

## I MATERIALI IGROSCOPICI DELLE PIANTE E LO SVILUPPO DELLE MUFFE (\*)

(Con tre figure)

GIUSEPPE GOLA

*Accademico Pontificio*

*SUMMARIVM.* — Auctor observat mutationes quantitatis aquae hygroscopicae in plantarum textilibus exsiccatis, et huius aquae rationem cum mucorum incremento, ostendens mucores non posse frui ea aqua, quae textilibus connexa est per hygroscopicitatem, sed ea tantum quae per imbibitionem.

La grande sensibilità all'attacco delle muffe che si verifica nelle droghe vegetali, e in genere negli organi erbacei essiccati, si manifesta con una certa variabilità che appare legata allo stato igrometrico dell'aria e alle sue oscillazioni.

Accade spesso che droghe essiccate completamente sino a divenire fragili « rinvengano », per così dire, se lasciate all'aria, assumendo una flessibilità ed un evidente stato di umidità senza subire attacchi di muffe, mentre altri campioni, in condizioni apparentemente eguali, ed anche apparentemente meno ricchi di acqua, sono invasi da rapido intenso sviluppo di muffe.

Anche in colture su tessuti vegetali inumiditi non si ha sempre lo sviluppo di funghi se lo stato igrometrico dell'aria non appare sensibilmente prossimo alla saturazione.

Sappiamo ancora come i legni tenuti nelle cantine o nelle gallerie vadano soggetti a rapido attacco di funghi, mentre ciò non si verifica se appena sia possibile attuare un certo grado di ventilazione.

---

(\*) Nota presentata il 2 maggio 1946.

Sembrerebbe dunque che lo sviluppo di parecchi di tali funghi si abbia a determinare solo in presenza di una saturazione dell'umidità atmosferica.

Particolare oggetto di indagini in questo campo sono state le invasioni di *Merulius* e di poliporei in genere, che provocano il marciume del legname delle travature delle case e delle gallerie; e il problema dello stato igrometrico dell'aria ambiente è stato minutamente studiato.

Ma meno studiato e, a mio avviso, di maggiore importanza, mi sembra sia lo stato di legame dell'acqua col substrato sul quale si hanno a sviluppare i disseminuli dei funghi e la possibilità che questa possa essere utilizzata per lo sviluppo e l'accrescimento dei miceli.

Nello studiare tale argomento ho sperimentato specialmente sopra verdure essiccate, le quali rappresentano un substrato nutritizio ottimo per i funghi: sono infatti povere di tannini, di materiali resinosi o tossici che possono ostacolare l'attecchimento dei saprofiti.

Ho preparato verdure essiccate ad una temperatura non superiore a 40°C. in condizioni, cioè, assai prossime a quelle che si verificano nei moderni processi industriali di essiccamento, e che non possono dar luogo a quei prodotti di natura fenolica che talora si formano a temperature più elevate e tali da costituire fattori ostacolanti lo sviluppo dei saprofiti.

In tal modo ho usato foglie di spinaci, radici di carota, cavolfiore. Tali materiali, essiccati fino a peso costante a 40° senza precauzioni che ne potessero modificare la carica microbica, furono distribuiti in matracci chiusi e paraffinati, nei quali si erano aggiunti o un tubetto con acqua distillata oppure altri con soluzione a diversa concentrazione di acido solforico fino a acido concentrato; le quantità di liquido erano di cc. 1,5 per 4 gr. di sostanza secca.

Tali matracci furono posti in termostato a 22° stabilmente per 10 mesi. Dopo un così lungo periodo il materiale non mostrò alcuna traccia di ammuffimento: evidentemente se si poteva pensare che la tensione di vapore delle soluzioni solforiche concentrate poteva determinare una eccessiva secchezza dell'aria limitata nei matracci, ciò non poteva essere per i campioni in presenza di acqua distillata.

Una porzione degli stessi campioni dopo un tale periodo, tolta dal termostato, fu collocata in un laboratorio in un locale a nord ad

una temperatura media di 14°C. e dove le oscillazioni erano contenute in limiti abbastanza ristretti. Dopo due mesi non si verificò alcuna comparsa di muffe: così che una nuova serie di materiali rimasti in termostato per 12 mesi fu portata in laboratorio sopra un tavolo esposto a sud, dove la temperatura oscillava d'inverno tra i 12° e 28° a seconda dell'irradiazione solare.

In tali condizioni avveniva di osservare sulle pareti di alcuni matracci delle goccioline di acqua di condensazione, ciò che non si era mai verificato nelle precedenti condizioni di esperienza.

Solamente nei matracci nei quali si erano osservate le goccioline di acqua sulle pareti si svilupparono entro pochissimi giorni abbondanti muffe.

Le foglie di spinaci furono le prime ad esserne invase, seguirono in breve le carote: i cavoli non ammuffirono neppure in tali condizioni. È da osservare che la quantità di liquido posto nei matracci era di cc. 1,5, in misura quindi insufficiente per saturare la capacità igroscopica della quantità di cavolfiori posta nei matracci.

È evidente che lo sviluppo delle muffe non poteva aver luogo che in presenza di acqua in una certa condizione, la quale non si poteva verificare che dopo saturato il potere igroscopico dei tessuti stessi.

Solamente l'avvenuta distillazione di acqua in seguito agli squilibri termici, cioè, in pratica, un apporto di acqua liquida sui tessuti vegetali, poteva apportare a questi quella quantità di acqua che è necessaria per lo sviluppo dei saprofiti.

La serie di esperienze fu ripetuta adoperando, anziché soluzioni solforiche, diluizioni diverse di glicerina, delle quali era facile seguire, colle variazioni dell'indice refrattometrico, la tensione di vapore. I materiali vegetali differivano da quelli precedentemente adoperati solo per essere stati, dopo prolungato essiccamento a 45°, tenuti in diversi ambienti igrometrici, così da potere gli uni assorbire acqua in misura diversa dagli altri. Poiché di ciascun campione in esperimento era noto il peso secco iniziale, si potevano, alla fine dell'esperienza conoscere:

a) le percentuali di acqua assorbita durante il periodo di permanenza all'aria libera e durante quella in matraccio chiuso in presenza di soluzioni gliceriche;

b) la concentrazione delle soluzioni gliceriche prima e dopo l'esperienza e [quindi la quantità di acqua scambiata tra vegetali e soluzioni gliceriche ambientali;

c) la tensione di vapore che, per effetto della glicerina, si trovava nei matracci in principio e alla fine dell'esperienza;

d) le condizioni igrometriche di equilibrio tra soluzioni gliceriche e tessuti vegetali.

I materiali così disposti vennero tenuti per sei mesi in termostato a 20°-22° senza che, anche in presenza di acqua pura, si avesse mai a verificare alcun ammuffimento; alla fine dell'esperienza, dopo di aver raccolto i dati sopraindicati, i materiali furono posti in condizioni di assai ampie escursioni termiche, come fu sopra accennato, ed allora, colla stessa successione (dapprima le foglie di spinaci, poi le carote e nulla si verificò nei cavolfiori), si verificarono in pochi giorni gli sviluppi di muffe.

È evidente che tra soluzioni gliceriche e tessuti vegetali si verifica immediatamente un gradiente igrometrico, mediante il quale ha luogo una distillazione molecolare tra tessuti e soluzioni fino a raggiungere un equilibrio.

Se si ha cura di non eccedere nella quantità di soluzione glicerica si verifica un momento nel quale la soluzione non è più in grado di cedere nuova acqua all'aria e quindi al tessuto, e questo a sua volta non è ancora saturato di acqua.

Senza riferire le tabelle e i numeri che sarebbero incomodi a leggere, i grafici riportati ci dimostrano come, partendo dalle più diverse concentrazioni di glicerina e da tessuti più o meno imbibiti di acqua igroscopica, si arrivi, dopo un certo tempo, ad una condizione di equilibrio che è sensibilmente eguale qualunque sia il termine di partenza, e che si aggira intorno al valore di una soluzione glicerina avente un indice di rifrazione di 1,452, cioè una concentrazione di circa 86 % di glicerina. Tale valore è sensibilmente eguale per i tre tipi di organi che ho sperimentato.

I risultati sono alquanto uniformi per gli spinaci e la carota, oscillazioni più ampie si verificano per i cavolfiori; nei primi i tessuti sono omogeneamente ricchi di elementi parenchimatizi; nel cavolfiore i campioni non erano così omogenei, poichè in alcuni erano prevalenti gli abbozzi florali, in altri le porzioni peduncolari, le quali

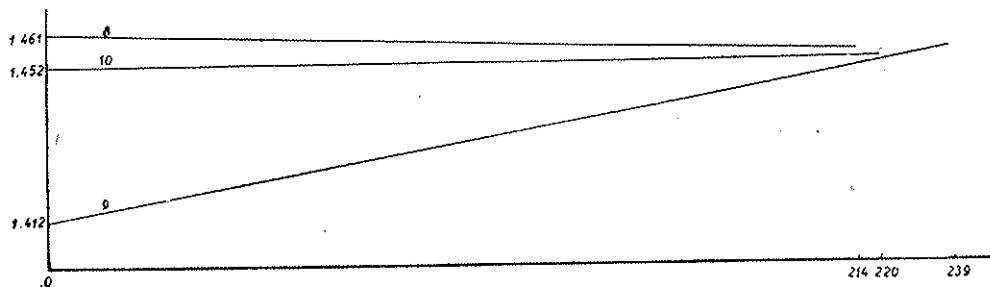


FIG. 1.  
Radici di *Daucus Carota*.

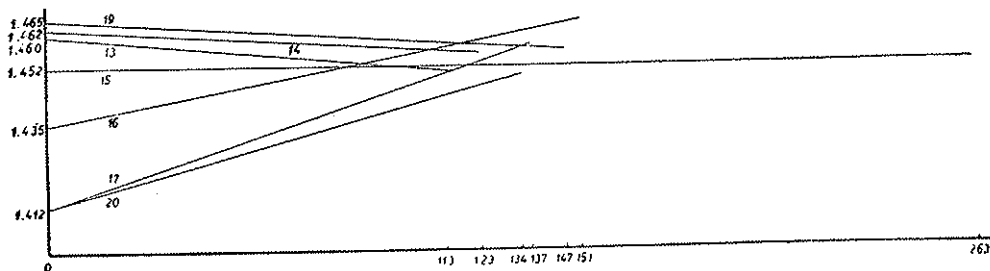


FIG. 2.  
Foglio di *Spinacia oleracea*.

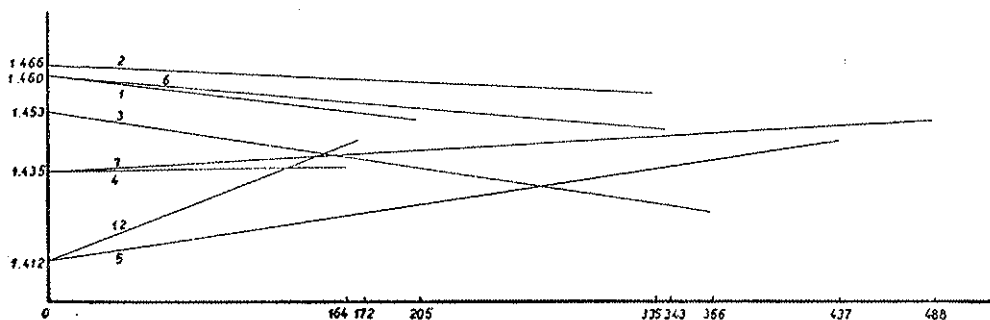


FIG. 3.  
Infiorescenza di *Brassica oleracea*.

SPIEGAZIONI DELLE FIGURE. - I tre grafici rappresentano le variazioni delle concentrazioni di glicerina e del peso dei tessuti all'inizio e alla fine dell'esperienza.

Sulle ordinate sono segnate le concentrazioni di glicerina rappresentate dall'indice di rifrazione; sulle ascisse i pesi in centigrammi di materiali sperimentati.

sono ricche di elementi meccanici aventi da secchi una consistenza quasi cornea e da freschi una singolare e caratteristica elasticità. La diversa prevalenza dell'uno e dell'altro tipo di tessuti ha probabilmente dato luogo alla disformità di risultati.

È noto come nei tessuti vegetali i materiali igroscopici vi siano diffusissimi ed abbiano la capacità di fissare acqua con notevole energia; l'energia colla quale tale fissazione ha luogo è capace di portare le soluzioni di glicerina fino a concentrazioni notevoli.

Fino a quando non si sia superato il limite di questo legame « tessuti acqua », e che non è dipendente dalla vitalità delle cellule, i disseminuli dei funghi non possono germinare; ma neppure i tessuti stessi sono in grado di sottrarre all'aria ambiente acqua in misura maggiore a quella di cui siano capaci per igroscopicità. Occorre l'apporto di acqua liquida, quale è quella che si forma per condensazione durante sbalzi termici, perchè si abbia a superare il limite minimo di acqua sufficiente per lo sviluppo dei funghi.

È ancora da considerare quali siano i rapporti tra tali condizioni di umidità dell'aria ambiente e lo sviluppo dei funghi; è il contenuto di acqua del substrato nutrizio o quello dell'aria che regolano da tale sviluppo?

Il problema è già stato da parecchi preso in esame, ma mi sembra si possano ancora sviluppare delle ricerche in proposito.

Ho eseguito un'altra serie di esperienze: in una serie di provette da colture microbiche avevo posto 10, 9, 8 ecc. gocce di glicerina addizionate rispettivamente di 0, 1, 2 ecc. gocce di acqua distillata in modo da avere delle concentrazioni gradualmente scalari, delle quali avevo determinato refrattometricamente il valore esatto.

Sospeso poi in ogni provetta un dado di carota fresca e tappata la provetta con sughero, esse venivano poi sterilizzate in autoclave; poi le provette venivano lasciate a sè per alcuni giorni onde si stabilisse un equilibrio tra acqua dei tessuti e acqua delle soluzioni gliceriche; in pochi giorni era dato osservare come in alcuni tubetti i dadi di tessuti apparivano raggrinzati, in altri no, e ciò in relazione colla concentrazione delle soluzioni gliceriche ambientali; allora su ciascun dado si seminavano dei conidi di *Aspergillus fumigatus*.

Lo sviluppo delle muffe era alquanto ineguale: tutte le provette contenenti soluzioni di glicerina in concentrazioni superiori al 60 %

all'inizio della prova, e al 50 % dopo stabilito l'equilibrio testè accennato, non mostravano alcuno sviluppo di muffa, il quale era invece intensissimo nelle altre provette, nelle quali il rapporto acqua-glicerina era disceso sotto al 50 %.

Ho ripetuto i saggi sopra una serie di altri materiali vegetali: lembi fogliari di *Tecoma radicans*, *Bohemeria nivea*, *Ipomaea Bona Nox*, *Dahlia*, *Eulalia japonica*, *Gingko biloba*, *Heliopsis scabra*, *Ilex Aquifolium*, *Mimosa Julibrissin*, *Nymphaea alba*, *Nymphaea stellata*, *Oxalis corniculata*, *Sagittaria montevidensis*, *Pontederia crassipes* e *Solanum Lycopersicum* e relativi picciuoli, corolle di *Tecoma* e di *Ipomaea* sopra citate; rametti giovani di *Gingko*, *Heliopsis*, *Ilex*, *Mimosa*, sopra ricordati, semi di frumento, girasole, piselli e giusqujamo, foglie carpellari ben mature di fagiolo e giusqujamo. Essi erano stati distribuiti in tre lotti a concentrazioni differenti di glicerina, da quella anidra a quella più o meno idratata; materiali appena tratti dalla stufa di essiccamento e materiali lasciati un po' rinvenire all'aria.

In tutti ho avuto nettamente ripetute le variazioni di concentrazione delle soluzioni gliceriche fino a convergere verso una concentrazione comune per i tre lotti. Cioè un comportamento perfettamente eguale a quello dei campioni precedenti e più completamente studiati.

Irregolarissimi riuscirono i risultati riguardanti i carpelli arcuati maturi di fagiolo e di giusqujamo stati da lungo tempo esposti all'aria, nei quali i materiali igroscopici costituenti le membrane (verosimilmente le pectine), erano già andati fortemente deteriorati.

Ritengo perciò di poter concludere sopra alcuni dei fatti osservati.

Anzitutto la germinazione delle spore delle muffe e lo sviluppo successivo del micelio è dovuto all'assorbimento di acqua libera. L'acqua che è contenuta nei tessuti vegetali, anche se morti, deve essere considerata sotto due forme distinte; l'una legata come materiale assorbito dai tessuti vegetali stessi e come tale non è suscettibile di separarsene che come vapore quando vi siano le necessarie condizioni ambientali; l'altra è libera e rappresenta un materiale d'imbibizione; questa può contenere in misura varia dei materiali disciolti, cosicchè tali soluzioni più o meno diluite sono passibili di penetrare nelle cellule vive, per esempio di microorganismi, in conformità delle leggi sulla permeabilità della plasma vegetale; leggi comunque dominate dal fat-

tore osmotico, secondo il quale soluzioni a forte concentrazione non possono penetrare nelle cellule vive (sciropi, canditi, salamoie, ecc.).

L'ulteriore sviluppo dei miceli dei funghi germinati non può aver luogo che se vi sia a disposizione altra quantità di acqua libera che possa penetrare nelle cellule assorbenti del micelio.

Quanto alle condizioni nelle quali un tessuto vegetale seccato viene capace di contenere acqua libera, esse sono determinate dalle condizioni igrometriche ambientali.

Per precisare: i rapporti continuamente variabili tra tessuti cellulari essiccati e umidità atmosferica portano ad un continuo scambio di acqua tra le parti; ma il potere fissatore dell'acqua per parte dei vegetali, si arresta al limite della capacità igroscopica dei tessuti, e non si può mai verificare, da parte dei tessuti, una fissazione di acqua superiore alla loro capacità igroscopica e tale da divenire « libera ». Quando il tessuto si inumidisca di quel tanto da possedere acqua libera, ciò avviene per il semplice fatto fisico della condensazione dell'umidità atmosferica conseguente a rapidi abbassamenti di temperatura.