

BENZOVINDIFLUPYR: CARATTERISTICHE DELLA NUOVA SOSTANZA ATTIVA E ATTIVITA' NEL CONTROLLO DELLE MALATTIE FUNGINE DI FRUMENTO E ORZO

L. SERRA, V. RICCI, A. GUALCO
Syngenta Italia S.p.A., Via Gallarate 139, 20151 Milano
lorenzo.serra@syngenta.com

RIASSUNTO

Il benzovindiflupyr (Elatus Plus) è una nuova molecola sviluppata da Syngenta e destinata in Europa al controllo delle malattie fungine dei cereali mediante applicazioni fogliari. Agisce inibendo l'enzima succinato deidrogenasi (SDHI - succinate dehydrogenase inhibitor), appartenente al codice C2 della classificazione FRAC (Fungicide Resistance Action Committee). Benzovindiflupyr ha un'attività principalmente preventiva, e anche una limitata attività curativa che si esplica nella riduzione della crescita intercellulare del micelio del patogeno, ma l'efficacia maggiore si ottiene con un utilizzo preventivo. In questo articolo vengono presentate le principali caratteristiche della molecola e alcuni dati di efficacia relativi alle due formulazioni contenenti benzovindiflupyr. La prima serie di dati si riferisce all'efficacia del prodotto singolo su differenti malattie fogliari di frumento e orzo. Benzovindiflupyr in miscela con prothioconazolo (Elatus Era) è stato anch'esso saggiato su frumento duro e tenero per il contenimento delle malattie fogliari nonché della fusariosi della spiga. Entrambi i prodotti hanno garantito una protezione efficace contro le principali malattie del frumento e dell'orzo con significativi aumenti di produzione rispetto al testimone.

Parole chiave: prothioconazolo, malattie fogliari, fungicida, ruggine, fusariosi

SUMMARY

BENZOVINDIFLUPYR: CHARACTERISTICS OF THE NEW ACTIVE SUBSTANCE AND ACTIVITY AGAINST THE MAIN FUNGAL FOLIAR DISEASES OF WHEAT AND BARLEY

Benzovindiflupyr (Elatus Plus) is a novel compound developed by Syngenta Reserch and Development for the control of cereal fungal diseases in Europe applied as foliar application. Benzovindiflupyr is a SDHI fungicide (succinate dehydrogenase inhibitor, FRAC code C2). Benzovindiflupyr is predominantly protectant in its effect on the pathogen. It has some limited curative activity through reduction of intercellular mycelial growth but its major effects on the pathogen occur when it is applied as a protectant. This paper presents the main characteristics of the molecule and some efficacy data of two formulations containing benzovindyflupyr. The first data set refers to the solo compound against foliar diseases on wheat and barley. Benzovindiflupyr in mixture with prothioconazole (Elatus Era) was tested on soft and durum wheat to control *Fusarium* head blight and the main foliar diseases. Both formulations were highly effective on the main pathogens of wheat and barley and increased yield significantly compared to the untreated check.

Keywords: prothioconazole, fungicide, rust, *Fusarium* spp

INTRODUZIONE

La sostanza attiva benzovindiflupyr è un racemo composto da due enantiomeri; ognuno di questi presenta un'elevata attività biologica nei confronti dei principali patogeni fungini dei cereali quali *Septoria* spp., *Puccinia* spp. e *Pyrenophora teres*. Tale efficacia è stata ampiamente verificata in test di laboratorio e di serra. Il racemo, presenta attività biologica

analoga agli enantiomeri e la sua efficacia è stata saggiata dalla Ricerca e Sviluppo di Syngenta in numerose prove di campo.

Il meccanismo di azione di benzovindiflupyr è quello di inibire l'enzima succinato deidrogenasi (SDHI) nei patogeni fungini. L'attività della succinato deidrogenasi è un passaggio obbligatorio del ciclo dell'acido tricarbossilico, o ciclo di Krebs che, a sua volta, rappresenta la via principale di produzione di energia delle cellule. Normalmente il ciclo dell'acido tricarbossilico alimenta la catena respiratoria con equivalenti riducenti: il blocco di questo ciclo attraverso il legame del benzovindiflupyr porta al collasso energetico della cellula.

I composti SDHI quali la carbossina sono conosciuti e utilizzati commercialmente da parecchio tempo, anche se il loro impiego è stato limitato al controllo dei patogeni delle sementi, come *Ustilago nuda*. Le molecole di più recente introduzione, isopyrazam, bixafen o fluxapyroxad hanno caratteristiche tali da renderli molto importanti nel settore dei cereali. Il grado di attività di una sostanza non dipende solo dal suo meccanismo d'azione. Altri fattori, quale la composizione molecolare e la sua conformazione sterica sono discriminanti essenziali per l'efficacia: benzovindiflupyr è un SDHI di nuova generazione con attività intrinseca più elevata, permettendo quindi di abbassare la dose di composto applicata pur mantenendo lo stesso livello di efficacia.

Benzovindiflupyr ha un'attività principalmente preventiva anche se presenta una limitata attività curativa, che si esplica nella riduzione della crescita intercellulare del micelio del patogeno. La maggior efficacia si ottiene con un utilizzo preventivo.

Il prodotto si distribuisce uniformemente sulla superficie fogliare, nelle cere e nei tessuti intercellulari: la presenza della sostanza attiva in quantità significative in questi tre compartimenti consente la ridistribuzione della molecola nel tempo garantendo una buona persistenza. L'ottima distribuzione e l'alta attività intrinseca permettono alla molecola di avere un'elevata attività biochimica e un elevato controllo della malattia. Queste caratteristiche sono state valutate sia in prove di laboratorio e di semi campo che in prove di pieno campo.

Tabella 1. Colture e relativi patogeni su cui è attivo benzovindiflupyr

Frumento	<i>Septoria tritici</i> , <i>S. nodorum</i> , <i>Puccinia striiformis</i> , <i>P. recondita</i>
Orzo	<i>Pyrenophora teres</i> , <i>Rhynchosporium secalis</i> , <i>Ramularia collo-cygni</i> , <i>Puccinia hordei</i>
Segale	<i>Puccinia recondita</i> , <i>Rhynchosporium secalis</i>
Triticale	<i>Puccinia recondita</i> , <i>P. striiformis</i> , <i>Rhynchosporium secalis</i> , <i>Septoria</i> ssp.
Avena	<i>Puccinia coronata</i>

Il prodotto sarà commercializzato in Italia con il nome di Elatus Plus. La molecola del benzovindiflupyr verrà inoltre immessa sul mercato in miscela con il protioconazolo per ampliarne lo spettro di efficacia oltre che a consentire un utilizzo di principi attivi a diverso meccanismo di azione in un'ottica di strategia di difesa volta a ridurre l'insorgenza di ceppi esistenti. Il nome del formulato commerciale in miscela col triazolo sarà Elatus Era. Quest'ultimo prodotto potrà essere impiegato anche per il controllo della fusariosi della spiga nel frumento.

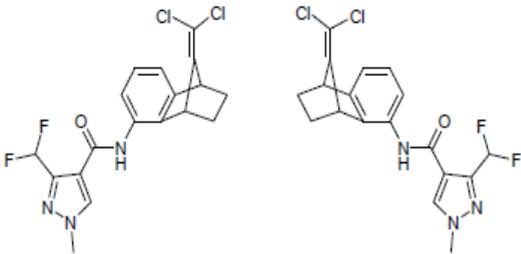
Elatus Plus sarà formulato come emulsione concentrata (EC) a una concentrazione di 100 grammi per litro di sostanza attiva; l'uso proposto prevede una dose massima di impiego di 0,75 L/ha e un numero massimo di applicazioni pari a una per stagione.

Elatas Era sarà anch'esso formulato come emulsione concentrata (EC) a una concentrazione di 75 grammi per litro di benzovindiflupyr e di 150 grammi per litro di protioconazolo; l'impiego proposto prevede una dose massima di impiego di 1,0 L/ha e un numero massimo di applicazioni pari a una per stagione.

La ragione principale che ha portato alla creazione di un formulato con la miscela di benzovindiflupyr e protioconazolo è stata quella di ottenere un fungicida in linea con le raccomandazioni del FRAC sulla gestione delle resistenze per gli SDHI. Tali raccomandazioni consigliano di utilizzare gli SDHI in miscela con fungicidi che assicurino un soddisfacente livello di contenimento delle malattie bersaglio e che abbiano un differente modo di azione. Il benzovindiflupyr e il protioconazolo non presentano resistenza incrociata e i singoli principi attivi sono stati sagggiati nelle prove di campo accanto al prodotto premiscelato nelle medesime dosi per valutarne l'efficacia nei confronti dei patogeni. Tali valutazioni hanno permesso di identificare la dose di 75 g/ha di benzovindiflupyr e di 150 g/ha di protioconazolo quali ottimali per assicurare un livello di controllo soddisfacente.

Il quadro generale delle caratteristiche chimico-fisiche del benzovindiflupyr è riportato di seguito.

Proprietà chimico-fisiche

Nome comune ISO	Benzovindiflupyr
Rapporto enantiomeri	1:1
Classe chimica	pirazole carbossamide Inibitori delle succinato deidrogenasi (SDHI)
Nome chimico IUPAC	N-[(1RS,4SR)-9-(Dichloromethylidene)-1,2,3,4-tetrahydro-1,4-methanonaphthalen-5-yl]-3-(difluoromethyl)-1-methyl-1H-pyrazole-4-carboxamide
Formula empirica	C ₁₈ H ₁₅ Cl ₂ F ₂ N ₃ O
Formula di struttura	
Peso molecolare	398,2 g/mol
Stato fisico	Polvere bianca [99,4%] Solido biancastro [97,7%]
Punto di fusione	148,4 °C [99,4%]
Solubilità in acqua	0,98 mg/L a 25°C [99,4%]
Coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua	4,3 at 25 °C [99,4%]
Pressione di vapore	3,2 x 10 ⁻⁹ Pa at 25 °C (purezza: 99,4 %)

Tossicità acuta

DL₅₀ orale ratto 55 mg/kg di peso corporeo
NOAEL 17,5 mg/kg di peso corporeo

DL₅₀ dermale ratto > 2.000 mg/kg di peso corporeo
DL₅₀ inalatoria ratto 0,56 mg/L aria (4h, solo nasale)
Irritazione cute: Non irritante
Irritazione oculare: Non irritante
Sensibilizzazione cutanea: Non sensibilizzante

Ecotossicologia

Pesci (*Cyprinus carpio*) 96 h (flow-through) Mortalità, CL50: 0,0035 mg/L
Invertebrati acquatici (*Americamysis bahia*) 96 h (statica) Mortalità, EC50: 0,056 mg/L
Alghe (*Pseudokirchneriella subcapitata*) 72 h (statica) Biomassa: EbC50 > 0,89 mg/L
Lombrichi Acuta 14 giorno CL50: 406,3 mg/kg peso secco suolo
Api e artropodi utili nessun effetto avverso alle dosi di impiego consigliate
Microrganismi del suolo nessun effetto avverso alle dosi di impiego consigliate
Colinus virginianus - Acuta - DL50: 1.315 mg a.s./kg peso corporeo
Colinus virginianus - Breve termine: CL50 > 5.620 mg s.a./kg dieta

MATERIALI E METODI

L'efficacia di benzovindiflupyr è stata valutata mediante una serie di prove condotte in Italia, Francia e Spagna su diverse malattie fogliari di fumento e orzo, in particolare su *S. tritici*, *S. nodorum*, *P. striiformis*, *P. recondita*, *P. teres*, *R. secalis*, *R. collo-cygni*, *P. hordei*. Inoltre è stata valutata anche l'efficacia sulla fusariosi della spiga nel frumento, sia duro che tenero. Tutte le prove sono state impostate secondo uno schema a blocchi randomizzati con quattro ripetizioni seguendo i principi della G.E.P. (Good Experimental Practice). Tutte le operazioni colturali accessorie quali lavorazione del terreno, diserbo e concimazione sono state eseguite dagli agricoltori ospitanti le prove seguendo le consolidate tecniche colturali locali. Sono stati registrati i livelli di malattia e lo stadio di sviluppo della coltura al momento dell'applicazione secondo il codice BBCH. L'efficacia è stata valutata in tutte le prove seguendo le linee guida EPPO PP 1/26(4) - "Foliar and ear diseases on cereals" e PP 1/152(4) - "Design and analysis of efficacy evaluation trials".

Le applicazioni sono state eseguite con attrezzature irroratrici alimentate a motore o a gas inerte, idonee a distribuire bassi volumi d'acqua in superfici di piccole dimensioni. I volumi d'acqua utilizzati sono stati compresi tra 200 e 400 L/ha. Generalmente sono state eseguite due applicazioni: la prima allo stadio di fine accostamento - inizio levata e la seconda allo stadio di emissione della foglia a bandiera - inizio spigatura. Per il controllo della fusariosi della spiga l'applicazione specifica è stata effettuata allo stadio tra inizio e piena fioritura. Le prove, condotte su alcune varietà comunemente commercializzate, sono state svolte in diverse località e su differenti tipologie di terreno, in modo da saggiare l'efficacia e la selettività del formulato in un ampio intervallo di condizioni ambientali; oltre all'efficacia è stata calcolata anche la produzione per unità di superficie. Tutte le prove sono state condotte in zone vocate alla coltivazione dei cereali e le malattie riportate sono quelle comunemente presenti in quegli areali e che causano danni commercialmente apprezzabili alla coltura. La dimensione delle

parcelle è stata compresa da un minimo di 10 a un massimo di 30 m². L'area raccolta poteva comprendere l'intera superficie parcellare o, più comunemente, una sottoarea all'interno della parcella medesima compresa tra 10 e 24 m². Si è proceduto a calcolare la produzione di granella (q/ha) e alcuni parametri qualitativi, quali il peso ettolitrico (kg/hL) e il peso di mille semi (g), in confronto a un testimone non trattato. I rilievi di efficacia sono stati effettuati in un periodo compreso tra due e sei settimane dopo l'ultima applicazione, stimando la superficie fogliare colpita dalla malattia sulle foglie L1, L2 e L3. Sono state prese in considerazione solo le prove aventi un minimo di area fogliare infetta pari al 5% nelle parcelle non trattate. Per la valutazione della fusariosi della spiga i rilievi sono stati effettuati 24 e 48 giorni dopo l'applicazione prendendo in considerazione solo le prove che presentavano una severità di malattia superiore al 5% nelle spighe. I dati sono stati raggruppati per patogeno e presentati come media di efficacia usando la formula di Abbott.

Nella seguente tabella viene riportato un elenco delle prove svolte per testare l'efficacia di benzovindiflupyr (tabella 2).

Tabella 2. Prove condotte in Italia, Francia e Spagna su cereali per valutare l'efficacia di benzovindiflupyr

Tipologia di prova	Anno (*)	Coltura	Malattia/Parametri produttivi (N° prove)
Efficacia su frumento	2 anni, 2013 - 2014	Frumento	<i>Fusarium</i> ssp. (5 prove)
	4 anni, 2011 - 2014	Frumento	<i>S. tritici</i> (23 prove), <i>Puccinia striiformis</i> (1 prova), <i>P. recondita</i> (17 prove)
Efficacia su orzo	4 anni, 2011 - 2014	Orzo	<i>Pyrenophora teres</i> (5 prove)
Effetti sulla resa di frumento in granella e altri parametri qualitativi	3 anni, 2012 - 2014	Frumento	Produzione (20 prove solo - 15 prove miscela) Peso 1.000 semi (17 prove solo - 12 prove miscela) Proteine (15 prove solo - 10 prove miscela)
Effetti sulla resa di orzo in granella	3 anni, 2012 - 2014	Orzo	Produzione (7 prove solo - 5 prove miscela) Peso mille semi (7 prove solo - 5 prove miscela) Proteine (6 prove solo - 5 prove miscela)

(*) Trattandosi di cereali autunno-vernini, l'anno indicato è quello in cui sono state fatte le applicazioni e i rilievi

RISULTATI E DISCUSSIONE

Di seguito vengono riportati i risultati delle sperimentazioni effettuate in Italia, Francia e Spagna utilizzando i due formulati benzovindiflupyr (Elatius Plus) e benzovindiflupyr + protioconazolo (Elatius Era) mediante due applicazioni fogliari su frumento e orzo (una sola applicazione a inizio fioritura per il controllo della fusariosi della spiga) a confronto con vari standard di riferimento (tabelle 3, 4, 5, 6 e 7), nonché i risultati produttivi (tabelle 8, 9, 10 e 11).

Tabella 3. Prove di efficacia (% di efficacia secondo Abbott) su frumento su *S. tritici*

Prodotto	Dose g s.a./ha	<i>S. tritici</i> 2 applicazioni; media di 13 prove (2011-2012)	<i>S. tritici</i> 2 applicazioni; media di 10 prove (2012)
Benzovindiflupyr	75	86,5%	-
Benzovindiflupyr + protioconazolo	75 + 150	-	88,2%
Boscalid + epoxiconazolo	349,5 + 100,5	82,1%	80,1%
Testimone non trattato (T.n.t.) (% grado attacco - foglie)	-	(35,4)	(30,8)

Tabella 4. Prove di efficacia (% di efficacia secondo Abbott) su frumento su *P. striiformis*

Prodotto	Dose g s.a./ha	<i>P. striiformis</i> 2 applicazioni; 1 prova (2014)
Benzovindiflupyr	75	87,8%
Benzovindiflupyr + protioconazolo	75 + 150	100%
Boscalid + epoxiconazolo	349,5 + 100,5	78,6%
T.n.t. (% grado attacco - foglie)	-	(8,2)

Tabella 5. Prove di efficacia (% di efficacia secondo Abbott) su frumento su *P. recondita*

Prodotto	Dose g s.a./ha	<i>P. recondita</i> 2 applicazioni; media di 10 prove (2011 - 2012)	<i>P. recondita</i> 2 applicazioni; media di 7 prove (2012)
Benzovindiflupyr	75	98,5%	-
Benzovindiflupyr + protioconazolo	75 + 150	-	99,9%
Boscalid + epoxiconazolo	349,5 + 100,5	96,5%	97,0%
T.n.t. (% grado attacco - foglie)	-	(49,0)	(49,9)

Tabella 6. Prove di efficacia (% di efficacia secondo Abbott) su frumento su *Fusarium ssp.*-
Micotossine

Prodotto	Dose g s.a./ha	<i>Fusarium ssp.</i> 1 applicazione media di 5 prove (2013 - 2014)
Benzovindiflupyr + protioconazolo	75	81,8%
Protioconazolo + tebuconazolo	125 + 125	86,8%
T.n.t. (Quantità DON ppb- spiga)	-	(3.860)

Tabella 7. Prove di efficacia (% di efficacia secondo Abbott) su orzo su *Pyrenophora teres*

Prodotto	Dose g s.a./ha	<i>Pyrenophora teres</i> 2 applicazioni media di 3 prove (2011 - 2012)	<i>Pyrenophora teres</i> 1 applicazione media di 2 prove (2013 - 2014)
Benzovindiflupyr	75	88,3%	-
Benzovindiflupyr + protioconazolo	75 + 150	-	88,4%
Boscalid + epoxiconazolo	349,5 + 100,5	63,2%	80,3%
Testimone n. t. (% grado attacco - foglie)	-	(71,2)	(65,2)

Tabella 8. Effetti sulla resa di frumento in granella e altri parametri qualitativi

Prodotto	Dose g s.a./ha	Produzione % rispetto a testimone (t/ha); media 20 prove (2011 - 2012)	Peso 1000 semi % rispetto a testimone (g) media 17 prove (2011 - 2012)	Proteine % rispetto a testimone (%) media 15 prove (2011 - 2012)
Benzovindiflupyr	75	118,4%	110,0%	99,9%
Boscalid + epoxiconazolo	349,5+100,5	117,7%	109,4%	99,2%
Testimone non trattato	-	(7,2) = 100	(40,3) = 100	(13,2)=100

Tabella 9. Effetti sulla resa di orzo in granella e altri parametri qualitativi

Prodotto	Dose g s.a./ha	Produzione % rispetto a testimone (t/ha); media 7 prove (2009 - 2010)	Peso 1000 semi % rispetto a testimone (g) media 7 prove (2011 - 2012)	Proteine % rispetto a testimone (%) media 6 prove (2011 - 2012)
Benzovindiflupyr	75	119,9%	111,5%	98,4%
Boscalid + epoxiconazolo	349,5+100,5	120,3%	114,6%	98,0%
Testimone non trattato	-	(58,6) = 100	(38,0) = 100	(11,6) = 100

Tabella 10. Effetti sulla resa di frumento in granella e altri parametri qualitativi

Prodotto	Dose g s.a./ha	Produzione % rispetto a testimone (t/ha); mediai 15 prove (2012)	Peso 1.000 semi % rispetto a testimone (g) media 12 prove (2012)	Proteine % rispetto a testimone (%) media 10 prove (2012)
Benzovindiflupyr + protioconazolo	75 + 150	122,7%	110,2%	99,1%
Boscalid + epoxiconazolo	349,5+100,5	119,9%	108,4%	99,1%
Testimone non trattato	-	(7,1) = 100	(40,9) = 100	(13,8) = 100

Tabella 11. Effetti sulla resa di orzo in granella e altri parametri qualitativi

Prodotto	Dose g s.a./ha	Produzione % rispetto a testimone (t/ha); media 5 prove (2012)	Peso 1.000 semi % rispetto a testimone (g) media 5 prove (2012)	Proteine % rispetto a testimone (%) Media 5 prove (2012)
Benzovindiflupyr + protioconazolo	75 + 150	138,8%	119,8%	96,2%
Boscalid + epoxiconazolo	349,5+100,5	124,6%	115,3%	98%
Testimone non trattato	-	(5,4) = 100	(36,4) = 100	(11,8) = 100

Le sperimentazioni effettuate in Italia, in Francia e Spagna, all'interno della zona climatica EPPO Mediterranea, dimostrano che l'applicazione preventiva dei formulati benzovindiflupyr e benzovindiflupyr + protioconazolo riduce in maniera rilevante l'incidenza delle principali malattie fogliari del frumento, in particolare di *S. tritici*, *P. recondita* e *P. striiformis*. L'applicazione su orzo consente di ottenere un ottimo

contenimento di *P. teres*, *R. secalis* e *R. collo-cygni*. L'utilizzo di questo prodotto garantisce, inoltre, importanti incrementi di produzione in presenza di tutte le malattie fogliari. I formulati sono stati confrontati con i principali standard di riferimento per le avversità prese in considerazione e i risultati ottenuti dimostrano come, sia per quanto riguarda l'efficacia che per i parametri produttivi e qualitativi, benzovindiflupyr da solo o in miscela con protioconazolo risultino superiori rispetto al testimone non trattato e sui livelli degli standard di riferimento.

CONCLUSIONI

L'efficacia del formulato benzovindiflupyr (Elatus Plus) e benzovindiflupyr + protioconazolo (Elatus Era) è stata valutata attraverso diverse prove sperimentali effettuate da Syngenta in vari Paesi e in diverse condizioni climatiche. Per quanto riguarda l'utilizzo dei due prodotti sui cereali, tutte le prove hanno evidenziato che l'applicazione in via preventiva a partire dalla fase fenologica di fine accostamento e ripetuta in fase di emissione della foglia a bandiera della coltura consente di garantire una protezione efficace contro le principali malattie del frumento quali *S. tritici*, *Puccinia* spp. e dell'orzo quali *P. teres*, *R. secalis* e *R. collo-cygni*. Aspetto di non secondaria importanza è il fatto che la protezione offerta dal prodotto alla coltura si traduce in significativi aumenti di resa rispetto a condizioni di non copertura. La miscela di due principi attivi a meccanismo di azione differente in un unico prodotto consente inoltre di effettuare i trattamenti fungicidi in linea con le più raccomandate strategie di anti-resistenza per evitare di favorire l'insorgenza di ceppi di malattie resistenti ai prodotti più comunemente utilizzati.

La miscela benzovindiflupyr + protioconazolo è estremamente efficace sia per il contenimento delle malattie fogliari che per il controllo della fusariosi della spiga, avversità che può portare al pericoloso accumulo nelle cariossidi di frumento di micotossine, di cui la più importante è il deossinivalenolo (DON).

Va menzionato, inoltre, che benzovindiflupyr, alle condizioni di impiego indicate nel presente articolo, non ha mai provocato sintomi di fitotossicità né su frumento né su orzo.

Questo nuovo principio attivo, formulato in miscela o solo, va ad aggiungersi alla gamma di soluzioni già esistenti per la protezione di cereali, consentendo agli agricoltori di disporre di un'altra possibilità di difesa ottimale delle proprie colture.

Ringraziamenti

Si ringraziano i colleghi Giancarlo Massone, Luigi Berti, Alberto Prisco e Adriano Giansante per l'esecuzione delle prove in Italia.

LAVORI CITATI

- Bart, A.; Fraaije, C.B.; Atkins, S.; Hans, J.; Cools, J.; Lucas, M., 2011. Risk assessment studies on succinate dehydrogenase inhibitors, the new weapons in the battle to control Septoria leaf blotch in wheat. *Molecular Plant Pathology*, 10.1111/j.1364-3703.2011.00746.
- Harp T. L., Godwin J. R., Scalliet G., Walter H., Stalker A. D., Bartlett D. W., Ranner D. J., Orson J., Bush M., Cook S., Boys E., Cussans J., 2011. Isopyrazam, a new generation cereal fungicide. Association of Applied Biologists, Wellesbourne, UK, *Aspects of Applied Biology*, 106, 113-120.