

## 16.2 Metodologie di quantificazione dei volumi e dei dosaggi

Le nuove acquisizioni ed il progressivo miglioramento delle tecniche agronomiche hanno nel tempo consentito l'espansione delle coltivazioni arboree in ambienti pedoclimatici notevolmente differenti, comportando, per necessità vocazionali e d'adattamento, l'impiego di cultivar e di sistemi d'allevamento più svariati; questo aspetto ha determinato una situazione estremamente eterogenea che rende complessa la definizione dei volumi d'acqua e la dose degli agrofarmaci da impiegare.

Per molto tempo l'adeguamento del volume d'acqua e del dosaggio dei prodotti è rimasto in secondo piano rispetto alla scelta dei formulati ed al relativo posizionamento.

L'evoluzione delle conoscenze fitoiatriche e la crescente necessità di programmi di difesa sempre più eco-compatibili, hanno notevolmente stimolato studi relativi a questi aspetti; sono infatti ormai numerose le ricerche, sia Italiane che estere, che si stanno occupando del problema con approcci differenti, tutti comunque, volti alla definizione del dosaggio e della quantità di acqua ottimale da applicare in funzione dello sviluppo vegetativo della coltura.

In questo ambito gli approcci sono i più svariati al fine di ottenere metodologie applicabili in maniera semplice che consentano di commisurare i parametri operativi alle reali condizioni di campo.

Nell'ambito della difesa delle colture i criteri storicamente utilizzati per la determinazione del dosaggio sono basati sulla concentrazione della soluzione oppure sono riferiti alla superficie da trattare.

Il dosaggio determinato sulla concentrazione semplifica ed uniforma le diverse colture e i diversi sistemi di allevamento in quanto manca il riferimento a volumi di irrorazione precisi e tarati per le singole realtà; il dosaggio scelto invece sulla base della superficie da trattare consente di adeguare la quantità di prodotto ai parametri operativi di campo (es. dimensioni della chioma, stato vegetativo della coltura ecc.)

Per migliorare questo tipo di approccio, riferito alla concentrazione e/o alla superficie, sono stati definiti a livello internazionale nuovi criteri per il calcolo dei dosaggi, alcuni di questi già adottati a livello operativo.

I diversi modelli di calcolo descritti in seguito si differenziano tra loro per la tipologia ed il numero di parametri vegetativi presi in esame nonché per le modalità di rilevamento.

L'approccio alla tematica avviene in maniera differente, con metodologie di adeguamento dei volumi di irrorazione quali il **modello TRV (Tree Row Volume)** originariamente proposto su fruttifere dai ricercatori americani (*Sutton e Unrath, 1984*) a cui sono seguiti negli anni successivi svariati approfondimenti in differenti contesti operativi.

Proprio questi studi hanno portato successivamente alla proposta australiana rappresentata dal **modello UCR (Unit Conopy Row)** (*Furness et al., 1998*), fino ad arrivare alla più recente applicazione del sistema di calcolo TRV all'adeguamento dei dosaggi in ambito viticolo e frutticolo mediante il **metodo CAS (Crop Adapted Sprayng)** (*Siegfried et al., 2006*).

Ultimo in termini di tempo ma sicuramente non meno significativo l'identificazione di modalità alternative di **applicazione a intermittenza** (*Falchieri et al. 2008*) in grado di influire in maniera indiretta sul dosaggio applicato.

### Metodo TRV (Tree Row Volume)

#### FINALITA'

Mantenere la costanza del deposito di formulato a livello della superficie fogliare della coltura andando ad adeguare i quantitativi di acqua impiegati per l'applicazione nonché i relativi dosaggi in funzione dell'effettivo volume di vegetazione riscontrato al momento dell'intervento, con un loro progressivo incremento nel corso della stagione vegetativa.

#### APPLICABILITA'

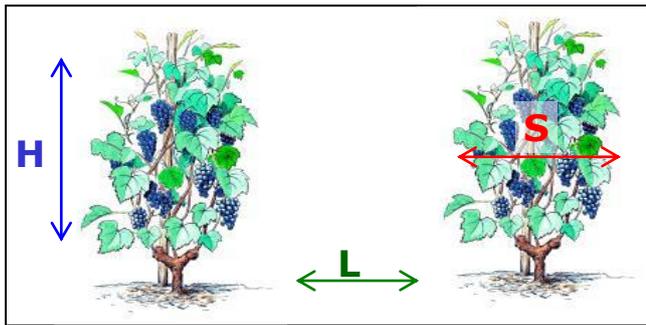
Il sistema è tanto più facilmente ed efficacemente applicabile quanto più la coltura presenta una forma regolare che ne consenta una determinazione matematica della volumetria per unità di superficie (TRV).

#### CALCOLO

Il valore del volume di vegetazione espresso in  $m^3/ha$  viene matematicamente determinato andando a rilevare i parametri biometrici di altezza e profondità della vegetazione nonché le caratteristiche di impianto ed in particolare la distanza tra le file (Fig. 1).

$\cdot 000 / \text{distanza file (L)}$
----------------------------------------

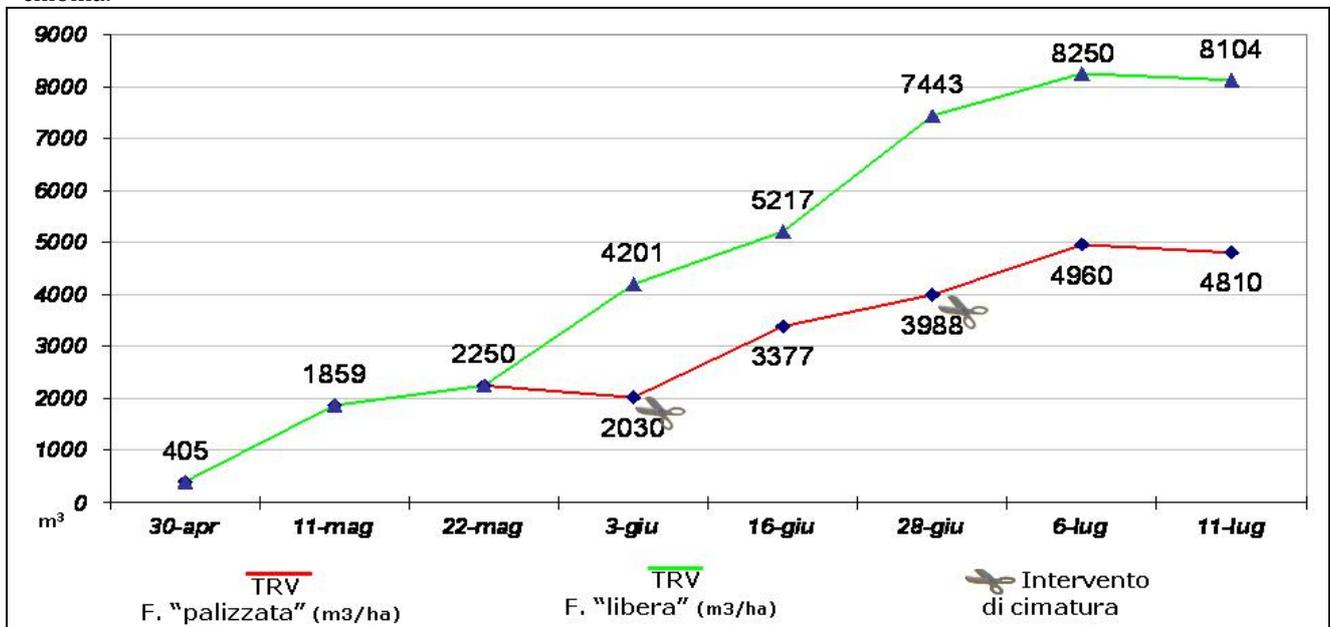
Fig. 1. Parametri biometrici da rilevare per il calcolo del volume di vegetazione.



Legenda:  
 H: altezza della cortina vegetale  
 S: spessore della vegetazione  
 L: distanza tra le file

Il valore che ne scaturisce risulta **estremamente variabile** in funzione di svariati elementi primo fra tutti la specie considerata ed ancora sesto di impianto, forma di allevamento, portainnesto ecc. Naturalmente questo valore di volumetria risulta **in evoluzione nel corso della stagione** con un andamento estremamente differente in funzione dell'habitus vegetativo della specie considerata nonché del tipo di potatura e gestione della chioma (Fig. 2).

Fig. 2. Esempio di andamento del volume di vegetazione (TRV) in spalliera con differente tipo di gestione della chioma.



Tutte queste variabili non consentono di avere raccolte di parametri pre-determinati impiegabili nei singoli contesti applicativi rendendo necessario, per usufruire di valori attendibili, **la determinazione sul posto ed al momento dell'applicazione del metodo.**

L'individuazione del TRV costituisce la base per la quantificazione del volume di acqua da impiegare in funzione di un coefficiente che esprime l'entità di vegetazione bagnabile al limite del gocciolamento con un volume unitario di acqua. Il calcolo si realizza mediante la seguente formula:

$$\text{Volume di acqua da impiegare (l/ha)} = \text{Volume minimo (l/ha)} + 0,02 \times \text{TRV (m}^3/\text{ha)}$$

dove:

**Volume minimo** = variabile in funzione della coltura arborea considerata (es. 200 l/ha secondo *Viret et al.* 1999)

**0,02** = coefficiente di proporzionalità

**TRV** = Tree Row Volume

Nell'ambito della definizione del dosaggio il metodo TRV, originariamente studiato per colture frutticole, tiene conto delle indicazioni riportate in etichetta (g/hl o g/ha), preventivamente commisurate ad un volume di

riferimento convenzionale di 1600 l/ha ritenuto adeguato per volumi di vegetazione nell'ordine dei 10000 m<sup>3</sup>/ha

Il sistema di definizione del dosaggio basato sul TRV presuppone la necessità di 400 l/ha per irrorare al limite del gocciolamento volumi di chioma nell'ordine dei 10000 m<sup>3</sup>/ha da cui deriva, in funzione del volume di riferimento di 1600 l/ha, un coefficiente di concentrazione base del fitofarmaco 4×, valore che rimane costante indipendentemente dal volume di bagnatura precedentemente definito.

In termini pratici il dosaggio viene calcolato come segue:

$$\text{Dose da applicare (kg o l/ha)} = C \text{ (g/l)} \times V \text{ (l/ha)} \times 4$$

dove:

**C = concentrazione, calcolabile rapportando volume di bagnatura convenzionale di riferimento di 1600 l/ha e la dose riportata in etichetta (g o ml/ ha)**

**V = volume di bagnatura calcolata con il metodo TRV**

In termini generali questo sistema di determinazione del volume di bagnatura e definizione del dosaggio risulta **adeguato nello studio di volumi di irrorazione medio bassi**, richiedendo però preliminari acquisizioni di parametri specifici relativi al contesto colturale ed alla coltura arborea sulla quale si opera.

---

## **Metodo CAS (Crop Adapted Spraying)**

---

### **FINALITÀ**

Il solo adeguamento del dosaggio di agrofarmaco in funzione del volume di vegetazione presente al momento dell'applicazione (*Ruegg e Viret, 1999*).

### **APPLICABILITÀ**

In termini pratici il metodo CAS rappresenta una evoluzione del sistema TRV precedentemente descritto, senza la preliminare definizione del volume di irrorazione.

Questo parametro operativo viene lasciato alla discrezione dell'operatore presupponendo la miglior qualità possibile ottenibile mediante una preliminare ed accurata verifica funzionale e di taratura dell'attrezzatura, eventualmente abbinata a verifiche più o meno approfondite quali l'impiego di cartine idrosensibili fino a specifiche tecniche di verifica del deposito con l'ausilio di traccianti di varia natura.

### **CALCOLO**

Dal punto di vista operativo questo sistema prevede la definizione del volume di vegetazione (m<sup>3</sup>/ha) con il medesimo approccio precedentemente descritto (TRV); il valore che ne scaturisce viene poi impiegato nella seguente formula matematica:

$$\text{Dose (kg o l/ha)} = DR \text{ (kg o l/ha)} / 8000 \times TRV \text{ (m}^3\text{/ha)} + DR/2$$

dove:

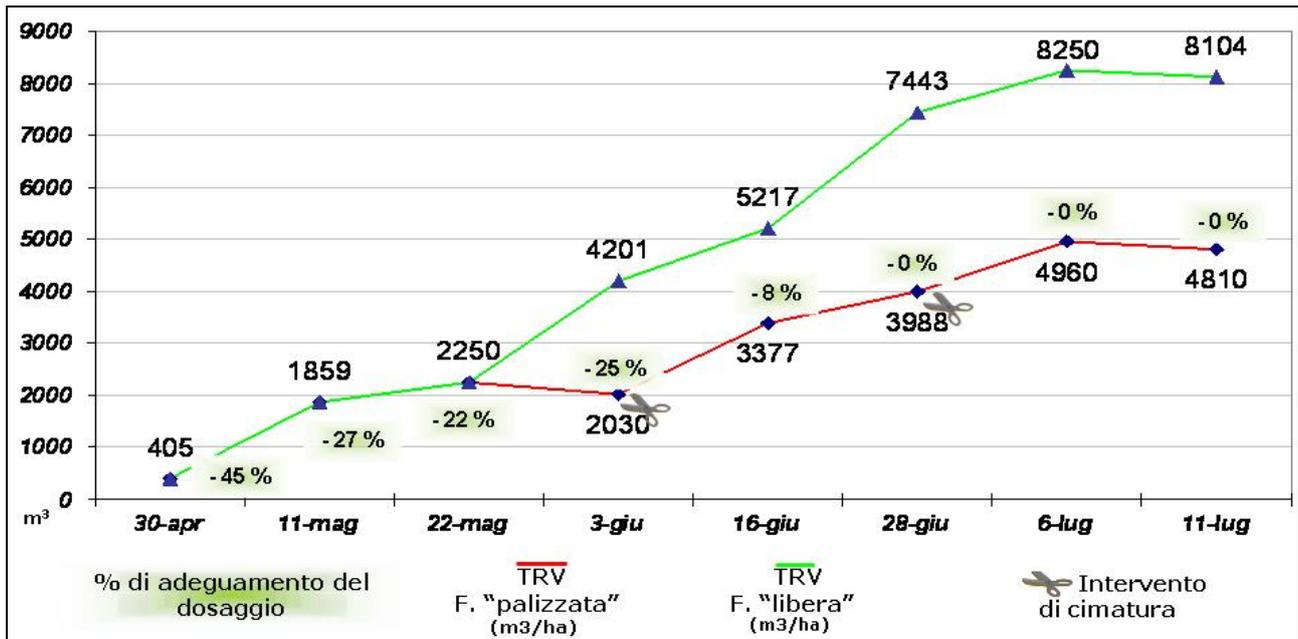
**DR: dose registrata riportata in etichetta**

**TRV: volume di vegetazione**

**8000: coefficiente riferito al settore viticolo**

La definizione del dosaggio da applicare sopra descritta presuppone che la dose piena riportata in etichetta sia commisurata ad uno specifico volume di vegetazione (es. in ambito viticolo 4000 m<sup>3</sup>/ha) (Fig. 3).

Fig. 3. Esempio di adeguamento del dosaggio in funzione dell'andamento del volume di vegetazione.



La formula matematica, di per se estremamente semplice, deriva da un preliminare lavoro intrapreso a partire dal 1981 che ha visto l'acquisizione e correlazione di parametri quali volume di vegetazione (TRV) e indice di superficie fogliare (LAI) al fine di ottenerne una curva di correlazione atta a descriverne il reciproco andamento nel corso della stagione.

A tal proposito va considerato che mentre il TRV risulta di facile determinazione, il LAI (Leaf Area Index) è un parametro ottenibile in maniera più complessa ma sicuramente in grado di fornire una descrizione più precisa dell'entità di vegetazione.

La definizione di questa correlazione per alcune colture arboree quali melo e vite ha così costituito un'utile e veloce sistema che consente, in ogni momento della stagione, di risalire in maniera indiretta ad un indice estremamente rappresentativo quale il LAI semplicemente verificando la volumetria della vegetazione.

Proprio quest'ultimo parametro ha rappresentato nel corso degli anni la base per ulteriori valutazioni relative alla verifica della qualità dell'applicazione attraverso lo sviluppo di una tecnica di rilievo basata sulla distribuzione di uno specifico tracciante seguito dall'estrazione in laboratorio secondo un protocollo dedicato (Anderau et al., 2000).

Le correlazioni LAI - deposito per unità di superficie e LAI - percentuale di intercettazione dello spray distribuito, hanno costituito le basi per l'approccio a questo metodo di quantificazione del dosaggio mediante il quale sono individuabili significativi ridimensionamenti delle dosi proprio nelle prime fasi vegetative, momento in cui si hanno le maggiori perdite per deriva, come evidenziato dalla bassa percentuale di intercettazione riscontrata.

Questo approccio all'adeguamento del dosaggio originariamente studiato e proposto da Viret e Ruegg nel 1999 è stato progressivamente affinato e adattato a differenti contesti operativi da altri ricercatori (Siegfried et al. 2006), divenendo la base di valutazione per la registrazione e l'impiego dei prodotti fitosanitari per la difesa di colture frutticole in Svizzera.

## Metodo UCR (Unit Conop Row)

### FINALITA'

Questo metodo, di origine Australiana, si pone come obiettivo l'ottimizzazione dei volumi di irrorazione in funzione dello sviluppo vegetativo andando però a scorporare il fattore relativo alla distanza fra le file, considerando pertanto il solo volume di chioma effettivamente trattato.

Il sistema, studiato in ambito viticolo e messo a punto dal gruppo di lavoro del ricercatore Furness nel 1998 e verificato in Italia (vedi bibliografia) considera pertanto i tipici parametri biometrici di profondità ed altezza della chioma ed uno specifico valore di ritenzione della stessa andando così a definire un volume di irrorazione espresso in litri su 100 metri lineari di filare.

### APPLICABILITA'

I parametri biometrici di riferimento, profondità e altezza della cortina vegetale, debbono essere ricavati da rilievi effettuati in differenti punti dell'impianto preferibilmente sottoposto ad una adeguata gestione della chioma che ne determini una forma quanto più regolare possibile; a tal proposito la presenza di vegetazione costituita da tralci esuberanti rispetto al profilo principale non debbono essere considerati nel rilievo dimensionale.

Il valore di ritenzione della chioma (*Conopy retention volume*) è riferito ad un volume di irrorazione al limite del gocciolamento necessario per 100 m<sup>3</sup> di vegetazione.

La quantità di acqua in grado di essere trattenuta dalla cortina vegetale varia in funzione di differenti aspetti primo fra tutti la sua densità, nonché in funzione di specifiche caratteristiche botaniche quali la tomentosità, l'entità delle cere fogliari ed ancora le non meno influenti caratteristiche della miscela fitoiatrica, in funzione dei coformulanti presenti e la modalità di distribuzione.

Da queste ultime considerazioni ne deriva che il volume di ritenzione possibile di una chioma possa avere un range piuttosto ampio con valori variabili da 20 a 50 l/UCR (100 m<sup>3</sup> di vegetazione).

Tali grandezze meritano sicuramente uno specifico approfondimento in funzione del contesto in cui si opera; a tal proposito gli autori propongono una standardizzazione nell'ordine dei 30 l/UCR.

#### **CALCOLO**

Considerando i parametri biomertici di profondità e altezza della cortina vegetale ed il volume di ritenzione individuato o quello standard, la definizione del volume di irrorazione si realizza con la seguente formula matematica:

$$\text{Volume di irrorazione (l/100 m lineari)} = \text{CRV (l/100 m}^3\text{)} \times \text{H (m)} \times \text{S (m)}$$

dove:

**CRV: coefficiente di ritenzione della chioma (da 20 a 50 l/UCR, standardizzato dagli autori a 30 l/UCR)**

**H: altezza media della cortina vegetale**

**S: spessore medio della vegetazione**

Il volume di irrorazione così ottenuto sarà applicato all'appezzamento andandolo a rapportare con lo sviluppo lineare dei filari di cui è costituito l'impianto.

Lo stesso autore per far fronte alle variabili di base in grado di influenzare il volume di ritenzione, quali densità della vegetazione e modalità di applicazione, propone l'applicazione di specifici fattori di correzione variabili da 0,5 per chiome rade a 1,5 per chiome dense o ancora fra 0,5 e 3 in funzione dell'efficienza della attrezzatura impiegata per l'applicazione.

Il dosaggio che si viene a delineare con questo sistema deriva semplicemente dalla concentrazione (g - ml/hl) indicata in etichetta e dal relativo volume di irrorazione determinato attraverso l'applicazione del metodo descritto.

Questo sistema consente di definire volumi di irrorazione medio alti, richiedendo però, anche in questo caso, preliminari verifiche di fattori estremamente variabili, in funzione della specie o addirittura della varietà, relativamente alla capacità di ritenzione della chioma, alla base del conseguimento di risultati attendibili nel calcolo dei volumi di irrorazione.

---

## **Applicazione a getto intermittente**

---

#### **FINALITA'**

Recentemente è stato proposto un nuovo approccio indiretto di adeguamento dei dosaggi impiegabili nella difesa delle colture.

Il metodo, definito a "getto intermittente" (*Falchieri et al., 2008*), si pone come un nuovo approccio alle modalità di applicazione, sia in ambito di colture arboree che erbacee, in grado di ottimizzare i quantitativi di agrofarmaci distribuiti.

Questo sistema di distribuzione attuabile mediante uno specifico adeguamento dell'attrezzatura irrorante, presuppone l'impiego della concentrazione standard (dose/ha), definita dall'etichetta, andando però ad effettuare una applicazione intermittente, in grado di determinare una copertura più grossolana, con impatti delle gocce distanziati rispetto a quanto ottenibile con l'attrezzatura tradizionale a parità di ugelli e pressione di esercizio.

Da quanto appurato da precedenti studi i formulati distribuiti vanno incontro ad una ri-distribuzione superficiale a livello cuticolare da punti ad elevata concentrazione (goccia depositata sulla vegetazione) verso zone a minor concentrazione, con formazione di un alone da 20 a 100 volte superiore alla superficie coperta in cui si mantiene l'efficacia.

Proprio la presenza di gocce distanziate sulla superficie vegetale, frutto della modalità di applicazione intermittente, consentirebbe di sfruttare al meglio questo fenomeno con una riduzione nell'ordine del 40 - 50% della dose/ha distribuita.

Questo sistema di distribuzione determina inoltre una riduzione delle perdite sia per gocciolamento (run-off) che per deriva; il gocciolamento verrebbe ridotto dalla minor sovrapposizione degli impatti, mentre la riduzione delle perdite imputabili alla dispersione di gocce fuori dal bersaglio, si ottiene grazie all'impiego di ugelli idonei a

volumi medio alti caratterizzati dalla formazione di gocce di grandi dimensioni e pertanto meno soggette a fenomeni di deriva.

#### **APPLICABILITA'**

Il sistema recentemente proposto ha mostrato risultati di efficacia biologica analoghi all'applicazione del pieno dosaggio/ha in differenti contesti di difesa e diserbo, sia in ambito di colture arboree che erbacee, mostrandosi sicuramente più versatile rispetto agli altri sistemi e metodi descritti a fronte però della necessità di un aggiornamento tecnico dell'attrezzatura per la distribuzione.

I metodi descritti si distinguono per approcci differenti ad una problematica comune caratterizzata dall'aver alla base una innumerevole numero di variabili che difficilmente riescono ad essere complessivamente contemplate in una sola metodologia di definizione dei parametri operativi, richiedendo come in più volte riportato, una semplificazione e standardizzazione di alcuni elementi che concorrono alla definizione del dosaggio stesso.

Rimane comunque da considerare che anche le migliori scelte fitoiatriche relative a scelta del formulato, posizionamento e non ultimo il dosaggio da impiegarsi, possono essere inficiate dalla distribuzione eseguita in maniera non adeguata o ancora con attrezzatura non efficiente.

L'applicazione di nuove direttive comunitarie che prevedono l'obbligatorietà di verifica delle condizioni tecniche e operative delle macchine, nonché l'introduzione in etichetta di limitazioni legate alla tipologia di macchina per la distribuzione ed alla sua dotazione tecnica, costituiscono sicuramente un sistema per far fronte a queste possibili criticità.

Anche l'innovazione tecnica fornisce progressivamente soluzioni volte a ridurre i problemi di distribuzione, ad esempio mediante l'applicazione di sistemi di rilievo passo passo dell'entità di vegetazione che consentono di adeguare istantaneamente la quantità di miscela erogata e o la relativa concentrazione di agro farmaco in miscela, oppure mediante sistemi di precisione che delineano aree dalle caratteristiche vegetative differenti o ancora l'introduzione di macchine schermate con differenti capacità di recupero e riduzione della deriva; queste ultime a fronte degli indiscussi vantaggi offerti richiederanno però nuovi approfondimenti nell'ambito della definizione dei dosaggi da impiegare.

Al termine di questa disamina dei differenti approcci al tema della definizione dei parametri applicativi non bisogna assolutamente dimenticare che il risultato finale deve necessariamente passare attraverso la verifica dell'attività biologica di quanto distribuito prestando attenzione alle possibili interazioni sull'aspetto dei residui e sul rischio di insorgenza di fenomeni di resistenza.

#### **Bibliografia di riferimento**

- T.B. Sutton, C.R. Unrath, (1984) - Evaluation of the Tree Row Volume concept with density adjustment in relation to spray deposit in apple orchard.* Plant Disease vol. 68 n° 6: pp.480-484.
- G.O. Furness, P.A. Magarey, P.H. Miller, H.J. Drew, (1988) - Fruit tree and vine sprayer calibration based on canopy size and length of row: unit canopy row method.* Crop protection, vol, 17, n°8, pp. 639-644.
- A. Cesari, P. Flori, A. Ferri, (1997) - Quantificazione della dose efficace nei trattamenti in viticoltura, effetti residuali e possibilità di modellizzazione.* Notiziario tecnico, 53: pp. 50-59. atti dei convegni XXII MOMEVI - nuove strategie nella difesa integrata della vite.
- V. Anderau, (2000). A quick method to follow up agricultural spray deposit.* Comunicazione personale.
- W. Siefried, O. Viret, B. Huber, R. Wohlhauser (2006). Dosage of plant protection products adapted to leaf area index in viticulture.* Plant protection, 2/2007. Vol. 26 Issue 2, 73-82.
- D. Falchieri, A. Cesari, (1996) - Relazioni fra copertura e concentrazione e prospettive per la definizione della dose efficace nei trattamenti antiparassitari.* Atti giornate fitopatologiche, 1, 463-460.
- D. Falchieri, M. Lolli, L. Romagnoli, M. Vicianti, M. Brandi, (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, 2008, 2, 65-72.

#### **Bibliografia di approfondimento sull'applicazione dei metodi UCR e TRV - CAS**

- A. Franchi, A. Barani, L. Casoli, A. Montermini, M. Fontana (2003). Unit canopy row spraying system and its potential use on hedgerow vineyards in Italy, in VII<sup>th</sup> Workshop on "Spray application techniques in fruit growing" June 25-27, 2003 Cuneo (Italy), 305-313.*
- A. Franchi, A. Barani, L. Casoli, A. Montermini (2004). Interazioni fra indici vegetativi e aspetti applicativi della distribuzione dello spray, in vigneti allevati a spalliera, ATTI Giornate Fitopatologiche 2004, 1, 255-260.*
- A. Franchi, A. Barani, L. Casoli, S. Giosuè, A. Montermini (2006). Ulteriori acquisizioni per la rielaborazione del modello di calcolo del volume di spray "unit canopy row" in funzione degli impianti viticoli della provincia di Reggio Emilia. ATTI Giornate Fitopatologiche 2006, I, 505-506.*

- A. Montermini, L. Casoli, V. Salgarollo, N. Principe, N. Wohlhauser, S. Wolf (2007). **Verification of adaptability of the method TRV (crop adapted sprayng) to the italian viticulture for management of pesticide dosage in relation to the vegetative development of the crop.** IXth International Workshop SuProFruit on Spray application techniques in fruit growing. September 12-14, 2007 Alnarp, Swedish university of agriculture.
- L. Casoli, A. Montermini, D. Eberle, C. D'Angelone, N. Principe, M. Innocenti, R. Wohlhauser, S. Wolf (2008). **Applicazione del metodo Tree Row Volume (TRV) e Crop Adapted Spraying (CAS) per la determinazione del corretto dosaggio di agrofarmaci da distribuire in funzione dello sviluppo vegetativo della vite.** ATTI Giornate Fitopatologiche 2008, II, 111-118.
- L. Casoli, A. Montermini, R. Bassi, R. Wohlhauser, S. Wolf, G. Sanderson (2010). **Esperienze di adeguamento del dosaggio mediante l'applicazione del metodo CAS (Crop Adapted Spraying) e valutazione della qualita' della distribuzione nella difesa del vigneto.** ATTI Giornate Fitopatologiche 2010 II, 11-18.