



エアアシスト静電散布機の開発に関する研究

吉永, 慶太

(Degree)

博士 (農学)

(Date of Degree)

2017-03-07

(Date of Publication)

2018-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙第3326号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2003326>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式3)

論文内容の要旨

氏名 吉永 慶太

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

エアアシスト静電散布機の開発に関する研究

1. 研究背景および目的

近年では太陽光利用型植物工場の普及に代表されるように温室の大規模化、栽培の周年化が進んでおり、散布作業は長時間かつ長期間になる傾向が強くなり、作業者にとっては大きな労働負担となっている。さらに、施設栽培における防除作業は、散布作業への農薬被曝の危険性が高く、作物が成長して草丈が1m以上になると農薬散布作業時に薬剤が飛散する高さが鼻孔程度になることから作業者の吸入量も多くなると推察される。これを避けるために、真夏の暑熱環境下でもレインコート、ゴーグル、マスク等を装着して散布作業を行わなければならないため、過酷な作業となっている。このため、施設内における防除作業の負担軽減、安全性等の面から、施設内に立ち入らずに作業を行う無人防除が普及しているが、繁茂した作物に対しては、手散布に比べて群落内部への到達性が悪く、葉裏への農薬付着量が低下する等の問題が指摘されている。

そこで本研究では、国内の施設内の慣行散布である低濃度多量散布において、無人走行型静電散布装置では作物群落の内外で農薬付着に差が生じるという問題点を、静電散布にエアアシストを加えることにより、作物群落内への到達性を向上させ、群落手前と群落内の付着ムラを削減できるという仮説を提案し、散布回数が多い施設内における防除作業において、農薬散布作業の軽労化・省力化、および農薬被曝を回避しつつ、かつ、慣行手散布並みの良好な付着性能を両立する散布技術の開発を目的とした。本目的を達成するために、風洞内散布試験によりエアアシストが低濃度多量散布の静電散布における噴霧液滴の帯電および到達距離等の物理的特性に及ぼす影響について明らかにし、メロンを対象とした作物群落内へ液滴の到達性および付着性能の向上について検討した。また、風洞内散布試験から得られた知見を基に、生産現場での実用化を見据えたエアアシスト静電散布機を開発し、試験施設内のメロン栽培において、付着性能と防除効果試験を行った。これらの試験により、エアアシスト静電散布の効果を確認するとともに、実用機としての問題点を整理し、改良を行った。さらに、改良したエアアシスト静電散布機を供試し、トマトおよびキュウリにおける付着性能、防除効果を検討し、エアアシスト静電散布による農薬散布量低減の可能性を示した。

2. エアアシスト静電散布における噴霧液滴の物理的特性

開放型風洞を利用して、エアアシスト静電散布における噴霧液滴の物理的特性を把握する基礎試験を行った。供試した静電散布装置は、環状電極、ノズル装着部、動力噴霧機およびタンクで構成されており、同装置に吐出量0.13~2.6L/min(粒子径38~205 μ m)の動噴用中空円錐噴霧ノズルを使用し、散布圧力1.5MPaで水平噴霧した場合、以下の項目が明らかとなった。

- 1) 噴霧液滴が中空円錐の形状を保ったのは、エアアシスト風速0m/sの場合、30cm程度であり、それ以上の散布距離では、液滴は落下したと考えられる。一方、同条件下でエアアシストを行った場合、エアアシスト風速0m/sに比べて、風速分布は一様となった。また、電極に電圧を印加しても、風速分布に影響しなかった。
- 2) 粒子径60 μ mのノズルでは、噴霧ノズルの高さ100cm、エアアシスト風速0m/sでの水平方向噴霧において、散布距離100cmまでの液滴の落下量割合は60%以上となり、多くの液滴は対象物に到達せずに落下していることが明らかとなった。一方エアアシストを行った場合、同落下量割合は1%未満となり、多くの液滴が落下することなく対象物に到達したことが明らかとなった。
- 3) 粒子径38 μ mのノズルでは、エアアシスト風速0m/sの場合、散布距離100cmの空間中で液滴が持つ帯電量の90%以上を失うことが明らかとなった。エアアシスト風速3m/sの場合、失う帯電量は20%程度となり、エアアシストによる比電荷減少抑制の効果を認めた。一方、比較的粒子径が大きなノズルでは、粒子径38 μ mのノズルと同様に散布距離の増大とともに到達比電荷は減少したものの、エアアシストによる比電荷減少抑制の効果は小さくなった。

(氏名：吉永慶太 NO.2)

- 4) 粒子径 38 μ m のノズルでは、エアアシスト風速 0m/s の場合、印加電圧約 3kV で最大の比電荷を示すが、エアアシスト風速 3m/s の場合、印加電圧 6kV で最大の比電荷を示した。これに対し、粒子径 165, 200 μ m のノズルでは、エアアシストによる到達比電荷に変化は見られず、印加電圧 8.5kV 程度まで直線的に増加しその後頭打ちとなった。粒子径の小さなノズルを用いる場合には、エアアシストを行うことにより無風の場合と比べて高い電極印加電圧を与えることができ、到達比電荷を大きくすることが可能であった。
- 5) 風洞内におけるメロンを対象とした付着試験の結果、エアアシストを行うことで感水紙の被覆面積率は最大で約 7 倍に向上した。

3. 園芸施設用エアアシスト静電散布機の開発

上記 2 の基礎試験を基に、群落内外の散布ムラ解消を狙い、エアアシスト静電散布機を開発し、静岡県の温室メロン隔離ベッド栽培におけるウドンコを対象とした防除効果試験を行い、開発したエアアシスト静電散布機の問題点を整理し、その性能を明らかにすると共に実用化を目指した改良を行った。

- 1) 軸流ファン、遠心ファンおよび圧縮エアを用いたエアアシスト方法を比較した結果、各方式とも送風性能に問題はなかったものの、実際の栽培施設での防除を想定した際、重量バランス、取扱い性から圧縮エア方式が最も優れた結果となった。また、中空円錐ノズルを用いた静電散布の場合、ノズル中心部の渦流から外れた液滴に効果的にエアアシストを行うことが可能であった。
- 2) 1) の知見からエアアシスト静電散布機を開発した。開発機は、自動走行台車、静電噴口、および圧縮エア吐出ノズルから構成される。圧縮エアは試験栽培温室の外にエアコンプレッサを設置し、ホースにて圧縮エア吐出ノズルと接続した。
- 3) 実際のハウスメロン栽培での無人防除を想定し、開発機を供試して防除試験を行った。その結果、感水紙による付着試験において静電散布、エアアシストとも行わなかった試験区の被覆面積率が 11 であったのに対し、双方とも行った試験区は 54 と約 5 倍に向上した。また、防除価についても、静電散布、エアアシストを行わなかった試験区は 41 であったのに対し、静電散布にエアアシストを組み合わせた試験区は 66 まで約 1.5 倍に向上し、エアアシストの効果を確認した。
- 4) 開発したエアアシスト静電散布機は、自動走行台車部、静電噴口部およびエアアシスト部の 3 つ技術を組み合わせた構成となっている。自動走行台車に搭載したエアポンプからの圧縮空気が、静電噴口部に設置してあるエアアシストノズルから吐出することで、静電噴口から噴霧された薬液の作物群落内への到達力をアシスト可能な構造とした。

4. 試験ハウス内における防除効果試験および現地実証試験

開発したエアアシスト静電散布機の実用性を向上させるための改良を施し、散布量削減の可能性を検討するため、トマトおよびキュウリの試験温室での性能試験および現地実証試験を行い、実用性を評価し、以下の結果を得た。

- 1) トマトのウドンコ病を対象として、エアアシスト静電散布が防除効果に及ぼす影響を調査した結果、散布量 200 L/10 a では、手散布を含めたすべての試験区において防除価 90 以上となり、エアアシスト静電散布の効果を確認できなかった。一方、散布量を 20 %削減 (160 L/10 a) した試験区では、エアアシスト静電散布を行った試験区の防除価は 95.3 と最も高くなり、さらに発病率を抑制する効果を確認した。
- 2) キュウリのウドンコ病を対象とした防除試験の結果、エアアシストを行った試験区で、発病率が低く、防除価が高くなった。また、エアアシストを行わなかった場合、散布量を 25 %削減した試験区では防除価は 74 まで低減したが、エアアシストを行う事で 90 に維持され、エアアシスト静電散布を行うことで防

(氏名：吉永慶太 NO.3)

除効果を維持しつつ、散布量削減の見通しを得た。

- 3) 栽培ベッド間に設置されている温湯管をレールとして利用し、安定した走行が可能なトマトハイワイヤ栽培における現地実証試験を行った結果、実用機の薬液の付着性能は慣行機や手散布よりも優れ、さらに散布量を削減できる見通しを得た。また、実用機は慣行手散布に比べ、作業時間で約 1/4 となり、省力的な作業に寄与できることが確認された。
- 4) 土耕キュウリ栽培のように走行路面が軟弱で均平でない条件では、実用機の走行が安定しなかった。その結果、薬液の付着性能が慣行手散布に比べ劣り、エアアシスト静電散布の効果が得られなかった。このような条件へ実用機を導入する場合、走行が安定し回行などが円滑に行われるように、走行路、畝、枕路等を検討する必要がある。

5. まとめ

本研究により開発したエアアシスト静電散布機は、噴霧した液滴の比電荷を維持したまま対象物へ付着する特性があり、施設内防除においての散布ムラの軽減や散布効率の向上に繋がる機能を有している。現地実証試験においても、慣行手散布と比べて同等以上の防除効果を得ることができた。

以上の結果から、エアアシスト静電散布機を利用した防除作業を行うことで、慣行手散布並みの防除効果を維持しつつ、薬液散布の実作業を自動走行によって行うため、労働負担の軽減と農薬被曝の回避による安全な散布作業に貢献できると考える。

氏名	吉永 慶太		
論文 題目	エアアシスト静電散布機の開発に関する研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	川村 恒夫
	副査	教授	豊田 淨彦
	副査	准教授	庄司 浩一
	副査		
	副査		

印

要 旨

(概要)

本論文は、温室などの施設栽培で用いられる防除機に関する研究である。施設栽培における防除作業の問題点としては、温室の大規模化と栽培の周年化により散布作業が長時間かつ長期間になる傾向が強いこと及び散布作業への農薬被曝の危険性が挙げられる。被曝を避けるためには、真夏の暑熱環境下でもレインコート、ゴーグル、マスク等を装着して散布作業を行う必要があり、過酷な作業となっている。このため、施設内での防除作業の負担軽減と安全性の面から無人防除が普及しているが、繁茂した作物に対しては手散布に比べて群落内部への到達性が悪く、葉裏への農薬付着量が低下する等の問題が指摘されている。

本論文は、従来からの低濃度多量散布方式による無人走行型静電散布装置では、作物群落の内外で農薬付着に差が生じるという問題点に対しては、静電散布にエアアシストを付加することで作物群落内への到達性を向上させ、群落手前と群落内の付着ムラを削減できるという仮説を提案し、また、農薬散布作業の軽労化・省力化の推進と農薬被曝を回避しつつ、かつ、慣行手散布並みの良好な付着性能を両立する散布技術の開発を目的としたものである。本目的を達成するために、風洞内散布試験によりエアアシストが低濃度多量散布の静電散布における噴霧液滴の帯電及び到達距離等の物理的特性に及ぼす影響を明らかにし、温室メロンを想定した作物群落内へ液滴の到達性及び付着性能の向上について検討している。また、この試験から得られた知見を基に、生産現場での実用化を見据えたエアアシスト静電散布機を開発し、試験施設内のメロン栽培において、付着性能と防除効果試験を行っている。これらの試験により、エアアシスト静電散布の効果を確認すると共に、実用機としての問題点を整理し、改良を行っている。更に、改良したエアアシスト静電散布機を供試し、トマト及びキュウリにおける付着性能、防除効果を検討し、エアアシスト静電散布による農薬散布量低減の可能性を示している。

(各章の内容)

本論文は5章で構成されている。第1章は、最初に、国内における農薬散布の現状として、農薬の歴史、国内の農業従事者数と高齢化、施設園芸内の防除作業の現状とその分析を行った後、エアアシスト静電散布に関する既往の研究の紹介と本論文の研究に至った経緯及び研究の目的について述べている。

第2章は、開放型風洞を利用して、エアアシスト静電散布における噴霧液滴の物理的特性を把握する基礎試験である。供試した静電散布装置は、環状電極、ノズル装着部、動力噴霧機及びタンクで構成されており、同装置に吐出量0.13~2.6L/min(VMD(体積中位径)38~205μm)の動噴用中空円錐ノズルを使用し、散布圧力1.5MPaで水平噴霧した場合、以下の項目を明らかにしている。

- 1) VMD 60μmのノズルでは、エアアシストなしの場合、散布距離100cmまでの液滴の落下量割合は60%以上となり、多くの液滴は対象物に到達せずに落下していること、一方、エアアシストありの場合、同落下量割合は1%未満となり、ほとんどの液滴が落下することなく対象物に到達したことが明らかとなった。
- 2) VMD 38μmのノズルでは、エアアシストなしの場合は散布距離100cmの空間中で液滴が持つ帯電量の90%以上を失うことが明らかとなった。エアアシストが風速3m/sの場合、失う帯電量は20%程度となり、エアアシストによる比電荷減少の抑制効果を認めた。一方、比較的VMDが大きなノズルでは、同様に散布距離の増大と共に到達比電荷は減少したものの、比電荷減少の抑制効果は小さくなった。

3) VMD 38μmのノズルでは、エアアシストなしの場合は印加電圧が約3kVで最大の比電荷を示すが、エアアシストが風速3m/sの場合、印加電圧6kVで最大の比電荷を示した。これに対し、VMD 165, 200μmの両ノズルでは、エアアシストによる到達比電荷に変化は見られず、印加電圧8.5kV程度まで直線的に増加しその後頭打ちとなった。VMDの小さなノズルを用いる場合には、エアアシストを行うことにより無風の場合と比べて高い電極印加電圧を与えることができ、到達比電荷を大きくすることが可能であった。

4) メロンの栽培を想定した風洞内での付着試験の結果、エアアシストにより感水紙の被覆面積率が最大で約7倍に向上することが分かった。

第3章は、2章の基礎試験に基づき、作物群落内外の散布ムラの解消を目的としてエアアシスト静電散布機を開発した後、静岡県の温室メロン隔離ベッド栽培におけるウドンコ病を対象とした防除効果試験を行い、開発機の問題点の整理と性能を明らかにすると共に実用化を目指した改良を行っている。

1) エアアシストの方式として、軸流ファン、遠心ファン及び圧縮エアの3種類を比較した。その結果、どの方式も送風性能に差はなかったが、実際の防除作業を考えると、機体の重量バランスや取扱い性の点から圧縮エア方式が最も優れているという結論に至った。

2) 実際の温室メロン栽培を対象として開発機を供試し、静電散布の有無、エアアシストの有無、慣行の手散布を比較する防除試験を行った。その結果、感水紙による付着試験において静電散布、エアアシスト共行わなかった試験区の被覆面積率が11であったのに対し、双方も行った試験区は54と約5倍に向上した。また、防除価も静電散布、エアアシストを行わなかった試験区は41であったが、静電散布にエアアシストを組み合わせた試験区は66と約1.5倍に向上し、エアアシストの効果を確認した。

第4章は、開発したエアアシスト静電散布機の実用性を向上させるための改良を施し、散布量削減の可能性を検討するため、トマト及びキュウリの試験温室内での性能試験及び現地実証試験を行い、実用性を評価し、以下の結果を得ている。

- 1) トマトのウドンコ病を対象として、エアアシスト静電散布が防除効果に及ぼす影響を調査した結果、散布量200L/10aではエアアシスト静電散布の効果を確認できなかった。一方、散布量を20%削減(160L/10a)した試験区では、エアアシスト静電散布を行った試験区の防除価は95.3と最も高くなり、さらに発病率を抑制する効果を確認した。
- 2) キュウリのウドンコ病を対象とした防除試験の結果、エアアシストを行った試験区で、発病率が低く、防除価が高くなった。また、エアアシストを行わなかった場合、散布量を25%削減した試験区では防除価は74まで低減したが、エアアシストを行う事で90に維持され、エアアシスト静電散布を行うことで防除効果を維持しつつ、散布量削減の見通しを得た。
- 3) 栽培ベッド間に設置されているガイドにより安定した走行が可能なトマトハイワイヤ栽培における現地実証試験を行った結果、実用機の薬液の付着性能は慣行機や手散布よりも優れ、さらに散布量を削減できる見通しを得た。また、実用機は慣行手散布に比べ作業時間で約1/4となり、省力的な作業に寄与できることが確認された。
- 4) 土耕キュウリ栽培のように走行路面が軟弱で均平でない条件では、実用機の走行が安定せず、その結果、薬液の付着性能が慣行手散布に比べて劣り、エアアシスト静電散布の効果を得られなかった。このような条件へ実用機を導入する場合、走行安定性を確保するために走行路、畝、枕地等を検討する必要がある。第5章は全体の総括である。

本論文は、施設栽培で用いられる防除用静電散布機について、その実用化を研究したものであり、①エアアシストに圧縮空気を用いたこと、②エアアシストの効果により荷電液滴が比電荷を維持したまま対象物へ付着するため散布ムラの軽減や散布効率の向上が達成されたこと、③現地実証試験においても慣行手散布と比べて同等以上の防除効果を得ることができたこと、④自動走行による薬液散布は労働負担の軽減と農薬被曝の回避に貢献できることについて重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、学位申請者の 吉永慶太 は、博士(農学)の学位を得る資格があると認める。