

## EFFETTO DELLA LAVORAZIONE DEL TERRENO SUL MAL DEL PIEDE DEI CEREALI IN CONDIZIONE DI OMOSUCCESSIONE

G. INNOCENTI

Dipartimento di Protezione e Valorizzazione Agroalimentare, via Filippo Re, 8 - 40126 Bologna

### Riassunto

Allo scopo di valutare l'effetto della modalità di lavorazione del terreno sul "mal del piede" dei principali cereali vermini, è stata condotta un'indagine in una prova di lunga durata in cui erano poste a confronto tre modalità di lavorazione del suolo (fresatura a 0,10 m, aratura a 0,25 e 0,50 m) in condizione di omosuccessione di frumento, triticale, orzo e avena. Nel presente lavoro vengono riportati i risultati di sei anni di osservazioni. I principali responsabili della malattia sono risultati i patogeni appartenenti al genere *Fusarium*, in particolare *F. culmorum*, e *B. sorokiniana*. Per tutti i cereali in prova l'effetto della modalità di lavorazione è risultato statisticamente non significativo, anche se si è evidenziata una chiara tendenza della malattia ad essere maggiore nella condizione di lavorazione dello strato più superficiale del terreno e minore nell'aratura profonda. Molto importante è risultata l'influenza delle condizioni climatiche sulla malattia. Il fattore anno è, infatti, stato statisticamente significativo per tutti i cereali.

**Parole chiave:** mal del piede, cereali, lavorazione del terreno.

### Summary

#### EFFECTS OF TILLAGE TECHNIQUES ON FOOT AND ROOT ROT DISEASES OF WINTER CEREALS IN MONOCULTURE CONDITIONS

A field analysis was carried out in a long-term experiment to assess the effects of three tillage techniques: minimum tillage (rotary hoeing 0,10 m depth), conventional tillage (ploughing 0,25 m depth) and deep tillage (ploughing 0,50 m depth) on foot and root rot of wheat, triticale, barley and oat in monoculture conditions. Results of six year-observations are summarized. *Fusarium* species, especially *F. culmorum*, and *B. sorokiniana* were the dominant causal agents of the disease. No statistically significant differences were found with increasing tillage depth for all tested cereals. However there was an evident tendency for the intensity of the disease to increase under minimum tillage and decrease under deep tillage. The influence of climatic conditions resulted very important, the year factor was statistically significant for all examined cereals.

**Key words:** foot and root rot, cereals, tillage.

### Introduzione

Il terreno è un mezzo in cui interagiscono elementi biotici e abiotici. La modalità di lavorazione del suolo influenza sia le caratteristiche chimiche e fisiche del suolo, sia la qualità e la quantità della biomassa tellurica, sia lo sviluppo radicale delle piante e l'assorbimento degli elementi nutritivi da parte delle stesse (Cavazza *et al.*, Toderi e Bonari, 1986). La distruzione fisica dei microhabitat da parte degli attrezzi di lavoro e il movimento imposto ai microrganismi terricoli patogeni e a quelli che esercitano un'azione antagonistica nei confronti dei primi, può quindi influenzare il comportamento parassitario dei patogeni e la suscettibilità dell'ospite.

Il "mal del piede" è una sindrome molto diffusa e piuttosto complessa determinata da più microrganismi fungini terricoli con caratteristiche diverse, nei cui confronti non sempre la lotta chimica risulta efficace. Inoltre il problema dell'inquinamento ambientale determinato dall'uso dei fitofarmaci, la scarsa applicabilità della lotta biologica a pieno campo hanno

indotto fitopatologi ed agronomi a studiare l'effetto della lavorazione sulla malattia. I principali agenti del "mal del piede" nel nostro paese sono le specie appartenenti al genere *Fusarium*, *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, *Gaeumannomyces graminis* Von Arx var. *tritici* Walker, *Rhizoctonia cerealis* Van der Hoeven.

Dall' esame del materiale bibliografico risulta che studi condotti in diversi paesi hanno dato spesso risultati contrastanti; ciò dipende, probabilmente, dal variare della specie fungina dominante e soprattutto dalle differenti caratteristiche climatiche ed edafiche dei luoghi di prova (Cook e Reiss, 1981; Herman e Wiese, 1985; Rovira, 1990). In un precedente lavoro (Innocenti *et al.*, 1992) è stato osservato che la condizione di minima lavorazione del terreno, che prevedeva la frammentazione dello strato superficiale del suolo (0,5-0,10 m) senza rivoltamento dello stesso, era significativamente più favorevole all'attacco di *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* della aratura media (0,25 m) e di quella profonda (0,50 m).

Scopo del presente lavoro è stato quello di continuare lo studio dell'effetto delle tecniche di lavorazione del terreno sul "mal del piede" dei più importanti cereali vernini in condizioni di omosuccessione. Il ritorno continuo della coltura sullo stesso terreno, oggi sempre più applicato per ridurre i costi di gestione aziendale, è infatti una delle condizioni più favorevoli alla malattia.

### Materiali e metodi

Le osservazioni sono state condotte nel periodo 1990-95 ad Ozzano (BO), zona a vocazione cerealicola, nei campi sperimentali allestiti dal Dipartimento di Agronomia dell'Università degli Studi di Bologna, su terreno di medio impasto tendente all'argilloso dove si erano precedentemente verificati gravi attacchi della malattia.

I rilievi sono stati effettuati sui cereali vernini seminati secondo uno schema sperimentale a split-plot a due fattori: il fattore principale era la modalità di lavorazione del terreno (fresatura a 0,10 m, aratura a 0,25 e 0,50 m) e il fattore secondario la specie botanica (frumento duro cv. Cresco, orzo cv. Plaisant, triticale cv. Mizar nei primi tre anni e cv. Trica nei seguenti, avena cv. Argentina) in condizione di omosuccessione. Ogni parcella in cui è stato distribuito un fattore principale era ampia 384 m<sup>2</sup> e ogni sub-parcella in cui è stato randomizzato un fattore secondario 48 m<sup>2</sup>. La raccolta dei campioni è stata effettuata alla fase fenologica di fine maturazione lattezza inizio cerosa, corrispondente allo stadio 11.1-11.2 della scala di Feekes. In ogni parcella sono stati mediamente prelevati 100 culmi fertili, estirpando un cespo di piante ad ogni metro lungo due linee rette parallele al lato maggiore della parcella. Ogni pianta è stata assegnata ad una classe di gravità di malattia in base al grado di imbrunimento delle radici e/o della porzione basale del culmo. È stata seguita una scala empirica a cinque classi (0-4) corrispondenti a nessun sintomo, infezione lieve (1-25%), moderata (26-50%), grave (51-75%) molto grave (76-100%) della superficie considerata (Nilsson, 1969). Per ogni tesi e per ogni malattia è stata calcolata l'intensità percentuale di malattia con la formula di Townsend-Heubergher (1943). Parallelamente alle osservazioni di campo, sono state condotte verifiche di laboratorio secondo metodologie convenzionali.

I dati sono stati sottoposti all'analisi della varianza secondo uno schema a split-plot a due fattori; per ogni cereale è stata eseguita un'analisi cumulata dei dati raccolti in tutti gli anni di prove. Tutti i dati sono stati elaborati previa trasformazione angolare.

### Risultati

I risultati relativi alla presenza del "mal del piede" nelle diverse situazioni colturali durante i sei anni di osservazioni sono riassunti nelle tabelle 2, 3, 4, 5. In tabella 1 sono riportati i parametri climatici verificatisi durante lo svolgimento dell'indagine.

Tab.1- Precipitazioni e temperature medie mensili rilevate ad Ozzano (BO) nel periodo 1989-95

Mese	1989-90		1990-91		1991-92		1992-93		1993-94		1994-95	
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm
Ottobre	13,8	6,4	15,0	223,0	13,7	149,4	12,8	199,4	14,7	53	13,9	77,0
Novembre	7,7	10,4	8,0	60,1	8,1	156,6	8,4	19,5	6,9	68,9	10,7	75,4
Dicembre	4,3	0,2	1,9	28,0	3,2	14,2	3,9	61,0	5,4	75,6	5,4	27,6
Gennaio	2,7	1,6	1,8	41,2	1,5	36,8	2,2	2,8	5,8	57,4	3,5	8,0
Febbraio	8,6	5,6	0,8	23,8	3,9	21,7	3,5	10,8	4,5	33,2	7,4	52,4
Marzo	11,3	90,8	10,7	30,8	7,7	22,0	7,1	92,0	12,1	8,4	8,4	72,4
Aprile	12,5	90,3	11,6	146,6	11,9	86,4	12,0	33,0	12,2	125,4	12,9	29,0
Maggio	17,4	50,8	14,8	112,9	18,2	43,2	18,2	37,8	18,1	24,0	17,3	119,2
Giugno	20,3	14,2	21,6	49,2	18,9	56,3	22,2	22,1	22,1	172,2	19,7	167,1

*Fusarium* spp. e *Bipolaris sorokiniana* sono spesso presenti sulla stessa pianta determinando sintomi molto simili per cui ci è sembrato più corretto considerare entrambe le specie utilizzando il simbolo F-B. Per *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* è stato utilizzato il simbolo Ggt.

Dall'esame complessivo dei dati risulta evidente che i funghi appartenenti al genere *Fusarium* e *B. sorokiniana* sono risultati i principali agenti del "mal del piede" nel periodo in cui sono state eseguite le osservazioni, molto più scarsa è stata la presenza di piante attaccate da *G. graminis tritici*. Dalle analisi micologiche effettuate *F. culmorum* è risultata la specie più diffusa, forse perché la raccolta del materiale vegetale è avvenuta alla fine del mese di maggio o all'inizio di quello di giugno che, per caratteristiche climatiche è, in genere, un periodo particolarmente favorevole a questo fungo. Anche isolati di *Microdochium nivale* (Ces. ex Berl. & Vogl.), *F. avenaceum* (Corda ex Fr.) Sacc., *F. graminearum* (Schawbe) sono stati ottenuti dalle piante dei cereali. Gli anni in cui si sono verificati gli attacchi più gravi della malattia sono stati il 1993 e il 1994.

Tab.2 - Effetto della modalità di lavorazione del suolo sull'intensità di malattia (0-100) del frumento in condizione di omosuccessione.

Modalità di lav.	1990		1991		1992		1993		1994		1995		Media	
	Ggt	F-B	Ggt	F-B										
0,10 m	14,2	16,2	4,9	30,1	4,2	29,4	2,2	45,6	6,5	48,8	23,3	15,0	9,2	30,7
0,25 m	6,9	15,4	11,0	23,9	12,6	21,3	1,7	35,5	2,9	46,5	22,9	13,5	9,6	26,2
0,50 m	8,6	11,4	6,7	22,1	7,3	15,9	6,5	20,4	1,9	46,7	10,8	13,8	6,9	21,7
Media	9,9	14,3	7,5	25,3	8,0	22,2	3,5	33,8	3,8	47,3	19,0	14,1		

Per F- B risulta non significativo l'effetto lavorazione e significativo per P=0,01 l'effetto anno; l'interazione non è significativa.

Per Ggt risulta non significativo l'effetto lavorazione e significativo per P=0,01 l'effetto anno; l'interazione non è significativa.

Dall'esame della tabella 2 relativa al frumento, si può notare che effetto della lavorazione è risultato statisticamente non significativo per la malattia determinata dai patogeni appartenenti al genere *Fusarium* e da *B. sorokiniana*, mentre il fattore anno è stato altamente significativo. Tuttavia in tutti gli anni di indagine i valori dell'intensità di malattia sono diminuiti con l'aumentare della profondità di lavorazione; le differenze di attacco fra le piante di frumento provenienti dalle parcelle lavorate con modalità diversa sono state minime nel 1990,94 e 95 e maggiori negli altri anni. Nell'ultimo anno di prova si sono rilevati valori molto più bassi dei quattro anni precedenti e simili a quelli del primo anno; nel 1995 è stata prevalente la presenza di Ggt, favorito da una primavera particolarmente piovosa.

Anche per questo patogeno l'effetto della lavorazione non è risultato significativo da un punto di vista statistico, mentre l'effetto anno è stato altamente significativo.

Tab.3 - Effetto della modalità di lavorazione del suolo sull'intensità di malattia (0-100) del triticale in condizione di omosuccessione.

Modalità di lav.	1990		1991		1992		1993		1994		1995		Media	
	Ggt	F-B	Ggt	F-B										
0,10 m	0	28,3	1,1	32,1	5,6	18,7	2,1	46,8	0,4	43,0	2,2	13,7	1,9	30,4
0,25 m	0	15,0	0	13,1	7,6	13,9	5,4	45,3	0	38,9	0,6	19,5	2,3	24,3
0,50 m	1,6	5,3	2,1	5,3	1,2	16,8	3,6	34,7	0	24,0	0	24,0	1,4	23
Media	0,5	16,2	1,0	16,8	4,8	16,5	3,7	42,3	0,1	44,5	0,9	19,1		

Per F- B risulta non significativo l'effetto lavorazione e significativo per  $P=0,01$  l'effetto anno; l'interazione non è significativa.

Per Ggt risulta non significativo l'effetto lavorazione e significativo per  $P=0,01$  l'effetto anno; l'interazione non è significativa.

Nella tabella 3 sono riportati i valori di intensità di malattia rilevati su triticale. Dall'esame dei dati risulta che l'effetto della modalità di lavorazione non è risultato significativo, mentre l'effetto anno è stato altamente significativo. E' stata comunque rilevata una diminuzione dell'intensità di malattia con l'aumentare della profondità di lavorazione particolarmente evidente nel 1990, 91 e 94. Nell'ultimo anno si è osservato l'effetto contrario: la malattia è stata più grave all'aumentare della profondità di lavorazione. La presenza di Ggt è stata sempre piuttosto scarsa; anche per questo patogeno l'effetto della lavorazione non è risultato significativo, mentre quello dell'anno è stato altamente significativo.

Tab.4 - Effetto della modalità di lavorazione del suolo sull'intensità di malattia (0-100) dell'orzo in condizione di omosuccessione.

Modalità di lav.	1990		1991		1992 *		1993		1994		1995		Media	
	Ggt	F-B	Ggt	F-B	Ggt	F-B	Ggt	F-B	Ggt	F-B	Ggt	F-B	Ggt	F-B
0,10 m	2,6	17,1	8,5	11,6	8,8	48,2	3,9	27,0	1,6	28,1	7,0	12,7	4,7	19,3
0,25 m	0,8	7,8	5,4	19,4	2,1	38,7	2,2	22,6	1,6	34,8	13,2	12,9	4,6	19,5
0,50 m	0	11,3	2,2	17,9	1,6	46,1	1,4	17,6	0	22,4	9,8	14,2	2,8	16,7
Media	1,1	12,1	5,5	16,2	4,2	44,4	2,5	22,4	1,1	28,4	10,0	13,3		

Per F- B risulta non significativo l'effetto lavorazione e significativo per  $P=0,01$  l'effetto anno; l'interazione non è significativa.

Per Ggt risulta non significativo l'effetto lavorazione e significativo per  $P=0,01$  l'effetto anno; l'interazione non è significativa.

\* Nell'elaborazione statistica e nel calcolo della media non sono stati considerati i valori del 1992 per il verificarsi di un grave attacco di virosi che ha indebolito le piante rendendole molto più suscettibili ai patogeni fungini.

In tabella 4 sono riportati i dati relativi all'orzo. Nella primavera del 1992 si è verificato un forte attacco di virosi causato dal virus del mosaico giallo dell'orzo (BaYMV) e dal virus del mosaico moderato dell'orzo (BaMMV) trasmessi da *Polymyxa graminis*, che ha danneggiato notevolmente le piante di orzo che sono state quindi molto suscettibili all'attacco dei patogeni fungini, questo spiega i valori molto alti di malattia rilevati in quell'anno; nel calcolo della media e nell'elaborazione statistica non sono stati considerati tali valori. Anche per l'orzo il fattore lavorazione non è risultato statisticamente significativo, mentre il fattore anno è stato altamente significativo. L'andamento della malattia in relazione alla tecnica di lavorazione è stato variabile negli anni: nel 1990 e nel 1993 l'attacco è diminuito con l'aumentare della profondità di lavorazione, nel 1991 è aumentato,

nel 1994 le piante provenienti dalla aratura a 0,25 m sono state le più colpite. Nella media generale c'è, tuttavia, una leggerissima diminuzione della malattia all'aumentare della profondità di lavorazione. Scarsa è stata la presenza di piante attaccate da Ggt nei primi cinque anni di osservazioni, valori più alti, ma sempre piuttosto bassi, sono stati rilevati nel 1995. L'effetto delle condizioni climatiche è risultato anche per questo cereale più importante del fattore modalità di lavorazione del suolo.

Tab.5 - Effetto della lavorazione sull'intensità di malattia (0-100) dell'avena in condizione di omosuccessione.

Modalità di lav,	1990		1991		1992		Media	
	Ggt	F-H	Ggt	F-H	Ggt	F-H	Ggt	F-H
0,10 m	0	18,4	0	3,6	0	13,9	0	11,9
0,25 m	0	9,0	0	4,8	0	7,9	0	7,2
0,50 m	0	8,1	0	6,8	0	3,2	0	6,0
Media	0	11,8	0	5,0	0	8,3		

Per F- B risulta non significativo l'effetto lavorazione e significativo per  $P=0,01$  l'effetto anno; l'interazione non è significativa.

In tabella 5 sono, infine, riportati i valori relativi all'avena che è stata presente solo nei primi tre anni di osservazioni. Il cereale è generalmente immune dall'attacco di Ggt in quanto produce una sostanza di natura glucosidica, l'avenacina, che inibisce lo sviluppo del patogeno. I valori di intensità di malattia determinata da F-B sono molto più bassi di quelli rilevati sugli altri cereali vernini. Anche in questo caso l'effetto della lavorazione non è risultato significativo, si è tuttavia osservata la tendenza della malattia a diminuire con l'aumentare della profondità di lavorazione.

### Conclusioni

I dati ottenuti confermano l'elevata suscettibilità di frumento duro, triticale e orzo ai patogeni appartenenti al genere *Fusarium* e a *B. sorokiniana*, segnalata già da altri autori nelle zone cerealicole italiane (Balmas e Corazza, 1992; Cariddi *et al.*, 1995; Casulli *et al.*, 1995). L'avena è risultata scarsamente colpita dalla malattia, i dati però si riferiscono ad un periodo di osservazioni più breve di quello degli altri cereali.

L'effetto della modalità di lavorazione del terreno non è mai risultato statisticamente significativo, mentre molto più importante è stato l'effetto anno che nell'analisi fattoriale eseguita è risultato significativo per  $P=0,01$  per frumento, triticale e orzo e avena. I patogeni sono stati, quindi, fortemente influenzati dalle condizioni climatiche che non solo condizionano la gravità dell'attacco, ma hanno un importante effetto sulla quantità di inoculo primario per la successiva coltura; ciò è particolarmente rilevante nella condizione di monocoltura. Si è, infatti, osservato per tutti i cereali in prova, un graduale aumento della malattia nei primi cinque anni di indagine con indici di attacco al quinto anno molto più alti di quelli iniziali. E' difficile, invece, spiegare la presenza di valori di intensità di malattia molto più bassi nell'anno successivo (1995); non esiste, per quel che ci risulta, notizia in letteratura dell'esistenza per questi patogeni del fenomeno del declino, noto da tempo in condizione di omosuccessione per Ggt, nè i dati raccolti sono per ora sufficienti ad avanzare tale ipotesi. Le condizioni climatiche del 1995 caratterizzate da precipitazioni molto abbondanti durante tutto il periodo di coltivazione dei cereali, sono state decisamente sfavorevoli a *Fusarium* spp. e *B. sorokiniana* che attaccano più facilmente piante in condizione di stress idrico; ciò potrebbe spiegare la minore presenza di malattia determinata da questi patogeni e il maggiore attacco di Ggt che è favorito da elevata umidità del terreno.

Benchè l'effetto della lavorazione non sia risultato statisticamente significativo, probabilmente per il verificarsi di un errore sperimentale che è spesso molto alto nelle prove eseguite in pieno campo, si è tuttavia evidenziata una chiara tendenza della malattia a diminuire con l'aumentare della profondità di lavorazione che potrebbe essere spiegata con la diluizione dell'inoculo nel profilo del terreno determinata dal rivoltamento del suolo. Quando il terreno viene fresato a 5-10 cm i propaguli fungini rimangono nello strato più superficiale, dove migliori sono le condizioni di temperatura e di umidità per lo sviluppo del fungo e dove l'inoculo trovandosi nello strato in cui viene posto il seme può attaccare le piante fin dai primi stadi di sviluppo. Inoltre la maggiore diluizione nel suolo dei residui colturali potrebbe ridurre l'effetto fitotossico derivato dalla loro decomposizione (Toderi e Bonari, 1986). Per quel che ci risulta non esistono altri dati in Italia, mentre è molto difficile il confronto con i risultati riportati da altri autori che sono stati ottenuti in ambienti pedoclimatici molto diversi dal nostro. La presenza di *G. graminis tritici* è stata troppo scarsa per considerare significativi i dati relativi a questo patogeno.

In base a quanto visto finora, sembra potersi affermare che il costo più elevato della aratura, soprattutto di quella profonda, rispetto alla fresatura dei primi centimetri del suolo non è giustificato dalla sua azione nei confronti dei funghi appartenenti al genere *Fusarium* e di *B. sorokiniana* che sono stati i principali responsabili del mal del piede nell'area considerata, tuttavia il verificarsi di condizioni particolarmente favorevoli a *G. graminis tritici* potrebbe rendere la minima lavorazione rischiosa come dimostrato in prove precedenti (Innocenti *et al.*, 1992) e rendere consigliabile l'aratura a media profondità (0,25 m).

#### Lavori citati

- COOK R.J., REISS E. (1981). Cultural control of soil-borne pathogens of wheat in the Pacific Northwest of the USA. In: Strategies for the Control of Cereal Diseases ( Jenkyn J.F. & Plumb R.T. coord.). Blackwell, Oxford, 167-177.
- BALMAS V., CORAZZA L. (1992). Indagine sulle principali malattie fungine di cereali autunno-vernini trasmesse attraverso il terreno. *Atti Giornate Fitopatologiche 1992*, 2, 271-276
- CARIDDI C., LOPS R., DI CARLO M. (1995). Incidence and geographic distribution of *Fusarium* species causing foot and root rot of wheat in Apulia and Basilicata. In: *Fusarium: Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*, Martina Franca 1995, 101
- CASULLI F., PANCALDI D., DE LILLO E., ALBERTI I. (1995). Observations on wheat crown rot and head blight caused by *Fusarium* spp in Italy. In: *Fusarium: Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*, Martina Franca 1995, 139-140.
- CAVAZZA L., PATRUNO A., ARDIZZONI E. (1986). Influenza della lavorazione su alcune proprietà fisiche del terreno. *Rivista di Agronomia*, 20, 57-64.
- HERMAN T., WIESE M.V. (1985). Influence of cultural practices on incidence of foot and root rot of winter cereals. *Plant Diseases*, 69, 11, 948-950.
- INNOCENTI G., GOVI G., MANZINI S. (1992). Effetto della profondità di lavorazione e dell'avvicendamento colturale sul Mal del Piede dei cereali. *Atti Giornate Fitopatologiche 1992*, 2, 277-286.
- NILSSON H.E. (1969). Studies on root and foot rot diseases of cereals and grasses. *Annals Agricultural College Sweden*, 35, 275 pp.
- ROVIRA A.D. (1990). Tillage and soil-borne root diseases of winter cereals. In: *Tillage, New directions in Australian Agriculture* (Cornish P.S., Pratley J.E. coord.). Cap. 13, Inkata Press, Melbourne e Sidney, 335-354.
- TODERI G., BONARI E. (1986). Lavorazioni del terreno: aspetti agronomici. I. Interazioni tra lavorazioni e terreno, clima, altre tecniche agronomiche. *Rivista di Agronomia*, 20, 2-3, 85-105.