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

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	西沢,隆 二階堂,勝 浜谷,希人 副島,隆志 田中,美順 長谷,修
発行元	園芸学会
巻/号	22巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 71-78
発行年月	2023年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

園学研. (Hort. Res. (Japan)) 22 (1) : 71–78. 2023.
doi: 10.2503/hrj.22.71

原　著

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

西沢　隆[1]*・二階堂　勝[2]・濵谷希人[2]・副島隆志[3]・田中美順[3]・長谷　修[1]

[1] 山形大学農学部　997-8555　山形県鶴岡市若葉町
[2] 森永乳業株式会社　108-8384　東京都港区芝
[3] 森永乳業株式会社素材応用研究所　252-8583　神奈川県座間市東原

Effects of Slightly Acidic Electrolyzed Water Volatilized by Forced-air Vaporizing System on the Plant Growth and Control of Powdery Mildew in Cucumber Seedlings

Takashi Nishizawa[1]*, Masaru Nikaido[2], Mareto Hamatani[2], Takashi Soejima[3], Miyuki Tanaka[3] and Shu Hase[1]

[1]*Faculty of Agriculture, Yamagata University, Wakaba-machi, Tsuruoka, Yamagata 997-8555*
[2]*Morinaga Milk Industry Co., Ltd., Shiba, Minato-ku, Tokyo 108-8384*
[3]*Food Ingredients & Technology Institute, Morinaga Milk Industry Co., Ltd., Higashihara, Zama, Kanagawa 252-8583*

Abstract

Effects of slightly acidic electrolyzed water volatilized by a forced-air vaporizing system on plant growth and the control of powdery mildew in cucumber seedlings were investigated. The volatilization of electrolyzed water was automatically done for 12 h from 18:00 to 06:00 in specific on- and off-cycles. Thereby, it was considered possible to reduce application. The volatilization effectively avoided the attachment of excessive water to the leaves and also suppressed the spread of infection. However, the volatilized electrolyzed water caused a visible physiological disorder on the leaves and pericarp, especially when it was continuously applied at intervals of a 10-min application and 20-min suspension cycle. When the on- and off-cycle was prolonged to 10 and 110 min, respectively, the physiological disorder did not occur but progression of the disease was not prevented. Progression of the disease was inhibited on the application of a 10-min on- and 50-min off-cycle but leaf growth was also retarded. In addition, spread of the disease symptom was not well-inhibited by volatilization after appearance of the disease symptom. Both growth inhibition of the leaves and expansion of the disease symptom were avoided by spraying fungicides at the young seedling stage, and then volatilizing the electrolyzed water with a 10-min on- and 50-min off-cycle when the plants reached the maturing stage.

Key Words: available chlorine concentration, free available chlorine, growth inhibition, physiological disorder, slightly acidic electrolyzed water

キーワード：微酸性次亜塩素酸水，成長阻害，生理障害，有効塩素濃度，遊離有効塩素

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）の概念は，農業生産分野でも広く浸透し，環境に優しく，省力的な生産システムの開発が求められている（境，2019）．キュウリ栽培においては，うどんこ病やべと病の発症が問題となるが，SDGsの概念に合致した，環境に優しく，科学農薬の使用を低減できる病害防除方法の一つに，塩素イオンを含む水溶液を電気分解して得られる酸性の電解次亜塩素酸水（酸性電解水，Acidic electrolyzed water: EW）の利用がある．EWは，2014年に特定防除資材（特定農薬）に，2016および2017年には有機JASに指定され（農林水産省，2017），キュウリに対してもうどんこ病（富士原ら，1998），べと病（シャーナー・八巻，1999; 津野ら，2012），褐斑病（津野ら，2012）に対して防除効果があることが報告されている．しかし，キュウリ生産現場での普及には解決すべき課題も多い．例えば，噴霧機を用いてpH 2～3，有効塩素濃度（available chlorine concentration: ACC）30～50 mg・L^{-1}のEWをキュウリ苗に散布した場合，一定期間はうどんこ病の感染拡大を抑制できる（富士原ら，1998）．しかし，EWは残留性がない一方，その理化学的性質は光条件下で変化しやすく（松尾・高橋，1997a），うどんこ病発症後に毎週EWを散布しても，長期間病徴の拡大を抑制することはできない（シャーナー・八巻，1999; 生井ら，2006）．そのため，十分な効果を得るには散布回数

2022年6月6日　受付．2022年8月24日　受理．
* Corresponding author. E-mail: nisizawa@tds1.tr.yamagata-u.ac.jp

を増やす必要があり，労働力負担が大きい上，散布によって作物が頻繁に濡れてしまう．こうした問題を解決する方法の一つに，ファンを用いて強制的に気化したEWを温室内に送る方法（以下通風気化）が考えられる．通風気化は自動化が容易であり，繰り返し気化することが可能である上，気化したEWのみが作物に触れることから，作物の濡れを軽減できる．

EWは塩素ガスの発生を伴うことから，実用性を考慮した場合人体への影響が懸念されるが，pH 6～6.5, ACC 10～30 mg・L^{-1} の微酸性EWは塩素ガスの発生を低減できるため，夜間に通風気化すればより人体への影響を抑えることができると考えられる（松尾・高橋，1997b）．また，微酸性EWの生成には塩酸が用いられる（土井，2003; 厚生労働省，2002）が，実用性を考慮した場合，一般農家には扱い難い塩酸より，塩化ナトリウムを用いて生成し，生成水には塩化ナトリウムを含まないEWの方が，取り扱い易さおよび安全性の点で優れている．

散布労力の他にEWの実用化を困難にしている要因に，EW散布による生理障害の発生があり，ACCが高く，pHが低いほど生理障害が発生し易い（富士原ら，2000）．

そこで，本研究では，キュウリを用いて微酸性EWを夜間に通風気化することで，化学農薬の使用量を削減し，かつ自動化が可能な栽培技術を提案することを目標として実施した．

材料および方法

1. EW通風気化間隔が収穫果数および果実品質に及ぼす影響（実験1）

山形大学農学部実験圃場にある幅×長さ×最大高＝5.4×18.2×2.65 mのビニル温室の中央部を，厚さ0.1 mmのポリエチレンシート（PF1800-W，日東エルマテリアル（株））で覆い，4分割（各2.7×9 m）した．3区画をEWの通風気化を行う処理区画（以下区画）に用いた．残りの1区画は通風気化を行わなかった．2021年3月8日，夏栽培用キュウリ品種‘夏すずみ’，‘千羽’および‘ときわかぜみどり’を，市販の培養土（N : P : K＝220 : 540 : 240 mg・L^{-1}，育苗の匠，セントラルグリーン（株））を入れた容量120 mLのポリポットには種し，10°C以上に保ったガラス温室内で育てた（第1表）．本葉2枚展開時に，上記と同じ培養土に市販の緩効性有機肥料（$N : P_2O_5 : K_2O$＝10 : 12 : 10，ダイナミックス10，（株）エスコ農業法人）40 gを加えた5 Lのプラスチックポットに移植し，上述したビニル温室に移した．各品種とも1区画につき10株を，株間40×65 cmで配置した．仕立て法は主枝1本仕立てとし，下から数え第23葉（以下L23）の直上で摘芯した．EW処理は，L5展開時の5月3日～L23展開時の6月18日まで47日間行った．実験期間中，化学農薬は使用しなかった．

EWの生成には，生成水に被電解液の残留成分を含まない3室型の電解水生成装置（森永乳業（株）製試作機（特許

第1表　各実験の実験設計とEW通風気化条件

実験	品種	栽培								EW通風気化[z]					平均温度
		期間（月／日～月／日）	日数（日）	移植（月／日）	摘芯（月／日）	葉数（枚）	着果	化学農薬[y]	うどんこ病の感染	ACC（mg・L^{-1}）	FAC（$\mu g \cdot m^{-2} \cdot min^{-1}$）	気化／休止（分）	期間（月／日～月／日）	日数（日）	昼／夜（°C）
1	夏すずみ 千羽 ときわかぜみどり	3/ 8～ 6/18	103	4/20	6/14	23	有	無	無			10/ 20 10/ 50 10/110	5/ 3～ 6/18	47	24.9/14.8
2	夏すずみ 千羽 ときわかぜみどり	6/23～ 9/ 3	73	7/10	8/ 4	22	無	無	EW処理前に感染	45～50	20～40	10/ 50 10/110	7/10～ 9/ 3	56	31.5/23.1
3	夏すずみ みやま地這 よしなり	8/20～11/16 8/20～11/23	89 96	9/ 5	10/ 7	20	無	有（1回） 有（2回）	EW処理後に感染			10/ 50	9/29～11/16 10/14～11/23	49 41	26.0/15.9 25.5/15.4

[z] 毎日夕方6:00～翌朝6:00の12時間，10分間の通風気化と，その後20～110分の休止を繰り返した

[y] 有（1回）：9月5日，有（2回）：9月5日および10月2日

7052121技術使用)）を用い，20%の塩化ナトリウム水溶液を非電解物質に用いて生成した．なお，生成した酸性電解水には非電解物質の塩化ナトリウムは含まれない．

気化方法は，縦×横×厚さ＝48×64×6.5 cmのハニカム式気化フィルターにEWを毎分0.2 L滴下し，フィルターの前面に配置した直径50 cmのファン（AQC-500M3，(株)鎌倉製作所）を用いて，通過風量毎分30 m^3の条件で区画内に通風気化した（第1表）．通風気化時間は10分間とし，その後20，50，110分間の休止時間（以下それぞれEW10／20，EW10／50，EW10／110区）を設けるサイクルを繰り返した．EW処理時間は毎日夕方6:00～翌朝6:00の夜間12時間（EW10／20，10／50，10／110区で，それぞれ24，12，6回通風気化）とし，EW処理時間中は温室を閉鎖した．通風処理を行わない1区画を無処理区とした．

キュウリの仕立て方法は，主枝1本仕立てとし，側枝は随時切除した．果実はL5より上位葉の各葉腋に1本着果させ，出荷基準（山形県，2014）に従って長さ20 cmで収穫し，曲がり果の程度を3段階で判定した．収穫は5月29日～6月18日の3週間行った．

2. うどんこ病発症後のEW通風気化間隔が草丈とうどんこ病発症程度に及ぼす影響（実験2）

実験1同様EW10／50，EW10／110の2区に加え，残る2区画は対照区としてろ過した水道水（以下W）を10分間通風気化した（以下W10／50およびW10／110区）．

供試品種および栽培方法は実験1と同様の方法で6月23日～9月3日の間育て，L22の直上で摘心した（第1表）．ただし，雌花は着果前にすべて摘花し，側枝は随時切除した．また，実験中に供試株をうどんこ病に感染させるため，予めうどんこ病に罹病した株を温室の周囲に配置した．

EW通風気化はL5展開時（7月10日）から9月3日まで56日間行い，前報（生井ら，2006）に従って各葉のうどんこ病感染指数を0～4（葉面積に対してそれぞれ，0%，5%未満，5～25%未満，25～50%未満および50%以上の病斑）の5段階で毎週調査した．また，8月2日に草丈を，9月3日にL5，10，15，20の葉重を測定した．

3. 化学農薬によりうどんこ病感染を抑制した株に対するEW通風気化処理が，その後の葉の成長とうどんこ病発症程度に及ぼす影響（実験3）

L10およびL16展開時から，それぞれEW10／50およびW10／50処理を行う，計4処理区を設けた．

供試品種は‘夏すずみ’と秋栽培用キュウリ品種‘みやま地這’および‘よしなり’とし，実験2と同様の方法で栽培した（第1表）．ただし，うどんこ病の感染を抑制するため，9月5日に殺菌剤（1,000倍に希釈したSTダコニール1000，住友化学(株)）を，噴霧機を用いて全株に散布した．その後，半数の株は実験1および2で用いたビニル温室の2区画を用いて育て，L10が展開した9月29日からEW10／50ないしW10／50処理を行った．実験2同様，温室の周囲にはうどんこ病に罹病した株を配置した．残る半数の株は上記と異なるビニル温室内で育て，10月2日に1回目と同じ殺菌剤を散布した．うどんこ病の感染を避けるため，この温室の周囲にはうどんこ病に罹病した株は配置しなかった．

L16展開時の10月14日に，株を残りの2区画に移し，EW10／50およびW10／50の通風気化を行った．摘芯はL20の直上で行い，実験2同様雌花は着果前に摘花し，側枝は随時切除した．L10およびL16期から通風気化を開始した株は，それぞれ11月16日および11月23日まで育てた．各区画とも，うどんこ病感染指数を毎週調査した．また，L10およびL16期からEW処理を開始した株について，それぞれL11，14，17，20およびL17，18，19，20の葉長，葉幅および葉重を，栽培終了時に測定した．

4. 通風気化中の遊離有効塩素（free available chlorine: FAC）到達量

ファンからの距離および地表面からの高さがFAC到達量に及ぼす影響を調べるため，ファンから2，4および6 m離れた地点で，地表面から0.5，1.0および1.5 mの高さに直径55 mmのペトリ皿を置いた．通風気化中のFAC到達量は，ペトリ皿に8,000倍に希釈した活性酸素測定用蛍光試薬（aminophenyl fluorescein: APF）10 mLを入れ，1分間捕集し，予め作成した検量線に従って求めた（浦野・福崎，2013）．測定は，L2，5，10および15期に行い，各成育ステージとも，通風気化中および通風気化停止中のFAC到達量を求めた．

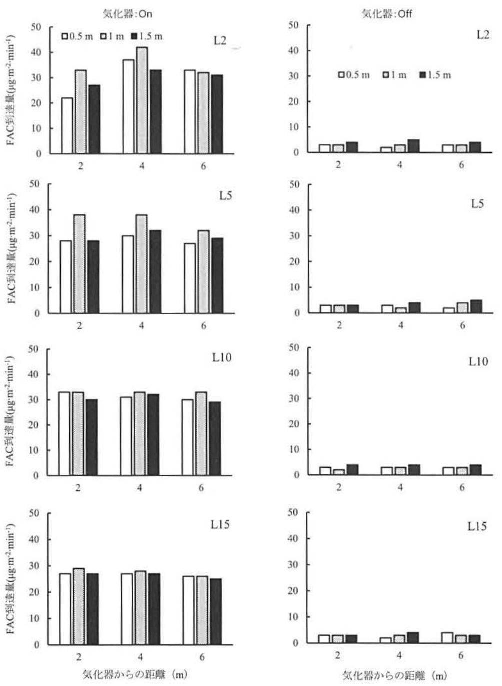
5. 統計処理

統計解析ソフト（エクセル統計，(株)社会情報サービス）を用いた．処理区内の平均値は，一元配置の分散分析を行い，5%水準で有意差がある場合は，Tukey-Kramerの多重比較を行った．ただし，うどんこ病感染指数は順序尺度であることから，ノンパラメトリック検定を行い，2群間の比較にはBrunner-Munzel法を，4群間の多重比較にはSteel-Dwass法を用いた．

結果および考察

1. 通風気化中のFAC到達量

10分間の通風気化により1.6～1.8 mLのEWが気化し，毎分30 μg・m^{-2}のFACが到達するように設定した（データ未掲載）．通風気化中のFAC到達量は，ファンからの距離，高さや株の生育ステージによって差がみられ，障害物のないL2展開時の測定では，気化器からの距離および高さによってFAC到達量に毎分20～40 μg・m^{-2}の幅があった（第1図）．しかし，キュウリが成長するに従って，距離および高さによる違いは小さくなり，気化器からの距離および高さによらず毎分約30 μg・m^{-2}と均一のFACが到達した．この結果から，通風気化したEWは，葉が生い茂った状態でも均一に各所に到達すると考えられた．一方，本実験で，通風気化を終了するとFAC到達量が急激に低下したことから，うどんこ病に対して防除効果を示すのは，ほぼ



第1図　FAC到達量
第2，5，10および15葉展開期に，ファンから2，4および6 m離れた地点で，地表面から高さ0.5，1.0および1.5 mの高さにAPF試薬を入れたペトリ皿を置き，通風気化オンおよび通風気化オフ中のFAC到達量を測定した
L2，L5，L10およびL15は，それぞれ第2，5，10および15葉の展開期に測定した

通風気化を行っている間のみであることが示唆された．

2. EW通風気化間隔が収穫果数および果実品質に及ぼす影響（実験1）

栽培期間中，温室内の平均温度は24.9／14.8（昼／夜）°Cで，うどんこ病は発症しなかった（データ未掲載）．'夏すずみ'の収穫果数および'千羽'の収穫果数と曲り果の程度は，EW10／110区が無処理区より優れていたが，EW10／110区とEW10／50区の間に有意差は認められなかった（第2表）．また，糖度は処理区間で有意差が認められなかった．松尾・高橋（1997b）は，EWを直接噴霧してもキュウリの雌花数や果実肥大は抑制されないことを明らかにしたが，本実験でEWを通風気化しても，散布間隔に拘わらず雌花の着生や果実肥大には影響を及ぼさないものと考えられた．しかし，休止期間が短いEW10／20区（夜間12時間で24回通風気化）では，一部の葉や果実の表面に斑点状や縞状の生理障害が発生した（第2図）ことから，今回の条件では，50分以上の休止期間を設ける必要があると考えられた．

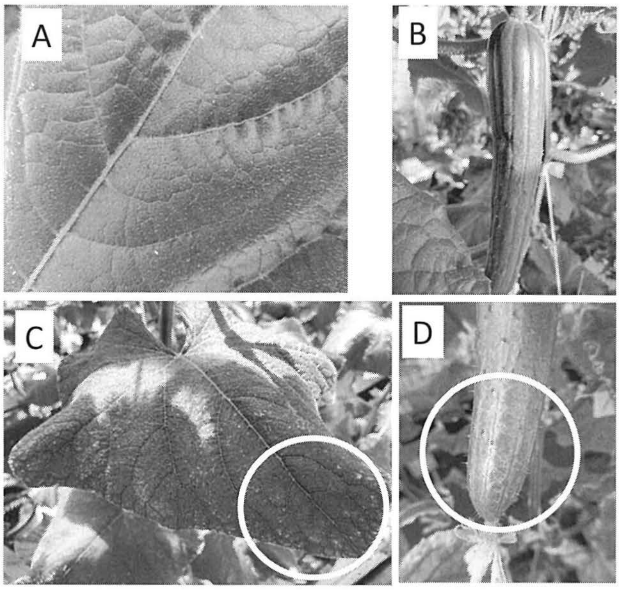
3. うどんこ病発症後のEW通風気化間隔が草丈とうどんこ病発症程度に及ぼす影響（実験2）

実験1で，EW10／20区は葉や果実に生理障害が発生したことから，実験2ではEW10／50およびEW10／110の2区を設けた．うどんこ病は移植日の7月10日には確認できた．しかし，実験2は盛夏期の栽培であり，通風気化中は

第2表　異なるEW通風気化間隔が果実収量と品質に及ぼす影響（実験1）

品種	気化／休止（分）	果実				
		収穫果数（本／株）^{z}	曲り果（%）^{y}			糖度（Brix値）
			A	B	C<	
夏すずみ						
	無処理	6.8 b^x	59	35	6	4.1
	EW10/110	8.7 a	60	32	8	3.9
	EW10/50	8.3 ab	59	35	6	4.1
	EW10/20	8.2 ab	58	31	11	3.8
有意差	ns	*	ns	ns	ns	ns
千羽						
	無処理	6.3 b	40 b	38	22 a	3.7
	EW10/110	8.1 a	56 a	38	6 b	3.9
	EW10/50	6.9 ab	50 ab	35	15 ab	3.7
	EW10/20	7.2 ab	39 b	42	19 a	3.7
有意差		*	*	ns	*	ns
ときわかぜみどり						
	無処理	8.7	69	24	7	3.8
	EW10/110	10.0	65	31	4	3.6
	EW10/50	10.5	60	36	4	3.7
	EW10/20	9.8	61	30	9	3.6
有意差		ns	ns	ns	ns	ns

^{z} 5月29日～6月18日（第5～19節）の収穫果数
^{y} A：1 cm未満，B：1 cm以上2 cm未満，C<：2 cm以上の曲り
^{x} 処理区間内で5%水準の有意差がある場合のみ異なるアルファベットで示した（n＝10），ns：有意差なし



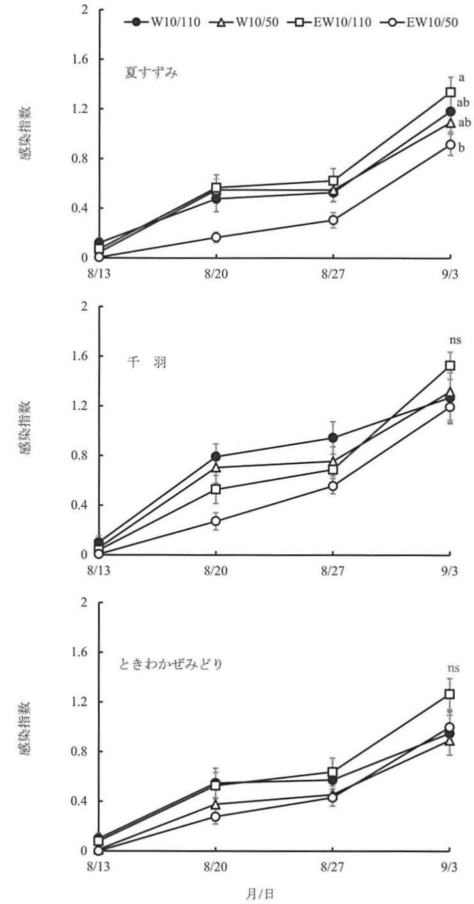
第2図 無処理区（AおよびB）と比較した場合におけるEW10／20区の葉（C）および果実（D）の生理障害
葉に白色の斑点が，果実には白色の縞が現れた（○で囲まれた部分）

温室を閉鎖したこともあり，温室内の平均温度は31.5／23.1°C（昼／夜）と高く，うどんこ病の感染拡大は8月13日まで認められなかった．そのため，感染指数は8月13日以降の結果を示した（第3図）．EW10／110区のうどんこ病感染指数は，供試した3品種とも，9月3日の時点でW10／110区との間に有意差がなかった．EW10／50区では，供試した3品種とも，うどんこ病感染指数の上昇が他の区より遅れる傾向を示したが，9月3日の時点ではEW10／50区とW10／50区との間に有意差はなかった．病害抑制を目的として作物にEW処理する際の問題の一つは，比較的短期間のEW処理であれば効果が得られても（富士原ら，1998），一度発症すると，その拡大を長期間抑制することが困難な点にある（生井ら，2006; シャーナー・八巻，1999）．本実験の結果も既報と同様の傾向を示した．

また，休止間隔を50ないし110分とした場合，葉の生理障害は回避できたものの，W区と比べて草丈や葉重の値が有意に小さくなった（第3表）．特にEW区の草丈はW区の約90%であったのに対し，葉重は60～80%程度であったことから，EW通風気化は茎よりも葉の成長をより大きく抑制すると考えられる．これらの結果から，実用的なEW通風気化方法を考えた場合，1）EW通風気化はうどんこ病が発症する前に開始し，病徴の拡大抑制よりむしろ発症抑制を目的として行う（中村ら，2018），2）育苗期からのEW通風気化は避ける必要があると考えられた．

4. 化学農薬によりうどんこ病感染を抑制した株に対するEW通風気化処理が，その後の葉の成長とうどんこ病発症程度に及ぼす影響（実験3）

L10期からEW通風気化を開始した場合，3品種ともW10／50区と比べうどんこ病感染指数の上昇が有意に抑制された（第4図）．しかし，実験2同様，うどんこ病感染指数は時間が経過するに従って徐々に上昇した．一方，L16期からEW通風気化を開始した場合は，L10期からEW通風気化を開始した場合と比べ，うどんこ病感染指数の上昇は緩やかであった．



第3図 異なるEW通風気化間隔がキュウリのうどんこ病感染指数に及ぼす影響（実験2）（n＝10，平均値±標準誤差）
図中の異なるアルファベットは，9月3日の時点で処理区間内に5%水準の有意差があることを示す，ns：有意差なし

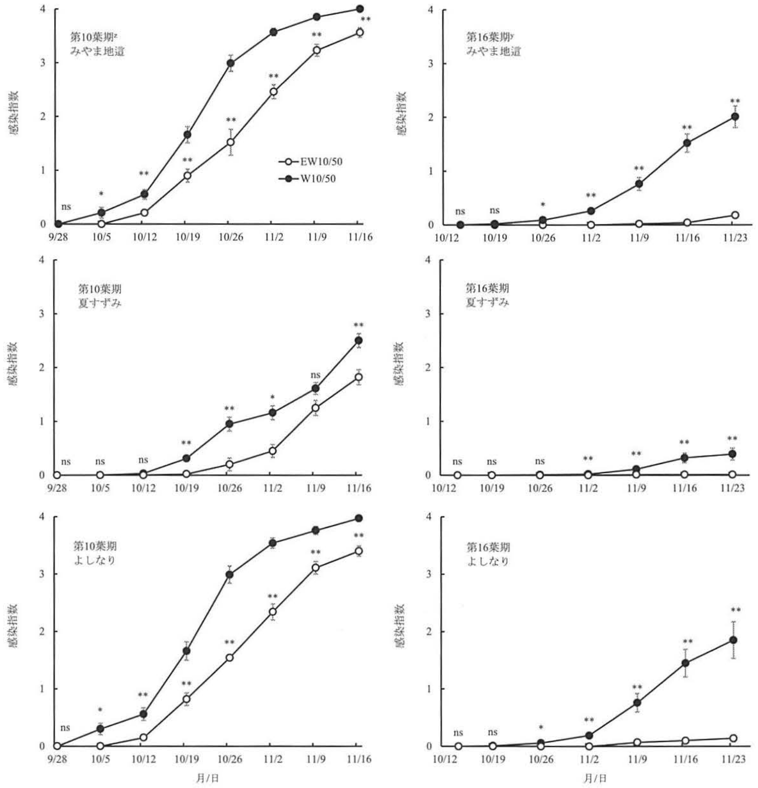
実験3では，うどんこ病の感染が認められる前に化学農薬を散布し，EW処理を開始した時点でうどんこ病の感染は認められなかった（第4図）．特に化学農薬を2回散布し，L16期からEW通風気化を開始した場合は，うどんこ病の感染がより大きく抑制されたことから（第4図），事前に化学農薬により十分な感染予防対策を講じておけば，その後のEW通風気化によって病気の発症や感染拡大を長期間抑制できるものと考えられた．

EW10／50区における葉長や葉重をW10／50区に対する相対値で示した（第5図）．L10期からEW通風気化を開始した場合，供試した3品種ともL11から成長が抑制され，成長抑制は上位葉ほど大きく，L20では葉長でW10／50区の約80%，葉重は約70%であった．一方，L16期からEW通風気化を開始した場合，L17～L20の葉長はW10／50区

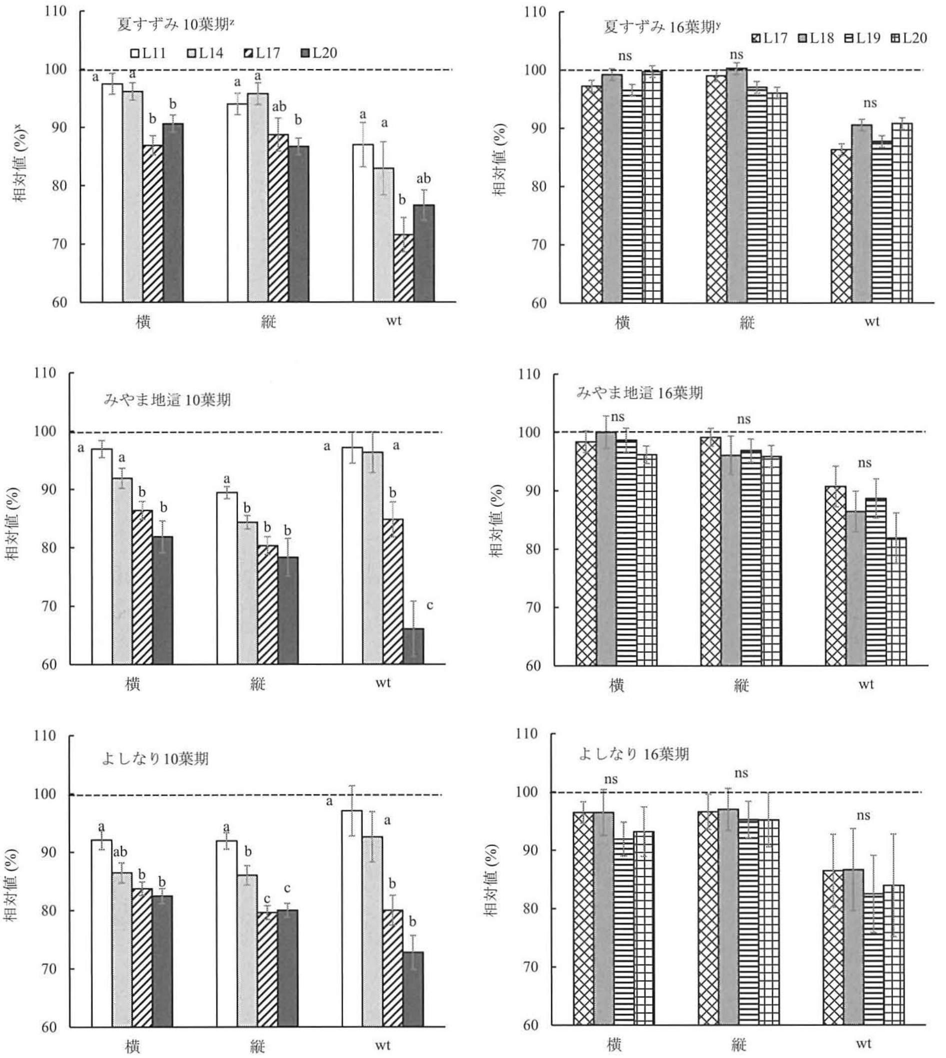
第3表　異なるEW通風気化間隔が草丈と葉重に及ぼす影響（実験2）

品種	気化／休止（分）	草丈[z]（cm）	葉重（g）[y] L5[x]	L10	L15	L20
夏すずみ						
	W10/110[w]	191.2 a	10.5 a	11.7 a	13.1 a	14.9 a
	W10/50	192.7 a	11.1 a	11.9 a	13.1 a	15.9 a
	EW10/110	174.9 b （91.5）[v]	8.1 b （77.1）	8.6 b （73.5）	10.1 b （77.1）	11.1 b （74.5）
	EW10/50	180.0 b （93.4）	8.4 b （75.7）	8.2 b （68.9）	9.5 b （72.5）	9.8 b （61.6）
千羽						
	W10/110	184.0 a	11.7 a	12.1 a	12.7 a	14.5 a
	W10/50	186.5 a	12.5 a	13.4 a	13.7 a	15.5 a
	EW10/110	166.3 b （90.4）	9.1 b （77.8）	9.3 b （76.9）	10.4 b （81.9）	11.1 b （76.6）
	EW10/50	169.0 b （90.6）	9.8 b （78.4）	9.2 b （68.7）	9.7 b （70.8）	10.2 b （65.8）
ときわかぜみどり						
	W10/110	172.4 a	11.5 a	12.7 a	13.5 a	14.6 a
	W10/50	178.9 a	10.6 a	12.0 a	13.6 a	15.2 a
	EW10/110	153.0 b （88.7）	7.8 b （78.1）	8.7 b （68.5）	9.2 b （68.1）	10.5 b （71.9）
	EW10/50	158.6 b （88.7）	7.4 b （69.8）	7.9 b （65.8）	8.6 b （71.7）	9.2 b （60.5）

[z] 8月2日測定
[y] 9月3日測定
[x] L5, 10, 15, 20はそれぞれ下位から数えて5, 10, 15, 20番目の葉を示す
[w] W：水
[v] 水を気化処理した場合の草丈および葉重に対する相対値（%）
処理区間内の異なるアルファベットは5%水準で有意差があることを示す（n＝10）



第4図　異なる生育ステージから開始したEW通風気化がキュウリのうどんこ病感染指数に及ぼす影響（実験3）（n＝10，平均値±標準誤差）
*, ** 5%および1%水準の有意差があることを示す，ns：有意差なし
[z] 第10葉展開後に通風気化開始
[y] 第16葉展開後に通風気化開始



第5図　異なる生育ステージから開始したEW通風気化がキュウリの葉の成長（葉幅：横，葉長：縦，新鮮重：wt）に及ぼす影響（実験3）(n＝10，平均値±標準誤差)
図中の異なるアルファベットは有意差があることを示す，ns：有意差なし
z 第10葉展開後に通風気化開始
y 第16葉展開後に通風気化開始
x 第10ないし16葉展開後に水を通風気化した場合の値を100%とした相対値

の90%以上，葉重でも80%以上であった．

L10期およびL16期からEW処理を開始した場合，それぞれL15およびL20が展開開始期であった（データ未掲載）．従って，EW処理開始前に展開した葉であれば，EW通風気化による成長抑制効果は少ないと考えられる．これらの結果から，育苗期には化学農薬によりうどんこ病の感染を防ぎ，果実収穫期に達した頃からEW通風気化を行うことで，うどんこ病の発症と病徴の拡大を抑制し，株の成長抑制も軽減できるものと考えられる．

噴霧機を用い，強酸性EWを散布した際に見られる生理障害は，微酸性EWを通風気化した場合でも認められた（第2図）．Fujiwaraら（2011）は，酸性EWによって生じる葉の生理障害が，アルカリ性EWとの交互散布により軽減できると述べている．こうした散布を手動で行うには労力負担が大きいが，通風気化であれば，容易に異なる種類のEWを自動で処理できることから，交互通風気化によって葉や果実の生理障害が軽減できるかどうかは今後検討する必要がある．

農林水産省では，食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現するため，みどりの食料システム戦略を策定しており（農林水産省，2021），本研究の結果もこの戦略への寄与が期待できる．また，EWの直接散布はキュウリのべと病や褐斑病およびトマトの葉かび病（津野ら，2012），イチゴの炭疽病（中村ら，2018）に対しても有効であることが報告されていることから，うどんこ病対策以外にも微酸性EWの通風気化処理を利用できる可能性がある．さらに，EW処理による生理障害が報告されていないイチゴなどでは，成長阻害を生じさせずに炭疽

病対策に利用できる可能性がある．

5. 結論

EWを夜間に通風気化することで，人体への影響を抑えつつ，自動化と作物への過剰な水分の付着を抑制することができる．ただし，一日の通風気化回数が多くなると葉や果実に生理障害が発生する恐れがあり，かつ連続処理すると葉の成長を阻害する危険性がある．また，うどんこ病の発症後に通風気化を行っても，長期間病徴の拡大を抑制することが困難なことから，果実収穫期前は化学農薬により病気の発症を防ぐとともに，株の成長を促し，果実収穫期以降は主に発症抑制を目的としたEW通風気化を行うことで，化学農薬の使用低減に寄与できる．

摘　要

微酸性電解水の通風気化がキュウリの成長とうどんこ病抑制に及ぼす影響を調べた．毎日夕方6:00～翌朝6:00の夜間12時間，一定のサイクルで通風気化を繰り返すことにより，作物への過剰な水分の付着を防ぎ，自動化による省力化が可能となった．通風気化はうどんこ病の病徴拡大を抑制したが，10分間気化／20分間休止を繰り返すと，葉や果実に生理障害が発生した．10分間気化／110分間休止では，十分なうどんこ病抑制効果が得られなかった．10分間気化／50分間休止の場合，生理障害は抑制できたが，長期間通風気化を続けると，葉の成長が阻害された．また，一度うどんこ病が発症すると，その後に通風気化を続けても病徴の拡大を抑制することは困難であった．一方，16葉期まで化学農薬を使用した後に10分間気化／50分間休止を行うと，うどんこ病の発症と病徴の拡大が大きく抑制され，葉の成長阻害も少なかった．従って，育苗期は化学農薬などによりうどんこ病の発症を防ぎ，株が十分成長して収穫期になった頃から通風気化を行うことで，化学農薬の使用削減とうどんこ病の発症抑制効果が期待できる．

引用文献

土井豊彦．2003．微酸性次亜塩素酸水製造装置（ピュアスター）の開発．日食工誌．4: 109–114.

富士原知宏・土井龍太・飯本光雄・藤井琢哉．2000．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.

Fujiwara, K., T. Fujii and J-S. Park. 2011. Successive spraying efficacy of acidic electrolyzed oxidizing water and alkalic electrolyzed reducing water on controlling powdery mildew infection and suppressing visible physiological disorder on cucumber leaves. Hort. Environ. Biotechnol. 52: 387–392.

富士原知宏・飯本光雄・藤原樹子．1998．電気分解強酸性水噴霧による作物病害防除に関する基礎研究（1）Hイオン濃度指数および遊離形有効塩素濃度がキュウリうどんこ病の発病抑制に及ぼす影響．生物環境調節．36: 137–143.

厚生労働省．2002．食品添加物指定酸性電解水（「次亜塩素酸水」）の要点．厚生労働省令第75号・告示第212号．p. 1–2.

松尾昌樹・高橋　亮．1997a．強電解水の農業等における殺菌・防除技術（1）．農業および園芸．72: 693–698.

松尾昌樹・高橋　亮．1997b．強電解水の農業等における殺菌・防除技術（2）．農業および園芸．72: 805–808.

中村悌一・猪狩　徹・田中美順・山内恒治・阿部文明．2018．イチゴ品種「きらぴ香」および「紅ほっぺ」における微酸性次亜塩素酸水の育苗期の頭上灌水による炭疽病の発病低減効果．東山病害虫研報．65: 32–34.

生井恒雄・森北美紀・清井加寿子・西沢　隆．2006．電解強酸性水（機能水）散布による温室栽培メロンのうどんこ病防除．山形大紀要（農）．15: 43–50.

農林水産省．2017．農林水産省告示第443号 有機農産物の日本農林規格．p. 8.

農林水産省．2021．みどりの食料システム戦略—食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現—．p. 1–16.

境　新一．2019．SDGsと農作物の品種改良・新技術の展開に関する考察．成城大学経済研究．226: 63–97.

シャーナー アネッテ・八巻良和．1999．キュウリのうどんこ病抑制への電解水の利用．農作業研究．34: 177–183.

津野和宣・甲斐祐介・中村悌一．2012．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．宮崎大農研報．58: 11–17.

浦野博水・福崎智司．2013．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．日防菌防黴会誌．41: 415–419.

山形県．2014．平成26年度山形県青果物等出荷期各表．p. 25.