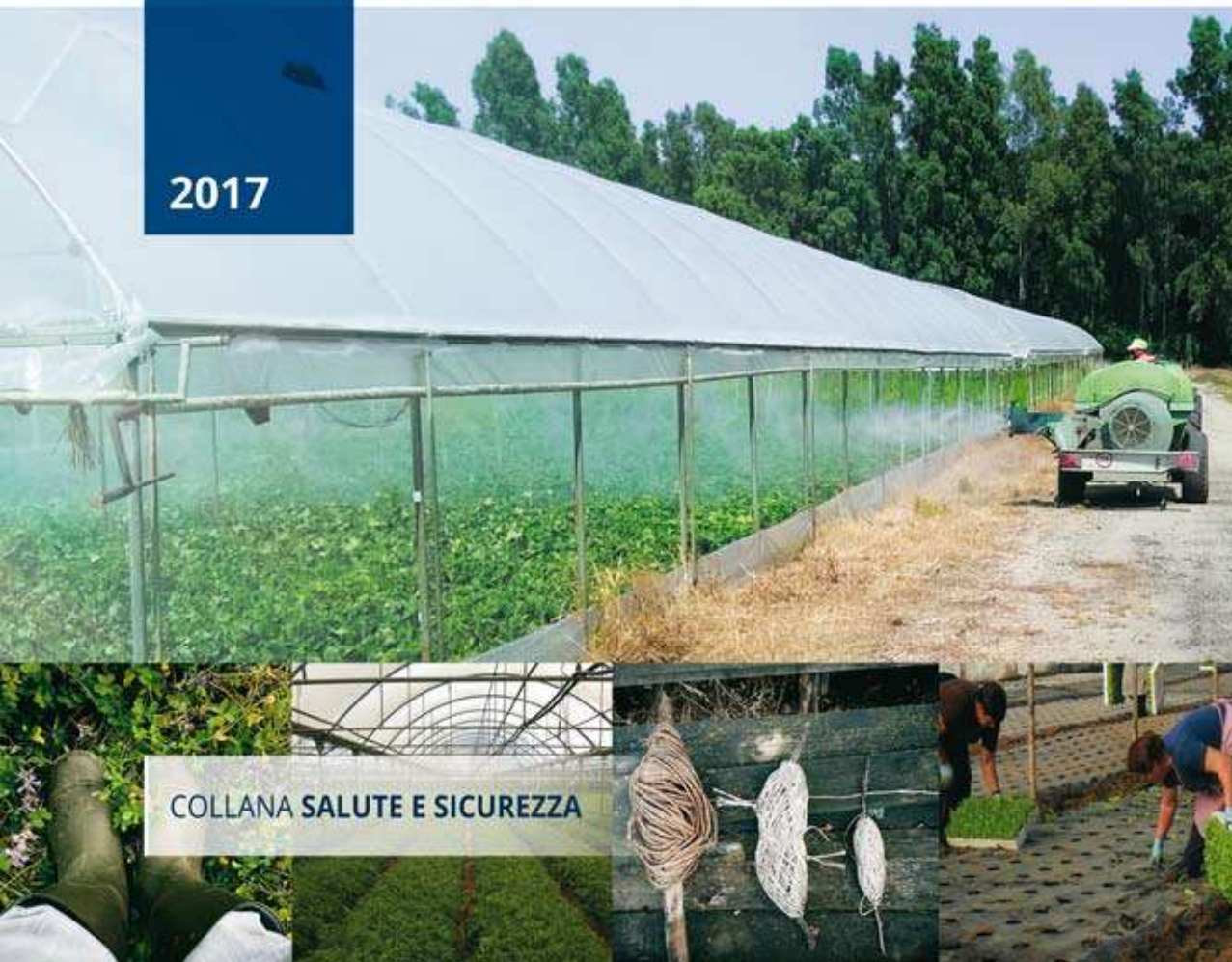


ATTI DI CONVEGNO

LA RICERCA PREVENZIONALE PER LA TUTELA DELLA SALUTE E SICUREZZA DEI LAVORATORI AGRICOLI NELLE SERRE

INAIL

2017



ATTI DI CONVEGNO

LA RICERCA PREVENZIONALE PER LA TUTELA DELLA SALUTE E SICUREZZA DEI LAVORATORI AGRICOLI NELLE SERRE

INAIL

2017

Pubblicazione realizzata da

Inail

Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

Curatori

Elena Barrese¹, Marialuisa Scarpelli¹

Editing e grafica

Pina Galzerano¹, Emanuela Giuli¹, Pasqualino Caparello¹

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale

per informazioni

Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale
Via Fontana Candida, 1 - 00078 Monte Porzio Catone (RM)
dmil@inail.it
www.inail.it

©2017 Inail

ISBN 978-88-7484-571-2

Gli autori hanno la piena responsabilità delle opinioni espresse nelle pubblicazioni, che non vanno intese come posizioni ufficiali dell'Inail.

Le pubblicazioni vengono distribuite gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

Tipolitografia Inail - Milano, agosto 2017

PREFAZIONE

Il comparto produttivo in serra è caratterizzato dall'utilizzo di un elevato numero di prodotti fitosanitari (PF), (insetticidi, fungicidi, acaricidi, fitoregolatori, erbicidi, ecc.), destinati alla difesa delle colture dagli agenti dannosi. L'impiego di tali prodotti può comportare un rischio più o meno elevato per i lavoratori in funzione della tossicità intrinseca del principio attivo, dei livelli di esposizione e di assorbimento attraverso le varie vie di penetrazione nell'organismo (inalatoria, cutanea, ecc.) e delle modalità e frequenza d'uso.

L'esperienza al riguardo porta a dover esprimere un giudizio spesso critico sul comportamento degli utilizzatori; in particolare, le più ricorrenti cause di incidenti o contaminazioni sono da imputare a eccessiva confidenza con i prodotti impiegati (non si tengono in debito conto le avvertenze riportate in etichetta e sulle schede tecniche), al mancato rispetto delle dosi consigliate per i trattamenti, al trasporto dei prodotti con mezzi non idonei, ad insufficienze riguardo allo stoccaggio ed alla conservazione (locali non idonei, scarse avvertenze riguardo la loro custodia, commistione di più prodotti senza verificarne la compatibilità chimico-fisica, mancanza di dispositivo antincendio), oppure al fatto che durante la fase di trattamento non si tengono in conto le condizioni meteorologiche avverse (pioggia o vento contrario). A volte si trascura di appurare se la zona da trattare è ubicata in vicinanza di abitazioni o corsi d'acqua; nelle operazioni non vengono usati indumenti specificatamente dedicati allo scopo; non vengono svolte accurate bonifiche delle attrezzature e dei dispositivi personali di protezione a trattamento avvenuto, così come non sempre si rispettano i tempi di *rientro* e di *carezza*.

I fattori che entrano in gioco nella valutazione del rischio di esposizione professionale in agricoltura a PF sono molteplici e includono, oltre alla natura chimica, fisica e tossicologica delle sostanze attive, anche la frequenza d'uso, la dose di applicazione, l'uso dei dispositivi di protezione individuale e l'ambiente di lavoro. Il rischio di esposizione a PF è generalmente più alto negli ambienti chiusi o semichiusi all'interno dei quali il movimento dell'aria è limitato e i valori aumentati di temperatura e umidità possono favorire l'evaporazione e l'accumulo delle sostanze. Negli ambienti chiusi o semichiusi gli scenari di esposizione che si configurano sono peculiari e integrano diverse criticità legate anche alla presenza di altri agenti di rischio, come il microclima. I valori di temperatura, umidità e velocità dell'aria presenti in serra possono, infatti, indurre condizioni di stress termico, oltre che alterare lo strato lipidico dell'epidermide con possibile influenza sul rateo di assorbimento cutaneo dei lavoratori esposti. I dati attualmente disponibili per gli scenari di esposizione in serra sono estremamente limitati e non permettono di giungere a delle descrizioni esaustive per una corretta valutazione del rischio chimico di esposizione a PF in agricoltura.

Nell'ambito della linea progettuale del piano CCM (Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie) 2013 *Prevenzione infortuni e malattie professionali in agri-*

coltura con particolare riferimento alle fasce deboli, il Ministero della salute ha finanziato il progetto *Aspetti peculiari del lavoro in agricoltura e ricadute sul processo di prevenzione e protezione: scenari di esposizione a prodotti fitosanitari nelle lavorazioni in serra e percezione del rischio per la salute e sicurezza in lavoratori agricoli stranieri*, il primo focus del progetto ha affrontato lo scenario di esposizione per l'attività lavorativa in serra nel territorio calabrese dove è presente un importante sviluppo di coltivazioni che impiegano numerosi lavoratori, prevalentemente in piccole e medie imprese, configurando scenari di esposizione peculiari che possono integrare diverse criticità, per quanto concerne, in particolare, la valutazione dei rischi. Una parte dell'attività di studio e sperimentazione è stata condotta attraverso indagini sul campo con misure di esposizione potenziale inalatoria a PF, indagando diversi scenari espositivi in serra. Per approfondire la conoscenza degli scenari di esposizione in serra è stato disegnato uno studio sperimentale multidisciplinare volto a descrivere tipici scenari di esposizione, attraverso lo studio delle variabili strutturali e ambientali che caratterizzano alcune coltivazioni protette nel territorio calabrese.

Attraverso gli studi intrapresi sono stati analizzati e descritti alcuni scenari di esposizione tipici delle colture in serra del Sud Italia, tenendo conto delle variabili che li descrivono e individuando quelle tipologie di serra che possano rappresentare una casistica eloquente delle condizioni di esposizione, almeno per questa parte di territorio. Le informazioni raccolte e i dati ottenuti con la sperimentazione sul campo concernente le misure di concentrazione di potenziale esposizione inalatoria e di microclima, le misure di parametri metabolici e di parametri utili alla valutazione della sensibilizzazione cutanea, della alterazione della sudorazione, della idratazione e della secrezione sebacea per i soggetti esposti, hanno consentito di analizzare in che modo i diversi agenti di rischio, con particolare riferimento a quelli chimici e fisici, possono operare in sinergia e configurare scenari in cui la valutazione del rischio di esposizione dovrebbe realizzarsi considerando la simultaneità di tali agenti.

I risultati ottenuti sono stati presentati al convegno *La ricerca prevenzionale per la tutela della salute e sicurezza dei lavoratori agricoli nelle serre*, che si è svolto presso il Centro Ricerche Inail di Lamezia Terme, il 4 Luglio 2016, di cui il presente volume costituisce gli Atti.

Sergio Iavicoli
*Direttore del Dipartimento di medicina,
epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale*

INDICE

Scenari di esposizione a pesticidi in serra	7
Campagne di misura dei pesticidi nel territorio calabrese	19
Procedura di valutazione del rischio chimico inalatorio in serra	35
Il rischio biologico nelle serre	45
Il rischio fisico ed ergonomico nelle attività di lavoro condotte in serra	53
Benessere termico e consumo metabolico nelle attività agricole in serra	63
Valutazione della sensibilizzazione cutanea	75
Lavoratori stranieri in agricoltura: la percezione del rischio per la salute e sicurezza	79
Il rischio oncologico da pesticidi	87

SCENARI DI ESPOSIZIONE A PESTICIDI IN SERRA

M. Gherardi, M. P. Gatto, A. Gordiani, N. L'Episcopo

Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale - Area di ricerca "Monteporzio" (RM)

INTRODUZIONE

Ai pesticidi appartengono due categorie di prodotti utilizzati in campo agricolo e non. Dal punto di vista della regolamentazione comunitaria le due categorie si distinguono in prodotti fitosanitari (reg. CE 1107/2009) e prodotti biocidi (reg. UE 528/2012). Tecnicamente i prodotti fitosanitari (PF) e i prodotti biocidi (PB) possono anche contenere lo stesso principio attivo, ma i primi sono sempre e solo pesticidi utilizzati in agricoltura o in campo florovivaistico, mentre ai biocidi appartengono anche i prodotti disinfettanti, preservanti e anticrostazione. Dunque per il settore agricolo il termine di pesticida viene utilizzato nella accezione di PF. Nel mondo i PF sono noti anche come prodotti per la protezione delle piante (plant protection product, PPP); nella accezione comune sono chiamati anche agrofarmaci o fitofarmaci e talvolta sono definiti anche antiparassitari o anticrittogamici, sebbene i primi siano in prevalenza insetticidi (contro i parassiti di piante e animali) e i secondi fungicidi. I PF sono sostanze chimiche o prodotti a base di microrganismi impiegati in agricoltura per la lotta agli organismi parassiti (animali o vegetali) che danneggiano le piante coltivate e compromettono la produttività del terreno e la qualità del raccolto, oppure impiegati sulle piante per regolarne la crescita, diradare i frutti o impedirne la caduta precoce. La protezione è intesa da tutti gli organismi nocivi, anche prevenendone gli effetti. Inoltre i prodotti fitosanitari sono utilizzabili per distruggere vegetali indesiderati, controllarne o evitarne la crescita. Generalmente i PF si trovano in commercio sotto forma di preparati (con il nuovo regolamento CLP miscele) che sono composti da una o più sostanze attive, da sostanze coadiuvanti e/o da coformulanti. In Italia, solo in agricoltura si utilizzano circa 130.000 tonnellate all'anno di PF (Istat, 2014) che contengono circa 400 sostanze diverse.

I prodotti fitosanitari possono essere immessi in commercio ed utilizzati solo se autorizzati dal Ministero della salute, conformemente alle disposizioni previste dal regolamento (CE) n. 1107 del 21 ottobre 2009, dal d.p.r. 28 febbraio 2012 n. 55 e dal d.p.r. 23 aprile 2001 n. 290. Il percorso autorizzativo da parte del Ministero della salute, secondo la disciplina dal reg. CE 1107/2009, prevede la valutazione del rischio di esposizione a PF per via non alimentare, soprattutto per inalazione o assorbimento cutaneo, con diversi modelli di valutazione dell'esposizione. L'iter autorizzativo, complesso e articolato su diversi aspetti ambientali, tossicologici, di esposizione, riguarda anche l'etichetta dei prodotti: tra le disposizioni di applicazione del reg. CE 1107/2009, infatti,

troviamo il reg. UE 547/2011, relativo alle prescrizioni in materia di etichettatura dei PF. I prodotti fitosanitari, una volta autorizzati, possono essere messi in commercio ed essere utilizzati tenendo conto dei principi delle buone pratiche agricole e del Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari (d. interm.22 gennaio 2014).

LA VALUTAZIONE DELLA ESPOSIZIONE A PESTICIDI IN AGRICOLTURA

Molti pesticidi sono persistenti, possono restare inalterati per periodi prolungati, e possono essere accessibili al corpo umano; gli effetti sulla salute dipendono dal tipo di molecola utilizzata come sostanza attiva (SA): composti con strutture chimiche simili hanno caratteristiche simili e generalmente un analogo meccanismo di azione. I principi attivi dei pesticidi sono generalmente miscelati con altri composti per migliorare la loro efficacia, la sicurezza, la gestione e lo stoccaggio, come ad esempio solventi, argille minerali, adesivi, agenti bagnanti, o altri materiali adiuvanti. I lavoratori agricoli sono esposti ai pesticidi attraverso due principali vie di esposizione: cutanea e inalatoria. L'assorbimento cutaneo può verificarsi a causa degli spruzzi, della fuoriuscita o della deriva durante la miscelazione, il carico o l'applicazione di un pesticida oppure per contatto con i residui sulle attrezzature per l'applicazione o sulle superfici trattate e sugli indumenti. L'esposizione inalatoria può causare gravi danni al naso e alla gola: le sostanze possono raggiungere le zone di scambio negli alveoli polmonari e diversi organi. La composizione chimico fisica delle sostanze influisce sull'assorbimento: la polvere può essere inalata durante l'apertura dei contenitori, le operazioni di pesata e di miscelazione; l'inalazione di goccioline derivanti da applicazione con spruzzatura a bassa pressione è abbastanza bassa perché la dimensione delle goccioline è tale da favorire la loro deposizione veloce. Quando, invece, vengono utilizzate alte pressioni o apparecchiature di nebulizzazione, le goccioline contenute nella nebbia possono essere più facilmente trasportate nell'aria aumentando il potenziale effetto di esposizione inalatoria. Molte sostanze liquide sono volatili e l'esposizione ai vapori prodotti può non essere trascurabile.

I fattori che entrano in gioco nella valutazione della esposizione professionale a PF, riconducibile alle attività di preparazione della soluzione o della miscela (mix e carico del prodotto), alle attività di applicazione, di rientro nelle aree trattate e di raccolta, nonché alle attività di pulizia delle attrezzature utilizzate e di smaltimento, sono molteplici e includono, oltre alla natura chimica, fisica e tossicologica delle sostanze attive, anche la frequenza d'uso, la dose di applicazione, l'uso di dispositivi di protezione individuale (DPI) e l'ambiente.

Molti pesticidi sono persistenti, possono restare inalterati per periodi prolungati, e possono essere accessibili al corpo umano; gli effetti sulla salute dipendono dal tipo di molecola utilizzata come sostanza attiva: composti con strutture chimiche simili hanno caratteristiche simili e generalmente un analogo meccanismo di azione. I principi attivi dei pesticidi sono generalmente miscelati con altri composti per migliorare la loro

efficacia, la sicurezza, la gestione e lo stoccaggio, come ad esempio solventi, argille minerali, adesivi, agenti bagnanti, o altri materiali adiuvanti. I lavoratori agricoli sono esposti ai pesticidi attraverso due principali vie di esposizione: cutanea e inalatoria. L'assorbimento cutaneo può verificarsi a causa degli spruzzi, della fuoriuscita o della deriva durante la miscelazione, il carico o l'applicazione di un pesticida oppure per contatto con i residui sulle attrezzature per l'applicazione o sulle superfici trattate e sugli indumenti. L'esposizione inalatoria può causare gravi danni al naso e alla gola: le sostanze possono raggiungere le zone di scambio negli alveoli polmonari e diversi organi. La composizione chimico fisica delle sostanze influisce sull'assorbimento: la polvere può essere inalata durante l'apertura dei contenitori, le operazioni di pesata e di miscelazione; l'inalazione di goccioline derivanti da applicazione con spruzzatura a bassa pressione è abbastanza bassa perché la dimensione delle goccioline è tale da favorire la loro deposizione veloce. Quando, invece, vengono utilizzate alte pressioni o apparecchiature di nebulizzazione, le goccioline contenute nella nebbia possono essere più facilmente trasportate nell'aria aumentando il potenziale effetto di esposizione inalatoria. Molte sostanze liquide sono volatili e l'esposizione ai vapori prodotti può non essere trascurabile.

L'Autorità europea per la sicurezza alimentare (European food and safety authority, Efsa), in tema di esposizione a PF in agricoltura ha pubblicato le nuove linee guida per la valutazione della esposizione per operatori, lavoratori, astanti e residenti (Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment for plant protection products, Efsa Journal 2014;12(10):3874) stabilendo una metodologia armonizzata concepita per aiutare i valutatori del rischio e i produttori che presentano richieste di autorizzazione per PF a calcolare il rischio. Il documento valuta l'esposizione ai PF per via non alimentare, soprattutto per inalazione o assorbimento cutaneo, ma anche per potenziale ingestione mediante trasmissione mano-bocca per quattro categorie di popolazione. Esse includono anche i lavoratori professionalmente esposti che assolvono alle mansioni di operatore, lavoratore e astante, in particolare:

- **operatori:** sono agricoltori di professione che svolgono attività legate all'applicazione di pesticidi, incluse le attività di miscelazione e caricamento dei pesticidi nei macchinari, o l'azionamento, la pulizia, lo svuotamento e la riparazione di tali apparecchiature. Sono lavoratori professionalmente qualificati, in possesso di una specifica certificazione di abilitazione all'acquisto e all'utilizzo di PF rilasciato dalle Regioni e dalle Province autonome di Trento e di Bolzano, secondo i propri ordinamenti;
- **lavoratori:** coloro che, nell'ambito della propria attività lavorativa agricola, operano in aree in cui si utilizzano pesticidi o che maneggiano colture trattate con essi;
- **astanti:** sono lavoratori che possono trovarsi all'interno o nelle vicinanze di una zona trattata con pesticidi e che, non attuando misure di protezione, possono risultare esposti. Anche i residenti che vivono, lavorano o vanno a scuola nelle vicinanze di una zona in cui vengono utilizzati pesticidi e che non adottano misure protettive, come l'indossare indumenti speciali possono risultare esposti, ma la valutazione del rischio di esposizione per tali persone esula dal contesto della valutazione di esposizione professionale.

Le linee guida descrivono un approccio di valutazione dell'esposizione in quattro fasi, considerando sia situazioni realistiche, sia situazioni di esposizione elevata, basate sull'assunto che i pesticidi vengano impiegati nel rispetto delle buone prassi agricole, con un intento di armonizzazione delle procedure di valutazione del rischio a livello di Unione europea. L'approccio indicato dalle linee guida riguarda gli scenari di esposizione più comuni per le applicazioni all'aperto, specificati in termini di: categoria del soggetto esposto (operatore, lavoratore, astante o residente); tipo di formulazione del PF utilizzato; operazioni e attrezzatura utilizzata per il trattamento, usi previsti. Il lavoro di preparazione delle linee guida ha coinvolto un gruppo di studio che ha esaminato i dati e le procedure di valutazione del rischio disponibili, individuando anche gli scenari per i quali le stime di esposizione non risultano del tutto soddisfacenti, formulando anche delle raccomandazioni al fine di indirizzare ulteriori ricerche per ridurre le attuali incertezze. Tra gli scenari individuati dal gruppo di lavoro sono annoverati anche quelli relativi ai trattamenti all'interno delle serre.

STUDIO DI UNO SCENARIO PECULIARE: LA SERRA

La serra è un *appareamento protettivo* utilizzato in agricoltura per la forzatura o la semi-forzatura delle colture. Secondo dati Istat, in Italia, circa 31.000 ettari (ha) di apparecchiamenti protettivi sono dedicati alla coltivazione di ortaggi e piccoli frutti (ad esempio, la fragola), con una produzione totale di 1.423.349 tonnellate nell'anno 2010; anche il settore florovivaistico, su una superficie di 16.405 ha, si estende, per circa un terzo, in ambiente protetto. Le specie maggiormente diffuse in coltura protetta in Italia sono pomodoro, fragola, melone, peperone, zucchine, lattuga, cocomero, rosa, crisantemo e gerbera (Fonte Istat 2005 e 2010). La serra è un ambiente chiuso o semichiuso all'interno del quale la concentrazione aerodispersa e/o depositata di PF può risultare aumentata rispetto a quella corrispondente in campo aperto per effetto di una ridotta capacità di diluizione, con conseguente incremento del rischio di esposizione dei lavoratori. Le condizioni microclimatiche, inoltre, quali la temperatura, l'umidità relativa e l'irraggiamento potrebbero concorrere ad aumentare il rischio espositivo per effetto della potenziale sinergia tra diversi agenti di rischio, quali quelli chimici e fisici. Per la descrizione di uno scenario di esposizione (SE) a PF occorre considerare i parametri principali che determinano i rilasci delle sostanze e, di conseguenza, l'esposizione, i cosiddetti 'determinanti'. Essi includono tra gli altri: le proprietà chimico-fisiche della sostanza (es. volatilità, solubilità in acqua, degradabilità); la durata e la frequenza d'uso; la concentrazione di una sostanza in un prodotto, la quantità di sostanza usata per singola applicazione; le modalità di applicazione; le misure di gestione del rischio (es. tipo di ventilazione, DPI); l'ambiente nel quale il processo avviene (es. il volume e le caratteristiche degli ambienti di lavoro). Per le attività lavorative in serra, il tipo di serra rappresenta un parametro che contribuisce a configurare lo scenario. Nella Tabella 1 sono riportati i principali tipi di serra riscontrabili sul territorio nazionale.

Tabella 1 Diversi tipi di protezione possono essere utilizzati per la coltivazione di ortaggi, fiori, recisi, piante in vaso, materiale di propagazione (piante da seme, barbatelle, acclimatazione delle giovani piante prodotte in vitro) e frutticoltura			
	Accessibilità operatori	Struttura temporanea	Permeabilità all'acqua
Mini tunnel in plastica	No	Si	No
Grandi ripari in plastica	Si	Si	No
Grandi ripari in rete	Si	Si/No	Si
Ombreggianti	Si	Si/No	Si
Walking tunnel	Si	Si	No
Serre	Si	No	No

(Efsa, 2009)

La disponibilità di informazioni e dati caratteristici per la descrizione degli scenari espositivi può contribuire a colmare le lacune conoscitive sul lavoro in serra e a definire i parametri chiave ai fini di una adeguata valutazione del rischio chimico. Il focus *Scenari di esposizione a prodotti fitosanitari nelle lavorazioni in serra* del progetto CCM 26/2013 *Aspetti peculiari del lavoro in agricoltura e ricadute sul processo di prevenzione e protezione*, finanziato dal Ministero della salute, si propone, dunque, di analizzare e descrivere alcuni scenari di esposizione tipici delle colture in serra del Sud Italia tenendo conto delle variabili che li descrivono, individuando quelle tipologie di serra che rappresentano una casistica eloquente delle condizioni di esposizione a PF. A tal fine è stato disegnato uno studio sperimentale multidisciplinare con misure di concentrazione ambientale e di esposizione personale a PF; misure di parametri metabolici dei soggetti esposti; misure di parametri microclimatici e misure finalizzate alla valutazione della sensibilizzazione cutanea, della alterazione della sudorazione, della idratazione e della secrezione sebacea per alcuni soggetti nelle condizioni di esposizione sperimentate. Le misure sono state eseguite nel periodo aprile 2014 - febbraio 2016 durante le attività di miscelazione, carico, trattamento delle colture con PF e pulizia delle apparecchiature e di rientro e raccolta nelle zone trattate, rispettivamente per operatore e lavoratore. Nella Figura 1 sono illustrati alcuni esempi di monitoraggio personale.

Figura 1**Misura di potenziale esposizione inalatoria: miscelazione e carico del prodotto, trattamento e rientro**

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Per lo studio sono state reclutate 6 aziende con apprezzamenti di colture protette, con diversa estensione e cubatura, e non protette (campo aperto). Anche le colture sono differenziate, con prevalenza di ortaggi, fragole e agrumi. Le serre monitorate sono del tipo *tunnel film plastico* e *tunnel ombraio*, hanno una altezza massima al colmo di 5 m (minima 3,5 m) ed una estensione variabile tra 1.000 e 10.000 m², circa. Le più grandi sono dedicate alla coltivazione di fragole (10.000 m²) con copertura film plastico; le più piccole (1.000 - 2.000 m²), con copertura variabile, ad agrumi, sedano, insalata da cespo, ecc. Gli appezzamenti in campo aperto (melanzane e agrumi) hanno una estensione tra 10.000 e 20.000 m². In totale sono state analizzate e monitorate, con diversi approcci sperimentali, le attività di complessivi 15 operatori qualificati al trattamento delle colture con PF e 30 lavoratori.

Per una descrizione puntuale dello scenario di esposizione e per una programmazione mirata delle misure sperimentali sono stati preliminarmente acquisiti dati sui PF utilizzati/presenti nella azienda, incluse le caratteristiche chimico-fisiche, i tempi di rientro, le modalità di applicazione; sono stati individuati gli operatori a contatto con i PF (addetti alle operazioni di diluizione, miscelazione, carico e spargimento) e i lavoratori addetti alla raccolta e packaging. Sono state registrate informazioni sul tipo di vestiario indossato e raccolti dati antropometrici e indicati i DPI. Inoltre sono stati registrati, anche mediante documentazione fotografica, i dati sulle colture trattate e sulle modalità di applicazione dei PF, inclusi il volume di acqua per il trattamento (L/ha), la concentrazione della miscela, la dose applicata (g. SA/ha), le dimensioni delle superfici trattate (ha/giorno), nome del principio attivo e nome del prodotto commerciale.

L'attività sperimentale di monitoraggio *sul campo* è consistita in una estesa campagna di misure di concentrazione ambientale di potenziale esposizione inalatoria ad alcune SA impiegate nelle attività di trattamento delle colture in serra e campo aperto, espressa in mg/m³: tale concentrazione rappresenta la dose esterna di potenziale esposizione inalatoria. A tali misure sono state affiancate misure in postazioni stazionarie all'interno delle serre e misure in campo aperto. Nella Tabella 2 è riassunta la distribuzione dei monitoraggi dei principi attivi elencati nelle 6 aziende.

Tabella 2		Distribuzione delle SA nelle 6 aziende					
Sostanza attiva	Azienda						
	A	B	C	D	E	F	
Azoxistrobina		X					
Baseline		X					
Boscalid		X				X	
Ciprodinil	X			X			
Difenoconazolo					X		
Dimetomorf					X		
Fludioxonil	X			X			
Hexitiazox		X	X				
Imidacloprid			X				
Miclobutanil	X	X					
Penconazolo		X					
Piraclostrobina		X			X	X	

Nel lavoro in serra possono configurarsi delle condizioni di variabilità stagionale dei parametri termo-igrometrici che possono comportare situazioni ambientali severe con conseguente significativa sollecitazione del sistema di termoregolazione specifica. Nella valutazione del rischio si dovrebbe tener conto adeguatamente della interazione soggetto-ambiente termico. Per contribuire a una descrizione quanto più approfondita possibile dello scenario di esposizione, accanto alle misure di potenziale esposizione inalatoria sono stati registrati i parametri microclimatici quali: temperatura dell'aria, velocità dell'aria, umidità relativa, temperatura del globotermometro e, laddove necessario, la temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale. La temperatura media radiante è stata poi calcolata. Le misure sono state effettuate in diverse stagioni dell'anno (autunno, primavera, estate), posizionando la centralina in una zona centrale della serra.

Figura 2

Misura di microclima e misura di parametri metabolici durante una attività di raccolta all'interno della serra

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Contestualmente alle misure ambientali, sono state effettuate misurazioni di parametri cardio-respiratori durante lo svolgimento delle attività in serra. Dal punto di vista del dispendio metabolico le attività monitorate sono di diversa intensità, alcune più leggere (ad esempio l'asportazione dello strato superficiale di terra nella fase di rientro a 48 ore dalla distribuzione del prodotto fitosanitario), altre più intense (come il trasporto delle cassette riempite con il raccolto). I rilievi metabolici sono stati effettuati con un ergospirometro portatile indossato dal lavoratore (mascherina con flussimetro e cardio-frequenzimetro) durante lo svolgimento dell'attività lavorativa. I principali parametri misurati sono stati il consumo di ossigeno, la produzione di anidride carbonica, la frequenza cardiaca, la ventilazione polmonare e la frequenza respiratoria. Nella Figura 2 è illustrato un esempio di misura microclimatica e metabolica.

I fattori microclimatici peculiari delle serre, quali la ventilazione, l'umidità relativa, la temperatura, ecc. possono interferire con l'apparato cutaneo, vera e propria interfaccia tra l'ambiente e gli organi più profondi, con funzione di mantenere l'omeostasi corporea soprattutto attraverso gli annessi (ghiandole sudoripare e sebacee, follicoli piliferi ecc.). Tra le diverse funzioni svolte dalla barriera cutanea vi è anche la regolazione

dell'assorbimento transcutaneo direttamente collegato alla capacità di penetrazione di sostanze esterne, quali i contaminanti ambientali. Le modificazioni della barriera cutanea, inoltre, possono creare condizioni predisponenti allo sviluppo di dermatiti eczematose. Lo studio sperimentale ha riguardato la caratterizzazione clinica non invasiva dei parametri dermatologici di interesse nell'assorbimento cutaneo di prodotti fitosanitari presenti nella serra, dei parametri di sudorazione, idratazione e secrezione sebacea, prima e dopo la conclusione della attività lavorativa, con l'obiettivo di verificare lo scenario di esposizione in ambiente. Il campione di studio è stato preventivamente sottoposto ad anamnesi personale, familiare e lavorativa mediante l'ausilio di un'apposita cartella clinica. Successivamente tutti i soggetti sono stati sottoposti a Patch test, (test epicutaneo gold standard nella diagnosi della dermatite allergica da contatto) specificamente realizzato per testare le sostanze a cui è esposto il personale. Il dispositivo è stato applicato in corrispondenza della regione dorsale di ciascun soggetto e la lettura del test è avvenuta a distanza di 48 ore Figura 3.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Ai fini di una maggiore comprensione dei possibili effetti irritativi/allergici dei fitofarmaci e degli effetti delle particolari condizioni di lavoro e di microambiente su importanti funzioni omeostatiche della cute quali idratazione e temperatura, le indagini cliniche sono state integrate con tecniche diagnostiche non invasive quali la teletermografia per lo studio della temperatura superficiale, la corneometria per valutare l'idratazione dello strato corneo epidermico e la TEWL (trans epidermal water loss) per la misurazione della perdita d'acqua transepidermica.

SPUNTI DI RIFLESSIONE PER LA VALUTAZIONE DELLA ESPOSIZIONE IN SERRA

Una prima analisi degli scenari ha consentito di identificare una differente potenzialità di esposizione inalatoria in funzione del tipo di copertura delle serre e della modalità di applicazione dei prodotti, indicando nelle serre tipo tunnel ombraio e nella applicazione dei PF per mezzo di atomizzatore una condizione più favorevole al contenimento del rischio chimico: il trattamento con lancia manuale sembra comportare condizioni di esposizione sfavorevoli rispetto all'atomizzatore anche quando questo venga effettuato in campo aperto. I dati in ogni caso confermano l'incremento della potenziale esposizione inalatoria all'interno degli apprestamenti protettivi rispetto al campo aperto.

I risultati preliminari di questo studio indicano che per colmare le incertezze ancora presenti nelle stime di esposizione a prodotti fitosanitari in serra è auspicabile completare le misure di esposizione ad agenti chimici con misure di esposizione dermica e misure di dose interna attraverso il monitoraggio biologico, sempre caratterizzando lo scenario attraverso studi sperimentali a carattere multidisciplinare. Il disegno dello studio sperimentale multidisciplinare, infatti, ha consentito di ottenere informazioni in merito alla possibilità che i diversi agenti di rischio, quali quelli chimici e fisici, possano operare in sinergia configurando scenari di esposizione complessi che meritano una valutazione del rischio di esposizione integrata all'interno delle serre. Dal punto di vista degli ambienti termici i valori medi di temperatura e umidità relativa mostrano che in serra possono verificarsi condizioni termiche severe. Alcune di queste condizioni, inoltre, possono indurre per alcune mansioni un tasso metabolico moderato, che potenzialmente comporta un maggior rischio di esposizione inalatoria, soprattutto quando non vengano utilizzati correttamente i dispositivi di protezione individuale. Il gradiente termico che si realizza all'interno delle serre tra le varie ore del giorno e tra l'interno e l'esterno, d'altronde, comportando un aumento della riserva idrica superficiale, può compromettere l'integrità della barriera cutanea che, unitamente alla secrezione delle ghiandole sudoripare eccrine, può favorire la persistenza dei fitofarmaci sulla cute, ancora presenti nell'ambiente della serra dopo il trattamento, aumentando il rateo di assorbimento cutaneo e provocando anche dei quadri di dermatite cronica delle mani.

BIBLIOGRAFIA

Aprea C, Lunghini L, Banchi B et al. Evaluation of inhaled and cutaneous doses of imidacloprid during stapling ornamental plants in tunnels or greenhouses. *JESEE*. 2009;19(6):555-69.

Bhadekar R, Pote S, Tale V et al. Developments in Analytical Methods for Detection of Pesticides in Environmental Samples. *AJAC*. 2011;2(5):1-15.

EFSA. Guidance on the Assessment of Exposure for Operators, Workers, Residents and Bystanders in Risk Assessment for Plant Protection Products. *EFSA Journal*. 2014;12(10):3874.

Fluhr JW, Feingold KR, Elias PM. Transepidermal water loss reflects permeability barrier status: validation in human and rodent in vivo and ex vivo models. *Exp Dermatol.* 2006;15:483-92.

Lesmes-Fabian C, Binder CR. Pesticide Flow Analysis to Assess Human Exposure in Greenhouse Flower Production in Colombia. *Int J Environ Res Public Health.* 2013;10:1168-85.

Maroni M, Fanetti AC, Metruccio F. Risk assessment and management of occupational exposure to pesticides in agriculture. *Med Lav.* 2006; 97:430-7.

Regolamento (CE) n. 1107/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio del 21 ottobre 2009 relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari e che abroga le direttive del Consiglio 79/117/CEE e 91/414/CEE. G.U. dell'Unione europea. L. 309/1 del 24/11/2009.

Regolamento (UE) n. 528/2012 del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 maggio 2012 relativo alla messa a disposizione sul mercato e all'uso dei biocidi Testo rilevante ai fini del SEE. G.U. dell'Unione europea. L. 167/1 del 27/06/2012.

CAMPAGNE DI MISURA DEI PESTICIDI NEL TERRITORIO CALABRESE

M. Scarpelli¹, E. Barrese¹, R. Trovato¹, M.G. Milone²

¹ Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale - Centro Ricerche Lamezia Terme (CZ)

² CIA Calabria Centro Catanzaro

INTRODUZIONE

Il comparto produttivo in serra è caratterizzato dall'utilizzo di un elevato numero di prodotti fitosanitari (PF), (insetticidi, fungicidi, acaricidi, fitoregolatori, erbicidi, ecc.), destinati alla difesa delle colture dagli agenti dannosi. L'impiego di tali prodotti può comportare un rischio più o meno elevato per i lavoratori in funzione della tossicità intrinseca del principio attivo, dei livelli di esposizione e di assorbimento attraverso le varie vie di penetrazione nell'organismo (inalatoria, cutanea, ecc.) e delle modalità e frequenza d'uso.

Sono moltissime le circostanze in cui un agricoltore utilizza prodotti chimici: per la difesa delle piante e delle produzioni dai parassiti, per il controllo delle erbe infestanti, per la fertilizzazione del terreno, ed innegabili sono i vantaggi, in termini di aumento delle produzioni e di risparmio di fatica, derivanti dal loro impiego. Di contro il loro *abuso*, invece di produrre i vantaggi desiderati, si trasforma in uno svantaggio economico ed in un grave danno per l'ambiente e per la stessa salute dell'uomo. Non sempre la pericolosità di tali prodotti viene valutata in pieno, ed a volte si registrano comportamenti che dimostrano una disattenzione rispetto alle necessarie precauzioni.

Tra le mansioni più significative svolte sia in campo aperto sia in ambiente confinato (serre e tunnel) si possono individuare:

- miscelamento;
- caricamento;
- distribuzione;
- manutenzione e riparazione delle macchine e utensili;
- rientro in coltura dopo la distribuzione degli antiparassitari.

Tutte queste operazioni presentano situazioni in cui il lavoratore può trovarsi esposto in vari modi al contatto con le sostanze chimiche; al fine di eliminare o quantomeno ridurre il più possibile l'esposizione, è richiesto il rispetto di procedure operative e l'adozione di cautele dettate sia dalla normativa sia dalle regole di buona tecnica.

L'esperienza al riguardo porta a dover esprimere un giudizio spesso critico sul comportamento degli utilizzatori; in particolare, le più ricorrenti cause di incidenti o contaminazioni sono da imputare a eccessiva confidenza con i prodotti impiegati (non si tengono in debito conto le avvertenze riportate in etichetta e sulle schede tecniche), al man-

cato rispetto delle dosi consigliate per i trattamenti, al trasporto dei prodotti con mezzi non idonei, ad insufficienze riguardo allo stoccaggio ed alla conservazione (locali non idonei, scarse avvertenze riguardo la loro custodia, commistione di più prodotti senza verificarne la compatibilità chimico-fisica, mancanza di dispositivo antincendio), oppure al fatto che durante la fase di trattamento non si tengono in conto le condizioni meteorologiche avverse (pioggia o vento contrario). A volte si trascura di appurare se la zona da trattare è ubicata in vicinanza di abitazioni o corsi d'acqua; nelle operazioni non vengono usati indumenti specificatamente dedicati allo scopo; non vengono svolte accurate bonifiche delle attrezzature e dei dispositivi personali di protezione a trattamento avvenuto, così come non sempre si rispettano i tempi di *rientro* e di *carenza*. Il termine prodotto fitosanitario (PF) identifica le sostanze attive ed i preparati, contenenti una o più sostanze attive, nella forma in cui vengono commercializzati, allo scopo di:

- proteggere i vegetali o i prodotti vegetali dagli organismi dannosi o a prevenirne gli effetti;
- favorire o regolare il metabolismo dei vegetali, con esclusione dei fertilizzanti;
- conservare i prodotti vegetali, con esclusione dei conservanti appositamente disciplinati;
- eliminare le piante infestanti o indesiderate all'interno della coltura;
- eliminare parti di vegetali, frenare o evitare un loro indesiderato accrescimento.

Il PF è caratterizzato da tre componenti: la sostanza attiva (SA), definita anche con il termine di principio attivo (PA), il coadiuvante e il coformulante; essi costituiscono il prodotto commerciale (chiamato anche preparato, formulato) che si acquista per l'impiego sulle colture. I PA sono sia le sostanze intese come elementi chimici e loro composti (allo stato naturale o sotto forma di prodotti industriali), sia i microrganismi, virus compresi, che possiedono un'attività nei confronti degli organismi nocivi o dei vegetali. Il PA è, quindi, la parte che agisce contro il parassita che si vuole controllare; è la sostanza tossica che, in base alla sua pericolosità e alla sua concentrazione nel preparato (PF), concorre a determinare la classe di tossicità e, quindi, di pericolosità soprattutto per chi lo impiega.

L'esposizione a PF in ambito occupazionale è da tempo oggetto di studio da parte dell'igiene occupazionale al fine di migliorare la gestione di questi prodotti e di conseguenza ridurre il rischio per la salute dei lavoratori. Il rischio di esposizione varia in relazione agli ambiti lavorativi che vedono l'uso dei PF (industria, agricoltura, ambito domestico).

In agricoltura le attività sono molteplici ed una valutazione accurata non è facile a causa delle molte variabili. Infatti i lavoratori sono esposti a diversi livelli e in ambienti e con modalità lavorative differenti, a vari prodotti fitosanitari.

Il **lavoratore agricolo** viene a contatto con i pesticidi durante varie fasi del ciclo lavorativo, dall'applicazione del PF sul prodotto ortofrutticolo fino alla raccolta di quest'ultimo. Il rischio di esposizione aumenta se si lega a una carenza, assente o inefficace informazione e formazione dei lavoratori, soprattutto se stagionali.

Le operazioni che possono essere considerate particolarmente a rischio per l'operato-

re sono la preparazione della miscela con miscelazione del formulato, il caricamento dello stesso nell'irroratrice, la distribuzione del fitofarmaco, la manutenzione e riparazione delle macchine e degli utensili ed, in particolare, le attività correlate alla fase di *rientro in coltura*.

Per la valutazione dei rischi, relativamente agli antiparassitari, vengono individuate le seguenti fasi:

1. raccolta delle informazioni sui formulati, sui principi attivi, sulla tossicità acuta e cronica;
2. valutazione della potenziale tossicità dall'esame dell'etichette e schede di sicurezza, nonché della presenza di coformulanti (solventi, emulsionanti, ecc.);
3. valutazione dell'esposizione, delle attività lavorative, delle mansioni, degli scenari lavorativi, delle modalità di esposizione;
4. misurazione del livello di esposizione mediante monitoraggio ambientale e biologico.

Per i lavoratori del comparto serre vengono eseguiti campionamenti personali di aria in zona respiratoria per la determinazione del principio attivo nell'aerosol inalabile e del vapore. Il campionamento dell'aerosol viene effettuato su filtri idonei (di solito membrana in fibra di vetro priva di leganti) di 25 mm di diametro, posta in campionatori personali ad un flusso di campionamento di 2 l/min. Il campionamento del vapore viene eseguito utilizzando fiale idonee solo quando la tensione di vapore del composto studiato giustifica la presenza del composto aerodisperso in questa forma fisica. I prelievi di aria, hanno la durata dell'intero turno di lavoro eventualmente differenziando le mansioni svolte (ad es. preparazione della miscela e distribuzione in coltura). Nella esposizione professionale degli operatori agricoli, per porre una corretta diagnosi di intossicazione da fitofarmaci bisogna considerare molte variabili:

- se sono stati utilizzati dispositivi di protezione individuale, idonei, e adeguatamente mantenuti (i filtri delle maschere devono essere sostituiti regolarmente o non sono efficaci);
- dove è stato eseguito il trattamento: serra, campo aperto;
- con quali macchinari: mezzo cabinato, mezzo non cabinato, irroratrice a spalla, ecc.;
- in che momento dell'utilizzo è avvenuto il contatto: durante la fase di preparazione dei prodotti ci sono maggiori rischi, in quanto la sostanza è concentrata.

I risultati esposti nella presente relazione scaturiscono dal Progetto CCM 2013 dal titolo: *Aspetti peculiari del lavoro in agricoltura e ricadute sul processo di prevenzione e protezione: scenari di esposizione a prodotti fitosanitari nelle lavorazioni in serra e percezione del rischio per la salute e sicurezza in lavoratori agricoli stranieri*.

Per approfondire la conoscenza degli scenari di esposizione in serra è stato disegnato uno studio sperimentale volto a descrivere tipici scenari di esposizione, attraverso lo studio delle variabili strutturali e ambientali che caratterizzano alcune coltivazioni protette nel territorio calabrese.

Nel caso di studio le mansioni monitorate sono state quelle dell'operatore, durante le attività di miscelazione, carico e pulizia delle apparecchiature e di trattamento delle

colture con PF e del lavoratore, durante le attività di rientro in serra per il controllo e la manutenzione delle colture trattate e la raccolta nonché durante le attività condotte sul luogo della raccolta, all'interno delle serre o sul campo, di sistemazione e confezionamento dei prodotti.

È stata effettuata una ricerca e raccolta dei dati sui pesticidi in uso (caratteristiche chimico-fisiche, tempi di rientro, colture, modalità di trattamento e applicazione).

La scelta delle SA da sottoporre allo studio per la descrizione degli scenari espositivi a PF è ricaduta in quelle che presentano il livello più elevato di tossicità. Tuttavia, la tossicità non può essere considerato l'unico parametro di scelta ai fini della descrizione di uno scenario: piuttosto, la frequenza d'uso, la prevalenza d'uso insieme alle caratteristiche chimico-fisiche costituiscono ulteriori determinanti utili a garantire il successo del monitoraggio. Per tale motivo, tenendo in debita considerazione le indicazioni del disciplinare regionale sull'uso dei pesticidi, la scelta è ricaduta sui composti organoclorurati e azotati. Essi sono composti chimici idrofobici, liposolubili ed altamente stabili. Inoltre sono caratterizzati da bassa volatilità, limitata degradazione e biotrasformazione. Le sostanze attive monitorate, contenute in PF a diversa formulazione, sono riportate nella Tabella 1.

Tabella 1 Sostanze attive (SA), numero CAS, formula chimica		
Sostanza attiva	CAS	Formula
Myclobutanil		C ₁₅ H ₁₇ ClN ₄
Cyprodinil		C ₁₄ H ₁₅ N ₃
Imidacloprid		C ₉ H ₁₀ ClN ₅ O ₂
Hexythiazox		C ₁₇ H ₂₁ ClN ₂ O ₂ S

Per lo studio sono state reclutate 8 aziende (di seguito denominate azienda A, B, C, D, E, F, G ed H): esse sono state considerate rappresentative di alcuni scenari, dal punto di vista qualitativo (tipo) e quantitativo (numero). All'interno delle aziende sono presenti apprezzamenti di colture protette, con diversa estensione e cubatura, e non protette (campo aperto). Anche le colture sono differenziate, con prevalenza di ortaggi, fragole e agrumi. Le serre monitorate sono del tipo *tunnel film plastico* e *tunnel ombraio*, hanno una altezza massima al colmo di 5 m (minima 3,5 m) ed una estensione variabile tra 1.000 e 10.000 m², circa. Le più grandi sono dedicate alla coltivazione di fragole (10.000 m²) con copertura film plastico; le più piccole (1.000 - 2.000 m²), con copertura variabile, ad agrumi, sedano, insalata da cespo, ecc. Gli appezzamenti in campo aperto (melanzane e agrumi) hanno una estensione tra 10.000 e 20.000 m².

MATERIALI E METODI

Il monitoraggio della esposizione personale è stato eseguito mediante campionamento e analisi delle SA, come da metodica ufficiale Niosh 5602, mediante campionatori attivi personali SKC e fiale OVS, XAD-2/Quarzt Filter 270/140 (sorbent mg), posizionate all'altezza della zona respiratoria del lavoratore. In Figura 1 sono illustrati il dispositivo di prelievo e un suo utilizzo in un prelievo personale.



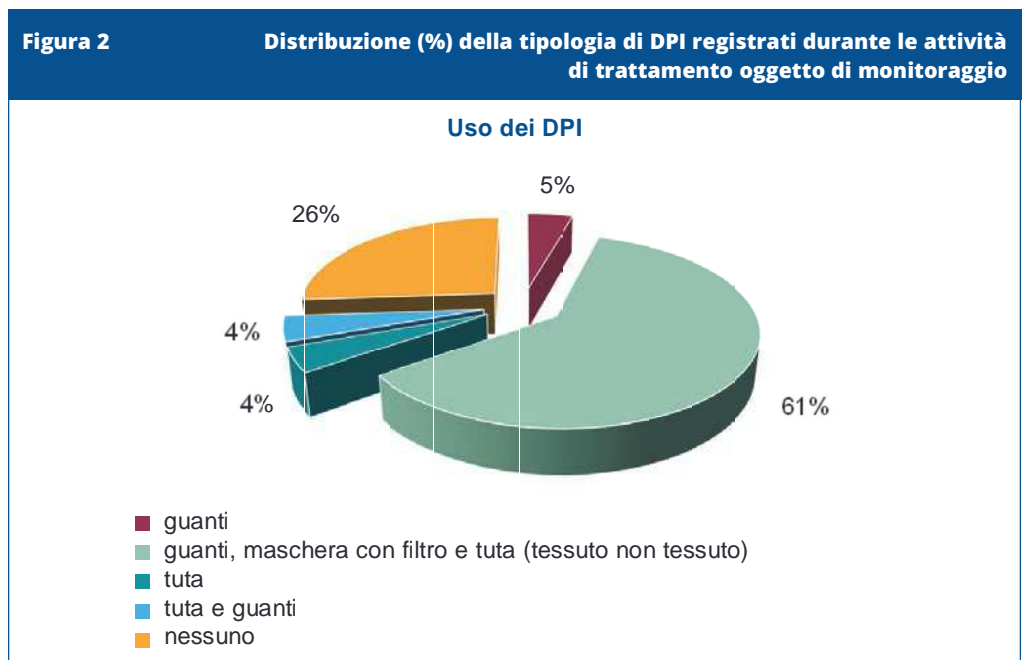
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Le SA sono quindi state estratte chimicamente e la soluzione risultante è stata analizzata mediante gascromatografia (GC) con rivelatore ECD (electron capture detector). La medesima metodica è stata adottata per le misure ambientali indoor, posizionando i campionatori in posizione stazionaria all'interno delle serre, e per le misure ambientali. Il software Totalchrom Perkin Elmer è stato utilizzato per l'integrazione delle aree dei picchi cromatografici generati da analisi di soluzioni standard di lavoro.

RISULTATI

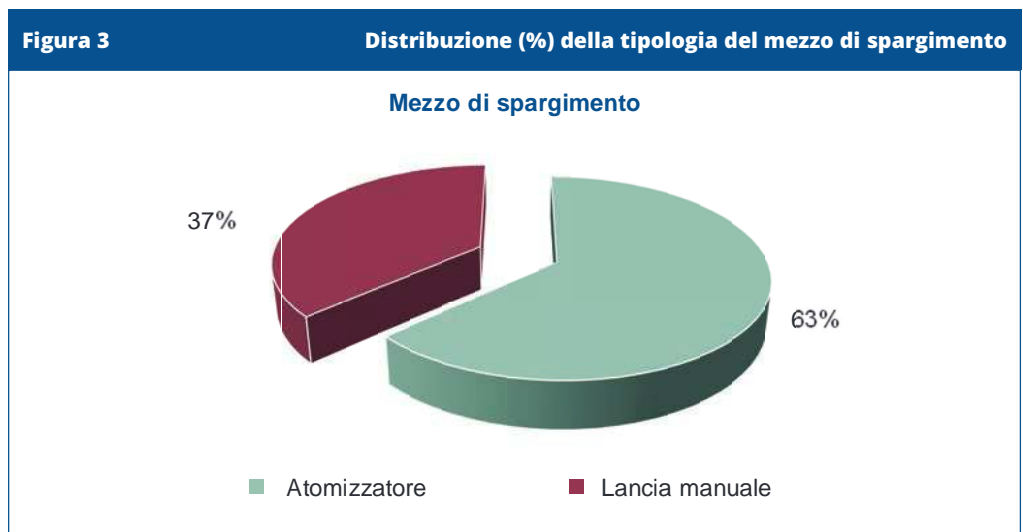
L'elaborazione preliminare dei dati di concentrazione di potenziale esposizione inalatoria mostra che all'interno dei tunnel in film plastico i lavoratori addetti alle operazioni di rientro e raccolta possono risultare esposti a concentrazioni non nulle delle SA derivanti dai trattamenti precedenti.

Per quanto riguarda l'impiego dei dispositivi di protezione individuale, la Figura 2 illustra la distribuzione dell'impiego per tipologia dei DPI durante le attività di trattamento.



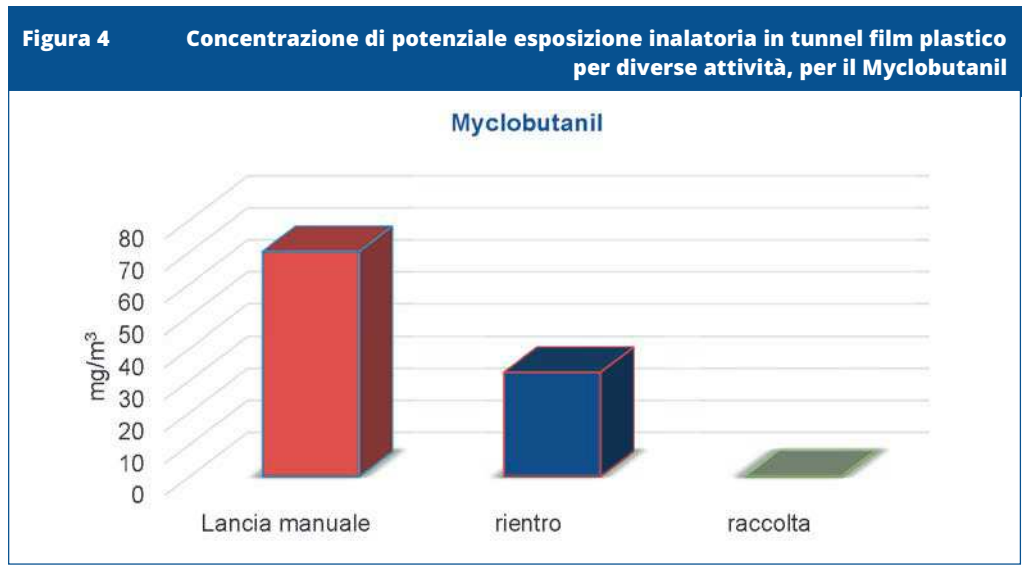
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Per quanto riguarda, invece, l'impiego dei mezzi di spargimento dei PF la Figura 3 mostra la distribuzione dell'utilizzo per tipologia del mezzo di spargimento.



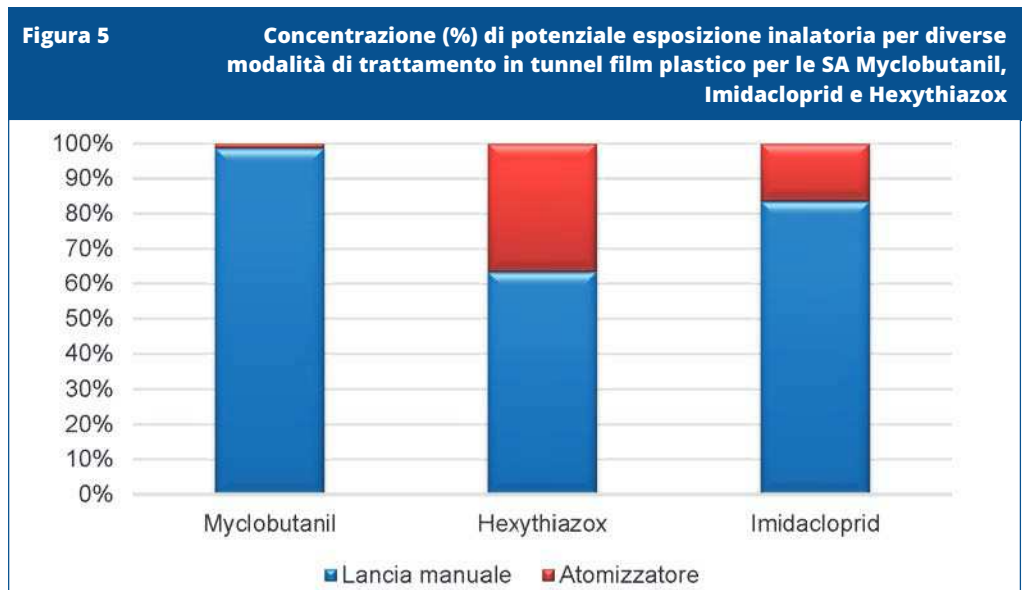
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La Figura 4 mostra la concentrazione di potenziale esposizione per le mansioni di trattamento, rientro e raccolta per la SA Myclobutanil: il contributo dell'attività di rientro contribuisce con una percentuale più bassa rispetto al trattamento, ma non nulla.



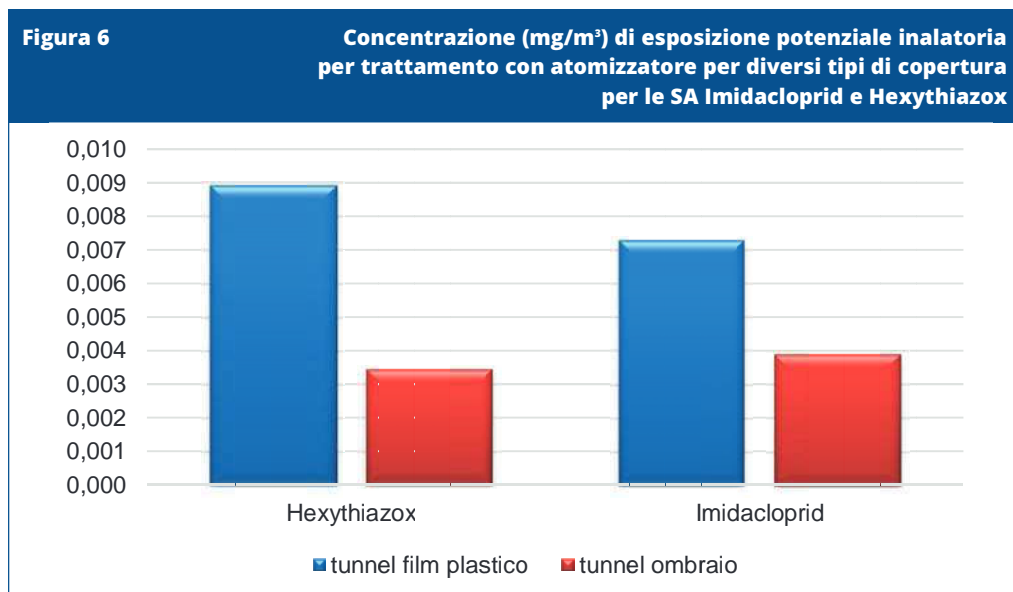
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Sempre all'interno del tunnel film plastico i risultati indicano che la modalità di trattamento con lancia manuale espone a concentrazioni di SA superiori rispetto al trattamento con atomizzatore, come illustrato nella Figura 5.



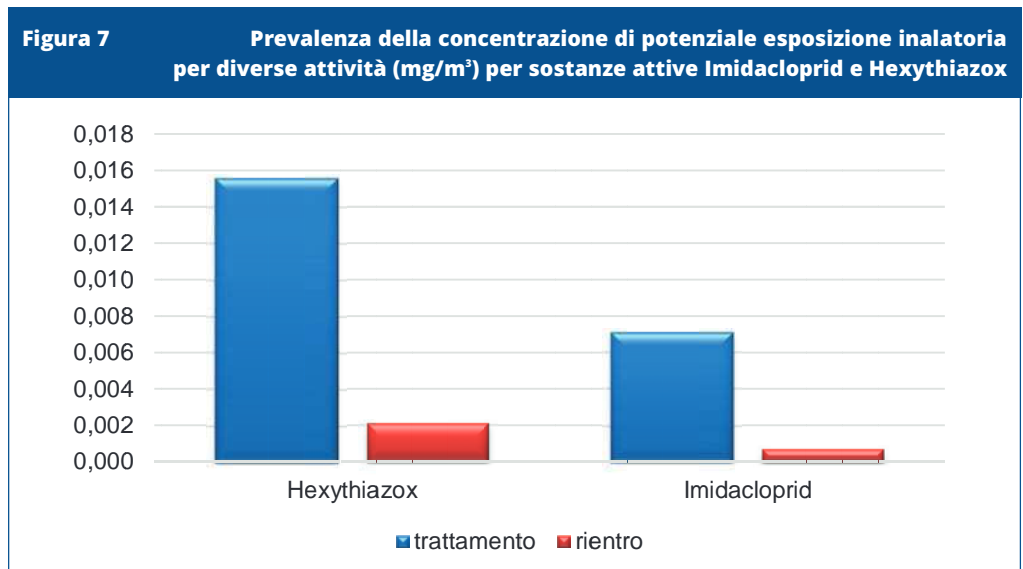
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

I risultati preliminari indicano anche che, a parità di dose di applicazione di SA, lo scenario espositivo più favorevole al contenimento del rischio chimico si realizza con applicazione per mezzo di atomizzatore all'interno di serre con copertura tunnel ombraio, come illustrato in Figura 6 (trattamento con atomizzatore: concentrazione di potenziale esposizione inalatoria in tunnel film plastico e tunnel ombraio).



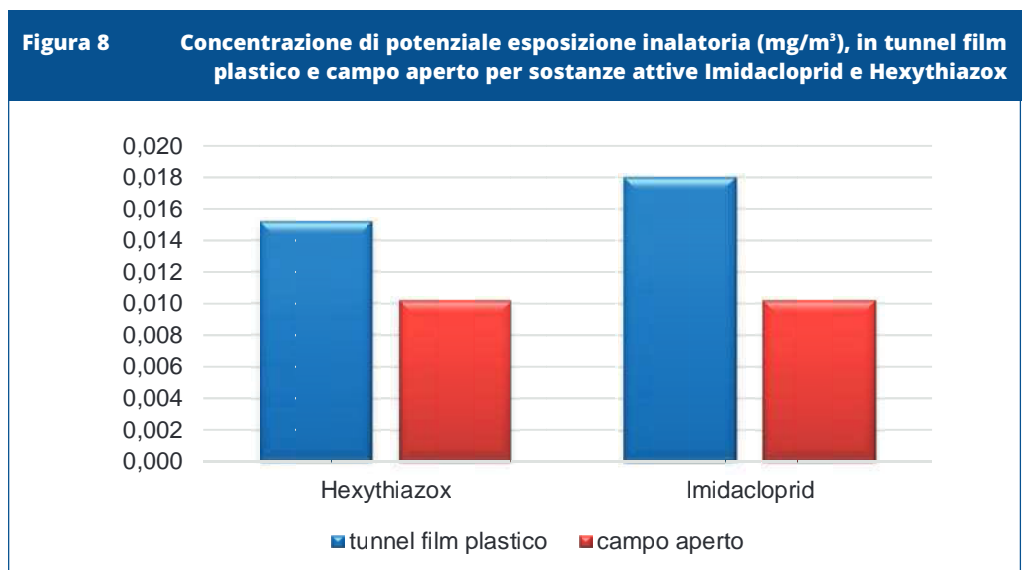
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

È stata valutata, inoltre, la prevalenza della concentrazione di potenziale esposizione per le mansioni di trattamento e rientro per le sostanze attive Imidacloprid ed Hexythiazox: come illustrato in Figura 7. Il contributo dell'attività di rientro contribuisce con una percentuale più bassa rispetto al trattamento, ma non nulla.



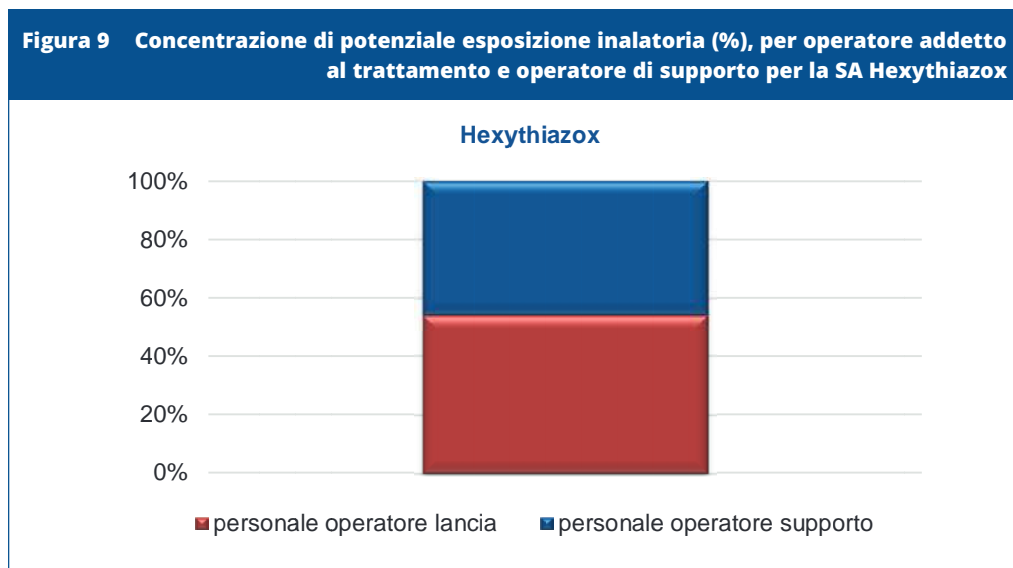
(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Per le SA Imidacloprid e Hexythiazox, per le attività di trattamento, è stato effettuato il confronto tra campo aperto e tunnel film plastico, con applicazione per mezzo di lancia manuale. Come illustrato in Figura 8 il trattamento all'interno del tunnel film plastico sembra comportare condizioni di esposizione sfavorevoli rispetto al campo aperto e tra le concentrazioni di pesticidi in serra rispetto a quelle in campo aperto è stata trovata una differenza significativa.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Contemporaneamente agli operatori addetti al trattamento con lancia manuale, sono stati monitorati anche gli operatori di supporto; i primi erano muniti di DPI, mentre i secondi no. Come illustrato in Figura 9, per entrambi gli operatori, le concentrazioni di SA Hexythiazox misurate sono paragonabili.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

VALUTAZIONE PRELIMINARE DELL'ESPOSIZIONE CUTANEA

Durante il progetto citato, si è valutata l'esposizione occupazionale considerando la sola esposizione inalatoria. Negli ultimi anni però si è verificato un costante aumento delle patologie cutanee correlate ad attività lavorative che comportano l'esposizione ad agenti chimici, per cui diventa indispensabile considerarla nella valutazione complessiva dell'esposizione a fitofarmaci.

Come è noto la cute è un organo dalle molteplici funzioni. Presenta la superficie espositiva più grande di altri organi e la sua funzione va oltre dall'essere semplicemente una pellicola protettiva. Assolve infatti altri importantissimi compiti, come impedire la perdita di liquidi, intervenire nel processo di termoregolazione, sintetizzare la vitamina D. La contaminazione della cute negli ambienti di vita e di lavoro, avviene molto di frequente. Il contatto diretto con le sostanze liquide può avvenire per immersione volontaria o involontaria, mentre la deposizione o l'impatto di aerosol, avviene quando le sostanze sotto forma di particelle si depositano sulla cute (deposizione di polveri e nebbie e/o impatto di gocce emesse dagli spray). Da non sottovalutare il contatto con le superfici inquinate che negli ambienti di lavoro oggetto del nostro studio, si verifica spesso e volentieri; la cute viene a contatto con le superfici contaminate da liquidi o da solidi (tipici esempi sono i contenitori di prodotti, le superfici di lavoro, le attrezzature di pulizia e gli strumenti di lavoro).

Molte organizzazioni internazionali si sono occupate e si occupano di esposizione dermica: la World health organization (Who) [1], l'Environmental protection agency (Epa) [2], l' Organisation for economic cooperation and development (Oecd) [3], il National institute of occupational safety and health (Niosh) [5].

L'argomento è difatti di notevole interesse perché la valutazione dell'esposizione cutanea non è un percorso facile; i fattori da prendere in considerazione sono diversi. Se, come nel nostro caso, il lavoratore è esposto a sostanze chimiche potenzialmente pericolose come i fitofarmaci (PF), bisogna procedere con attenzione e per gradi, per non trascurare nessuno elemento (identificazione del PF, descrizione dell'area in cui si svolge l'attività lavorativa, la modalità di spargimento), come indicato dall'Epa [2].

La valutazione dermica si effettua mediante campionamento diretto o indiretto. Nel primo caso si effettua un'intercettazione della sostanza sulla superficie cutanea e/o una sua rimozione mediante lavaggio con liquidi.

Intercettare significa catturare il contaminante, in questo caso il pesticida, su un surrogato cutaneo posizionato direttamente sulla cute o sugli indumenti per l'intero turno lavorativo.

I metodi indiretti prevedono l'uso di tecniche di rimozione dalle superfici (es. wipe test) e il monitoraggio biologico.

Nel primo caso il surrogato cutaneo utile al campionamento diretto, deve essere realizzato in modo tale da catturare, trattenere e cedere in fase analitica le sostanze chimiche, in modo analogo alla cute.

I surrogati cutanei detti *pads* o *patches* coprono una piccola parte dell'area cutanea rappresentata e vengono apposti in varie zone della cute. Successivamente si estende la contaminazione dal *pads* all'intera area cutanea rappresentata.

Anche gli indumenti indossati durante le attività, secondo alcuni organismi internazionali (*Who Field surveys of exposure to pesticides standard protocol*, 1982) possono essere utilizzati come surrogati; questi coprono intere regioni anatomiche o tutto il corpo (whole body garment samplers).

Come si fa a scegliere il materiale da utilizzare per la realizzazione dei *pads*? Quale materiale risulta più idoneo per intercettare l'inquinante?

Ciascun materiale avrà caratteristiche proprie e maggiore o minore affinità verso un certo tipo d'inquinante. Un materiale poroso potrà essere costituito da garza chirurgica o tessuto non tessuto, se lo si vuole assorbente allora la scelta ricade sull' alfa-cellulosa, questi sono quelli consigliati da Who ed Epa, altri tipi sono fibra di vetro, cotone, PUF, poliestere, materiali impregnati di liquidi per incrementare la capacità di ritenzione.

Si pone anche il quesito della collocazione dei *pads* e del numero da utilizzare. Quest'ultimo dipende dall'accuratezza che si vuole dare alla valutazione e dalle informazioni che si vogliono ricevere. I diversi protocolli degli enti internazionali richiedono un numero che va da 6 a 13 *pads* (Who, 1982 - US-epa, 1996 -Oecd, 1997) da collocare in regioni del corpo espressamente indicate, che possano essere rappresentative delle diverse regioni esposte. Saranno inoltre posizionati sopra e sotto gli indumenti per aver la valutazione dell'esposizione dermica potenziale e di quella dermica effettiva rispettivamente.

Se si volesse invece valutare il grado di protezione assicurato dagli indumenti (chemical protective clothing) è necessario utilizzare *pads* a contatto con la pelle e sopra e sotto gli indumenti posizionati negli stessi punti.

Affinché questo metodo di campionamento possa essere efficace, i *pads* devono però comportarsi da surrogati della cute, quindi essere più simili possibile alla pelle. La scelta del materiale è quindi fondamentale, perché non ha granché senso utilizzare un materiale unico per intercettare tutte le sostanze.

Infatti non è possibile definire in modo univoco le peculiarità proprie della pelle che vadano bene per tutti.

Non esiste infatti una cute standard; le caratteristiche sono individuali (spessore cutaneo, idratazione, presenza di peluria o capelli, presenza di imperfezioni).

Bisogna poi considerare le proprietà chimico-fisiche della sostanza oggetto di studio (peso molecolare, solubilità); e non meno influenti sono le condizioni di lavoro (temperatura, umidità).

Allora come scegliere il materiale più idoneo?

Abbiamo valutato intanto di partire dal pesticida. Per verificare l'affinità di alcuni materiali con i pesticidi da noi più frequentemente monitorati per l'esposizione inalatoria (Imidacloprid, Myclobutanil), abbiamo eseguito un piccolo test in laboratorio. Una scatola di dimensioni nota, è stata allestita all'interno con 10 *pads* (due per ogni materiale usato), realizzati come indicato dall'Epa [2]; ovvero un doppio foglio di alluminio, che funge da materiale di supporto inerte delle dimensioni di 14 cm², al cui interno si sistema il materiale prescelto che abbia una superficie espositiva di 10 cm². Cinque differenti materiali tra quelli indicati dai vari organismi (cotone, garza, polipropilene, carta da filtro Whatman di differente grammatura, W41 e W1) sono stati quindi testati in doppio. Con un sistema di aerosolizzazione è stata nebulizzata una quantità nota di pesticida disciolta in acqua, in linea con le condizioni reali in campo. Al termine della soluzione, i filtri sono stati estratti, purificati (Epa metodo - 3620) e analizzati in Gascromatografia secondo quanto riportato dalla metodica Niosh 9201.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

I risultati hanno messo in evidenza ad esempio, una maggiore affinità dell'Imidacloprid per la garza. Per cui durante lo spargimento in campo di prodotti commerciali contenenti questo principio attivo, si è scelto di utilizzare, per una valutazione dermica preliminare, dei *pads* realizzati con la garza come materiale utile all'intercettazione dell'Imidacloprid.

Invece per una maggiore facilità nell'operare e per definire le parti del corpo maggiormente esposte, le tute utilizzate dagli operatori durante i trattamenti, sono state da noi opportunamente sezionate ed analizzate in laboratorio nelle varie parti. Da questo è emerso che le zone più esposte risultano essere il torace, la schiena, il polso, la gamba e la caviglia, zone che abbiamo preso in considerazione per la valutazione sia dell'esposizione dermica potenziale che effettiva (Figura 11).

Figura 11 Pads - esposizione dermica e inalatoria



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Figura 12

Lavaggio delle mani - esposizione dermica



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La valutazione dermica si compone di altri fattori utili alla valutazione complessiva. Per la determinazione dell'esposizione dermica delle mani è prevista l'analisi dei guanti se sono in cotone o il lavaggio di queste e/o lo strofinamento meccanico o manuale della cute. Secondo le indicazioni Epa *Occupational and residential exposure test guidelines* [4], l'etanolo al 95% risulta essere il solvente più efficiente per rimuovere gran parte dei residui dei pesticidi senza danneggiare la pelle. Sulla base di queste indicazioni, abbiamo impostato le basi per questo tipo di valutazione dermica, così prima e dopo il trattamento, le mani dell'operatore sono state immerse in 150 ml di etanolo al 95% per circa 30 secondi (Figura 12).

La soluzione è stata poi purificata su colonnina in Florisil (Epa metodo 3620) e analizzata in gascromatografia.

I livelli di pesticida residuo riscontrati su ciascun *pads* vengono espressi in $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$ e per i calcoli dell'esposizione dermica, possono essere presi come riferimento le aree corporee come riportato dall'Efsa (Figura 13). L'esposizione dermica per ciascuna area del corpo potrebbe essere espressa come prodotto dell'area superficiale corrispondente e del residuo riscontrato sul *pad* espresso in $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{h}$.

Figura 13 Aree superficiali in funzione dell'età

	INFANT irrespective of gender (based on female 6 to < 12 months old)	TODDLER irrespective of gender (based on female 1 to < 2 years old)	CHILD irrespective of gender (based on female 6 to < 11 years old)	ADULT irrespective of gender (based on female 30 to < 40 years old)
Body weight	8 kg	10 kg	23.9 kg	60 kg
Body part surface areas				
Hands (palms and backs of both hands)	196.8 cm ²	230.4 cm ²	427.8 cm ²	820 cm ²
Arms (both)	Upper = 352.6 cm ² Lower = 229.6 cm ² Total = 582.2 cm ²	Upper = 412.8 cm ² Lower = 268.8 cm ² Total = 681.6 cm ²	Upper = 772.8 cm ² Lower = 496.8 cm ² Total = 1 269.6 cm ²	Upper = 1 141.2 cm ² Lower = 1 128.8 cm ² Total = 2 270 cm ²
Head	344.4 cm ²	403.2 cm ²	529 cm ²	1 110 cm ²
Trunk (bosom, neck, shoulders, abdomen, back, genitals and buttocks)	1 533.4 cm ²	1 977.6 cm ²	3 376.4 cm ²	5 710 cm ²
Legs (both legs and thighs)	1 041.4 cm ²	1 219.2 cm ²	2 741.6 cm ²	5 330 cm ²
Feet (both)	246 cm ²	288 cm ²	604.9 cm ²	1 130 cm ²
Total body surface area	3 944.2 cm ²	4 800 cm ²	8 949.3 cm ²	16 370 cm ²

(Efsa Journal 2014)

CONCLUSIONI

Attraverso gli studi intrapresi durante il Progetto sono stati analizzati e descritti alcuni scenari di esposizione tipici delle colture in serra del Sud Italia, tenendo conto delle variabili che li descrivono e individuando quelle tipologie di serra che possano rappresentare una casistica eloquente delle condizioni di esposizione, almeno per questa parte di territorio.

Gli scenari sono stati preliminarmente studiati analizzando i dati di concentrazione potenziale inalatoria, ricercando una possibile relazione tra alcuni determinanti che concorrono alla loro descrizione e il rischio potenziale di esposizione. È stato approfondito l'aspetto di quanto e come il determinante *ambiente*, inteso come tipologia di serra, e il determinante *modalità di spargimento* dei PF possano influire sulla caratterizzazione dello scenario: i dati suggeriscono che, a parità di dose di applicazione di sostanza attiva, lo scenario espositivo più favorevole al contenimento del rischio chimico si realizza all'interno di serre tipo tunnel ombraio con applicazione dei PF per mezzo di atomizzatore: il trattamento con lancia manuale sembra comportare condizioni di esposizione sfavorevoli rispetto all'atomizzatore anche quando questo venga effettuato in campo aperto. I dati in ogni caso confermano l'incremento della potenziale esposizione inalatoria all'interno degli apprestamenti protettivi rispetto al campo aperto.

Nell'ambito del progetto, si è realizzato uno studio per una valutazione preliminare dell'esposizione dermica, come parte indispensabile di un futuro lavoro di ricerca più ampio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] WHO. International Programme on Chemical Safety (IPCS). Environmental Health Criteria 242. Dermal Exposure. [consultato giugno 2017]. URL: http://www.who.int/ipcs/publications/ehc/ehc_242.pdf.
- [2] EPA. Dermal exposure assessment: a summary of EPA approaches. 600/R-07/040F; 2007 [consultato giugno 2017]. URL: <http://www.epa.gov/ncea>.
- [3] OECD. Guidance notes on dermal absorption series on testing and assessment. No.156 ENV/JM/MONO. 2011;36.
- [4] EPA. Occupational and residential exposure test guidelines. OPPTS 875.1200 Dermal exposure – indoor. EPA 712-C-96-209. 1996.
- [5] NIOSH Manual of Analytical Methods 9200.9201. Chlorinated and organonitrogen herbicides. [consultati giugno 2017]. URL: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/9200.pdf>; URL: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/9201.pdf>.

PROCEDURA DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO INALATORIO IN SERRA

M. Rubbiani¹, R. Cabella²

¹ Centro Nazionale Sostanze Chimiche- Istituto superiore di sanità - Roma

² Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale - Area di ricerca "Monteporzio" (RM)

PREMESSA

L'applicazione di pesticidi nelle serre differisce sostanzialmente da quella realizzata in ambienti di campo esterni. I pesticidi possono essere applicati alle colture in serra tutto l'anno, spesso su un programma di più giorni, piuttosto che stagionalmente, e spesso a dosi di applicazione più elevate rispetto alle colture in campo.

Le applicazioni in serra di pesticidi sono ad alta intensità e sono spesso non adatti ai tipi di controlli di mitigazione dell'esposizione disponibili per l'uso sul campo, come ad esempio quelli che prevedono le cabine chiuse.

Le attrezzature per l'applicazione manuale pongono l'operatore più a contatto con il materiale spruzzato, sia in forma liquida e di aerosol, e l'ambiente limitato rallenta la dissipazione di residui. Inoltre, la coltivazione di colture in serra è spesso anche ad alta intensità di manodopera e generalmente richiede al lavoratore di mantenere costante il contatto fisico con il fogliame della coltura trattata.

Questi fattori contribuiscono a livelli di esposizione potenzialmente più elevati per i lavoratori in serra rispetto ai lavoratori sul campo. I dati sull'esposizione delle applicazioni in serra sono tutt'oggi ancora limitati e gli scenari di esposizione in serra richiedono continui adattamenti da quanto previsto per gli scenari utilizzati di default.

I lavoratori in serra quindi risultano essere un gruppo particolarmente interessante, in quanto la loro esposizione ai pesticidi è non solo maggiore rispetto ai lavoratori agricoli esterni, ma si verifica anche costantemente durante tutto l'anno.

La valutazione o la misurazione dei livelli di esposizione dell'operatore a pesticidi durante le operazioni di miscelazione/carico ed applicazione è necessaria ai fini di una adeguata valutazione del rischio chimico di esposizione per tutti gli operatori impegnati con diverse mansioni in attività lavorative in serra.

Per la valutazione quantitativa del rischio dei lavoratori in serra, l'esposizione sistemica, generalmente stimata sulla base di valori di esposizione potenziale cutanea ed inalatoria, viene generalmente confrontata con un valore tossicologico di riferimento. A tal fine viene normalmente utilizzato il livello accettabile di esposizione dell'operatore (acceptable operator exposure level, AOEL), definito come il livello di esposizione giornaliera al di sotto del quale non sono attesi effetti avversi per la salute dell'operatore.

Al momento, non è disponibile una metodologia armonizzata a livello europeo o nazio-

nale per la valutazione dell'esposizione degli operatori a pesticidi in serra e tale carenza comporta un elevato grado di incertezza nella valutazione del rischio di esposizione a pesticidi per i lavoratori del comparto.

Di seguito vengono brevemente illustrati i modelli di esposizione normalmente impiegati in ambito europeo.

IL MODELLO OLANDESE

In Olanda, l'esposizione durante l'applicazione di pesticidi è stata misurata in diversi studi condotti in serre impiegate per colture ornamentali. Gli studi sono considerati rappresentativi e adatti per la stima dell'esposizione in scenari analoghi.

Sulla base di questi studi è stato definito il cosiddetto modello olandese.

Sono stati esaminati i livelli di esposizione cutanea delle mani e per via inalatoria durante le procedure di miscelazione e diluizione del prodotto, il caricamento della pompa e l'applicazione spray su colture floricole in serra (rose e garofani) mentre sono state considerate l'uso di lance per le colture dei crisantemi. L'applicazione di prodotti in polvere sui garofani è stata effettuata con attrezzatura a spalla.

L'altezza delle piante andava da uno e due metri e l'applicazione veniva effettuata sia sulla superficie che in basso.

Questo modello si basa sul presupposto di una relazione lineare tra la quantità della sostanza attiva utilizzata ed il livello di esposizione. Tale relazione è considerata idonea per la frazione non-vapore inalata ma solo indicativa a tutt'oggi per l'applicazione delle polveri.

EUROPOEM II

EUROPOEM II è un progetto finanziato dalla Comunità europea con l'obiettivo di fornire assistenza agli Stati membri nell'ambito dell'attività di valutazione del rischio per la salute umana ai fini della autorizzazione alla immissione sul mercato comunitario dei prodotti fitosanitari. EUROPOEM II ha sviluppato una banca dati nella quale sono presenti dati di esposizione misurati in ambienti indoor prima del 2000.

ECPA GREENHOUSE MODEL

Il modello è stato sviluppato dalla European crop protection association (Ecpa) con l'obiettivo di colmare l'assenza di dati di esposizione, in particolare per i paesi mediterranei. Il modello prende in esame diversi scenari di esposizione, colture alte e basse, contatto intensivo o minimale con la coltura.

ANALISI DEI DATI SPERIMENTALI DEGLI STUDI CONDOTTI SU CAMPO

Le informazioni raccolte durante la prima fase del progetto hanno contribuito al raggiungimento di una conoscenza adeguata degli specifici scenari di esposizione considerati ed a una definizione dei parametri determinanti i livelli di esposizione a prodotti fitosanitari degli operatori addetti alle attività di trattamento e/o di rientro in serra. Sulla base delle informazioni disponibili si è quindi proceduto alla identificazione e classificazione dei seguenti parametri chiave nella determinazione dei livelli di esposizione:

- tipologia di serra;
- area trattata;
- coltura trattata;
- formulazione del prodotto fitosanitario impiegato;
- attività svolta;
- attrezzatura utilizzata per l'applicazione del prodotto fitosanitario;
- condizioni climatiche.

I dati relativi ai monitoraggi sono stati inseriti in un database dedicato. Nel database sono riportati i dati relativi a ciascun campionamento, inseriti in fogli di lavoro Excel distinti a seconda del tipo di attività svolta e contenenti specifici campi per ogni possibile informazione riportata nelle schede di campionamento.

Per quanto riguarda i risultati delle misurazioni dei livelli di esposizione inalatoria, i dati sono presentati individualmente per ogni addetto in termini di $\mu\text{g}/\text{persona}$ e normalizzati in funzione della quantità di sostanza attiva impiegata ($\mu\text{g}/\text{kg SA}$). La normalizzazione in termini di quantità di SA impiegata è giustificata dall'assunzione che tale variabile è direttamente proporzionale al livello di esposizione. La quantità di sostanza attiva utilizzata dipende dalla superficie dell'area trattata.

La normalizzazione ha l'obiettivo di esprimere i livelli di esposizione inalatoria, normalmente indicati in termini di concentrazione ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), in altre unità di misura ai fini della loro standardizzazione in un formato generico utilizzabile per la valutazione dei livelli di esposizione inalatoria ad altre sostanze attive negli stessi scenari di esposizione.

I livelli di esposizione inalatoria sono stati calcolati utilizzando la seguente formula:

$$\text{Livello di esposizione} = \frac{\text{Concentrazione} \times \text{Volume di inalazione}}{\text{Peso corporeo}}$$

Ai fini del calcolo è stato usato un valore di default della velocità di respirazione pari a $1,25 \text{ m}^3/\text{ora}$, corrispondente a $21 \text{ L}/\text{min.}$, così come raccomandato dalla linea guida dell'Autorità europea per la sicurezza alimentare (Efsa). I dati normalizzati sono stati oggetto di una analisi statistica (media aritmetica e geometrica, deviazione standard e intervalli di percentile) ed inseriti in un foglio di calcolo. Si è proceduto inoltre alla individuazione dei valori anomali (outliers).

Gli studi di campo hanno consentito di stabilire dei valori generici di esposizione inala-

toria per quattro scenari di esposizione. Negli allegati 1 - 4 sono riportati i singoli dati utilizzati al fine del calcolo dei valori generici di esposizione per ogni scenario di esposizione identificato.

Gli scenari di esposizione identificati, i rispettivi valori generici di esposizione e l'analisi statistica dei dati sono riportati nella seguente tabella riepilogativa:

Tabella 1 Scenario di esposizione - Metodo di applicazione: manuale				
Esposizione inalatoria ($\mu\text{g}/\text{kg SA}$)				
Media geometrica	75° percentile	Minimo	Massimo	Coefficiente di variazione
Scenario di esposizione #1 (n = 20) - Coltura: agrumi (alte, > 0,5m) - Formulazione: liquida (EC, SC)				
2106	7958	119	19383	107%
Scenario di esposizione #2 (n = 4) - Colture: cipolle, fragole (basse < 0,5 m) - Formulazione: solida (WG)				
5867	8456	3339	17052	75%
Scenario di esposizione #3 (n = 20) Colture: zucchini, sedano (basse < 0,5 m) - Formulazione: liquida (EC)				
299	576	66	885	70%
Scenario di esposizione #4 (n = 23) - Addetti alle operazioni di raccolta				
93	192	31	217	62%

La potenziale esposizione inalatoria (E_{inal}) viene quindi calcolata utilizzando la seguente equazione:

$$E_{\text{inal}} = I \times D_{\text{app}} \times A$$

Dove

I = Valore generico di esposizione inalatoria ($\mu\text{g}/\text{kg SA}$)

D_{app} = Dose di applicazione (kg SA/ha)

A = Superficie trattata (ha)

I dati generici di esposizione inalatoria ricavati dagli studi sperimentali condotti sono stati quindi confrontati con quelli calcolati dal modello sviluppato da Ecpa e i risultati sono riportati nella seguente tabella:

Tabella 2		Valori generici di esposizione inalatoria ($\mu\text{g}/\text{kg SA}$)	
Scenario ID	Descrizione	Modello CCM	Modello Ecpa
#1	Applicazione manuale Colture alte Formulazione liquida	7958	825
#2	Applicazione manuale Colture basse Formulazione solida	8456	100
#3	Applicazione manuale Colture basse Formulazione liquida	576	33
#4	Addetti alle operazioni di raccolta	192	N.D.

Dall'esame dei risultati riportati in tabella si osserva che, sulla base degli studi condotti, sono stati calcolati valori generici di esposizione inalatoria significativamente superiori (da uno a due ordini di grandezza) a quelli utilizzati dal modello Ecpa, normalmente utilizzato ai fini della valutazione dei livelli di esposizione a pesticidi nelle serre dei paesi mediterranei.

Tale risultato potrebbe essere determinato dalle specifiche condizioni microclimatiche degli scenari di esposizione presi in considerazione ed in particolare da una temperatura maggiore e/o da specifiche condizioni strutturali delle serre in esame.

In ogni caso, i risultati ottenuti confermano livelli di esposizione inalatoria più elevati per gli operatori che utilizzano prodotti fitosanitari in formulazione solida piuttosto che in formulazione liquida e per l'applicazione su colture alte (> 0,5 m).

I valori generici di esposizione inalatoria calcolati rappresentano un valido contributo alla valutazione del rischio di esposizione a prodotti fitosanitari in serra. In particolare, per lo scenario di esposizione relativo all'applicazione manuale dei prodotti fitosanitari su colture alte e per lo scenario di esposizione relativo agli addetti alla raccolta delle colture, i dati a disposizione rappresentano una casistica eloquente delle condizioni di esposizione.

Tuttavia, la non disponibilità di dati di esposizione dermica consente al momento di ricavare informazioni utili unicamente ai fini della valutazione del rischio di esposizione inalatorio di operatori e addetti alle lavorazioni in serra.

CONCLUSIONI

L'attività svolta ha permesso la definizione di valori generici di esposizione utili ai fini

della valutazione del rischio di esposizione inalatorio per quattro diversi e tipici scenari di esposizione in serra.

In particolare, dall'esame dei risultati ottenuti è stato possibile evidenziare maggiori livelli di esposizione - calcolati attraverso valori generici di esposizione inalatoria - significativamente superiori (da uno a due ordini di grandezza) a quelli utilizzati dal modello Ecpa, normalmente utilizzato ai fini della valutazione dei livelli di esposizione a pesticidi nelle serre dei paesi mediterranei.

Inoltre, stanti i livelli di esposizione inalatoria misurati, si evidenzia l'opportunità di rivedere le misure di mitigazione del rischio specifiche e prendere in considerazione l'impiego di dispositivi di protezione delle vie respiratorie nel caso di impiego di prodotti fitosanitari contenenti sostanze attive caratterizzate da una elevata tossicità inalatoria.

In ogni caso, poiché i risultati ottenuti confermano livelli di esposizione inalatoria più elevati per gli operatori che utilizzano prodotti fitosanitari in formulazione solida piuttosto che in formulazione liquida e nel caso di applicazione su colture alte (> 0,5 m), andrebbe previsto per gli stessi un programma di formazione specifico che miri alle corrette informazioni sui rischi derivanti da queste specifiche tipologie di applicazione onde evitarne la sottostima.

Infine, dall'esame dei dati è stato possibile definire un valore generico di esposizione inalatoria per gli addetti alle operazioni di raccolta in serra, scenario di esposizione non considerato dal modello Ecpa.

Detto scenario, di particolare interesse in considerazione delle specifiche condizioni microclimatiche e strutturali delle serre in esame, andrebbe approfondito attraverso l'acquisizione di ulteriori dati di monitoraggio al fine della sua completa definizione.

Si raccomanda inoltre, ai fini di una valutazione completa del rischio di esposizione a prodotti fitosanitari in serra, la misurazione dei livelli di esposizione cutanea, che normalmente rappresenta la via di esposizione prevalente sia per gli operatori addetti all'applicazione dei prodotti che per i lavoratori addetti alle operazioni di raccolta e/o controllo.

BIBLIOGRAFIA

BROWSE: Bystanders, Residents, Operators and WorkerS Exposure models for plant protection products. Deliverable 1.1 review of existing models and data for operator exposure [Internet]. 2011-2013 [cited June 2017]. Available from: <https://secure.fera.defra.gov.uk/browse/openFile.cfm?dir=deliverables&name=D11.pdf>.

EFSA. Guidance on the assessment of exposure of operators, workers, residents and bystanders in risk assessment for plant protection products, EFSA Journal 2014;12(10):3874.

Allegato 1**Dati singoli - Scenario di esposizione #1
(Colture alte - Formulazione: liquida)**

ATTREZZATURA	COLTURA	TIPOLOGIA SERRA	DATA	PRODOTTO COMMERCIALE	PRINCIPIO ATTIVO	FORMULAZIONE	C ug/m ³	Op. inhal. exp (µg)	Inhalation (µg/kg a.s.)
Lancia manuale	piante agrumi	tunnel film plastico	24/04/2015	Difloron	imidacloprid	EC	47	104	15386
Lancia manuale	piante agrumi	tunnel film plastico	24/04/2015	Nissorum Tandem	hexitiazox	SC	21	47	19383
Cannone	piante agrumi	tunnel ombraio	26/04/2015	Difloron	imidacloprid	EC	9	8	1243
Cannone	piante agrumi	tunnel ombraio	26/04/2015	Nissorum Tandem	hexitiazox	SC	22	22	9216
Lancia manuale	piante agrumi	tunnel film plastico	27/04/2015	Difloron	imidacloprid	EC	3	5	717
Lancia manuale	piante agrumi	tunnel film plastico	27/04/2015	Nissorum Tandem	hexitiazox	SC	14	19	7977
Lancia manuale	piante agrumi	Tunnel ombraio con reti ombreggianti	27/04/2015	Difloron	imidacloprid	EC	16	8	1193
Lancia manuale	piante agrumi	Tunnel ombraio con reti ombreggianti	27/04/2015	Nissorum Tandem	hexitiazox	SC	46	23	9559
Lancia manuale	piante agrumi	film plastico e tunnel con rete antiafide più fitta	05/05/2015	Difloron	imidacloprid	EC	4	6	923
Lancia manuale	piante agrumi	film plastico e tunnel con rete antiafide più fitta	05/05/2015	Nissorum Tandem	hexitiazox	SC	11	18	7515
Cannone	piante agrumi	tunnel ombraio	05/05/2015	Difloron	imidacloprid	EC	5	5	793
Cannone	piante agrumi	tunnel ombraio	05/05/2015	Nissorum Tandem	hexitiazox	SC	17	19	7732
Atomizzatore	piante agrumi	tunnel film plastico	18/06/2015	Difloron	imidacloprid	EC	4	5	783
Atomizzatore	piante agrumi	tunnel film plastico	18/06/2015	Nissorum Tandem	hexitiazox	SC	7	8	3371
Atomizzatore	piante agrumi	tunnel film plastico	18/06/2015	Difloron	imidacloprid	EC	3	5	739
Atomizzatore	piante agrumi	tunnel film plastico	18/06/2015	Nissorum Tandem	hexitiazox	SC	10	19	7952
Atomizzatore	piante agrumi	tunnel ombraio	17/07/2015	Difloron	imidacloprid	EC	1	4	666
Cannone	piante agrumi	tunnel ombraio	20/07/2015	Difloron	imidacloprid	EC	1	1	119
Atomizzatore	piante agrumi	tunnel film plastico	22/07/2015	Difloron	imidacloprid	EC	1	3	431
Atomizzatore	piante agrumi	tunnel film plastico	22/07/2015	Difloron	imidacloprid	EC	2	4	584

Allegato 2**Dati singoli - Scenario di esposizione #2
(Colture basse - Formulazione: solida)**

ATTREZZATURA	COLTURA	TIPOLOGIA SERRA	DATA	PRODOTTO COMMERCIALE	PRINCIPIO ATTIVO	FORMULAZIONE	C ug/m ³	Op. inhal. exp (µg)	Inhalation (µg/kg a.s.)
Atomizzatore	fragole	tunnel film plastico	17/02/2015	Signium granulare	Boscalid	WG	848	1940	5590
Lancia manuale	cipolla	tunnel film plastico	10/03/2015	Switch	cyprodinil	WG	919	1023	17052
Lancia manuale	cipolla	tunnel film plastico	10/03/2015	Switch	fludioxonil	WG	120	134	3339
Atomizzatore	fragole	tunnel film plastico	17/03/2015	Signium	Boscalid	WG	1136	1193	3723

Allegato 3**Dati singoli - Scenario di esposizione #3
(Colture basse - Formulazione: liquida)**

ATTREZZATURA	COLTURA	TIPOLOGIA SERRA	DATA	PRODOTTO COMMERCIALE	PRINCIPIO ATTIVO	FORMULAZIONE	C ug/m ³	Op. inhal. exp (µg)	Inhalation (µg/kg a.s.)
Con lancia	zucchini	SERRA	10/04/2015	Cabrio Duo	Piraclostrobina	EC	2	2	294
Con lancia	zucchini	SERRA	14/10/2015	Cabrio Duo	Dimetomorf	EC	3	2	241
Con lancia	sedano	SERRA	14/10/2015	Cabrio Duo	Difeconazolo	EC	2	5	66
Con lancia	zucchini	SERRA	18/12/2015	Cabrio Duo	Piraclostrobina	EC	1	3	576
Con lancia	zucchini	SERRA	18/12/2015	Cabrio Duo	Dimetomorf	EC	4	9	885

Allegato 4**Dati singoli - Scenario di esposizione #4
(addetti alle operazioni di raccolta)**

Mansione	COLTURA	TIPOLOGIA SERRA	DATA	PRODOTTO COMMERCIALE	PRINCIPIO ATTIVO	C ug/m ³	Worker inhal. exp (µg)	Inhalation (µg/kg a.s.)
raccolta	zucchina tonda	tunnel film plastico	17-apr-14	myclos	miclobutanil	32	60	297
raccolta	zucchina tonda	tunnel film plastico	17-apr-14	myclos	miclobutanil	45	84	418
raccolta	zucchina tonda	tunnel film plastico	20-apr-14	myclos	miclobutanil	9	31	155
raccolta	zucchina tonda	tunnel film plastico	20-apr-14	myclos	miclobutanil	12	43	213
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	Boscalid	15	33	55
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	Boscalid	15	32	53
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	Boscalid	15	32	53
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	Boscalid	15	28	47
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	Boscalid	17	36	59
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	piraclostrobina	13	29	189
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	piraclostrobina	15	32	212
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	piraclostrobina	15	33	217
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	piraclostrobina	14	29	195
raccolta	peperoncino	tunnel film plastico	9-nov-14	signum	piraclostrobina	16	33	217
raccolta	fragole	tunnel film plastico	30-mag-14	signum	Boscalid	7	19	31
raccolta	fragole	tunnel film plastico	30-mag-14	signum	Boscalid	8	23	39
raccolta	fragole	tunnel film plastico	30-mag-14	signum	Boscalid	8	23	38
raccolta	fragole	tunnel film plastico	30-mag-14	signum	Boscalid	7	22	36
raccolta	fragole	tunnel film plastico	30-mag-14	signum	piraclostrobina	7	19	127
raccolta	fragole	tunnel film plastico	30-mag-14	signum	piraclostrobina	7	20	131
raccolta	fragole	tunnel film plastico	30-mag-14	signum	piraclostrobina	8	22	149
raccolta	fragole	tunnel film plastico	30-mag-14	signum	piraclostrobina	10	31	204
raccolta	melanzane	tunnel film plastico	6-giu-14	ortiva	azoxistrobina	8	25	72
raccolta	melanzane	tunnel film plastico	6-giu-14	ortiva	azoxistrobina	7	20	58
raccolta	melanzane	tunnel film plastico	6-giu-14	ortiva	azoxistrobina	41	124	355
raccolta	melanzane	tunnel film plastico	6-giu-14	ortiva	azoxistrobina	11	33	96
soltimento foglie	melanzane/peperoni	tunnel film plastico	20-giu-14	ortiva	azoxistrobina	76	294	845
soltimento foglie	melanzane/peperoni	tunnel film plastico	20-giu-14	ortiva	azoxistrobina	97	375	1077
soltimento foglie	melanzane/peperoni	tunnel film plastico	27-giu-14	ortiva	azoxistrobina	64	176	507
soltimento foglie	melanzane/peperoni	tunnel film plastico	27-giu-14	ortiva	azoxistrobina	86	238	683

IL RISCHIO BIOLOGICO NELLE SERRE

A. Giofrè, A. Marramao, P. Samele

Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale - Centro Ricerche Lamezia Terme (CZ)

Nell'ambito del comparto agricolo, il settore della produzione in serra presenta delle peculiarità: le serre, infatti, per le loro caratteristiche strutturali, possono essere considerate alla stregua degli ambienti indoor (ambienti confinati di vita e di lavoro non industriali); tuttavia, date le particolari condizioni microclimatiche, le attività lavorative svolte, i materiali e le attrezzature di lavoro impiegati, meritano un'attenzione particolare dal punto di vista della valutazione, prevenzione e controllo del rischio biologico occupazionale. Le mansioni coinvolte nei processi di produzione in serra sono molteplici, dalla preparazione del terreno all'utilizzo dei pesticidi, dalla posa dei semi nel compost alla raccolta dei frutti.

L'ambiente *serra*, per le peculiari condizioni microclimatiche, come già detto, può favorire l'accumulo di polvere organica e il conseguente sviluppo di agenti biologici sulle diverse matrici ambientali (aria, acqua e superfici).

La continua manipolazione di materiale organico può generare inoltre, alte concentrazioni di bioaerosol (inteso come materiale particellare aerodisperso di origine biologica), potenzialmente contaminato da microrganismi e loro prodotti/componenti che possono rappresentare un rischio per la salute degli operatori. Alcuni studi di settore hanno recentemente dimostrato che anche la superficie delle foglie rappresenta un'importante fonte di accumulo e di rilascio di agenti biologici poiché la polvere organica aerodispersa vi si deposita durante la crescita della pianta. Anche l'acqua irrigua contaminata costituisce un ulteriore fonte di pericolo biologico. Infatti, all'interno dei sistemi di irrigazione, utilizzati per l'annaffiamento delle colture, ristagni di acqua e formazione di biofilm (inteso come aggregato di cellule microbiche associate ad una superficie), possono favorire la proliferazione di *waterborne pathogens* (es. *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella spp.*).

Tabella 1	Attività lavorative
Preparazione del terreno	Vangatura e dissodamento del terreno con l'ausilio di macchine agricole
Inseminamento	Posa dei semi nel compost (potting) (*)
Nursery	Controllo crescita delle colture giovani (**)
Trapianto	Trasferimento a terra delle giovani colture (***)
Trattamento del terreno	Trattamento con pesticidi biologici mediante utilizzo di mezzi meccanici e/o manuali
Raccolta	Raccolta del frutto al giusto grado di maturazione (***)
Eradicazione	Rimozione delle piante senescenti (***)
Confezionamento	Selezione e confezionamento del prodotto

(*) Attività generalmente svolta in ambienti chiusi e semi-automatizzata

(**) Attività generalmente svolta in serre di vetro (nursery), a temperatura e umidità controllata

(***) Attività svolta manualmente

Le molteplici attività svolte in serra, pur non comportando la deliberata intenzione di operare con agenti biologici, possono implicare un rischio di esposizione dei lavoratori a tali agenti e determinare lo sviluppo di patologie ad essi correlate (Allegato XLIV - d.lgs. 81/2008). Gli agenti biologici possono essere diversi come mostrato in Tabella 2.

Tabella 2	Agenti biologici potenzialmente presenti nell'ambiente serra
Batteri	Gram-negativi: Enterobatteri, Pseudomonas spp., Acinetobacter spp., Legionella spp., Flavobacterium spp. Gram-positivi: Bacillus spp., Staphylococcus spp., Streptomyces spp., Enterococcus spp., Streptococcus spp.
Funghi	Cladosporium spp. Aspergillus spp, Penicillium spp., Alternaria spp, Epicoccum spp., Fusarium spp., Trichoderma spp., Botrytis spp., Mucor spp., Geotricum spp.
Endotossine	Macromolecole rilasciate da batteri Gram-negativi (Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae e Rhodospirillaceae)
Micotossine	Aflatossine, Ocratossine, Fusarine, Fumosine (B1, B2, B3), Zearalenone, Patulina
Allergeni	Artropodi (acari della polvere e acari vegetali), parassiti delle piante (Tetranychus urticae, Amblyseius cucumeris, ecc.) proteine vegetali (frumento, polline, lattice, ecc.), proteine animali (ratto, topo, ecc.), proteine di invertebrati (cavallette, ragni, ecc.)

In questo particolare settore lavorativo, modalità di trasmissione principale degli agenti biologici è quella inalatoria. Tuttavia, anche il contatto accidentale delle mucose di occhi, naso e bocca con schizzi/strumenti contaminati nonché l'ingestione fortuita, principalmente attraverso le mani sporche, costituiscono ulteriori vie di esposizione a microrganismi.

EFFETTI SULLA SALUTE

Nell'ambiente serra il rischio biologico è rappresentato, oltre che dalle infezioni trasmissibili direttamente o indirettamente dagli animali (zoonosi occupazionali), anche da patologie di tipo infettivo veicolate da microrganismi (batteri e funghi filamentosi), tossico ad opera di loro metaboliti o derivati (micotossine, endotossine) e da sindromi allergiche derivanti dall'esposizione ad agenti fungini, prodotti cellulari di origine vegetale e animale, artropodi.

Patologie di tipo infettivo

L'inalazione di spore fungine può causare molteplici patologie infettive, soprattutto a carico dell'apparato respiratorio. Il genere *Aspergillus*, con specifico riferimento alla specie patogena *A. Fumigatus* (2° gruppo di rischio - Allegato XLVI del d.lgs. 81/2008), può causare, soprattutto in soggetti immuno-compromessi, una grave forma di infezione diffusa del parenchima polmonare, definita come aspergillosi polmonare.

Un'ulteriore azione infettiva può essere svolta ad opera di batteri Gram-negativi (*Pseudomonas* spp., *Acinetobacter* spp.) la cui presenza e proliferazione in questi ambienti è particolarmente favorita dalle condizioni microclimatiche e dalla manipolazione di grandi quantità di materiale organico.

Patologie di tipo tossico

Nell'ambito delle patologie attribuibili alla contaminazione microbiologica ambientale si annoverano anche quelle derivanti dall'azione tossica del microrganismo nei confronti dell'ospite prevalentemente ad opera di funghi, metaboliti e componenti microbici.

L'inalazione di elevate concentrazioni di polveri organiche contaminate da alcune specie fungine (*Aspergillus candidus*, *A. niger*, *A. terreus*, *Penicillium spinulosum*) può determinare una sindrome simil-influenzale, inizialmente simile ad un raffreddore, nota come sindrome tossica da polveri organiche (ODTS), che provoca un'infiammazione del tratto respiratorio inferiore, tosse, febbre, dolori muscolari, attivazione dei macrofagi alveolari e del complemento.

Anche le micotossine, prodotte dal metabolismo secondario di alcune specie fungine, appartenenti principalmente ai generi *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, a seguito di stress della pianta (es. estrema aridità del terreno) e fattori microclimatici, sono dotate di elevata tossicità per l'uomo con caratteristiche di genotossicità, immunotossicità e nefrotossicità. Alcune micotossine, quali l'aflatossina B1 prodotta prevalentemente dalle specie *Aspergillus flavus* e *parassiticus*, e alcune fumosine, prodotte da funghi del

genere *Fusarium*, sono state classificate dall'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro rispettivamente nel gruppo 1 (*agente cancerogeno per l'uomo*) e nel gruppo 2 (*possibile agente cancerogeno per l'uomo*). In realtà le micotossine sono relativamente non volatili, pertanto l'esposizione per via inalatoria è limitata. Le esigue manifestazioni patologiche conseguenti all'inalazione di tali prodotti sono di natura essenzialmente tossica (OTDS) e infiammatoria.

L'esposizione ad alte concentrazioni di polveri organiche contaminate da batteri Gram-negativi (Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae e Rhodospirillaceae) può indurre reazioni infiammatorie e tossiche conseguenti all'inalazione di endotossine, componenti integrali della loro parete batterica, che vengono rilasciate nell'ambiente durante la crescita batterica e/o la loro lisi. Un'esposizione prolungata può determinare una diminuzione cronica delle funzioni polmonari (effetti a lungo termine).

Patologie allergiche

In questo settore il rischio allergico scaturisce dall'inalazione e/o contatto di sostanze aeriformi che sono in grado di sensibilizzare l'organismo e determinare l'insorgenza di patologie a carico delle vie respiratorie e della cute (asma bronchiale, dermatite, orticaria). Alcuni agenti fungini, spesso riscontrati in questi ambienti e appartenenti ai generi *Aspergillus*, *Alternaria* e *Penicillium*, possono essere fortemente allergizzanti. In particolare, il principale allergene della specie *Alternaria alternata* (Alta1) è responsabile di gravi forme di asma bronchiale. Effetti allergizzanti, in soggetti predisposti, possono scaturire anche dalla presenza di allergeni di origine vegetale, animale e di artropodi (acari della polvere).

Rischio di esposizione occupazionale

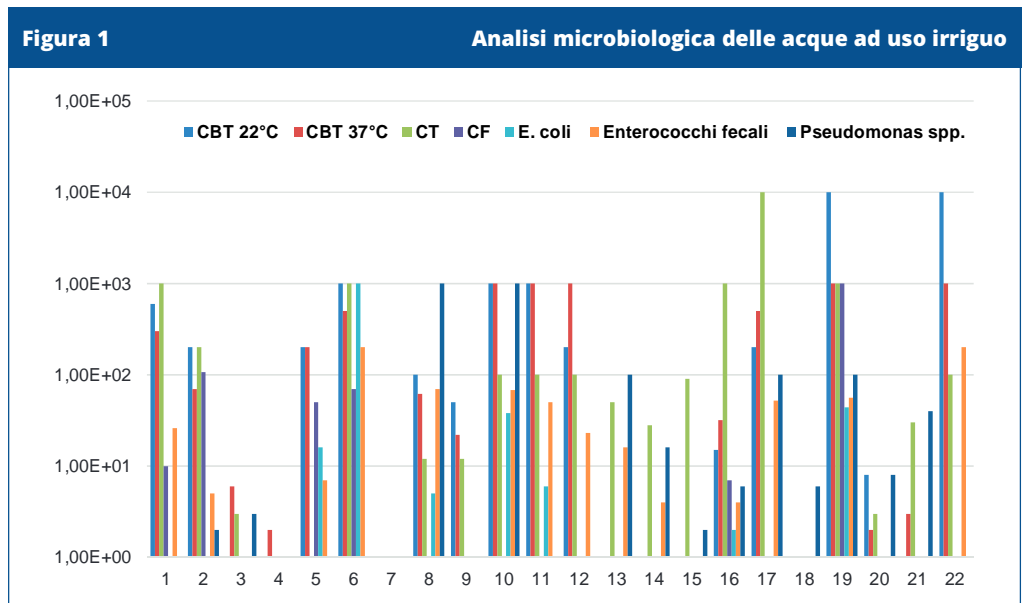
Come per la zootecnia anche per l'agricoltura, con particolare riferimento alle serre, la variabilità dei processi produttivi, il loro andamento stagionale e la sovente sovrapposizione di alcuni compiti lavorativi, rendono difficoltoso stabilire quale possa essere il potenziale rischio biologico legato alle singole attività.

Tuttavia, in linea generale, possono essere individuate alcune mansioni e/o fasi lavorative che presentano maggiori probabilità di contatto con agenti patogeni.

IRRIGAZIONE

L'irrigazione delle colture, soprattutto in ambienti confinati quali le nursery, rappresenta una fase critica per quanto concerne la potenziale esposizione ad agenti patogeni.

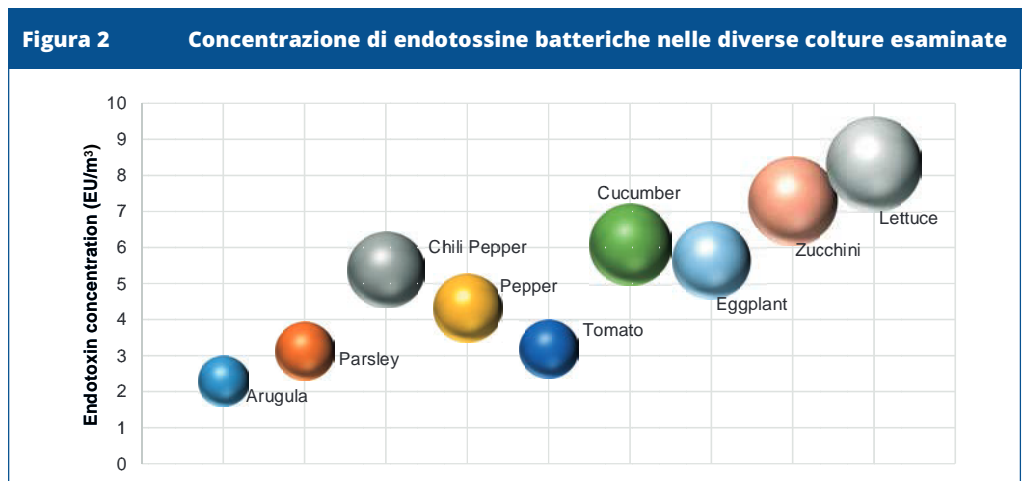
L'acqua ad uso irriguo, spesso proveniente da pozzi e consorzi di bonifica, viene nebulizzata e il rischio espositivo è correlato all'inalazione di bioaerosol generato da tali sistemi che, se non adeguatamente sottoposti a manutenzione, possono essere contaminati da agenti patogeni (*Pseudomonas spp.*, *Legionella spp.* 2° gruppo di rischio - Allegato XLVI del d.lgs. 81/2008).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

FASE DI RACCOLTA E DI ERADICAZIONE

È stato dimostrato che le colture senescenti, soprattutto quelle a foglia larga (lattuga, cetrioli, spinaci, ecc.), accumulano e rilasciano concentrazioni di endotossine batteriche significativamente maggiori rispetto alle piante giovani a foglia piccola (Figura 2). Pertanto, le relative attività di raccolta e di rimozione possono aumentare il rischio di esposizione a tali componenti per gli operatori addetti.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

TRATTAMENTO DEL TERRENO CON PESTICIDI BIOLOGICI

Sebbene gli studi epidemiologici siano ancora esigui, la fase di trattamento del terreno con biopesticidi, spesso espletata manualmente, può comportare un rischio di esposizione occupazionale. Sono state segnalate patologie, a carico delle mucose degli occhi, riconducibili all'inalazione di spore di *Bacillus thuringiensis*, specie batterica impiegata per il controllo di insetti dannosi per le colture.

Misure di prevenzione e protezione

La normativa italiana di riferimento in tema di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro (d.lgs. 81/2008) impone, in qualsiasi ambiente lavorativo, l'eliminazione del rischio di esposizione ad agenti nocivi o la sua riduzione al più basso livello possibile.

Misure tecniche/procedurali e organizzative quali la riduzione al minimo della durata e dell'intensità dell'esposizione, del numero di lavoratori potenzialmente esposti, la programmazione di interventi di manutenzione degli impianti di irrigazione unitamente al rispetto di norme igieniche generali, possono ridurre significativamente i livelli di esposizione ad agenti biologici in questo settore occupazionale.

Quando i rischi non possono essere evitati o sufficientemente ridotti, è di fondamentale importanza l'individuazione e adozione di idonei dispositivi di protezione individuale (DPI) nel contesto delle mansioni e/o fasi lavorative ritenute maggiormente critiche.

BIBLIOGRAFIA

Adhikari A, Jayantagupta, Wilkins Iii JR et al. Airborne Microorganisms, Endotoxin, and (1/3)-b-D-Glucan Exposure in Greenhouses and Assessment of Respiratory Symptoms Among Workers. *Ann. Occup. Hyg.* 2011;55(3):272-85.

Decreto Legislativo del 9 aprile 2008, n.81 "Testo unico in materia di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro"

Hansen VM, Mailing NV, Winding A et al. Factors affecting vegetable grower' exposure to fungal bioaerosols and airborne dust. *Ann. Occup. Hyg.* 2012;56(2):170-81.

Hansen VM, Winding A, Madsen AM, Exposure to bioaerosols during the growth season in an organic greenhouse tomato production using Supresivit (*Trichoderma harzianum*) and Mycostop (*Streptomyces griseoviridis*). *Appl. Environ. Microbiol.* 2010;76:5874-81.

Illing HPA. Is working in greenhouses healthy? Evidence concerning the toxic risks that might affect greenhouse workers. *Occup. Med.* 1997;47(5):281-93.

Li DW, LaMondia J. Airborne fungi associated with ornamental plant propagation in greenhouses. *Aerobiologia.* 2010;26:2615-28.

Madsen AM, Hansen VM, Nielsen SH et al. Exposure to dust and endotoxin of employees in cucumber and tomato nurseries. *Ann. Occup. Hyg.* 2009;53:129-38.

Madsen AM, Zervas A, Tendal K et al. Exposure and Preventive Measure to Reduce High and Daily Exposure to *Bacillus thuringiensis* in Potted Plant Production. *Ann. Occup. Hyg.* 2014;58(6):664-76.

Monsò E. Occupational asthma in greenhouse workers. *Curr. Opin. Pulm. Med.* 2004;10:147-50.

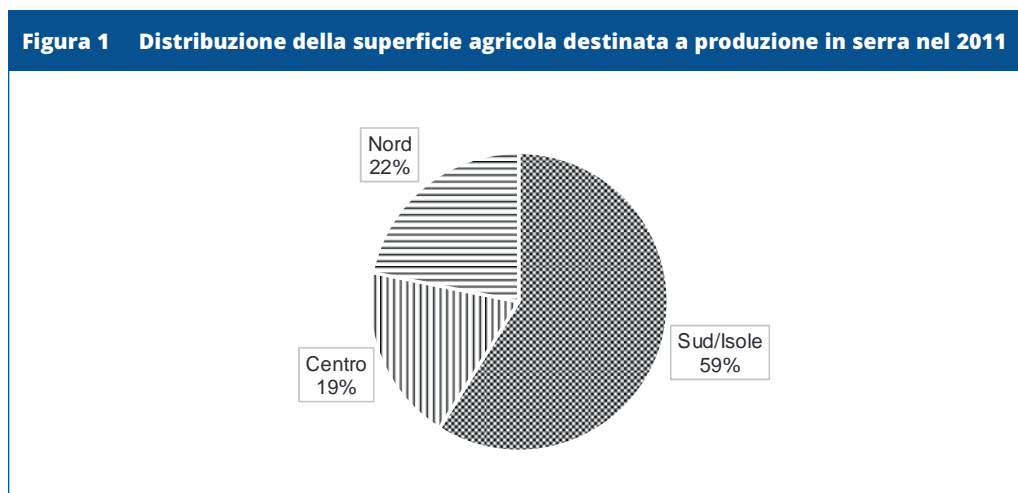
IL RISCHIO FISICO ED ERGONOMICO NELLE ATTIVITÀ DI LAVORO CONDOTTE IN SERRA

M. Diano, I. Di Gesu, M. Valentini

Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale - Centro Ricerche Lamezia Terme (CZ)

INTRODUZIONE

L'Italia, subito dopo la Spagna, è il paese in Europa dove l'utilizzo dell'orticoltura in serra trova maggiore diffusione. Specialmente in Italia, nell'ultimo decennio, si è avuto un incremento della produzione in serra intorno al 25% con un impegno della superficie in ettari che è passato da 29700 ettari del 2001 a 37100 del 2011. Per motivi di ordine climatico, di valorizzazione delle disponibilità energetiche naturali, e dei vantaggi competitivi che ne derivano, la maggior parte dell'orticoltura italiana in ambiente protetto si concentra nelle aree meridionali, dove si trova più del 50% dell'intera superficie nazionale del comparto agricolo in questione.



(Istat - Elaborazione: Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La diffusione della coltivazione in serra sta divenendo sempre più evidente man mano che i materiali necessari alla loro costruzione diventano più economicamente accessibili per i produttori. L'introduzione della plastica come materiale di copertura ha rivoluzionato l'impostazione delle colture anticipate e, quindi, ha permesso l'evoluzione

degli apprestamenti in funzione delle condizioni ambientali (temperatura, umidità, ventosità) e delle esigenze delle specie da coltivare.

Le caratteristiche strutturali delle serre variano sia in funzione della cultivar sia per le differenze climatiche che caratterizzano il suolo italiano da nord a sud. Le differenze fanno riferimento prevalentemente all'altezza, alla larghezza, alla lunghezza e alle aperture per il ricambio dell'aria, ma anche alla presenza di sistemi ausiliari di controllo della temperatura. Nelle aree più fredde sovente è la presenza di stufe per proteggere le piante dalle basse temperature notturne, mentre nei climi più temperati il calore del sole, spesso anche d'inverno, occorre smaltirlo mediante aperture laterali con sistemi avvolgenti il film plastico che consentono di regolare la dimensione dello sbocco e quindi l'entità della ventilazione in funzione della temperatura. È ovvio che serre con cubature e dimensioni differenti sono diversamente idonee alla coltivazione forzata di alcune specie orticole. Ad esempio per il pomodoro, la melanzana ed i cetrioli occorrono serre di altezza superiore a 3 metri, mentre altezze più contenute risultano più adatte alla specie a portamento basso come fragola, peperone e zucchina.

Nel presente lavoro si è rivolta particolare attenzione, da un punto di vista dell'igiene del lavoro, alla caratterizzazione delle serre naturalmente ventilate, diversificate per cultivar, con struttura in profilato metallico zincato, generalmente con cubatura unitaria da 3 a 5 m³/m² e dimensioni variabili da 800 -1000 m² sino a 3000 - 4000 m². Per la copertura, il film plastico è fissato mediante rulli avvolgitori dotati di manovelle per il controllo delle aperture laterali. A volte a questo sistema di mitigazione della temperatura se ne aggiunge uno supplementare, specie nel caso di serre con estensione maggiore, con apertura parziale del colmo. In aggiunta alla ventilazione, nelle serre più recenti, sottoposte anch'esse ad indagine, la temperatura viene controllata con sistemi di irrigazione a pioggia collocati sul colmo degli spioventi. Infine, per determinate specie orticole, occorre limitare l'esposizione alla luce, per contenere lo stadio vegetativo del fogliame e favorire la produzione frutticola, ricorrendo in tal caso all'imbiancatura delle falde con latte di calce.

I RISCHI FISICI ED ERGONOMICI NELLE ATTIVITÀ LAVORATIVE SVOLTE IN SERRA

La presenza di fattori di rischio occupazionali nell'orticoltura è strettamente legata all'estrema varietà di condizioni e situazioni in esso presenti. La molteplicità delle mansioni svolte dallo stesso lavoratore, la difficoltà nello stabilire un'adeguata alternanza tra riposo e lavoro, la variabilità geografica e stagionale delle attività, la dispersione territoriale delle aziende, la meccanizzazione, la manodopera avventizia e il lavoro nero rendono difficoltosa la valutazione del rischio e l'applicazione di norme prevenzionistiche. L'interesse verso le serre come ambienti di lavoro si manifesta nella misura in cui gli addetti alle lavorazioni in serra siano soggetti a particolari condizioni di rischio. Le lavorazioni nelle serre orticole espongono i lavoratori alla stessa casistica di potenziali rischi rilevabili nelle lavorazioni agricole in campo aperto con delle singolarità determinate dall'ambiente volutamente alterato. In tale contesto talune situazioni

lavorative possono determinare un sensibile incremento del rischio associato a particolari agenti.

Oltre al rischio chimico ed a quello legato alla sensibilizzazione nei confronti di allergeni presenti nell'ambiente, rilevante è la presenza di agenti fisici (rumore, vibrazioni, scuotimenti, microclima) connessi all'organizzazione del lavoro (movimenti ripetitivi, posture incongrue, sforzo fisico, movimentazione manuale dei carichi). Negli ultimi anni sono soprattutto i rischi legati al sovraccarico biomeccanico quelli che inducono la maggiore insorgenza di tecnopatie soprattutto malattie da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori e ernia discale lombare. Continuano comunque ad essere denunciate con una certa frequenza sia l'ipoacusia da rumore che le malattie causate da vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema mano braccio.

Figura 2 Malattie professionali denunciate nel sud Italia per tipologia

Malattia professionale o sostanza che la causa	Anno di protocollazione				
	2011	2012	2013	2014	2015
1) Malattie da arsenico e composti	0	2	0	1	0
2) Malattie causate da composti inorganici del fosforo	0	0	1	0	0
3) Malattie causate da composti organici del fosforo	1	1	0	0	0
6) Malattie causate da composti del rame	0	1	0	0	0
14) Dermatite allergica da contatto (L23) causata da	0	1	4	0	2
15) Dermatite irritativa da contatto (L24) causata da	0	2	0	0	0
17) Asma bronchiale (J45.0) causata da	12	17	9	21	7
18) Alveoliti allergiche estrinseche con o senza evoluzione fibrotica (j 67) causate da	3	3	0	4	3
19) Malattie causate da radiazioni solari	3	2	1	3	2
20) Ipoacusia da rumore (H83.3)	39	38	29	34	24
21) Malattie causate da vibrazioni meccaniche trasmesse al sistema mano braccio	39	9	14	6	5
22) Ernias discali lombari (M51.2)	341	399	448	438	445
23) Malattie da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori	563	394	452	445	580
99) Malattie non tabellate	2.221	1.685	2.009	2.586	2.786
Non Determinato	4	14	43	30	9
Totale	3.226	2.568	3.080	3.558	3.863

(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La significativa incidenza statistica nel numero di denunce di malattie professionali riconducibili a sovraccarico biomeccanico e movimenti ripetuti, degli ultimi anni, risulta essere giustificato da una serie di motivazioni rappresentate essenzialmente da:

- un aumento di denunce delle malattie professionali osteo-articolari e muscolo-tendinee (dovute prevalentemente a sovraccarico biomeccanico), per l'entrata in vigore del decreto ministeriale del 9 aprile 2008 (nuove tabelle delle malattie professionali nell'Industria e nell'Agricoltura) che ha inserito tali patologie nell'elenco delle tecnopatie che godono della 'presunzione legale d'origine';
- un aumento delle denunce plurime dovuto all'elevata articolazione delle patologie tabellate.

SOVRACCARICO BIOMECCANICO E MOVIMENTI RIPETUTI DEGLI ARTI SUPERIORI

Il nostro interesse si è rivolto principalmente al rischio da movimentazione manuale di carichi nella raccolta di fragole, pomodori, meloni, cetrioli, zucchine, tutte produzioni caratteristiche dell'orticoltura in serra dell'area del lametino catanzarese.

Per ricostruire gli indici di sollevamento da movimentazione manuale dei carichi sono stati raccolti i dati di produzione e dell'organizzazione del lavoro quali: quantitativi di prodotto raccolto nella giornata lavorativa, quantitativi raccolti in kilogrammi dal singolo lavoratore nella giornata lavorativa e nel singolo ciclo di lavoro, tipologia e numerosità dei carichi movimentati per classe di peso, frequenza dei sollevamenti, rilevazione delle distanze orizzontali e delle altezze nelle varie condizioni operative, caratteristiche dell'ambiente, durata dei tempi di lavoro, attesa e pause.

In caso di mansioni che comportino movimentazione di pesi contenuti entro i limiti prescritti, la valutazione del rischio di lesioni dorso-lombari può essere condotta utilizzando le linee guida della procedura proposta dal Niosh (National institute of occupational safety and health) che è il metodo più utilizzato nel nostro Paese e accolto nella norma tecnica ISO 11228-1 (Niosh '93 e successive integrazioni) di cui all'Allegato XXXIII del d.lgs. 81/2008. Questo metodo fornisce attraverso un indice di sollevamento (IS), una stima del rischio per un lavoratore che movimentava carichi per 8 ore e per l'intera settimana lavorativa.

Viene determinato, per ogni azione di sollevamento, il cosiddetto *limite di peso raccomandato* attraverso un'equazione che, a partire dal peso massimo movimentabile in condizioni ideali (15 Kg per i ragazzi, 20 Kg per le donne e 30 Kg per gli uomini) considera l'eventuale esistenza di elementi sfavorevoli nella movimentazione in analisi, introducendo appositi fattori riducenti per ognuno di essi. In pratica la movimentazione da analizzare fornisce in virtù delle sue caratteristiche *ergonomiche* i fattori demoltiplicatori con cui verrà via via ridotto il peso massimo movimentabile fino a fornire il *peso limite raccomandato*; tale peso servirà da riferimento nel rapporto con il *peso effettivamente sollevato* per calcolare il rischio connesso a quella attività di movimentazione: valori superiori a 0,75 sono indicativi di una situazione ai limiti, da tenere sotto controllo, mentre valori superiori a 1,25 richiedono adeguati livelli di prevenzione con interventi mirati volti a ridurre il rischio rilevato.

Il metodo Niosh può essere proficuamente utilizzato in certe attività di movimentazione dei carichi che nel settore agricolo sono molto diffuse come ad esempio nelle operazioni di impilaggio delle cassette sui bancali successivamente alla raccolta (Figura 3). Le valutazioni condotte sulle operazioni di sollevamento di cassette contenenti zucchine e pomodori sono riportate nella seguente Tabella 1. Il rischio valutato è risultato in taluni casi eccessivo ma opportunamente controllabile mediante misure di prevenzione volte ad ottimizzare la task lavorativa, tramite intervento sui fattori che determinano, più di altri, un'esposizione al rischio facilmente eliminabile con l'adozione di semplici accorgimenti.

Tabella 1 Calcolo dell'indice di sollevamento durante la movimentazione e l'impilaggio in bancali di cassette piene								
Lavoratore coltivare	Altezza da terra	Dislocazione verticale	Distanza orizzontale	Angolo di asimmetria	Preso	Frequenza	Peso movimentato	Indice sollevamento
Uomo zucchine	10 - 15 cm	70 - 140 cm	20 - 50 cm	0° - 30 °	buona	6 - 9 al min.	6 - 7 kg	1,1 - 1,8
Uomo pomodori	25 - 35 cm	55 - 140 cm	20 - 50 cm	0° - 30 °	buona	6 - 9 al min.	10 - 12 kg	1,3 - 2,2

Tra le misure di ottimizzazione dell'operazione di lavoro che consentirebbero di ridurre sensibilmente il rischio, andando a modificare a ribasso l'indice di sollevamento, vi sono:

- l'altezza del bancale non dovrebbe superare i 120 cm, al fine di evitare il sollevamento di carichi oltre una certa altezza;
- bisognerebbe opportunamente preparare la posizione dei bancali in modo tale da evitare inutili torsioni del busto durante la movimentazione;
- occorrerebbe maneggiare le cassette il più possibile vicino al corpo, evitando di raggiungere distanze orizzontali estreme durante il deposito.

Anche in questo caso, pertanto, azioni di informazione e formazione rappresentano strategie efficaci di riduzione del rischio poiché i lavoratori addestrati possono intervenire direttamente nella task lavorativa per ridurre il rischio intrinseco.

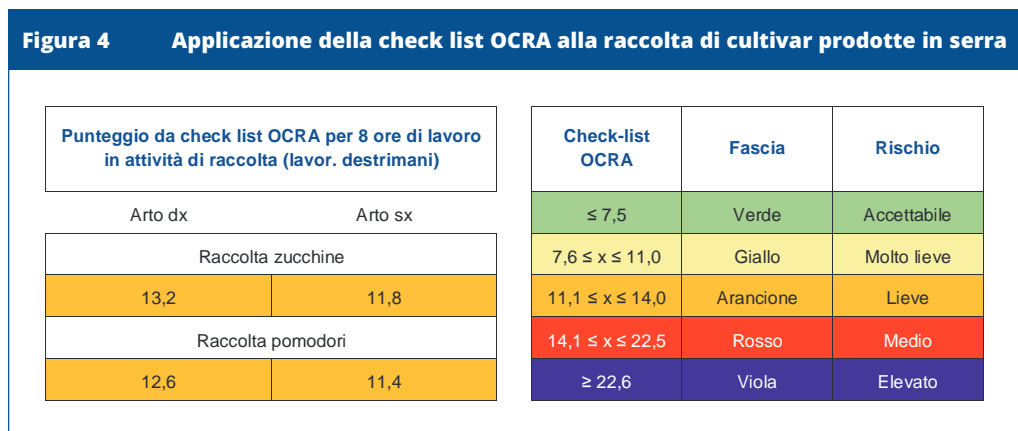


(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

L'analisi delle diverse fasi di lavoro connesse con la coltivazione di ortaggi in serra ha permesso di individuare che anche l'attività di raccolta, condotta manualmente, dà evidenza della presenza di condizioni di rischio che necessitano di opportune azioni di informazione e formazione ed una organizzazione del lavoro mirata a limitare il sollevamento ripetuto di carichi. Ad esempio dotare il lavoratore di un carretto su cui posizionare il secchio di raccolta, eviterebbe la necessaria operazione di sollevamento al passaggio da una pianta alla successiva (Figura 2). Ciò consentirebbe una riduzione significativa del rischio, in termini di indici di valutazione calcolati, passando da condizioni critiche a situazioni che, pur suscitando una elevata attenzione *protezionistica*, consentono di ridurre il rischio a valori più accettabili, specie se le misure di ottimizzazione del lavoro sono accompagnate ad esempio da un opportuno protocollo sanitario.

La check-list OCRA rappresenta, invece, una semplificazione del metodo OCRA Index ed è ottimizzata nell'identificare rapidamente il livello di rischio da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori, consentendo anche di raccogliere informazioni essenziali per la gestione del rischio stesso e del danno relativo alla popolazione lavorativa. La check-list OCRA considera i seguenti fattori di rischio per il sovraccarico biomeccanico degli arti superiori:

- carenza di periodi di recupero;
- frequenza di azione;
- applicazione di forza;
- assunzione di posture incongrue/presenza di stereotipia;
- fattori complementari (vibrazioni meccaniche al sistema mano-braccio, esposizione a basse temperature, effettuazione di lavori di precisione, ecc.).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

L'analisi condotta sui lavoratori addetti alla raccolta di zucchine e pomodori, visibile in Figura 4, manifesta una condizione di rischio esistente, seppur lieve, che necessita

comunque l'adozione di misure idonee di contenimento e, in base al punteggio ottenuto, si dovrebbero effettuare:

- interventi che mirano ad aumentare l'ergonomia della task lavorativa mediante la dotazione di attrezzature idonee all'operazione di raccolta (ausili che facilitano l'operazione di taglio del picciolo e la raccolta del frutto);
- interventi organizzativi che consentano al lavoratore di usufruire di opportune pause di lavoro e ritmi idonei;
- interventi formativi di informazione e formazione dei lavoratori.

RUMORE, VIBRAZIONI E SCUOTIMENTI

Il rumore è un fattore di rischio che si è notevolmente diffuso nel comparto dell'orticoltura a seguito dell'adozione di macchine e attrezzature che espongono gli operatori ad emissioni sonore durante lo svolgimento delle operazioni. L'esposizione a rumori intensi, prolungata nel tempo, determina un danno permanente all'udito noto con il termine di ipoacusia professionale che si manifesta in modo bilaterale, simmetrico ed irreversibile.

Il danno da rumore è particolarmente insidioso in quanto si instaura lentamente e a partire dalle frequenze più elevate (superiori a quelle della voce di conversazione). Il rumore è inoltre corresponsabile di numerosi effetti indesiderati quali stress, disturbi del sonno, ansia, e molteplici altri segni e sintomi quali l'aumento della pressione arteriosa, della frequenza cardiaca, della frequenza respiratoria, della secrezione gastrica ecc. e produce difficoltà di concentrazione con un incremento del rischio infortunistico. Nel settore agricolo, l'ipoacusia da esposizione a rumore rimane, tra le tecnopatie *storiche* (senza considerare le malattie osteo-articolari e muscolo-tendinee) quella più denunciata e più indennizzata. In serra il problema è ancora più evidente a causa della riflessione delle onde sonore sul film plastico di copertura che crea un effetto riverberante, anche se la presenza delle piante tende a smorzare la riflessione cosicché l'energia acustica tende a dissiparsi velocemente.

Le attrezzature che danno luogo ai livelli più elevati di rumore sono le trattrici prive di cabina con valori di LAeq frequentemente compresi fra 85 e 95 dB(A) (in funzione anche del tipo di operatrice usata e dei parametri di esercizio della trattrice stessa), ancor più rumorose risultano le trattrici cingolate.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Occorre considerare che in serra è disagiata l'uso di DPI per l'udito, a causa del fastidio da essi provocato per la presenza di elevate temperature; per limitare il danno è necessario intervenire effettuando una riorganizzazione delle procedure di lavoro e realizzando misure adeguate di riduzione del rischio, nelle diverse fasi lavorative.

Accanto al rischio rumore occorre considerare il rischio generato dalla presenza di vibrazioni e scuotimenti, normalmente associato all'utilizzo dei macchinari e delle attrezzature utilizzate in agricoltura.

Le vibrazioni vengono distinte in vibrazioni che coinvolgono tutto il corpo (scuotimenti) e vibrazioni che interessano soltanto parti del corpo circoscritte (mano-braccio). Gli strumenti vibranti sono queglii utensili meccanici, azionati da elettricità o da aria compressa, che hanno la prerogativa di sviluppare durante il loro impiego una serie di vibrazioni che si trasmettono al tratto mano-braccio degli utilizzatori, se condotti a mano, ovvero al corpo intero se provocati dalla guida di mezzi di trasporto. Esempi tipici di strumenti in grado di trasferire ingenti quantità di energia sotto forma di vibrazioni o scuotimenti sono i motocoltivatori, gli atomizzatori a spalla o gli scuotitori.

Il rischio non si può facilmente generalizzare perché sono molteplici i fattori che determinano l'esposizione: la durata dell'esposizione, il tipo di lavorazione effettuata, le caratteristiche fisiche del terreno, la velocità di avanzamento del mezzo, il peso dell'utensile, la tensione muscolare e la postura e, non ultima, la corretta manutenzione dell'attrezzatura. In tali casi il rischio andrebbe valutato di volta in volta o mediante misu-

re ovvero ricorrendo a valutazioni estrapolate da banche dati specifiche come ad esempio quella presente sul Portale agenti fisici a cui l'Inail contribuisce fattivamente (<http://www.portaleagentifisici.it>).

BIBLIOGRAFIA

Colombini D, Occhipinti E, Fanti M. Il metodo OCRA per l'analisi e la prevenzione del rischio da movimenti ripetuti. Manuale per la prevenzione, la valutazione e la gestione del rischio. Milano: Franco Angeli Editore; 2005.

UNI EN 1005-4:2009. Criteri per la valutazione delle posture e dei movimenti lavorativi presso le postazioni di lavoro.

UNI EN 1005-5:2007. Criteri per la valutazione del rischio connesso alla movimentazione ripetitiva ad alta frequenza.

UNI ISO 11228-1:2009. Ergonomia - Movimentazione manuale - Parte 1: Sollevamento e trasporto.

BENESSERE TERMICO E CONSUMO METABOLICO NELLE ATTIVITÀ AGRICOLE IN SERRA

V. Molinaro, S. Del Ferraro

Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale - Area di ricerca "Monteporzio" (RM)

INTRODUZIONE

Nel lavoro in serra possono configurarsi delle condizioni di variabilità stagionale dei parametri termo-igrometrici che possono comportare situazioni ambientali severe con conseguente significativa sollecitazione del sistema di termoregolazione. Nella valutazione si dovrebbe tener conto adeguatamente della interazione soggetto-ambiente termico. La misura dei parametri microclimatici è utile, da un lato per poter stimare eventuali azioni sinergiche tra esposizione a PF e condizioni microclimatiche di stress che possono alterare lo strato lipidico dell'epidermide e influenzare il rateo di assorbimento cutaneo dei lavoratori esposti; dall'altro per una valutazione del rischio di esposizione ad ambienti termici. A tal fine, oltre alla misura dei parametri microclimatici all'interno della serra, è stata anche effettuata la valutazione del metabolismo e dell'isolamento termico dell'abbigliamento indossato dal lavoratore durante lo svolgimento della mansione. Noti questi parametri, è possibile calcolare gli opportuni indici di valutazione a condizioni termiche.

MATERIALI E METODI

Misure di parametri microclimatici

I parametri microclimatici sono stati rilevati mediante la centralina portatile Babuc A della LSI Lastem corredata di specifiche sonde (Figura 1).

Sono stati misurati i seguenti parametri: temperatura dell'aria, velocità dell'aria, umidità relativa, temperatura del globotermometro e, laddove necessario, è stata misurata anche la temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale. La temperatura media radiante è stata poi calcolata secondo quanto previsto dalla UNI EN ISO 7726.

Le misure sono state effettuate in diverse stagioni dell'anno (autunno/inverno, primavera, estate). È necessario segnalare la variabilità delle condizioni climatiche degli ultimi anni, pertanto le valutazioni che seguono sono



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

relative agli scenari termici che si sono presentati nei giorni in cui sono stati effettuati i rilievi.

La centralina è stata posizionata nella zona centrale della serra.

Valutazione dell'attività metabolica

Sono state considerate le seguenti attività lavorative:

1. Distribuzione dei prodotti fitosanitari: viene effettuata dal lavoratore che indossa adeguato abbigliamento protettivo da sostanze chimiche, mediante pompa a pressione.
2. Fase di *rientro*, con asportazione dello strato superficiale del terreno con rastrello a 48 ore dalla distribuzione del prodotto fitosanitario.
3. Raccolta del prodotto in cassette che, una volta riempite, vengono lasciate sul posto in attesa del trasporto.
4. Trasporto delle cassette dal punto di rilascio fino al mezzo di trasporto situato all'esterno della serra, effettuato dallo stesso operatore alla fine delle operazioni di raccolta.

Le attività lavorative citate sono state studiate applicando il Metodo 4A del Livello 4 – Expertise della UNI EN ISO 8996, secondo cui l'attività metabolica viene calcolata partendo dal dato del consumo di ossigeno.

La UNI EN ISO 8996 *Ergonomia dell'ambiente termico – Determinazione del metabolismo energetico* del 2005 suggerisce due modalità di rilevazione del consumo di ossigeno (\dot{V}_{O_2}) per la valutazione dell'attività metabolica: il metodo *parziale* per attività più leggere caratterizzate da $\dot{V}_{O_2} < 1\text{l/min}$ e il metodo *integrale* per attività più pesanti con $\dot{V}_{O_2} > 1\text{l/min}$.

Il metodo *parziale* prevede che la rilevazione di \dot{V}_{O_2} parta 5 minuti dopo che il lavoratore ha iniziato la sua attività lavorativa, tempo necessario affinché il consumo di ossigeno raggiunga il plateau (preliminary period). La rilevazione di \dot{V}_{O_2} avviene tra il 5° ed il 10° minuto di attività (main period).

Nel caso del metodo *integrale* la rilevazione di \dot{V}_{O_2} parte subito con l'inizio dell'attività lavorativa. L'attività dura circa 2 - 3 minuti (main period); al termine del periodo il lavoratore viene fatto sedere e la rilevazione dei dati continua finché non vengono raggiunti i valori a riposo (recovery period). In questo caso, quindi, le misurazioni comprendono sia il main period che il recovery period perché durante quest'ultimo viene compensato il debito di ossigeno contratto nel main period.

Sulla base delle indicazioni fornite dalla norma, le prime 3 attività sono state rilevate mediante il metodo *parziale*; all'attività di trasporto, caratterizzata da $\dot{V}_{O_2} > 1\text{l/min}$, è stato applicato il metodo *integrale*.

I rilievi dei parametri cardio-respiratori sono stati effettuati con l'ergospirometro portatile k4b2 della COSMED: è stato chiesto al lavoratore di indossare una mascherina con flussimetro e un cardio-frequenzimetro durante lo svolgimento dell'attività lavorativa, entrambi collegati tramite cavi all'unità ricevente che memorizza i dati. I principali parametri misurati sono stati il consumo di ossigeno, la produzione di anidride carbonica, la frequenza cardiaca, la ventilazione polmonare e la frequenza respiratoria.

Il tasso metabolico è stato valutato attraverso le seguenti relazioni della standard UNI EN ISO 8996:

Metodo parziale

$$RQ = \frac{EE}{V_{O_2}} \quad (1)$$

$$EE = \frac{V_{O_2} \cdot RQ}{A_{Du}} \quad (2)$$

$$V_{O_2} = \frac{V_{CO_2}}{RQ} \quad (3)$$

Dove

RQ è il quoziente respiratorio;

EE è l'equivalente energetico in watt per litro di ossigeno ($\frac{J}{L \cdot s}$);

V_{O_2} è il tasso di consumo di ossigeno, in litri di ossigeno per ora ($\frac{L}{h}$);

V_{CO_2} è il tasso di produzione di anidride carbonica, in litri di anidride carbonica per ora ($\frac{L}{h}$);

A_{Du} è la superficie corporea (*in m²*) valutata attraverso la formula di DuBois in funzione del peso corporeo (P_c in kg) e l'altezza del corpo (H_c in metri)

$$A_{Du} = 0.202 \cdot P_c^{0.725} \cdot H_c^{1.725} \quad (4)$$

Metodo integrale

$$M_s = \frac{EE}{A_{Du}} \cdot \frac{t_m}{t_r} \quad (5)$$

t_m è il principale periodo in minuti;

t_r è il periodo di recupero in minuti;

M_s è il valore del tasso metabolico a riposo citato nell'allegato D della norma ISO 8996 assunto pari a $55 \frac{J}{L \cdot s}$.

Valutazione dell'isolamento termico dell'abbigliamento

L'isolamento dell'abbigliamento indossato dal lavoratore è stato calcolato mediante la seguente relazione:

$$I_{clu,i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{I_{clu,i}}} \quad (6)$$

Dove $I_{clu,i}$ è l'isolamento termico del singolo capo che compone l'abbigliamento del lavoratore ed è stato valutato attraverso le tabelle B2 della UNI EN ISO 9920:2009.

Le valutazioni sono state effettuate tenendo conto dell'abbigliamento indossato dagli operatori nella stagione estiva ed invernale durante lo svolgimento della mansione.

Tabella 1 Valori dell'isolamento termico dell'abbigliamento per ogni mansione considerata		
Mansione	Isolamento termico espresso inClo	
	Estate	Inverno
Asportazione strato superficiale	0,55	0,8
Distribuzione prodotti fitosanitari	0,96	0,6
Raccolta prodotto	0,6	0,69
Trasporto prodotto	0,62	0,7

Valutazione del rischio

Ai fini della valutazione del rischio sono stati scelti i valori medi dei parametri microclimatici di alcuni rilievi effettuati considerando la stagione più calda. Sono state considerate le seguenti condizioni termiche e le mansioni svolte:

Tabella 2 Condizioni ambientali considerate per la valutazione del rischio						
N.	Stagione	TA in °C	TR in °C	RH in %	Va in m/s	Mansioni
1	Estate prime ore della mattina	24,6	29	85,9	0,09	- Asportazione strato superficiale
2	Estate intera mattinata	27,6	44,5	59,4	0,4	- Trasporto prodotto
3	Estate condizione peggiore	33,6	56,2	45	0,18	- Raccolta prodotto - Distribuzione prod. fitosanitari

Sono state valutate tre diverse condizioni ambientali che si sono verificate nel corso di una giornata lavorativa nella stagione estiva (n° 1, 2, 3 di Tabella 2):

- condizione 1: prime ore della mattinata con una elevata umidità relativa;
- condizione 2: intera mattinata con valori della temperatura dell'aria (TA) e della temperatura media radiante (TR) più alti rispetto alla condizione precedente;
- condizione 3: valori alti di TA e di TR, in quanto riferiti alle ore più calde.

Le condizioni relative alla stagione estiva sono state valutate in prima battuta utilizzando l'indice WBGT (wet bulbe globe temperature) descritto nella UNI EN 27243:1996, un indice empirico correlato allo stress termico a cui è sottoposto un individuo e la cui relazione analitica, nel caso di ambienti interni in assenza di irraggiamento, è:

$$WBGT = 0.7xt_{nw} + 0.3xt_g$$

dove t_{nw} è la temperatura del bulbo umido a ventilazione naturale;
 t_g è la temperatura del globotermometro.

Il valore così calcolato dell'indice WBGT viene confrontato con il valore limite riportato nel prospetto A1 dell'appendice A della norma UNI EN 27243:1996 in funzione del tasso metabolico considerato. Se i valori calcolati dell'indice WBGT risultano maggiori dei valori limite ricavati dal Prospetto A1, è opportuno effettuare valutazioni più approfondite, utilizzando modelli di calcolo più accurati.

È stato infatti applicato il modello PHS (predicted heat strain), descritto nella norma UNI EN ISO 7933:2005. La procedura di calcolo è articolata e complessa ma il modello tiene conto di fattori che rendono la valutazione degli ambienti caldi più approfondita. La procedura restituisce gli andamenti nel tempo della temperatura rettale (TRe) e della perdita totale d'acqua. Vengono considerati dei valori limite oltrepassati i quali possono crearsi condizioni di criticità per la sicurezza del lavoratore rispetto al rischio di esposizione ad ambienti severi caldi:

- per la TRe il valore limite è individuato a 38°C, oltrepassato il quale si hanno valori elevati della temperatura centrale;
- per la perdita totale di acqua il valore limite viene calcolato in funzione del peso corporeo del soggetto e della possibilità o meno che ha il lavoratore di bere. In questa sede si è assunto che il lavoratore possa bere liberamente. Con questa premessa la norma considera due limiti: il 5% della massa corporea (Dmax 95), nel caso si intenda proteggere il 95% della popolazione lavorativa, ed il 7,5% (Dmax 50) nel caso ci si riferisca ad un soggetto medio. Dmax 95 risulta più protettivo pertanto è stato considerato questo valore come limite.

Il superamento di tali limiti comporta una perdita eccessiva di liquidi che può portare il soggetto alla disidratazione.

Dal confronto tra i valori limite e l'evoluzione nel tempo di TRe e della perdita totale di acqua possono essere ottenute due stime indipendenti del tempo di esposizione massimo quotidiano rispetto all'ambiente in esame:

- Dlim TRe rappresenta il tempo dopo il quale la TRe raggiunge il valore limite;
- Dlimloss95 rappresenta il tempo dopo il quale la perdita totale di acqua supera il valore limite Dmax 95.

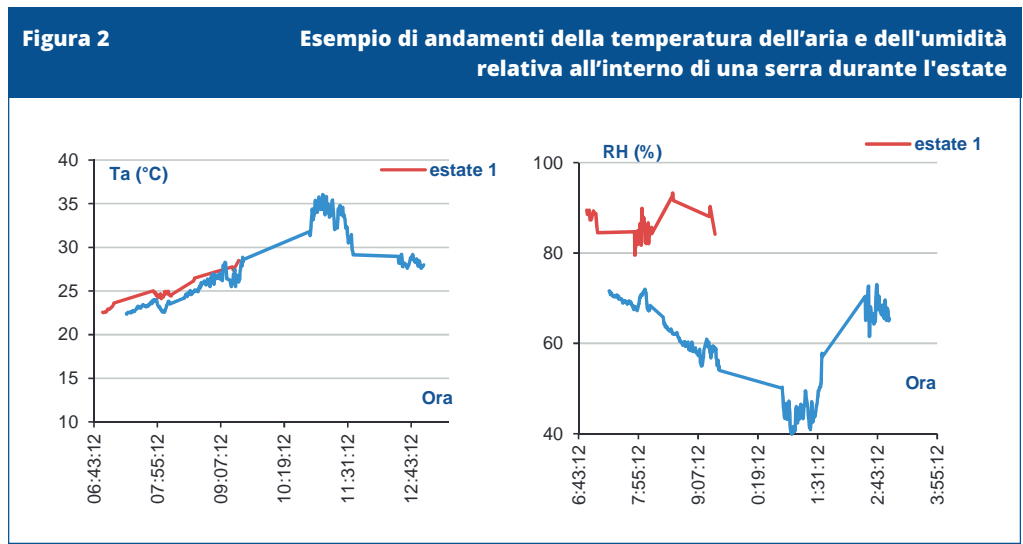
La durata della giornata lavorativa deve essere pertanto limitata ad un tempo massimo dato da:

$$D_{lim} = \min(D_{limtre}, D_{limloss95})$$

RISULTATI

I parametri microclimatici

La Figura 2 riporta alcuni esempi di misurazioni di temperatura dell'aria e dell'umidità relativa in serra effettuate nel corso della stagione estiva.

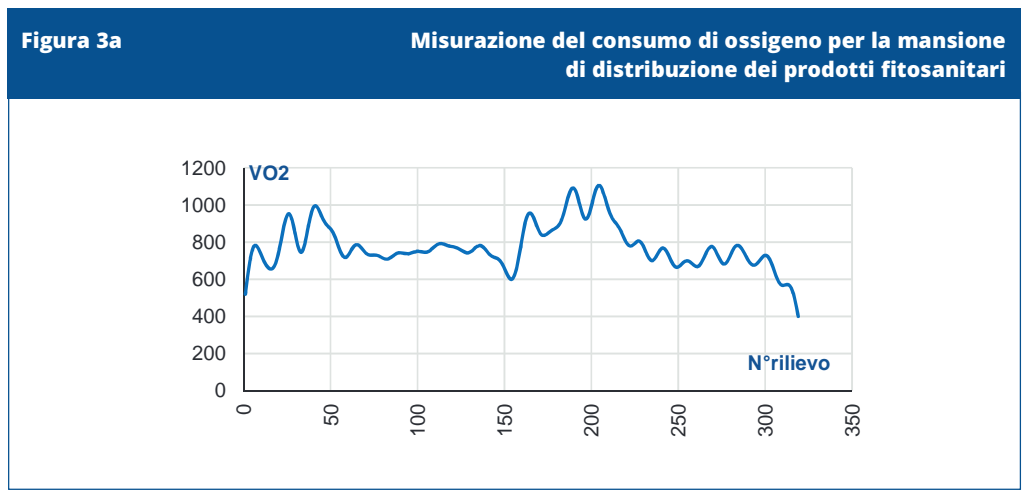


(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

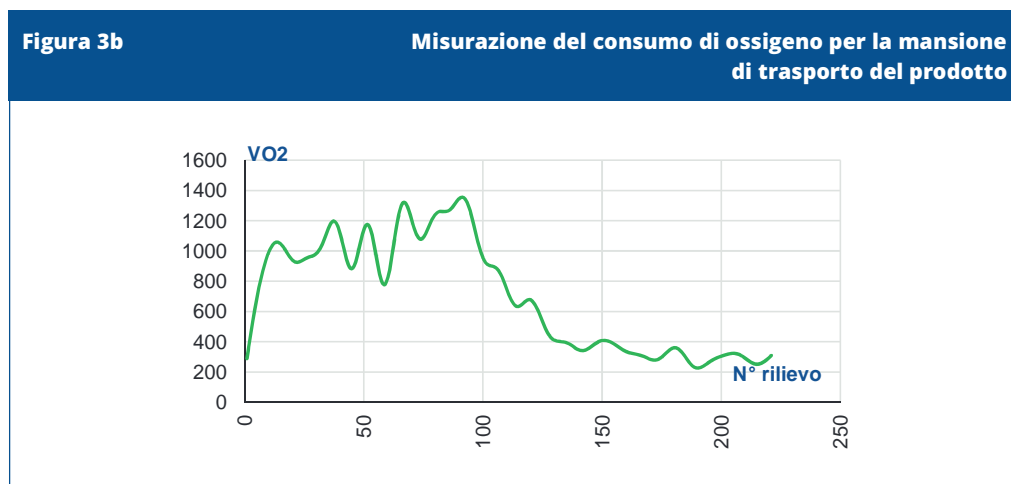
Nella Figura si evidenzia il progressivo incremento della temperatura dell'aria, particolarmente evidente nella tarda mattinata estiva durante una registrazione di lunga durata, cui corrisponde una riduzione dell'umidità relativa favorita anche da una maggiore velocità dell'aria legata, verosimilmente, all'apertura delle porte delle serre stesse.

Valutazione del metabolismo

Le Figure 3a e 3b rappresentano, a titolo di esempio, le misurazioni di consumo di ossigeno per le mansioni rispettivamente di: distribuzione dei prodotti fitosanitari (metodo parziale), e trasporto del prodotto (metodo integrale).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La Tabella 3 riporta i valori del tasso metabolico, per le quattro mansioni considerate, calcolati a partire dai valori di consumo di ossigeno, delle caratteristiche antropometriche e della superficie corporea degli operatori, secondo la metodologia descritta in precedenza.

Mansione	P in Kg	H in m	Adu in m ²	VO2 in l/h	VCO2 in l/h	RQ	M in W/m ²
Asportazione strato sup.	60	1,57	1,6	34,8	27,94	0,8	122
Distrib. prodotti fitosanitari	85	1,86	1,84	48,86	42,3	0,86	151,4
Raccolta prodotto	86	1,72	1,99	58,49	46,86	0,8	164
Trasporto prodotto	84	1,83	2,06	63,08	58,25	0,92	217,6

Si osserva che, secondo la classificazione di Tabella A 2 della norma UNI EN ISO 8996:2005, la mansione di asportazione dello strato superficiale è una mansione a basso tasso metabolico ($60 W/m^2 < M < 130 W/m^2$); le mansioni di distribuzione dei prodotti fitosanitari e di raccolta del prodotto sono a moderato tasso metabolico ($130 W/m^2 < M < 200 W/m^2$); la mansione di trasporto del prodotto è ad alto tasso metabolico ($200 W/m^2 < M < 260 W/m^2$).

Valutazione del rischio

Noti i dati di input, possono essere calcolati gli opportuni indici per valutare l'effetto termico degli ambienti individuati sull'operatore che svolge la mansione assegnata indossando l'abbigliamento individuato.

Così come descritto nella sezione relativa a *materiali e metodi*, le condizioni 1,2,3 di Tabella 2 sono state valutate utilizzando l'indice WBGT.

Gli effetti della sollecitazione termica (condizioni 1,2,3 di Tabella 2) sono stati valutati mediante indice WBGT e modello PHS.

La Tabella 4 riporta i risultati del calcolo dell'indice WBGT per le condizioni termiche considerate.

Tabella 4 Calcolo indice WBGT per le condizioni estive considerate					
N.	Condizioni termiche considerate	Ta (°C)	Tnw (°C)	Tg (°C)	WBGT (°C)
1	Estate prime ore della mattina	24,6	23,5	27,7	24,8
2	Estate intera mattinata	27,6	23,1	36,2	27
3	Estate condizione peggiore	33,6	26,7	48	33

La Tabella 5 riporta i valori limite del WBGT valutati secondo il prospetto A1 della UNI EN 27243 considerando il soggetto non acclimatato e in funzione del tasso metabolico.

Tabella 5 Calcolo valori limite dell'indice WBGT			
Mansione	M in W/m ²	Classe	WBGT lim (sogg non acclimatati)
Asportazione strato superf.	122	1	29
Raccolta prodotto	164,4	2	26
Trasporto prodotto	217,6	3	22/23
Distribuzione fitosanitari	151,4	2	26

Gli esiti dei confronti tra i valori ottenuti dal calcolo del WBGT ed i valori limite ottenuti in funzione del tasso metabolico sono riassunti nella Tabella 6, in cui vengono esplicitate, per ciascuna mansione considerata, le eventuali condizioni termiche per cui risulta che WBGT > WBGT limite e che meritano un approfondimento.

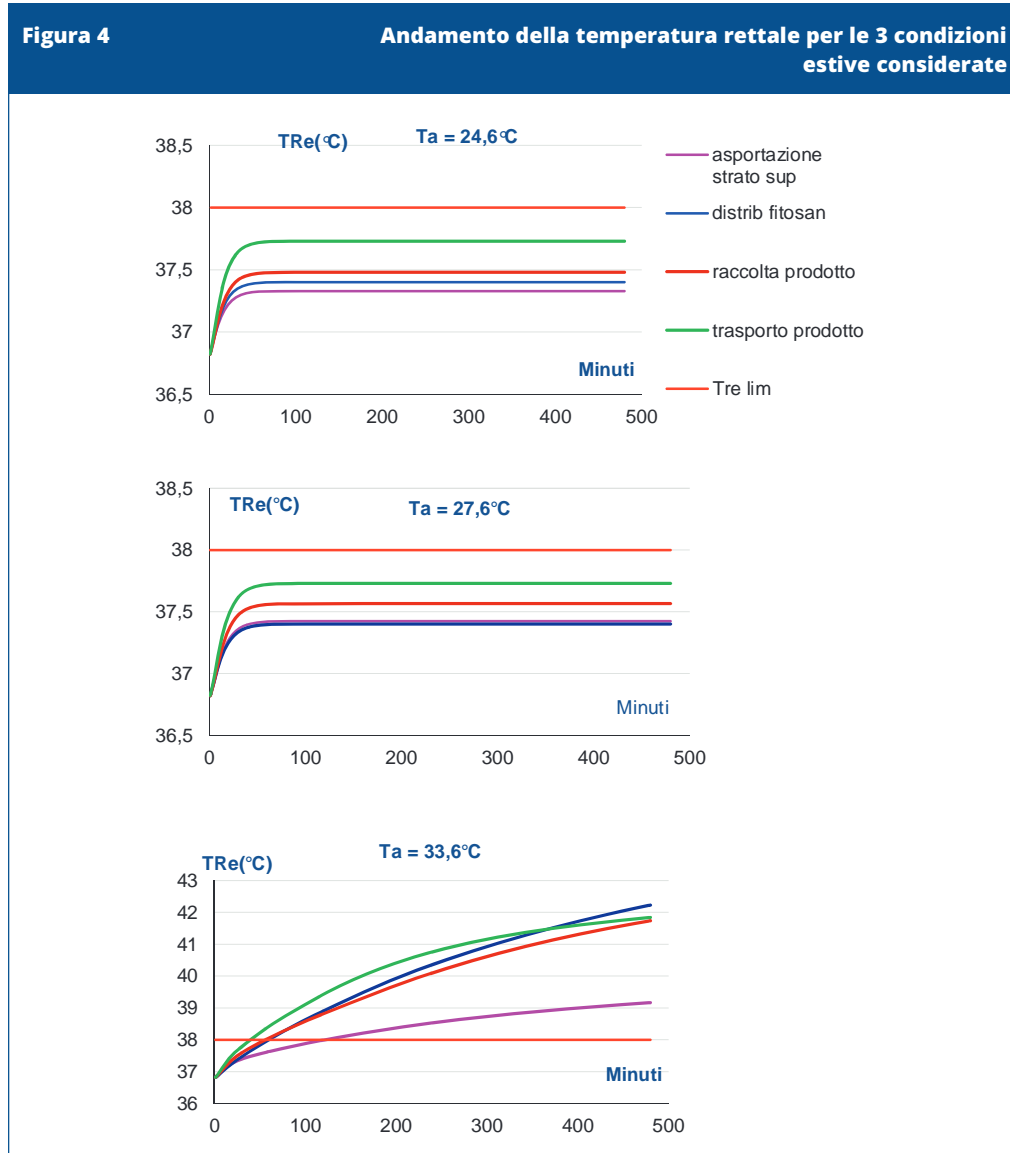
Tabella 6 Condizioni termiche per le quali risulta che WBGT > WBGT limite	
Mansione	Condizione termica in cui risulta WBGT > WBGT limite
Asportazione strato superficiale	3
Raccolta prodotto	2, 3
Trasporto prodotto	1, 2, 3
Distribuzione fitosanitari	2, 3

I risultati del calcolo del WBGT hanno evidenziato che tutte le mansioni meritano una valutazione più approfondita in quanto per tutte le mansioni esiste almeno una condizione termica, tra quelle considerate per la stagione estiva, in cui risulta WBGT > WBGT limite.

Inoltre la valutazione attraverso l'indice WBGT evidenzia che:

- la condizione termica 3 produce stress termico per tutte le mansioni lavorative considerate;
- per la mansione di trasporto del prodotto tutte le condizioni termiche producono stress per l'operatore;
- per le mansioni di raccolta del prodotto e di distribuzione dei prodotti fitosanitari solo le condizioni 2 e 3 inducono stress termico all'operatore.

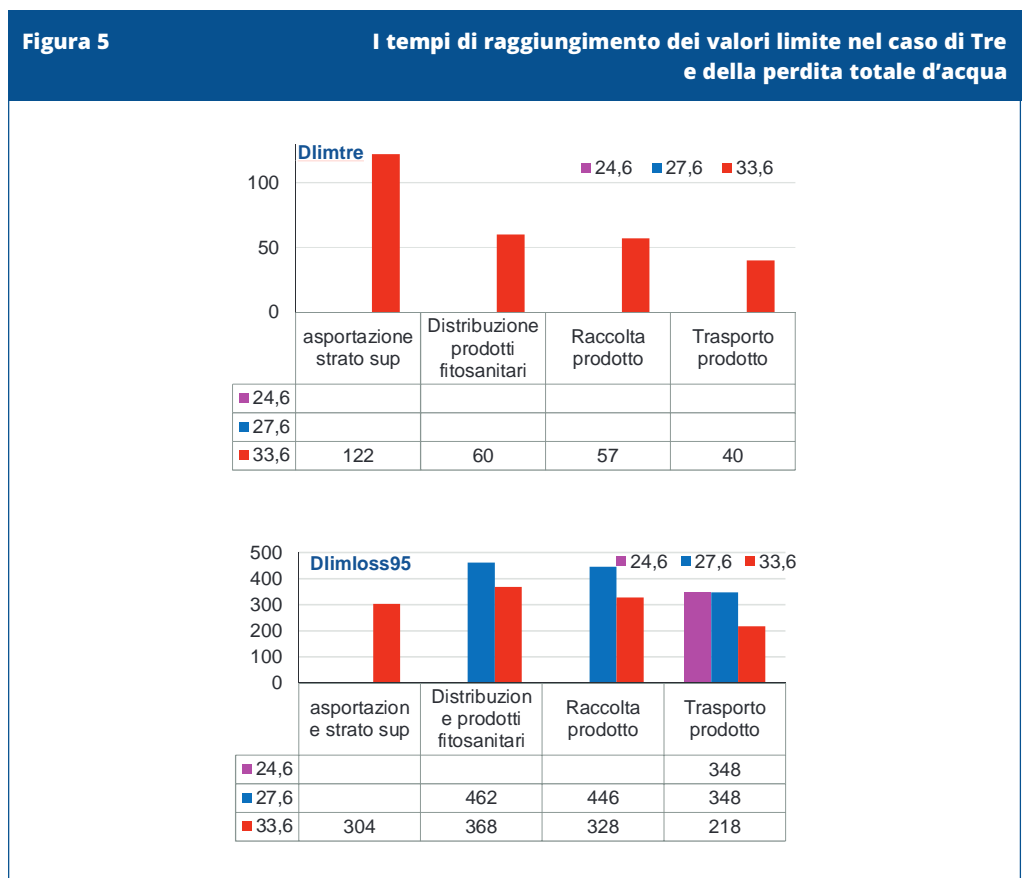
È stata quindi svolta una valutazione più approfondita applicando il modello PHS.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

La Figura 4 mostra gli andamenti delle temperature rettali per le 3 condizioni estive e per le mansioni considerate oltre al valore limite dei 38°C.

La Figura 5 mostra i tempi di raggiungimento dei valori limite per TRe e la perdita totale di acqua.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Dalla figura 5 si evince che:

- per la mansione di asportazione dello strato superficiale si raggiunge il limite solo nella condizione termica 3 (TA = 33,6°C per la temperatura rettale (Dlim = 122 minuti);
- per le mansioni di distribuzione dei prodotti fitosanitari e di raccolta del prodotto per la condizione termica 1 (TA = 24,6°C) non viene raggiunto nessun limite; per la condizione termica 2 (TA = 27,6°C) viene raggiunto il limite per la perdita totale di acqua al minuto rispettivamente 462 e 446; per la condizione 3 (TA = 33,6°C) il limite viene raggiunto dalla temperatura rettale al minuto 60 per mansioni di distribuzione dei prodotti fitosanitari e al minuto 57 per la raccolta del prodotto;

- per la mansione di trasporto del prodotto, nelle condizioni termiche 1 ($TA = 24,6^{\circ}\text{C}$) e 2 ($TA = 27,6^{\circ}\text{C}$) viene raggiunto il limite della perdita totale d'acqua al minuto 348; mentre nella condizione termica 3 ($TA = 33,6^{\circ}\text{C}$) viene raggiunto il limite per la temperatura rettale al minuto 40.

CONCLUSIONI

Dal punto di vista degli ambienti termici le serre rappresentano una realtà interessante per la varietà delle condizioni termiche che possono realizzarsi anche nell'ambito della stessa giornata. La stagione estiva rappresenta sicuramente la condizione che va valutata con maggiore attenzione: i risultati ottenuti per le condizioni termiche considerate mostrano che mansioni lavorative con tasso metabolico moderato richiedono di limitare l'esposizione dell'operatore.

VALUTAZIONE DELLA SENSIBILIZZAZIONE CUTANEA

A. Cristaudo, M. Ambrifi

Ifo-Istituto dermatologico San Gallicano-Irccs -Roma

DERMATOSI PROFESSIONALI

La dermatosi professionale è descritta come una *Patologia cutanea causata da o diversamente espressa come la risultanza di fattori primitivamente associati all'ambiente di lavoro*. Tra le dermatosi occupazionali di più comune riscontro ritroviamo le dermatiti allergiche ed irritative da contatto. Secondo la definizione Simlil 2005, la dermatite da contatto (DC) è professionale quando legata ad eventi prevedibili e pertanto non fortuiti connessi con l'attività lavorativa, la quale è causa preminente, e cioè insostituibile, anche se non unica, ed è caratterizzata da un quadro clinico molto vario. Questo polimorfismo clinico è legato a diversi fattori: suscettibilità individuale, meccanismi patogenetici, tipo di esposizione, sedi cutanee interessate, particolari noxae, fasi evolutive della DC. I fattori che favoriscono lo sviluppo di dermatiti da contatto sono rappresentati dalla presenza di uno stato atopico, patologie cutanee extraprofessionali predisponenti, la sensibilizzazione da contatto preesistente ad apteni ubiquitari e difetti della barriera cutanea.

DERMATITI DA CONTATTO

La dermatite da contatto è una reazione infiammatoria della cute ad uno stimolo esterno, che può essere causata da un meccanismo di sensibilità ritardata come nel caso della dermatite allergica da contatto (DAC), oppure da stimoli fisici e chimici, come avviene per la dermatite irritativa da contatto (DIC). La DAC è caratterizzata da una fase di sensibilizzazione che dura circa 5 - 7 giorni in cui non si osservano manifestazioni cliniche, ma gli antigeni penetrano a livello epidermico ove si legano a proteine di trasporto (proteine carrier), trasformandosi da antigeni incompleti (apteni) ad antigeni completi immunogeni. Quest'ultimi vengono captati e processati dalle cellule di Langherans dell'epidermide e presentati ai linfociti T linfonodali trasformandoli in linfociti T memoria. In una seconda fase detta *Efferente*, che ha luogo nei soggetti precedentemente sensibilizzati, vengono reclutati i linfociti T di memoria con comparsa delle lesioni cutanee in circa 12 - 48 ore dall'esposizione all'antigene. Per quanto riguarda la DIC, consegue ad un danno non immunologico, mediato da un agente irritante che applicato sulla cute in sufficienti concentrazioni e tempi, è in grado di provocare un'infiammazione. I fattori predisponenti possono essere diversi: le proprietà chi-

mico-fisiche della sostanza (peso molecolare, ph, solubilità ecc.); fattori ambientali, (temperatura, umidità e pressione), fattori individuali (età, sesso, razza, atopia), dose, tempo di esposizione, tipo di veicolo e modalità di applicazione.

VALUTAZIONE DELLA SENSIBILIZZAZIONE CUTANEA NELLE SERRE

L'ambiente di lavoro *indoor* come la serra, presenta caratteristici aspetti microclimatici che possono favorire lo sviluppo di dermatiti occupazionali, in seguito ad un maggior assorbimento cutaneo dei principi attivi dei comuni prodotti fitosanitari. L'assorbimento cutaneo è correlato all'integrità della barriera cutanea, che in particolari condizioni microclimatiche può essere alterata. La barriera cutanea, struttura collocata nel profondo dello strato corneo, modula l'interazione tra ambiente esterno ed i cheratinociti che rappresentano la parte vitale della cute. Svolge diverse funzioni: regola l'assorbimento transcutaneo e la penetrazione di sostanze esterne, contaminanti ambientali, irritanti ed inibisce o controlla la perdita idrica. La trans epidermal water loss (TEWL) ossia un'evaporazione costante ed impercettibile di acqua a livello dello strato corneo dell'epidermide, riflette l'integrità della barriera cutanea e pertanto è utilizzata come parametro di riferimento per valutare lo stato di salute della cute. Questa perdita d'acqua, unitamente alla secrezione delle ghiandole sudoripare eccrine, è responsabile dell'omeostasi termica dell'organismo. In condizioni fisiologiche il contenuto d'acqua dello strato corneo è del 20 - 35%, quando lo stato d'idratazione dello strato è inferiore al 20%, la superficie cutanea appare xerotica, si osservano desquamazione, fissurazioni e perdita di elasticità. Per quanto riguarda invece la termoregolazione, il controllo delle perdite di calore del corpo è governato dalle leggi fisiche della radiazione o irraggiamento, convezione ed evaporazione. Durante il soggiorno in ambienti caldi come le serre, l'organismo reagisce tramite una serie di meccanismi termodispersivi e si assiste alla sospensione dei processi metabolici sottesi alla termogenesi facoltativa, in particolare: la vasodilatazione cutanea, l'aumento della sudorazione, l'aumento della frequenza e della profondità del respiro e il rallentamento del battito cardiaco; tutti processi che hanno lo scopo di aumentare la dispersione del calore mediante evaporazione.

OBIETTIVO DELLO STUDIO

L'obiettivo dello studio è rappresentato dalla caratterizzazione clinica non invasiva dei parametri dermatologici di interesse nell'assorbimento cutaneo di prodotti fitosanitari presenti nella serra, dei parametri di sudorazione/idratazione/secrezione sebacea, prima ed alla conclusione della attività lavorativa; nonché dalla caratterizzazione del microclima di questo ambiente di lavoro al fine di definire un modello matematico che permetta la valutazione del rischio come funzione dei parametri microclimatici, del tempo di esposizione in serra e della concentrazione dei prodotti fitosanitari in essa

presenti. La caratterizzazione del microclima avviene mediante la misurazione, nelle serre, dei parametri fisici che caratterizzano il microclima dell'ambiente in cui operano i lavoratori: temperatura interna alla serra, umidità relativa, irraggiamento solare globale (diretto e diffuso), irraggiamento da parte del suolo. Tali parametri sono essenziali per poter modellizzare la termoregolazione che interessa i lavoratori in serra e verranno misurati sia prima dell'ingresso in serra che in alcuni momenti durante l'attività. Invece la valutazione dei parametri dermatologici di interesse si avvale di metodiche non invasive quali: la termografia tramite telecamera FLIR (tecnica diagnostica per lo studio degli organi superficiali e della circolazione cutanea); la corneometria (metodica che fornisce una stima dell'idratazione dello strato corneo epidermico), la misurazione della perdita d'acqua transepidermica (TEWL) e la sebometria (tecnica di misurazione dei lipidi presenti sulla superficie cutanea). Per quanto concerne la determinazione della sensibilizzazione cutanea ai fitofarmaci sono stati reclutati 29 lavoratori di sesso maschile, di cui 28 di nazionalità indiana ed uno di nazionalità polacca, con un'età mediana di 38 anni (range 19 - 59 anni), tutti impiegati in attività di lavoro svolte in serra. In una prima fase abbiamo sottoposto tale campione di studio ad un accurata anamnesi personale, familiare e lavorativa mediante l'ausilio di un'apposita cartella clinica. La prima parte della cartella è stata dedicata alla raccolta dei dati anagrafici e alla rilevazione di dati riguardanti la presenza di pregresse manifestazioni cutanee di natura allergica, eventuali trattamenti e test allergometrici (patch test e prick test) effettuati, e la familiarità per eczemi.

RISULTATI

Dall'indagine anamnestica è emerso che nessuno dei soggetti arruolati nello studio ha una storia o familiarità positiva per pregresse dermatiti allergiche da contatto ed inoltre non erano mai stati sottoposti a prove allergometriche. L'anamnesi lavorativa ha evidenziato una esposizione quotidiana dei lavoratori a pesticidi, diserbanti e concimi durante le mansioni lavorative che essi svolgono con l'uso di guanti di gomma. Inoltre hanno riferito di effettuare l'igiene delle mani circa due volte al giorno con l'utilizzo di comuni detergenti. Alla prima fase di raccolta dei dati anamnestici è seguito un approfondito esame obiettivo cutaneo, che ha messo in evidenza nella quasi totalità dei lavoratori un quadro clinico di fotoinvecchiamento cutaneo precoce localizzato al volto, al collo e alle estremità superiori, ossia le zone cronicamente fotoesposte. Inoltre abbiamo posto particolare attenzione all'osservazione clinica delle mani, caratteristicamente sede di dermatiti allergiche da contatto. In corrispondenza dei palmi si è evidenziata la presenza di lesioni quali xerosi, fissurazioni ed ipercheratosi mentre lentigo solari e cheratosi seborroiche ed attiniche erano situate sul dorso delle mani. Successivamente tutti i soggetti sono stati sottoposti a patch test (Figura1), (test epicutaneo gold standard nella diagnosi della dermatite allergica da contatto) specificamente realizzato per testare le sostanze a cui è esposto il personale. Il dispositivo è stato applicato in corrispondenza della regione dorsale di ciascun soggetto e la lettura del

test è avvenuta a distanza di 48 ore. Il test è stato ben tollerato, non abbiamo osservato in nessun caso dermatiti irritative da contatto da apparato testante. 28 soggetti sono risultati negativi al patch test mentre 1 soggetto ha mostrato una debole positività ai seguenti allergeni: warfarin e diclorofene.

CONCLUSIONI

Di fatto l'esposizione ai prodotti fitosanitari rappresenta un reale fattore di rischio per lo sviluppo di dermatiti allergiche da contatto occupazionali per cui la valutazione della sensibilizzazione cutanea a questi prodotti impiegati nelle serre riveste un ruolo fondamentale per l'identificazione di adeguate misure di prevenzione.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

LAVORATORI STRANIERI IN AGRICOLTURA: LA PERCEZIONE DEL RISCHIO PER LA SALUTE E SICUREZZA

A. Valenti, B. Persechino, B.M. Rondinone, G. Fortuna, S. Iavicoli

Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale – Area di ricerca “Monteporzio” (RM)

INTRODUZIONE

La vigente normativa (d.lgs. 81/2008 e s.m.i.) di tutela della salute e sicurezza sul lavoro (SSL) richiama esplicitamente una specifica attenzione ai *lavoratori provenienti da altri Paesi*, nelle fasi della valutazione dei rischi (art. 28, c. 1) e della informazione/formazione (artt. 36, c. 4 e 37 c.1), a motivo della loro maggiore vulnerabilità.

In tale ottica, nell’ambito del progetto CCM 2013 *Aspetti peculiari del lavoro in agricoltura e ricadute sul processo di prevenzione e protezione: scenari di esposizione a prodotti fitosanitari nelle lavorazioni in serra e percezione del rischio per la salute e sicurezza in lavoratori agricoli stranieri*, di cui il Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale (Dimeila) dell’Istituto nazionale per l’assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (Inail) è capofila, è stata realizzata una indagine con l’obiettivo di indagare la percezione del rischio nei lavoratori stranieri in agricoltura, settore che presenta numerosi problemi nell’ambito della gestione della sicurezza e della salute dei lavoratori, sia per i rischi specifici delle attività svolte sia per le peculiari caratteristiche dell’organizzazione del lavoro.

Tale studio trae spunto dall’indagine INSuLa - Indagine nazionale sulla salute e sicurezza sul lavoro - ad oggi considerata la principale indagine sulla percezione del rischio in Italia per numerosità del campione utilizzato e per il coinvolgimento diretto delle figure della prevenzione, finalizzata alla creazione di un sistema di rilevazione permanente della percezione del rischio per la SSL.

METODOLOGIA

Per la realizzazione dell’indagine è stato selezionato un campione di convenienza composto da 402 lavoratori stranieri con diverse tipologie contrattuali (tempo determinato, indeterminato, stagionale, ecc.), provenienti da 23 aziende agricole reclutate sui territori cremonese e mantovano. L’indagine si è svolta tramite compilazione di un questionario on line. Il questionario, strutturato in domande a risposta chiusa, è organizzato nelle seguenti cinque sezioni:

1. dati aziendali (6 item);

2. dati personali e socio-demografici (16 item);
3. impatto sulla salute psicofisica (5 item);
4. condizioni lavorative (7 item);
5. percezione del rischio ed esposizione a fattori di rischio (15 item);
6. normativa di salute e sicurezza sul lavoro e sua applicazione (13 item).

Il questionario di rilevazione, tradotto in lingua araba e *punjab* (lingue di riferimento della maggioranza degli intervistati), è stato sempre somministrato *face to face* alla presenza di un medico del lavoro, un assistente sanitario o infermiere professionale e una mediatrice culturale di lingua araba o *punjab*, a seconda del caso. La somministrazione del questionario, avvenuta nel periodo luglio-ottobre 2015, è stata preceduta da una indagine pilota con l'obiettivo di ottimizzare lo strumento di indagine, soprattutto in riferimento alla comprensione e al flusso delle domande.

RISULTATI

Dati aziendali

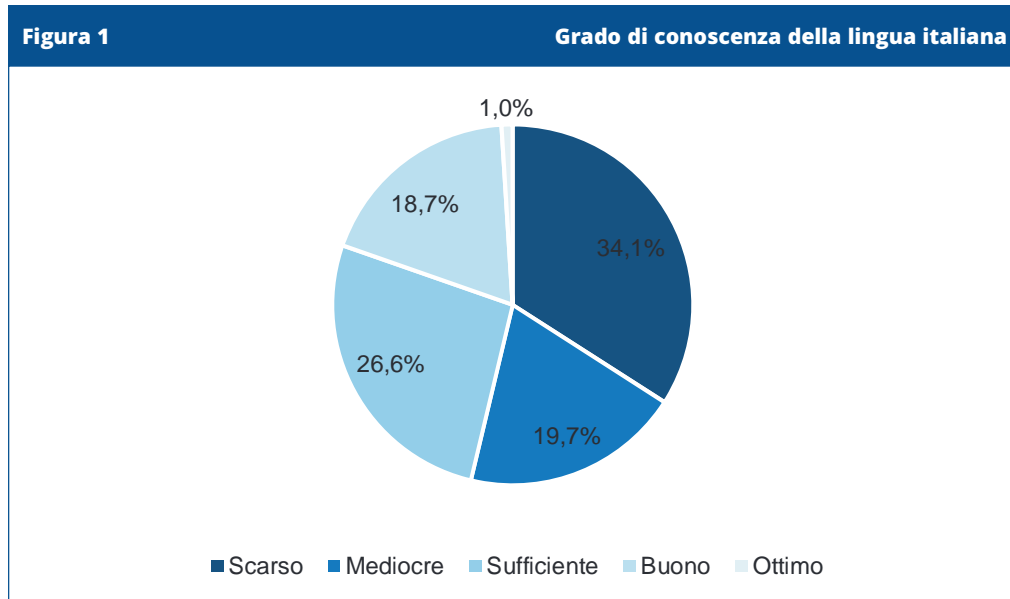
Per quel che concerne caratteristiche aziendali sono state considerate alcune variabili, tra cui la dimensione aziendale, la tipologia di coltivazione e la tipologia contrattuale del lavoratore straniero. La maggior parte del campione (61,2%) proviene da aziende di medie dimensioni (50 - 249 addetti). Per quel che riguarda la tipologia contrattuale, gran parte del campione (96,5%) ha un contratto stagionale. In merito al tipo di coltivazione, emerge, dall'analisi delle frequenze, che il 49,7% si occupa della raccolta di ortaggi, il 47,3% è impiegato per la raccolta di meloni/angurie/zucche e il 3,0% si occupa di altri raccolti.

Dati personali e socio-demografici

Rispetto alle caratteristiche personali e socio demografiche, risulta che il 94,8% è di sesso maschile e il 5,2% di sesso femminile. Rispetto all'età, il 41,3% ha un'età compresa tra 25 e 34 anni, segue il 31,6% con 35 - 44 anni, il 16,6% con età compresa tra 45 e 54 anni. Il 9,0% si colloca nella fascia di età più giovane (16 - 24 anni) e l'1,5% nella fascia di età più anziana (55 - 64 anni). In merito alla provenienza geografica, il 59,2% proviene dall'India, il 15,4% dal Marocco, il 15,2% dal Bangladesh, il 4,2% dalla Romania. Il restante 6,0% appartiene ad altri paesi (tra cui Albania, Bolivia, Cambogia, Costa d'Avorio, Egitto, Kosovo, Macedonia, Mauritius, Moldavia, Serbia e Ucraina).

Dall'analisi delle frequenze emerge che poco meno della metà del campione (47,8%) vive in Italia da 6 - 10 anni, il 23,4% da 1 - 5 anni, e il 18,4% da 11 - 15 anni. Il 9,7% risiede da più di 15 anni e solo lo 0,7% da meno di un anno.

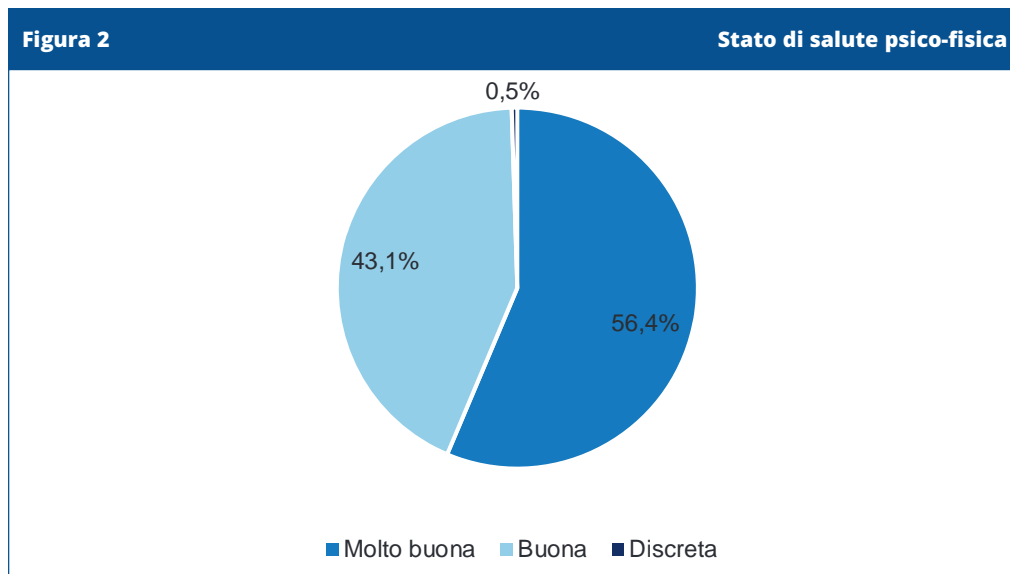
Approfondendo sul grado di conoscenza della lingua italiana, più del 34% degli intervistati lo giudica *scarso*, il 26,6% lo considera *sufficiente*, il 19,7% *mediocre* ed il 18,7% *buono*. Solo l'1,0% lo ritiene *ottimo* (Figura 1). Emerge, tuttavia, che il 75,5% non ha mai frequentato corsi per l'apprendimento dell'italiano.



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Impatto sulla salute psicofisica

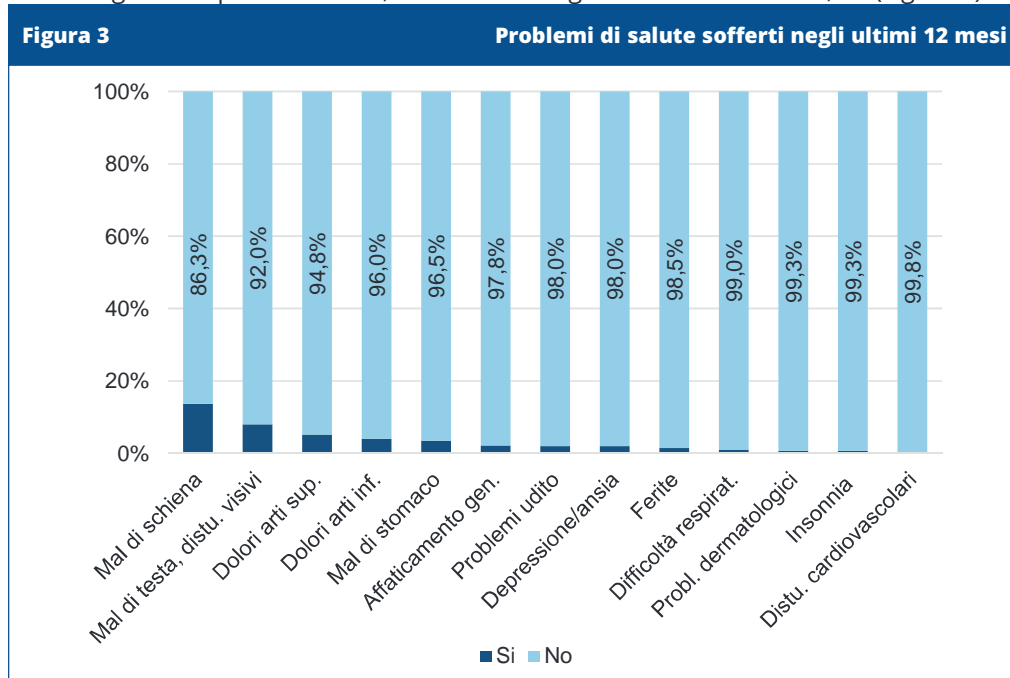
Relativamente alla salute psico-fisica, il 56,4% la considera molto buona, il 43,1% buona e lo 0,5% discreta (Figura 2).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Emerge un'associazione statisticamente significativa con il paese di provenienza ($p < 0,001$). L'India è il paese in cui si registra la più elevata percentuale di soggetti che ritengono la propria salute molto buona (67,1%), seguito dal Bangladesh con il 45,9%. Il Marocco e la Romania si attestano sul 37,5% circa.

Indagando sulla presenza di alcuni problemi in particolare emerge che le percentuali di coloro che dichiarano di soffrire di un problema di salute sono tutte contenute al di sotto del 14%, che si riscontra nel caso del mal di schiena. Segue il mal di testa con l'8,0%, i dolori degli arti superiori con il 5,2% e i dolori degli arti inferiori con il 4,0% (Figura 3).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Infine, si chiede agli intervistati di specificare a chi si rivolgono quando hanno problemi di salute, dando la possibilità di scegliere più di una risposta. La risposta scelta con frequenza maggiore è il medico di medicina generale (MMG), scelto dal 76,8% dei soggetti intervistati. Meno del 15% dei casi non si rivolge a nessuno, il 10,7% si rivolge all'ospedale o al pronto soccorso, il 3,5% a familiari ed amici.

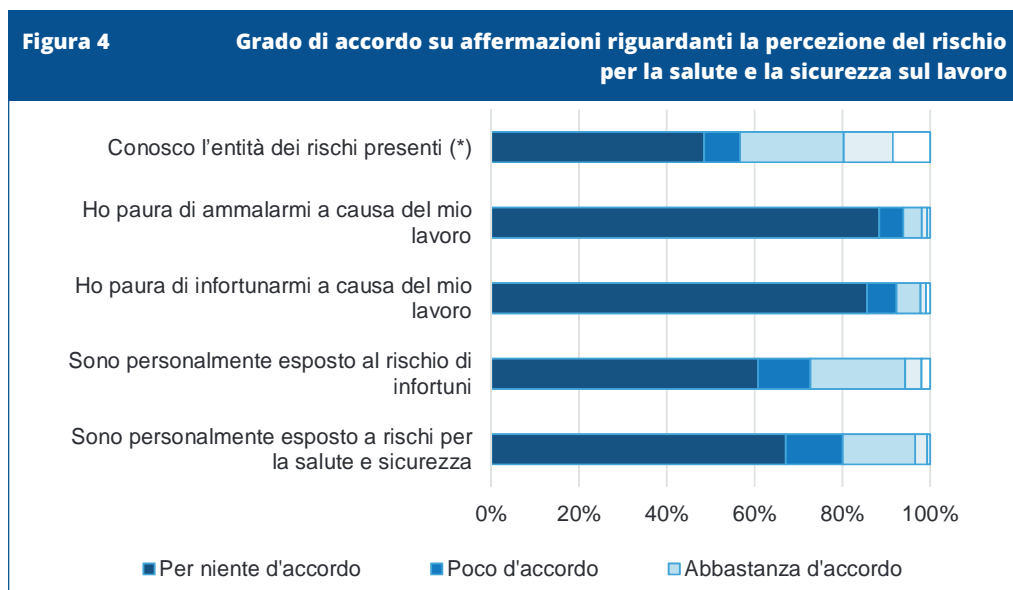
Condizioni lavorative

Nella sezione riguardante le condizioni lavorative si inizia chiedendo quante ore lavorano in media al giorno e quanti giorni, mediamente, lavorano a settimana. Dall'analisi sul campione generale si ottiene che il numero medio di ore giornaliere lavorate è pari a 7,4 ed il numero di giorni lavorati mediamente a settimana sono 5,3. Per quel che riguarda il numero di giorni lavorati a settimana, il numero significativamente maggiore rispetto a

tutti gli altri paesi si registra nei lavoratori indiani (5,7 giorni) contro i 4,8 giorni di quelli di altri paesi, i 4,0 giorni dei rumeni e i 3,9 giorni dei lavoratori del Bangladesh. Alla domanda in cui si chiede se le condizioni di lavoro sono le stesse dei colleghi italiani, il 93,3% risponde in maniera affermativa contro il 6,7% che ritiene il contrario.

Percezione del rischio e esposizione a fattori di rischio

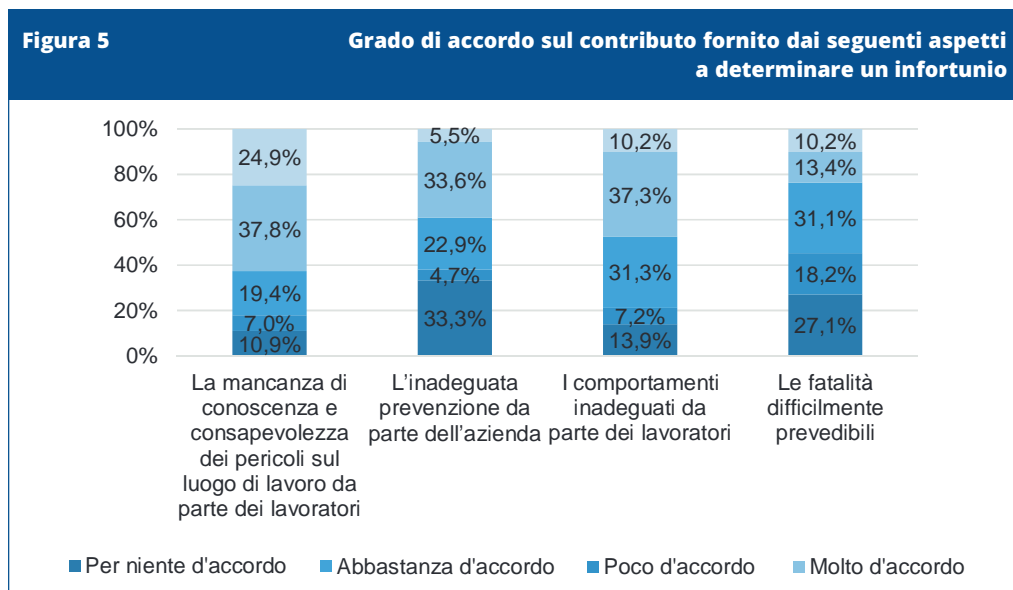
In quest'area sono indagate le percezioni dei lavoratori in merito alle condizioni di rischio per la salute e la sicurezza presenti sul posto di lavoro. Sono stati quindi indagati sia il punto di vista dei rispondenti rispetto alla presenza dei rischi per la salute e la sicurezza nella propria azienda sia la misura in cui ritengono di essere esposti personalmente a tali rischi e di conoscerne l'entità. Inoltre è stato indagato il grado di preoccupazione dei lavoratori di ammalarsi o di infortunarsi a causa del lavoro svolto. Come si nota dalla Figura 4, gran parte dei rispondenti non è d'accordo o lo è poco, sulla presenza di rischi per la salute e la sicurezza dei lavoratori (73,3%), si sente per niente o poco esposto personalmente a rischi per la salute e la sicurezza (80,1%) o al rischio infortuni (72,7%). Le percentuali di coloro che hanno espresso un parere di accordo (molto d'accordo e completamente d'accordo) alle affermazioni suddette sono rispettivamente 13,5%, 3,4% e 5,7%. Solo il 19,7% si dichiara molto e completamente d'accordo con l'affermazione relativa alla conoscenza dei rischi presenti in azienda, il 23,6% si dice abbastanza d'accordo, mentre oltre la metà del campione (56,7%) si ritiene per niente e poco d'accordo. Percentuali elevate di soggetti dichiarano di non aver



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

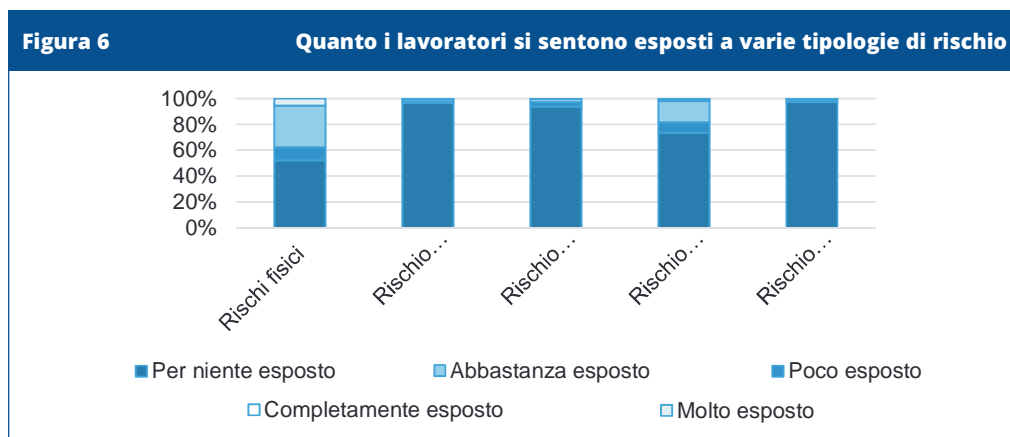
(*) Nell'affermazione Conosco l'entità dei rischi presenti il polo negativo (per niente d'accordo, poco d'accordo) esprime una condizione positiva e il polo positivo (molto d'accordo, completamente d'accordo) una condizione negativa, al contrario delle altre affermazioni presenti nel grafico per le quali il polo negativo esprime una condizione negativa e, viceversa, il polo positivo esprime una condizione positiva.

paura di infortunarsi (92,3%) e di ammalarsi (93,9%) a causa del proprio lavoro. Per quanto riguarda il contributo apportato da alcuni aspetti nel determinismo di un infortunio dalla Figura 5 si noti che il 62,7% dei soggetti è molto e completamente d'accordo sull'affermazione che la mancanza di conoscenza dei pericoli sul luogo di lavoro da parte dei lavoratori possa determinare un infortunio. Tale percentuale si attesta sul 47,5% per i comportamenti inadeguati da parte dei lavoratori e al 39,1% per l'inadeguata prevenzione da parte dell'azienda. In coda si colloca l'aspetto relativo alle fatalità difficilmente prevedibili (23,6%).



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

Relativamente all'esposizione ad alcuni fattori di rischio, per il rischio biologico, il rischio chimico e il rischio *stress* lavoro-correlato, la percentuale di coloro che si sentono *per niente esposti* rappresenta quasi la totalità del campione, essendo rispettivamente del 93,8%, 96,4% e 97,3%. Per il rischio biomeccanico tale percentuale scende



(Inail - Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale)

al 73,4% e per i rischi fisici al 52,1% (Figura 6).

Relativamente alla segnaletica di sicurezza presente in azienda, essa risulta abbastanza chiara al 43,4% dei soggetti intervistati e molto chiara al 49,0%. Nessuno ha indicato la risposta *per niente*, il 2,7% ha ritenuto che la segnaletica in azienda sia poco chiara, il 2,2% completamente chiara ed il 2,7% non sa esprimersi. Per quel che riguarda l'utilizzo di sostanze chimiche, emerge che ne fa uso solo il 3,0% del campione, a prescindere dalla classe di età e dalla provenienza geografica. Inoltre, solo il 2,5% del campione di soggetti intervistati è in possesso del patentino per l'uso di pesticidi. Invece, in merito all'uso di DPI sono utilizzati abitualmente dall'81,6% del campione, il 3,7% li usa occasionalmente, l'1,5% li usa solo se obbligatori, l'1,5% non li utilizza e l'11,7% non li ha ricevuti dall'azienda.

Normativa di salute e sicurezza sul lavoro e sua applicazione

Per quanto concerne la normativa, si indaga sul grado di conoscenza della stessa da parte degli intervistati. Alla domanda 'Sei al corrente dell'esistenza in Italia di una legge - cosiddetto decreto 81 - che regola la salute e la sicurezza nei luoghi di lavoro?' Emerge che ne è al corrente solo il 16,0% contro l'84,0% che dichiara di non esserne al corrente.

Si chiede, inoltre, se hanno partecipato a corsi di formazione finalizzati a fornire indicazioni e strumenti per la tutela della SSL. Il 33,3% afferma che l'azienda ha organizzato corsi di formazione, ma non vi ha partecipato, il 32,3% che l'azienda ha organizzato corsi chiari ed adeguati al livello linguistico, il 30,6% che l'azienda non ha organizzato corsi di formazione. Inoltre, il 3,0% afferma che l'azienda ha organizzato corsi ed infine lo 0,7% ritiene che i corsi organizzati dall'azienda siano stati poco chiari. In merito alla conoscenza delle procedure per la prevenzione degli incendi e la gestione delle emergenze nel luogo di lavoro, il 46,0% le conosce contro il 54,0% che dichiara di non

conoscerle. Le procedure per il primo soccorso, invece, sono conosciute dal 68,2% del campione contro il 31,8% che dichiara di non conoscerle. Il 95,3% del campione totale è stato visitato almeno una volta dal MC dell'azienda presso cui lavora. Il 4,7% dichiara di non essere stato mai visitato.

CONCLUSIONI

Partendo dal presupposto che un'efficace azione preventiva non possa prescindere dalle valutazioni della percezione del rischio e del fabbisogno formativo in particolare, per i lavoratori stranieri che operano in un settore - quale quello dell'agricoltura - ad elevato indice infortunistico, le indicazioni emerse dal presente studio possono apportare un importante contributo per l'individuazione o l'implementazione di adeguate strategie e strumenti di prevenzione.

Tuttavia, i risultati preliminari dello studio depongono per un approfondimento attraverso analisi secondaria al fine di contribuire alla implementazione e ottimizzazione degli strumenti preventivi, in considerazione delle peculiarità che contraddistinguono la tipologia di lavoratore ed il settore agricolo.

BIBLIOGRAFIA

Persechino B, Rondinone BM, Valenti A et al. Salute e sicurezza sul lavoro: la percezione del rischio in lavoratori agricoli immigrati (abstract). 79° Congresso nazionale SIM-LII. Roma, 21-23 settembre 2016.

Rondinone BM, Persechino B, Boccuni F et al. Indagine nazionale sulla salute e sicurezza sul lavoro. Lavoratori e datori di lavoro. Milano: Tipolitografia Inail; 2014.

IL RISCHIO ONCOLOGICO DA PESTICIDI

S. Tomao, A. Papa

Università degli Studi di Roma La Sapienza

INTRODUZIONE

L'insorgenza di tumori è provocata da fattori ereditari, che non possono essere modificati e da fattori ambientali e comportamentali, che sono potenzialmente modificabili e controllabili. Si stima che all'insieme dei fattori ambientali e comportamentali sia attribuibile circa l'80 - 90% di tutti i tumori che insorgono nella popolazione generale. Con il termine *cancerogeno* s'identifica la capacità di un agente di indurre o di promuovere tumori, cioè di favorire il processo di cancerogenesi nei diversi stadi del suo sviluppo.

Gli agenti cancerogeni sono, per lo più, di natura chimica, fisica e biologica, ma vengono considerate *agenti* anche alcune circostanze d'esposizione: con il termine *agenti cancerogeni occupazionali* si definiscono, quindi, quegli agenti e circostanze di esposizione risultati associati all'insorgenza di tumori in studi epidemiologici che hanno esaminato gruppi di lavoratori esposti per motivi lavorativi, oppure in adeguati studi a lungo termine con animali da esperimento, anche se le prove risultanti dagli studi epidemiologici sono limitate.

Una valutazione del rischio associato all'esposizione ad agenti cancerogeni nell'ambiente di lavoro è effettuata dall'Associazione americana degli igienisti industriali (Acgih) e dal National institute of occupational safety and health (Niosh) degli USA (<http://www.cdc.gov/niosh/topics/cancer/npotocca.html>).

Varie organizzazioni, a livello nazionale ed internazionale, deputate a valutare i rischi per l'uomo, derivanti dall'esposizione a sostanze chimiche, hanno valutato alcuni principi attivi o classi chimiche in base alla loro cancerogenicità (Iarc 1983, 1986, 1991; Epa, NTP). Numerosi principi attivi sono stati classificati dalla Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (Iarc) ed altre agenzie nazionali ed internazionali come certi, probabili o possibili cancerogeni, sulla base soprattutto dell'evidenza derivante dagli studi sperimentali su animali da laboratorio. A seguito di queste valutazioni alcune sostanze sono state bandite, o ne è stato limitato l'uso, sia in Europa che negli USA.

I principali organismi che si occupano di fare una valutazione del rischio cancerogeno di agenti e circostanze di esposizione sono il National toxicology program (NTP) degli USA (<http://ntp.niehs.nih.gov/pubhealth/roc/index.html>) e l'Iarc, con le sue Monographs on the evaluation of carcinogenic risk of chemicals to humans (<http://monographs.iarc.fr/>).

NEOPLASIE PROFESSIONALI

I tumori professionali sono neoplasie nella cui genesi ha agito come causa (condizione necessaria all'avvenimento della lesione) o concausa (condizione necessaria, ma non sufficiente all'avvenimento della lesione) l'attività lavorativa con esposizione ad agenti cancerogeni.

Possono essere individuati 5 criteri che definiscono la rilevanza causale del lavoro:

- consistenza, ossia l'associazione dimostrata in più studi;
- forza, basata sull'osservazione dell'aumento della probabilità con l'aumento del rischio relativo e in presenza di gradiente dose-effetto;
- specificità, ossia corrispondenza di una specifica esposizione con una specifica malattia;
- temporalità, per cui la causa deve precedere l'effetto;
- coerenza, ossia plausibilità biologica.

Il lavoro rientra, pertanto, nella complessa rete delle cause dei tumori, come un fattore suscettibile di essere modificato con interventi tecnici, organizzativi e procedurali.

I vari fattori non devono comunque essere considerati indipendenti e mutuamente esclusivi: l'esposizione a cancerogeni nell'ambiente di lavoro avviene, pressoché sempre, unitamente ad altre esposizioni ed è difficile distinguere il peso dell'una e delle altre nel processo di causalità di molti tumori. Per alcuni di essi, il ruolo delle esposizioni lavorative è chiaramente documentabile e documentato, per altri lo è meno: è, per esempio, incerto il ruolo di fattori come lo stress e l'alterazione dei ritmi circadiani nella genesi del tumore della mammella.

In modo semplificato e con lo scopo di dare un peso alle diverse componenti causali, sono state fatte stime della quota di tumori attribuibile a vari fattori ambientali: quella attribuibile alle esposizioni professionali, nelle nazioni industrializzate, considerando insieme uomini e donne, oscilla tra il 2 e l'8%; è una quota non piccola se si pensa che questi tumori, che non sarebbero insorti se non avessero avuto luogo le esposizioni responsabili, riguardano prevalentemente le fasce di popolazione socialmente ed economicamente più svantaggiate.

PESTICIDI IN AGRICOLTURA

Il termine *pesticida* è genericamente usato per indicare tutte le sostanze che interferiscono, ostacolano o distruggono organismi viventi (microrganismi, animali, vegetali). Pesticidi usati in agricoltura (meglio indicati come *fitofarmaci*) sono tutte quelle sostanze che caratterizzano l'agricoltura su base industriale (diserbanti, fungicidi, agenti chimici usati per difendere le colture da insetti, acari, batteri, virus, funghi e per controllare lo sviluppo di piante infestanti). I fitofarmaci sono per la massima parte sostanze tossiche, persistenti, bioaccumulabili che hanno un impatto sulle proprietà fisiche e

chimiche dei suoli e sono spesso estremamente nocive non solo per la salute dell'uomo, ma per l'intero ecosistema e per qualunque organismo vivente.

Purtroppo l'uso di queste molecole si va sempre più estendendo e di fatto la chimica nell'agricoltura industriale sostituisce ormai il lavoro dell'uomo. Basti pensare al fatto che si va perdendo l'abitudine di tagliare l'erba e l'uso del diserbo chimico sta dilagando: le strisce giallo/rossastre che segnano non solo campi e vigneti, ma anche cigli, binari ed i margini di ormai quasi tutte le strade ed autostrade italiane sono la tragica traccia di come un erbicida - il glifosate (roundup), i cui effetti anche sulla salute umana sono da tempo segnalati sia stato sparso per ogni dove, anche in prossimità di corsi di acqua. Il capostipite di tali sostanze è un erbicida tristemente famoso usato massicciamente durante la guerra del Vietnam per irrorare le boscaglie. Tale pesticida, conosciuto come *Agente Orange* per il colore delle strisce presenti sui fusti usati per il suo trasporto è prodotto da una multinazionale, la Monsanto, ampiamente discussa e con grandi interessi tutt'oggi nel campo dei pesticidi e degli OGM. L'Agente Orange era una miscela all'incirca 1:1 degli erbicidi 2,4 D (acido-2,4-diclorofenossiacetico) e 2,4,5-T (acido-2,4,5-triclorofenossiacetico) ed i suoi effetti sono purtroppo ancora presenti sulle popolazioni, sui reduci di guerra e sui loro discendenti a distanza di oltre 40 anni dal suo spargimento.

PESTICIDI ED EFFETTI SULLA SALUTE

Le molecole dei pesticidi sono estremamente nocive non solo per la salute umana ma anche per tanti organismi viventi a causa delle loro particolari caratteristiche biochimiche:

- persistenza nel suolo e nelle acque con danni diretti e permanenti agli ecosistemi acquatici (pesci, anfibi ecc.);
- bioaccumulo in tessuti animali (es. *Dreissena Polymorpha*);
- insorgenza di resistenze e necessità quindi di prodotti sempre più potenti;
- tossicità a largo spettro in grado di distruggere indistintamente molte specie di insetti anche utili (bombi, farfalle, api) come avviene ad esempio nel caso della moria di api da neonicotinoidi (usati per la concia delle sementi del mais o per la flavescenza della vite).

Gli effetti esercitati sugli organismi superiori (quindi anche sull'uomo) da parte di queste molecole sono molto complessi e difficili da valutare. Si registrano effetti anche a dosi infinitesimali (per l'atrazina sono descritti effetti a dosi 30.000 volte inferiori ai limiti di legge) e vengono in genere valutati per ogni singolo principio attivo, anche se in realtà siamo esposti a veri e propri cocktail di molecole. Quasi tutte queste sostanze rientrano fra gli *endocrin disruptors*, (EDC) ovvero *interferenti* o *disturbatori endocrini*. L'Istituto superiore di sanità definisce gli interferenti endocrini *sostanza esogena, o una miscela, che altera la funzionalità del sistema endocrino, causando effetti avversi sulla salute di un organismo, oppure della sua progenie o di una (sotto)popolazione*.

Queste sostanze quindi possono non solo esplicare effetti negativi sull'individuo espo-

sto, ma, agire sulle stesse cellule germinali, determinando alterazioni che si trasmettono alle generazioni successive attraverso modificazioni di tipo epigenetico.

Tutto ciò apre ovviamente scenari ancor più preoccupanti in quanto siamo di fronte alla possibilità di una amplificazione del danno e alla sua trasmissibilità attraverso le generazioni e dà ragione della crescente attenzione e preoccupazione circa gli effetti di queste molecole specie sulle frange più sensibili della popolazione: feti, neonati, bambini, donne. Tali effetti si manifestano spesso tardivamente (anche dopo decenni) e variano non solo in base alla durata, al tipo di sostanza e alla loro quantità, ma anche a seconda del momento in cui avviene l'esposizione. Gravidanza, allattamento, vita fetale, infanzia e pubertà sono momenti cruciali, *finestre espositive*, in cui il contatto con tali agenti può comportare effetti particolarmente gravi. È stato recentemente dimostrato che l'esposizione a DDT (un agente in uso come insetticida negli anni '50 che - anche se bandito da anni - ancor oggi è presente nelle matrici ambientali) è correlato ad un aumentato rischio di cancro mammario se l'esposizione è avvenuta in età prepubere.

In sintesi i principali danni per la salute umana per esposizione a tali sostanze sono stati identificati in:

- diminuzione fertilità maschile;
- abortività spontanea, endometriosi, gravidanza extrauterina, parto pre termine;
- disturbi autoimmuni;
- aumentato rischio di criptorchidismo e ipospadia;
- diabete/ alcune forme di obesità;
- elevato rischio di tumori;
- deficit cognitivi e disturbi comportamentali;
- patologie neurodegenerative;
- disfunzioni ormonali (specie alla tiroide) sviluppo puberale precoce.

Principali gruppi di pesticidi con azione di endocrine disruptors

- Insetticidi clorurati (lindano, dieldrin);
- Fungicidi (vinclozolin, linorun);
- Trazoli (ciproconazolo);
- Imidazoli (imizalol);
- Triazine (atrazina, simazina);
- Etilene bisditiocarbammatil (mancozeb);
- Coformulanti (alchifenoli).

Oltre a svolgere il ruolo negativo di *endocrine disruptors* è ormai assodato che molti di questi agenti hanno anche una azione mutagena e cancerogena e numerosissimi sono i tipi di cancro messi in relazione col loro uso per esposizioni professionali, ma non solo.

PESTICIDI E CANCEROGENICITÀ

Oltre agli studi sperimentali su animale anche le indagini epidemiologiche hanno con-

tribuito ad aumentare le conoscenze sulla cancerogenicità di queste sostanze. Gli studi di coorte sugli agricoltori, come mostrano due meta-analisi e recenti studi anche Italiani, hanno evidenziato che questi lavoratori presentano un quadro di mortalità per tutte le cause, per quelle tumorali e per alcuni specifici tumori (polmone, vescica, fegato, colon, esofago, rene) in difetto rispetto alla popolazione generale. Accanto a questo quadro favorevole bisogna segnalare però che altre specifiche cause risultano essere in eccesso; in particolare la mortalità per infortuni e per quanto riguarda i tumori soprattutto i tumori del sistema emolinfopoietico, come il linfoma non Hodgkin (LNH), le leucemie, il mieloma multiplo ma anche il tumore della prostata, della cute, i tumori del tessuto connettivo, del labbro, del rene, dello stomaco e del cervello. Oltre ai prodotti fitosanitari, altri fattori di rischio (radiazione solare, virus ecc.) sono stati messi in relazioni con questi incrementi.

È stato comunque soprattutto attraverso gli studi epidemiologici di tipo caso controllo che sono stati messi in evidenza incrementi di patologie tumorali in gruppi di lavoratori esposti professionalmente ad alcune specifiche classi chimiche di pesticidi. In particolare gli studi epidemiologici hanno messo in evidenza incrementi di rischio per sarcomi dei tessuti molli (STM) e per LNH ed esposizione ad erbicidi clorofenossiacetici; l'esposizione ad insetticidi organo-clorurati è stata associata ad incrementi di rischio per STM, LNH, leucemie e, anche se l'associazione è meno consistente, con il tumore del polmone e della mammella; i composti organofosforici sono stati messi in relazione con l'insorgenza di LNH e leucemie, tra gli erbicidi la classe delle triazine è stata messa in relazione con il tumore dell'ovaio; aumenti di rischio per il tumore della prostata sono stati associati all'uso di pesticidi appartenenti alle classi degli organofosfati e organoclorurati. Non tutti gli studi però sono concordi nel dimostrare queste associazioni.

Uno dei punti cruciali degli studi epidemiologici su tumori e pesticidi rimane la definizione dell'esposizione, data la difficoltà a studiare situazioni in cui l'esposizione è molto complessa e conseguentemente a individuare associazioni con specifiche sostanze. I recenti studi condotti, anche in Italia, sull'argomento hanno cercato di affrontare con nuovi approcci metodologici tali difficoltà. Tra gli studi italiani lo *Studio caso-controllo multicentrico sulle neoplasie maligne del sistema emolinfopoietico (HLMP)* condotto in 11 aree (tra cui Firenze e Siena per quanto riguarda la Toscana), con l'obiettivo principale di studiare l'associazione tra HLMP e l'esposizioni a pesticidi e solventi, e lo *Studio multicentrico caso controllo sul rischio cancerogeno associato all'esposizione a pesticidi* condotto in 5 aree italiane tra cui Pistoia e Pescia in Toscana hanno condiviso la stessa metodologia innovativa nella definizione dell'esposizione. Lo studio multicentrico sulle neoplasie maligne del sistema emolinfopoietico ha messo in evidenza aumenti di rischio di HLMP tra i soggetti esposti a fungicidi appartenenti alle classi chimiche dei nitroderivati e fenilimmidi; a insetticidi delle famiglie chimiche degli idrocarburi derivati, fosforamidici, oli insetticidi; tra gli erbicidi la categoria che sembrano rappresentare un rischio per tali patologie sono le amine e triazine. Lo studio ha messo inoltre in evidenza l'importanza dell'uso dei dispositivi di protezione personale (DPI) dato che aumenti di rischio per NHL sono stati osservati tra coloro che hanno dichiarato di non aver mai indossato DPI nell'utilizzare erbicidi fenossiacetici.

Lo studio multicentrico coordinato dall'Iss ha messo soprattutto in luce aumenti di rischio per tumore della prostata tra gli agricoltori esposti ad insetticidi ed acaricidi organoclorurati, e più specificatamente per l'uso contemporaneo di DDT e DICOFOL. Il rischio di tumore della prostata in esposti a pesticidi è stato sottolineato anche da recenti meta-analisi di studi riguardanti questo rischio. Un recente studio ha messo in luce quali principi attivi possono essere associati con questo tumore e come il rischio aumenti in soggetti con familiarità di tumori in famiglia. Appare quindi che le esposizioni a prodotti fitosanitari è associata a diversi tipi di tumori ed in primo luogo quelli del sistema emolinfopoietico. È stato inoltre recentemente suggerito il possibile ruolo di alcuni pesticidi classificati come xero-ormoni (endocrine disrupting chemicals) e alcuni tumori ormoni-dipendenti quali il tumore della mammella e il tumore della prostata. Crescente preoccupazione suscita l'associazione tra tumori infantili ed esposizioni a prodotti fitosanitari derivanti da esposizione residenziale, dall'uso domestico di insetticidi ma anche, come dimostrato in alcuni studi, da esposizione dei genitori nel periodo gestionale o del concepimento. Le cause e le modalità dell'esposizione dei bambini a prodotti fitosanitari infatti possono essere diverse: perché vivono in fattoria o vicino ad una fattoria, l'esposizione si può verificare durante i trattamenti, ma anche dopo; può essere provocata in ambiente domestico dagli stessi parenti attraverso i vestiti e i dispositivi utilizzati in agricoltura. I bambini possono essere esposti a pesticidi usati in ambiente domestico (uso di prodotti per piante ornamentali con contaminazione del pavimento, dove, specie da piccolo, il bambino può soggiornare spesso, o per contaminazione dei giocattoli), o in orti o giardini; oppure per uso non corretto di presidi medico-chirurgici (es. prodotti per la pediculosi) ed infine per contaminazione dell'acqua e degli alimenti. Sono stati osservati aumenti di rischio di tumori infantili (in particolar modo leucemie, tumori del SNC, ma anche neuroblastoma, LNH e tumore di Wilms) per uso di pesticidi da parte dei genitori in casa o nel giardino, occupazione della madre in agricoltura o uso di pesticidi durante la gravidanza, occupazione del padre, esposizione diretta del bambino. Molti dei tumori infantili associati a pesticidi, sono proprio quei tipi di tumore che sono stati ripetutamente associati anche all'adulto. I numerosi studi condotti (per lo più di tipo caso - controllo) hanno il limite dalla mancanza di informazioni specifiche sui pesticidi e del basso numero di soggetti esposti e dei problemi di *recall bias*, comunque l'entità dei rischi osservati è maggiore rispetto all'adulto, facendo presupporre una maggiore suscettibilità.

Pesticidi e tumori del sangue

I principali rischi segnalati per esposizione (soprattutto professionale) a pesticidi riguardano i tumori del sangue. Da studi molto ampi condotti su agricoltori statunitensi è emerso in particolare un aumentato rischio in particolare di (Figura 1A).

1. Leucemie: per esposizione ad agenti organocloruranti quali aldrin, chlordane, DDT, heptachlor, lindane (per questi due ultimi incremento del 100%) e per esposizione a mancozeb e toxaphene incremento rispettivamente del 120% e 135%.
2. Linfomi Non Hodgkin: incremento del 160% per esposizione a lindane, del 25% per esposizione a cynazina, del 280% per esposizione a 2-4D (acido-2,4-diclorofenossiacetico).

3. Mieloma multiplo: incremento del 34% fra esposti a svariate molecole e del 160% per esposti al glifosato.

In una amplissima revisione del 2010 risulta che su 11 studi che hanno preso in esame il rischio di leucemie di tutti i tumori del sangue e di linfomi Non Hodgkin, tutti i rischi sono superiori nel gruppo esposto a pesticidi rispetto al gruppo di controllo.

In particolare:

- **leucemia:** rischi statisticamente significativi in 5 studi su 9;
- **tutti i tumori linfoemopoietici:** rischi statisticamente significativi in 4 studi su 8;
- **linfomi non Hodgkin:** rischi statisticamente significativi in 1 studio su 2;
- **mieloma multiplo:** rischi statisticamente significativi in 2 studi su 2. Addirittura per questa patologia il rischio è in entrambi gli studi oltre 5 volte l'atteso.

Un recente studio, condotto su una coorte di agricoltori in Francia, ha permesso di mettere in luce i meccanismi molecolari alla base dell'aumentato rischio di linfomi. In questo studio è stata studiata una coorte di agricoltori francesi esposti a pesticidi e seguiti per 9 anni. Si è dimostrata in questi lavoratori una drammatica espansione di cloni di linfociti con traslocazione, primo passaggio per la successiva evoluzione linfomatoso. Questo studio è di fondamentale importanza perché per la prima volta è stata fatta luce sui meccanismi molecolari che mettono in relazione l'esposizione ai pesticidi con le malattie del sangue. Ciò consente anche di fare interessanti considerazioni con quanto successo a Seveso: come si vedrà, i meccanismi molecolari sono identici nella coorte francese esposta a pesticidi e negli abitanti di Seveso.

Ricordiamo che a Seveso avvenne un incidente in una fabbrica chimica della Roche che produceva clorofenolo, un precursore dell'*Agent Orange*, il defoliante usato nella guerra in Vietnam. L'esplosione di un reattore liberò una grande quantità di diossina (2,3,7,8 tetraclorodibenzodiossina - TCDD - o *diossina di Seveso*); nella popolazione esposta a tale disastro si sono evidenziati importanti rischi proprio per i tumori del sangue. Dai dati pubblicati a 25 anni dall'incidente il rischio relativo (RR) di morte per emolinfopatie è, nell'area più inquinata (zona A), pari a 5,38, quindi un aumento del rischio del 438%, risultato statisticamente significativo. Altre patologie per le quali si evidenzia un rischio statisticamente significativo, sono risultate i linfomi non Hodgkin (+ 235%), il mieloma multiplo (+ 334%), le leucemie acute (+ 73%). È interessante notare che negli individui maggiormente esposti (zona A) di Seveso, in cui era più alta la presenza di TCDD nel sangue, aumentava proporzionalmente nei linfociti circolanti la presenza della traslocazione, tanto che nel gruppo con maggior concentrazione di TCDD nel sangue la frequenza di linfociti *traslocati* era quasi 10 volte più alta rispetto alla popolazione meno esposta. La traslocazione è un evento cruciale nella linfomagenesi: si ritrova in oltre il 70% dei linfomi non Hodgkin centrollicolari e con minor frequenza anche in altri istotipi; essa rappresenta sicuramente un primo gradino nel processo di trasformazione tumorale.

Dal momento che molti pesticidi sono *contaminati* da diossine non stupisce quindi che le alterazioni indotte sui linfociti da questi agenti siano del tutto sovrapponibili a quelle che si riscontrarono in seguito all'incidente di Seveso.

Figura 1A

Pesticides associated with cancer in the AHS cohort						
Cancer type	Pesticide(s)	Chemical family	Categorical exposure cutoff value	RR or OR ^a (95% CI)	p-Value for trend	References
Leukemia	Chlordane/Heptachlor	OC	> 9 LD ^d Highest IWLD ^d	2,60 (1,20-6,00) 2,10 (0,80-5,50)	0,02 0,10	Purdue et al. 2006
	Chlorpyrifos	OP	> 56 LD ^b > 417 IWLD ^b	2,15 (0,96-4,81) 3,01 (1,35-6,69)	0,36 0,15	Lee et al. 2004a
	Diazinon	OP	> 39 LD ^c Highest IWLD ^c	3,36 (1,08-10,05) 2,88 (0,92-9,03)	0,026 0,053	Beane Freeman et al. 2005
	EPTC	Thiocarbamate	> 50 LD ^c > 112 IWLD ^c	2,36 (1,16-4,84) 1,87 (0,97-3,59)	0,02 0,05	van Bommel et al. 2008
	Fonofos	OP	> 609 IWLD ^c	2,67 (1,06-6,70)	0,04	Mahajan et al. 2006a
All LH	Alachlor	Chloroacetanilide	> 116 LD ^d > 710 IWLD ^d	2,04 (0,89-4,65) 2,42 (1,00-5,89)	0,02 0,03	Lee et al. 2004b
	Chlorpyrifos	OP	> 56 LD ^b > 417 IWLD ^b	1,43 (0,86-2,36) 1,99 (1,22-3,26)	0,26 0,09	Lee et al. 2004a
	Diazinon	OP	> 39 LD ^c Highest IWLD ^c	1,84 (0,89-3,82) 2,01 (1,02-3,94)	0,094 0,049	Beane Freeman et al. 2005
	Permethrin	Pyrethroid	> 50 LD ^c > 220 IWLD ^c	1,64 (1,07-2,52) 1,31 (0,84-2,04)	0,35 0,60	Rusiecki et al. 2009
NHL	Lindane	OC	> 22 LD ^d Highest IWLD ^d	2,10 (0,80-5,50) 2,60 (1,10-6,40)	0,12 0,04	Purdue et al. 2006
Multiple myeloma	Permethrin	Pyrethroid	> 50 LD ^c > 220 IWLD ^c	5,72 (2,76-11,8) 5,01 (2,41-10,4)	<0,01 <0,01	Rusiecki et al. 2009

Abbreviations: LH, lymphematopoietic cancers; OC, organochlorine; OP organophosphate.

Ors were reported by Alavanja et al. (2003, 2004), Andreotti et al. (2009), and Lee et al. (2007b); all others are RRs.

^a All RRs and ORs were estimated relative to nonexposed applicators except those reported for alachlor and all LH (Lee et al. 2004b) and dicamba and colon (Samanic et al. 2006) and lung cancer (Alavanja et al. 2004), which are in reference to applicators in the lowest category of exposure.

- ^b Highest quintile.
- ^c Highest quartile.
- ^d Highest tertile.
- ^e Highest sixth.

Pesticidi e cancro alla prostata

Sempre nel medesimo studio viene segnalato un aumentato rischio di morte per cancro alla prostata. Per esposizione a Fonofos e Methylbromide si è dimostrato un rischio statisticamente significativo di cancro alla prostata, anche fino ad oltre 3 volte l'atteso.

Recentemente la correlazione fra esposizione a pesticidi e tumore prostatico è stata confermata anche da una indagine condotta in California da cui risulta che l'esposizione a pesticidi con effetto biologico prostata-specifico come il metilbromuro e gli organoclorurati aumenta in modo statisticamente significativo (di oltre il 60%) il rischio per tale patologia (Figura 1B).

Pesticidi e melanoma

Il melanoma - tumore in aumento anche fra i giovani - non è solo correlato all'esposizione ai raggi solari, ma anche all'esposizione a pesticidi, in particolare carbamati e toxaphene (Tabella 1B).

Pesticidi e altri tipi di cancro

Oltre alla correlazione con gli specifici tumori sopra riportati, la letteratura segnala consistenti associazioni fra numerosi altri tipi di cancro ed esposizione a questi agenti. Si riporta a questo riguardo la tabella completa dei rischi di diversi tipi di cancro negli agricoltori USA. per esposizioni alle diverse molecole in uso, rischi che, in molti casi, sono stati calcolati anche secondo il livello di esposizione (Figura 1B).

Come si può vedere, nessun organo risulta esente da rischio. Infatti su ben 66 rischi indagati per tutti i tumori nel loro complesso, cancro al polmone, al pancreas, al colon, al retto, leucemie, tutti i tipi di linfoma, linfomi non Hodgkin (LNH), mieloma multiplo, tumori alla vescica, alla prostata, al cervello e melanomi, tutti hanno dimostrato una associazione positiva e, di questi, 48 sono statisticamente significativi.

Figura 1B

Pesticides associated with cancer in the AHS cohort.							
Cancer type	Pesticide(s)	Chemical family	Categorical exposure cutoff value	RR or OR ^a (95% CI)	p-Value for trend	References	
All cancers	Diazinon	OP	> 109 LD ^b	1.58 (1.10-2.28)	0.007	Beane Freeman et al. 2005	
	EPTC	Thiocarbamate	Highest IWLD ^b	1.41 (1.03-1.95)	0.033		
Lung	Chlorpyrifos	OP	> 50 LD ^c	1.28 (1.09-1.50)	< 0.01	van Bommel et al. 2008	
			> 112 IWLD ^c	1.16 (1.01-1.35)	0.02		
	Diazinon	OP	> 56 LD ^b	2.18 (1.31-3.64)	0.002	Lee et al. 2004a	
			> 417 IWLD ^b	1.80 (1.00-3.23)	0.036		
	Dicamba	Benzoic acid	> 109 LD ^b	3.46 (1.57-7.65)	0.001	Beane Freeman et al. 2005	
			Highest IWLD ^b	1.55 (0.65-3.72)	0.22		
	Pancreas	EPTC	Thiocarbamate	> 224 LD ^b	3.10 (1.20-7.70)	0.04	Alavanja et al. 2004
				> 9 LD ^d	5.30 (1.50-18.6)	0.005	
Dieldrin		OC	> 9 LD ^d	2.80 (1.10-7.20)	0.02	Purdue et al. 2006	
			Highest IWLD ^d	3.50 (1.60-7.70)	0.002		
Metolachlor		Chloroacetanilide	> 457 LD ^b	4.10 (1.60-10.4)	0.015	Alavanja et al. 2004	
			Highest IWLD ^d	3.50 (1.10-10.5)	0.005		
Pendimethalin	Dinitroaniline	> 224 LD ^b	2.40 (1.10-5.30)	0.29	Hou et al. 2006		
		> 116 LD ^b	1.10 (0.50-2.60)	0.94			
Colon	EPTC	Thiocarbamate	> 118 IWLD ^d	2.50 (1.10-5.40)	0.01	Andreotti et al. 2009	
			> 117 IWLD ^d	3.00 (1.30-7.20)	0.01		
Rectum	Aldicarb	Carbamate	> 56 LD ^b	4.10 (1.30-12.8)	0.001	Lee et al. 2007a	
			> 116 LD ^b	3.29 (1.40-7.73)	0.02	Samanic et al. 2006	
	Dicamba	Benzoic acid	> 739 IWLD ^b	2.57 (1.28-5.17)	0.002		
			Highest IWLD ^b	2.09 (1.26-3.47)	< 0.01	van Bommel et al. 2008	
	EPTC	Thiocarbamate	> 50 LD ^c	2.05 (1.34-3.14)	< 0.01		
			> 112 IWLD ^c	2.73 (1.42-5.25)	0.001	Koutros et al. 2009	
	Imazethapyr	Imidazolinone	> 311 IWLD (proximal) ^b	1.21 (0.55-2.68)	0.75		
			> 311 IWLD (distal) ^b	1.48 (0.78-2.80)	0.12	Kang et al. 2008	
	Leukemia	Trifluralin	Dinitroaniline	> 224 LD ^b	1.76 (1.05-2.95)	0.036	
				> 1176 IWLD ^b	2.70 (1.10-6.80)	0.03	Purdue et al. 2006
Chlordane		OC	> 9 LD ^d	2.10 (0.90-5.30)	0.04		
			Highest IWLD ^d	3.25 (1.60-6.62)	0.035	Lee et al. 2004a	
Chlorpyrifos		OP	> 56 LD ^b	3.16 (1.42-7.03)	0.057	Lee et al. 2007a	
			> 417 IWLD ^b	2.70 (1.20-6.40)	0.008		
Pendimethalin	Dinitroaniline	> 116 LD ^c	4.30 (1.50-12.7)	0.007	Hou et al. 2006		
		> 539 IWLD ^c	3.60 (1.20-11.3)	0.02			
All LH	Toxaphene	OC	> 56 LD ^b	4.30 (1.20-15.8)	0.123	Lee et al. 2007a	
			> 9 LD ^d	2.60 (1.20-6.00)	0.02	Purdue et al. 2006	
	Chlordane/Heptachl	OC	Highest IWLD ^d	2.10 (0.80-5.50)	0.10		
			> 56 LD ^b	2.15 (0.96-4.81)	0.36	Lee et al. 2004a	
	Chlorpyrifos	OP	> 417 IWLD ^b	3.01 (1.35-6.69)	0.15		
			> 39 LD ^d	3.36 (1.08-10.5)	0.026	Beane Freeman et al. 2005	
	EPTC	Thiocarbamate	Highest IWLD ^d	2.88 (0.92-9.03)	0.053		
			> 50 LD ^c	2.36 (1.16-4.84)	0.02	van Bommel et al. 2008	
Fonofos	OP	> 112 IWLD ^c	1.87 (0.97-3.59)	0.05			
		> 609 IWLD ^c	2.67 (1.06-6.70)	0.04	Mahajan et al. 2006a		
Bladder	Alachlor	Chloroacetanilide	> 116 LD ^c	2.04 (0.89-4.65)	0.02	Lee et al. 2004b	
			> 710 IWLD ^c	2.42 (1.00-5.89)	0.03		
	Chlorpyrifos	OP	> 56 LD ^b	1.43 (0.86-2.36)	0.26	Lee et al. 2004a	
			> 417 IWLD ^b	1.99 (1.22-3.26)	0.09		
	Diazinon	OP	> 39 LD ^d	1.84 (0.89-3.82)	0.094	Beane Freeman et al. 2005	
			Highest IWLD ^c	2.01 (1.02-3.94)	0.049		
	Permethrin	Pyrethroid	> 50 LD ^c	1.64 (1.07-2.52)	0.35	Rusiecki et al. 2009	
			> 220 IWLD ^c	1.31 (0.84-2.04)	0.60		
NHL	Lindane	OC	> 22 LD ^d	2.10 (0.80-5.50)	0.12	Purdue et al. 2006	
			Highest IWLD ^d	2.60 (1.10-6.40)	0.04		
Multiple myeloma	Permethrin	Pyrethroid	> 50 LD ^c	5.72 (2.76-11.8)	< 0.01	Rusiecki et al. 2009	
			> 220 IWLD ^c	5.01 (2.41-10.4)	< 0.01		
Prostate	Imazethapyr	Imidazolinone	> 311 IWLD ^b	2.37 (1.20-4.68)	0.01	Koutros et al. 2009	
			Fonofos	OP	> 56 LD ^c	1.77 (1.03-3.05)	0.02
Brain	Methylbromide	Halogenated	> 315 IWLD ^c	1.83 (1.12-3.00)	0.01		
			Highest IWLD ^d	3.47 (1.37-8.76)	0.004	Alavanja et al. 2003	
Melanoma	Chlorpyrifos	OP	> 56 LD ^b	2.58 (0.73-9.17)	0.076	Lee et al. 2004a	
			> 417 IWLD ^b	4.03 (1.18-13.8)	0.036		
Melanoma	Carbaryl	Carbamate	> 175 LD ^b	4.11 (1.33-12.7)	0.07	Mahajan et al. 2007	
			Highest intensity score ^b	1.54 (0.61-3.86)	0.92		
Melanoma	Toxaphene	OC	> 25 LD ^d	2.90 (1.10-8.10)	0.03	Purdue et al. 2006	
			Highest IWLD ^d	1.80 (0.70-5.10)	0.24		

Abbreviations: LH, lymphematopoietic cancers; OC, organochlorine; OP organophosphate.

Ors were reported by Alavanja et al. (2003, 2004), Andreotti et al. (2009), and Lee et al. (2007b); all others are RRs.

^a All RRs and ORs were estimated relative to nonexposed applicators except those reported for alachlor and all LH (Lee et al. 2004b) and dicamba and colon (Samanic et al. 2006) and lung cancer (Alavanja et al. 2004), which are in reference to applicators in the lowest category of exposure.

^b Highest quintile.

^c Highest quartile.

^d Highest tertile.

^e Highest sixth.

Pesticidi e tumori nell'infanzia

I bambini non sono evidentemente esposti per professione a pesticidi, ma possono esserlo per il solo fatto di vivere in aree esposte o di consumare acqua e/o cibi contaminati. La tabella sotto riportata è tratta da un lavoro condotto su ragazzi da 0 a 19 anni, figli della grande coorte di agricoltori degli USA. Si segnala che il rischio di tumori nel loro complesso è più elevato dell'atteso in modo statisticamente significativo (50 casi versus 37) e che, su 12 forme indagate, in 11 si registra un rischio superiore all'atteso statisticamente significativo per i linfomi nel loro complesso e per i linfomi di Hodgkin. Interessante anche la segnalazione che il rischio era maggiore e statisticamente significativo OR= 1.98 (1.05-1.79) - tra i bambini i cui padri non avevano mai usato misure di protezione (guanti). Ricordiamo che dagli ultimi dati dell'Associazione italiana registri tumori (Airtum) in Italia i linfomi nella fascia di età da 0 a 14 anni presentano un incremento del 4,6% annuo, rispetto ad un incremento medio annuo europea dello 0,9%. Alla luce del fatto che nel nostro paese il consumo per ettaro di pesticidi è il più alto d'Europa e che consumiamo ben il 33% di tutti gli insetticidi usati in Europa, il triste primato che l'Italia detiene per incidenza di cancro nell'infanzia, specie per i linfomi, deve farci riflettere con grande attenzione (Figura 2).

Queste molecole infatti specie in fasi cruciali dello sviluppo, quali la vita intrauterina o l'infanzia, agiscono a dosi infinitesimali e sono ormai stabilmente presenti nel nostro ambiente, in particolare, come abbiamo visto, nelle acque.

Il già citato rapporto Ispra 2010 sulla presenza di pesticidi nelle acque, dimostra che le oltre 150.000 tonnellate di pesticidi irrorate ogni anno nel nostro territorio hanno contaminato non solo le acque superficiali, ma anche quelle sotterranee.

Figura 2

SIR ^a for cancers diagnosed at 0–19 years of age among 17,357 children of Iowa participants in the Agricultural Health Study, 1975–1998				
	Observed no. of cancer cases	Expected no. of cancer cases	SIR	95% CI
Total ^b	50	36,87	1,36	1,03-1,79
Leukemia ^c	9	9,88	0,91	0,47-1,75
Lymphoma	9	4,13	2,18	1,13-4,19
Hodgkin's	5	1,96	2,56	1,06-6,14
Non-Hodgkin's	2	1,7	1,18	0,29-4,70
Burkitt's	2	0,37	2,67	0,37-19,0
Brain tumors ^d	11	6,87	1,6	0,89-2,89
Neuroblastoma	3	2,39	1,26	0,40-3,89
Retinoblastoma	2	1,22	1,63	0,41-6,53
Wilms tumor	3	1,92	1,56	0,50-4,84
Bone tumors	4	1,82	2,19	0,82-5,84
Soft-tissue tumors	3	2,57	1,17	0,38-3,62
Germ cell tumors	5	1,71	2,34	0,88-6,24

a Cancer rates for Iowa 1975–1998 were used as reference standard in calculation of standardized incidence ratios.

b Cancers sum to < 50 because one cancer belonged to type other than those listed.

c Includes eight acute lymphocytic leukemia cases.

d Includes six astrocytoma cases; other brain tumor subtypes totaled five cases.

CONCLUSIONI

Possiamo con ragionevole certezza affermare che la relazione fra pesticidi e salute umana è stata ampiamente indagata e che soprattutto per quanto riguarda i danni neuropsichici per l'infanzia e rischi tumorali (in particolare tumori ematologici), si riscontra un nesso di causalità difficilmente opinabile.

Questi rischi sono stati infatti ormai dimostrati in modo inequivocabile per gli agricoltori o comunque per i lavoratori esposti e la loro prole.

Anche nel nostro paese un recente studio condotto per indagare la mortalità degli agricoltori in Italia rispetto ai lavoratori dell'industria ed altre attività ha posto in evidenza il fatto che in questa categoria, in relazione a tutte le cause di decesso, si sono riscontrati livelli di rischio generalmente più elevati per i lavoratori e le lavoratrici del settore agricolo rispetto agli altri settori e segnatamente a quello industriale.

Sempre la medesima indagine segnala che le cause dei suddetti aumenti di rischio, sono anche da ricercare nei profondi cambiamenti che negli ultimi decenni hanno mutato il volto dell'agricoltura dei paesi sviluppati, vale a dire l'impiego massiccio e sistematico di sostanze chimiche di sintesi (fungicidi, diserbanti, insetticidi e concimi) [...] in ragione dell'esposizione diretta degli operatori agricoli agli agenti inquinanti. Tuttavia è difficilmente credibile che anche le esposizioni ambientali e non professionali possano essere scure da rischi: le molecole dei pesticidi sono ormai entrate stabilmente nel nostro habitat, contaminano le acque, i terreni, gli alimenti e si ritrovano nel cordone ombelicale e nello stesso latte materno. Esse agiscono a dosi infinitesimali, sono presenti ormai in veri cocktail di principi attivi ed interferiscono con funzioni importanti e delicatissime quali quelle ormonali, riproduttive, metaboliche.

L'allarme che tutto ciò comporta, almeno nella parte più responsabile del mondo scientifico, è crescente. In un recente libro di una grande epidemiologa americana Devra Davis troviamo scritto: 'Quando scopriamo che quel che ieri era il trionfo della chimica moderna è invece una minaccia mortale all'ambiente mondiale, è legittimo chiedersi cosa altro non sappiamo.'

Di fronte a queste considerazioni appare sempre più urgente imboccare l'unica strada che fino ad ora non è stata percorsa né nella guerra contro il cancro, né per altre patologie, ovvero la strada della prevenzione primaria, cioè una drastica riduzione della esposizione a tutti quegli agenti chimici e fisici già ampiamente noti per la loro tossicità e cancerogenicità.

La dimostrazione di quanto sia vincente la strada della prevenzione primaria viene proprio, nel campo dei pesticidi, da quanto è stato fatto in Svezia dove, grazie alle ricerche di un coraggioso medico, Lennart Hardell, negli anni '70 furono messi al bando alcuni pesticidi: ora, a distanza di trenta anni, in quel paese si sta registrando una diminuzione nell'incidenza dei linfomi.

Questa è la strada del resto indicata anche nell'indagine italiana in cui troviamo scritto: *è facile comprendere che ad esempio - politiche tese a incentivare le pratiche della agricoltura così detta biologica, potrebbero contribuire a contenere in misura considerevole l'esposizione a condizioni critiche come quelle cui sopra si è fatto cenno.*

In conclusione gli agricoltori possono essere esposti a una varietà di agenti che potrebbero avere effetti negativi sulla loro salute, tra i vari agenti i prodotti fitosanitari rivestono un ruolo importante oltre a poter rappresentare un'esposizione anche per la popolazione generale. I prodotti fitosanitari comprendono numerose famiglie chimiche con diverse proprietà sia chimiche che tossicologiche, la presenza inoltre di altre sostanze oltre i principi attivi può rappresentare un'ulteriore complicazione. Alcuni principi attivi sono stati valutati come cancerogeni e sono stati banditi in Europa e USA. L'evidenza epidemiologica suggerisce una associazione tra tumori ed esposizioni a prodotti fitosanitari anche se, data la complessità della materia, tale evidenza non può definirsi conclusiva. I tumori emolinfopietici sono quelli che sono stati più frequentemente associati a questa esposizione. I bambini sembrano essere più vulnerabili a quest'esposizione che può essere un fattore di rischio per i tumori infantili. Effetti riproduttivi e neurologici sono stati inoltre suggeriti. Il punto critico è rappresentato dalla difficoltà nel definire l'esposizione.

La prevenzione si attua con il controllo e con l'uso corretto di queste sostanze, in primo luogo in ambito lavorativo - a cominciare ovviamente dalla produzione - e di conseguenza nei successivi passaggi - compreso il controllo sugli alimenti - che possono coinvolgere la popolazione generale. È fondamentale inoltre che vengano attuate politiche di controllo perché non succeda che i pesticidi più pericolosi, magari vietati nella UE e negli USA, vengano esportati nei paesi in via di sviluppo.

BIBLIOGRAFIA

Agopian J et al. Agricultural pesticide exposure and the molecular connection to lymphomagenesis. *JEM*. 2009;206(7):1473-83.

AIRTUM. I tumori Infantili: incidenza, sopravvivenza, andamenti temporali. *Epidemiologia & Prevenzione*. 2008.

Baccarelli A et al. T(14;18) traslocations in lymphocytes of healthy dioxin-exposed individuals from Seveso, Italy. *Carcinogenesis*. 2006;27(10):2001-7.

Bartoli L, Bartoli V, Severo A. La mortalità italiana in agricoltura a confronto con industrie e terziario. *Agriregionieuropa*. 2010;6(23).

Bouchard MF et al. Attention-deficit hyperactivity disorders and urinary metabolites of organophosphate pesticides. *Pediatrics*. 2010;125:1270-77. [consultato giugno 2017]. URL: <http://pediatrics.aappublications.org/cgi/content/abstract/peds.2009-3058v1>.

Bouchard MF et al. Prenatal exposure to organophosphate pesticides and IQ in 7-year old children. *EHP*. 2011;119(8):1189-95.

Bradman A et al. Determinants of organophosphorus pesticide urinary metabolite levels in young children living in an agricultural community. *Int J Environ Res Public Health*. 2011;8(4):1061.

- Cantor KP. *Cancer Epidemiology and Prevention*. 3a ed. New York: Oxford University Press; 2006.
- Clapp RW et al. *Environmental and occupational causes of cancer*. Lowell center for sustainable Production. University of Massachusetts. 2007. [consultato giugno 2017]. URL: <http://www.sustainableproduction.org/downloads/Causes%20of%20Cancer.pdf>.
- Cockburn M et al. Prostate cancer and ambient pesticide exposure in agriculturally intensive areas in California. *Am J Epidemiol*. 2011;173(11):1280-88.
- Cohn BA et al. DDT and breast cancer in young women: new data on the significance of age at exposure. *Environ Health Perspect*. 2007;115:1406-14.
- Consonni D et al. Mortality in a population exposed to dioxin after the Seveso, Italy, accident in 1976: 25 years of follow up. *Am J Epidemiol*. 2008;167:847-58.
- Cox C. Glyphosate. *Journal of Pesticides Reform*. 1995;24(4):10-5.
- Davis D. *La Storia Segreta della guerra al cancro*. Torino: Codice Edizioni; 2008.
- Engel SM et al. Prenatal exposure to organophosphates, paraoxonase 1, and cognitive development in childhood. *EHP*. 2011;119(8):1182-8.
- Flower KB et al. Cancer risk and parental pesticide application in children of agricultural health study participants. *EHP*. 2004;112(5):631-35.
- Gatto NM, Cockburn M, Bronstein J et al. Well-water consumption and Parkinson's disease in rural California. *EHP*. 2009;117(12):1912-18.
- Gentilini P. Esposizione a pesticidi e rischi per la salute umana. In: *Medicina e salute pubblica*. 2010.
- Goldner WS et al. Pesticides use and thyroid disease among women in the agricultural health study. *Am J Epidemiol*. 2010;171:455-64.
- Grandjean P, Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *The Lancet*. 2006;368(9553):2167-78.
- Hardell L. Pesticides, soft-issu sarcoma and non-Hodgkin lymphoma: historical aspects on the precaution principle in cancer prevention. *Acta Oncologica*. 2008;47:347-54.
- ISPRA. Residui di prodotti fitosanitari nelle acque [Internet]. [consultato giugno 2017]. URL: <http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/residui-fitosanitari-acque/rapporto-fito-prima-parte-9.2.10.pdf>
- Istituto superiore di sanità. Interferenti endocrini [Internet]. [consultato giugno 2017]. URL <http://www.iss.it/inte/>.
- Legambiente. Liberiamo la natura insieme [Internet]. [consultato giugno 2017]. URL: <https://www.legambiente.it/contenuti/dossier/dossier-pesticidi-nel-piatto>.

Mnif W et al. Effect of endocrine disruptor pesticides: a review. *Int J Environ Res Public Health*. 2011;8:2265-2303.

Perera F, Herbstman J. Prenatal exposures, epigenetics, and disease reprod. *Toxicology*. 2011;31(3):363-73.

Progetto 'Basta Veleni' [Internet]. [consultato giugno 2017]. URL: <http://www.rfb.it/bastaveleni/>.

Robin MM. *Il mondo secondo Monsanto*. Torino: Arianna Editrice; 2009.

Robyan C, Gilden RN. Pesticides and Health Risks. *JOGNN*. 2010;39:103-10.

Weichenthal S et al. A review of pesticide exposure and cancer incidence in the agricultural health study cohort. *EHP*. 2010;118:1117-25.