

● SPERIMENTAZIONE 2016-2017 A CARMAGNOLA (TORINO)

Prolungare lo stay green aumenta la resa del frumento

di M. Blandino, A. Borio,
G. Gariglio, A. Reyneri

Come per tutte le specie coltivate, la produttività del frumento dipende dalla sua capacità fotosintetica, che è in funzione da un lato della densità culturale e dell'area fogliare per unità di superficie, dall'altro del rallentamento dei processi di senescenza delle foglie, soprattutto dalla fioritura alla maturazione cerosa.

Oltre agli stress idrici, nutrizionali e termici che possono anticipare il processo di senescenza delle foglie, diverse malattie fungine possono compromettere la funzionalità degli apparati fogliari e ridurre fortemente i livelli produttivi di frumento tenero e duro. In particolare, occorre proteggere con attenzione la foglia bandiera nel grano, responsabile del 30-50% degli assimilati accumulati nella granella nella fase di riempimento, tra cui l'accumulo di proteine (Pepler et al., 2005).

Tra le malattie fogliari, negli areali del Centro-Nord Italia, la più diffusa è dovuta al complesso della septoriosi causata da *Zyoseptoria tritici* e *Parastagonospora nodorum*, mentre in talune condizioni si ripresentano aggressive anche la ruggine gialla (*Puccinia striiformis*) e la ruggine bruna (*P. tritricina*).

In Italia il complesso della septoriosi rappresenta spesso la «problematica chiave» della difesa del frumento, per l'effetto in primo luogo sulla produttività e quindi sulla qualità (Alvisi et al., 2014a; 2014b).

Più in generale negli areali granicoli dell'UE, la diffusione è tale che si considera che circa il 70% dei fungicidi distribuiti sul frumento sia da attribuirsi primariamente per la lotta a questa patologia fungina (AHDB, 2016).

Il controllo del complesso della septoriosi è quindi di grande

importanza ed è affidato soprattutto alla genetica e ai trattamenti fungicidi specifici oltre che all'adozione di metodi agronomici preventivi.

Questi ultimi si basano sulla riduzione dell'inoculo potenziale e quindi sull'interramento dei residui della coltura precedente, sull'avvicendamento e sull'adozione di agrotecniche che evitano un'eccessiva densità culturale.

In Italia, la lotta diretta si basa sull'applicazione di miscele di fungicidi specifici, appartenenti alle famiglie chimiche dei triazoli, strobilurine e SDHI, distribuiti a partire dall'inizio

della fase di levata fino alla fioritura, secondo diverse strategie singole o combinate (Alvisi et al., 2014a).

Il trattamento tra la spigatura e la piena fioritura con fungicidi triazolici ha inoltre il fondamentale obiettivo di completare il controllo della malattie fogliari della foglia a bandiera, ma soprattutto di controllare efficacemente la fusariosi della spiga e la conseguente contaminazione da deossinivalenolo (DON) (Blandino et al., 2012).

In tale contesto la prova in esame ha verificato la risposta produttiva e qualitativa di frumento tenero in areali del Nord Italia a forte pressione del complesso della septoriosi, confrontando l'applicazione di diverse strategie nel potenziare l'attività fotosintetica durante il ciclo culturale.



I vantaggi agronomici della difesa fungicida sono direttamente collegati all'efficienza fotosintetica degli apparati fogliari tra la fine della levata e la completa senescenza del frumento

della fase di levata fino alla fioritura, secondo diverse strategie singole o combinate (Alvisi et al., 2014a).

Il trattamento tra la spigatura e la piena fioritura con fungicidi triazolici ha inoltre il fondamentale obiettivo di completare il controllo della malattie fogliari della foglia a bandiera, ma soprattutto di controllare efficacemente la fusariosi della spiga e la conseguente contaminazione da deossinivalenolo (DON) (Blandino et al., 2012).

In tale contesto la prova in esame ha verificato la risposta produttiva e qualitativa di frumento tenero in areali del Nord Italia a forte pressione del complesso della septoriosi, confrontando l'applicazione di diverse strategie nel potenziare l'attività fotosintetica durante il ciclo culturale.

Controllo delle malattie fungine

Il trattamento alla fioritura (T1) permette una chiara riduzione della fusariosi della spiga (-53%) rispetto al testimone non trattato (T0), mentre l'applicazione fungicida alla levata non ne influenza la gravità di attacco.

Le condizioni ambientali registrate nel corso della sperimentazione hanno favorito un importante attacco del complesso della septoriosi a partire dalla prima fase della levata. Per tale motivo, alla fioritura i sinto-

Come è stata impostata la sperimentazione

La sperimentazione è stata condotta nella campagna agraria 2016-2017 nella località di Carmagnola (Torino), su un suolo franco e profondo.

Sono state confrontate due miscele fungicide per la difesa della foglia applicate in due momenti: inizio levata (stadio fenologico 31, secondo la scala BBCH) e fine levata (BBCH 39) a cui è seguita la difesa della spiga condotta alla fioritura; tali applicazioni sono state confrontate rispetto a un testimone non trattato (**T0**) o trattato solo per la difesa della spiga (**T1**).

Le due miscele a confronto sono state: bixafen + protriokonazolo (**T2** e **T3**; Aviator Xpro®), epossiconazolo + pyraclostrobin (**T4** e **T5**; Opera New®); la difesa della spiga è stata effettuata rispettivamente nel caso della prima miscela (T2, T3) e del trattamento che prevedeva la distribuzione per la sola difesa della spiga (T1) con protriokonazolo + tebuconazolo (Prosaro®) e nel caso della seconda miscela (T4, T5) con epossiconazolo+metconazolo (Osiris®).

La varietà di frumento tenero Aubusson (Limagrains Italia, Busseto - Parma) è stata seminata il 20 ottobre 2016 in successione a mais da granella dopo un

tradizionale aratura. Gli interventi di concimazione e di controllo delle infestanti sono stati quelli di norma adottati nell'ambiente al fine di ridurre stress e competizione.

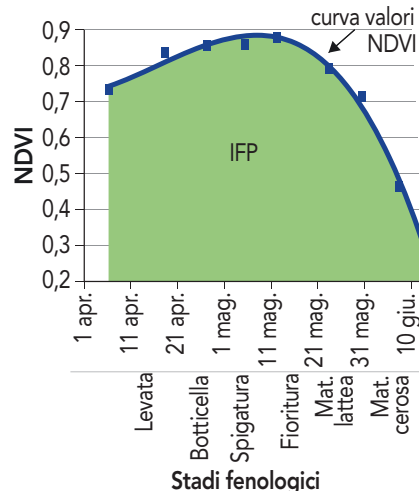
Lo schema sperimentale è stato a blocchi randomizzati con 4 ripetizioni e parcelle elementari di 12 m².

Il rilievo dell'incidenza e della severità del complesso della septoriosi è stato effettuato campionando 15 piante poste in tre punti differenti per ciascuna parcella elementari.

Per determinare il grado di attacco del patogeno sulla coltura è stata utilizzata la scala di James (1971) modificata, osservando tutte le foglie ancora verdi al momento del rilievo. I rilievi sono stati eseguiti alla fioritura (BBCH 61) e a maturazione latteo-cerosa (BBCH 85). In quest'ultimo stadio per ogni parcella è stato effettuato il rilievo dell'incidenza e della severità dell'attacco della fusariosi della spiga, utilizzando la scala di Parry et al., 1995.

A partire dalla ripresa vegetativa della coltura e fino alla completa senescenza è stata eseguita ogni 7-10 giorni la misurazione su ogni parcella dell'indice

FIGURA A - Esempio di curva NDVI su frumento nelle fasi tra inizio levata e completa senescenza



NDVI (Normalized difference vegetation index): Indice vegetazionale.
IFP: indice di fotosintesi potenziale.

vegetazionale **NDVI** (Normalized difference vegetation index) mediante il dispositivo di rilevamento ottico GreenSeekerTM® (Trimble®, Sunnyvale, California, USA), tenuto a una distanza di 60 cm sopra la canopy.

Questo indice esprime il rapporto della riflettanza spettrale tra le regioni del visibile e del vicino infrarosso, risultando pertanto correlata alla capacità fotosintetica della vegetazione.

Per ogni tesi sperimentale sono state elaborate delle curve che descrivono l'andamento dell'indice NDVI durante il ciclo colturale ed è stata calcolata l'area sottesa che rappresenta un indice di fotosintesi potenziale (**IFP**) della coltura (figura A).

Dopo la trebbiatura, eseguita il 7 luglio 2017 con mietitrebbiatrice parcellare, sul raccolto sono stati determinati il peso ettolitrico, il peso 1.000 semi e il contenuto proteico con metodica NIR. ●

TABELLA A - Tesi sperimentali a confronto

Tesi	Trattamento fungicida	Inizio levata (Stadio BBCH 31)	Fine levata (Stadio BBCH 39)	Inizio fioritura (stadio BBCH 62)
T0	testimone non trattato	-	-	-
T1	fioritura	-	-	protriokonazolo + tebuconazolo
T2	doppio trattamento anticipato	bixafen + protriokonazolo	-	protriokonazolo + tebuconazolo
T3	doppio trattamento tardivo	-	bixafen + protriokonazolo	protriokonazolo + tebuconazolo
T4	doppio trattamento anticipato	eossiconazolo + pyraclostrobin	-	eossiconazolo + pyraclostrobin
T5	doppio trattamento tardivo	-	eossiconazolo + pyraclostrobin	eossiconazolo + pyraclostrobin

Prodotti fungicidi a confronto: bixafen + protriokonazolo (Aviator XPro, distribuito a 1 L/ha); eossiconazolo + pyraclostrobin (Opera New, distribuito a 2 L/ha); eossiconazolo + metconazolo (Osiris, distribuito a 2,5 L/ha); protriokonazolo + tebuconazolo (Prosaro, distribuito a 1 L/ha).

Le date di applicazione sono state: 6 aprile (BBCH 31), 29 aprile (BBCH 39) e 17 maggio (BBCH 61).

mi medi su tutte le foglie della pianta sono risultati significativamente inferiori nelle parcelle trattate a inizio levata (**T2** e **T4**) rispetto alle tesi trattate a fine levata (**T3** e **T5**), che non si sono differenziate rispetto al testimone.

Alla maturazione cerosa, la severità di questa malattia fogliare ha interessato oltre il 27% della superficie fogliare attiva (foglia bandiera e pe-

nultima foglia) del testimone **T0**, mentre la sola applicazione fungicida alla fioritura (-15%) e soprattutto il doppio trattamento alla levata e alla fioritura (-24%) hanno ridotto significativamente la severità dell'attacco.

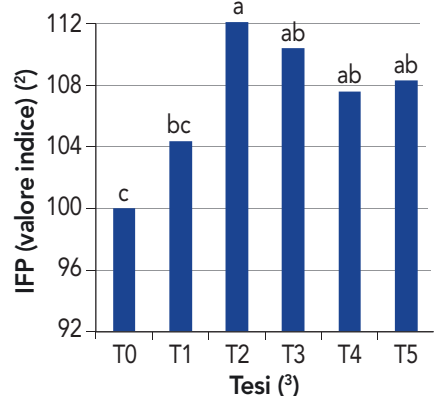
La capacità di controllo della malattia durante la fase finale di maturazione è risultata simile tra le diverse strategie di doppio trattamento a confronto (tabella 1).

Effetto sulla funzionalità della foglia

L'applicazione fungicida ha influenzato con chiarezza l'andamento dell'indice vegetazionale NDVI nelle fasi tra la spigatura e la completa senescenza.

Rispetto al testimone (**T0**) la difesa della sola spiga, ma soprattutto quella combinata hanno determinato un sensibile incremento dell'indice vege-

GRAFICO 1 - Effetto delle strategie di lotta sul mantenimento dell'attività fotosintetica (1)



(1) Espressa come indice di fotosintesi potenziale (IFP) misurato tra la spigatura e la senescenza.

(2) I valori sono espressi come valore indice, media valori IFP del testimone (T0) = 100.

(3) Vedi riquadro a pag. 52.

Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative per $P < 0,05$.

L'applicazione fungicida solo in fioritura (T1) ha determinato un aumento dell'indice IFP del 4%, mentre quelle di doppio trattamento hanno determinato un vantaggio compreso tra l'8 e il 12%.

tazionale NDVI, relativo alla biomassa fotosinteticamente attiva, dalla spigatura alla maturazione cerosa in tutte le situazioni.

Questo vantaggio di «stay green» si osserva con chiarezza a partire dall'inizio della maturazione lattea e si amplia successivamente durante la maturazione cerosa.

Il vantaggio in termini fotosintetici per la coltura non dipende però solo da una maggiore funzionalità dei tessuti preposti a questa attività (foglie e spiga) nelle fasi finali della maturazione, ma è

TABELLA 1 - Effetto delle strategie di lotta sul controllo delle malattie del frumento tenero (1)

Tesi	Severità fusariosi (%)	Severità complesso septoriosi (%)	
		fioritura	maturazione cerosa
T0	7,2 a	23,5 a	27,4 a
T1	1,9 bc	23,0 a	12,2 b
T2	1,9 bc	8,1 b	3,4 c
T3	3,1 abc	20,4 a	2,9 c
T4	1,5 c	6,5 b	5,2 c
T5	4,0 abc	22,9 a	2,9 c

(1) Inteso come mantenimento dell'attività fotosintetica espressa come indice di fotosintesi potenziale (IFP) misurato tra la spigatura e la senescenza.

Il dettaglio delle tesi a confronto è riportato in tabella A all'interno del riquadro «Come è stata impostata la sperimentazione» a pag. 52. Il rilievo della fusariosi della spiga è stato condotto allo stadio di maturazione cerosa, mentre i sintomi del complesso della septoriosi sono stati verificati alla fioritura e alla maturazione cerosa.

Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative per $P < 0,05$.

Alla maturazione cerosa la severità di questa malattia fogliare ha interessato oltre il 27% della superficie fogliare attiva (foglia bandiera e penultima foglia) del testimone T0, mentre la severità dell'attacco è stata ridotta significativamente con l'applicazione fungicida alla fioritura (-15%) e soprattutto con il doppio trattamento alla levata e alla fioritura (-24%).

una conseguenza della sanità di questi tessuti durante tutta la seconda parte del ciclo colturale. In altri termini, per valutare appieno l'efficacia delle strategie di lotta non è sufficiente considerare solo i sintomi in alcuni stadi fenologici chiave, ma è necessario prendere in considerazione il vantaggio cumulato in termini fotosintetici che la protezione della foglia determina nel corso dello sviluppo colturale.

Tale vantaggio può essere misurato prendendo in considerazione l'area delle curve descritte in figura A riportata nel riquadro «Come è stata impostata la sperimentazione» a pag. 52 e indicato come indice di fotosintesi potenziale (IFP): **l'applicazione fungicida solo in fioritura ha determinato un aumento di questo indice dell'4%, mentre quelle di doppio trattamento hanno determinato un vantaggio compreso tra l'8 e il 12%** (grafico 1).

I vantaggi produttivi

Le differenze osservate sul mantenimento di un'elevata attività fotosintetica da parte degli apparati fogliari si sono confermate in termini produttivi: la sola applicazione fungicida in fioritura ha favorito un aumento produttivo rispetto al testimone del 10%, determinato in parte dalla protezione della foglia, ma anche dal controllo della fusariosi della spiga, con un chiaro aumento del peso ettolitrico della granella (tabella 2).

Le strategie di doppio trattamento hanno consentito un aumento produttivo rispetto a T0 almeno del 20% (T3, T4 e T5), che sale al 27% se si considera la tesi T2, con la migliore protezione delle foglie nel corso del ciclo colturale.

La componente della produzione che risulta essere influenzata dalle strategie a confronto è il grado di riempimento della cariosside al termine del processo di maturazione, come evidenziato dalle differenze apprezzabili nel peso 1.000 semi.

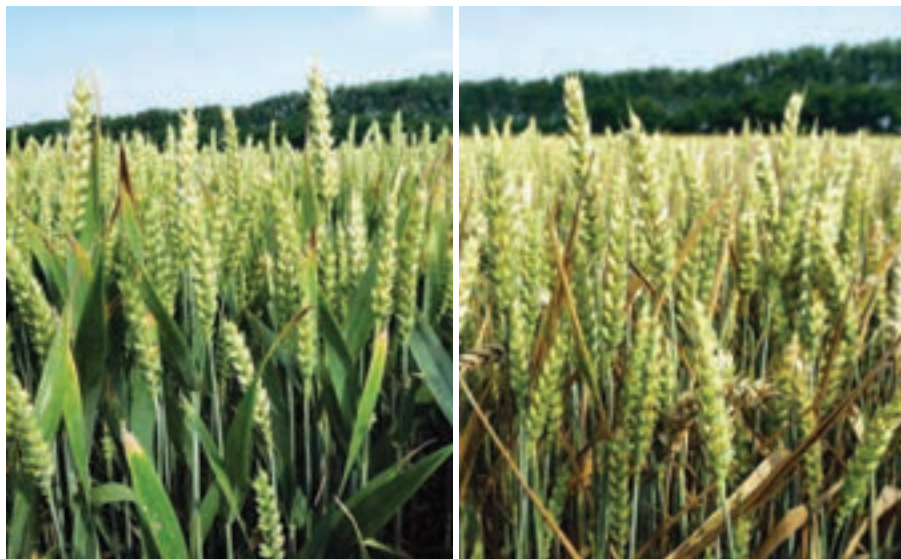
Il contenuto in proteine della granella non è risultato significativamente differente tra le tesi; si conferma quindi che gli interventi di difesa favoriscono un parallelo maggiore accumulo di amido con quello di glutine nella granella.

La rilevanza della difesa della foglia, anche nel corso di una campagna granaria con attacchi fungini non particolarmente intensi, è risultata molto evidente.

Infatti, l'incremento cumulato dell'indice vegetazionale NDVI (IFP) dalla spigatura alla maturazione cerosa nei trattamenti soggetti agli interventi di protezione della foglia è risultato signifi-



Frumento tenero: presenza di sintomi del complesso della septoriosi nelle foglie basali e intermedie al termine della fioritura in una coltura difesa (a **destra**) o del testimone



Frumento tenero alla maturazione latteo-cerosa: confronto tra la parcella soggetta a un doppio trattamento anticipato (a **sinistra**) con il testimone (a **destra**)

ficativamente correlato ($P < 0,001$) con la produzione di granella.

Nel grafico 2 è riportata tale relazione considerando l'indice IFP per i diversi trattamenti a confronto: **nella situazione colturale considerata, a un aumento del 10% di questo indice è corrisposto un aumento produttivo pari quasi a 1,5 t/ha.**

Alta efficacia in termini produttivi

Sebbene il decorso stagionale nel complesso sia risultato poco favorevole alla manifestazione delle principali malattie fungine, i trattamenti di difesa impostati hanno evidenziato un'alta efficacia in termini produttivi. Le strategie combinate di difesa della foglia e della spiga hanno permesso un superio-

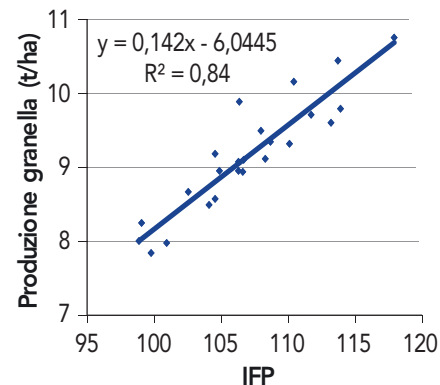
re mantenimento dell'attività fogliare rispetto al singolo trattamento.

Il confronto tra miscele composte da sostanze attive del gruppo chimico dei triazoli e dei SDHI con una miscela triazolo e strobilurina ha evidenziato risultati nel complesso simili, ma con tendenziali vantaggi della miscela bixafen + proclonazolo in termini di mantenimento della funzionalità degli apparati fogliari.

L'effetto dei trattamenti sull'efficienza dei tessuti preposti alla fotosintesi e quindi sul ritardo con cui la senescenza si manifesta sottolinea che proprio questo è l'aspetto che consente di interpretare i vantaggi agronomici della difesa fungicida.

Oltre ai già citati incrementi produttivi, occorre anche considerare che un'applicazione attenta delle più re-

GRAFICO 2 - Relazione tra indice fotosintesi potenziale (IFP) e produzione di granella



IFP è stato calcolato come integrale delle curve NDVI (Indice vegetazionale) dei diversi trattamenti tra lo stadio di spigatura e la completa senescenza. I valori sono espressi come valore indice, la media dei valori IFP del testimone (T0) = 100.

Nella situazione colturale considerata a un aumento del 10% dell'indice di fotosintesi potenziale (IFP) è corrisposto un aumento produttivo pari quasi a 1,5 t/ha.

centi molecole ad azione di difesa della coltura permette una contemporanea azione fisiologica sulla foglia e in particolare sulla foglia bandiera.

Ciò garantisce vantaggi produttivi, ma anche qualitativi, valorizzando appieno gli interventi più tardivi di fertilizzazione azotata e potenziando gli aspetti tecnologici.

Massimo Blandino
Andrea Borio
Gabriele Gariglio
Amedeo Reyneri
Disafa
Università di Torino

TABELLA 2 - Effetto delle strategie di lotta sui parametri produttivi e qualitativi del frumento

Tesi	Produzione (t/ha)	Peso ettolitrico (kg/hL)	Peso 1.000 semi (g)	Proteine (%)
T0	7,9 c	72,9 b	38,3 d	11,4 a
T1	8,7 bc	74,7 a	41,9 c	11,3 a
T2	10,0 a	75,6 a	44,4 a	11,6 a
T3	9,5 ab	75,8 a	44,3 ab	11,2 a
T4	9,5 ab	75,4 a	44,1 ab	11,1 a
T5	9,4 ab	75,1 a	43,1 abc	11,5 a

Il dettaglio delle tesi a confronto è riportato in tabella A all'interno del riquadro «Come è stata impostata la sperimentazione» a pag. 52.

Lettere differenti indicano differenze statisticamente significative per $P < 0,05$.

Le strategie di doppio trattamento hanno consentito un aumento produttivo rispetto a T0 almeno del 20% (T3, T4 e T5), che sale al 27% se si considera la tesi T2, con la migliore protezione delle foglie nel corso del ciclo colturale.

Gli autori esprimono un vivo apprezzamento e ringraziamento all'azienda agricola Gilli Emilio di Carignano (Torino) per la collaborazione nella realizzazione della sperimentazione. Le foto dell'articolo sono di Massimo Blandino.

Per commenti all'articolo, chiarimenti o suggerimenti scrivi a: **redazione@informatoreagrario.it**

Questo articolo è corredato di bibliografia/contenuti extra. Gli Abbonati potranno scaricare il contenuto completo dalla Banca Dati Articoli in formato PDF su: **www.informatoreagrario.it/bdo**