

Edward IRLA, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik (FAT), CH-8356 Tänikon

Ein erfolgreicher, umweltbewusster Pflanzenschutz im Obstbau erfordert neben einer richtigen Mittelwahl und dem Einsatzzeitpunkt eine optimale Geräte- und Applikationstechnik. Diese beinhaltet exakte Brühedosierung, gleichmässige Verteilung und Anlagerung auf Blättern sowie Früchten bei möglichst geringen Abtriftverlusten. Sprühgeräte mit hohen Ausblasgehäusen beziehungsweise Schläuchen oder Recyclingvorrichtung zeichnen sich durch bessere Mittelanlagerung als übliche Axialgeräte aus. Neue Entwicklungen betreffen ein besseres Anpassen der Luftführung und Düsenabstände auf Baumhöhe und -form sowie die sensorgesteuerte Düsenschalttechnik.

Das Ziel der Applikationstechnik ist, einen möglichst gleichmässigen, dickschichtigen Schutzbelag auf Blättern, Ästen und Früchten gegen Krankheiten und Schädlinge zu erreichen. Besonders bei Pflanzenschutzmitteln mit Kontaktwirkung wird ein hoher Bedeckungsgrad auf den unteren und oberen Blattseiten über der gesamten Laubwandhöhe angestrebt.

Für die Mittelverteilung und -anlagerung sind hauptsächlich folgende Parameter

massgebend: Obstanlage, Sprühgerät/Handhabung, Gebläseart, Luftleistung und -führung, Wassermenge pro Hektare, Tropfengrösse und die Fahrgeschwindigkeit.

Dieser Bericht stützt sich auf Untersuchungen mit 14 Sprühgeräten, die in den Jahren 1995 und 1996 auf FAT-Prüfständen und in Versuchsobstanlagen der Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil (FAW) durchgeführt wurden.

Sprühgerät auf Obstanlage abstimmen

Heterogenität der Obstanlage: Die Kern- und Steinobstanlagen sind bezüglich Reihen- und Baumabstand, Baumgrösse und -form sowie Topographie recht unterschiedlich. Während der Vegetationsperiode nehmen die Belaubungsdichte und das Baumvolumen sortenspezifisch zu, der Leerstellenanteil in der Baumkrone hingegen ab. Eine moderne Apfelanlage mit etwa gleicher Baumgrösse und -form nach dem Winterschnitt weist je nach Standort sowie Nährstoff- und Wasserangebot meist gewisse Wachstumsunterschiede nicht nur bei den Randreihen auf. In Abhängigkeit der Umtriebsdauer wird ein Teil der Anbaufläche im Betrieb neu angelegt. Die kleinen Bäume müssen ebenfalls behandelt werden. Bei Anlagen mit Hagelschutznetzen ist zudem der Ein-

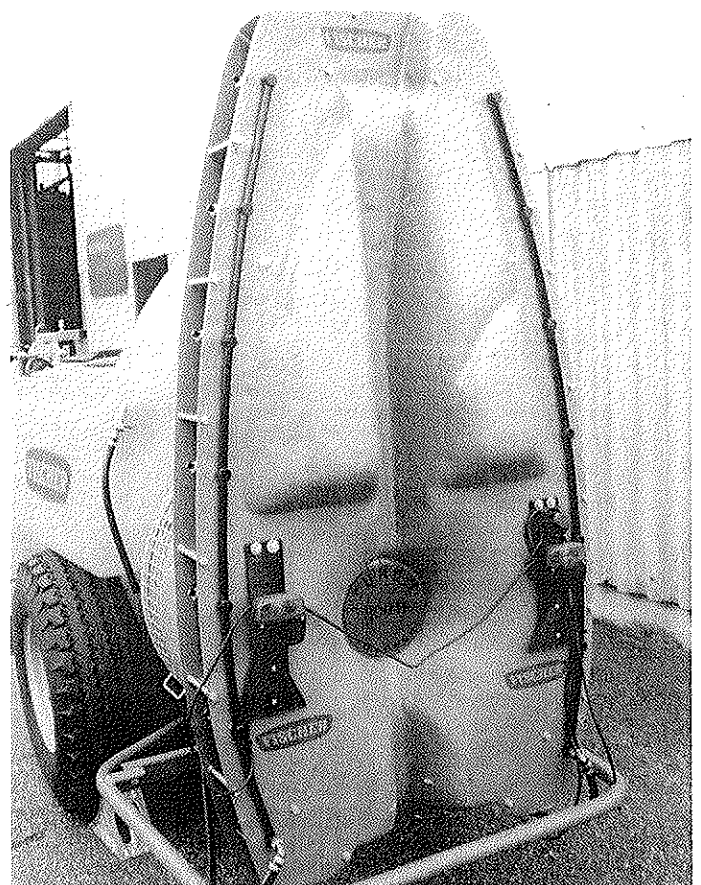
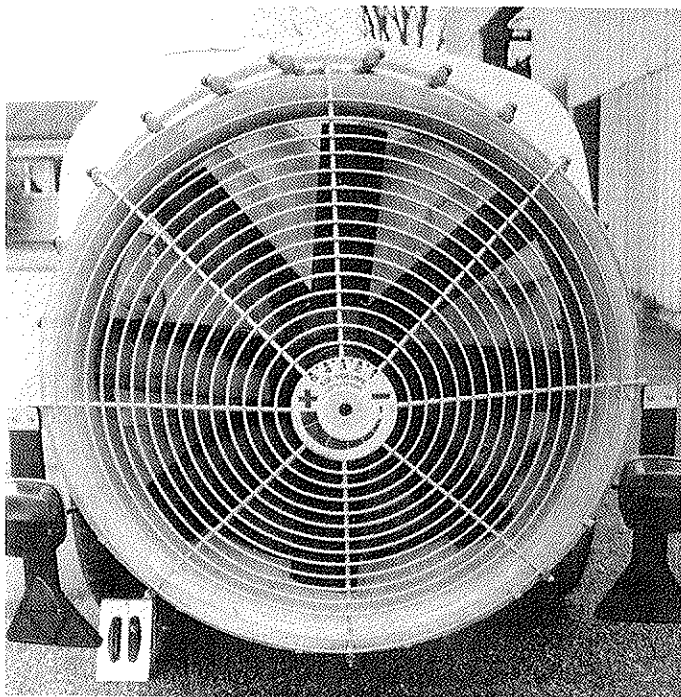


Abb. 1. Axialsprühgeräte ohne/mit Gebläseaufsatz. Rechts: Der hohe Aufsatz des Umkehraxialgebläses trägt zur Verbesserung der Luftführung bei.

satz umweltgerechter Sprühgeräte mit hohen Ausblasgehäusen oder Recyclingvorrichtung erschwert oder verunmöglicht. Die Komplexität der Einflussfaktoren und die wechselnden Einsatzbedingungen stellen hohe Anforderungen an die Ausrüstung und Handhabung der Sprühgeräte.

Axialsprühgeräte dominieren: Die Anbau- und Anhängesprühgeräte werden mit Axial-, Radial- oder Tangentialgebläsen angeboten (Abb. 1). Die Gebläseart, Luftfördermenge, -geschwindigkeit und -führung sind für das Verteilen und Anlagern der Tropfen von entscheidender Bedeutung. Die Luftführung der vielseitig einsetzbaren Axialgeräte wurde durch einen Gebläseaufsatz mit verstellbaren Leitblechen wesentlich verbessert. Durch ein Luftansaugen von der Fahrtrichtung (= Umkehraxialgebläse) wird das unerwünschte Wiederansaugen der Tropfen weitgehend vermieden.

Die Radial- oder Tangentialgebläse (Douden oder Holder) saugen ebenfalls vorne an und blasen quer oder schräg nach hinten aus. Die vorteilhafte Querstromtechnik breitet sich allerdings wegen der 3 bis 3,5 m-Gerätehöhe, Hagelschutznetze und Hangtauglichkeit nur zögernd aus.

Luftleistung: Einsatzbedingungen massgebend

Eine zu hohe Luftleistung führt zu ungenügender Mittelanlagerung und zu erhöhten Abtriftverlusten. Eine zu geringe hingegen wirkt sich auf die Anlagerung im Bauminnern negativ aus. Es wird deshalb ein symmetrischer, turbulenter statt geradliniger und kontrollierter Luftstrom angestrebt. Die erforderliche Luftleistung lässt sich vereinfacht berechnen (vgl. Kästchen, die gemessenen Luftfördermengen sind im FAT-Bericht Nr. 499 enthalten).

Die Anpassung der Luftfördermenge erfolgt meist über ein zweistufiges Getriebe, die Zapfwellendrehzahl oder das Verstellen des Schaufelwinkels. Mit einer stufenlosen Drehzahlregulierung der Gebläse

vom Traktor aus kann die Luftleistung optimal an die Belaubungszustände der Bäume angepasst werden (Tangentialgebläse mit hydraulischem Antrieb, Holder). Dies ist auch durch eine stufenlose Schaufelwinkelverstellung bei der Marke Tifone möglich - ist aber in der Praxis eher unständig und wird zu wenig oft genutzt.

Brühemenge und Verteilung dem Baumvolumen anpassen

Die **Brühemenge** von 400 l/ha gilt als Standard für ein Baumvolumen von 10'000 m³/ha. Nach Versuchen der FAW Wädenswil und Ciba Basel, ist je nach Laubwandhöhe, Baumdurchmesser und Reihenabstand ein Brüheaufwand von rund 200 bis 600 l/ha erforderlich. Die Bestimmung des Baumvolumens erfolgt nach dem Winterschnitt und im Stadium «Haselnussgrösse» der Früchte. Infolge Anpassung der Brühemenge auf den Entwicklungsstand der Bäume konnten rund 20 % der Mittelmenge eingespart werden.

Düsenart und -grösse, ihre Anordnung sowie der Betriebsdruck sind für die Tropfengrösse und Belagsbildung massgebend. In der Regel werden Zwei- beziehungsweise Dreifach-Hohlkegeldüsen mit Keramik-Mundstücken und 80°-Spritzwinkel entsprechend der Gebläsegehäuseform vor, im oder nach dem Luftstrom angeordnet. Im Druckbereich von 5 bis 15 bar und einer MVD*-Tropfengrösse zwischen 97 und 132 Mikron sowie einem Tropfenspektrum von 50 bis 250 Mikron reichen folgende Düsengrössen aus:

- Albus ATR lila, braun, gelb;
- Teejet TXVK grün, rot, grau und schwarz.

Die Rotationsdüsen X1 sind hingegen für eine Brühemenge von 80 bis 200 l/ha bei 1 bis 4 bar Druck vorgesehen. Sie weisen ein enges Tropfenspektrum auf, erfordern aber für ihren Antrieb einen starken Gebläseluftstrom.

*MVD = Mittlerer Volumendurchmesser, 132 Mikron = 0,132 mm

Vertikalverteilung nach Baumform:

Die Blattmasse beziehungsweise -fläche über die Baumhöhe ist je nach Erziehungsform recht unterschiedlich. Beispielsweise in einer Apfelspindelanlage nimmt die Blattfläche von unten nach oben stark ab. Um Über- oder Unterdosierungen zu verhindern, ist eine Anpassung der Brüheverteilung erforderlich. Wo mehr Blattfläche vorhanden ist, sollen auch mehr Brühe beziehungsweise Tropfen verteilt werden.

Die der Baumform angepasste vertikale Wasserverteilung der Sprühgeräte lässt sich mit Lamellenprüfständen exakt ermitteln (Abb. 2). Dabei werden die Anstellwinkel der Luftleitbleche und Düsen so weit verstellt, bis die aufgrund der Baumaussmessungen berechnete Sollverteilung erreicht wird. Sprühgeräte mit Gebläseaufsatz und mindestens zehn verstellbaren Luftleitblechen lassen sich rascher einstellen als diejenigen mit festen Leitblechen oder ohne Gebläseaufsatz. Auch die Verstellbarkeit der vertikalen Düsenabstände ist hier vorteilhaft (Douden-Delta, Kro-

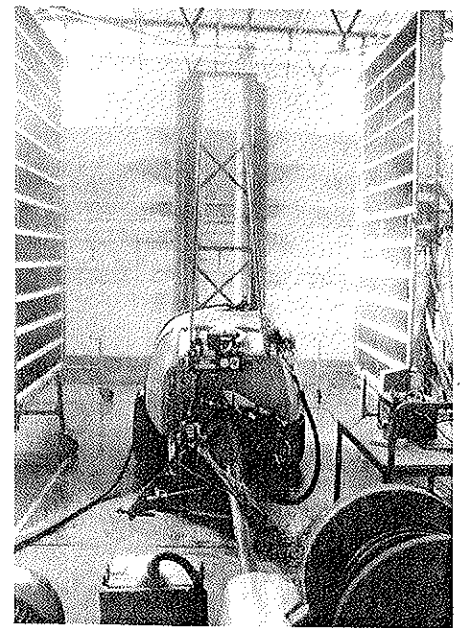


Abb. 2. Mit zwei FAT-Lamellenprüfständen wird die vertikale Wasserverteilung der Baumform beziehungsweise dem Baumvolumen in je 30 cm-Höhenbereichen angepasst (Tangentialgebläse).

Berechnung der erforderlichen Luftleistung

$$\text{Luftfördermenge} = \frac{\text{Reihenabstand (m)} \times \text{Baumhöhe (m)} \times \text{Fahrgeschwindigkeit (m/h)}}{\text{Verdrängungsfaktor (2-4)*}} \quad \text{z.B.} \quad \frac{3,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 6000 \text{ m/h}}{3} = 21'000 \text{ m}^3/\text{h}$$

*Faktor 2 für sehr breite Kronen, Faktor 4 für schlanke Bäume



bath, Myers und Turbmatic), sonst muss für einen dichteren Belaubungsbereich eine nächst grössere Düse gewählt werden (Abb. 3). Die Düsen- und Leitblechstellungen werden mittels Markierungen oder genauer mit einer Winkellehre definiert und im Messprotokoll der Gerätekontrolle festgehalten.

Mittelanlagerung und Bedeckungsgrad

Für die Mittelanlagerung ist ferner die Abstimmung der Luftleistung und Fahrgeschwindigkeit auf die Obstanlage und ihren Belaubungszustand sowie die Witterung entscheidend. Die Messungen 1996 in einer Apfelspindelanlage der FAW in Göttingen zeigten, dass Sprühgeräte mit einer mässigen Luftleistung von 14'000 bis 22'000 m³/h meist die besten Anlagerungswerte aufweisen. Als Bewertungsmaßstab gilt ein Mindestbedeckungsgrad von 15 % im Hinblick auf eine ausreichende Schorfbekämpfung (Abb. 4). Auf den **Blattunterseiten** wurden mit Axialgeräten mit Gebläseaufsatz über alle Baumpositionen bessere Bedeckungswerte erreicht als mit derjenigen mit Tangential- oder Axialgebläsen ohne Aufsatz. Auf den **Blattoberseiten** hingegen ergaben die Geräte mit Quer- oder Schrägstromgebläse die höchsten Werte. Die Mehrheit der Geräte hat allerdings die 15 %-Grenze in der obersten Baumposition nicht erreicht. Dies ist offensichtlich auf die Luftstromrichtung und Blattwinkelstellung zurückzuführen.

Gesamthaft betrachtet tragen ein quer- oder schrägstromartiger, kontrollierter und turbulenter Luftstrom sowie kurze Düsen-Zielflächen-Abstände zur besseren Mittelanlagerung und Abtriftreduktion bei. In der Regel sollen die Tropfen bei Vollbelaubung auf der anderen Baumseite nur knapp sichtbar sein. Der optimale Fahrgeschwindigkeitsbereich beträgt je nach Einsatzbedingungen und Sprühgerät zwischen 5 und 9 km/h.

Elektrostatik: Mittels einer Elektrostatikanlage am Sprühgerät werden die Tropfen positiv aufgeladen, mit Luftstrom getragen und von Blättern sowie Früchten angezogen. Die Messergebnisse mit/ohne Elektrostatik bei einer Brühemenge von 120 bis 200 l/ha fielen unterschiedlich aus. In den äusseren Baumpositionen war zwar die positive Wirkung der Tropfenaufladung sichtbar. Im Bauminnern weist hingegen die Variante ohne Aufladung bei den Fahrgeschwindigkeiten von 5 bis 10

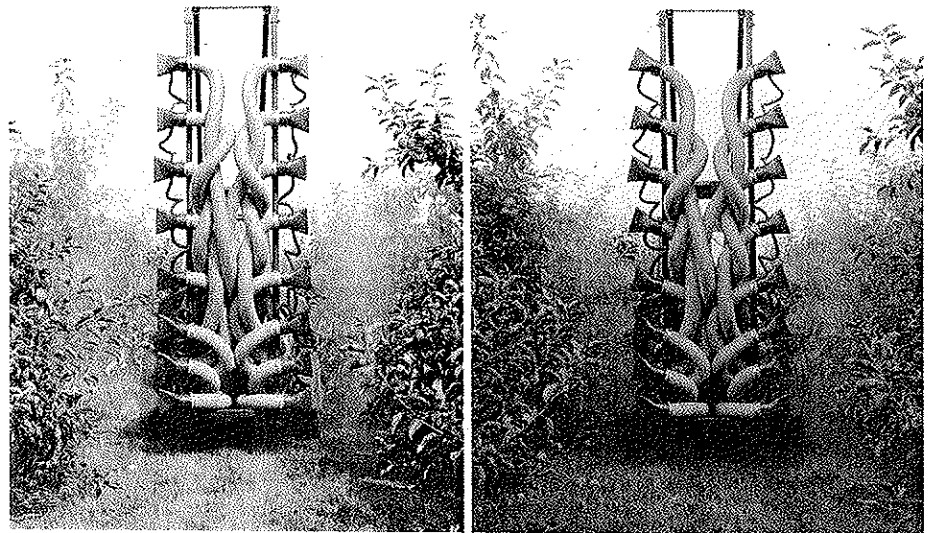


Abb. 3. Durch die vertikale Verstellung der Düsen- und Luftschlauch-Abstände können die Brüh- und Luftmenge sowie -richtung der Baumform angepasst werden. Radialgebläse mit quer- oder schrägstromartiger Luftführung. Es kann auch mit sensorgesteuerter Düsenschaltechnik ausgestattet werden (Douven Delta).

km/h meist bessere Bedeckungsgrade auf (Zapfwellendrehzahl 440 U/min). Gemäss Angaben des Herstellers Krobath/A werden die besten Anlagerungswerte bei einer Luftgeschwindigkeit am Baum von 0 bis 1 m/s erreicht. Dabei müssen die Luftleistung (Zapfwellendrehzahl) und

die Fahrgeschwindigkeit optimal an die Obstanlage angepasst werden. Da die Luftwiderstände in einer Obstanlage je nach Belaubungszustand, Witterung usw. recht heterogen sind, dürfte die Sprühgerät-Einstellung in der Praxis recht schwierig sein. Eine stufenlose Drehzahl-

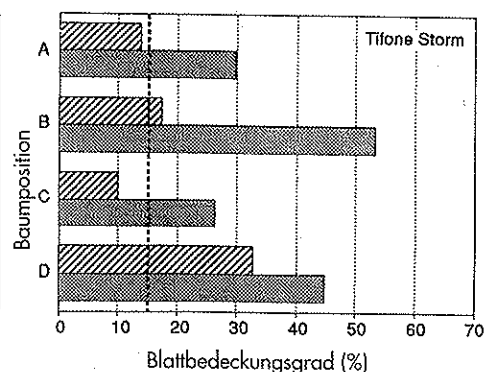
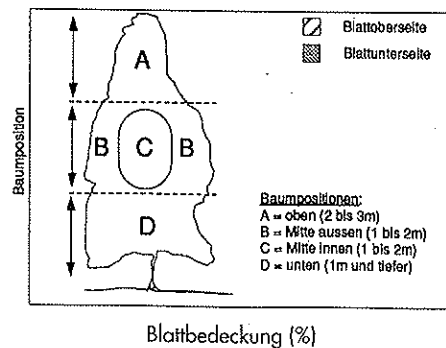
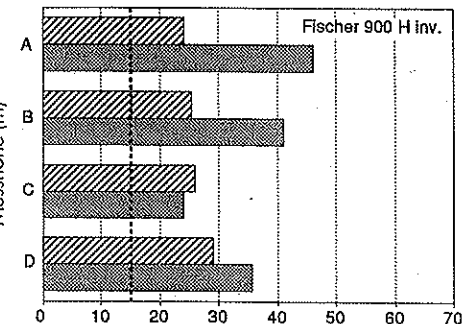
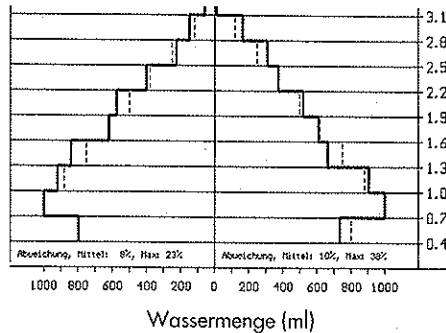


Abb. 4. Oben: Beispiel der vertikalen Wasserverteilung auf der linken und rechten Seite des Sprühgerätes (--- = Soll- / - = Ist-Verteilung). Unten: Bedeckungsgrad der Axialsprühgeräte mit/ohne Gebläseaufsatz. Obwohl bei Vertikalverteilung im Oberbereich weniger Wassermenge eingestellt war, weisen praktisch alle Baumpositionen einen gleich guten Bedeckungsgrad auf (vgl. Fischer mit Aufsatz).



Abb. 5. Beim Tunnel-Recyclingsprüher werden die nicht angelagerten Tropfen am Sumpf der zwei Prallwände gesammelt, filtriert und wieder in den Behälter zurückgesaugt (Joco).

regulierung der Gebläse könnte hier Abhilfe schaffen.

Mitteinsparung durch Abtrifftreduktion

Trotz Fortschritten bei der Luftführung und Einstellbarkeit auf die Baumform betragen die Mittelverluste durch Abtrift und Bodensediment immer noch 40 bis 50 %. Die Gründe sind hauptsächlich auf die Leerstellen zwischen den Baumkronen, geringe Blattdichte und eine zu grosse Luftleistung zurückzuführen.

Recyclingtechnik: Seit 1990 werden für den Wein- und Obstbau Tunnel-Recycling-Sprüher angeboten (Abb. 5). Die Joco-Tunnelgeräte mit hydraulisch verstellbaren Prallwänden wurden hauptsächlich in Deutschland und der Schweiz versuchsmässig eingesetzt.

Mit zwei hydraulisch angetriebenen Tangentialgebläsen mit stufenlos regelbarer Luftleistung werden eine gute Mittelanlagerung und eine erhebliche Reduktion der Abtrifftverluste erreicht. Bei einer Brühmenge von 300 bis 400 l/ha lassen sich im Obstbau rund 30 % der Mittelmenge pro Jahr einsparen. Dies setzt allerdings ebene Obstanlagen ohne Hagelschutznetze und einen dem Tunnelgerät angepassten Baumschnitt voraus.

Sensorgesteuerte Düsenschalttechnik: Die Firma Jacoby entwickelte sie als Alternative zur Recyclingtechnik in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität-Berlin. Die Infrarotsensoren sind vor dem Umkehraxialgebläse beidseitig höhenverstellbar auf einem Rahmen montiert. Die Lücken beziehungsweise Leerstellen in der Laubwand werden mit den Sensoren abgetastet und die entsprechen-

den Düsen einzeln mit Magnetventilen zu- und abgeschaltet. Nach deutschen Untersuchungen wurden 25 bis 30 % der jährlichen Mittelmenge eingespart und das Bodensediment im Weinbau um rund 60 % reduziert. Mit dieser Technik können auch übliche Sprüher nachgerüstet werden. Die **Anforderungen** an Fahrgestell (bodenschonende Bereifung), Behälter (5 %-Übergrösse wegen Schaumbildung, Skala, Spül- und Frischwassertank), Rührwerk, Filter, Pumpe, Gebläse mit Lärmpegel unter 85 dB(A) und Bedienungsarmaturen sind weitgehend, aber je nach Fabrikat unterschiedlich erfüllt. Oft werden Fernbedienungsarmatur und fahrgeschwindigkeitsabhängige Brühdosierung über Starrventil- oder Membranregler angeboten. Bezüglich Signalisierung und Unfallschutz (Norm pr EN 907) sind noch nicht alle Mängel behoben. Auch die Betriebsanleitungen dürften vollständiger und praxisbezogener gestaltet werden.

Folgerungen

- Die Fortschritte der Sprüher- und Applikationstechnik werden hauptsächlich an der Verbesserung der Mittelanlagerung, -einsparung und Abtrifftreduktion gemessen.
- Die Luftführung der Axialsprüher wurde durch einen Gebläseaufsatz mit zehn und mehr verstellbaren Leitblechen verbessert. Ihre Anstellwinkel können mit einer Winkellehre definiert werden.
- Die Luftfördermenge und die Fahrgeschwindigkeit sollen exakter auf eine Obstanlage angepasst werden können. Eine stufenlose Regelung der Gebläsedrehzahl oder des Schaufelwinkels wäre angezeigt. Das Baumvolumen und die

-höhe sind kleiner geworden. Deshalb reicht oft eine geringere Luftleistung aus.

■ Die Einstellung der Vertikalverteilung der Sprüher nach Baumform mittels Lamellenprüfstände ist eine gute Ausgangsbasis für eine ausreichende Mittelanlagerung. Die Verstellbarkeit der vertikalen Düsenabstände ist hier von Vorteil.

■ Verlustarme Sprüheretechnik wie Tunnel-Recyclingprüher, sensorgesteuerte Düsenschalttechnik und Elektrostatik haben bisher im Obstbau eine geringe Verbreitung gefunden.

■ Für Kern- und Steinobstanlagen mit verschiedenen Reihenabständen, Baumhöhen usw. eignen sich Universalsprüher wie Axialgeräte mit Gebläseaufsatz mit guter Einstellbarkeit und Hangtauglichkeit. Sprüher mit Tangentialgebläse oder Recyclinggeräte sind hingegen für 2,5 bis 3 m hohe Obstanlagen ohne Hagelschutznetze einsetzbar.

LITERATUR

Das Literaturverzeichnis ist beim Autor erhältlich.

RÉSUMÉ

Pulvérisateurs et technique d'application en arboriculture fruitière

Pour des raisons écologiques et économiques, de hautes exigences sont posées aux pulvérisateurs et à la technique d'application en arboriculture fruitière. Les pulvérisateurs avec de hauts déflecteurs, tuyaux ou dispositifs de récupération présentent de meilleurs résultats quant au dépôt du produit que ceux équipés d'une souffluse axiale. Pour la répartition et le dépôt du produit, les paramètres suivants jouent un rôle décisif: plantation, pulvérisateur/maniement, type de déflecteur, débit d'air, canalisation de l'air, quantité d'eau/ha, volume des gouffes et vitesse d'avancement.

SUMMARY

Sprayers and application technique in fruit growing

For ecological and economical reasons, the requirements to be met by the sprayer and the application technique in fruit growing are very high. Orchard sprayers with high deflectors, tubes or recycling devices have better spreading and deposition characteristics than the traditional sprayers with axial blowers. As regards spreading and deposition of the spray, the following parameters are essential: plantation, sprayer/handling, blower type, air flow rate, air conduction, water supply/ha, droplet size and running speed.

KEY WORDS: sprayer type, air flow rate, vertical spreading, spray deposition, coating rate, spray saving