

通風気化した微酸性電解水によるイチゴの病害防除効果

二階堂勝、濱谷稀人、葛巻功宜、山下功一郎

森永乳業株式会社

(2023年1月23日受付、2023年4月7日受理)

酸性電解水のイチゴ栽培への適用は、育苗期の炭疽病の防除を中心に行われている。一方、葉が幾重にも重なるロゼット状態を呈し、果実が濡れることを嫌うイチゴの生育期～収穫期の酸性電解水の適用には、散布方法の課題もあり、検討報告は少ない。本実験では、化学合成農薬の使用が制限されるハウス栽培のイチゴ観光農園において夜間のみ微酸性電解水の通風気化を行い、イチゴの生育期～収穫期の有効な病害防除法となりうるかを検討した。その結果、ロゼット状態でも通風気化した微酸性電解水は葉や果実に到達し、浮遊菌数及び葉・果実への付着菌（内生菌を含む）数を抑制できた。また、試験期間中のうどんこ病や灰色カビ病の病徴に関して、対照区では両方の発症が認められたのに対し、試験区では両方の発症は抑えられた。さらに、試験区と対照区から収穫したイチゴの保存試験では、試験区のイチゴ果実はカビの発生が1～3日遅れ、その後の拡大も抑制された。とくに、灰色かび病の原因菌である *Botrytis cinerea* に有効に作用していることが観察された。一方、葉の生理障害の指標となるクロロフィル含量と相関する SPAD 値に影響はなく、目視でも葉の白化等の副作用は認められなかった。

結論として、微酸性電解水の通風気化法が、ハウス栽培イチゴの生育期～収穫期の有効な病害防除法となる可能性が示された。

キーワード：微酸性電解水、通風気化、イチゴ、病害防除

1. 緒言

2015年に国連サミットで採択された持続可能な開発目標（SDGs）に基づき、農業生産分野でも、環境に優しい省力的な生産システムの開発が求められている。塩酸または塩化カリウム水溶液を電気分解して得られる酸性電解水（次亜塩素酸水）は、特定防除資材（特定農薬、2014）に指定され¹⁾、SDGsの概念に合致した環境に優しい病害防除資材として期待されている。しかしながら、持続性がないことに加え、酸性電解水による作物に対する生理障害の発生も報告されており²⁾、散布方法・散布頻度をはじめ農業生産現場での普及には課題も多い。

一般的に、酸性電解水のイチゴ栽培への適用は、育苗期の炭疽病の防除を中心に行われており^{3,4)}、農研機構が発行した生果実（いちご）の輸出用防除体系マニュアル（2018年）⁵⁾にも紹介されている。一方、イチゴでは葉が幾重にも重なるロゼット状態を呈すること、果実が濡れることを嫌うこと、ならびに収穫期以降の化学合成農薬を大幅に削減する

ことなどに注意する必要がある⁵⁾。しかし、酸性電解水の適用では、散布方法および散布頻度の課題もあることなどの理由から検討報告は少ない。

こうした問題を解決する方法の一つとして、送風ファンを用いて微酸性電解水を強制的に通風気化して、対象物に作用させる方法が提案され、農業分野での検討が始まりつつある⁶⁾。

本実験では、化学合成農薬の使用が制限されるハウス栽培のイチゴ観光農園においてイチゴの生育期～収穫期の灰色かび病およびうどんこ病などの病害防除に微酸性電解水の通風気化法が適用できるかどうかを検討した。

2. 実験方法

2.1 試験環境: 試験は、三共木工(株)農業事業部が埼玉県川越市内に運営する@FARMのハウス栽培のイチゴ農園において、2021年12月～2022年5月にかけて実施した。南北方向37m×東西方向55mの環境制御型のハウスに、東西方向に中央で2分割し

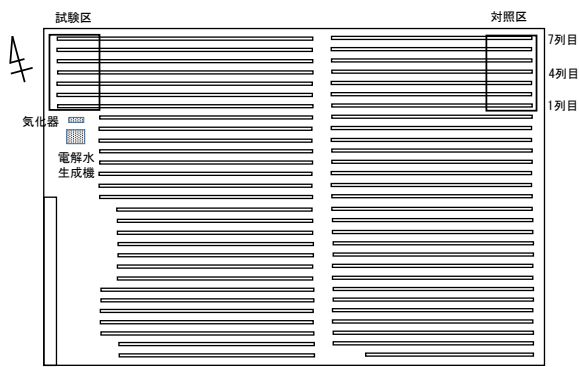


図 1. 試験に用いた環境制御型ハウスの高設栽培ベンチ図

図左上の 7 列が通風気化試験区、右上 7 列が通風気化を行わない対照区とした。

た 29 列の高設養分滴下栽培ベンチが設けられている (図 1)。その中で、栽培品種 (とちおとめ) が同一で、事前調査で環境条件が類似し、来場者の動線に影響しない北側の高設栽培ベンチ 7 列の両端のそれぞれ $6\text{ m} \times 9\text{ m}$ のエリアに、微酸性電解水の通風気化を行う試験区と通風気化を行わない対照区を設定し、高設養分滴下栽培ベンチ上でビニールカーテンを用いて区切った。栽培は、9 月定植、12 月～翌年 5 月を収穫時期とした。

2.2 微酸性電解水の通風気化： 希塩酸を電解液に用いた 1 室型の電解水生成装置 (森永乳業(株) ピュアスター Mp-1000) で生成した pH 5.5～6.0、有効塩素濃度 45～50 mg/kg の微酸性電解水を実験に使用した。生成した微酸性電解水は気化器の貯水タンクに送液した。気化器は市販の気化冷熱式涼風扇 ((株)鎌倉製作所 AQC-500M) を改造したもので、縦×横×厚さ= $48 \times 64 \times 6.5\text{ cm}$ のハニカム状の気化フィルターに、チューブポンプを用いて気化器の貯水タンクから微酸性電解水を 0.2 L/分の条件で滴下しながら、気化フィルターの前面に配置した直径 50 cm のファンを用いて、通過風量 $30\text{ m}^3/\text{分}$ の条件で微酸性電解水を通風気化した。通風気化の処理時間は毎日夕方 18:00～翌朝 6:00 の夜間 12 時間とし、その間に 10 分間の通風気化と 20 分間の通風気化休止のサイクルを繰り返した。なお、気化フィルターを通過した後の微酸性電解水はそのまま排水した。

2.3 pH 及び有効塩素濃度の測定： 微酸性電解水の pH はポータブル pH メーター ((株)堀場製作所 D-54SE) を、有効塩素濃度は高濃度用有効塩素濃度測定キット (柴田科学(株) AQUABAQ-202) を用いて

測定した。通風気化中の空間の有効塩素濃度は、定電位電解式ガスセンサ (新コスモス電気(株) ガス検知器 XPS-7 + 定電位電解センサ XDS-7、FS0.5) を用いて測定した。葉への有効塩素到達量は、8,000 倍に希釈した活性酸素測定用蛍光試薬 (五稜化学(株) Aminophenyl Fluorescein (APF)) 10 mL を入れた直径 55 mm のペトリ皿を高設養分滴下栽培ベンチ上に置いて、1 分間捕集して、予め作成した検量線に従って求めた⁶⁾。

2.4 浮遊菌数及び付着菌数の測定： 2 週間に 1 度、浮遊菌数と葉及び果実の付着菌 (内生菌を含む) 数の測定を行った。浮遊菌は、試験区及び対象区の中央で、液体サイクロン式エアサンプラー (Bertin Technologies SAS Coriolos μ) を用い、浮遊菌を含む 300 cm^3 の空気を吸引し、PBS 9 mL 中に捕集した。捕集液は、原倍および滅菌生理食塩水による $10 \sim 10^3$ 倍希釈液として、標準寒天培地および CP 添加 PDA (Chloramphenicol 添加 Potato Dextrose Agar) 培地に 0.1 mL 塗抹した。標準寒天培地は $35^\circ\text{C} \cdot 48$ 時間、CP 添加 PDA 培地は $25^\circ\text{C} \cdot 7$ 日間培養後、それぞれ出現コロニーを計数し、希釈倍率及び捕集空気量から、捕集体積当たりの菌数として算出した。CP 添加 PDA 培地については糸状菌のみを選択して計数した。葉及び果実の付着菌 (内生菌を含む) は、試験区及び対象区の中央で、老化が始まった葉を 5 枚、収穫前の催色初期の果実を 5 個ランダムに採集し、その中から 10 g を無菌的に秤量し、滅菌ペプトン水 90 mL を加えて $230\text{ rpm} \cdot 30$ 秒間のストマッカー処理で得られた回収液を試料とした。回収液は、浮遊菌同様に段階希釈して培地に塗抹し、培養後に計数し、葉及び果実の重量当たりの菌数として算出した。

2.5 病害発生状況観察： 2 週間に 1 度、試験区及び対象区の全域で、病害の発生状況の確認を目視で行った。

2.6 果実への *Botrytis cinerea* の付着状況調査： 相川らの方法⁸⁾に準じて、2 週間に 1 度、試験区及び対象区でランダムに催色初期の果実 9 個を収穫し、イチゴトレイに並べ、OPP フィルムで蓋をして、高湿下の常温で保存した。毎日定時にフィルム越しに、カビの発生状況を目視観察し、カビの発生が確認されるまでの日数、カビの発生度 (= 発生果実数 / $9 \times 100\%$) 及び発生指数 (0: 発病無し、1: 病斑面積が 5% 以下、2: 6～25%、3: 26～50%、4: 51～75%、5: 76% 以上) を求めるとともに、農研機構

の病害虫被害画像データベース⁹⁾に従って、発生したカビの種類を目視観察で分類した。

2.7 葉のクロロフィル含量: 葉焼けや白化の有無を確認するため、ハンディ型葉緑素計（コニカミノルタ(株) SPAD-501Plus）を用いて行った。試験終了時に、試験区及び対照区の7列の高設養分滴下栽培ベンチの各列の両端と中央の3か所で、各4株・各3枚の葉でクロロフィル含量と関連するSPAD値を測定した。

2.8 統計解析: Welchのt検定とTukey-Kramer法の多重比較検定により有意水準5%で決定した。

3. 結果

3.1 塩素到達量: 試験区の通風気化中の空間塩素濃度は、試験期間を通して0.010~0.016 ppmであった。一方、生い茂った葉の下に置いたペトリ皿に到達した塩素量（図2）は、試験期間を通して20~30 $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{分}$ であり、距離の長短によらずほぼ均一に塩素が検出できた。

3.2 浮遊菌数と付着菌(内生菌を含む)数の推移: 最初の1か月は、試験区でも通風気化を行わずに、その後の4か月は試験区で微酸性電解水の通風気化を行い、試験区と対照区の両区で検出菌数を比較した（図3）。試験区で通風気化を始めると、試験区の検出菌数は対照区と比較して常に1桁ほど低く推移し

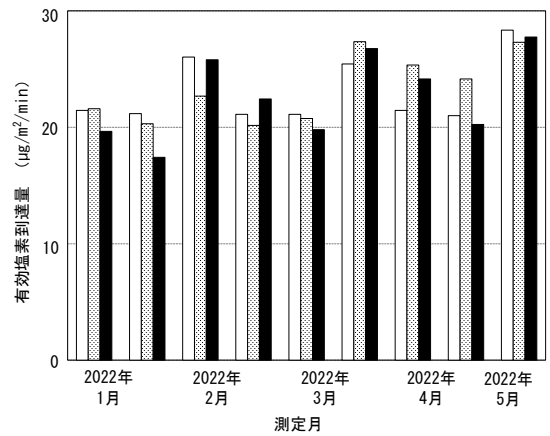


図2. イチゴ苗への有効塩素到達量
1列目□、4列目▨、7列目■の高設栽培ベンチ上の生い茂った葉の下に置いたペトリ皿に到達した塩素量。

たが、通風気化を行わない試験区と対照区では、検出菌数に差は認められなかった。

3.3 病害の発生状況: 病害の発生は、対照区では葉及び果実に軽微なうどんこ病及び灰色かび病の病斑が4月以降認められた。一方、通風気化をおこなった試験区では試験期間を通して病外発生は認められなかった。

3.4 果実への *B. cinerea* の付着状況: 通風気化を行わない段階の試験区と対照区から催色初期に収穫したイチゴ果実の保存試験（図4）を行ったと

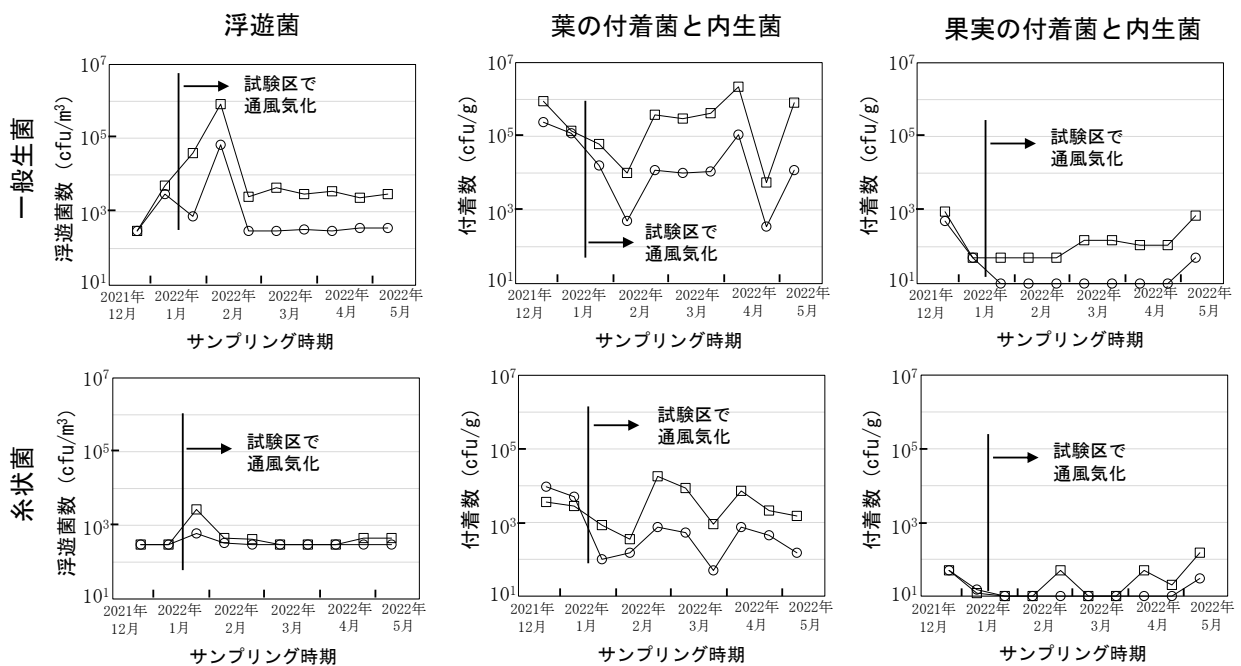


図3. 試験期間中における浮遊菌数、葉の付着菌と内生菌数および果実への付着菌と内生菌数の推移
○: 試験区、□: 対照区

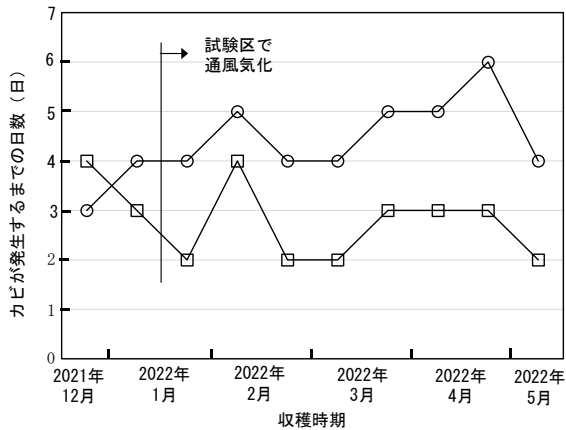


図4. 保存試験中に、カビの発生が確認されるまでの日数の推移
○：試験区、□：対照区

ころ、カビの発生が確認されるまでの日数はいずれも3.5日前後と有意な差が認められず、両区で灰色かび病の様相が認められた。一方、試験区で通風気化を始めた以降は、カビの発生が確認されるまでの日数は、試験区では4.7日と延びたのに対し、対照区で2.7日と短くなった。また、対照区では灰色かび病の様相を示したのに対し、試験区では灰色かび病以外のものが多く観察された。

さらに、カビの発生度及び発生指数は、対照区では悪化したのに対し、通風気化を行った試験区では試験開始時と同じ値を維持した(図5)。

3.5 葉のクロロフィル含量: 葉のクロロフィル含量と相関する SPAD 値 (平均値 ± 標準誤差) は、対照区の 44.1 ± 0.3 に対し、試験区の SPAD 値は 44.2 ± 0.2 と有意な差は認められなかった。また、気化器からの距離の長短に対しての SPAD 値の変化は認められなかった。

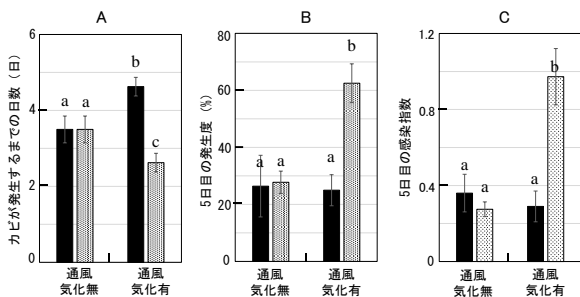


図5. イチゴ果実の保存試験における通風気化前後のカビの発生状況。

■ 試験区、▨ 対照区。
A: カビが発生するまでの日数、B: 5日目のカビ発生度、C: 5日目のカビ感染指数

4. 考察

通風気化中の有効塩素濃度は $0.010 \sim 0.016 \text{ ppm}$ であった。この濃度は、8時間労働で週5日塩素ガスに暴露される労働者の許容濃度 0.5 ppm (日本産業衛生学会) の10分の1以下の濃度である。また、環境庁が昭和60年に通達した塩化水素の目標環境基準濃度 0.02 ppm に対しても低い濃度となっている。本実験で総通風気化時間は、人のいない夜間みの通風気化条件下で8時間/日であり、農場で働く作業者がいたとしても、十分に許容できる濃度と考えられた。また、微酸性電解水の通風気化を停止すると塩素の空間濃度は急激に低下したことから、浮遊菌や付着菌に対して除菌効果を示すのは、ほぼ微酸性電解水の通風気化を行っている間のみと考えられた。

一方、高設ベンチ上に葉に隠れるように設置したペトリ皿では、気化器からの距離の長短によらずほぼ均一に有効塩素が捕捉できたことから、微酸性電解水を通風気化することによって、ロゼット状態でも、葉の裏側も含め、均一に各所に有効塩素を送ることができたと考えられた。

また、通風気化を行っている間、イチゴの葉や果実が濡れたり、水滴が付くことはなく、微酸性電解水の通風気化は、イチゴの果実のように濡れることを嫌う作物にも適用できることが示唆された。

このような有効塩素濃度の条件下で、4か月にわたり、微酸性電解水を通風気化し、浮遊菌数、葉及び果実への付着菌数(内生菌を含む)の推移とともに、病害の発生、収穫した果実への灰色かび病菌 *B. cinerea* の付着状況を果実の保存試験によって調査したところ、イチゴ観光農園が開園し人の出入りが増えた1月以降、菌数は増加する傾向にあったが、通風気化を始めると、試験区の菌数は対照区と比較して浮遊菌数及び付着菌数とも1桁ほど低く推移した。なお、試験期間を通して、試験区では病害の発生は認められなかった。したがって、微酸性電解水の通風気化が、浮遊菌及び付着菌の除菌に有効に作用したと判断された。

他方、通風気化を行う前の試験区から収穫した果実は、対照区から収穫された果実と、灰色かび病が発症しやすい常温高湿下での保存試験においてカビの発生が確認されるまでの日数に差はなかった。また、いずれの区のものでも灰色かび病の様相を示した。一方、試験区で通風気化を開始した以降は、試験区から収穫した果実ではカビが発生するまで

の日数が伸びたのに対し、対照区の果実ではカビの発生が確認されるまでの日数が短くなった。しかも、試験区のカビの病徴形態からは、灰色かび病ではない様相を示した。これらの結果から、ハウス栽培の条件下では、通風気化した微酸性電解水は、灰色かび病の原因菌である *B. cinerea* に対して、有効に作用したと考えられた。

一方、酸性電解水の農作物への副作用として葉焼けや白化などが報告²⁾されているが、対照区と試験区で葉のクロロフィル含量の目安となる SPAD 値や目視でも差は認められず、この実験条件下では、生理障害は起こらなかったと考えられた。

5. 謝辞

本研究は、三共木工(株)農業事業部が保有する観光いちご園@FARM で実施したものである。実施に関し、多大な協力をいただいた同社総務部 松本弓彦部長、農業事業部 尾嶋純也氏に、深く感謝します。また、試験結果の解釈で多くの助言をいただいた山形大学農学部名誉教授 西澤隆先生、同教授 長谷修先生に、深く感謝いたします。

6. 利益相反

申告すべき利益相反はない。

7. 参考文献

- 1) 農林水産省消費・安全局長、環境省水・大気環境局長：特定農薬（特定防除資材）として指定された資材（天敵を除く。）の留意事項について（平成 26 年 3 月 28 日）、25 消安第 5776 号、環水大土発第 1403281 号、2014
- 2) 富士原知宏ほか：電気分解陽極水噴霧による作物病害防除に関する基礎研究 (4) pH および有効塩素濃度がトマトうどんこ病発病度および葉やけ様生理障害発生葉率に及ぼす影響. *生物環境調節*, **38**:263-271, 2000.
- 3) 中村悌一ほか：イチゴ品種「きらび香」および「紅ほっぺ」における微酸性電解水の育苗期の頭上灌水による炭疽病の発病低減効果. *関東東山病害虫研究会報*, **65**:32-34, 2018
- 4) 森充隆ほか：次亜塩素酸水のイチゴ炭疽病に対する殺菌効果とイチゴ苗への葉害の検討. *機能水研究 (第 14 回学術大会プログラム。講演要旨集号)*, **11**: pp.21-23, 2015
- 5) 農研機構：生果実(いちご)の輸出用防除体系マニュアル(農研機構編), pp.13-18、https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/131552.html、農研機構、2019.
- 6) 西沢隆、二階堂勝、濱谷希人ほか：微酸性電解水の通風気化処理がキュウリの成長とうどんこ病の制御に及ぼす影響. *園芸学研究*, **22**:71-76, 2023
- 7) 浦野博水、福崎智司：室内空間における霧化次亜塩素酸ナトリウム水溶液の遊離有効塩素量の測定. *防菌防黴誌*, **41**:415-419, 2013
- 8) 相川勝弘、浅井良夫、高橋孝則：25℃で保存したイチゴおよびチェリーにおけるカビの発育状況. *食衛誌*, **49**:106-110, 2007
- 9) 農研機構：病害虫被害画像データベース、https://www.naro.affrc.go.jp/org/niaes/damage/image_db/02_イチゴ.html, 2019

Disease Control for Strawberry Cultivation of Slightly Acidic Electrolyzed Water Volatilized by Using Forced-Air Volatilizing System

Masaru NIKAIDO, Mareto HAMATANI,
Katsuyoshi KUZUMAK and Koichiro YAMASHITA

.Morinaga Milk Industry Co., Ltd.

The acidic electrolyzed water (AEW) is known as an environmentally friendly material for the disease control in the greenhouse horticulture of strawberry. However the application technique of AEW has many cultural problems such as spraying method, spraying frequency and physiological disorder. In this experiment, therefore, we investigated the effects of slightly acidic electrolyzed water (SAEW) volatilized by using forced-air volatilizing system on gray mold disease and powdery mildew of strawberry, especially at both the stages of vegetative growth and picking period.

As a result, the volatilized SAEW led the reduction of buoyant fungi in the air environment in green house. And also inhibited the symptom of gray mold disease and powdery mildew on attacked leaves and picking fruits of strawberry. On the other hand, the physiological disorder of chlorophyll did not occur in strawberry plant during experimental period. The volatilized SAEW retarded the lesion of fungus on fruits after picking.

From the results obtained here, we should be noted that the volatilized SAEW treatment is very useful for control resource or procedure of disease injury on the strawberry plants of growing period in a green house.

Key words : slightly acidic electrolyzed water, forced-air volatilizing, strawberry, disease control