

Linee guida per la regolazione (taratura) delle irroratrici in uso per le colture arboree

A cura del Gruppo di Lavoro Tecnico per il Concertamento
Nazionale delle attività di controllo delle macchine irroratrici

ENAMA - Ente Nazionale per la Meccanizzazione Agricola

Sede Legale, Tecnica e Amministrativa: Via Venafrò, 5 - 00159 ROMA
Tel. 06 40860027 / 40860030 Fax 06 4076264 Email: info@enama.it Sito web: www.enama.it
C.F. 96391530589 P. I.V.A. 06067371002

Finalità

La metodologia è stata preparata dal *Gruppo di Lavoro Tecnico per il Concertamento Nazionale delle attività di controllo delle macchine irroratrici in uso (*)* con lo scopo di produrre un documento comune per le diverse strutture Nazionali che a livello Regionale effettuano o effettueranno la **regolazione** delle macchine irroratrici in uso comunemente conosciuta come taratura delle stesse.

Tale metodologia è applicabile durante la fase di regolazione delle macchine irroratrici per le **colture arboree** effettuato dai Centri prova autorizzati.

(*) Componenti il Gruppo di Lavoro Tecnico

NOMINATIVO	ENTE DI APPARTENENZA
Paolo Balsari	DEIAFA - Università di Torino - COORDINATORE
Arturo Caponero	ALSIA Basilicata
Giovanni Vettori	ARSIA Toscana
Antonio Ricci	ARSSA Abruzzo
Donato Civitella	ARSSA Abruzzo
Antonio Di Leo	ARSSA Calabria
Walter Raas	Centro di Consulenza per la fruttivitticoltura - Alto Adige
Elsler Maria	Centro di Consulenza per la fruttivitticoltura - Alto Adige
Markus Knoll	Centro di Consulenza per la fruttivitticoltura - Alto Adige
Nicola Vetta	COREDIMO - Molise
Paolo Donati	CRPV - Diegaro di Cesena (FC)
Gianluca Oggero	DEIAFA - Università di Torino
Emanuele Cerruto	DIA - Università di Catania
Giampaolo Schillaci	DIA - Università di Catania
Marco Vieri	DIAF - Università di Firenze
Roberto Limongelli	ENAMA
Sandro Liberatori	ENAMA
Daniele Ghigo	ENAMA
Piergiorgio Ianes	IASMA - S. Michele all'Adige (TN)
Marcello Biocca	ISMA-CRA Monterotondo (RM)
Davide Facchinetti	Istituto di Ingegneria Agraria - Università di Milano
Domenico Pessina	Istituto di Ingegneria Agraria - Università di Milano
Paola Nobili	Ministero dell'Ambiente
Pasquale Guarella	PROGESA - Università di Bari
Simone Pascuzzi	PROGESA - Università di Bari
Paola Spigno	Regione Campania - Assessorato Agricoltura
Marina Arias	Regione Emilia Romagna - Assessorato Agricoltura
Claudio Basso	Regione Lazio - Assessorato Agricoltura
Maria Paola Giordano	Regione Lazio - Assessorato Agricoltura
Stefano Pini	Regione Liguria - Assessorato Agricoltura
Domenico Ferrari	Regione Lombardia - Settore Fitosanitario
Angelo Zannotti	Regione Marche - Assessorato Agricoltura
Sergio Cravero	Regione Piemonte - Settore Fitosanitario
Federico Spanna	Regione Piemonte - Settore Fitosanitario
Vito Marinuzzi	Regione Puglia - Osservatorio Fitosanitario
Ignazio Vassallo	Regione Sicilia - Assessorato Agricoltura e Foreste
Roberta Paci	Regione Sicilia - Assessorato Agricoltura e Foreste
Leonardo Calistri	Regione Toscana
Antonio Dalla Pace	Regione Veneto - Settore Fitosanitario
Pier Giorgio Salvarani	Salvarani srl
Cristiano Baldoin	TESAF - Università di Padova
Michele Galdi	UNACOMA
Rinaldo Melloni	Unigreen spa
Pietro Catania	Università di Palermo
Marco Salvia	Università di Palermo

Indice

1	<i>Introduzione</i>	4
2	<i>Rilievi preliminari</i>	5
3	<i>Parametri operativi dell'irroratrice sui quali intervenire con la regolazione</i>	5
3.1	Portata del ventilatore	6
3.2	Velocità di avanzamento	7
3.3	Tipo di ugello o diffusore.....	9
3.3.1	Irroratrici a polverizzazione per pressione.....	9
3.3.2	Irroratrici a polverizzazione pneumatica	10
3.4	Pressione di esercizio	11
3.5	Volume di distribuzione	13
3.6	Portata totale dell'irroratrice.....	15
4	<i>Determinazione del diagramma di distribuzione.....</i>	15
5	<i>Verifica del volume effettivamente distribuito.....</i>	18
5.1	Metodi per il calcolo del volume di distribuzione ottimale.....	19
6	<i>Documenti per l'agricoltore</i>	25

1 Introduzione

Per **regolazione** della macchina irroratrice, comunemente denominata **taratura**, si intende l'adattamento delle modalità di utilizzo di quest'ultima alle specifiche realtà colturali aziendali.

Si tratta di un'operazione che, preferibilmente, deve essere effettuata in contemporanea al controllo funzionale o al termine di esso, mai su irroratrici non correttamente funzionanti.

Essa va eseguita per ogni realtà colturale presente in azienda o almeno per quelle più rappresentative.

Il presente documento, di supporto all'attività di controllo funzionale, fornisce delle linee guida su come effettuare la regolazione delle macchine irroratrici per le colture arboree. I valori limite forniscono delle indicazioni di larga massima e possono essere modificati a livello locale in funzione delle specifiche realtà operative.

Durante le operazioni di regolazione della macchina irroratrice è **necessaria** la presenza del proprietario/utilizzatore abituale in quanto:

- consente di identificare le condizioni operative e le realtà aziendali nell'ambito delle quali la macchina irroratrice viene utilizzata (specie, tipo di intervento, superficie trattata, fase e sviluppo vegetativo, caratteristiche degli impianti, forma di allevamento, tipo di potatura, forma e dimensione delle piante, ecc.); tali dati sono fondamentali per eseguire una regolazione adeguata alle specifiche esigenze aziendali
- rappresenta un momento di confronto e di consiglio con l'agricoltore qualora utilizzi parametri operativi non corretti (volumi eccessivi, velocità insufficienti o eccessive, ecc.) e costituisce l'occasione per svolgere un' incisiva attività formativa nella quale illustrare i principi fondamentali per ottimizzare i trattamenti fitosanitari.

2 Rilievi preliminari

Prima di effettuare la regolazione della macchina irroratrice è necessario poter disporre di una serie di informazioni di carattere generale alcune delle quali sono già disponibili a seguito dell'esecuzione del controllo funzionale:

- coltivazioni effettuate in azienda e relativa estensione
- sesto d'impianto, forma di allevamento, altezza e spessore della vegetazione, altezza della fascia del bersaglio se diversa dall'altezza della pianta intera, tipo di bersaglio oggetto del trattamento (tronco, foglia o frutto, insetto o fungo)
- volume di miscela fitoiatrica in media distribuita per coltura (*)
- velocità di avanzamento utilizzata per coltura (*)
- pressione di esercizio impiegata per coltura (*)

3 Parametri operativi dell'irroratrice sui quali intervenire con la regolazione

I parametri operativi dell'irroratrice sui quali intervenire con la regolazione, tutti strettamente correlati tra loro, sono:

- volume di distribuzione
- velocità di avanzamento
- tipo ugello
- portata complessiva ugelli
- pressione di esercizio
- n° e posizione ugelli aperti e loro inclinazione (diagramma di distribuzione)
- portata ventilatore (se presente) intervenendo su velocità di rotazione, inclinazione pale
- regolazione deflettori dell'aria (se presenti)

Le regolazioni successive della macchina irroratrice devono possibilmente seguire l'ordine indicato dal diagramma riportato in Figura 1 partendo dalla regolazione della portata del ventilatore.

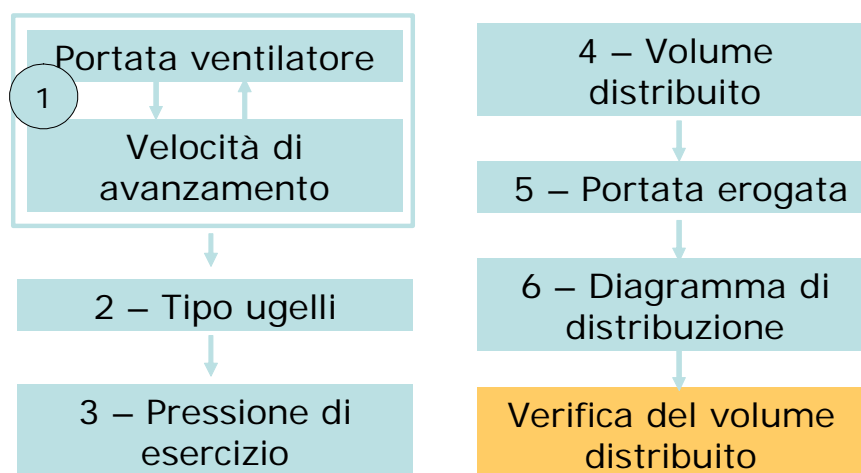


Figura 1 - Ordine di esecuzione delle regolazioni della macchina irroratrice.

3.1 Portata del ventilatore

È un parametro sul quale è possibile intervenire senza modificare gli altri parametri della polverizzazione solo nel caso di impiego di macchine ad aeroconvezione a polverizzazione per pressione.

Per variare la portata del ventilatore è possibile intervenire su: (Tabella 1):

- rapporto di trasmissione (se presente)
- inclinazione pale (solo ventilatori assiali)
- regime rotazione pdp

Si ricorda che una variazione del regime di rotazione della pdp nelle macchine con trasmissione meccanica comporta anche una modifica della velocità di avanzamento della trattrice a parità di rapporto di trasmissione oltre che una variazione della portata della pompa con conseguente minore agitazione nel serbatoio della miscela fitoiatrica (minore ritorno).

Inclinazione pale	Diametro = 750 mm		Inclinazione pale	Diametro = 600 mm	
	1° marcia	2° marcia		1° marcia	2° marcia
35°	16000 m ³ /h	22000 m ³ /h	25°	15000 m ³ /h	19000 m ³ /h
40°	25000 m ³ /h	33000 m ³ /h	30°	18000 m ³ /h	25000 m ³ /h
45°	35000 m ³ /h	45000 m ³ /h	35°	20000 m ³ /h	27000 m ³ /h

Tabella 1 – Esempio di variazione della portata del ventilatore assiale al variare del rapporto di trasmissione, e dell'inclinazione delle pale del ventilatore.

La tendenza attuale è quella di impiegare sempre le portate d'aria più elevate. Queste ultime, invece, dovrebbero essere generalmente inferiori a quelle attualmente impiegate per evitare dispersione del getto al di fuori del bersaglio (deriva) e elevati consumi di carburante. Devono essere definite in funzione della velocità di avanzamento dell'irroratrice e, soprattutto, delle caratteristiche architettoniche della vegetazione da trattare.

In colture molto espanse e fitte è necessario impiegare le portate d'aria più elevate e operare con ridotte velocità di avanzamento per garantire la necessaria penetrazione. Diversamente, nelle prime fasi vegetative o comunque in presenza di piante di ridotta dimensione, è bene contenere la portata del ventilatore ed è possibile impiegare velocità di avanzamento più elevate.

A titolo indicativo in un vigneto con scarsa vegetazione (prime fasi vegetative) la portata dell'aria dovrebbe essere compresa tra 3000 e 6000 m³/h, mentre in piena vegetazione tali valori possono arrivare a 7000-12000 m³/h. In frutteti caratterizzati da scarsa superficie fogliare (fino a 4000 m²/ha) la portata del ventilatore non dovrebbe superare i 20000 m³/h, mentre in situazioni di superficie fogliare più elevata (>4000 m²/ha) si può arrivare sino a 25-30000 m³/h. Si ricorda che tali valori sono applicabili ad irroratrici nelle quali si è provveduto ad indirizzare il flusso d'aria sulla vegetazione bersaglio agendo sui deflettori montati sulle stesse.

Il teorico volume d'aria da utilizzare è calcolabile attraverso la seguente formula:

$$A(m^3 / h) = \frac{1000 \times v \times i \times h}{K}$$

Dove:

v = velocità di avanzamento (km/h)

i = interfila (m)

h = altezza piante (m)

K è un coefficiente che varia da 3,0 a 3,5 in presenza di vegetazione poco densa e tra 2,5 e 3,0 in presenza di una vegetazione molto sviluppata.

In termini prettamente operativi la portata ottimale è quella che garantisce ad un controllo visivo una certa movimentazione di tutta la vegetazione oggetto del trattamento.

3.2 Velocità di avanzamento

La velocità di avanzamento è legata alle caratteristiche morfologiche dell'interfila su cui si opera (dimensione dell'interfila e della pianta, omogeneità del terreno, pendenza trasversale, pendenza longitudinale) e al tipo di trattore utilizzato (gommato o cingolato). Essa deve rimanere sempre nei limiti dettati dalla necessità di garantire una sufficiente sicurezza e comfort per l'operatore.

Si possono utilizzare velocità di avanzamento maggiori nelle prime fasi vegetative quando lo sviluppo fogliare è ridotto, mentre operando in presenza di una vegetazione intensa o di piante molto alte è consigliabile impiegare velocità inferiori.

La determinazione della velocità di avanzamento deve essere effettuata utilizzando il trattore normalmente impiegato per l'esecuzione dei trattamenti fitosanitari, con contagiri efficiente e avvenire, possibilmente, direttamente in campo su uno degli appezzamenti oggetto del trattamento. Dovranno essere effettuate più prove con differenti marce e regimi del motore sino ad individuare la velocità più adeguata al volume che si intende distribuire.

E' necessario disporre di 2 paline e di un cronometro ed agire come segue:

1. inserire le 2 paline ad una distanza (d in metri) nota (es. 100m);
2. innestare il rapporto di trasmissione che viene utilizzato o che si intende utilizzare per il trattamento;
3. portare il motore al regime di rotazione che viene utilizzato o che si intende utilizzare per il trattamento;
4. prevedere una percorrenza sufficiente a stabilizzare la velocità di avanzamento desiderata prima di raggiungere la prima palina in corrispondenza della quale (prendendo come riferimento, ad esempio, la ruota anteriore del trattore) verrà azionato il cronometro;
5. mantenere costante il regime di rotazione del motore per tutto il percorso;
6. arrestare il cronometro quando il riferimento prescelto si trova in corrispondenza della seconda palina e annotare il tempo di percorrenza (t_1) in secondi;
7. ripetere il percorso in senso inverso, ma non sulla medesima traccia e annotare il tempo di percorrenza (t_2)

La velocità di avanzamento sarà:

$$v(km/h) = \frac{d}{(t_1 + t_2)/2} \times 3,6$$

In alternativa potranno essere impiegate altre attrezzature (banchi a rulli, laser, misuratori di velocità, ecc) purché la loro precisione sia stata preventivamente accertata.

La velocità di avanzamento dovrà essere, possibilmente, compresa tra 3 e 8 km/h.

3.3 Tipo di ugello o diffusore

Il tipo di ugello o diffusore influenza la dimensione delle gocce prodotte, la forma del getto prodotto e la capacità di penetrazione all'interno della massa fogliare.

3.3.1 Irroratrici a polverizzazione per pressione

Irroratrici senza ventilatore

La mancanza del vettore aria per il trasporto delle gocce verso e all'interno della vegetazione, si traduce in una estremamente ridotta capacità di penetrazione; il che rende possibile l'impiego di questa tipologia di macchine preferibilmente solo laddove si hanno limitate interfile e una densità della vegetazione estremamente contenuta. E' comunque necessario operare la distribuzione passando con l'irroratrice sempre in tutti i filari. Per cercare di far fronte a tale limitata capacità di penetrazione è necessario fornire alle gocce la opportuna energia cinetica intervenendo sulla pressione di esercizio e sul tipo di ugello. Entrambi i parametri, infatti, oltre a caratterizzare la dimensione delle gocce determinano l'energia cinetica con la quale la goccia fuoriesce dall'ugello. Va a tal proposito ricordato che nel caso di formazione di gocce molto piccole (diametro inferiore ai 100 μm) e, quindi, caratterizzate da una ridotta massa, la decelerazione dovuta alla resistenza dell'aria può raggiungere valori tali da annullare completamente i vantaggi legati ad una loro maggiore velocità iniziale. Pertanto, nei primi trattamenti, in corrispondenza di una scarsa vigoria vegetativa della pianta, è possibile impiegare ugelli a fessura che sono caratterizzati da una buona omogeneità delle dimensioni delle gocce (ridotta frazione di gocce molto piccole), mentre per la distribuzione su vegetazioni più sviluppate e compatte sono da consigliare gli ugelli a turbolenza di nuova generazione che rispetto agli ugelli a fessura risultano in grado di garantire una maggiore penetrazione nella vegetazione.

Irroratrici ad aeroconvezione: con tale tipologia di irroratrice il trasporto e la penetrazione delle gocce all'interno della vegetazione è considerevolmente agevolato dalla corrente d'aria generata dal ventilatore. La scelta dell'ugello dovrebbe essere indirizzata verso quelle tipologie costruttive che consentono di produrre una

popolazione di gocce la più omogenea possibile, quali ad esempio quelli a fessura o a turbolenza di nuova generazione.

Al fine di contenere la deriva del prodotto fitoiatrico, soprattutto quando si opera in presenza di velocità dell'aria ambientale superiori a 1,5 m/s, è consigliabile impiegare **ugelli antideriva** a inclusione d'aria che producono gocce più grandi. In questo caso per il corretto funzionamento dell'ugello è, generalmente, necessario l'impiego di pressioni di esercizio più elevate (di almeno 2 bar) di quelle utilizzate con gli omologhi ugelli tradizionali. Va infine evidenziato come a seguito della produzione di gocce di maggiori dimensioni l'impiego di questa tipologia di ugelli debba essere attentamente valutato quando vi è la necessità di un'elevata copertura del bersaglio come nel caso di trattamenti con prodotti di contatto.

Nell'ambito della scelta dell'ugello è anche necessario tenere conto delle resistenza all'usura del materiale con il quale sono realizzate le punte di spruzzo, essendo questa la parte più esposta ai fenomeni di abrasione e corrosione. Le punte di spruzzo in ceramica offrono le migliori garanzie, sia per quanto riguarda l'abrasione che la corrosione. L'impiego di altri materiali comporta una minore durata e, quindi, richiede un più frequente controllo delle loro caratteristiche operative (portata e regolarità di spruzzo, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Un incremento della pressione genera sempre una maggiore abrasione e, pertanto, la durata dell'ugello viene ridotta.

Ceramica	Acciaio inossidabile	Polimero (plastica)	Ottone
Durata estremamente lunga; alta resistenza a prodotti chimici abrasivi e corrosivi	Durata lunga; eccellente resistenza ai prodotti chimici	Durata da media lunga; buona resistenza ai prodotti chimici; possibilità di danneggiare l'orifizio durante la pulitura	Durata breve; possibilità di corrosione.

Tabella 2 – Principali caratteristiche dei materiali più usati per le punte di spruzzo degli ugelli

3.3.2 Irroratrici a polverizzazione pneumatica

In queste macchine la polverizzazione del liquido avviene grazie alla corrente d'aria ad alta velocità generata dal ventilatore che attraversa la vena liquida di miscela veicolata dalla pompa (generalmente a bassa pressione) in prossimità del diffusore. Due risultano pertanto i parametri in grado di intervenire sul livello di polverizzazione del liquido: la velocità dell'aria e la portata del

liquido in uscita. Aumentando la prima, ad esempio utilizzando diffusori con sezioni di uscita ridotte o intervenendo sul numero di giri del ventilatore, si incrementa la polverizzazione (gocce più piccole). Incrementando la portata erogata, utilizzando ad esempio piastrine calibrate, viceversa, si riduce il livello di polverizzazione (gocce più grandi).

3.4 Pressione di esercizio

Si tratta di un parametro importante solo per gli ugelli a polverizzazione per pressione per i quali determina, principalmente, il livello di polverizzazione ottenuto e anche la portata e, quindi, il volume erogato. Dal livello di polverizzazione dipende, a parità di volume distribuito, la copertura ottenuta, parametro che a sua volta deve essere valutato in funzione delle modalità d'azione del prodotto fitosanitario (ad azione sistemica o per contatto).

Se sull'irroratrice si intendono montare ugelli tutti uguali, una volta calcolata la portata come descritto al paragrafo precedente, è possibile individuare la pressione di esercizio da impiegare utilizzando le tabelle portata/pressione tipiche degli ugelli oggi in commercio (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**)

codice ISO	pressione (bar)										
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
- 005 -	0,12	0,16	0,20	0,23	0,26	0,28	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46
- 0067 -	0,15	0,22	0,27	0,31	0,34	0,38	0,44	0,49	0,53	0,58	0,62
- 01 -	0,23	0,33	0,40	0,46	0,51	0,56	0,65	0,73	0,80	0,86	0,92
- 015 -	0,34	0,48	0,59	0,68	0,76	0,83	0,96	1,08	1,18	1,27	1,36
- 02 -	0,46	0,65	0,80	0,92	1,03	1,13	1,30	1,45	1,59	1,72	1,84
- 025 -	0,58	0,81	1,00	1,15	1,29	1,41	1,63	1,82	1,99	2,15	2,30
- 03 -	0,68	0,96	1,18	1,36	1,52	1,67	1,92	2,15	2,36	2,54	2,72
- 035 -	0,79	1,12	1,37	1,59	1,77	1,94	2,24	2,51	2,75	2,97	3,17
- 04 -	0,91	1,29	1,58	1,82	2,03	2,23	2,57	2,88	3,15	3,40	3,64
- 05 -	1,14	1,61	1,97	2,28	2,55	2,79	3,22	3,60	3,95	4,27	4,56
- 06 -	1,37	1,94	2,37	2,74	3,06	3,36	3,87	4,33	4,75	5,13	5,48
- 08 -	1,82	2,57	3,15	3,64	4,07	4,46	5,15	5,76	6,30	6,81	7,28
- 10 -	2,30	3,25	3,98	4,60	5,14	5,63	6,51	7,27	7,97	8,61	9,20

Tabella 3 – Esempio di tabella portata (l/min)-pressione (bar) per gli ugelli classificati secondo la norma ISO

	pressione (bar)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
bianco	0.17	0.24	0.29	0.34	0.38	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54
viola	0.23	0.33	0.40	0.46	0.51	0.56	0.61	0.65	0.69	0.73
marrone	0.30	0.42	0.52	0.60	0.67	0.73	0.79	0.85	0.90	0.95
giallo	0.47	0.66	0.81	0.94	1.05	1.15	1.24	1.33	1.41	1.49
arancio	0.62	0.88	1.07	1.24	1.39	1.52	1.64	1.75	1.86	1.96
rosso	0.88	1.24	1.52	1.76	1.97	2.16	2.33	2.49	2.64	2.78
grigio	0.94	1.33	1.63	1.88	2.10	2.30	2.49	2.66	2.82	2.97
verde	1.13	1.60	1.96	2.26	2.53	2.77	2.99	3.20	3.39	3.57
nero	1.27	1.80	2.20	2.54	2.84	3.11	3.36	3.59	3.81	4.02
blu	1.56	2.21	2.70	3.12	3.49	3.82	4.13	4.41	4.68	4.93

Tabella 4 – Esempio di tabella portata (l/min)-pressione (bar) per gli ugelli Albuz ATR.

Tali tabelle sono costruite sulla base della relazione esistente tra portata e pressione dell'ugello: per ogni tipo di ugello, conoscendo la portata erogata (q_1) ad una determinata pressione (p_1) è, infatti, possibile calcolare la portata (q_x) alla pressione p_x (o viceversa).

$$q_x (l/min) = q_1 \times \sqrt{\frac{p_x}{p_1}}$$

Si ricorda che ad un incremento di pressione corrisponde, non solo un aumento della portata erogata dall'ugello, ma anche una diminuzione della dimensione delle gocce.

Quest'ultima se da un lato consente di incrementare, a parità di volume erogato, il numero di gocce per unità di superficie e, quindi, la copertura del bersaglio, dall'altro facilita il deposito delle gocce stesse al di fuori del bersaglio (deriva) a seguito dell'azione del vento. Tale riduzione della dimensione delle gocce si traduce anche in una più rapida evaporazione delle stesse con possibile decremento dell'efficacia del trattamento fitoiatrico (Tabella 5).

		20 °C; ΔT = 2.2 °C; UR 80%	30 °C; ΔT = 7.7 °C; UR 50%
Dimensione iniziale (μm)	Vita utile (s)	Vita utile (s)	
50	14	4	
100	57	16	
200	227	65	

Tabella 5 – Vita utile (tempo di evaporazione) delle gocce in funzione delle loro dimensioni e delle condizioni di temperature e umidità ambientale.

Irroratrici senza ventilatore

Si consiglia di non impiegare pressioni superiori ai 10÷12 bar nel

caso di trattamenti eseguiti in presenza di sviluppo fogliare ridotto, mentre si possono raggiungere 15÷20 bar quando si deve effettuare la distribuzione del prodotto fitosanitario in piena vegetazione.

Irroratrici ad aeroconvezione

Con questa tipologia di irroratrice la variazione di pressione di esercizio **non deve essere utilizzata per modificare la capacità di penetrazione del prodotto all'interno della vegetazione** in quanto quest'ultima è, principalmente, influenzata dal flusso d'aria prodotto dal ventilatore. Si suggerisce di operare con pressioni comprese tra 5 bar e 15 bar; valori superiori si traducono in un'eccessiva polverizzazione della miscela con formazione di gocce facilmente soggette alla deriva e all'evaporazione oltre che in una maggiore usura sia degli ugelli sia degli altri componenti del circuito idraulico.

Irroratrici pneumatiche

La pressione di esercizio ha principalmente la funzione di trasportare la miscela dal serbatoio principale agli ugelli. La scelta dei suoi valori deve, pertanto, risultare tale da consentire la veicolazione della miscela. In termini generali si consiglia di operare nell'intervallo 1÷2 bar.

3.5 Volume di distribuzione

La scelta dei volumi di distribuzione deve tener conto di:

- tipo di coltura
- sesto d'impianto, forma di allevamento, altezza e spessore della vegetazione, fase fenologica
- tipo di bersaglio oggetto del trattamento (tronco, foglia o frutto, fungo o insetto, ecc.)
- tipo di prodotto fitosanitario
- condizioni ambientali

In assenza di prescrizioni specifiche, per le principali tipologie di colture non devono essere superati i **volumi massimi** indicati nella tabella che ogni Regione o Provincia Autonoma provvederà a redigere (lo schema da seguire è quello della tabella 2).

Volumi superiori non determinano una maggiore efficacia dell'intervento, ma si traducono in un incremento dell'inquinamento ambientale e dei costi di produzione. Si auspica pertanto che, di caso in caso e in funzione delle modalità di azione del prodotto fitosanitario, tali valori vengano opportunamente **ridotti** rispettando comunque le dosi/ha indicate in etichetta.

DRUPACEE e POMACEE		Volume (l/ha)					
Forma di allevamento	Altezza della fascia vegetativa (m)	Fase fenologica					
		bruno		pre fioritura		post fioritura	
		max	cons.	Max	cons.	max	cons.
Parete	2-3						
	>3						
Volume	2-3						
	>3						
AGRUMI		Volume (l/ha)					
Forma di allevamento	Altezza della fascia vegetativa (m)	Fase produttiva					
		Inizio fruttificazione		Piena produzione			
		max	cons.	max	cons.		
Parete	2-3						
	>3						
Volume	2-3						
	>3						
VITE		Volume (l/ha)					
Forma di allevamento	Altezza della fascia vegetativa (m)	Fase vegetativa					
		Prefioritura		Post allegagione			
		max	cons.	max	cons.		
Cordone libero	<1						
	1-2						
	>2						
Doppia cortina	<1						
	1-2						
	>2						
Parete	<1						
	1-2						
	>2						
Espansa	<1						
	1-2						
	>2						
Alberello	<1						
	1-2						
	>2						
OLIVO		Volume (l/ha)					
Forma di allevamento	Altezza della fascia vegetativa (m)	max			cons.		
Parete continua	2-3						
	>3						
Volume	2-3						
	>3						
PIOPP0		Volume (l/ha o l/pianta)					
Bersaglio del trattamento	Età dell'impianto (anni)	max			cons.		
Fusto	0-2 (vivaio)						
	2-6						
	>6						
Chioma	0-2 (vivaio)						
	2-6						
	>6						
Fusto e primi palchi	0-2 (vivaio)						
	2-6						
	>6						

Tabella 6 – Volumi di distribuzione massimi ammissibili e consigliati per alcune colture arboree (da compilare a cura di ciascuna Regione o Provincia Autonoma).

3.6 Portata totale dell'irroratrice

Dopo aver determinato il volume che si intende erogare (vedi paragrafo 3.5) e la velocità di avanzamento (vedi paragrafo 3.2) è possibile calcolare la portata (Q) erogata dall'irroratrice:

$$Q(l/min) = \frac{V \times v \times l}{600}$$

Dove:

- V = volume di distribuzione (l/ha) scelto sulla base di quanto indicato al paragrafo 3.5
- v = velocità di avanzamento (km/h) calcolata secondo quanto indicato al paragrafo 3.2
- l = larghezza di lavoro (m) generalmente coincidente con la larghezza dell'interfila

Se gli ugelli montati sull'irroratrice sono tutti uguali, dividendo Q per il numero di ugelli si otterrà la portata del singolo ugello (q).

4 Determinazione del diagramma di distribuzione

Per effettuare tale determinazione occorre utilizzare un banco prova verticale con le caratteristiche indicate al capitolo 3 del Documento ENAMA n° 4.

Con questa operazione intervenendo opportunamente sulla macchina irroratrice (inclinazione ugelli, apertura e chiusura degli stessi, regolazione della posizione dei deflettori dell'aria, ecc...) si intende che il getto interessi nella misura massima possibile il bersaglio oggetto del trattamento.

In questa fase occorre fare riferimento all'altezza raggiunta dalle piante in piena vegetazione (segnalata dall'agricoltore durante il colloquio iniziale): uno degli scopi di tale regolazione consiste, infatti, nel calibrare adeguatamente la distribuzione evitando di irrorare oltre tale altezza con evidenti riflessi positivi in termini di impatto ambientale del trattamento e di risparmio di prodotto (Fig 3).

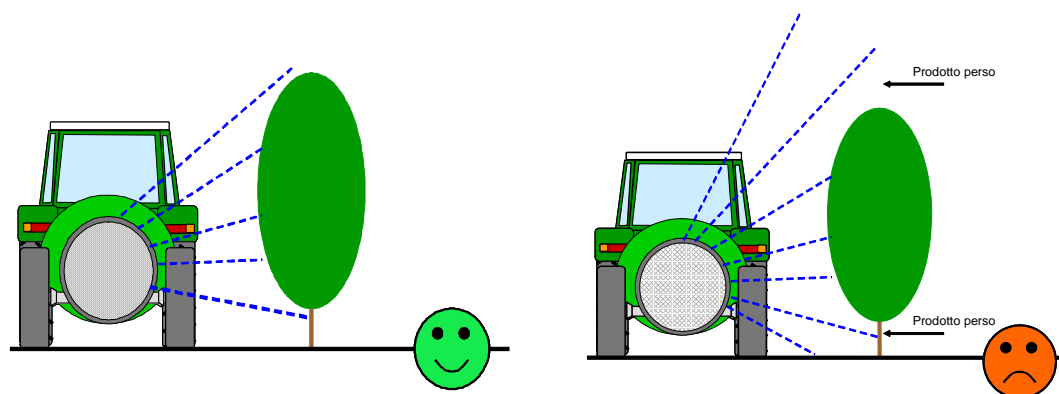


Figura 2 - Adeguamento del diagramma di distribuzione alle dimensioni della coltura.

Inoltre, è opportuno che i quantitativi irrorati siano adeguati alle variazioni di massa fogliare tipiche della coltura da trattare.

Va, infatti, rilevato che la gran parte delle forme di allevamento presenta variazioni di massa vegetale alle diverse altezze con differenze che si manifestano in modo più rilevante soprattutto nella fase di piena vegetazione. Ne deriva la necessità di garantire una bagnatura che tenga conto di tali variazioni assicurando un'adeguata irrorazione delle zone con maggiore "densità fogliare" ed evitando eccessi distributivi nelle zone meno "dense".

A titolo puramente esemplificativo, si può affermare che un buon profilo di distribuzione si fonda sulla consapevolezza che la gran parte delle forme di allevamento (soprattutto nel settore frutticolo) presenta maggiori densità di chioma nelle fasce centrali della pianta. Sulla base di tale constatazione, gli ugelli devono essere scelti e orientati al fine di garantire l'ottenimento di un profilo di distribuzione rappresentato da una parabola con il massimo in corrispondenza delle quote intermedie. Nel caso si debbano irrorare delle piante con forma d'allevamento in parete il diagramma di distribuzione dovrà essere il più possibile uniforme su tutta la parete (Figura 3).

Sulle macchine a polverizzazione per pressione senza ventilatore si può intervenire sulla forma del diagramma di distribuzione verticale variando il numero di ugelli aperti, la loro posizione e/o inclinazione e la loro portata.

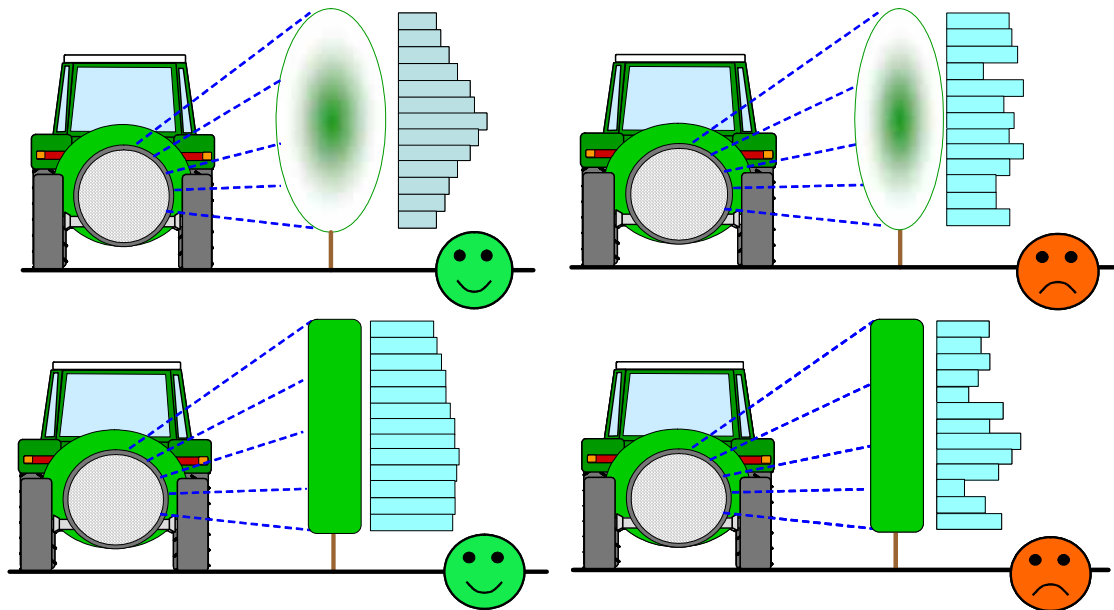


Figura 3 - Adeguamento del diagramma di distribuzione alla forma di allevamento e allo spessore della vegetazione.

Al riguardo non esistono regole precise, la scelta della dimensione degli ugelli deve essere sempre correlata alla situazione vegetativa sulla quale si deve operare. Per forme a ricadere o comunque molto espanse verso la sommità della pianta, gli ugelli più alti dovranno avere una dimensione maggiore in maniera da consentire di distribuire una maggior quantità di liquido nella parte alta della vegetazione. Diversamente, dovendo eseguire la distribuzione su una forma in parete sarà necessario rendere la distribuzione più omogenea alle diverse quote e saranno, quindi, da preferire soluzioni caratterizzate da portate degli ugelli uniformi lungo la semibarra.

La modalità di regolazione degli ugelli sulle macchine ad aeroconvezione è analoga a quanto indicato per le macchine a semplice polverizzazione per pressione. Con questa tipologia di macchina è possibile, inoltre, agire sulla direzione e sull'intensità del flusso di aria. Quest'ultimo riveste una grande importanza a livello della direzione con cui esce il flusso di gocce dalla macchina. I ventilatori assiali, generalmente montati sulle irroratrici ad aeroconvezione, sono caratterizzati da un flusso d'aria asimmetrico sui 2 lati della macchina. Per migliorare la simmetria sui 2 lati sono stati introdotti accorgimenti costruttivi quali i raddrizzatori di flusso fisso o rotativi. In pratica, in una macchina con ventilatore assiale che gira in senso orario sul lato sinistro, l'aria esce con direzione dal basso verso l'alto, mentre sul lato destro si avrà un flusso con direzione prossima a quella orizzontale o addirittura inclinato verso

il basso. Alcune situazioni, particolarmente gravi per quanto riguarda l'asimmetria, possono essere parzialmente risolte chiudendo un ugello in alto dal lato in cui la direzione del flusso d'aria è verso l'alto e uno in basso dal lato opposto (Figura 4).

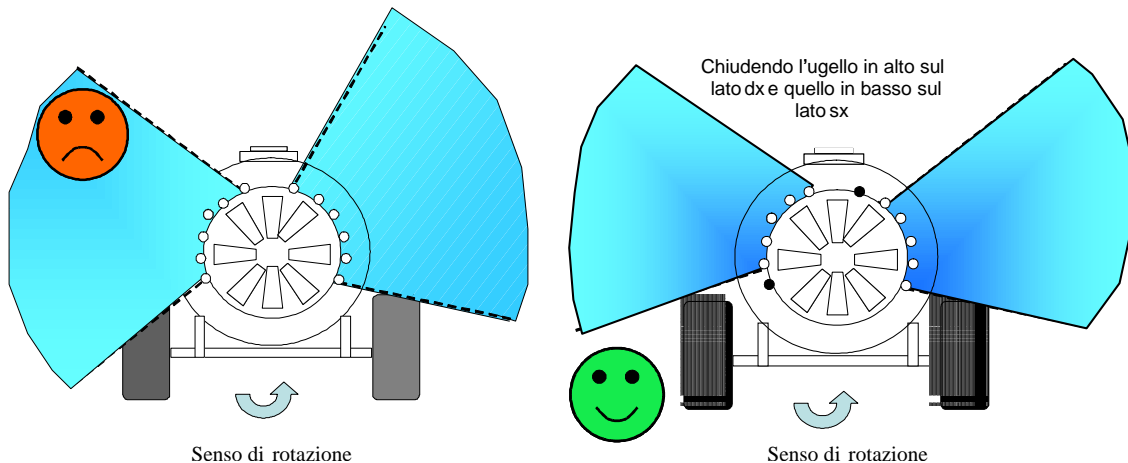


Figura 4 – Nelle irroratrici con ventilatore assiale chiudendo l'ugello in alto sul lato sinistro e quello in basso sul lato destro è spesso possibile uniformare il profilo dello spray sui due lati della macchina.

Nel caso delle irroratrici pneumatiche, per regolare l'ampiezza del getto possono essere impiegati diversi sistemi (rubinetti di chiusura, avvicinamento e allontanamento degli erogatori, ecc.). La loro regolazione dipende dalle caratteristiche costruttive e funzionali dei diffusori e, pertanto, risulta molto difficile fornire delle indicazioni di carattere generale.

A titolo di esempio si ricorda che è possibile variare il diagramma di distribuzione modificando l'inclinazione dei diffusori e, nel caso di diffusori a tromboncino, agendo sul numero di tromboncini aperti e sul diametro degli stessi.

5 Verifica del volume effettivamente distribuito

Dopo aver individuato la portata da erogare, la pressione di esercizio e la velocità di avanzamento in grado di consentire di distribuire il volume di miscela fitoiatrica desiderato ed effettuata la determinazione al banco del diagramma di distribuzione, è necessario verificare che tali scelte, una volta applicate alla irroratrice oggetto della regolazione, forniscano i risultati desiderati.

Tale verifica va condotta determinando la portata complessiva dell'irroratrice (Q_e) sommando quella erogata da tutti gli ugelli aperti e, successivamente, applicando la seguente formula:

$$V_e (l / ha) = \frac{Q_e \times 600}{v \times i \times n}$$

Dove:

V_e = volume di distribuzione (l/ha) effettivamente distribuito

Q_e = portata totale irroratrice (l/min)

v = velocità di avanzamento (km/h)

i = larghezza interfila (m)

n = numero di filari trattati contemporaneamente

Il volume effettivamente distribuito potrà risultare maggiore o minore di quello desiderato. Qualora si ritenga opportuno ottenere un volume di distribuzione esattamente uguale a quello previsto, si deve agire sulla pressione di esercizio (p_v) sino a quando $Q_e = Q_v$

$$Q_e (l / min) = Q_v \times \sqrt{\frac{p_e}{p_v}}$$

Dove:

p_e = pressione di esercizio corrispondente alla portata effettiva (Q_e)

p_v = pressione di esercizio corrispondente alla portata voluta (Q_v).

Nel caso in cui non risulti possibile ottenere la portata desiderata intervenendo su tale parametro senza oltrepassare i valori di pressione indicati al paragrafo 3.4 è necessario sostituire gli ugelli con altri di portata adeguata.

5.1 Metodi per il calcolo del volume di distribuzione ottimale

Attraverso la conoscenza di una serie di parametri vegetativi e geometrici delle piante da trattare è possibile ricavare il volume di distribuzione ottimale utilizzando tre metodologie di calcolo che si basano rispettivamente: sul ***volume della vegetazione*** (TRV o Tree Row Volume), ***l'altezza della vegetazione*** e ***l'area di superficie fogliare***.

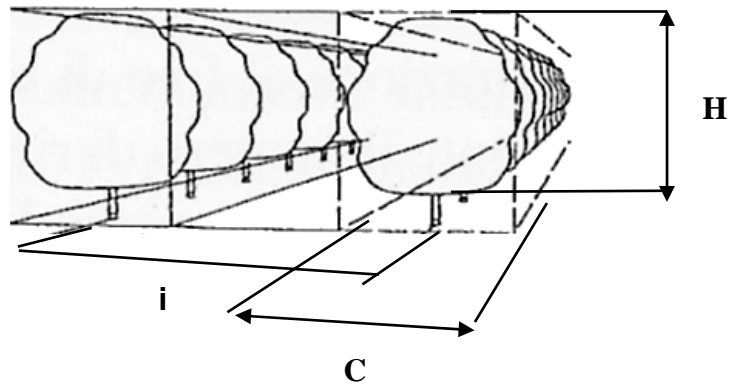
1. TRV (Tree Row Volume):

Input:

Altezza degli alberi [H] = ,

Larghezza della chioma [C] = ,

Larghezza interfila [i] = ,



Volume di vegetazione

$$V_v = \frac{H \times C \times 10000}{i} = m^3 / ha$$

indice di volume (I)*

(litri per 1000 m³ di vegetazione)

molto alto	120
alto	100
medio	70
basso	50
molto basso	30
ultrabasso	10

Volume di miscela teorico

$$V_t = \frac{I \times V_v}{1000}$$

*

La scelta degli indici di volume indicati in tabella va fatta tenendo conto di quanto indicato in etichetta e in mancanza di tali indicazioni in funzione del tipo di fitofarmaco e delle sue modalità di azione

Esempio di calcolo del volume di distribuzione ottimale in un frutteto calcolato in base al TRV:

Input:

- Valore medio di altezza delle piante (T): **3,46 m**
- Valore medio della larghezza delle piante (I): **1,2 m**
- Larghezza interfila (R): **4,5 m**

Volume di vegetazione

$$V_v = \frac{3.46 \times 1.2 \times 10000}{4.5} = 9.226 m^3 / ha$$

Indice di volume (i)

(litri per 1000 m³ di vegetazione)

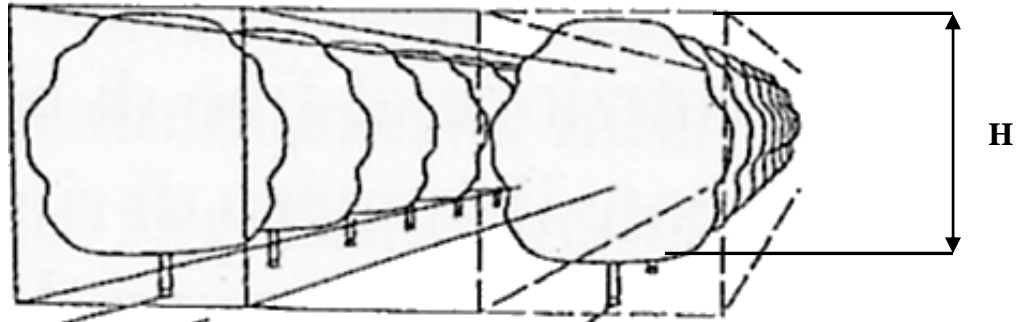
Medio70

Volume di miscela teorico

$$V_t = \frac{70 \times 9226}{1000} = 646 \text{ litri} / ha$$

2. Calcolo del volume di distribuzione considerando il parametro "altezza della vegetazione"

Il volume di distribuzione si ottiene moltiplicando il **volume di riferimento** (l/ha per metro di vegetazione) per l'altezza della vegetazione (m).



Input:

- Volume di riferimento: **V_r** (l/ha * metro di altezza della parte vegetativa)
- Altezza della parte vegetativa: **H** (m)

$$V_t = V_r \times H$$

Esempio di calcolo del volume di distribuzione ottimale in un frutteto in base all'altezza della vegetazione:

V_r= 200 l/ha m

H= 3,46 m

$$V_t = 200 \times 3,46 = 692 \text{ litri / ha}$$

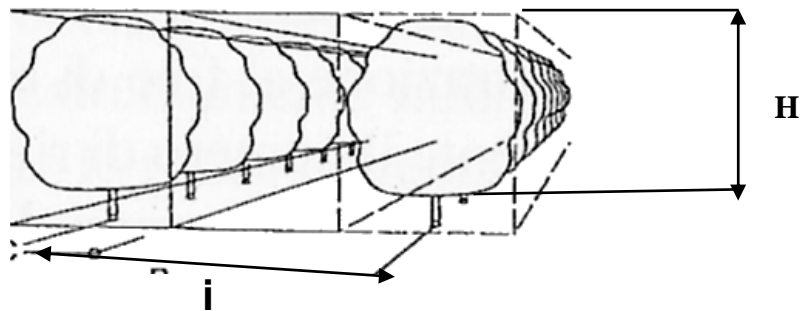
3. Calcolo del volume di distribuzione considerando il parametro "area della parete fogliare"

Questo metodo è raccomandabile per colture allevate in parete, con spessore della chioma limitata ed un numero di strati fogliari inferiore a 2,5-3 (tipicamente: vigneti a spalliera con una buona gestione della chioma).

Input:

Altezza della chioma **[H]** = ,

Larghezza interfila **[i]** = ,



Area della parete fogliare

(si considerano le due pareti fogliari)

$$A_p = \frac{2H \times 10000}{i} = m^2 / ha$$

indice di volume (I)*

(litri per 1000 m² di parete fogliare)

molto alto	55	-	75
alto	40	-	55
medio	25	-	40
basso	12.5	-	25
molto basso	5	-	12.5

* La scelta degli indici di volume indicati in tabella va fatta tenendo conto di quanto indicato in etichetta e in mancanza di tali indicazioni in funzione del tipo di fitofarmaco e delle sue modalità di azione

Volume di miscela teorico

$$V_t = \frac{I \times A_p}{1000}$$

Esempio di calcolo del volume di distribuzione ottimale in un vigneto calcolato in base all'area della parete fogliare:

Input:

- Valore medio di altezza della chioma (H): **1,65 m**
- Larghezza interfila (R): **2,4 m**

Area della parete fogliare

$$A_p = \frac{3.3 \times 10000}{2.4} = 13750 \text{ m}^2/\text{ha}$$

Indice di volume (I)

(litri per 1000 m² di vegetazione)

Medio = 30

Volume di miscela teorico

$$V_t = \frac{30 \times 13750}{1000} = 412.5 \text{ litri/ha}$$

6 Documenti per l'agricoltore

Al termine delle operazioni di regolazione al proprietario/utilizzatore della macchina irroratrice dovrà essere consegnato un rapporto simile a quello riportato, a titolo esemplificativo, nell'allegato 1 e nel quale, oltre ai dati identificativi di chi lo rilascia, devono essere indicate le modalità operative più idonee per le differenti tipologie di colture presenti.

RAPPORTO DI AVVENUTA REGOLAZIONE DELLA MACCHINA IRRORATRICE

Marca irroratrice (se presente) Modello irroratrice (se presente)
 N° di serie (se presente)
 Segni identificativi (se non presente n° di serie, ad esempio adesivo del Centro Prova con relativo numero controllo)
 Trattore (marca e modello) Pneumatici (dati leggibili)
 Proprietario irroratrice [] Utilizzatore irroratrice [] Nome proprietario o utilizzatore (*)
 Nominativo azienda Partita IVA oppure C.F
 Indirizzo completo

Coltura e densità	Interfila (m)	Altezza max (m)	Forma di allevamento	Marcia e giri motore (giri/min)	Velocità avanzamento (km/h)	Numero ugelli aperti	Pressione esercizio (bar)	Serie ugelli	Volume distribuito (l/ha)
1. PERO densità media	3,6	3,5	palmetta	1° veloce 1800	6	7+7	12	1	1300
2. PESCO densità media	4,5	3,0	vaso	1° veloce 1800	6	7+7	15	1	1400
3.									
4.									
5.									
6.									

Tipo Ugelli

Serie	basso	Lato sinistro							alto	basso	Lato destro							alto
1	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	chiuso	chiuso	1.2	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	chiuso	chiuso
l/min																		
2																		

I/min																	
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Serie 1 Regolazione ventilatore: Rapporto di trasmissione (lento/veloce) _____ Giri pdp _____	Diagramma
--	-----------

Serie 2 Regolazione ventilatore: Rapporto di trasmissione (lento/veloce) _____ Giri pdp _____
--

Serie 3 Regolazione ventilatore: Rapporto di trasmissione (lento/veloce) _____ Giri pdp _____	Diagramma
--	-----------

Serie 4 Regolazione ventilatore: Rapporto di trasmissione (lento/veloce) _____ Giri pdp _____
--

Serie 5 Regolazione ventilatore: Rapporto di trasmissione (lento/veloce) _____ Giri pdp _____	Diagramma
--	-----------

Serie 6 Regolazione ventilatore: Rapporto di trasmissione (lento/veloce) _____ Giri pdp _____
--

(data)

(firma del controllore) *

(*) Dichiara di consentire il trattamento dei dati contenuti nel presente documento e negli eventuali allegati per i fini previsti dal DL 196/2003