미산성 차아염소산수의 식물병원균류에 대한 살균 효과

송정영¹ · 김나래¹ · 남명현² · 박범진³ · 황의일⁴ · 최종명⁵ · 김홍기^{1*}¹충남대학교 응용생물학과, ²충남농업기술원 논산딸기시험장, ³한국코스믹라운드(주), ⁴(주)케이티엔지 R&D본부 기술연구소, ⁵충남대학교 원예학과

Fungicidal Effect of Slightly Acidic Hypochlorous Water against Phytopathogenic Fungi

Jeong Young Song¹, Narae Kim¹, Myeong Hyeon Nam², BeomJin Park³, Eui-Il Whang⁴, Jong Myung Choi⁵ and Hong Gi Kim^{1*}¹Dept. of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea²Nonsan Strawberry Experiment Station, Chungnam ARES, Nonsan 320-862, Korea³CosmicRound Korea Co. Ltd. Gyeonggi, Seongnam 462-721, Korea⁴KT&G R&D Headquarters Technology Research Center, Daejeon 305-805, Korea⁵Dept. of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

ABSTRACT : Slightly acidic hypochlorous water (SAHW) is well known for having a powerful and broad spectrum antimicrobial activity, and is harmless to the environment and humans. SAHW (pH 5~6.5, 20~30 ppm available chlorine concentration) was generated by electrolysis of dilute solution of HCl (4%) in a chamber of a non-membrane electrolytic cell. Our objective was to determine SAHW has a potential fungicidal activity on some phytopathogenic fungi. Spores of *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum* and *Phytophthora capsici* were not culturable on agar media at approximately 10 seconds after treatment by SAHW. However, inactivation of *Penicillium hirsutum* was required over 3 min. Dilution of SAHW with sterilized distilled water (SDW) at the ratio of 1:1 (SAHW:SDW) against *C. acutatum* showed 100% inactivation but, the efficacy in 1:2 decreased until 63.2%. Control value of SAHW was 70.4% against *C. acutatum* on pepper fruits when applied upto 24 h postinoculation. SAHW has a powerful and wide spectrum antifungal activity and could be applied as a potential alternative to fungicidal agent for control of plant disease.

KEYWORDS : Control, Fungicidal agent, Phytopathogenic fungi, Slightly acidic hypochlorous water (SAHW)

서 론

농산물 생산량 증대요구에 따른 합성 농약의 사용량 증가로 생태계 파괴 및 환경오염과 약제 저항성 병원균 증가

그리고 작업자의 농약 중독 등의 문제들이 발생함에 따라 세계 각국들은 합성농약의 생산량을 지속적으로 감축해오고 있으며, 안전한 먹거리인 친환경 농산물 생산을 위해 저독성이며 저용량 사용이 가능한 농약과 대체약제 개발에 많은 노력을 기울이고 있다(Copping & Duke, 2007).

친환경 농산물 생산에 있어서 살균제로 활용이 가능한 전해수의 종류는 강산성 차아염소산수, 미산성 차아염소산수 그리고 차아염소산나트륨수 등이 있는데 이들은 전기분해를 통해 얻어지는 차아염소산을 주성분으로 대다수 미생물의 세포벽, 지질, DNA 등에 작용하여 대사기능을 마비시키는 강력하며 비특이적인 살균작용을 나타낸다(Jeong & Park, 2012; Prutz, 1996; Xiong *et al.*, 2010). 또한, 전세계적으로 식품, 의료, 생활환경, 농업 등의 다양한 분야에서 친환경적인 살균제로 폭넓게 활용되고 있는데 미국에서는 차아염소산을 무해물질로 인정하고 전해수 제조장치를 살균제 제조장치로 인가하였으며 미국식품의약국은 1999년

Kor. J. Mycol. 2013 December, 41(4): 274-279
<http://dx.doi.org/10.4489/KJM.2013.41.4.274>
pISSN 0253-651X
© The Korean Society of Mycology

*Corresponding author

E-mail: hgkim@cnu.ac.kr

Received November 15, 2013

Revised December 5, 2013

Accepted December 14, 2013

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

부터 강산성 차아염소산수를 농수산물 세정에 사용을 허용하였다(Oh, 2012). 일본 후생노동성은 2002년 식염수 또는 희석염산을 제조장치 내에서 전해된 차아염소산수를 주성분으로 하는 산성의 수용액을 식품첨가물로 지정하였다. 한편, 국내에서는 2007년 강산성 차아염소산수(유효염소 20~60 ppm)와 미산성 차아염소산수(유효염소 10~30 ppm)가 식품첨가물 공전에 식품의 살균 목적으로 사용 가능한 품목으로 지정됐으며, 주로 강산성 차아염소수가 식품산업의 위생관리와 다양한 식물병의 방제에 활용되어 왔다(Al-Haq *et al.*, 2001, 2002; Jeong and Park, 2012; Oh, 2012). 특히 이들은 식품과 작물의 생육 및 품질에 거의 영향을 주지 않고 소량의 유기물 혼입으로 쉽게 분해되어 염소잔류 피해가 없어 환경에 영향을 거의 주지 않는다(Huang *et al.*, 2008; Okamoto *et al.*, 2006). 또한 기존 합성농약들과는 달리 인체에 거의 무해하고 잔류성이 매우 적으며 광범위한 살균 범위를 가지고 있어 다양한 식물병에 대한 살균제로 활용이 가능한 것으로 알려져 있다(Al-Haq *et al.*, 2005; Buck *et al.*, 2003; Guentzel *et al.*, 2011).

이들 중 염화나트륨이나 염화칼륨 포화 수용액을 격막전해조에서 전기분해시 양극 쪽에서만 얻어지는 강산성 차아염소산수는 최근까지 농업적으로는 주로 다양한 농수산물의 수송 및 저장시 발생하는 각종 부패균에 대한 살균제 역할과 비닐하우스 등의 지정된 공간에서 다양한 작물들의 병방제용으로도 활용되어왔다(Bucks *et al.*, 2002; Hao *et al.*, 2006; Jang *et al.*, 2008; Nimitkeatkai & Kim, 2009; Hao *et al.*, 2006; Tamaki *et al.*, 2001; Whangchai *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2004.; Xiao, *et al.*, 2003; Zheng *et al.*, 2010). 하지만 수용액 내 안정도가 낮은 염소분자의 비율이 높아 강한 염소냄새가 느껴지며 2.2~2.7의 낮은 pH로 주변 금속재료의 급속한 부식 우려와 투입원수의 절반만 활용하기 때문에 농업현장에 폭넓게 적용하기에는 많은 제약이 뒤따랐다(Issa-Zacharia *et al.*, 2010; Soli *et al.*, 2010).

한편, 강산성 차아염소산수와 유사한 살균력을 갖고 있는 미산성 차아염소산수는 식염수를 전기분해로 얻어지는 차아염소산나트륨과는 달리 희석염산만을 전해질로 무격막 전해조에서 전기분해하여 만들어진 차아염소산이 주성분으로 pH는 5.0~6.5이며, 유효염소 농도가 10~30 ppm으로 염소가스를 거의 발생시키지 않고 투입 원수 전액의 활용이 가능한 장점을 가지고 있다(Issa-Zacharia *et al.*, 2010; Jeong & Park, 2012; Soli *et al.*, 2010). 최근 식품살균제로서 강산성 차아염소산수를 대신하는 미산성 차아염소산수의 사용 및 활용방법에 관한 연구가 점차 증가하고 있지만 이의 식물병 방제에 활용된 예는 극히 드물다(Issa-Zacharia *et al.*, 2010; Oh, 2012; Okamoto *et al.*, 2006; Soli *et al.*, 2010). 만일 미산성 차아염소산수의 식물병 방제제로서 활용 가능성이 본 연구를 통해 확인된다면 기존 농약 사용량의 감소 유도 및 대체를 통한 친환경적 작물재배에 있어서 매우 유용하게 활용될 것으로 예상되고 있다.

본 연구는 미산성 차아염소산수의 식물병원균류들에 대한 살균 효과를 조사하여 농업현장에서 친환경 방제제로서의 활용 가능성을 확인하고자 수행되었다.

재료 및 방법

미산성 차아염소산수

본 연구에서 사용되어진 미산성 차아염소산수는 4%의 희석된 염산만을 무격막 전해조(한국코스믹라운드(주), BC 120)에서 전기분해하여 만들어진 전해수로 유효염소 농도는 20~30 ppm(HOCl 97%)이며 pH 5.0~6.5인 것을 활용하였다. 미산성 차아염소산수의 생성원리는 무격막 전해조에서 공급하는 희석염산이 전해에 의해서 양극에서 염소가 음극에는 수소를 발생시켜 생성되며, 생성된 염소는 물에 녹아 차아염소산용액을 연속적으로 생성한다. 이를 원수에 희석하면 유효염소농도 20~30 ppm이 되며 전해에 의해 강산의 염산이 감소되고 원수와의 반응으로 시간당 120 L의 양으로 pH 5.0~6.5의 미산성 차아염소산수가 연속적으로 생성된다.

주요 식물병원균류들의 배지 상 살균효과 검증

미산성 차아염소산수의 식물병원균류들에 대한 살균효과를 검증하기 위해 충남대학교에 보관중인 *Botrytis cinerea* (CNUBC413, 오이분리균), *Penicillium hirsutum* (CNUPH03, 마늘분리균), *Colletotrichum acutatum* (CNUCG01, 고추분리균), *Phytophthora capsici* (CNUPC21, 고추분리균) 등을 대상으로 20~27°C의 조건에서 각각의 최적배지(10% V8 agar 배지 또는 PDA(potato dextrose agar)에 5~7일간 배양하고 포자 형성을 유도한 후 멸균된 증류수를 이용하여 $10^5 \sim 10^6$ spores/ml의 포자현탁액을 만들었다. *P. capsici*의 포자현탁액은 10% V8 agar 배지에서 25°C의 조건으로 5~7일 동안 배양 후 형광조건에서 유주자낭을 유도했으며, 이로부터 4°C 암상태에서 보관시 얻어진 유주자를 두 겹의 거즈로 걸러 포자현탁액을 만들었다. 살균효과 검정을 위해 포자현탁액 10 μ l을 990 μ l의 미산성 차아염소산수에 현탁한 후 10초 이내로 즉시 각각의 최적 배지에 평판 도말하였으며, 20~27°C 온도범위의 생장상에서 각각 1~2일간 균총 발생 저해율을 관찰하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행되어졌다.

처리조건에 따른 살균 특성 조사

처리조건에 따른 살균효과를 확인하기 위해 미산성 차아염소산수를 멸균된 증류수와 혼합하여 각각 0, 10%, 20%, 30%, 50%, 100%의 농도로 맞추고 앞서 기술한 방법에 따라 *C. acutatum*의 포자현탁액을 혼합 즉시 PDA 배지 상에 도말하여 형성된 균총수를 조사하였다. 또한 *P. hirsutum*의 경우 100%의 미산성 차아염소산수를 이용하여 처리시간을 10초(즉시 처리), 60초, 180초로 설정하고 포자발아 억제율

을 조사하였다.

식물병 방제 효과

미산성 차아염소산수의 식물병 방제제로서 활용가능성을 확인하고자 고추탄저병균 *C. acutatum*을 25~27°C의 조건에서 5~7일간 배양하고 포자를 생성시킨 다음 멸균된 증류수를 이용하여 $10^5 \sim 10^6$ spore/ml의 포자현탁액을 만들었다. 1% 차아염소산나트륨으로 표면 소독된 무상처의 고추 열매들(품종: 녹광)에 대해 2 ml의 접종원을 분무살포한 후 0, 2, 4, 6, 24시간 간격으로 미산성 차아염소산수를 분무 처리하였다. 이어서 고압 멸균시킨 페이퍼타올에 멸균수를 충분히 적셔 100% 알코올로 멸균된 플라스틱박스(27 cm × 21 cm × 8 cm, (주)락앤락)에 5~6과의 고추열매를 넣어 뚜껑을 덮고 25~27°C의 과습조건에서 1일간 보관한 후 페이퍼타올을 제거시키고 다시 밀폐상태에서 10일간 보관한 후 고추열매에 대한 이병율을 측정하여 방제가를 산출하였다. 발병률(%)은 처리구 당 시험개체 이병율합/처리구 시험 개체수로 하였으며, 방제가(%)는 (무처리구의 발병률-미산성 차아염소산수 처리구의 발병률/무처리구의 발병률)×100으로 산출하였다. 처리들 간 비교는 MYSTAT 통계프로그램을 이용하여 Duncan multiple range test (p=0.05)를 실시하였다.

결과 및 고찰

미산성 차아염소산수의 식물병원균류들에 대한 살균 효과

4%의 희석된 염산만을 무격막 전해조에서 전기분해를 통해 만들어진 유효염소 농도 20~30 ppm(HOCl 97%)과 pH 5.0~6.5인 미산성 차아염소산수를 이용해 다양한 식물병원균류들에 대한 살균효과를 조사하였다. 미산성 차아염소산수는 잣빛곰팡이병균 *B. cinerea*, 고추역병균 *P. capsici*, 고추탄저병균 *C. acutatum* 등의 포자에 매우 짧은 반응으로도 100% 살균효과를 나타냈으나(Table 1, Fig. 1), 마늘뿌름곰팡이병의 원인균인 *P. hirsutum* 포자에 대해서는 3분 이상의 처리시간이 필요했다(Fig. 1). 추가적인 연구가 요구되지만 미산성 차아염소산수는 많은 농작물의 수확 후 저장 및 유통시에 막대한 피해를 발생시키는 *B. cinerea*와 *P. hirsutum* 등과 같은 병원균류에 대해서 침지 및 세척의 방법을 사용하는 병방제용 살균제로 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 특히 *B. cinerea*의 경우에는 대부분 재배기간 내 식물체의 지상부에서 분생포자를 형성해 병진반을 실시하는데 감염전 공기 중 또는 식물체 표면에 존재할 경우 미산성차아염소산수의 처리시 살균효과는 매우 높을 것으로 예상된다. 한편, *P. capsici*와 *C. acutatum*의 경우 유기물에 닿으면 쉽게 분해되는 미산성 차아염소산의 특성상 병원균들이 토양 속에 존재할 때는 방제가 어렵지만 식물체 지상부에 노출된 병반에서 포자형성 단계에 처리된다

Table 1. Fungicidal activity of SAHW on some phytopathogenic fungi under treatment time within 10 sec

Pathogen	Control (cfu/ml)	Germination (cfu/ml)
<i>Phytophthora capsici</i>	2.1×10^3	0
<i>Botrytis cinerea</i>	4.7×10^3	0
<i>Colletotrichum acutatum</i>	3.2×10^3	0
<i>Penicillium hirsutum</i>	4.2×10^3	1.8×10^3

Fig. 1. SAHW (pH 5.5, 25 ppm) for inactivation of phytopathogenic fungi on PDA. Left: *Penicillium hirsutum*, Right: *Colletotrichum acutatum*.

Fig. 2. Fungicidal activity of diluted SAHW with sterilized distilled water against *Colletotrichum acutatum* on PDA.

면 병원균들의 밀도와 병발생율을 크게 낮출 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 미산성 차아염소산수가 다양한 식물병원균류들에 대해 강력한 살균효과가 있다는 것이 확인되어 작물재배기간 중 또는 수확 후 저장시 발생하는 식물병 방제에 대한 친환경 살균제로서의 활용가능성을 기대할 수 있었다.

처리농도별 살균 효과

농도별로 희석된 미산성 차아염소산수의 *C. acutatum*에 대한 살균효과를 확인한 결과 50%(유효염소농도 10~15 ppm) 이상으로 희석하여 사용시 모든 처리시간별 살균효과는 100%이었다(Fig. 2). 희석된 농도가 30% 이하로 낮아진 경우에는 63% 이하의 포자 발아 억제율을 나타냈지만 5분 이상의 처리시간을 둘 경우는 99% 이상의 포자 발아 억제율이 나타났다. 또한, *P. capsici*, *B. cinerea* 등에 대한 미산성 차아염소산수의 즉각적인 완전살균 가능 최저 농도도 30~50%(유효염소농도 6~15 ppm)이었으며 희석농도 30% 이하의 경우도 5분 이상의 처리시간으로 *C. acutatum*의 경우와 유사한 99% 이상의 살균효과가 나타났다(data not shown). 따라서 최초 생성된 미산성 차아염소산수(유효염소농도 대략 20~30 ppm)를 식물체 지상부에 살포할 경우 건조한 상태의 식물체 표면에 존재하는 대부분의 병원균류들을 즉시 살균시킬 수 있으며 수분이 존재하더라도 일정기간 동안 병원균과 접촉이 유지된다면 완전 살균효과가 나타날 것으로 예상된다. 또한 작물의 생육에 미치는 영향 등의 추가적인 연구가 필요하지만 처리농도가 30%(유효염소농도 6~9 ppm)일 경우 나타난 미산성 차아염소산수의 높은 살균효과는 작물재배시 병원균에 오염된 지하수 또는 양액에 대해 살균제로써 활용될 수 있음을 나타냈다.

식물병 방제효과

식물체 표면에 존재하는 병원균 포자에 대한 미산성 차아염소산수의 살균력을 조사하여 실제적인 병방제 활용가능성을 확인하고자 고추탄저병균 *C. acutatum* 포자를 건전한 고추열매에 무상처 접종한 후 처리시간에 차이를 두고 나타나는 병방제 효과를 조사하였다(Table 2, Fig. 3). 접종원과 미산성 차아염소산수를 동시에 처리한 경우와 무처리구는 병이 발생치 않았으나 병원균만 단독처리한 경우 고추탄저병 이병율은 45.2%로 나타났다. 포자를 접종한 후 각각 2시간과 4시간 그리고 6시간이 지나 미산성 차아염소산수를 처리한 결과 방제가는 각각 93.3%, 92.0%, 91.1%로 처리구간 큰 차이없이 매우 높게 나타났으나 접종 24시간 후 처리했을 때는 방제가가 70.4%로 감소했다. 이는 병원균의 포자가 식물체 내부로 침투하지 않

Table 2. Fungicidal effect of SAHW after spraying *Colletotrichum acutatum* on non-wounded pepper fruits

Treatment	Disease severity (%)	Control value (%)
SAHW + pathogen (within 10 sec)	0 d*	100
After 2 hours (SAHW)	3.1 c	93.3
After 4 hours (SAHW)	3.6 c	92.0
After 6 hours (SAHW)	4.1 c	91.1
After 24 hours (SAHW)	13.3 b	70.4
Positive control (only pathogen)	45.2 a	-
Negative control (only SDW)	0 d	-

*Different letters within columns indicated significant difference by DMRT ($p=0.05$).

고 표면에 존재한 것으로 예상되는 접종 6시간까지는 미산성 차아염소산수에 의한 살균으로 방제 효과가 높게 나타난 것으로 추정된다. 하지만 24시간 후의 결과처럼 포자 일부가 식물체 내부로 이미 침투했을 것으로 예상되는 경우는 약효가 미치지 못해 방제가가 감소하는 것으로 생각된다. 따라서 실제 포장에서는 병반 외부에 존재하며 병진반을 수행하는 병원균류의 포자밀도를 줄일 수 있도록 미산성 차아염소산수의 최적 처리시기 및 방법이 확립된다면 좀 더 효과적인 병방제가 이루어질 것으로 판단된다.

2000년대 초반부터 강산성 차아염소산수는 다양한 농작물의 저장 및 수송 시와 비닐하우스 등의 한정된 공간에서 발생하는 식물병원균류 *Aspergillus* (Xiong et al., 2010), *Botryosphaeria* (Al-Haq et al., 2002), *Botrytis* (Guentzel et al., 2011), *Cladosporium* (Zheng et al., 2010), *Colletotrichum* (Wu et al., 2004), *Helminthosporium* (Bucks et al., 2002), *Magnaporthe* (Tamaki et al., 2001), *Monilinia* (Al-Haq et al., 2001), *Penicillium* (Whangchai et al., 2010), *Puccinia* (Hao et al., 2006), *Sphaerotheca* (Xiao et al., 2003) 등에 대해 병방제를 위한 살균제로써 활용되어왔다. 국내에서도 주로 딸기, 포도, 사과 등의 농산물을 저장 또는 유통시 발생하는 유해미생물에 의한 부패를 막기 위해 강산성 차아염소산수를 침지, 가습, 세정 등의 방법을 통한 효과적인 활용에 관한 연구가 수행되어 왔다(Nimitkeatkai & Kim,

Fig. 3. Fungicidal effect of SAHW according to treatment interval after spraying *Colletotrichum acutatum* on pepper fruits. Only pathogen means positive control.

2009; Jang *et al.*, 2008; Jeong *et al.*, 2006). 하지만 강산성 차아염소산수는 강한 염소냄새와 낮은 pH로 주변 금속재료의 급속한 부식 우려와 투입원수의 비효율성 때문에 농업현장으로 폭넓게 적용하기에는 많은 제약이 뒤따랐다 (Issa-Zacharia *et al.*, 2010). 최근 강산성 차아염소산수와 차아염소산나트륨수는 주로 생활환경 분야와 관련된 기술 개발에 많이 활용되고 있으며 미산성 차아염소산수는 식품 분야에서 효과적인 미생물 관리와 관련된 많은 특허 출원 및 이의 다양한 활용방법에 관한 연구 대상으로 관심이 증가하고 있다(Kang *et al.*, 2010).

한편, 미산성 차아염소산수는 강력한 살균기능을 나타내는 OH^- 기를 강산성 차아염소산수보다 더 많은 가지고 있으며(Xiong *et al.*, 2010), 다른 전해수들에 비해 야외 작물 재배포장 및 비닐하우스 등지에서도 작업자가 안전하게 좀 더 저렴한 생산가로 대량 살포가 가능하고 농업환경에 거의 영향을 주지 않는 장점이 있는 것으로 알려져 있다 (Issa-Zacharia *et al.*, 2010; Jeong & Park, 2012; Soli *et al.*, 2010). 또한 식물병 방제에 사용되고 있는 기존 농약들의 대부분은 그 적용대상이 매우 한정적이지만 미산성 차아염소산수는 다양한 병원균류들에 대해 세포내 DNA와 효소에 대한 산화적 손상이나 세포막 파괴 등의 다양한 비특이적 살균작용을 가지고 있어(Jeong & Park, 2012; Xiong *et al.*, 2010) 저항성 유발 가능성도 낮을 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서 미산성 차아염소산수는 다양한 식물병원균류들에 대해 신속하고 강력한 살균력과 병발생 억제력을 갖고 있는 것으로 확인되어졌는데 추후 작물별 또는 적용병해별 최적 살포시기 및 방법을 체계적으로 확립하여 농업현장에 적용한다면 기존 농약 사용량의 감소 및 대체 유도가 가능해 친환경적 방제제로서 그 활용가치가 매우 높을 것으로 판단된다.

적 요

미산성 차아염소산수는 다양한 종류의 미생물들에 대해 강력한 살균력을 나타내지만 인간과 자연에 무해한 살균제로 잘 알려져 있다. 4%의 희석된 염산만으로 무격막 전해조에서 전기분해를 통해 만들어졌으며 유효염소 농도가 20~30 ppm(HOCl 97%)이고 pH 5.0~6.5인 미산성 차아염소산수의 식물병원균들에 대한 살균효과를 조사하였다. *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum acutatum*, *Phytophthora capsici* 등의 포자들에 대해서는 대략 10초 정도의 처리시간으로도 100% 살균효과가 나타났으나 *Penicillium hirsutum*의 경우는 3분 이상의 처리시간이 요구되었다. 희석농도에 따른 *C. acutatum*에 대한 살균효과를 조사한 결과 1:1(미산성 차아염소산수:멸균수)의 비율로 희석한 처리구에서는 포자 발아가 100% 억제되었으나 1:2 처리구에서는 63%로 억제율이 낮아졌다. 고추탄저병균 *C. acutatum*을 고추열매에 접종한 후 24시간이 지나서 처리된 미산성 차아염소산수의

병방제 효과를 조사한 결과 방제가는 70.4%였다. 본 연구를 통해 미산성 차아염소산수의 강하고 광범위한 살균력이 확인되었으며 식물병 방제를 위한 살균제로 유용하게 활용될 수 있을 것으로 예상됐다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 아젠다과제(PJ907050) 및 농림수산식품기술평가기획원의 생명산업기술개발사업(111155032 SB010)의 지원에 의해 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Al-Haq, M. I., Seo, Y., Oshita, S. and Kawagoe, Y. 2001. Fungicidal effectiveness of electrolyzed oxidizing water on postharvest brown rot of peach. *Hort. Sci.* 36:1310.
- Al-Haq, M. I., Seo, Y., Oshita, S. and Kawagoe, Y. 2002. Disinfection effects of electrolyzed oxidizing water on suppressing fruit rot of pear caused by *Botryosphaeria berengeriana*. *Food Res. Inter.* 35:657-664.
- Al-Haq, M. I., Sugiyama, J. and Isobe, S. 2005. Applications of electrolyzed water in agriculture & food industries. *Food Sci. Technol. Res.* 19:135-150.
- Buck, J. W., van Iersel, M. W., Oetting, R. D. and Hung, Y. C. 2002. In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. *Plant Dis.* 86:278-281.
- Buck, J. W., van Iersel, M. W., Oetting, R. D. and Hung, Y. C. 2003. Evaluation of acidic electrolyzed water for phytotoxic symptoms on foliage and flowers of bedding plants. *Crop Prot.* 22:73-77.
- Copping, L. G. and Duke, S. O. 2007. Natural products that have been used commercially as crop protection agent. *Pest Manag. Sci.* 63:524-554.
- Guentzel, J. L., Callan, M. A., Lam, K. L., Emmons, S. A. and Dunham, V. L. 2011. Evaluation of electrolyzed oxidizing water for phytotoxic effects and pre-harvest management of gray mold disease on strawberry plants. *Crop Prot.* 30:1274-1279.
- Hao, J. X., Li, L. T., Ma, Z. H., Cheng, Y. Q., Cai, C. J. and Liu, H. J. 2006. Study on electrolyzed functional water against wheat stripe rust. *China Plant Protection* 26:21-23. (in Chinese).
- Huang, Y. R., Hung, Y. C., Hsu, S. Y., Huang, Y. W. and Hwang, D. F. 2008. Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Cont.* 19:329-345.
- Issa-Zacharia, A., Kamitani, Y., Morita, K. and Iwasaki, K. 2010. Sanitization potency of slightly acidic electrolyzed water against pure cultures of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*, in comparison with that of other food sanitizers. *Food Cont.* 21:740-745.
- Jang, K. I., Lee, J. H., Choi, S. G. and Lee, H. B. 2008. Quality of stored grape (*Vitis labruscana*) treated with electrolyzed acid water humidification, electrolyzed acidic water sterilization and ozon water sterilization. *J. Agri. Life Sci.* 42:47-57. (in Korean).
- Jeong, K. J. and Park, S. G. 2012. Sterilization effect of electrolyzed oxidized water by electrochemical methode. *J. Indust. Sci. Technol.* 12:119-123. (in Korean).

- Kang, K. S., Kim, T. I., Lee, H. I., Han, H. J., Park, S. G., Kim, H. J., Han, S. D., Park, K. Y. and Rhee, Y. W. 2010. Investigation on the technology trend in electrolyzed sterilizing water by the patent analysis. *Appl. Chem. Engin.* 21: 188-194. (in Korean).
- Nimitkeatkai, H. and Kim, J. G. 2009. Washing efficiency of acidic electrolyzed water on microbial reduction and quality of 'Fuji' apples. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27:250-255.
- Oh, D. H. 2012. Application and technology trend of slightly acidic low concentration electrolyzed water. *Safe Food* 7:35-45. (in Korean).
- Okamoto, M., Komagata, Y., Okuda, S., Nishimoto, Y., Kamoshida, M., Nakamura, T. and Komiyama, K. 2006. Microbicidal effect of slightly acidic electrolyzed water. *J. Antibact. Antifungal Agents* 34:3-10. (in Japanese).
- Prutz, W. A. 1996. Hypochlorous acid interactions with thiols, nucleotides, DNA, and other biological substrates. *Arch. Biochem. Biophys.* 332:110-120.
- Soli, K. W., Motomatsui, A., Yoshizumi, A., Yamakawa, M., Mishima, T., Honjoh, K. I. and Miyamoto T. 2010. Comparison of the bactericidal effect of slightly acidic hypochlorous water with that of conventional sterilizers. *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 55:275-280.
- Tamaki, M., Kondo, S. and Sakai, Y. 2001. A study on the control of rice disease by electrolyzed water. *Environ. Cont. Biol.* 39: 85-101. (in Japanese).
- Whangchai, K., Saengnil, K., Singkamanee, C. and Uthaibutra, J. 2010. Effect of electrolyzed oxidizing water and continuous ozone exposure on the control of *Penicillium digitatum* on tangerine cv. 'Sai Nam Pung'during storage. *Crop Prot.* 29: 386-389.
- Wu, L., Xiao, W. H. and Li, L. T. 2004. Test of electrolyzed functional water inhibiting grape anthracnose. *Plant Prot.* 30:82-83. (in Chinese).
- Xiao, W. H., Li, L. T., Wang, H. M. and Li, Z. G. 2003. Report on the electrolyzed functional water against cucumber powdery mildew test. *Plant Prot.* 29, 50-51. (in Chinese).
- Xiong, K., Liu, H., Liu, R. and Li, L. 2010. Differences in fungicidal efficiency against *Aspergillus flavus* for neutralized and acidic electrolyzed oxidizing waters. *Int. J. Food Microbiol.* 137:67-75.
- Zheng, L., Liu, H. J., Hao, J. X., Yang, H. B. and Li, L. T. 2010. Control of tomato leaf mold with electrolyzed functional water in greenhouses. *Plant Prot.* 36:162-164. (in Chinese).