

施設内無人防除に関する研究(2)

誌名	静岡県農業試験場研究報告 = Bulletin of Shizuoka Agricultural Experiment Station
ISSN	0583094X
巻/号	34
掲載ページ	p. 65-72
発行年月	1989年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



施設内無人防除に関する研究

(第2報) 静電気を利用した散布法

小野盾男*

I 緒 言

施設内の防除作業は、作業者の健康管理上或は省力化の上で無人化が望まれている。しかし、現在まで開発或は市販された各種の無人防除機および防除装置は、価格、薬剤の裏面付着、装置の影など様々な問題点があり定着していないのが現状である。

著者らは第1報⁷⁾で、無人防除法として有望な常温煙霧機の散布特性と利用法などを検討した結果、常温煙霧機の問題点の一つである葉裏への付着を高めることで、より高い実用性が得られることを指摘した。

そこで、塗装作業など工業関係ではすでに利用されている静電気を防除作業に応用し、葉裏への付着を増加させ防除効果を高めることで、より高い実用性を持った無人防除法を確立できると考え研究を始めた。

静電気を使った防除法(以下、静電防除という)の研究は WILSON が 1940 年代にダスト散布に利用したのが始めと言われ、以後、本格的な液体の静電気利用による散布の研究は、LAW が行った報告³⁾からである。しかし、当時の噴霧ノズルは粒子径が大きく高電圧が必要で、重量、価格等に問題点があり実用性が劣ったことなどから、以後、静電散布の研究も一時期停滞していた。

著者が静電気利用に着目したのは、2流体ノズルの開発により噴霧粒子の径が 50 μm 以下の微粒子となったこと、温室・ハウス内の散布作業は無人化が望まれ始めたこと、低コスト散布の可能性が高いことなどである。

そこで、静電気の利点を生かした散布法を確立するため、代表的な2つの帯電方式による散布実験を行い、散布特性を把握し実用性の高いことを確認したので報告する。

研究の遂行に当たり生物系特定産業技術研究推進機構のご協力を頂いた。記して感謝の意を表する。

II 材料及び方法

1. 帯電方式

採用した帯電方式は、誘導帯電とコロナ帯電の2つの方式で、その主な仕様は以下に記した。

(1) 誘導帯電

誘導帯電には種々な電極が考えられるが、ここではノズルの形状に合わせ環状電極による方式とした。装置は常温煙霧機等に用いられる2流体ノズル部の噴出口部をコポリマー (Copolymer) で絶縁し、試作した直径 14 mm, 19 mm の環状電極を絶縁部に装着した。使用した環状電極の太さは 0.55 mm, 0.9 mm の裸線で、ノズル部から電圧発生器までは被覆線を使用した。電源は 12 V バッテリで、可変電圧発生器により直流電圧を供給した。

(2) コロナ帯電

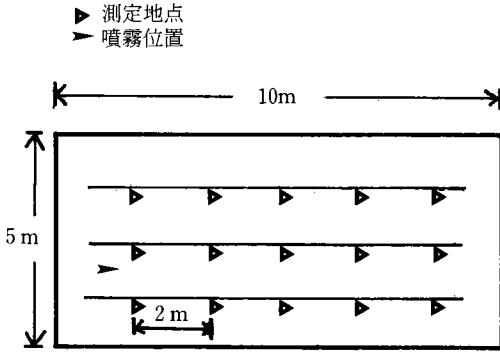
コロナ帯電は外部電界式で、電極の種類は電線電極による方式とした。ここで使用した電線の種類は FL 線。室内実験用ミニハウス内の配線方法は、高さは 50 および 100 cm の2段階で、室内に3列配線した。また、メロン温室でも同様にベッド上の土壌面から 50, 100 cm の高さの2段階で、各畦毎に6列配線とした。また、電線は支柱に沿って配線し、電源は環状電極同様に 12 V バッテリで、各線には1個の高電圧発生器から直流電圧を供給した。

2. 実験用ハウス内における散布特性

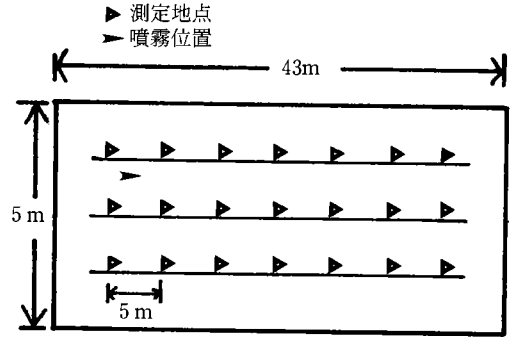
(1) 誘導帯電による付着特性

誘導帯電の試作電極の良否を検討するため、第1図に示す実験用ミニハウス内で、第1表の要因と水準をそれぞれ組み合わせた処理区毎に散布を行い、その時の付着特性を検討した。この実験の結果から、電圧が高すぎてノズルに近い位置の付着が多くなり分布むらが見られ、設定電圧の変更を必要とした。したがって以後の電圧と拡散の関係は設定電圧を 100, 200, 300 V にした。

*作物部



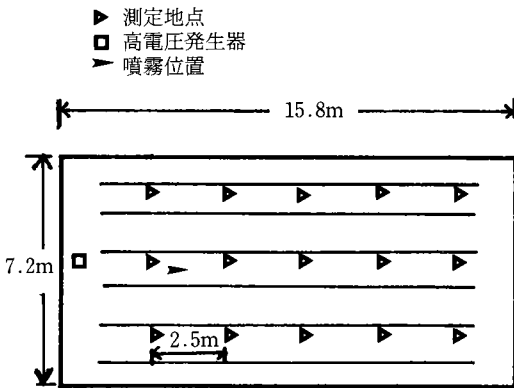
第1図 実験用ミニハウスの大きさと測定地点



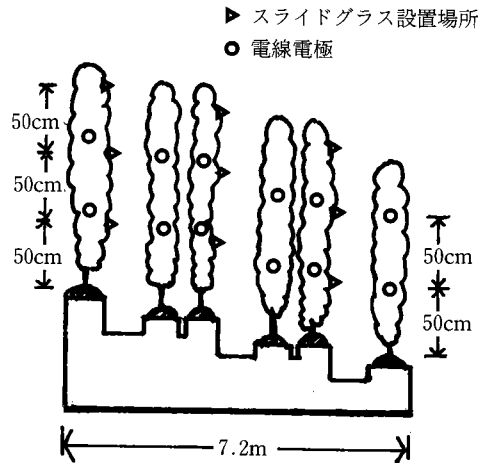
第2図 パイプハウスの大きさと測定地点

第1表 誘導帯電の要因と水準

要因	水 準			
電 圧 (V)	200	400	600	800
リング径 (mm)	14		19	
リング太さ (mm)	0.55		0.90	



第3図 メロン温室の大きさと測定地点



第4図 測定位置と電極設置場所

1回の散布薬量は、模擬剤として使用した食紅 15g を 30 倍に希釈した。(散布量として 10 a 300 リットル散布を想定した。) 付着の評価は、第1図に示す 15 地点の高さ 3 段階 (50, 100, 150 cm) に水平に設置したスライドグラス (26 mm×76 mm) の表裏に付着した粒子を顕微鏡 100 倍で検鏡し農機研式付着指標 0~8 ランクに照らして指数化した。また、表面の付着に対し裏面の付着の割合をその指数から求めたものを裏面付着比とした。対照区は無荷電散布とした。

次に、実用規模に近いハウスで基礎データを得るために、第2図のパイプハウスで電圧別の付着特性を検討した。ここで供試した電圧はミニハウスで実験した結果を基に、100, 200, 300 V、リングの径は 19 mm、リングの太さ 0.9 mm に設定して実験を行った。

(2) コロナ帯電による付着特性

誘導帯電と同様のミニハウス内及びパイプハウスを用い、誘導帯電と同様の模擬剤、薬量を常温煙霧機で散布した。高電圧はハウス内に配線した電線に散布始めから終了までかけた。処理区は高電圧を 10, 20, 30 kV の 3 段階に設定し(1)同様無荷電散布と対比して検討した。また、付着の評価方法も(1)と同様に行った。

3. メロン温室における散布特性

第3図、第4図に示すメロン温室に誘導帯電、コロナ帯電の2方式と対照区として無荷電散布区を設けて散布実験を行った。

供試電圧は誘導帯電を 200 V に、コロナ帯電を 30 kV の電圧に設定した。供試薬剤は DMTP 水和剤で 34 g の薬剤を 30 倍に希釈した。散布時のメロンの生育ステージは、果実肥大期から収穫までの期間とした。付着の評価は 2. の試験同様で行い、防除効果は付着調査地点の

株で高さ1 m付近の葉1枚に生息するスリップス(以下ミニキイロアザミウマという)を対象に、散布前と散布後16時間経過した時の生存数から防除効果を求めた。

なお、メロン温室で実験に供試した装置はすべて27 m³/minの送風機を使用した。

III 結 果

1. 実験用ハウス内における散布特性

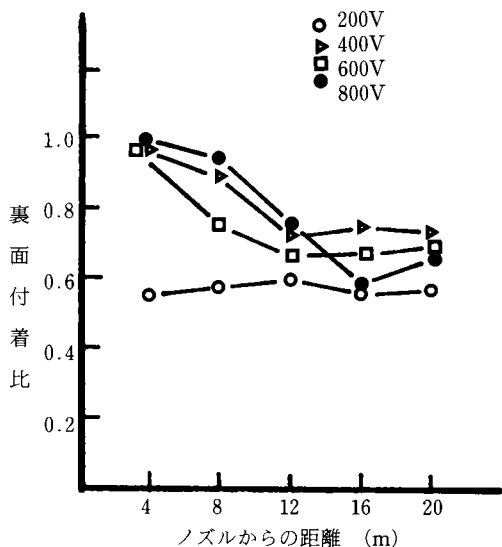
(1) 誘導帯電による付着特性

試作した環状電極を2流体ノズルにセットし、実験用ミニハウス内で散布特性をみた結果を第2表に示した。付着に影響があると思われる各種要因のうち、電極のリング径およびリング太さと付着量の間には明かな差はみられなかった。電圧の違いでは、高電圧ほど付着が高まることが認められ、試作した電極の範囲では電圧の違い

第2表 試作環状電極の付着特性

項 目	平均付着指数	
リングの径	14mm	3.48
	19	3.52
リングの太さ	0.55mm	3.51
	0.90	3.50
電 圧	200V	4.38
	400	5.75
	600	5.95
	800	6.30

注) **印は1%有意



第5図 誘導帯電の距離別裏面付着比

が最も重要なポイントであることが確認された。

この実験結果から、電極の種類に大きな違いがなかったことから、以後の実験に供試した電極の形状は実用性からみて、リングの直径が19 mm、リングの太さは耐久性を考え0.9 mmとした。

(2) 距離別の裏面付着比

第5図、第6図から裏面付着比をみると、誘導帯電の場合では200 V区を除き裏面付着比は距離が遠くなるほど低くなる傾向を示した。電圧は高いほど裏面付着比が高かった。200 V区は低い付着比ながら距離による影響は少なかった。

コロナ帯電は誘導帯電よりも全般に裏面付着比は低いものの、距離に関係なく均一な付着を示し、電圧による違いでは高電圧ほど裏面付着比も高いことが明かであった。

(3) 電圧と散布分布の関係

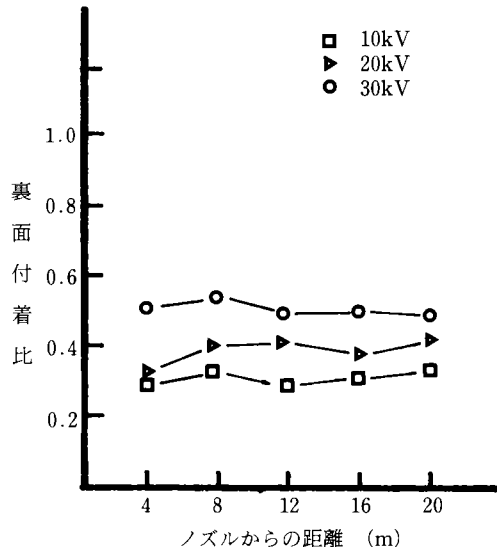
第3表から二つの帯電方式の付着と散布分布の関係をみると、誘導帯電の場合は、表裏の付着は電圧が高いほど良い傾向を示すが、変動係数は表裏とも逆に低い電圧ほど低い値を示し、散布分布が良好であったことが認められた。

コロナ帯電では、表裏の付着とも電圧の違いは明かではなく、10 kV区の付着が他に比べて極めて劣った。

変動係数をみても同様の傾向がみられ、特に裏面の散布分布が劣ることが伺えた。

(4) 電圧別粒子の到達性

ハウス内裸地状態の中で距離別に付着状況を第7図、



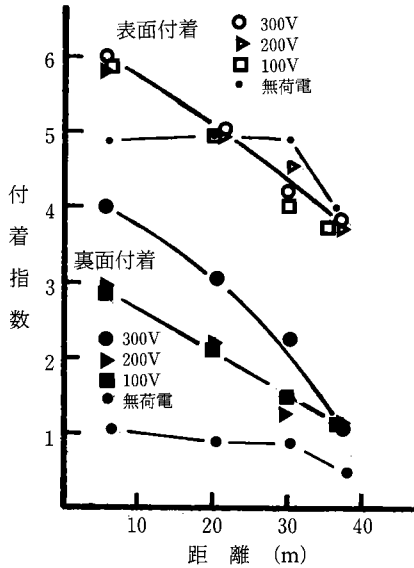
第6図 コロナ帯電の距離別裏面付着比

第3表 電圧と散布分分の関係

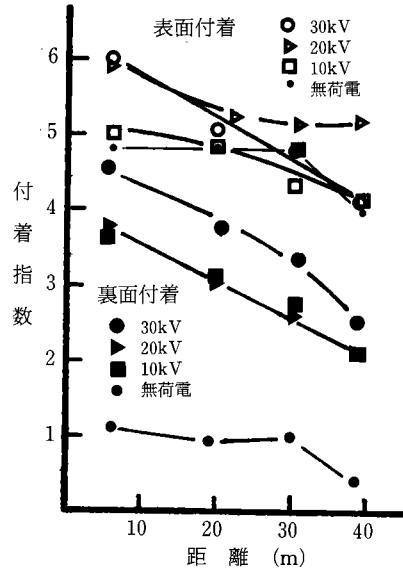
処理区	項目	表面付着		裏面付着	
		指数	変動係数(%)	指数	変動係数(%)
誘導帯電	100V	5.0	10	2.9	15
	200	5.3	13	3.1	16
	300	5.8	18	3.6	16
コロナ帯電	10kV	3.9	14	1.8	49
	20	3.4	15	3.0	20
	30	4.1	12	2.8	22

第8図でみた。誘導帯電では、表裏の付着とも300V区が20~30mまで他区に比べ高い傾向を示したが、40m付近では他区と変わらない付着指数まで低下した。

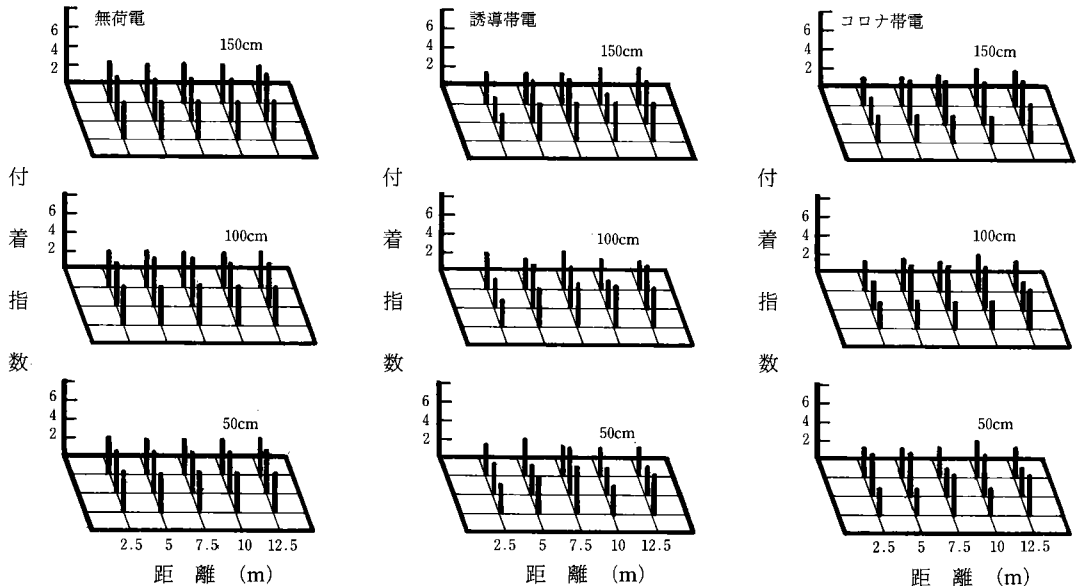
コロナ帯電の場合は、30kVの裏面付着が各距離とも高かったことを除けば、表裏とも電圧の違いは明かでなく、距離が遠くなるにしたがって付着が減少する傾向がみられた。誘導帯電と比較すると40m付近の付着は良好であった。



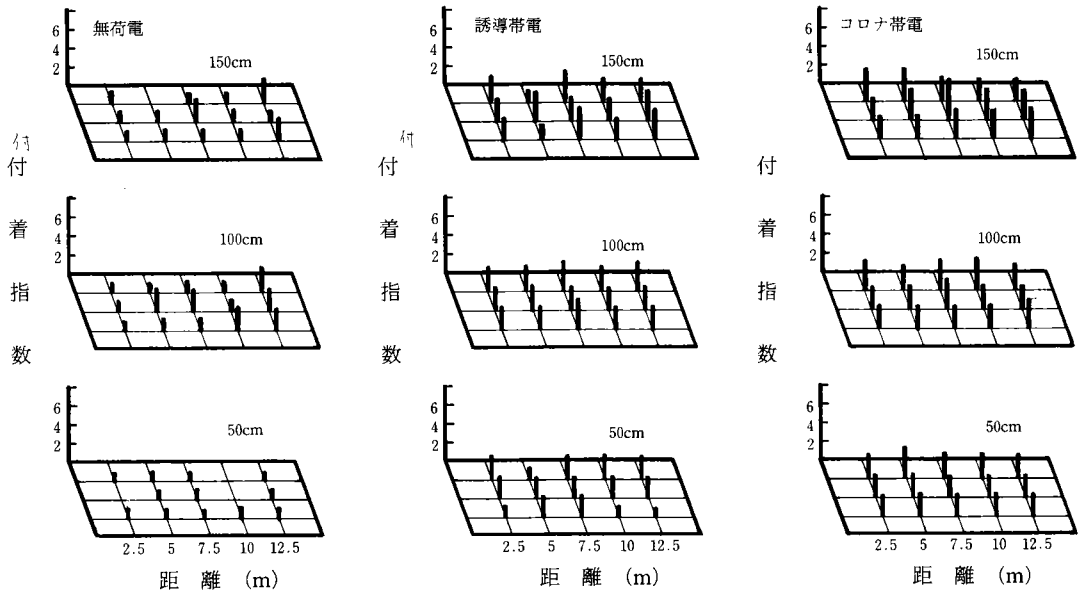
第7図 誘導帯電の距離別付着



第8図 コロナ帯電の距離別付着



第9図 メロン温室における散布分布 (表面付着)



第10図 メロン温室における散布分布（裏面付着）

2. メロン温室における散布特性

(1) 散布分布

メロン温室における実散布時の散布特性は、第9図、第10図に示した。表面付着は各帯電方式とも無荷電散布区に比べ散布むらは多く、高さ別では明かな差はみられず、ノズルからの距離の影響が大きいが認められた。また、誘導帯電の場合は、ノズルから近い距離では低い位置ほど付着が多く、遠い距離では高い位置ほど付着が多くなる傾向がみられた。

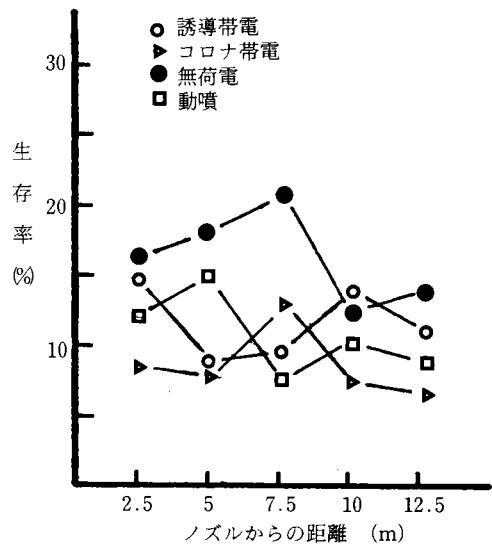
裏面付着をみると、無荷電区に比べ各帯電区とも静電気による付着の効果がみられたが、誘導帯電の場合でみると50cmの高さの付着が他に比べ明らかに劣った。また、距離別にみても中央付近から遠い位置ほど付着が高まる傾向がみられた。

また、コロナ帯電は、他の区に比べ全般に付着は良好であったが、高さ別にみると誘導帯電同様50cmの高さが他に比べ付着が劣る傾向がみられた。また、距離別には誘導帯電ほどの差は認められず、比較的均一な付着が得られた。

また、コロナ帯電に使用したFL線は作物体に接触しているにもかかわらずリークの発生はみられなかった。

(2) 防除効果

メロン温室の代表的な害虫の一つであるミナミキイロアザミウマを対象にした防除の一例として、各帯電方式と無荷電散布および慣行の動力噴霧機による防除効果を対比した結果を第11図に示した。これによると、無荷電



第11図 スリップスに対する防除効果

散布が他の区に比べ若干劣る傾向がみられるが、各帯電区は動力噴霧散布区の効果と明かな差はみられなかった。各帯電区別にはコロナ帯電区が他区に比べよい傾向を示した。また、誘導帯電区は動力噴霧散布区と類似した効果が得られた。

測定地点別の効果には明かな傾向はみられなかった。

IV 考 察

1. 帯電方式

帯電方式には、摩擦帯電、直接帯電、誘導帯電、コロナ帯電、組合せ帯電などがあるが、実用機として導入されているものはなく、いまだ問題点の多いことも事実である。今回実験に供した帯電方式はいずれも、装置の構造が簡単で、霧化した液滴に帯電するため帯電効果が高く、均一な電荷が得られ易いなどの利点がある。他の帯電方式の中では COFFEE²⁾、MARCHANT⁴⁾らが考案した直接帯電方式の場合、付着密度、ドリフトなどの面では他に比べ有利な面も多いが、相対湿度の高い場合の帯電効果の低下と移動式であり高電圧のため葉面の大きいほど付着の周辺集中性が大きいなど、施設内での散布を想定した場合には問題が多い。

また、本研究に供試した2流体ノズルが施設内散布に適するのは、噴霧粒子が細かく拡散しやすいこと、比較的低電圧で帯電効果が上がるためなどで、コロナ帯電の電線電極、誘導帯電の環状電極方式がそれに最適であることは過去の調査⁸⁾からも言える。

2. 実験ハウス内における散布特性

(1) 誘導帯電の付着特性

帯電効果に関する要因は、粒子の大きさ、液滴と電極の距離および電圧などである。粒子の大きさは本実験の場合 $50 \mu\text{m}$ 以下であるが、浅野¹⁾らは $100 \mu\text{m}$ 以下でクーロン力により粒子をコントロールできていることから、本研究で使用した誘導帯電方式は帯電効果が期待できる粒子径であったことが伺える。また、電極と液滴の距離について松尾⁵⁾は電極が濡れない範囲で噴霧境界面に接近させることが良いとしているが、試作したノズルは加工する上で制約があり、本実験の場合は 14 と 19mm の範囲で検討したもので、この範囲では明かな差はみられなかった。これは、噴霧粒子の粒径が小さく帯電効果が高いため、リングの違いに対する影響が少なかったものと思われた。

電圧の関係では、津賀⁹⁾は実験的に 1kV 以上で効果を見ていたが、筆者らの実験では 1kV でメロン温室に散布した場合、散布むらを生じており、低い電圧で確認する必要があることを認めた。狭い実験ハウス内での確認では、 200V から 800V の範囲で付着指数が $4 \sim 6$ 以上と高く、低電圧でも充分付着効果が高いことが伺え、試作した電極が本研究に適していることが確認された。

(2) 距離別の裏面付着比

誘導帯電の場合、 200V を除いて裏面付着比はノズルからの距離による影響が大きく、電圧による違いは少な

いことは、高電圧の例ではあるが松尾⁶⁾の報告にもある。しかし、 200V の場合は裏面付着比が他に比べて劣るものの、距離による影響が少ない。これは、施設内で散布分布を良好にするには重要な点である。 200V 区の均一な散布の原因は明かでないが、帯電した粒子のクーロン力(静電力)が弱く、粒子の挙動がクーロン力の影響が少ない状態で浮遊するため均一になったと思われる。

これらから、誘導帯電で均一な散布を得るには、 200V の電圧を中心に検討する必要があると推察された。

コロナ帯電の場合は、裏面付着比が誘導帯電よりも低い値で、距離による影響は少ない。これは、電線をハウスの長辺方向に配線しており、飛散した粒子がそれぞれの位置で帯電するために比較的均一になるとと思われる。

(3) 電圧と散布分布の関係

コロナ帯電の粒子の付着は低電圧の誘導帯電よりも劣り、良いと思われた散布分布も同様に劣った原因は明かでない。誘導帯電の場合噴霧時に帯電させるため、通常では均一に拡散させることが難しく、電圧が高まるほど室内の拡散が不良になることは既に明らかにされている⁶⁾。しかし、今回の実験はミニハウス内であったことも関係していたと思われ、比較的低電圧でも粒子の拡散を保てば裏面付着が若干低下しても低電圧で荷電する方が均一な拡散効果が得られることを示したものと考えられる。

コロナ帯電は、高電圧をかけた線の周りに発生するコロナ放電によってイオンの遊離を生じ、その電界の中を通過する粒子がイオンを捕捉し帯電する。帯電した粒子のその後の挙動は電気力線に沿って動くため、場所あるいは環境によっても異なり、一定した動きとはならない。これらのことは、過湿なハウス内を想定した場合コロナ放電が抑制されるため、実散布時に影響があると考えられ、現状よりも更に拡散、付着が劣ることが推察される。

(4) 電圧別粒子の到達性

誘導帯電はコロナ帯電よりも粒子の到達性が劣る傾向にあり、裏面付着指数では特に顕著であった。ノズルから距離が遠くなるほど付着が劣るのは、無荷電散布をみると明かなように、帯電した粒子が様々な抵抗とクーロン力によって早期に落下したり、種々な物体に接近し付着するため粒子の到達性が劣ったと思われる。しかし、無荷電の 40m の付着が低下しているのは、無荷電でもこの付近が粒子の到達性の限界と言える。コロナ帯電の場合は表面付着が無荷電に近い傾向なのに対して、裏面付着の場合は粒子の到達性も劣る。この原因は明かでない。粒子の到達性は、クーロン力のほかに重力、浮力、空気の粘性力を受けて運動するため、粒子の大きさにも左右される。本実験では $50 \mu\text{m}$ 以下の粒子径を発生させ

る装置のため、電圧によってはグリーン力の影響が大きくなるが考えられる。したがって、付着を多くし粒子の到達性を高めるには、帯電した粒子を短い時間に遠くまで運ぶ手段が必要になる。これは当面送風機に頼らざるを得ないと思われる。

3. メロン温室における散布特性

(1) 散布分布

施設内の作物に直接散布した事例は少なく、津賀⁹⁾らがくん煙剤による散布を試みているが、無人防除でないために距離の違いによる付着の減衰が少なく良好な散布分布を得ているが、本研究の場合、機械を定置した完全無人化タイプのため分布むらが出ることは予想された。

誘導帯電の場合、表面付着で高さよりも距離の影響が大きかったのは、ハウスが小さかったことと、電圧が低いいため無荷電に近い粒子の流れが出来たためと思われる。

コロナ帯電の表面付着の傾向は、噴霧粒子の吹き出し角度(高さ 120 cm, 10°上向)に影響され付着の変化が現れたものと思われた。

裏面付着傾向から、誘導帯電、コロナ帯電とも 50 cm の高さの付着が劣るのは、第 1 報で報告⁷⁾した、常温煙霧機の気流の流れに類似しているとすれば、気流の流れが少ない下部では噴霧粒子が低い所まで落下する間に密度が低下し、高い位置よりも少なくなることが原因と考えられる。

メロン温室の散布状態は、若干散布むらはできるものの総じて静電気の効果は高く、特に葉裏面の付着効果は顕著であった。

(2) 防除効果

ミナミキイロアザミウマの活動は葉の裏側が多いことから、農薬の裏面付着効果の影響が大きいと考えられる。本実験では誘導帯電、コロナ帯電とも無荷電散布に比べ効果が認められたことは、無荷電よりも散布した薬剤が葉裏によく付着したため高い効果が得られたものと思われる。また、動力噴霧機で手掛け散布の効果と静電散布の効果の間に明かな差はみられなかったことは、ミナミキイロアザミウマに対し静電散布が可能であることを示したのと考えられる。ノズルからの距離別効果が付着調査の傾向と類似した傾向にならなかったことは、虫数の調査が付着調査地点と同じでないため、必ずしも付着調査と一致した傾向にならないことと、スライドグラスの水平設置と葉の形状の違いなどにより防除効果が異なると言える。

以上のことから、静電散布の問題点としては、帯電電圧の低電圧化、拡散および付着の向上、安価な装置の開発などがあるが、概ね静電気を利用した防除は実用性が高いことが認められた。

V 摘 要

施設内の無人防除に、誘導帯電、コロナ帯電の 2 方式で 2 流体ノズルの噴霧粒子に帯電させる静電気利用の防除法について検討した。

1. 試作した環状電極はリング径、リング太さの違いに明かな差はみられず、電圧の高いほど付着性能は高まるが 1 kV 以下の電圧でも付着、拡散が良好であった。
2. 距離別の裏面付着比は、誘導帯電が 200 V を除きノズルからの距離が遠いほど劣ったが、コロナ帯電は距離の影響が少なかった。
3. 拡散は 2 方式とも表面に比べ裏面付着が劣り、誘導帯電は低電圧ほど良好であった。
4. 粒子の到達性は、コロナ帯電は誘導帯電よりもよく、2 方式とも電圧の違いは明かでなかった。
5. メロン温室における散布分布は、静電気の場合表面付着が無荷電よりも劣ったが、裏面付着は明らかに多く、中でもコロナ帯電が良かった。
6. 防除効果は 2 電極とも無荷電よりも良く、慣行動力噴霧機散布と変わらない結果が得られた。

引 用 文 献

- 1) 浅野和俊(1984). 静電農薬散布の現状. 静電学会誌. 8(3): 182-191
- 2) COFFEE R. A. (1981). Outlook on agr.: 10(7) 350-356
- 3) LAW S. E. (1966). Tr. ASAE: 9(4)501-506
- 4) MARCHANT J. A. and GREEN R. (1982). JAER.: 27(4)309-319
- 5) 松尾昌樹(1984). 精密防除その理論と実際. 農業機械学会. 東京: 17-27
- 6) ———(1987). 新防除技術の課題と展望. 農業機械学会. 東京: 78-99
- 7) 小野盾男・望月誠司・竹内 隆 (1987). 静岡農試研報 32: 79-86
- 8) 静岡農試 (1985). 農業機械・農作業に関する試験成績書: 67-68
- 9) 津賀幸之助(1988). 農用くん煙剤の静電散布. 生研機構

Studies on unmanned pest control machines in greenhouses
II Method of spraying Agricultural chemicals Utilizing static Electricity

Tateo ONO

Summary

For the unmanned application of agricultural chemicals in the facilities, the method of spraying utilizing static electricity was examined. This spraying is to improve the effect of adhesion by electrifying the atomized particles from a two-fluid nozzle. Two methods of induction electrification and corona electrification were experimented.

In the case of corona electrification using wire electrodes, as voltage was increased, the effect of adhesion was more conspicuous and the distribution of spraying was good. Among the electric wires tested use of FL wires did not result in leakage, even in the state of the wiring in contact with crops, and the effect of electrification was good.

In the case of induction electrifying method, the higher the voltage was, the more adhesion to front and back was observed. But, as the distribution of spraying was inferior, the applied voltage was set below 1kV for better spreading.

Though the spreading is better in the corona electrifying method using wire electrodes, with respect to the possibility of combining two methods for practical use, the induction electrifying method seemed to be suitable in view of the economical efficiency and others.