



誘電体バリア放電を用いたマンゴー軸腐病の殺菌と
雰囲気ガスが殺菌に与える影響

メタデータ	言語: jpn 出版者: 宮崎大学工学部 公開日: 2020-11-12 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 木之下, 俊輔, 多田, 陽一郎, 迫田, 達也, 田澤, 和俊, 市川, 博章, Kinoshita, Shunsuke, Tada, Yoichiro, Tazawa, Kazutoshi, Ichikawa, Hiroyuki メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10458/00010096

誘電体バリア放電を用いたマンゴー軸腐病の殺菌と 雰囲気ガスが殺菌に与える影響

木之下 俊輔^{a)}・多田 陽一朗^{a)}・迫田 達也^{b)}
田澤 和俊^{c)}・市川 博章^{c)}

Sterilization of Stem-end Rot of Mango using Dielectric Barrier Discharge Source and Influence of Operating Gas on sterilization

Shunsuke KINOSHITA, Yoichiro TADA, Tatsuya SAKODA
Kazutoshi TAZAWA, Hiroyuki ICHIKAWA

Abstract

Apple mango has been a representative product in Miyazaki. However, Stem-end rot of mango is likely to corrupt the fruit during transportation, which may lead to a decrease in the reliability of branded mangoes. Therefore, it is necessary to perform sterilization. So we made a sterilization device with a dielectric barrier discharge source. In order to confirm the usefulness of this device and the factor of sterilization, we performed sterilization against *Lasiodiplodia theobromae* and mango fruit inoculated with the fungus evaluated.

Keywords: Apple Mango, DBD, Sterilization, Stem-end Rot, Ozone, Argon

1. はじめに

宮崎県は、新たな需要創出のため「フードビジネスの推進」を図っている。その理由として、宮崎県は農業産出額全国5位⁽¹⁾と農業が盛んであることが挙げられる。出荷量の多い青果物はきゅうり、マンゴー、ピーマン、さといもがあり、きゅうりは全国で1位、マンゴーとピーマンは2位、さといもは3位となっている⁽²⁾。そのため宮崎県は、食料供給基地として青果物などの販路拡大のために、大消費地である東京都や大阪府への搬送や海外への輸出拡大を推進している。

しかし、食料供給基地としての役割が大きい反面、大消費地である東京都や大阪府から遠隔であることが挙げられる。例えば陸運の場合、東京都へは約1,400 km、大阪府へは約600 kmと物流に極めて不利な状況となり、鮮度保持が困難であることに加え、出荷から消費までの間にカ

ビの発生や腐敗、その他の菌による病害の症状が現れる。出荷から消費の段階で病害を抑える手法としては農作物の収穫後に農薬を用いるポストハーベスト農薬があるが、これは食品衛生法により禁止されているため有効な手段は存在しない。

宮崎県の農産物として有名なマンゴーも鮮度保持及び病害の影響を受けている。マンゴーは全国の約3割のシェアを占めており、出荷量は1,126 t/年である⁽²⁾。また、「太陽のタマゴ」としてブランド化しており、全国的にも有名である。しかし、マンゴーには「軸腐病」という病害が発生している。この病害は、収穫時には症状が全く現れず、食べごろと言われる収穫後3~5日の消費者のもとへ届く時期に軸周辺に現れる。そのため収穫時の選別が不可能であり、クレームや信頼性を損ねる原因になっている。

以上の背景から、著者等は誘電体バリア放電を用いたマンゴーの鮮度保持技術の開発を進めている。誘電体バリア放電(Dielectric Barrier Discharge)とは、オゾンナイザー放電とも呼ばれ、1857年にSiemensがオゾン合成するための方法として考案したことに端を発する⁽³⁾。現在では、空

a) 工学専攻エネルギー系コース大学院生

b) 電気システム工学科教授

c) 矢崎エナジーシステム

気清浄機などの家電製品に必須の機能として装備され、また有害物質の除外装置をはじめとするエネルギー・環境分野への産業応用が急速に進展している⁽⁴⁾⁽⁵⁾。さらに近年では、新領域における反応性プラズマの生成、バイオメディカル応用、新物質創成など、最先端のプラズマ科学を支える基本技術として重要な役割を果たしている⁽⁶⁾⁽⁷⁾。本研究では、誘電体バリア放電により生成したプラズマを直接照射することで殺菌を試みている。プラズマの直接照射は、応用例は多数あるものの、放電プラズマと照射対象との基本的な相互作用メカニズムについては未だ未解明な点が多い⁽⁸⁾。

本報告では、実利用を目的に、本県で収穫されたマンゴー果実に軸腐病の病原菌 (*Lasiodiplodia theobromae*) を接種したものを対象に、プラズマを発生する装置 (以下、バリア放電殺菌装置) を用いて殺菌試験を行い、軸腐病の防除効果について検討した。また、殺菌要因を検討するため、寒天培地表面上に塗布した軸腐病の病原菌に対して、オゾンの発生が少ないアルゴン雰囲気中で殺菌試験を行った結果について述べる。

2. 実験

2.1. マンゴー果実に対する軸腐病防除試験

2.1.1. 実験方法

図1に実験装置の概要を、図2に実際の処理の様子を示す。直径 6.0 mm、厚さ 1.0 mm で底面を密閉したガラス管内部に銅粉または針を封入し、これを高電圧電極とした。同電極の底面から 1.0 mm 直下にマンゴー果梗部を配し、高電圧電極に周波数 10 kHz、18 kV_{p-p} の電圧を印加してバリア放電を生成した。

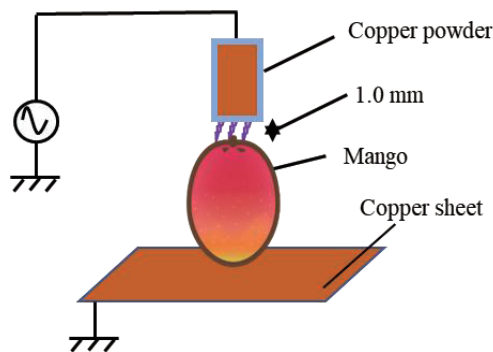


図1 実験装置の概要

マンゴーは宮崎県産のアーウィンを使用し、軸腐病菌の侵入を防ぐために、ビニルハウス内で枝部を残して剪定を行った。その後、自然落下後に軸腐病菌が侵入するのを模擬し、軸部を 3.0 mm 程度残して剪定後、軸部に懸濁液を 8.0 μl 滴下することで軸腐病菌の接種を行った。懸濁液は、軸腐病菌の胞子が血球計算盤において 4.0×10⁴ 個/ml の密度となるよう 1.0 ml の滅菌水に供試することで作製した。

処理開始時間は懸濁液を接種から 12 時間後のみ、処理

時間は針電極のとき 30 s, 3.0 min, 5.0 min, 銅粉電極のとき 3.0 min, 5.0 min の 5 通りに無処理を加えた全 6 通りの処理を各条件で 6 個ずつ行った。処理時の相対湿度は 35 ~ 68 %, 温度は 25 °C であった。処理後は 9 日目まで毎日、軸腐病の発病度について観察した。発病度は、発病無しを”A”, 直径 30 mm 未満の発病を”B”, 直径 30 mm 以上の発病を”C”として、 $\Sigma(B+2C)/(n \text{ 数} \times 2)$ で表される。

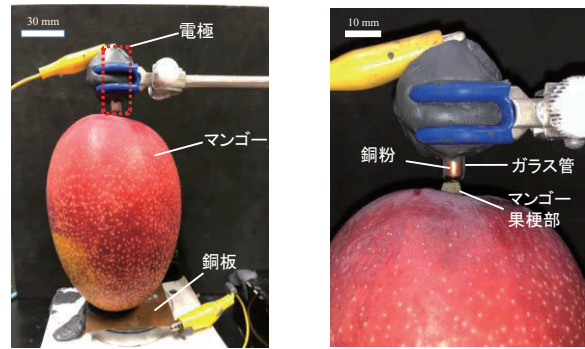


図2 マンゴー果実処理の様子

2.1.2. 実験結果及び考察

図3に各処理条件における発病度の経時変化を示す。同図より、9日後経過後において、コントロール、針 30 s 処理の場合は 100, 針 3.0 min 処理の場合は 33, 針 5.0 min 処理の場合は 0, 銅粉 3.0 min, 5.0 min が 17 であった。針電極においては処理時間の増加に伴い、軸腐病の発病抑制効果は高まり、5.0 min 処理で完全防除に成功した。銅粉電極においては 3.0 min, 5.0 min 処理両方で概ね殺菌効果は得られたが、処理時間との相関は見られなかったことから、それぞれの電極で 3.0 min 以上の処理で発病抑制効果が得られることが明らかとなった。

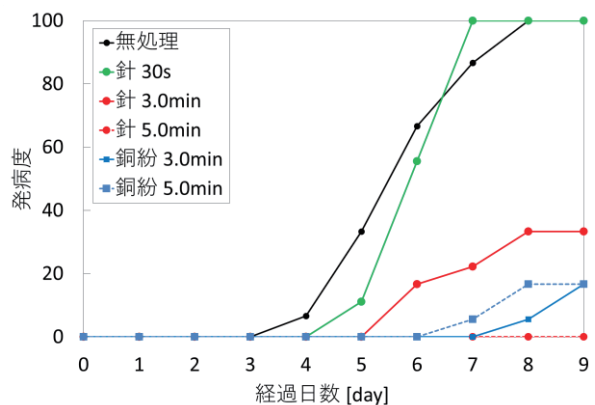


図3 各処理条件にける発病度の経時変化

また、図4に各処理条件における初発日の平均を示す。同図より、発病した条件の中で針電極 3.0 min 処理が最も初発日が遅いことが分かった。しかし、同条件の初発日の平均は 7.5 日であり、無処理の初発日の平均の 6.4 日と比

較し 1.1 日と顕著な発病遅延効果は確認されなかった。以上の結果より、本実験によるマンゴー軸腐病の評価は発病度を用いた発病抑制効果の評価が好ましいと考えられる。

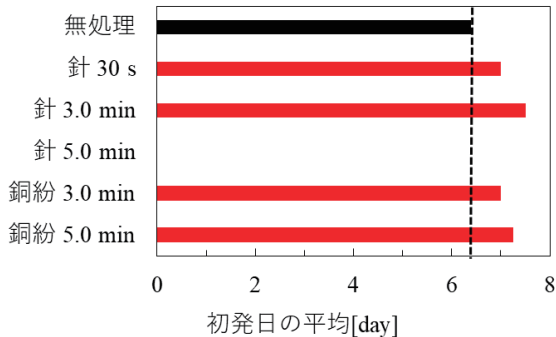


図 4 各処理条件における初発日の平均

2.2. 軸腐病孢子に対する殺菌試験

2.1.1. 実験方法

図 5 に電極と放電の様子を、図 6 に懸濁液作成手順を、図 7 に使用した菌の発芽の有無を示す。1013 hPa の大気圧から、真空ポンプにて真空デシケーター内の空気を 113 hPa まで減圧した後、アルゴンガスを 1013 hPa まで充填する。その後、下端を密閉したガラス管内部に封入した針または銅粉電極に対して、周波数 10 kHz、11.5 kVp-p の電圧を印加し、ガラス管下端 0.5 mm に設置した直径 6.0 mm の寒天培地との間で放電を発生させた。

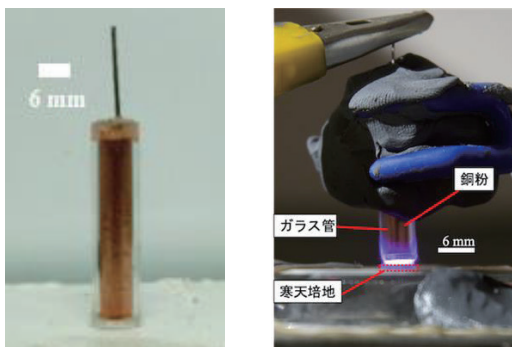


図 5 電極と放電の様子

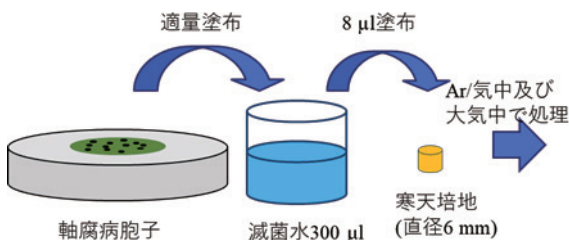


図 6 希釈液作成手順

供試菌として、マンゴー軸腐病から分離した MK34 胞子を滅菌水 300 μ L へ適量供試し、 4.0×10^4 個/ml になるよう調整した懸濁液を作成した。寒天培地へ懸濁液接種直後に無処理、5 s、10 s、15 s 処理を針電極、銅粉電極、アルゴン雰囲気中処理、大気中処理の計 13 通りで試験を行う。処理後は温度 25 $^{\circ}$ C、湿度 70 % に保った恒温槽にて保管し、12 時間後に観察を行い、菌糸の成長している胞子を生存、伸



びていない胞子を死滅とし、生存率を算出した。各処理で 3 回試験を行った。

(a) 発芽(生存) (b) 未発芽(死滅)

図 7 使用した菌の発芽の有無の様子

2.2.2. 実験結果及び考察

図 8 に針電極によるアルゴン雰囲気中および大気中処理の処理時間による孢子生存率の分布を示す。また、図 9 に銅粉電極におけるアルゴン雰囲気中および大気中処理における孢子生存率の分布を示す。

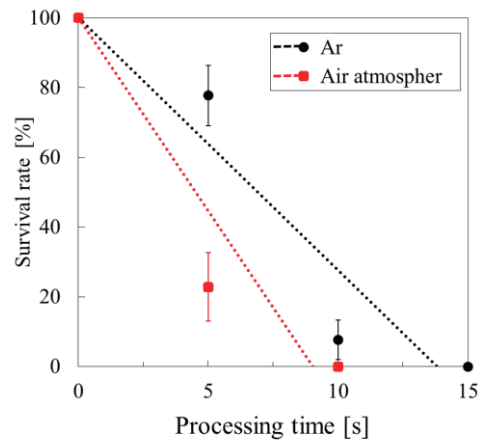


図 8 針電極における孢子生存率分布

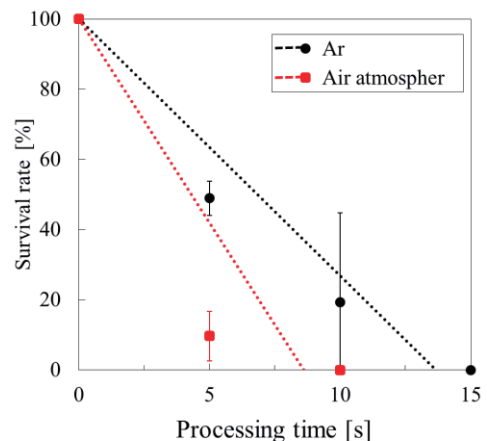


図 9 銅粉電極における孢子生存率分布

同図より無処理を 100 %として各処理時間の生存率を算出すると、針電極におけるアルゴン雰囲気中処理は 5 s, 10 s, 15 s 処理でそれぞれ 77.9 %, 7.66 %, 0 %と処理時間の増加に伴い、孢子生存率が減少していることが分かった。大気中処理では 5 s 処理で 22.8 %, 10 s 以降の生存率は 0 %となった。また、銅紛電極におけるアルゴン雰囲気中処理は 5 s, 10 s, 15 s 処理でそれぞれ 49.0 %, 19.2 %, 0 %となり、針電極と同様に処理時間増加に伴い生存率は減少した。また、大気中処理では 5 s 処理で生存率 9.61 %, 10 s 処理以降では 0 %となった。今回の試験ではアルゴン雰囲気中、大気中ともに銅紛電極の殺菌効果が僅かに高く、両電極共にアルゴン雰囲気と比較して大気中での殺菌効果の方が高い結果が得られ、空気雰囲気時の殺菌要因の影響が大きいことが分かった。

3. 結論

本報告では、バリア放電殺菌装置の有用性の確認と実利用を目的に、軸腐病菌を接種したマンゴー果実に対し殺菌処理を行い、軸腐病の防除効果及び発病遅延効果について検討した。次に、寒天培地表面上に塗布した軸腐病の病原菌に対して、空気およびアルゴン雰囲気中で殺菌試験を行った。

その結果、マンゴー果実に対する殺菌試験では無処理の初発日の平均の 6.4 日と比較し 1.1 日の遅延と顕著な発病遅延効果は確認されなかったことから、発病度を用いた発病抑制効果の評価が好ましいと考えられる。針電極 5.0 min 処理では完全防除に成功し、最も殺菌に効果的であることが分かった。また、軸腐病孢子に対する殺菌試験では、全ての条件で処理時間の増加に伴い、生存率が減少した。アルゴン雰囲気処理と比較して、大気中処理の殺菌効果が高いことが分かった。

今後は処理時間の短縮と殺菌要因の特定を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 農林水産省：
平成 28 年農業産出額及び生産農業所（都道府県別）：
<http://www.maff.go.jp/j/press/tokei/keikou/attach/pdf/171226-3.pdf>
- 2) 宮崎県：図説宮崎県の農業 2016：
https://www.pref.miyazaki.lg.jp/noseikikaku/shigoto/nogyo/documents/27106_20170116163617-1.pdf
- 3) U. Kogelschatz: 「Plasma Chemistry and Plasma Processing」 (2003)
- 4) 電気学会技術報告第 679 号「放電プラズマ化学における反応粒子とそのエネルギー」(1998)
- 5) 大久保雅章：「大気圧非平衡低温プラズマを応用した環境改善技術に関する最近の成果」, プラズマ・核融合学会誌(2007)
- 6) 小駒益弘監修：大気圧プラズマの生成制御と応用技術, サイエンス&テクノロジー(S&T 出版, 2006)
- 7) 橋 邦英・寺嶋和夫監修：マイクロ・ナノプラズマ技術とその産業応用（シーエムシー出版, 2006 年）
- 8) 内田論：「非平衡大気圧プラズマとの相互作用シミュレーション」, J. Plasma Fusion Res. Vol.92, No.9, pp. 700 (2016)