



최근 문제시 되는 수박 과일썩음병에 대한 방제효과 분석

백창기^{1,†} · 이성찬^{2,†} · 박미정¹ · 한경숙¹ · 김흥기³ · 이윤수⁴ · 박종한^{1,*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소,
³충남대학교 응용생물학과, ⁴강원대학교 식물자원응용공학과

Analysis of Control Efficacy of Bacterial Fruit Blotch Caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* in Recent Issues

Chang-Gi Back^{1,†}, Sung-Chan Lee^{2,†}, Mi-Jeoung Park¹, Kyung-Sook Han¹, Hong-Ki Kim³,
Yoon-Su Lee⁴ and Jong-Han Park^{1,*}

¹Horticultural and Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA

²Protected horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA

³Department of Applied Biology, Chonnam National University

⁴Department of Applied Plant Sciences, Kangwon National University

(Received on January 14, 2016. Revised on March 10, 2016. Accepted on March 13, 2016)

Abstract Bacterial fruit blotch (BFB) caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* is defective disease to watermelon cultivated areas. To control of BFB, we investigated control efficiency to use commercial anti-bacterial pesticides. Growth inhibition zone on medium were formed as oxolinic acid WP and oxytetracycline WP. Control efficacy of four anti-bacterial pesticides on seed and seedling stage were performed. As a results, oxytetracyclin WP is shown over 90% control efficiency on seed and acibenzolar-S-methyl + mancozeb WP shown over 90% control efficiency on seedling stage Hot-water treatment method could be possible to reduced infection rate on seed. The conditions of hot-water treatments are 50~55°C on 20~30 minutes. These results suggested that the methods were helpful watermelon seedling nursery to control of the bacterial fruit blotch by *A. avenae* subsp. *citrulli*.

Key words Anti-bacterial pesticides, Bacterial fruit blotch, Control, Hot-water treatment

서 론

수박 과일썩음병(bacterial fruit blotch)은 *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*에 의해 발병하는 병으로, 1980년대 미국 Indiana 남서부 지역의 수박 재배지역에서 대발생하여 경제적 피해를 일으켰다(Latin and Fane, 1990). 그 이후에 남아메리카, 호주, 아시아 등에서 멜론, 수박, 오이 등 박과작물에서 과일썩음병이 보고되었다(Cheng et al., 2000; Isakeit et al., 1997; Martin and O'Brien 1999; Shirakawa et al., 2000). 우리나라는 1991년 전북 고창에서 그 발생이 보고된

이후로 수박에서 주요병해로 인식되고 있으며(Song et al., 1991), 전남 광주, 나주지역의 멜론재배 농가에서도 발생하였다(Seo et al., 2006). 전 세계적으로 과일썩음병에 대한 연구는 박과작물에 발생하는 발생보고와 진단기술 개발이 주로 수행되었다(Ha et al., 2009; Latin and Hopkins, 1995; Schaad and Fredrick, 2002; Walcott et al., 2000). 최근, 국내에서는 과일썩음병균 신속하고 정확한 검출을 위해 nested PCR법과 real-time PCR법이 개발되었다(Cho et al., 2015; Kim et al., 2015). 수박 과일썩음병 방제를 위해 멀칭 종류별 발병 억제효과 검정, 나노 화학물을 이용한 항균활성 효과를 검정한 연구가 진행되었다(Lee et al., 2014; Kim et al., 2015). 최근, 국내에서는 과일썩음병균을 수집하고, 분자계통학적 유연관계를 분석하여 국내산 과일썩음병균에 유전적 변이가 있음을 보고하였다(Song et al., 2015). 수박 과일

*Corresponding author

E-mail: pjhn@korea.kr

†These authors contributed equally to this work

썩음병에 대한 다양한 연구가 진행되었지만, 실제로 수박 과일썩음병을 방제할 수 있는 연구는 다른 연구에 비해 미미하였다. 이로 인해 농가에서는 수박 과일썩음병이 발생하였을 경우, 초기방제에 사용할 방제용 약제 선택에 어려움을 겪고 있다. 이에 본 연구에서는 최근 문제시 되고 있는 수박 과일썩음병의 방제를 위해 국내에 시판되는 살세균제를 선별하여 기내 실험을 통해 과일썩음병균의 생육 억제효과를 검증하였다. 그리고 수박 과일썩음병 방제효과를 나타낸 살세균제를 이용하여 인공접종한 식물체를 이용한 병 방제효과를 검증하였다. 마지막으로 수박 과일썩음병 감염증자를 이용하여 온탕침지 방법에 따른 방제효과를 검증하여 시기별로 발생 가능한 수박 과일썩음병의 효과적인 방제방법을 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

살세균제를 이용한 과일썩음병균 생장억제 효과 검증

수박 과일썩음병을 일으키는 *A. avenae* subsp. *citrulli*의 방제용 살세균제를 선별하기 위해 시판중인 살세균제 37종을 대상으로 항세균활성을 평판배지에서 검증하였다. LB 고체배지(Tryptone 10 g, Yeast extract 5 g, Sodium chloride 10 g, Agar 15 g)에 수박에서 분리한 과일썩음병균(*A. avenae* subsp. *citrulli*)의 균주 현탁액(1×10^6 cfu/ml)을 50 ul 도말하고, 배지 중앙에 37종의 살세균제 희석액(1,000배 희석)을 묻힌 paper disk (직경 5 mm)를 각각 치상하였다. 본 시험은 3반복으로 수행하였고, 28°C 배양기에서 48시간 동안 배양한 후 paper disk 주변에 형성된 생장 저지대의 직경을 측정하여 과일썩음병균에 대한 살세균제별 생장억제 효과를 조사하였다.

병든 수박증자를 이용한 수박 과일썩음병 방제효과 검증

고체배지상에서 과일썩음병균의 생장억제효과를 나타낸 4종의 살세균제(옥솔린산 수화제, 옥시테트라사이클린 수화제, 옥시테트라사이클린+스트렙토마이신황산염 수화제, 아시벤졸라-에스-메틸+만코제브 수화제)를 1,000배액으로 희석하여 병든 수박증자를 1시간 동안 침지하였다. 이들 수박증자를 건조시킨 후 50구 포트에 파종하고 온도 25 ± 3°C, 습도 25 ± 10%, 자연광 조건의 온실 환경에서 재배하였다. 살세균제 침지처리에 따른 수박 과일썩음병의 이병묘율은 파종 5일과 파종 10일 후에 조사하고, 무처리구와 비교하여 그 방제효과를 검증하였다.

방제가(%) = (무처리구의 발병율 - 처리구의 발병율) / 무처리구의 발병율 × 100

유묘를 이용한 수박 과일썩음병 방제효과 검증

앞서 사용한 4종의 방제용 살세균제(옥솔린산 수화제, 옥

시테트라사이클린 수화제, 옥시테트라사이클린+스트렙토마이신황산염 수화제, 아시벤졸라-에스-메틸+만코제브 수화제)로 유묘기에 과일썩음병균을 인공접종하여 발병초기에 살세균제를 살포하여 방제효과를 검증하였다. 수박증자(품종 : 스피드꿀)를 포트에 이식하여 4주간 생장시킨 후 과일썩음병균을 1×10^8 cfu/ml 농도로 접종하고, 온도 25 ± 3°C, 상대습도 80% 이상에서 암조건으로 24시간 유지하였다. 선별된 살세균제를 1,000배로 희석시킨 후 7일 간격으로 3회 살포하였고, 최종 살포가 끝난 7일 후 이병엽율을 조사하고, 무처리구와 비교하여 방제효과를 검증하였다.

병든 종자에 온탕침지처리법을 이용한 수박 과일썩음병 방제효과 검증

수박 과일썩음병에 감염된 전염원을 만들기 위해 수박증자(품종 : 스피드꿀) 100g을 70% ethanol에서 30분간, 1% sodium hypochlorite에서 30분간 침지하고, 멸균수로 3회 세척한 후 24시간 건조하였다. 건조된 종자 30g을 삼각플라스틱에 넣고, 1 × phosphate buffer에 과일썩음병균을 1×10^8 cfu/ml 농도로 현탁액을 제조하여 감염처리와 함께 150 rpm으로 30분간 진탕배양을 실시하였다. 감염증자를 24시간 동안 자연건조시켰고, 이를 사용하여 온탕침지처리에 따른 종자소독 효과를 조사하였다. 온탕침지 처리온도는 45, 50, 55, 60°C로 설정하고 침지시간은 20분으로 처리하였다. 침지처리를 마친 수박증자는 50구 포트에 파종하고 25 ± 3°C 온실 환경조건에서 수박증자의 발아율을 검증하였다. 이들 중 50, 55°C 두 가지 시험구에 대해 온탕침지 처리시간을 20분, 30분으로 나눠서 이병묘율을 조사하였다. 수박 과일썩음병 이병묘율은 파종 후 7일, 17일 2회에 걸쳐 조사하였다.

통계처리

본 연구에서 수행한 모든 실험구는 3반복으로 실시하였고, 이들 결과값에 대해 평균값으로 표시하였다. 각 시험구에서 도출된 처리 평균간의 비교는 SAS 프로그램(SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA)으로 ANOVA 분석과 Duncan 다중검정법($P \leq 0.05$)으로 검증하였다.

결과 및 고찰

살세균제를 이용한 과일썩음병균 생장억제 효과

과일썩음병균(*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*)에 대한 살세균제 선별을 위해 시판되는 37종의 살세균제를 이용하여 고체배지 상에서 생장억제효과를 검증하였다. 그 결과, 4종의 살세균제 옥솔린산 수화제, 옥시테트라사이클린 수화제, 옥시테트라사이클린+스트렙토마이신 수화제, 아시벤졸라-에스-메틸+만코제브 수화제에서만 저지대를 형성하였다(Table 1). 이들 살세균제 중 가장 효과가 좋은 것은 옥솔린

Table 1. Growth inhibition zone of the 37 anti-bacterial pesticides against *Acidovorax citrulli* on LB medium

No.	Fungicides and formulation ^{a)}	Active ingredient (%)	Dilution rate	Growth inhibition zone (mm)
1	Acibenzolar-S-methyl + Chlorothalonil SC	1.42+44.5		-
2	Acibenzolar-S-methyl + Mancozeb WP	1+48		1.4±0.0d ^{b)}
3	Azoxystrobin WP	10		-
4	Azoxystrobin + Propiconazole EC	5.7+9.5		-
5	Bordeaux mixture WG	76.2		-
6	Carbendazim + Kasugamycin WP	40+3.45		-
7	Carpropamid SC	30		-
8	Carpropamid + Iminoctadine triacetate SC	7+5		-
9	Chlorothalonil + Kasugamycin SC	30+5		-
10	Copper hydroxide WP	77		-
11	Copper hydroxide + Oxadixyl WP	62+8		-
12	Copper oxychloride + Dithianon WP	42+13		-
13	Copper oxychloride + Kasugamycin WP	45+5.75		-
14	Copper sulfate basic WP	58		-
15	Cuprous oxide + Streptomycin WP	30+8		-
16	Dithianon WP	75		-
17	Dithianon + Kasugamycin WG	30+7.5		-
18	Fenoxanil WG	20		-
19	Ferimzone + Fthalide WG	15+15	1,000	-
20	Ferimzone + Isoprothiolane WP	30+15		-
21	Ferimzone + Tricyclazole WP	30+10		-
22	Ferimzone + Validamycin-A WP	30+5		-
23	Kasugamycin SL	2.3		-
24	Kasugamycin + Polyoxin D WG	9+4		-
25	Kasugamycin + Thiophanate-methyl SC	4.35+45		-
26	Kasugamycin + Tricyclazole WP	2+20		-
27	Oxolinic acid WP	20		3.7±0.1 a
28	Oxytetracyclin WP	17		1.9±0.1 b
29	Oxytetracycline + Streptomycin (sulfate salt) WP	1.5+18.8		1.3±0.1 c
30	Probenazole GR	6		-
31	Propiconazole + Tricyclazole SE	10+32		-
32	Streptomycin WP	20		-
33	Streptomycin + Validamycin-A WP	5+15		-
34	Tribasic copper sulfate SC	15		-
35	Tricyclazole WP	75		-
36	Tricyclazole + Validamycin-A SC	20+5		-
37	Validamycin-A WG	20		-

^{a)}EC : Emulsifiable concentrate, GR : Granule, SC : Suspension concentrate, SE : Suspo-emulsion, SL : Soluble liquid, WG : Water dispersible granule, WP : Wettable powder.

^{b)}Values denoted by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

산 수화제였고, 옥시테트라사이클린 수화제도 단제로 사용하는 것이 합제로 사용한 것에 비해 효과가 좋았다. 이는 살세균제에 포함된 원제의 함량의 차이로 판단된다. 옥솔린산 수화제와 옥시테트라사이클린 수화제는 애호박 세균점무늬

병원균(*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*)에 대한 생장저지대 형성 효과가 다른 살세균제에 비해 높은 것으로 나타났다(Park et al., 2015). 또한 본 논문에서 단제로 사용한 옥시테트라사이클린 수화제가 합제로 사용된 옥시테트라사이클

Table 2. Control efficacy of seed soaking treatment of 4 anti-bacterial pesticides against the bacterial fruit blotch caused by *Acidovorax citrulli*. The control values were investigated as anti-bacterial pesticides spray after 5 days and 10 days

Anti-bacterial pesticides	Before spray		Anti-bacterial pesticides spray after 5 days		Anti-bacterial pesticides spray after 10 days	
	Rate of diseased plant	Control value (%)	Rate of diseased plant	Control value (%)	Rate of diseased plant	Control value (%)
Acibenzolar-S-methyl + mancozeb WP	1.5a ^{a)}	-	2.3c	94.9	2.7c	94.8
Oxolinic acid WP	3.0a	-	6.5bc	85.8	7.8c	84.7
Oxytetracyclin WP	2.8a	-	10.0bc	78.2	11.0bc	78.5
Oxytetracycline + streptomycin (sulfate salt) WP	2.5a	-	16.7bc	63.6	21.5b	58
Untreated	3.2a	-	45.8a	-	51.2a	-

^{a)}Values denoted by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Table 3. Control efficacy of 4 anti-bacterial pesticides of the bacterial fruit blotch on seedling stage of watermelon. The control values were investigated as fungicide treat after 5 days and 10 days

Anti-bacterial pesticides	Rate of diseased plant (%)		Control value (%)	
	After 5 days	After 10 days	After 5 days	After 10 days
Acibenzolar-S-methyl · mancozeb WP	47.1	62.3	25.6±18.4 c ^{a)}	14.7±12.7 b
Oxolinic acid WP	20.6	37.6	64.1±16.1 b	44.2±23.9 b
Oxytetracyclin WP	1	6.8	98.5±2.4 a	90.3±8.1 a
Oxytetracycline · streptomycin (sulfate salt) WP	9.4	32.1	83.5±13.7 ab	51.2±25.2 b
Untreated	60.3	68.7	-	-

^{a)}Values denoted by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

린+스트렙토마이신 수화제에 비해 생장억제 효과가 있는 것으로 나타났다. 주로 곰팡이병 방제에 사용되는 살세균제 아시벤졸라-에스-메틸+만코제브 수화제에서도 생장저지대가 형성되었다. 이상의 결과를 바탕으로 과일썩음병균 방제용 살세균제로는 4종의 살세균제가 가능성이 있는 것으로 판단되었다. 나머지 살세균제에서는 LB 고체배지상에서의 생장억제효과가 확인되지 않았다.

병든 수박종자를 이용한 수박 과일썩음병 방제효과

병든 수박종자를 4종의 살세균제에 침지처리하고 파종 후 이병묘율을 조사하였다. 그 결과, 무처리구는 파종 5일차와 파종 7일차에 각각 60.3%, 68.7%의 이병묘율을 나타내었다 (Table 2). 반면, 옥시테트라사이클린 수화제는 파종 5일차에는 이병묘율이 1%로 나타나 98% 이상의 높은 방제효과를 보였고, 파종 10일차에는 6.8%의 이병묘율을 나타내 90% 가량의 방제효과를 보였다. 또한, 옥시테트라사이클린+스트렙토마이신 수화제는 9.4%의 이병묘율을 보여, 83%의 방제효과를 보였다. 이는 앞선 고체배지상에서의 생장억제효과 결과와 매우 유사하게 옥시테트라사이클린 수화제로 사용하는 것이 수박 과일썩음병 방제에 효과적인 것으로 판단된다. 하지만 고체배지상에서 생장억제효과가 좋았던 옥솔린산 수화제는 이병묘율이 파종 5일차에 20%였고, 방제

효과도 64%로 낮게 나타났다(Table 2). 아시벤졸라-에스-메틸이 함유된 수화제는 고추세균점무늬병균(*Xanthomonas euvesicatoria*)에서 방제효과가 높은 것으로 확인되었으나 (Kim et al., 2012), 수박 과일썩음병에서는 아시벤졸라-에스-메틸+만코제브 수화제는 47%의 이병묘율로 25%의 방제효과를 보여 4종의 살세균제 중 가장 미미하였다.

유묘를 이용한 수박 과일썩음병 살세균제 방제효과

과일썩음병균에 생장억제효과를 보인 4종의 살세균제를 각각 1,000배액으로 제조하여 7일 간격으로 3회 인공접종한 병든 수박 유묘에 살포하였다. 약제살포가 종료된 5일 후와 10일 후 수박 과일썩음병 감염유무를 이병엽율로 확인하고 무처리구와 비교한 방제효과를 알아보았다. 그 결과, 4종의 살세균제 모두 무처리구 대비 60% 이상의 방제효과를 보였다. 이 중 아시벤졸라-에스-메틸+만코제브 수화제는 최종 살세균제 살포일로부터 5일차와 10일차에 조사한 결과 94.9%와 94.8%의 방제효과를 보였다. 이는 고체배지를 이용한 생장억제효과 결과와 병든 수박종자를 이용한 수박 과일썩음병 방제효과 결과와는 다른 결과를 보였다. 고체배지에서 생장억제 효과를 보였던 옥솔린산 수화제도 5일차와 10일차에 85.8%, 84.7%의 방제효과를 보여 과일썩음병 방제에 가능성이 있는 것으로 판단되었다(Table 3). 반면, 병

든 수박종자의 침지처리를 통한 방제효과 검증에서 좋은 효과를 보였던 옥시테트라사이클린 수화제는 약제처리 후 5일 차에 방제효과가 78%로 다른 살세균제에 비해 낮게 나타났고, 옥시테트라사이클린+스트렙토마이신황산염 수화제도 63%로 다소 낮았다. 본 결과는 애호박 세균점무늬병 *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*의 효과적인 방제를 위해 종자와 유묘기에 옥시테트라사이클린+스트렙토마이신 수화제를 사용한 연구과 다소 상이한 결과를 보였으나, 본 문헌에서도 유묘기 방제에서는 옥시테트라사이클린 수화제가 49%의 방제효과만 보였으나, 종자 침지처리에서는 90% 이상의 높은 방제효과를 나타낸 연구결과는 일치하였다(Kim et al., 2015).

따라서, 수박 과일썩음병의 감염경로에 따라서 방제방법과 사용되는 살세균제를 달리 해야한다. 즉, 파종 전 수박종자를 수박 과일썩음병으로부터 보호할 때는 옥시테트라사이클린 수화제를 사용하고, 파종 후 발병초기에 수박 과일썩음병이 발생하였을 때는 옥시테트라사이클린 수화제보다는 옥솔린산과 아시벤졸라에스메틸+만코지브 수화제를 사용하는 것이 병 방제효과가 높을 것으로 판단된다.

병든 종자에 온탕침지처리법을 이용한 수박 과일썩음병 방제효과

병든 수박종자를 이용하여 온탕침지 처리방법으로 수박 과일썩음병에 대한 방제효과 유무를 검증하였다. 우선 온탕침지 처리온도를 45, 50, 55, 60°C로 설정하여 20분간 침지 처리하고, 수박종자를 파종하여 온실 환경조건(25 ± 3°C)에서 생장시켰다. 온탕침지 처리온도에 따른 수박종자의 발아율을 검증한 결과, 파종 2일 차부터 발아를 시작하였고, 45°C와 50°C의 경우 각각 100%, 90%의 발아율을 보였다. 반면, 55°C와 60°C는 수박종자의 발아율이 각각 30%와 0%로 나타났다. 파종 4일 차에는 50°C 시험구에서 모두 발아하였고, 55°C와 60°C는 각각 96.7%, 83.3%까지 발아율이 높아졌다(Table 4). 따라서, 수박종자의 발아율로 온탕침지 온도를 설정하기에는 45~55°C가 적정하였다. 다음으로 온탕침지처리 방법을 이용한 과일썩음병 병든 수박종자의 병 발생율을 검증하였다. 온탕침지처리 온도는 50°C와 55°C 두 가지로 선정하였으며, 침지시간을 25분과 30분으로 나눠 검증하였다. 온탕침지 처리 후 병든 수박종자를 파종하였고, 파종 7일 후 병든 묘율을 조사한 결과, 온탕침지 처리법을 실시한 모든 시험구에서 과일썩음병에 의한 병 발생이 전혀 없었다. 반면, 무처리구의 경우, 이병묘율이 100%로 나타났다(Table 4). 파종 17일 후, 이병묘율을 2차 조사하였으나, 온탕침지 처리법을 실시한 모든 시험구에서 병 발생이 없었다. 따라서, 수박종자의 경우, 과일썩음병에 의한 피해를 줄이기 위해서는 온탕침지 처리법을 이용하는 것도 하나의 방제방법이 될 것으로 판단되었다.

Table 4. Control efficacy of hot-water treatment methods on seeds which were artificial infected by *Acidovorax citrulli* causing bacterial fruit blotch. The control values were investigated as hot-water treatment after 7 days and 17 days

Treatment		Rate of diseased plant (%)	
Temperatures (°C)	Time	After 7 days	After 17 days
50	25	0	0
	30	0	0
55	25	0	0
	30	0	0
untreated	-	100	100

수박 과일썩음병은 수박재배농가뿐만 아니라 육묘장에서도 발생하여, 수박 재배농가와 육묘 재배농사자에 주요 관리병해이다. 본 연구에서는 수박 과일썩음병을 방제하기 위해 종자, 유묘 등 발생 시기별로 방제방법을 제시하였다. 먼저 수박 과일썩음병으로부터 수박종자를 보호하기 위해서는 화학적 방제방법으로 옥시테트라사이클린 수화제를 이용한 침지방법이 있다. 경종적 방제방법으로는 수박종자를 온탕침지 처리하는 방법으로 50~55°C 온수에서 20~30분간 실시하는 것이다. 마지막으로 수박 유묘기에 발생하는 수박 과일썩음병 발병 초기에는 옥솔린산 수화제과 아시벤졸라에스메틸+만코제브 수화제를 사용하는 것이 효과적이다. 따라서, 수박종자와 수박 유묘기에 발생하는 수박 과일썩음병을 살세균제와 온탕침지 처리법에 의해 효율적인 방제가 가능하므로 앞으로 수박 과일썩음병 방제효과를 크게 높일 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산물식품부 농림수산물기획평가원 GSP 채소종자사업단 과제(과제번호: 213002-04-4-SU000)의 지원에 의해서 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

Literature Cited

Cheng, A. H., Y. L. Hsu, T. C. Huang and H. L. Wang (2000) Susceptibility of cucurbits to *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* and control of fruit blotch on melon. *Plant Pathol. Bull.* 9:151-156.

Cho, M. S., D. H. Park, T. Y. Ahn and D. S. Park (2015) Rapid and specific detection of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* using SYBR green-based real-time PCR amplification of the YD-repeat protein gene. *J. Microbiol. Biotechnol.* 25:1401-1409.

Ha, Y., A. Fessehaie, K. S. Ling, W. P. Wechter, A. P. Keinath and R. R. Walcott (2009) Simultaneous detection of

- Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* and *Didymella bryoniae* in cucurbit seedlots using magnetic capture hybridization and real-time polymerase chain reaction. *Phytopathology* 99:666-678.
- Isakeit, T., M. C. Black, L. W. Barnes, and J. B. Jones (1997) First report of infection of honeydew with *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Plant Dis.* 81:694-701.
- Kim, A. H., C. L. Yeon, J. H. Kim and H. T. Kim (2012) Controlling activity of Bion-M against bacterial spot caused by *Xanthomonas euvesicatoria*. *Korean J. Pestic. Sci.* 16:171-177. (in Korean)
- Kim, S. W., M. Adhikari, D. Yadav, H. G. Lee, Y. H. Um, H. S. Kim and Y. S. Lee (2015) Antimicrobial activity of nano materials against *Acidovorax citrulli* and other plant pathogens. *Res. Plant Dis.* 21:12-19. (in Korean)
- Kim, Y. T., K. S. Park, H. Y. Kim, H. I. Lee and J. S. Cha (2015) Development of nested-PCR assay to detect *Acidovorax citrulli*, a causal agent of bacterial fruit blotch at cucurbitaceae. *Res. Plant Dis.* 21:74-81. (in Korean)
- Latin, R. X. and K. K. Fane (1990) Bacterial fruit blotch of watermelon in Indiana. *Plant Dis.* 74:331-335.
- Latin, R. X. and D. L. Hopkins (1995) Bacterial fruit blotch of watermelon: the hypothetical question becomes reality. *Plant Dis.* 79:761-765.
- Lee, S. C., K. S. Han, J. W. Soh and J. H. Park (2014) Effect of mulching materials for suppression of bacterial fruit blotch of watermelon. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 32(SUPPL. II):117. (in Korean)
- Martin, H. L., R. G. O'Brien and D. V. Abbott (1999) First report of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* as a pathogen of cucumber. *Plant Dis.* 83:965.
- Park, K. S., Y. T. Kim, H. S. Kim, J. S. Cha and K. H. Park (2015) Selection of the antibacterial agents for control against *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* causing leaf spot disease on green pumpkin (*Cucurbita moschata*). *Korean J. Pestic. Sci.* 19:119-124. (in Korean)
- Schaad, N. W. and R. D. Freederick (2002) Real-time PCR and its application for rapid plant disease diagnostics. *Can. J. Plant Pathol.* 34:250-258.
- Seo, S. T., J. H. Park, J. S. Lee, K. S. Han and S. R. Cheong (2006) Bacterial fruit blotch of melon caused by *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*. *Res. Plant Dis.* 12:185-188. (in Korean)
- Shirakawa, T., S. Kikuchi, T. Kato, A. Abiko and A. Kaiwa (2000) Occurrence of watermelon bacterial fruit blotch in Japan. *Jpn. J. Plant Pathol.* 66:223-231.
- Song, J. Y., S. J. Park, M. W. Seo, M. H. Nam, H. S. Lim, S. C. Lee, Y. S. Lee and H. G. Kim (2015) Genetic characteristics of *Acidovorax citrulli* population causing bacterial fruit blotch against cucurbits in Korea. *Res. Plant Dis.* 21:82-88. (in Korean)
- Song, W. Y., H. M. Kim, I. Y. So and Y. K. Kang (1991) *Pseudomonas pseudoalcaligenes* subsp. *citrulli*: The causal agent of bacterial fruit blotch rot on watermelon. *Korean J. Plant Pathol.* 7:177-182.
- Walcott, R. R., D. B. Langston, H. H. Sanders and R. D. Gitaitis (2000) Investigating intraspecific variation of *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli* using DNA fingerprinting and whole cell fatty acid analysis. *Phytopathology* 90:191-196.

최근 문제가 되는 수박 과일썩음병에 대한 방제효과 분석

백창기^{1,†} · 이성찬^{2,†} · 박미정¹ · 한경숙¹ · 김흥기³ · 이윤수⁴ · 박종한^{1,*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소, ³충남대학교 응용생물학과, ⁴강원대학교 식물자원응용공학과

요약 *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*에 의해 발생하는 수박 과일썩음병은 수박재배지역에 문제병해이다. 수박 과일썩음병 방제를 위해 시판되는 살세균제로 방제효과 조사하였다. 고체배지를 이용한 생장억제효과를 검정한 결과, 옥솔린산 수화제, 옥시테트라사이클린 수화제 등에서 과일썩음병균 생장억제효과가 나타났다. 총 4종의 살세균제를 사용하여 종자침지, 유평기에 발생한 수박 과일썩음병 방제효과를 검정한 결과, 종자침지에서는 옥시테트라사이클린 수화제가 90% 이상의 방제효과를 보였고, 유평기에 발생한 수박 과일썩음병 방제에는 아시벤졸라-에스-페틸+만코제브 수화제가 90% 이상의 방제효과를 보였다. 온탕침지 처리법으로도 병든 수박종자에 발생하는 수박 과일썩음병 감염율을 효과적으로 낮출 수 있는데, 그 처리조건은 50~55°C에서 20~30분간 처리하는 것이다. 이러한 결과들은 수박 재배농가와 육묘재배인이 사용 가능한 방법으로 수박 과일썩음병의 효율적인 방제법이 확립되는데 도움이 될 것으로 판단된다.

색인어 살세균제, 수박 과일썩음병, 온탕침지, 방제