

## **Caratteristiche degli stress abiotici**

La malattia, come è stato detto nei capitoli precedenti, è considerata uno stato d'alterazione funzionale di una pianta che può essere causato sia da agenti biotici, sia da quelli abiotici. Avendo già trattato dei primi, qui esamineremo brevemente le caratteristiche dei principali **stress abiotici**. Tra i fattori ambientali che influenzano la crescita delle piante vi sono temperatura, luce, umidità, composizione dell'aria, pH del terreno, presenza dei nutrienti, e struttura del suolo. Quando uno o più dei suddetti fattori subiscono delle alterazioni rispetto alla normalità, la pianta si ammala. Le malattie dovute ai fattori abiotici possono colpire la pianta durante tutte le fasi di crescita, da prima della germinazione fino al pieno sviluppo produttivo, e possono causare danni in pre- e post-raccolta. I sintomi variano nella tipologia e nella severità a seconda del fattore che ha causato la malattia e dal suo grado di deviazione dalla normalità. I danni possono essere lievi, ma si può anche avere la morte della pianta e la perdita dei prodotti. Poiché riducono direttamente la biomassa, gli stress abiotici abbassano significativamente la resa e contribuiscono al divario tra resa potenziale e resa media effettiva (in alcune colture quest'ultima è 1/3 della resa massima).

La diagnosi e l'eziologia delle malattie non-infettive spesso non sono semplici per la mancanza di sintomi specifici. In molti casi i sintomi causati da agenti abiotici somigliano a quelli causati dai patogeni. Può essere importante, quindi, escludere la presenza di un agente patogeno utilizzando tecniche d'isolamento e provando a riprodurre i sintomi su piante sane in condizioni simili a quelle considerate causali della malattia (utilizzando i postulati di Koch). In seguito, per confermare l'agente causale, si può provare a curare la pianta malata modificando gradualmente le condizioni di crescita ed il fattore ambientale sospetto fino ad arrivare alla normalità. In generale, il controllo delle malattie abiotiche prevede di non esporre le piante a condizioni ambientali estreme o poco tollerate, o di proteggere le piante con metodi fisici o chimici tali da mantenere i vari fattori abiotici ad un livello favorevole per la crescita.

### *Effetti dovuti all'alterazione della temperatura*

Ogni specie e varietà di pianta ha una temperatura ottima, minima e massima per il proprio sviluppo. La tolleranza della pianta intera, dei suoi tessuti e organi, verso gli sbalzi di temperatura cambia durante le varie fasi di crescita. Ad esempio, resistono meglio alle temperature basse le piante vecchie rispetto a quelle giovani, le foglie rispetto ai fiori, i frutti nuovi rispetto ai maturi, ed i rametti legnosi rispetto ai germogli.

In generale, le temperature più alte di quella massima per la crescita colpiscono le piante più velocemente e con danni maggiori rispetto alle temperature al di sotto di quella minima. Tuttavia, gli **eccessi termici** normalmente determinano effetti negativi sulla pianta in combinazione con altri fattori ambientali, quali gli eccessi di luce, stress idrici, mancanza d'ossigeno, o vento forte con bassa umidità. Gli eccessi termici causano inibizione di crescita, blocco della fotosintesi, accumulo di

tossine, proteolisi ed inibizione della sintesi proteica, con effetti irreversibili e letali per la pianta, quali la degradazione delle membrane cellulari e la morte delle cellule. Tipici sintomi delle malattie da eccesso di temperatura sono le scottature delle foglie dovute all'effetto lente di gocce d'acqua condensate sulle pareti delle serre; le scottature sul lato esposto al sole di frutti e verdure, quali peperone, pomodoro, mela, cipolla, e tuberi di patate; le scottature corticali dei fusti di piante arboree dovute all'esposizione improvvisa al sole in seguito a sfrondature; le necrosi anulari o cancri al colletto dovuti all'eccessivo riscaldamento della superficie del suolo.

Il **raffreddamento** può provocare danni diretti che sono caratterizzati a livello cellulare da lesioni irreversibili del plasmalemma e da conseguente fuoriuscita di liquidi e soluti negli spazi intercellulari. I danni causati dal freddo sono particolarmente evidenti nelle piante tropicali esposte anche solo per poche ore a temperature intorno a 0°C. I danni indiretti invece avvengono in seguito a tempi d'esposizione al freddo più lunghi, che determinano varie alterazioni fisiologiche, blocco della fotosintesi, demolizione delle proteine, accumulo di zuccheri, accumulo ed ossidazione di fenoli, ecc. Si osservano frequentemente sui frutti tropicali durante la conservazione, come, ad esempio, sulle banane che hanno bisogno di una temperatura superiore ai 12° C nella fase di maturazione. Nelle patate, il raffreddamento, causando accumulo di zuccheri semplici, determina l'addolcimento dei tuberi e ne pregiudica la conservazione e la commerciabilità.

Le temperature sotto lo zero causano danni vari alle piante in campo. Il gelo tardivo in primavera danneggia l'apice meristematico giovane o l'intera pianta erbacea, i germogli di pesco, melo, ciliegio ed altri fruttiferi, causa necrosi e caduta dei fiori, frutti giovani e rametti verdi di molte colture arboree. Quando le foglie giovani in via di sviluppo sono colpite dal gelo, esse mostrano anomalie morfologiche quali collosità, perforazioni o scollamento delle epidermidi. Invece, il gelo tardivo in autunno può provocare la formazione di bande o zone estese di tessuti suberificati sulla superficie (rugginosità della buccia) di frutti, (ad es. mele e pere), necrosi interne, deformazioni, spaccature e lesioni. Le basse temperature invernali possono ustionare fusti, rami o radici, e causare fessure nella corteccia (che si distacca) o processi di cicatrizzazione che portano alla formazione di cancri. All'interno di fusti e rami il gelo causa l'imbrunimento di tessuti midollari, xilematici o corticali. Nei tronchi grossi le contrazioni differenziali dei tessuti soggetti al congelamento producono profonde spaccature radiali (cretti) o concentriche (cipollature). Il danno nei tuberi di patata, o tessuti consimili, a temperature inferiori a -3°C, consiste inizialmente in una necrosi circolare dei tessuti vascolari maggiori che, successivamente, si estende agli elementi conduttori più fini, producendo estese macchie brune-nere interne.

I danni da gelo nelle piante intere partono dalla formazione di ghiaccio nei tessuti. L'acqua più pura negli spazi intercellulari tende a congelare prima (ghiaccio esocellulare), normalmente a temperature intorno allo zero, mentre l'acqua intracellulare, che contiene diverse sostanze sciolte, congela a temperature sotto lo zero (ghiaccio intracellulare). La formazione di ghiaccio esocellulare

comporta un abbassamento della tensione di vapore che richiama acqua dall'interno delle cellule verso gli spazi intercellulari dove si accumula altro ghiaccio. Il processo risulta nella disidratazione completa delle cellule, distruzione della membrana plasmatica (plasmolisi), coagulazione e morte cellulare. I danni sono attenuati a seconda della natura, struttura e condizione fisiologica delle cellule nelle quali l'acqua si può mantenere in uno stato liquido, metastabile a temperature intorno allo zero, detto surfusione. La presenza di alcune specie di batteri epifiti, patogeni o saprofiti può influenzare lo stato di surfusione dell'acqua, causando più danni perché essi inducono la formazione di cristalli di ghiaccio a temperature più alte di quelle normali. La velocità con cui scende la temperatura influenza la quantità d'acqua che rimane nelle cellule e, quindi, la temperatura di congelamento. Ad esempio, un abbassamento rapido di temperatura risulta nella formazione di ghiaccio intracellulare, mentre un lento abbassamento non produce tale effetto. Allo stesso modo, la lentezza del riscaldamento è particolarmente importante per la sopravvivenza delle cellule e della pianta in generale.

La prevenzione dei danni da gelo può essere effettuata riducendo la presenza di piante nelle zone meno adatte nel campo, evitando di esporle a nord o nord-est, o a ristagni d'aria fredda che si formano nelle valli o tra barriere di varia natura. Si può scegliere di coltivare specie o varietà più resistenti al freddo, favorire il deflusso dell'aria all'interno delle piante, ostacolare l'arrivo d'aria fredda a monte della coltura, ecc. I metodi di lotta diretta contro il gelo prevedono l'applicazione di ripari e coperture notturni, la formazione di nebbie artificiali o fumi notturni per ridurre la perdita di calore, il movimento dell'aria con ventilatori, l'uso di fuochi e stufe per il riscaldamento, l'irrigazione per aspersione così da mantenere le temperature sopra lo zero.

#### *Effetti dovuti all'alterazione dell'umidità*

In tutte le zone agricole, l'insufficienza idrica nel suolo è il fattore ambientale più importante tra quelli che determinano una crescita debole delle colture con conseguente riduzione della qualità e quantità della resa. Le **carenze idriche** provocano l'alterazione della maggior parte delle funzioni fisiologiche e metaboliche della pianta con sintomi reversibili ed irreversibili. Ad esempio, l'**appassimento** temporaneo dovuto alla perdita di turgore delle cellule nelle ore di più intensa traspirazione, non necessariamente dà luogo all'afflosciamento e **avvizzimento** ed è reversibile. I sintomi irreversibili, invece, dovuti a stress idrici sono nanismo, avvizzimento, cascole dei fiori, produzione di frutti e carioidi piccoli o leggeri, accartocciamenti e necrosi marginali delle foglie, spaccature verticali o spirali dei fusti, morte della pianta intera. Una bassa umidità relativa dell'aria normalmente è temporanea e causa danni solo in combinazione con forte vento ed alta temperatura. Questa combinazione può provocare un'eccessiva perdita d'acqua e causare scottatura delle foglie, avvizzimento dei frutti, afflosciamento delle piante. Un esempio molto comune di questa condizione è rappresentato dalle piante tenute in casa durante l'inverno, quando sono accesi i sistemi di riscaldamento.

Gli **eccessi idrici** nel terreno e/o nell'aria sono meno frequenti rispetto alla siccità, tuttavia il drenaggio insufficiente o l'allagamento del campo, giardino o vaso possono provocare danni severi e rapidi, non esclusa la morte per asfissia radicale. In queste condizioni, le piante mostrano un ridotto vigore, si afflosciano e perdono le foglie che hanno acquisito un colore verde chiaro o verde giallo. Tra i sintomi più comuni dovuti agli eccessi idrici abbiamo le spaccature iperidriche su organi carnosì come frutti, tuberi, radici, fusti erbacei; l'eccesso di lenticelle; l'intumescenza di foglie, frutti, fusti con ipertrofia del tessuto parenchimatico. L'asfissia radicale causa i marciumi delle radici. Le condizioni anaerobiche nel suolo favoriscono la crescita di microrganismi che producono sostanze tossiche per le piante come i nitriti. I danni alle radici rallentano l'assorbimento degli elementi minerali importanti e facilitano l'assorbimento di metalli e altri composti tossici. La morte di parte delle radici favorisce la penetrazione dei patogeni nella pianta con ulteriori danni.

Gli **squilibri idrici**, con alternanza tra condizioni di siccità ed eccesso d'acqua, causano malattie complesse. Pomodori, ciliegie e uva sono molto suscettibili alle spaccature quando arriva un eccesso d'acqua, ad es. una forte pioggia, durante la maturazione. La butteratura amara delle mele colpisce i frutti prima della raccolta, manifestandosi con macchie circolari depresse e brune. Essa è causata dall'inconsistente fornitura d'acqua che interferisce con l'assorbimento degli elementi minerali nel suolo, provocando un eccesso d'azoto e una carenza di calcio nella pianta. In condizioni simili, nelle varietà di pomodoro a bacche allungate si può avere il marciume apicale con la formazione di una macchia prima verde-livido poi marrone scuro, che si estende verso l'alto, proprio all'apice ed intorno al residuo stilare della bacca. Il disseccamento del rachide dei grappoli d'uva provoca l'avvizzimento degli acini distali causato dal conseguente stress idrico e alterazione del contenuto di calcio, magnesio e potassio.

La **carenza d'ossigeno** è associata ad eccessi idrici nel suolo o temperature alte e può provocare il collasso e la morte delle radici. Il centro di frutti o verdure carnose può soffrire la carenza d'ossigeno durante periodi di intensa respirazione, con temperature alte, o durante la conservazione in post-raccolta, con una ridotta circolazione dell'aria. L'aumento nella respirazione causata da un'insufficiente apporto d'ossigeno produce nei tuberi di patata reazioni enzimatiche anomale che portano alla morte cellulare per subossidazione, con la produzione di una pigmentazione nera dei tessuti interni.

#### *Effetti dovuti all'alterazione della luce*

Una mancanza totale o parziale di luce rallenta la formazione di clorofilla nelle piante producendo il sintomo dell'**eziolamento**. Le piante si sviluppano esageratamente in altezza con l'allungamento degli internodi, formano tessuti succulenti, teneri, flaccidi, le foglie sono verdi chiaro ed atrofiche, e i fiori e foglie cadono precocemente. Le condizioni in campo che provocano l'eziolamento sono semine o impianti troppo fitti o in zone ombreggiate, e le coltivazioni fuori stagione. Le foglie più interne degli alberi soffrono spesso della carenza di luce, che provoca un minor sviluppo dello

spessore del mesofillo ed una disposizione dei cloroplasti idonea ad una più efficiente utilizzazione della luce.

I sintomi delle malattie causate da eccessi di luce possono essere confusi con quelli di malattie causate da eccessi termici. Infatti, il solo eccesso di luce è raro in natura e i danni più frequenti sono causati dalla combinazione di tutti e due questi fattori ambientali. Le scottature sui gusci di fagiolo si verificano ad elevate altitudini, dove c'è poca polvere che filtra la luce, e si manifestano con macchie che inizialmente acquose divengono poi marrone o marrone-rosso e infine necrotizzano. Le piante ornamentali tenute in casa sono in genere più soggette agli eccessi di luce di quelle in campo. Quando piante da interni che preferiscono meno luce sono esposte direttamente al sole, sulle foglie si formano macchie giallo brunastre o sbiancate che successivamente diventano necrotiche.

#### *Effetti dovuti all'alterazione dell'atmosfera*

Tra gli agenti inquinanti dell'aria più comuni che causano malattie delle piante in campo vi sono l'ozono ( $O_3$ ), l'anidride solforosa ( $SO_2$ ), il fluoro ( $F_2$ ), il biossido d'azoto ( $NO_2$ ), il cloro ( $Cl_2$ ), l'acido solforico ( $H_2SO_4$ ), i perossilacilnitrati (PANs) e l'etilene. La produzione di questi inquinanti deriva da processi di combustione, attività metallurgiche, fughe accidentali, scarichi industriali, motori a scoppio, reazioni fotochimiche e processi di conservazione. Gli inquinanti entrano nelle piante attraverso le aperture stomatiche, si sciolgono nell'acqua che permea le pareti cellulari e si diffondono nelle cellule attraverso il plasmalemma. Attraverso vari meccanismi essi causano effetti dannosi e tossici con reazioni d'ossidazione e alterazioni della permeabilità del plasmalemma, dell'equilibrio osmotico, della concentrazione di soluti nella cellula e dei metabolismi che contribuiscono alla disorganizzazione cellulare. L'entità dei danni dipende dalla specie e varietà della pianta, movimento dell'aria, concentrazioni degli inquinanti, tempo d'esposizione e presenza di altri fattori abiotici o biotici che causano sintomi aggiuntivi di patogenesi.

I danni prodotti possono essere invisibili e asintomatici, derivando da rallentamenti della fotosintesi e/o da incrementi respiratori che riducono la produttività delle piante. I danni visibili possono essere cronici perché causati da prolungate esposizioni a basse dosi di inquinanti, con sintomi quali rallentamento di crescita, clorosi o arrossamento; oppure acuti quando si hanno esposizioni, anche brevi, a dosi molto elevate, con sintomi caratterizzati da estese manifestazioni necrotiche. I sintomi fogliari determinati dai più comuni inquinanti fitotossici dell'aria sono i seguenti: clorosi generale, necrosi internervali estese, sbiancate che diventano rossastre o brune, clorosi e necrosi degli apici degli aghi delle conifere dovuti ad  $SO_2$  e ad  $O_3$ ; necrosi localizzate agli apici ed ai margini dovuti ad  $F_2$ ; macchie necrotiche marginali, estese, intervengono sbiancature che cambiano colore e defogliazioni dovute a  $Cl_2$  (sintomi simili a quelli da  $SO_2$ ); picchiettatura fogliare clorotica, rossastra o bruna che si sviluppa prima sulla pagina superiore, collasso e morte delle

cellule vicine agli stomi; argentatura o bronzatura della pagina inferiore, necrosi a strisce, clorosi e senescenza precoce degli aghi delle conifere dovuti a PAN.

#### *Effetti dovuti all'alterazione della disponibilità degli elementi nutritivi*

Le piante hanno bisogno di alcuni elementi minerali disponibili nel terreno per una crescita e produttività normali. E' necessario che i macronutrienti quali azoto, fosforo, potassio, calcio, magnesio e solfo siano disponibili in quantità relativamente maggiore rispetto ai micronutrienti quali ferro, boro, manganese, zinco, rame, molibdeno e cloro. I danni causati dalla carenza o eccesso di alcuni macronutrienti e micronutrienti sono indicati di seguito. La carenza d'azoto, un elemento importante nella sintesi di aminoacidi, proteine, acidi nucleici ecc., provoca nanismo, ingiallimento generale della vegetazione, clorosi e necrosi delle foglie più vecchie, cascole di fiori e frutticini. L'eccesso d'azoto, invece, causa gigantismo, formazione di tessuti teneri, ridotta resistenza a stress ambientali e attacchi parassitari. Il fosforo è un composto essenziale del DNA, RNA, fosfolipidi delle membrane, ADP, ATP ecc. La sua carenza inibisce sia il metabolismo energetico sia il metabolismo primario, dando luogo a una crescita ridotta, alla formazione di foglie verde-bluastro, talvolta bronzee o porpora, rametti corti e sottili, disposti ad angolo acuto sul fusto. I sintomi associati con la carenza di potassio compaiono più spesso su piante adulte e su foglie vecchie e sono caratterizzati da clorosi a macchie per l'interferenza con la fotosintesi, accartocciamenti fogliari per il blocco del trasporto dei carboidrati, necrosi marginali ed apicali. Il calcio è importante come detossificatore di ioni e neutralizzatore dell'acidità. La carenza di calcio provoca la formazione di foglie distorte con apici e margini arrotolati o strappati o con maculature clorotiche, un sistema radicale poco sviluppato, la morte dei germogli apicali e marciumi sui frutti. La carenza del ferro, normalmente dovuta ad eccesso di calcio che aumenta il pH nel terreno, si manifesta con foglie fortemente clorotiche (ma con le vene maggiori che rimangono molto verdi), macchie marroni, riduzioni drastiche dello sviluppo delle foglie e dei rami, morte degli apici vegetativi. Il manganese è un cofattore di molti enzimi della respirazione, fotosintesi e utilizzazione d'azoto. La carenza di Mn determina clorosi delle foglie più giovani, seguita da necrosi, accompagnata da arrossamenti ed arrotolamenti della lamina fogliare.

#### *Effetti dovuti ad un uso errato dei fitofarmaci*

L'uso indiscriminato degli antiparassitari, particolarmente degli erbicidi, causano i danni tra i più gravi alle colture. I problemi si manifestano quando gli erbicidi sono applicati con piante non resistenti o in una fase di sviluppo suscettibile, a dosi sbagliate o per errore, o in condizioni ambientali sfavorevoli. Gli effetti comprendono vari gradi di deformazione delle foglie, ingiallimento, bollosità, ispessimenti della nervatura o della lamina fogliare, nanismo, cascole delle foglie e/o fiori, e talvolta

la morte della pianta. Quando l'effetto tossico non è severo, le piante possono riprendersi, sviluppando organi vegetativi normali al di sopra di quelli danneggiati.