

EFFETTI DEL CALORE E DELL'UMIDITA' SOPRA GLI ORGANI
ELEMENTARI DELLE PIANTE E SUI LORO GRUPPI, E FISIOL-
OGICA IMPORTANZA DI ESSI; PROF. C. TOSCANI.

Le piante, che non furono dotate di volontà e di istintività, non ebbero d'uopo, come gli animali, di una forza motrice continuamente generantesi nel loro organismo, poterono pertanto esser poste in baha di agenti motori estrinseci, poterono cioè riportare da natura un argomento le cui funzioni destinate a rappresentare la vita fossero subordinate all'azione mutabile di quegli agenti. Esse infatti a differenza degli animali hanno dei periodi di funzioni vitali, che manifestamente dipendono dalla posizione e dalla più o meno libera azione del gran luminare.

Non si creda ch'io neghi agli squilibri del calorico e dell'elettrico, che devono aver pur luogo nell'interno delle piante per le chimiche azioni che ivi si compiono, una qualche influenza: penso però che quegli squilibrij non varrebbero a spiegare i più cospicui movimenti, tanto più che questi spesso si compiono o si esagerano quando appunto gli eccitatori delle chimiche affinità difettano. Neppure si pensi ch'io sia di coloro che veggono tutti i fenomeni della vita derivare dalle sole forze fisiche fin qui conosciute. Solo non seppi mai comprendere come si potesse accordare tanta signoria alla forza vitale nel così semplice e da per tutto identico organamento delle piante, mentre essa va ogni dì restringendo il suo dominio nella tanto più complessa macchina animale. Bulbi, tronchi, rami e foglie danno vita ad altrettante piante, e noi vorremo ammettere che in mezzo a siffatta uniformità e semplicità di struttura organica, sia necessario l'intervento di questa misteriosa forza vitale alla produzione del sonno e della veglia; all'evoluzione dei rami, delle foglie e dei pericarpj; ai movimenti in fine dei pe-

tali, degli stami e dei pistilli? Non sono le forze fisiche di cui già conosciamo le proprietà e le leggi, messe in giuoco nel semplicissimo organismo dei vegetabili, bastevoli a dar ragione di quei fenomeni? Ecco da quali idee dominato mi posi a studiare con un certo interesse l'influenza del calore e dell'umidità sopra i singoli elementi di una pianta, studio che, incominciato sino dal 1855, e quindi più volte sospeso per cause dal mio volere indipendenti, può dirsi oggi completo o almeno tale da fornire leggi generali bene accertate che dettero, e daranno copiose riprove di loro importanza fisiologica (1).

Giova alla chiarezza e all'ordine del mio assunto distinguere nelle piante tre parti o sistemi ch'io chiamo *centrale*, *medio* e *corticale*. Il sistema centrale per me comprende la midolla e l'astuccio midollare. Il sistema medio è costituito del duramen e dell'alburno; Il corticale in fine abbraccia il rimanente. Nelle piante *monocotiledoni* manca a vero dire un vero e proprio astuccio midollare, essendochè le trachee si trovano associate a fasci fibrosi in gruppi separati da tessuto midollare che è in queste piante molto esteso e copioso; non manca però, almeno in quelle da me studiate perchè dotate di volubilità, un astuccio fibroso, molto limitato se vogliamo, e che corrisponde a ciò ch'io appellai sistema medio, come non manca un sistema corticale. Aggiungerò inoltre esservene di quelle, come la *dioscorea batatas*, in cui si scorgono nettamente raggi midollari che separano raggi fibro-vascolari i quali, movendo dall'astuccio tutto fibroso sopra descritto, si dirigono al centro, e verso questo centro sono assai più ricchi di vasi, e terminano poi sempre con un gruppo di sole trachee. In questi casi la differenza tra le *monocotiledoni* e le *dicotiledoni* è anche meno apprezzabile, riducendosi in ultima analisi ad una

(1) Nel consultare alcune opere di Fisiologia (dopo che, spoglio di prevenzioni, ebbi ultimato questo mio lavoro) trovai che il Dutrochet aveva sentito pure il bisogno di cercare nei movimenti delle parti, per effetto di agenti fisici, la ragione dei movimenti delle piante; aveva riconosciuta la necessità dell'antagonismo di due incurvazioni apposte; ma, troppo vagheggiatore dell'endosmosi, non curò quanto bastasse la separazione degli organi e perciò non vide ove veramente quell'antagonismo risiedeva, e così i suoi tentativi rimasero infruttuosi.

maggior estensione, per le monocotiledoni, dei raggi midollari i quali, molto più larghi alla base che all'apice, dividono i fasci più centrali in modo che non formano più quel cilindro continuo che si scorge nelle dicotiledoni e che è chiamato astuccio della midolla. Il Dutrochet quantunque non avesse avvertita questa disposizione a raggi che si riscontra nella *dioscorea* ed anco nel *tamus communis*, fu però portato a concludere da altre considerazioni sopra la struttura anatomica di quelle piante e sopra il loro modo d'incremento che « l'organizzazione vegetale è sostanzialmente la stessa per le monocotiledoni e per le dicotiledoni, e non vi sono tra di loro che delle differenze di perfezione organica; le monocotiledoni offrono in generale la persistenza dello stato d'infanzia vegetale, le dicotiledoni lo stato adulto della vegetazione ».

Premesse queste considerazioni, la distinzione in tre sistemi l'estenderò pure a quelle monocotiledoni, intendendo però che in questo caso il sistema centrale comprenda tutte le parti in cui s'incontrano cellule allungate o fibre associate ad un prevalente numero di fasci tracheali (1).

Precederò nell'esposizione di fatti osservati con quell'ordine stesso ch'io tenni nello sperimentare. Il sistema che per il primo sottoposi alle indagini fu il medio, e trovai che:

1.^o Le fibre isolate, come i fasci fibrosi di quel sistema godono costantemente, da qualunque pianta derivino, di una incurvazione in fuori, e di una volubilità a destra, tanto per prosciugamento, che per aumento di temperatura, e d'incurvazione in dentro, e di volubilità a sinistra pei raffreddamenti e per gli aumenti di umidità.

2.^o La spera che formano è regolare quando la grossezza è uniforme, e il fascio è ben netto. Le esperienze riescono meglio colla nervature delle foglie dei piccoli e dei teneri germogli.

(1) Con una certa destrezza e pazienza non riesce difficile staccare, da quegli spigoli che internamente forma il tessuto misto di fibre e di trachee, nei fascetti quasi completamente tracheali e delle trachee semplici nelle quali si riscontrano sempre quelle proprietà di che godono costantemente organi, elementari di quel genere, e di cui parlerò al suo luogo.

3.^o Asciugati i fasci fibrosi, nel vuoto formano spira di destra, la quale, tenuta nel vuoto o nell'aria secca, ha la proprietà di avvolgersi e svolgersi pei soli cambiamenti di temperatura con una regolarità ammirabile, tantochè con un fascio fibroso d'agave lungo 135^{mm} potei costruire un termometro sulla foggia di quello di Breguet, il quale dai 6 ai 16 gradi centigradi, per tre anni consecutivi, armonizzò con un buon termometro a mercurio, spostandosi l'indice sostenuto dal fascio esattamente di $\frac{1}{8}$ di circonferenza per ogni grado.

Per temperature inferiori ai 6 gradi le derivazioni dell'indice si facevano bruscamente molto più ampie, divenivano invece più piccole per temperature superiori ai 16. Compiuti i tre anni introdussi nuova aria nell'apparecchio, la quale forse per non essere asciutta, rese molto più angusti i limiti entro i quali il movimento è regolare. Mi sono potuto accertare che oltre un certo termine, quando cioè le deviazioni sono ridotte di eguale ampiezza, il grado di asciugamento non influisce sulla sensibilità del fascio per moderati cambiamenti di temperatura. Il che dimostra che il calcolo può operare sui fasci fibrosi direttamente e indipendentemente dalla sua azione sull'umidità, cosa d'altronde naturalissima e prevedibile.

4.^o Il grado di volubilità varia grandemente: a) colla natura della pianta, b) col suo stato di vegetazione, c) colla età del germoglio. In generale più il germoglio è giovane, più sentiti sono i movimenti eseguiti per variazioni di umidità e di temperatura, non solo dal fascio intiero, ma altresì dalla fibra isolata. È pur vero che, essendo eguali le altre condizioni, la volubilità delle fibre è maggiore là dove la vegetazione è più rigogliosa.

5.^o Se nel recipiente in cui è sospeso il fascio può circolarvi liberamente l'aria esterna, o il fascio e l'aria rinchiusa non furono bastantemente prosciugati, non si riscontra più un rapporto tra le voluzioni del fascio e le indicazioni del termometro, perchè l'umidità, che ha un'azione prevalente su questi organi, complica quelle indicazioni. Non è però men vero che in mezzo a siffatta complicità si rende sempre manifesta l'influenza diretta dal calore, onde può dirsi che le due azioni si sovrappongono, ma non si elidono.

6.^o Se il fascio, disposto come nel termometro sopra

descritto, si tiene immerso in acqua, l'indice concepisce un moto continuo verso la sinistra, il quale non si cessa allorchè la spira formatasi nell'aria è completamente svolta, ma continuando ne risulta una spirale sinistrorsa. Il movimento a capo a qualche giorno si arresta per farsi, dopo breve sosta, nuovamente di destra. Decorso un certo tempo, che varia colla robustezza del fascio, il senso della torsione di nuovo s'inverte divenendo più celere, e così di seguito, fino a che non avviene lo strappamento per macerazione. In questo processo di macerazione i movimenti a sinistra sono molto più estesi di quelli a destra, e in qualche caso questi ultimi furono appena discernibili. L'estensione e la velocità dei movimenti a sinistra va crescendo per progressione rapidissima. Il numero delle inversioni è variabile, in quanto elleno evidentemente dipendono dal numero degli strati legnosi che vanno successivamente ed uno alla volta lacerandosi per eccessiva turgidezza delle cellule che li compongono. Queste vicende della macerazione non hanno certo un' immediata importanza fisiologica, ma abbiamo dovuto descriverle per farci strada alle cose che appresso. — Avvicinando una sorgente di calore al vaso in cui trovasi il fascio, mentre esso è in un periodo di torsione a destra, questa si esagera, poi si fa di sinistra; se il movimento al cominciare dell'esperienza è di sinistra, s'inverte, ma dopo 8 o 10 gradi di deviazione (per fasci lunghi 100 o 120 millimetri) l'indice torna a sinistra, e sorpassa d'assai la posizione che avrebbe in quel tempo raggiunta se non avesse provata l'azione del calore. A me parve che questi fatti non potessero interpretarsi che nel seguente modo. In sulle prime è il calorico raggiante che direttamente opera e come calore deve occasionare al pari che nel vuoto e nell'aria movimento a destra; più tardi la sua azione producendo il riscaldamento dell'acqua viene a favorire l'imbibizione, la quale, prendendo il di sopra, provoca necessariamente l'inversione, cioè occasiona la torsione a sinistra, come farebbe l'umidità per la fibra sospesa nell'aria. Sostituendo all'acqua il solfuro di carbonio, liquido del quale i fasci non s'imbevono, non manca ed è pronta la deviazione a destra provocata dalla presenza di una sorgente calorifica, manca però l'inversione fino a tanto che quella sorgente esercita

tutta intiera la sua influenza, e si ha il semplice ritorno dell'indice alla situazione primitiva al cessare di quella.

7.^o Messo al nudo e tenuto sollevato e leggermente teso con biette di gomma elastica per il tratto di pochi millimetri un fascio fibro-vascolare della pagina superiore di una foglia d'agave tuttavia in rapporto colla pianta, ancorchè esso fosse continuamente bagnato da un sifone a bambagia, eseguiva piccoli movimenti di torsione che armonizzavano colle indicazioni di un termometro a bulbo egualmente bagnate. Nelle molte esperienze eseguite i risultati furono più o meno netti; ma non mai incerti. Riproduco qui le cifre ottenute con un tratto libero di soli 8^{mm} portante come indice una pagliuzza squarciata ad un estremo e disposta in modo che risultasse normale sul centro di una circonferenza divisa in 80.^o

TERM. ^o	FASCIO	TERM. ^o	FASCIO
15,5	— 0,5	16,3	+ 0,1
15,6	— 0,2	15,7	— 0,2
15,5	— 0,5	16,0	0,0
15,2	— 0,8	16,2	+ 0,1
16,0	— 0,1	15,5	— 0,4

In questa tabella il segno + indica le posizioni dell'indice a destra dello zero, e il segno — le posizioni a sinistra per chi osserva.

Per queste esperienze a vero dire mi valse di fasci completi; di fasci cioè che portavano associato al sistema fibroso il vascolare, il quale volli rispettato per allontanarmi il meno possibile dallo stato normale. Le trachee e i vasi in genere avrebbero potuto, come vedremo in appresso, far mancare, nelle condizioni medesime, la volubilità ed anco invertire l'ordine dei movimenti dell'indice. Ma mi ero precedentemente accertato che, nelle foglie adulte dell'agave, la volubilità del sistema vascolare è soverchiata da quella del sistema fibroso, cosicchè il primo non avrebbe che rese alquanto più piccole le torsioni del secondo senza alterarne le leggi.

Da questi fatti sperimentali bene accertati siamo portati a concludere: 1.^o Che i fasci fibrosi del sistema centrale risentono

e secondano l'azione diretta del calore, tanto nello stato di massima idratazione, che nello stato di massima secchezza, tanto fuori della pianta, che in intimo e fisiologico rapporto con essa.

2.^o Che il calore provoca movimenti o conati d'incurvazione in fuori e di torsione a destra coll'aumentare, e movimenti e conati a quelli opposti col diminuire.

3.^o Che finalmente l'aumento o la diminuzione di umidità, a temperatura costante, eccita movimenti simili ai precedenti ma in ordine inverso.

Per spiegare meccanicamente la disposizione a elica che v'è prendendo per calore o per umidità un fascio, il quale in origine non presenta curvatura alcuna, conviene ammettere una eterogeneità dissimetrica in due direzioni reciprocamente normali. In una delle due direzioni questa eterogeneità era di già ammessa come dipendente dal modo d'incremento del sistema medio, il quale si opera dal di dentro al di fuori. Quella che non erasi fin qui avvertita è l'eterogeneità dissimetrica normalmente ai piani che passano per l'asse della pianta. Nel caso in questione (siccome la prima curvatura si fa all'infuori per calore e per prosciugamento) onde si passi dalla spirale piana all'elica destrorsa, ragion vuole che minor densità presentino i fasci su quel fianco che è il sinistro per chi osserva dall'asse. Quale è l'origine di questa seconda dissimmetria che chiamerò laterale? Dipende forse da un incremento laterale dissimetrico delle singole nervature? Questo è quello che per ora non possiamo affermare perchè intendiamo valerci di soli fatti e non d'ipotesi. Le osservazioni microscopiche intraprese sopra siffatto argomento mi hanno portato solo a riscontrare una densità diversa sui due bordi di ciascuna nervatura quale esattamente è reclamata dal senso della volubilità: ma questa dissimmetria laterale mi si è offerta nelle piante sottoposte ad esame come conseguenza della sovrapposizione incompleta di due fasci gemelli disegualmente compatti, disposizione che se può dar ragione della volubilità delle nervature intiere, non spiega la volubilità identica di ciascun gruppo di fibre e di una fibra isolata (1).

(1) Le osservazioni furono eseguite sopra nervature d'agave, di fur-

Comunque sia, la doppia curvatura che tanto i fasci, quanto le fibre isolate del sistema medio prendono sotto l'influenza del calore e dell'umidità, e le leggi costanti che regolano quella doppia curvatura ci obbligano ad ammettere, non solo nei gruppi, ma negli organi elementari, quella duplice eterogeneità dissimmetrica che l'occhio anche armato non discerne. Siccome una nervatura comprende tutti e tre i sistemi, sospettai che quella dissimmetria laterale riscontrata nel medio si estendesse ai fasci vascolari del centrale e fibrosi del corticale, e quindi ne derivasse per questi una volubilità opposta, cioè di sinistra in quelle condizioni in cui è di destra per il sistema medio e viceversa, in quanto sappiamo dalla fisiologia che per i sistemi centrale e corticale l'incremento, nella direzione dei piani che passano per l'asse della pianta, si fa oppostamente che per il sistema medio, si opera cioè dalla periferia al centro, anzichè dal centro alla periferia, e sappiamo dalla meccanica che quando s'inverte una delle due incurvazioni, le spirali destrorse diventano sinistrorse e inversamente.

Avendo preso a studiare del sistema centrale i vasi isolati e i loro gruppi, rinvenni effettivamente in essi la sospettata volubilità inversa; vidi cioè che tanto i fasci intieri quanto gli organi elementari godevano costantemente di una decisa volubilità a sinistra per prosciugamento e per calore, e di volubilità a destra per umidità e per freddo. L'elica sinistrorsa formata dai fasci tracheali per prosciugamento non è così ravvicinata all'asse nè a lungo passo come quella destrorsa dei fasci fibrosi, ma è invece una spirale a larghe spire nella quale i due raggi di curvatura presentano una differenza notevole. Ciò dimostra che mentre è grande la differenza di densità nella direzione dei piani che passano per l'asse delle piante, pic-

croia, di plantago e di molte altre piante erbacee. Per quelle che a prima giunta non offrono decisamente questa diversa densità ebbi ricorso all'espedito di asciugare bene i fasci a moderato calore e di farli quindi bollire in un liquido fortemente colorato. Con questo mezzo potei rendere il fenomeno così manifesto da potere essere apprezzato da persone estranee alla scienza e all'uso del microscopio, tantochè queste, senza esser da me prevenute, non solo dicevano di vedere nettamente due bande di diversa tinta, ma ne indicavano esattamente la posizione relativa.

cola, relativamente, è questa differenza in piani normali ai primi, e di qui la ragione per cui il microscopio non valse a rendere manifesta l'eterogeneità dissimmetrica laterale nettamente veduta nei fasci intieri del sistema medio (1).

Non ripetei pei fasci tracheali tutta quella serie d'esperienze che furono sopra descritte come eseguite sui fasci del sistema medio, perchè, mentre avrebbero offerte maggiori difficoltà d'esecuzione, sarebbero riuscite superflue, non potendosi razionalmente ammettere che fossero per offrire altra differenza all'infuori di un' inversione generale nei movimenti.

Il sistema centrale comprendendo per me un tessuto midollare, sembrerebbe ch'io dovessi dire delle proprietà di questo, prima di scendere all'esame delle parti del sistema corticale, ma poichè tutti i tessuti cellulari si comportano egualmente, parlerò di loro quando avrò esaminate le fibre e i fasci fibrosi del sistema corticale. Prima di lasciare il sistema vascolare dirò: che i vasi latticiferi, i quali non hanno quella disposizione longitudinale e parallela che si riscontra nelle fibre e negli altri vasi, ma si ramificano e prendono qualunque direzione, non godono nè d'incurvazioni nè di volubilità determinate, e non possono pertanto compiere l'ufficio d'organi motori.

Il sistema corticale costa del libro, di un tessuto cellulare e di una pellicola epidermica. Nel concetto che nelle parti elementari del libro l'eterogeneità dissimmetrica laterale fosse disposta come nelle parti di già esaminate del sistema medio e del centrale; e nella persuasione che l'ordinamento dell'eterogeneità nei piani che passano per l'asse del ramo fosse

(1) Il Dutrochet avendo distinti due soli sistemi, centrale cioè e corticale, (comprendendo nel centrale il legno, l'astuccio midollare e la midolla), attribuì le opposte incurvazioni del primo, a endosmosi impletiva e depletiva d'ossigeno, e spiegò le due incurvazioni opposte del secondo sistema coll'endosmosi impletiva e depletiva di linfa. Per lui l'ossigenazione e la disossigenazione opererebbero rispettivamente, sul suo sistema centrale, come operano per me sul sistema medio, il calore e l'umidità; l'endosmosi poi impletiva e depletiva della linfa agirebbero sul suo corticale rispettivamente come il calore e l'umidità sul mio centrale. Dutrochet non ragiona mai di volubilità e non vide che incurvazioni nei piani delle sezioni principali.

quale si riscontra nel sistema centrale e inverso a quello offerto dal medio, credei trovare costantemente volubilità di sinistra nei fascetti fibrosi e nelle fibre del libro, ma il preconconcetto non si realizzò sempre, che anzi ebbi a vedere destrorsa, nel maggior numero dei casi, la volubilità di quel sistema e delle sue parti, ed ebbi a vedere che la volubilità sinistrorsa è la meno frequente. Siccome, qualunque sia in questo sistema la volubilità, la prima incurvazione è sempre all'indietro, così saremmo portati a concludere che mentre è costantemente lo stesso e quale da tutti si ammette il modo d'incremento del libro nei piani delle sezioni principali, l'incremento laterale di ciascun fascio del libro stesso può cambiare da pianta a pianta facendosi da sinistra a destra per alcune e da destra a sinistra per altre, mentre è immutabile per l'alburno e per il sistema vascolare (1). In media ho veduto che, di 20 piante sottoposte all'esame, 19 hanno gli organi elementari del libro e i loro gruppi volubili a destra, una sola gli ha volubili a sinistra. In generale quegli organi e quei fasci, a parità di condizione, godono di una volubilità sommamente maggiore a quella che riscontrasi nelle parti del sistema medio, fossero ancora le più esterne dell'alburno.

Le pellicole epidermiche se godono di una ardita incurvazione in fuori per prosciugamento e per calore, e possono così formare una spirale, essa però è piana; le pellicole epidermiche non sono dunque volubili.

Il tessuto cellulare propriamente detto, sia che appartenga al sistema centrale, sia che venga tolto dal corticale, non offre nè incurvazioni nè volubilità, che che ne dica il Dutrochet. Non è a maravigliare che il benemerito Fisiologo francese ottenesse per endosmosi una incurvazione nei pericarpj dell'*impatiens balsamina* e nel tessuto cellulare dei piccioli di quelle piante, che godono di un sonno, perchè non avvertì togliere gli ostacoli che si opponevano alla libera distensione o con-

(1) Intendiamoci bene; la volubilità delle parti del libro è mutabile da pianta a pianta, ma è costantemente la stessa per una pianta determinata. Così nel *ramnus alaternus* riscontrerete sempre volubilità di sinistra, come riscontrerete sempre volubilità di destra nel *cornus sanguinea*.

trazione di quel tessuto, prodotte da endosmosi impletiva o depletiva, ostacoli che risiedono, nella superficie interna, per i pericarpj della balsamina, e nell'esterna, pei tessuti corticali sui quali sperimentava. Se avesse accuratamente tolte quelle pellicole fibrose o epidermiche che, oltre a contrariare i movimenti, rendono sulla faccia che ricoprono più lenta l'endosmosi, avrebbe veduto, come vidi io, affatto passivo il tessuto cellulare, malgrado la decrescenza diversa delle cellule da lui asserita, ma non sempre confermata. Chi ci autorizza poi a ritenere, anche ammessa una diseguaglianza nel volume delle cellule, che questa debba di necessità causare nell'endosmosi e nell'esosmosi un' incurvazione? Il numero non compensa forse la grandezza? Concludiamo. 1.^o Nessuna tendenza all'incurvazione ed alla volubilità nel tessuto cellulare propriamente detto. 2.^o Sola propensione all'incurvamento nella pellicola epidermica. 3.^o Decisa inclinazione alla volubilità nelle cellule allungate o fibre e nei vasi non latticiferi; volubilità che si esplica nei seguenti modi. È sinistrorsa (con incurvazione in dentro) pei vasi in quelle condizioni medesime, in cui è destrorsa (con incurvazione in fuori) per le fibre e pei fasci fibrosi del legno, e viceversa. È talvolta cospirante con quella dei vasi, tal'altra con quella delle fibre legnose la volubilità delle cellule allungate del libro, delle quali la prima incurvazione si fa sempre in senso opposto, che nelle fibre del sistema medio. Viste le proprietà dei singoli elementi dei tre sistemi, passiamo all'esame di quelle dei gruppi composti di due o di tutti e tre quei sistemi.

Se prendiamo un fascio che si componga di parti dei sistemi centrale e medio, di trachee cioè e di fibre, avremo; o nessuna volubilità, o volubilità di destra, o volubilità di sinistra secondochè si equilibrano o prevale una delle due forze. La grossezza delle due parti componenti non è criterio che guidi a pronosticare il senso della volubilità, perchè, talora, poche fibre la vincono su molte trachee, tal'altra, poche trachee seco traggono le molte fibre. La *periproca greca*, a modo d'esempio è di quelle piante nelle quali la sensibilità delle fibre soverchia quella delle trachee al segno che riesce difficilissimo ottenere fasci tracheali volubili a sinistra per prosciugamento,

in quanto pochi filamenti fibrosi, che rimangono casualmente adesi al fascio, bastano a determinare il senso della volubilità anche che le trachee siano relativamente molte. Questi casi non sono frequenti; in generale la maggiore sensibilità si riscontra nei fasci tracheali.

Il fatto certo si è che preso un fascio misto, volubile per esempio a destra, e portati via successivamente da esso con acuta punta d'acciajo dei fascetti fibrosi, vediamo prima scemare questa volubilità di destra, poi distruggersi affatto e invertirsi finalmente per farsi di sinistra tanto più decisamente quanto maggiore è il numero delle fibre eliminate: una analoga inversione ha luogo se da un fascio misto volubile a sinistra togliamo poco a poco le trachee: è dunque indubitato che in questo la direzione della spira dipende dalla prevalenza d'azione dell'uno e dell'altro dei due sistemi.

Quello che abbiamo qui sopra detto dei fasci composti di fibre del tessuto medio e di trachee, s'applica egualmente ai fasci costituiti di fibre dell'alburno e del libro, quando queste ultime siano volubili a sinistra.

Se dalla combinazione di due sistemi passiamo a quella di tre ben conservati e spogli esternamente di tessuto cellulare, e così a dei veri e propri fasci fibro-vascolari, vedremo prevalere in generale per prosciugamento e per calore la curvatura all'infuori e la volubilità a destra se appartengono a parti che hanno raggiunto il loro pieno sviluppo in lunghezza, ma non sarà così se vengono tolti dai più giovani germogli e dalle foglie ancora tenerelle. Per chiarire l'argomento tolgo ad esempio una pianta vulgarissima, la *plantago major*. Se andate sfogliando una di queste piante, movendo dall'esterno, troverete volubili decisamente a destra i fasci fibro-vascolari delle più stagionate e cadenti; montando ai ranghi superiori, la volubilità di destra si farà meno decisa, vi si offriranno delle nervature le quali per prosciugamento e per calore non presenteranno volubilità di sorta nella parte media, mentre formeranno decisa spira di destra all'estremità inferiore e decisa elica di sinistra alla superiore. Continuando troverete prevalere la volubilità di sinistra, e farsi finalmente esclusiva e marcatissima nei fascetti appartenenti ai piccioli ed alle foglie degli ultimi e più

elevati ranghi, avrete così nei fasci fibro-vascolari di questa e di molte altre piante simili un' elegante conferma delle proprietà degli organi elementari da me poste in luce. Vedremo nelle applicazioni quanto grande sia l'importanza fisiologica del sopra analizzato ordinamento.

Questa e varie altre ampliamenti ch'io ho potuto dare al lavoro primitivo le debbo all' opposizione che nel seno di un' Accademia e di un Congresso si ebbe questo frutto di paziente e lungo studio. L' opposizione, anzichè sgomentarmi, mi spinse a far tesoro e a studiare quei fatti che si ritenevano come contrarii alle leggi da me annunziate. In quello studio venni anche inanimato dalle parole lusinghiere di uomini dottissimi, tra i quali ricordo con affetto il mio ottimo maestro e padre O. Mossotti, quel grande di cui oggi tutti deploriamo la perdita; e quello studio dimostrò, come ognuno può vedere, che i fatti messi innanzi come ostacoli all' accettazione di quei principii ne erano invece una luminosa conferma. Tale è la sorte dei lavori che si basano sopra leggi bene accertate.

Quando una nervatura porta adesa una fettuccia di tessuto cellulare propriamente detto, quantunque questo isolato non goda d' incurvazione e molto meno di volubilità determinata, esso può tuttavia esercitare un' influenza considerevole sui movimenti del fascio. Ma di che genere è questa influenza? Ponete mente. Se il fascio si prosciuga, la più pronta e maggior contrazione del tessuto cellulare determina da quel lato la concavità della prima curvatura; se all' incontro s'immerge in acqua esso s' incurva dalla parte opposta; ma non è già questo l' effetto di un rigonfiamento ineguale delle cellule, quale lo suppone il Dutrochet; il tessuto cellulare non opera ivi che come una spugna o pezzetta bagnata, stabilisce cioè un più intimo contatto tra il liquido e quelle parti del fascio che di tal tessuto sono rivestite, e ne favorisce così e ne rende più sollecita l' imbibizione, tanto è vero che se lo si toglie e si sostituisce ad esso un poca di carta bibula, si riproducono i medesimi fenomeni. È dunque vero che mentre il tessuto cellulare è di per se inerte, associato alle fibre e ai vasi non solo può modificarne, ma può altresì invertirne la volubilità propria, in quanto sappiamo che invertita una delle due incurvazioni la spira destrorsa diventa sinistrorsa e viceversa.

Chiuderò questa parte teorica avvertendo pure, che se ad un fascio o gruppo di fasci fibro-vascolari, in cui sia già debole la tendenza a incurvarsi lateralmente, perchè risultato di forze opposte poco diverse, si aggiunge il tessuto cellulare epidermico, il quale oltre ad aumentarne notabilmente il diametro ne esagera la tendenza all'incurvazione in fuori, verremo ad ottenere un sistema disposto piuttosto a costituirsi in spirale piana che a generare una vera elica decisamente destrorsa e sinistrorsa.

A qualcuno potranno forse sembrare superflui tutti questi dettagli sopra gli effetti di varii sistemi posti in relazione, perchè fattosi idea esatta delle proprietà fisiche degli organi elementari, quale io l'esposi, facilmente si desumono le conseguenze delle molteplici loro combinazioni, ma io dovetti entrare in quei particolari per rispondere a obiezioni che si stimarono gravissime e che furono sollevate contro i miei principii da persone chiamate in due diverse occorrenze a riferire sulla verità di quelli (1).

(*continua*)



(1) Una Commissione Accademica, mentre sentiva tutta l'importanza delle leggi da me annunziate, dubitò però che non fossero bene accertate, perchè qualche Componente di essa osservava, nel fare dei riscontri, che un medesimo cirro o viticcio presentava tratti disposti a spira di destra alligui ad altri foggianti a spira di sinistra. Nelle suesposte leggi generali parmi aver detto quanto occorrerebbe a persuadersi che quelle inversioni frequenti offerte da viticci, anzichè dimostrare la incertezza e la fallacia dei principii da me desunti, ne sono una conseguenza logica; ma mi propongo discutere più minutamente questo soggetto allorchè dirò delle applicazioni. Frattanto di cuore ringrazio tutti coloro che lealmente e per amore del vero avanzarono obiezioni, che come abbiamo veduto e meglio vedremo in appresso, fornirono nuove e valide prove della solidità delle fondamenta su cui si basa questo edificio.