

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Ricerca sanitaria finalizzata

VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE AMBIENTALE DI ANTIPARASSITARI
DERIVANTE DAI TRATTAMENTI DI DIFESA DELLE COLTURE AGRICOLE.
QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO PER LA POPOLAZIONE GENERALE.

Alberto Betta

Michele Lorenzin

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Ricerca sanitaria finalizzata

VALUTAZIONE DELLA DISPERSIONE AMBIENTALE DI ANTIPARASSITARI
DERIVANTE DAI TRATTAMENTI DI DIFESA DELLE COLTURE AGRICOLE.
QUANTIFICAZIONE DEL RISCHIO PER LA POPOLAZIONE GENERALE.

Alberto Betta *

Michele Lorenzin **

* Servizio di Medicina del Lavoro
Consorzio Provinciale Antitubercolare
TRENTO

** Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi
Sezione Chimica
TRENTO

1991

INDICE

INTRODUZIONE.....	pag.	1
FATTORI GENERALI CHE INFLUENZANO IL FENOMENO DI DERIVA.....	pag.	3
L'APPROCCIO ALLA VALUTAZIONE DEL FENOMENO DI DERIVA.L'ESPERIENZA AMERICANA.....	pag.	19
METODI GENERALI DI CAMPIONAMENTO e DI ANALISI RELATIVI ALLA QUANTIFICAZIONE DEL FENOMENO DI DERIVA.....	pag.	22
OBIETTIVI DELLA RICERCA.....	pag.	33
METODOLOGIA DI RILEVAMENTO.....	pag.	37
RISULTATI.....	pag.	44
STIMA DELL'ESPOSIZIONE UMANA.....	pag.	46
CONCLUSIONI.....	pag.	60
BIBLIOGRAFIA.....	pag.	71

INTRODUZIONE

Lo spostamento e la dispersione dei prodotti irrorati durante il trattamento antiparassitario delle colture verso obiettivi diversi da quelli prefissati viene descritto come "fenomeno di deriva".

Il fenomeno si verifica sempre quando particelle sufficientemente piccole e in sospensione dopo la nebulizzazione, non raggiungono in modo diretto e con sufficiente velocità la loro superficie bersaglio, vale a dire la pianta da trattare.

Quantitativamente, come deriva si intende la differenza tra la quantità prevista come deposito per un dato appezzamento e la quantità effettivamente depositata all'interno dell'appezzamento stesso.

Tale deriva è caratterizzata oltre che dalla presenza di goccioline, dalla quota che passa allo stato gassoso e da quella che si combina con particelle di polvere in atmosfera, con successivo passaggio allo stato solido in forma di cristalli o particelle amorfe (1). La quota che si produce nel passaggio a fase gassosa e/o a cristallizzazione dipende soprattutto dal tipo di principio attivo presente nelle goccioline.

L'esatta quantificazione del fenomeno non è semplice da ottenere.

Generalmente nelle adiacenze della coltura trattata la maggior quantità di sostanza nella deriva si trova in fase liquida, mentre una piccola parte è già individuabile in particelle solide.

Il materiale in sospensione può salire direttamente in strati atmosferici più alti, sospinto da correnti ascensionali, o viene trasportato dal vento prevalentemente in linea orizzontale. E' generalmente quest'ultima frazione ad essere determinante per un diretto inquinamento dell'ambiente, in quanto può depositarsi sulle colture vicine o raggiungere in sospensione acque ed abitazioni.

La quota di principio attivo che giunge effettivamente al bersaglio è molto modesta, sempre considerevolmente inferiore al 100% ; anzi, secondo alcuni autori (2), può essere pari solamente all'1 - 3% dell'antiparassitario irrorato; comunque le quote disperse nell'ambiente, a cominciare dalla immediata ricaduta sul terreno durante il trattamento, risultano sempre molto consistenti (3).

FATTORI GENERALI CHE INFLUENZANO IL FENOMENO DI DERIVA.

Il reperimento di quantità dosabili di antiparassitario in aree a distanze variabili dai campi trattati dipende essenzialmente da alcuni importanti fattori, tra cui il tipo di composto in causa, la dose di utilizzo, le condizioni metereologiche predominanti.

a. Tipo di composto.

Le due proprietà di un prodotto che ne possono influenzare la distribuzione in aree lontane dal bersaglio sono la stabilità e la volatilità.

Composti sufficientemente stabili durante lo stoccaggio possono divenire instabili quando vengono dispersi sotto forma di goccioline o di vapore. Inoltre, la maggiore o minore resistenza ai processi di ossidazione o di idrolisi che possono verificarsi in presenza di ossigeno, vapore d'acqua e radiazioni ultraviolette, rendono più o meno consistente la possibilità di un trasferimento del prodotto tal quale.

E' importante anche la velocità con cui ha luogo la degradazione metabolica.

La volatilità diviene un fattore critico in relazione al passaggio in atmosfera di quantità più o meno rilevanti di principio attivo anche in fasi successive a quelle del trat-

tamento, a partenza dalla superficie fogliare o dal terreno. Sotto questo profilo i pesticidi possono essere indicativamente catalogati in diverse classi di volatilità, a seconda della loro pressione di vapore, come è riportato nella tabella 1.

	-3	
VOLATILE	$p > 10$	mm Hg
SCARSAMENTE	-3	-7
VOLATILE	$p \sim 10$	- 10 mm Hg
	-7	
NON VOLATILE	$p < 10$	mm Hg

Tabella 1. Classificazione di massima della volatilità dei pesticidi.

I pesticidi possono evaporare dalle particelle di aerosol nel momento della nebulizzazione, dalle piante, in particolare dalla notevole superficie fogliare, e dal terreno. E' evidente che estese applicazioni e considerevoli dosaggi possono portare consistenti liberazioni di principio attivo in aria.

I parametri che maggiormente possono influenzare l'evaporazione sono costituiti, oltre che dalla pressione di vapore

caratteristica di ciascun composto in causa, dal suo coefficiente di diffusione, dalla temperatura di superficie, dalla quota di ricambio d'aria a livello della superficie interessata.

Per i prodotti solubili in acqua si realizza infine una liberazione particolare in aria, dovuta alla evaporazione dell'acqua, che funge da veicolo per il trasporto. A sua volta, la disponibilità assoluta di principio attivo dipende dalla velocità con cui si instaurano i processi di degradazione della sostanza, molto importanti specialmente per le sostanze dotate di scarsa stabilità.

b. Dose di utilizzo.

La dose è di per sé ininfluenza nel fenomeno di deriva; può però divenire un fattore non trascurabile nello spiegare effetti negativi a breve distanza (ad esempio effetti fitotossici da diserbante alle colture limitrofe alla zona trattata).

c. Condizioni metereologiche.

Tra le condizioni metereologiche in grado di influenzare il fenomeno della deriva il ruolo più importante è indiscutibilmente giocato dal vento, che non solo può trasportare le goccioline dell'aerosol fuori dell'area trattata, ma può facilitare il fenomeno dell'evaporazione del prodotto dalle su-

perfici di deposito attraverso il mantenimento di un elevato gradiente tra superficie ed atmosfera, mediante una costante rimozione del vapore.

Il vento si è dimostrato la variabile più importante nel determinismo della deriva, rispetto anche all'incremento della pressione a livello degli ugelli (4).

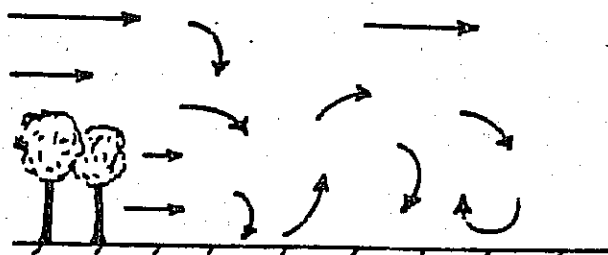
Sono comunque le condizioni metereologiche nel loro complesso attraverso i continui movimenti dell'atmosfera, a rendere sempre presente il fenomeno della deriva e determinando quelle condizioni locali tali da rendere la deriva stessa poco prevedibile.

L'assunto su cui si basano le stime della velocità di caduta delle particelle di aerosol (cfr. il successivo punto 1) è basato sulla teorica assenza di correnti d'aria, in ogni direzione.

In realtà, anche in una giornata apparentemente molto calma esistono turbolenze dell'aria degli strati più vicini al suolo, indotte sia da gradienti orizzontali di velocità del vento sia dalla spinta verso l'alto causata dal riscaldamento del suolo.

Il risultato è costituito da movimenti caotici dell'aria, schematizzati nella figura 1.

Figura 1. Schema dei movimenti di turbolenza.



Quando a livello del terreno si origina un gradiente termico vicino all'adiabatica o superadiabatico, nei movimenti dell'aria si sviluppano vortici che causano considerevoli fluttuazioni nel vento.

Nelle ore calde del mezzogiorno, venti tesi e con direzione ben precisa possono mostrare brusche variazioni, attorno ai 20 gradi, come è possibile osservare sui dispositivi segnamento. La misurazione contemporanea degli spostamenti direzionali del vento in verticale può mostrare deviazioni fino a 25 gradi dalla posizione orizzontale.

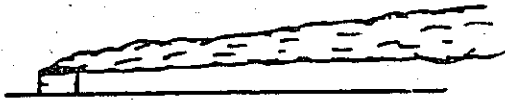
A seconda del tipo di condizioni atmosferiche, si originano quindi turbolenze di grado più o meno marcato che possono influenzare ampiamente il fenomeno di deriva.

Ad esempio, in un primo pomeriggio assolato in cui si sviluppano correnti verticali dovute al riscaldamento del terreno, la nuvola di aerosol può essere dispersa in un largo

strato di aria, mostrando un andamento di discesa verso il basso e di ampie risalite (figura 2).

Al mattino presto, quando l'aria è piu' stabile e ci sono scarsi movimenti degli strati bassi, la nuvola di aerosol può formare un pennacchio piu' lungo e regolare e trattenuto in alto durante la deriva.

Tempo stabile



Tempo instabile



Scarso trasporto verticale;

Elevata concentrazione (diluzione solo per diffusione)

Materiale trasportato a diretto contatto con il suolo attraverso il trasporto verticale;

il materiale trasportato in alto è diluito in aria.

Figura 2. Comportamento del pennacchio di fumo in diverse condizioni meteorologiche.

L'instabilità degli strati bassi dell'atmosfera si può stimare utilizzando i dati metereologici disponibili, attraverso numerosi metodi. Forse quello piu' comunemente usato è il cosiddetto Numero di Richardson, definito da :

$$Ri = \frac{g}{T} \frac{\left[\begin{array}{c} dT \\ - \\ dz \end{array} - G \right]}{\left[\begin{array}{c} du \\ - \\ dz \end{array} \right]^2}$$

dove : g è l'accelerazione di gravità;

T è la temperatura dell'aria in gradi Kelvin;

$\frac{dT}{dz}$

— è il gradiente termico nell'aria circostante;

$\frac{dz}{dz}$

G è il gradiente adiabatico secco;

$\frac{du}{dz}$

— è il gradiente esistente sulla verticale del vento orizzontale principale;

Tanto piu' piccolo è il Numero di Richardson tanto maggiore è la turbolenza.

Per giungere ad una quantificazione della turbolenza, è stato proposto (5) un Rapporto di Stabilità, definito da:

$$RS = \frac{Ts - Ti}{U^2} \cdot 5 \cdot 10$$

dove T è la temperatura dell'aria in gradi Kelvin misurata a due livelli al di sopra del terreno e U è la velocità del vento misurata nel punto intermedio tra i due livelli, espressa in cm/sec.

Come il Numero di Richardson, anche il Rapporto di Stabilità diventa negativo con valori assoluti piu' ampi, appena la temperatura al suolo comincia a crescere e produce forze di spinta verso l'alto sempre maggiori.

Il RS è = a 0 se la situazione metereologica è neutrale, vicino od uguale all'adiabatica; è positivo, se la situazione è stabile in inversione.

Altri fattori importanti in grado di influenzare il fenomeno di deriva sono costituiti dalla dimensione delle particelle e dal tipo di attrezzatura utilizzata per i trattamenti antiparassitari e la tipologia colturale.

1. Diametro delle particelle.

Le goccioline erogate da un atomizzatore hanno un diametro compreso entro un intervallo di variazione di 25-500 micron ; nella difesa delle colture possono essere utilizzati strumenti che producono gocce con diametri piu' o meno grandi.

In questi ultimi anni hanno avuto una diffusione sempre maggiore attrezzature meccaniche che erogano volumi bassi (LV) o ultra-bassi (ULV), in grado di utilizzare minori quantità di principio attivo e di acqua con efficacia pari o superiore ai trattamenti eseguiti ad alto volume (6), almeno nel frutteto di mele. Le particelle erogate hanno dimensioni piu' costanti e diametro medio minore rispetto a quelle derivanti da atomizzatori a volume normale, e cioè circa 50 micron per i trattamenti a ULV e 100 micron per quelli a LV : la dispersione di particelle piu' piccole può condizionare una deriva maggiore, anche se non deve essere considerato come un dato di costante verifica (infatti l'indice di copertura delle foglie risulta maggiore dopo un trattamento a ULV e la dispersione ambientale ridotta) (6).

L'aerosol è erogato sotto pressione attraverso gli ugelli dell'atomizzatore, ma la densità dell'aria circostante è sufficiente a rallentare la velocità delle goccioline entro pochi centimetri. Da questo punto in poi il movimento delle particelle è influenzato solo dalle forze di gravità e dalle correnti aeree.

Se l'aria è completamente immobile le particelle fini dovrebbero ricadere a velocità terminale.

Quando il diametro delle particelle è inferiore a 80 micron, il loro movimento nell'aria quieta segue la Legge di Stoke, che stabilisce che la velocità terminale è proporzionale al quadrato del raggio della goccia.

Nella tabella seguente riportiamo il tempo richiesto (in secondi) da alcuni tipi di goccioline con diverso diametro per depositarsi da un'altezza di un metro.

Diametro della goccia	Tempo
200 microns	1.4 sec
100	4
80	6
70	9
50	14

Tabella 2. Tempo di deposizione dall'altezza di m 1.

Goccioline di 200 micron o più di diametro hanno uno scarso potenziale di deriva, in quanto tendono a ricadere molto rapidamente, ma quelle di dimensioni più piccole tendono a

rimanere in alto un tempo sufficiente per essere trasportate a distanze apprezzabili da eventuali modeste brezze.

Con semplici calcoli si può stabilire (6) a che distanza potrebbero essere trasportate goccioline di diversi diametri da un'altezza di circa 3 m, con un vento di circa 5 km/h.

I dati sono riportati nella tabella 3.

Diametro della goccia	Distanza percorsa durante la caduta di 3 m
400 microns	2.6 m
150	6.7
100	14.6
50	54.3
20	330

Tabella 3. Deriva potenziale (vento a 5 km/h).

Per quanto concerne il comportamento delle gocce bisogna inoltre ricordare che il trattamento antiparassitario viene effettuato con una miscela in acqua del formulato commerciale concentrato di principio attivo.

Quindi le goccioline che fuoriescono da un atomizzatore, sono costituite da acqua e da prodotti chimici.

In contatto con l'aria, l'acqua comincia ad evaporare con una

velocità condizionata dalla temperatura dell'aria stessa e dalla umidità relativa. Ad una temperatura di 26.7 °C e con una umidità relativa del 50%, una goccia di 200 micron di diametro evaporerà in 56 secondi.

In queste stesse condizioni una goccia di 70 micron evapora in 7 secondi, cioè in un tempo minore di quello occorrente per cadere di un metro.

Una goccia di 100 micron che contenga l'1.5% di un pesticida non volatile si riduce a una goccia di 25 micron di diametro. Se la quota non volatile di antiparassitario nella miscela sale al 4%, le dimensioni finali della goccia sono di 35 micron. Olio o sostanze emulsionanti sono aggiunte alla miscela anche per ridurre l'evaporazione (talvolta però aumentando, in certe condizioni, il potenziale di deriva).

2. Attrezzatura utilizzata.

Sono disponibili sul mercato differenti tipi di attrezzatura meccanica utilizzabile per i trattamenti antiparassitari delle colture, che variano a seconda del materiale da spruzzare e del tipo di trattamento da effettuare; alcuni producono una emissione direttamente verso il basso, altri una nebulizzazione in grado di ricoprire le cime degli alberi da frutto. E' ovvio che l'attrezzatura condiziona strettamente quanto descritto nel punto 1.

Per ogni tipo di attrezzatura e di ugello è stabilito dal

costruttore il diametro medio delle goccioline che produrrà. La distinzione dei volumi in base alle dosi applicate sulla unità di superficie è in relazione alle caratteristiche degli ambienti e della coltura.

Per le colture arboree ed arbustive viene indicato (7):

alto volume 1000 L/ha; medio volume 500 - 1000 L/ha; basso volume 200 - 500 L/ha; molto basso volume 50 - 200 L/ha; ultra basso volume 50 L/ha.

In tabella sono riportate le caratteristiche tecniche dei tipi più utilizzati di irroratrici pneumatiche (8).

Macchine irroratrici	Ad aeroconvezione	Pneumatiche
Tipo di ventilazione	elicoidale	centrifugo
Frantumazione del getto	per pressione	pneumatica
Trasporto delle gocce	pneumatico	pneumatico
Volumi distribuiti (L/ha)	250 - 2500	50 - 250
Dimensione delle gocce (diametro in micron)	150 - 350	80 - 150
Volume d'aria (mc/h)	30000 - 50000	7500 - 15000
Velocità dell'aria (km/h)	100 - 150	200 - 400

Tabella 4. Caratteristiche tecniche delle macchine irroratrici più in uso.

A seconda del tipo di coltura e del tipo di impianto, e quindi della necessità di avere una maggiore o minore penetrazione, viene orientata la scelta della macchina distributrice.

E' chiaro però nella pratica che il tipo di attrezzatura acquistata dall'agricoltore viene ben difficilmente sostituita per ogni tipologia colturale da trattare e con il modificarsi delle condizioni degli impianti (specialmente i fruttiferi) anno dopo anno.

3. Tipologia della coltura da trattare.

Il tipo di coltivazione, in ispecie per quanto riguarda il frutteto, a seconda della forma e delle dimensioni delle piante e del loro sviluppo fogliare può svolgere una piu' o meno marcata azione di schermatura sul getto di aerosol e condizionare così il fenomeno di deriva.

Tale azione dipende, oltre che dal tipo di coltura, dallo stadio della vegetazione, dalla distanza interfilare e dallo spessore delle file, cioè dalla distanza delle piante nella fila (4).

Quindi se l'attrezzatura e le modalità di trattamento non sono ben calibrate in relazione alle dimensioni delle piante stesse, ci si può attendere una maggiore incontrollabilità del fenomeno di deriva.

Altre variabili che possono influenzare il fenomeno di deriva sono costituite dal comportamento dell'operatore e dalla regolare manutenzione dell'attrezzatura meccanica, anche se questi parametri sono difficilmente quantificabili.

a. Comportamento dell'operatore.

A parità di superficie da trattare dovrebbe essere utilizzato sempre il numero di ugelli necessario alla buona copertura delle piante, senza che si verificano vistosi superamenti delle chiome o irrorazioni in aree situate fuori dalla coltura. Quest'ultimo fatto può capitare nel passaggio tra un filare e l'altro se vengono lasciati aperti gli ugelli che hanno direzione esterna.

Altrettanto importante risulta l'osservanza di una corretta velocità di avanzamento e del numero di giri del motore, da cui dipende il numero di giri della ventola dell'atomizzatore e quindi il volume d'aria prodotto; il volume d'aria, infatti, non deve essere tale da permettere che una frazione più o meno rilevante di miscela antiparassitaria oltrepassi in maniera significativa l'obiettivo.

Anche la pressione del liquido all'uscita degli ugelli (di solito prestabilita per un valore ottimale per il tipo di ugelli utilizzato), ha importanza rilevante ai fini della corretta distribuzione della miscela.

b. Manutenzione delle attrezzature meccaniche di irrorazione.

L'usura meccanica delle macchine irroratrici può comportare irregolarità anche marcate nella distribuzione della miscela, sia per quanto concerne il volume erogato sia per la variazione del diametro medio delle particelle, specialmente in seguito ad usura del foro di uscita degli ugelli e a variazioni non controllate della pressione del liquido all'uscita.

L' APPROCCIO ALLA VALUTAZIONE DEL FENOMENO DI DERIVA.

L'ESPERIENZA AMERICANA.

La valutazione del fenomeno di deriva negli Stati Uniti è oggetto di specifiche linee guida, che rientrano nei requisiti richiesti per la registrazione dei prodotti antiparassitari, contenuti nel vol. 40 del Code of Federal Regulation (CFR), Sezione 158.142.

I dati relativi al fenomeno non sono richiesti per tutti i pesticidi, ma per sostanze specifiche, sulla base delle modalità d'uso e degli studi di tossicità su organismi diversi da quelli costituenti lo specifico bersaglio, uomo incluso.

Nel 1984 sono state pubblicate dal National Technical Information Service (NTIS) le linee guida per la valutazione della deriva da trattamenti aerei (9).

Nel 1986 (10) sono uscite ulteriori linee guida come Procedura Standard di Valutazione (SEP) sulla determinazione in campo del fenomeno. Tale tipo di studio, insieme alla determinazione dello spettro dimensionale delle particelle di aerosol, è "raccomandato" dall'Environmental Protection Agency (EPA) tra i requisiti della registrazione di un prodotto per la verifica dei rischi potenziali per le specie viventi "non target", inclusi piante, pesci, animali selvatici e uomo, dovuti

all'utilizzo del formulato attraverso qualsiasi tipo di macchina irroratrice.

Nel rapporto tecnico sono stabiliti i requisiti con cui vanno effettuate le prove di deriva in campo, ivi comprese le modalità con cui vanno stese le relative relazioni tecniche.

Il fenomeno di deriva può non essere determinato per quei prodotti per i quali, a causa delle modalità d'uso o delle caratteristiche di formulazione, non ci si attende un trasporto aereo.

I tests di valutazione della deriva sono effettuati "immediatamente dopo la fuoriuscita del prodotto dalla macchina irroratrice".

Infatti secondo quanto contenuto nel paragrafo 162.3(n) del vol. 40 del Code of Federal Regulations il termine "deriva" è definito come il "movimento di un pesticida in aria durante o dopo l'applicazione o l'uso su un'area diversa da quella programmata per l'applicazione o l'uso". Il termine include due fondamentali componenti: la deposizione al suolo in direzione sottovento (quanto si deposita direttamente o nelle adiacenze dell'area bersaglio) e il trasporto aereo (quanto è veicolato e depositato in aree non necessariamente adiacenti a quella bersaglio).

L'estensione del trasporto aereo ed i livelli dell'inquinante in causa sono poi paragonati alle informazioni fornite dagli studi tossicologici, circa i possibili effetti delle quantità

rilevate su organismi diversi da quelli bersaglio.

Lo studio in campo del fenomeno di deriva non valuta l'apporto delle quantità di pesticida disperse in aria per evaporazione dalla pianta, dal suolo o da altre superfici dopo la deposizione.

METODI GENERALI DI CAMPIONAMENTO E DI ANALISI RELATIVI ALLA
QUANTIFICAZIONE DEL FENOMENO DI DERIVA. (Rassegna dei dati di
Letteratura).

Non esistono metodologie standardizzate di campionamento e di
analisi generalmente riconosciute per la quantificazione del
fenomeno di deriva.

In effetti nel corso degli anni si è sviluppata una grande
quantità di metodi di campionamento in campo e di analisi in
laboratorio.

Il sistema di campionamento in campo dovrebbe essere
progettato in modo tale da raccogliere nelle vicinanze
dell'area trattata sia il prodotto che ricade sul
terreno, sulle colture presenti o su altre superfici anche in
verticale, sia la quantità presente in atmosfera.

Per effettuare un buon campionamento occorre che il sistema
adotti le soluzioni tecniche necessarie per superare le
difficoltà determinate:

- dalla variabilità dello stato fisico della sostanza: aereo-
sol, vapore;
- dalla bassa concentrazione (normalmente inferiore a 1
mg/mc, circa 80 ppb);

- dalle fluttuazioni della concentrazione;
- dalla possibile presenza di sostanze interferenti;
- dalla potenziale reattività del prodotto durante il campionamento.

La quantità di sostanza che si deposita nella zona circostante l'area trattata - espressa come quantità (mcg, mg) per unità di superficie (cm², dm²) - normalmente viene raccolta predisponendo a distanze variabili adeguati materiali (carta da filtro, fogli o strisce di plastica, capsule di Petri) su supporti posti sul terreno, o ad altezze variabili qualora la coltura presente nella zona soggetta a deriva interferisca sulla ricaduta.

E' possibile anche prelevare campioni delle piante interessate alla deriva ed effettuare la ricerca dei residui del principio attivo usato, in questo caso ottenendo la quantità di p.a. (mcg, mg) per unità di peso (kg) della coltura campionata.

Il prodotto presente nell'atmosfera viene campionato utilizzando pompe aspiranti che determinano il passaggio dell'aria su filtri o resine particolari che trattengono o adsorbono l'aerosol e i vapori della sostanza ricercata. In tal modo si ottiene una concentrazione del prodotto oggetto

di analisi che permette di ottenere una quantità analizzabile pur in presenza di bassi livelli in aria.

La quantità di principio attivo soggetta al fenomeno della deriva può essere determinata direttamente ricercando i residui sul materiale di raccolta oppure calcolata mediante il sistema del "tracciante".

Il metodo del tracciante viene usato per la grande facilità dell'analisi finale e quindi per la possibilità di effettuare un gran numero di replicazioni e consiste nell'aggiunta alla miscela da irrorare, di un colorante o di una sostanza fluorescente in rapporto noto e costante con il principio attivo.

Solitamente si esegue un'analisi spettrofotometrica o fluorimetrica della soluzione di estrazione che non necessita di purificazione.

L'analisi chimica diretta dei residui nella fase adsorbente si articola in diverse fasi: L'estrazione del principio attivo dal materiale di raccolta, la purificazione dell'estratto dalle interferenze, la determinazione quantitativa e la conferma finale della sostanza ricercata.

I primi studi sulla deriva sono stati condotti da Akesson e colleghi nel 1964 (11,12) per la verifica della contaminazione dell'erba medica coltivata in un'area confinante con la

zona in cui si effettuava un trattamento aereo.

A distanze variabili da 30 a 1200 m sono stati posti fogli di plastica Mylar per la raccolta della ricaduta, mentre il campionamento in aria è stato effettuato su filtri di carta.

Come tracciante è stato usato un colorante fluorescente (Brilliant Sulphoflavine) e l'analisi eseguita mediante uno spettrofluorimetro.

Nelle prove sono stati raccolti anche campioni di erba medica accanto alle postazioni di rilevamento e determinati i residui presenti.

La buona correlazione tra le due serie di dati ha permesso di calcolare nelle prove successive, i residui sull'erba medica partendo dai valori della deposizione.

La concentrazione in aria dopo un trattamento aereo con un formulato in polvere, è stata studiata da Mac Collom e colleghi (13), usando pompe aspiranti calibrate a 10 litri/minuto e filtri per aerosol Millipore.

Sono stati eseguiti campionamenti ripetuti della durata di 10-15 minuti ciascuno, per controllare l'andamento nel tempo della deriva, in tre postazioni disposte fino ad un miglio di distanza dal frutteto trattato.

Sono stati determinati sia il numero di particelle per metro cubo mediante l'analisi al microscopio sia la quantità di principio attivo (Tetradifon) per metro cubo mediante gascromatografia.

Ware e colleghi (14,15) hanno messo a confronto la deriva generata da un trattamento aereo e quella di un trattamento con atomizzatore.

Un campo sperimentale è stato irrorato con metossicloro, mentre nel vicino prato a distanze variabili da 50 a 870 m sono stati raccolti campioni di erba medica ed effettuati campionamenti della ricaduta con piattini di vetro o fogli di alluminio.

I campionamenti in aria sono stati eseguiti mediante pompe portatili (flusso: 4.7 litri/minuto) collegate ad un gorgogliatore riempito di glicole etilenico.

L'analisi dell'erba e dei materiali di raccolta è stata effettuata utilizzando un gascromatografo dotato di un detector a cattura di elettroni (ECD).

Per i trattamenti con erbicidi, il fenomeno di deriva può essere seguito osservando gli effetti negativi su piccole piante sensibili disposte a distanze variabili lungo la direzione del vento.

Tale sistema è stato utilizzato da Byasas e Lake (16), che hanno costruito una scala di valori crescenti in funzione del tipo, dell'estensione e della gravità del danno.

Alle miscele di picloram e di paraquat sono stati aggiunti due traccianti (fluorescein LTS e Disulphine Blue VN150), che hanno permesso di quantificare la deposizione mediante

L'analisi fluorimetrica e di rendere visibile la zona interessata alla deriva colorandola di blu.

Un raffronto tra la quantità di erbicida depositato dentro e fuori dalla zona trattata è stato condotto da Grover e colleghi e da Maybank e colleghi (17,18).

Sono stati utilizzati dei dischi di Petri in plastica per la raccolta del principio attivo sul terreno mentre il campionamento in aria è stato effettuato su filtri di carta Whatman n.1 con pompe aspiranti calibrate a 10 litri/minuto. Le pompe erano montate a varie altezze da terra (0.5 - 1 - 1.5 - 2 - 3 m) e a distanze variabili da 5 a 60 metri lungo la direzione del vento.

Un colorante fluorescente (Brilliant Sulphoflavine) è stato aggiunto alla miscela da irrorare in un rapporto di 1:4 rispetto al principio attivo (2,4-D) e dall'analisi spettrofluorimetrica è stato possibile risalire alla quantità di erbicida interessata alla deriva rispetto alla quantità depositata nella zona oggetto di trattamento.

Yates e colleghi (19) hanno studiato la deriva conseguente ad un trattamento con glyphosate, predisponendo una serie di strisce di plastica Mylar a distanze variabili da 25 a 800 metri lungo la direzione del vento. I fogli di plastica erano posti su supporti ad una altezza di 75 cm da terra, al di

sopra dell'erba coltivata.

Pompe ad alto volume (11 litri/secondo) con filtri in fibra di vetro (Gelman Type A) sono state impiegate per traccogliere il principio attivo presente nell'aria, nelle stesse postazioni in cui si effettuava il campionamento per deposizione.

Anche Draper e colleghi (20) hanno utilizzato pompe ad alto volume per raccogliere il carbofuran, principio attivo utilizzato per trattamenti aerei di una zona coltivata ad erba medica.

Le pompe aspiravano un volume d'aria variabile da 200 a 700 litri/minuto ed erano dotate di apparato filtrante a doppio stadio costituito da : 1) un filtro a fibre di vetro per trattenere le particelle di aerosol; 2) una resina macroporeticizzata XAD-4 per adsorbire i vapori.

I filtri e le resine, assieme a campioni di erba raccolti vicino alle postazioni delle pompe, sono stati analizzati utilizzando un gascromatografo equipaggiato con detector specifico azoto-fosforo.

Barrat e colleghi (21) per raccogliere la frazione di miscela non intercettata dalle piante trattate hanno costruito una impalcatura di legno alta 3 m, su cui hanno appeso dei fogli di carta di filtro.

I principi attivi (azinfos metil e phosalone) adsorbiti dai filtri sono stati analizzati quantitativamente mediante cromatografia Liquida HPLC.

Tre studi sulla deriva conseguente a trattamenti con attrezzature a terra e con mezzi aerei, sono stati condotti da Currier e colleghi (22,23,24).

Attorno al frutteto, a distanze variabili da 50 a 500m sono stati collocati dischi di Petri per raccogliere la ricaduta. Il campionamento in aria è stato effettuato con filtri in fibra di vetro e cartucce Sep-pak C18 per trattenere il particolato piu' sottile.

Le quantità di captano e carbaril adsorbite sono state analizzate mediante cromatografia Liquida HPLC.

I fattori che influenzano i fenomeni di deriva sono stati studiati da Gohlich (1) facendo eseguire trattamenti in vigneto con diversi tipi di attrezzature irroranti.

La deposizione a terra a distanze variabili dall'area trattata è stata determinata utilizzando recipienti di vetro, mentre per il campionamento in aria sono state utilizzate delle sonde di aspirazione con un filtro in feltro.

Per la determinazione analitica della quantità di sostanza raccolta sono stati usati due sistemi: 1) determinazione diretta del rame mediante spettrometria ad assorbimento

atomico; 2) determinazione fluorimetrica dopo l'aggiunta di una sostanza fluorescente.

L'effetto deriva conseguente ad un trattamento con permetrina di un campo di grano è stato valutato utilizzando anche come tracciante il cloruro di disprosio, analizzando tramite attivazione neutronica da Dobson e colleghi (25).

Filtri di carta a diverse altezze (0 - 45 - 75 cm) sono stati posizionati da 10 a 100 m nella direzione del vento.

Chester e Ward (26) hanno invece studiato la deriva del paraquat durante il trattamento aereo di un appezzamento coltivato a cotone. A distanze variabili da 50 a 1600 m lungo la direzione del vento, sono state collocate le stazioni di rilevamento, costituite da : 1) una pompa ad alto volume (425-453 litri/minuto) con filtro TFA-41; 2) una pompa operante a 50 litri/minuto con filtro GF/A; 3) una pompa ad alto volume (481-590 litri/minuto) con un frazionatore di particelle tipo Andersen 2000.

Per raccogliere la quota di antiparassitario ricaduta sul terreno sono stati impiegati fogli di polietilene.

La successiva analisi spettrofotometrica degli estratti è stata eseguita usando una soluzione alcalina di sodio dititionito.

Dagna e coll. (27) per quantificare la deriva dovuta a trattamenti di vigneti con elicottero hanno utilizzato carta da filtro disposta su 7 punti di prelievo a monte e a valle della linea di volo, a distanze comprese da 0 a 150 m con intervalli di 25 m.

Successivamente, nell'ambito della stessa ricerca, hanno utilizzato strisce di polietilene poste a 50 cm di altezza dal suolo, tese tra due appositi sostegni, disposte in due file su tre lati (due nella direzione del volo, una laterale ad essa), a distanze comprese tra 25 e 100 m, con intervalli di 25 m. I residui di principio attivo (un alchilenbis ditiocarbammato) e del suo principale metabolita (etilentiourea) sono stati determinati con metodo analitico ufficiale.

Baraldi e coll. (28) hanno utilizzato carta da filtro posta a due metri dal terreno su paletti in legno e a terra, ad intervalli di 5 m fino a 100 m; per la rilevazione della ricaduta a terra sono state utilizzate anche carte idrosensibili.

I residui sono stati determinati per via gascromatografica.

Barnes e colleghi (29) hanno quantificato l'effetto deriva nelle vicinanze di una risaia diserbata con mezzi aerei. A distanze variabili da 10 a 1000 m sono stati collocati a

terra dei campionatori in garza, per raccogliere la quota di principio attivo che ricadeva al suolo, mentre il campionamento in aria è stato effettuato con campionatori individuali equipaggiati con fiala contenente resina Amberlite XAD-2 con funzione adsorbente.

La quantità di propanil campionata è stata analizzata mediante cromatografia liquida (HPLC).

Nei punti di campionamento sono state collocate anche piantine sensibili all'erbicida utilizzato, per verificare durante tre settimane successive al trattamento, gli effetti fitotossici prodotti dal principio attivo depositatosi.

OBIETTIVI DELLA RICERCA

Nelle condizioni reali di esecuzione dei trattamenti antiparassitari delle colture tramite l'uso di atomizzatori, si verifica sempre un fenomeno di deriva, l'estensione del quale dipende piu' o meno consistentemente dai fattori presi in esame nel capitolo introduttivo.

La contaminazione delle aree circostanti la zona trattata può inoltre verificarsi anche in fasi successive a quella dell'irrorazione, per fenomeni di volatilizzazione e di trasporto passivo attraverso la polvere, a seconda delle caratteristiche fisico-chimiche del prodotto e in particolare della sua persistenza (3).

Lo spostamento del principio attivo verso obiettivi diversi da quelli prefissati può essere di interesse per la salute pubblica, in maniera piu' o meno marcata a seconda delle caratteristiche tossicologiche del prodotto e della quantità che si rende disponibile per un effettivo assorbimento da parte della popolazione generale.

Sulla base di tali premesse, analiticamente esposte nell'introduzione, abbiamo voluto quantificare la dispersione aerea dei prodotti utilizzati per il trattamento antiparassitario e la presenza di rischio per la salute umana, compiendo lo sforzo di ridurre il numero delle molteplici variabili in causa,

per evitare di includere nello studio parametri difficilmente controllabili e quindi, di fatto, non misurabili: ci riferiamo, ad esempio alla manutenzione della attrezzatura utilizzata per l'irrorazione e al comportamento del singolo agricoltore, che possono da soli condizionare in maniera determinante il fenomeno in esame.

Le indicazioni per la valutazione del rischio tossicologico per la popolazione generale sono quindi tratte dalla osservazione del fenomeno di deriva in condizioni definibili, in certa misura, standardizzate: sono stati scelti prodotti rappresentativi rispettivamente dei principi attivi scarsamente volatili e di quelli dotati di media volatilità, utilizzati in presenza ed in assenza di vento e le cui caratteristiche sono riportate nel capitolo relativo ai materiali e metodi.

Sono stati utilizzati atomizzatori ad alto volume, considerati rappresentativi delle macchine più diffuse attualmente tra gli agricoltori.

Sono invece stati mantenuti costanti l'operatore (esperto ed istruito sulle modalità corrette di irrorazione con atomizzatore), la dose di prodotto/ha, l'attrezzatura (con pressione di erogazione, ugelli e manutenzione meccanica controllate).

L'area geografica è stata scelta con caratteristiche stagionali, meteorologiche e di tipologia colturale

rappresentative delle aree fruttivitticole del territorio provinciale trentino.

Lo studio della deriva infine è relativo alla quantità di prodotto che non raggiunge il bersaglio immediatamente dopo la fuoriuscita dalla attrezzatura per il trattamento.

Non si è determinata l'estensione del movimento del pesticida in aria risultante dalla evaporazione del principio attivo dalla pianta, dal suolo o da altre superfici dopo deposizione (9,10).

METODOLOGIA DI RILEVAMENTO

1.0 Scelta dell'area.

Per le prove in campo è stata scelta l'Azienda agricola Maso delle Part (Mezzolombardo), appartenente alla Stazione Agraria e Forestale di S.Michele all'Adige, cui è stata chiesta la collaborazione.

Si è ritenuto infatti che un'Azienda pubblica potesse permettere un maggior controllo su alcune delle variabili in grado di influenzare il fenomeno di deriva dell'aerosol degli antiparassitari utilizzati, in particolare per quanto riguarda la manutenzione dell'attrezzatura meccanica, l'esperienza dell'operatore, la eventuale possibilità di ripetizione della prova nelle condizioni climatiche prescelte ed offrire la presenza di strutture di supporto logistico, quali la disponibilità di personale, la presenza di centralina di registrazione delle condizioni metereologiche e di sorgenti di energia elettrica per l'utilizzo delle pompe aspiranti per il campionamento degli inquinanti aerodispersi. Infine l'area si presenta interessante sotto il profilo metereologico dei venti predominanti; infatti, in caso di presenza di vento, la direzione seguita è costante, lungo l'asse principale della valle, verso Sud o verso Nord, con

uno scostamento massimo di ± 30 gradi.

1.1 Tipo di coltura.

Sono stati scelti alcuni appezzamenti coltivati a frutteto, rappresentativi delle colture frutticole (in particolare del meleto).

In tabella sono riportate le caratteristiche di impianto dei lotti usati per le prove in campo.

1.2 Scelta dei principi attivi.

Come è già stato accennato piu' sopra, uno dei fattori condizionanti il fenomeno della deriva e, piu' in generale, la contaminazione delle aree adiacenti alla zona agricola oggetto di trattamento antiparassitario è costituito dalle caratteristiche chimico-fisiche dei prodotti utilizzati.

Infatti per quanto concerne le proprietà intrinseche del principio attivo, lo spostamento all'area bersaglio e la contaminazione di aree limitrofe dipende essenzialmente dalla sua volatilità.

Per tali motivi si è ritenuto opportuno scegliere prodotti antiparassitari appartenenti a tipologie diverse: un principio attivo che rappresentasse i prodotti a bassa volatilità (individuato nel vinclozolin) ed un altro che

rappresentasse i prodotti dotati di volatilità media (individuato nel clorpyrifos-metil).

1.3 Scelta dell'attrezzatura meccanica di trattamento.

Per seguire il fenomeno di deriva si sono scelti atomizzatori a volume normale (tipo Agro modello Micron e tipo Mitterer), accoppiati a trattore Fendt Farmer 203, messi a disposizione dalla Stazione Sperimentale Agraria e Forestale di S. Michele all'Adige.

In particolare è stata richiesta l'accurata messa a punto degli ugelli, che dovevano essere in grado di distribuire il prodotto senza superare vistosamente la sommità delle chiome degli alberi.

Nei passaggi esterni ai filari è stata raccomandata l'apertura unicamente degli ugelli rivolti verso le piante, mentre durante la manovra di inversione di marcia a fine filare è stata raccomandata la loro totale chiusura.

1.4 Rilevazione delle condizioni metereologiche durante le prove in campo.

La misura delle condizioni generali di temperatura, umidità

relativa e pressione atmosferica sono ricavate dalle rilevazioni della stazioncina di rilevamento fissa presente nell'Azienda, cui si aggiungono dati "puntiformi", (velocità del vento) rilevati in prossimità della particella trattata tramite centralina microclimatica LSI tipo uclima-2, con stampante analogica.

I dati relativi alle condizioni sperimentali delle prove in campo sono riportati nella tabella

1.5 Tipo di campionamento.

Sulla base dei dati di letteratura (1,8,9,10,11) si è deciso di effettuare campionamenti dell'aerosol per deposizione passiva su superfici verticali e su superfici orizzontali e per rilevazione in aria mediante pompe aspiranti; i campionatori vengono collocati ad intervalli regolari e a distanze crescenti dall'area agricola trattata.

1.5.1 Campionamento per deposizione.

Il campionamento per deposizione viene effettuato fissando carta da filtro (Wathman n. 42, 10x10 cm, preventivamente lavata con acetone) con due puntine da disegno su supporti di legno (12x12 cm) ricoperti da un foglio di alluminio.

I supporti sono disposti su pali posizionati a distanze

variabili dall'immediato confine della particella, in direzione del vento predominante a cominciare da un punto situato a circa metà della larghezza della particella in esame, il primo a 5 m di distanza, gli altri ad intervalli di 10 m in 10 m fino a 100 m. Lateralmente alle particelle oggetto di trattamento i pali con relativi supporti sono posti ad intervalli di 10 m fino a 30 m.

I supporti sono collocati rispettivamente a 2 m dal livello del terreno (per la verifica della deposizione su superfici verticali) e a livello del suolo, ai piedi del palo, per la verifica della deposizione orizzontale.

I filtri sono prelevati entro un'ora dall'inizio del trattamento.

1.5.2 Campionamento in aria.

Vinclozolin.

L'aerosol presente in aria viene campionato su filtri in fibra di vetro (\varnothing 47 mm) GELMAN type A/E preventivamente lavati con acetone, disposti ad 1.5 m dal suolo, mediante pompe aspiranti ZAMBELLI 5001 con flusso costante di 20 l/m- in poste a distanza di 10,50,100 m dal confine della particella, nella direzione del vento dominante, e rispettivamente a 10 e 20 m lateralmente.

Clorpyrifos-metil.

Nel caso del composto volatile, si è deciso di usare un campionatore a doppio stadio con filtri in fibra di vetro (GELMAN type A/E con \varnothing 47 mm) e con 20 ml di resina adsorbente XAD-4 (20-50 Mesh, Residue free- ALLTECH Ass.)

I filtri sono posti a 1.5 m dal suolo e collegati a pompe aspiranti ZAMBELLI 5001, con flusso costante di 20 L/min.

Il periodo di campionamento è fissato in 3-4 ore dall'inizio del trattamento, con la sostituzione del campionatore dopo 1 ora.

In entrambi i casi le pompe sono poste a distanza di 10,50,100 m sottovento e a 10 e 20 m lateralmente.

1.6 Metodi analitici.

1.6.1 Vinclozolin.

Dopo estrazione dai filtri con acetone RS Erba (150-30 ml in beuta per 1 ora), e concentrazione a 2-10 ml con evaporatore rotante, l'analisi è stata effettuata mediante gascromatografia (Gascromatografo Perkin-Elmer Sigma 3b dotato di un rilevatore ECD-Ni 63 equipaggiato con una colonna 1.5% OV17 - 1.95% QF1 su Chromosorb W HP Lunga 1.8 m; gas di trasporto: N₂ 60 ml/min; make up: N₂ 20 ml/min; temperature operative: iniettore, 250 C; detector, 300

C; colonna, isoterma 185 C).

La quantità di vinclozolin negli estratti concentrati è calcolata mediante interpolazione delle aree dei picchi gascromatografici su una retta di taratura costruita con i valori delle aree ottenute da soluzione standard del p.a., variabili da 0.1 ug/ml a 1 ug/ml.

L'efficienza dell'estrazione, valutata dopo diverse prove di recupero di quantità variabili di vinclozolin (0.5, 5 e 50 ug) depositate sui filtri, è pari al 95% +/- 4%.

I filtri sono conservati ad una temperatura di -18 C fino al momento dell'analisi.

1.6.2 Clorpirifos-metil.

Dopo l'estrazione dei filtri e delle resine con acetone RS Erba (100 ml in bagno ad ultrasuoni per 15 min) e concentrazione a 2-10 ml con evaporatore rotante (temp. max bagno 30 C), i campioni ottenuti vengono analizzati in continuo per mezzo dell'iniettore automatico HP - 7673A accoppiato a gascromatografo capillare HP 5890A.

(Gascromatografo HP 5890A dotato di un rilevatore NPD equipaggiato con una colonna HP-1 12 m x 0.2 mm, spessore fase 0.33 um; gas di trasporto: He (105 Kpa pressione in testa); gas ausiliari: H2 3 ml/min; aria 100 ml/min; N2.30 ml/min; temperature operative : iniettore 200 C, detector: 250 C; colonna: t iniziale 90 C per 1 min, 20 C/min fino a 150 C

poi 5 c/min fino a 250 C, 5 min a 250 C.

Iniezione di 1 ul in splitless con bypass della valvola per 0.7 min).

I filtri e le resine sono conservati a una temperatura di -18 C fino al momento dell'analisi.

Le quantità di clorpirifos-metil negli estratti concentrati viene calcolata con il metodo dello standard interno (chlorpirifos) aggiunto alla soluzione da analizzare.

L'efficienza dell'estrazione valutata con diverse prove di recupero di quantità variabili di clorpirifos-metil depositata su filtri e su resine, è risultata soddisfacente (superiore all'80%).

RISULTATI.

Nella figura 3 sono schematizzate le modalità di campionamento dei principi attivi soggetti a deriva e il tragitto effettuato dal trattore trainante l'atomizzatore durante il trattamento antiparassitario delle colture interessate.

Nella tabella 5 sono sintetizzate le caratteristiche di impianto dei lotti usati per le prove in campo.

Nella tabella 6 sono invece riportati i dati relativi alle condizioni sperimentali delle prove in campo.

Nelle tabelle 7,8,9 sono riportate le quantità del principio attivo poco volatile (vinclozolin) rilevate in " assenza di vento" , cioè con vento comunque inferiore a 0.5 m/s, rispettivamente sui filtri posti orizzontalmente sul terreno, sui filtri posti verticalmente e in aria.

Sono riportati inoltre il tipo di frutteto e la direzione del campionamento.

Nelle tabelle 10,11,12 sono riportate le quantità di vinclozolin rilevate in " presenza di vento", rispettivamente sui filtri posti orizzontalmente sul terreno, sui filtri posti verticalmente e in aria.

Sono riportati il tipo di frutteto, la velocità media del vento, la direzione predominante del vento, la direzione del campionamento.

Nelle tabelle 13 e 14 sono riportate le quantità minime e massime di vinclozolin rilevate per deposizione sui filtri posti orizzontalmente sul terreno ed in aria nelle prove effettuate rispettivamente in assenza ed in presenza di vento. Nelle tabelle 15,16,17 sono riportate le quantità di principio attivo volatile (clopyrifos-metil) rilevate in "assenza di vento" ed in "presenza di vento" rispettivamente sui filtri posti orizzontalmente sul terreno, sui filtri posti verticalmente ed in aria.

Sono riportati inoltre il tipo di frutteto, la velocità media e la direzione predominante del vento (in caso di presenza) e la direzione del campionamento.

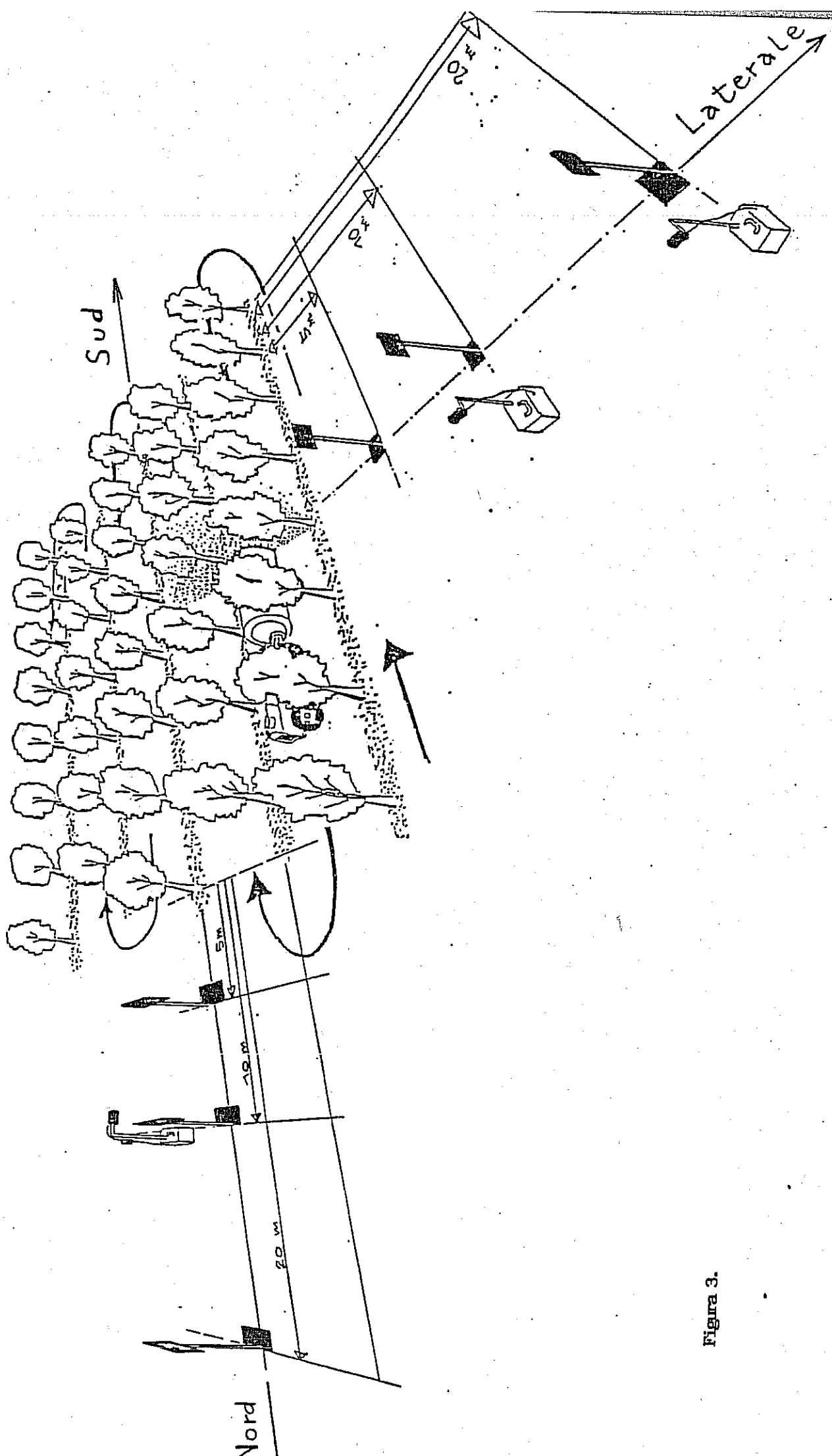


Figura 3.

Tabella 5. Caratteristiche di impianto dei lotti usati per le prove in campo.

Tipo di frutteto	A	B	C	D	E
Età impianto (anni)	2	9	14	15	16
Lunghezza filare (m)	102	98	60	115	85
Distanza interfilare (m)	4	4,5	4	3,7	4
Distanza interpianta (cm)	120	200	180	180	120
Altezza media piante (m)	1,8	4	4	3,5	3,5
Area trattata (m ²)	1632	1764	960	1702	1700

Tabella 6. Dati delle condizioni sperimentali per le prove in campo.

Prova	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tipo di frutteto	A	B	B	C	C	D	D	D	E	E	E	E	E
Mese di espiantamento	Giugno	Luglio	Novembre	Giugno	Agosto	Ottobre	Luglio	Agosto	Giugno	Ottobre	Novembre	Ottobre	Maggio
Ora inizio trattamento	8.40	9.30	10.30	10.15	9.00	10.00	15.30	15.30	15.00	11.00	12.00	11.00	10.30
Temperatura media (°C)	20	22,5	16	19,5	25	19	25	23	25	20	10	21	20
Umidità relativa (%)	60	65	70	55	65	55	55	45	50	60	45	45	60
Vel. media del vento (m/sec)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,3	1,7	1,8	<0,5	<0,5	<0,5	1,1
Principio attivo usato	Vinilacolin	Vinilacolin	Vinilacolin	Vinilacolin	Vinilacolin	Vinilacolin	Vinilacolin	Vinilacolin	Vinilacolin	Clorpirifos-metil	Clorpirifos-metil	Clorpirifos-metil	Clorpirifos-metil
Dose (gr p.a./hl)	130	100	100	100	100	100	100	100	100	95	95	95	95
Consumo (hl/ha)	11	14	15	15	15	21	15	15	14	15	17	17	17

Tabella 7.

Quantità di vinclozolin (in ng/cm^2) rilevate per deposizione su filtri posti orizzontalmente sul terreno a distanze prefissate dall'ultimo filare in assenza di vento ($<0,5 \text{ m/s}$).

Prova	n. 4	n. 5	n. 6
Tipo di frutteto	C	C	D
Direzione di campionamento	Laterale	Laterale	Nord Laterale
5 m	187	476	403
10 m	66	72	50
20 m	2	3	29
30 m	-	-	5
40 m	-	-	-
50 m	-	-	-
60 m	-	-	-
70 m	-	-	-
80 m	-	-	-
90 m	-	-	-
100 m	-	-	-

- : non rilevabile, inferiore a $1 \text{ ng}/\text{cm}^2$

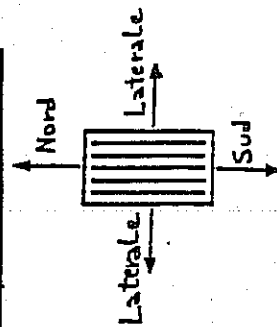


Tabella 8. Quantità di vinclozolin (in ng/cm^2) rilevate per deposizione su filtri verticali a distanze prefissate dall'ultimo fillare in assenza di vento ($<0,5 \text{ m/s}$).

Prova	n. 1	n. 2	n. 3	n. 4	n. 5	n. 6
Tipo di frutteto	A	B	B	C	C	D
Direzione di campionamento	Laterale	Laterale	Laterale	Laterale	Laterale	Nord Laterale
5 m	ng/cm^2 * 1173	ng/cm^2 * 328	ng/cm^2 614	ng/cm^2 82	ng/cm^2 120	ng/cm^2 53
10 m	18	37	44	4	10	2
20 m	-	-	-	-	-	-
30 m	-	-	-	-	-	-
40 m	-	-	-	-	-	-
50 m	-	-	-	-	-	-
60 m	-	-	-	-	-	-
70 m	-	-	-	-	-	-
80 m	-	-	-	-	-	-
90 m	-	-	-	-	-	-
100 m	-	-	-	-	-	-

* : campionamento effettuato a 4 m

- : non rilevabile, inferiore a $1 \text{ ng}/\text{cm}^2$

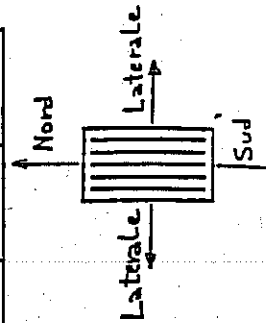


Tabella 9. Livelli di vinclozolin in aria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevati a distanze prefissate dall'ultimo filare in assenza di vento ($<0,5 \text{ m/s}$).

Prova	n. 2	n. 3	n. 4	n. 5	n. 6
Tipo di frutteto	B	B	C	C	D
Direzione del campionamento	Laterale	Laterale	Laterale	Laterale	Nord Laterale
10 m	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2,6	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1,4	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3,8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 4,9	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 3,8 0,5
20 m			1,4	0,9	0,5 0,2
50 m					0,2

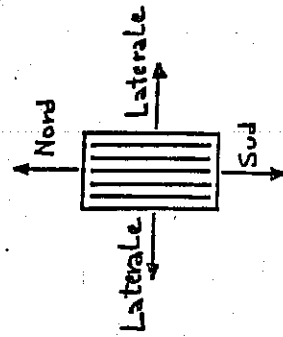


Tabella 10. Quantità di vinclozolin (in ng/cm^2) rilevate per deposizione su filtri posti orizzontalmente sul terreno a distanze prefissate dall'ultimo filare in presenza di vento.

Prova	n. 7		n. 8		n. 9	
Tipo di frutteto	D		D		E	
Velocità media del vento	1.3 m/s		1.7 m/s		1.8 m/s	
Direzione del vento	da Sud		da Sud		da Sud	
Direzione del campionamento	Nord	Laterale	Nord	Laterale	Nord	Laterale
	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2
5 m	885	1429	2200	415	1800	1079
10 m	187	111	377	132	714	64
20 m	61	14	75	7	197	3
30 m	43	1	45	2	70	
40 m	27	-	24	-	28	
50 m	25		11		13	
60 m	14		6		7	
70 m	10		6		4	
80 m	3		3		2	
90 m	2		3		2	
100 m	1		2		1	

-: non rilevabile, inferiore a $1 \text{ ng}/\text{cm}^2$

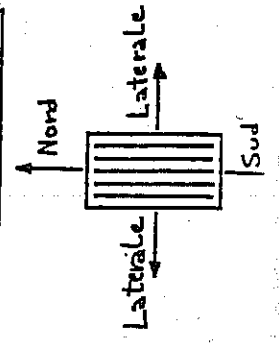


Tabella II. Quantità di vinclozolin (in ng/cm^2) rilevate per deposizione su filtri verticali a distanze prefissate dall'ultimo filare in presenza di vento.

Prova	n. 7		n. 8		n. 9	
Tipo di frutteto	D		D		E	
Velocità media del vento	1.3 m/s		1.7 m/s		1.8 m/s	
Direzione del vento	da Sud		da Sud		da Sud	
Direzione del campionamento	Nord	Laterale	Nord	Laterale	Nord	Laterale
	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2
5 m	770	142	1630	69	1450	47
10 m	223	76	606	36	931	21
20 m	120	2	225	10	425	8
30 m	92	-	140	3	233	
40 m	54	-	112	-	127	
50 m	38		71		42	
60 m	28		29		21	
70 m	16		21		17	
80 m	4		10		7	
90 m	3		16		5	
100 m	1		10		3	

-: non rilevabile, inferiore a $1 \text{ ng}/\text{cm}^2$

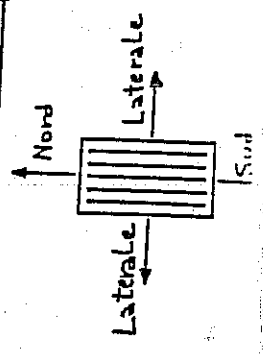


Tabella 12. Livelli di vinclozolin in aria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevati a distanze prefissate dall'ultimo filare in presenza di vento.

Prova	n. 7		n. 8		n. 9	
	Nord	Laterale	Nord	Laterale	Nord	Laterale
Tipo di frutteto	D		D		E	
Velocità media del vento	1.3 m/s		1.7 m/s		1.8 m/s	
Direzione del vento	da Sud		da Sud		da Sud	
Direzione del campionamento	Nord	Laterale	Nord	Laterale	Nord	Laterale
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
10 m	1,4	0,6	3,0	0,7	5,4	0,7
50 m	1,0		0,6		1,1	
100 m	0,3		0,2		0,2	

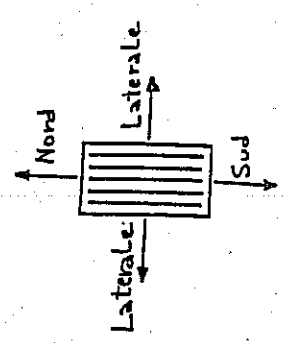


Tabella 13. Quantità minime e massime di vinclozolin rilevate per deposizione su filtri ed in aria a distanze prefissate dall'ultimo filare nelle prove effettuate in assenza di vento (<0,5 m/s).

Distanza	Filtri sul terreno ng/cm ²	Filtri verticali ng/cm ²	Aria ug/m ³
5 m	187 - 525	53 - 614	
10 m	13 - 72	2 - 44	0,5 - 4,9
20 m	2 - 29	0 - 2	0,2 - 1,4
30 m	0 - 5		
50 m			0,2

Tabella 14.

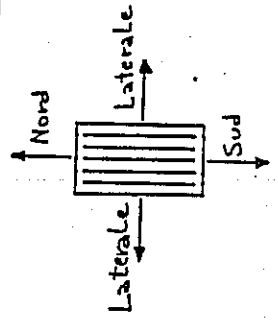
Quantità minime e massime di vinclozolin rilevate per deposizione su filtri ed in aria a distanze prefissate dall'ultimo filare nelle prove effettuate in presenza di vento (1,3 - 1,8 m/s).

Distanza	Filtri sul terreno ng/cm ²	Filtri verticali ng/cm ²	Aria ug/m ³
5 m	885 - 2200	770 - 1630	
10 m	187 - 714	223 - 931	1,4 - 5,4
20 m	61 - 197	120 - 425	
30 m	43 - 70	92 - 233	
50 m	11 - 25	38 - 71	0,6 - 1,1
70 m	4 - 10	16 - 21	
100 m	1 - 2	1 - 10	0,2 - 0,3

Tabella 15.

Quantità di clorpirifos-metil (in ng/cm^2) rilevate per deposizione su filtri posti orizzontalmente sul terreno a distanze prefissate dall'ultimo filare in assenza ed in presenza di vento.

Prova	n. 11		n. 12		n. 13		
	E		E		E		
Tipo di frutteto	vento assente ($<0,5 \text{ m/s}$)		vento assente ($<0,5 \text{ m/s}$)		1,1 m/s		
Velocità media del vento	-		-		-		
Direzione del vento	-		-		da Sud		
Direzione del campionamento	Nord	Sud	Nord	Sud	Laterale	Nord	Sud
	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2
5 m	2250	382	962	3120	440	2500	345
10 m	171	3	10	197	87	870	18
20 m	10	-	1	-	3	150	-
30 m	2	-	1	-	-	55	-
50 m	1	-	1	-	-	36	-
70 m	-	-	-	-	-	7	-
100 m	-	-	-	-	-	1	-



-: non rilevabile, inferiore a $1 \text{ ng}/\text{cm}^2$

Tabella 16.

Quantità di clorpirifos-metil (in ng/cm^2) rilevate per deposizione su filtri verticali a distanze prefissate dall'ultimo filare in assenza ed in presenza di vento.

Prova	n. 11		n. 12		n. 13	
	Nord	Sud	Nord	Sud	Nord	Sud
Tipo di frutteto	E		E		E	
Velocità media del vento	Vento assente (<0,5 m/s)		Vento assente (<0,5 m/s)		1,1 m/s	
Direzione del vento	-		-		da Sud	
Direzione del campionamento	Nord	Sud	Nord	Sud	Laterale	Nord
	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2	ng/cm^2
5 m	375	380	49	1600	425	1630
10 m	34	-	12	6	39	410
20 m	9	-	3	1	3	245
30 m	3	-	1	1	-	122
50 m	-	-	1	-	-	45
70 m	-	-	-	-	-	11
100 m	-	-	-	-	-	3

-: non rilevabile, inferiore a 1 ng/cm^2

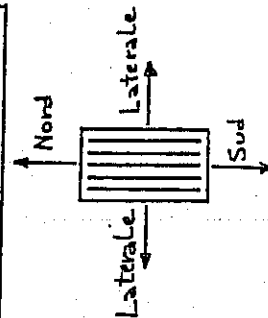
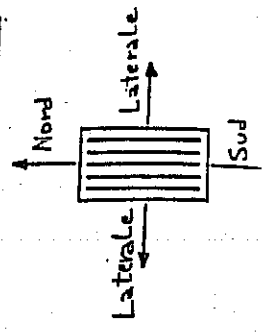


Tabella 17.

Livelli di clorpirifos-metil in aria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) rilevate a distanze prefissate dall'ultimo filare in assenza ed in presenza di vento.

Prova	n. 10		n. 11		n. 12		n. 13								
	E		E		E		E								
	Vento assente (<0,5 m/s)		Vento assente (<0,5 m/s)		Vento assente (<0,5 m/s)		1,1 m/s								
Direzione del campionamento	-		-		-		da Sud								
Periodo del campionamento	Nord		Sud		Nord		Sud								
	1 ^a ora 2+3 ora	a 1 ora 2+3 ora	1 ^a ora 2+3 ora	a 1 ora 2+3 ora	1 ^a ora 2+3 ora	a 1 ora 2+3 ora	1 ^a ora 2+3 ora	a 1 ora 2+3 ora							
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$								
10 m	17,2	9,6	0,2	2,5	4,0	4,0	3,1	0,2	3,8	2,8	1,8	2,4	24,9	13,5	0,1
50 m	1,9	2,5	0,1	0,5	0,2	0,4	0,8	-	0,2	0,4	0,2	0,2	2,8	4,0	-
100 m	0,5	0,5	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	-	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	1,5	-

-: non rilevabile, inferiore a $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$



STIMA DELL'ESPOSIZIONE UMANA.

1. Premessa

Sulla base dei dati del fall-out dei principi attivi utilizzati nei trattamenti antiparassitari su superfici verticali ed orizzontali e dei livelli in aria misurati con campionatori attivi è possibile effettuare una valutazione dell'esposizione umana. Poichè nelle stime di esposizione sono coinvolte molte variabili che possono indurre variazioni notevoli nei risultati, è opportuno il ricorso a parametri standardizzati che permettono un calcolo piu' agevole ed uniforme (30,31). Nella Tabella 18 sono sintetizzati alcuni dei parametri fisici utilizzabili.

1. Peso corporeo :	70 kg,uomo; 60 kg,donna
2. Quantità d'aria inalata :	0.5 mc/hr a riposo; 1.2 mc/hr,uomo;1.0 mc/hr,donna (condizioni di lavoro moderato)
3. Assorbimento polmonare :	100%
4. Assorbimento percutaneo:	10%*,liquidi e sprays;1% polveri e granulati
5. Superficie corporea :	1.6 m ²

*in assenza di informazioni specifiche

Tabella 18 . Alcuni parametri fisiologici e fisici standard per il calcolo dell'esposizione a pesticidi .

a) Calcolo dell'esposizione dermica.

In letteratura l'esposizione dermica è stata presa in considerazione soprattutto in relazione all'attività lavorativa ed è calcolata moltiplicando il livello di pesticida misurato direttamente con campionatori in garza o in carta da filtro posizionati sul corpo dell'operatore (1,30) per unità di area corporea per un fattore temporale, determinato dal tempo effettivo di esposizione, per derivare una esposizione oraria per unità di area.

L'esposizione totale cutanea/ora di un soggetto è pari alla somma delle esposizioni orarie delle aree corporee non protette e delle mani.

L'area complessiva scoperta può essere considerata sulla base di un assunto teorico aprioristico o a valutazioni effettive delle superfici corporee non coperte, condotte sulla base di tabelle di dati di superficie rappresentativi delle varie aree del corpo (30).

b) Calcolo dell'esposizione inalatoria.

L'esposizione inalatoria è calcolata a partire dai livelli di sostanza misurati per m³ d'aria, sulla base della conoscenza del numero di litri ventilato da un soggetto nell'unità di tempo e della durata di esposizione.

c) Valutazione del rischio.

Nella valutazione del rischio per la salute nella popolazione generale, comprendente soggetti di varia età, con stato di salute molto diversificato e con diversa sensibilità ai tossici, non è opportuno ricorrere al raffronto con i limiti ponderati fissati per gli ambienti di lavoro, come ad esempio i TLVs dell'American Conference of Governmental Industrial Hygienists americana o di altre organizzazioni.

Infatti questi standards occupazionali sono stabiliti per proteggere lavoratori sani esposti ad una sostanza chimica per 8 h giornaliere, 5 giorni alla settimana per l'arco della vita lavorativa (32).

Ci riferiamo piuttosto, dove esistono, ai livelli ai quali non si evidenzia alcun effetto tossico nell'animale da esperimento (NOEL = No Observed Effect Level) o alla dose giornaliera ammissibile per l'uomo (ADI = Acceptable Daily Intake), definita dall'OMS come la quantità di composto chimico che può essere assunta giornalmente senza esporre l'uomo ad alcun rischio apprezzabile, calcolata esaminando tutti i dati scientifici disponibili all'epoca della sua determinazione (33).

2. Esposizione stimata.

Nel nostro caso abbiamo stimato i livelli di esposizione per un uomo di 70 kg nelle condizioni piu' sfavorevoli, cioè assumendo un assorbimento polmonare del 100%, un assorbimento dermico del 10% con una esposizione cutanea pari al 50% della superficie corporea e con un periodo di esposizione di 24 h. Si è assunto inoltre che la superficie cutanea di un uomo di 70 kg sia di 1.6 m², che la quota di aria inalata sia di 10 m³/die e che i principi attivi considerati siano uniformemente distribuiti durante il periodo delle 24 ore, in accordo con (34).

Abbiamo considerato una superficie cutanea esposta piuttosto consistente in considerazione delle tipiche condizioni climatiche primaverili-estive in cui si svolgono i trattamenti antiparassitari, che permettono l'uso di vestiario leggero. Rappresentative della deposizione cutanea delle particelle di aerosol sono state considerate le quote minime e massime di antiparassitario depositate sulle superfici verticali ed orizzontali dei campionatori costituiti da carta da filtro e collocati alle varie distanze dall'area dei trattamenti.

Nel caso dell'aerosol campionato tramite pompe aspiranti, la quota trattenuta dal filtro in fibra di vetro è stata considerata come se tutta fosse costituita da particelle inalabili.

La valutazione quantitativa dell'esposizione è espressa in microgrammi/die (mcg/die).

Nella Tabella 19 è riportato il range delle quote stimate di esposizione inalatoria e percutanea e della esposizione complessiva di un soggetto situato a varie distanze dai campi trattati con Vinclozolin.

Valori stimati di assorbimento (Vinclozolin)

Distanza (m)	Via inalatoria range (mcg/die)	Via dermica range (mcg/die)	Esposizione totale range (mcg/kg/die)
10	5 - 54	38.4 - 17875	0.62 - 256.1
50	2 - 14	0 - 1363	0.02 - 19.6
100	2 - 3	0 - 192	0.02 - 2.7

Tabella 19. Range dell'assorbimento giornaliero stimato (via inalatoria, cutanea e totale) a varie distanze dall'area trattata; (vinclozolin).

Nella Tabella 20 è riportato il range delle quote stimate di esposizione inalatoria e percutanea e della esposizione complessiva di un soggetto situato a varie distanze dai campi trattati con clorpyrifos.

Valori stimati di assorbimento (Clorpyrifos)

Distanza (m)	Via inalatoria range (mcg/die)	Via dermica range (mcg/die)	Esposizione totale range (mcg/kg/die)
10	2 - 249	57.6 - 16704	0.85 - 242.1
50	1 - 28	19.2 - 864	0.28 - 12.7
100	1 - 7	0 - 57.6	0.01 - 0.9

Tabella 20. Range dell'assorbimento giornaliero stimato (via inalatoria, cutanea e totale) a varie distanze dall'area trattata; (clorpyrifos).

Dalle due tabelle riassuntive del potenziale assorbimento giornaliero da parte della popolazione generale a causa del fenomeno di deriva legato ai trattamenti antiparassitari risulta che la quota di principio attivo assorbita per

via percutanea rappresenta la quasi totalità della dose assorbita (oltre il 90%), con un lieve decremento in funzione della distanza a vantaggio della quota inalata.

I limiti di riferimento per la valutazione del rischio per la salute umana sono costituiti, per i due pesticidi presi in esame, dalle rispettive "dose giornaliera accettabile" (ADI) e dalla dose senza effetti osservabili per danni a lungo termine nell'animale da esperimento (NOEL).

Le ADI sono pari a 0.04 mg/kg (vinclozolin) (35) e a 0.01 mg/kg (clorpyrifos) (36), mentre i valori di NOEL sono pari rispettivamente a 7.2 mg/kg/die (37) e a 0.1 mg/kg/die (36) per il vinclozolin e per il clorpyrifos.

In relazione agli indici di riferimento sopra riportati si può notare come l'assorbimento stimato nelle 24 ore abbia un andamento solo lievemente differenziato per i due prodotti.

Varia invece la valutazione del rischio, in accordo con la diversa tossicità dei due principi attivi.

Infatti nel caso del vinclozolin a 10 m dal campo trattato il livello superiore dell'intervallo di variazione in cui è espressa l'esposizione totale risulta superiore al valore di ADI, pur senza superare il limite del relativo NOEL.

Nel caso del clorpyrifos i valori di ADI, pari a 0.01 mg/kg

vengono superati alle distanze di 10 m e 50 m dal campo trattato - per i livelli superiori del range di esposizione totale- e a 10 metri viene superato anche il relativo valore di NOEL.

Va osservato che i livelli piu' elevati di esposizione si raggiungono in corrispondenza dei trattamenti effettuati in presenza di vento, anche se quest'ultimo non ha mai avuto caratteristiche di particolare intensità.

3. Stima teorica del rischio da deriva dei principi attivi più utilizzati in provincia di Trento.

Dalle precedenti tabelle 19 e 20 si può osservare come la quota stimata di assorbimento totale per i due principi attivi, pur dotati di caratteristiche chimico-fisiche diverse, non vari significativamente nei valori minimi e massimi e nei trend.

Abbiamo quindi considerato, per semplificare, i valori medi delle quote massime di assorbimento giornaliero relative ai due prodotti.

In queste condizioni, peggiori, l'assorbimento complessivo giornaliero rispettivamente a 10m, 50m e 100m dal campo trattato può essere stimato pari a 249.1, 16.1 e 1.8 mcg/kg/die.

Supponendo, in base ai valori osservati, che principi attivi diversi con formulazioni commerciali simili si comportino in maniera analoga rispetto alla deriva, abbiamo riportato a titolo indicativo nella tabella 21 il comportamento di alcuni pesticidi rispetto al superamento dei relativi ADI e NOEL alle tre distanze considerate, al fine della valutazione dell'esposizione della popolazione generale.

Specificamente nella tabella sono presi in considerazione i principi attivi utilizzati nella provincia di Trento in base al protocollo di autodisciplina del settore frutticolo per il 1990 supponendo che le dosi di utilizzo siano le stesse utilizzate nelle nostre prove (1.5 - 2 kg p.a./ha).

I valori ADI e NOEL riportati nella tabella sono quelli stabiliti dai relativi Joint Meetings FAO/WHO. Per il valore NOEL abbiamo riportato il dato relativo all'uomo, se disponibile; nel caso di valori diversi di NOEL, in relazione alle diverse specie animali su cui è avvenuta la sperimentazione, si è fatto riferimento al valore più basso.

Tabella 21. Superamento dei valori di ADI * e NOEL (*) della quota stimata di assorbimento di alcuni principi attivi utilizzati in provincia di Trento dovuta a deriva a varie distanze dai campi trattati.

Principio attivo	ADI mg/kg	NOEL mg/kg/die	Superamento ADI		(NOEL) 100m
			10 m	50m	
Acephate	0.03	0.3	*		
Amitraz	0.03	0.25	*		
Azinphos methyl	0.0025		*		
Azocyclotin	0.003	0.25	*	*	
Benomil	0.02		*	*	
Bitertanolo	0.01	1	*		
Bromophos	0.04	0.4	*	*	
Bromopropilate	0.008		*		
Carbendazim	0.01		*	*	
Chlorpyrifos	0.01	0.1	*	*	
Clofentezine	0.02	1.72	* (*)	*	
Diazinone	0.002		*		
Diiflubenzuron	0.02		*	*	
Dodina	0.01		*		
Endosulfan	0.006	0.57	*	*	
Fenbutatin-oxide	0.03		*	*	
Mancozeb	0.05		*		
Methidathion	0.005		*		
Oxidemeton methyl	0.0003	0.03	*	*	
Phosalone	0.006		* (*)	*	*
Pirimicarb	0.02	1.8	*	*	
Propargite	0.15		*		
Tiabendazole	0.3	3	*		
Thiophanate methyl	0.08		*		
Triadimefon	0.03		*		
Vamidothion	0.008	0.08	*		
Triforine	0.02		* (*)	*	
Zineb	0.05	50	*		
Ziram	0.02	5	*		

4. Commento.

Nella valutazione dei dati vanno tenute presenti alcune considerazioni.

Innanzitutto va notato che i valori di esposizione ai principi attivi utilizzati sono quelli rilevati, conformemente a quanto raccomandato dall'EPA (8) per la valutazione del fenomeno di deriva, entro un'ora dall'inizio del trattamento antiparassitario.

Non si è tenuto quindi conto delle quote che si possono rilevare a distanza di più ore dal trattamento delle colture, fenomeno che può essere di particolare rilevanza in caso di utilizzo di principi attivi volatili.

La non trascurabilità di questo fenomeno risulta anche dai dati esposti nelle tabelle relative ai trattamenti con clorpyrifos, nelle quali si evidenziano alla seconda e alla terza ora dall'inizio dei trattamenti valori di principio attivo in aria talora più elevati di quelli rilevabili alla prima ora.

E' inoltre chiaro che l'entità del rischio per la salute, oltre che alla durata dell'esposizione e agli altri fattori presi in considerazione nella parte introduttiva, è in rapporto alle proprietà fisico-chimiche e tossicologiche del principio attivo in esame, da cui dipendono i relativi valori di ADI e di NOEL. Questi due ultimi parametri risultano parti-

colarmente bassi - e piu' consistente il rischio - nel caso di prodotti dotati di elevata tossicità acuta o con sfavorevoli caratteristiche di tossicità cronica. Nel nostro caso per il clorpyrifos i livelli di riferimento vengono superati fino a 50 metri di distanza; alcuni autori (38), per altri esteri fosforici, segnalano la presenza di effetti biologici, nel caso specifico la riduzione del 30% dei valori delle colinesterasi plasmatiche e del sangue intero pur all'interno del range di "normalità", in residenti di aree agricole intensamente trattate e con abitazioni situate tra 50 e 1000 m dalle colture trattate.

Alcuni prodotti possono subire notevoli trasformazioni una volta raggiunta l'atmosfera nell'aerosol di trattamento: i livelli in aria possono decrescere rapidamente a causa della diluizione, ma possono dare origine a prodotti piu' tossici o piu' persistenti del composto originale a causa delle reazioni fotochimiche possibili nell'aria, come nel caso del parathion, un estere fosforico che alla luce del sole si converte rapidamente nel piu' tossico paraoxon, con una trasformazione tanto piu' elevata quanto maggiore è la distanza dal campo trattato (39).

Va inoltre notato che il riferimento alle ADI e ai NOEL, che sono in gran parte ricavati da studi sperimentali di esposizione orale e cutanea, può non essere adeguato per stabilire il rischio da esposizione inalatoria, in quanto per la

maggioranza dei pesticidi non sono stati stabiliti i relativi "livelli di non effetto"; la conseguenza è che ancora oggi vale quanto osservato da Seiber (39), cioè che rimangono in larga parte sconosciuti per molti pesticidi gli effetti tossicologici da esposizione inalatoria.

Rimane ancora da dimostrare, per bassi livelli di esposizione, l'effetto combinato di più prodotti in miscela tra loro, che possono essere il risultato di derive di pesticidi diversi o di migrazione di principi attivi estranei alla zona oggetto di trattamento e frutto di una migrazione passiva da altre aree, come si è già avuto modo di osservare (40), anche se l'orientamento prevalente nei documenti del WHO è quello di valutare gli effetti quasi esclusivamente come additivi, se esistenti.

Non è senza importanza, comunque, il fatto che l'esposizione della popolazione generale avvenga in modo saltuario nell'arco di circa sei mesi, intervallo di tempo che coincide con il periodo dei trattamenti antiparassitari, con una esposizione cutanea - che è risultata di gran lunga prevalente - molto probabilmente assai inferiore almeno in termini di ore rispetto a quella da noi presa in considerazione nelle "condizioni più sfavorevoli"; l'esposizione saltuaria risulta in termini realistici poco confrontabile con i livelli di dose giornaliera accettabile, fissati per una esposizione di 365 giorni.

Limitatamente ai nostri dati si può perlomeno concludere che, per i prodotti considerati e nelle condizioni in cui è avvenuta la sperimentazione: trattamento standardizzato con oscillazioni sia pure non considerevoli nella velocità del vento, il fenomeno di deriva è sempre presente, può avere una certa consistenza e portare a livelli di assorbimento stimato caratterizzati da ampi intervalli di variazione con valori tali anche da superare i limiti di riferimento almeno entro i primi 50 metri dall'area trattata.

Tale indicazione vale anche, sia pur a titolo indicativo, per la maggioranza dei prodotti utilizzati in provincia di Trento nella frutticoltura, i cui valori teorici di assorbimento sono stati estrapolati dai risultati delle misure effettuate.

CONCLUSIONI.

Il fenomeno di deriva, definito come quantità di prodotto che non raggiunge il bersaglio immediatamente dopo la fuoriuscita dall'attrezzatura per il trattamento (10), è ampiamente influenzato da una serie di fattori, i piu' importanti dei quali sono stati descritti nell'introduzione.

Dai dati di letteratura emerge che la deriva di un prodotto è sostanzialmente condizionata dal diametro delle particelle e dalla velocità del vento.

Schematicamente, piu' piccole sono le dimensioni delle particelle iniziali, maggiore è il potenziale di deriva con velocità del vento costante, mentre a parità di dimensioni la deriva è maggiore quanto piu' grande è la velocità del vento. Il rischio per la salute per la popolazione generale viene quindi a dipendere dai fattori che influenzano la deriva e dalle caratteristiche fisico-chimiche e tossicologiche dei principi attivi utilizzati.

Nello studio da noi condotto si è cercato di standardizzare il piu' possibile le condizioni sperimentali in campo, per cui le varie prove si sono svolte con un unico operatore, con un tipo di trattamento ad alto volume (che risulta il piu' diffuso nella nostra agricoltura) che implica una granulometria delle particelle piuttosto elevata, con tipi di

ugello, pressioni all'uscita e flusso sovrapponibili nelle varie prove, con identica velocità di trattamento, con dosi standardizzate di principio attivo pari a 100 g/ha, in una tipologia colturale omogenea.

Si è tentato di variare unicamente il tipo di principio attivo, scegliendo il vinclozolin come rappresentativo dei prodotti poco volatili e il clorpirifos-metil come rappresentativo dei prodotti dotati di volatilità e le condizioni meteorologiche, in particolare la velocità del vento.

A questo proposito va segnalato, come è possibile osservare nei risultati, che nonostante vari tentativi, non si è riusciti ad operare in condizioni consistenti di ventosità ma unicamente in regimi appena superiori a quelli di brezza.

Comunque, nonostante la standardizzazione di una parte considerevole delle variabili in gioco, dai dati raccolti si può osservare che le quote che si depositano su superfici verticali ed orizzontali e i livelli in aria a distanza di 10 m dal campo trattato presentano una variabilità caratterizzata da un fattore 4, che può divenire oltre 10 in presenza di un vento modesto.

La volatilità non sembra invece essere un fattore discriminante tra i due principi attivi relativamente al puro fenomeno di deriva, mostrando i due prodotti un comportamento piuttosto omogeneo.

Oltre a quanto da noi osservato nella variazione dell'entità del fenomeno in condizioni relativamente omogenee, in letteratura è riportato (41) che l'incremento - o il decremento - della deposizione per deriva può variare da 10 a 1000 volte a seconda delle variazioni nel diametro delle goccioline, dei metodi di applicazione, delle condizioni metereologiche e della tipologia colturale.

La stessa dimensione dell'area trattata può portare ad oscillazioni nelle quote di principio attivo rilevate comprese tra 2 e 10 volte (41).

Quindi, in relazione alla possibilità di fissare distanze minime di sicurezza per garantire la salute pubblica, la nostra esperienza e i dati di letteratura ci permettono di concordare con Gohlich (1) che è impossibile fissare distanze standard o zone "cuscinetto" tra colture e popolazione generale che possano essere definite di sicurezza assoluta per la protezione dai residui e, soprattutto, valide per ogni condizione e qualsivoglia principio attivo.

La "sicurezza" sarà quindi in funzione del pesticida utilizzato, della sua tossicità e del suo comportamento ambientale - importante soprattutto nelle fasi seguenti il trattamento, la natura e la sensibilità delle zone sottovento, la natura del metodo di applicazione, le condizioni metereologiche e così via.

Quindi l'entità del fenomeno di deriva può essere di interesse tossicologico a seconda di vari fattori; la distanza di 50 m può essere considerata una distanza minima grossolanamente precauzionale, ma il fenomeno in quanto tale è sempre presente.

Si tratta quindi di valutare piuttosto le condizioni che lo minimizzano.

a. Condizioni che minimizzano il fenomeno di deriva.

Per quanto concerne i trattamenti a volume normale, di cui ci siamo occupati, è necessario ricordare che i livelli di anti-parassitario in aria e le quantità di residui depositati su superfici orizzontali/verticali da noi rilevati sono probabilmente i minori ottenibili alle condizioni in cui si sono svolte le misure. Infatti, oltre all'operatore esperto, le attrezzature erano in perfette condizioni di manutenzione e tarate per il tipo di trattamento che si voleva effettuare.

Anche in situazioni diverse da quelle relative alla nostra sperimentazione è possibile ottenere un fenomeno di deriva minimo, prestando attenzione ad alcune condizioni che lo influenzano e ai fattori più facilmente controllabili e/o modificabili.

Risultano di particolare interesse la situazione meteorologica, l'impianto fruttifero, l'attrezzatura, la formulazione della miscela.

1. Da un punto di vista metereologico la letteratura (5) indica che le condizioni migliori per ridurre la deriva sono quelle in cui si è in presenza di una lieve turbolenza.

Tale condizione, per così dire ideale, si verifica nella maggior parte dei casi solo per brevi periodi di tempo, in particolare la mattina presto, che diviene il momento più opportuno per eseguire i trattamenti antiparassitari.

Sono invece da evitare giornate con vento e i periodi del primo pomeriggio, caratterizzati da temperature più elevate e da bassi livelli di umidità relativa, in cui le particelle dell'aerosol tendono ad evaporare e quindi a ridurre il diametro e a dotarsi di un maggior potenziale di deriva.

2. La modifica della tipologia dell'impianto fruttifero può svolgere un ruolo positivo nella limitazione del fenomeno di deriva. Infatti, l'utilizzo degli atomizzatori ad alto volume è richiesto da impianti con alberi molto espansi e di altezza elevata (4 - 6 m), tipicamente per gli impianti a "vaso trentino", per poter ottenere la copertura richiesta anche delle sommità. Il trattamento antiparassitario così eseguito comporta la mobilizzazione di notevoli masse d'aria (cfr. tab.4) e un maggior potenziale di deriva.

Ai fini della riduzione del fenomeno, specie nelle aree in cui i campi da trattare confinano con case di abitazione, potrebbe risultare efficace scegliere - al momento di un

nuovo impianto - tipi di fruttifero a minor sviluppo (taglia ridotta) allineati su filari.

Tale scelta permette l'utilizzo di attrezzature diverse dagli atomizzatori con ventola elicoidale, che funzionano con volumi d'aria ridotti, quindi dotati di minor potenziale di deriva (21,42).

3. L'attrezzatura deve essere tarata in modo tale che il getto non superi vistosamente le sommità degli alberi, riducendo così il numero di particelle non protette dal fogliame e in grado di subire in via diretta l'effetto delle correnti aeree.

La pressione agli ugelli e l'uniformità di erogazione devono essere controllate periodicamente da tecnici ; le modalità per una corretta esecuzione dei trattamenti antiparassitari e per una accurata manutenzione ordinaria dell'attrezzatura sono state descritte e divulgate attraverso la stampa specializzata (43).

A questo proposito ricordiamo che nella nostra provincia esiste un accordo fra una associazione maggioritaria di categoria, la Federazione provinciale Clubs 3P, e l'Ente per l'apprestamento dei mezzi tecnici per l'esercizio dell'agricoltura (Aziende Agrarie) attraverso il quale è garantita la revisione periodica delle macchine ad un prezzo agevolato. Il ricorso a tale convenzione o analoghe potrebbe

essere promosso ed incentivato in maniera più energica da parte dell'Ente pubblico.

4. L'utilizzo di coformulanti adatti nella miscela antiparassitaria può contribuire alla riduzione della deriva. Ci riferiamo, ad esempio, all'utilizzo di oligomeri butadienici, di glicoli, di esteri polimerici, di polimeri acrilamidici, dell'alcool laurilico poliossietilato, di olefine, ecc. di cui riportiamo in bibliografia una breve rassegna dei brevetti riportati dal Chemical Abstract (44).

b. L'utilizzo di modelli matematici a supporto della decisione sulla effettuazione del trattamento.

Sulla base dei nostri dati, che confermano la difficoltà di fissare distanze minime da considerare di sicurezza per ogni tipo di prodotto utilizzato e per ogni condizione, e tenendo in considerazione che comunque nella nostra provincia molti edifici situati in aree agricole sono a pochi metri di distanza dai confini delle colture, può essere utile nella pratica fissare le condizioni che assicurino il livello minimo di deriva per un determinato trattamento.

Infatti è osservazione comune che durante l'erogazione della miscela antiparassitaria la deriva si forma spesso a causa dell'insufficiente osservanza dei fattori che la determinano.

Poichè tali fattori possono essere messi in relazione tra loro, e la relazione può essere espressa in una matrice che dia un peso a ciascuna variabile e permetta la determinazione di un valore soglia risultante, sulla base del quale possa essere presa la decisione se effettuare il trattamento e a quali condizioni, ne vogliamo proporre l'utilizzo.

La matrice che abbiamo costruito per i trattamenti in frutticoltura tiene conto di 4 fattori che vanno valutati con diverso peso a seconda delle varie situazioni in cui dovrebbe avvenire l'erogazione della miscela antiparassitaria; la granulometria mediana delle particelle viene considerata come una costante che non viene fatta rientrare nel calcolo valutativo (in quanto la base teorica della matrice è che il trattamento venga effettuato con atomizzatori ad alto volume che formano particelle di diametro mediano pari a 200-300 micron, oggetto del presente studio, e non di altro tipo).

Anche se non esente da problemi, l'uso della matrice di valutazione (per la cui applicazione occorre conoscere la velocità del vento, la classe tossicologica del prodotto usato, il tipo di obiettivo potenziale della deriva e la distanza in metri dal campo trattato) dovrebbe essere abbastanza semplice.

Nella tabella 22 riportiamo i fattori relativi al fenomeno di deriva presi in esame ed il valore da essi assunto con il modificarsi delle condizioni.

Tabella 22. Fattori relativi al fenomeno di deriva e punteggio assunto al variare delle condizioni di trattamento.

Bersaglio	Non sensibile		Sensibile	
potenziale *	0		3	
Distanza del bersaglio sottovento **	< 50m	51-100m	> 100m	
	10	5	3	
Classe di tossicità ***	I (+tox)	I (tox)	II (nocivo)	III IV
	8	7	6	3 1
Vento (m/s)	0 - 1.0	1.1 - 2.5	2.6 - 4.5	> 4.5
	1	4	8	10

* non sensibile : presenza di altre aree con colture non sensibili al principio attivo;

sensibile : presenza di persone, specie bambini e collettività varie; coltivazioni di ortaggi o frutta di pronto consumo.

** se sopravvento il punteggio va dimezzato;

*** DPR 24 maggio 1988 n.223 e DM 2 agosto 1990 n.258.

Dalla somma dei punteggi relativi alle varie condizioni in cui si presentano i 4 fattori considerati si possono ricavare degli intervalli numerici che permettono di valutare la potenzialità di rischio progressivo di deriva.

I dati numerici ottenibili sono stati da noi raggruppati in 3 classi di punteggio di rischio:

- a) 6 - 12 (rischio basso)
- b) 13 - 20 (rischio medio)
- c) 21 - 31 (rischio elevato)

Il risultato ottenuto applicando la matrice alle condizioni attuali di trattamento antiparassitario deve fornire una linea-guida di comportamento rispetto all'effettuazione del trattamento stesso.

Si ritiene infatti che le condizioni ottimali realizzino un punteggio di rischio basso o medio; il passaggio dalla classe di rischio medio a quella di rischio elevato realizza il superamento di valori soglia che sconsigliano di effettuare - nelle attuali condizioni - i trattamenti programmati.

Ciò significa che è necessario modificare almeno una delle condizioni che hanno contribuito ad innalzare il punteggio; ad esempio sarà necessario attendere una riduzione della velocità del vento, oppure scegliere un principio attivo di minore tossicità, oppure prendere in considerazione l'utilizzo di una attrezzatura diversa dall'atomizzatore elicoidale ad alto volume e dotato di minore potenzialità di

deriva (uso alternativo della "lancia" a mano o di altre attrezzature, da valutare caso per caso).

L'utilizzo di questa semplice matrice permette, ovviamente, di ottenere dei risultati puramente indicativi.

Tuttavia ci sembra che possieda il vantaggio di permettere una valutazione utilizzando semplici misure (come la determinazione della velocità del vento) e semplici conoscenze (distanza del bersaglio, classe tossicologica del prodotto utilizzato).

Offre inoltre all'agricoltore in procinto di effettuare un trattamento antiparassitario, un motivo di riflessione, senza fornirgli false certezze in ordine a presunte "distanze di sicurezza".

Infine ogni modello può essere perfezionato sulla base di ulteriori conoscenze ed adattato all'introduzione di nuovi fattori.

Può a questo proposito essere interessante elaborare ulteriori linee-guida relative alle varie attrezzature utilizzabili per i trattamenti e alla tipologia colturale.

BIBLIOGRAFIA

- 1 - Gohlich H. - Abdrift im Pflanzenschutz unter Berücksichtigung von Messergebnissen am Steilhang - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 34 (7), 100-109, 1982.
- 2 - Hall F.R. et al. in "Improving agrochemical and fertilizer application technology", Hall F.R. Ed., 15-23, Agricult. Res. Inst., Bethesda, 1985.
- 3 - Hayes W.J. - Toxicology of pesticides - The Williams & Wilkins Co. Ed., 1975.
- 4 - Gohlich H., Hosseinipour M., Oheimb R. - Einfluss klimatischer und geratetechnischer Faktoren auf die Drift im Pflanzenschutz - Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd., 31 (1), 1-9, 1979.
- 5 - Hill J.D. - Meteorological effects on the drift of chemical sprays - NOAA Techn. Memorandum NWS CR-60, 1976.
- 6 - Barrat R.E., Maas J.L., Adams R.E. - Comparison of spray droplet size, pesticide deposition and drift with Ultralow-volume, Low-volume and dilute pesticide application on apple - Plant Disease, 65, 11, 872-875, 1981.
- 7 - Canada Committee on Agricultural Meteorology - Meteorological aspects of pollution in relation to agricultural pesticides - Research Branch Canada Department of Agriculture, Ottawa, Ontario, 1971.

- 8 - Ade G., Baraldi G., Comai M., De Stanchina G. - Aspetti dell'irrorazione a medio e basso volume in frutticoltura - *Economia Trentina*, 1, 36-40, 1985.
- 9 - Holst R.W. - Hazard Evaluation Division, Standard evaluation procedure, Pesticide spray drift evaluation: droplet size spectrum test and drift field evaluation test - EPA 540/9 - 86 - 131, 1986.
- 10 - Holst R.W., Ellwanger T.C. - Pesticide assessment guidelines, Subdivision R, Pesticide Spray Drift Evaluation - EPA 540/9 - 84 - 002, 1984.
- 11 - Akesson N., Yates W.E. - Problems relating to application of agricultural chemicals and resulting drift residues - *Ann. Rev. Entomol.*, 9, 285-318, 1964.
- 12 - Yates W.E., Akesson N., Coutts H.H. - Evaluations of drift residues from aerial applications - *Trans. Ann. Soc. Agric. Eng.*, 9, (3), 389-397, 1966.
- 13 - MacCollom G.B., Johnstone D.B., Parker B.L. - Determination and measurement of insecticide dust particles in atmospheres adjacent of orchards - *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*, 3, (6), 368-374, 1968.
- 14 - Ware G.W., Apple E.J., Cahill W.P., Gerhardt P.D., Frost K.R. - Pesticide drift. II. Mist-blower vs. aerial application of sprays - *J. Econ. Entomol.*, 62 (4), 844-846, 1969.
- 15 - Ware G.W., Cahill W.P., Gerhardt P.D., Witt J.M. - Pesticide drift. IV. On target deposits from aerial application

- of insecticides - J.Econ.Entomol.,63 (6),1982-1983,1970.
- 16 - Byass J.B., Lake J.R. - Spray drift from a tractor-powered field sprayer - Pestic.Sci.,8,117-126,1977.
- 17 - Grover R.,Kerr L.A.,Maybank J.,Yoshida K. - Field measurement of droplet drift from ground sprayers.I. Sampling,analytical,and data integration techniques - Can.J.plant.Sci.,58,611-622,1978.
- 18 - Maybank J.,Yoshida R.,Grover R. - Spray drift from agricultural pesticide applications - J.Air Poll.Contr.Ass.,28 (10),1009-1014,1978.
- 19 - Yates W.E., Akesson N.B., Bayer D.E. - Drift of glyphosate sprays applied with aerial and ground equipment - Weed Sci.,26 (6),597-604,1978.
- 20 - Draper W.M.,Gibson R.D.,Street J.C. - Drift from and subsequent to a commercial,aerial application of carbofuran: an estimation of potential human exposure - Bull.Environm.Contam.Toxicol.,26,537-543,1981.
- 21 - Barrat R.E., Maas J.L., Retzer H.J.,Adams R.E. - Comparison of spray droplet size,pesticide deposition and drift with ultra low-volume, low-volume and dilute pesticide application on apple - Plant Disease,65 (11),872-875,1981.
- 22 - Currier W.W., MacCollom G.B.,Baumann G.L. - Drift residues of air-applied carbaryl in a orchard environment - J.Econ.Entomol.,75 (6),1602-1608,1982.
- 23 - MacCollom G.B., Currier W.W.,Baumann G.L. - Pesticide drift and quantification from air and ground applications

- to a single orchard site - in Honeycutt, Zweig, Ragsdale eds., "Dermal exposure related to pesticide use" ACS Symposium Series n.273, 189-199, 1985.
- 24 - Mac Collom G.B., Currier W.W., Baumann G.L. - Drift comparisons between aerial and ground orchard application - J.Econ.Entomol., 79 (2), 459-464, 1986.
- 25 - Dobson C.M., Minski M.J., Matthews G.A. - Neutron activation analysis using dysprosium as a tracer to measure spray drift - Crop.Protection, 2 (3), 345-352, 1983.
- 26 - Chester G., Ward R.J. - Occupational exposure and drift hazard during aerial application of paraquat to cotton - Arch.Environ.Contam.Toxicol., 13, 551-563, 1984.
- 27 - Dagna L., Gasparini G.F., Icardi M.L., Sesia E. - Impiego del mezzo aereo per la difesa fitosanitaria in viticoltura : aspetti ecologici - Boll.Chim.Igien., 37, 1-16, 1986.
- 28 - Baraldi G., Barbagallo S., Cartia G. - Studi sull'effetto deriva di antiparassitari applicati con due diverse attrezzature - Informatore Fitopat., 9, 41-50, 1989.
- 29 - Barnes C.J., Lavy T.L., Mattice J.D. - Exposure of non-applicator personnel and adjacent areas to aerially applied propanil - Bull.Environ.Contam.Toxicol., 39, 126-133, 1987.
- 30 - Davis J.E. - Minimizing occupational exposure to pesticides: personnel monitoring - Res.Rev., 75, 33-50, 1980.
- 31 - Jensen J.K. - The assumptions used for exposure assessment - in Siewierski M.Ed. "Determination and

assessment of pesticide exposure " Elsevier Sci.Publ.:147-152,1984.

32 - Committee on Threshold Limit Values - Documentation of the Threshold Limit Values for substances in Workroom Air - American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 37-38,1971.

33 - Vettorazzi G. - Residui di pesticidi negli alimenti:- problemi e prospettive internazionali - Atti Convegno Naz. "Gli antiparassitari nell'agricoltura italiana" Roma,21-22 maggio 1987, 25-50.

34 - Shehata T.,Richardson E.,Cotton E. - Assessment of human population exposure to carbaryl from the 1982 Maine spruce budworm spray project - J.of Environ.Health, May/June,293-297,1984.

35 - FAO - Pesticide residues in food.1986. - FAO Plant Protection Paper n.77,49-51,1986.

36 - Worthing C.R. - The Pesticide manual - British Crop Protection Council Publ.,1987.

37 - FAO - Pesticide residues in food.1986.Part II:toxicology - FAO Plant Protection Paper n.78/2,193-207,1987.

38 - Richter E.D., Rosenvald Z.,Kaspi L., Levy S.,Gruener N.- Sequential cholinesterase tests and symptoms for monitoring organophosphate absorption in field workers and in persons exposed to pesticide spray drift - Toxicol.Lett.,33,25-35,1986.

- 39 - Seiber J.N., Woodrow J.E. - Airborne residues and human exposure - in Siewierski M. Ed. "Determination and assessment of pesticide exposure"; Elsevier Sci.Publ., 133-145, 1984.
- 40 - Gilli G., Scursatone E., Bono R., Galliano A., Mattio A. - Uso di fitoiatrici in una monocoltura frutticola nel cuneese: analisi circa la ricaduta ambientale e l'esposizione dell'uomo. - Atti "VII Simposio Chimica degli antiparassitari", 141-160, Piacenza, 26-27 Novembre 1987.
- 41 - Witt J.M. - Pesticide drift: toxicological and social consequences - in Garner W.Y., Harvey J., Eds. "Chemical and biological controls in forestry", ACS Symposium Series n.238, 331-349, 1984.
- 42 - Comai M., Lorenzin M., Flaim G., Giaier C. - Limitare la deriva - Terra Trentina, 3, 41-44, 1990.
- 43 - Janes P. - Lezione di meccanica - Terra Trentina, 4, - 12-15, 1990.
- 44 - CHEMABS patent 10090644; CHEMABS patent 08126709; CHEMABS patent 03002168; CHEMABS patent 01019121; CHEMABS patent 00019315; CHEMABS patent 99048969; CHEMABS patent 99034542; CHEMABS patent 98193395; CHEMABS patent 98067139; CHEMABS patent 98067139; CHEMABS patent 98048709; CHEMABS patent 98048795; CHEMABS patent 98012954; CHEMABS patent 97210508; CHEMABS patent 97067846; CHEMABS patent 95163928; CHEMABS patent 94098001; CHEMABS patent 93063643; CHEMABS patent 88017348; CHEMABS patent 78025385.

Si ringraziano per la collaborazione:

Dott. Marco Clerici - Medico Igienista - RAM Reteambiente sas
(Trento)

Dott. Marzio Comai - Stazione Agraria e Forestale di San
Michele all'Adige (Trento)

Dott. Gianni Martini - Servizio Piano Socio-Sanitario -
Assessorato provinciale alle attività
sociali e sanità (Trento)