palloncino ben gonfiato. Ebbene,

una variazione del turgore interno di una cellula varia le sue dimensioni e la sua lunghezza. La variazione del turgore può dipendere da: — una variazione della concentrazione dei liquidi interni o esterni della cellula con migrazione di acqua dentro o fuori la cellula (e sarà questo un fenomeno piuttosto lento); — una variazione di permeabilità della membrana circondante la cellula, la quale può improvvisamente diventare permeabile all'acqua e far abbassare bruscamente la pressione interna della cellula per fuoriuscita di acqua. È questa la causa dei movimenti vegetali più veloci.

- Assorbimento di acqua da parte di un tessuto secco; quando un oggetto è capace di assorbire anche il vapor d'acqua che è sempre sciolto nell'aria, in proporzione maggiore o minore, lo si chiama **igroscopico**; uno strato di tessuto igroscopico che aderisce ad uno meno o per niente igroscopico, al variare dell'umidità dell'aria si allungherà o si accorcerà più dell'altro strato e si ritorna al meccanismo descritto sopra ⁷.

- Disseccamento; è il fenomeno inverso: uno strato di tessuto, al variare dell'umidità dell'aria, può seccarsi più o meno ed accorciarsi più o meno rispetto agli strati contigui, ed abbiamo di nuovo una variazione differenziale di lunghezza.

Gli ultimi due meccanismi descritti si possono verificare anche in tessuti morti, a differenza degli altri due, ed in questo caso possono provocare movimenti “passivi”, cioè dovuti a cause fisiche, senza intervento di fenomeni vitali. Tutti gli altri movimenti, legati all'attività vitale dei tessuti, si possono chiamare “attivi”.

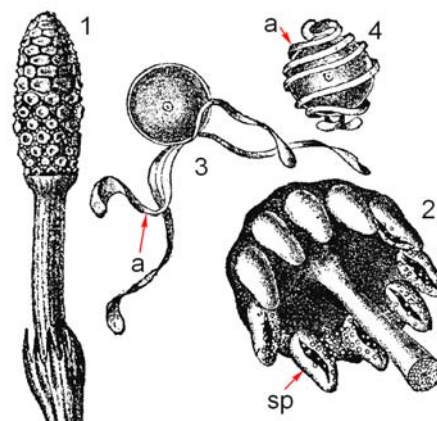
Non è possibile qui descrivere tutti i dettagli della struttura dei tessuti vegetali capaci di provocare e di favorire un qualche tipo di movimento, ma il meccanismo fondamentale è sempre quello dell'allungamento o accorciamento differenziale fra i due lati di un organo flessibile.

Ora dobbiamo descrivere i fenomeni più noti di movimento nelle piante, tentandone una classificazione.

Fig. 3/4/5 – A sinistra, una pianta di *Equisetum sylvaticum* nella generazione sterile estiva, senza spore.

A destra in alto, la generazione primaverile fertile, priva di clorofilla, che porta la spiga degli sporangi.

A destra in basso, la spiga (1) che porta le foglioline 2 (sporofilli) con gli sporangi (sp). In 3, la spora a secco, con gli apteri (a) distesi. In 4 la spora inumidita, con gli apteri avvolti su di essa.



(Fig. 5 da: G. GOLA, G. NEGRI, C. CAPPELLETTI; Trattato di Botanica; UTET; 1951; pag. 839, modif).

⁷ Si verifica facilmente un caso del genere esaminando al microscopio (basta un obiettivo 4:1) le spore degli equiseti – un gruppo di Pteridofite affini alle Felci – detti “code di cavallo”. Ogni spora di forma sferica porta, aderenti in un punto di essa, due filamenti incrociati detti “aptèri” leggermente avvolti ad elica. Basta alitare sul vetrino ed i due elatèri, in una frazione di secondo, si avvolgono sulla spora formando un vero gomitollo. Si vedano le tre figure qui sopra. Qualcosa di analogo avviene con gli “elatèri” delle spore delle Epatiche (Crittogame simili ai muschi).

Gli equiseti (“code di cavallo”) sono piante senza fiori, affini alle felci, che vivono ai margini dei fossi ed in genere in terreni incolti umidi. In alcune specie nostrane, all’inizio della primavera, spuntano dei fusti senza foglie che portano in cima una specie di piccola spiga (fig. 4 qui sopra, a destra, ed 1 in fig. 5); ogni spiga è formata da minuscole foglie ad ombrellino (“sporofilli”, 2 in fig. 5) con l’orlo ornato di ampolline (sporangî, **sp** in fig. 5) che si aprono a maturità ed emettono una polverina verdastra costituita da spore. Ogni spora, microscopica, è formata da una pallina su cui sono fissati due filamenti ondulati, detti “aptèri” (“a” in fig. 5). In aria asciutta, gli apteri sono distesi e quasi dritti (3 in fig. 5); in aria umida, essi si avvolgono a spirale su se stessi circondando la spora (4 in fig. 5). Questo movimento è rapidissimo (poiché gli apteri sono sottilissimi e l’assorbimento di umidità da parte loro è veloce) e si può ripetere infinite volte, anche quando le spore sono state conservate per anni in luogo asciutto.

Non è difficile, in primavera, trovare le pannocchie di equiseti; raccogliendole e depositandole in luogo asciutto sopra un foglio di carta, anche se non sono mature, finiranno per seccarsi ed emettere le spore.

Si raccolgano le spore asciutte in un sacchetto di plastica, dove si possono conservare a tempo indeterminato.

Se ne prelevi un grumo con un paio di pinzette e lo si scuota su un vetrino qualunque; la pioggia di spore che ne deriva è sufficiente. Si osservi il vetrino con un ingrandimento non inferiore a $40\times$, anche con un microscopio stereoscopico. Si vedono meglio le spore appoggiandole su un pezzo di carta nera ed illuminandole di lato. Per osservare il movimento degli apteri (rapidissimo) si chiedi ad un’altra persona di alitare delicatamente sulle spore mettendo la bocca (ben aperta per non creare una corrente d’aria troppo veloce) a pochi centimetri dalle spore stesse.

MOVIMENTI PASSIVI

Si tratta, come già accennato, di movimenti di tessuti od organi morti, dovuti a sole cause fisiche; si producono questi movimenti come risultato di tensioni interne, come frutto di energie accumulate durante la naturale maturazione o sviluppo di un organo.

A volte, questi movimenti sono unici ed irreversibili, e portano alla distruzione definitiva di quella carica di energia che li ha provocati: parliamo ad es. di quei frutti secchi deiscenti⁸ in cui, per un fenomeno di disseccamento, certi strati di tessuti si accorciano più di altri e tendono a provocare un incurvamento. Nei frutti, in genere, la parete è formata da più di una valva (si parla di **carpelli**, cioè di foglie trasformate, portatrici degli ovuli) e le valve sono collegate fra loro per i margini, lungo linee dette “suture”. Se i carpelli tendono a curvarsi verso l’esterno, per un certo tempo rimangono saldati fra loro lungo le suture e dall’esterno non è visibile alcun movimento; ma i carpelli entrano in tensione, e quando la tensione supera la resistenza delle suture, i carpelli possono staccarsi fra loro ed aprirsi anche di scatto verso l’esterno liberando o proiettando i semi. In fig. 6 si vede, al centro, un frutto maturo di geranio selvatico (*Geranium palustre*); ad un certo momento, le sottili valve del frutto si incurvano bruscamente verso l’esterno e, rimanendo collegate fra loro per l’apice, sollevano la base e proiettano i semi lontano (a sinistra). Nella stessa figura, a destra, si vede il frutto (baccello) di una Papilionacea (*Lotus*) il quale, seccandosi, mostra un distacco dei due carpelli che si arrotolano e liberano i semi; ciò avviene in molte specie della stessa famiglia (fagiolo, ginestra, ecc.). In altri frutti (saponaria, papavero, ad es.), si apre solo l’apice del frutto per divaricazione dell’estremità dei carpelli.

A volte, invece, i movimenti passivi sono reversibili e possono ripetersi un numero illimitato di volte; in questi casi l’incurvamento è dovuto ad un assorbimento o perdita di umidità da parte del tessuto, in relazione all’umidità dell’aria, e si parla di “movimenti **igroscopici**”. S’intende che la variazione di umidità provoca un allungamento od un accorciamento diseguale in due parti opposte dello stesso organo. Ne sono esempi i frutti di *Erodium* (altra Geraniaceae) in cui il lungo stilo si avvolge ad elica quando è secco, mentre si raddrizza quando è inumidito⁹ (fig. 7).

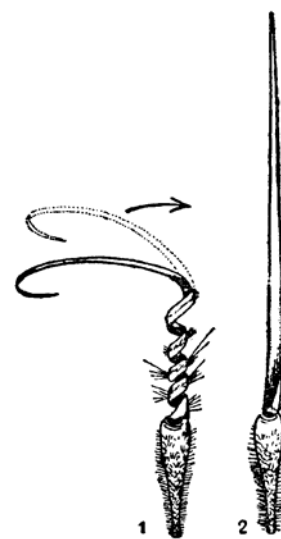
⁸ cioè che si aprono spontaneamente a maturità. “Secchi” nel senso di “non carnosì”.

⁹ Per questa loro proprietà, questi frutti sono stati usati come semplici igrometri: fissando la base del frutto ad un’assicella, la punta si muove come una lancetta d’orologio al variare dell’umidità dell’aria.



Fig. 6 - Frutti secchi di geranio selvatico e *Lotus* che si aprono spontaneamente a maturità con un brusco scatto.
Da: G. GOLLA, G. NEGRI, C. CAPPELLETTI; Trattato di Botanica; UTET; 1951; pag. 524, modif.

Fig. 7 - Frutti di *Erodium*, secco ed inumidito
Da: G. GOLLA, G. NEGRI, C. CAPPELLETTI; Trattato di Botanica; UTET; 1951; pag. 523.



Un altro caso di movimento igroscopico reversibile è quello degli **aptèri** ed **elatèri** delle spore di Equiseti e di E-patiche, illustrato più sopra.

MOVIMENTI ATTIVI

Si tratta di movimenti che si svolgono in tessuti vivi e ricavano la loro energia dalle normali attività vitali.

Alcuni di questi movimenti sono **indotti**, cioè provocati da uno stimolo, mentre altri sono **autonomi** (o “endògeni”) nel senso che si svolgono per motivi interni all’organismo, senza attendere un fattore scatenante esterno.

MOVIMENTI ATTIVI AUTONOMI (o ENDOGENI)

Alcuni movimenti autonomi sono dovuti a meccanismi di rigonfiamento o di accorciamento che portano a tensioni interne in un organo, simili a quelle provocate dal disseccamento nei frutti secchi, sopra descritti.

Un esempio tipico è quello dei frutti dell’erba “begli uomini” (*Impatiens noli – tangere*, Balsaminacee) che si strutturano come il frutto dell’*Erodium* di fig. 7; si veda la fig. 8: il frutto maturo (1) è anche qui allungato, formato da carpelli saldati per i margini; in (3) si vede una sezione trasversale di tale frutto, che mostra diversi strati di tessuto; lo strato esterno è formato di cellule vive che assorbono molta acqua e presentano una pressione interna da turgore fino a 20 atmosfere; lo strato sottostante (linea più scura) contiene invece cellule fibrose longitudinali che lo ren-

dono inestensibile. Quando la tendenza dello strato esterno ad incurvarsi provoca la separazione dei cinque carpelli, essi si arrotolano e si separano (fig. 8 • 2) proiettando lontano i semi.

Le piante di “begli uomini” hanno grandi fiori gialli vagamente simili ad una bocca di leone, che mostrano all’indietro una punta o “sperone”; esse si trovano in genere lungo i ruscelli. Se i frutti sono al punto giusto di maturazione, è sufficiente sfiorarli per trovarsi fra le dita il groviglio dei carpelli arrotolati ed alcuni semi sparsi.

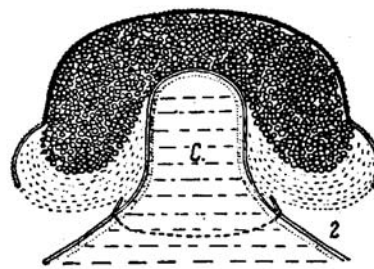
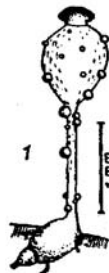
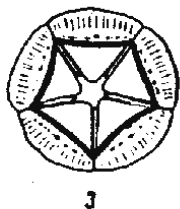
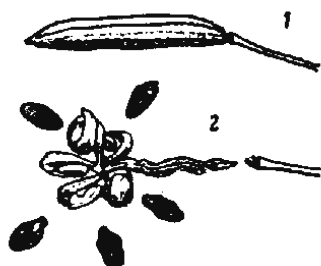


Fig. 8 - Frutti di “begli uomini”, prima e dopo lo scoppio
Da: E. STRASBURGER, F. NOLL, H. SCHENCK e A.F.W. SCHIMPER, Trattato di Botanica, Vallardi, Milano, 1973, pag. 391.

Fig. 9 - *Pilobolus*, pianta intera e sporangio ingrandito
Stessa fonte della figura 8; stessa pagina.

Altro esempio di movimento autonomo dovuto al turgore è quello del fungo *Pilobolus*, una piantina di un paio di millimetri che vive sullo sterco di cavallo. In cima al fungo, a maturità, si forma un’ampolla rigonfia con sopra un cappellino scuro che è lo sporangio, pieno di spore (ingrandito, parte più scura nel lato destro della figura 9). Quando la maturità è completa, la pressione interna dell’ampolla può superare le 5 atmosfere e basta a rompere l’ampolla e proiettare lo sporangio fino ad un metro di distanza.

Facilmente osservabile è il movimento degli sporangi di molte felci (vedi in questo sito, sez. Biologia, l’articolo A3e, pag. 8): sotto le fronde di molte felci nostrane si formano d’estate gruppi (“sori”) di sporangi, minuscole palline con un sottile peduncolo (fig. 10 • 1); la parete della pallina, che è piena di spore, è formata da uno strato sottile di cellule, rinforzato però da una catena di grosse cellule disposta in senso meridiano; questa catena (“a” in fig. 10 • 1) è detta **annulus** ed è assai robusta poiché le pareti interne e laterali delle cellule sono assai ispessite, come si vede in (2); la parete esterna (“o”) invece è molto sottile. Le cellule sono rigonfie d’acqua (“w”) e non sono sede di tensioni particolari. Durante la maturazione, le cellule dell’annulus perdono acqua, il loro contenuto si riduce e le pareti esterne sottili si incurvano verso l’interno, cioè consentono una diminuzione di volume della cellula (fig. 10 • 3). Ma in questo modo le pareti laterali tendono ad avvicinarsi, e la superficie interna dell’annulus tende a curvarsi all’infuori; per questa via, l’annulus si raddrizza, trascina con sé la parete sottile dello sporangio e la lacera; in pochi secondi, lo sporangio si apre. A questo punto sopravviene un altro fenomeno: la tensione dell’annulus, così forzatamente curvato, diviene eccessiva, la membrana sottile delle cellule dell’annulus (“o”) si stacca dalla masserella d’acqua rimasta nella cellula (“w”) ¹⁰ e l’annulus si richiude di colpo proiettando lontano le spore.

Durante la Primavera-Estate non è difficile procurarsi fronde di polipodio, felce maschia o femmina, ecc. Si osservino i sori (le macchioline brune sulla superficie inferiore) e di solito sono visibili con una buona lente gli sporangi. Se questi ultimi appaiono grigio-argentei, sono già scoppiati; se sono bruno-scuri, si pongano sotto un microscopio stereoscopico (almeno 30 ingrandimenti) e si accenda la lampada (episcopica); il calore della lampada può bastare a far seccare e scoppiare gli sporangi; si ricordi che l’apertura per disseccamento dell’annulus dura molti secondi e si osserva facilmente; invece lo scatto in chiusura è rapidissimo. Intorno agli sporangi scoppiati si vedrà la polverina giallo-bruna delle spore proiettate.

¹⁰ Succede qualcosa di simile al distacco della lingua dal palato, quando facciamo schioccare la lingua.

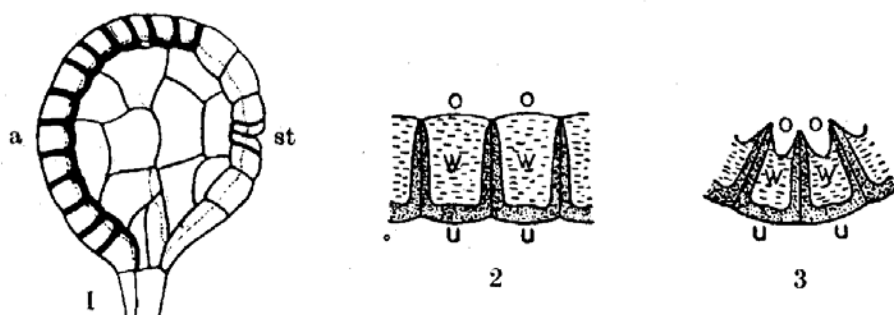


Fig. 10 - Sporangio di Polipodio (1) con annulus (a) e posizione di rottura preferenziale (st); porzione di annulus fresco (2) e disseccato, in fase di incurvamento verso l'esterno (3); **u** è la parete interna ingrossata dell'annulus, **o** è la parete sottile esterna.

Da: E. STRASBURGER, F. NOLL, H. SCHENCK e A.F.W. SCHIMPER, Trattato di Botanica, Vallardi, Milano, 1973, pag. 394.

Qualcosa di simile avviene di solito quando si aprono le antere o le sacche polliniche degli stami dei fiori, in modo da lasciar uscire il polline maturo; questi però sono movimenti lenti.

Altro esempio: i fiori che si aprono spontaneamente quando sono maturi e si richiudono dopo esser stati impollinati.

Finora, abbiamo descritto movimenti autonomi “una tantum”, che non sono ripetibili poiché nascono dalla dissipazione irreversibile delle forze che li hanno provocati.

Altri movimenti autonomi sono invece ripetitivi o di lunga durata e rientrano nelle normali attività vitali della pianta. Esempio: i movimenti periodici di apertura e chiusura diurna di certi fiori, che descriviamo fra poco.

Molti movimenti spontanei si possono riunire sotto il termine di **nutazioni**: si tratta di variazioni periodiche nell'orientamento di fusti, rami, ecc., che descrivono con la loro estremità un cerchio o un'ellisse; il diametro del cerchio dipende ovviamente dalla lunghezza dell'organo che si muove, ma può superare un metro ed il tempo richiesto per un giro completo può impiegare da due a molte ore, per un fusto, meno di un'ora per un viticcio (fig. 11-12).

La nutazione può interessare la cima di un fusto verticale, soprattutto in piante “volubili” o “rampicanti”, oppure, più spesso, i **viticci**, sottili rami o foglie trasformati, anche ramificati, che servono a molte piante rampicanti per aggrapparsi ad un sostegno e sollevarsi nonostante l'esilità del fusto¹¹. Sia per i fusti che per i viticci, la nutazione ha la funzione di movimento “di ricerca”, per mezzo del quale la pianta esplora lo spazio circostante in cerca di supporti adatti.



Fig. 11 - Nutazione spontanea di un germoglio

Da: E. STRASBURGER, F. NOLL, H. SCHENCK e A.F.W. SCHIMPER, Trattato di Botanica, Vallardi, Milano, 1973, pag. 387.

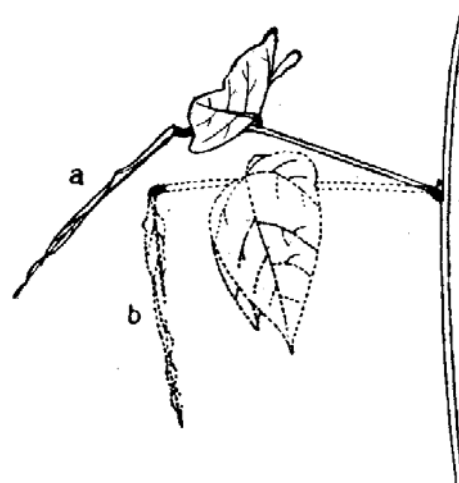


Fig. 12 - Movimento nictinastico in una foglia di *Rhynchosia*

Stessa fonte della fig. 11; pag. 389.

¹¹ Il nome di “viticcio” viene ovviamente dai corrispondenti organi della vite e di specie simili.

Come si vede dalla fig. 11, la nutazione si svolge durante il normale accrescimento dell'organo in movimento, per cui la cima dell'organo stesso non descrive in realtà un cerchio, ma un'elica. Da quanto detto, si spiega facilmente la nutazione come il risultato di un accrescimento diseguale del fusto o del viticcio: se un lato del fusto si allunga più rapidamente dell'altro, il fusto si deve piegare dalla parte dove l'accrescimento è più lento; quello che è meno facile da spiegare è il fatto che il fusto descrive più o meno un cerchio, per cui la zona di accrescimento accelerato deve spostarsi continuamente da un lato all'altro del fusto, ruotandogli attorno regolarmente.

Se la nutazione è un movimento spontaneo, occorre distinguerla dai movimenti legati all'azione della gravità (geotropismi, vedi sotto) e dai movimenti stimolati dal contatto col supporto (aptotropismi, vedi sotto); lo stesso organo può dunque muoversi sia spontaneamente che per effetto di vari stimoli, ed il movimento finale sarà la risultante di fenomeni distinti.

Accanto alle nutazioni, un altro gruppo di movimenti autonomi è quello dei movimenti **nictinastici**, cosiddetti poiché si svolgono in relazione col regolare alternarsi del giorno e della notte. Citiamo solo qualche esempio: le foglie della robinia (comunemente chiamata "acacia", ma è un'altra cosa), dell'acetosella, del trifoglio ed altre leguminose (fig. 12, posizione diurna (a) e notturna (b)), ecc. mostrano dei movimenti regolari fra il giorno e la notte, generalmente abbassandosi di notte¹².

Si discute da tempo per stabilire se questi movimenti siano veramente spontanei (si tratterebbe di "**ritmi endògeni**") o se dipendano dall'influenza delle variazioni diurne di temperatura, illuminazione, ecc., cioè da uno stimolo esterno. Effettivamente, illuminando artificialmente certe piante con un ritmo diverso da quello diurno, è stato possibile alterare artificialmente il ritmo dei movimenti nictinastici; ma, alla fine, la pianta tende sempre ad ignorare l'illuminazione artificiale ed a riprendere il normale ritmo di 24 ore, sia pure con fase alterata, cioè in ritardo o anticipo rispetto al ciclo diurno, da cui non riceve più lo stimolo normale.

Accanto ai movimenti nictinastici, certe piante, come il trifoglio, mostrano delle oscillazioni regolari delle foglie durante la notte, con periodo di 2 - 4 ore, di incerto significato.

Quando si tratta di movimenti periodici, la causa non sta in genere in una variazione differenziale di accrescimento, ma piuttosto di turgore (vedi pag. 4); si tratta comunque di un allungamento / accorciamento, diverso sui due lati opposti di un dato organo, con conseguente incurvamento.

Si possono includere nei movimenti spontanei anche quelli che si svolgono all'interno della cellula: movimenti di circolazione interna del protoplasma¹³; movimenti dei cloroplasti in relazione alla direzione della luce; scorrimenti dello strato esterno del protoplasma che permette a certe alghe microscopiche con guscio rigido (come le diatomèe) di scivolare lentamente sul substrato¹⁴, ecc.

MOVIMENTI ATTIVI INDOTTI

È venuto il momento di descrivere i movimenti attivi indotti o scatenati da una causa esterna o "stimolo". Si possono subito distinguere tre gruppi: – movimenti di locomozione o "tattismi"¹⁵, in cui tutto l'organismo si sposta; – movimenti "tropici"¹⁶ o "tropismi", in cui si muove un certo organo in relazione alla direzione dello stimolo; – movimenti "nastici"¹⁷ o "nastie", in cui la direzione dello stimolo non influisce sulla direzione del movimento.

¹² Si è parlato di "sonno delle piante", anche se nelle piante non vi è nulla che giustifichi l'accostamento.

¹³ Si chiama "protoplasma" la materia vivente in genere, escludendo i contenuti non viventi dei tessuti (cristalli, amido, grassi, ecc.).

¹⁴ Si chiama "substrato" il piano su cui poggia un organismo (superficie del suolo, fondo marino o lacustre, ecc.).

¹⁵ Dal greco: "Taktos" = ordinato, fissato.

¹⁶ Dal greco: "trepò" = mi muovo, mi volgo.

¹⁷ Dal greco: "nastos" = compresso.

MOVIMENTI di LOCOMOZIONE o TATTISMI (o TASSIE)

Come si è detto fin dall'inizio, uno spostamento di tutto l'organismo vegetale è possibile solo quando manca un apparato radicale e l'organismo striscia su un substrato o nuota nell'acqua. Ciò avviene in piante microscopiche, generalmente unicellulari: alghe flagellate, alghe coloniali come i *Volvox* (vedi in questo sito l'art. A3a, pag. 9), funghi inferiori allo stato di plasmodio, cioè masse di protoplasma con molti nuclei sparsi (Mixomiceti, art. A3b, pag. 2), ecc. Questi movimenti sono dovuti o a "flagelli" (sottili frustini che oscillano come la coda di un'anguilla), o a scivolamenti del protoplasma, come nei "movimenti ameboidi" dei microrganismi con membrana molto flessibile (amebe, Mixomiceti, ecc.).

I movimenti dovuti a flagelli possono essere assai veloci: la frequenza "di battuta" di un flagello può arrivare a 60 oscillazioni al secondo, e la velocità dell'organismo pari a molte volte la sua lunghezza al secondo. Nel caso dei flagelli però si ritrovano i movimenti di contrazione basati sulla coppia di proteine actina-miosina, caratteristica degli animali: è come dire che gli organismi unicellulari non consentono una distinzione netta animali-vegetali.

Lo stimolo per questi movimenti può essere rappresentato dalla luce (fototattismo), ed in questo caso il microrganismo può trovare le migliori condizioni per svolgere la fotosintesi, oppure dalla presenza di certe sostanze (chemiotattismo), che indicano all'organismo la possibilità di aggredire opportune prede, o dalla presenza di sostanze nocive.

Anche molte cellule sessuali (gameti) maschili di alghe, muschi e felci, certe spore delle stesse piante, ecc. si muovono a mezzo di flagelli. In genere, questi movimenti sono diretti verso un punto preciso (il gamete femminile immobile, ad es.) e lo stimolo che dirige il movimento è dato da sostanze prodotte espressamente dai gameti femminili. Si tratta ancora di **chemiotattismo**, questa volta diretto da feromoni.

MOVIMENTI DIRETTI dallo STIMOLO: TROPISMI

Carattere comune è il fatto che il movimento (di un singolo organo) avviene secondo la direzione dello stimolo, o verso lo stimolo (tropismi "positivi") o in direzione opposta (tropismi "negativi") o in direzione perpendicolare (tropismi "trasversali"). Le piante risultano sensibili a molti tipi di stimoli e manifestano i corrispondenti tropismi. Elenchiamo i principali.

Fototropismo

Lo stimolo è costituito dalla "luce", cioè dalla radiazione ottica, e la reazione è legata alla direzione della luce (solare diretta o di sorgenti di estensione limitata). Nella fig. 13 è illustrato un fenomeno ben noto: un apice di un fusto esposto ad una sorgente laterale si piega dalla parte della sorgente (fototropismo positivo). Il movimento è assai comune, può essere molto lento, ma la sensibilità è elevata: certe piante riescono a percepire sorgenti al limite della sensibilità dell'occhio umano. Più raro è il fototropismo negativo delle radici che si allontanano dalla sorgente, come in fig. 13. La figura illustra il movimento orientato di un germoglio coltivato in una soluzione acquosa (in modo da poter essere illuminato anche sulla radice); si noti che le foglie tendono a disporsi perpendicolarmente alla direzione della luce, in modo da facilitare la fotosintesi (fototropismo trasversale).

Anche nel caso della fig. 14, in cui una pianta (una Convolvulacea) è illuminata dall'alto e da destra, si nota il fototropismo positivo dei bocci, diretti verso la sorgente, e quello trasversale delle foglie, disposte perpendicolarmente alla direzione della luce. In particolari casi di piante delle regioni a clima caldo, come l'eucalipto, le foglie si dispongono parallelamente alla direzione dei raggi in modo da evitare un'illuminazione eccessiva: si parla di "foreste senz'ombra".

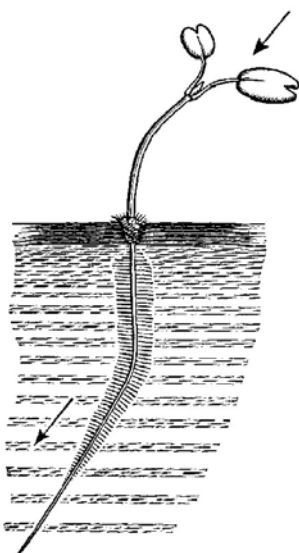


Fig. 13 - Germoglio di cavolo illuminato lateralmente
Da: C. CAPPELLETTI, Trattato di Botanica, UTET, Torino, 1975; pag. 1064.



Fig. 14 - Fusto di *Calystegia* illuminato obliquamente
Da: G. GOLA, G. NEGRI, C. CAPPELLETTI; Trattato di Botanica; UTET; 1951; pag. 534.

Altro caso di spiccato fototropismo positivo è dato dal fungo *Pilobolus*, citato sopra (fig. 9, pag. 8) come sede di movimenti di proiezione da turgore: se illuminato di lato, si rivolge verso la sorgente in modo da proiettare lo sporangio verso di essa.

Molto sensibili risultano i germogli di Graminacee come l'avena: se tenuti al buio e poi illuminati di lato, si incurvano dopo un'illuminazione di soli 10 lux¹⁸ per un secondo; se illuminati con intensità anche minori, ma ripetutamente, reagiscono allo stesso modo, per una specie di "sommazione" di effetti. Va notato che in questi germogli la parte sensibile è l'apice, per pochi decimi di mm, ma la risposta, cioè l'incurvamento del germoglio, avviene verso la base; come si è detto sopra, si verifica qui una trasmissione dello stimolo dalla zona di percezione a quella di reazione. L'incurvamento inizia circa un'ora dopo l'illuminazione, e si completa dopo almeno 30 ore. Nella fig. 15 è schematizzato l'incurvamento di un germoglio, con l'indicazione del tempo trascorso dallo stimolo (da sinistra, i primi tre numeri indicano minuti; gli altri, indicano ore).

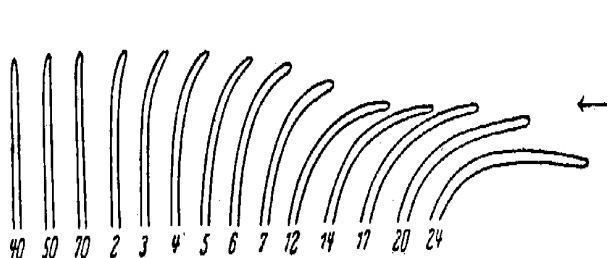


Fig. 15 - Schema di reazione fototropica in un germoglio di avena (la freccia indica la provenienza della luce)
Da: E. STRASBURGER, F. NOLL, H. SCHENCK e A.F.W. SCHIMPER, Trattato di Botanica, Vallardi, Milano, 1973, pag. 361.

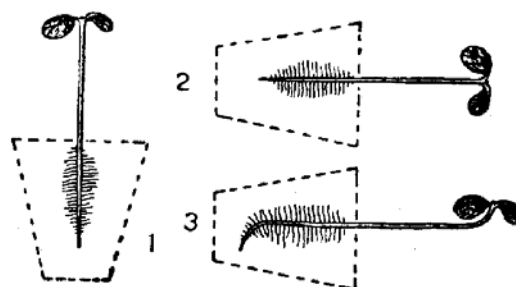


Fig. 16 - Dimostrazione di comportamento geotropico

Stessa fonte della fig. 15; pag. 366.

Gli incurvamenti fototropici possono dipendere sia da differenze di accrescimento che di turgore; lo stimolo "luce" viene assorbito da sostanze colorate o pigmenti, forse carotinoidi, forse riboflavina, e provoca un'ineguale distribuzione degli ormoni di accrescimento già citati, le auxine.

¹⁸ Tanto per avere un confronto, si ricordi che, per leggere, occorrono almeno 25 lux.

Geotropismo

Questo termine indica i movimenti orientati secondo la direzione di gravità. Tutti vedono che in maggioranza le piante dirigono il fusto verticalmente verso l'alto (geotropismo negativo) mentre la radice principale si dirige in basso (geotropismo positivo). L'utilità di questi movimenti è ovvia: le foglie hanno bisogno della luce come le radici dell'acqua presente nel terreno. Ma la cosa è più sottile: in genere, i rami e le radici secondarie mostrano un geotropismo trasversale e tendono a crescere più o meno orizzontalmente; ed anche questo è ovvio: se tutti i rami crescessero verso l'alto, e tutte le radici verso il basso, in fascio compatto, non si potrebbe sfruttare appieno lo spazio e quindi la luce per i rami, ed il terreno per le radici.

In fig. 16 è schematizzato il comportamento di una pianta in germinazione quando viene posta in posizione anormale (2) e viene quindi sottoposta ad una forza di gravità perpendicolare all'asse fusto-radice; l'apice del fusto si ripiega in alto, la radice principale in basso (3); lo stimolo della gravità viene percepito solo dopo alcuni minuti, ma la reazione (il raddrizzamento) è visibile dopo un tempo di latenza minore di quello legato al fototropismo: anche solo 15 minuti.

Se si ritorna alla fig. 13, che schematizza l'incurvamento fototropico, si osserva che la pianta, in base al solo geotropismo, dovrebbe rimanere verticale: segno che il fototropismo prevale e vince sullo stimolo della gravità.

Il raddrizzamento da geotropismo dipende ancora una volta da ineguale accrescimento o turgore nei due lati opposti della pianta, e quindi è più evidente nelle piante in via di accrescimento; ma anche piante adulte rispondono; tutti avranno notato alberi, specialmente conifere, allontanati dalla posizione verticale da una frana del terreno o da altre cause, che lentamente incurvano la parte bassa del fusto fino a ritornare verticali; anche i culmi delle graminacee, i "fili d'erba", appiattiti dal vento, riprendono la posizione verticale per mezzo di un accrescimento ineguale dei nodi (le graminacee crescono solo in corrispondenza dei nodi).

A proposito delle conifere, è facile osservare un curioso fenomeno: se la cima è staccata (fulmini, colpi di vento, ecc.), uno dei rami superiori, ed uno solo, si dispone verticalmente e sostituisce la cima mancante; gli altri rami, anche se tentano un raddrizzamento, ritornano poi alla posizione normale. Questo fatto dimostra che dalla cima si origina un flusso di ormoni di crescita che inibiscono il geotropismo negativo nei rami, mentre la cima è libera di alzarsi verso l'alto.

In altri casi, come nei boccioli di papavero, il geotropismo è positivo prima della schiusa, ed i bocci sono rivolti in basso; poi diventa negativo, ed il fiore si rivolge in alto.

Si è osservato anche che, se una pianta viene posta su un disco ruotante, e quindi viene soggetta ad una forza centrifuga, la pianta si incurva obliquamente, in modo da seguire la risultante delle due forze: centrifuga e gravitativa.

Resta ancora da stabilire in molti casi quale è la via attraverso la quale la forza di gravità stimola la crescita dei tessuti. In molti casi, si sono osservati in talune cellule dei granuli d'amido (materiale molto diffuso nel mondo vegetale, fig. 17) i quali, essendo più pesanti dell'acqua, si portano sempre verso il lato inferiore della cellula. Questa disposizione dei granuli d'amido potrebbe stimolare il protoplasma e regolare la diffusione degli ormoni d'accrescimento. Ma non è tutto chiaro sull'argomento.

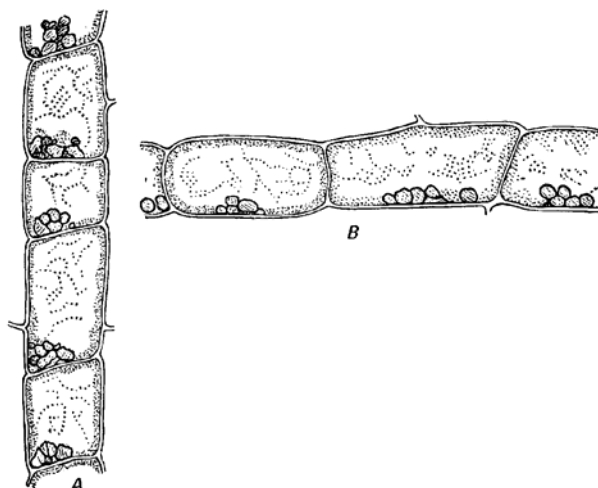


Fig. 17 - Distribuzione dell'amido in cellule vegetali variamente disposte

Da: G. GOLLA, G. NEGRI, C. CAPPELLETTI; Trattato di Botanica; UTET; 1951; pag. 532.

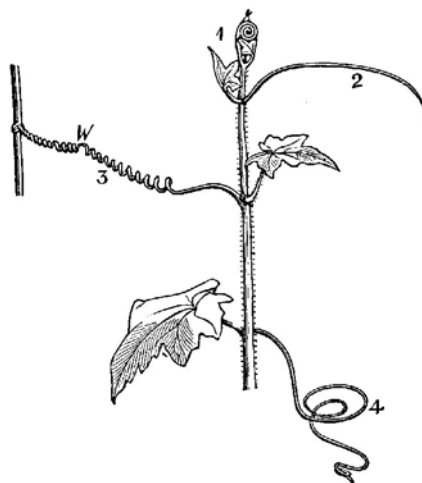


Fig. 18 - Viticci di *Bryonia* (Cucurbitaceae); il viticcio (4) è vecchio e si arrotola spontaneamente

Da: C. CAPPELLETTI, Trattato di Botanica, UTET, Torino, 1975; pag. 1068.

Tigmotropismo (o Aptotropismo)

Si tratta ora di un tipo di movimento provocato dal contatto o dallo sfregamento di qualche organo vegetale con un altro corpo. Questo movimento in genere porta l'organo stimolato, spesso un viticcio, a curvarsi in modo da arrotolarsi e fissarsi al corpo esterno: è questa la funzione dei viticci, ed il tigmotropismo consente loro di approfittare di ogni possibile sostegno.

I viticci ed i cirri, organi filiformi derivati da trasformazione di rami, si trovano in molte piante volubili e rampicanti che non possiedono un fusto abbastanza rigido da sostenersi da solo: Zucca, Passiflora, Tropicolo, *Cuscuta* (parassita priva di clorofilla), vite. I viticci di solito, finché non toccano un sostegno, sono più o meno dritti (vedi la fig. 18 • 2) ed eseguono un movimento di ricerca (la "nutazione", già elencata fra i movimenti autonomi) descrivendo un cono; il contatto con un corpo solido accelera l'accrescimento dal lato opposto al contatto per cui il viticcio si incurva dalla parte del sostegno e vi si arrotola.

Si noti: il maggiore accrescimento, cioè la reazione, si verifica dal lato opposto dello stimolo (punto di contatto), per cui vi è trasmissione del medesimo, con una velocità di qualche millimetro al minuto. La reazione si estende lungo il viticcio per qualche millimetro da una parte o dall'altra del punto stimolato, ma non oltre. La sensibilità è elevatissima: si può avere una reazione per lo sfregamento di una fibra di cotone, cosa che neppure l'epidermide umana riesce a percepire. Il tempo di latenza è breve: possono bastare pochi secondi. La reazione non si presenta se lo stimolo è esteso: per es. un liquido, la pioggia, ecc. non hanno effetto; e ciò ha una funzione evidente: evitare che i viticci impazziscano in caso di pioggia violenta; lo stimolo deve essere localizzato, come avviene con un corpo solido.

Chemiotropismo

Lo stimolo è legato alla concentrazione di opportune sostanze chimiche, che abbiano un interesse per la sopravvivenza della pianta. Si possono citare alcuni esempi; piante parassite come la *Cuscuta*, che dirigono sempre verso il centro della pianta parassitizzata i loro organi succhiatori ("austori"); budelli pollinici, cioè sottili filamenti che i granuli di polline dirigono verso gli ovuli, dopo che sono caduti nel punto giusto di un fiore; radici di molte piante che si incurvano verso le zone del terreno dove è maggiore l'umidità o la concentrazione di ossigeno, e così via.

MOVIMENTI NON DIRETTI DALLO STIMOLO : NASTIÈ

Parliamo ora di quei movimenti che sono provocati da uno stimolo, ma che si svolgono in una direzione indipendente da quella dello stimolo, vale a dire determinata dalla sola struttura dell'organo stimolato.

Si tratta a volte di movimenti assai veloci in quanto dovuti spesso a variazioni di turgore, nei quali cambia la permeabilità della parete cellulare e l'acqua si riversa rapidamente all'esterno della cellula. La trasmissione degli stimoli è ugualmente veloce e può arrivare a 10 cm / secondo; essa consiste presumibilmente nella diffusione di ormoni.

Tigmonastia

Lo stimolo è anche qui un contatto con un corpo solido. Gli esempi più noti sono quelli dati dalle piante insettivore che reagiscono alla presenza di insetti. La *Drosera*, piccola pianta di palude a foglie rotonde (fig. 19), porta numerosi tentacoli terminati da una gocciolina vischiosa; un insetto che rimanga incollato ai tentacoli si agita e crea uno stimolo; non basta però lo stimolo tattile: infatti, un sassolino o un granulo d'amido non provocano reazione, occorre la presenza di sostanze proteiche, fosfati, ecc. Si ha quindi, simultaneamente, una "chemionastia".

Uno alla volta, tutti i tentacoli si curvano verso l'insetto (fig. 19B), lo imprigionano e, un poco alla volta, lo digeriscono. Si ha quindi la trasmissione dello stimolo da un tentacolo all'altro.

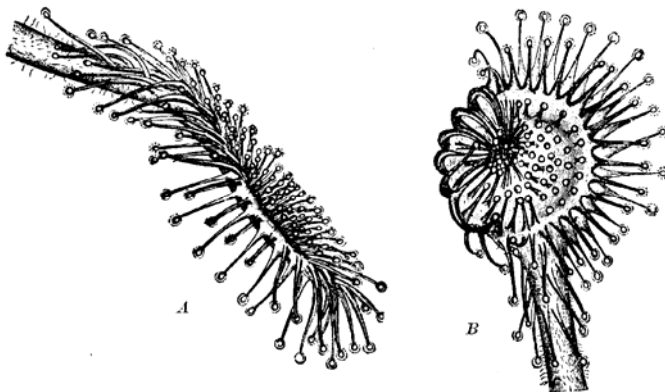


Fig. 19 - Foglie di *Drosera*

Da: G. GOLA, G. NEGRI, C. CAPPELLETTI; Trattato di Botanica; UTET; 1951. Pag. 543.

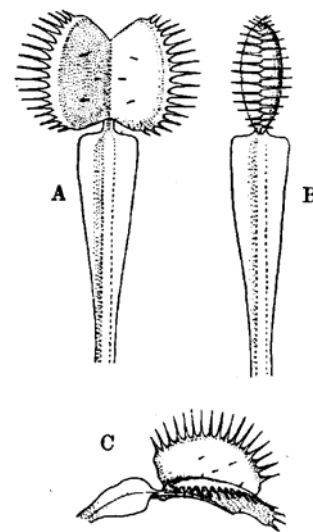


Fig. 20 - Foglia di *Dionaea muscipula*

Da: E. STRASBURGER, F. NOLL, H. SCHENCK e A.F.W. SCHIMPER, Trattato di Botanica, Vallardi, Milano, 1973. Pag. 197.

La *Dionaea muscipula* (sempre una Droseracea, fig. 20), forma una rosetta basale di foglie terminanti in due lobi contrapposti. Al centro di ogni lobo, tre peli sensibili disposti a triangolo. I lobi a riposo sono divaricati come un libro aperto (fig. 20, A e C) ma il contatto con un insetto provoca una chiusura rapidissima dei due lobi (fig. 20 B); l'insetto non può sfuggire poiché i grossi peli sui margini dei lobi s'incrociano a costituire una vera e propria gabbia. Piccole ghiandole all'interno della foglia provvedono a digerire il malcapitato.

La *Pinguicola*, altra pianta insettivora (Lentibulariacee), comune in montagna, specie nei terreni umidi, possiede una rosetta di foglie basali a forma di lingua, coperte da ghiandole appiccicose; la sua reazione tigmonastica è assai meno vistosa poiché consiste in un lento arrotolamento parziale dei margini delle foglie, che tende ad imprigionare (e digerire) gli insetti rimasti appiccicati.

Va notato che queste piante insettivore sono dotate di clorofilla e pertanto, potendo svolgere la fotosintesi, sarebbero autotrofe, in grado di provvedere da sole ai loro bisogni alimentari. L'apporto delle proteine animali delle loro vittime rappresenta quindi "un di più", un dessert.

Fotonastie

Si tratta di movimenti provocati dalle variazioni diurne dell'illuminazione, i quali quindi sconfinano colle nictinastie già citate: apertura e chiusura di fiori, innalzamento o abbassamento di foglie, e simili. Spesso, non è facile dimostrare che lo stimolo non provenga ANCHE dalle variazioni diurne di temperatura. A volte però lo stimolo è indipendente dal ciclo diurno: è sufficiente il passaggio di una nuvola per far chiudere un fiore (Acetosella).

L'incurvamento di petali, piccioli di foglie, ecc. è dovuto in genere a variazioni di turgore.

Seismonastie

Ora lo stimolo è meccanico, ma non legato ad un semplice contatto (come nel tigmotropismo), ma ad un urto od altro evento traumatico: lesione, bruciatura, attacco chimico, ecc.

La reazione può essere anche rapidissima e dipende da una variazione di turgore che deriva da un'improvvisa espulsione di acqua da parte di certe cellule, acqua che va a riempire gli spazi intercellulari. La perdita di turgore fa afflosciare un apposito "cuscinetto motore" che può trovarsi alla base del picciolo di una foglia o comunque dove deve avvenire l'incurvamento.

Molte piante, come l'acetosella, reagiscono lentamente ad un urto abbassando le foglioline; più vistosa è la reazione di molte specie del genere tropicale *Mimosa* (che non ha molto a che fare con la mimosa dell'8 Maggio) le quali reagiscono in pochi decimi di secondo ad un urto alzando le foglioline secondarie ed abbassando i piccioli; lo stimolo si propaga nella pianta (provocando il movimento di altre foglie) fino a mezzo metro di distanza, con una velocità anche di qualche cm al secondo. La pianta reagisce anche alla pioggia.

Una reazione ad urti si osserva anche nella pianta insettivora americana *Dionaea* (fig. 20), sopra descritta. Qualcosa di simile si osserva nella nostrana *Aldrovanda*, altra Droseracea, questa volta acquatica. Le sue foglie sono simili a quelle della Dionea, ma più piccole.

Anche nei fiori si possono trovare organi che reagiscono ad un urto (presenza di un insetto) in modo da facilitare l'impollinazione: stami che si chiudono a scatto (*Berberis* o "crespino") o più lentamente (fico d'India), lobi dello stamma che si serrano per imprigionare il polline (*Bignonia*, *Mimulus*, *Martynia*, ecc.).

CONCLUSIONI

Si discute ancora se i meccanismi del tipo stimolo – risposta, alla base dei movimenti delle piante, siano gli stessi che presiedono ai movimenti ed a tutte le reazioni degli animali; si tratterebbe in quei casi di meccanismi "deterministici", in un certo senso meccanici ed inevitabili, per cui ad un dato stimolo segue necessariamente una data risposta in base al tipo di stimolo, alla specie dell'organismo, al suo stato, ecc. Applicato agli animali superiori ed all'uomo, tale visione ridurrebbe ogni fenomeno vitale all'effetto diretto ed automatico di certe cause.

Certamente, una tale interpretazione può spiegare molti fatti ma, specie per gli animali superiori, appare riduttiva e non può dare ragione di tutti i comportamenti individuali. Occorreranno ancora molti studi e riflessioni: i fenomeni della vita difficilmente si prestano ad un'interpretazione unica e semplice.