

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCCXVII.

1920

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIX.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1920

mularsi nell'organismo di alcuni resti o rifiuti dannosi del ricambio azotato (e precisamente di quelli a nucleo eterociclico resistenti ad un ulteriore processo di metamorfosi regressiva), si concilia con quella troppo unilaterale del Clautriau (1) che assegna agli alcaloidi una speciale funzione protettiva.

Inoltre non mi sembra fuor di luogo ricordare, in ultimo, come si osservino nelle piante analogia di origini e corrispondenza di funzioni con altri prodotti, i tannini ad esempio, che, come è stato accennato, fanno parte con gli alcaloidi di quelle sostanze, cosiddette accessorie, dell'organismo vegetale. Infatti, qualche anno fa, nelle mie ricerche sulle sostanze tanniche nel castagno e sui legni tanniferi (2) io posi in rilievo che il glucoside tannino, elaborato dalla pianta per impedire l'accumularsi di alcuni residui (fenoli poliatomici) del ricambio, è forse più dannoso di questi ultimi, ma, come tale, può essere utilizzato dalla pianta, localizzandolo e accumulandolo, per un meccanismo assai semplice e da me illustrato, nel legno per la sua formazione e conservazione.

Patologia vegetale. — *Influenza della nutrizione e dell'attività radicale sul collasso e il disseccamento prodotti dal freddo* (3).
Nota di E. PANTANELLI, presentata dal Socio G. CUBONI.

In una Nota precedente ho accennato al fatto, già noto fin dalle esperienze di Sachs (1860) (4), che basta, in specie amanti del caldo, un forte abbassamento di temperatura pur senza congelazione, per causare una fortissima perdita di acqua, un avvizzimento degli organi erbacei, anche se l'ambiente e il terreno sono saturi di umidità. Approfondendo le ricerche, potei assodare (5) che, raffreddando un organo a temperatura prossima a quella di congelamento, si determina un progressivo aumento della permeabilità cellulare, reso evidente in acconci oggetti di ricerca da una rapida emissione di acqua dal tessuto tenuto all'asciutto, e dall'esosmosi di sostanze dal tessuto immerso nell'acqua. Il fatto è generale: l'osservazione, ad occhio nudo o al microscopio, degli organi erbacei, specialmente di foglie sottili, mostra che durante un forte raffreddamento si ha iniezione degli spazi intercellulari e contrazione delle cellule: la perdita del turgore si rivela esteriormente con l'avvizzimento (6).

(1) Clautriau, *Nature et signification des alcaloïdes*, Bruxelles, 1900.

(2) Bernardini, Ann. sc. sup. agric. di Portici, vol. XI; R. Soc. chim. ital., sez. Napoli, 1914.

(3) Ricerche eseguite nella R. Stazione di patologia vegetale di Roma.

(4) Questi Rendiconti, (5) 27, 1918, 1° sem., pp. 126-130 e 148-153.

(5) Questi Rendiconti, (5) 28, 1919, 1° sem., pp. 205-209.

(6) La perdita di acqua dal plasma e dal nucleo durante il congelamento fu osservata da Matruchof e Molliard (1902). Young (1915), Thomas e Smith (1919) hanno osser-

Affinchè il turgore, col risollevarsi della temperatura, possa ripristinarsi, occorre che l'acqua, uscita negli intercellulari, sia riassorbita dalle cellule. Ciò non accade se già durante il raffreddamento o col risollevarsi della temperatura l'acqua ha abbandonato l'organo per evaporazione, oppure se la fuoruscita di succo era stata eccessiva e il plasma, precipitato⁽¹⁾ o comunque denaturato, ha perso la facoltà di riassorbirla. Lasciando questo caso, che rientra nei fenomeni di denaturazione degli idrogeli (qualcosa è noto, per es., per la salda d'amido che, congelando, perde la facoltà di rigonfiare in acqua), nell'altro caso, in cui il plasma ha conservato la facoltà di riassorbire l'acqua, la parte evaporata di acqua deve essere rifornita dalle radici, altrimenti l'organo avvizzisce irreparabilmente e si secca, pur non essendo stato ucciso dal raffreddamento.

Ha quindi importanza massima, per il ristabilimento del turgore, cioè perchè l'organo superi il danno del freddo, lo stato delle radici. Per averne una nozione precisa, ho esposto a temperatura bassa, ma non tale da produrre la formazione di ghiaccio dentro gli organi, due piante di ben diversa resistenza al freddo, il cece e la favetta. Esse erano allevate in vasi, in terra fina o in sabbia quarzosa, con aggiunta di diversi sali nutritizi, in modo da potere studiare l'influenza dei tre principali elementi nutritizi (azoto, fosforo, potassio) e dell'acidità o alcalinità del liquido del suolo. Raggiunto il massimo sviluppo all'aria aperta ed in pieno sole, si esponevano queste piante al raffreddamento in frigorifero. Le culture erano tutte esposte in quadruplo, così che, mentre due vasi di un dato trattamento erano raffreddati, altri due rimanevano a 15°; ciò permetteva di fare le determinazioni di controllo. Dopo alcune ore di raffreddamento (a temperature varie fra —2° e —3°5), si toglievano i vasi dal frigorifero e, tolto il materiale di controllo, si lasciava il resto per 24 ore a 15°. Si determinarono ogni volta l'acqua, lo zucchero, l'amido, l'azoto solubile nelle parti aeree, e l'umidità nel suolo, distinguendo così le variazioni avvenute durante il raffreddamento dalle variazioni avvenute dopo il ritorno a 15°.

Con questa metodica si poté stabilire che la sofferenza di ogni singola cellula è direttamente proporzionale alla fuoruscita di acqua durante il raffreddamento, ciò che possiamo chiamare *collasso* della cellula. La ricchezza di

vato che l'acqua evapora direttamente dai frutti di agrumi esposti al gelo sulla pianta, anche senza che diminuiscano di volume. L'esosmosi delle sostanze contenute nel succo dei vacuoli si rende palese anche ad occhio nudo in determinati organi. Così Prillieux (1872) osservò che i fiori di talune orchidee si colorano in bleu quando gelano; Detmer (1886) che le foglie di *Regonia* si scolorano perchè la clorofilla è distrutta dagli acidi del succo.

(¹) Secondo Harvey (1918), le proteine precipitano col gelo di più nelle foglie di cavolo non abituate al freddo, che non in quelle adattatevi per una lunga esposizione a bassa temperatura.

zuccheri e di altri carbidrati, un'abbondante nutrizione fosfatica, la scarsità di enzimi autodigestivi⁽¹⁾, conferiscono al plasma la facoltà di trattenere più tenacemente l'acqua, finchè è vivo; vi è poi tutta una gradazione di denaturazione progressiva del plasma, fino a quello sfocato o coagulato, che ha perso totalmente la facoltà di ritenere od assorbire l'acqua. Il collasso dell'organo si ha quando la maggior parte delle cellule ha sofferto, anche se sono sparse fra cellule che non hanno sofferto⁽²⁾.

Rialzata la temperatura, la quantità di acqua ripresa dalle cellule degli organi aerei, cioè l'avvizzimento reversibile, varia col grado di collasso degli organi stessi e con la fornitura di acqua da parte delle radici. Ma se anche queste vengono refrigerate, l'assorbimento di acqua dal suolo e la spedizione di linfa verso il fusto si arrestano; la ripresa dell'attività radicale dopo il raffreddamento è tanto più rapida quanto meno hanno sofferto le radici e quanto più presto si riscalda il terreno⁽³⁾. Così ho potuto constatare che l'acidità del terreno e la fornitura abbondante di fosfato⁽⁴⁾ rendono le radici più resistenti al freddo, mentre l'alcalinità del terreno e la fornitura abbondante di azoto le rendono più delicate. Nel primo caso esse riprendono presto a funzionare quando la temperatura si risolveva; nel secondo caso tardano ed espongono gli organi traspiranti ad un avvizzimento irreparabile, tanto più rapido quanto più era cresciuta la permeabilità delle cellule degli organi stessi per il raffreddamento.

In una seconda serie di esperienze fu studiata l'influenza dell'umidità del terreno sulla resistenza al raffreddamento e sul successivo ristabilirsi

(¹) Harvey nei cavoli esposti lungamente a bassa temperatura trovò più aminoacidi, ed è certo che ciò conseguiva al raffreddamento, analogamente a quanto ho osservato nel frutto di mandarino. Non credo però che l'abbondanza di composti azotati solubili sia un coefficiente di resistenza; anzi le cellule adulte, povere di protoplasma, collabiscono per il freddo più delle giovani.

(²) Russell (1915) ha pure osservato che non tutte le cellule di un tessuto sono danneggiate alla stessa temperatura: talune continuano a vivere e crescono in mezzo alle morte. Si producono così tumori non batterici (Harvey). Le vesciche che si formano sulle foglie parzialmente gelate sono dovute alla stessa causa (Sorauer 1902, Noack 1905, Solereder 1905)

(³) Krabbe (1896) osservò che l'assorbimento di acqua fra 0° e 5° è 5-8 volte minore che non fra 20° e 25°. Secondo Kosaroff (1897), invece, anche sotto 0° si può avere assorbimento di acqua, purchè non sia tutta trasformata in ghiaccio e le radici tollerino quella temperatura.

(⁴) Per fornire il potassio da solo, non accompagnato da azioni di notevole effetto fisiologico, fu dato sotto forma di bicarbonato. Esso accrebbe la resistenza delle radici al freddo, ma forse per effetto della reazione acida che conservò al terreno. In natura la concimazione potassica aumenta la resistenza delle piante erbacee al freddo, secondo Couturier (1908), Dumas (1903), Grossmann (1910), Maas (1912). Chandler invece (1913) non ottenne alcun risultato sul pesce.

degli organi aerei. A tal uopo, colture in vaso eguali alle precedenti furono irrigate con quantità diverse di acqua, in modo che l'umidità del terreno si mantenesse, con una certa approssimazione, a 5, 10, 20, 40 e 60% (rispetto alla terra secca a 100°). Al momento di riporre le piante nel frigorifero, furono stabiliti con cura questi gradi di umidità.

Durante il raffreddamento, gli organi aerei soffrirono tanto più quanto più erano ricchi di acqua⁽¹⁾; ma col ritorno a 15° le parti che meno avevano sofferto ripresero a traspirare subito, prima che le radici ricominciassero a funzionare, per cui vi fu, in definitiva, una insufficiente fornitura di acqua e un avvizzimento irreparabile tanto nel terreno troppo secco, quanto nel terreno troppo umido. Nella favetta, le cui parti aeree resistono meglio al freddo e quindi ricominciano più presto a traspirare dopo il risollevarsi della temperatura, questo fenomeno fu molto più saliente che non nei ceci.

Per seguire meglio l'effetto del freddo sull'attività delle radici, si usarono anche colture acquose delle medesime piante, potendosi così misurare con maggior precisione l'assorbimento da parte delle radici e la perdita di acqua dagli organi aerei. La reazione alcalina del liquido (piante allevate con nitrato sodico) e un eccesso di fornitura di sali azotati ostacolarono l'assorbimento di acqua e causarono così una maggior sofferenza negli organi aerei. La reazione acida del liquido ed una buona dose di fosfato o di potassio aumentarono la resistenza delle radici al freddo e permisero loro di riprendere più presto il lavoro, così che i relativi organi aerei si rimisero più facilmente. Abbassando la temperatura fino a produrre il congelamento della soluzione nutritizia, si osservò che le radici della favetta ne soffrivano poco, ma, dopo il ritorno a 15°, non potevano riprendere l'assorbimento finchè il ghiaccio non era fuso; intanto le foglie traspiravano e quindi avvizzirono, ossia il danno fu infine maggiore nelle piante le cui foglie meno avevano sofferto per il freddo o in quelle più sviluppate⁽²⁾.

Ma non basta che la radice possa riprendere l'attività assorbente per ristabilire il turgore degli organi aerei dopo il disgelo. Bisogna che l'acqua sia innalzata dalle radici al fusto, alle foglie; e poichè sono cellule viventi quelle che spingono l'acqua su per i vasi, era interessante vedere quale importanza ha il disturbo della funzione conduttrice nella sofferenza complessiva della pianta. A tal uopo furono esposte al raffreddamento nel frigorifero piante intere di fava edule, alte 60 cm., allevate in soluzioni nutri-

(1) È noto *ab antiquo* che i tessuti più acquosi soffrono maggiormente il freddo e che i danni del gelo sono maggiori nei terreni umidi e nelle piante allevate all'ombra. Secondo Chandler (1913), un lento avvizzimento prima del congelamento o l'allevamento in terreno possibilmente asciutto aumentano la resistenza al freddo.

(2) Per questa ragione le piante dei paesi artici mostrano adattamenti protettivi contro l'eccesso di traspirazione (Kihlman 1890, Stenström 1895)

tizie, oppure i soli fusti o i soli apici del fusto, pescanti nella stessa soluzione o in acqua di fonte.

Gli apici staccati soffrirono meno delle piante intere, perchè l'assorbimento di acqua, dopo il rialzarsi della temperatura, era per essi più facile. I fusti tagliati al colletto soffrirono più delle piante intere, perchè l'acqua doveva percorrere un lungo tratto di vasi senza avere la spinta a tergo della pressione radicale, mentre le cellule che determinano l'ascensione della linfa avevano sofferto per il freddo.

Incoraggiato da questi risultati, ho fatto agire il freddo, mediante manicotti di vetro carichi di miscele frigorifere, sopra una sola parte della pianta, cioè sulla sola parte aerea o sulle sole radici o sopra un tratto del fusto senza staccarlo dal resto, completando esperienze di Sachs (1860), Kihlman (1890), Dixon e Joly (1895), Kosaroff (1897), Molisch (1897). Raffreddando la sola parte aerea, la temperatura dovette scendere per determinare l'afflosciamento più di quando si raffreddavano anche le radici, mentre bastò raffreddare il terreno, cioè le radici, per determinare l'afflosciamento dei fusti ad una temperatura superiore a quella in cui soffriva la pianta raffreddata per intero. Cessato il raffreddamento dei soli fusti, questi riacquistarono prontamente il turgore — se l'abbassamento di temperatura non era stato mortale — mentre l'afflosciamento perdurò parecchie ore se erano state raffreddate anche le radici, e ben più ancora, fino a produrre avvizzimento irreversibile, se le sole radici erano state raffreddate.

Sottoponendo al raffreddamento un tratto del fusto, mentre le radici continuavano indisturbate ad assorbire, e le parti situate al di sopra del tratto raffreddato continuavano a traspirare, si determinò un avvizzimento di queste parti nella fava, e più ancora nel girasole e nel ricino, mentre non si notò nel frumentone, a meno che il raffreddamento non fosse così intenso da determinare la perdita irreparabile della parte esposta (1).

Tutte queste esperienze provano che, nel determinare la resistenza della pianta al freddo, l'attività delle radici ha una grandissima importanza. E poichè il danno definitivo del freddo è tanto più grave, quanto più la parte esposta stenta a riprendere il turgore dopo il risollevarsi della temperatura, l'attività delle radici ha una parte essenziale in questo ristabilimento degli organi aerei.

In natura, almeno nel nostro clima, il caso più comune è il raffreddamento della parte aerea, mentre le radici non ne risentono. Dalle suddette osservazioni si deduce che tutti quei fattori che ostacolano l'attività assor-

(1) Kosaroff invece non osservò avvizzimento di *Passiflora coerulea* e *Lonicera sempervirens*, raffreddando a 0° un tratto di fusto lungo 70 cm., mentre le radici si trovavano in terra a 15°-20°; si trattava però di piante legnose.

bente delle radici (come aereazione insufficiente, salinità, alcalinità o presenza di sostanze nocive nel liquido del suolo) deprimono la resistenza al freddo degli organi aerei e ne ostacolano il ristabilimento dopo il raffreddamento.

Ma può accadere anche il caso inverso, specialmente nelle piante legnose, in cui lo sbocciare dei germogli in primavera dipende dall'illuminazione e non dal calore (Klebs); esse possono germogliare quando la radice non può ancora riprendere a funzionare per la temperatura troppo bassa del suolo. Allora non può ripararsi la perdita d'acqua dovuta ad un raffreddamento quasi mortale; il germoglio, appena afflosciato durante il raffreddamento, col risollevarsi della temperatura si dissecca, invece di riacquistare il turgore.

Anche il disseccamento di organi erbacei che si osserva in piante amanti del caldo, esposte a bassa temperatura, poi riportate bruscamente a temperatura elevata, avviene perchè le foglie riprendono a traspirare vivamente prima che le radici ricomincino a funzionare.

Vari autori, da Müller Thurgau a Chandler, hanno constatato sperimentalmente che taluni organi muoiono a temperatura più elevata se il disgelo è rapido; però, in generale, secondo Molisch (1911) e Chandler (1913), è indifferente che un organo gelato sia riscaldato presto o adagio, per produrre la morte. Dalle mie constatazioni risulta che, per una pianta radicata nel terreno, la rapidità del disgelo ha importanza. Se le radici possono funzionare, il disgelo o riscaldamento degli organi aerei raffreddati può farsi rapidamente senza danno; ma se anche il terreno è raffreddato e quindi le radici hanno sospeso o limitato la loro attività, il disgelo o riscaldamento degli organi aerei deve avvenire lentamente, per dar tempo alle radici di rifornire l'acqua necessaria per il ripristinamento del turgore negli organi aerei.