

FENPICOXAMID (INATREQ ACTIVE): UNA NUOVA SOSTANZA ATTIVA PER IL CONTENIMENTO DELLE MALATTIE FUNGINE DI FRUMENTO E ORZO

V. BOSCO¹, C. VAJ¹, M. GUARISE¹, A. LEADER², G. KEMMITT³

¹ Dow AgroSciences Italia S.r.L., Viale A. Masini 36, 40126 Bologna

²Dow AgroSciences Ltd., CBC2 Capital Park, Fulbourn, Cambridgeshire, CB21 5XE, UK

³Dow AgroSciences Ltd., 3B Park Square, Milton Park, Abingdon, OXON, OX14 4RN, UK
vbosco@dow.com

RIASSUNTO

Fenpicoxamid (InatreqTM Active) è una nuova molecola fungicida sviluppata dalla R&S di Dow AgroSciences in collaborazione con Meiji Seika Pharma, attiva su numerose malattie fungine dei cereali. Rappresenta la prima molecola di una nuova classe chimica di fungicidi (picolinammidi) e deriva da una molecola naturale, UK-2A, prodotta attraverso un processo fermentativo. Il prodotto, ha un nuovo e originale sito d'azione per i cereali (inibitore QiI), e verrà assegnato dal FRAC al Gruppo C4, 21. Fenpicoxamid non presenta resistenza incrociata con altri fungicidi attualmente registrati per i cereali. La molecola, diversamente da UK-2A, mostra superiore stabilità sulla superficie fogliare unitamente ad eccellenti doti di redistribuzione. Fenpicoxamid garantisce una lunga e costante attività residuale unita a robuste capacità curative. In questo contributo vengono presentate le principali caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche della molecola oltre a una sintesi dei dati di efficacia relativi alle diverse formulazioni contenenti fenpicoxamid su differenti malattie fungine di frumento e orzo.

Parole chiave: malattie fogliari, difesa, UK-2A

SUMMARY

FENPICOXAMID (INATREQ ACTIVE), A NEW ACTIVE INGREDIENT EFFECTIVE AGAINST SEVERAL DISEASES OF WHEAT AND BARLEY

Fenpicoxamid (InatreqTM Active) is a new fungicide active ingredient developed by Dow AgroSciences R&D in cooperation with Meiji Seika Pharma. It represents the first molecule in a new chemical class of fungicides (picolinamide) and is derived from a natural molecule, UK-2A, produced by a fermentation process. Fenpicoxamid has a new mode of action on cereals (QiI inhibitor), and will be included into FRAC group C4, 21. Fenpicoxamid does not exhibit any target site cross-resistance to other currently registered fungicides in cereals. The molecule, unlike the UK-2A, shows higher stability on the leaf surface as well as excellent redistribution properties. Fenpicoxamid has long lasting residual activity in addition to strong curative properties. This paper highlights the main physiochemical and toxicological characteristics of the molecule and summarizes the efficacy data of several formulations of fenpicoxamid against different diseases of wheat and barley.

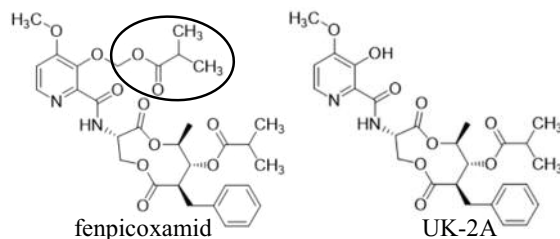
Keywords: foliar diseases, control, UK-2A

INTRODUZIONE

In collaborazione con Meiji Seika Pharma Co. Ltd, il gruppo di ricerca e sviluppo sui fungicidi della Dow AgroSciences, ha portato alla scoperta di fenpicoxamid (marchio commerciale InatreqTM Active; figura 1) un nuovo fungicida appartenente alla famiglia chimica delle picolinammidi. Fenpicoxamid sarà inizialmente impiegato per il controllo delle malattie fungine dell'apparato fogliare dei cereali, in particolare della *Zymoseptoria tritici* e per il

controllo della *Mycosphaerella fijiensis* (black sigatoka) nelle banane, ma gli screening iniziali mostrano potenzialità anche per la difesa di altre colture (Young et al., 2018).

Figura 1. Formula di struttura di fenpicoxamid (Inatreq™) e UK-2A. Sono evidenziate le differenze strutturali fra le due molecole



Fenpicoxamid è un derivato isopropil-carbossimetil etere (Owen et al., 2017) ottenuto da una singola modificazione chimica del composto antifungino naturale UK-2A (figura 1). UK-2A, è stato originariamente isolato dai brodi di fermentazione di *Streptomyces* sp. 517-02 (Ueki et al., 1996), i cui estratti hanno mostrato una forte attività antifungina in saggi in vitro.

Fenpicoxamid è un fungicida dotato di capacità preventive e curative oltre che di mobilità transaminare per il controllo delle malattie fogliari dei cereali e delle banane.

Sito d'azione

Fenpicoxamid è molto stabile sulla superficie fogliare ma è rapidamente convertito nei tessuti fungini degli organismi bersaglio oltre che nelle cellule vegetali in UK-2A, che agisce come inibitore della catena di trasporto degli elettroni a livello mitocondriale (MET: Mitochondrial Electron Transport). Precedenti studi biochimici sul meccanismo d'azione di UK-2A hanno dimostrato la sua capacità di legarsi con il sito Qi del complesso del citocromo bc1 (ubichinone reduttasi, complesso III) nella catena di trasporto degli elettroni, risultando essere simile al meccanismo d'azione dell'antimicina A (Ueki et al., 1996; Hanafi et al., 1996; Shibata et al., 1998). Il meccanismo d'azione di fenpicoxamid è dunque innovativo per il mercato europeo dei fungicidi per cereali ed è stato assegnato al gruppo FRAC C4 # 21 (Fungicide Resistance Action Committee).

Il complesso del citocromo bc1 (complesso III) della catena di trasporto degli elettroni mitocondriale (MET: Mitochondrial Electron Transport) ha due siti di legame ubichinone noti come siti QoI e QiI (Quinone outside e Quinone inside Inhibitors). Il sito QoI è il sito target dei fungicidi a base di strobilurine (FRAC C4 #11).

Oltre a fenpicoxamid, sono noti al mercato anche altri due fungicidi inibitori del sito QiI: cyazofamid e amisulbrom (FRAC group 21). Questi ultimi due, sono fungicidi specifici per il controllo di Oomiceti mentre, benché fenpicoxamid condivida lo stesso sito obiettivo, non ha significativa attività contro le malattie causate da questo gruppo di organismi. Il sito di inibizione MET III Qi è distinto dal sito MET III Qo con cui interagiscono le strobilurine, ed in tal senso non è stata osservata o anticipata alcun tipo di resistenza incrociata negli isolati di campo di *Z. tritici* resistenti ai fungicidi a base di strobilurine.

Numerosi test hanno mostrato l'eccellente efficacia di fenpicoxamid anche nei confronti di isolati fungini di *Z. tritici* caratterizzati da resistenza a diversi fungicidi appartenenti alla classe dei triazoli o su isolati a ridotta suscettibilità nei confronti degli inibitori della succinato deidrogenasi (SDHI) (Owen et al., 2017). Nonostante questo, poiché fenpicoxamid è considerato un fungicida mono-sito, il rischio di sviluppare resistenza a *Z. tritici* va considerato

da moderato ad alto e pertanto andrà adottata una appropriata strategia di gestione della resistenza. Questa sicuramente prevedrà un limitato numero di applicazioni per stagione e l'utilizzo in combinazione con fungicidi a diverso meccanismo d'azione efficaci nei confronti delle malattie da controllare.

Caratteristiche in e su pianta

Le proprietà chimico-fisiche di fenpicoxamid si traducono in una spiccata preferenza per le cere che compongono la cuticola fogliare. La molecola ha una ottima stabilità alla degradazione ai raggi UV conferita alla molecola naturale parentale dalla singola modificazione chimica. La formulazione specifica, ottimizzata per fenpicoxamid, consente poi che il prodotto penetri e si redistribuisca nel tempo. Studi di laboratorio eseguiti con materiale radiomarcato, hanno mostrato che fenpicoxamid può redistribuirsi anche su porzioni di tessuto fogliare eventualmente non emerse al momento del trattamento assicurando eccezionale protezione residua ed elevata resistenza al dilavamento.

Tali caratteristiche sono estremamente importanti in particolare pensando ad applicazioni fungicide con volumi d'acqua d'irrorazione ridotti e con l'impiego di ugelli anti-deriva, due pratiche che stanno diventando comuni fra gli utilizzatori e imposte da necessità tecnico-economiche e per la mitigazione del rischio ambientale. In questi contesti infatti, si potrebbe correre il rischio di ottenere applicazioni fungicide con coperture fogliari discontinue e quindi la capacità del principio attivo a ridistribuirsi sopra e all'interno dei tessuti fogliari diventa fondamentale al fine di garantire una protezione completa dell'apparato fogliare delle colture (figura 2).

Fenpicoxamid poi, nel corso degli studi per la caratterizzazione biologica delle sue capacità, in particolare nei confronti di *Z. tritici* e delle ruggini, ha mostrato eccellenti doti preventive con inibizione della respirazione e conseguente blocco della germinazione delle spore sulle superfici fogliari trattate. Studi di campo, confermati da osservazioni mediante microscopia elettronica e confocale hanno inoltre dimostrato la capacità di blocco della crescita ifale anche in condizioni di curatività fino a 72h dall'inoculazione della malattia (Young et al., 2018).

Figura 2. Ridistribuzione di fenpicoxamid (Inatreq) formulato come EC e applicato a 1 µg/foglia 24 ore prima dell'inoculazione con *Puccinia triticina*) dal punto di applicazione segnato a metà foglia



Proprietà chimico-fisiche, tossicologiche, ecotossicologiche e destino ambientale

La valutazione europea di fenpicoxamid secondo il Regolamento (UE) 1107/2009 è attualmente in corso: il dossier registrativo è stato valutato dalle autorità del Regno Unito, in veste di stato membro relatore, e revisionato da parte dell'EFSA. Questa fase di *peer review* si è conclusa positivamente a dicembre 2017.

Le caratteristiche chimico-fisiche, tossicologiche, ecotossicologiche e di destino e comportamento ambientale di fenpicoxamid presentate in questo articolo sono state revisionate a livello europeo e riportate nelle Conclusioni dell'EFSA riguardo fenpicoxamid (EFSA Journal 2018;16(1):5145). Nella tabella 1, viene riportato il quadro generale delle caratteristiche chimico-fisiche di fenpicoxamid.

Tabella 1. Proprietà chimico-fisiche di fenpicoxamid (fonte: EFSA Journal 2018;16,1:5145)

Nome comune ISO	Fenpicoxamid
Nome chimico IUPAC	(3S,6S,7R,8R)-8-benzyl-3-{3-[(isobutyryloxy)methoxy]-4-methoxypyridine-2-carboxamido}-6-methyl-4,9-dioxo-1,5-dioxonan-7-yl isobutyrate
Numero CAS	517875-34-2
Formula molecolare	C ₃₁ H ₃₈ N ₂ O ₁₁
Peso molecolare	614,64 g/mol
Stato fisico (a 20°C)	Polvere biancastra
Punto di fusione	158,3 °C
Solubilità in acqua (a 20°C)	0,04 mg/L a pH 7
Rapporto di distribuzione ottanolo/acqua (log K _{ow})	4,4 a pH 7
Costante di dissociazione (pK _a)	2,4
Costante di Henry (a 25°C)	0,00238 Pa m ³ /mol
Pressione di vapore	0,00012 mPa a 20°C - 0,0002 mPa a 25°C

Per quanto riguarda la tossicità acuta e cronica nei confronti dei mammiferi, è stato condotto un set completo di studi con fenpicoxamid, che ha dimostrato una tossicità acuta molto bassa di questa molecola sia per la via di esposizione orale, sia per quella cutanea. Inoltre, fenpicoxamid è risultato non irritante per gli occhi o per la pelle e non sensibilizzante per la pelle (tabella 2). Gli studi di lungo termine non hanno dimostrato alcun potenziale carcinogenico. Fenpicoxamid non risulta pertanto carcinogenico, né genotossico, immunotossico, neurotossico, tossico per lo sviluppo o per la riproduzione.

Tabella 2. Dati di tossicità acuta di fenpicoxamid (fonte: EFSA Journal 2018;16(1):5145)

Tossicità acuta orale (ratto)	LD ₅₀ > 2000 mg/kg di peso corporeo
Tossicità acuta cutanea (ratto)	LD ₅₀ > 5000 mg/kg di peso corporeo
Tossicità acuta inalatoria (ratto)	LC ₅₀ > 0,53 mg/L
Irritazione oculare (coniglio)	non irritante
Irritazione cutanea (coniglio)	non irritante
Sensibilizzazione cutanea (topo)	non sensibilizzante

Gli studi ecotossicologici indicano una tossicità molto bassa di fenpicoxamid nei confronti delle specie terrestri: mammiferi, uccelli, api e lombrichi. La tossicità nei confronti dei pesci e degli invertebrati acquatici è alta, ma non dovrebbe risultare in alcun rischio per gli organismi acquatici per gli usi proposti e con l'applicazione di misure di mitigazione quali fasce di rispetto o ugelli antideriva. La tossicità nei confronti delle alghe di acqua dolce è moderata a seconda delle specie.

Tabella 3. Proprietà ecotossicologiche di fenpicoxamid (fonte: EFSA Journal 2018;16,1:5145)

Uccelli: tossicità acuta orale <i>Colinus virginianus</i>	LD ₅₀ >2000 mg/kg di peso corporeo
Pesci: tossicità acuta (96 ore) Intervallo su cinque diverse specie (<i>Cyprinus carpio</i> , <i>Danio rerio</i> , <i>Lepomis macrochirus</i> , <i>Oncorhynchus mykiss</i> , <i>Pimephales promelas</i>)	LC ₅₀ = 1,79 – 104 µg/L
Invertebrati acquatici: tossicità acuta (48 h) <i>Daphnia magna</i>	EC ₅₀ = 0,93 µg/L
Alghe: tossicità acuta (72 h) <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	E _y C ₅₀ > 522 µg/L; E _r C ₅₀ > 522 µg/L
Api: tossicità acuta <i>Apis mellifera</i> , per contatto <i>Apis mellifera</i> , orale	LD ₅₀ > 202,4 µg/ape LD ₅₀ > 303 µg/ape

Per quanto riguarda il destino ambientale, fenpicoxamid si converte velocemente in UK-2A (definito anche come metabolita X642188), che a sua volta si degrada rapidamente in composti non attivi. Il meccanismo primario di dissipazione nel suolo è la degradazione microbica e l'emivita stimata in laboratorio è di 3,5 giorni per fenpicoxamid e 31,7 giorni per UK-2A. Nell'acqua invece le vie di degradazione principali di fenpicoxamid sono la biodegradazione, l'idrolisi e la fotolisi. In acqua e nei sedimenti l'emivita è di 0,7 giorni per fenpicoxamid e 2,7 giorni per UK-2A.

Studi di laboratorio hanno dimostrato un K_{OC} medio di 5776 mL/g per fenpicoxamid e di 4518 mL/g per UK-2A, indicando quindi un forte adsorbimento al suolo sia per la molecola parentale che per il suo metabolita. Entrambe le molecole, inoltre, hanno dimostrato un potenziale molto basso di contaminazione delle acque sotterranee.

MATERIALI E METODI

Nelle prove sperimentali presentate in questo articolo sono state impiegate diverse formulazioni di fenpicoxamid su frumento e orzo (tabella 4). L'efficacia e la selettività di fenpicoxamid, da solo e in miscela pronta con prothioconazole o pyraclostrobin sono state valutate mediante una serie di prove condotte in Italia, Spagna e Francia su diverse malattie fogliari e della spiga del frumento, mentre su orzo i dati provengono dalle prove eseguite in maggior parte in Francia e Italia (tabella 5).

Le prove sperimentali sono state impostate secondo uno schema a blocchi randomizzati con 4 ripetizioni e sono state condotte da Dow AgroSciences, da Centri di Saggio indipendenti ufficialmente riconosciuti e da Istituti di ricerca che seguono le linee guida e gli standard stabiliti e mantenuti da EPPO e i principi di buona pratica sperimentale o G.E.P. (Good Experimental Practice).

Tabella 4. Prodotti saggiati

Sostanza attiva	Dose s.a. (g/L)	Formulazione	Nome commerciale	Azienda distributrice
Fenpicoxamid	50	EC	-	Dow AgroSciences
Fenpicoxamid+prothioconazole	50 + 100	EC	-	Dow AgroSciences
Fenpicoxamid+pyraclostrobin	50 + 62,5	EC	-	Dow AgroSciences
Bixafen+prothioconazole	75 + 150	EC	Aviator Xpro	Bayer
Prothioconazole	250	EC	Proline	Bayer
Prothioconazole+tebuconazole	250	EC	Prosaro	Bayer

Le principali operazioni colturali come le lavorazioni del terreno, semina e concimazione sono state eseguite dagli agricoltori ospitanti le prove seguendo le consolidate tecniche colturali in uso, mentre le applicazioni di prodotti fitosanitari accessori per il diserbo e la difesa, in genere sono state eseguite dagli stessi sperimentatori. Al momento dell'applicazione dei prodotti si è provveduto al rilievo del grado di infestazione delle prove e lo stadio di sviluppo della coltura secondo il codice BBCH. L'efficacia di fenpicoxamid e delle sue miscele è stata valutata in tutte le prove seguendo le linee guida EPPO PP 1/26(4) - "Foliar and ear diseases on cereals", PP 1/225(2) - "Minimum effective dose" e PP 1/152(4) - "Design and analysis of efficacy evaluation trials".

Nelle prove condotte su frumento e orzo le applicazioni sono state eseguite con attrezzature irroratrici idonee a distribuire bassi volumi d'acqua in superfici di piccole dimensioni alimentate a motore o a gas inerte. I volumi d'acqua utilizzati sono stati compresi tra 150 e 250 L/ha. Generalmente per le malattie fogliari sono state eseguite due applicazioni: la prima allo stadio di fine accestimento - inizio levata e la seconda allo stadio di foglia bandiera, mentre per la fusariosi della spiga si è provveduto a effettuare l'applicazione in piena fioritura. Le prove sperimentali sono state eseguite su varietà di cereali comunemente commercializzate e notoriamente suscettibili alle diverse malattie, sono state realizzate in diverse località e su differenti tipologie di terreno, in modo da saggiare l'efficacia e la selettività dei formulati su un ampio intervallo di condizioni ambientali; oltre all'efficacia è stata calcolata anche la produzione ettariale e altri parametri quali-quantitativi della granella. 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 tra un minimo di 20 a un massimo di 30 m². L'area raccolta poteva comprendere l'intera superficie parcellare o, una sotto-area omogenea della stessa parcella con una superficie di raccolta minima di 20 m² per poi procedere al calcolo della produzione ettariale di granella (q/ha) e di alcuni parametri qualitativi quali, il peso di mille semi (g) e il peso ettolitrico (kg/hL), in confronto a un testimone non trattato tutti standardizzati all'umidità del 14%. I rilievi di selettività sono stati eseguiti a 7 e 14 giorni da ogni applicazione. L'efficacia è stata valutata con rilievi effettuati in un periodo compreso tra le due e le sette settimane dopo l'ultima applicazione, stimando la superficie fogliare colpita dalla malattia sulle foglie apicali che comprendevano la foglia a bandiera e le due foglie sottostanti, considerando valide solo le prove aventi un minimo di area fogliare infetta pari al 5% nelle parcelle non trattate.

I valori medi delle percentuali di controllo, determinati per i singoli studi e ordinati per patogeno, sono stati sottoposti all'analisi della varianza utilizzando un modello di massima verosimiglianza ristretta o REML (Restricted Maximum Likelihood), in cui i trattamenti sono stati considerati come fattori fissi e le repliche e le prove (località) come fattori casuali. I dati di tutti gli studi poi sono stati successivamente combinati per generare valori percentuali medi di

controllo calcolati con la formula dell'efficacia di Abbott rispetto al testimone non trattato, sottoponendoli poi al confronto con il test di Tukey HSD per testare le differenze tra i trattamenti al livello di probabilità $p \leq 0,05$.

Nella tabella 5 viene riportato un elenco delle prove svolte per testare l'efficacia di fenpicoxamid e delle sue miscele in frumento e orzo.

Tabella 5. Prove condotte in Italia, Spagna e Francia su cereali per valutare l'efficacia di fenpicoxamid sulle diverse malattie di frumento e orzo

Tipologia di prova	Coltura	Anno	Numero prove	Patogeni
Efficacia e selettività	Frumento	2015 - 2017	20	<i>Zymoseptoria tritici</i>
		2015 - 2017	8	<i>Puccinia striiformis</i>
		2015 - 2017	9	<i>Puccinia triticina</i>
		2015 - 2017	10	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>F. culmorum</i>
		2016 - 2017	3	<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>
	Orzo	2017	7	<i>Pyrenophora teres</i>
			4	<i>Ramularia collo-cygni</i>
			2	<i>Rhynchosporium secalis</i>
Effetti sulla resa in granella e altri parametri qualitativi	Frumento	2015 - 2017	20	-

RISULTATI E DISCUSSIONE

Risultati di efficacia di fenpicoxamid (Inatreq™) da solo e in miscela su frumento e orzo.

Di seguito si riportano alcuni risultati di prove eseguite in Italia, Spagna e Francia meridionale utilizzando formulati a base di fenpicoxamid, da solo e/o in miscela pronta con prothioconazole o pyraclostrobin, mediante una o due applicazioni fogliari (tabelle 6 e 7), o a protezione della spiga su frumento tenero e duro (tabella 8) e orzo (tabella 9) a confronto con vari standard di riferimento. Viene inoltre riportato un sommario dei risultati produttivi su frumento (tabella 10).

Tabella 6. Prove su frumento (tenero e duro) con una singola applicazione a BBCH 37-49: percentuale di efficacia rispetto al testimone nel controllo di *Z. tritici* (media di 20 prove 2015-17), *P. triticina* (media di 9 prove 2015-17), *P. striiformis* (media di 8 prove 2015-17) e *B. graminis* (media di 3 prove 2016-17)

Prodotto	Dose g s.a./ha	<i>Z. tritici</i>	<i>P. triticina</i>	<i>P. striiformis</i>	<i>B. graminis</i>
Testimone non trattato (% di infezione)	-	(40,7)	(28,3)	(34,5)	(29,7)
Fenpicoxamid	100	86,6	86,3	83,7	81,2
Fenpicoxamid + pyraclostrobin	75+93,75	90,6	94,1	95,5	92,2
Fenpicoxamid + prothioconazole	75+150	92,1	95,2	95,1	93,6
Prothioconazole	198	72,0	78,3	88,7	80,3
Bixafen + prothioconazole	93,75+187,5	89,5	94,2	96,4	94,7
Prothioconazole + tebuconazole	125+125	87,4	96,8	94,2	90,1

Tabella 7. Prove su frumento per il controllo di *Z. tritici* con singola e doppia applicazione eseguite a BBCH 31-33 e BBCH 36-42: percentuale di efficacia rispetto al testimone (media di 9 prove 2015-17)

Prodotto	Dose g s.a./ha	Singola applicazione	Doppia applicazione
Testimone non trattato (% di infezione)	-	(36,1)	
Fenpicoxamid	75	83,2	89,6
Fenpicoxamid + pyraclostrobin	75+93,75	85,5	93,4
Fenpicoxamid + prothioconazole	75+150	87,8	95,1
Prothioconazole	198	65,0	77,3
Bixafen + prothioconazole	93,75+187,5	88,6	95,5
Prothioconazole + tebuconazole	125+125	85,4	91,4

Tabella 8. Prove su frumento per il controllo di *F. graminearum* e *F. culmorum* (artificialmente inoculati) con singola applicazione eseguita a BBCH 65: percentuale di efficacia (rispetto al testimone) riferita al grado di infezione e al contenuto in deossinivalenolo (media di 10 prove 2016-17)

Prodotto	Dose g s.a./ha	Infezione	DON
Testimone non trattato (% infezione e ppm DON)	-	(18,2)	(6,57)
Fenpicoxamid + prothioconazole	100+200	89,8	81,2
Prothioconazole	198	81,3	74,1
Prothioconazole + tebuconazole	125 + 125	84,5	78,6

Tabella 9. Prove su orzo con doppia applicazione a BBCH 31-33 e BBCH 37-46: percentuale di efficacia rispetto al testimone nel controllo di *P. teres* (media di 7 prove 2017), *R. collo-cygni* (media di 4 prove 2017), *R. secalis* (media di 2 prove 2017)

Prodotto	Dose g s.a./ha	<i>P. teres</i>	<i>R. collo-cygni</i>	<i>R. secalis</i>
Testimone non trattato (% di infezione)	-	(43,8)	(29,7)	(14,8)
Fenpicoxamid + prothioconazole	75+150	86,1	79,8	92,0
Bixafen + prothioconazole	75+150	87,5	77,2	95,7
Prothioconazole + tebuconazole	125 + 125	81,9	74,9	87,5

Tabella 10. Dati produttivi (% relativa rispetto al testimone) su frumento (media di 20 prove 2015-17) Produzione ettariale, peso di 1000 semi e peso ettolitrico corretti al 14% U.R.

Prodotto	Dose g s.a./ha	Produzione T/ha	Peso 1000 semi g	Peso ettolitrico kg/hL
Testimone non trattato	-	(5,9) = 100	(39,7) = 100	(77,4) = 100
Fenpicoxamid	75	123,0	110,3	119,5
Fenpicoxamid + pyraclostrobin	75+93,75	132,4	113,5	124,7
Fenpicoxamid + prothioconazole	75+150	130,2	112,7	122,6
Prothioconazole	198	120,7	109,9	117,3
Bixafen + prothioconazole	93,75+187,5	133,4	116,8	126,2
Prothioconazole + tebuconazole	125+125	124,5	109,8	121,8

Le sperimentazioni effettuate in Italia, Spagna e in Francia meridionale dimostrano che l'applicazione di fenpicoxamid, da solo e in particolare in miscela con prothioconazole e pyraclostrobin, controlla in maniera rilevante l'incidenza delle principali malattie fogliari del frumento, quali *Z. graminis*, *P. triticea*, *P. striiformis* e *B. graminis*. La miscela fenpicoxamid e prothioconazole poi, ha dimostrato una buona efficacia anche nel contenimento degli agenti causali della fusariosi della spiga *F. graminearum* e *F. culmorum* con una riduzione significativa del contenuto di deossinivalenolo (DON) nella granella.

Su orzo, l'applicazione di fenpicoxamid e prothioconazole consente di ottenere un buon contenimento degli agenti fungini delle malattie dell'apparato fogliare più importanti, quali *P. teres*, *R. collo-cygni* e *R. secalis*.

L'ottimo contenimento delle malattie dell'apparato fogliare di frumento e orzo e della spiga su frumento si rispecchia negli incrementi produttivi di granella e nel miglioramento dei principali indici qualitativi che consentono produzioni quali-quantitative consone alle esigenze del mercato e dell'industria molitoria, garantendo agli agricoltori un adeguato ritorno sull'investimento dei mezzi produttivi e di difesa. Le due miscele pronte contenenti fenpicoxamid sono risultate allineate o talvolta superiori ai risultati conseguiti dai migliori standard di riferimento nei confronti delle principali malattie fogliari dei cereali autunno vernini e della fusariosi della spiga del frumento, sia per quanto riguarda il parametro dell'efficacia che quello della produttività. Nelle numerose prove eseguite, fenpicoxamid da solo e in miscela non ha mai manifestato fenomeni di fitotossicità sulle colture.

CONCLUSIONI

In questo contributo sono state presentate le principali caratteristiche di fenpicoxamid (Inatreq™ Active), fungicida dotato di innovativo sito d'azione per il mercato cereali.

Sono stati poi presentati alcuni risultati delle numerose prove eseguite in vari Paesi della zona Mediterranea EPPO quali Italia, Spagna e Francia meridionale, su cereali autunno vernini in differenti condizioni pedo-climatiche impiegando il prodotto da solo o in miscela pronta con prothioconazole o pyraclostrobin.

L'impiego del prodotto da solo e in particolare in miscela in prove a singola applicazione dopo l'emissione della foglia a bandiera o in applicazioni ripetute, tipicamente in fase di accestimento levata e in fase di spigatura, consentono di ottenere una protezione ottimale dalle principali malattie dell'apparato fogliare di frumento e orzo e dalla fusariosi della spiga su frumento.

Fenpicoxamid, grazie alla lunga persistenza d'azione e alla sua capacità di legarsi alle cere cuticolari e di redistribuirsi nel tempo, andando a coprire anche porzioni di tessuto fogliare non emerse al momento del trattamento, assicura eccezionale protezione residua ed elevata resistenza al dilavamento.

Il prodotto quindi, si candida come partner ideale di fungicidi a diverso meccanismo d'azione per evitare di favorire l'insorgenza di ceppi di malattie resistenti ai prodotti più comunemente utilizzati, in linea con le attuali strategie di difesa anti-resistenza e offrendo nuove e innovative soluzioni di difesa delle colture cerealicole.

LAVORI CITATI

- EFSA (European Food Safety Authority), 2018. Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance fenpicoxamid (XDE-777). *EFSA Journal* 2018; 16(1):5145. doi: 10.2903/j.efsa. 5145.
- Hanafi M., Shibata K., Ueki M., Taniguchi M., 1996. UK-2A, B, C and D, novel antifungal antibiotics from *Streptomyces* sp. 517-02. II. Structural elucidation. *J Antibiot* 49, 1226-1231.
- Owen W John, Yao Chenglin, Myung Kyung, Kemmitt Greg, Leader Andrew, Meyer G Kevin, Bowling J Andrew, Slanec Thomas, Kramer J Vincent, 2017. Biological characterization of fenpicoxamid, a new fungicide with utility in cereals and other crops. *Pest Management Science*, 73, 10, 2005–20163.
- Shibata K, Hanafi M, Fujii J, Sakanaka O, Iinuma K, Ueki M and Taniguchi M, UK-2A, B, C and D, novel antifungal antibiotics from *Streptomyces* sp. 517-02 III. Absolute configuration of an antifungal antibiotic, UK-2A, and consideration of its conformation. *J Antibiot.*, 51: 1113-1116 (1998).
- Ueki M, Abe K, Hanafi M, Shibata K, Tanaka T and Taniguchi M, UK-2A, B, C and D, novel antifungal antibiotics from *Streptomyces* sp. 517-02. I. Fermentation, isolation, and biological properties. *J Antibiot.*, 49, 639-643.
- Young H David, Wang X Nick, Meyer T Stacy and Avila-Adame Cruz, 2018. Characterization of the mechanism of action of the fungicide fenpicoxamid and its metabolite UK-2A. *Pest Management Science*, 74, 2, 489–498.