

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXV.

1918

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXVII.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1918

Patologia vegetale. — *Su la resistenza delle piante al freddo* (1). Nota I di E. PANTANELLI, presentata dal Socio CUBONI.

Mentre procede in varii luoghi la selezione di piante resistenti al freddo e si vanno precisando le leggi che governano l'eredità di tale resistenza, ne ignoriamo quasi del tutto i fattori. La loro conoscenza dipende anzitutto da una chiara nozione delle cause di morte per freddo.

Le ricerche ammirevoli di Müller-Thurgau (1880-86), Molisch (1897) e Maximow (1914) portano al risultato, che la morte per congelamento accade per la sottrazione di acqua dal protoplasma, causata dalla formazione di ghiaccio negli spazii intercellulari o (caso assai raro) entro la cellula stessa. Poichè la disidratazione del plasma non basta per spiegare la morte, perchè non sempre le specie e gli organi resistenti al disseccamento sono resistenti al freddo (Pfeffer 1901; Irmischer 1912), si è pensato che il congelamento determini una coagulazione irreversibile delle albumine plasmatiche (Fischer 1911), e difatti il protoplasma congelato diventa totalmente permeabile (Nägeli 1861; Dixon e Atkins 1913), analogamente a certi idrogeli non vitali. Maximow crede letale lo schiacciamento o la lacerazione del reticolo plasmatico, prodotti dalla cristallizzazione del ghiaccio, e difatti il danno del gelo è tanto maggiore, quanto più ghiaccio si forma fuori o dentro la cellula.

Poichè non vi ha dubbio, che la deformazione causata dalla congelazione del mestruo acquoso sia nociva al protoplasma (Matruchot e Molliard 1902), la concentrazione del succo cellulare dovrebbe avere una grande importanza nel determinare la resistenza al gelo. Quanto più concentrato è il succo, tanto più si abbassa il suo punto di congelazione e vengono relegati a temperatura più bassa i conseguenti danni. In molti casi questa regola è stata confermata dall'osservazione e si è anche trovato, che in generale qualunque sostanza disciolta, introdotta ad arte nella cellula (Maximow 1912) od anche messa solo a contatto della membrana plasmica esterna, ne aumenta fortemente la resistenza al gelo, e non già in proporzione all'abbassamento della temperatura di congelazione che essa determina nel succo cellulare, ma in relazione al punto eutettico del miscuglio che ne risulta, ossia di quella temperatura, a cui solvente e soluto cristallizzano insieme.

Se la resistenza al gelo dipendesse semplicemente dalla pressione osmotica del succo cellulare, basterebbe l'esame crioscopico dei succhi per scegliere le specie o razze resistenti e potrebbe sperarsi un aumento di resi-

(1) Ricerche eseguite nella R. Stazione di Patologia vegetale di Roma.

stenza da una esaltazione artificiale della concentrazione del succo, ottenuta mediante l'applicazione dei concimi salini, la limitazione della fornitura di acqua, la ventilazione o l'insolazione. Ma già Cavara (1901), confrontando un gran numero di specie esposte al gelo, ebbe ad osservare che non tutte le specie più resistenti hanno il succo più concentrato e le recenti ricerche di Chandler (1914) portano a concludere, che non vi è relazione fra la concentrazione molecolare del succo e la resistenza al gelo.

Ciò spiega perchè in pratica, ad onta dell'estesissimo uso di concimazioni saline, raramente si è osservato che la concimazione aumenti la resistenza al freddo.

Couturier (1903) e Maas (1912) ebbero buon risultato con la concimazione potassica; Feilitzen (1905) con la concimazione in generale. Ma Chandler non ottenne alcun aumento di resistenza applicando al pesce la concimazione potassica. Dati così scarsi non autorizzano ad alcuna conclusione: fu anzi la necessità di chiarire un punto così importante per la pratica che, su consiglio del prof. Cuboni, mi spinse alle ricerche che sto per esporre.

Prima dobbiamo però spiegare le dette contraddizioni sull'importanza della concentrazione del succo cellulare. Le ricerche accennate hanno portato molta luce sulle cause della morte per congelamento. Ma la morte per freddo può aversi anche a temperature superiori a quella di congelazione, certo senza formazione di ghiaccio, come vediamo accadere in tante piante tropicali ed anche in qualche specie nostrana, nonchè in tanti animali a sangue caldo od anche a sangue freddo. Viceversa certi organi, raffreddati con precauzione, tollerano il congelamento senza perire, ed anzi in questo stato resistono a temperature più basse di quella a cui perirebbero se non congelassero; ossia non sempre il congelamento è causa di morte.

Come già espresse Pfeffer fin dal 1881, la morte per freddo è dovuta generalmente ed essenzialmente alla diminuzione inframinimale della temperatura; la formazione di ghiaccio è un'aggravante o può essere causa propria di morte, per la violenta sottrazione di acqua al plasma, la separazione delle cellule, lo schiacciamento del plasma.

Sachs (1860) osservò che varie piante in vaso avvizziscono a bassa temperatura, perchè le radici raffreddate non assorbono più acqua a sufficienza. Molisch (1896) ha confermato questo fatto ed ha trovato che in talune piante tropicali la morte può aversi anche in ambiente saturo di umidità, a temperature superiori a 0°. Egli ascrive la morte per raffreddamento a disturbi nel ricambio, mentre persiste (1911) nel ritenere il congelamento causa unica della morte a temperature di gelo. Invece Müller-Thurgau e Maximow a torto ritengono che la morte per freddo si abbia solo a causa del congelamento. Al contrario Mez (1905) ripete in fondo l'idea di Pfeffer, sostenendo che la morte si ha per la discesa della temperatura sotto al

minimum specifico, la cui posizione è stabilita da proprietà ancora misteriose del plasma; la congelazione, quale processo esotermico, proteggerebbe addirittura contro la morte per freddo. Alcuni allievi di Mez hanno ulteriormente sviluppato queste vedute, sostenendo che la temperatura minimale è indipendente dalla concentrazione del succo cellulare e può essere molto inferiore al punto di congelazione, che la solidificazione in toto dei succhi cellulari e del plasma accade a temperatura superiore a quella mortale. Talune di queste asserzioni non hanno un valore generale, come provano le osservazioni contrarie di Maximow (1914), ma è indiscutibile la conclusione generale che la formazione di ghiaccio non implica la morte del plasma e viceversa.

Tale constatazione lascia aperta la questione, come avvenga la morte per freddo, a parte il congelamento. Gorcke (1906) ha supposto che, essendo le albumine precipitate dai sali a bassa temperatura, quanto più povero di sali è il succo cellulare, tanto meglio resista al freddo la cellula; ma non sempre questa relazione sussiste. Lidfors (1907), accettando questa idea, sostiene che lo zucchero protegge le albumine del protoplasma contro la denaturazione; infatti nelle foglie delle piante sempreverdi, nei fusti degli alberi, nelle patate durante l'inverno o per un forte raffreddamento, l'amido è sostituito da zucchero e la fornitura di zucchero aumenta in tutti gli organismi la resistenza al freddo, così come le varietà ricche di zucchero tollerano meglio il freddo. Come poi lo zucchero protegga le albumine plasmatiche, è ancora da sapersi; e non va taciuto, che nei tronchi di talune specie di alberi è il grasso che, sostituendosi all'amido durante l'inverno, ne determina la resistenza al freddo, pur non essendo osmoticamente attivo.

I fattori della resistenza debbono quindi essere ben diversi, a seconda che si considera la resistenza al freddo o la prevenzione dei danni del gelo. Per questo secondo scopo può bastare l'aumento di concentrazione del succo, ma la conservazione della vita a bassa temperatura non si spiega se non si studia il ricambio in quelle condizioni. Così l'effetto delle concimazioni può essere nei due casi ben diverso o diametralmente opposto.

Le mie prove furono condotte con serie di colture in vaso, e cioè in un primo periodo con piante di grano, barbabietola da foraggio e girasole, allevati da gennaio ad aprile in serra fredda, che furono poi esposti a temperature sufficienti per il congelamento; in un secondo periodo con piante di pomodoro e granoturco, allevate da aprile a luglio in una serra soggetta a riscaldarsi durante il giorno fino a 38° C., e poi esposte a temperature un poco superiori a 0°, in modo da escludere il pericolo di congelamento.

Ogni serie constava di 10 vasi, con molte piante ognuno, cui furono somministrati i singoli sali nutritizi nell'ordine seguente, che permette di distinguere l'azione degli ioni più importanti per il ricambio della pianta:

*1. Controllo. Acqua di fonte (contenente essenzialmente bicarbonato di calcio).

2. NaNO_3 (azoto nitrico; catione di poco o nessun valore alimentare).

3. $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (azoto ammonico; anione trascurabile).

4. KHCO_3 (potassio; anione trascurabile).

5. KNO_3 (potassio e azoto nitrico).

6. KH_2PO_4 (potassio e acido fosforico).

7. MgSO_4 (magnesio e acido solforico).

8. Na_2SO_4 (acido solforico; catione di poco o nessun valore alimentare).

9. NaNO_3 e KH_2PO_4 (concimazione completa; nitrato, potassio e fosfato).

10. NaNO_3 e KH_2PO_4 e MgSO_4 (formula completa: potassio, magnesio, azoto, fosforo, solfo).

La calce fu mantenuta eguale in tutti i vasi. NaNO_3 , KNO_3 e KHCO_3 furono forniti in soluzione 0,1 mol., gli altri sali in soluzione 0,05 mol. L'umidità del terreno — reso omogeneo e passato per lo staccio di 2 mm. — fu mantenuta costante, al 30 %. Il n. 8 serviva anzitutto per studiare l'azione osmotica, trattandosi di un sale quasi inerte; il n. 9 aveva concentrazione doppia, il n. 10 concentrazione tripla dei nn. 2-8.

Il raffreddamento ebbe luogo nella cella del frigorifero della R. Stazione. Il frigorifero ha il vantaggio di poter raffreddare insieme un'intera serie di colture, mantenendo costante la temperatura per un tempo a piacere, e di far procedere il raffreddamento o il disgelo con la massima lentezza ed uniformità, se tale si desidera. Per ridurre al minimo la traspirazione, la cella fu tenuta satura di umidità.

ESPERIENZE A TEMPERATURA DI CONGELAMENTO.

Il grano e la barbabietola, partendo da una temperatura esterna di 11°C ., furono raffreddati a $-4,5^\circ$, impiegando 5 ore. Indi si lasciò risalire la temperatura nella cella fino a 6° , ciò che si ottenne in 14 ore, ed allora le piante furono riportate alla temperatura ambiente ($11^\circ,5$).

Grano. — Sofrirono leggermente le piante della coltura II (nitrato sodico), III (carbonato ammonico) e V (nitrato potassico), un po' di più le colture IX (NaNO_3 e KH_2PO_4) e X (tre sali). Ma anche in queste erano piante perfettamente illese. Non è quindi a temersi, che il raffreddamento sia stato eccessivo. Le foglie adulte furono più danneggiate.

Fra la resistenza e la concentrazione molecolare del succo ⁽¹⁾ misurata col metodo crioscopico non trovai alcuna relazione. La concentrazione in peso delle sostanze solubili era minore nelle piante dei nn. II, III e V,

(1) Le tabelle troveranno posto nella Memoria estesa.

rispetto alle colture resistenti, maggiore nei nn. IX e X. La proporzione di minerali solubili (cenere pura dell'estratto acquoso) era maggiore nelle colture VII, VIII, IX e X, cioè in rapporto con la concentrazione del liquido ambiente, ma senza alcuna relazione con la resistenza al gelo. Anche l'acidità libera dell'estratto non mostrava relazione con questa resistenza.

Prima del raffreddamento gli zuccheri non erano più abbondanti nelle piante resistenti. Però durante l'esposizione a bassa temperatura essi scomparvero in proporzione maggiore nelle piante che ebbero a soffrire. Nel contempo l'amido fu disciolto in proporzione maggiore nelle piante resistenti, per cui queste, a conti fatti, si trovarono nel momento pericoloso più provviste di zucchero rispetto alle piante non resistenti.

Barbabietola. — Soffrì alla detta temperatura molto più del grano. La massima sofferenza si ebbe nella coltura V (KNO_3), poco minore nella II ($NaNO_3$) e III ($(NH_4)_2CO_3$), di molto minore nelle colture IV, VII e VIII, trascurabile nelle altre. Qualche foglia gelò anche nelle colture più resistenti. Le foglie adulte furono più danneggiate. Come nel grano, i nitrati, o in generale la ricca fornitura di azoto, depressero la resistenza al gelo, ma non si può dire che la resistenza fosse esaltata dagli altri ioni.

Anche nella barbabietola, la concentrazione molecolare del succo non differiva in proporzione alla resistenza. Però, a differenza del grano, non vi era rapporto neppure con la concentrazione in peso del succo. La proporzione di minerali solubili era maggiore nelle piante meno sviluppate (II, IV, VI) e nelle colture a liquido del terreno più concentrato (VII, VIII, IX, X); quindi nessun rapporto fra salinità del succo e resistenza al gelo. Lo stesso valeva per l'acidità libera.

Gli zuccheri prima del raffreddamento erano più abbondanti nelle colture II ($NaNO_3$), V (KNO_3), VII ($MgSO_4$) ed VIII (Na_2SO_4), cioè in piante poco o molto resistenti, rispetto alle rimanenti colture. Durante il raffreddamento lo zucchero scomparve totalmente in tutte le colture. Ma alla fine del cimento l'amido era scomparso del tutto o quasi nelle piante che restarono danneggiate, mentre ne era rimasto una discreta quantità in quelle resistenti, in talune, anzi, come in quelle delle colture I, IV, VI la digestione dell'amido fu quasi insensibile.