EMISSIONE CONTROLLATA E AREA BIOCIDA NELLA DEFINIZIONE DELLA DOSE PER ETTARO E DELLA CONCENTRAZIONE PIU' EFFICACI NELLE APPLICAZIONI DI AGROFARMACI IN FORMA LIQUIDA

D. FALCHIERI
Ditta Davide Falchieri Via Mitterrand, 2 40050 Monte San Pietro- Bologna
falchier@gmail.com

RIASSUNTO

Nella fase di sperimentazione di un agrofarmaco il cambio della concentrazione determina anche quello della dose per ettaro e non è quindi possibile attribuire con sicurezza l'effetto biologico a uno di questi. La nuova tecnica di applicazione Emissione controllata® che sfrutta il concetto di "area biocida" per ridurre il dosaggio ad ettaro degli agrofarmaci è applicabile a tutte le attrezzature già presenti in azienda quali, barre, atomizzatori tradizionali ed a recupero. Lo scopo di questo lavoro è quello di identificare la concentrazione efficacie alla dose per ettaro più bassa alla luce del concetto di "area biocida" e di sfruttare questo parametro per ridurre la dose/ha standard o di riferimento in una data realtà operativa. Con la tecnica Emissione controllata è possibile anche diminuire il volumi mantenendo lo stesso ugello e la stessa pressione di esercizio, permettendo un'analisi accurata dell'effetto della concentrazione in campo.

Parole chiave: n° depositi/cm^2, concentrazione letale, volume/ha

SUMMARY

CONTROLLED EMISSION AND BIOCIDAL AREA IN ASSESSING THE DOSE PER HECTARE AND CONCENTRATION IN PESTICIDE LIQUID SPRAY

In the ordinary procedure for testing the effective dose per hectare of a pesticide it is not possible to determine whether it is concentration or dose/ha that affects efficacy most. One of the latest developments in application technology is the Controlled Emission® of the pesticide that has been developed to reduce dose per hectare on "biocidal area" concept. This technology can be used to retrofit any booms or any orchard sprayer already in use. The aim of the present study is to assess the single effect of both parameters introducing the "biocidal area" concept and using the Controlled Emission® technology to reduce the standard dose per hectare. With this method, the effective concentration is found at the minimum dose/ha and the lowest volume of water is determined.

Keywords: deposit/cm^2, lethal concentration, volume/ha, pesticide application

INTRODUZIONE

L' individuazione del dosaggio efficace per ettaro nel corso dello sviluppo di un fitofarmaco avviene generalmente in prove parcellari eseguite in campo dette anche prove di registrazione. I risultati di efficacia serviranno infatti alla ditta titolare del prodotto per il dossier di registrazione da parte del Ministero della Sanità.

Prima che le prove in campo abbiano inizio, la concentrazione di utilizzo comunicata dalla casa madre è approssimativa perché nei primi test il fitofarmaco viene applicato con modalità diverse da quelle di campo. E' quindi compito dello sperimentatore una determinazione più precisa attraverso l'utilizzo della così detta "forchetta", cioè l'applicazione di due o più dosaggi per ettaro in prove di campo.

Questo metodo utilizzato largamente dall' industria chimica presenta tuttavia alcuni inconvenienti: per esempio non permette di capire se l'aumento di efficacia che si osserva

passando dalla dose 1 (D1) alla dose 2 (D2) sia dovuto all' aumento della massa di prodotto per unità di superfice o a quello dei grammi per litro della concentrazione, da C 1 a C 2. A questo proposito va sottolineato che da ormai oltre un trentennio numerosi studi hanno messo in evidenza il significativo effetto della concentrazione sull' efficacia a parità di dose applicata per unità di superficie sia sulle crittogame che sugli insetti (Barratt et al., 1981; Munthali, 1984; Muntali e Wyatt, 1986, Falchieri e Cesari, 1993; Falchieri et al., 1995). Questo particolare, apparentemente trascurabile, diventa importante nel momento in cui l'agricoltore applicherà il prodotto in campo e ha contribuito in misura consistente ad alimentare la confusione fra dose e concentrazione cui si assiste non solo a livello degli utilizzatori finali ma anche negli ambienti tecnici.

Per fare un esempio immaginiamo a questo proposito che lo sperimentatore abbia usato un volume di 500 L/ha per trattare la ticchiolatura del melo e che l'agrofarmaco sia poi stato registrato al dosaggio 2 cui corrispondeva la concentrazione C 2. Supponiamo ora che il prodotto sia stato finalmente registrato ed immesso sul mercato e che venga acquistato da tre agricoltori tra loro vicini e che, sulla stessa forma di allevamento di circa pari dimensioni e con la stessa attrezzatura, utilizzino rispettivamente i volumi di 300, 500 e 700 L/ha e la stessa dose per ettaro(D2) che corrisponde a quella raccomandata in etichetta.

Ricorderemo che la dose efficacie (D2) era stata applicata dallo sperimentatore alla concentrazione C 2, che indichiamo con 1 X, quindi sappiamo che la sospensione che l'agricoltore applicherà con il volume più basso sarà di 1,6 X e quella con il volume maggiore di 0,7 X, mentre soltanto uno applicherà quella dose/ha alla stessa concentrazione, 1 X, utilizzata dallo sperimentatore.

Immaginiamo ora che l'agricoltore che ha distribuito il formulato con il volume di 700 L/ha abbia rilevato un leggero attacco di ticchiolatura e che lo stesso attacco abbia colpito il frutteto dell'agricoltore che ne ha usati solo 300, mentre l'agricoltore che ne ha distribuiti 500 abbia ottenuto un controllo perfetto.

Rileviamo a questo punto due casi di insuccesso sebbene sia stata rispettata la dose per ettaro. Ma a cosa possiamo attribuire l'insuccesso a parità di tutte le altre condizioni non descritte?

Per risolvere il problema ci possono essere d'aiuto alcune prove sperimentali realizzate contro patogeni ed insetti che indicano come, a parità di dose per unità di superficie, l'efficacia aumenta con la concentrazione, come abbiamo già detto. Questo potrebbe spiegare l'insuccesso dell'agricoltore che ha usata la concentrazione più bassa.

Ma anche il veicolo è importante, e cioè il volume d' acqua che, com'è ben noto, deve essere sufficiente per portare il p.a. a contatto con il bersaglio. E questo potrebbe spiegare l'insuccesso dell'agricoltore che ha usato il volume minore.

Non dobbiamo dimenticare, a questo proposito, che la dose /ha è calcolata per moltiplicazione di una concentrazione (g/L) per un dato volume di sospensione (L/ha), che possiamo tradurre in un numero di gocce che cadono per unità di superfice. Come vedremo, fra questi due parametri esiste una relazione chiara e presi singolarmente hanno dimostrato di avere conseguenze importanti sull' efficacia finale del trattamento. Se il nostro scopo è quello di diminuire i dosaggi per ettaro mantenendo inalterata l'efficacia dovremmo quindi capire di quanto possiamo diminuire i depositi per unità di superfice e se occorre mantenere la concentrazione costante o aumentarla. Ma come facciamo a sapere su quale dei due parametri conviene intervenire?

L' esempio riportato, semplificato rispetto alla realtà, può aiutarci a capire che la dose/ha è un parametro insufficiente nella pratica e che se si ragiona soltanto su questa base, si può incorrere in un insuccesso del trattamento. Si dovrebbe quindi riflettere sul fatto che il metodo di dosaggio attualmente utilizzato non permette di distinguere l'effetto della concentrazione del formulato nella sospensione. Questa omissione assume oggi particolare importanza poiché

l'indicazione della dose/ha è, a differenza che in passato, tassativa in etichetta ed è riportata all' operatore come indipendente dal volume e dallo sviluppo vegetativo della coltura. Sarebbe quindi importante sapere quanto l'efficacia di una data molecola cambia al variare della sua concentrazione, lavorando con la stessa dose per ettaro.

Scopi

Lo scopo del presente lavoro è quello di studiare l'effetto della concentrazione dell'agrofarmaco, senza introdurre la variabile del diametro delle gocce grazie al sistema di applicazione ad Emissione controllata®. Viene presentato un metodo che attraverso il concetto di "area biocida" ed il sistema ad Emissione controllata consente di ridurre le dosi per ettaro ed i volumi di applicazione senza modificare i diametri delle gocce.

MATERIALI E METODI

In riferimento allo studio dell'effetto della concentrazione, sappiamo che con le odierne tecnologie per ridurre il volume a parità di dose/ha, è necessario ridurre il diametri degli ugelli e/o la pressione di esercizio. Inevitabilmente viene così introdotto un'ulteriore variabile che non ci permette di isolare l'effetto della concentrazione da quello del diametro delle gocce. In più, non ci è possibile valutare l'area biocida poiché alla riduzione del volume conseguente all' utilizzo di un ugello più fine, il numero dei depositi per unità di area cresce anziché diminuire.

Per questo motivo, una volta individuata l' "area biocida" quale fattore chiave per la riduzione dei dosaggi per ettaro, è stata sviluppata la tecnica di applicazione ad Emissione controllata (Falchieri e Goni, 2006) che permette di ridurre il volume senza cambiare la pressione di esercizio e gli ugelli. L' azionamento delle elettrovalvole presenti per ciascun ugello ad una data frequenza di cicli (aperto/chiuso) al secondo, che viene tenuta costante nel corso della prova, consente di dosare opportunamente il volume in uscita attraverso l'allungamento o l'accorciamento dei tempi di apertura e chiusura dell'elettrovalvola. L'aumento della distanza fra i depositi che ne consegue ci permetterà di verificare sperimentalmente se l' "area o volume biocida" sarà in grado di compensare l'aumento della distanza fra i depositi fra una tesi e l'altra. Questo parametro rappresenta lo spazio non raggiunto inizialmente dal deposito nel quale il prodotto mantiene la sua efficacia grazie al fenomeno della diffusione e ci danno una misura della quantità di volume/ha e dose/ha che è possibile risparmiare rispetto al metodo di applicazione tradizionale a bagnatura completa.

Relazione tra numero di depositi/cm^2 e CL50

Al fine di fornire un inquadramento completo circa i metodi che verranno descritti partiamo da alcuni contributi sperimentali condotti con fungicidi e insetticidi che hanno evidenziato una diminuzione della concentrazione letale (CL 50) di un dato fitofarmaco quando è stata incrementata la quantità di veicolo (volume per unità di superficie), in termini di numero di depositi per unità di superficie (Fisher e Menzies, 1978; Munthali e Wyatt, 1986; Falchieri e Cesari, 1993; Falchieri et al., 1995). Questo dato ci dice anche, leggendolo al contrario, che al diminuire del grado di copertura è necessario aumentare la concentrazione per ottenere lo stesso livello di efficacia sul parassita.

In base a queste considerazioni, tornando al nostro sperimentatore e ricordando che opera in condizioni ottimali dove l'applicazione sulla pianta è molto accurata, ammesso che non vi siano evidenti fenomeni di gocciolamento o di deriva, perché avviene con pompe a spalla su parcelle di dimensioni molto contenute, ad esempio, 5 o 6 m nel caso di piante arboree o 20 m^2 nel caso dei diserbi o delle colture erbacee si osserverà, da un punto di vista puramente teorico, che il livello di uniformità di copertura sia piuttosto elevato e che le distanza fra i depositi tendano

quindi ad essere molto piccole. In funzione del rapporto fra copertura e Concentrazione Letale il valore di concentrazione (letale o efficace) cui lo sperimentatore perviene tramite le sue prove, ed il conseguente dosaggio ad ettaro che egli andrà a calcolare (moltiplicando il volume per la concentrazione), saranno da considerarsi tendenzialmente più bassi rispetto a quelli che si potrebbero osservare nel campo di un generico agricoltore a causa delle innumerevoli variabili del pieno campo che possono determinare una dilatazione delle distanze fra i depositi. L' altissima variabilità del deposito all' interno dell'apparato aereo delle colture è quindi un aspetto da tenere bene in considerazione (X. Xu et al., 2006), così come la "popolazione" di Concentrazioni Letali cui queste diverse situazioni di uniformità daranno origine.

Anche per questo motivo, in uno dei due metodi illustrati in seguito (metodo B), ad una riduzione del volume, e quindi ad un allontanamento dei depositi dovuto all' Emissione controllata, corrisponde il raddoppio della concentrazione.

Moto browniano e diffusione

La correlazione fra la concentrazione letale ed il grado di copertura emersa nelle prove biologiche potrebbe essere meglio spiegata dal moto browniano e dalla diffusione, cioè dal movimento delle molecole da un punto, che potremmo considerare il "deposito" ad un altro, che chiamiamo "sito di azione". Per quanto riguarda il moto browniano osserviamo che le particelle dell'agrofarmaco in sospensione in un liquido sono continuamente urtate dalle molecole del liquido stesso che in questo caso sono molecole d' acqua. Da notare che l'acqua in questione non è soltanto quella utilizzata per distribuire il prodotto e che ha una vita piuttosto breve, quanto quella presente nei tessuti vegetali quali rugiada, quella presente nello spessore delle pareti vegetali o nel terreno in cui si muoverà il principio attivo. Ciò provoca un continuo spostamento casuale di queste molecole nello spazio circostante il deposito, che aiuta poi le particelle a diffondere nel suo intorno, dove la concentrazione è più bassa, mediante il fenomeno della diffusione. Questo movimento è descritto dalla legge di Fick e secondo tale legge il numero di molecole che si spostano, o diffondono, da un punto ad un altro è direttamente proporzionale alla differenza di concentrazione (g/L ad esempio) fra i due punti ed inversamente proporzionale alla loro distanza. Ricordiamo che questo fenomeno è alla base della formazione dell' "area o volume biocida", cioè quella porzione di tessuto vegetale, o di terreno (nel caso di trattamenti di pre-emergenza) che si estende intorno al perimetro del deposito, quindi non coperta inizialmente dal trattamento, su cui la s.a. è efficace contro un dato parassita. Ricordiamo che questa zona è stata rilevata sia in prove condotte contro funghi e insetti (Falchieri e Cesari, 1993; Falchieri et al, 1995), e uova e forme mobili di acari (Munthali e Wyatt, 1986) ed è stata misurata (Washington, 1997).

Quindi, la relazione fra concentrazione letale (CL 50) e copertura potrebbe essere spiegata attraverso tale legge assumendo che una riduzione del volume di liquido porti, a parità di condizioni, ad una diminuzione del numero di depositi caduti su una data superfice. Ciò determina inevitabilmente un aumento della distanza fra i depositi e fra un dato deposito ed il bersaglio e, secondo la legge di Fick, per portare ad una distanza maggiore lo stesso numero di molecole è necessario un aumento della concentrazione. E, infatti, questa relazione emerge nelle prove biologiche cui si è fatto cenno dove a fronte di una diminuzione della copertura si osserva un aumento della Concentrazione Letale del prodotto.

I metodi di dosaggio che vengono presi in considerazione nel presente lavoro si basano quindi su 1) l' "area biocida" e 2) la correlazione fra densità di copertura (n° depositi per unità di superficie) e Concentrazione Letale di un dato fitofarmaco.

L' obiettivo dei due metodi riportati di seguito è quello di evidenziare l'effetto del veicolo o volume (metodo A), dove lo si riduce a parità di concentrazione, oppure quello della

concentrazione del prodotto nella sospensione (metodo B) sull' efficacia. Soltanto in un secondo tempo si parlerà della dose per ettaro come conseguenza della variazione degli altri due parametri. Il numero delle tesi a confronto è contenuto al minimo perché questo metodo viene proposto per le prove di campo. I due metodi potrebbero essere accorpati ma qui si preferisce rappresentarli in modo distinto per una maggior chiarezza.

Entrambi sono basati sulla considerazione che attorno ad ogni deposito è presente l' "area biocida". Per questo motivo la distanza fra i depositi viene aumentata tramite l'inserimento di *pause* brevissime in successione molto rapida nel corso della applicazione mediante la tecnica ad Emissione controllata. E' importante sottolineare che con il metodo ad Emissione controllata la diminuzione del volume viene realizzata mantenendo lo stesso ugello della tesi standard (al fine di non modificare in modo sostanziale i diametri delle gocce: sappiamo infatti che a parità di pressione di esercizio, una diminuzione del diametro dell'ugello causerebbe un aumento dei depositi per unità di superfice anziché un calo, e questo determinerebbe un effetto indesiderato per lo studio in oggetto).

Nei metodi presentati compare l'applicazione standard che sappiamo presupporre una copertura completa idealmente composta da depositi contigui o sovrapposti. Il volume preso in considerazione nella tesi standard corrisponde al volume più comunemente usato su una data coltura in quella specifica fase fenologica. La dose per ettaro è quella di etichetta oppure quella più comunemente utilizzata e per la quale esiste un uso consolidato in quella determinata zona.

Una volta raccolti i risultati, la gerarchia da seguire per la scelta dei parametri operativi finali quali il volume (L/ha) e la concentrazione (g/L), dovrà essere la seguente: efficacia -> dose/ha più bassa. Cioè fra due metodi che hanno la stessa efficacia si sceglierà quello con la dose/ha più bassa che risulterà, quindi, essere il più efficiente.

Metodo A

Con questo metodo si opera una diminuzione del volume e, conseguentemente, della dose per ettaro dal 40 % fino al 70 % mantenendo la concentrazione del fitofarmaco uguale a quella della tesi standard. Tale diminuzione si traduce in un diradamento dei depositi, rispetto alla tesi standard a causa dell'aumento del tempo di chiusura delle elettrovalvole. Il valore del 40 % è stato individuato sulla base di risultati di efficacia osservati sperimentalmente su diverse colture (Falchieri et al., 2008; Sintoni et al., 2010; Cioni et al., 2012). Le tesi vengono riportate nella tabella 1. Con ciò si intende mettere anche in luce l'effetto dell' "area biocida" e cioè se la sua estensione intorno ai depositi, che man mano vengono a trovarsi più distanti, sarà sufficiente a garantire una protezione pari a quella dello standard a dose piena e volumi per ettaro dimensionati per garantire la copertura completa della vegetazione o del terreno.

Tabella 1. Riduzione della dose/ha a parità di concentrazione del fitofarmaco e valutazione dell' "area biocida". Pressione di esercizio ed ugello sono gli stessi. Nelle tesi Emissione controllata la frequenza dei cicli per secondo è mantenuta uguale.

	Metodo di applicazione	Volume (L/ha)	Concentrazione (g/L)	Dose per ettaro (g/ha)	Ugello
1	Applicazione standard	500	1 X	100	05
2	Emissione controllata	300	1 X	60	05
3	Emissione controllata	150	1 X	30	05

Metodo B

In questo metodo la tesi 2 che comporta una riduzione del veicolo pari al 40 % viene confrontata con una applicazione a concentrazione doppia e con veicolo dimezzato, ma con dose per ettaro uguale. L'affiancamento di queste due tesi risponde al rapporto fra copertura e Concentrazione letale emerso sperimentalmente nei lavori citati e alla legge di Fick dove a parità di massa della s.a. diffusa ad una distanza d, al crescere di questa distanza la concentrazione deve aumentare. Anche in questo caso si confrontano le "aree biocide" alla stessa concentrazione dello standard, con una diminuzione della copertura pari al 40%, e alla concentrazione doppia con una diminuzione della copertura del 70%. In questo ultimo caso, tesi 3, le distanze fra i depositi saranno maggiorate rispetto alla tesi 2. Si dovrà vedere se l'aumento dell'estensione dell' "area biocida", dovuto al raddoppio della concentrazione, sarà sufficiente a compensare l'aumento della distanza fra i depositi determinata dal calo del volume.

Tabella 2. Raddoppio della concentrazione a parità di dose/ha e valutazione del rapporto fra concentrazione e "area biocida". Pressione di esercizio ed ugello sono gli stessi. Nelle tesi "Emissione controllata" la frequenza dei cicli per secondo è mantenuta uguale.

	Metodo di applicazione	Volume (L/ha)	Concentrazione (g/L)	Dose per ettaro (g/ha)	Ugello
1	Applicazione standard	500	1 X	100	05
2	Emissione controllata	300	1 X	60	05
3	Emissione controllata	150	2 X	60	05

DISCUSSIONE

Metodo A

Nel caso in cui si osservasse una parità di efficacia delle tesi allora si potrebbe dedurre che l'estensione dell' "area biocida" intorno ai depositi è in grado di coprire in modo efficace la superfice vegetale anche applicando un volume ridotto del 70% rispetto allo standard. Ben 350 litri per ettaro risulterebbero superflui come anche il 70% della dose di prodotto, con benefici effetti sull' ambiente e sui tempi necessari al trattamento. Il dosaggio potrebbe quindi essere diminuito in ragione del minor volume di liquido necessario senza rischi di esporre la superficie vegetale all' azione del parassita. Nel caso in cui la tesi 2 desse gli stessi risultati di efficacia dello standard risultando superiore alla tesi 3 allora ne potrebbe risultare che la distanza fra i depositi caduti nella tesi 3 sia troppo grande rispetto all'estensione dell' "area biocida" e che una porzione del tessuto vegetale sia risultata non protetta. Il volume di 300 L/ha risulterebbe, quindi, quello più adatto all' applicazione e si potrebbero risparmiare 200 L per ettaro ed il 40% della dose standard. I risultati raccolti finora avvalorano l'efficacia di questa applicazione su diverse colture e patogeni (Falchieri et al., 2008; Sintoni et al., 2010; Cioni et al., 2012). Se ci trovassimo nella condizione in cui la tesi standard risulti la più efficace ne dedurremmo che nessuna diminuzione di copertura può essere compensata dall' "area biocida".

Metodo B

In questo metodo le prime due tesi sono uguali a quelle già illustrate nel metodo A. Rimane da valutare la tesi 3, nella quale l'applicazione è realizzata con una diminuzione del volume del 70 % e con una concentrazione doppia rispetto allo standard. Ci troviamo quindi con un veicolo uguale alla tesi 3 del metodo precedente ma con una concentrazione doppia ed una dose doppia, ma comunque, inferiore allo standard del 40%. Nel caso in cui questa risultasse la migliore fra quelle in esame anche nel metodo A, allora potremmo dedurne che l' "area biocida" generata da un aumento della concentrazione sia tale da proteggere in modo efficacie la vegetazione.

Cioè, la concentrazione risulterebbe un fattore decisivo per il fitofarmaco utilizzato. Nel caso in cui fosse la tesi 2 a prevalere allora potremmo osservare che il raddoppio della concentrazione non sia utile a compensare il dimezzamento del veicolo, e cioè che l'aumento dell' "area biocida" prodotto incrementando la concentrazione non sarebbe sufficiente a compensare il dimezzamento del veicolo. Possono comunque essere risparmiati ben 200 L rispetto al volume standard. Nel caso di parità fra la tesi 2 e 3, la scelta operativa dovrebbe orientarsi sul volume più basso che è quello che permette una maggior tempestività di applicazione, a causa dei minori rifornimenti, ed un minor tempo di lavoro migliorando l'economia della difesa.

CONCLUSIONI

L' analisi dei dati di efficacia potenzialmente ottenibili nelle tesi prese in considerazione nei due metodi illustrati dovrebbe permettere di ottenere indicazioni sulla concentrazione più efficace ed al minimo volume per ettaro ad una data dose minima per ettaro.

Inoltre, entrambi i metodi illustrati, tengono conto dell' "area biocida", la quale è il fattore chiave ai fini della riduzione dei dosaggi per ettaro a parità di efficacia. Mentre tutti i metodi tradizionali di dosaggio che fanno riferimento al volume standard basato sul raggiungimento di una copertura completa, non permettono di tenerne conto.

Il metodo viene proposto non in alternativa ma in affiancamento all'attuale metodologia di dosaggio che, come abbiamo visto, non consente di ottenere queste informazioni.

Le tesi considerate nell' esperimento sono indicative ed i volumi possono essere scelti in modo arbitrario, ma l'indicazione nell'utilizzo di una dose e di un volume ridotti del 40% rispetto al normale standard operativo oggi consigliato è avvalorato da una serie di sperimentazioni pluriennali condotte dal diserbo alle malattie crittogamiche ed agli insetti che hanno fatto osservare livelli di efficacia non significativamente diversi dallo standard.

L' utilizzo della metodologia illustrata necessita di un sistema di applicazione ad Emissione controllata perché consente la diminuzione del volume ed un controllo della distanza degli impatti senza variare sostanzialmente i diametri delle gocce. Contrariamente a quanto si assiste nella tecnica tradizionale, che intervenendo su quel parametro con la sostituzione dell' ugello o la riduzione della pressione, comprometterebbe i risultati di efficacia impedendone una chiara attribuzione alla concentrazione o al veicolo.

LAVORI CITATI

Allegri, A. e Falchieri, D., 2018. Studio dell'effetto del numero degli impulsi/sec sull' efficacia dei diserbanti applicati su terreno nudo (pre-emergenza) con il sistema ad Emissione controllata® *Atti Giornate Fitopatologiche*, in preparazione.

Barrat R.E., Maas J.L., Retzer H.J. and Adams R.E. 1981. Comparision of Spray doplet size , pesticide deposition , a and drift with ultralow- volume, low volume and dilute pesticide application on apple Plant Disease, 65, 11, 872-875.

Cioni F., Maines G. Falchieri D., 2012. Ulteriori esperienze con la tecnica di applicazione degli agrofarmaci a intermittenza su malattie fungine: peronospora e oidio della vite, ticchiolatura del melo, cercospora della barbabietola da zucchero. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2, 163-172

Falchieri D., Goni G. 2006. Nuova tecnica di applicazione degli agrofarmaci per trattamenti a dose ridotta: risultati preliminari su oidio delle cucurbitacee. *Atti Giornate Fitopatologiche*, I,543-550.

Falchieri D., Cesari A., 1993. Relationships between deposit characteristics, mode of action of pesticide and efficacy, 2, 183-189. ANPP-BCPC Second International Symposium on Pesticide Application Techniques- Strasbourg.

Falchieri D., Cesari A., Ragazzi A.L., 1992. Effetti della concentrazione e della densità delle gocce sull'efficacia contro le uova invernali di *Psilla piri. Atti Giornate Fitopatologiche*, 3, 231-235.

Falchieri D., Lolli M., Romagnoli L, Viciani M. e Brandi M., 2008. Una tecnica di applicazione a getto intermittente per trattamenti a dosi/Ha fortemente ridotte: risultati nel diserbo di grano e sorgo e nella difesa antiperonosporica della vite. *Atti Giornate Fitopatologiche*, 2,65-72.

Falchieri D, Mierzejewsy K. and Maczuga S. Effects of Droplet Density and Concentration on the Efficacy of Bacillus Thuringiensis and Carbaryl Journal of Environmental Sciences and Health 1995 Part B, 4, 535-548.

Fisher R.W. Menzies D.R. Relationships of phosmet deposit parameters to mortality of newly-hatched oriental fruit moth larvae Journal of Economic Entomology, 1978, 71, 1, 43-49.

Munthali D.C. and Wyatt I.J. Factor affecting the Biological Efficiency of Small Pesticide Droplet against *Tetranychus urticae* Eggs Pesic. Sci, 1986, 17, 155-164.

Munthali D.C. Biological efficiency of small dicofol droplets against *Tetranychus urticae* (Koch) eggs, larvae and protonymphs Crop Protection, 1984, 3(3), 327-334.

Sintoni A, Gandini R., Pederzoli M, Casagrande M e Falchieri D.,2010. Tecnica di applicazione intermittente e forti riduzioni della dose/ha: ulteriori risultati nella difesa contro la peronospora della vite e nel diserbo primaverile di post-emergenza del grano *Atti Giornate Fitopatologiche* ,2,19-26.

Xiangming Xu, Pihong Wu, Pernille Thorbek and Kieran Hyder, 2006. Variability in initial spray deposit in apple trees in space and time. Pest Manag Sci 62, 947-956.

Washington J.R. 1997. Relationships between the spray droplet density of two protectant fungicides and the germination of Mycosphaerella fijiensis ascospores on banana leaf surface. Pesticide Science, 50, 233–239.

Legge di Fick: www.unipv.it/tslmra22/1%20Potenziale%20di%20Membrana.ppt