

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 23 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K07596

研究課題名(和文)施設園芸生産における新養液栽培システム(超微粒化液肥噴霧法)の開発

研究課題名(英文)Foggy nutrients aeroponics in protected horticulture cropping system

研究代表者

金地 通生(Kanechi, Michio)

神戸大学・農学研究科・准教授

研究者番号：90211854

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：施設園芸生産における新規養液栽培法として、超微粒化液肥噴霧水耕法を開発、実用化した。霧状液肥(粒滴径分布は10～30マイクロメートル)を支持培地を用いない気中根圏空間に噴霧充填させて栽培する。軽量栽培床の根圏は非常に好气的で、根張りは分枝根がよく発達し、根毛も発生することで養水分の吸収が促進され、葉菜類、イチゴ、トマトなどの成育が旺盛となった。特に夏期施設園芸栽培における根圏冷却効果による夏イチゴの花成促進、噴霧サイクル制御とEC(養液濃度)の適宜調節によるトマト果実の高糖度化などの効果を実証した。様々な園芸作物の付加価値の高い生産を目指した新たな施設栽培技術としての実用普及が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

野菜等の安定供給を支える施設園芸生産栽培法の進展と高度化において、霧状液肥を根圏に噴霧する国内外的にも新規な節水型の養液栽培技術を葉菜類と果菜類の成長生理学的栽培試験を通じて研究し実用型の開発に寄与した。霧状液肥栽培下での根の成長促進(根毛と分枝根)やトマト果実の高糖度化は学術的にも新規な所見で、養液栽培法の革新的な開発成果である。農業従事者の減少や高齢化が進む中で、施設栽培生産技術の高度化に貢献できる生産効率的な養液栽培システムとしての普及が期待できる。

研究成果の概要(英文)：A new spray fertigation system (fog hydroponics) was developed for establishing horticultural crops (leaf lettuce, tomato, strawberry) production. Fog hydroponics is an aeroponic technique that sprays a very fine foggy nutrient solution with an average droplet diameter between 10-30  $\mu\text{m}$  into the root zone. The growth of leaves and overall yield were increased and increased root biomass and well developed root hair increased the absorption activity of nutrients and water by roots, resulted in an increase in stomatal conductance and photosynthesis rate. This aeroponic system needs less water than any other hydroponic technique and keeps rhizosphere temperature lower than air temperature owing to the release of latent heat by fog evaporation. We considered that fog aeroponics could be helpful and suitable new hydroponic system for growers of ever-bearing strawberry production in warm and lowland horticulture in summer.

研究分野：園芸栽培学

キーワード：噴霧養液栽培 施設栽培 光合成 蒸散 CO2施肥

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

施設養液栽培は園芸生産における基幹栽培技術であり、頻発する異常気象や農業従事者の高齢化が進む中で不安定で重労働な露地生産を補完して安定的な周年生産を維持するためには今後益々発展させなければならない。その栽培総面積は昭和40年代頃より徐々に増加して、近年では約50,000 haにまで達し、露地栽培総面積の約10%、施設栽培総農家数は作付け農家総数の約30%を占めている。

園芸生産(野菜・花卉・果樹)におけるその栽培技術導入は花卉生産で最も高く、次いで野菜、近年では特に亜熱帯・熱帯性果樹のポット矮化栽培による果樹施設生産においても養液栽培を導入する傾向がある。特に野菜生産では、少数品目(トマト・レタスなど)の大規模周年生産化、天候不順による不安定生産への対策、安全・安心を銘打った省農薬生産、多収・高品質化を目標に、大規模施設生産が益々拡大する方向である。さらに農業担い手不足の解消や農業生産分野への異業種参入を後押しするための農林水産省や経済産業省の支援を受けて、より高度な集約的生産型である植物工場生産も拡大・成長する方向にある。すなわち、より多様化・高度化する施設栽培生産に対応して、その基幹栽培技術となる養液栽培法の革新的な進歩と低コスト化が強く要望されている。

現在、実用化されている養液栽培法として、化成肥料を可溶化した水耕液に浸けるタイプと、水耕液を灌水するタイプに主に分かれている。前者は根圏の支持培地を必要とせず、湛液型(DFT)と薄膜型(NFT)があり、後者は支持培地として土を用いる養液土耕と、ロックウールやヤシガラを用いる方法が主流である。その灌水法としては、点滴チューブ灌水法としみ出しチューブ灌水法がある。さらに灌水タイプの一つではあるが、支持培地を用いない噴霧法もある。これらいずれの養液栽培法も肥料水溶液を根圏に灌水することは従来から共通した方法である。従って根圏は常に大量の水分環境で、大量の養液消費が必要である。一部では大量の垂れ流し水耕栽培の結果、環境への肥料の大量リークが河川や地下水の汚染原因となり、水資源の保全や環境の富栄養化防止などの環境意識の高まりからは、現在の主流を成す養液栽培は優れているとは言い難く、より節水型の養液栽培技術の発展が重要と考える。

### 2. 研究の目的

本研究では養液栽培法の新技术開発として、肥料養液を超微粒化した噴霧型養液栽培装置の実用型を開発し、園芸作物の施設栽培への利用と、その栽培適正、生産性、作物品質、導入および稼働コストパフォーマンスを栽培生理生化学的並びに施設栽培学的に検討・検証することを目的とした。

これまでの基礎研究(植物水分生理学、成長生理学、成育環境ストレス応答学)を基盤として、準備研究で得られた学術成果を基にし( )、施設養液栽培に応用できる霧状噴霧型養液栽培(以下、ドライフォグ養液栽培)技術の実用化開発研究を最終的な目標として、基礎栽培生理学的な知見の集積と、その応用実証的な栽培技術の確立を行う。中でも特に着目した点は養液灌水法を根本的に見直し、これまでにない全く新規なドライフォグ養液灌水法を提言し、その効率性と有効性を栽培学的並びに成長生理学に立証することを目的とした。具体的な試験検討項目としては以下の通りである。

- 植物の養水分吸収の動態、ドライフォグ噴霧養液の水滴粒子径の違いによる根圏の発達、および養水分吸収に関連する根の生理活性が地上部成長に及ぼす影響の解明
- ドライフォグ養液栽培法による栽培植物の生産性および品質の向上に関する植物生理生化学的解明
- 夏期酷暑下での施設栽培におけるドライフォグ養液栽培法(根圏冷却栽培、根圏CO<sub>2</sub>施肥栽培)の応用と普及実用型開発における技術的問題点の特定、並びにその解決策の実証的検討

### 3. 研究の方法

ドライフォグ養液栽培法の特徴について、液肥の平均水滴粒子径(約10~1000 μm)が葉菜類・果菜類の成長量(成長解析法)、根圏の形態形成(顕微鏡形態観察)と生理活性(呼吸活性、還元力)を通じた養水分吸収に及ぼす影響を検討した。地上部の成長生理学的指標として、光合成・蒸散能力(CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>Oガス交換測定法: LI-6400)、生産物の品質として、葉および果実の無機栄養成分分析、代謝産物分析(HPLC法、糖度、RQフレックス法)を通じて品質向上に及ぼす適正な間欠噴霧法を検討した。施設栽培の夏期高温対策としてのドライフォグ根圏冷却栽培が四季成りイチゴの花芽分化促進および中玉トマトの尻腐れ病発生抑制における効果を実栽培モデルにおいて検討した。

養液の新規灌水法として、液体肥料と高圧空気の2流体混合噴霧ノズルを用いて微霧化した液肥の灌水法を用いて、施設養液栽培で広く生産されている葉菜類(リーフレタス)、果菜類(中玉トマト、四季成り性イチゴ)の成育に及ぼす有効性を先ず栽培学的、成長生理学的、発根形態学的、栄養生理学的に検討し、従来の養液栽培法(湛液水耕法)およびヤシガラ支持培地に定植して液体肥料を灌注施用する滴下水耕法と比較検討した。

根圏発達の違いは根の形態や生理活性を通じて地上部成長に大きく影響を及ぼすことより、根の発育特性として新根の発生速度や量、分枝根発生度合い、形態的特性として根の太

さ、長さ、色、根毛の発生状況を組織学的に観察した。従来型の養液栽培法では根圏は常時水浸状態であり（湛液水耕では水中）、根毛の発達を決して見られない。一方、ドライフォグ養液栽培では根毛の発達が予備試験からも顕著に見られ（ ）、その発達程度（試薬付着量）と養水分吸収の効率性（無機栄養分析、葉の相対含水量や蒸散速度）との関連性を検討した。また、ドライフォグは平均水滴粒子径が著しく小さいことより非常に蒸発し易く、蒸発熱を周囲から奪う（潜熱）ために、夏期高温時での根圏温度の過上昇を防止できる効果が期待できる。従来の養液栽培法では、根圏温度は周囲の温度とほぼ同等で、特に夏場は根の成育には抑制的である。そこで根圏温度の詳細な測定比較を行った。根圏環境（冷却、CO<sub>2</sub>施肥）の違いは根の発達の違いと関連して、根の生理活性の差異に影響すると考えられる。根による養水分吸収力は生理活性と密接に関連することが予想され、従来の養液栽培法とドライフォグ養液栽培法で成長した新根の生理活性（呼吸量と活性）を酸素電極法と TTC 還元力で比較し、根圏環境の違いによる影響を検討した。

ドライフォグ養液栽培法による根圏環境は植物に適度で軽度な水ストレス状態を生じさせる（ ）。この水ストレス状態は非常に軽度で、植物の成育は大きく抑制されることはない。多くの畑作物は軽度の水ストレス状態に应答適応して細胞中に適合溶質（糖質、アミノ酸など）を蓄積し、細胞脱水を防止する浸透調節を行うことで（ ）、特に果菜類では果実糖度やうま味成分の上昇が期待できる。そこで葉菜類および果菜類の果実において品質に関連する一次あるいは二次代謝産物の HPLC 定性定量分析を行い、ドライフォグ養液栽培下での品質特性を評価した。

西日本暖地の夏期施設栽培は高温対策なしに良品の安定生産は出来ないのが現状である。主に遮光、換気、パッド&ファン水冷却、ヒートポンプ冷房で対応しているが、いずれも生産性の低下や高コスト化をもたらす。特に酷暑期での冷涼型の葉菜類・果菜類の水耕栽培はほぼ不可能な状況である。ドライフォグ養液栽培では根圏に充満した超微粒化養液が容易に蒸発することで根圏温度の上昇を抑える効果が期待できることを実証するため、日射量、施設外気温、施設内気温、根圏温度を継続計測し、リーフレタスや四季成りイチゴなどの冷涼性園芸作物の栽培における従来の養液栽培と比べた効果を検証した。

以上、本研究では養液栽培法の革新的技術として、超微粒粒子化した液肥を噴霧するドライフォグ養液栽培を提言し、園芸作物（葉菜類と果菜類）の施設養液栽培による周年生産技術の実用化へと繋げる知見を集積した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 中空根圏に充満浮遊する微細な霧を用いた水耕栽培法の開発

フォグ養液噴霧水耕は液肥養液を特殊な噴霧ノズルを通じて粒滴径分布が 5~30 μm の霧状化して栽培床内（根張りのための根圏空間）に噴霧充満させてして灌水する（図1）。中でも平均粒子径が 10 μm 以下のドライフォグは極微細な霧であり、空間中を浮遊しながら速やかに蒸発する特性を持つことから“濡れない霧”と呼ばれる。株式会社いけうちが開発した特殊ノズルと配管系を設備した栽培床（根張りのための空洞根圏空間）は、内空間全体が噴霧液肥で充満でき、栽培床内部に液肥の水たまりがほとんど発生しないことから簡易な軽量構造として開発できた。すなわち従来型のシャワー状養液噴霧では 90%以上は根に吸水されずに落下（ドリップ）するのに比べて、ドライフォグ噴霧水耕ではドリップ量が非常に少ないので約 1/10 の水量で栽培することが可能であり、また水滴が大きく重いために遠くまで飛ばして根を均一に濡らすには高水圧をかけるか、噴霧ノズル間隔を縮める必要があるので、配管は丈夫な金属製で重くなり、ノズル数も増やさなければならない。これに対してフォグ噴霧水耕では超微霧となった養液が栽培床の根圏空間を遠くまで漂うことができ、また、中〜太い根には付着しにくい特性があることより、根全体がべっとりと濡れる状態にはならない。定植後に非常に好氣的な霧中根圏に適応して新たに成長する根は、その微霧化した養水分をより効率的に捕集して吸収しようとするために、分枝根や根毛（細根の表面に密生する長さ 1mm 以下の綿毛のような表皮組織）を多く発生して根張りが旺盛となった。さらに根表面がべっとりと濡れる状態にはないことから、根圏は非常に好氣的であり、根の呼吸を促進することで結果的に根全体の養水分吸収が効率化した。

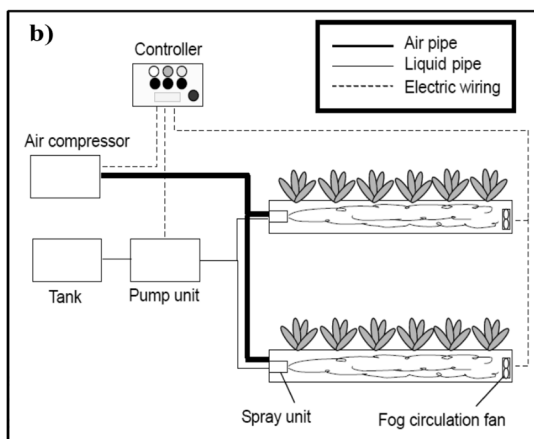
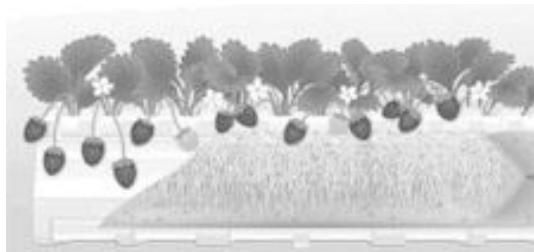


図1 フォグ養液噴霧水耕（栽培床と配管システム）

図1 フォグ養液噴霧水耕（栽培床と配管システム）

## (2) セミドライフォグ®噴霧水耕システムの栽培学的特徴

フォグ養液噴霧水耕の栽培床は非常に軽量構造である。湛液水耕では栽培床が養液で満たされ、点滴養液灌水での支持培地（ロックウールやヤシ殻）は保水性が高いので重量で、根圏培地の養液環境を迅速に変えることはできない。根圏が気中空間である噴霧水耕では噴霧制御が

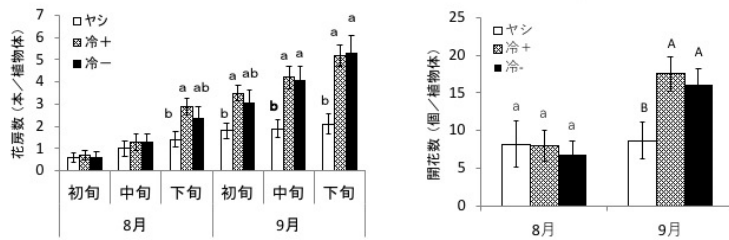


図2 夏仔ゴの開花（玲々:クワン冷却の有無, ヤシ:ヤシガラ培地）

迅速で、タイマー制御で地上部環境（特に日射量）の変化と植物の生育状態に応じて分単位で間欠作動させるなど迅速自在に制御できる。噴霧養液のドリップ量が非常に少なく、かつ循環式とすることで従来型の噴霧耕に比べて約 1/10 の養液量で良好な栽培が可能となった（節水型）。さらに根圏は非常に好氣的であり、根の呼吸を促進して根張りを助長した。通気下では充満するフォグ養液は容易に蒸発することで潜熱（蒸発熱）を奪い、根圏環境に蓄熱することがなく、夏場でも約 25°C の根圏温度を保って根の活力を維持できた。従来のイチゴ促成栽培では高温下で花芽分化しなくなり栄養成長（ランナー発生）が優勢となる。夏イチゴでも高温下では花成しなくなるが、フォグ養液噴霧水耕では晩夏での花芽分化が明らかに促進され（図 2）、夏イチゴのクワン冷却栽培やランナー苗冷蔵栽培と同様の効果を示した。従来の噴霧耕と比べて根圏環境が乾きやすいことは、根毛の発生を促すとともに適度な水ストレスとなり、乾燥耐性（適応）を示す傾向も見られ、冬栽培した中玉トマトでは、平均糖度（Brix）が 12、最高糖度が 16 に達する果実が収穫できた。また、平均果実重も夏栽培の平均 30g に比べて平均 45g となり、実栽培生産での収量増が期待される。

一方で、栽培装置の実用化における最も大きな課題の一つがコストである。ドライフォグ噴霧水耕では特殊な 2 流体ノズルを使用するため、圧縮空気を発生させるためのエアコンプレッサおよび送気配管が必要となり、慣行の水耕栽培装置に比べて設置コスト並びにランニングコストがはるかに高くなる。コストを抑えるためには養液のみを加圧ポンプで圧送する 1 流体ノズルの使用が必須となり、噴霧養液の平均粒子径が 10~30 μm の微霧（セミドライフォグ®）を用いた栽培を実用化に採用した。そこで、セミドライフォグを用いてドライフォグ噴霧水耕と同様のメリットを得るため、養液の粒子径と根圏の霧流速の関係にも着目した。セミドライフォグの粒子径でもドライフォグと同様に根圏空間を浮遊させ、充満させることは可能であったが、粒子径が大きいため根への付着程度が異なった。ドライフォグ噴霧水耕による人工光下でのリーフレタス栽培試験では、養液粒子を根へ効率よく付着させるため、根圏空間に 1m/s の流速を発生させることが必要であった。一方、セミドライフォグで同様の流速とした場合、根の呼吸速度および地上部生長が有意に低くなった。これは必要以上の養液粒子が根に付着し、根表面の好氣的環境が損なわれたためと考えられたが、流速のない充満状態では流速をつけたドライフォグ噴霧水耕と同様に根の活性は高く、地上部生長も良好となり（図 3）、省コストなセミドライフォグ噴霧水耕システムとして実用化することができた。

セミドライフォグ噴霧水耕の大きな特徴は、噴霧の制御により根表面の乾湿などの根圏環境を劇的速やかに、しかも容易に変化させることが可能な点である。植物種の違いや生育段階に応じてだけでなく、気象や時刻に応じて根圏環境を制御することにより、好適で無駄のない養水分管理が可能となることに加えて、一時的な水ストレスを課すような栽培等においても、噴霧制限を特定の時間のみとすることにより、生育遅延などのリスクを抑えることができる。また、日射比例制御を組み込むことにより、植物の蒸散要求に応じて噴霧サイクルを自動調整するなど、省力的な使い方も可能となる。根圏空間はノズルからの霧の飛翔が阻害されない程度に小さく設計することにより、より少ない養液噴霧量で充満できる

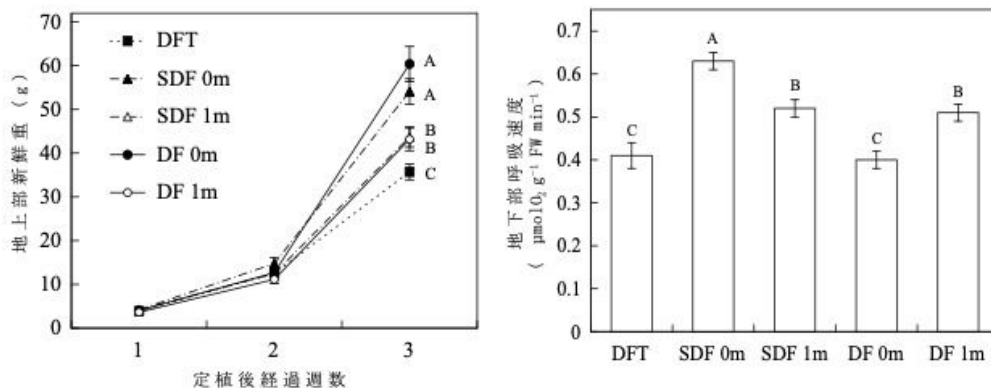


図3 リーフレタスの成長と根呼吸に及ぼすフォグ養液粒子径と噴霧速度(m/s)の影響  
DFT:湛液水耕, SDF:セミドライフォグ, DF:ドライフォグ

ようになり、さらに生育した根が栽培床の底部でマット根を形成するようになった(図4)。これにより、噴霧サイクルを適切に調整すれば噴霧された養液量はすべてマット根に吸収され、ドレンが発生しない栽培が可能となる。植物が必要とする養水分量のみを灌水する節水型水耕栽培として、国内外での普及が期待される。

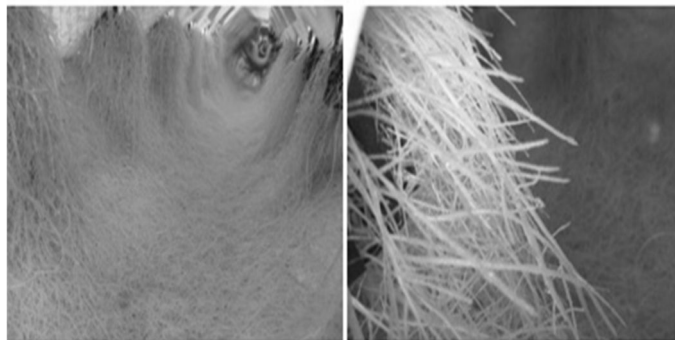


図4 中玉トマト(セミドライフォグ噴霧養液水耕)のマット状細根と根毛形成

ノズルを使用する水耕栽培で問題となるのが目詰まりである。詰まりの原因となる異物を養液経路に入れない管理を基本とし、各部のフィルタおよびストレーナの定期的な点検と清掃によりノズル自体はメンテナンスフリーとすることが望ましい。セミドライフォグ®噴霧水耕で使用するノズルは上記対策に加え、ノズル内部をできる限り単純な構造とすることで異物の詰まるリスクを下げつつ、安定したセミドライフォグ®を発生させるものとなっている。また、噴霧圧を低圧(0.8 MPa)に引き下げ、ポンプおよび配管類のコストを大幅に抑えることができた。

### (3) 施設栽培におけるフォグ噴霧の有効利用で施設の暑熱対策と安全で効率的な防除

フォグ養液噴霧水耕での根圏蒸発潜熱を利用した根圏温度調整とフォグ噴霧気化熱冷房を併用して、酷暑期の外気温(35℃超)よりも施設内を遮光なしで最大約10℃下げて栽培が可能であることも示唆した(図5)。迅速な根圏噴霧制御(噴霧間隔および液肥濃度ECの調整)による水ストレスの付与による応用的な栽培方法の検討や、支持培地がないことから、ロックウールのような廃棄物が発生しないことなどの従来の水耕栽培にはなかったメリットが明らかになった。さらにフォグ気化熱冷房用の配管を共有して無人で農薬自動散布することで安全に効率的な施設防除管理が可能である。

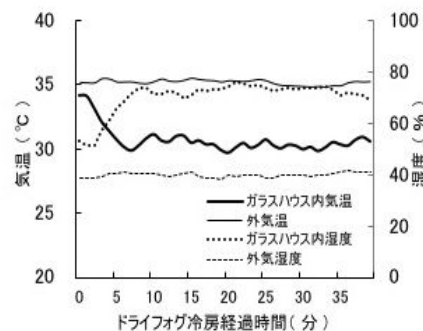


図5 フォグ噴霧気化熱冷却(温室の暑熱対策)

農薬液をフォグ化散布充満することでドリップ量が殆どなく植物体と害虫に付着させ、農薬使用量の削減も可能である。試験栽培では葉菜類としてリーフレタス、ミニ白菜、ミニキャベツ、チンゲンサイ、チョウホウナ、ネギ、ワサビ、果菜類としてトマト、イチゴ、キュウリ、ナス、ピーマン、根菜類としてジャガイモ、ニンジン、サツマイモが収穫できた。

農業栽培技術への霧利用に関して国内外初の研究として、従来のシャワー状噴霧水耕をはじめとして散水、農薬散布、細霧冷房加湿などの各用途における霧粒子径の最適化に関する研究は十分とは言えない。セミドライフォグ®は粒子径が小さく、適切な換気環境下で温室に噴霧すると速やかに完全蒸発し、無駄なく気化熱を奪う。従来用いられてきた平均粒子径100µm程度の細霧では、蒸発しきらない粒子が植物の濡れの原因となる他、噴霧水量に対して冷却効果が低かった。霧を噴くだけではなく、完全に蒸発させることが冷房効率および飽差制御による湿度コントロールには重要である。また、温室の換気窓を閉じた状態でセミドライフォグ®を噴霧すると、セミドライフォグ®噴霧水耕の根圏空間と同様に充満し、植物表面にのみ粒子が付着する環境ができる。すなわち細霧冷房加湿の配管を共有して農薬を温室全体へ自動制御で一斉散布することも可能となり、その間は温室へ立ち入る必要のない無人での自動散布が可能となる。これにより、防除作業や葉面散布の省力化と、散布者の農薬被爆・吸引のリスク軽減などメリットは十分に大きいと考えられた。

#### <引用文献>

Yousuke Hikosaka, Michio Kanechi, Yuichi Uno, A novel aeroponics technique using dry-fog spray fertigation to grow leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) with water-saving hydroponics, *Advances in Horticultural Science* 28 (4), 2014, p.184-189

金地 通生, 野菜のドライフォグ噴霧養液栽培システム, 編最新農業技術 土壌施肥 Vol.4, 社団法人 農山漁村文化協会編集出版, 2012, 担当部分 p.235-241

Michio Kanechi, Yousuke Hikosaka, Natsuo Imai, Yuichi Uno, Application of sugarbeet pure and crude extracts containing glycinebetaine affects root growth, yield, and photosynthesis of tomato grown during summer, *Scientia Horticulturae* 152, 2013, p.9-15

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Hikosaka Y., Sato M., Kanechi M., Uno Y.	4. 巻 1176
2. 論文標題 Growth and physiological characteristics of leaf lettuce grown using a new aeroponic system with dry-fog spray fertigation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 45 ~ 52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2017.1176.7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kanechi M., Hikosaka Y., Fukuda C., Uno Y.	4. 巻 1176
2. 論文標題 Ever-bearing strawberry culture using a new aeroponic system with dry-fog spray fertigation during the summer	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Acta Horticulturae	6. 最初と最後の頁 37 ~ 44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17660/ActaHortic.2017.1176.6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 河島 大樹、石川 陽子、金地 通生
2. 発表標題 ドライフォグ噴霧養液栽培における葉菜類の成長生理
3. 学会等名 園芸学会平成30年度秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊賀 文香、金地 通生
2. 発表標題 野菜植物工場におけるLEDs光源の効率的照射法の開発
3. 学会等名 園芸学会近畿支部大阪大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金地 通生
2. 発表標題 ドライフォグによる植物栽培技術の基礎と特徴～夏イチゴ栽培等への適用事例～ <ドライフォグ噴霧実演つきセミナー>
3. 学会等名 情報機構セミナー（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 金地 通生
2. 発表標題 施設園芸生産における新しい環境制御栽培技術の進展
3. 学会等名 園芸学会近畿支部兵庫大会（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 瑞貴, 河島 大樹, 彦坂 陽介, 金地 通生
2. 発表標題 養液栽培における根圏CO2暴露が野菜の成長に及ぼす影響
3. 学会等名 園芸学会平成28年度秋季大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 金地 通生	4. 発行年 2019年
2. 出版社 北隆館	5. 総ページ数 100
3. 書名 アグリバイオ	

1. 著者名 彦坂 陽介, 金地 通生	4. 発行年 2019年
2. 出版社 北隆館	5. 総ページ数 100
3. 書名 アグリバイオ	

1. 著者名 Michio Kanechi	4. 発行年 2018年
2. 出版社 IntechOpen	5. 総ページ数 112
3. 書名 Photosynthesis-From Its Evolution to Future Improvements in Photosynthetic Efficiency Using Nanomaterials	

1. 著者名 金地 通生	4. 発行年 2018年
2. 出版社 北隆館	5. 総ページ数 104
3. 書名 アグリバイオ	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	彦坂 陽介  (Hikosaka Yosuke)		