

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXIII.

1916

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXV.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1916

Botanica. — *Struttura e funzione del mesofillo di alcune graminacee*. Nota del dott. GIUSEPPE CATALANO, presentata dal Socio A. BORZÌ.

Nella struttura del parenchima verde fogliare delle graminacee sono stati distinti da Duval-Jouve (¹) due tipi: nell'uno tutte le cellule, egualmente ripiene di clorofilla in granuli, sono aggruppate in mezzo ai fasci in strati più o meno paralleli alle superfici epidermiche. Nell'altro le cellule sono di due sorta: le une provviste di un contenuto verde carico, non in granuli, ma piuttosto in una gelatina verde che si contrae in grossi fiocchi, spesso accompagnata da grandi cristalli isolati ed a facce ben sviluppate (*Panicum capillare*, *P. Crus-Galli*); le altre contengono pochi granuli di clorofilla, piccoli e di un verde pallido, raramente anche qualche cristallo. Queste due sorta di cellule sono costantemente disposte in strati cilindrici attorno ai fasci, le prime contigue allo strato limite e le altre attorno alle prime; il loro asse maggiore è sempre disposto in direzione raggiante.

Su quest'ultima forma di parenchima il Duval-Jouve ha voluto richiamare l'attenzione dei botanici, sia per lo stato in cui vi ha ravvisato la clorofilla, sia per la presenza dei cristalli che d'ordinario non si trovano nelle cellule assimilanti.

Avendo avuto occasione di studiare la struttura delle foglie di *Chloris Gayana* Kunth., di cui si sperimenta in esteso la coltura nel R. Giardino coloniale di Palermo, ho voluto dedicare qualche particolare ricerca alla detta forma di parenchima verde, allo scopo di estenderne maggiormente la conoscenza dal punto di vista anatomico e fisiologico.

Nelle foglie della detta specie di *Chloris*, che non è compresa fra quelle studiate dal Duval-Jouve, la struttura del parenchima verde si può riferire al secondo dei due tipi dianzi descritti. Vi sono cioè due sorta di cellule verdi: le une grandi, rotonde, con membrana cellulosica discretamente sviluppata, piene di clorofilla di un color verde carico; le altre più piccole, rotonde o allungate, a membrane sottilissime, con pochi plastidii impregnati di un pigmento verde chiaro. Le prime stanno disposte attorno ai fasci, proprio in contatto con lo strato limite: nei fasci più piccoli sono in numero di 5-7 e racchiudono internamente il fascio stesso, disponendosi a cerchio di un solo strato; in quelli più grossi sono in numero di 10-15, disposte, sempre in unico strato, a ferro di cavallo con l'apertura rivolta

(¹) *Histologie des feuilles de Graminée*, Annales des sciences naturelles, 6^{ème} série, (botanique), tom. I, Paris 1875, pag. 348.

verso la pagina superiore della foglia, oppure in due bande laterali separate inferiormente da tessuto meccanico. Le altre cellule, più piccole, a contenuto verde pallido, sono disposte esternamente alle prime in uno o più strati e vengono in contatto, fondendosi quasi in un unico tessuto nello spazio compreso tra un fascio e l'altro.

Le differenti forma, grandezza e posizione delle due sorta di cellule; la differenza di sviluppo delle rispettive membrane; l'aspetto diverso della clorofilla, ecc., sono caratteri sufficienti a stabilire già fra i due tessuti una ben netta distinzione dal punto di vista istologico. Ma siffatta differenza si estende anche ai caratteri microchimici e fisiologici delle due qualità di cellule, talchè i due tessuti risultano affatto distinti anche dal punto di vista della funzione.

È infatti facile persuadersi che vi è una notevole differenza nelle qualità microchimiche dei contenuti delle due sorta di cellule, considerandone il comportamento diverso di fronte ad alcuni reattivi coloranti. La fuxina acida, per esempio, applicata a materiale previamente fissato e scolorato, viene assorbita e mantenuta fortemente dai plastidii delle cellule più grandi; mentre quelli delle cellule piccole se ne sbarazzano completamente, lavando con alcool le sezioni. Lo stesso comportamento si osserva anche usando una soluzione di cristal-violetto. Il bleu d'acqua invece viene immediatamente fissato dal contenuto delle cellule piccole, mentre colora difficilmente quello delle cellule grandi. Ma la più importante differenza fra le due sorta di cellule è quella che si rileva mediante l'uso dei reattivi jodici. Esaminando infatti una sezione della foglia di *Chloris Gayana*, raccolta dopo una giornata di sole, si può constatare (con l'aiuto della tintura acquosa di jodio e previo allontanamento della clorofilla mediante prolungato lavaggio in alcool) che si trova dell'amido soltanto nelle cellule grandi, situate, come si è detto, a contatto dello strato-limite dei fasci. E siccome la formazione dell'amido negli organi verdi è, insieme col fenomeno di emissione di ossigeno, il carattere più evidente e sicuro, mediante il quale, come è noto, si può controllare ed anche misurare l'attività fotosintetica, così la detta reazione permette di stabilire senz'altro che il vero tessuto assimilatore in queste foglie è soltanto quello costituito dalle cellule raccolte attorno alle vie di trasporto del nutrimento liquido. In tutte le altre cellule più piccole e dal contenuto verde pallido non si ritrova mai dell'amido coi mezzi ordinari, ed i plastidii reagiscono sempre come le materie albuminoidi. Per quest'ultima circostanza essi non vanno confusi coi granuli di clorofilla di alcuni tessuti, come, ad esempio, le guaine amilifere dei fusti, i quali, secondo Dehnecke⁽¹⁾ ed altri autori, diventano inetti all'assimilazione dopo avere generato, nel loro interno, uno o pochi granuli d'amido.

(1) *Ueber nicht assimilierende Chlorophyllkörper: inaugural Dissertation.* Bonn, 1880.

Pertanto la mancanza del prodotto diretto dell'assimilazione in queste cellule porta a concludere che la sostanza impregnante i loro plastidii non sia della vera clorofilla, o per lo meno che ve ne sia in tanto piccola quantità da non potersene rivelare l'attività coi mezzi ordinari; ho voluto perciò precisare meglio la natura di siffatto pigmento, esaminandone il comportamento di fronte ai vari solventi organici.

Trattando le sezioni delle foglie di *Chloris Gayana* con etere di petrolio, si riesce ad asportare totalmente e rapidamente il pigmento delle cellule piccole, lasciando in ultimo i plastidii quasi perfettamente scolorati; lo stesso solvente altera notevolmente il colorito dei plastidi assimilanti delle cellule grandi, ma non li decolora mai completamente, neppure dopo un bagno prolungato. L'alcool invece ne estrae totalmente la sostanza verde, come con tal solvente accade di tutti i pigmenti clorofilliani.

La solubilità del pigmento delle cellule non assimilanti nell'etere di petrolio giova a precisarne più esattamente la natura, secondo quanto si conosce attualmente delle proprietà chimiche di questi corpi. Estruendo, infatti, le foglie secche e sminuzzate di *Chloris Gayana* con l'etere di petrolio, si ottiene una soluzione giallo-verdastra, la quale può purificarsi mediante ripetute agitazioni con potassa metilalcolica. In tal modo la soluzione diventa limpida e di un bel giallo dorato chiaro. Con questo metodo, che è dovuto a Willstätter⁽¹⁾, viene estratta dalle foglie verdi delle piante la carotina, la quale, come la xantofilla, è un pigmento giallo che si accompagna quasi costantemente con la clorofilla. Essa infatti gode della proprietà di essere solubile nell'etere di petrolio, laddove la xantofilla vi è insolubile. Seguendo il metodo di Willstätter, ho in seguito concentrato nel vuoto la soluzione purificata ottenuta nel modo anzidetto; e dal residuo, che è di color giallo carico, quasi aranciato, ne ho precipitato la materia colorante, dai riflessi di color rosso-rame, mescolata però con una massa amorfa di sostanza cerosa incolore. Riprendendo la materia colorante greggia, così ottenuta, con solfuro di carbonio ne ho avuto una bella soluzione rossa. Lo stesso precipitato, trattato con acido solforico concentrato, mi ha fornito una intensa colorazione azzurra; lo stesso ho anche ottenuto trattando con acido cloridrico. Queste reazioni sono comuni tanto alla carotina quanto alla xantofilla; però non v'ha dubbio che nella *Chloris Gayana* si trovi la prima di queste sostanze, come dimostra la solubilità del pigmento nell'etere di petrolio⁽²⁾.

(1) Willstätter u. Miede, *Ueber d. gelben Begleiter des Chlorophylles*, Liebig's Annal der Chemie, CCCLV, 1907, pp. 1-36.

(2) Willstätter, purificando, mercè successive estrazioni con vari solventi, le soluzioni di carotina dalle fitosterine e dalle altre sostanze incolore che vengono estratte dall'etere di petrolio insieme col pigmento, ha ottenuto la detta sostanza allo stato puro, cristallizzata in tavollette romboedriche, quasi quadrate, di color rosso-rame, col rendimento di qualche grammo di sostanza pura sopra 100 kg. di foglie secche di *Urtica* trattate.

La importanza, che la rilevata differenziazione del tessuto verde delle foglie di *Chloris Gayana* riveste dal punto di vista fisiologico, mi ha indotto ad eseguire analoghe ricerche su altre specie di graminacee, scelte a caso fra quelle aventi la struttura del parenchima verde riferibile al secondo tipo di Duval-Jouve, e di cui questo autore ha dato un elenco ⁽¹⁾. Così ho esaminato le specie *Chloris Gayana*, *Andropogon hyrtum*, *A. Gryllus*, *A. aromaticum*, *Panicum plicatum*, *Tripsacum dactyloides*, *Setaria glauca*, *Eryanthus Ravennae*, *Pennisetum latifolius*, *P. longistylum*, *Eleusine oligostachya*, ecc., nelle cui foglie, raccolte dopo una giornata di sole, ho eseguito la ricerca dell'amido mediante la tintura di jodio e previo allontanamento della clorofilla. In tutte ho trovato sempre la medesima caratteristica differenziazione tra il tessuto formato dall'unico strato di cellule verdi aderenti ai fasci (il cui contenuto col detto reattivo si colora intensamente in violetto cupo, quasi nero) e il tessuto formato dalle cellule piccole, che stanno attorno alle prime, i cui plastidi rimangono colorati in giallo bruno. Anche trattando con fuxina acida, si nota in tutte le dette specie, da parte del contenuto delle cellule assimilanti, una maggiore elettività, che è spiccatissima e completa come nella *Chloris Gayana*, in *Tripsacum dactyloides*, *Setaria glauca*, ecc.

Si ha pertanto in tutte queste piante una differenziazione del tessuto verde fogliare in due complessi istologici ben distinti, nei quali la funzione di assimilazione è nettamente delimitata. Tale differenziamento fisiologico, probabilmente, è proprio di tutte le specie aventi una disposizione del tessuto verde concentrica attorno ai fasci; come è propria ed esclusiva di tale struttura, secondo Duval-Jouve, la differenza dello stato della clorofilla.

Per quel che riguarda la funzione del tessuto speciale entro le cui cellule non si forma dell'amido, occorre tener conto naturalmente della speciale natura del pigmento che esse contengono. È assai probabile che, come abbiamo visto nella *Chloris Gayana*, anche in tutte le specie del tipo descritto la clorofilla nel tessuto in parola sia interamente mascherata o addirittura sostituita da pigmento giallo, sulla cui funzione niente ancora si conosce di preciso nella fisiologia vegetale. La carotina, a cui in altri casi è stato attribuito un ufficio biologico ⁽²⁾, avrebbe, secondo l'Étard ⁽³⁾, dentro il plastidio assimilante la funzione di servire da schermo alla clorofilla, difendendola dall'eccesso di radiazioni che potrebbe alterarla. Lo spettro di assorbimento delle sue soluzioni presenta infatti una estesa zona di assor-

⁽¹⁾ Op. cit., pagg. 349-350.

⁽²⁾ Kohl F. G., *Untersuchungen ueber das Carotin und seine physiologische Bedeutung in der Pflanze*, Leipzig, Gebr. Borntrager, 1902.

⁽³⁾ *La biochimie et les chlorophylles*, Paris, 1906.

bimento che permette il passaggio solo alle radiazioni che sono più importanti per la fotosintesi ⁽¹⁾.

Fondandosi sulla proprietà, che ha la carotina, di essere autossidante, tanto che all'aria il suo peso può elevarsi del 35-41 %, l'Arnaud ⁽²⁾ ha emesso l'ipotesi, accettata in seguito da Willstätter, che detta sostanza nella pianta viva possa avere la funzione di assorbire l'ossigeno dalla clorofilla, con la quale è associata, durante le trasformazioni che il pigmento verde subisce nel lavoro dell'assimilazione. La carotina in tal modo si trasformerebbe in xantofilla, per ossidazione: infatti la costituzione chimica di questa ultima sostanza differisce da quella della carotina per la presenza, nella sua molecola, di ossigeno; la xantofilla a sua volta ritornerebbe carotina per riduzione, emettendo allo stato libero l'ossigeno.

Chechè ne sia, ad ogni modo, della parte precisa che ha la carotina nell'attività fisiologica del tessuto assimilatore, è certo che nelle foglie della graminacee studiate una porzione notevole del mesofillo ha assunto, in grazia appunto della presenza di tale pigmento, una funzione speciale, che è certamente in intimo rapporto con la funzione di nutrizione generale. Sia, infatti, che in detto tessuto non si formi addirittura dell'amido, o che se ne produca in quantità minima, o che si trasformi immediatamente in modo da non essere direttamente rivelabile, o infine che in dette cellule abbia luogo, come è stato creduto dall'Étard e da altri, la formazione delle sostanze quaternarie col concorso del pigmento giallo, si può sempre concludere che in dette foglie si ha, per siffatta differenziazione del tessuto nutritore, una maggiore divisione del lavoro fisiologico relativo.

Una tale organizzazione non è certamente priva d'importanza nei riguardi biologici; se se ne considerano attentamente le varie caratteristiche che la contraddistinguono nella sua costituzione generale, non è difficile riconoscere che le modalità speciali con le quali si svolgono i vari fenomeni della nutrizione non possono non avere una rispondenza in determinati caratteri e attitudini di vita dell'intero organismo. Così, ad esempio, esse potrebbero servire a spiegare la tendenza alla vita xerofila, che in molte delle ricordate specie di graminacee è spiccatissima e caratteristica. Anzi tutto il fatto che le cellule assimilatrici propriamente dette trovansi strettamente accentrate attorno ai fasci, fa sì che esse possano ricevere immediatamente la linfa da elaborare, durante la sua stessa ascesa, non già come in tutte le altre foglie a struttura ordinaria, nelle quali essa arriva ai centri di elaborazione per lunghi passaggi osmotici attraverso interposte vie parenchimatice. La detta disposizione dunque abbrevia nelle graminacee

⁽¹⁾ Vedi G. Gola, *Clorofilla*, nel supplemento annuale dell'Enciclopedia di chimica, vol. XXIX, 1913, Unione tip. editr. torinese, dove trovasi la bibliografia completa dell'argomento.

⁽²⁾ Compt. rend., an. 109, 911, 1889.

in parola il cammino della linfa, e giova ad evitare perdite di acqua per evaporazione. In secondo luogo, poi, lo sviluppo relativamente limitato del parenchima assimilatore propriamente detto indicherebbe che le esigenze generali della nutrizione dell'intera pianta sono corrispondentemente ridotte.

Infine, la differenziazione del rimanente parenchima verde in un complesso istologico ben distinto, dove non si forma amido ma si rinviene invece abbondante pigmento giallo, importa, come si è detto, una divisione di lavoro fisiologico, cioè una specializzazione dei vari tessuti fogliari nel compimento dei singoli fenomeni che si integrano nella nutrizione generale; per questa ragione la detta organizzazione appare più che mai adatta allo svolgimento di una vita con il minimo dispendio possibile di energie e con il massimo utile impiego dei fattori esterni da cui essa dipende.

Si tratterebbe, in conclusione, di un adattamento generale di natura essenzialmente fisiologica, la cui importanza, nei riguardi delle accennate tendenze xerofile, riesce particolarmente confermata dalla insufficienza di ogni altro carattere morfologico ed anatomico che valga a renderne ragione nelle piante in parola.

Fisica. — Sulle leggi di Poisson e dello stato aeriforme in relazione al primo principio di termodinamica. Nota di G. GUGLIELMO, presentata dal Socio P. BLASERNA.

Molti fisici hanno probabilmente notato con meraviglia che la formula o legge di Poisson sulle variazioni adiabatiche del volume e della pressione dei gaz fu trovata molto prima del principio d'equivalenza fra calore e lavoro, principio da cui necessariamente deriva.

Van der Waals e Kohnstamm ⁽¹⁾, trattando del ragionamento di Poisson, scrivono: « notevole in ciò si è che la legge della conservazione dell'energia « non ancora era nota. Eppure noi l'abbiamo usata nella deduzione della « suddetta formula, e dovemmo far ciò necessariamente, perchè questa non « sarebbe valida se la legge suddetta non lo fosse. Nel ragionamento, col « quale Poisson ha ottenuto la formula, dev'esser contenuta in qualche modo « la legge della conservazione dell'energia ». Essi però non spiegano in qual modo.

Il prof. Guido Grassi ⁽²⁾, nella critica di una mia Nota sull'esperienza di Clément e Desormes ⁽³⁾, non tiene conto della suddetta autorevole opinione, da me già citata nella Nota criticata, e nega recisamente il fatto della

⁽¹⁾ *Lehrbuch der Thermodynamik*, vol. I, pag. 13.

⁽²⁾ *Questi Rendiconti*, 11 aprile 1915.

⁽³⁾ *Ibid.*, 1° semestre 1914.