PSR – Misura 124

RELAZIONE FINALE SULL'ATTIVITA' SVOLTA NELL'AMBITO DEL PROGETTO INDIMAIS

Titolo progetto: Tecniche innovative nella difesa del mais

INDICE

1. Premessa
2. Gestione guidata del controllo delle infestanti
2.1. Obiettivi
2.2. Schema sperimentale
2.3. Risultati

3. Protocolli di coltivazione del mais per il contenimento delle micotossine
3.1. Influenza di alcuni fattori di stress sull'accumulo di fumonisine e possibilità di lotta diretta contro *Fusarium verticilloides*
3.1.1. Obiettivi
3.1.2. Effetto dell'irrigazione e del controllo delle malerbe
3.1.3. Possibilità di lotta diretta contro *Fusarium verticilloides*

4. Sperimentazione anno 2011
4.1. Ampliamento del modello Alertinf ad ulteriori malerbe
4.2. Prova di Sant'Urbano, azienda Saltarin
4.3. Prove di Cona e Borgoricco

5. Conclusioni

1. Premessa

Il diserbo del mais deve attualmente considerare due forti vincoli: le restrizioni ambientali e le difficoltà economiche del settore.
Per quanto riguarda le restrizioni ambientali bisogna ricordare l'esigenza, sempre più sostenuta dalla società civile, di un uso più mirato e parsimonioso degli erbicidi, le limitazioni all'impiego introdotte dalle nuove normative e la necessità di mettere in atto azioni di mitigazione, come indicato anche dalla Direttiva Europea n° 128 sull' "Uso sostenibile degli agrofarmaci".
Per rispettare le esigenze ambientali e far fronte alle difficoltà economiche, mantenendo la redditività della coltura, c'è bisogno di introdurre sia innovazioni di prodotto sia di processo.
L'innovazione di prodotto comporta lo sviluppo e l'introduzione di nuove macchine per la distribuzione degli agrofarmaci, per la semina su terreno non lavorato ecc., nuovi prodotti o vecchi prodotti proposti con formulazioni nuove, nuove miscele ecc. In questo momento contingente si nota una stasi nell'immissione di prodotti con nuovi meccanismi di azione, mentre molti vecchi prodotti vengono tolti dal mercato perché non più rispondenti ai nuovi criteri di valutazione.

Nel mais l'innovazione di prodotto è pertanto piuttosto stagnante in questo frangente e ciò crea qualche problema al settore non sempre in grado di far fronte alle problematiche emergenti (malerbe resistenti, nuove specie esotiche introdotte ...).
L'innovazione di processo si basa sulle conoscenze a livello biologico ed organizzativo ed in sostanza comporta più capacità di gestire l'agroecosistema e di integrare al meglio i diversi segmenti della tecnica colturale con l'obiettivo di mettere in essere soluzioni razionali e più sostenibili. Su questo campo si può fare ancora molto.
Per esempio gli erbicidi si possono usare meno e meglio ottimizzando l'epoca di intervento oppure ottimizzando le modalità di impiego. Nel primo caso si tratta di ridurre la competizione prima del trattamento, se si utilizza la strategia del diserbo di post-emergenza o tra due interventi (pre e post emergenza). Ottimizzare l'impiego significa ridurre le dosi; attraverso questa manovra si può anche ridurre eventualmente l'ampiezza delle fasce di rispetto necessarie con determinate molecole, impiegare i sistemi di aiuto alle decisioni in modo da sfruttare al meglio le capacità di controllo dei singoli prodotti. Alla fine riducendo la competizione e le dosi ed impiegando i sistemi di aiuto alle decisioni si riesce ad avere un vantaggio economico nel rispetto dell'ambiente.
Per quanto riguarda le micotossine, problema sempre più preoccupante in pianura padana, si è valutato l'importanza di alcuni stress sul loro contenuto. Gli stress sono numerosi e la tecnica agronomica è cruciale per il contenimento delle micotossine. Il ruolo esercitato dai diversi segmenti della tecnica colturale sulla contaminazione da micotossine è molto diverso. La modalità di semina e la difesa dalla piralide sono i segmenti della tecnica con più elevato effetto moltiplicatore, superiore a 4 volte. La scelta dell'ibrido e dell'epoca di raccolta hanno un effetto moltiplicatore compreso tra 2 e 4, l'irrigazione ed il controllo delle malerbe hanno un effetto moltiplicatore attorno a 2 (Reyneri e Blandino, 2006).
In particolare il progetto si è occupato di valutare l'effetto della competizione da malerbe e l'effetto della modalità di apporto dell'acqua di irrigazione con la manichetta rispetto all'aspersione. Tali effetti, della competizione da malerbe e della modalità di distribuzione dell'acqua irrigua, non sono ancora ben noti e studiati. Su queste tematiche si è incentrato il progetto INDIMAIS.

2. GESTIONE GUIDATA DELLE INFESTANTI

Uno dei momenti critici del diserbo del mais è rappresentato dalla scelta dell'epoca di trattamento. Grazie alla previsione delle emergenze delle malerbe è possibile organizzare al meglio gli interventi sia di pre che di post-emergenza con vantaggi sia economici che ambientali. Lo sviluppo di modelli previsionali è un potente mezzo per raggiungere questo scopo. I modelli previsionali che hanno dato le migliori prestazioni sono quelli basati sul tempo idrotermico (Bradford, 2002). Su questa base il Dipartimento di Agronomia ambientale e produzioni vegetali (DAAPV) ha sviluppato nel 2008 in collaborazione con ARPA Veneto di Teolo AlertInf (Masin et al., 2008), un modello che consente di conoscere l'andamento dell'emergenza delle principali infestanti del mais in relazione alla data di semina della coltura, alla piovosità e alle temperature rilevate nella stazione meteo dell'ARPAV più vicina all'azienda. Nel sito ARPAV utilizzando AlertInf è stato organizzato un servizio di assistenza interattivo alla pagina web *www.arpa.veneto.it/upload_teolo/agrometeo/infestanti.htm* per aiutare gli agricoltori nella programmazione degli interventi di controllo delle infestanti.

2.1 Obiettivi

Mostrare l'importanza del *timing* di intervento nei trattamenti di controllo in post-emergenza delle infestanti in mais al fine di ridurre l'impatto ambientale del diserbo chimico.

2.2 Schema sperimentale

Le aziende interessate alla prova sono state 5, site in:
Borgoricco (PD), Cona (VE), Conselve (PD), Legnaro (PD), S. Urbano (PD), aree rappresentative per condizioni pedo-climatiche e tipo di infestazione della maiscoltura della provincia di Padova.

In ogni azienda sono stati selezionati due parcelloni:
Parcellone 1: trattato in post-emergenza con *timing* di intervento stabilito dal modello AlertInf.
Parcellone 2: trattato in pre + post o solo post con *timing* tradizionalmente usato in azienda.

I parcelloni avevano una superficie variabile a seconda dell'azienda da 1000 a 3000 m^2.
Il momento migliore di intervento nel parcellone 1 (intervento guidato dal modello) è stato deciso sulla base della percentuale di emergenza stimata dal modello AlertInf (consultabile nel sito internet dell'Arpa Veneto) (Masin et al., 2010) e del Punto Critico (PC) (punto di incrocio delle due curve DCT (Durata della Competizione Tollerata) e PRAM (Periodo Richiesto di Assenza dalle Malerbe) che identificano il periodo in cui la coltura deve essere mantenuta pulita da infestanti per evitare perdite di resa) stimato dal modello proposto da Otto *et al.* (2009). Secondo questo modello la data del PC è stimata conoscendo la densità delle infestanti e due parametri della curva delle emergenze cumulate, con il seguente modello di regressione multipla:

$$PC(GDD)=INT+(b_1*Densità)+(b_2*Punto\ di\ flesso)+(b_3*Pendenza)$$

Punto di flesso e *Pendenza* sono due parametri della funzione logistica usata per interpolare i dati delle emergenze totali cumulate.

A partire dalla data di semina, il modello AlertInf è stato consultato giornalmente per individuare sulla base dell'andamento climatico la data in cui sarebbe stato superato il 50% delle emergenze delle specie infestanti presumibilmente presenti nei vari campi (o le specie effettivamente osservate con un sopralluogo in campo). I giorni successivi al superamento del 50% delle emergenze rappresentano il momento migliore per effettuare lo *scouting* per valutare tipo e densità delle infestanti presenti (Masin *et al.* 2011).
Superato il 50% delle emergenze è stato quindi fatto lo *scouting*. Questo dato ha permesso di stimare la densità finale, con la formula seguente:

$$D_{finale\,i}=D_{t\,i}\bullet 100/E_{t\,i}$$

dove $D_{t\,i}$ densità della *i*-esima specie rilevata in campo con lo *scouting* nel giorno t, $E_{t\,i}$ percentuale di emergenza raggiunta dalla *i*-esima specie stimata da AlertInf.
La densità finale dell'intera infestazione è data dalla sommatoria delle densità finali delle singole specie.

$$D_{tot.\,finale}=\sum D_{finale\,i}$$

Conoscendo la densità finale delle singole specie e la percentuale di emergenza giornaliera stimata da AlertInf è stato possibile prevedere la curva delle emergenze dell'infestazione totale e stimare il *Punto di flesso* e la *Pendenza della curva.*
Dopo lo *scouting* quindi si sono ottenuti tutti i parametri necessari per stimare la data del PC con la regressione multipla di Otto *et al.* (2009).

Il momento migliore per il trattamento sulla base delle indicazioni del modello è stato comunicato agli agricoltori che hanno provveduto ad effettuare l'intervento nella data indicata, andamento climatico e stato del terreno permettendo.

Alla raccolta è stata valutata la produzione con mietitrebbia aziendale.

2.3 Risultati

L'infestazione è stata caratterizzata da malerbe sia dicotiledoni che graminacee con leggera prevalenza delle dicotiledoni ed è risultata rappresentativa per la provincia.
Con l'uso del modello di previsione delle emergenze AlertInf è stato possibile determinare la data in cui, a seconda dell'epoca di semina, l'infestazione aveva superato il 50% delle infestanti emerse nei diversi siti. Le date e l'infestazione al momento del rilievo in campo nelle aziende monitorate sono riportati in tabella 1.

Tabella 1 – Infestanti (piante m^{-2}) rilevate nei vari siti con lo *scouting*.

Sito	Borgoricco	Cona	Conselve	Legnaro	S. Urbano
data rilievo	**16/05**	**15/05**	**18/05**	**12/05**	**24/05**
ABUTH	19	0	0	9	0
AMARE	10	6.5	3	70	0
CHEAL	1.5	5.5	5	30	1
DIGSA	1	118	0.5	0	1
ECHCG	0	3	2.5	0	0.5
POLLA	0	1	0	0	0
POLPE	0	0	0	92	0
SETVI	8	0	0	0	1
SOLNI	11.5	81.5	80	192	8
SORHA	1.5	0	0	2	3.5
Totale	**52.5**	**215.5**	**91**	**395**	**15**

ABUTH= *Abutilon theophrasti,* AMARE: *Amaranthus retroflexus*, CHEAL= *Chenopodium album*, DIGSA= *Digitaria sanguinalis*, ECHCG= *Echinochloa crus-galli,* POLLA= *Polygonum lapathifolium,* POLPE= *Polygonum persicaria,* SETVI= *Setaria viridis*, SOLNI= *Solanum nigrum*, SORHA= *Sorghum halepense.*

Legnaro è risultato il sito più infestato con una densità molto alta 395 piante m^{-2}. A Cona l'infestazione è risultata alta soprattutto per l'elevata presenza di *Digitaria sanguinalis* e *Solanum nigrum*. Borgoricco e Conselve hanno avuto infestazione media e S. Urbano bassa.
Stimando con AlertInf la percentuale di emergenza a cui corrispondeva la densità in campo delle varie specie rilevata con lo *scouting* si è poi calcolata la densità finale con una semplice proporzione (in tabella 2 è riportato l'esempio del calcolo per Legnaro).

Tabella 2 – Stima della densità finale delle infestanti a Legnaro grazie all'uso della densità reale rilevata in campo con lo *scouting* e della percentuale di emergenza stimata da AlertInf nel giorno dello *scouting*.

Specie	Densità (p/m2)	Percentuale emergenza (%)	Densità finale (p/m2)
ABUTH	9.0	96.1	9.4
AMARE	70.0	98.9	70.8
CHEAL	30.0	91.8	32.7
POLPE	92.0	89.9	102.3

SOLNI	192.0	64.4	298.0
SORHA	2.0	99.8	2.0
Totale	**395.0**		**515.1**

Con il dato di densità finale delle singole specie e usando le previsioni delle percentuali di emergenza giornaliera di AlertInf si è stimata la curva di emergenza cumulata dell'infestazione totale (esempio di S. Urbano in figura 1). Una funzione logistica simmetrica rispetto al flesso è stata adattata ai dati per ricavare *Punto di flesso* e *Pendenza*, parametri necessari per stimare il PC con il modello di regressione multipla di Otto *et al.* (2009).

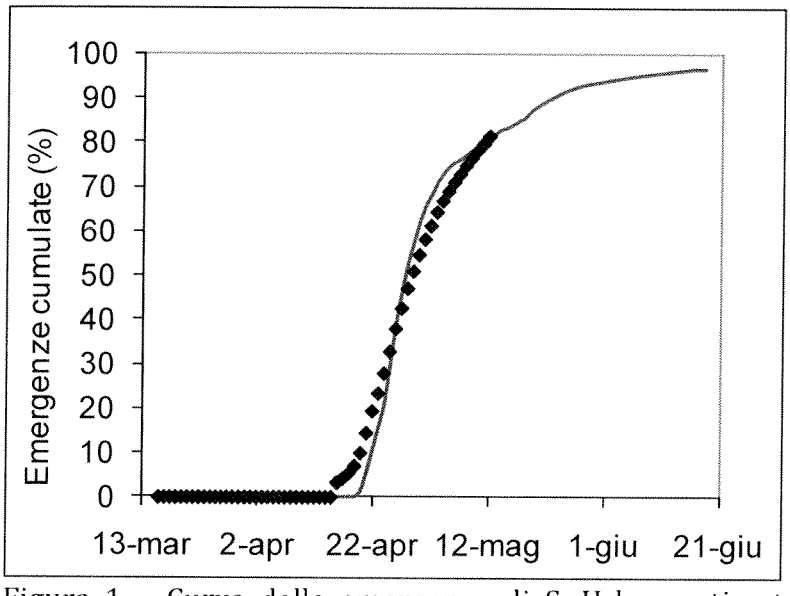


Figura 1 – Curva delle emergenze di S. Urbano stimata ricostruendo i dati di emergenza dell'infestazione con l'uso di AlertInf fino alla data dello *scouting* (in blu) e poi adattando ai dati una curva logistica simmetrica rispetto al flesso (in rosso), da cui stimare *Punto di flesso* e *Pendenza* della curva sul punto di flesso

Con il modello di regressione multipla sono state calcolate le date in cui si sarebbe raggiunto il PC, cioè la data in cui effettuare il trattamento (tabella 3).

Tabella 3 – Date di intervento di controllo malerbe. Data stimata dal modello e data effettiva dell'intervento guidato (parcellone 1) e seconda data dell'intervento in post-emergenza (parcellone 2), trattamento secondo la pratica aziendale.

Sito	Data stimata dal modello	Data effettiva di intervento	Data intervento aziendale
Borgoricco	16/05	-	-
Cona	15/05	17/05	26/05
Conselve	18/05	-	-
Legnaro	18/05	19/05	27/05
S. Urbano	24/05	24/05	31/05

In tre aziende i trattamenti guidati sono stati effettuati lo stesso giorno o uno/due giorni dopo la data indicata (tabella 3). A Borgoricco e Conselve a causa delle piogge il trattamento guidato è stato molto posticipato ed è stato fatto lo stesso giorno di quello aziendale. Non è

stato possibile quindi usare le rese in queste due aziende per valutare l'effetto del *timing* di intervento.

Tabella 4 – Resa del mais nelle tre aziende dove i trattamenti di controllo delle infestanti sono stati differenziati tra post-emergenza guidato da AlertInf e trattamento aziendale.

Sito	Resa guidato q/ha (15%ur)	Resa aziendale q/ha (15%ur)	Metodo aziendale
Cona	93.7	94.3	Pre + post
Legnaro	98.7	99.0	Solo post (8 giorni dopo il tratt. guidato)
S. Urbano	161.2	162.5	Sarchiatura +post

Le rese in tutte e tre le aziende in cui i due trattamenti (guidato e aziendale) sono stati differenziati sono risultate non significativamente diverse (tabella 4). I risultati di Cona, dove il trattamento aziendale era dato da pre + post-emergenza, e S. Urbano, dove invece è stata fatta una sarchiatura seguita poi da un post-emergenza, indicano che non c'è differenza in termini di resa tra il metodo tradizionale e il controllo basato su un singolo post-emergenza se posizionato correttamente. Per quanto riguarda la prova di Legnaro, è necessario evidenziare che il campo prova è stato colpito da una forte grandinata in data 23/07/2010 con notevoli danni alle piante. Questo evento ha ridotto le potenzialità produttive della coltura e di conseguenza ha smorzato eventuali differenze nella resa dei due trattamenti. Comunque anche in questo caso la gestione delle infestanti guidata dal modello AlertInf ha raggiunto produzioni identiche alla gestione aziendale.
Queste informazioni sono da considerarsi importanti nell'ottica di una corretta adozione delle recenti normative europee, ed in particolare della Direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi (Dir. 2009/128/CE) che istituisce un quadro per l'azione comunitaria sull'uso dei pesticidi ai fini di ridurre i rischi e gli impatti sulla salute umana e sull'ambiente e promuovendo l'uso della difesa integrata e di approcci o tecniche alternativi.
Nel concetto di agricoltura sostenibile, è sconsigliato procedere a trattamenti in pre-emergenza, fatti senza poter valutare la densità, la composizione e la competitività della flora infestante, ed è preferibile il trattamento in post-emergenza. I risultati di questa sperimentazione dimostrano che il controllo delle infestanti in mais con un singolo trattamento di post-emergenza effettuato nel momento opportuno non determina riduzioni di resa rispetto al controllo tradizionale. Il singolo post-emergenza può quindi diventare una valida alternativa ai metodi tradizionali, ma il *timing* di intervento è fondamentale ed in questo giocano un ruolo molto importante i modelli previsionali, anche detti SAD, **S**istemi di **A**iuto alle **D**ecisioni, in grado di guidare le scelte degli agricoltori.
Il sistema si è dimostrato anche "amichevole", facile cioè da utilizzare, resta il problema di convincere gli agricoltori a praticare lo *scouting* e a imparare a riconoscere le malerbe.

3. PROTOCOLLI DI COLTIVAZIONE DEL MAIS PER IL CONTENIMENTO DELLE CONTAMINAZIONI DA MICOTOSSINE.

3.1 Influenza di alcuni fattori di stress sull'accumulo di fumonisine e possibilità di lotta diretta contro *Fusarium verticilloides*

Il Veneto e l'intera Pianura Padana, sono zone vocate per la coltivazione del mais, in esse si produce il 91,5% dell'intera produzione Nazionale.
Questo cereale, di cui l'Italia sta diventando, seppure per quote non eccezionali, Paese importatore, viene impiegato principalmente in zootecnia dove rappresenta la base dell'alimentazione delle maggiori specie allevate, anche in filiere dedicate a prodotti tipici di eccellenza. Oltre a ciò, una sua percentuale minore viene utilizzata anche per l'alimentazione umana, entrando a far parte della gastronomia tradizionale (polenta), ma trovando maggior impiego nelle trasformazioni industriali (snack, merendine, cereali per colazione, industria dolciaria ecc.).
Purtroppo, le tipiche condizioni ambientali della vallata del Po sono particolarmente favorevoli allo sviluppo delle infezioni da *Fusarium verticillioides* e, in misura molto minore, da *F. proliferatum*. Questi funghi sono responsabili del marciume rosa della spiga del mais, che comporta perdite quantitative che, nella maggior parte dei casi, possono essere tollerabili, ma questi patogeni, e tra essi soprattutto *F. verticillioides*, producono anche delle micotossine, dette fumonisine, dannose per la salute dell'uomo e degli animali e che si accumulano nella granella del mais.
Proprio a causa della tossicità di queste sostanze, è stato fissato il contenuto massimo di fumonisine B_1 e B_2 ammissibile negli alimenti destinati all'uomo (Reg. CE 1126/2007)(Tab. 5) e le quantità massime raccomandate per gli impieghi zootecnici del mais (Racc. Commissione 2006/576 CE) (Tab. 6).

Tabella 5 - Contenuto massimo di fumonisine B_1 e B_2 (ppb) ammissibile negli alimenti destinati all'uomo.

Fumonisine REG. CE n. 1126/2007 del 28 settembre 2007	Somma di B_1 e B_2
Granoturco non trasformato ([18]), ad eccezione del granoturco non trasformato destinato alla molitura ad umido (*)	4 000 ([23])
Granoturco destinato al consumo umano diretto, prodotti a base di granoturco destinati al consumo umano diretto, ad eccezione degli alimenti elencati ai punti 2.6.3 e 2.6.4	1 000 ([23])
Cereali da colazione e merende a base di granoturco	800 ([23])
Alimenti a base di granoturco trasformato e altri alimenti destinati ai lattanti e ai bambini ([3]) ([7])	200 ([23])
Frazioni della molitura del granoturco di dimensioni > 500 micron di cui al codice NC 1103 13 o 1103 20 40 e altri prodotti della molitura del granoturco non destinati al consumo umano diretto di dimensioni > 500 micron di cui al codice NC 1904 10 10	1 400 ([23])
Frazioni della molitura del granoturco di dimensioni ≤ 500 micron di cui al codice NC 1102 20 e altri prodotti della molitura del granoturco non destinati al consumo umano diretto di dimensioni ≤ 500 micron di cui al codice NC 1904 10 10	2 000 ([23])

Tabella 6 – Contenuto massimo di fumonisine B_1 e B_2 raccomandate per gli impieghi zootecnici del mais.

Racc. Comissione 2006/576/CE del 17 agosto 2006

Micotossina	Prodotti destinati all'alimentazione degli animali	Valore di riferimento in mg/kg (ppm) di mangime al tasso di umidità del 12 %
Fumonisine B1 + B2	Materie prime per mangimi (*)	
	— Granoturco e prodotti derivati (***)	60
	Mangimi complementari e completi per:	
	— suini, equini (*Equidi*), conigli e animali da compagnia,	5
	— pesci,	10
	— pollame, vitelli (< 4 mesi), agnelli e capretti,	20
	— ruminanti adulti (> 4 mesi) e visoni	50

La presenza di fumonisine oltre i limiti di legge, impedisce l'uso del mais nell'alimentazione umana e ne sconsiglia l'impiego in quella zootecnica. Purtroppo, regolarmente, sebbene con fluttuazioni legate all'annata, una quota non trascurabile della granella prodotta nel Veneto evidenzia questi problemi.

La contaminazione da fumonisine rappresenta, dunque, un elemento in grado di influenzare la qualità del mais e, pertanto, devono essere messe in atto tutte le misure possibili per contrastarne l'accumulo.

Al momento attuale, l'unica possibilità di intervento è basata sulla prevenzione, ottenuta attraverso pratiche di controllo indiretto basate sull'applicazione delle Buone Pratiche Agricole (BPA) e sugli interventi insetticidi contro la piralide i cui attacchi favoriscono fortemente lo sviluppo di *F. verticillioides* ed il conseguente accumulo di fumonsine.

Attraverso l'applicazione delle BPA si cerca di conseguire un duplice obbiettivo:

1. sfalsare il ciclo della pianta rispetto a quello dei patogeni, in modo che il mais si trovi nei momenti di massima suscettibilità quando i *Fusaria*, invece, non sono nelle migliori condizioni per infettare; ciò si ottiene cercando di anticipare il più possibile il ciclo del vegetale e accorciando il periodo che intercorre tra semina e fioritura femminile (emissione delle sete)
2. attenuare i fattori di stress per il mais, ciò nella convinzione che una pianta con ottima "fitness" possa meglio contrastare l'infezione e la colonizzazione da parte dei funghi micotossigeni.

Quest'ultimo aspetto viene attivamente studiato in Italia e all'estero, ma un quadro completo sull'importanza dei diversi fattori di stress e delle interazioni che tra essi possono avvenire, non è ancora stato del tutto definito. Per tale motivo nell'ambito del Progetto INDIMAIS sono state svolte indagini sull'influenza dello stress idrico e della competizione da malerbe, osservando l'effetto derivante da irrigazioni e diserbo sull'accumulo di fumonisine B_1 (FB_1) e B_2 (FB_2) nella granella di mais.

Le sole BPA, tuttavia, non sempre assicurano un controllo adeguato delle contaminazioni da micotossine nel mais. Dove la pressione di malattia è alta o, comunque, nelle annate in cui l'andamento climatico è particolarmente favorevole alle infezioni di *F. verticillioides*, una corretta agrotecnica non è sufficiente ad abbassare il contenuto di FB_1 e FB_2. L'incostanza dei risultati ottenibili con le BPA viene ulteriormente incrementata da problemi di logistica o da avverse condizioni meteo che non consentono la tempestiva realizzazione delle diverse operazioni alle epoche previste (es. semina, trattamento insetticida ecc.). Per tale motivo risulterebbe molto utile verificare la possibilità di mettere a punto interventi di lotta diretta contro i *Fusaria* responsabili delle contaminazioni da micotossine.

Ricerche precedenti hanno permesso di dimostrare che trattamenti con prodotti chimici o con agenti di biocontrollo (BCA) sono in grado di abbassare il contenuto di FB_1 e FB_2 nella granella di mais. Ricordando, però, che in questo cereale, proprio per contrastare la contaminazione da fumonisine, il

controllo della piralide è fondamentale ed irrinunciabile, risulta difficile immaginare che, visti i risultati economici tipici di questa coltura, il mais possa sopportare i costi di un duplice intervento, fungicida ed insetticida, che avvenga in tempi diversi. Pertanto, si ravvede la necessità di cercare di mettere a punto un protocollo di difesa che riunisca in un solo trattamento l'azione contro patogeni fungini e piralide. Nell'ambito del progetto INDIMAIS tale possibilità è stata indagata tramite due successive prove di campo.

3.1.1 Obiettivo

Come anticipato in premessa, l'attività svolta ha avuto due obiettivi:

1. verificare se gli interventi irrigui, volti ad evitare lo stress idrico, ed il controllo delle malerbe, volto a limitare lo stress da competizione, potessero ridurre la contaminazione da fumonisine;
2. verificare la possibilità di riunire in un unico trattamento la lotta insetticida e fungicida.

3.1.2 Effetti dell'irrigazione e del controllo delle malerbe

Le prove sono state svolte presso 5 aziende, site in Borgoricco (PD), Cona (VE), Conselve (PD), Legnaro (PD), Sant'Urbano (PD), con la partecipazione del Consorzio Agrario Provinciale di Padova, Rovigo e Venezia, dei Dipartimenti Territorio e Sistemi agroforestali (TeSAF) e Agronomia Ambientale e Produzioni Vegetali.

Le prove di irrigazione svolte nel 2010 non hanno dato luogo a risultati significativi, pertanto, i relativi dati non vengono presentati. La mancanza di differenze statisticamente valide tra le tesi condotte in asciutta e quelle destinate ad essere irrigate è probabilmente dovuta al particolare andamento climatico che in molti casi ha reso inutile o poco efficace l'intervento irriguo. Per gli stessi motivi non è stato possibile mettere in rilievo differenze tra i due metodi irrigui confrontati, aspersione sopra chioma e manichetta sottochioma, ciò anche per la diversità nei volumi d'acqua distribuiti.

Le prove di diserbo eseguite nel 2009 e nel 2010 a Legnaro hanno, invece, permesso di individuare chiaramente l'effetto positivo sulla contaminazione da fumonisine, ottenibile limitando lo stress da competizione. I risultati sono riportati nelle figure 2 e 3 dove vengono confrontati il contenuto di FB_1 e FB_2 nella granella, determinato con metodo HPLC presso i laboratori di Thiene di Veneto Agricoltura, con la misura della presenza dei funghi in grado di sintetizzarle, eseguita tramite PCR quantitativa del gene *Fum 1*, gene chiave nella via biosintetica di questa micotossine. Sebbene i dati del 2010 siano meno chiari a causa della sovrapposizione degli effetti negativi derivanti da due successive grandinate, è possibile notare che le operazioni di diserbo riducono in modo significativo sia la presenza dei *Fusaria* produttori di fumonisine (meno DNA del gene *Fum 1*), sia il contenuto di queste ultime nella granella di mais. In altre parole, il mais che ha subito di meno la competizione con le malerbe è stato anche meno infettato dai funghi micotossigeni e ciò ha comportato una minore presenza di queste sostanze.

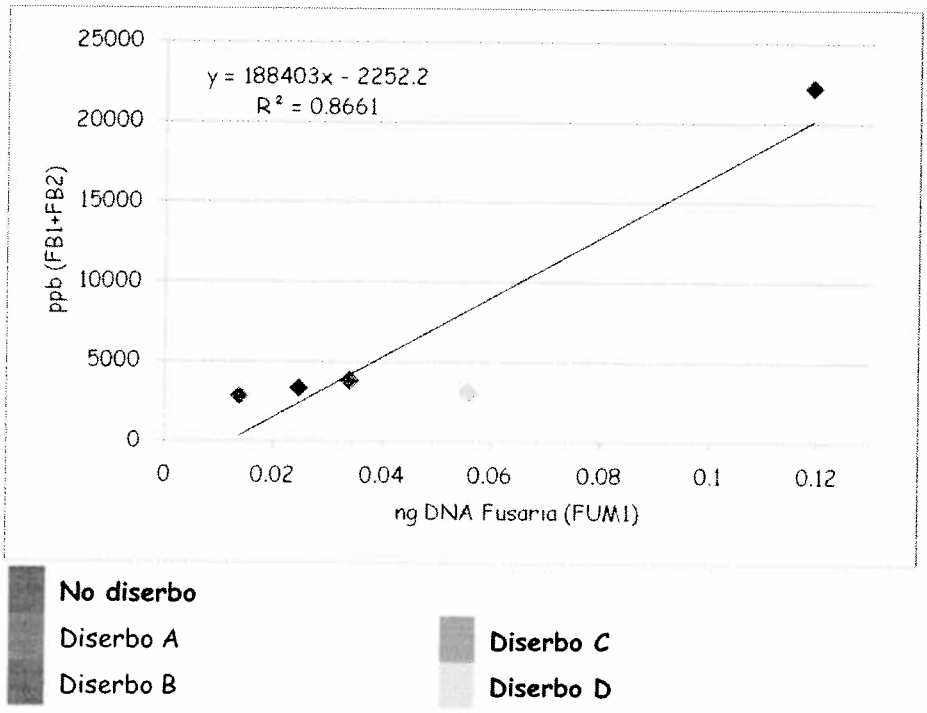


Figura 2 - Anno 2009. Effetto del controllo delle malerbe sulla contaminazione da fumonisine nel mais.

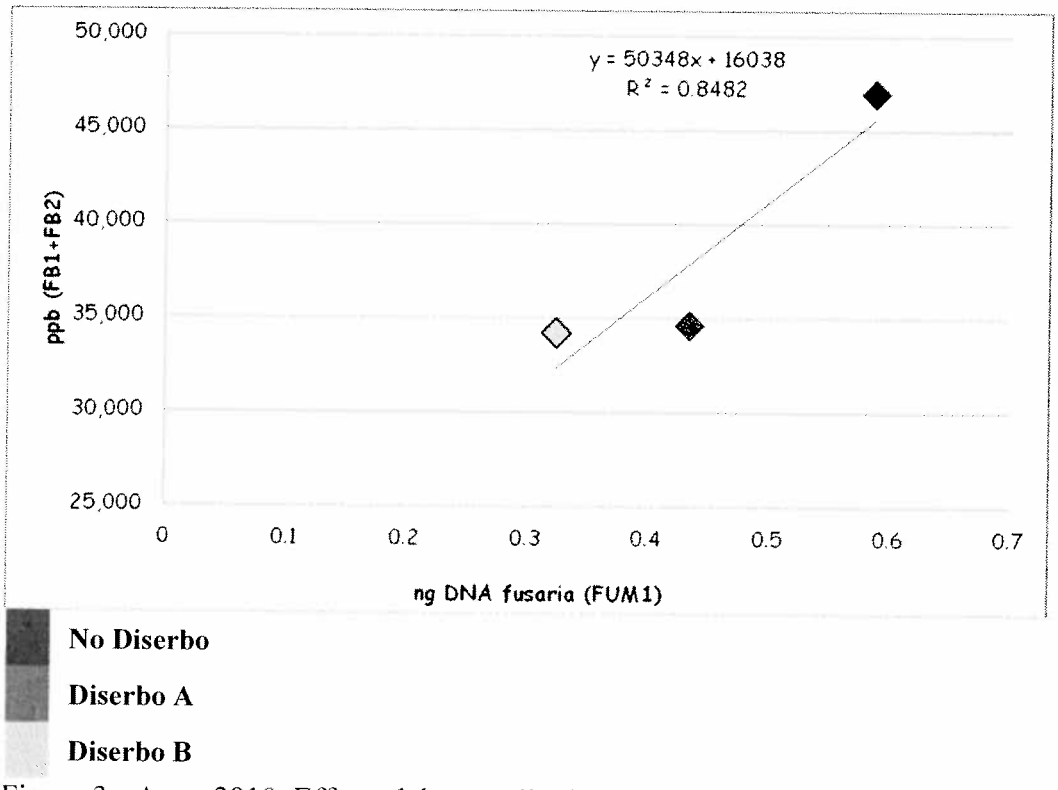


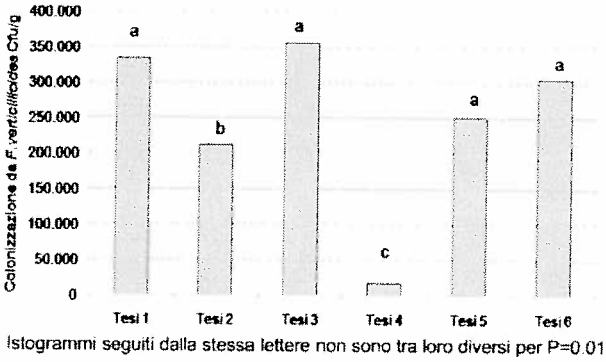
Figura 3 - Anno 2010. Effetto del controllo delle malerbe sulla contaminazione da fumonisine nel mais.

3.1.3 Prove di lotta insetticida e fungicida

Le prove sono state condotte a cura del Dip. TeSAF, nel 2009 e nel 2010 presso un' azienda maidicola di Pozzonovo (PD), utilizzando un ibrido commerciale di classe 600, con tesi ripetute tre volte su parcelle di 300 m^2; le operazioni colturali sono state quelle consuete e si sono svolte nei

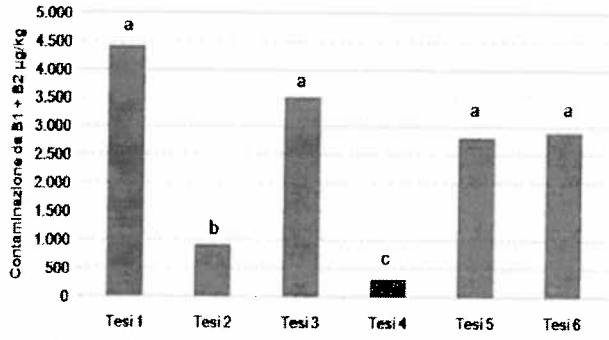
modi e alle epoche previste, senza variazioni o difficoltà degne di nota. Per individuare i diversi momenti in cui eseguire i trattamenti insetticidi, gli sfarfallamenti della piralide sono stati seguiti mediante trappola luminosa. I prodotti, distribuiti con "trampolo", utilizzando un volume d'acqua pari a 6 hl/ha e alle dosi di etichetta per i cereali, sono stati Karate Zeon (Lambda-cyhalotrina) e la miscela Sportak (Prochloraz) + Caramba (Metconazolo) 1:1. La determinazione della carica di *F. verticillioides* è stata eseguita tramite il metodo delle diluizioni seriali, con individuazione morfologica, macro e microscopica, del patogeno. I dati ottenuti sono stati confrontati tramite i limiti fiduciali della media. La determinazione del contenuto di FB_1 e FB_2 nella granella è stata eseguita con metodo HPLC, come già descritto, ed i dati così ottenuti sono stati confrontati tramite calcolo dell'incertezza secondo l'equazione di Horwitz.
Il saggio 2009, i cui risultati sono esposti nella figura 4, hanno permesso di confermare l'efficacia del trattamento fungicida e insetticida, quando eseguiti nel momento più opportuno cioè rispettivamente in piena fioritura femminile ed al picco del volo della piralide. L'uso delle miscele fungicida+insetticida è risultato, invece, avere effetto statisticamente non diverso dal testimone, sebbene si noti un incoraggiante calo, attorno al 40%, del contenuto di fumonsine.

Effetto dei trattamenti sulla colonizzazione da *F. verticillioides* della granella (Cfu/g).



Istogrammi seguiti dalla stessa lettere non sono tra loro diversi per P=0.01

Effetto dei trattamenti sul contenuto di fumonisine B_1 e B_2 della granella (µg/kg).

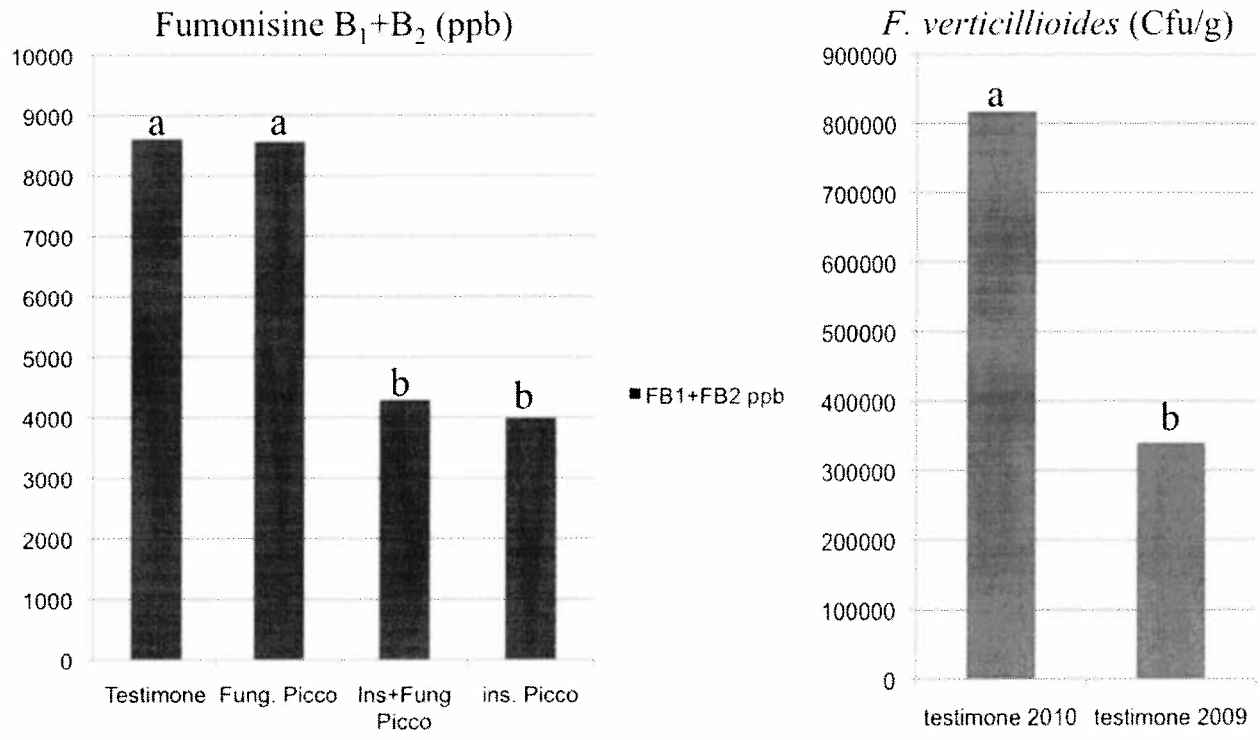


Istogrammi seguiti dalla stessa lettere non sono tra loro diversi per P=0.01

tesi	Trattamento	fioritura	piralide	data
1	Testimone			
2	Insett.		picco	14/8
3	Ins+fung	a 7 gg		10/7
4	fungicida	a 7 gg.		10/7
5	Insett+ fung	fine		23/7
6	Ins+fung		picco	14/8

Figura 4 - Anno 2009. Effetti del trattamento fungicida, insetticida e della miscela fungicida+insetticida sulla presenza di *F. verticillioides* e sul contenuto di fumonisine nel mais.

Nell'anno successivo, 2010, la prova è stata ripetuta, ma nelle tesi dove era previsto di miscelare i prodotti insetticidi con i fungicidi si è, invece, eseguito un doppio intervento, ciò per evitare possibili interazioni negative "in botte", che avrebbero potuto essere una delle cause del fallimento della prova eseguita nel 2009. Oltre a ciò, il saggio è stato limitato alla possibilità di associare il trattamento fungicida a quello insetticida nell'epoca più corretta per l'esecuzione di quest'ultimo. La ragione di tale scelta risiede nel fatto che il controllo della piralide è da considerarsi come irrinunciabile per la produzione di una granella sana e quindi si è deciso di privilegiarlo rispetto alla lotta contro *F. verticillioides*.
I risultati ottenuti sono riportati nella figura 5 e confermano quanto osservato l'anno precedente.



Istogrammi contrassegnati dalla stessa lettera non sono tra loro diversi per P=0,01

Figura 5 - Anno 2010. Effetto del trattamento insetticida e fungicida sul contenuto di fumonisine del mais.

E' evidente, anche nel 2010, la mancanza di efficacia dell'intervento fungicida, se eseguito nel momento sbagliato, mentre si conferma la validità del trattamento contro la piralide eseguito all'epoca corretta. Il doppio intervento, fungicida e insetticida, non ha comportato alcun vantaggio ma, diversamente dall'anno precedente in cui i prodotti erano stati miscelati e distribuiti insieme, in questa tesi non è stato notato un calo di efficacia dell'insetticida. Ciò avvalora l'ipotesi di una interazione negativa tra i prodotti fitosanitari utilizzati, che avverrebbe al momento della loro miscelazione.
Oltre a quanto finora esposto, si nota che nel 2010 la pressione di malattia è stata maggiore rispetto al 2009, con una presenza di *F. verticilliodes* e di fumonsine nel testimone doppia rispetto all'anno precedente. In questa situazione, a fronte di una infestazione da piralide paragonabile a quella del 2009 (Figura 6), l'efficacia dell'intervento insetticida nel contenimento della contaminazione da fumonisine è stata del 55%, contro circa l'80% dell'anno prima. Ciò fa supporre che altri fattori, diversi dall'attività dell'insetto, siano intervenuti nel determinare il quadro descritto ed è proprio in questo caso che il controllo di stress ed infezioni fungine potrebbe risultare importante per abbassare il livello di fumonisine nella granella.

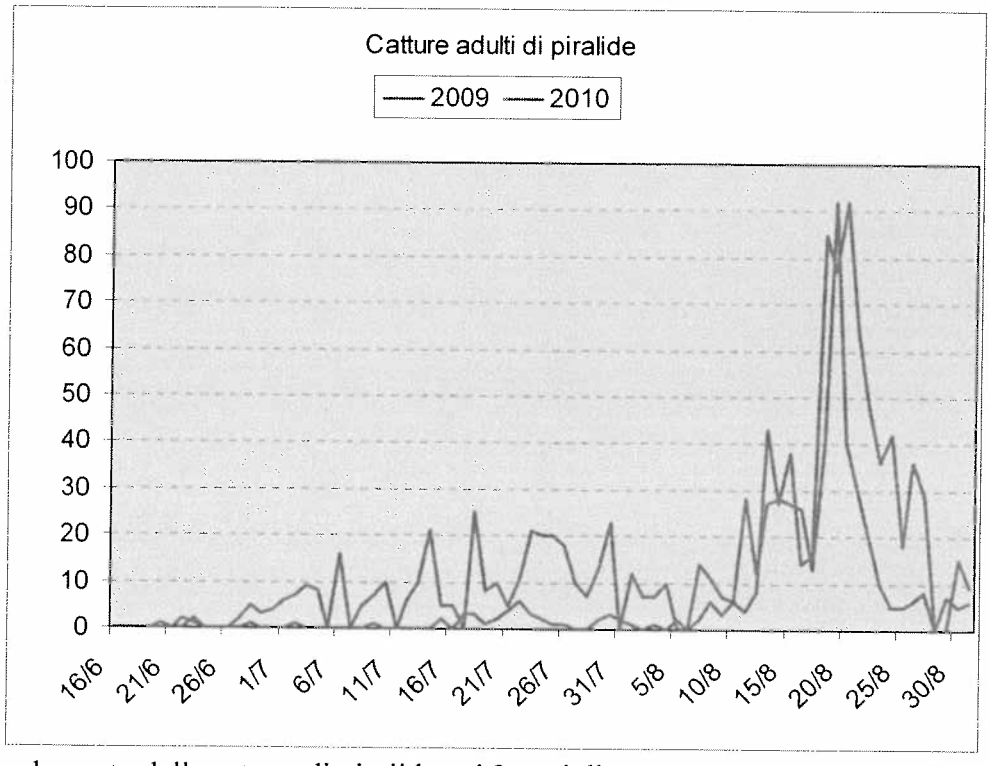


Figura 6 - Andamento delle catture di piralide nei 2 anni di prova (trappola luminosa).

4. Sperimentazione, anno 2011

Nel 2011 è continuata la sperimentazione di laboratorio per ampliare il modello Alertinf e di campo presso 3 aziende già coinvolte nella sperimentazione del 2010. In queste aziende si sono confrontate alcune variabili ritenute interessanti per il controllo della contaminazione da fumonisine, in particolare modalità di irrigazione (per aspersione o con manichetta), presenza o assenza di irrigazione, presenza o assenza di trattamento contro la piralide, tipo di concimazione azotata, tradizionale o effettuata con azoto a lenta cessione.

4.1 Ampliamento del modello ALERTINF

Maggiore è il numero delle specie inserite nel modello e maggiori sono le potenzialità del modello stesso di dare informazioni utili agli agricoltori. All'inizio del progetto INDIMAIS il modello simulava solamente 3 specie infestanti (*Amaranthus retroflexus*, *Chenopodim album* e *Sorghum halepense*). I dati sulla dinamica di emergenza raccolti nel periodo 2009-2011 e le germinazioni eseguite in laboratorio a temperature e potenziali idrici crescenti hanno permesso di ampliare il modello con l'aggiunta di altre tre specie (*Abutilon theophrasti*, *Polygonum persicaria* e *Solanum nigrum*) e hanno fornito dati utili per l'ulteriore inserimento di altre specie, dopo i processi di validazione. Qui di seguito è riportato un esempio delle prove di laboratorio condotte per la stima della temperatura di base di due specie infestanti.

Esempio di calcolo della temperatura di base di *Solanum nigrum* e *Polygonum persicaria*

La metodologia seguita per determinare la temperatura di base ha previsto di porre i semi in germinatoio con fotoperiodo di 12h/12h (luce/buio) a 10 diverse temperature. Le germinazioni sono state controllate giornalmente. I dati cumulati delle germinazioni sono stati interpolati con una funzione logistica. Dalle curve di interpolazione è stato dedotto il tempo necessario per raggiungere il 50% delle germinazioni (t_{50}). Utilizzando i reciproci del t_{50} come variabile dipendente e la temperatura come variabile indipendente, è stata tracciata

una retta di regressione (Figura 7). Nel punto in cui la retta di regressione intercettava l'asse delle x è stata individuata la temperatura di base.

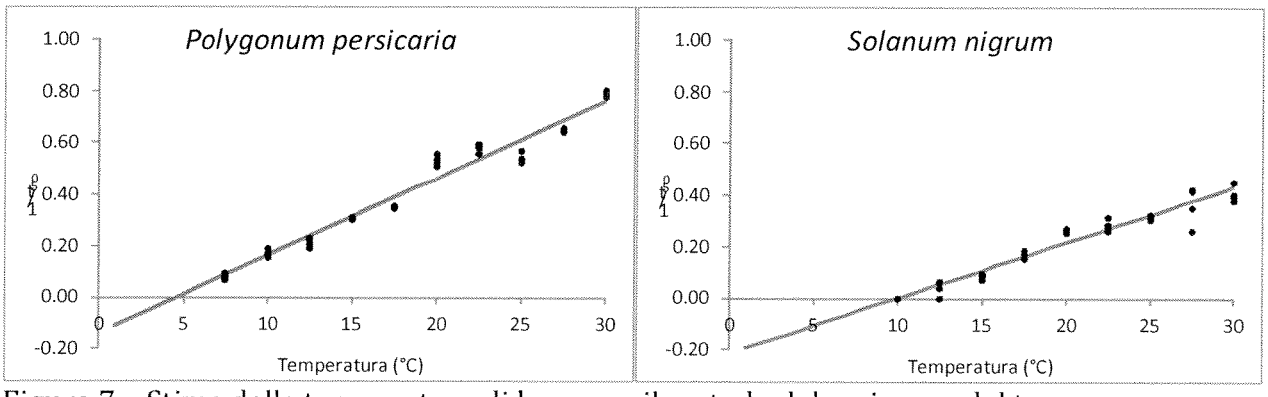


Figura 7 – Stima della temperatura di base con il metodo del reciproco del t_{50}.

Le temperature stimate sono state 4,7 ± 0,49 °C per *Polygonum persicaria* e 10,0 ± 1,76 °C per *Solanum nigrum*. I dati di temperatura di base stimati sono stati usati per ricalibrare il modello AlertInf per queste specie.

4.2. Prova di Sant'Urbano, azienda Saltarin

Nel corso dell'annata 2011, presso l'azienda Saltarin, sita in Sant'Urbano (PD) si è svolta una prova avente lo scopo di saggiare l'effetto del metodo irriguo, combinato con diversi protocolli di fertilizzazione, sull'accumulo di fumonisine B_1 e B_2 nella granella di mais.
La prova è stata realizzata sotto forma di strip test utilizzando l'ibrido commerciale Karolax della SIS che, a parte i trattamenti di seguito specificati, è stato coltivato applicando le consuete Buone Pratiche Agricole, senza variazioni o difficoltà degne di nota.
Le tesi confrontate sono riportate in tabella 7.

Tabella 7 – Tesi a confronto.

TESI	Irrigazione	Controllo Piralide	Fertilizzazione
1	Aspersione	NO	3 q/ha di Cloruro di K+2,2 q/ha di 18-46+3 q/ha di Urea in presemina+2,7 q/ha di Urea in copertura
2	Asciutta	NO	10 q/ha Entec 13-10-20+2 q/ha di Urea in presemina+1,7 q/ha di Urea in copertura
2bis	Asciutta	SI	3 q/ha di Cloruro di K+2,2 q/ha di 18-46+3 q/ha di Urea in presemina+2,7 q/ha di Urea in copertura
3	Aspersione	SI	3 q/ha di Cloruro di K+2,2 q/ha di 18-46+3 q/ha di Urea in presemina+2,7 q/ha di Urea in copertura
4	Aspersione	SI	10 q/ha Entec 13-10-20+2 q/ha di Urea in presemina+1,7 q/ha di Urea in copertura
5	Manichetta	SI	10 q/ha Entec 13-10-20+2 q/ha di Urea in presemina+1,7 q/ha di Urea in copertura
6	Manichetta	Si	10 q/ha Entec 13-10-20+5 q/ha di Nitrato ammonico Multi-NIT in fertirrigazione
7	Manichetta	SI	3 q/ha di Cloruro di K+2,2 q/ha di 18-46+3 q/ha di Urea in presemina+2,7 q/ha di Urea in copertura
	Manichetta	SI	3,3 q/ha di Cloruro di K+2,2 q/ha di 18-46 in presemina+2 q/ha di Urea in presemina+5 q/ha di Nitrato ammonico Multi-NIT in fertirrigazione

10*	Manichetta	SI	3,3 q/ha di Cloruro di K+2,2 q/ha di 18-46 in presemina+2 q/ha di Urea in presemina+5 q/ha di Nitrato ammonico Multi-NIT in fertirrigazione

*Ibrido aziendale, Pioneer P1758 diverso da quello usato nelle tesi precedenti

Le tesi sono state raccolte con mietitrebbia e nel corso della trebbiatura la granella è stata campionata con metodo dinamico. I campioni così ottenuti sono stati essiccati a bassa temperatura (circa 50°C), poi macinati, omogenati e sottocampionati per una aliquota di 250 g che è stata inviata al laboratorio CSQA di Veneto Agricoltura per la determinazione del contenuto di fumonisine B_1 e B_2 con metodo HPLC.
I risultati sono riportati in figura 8.

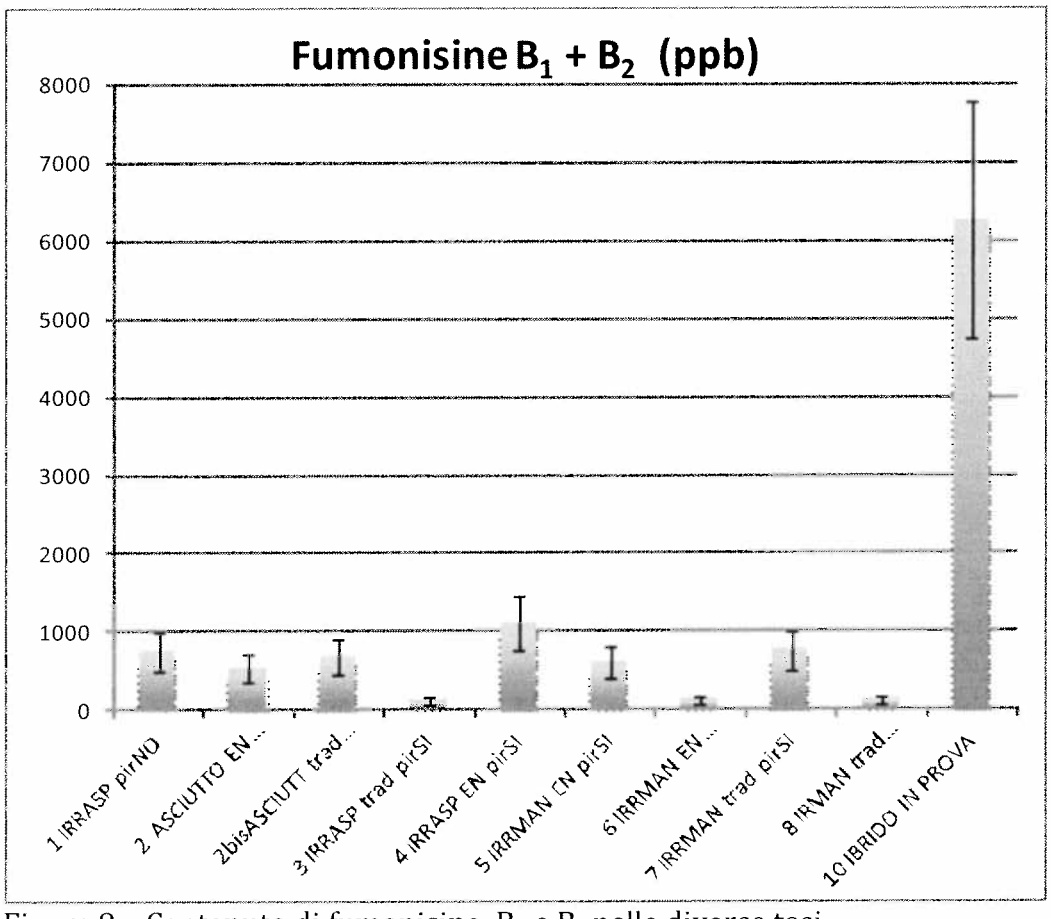


Figura 8 – Contenuto di fumonisine B_1 e B_2 nelle diverse tesi.

A parte quanto rilevato per l'ibrido aziendale (T10), i contenuti di fumonisine, in generale, sono stati eccezionalmente bassi e mediamente pari a poco più di 500 ppb, con 8 tesi su 9 nettamente sotto i 1000 ppb di cui 3 addirittura inferiori al LOQ (limite di quantificazione). Ciò è da imputare all'andamento stagionale molto buono nelle fasi iniziali del ciclo colturale, fatto che ha portato il mais in condizioni ottimali di vegetazioni fino alla fioritura, seguito da un periodo particolarmente asciutto e caldo, caratterizzato dalla quasi totale assenza di precipitazioni nelle fasi tra la fioritura e la raccolta. Per tali ragioni è possibile ipotizzare una scarsa infezione da parte di *Fusarium verticillioides*, responsabile della produzione delle fumonisine, all'epoca dell'emissione delle sete ed una forte difficoltà nello sviluppo delle suddette infezioni nel periodo successivo, a causa delle temperature alte e della mancanza di

piogge[1]. A tutto questo si è accompagnato anche un attacco di piralide più modesto che negli anni precedenti.
Si può, pertanto, ritenere che la pressione di malattia sia stata eccezionalmente bassa, di conseguenza i risultati ottenuti devono essere considerati con cautela e sottoposti a verifiche in annate con andamenti più confrontabili con quanto si osserva normalmente nei nostri ambienti maidicoli.
Pur con le precauzioni appena ricordate, si può ritenere che i trattamenti eseguiti abbiano influenzato il contenuto di fumonisine della granella. In particolare, si osserva che (Figura 8):

- l'ibrido aziendale rappresentato da P 1758 della Pioneer è risultato molto più colpito rispetto a quello in prova, suggerendo una suscettibilità varietale finora mai rilevata in questa misura, fatto che necessita di verifiche approfondite, vista la scarsa importanza che normalmente viene data a questo fattore, se non per i caratteri endosperma vitreo/farinoso
- se viene eseguita la lotta contro la piralide sembra non esserci differenza tra i metodi irrigui (aspersione vs manichetta) se la concimazione è stata a base di ENTEC, sebbene si osservi una differenza al limite della significatività che suggerisce una interazione negativa tra ENTEC e irrigazione per aspersione (cfr T 4 e 5); se, viceversa, ci si riferisce alla concimazione tradizionale si evidenzia un leggero vantaggio dell'irrigazione per aspersione (cfr T3 e 7)
- se viene eseguita la lotta contro la piralide la fertirrigazione comporta notevoli vantaggi (cfr T6 e 8), sebbene lo stesso effetto non sia stato osservato per l'ibrido aziendale, forse per la sua già ipotizzata grande suscettibilità alla contaminazione da fumonisine; le concimazioni a base di ENTEC e tradizionale si equivalgono se l'irrigazione è a manichetta mentre sono significativamente diverse per l'aspersione dove la concimazione tradizionale dà i risultati migliori, paragonabili a quelli ottenuti con la fertirrigazione

Da quanto finora esposto, appare possibile ipotizzare una interazione tra metodo irriguo e fertilizzazione che evidenzia esiti migliori quando ENTEC, a cessione graduale, viene combinato con la distribuzione d'acqua mediante manichetta, mentre quando si usa l'aspersione la normale concimazione è preferibile. Tutto questo potrebbe essere legato alle particolari condizioni climatiche. La siccità dei primi strati del terreno potrebbe essere sfavorevole al rilascio di nutritivi da parte di ENTEC, motivo per cui si trae vantaggio da una distribuzione d'acqua basata su volumi modesti per adacquate lunghe (manichetta) che consente una buona umidità anche in superficie, piuttosto che da quantità importanti d'acqua distribuite in tempi brevi (aspersione), con l'acqua che si approfondisce velocemente e il terreno che in superficie rimane asciutto per periodi più lunghi. Il contrario si può ipotizzare per i fertilizzanti normali per i quali, quindi, l'irrigazione per aspersione risulterebbe la più vantaggiosa, consentendo un loro agevole trasporto agli strati sottosuperficiali dove si trova la maggior parte delle radici assorbenti del mais.
Quanto appena discusso, però, viene in parte contraddetto dal risultato rilevato nella tesi 2 dove la concimazione a base di ENTEC in asciutta e in assenza di controllo della piralide, non dà risultati peggiori delle tesi fertilizzate nello stesso modo, irrigate e trattate contro la piralide. Si deve, però, considerare che data l'estrema vicinanza tra tesi 2 e 5, a detta dello stesso agricoltore che ha seguito il campo prova, una discreta infiltrazione del terreno da acqua distribuita con manichetta nelle file confinanti può essere facilmente avvenuta.

---

[1] A margine, si segnala che, proprio per le particolari situazioni climatiche di luglio ed agosto, nel mais non irriguo si sono verificate le condizioni favorevoli allo sviluppo di *Aspergillus flavus* e quindi di aflatossine.

A prima vista né l'effetto positivo dell'irrigazione, né l'ipotizzata conseguenza negativa sulla contaminazione da fumonisine, derivante dalla bagnatura delle spighe associabile all'irrigazione per aspersione, appaiono apprezzabili.
Come appena discusso per quanto riguarda la fertilizzazione a base di ENTEC, i dati rilevati nella tesi 2 sono da considerare non pienamente attendibili sotto questo aspetto, pertanto, se l'ipotesi di interazione "fertilizzazione X metodo irriguo" viene accettata nessun giudizio si può dare per le tesi in cui questo tipo di concimazione è stato effettuato. Limitando la discussione ai casi paragonabili con la rimanente tesi in asciutta (T2bis) è, invece, evidente l'effetto positivo dell'intervento irriguo (Figura 7, tesi 2bis e 3), effetto che si perde quando, a causa del mancato controllo della piralide si ha una maggiore infezione da *F. verticillioides* che, probabilmente, viene ulteriormente favorito dalla bagnatura della spiga, tanto che l'azione benefica di mitigazione dello stress idrico derivante dall'irrigazione viene annullata dai fattori che, invece, favoriscono lo sviluppo fungino.

4.3 Prove di Cona e Borgoricco

La tabella 8 evidenzia le tesi a confronto ed i risultati ottenuti nelle due prove.

Tabella 8. Tesi a confronto a Cona e a Borgoricco.

TESI	Cona		Borgoricco	
	q/ha	fumonisine (ppb)	q/ha	fumonisine (ppb)
Asp.N0-PirSì	99,1	242		
AspSi-PirSì	94,1	185		
Asp.Sì-PirSì			139,6	1376
ManSì-PirSì			137,7	1295
Concimazione con Entec			142,8	1385
Concimazione tradizionale			134,8	1258

Le principali variabili allo studio sono state: irrigazione per aspersione (Asp.Si) contro asciutta (Asp. No); modalità di irrigazione (aspersione (Asp.) contro manichetta (Man.)), concimazione tradizionale contro concimazione con azoto a lenta cessione (Entec).
Innanzitutto merita sottolineare che l'annata 2011 non è stata, come già evidenziato, favorevole allo sviluppo delle fumonisine. I valori ritrovati sono risultati molto bassi con una leggera maggior presenza a Borgoricco rispetto a Cona.
Le variabili allo studio non hanno permesso di differenziare in maniera statisticamente significativa le rese, anche per la diversa tessitura degli appezzamenti in prova.
La presenza di fumonisine non si è differenziata in relazione alla concimazione (tradizionale o con azoto a lenta cessione (Entec)), mentre le rese hanno evidenziato valori leggermente più elevati, ancorché non differenti dal punto di vista statistico, a favore dell'azoto a lenta cessione.

5. Conclusioni

L'attività svolta ha permesso di ottenere alcune importanti conferme rispetto agli obbiettivi prefissati, in particolare:

1. E' stato possibile accertare che la competizione esercitata dalle malerbe è in grado di influenzare il contenuto di fumonisine nella granella di mais. La riduzione di tale fattore di stress può portare ad abbattimenti di questa micotossina variabili tra l'80%, nel 2009, ed il 36% nel 2010, anno in cui i danni provocati dalle grandinate, ovviamente non contenibili con i trattamenti diserbanti, hanno in parte mascherato l'effetto notato l'anno prima.
   Nonostante i risultati ottenuti necessitino di ulteriori approfondimenti per verificare con maggior precisione il vantaggio derivante dalla lotta alle malerbe, essi, comunque, sottolineano l'importanza di mettere a punto ed applicare protocolli di produzione del mais improntati alla massima riduzione possibile dei fattori di stress.
2. Il biennio di prove di lotta insetticida e fungicida ha permesso di confermare l'efficacia di entrambi gli interventi di cui, però, l'unico ammesso è il primo, visto che quello fungicida non è ancora possibile per mancanza di prodotti registrati su mais per questo uso. Purtroppo non è stato possibile dimostrare la possibilità di unire la difesa contro funghi ed insetti in un unico intervento. I risultati ottenuti nel secondo anno di prova suggeriscono che la mancanza di efficacia possa essere imputata a fenomeni di antagonismo tra i prodotti fitosanitari utilizzati.
   Rimane, perciò, tutta da esplorare la possibilità di associare sostanze attive e formulati diversi da quelli saggiati nel corso del presente progetto; si rendono, pertanto, necessari ulteriori approfondimenti e sperimentazioni per poter mettere a punto protocolli di difesa insetticida e fungicida del mais efficaci ed economici.
3. La sperimentazione eseguita non è stata in grado di evidenziare le interazioni modalità di irrigazione -contenuto di fumonisine e tipologia di concimazione (tradizionale o con azoto a lenta cessione)-contenuto di fumonisine essendo risultata forte l'interferenza dell'andamento climatico. E' da sottolineare che evidenziare interazioni così complesse richiede probabilmente delle prove parcellari specifiche e ripetute più volte e non semplici strip plot a livello aziendale.

BIBLIOGRAFIA

BRADFORD K.J., 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modelling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50, 248-260.

MASIN R., CACCIATORI G., ZUIN M. C., ZANIN G. (2010). AlertInf: emergence predictive model for weed control in maize in Veneto. *Italian Journal of Agrometeorology* 1, 5-9.

MASIN R, CACCIATORI G, ZUIN M.C, ZANIN G (2008). AlertInf: modello di previsione delle emergenze per il controllo dell infestanti del mais in Veneto. *Rivista Italiana di Agrometeorologia,* vol. 1, 112-113.

MASIN R., VASILEADIS V.P., LODDO D., OTTO S., ZANIN G. (2011) A single time survey method to predict the daily weed density for weed control decision-making. *Weed Science*, 59, 270-275.

OTTO S., MASIN R., CASARI G., ZANIN G. (2009) Weed-corn competition parameters in late-winter sowing in northern Italy. *Weed Science* 57: 194-201.

REYNERI, BLANDINO (2006). La fusariosi si previene in campo. Suppl. *Informatore Agrario,* 62 (12), 16-18.

Abstract
Il progetto mirava a proporre soluzioni innovative per migliorare la difesa del mais dal punto di vista malerbologico e fitopatologico. Dal punto di vista malerbologico, il mais è una coltura privilegiata per l'ampia disponibilità di prodotti efficaci e spesso ad azione complementare. Gli erbicidi devono però essere usati con attenzione per ridurre i costi e per non danneggiare l'ambiente. Tra gli strumenti a disposizione per migliorare l'utilizzo degli erbicidi ci sono i modelli di previsione delle emergenze. Nel 2008, il DAAPV ha sviluppato AlertInf, un sistema che consente di conoscere in ogni momento la percentuale di emergenza delle infestanti in campo usando i dati meteo, come temperatura e pioggia. Inizialmente AlertInf prevedeva l'emergenza di sole tre specie infestanti, per aumentarne le potenzialità era di fondamentale importanza aggiornarlo con l'aggiunta di altre specie. Nel corso del progetto INDIMAIS sono state allestite prove di laboratorio e di campo per ricavare i dati necessari all'aggiornamento del modello. La nuova versione del modello è ora consultabile nel sito dell'ARPA Veneto. Altre prove di campo sono state allestite in diverse aziende del Veneto per valutare la capacità del modello di individuare l'epoca ottimale di intervento in post-emergenza. Le rese del mais ottenute con un singolo post-emergenza guidato dal modello sono state confrontate con quelle ottenute con metodi tradizionali (es. pre + post). L'uso di un singolo post-emergenza risponde alle esigenze della nuova Direttiva sull'uso sostenibile dei pesticidi (Dir. 2009/128/CE) che mira a ridurre i rischi e gli impatti dei pesticidi sulla salute umana e sull'ambiente promuovendo l'uso della difesa integrata e di approcci o tecniche alternativi. I risultati hanno mostrato che il controllo delle infestanti in mais con un singolo intervento in post-emergenza effettuato nel momento opportuno non determina riduzioni di resa rispetto al controllo tradizionale. Il singolo post-emergenza può quindi diventare una valida alternativa ai metodi tradizionali, ma poiché il timing di intervento è fondamentale per la sua efficacia, è importante l'uso del modello per posizionare correttamente l'intervento.
Dal punto di vista fitopatologico, le tipiche condizioni ambientali della vallata del Po sono particolarmente favorevoli allo sviluppo delle infezioni da *Fusarium* nel mais. Questo genere di funghi è responsabile del marciume rosa della spiga, che oltre a causare perdite di resa, determina accumulo di micotossine che peggiorano la qualità della granella. In particolare il *F. verticillioides* produce micotossine, dette fumonisine, dannose per la salute dell'uomo e degli animali. Al momento l'unica possibilità di diminuire le contaminazioni da fumonisine risiede nell'applicazione delle buone pratiche agricole (BPA) e nel controllo della piralide. Nell'ambito del progetto INDIMAIS sono state svolte delle prove sull'influenza di alcune pratiche, quali irrigazione e diserbo, sulla contaminazione da fumonisine nella granella. Le prove sono state condotte in alcune aziende del Veneto. I risultati ottenuti hanno permesso di evidenziare che la competizione esercitata dalle malerbe è in grado di influenzare il contenuto di fumonisine nella granella del mais. La riduzione di tale fattore di stress può portare ad un abbattimento della micotossina fino dall'80%. Per quanto riguarda l'irrigazione, il risultato non è stato chiaro a causa dell'andamento climatico stagionale particolarmente sfavorevole allo sviluppo dell'infezione da *F. verticillioides*. La differenza nel contenuto di fumonisine nella granella è risultata quindi non statisticamente significativa tra metodi diversi di irrigazione (manichetta e aspersione) e asciutta. Tale aspetto merita quindi un maggiore approfondimento. Inoltre poiché le sole BPA non sempre assicurano un controllo adeguato delle contaminazioni, si è ritenuto utile anche verificare la possibilità di mettere a punto interventi di lotta diretta contro i *Fusaria* responsabili della contaminazione da micotossine. Nell'ambito del progetto sono state quindi allestite delle prove per valutare la possibilità di combinare in un solo trattamento la lotta fungicida e insetticida per il controllo della piralide. Le prove hanno evidenziato la presenza di fenomeni di interazione negativa tra il prodotto fungicida e insetticida quando miscelati insieme nella botte. Ulteriori sperimentazioni saranno quindi necessarie per valutare la possibilità di associare sostanze attive diverse da quelle usate nelle prove.

The objective of the project was to find innovative solutions for improving maize protection from weeds and pests. As to weed control, maize is a crop with a wide number of available products, very often with complementary action. Whatever, herbicides must be used with attention to reduce costs and safeguard the environmental. Emergence predictive models are available tools for a more optimal herbicide usage. In 2008, the Department of Environmental Agronomy and Crop Science (DAAPV) developed the model AlertInf, a system which provides the percentage of emergence reached by a given weed species in real time using meteorological data, such as soil temperature and rainfall. The first version of the model predicted the emergence of just three weed species, for improving its utility was fundamental to add other weed species. During the INDIMAIS project, laboratory and field experiments were conducted to collect the data needed to update the model including other species. The new version of the model is available on the website of ARPA Veneto. Further experiments were conducted in some farms of the Veneto region to evaluate the capacity of the model of providing information on the optimal timing of post-emergence weed control. Maize yields obtained with a single post-emergence treatment based on model indication were compared to yields obtained applying traditional control methods (i.e. pre + post). Weed control based on a single post-emergence treatment responds to the requirements of the European Directive to achieve the sustainable use of pesticides (Dir. 2009/128/EC) that has the objective to reduce the risks and the impact of the pesticide use on human health and environment promoting the use of integrated pest management and of alternative approaches or techniques. The results showed that a single treatment in post-emergence if correctly timed allows to obtain the same yield than a traditional control with a pre- followed by a post-emergence treatment. The use of a single post-emergence treatment can become a valid alternative to the traditional methods of weed control, but since the timing is fundamental for the efficacy of the treatment, it is important the use of the model to suggest the optimal timing of control.

As for the phytopatology, in maize the environmental conditions of the Po valley are particularly favorable to cause Fusarium infection. This genus of fungi causes the ear rots, whose consequences are crop yield losses and mycotoxin contamination of the maize grain. In particular F. verticillioides produces mycotoxins, called fumonisins, which are noxious to human and animals health. At the moment the only methods to reduce the contamination are the application of good agricultural practices (GAP) and the control of pyralid moths. Within the INDIMAIS project, some experiments were conducted to evaluate the influence of some practices, such as irrigation and weed control, on the fumonisin contamination in maize grain. The experiments were conducted in farms of the Veneto region. The results showed that weed competion influences the funonisin content in maize grain. The elimination of the stress due to weed competition can reduce the mycotoxin contamination of 80%. As for irrigation, the result was not clear due to the particular weather conditions unfavorable to the development of F. verticillioides. The difference between irrigation methods (sprinkler or subirrigation) and non-irrigated crop, in terms of fumonisin content on the maize grain, was not statistically significant. This subject deserves further investigation. Moreover, as the application of GAP not always ensure a adequate control of the contamination, it was considered useful to fine-tune the methods of direct control of Fusaria causing mycotoxin contamination. Within the project, experiments were conducted to evaluate the possibility to combine in a single treatment fungal and insect (Pyralid) control. The results showed the presence of negative interactions between active ingredients of fungicide and insecticide when mixed into the tank. Further studies will be necessity to evaluate the possibility to combine substances different from those used in the experiments.

PROF. GIUSEPPE ZANIN

IL DIRETTORE
Prof. Maurizio BORIN