

Difesa delle colture e sicurezza degli alimenti: considerazioni sulla filiera cereali

Pasquale Trematerra*¹, Maria Lodovica Gullino²

¹ Dipartimento di Scienze Animali, Vegetali e dell'Ambiente, Università del Molise
Via De Sanctis, 86100 Campobasso

² Agroinnova, Università di Torino
Via Leonardo da Vinci 44, 10095 Grugliasco (TO)

Associazione Italiana per la Protezione delle Piante (AIPP)

Riassunto

Nella protezione delle colture e dei prodotti derivati il ricorso esclusivo alla lotta chimica può essere sostituito dall'Integrated Pest Management (o IPM) che enfatizza la sinergia di più discipline e misure di intervento in una gestione complessiva, indirizzata alla prevenzione dei danni, prima del raggiungimento delle soglie economiche. Nel futuro il settore agro-alimentare dovrà applicare estesamente l'IPM, per soddisfare le richieste dei consumatori e delle loro associazioni, sempre più interessati alla sicurezza degli alimenti, riducendo l'uso di biocidi. Nel presente lavoro si riportano alcune considerazioni, sulle innovazioni tecnologiche più diffuse ed efficaci applicabili alla filiera cereali.

Parole chiave: difesa colture, sicurezza alimenti, filiera cereali, IPM.

Summary

PLANT PROTECTION AND FOOD SAFETY: NOTES ON CEREAL CHAIN

Integrated Pest Management (or IPM) is a decision-making process that prevents pest activity and infestation by combining several strategies to achieve long-term solutions. Components of an IPM program may include education, proper waste management, structural repair, maintenance, biological and mechanical control techniques, and pesticide application. These tactics should meet economic, public health and environmental goals. In this paper new methods and strategies of pest control in cereal chain are reported.

Key-words: plant protection, food safety, cereal chain, IPM.

1. Introduzione

Negli ultimi anni la difesa delle colture dagli attacchi dei parassiti animali e vegetali ha sempre più richiamato l'attenzione di tutta quanta la filiera agro-alimentare, non soltanto per le evidenti implicazioni sulle produzioni agricole ma anche, e soprattutto, per l'impatto che essa può avere sulla sicurezza degli alimenti. Si prenda in esame l'effetto positivo sulla qualità delle produzioni rivestito dalla disponibilità di mezzi di difesa chimici a sempre minore impatto ambientale, dall'impiego di metodi fisici e biologi-

ci di lotta e, più in generale, dall'adozione di strategie innovative. Le esigenze di sicurezza igienica e di elevata qualità degli alimenti hanno progressivamente assunto un rilievo primario e l'opinione pubblica ha esplicitamente evidenziato la necessità di adeguare il processo produttivo, in modo da assicurare il rispetto dell'ambiente e della salute dei consumatori.

Nel corso del tempo il concetto stesso di difesa delle colture e dei prodotti derivati ha subito una profonda evoluzione, evidenziata anche dalla terminologia adottata. Basta, infatti,

* Autore corrispondente: tel.: + 39 0874 404655. Indirizzo e-mail: trema@unimol.it

consultare i testi di qualche decina di anni fa per assistere ad un uso molto frequente del termine lotta, in seguito attenuato in difesa e, infine, di protezione oppure nel recente management delle infestazioni o delle malattie. Ciò evidenzia una vera e propria evoluzione dei criteri di approccio, passati da una tendenza ad eliminare completamente i parassiti fino ad arrivare ad una loro gestione eco-compatibile, in modo tale da evitare il superamento delle soglie tollerabili per ciascuna coltura e contesto colturale, prodotto alimentare o comparto industriale.

La protezione delle colture e dei prodotti trasformati è evoluta, quindi, dall'impiego prevalente, se non esclusivo, di biocidi ad un concetto di protezione integrata (Integrated Pest Management o IPM), basata sull'uso combinato e razionale dei diversi mezzi disponibili mirato a massimizzare i benefici e a ridurre al minimo i relativi rischi. Ulteriori progressi, al riguardo, si avranno con l'affermarsi dell'agricoltura di precisione. I risultati conseguiti hanno consentito un graduale e complessivo miglioramento dell'intera filiera agro-alimentare contribuendo a risolvere il difficile compito di garantire l'assenza di residui dei mezzi chimici impiegati per migliorare le produzioni, ma anche quella di pericolosi contaminanti di origine naturale quali le micotossine.

In questa sede si prendono in esame alcuni aspetti riferiti alla filiera cereali, fonte alimentare per gran parte delle popolazioni nei vari continenti.

In tale contesto negli ultimi tempi a fianco di sistemi di difesa antiparassitaria tradizionali, ne sono stati messi a punto altri, innovativi e complementari, tanto che oggi il ricorso esclusivo alla lotta chimica, in molti casi, può essere sostituito dall'IPM. I punti salienti comprendono la conoscenza dei fattori che regolano i sistemi coinvolti, il monitoraggio delle popolazioni dannose, la disponibilità di dati storici, per adottare le più opportune misure di gestione delle infestazioni. Lo sviluppo e l'attuazione di programmi di IPM sono stati presi in considerazione e realizzati sia nella salvaguardia di prodotti grezzi, sia per quelli trasformati e di merci. Nel futuro il settore agro-alimentare dovrà applicare ancora più estesamente tali indirizzi, per soddisfare le maggiori richieste dei consumatori e delle loro associazioni, sempre più in-

teressati alla sicurezza degli alimenti, riducendo l'uso dei biocidi e i rischi connessi al loro impiego.

Nel caso dei parassiti vegetali, particolare attenzione va prestata non solo al contenimento dei patogeni stessi, ma anche alla prevenzione della loro contaminazione da metaboliti tossici. La presenza di micotossine nelle derrate cerealicole rappresenta, di fatto, un problema di notevole importanza, cui solo in anni recenti si è prestata la dovuta attenzione. La formazione di micotossine nelle colture infette e la loro persistenza negli alimenti e nei mangimi è, infatti, spesso associata a micotossicosi acute e croniche degli allevamenti e, direttamente o indirettamente, dell'uomo. Nei cereali le micotossine sono prodotte da funghi appartenenti ai generi *Fusarium*, *Aspergillus*, *Alternaria* e *Penicillium*, presenti in aree temperate, semi-tropicali e tropicali. Sia i cereali autunno-vernini che quelli primaverili-estivi possono essere contaminati. In presenza di condizioni favorevoli al loro sviluppo, i funghi tossigeni possono produrre micotossine in tutte le fasi della filiera cerealicola. Di particolare rilevanza, nelle nostre condizioni per i cereali sono le micotossine prodotte da specie di *Fusarium*, agenti della fusariosi della spiga. Tali micotossine sono molto resistenti ai più comuni agenti fisici, chimici e microbiologici utilizzati nell'industria agroalimentare e pertanto gli interventi di difesa si basano fondamentalmente su misure di lotta agronomica (Moretti et al., 2006).

Di seguito si riportano alcune brevi considerazioni, sulle innovazioni tecnologiche più diffuse ed efficaci che aiutano a gestire le infestazioni e le contaminazioni nella filiera cereali (Fields e White, 2002; Trematerra e Süß, 2007).

2. Mezzi e metodi di lotta

2.1 Mezzi chimici

Per la disinfestazione dei cereali, oltre che di interi edifici, possono essere utilizzati prodotti liquidi, che vengono distribuiti durante le movimentazioni, oppure sono irrorati direttamente su pareti e pavimenti, nel caso in cui la disinfestazione riguardi intere industrie.

È evidente che, quando si opera all'interno di strutture, per di più destinate alla produzione di alimenti, o ad altro, è necessario utilizza-

re principi attivi a bassa tossicità, quali i piretroidi sintetici. Le possibilità pratiche prevedono la distribuzione dei formulati sulle pareti, con uso di sostanze dall'attività protratta nel tempo, per combattere insetti annidati in anfratti o larve migranti sui muri, alla ricerca di punti ove incrisolidarsi, oppure con irrorazioni spaziali mediante termonebbiogeni o generatori di microparticelle, a freddo. Tali trattamenti sono effettuati con piretrine naturali, eventualmente attivate da butossido di piperonile, o con piretroidi sintetici, comunque caratterizzati da effetto abbattente e bassissima persistenza. Ne consegue che il risultato ottenibile è quello di uccidere insetti in volo, non nascosti; gli esiti sono limitati e la scelta di tale linea di difesa richiede la programmazione di un elevato numero di interventi. Per insetti annidati in anfratti, quali blatte e formiche, è invece possibile l'utilizzo di biocidi ad azione persistente (piretroidi, carbammati o fosfororganici) da impiegare in trattamenti localizzati, nei luoghi in cui è stata individuata, tramite un monitoraggio, la loro presenza. La lotta a tali infestanti può essere condotta con l'impiego di prodotti formulati come esche/gel. Si tratta di un metodo che richiede una maggiore professionalità da parte degli operatori perché non è necessario irrorare ampie superfici, ma è indispensabile distribuire le gocce di gel nei punti giusti e in quantità adeguata, dopo aver effettuato un'attenta analisi della situazione, riconoscendo la specie infestante, la densità della colonia, la presenza o meno di individui giovani, etc..

Se invece si passa a considerare la disinfestazione diretta di derrate, è necessario innanzi tutto evidenziare che è consentito impiegare prodotti fitosanitari liquidi solo sui cereali da immagazzinare. Si tratta di una tecnica ben nota da tempi lontani, attuata grazie all'utilizzo di apposite pompe distributrici, installate sui redler o alla base degli elevatori. Al momento si usano prodotti a base di deltametrina, dichlorvos, pirimiphos metile, sostanze caratterizzate da una protratta persistenza, che agiscono per contatto, ingestione e, in alcuni casi, anche per asfissia. È da evidenziare che nessuna di queste sostanze è in grado di eliminare tutti gli stadi vitali degli insetti eventualmente presenti, tanto più che spesso si sviluppano nelle cariossidi, come è il caso dei *Sitophilus*, di *Sitotroga cerealella* e di *Rhyzopertha dominica*. Ne consegue

che, se la persistenza non è particolarmente elevata gli adulti sfarfallano ad efficacia del trattamento ormai nulla: ciò può spiegare, in vari casi, il perpetuarsi dell'infestazione! Il larghissimo utilizzo in tutto il mondo di questi principi attivi ha portato alla selezione di ceppi di insetti resistenti; anche in Italia il fenomeno pare in via di diffusione, considerando i diversi eventi di insuccesso nell'uso di prodotti di contatto sui cereali, che vengono di mano in mano segnalati. Tra le specie coinvolte, *R. dominica* pare essere quella con più casi di resistenza. È da menzionare anche l'impiego di piretro naturale, nello stoccaggio di cereali biologici. Trattandosi di una sostanza caratterizzata dalla bassa tossicità e dall'assenza di persistenza, vengono ancor più evidenziati i limiti che si hanno nel suo utilizzo. La risposta all'insuccesso di un trattamento di contatto è spesso la ripetizione dell'intervento, aumentando la concentrazione del formulato. Ne consegue il rischio di un'elevata quantità di residui nel cereale e nei prodotti derivati, a volte superiore ai limiti di legge.

Tra i mezzi chimici innovativi, da usare per la disinfestazione degli ambienti, va annoverato il solfurilfluoride, gas fumigante sperimentato in diverse realtà pratiche. È un valido mezzo di disinfestazione dell'industria molitoria, ma il suo utilizzo deve essere affidato a personale specializzato. Il venir meno dell'uso del bromuro di metile per le disinfestazioni, ha coinvolto gli operatori del settore, alla ricerca di valide soluzioni alternative (Savigliano et al., 2006). La più immediata è stata quella che prevede l'utilizzo di idrogeno fosforato o fosfina; altri si sono rivolti agli insetticidi di contatto, con impiego di mezzi fisici per la protezione del riso brillato. Per quanto si riferisce all'uso della fosfina, è da accennare il suo utilizzo nella disinfestazione dei cereali, non più con distribuzione di compresse di fosforo di alluminio o di magnesio, ma contenuta in buste porose da mettere sulla superficie della partita, o in combinazione con anidride carbonica alimentare (E290), in grado di diffondere omogeneamente il gas tossico in tutta la massa. Il problema di ottenere un'adeguata, uniforme concentrazione in un silo è di primaria importanza per garantire l'efficacia del trattamento, evitando oltre tutto l'insorgere di ceppi resistenti. Da alcuni anni, per ottenere questo risultato, è stato messo a punto il metodo J-System; con tale tecnica, grazie ad un si-

stema di tubazioni, si preleva il gas dalla superficie della massa, per reinsufflarlo dalla base del magazzino. La fosfina ha purtroppo un'efficacia modesta nei confronti dei parassiti vegetali.

2.2 Mezzi fisici

2.2.1 Polveri inerti. Si tratta di polveri a base di farina fossile di diatomee o di zeoliti. Queste presentano una granulometria e una struttura tale da intaccare le membrane intersegmentali del corpo degli artropodi, provocando la loro morte per disidratazione, oppure per menomazioni. Sono particolarmente idonee in ambienti a bassa umidità relativa, come si verifica in un magazzino o all'interno di una massa di cereale. La maggiore efficacia delle polveri si ha a granulometria fine e uniforme, caratteristica che si riscontra soprattutto nelle farine di diatomee, rispetto a quella più grossolana, propria delle zeoliti. Al riguardo i prodotti registrati prevedono dosi d'impiego che variano da 300g a 1000g per tonnellata di cereale; la quantità consigliata, da miscelare nella massa è pari allo 0,2-0,5%. L'attività in laboratorio è ottima, ma si sono osservati dei problemi di distribuzione del prodotto su grosse masse di cereale e in locali ampi. In Australia si integrano le polveri inerti con l'aerazione o con le fumigazioni. Sono anche valide nella protezione di magazzini e cereali in precedenza trattati con gas tossici, atmosfera modificata oppure freddo, impedendo la loro reinfestazione. Di recente si sono osservati buoni risultati mescolando le diatomee con sostanze insetticide, anche IGR.

2.2.2 Microonde. I campi ad alta frequenza vengono da qualche tempo proposti come mezzo atto a conseguire la disinfestazione. Le frequenze adottate sono da 6,78 kHz a 2,45 GHz (di recente anche 28 GHz) con tempi di esposizione variabili in accordo con la specie infestante e altri parametri. Risultati interessanti si osservano su prodotti caratterizzati da bassa umidità, quali cereali, farine, frutta e vegetali essiccati, cacao, prodotti da erboristeria, legno.

2.2.3 Radiazioni ionizzanti. Le fonti sono i raggi gamma, i raggi X e gli elettroni accelerati. Tra questi i raggi gamma hanno un elevato potere di penetrazione, il loro utilizzo richiede attrezzature costose; agiscono rapidamente e consentono di trattare notevoli masse di derrate. Le radiazioni sono attive solo nei confronti degli or-

ganismi viventi e quindi possono essere impiegate anche sui prodotti finiti, già confezionati, senza il rischio di residui. Negli USA in varie situazioni pratiche si tende ad utilizzare dosaggi prossimi a 1kGy.

Dosi di 2 kGy risultano idonee anche nei confronti di microrganismi. L'efficacia del trattamento è legata alla cura che si pone a fare in modo che tutto quanto il materiale venga raggiunto dalle radiazioni. In alcuni casi sono stati messi a punto dei metodi di applicazione che prevedono di fare passare i cereali attraverso un flusso di aria. Uno dei problemi pratici che si incontra è legato alla presenza contemporanea di più parassiti, aventi una diversa sensibilità alle radiazioni. L'esposizione condiziona l'esito del trattamento, perché influenza lo stato metabolico del bersaglio.

Riferito ai cereali, pertanto, l'intervento con radiazioni ionizzanti risulta sufficientemente efficace per eliminare parassiti animali, non influenza negativamente le caratteristiche organolettiche e risulta economicamente sostenibile. In alcuni casi è stato, inoltre, osservato un effetto positivo sulla conservabilità del materiale trattato. Tale tecnica incontra però numerosi ostacoli per l'avversione dei consumatori e per l'installazione degli impianti

2.2.4 Temperature estreme. Le condizioni ideali di sviluppo per la gran parte degli insetti delle derrate sono 25-33 °C e 65-75% di umidità relativa. Nel caso di infestanti, la manipolazione degli habitat, e quindi dei parametri presenti, può rallentare o bloccare la loro dinamica. Più complicati, invece, sono gli interventi nei confronti di parassiti vegetali.

Basse temperature. Portare la temperatura al di sotto della soglia ottimale, consente di contrastare sia il deterioramento delle caratteristiche chimico-fisiche e organolettiche delle derrate, sia lo sviluppo e la diffusione degli infestanti. Le basse temperature rallentano il metabolismo degli artropodi senza devitalizzarli, per questo vengono considerate un sistema di prevenzione e contenimento delle avversità. La refrigerazione è molto diffusa nel settore cerealicolo; la bassissima conducibilità termica delle granaglie, fa sì che esse mantengano la loro temperatura pressoché inalterata, indipendentemente da quella esterna. Lo sviluppo della maggior parte degli artropodi legati ai cereali si ar-

resta a circa 18 °C. Temperature tra 15 °C e -15 °C possono uccidere tutti gli infestanti; a -18 °C i nemici delle derrate muoiono in 2-3 minuti; già in condizioni inferiori a 5 °C non sono capaci di muoversi. La mortalità è condizionata dallo stadio di sviluppo, dall'acclimatamento e dalla durata dell'esposizione. Dal punto di vista pratico, gli inconvenienti più rilevanti che presenta l'utilizzo di tale tecnica è dato dagli alti costi di gestione e dalla necessità di impianti di stoccaggio già predisposti. Le basse temperature si limitano invece a rallentare semplicemente lo sviluppo dei parassiti vegetali.

Alte temperature. È sufficiente aumentare i parametri ottimali di temperatura di 5 °C per ottenere l'arresto dello sviluppo nella gran parte delle specie infestanti. Per *S. oryzae*, il più alto tasso di moltiplicazione si ha a 29 °C, ma tale tendenza si annulla a 35 °C; in *R. dominica* il massimo accrescimento si ha a 34 °C, la moltiplicazione invece si arresta a 38,6°C. La durata dell'esposizione, la specie coinvolta, lo stadio interessato, l'acclimatamento, l'umidità relativa e la temperatura del prodotto influiscono sull'efficacia di tale trattamento.

L'attenzione del settore è focalizzata soprattutto sull'uso di aria calda in letti fluidi, onde elettromagnetiche ad alta frequenza, microonde e raggi infrarossi. Questi quattro metodi consentono di riscaldare in breve tempo derrate, granaglie o sfarinati, fino a 50-60 °C e raffreddarle anche con altrettanta rapidità. I dati disponibili in letteratura indicano che la maggior parte delle specie non sopravvive più di 24 ore a 40 °C; 12 ore a 45 °C; 5 minuti a 50 °C; 1 minuto a 55 °C e 30 secondi a 60 °C. Nelle operazioni pratiche di intervento occorre prestare attenzione ai materiali plastici, ai macchinari, agli eventuali impianti antincendio. Esiste il rischio che non si riesca a raggiungere la temperatura necessaria in tutti i punti dei vari ambienti, con la possibilità quindi di reinfestazioni immediate; per evitare ciò è necessario ricorrere all'ausilio di interventi insetticidi di contatto localizzati.

Il calore secco permette di ottenere solo raramente un effettivo contenimento di funghi, batteri, nematodi o virus insediati su cereali. Forme alternative di trattamento che prevedono una differente veicolazione dell'energia termica sono state messe a punto. L'impiego di vapore aerato è alla base di una tecnica di tratta-

mento sviluppata in modo commerciale in Svezia (Forsberg et al., 2002), con buoni risultati nei confronti di patogeni di cereali (Tinivella et al., 2005). Il trattamento si basa sull'effetto letale di un fascio di elettroni a bassa energia ed è stato sviluppato appena dopo il 1980 per contenere in modo particolare i patogeni del frumento.

2.2.5 Atmosfere controllate. Sono da ricordare l'anidride carbonica (CO₂) tal quale, oppure sotto vuoto o ad alta pressione, e l'azoto (N₂). All'uso delle atmosfere controllate vengono riconosciuti diversi vantaggi, quali l'assenza di residui, la riduzione dei rischi nel corso dell'applicazione, la possibilità di impiego delle derrate subito dopo la disinfestazione. In Italia l'azoto trova applicazioni limitate, a causa della mancanza di strutture predisposte. Nella conservazione dei cereali occorre tenere l'ossigeno sotto l'1% per un periodo di 3-4 settimane, cosa possibile solamente nei magazzini a tenuta stagna. L'utilizzo della CO₂ risulta invece molto efficace, a condizione che siano rispettate le quantità e i tempi di esposizione. È sufficiente una concentrazione del 40-60% raggiungibile anche in magazzini non perfettamente ermetici. In merito sono stati effettuati esperimenti con l'utilizzo della CO₂ a bassa o ad alta pressione in autoclave. Tale operatività si può applicare però a limitati quantitativi di prodotto e richiede attrezzature molto costose. La CO₂ in bombole o sotto forma di ghiaccio secco può essere un ottimo coadiuvante nel caso di trattamenti con fosfina. È in commercio una formulazione in cui il principio attivo si trova in bombole, sotto forma di gas, in miscela con anidride carbonica (3% di PH₃ e 97% di CO₂); tale sistema permette di dimezzare sia i tempi di trattamento e sia la quantità di principio attivo impiegato. Tuttavia i costi degli impianti sono molto elevati e spesso insostenibili. Tale tipo di trattamento trova, perciò, applicazioni più ricorrenti su derrate pregiate (quali ad esempio caffè, cacao, spezie, frutta essiccata etc.).

2.3 Lotta biologica

Il controllo biologico è ancora in fase sperimentale, tuttavia vi sono applicazioni degne di nota, che in alcuni casi hanno conseguito anche successi pratici.

2.3.1 parassitoidi e predatori. Oltre 50 parassitoidi e predatori sono stati trovati a carico di

circa 75 specie di artropodi dannosi. I vantaggi della lotta biologica risiedono soprattutto nell'eliminazione di contaminanti chimici, nell'efficacia e nella precisione di intervento anche in presenza di alimenti. Gli svantaggi si raggruppano nella possibile contaminazione dei prodotti finiti e nella complessità d'uso. Tra i predatori sono da ricordare gli esperimenti preliminari realizzati soprattutto con *Xylocoris flavipes* e *Lyctocoris campestris*, attivi limitatori di diverse specie infestanti, siano essi lepidotteri o coleotteri. Potenzialità di controllo biologico degli acari nocivi, si hanno soprattutto da parte del predatore *Cheyletus eruditus*.

2.3.2 Microrganismi. Tale protezione non offre ancora risultati diffusi e pienamente soddisfacenti. *Bacillus thuringiensis*, rispetto ai più tradizionali insetticidi, è caratterizzato da scarsissima tossicità nei confronti dei parassitoidi e dei predatori, ma la mortalità indotta negli infestanti varia seconda la specie e la concentrazione d'uso. Un discreto successo si è riscontrato nell'applicazione di un virus attivo nei confronti di *P. interpunctella*, il limite di tale microrganismo consiste nella sua estrema specificità. Le potenzialità di alcuni funghi entomopatogeni (come i micromiceti) sono state studiate in laboratorio; molta attenzione meritano ancora le formulazioni applicative. Alcuni protozoi possono invadere l'ospite per ingestione: *Nosema whitei*, trovato quale patogeno in *T. castaneum*; nei triboli sono stati rinvenuti *Adelina tribolii*, *Farinocystis tribolii* e *Lymphotropha tribolii*.

L'impiego di microrganismi capaci di limitare lo sviluppo di parassiti vegetali in grado di attaccare i cereali durante la conservazione non trova ancora applicazioni pratiche, a causa dei risultati solo parziali, e poco ripetibili, e del costo legato allo sviluppo di biofitofarmaci. Le ricerche in questo settore si sono concentrate soprattutto sull'impiego di specie di *Trichoderma* e *Clonostachys* tra i funghi, di diversi lieviti, di *Pseudomonas* e *Bacillus* tra i batteri nella concia di sementi per contenere lo sviluppo di patogeni trasmessi per seme (Tinivella et al., 2003).

2.4. Mezzi biotecnici

2.4.1 feromoni. Le trappole a feromoni vengono impiegate per rilevare sia la presenza sia la densità di eventuali parassiti. Esse risultano uti-

li anche nella definizione di aree e di settori infestati (monitoraggio). Generalmente sono molto efficaci quando la presenza di infestanti è contenuta, tanto da essere usate anche dal punto di vista qualitativo per fornire indicazioni circa l'incidenza dei danni. Il loro corretto impiego consente di razionalizzare le procedure di lotta, attraverso interventi mirati e limitati soltanto ai casi strettamente necessari. I feromoni si usano anche come lotta diretta.

Cattura massiva, il solo intrappolamento di una specie infestante richiede una quantità elevata di catture, in modo tale da evitare l'accoppiamento in quasi tutti gli individui presenti. Di fronte ad un'infestazione abbondante le possibilità di incontro tra i due sessi sono piuttosto frequenti e la cattura massiva risulta difficile da attuare; al contrario in situazioni più contenute la cattura può risultare incisiva e ridurre la popolazione a livelli poco significativi.

Metodo attratticida, il concetto su cui si basa questo metodo coinvolge un feromone e un biocida, abbinati su una superficie limitata. L'insetto target, seguendo il richiamo della fonte attrattiva finisce per poggarsi sull'area cosparsa di insetticida, oppure di un altro biocida (ad esempio un patogeno), che ne causa la morte con effetto abbattente o per contaminazione irreversibile. Tale sistema fornisce risultati simili alla cattura massiva.

Confusione sessuale, il meccanismo con cui può essere ottenuta la confusione è uno, o una combinazione, dei seguenti: esposizione ad un livello elevato di feromone, sino ad arrivare all'adattamento dei recettori antennali; esposizione a un livello sufficientemente alto di feromone, in grado di mascherare i richiami chimici naturali; applicazione di numerose fonti di emissione di feromone sintetico, in modo da distogliere la ricerca dei consimili. Le possibilità sono simili a quanto riportato per la cattura massiva.

3. Prospettive future

Nella lotta agli infestanti altre innovazioni sono state proposte e vengono già usate, oppure sono in fase di sperimentazione e sviluppo: si ricorda, ad esempio, l'induzione di sterilità mediante sostanze chimiche, l'impiego di sostanze repellenti e antifeedants, l'uso della forza cen-

trifuga negli entoleter, le applicazioni a base di ozono, il ricorso a confezioni realizzate con materiali resistenti all'aggressione.

Per quanto riguarda i parassiti vegetali, certamente la perdita del bromuro di metile ha causato problemi non irrilevanti, in quanto i fumiganti impiegati o impiegabili in sostituzione hanno una spiccata azione insetticida e una minore azione fungicida. In futuro, pertanto, maggiore attenzione andrà prestata anche alla possibile contaminazione da micotossine.

Negli ultimi anni sono state realizzate anche nuove apparecchiature utili alla stima delle popolazioni dannose, alla gestione dei fumiganti, così come di altri metodi di lotta. Un'ulteriore migliore applicazione dell'IPM deriva dallo sviluppo e messa a punto di alcuni sistemi decisionali su base informatica, in grado di valutare l'evolversi di un'infestante e la distribuzione spazio-temporale dei suoi individui, in funzione dei principali parametri ambientali (Trematerra e Sciarretta, 2005).

Tuttavia nessuna delle tecniche disponibili può da sola risolvere i problemi legati alla protezione di merci, derrate e industrie. Per ottenere risultati accettabili è necessario saper gestire di volta in volta gli ambienti in cui esse si trovano, integrando fra loro le diverse conoscenze.

Bibliografia

- Fields P.G., White N.D.G. 2002. Alternatives to Methyl Bromide Treatments for Stored-Product and Quarantine Insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 47:331-359.
- Forsberg G., Andersson S., Johnsson L. 2002. Evaluation of hot, humid air seed treatment in thin layers and fluidized beds for seed pathogen sanitation. *J. Plant Diseases Prot.*, 109:357-370.
- Moretti A., Logrieco A., Bottalico A. 2006. Micotossine nella filiera cerealicola. *Informatore Fitopatologico – La difesa delle piante*, 56, 2:7-13.
- Savigliano R., Minuto A., Camponogara A., Savoldelli S., Süß L., Gullino M.L. 2006. Bromuro di metile: eliminazione senza rimpianti. *Informatore Fitopatologico – La difesa delle piante*, 56, 3:31-35.
- Tinivella F., Titone P., Gullino M.L., Garibaldi A. 2003. Una moderna tecnologia di concia delle sementi per la loro utilizzazione in agricoltura biologica. *Informatore Fitopatologico – La difesa delle piante*, 53, 3:16-20.
- Trematerra P., Sciarretta A. 2005. Il contributo dell'analisi spazio-temporale alla gestione delle infestazioni in ambienti antropizzati. *Atti Accademia Nazionale Italiana di Entomologia, Rend., Anno LIII*, 135-152.
- Trematerra P., Süß L. 2007. *Prontuario di entomologia merceologica e urbana, con note morfologiche, biologiche e di gestione delle infestazioni*. Aracne Editrice, Roma.