



MALATTIE ED ALTERAZIONI DEL MAIS

GUIDA PRATICA PER L'IDENTIFICAZIONE

Quaderni della Ricerca n. 155



Regione Lombardia
Agricoltura



UNIVERSITÀ
CATTOLICA
del Sacro Cuore



MALATTIE ED ALTERAZIONI DEL MAIS

GUIDA PRATICA PER L'IDENTIFICAZIONE

Quaderni della Ricerca n. 155

Pubblicazione realizzata nell'ambito del progetto n. 1741 "Ottimizzazione della coltura di mais nella pianura Padana- OTTIMAIS" D.G.R. 29/12/2010 n.1180 "Piano per la ricerca e lo sviluppo in campo agricolo 2010".

Attività a cura di:

Marco Bertolini

ISTA - Agroalimentare Sud
Via Einstein, Loc. Cascina Codazza - 26900 Lodi - tel. 0371.432800

e

Adriano Marocco

Istituto di Agronomia, Genetica e Coltivazioni erbacee
Università Cattolica del Sacro Cuore
Via E. Parmense, 84 - 29122 Piacenza - tel. 0523.599207

Hanno collaborato:

Mario Lo Pinto, Matteo Meroni
ISTA - Agroalimentare Sud
Via Einstein, Loc. Cascina Codazza - 26900 Lodi - tel. 0371.432800

Paola Battilani
Università Cattolica del Sacro Cuore
Via E. Parmense, 84 - 29122 Piacenza - tel. 0523.599254

Daniele Villa, Davide Severi
Agricola 2000
Via Trieste, 9 - 20067 Tribiano - tel. 02.90631508

Alberto Verderio
CRA - MAC Bergamo
Via Stezzano, 24 - 24100 Bergamo - tel. 035.313132

Per informazioni:

Regione Lombardia - Direzione Generale Agricoltura
Unità Organizzativa Sviluppo di Innovazione, cooperazione e valore delle produzioni
Struttura Sviluppo e promozione delle produzioni, ricerca, innovazione tecnologica e servizi alle imprese

Piazza Città di Lombardia, 1 - 20124 Milano
Tel. 02.67653790 - fax 02 67658056
email: agri_ricerca@regione.lombardia.it

Referente: Elena Brugna - Tel 02 67653732
email: Elena_Brugna@regione.lombardia.it

SOMMARIO

Presentazione	VII
Morfologia della pianta di mais	IX
Diffusione e importanza del mais in Italia	XII
Sviluppo delle malattie fungine, batteriche, virali e da fitoplasmi	XIII
Prevenzione e lotta	XXIII

MALATTIE CAUSATE DA FUNGHI

1. Maculature e marciumi fogliari, del culmo e delle radici	
- Antracnosi: appassimento delle foglie e marciume del culmo	20
- Elmintosporiosi da <i>Helminthosporium carbonum</i>	22
- Elmintosporiosi da <i>Helminthosporium maydis</i>	24
- Elmintosporiosi da <i>Helminthosporium turcicum</i>	26
- Macchie ocellari sulle foglie da <i>Kabatella</i>	28
- Maculatura fogliare da <i>Cercospora</i>	30
- Maculatura fogliare da <i>Curvularia</i>	32
- Maculatura delle foglie da <i>Phyllosticta</i>	34
- Maculatura fogliare bruna da <i>Physoderma</i>	36
- Maculatura fogliare a bande da <i>Rhizoctonia</i>	38
- Marciume del culmo e foglie da <i>Diplodia</i>	40
- Marciume delle radici e del culmo da <i>Fusarium</i> / <i>Gibberella</i>	42
- Marciume radicale e del culmo da <i>Pythium</i>	44
- Peronospora comune (crazy top)	46
- Ruggine comune del mais	48
2. Carboni e marciumi della pianta e della spiga	
- Carbone comune del mais	50
- Carbone delle infiorescenze maschili e femminili	52
- Marciume da <i>Macrophomina phaseolina</i>	54
3. Marciumi della spiga e della granella	
- Marciume della spiga e della granella da <i>Aspergillus</i>	56
- Marciume della spiga da <i>Diplodia</i>	58
- Marciume della spiga e della granella da <i>Fusarium</i>	60
- Marciume della spiga da <i>Gibberella</i>	62
- Marciume della spiga da <i>Nigrospora</i>	64
- Marciume della spiga da <i>Penicillium</i>	66
- Marciume della spiga da <i>Trichoderma</i>	68

LE MICOTOSSINE

- Le micotossine nel mais	71
- I principali funghi micotossigeni	72
- Tossicità delle micotossine	73
- Ruolo delle tecniche agronomiche per prevenire l'accumulo di micotossine	76
- La gestione del post-raccolta	78

MALATTIE CAUSATE DA BATTERI

- Avvizzimento e seccume batterico da <i>Clavibacter</i> (<i>Goss's Wilt</i>)	80
- Avvizzimento batterico da <i>Erwinia stewartii</i>	82
- Marciume batterico del culmo da <i>Erwinia Carotovora</i>	84

MALATTIE CAUSATE DA VIRUS E DA FITOPLASMI

- Arrossamento del mais "Stolbur"	86
- Mosaico con nanismo del mais (MDMV)	88
- Nanismo giallo dell'orzo (BYDV)	90
- Nanismo ruvido del mais (MRDV)	92

DANNI DA FATTORI ABIOTICI

1. Danni da fattori ambientali

- Alte temperature	94
- Basse temperature, gelo	94
- Eccesso di umidità nel terreno	95
- Grandine	95
- Siccità	96
- Vento	96

2. Alterazioni dovute a fattori di diversa origine

- Allettamento	97
- Stroncamento improvviso (<i>Green snap</i> o <i>Brittle corn</i>)	97
- Stroncamento del culmo in maturazione	98
- Foglie a sigaro	98
- Guaine fogliari color porpora	99
- Striature e macchie fogliari di natura genetica	99
- Culmi senza spiga e arrossamento fogliare	100
- Sviluppo anormale del pennacchio e della spiga	100
- Punte delle spighe scoperte	101
- Spighe ascellari	101
- Spighe anormali	102
- Granella scoppiata e tagli nel pericarpo (<i>Silk cut</i>)	104
- Striatura rossa della granella	104

3. Sintomi da carenze nutritive

- Carenza di azoto	105
- Carenza di fosforo	105
- Carenza di potassio	107

4. Danni da fertilizzanti

- Bruciature da urea	107
----------------------	-----

5. Danni da erbicidi

- Acidi Fenossiacetici	109
- Acidi Benzoici	110
- Cloracetamidi	110
- Dinitroaniline	110
- Solfoniluree	111
- Tiazadine	111

GLOSSARIO

113

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

119



PRESENTAZIONE

Il mais rappresenta il primo cereale coltivato a livello regionale in termini quantitativi (poco meno di 3 milioni di tonnellate) e di diffusione territoriale (circa 240.000 ettari) e costituisce la base delle grandi produzioni zootecniche e lattiero casearie che caratterizzano il sistema agroalimentare lombardo. In tempi relativamente recenti, accanto al tradizionale utilizzo zootecnico, si è assistito a un incremento negli impieghi alimentari diretti con un progressivo consolidamento di questo mercato a livello regionale e nazionale. Il progetto biennale "Ottimizzazione della coltura di mais nella pianura Padana" - OTTIMAIS finanziato nell'ambito del Programma regionale di Ricerca in campo agricolo 2010 - 2012 affronta le principali tematiche d'interesse agronomico a partire dalla caratterizzazione delle nuove varietà nel territorio regionale con riguardo ad aspetti produttivi, qualitativi e adattivi. L'attività è stata svolta in collegamento con il sistema delle Reti varietali nazionali coordinate da CRA, Unità di ricerca di Maiscoltura, che ne costituisce il referente scientifico. Grazie anche alla lunga consuetudine di collaborazioni consolidata in queste reti, nell'ambito del progetto OTTIMAIS si sono fuse l'esperienza dei partner del progetto, CRA - Unità di Ricerca per la Maiscoltura e Agricola 2000, con quella di alcune istituzioni del mondo scientifico e degli operatori del settore, l'Università Cattolica di Piacenza e ISTA Sementi, che nel tempo hanno collaborato a livello regionale nella realizzazione di progetti riguardanti i principali aspetti della coltura. Tale sinergia ha permesso la realizzazione di un manuale dedicato alle "Malattie e alterazioni del mais". L'edizione è stata preparata come guida pratica per agricoltori, tecnici, studenti e ricercatori che intendono approfondire le conoscenze su specifiche malattie di questa coltura. Una particolare attenzione è stata dedicata alla descrizione dei patogeni e dei sintomi delle malattie importanti o che potranno diventare importanti in Italia. La guida è suddivisa in cinque sezioni: malattie causate da funghi, micotossine, malattie causate da batteri, malattie causate da virus e da fitoplasmi, danni da fattori abiotici. La maggior parte delle sezioni comprende l'indicazione del patogeno, la descrizione del ciclo vitale e della sintomatologia, la distribuzione, l'importanza economica, la prevenzione e la lotta.

La sezione sulle micotossine fornisce le informazioni di base sulle principali micotossine e sui funghi micotossigeni, sulla loro tossicità, sul ruolo delle tecniche agronomiche per prevenire le contaminazioni in pre-raccolta e sulla gestione del post-raccolta. Come è noto, negli ultimi 10 anni, in molti areali maidicoli italiani la produzione è stata compromessa da eventi climatici avversi come le alte temperature e la siccità. Il clima estivo caldo e torrido, oltre a condizionare negativamente le rese, ha avuto un effetto deleterio sulla qualità della granella manifestando una elevata presenza di marciumi della spiga causati da diversi funghi micotossigeni e dall'accumulo di micotossine. In particolare, il secco e la siccità favoriscono lo sviluppo del fungo *Aspergillus flavus* e delle aflatossine. Al contrario, nelle annate più fresche e piovose, si assiste allo sviluppo endemico dei funghi del genere *Fusarium* sp. e alla contaminazione della granella con altre due tossine, fumonisine e deossinevalenolo.

Fra le altre malattie di recente diffusione si segnala, inoltre, in alcune aree a nord del Po, la diffusione del virus del nanismo ruvido (MRDV) con intensità variabile a seconda delle annate, in particolare per la presenza più o meno intensa della cicadella, l'insetto che lo diffonde. Infine, negli areali dell'est della Pianura Padana è stata segnalata la diffusione dell'arrossamento del mais o stolbur, trasmesso anch'esso da un insetto cicadellide.

Una precisa conoscenza dei patogeni e delle alterazioni di questo cereale può contribuire a una corretta gestione della coltura, consentendo di esaltarne le caratteristiche di elevata potenzialità produttiva e alto valore nutritivo del foraggio, caratteristiche che rendono la coltivazione di questo cereale nei nostri areali ancora competitiva nonostante il rallentamento dell'attività di miglioramento genetico che, negli ultimi 10 anni, ha limitato il progresso delle rese a livello nazionale. Le potenzialità di questo cereale continuano comunque a essere oggetto di studio da parte della ricerca internazionale: il mais rimane una pianta preziosa in grado di assicurare, oggi e nel futuro, la materia prima da impiegarsi in una molteplicità di prodotti alimentari, industriali e di trovare nuovo sviluppo nei progetti di «chimica verde» e come risorsa energetica rinnovabile.

La Direzione Generale Agricoltura



Morfologia della pianta di mais.

La pianta del mais presenta molte caratteristiche comuni alle altre *Poaceae*: il fusto o culmo (volgarmente stocco) è distinto in nodi e internodi con una singola foglia a ciascun nodo, distribuite sul culmo in due file opposte o distiche. Ogni foglia consiste in una lamina espansa collegata ad una guaina che avvolge il culmo. I nodi basali hanno la tendenza a formare ramificazioni o culmi di accestimento (polloni) ed a sviluppare radici avventizie.

Il **fusto o culmo** raggiunge comunemente 2-3 metri di altezza. Il culmo, negli ambienti italiani, ha un diametro di 3-4 cm e possiede da 8 a 21 internodi. Gli internodi sono ravvicinati e di diametro maggiore alla base della pianta mentre sono allungati nella parte superiore.

Il numero delle **foglie** visibili solitamente varia fra 12 e 18. Ciascuna foglia si compone di 3 parti ben distinte: la guaina, che abbraccia quasi completamente l'internodo sovrastante il nodo di origine; il lembo o lamina, che rappresenta la foglia vera e propria, di forma lanceolata con nervature longitudinali parallele, di cui quella mediana più grossa; la ligula, un'espansione laminare a guisa di membrana incolore e traslucida, posta tra guaina e lembo, che fascia strettamente lo stocco ostacolando l'entrata dell'acqua o di eventuali parassiti e permettendo la posizione più o meno orizzontale della lamina. In condizioni normali di coltivazione l'area media di una foglia (lembo) si aggira sui 500 cm² e, quindi, la superficie fogliare totale per pianta è compresa fra 0,4-1,2 m².

Il **sistema radicale** è di tipo fascicolato e comprende quattro radici seminali e le radici avventizie (ipogee ed epigee). Le radici seminali esauriscono la loro funzione dopo le prime settimane di crescita. Le radici avventizie ipogee si sviluppano nei primi 4-5 nodi localizzati appena sotto il colletto e, quindi, sotto la superficie del terreno; quelle epigee (radici aeree) nei 2-3 nodi basali sopra il terreno dopo che la pianta ha emesso 9-10 foglie. Queste ultime radici, se giungono al suolo o se ricoperte di terra (rincalzatura), svolgono funzioni di ancoraggio oltre che nutritive.

La pianta del mais è monoica (fiori maschili e femminili presenti sulla stessa pianta) con fiori diclini (in infiorescenze separate). L'unità dell'infiorescenza femminile è la spighetta, composta da due glume che racchiudono 2 fiori, di cui



Radici avventizie

uno solo fertile. Ogni fiore è protetto da una glumella superiore o lemna ed una inferiore o palea. L'infiorescenza maschile è detta **pennacchio**, si trova nella parte terminale del culmo e si presenta compatta o ramificata, eretta o pendula. Le spighe maschili presentano fiori con tre stami. Le spighe femminili sono portate dall'infiorescenza femminile detta **spiga** o spadice (e volgarmente chiamata pannocchia). Essa origina da una ramificazione laterale prodotta da una gemma all'ascella della foglia. Gli internodi di questa ramificazione sono raccorciati e portano foglie modificate dette brattee che coprono la spiga. Le spighe femminili sono geminate (accoppiate a due a due) e portate sul rachide, chiamato tutolo, in file o ranghi: poichè un solo fiore per spigetta è fertile se ne deduce che il numero dei ranghi sarà sempre pari. Il numero di ranghi è determinato geneticamente ma è influenzato anche dall'ambiente: le spighe possono avere da 4 a 30 ranghi ma negli ibridi comunemente coltivati il numero varia fra 14 e 20. Ogni fiore fertile è sormontato da un lungo stilo o seta che cresce rapidamente ed emerge dalla sommità delle brattee: vengono prima emesse le sete basali della spiga, procedendo poi verso la parte apicale.



Infiorescenza maschile



Infiorescenza femminile

La lunghezza della spiga matura varia fra 8 e 42cm, con casi estremi di 2,5 e 50cm. Una spiga può contenere fra 200 e 1.000 cariossidi. Il peso unitario della granella va da 0,1 a 1 grammo. Nei mais oggi coltivati il peso della granella di una spiga è di circa 250-300 g. Il numero di spighe per pianta è potenzialmente elevato ma, di norma, nei campi coltivati solo una spiga (quella inserita più in alto) prende il sopravvento sulle altre. Oggi, rispetto al passato, è facile riscontrare anche più spighe per pianta perchè su questo carattere molto ha lavorato il miglioramento genetico.

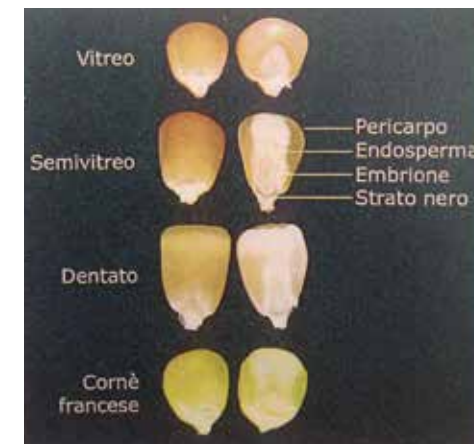
I frutti del mais sono **cariossidi**, frutti secchi indeiscenti, inserite sul tutolo attraverso un corto e spugnoso pedicello e circondate dai residui delle glume. Il peduncolo è formato da tessuti materni molto vascolarizzati che connettono la cariosside al tutolo e, quindi, al sistema vascolare del fusto. A maturità una parte di tali tessuti necrotizza originando lo **strato nero** che indica la sopravvenuta

maturazione fisiologica della cariosside. Da tale momento la granella non accumula più fotosintati ma può esclusivamente perdere umidità. L'anatomia della cariosside è molto simile a quella degli altri cereali: la parte interna è occupata dall'embrione e dall'endosperma. L'endosperma amilaceo costituisce l'85% del peso della cariosside matura, l'embrione il 10% e il pericarpo con il pedicello il rimanente 5%.

L'embrione maturo consiste di una radichetta, quattro radici seminali e cinque primordi fogliari che abbracciano la piumetta. Nell'endosperma maturo, protetto dal pericarpo, è riconoscibile l'aleurone, ricco in proteine.



Spiga



Sezioni di semi di mais

Diffusione e importanza del mais in Italia.

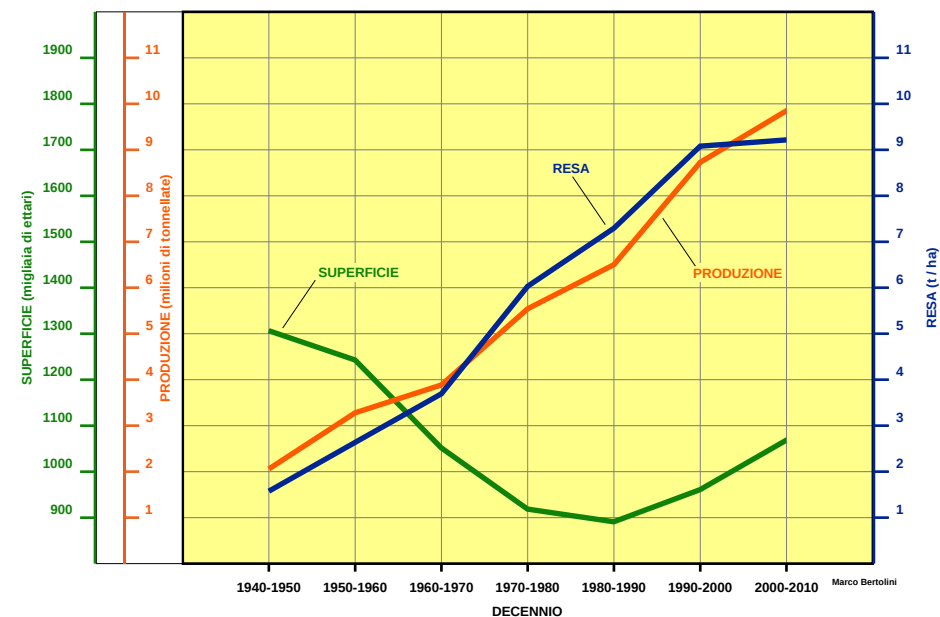
Il mais nel nostro Paese occupa una superficie di circa 1,2 milioni di ettari (di cui 0,9 milioni per la produzione di granella e il rimanente per il trinciato) garantendo una produzione granellare intorno a 9 milioni di tonnellate. E' la coltura di riferimento per gli allevamenti zootecnici grazie all'elevata potenzialità produttiva e all'alto valore nutritivo dei mangimi e dei foraggi da esso ottenuti; è una pianta preziosa perché assicura la materia prima da impiegare per molteplici usi industriali ed alimentari. Questo è evidenziato sia dalle ragguardevoli quantità di granella che vengono lavorate dalle industrie mangimistiche e chimiche sia dall'utilizzo assai diffuso del trinciato negli allevamenti zootecnici e per la produzione di biogas. Inoltre, nei progetti di chimica verde il mais troverà sempre ulteriore sviluppo come fonte di energia rinnovabile.

Negli ultimi sessant'anni la coltura del mais ha fatto passi da gigante in tutte le aree mondiali di coltivazione e così anche in Italia, come si osserva dal grafico che mostra l'andamento della superficie coltivata, della produzione totale e delle rese per ettaro negli anni dal 1940 al 2010. Alla base di questo straordinario successo vi sono i progressi della ricerca genetica e delle tecniche agronomiche i quali hanno consentito maggiori rese produttive per unità di superficie e l'adattamento della specie ai diversi ambienti di coltivazione. L'incremento di resa viene attribuito, per circa il 50%, alla costituzione genetica degli ibridi e al loro continuo miglioramento sia dal punto di vista produttivo sia per la migliore resistenza o tolleranza alle malattie biotiche e abiotiche ed alle condizioni ambientali avverse.

La ricerca, quindi, sarà sempre finalizzata a mettere a disposizione agli operatori agricoli e agro-industriali ibridi sempre più validi e ad alto valore aggiunto. In questo contesto la produzione maidicola italiana, a partire dalla sostituzione delle vecchie varietà locali con gli ibridi e poi con la continua e rapida evoluzione di questi, ha raggiunto livelli produttivi tra i più elevati al mondo. Nelle aree maidicole della Pianura Padana di norma si producono 12-13 tonnellate per ettaro di granella o 60-70 tonnellate di trinciato (con punte produttive di oltre 15 tonnellate di granella nelle zone lombarde più vocate).

Per quanto riguarda le malattie biotiche ed abiotiche che affliggono il mais i contributi scientifici sono stati notevoli. Il miglioramento delle tecniche agronomiche, con la possibilità dell'utilizzo di molecole chimiche (in particolare fungicidi), ha permesso un controllo più efficace nelle prime fasi di sviluppo della coltura, in particolare verso i marciumi. Inoltre, i programmi di miglioramento genetico e selezione hanno reperito fonti di resistenza o tolleranza presenti nel germoplasma indigeno ed esotico; tali geni sono stati trasferiti, attraverso le classiche attività di incrocio prima e le tecnologie molecolari poi, nelle cultivar più produttive ed adatte alla zona, permettendo di incrementare ulteriormente la produttività e la qualità del prodotto.

ANDAMENTI DECENNALI MAIS IN ITALIA 1941 - 2010 (superficie, produzione, resa)



Sviluppo delle malattie fungine, batteriche, virali e da fitoplasmi.

Il grado di diffusione e la gravità delle malattie infettive nelle piante dipendono dai diversi fattori che interagiscono fra loro:

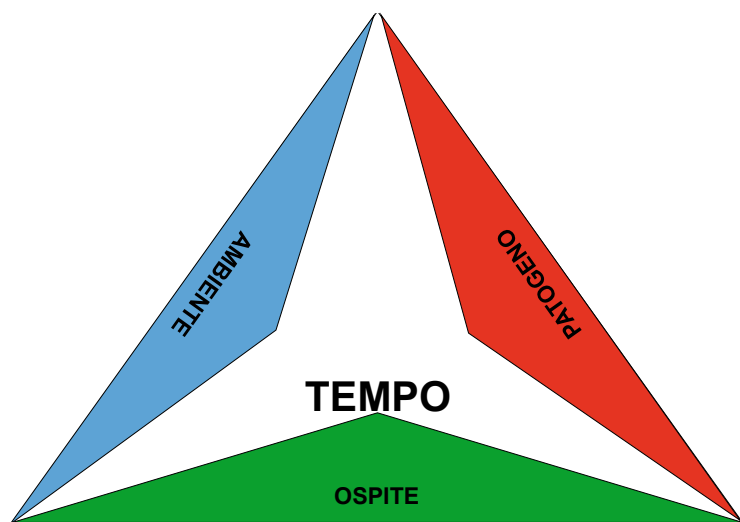
- 1) le condizioni ambientali;
- 2) la suscettibilità della pianta ospite (mais);
- 3) la presenza di un patogeno virulento;

Inoltre, per la diffusione e/o l'infezione di alcuni parassiti (batteri, virus, micoplasmi) sono indispensabili insetti o altri vettori (agenti intermediari di trasmissione). Affinché una malattia infettiva possa svilupparsi e diffondersi i vari fattori devono essere "in equilibrio".

AMBIENTE

Le condizioni ambientali dell'atmosfera e del terreno possono modificare lo sviluppo delle malattie interagendo sia con il parassita sia con la pianta ospite. I fattori più importanti sono: la temperatura dell'aria e del terreno, l'umidità relativa, la rugiada, la bagnatura fogliare, le piogge, il tipo di suolo e la sua reazione (pH) e la fertilità. Così, ad esempio, possiamo avere delle malattie che si sviluppano con clima freddo e umido, mentre altre necessitano di clima caldo e asciutto. I terreni sommersi o saturi di acqua possono favorire i marciumi del fusto e provocare gravi danni in particolare all'apparato radicale ed alle piante nei primi stadi di sviluppo.

Alcune pratiche colturali (semina senza aratura, irrigazione a pioggia, coltivazione ripetuta del mais per più anni), modificando alcuni dei fattori ambientali prima elencati, possono influenzare lo sviluppo di talune malattie e la loro gravità.



Lo sviluppo delle malattie delle piante illustrato dalla piramide dei quattro fattori

SUSCETTIBILITA' DELLA PIANTA OSPITE

Le linee, gli ibridi e le varietà di mais presentano una grande variabilità nella resistenza e tolleranza alle malattie. Con tolleranza si intende la capacità della pianta di ridurre i danni causati dall'infezione del patogeno. Questa è determinata da diversi geni che possono essere combinati in modo da ottenere piante con alto grado di tolleranza alle malattie, insieme con altre caratteristiche di produzione e di qualità desiderabili. La resistenza è la capacità della pianta di contrastare l'infezione di un particolare tipo di parassita o di una sua razza fisiologica: le resistenze possono essere dovute ad un singolo gene che può essere trasferito fra i genotipi di mais, oppure da una specie differente sfruttando le tecniche di ingegneria genetica.

FUNGHI

I funghi comprendono individui costituiti da cellule prive di clorofilla con pareti cellulari chitinose i quali possono vivere come saprofiti o parassiti. Essi possiedono grande adattabilità che consente loro di sopravvivere nell'aria, nel terreno e nell'acqua. La maggior parte dei funghi patogeni delle piante saprofiti, cioè sono capaci di svilupparsi su tessuti morti o su substrati artificiali di vario genere. Altri funghi sono parassiti obbligati, altamente specializzati, che si sviluppano e si riproducono solo in stretta associazione con specifiche piante ospiti viventi; tra questi funghi vi sono le peronosspore, gli oidi e molti tipi di carbone.

Gran parte dei funghi sono costituiti da filamenti ramificati (ife), che, sviluppandosi, costituiscono una massa vegetativa lanosa o compatta (micelio). Quasi tutte le specie, in condizioni sfavorevoli, sono in grado di produrre spore (di tipo gamico o agamico) che permettono la sopravvivenza e la diffusione del fungo. Le spore vengono facilmente disseminate su piante e animali dal vento, dall'acqua e tramite azione dell'uomo. Altri funghi che non producono spore, per superare le stagioni sfavorevoli formano masse compatte di ife (sclerozi); in altri casi il corpo vegetativo del fungo si frammenta in piccole parti in seguito disseminate dal vento, dall'acqua, dall'uomo e da altri agenti. I funghi passano la stagione sfavorevole all'interno o sulla superficie delle piante stesse, nei residui colturali o nel terreno.

La tassonomia e la nomenclatura dei funghi si basa soprattutto sulla morfologia e sulla modalità di formazione delle spore sessuate. Per il riconoscimento, ad es. di *Aspergillus* sp. e di *Penicillium* sp. si usano tecniche di biologia molecolare.

Nella pianta di mais le ife fungine penetrano attraverso ferite causate dall'uomo, dalla grandine, dal vento, dagli insetti, dai nematodi, da altri funghi, oppure attraverso aperture naturali. I funghi causano la maggior parte delle malattie infettive del mais sia per quanto riguarda il fusto e le foglie (ruggini, carboni, peronosspore, maculature, marciumi, seccumi e malformazioni) sia per quanto riguarda la spiga e la granella (marciumi, muffe).

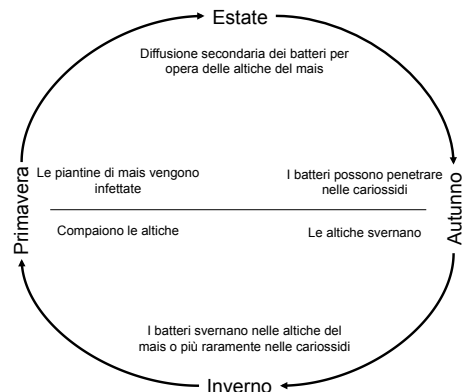


Schema generico del ciclo della vita di un fungo

BATTERI

I batteri comprendono circa 4.000 specie di organismi unicellulari procarioti di dimensioni, in genere, dell'ordine di pochi micrometri, ma variabili da circa 0,2 fino a 30 µm. La maggior parte sono privi di clorofilla e vivono in forma saprofitica. Alcune specie sono agenti patogeni di malattie di piante o animali o di entrambi. Si possono trovare nell'aria, nell'acqua, nel terreno e anche sulla superficie o all'interno di organismi vegetali e animali (uomo compreso). Presentano un'ampia adattabilità a differenti condizioni di vita. I batteri parassiti delle piante sono a forma di bastoncino, non sporigeni, ed alcune specie possiedono uno o più flagelli che consentono un movimento natatorio o vibratorio. I più comuni si moltiplicano per scissione binaria: in ambiente caldo e umido in poche ore si possono formare un gran numero di cellule.

I batteri penetrano nei tessuti della pianta attraverso ferite prodotte da agenti atmosferici, da insetti, dagli animali (compreso l'uomo), oppure attraverso gli stomi od altre aperture naturali. La presenza di un velo d'acqua sugli organi della pianta e le temperature non troppo elevate sono generalmente le condizioni ottimali per l'infezione e sviluppo della malattia. All'interno della pianta i batteri possono moltiplicarsi rapidamente e causare la morte delle cellule (necrosi), lo sviluppo anormale dei tessuti (tumori), l'ostruzione dei tessuti vascolari (avvizzimento) o la decomposizione dei tessuti (marciumi molli). La loro patogenicità è dovuta anche alla produzione di enzimi o tossine che causano sintomi caratteristici tra cui clorosi, aspetto traslucido della pianta. Sovente i batteri sono sistemici poichè si diffondono in tutte le parti della pianta. In condizioni ambientali sfavorevoli per la moltiplicazione restano in uno stato quiescente all'esterno o all'interno dei tessuti vivi o morti delle piante, nel terreno o aderenti al corpo degli insetti o degli attrezzi agricoli. Alcuni vengono ingeriti da insetti che in seguito li trasmettono alle piante attraverso la linfa di cui si nutrono. Poche specie patogene per le piante sopravvivono nel terreno e la maggior parte sono uccise dalle alte temperature (pochi minuti a più di 50C°) e dalla luce solare. I batteri parassiti del mais vengono identificati in base ai sintomi, alla morfologia delle cellule e delle colonie, alla specificità dell'ospite, alla crescita su terreni di coltura specifici ed a saggi immunologici e fisiologici. Per l'identificazione si usano, inoltre, saggi molecolari basati sul DNA e l'analisi elettroforetica per individuare specifiche proteine e il profilo degli acidi grassi.



Esempio di ciclo di una malattia Batterica (Erwinia Stewartii)

VIRUS

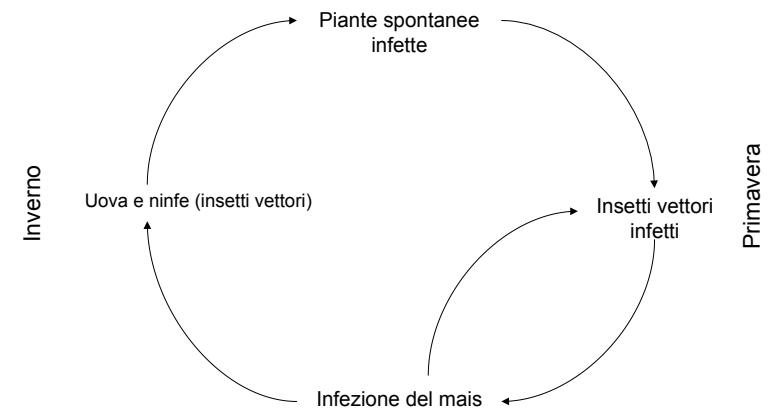
I virus sono costituiti da macromolecole di acido ribonucleico (RNA) o di acido deossiribonucleico (DNA) circondate da una capsula protettiva proteica o lipoproteica. Le particelle di virus, dette anche virioni, possono moltiplicarsi solo nelle cellule vive, perciò sono dei parassiti obbligati. Per le dimensioni, comprese fra 10 e 450 nm, la visualizzazione delle particelle di virus richiede l'uso di microscopi elettronici con un elevato potere risolutivo che permettono di differenziare i virioni in filiformi (bastoncini lunghi rigidi o flessuosi), quasi sferici (isometrici) o bacilliformi.

Sono oltre 600 i virus che infettano le piante; questi possono essere trasmessi attraverso l'impollinazione, grazie a vettori animali (insetti, nematodi) e fungini e per mezzo di piante parassite. Le inoculazioni spesso avvengono attraverso lesioni o anche per azione involontaria dell'uomo (es. propagazione per talea, innesti, uso di seme infetto).

L'identificazione e la classificazione dei virus si basa sulla specificità dell'ospite, la morfologia delle particelle, le modalità di trasmissione, le proprietà biochimiche, fisiche e sierologiche dei virus stessi. Sono di aiuto, nella identificazione, anche le reazioni specifiche di piante ospiti indicatrici.

La maggior parte dei virus delle piante acquisisce il nome dalla pianta ospite più importante o dalla pianta in cui il virus è stato riscontrato per la prima volta, e dai sintomi che esso determina. Le infezioni da virus presentano sintomi molto vari: possono causare rallentamento di sviluppo, ramificazione eccessiva, clorosi, ingiallimento o arrossamento delle foglie, necrosi. In alcuni casi l'infezione è latente e può rimanere nascosta (senza sintomi o danni rilevabili) mentre, in altri casi, può condurre sino alla morte della pianta ospite.

Le malattie virali del mais, quasi tutte provocate da virus a RNA, non sono molto numerose ma i danni sulla produttività possono essere ingenti.



Esempio di ciclo di una malattia virale

FITOPLASMI

I fitoplasmi sono organismi procarioti appartenenti alla classe *Mollicutes*. Questi patogeni mancano di parete cellulare rigida e sono pleomorfi (tipicamente corpuscoli tondi o filamenti ramificati). Sono i più piccoli organismi a vita libera capaci di moltiplicarsi per scissione binaria e per frammentazione dei filamenti; molti sono resistenti alla penicillina e sensibili alla tetraciclina. Sintomi tipici delle malattie causate da fitoplasmi sono arrossamento o ingiallimento delle parti verdi della pianta, accorciamento degli internodi, fillodia, sterilità, virescenza, scarso sviluppo delle radici, formazione di scopazzi.

Analogamente ad alcuni virus si riscontrano solo nelle cellule floematiche delle piante ammalate e vengono trasmessi tipicamente da insetti, in genere cicaline, che prediligono piante erbacee ed arbusti che crescono nelle aree più siccitose e calde. Inoltre, i fitoplasmi possono essere trasmessi per mezzo della cuscuto o tramite dell'innesto e la propagazione agamica di materiale proveniente da piante malate.

Tra i fitoplasmi più importanti che possono infettare il mais si ricordano quelli causanti rachitismi ("Corn stunt" e "Maize bushy stunt") e quelli del gruppo "Stolbur". Quest'ultimo segnalato da diversi anni nei Paesi dell'Est Europa (Serbia, Romania e Bulgaria), nel 2009 è stato osservato anche in Italia.

Sono descritte le quattro principali virosi presenti attualmente sul mais in Italia. Altre virosi non segnalate sono le seguenti:

MCDV = MAIZE CHLOROTIC DWARF VIRUS

MCMV = MAIZE CHLOROTIC MOTTLE VIRUS

SCMV = SUGARCANE MOSAIC VIRUS

MMV = MAIZE MOSAIC VIRUS

MSTV = MAIZE STREAK VIRUS

MBS = MAIZE BUSHY STUNT

CORN STUNT

MAIZE FINE STRIPE VIRUS

PREVENZIONE E LOTTA CONTRO LE MALATTIE DEL MAIS

La strategia di lotta contro le malattie delle piante (fra cui anche il mais) si propone di impedire o interrompere la combinazione dei fattori necessari allo sviluppo della malattia, basandosi sulla conoscenza dell'agente patogeno, delle fasi della malattia, del modo in cui si diffonde il parassita e degli organi della pianta che vengono coinvolti.

I mezzi di lotta si possono suddividere in quattro categorie:

1) **Ottenimento e impiego di materiale resistente/tollerante alle malattie:** l'ottenimento e il successivo utilizzo di linee pure e di ibridi da esse derivati resistenti/tolleranti alle malattie è uno dei mezzi più importanti ed efficaci. Nonostante nessun tipo di mais sia resistente o tollerante a tutte le malattie, alcuni sono resistenti o molto tolleranti ad un patogeno specifico o ad una classe di patogeni.

2) **Lotta chimica:** i trattamenti chimici al seme con prodotti fungicidi sistemici e non, possono prevenire alcuni marciumi del seme ed alcune patologie che causano la moria delle giovani piante. I trattamenti fogliari a pieno campo sono, di solito, economicamente giustificati solo negli appezzamenti che hanno valore molto elevato come i campi per la produzione di sementi o le colture di miglioramento genetico. Un unico fungicida specifico per il mais è registrato sino al 2012 (contro l'*Helminthosporium turcicum*).

3) **Misure agronomiche:** comprendono l'interramento mediante aratura dei residui, l'avvicendamento delle colture, il mantenimento di un buon equilibrio della fertilità del terreno, l'impiego di semente esente da malattie, la lotta contro le infestanti e gli insetti dannosi. Spesso l'equilibrio nutrizionale è un fattore chiave nel modulare l'intensità di certe malattie: per esempio, alcuni marciumi del fusto o seccumi delle foglie sovente sono più dannosi in presenza di eccesso di azoto e/o carenza di potassio.

4) **Evitare l'introduzione dell'agente patogeno:** si può ottenere mediante le norme di quarantena e ai divieti di importazione, per impedire la diffusione di agenti patogeni non ancora presenti in una determinata area o in un dato paese (diffusione potenzialmente molto dannosa per la mancanza di antagonisti specifici).

Per ogni malattia o gruppo di malattie del mais, in questa guida è riportata una scheda sintetica e la relativa sintomatologia corredata da fotografie esemplificative dei diversi autori, segnalati fra parentesi.

MALATTIE CAUSATE DA FUNGHI

1. Maculature e marciumi fogliari del culmo e delle radici

ANTRACNOSI: APPASSIMENTO DELLE FOGLIE E MARCIUME DEL CULMO

(Eng. Anthracnose)

Nomi del Patogeno: *Colletotrichum graminicola*, *Glomerella graminicola*.

Tipo di Patogeno: Fungo presente nel terreno, trasmesso raramente attraverso il seme.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna come saprofita sui residui colturali del mais presenti sulla superficie del terreno. Le spore che si sviluppano vengono trasportate dal vento o dall'acqua piovana sulle foglie del mais dove germinano. Il micelio penetra attraverso l'epidermide o gli stomi. L'infezione avviene negli stadi pre-fioritura del mais a partire dalle foglie basali. Le spore prodotte sulle piante malate possono causare un'infezione secondaria.

Le infezioni sono favorite da clima caldo-umido e l'intensità della malattia aumenta in condizioni di lunghi periodi nuvolosi (bassa luminosità) e piovosi.

Distribuzione: diffusa in tutto il mondo in aree caldo-umide.

Importanza economica: non vi sono segnalazioni di perdite produttive in seguito a danni sull'apparato fogliare. I danni più significativi riguardano la marcescenza del culmo. Attualmente in Italia la malattia non causa problemi significativi.

Altre specie suscettibili: sorgo, frumento, riso, orzo e altre graminacee.

Prevenzione e lotta: molti ibridi sono resistenti sia alla fase fogliare della malattia sia a quella relativa al marciume del culmo. L'avvicendamento della coltura di mais e l'interramento accurato dei residui con l'aratura riducono le infezioni precoci ma non quelle tardive sulle foglie e sul culmo.

Sintomatologia

Radici: presenza di marciume.

Plantule: possibile appassimento.

Foglie: all'inizio della stagione sulle basali si formano piccole lesioni di forma ovale od allungata, con caratteristici margini da giallo a rosso bruno. La coalescenza delle lesioni può originare il completo avvizzimento della foglia.

Culmo: dopo la fioritura si manifestano sugli internodi macchie di colore castano-bruno, in seguito nere, e, ben presto, il midollo si disgrega.

Granella: presenta strisce nere con acervuli ben visibili.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

ELMINTOSPORIOSI DA *Helminthosporium carbonum*

(Eng. Carbonum leaf spot)

Nomi del Patogeno: *Helminthosporium carbonum*, *Bipolaris zeicola*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nei residui colturali; sono classificate 5 razze (0-4) con diversa virulenza.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna sulle foglie infette, sulle brattee o negli stocchi grazie a clamidospore con pareti ispessite al fine di resistere alle condizioni invernali. L'infezione primaria avviene in piante giovani che crescono fra i residui colturali precedenti e lo sviluppo della malattia è in seguito favorito da temperature moderate e forti rugiade. Sulle foglie si sviluppano spore trasportate anche a grande distanza dal vento; il loro sviluppo è particolarmente abbondante in prolungate condizioni di umidità.

Distribuzione: diffusa in tutte le aree maidicole umido-temperate del mondo.

Importanza economica: generalmente la malattia non causa danni rilevanti agli ibridi, anche se la sua presenza sta aumentando nelle aree dove si pratica la minima lavorazione e la semina avviene in presenza di numerosi residui colturali superficiali. Vista la suscettibilità di alcune linee portaseme vi potrebbero essere potenzialmente danni più significativi nei campi di produzione seme.

Altre specie suscettibili: diverse graminacee.

Prevenzione e lotta: la rotazione colturale e l'interramento dei residui colturali con le lavorazioni sono le pratiche necessarie per il preventivo controllo della malattia. In alcune linee sono state individuate fonti di resistenza genetica specifica (monogenica o poligenica) per le diverse razze del patogeno.

Sintomatologia

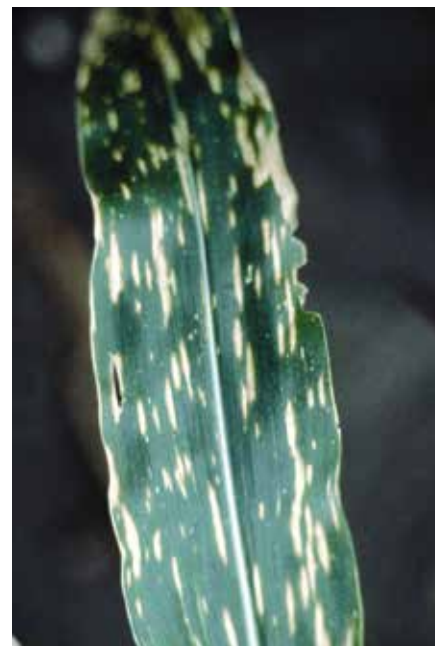
Si notano maculature fogliari con differenti sintomi a seconda della razza del patogeno.

Razza 1: lesioni brune, ovali, concentriche, presenti su tutte le parti della pianta compresa la spiga che marcisce e annerisce.

Razza 2 e 4: lesioni marroni strette e allungate (con zone concentriche nella 4), soprattutto sulle foglie basali.

Razza 3: macchie strette grigie con bordo clorotico (cfr. *H. turcicum*).

Razza 0: non virulenta, solo piccole macchioline sulle foglie giovani.



(CIMMYT)



(CIMMYT)



(Purdue University)



(M. Bertolini)

ELMINTOSPORIOSI DA *Helminthosporium maydis*

(Eng. Southern corn leaf blight)

Nomi del Patogeno: *Helminthosporium maydis*, *Bipolaris maydis*.

Tipo di Patogeno: fungo presente sui residui colturali e nel suolo. Allo stadio asessuato sono descritte due razze differenti per sintomatologia (razza "O" e razza "T").

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna nel terreno e sui residui colturali come micelio o grazie a spore (conidiospore e clamidospore). Queste sono diffuse in primavera dal vento e dalla pioggia e, una volta arrivate sulla superficie fogliare, germinano e penetrano attraverso gli stomi. Il fungo produce una fitotossina che attacca i mitocondri danneggiando l'attività metabolica fogliare. Lo sviluppo della malattia è favorito da temperature comprese fra 20 e 30°C, da elevata umidità dell'aria e da presenza di acqua libera sulla superficie fogliare.

Distribuzione: in tutte le aree maidicole del mondo a clima caldo umido.

Importanza economica: generalmente i danni non sono economicamente rilevanti. Tuttavia, negli anni 70 del secolo scorso in USA, la razza T del patogeno causò ingenti danni economici (stimati in circa un miliardo di dollari) a causa dell'utilizzo, per la produzione di semente ibrida, di linee maschiosterili con citoplasma di tipo Texas (T). La coltivazione di ibridi prodotti con questo metodo (a quei tempi 85% del mercato) generò uno sviluppo epidemico della malattia per l'attacco assai più virulento del patogeno. Attualmente questa fonte di maschiosterilità non è più utilizzata ma è stata sostituita da altre fonti resistenti alla razza T dell'*H. maydis*.

La razza "O" si manifesta in aree tropicali e sub-tropicali dove causa, in genere, perdite poco rilevanti.

Altre specie suscettibili: molte graminacee.

Prevenzione e lotta: il citoplasma normale del mais è tollerante alla razza T. Il mais con la maschiosterilità di tipo T non è più commercializzato mentre vengono utilizzate altre fonti di maschiosterilità di tipo C che non sono sensibili alla malattia.

Esistono, inoltre, una resistenza monogenica dovuta al gene *rhm* ed altre fonti differenti poligeniche che sono introdotte nei programmi di miglioramento genetico. La rotazione delle colture e l'interramento dei residui con accurata aratura possono ridurre le infezioni.

Sintomatologia

Foglie: l'infezione inizia dalle foglie basali e progredisce verso la parte alta della pianta. La razza O, che attacca solo le foglie, genera macchie di colore giallo-marroncino con contorni bruni. Le macchie sono di forma allungata (fino a diversi centimetri) con i lati lunghi paralleli limitati dalle nervature; le lesioni possono fondersi, disseccando larghe aree fogliari. La razza T produce macchie marroncino-brune fusiformi o ellittiche contornate da un alone clorotico verde-giallastro (con margini scuri in stadio avanzato). Con lo sviluppo della malattia le macchie possono fondersi fra loro e in queste aree si sviluppano masse di spore fungine. Le lesioni della razza T (in particolare nel mais a citoplasma maschiosterile Texas) possono svilupparsi anche su culmo, guaine fogliari, brattee, spighe, peduncoli e tutoli.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

ELMINTOSPORIOSI DA *Helminthosporium turcicum*

(Eng. Northern corn leaf blight)

Nomi del Patogeno: *Helminthosporium turcicum*, *Exserohilum turcicum*, *Setosphaeria turcica*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nei residui colturali; sono classificate diverse razze del patogeno in base alla resistenza genica (Ht) dell'ospite.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna come micelio o conidi sui residui colturali e nel suolo. Tali conidi sono diffusi direttamente dal vento e dalla pioggia o possono sporulare e diffondere le clamidospore. Una volta raggiunte le foglie i conidi germinano quando è presente acqua libera sulle foglie per 6-18 ore e con una temperatura compresa fra 18 e 27°C. Le lesioni si manifestano dopo 7-12 giorni. L'infezione avviene in primavera-inizio estate, negli stadi compresi fra la levata e l'inizio della maturazione. Si sviluppa, in seguito, un ciclo secondario della malattia dovuto alla produzione di conidi sulle lesioni fogliari, i quali sono diffusi all'interno dei campi e in quelli vicini.

Distribuzione: *H. turcicum* è diffuso nella maggior parte delle aree maidicole umido-temperate del mondo.

Importanza economica: l'elmintosporiosi da *H. turcicum* è la malattia fogliare del mais più diffusa e più dannosa nelle aree maidicole citate. Le possibili perdite produttive sono dovute alla riduzione di superficie fotosintetizzante a causa del disseccamento fogliare (in particolare delle foglie sopra la spiga). Il danno maggiore (fino al 50% della produzione) si ha quando l'infezione avviene prima della fioritura, mentre le infezioni tardive (oltre le 6 settimane dopo la fioritura) provocano solo leggeri danni produttivi.

Altre specie suscettibili: sorgo, sorgo sudanese, sorghetta, teosinte.

Prevenzione e lotta: la rotazione colturale e l'interramento dei residui colturali con le lavorazioni sono pratiche utili per il controllo preventivo della malattia. I trattamenti fungicidi sono economicamente convenienti nei campi di produzione seme e nella coltivazione di mais dolce.

Nel germoplasma del mais sono state individuate resistenze/tolleranze attualmente trasferite in numerose linee utilizzate per la costituzione di ibridi in commercio. La tolleranza (a controllo poligenico) funziona contro tutte le razze del patogeno: i sintomi si manifestano con minor numero di macchie fogliari e di ridotte dimensioni. La resistenza monogenica è razza-specifica ed è controllata da geni dominanti *Ht1*, *Ht2*, *Ht3*, *HtN*: in tal caso si manifestano solo macchie clorotiche ridotte e non sporulanti.

Sintomatologia

Foglie: macchie allungate, ellittiche (a forma di sigaro), di colore verde grigiastro o bruno da 2,5 a 15cm di lunghezza. Le macchie si sviluppano a partire dalle foglie basali e proseguono su quelle superiori e sulle brattee fino a disseccare l'intero apparato fogliare; infezioni gravi possono provocare la morte prematura dell'apparato fogliare che assume un colore grigiastro che ricorda quello di un danno da gelo. Col tempo umido le macchie fogliari diventano grigio nere con zonature concentriche per la formazione di grandi quantità di spore. Nelle linee di mais in cui compaiono i geni per la resistenza la dimensione delle lesioni si riduce e la forma varia a seconda del genotipo.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MACCHIE OCELLARI SULLE FOGLIE DA *Kabatiella*

(Eng. Eyespot)

Nomi del Patogeno: *Kabatiella zeae*, *Aureobasidium zeae*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nei residui colturali.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna nei residui colturali del mais lasciati sulla superficie del suolo. In primavera le spore prodotte su tali residui sono diffuse, dal vento o dalla pioggia, sulle foglie della nuova coltura. In condizioni fresche e umide le spore possono infettare la pianta e i sintomi compaiono 7-10 gg dopo l'infezione. La malattia può colpire le piantine giovani in primavera e successivamente diffondersi, con la produzione di nuove spore, sull'apparato fogliare di piante adulte. Poiché la malattia richiede condizioni fresche e umide, gli attacchi sulle piante sviluppate sono più frequenti nel periodo da fine agosto alla raccolta.

Distribuzione: nelle aree maidicole del mondo con frequenti condizioni climatiche fresche e umide. In Italia si nota nelle aree marginali (più fresche) della coltivazione.

Importanza economica: il danno è dovuto alla riduzione di superficie fotosintetizzante. La malattia assume una certa rilevanza solo nelle aree con condizioni favorevoli alle infezioni, soprattutto nello stadio giovanile della pianta e dove si pratica la monosuccessione del mais con pratiche agronomiche che non prevedono l'interramento dei residui. In tipi suscettibili la riduzione della produzione arriva sino ad un massimo del 10%.

Altre specie suscettibili: non segnalate altre specie di particolare importanza agraria.

Prevenzione e lotta: la rotazione colturale e l'interramento dei residui con l'aratura permettono di controllare la malattia, in particolare prevenendo le infezioni negli stadi giovanili della coltura.

Vi sono differenze di suscettibilità fra le linee costituenti gli ibridi in commercio. In aree dove la malattia assume rilevanza l'utilizzo di tipi meno suscettibili è il mezzo più indicato per ridurre i danni della malattia.

Sintomatologia

Foglie: si sviluppano a partire dalla punta e dai margini del lembo fogliare piccole macchie rotonde o ovali (1-4 mm) traslucide, che, in seguito, assumono colore marrone al centro e sono circondate da un alone purpureo-nero e da un anello giallo. La malattia deve il nome a queste caratteristiche macchie sintomatiche a forma di "occhio", da non confondersi con maculature di tipo fisiologico-genetico. I sintomi si manifestano dalle foglie basali verso quelle superiori e sono più frequenti sulle piante prossime alla maturazione. In stadio avanzato le macchie possono fondersi fra di loro, interessando parti fogliari più estese e riducendo, quindi, la superficie fotosintetizzante della pianta.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MACULATURA FOGLIARE DA *Cercospora*

(Eng. Gray leaf spot)

Nomi del Patogeno: *Cercospora zeae-maydis*, *C. sorghi* var. *maydis*.

Tipo di Patogeno: fungo presente sui e nei residui colturali lasciati in superficie (non interrati).

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna in forma di micelio o di stroma sui e nei residui colturali lasciati sul terreno. In tarda primavera vengono prodotti conidi che si diffondono, tramite piogge e vento, fra le piante di mais in accrescimento. L'infezione avviene attraverso gli stomi in condizioni di temperature elevate e umidità superiore al 95% (foglie bagnate) per un periodo di diverse ore; il fungo colonizza il tessuto fogliare dando origine ai sintomi caratteristici. Un secondo ciclo di infezione della malattia (nel periodo di accumulo e di maturazione) si origina dai conidi prodotti sulle lesioni fogliari causate dalla prima infezione.

Distribuzione: aree maidicole calde e umide degli USA, del Centro e Sud America, dell'Africa e dell'Asia. In Europa vi sono soltanto alcune segnalazioni.

Importanza economica: la malattia si sta diffondendo principalmente nelle aree maidicole dove viene praticata la minima lavorazione (senza interrimento dei residui colturali). In aree dove è presente elevata umidità (valli, golene di fiume) con lunghi periodi nuvolosi la malattia porta a distruzione di gran parte dell'apparato fogliare causando una bassa resa, una scarsa qualità dell'insilato e una suscettibilità maggiore ad allettamento e stroncamento durante la raccolta della granella. In USA si riportano negli ultimi anni dei danni rilevanti.

Altre specie suscettibili: non segnalate poiché il patogeno appare specifico per il mais.

Prevenzione e lotta: la rotazione colturale e l'interramento dei residui con l'aratura permettono di ridurre le infezioni che si originano dai residui lasciati sul terreno. L'applicazione di fungicida è conveniente solo in aree dove la malattia è endemica. Sono state trovate linee impollinatrici pubbliche e di zone tropicali con resistenza a tale malattia, mentre le comuni linee portaseme risultano più suscettibili. Nelle aree dove la *Cercospora* è diffusa sono comunque disponibili ibridi più tolleranti al patogeno.

Sintomatologia

Foglie: appaiono macchie di color bruno pallido o grigio castano, lunghe da 0,5 a 5cm, strette, di forma rettangolare, delimitate ai lati dalle nervature, poichè il fungo non è in grado di attraversare il tessuto vascolare. Con la sporulazione le lesioni assumono un colore grigiastro. La malattia si osserva a partire dalle foglie basali e si diffonde sulle foglie superiori; in casi di forte pressione della malattia foglie intere possono avvizzire e i sintomi possono manifestarsi anche sulle guaine fogliari e sul culmo.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MACULATURA FOGLIARE DA *Curvularia*

(Eng. Curvularia leaf spot)

Nome del patogeno: *Curvularia* spp., *C.lunata*, *C.pallescentis*, *C.maculans*.

Tipo di Patogeno: fungo.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo di *Curvularia* sopravvive nel terreno e nei residui colturali del mais interrati dopo la raccolta.

Descrizione del patogeno: i conidi sono bruni, settati, rigidi o flessibili, semplici o ramificati a seconda delle specie che colpiscono il mais.

Distribuzione: Prevalente in aree calde e umide di Europa, Asia, Africa e delle Americhe.

Importanza economica: alcuni danni sono segnalati in aree maidicole calde e umide, mentre nelle zone temperate è una malattia di minore importanza.

Piante suscettibili: molte specie erbacee.

Prevenzione e lotta: trattamenti preventivi al seme sono efficaci; i trattamenti sulle piante di mais con l'infezione in atto non sono economicamente convenienti.

Sintomatologia

Le macchie fogliari inizialmente sono piccole (1-2 mm) di forma tondeggianti od ovale e di color bruno-paglierino, con bordi rossastro-bruni o bruno-nerastri. In seguito possono fondersi formando aree necrotiche; al centro delle macchie di alcune specie di *Curvularia* compaiono delle piccole aree tonde-ovalari grigiastre di diametro fino a 1 mm.



(ISTA)



(CIMMYT)

MACULATURA DELLE FOGLIE DA *Phyllosticta*

(Eng. *Phyllosticta zeae* leaf spot)

Nomi del Patogeno: *Phyllosticta zeae*.

Tipo di Patogeno: fungo.

Ciclo vitale e trasmissione: il patogeno sverna nei residui di mais e di altre graminacee. Le specie di piante recettive possono essere infettate ad ogni stadio di sviluppo. In primavera si formano le ascospore; invece i conidi, originati dai picnidi, che si formano sulle macchie fogliari danno origine all'inoculo secondario.

Descrizione del patogeno: picnidi sferici o globosi, di colore bruno; conidi costituiti da singole cellule ialine di forma oblunga, ellittiche o subcilindriche.

Distribuzione: USA, Canada, Argentina. In Europa, Africa, Brasile, Taiwan presenza di specie simili.

Importanza economica: scarsa. Sono più sensibili le linee con la maschiosterilità citoplasmatica di tipo Texas (vedi *Helminthosporium maydis*) sulle quali si osservano danni anche su guaine lamine fogliari e brattee della spiga.

Altre specie suscettibili: per ora non conosciute.

Prevenzione e lotta: eliminare i residui di piante infette sui quali il fungo può sopravvivere.

Sintomatologia

Foglie: lesioni di circa 0,1 - 1,3 cm da rettangolari a ovali, gialle color crema o marroni; a volte i tessuti clorotici disseccano. Con la formazione di picnidi si sviluppano piccole macchie nere.



(CIMMYT)



(M. Bertolini)

MACULATURA FOGLIARE BRUNA DA *Physoderma*

(Eng. *Physoderma brown spot*)

Nomi del patogeno: *Physoderma maydis*; *P. zeae-maydis*.

Tipo di patogeno: fungo presente nei residui colturali.

Ciclo vitale e trasmissione: gli sporangi svernano nei residui colturali o nel terreno e, in presenza di umidità sufficiente, producono zoospore che raggiungono i giovani tessuti della pianta mediante la formazione di ife. Il micelio che ne deriva penetra nelle cellule formando una abbondante massa vegetativa.

Distribuzione: America Centrale e del Nord, Asia, Africa, Australia; in Europa raramente e quasi esclusivamente sulle linee pure di mais parentali degli ibridi.

Importanza economica: la malattia è problematica soltanto nelle aree con piogge abbondanti e temperature medie elevate, dove si hanno residui colturali non interrati.

Altre specie suscettibili: teosinte.

Prevenzione e lotta: la resistenza è ereditabile e dovuta a molti geni con azione additiva; si consiglia di interrare con l'aratura i residui colturali.

Sintomatologia

Le macchie, tonde o oblunghe, sono di colore giallastro e compaiono sulle foglie, sulle guaine, sul fusto e talvolta sulle brattee esterne della spiga. I tessuti colpiti assumono un color bruno cioccolato o bruno rossastro e le macchie, fondendosi, formano larghe chiazze irregolari e angolose. I culmi infettati a livello del nodo possono spezzarsi.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MACULATURA FOGLIARE A BANDE DA *Rhizoctonia*

(Eng. Banded leaf and sheath blight)

Nomi del Patogeno: *Rhizoctonia solani*, *R. microsclerotia*, *Corticium solani*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nel suolo e sui residui colturali.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna come sclerozio o micelio nel suolo o sui residui colturali. Il fungo si trasmette tramite l'acqua (ristagni, sommersioni, irrigazione) o per spostamento di terreno contaminato. All'inizio della stagione vegetativa lo sviluppo del fungo è favorito da condizioni caldo umide, tipiche delle zone tropicali.

Distribuzione: diffusa in aree tropicali e sub-tropicali a clima caldo umido.

Importanza economica: danni significativi si manifestano nelle aree tropicali e sub-tropicali in presenza di estese coltivazioni di riso (suscettibile al medesimo patogeno). In particolare in Asia (nel sud della Cina e nell'area Indiana) sono riportati casi di sviluppi epidemici della malattia con perdite comprese fra il 40 e 80% della produzione.

Altre specie suscettibili: diverse specie coltivate fra cui soia, fagiolo sorgo e in particolare il riso.

Prevenzione e lotta: attualmente non sono conosciute varietà resistenti alla malattia anche se, nell'area sud asiatica, si stanno attuando diverse ricerche sul germoplasma locale.

Dove economicamente conveniente è possibile utilizzare fungicidi sistemici per limitare lo sviluppo della malattia. Vi sono studi per il controllo biologico del patogeno grazie a organismi antagonisti (batteri, *Trichoderma* spp.).

I terreni destinati alla coltivazione del mais devono essere ben drenati prima della semina per evitare il contatto con l'acqua in cui può essere presente il fungo.

Sintomatologia

Foglie e guaine fogliari: grandi chiazze di color grigio castano o bruno, alternate a bande trasversali scure. I sintomi si sviluppano tipicamente a partire dalla prima o seconda guaina fogliare sopra la superficie del suolo.

Spiga: solo nelle zone tropicali la malattia può arrivare a colpire la spiga con presenza di micelio cotonoso marrone chiaro e piccoli e rotondi sclerozi neri.



(CIMMYT)



(CIMMYT)

MARCIUME DEL CULMO DA *Diplodia*

(Eng. Diplodia stalk rot)

Nomi del Patogeno: *Diplodia maydis*, *Stenocarpella maydis*.

Tipo di Patogeno: fungo presente sui residui colturali (stocco, tutoli, cariossidi cadute).

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna in forma di picnidi sui residui colturali dell'anno precedente. I picnidi producono le spore che sono diffuse dalla pioggia e dal vento. L'infezione avviene principalmente attraverso il colletto, il mesocotile e le radici e causa i sintomi sul culmo.

Distribuzione: diffusa in tutto il mondo in aree temperate o caldo-umide.

Importanza economica: nei primi decenni del ventesimo secolo in USA era il maggior patogeno, attualmente è di minore importanza. Finora in Italia non si segnalano problemi rilevanti.

Altre specie suscettibili: nessuna.

Prevenzione e lotta: la rotazione colturale contiene lo sviluppo della malattia, così come l'aratura e l'interramento dei residui colturali su cui svernano le strutture fungine. In caso di appezzamenti fortemente colpiti si consiglia una raccolta anticipata. Gli ibridi in commercio hanno mostrato differente suscettibilità alla malattia.

Sintomatologia

Plantule: possono appassire.

Culmo: dopo diverse settimane dalla fecondazione i nodi basali sono di color bruno-paglierino, spugnosi e si schiacciano facilmente. Il midollo imbrunisce e si decompone mettendo in evidenza i vasi fibrovascolari. Il sintomo più caratteristico consiste nella presenza, al di sotto dei nodi basali, di numerosi picnidi subepidermici, minuti, di colore bruno scuro o nero.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MARCIUME DELLE RADICI E DEL CULMO DA *Fusarium* / *Gibberella*

(Eng. *Fusarium* stalk and root rot; *Gibberella* stalk root)

Nomi del Patogeno: *Fusarium verticillioides*, *F. graminearum* (*Gibberella zeae*, forma sessuata di *F. graminearum*), *Fusarium culmorum*, *Fusarium* spp.

Tipo di Patogeno: fungo presente sui residui colturali, nella granella e nel suolo.

Ciclo vitale e trasmissione: i *Fusarium* sp. svernano in strutture simili a clamidospore sui residui colturali o come micelio sulla granella. Vengono prodotti conidi che possono raggiungere varie parti della pianta grazie al vento ed agli schizzi di pioggia. Lesioni di insetti (Piralide) e danni di agenti atmosferici (grandine) favoriscono l'infezione. *Gibberella* sverna in forma di periteci sui residui colturali dell'annata precedente. Dai periteci si diffondono, tramite vento e pioggia, le ascospore ed i conidi. Le infezioni avvengono a livello delle radici, a livello del culmo attraverso lesioni e traumi oppure attraverso le setole, maggiormente suscettibili da 2 ai 6 giorni dalla loro emissione. Le infezioni sono favorite da clima fresco e umido dopo la fioritura.

Distribuzione: diffuso in tutto il mondo. La forma sessuata *Gibberella* è più frequente nelle aree e nelle annate più fresche e umide.

Importanza economica: gli attacchi precoci possono influenzare negativamente la produzione, in particolare per la ridotta resistenza del culmo ad agenti atmosferici (vento, pioggia), possibile causa di numerosi stroncamenti delle piante.

Altre specie suscettibili: diverse specie coltivate e non coltivate tra cui numerosi cereali quali frumento, orzo, avena, riso.

Prevenzione e lotta: corrette pratiche agronomiche (concimazioni bilanciate, irrigazioni tempestive, interrimento dei residui colturali e rotazioni) riducono il rischio di infezione. Il trattamento della semente previene gli attacchi alle plantule. La corretta scelta di ibridi permette di limitare efficacemente la malattia: le resistenze del culmo ai marciumi sono uno dei caratteri principali di selezione nel miglioramento genetico. Inoltre, ibridi con buona resistenza meccanica dello stocco diminuiscono il rischio di stroncamenti, mentre in ibridi con buona tolleranza agli attacchi di piralide è inferiore il numero di lesioni attraverso cui può avvenire l'infezione.

Sintomatologia

Radici: marciume corticale.
Plantule: presentano appassimenti.
Foglie: il colore diventa di un verde più chiaro con presenza di muffa bianca negli stadi più avanzati dell'infezione.
Culmo: esternamente si notano decolorazioni a livello dei nodi basali, mentre internamente si sviluppa il micelio di colore biancastro o in seguito leggermente rosato. Il midollo interno si decompone e il culmo può collassare.

FUSARIUM



(Agricola 2000)



(M. Bertolini)

GIBBERELLA



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MARCIUME RADICALE E DEL CULMO DA *Pythium*

(Eng. Pythium root and stalk rot)

Nomi del Patogeno: *Pythium* spp.

Tipo di Patogeno: vi sono almeno 14 specie del genere *Pythium* presenti nel terreno e nei residui colturali che causano il marciume di radici e culmo.

Ciclo vitale e trasmissione: questi funghi svernano nel terreno e nei residui colturali come micelio od oospore (in grado di sopravvivere nel suolo per diversi anni). Vengono prodotti sporangi che rilasciano zoospore mobili nell'acqua le quali raggiungono, casualmente o per l'azione attrattiva dovuta agli essudati radicali, le radici, il seme o i tessuti dei germinelli. Sia il micelio sia le spore germinate infettano le plantule attraverso le radici: il fungo progredisce verso il culmo sviluppandosi entro o fra le cellule. All'interno dell'ospite si può completare il ciclo sessuale del fungo con la produzione di oospore svernanti. Le infezioni sono legate alla presenza di acqua libera nel terreno, tipicamente in condizioni di ristagno idrico prolungato. A differenza di altri marciumi del culmo quello causato da *Pythium* può avvenire nel periodo precedente la fioritura.

Distribuzione: in tutte le aree maidicole del mondo, in particolare in zone umide soggette a ristagno idrico.

Importanza economica: il marciume radicale provoca danni di una certa gravità nei terreni asfittici, poco drenati, compattati e freddi. In questi casi si può notare una moria di piante giovani con le conseguenti fallanze. Il marciume del culmo da *Pythium* è meno comune e si sviluppa anch'esso in zone umide e di ristagno, ma a temperature più elevate. In tali casi il danno economico è dovuto all'allettamento precoce delle piante.

Altre specie suscettibili: molte specie erbacee.

Prevenzione e lotta: fondamentale è la semina in terreni ben drenati e livellati, in modo da non permettere ristagni idrici nella coltura. Il terreno deve essere ben preparato in condizioni di non eccessiva umidità e con temperature non eccessivamente basse. L'utilizzo di trattamenti fungicidi alla semente (in particolare i prodotti sistemici) permette di ridurre l'incidenza del marciume radicale.

Sintomatologia

Radici: si notano piccole lesioni bruno giallastre, inizialmente sulle radici primarie e in seguito anche sulle avventizie. Le radici colpite diventano nere e necrotiche. Plantule: a volte la parte aerea manifesta ingiallimenti, avvizzimenti e crescita stentata. Il marciume può causare la morte delle giovani piante colpite.

Culmo: i sintomi si manifestano sul primo internodo sopra la superficie del suolo. Il culmo diventa molle, pieno d'acqua, imbrunisce e collassa. Nella zona d'infezione si nota una caratteristica contorsione dei tessuti.

Le piante colpite possono rimanere in salute per un lungo periodo fino a che non sono interessati i fasci vascolari.



(CIMMYT)



(CIMMYT)

PERONOSPORA COMUNE (CRAZY TOP)

(Eng. Crazy Top)

Nomi del Patogeno: *Sclerophthora macrospora*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nel terreno e nelle acque stagnanti.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna come oospore sia sui residui colturali sia nel suolo. In zone e in periodi di ristagno idrico, le oospore germinano e si formano zoospore natanti che infettano il centro di accrescimento e di sviluppo della pianta normalmente allo stadio di seconda-terza foglia. La diffusione sistemica del fungo nella pianta provoca uno sbilanciamento ormonale che causa i sintomi di fillodia caratteristici (trasformazioni delle parti florali in foglie) sugli organi riproduttivi.

Distribuzione: diffusa in tutto il mondo.

Importanza economica: i danni sono poco rilevanti perché, in genere, colpisce poche piante.

Altre specie suscettibili: la presenza del patogeno è stata riscontrata su oltre 140 specie di graminacee tra le quali avena, frumento, sorgo e riso.

Prevenzione e lotta: provvedere a un buon drenaggio del terreno, evitando di lasciare zone del campo con acque stagnanti. Non effettuare irrigazioni per aspersione in fase di levata utilizzando acque di ristagno che potrebbero ospitare il patogeno.

Sintomatologia

Le piante in generale presentano accestimento anomalo e rachitismo.

Foglie: quelle superiori si presentano clorotiche, arrotolate e contorte

Pennacchio: caratterizzato da parziale o completa fillodia, il pennacchio si trasforma in una compatta massa di strutture fogliari, chiamata appunto "crazy top" (cima pazzo).

Spiga: in caso di attacchi precoci della peronospora vi è una possibile presenza di fenomeni di fillodia simili a quelli riscontrabili sul pennacchio.



(A. Marocco)



(A. Marocco)

RUGGINE COMUNE DEL MAIS

(Eng. Common rust)

Nomi del Patogeno: *Puccinia sorghi*.

Tipo di Patogeno: fungo presente sui tessuti verdi delle piante ospiti.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sopravvive durante la stagione invernale solo nelle zone tropicali o subtropicali in forma di spore. In tali zone il ciclo del fungo coinvolge due ospiti (*Zea mays* e *Oxalis* spp.) e cinque stadi sporigeni. Le spore, una volta germinate, infettano le piante del genere *Oxalis* sulle quali si completa il ciclo sessuale del patogeno con l'ulteriore produzione di spore trasportate dal vento sulle piante di mais. Nelle zone temperate il fungo non sopravvive al periodo invernale e non infetta l'ospite alternativo ma raggiunge il mais tramite le spore sessuate prodotte nelle zone tropicali e trasportate dal vento a grandi distanze. Sul mais si susseguono diversi cicli di riproduzione vegetativa del fungo in forma di uredospore, con la produzione a fine stagione delle spore svernanti (teliospore). Le temperature fresche (comprese fra 16 e 23°C) e l'elevata umidità diurna e notturna sono le condizioni ideali per la germinazione e l'infezione. Questa, sul mais, avviene nel periodo compreso fra la fase di pre-fioritura fino alla maturazione latteo-cerosa, in particolare sui tessuti fogliari più giovani.

Distribuzione: il ciclo si completa solo nelle aree tropicali o sub tropicali ma le spore sono portate dalle correnti d'aria in tutte le aree maidicole del mondo dove avviene il ciclo vegetativo del patogeno.

Importanza economica: la malattia può svilupparsi comunemente su tutti i tipi di mais ma i danni più significativi si osservano su mais dolce. Annate con lunghi periodi ad alta umidità relativa (vicina al 100%) e temperature fresche (16-23°C) sono le più favorevoli allo sviluppo della malattia. Nelle nostre zone raramente gli attacchi sono significativi sul mais in primo raccolto. L'eventuale danno è da ricondursi alla ridotta superficie fotosintetizzante, in particolare quando sono colpite le foglie sopra la spiga.

Altre specie suscettibili: teosinte, *Tripsacum* (fase vegetativa) e *Oxalis* spp. (fase sessuata).

Prevenzione e lotta: nel germoplasma maidicolo è conosciuta una resistenza specifica alla *P. sorghi* codificata da diversi geni dominanti (Rp). Sono anche note resistenze di tipo quantitativo che riducono la gravità della malattia. Il trattamento della pianta con fungicidi è economicamente conveniente solo per il mais dolce nelle zone dove la malattia ha un'elevata incidenza.

Sintomatologia

Foglie: su entrambe le pagine fogliari si notano piccole pustole polverulente, circolari o allungate, inizialmente di colore bruno (nella fase di produzione di uredospore) e in seguito bruno-nerastre quando la pianta si avvia alla maturazione e si formano le teliospore.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

2. Carboni e marciumi della pianta e della spiga

CARBONE COMUNE DEL MAIS

(Eng.Common smut)

Nomi del Patogeno: *Ustilago maydis*, *U. zeae*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nel terreno.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sopravvive nel suolo in forma di spore resistenti (teliospore), vitali fino a 2-3 anni. Queste possono essere trasportate direttamente verso le piante dal vento oppure possono germinare sviluppando sporidi che successivamente infettano i giovani tessuti delle piante in accrescimento. Le infezioni generalmente si sviluppano attraverso ferite o parti danneggiate della pianta e, occasionalmente, anche attraverso le setole. Il fungo stimola l'accrescimento tumorale delle cellule intorno alla parte infetta; vengono prodotte caratteristiche galle che in seguito si rompono e rilasciano un'enorme quantità di spore nere che serviranno da inoculo per le annate successive. Lo sviluppo del carbone è favorito da andamento climatico asciutto e da temperature comprese fra 26 e 34°C. Lesioni traumatiche da grandine e insetti favoriscono l'infezione del patogeno.

Distribuzione: in tutte le zone maidicole del mondo.

Importanza economica: la malattia è particolarmente dannosa quando colpisce le piante giovani, comunque le perdite produttive variano da ambiente ad ambiente (fino ad arrivare ad un massimo del 20%). Successivamente a danni da grandine in pre-floritura la malattia si può diffondere più facilmente, aumentando il rischio di perdite produttive soprattutto nella coltivazione di mais dolce e nei campi di produzione seme.

Altre specie suscettibili: è conosciuto solo il teosinte.

Prevenzione e lotta: evitare danni meccanici sulle piante durante le operazioni colturali (es. sarchiatura) e tenere sotto controllo i danni da insetti per evitare le lesioni che favoriscono le infezioni. Le concimazioni bilanciate riducono la gravità della malattia favorita da eccessivi apporti di azoto. Gli ibridi in commercio possono mostrare una diversa sensibilità alla malattia anche se le condizioni ambientali sono più direttamente correlate all'intensità del suo sviluppo. Nel mais dolce (dove il danno è economicamente più rilevante) sono disponibili cultivar resistenti.

Sintomatologia

I sintomi, di facile riconoscimento, si possono manifestare su tutte le parti della pianta, a partire da giovani tessuti meristemati.

Si formano tumori (galle), dapprima rivestiti di una membrana verdognola o bianco-argentea che, in seguito, appare di colore grigio scuro. La parte interna di tali tumori diventa nera a causa dello sviluppo di una massa polverulenta di spore color bruno-olivastro o nero. Le galle sulla spiga sono le più evidenti ed, a completo sviluppo, possono raggiungere dimensioni fino ai 15cm di diametro. Il tumore può svilupparsi anche sul pennacchio con i sintomi finora descritti. Sulle foglie le galle si manifestano vicino alla nervatura centrale e restano di piccole dimensioni, s'induriscono, si seccano e non emettono spore. Si generano in questi casi delle distorsioni fogliari e degli ingiallimenti intorno alle galle.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

CARBONE DELLE INFIORESCENZE MASCHILI E FEMMINILI

(Eng. Head smut)

Nomi del Patogeno: *Sphacelotheca reiliana*, *Ustilago reiliana*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nel terreno.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna nel terreno in forma di teliospore che possono sopravvivere fino a 3 anni. In condizioni di adeguata temperatura (21-28°C) ed umidità medio bassa del suolo le spore germinano. L'infezione avviene tramite ife che penetrano nelle radici delle plantule. La malattia ha uno sviluppo sistemico all'interno della pianta. I sintomi si manifestano al momento della fioritura sulle infiorescenze sia maschili sia femminili, dove si sviluppano caratteristici sori che si rompono, emettendo le spore che si diffonderanno nuovamente nel terreno come inoculo per le annate successive.

Distribuzione: in molte aree maidicole del mondo, in particolare nelle aree calde e secche.

Importanza economica: i danni sono dovuti principalmente alla mancata produzione di polline da parte dell'infiorescenza maschile, problema più rilevante nei campi di produzione seme. Anche la mancata produzione di granella sulla spiga può causare perdite rilevanti ma solo in casi di forte attacco. Nelle zone maidicole italiane la malattia è difficilmente riscontrabile.

Altre specie suscettibili: sorgo da granella, sorgo zuccherino, sorghetta (il fungo presenta alcune razze specifiche per l'ospite che non si trasmettono ad altre specie).

Prevenzione e lotta: la semina anticipata permette l'emergenza delle plantule in condizioni di temperatura inferiore a quella necessaria allo sviluppo delle ife infettive. Ibridi con un buon vigore di partenza possono sfuggire all'infezione delle giovani piante. La corretta concimazione azotata riduce l'intensità della malattia (più severa in condizioni di carenza di azoto). La concia della semente con prodotti sistemici è in grado di ridurre l'incidenza della malattia. Sono disponibili diverse fonti di resistenza nel germoplasma del mais.

Sintomatologia

Questa malattia si manifesta solo con lo sviluppo delle infiorescenze maschili e femminili: in precedenza si nota soltanto un leggero rachitismo della pianta e una maggiore tendenza a produrre polloni.

Pennacchio: si osserva una crescita inusuale con malformazioni. Si formano delle strutture sporigene nere, chiamate sori, rivestiti di una sottile parete contenente la massa di spore nere. In seguito alla rottura dei sori, con la conseguente diffusione delle spore, rimane visibile la massa di fasci vascolari scuri (sintomo specifico che differenzia questa malattia dal carbone comune). I sori si manifestano, in genere, solo su alcune spighe del pennacchio ma, a volte, possono invadere anche intere ramificazioni dello stesso.

Spighe: assumono una forma tondeggiante e non sviluppano le setole ma una massa di teliospore; in seguito alla loro diffusione si osserva la massa di fasci vascolari inattivi e di colore scuro.



(ISTA)



(ISTA)

MARCIUME DA *Macrophomina phaseolina*

(Eng. Charcoal rot)

Nomi del Patogeno: *Macrophomina phaseolina*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nel suolo.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna in forma di sclerozi nel suolo e può rimanere vitale per diversi anni. In condizioni calde e siccitose il fungo penetra nelle radici delle piante giovani e colonizza la parte basale del culmo nella fase finale di crescita della pianta. A volte il patogeno, non necessariamente lo stesso presente nel culmo, può causare marciumi sulla spiga.

Distribuzione: nelle aree maidicole ad ambiente caldo e secco, specie in zone con presenza di altre colture ospiti come la soia e sorgo.

Importanza economica: la malattia non si presenta nell'ambiente maidicolo italiano caratterizzato da temperature del terreno inferiori a 37°C (optimum per lo sviluppo del fungo) e da frequenti irrigazioni. La malattia è problematica solo in zone secche e aride. I danni economicamente rilevanti sono in particolare dovuti ad allettamento e stroncamento pre-raccolta.

Altre specie suscettibili: il parassita ha una vasta cerchia di ospiti tra cui il sorgo, la soia e alcune infestanti del mais.

Prevenzione e lotta: nelle zone irrigue la malattia è facilmente tenuta sotto controllo con opportune irrigazioni nei periodi siccitosi. Gli ibridi che mostrano resistenza o tolleranza ad altri marciumi del culmo, come *Gibberella* e *Diplodia*, permettono un adeguato controllo verso la *M. phaseolina*

Sintomatologia

I sintomi si manifestano a partire dalla fioritura. Nella fase iniziale sono assimilabili a quelli di altri marciumi del culmo (*Diplodia*, *Gibberella*, *Fusarium*).

Radici: estirpando la pianta si notano lesioni bruno-nere.

Foglie: quelle superiori presentano un inusuale avvizzimento e, tipicamente, si possono osservare minuti sclerozi neri, più abbondanti sulla superficie della foglia e vicino ai canali vascolari.

Culmo: negli internodi basali, durante la maturazione, si nota, sezionando longitudinalmente il culmo, una colorazione scura di tipo carbonioso del midollo e dei fasci vascolari (in seguito sfibrati) dovuta allo sviluppo degli sclerozi. Tale marciume può causare l'allettamento e lo stroncamento basale delle piante.

Spiga: alla raccolta la granella mostra striature nere al di sotto del pericarpo e si sgrena facilmente, evidenziando gli sclerozi scuri sulla superficie. Le spighe sono più leggere.



(CIMMYT)



(CIMMYT)



(CIMMYT)

3. Marciumi della spiga e della granella.

MARCIUME DELLA SPIGA E DELLA GRANELLA DA *Aspergillus*

(Eng. Storage rot)

Nomi del Patogeno: *Aspergillus flavus*, *A. parasiticus*, *A. glaucus*, *A. niger*.

Tipo di Patogeno: fungo presente nel terreno e nella materia organica in decomposizione.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna come saprofita nel terreno e nella materia organica. Le spore (conidi) sono disseminate dal vento e dagli insetti e possono raggiungere le sete attraverso le quali avviene l'infezione del seme. Condizioni persistenti di temperature elevate e clima siccitoso sono favorevoli allo sviluppo della malattia.

Distribuzione: in tutte le aree maidicole del mondo specie nelle annate calde e siccitose.

Importanza economica: le perdite produttive dirette dovute alla granella danneggiata sono di scarsa importanza. Danni fisici sulla granella dovuti ad insetti o ad agenti atmosferici aumentano la probabilità di invasione del fungo. I funghi del genere *Aspergillus* sono produttori di micotossine: in particolare, *A. flavus* e *A. parasiticus* producono aflatossine e *A. niger* produce ocratossine e fumonisina B2, metaboliti secondari pericolosi per diverse specie animali e per l'uomo (cfr. pag. 71 Micotossine). Il problema diventa assai rilevante nelle annate calde e asciutte favorevoli allo sviluppo del fungo (es. in Pianura Padana nel 2003 e nel 2012) e quando la granella viene stoccata con umidità superiore o uguale al 15%.

Altre specie suscettibili: la granella immagazzinata dei cereali e di altre colture erbacee è potenzialmente suscettibile.

Prevenzione e lotta: La corretta e tempestiva irrigazione evita lo stress idrico che è condizione favorevole alla proliferazione dei funghi in campo. Inoltre, la raccolta deve essere effettuata con umidità della granella non inferiore al 22-24%. Per evitare lo sviluppo del fungo nella massa immagazzinata bisogna insilare la granella con umidità non superiore al 14%, areare la massa o refrigerare. Alcune fonti di resistenza genetica sono sufficienti a controllare la malattia, sebbene lo sviluppo del marciume sia fortemente influenzato dalle condizioni ambientali.

Sintomatologia

Spiga: sulla granella colpita si nota lo sviluppo di muffe di aspetto polverulento di colore verde-bruno o giallo-verde (nere per *A. niger*), ben visibili sulla corona e fra le cariossidi. La malattia si sviluppa dalla parte apicale della spiga verso quella basale. Nel mais immagazzinato le forti infestazioni causano decolorazioni e masse calde di granella ammuffita.



(Purdue University)



(M. Bertolini)

MARCIUME DELLA SPIGA E DELLA GRANELLA DA *Diplodia*

(Eng. Diplodia ear rot)

Nomi del patogeno: *Diplodia maydis*, *Stenocarpella maydis*, *D. zeae*.

Tipo di patogeno: fungo presente sui residui colturali (stocco, tutoli, semi caduti).

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna in forma di picnidi sui residui colturali dell'anno precedente. I picnidi emettono le spore che sono diffuse dalla pioggia e dal vento. L'infezione ha luogo principalmente attraverso il colletto, il mesocotile e le radici causando i sintomi sul culmo. Per quanto concerne il marciume della spiga l'infezione può avvenire attraverso il peduncolo, le brattee e le setole, in particolare nelle tre settimane successive alla fioritura. Periodi secchi nelle prime fasi vegetative, seguiti da un periodo umido dopo la fioritura, sono condizioni favorevoli per lo sviluppo della malattia.

Distribuzione: diffusa in tutto il mondo in aree temperate o caldo umide.

Importanza economica: nei primi decenni del ventesimo secolo in USA era il maggior patogeno del mais, attualmente è di minore importanza. In Italia non si segnalano problemi rilevanti.

Altre specie suscettibili: non sono segnalate.

Prevenzione e lotta: la rotazione colturale contiene lo sviluppo della malattia, così come l'aratura e l'interramento dei residui colturali su cui svernano le strutture fungine.

In caso di appezzamenti fortemente colpiti si consiglia una raccolta anticipata. Gli ibridi in commercio hanno mostrato una discreta tolleranza alla malattia correlata con la tolleranza a *Gibberella*.

Sintomatologia

Spiga: l'attacco fungino inizia normalmente a partire dal peduncolo. Le brattee colpite assumono un colore biancastro-paglierino. L'infezione si muove dall'interno verso il tutolo con la crescita di tessuto fungino bianco e cotonoso fra la granella. Le spighe gravemente infette sono molto più leggere della norma. Spesso i semi possono pre-germogliare.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MARCIUME DELLA SPIGA E DELLA GRANELLA DA *Fusarium*

(Eng. Fusarium ear rot; Fusarium kernel rot)

Nomi del Patogeno: *Fusarium verticilloides*, *F. graminearum*, *Fusarium* spp.

Tipo di Patogeno: fungo presente sui residui colturali, nella granella e nel suolo.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna in strutture simili a clamidospore sui residui colturali, o come micelio sulla granella. Sono prodotti microconidi e macroconidi che possono raggiungere le varie parti della pianta grazie al vento e agli schizzi di pioggia. Lesioni di insetti (Piralide) e danni di agenti atmosferici (grandine) favoriscono l'infezione. Il fungo penetra principalmente attraverso le sete della spiga.

Distribuzione: diffuso in tutte le aree maidicole del mondo.

Importanza economica: la malattia può causare un calo produttivo e, soprattutto, un deterioramento della qualità della granella per la presenza di cariossidi ammuffite con un possibile contenuto elevato di micotossine (fumonisine), metaboliti secondari del fungo pericolosi per diverse specie animali e per l'uomo (cfr scheda Micotossine). La manifestazione dei sintomi in campo non è correlata al contenuto di fumonisine che possono essere presenti anche in granella senza sintomi della malattia. *Fusarium* è il fungo più presente sulla spiga nella maiscoltura italiana.

Altre specie suscettibili: numerose specie coltivate e non coltivate.

Prevenzione e lotta: corrette pratiche agronomiche (concimazioni bilanciate, irrigazioni tempestive, interrimento dei residui colturali e rotazioni) riducono il rischio di infezione. Si è osservata, tramite l'infezione artificiale sulle cariossidi e sulle sete, la diversa tolleranza alla malattia di linee ed ibridi di mais. Lo spessore elevato del pericarpo della granella e la tessitura più vitrea dell'endosperma sono caratteri che sembrano contrastare l'infezione fungina (sia direttamente sia per la minor presenza di danni da insetti). Per limitare i problemi qualitativi e sanitari della granella si consiglia di non ritardare le raccolte per evitare di lasciare il mais in campo nei momenti più favorevoli alla produzione di fumonisine.

Sintomatologia

Spiga: sviluppo di micelio cotonoso biancastro, con tenui sfumature rosa sui singoli semi o su aree più o meno limitate della spiga. Negli attacchi tardivi si osservano striature bianche sul pericarpo della granella.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MARCIUME DELLA SPIGA E DELLA GRANELLA DA *Gibberella*

(Eng. Gibberella ear rot).

Nomi del Patogeno: *Gibberella zeae* (forma sessuata di *F. graminearum*).

Tipo di patogeno: Fungo presente sui residui colturali.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna in forma di periteci sui residui colturali dell'annata precedente. Dai periteci si diffondono, tramite vento e pioggia, le ascospore. Le infezioni avvengono a livello delle radici, a livello del culmo attraverso lesioni e traumi oppure attraverso le setole, maggiormente suscettibili da 2 a 6 giorni dopo la loro emissione. Le infezioni sono favorite da clima fresco e umido dopo la fioritura.

Distribuzione: in tutte le aree maidicole del mondo in cui è presente anche *Fusarium*. La forma sessuata *Gibberella* è più frequente nelle aree e nelle annate più fresche e umide.

Importanza economica: Il marciume sulla spiga può causare un calo produttivo e, soprattutto, un deterioramento della qualità della granella sia per la presenza di semi ammuffiti sia per il possibile contenuto di micotossine (Zearalenone, DON), metaboliti secondari del fungo pericolosi per diverse specie animali e per l'uomo (cfr. scheda Micotossine).

Altre specie suscettibili: diverse specie tra cui i cereali, frumento, orzo, avena, riso.

Prevenzione e lotta: riducono il rischio di infezione le pratiche agronomiche come l'interramento dei residui colturali, le rotazioni, le concimazioni bilanciate, irrigazioni tempestive, la raccolta tempestiva (anche per non favorire la produzione micotossine). E' stata scoperta una diversa tolleranza a *Gibberella* delle linee di mais e delle successive combinazioni ibride; dal punto di vista morfologico le spighe con le brattee aderenti alla granella sono più predisposte anche a tale marciume.

Sintomatologia

Spiga: la malattia si manifesta a partire dalla parte apicale della spiga e procede verso la base. Si nota la progressiva formazione sulla granella e sulle brattee di un micelio fungino, inizialmente biancastro, che in seguito assume una caratteristica colorazione da rosa-salmone a bruno-rosastro. Nelle infezioni precoci può essere interessata l'intera spiga a cui aderiscono strettamente le brattee sulle quali possono formarsi periteci nero-bluastrì.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MARCIUME DELLA SPIGA E DELLA GRANELLA DA *Nigrospora*

(Eng. Nigrospora ear rot)

Nomi del Patogeno: *Nigrospora oryzae*, *Khushia oryzae*.

Tipo di Patogeno: fungo presente sui residui colturali e nel suolo.

Ciclo vitale e trasmissione: il patogeno sverna come conidi (molto resistenti agli agenti atmosferici) sui semi e sui residui colturali infetti della pianta o nel suolo. Le spore infettano le piante giovani o le spighe.

Distribuzione: diffuso in tutte le aree maidicole del mondo con temperature elevate.

Importanza economica: la malattia compare occasionalmente e non causa danni di rilevanza economica.

Altre specie suscettibili: pomodoro, riso, sorgo.

Prevenzione e lotta: i trattamenti fungicidi alla semente controllano efficacemente lo sviluppo della malattia. La rotazione colturale, l'aratura e l'interramento dei residui colturali su cui svernano le strutture fungine sono pratiche agronomiche sufficienti per il controllo del patogeno.

Sintomatologia

Culmo: in stagione avanzata si manifestano superficialmente lesioni nere e piccole macchie.

Spiga: si presenta leggera con il tutolo sfibrato e annerito da una massa scura di spore.

Granella: si sgrana facilmente e presenta decolorazioni sulla corona. La parte apicale del seme vicina al tutolo presenta annerimenti dovuti alle spore fungine.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MARCIUME DELLA SPIGA E DELLA GRANELLA DA *Penicillium*

(Eng. *Penicillium ear rot*)

Nomi del Patogeno: *Penicillium oxalicum*, *Penicillium spp.*

Tipo di Patogeno: fungo presente nel terreno e su altre specie ospiti.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna nel suolo o su altre specie erbacee. I conidi sono prevalentemente distribuiti dal vento e dalle gocce di pioggia e infettano la spiga tramite lesioni già presenti (e spesso dovute ad insetti). Sulla spiga avviene una seconda sporulazione che causa i sintomi caratteristici.

Distribuzione: in tutte le aree maidicole del mondo a temperature elevate.

Importanza economica: le perdite economiche sono direttamente correlate alle condizioni climatiche nel periodo di maturazione e raccolta, alla presenza di lesioni e fratture della granella (spesso dovute a insetti) e all'umidità di raccolta della granella. Nella massa in conservazione, l'umidità della granella superiore al 15% e aumenti di calore accrescono i danni dovuti alla malattia. Inoltre i funghi di tipo *Penicillium* producono micotossine (ocratossine), metaboliti secondari pericolosi per diverse specie animali e per l'uomo (cfr. scheda Micotossine).

Altre specie suscettibili: un ampio numero di piante erbacee.

Prevenzione e lotta: in campo è importante un corretto controllo degli insetti (piralide) che possono danneggiare la granella favorendo l'infezione. In caso di condizioni favorevoli alla diffusione della malattia (elevata umidità dell'aria) nel periodo di riempimento e maturazione della granella, la trebbiatura deve essere tempestiva ed evitare microfratture per limitare le successive infezioni del patogeno. La granella deve essere tempestivamente essiccata ad un tasso di umidità inferiore al 15% e la massa in conservazione deve essere adeguatamente ripulita da pula, frammenti colturali, cariossidi infette e deve essere periodicamente arieggiata. Alcune linee selezionate da materiale centro-americano hanno trasferito agli ibridi una certa resistenza al *Penicillium*. La completa copertura della spiga da parte delle brattee e il pericarpo spesso della cariosside sono caratteri che conferiscono una discreta tolleranza all'infezione.

Sintomatologia

Spiga: durante i primi stadi dell'infezione si nota un imbrunimento della granella. Successivamente si osserva una muffa verde o verde-bluastro sulla parte apicale del seme o sul tutolo della spiga.

Granella: in generale le cariossidi mostrano decolorazioni e striature. Le spore che si sviluppano sotto il pericarpo e nell'embrione danno origine al caratteristico "occhio-blu", dovuto alla colorazione sintomatica delle cariossidi invase dal fungo.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MARCIUME DELLA SPIGA E DELLA GRANELLA DA *Trichoderma*

(Eng. Trichoderma ear rot)

Nomi del Patogeno: *Trichoderma viride*.

Tipo di Patogeno: fungo.

Ciclo vitale e trasmissione: il fungo sverna in forma conidica, anche per alcuni mesi, nei residui colturali del mais o di altre graminacee e di materiali cellulosici. Allo stadio di maturazione latteo-cerosa, in condizioni di stress prolungato e di temperature elevate i conidi, originatisi dal micelio, infettano e danneggiano le spighe intere di mais.

Descrizione del patogeno: conidiofori ialini con molte ramificazioni; conidi ialini, ovoidali, formanti piccoli grappoli.

Distribuzione: Americhe, Europa, Africa, Asia, Oceania.

Importanza economica: il marciume sia sulle spighe sia sullo stocco è raro e di secondaria importanza.

Altre specie suscettibili: diverse specie erbacee fra cui soia e pomodoro.

Prevenzione e lotta: il fungo si trova comunemente nel terreno; i trattamenti della semente con fungicidi controllano la malattia.

I trichodermi sono funghi comuni che mediante iperparassitismo limitano la crescita di patogeni fungini in particolare nell'apparato radicale.

Sintomatologia

In generale lo sviluppo della pianta è più contenuto.

Radici: marciumi.

Stocco: marciumi.

Spiga: assume colore verdastro ed è sovente quasi completamente ricoperta dal fungo.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



LE MICOTOSSINE

Le micotossine sono sostanze naturali prodotte da alcuni funghi, in grado di causare effetti tossici, acuti o cronici, sugli animali e sull'uomo. Lo sviluppo fungino e la formazione di micotossine possono avvenire sia in campo, sulla pianta, che nelle successive fasi di conservazione. Oltre alla pericolosità dovuta alla possibile produzione di micotossine, lo sviluppo delle muffe nelle derrate alimentari provoca fenomeni di impaccamento nei silos e riduzione quantitativa e soprattutto qualitativa del valore alimentare.

La produzione di micotossine è connessa alla crescita fungina e dipende da alcuni fattori rilevanti, ad esempio l'umidità (acqua libera, a_w), la temperatura, la natura del substrato, gli attacchi di insetti, lo stress della pianta (siccità) o i danni meccanici alle cariossidi.

Una volta prodotte, le micotossine possono persistere per lungo tempo dopo la crescita vegetativa e la morte del fungo.

Attualmente sono note più di 300 micotossine e sono stati individuati parecchi generi di funghi, principalmente *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, ai quali appartengono specie produttrici di micotossine. I principali funghi responsabili della produzione di micotossine sono riportati in tabella 1.

Tabella 1 - Principali funghi tossigeni responsabili della produzione di micotossine nel mais.

FUNGHI	MICOTOSSINE PRODOTTE
Genere <i>Aspergillus</i>	
<i>A. flavus</i>	Aflatossine B ₁ , B ₂ , Acido ciclopiazonico
<i>A. parasiticus</i>	Aflatossine B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂
<i>A. ochraceus</i>	Ocratossina A, Citrinina, Acido penicillico
Genere <i>Fusarium</i>	
<i>F. graminearum</i> , <i>F. culmorum</i> ,	Tricoteceni (Deossinivalenolo, Nivalenolo,
<i>F. poae</i> , <i>F. sporotrichioides</i>	Diacetossiscirpenolo, T-2, HT-2), Zearalenone
<i>F. verticillioides</i>	Fumonisine
(<i>F. moniliforme</i>),	
<i>F. proliferatum</i>	
Genere <i>Penicillium</i>	Ocratossine
<i>P. verrucosum</i>	

Le micotossine nel mais.

Il mais è ospite idoneo per l'infezione da parte di tre importanti funghi micotossigeni: *Fusarium graminearum*, *F. verticillioides* (ex *F. moniliforme*), accompagnato in misura limitata da *F. proliferatum*, e *Aspergillus flavus*. Si tratta di funghi responsabili della presenza delle tossine più diffuse nel mondo, rispettivamente deossinivalenolo (DON) e zearalenone (ZEA), fumonisine (FB) e aflatossine (AFB). La rilevanza pratica dei diversi funghi e delle relative micotossine è variabile con gli ambienti e gli anni, ma *F. verticillioides* e le fumonisine sono le più importanti per il mais nell'ambiente italiano. Le fumonisine rappresentano un problema quasi tutti gli anni, DON e ZEA lo rappresentano occasionalmente, come pure le aflatossine. Livelli elevati di fumonisine sono facilmente riscontrabili, mentre per l'aflatossina il superamento dei limiti di legge è solitamente limitato. Le ragioni di queste differenze vanno ricercate principalmente nelle caratteristiche dei funghi, in particolare nelle loro esigenze termiche e di umidità. Passando da *F. graminearum* a *F. verticillioides* e *A. flavus*, le esigenze termiche aumentano, mentre quelle in umidità diminuiscono. Quindi la presenza di questi funghi è in stretta relazione con l'andamento meteorologico. Il clima svolge un ruolo fondamentale nel determinare la presenza delle micotossine in quanto influisce sullo sviluppo e sull'attività metabolica dei funghi produttori e in particolare, temperatura, pioggia e umidità dell'aria sono i fattori principali. Le condizioni meteorologiche, però, non agiscono solo in modo diretto sul ciclo biologico dei funghi, ma possono anche agire indirettamente mettendo la coltura in condizioni di stress. Le piante indebolite, o comunque in condizioni non ottimali, sono più suscettibili agli attacchi dei patogeni. Infine, in condizioni di stress anche i funghi stessi vengono indotti alla produzione di metaboliti secondari tossici.

I principali funghi micotossigeni.

F. verticillioides è l'agente del marciume rosa della spiga del mais. I sintomi si manifestano nella parte apicale della spiga con una muffa quasi bianca con tenui sfumature rosa; col passare del tempo la muffa si diffonde sulle rosure della piralide. Sintomi simili si presentano con l'infezione di *F. proliferatum*. E' frequente trovare cariossidi asintomatiche. Questi *Fusaria* si conservano principalmente nei residui colturali e l'infezione della spiga può avvenire attraverso le sete o attraverso le ferite, e in questo la piralide svolge un ruolo



Spighe di linee pure di mais resistenti (in alto a sinistra) e suscettibili (in basso) all'infezione artificiale con *Fusarium verticillioides*.

(A. Marocco)

importante. E' stato infatti dimostrato il benefico effetto dei trattamenti contro questo insetto nel contenere la presenza di fumonisine nelle cariossidi, anche se i risultati non sono sempre ottimali, molto variabili fra gli anni.

L'accumulo di tossine è favorito dalle condizioni di stress della pianta, siano esse dovute alla concimazione azotata non equilibrata, all'eccessiva densità di semina, alla presenza di infestanti e allo stress idrico, dovuto all'andamento stagionale ed accentuato dalla coltivazione in terreni sabbiosi. Nelle annate più fresche e piovose si può sviluppare su mais *F. graminearum*, patogeno più tipico del frumento. La temperatura ottimale per la crescita delle specie di *Fusarium* tossigeni e per la sintesi delle principali fusariotossine (fumonisine, tricoteceni, zearalenone) è diversa tra le diverse specie: i *Fusarium* produttori di fumonisine richiedono temperature tendenzialmente più elevate rispetto a quelli produttori di zearalenone e tricoteceni.

A. flavus sviluppa muffe di aspetto polverulento di colore giallo – verde o verde – bruno ben visibili sulla spiga, ma non frequenti. Si conserva nei residui vegetali e l'infezione delle cariossidi può avvenire dal canale stilare, dalla zona del pedicello o attraverso ferite; il ruolo della piralide nelle infezioni da *A. flavus* non sembra così rilevante come per *Fusarium*. Contenuti elevati in aflatossine sono stati osservati in condizioni di stress idrico. La temperatura minima e massima per la produzione di aflatossine è di 8 e 42°C, mentre quella ottimale è intorno a 30°C; questo spiega perché le aflatossine vengano più frequentemente rilevate in località e stagioni con elevate temperature ed umidità relativa.

Penicillium spp. produce una muffa verde o verde – bluastra sulla parte apicale o sul tutolo della spiga. Nel prodotto conservato si sviluppa il tipico "occhio blu" (blue eye) dovuto alla colorazione sintomatica delle cariossidi invase dal fungo. *P. verrucosum* cresce solo a basse e medie temperature e quindi può essere presente principalmente nel mais coltivato nelle regioni temperate del Nord e Centro Europa e del Canada.

Tossicità delle micotossine.

Le micotossine sono in grado di produrre effetti tossici acuti, cancerogeni, mutageni, teratogeni, estrogeni, immunodepressori, ecc.; evidenziano diversi tipi di tossicità in dipendenza della dose, dell'organo interessato, del sesso, dell'età e della specie; quelle più diffuse e pericolose per la salute, sono: aflatossine, ocratossina A, fumonisine, tricoteceni (in particolare il deossinivalenolo), zearalenone e patulina (tabella 2), tutte riscontrabili nel mais ad eccezione dell'ultima.

Tabella 2 - Principali effetti tossici di alcune micotossine potenzialmente presenti nel mais.

MICOTOSSINA	EFFETTO TOSSICO
Aflatossina B ₁	Genotossico, cancerogeno, epatotossico, immunosoppressore negli animali
Fumonisin B ₁	Neurotossico, cancerogeno, citotossico negli animali e nell'uomo
Ocratossina A	Nefrotossico, teratogeno, immunosoppressore, cancerogeno
Tricoteceni	Immuno-soppressore, dermatotossico, emorragico (particolarmente nei suini)
Zearalenone	Estrogeno-simile (particolarmente nei suini)

In termini di tossicità acuta, le micotossine presentano un rischio maggiore rispetto a contaminanti antropici, residui di pesticidi e additivi alimentari. Per quanto riguarda i rischi cronici, specialmente il cancro, le micotossine sono state classificate al primo posto tra i rischi alimentari. L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha collocato l'aflatossina B₁ in classe 1 (sicuro cancerogeno per l'uomo), la fumonisin B₁ e l'aflatossina M₁ in classe 2B (possibile cancerogeno per l'uomo). L'Unione Europea ha fino ad oggi fissato limiti massimi per le aflatossine negli alimenti ad uso umano (tabella 3) e zootecnico; per quanto riguarda deossinivalenolo, zearalenone e fumonisine, sono stati pubblicati i Regolamenti 1181/2006, 1126/2007 e 165/2010 che hanno fissato limiti negli alimenti per l'uomo (tabella 4). L'aflatossina M₁ è meno tossica della B₁ ma poichè è contenuta in alimenti consumati in abbondanza dalla popolazione giovane e più a rischio, i limiti fissati per la contaminazione da M₁ sono molto bassi (0,025 - 0,050 µg/kg).

Tabella 3 - Livelli massimi di aflatossine previsti da regolamenti CE n. 1881/2006 e 165/2010.

PRODOTTI	Contenuti massimi ammissibili*		
	B ₁	B ₁ +B ₂ +G ₁ +G ₂	M ₁
Mais da sottoporre a cernita o ad altro trattamento fisico prima del consumo umano o dell'impiego quale ingrediente di prodotti alimentari	5,0	10,0	
Cereali (compreso il grano saraceno) e prodotti derivati, destinati al consumo umano	2,0	4,0	—
Alimenti per lattanti e alimenti per il proseguimento	0,10		0,025
Latte (latte crudo, latte destinato alla fabbricazione di prodotti a base di latte)	—	—	0,050

*I valori sono espressi in µg/kg

Tabella 4 - Livelli massimi di Fusaria tossine previsti per i cereali e loro derivati dal regolamento CE n. 1126/2007

Prodotti	*DON	*ZEA	*FB1+FB2
Cereali diversi da frumento duro, avena e mais	1250		
Frumento duro, avena e mais	1750		
Cereali destinati al consumo umano diretto		75	
Mais non lavorato, ad esclusione di quello destinato alla molitura umida		350	4000
Mais destinato al consumo umano diretto			1000
Cereali da colazione a base di mais e snacks a base di mais		100	800
Baby food o cibo per bambini a base di mais		20	200
Farine di mais con particelle ≥ 500 µm non utilizzate per il consumo umano diretto	750	200	1400
Farina di mais con particelle ≤ 500 µm non utilizzate per il consumo umano diretto	1250	300	2000
Farine di cereali diversi dal mais		75	
Pane, pasticcini, biscotti, snaks e cereali da colazione	500	50	
Pasta (secca)	750		
Prodotti a base di cereali per neonati e bambini	200	20	

*I valori sono espressi in µg/kg

Ruolo delle tecniche agronomiche per prevenire l'accumulo di micotossine.

Le condizioni meteorologiche della zona di coltivazione determinano il rischio di presenza delle micotossine in mais, come nella maggior parte delle colture, ma l'agrotecnica è in grado di modificarne il livello. Quindi attualmente questa rappresenta uno strumento di prevenzione della crescita dei funghi e della produzione di tossine in mais che, in un prossimo futuro, si auspica sarà affiancato da ibridi resistenti.

Le operazioni agronomiche idonee a contenere l'accumulo di micotossine eseguibili in pre-raccolta sono diverse.

Contenimento degli insetti.

I mezzi più efficaci per contenere l'accumulo di micotossine riguardano il controllo degli insetti. Le larve degli insetti creano una via d'accesso per l'infezione e contribuiscono alla disseminazione dell'inoculo, soprattutto per le fusariosi. In particolare è stato rilevato l'effetto dell'attacco delle larve di *Ostrinia nubilalis* e di *Sesamia nonagrioides* sullo sviluppo di *F. verticillioides*.

La correlazione esistente tra l'attacco da parte di insetti e l'infezione da parte di specie di *Fusarium* suggerisce che gli ibridi di mais geneticamente modificati con il gene Bt (*Bacillus thuringiensis*), per la resistenza agli insetti, potrebbero contrastare l'accumulo di micotossine. Gli ibridi Bt mostrano, infatti, un accumulo di fumonisine decisamente inferiore rispetto agli ibridi di mais convenzionali in condizioni in cui è favorito lo sviluppo della piralide. Tuttavia, in alcuni ambienti è stato rilevato che l'efficacia di tali ibridi nel ridurre l'accumulo di aflatossina è modesta. La scarsa efficienza degli ibridi Bt nel contrastare l'accumulo di aflatossine si può attribuire ad altri specifici fattori ambientali: per esempio, lo stress idrico ha un'influenza maggiore rispetto all'attacco degli insetti nel promuovere l'accumulo di aflatossine.

Scelta degli ibridi, dell'epoca di semina e di raccolta.

L'epoca di semina ha un'influenza significativa sull'accumulo di micotossine. In particolare, un anticipo della semina si traduce, generalmente, in un minor rischio di accumulo di micotossine, benché fluttuazioni climatiche possano vanificarne l'efficacia. Le semine comprese tra marzo e la prima o la seconda decade di aprile, rispettivamente per gli areali occidentali e quelli centro-orientali della pianura padano-veneta, consentono di conseguire bassi livelli di tossine. I rischi di alte contaminazioni aumentano nel caso in cui vengano seminati tardivamente ibridi a ciclo lungo rispetto a ibridi più precoci sia per la stagione più avanzata in cui avviene la maturazione sia per la maggiore durata della stessa. Infatti la crescita delle muffe e l'accumulo delle tossine sono maggiori tanto più è prolungato il periodo di maturazione. Ne consegue che il ritardo della raccolta influenza negativamente la sanità della granella sia per le aflatossine sia per le fusaria-tossine. Il ritardo della raccolta è sovente ricercato per ottenere una granella meno umida e contenere così i costi di essiccazione; non è quindi infrequente imbattersi in campi lasciati maturare oltre le condizioni ottimali di raccolta in genere comprese tra il 22 e il 26% di umidità.

In generale, le raccolte anticipate garantiscono un prodotto di sanità superiore. Infatti, seppure influenzato dall'andamento meteorologico, il contenuto in fumonisina B₁ aumenta ritardando il momento della raccolta, in particolare negli ibridi più tardivi che mantengono per maggiore tempo condizioni di umidità della granella favorevoli alla crescita dei Fusaria.

Le densità di semina elevate (superiori a 8 piante/m²) favoriscono, in annate piovose, la crescita di *F. verticillioides* e di *F. graminearum* e determinano un aumento del tenore in fumonisina B₁, zearalenone e DON.

Concimazione azotata.

Apporti ridotti ed eccessivi di azoto hanno evidenziato un aumento del rischio di contaminazione da fumonisine. Negli anni più freschi, le infezioni da *F. graminearum* e le conseguenti contaminazioni da zearalenone, sono positivamente influenzate anche da modesti apporti azotati. In generale, apporti azotati compresi tra 200 e 300 kg/ha consentono di mantenere livelli bassi di tossine.

Per le aflatossine i maggiori valori sono stati riscontrati in assenza di concimazione azotata come riportato da diversi autori.

Irrigazione.

È stata più volte messa in luce la relazione tra stress idrico e contaminazione da aflatossine: il contenuto di aflatossine è maggiore dove lo stress idrico è più accentuato. L'effetto delle carenze idriche è meno evidente sulle Fusaria-tossine; l'eccesso idrico e le annate fresche rallentano la maturazione e inducono lo sviluppo di *F. graminearum* con il conseguente accumulo di ZEA e DON.

Avvicendamento e lavorazioni del suolo.

Non sono stati riscontrati evidenti effetti attribuibili alla presenza di residui colturali di mais sul suolo, sia nei confronti della infezione da *A. flavus* che di *Fusarium* spp. La capacità infettiva dei Fusaria si mantiene sui residui per quasi 2 anni anche quando sono interrati ad una profondità di oltre 30 cm. I dati fino ad ora disponibili per i nostri areali maidicoli non consentono di stabilire con certezza l'effetto positivo della precessione colturale con frumento, orzo, barbabietola e soia rispetto alla monosuccessione. La diffusione della coltura sul territorio determina una ampia disponibilità di inoculo fungino che può diffondersi tra campi diversi vanificando l'eventuale effetto positivo delle rotazioni.

La gestione del post-raccolta

L'accumulo di micotossine può proseguire dopo la raccolta se le condizioni rimangono idonee allo sviluppo del fungo, in particolare, dato che la temperatura spesso si mantiene nell'intervallo utile per i funghi, l'umidità della granella deve essere inferiore al 15%.

Raccolta ed essiccazione.

Le operazioni di raccolta e le successive operazioni di essiccazione devono essere effettuate tempestivamente; brevi intervalli di tempo tra la raccolta e l'essiccazione della granella eliminano la proliferazione secondaria dei funghi. L'essiccazione artificiale della granella arresta lo sviluppo dei funghi e la produzione di micotossine: un contenuto di umidità uniforme della granella pari al 14% e temperature degli impianti di conservazione prossime o inferiori a 20° C, prevengono lo sviluppo dei funghi.

Per quanto riguarda il mais insilato, il contenuto di tossine è, in genere, basso perché la raccolta avviene in un periodo che precede il loro accumulo; tuttavia eventuali tossine già presenti nell'insilato non sono degradate durante l'insilamento.

Cariossidi danneggiate.

I danni fisici della granella (rotture e fessurazioni) sono tra gli elementi che più favoriscono l'attacco dei funghi, promuovendo così le contaminazioni post-raccolta; è quindi necessaria un'opportuna regolazione delle mietitrebbie per ridurre le rotture e per eliminare dal prodotto le cariossidi ammuffite, spesso dotate di un peso specifico inferiore. Questi accorgimenti, tuttavia, non sono sufficienti ad eliminare completa-

mente le contaminazioni. Infatti, anche la granella integra può contenere significativi livelli di micotossine.

Anche la pulitura della granella attuata in fase di caricamento dell'essiccatoio e delle successive movimentazioni dagli impianti di stoccaggio ha un'importante azione preventiva; la pulitura permette l'allontanamento del prodotto alterato (granelli spezzati, farina e polvere) e l'abbattimento delle micotossine in genere presenti nella granella ammuffita o danneggiata dagli attacchi degli insetti. Questi ultimi vengono controllati durante lo stoccaggio, sia agendo sulla temperatura e l'umidità della granella sia con trattamenti chimici.



Cariossidi di mais sottoposte a radiazione UV; le cariossidi colpite da *Aspergillus flavus* appaiono fluorescenti nel campione in basso, rispetto a quelle sane e non fluorescenti (P. Battilani)



MALATTIE CAUSATE DA BATTERI

AVVIZZIMENTO E SECCUME BATTERICO DA CLAVIBACTER (GOSS'S WILT)

(Eng. Goss's Wilt)

Nomi del Patogeno: *Clavibacter michiganensis* subsp. *Nebraskensis*.

Tipo di Patogeno: batterio presente nei residui colturali e in piante infestanti ospiti.

Ciclo vitale e trasmissione: il batterio sverna nei residui colturali infetti e in altre piante ospiti; penetra nel mais attraverso danni meccanici causati da grandine, vento e pioggia battente (e in alcuni casi attraverso gli stomi). Studi recenti in Nebraska hanno mostrato la possibile trasmissione anche attraverso seme infetto. Il mezzo comune di diffusione sono le gocce di pioggia ma *Clavibacter* può sopravvivere e diffondersi attraverso le acque utilizzate per irrigazione. Le piante di mais possono essere infettate nelle diverse fasi vegetative e la malattia è favorita da condizioni piovose e da alte umidità relative.

Distribuzione: aree centro-occidentali degli USA; per ora non segnalata in Europa.

Importanza economica: le prime segnalazioni di questa malattia risalgono al 1969 nel Nebraska; gradualmente si è diffusa in tutto il "corn belt" colpendo ibridi tradizionali ma, soprattutto, il mais dolce (zuccherino) e quello da pop-corn. La gravità della malattia è legata direttamente ai danni meccanici causati da grandine e vento in zone dove si pratica l'irrigazione.

Altre specie suscettibili: diverse foraggere, coda di topo, canna da zucchero, sorgo zuccherino.

Prevenzione e lotta: la rotazione e l'interramento tempestivo dei residui colturali permettono di controllare lo sviluppo della malattia. Vi sono differenze di suscettibilità nelle diverse linee e nei relativi ibridi. In alcune è stata scoperta una resistenza genetica al patogeno: gli ibridi derivati da tale materiale sono il mezzo più efficace per evitare i danni del *Clavibacter*.

Sintomatologia

In generale si nota uno sviluppo rallentato della pianta con appassimenti e sintomi simili a quelli causati da *Erwinia stewartii*.

Foglie: appaiono delle macchie grigie o grigio-giallastre, parallele alle nervature, con margini ondulati o irregolari, che possono contenere inizialmente alcune striature traslucide. Con l'avanzare della malattia le lesioni possono estendersi a gran parte della foglia e fondersi: si osservano al loro interno delle "lentiggini" appuntite di colore più scuro (differentemente dai sintomi causati da *E. stewartii*). Sulla foglia possono anche comparire alcune goccioline di essudato batterico.

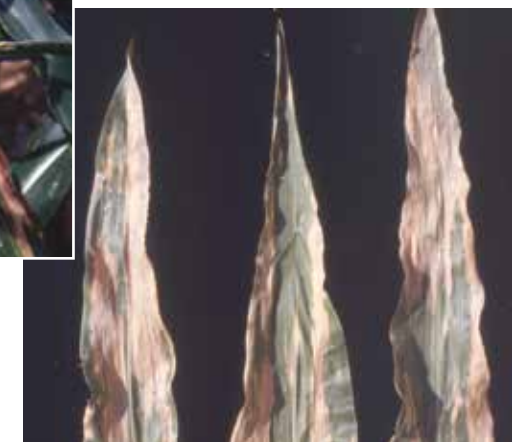
Culmo: i sintomi si manifestano in tutti gli stadi di sviluppo con la presenza di marciume decolorato; sezionando trasversalmente il culmo, fuoriesce dai fasci vascolari un essudato batterico color aranciato.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

AVVIZZIMENTO BATTERICO DA *Erwinia stewartii*

(Eng. Stewart Bacterial Wilt)

Nomi del Patogeno: *Pantoea stewartii*, *Erwinia stewartii*.

Tipo di Patogeno: batterio trasmesso dall' insetto *Chaetocnema pulicaria* (altica del mais).

Ciclo vitale e trasmissione: il batterio sverna all'interno dell'apparato digerente dell'adulto dell'altica del mais. L'adulto in primavera, pungendo le prime foglie emesse dal mais, provoca l'infezione. Successivamente la malattia, sistemica, procede verso lo stocco e nell'apice vegetativo. Gli insetti della generazione successiva riacquiscono il batterio pungendo piante infette e lo portano per il resto del loro ciclo vitale. Gli inverni miti favoriscono la sopravvivenza dell'altica e di conseguenza la successiva trasmissione della malattia in primavera.

E' stata dimostrata (anche se più rara) la trasmissione della malattia attraverso i semi.

Distribuzione: malattia comune nel Nord e Centro America ma segnalata in diverse parti del mondo dove è presente il vettore (anche in Europa). Per evitare la diffusione epidemica in zone maidicole indenni viene comunemente richiesta, nel certificato fitosanitario che accompagna l'importazione di mais, l'assenza di semi infetti o la provenienza da area indenne.

Importanza economica: i danni maggiori si manifestano nelle varietà di mais zuccherino anche se vi sono alcune linee di mais tradizionale più suscettibili alla malattia. Nel "corn belt" degli USA è stata la malattia batterica economicamente più rilevante fino alla prima metà del XX secolo. Attualmente con l'utilizzo di ibridi moderni e varietà resistenti i danni sono notevolmente diminuiti e si presentano solo in alcune particolari annate sul mais dolce.

Altre specie suscettibili: canna da zucchero, miglio, setaria, sorgo, teosinte e *Tripsacum*.

Prevenzione e lotta: la previsione di annate più o meno favorevoli allo sviluppo della malattia si basa sul calcolo delle temperature dei mesi invernali, quando la sopravvivenza dell'insetto vettore è favorita da clima mite. Trattamenti insetticidi contro l'altica sono possibili ma economicamente sconsigliati. Negli ibridi tradizionali la selezione di tipi tolleranti permette un buon controllo della malattia, soprattutto negli stadi d'infezione precoce. Nel mais dolce, in zone dove la malattia è presente, è necessario utilizzare cultivar che portano la resistenza genetica alla malattia. Eccesive concimazioni azotate e fosfatice possono aumentare la suscettibilità alla malattia, mentre alti livelli di Ca e K la riducono.

Sintomatologia

Le infezioni precoci producono sulle foglie lesioni verde pallido-gialle, umide, a margini irregolari e che corrono lungo le nervature. In seguito le foglie diventano gialle color fuoco e avvizziscono. L'infezione sistemica procede nella pianta causando rallentamenti di crescita, appassimenti e mortalità delle giovani piante o delle piante adulte di alcune varietà di mais dolce. Le piante colpite possono emettere prematuramente infiorescenze maschili pallide e non vitali. Sezionando longitudinalmente lo stocco si notano necrosi e marcescenza dei canali vascolari (inodore, a differenza di *E. carotovora*), con fuoriuscite di masse batteriche giallastre. Nel midollo si notano anche delle cavità dovute alla disgregazione dei tessuti infetti.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MARCIUME BATTERICO DEL CULMO DA *Erwinia carotovora*

(Eng. Bacterial stalk rot)

Nomi del Patogeno: *Erwinia chrysanthemi* pv. *zeae*, *E. carotovora* f. sp. *zeae*.

Tipo di Patogeno: batterio presente nei residui colturali (stocchi).

Ciclo vitale e trasmissione: il batterio sverna come saprofita sui residui delle colture ospiti lasciati sulla superficie del terreno (in particolare nello stocco). Nel periodo primaverile-estivo (dalla fase di levata fino alla fioritura) il batterio penetra nella pianta attraverso gli stomi e le lesioni sul culmo e le foglie causate da agenti meccanici, atmosferici o da insetti. Temperature superiori ai 30°C, scarsa ventilazione, piogge o irrigazioni per asperzione sono condizioni favorevoli allo sviluppo della malattia. Il batterio non si diffonde alle piante vicine e la malattia si manifesta, quindi, su singoli individui sparsi all'interno dell'appezzamento.

Distribuzione: nelle aree maidicole temperato-caldo umide, in particolare nelle zone dove si pratica irrigazione per asperzione con acque stagnanti provenienti da laghi, bacini artificiali, serbatoi.

Importanza economica: il danno è dovuto al collasso della pianta nella parte superiore all'internodo colpito. Il marciume batterico del culmo è più significativo e distruttivo nelle aree umide dove il mais è irrigato per asperzione. In queste zone la malattia è sempre presente con un basso tasso di incidenza, anche se in alcune annate sono stati riportati danni fino al 10-15%.

Altre specie suscettibili: diverse specie erbacee.

Prevenzione e lotta: si raccomanda l'interramento dei residui colturali che possono ospitare il batterio. Nelle zone dove è comune l'irrigazione per asperzione è opportuno evitare l'utilizzo di acque stagnanti.

Pur essendo stata individuata in alcuni materiali una certa tolleranza verso questo marciume, attualmente non vi sono programmi specifici di miglioramento vista la bassa incidenza della malattia.

Sintomatologia

Culmo: inizialmente si nota una decolorazione a livello del nodo colpito o della guaina fogliare. Successivamente uno o più internodi sopra il terreno si presentano di colore bruno, intrisi di acqua, molli, viscidati e afflosciati. Col procedere della malattia i tessuti colpiti, a differenza del marciume batterico da *E. stewartii*, emanano uno sgradevole odore (che ricorda quello di uova marce): in questo stadio la parte della pianta situata appena sopra all'internodo colpito può collassare ed è facilmente rimovibile con le mani dal resto del culmo.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

MALATTIE CAUSATE DA VIRUS E FITOPLASMI

ARROSSAMENTO DEL MAIS "STOLBUR"

(Eng: Maize Redness-MR)

Nomi del patogeno: *fitoplasma del gruppo "Stolbur"*.

Tipo di Patogeno: fitoplasma trasmesso dal cicadellide *Reptalus panzeri*.

Ciclo vitale e trasmissione: il ciclo della malattia coinvolge il mais e il grano grazie all'agente dell'infezione la cicadella *Reptalus panzeri*. Gli adulti infetti migrano, verso la metà di giugno, dal grano al mais dove si manifestano i sintomi tipici della malattia; ai primi di agosto gli adulti depongono nel terreno le uova dalle quali, intorno ai primi di ottobre, si sviluppano le ninfe che si nutrono dei residui colturali del mais. Verso la metà di ottobre le ninfe di terza generazione sono in grado di acquisire il fitoplasma e di trasmetterlo al grano.

Distribuzione: nei Paesi dell'Est Europa; recentemente è stata segnalata in Italia (est Pianura Padana).

Importanza economica: i danni economici sono segnalati saltuariamente nei paesi dell'Europa dell'est (Serbia, Romania e Bulgaria) con incidenze molto variabili dal 10 fino al 90% di riduzione della produzione nelle annate con molti danni.

Altre specie suscettibili: grano, infestanti perenni.

Prevenzione e lotta: le pratiche di prevenzione e lotta sono ancora poco sviluppate. L'interruzione della successione mais-grano con una terza coltura in rotazione potrebbe essere una soluzione per contenere i danni da "Stolbur".

Sintomatologia

Quando il mais raggiunge la maturazione lattea si notano i primi sintomi: striature violacee sulle foglie più alte lungo la nervatura centrale, sui bordi ed a volte anche sulle guaine e sugli internodi; le setole non sono perfettamente sviluppate e la spiga è ridotta con poche cariossidi. I sintomi successivi sono l'avvizzimento e il rapido disseccamento delle foglie e delle altre parti della pianta che può anche morire prematuramente.



(J. Jovic')



(Bojan Duduk)

MOSAICO CON NANISMO DEL MAIS (MDMV)

(Eng. Maize dwarf mosaic virus)

Nomi del Patogeno: MDMV (sottogruppo del SCMV: Sugar Cane Mosaic Virus).

Tipo di Patogeno: RNA-virus a singolo filamento portato e trasmesso da oltre 20 specie di afidi tra i quali *Rhopalosiphum maydis* e *Schizaphis graminum*, ma trasmissibile, in alcuni casi, anche meccanicamente o attraverso il seme.

Ciclo vitale e trasmissione: il virus sopravvive in piante ospiti alternative ed è trasmesso dagli afidi (sia adulti sia negli stadi giovanili) che lo ospitano in primavera dopo averlo assunto da piante infette. Dopo l'acquisizione non è richiesto alcun periodo di latenza, ma il virus può essere immediatamente trasmesso ad altre piante tramite le punture dell'insetto. Le piante sono colpite generalmente negli stadi iniziali di sviluppo e, in caso di presenza di infestanti ospiti (sorghetta), anche nel periodo di fioritura del mais. Lo sviluppo della malattia è favorito dall'elevata presenza di afidi, di piante ospiti infestanti e da temperature fresche nelle fasi precedenti alla levata.

Distribuzione: in tutte le aree maidicole e in presenza di piante ospiti infestanti.

Importanza economica: i danni molto spesso sono associati a quelli di altri virus che, nel loro insieme, possono causare necrosi e ridurre la produttività del mais. L'infezione precoce che risulta produrre piante sterili o con spighe poco fecondate determina una riduzione produttiva di granella e di biomassa della pianta.

Altre specie suscettibili: sorgo, sorghetta e oltre 200 specie di graminacee spontanee e coltivate.

Prevenzione e lotta: molti studi hanno individuato fonti di resistenza (es. *mdm1* sul cromosoma 6) che sono ampiamente diffuse ed utilizzate nel materiale attualmente in commercio e sono il mezzo più efficace per la prevenzione della virosi. Dal punto di vista agronomico, il corretto controllo delle infestanti graminacee ospiti permette di ridurre notevolmente la possibilità di trasmissione di MDMV. Alcuni insetticidi utilizzati per la concia della semente sono efficaci nel controllo della popolazione degli afidi.

Sintomatologia

In generale i sintomi sono estremamente variabili e si possono osservare su tutte le foglie, sulle guaine e sulle brattee della spiga.

Le foglie mostrano irregolarità nella normale colorazione verde: in controluce le decolorazioni a piccole macchie ricordano la trama di un mosaico. Tale mosaico spesso si estende in strisce strette lungo le nervature. Successivamente, nelle foglie più giovani, si evidenzia una clorosi più diffusa.

Le piante presentano sviluppo ridotto ed a volte la spiga non si sviluppa (piante "barren") o risulta piccola e mal fecondata.

Con l'accrescimento e le temperature più elevate i sintomi diventano meno evidenti.

AFIDI



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

NANISMO GIALLO DELL'ORZO (BYDV)

(Eng. Barley yellow dwarf virus)

Nomi del Patogeno: BYDV.

Tipo di Patogeno: particelle virali costituite da singolo filamento di RNA e trasmesse da afidi vettori (tra cui *Rhopalosiphum padi*, *Rhopalosiphum maydis*).

Ciclo vitale e trasmissione: il virus, durante la stagione autunno-invernale, ha come ospiti principali i cereali autunno vernini e in particolare l'orzo. Quando questi ultimi si avvicinano alla maturazione (prima metà di giugno) gli afidi vettori migrano sulla coltura di mais alla quale trasmettono il virus. In autunno il BYDV è ritrasmesso ai cereali a paglia. Gli insetti senza virus, nutrendosi su piante infette, lo assumono in un periodo compreso fra 30 minuti e 48 ore: il virus passa così dall'apparato boccale dell'afide a quello digerente dove si replica e viene poi trasmesso al sistema salivare. BYDV persiste nel vettore per un periodo di diverse settimane o anche per tutta la vita dell'afide.

Distribuzione: descritto e individuato in tutto il mondo in particolare nelle zone con coltivazioni di cereali vernini.

Importanza economica: in generale il BYDV è il virus più diffuso e importante fra i cereali. Per quanto riguarda il mais non provoca danni economicamente rilevanti, ma la coltura è uno degli ospiti principali nel periodo primaverile estivo.

Altre specie suscettibili: orzo, avena, frumento e numerose graminacee infestanti che ospitano il virus.

Prevenzione e lotta: la larga diffusione del virus su un ampio spettro di specie ospiti rende difficile la previsione sull'eventuale rischio di trasmissione alla coltura di mais. L'eliminazione delle piante infestanti che possono ospitare il virus può ridurre il rischio di infezione. Alcuni insetticidi sistemici utilizzati per la concia del seme sono efficaci nel controllo della popolazione degli afidi. Un diverso grado di suscettibilità al BYDV è stato notato nel materiale genetico utilizzato nelle costituzioni ibridi.

Sintomatologia

Foglie: a partire dalle punte della foglia e lungo i margini si nota una colorazione inizialmente giallastra che vira in seguito verso un colore rosso porpora, soprattutto nelle foglie più vecchie. Questi sintomi, più frequenti su piante in stadio di levata, causano un rallentamento in genere non grave dello sviluppo. Generalmente al momento della fioritura i sintomi scompaiono, tranne nei casi di infezioni precoci in cui le foglie colpite possono disseccare.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

NANISMO RUVIDO DEL MAIS (MRDV)

(Eng. Maize rough dwarf virus; Rio Cuarto disease, MRCV)

Nomi del Patogeno: MRDV (in Europa), MRCV (area Argentina centrale).

Tipo di Patogeno: virus a doppio filamento di RNA trasmesso in natura dai suoi vettori: le cicadella *Laodelphax striatellus* (in Europa) e *Delphacodes kuscheli* (Argentina).

Ciclo vitale e trasmissione: durante la stagione primaverile il virus è assunto dagli insetti vettori attraverso le piante ospiti infette. Le cicadelle migrano sulle piante giovani del mais dove trasmettono MRDV tramite le punture ai tessuti vegetativi. I vettori assumono il virus e, dopo un periodo di latenza di 10-15 giorni, lo possono trasmettere alle altre piante, mantenendo l'infettività per tutta la loro vita. Le femmine della cicadella possono trasmettere il virus alla generazione successiva attraverso le uova.

Distribuzione: in Italia nelle aree al nord del Po (con maggiore diffusione nell'ovest della pianura Padana), nel nord della Spagna e in Provenza, in Argentina (in particolare nella zona intorno al fiume Rio Cuarto), in Cina, in Israele.

Importanza economica: in Italia la malattia è presente con intensità variabile a seconda delle annate, in particolare per la presenza più o meno intensa del vettore, in incremento negli ultimi anni per il divieto all'utilizzo della concia del seme con insetticidi sistemici. Sia in Europa che in Sud America l'utilizzo del germoplasma di provenienza USA (non tollerante per l'assenza del virus in Nord America) ha aumentato l'incidenza del MRDV.

Altre specie suscettibili: frumento, orzo, avena, e altre specie graminacee.

Prevenzione e lotta: utilizzo di germoplasma locale tollerante al virus; linee e ibridi possono avere differente suscettibilità alla cicalina che è attratta da tipi di piante differenti. L'eliminazione di piante infestanti ospitanti il virus può ridurre l'incidenza della virosi. La concia del seme con insetticidi sistemici che persistono nella pianta fino alla fase di pre-levata è in grado di ridurre la popolazione del vettore; trattamenti chimici di pieno campo contro le cicaline si sono dimostrati altrettanto efficaci ma economicamente non convenienti.

Sintomatologia

Stocco: il sintomo più evidente di MRDV è la riduzione dello sviluppo della pianta (internodi molto ravvicinati e poco numerosi, rachitismo) rispetto a quelle vicine non colpite.

Plantule: sulle piante giovani, 1-2 settimane dopo l'emergenza, si nota la formazione irregolare di rigonfiamenti (galle superiori a 2 mm di lunghezza) lungo le nervature centrali della pagina inferiore della foglia. Successivamente tali sintomi si notano sulle guaine fogliari, sulle ligule e sulle brattee delle spighe.

Radici: l'apparato radicale è ridotto fino a più della metà del volume e le radici, grigiastre, presentano lesioni con fessure longitudinali.

Foglie: accrescimento ridotto con raggrinzimento delle nervature a causa delle iperplasie e decolorazione con successivo arrossamento.

Pennacchio: risulta di dimensioni ridotte e sterile nelle infezioni più gravi.

Spiga: la parte apicale è atrofizzata e gli ovuli non sono fertili. Nei casi estremi le spighe sono molto raccorciate e con pochi semi.



(M. Bertolini)



(Prof. P. Grancini)



(M. Bertolini)

DANNI DA FATTORI ABIOTICI

I danni causati da fattori abiotici possono essere dovuti a:

- Fattori ambientali (siccità, eccesso di umidità, gelo, alte o basse temperature, vento, grandine, ecc.).
- Carenze od eccessi di sostanze nutritive presenti nel terreno.
- Sostanze chimiche (prodotti chimici, fertilizzanti, erbicidi, sostanze inquinanti presenti in aria, acqua e suolo).

Vi sono inoltre altre anomalie di sviluppo o di colorazione causate da diversi fattori che interagiscono fra loro.

1. Danni da fattori ambientali

Alte temperature

Le temperature oltre i 38°C provocano l'arresto delle funzioni fisiologiche del mais, in particolare in condizioni di scarsa umidità del terreno e venti caldo-asciutti. I sintomi più evidenti si notano sulle foglie terminali che diventano prima clorotiche, poi si arrotolano e imbianchiscono fino a disseccarsi. Durante l'impollinazione il polline può scoppiare e possono manifestarsi fenomeni di scarsa allegazione o mancata fecondazione delle spighe. Le linee pure e gli ibridi presentano notevoli differenze nella tolleranza alle alte temperature.



(ISTA)

Basse temperature, gelo

Il freddo intenso o il gelo provocano una riduzione delle nascite e, in casi estremi, la morte delle giovani piantine. Fin quando l'apice vegetativo è sotto terra vengono danneggiate solamente le foglie embrionali e la pianta, alla ripresa di adeguate temperature, si sviluppa normalmente. Si possono avere danni sulle giovani piante quando le notti sono piuttosto fredde ($T < 5^{\circ}\text{C}$), serene, con rugiada: il sintomo tipico del danno da basse temperature è la comparsa di bande gialle trasversali su una o più foglie delle giovani piante. In alcune zone dove la coltura del mais viene lasciata in campo fino a tardo autunno (es. con il mais in secondo raccolto) gelate anticipate possono causare il disseccamento delle foglie che assumono una colorazione argentata.



(A. Marocco)

Eccesso di umidità nel terreno

In generale i sintomi causati dagli eccessi di umidità del terreno e dai ristagni di acqua si manifestano nei primi stadi di sviluppo della coltura che vanno dalla semina alla fase di levata. Le piantine fino a 25cm di altezza hanno infatti scarsa tolleranza per i terreni troppo umidi o sommersi: le radici soffrono per la mancanza di ossigeno e, di conseguenza, le foglie basali delle giovani piante diventano gialle e possono morire.



(M. Bertolini)

L'ingiallimento è dovuto anche alla ridotta assimilazione dell'azoto che accompagna spesso l'asfissia radicale. Gli ibridi di mais che emettono le radici avventizie precocemente resistono molto meglio all'umidità elevata del terreno.

Inoltre le piogge battenti, nei terreni a tessitura fine possono provocare, dopo l'asciugatura, la formazione di una crosta molto dura che le piantine in fase di emergenza faticano ad attraversare: in questo caso è tipica la malformazione e l'arricciamento delle foglie embrionali e, in casi estremi, anche una riduzione dell'investimento più o meno accentuata (per la mancata emergenza) se non si riesce ad intervenire tempestivamente con adeguati mezzi meccanici (rompicrosta) o con irrigazioni ad aspersione.

Grandine

Il danno causato da questa idrometeora è facilmente riconoscibile per lo sfilacciamento delle foglie che pendono a brandelli. Nelle prime fasi di sviluppo della coltura si possono avere plantule spezzate: se ciò avviene quando l'apice vegetativo del germoglio è ancora sotto la superficie del terreno il mais può riprendersi normalmente, altrimenti si avranno perdite di investimento della coltura. Nelle fasi successive di sviluppo il danno alle foglie determina una riduzione di superficie fotosintetizzante: se il danno è precoce le nuove foglie emesse saranno in grado di sopperire a quelle danneggiate dalla grandine. In post-fioritura la grandine può danneggiare o rompere i pennacchi, mentre sulle spighe i colpi dei chicchi causano lesioni: la produzione di granella è incompleta e i funghi, in particolare marciumi e carboni, possono infettare più facilmente la spiga. Per la valutazione del danno da grandine si tiene conto del periodo in cui è avvenuto il fenomeno e della percentuale di area fogliare distrutta: cali di produzione sono previsti sia per la produzione granellare sia per la riduzione quali-quantitativa dell'insilato di mais.



(M. Bertolini)

Siccità

Nelle prime fasi di sviluppo della pianta la carenza idrica può essere dovuta ad un letto di semina molto sciolto e grossolano, terreno asciutto e semina superficiale. In tali condizioni le radici secondarie emesse al primo nodo non possono svilupparsi regolarmente e di conseguenza le nascite sono stentate e in condizioni estreme può avvenire la morte delle piantine. Durante lo sviluppo della coltura il tipico sintomo



(M. Bertolini)

(o indicatore) di carenza idrica nelle piante di mais è l'arrotolamento delle foglie superiori, le cui pagine esterne assumono anche colore opaco. Tale arrotolamento è una risposta della pianta che, in carenza di acqua, cerca di limitare la traspirazione stomatica. Nelle piante in stadio più avanzato la siccità si manifesta anche con la riduzione nell'assimilazione dell'azoto, sebbene la concimazione azotata sia sufficiente. Le foglie basali tendono ad ingiallire e ad afflosciarsi lungo il fusto. In condizioni di prolungata siccità l'arresto dello sviluppo è molto appariscente e si possono notare, in particolare sulle parti apicali delle foglie superiori, chiazze irregolari di tessuto necrotizzato di colore bruno o castano. Inoltre la carenza idrica, nel periodo che precede la fioritura, può provocare un diffuso fenomeno di proterandria (anticipo della fioritura maschile rispetto a quella femminile), con conseguenti fenomeni di sterilità, aborti dei fiori, parte apicale della spiga priva di semi e spighe di dimensioni ridotte.

Vento

Il vento può causare diversi tipi di danno durante la fase vegetativa del mais. In aree particolarmente ventose si notano sintomi evidenti sulle parti apicali delle foglie con i margini fogliari che imbianchiscono e poi imbruniscono. Inoltre in tali zone le foglie nelle piante giovani e mature possono sfilacciarsi. I temporali con colpi di vento, in particolare in concomitanza o appena dopo eventi piovosi intensi o irrigazioni, possono generare fenomeni di allettamento e stroncamento prima, durante e dopo la fioritura (vedi in seguito).

2. Alterazioni dovute a fattori di diversa origine

Allettamento

L'allettamento avviene quando piante di mais che hanno uno scarso apparato radicale e poco profondo si inclinano (fino a essere completamente sdraiate al suolo) in seguito a colpi di vento, in particolare con terreno umido per piogge o irrigazioni. Lo scarso apparato radicale può essere dovuto a terreni freddi e saturi d'acqua durante la fase vegetativa oppure a danni da insetti terricoli (Diabrotica) che distruggono le radici. La pianta tende a rialzarsi in seguito all'allettamento e i culmi mostrano il tipico portamento detto "collo d'oca". I diversi ibridi o linee di mais mostrano differente sensibilità al fenomeno dell'allettamento.



(M. Bertolini)

Stroncamento improvviso (Green snap o Brittle corn)

Questi diversi termini anglosassoni sono usati per descrivere la rottura improvvisa, causata da forti venti, dei culmi del mais nelle fasi fisiologiche che vanno dall'inizio della levata alla fioritura e in particolare nello stadio dalla sesta alla quattordicesima foglia. In questo periodo, quando il mais dispone di adeguate sostanze nutritive e di acqua, l'accrescimento è molto veloce, le cellule sono in rapida divisione e le pareti cellulari sono sottili; i tessuti sono quindi più vulnerabili e soggetti a rotture a livello dei nodi, principalmente durante la notte quando le piante sono molto turgide. In situazioni di forte vento le condizioni favorevoli al "Green Snap" sono l'umidità elevata del terreno, alti tassi di azoto e temperature alte. Alcuni ibridi sono meno suscettibili alle rotture e la maggior parte delle ditte sementiere selezionano i materiali più tolleranti. Le perdite produttive sono direttamente proporzionali al numero di piante stroncate.



(M. Bertolini)

Stroncamento del culmo in maturazione

I danni da stroncamento si manifestano generalmente verso la fase di maturazione fisiologica: Il culmo (in genere in seguito a giornate ventose) si presenta piegato, a volte spezzato e in alcuni casi raggrinzito, vuoto dall'interno, con tessuti marcescenti. Lo stroncamento può avvenire ai vari livelli del culmo dagli internodi basali fino al pennacchio. Le cause che lo determinano sono molte e possono interagire fra loro; fra queste ricordiamo danni all'apparato fogliare, la grandine, la siccità, terreni saturi d'acqua, sbilanciato rapporto azoto/potassio, densità molto elevate, danni da insetti (piralide) o da patogeni fungini (es. *Fusarium* e *Gibberella*) Le perdite di produzione sono più o meno severe a seconda dell'entità del danno: le piante spezzate al di sopra della spiga non influiscono sulla produzione, mentre quelle stroncate al di sotto della spiga sono più problematiche da raccogliere con la mietitrebbia e diverse spighe possono rimanere sul terreno.



(M. Bertolini)

Foglie a sigaro

In alcuni casi le foglie, al momento della loro emissione, possono non svolgersi completamente. Esse rimangono avvolte a forma di sigaro (o di foglie di cipolla) e, a volte, sono piegate su un lato. Generalmente dopo una o due settimane si aprono mostrando colorazione giallo chiara e arricciature. Fitotossicità da erbicidi, danni dovuti alla grandine, presenza di insetti (tripidi) possono essere alcune fra le cause del fenomeno; il danno sulla produzione può essere molto variabile a seconda dell'incidenza dell'anomalia anche se, generalmente, le foglie dopo poco si svolgono normalmente.



(M. Bertolini)

Guaine fogliari color porpora

Comunemente dopo la fecondazione sulle guaine delle foglie si formano chiazze irregolari e macchie di diversa grandezza, di color porpora-brunastro. Lo sviluppo di queste macchie può essere dovuto a polline e altro materiale che si deposita tra il culmo e la guaina o anche come conseguenza della produzione di melata da parte di afidi. Queste colorazioni non sono sintomi di alcuna malattia ma compaiono quando si ha formazione di funghi e batteri saprofiti sul materiale depositato sulla pianta: il culmo sotto la guaina non è macchiato né infetto; a volte la guaina purpurea può essere confusa con i sintomi da *Physoderma* che sono però visibili anche sulle foglie.



(M. Bertolini)

Striature e macchie fogliari di natura genetica

Sono numerosi i geni che causano l'anormale colorazione dell'apparato fogliare del mais. Molti sono recessivi semplici; solo pochi sono conosciuti come dominanti. L'anomala colorazione è caratterizzata da striature di color giallo brillante o biancastro con margini diritti, decorrenti per tutta la lunghezza della foglia. Queste striature possono manifestarsi anche solo su un lato della pianta (mutazione chimera) e di solito su poche piante sparse per il campo. In genere queste piante anormali compaiono solo nei campi di selezione e di produzione delle linee pure. In alcuni casi dopo l'emergenza si possono trovare anche delle piante completamente prive di clorofilla (albino) che muoiono dopo breve tempo.



(M. Bertolini)

Culmi senza spiga e arrossamento fogliare

La scarsa fertilità del terreno, la carenza idrica, la densità elevata delle piante, i danni da afidi o da erbicidi, la distruzione di sete da parte di parassiti, la mancata contemporaneità fra la fioritura maschile e femminile possono generare, come estrema conseguenza, piante senza spighe o spighe senza granella. L'accumulo di zuccheri o di altri prodotti della fotosintesi, che non possono quindi essere traslocati nella spiga, provoca l'arrossamento delle foglie e in alcuni casi dei culmi. Le foglie arrossate possono essere inoltre generate dalla rottura della nervatura centrale.



(ISTA)

Sviluppo anormale del pennacchio e della spiga

Durante i primi stadi di sviluppo della pianta di mais, normalmente, si differenziano gli abbozzi florali della spiga e del pennacchio i quali, successivamente, daranno origine ai due organi separati della riproduzione. In alcuni casi si può notare la presenza di infiorescenze miste (maschili e femminili) nella stessa struttura (in genere al posto dell'infiorescenza maschile e più raramente su quella femminile). Tali malformazioni sono presenti soprattutto nei polloni a volte prodotti dal mais oppure sono associate a danni da erbicidi applicati al momento della levata. La presenza di tali infiorescenze anormali può ricordare aspetti evolutivi del mais che si è sviluppato probabilmente da ancestrali che possedevano fiori maschili e femminili sulla stessa infiorescenza.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

Punte delle spighe scoperte

Le punte scoperte delle spighe sono frequenti quando si hanno stress idrici nel periodo dalla levata all'allegagione (in cui si differenziano gli organi riproduttivi della pianta), seguiti da piogge abbondanti e buone condizioni di sviluppo. Nei casi estremi le spighe possono sporgere in parte fuori dall'involucro delle brattee; la copertura delle brattee e la parte apicale della spiga non fecondata sono anche caratteri che si riscontrano in alcuni ibridi in maniera più accentuata di altri anche in condizioni favorevoli. I danni sulla parte apicale delle spighe nel periodo compreso tra la maturazione latte e quella cerosa sono spesso causati da uccelli (corvi o altri) che si nutrono della granella che, in tale stadio, è molto tenera e ricca di zuccheri; i danni sono tipicamente riscontrabili sulle piante ai bordi dei campi e sono più frequenti nei tipi di mais con spighe erette o con la parte apicale non coperta dalle brattee. Al danno diretto si associano anche danni secondari dovuti all'infezione di funghi a partire dalle lesioni causate dai volatili.



(M. Bertolini)

Spighe ascellari

Il peduncolo della spiga è composto da piccoli internodi che attraverso la modificazione fogliare danno origine alle brattee che coprono la spiga. Raramente su questi rudimentali internodi si possono sviluppare delle spighette secondarie (dette appunto "spighe ascellari"), completamente fertili e fecondabili, ma che produrranno poca granella. In generale gli ibridi moderni, attualmente coltivati, di rado mostrano questa anomalia.



(M. Bertolini)

Spighe anormali

1) Ponte piegato

Le punte delle spighe sono piegate con cariossidi mancanti o, se presenti, poco sviluppate, di colore giallo chiaro e tendenti a seccare. Le cause possono essere la siccità, le alte temperature, danni fogliari, carenze di azoto dopo la fioritura.



(M. Bertolini)

2) Granella raggrinzita

Le spighe sono più leggere in quanto costituite da cariossidi raggrinzite che lasciano spazi vuoti tra di loro. Le cause sono da attribuirsi al freddo, alla premorienza delle piante per la siccità, ai danni fogliari, alla grandine dopo la fase latteo-cerosa o alla carenza di potassio.



(M. Bertolini)

3) Spighe piegate (a "banana")

La spiga si piega "a banana" per l'irregolare presenza delle cariossidi dovuta alla parziale o incompleta formazione di alcuni ranghi della spiga per mancanza di fecondazione o aborti. Le cause sono associate alla carenza di azoto, a forte siccità o alla defogliazione dopo l'impollinazione.



(M. Bertolini)

4) Spighe rastremate

Il numero dei ranghi decresce partendo dalla base all'apice della spiga, mentre la sua lunghezza rimane normale. Le cause possono essere il forte stress idrico durante il periodo compreso tra la levata e la fioritura o l'applicazione di particolari erbicidi (Dicamba, 2,4-D, solfoniluree) nella fase di differenziazione degli organi riproduttivi (vedi in seguito)



(M. Bertolini)

5) Sindrome delle spighe smussate

Le spighe sono decisamente corte rispetto alla norma anche se la base è di diametro e numero di ranghi normali; il numero di cariossidi è scarso. Lo stress da elevate temperature durante il periodo critico levata-fioritura o l'applicazione di erbicidi poco prima il periodo della fecondazione possono essere le cause dell'alterazione.



(M. Bertolini)

6) Apici della spiga con cariossidi abortite

Le spighe sono corte e malformate con la parte apicale accorciata e costituita da cariossidi piccole e poco numerose per rango. Le cause possono essere diverse fra cui ricordiamo le severe condizioni di siccità nello stadio compreso fra levata e maturazione latteo-cerosa della granella, la carenza di azoto, l'alta densità di piante.



(M. Bertolini)

7) Parte della spiga incompleta e con poche cariossidi

Si nota la riduzione del numero di cariossidi con irregolarità nei ranghi e cariossidi spargole lungo la spiga che si presenta a volte ricurva. Numerose le possibili cause come la scarsa disponibilità di polline, la proterandria, l'irregolare sviluppo della pianta di mais, le sete danneggiate e tagliate da insetti, i danni da virus e la carenza di fosforo.



(M. Bertolini)

Granella scoppiata e tagli del pericarpo (Silk cut)

Le granelle scoppiate presentano una rottura irregolare del tegumento e dell'endosperma e ricordano un parziale scoppio del pop-corn. Questa anomalia è comune in qualche linea pura ma non negli ibridi di mais. I tagli del pericarpo noti con il termine inglese "Silk cut", si presentano come lesioni trasversali, o fessure nel pericarpo sui lati della cariosside. Entrambe queste fessurazioni possono essere veicolo per infezioni di patogeni.



(M. Bertolini)

Striatura rossa della granella

Le striature rosse del pericarpo (KRS= Kernel Red Streak) si possono estendere dalla base della granella fino alla corona e il loro colore varia dal rosso scuro nelle cariossidi gialle al rosa porporino in quelle bianche. La presenza di questi sintomi è più comune nella parte apicale della spiga, soprattutto quando le brattee non racchiudono completamente le cariossidi. La presenza di tali colorazioni è comunque comune e caratteristica in alcuni tipi di mais.



(M. Bertolini)

3. Sintomi da carenze nutritive

Il seme di mais fornisce sufficienti ed adeguati nutrienti per supportare la germinazione e l'emergenza in assenza di elementi nutritivi. Questi processi non dipendono infatti dalla disponibilità di nutrienti nel terreno e, quindi, l'eventuale sviluppo di piante anomale fino all'emergenza non è da attribuire a particolari carenze nutritive.

I sintomi da carenze nutritive dipendono dalla funzione svolta dai vari elementi, dalla disponibilità e loro mobilità nel terreno e nella pianta e dallo stadio vegetativo del mais. Le carenze nutritive sono difficili da diagnosticare soltanto in base ad osservazioni visive in quanto condizioni climatiche sfavorevoli (o favorevoli), malattie, insetti e diversi altri fattori possono dar luogo a sintomi simili od eventualmente sovrapponibili. La diagnosi di campo, se possibile, dovrà essere confermata da un'analisi chimica delle piante (foglie, culmi e radici) e del terreno.

Carenza di azoto

La carenza di azoto (N) provoca nelle piante di mais allo stadio giovanile una generale decolorazione giallo-verde e la riduzione di diametro dei culmi. Con lo sviluppo delle piante, lungo la nervatura centrale delle foglie basali più vecchie, a livello della zona apicale, si manifesta un ingiallimento a forma di "V". Le spighe possono essere incomplete nella parte apicale; le cariossidi sono più piccole, traslucide, dure e vitree.

La carenza di N si manifesta principalmente:

- nei terreni freddi, umidi e sommersi;
- con la siccità (in particolare nella fase di fecondazione e maturazione);
- nei terreni sciolti, poveri di sostanza organica;
- con abbondanti piogge che dilavano il terreno;
- in mancanza di rotazione con leguminose foraggere e carenza di letame/liquame



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

Per evitare le carenze occorre accertarsi che l'azoto proveniente dalle varie fonti (fertilizzanti, leguminose, letame, liquame, sostanza organica del terreno) sia sufficiente alle esigenze nutritive delle piante in base al tipo di terreno su cui si sviluppa la coltura.

Si consiglia di:

- fornire alla semina un supplemento di N oltre a quello derivante dalla sostanza organica interrata (stocchi, stoppie);
- eseguire la concimazione localizzata alla semina se il terreno è freddo e umido;
- eseguire la concimazione di copertura in periodi non troppo freddi.

Carenza di fosforo

La carenza di fosforo (P) è riscontrabile con maggiore facilità nelle piante giovani. Una carenza leggera di P genera un ritardo di sviluppo delle piante, mentre una carenza più grave genera arrossamenti delle foglie o colorazione porporina ai margini delle stesse. La parte apicale delle foglie diventa bruno scuro e può necrotizzare. Diversi ibridi nei primi stadi vegetativi tendono ad assumere colorazioni simili a quelle rilevabili per carenza di fosforo anche se la concimazione fosfatica è corretta. La colorazione violacea scompare quando la pianta supera lo stadio di 5-6 foglie emesse (40-50 cm). Se la carenza di P persiste durante gli stadi adulti le piante possono essere ridotte in altezza, le spighe sono più piccole, a volte contorte, con ranghi irregolari e non complete riempite nella parte apicale.



(M. Bertolini)

La carenza di P si manifesta principalmente:

- in terreni freddi, troppo umidi o troppo asciutti;
- per bassa disponibilità pedologica, scarsa mobilità dell'elemento, insufficiente concimazione;
- con il limitato sviluppo delle radici nei terreni compatti;
- in seguito a danni alle radici da parte di insetti, erbicidi, attrezzi per le concimazioni localizzate.

Per evitare problemi di carenza si consiglia di:

- eseguire concimazioni a spaglio o localizzate lungo la fila;
- evitare lavorazioni eccessive nella preparazione del letto di semina che possono provocare compattezza del terreno o crosta.

Carenza di potassio

La carenza di potassio (K) nel mais si manifesta inizialmente con sintomi di ingiallimento e successiva necrosi dei margini fogliari ad iniziare dagli apici delle foglie più basse. Il potassio nella pianta è mobile ed è traslocato dalle foglie più vecchie verso quelle più giovani: se la carenza persiste i sintomi diventano visibili su tutta la pianta. Con l'avanzare dello sviluppo le piante possono allettare a causa della ridotta resistenza ai marciumi del fusto. Le spighe delle piante in carenza di K possono essere di dimensioni ridotte, incomplete e malformate. Un'eccessiva concimazione azotata in condizioni di bassa disponibilità di K rende le piante più suscettibili allo stroncamento del culmo.



(M. Bertolini)

La carenza di K si manifesta più facilmente:

- in condizioni che limitano uno sviluppo precoce dell'apparato radicale (suoli asciutti, compatti o danni/marciumi radicali);
- in suoli con ridotto contenuto dell'elemento nutritivo e in suoli sabbiosi;
- in condizioni di minima lavorazione senza interrimento degli stocchi.

Per evitare problemi di carenza si consiglia di:

- somministrare il K secondo le necessità indicate dalle analisi del terreno;
- interrare gli stocchi che contengono la maggior parte dell'elemento;
- effettuare concimazione localizzata alla semina nelle primavere umide e fredde.

4. Danni da fertilizzanti

Bruciature da urea - Con la distribuzione granulare a spaglio dell'urea i granelli che penetrano nel cono vegetativo e vanno a contatto con le foglie provocano disseccamenti nella zona del cono vegetativo e sui margini fogliari. In genere le piante superano facilmente e senza danni queste bruciature da azoto. Prodotti contenenti urea e distribuiti a spaglio o in maniera localizzata alla semina possono provocare, se in eccesso, emergenze irregolari, piegamenti e contorcimenti delle foglie embrionali, sviluppo lento e danni radicali. Questi danni sono dovuti alla formazione di ammoniacca libera nel processo di conversione in azoto ammoniacale.



(M. Bertolini)

5. Danni da erbicidi

L'utilizzo di dosi eccessive di diserbante o la scarsa tolleranza di alcuni ibridi di mais ad alcune molecole erbicide possono causare danni alla piante che manifestano sintomi quali macchie fogliari, colorazioni anomale, accartocciamenti, malformazioni radicali, rachitismi o mancata emergenza. I danni causati da erbicidi sono assai difficili da diagnosticare poiché i sintomi possono essere confusi con quelli causati da malattie, insetti o carenze nutritive; in particolare marciumi radicali in piante appena germogliate sono difficili da attribuire a cause biotiche o abiotiche.

Al fine di ridurre la fitotossicità è molto importante prestare attenzione per ogni erbicida alle seguenti norme generali:

- impiegare il prodotto nelle dosi corrette seguendo le istruzioni prescritte sull'etichetta riguardo a precauzioni e raccomandazioni per l'uso di additivi;
- usare appropriate formulazioni di erbicida in base alla coltura, al suo stadio vegetativo e alle infestanti da combattere;
- applicare l'erbicida in modo uniforme sulla coltura utilizzando appropriate attrezzature ed evitando sovrapposizioni;
- valutare se le condizioni meteorologiche (temperatura, umidità, vento) al momento dell'applicazione sono compatibili con il prodotto utilizzato;
- prestare molta attenzione alla miscela con altri erbicidi;
- gli ibridi e soprattutto le linee pure (nel caso di produzione seme) possono essere diversamente sensibili alle molecole utilizzate;
- prestare attenzione alla semina del mais dopo colture precedenti diserbate con prodotti residuali.

Il diserbo del mais si può classificare in base al momento di applicazione in:

- Diserbo di pre-emergenza: applicazione di erbicida prima dell'emergenza della coltura (e in genere delle infestanti). Vengono utilizzati prodotti anti-germinello per evitare la nascita delle infestanti sensibili. Generalmente per attivare il prodotto sono necessarie piogge (almeno 10 mm) entro 7-10 gg dall'applicazione. Negli ultimi anni si stanno sviluppando molecole di prodotti generalmente utilizzati in pre-emergenza che possono essere applicati in post-emergenza precoce (nei primissimi giorni dopo l'emergenza della coltura).
- Diserbo di post-emergenza: applicazione dell'erbicida con il mais già emerso in uno stadio giovanile indicato sull'etichetta a seconda del prodotto utilizzato. I prodotti sono specifici per una classe di infestanti e agiscono generalmente sulle infestanti già emerse.

Acidi fenossiacetici: 2-4D

(diversi nomi commerciali)

Post-emergenza.

I danni possono manifestarsi quando si applica tardivamente l'erbicida cioè dopo lo stadio di 5 foglie del mais e quando la molecola penetra nel cono fogliare della pianta.

Sintomi: i trattamenti possono causare malformazioni radicali quali radici fulcranti (fusione dei palchi radicali e tra le branche degli stessi) e radici acropete (che si sviluppano verso l'alto). Si notano inoltre danni fogliari e al culmo (malformazioni, distorsioni). Trattamenti che penetrano nel cono fogliare, in special modo in giornate calde, possono causare fragilità del culmo con conseguenti rotture.

Osservazioni: le condizioni climatiche, lo stadio di sviluppo, la sensibilità genetica del mais, il metodo di applicazione sono fattori che determinano eventuali danni dovuti ai trattamenti in post emergenza. Per evitare le rotture dei culmi non intervenire con i lavori colturali (sarchiatura, rincalzatura) durante il periodo appena successivo al trattamento quando le piante risultano più fragili. Con mais alto più di 20 cm evitare l'irrorazione all'interno dell'involuppo fogliare per non colpire l'apice.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

Acidi benzoici: Dicamba.

Post emergenza.

I danni possono manifestarsi quando si applica l'erbicida troppo precocemente o troppo tardivamente rispetto al periodo corretto di sviluppo del mais riportato in etichetta.

Sintomi: sono simili a quelli che si notano per il 2,4-D compreso inviluppo e malformazione delle foglie, culmo molto fragile, sviluppo anormale delle radici (radici fulcranti). La tardiva applicazione dell'erbicida in post-emergenza può interferire anche sullo sviluppo della granella.

Osservazioni: i terreni acidi, sciolti e privi di sostanza organica favoriscono la mobilità del Dicamba con la conseguente accentuazione dei danni che sono più evidenti quando l'applicazione del diserbo viene effettuata prima che le piante abbiano raggiunto 4-6 centimetri di altezza. Non utilizzare nei terreni sabbiosi o poveri di sostanza organica.



(M. Bertolini)

Cloroacetamidi: Alaclor, S-Metolaclor, Acetoclor, Dimetenamide, spesso associati a **terbutilazina.**

Pre-emergenza.

I danni si manifestano soprattutto in seguito a condizioni climatiche fredde e umide prima dell'emergenza e in seguito a periodi molto piovosi.

Sintomi: i primi sintomi visibili sul mais si hanno sui semi germinanti e sulle piantine appena emerse che possono presentare malformazioni delle foglie e rachitismo. Le foglie emesse sono serrate e arrotolate, mentre talvolta, le piantine svolgono le foglie ancora sotto la superficie del terreno. In annate piovose e con terreni sciolti l'erbicida può provocare scarso radicamento e allettamento precoce.

Osservazioni: tali erbicidi contengono dei coformulanti per ridurre la fitotossicità e salvaguardare le piante da danni eventuali.



(M. Bertolini)

Dinitroaniline: Pendimetalin.

Pre-emergenza.

Il danno si può manifestare quando i semi in germinazione vengono a diretto contatto con l'erbicida incorporato nel terreno.

Sintomi: nella coltura di mais sensibile alla molecola si possono osservare mancanza di piante, arresto di sviluppo, disformità di altezza, colorazioni porporine delle foglie e radici accorciate a forma di clava all'estremità.

Osservazioni: quando si usa questo diserbante in pre-emergenza il mais dovrebbe essere seminato almeno a 4 cm di profondità al fine di non avere contatti con i semi germinanti. Danni importanti si possono avere sulle colture seminate subito dopo mais in quanto questa molecola è poco mobile nel terreno e può essere persistente.

Solfoniluree: Nicosulfuron, Prosulfuron, Rimsulfuron, Rimsulfuron + Tifensulfuron metile, Foramsulfuron.

Post-emergenza.

Nel mais il possibile danno da parte di questi erbicidi può essere dovuto sia all'applicazione diretta (applicazione tardiva, dosi eccessive, miscele con altre molecole) sia per i residui rimasti nel terreno nelle precedenti somministrazioni.

Sintomi:

con l'applicazione possono manifestarsi avvizzimenti delle foglie e macchie chiare gialle-bianche nel cono fogliare. Le piante di mais possono diventare rachitiche con internodi accorciati e foglie violacee. Sulle radici i sintomi si manifestano specialmente con marciumi e con la comparsa di malformazioni a collo di bottiglia. Quando l'erbicida viene applicato e penetra nel cono vegetativo in differenziazione si possono verificare malformazioni delle spighe su varietà di mais sensibili.

Osservazioni:

molti ibridi di mais recenti sono stati selezionati affinché la fitotossicità da solfoniluree sia ridotta. Inoltre molte solfoniluree mostrano persistenza nel terreno sufficientemente bassa per i danni ad altre colture in rotazione al mais. Osservare per ogni solfonilurea le istruzioni riguardanti le dosi e lo stadio vegetativo corretto per l'applicazione.



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)



(M. Bertolini)

Tiazadine: Bentazone, Bromoxynil.

Post-emergenza.

Eventuali sintomi di fitotossicità si manifestano in condizioni di forte insolazione e con temperature ed umidità elevate che permettono un rapido assorbimento dell'erbicida da parte del mais.

Sintomi: sulle parti della pianta irrorate con il diserbante si notano aree con clorosi ed eventuale necrosi, mentre le nuove foglie emesse dopo l'applicazione di solito non sono danneggiate.

Osservazioni: la severità del danno su mais può essere influenzata dalle condizioni climatiche durante e dopo l'applicazione. Gli additivi aggiunti al diserbante a volte aumentano in maniera consistente la velocità e l'estensione dell'assorbimento.



GLOSSARIO

Acervulo: aggregazione fruttifera di conidiofori a forma di disco o cuscinetto.

Afidi: superfamiglia di insetti fitomizi compresi nell'ordine dei *Rhynchotha*. Sono dannosi per effetti diretti o per il trasporto di virus.

Aflatossine: serie di metaboliti prodotti da *Aspergillus flavus* e di funghi correlati, tossici per l'uomo e gli animali superiori.

Agamico: asessuale, riproduzione tramite cellule sessualmente non differenziate.

Allettamento: dei culmi, che invece di conservare la posizione eretta tendono a inclinarsi o sdraiarsi orizzontalmente a causa di venti, malattie radicali o attacco di parassiti.

Apice vegetativo: zona della pianta responsabile dello sviluppo e dell'accrescimento e in seguito della differenziazione degli organi produttivi.

Aploide: nucleo (o individuo) con un'unica serie (n) di cromosomi.

Asco: struttura a forma di sacco o di clava, portata da un ascocarpo, contenente ascospore.

Ascospora: spora gamica formatasi in un asco.

Avvizzimento: perdita del turgore o afflosciamento delle foglie per carenza d'acqua; sintomo di alcune malattie che colpiscono il sistema vascolare interrompendo l'assorbimento e la distribuzione dell'acqua.

Barren (left.sterile): piante senza spiga.

Basidio: promicelio corto, a forma di clava, aploide (n) prodotto dai funghi basidiomiceti (compresi carbone e ruggine) e portante le basidiospore.

Basidiospore: spore sessuate aploidi (n) prodotte su un basidio.

Batterio: organismo unicellulare procariote, microscopico, che penetra nei tessuti delle piante attraverso ferite o piccole aperture naturali (stomi).

Biogas: gas combustibile prodotto dalla fermentazione di materiale organico in assenza di ossigeno.

Biomassa: prodotti di origine forestale o agricola (residui compresi) utilizzabili per fini energetici.

Brattea: foglia modificata che ricopre l'infiorescenza femminile del mais (spiga).

Cariosside: frutto secco indeiscente (non si apre a maturazione) e contenente un solo seme, caratteristico delle poaceae (e del mais).

Cicaline (Cicadelle): famiglia di insetti appartenente all'ordine dei Rincoti Omotteri, vettori di alcuni virus o fitoplasmi.

Clamidospora: spora a pareti ispessite o doppie, di origine agamica, formata da cellule del micelio o dalla trasformazione di cellule conidiche.

Clorofilla: pigmenti sensibili alla luce presenti principalmente nelle parti verdi delle piante superiori. Assorbono la luce e trasferiscono l'energia necessaria per la fotosintesi.

Cloroplasto: organelli presenti nelle cellule di organismi vegetali atti alla fotosintesi clorofilliana.

Clorosi: scarsa formazione di clorofilla a causa di squilibri nutritivi o di malattie con conseguente modificazione del colore della pianta, che passa al verde chiaro, al giallo o al bianco.

Coleottille: la prima foglia che si sviluppa sul fusto delle graminacee, in forma di guaina; perfora il terreno durante la germinazione e quindi si apre lateralmente per lasciare uscire il germoglio.

Colletto: zona di passaggio fra il fusto e la radice, a livello del terreno.

Conidio, conidiospora: spora di origine asessuale portata da una ifa detta conidioforo.

Conidioforo: ifa (fertile) semplice o ramificata sulla quale si formano conidi.

Cotiledone: foglia embrionale.

Crazy top: (termine anglosassone) sintomi causati nelle infiorescenze del mais da funghi delle peronosporacee; comprendono contorcimento, proliferazione, deformazioni varie della parte superiore delle piante colpite.

Culmo: fusto delle graminacee (non ramificato) generalmente cavo.

Diagnosi: identificazione della natura e della causa di malattie.

Diploide: nucleo (o individuo) con due serie (2n) di cromosomi.

DON (Deossinivalenolo): tossina prodotta da funghi appartenenti al genere *Fusarium*, principalmente *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides*, dannosa per l'uomo e gli animali superiori.

Embrione: rappresenta la futura pianta derivata dallo sviluppo dello zigote, cioè dalla cellula che si origina dalla fusione dei gameti maschili e femminili. In esso sono riconoscibili una radichetta che è il primordio dell'apparato radicale, una piumetta che è l'apice del futuro fusto e una (Monocotiledoni), due (Dicotiledoni) o numerose (Gimnosperme) foglie embrionali o cotiledoni; tra la radichetta e l'inserzione dei cotiledoni è posto l'ipocotile, e tra i cotiledoni e le prime foglie è posto l'epicotile.

Endemico: presente naturalmente in un paese o in una regione geografica.

Endosperma: tessuto di riserva costituito da amido che avvolge l'embrione del seme.

Epigeo: situato sopra la superficie del suolo.

Erbicida: sostanza o agente chimico che uccide le piante o ne limita la crescita.

Essudato: liquido (essudazione) secreto o emesso da tessuti, da foglie o da radici, a volte a causa di malattie.

Estrogeno: ormone femminile legato all'ovulazione.

Eucariota: organismo vivente uni o pluricellulare costituito da cellule dotate di nucleo ben definito e isolato dal resto della cellula tramite l'involucro nucleare, nel quale è racchiusa la maggior parte del materiale genetico, il DNA.

Fillodia: trasformazione delle parti fiorali in foglie.

Fitopatogeno: capace di provocare malattie nelle piante.

Fitoplasma: microrganismi procariotici unicellulari privi di parete, parassiti obbligati.

Floema: tessuto di conduzione per le sostanze nutritive elaborate nelle piante.

Fotosintesi: processo chimico grazie al quale le piante verdi producono sostanze organiche – principalmente carboidrati – a partire dall'anidride carbonica atmosferica e dall'acqua metabolica, in presenza di luce solare.

Fumonisine: metaboliti prodotti da funghi del genere *Fusarium*, principalmente *F. verticillioides*, nocivi per l'uomo e gli animali superiori.

Fungicida: agente chimico che uccide i funghi o ne inibisce lo sviluppo.

Funghi: o miceti, comprendono più di 100.000 specie di organismi aventi alimentazione eterotrofa (nutrimento da composti organici pre-sintetizzati da altri organismi), completa mancanza di tessuti differenziati e di elementi conduttori e sistema riproduttivo attraverso spore.

Gamico: sessuale, che deriva da fusione di gameti, cellule sessualmente differenziate.

Gene: è l'unità ereditaria fondamentale degli organismi viventi. I geni corrispondono a porzioni di codice genetico localizzate in precise posizioni all'interno della sequenza di DNA e contengono tutte le informazioni necessarie per la produzione di una proteina.

Genoma: la totalità del materiale genetico di un organismo.

Genotipo: costituzione genetica di un individuo o gruppo di individui; insieme dei geni che compongono il DNA di un organismo o di una popolazione.

Germoplasma: materiale genetico delle piante di cui si vuole conservare la variabilità.

Glume: brattee (foglie modificate) che rivestono le unità delle infiorescenze (spighette) tipiche delle *Poaceae*.

Glumelle: brattee interne alle glumelle che rivestono i singoli fiori delle spighette.

Guaina: parte inferiore delle foglie delle graminacee che avvolge il culmo; involucro membranoso.

Ibrido: discendente da due individui che hanno caratteri genetici differenti. Incrocio di due specie differenti o di due linee pure omozigoti (mais).

Ifa: filamento tubulare di un tallo fungino (micelio); unità di struttura dei funghi.

Immunodepressore: che attenua o sopprime le reazioni immunitarie (di difesa) dell'organismo.

Infezione: (da parte di un agente patogeno) processo di penetrazione per stabilire un rapporto parassitario con la pianta ospite.

Inoculare: introdurre un inoculo (microrganismo, virus, ecc.) in un soggetto recettivo.

Insetticida: agente fisico o chimico impiegato per la lotta contro gli insetti dannosi per le colture.

Ipogeo: situato sotto la superficie del suolo.

Ligula: lamina che sporge tra la guaina e il lembo delle foglie delle graminacee.

Linea pura: individui omozigoti in tutti i geni, derivanti da autofecondazione.

Maschiosterile: che non ha organi sessuali maschili funzionanti. Linea maschiosterile è una linea che non produce polline e viene utilizzata come genitore femminile nella produzione ibrida.

Meristema: tessuto delle piante che ha la funzione principale della divisione e differenziazione delle cellule; massa di cellule in via di sviluppo capaci di frequenti divisioni.

Mesocotile: o primo internodo o parte intermedia tra il cotiledone e la prima foglia.

Micelio: massa di ife che costituiscono il corpo (tallo) di un fungo.

Micoplasmi: organismi procariotici più piccoli dei comuni batteri, senza pareti cellulari rigide, quindi di forma variabile.

Micosi: malattia causata da parassiti fungini.

Micotossina: tossina prodotta da un fungo.

Mitocondri: organelli presenti nelle cellule degli eucarioti atti alla respirazione cellulare.

Mollicutes: gruppo di microrganismi procarioti privi di parete cellulare e avvolti da membrane polimorfe.

Monoica: specie che porta i fiori dei due sessi sullo stesso individuo.

Mosaico: sintomatica decolorazione sulle parti verdi caratterizzati da macchie scure e verde chiaro o giallo che in controluce ricordano la trama di un mosaico; sono causate da irregolare o non uniforme tenore in clorofilla.

Mutazione: ogni modifica stabile ed ereditabile nella sequenza nucleotidica di un genoma.

Nanismo: riduzione delle dimensioni e dello sviluppo di una pianta o di un organo; spesso sintomo di malattia.

Necrosi: morte di cellule della pianta o di parte di tessuto, si manifesta con annerimento dei tessuti.

Nematodi: animali vermiformi di alcuni mm di lunghezza a sezione trasversale circolare che vivono nel suolo o nell'acqua e possono essere parassiti di piante o animali.

Ocratossine: micotossina prodotta da funghi del genere *Aspergillus* o *Penicillium* dannosa per l'uomo e gli animali superiori.

Ospite alternativo: una delle specie di piante su cui un fungo parassita del mais deve svilupparsi per completare il suo ciclo.

Parassita: organismo che vive in o su un altro organismo vivente (ospite) e che da esso trae nutrimento causando danno all'ospite stesso.

Patogeno: organismo o agente che causa malattia in un altro organismo.

Patologia: studio delle malattie, della loro prevenzione e della lotta contro esse.

Persistente: detto di virus circolativi che rimangono infettivi nel loro vettore (insetto o altro organismo) per lungo periodo e vengono inoculati insieme con la saliva.

pH: misura dell'acidità (reazione): pH 7 = reazione neutra; pH inferiore a 7 = reazione acida; pH superiore a 7 = reazione alcalina.

Pianta indicatrice: pianta che reagisce con sintomi specifici a determinati agenti patogeni.

Picnidio: corpo fruttifero fungino di origine asessuale, a forma di fiasco o globoso, che contiene conidi (picnidiospore).

Picnidiospora: spora asessuale formatasi in un picnidio.

Piumetta: parte dell'embrione, è l'apice del futuro fusto.

Plantula: giovane pianta negli stadi iniziali di crescita.

Pleomorfo: capace di assumere forme diverse nel ciclo di sviluppo.

Procariota: microrganismo che non ha un nucleo avvolto da membrana.

Promicelio: basidio delle ruggini e dei carboni; struttura iniziale prodotta alla germinazione delle teliospore.

Pustola: piccolo rilievo a forma di vescichetta, di frequente erompente.

Quiescente: dormiente, in riposo.

Rachitismo: malattia che riduce lo sviluppo normale delle piante (cfr con nanismo).

Razza: o biotipo, sottogruppo in una specie o varietà che si differenzia per il comportamento ma non dal punto di vista morfologico.

Resistenza: capacità di prevenire l'infezione di un particolare tipo di parassita o di una sua razza fisiologica dovuta alla presenza di uno o più geni.

Sclerozio: organo fungino quiescente, duro, tondeggiante, a volte di colore scuro, costituito da una massa di cellule miceliari fuse nella parte esterna e intrecciate nella parte interna. Gli sclerozi possono restare quiescenti per molto tempo e in condizioni favorevoli germinano producendo uno stroma, corpi fruttiferi, micelio o conidiofori.

Scopazzi: sviluppo anormale, massiccio, a cespuglio di molti rami deboli affastellati originati dallo stesso punto o molto ravvicinati.

Sessile: senza gambo.

Sete: stilo-stigmi allungati dei fiori femminili del mais.

Sintomatologia: studio dei sintomi delle malattie.

Sistemico: riferito a prodotti chimici o agenti patogeni che si diffondono in tutte le parti della pianta.

Soro: struttura sporigena compatta, masse di spore delle ruggini e dei carboni.

Spiga: infiorescenza costituita da fiori o spigchette disposti su un'asse; fruttificazione di cereali (nel mais comprende granella, tutolo e brattee).

Spigchetta: unità dell'infiorescenze maschili e femminili delle *Poaceae*.

Spora: corpo riproduttivo uni o pluricellulare dei funghi e delle piante inferiori, dal quale si può sviluppare un nuovo individuo.

Sporangio: struttura a forma di sacco o di fiasco, che contiene spore asessuali (sporangiospore, zoospore).

Sporidio: basidiospora delle ruggini e dei carboni.

Stoma: apertura regolabile nell'epidermide delle foglie o di altre parti delle piante che consente lo scambio gassoso fra interno ed esterno.

Stroma: massa compatta di ife fungine, nella quale o sulla quale vengono prodotti corpi fruttiferi e/o spore.

Stroncamento: rottura del culmo.

Tallo: corpo dei funghi e di altre piante inferiori.

Teliospora o Teleutospora: spora quiescente a parete ispessita caratteristica delle ruggini e dei carboni, che germina producendo un basidio.

Teratogeno: agente che genera malformazioni fetali.

Tolleranza: la capacità della pianta di ridurre i danni causati dall'infezione del patogeno (determinata da diversi geni).

Traspirazione: perdita di vapor acqueo principalmente attraverso gli stomi delle foglie.

Tutolo (rachide del mais): struttura sulla quale sono inserite le spigchette e in seguito le cariossidi del mais.

Uredio: corpo fruttifero (soro) delle ruggini, che produce uredospore.

Uredospora, urediospora: spora binucleata dicariota (n+n), asessuale, unicellulare, delle ruggini, che si forma in un uredio.

Vettore: agente (fungo, insetto, acaro, animali, uomo) trasmettitore di patogeni (virus, batteri, funghi, micoplasmi, nematodi).

Virescenza: il fenomeno per il quale organi normalmente colorati diventano verdi.

Virulenza: grado o misura della patogenicità; capacità di causare malattie.

Virulento: altamente patogeno.

Virus: entità biologica contenente DNA o RNA con caratteristiche di parassita obbligato nelle cellule viventi di un ospite in cui si moltiplica e causa malattie.

Virus non persistente: che resta infettivo nell' insetto vettore solo per breve tempo e può essere trasmesso subito dopo l'acquisizione. (contrario di virus persistente o circolativo).

Zearalenone: micotossina prodotta da funghi del genere *Fusarium* dannosa per uomo e animali.

Zoospora: spora fungina prodotta asessualmente che ha ciglia o flagelli ed è in grado di spostarsi attivamente nell'acqua.

Riferimenti bibliografici

- Battilani P., Pietri A., Marocco A., Scudellari D. 2008. Micotossine nel mais prodotto in Italia: diffusione e prevenzione. *Agronomica* 4: 2-10.
- Mc Gee D.C. 1988. *Maize Diseases. A Reference Source for Seed Technologists*. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Miller R.W., Monley D.G. 1979. *Diseases and Insects of Corn in South Carolina*. The Clemson University.
- Regione Lombardia. 2011. Valutazione e controllo della contaminazione da micotossine nelle produzioni cerealicole nazionali. Quaderni della Ricerca n. 140.
- The CYMMYT Maize Program. 2004. *Maize Diseases: A Guide for Field Identification*. 4th Edition, Mexico, D.F.: CYMMYT.
- USDA. 2006. *Grain Fungal Diseases and Mycotoxin Reference*. USDA – Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration.
- White G. 1999. *Compendium of Corn Diseases*, APS Press, St. Paul, Minnesota.

<http://www.btny.purdue.edu/Extension/pathology/CropDiseases/Corn>
<http://maizedoctor.cimmyt.org/en/pests-and-diseases/list>





Regione Lombardia
Agricoltura

Ricerca e Sperimentazione in Agricoltura
www.agricoltura.regione.lombardia.it

ISBN 978-88-909-239-0-6