

## RIASSUNTO DEI LAVORI

di

**C. DARVIN e G. WIESNER**

su alcuni movimenti nel regno vegetale

di

**Ruggero Felice Dr. Solla.**

---

„Das ist aber das Beste, was ein wissenschaftliches Werk  
bieten kann: Zu neuen Forschungen lebendige Impulse zu geben.“  
*Wiesner.*

„The power of movement in plants“<sup>1)</sup> è il titolo<sup>2)</sup> di una recente pubblicazione di Ch. Darwin che passa in rivista diverse espressioni di spontaneità nel movimento delle piante, così, dei movimenti causati per effetti di luce, di gravità, d'umidità, tanto singolarmente come accoppiati assieme, e mi fo lecito di darne qui un riassunto possibilmente chiaro.

Quest' opera di stimabile pregio, cospicua di nuove idee che, interpretando un lungo stuolo di esperimenti tentati, sorprendono nonpertanto per la loro originalità, non è aliena al carattere biologico impresso alle altre ben conosciute opere di carattere botanico dell'esimio naturalista, e sfoggia di estesa cognizione della letteratura straniera. Le osservazioni esposte nell'opera, che costituisce uno dei soggetti della mia presente relazione, prese dal campo della fisiologia e basandosi su esperienze in gran parte nuove, diedero impulso ad un lavoro di altro distinto e valente

---

<sup>1)</sup> London, J. Murray, 1880. — Mi riferirò nelle seguenti citazioni sempre su quest' edizione.

<sup>2)</sup> Che stimo di dare più esattamente colla traduzione: „l'energia di moto spontaneo nelle piante.“

fisiologo, del prof. Wiesner di Vienna; questi ripeté gli stessi esperimenti, ma osservandoli sotto altro punto di vista volle pubblicare in un opuscolo che porta il medesimo titolo<sup>1)</sup> le proprie opinioni riguardo i movimenti delle piante. L'interpretazione dei fatti positivi esposta da Wiesner mi sembra non meno degna di un breve riassunto, tanto più che l'autore pubblica in questo suo recente lavoro anche alcuni momenti che sono da riguardarsi come considerazioni ampliative ad altri suoi stimabili lavori di fisiologia, cioè sulla nutazione spontanea<sup>2)</sup> e sull'eliotropismo,<sup>3)</sup> che fornirono già prima nuove luci alla scienza.<sup>4)</sup>

Il carattere del lavoro di Wiesner è bensì polemico ma l'autore non intende con ciò di denigrare il naturalista inglese; le calde parole esposte nell'introduzione al suo libro ci sono prova della profonda stima e considerazione che il fisiologo tedesco nutre per colui che colla sua sagacia e profondità seppe dare nuova e sì vantaggiosa direzione agli studi delle scienze naturali.

Non è mio compito di dare in queste linee una critica degli studi di entrambi gli autori; ben volentieri lo farei, ma conosco che non sarebbe effettuabile altro che su base di esatti esperimenti, a cui mi mancò finora il tempo materiale; lo scopo che mi guida nel pubblicare questa relazione, che mi accingo a dare con tutta coscienza, si è di promulgare le idee dei due valenti fisiologi e d'invitare a tesserne quanto prima una critica fondata egualmente su fatti positivi, non escludendo con ciò le mie deboli forze a tentarla forse in seguito. —

L'opera di Darwin ci fa apprendere come ogni parte di una pianta che si trovi ancora in istato di crescita — la cima del fusto, le foglie, l'estremità delle radici — si trova in continuato

---

<sup>1)</sup> Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Eine kritische Studie. Wien, A. Hölder, 1881. — Anche quest'edizione viene citata nelle pagine seguenti.

<sup>2)</sup> Die undulirende Nutation der Internodien. Ein Beitrag zur Lehre vom Längenwachsthum der Pflanzenstengel. Sitzungsber. d. k. Akademie d. Wiss. Wien, Bd. LXXVII (1878).

<sup>3)</sup> Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Eine physiologische Monographie. Denkschr. d. k. Akademie d. Wiss., Wien, Bd. XXXIX u. XLIII (1878-80). — Verrà citata nelle pagine seguenti, per brevità, come „monografia“.

<sup>4)</sup> Di altri consimili lavori di Wiesner, sui quali si riferisce qualche passo della presente opera, farò, perchè meno interessati in questa, menzione soltanto a suo luogo.

movimento spontaneo, cui egli dà il nome di circonnutazione (*circumnutation*), e per questo mezzo dirige la pianta i suoi organi là dove non possono venir alterati od offesi dal medio che li circonda. Questo movimento circonnutatorio è adunque di sommo interesse biologico per ogni singolo vegetale, e quello che in fisiologia ci vien appreso sotto i titoli di: elio-, geo-, idrotropismo altro non è che una modificazione di questo moto primiero per influenza della luce, rispettivamente dell'attrazione verso il centro terrestre o verso un piano umido. In appoggio al compito biologico di questo movimento ogni parte crescente della pianta è dotata di una fina sensibilità che viene influenzata dalle cause modificanti il movimento circonnutatorio: come in seguito verrò esponendo.

## I. Circonnutazione.

Prescindendo dai movimenti del protoplasma, delle zoospore, dei spermatozoidi nel regno vegetale, come pure dai movimenti prodotti da un irritamento esterno localizzato sulla pianta, quali movimenti spontanei distintivi per l'individuo vegetale di contro all'animale, Darwin ci fa conoscere che quasi ad ogni pianta convergono dei movimenti i quali copiano, in piccolo, i rigiri d'un fusto arrampicantesi, e ch'egli denomina *movimenti di circonnutazione* o *circonnutatorii* (nutazione rivolutiva di Sachs).

Se osserviamo ad esempio un fusto che guardi colla sua cima verso Nord, lo troveremo dopo alquanto tempo dirigentesi verso Est, si metterà indi in posizione da guardare l'Est per rivolgersi verso Sud, spetta poi verso Sud dopodichè si gira verso l'Ovest sino a terminare di nuovo colla faccia verso Nord, descrivendo così una curva che, essendosi allungato nel frattempo il fusto per crescita, sarà una spirale, ma una spirale ellittica od ovoide, non già una sferica. — Quest'è l'espressione del moto circonnutatorio che ha luogo per l'aumentata turgescenza nell'interno delle cellule, combinata alla dilatabilità delle pareti di queste e l'aumento di crescita conseguente, maggiore prima da quel lato della pianta che si curva in senso convesso, che dall'altro<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Riferendosi sui lavori di Vines (*Arbeiten des botan. Instit. zu Würzburg*, Bd. II [1878], p. 142) e di Hofmeister (*Jahreshefte des Vereins f. vaterl. Naturkunde in Württemberg*, 1874, p. 211), Darwin conchiude: „on the whole

Questo movimento di circonvoluzione noi lo troviamo indicato tanto nei capolini di semi germinanti prima del loro spuntar dalla terra come all'estremità delle radici, nei cotili egualmente che nelle foglie nello stadio di crescita, ed il movimento delle foglie per ridursi in posizione „dormitoria“ è egualmente circonvolutorio, basato sulla turgidezza di alcune cellule che formano un pulvino alla base delle foglie stesse. Le curve percorse da fusti arrampicantisi, o le spire colle quali i viticci avvolgono un sostegno, il movimento dei fusti all'insù e l'opposto delle radici — altro non sono che movimenti di circonvoluzione risultanti dai bisogni delle piante stesse relativamente a cause stimolanti interne od esterne<sup>1)</sup>.

Le piante che vennero esaminate da Darwin (aiutato in ciò dal figlio Francis) rispetto ai movimenti di circonvoluzione nelle singole parti loro appartengono alle seguenti classi<sup>2)</sup>:

## I. Fanerogame.

### 1. Dicotiledoni, a) Angiosperme.

<i>Fam.</i>	<i>Coort.</i>
14. Cruciferae	II. Parietales
26. Caryophylleae	IV. Caryophyllales
36. Malvaceae	VI. Malvales
41. Oxalideae	VII. Geraniales.
49. Tropaeoleae	dto.
52. Aurantiaceae	dto.
70. Hippocastaneae	X. Sapindales
75. Leguminosae	XI. Rosales
106. Cucurbitaceae	XII. Passiflorales
109. Cacteeae	XIV. Ficoidales
122. Compositae	XVII. Astrales

we may at present conclude that increased growth, first on one side and than on another, is a secondary effect, and that the increased turgescence of the cells, together with the extensibility of their walls, is the primary cause of the movement of circumnutation“, (pag. 2, 3).

<sup>1)</sup> „There is always movement in progress, and its amplitude, or direction, or both, have only to be modified for the good of the plant in relation with internal or external stimuli,“ (pag. 4).

<sup>2)</sup> Ordinate secondo il sistema in „General System of Botany“ by Le Maout and Decaisne, 1873 (Darwin, pag. 68).

<i>Fam.</i>	<i>Coort.</i>
135. Primulaceae	XX. Primulales
145. Asclepiadeae	XXII. Gentianales
151. Convolvulaceae	XXIII. Polemoniales
154. Borragineae	dto.
156. Nolaneae	dto.
157. Solaneae	XXIV. Solanales
181. Chenopodieae	XXVII. Chenopodiales
202. Euphorbiaceae	XXXII. Euphorbiales
211. Cupuliferae	XXXVI. Quernales
212. Corylaceae	dto.

b). Ginnosperme.

223. Coniferae

224. Cycadeae.

**2. Monocotiledoni.**

2. Cannaceae	II. Amomales	41. Asparageae	XI. Liliales
34. Liliaceae	XI. Liliales	55. Gramineae	XV. Glumales

**II. Crittogame.**

1. Filices

I. Filicales

2. Lycopodiaceae

dto.

Passo ad osservare i principali risultati che diedero gli esperimenti intrapresi, descrivendo, a suo luogo, il metodo sperimentale.

**1. Circonnutazione delle radichette.**

Posto un seme sotto condizioni idonee per una germinazione, desso protenderà anzitutto la sua radichetta, la quale influenzata dalla forza di gravità, cercherà d'internarsi nel terreno. Ove la resistenza di questo sia grande, si sviluppano al collo della radice alcuni pili ausiliari che hanno il compito di consolidare il seme al terreno e di assorbirne il nutrimento per la pianta che ha da svilupparsi, mentre il loro interesse nella perforazione meccanica della radicina nel terreno sembra cosa affatto secondaria. L'internarsi nel terreno avviene però in conseguenza del movimento di circonnutazione che si fa valere tantosto sulla cima della radichetta appena che sia spuntata.

Servirono come piante d' esperimento le radici della *Brassica oleracea*, di *Aesculus*, *Phaseolus multiflorus*, *Vicia Faba*, *Cucurbita ovifera*, *Quercus* (*Robur* ed una specie americana) *Zea Mays*. — Onde accertarsi dei movimenti circonvolutori di questi organi, Darwin ideò i suoi esperimenti come vengo esponendo. Sulla cima crescente veniva saldato mediante lacca-lacca, in soluzione conc. alcoolica di maniera che si consolidava entro 2—3 secondi, un filo di vetro che non sorpassava la grossezza d' un crine di cavallo, lungo da  $\frac{1}{4}$  —  $\frac{3}{4}$  di pollice, e che portava una minima pallottolina di cera lacca all' estremità superiore. Tutto questo apparato, secondo Darwin, aveva minimo peso e non ledeva la pianta della quale si analizzava il movimento. Il seme trovavasi, per lo più, in vasi di terra colla cima della radice rivolta verso Zenit. Il tutto veniva portato entro a cassette coperte soltanto di sopra con una lastra di vetro. Per stabilire un punto di dipartenza, veniva fissato nella terra del vaso un bastoncino che portava alla sua estremità un pezzetto di cartone con un punto segnato visibilmente. Qualora i due punti (la pallottolina di cera lacca ed il punto sul cartone) si cuoprivano nella visura oltre la lastra orizzontale, veniva tracciato su questa un punto nero con inchiostro cinese, e di seguito venivano indicati sulla stessa lastra gli altri punti nelle posizioni che la pallottolina di cera lacca assumeva pel moto di circonvoluzione della parte della pianta sulla quale era attaccato il filo di vetro. Tutti i punti vennero poi uniti con linee rette e ne risultarono figure angolose, delle quali abbonda il libro dell' autore, segnanti i corsi presi dagli apici circonvolutanti, e le quali figure sarebbero riescite rotonde, ove le punteggiature fossero state più frequenti<sup>1)</sup>. — In altri casi Darwin lasciava scorrere l' apice delle radici su tavole di vetro, inclinate o piane, ricoperte d' un fino strato di nerofumo. Queste venivano poi inverniciate e si procedeva al copiare i segni su di esse. Tanto da queste come da quelle lastre di vetro, i tratti indicanti il movimento circonvolutorio venivano copiati su carta oleata e riportati poi su carta di disegno, dove il primo punto (quello al principio dell' osservazione) veniva marcato visibilmente, ed il corso preso nel girare della pianta era seguito

<sup>1)</sup> Le difficoltà che emergono in questo modo di procedere non possono lasciarsi per occhio, e si presenteranno ben presto a chiunque voglia imitare gli esperimenti; ne discorre anche Darwin a pag. 6 e 7 della sua opera.

con frecce indicatorie <sup>1)</sup>. Ove le cime delle radichette non eseguissero simili movimenti di circonnutazione, la forza di gravità che si fa valere in direzione pretto verticale su di esse non giungerebbe mai ad effettuare nei casi dove gli apici sono così volti all'insù un inclinamento di essi verso una o l'altra parte <sup>2)</sup>. — Le radici obbligate a continuare la loro crescita sulle tavole affumicate dimostrarono un moto circonnutatorio palese, perchè i solchi tracciati nel nerofumo non erano continuati, sibbene in vari punti interrotti, locchè non si spiega che per divergenza della radice, in conseguenza del movimento descrivente una spirale, dalla lastra di vetro. —

Coltivando semi in terra o sabbia umida, ben compressa, si dovrebbe attendere che le radici vi lasciassero il segno del loro movimento circonnutatorio, cioè fossero attorniate da un solco circolare; questo non venne dimostrato dall'esperimento intrapreso con un seme di *Phaseolus multiflorus*, come Darwin si spiega la cosa però, a motivo dell'aumentata dimensione della radice in larghezza <sup>3)</sup> così che arrivava ben presto agli orli del solco. Ne lo provano gli esperimenti dove le radici del *Phaseolus* crescenti per un foro praticato nella parte anteriore d'una pinzetta di legno allargavano quest'ultima in maniera che ci volevano ben 1500 gr. di peso per produrre sulla stessa pinzetta un eguale distacco delle sue due braccia. Cosicchè converrà di pareggiare l'azione d'una radice nel terreno ad un cuneo che venga introdotto nella fessura d'un tronco al fine di spaccarlo. —

Prima di continuare, indicherò alcune osservazioni esposte da Wiesner<sup>4)</sup> riflettenti al metodo di sperimentazione usato da Darwin. Anzitutto osserva Wiesner che Darwin non fa parola delle cautele che sono da usarsi nel collocamento e maneggio degli apparati; com'egli stesso ebbe occasione di assicurarsi, è questo un punto di somma importanza dimodochè egli faceva sempre uso di

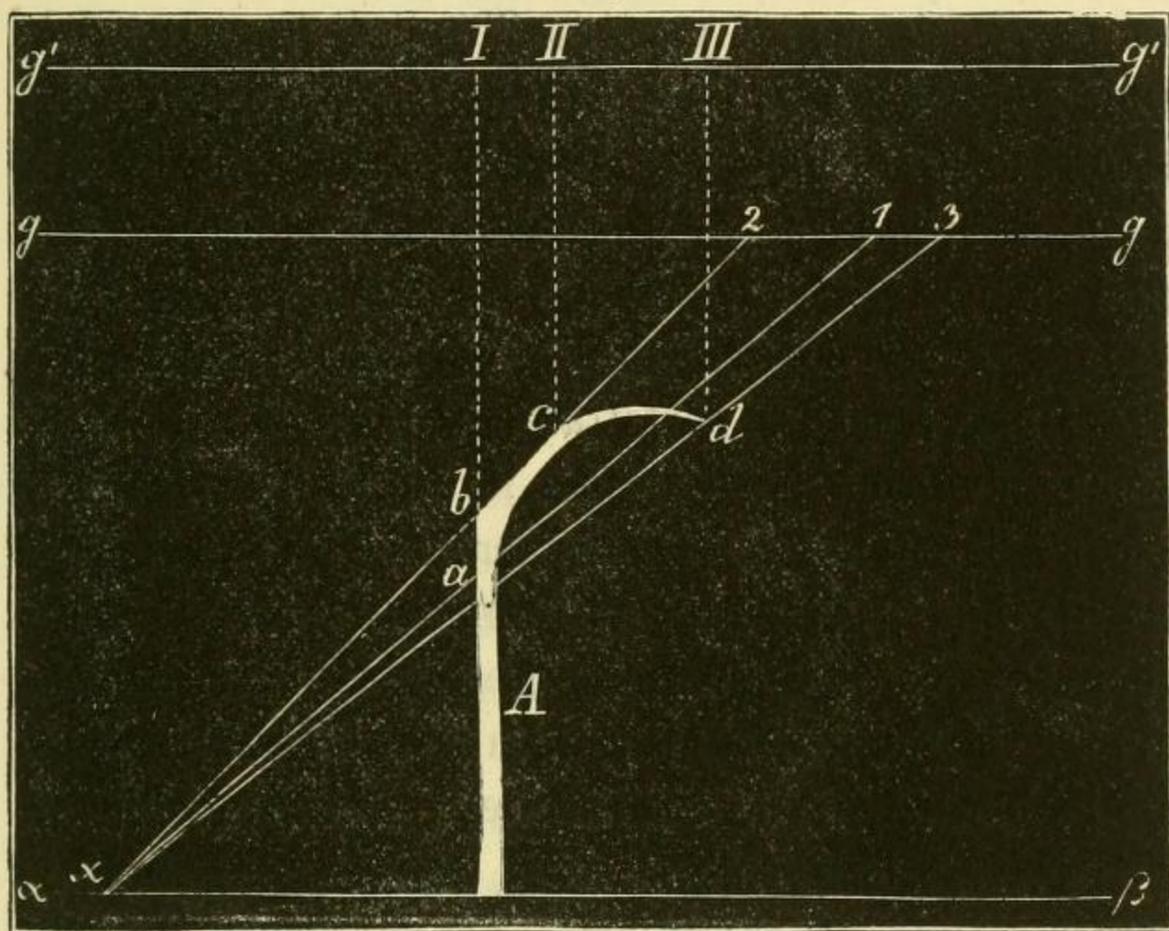
<sup>1)</sup> I rispettivi disegni nel testo sono riprodotti in gran parte su piede più piccolo. Essi vennero eseguiti con tutta accuratezza da Mr. Cooper.

<sup>2)</sup> Riguardo alle considerazioni simili di Sachs sulla „nutazione rivoluzionaria“, cfr. „Ueber das Wachstum der Wurzeln“, in Arbeiten des botan. Instit. in Würzburg. III. H. (1873), pag. 460.

<sup>3)</sup> The movement is more strongly pronounced in radicles when they first protrude from the seed than at a rather later period — pag. 71, 72.

<sup>4)</sup> pag. 160 e seg.

tavoli o postamenti che avevano la stabilità delle lastre di marmo immurate sulle quali si assicurano le bilancie analitiche. — Fallace è inoltre il modo, col quale Darwin fissa il movimento circonvolutorio eseguito dalle singole parti delle piante. L'errore nel quale incorre il naturalista inglese viene illustrato dalla figura che riporto qui dal Wiesner (pag. 161).



In essa ci rappresenta *A* quella parte del vegetale che viene appunto esaminata (a mo' d'esempio una radice diretta all'insù), *x* è il punto di visura, *gg* la lastra di vetro sulla quale vengono tracciati

i diagrammi <sup>1)</sup>. Ammettiamo che *A* sia cresciuto sino ad *a* allora sarà 1 il punto sulla lastra di vetro risultante dalla nostra visura. Cresce *A* sino *b*, avremo per la stessa ragione in 2 il nostro punto che ci fa apparire quasichè la cima si fosse volta all'indietro, mentre all'incontro crebbe verticalmente all'insù. Se *A* cresce sino a *c*, il punto di proiezione sarà nuovamente 2, e sembrerà che la parte della pianta non si fosse mossa nel frattempo, il punto 3 è la proiezione della crescita sino a *d*. Il diagramma ci mostra una figura, quasichè la cima si fosse volta all'indietro ed indi per innanzi, di contrario al movimento reale della pianta per insù e per innanzi: il metodo di proiezione, secondo Darwin, non indica adunque la crescita perfettamente verticale — perciò tutte le parti dei vegetali descrivono curve, secondo lui — nè indicano una crescita nel senso obliquo, come da *c* a *d*.

Wiesner nel ripetere gli esperimenti si servì perciò di apposito apparato diottrico, che consisteva in un tubo con 2 fili interni incrociantisi, ed era spostabile sulla lastra di vetro sino che il

<sup>1)</sup> Nome dato da Darwin alle figure rappresentanti i giri circonvolutori.

punto del vegetale da osservarsi si trovava in dritta linea col punto d'intersezione dei fili nel tubo diottrico. La proiezione dei punti che marcano la direzione del movimento è perfettamente orizzontale, col solo svantaggio che gl'ingrandimenti non sono così forti. La segnatura avviene in due modi. Il tubo è metallico e termina alla sua estremità inferiore con un disco egualmente metallico sul quale sono marcati quattro punti, a 90° di distanza un dall'altro. Riproducendo con inchiostro cinese gli stessi punti anche sulla lastra di vetro e congiungendoli con linee rette, sarà nel punto di intersezione di queste la proiezione orizzontale del punto da cercarsi<sup>1)</sup>. Dalla figura (a pag. precedente) si vede che I, II e III sono i punti di proiezione del tronco vegetale *A* che cresce all'insù e per innanzi ( $\alpha-d$ ). Una crescita perfettamente verticale non può venir segnata, essendo una sola la proiezione di due punti posti verticalmente uno sopra l'altro. Se in due osservazioni susseguentisi avviene di ripetere il punto già indicato, non potrà reggere che l'alternativa, o la parte del vegetale non è cresciuta nel frattempo, oppure crebbe nel senso della verticale: con un diagramma poi secondo il metodo di Darwin, si potrà precisare quale di questi due casi abbia avuto luogo. — Un secondo metodo consiste nel disporre sopra del tubo diottrico una seconda lastra ( $g' g'$ ), parallela alla prima, e facendo scorrere il tubo sino al punto da fissarsi, si può indicare quest'ultimo con molta precisione sulla seconda lastra.

Il metodo seguito col tubo diottrico („metodo a diagramma“, lo dice Wiesner) venne usato soltanto quando le parti vegetali non venivano lese dall'attaccarvi il filo di vetro od una setola d'eguali dimensioni<sup>2)</sup> (nei germogli di *Vicia Faba*, *Phaseolus multiflorus* e sim., non già di *Vicia sativa*, *Lepidium sativum*, *Brassica oleracea*, e nemmeno nelle analisi delle radici); mentre parti più gracili (come l'esposte) venivano esaminate riguardo al loro movimento

---

<sup>1)</sup> Le linee di costruzione possono venir poi cancellate, onde non offuscare il diagramma.

<sup>2)</sup> Wiesner ritiene che il filo vitreo attaccato produca crescita per stiramento, e trova differenti le curve di nutazione secondo il punto d'attacco sulla radice: „Wenn ich bei stark nutirenden Wurzeln den Glasfaden in der Nutationsebene befestigte, so näherte sich die Bewegung oft einer in Richtung der Nutationsebene gestreckten Figur. Hingegen zeigten sich Ablenkungen in darauf senkrechter Richtung, wenn der Faden senkrecht auf die Nutationsebene befestigt wurde,“ (pag. 173). — In quanto possa alterare anche la lacca-lacca il movimento delle radici, sarà dimostrato più sotto.

sotto un microscopio di Hartnack a 30—40 ingr. lin., il tubo del quale veniva attaccato ad apposito sostegno, mentre la pianticina veniva fissata a mano libera sotto l'obiettivo del microscopio. — In alcuni casi bastava una lente di Brücke alla stessa funzione del Hartnack.

Un tanto basti in generale sul metodo d'esperimentazione. Le piantoline delle quali studiava Wiesner il movimento alle radici, erano: *Vicia Faba*, *V. sativa*, *Phaseolus multiflorus*, verze e grano-turco. Da 5 in 5 min. veniva osservata la crescita delle radici coi loro rispettivi movimenti, pel corso di parecchie ore<sup>1)</sup>. Copiando gli esperimenti sulle lastre coperte di nerofumo egli trova che le radici non circonnutano (o lo fanno in oscillazioni impercettibili,<sup>2)</sup> ma fuggono un attrito o forse un'influenza chimica da parte del sostrato, ed adduce in prova alcuni esperimenti, dove egli faceva germogliare i semi sotto le medesime condizioni, ma colla modificazione<sup>3)</sup> che invece di rivestire le lastre di vetro con nerofumo, le cospergeva con semellicopodio, nel quale le radici tracciavano solchi perfettamente dritti ed uniti. Non contento di ciò, Wiesner sottopose la cima delle radici in modo adattato e molto preciso ad una osservazione microscopica<sup>4)</sup> sotto 32 v. d'ingrandimento, portando anche alla regione nella quale avrebbero luogo simili oscillazioni della radice, ma non s'accorse mai di simili evoluzioni richieste da una circonnutazione.

A capo dei suoi tentativi ritiene Wiesner la circonnutazione delle radici per un movimento di nutazione spontanea (curva di Sachs), condizionata dall'azione di geotropismo (gravità).

Le sue osservazioni chiarirono (pag. 174):

1. Radici dirette verticalmente all'ingiù possono crescere, date le condizioni favorevoli, spesso per lungo tempo affatto dritte.

2. Queste radici possono deviare per vario tempo durante la loro crescita dalla verticale e, senza muoversi decisamente in un piano, eseguire le loro oscillazioni.

3. Dalla diversa orientazione delle radici si scorge un incli-

---

<sup>1)</sup> Un esatto esame del comportarsi d'una radichetta di *Brassica oleracea* è dato a pag. 169 e seg.

<sup>2)</sup> Wiesner, pag. 167.

<sup>3)</sup> Alcuni degli esperimenti intentati nel modo accennato da Darwin diedero risultati corrispondenti alle indicazioni di questi.

<sup>4)</sup> Wiesner, pag. 168.

namento prevalente da un lato, alternante con crescita del tutto verticale all'insù, che può ritenersi per combinata influenza di nutazione spontanea e di geotropismo (circonnutazione di Darwin), non dimenticando che anche le irregolarità nella struttura delle radici e — probabilmente — crescita per stiramento contribuiscono la loro parte nel modificare questo movimento.

4. Le oscillazioni procedono dalla regione poco discosta dall'apice della radice dove ha luogo la più vigorosa crescita.

## 2. Circonnutazione dei fusti.

Darwin denomina<sup>1)</sup>, nella sua nuova opera, *ipocotile* quella parte del fusto che s'innalza dal seme e porta in cima i cotili, ed *epicotile* quella che sormonta immediatamente i cotili<sup>2)</sup> (detta anche plumula). Ognuno sa che i cotili nella germinazione del seme possono restare sotterra od essi vengono sollevati dall'ipocotile ed abbandonati già alla superficie della terra e protendono solo l'epicotile all'aria, od infine l'epicotile si eleva da terra, sormontato dai cotili che incominciano a virideggiare e funzionare per assimilazione. Interessante è però il modo col quale gl'ipo- (rispett. gli epi-) cotili si aprono il varco oltre il terreno per giungere alla luce. La maggior parte di essi, ed inoltre il cotile della cipolla<sup>3)</sup>, la *rhachis* d'alcune felci, irrompono dal terreno col capolino piegato all'ingiù presentando così la forma d'un  $\cap$ , pel qual mezzo, come lo indica Haberlandt nei suoi studi biologici sulle piante germoglianti<sup>4)</sup>, le giovani e gracili parti del fusticino (ipo- od epicotile) vengono preservate da un attrito o da una pressione da parte del terreno pel quale si protendono; e Darwin vi aggiunge l'aumento di forza che l'organo così piegato va acquistando per potersi far strada

---

<sup>1)</sup> La terminologia trovasi a pag. 5 della sua opera.

<sup>2)</sup> Termine equivalente a cotiledone.

<sup>3)</sup> Questa porta al punto culminante dell'arco una protuberanza inserviente a meglio trivellare il terreno.

<sup>4)</sup> Dr. Gottl. Haberlandt, Die Schutzrichtungen in der Entwicklung der Keimpflanze, Wien 1877; „we have learned much from this interesting essay, though our observations lead us to differ on some points from the author,“ ne dice Darwin (pag. 87) in proposito.

nel terreno<sup>1)</sup>. Oltrepassato il terreno, la parte interna (concava) dell'arco cresce più accelerata che la superiore (convessa) e per sua mercè i due lati divergono ed il fusticino si estende in una linea dritta. Che la curvatura in discorso sia spontanea e non prodotta forse dal peso dei cotili, lo provano gli esperimenti con *Cucurbita ovifera*, *Helianthus annuus*, *Ipomoea bona nox*, *I. leptophylla*, dove vennero puntati i cotili pesanti con ispilli in diverse posizioni, e ciononpertanto gl'ipocotili spuntanti avevano la curva caratteristica dell'  $\cap$ . La piegatura si spiegherebbe adunque come espressione di retaggio<sup>2)</sup>, e la troviamo espressa anche in piante che non sollevano i loro cotili al disopra del terreno, e per le quali le curvature degli epicotili si dimostrano di pochissimo utile (*Phaseolus multiflorus*, *Vicia Faba*).

Darwin ci dimostra, a base di esperimenti tentati secondo il metodo descritto più sopra (pag. 57) che anche queste parti dei fusticini, e così curvate, compiono movimenti di circonnutazione, locchè sembrerebbe strano ove non si ponesse mente che nello stesso internodio possono esservi alcune zone di fervida crescita ed altre che si conservano indifferenti, come lo ha dimostrato Wiesner<sup>3)</sup>. Per questo movimento circonnutatorio si eleva il fusticino; ma anche allungandosi l'arco non cresce che debolmente al suo apice. Quale prova del movimento di circonnutazione descritto da un ipocotile ancor curvato, ci presenta Darwin il caso del *Solanum palinacanthum* coltivato in un vasetto di sabbia argillosa umida: mentre dapprincipio la sabbia aderiva perfettamente all'arco dell'ipocotile, si dimostrò dopo alcun tempo un'angusta solcatura patente ad ogni lato dell'ipocotile ricurvato.

Non appena i primordi del fusticino così curvato hanno abbandonato il terreno che si stendono ed assumono per aumentata crescita delle cellule alla parte concava la direzione verticale, senza ritenere la minima traccia della curvatura primiera<sup>4)</sup>. Anche

<sup>1)</sup> Questo movimento non è proprio delle piante monocotili, pella maggior parte delle quali vediamo formarsi una vagina a spigolo acuto e punta di scarpello che perfora il terreno e, giunta alla luce, si fende per aprire il varco alla prima foglia che n' esce. Eccezione fa la cipolla (*Allium Cepa*) sopra menzionata.

<sup>2)</sup> „We must admit from the cases just given, that a tendency in the upper part of the several specified organs to bend downwards and thus to become arched, has now become with many plants firmly inherited,“ pag. 91.

<sup>3)</sup> „Die undulirende Nutation,“ op. cit., pag. 32 (dei stamp. sep.).

<sup>4)</sup> Eccezione fa il cotile di *Allium Cepa*, per la sua protuberanza.

così eretti continuano gl' ipo- ed epicotili le loro evoluzioni circonvolutorie dimostrando, com'è naturale, grandi varietà in riguardo al numero come all'ampiezza dei rigiri. *Brassica oleracea*, *Cerithe major*, *Cucurbita ovifera* circoscrissero nel corso di 12 ore da 3—4 figure ellittiche<sup>1)</sup>, mentre *Solanum palinacanthum*, *Opuntia basilaris* ne formavano appena una; le ellissi di *Lathyrus Nissolia* e di *Brassica oleracea* erano strette, larghe quelle della quercia; minime nella *Stapelia* grandi all'incontro nella *Brassica*. Nè in questo movimento circonvolutorio vengono punto alterati gl' ipo- od epicotili per deficienza di luce, all'incontro avveniva più precisa la circonvoluzione nell'oscurità perchè ad ogni filo di luce che colpiva le pianticine, queste vi si curvavano a movimenti in forma di zig-zag.

Questo movimento di circonvoluzione non svanisce coi primordi della pianta ma si mantiene valido anche in seguito e vediamo che anche fusti di varie età circonvoltono. Darwin scelse 20 specie di famiglie differenti, e fra queste di preferenza quelle ad arbusto (*Rubus Idaeus*, *Fuchsia*, *Hedera helix*, *Azalea indica*, *Plumbago capensis*, *Aloysia citriodora* ecc.), cosicchè era poca la probabilità a priori in favore d'una circonvoluzione. Il metodo osservativo seguito era quello descritto più sopra (v. a pag. 57)<sup>2)</sup>. — Il risultato ottenuto dalle osservazioni sulle cime dei fusti, fra i quali vennero compresi anche alcuni stoloni (*Fragaria* cult. var., *Saxifraga sarmentosa*, *Cotyledon umbilicus*), si era che queste cime si trovano in costante moto circonvolutorio, ma sempre in istato di crescita, cosicchè descrivono, nell'innalzarsi, delle spirali di qualsiasi specie. Più complicato resta però questo moto circonvolutorio alla cima degli stoloni allora quando alla sua modificazione contribuisce probabilmente non poco il peso all'estremità non sostenuta<sup>3)</sup>. —

Nelle sue analisi riguardo una circonvoluzione dei fusti procedette Wiesner egualmente nelle due maniere descritte, cioè con osservazioni microscopiche e con disegno di diagrammi. Avendo cura di allontanare ogni influenza delle altre parti della pianta sulla cima di vegetazione (in fusti perfettamente ortotropi), come pure ogni azione modificatrice della luce e conservando gli oggetti

---

<sup>1)</sup> Nei diagrammi naturalmente scompaiono le curve, per la scarsa punteggiatura.

<sup>2)</sup> I punti vennero segnati sulla lastra di vetro da 1—1½ ora.

<sup>3)</sup> Alle cime dei pezioli dona Darwin poca attenzione; il numero di essi che venne osservato è ristretto.

in disamina in ambiente umido, si troveranno movimenti di due specie, secondo la qualità della pianta che viene analizzata — lasciando da parte le piante arrampicanti. Nelle piante a fusto con crescita pretta verticale (*Hartwegia comosa*, *Allium Cepa*, *A. Porrum*) si dimostra un debole movimento laterale della cima in un piano orizzontale, dapprincipio, per continuare poi affatto senz'ordine. In altri casi non si può sconoscere un movimento più o meno ritmico, precisato. La *Peperomia trichocampa* sviluppa però le sue gemme costantemente pressochè in senso verticale; il suo fusto cresce, al bujo, perfettamente dritto e ci comprova che la circonnutazione non è espressa all'apice di ogni fusto vegetale<sup>1)</sup>.

Altro è il caso pei fusticini che compiono il movimento di nutazione ondulatoria. Segnando con inchiostro semplice<sup>2)</sup> il punto della curvatura<sup>3)</sup> sotto dei cotili (nella *Brassica*, *Vicia Faba*, *Helianthus annuus*, *Phaseolus multiflorus*) ed osservando una parte soltanto del segno fatto sotto il microscopio si scorgerà che desso (la cima nutante) si muove precisamente nel piano di nutazione diretto verso l'indietro, con prima aumentante indi declinante accelerazione; postosi così lo stelo in direzione verticale, il movimento avviene in senso opposto; ma senz'oltre influire sulla parte superiore. — In tutti i quattro casi analizzati si presentò un passaggio dalla nutazione ondulatoria alla revolutiva, senz'altro.

Lasciando poi esposte le piante anche all'influenza di luce, di gravità e sim., ne risulterà, secondo Wiesner, quella complicata varietà nei movimenti di circonnutazione che ci viene corrispondentemente posta sott'occhio nei tanti diagrammi che arricchiscono

---

<sup>1)</sup> „Es gibt mithin wachsende Pflanzenstengel, welche sicherlich gar nicht circumnutiren,“ pag. 176 e seg.

<sup>2)</sup> In questi casi preferibile all'inchiostro cinese. Quest'ultimo forma una macchia compatta, mentre la forma della macchia d'inchiostro semplice (sui vegetali) è più slacciata e ridotta a singoli puntini; riesce perciò più fattibile di dare una direzione fissa pressochè precisa al microscopio.

<sup>3)</sup> Nei fusti a nutazione ondulatoria riesce pressochè impossibile l'indicare con esattezza in qual parte dell'organo abbia luogo il movimento d'un punto fisso. Come sopra fu già notato questi fusti dimostrano crescita aumentata nelle loro parti superiori posteriori ed inferiori anteriori per modo che eseguono due curve opposte che donano al fusto la curva risultante paragonabile ad una S. Attaccando parecchi fili di vetro lungo il fusto e disegnando per ognuno d'essi un diagramma separato, è facile il convincersi di quanto fu detto.

l'opera di Darwin. Sotto queste condizioni tentò Wiesner alcuni esperimenti con germogli dell' *Abies excelsa*, di *Brassica oleracea*, *Vicia sativa*, *Helianthus annuus*, *Impatiens Balsamina*, *Goldfussia anisophylla* (fusto epinastico), *G. isophylla* (f. iponastico), con pezioli di *Bellis perennis* e *Plantago lanceolata*, inoltre con alcuni giovani getti dell' *olmo*, *tiglio*, di *rose* ecc., quali esemplari d' una nutazione interrotta. In breve riassume Wiesner i suoi studi su questo capitolo nei seguenti punti (pag. 184 e seg.):

1. In alcuni fusti continuano le cime di vegetazione, se al buio, la loro crescita verticale, se anche non con tutta precisione matematica. Le oscillazioni laterali importano  $0.01-0.1^{\text{mm}}$  e sono effetto di piccole irregolarità nella formazione anatomica degli organi, che favoriscono, nello stendersi, or l'uno or l'altro lato (circonnutazione).

2. Fusti dotati di una nutazione ondulatoria dimostrano nella oscurità ancora movimenti nel piano di nutazione, e ciò in un senso solo, oscillando, oppure mascherando le oscillazioni più o meno con interruzioni laterali, e questo può dirsi passaggio dalla nutazione ondulatoria alla revolutiva. Anche fusti a nutazione interrotta possono oscillare.

3. Fusti crescenti nella verticale, sottoposti all'azione laterale di luce o gravità, ne vengono influenzati di maniera che seguiranno la luce o si rizzeranno contro la forza di gravità. Fusti a nutazione ondulatoria, sottoposti alle stesse condizioni, dimostreranno movimenti risultanti dal complesso delle forze spontanee e paratoniche che muovono i fusti; questi movimenti corrisponderanno ai movimenti di circonnutazione di Darwin.

### 3. Circonnutazione dei cotili.

È noto a sufficienza, e già sopra ne fu fatto cenno, che i cotili delle piante vengono estratti, nel maggior numero dei casi, pella forza di estensione dell'ipocotile dal terreno, ma talvolta essi se ne rimangono a fior di terra e non rari sono i casi dove i cotili restano inalterati, e la pianta solleva soltanto un epicotile<sup>1)</sup>. Delle

<sup>1)</sup> Rispetto i cotili rudimentari nella *Abronia umbellata*, nel *Cyclamen persicum*, *Citrus aurantium* ecc. trovansi nell'opera di Darwin interessanti note, sulle quali non m'interno, perchè più aliene a questo lavoro, e mi riferisco alle pagine 94 e seg. dell'opera originale.

piante che portano i loro cotili alla luce del dì soltanto verrà fatto qui sotto menzione. Quanto prima questi cercano di sbarazzarsi dei loro involucri e si servono a ciò spesso di emergenze o consimili organi accessori che le pianticine sviluppano sull' ipo- od epicotile, come viene dimostrato egregiamente da Darwin nella sua opera recente<sup>1)</sup> per la *Cucurbita ovifera*, *Trichosanthes anguina*, *Mimosa pudica*, *Abronia umbellata*.

Indipendentemente dai movimenti degl' ipocotili descrivono i cotili per se moti circonvolutorii, nei quali possono venir influenzati dal grado d' intensità della luce<sup>2)</sup>.

Dalle osservazioni di Darwin noi rileviamo, il movimento dei cotili era costante e per lo più in un piano verticale così che nel corso di 24 ore ogni cotile veniva a stare una volta all' insù ed una all' ingiù, non restando esclusi casi di eccezione, dei quali cito come estremi un' *Ipomoea coerulea*, che in 16<sup>h</sup> 18<sup>m</sup> percorse 13 rigiri ed un *Lotus Jacobaeus* con 1 giro solo entro 24<sup>h</sup>; differenze fra individui della stessa specie (*Mimosa pudica*, *Lotus Jacobaeus*), eziandio un girare in senso opposto per ogni singolo cotile (*Oxalis sensitiva*) vennero egualmente osservati. I movimenti dei cotili, che non è possibile di spiegare come semplice crescita per effetto di estensione in lunghezza, poichè questa non avrebbe effettuato verun movimento laterale<sup>3)</sup>, descrivevano ellissi più o meno ristrette cosicchè si può asserire che circonvolvevano. Più prossimo alla curva del cerchio era il moto circonvolutorio dei nove cotili di *Pinus pinaster*.

I movimenti dei cotili alternavano, nei casi più frequenti, con un abbassarsi nelle ore antimeridiane ed un erigersi nel pomeriggio od alla sera, restando piegati durante la notte un po' più alto che nelle ore del meriggio, dove la loro posizione era pressochè orizzontale. Questi movimenti non erano però propri delle piante dicotili esclusivamente, ma si ripetevano anche nei cotili delle graminacee<sup>4)</sup>, nelle giovani foglie (fronde) di una *felce* e di una *Selaginella*.

<sup>1)</sup> a pag. 102, 104, 165.

<sup>2)</sup> Alcuni esperimenti fatti colla *Cassia* dimostrano però che questi movimenti possono divenire per abitudine o per retaggio anche indipendenti dalla luce. Così a pag. 125.

<sup>3)</sup> Movimenti laterali vennero notati nella *Brassica*, nel *Solanum lycopersicum*, nel *Lupinus luteus*.

<sup>4)</sup> In alcune coltivazioni fatte nella sabbia umida, i cotili di *Phalaris*, d' *Avena*, nonchè la plumula d' un *Asparagus* abbandonarono solchi (come fu detto più sopra, a pag. 63 dell' ipocotile del *Solanum*) provenienti dal moto circonvolutorio di quelli.

In tutto vennero osservate 153 specie appartenenti a varie famiglie, prendendo nota della posizione dei cotili solo a colpo d'occhio alla metà del dì ed alla notte<sup>1)</sup>. La posizione detta „dormiente“ corrispondeva ad un' inclinazione fra 0—60° (sotto o sopra dell' orizzontale), e si trovò su 26 casi che 6 lasciavano cadere durante la notte i loro cotili mentre negli altri 20 avveniva l' opposto. Fra 60—20°, con posizione pressochè orizzontale al mezzodì, era indicata in 38 casi un' „erezione distinta“. Le altre 89 specie, anche senza oltrepassare i 20°, lasciavano addivedere un movimento erettivo.

Un ricco numero di cotili ha sviluppato alla sua base un nesso di cellule minute prive di clorofilla, cui si dà il nome di pulvino (cuscinetto), con margini posteriori convessi. Le cellule si estendono alternativamente d'una parte prima che dall'altra (Pfeffer<sup>2)</sup> e cagionano con ciò il movimento dei cotili, che può dipendere inoltre da una più rapida crescita in una parte di contro all'altra.

Darwin segnò con inchiostro cinese la costa mediana di due cotili, dotati di pulvini, d'un avanzato germoglio di una *Oxalis Valdiviana*, ed osservò per 8<sup>3</sup>/<sub>4</sub> giorni con un micrometro oculare la distanza dei singoli punti senza scorgere il benchè minimo aumento. Era adunque pressochè certo che i pulvini allora non crebbero, e ciò nullameno i cotili avevano circonnutato e continuarono questo loro movimento ancora per dieci giorni. All'incontro in alcune specie di *Cassia* l'aumentata crescita in lunghezza si rese visibile pel corso di alcune settimane anche senza apposita misurazione, cosicchè il moto circonnutatorio in questi come nei cotili di altre piante che non hanno pulvini, era effetto di crescita.

Le cellule dei pulvini d'un *Oxalis corniculata* vennero sottoposte anche a rigoroso esame<sup>3)</sup> e dimostrarono un debolissimo aumento di lunghezza di confronto alle cellule sopra- e sottostanti del peziolo, ma invece un' aumentata estensione in larghezza, paragonabile a quella delle cellule peziolari, restando sempre però variabile la celerità di crescita; da ciò si potrebbe dedurre che i movimenti del pulvino nei primi tempi dipendono da ineguaglianze periodiche di crescita nel peziolo, anzichè da estensione delle cellule di quello.

---

<sup>1)</sup> L'ora non è più precisata.

<sup>2)</sup> Die periodischen Bewegungen der Blattorgane, 1875.

<sup>3)</sup> Darwin pubblica a pag. 120 un protocollo sulle dimensioni cellulari pel corso d'alcuni giorni.

Ma i generi naturali di *Trifolium*, *Lotus*, *Oxalis* dimostrano nelle loro specie che questa facoltà di possedere pulvini tanto può venir raggiunta, come può andar perduta senz'alcuna difficoltà.

Essendochè la circonnutazione dei cotili vien causata dalla turgescenza alternativa delle cellule nelle due metà d'un pulvino e determinata in gran parte dall'espansibilità e susseguente contrattilità nelle membrane di queste, sarà chiaro che alla pianta riesce più favorevole uno sviluppo di molte e minime che di poche e grandi cellule entro lo stesso spazio. Lo scopo di continuato movimento che vien raggiunto collo sviluppo di pulvini si spiega col l'arrestamento nella crescita delle cellule che diedero ad essi origine, e perciò troveremo che gli stessi movimenti possono replicarsi a lungo senza che la parte che li eseguisce cresca in lunghezza. In qualunque parte, un movimento troppo spinto sarebbe impossibile senza un'immensa crescita in lunghezza, ove alla turgescenza delle cellule tenesse sempre dietro anche crescita.

Dall'esperienza di Darwin risultò che, in quanto alla complicazione dei moti circonnutatorii, questa può aver luogo tanto per cotili privi di pulvino (*Brassica oleracea*, *Ipomoea coerulea*), come pei pulvinati (*Oxalis*, *Cassia*); anche l'ampiezza dell'angolo circonnutatorio non è legata per nulla alla presenza del pulvino, ma l'importante differenza si è, che mentre cotili pulvinati continuano i loro rigiri notturni anche oltre un mese, non possono seguirli quelli che ne sono privi (così le *Crocifere*, *Cucurbitacee*, nel *Githago*, *Beta*) per più d'una settimana.

#### 4. Circonnutazione delle foglie.

Nella letteratura troviamo parecchie indicazioni su movimenti delle foglie, da esse si scorge però con evidenza che l'attenzione dei naturalisti era diretta sinora ai movimenti espressi in grande dalle foglie di certe piante che assumono posizioni dormienti e simili, non parlando di altre di minor importanza. Il campo sul quale Darwin ci conduce ora, scuopre alla nostra vista regioni tuttoggi affatto sconosciute: egli ci dimostra come le foglie eseguono incessantemente dei movimenti impercettibili all'osservazione superficiale, ma ben distinti dall'occhio scrutatore negli esperimenti. Darwin analizzò il movimento delle foglie di 26 piante dicotili, di 7 monocotili e di 2 crittogame (*Nephrodium molle*, *Lunularia vul-*

garis), tutte, una (*Lupinus speciosus*) eccettuata, prive di pulvini, dimodochè il movimento era tutto proprio delle pagine fogliari stesse.

Le piante — fra queste anche qualche arbusto (*Camellia japonica*, *Cissus discolor*, *Eucalyptus resinifera* ecc.) — trovavansi in vasetti di terra collocati nella cassetta e ricevevano luce solo dall'alto, per lo più oltre vetro appannato. I fusti vennero saldati ad un sostegno sempre immediatamente sotto la foglia d'analizzarsi, e su questa veniva attaccato il filo di vetro con due triangoli di cartoncino, non più alti di  $\frac{1}{20}$ " (inglesi) in modo che uno poggiava sulla foglia, alla base del filo di vetro, l'altro era al secondo capo di questo, entrambi disposti in maniera che i punti ai loro vertici dovevano trovarsi in una linea diritta. La relativa posizione del triangolo superiore verso l'inferiore veniva indicata con punti fatti con inchiostro cinese sulla lastra di vetro.

I movimenti, com'è espresso nei diagrammi, avevano luogo principalmente in un piano verticale, ma poichè le linee ascendenti non coincidevano mai colle discendenti, si vede che doveva avvenire anche movimento laterale producente ellissi irregolari, il movimento era adunque realmente circonnutatorio. La sede di esso era posta quasi senz'eccezione nel picciuolo, talvolta anche in questo e nella lamina, di rado in quest'ultima soltanto. È naturale, da quanto vedemmo finora, che la grandezza dei movimenti non poteva essere per tutte le foglie eguale.

Un fatto dimostrossi di molto interesse, cioè la periodicità dei movimenti. Buon numero delle foglie — 16 casi fra 33 <sup>1)</sup> — s'ergeva alla sera o sul far della notte e calava poi al mattino susseguente, e questa periodicità, come più sotto verrà dimostrato era dipendente dall'alternativa di luce ed oscurità. Solo le piante insettivore (*Sarracenia*, *Drosera*, *Dionaea*) non venivano influenzate egualmente dalla luce nella periodicità dei loro movimenti. Quest'ultime piante offrirono in generale alcuni fenomeni curiosi che trovo bene, ommettendo le cifre indicative, di riferire qui in succinto<sup>2)</sup>.

Le foglie d'una *Drosera rotundifolia* insegnarono che con età avanzata, calano sempre più all'ingiù. Darwin seguì per 24 ore il movimento d'una foglia provetta, le glandole della quale segregavano

---

<sup>1)</sup> Anche negli altri 17 casi si avrebbe trovato forse lo stesso, se le piante fossero state osservate più a lungo.

<sup>2)</sup> Citando l'originale a pag. 237 e seg.

però ancora in copia, e constatò il loro moto in giù. Stillata una goccia di carbonato d'ammoniaca (2 grani in 1 oncia di acqua) sulla sua pagina superiore, ne seguì un abbassamento della foglia dovuto al peso della gocciolina, ma subito dopo essa si eresse e percorse giri di nutazione, probabilmente quale effetto di crescita stimolata dall'assorbimento del reagente. — Anche i tentacoli vennero osservati per se, attaccando la foglia con lacca-lacca ad un bastoncino ben fissato nel terreno e portando uno dei pili glanduliferi sotto il micrometro oculare (div. =  $\frac{1}{500}$  " ingl.) d'un microscopio dopo aver allontanato il tavolo di questo. Le osservazioni schiarirono che i tentacoli descrivono movimenti di circonnutazione, ma ne desistono in una certa età, senza perdere però in pari tempo anche la loro sensibilità. Un tentacolo che non circonnutava più, toccato debolmente con carne cruda alla sua estremità, cominciò subito dopo 23 secondi a curvarsi, addimostrando che i movimenti prodotti dallo stimolo di sostanza animale assorbito o dall'appressare d'un oggetto qualunque non sono conseguenze di circonnutazione modificata.

Le foglie della *Dionaea muscipula* non si dimostrarono troppo differenti da quelle della *Drosera*, in età avanzata esse cessano i loro movimenti di circonnutazione, senza privarsi però d'ogni movimento; una goccia di carbonato d'ammoniaca oppure di infusione di carne cruda riproducono i movimenti circonnutatori. C'è interesse però di sapere che i lobi non si chiudono nè dormono durante la notte, come per errore si leggerà in opere di botanica, Darwin ci assicura sulla base di esatte misurazioni che la distanza fra i fili di vetro attaccati alla parte interna dei lobi rimase sempre, di giorno e di notte, costante. — Indipendentemente dal picciuolo eseguono i lobi alcuni movimenti per sè. Obbligando con uno spillo il picciuolo d'una foglia, Darwin osservò sotto il micrometro oculare che i lobi avevano percorso dopo 4 ore 9 segni ( $\frac{9}{500}$  ") e dopo altre 10 ore 5 segni ( $\frac{5}{500}$  ") indietro. Questo movimento ripetutosi anche in una foglia più vecchia — se anche con maggior lentezza — non è però paragonabile che ai lacci che interrompono spesso le curve ellittiche di altre parti dei vegetali circonnutanti. D'interesse è il caso osservato che le foglie eseguivano inoltre movimenti oscillatori, nella stessa guisa come vennero constatati per l'ipocotile della *Brassica oleracea*. Il filo di vetro fissato sulla foglia ed osservato sotto il micrometro oculare — mentre la pianta riceveva luce perpendicolare dall'alto soltanto — segnò delle oscillazioni rapide simili a sbalzelli, di  $\frac{2}{1000}$  a  $\frac{3}{1000}$  e persino  $\frac{4}{1000}$  ", resti-

tuendosi poi ogni volta con corrispondente lentezza per un tratto indietro, onde ripetere, dopo non molto, lo stesso sbalzo cosicchè il movimento finale componevasi di ripetute piccole ellissi: sino a quattro simili sbalzi vennero contati in un minuto. Per istanti le foglie arrestavano il loro movimento del tutto. — Questi moti oscillatorî perdurano alle foglie giorno e notte pel corso di alcuni mesi e sono propri delle foglie giovani che non hanno aperto ancora i loro lobi e delle avanzate, non più sensibili al contatto, ma racchiudentisi dopo assorbimento di sostanza animale.

Wiesner non nega i movimenti complicati delle foglie come essi risultano dai diagrammi dati da Darwin, ma egli li interpreta in altro modo. Se pensiamo alle tante forze, come nutazione, epi-, iponastia, elio-, geotropismo che influenzano la posizione delle foglie sulla pianta, spontaneo ci si presenterà al pensiero che, non agendo tutte quelle forze in una risultante sola, l'apice delle foglie dovrà mutare nel modo più svariato la sua orientazione. Ritene egli inoltre che i fili di vetro che vengono attaccati alle foglie non siano del tutto estranei ad influenzarne il movimento.

Gli esperimenti pubblicati da Wiesner su questo proposito<sup>1)</sup> sono diretti anzitutto a dimostrare che alcune foglie possono continuare la loro crescita, senza che vi partecipasse circonnutazione di sorta, direttamente nella posizione già scelta; indi che la „circonnutazione“ delle foglie, ove non si tratti d'interruzioni altro non è se non un movimento combinato di nutazione spontanea e paratonica.

La crescita delle foglie venne determinata da Wiesner con misurazione diretta delle proiezioni delle cime fogliari, il movimento delle quali veniva seguito microscopicamente come più sopra (a pag. 60 e 61) fu indicato per le cime di vegetazione. In quasi tutti i movimenti subentrano delle oscillazioni laterali, interruzioni prodotte dall'assimetria nella formazione anatomica della foglia e dipendente irregolarità della crescita in lungo.

Nelle foglie della *Dracaena rubra* trovò Wiesner una prova di continuata crescita nella direzione presa, non facendo calcolo di alcune minime oscillazioni laterali ( $0.012-0.056^{mm}$ ,<sup>2)</sup> senza movimento circonnutatorio. Qualcosa simile gli offerse le foglie del *mais* che crebbero nella direzione primaria senza circonnutazione e

<sup>1)</sup> a pag. 189 e seg.

<sup>2)</sup> La foglia era cresciuta nel frattempo  $18^{mm}$ .

senza mantenersi nella verticale. Degne di menzione sono l'esperienze con una *Fuchsia*. La pianta venne tenuta per alcun tempo all'oscuro e sottoposta ad un esame microscopico riguardo al movimento delle cime delle sue foglie. I movimenti di queste erano sempre in una direzione e non venivano interrotti da oscillazioni laterali. Indipendentemente da queste si faceva valere, occasionalmente, un elevarsi od un abbassarsi delle cime secondochè prevaleva la forza epinastica o la geotropica<sup>1)</sup>; pareggiandosi queste due forze, la foglia continuava per ore intiere la sua crescita inalterata nella stessa direzione.

Le foglie di *Campanula Trachelium* e *C. persicifolia*, sottoposte ad esami riguardo l'influenza di forze esterne sul loro movimento diedero per risultato che in seguito al contendersi delle forze di peso, di gravità, di tendenza alla luce possono spiegarsi anche movimenti così complicati che non riesca possibile di fissare la causa che produsse in un certo tempo un dato movimento della cima delle foglie.

Per ultimo osserva anche Wiesner che i movimenti principali delle foglie si susseguono nel piano che passa verticale pella costa mediana di quelle. Qualora le foglie trovansi in posizione obliqua, ne risultano forti deviazioni dal movimento verticale, ed interessando i raggi della luce la direzione della verticale e la mediana della foglia, si spiegano allora più distinte le cosiddette „circonnutazioni“<sup>2)</sup>.

### 5. Circonnutazione dei funghi.

Eccetto colle foglie delle due crittogame annoverate, Darwin non fece altri esperimenti di movimento con tallofiti, ma desume da Hofmeister<sup>3)</sup> e dalla proprietà eliotropica di alcuni funghi<sup>4)</sup> che anche per questi abbia da esistere una „circonnutazione“.

---

<sup>1)</sup> „Indem man ein Blatt durch lange Zeiträume hindurch ins Auge fasst, gewinnt man den Eindruck, dass die complicirte Bewegung der Blätter auf ganz verschiedenen Ursachen beruhen müsse,“ pag. 192.

<sup>2)</sup> Sarebbe da indagare se i movimenti nei germogli del *mais*, *frumento*, *orzo*, della *Phalaris canariensis*, ripetentisi in varie direzioni anche nell'oscurità, siano spiegabili effettivamente per epinastia delle foglie opposte, come Wiesner l'osservò alla sfuggita, senza appoggiarvi maggior valore.

<sup>3)</sup> „Ueber die Bewegungen der Fäden von *Spirogyra princeps*“ in den württemb. naturwiss. Jahreshften. 1874, pag. 211.

<sup>4)</sup> „as unicellular Moulds bend to the light we may infer that they also circumnutate.“ Darwin, pag. 259.

Il presente capitolo è dunque riassunto dall'opera di Wiesner soltanto. Nella sua monografia sull'eliotropismo<sup>1)</sup>, Wiesner dimostrò con evidenza come gli organi monocellulari d'un *Mucor racemosus* e d'un *Pilobolus crystallinus* si curvano eliotropicamente. Nell'opera presente Wiesner dimostra pel *Mucor*<sup>2)</sup> — *Pilobolus* si comportò conformemente — che la sua curva eliotropica non è un movimento circonvolutario. Il fungo venne coltivato sopra pane di segala e, ricoperto con un vetro d'orologio assai concavo, si trovava in ambiente umido. Alcuni dei suoi pedicelli (flocci), tanto perfettamente verticali che curvati od orizzontali, vennero osservati sotto il microscopio (ingrad. = 40). Ma i movimenti eseguiti dai pedicelli non lasciarono addivedere mai altro che effetti della direzione di crescita o della forza di gravità, in alcuni casi, dove un pedicello diritto deviava dalla sua posizione verticale, era il peso dello sporangio quello che l'inclinava poi lateralmente.

## II. Circonvoluzione modificata.

Dalle osservazioni esposte nella I<sup>a</sup> parte noi deduciamo che qualunque parte crescente d'ogni pianta si trovi in continuo movimento di circonvoluzione<sup>3)</sup>. Sia questo movimento direttamente od anche indirettamente d'utilità per la pianta, pure noi non possiamo ammettere — dice Darwin<sup>4)</sup> — ch'esso sia stato acquistato ad uno scopo speciale; dobbiamo piuttosto credere ch'esso sia, per una causa ignota, la conseguenza del modo nel quale crescono i tessuti vegetali.

I movimenti che in grande noi possiamo osservare in quasi ogni vegetale sono modificazioni del movimento circonvolutario, eseguite con iscopo speciale<sup>5)</sup>, e per alcuni di essi segue qui un breve riassunto, dividendoli secondo due punti di vista, e cioè se

---

<sup>1)</sup> Oper. cit. a pag. 83 e seg. (Cop. sep.) del vol. II.

<sup>2)</sup> Bewegungsvermögen, pag. 197 e seg.

<sup>3)</sup> „we may, therefore, infer with a considerable degree of safety that all the growing parts of all plants circumnutate.“ Darwin, pag. 263.

<sup>4)</sup> Movement of plants, pag. 263.

<sup>5)</sup> „a movement already in progress is temporarily increased in some one direction, and temporarily diminished or quite arrested in other directions.“ Darwin, pag. 264.

le modificazioni sono dipendenti da cause costituzionali interne oppure se prodotte da influenze esterne per variate condizioni di luce, temperatura e gravità.

### 1. Circonnutazione delle piante rampicanti.

Le piante arrampicantisi ci offrono in modo visibile una ripetizione del moto circonnutatorio, dimostrando anch'esse nel loro movimento una tendenza a descrivere ellissi che vengono spesso interrotte da lacci, linee a zigzag ecc.; si riscontrano simili anche le celerità di movimento e rivoluzioni ripetute da varie specie, una o parecchie volte, durante lo stesso periodo di tempo. Una modificazione la troviamo espressa soltanto nell'aumentata ampiezza del movimento, dipendente da crescita in lunghezza aumentata su di un breve tratto, o più probabile, causata da crescita che va gradatamente aumentando ed è estesa su buona parte dell'organo crescente, a questa precedette turgescenza, che si fa valere solo susseguentemente su ogni lato. La modificazione detta la troviamo espressa negli stadi giovanili di queste piante rampicanti, quando esse crescono al par d'ogni altro vegetale. Egli è chiaro che questa facoltà è innata alle piante e non viene eccitata, all'infuori della crescita e forza vitale, da altre influenze esterne, come niuno dubiterà che suo compito si è di sollevare le piante in altezza, affinchè godano della luce.

Da un'opera già conosciuta dello stesso autore<sup>1)</sup> sappiamo quali siano le forme di questo movimento. Io mi restringo ad addurre qui un'osservazione sull'*Echinocystis lobata*<sup>2)</sup>. I viticci triforcuti di questa pianta diventano, nell'appressarsi e sorpassare la sommità del getto dal quale nascono, rigidi e dritti ed eseguono rapidamente il movimento revolutivo; sorpassato il punto critico, il loro proprio peso li rimette nella posizione obliqua (45°) primiera, sì presto che la cima si muove come „la sfera d'un orologio gigantesco“.

### 2. Epinastia. Iponastia.

L'aumentata crescita in lunghezza che si fa valere sulla pagina superiore di contro all'inferiore delle foglie, per modochè ne

---

<sup>1)</sup> Movements and habits of climbing plants. London, J. Murray, 1864.

<sup>2)</sup> a pag. 266.

viene una curvatura di queste per ingiù, come l'osserviamo nelle fogliette divergenti da una gemma, venne indicata da de Vries<sup>1)</sup> brevemente per epinastia. Iponastia è poi il caso medesimo per la pagina inferiore in confronto alla superiore, producente una curvatura concava all'insù. Questi movimenti sono assai frequenti e consistono in un'oscillazione per insù e per ingiù, con qualche movimento laterale, prevalenti in una sola direzione, e Darwin li dichiara come risultati di circonnutazione modificata.

Se la curvatura degl'ipo- od epicotili nel sortir dal terreno sia conseguenza d'epinastia, non è peranco accertato, ma egli è positivo che la piegatura subentrante dopochè queste parti erano già erette è epinastica, come l'erigersi stesso dell'arco, non avendo da sollevar più terreno, è conseguenza d'iponastia. Darwin osservò i movimenti della metà ascendente e della discendente, nonchè dell'apice di simili archi e dalle vie segnate più o meno a zigzag definisce egli il movimento per una circonnutazione modificata. Dai vari casi analizzati (*Ampelopsis tricuspidata*, *Smithia Pfundii*, *Trifolium repens*) deduce egli una generalità di questo movimento per tutti gl'inesauribili casi di epi- od iponastia.

### 3. Posizione nottitropica.

Una fra le altre forme di circonnutazione modificata in seguito a forze esterne è quella espressa nel conosciuto fenomeno che le foglie di alcune piante si mettono di nottetempo in una posizione dormiente, che Darwin esprime col breve nome che mi attento di tradurre per „nottitropismo“ (*n y c t i t r o p i s m*, pag. 281): volgersi in posizione da passare la notte, è il suo senso. Periodicamente, coll'apparire dell'oscurità, si ripetono questi movimenti nottitropici tanto nelle foglie come nei cotili<sup>2)</sup> di parecchie piante. Il nottitropismo si esprime in movimenti delle piante per insù verso ingiù, nelle foglie composte si muovono le foglioline per innanzi (verso l'apice) o per indietro (verso la base); in qualche caso il movimento si ripete attorno all'asse senza erezione od abbassamento: sempre però vien posta la pagina superiore in posizione verticale, e non è raro che le cime delle foglioline (come nei casi di foglie opposte)

---

<sup>1)</sup> Arbeiten des botan. Institutes, Würzburg, II. Heft (1872) pag. 223.

<sup>2)</sup> Darwin lascia da parte la posizione dormiente che assumono i fiori.

vadano a toccarsi. Gli stessi movimenti vengono copiati dai cotili, indifferentemente se tanto essi come le foglie possiedono cuscinetti alla loro base o ne siano privi. Per assumere una posizione nottittropica, foglie o cotili, descrivono spesso un angolo di  $90^{\circ}$  — girando alla sera con rapidità accelerata. I movimenti di foglie e cotili, sulla stessa pianta non avvengono necessariamente nel senso medesimo, ma possono eseguirsi anche in senso affatto contrario<sup>1)</sup>.

Osservando che, qualunque sia l'espressione nel movimento nottittropico delle foglie o dei cotili, la pianta cerca di evitare che la pagina superiore delle sue foglie spetti verso Zenit, si offre la idea che la meta alla quale tendono questi movimenti sarà di preservare le stesse pagine da radiazione e conseguente raffreddamento.

Darwin se ne accertò a capo di molti penosi esperimenti, impedendo che le foglie (rispett. i cotili) si mettessero in posizione nottittropica, sia fermandole con ispilli d'insetti, anche senza lederle minimamente, a pezzi di sughero su sostegni di legno, sia tenendole obbligate con liste di cartoncino, o sia fissando i picciuoli in solchi praticati entro a pezzi di sughero. Esposte così le piantine all'abbassamento di temperatura, di contro ad esemplari simili ai quali venne lasciato libero l'uso della loro facoltà circonvolutoria, si trovò in parecchi casi che le piante soffrirono per radiazione, ma in alcune piante non era questo il caso che appena dopo tempo più lungo. Si trovò inoltre una differenza che più patirono quelle foglie che erano fissate cogli spilli in maniera sul sughero che la faccia inferiore vi posava sopra, che non quelle che erano ispillate a  $\frac{1}{2}$  —  $\frac{3}{4}$ " al di sopra del suro. Sembra che la circolazione dell'aria resa possibile in questo secondo caso, contribuisca ad un tenue riscaldamento delle fogliette.

È indubitato che questo nottittropismo viene regolato dal periodico variare di luce ed oscurità, ma non è l'oscurità come tale quella che lo produce, sebbene la differenza nella quantità di luce, variante pel giorno e per la notte. Lo provano i casi dove le foglie di alcune piante che non erano state esposte durante il giorno a bastante forza di luce, non si disposero nella solita posizione notturna. Ciò malgrado si può dire che serbano in se per retaggio una certa inclinazione di muoversi a certe ore indipendentemente dal variare nella quantità di luce.

---

<sup>1)</sup> Dassi anche il caso che i cotili d'una pianta stanno immoti, mentre le foglie seguono l'influenza nottittropica; fu verificato egualmente il caso inverso.

Per indicare la posizione nottitropica assunta da foglie o da cotili faceva d'uopo osservare il grado d'erezione, ed è naturale che, per evitare una radiazione, il rispettivo organo doveva erigersi (od abbassarsi) per lo meno con un angolo di 60°, quantunque, per molte forti ragioni, non si possa negare che un movimento sotto un angolo minore sia egualmente confacente alla pianta e serve a sua tutela<sup>1)</sup>.

Restando fissata l'inclinazione di almeno 60° quale „posizione nottitropica“, faccio seguire la lista di piante che possiedono cotili nottitropici, sopra o sotto l'orizzonte, come l'ha data Darwin (a pag. 300 e seg.):

<i>Cruciferae.</i> Brassica oleracea <sup>2)</sup>	<i>Oxalidae.</i> Oxalis Valdiviana
— Napus (Pfeffer <sup>3)</sup> )	— sensitiva
Raphanus sativus <sup>2)</sup>	<i>Geraniaceae.</i> Geranium rotun-
<i>Caryophylleae.</i> Githago segetum	difolium
Stellaria media	<i>Leguminosae</i> <sup>5)</sup> . Trifolium subter-
(Hofmeister)	raneum
<i>Malvaceae.</i> Anoda Wrightii	— strictum
Gossypium (var.	— leucanthe-
Nankin)	mum
<i>Oxalidae.</i> Oxalis rosea <sup>4)</sup>	Lotus ornithopo-
— floribunda	poides
— articulata	— peregrinus

<sup>1)</sup> I cotili della *Datura Stramonium* s'erigono a mezzodì con  $> 31^\circ$  ed alla notte con  $> 55^\circ$ ; quelli del *Geranium ibericum* con  $> 28^\circ$  di nottetempo; del *Linum Berendieri* con  $> 33^\circ$ : seanche la radiazione, in questi casi, vien diminuita di 11% e rispettiv. 16%, non si può dire che non serva affatto all'impedimento di forte traspirazione da parte dei cotili.

<sup>2)</sup> Nelle prime brevi notti di loro esistenza erigonsi i cotili (di *Brassica oleracea* e *Raphanus sativus*) quasi perpendicolarmente, non però in conseguenza di apogeotropismo (vedi sotto a pag. 91), come lo dimostrarono gli esperimenti col clinostato.

<sup>3)</sup> Nei casi dove trovansi citati i nomi di altri autori, è da intendersi che Darwin li cita non dalla propria esperienza, ma da annotazioni altrui.

<sup>4)</sup> Tutte le specie osservate di *Oxalis* possiedono pulvini alla base dei loro cotili, eccetto l'*O. corniculata*, dove sono rudimentarî soltanto, perciò l'incerto movimento nei cotili di questa pianta che non figura fra le esposte.

<sup>5)</sup> I cotili di tutte le leguminose nottitropiche osservate si muovono per pulvini, nel *Lotus Jacobaeus* si sviluppano però appena dopo alcuni giorni, e sino allora i cotili non si erigevano di molto durante la notte.

*Leguminosae.* Lotus Jacobaeus  
 Clanthus Dampieri (Ramey)  
 Smithia sensitiva  
 Haematoxylon Campechianum  
 (R. I. Lynch)  
 Cassia mimosoides  
 — glauca  
 — florida  
 — corymbosa  
 — pubescens  
 — tora  
 — neglecta  
 — 3 altre sp. brasiliane  
 innominate  
 Bauhinia ?  
 Neptunia oleracea  
 Mimosa pudica  
 — albida  
*Cucurbitaceae*<sup>1)</sup>. Cucurbita ovifera

*Cucurbitaceae.* Cucurbita aurantia  
 Lagenaria vulgaris  
 Cucumis dudaim  
*Umbelliferae.* Apium petroselinum  
 — graveolens  
*Compositae.* Lactuca scariola  
 Helianthus annuus  
*Convolvulaceae.* Ipomoea coerulea  
 — purpurea  
 — bona-nox  
 — coccinea  
*Solaneae.* Solanum lycopersicum  
*Scrophularineae.* Mimulus ?  
 (Pfeffer)  
*Nyctagineae.* Mirabilis Jalapa  
 — longiflora  
*Polygonaceae.* Beta vulgaris  
*Amaranthae.* Amaranthus caudatus  
*Cannabinae.* Cannabis sativa

Sull' *Anoda Wrightii*, sul *Gossypium* come sulle tre specie di *Ipomoea*: *I. purpurea*, *I. bona-nox* e *I. coccinea* è da osservarsi che i cotili non s'abbassano in gioventù rimarchevolmente, mentre il loro movimento è ben distinto quando si sono fatti grossi e pesanti. Ma non è già il peso proprio che li tiri all'ingiù; si deve all'incontro ammettere che uno stipite di queste piante abbia diretto, a sua volta, per forza di peso i cotili all'ingiù, e questo movimento sia rimasto poi per retaggio agli altri discendenti, non ostante possiedano cotili più gracili <sup>2)</sup>.

<sup>1)</sup> Divergendo i cotili, ancor giovani, di queste piante solo mediocrementemente durante il giorno, l' metterà già una debole erezione alla notte in una posizione notturna verticale; e qui sarebbe quasi troppo spinto il voler parlare d'uno scopo speciale, se non si dovesse rimarcare lo stesso anche per altre piante annoverate nella lista suesposta.

<sup>2)</sup> Darwin, pag. 312 e seg.

Esponendo le foglie delle piante a movimenti nottotropici bisogna por mente anche alle condizioni che possono facilmente influenzerli. Un terreno asciutto varierà i movimenti, come questi saranno variabili secondo la quantità di acqua assorbita dalle foglie e così di seguito. Riproduco qui la tavola di piante a „foglie nottotropiche“, nella quale Darwin accetta anche osservazioni fatte da altri. (Orig. pag. 320 e seg.)

## I. Dicotili.

### 1. Angiosperme.

<i>Caryophylleae.</i> Githago	<i>Leguminosae.</i> Trifolium
Stellaria (Batalin)	— Securigera
<i>Portulacaceae.</i> Portulaca (Ch. Royer)	— Lotus
<i>Malvaceae.</i> Sida	— Psoralea
— Abutilon	— Amorpha (Duchartre)
— Malva (Linnè e Pfeffer)	— Indigofera
— Hibiscus (Linnè)	— Tephrosia
— Anoda	— Wistaria
— Gossypium	— Robinia
<i>Sterculaceae.</i> Ayenia (Linnè)	— Sphaerophysa
<i>Tiliaceae.</i> Triumfetta (Linnè)	— Colutea
<i>Lineae.</i> Linum (Batalin)	— Astragalus
<i>Oxalideae.</i> Oxalis	— Glycyrrhiza
— Avernhoa	— Coronilla
<i>Zygophylleae.</i> Porlieria	— Hedysarum
— Guaiacum	— Onobrychis
<i>Balsamineae.</i> Impatiens (Linnè, Pfeffer, Batalin)	— Smithia
<i>Tropaeoleae.</i> Tropaeolum	— Arachis
<i>Leguminosae.</i> Croton (Thierson Dyer)	— Desmodium
— Lupinus	— Urania
— Cytisus	— Vicia
— Trigonella	— Centrosema
— Medicago	— Amphicarpaea
— Melilotus	— Glycine
	— Erythrina
	— Apios
	— Phaseolus
	— Sophora

<i>Leguminosae.</i> Caesalpinia	<i>Leguminosae.</i> Albizzia
— Haematoxylon	<i>Mirtaceae.</i> Melaleuca (Bouchè)
— Gleditschia (Du-	<i>Onagrariaceae.</i> Aenothera (Linnè)
chartre)	<i>Passifloraceae.</i> Passiflora
— Poinciana	<i>Convolvulaceae.</i> Ipomoea
— Cassia	<i>Solaneae.</i> Nicotiana
— Bauhinia	<i>Nyctagineae.</i> Mirabilis
— Tamarindus	<i>Polygonaceae.</i> Polygonum (Batalin)
— Adenanthera	<i>Amaranthaceae.</i> Amaranthus
— Prosopis	<i>Chenopodiaceae.</i> Chenopodium
— Neptunia	<i>Thymeteae.</i> Pimelia (Bouchè)
— Mimosa	<i>Euphorbiaceae.</i> Euphorbia
— Schrankia	— Phyllanthus
— Acacia	(Pfeffer)

2. *Ginnosperme.*

Aies (Chatin)

II. *Monocotili.*

*Cannaceae.* Thalia  
— Maranta

*Aroideae.* Colocasia  
*Gramineae.* Strephium

III. *Acotili.*

*Marsileaceae.* Marsilea.

Il capitolo che pertratta quest' argomento (cap. VII) offre molto interesse per la sua originalità e va adorno di magnifiche illustrazioni<sup>1)</sup>; ma io non posso che restringermi a rimarcare ancora qualche osservazione speciale che interessi il movimento di qualche foglia.

Il movimento nottitropico delle foglie di *Oxalis* si esprime nell'abbassamento verticale delle foglioline, congiunta al quale va, per brevità del picciuolo e per deficienza di spazio, una piegatura<sup>2)</sup> delle fogliette stesse sotto un angolo di 92—150°, variabile, però, in certi casi, per ogni singola fogliolina della medesima foglia. Che

<sup>1)</sup> Originale, pag. 317—417.

<sup>2)</sup> Simile piegatura è comune anche alle foglie della *Bauhinia* sp.

questo abbassarsi e piegarsi non avvenga a difesa della pagina inferiore delle foglioline, vien comprovato da quei casi dove, per bastante lunghezza del picciuolo o dove le foglioline non si diradiano dall'apice d'un picciuolo comune, queste ultime calano all'ingiù senza plicarsi<sup>1)</sup>. — Aliene affatto a simili movimenti erano però le foglie dell'*Oxalis pentaphylla*, *O. enneaphylla*, *O. hirta* e *O. rubella*.

Le foglie della *Porlieria* (lunghe 1 — 1½") hanno da 16—17 fogliette obliquamente opposte ad ogni lato del picciuolo, e, come questo al ramo, attaccate anch'esse a lui col mezzo di pulvini. Nella posizione nottitropica le fogliette si dirigono colle loro cime verso la punta del picciuolo, mettendosi parallele alla costa mediana, in guisa che la metà anteriore della pagina superiore d'ogni fogliuccia cuopra — come nelle *Mimose*, nell'*Acacia Farnesiana* — la metà posteriore della pagina inferiore della compagna precedente, e presentano così alla fantasia una colonna di tegole cuoprentisi. Le foglie si dimostrano però meno dipendenti dalla luce nel loro movimento nottitropico, che da un altro fattore, cioè dall'umidità. Coltivando con cura alcune di queste piante e lasciandole poi per alcuni giorni in terreno asciutto, desse non apriranno più la loro foglia, ciò che si effettuerà tantosto inaffiando il terreno. Quest'esperimento si riproduce e Darwin trovò che una pianta fra le altre mimosee può durare anche 24 giorni nella posizione nottitropica e dopo questo periodo di tempo, dove cominciava già a perdere, se scossa, qualche fogliolina, allargò per aver assorbito acqua, di bel nuovo le sue foglie e le rinchiuse al sopraggiungere della notte, come se avesse funzionato regolarmente durante tutto questo tempo. — Per questa proprietà igroscopica conviene alla pianta il suo nome di *Porlieria hygrometrica*<sup>2)</sup>.

Le foglie d'una varietà coltivata di *Tropaeolum majus* permisero la deduzione, risultante da molti esperimenti, che il loro movimento nottitropico è nullo, ove non ricevano bastante quantità

---

<sup>1)</sup> Anche le foglie dell'*Averrhoa bilimbi*, un'ossalidea, possiedono analogo movimento nottitropico, solo che si distinguono per la loro rapidità motoria che venne più davvicino analizzata da Darwin (pag. 330 e seg.).

<sup>2)</sup> Qualcosa di simile fu osservato anche in qualche graminacea (*Elymus arenarius*); ne parla in proposito Duval-Jouve in: *Annales des sciences naturelles (bot.)*, [1875], tom. I, pag. 326—329.

di luce durante il giorno, ed una piccola differenza nell'intensità di rischiaramento regola la loro posizione notturna, se verticale o meno.

Le specie di *Lupinus* colle loro foglie digitate, possiedono 3 differenti posizioni durante il loro sonno. La più semplice è quella dove tutte le fogliette, disposte in un piano orizzontale durante il dì, calano obliquamente verso ingiù al sopraggiungere della notte, racchiudendo col picciuolo un angolo di  $40^{\circ}$ . Il picciuolo stesso s'erige e circoscrive circa  $23^{\circ}$ . — In altri casi il picciuolo s'erige — o s'abbassa — egualmente, ma le fogliette anzichè abbassarsi si muovono in direzione opposta, sotto varii angoli. — E per ultimo abbiamo quel movimento dove le fogliette disposte a stella in un piano orizzontale s'erigono, e rispettivamente s'abbassano, mettendo così tutta la stella in un piano verticale. — È però da osservarsi che tutte e tre queste varie specie di moto possono venir rappresentate sulla stessa pianta. — In alcune specie di *Lupinus* (*L. polyphyllus*, *L. nanus* ecc.) il movimento delle foglie è poi troppo esiguo da potersi dire „nottitropico“.

Interessante è la maniera nella quale si dispongono le foglie dei trifogli a passare la notte. Le tre fogliette sono poste di giorno tutte orizzontalmente; verso sera si piegano le due fogliette laterali per innanzi, una contro l'altra, e nello stesso tempo all'ingiù sino a formare col picciuolo un angolo di  $45^{\circ}$ , in seguito a forte torsione del pulvino. La foglietta mediana si eleva e piegasi sino a toccare (percorrendo  $90-140^{\circ}$ , nel *Trifolium subterraneum* sino a  $180^{\circ}$ ) i margini delle altre due foglioline, sulle quali si allarga in forma di tetto.

Non è meno degno d'attenzione il *Desmodium gyrans*. I cotili di questa pianta non dormono, ma bensì le foglie, mettendosi verticalmente coll'apice all'ingiù ed essendo, per rizzamento dei picciuoli, in una posizione più o meno parallela al fusto. Le foglie girano non di rado sul proprio asse, verso qualunque punto, ma possono mantenersi anche temporaneamente stazionarie. — Le foglie possiedono anche foglioline laterali ridotte, quasi rudimentarie, che eseguono rapidi movimenti, i quali, non c'è dubbio, converranno alla pianta, tanto più che queste foglioline mancano alle pianticelle giovani.

Per quest'ultimo punto potrebbesi presumere che generatrice dell'attuale *Desmodium gyrans* era una pianta alla quale mancavano le foglioline laterali, e l'apparire di queste in età avanzata

altro non sia che una reversione ad un predecessore trifogliato. Comunque sia, ci sembra che il pulvino, l'organo motorio, non sia ridotto nemmeno approssimativamente di tanto, quanto lo è stato la pagina fogliare in tutte le susseguenti modificazioni percorse dalla specie<sup>1)</sup>.

Aggiungerò ancora qualcosa sul movimento delle foglie di *Cassia*. Quest'è assai complicato. Nell'abbassarsi nottotropicamente delle fogliette, estese orizzontalmente durante la giornata, esse circoscrivono una rotazione attorno all'asse, portando la pagina inferiore all'infuori ed accostandola, sotto il picciuolo, a quella della foglietta opposta. Questi movimenti vengono tutti eseguiti col mezzo di pulvini. Il picciuolo stesso s'erige di nottetempo secondo l'età, da 12—41°.

Il caso della *Thalia dealbata*, una Cannacea, ci offre esempio dove persino foglie assai grandi (13 $\frac{1}{4}$ " lunghe, 6 $\frac{1}{2}$  larghe) possono essere nottropicamente. Queste foglie dormono erigendosi col mezzo d'un pulvino ben sviluppato, per un angolo di 59°.

Nella *Marsilea quadrifoliata*<sup>2)</sup> troviamo il caso che anche piante crittogame possono dormire. Le foglioline hanno sviluppato un pulvino alla loro base ed erigono, nel disporsi a passare la notte, le foglioline terminali, raccostandole in pari tempo, sino a che le due foglioline sottostanti le racchiudono, e tutte quattro formano un gruppo cogli apici diretti verso innanzi.

Mi resta d'osservare infine che le foglie non si muovono, presumibilmente, soltanto alla sera o sul far del mattino: in tutto il corso delle 24 ore eseguono le foglie movimenti costanti, senza eccezione, solo che questi movimenti sono più rapidi al mettersi in posizione nottropicamente od allo sbarazzarsi di essa, anzichè in qualunque altro tempo. Ma le osservazioni fatte con *Oxalis*, *Amphicarpea*, *Erythrina* 2 sp., *Cassia*, *Passiflora*, *Euphorbia* e *Marsilea* provarono quasi indubitato un movimento anche durante la notte, deducibile poi per le altre piante egualmente, quantunque non ven-

---

<sup>1)</sup> Per analogia col regno animale si dovrebbe attendere uno sviluppo migliore di queste fogliette rudimentari; ma noi dobbiamo tenerci presente che alcuni caratteri svaniti da lungo riappariscono relativamente tardi, dice Darwin (a pag. 363) e vi aggiunge (p. 364, nota): „*Desmodium vespertilionis* is closely allied to *D. gyrans*, and it seems only occasionally to bear rudimentary lateral leaflets. Duchartre, „*Eléments de Botanique*“. 1867, pag. 353.

<sup>2)</sup> Anche *Marsilea pubescens*, secondo Brongniart.

nero tentate esperienze bastanti, se il contatto col fusto non serva alle foglie come impedimento meccanico ad ogni ulteriore movimento.

#### 4. Eliotropismo.

Grand'è l'influenza che la luce esercita sulle piante crescenti, e nella maggior parte dei casi essa tende a contrariare la loro crescita, in seguito a che le piante si dirigono verso di lei, onde mettersi in posizione da venir possibilmente meno danneggiate. Ma non sempre è questa la diretta conseguenza che una parte venga più rischiarata dell'altra: una parte può anzi sottrarsi alla luce senz'esserne favorita in crescita. Questi movimenti delle piante prodotti dall'effetto di luce, si comprendono generalmente sotto il titolo di **eliotropismo**, ed abbiamo nel primo caso eliotropismo positivo e nel secondo negativo, o come Darwin si esprime<sup>1)</sup> **eliotropismo** (*heliotropism*) ed **apeliotropismo** (*apheliotropism*). Darwin osserva inoltre un **dieliotropismo** (*diaheliotropism*)<sup>2)</sup> e definisce con questo termine la posizione che assumono organi vegetali trasversalmente alla luce incidente.

Tanto elio- come apeliotropismo sono espressioni di movimento circonvolutario modificato, imperciocchè anche in questo caso descrivono gli organi le caratteristiche ellissi. Eliotropismo è molto esteso in natura, Darwin ne presenta graficamente i movimenti di una *Beta vulgaris*, *Avena sativa*, *Apios graveolens*, *Brassica oleracea*, *Phalaris canariensis*, *Tropaeolum majus*, *Cassia tora*<sup>3)</sup>, mentre apeliotropismo è circoscritto soltanto alle radici, e non solo a quelle nel terreno ma più ancora in quelle che si formano all'aria, come nell'*edera*; Darwin constatò apeliotropismo anche nei viticci della *Bignonia capreolata* ed in un peduncolo del *Cyclamen persicum*<sup>4)</sup>. Che le piante, dirigentisi alla luce oppure ricevendola solo dall'alto continuino i loro movimenti di circonvoluzione, ci è una

---

<sup>1)</sup> a pag. 5 e pag. 418.

<sup>2)</sup> „Transversalheliotropismus“ di Frank.

<sup>3)</sup> Quanto esteso sia l'eliotropismo in natura cfr. Wiesner (*Bewegungsvormögen*) a pag. 39 e seg., indi la sua citata monografia sull'eliotropismo.

<sup>4)</sup> Che l'apeliotropismo abbia un'estensione maggiore nel regno vegetale, quantunque sia meno espresso e perciò meno conosciuto, risulta dall'opera di Wiesner, pag. 44 e seg.

prova che anche questo gruppo di movimenti altro non è se non una circonnutazione modificata da cause esterne, come non dobbiamo dimenticare che, prima che la piantolina si avesse aperto un varco oltre il terreno e fosse giunta all'influenza della luce, essa circonnutava. La luce dispone adunque le pianticine circonnutanti a modificare i loro movimenti per un certo tempo in modo ad esse confacente, addimostrandosi, nello stesso tempo questa circonnutazione modificata in elio- ed apeliotropismo simile a quella delle piante dormienti, dove il nottitropismo le eccita a percorrere il loro corso rapidamente ed in linea dritta; la differenza è data nell'incidenza laterale di luce nei casi eliotropici.

Anche i complicati movimenti di dieliotropismo vengono diretti dal variare di luce ed oscurità e precisamente dalla direzione donde proviene luce. Darwin ritiene però anche in questi casi una costituzionalità organica come causa di questa circonnutazione modificata<sup>1)</sup> che dispone cotili o foglie in modo che le loro pagine superiori siano esposte alla luce. Esempi d'un dieliotropismo furono rinvenuti nella *Cannabis sativa*, nell'*Anoda Wrightii*, in alcune specie d'*Ipomoea* ecc.

Esiste ancora una quarta forma generale di circonnutazione modificata dalla luce, detta il „sonno diurno“ (diurnal sleep<sup>2)</sup>) delle foglie, cui Darwin dà il nome di **pareliotropismo** (paraheliotropism). Sono noti singoli casi dove le foglie si sottraggono ad una troppa e minima intensità di luce, dirigendo soltanto i margini laterali verso di essa e movendosi contemporaneamente verso insù od ingiù. Darwin riscontrò replicati casi di simili movimenti, ma sempre le foglie (od i cotili) erano fornite anche di pulvini (*Robinia*, *Acacia*, *Amphicarpaea monoica*, *Phaseolus Roxburghii*, *Mimosa albidia*, *M. pudica*, *Cassia mimosoides* ecc.); diminuendo l'intensità della luce; anche la posizione della foglia viene mutata o ridotta nel senso d'un dieliotropismo.

Compito di tutti questi movimenti eliotropici sarà anzitutto di disporre le foglie (ed i cotili) in modo di agevolare loro la decomposizione di anidride carbonica, e forse prima ancora, la pianta

---

<sup>1)</sup> „We did not ascertain whether paraheliotropism always consisted of modified circumnutation; but this certainly was the case with *Averrhoa*, and probably with the other species, as their leaves were continually circumnating“ (Darwin, pag. 448).

<sup>2)</sup> Darwin, pag. 419 e 445, seg.

si sentirà attratta verso una fessura nel suolo, pella quale cercherà di estollersi dal terreno. Che le foglie d'una *Drosera rotundifolia*, d'una *Dionaea*, *Sarracenia* siano meno impressionabili, alla luce, si spiega facilmente, non essendo tenute queste e simili piante insettivore alla decomposizione di anidride carbonica soltanto per la propria sussistenza. Anche i viticci delle piante rampicanti sono poco sensibili all'azione di luce, e quest'è certamente per esse di utilità, altrimenti abbandonerebbero un sostegno che avevano appunto afferrato, per seguire l'influenza di quella. E ciò che non troviamo nei viticci, vediamo espresso nelle foglie delle piante arrampicantisi, che sono eminentemente eliotropiche<sup>1)</sup>.

Esposto questo, passo a riferire la parte — ipotetica, direi — dell'argomento, seguendo le traccie di Wiesner. Premetto soltanto alcune idee illustrative come quest'esimio fisiologo cerchi d'interpretare i fenomeni. — Fra i tanti, ancor ignoti, effetti prodotti dalla luce si possono indicare con certezza, da un lato la depressione della turgescenza, e la diminuzione della duttilità nelle pareti, cosicchè in organi policellulari le cellule che si trovano all'ombra possederanno maggior turgescenza e maggior duttilità: due motivi che effettuano un prolungamento di questo lato. Negli organismi monocellulari (*Pilobolus crystallinus*) il grado di turgescenza non potrà essere che sempre il medesimo, ma in ogni modo sarà la duttilità in varii punti delle pareti differente, e subitochè la luce avrà depresso bastantemente la duttilità in un punto della membrana si eseguirà in questo una curva eliotropica<sup>2)</sup>. — Come si abbia da spiegare l'eliotropismo negativo (apeliotropismo di Darwin), non è dato attualmente di farlo con precisione. Entrambi sono fenomeni d'ineguale crescita e differiscono soltanto in quello che gli uni vengono in ciò impediti, gli altri all'incontro favoriti dalla luce<sup>3)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Secondo età e stagione, le medesime parti d'una stessa pianta possono venir influenzate diversamente. Darwin, pag. 453.

<sup>2)</sup> Non si può asserire che solo la luce produca un inclinamento degli organi verso di sè, anche la gravità od altra forza — come più oltre verrà dimostrato — può causare lo stesso fenomeno.

<sup>3)</sup> „Ich erklärte den negativen gleich dem positiven Heliotropismus für eine Erscheinung ungleichen Längenwachsthums. Der Unterschied zwischen beiden Formen liegt nur darin, dass beim positiven Heliotropismus die Schatten-, beim negativen die Lichtseite begünstigt wächst.“ Wiesner, pag. 54.

Si trovano però degli organi che possono adattarsi ad eliotropismo tanto positivo come negativo; Wiesner si spiega questo come effetto obbligato all'età, e probabilmente saranno le cellule parenchimatiche positivamente eliotropiche, quelle del sistema fibrovasale (senza precisarle) forniranno gli elementi negativamente eliotropici. Entrambi i fenomeni possono venir destati dall'intensità di luce e Wiesner ha scoperto che ad una forza di luce molto grande le piante reagiscono nella stessa guisa come se si trovassero all'oscuro<sup>1)</sup>.

Osserviamo ora più davvicino se l'azione eliotropica della luce può comunicarsi anche a quelle parti dei vegetali che non sono esposte alla luce. La domanda viene discussa da due punti di vista. Darwin ritiene<sup>2)</sup> che l'irritazione prodotta dalla luce venga trasmessa persino su parti che non sono per nulla abili ad una curvatura eliotropica, qualora quella parte che sente ancora il solletico causato dal cadervi sopra dei raggi di luce si trovi esposta a questa. Egli espose alcuni ipocotili di *Brassica oleracea* (lunghe 1") ad una luce costante e li trovò curvati in tutta la loro lunghezza, mentre esponendo dappresso ipocotili privati, a varie altezze, delle loro cime, i mozziconi restavano perfettamente dritti: come dice Darwin, causa la mancante regione eliotropica che riferiva l'irritazione alle parti inferiori. Wiesner trovò già altre volte<sup>3)</sup> che parti crescenti arrestano per decapitazione la loro crescita, e non continuando questa, qualunque curva elio- o geotropica diviene impossibile. Ripetendo gli esperimenti di Darwin (con piantoline di *Phaseolus multiflorus*, *Helianthus annuus*, *Brassica oleracea*) osservò egli che ledendo soltanto, nell'asportazione delle parti superiori un organo crescente, la parte decapitata si piegherà più o meno debolmente sotto influenza di luce o gravità, ma se la decapitazione arriva ad impedire la crescita, il tronco resterà immoto.

Darwin continuò però ad assicurarsi che la sua idea interpreti realmente i fatti positivi ed inventò il seguente esperimento. Le

---

<sup>1)</sup> Non è questo il luogo da estendermi sull'argomento, esso venne trattato dall'egregio prof. Wiesner per esteso nella sopra citata sua monografia, della quale diedi un sunto che venne pubblicato nel Nuovo giornale botanico italiano (Ann. XII, N.º 4), sotto il titolo „Lavori del prof. Wiesner sull'eliotropismo“.

<sup>2)</sup> a pag. 479 e 567.

<sup>3)</sup> Die undulirende Nutation; l. c., pag. 25.

parti superiori dei fusticini (ipocotili) vengono involte, senza danno, con foglia d'oro. Alcuni esemplari (di cotili di *Phalaris canariensis*, di piantoline di *Beta vulgaris*, d'ipocotili di *Brassica oleracea*) così ricoperti, vengono spalmati inoltre esteriormente sulla foglia d'oro con inchiostro cinese. Tanto gli uni come gli altri vengono esposti all'influenza d'una corrente laterale di luce, e Darwin trova, dopo alcune ore, che gli esemplari ricoperti di foglia d'oro, ma non spalmati, si curvarono eliotropicamente, gli altri rimasero dritti. Non è altro possibile, che, passando la luce oltre il debile strato della foglia d'oro, dessa poteva irritare anche gli steli nella parte superiore e da qui si riferiva l'irritazione anche alle parti basali, le quali si curvano alla luce nel senso istesso come le soprastanti. Wiesner attacca quest'interpretazione e rende le curve dipendenti da crescita per stiramento prodotta dal peso della parte superiore inclinata sulle poco elastiche e più pieghevoli parti inferiori dei fusticini. In prova adduce egli un esperimento fatto con tutt'altra intenzione, in epoca anteriore<sup>1)</sup>: cioè, facendo ruotare giovani ipocotili (di *Lepidium sativum*, lunghi 2.5<sup>cm</sup>) intorno ad un asse orizzontale in modo da compire un giro nel corso d'ogni ora, sempre esposti alla stessa sorgente di luce costante, trovò egli che solamente gli apici erano piegati verso la luce (in direzione verticale sul piano di rotazione), mentre alcune piantoline dell'egual seminazione poste in vasi di terra daccanto, e tutte normali, non ruotanti, avevano i fusticini arcuati in senso eliotropico, dalla base in su, precisamente in seguito al continuo peso del giovane caule proteso.

Contro l'idea d'un riferimento d'irritazione verso le parti inferiori si volge Wiesner con un esperimento molto semplice. Egli nasconde le sue piantoline (*Brassica*, *Lepidium*, cotili di *Phalaris canariensis*) dietro alcuni paraluce di varia altezza, ed espone poi il tutto, nell'apparato di rotazione, ad una luce incidente lateralmente. Nei casi dove le piantine erano esposte in tutta la loro lunghezza alla luce, esse si curvavano tutto in lungo; ma se la luce arrivava, a motivo dei paraluce, a toccare solo pochi millimetri dell'apice dell'ipocotile, non si distingueva una curvatura che all'apice soltanto, mentre il resto si manteneva dritto.

I fusticini di *Vicia sativa*, sottoposti a varie modificazioni negli esperimenti, diedero per risultato che soltanto le parti elio-

---

<sup>1)</sup> Descritto nella monografia, p. I, pag. 196 e seg.: mi riferisco a luogo, impedendo la brevità dello spazio un dettaglio di esso.

tropiche si assoggettano alla curva, subitochè vengano toccate dalla luce. — Ombreggiando le parti basali dei picciuoli e peduncoli nella *Saxifraga sarmentosa* e nella *Peperomia trichocampa*, si dimostrarono curvate alla luce soltanto le parti superiori, mentre si riscontravano questi organi piegati ad arco, se ottenevano in tutta la loro lunghezza i raggi della luce. —

Passiamo ad un altro punto. L'opinione espressa da Darwin che luce intensiva effettui un'espressione maggiore nella forza di eliotropismo, e luce debole una minore<sup>1)</sup>, non può sussistere che per organi poco sensibili. Secondo Darwin nè l'intensità di luce nè la durata dei suoi effetti stanno in proporzione coll'intensità dell'espressioni eliotropiche, donde egli deduce<sup>2)</sup> che gli effetti siano paragonabili a quelli prodotti da irritazione sul sistema nervoso degli animali. — Wiesner si prova a dimostrare che la sproporzionalità fra intensità di luce e movimenti eliotropici si spiega semplicemente per azione fisica della luce che diminuisce l'incremento di quelle parti ch'essa tocca direttamente. In quanto alla durata non proporzionale degli effetti, ricorda Wiesner gli esperimenti ai quali egli diede<sup>3)</sup> il nome di **induzione fotomeccanica** ripetuti con egual successo anche da Darwin, nei quali si esprime per intermittenza un effetto postumato della luce<sup>4)</sup>. Ma anche in questo caso è più facile lo spiegarsi la cosa, come fa Wiesner, ricorrendo per analogia alla conosciuta **induzione fotochimica** di Bunsen e Roscoe<sup>5)</sup> senza cercar di spiegare un fenomeno avviluppato per un altro più complicato ancora, come lo è la fisiologia dei nervi animali.

## 5. Geotropismo.

Indipendentemente dalla luce crescono le piante nel senso della verticale e precisamente seguono le radici la direzionale di

---

<sup>1)</sup> Opinione espressa anche da altri fisiologi, fra questi Erm. Müller (Thurgau).

<sup>2)</sup> „In several respects light seems to act on plants in nearly the same manner as it does on animals by means of the nervous system;“ pag. 487.

<sup>3)</sup> Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze. Wien, A. Hölder, 1877; pag. 87 e seg.

<sup>4)</sup> Cfr. la Monografia, indi Dr. Mikosch u. Dr. Stöhr in Sitzungsber. der k. Akademie d. Wissensch. Wien, Bd. LXXXII, Juli 1880.

<sup>5)</sup> Poggendorff, Annalen, Bd. X (1857) p. 481 e seg.

gravità, i fusti vi lavorano contro. Frank <sup>1)</sup> diede a questa direzione di crescita il nome di „geotropismo,“ e precisò il primo per geotropismo positivo, il secondo per geotropismo negativo. Darwin, eliminando per brevità gli aggettivi, definisce <sup>2)</sup> il primo (nelle radici) per **geotropismo** (geotropism) ed il secondo (nei fusti) per **apogeotropismo** (apogeotropism). Frank distingue ancora una terza forma per posizioni più o meno inclinate al raggio terrestre, „geotropismo trasversale,“ al quale Darwin dà il nome di **diageotropismo** (diageotropism).

Nei suoi esperimenti, su quanto concerne il cap. geotropismo procedette Darwin in maniera già indicata, attaccando agli apici dei fusticini, d'ipocotili, di picciuoli, di radichette e c. d. sgt. i fili di vetro coi cartoncini triangolari, più sopra (a pag. 70) accennati e segnando il movimento di questi su lastre orizzontali e verticali. Le piante vennero tenute al bujo — eccetto al momento dell'osservazione — affinché l'espressione della forza di gravità non venisse influenzata da quella modificatrice della luce. — A piante sperimentali vennero scelti individui d'ogni classe, in parte anche ad un tempo dove in essi era spenta la vigoria geotropica. I fusti vennero spostati dalla verticale ed inclinati in alcuni casi sino a 30—40° verso l'orizzonte — ed in tutti i casi l'esperimentatore poté accertarsi che movimenti geotropici altro non sono che circonnutazioni modificate. Quest'era anche il caso, quando piante, curvate eliotropicamente durante il giorno, si rizzavano alla notte.

Mettendo un fusto in posizione perfetta orizzontale (*Cytisus fragrans*, *Beta vulgaris* servirono agli esperimenti di Darwin), egli si rizza, per forza apogeotropica, nella parte ancor crescente, con alquanto celerità verticalmente all'insù. Ma la forza apogeotropica si dimostrò differente per differenti parti e per differente età. Un organo assai sensibile per apogeotropismo, quando giovine, perde perfino totalmente coll'avanzarsi del tempo questa proprietà, ed essendo apogeotropismo indipendente da circonnutazione, ebbe Darwin spesso campo d'osservare che alcuni organi circonnutavano ancora, nonostantechè non dimostravano più veruna facoltà apogeotropica.

Nei cotili di *Phalaris* e d'*Avena* si curva anzitutto l'apice apogeotropicamente, poi la parte inferiore, ed allorchè questa è

---

<sup>1)</sup> Beiträge zur Pflanzenphysiologie, Leipzig 1868.

<sup>2)</sup> a pag. 5, indi 493 e seg.

fortemente curvata per insù, la cima è obbligata a ricurvarsi per indietro, onde estendersi e star verticale.

Se la luce curva un fusticino qualunque eliotropicamente, trovasi contraria la forza apogeotropica che agisce continuamente e che raggiunge il sopravvento col gradato scemare della forza eliotropica all'imbrunire. (Esperimenti colla plumula di un *Tropaeolum majus*, cogl' ipocotili di *Brassica oleracea* ecc.) — Anche pulvini e nodi (nelle graminacee: *Lolium perenne*, *Alopecurus pratensis*) si muovono apogeotropicamente, ed anche in questi casi il movimento è una curva di circonnutazione modificata.

Per geotropismo, nel senso di Darwin, abbiamo da intendere quella forma di circonnutazione modificata, alla quale — secondo Frank — conviene il nome di geotropismo positivo, e che vale specialmente per le radici. A queste annovera Darwin anche i piccioli rizoidi della *Megarrhiza californica* e dell' *Ipomoea leptophylla*. Darwin parla inoltre di geotropismo nei movimenti del *Trifolium subterraneum*, — e con certa probabilità anche dell' *Arachis hypogea* — allo scopo d'internare nel terreno le cassule seminifere <sup>1)</sup>.

La miglior prova dell'intimità fra circonnutazione e geotropismo venne offerta dalle radici di *Phaseolus*, *Vicia*, *Quercus*, in parte anche di *Zea* e d' *Aesculus*. Questi organi obbligati a crescere e serpeggiare su lastre di vetro pressochè verticali, abbandonarono nello strato di nerofumo che le ricopriva precise tracce a forma di serpentine.

Per provare un caso diageotropico Darwin non intraprese verun esperimento.

Altro grande risultato degli studî di Darwin sul geotropismo si è, all'incontro, un'asserzione di quanto aveva indicato già Ciesielski <sup>2)</sup>: anch'egli trovò che una radichetta, privata del suo apice, si curva geotropicamente appena dopo la rigenerazione di questo, e che una radice posta per alquanto tempo orizzontalmente, indi decapitata, si curva, per effetto postumato, geotropicamente <sup>3)</sup>. L'interpretazione data da Darwin a questi fatti si è che l'apice della radichetta (negli individui di piante *leguminose*, *malvacee*, *cucur-*

---

<sup>1)</sup> Quest'interessantissimo argomento vien descritto dettagliatamente da Darwin a pag. 513 e seg.

<sup>2)</sup> Cohn's Beiträge zur Biologie der Pflanzen. H. II., pag. 21.

<sup>3)</sup> Questo secondo passo venne però negato da Sachs (Arbeiten des botan. Inst. zu Würzburg, Bd. I., pag. 472—474).

*bitacee e gramigne*) vien stimolato e l'irritazione si propaga alla parte posteriore, dotata di maggior crescita e di facoltà curvativa, e ridesta qui appena la curvatura <sup>1)</sup>.

Darwin eseguisce il seguente esperimento dimostrativo. Vigorosi germogli di faggiuolo (*Phaseolus multiflorus*) vennero tenuti colle loro ben sviluppate radici per 1<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> in posizione orizzontale, dopodichè si tagliò via, con molta accuratezza, <sup>2)</sup> l'apice ad una lunghezza di circa 15<sup>mm</sup>. Così amputate vennero poste le radici nuovamente sotto ottime condizioni di vegetazione verticalmente all'ingiù. Dopo 6—9 ore si avevano curvato 12 radici nel senso dell'orizzontale, altre 4 continuarono a crescere direttamente all'ingiù. — A questa va aggiunta un'altra prova con germogli di *Vicia Faba*. I semi vennero fissati in posizione che le radici si trovavano perfettamente orizzontali. Alcune radici vennero conservate illese, ad altre vennero combuste le cime con pietra infernale (AgNO<sub>3</sub>). Mentre le radici delle prime si inarcarono geotropicamente, non era questo il caso anche per le seconde che dopo lungo tempo, dopo aver cioè aumentato in crescita. Darwin deduce da ciò che la cima della radice soltanto è irritabile e da essa si riferisca l'irritamento alla regione di massima crescita, nella quale ha luogo la curvatura <sup>3)</sup>.

A questo oppone Wiesner che come nei fusti, <sup>4)</sup> così cessa anche nelle radici la funzione di vitalità, quando la lesione s'inoltra di troppo nei tessuti, e se radici decapitate si curvano geotropicamente, questo prova che il geotropismo non può procedere dall'apice radicale. La curvatura geotropica delle radici poste orizzontalmente e poi amputate, è da risguardarsi anch'essa come azione postumata di gravità. — Anche pel geotropismo è valida l'asserzione che, quanto più vigoroso è un organo vegetale in crescendo, tanto maggiore è la sua facoltà geotropica.

---

<sup>1)</sup> „We must infer that under normal conditions the geotropic curvature of the root is due to an influence transmitted from the apex to the adjoining part where the bending takes place,“ (pag. 533).

<sup>2)</sup> Darwin rimprovera (pag. 529) a Sachs, per questo motivo, l'inesattezza dei suoi esperimenti.

<sup>3)</sup> „We know that it is a part distant from the tip by some millimeters which grows quickest, and which, under the influence of geotropism, bends most.“ (Darwin, pag. 542).

<sup>4)</sup> Vedi sopra a pag. 88.

Premesse alcune osservazioni, onde meglio precisare la domanda, Wiesner riferisce i suoi esperimenti fatti con *Zea Mays*, *Pisum sativum*, *Vicia Faba*, *Phaseolus multiflorus*. I germogli vennero sempre fissati in maniera da evitare qualunque ambiguità che fosse prodotta da nutazione spontanea, e costantemente veniva portato cura che le radici si mantengano turgescenti. Alcune radici vennero decapitate oppure cauterizzate colla pietra infernale, altre rimasero intatte. Tutte erano però marcate, alla distanza di millimetro in millimetro con inchiostro cinese, onde poter osservare la crescita. I risultati ai quali giunge Wiesner, si lasciano riassumere nei seguenti punti (a pag 105):

1. Sotto eguali condizioni diminuiscono le radici, private del loro punto di vegetazione, la loro crescita in lunghezza di confronto a quelle restate intatte.

2. Se la facoltà crescitiva non venne depressa di troppo, avvengono curvature geotropiche anche nelle radici prive dei loro apici.

3. La gravità si fa valere su quelle zone delle radici che sono passibili di una curvatura geotropica, e non agisce come irritamento alla cima, voluto da Darwin.

4. Radici che crebbero orizzontalmente e vennero poi lese nel loro apice di vegetazione si curvarono geotropicamente più presto che radici crescenti verticali e poste orizzontalmente appena dopo l'amputazione.

## 6. Idrotropismo.

Idrotropismo è la bennota tendenza delle radici di piegarsi verso una parete umida e di seguire il corso di questa, sopravvincente la forza di gravità. Darwin ritiene anche qui la cima della radice come sensibile a questa sorte d'irritazione che viene poi continuata lungo il corso della radice. Egli fece alcuni esperimenti, cauterizzando da una parte gli apici radicali, e rivestendo dall'altra le radici con una sostanza grassa. In entrambi i casi le radici, divenute insensibili per l'umidità crescevano nella direzionale di gravità.

A buona ragione nota Wiesner che le lesioni per cauterizzazione modificano di troppo l'organo, come pure che il sostrato di grasso — e lo dice Darwin stesso <sup>1)</sup> — sia nocivo alle radichette,

---

<sup>1)</sup> a pag 534.

con ciò, che gli esperimenti di Darwin non siano per noi prove bastanti a sostegno della sua idea.

---

Mi sembra opportuno di riportare a questo punto alcune idee di Wiesner intorno alla

**influenza di tensione e pressione sulla crescita  
in lunghezza <sup>1)</sup>.**

Noi sappiamo che un aumento di turgidezza estende le pareti cellulari e favorisce la crescita in lunghezza; non è troppo discosto di ammettere che anche una tensione esterna esprima uguali effetti nella pianta crescente, come all'incontro una pressione esterna produca l'effetto opposto. Se queste forze agiscono di concerto su una parte d'un vegetale, otterremo come risultato una curva di questo organo esprimente la differenza nella celerità di crescita favoreggiata dal lato convesso (per tensione) e diminuita al lato opposto (per pressione).

Simili casi non sono rari, e meritano di venir definiti come casi di **crescita per tensione** („Zugwachstum“).

Vedemmo un effetto curvativo prodotto dalla tensione eccitata dal peso dei cotili nei fusticini che servirono (vedi sopra pag. 89) ad esperimenti eliotropici. Se i cotili venivano recisi dopo la curvatura eliotropica, i fusticini non ritornavano per ciò allo stato verticale, e questo perchè le loro cellule sono più duttili che elastiche.

Analoghi effetti sono rappresentati dagli apici inclinati dei giovani getti di *Ampelopsis hederacea*, *Corylus Avellana*, *Ulmus campestris* che Wiesner definì già altrove <sup>2)</sup> per nutazione spontanea <sup>3)</sup>. — In questi casi esercitano le gemme terminali un vero peso sulle parti giovani, ancora plastiche, degli organi e li piegano come uncini. Questa prima curva viene aumentata in seguito, dove per turgescenza si effettua una differenza in tensione del lato convesso ed in pressione del concavo, e la tensione, aumentando la

---

<sup>1)</sup> pag. 135 e seg.

<sup>2)</sup> Monografia, P. I, pag. 15 e 16; P. II, pag. 28.

<sup>3)</sup> Darwin si esprime contrario a quest'idea, ma Wiesner porta in capitolo apposito prove evidenti a suffragio della sua aggiustatezza. Devo soggiungere che Darwin non conosceva, al tempo che la sua opera era già sotto i torchi, la II parte della monografia.

crescenza, rafforza l'arco. Più tardi contribuiscono forze geotropiche (apogeotropiche, secondo Darwin) ed eliotropiche ad erigere i giovani getti.

Quest' influenza di tensione si rende valida nelle cellule parenchimatiche, cioè in quegli stessi elementi, nei quali una luce viva arresta la crescita. Al concorde agire di queste due forze ascrive Wiesner l'espressione di un eliotropismo.

Per le stesse ragioni ritiene inoltre il medesimo autore gli esperimenti del naturalista inglese non affatto privi di errori, ammettendo egli <sup>1)</sup> un'azione di peso prodotta dai fili di vetro e dalla lacca-lacca sugli organi in disamina.

### III. Sensibilità delle radici.

Gli esperimenti sul geotropismo delle radici, che Darwin indica come espressione di stimolo alla cima, riferito lungo tutta la radice (vedi sopra pag. 93) aprirono nuovo campo a replicate indagini che mi permetto di raccogliere qui in succinto.

Per formarsi un'idea come le radichette schivano impedimenti che naturalmente trovano nel terreno, vennero collocati semi germoglianti di *Vicia Faba* in maniera che gli apici delle radici andarono a toccare, sotto un angolo retto, o poco meno, su lastre di vetro; oppure, in altri casi, così rivolti che le radicine dovevano crescere all'ingiù perpendicolari sulla faccia larga superiore delle fave. Sulle lastre di vetro, più o meno perpendicolari, erano attaccate leggiere listerelle di legno in linea trasversale alla direzione che dovevano prendere le radici nella loro crescita. Prima che l'apice della radichetta giungesse a toccare la prossima listerella, venivano tracciate linee rette sulle superficie di essa, e due ore dopo avvenuto il contatto, queste rette si dimostravano curvate (torte), in prova di una circonnutazione, senza che però Darwin la ritenesse realmente come tale. <sup>2)</sup> Giunta la cima delle radichette

---

<sup>1)</sup> „Ich habe diese Methode nur bei Untersuchung von grösseren, derberen Organen in Anwendung gebracht, weil ich die Meinung hege, dass die einseitige, wenn auch noch so gering erscheinende Last des angebrachten Glasfadens oder der Borste in Folge der continuirlichen Einwirkung möglicherweise Störungen hervorruft und auch das Ankleben des Fadens vielleicht nicht ohne Einfluss auf das Versuchspflänzchen ist.“ (Wiesner, pag. 164).

<sup>2)</sup> „How far such abrupt changes in its former course are aided by the circumnutation of the tip must be left doubtful.“ (Darwin, pag. 130).

alle listerelle, avveniva un deperimento in essa che svaniva appena dopo 3 ore del tutto, mentre nel frattempo la radichetta si era curvata, a 8-10<sup>mm</sup> distante dall'apice, in senso rettangolare alla sua direzione, poi continuava a crescere, ricuoprendo la listerella di legno per curvarsi nuovamente sotto angolo retto alla parte opposta. — Da questa e dal comportarsi della cima della radice su una fina foglia di stagno, poggiata su sabbia, dove senza lasciare la minima impronta la radice tutta avevasi curvato a rettangolo, Darwin formoleggia la sua opinione che qualunque contatto alla sensibilissima cima della radice, venga riferito da essa alle parti superiori che si sentono perciò eccitate a deviare dall'oggetto resistente.

Nella stessa intenzione vennero intrapresi oltre 100 esperimenti nel modo seguente: Darwin prese piccoli quadrati per lo più di carta smerigliata (di  $\frac{1}{20}$ " grandezza, e 0.15-0.20<sup>mm</sup> spessore), talvolta anche pezzettini di vetro sottile e li attaccò con lacca-lacca, in pochi casi con ben condensata soluzione di gomma arabica, ad uno dei lati <sup>1)</sup> degli apici delle radichette. — Eccetto nei casi dov'era stato fatto uso della gomma che manteneva uno strato spesso liquido fra radice e corpo, cosicchè non poteva aver luogo un contatto diretto, Darwin ottenne in tutti gli altri delle curvature nelle radici nel senso fuggente il punto di contatto, e le curve continuarono poi a formare uncini, volgendo l'apice all'insù sino a che la forza geotropica obbligava le radici a ripiegarsi di maniera che ne risultavano curve spirali od a chiocciola. Il tempo richiesto nell'effettuarle era differente secondo le qualità delle piante, dunque secondo la loro sensibilità, locchè si dimostrò più palese ancora, allorchè Darwin cauterizzò i lati prossimi all'apice di radichette coniche con pietra infernale, come pure allorchè ne asportò, col rasoio, agli stessi punti, sottili dischi senza ledere altrimenti le radici. Condizione data per l'effettuabilità di simili curve era però una temperatura non di troppo elevata, nè troppo bassa; tant'è vero che l'autore ritiene <sup>2)</sup> la stagione invernale per non adatta a simili sperimentazioni.

---

<sup>1)</sup> Per **lati** sono da intendersi qui i margini laterali a quelle parti della radice che si muovono nel piano di nutazione; „curvatura di Sachs,“ detta da Darwin (pag. 91).

<sup>2)</sup> Darwin, pag. 145; pella stessa ragione crede Darwin che gli esperimenti di Sachs (Arbeiten des botan. Institutes Würzburg, III. H. [1873] pag. 398) ricusarono una sensibilità all'apice radicale.

Risultarono sensibilissime a contatto le radici di *Tropaeolum majus* e di *Gossypium herbaceum*, *Quercus Robur*, *Zea Mays*; mediocrementemente soltanto quelle di *Phaseolus multiflorus* e *Cucurbita ovifera*; *Raphanus sativus* si mantenne dubbio, indifferente del tutto *Aesculus Hippocastanum*. — Verso cauterizzazione ed amputazione si dimostrarono invece tutte le radici assai sensibili.

Consimili risultati diedero anche gli esperimenti fatti colle radici secondarie di *Vicia Faba*, *Pisum sativum* e *Zea Mays*.

Due casi sono ancora d'interesse riguardo alla sensibilità delle radici agli apici. Attaccati ad uno dei lati, come prima, quadrati di cartoncino, all'altro, nella stessa guisa, eguali quadrati di carta sottile, dimostrarono le radici (di *Vicia Faba* e *Quercus Robur*) una proprietà distintiva fra la maggiore delle due impressioni <sup>1)</sup>. Darwin pose inoltre radici che avevano egualmente attaccato un quadrato di cartoncino ad uno dei loro lati in posizione orizzontale così che il cartoncino spettava all'ingiù, ed in questi casi la forza di evitare l'irritamento prodotto del cartoncino era tale da sopravvincere la forza geotropica.

Del tutto opposto è però l'effetto, quando le radici vengono irritate alcuni (3-4) millimetri distanti dall'apice, come già Sachs <sup>2)</sup> l'aveva osservato ed espresso <sup>3)</sup>. Darwin ripeté gli esperimenti sulle radici di *Vicia Faba* e *Pisum sativum* e giunse ai risultati che, l'irritazione di un semplice cartoncino (come sopra) attaccato con lacca-lacca o con gomma produce a stento lo stesso effetto, il quale si presenta ben distinto cauterizzando le radici lateralmente, circa 4<sup>mm</sup> via dalla cima. Le curve erano allora sempre verso il punto irritante, e formavano verso questo uno od alcuni lacci, anzichè avvolgersi dal punto medesimo. Gli esperimenti dimostrarono le curve al punto irritato anche se questo era prossimo all'apice, nei casi dove l'attacco dei cartoncini con gomma o con lacca-lacca, per la facile deciduità, aveva dovuto venir replicato parecchie volte. —

Da quanto fu esposto, noi deduciamo che le radici devieranno nel terreno da ogni ostacolo che opponga loro resistenza, curvandosi altrove, e nell'internarsi in esso potranno discernere fra strati

---

<sup>1)</sup> L'impressione viene spiegata per la sua durata, poichè solleticando solo per qualche tempo meccanicamente le radici, non si ottiene risultato veruno.

<sup>2)</sup> Arbeiten des botan. Institutes, Würzburg, III. H., (1873) pag. 437.

<sup>3)</sup> Analogamente l'osservò anche Haberlandt (Schutzeinrichtungen, op. cit. pag. 25) per le radici che nel sortire dai cotili si sfregano agl'integumenti.

più o meno soffici, scegliendo i primi; le radici dell'ippocastano ci dimostrano nella poca sensibilità loro che la forza di crescita sola basta, in casi consimili, a sopravvivere impedimenti poco considerevoli.

L'abitudine di eseguire periodicamente certi movimenti, acquistata e conservata anche nei vegetali per retaggio, più ancora la localizzazione di sensibilità e riflessione d'un irritamento in un punto ad un altro più distante, che deve conseguentemente muoversi, sono due facoltà che i vegetali possiedono in senso analogo come gli animali; e seanche le piante non sono in possesso nè di nervi nè d'un sistema nervoso centrale, pure non possiamo sconoscere, anche in questo riguardo una grande analogia fra animali e piante <sup>1)</sup>.

I movimenti delle radici, causati dalla sensibilità agli apici, come venne esposto, l'influenza di umidità, luce e gravità sulla direzione che le radichette prendono nel terreno sono, secondo Darwin, tutte espressioni di movimento ad uno scopo speciale, favorevole pel singolo individuo. Se parecchie forze influenzano contemporaneamente la radice, egli è mercè la sua fina sensibilità ch'essa si dirige colà dove trova le condizioni più confacenti per lei; „il dire che l'apice d'una radichetta, dotato in simil guisa e tenuto a dirigere i movimenti delle parti adiacenti agisca in modo simile al cervello d'un animale inferiore, non sarà troppo esagerato; il cervello ha la sua sede nell'estremità anteriore del capo, riceve impressioni dagli organi sensuali e sorveglia i diversi movimenti“ <sup>2)</sup>.

Nella sua opera, Wiesner si esprime contrario all'idea che un semplice contatto obblighi le radichette a volgersi dal lato opposto, mentrechè esse stesse usano una pressione meccanica, come lo vediamo quando perforano carta asciugante <sup>3)</sup> o quando entrano

---

<sup>1)</sup> Pressochè la stessa idea espresse già Sachs: *Arbeiten d. botan. Inst., Würzburg, II. Bd. (1879) pag. 282.*

<sup>2)</sup> Darwin, pag. 573: mi sembra strano di riconoscere in quest'idea di Darwin una lontana analogia con quella degli antichi arabi che immaginavano nell'albero un uomo capovolto, colla testa nel terreno e l'estremità rappresentata dai rami, come nuovamente lo espose in bella maniera C. C. Moncada („La fisiologia vegetale presso gli arabi“) nel: *Giornale ed atti della Soc. d'acclimazione ed agricoltura in Sicilia; Vol. XXII, N.º 9 e 10, pag. 233.*

<sup>3)</sup> Il processo non è chimico.

nel mercurio <sup>1)</sup> senza soffrir altro danno che la mancanza (appariscnte ad occhio nudo) dei pili radicali. Non contento di ciò, Wiesner volle stabilire con cifre la pressione delle radici ed inventò il seguente apparato. Egli prende una bilancia spiroelastica di semplice costruzione. Una molla metallica posta orizzontalmente termina con una bacinella di metallo, coperta da una lastrina di vetro. La bacinella comunica con un indicatore, il quale scorre sur una scala divisa in millimetri. Col mezzo di piccoli pesi di platino, l'indicazione di un millimetro vien trovata corrispondente ad un dato peso. Ora, lasciando germinare alcuni semi (*Vicia Faba*, *Phaseolus multiflorus*, *Zea Mays*) sopra questa bilancia in modo opportuno affinchè le radichette, piegate colla cima all'ingìù, venissero a toccare presto la lastrina di vetro, Wiesner trova che le radici usano una pressione spostando l'indicatore di alcuni millimetri sulla scala. Cito alcuni risultati: *Vicia Faba*, dopo 24<sup>h</sup> — 0.95 gr. e dopo altre 24<sup>h</sup> — 0.34 gr.; un secondo esemplare, dopo 24<sup>h</sup> — 1.4 gr. ecc. — E le radici non tentavano di evitare l'ostacolo, quantunque fossero curvate, ma ciò, come ammette Wiesner, per conseguenze fisiche nell'interno di esse, non per riferimento dell'irritazione provata alla cima. Quest'idea, rafforzata dai fatti dove radici (di *Vicia Faba*) crescenti orizzontalmente spingevano innanzi a sè pezzi di sughero del peso di 0.75—1.25 gr. che erano posti ad esse tramezzo la via, sopravvincendo anche la forza d'attrito anzichè deviare da essi, quest'idea diviene certezza dopo il seguente esperimento, che richiede un'altra interpretazione di contro a quella di Darwin. Wiesner prese pezzettini di legno o granellini di sabbia e li attaccò, usando solo una debole pressione, alle radici di semi germinanti, e non ottenne la curva delle radici, nonostante la presenza del corpo irritante. Portò poi su altre radici invece di lacca-lacca una gocciolina di puro alcool soltanto ed in questi casi le radici si curvarono. Da ciò desume Wiesner che negli esperimenti di Darwin era l'alcool che teneva sciolta la lacca-lacca quello che aveva ucciso le più prossime cellule della radice — come lo dimostrò realmente l'esame microscopico nelle esperienze di Wiesner. La parte della radice posta dietro il punto di lesione crebbe però con aumento di fronte alla parte opposta, e così ebbe luogo il deviamiento dal punto irritante. — Lo stesso effetto doveva aver luogo impiegando la

---

<sup>1)</sup> L'esperimento è indicato a pag. 739 della 4.<sup>a</sup> ediz. del „Lehrbuch der Botanik“ di Sachs, Leipzig 1874, e rappresentato dall'incisione N.º 477.

pietra infernale od asportando parte della radice stessa. Un semplice contatto, all'incontro, non farà giammai deviare la radice, e l'importanza biologica per questa è diretta soltanto contro lesioni più intime.

Le forme di curvazione alle radici, osservate da Darwin, come risultato di lesione alla cima sono fenomeni assai caratteristici che non hanno nulla di consimile colle altre forme di nutazione, e Wiesner propone per esse il termine di „curvature di Darwin“. (**Darwin'sche Krümmung**)<sup>1)</sup>.

All'idea d'un' analogia fra l'apice d'una radice ed il cervello d'un animale inferiore, oppone Wiesner la sua opinione che la facoltà crescitiva delle radici viene depressa dalle lesioni inflitte a queste e che di conseguenza anche la forza geotropica svanisce pressochè. L'equiparare i processi complicati diretti dall'apice radicale nelle piante a quei non meno oscuri del cervello animale porta poco profitto, od almeno non dilucida per nulla le nostre idee.

Al termine del mio referato mi permetterò di ripetere che per principio io mi tenni affatto oggettivo nell'esposizione dei fatti; non vorrei che i due lavori pertrattati venissero ritenuti soltanto per differenti interpretazioni del medesimo esperimento o fenomeno, anzi mi lusingo di aver esposto quello di nuovo e di utile per la scienza che ognuno di essi arreca. Ripetendo le parole di Wiesner che prescelsi ad intestazione: „quest'è la parte migliore che può offrire un libro scientifico, cioè di dare impulsi vitali a nuove esperienze“ — io mi permetto di presentare questo riassunto col sommessimo desiderio ch'esso voglia contribuire alla pubblicità di due sì esimie opere nel mondo scientifico-letterario e di animare alla continuazione degli esperimenti e delle osservazioni donde vanno ricchi i due lavori pertrattati.

---

<sup>1)</sup> a pag. 146.