식물병연구
Res. Plant Dis. 17(3) : 295–301 (2011)
http://dx.doi.org/10.5423/RPD.2011.17.3.295

Research Article | Open Access

Research in Plant Disease
©The Korean Society of Plant Pathology

살균제 살포횟수 감소를 위한 딸기 탄저병 방제프로그램

남명현 · 김현숙 · 남윤규 · N. A. Peres[1] · 김홍기[2*]
충남농업기술원 논산딸기시험장, [1]플로리다대학교 식물병리학과, [2]충남대학교 응용생물학과

Fungicide Spray Program to Reduce Application in Anthracnose of Strawberry

Myeong Hyeon Nam, Hyeon Suk Kim, Yun Gyu Nam, N. A. Peres[1] and Hong Gi Kim[2*]
Nonsan Strawberry Experiment Station, Chungnam Agricultural Research and Extension Serveces, Nonsan 320-862, Korea
[1]Department of Plant Pathology, University of Florida, Wimauma 33598, USA
[2]Department of Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
(Received on October 17, 2011; Revised on December 11, 2011; Accepted on December 11, 2011)

The effect of various fungicides on anthracnose of strawberry, caused by *Colletotrichum gloeosporioides*, was determined *in vitro*, and in greenhouse and field trials. The EC_{50} values of benomyl were clearly different between two sensitive and resistant groups of isolates. Iminoctadine tris had lower EC_{50} values than mancozeb and propineb as protective fungicides and the response of mancozeb, propineb and azoxystrobin was variable depending on the isolate. In the greenhouse, pre- and post- inoculation fungicide applications significantly reduced disease compared to the non-treated control. Propineb, mancozeb and azoxystrobin were effective in controlling the disease when applied prior to inoculation. Metconazole and prochloraz-Mn treatments as ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicides had the lowest incidence of anthracnose. In the nursery field trials in 2009 and 2010, the reduced fungicide spray program provided similar levels of disease control compared to the calendar-based applications with captan. A reduced spray program based on efficacious fungicides such as prochloraz-Mn will be useful for strawberry growers and provide more options for controlling anthracnose in Korea.

Keywords **: EC_{50}, Prochloraz-Mn, Seolhyang**

서 론

현재 재배되고 있는 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 국내의 생산액이 2010년 1조 542억원으로 전체 채소생산액의 12.6%를 차지하는 중요한 작물로(Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 2011), 2010년도 국내의 딸기 재배면적은 7,049 ha, 생산량은 231,803톤으로 '설향' 품종이 전체의 51.8%를 차지하고 있으며 그 외 '매향', 'Akihime' 'Redpearl' 등이 재배되고 있다(Korea Rural Economic Institute, 2011). 현재 이들 품종 모두가 탄저병에 감수성으로 육묘기와 정식 직후에 발생하여 최대 30% 이상의 큰 피해를 입히고 있다(Nam 등, 2009).

*Corresponding author
Phone) +82-42-821-5768, Fax) +82-42-823-8679
Email) hgkim@cnu.ac.kr

빗물에 의해 전염되는 탄저병을 효과적으로 방제하기 위해 비가림 육묘재배가 크게 증가하고 있으나 비가림 재배에서도 7월과 8월 자묘 분리 후 두상관수에 의한 탄저병이 발생하여 문제가 되고 있다. 딸기 탄저병의 방제를 위해서는 약제처리가 가장 효과적이며 국내에 11약제가 등록되어 있지만(Korea Crop Protection Association, 2011) 어떤 약제를 어떤 시기에 처리해야 효과적인지에 대한 정보가 부족한 실정이다. 현재 딸기 탄저병 방제를 위해 노지 육묘의 경우 20회 이상의 약제살포가 무분별하게 이용되고 있으며 약제살포 횟수를 줄이기 위한 효과적인 약제선발, 체계적인 방제력 구축 등 많은 노력이 진행되고 있다. 특히 딸기에 발생하는 탄저병균 *Colletotrichum gloeosporioides*(Nam 등, 1998)는 실내검정에서 benomyl에 저항성이 보고되어 있으며(Kim 등, 2007), azoxystrobin과 prochloraz-Mn는 실내외 검정에서 효과적으로 병원균을 억제할 수 있다고 한다(Freeman 등, 1997; Kim 등,

2002; Kim과 Nam, 1999). 따라서, 약제살포에 의한 오남용을 줄이고 효과적으로 탄저병을 방제하기 위해 약제별 방제효과 및 방제시기에 대한 보다 정확한 지식이 요구되고 있다.

본 연구에서는 딸기 탄저병에 효과적인 약제선발을 위해 *in vitro* 및 포트 검정을 실시하여 각 약제별 예방 및 치료효과를 조사하고, 선발된 약제에 대한 딸기 육묘포장에서의 살균제 처리 프로그램을 만들어 실용적인 활용가능성을 확인하고자 2009년과 2010년에 노지 육묘포장에서 이에 대한 탄저병 방제효과를 검토하였다.

재료 및 방법

시험약제. 작물의 탄저병 방제에 이용되고 있는 benomyl (50%, 벤레이트수화제, 신젠타), captan(50%, 캡탄수화제, 영일케미컬), mancozeb(75%, 만코지수화제, 동부하이텍), propineb(70%, 안트라콜수화제, 바이엘), iminoctadine tris (30%, 부티나액상수화제, 동부한농), tebuconazole(25%, 실바코수화제, 바이엘), bitertanol(25%, 바이코수화제, 동부하이텍), difenoconazole(10%, 보가드입상수화제, 신젠타), prochloraz-Mn(50%, 스포로곤수화제, 한국삼공), azoxystrobin(20%, 오티바액상수화제, 신젠타), pyraclostrobin (22%, 카브리오유제, 한국삼공) 등 시중에서 판매되고 있는 11종 시험약제로 실험을 실시하였다.

시험병원균 및 약제에 대한 감수성 시험. 사용된 탄저병균은 논산딸기시험장에서 2005년부터 2008년까지 딸기 이병체에서 탄저병균을 분리하여 보관중인 CGF050604 등의 15균주를 사용하였다(Table 1). 이들 균주는 병원균의 형태적 특징(Nam 등, 1998)과 Talhinhas(2005) 등이 개발한 종 특이적인 primer(TBCG+TB5)를 이용하여 *C. gloeosporioides*로 동정한 후 사용되었다.

각 약제에 대한 EC_{50} 규명을 위해 benomyl은 1000, 100, 10, 1 μg/ml, mancozeb, propineb, iminoctadine tris, tebuconazole, difenoconazole, prochloraz-Mn의 6종은 500, 50, 5, 0.5 μg/ml, azoxystrobin과 pyraclostrobin은 100, 10, 1, 0.1 μg/ml 유효농도로 환산하여 시험에 공시하였다. 시험한 모든 살균제는 PDA(potato dextrose agar, Difco, USA)에 첨가하였으며, PDA배지에서 7일 동안 배양한 병원균들의 균총 5 mm 균사 선단을 각각의 살균제가 첨가된 PDA 배지에 접종하여 27ºC의 암상태에서 5일 동안 배양한 다음, 개별 균주의 균총 직경을 측정하여 아래와 같이 균사생장 억제율을 계산한 후, Microsoft Excel의 EXP 함수를 이용하여 EC_{50}을 계산하였다(Kim 등, 2005).

살균제의 예방 및 치료 효과. 전체 9종 약제의 예방 및 치료효과 조사를 위해 2008년 '설향' 품종을 대상으로 포트에서 시험을 실시하였다. 각 약제의 처리농도는 propineb 500배, mancozeb 500배, iminoctadine tris 1,000배, difenoconazole 2,000배, tebuconazole 2,000배, metconazole 3,000배, prochloraz-Mn 2,000배, azoxystrobin 2,000배, pyraclostrobin 4,000배로 하였다. '설향' 품종은 전년 조직 배양묘에서 증식하여 냉장보관 중인 자묘를 포트(ϕ13 cm 삼공포트, 범농)에 이식하여 제3본엽이 출현된 후 사용하였다. 병원균은 2008년 CGF071201균주를 이용하여 1×10^6 conidia/ml 농도로 포자현탁액을 만들어 소형 분무기(650 ml, A3-700, 아폴로산업)로 주당 1 ml씩 분무접종하였다. 약제의 예방효과를 위한 처리는 병원균 접종 2, 5, 7일전, 치료효과를 위한 처리는 병원균 접종 1, 2, 3일 후에 실시하였다. 이병율 조사는 병원균 접종 30일 후 이병지수를 조사하였으며 이병지수는 0; 건전, 1; < 50% 엽병 감염, 2; > 50% 엽병 감염, 3; 시들음. 4; 고사로 설정하였다 (Nam 등, 2006). 예방 및 치료효과 검정을 위해 처리당

Table 1. Origins of *Colletotrichum gloeosporioides* isolates obtained from strawberry

Isolate	Year	Cultivar	Isolated tissue	Origin
CGF050604	2005	Johong	Crown	Busan
CGF050703	2005	Maehyang	Crown	Busan
CGF060302	2006	Keumhyang	Crown	Nonsan, Chungnam
CGF060617	2006	Redpearl	Crown	Gangneung, Gangwon
CGF060801	2006	Seolhyang	Crown	Hongseong, Chungnam
CGF060810	2006	Sachinoka	Leaf	Hongseong, Chungnam
CGF071120	2007	Seolhyang	Runner	Nonsan, Chungnam
CGF071127	2007	Seolhyang	Root	Nonsan, Chungnam
CGF071201	2007	Seolhyang	Crown	Nonsan, Chungnam
CGF071203	2007	Seolhyang	Crown	Nonsan, Chungnam
CGF071206	2007	Seolhyang	Crown	Gongju, Chungnam
CGF071214	2007	Seolhyang	Crown	Gyeryong, Chungnam
CGF080803	2008	Seolhyang	Petiole	Nonsan, Chungnam
CGF080805	2008	Kumhyang	Petiole	Nonsan, Chungnam
CGF080806	2008	Seolhyang	Petiole	Nonsan, Chungnam

3반복으로 각 반복당 3주를 시험에 이용하였다. 처리간 비교는 CoStat 통계 프로그램(CoHort software, Berkeley, USA)을 이용하여 Fisher's protected LSD검정을 실시하였다.

Table 2. Treatment evaluated in field trials for control of anthracnose in Nonsan, during the 2009 and 2010 strawberry nursery seasons[a]

Spray date	2009		2010	
	Fungicide	Dilution	Fungicide	Dilution
April 15			pyraclostrobin	4,000
April 22	pyraclostrobin	4,000		
May 6	prochloraz-Mn	2,000	prochloraz-Mn	2,000
June 10	azoxystrobin	2,000	azoxystrobin	2,000
June 17	propineb	500	propineb	500
June 24	mancozeb	500	mancozeb	500
July 8	Iminoctadine tris	1,000	Iminoctadine tris	1,000
July 15	pyraclostrobin	4,000	pyraclostrobin	4,000
July 29	metconazole	3,000	metconazole	3,000
Aug. 5	pyraclostrobin	4,000	pyraclostrobin	4,000
Aug. 15	azoxystrobin	2,000	azoxystrobin	2,000
Aug. 19	prochloraz-Mn	2,000	prochloraz-Mn	2,000
Aug. 26	azoxystrobin	2,000	azoxystrobin	2,000
Sept. 3			prochloraz-Mn	2,000

[a]The comparative trial sprayed weekly applications of captan from 22 April to 26 August and from 15 April to 2 September in 2009 and 2010, respectively.

딸기 탄저병에 대한 살균제 처리 프로그램의 육묘포장 실증. '설향' 품종을 대상으로 2009년과 2010년의 2년 동안 논산딸기시험장의 노지 육묘포장에서 약제의 특성과 탄저병 발생시기를 기초로 작성한 살균제 처리 프로그램 실증시험을 수행하였다. 시험약제는 *in vitro*와 포트 검정으로 선발된 보호살균제, ergosterol biosynthesis-inhibiting (EBI)제, strobilurin계 중에서 딸기에 등록된 약제를 우선적으로 선정하였으며 7월 중순 장마기 이전에는 보호살균제, 장마기에는 내우성이 강한 약제, 장마 후인 8월에는 치료효과가 우수한 약제를 탄저병이 주로 발생하는 시기에 맞추어 방제력을 작성하였으며(Table 2), 대조구로 국내에서는 아직 탄저병 방제체계에 대한 방제력이 전무하기 때문에 미국에서 사용하고 있는 살균제 처리 프로그램으로 captan 500배를 처리하는 대조구를 두어 수행하였다(MacKenzie 등, 2009). Captan처리는 2009년에는 4월 22일부터 8월 26일까지 7일 간격 19회, 2010년에는 4월 15일부터 9월 2일까지 7일 간격 21회 처리하였다. 식물체는 육묘포장에서 장기간 탄저병 이병율 조사 및 육묘 초기 많은 묘 고사를 줄이기 위해 폿트검정보다 접종농도를 낮춰 정식 1일 전 CGF071203 균주를 1×10^4 conidia/ml로 분무접종한 후 2009년 4월 22일과 2010년에 4월 15일에 노지 육묘포장에 정식하였다. 약제 처리는 제조회사의 추천농도로 압축식 자동분무기(5 l, 다이아, 일본)를 이용하여

Table 3. Sensitivity of several isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* to tested fungicides[a]

Isolate	EC_{50} (μg/ ml)[b]									
	Ben.[a]	Manc.	Prop.	Imin.	Teb.	Bit.	Dif.	Proc.	Azoxy.	Pyrac.
CGF050604	0.0	1204.6	474.9	0.002	0.007	< 0.001	< 0.001	< 0.001	83.9	0.088
CGF050703	49.3	5648.5	223.2	0.002	0.263	< 0.001	0.033	0.003	1.3	0.013
CGF060617	0.0	34.0	21.4	< 0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	316.7	0.112
CGF060801	176.3	10.5	18.2	< 0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	6142.2	0.167
CGF060810	96.4	264.6	39.9	< 0.002	0.002	< 0.001	0.002	< 0.001	8.7	0.076
CGF071120	94.7	791.1	93.2	< 0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	> 10,000	2.629
CGF071127	165.1	249.3	23.2	< 0.002	< 0.001	< 0.001	0.001	< 0.001	> 10,000	10.293
CGF071201	34.8	95.0	59.1	< 0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.0	18.008
CGF071203	84.3	617.8	50.9	< 0.002	0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	> 10,000	9.158
CGF071206	112.4	93.8	5.8	< 0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	> 10,000	19.733
CGF071214	84.9	70.7	134.6	< 0.002	< 0.001	< 0.001	< 0.001	< 0.001	4.7	0.079
CGF080803	115.4	0.1	0.3	< 0.002	< 0.001	0.007	< 0.001	< 0.001	> 10,000	4.203
CGF080805	35.7	16.4	11.1	< 0.002	< 0.001	< 0.001	0.003	0.003	> 10,000	23.015
CGF080806	183.4	50.4	16.8	< 0.002	0.001	< 0.001	0.003	0.003	> 10,000	> 10,000
Average	88.1	653.3	83.8	< 0.002	0.02	0.001	0.003	0.001	936.794	6.736

[a]Abbreviation of fungicides was shown as follow; Ben.: benomyl, Manc.: mancozeb, Prop.: propineb, Imin.: iminoctadine tris, Teb.: tebuconazole, Bit.: bitertanol, Dif.: difenoconazole, Proc.: prochloraz-Mn, Azoxy.: azoxystrobin, Pyrac.: pyraclostrobin.
[b]Effective concentration, 50%.

주당 25 ml씩 잎에 약액이 충분히 묻도록 분무살포하였다. 탄저병 이병주율은 2009년 9월 15일과 2010년의 9월 10일까지 10일 간격으로 조사하였다. 병진전곡선(Area under disease progress curve; AUDPC)는 전 딸기 육묘기간 동안의 이병율로 다음 식에 의하여 계산하였다. AUDPC $= \Sigma^{n}_{i=1}[(Y_{i+1}+Y_i)/2](t_{i+1}-t_i)$로, 여기서 $Y_i = _i$일의 이병주율, $t_i = _i$일의 시간, $n =$ 전체 관찰 개체수이다(Karadimos와 Karaoglanidis, 2006). 온도, 습도, 잎 수분 지속시간, 강수량은 재배포장에 설치된 데이터로거(WatchDog model 2000, Spectrum Tech. Inc., USA)로 데이터를 수집하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 처리간 비교는 CoStat 통계 프로그램(CoHort software, Berkeley, USA)을 이용하여 Fisher's protected LSD검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

시험병원균의 약제에 대한 감수성 정도. *C. gloeosporioides* CGF050604와 CGF060617 균주는 benomyl에 대한 EC_{50}값이 0.1 μg/ml 이하로 Kim 등(2007)과 Peres 등(2004)의 기준에 의해 감수성을 나타내었고 그 외 균주들은 저항성을 나타내어 저항성균과 감수성균간 뚜렷한 차이를 보였다(Table 3). Kim 등(2007)의 경우에도 딸기 탄저병균 *C. gloeosporioides*는 benomyl 저항성과 감수성으로 확연히 구분되었으며 citrus에서 분리한 *C. gloeosporioides*의 경우에도 비슷한 결과를 보인 바 있다(Peres 등, 2004).

보호살균제인 propineb과 mancozeb의 EC_{50}값은 각각 474.9–0.3 μg/ml와 5,648.5–0.1 μg/ml로 두 살균제 반응에 큰 차이를 나타낸 반면 iminoctadine tris는 < 0.002 μg/ml로 낮은 농도를 나타내 다른 보호살균제와 달리 억제효과가 강했다(Table 3). Propineb의 EC_{50}값은 Kim 등(2006)에 의해 보고된 딸기 탄저병균의 경우 7.5 μg/ml 이하로 보고되었지만 본 시험에 사용된 2005–2007년 분리균 CGF050604, CGF050703, CGF071214에서는 EC_{50}값이 높게 나타났다. 또한 Kim 등(2005)이 보고한 것과 같이 고추의 탄저병균 *C. acutatum*에 대해 iminoctadine tris는 다른 보호살균제에 비해 EC_{50}값이 낮다는 것과 일치하였으며 2006년 Kim 등이 보고한 딸기 탄저병균의 결과와도 비슷한 경향을 보였다. 따라서 딸기 탄저병의 예방적 방제에 iminoctadine tris 처리는 효과적일 수 있으리라 사료된다.

EBI제에서 tebuconazole의 평균 EC_{50}값은 0.02 μg/ml로 다른 약제보다 높은 경향을 보인 반면 bitertanol과 prochloraz-Mn의 평균값은 0.001 μg/ml 이하로 다른 약제보다 낮은 EC_{50}값을 보였다(Table 3). 스페인의 딸기 탄저병균 *C. acutatum*(de los Santos 등, 2002)은 bitertanol의 EC_{50}값은 1 μg/ml이었지만 국내의 탄저병균인 *C. gloeosporioides*는 0.001 μg/ml으로 *C. acutatum*보다는 낮은 경향을 보였다. 이러한 결과는 Kim 등(2006)이 보고한 딸기 탄저병균의 tebuconazole 또는 prochloraz-Mn에 대한 반응과 비슷한 결과를 보였다. 특히 prochloraz-Mn은 재배농가에서 사용빈도가 높은데도 다른 EBI제에 비해 저항성이 나타나지 않는 원인은 prochloraz-Mn의 효과가 다른 EBI제에 비해 절대적으로 높거나 다른 EBI제와의 교차저항성 정도가 적은 살균제일 가능성이 있다는 점으로 사료된다(Park 등, 2002).

Strobilurin계인 azoxystrobin의 평균 EC_{50}값은 936.794 μg/ml로 높게 나타났으며 균주간 살균제 효과가 크게 나타난 반면 pyraclostrobin의 EC_{50}값은 0.736 μg/ml으로 낮은 경향을 보였다(Table 3). 이는 pyraclostrobin은 최근에 딸기에 등록되었기 때문에 이미 오래 전에 등록되어 사용되고 있는 azoxystrobin만큼 병원균이 적응하지 못했을 것으로 보인다.

폿트검정에서 살균제의 예방 및 치료효과. 보호살균제는 병원균 감염 전에 처리할 경우 감염 후 처리하는 것

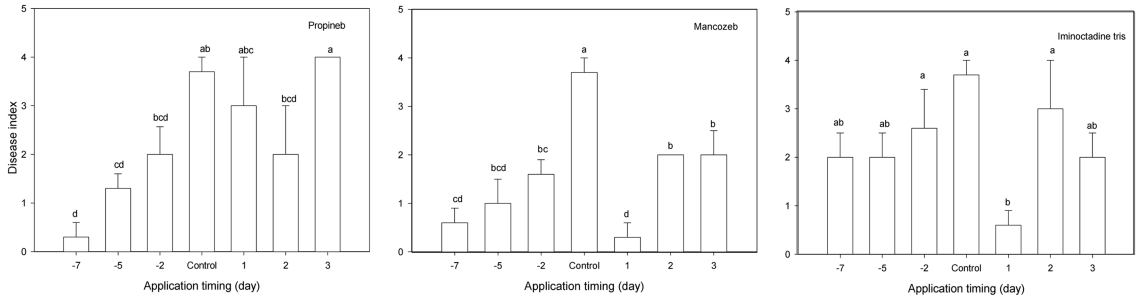

Fig. 1. Disease index and standard error of anthracnose on strawberry plants, cv. 'Seolhyang', inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides* and treated with protective fungicides 2, 5, and 7 days before inoculation or 1, 2, and 3 days after inoculation. Control shows the disease index of anthracnose in the fungicide non-treated control. Disease index: 0 = healthy, 1 = < 50% petioles affected, 2 = > 50% petioles affected, 3 = wilted, 4 = necrosis formed on entire plants. Fisher's protected LSD: $P < 0.05$.

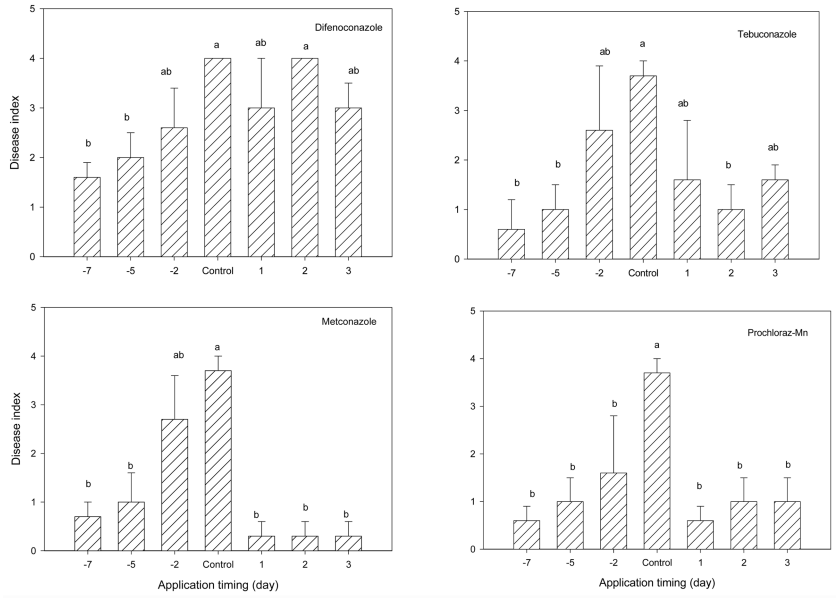

Fig. 2. Disease index and standard error of anthracnose on strawberry plant, cv. 'Seolhyang', inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides* and treated with ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicides 2, 5, and 7 days before inoculation or 1, 2, and 3 days after inoculation. Control shows the disease index of anthracnose in the fungicide non-treated control. Disease index: 0 = healthy, 1 = < 50% petioles affected, 2 = > 50% petioles affected, 3 = wilted, 4 = necrosis formed on entire plants. Fisher's protected LSD: $P < 0.05$.

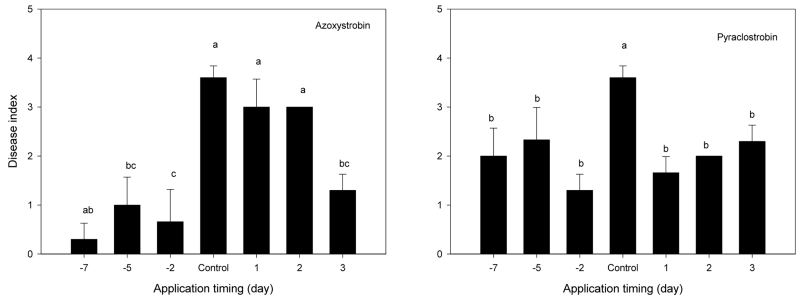

Fig. 3. Disease index and standard error of anthracnose crown rot on strawberry plant, cv. 'Seolhyang', inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides* and treated with strobilulin fungicides 2, 5, and 7 days before inoculation or 1, 2, and 3 days after inoculation. Control shows the disease index of anthracnose in the fungicide non-treated control. Disease index: 0 = healthy, 1 = < 50% petioles affected, 2 = > 50% petioles affected, 3 = wilted, 4 = necrosis formed on entire plants. Fisher's protected LSD: $P < 0.05$.

보다 효과적이었으며 특히 병원균 접종 5–7일 전에 처리하는 것이 효과적이었다(Fig. 1). EBI계 살균제는 metconazole를 제외한 다른 약제는 병원균 접종 전과 후 처리에서 차이가 없어 예방 및 치료효과가 비슷하게 나타났으며, 특히 metconazole과 prochloraz-Mn은 병원균 감염 전 7일과 감염 후 3일 처리까지 딸기 탄저병 방제에 효과가 있었다(Fig. 2). Metconazole과 tebuconazole은 딸기 식물체에 처리시 식물체의 생육을 억제하는 효과를 나타내었으며 특히 tebuconazole의 억제효과가 컸다(결과 미제시). 한편, strobirulin계인 azoxystrobin은 병원균 감염전 처리시 방제효과가 우수한 예방효과를 나타낸 반면 pyraclostrobin은 병원균 감염 전 및 후 처리시 방제효과가 동시에 나타났다(Fig. 3).

Mancozeb와 azoxystrobin은 *in vitro* 검정에서는 높은 EC_{50}값을 보였지만 포트검정에서 방제효과가 좋은 이유로 이들 약제는 균사생장 억제효과보다는 포자발아를 저해하는 효과가 크기 때문으로 사료된다(Kim 등, 2006; Mondal 등, 2005). 이스라엘에서는 딸기 탄저병균 *C. acutatum*의 예방 및 치료효과를 위해 딸기묘를 prochloraz-Mn에 10분간 침지처리했을 때 93.3%의 높은 방제효과를 나타내어 효과적인 약제로 사용되고 있다(Freeman 등, 1997). Pyraclostrobin은 딸기 탄저병균 *C. acutatum*의 경우 예방효과가 치료효과보다 더 크며, 탄저병균에 감수성인 품종은 치료효과가 예방효과보다 크지만 중도저항성의 경우는 예방 및 치료효과에서 차이가 없다고 하였다(Turechek 등, 2006). 또한 MacKenzie 등(2009)에 의하면 딸기 탄저

Table 4. Area under the disease progress curve (AUDPC) and disease incidence of anthracnose in field trials conducted in Nonsan, during the 2009 and 2010 strawberry nursery seasons

Treatment[a]	Number of fungicide application	2009		2010	
		AUDPC	Disease incidence (%)[b]	AUDPC	Disease incidence (%)
Non-treated control	-	1,489.5 a[c]	24.0 a	2,757.3 a	85.9 a
Fungicide spray program	12-13	74.2 b	4.2 b	506.6 b	30.2 b
Captan calendar	19-21	136.4 b	3.4 b	673.4 b	62.8 ab
$P< F$		0.0013	0.0007	0.0003	0.0223

[a]This treatment was described in Table 2.
[b]Disease incidence on 15 Sept, 2009 and 10 Sept, 2010.
[c]Means within a column followed by the same letter are not significantly different by Fisher's protected LSD test ($P< 0.05$).

병균 *C. gloeosporiodies*의 경우에도 azoxystrobin은 예방효과가 우수하며 pyraclostrobin은 2004–2005년에는 예방 및 치료효과가 비슷했지만 2006년은 예방효과가 더 높게 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서도 azoxystrobin은 '설향' 품종에서 예방효과가 높게 나타났으며 pyraclostrobin의 경우 예방 및 치료효과에 차이가 없게 나타나 MacKenzie 등(2009)의 시험 결과와 비슷한 경향이었다.

딸기 탄저병에 대한 살균제 처리 프로그램의 육묘포장 실증. 2009년과 2010년에 딸기 노지 육묘포장에서 약제의 특성과 탄저병 발생시기를 기초로 한 탄저병의 살균제 처리 프로그램에 따라 약제살포 후 탄저병 이병주율과 AUDPC를 조사한 결과, 탄저병 방제는 captan을 1주일 간격으로 처리하는 대조구와 유의성이 없게 나타났으나 무처리와는 차이가 있었다(Table 4). 살균제 처리 프로그램에 의한 탄저병 초 발생일은 2009년 8월 15일, 2010년 8월 25일로 비슷한 반면 무처리의 경우는 2009년 5월 15일과 2010년 6월 15일로 2–3개월 빨리 발병하였다(결과 미제시). 특히 2010년에는 2009년 정식 직후 처리인 prochloraz-Mn을 pyraclostrobin으로 대체하고 8월 하순 탄저병 발생이 증가하여 9월 3일 prochloraz-Mn을 추가로 처리했지만 방제효과는 낮게 나타났다. 그 이유로 2010년에 탄저병 발생이 많은 8월과 9월 초순에 계속적으로 비가 내렸고 기온도 6월 하순부터 예년에 비해 높게 나타났기 때문이다. 탄저병에 감염된 lupin의 경우 azoxystrobin과 mancozeb은 비 온 1–2일 후에 처리시 방제효과가 높다고 하였다(Thomas 등, 2008). 따라서 2010년과 같이 육묘 후기에 계속적인 비가 올 경우 비 오기 전과 후 어떻게 약제를 처리하는 것이 효과적인지에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

본 연구 결과에서의 살균제 처리 프로그램에 따른 탄저병 방제는 전 육묘 기간동안 12–13회의 약제 살포로 captan 처리구의 19–21회와 비교하여 현저하게 살포 횟수를 줄일 수 있었다(Table 4). MacKenzie 등(2009)의 결과에 의하면 *C. gloeosporioides*의 방제를 위해 captan을 1주일 간격으로 살포하는 것이 효과적인 탄저병 방제 방법이며 azoxystrobin과 pyraclostrobin은 병 발달에 가장 좋은 환경조건(고온과 높은 잎 수분지속시간)일 때 처리되어져야 한다고 하였다. 또한 *C. acutatum*의 경우에도 captan은 예방적 처리시 효과적이라 하였다(Peres 등, 2010). 위와 같이 살균제의 살포에 따른 방제 프로그램은 미국의 딸기 탄저병에 효과적으로 사용되고 있는 captan 처리와 비교해 약제살포 횟수를 대폭 줄이며 비슷한 방제효과를 보였기 때문에 이 살균제 처리 프로그램을 딸기 재배농가에 적용한다면 탄저병 발생을 상당히 줄일 수 있을 것이다.

요 약

*Colletotrichum gloeosporioides*에 의해 발생하는 딸기 탄저병에 대한 여러 살균제의 방제효과를 *in vitro*, 비닐하우스와 노지 육묘포장에서 검정하였다. Benomyl의 EC_{50} 값은 균주 간에 저항성과 감수성 그룹으로 확연히 구별되었다. Iminoctadine tris는 mancozeb나 propineb과 같은 보호살균제보다 낮은 EC_{50}값을 보였으며 mancozeb, propineb, azoxystrobin의 효과는 균주에 따라 다양한 결과를 보였다. 비닐하우스에서, 9종의 살균제를 병원균 접종 전과 후 딸기 '설향' 품종에 처리하였을 때 모든 약제는 무처리에 비해 방제효과가 좋았다. Propineb, mancozeb, azoxystrobin은 병원균 감염 전 처리 시 방제효과가 우수했던 반면 metconazole과 prochloraz-Mn와 같은 ergosterol biosynthesis inhibiting 살균제들은 낮은 탄저병 이병율을 보였다. 2009년과 2010년 노지 육묘포장에서 감소된 살균제 처리 프로그램에 따른 탄저병 방제는 captan 처리 프로그램과 비슷한 방제효과를 보였다. 따라서 prochloraz-Mn 등과 같은 탄저병에 효과적인 살균제를 기반으로 작

성된 처리 프로그램은 딸기 농가에 유용하게 사용될 수 있고 탄저병 방제를 위한 더 많은 선택을 제공할 것이다.

Acknowledgements

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ0066752010)" Rural Development Administration, and "International Cooperative Research Project" Chungnam Agricultural Research & Extension Services.

References

de los Santos, B., de Paredes, G. and Munoz, F. R. 2002. Effect of different fungicides in the control of *Colletotrichum acutatum*, causal agent of anthracnose crown rot in strawberry plants. *Crop Prot.* 21: 11–15.

Freeman, S., Nizani, Y. S., Dotan, S., Even, S. and Sando, R. 1997. Control of *Colletotrichum acutatum* in strawberry under laboratory, greenhouse and field conditions. *Plant Dis.* 81: 749–752.

Karadimos, D. A. and Karaoglanidis, G. S. 2006. Comparative efficacy, selection of effective partners, and application time of strobilurin fungicides for control of Cercospora leaf spot of sugar beet. *Plant Dis.* 90: 820–825.

Kim, H. G. and Nam, M. H. 1999. Anthracnose of strawberry in Korea. *Plant Dis. Agric.* 5: 8–13. (In Korean)

Kim, S. H., Choi, S. Y., Lim, Y. S., Yoon, J. T. and Choi, B. S. 2002. Effects of chemical treatment on the control of strawberry anthracnose caused by *Colletotrichum* sp. *Res. Plant Dis.* 8: 50–54. (In Korean)

Kim, J. K., Lee, K. H., Min, J. Y., Kang, B. K., Rho, C. W., Hong, S. T. and Kim, H. T. 2005. Response of *Colletotrichum* spp. causing red pepper anthracnose to protective and ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicides. *Res. Plant Dis.* 11: 185–192. (In Korean)

Kim, J. T., Min, J. Y. and Kim, H. T. 2006. Response to fungicides of *Colletotrichum* species isolated from infected tissues of several crops. *Res. Plant Dis.* 12: 32–39. (In Korean)

Kim, Y. S., Min, J. Y., Kang, B. K., Bach, N. V., Choi, W. B., Park, E. W. and Kim, H. T. 2007. Analyses of the less benzimidazole-sensitivity of the isolates of *Colletotrichum* spp. causing the anthracnose in pepper and strawberry. *Plant Pathology J.* 23: 187–192.

Korea Crop Protection Association. 2011. 2011 guideline for using agrichemicals. 1199 pp.

Korea Rural Economic Institute. 2011. Outlook of the agriculture 2011. pp. 636–643.

MacKenzie, S. J., Mertely, J. C. and Peres, N. A. 2009. Curative and protectant activity of fungicides for control of crown rot of strawberry caused by *Colletotrichum gloeosporioides. Plant Dis.* 93: 815–820.

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2011. 2010 production amount and index of agriculture and forestry. http://www.maf.go.kr.

Mondal, S. N., Bhatia, A., Shilts, T. and Timmer, L. W. 2005. Baseline sensitivities of fungal pathogens of fruit and foliage of citrus to azoxystrobin, pyraclostrobin, and fenbuconazole. *Plant Dis.* 89: 1186–1194.

Nam, M. H., Jung, S. K., Yoo, S. J., Seo, K. S. and Kim, H. G. 1998. Cultural and pathogenic characteristics between *Colletotrichum gleosporioides* and *Glomerella cingulata* isolated from strawberry in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 14: 654–660. (In Korean)

Nam, M. H., Jung, S. K., Lee, Y. S., Choi, J. M. and Kim, H. G. 2006. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. *Plant Pathol.* 55: 246–249.

Nam, M. H., Nam, Y. G., Kim, T. I., Kim, H. S., Jang, W. S., Lee, W. K., Lee, I. H., Kang, H. K., Park, Y. J., Choi, J. M. and Whang, K. S. 2009. Compendium of strawberry diseases and pests. Chungnam Strawberry Association. 204 pp.

Park, S. W., Kim, J. T., Kim, J. J. and Kim, H. T. 2002. Sensitivity of *Colletotrichum* spp. isolated from red-pepper to sterol biosynthesis inhibiting-fungicides and their field fitness. *Res. Plant Dis.* 8: 239–244.

Peres, N. A. R., Souza, N. L., Peever, T. L. and Timmer, L. W. 2004. Benomyl sensitivity of isolates of *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides* from citrus. *Plant Dis.* 88: 125–130.

Peres, N. A., Seijo, R. E. and Turechek. W. W. 2010. Pre- and post-inoculation activity of a protectant and a systemic fungicide for control of anthracnose fruit rot of strawberry under different wetness durations. *Crop Prot.* 29: 1105–1110.

Talhinhas, P., Sreenivasaprasad, S., Neves-Martins, J. and Oliveira, H. 2005. Molecular and phenotypic analyses reveal association of diverse *Colletotrichum acutatum* groups and a low level of *C. gloeosporioides* with olive anthracnose. *Appl. Environ. Microbiol.* 71: 2987–2998.

Thomas, G. J., Sweetingham, M. W. and Adcock. K. G. 2008. Application of fungicides to reduce yield loss in anthracnose-infected lupins. *Crop Prot.* 27: 1071–1077.

Turechek, W. W., Peres, N. A. and Werner, N. A. 2006. Pre- and post-infection activity of pyraclostrobin for control of anthracnose fruit rot of strawberry caused by *Colletotrichum acutatum*. *Plant Dis.* 90: 862–868.