

Vor- und Nachteile der Kaltvernebelung von Pflanzenschutzmitteln im Gewächshaus

Jacob Rüegg und René Total, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, 8820 Wädenswil

Auskünfte: Jacob Rüegg, E-Mail: jacob.rueegg@acw.admin.ch, Tel: 044 783 64 28 / 079 777 26 17



«PFALZTECHNIK» Kaltvernebelungsgerät, mit welchem das Fungizid Forum (Dimethomorph) mit 0,4 Liter in 20 Liter Wasser und 2 Liter Bioaerosol während einer Stunde in einem Gewächshauskompartiment (0.31 Hektaren Grundfläche) mit Tomaten vernebelt wurde. Das Gerät wurde gemäss den Empfehlungen der lokalen Verkaufsfirma Hortiplus GmbH eingesetzt.

Einleitung

Das Ausbringen von Insektiziden und Fungiziden mit Schlauch- oder Balkenspritzgeräten in Gewächshauskulturen wie Tomaten, Gurken, Auberginen ist mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden. Es ist naheliegend, dass ein Applikationsverfahren wie die Kaltvernebelung, welches einen sehr viel geringeren Arbeitsaufwand erfordert, für den Produzenten attraktiv erscheint. Mit handelsüblichen Kaltvernebelungsgeräten, welche eine oder zwei mit Druckluft betriebene Düsen besitzen, wird das Pflanzenschutzmittel in einer gerin-

gen Wassermenge von etwa 5–40 Litern pro Hektare meist am Abend nach Arbeitschluss bei geschlossenem Gewächshaus fein zerstäubt. Ventilatoren im Gewächshaus erzeugen einen schwachen Luftstrom im Gewächshaus, welcher den feinen Sprühnebel während der Nacht durch das Gewächshaus transportiert. Die nebelartigen Tröpfchen sind typischerweise sehr klein mit einem Durchmesser von etwa 5–30 Mikrometer, während bei standardmässigen Spritzbehandlungen die Tröpfchengrösse etwa im Bereich von 100–400 Mikrometer liegt. Je nach eingesetztem Pflanzenschutzmittel und gewählter Dosierung weisen die Nebeltröpfchen eine



Abb. 1 | «PFALZTECHNIK» Kaltvernebelungsgerät, mit welchem das Insektizid Pirimor (Pirimicarb) mit 0,8 kg und das Fungizid Switch (Cyprodinil, Fludioxonil) mit 0,8 kg in 15 Liter Wasser und 2 Liter Bioaerosol während einer Stunde in einem Gewächshaus (0,87 Hektaren Grundfläche) mit Auberginen (Abb.4) vernebelt wurde. Das Gerät wurde gemäss den Empfehlungen der lokalen Verkaufsfirma Hortiplus GmbH eingesetzt.

Pflanzenschutzmittelkonzentration auf, die 10 bis 100 mal höher ist als jene welche bei einer Applikation mit Wassermengen von mehreren hundert Litern pro Hektare auftritt. Nach erfolgter Kaltvernebelung während der Nacht wird am Morgen vor Arbeitsbeginn das Gewächshaus geöffnet und gründlich gelüftet. Mit der Kaltvernebelung wird mit etwa einer Stunde Arbeitsaufwand pro Hektare ein Insektizid oder Fungizid appliziert, was mit Standardtechniken einen ganzen Arbeitstag oder noch mehr an Arbeitsaufwand bedeuten würde. Die Stärken der Kaltvernebelung liegen somit in ihrer einfachen Anwendung und in der grossen Arbeitszeiteinsparung. Es muss jedoch untersucht werden, ob diese Applikationstechnik auch Schwächen aufweist und wie sich diese auswirken.

Material und Methoden

Erste Versuche von Agroscope Changins-Wädenswil ACW

Bei zwei Gewächshausbetrieben, welche Tomaten respektive Auberginen in grösserem Umfang erzeugen, wurde die Deposition von Pflanzenschutzmitteln (Insektizide, Fungizide) auf dem Boden, im Pflanzenbestand und an der Gewächshauskonstruktion gemessen. Kurz bevor der jeweilige Produzent sein PfalzTechnik-Kaltvernebelungsgerät in Betrieb setzte (Abb. 1), wurden Filterpapierrondellen (Durchmesser 7 cm) in Petrischalen auf den Boden ausgelegt bzw. an den Wänden und der Decke des Gewächshauses sowie auf den Blattober- und

Zusammenfassung

Die Kaltvernebelung bietet dem Produzenten den grossen Vorteil, dass Behandlungen mit Pflanzenschutzmitteln im Gewächshaus einfach und mit wenig Arbeitsaufwand erledigt werden können. Erste Messungen in zwei Gewächshäusern, in denen Tomaten beziehungsweise Auberginen kultiviert wurden, zeigten jedoch, dass die Verteilung der von einem stationären Gerät ausgebrachten Wirkstoffe sehr ungleich war. Zudem traten punktuell zu hohe Rückstände auf dem Ernteprodukt auf. Der Einsatz der Kaltvernebelung muss und kann durch gezielte technische Massnahmen verbessert werden. Zudem sollte die Wahl und Dosierung der Produkte auf eine verbesserte Beratung mit solider Datengrundlage abgestützt werden können.

Unterseiten an ausgewählten Pflanzen angebracht (Abb. 2a, b; 3b). Das verfügbare Budget erlaubte es nur, an zwei bis drei Stellen im Gewächshaus solche Filterpapierrondellen als Kollektoren anzubringen. Nach der



Abb. 2a und b | Doppelreihen von Tomaten am 16. Mai 2009, Pflanzenhöhe 190 cm, Blattflächenindex 2,6; weisse Filterpapierrondellen wurden auf der Blattoberseite und Blattunterseite von Blättern oben und unten sowie aussen und innerhalb der Doppelreihen montiert. Weitere Filterpapierrondellen wurden auf dem Boden und an der Gewächshauskonstruktion angebracht.



Abb. 3a und b | Auberginen in Doppelreihen, circa 1,7 Pflanzen pro Quadratmeter. Am 16. Mai 2009: Pflanzenhöhe 90 cm, Blattflächenindex 1,9. Zur Depositionsmessung wurden Filterpapierrondellen an verschiedenen Stellen im Pflanzenbestand auf Blattober- und Unterseiten montiert sowie auf dem Boden und an der Gewächshauskonstruktion.

Kaltvernebelung wurden am folgenden Morgen nach erfolgter Lüftung die Filterpapierrondellen eingesammelt, in Glasröhrchen verpackt und später durch das ISO-zertifizierte Labor Veritas in Zürich auf Rückstände der ausgebrachten Wirkstoffe untersucht. Soweit die Pflanzen erntbare Früchte trugen wurden einige Fruchtproben nach der Kaltvernebelung etwa zwei Tage vor der nächsten Ernte entnommen und ebenfalls durch dasselbe Labor auf Rückstände analysiert. Auf den Einsatz einer Markiersubstanz wurde verzichtet, da dies in kommerziell betriebenen Gewächshäusern zu unerwünschten Kontaminationen geführt hätte. Die Abbildungen 4 und 7 zeigen schematisch die Grundflächen der Gewächshäuser sowie Details zur Position des Kalt-

vernebelungsgerätes und jener der Depositionsmessungen. Eine Auswahl an Resultaten ist in den Abbildungen 5, 6 und 8 schematisch dargestellt.

Resultate und Diskussion

Kulturangepasste Einstellung und Dosierung nötig

Die Resultate (Abb. 5, 6, 8) zeigen anhand der Depositionswerte in den Positionen A, B und C sehr deutlich, dass mit einem stationären, auf dem Boden aufgestellten Kaltvernebelungsgerät sowie mit etwa einem Ventilator pro 500 m² Bodenfläche bei weitem keine auch nur annähernd gleichmässige Verteilung der Wirkstoffe im jeweiligen Gewächshaus erzielt wurde. Im Durchgangsbereich, wo das Gerät platziert wurde, fanden sich auf dem Boden und auf den angrenzenden Pflanzen sehr hohe Depositionswerte, während bei Position A und noch ausgeprägter bei Position B weit geringere bis sehr geringe Depositionen auftraten. Die Blattoberseiten wiesen fast immer ein Mehrfaches an Deposition auf als die Blattunterseiten. Sowohl bei Auberginen wie bei Tomaten waren auch bei den Rückständen auf den entnommenen Früchten zwei Tage vor dem nächsten kommerziellen Erntegang sehr unterschiedliche und teilweise klar zu hohe Werte feststellbar. Insgesamt eher geringe bis mässige Depositionswerte wurden an den Seitenwänden und Dachkuppeln festgestellt. Angenäherte Berechnungen ergaben, dass meist nur etwa 43–46 % der ausgebrachten Wirkstoffe auf den Blättern der Pflanzen wieder gefunden wurden. Etwa 16–19 % fanden sich auf dem Boden in der Kultur und weniger als 2 % an der Gewächshauskonstruktion. Die restlichen Wirkstoffmengen lagen auf dem Boden des Gewächshausdurchganges, dort wo das Kaltvernebelungsgerät betrieben wurde, oder hatten das Gewächshaus verlassen und waren nicht mehr auffindbar (Stanghellini 2009). Da diese Berechnungen nur auf wenigen beprobten Positionen im Gewächshaus basieren, geben sie nur eine Grössenordnung wieder.

Bereits auf Grund dieser zwar noch bescheidenen Datenbasis stellt sich zwingend die Frage, wie bei der Kaltvernebelung die Dosierung der Pflanzenschutzmittel vorgenommen werden sollte (siehe auch Kasten). Zur Zeit wird meist die pro Hektare bewilligte Produktmenge auf die Gewächshausfläche umgerechnet, dabei wird jedoch die Grösse der Zielfläche, je nach Produkt und Schaderreger die gesamte Blatt- und Stängelfläche des Pflanzenbestandes oder die Fläche aller Früchte, kaum oder gar nicht berücksichtigt. Erste Messungen zeigen, dass beispielsweise bei Auberginen der Blattflächenindex (Blattfläche pro Einheit Bodenfläche) von Mitte Mai bis Mitte Juli massiv von 1,9 auf 4,5 zunimmt (Abb. 9).

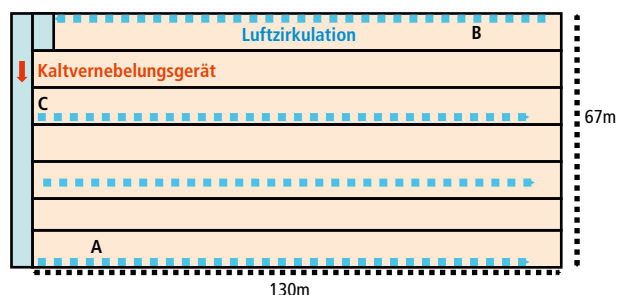


Abb. 4 | Schema der Grundfläche des Gewächshauses mit Auberginen mit sieben Schiffen. Eingezeichnet sind: die Position des Kaltvernebelungsgerätes (rot), die durch die Ventilatoren erzeugte Luftzirkulation (blau) sowie die Positionen A, B und C, an welchen Depositionsmessungen durchgeführt wurden (schwarz).

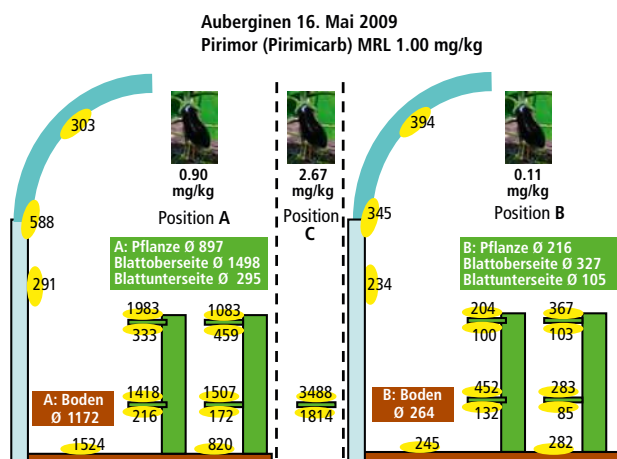


Abb. 5 | Schematischer Querschnitt durch das Gewächshaus mit Doppelreihen von Auberginen am 16. Mai 2009. Depositionswerte des vernebelten Insektizides Pirimor (Pirimicarb) in Nanogramm/cm² auf ausgelegten Filterpapierrondellen sowie Rückstandswerte in Milligramm/Kilogramm auf erntereifen Auberginen zwei Tage vor der Ernte an den Positionen A, B, und C. Gelb markiert sind die Stellen, an welchen auf dem Boden, den Pflanzen und an der Gewächshauskonstruktion Filterpapierrondellen ausgelegt bzw. montiert wurden.

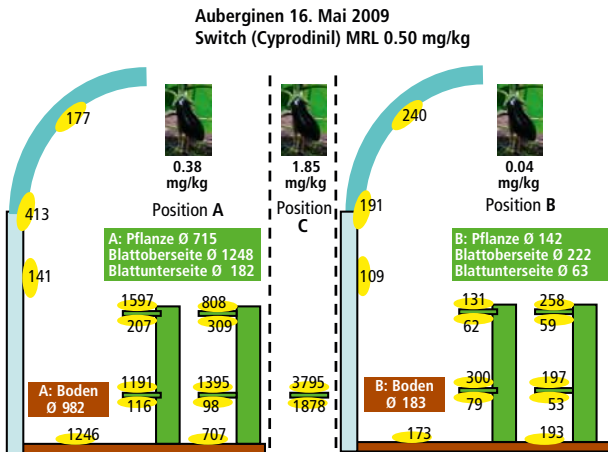


Abb. 6 | Schematischer Querschnitt durch das Gewächshaus mit Doppelreihen von Auberginen am 16. Mai 2009. Depositionswerte des vernebelten Fungizids Switch (Cyprodinil, Fludioxonil) in ng/cm² auf ausgelegten Filterpapierrondellen sowie Rückstandswerte in mg/kg auf erntereifen Auberginen zwei Tage vor der Ernte an den Positionen A, B, und C.



Abb. 9 | Derselbe Auberginenbestand wie in Abbildung 3a und b, jedoch Mitte Juli. Pflanzenhöhe 250 cm, Blattflächenindex 4,5.



Abb. 7 | Schema der Grundfläche des Gewächshauses mit Tomaten, Versuchsdurchführung in einem Kompartiment mit zwei Schiffen. Eingezeichnet sind: die Position des Kaltvernebelungsgerätes (rot), die durch die Ventilatoren erzeugte Luftzirkulation (blau) sowie die Positionen A, B und C, an welchen Depositionsmessungen durchgeführt wurden (schwarz). Zusätzlich zu den Positionen A, B und C wurden im Durchgang am Boden vorne (v), in der Mitte (m) und hinten (h) auch Depositionsmessungen vorgenommen.

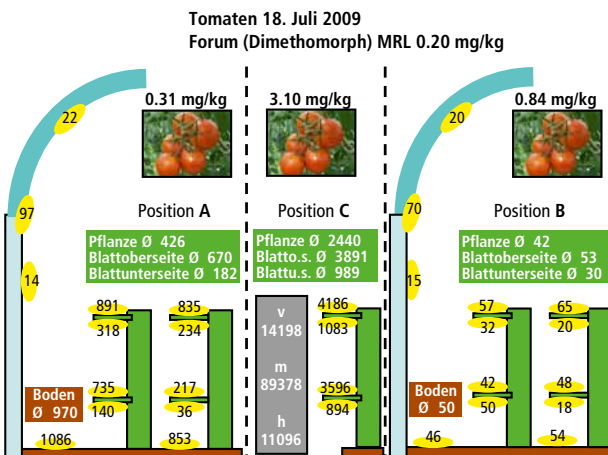


Abb. 8 | Depositionswerte des vernebelten Fungizids Forum (Dimethomorph) in ng/cm² auf ausgelegten Filterpapierrondellen sowie Rückstandswerte in mg/kg auf erntereifen Tomaten am 18. Juli 2009 zwei Tage vor der Ernte an den Positionen A, B, und C. Zusätzlich sind die Depositionswerte auf dem Boden im Durchgang an den Positionen v, m und h angegeben.

Eine gleichbleibende Dosierung kann unter diesen Umständen wohl kaum richtig sein. Neben den Kenntnissen über die mit der Kultur und dem Wachstum sich ändernden Zielflächen wäre es für eine angepasste Dosierung auch wichtig zu wissen, welche Anlagerungswerte bei möglichst optimal eingesetzten Kaltvernebelungsgeräten erzielbar sind.

Pflanzen, die sich nahe beim Gewächshausdurchgang befanden, in welchem das Kaltvernebelungsgerät betrieben wurde, wiesen teilweise deutliche Blattverbrennungen auf, und die Rückstände auf den Früchten waren viel zu hoch. Messungen der durch die Ventilatoren erzeugten Luftbewegung an einem Dutzend Positionen in den beiden Gewächshäusern zeigten, dass zwar eine zirkuläre Luftbewegung erzielt wurde. Doch dürfte diese Luftbewegung auf Grund der erzielten Luftstromgeschwindigkeiten von mehrheitlich unter 0,2 m/s kaum genügen. Die erzielte Verteilung der Wirkstoffe war ungenügend und muss verbessert werden. Mögliche Ansätze bestehen darin, dass entweder mehr als ein Kaltvernebelungsgerät pro Hektare eingesetzt wird, oder dass das oder die Geräte in erhöhter Position über dem Pflanzenbestand angebracht werden, vielleicht sogar mobil ähnlich wie dies von horizontalen Bewässerungsbalken her bekannt ist.

Auch wenn solche Verbesserungen realisiert werden, bleibt wahrscheinlich die Diskrepanz in der Anlagerung der Wirkstoffe auf der Blattoberseite und der Blattunterseite bestehen. Wahrscheinlich geringer dürften diese Unterschiede in jenen Fällen sein, in welchen echt translaminar wirkende Produkte oder solche mit hohem Dampfdruck angewendet werden. Im Gewächshausgemüsebau gibt es dazu jedoch bisher nur sehr wenige Untersuchungen.

In Deutschland wird von offizieller Seite die Kaltvernebelung nur mit etlichen Vorbehalten oder gar nicht empfohlen, da auch deutsche Versuchsergebnisse die Problematik der ungleichen Verteilung der vernebelten Produkte belegen (Meinert *et al.* 1996; Harmut und Krämer 2005). Auch ältere Untersuchungen bei Zierpflanzen haben gezeigt, dass eine gleichmässige Verteilung im Pflanzenbestand schwer zu erreichen ist (Owens and Bennet 1978). In der Schweiz steht sowohl die öffentliche wie die private Beratung in Bezug auf die Kaltvernebelung noch auf schwachen Füssen, da die auf Versuchen basierende Datenbasis noch sehr bescheiden ist. Ähnlich wie bei der Applikation von Pflanzenschutzmitteln durch das Tröpfchenbewässerungssystem kann nur durch eine schrittweise ausgebaute Daten- und Erfahrungsbasis die Beratung konkret unterstützt werden. Diese eher neueren Applikationsmethoden haben wohl, neben der standardmässigen Spritzapplikation, ihren Platz im modernen Gewächshausbetrieb. Doch die Techniken müssen so eingesetzt werden, dass die biologische Wirkung gut ist, der Aufbau von Resistenzen bei den Schaderregern möglichst lange hinausgeschoben wird und inakzeptable Rückstände auf jeden Fall vermieden werden. Die Beratung zum Nutzen der Produzenten muss in Zusammenarbeit mit der Industrie klar aufzeigen und einschränken, welche Produkte sich für die Kaltvernebelung beziehungsweise die Applikation via Tröpfchenbewässerung auf Grund ihrer Eigenschaften (z.B. systemisches oder/und translaminare Verhalten) eignen. Wo immer möglich sollten Insektizide durch einen geeigneten Nützlingseinsatz ersetzt werden. Holländische wie auch schweizerische Erfahrungen zeigen, dass die Kaltvernebelung je nach Jahr, Kultur und Auftreten der Schaderreger durch gezielte punktuelle Spritz- und/oder Sprühbehandlungen mit konventionellen vertikalen Balkengeräten ergänzt werden muss. Auch für diese vertikalen Balkengeräte, welche zwischen den Reihen der Laubwand entlang geführt werden, muss noch weiter an der kulturangepassten Einstellung der Geräte und der kulturangepassten Dosierung der Produkte gearbeitet werden (siehe Kasten). Die Datenbasis für eine zuverlässige praxisgerechte Beratung ist auch hier noch zu schmal. ■

Kasten 1 | Dosierung von Pflanzenschutzmitteln für den Gewächshausbereich

Gegenwärtig geben die schweizerischen Pflanzenschutzmittelbewilligungen bei den meisten Fungiziden, Insektiziden und Akariziden für die Anwendung im Gewächshaus nur eine Konzentrationsangabe in % zur Herstellung der Spritzbrühe an. Unklar ist, welches Brühvolumen bei einer bestimmten Kultur und deren Kulturstadium anzuwenden ist. Bei der Kaltvernebelung wird meist von einer Produktmenge pro Hektare, wie sie im Feldgemüsebau üblich ist, auf die Bodenfläche des Gewächshauses umgerechnet. Hier bleibt jedoch auch unklar, wie die derart umgerechnete Produktmenge auf die wachsende Blattfläche der Kultur anzupassen ist. Für die Zukunft strebt die Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW an, in Zusammenarbeit mit der Industrie in der Schweiz und Europa, einfach zu benutzende Dosierangaben zu erarbeiten, welche den Bezug zur Kultur und deren jeweils vorhandene Blattfläche beinhalten soll. Ähnlich wie bereits im Obst-, Wein- und Beerenbau sollen auf die Kultur bezogene Dosieranleitungen entstehen, wobei dazu der Typ und die geeigneten Einstellungen und Handhabungen der Applikationsgeräte miteinbezogen werden müssen.

Riassunto**Vantaggi e inconvenienti della nebulizzazione a freddo per l'applicazione di prodotti fitosanitari in serra**

La tecnica della nebulizzazione a freddo semplifica l'applicazione dei prodotti fitosanitari su colture in serra con un investimento di lavoro estremamente ridotto. Tuttavia, le prime misurazioni effettuate in due serre (una coltivata a pomodori e l'altra a melanzane), hanno però dimostrato che la distribuzione della sostanza attiva partendo da un apparecchio stazionario era molto irregolare. Inoltre i residui riscontrati sul raccolto erano a puntino troppo elevati. L'utilizzo della nebulizzazione a freddo può e deve essere migliorata con delle misure tecniche appropriate. La scelta e il dosaggio dei prodotti devono basarsi su informazioni solide e sicure.

Summary**Strengths and weaknesses of cold-fogging for pesticides application in greenhouses**

Cold-fogging crop protection products in greenhouses is an easy to handle and time and labour saving method. However measurements of depositions on commercial tomato and eggplant crops in two greenhouses in Switzerland revealed that active ingredients distribution in the greenhouses was very uneven. Furthermore there were spots where unacceptably high residues were found on harvested fruit. Cold-fogging application method must and can be improved through technical measures. The choice and the dosage of the products should rely on solid data sets made available to the extension service.

Key words: cold-fogging, application techniques, crop protection, tomatoes, eggplants, greenhouse, deposition, distribution.

Literatur

- Harmuth P. & Krämer P., 2005. Jahresbericht des Pflanzenschutzdienstes Baden-Württemberg. Landesanstalt für Pflanzenschutz, Reinsburgstrasse 107, 70197 Stuttgart Deutschland.
- Meinert G., Schmidt K., Wagner R. & Merz F., 1996. Untersuchungen zur Minimierung der Boden- und Luftbelastung durch Pflanzenschutzmittel in Gewächshäusern bei verbesserter biologischer Wirksamkeit. Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben. Landesanstalt für Pflanzenschutz, Reinsburgstrasse 107, 70197 Stuttgart Deutschland.
- Owens J. M. & Bennett G. W., 1978. Spray Particle Size Distribution in Greenhouse ULV Applications to Poinsettia. *J. of Economic Entomology* **71** (2), 353–357.
- Stanghellini C., 2009. Emissions by aerial routes from protected crop systems (greenhouses and crops grown under cover). A position paper. Report 224. EFSA European Food Safety Authority. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Wageningen January 2009.