

研究論文

微酸性電解水によるキュウリおよびトマト病害の発病抑制効果

津野和宣・甲斐祐介¹⁾・中村悌一²⁾

宮崎大学農学部植物生産環境科学科

¹⁾ 宮崎大学農学部附属フィールド科学教育研究センター

²⁾ 森永乳業(株)食品基盤研究所生物機能研究部

(2011年12月22日 受理)

Suppression Effect of Cucumber and Tomato Fungal Diseases by Using Slightly Acidic Electrolyzed Water

Kazunori TSUNO, Yusuke KAI¹⁾ and Teiichi NAKAMURA²⁾

Department of Agricultural and Environmental Sciences, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

¹⁾ Field Science Center, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

²⁾ Biological Function Research Department, Food Science and Technology Institute, Morinaga Milk Industry Co., Ltd.

Summary : Slightly acidic electrolyzed water was applied to control the diseases of cucumber and tomato. Slightly acidic electrolyzed water was sprayed periodically on the surface of plants in greenhouse. Occurrence and severity of the diseases such as powdery mildew, downy mildew, corynespora leaf spot of cucumber, and leaf mold of tomato were remarkably suppressed by slightly acidic electrolyzed water. The preventive value of slightly acidic electrolyzed water against the diseases was also marked higher than 50-60.

These results showed practical advantage of slightly acidic electrolyzed water to control plant diseases in agricultural production.

Key words : Slightly Acidic Electrolyzed Water, Control of Plant Disease, Powdery Mildew, Downy Mildew, Corynespora Leaf Spot, Leaf Mold.

緒言

近年、植物病害の防除に利用する資材としては、特に、人畜に対する低い毒性、低い環境負荷、低い残留性、少ない薬害、耐性菌の出現を誘発しないことなどが求められてきており、人と環境と生産物に対する高い安全性の実現が最大の課題となっている。

この課題解決の一助として、微酸性電解水の特徴(中村 2001; 鈴木 2005; 土井 2002; 岡本

2006; 中山 2003) を有効に利用することが考えられる。微酸性電解水は、平成14年6月に厚生労働省から殺菌料として食品添加物に指定され、食品加工(調理施設衛生管理、食材洗浄除菌)や食品関連工場の衛生管理などといった幅広い分野でも殺菌や微生物制御目的(加藤 1999; 五十部 1999; 中村 2001) で使用されるようになった。いわゆる電解水に含まれる殺菌主体として最も効果の高いものは次亜塩素酸であると考えられてお

り (中村 2001), 微酸性電解水は殺菌効力の高い次亜塩素酸を多く含んでいる点で, 電解水の中でも大きな殺菌効果が期待できる。

微酸性電解水の有する特性である高い殺菌効果, 耐性菌の出現の可能性が低い点, 人畜への低い毒性, 低い金属腐食性, 少ない環境負荷, 低い残留性・持続性, 少ない浸透性などは, 植物病害の防除・抑制のための資材としては, 極めて重要な特徴である。さらに, 微酸性電解水は有効塩素濃度 10~30 ppm, pH 5.0~6.5 であり, 強い酸性でないことから植物に与える影響は少ないと考えられる。これまで弱酸性~中性域での電解水の防除効果の評価としては, 強酸性電解水を強アルカリ性電解水で中和して作製した「弱酸性電解水」によるキュウリうどんこ病に対する抑制効果をみたものがある (福田 2008)。しかしながら, そのような方法で作製された電解水はイオン強度あるいは塩類濃度が高いため, 植物に対する生理障害を誘起する懸念があるだけでなく, 殺菌主体である次亜塩素酸の濃度は微酸性電解水よりも低いために十分な効果が得られにくい可能性がある。

著者ら (津野・中村 2012) は, 食品添加物として指定された微酸性電解水の植物病原糸状菌や植物病原細菌に対する抗菌作用を明らかにし, 農業生産における微酸性電解水利用の可能性を指摘した。本研究は, 施設栽培環境において, キュウリおよびトマトに微酸性電解水を散布して各種植物病害に対する抑制効果を評価し, 実際の農業生産への微酸性電解水利用の可能性を検討した。

材料および方法

次に記した通り, 施設栽培キュウリの病害試験については, 2005年及び2006年において各1回計2回の試験を行った。また, 施設栽培トマトの病害試験は2006年に行った。

1. 2005年キュウリ試験

(1) 供試キュウリ

宮崎大学農学部附属フィールドセンターの無加温ビニルハウス内で育苗・定植したキュウリ (*Cucumis sativus* L.) を供試した。穂木「グリーンラックス」(埼玉原種育成会) を台木「ゆうゆう一輝」(埼玉原種育成会) に接いだキュウリ苗を9月24日および11月25日に畝幅190 cmの畝に株間

70 cm, 条間50 cmで定植した。作土には, 元肥として16 m²当たりようリン0.8 kg, 塩化カリウム0.32 kg, なたね油粕1.6 kg, IB化成S1号1.6 kg, A801(8-8-8) 2.4 kg, 苦土石灰3.5 kgを用い, 定植後は週1回液肥を施用した。

(2) 微酸性電解水の散布

微酸性電解水は, キュウリ定植日(9月24日)の19日後の10月13日, 10月17日, 10月20日, 10月27日に加圧式肩掛け噴霧器で計4回散布した。展着剤としてアグラーを4,000~5,000倍に希釈して用いた。この展着剤は, 予備試験において微酸性電解水の有効塩素(次亜塩素酸)濃度を低下しないものを選抜した。微酸性電解水は, 森永乳業株式会社製の微酸性電解水製造装置ピュアスターMp-240を用いて生成した。生成直後の微酸性電解水(有効塩素濃度約30 ppm, pH 5.7~5.8)を加圧式肩掛け噴霧器を用いて0.5~1.0リットル/キュウリ1株の量を散布した。対照として, 微酸性電解水の代わりに展着剤を添加した水道水を散布した。

2. 2006年キュウリ試験

(1) 供試キュウリ

宮崎大学農学部附属フィールドセンターの無加温ビニルハウス内で育苗・定植したキュウリを試験に供試した。品種「夏ばやし」(タキイ種苗)のキュウリ苗を6月9日に畝幅180 cmの畝に株間60 cm, 条間45 cmで定植した。作土には, 元肥として21.6 m²当たりようリン0.5 kg, なたね油粕2.2 kg, IB化成81号4.3 kg, A801(8-8-8) 1.1 kg, 苦土石灰3.3 kgを施用した。

(2) 微酸性電解水の散布

微酸性電解水の散布は, キュウリ定植日(6月9日)の12日後の6月21日, 6月28日, 7月4日, 7月11日, 7月18日, 7月25日, 8月1日に加圧式肩掛け噴霧器を用いて計7回行った。発病調査は, 各散布日の散布直前および各散布日の間で行った。前年試験同様に微酸性電解水(有効塩素濃度約20~25 ppm, pH 5.7~5.8)を生成し, 展着剤としてアグラーを4,000~5,000倍に希釈して用いた。噴霧量も前年同様とした。

3. キュウリ試験区の設定

試験区は処理区(微酸性電解水散布区)および

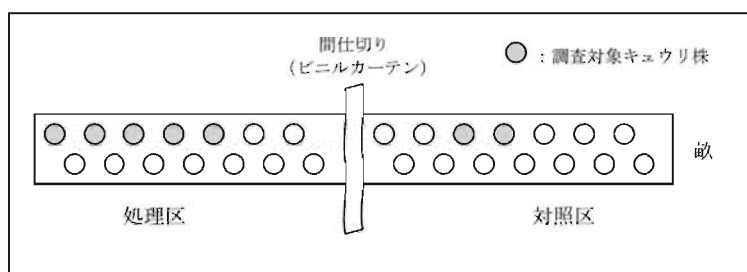


図1 試験区の設定

対照区（水道水散布区）で構成し、各10個体のキュウリ苗について下葉より100葉（100葉に満たない幼苗では全葉）調査した（図1）。また、処理区と対照区の間仕切りを入れ替えた区（区の設定を反転）を設定し、1ハウス内で処理区と対照区それぞれ3区試験を行った。

4. トマト試験

(1) 供試トマト

トマト (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 品種「桃太郎ファイト」（自根）を供試した。トマトは、宮崎大学農学部附属自然共生フィールド科学教育研究センター木花フィールドの無加温ビニルハウス内で育苗・定植した。作土には、元肥として21.6 m²当たりようリン1.1 kg、塩化カリウム0.4 kg、なたね油粕2.2 kg、IB化成81号2.2 kg、苦土石灰4.3 kgを施用した。

トマト苗は、2006年6月23日に畝幅180 cmの畝に株間50 cm、条間45 cmで定植し、無農薬で通常の栽培管理を行った。

(2) 微酸性電解水の散布

微酸性電解水の散布は、トマト定植日（6月23日）の18日後の7月11日、7月25日、8月1日、8月8日、8月15日、8月22日、8月29日の計7回行った。散布方法は、キュウリ試験と同様に行った。発病調査は、各散布日の散布直前および各散布日の間で行った。

(3) 試験区の設定

キュウリ試験区と同様に試験区を設定した。ただし、キュウリでは各試験区14株中の10株を調査対象としたが、トマトでは各試験区24株中の10株を調査対象とした。各10個体のトマト株について、下葉より100葉（100葉に満たない幼苗では全葉）を調査した。

5. 発病調査

発病調査は、(社)日本植物防疫協会発行の「新農薬実用化試験実施の手引き—薬効薬害圃場試験編—」（平成13年）および「野菜等殺菌剤圃場試験法」（平成16年）に準拠して実施した。調査は、微酸性電解水散布日の散布直前および各散布日の間で行った。

発病程度は、調査各葉について次の調査基準で調査した。

- 0：病斑を認めない
- 1：病斑面積率が葉面積の5%未満
- 2：病斑面積率が葉面積の5%以上25%未満
- 3：病斑面積率が葉面積の25%以上50%未満
- 4：病斑面積率が葉面積の50%以上

発病度は、次式によって求めた。

$$\text{発病度} = \left\{ (0 \times n_0 + 1 \times n_1 + 2 \times n_2 + 3 \times n_3 + 4 \times n_4) \times 1 / (\text{全調査葉} \times 4) \right\} \times 100$$

ただし、n₀：発病程度0の葉数

n₁：発病程度1の葉数

n₂：発病程度2の葉数

n₃：発病程度3の葉数

n₄：発病程度4の葉数

また、防除値は次式により、算出した。

$$\text{防除値} = 100 - \left\{ (\text{処理区の発病度} / \text{無処理区の発病度}) \times 100 \right\}$$

発病程度に関わらず、発病の認められた葉の割合については発病葉率として算出した。

6. 微酸性電解水の植物への影響

微酸性電解水の散布が、茎葉および果実の葉害・汚れ、果実収量に与える影響について調査した。

(1) 茎葉および果実の葉害・汚れ

茎葉および果実の葉害・汚れについては、次の観点で目視評価した。

- : 葉害(汚れ)なし
- (+) : 葉害(汚れ)があるが、実用上問題なし
- + : 葉害(汚れ)があり、実用上問題となる

(2) 果実収量

キュウリおよびトマトの果実収量は、収穫直後の果実の生鮮重の測定によって求めた。

結果および考察

1. 2005年キュウリ試験

2005年の試験においては、キュウリ病害としてうどんこ病が認められ、その他の病害は極めて軽微であった。したがって、うどんこ病に対する微酸性電解水の散布効果を検討した。

発病調査の結果を表1に示した。発病率については、処理区(微酸性電解水散布区)と対照区を比較すると大差なく、処理区においても発病が認められた。しかしながら、発病度について両区を比較すると、対照区における発病度は次第に高くなり、最終的には90前後で推移したが、処理区(微酸性電解水散布区)においては50以下で推移した。この結果から、微酸性電解水の散布によっ

表1 微酸性電解水散布によるキュウリうどんこ病の防除効果

調査日	区	発病率 (%)	発病度	防除値
10月13日	処理区	69%	23.0	-
	対照区	74%	28.5	-
10月14日	処理区	99%	41.5	11.3
	対照区	100%	46.8	-
10月17日	処理区	98%	47.0	33.8
	対照区	100%	71.0	-
10月19日	処理区	99%	50.7	38.6
	対照区	100%	82.6	-
10月20日	処理区	82%	31.8	60.0
	対照区	97%	77.5	-
10月24日	処理区	95%	44.5	55.2
	対照区	100%	93.0	-
10月27日	処理区	81%	29.5	65.6
	対照区	98%	85.8	-
10月31日	処理区	82%	32.3	62.3
	対照区	99%	87.0	-

各区とも10株100葉を調査

て、発生したうどんこ病の病斑を消失させることは困難であるものの、病斑あるいは病害の拡大を強く抑制していることが明らかとなった。そのために、微酸性電解水によるうどんこ病の防除値は、約60と高い値を示したものと考えられた。

この試験においては、微酸性電解水の散布開始時点において既にうどんこ病の発生が相当程度認められた。微酸性電解水は、組織への浸透性および抗菌力の残効性がないために、散布時に微酸性電解水と接触した病原菌に対して殺菌効果を発揮するものの、植物組織内に存在する病原菌や散布後に表在してくる病原菌に対する殺菌効果は期待できないものと考えられる。したがって、微酸性電解水は主としてキュウリ葉表面のうどんこ病菌の胞子や菌糸などに対して殺菌効果を発揮したため、胞子飛散による新規病斑の発生や病斑の拡大を抑制したものと思われた。

また、微酸性電解水の散布による茎葉および果実の葉害、汚れ等は認められなかった。

キュウリ果実収量については、処理区(微酸性電解水散布区)と対照区とにおいて差は認められなかった。

これらの結果から明らかなように、処理区(微酸性電解水散布区)において顕著にキュウリうどんこ病の防除効果が認められた。

2. 2006年キュウリ試験

2006年の試験においては、キュウリ病害としてうどんこ病、べと病、褐斑病が認められた。したがって、うどんこ病に対する微酸性電解水の散布効果は、うどんこ病、べと病、褐斑病について検討した。

発病調査の結果を表2(一部既発表)に示した。微酸性電解水散布時点における各病害の発生は、2005年試験と比較して比較的少ない状況であった。すなわち、処理区(微酸性電解水散布区)および対照区におけるうどんこ病の発病率は約20%、発病度は4~6、べと病の発病率は2%以下、発病度は0.5以下、褐斑病は見られなかった。対照区において、うどんこ病は7月後半以降は低減し、一方、べと病が次第に多発する傾向であった。また、キュウリ栽培後期に褐斑病の発生が認められた。いずれの病害においても、処理区(微酸性電解水散布区)において発病度は低く推移した。微

表2 微酸性電解水散布によるキュウリ病害の防除効果

調査日	区	うどんこ病			べと病			褐斑病		
		発病葉率 (%)	発病度	防除値	発病葉率 (%)	発病度	防除値	発病葉率 (%)	発病度	防除値
6月21日	処理区	21.5	5.6	-	0.9	0.2	-	-	-	-
	対照区	17.4	4.4	-	1.8	0.5	-	-	-	-
6月28日	処理区	8.8	2.2	57.5	0.4	0.1	75.0	-	-	-
	対照区	20.4	5.2	-	1.5	0.4	-	-	-	-
7月4日	処理区	13.3	3.5	59.3	1.1	0.6	83.4	-	-	-
	対照区	29.5	8.6	-	13.8	3.6	-	-	-	-
7月11日	処理区	10.8	2.7	67.4	3.3	0.9	83.9	3.0	0.8	-
	対照区	27.4	8.3	-	19.5	5.6	-	19.8	6.4	-
7月18日	処理区	3.9	1.0	77.8	18.5	4.7	69.3	2.7	0.8	89.7
	対照区	4.5	4.5	-	44.7	15.3	-	13.5	7.8	-
7月25日	処理区	1.9	0.5	68.7	23.0	5.8	62.3	4.4	1.1	63.3
	対照区	6.3	1.6	-	47.1	15.4	-	11.7	3.0	-
8月1日	処理区	0.0	0.0	100.0	40.0	12.6	56.0	3.8	1.0	81.5
	対照区	7.7	2.0	-	67.7	28.7	-	20.0	5.4	-

各区とも10株100葉を調査

酸性電解水の病害抑制効果を防除値で見ると、各キュウリ病害において50以上と高い値であった。したがって、微酸性電解水の散布はキュウリ病害（うどんこ病、べと病、褐斑病）を顕著に抑制することが明らかとなった。

べと病の発病度の推移において、栽培後期においては処理区（微酸性電解水の散布区）においても数値の上昇が認められた。これは微酸性電解水が葉組織内で活動するべと病菌の菌糸に直接的に接触できないために、菌糸生育を抑制することが困難であることを示唆している。一方、うどんこ病菌の特徴として、葉表面での活動が活発であることが知られており、これは微酸性電解水の散布効果がうどんこ病菌に対しては大きいものと推察され、2005年のうどんこ病に対する微酸性電解水の抑制効果が高かった理由と考えられた。

微酸性電解水のいずれの散布においても茎葉および果実の葉害、汚れ等は認められなかった。また、キュウリ果実収量については、2005年の試験結果と同様に微酸性電解水散布区（処理区）と対照区とにおいて差は認められなかった。

これらのことから、微酸性電解水は効果的に施設栽培キュウリの病害を抑制し、生理障害等の問題も誘起しないものと考えられた。

表3 微酸性電解水散布によるトマト葉かび病の防除効果

調査日	区	発病葉率 (%)	発病度	防除値
7月11日	処理区	1.3	0.3	-
	対照区	1.3	0.3	-
7月18日	処理区	1.1	0.3	50.0
	対照区	2.1	0.6	-
7月25日	処理区	0.8	0.2	66.7
	対照区	2.3	0.6	-
8月1日	処理区	1.4	0.4	50.0
	対照区	2.7	0.8	-
8月8日	処理区	1.7	0.4	66.7
	対照区	3.7	1.2	-
8月15日	処理区	0.7	0.2	80.0
	対照区	3.4	1.0	-
8月22日	処理区	1.4	0.4	55.6
	対照区	3.2	0.9	-
8月29日	処理区	1.3	0.4	50.0
	対照区	2.7	0.8	-

各区とも10株100葉（100葉に満たない幼苗では全葉）を調査

3. トマト試験

トマトにおいては葉かび病が発生したために、微酸性電解水の散布効果は、葉かび病について検討した。

微酸性電解水処理区および対照区におけるトマト葉かび病の発病の推移を表3に示した。これら

の結果から明らかなように、微酸性電解水は散布開始1週間以降からトマト葉かび病の発生を抑制し、継続的に発病度を低く維持した。防除価は早い時期から50以上を示し、栽培後期まで高い防除価が認められた。

また、微酸性電解水処理区のトマトにおいては、いずれの個体にも茎葉および果実の葉害、汚れ等は認められなかった。トマト果実収量については、微酸性電解処理区と対照区とにおいて差は認められなかった。

これらのことから、トマトの葉かび病においても、微酸性電解水の散布はキュウリの場合と同様に顕著に病害を抑制し、生理障害等の問題も誘起しないものと考えられた。

4. 微酸性電解水の実用性

微酸性電解水は顕著に植物病原糸状菌や植物病原細菌の生育を抑制するが、その効果は微酸性電解水に含まれる次亜塩素酸によるものと考えられた(津野・中村 2012)。この微酸性電解水の抗菌作用は瞬間的なものであり、組織への浸透性や残留性が認められない。このような特徴を有する微酸性電解水を農業生産に利用することは、より安全な防除手段として大きな期待が持てる。

本研究において、実際にキュウリおよびトマトの生産過程における植物病害の抑制効果を明らかにすることができた。本研究では、キュウリおよびトマトを対象としたが、他の植物病害においても病原菌生態や発病機構が同様であるものが多いために病害抑制効果が十分期待できる。すなわち、植物病害抑制目的でより普遍的な利用法が可能であるものと考えられる。そのためには、微酸性電解水のより具体的な利用方法(散布方法、散布量、散布間隔)の検討が必要であると思われる。

また、本研究において微酸性電解水の散布はうどんこ病の発生後の散布であったため、うどんこ病に対する防除効果については低い評価となった可能性がある。今後、うどんこ病の発生前から微酸性電解水の散布を行うことで予防的効果の検証を十分に行う必要があると思われる。

微酸性電解水の特徴から考えて、微酸性電解水を農業生産現場で効果的に病害防除の目的で利用するためには、

- ・植物表面全体に十分に散布することで植物個体

- ・表面に存在する病原菌を殺菌または減菌する
 - ・組織内への浸透性・残留性が期待できないために定期的に散布する
 - ・次亜塩素酸の殺菌作用を阻害する要因(展着剤の選択、微酸性電解水の保存期間・方法など)を排除する
- などが主要な留意点であると考えられる。

今後、これらの点を具体的に検討し、微酸性電解水の実用的利用を促進することが環境負荷軽減と農産物の品質向上、安全性の担保などの実現に極めて有効な手段であり、持続的農業の展開にも重要であると思われる。

要 約

実際の施設栽培環境において、キュウリおよびトマトに微酸性電解水を散布して各種植物病害(キュウリうどんこ病、べと病、褐斑病、およびトマト葉かび病)の抑制効果を調査した。その結果、施設栽培のキュウリおよびトマトに微酸性電解水を散布すると、微酸性電解水処理区において、これら植物病害の発病率(%)および発病度が対照区の50%以下に抑えられた。また、いずれの植物病害に対しても、微酸性電解水の散布以降、処理区において高い防除価が持続した。これらの結果から、微酸性電解水の散布によって、キュウリうどんこ病、キュウリべと病、キュウリ褐斑病、トマト葉かび病の発病が極めて効果的に抑制されたと考えられた。また、微酸性電解水処理による植物の生理障害等(葉害、生育不良、生産低下など)は認められなかった。

以上のことから、植物病害の予防の目的で定期的に微酸性電解水を散布することは、植物病害抑制に効果的であると考えられた。また、微酸性電解水は本研究で取り扱った病気以外の植物病原菌に対しても、有効な抑制効果を上げる可能性が極めて高いと考えられた。これらのことから、微酸性電解水を実用的な抗菌資材として農業生産に利用することは、環境負荷軽減と農産物の品質向上、安全性の担保などの実現に極めて有効な手段であると評価された。

キーワード：微酸性電解水、発病抑制効果、うどんこ病、べと病、褐斑病、葉かび病

謝 辞

研究にあたり、農学部附属自然共生フィールド科学教育研究センターの教職員各位に多大な支援を頂いた。記して感謝の意を表す。

引用文献

- 加藤 良 (1999). 「電解塩素水の食品衛生への利用」機能水シンポジウム '99東京大会プログラム・講演要旨集 : 48-49
- 中村 悌一 (2001). 「食品製造工程における弱酸性電解水の有効利用」機能水バイオフォーラム山梨2001 : 25-28
- 鈴木 潔, 中村 悌一, 土井 豊彦, 小久保 貞之, 富田 守 (2005). 「塩酸を原料にして製造した微酸性電解水によるレタスの洗浄殺菌効果について」防菌防黴誌 33(11) : 589-597
- 鈴木 潔, 中村 悌一, 土井 豊彦, 小久保 貞之, 富田 守 (2005). 「塩酸を原料にして製造した微酸性電解水によるネギ類などの野菜の洗浄殺菌効果について」防菌防黴誌 33(10) : 509-522
- 五十部 誠一郎 (1999). 「電解機能水利用技術の確立のための取り組み」機能水シンポジウム '99東京大会プログラム・講演要旨集 : 86-87
- 土井 豊彦 (2002). 「微酸性次亜塩素酸水の機能と食品への利用」防菌防黴誌 30(12) : 813-819.
- 岡本 公彰・駒形 安子・奥田 舜治・西本 右子・鴨志田 真弓・中村 悌一・小宮 山寛機 (2006). 「微酸性電解水の抗微生物効果」防菌防黴誌 34(1) : 3-10.
- 中山 素一・藤本 章人・樋口 彰・渡辺 誠・飯尾 雅嘉・宮本 敬久 (2003). 「微酸性次亜塩素酸水のBacillus属細菌芽胞及び乳酸球菌に対する効果と特性」防菌防黴誌 31(8) : 421-425.
- 福田 富幸・勝山 直樹・成田 久夫・鈴木 隆志・越川 兼行 (2008). 「弱酸性電解水によるキュウリうどんこ病防除に関する研究」岐阜県農業技術センター研究報告 (8) : 14-21.
- 津野 和宣・中村 悌一 (2012). 「各種植物病原菌に対する微酸性電解水の抗菌効果」宮大農報 58 : 1-10.