



## 최근 문제시 되는 수박 과일썩음병에 대한 방제효과 분석

백창기<sup>1,†</sup> · 이성찬<sup>2,†</sup> · 박미정<sup>1</sup> · 한경숙<sup>1</sup> · 김흥기<sup>3</sup> · 이윤수<sup>4</sup> · 박종한<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소,

<sup>3</sup>충남대학교 응용생물학과, <sup>4</sup>강원대학교 식물자원응용공학과

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

Chang-Gi Back<sup>1,†</sup>, Sung-Chan Lee<sup>2,†</sup>, Mi-Jeoung Park<sup>1</sup>, Kyung-Sook Han<sup>1</sup>, Hong-Ki Kim<sup>3</sup>,  
Yoon-Su Lee<sup>4</sup> and Jong-Han Park<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Horticultural and Herbal Crop Environment Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA

<sup>2</sup>Protected horticulture Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA

<sup>3</sup>Department of Applied Biology, Chonnam National University

<sup>4</sup>Department 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 검증, 나노 화학물을 이용한 항균활성 효과를 검증한 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 선발하여 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 선발하기 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( $1 \times 10^6$  cfu/ml)을 50  $\mu$ l 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 수박종자를 이용한 수박 과일썩음병 방제효과 검증

고체배지상에서 과일썩음병균의 생장억제효과를 나타낸 4종의 살세균제(옥솔린산 수화제, 옥시테트라사이클린 수화제, 옥시테트라사이클린+스트렙토마이신 수화제, 아시벤졸라-에스-메틸+만코제브 수화제)를 1,000배액으로 희석하여 병든 수박종자를 1시간 동안 침지하였다. 이들 수박종자를 건조시킨 후 50구 포트에 파종하고 온도  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ , 습도  $25 \pm 10\%$ , 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  $\times 100$

### 유묘를 이용한 수박 과일썩음병 방제효과 검증

앞서 사용한 4종의 방제용 살세균제(옥솔린산 수화제, 옥

시테트라사이클린 수화제, 옥시테트라사이클린+스트렙토마이신 수화제, 아시벤졸라-에스-메틸+만코제브 수화제)로 유묘기에 과일썩음병균을 인공접종하여 발병초기에 살세균제를 살포하여 방제효과를 검증하였다. 수박종자(품종 : 스피드꿀)를 포트에 이식하여 4주간 생장시킨 후 과일썩음병균을  $1 \times 10^8$  cfu/ml 농도로 접종하고, 온도  $25 \pm 3^\circ\text{C}$ , 상대습도 80% 이상에서 암조건으로 24시간 유지하였다. 선발된 살세균제를 1,000배로 희석시킨 후 7일 간격으로 3회 살포하였고, 최종 살포가 끝난 7일 후 이병묘율을 조사하고, 무처리구와 비교하여 방제효과를 검증하였다.

### 병든 종자에 온탕침지처리법을 이용한 수박 과일썩음병 방제효과 검증

수박 과일썩음병에 감염된 전염원을 만들기 위해 수박종자(품종 : 스피드꿀) 100g을 70% ethanol에서 30분간, 1% sodium hypochlorite에서 30분간 침지하고, 멸균수로 3회 세척한 후 24시간 건조하였다. 건조된 종자 30g을 삼각플라스크에 넣고,  $1 \times$  phosphate buffer에 과일썩음병균을  $1 \times 10^8$  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 수박종자는 50구 포트에 파종하고  $25 \pm 3^\circ\text{C}$  온실 환경조건에서 수박종자의 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 선발을 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 <sup>a)</sup>	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 <sup>b)</sup>
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		-

<sup>a)</sup>EC : Emulsifiable concentrate, GR : Granule, SC : Suspension concentrate, SE : Suspo-emulsion, SL : Soluble liquid, WG : Water dispersible granule, WP : Wettable powder.

<sup>b)</sup>Values denoted by the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (P ≤ 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

병균(*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 <sup>a)</sup>	-	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	-

<sup>a)</sup>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 <sup>a)</sup>	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	-	-

<sup>a)</sup>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 적절하였다. 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 육묘장에서 발생하여, 수박 재배농가와 육묘 재배종사자에 주요 관리병해이다. 본 연구에서는 수박 과일썩음병을 방제하기 위해 종자, 육묘 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 수화제와 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 농림수산식품부 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 문제시 되는 수박 과일썩음병에 대한 방제효과 분석

백창기<sup>1,†</sup> · 이성찬<sup>2,‡</sup> · 박미정<sup>1</sup> · 한경숙<sup>1</sup> · 김흥기<sup>3</sup> · 이윤수<sup>4</sup> · 박종한<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 원예특작환경과, <sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 시설원예연구소,

<sup>3</sup>충남대학교 응용생물학과, <sup>4</sup>강원대학교 식물자원응용공학과

**요약** *Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*에 의해 발생하는 수박 과일썩음병은 수박재배지역에 문제병해이다. 수박 과일썩음병 방제를 위해 시판되는 살세균제로 방제효과 조사하였다. 고체배지를 이용한 성장억제효과를 검정한 결과, 옥솔린산 수화제, 옥시테트라사이클린 수화제 등에서 과일썩음병균 성장억제효과가 나타났다. 총 4종의 살세균제를 사용하여 종자침지, 유묘기에 발생한 수박 과일썩음병 방제효과를 검정한 결과, 종자침지에서는 옥시테트라사이클린 수화제가 90% 이상의 방제효과를 보였고, 유묘기에 발생한 수박 과일썩음병 방제에는 아시벤졸라-에스-메틸+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