

静電気を利用した煙霧散布法

静岡県農業試験場作物部 小 野 盾 お 男

はじめに

温室・ハウスの防除作業は、閉鎖された施設内の作業で、散布薬液の人体付着、吸引など、農薬の被曝による健康障害が懸念され、高効率な無人防除機の開発が望まれていた。

無人防除法には、ハウス内にノズルをつるして自動で移動散布する、ノズル懸架方式、自走台車にノズルを付け、ホースを引きながら散布する、自走散布方式（ロボットスプレーカー）で、この2方式は動力噴霧機を使用するタイプ、及び、装置を任意の場所に置き、薬液を微粒化して噴霧する、常温煙霧方式、などがある。しかし、どの方式も、施設の強度、経済性、薬液付着、などにそれぞれ問題点があり普及が進まないのが現状である。

そこで、これら無人防除機の中でも、簡単さ、経済性、散布薬液の軽減、などに他の機械よりも利点があると思われた常温煙霧散布法に着目し、その欠点である、葉裏への付着不良解消に、静電気を利用して付着を高めることで、より高い無人防除法を確立しようと試みたものである。

I 常温煙霧機の現状と問題点

従来の動力噴霧機による散布は、薬液を加圧しその圧力で細粒化し噴霧するが、常温煙霧散布は2流体ノズルを使用し、圧縮空気の方で薬液を微粒化し噴霧する方式で、前者は移動しながら散布し、後者は一個所に定置し散布する。

常温煙霧機の散布の特徴は、噴霧した微粒子を噴霧圧あるいは送風機の風による対流で施設内に充満させ、葉や茎に高濃度な薬液を付着させることである。薬液粒子の付着は、対流による移動時と噴霧停止後自然落下による付着が主体である。そのため、葉表の付着は良好であるが、葉裏の付着が劣ることが防除効果に問題を残す原因となっている。

常温煙霧機の導入状況は、温室メロン栽培で最も多く導入されているのをはじめ、近年、花き、あるいは他の野菜類にも普及が進み始めている。常温煙霧機の利用は、虫害に対する効果が高いことが認められているが、



図-1 慣行の動力噴霧機による手散布

病害に対する効果が薄いことが問題点として指摘されている。

II 静電気を利用した散布例と特徴

静電気は直流電気を利用しており、散布の事例は液体の噴霧で、工業分野で静電塗装など既に利用されている。

この静電塗装は40 kV以上の高電圧で使用しており、高価な装置であることなどが知られている。

農薬散布への研究事例は1940年代から始まっているが、実用化した事例は少ない。欧州では動力噴霧機による静電散布法の試みで、ノズルに装備した静電散布実験が行われるなど、実用化を目指した研究も行われ始めた。近年になり、これらの研究から実用化された事例もあるが普及は少ない。普及に至らない主な原因は、これらの方式が40 kV程度の高電圧を必要としており、噴霧した粒子の一部が逆にノズルに戻り、電極を濡らすためリークが発生しやすく、その防止に、噴霧粒子径を従来よりも大きくし、さらにノズル部に粒子の戻りを少なくする装置を設けたりし、ノズルの重量を増す結果となり、利用場面が限られてしまったことなどである。

しかし、静電気の利用は、散布者の安全性が高いこと、ドリフトが少なく周辺的环境にも問題がなく、しかも、散布薬液の軽減が可能であることなど、きわめて多くの利点が秘められており、機械的な防除手段としては、究極の防除法と考えている。

III 装置の概要と特徴

どその利用にも様々な方式があるが、今回開発した『静電気を利用した常温煙霧機』の帯電方式は、誘導帯電方式を採用した。

当初実験段階では、電線電極によるコロナ帯電法を試みた。その方式は、温室・ハウスの作物に沿って電線を張り、その線に高電圧を流す方式で、電線の周りに発生する電界の中を常温煙霧機で噴霧した粒子が通過するとき帯電する。帯電した粒子は近くの植物体に静電気の効果で付着する。

この散布は、散布分布、付着とも良好で、常温煙霧機の欠点である。葉裏への付着が高まり、良好な成果が得られたが、経済性の面などで問題が残し、実用化は断念した。しかし、この実験で噴霧粒子の拡散面で多くのヒントを得たことから、誘導帯電方式の開発が進展したこともつけ加えておくことにする。

今回開発した、誘導帯電方式の防除装置の主な構造は、二流体噴霧ノズルと薬液タンク、電圧発生器、帯電電極からなり、二流体ノズルに圧縮空気を送るエアークンプレッサを必要とする。

誘導帯電の散布メカニズムは、薬液の噴霧は霧吹きで原理で、圧縮空気の吹き出す力で薬液をタンクから吸い上げ、さらに、その液を圧縮空気の力で微粒化する常温煙霧法である。しかし、従来の煙霧機よりも、より均一な粒子を噴霧するノズルを必要とする。

粒子に帯電させる電極はノズル先端に設置し、形状は環状電極を使用した。

圧縮空気圧は2~3 kg/cm²、薬液の吐出量は毎分80~120 ccで、粒子の到達性は従来の常温煙霧機とほぼ同じである。



図-2 電線電極（コロナ帯電）を設置した状況

IV 帯電から付着までのメカニズム

二流体ノズルから噴霧される粒子は微粒子で、噴霧直後に電極から高電圧を受け帯電し、噴霧時の圧縮空気から受ける運動エネルギーで室内に飛び出し、対流によって拡散する。

吐出した粒子が付着するまでのメカニズムは、噴霧圧あるいは送風機の風の力などで室内に発生する対流により粒子が輸送される。気流に乗り浮遊している粒子が植物体に近づいたとき、クーロンの法則に従い静電気の効果で引かれるように付着をする。そのとき付着する力は粒子の大きさ、荷電電圧等によって異なる。

粒子の付着は葉の表裏で若干異なり、葉表は散布後拡散時の静電気による付着と、従来の常温煙霧機と同じ、自然落下による付着が加わり、相対的に大きな粒子の付着になる。葉裏への付着は、散布時の静電気による付着のみで葉表よりも若干付着も少なく、また、付着する粒子径も葉表の付着に比べ小さい粒子が主体となる。

V 付着状況

付着の状況は肉眼では判定できないため、スライドグラスを水平状態に(1点で裏表用2枚)高さ別・地点別に設置し、散布後顕微鏡で視鏡する。付着の判定は少量散

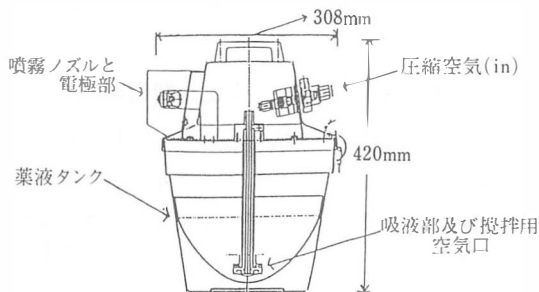


図-3 試作実用散布装置の概略図

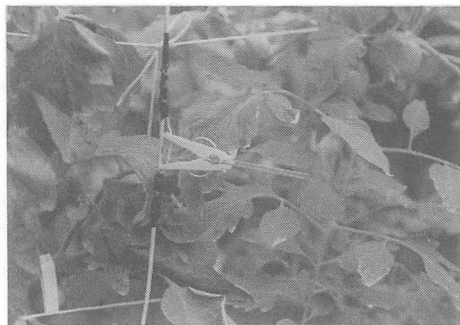


図-4 スライドグラスの設置状況



図-5 ハウスメロンに対する静電散布状況 (1,100 m²)

布の付着指標により行う (図-5)。

従来の常温煙霧機の場合薬液の付着は、対流により噴霧された粒子が移動しながら付着するか、もしくは自然落下により葉表などに付着するが、大半は後者による場合が多い。このため、薬液の葉裏への付着は葉表の10%程度である。付着指数でみると表面が指数5から6、裏面の指数が0から1程度である。

静電気を与えることによって、裏面への薬液付着は表面付着の80%程度まで増加し、静電気利用の効果が表れた。付着指数でみると、表面で付着指数4から5、裏面の付着指数は3から4と裏面への付着が高まったことを示した。

表面の付着は従来型の常温煙霧機の方が静電気を利用した場合よりも多く付着するが、その原因は、散布量が同じ場合、前述のように常温煙霧機のみでは、自然落下による付着が主で、長時間浮遊する粒子は葉表にのみ多く付着することになる。

一方、静電気を利用した場合は、自然落下による葉表への付着は減少し、浮遊中静電気の効果で葉裏への付着が高まる。このため従来型の常温煙霧機よりも、葉の表裏への付着の差は少なくなる。

VI 散 布 分 布

散布は本装置を任意の場所に置いて作動させるため、霧状になった薬剤をいかにハウス内に均一に拡散させるかが重要なポイントになる。

噴霧薬液の拡散状態は、温室・ハウス内の大きさ、あるいは形状によっても異なるが、帯電電圧の大きさと噴霧圧あるいは送風機の風圧によって決まる。

荷電電圧が高いほど葉への付着は増加するが、逆に薬液の拡散面では劣り良好な分布が得られない。拡散を良好にするには荷電電圧を低くする必要があるが、付着量が減少する結果となる。このため、この相反する両者の適切なバランスを確保することが重要になる。

$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$
$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{6}{1}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{3}{1}$
$\odot \rightarrow$					
$\frac{4}{2}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{6}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{3}{1}$

$\frac{6}{3}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{3}$
$\frac{6}{4}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{4}{3}$
$\odot \rightarrow$					
$\frac{5}{4}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{6}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$

$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{4}{1}$
$\frac{4}{2}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{5}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{5}{1}$
$\odot \rightarrow$				
$\frac{4}{0}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{4}{0}$	$\frac{5}{1}$

300 V の散布分布

400 V の散布分布

無荷電散布分布

※60 cm の高さの水平分布

◎ → 本機噴霧方向

図中の数字は付着指数 (0~8 ランク)

上段は葉表、下段は葉裏の付着

図-6 散布特性

開発した装置は、これらの問題点をクリアーし、良好な付着と散布分布を得た (図-6)。

従来型の常温煙霧機の散布分布は、葉表の付着からみるときわめて均一な分布を示す。しかし、大型ハウスなどで送風機の能力が低い場合などの散布分布の傾向は、噴霧ノズルから吹き出す方向への付着が多くなり、本機の設置位置から対角線の遠い地点、本機の後ろ側、あるいはハウスの隅付近の付着が劣ることがあるが、静電気を利用する場合も同じような傾向が見られるため送風機の利用法はこの場合も重要なポイントである。

静電気利用時の実際の散布分布をみると、常温煙霧機の普及が最も多い温室メロンは、1棟の面積が150 m²程度のため拡散に対しては特に問題も少なく、本機の噴霧圧のみでも十分良好な拡散は得られる。この場合でも、よりよい散布分布を得るには、小型の送風機 (20~30 m³/min 程度の風量) を使用すればさらにより散布分布が得られる。

さらにハウスの大きさと拡散の関係では、300 m² から1,000 m² 程度のハウスの場合、70 m³/min 程度の送風機を1台使用することで良好な散布分布が得られる。

また、1,500 m² 以上の場合は1台の送風機では散布分布が劣る傾向がみられるが、送風機を2台使用することで良好な拡散が得られる。

このように、よい散布分布を得るには、送風機から発生する運動エネルギーの力で空気の対流を起こさせ、その流れに噴霧粒子をのせて運ぶ方式が最もよい方法であることが確認された。したがって、拡散には、送風機能力・台数、設置場所などとハウスの形状の関係が重要なことを認めた。

VII 防 除 効 果

従来の常温煙霧機の防除効果は、動力噴霧機による手

散布と比べ、手散布並か手散布よりも劣ることが認められている。

静電気を利用した場合の防除効果は、110 m² のメロン温室、200 m² のビニールハウス、1,100 m² のビニールハウスなどの施設でメロンあるいはバラなどの害虫防除を行った結果では、アブラムシあるいはスリップスの防除効果は、従来の常温煙霧機よりも、動力噴霧機による手散布よりも優る防除効果が認められた。

防除効果は、当然、薬剤の付着程度の影響が高く、従来の常温煙霧機の防除効果が手散布並か若干劣る結果になった原因は、薬剤の葉裏への付着が劣ることのためと考えられる。

静電気を利用した散布では、薬剤の葉裏への付着が従来の常温煙霧機よりも増加したことから、手散布よりも高い効果を示したものと思われる。また、静電気利用の場合、ハウスの各地点による効果の違いはみられず、ハウスの隅々まで薬剤が到達し付着していることを示したもののといえる。

病害への防除効果は、菌を接種して実験を行っていないので明らかなことはいえないが、メロン1作期のうどんこ病に対する薬剤散布の結果では、栽培期間中の発病が見られなかった。

Ⅷ 薬剤の希釈倍率と省農薬

散布薬液量は従来の常温煙霧法と同じで、慣行の薬剤投下量と同じ量を30倍から50倍に希釈して散布する方

表-1 試作機の防除効果

	A		B		C	
	散布前	散布後	散布前	散布後	散布前	散布後
1成虫	3	1	7	0	4	0
幼虫	53	1	147	1	30	0
3成虫	10	0	12	0	5	0
幼虫	54	0	129	0	45	0
5成虫	8	0	6	0	5	0
幼虫	48	0	113	2	65	0

表-2 無荷電時の防除効果

	A		B		C	
	散布前	散布後	散布前	散布後	散布前	散布後
1成虫	1	0	3	0	9	0
幼虫	150	7	249	3	30	0
3成虫	9	3	9	0	4	0
幼虫	136	1	164	2	179	10
5成虫	1	0	13	1	3	0
幼虫	88	0	168	3	128	0

法で、室内の乾燥程度でその倍率を変えることが可能である。湿度が高い時の散布は低い倍率で、低い湿度の時は高い倍率で散布することが室内環境面でも良好となる。

静電気を利用することで、葉裏に薬剤の付着が多くなることから、散布薬量を減らしても効果があるのではと考え、慣行の薬剤投下量の30%減による散布を試みたが、その防除効果も高く、省農薬散布の可能性も高いことがうかがえた。

Ⅸ 今後の展開

静電気の利用はまだ始まったばかりであるが、効率的な防除、あるいは省農薬面からも期待できる防除法であることがうかがえる。

現在行われている動力噴霧機による防除法は、機械的な面からみると、水を多く必要とするため、薬液タンク、動力噴霧機、エンジンなどが大きくなり、機械自体も大型化する。そのため、機械が直接圃場に入るためには走行性など様々な問題があり、自動化・無人化の障害となっている。

これらの問題を解決するには、現在の動力噴霧機による防除体系を見直す必要があると思われる。ヨーロッパで多く行われている少量散布法は、新しい防除技術を次々と生みだしている。少量散布法の利点として、水を使う量が激減し地上部、地下部とも過湿にならない、機械・装置が簡易になり運搬が容易になる、薬液タンク重量が減少し、従来導入が困難であった圃場内に直接入ることができるなど、様々な可能性を秘めている。

日本の農業散布は希釈倍率で決めているが、散布量の規制はなく、時として多くの薬液量を散布することになっているのが現状である。ヨーロッパ並に面積当たりの投下薬量を規制する方式が、使用農薬の減少につながり、さらに、効率的な防除法の開発にもつながるものと思われる。

静電気を利用した防除法は、露地栽培作物にも応用し、自動化あるいは無人化等の研究を進めているが、やはり、ここでも薬液量を減らした少量散布が主になると考えている。今後、これらのことを踏まえて、さらに新しい発想、新しい感覚で、防除作業を考えて行きたいと思う。

以上、機械に携わる者の勝手な意見を申し述べさせていただいたが、作業する農家の方々の長年の要望である、防除作業の自動化・無人化を確立するには、環境への影響を考慮した、新しい防除技術の開発が必要で、今後、これらの一層の進歩が期待される。