

딸기탄저병의 약제방제효과

김승한* · 최성용 · 임양숙 · 윤재탁 · 최부술
경상북도농업기술원

Effect of Chemical Treatment on the Control of Strawberry Anthracnose caused by *Colletotrichum* sp.

Seung-Han Kim*, Sung-Yong Choi, Yang-Sook Lim, Jae-Tak Yoon and Boo-Sull Choi

Kyungbuk Agricultural Technology Administration, Daegu 702-320, Korea

(Received on December 20, 2001)

A total of 55 *Colletotrichum* isolates from strawberry plants with anthracnose symptoms (crown rot) were inhibited in mycelial growth on potato-dextrose agar (PDA) amended with fungicides in variable degrees depending on the chemicals used, especially showing no growth on PDA with 1 mg/ml tricyclazole. However, in the detached leaf test by treating chemicals before or after inoculation of *Colletotrichum* sp., tricyclazole was little effective in controlling symptom development; instead azoxystrobin, which had low *in vitro* inhibition of mycelial growth, inhibited strongly the symptom development. Some chemicals were tested for the control of strawberry crown rot in greenhouse using three methods, spray, soil drenching, and plant dipping. No or little control effect were made by chemical spray and soil drenching, but plant dipping in chemical solution, especially azoxystrobin, reduced crown rot development by about 50% in the greenhouse suggesting that the azoxystrobin treatment may be an effective control method of the crown rot of strawberry. No differences in the control efficacy were noted according to the dipping time and chemical concentration of azoxystrobin not less than 10 min and 250 mg/ml, respectively.

Keywords : anthracnose, azoxystrobin, strawberry

경북지역에서 딸기는 고령, 경주, 청도 등이 주산지로서 여흥, 육보 등의 품종이 주로 재배되고 있다. 이들 지역에서 딸기재배 시 가장 큰 문제 중의 하나는 탄저병으로 1992년 경주지역에서 발생한 딸기의 고사현상이 *Glomerella cingulata*에 의한 것으로 보고되어 알려지게 되었다(김 등, 1992). 그 후의 조사에서 본 병은 경주지역 뿐 아니라 딸기의 축성재배지역을 중심으로 광범위하게 발생하고 있는 것이 확인되었다(신 등, 1998).

본 병은 육묘기부터 발생하기 시작하는데 묘상에서 본 병이 발생하면 묘로 사용하지 못하고 폐기하는 경우도 있으며, 묘상에서 발병정도가 미미하더라도 정식 1~2개월 후 관부에 발생하는 경우가 많다. 발병이 된 포기는 위조 현상을 보이다가 결국 고사하게 된다. 그러므로 관부탄저병에 의해 상당수의 정식된 묘가 고사함에 따라 매년 많

은 양의 묘가 보식되고 있으며 발생이 심할 경우 포장 전체를 새로 정식하는 경우도 있다. 따라서 이를 방제하기 위해 농가에서는 육묘기에 다량의 농약을 살포하고 정식 후부터 수정기까지도 집중적으로 농약방제를 실시하고 있으나 그 효과가 미미한 실정이다.

화학적방제에 관한 연구로는 모주정식시 베노밀 500배 액에 30분간 침지하면 예방효과를 볼 수 있다고 하였다(김과 남, 1999). 그러나 Benomyl은 저항성균의 출현이 빨라 세계각국에서 저항성 문제가 심각하게 대두되고 있으며 현재 약효감소에 따라 사용량이 현저하게 줄어들고 있다(Delp, 1988). Freeman 등(1997)은 딸기탄저병의 주요 병원균인 *Colletotrichum acutatum*에 대해서 Folpet을 포함한 7개의 살균제를 선발하여 실험실과 온실, 포장에서 방제효과를 실험하였다. 사용한 살균제 중에서 Prochloraz-Zn은 실험실과 온실, 포장시험 모두에서 우수한 효과를 보였다. 국내에서는 Azoxystrobin수화제가 가장 효과적이라는 보고도 있다(김과 남, 1999). 본 시험은 딸기탄저병

*Corresponding author
Phone)+82-53-320-0234, Fax)+82-53-321-7730
E-mail)kshan1@naver.com

에 효과적인 약제의 선발과 이의 적용방법을 구명하여 농가에서 활용할 수 있는 방제방법을 개발코자 수행하였다.

재료 및 방법

균주분리. 1997-2000년까지 경북 청도, 경주, 고령에서 탄저병 증상을 보이는 포기를 채집하여 표면의 흙을 세척하고 크라운 부위를 세로로 절개한 후 건전조직과 이병조직의 경계부분을 취해 표면살균하고 Penicillin-G와 Streptomycin-S를 각각 500 ppm 첨가한 Potato Dextrose Agar(PDA)배지에 치상하여 탄저병균을 분리하였다. 분리된 균은 PDA사면배지에 접종하여 보관하면서 실험에 사용하였다.

약제첨가배지에서 균사생장정도. PDA배지를 살균 후 배지가 굳기전 Carbendazim(a.i. 60%, WP), Benomyl(a.i. 50%, WP), Tolclofos-methyl(a.i. 50%, WP), Azoxystrobin(a.i. 10%, WP), Propineb(a.i. 70%, WP), Tricyclazole(a.i. 75%, WP)수화제를 각각 1 mg/ml의 농도로 첨가하여 지름 87 mm의 페트리디쉬에 분주 후 *Colletotrichum* sp. S7 균주를 접종하고 25°C항온기에서 7일간 배양후 균사의 성장정도를 측정하였다.

약제의 예방 및 치료효과 검정. 가장 강한 병원성을 보이는 *Colletotrichum* sp. S7균주를 7일간 배양후 형성된 균총의 선단에서 지름 5 mm의 균사조각을 떼어내어 접종에 사용하였다. 각 약제의 예방효과를 검정하기 위해 Carbendazim 등 5개의 약제를 각각 1,000배로 희석한 현탁액에 여홍품종의 딸기 잎을 침지후 풍건하고 위에서 준비한 균사조각을 접종하였다. 접종한 딸기의 잎은 습실처리된 용기에 넣어 실온에 보관하면서 병반의 발현정도를 조사하였다. 치료효과의 검정은 위에서 준비된 균총조각을 딸기잎에 접종하고 습실처리된 용기에 넣어 24시간 실온 보관하여 탄저병의 침입을 유도한 후 균사조각을 제거하고 약제를 처리하여 병징발현정도를 조사하였다.

포장방제효과. 포장실험에서는 선발한 약제를 엽면살포, 토양관주, 침지 등의 세가지 방법으로 처리하였다. 엽면살포효과는 경주와 고령의 농가에서 Tolclofos-methyl, Benomyl, Propineb 및 Tricyclazole수화제를 1 g/l 농도로 정식 직후부터 10일 간격으로 4회 살포하였으며, 마지막 살포하고 10일 후에 탄저병에 의해 시들거나 고사된 포기의 수를 조사하였다. 관주효과는 경주의 포장에서 정식후 10일 간격으로 주당 약 70 ml씩 4회 토양에 관주하였으며 마지막 처리 10일 후에 발병율을 조사하였다. 침지처리에 의한 효과 검정은 경상북도농업기술원 시험포장에서 수행하였다. 1999년의 포장시험에서는 농가시판용 딸

기묘를 구입하여 Tricyclazole, Azoxystrobin수화제를 1 g/l의 농도로 희석하여 30분간 침지후 200포기씩 단구제로 하우스에 정식하고 발병율을 조사하였다. 마지막 조사후 외관상 건전하게 보이는 포기를 모두 뽑아 크라운 부위를 절개하여 감염여부를 조사하였다. 2000년에는 위의 실험에서 선발된 Azoxystrobin 수화제를 1 g/l 농도로 희석하여 침지시간 및 약제의 처리농도를 시험하였다. 침지시간은 Azoxystrobin 희석액에 각각 10, 30, 60분씩 침지 후 각 구당 200주씩 3반복으로 정식하여 발병정도를 관찰하였으며 침지농도는 Azoxystrobin수화제를 1 g/250 ml, 1 g/500 ml, 1 g/1,000 ml로 희석하여 딸기묘를 10분간씩 침지한 후 구당 600주씩 단구제로 정식후 발병을 관찰하였다.

결과 및 고찰

균주분리. 경주, 청도, 고령에서 채집한 이병 딸기로부터 *Colletotrichum* sp.를 각각 32균주, 13균주, 10균주 분리하였다. 분리된 균주는 대부분이 무성세대로 미백색에서 연회색의 기중균사가 풍부하고 배지에서 포자층을 거의 형성하지 않아 포자생성량이 매우 적은 특성을 지니고 있었다. 포자를 현미경하에서 관찰하였을 때 격막이 없고 한쪽끝이 약간 뾰족한 원통형으로 *Colletotrichum* sp.로 동정하였다. 경주지역에서 채집한 딸기중 PDA배지에서 짙은 회색의 균총과 자낭을 형성하는 *Glomerella cingulata*가 2균주 분리되었다. 분리된 균주 중 병원성이 강한 S7균주를 선발하여 실내약제실험에 사용하였다.

약제첨가배지에서 균사생장정도. Tricyclazole이 첨가

Table 1. Mycelial growth of *Colletotrichum* sp. isolated from strawberry on potato dextrose agar amended with fungicides

Fungicides	Mycelial growth (mm) ^a			
	Goryeong ^b	Cheongdo	Kyeongju	Average
Carbendazim	3.9±1.5 ^c	3.9±1.1	3.6±1.5	3.8 ^c
Tolclofos-methyl	4.1±1.3	2.3±0.9	2.9±1.1	2.3 ^d
Tricyclazole	0	0	0	0.0 ^e
Propineb	4.6±0.6	3.5±0.8	3.0±0.9	3.7 ^e
Benomyl	5.0±0.9	3.7±1.2	3.8±1.3	4.2 ^e
Azoxystrobin	6.1±1.3	4.9±1.3	4.7±1.2	5.2 ^b
Control	7.1±0.8	5.5±1.5	5.1±1.4	5.9 ^a

^aColony diameters after cultured on PDA with fungicides(1 mg/1 ml) for 7 days at 25°C.

^b10 *Colletotrichum* sp. were isolated from Goryeong, 13 from Cheongdo, and 32 from Kyeongju.

^cThe average of colony diameter, which was calculated with 3 replicates.

Table 2. Protective and curative effect of some fungicides on strawberry anthracnose

Application	Degree of symptom development					
	Carbendazim	Tolclofos-methyl	Tricyclazole	Benomyl	Azoxystrobin	Control
Protective ^a	++	++	++	++	+	+++
Curative ^b	++	+	++	++	-	+++

+: weak, ++: medium, +++: severe symptoms, -: no symptom.

^aFungicides were treated 1 days before inoculation.

^bFungicides were treated 1 day after inoculation on leaves by mycelial disk.

된 배지에서는 탄저병균의 균사생장이 전혀 이루어지지 않았으나 다른 약제가 첨가된 배지에서는 약제가 첨가되지 않은 배지에 비해 생육이 다소 느리기는 하나 정상적으로 생장이 이루어졌다(Table 2). Tricyclazole은 균류에서 멜라닌 생합성을 억제하는 살균제로 보고되어 있다(Tokousbalides & Sisler, 1978, 1979). *Botryosphaeria dothidea*의 경우 Tricyclazole을 첨가한 배지에 접종하여 배양하면 균사의 성장속도는 별로 영향을 받지 않지만 색소형성이 억제되어 백색의 균총이 형성되는 것을 볼 수 있다. 이처럼 작용기작이 균사의 성장과는 전혀 관련이 없는 것으로 보고된 Tricyclazole에서 *Colletotrichum sp.*의 생육이 완벽하게 억제된 것은 원제의 영향이외에 수화제 안에 첨가된 다른 부제들의 영향일 가능성도 있다고 생각된다. 따라서 본 실험에서 사용한 1,000 ppm이라는 농도는 Tricyclazole의 경우 *in vitro*의 실험을 수행하기에는 매우 높은 농도라고 판단되며, 더 낮은 농도에서의 실험이 요구된다. 본 실험에서 사용한 균주는 다른 약제들이 첨가된 배지에서는 생장이 가능하였는데 본 실험에서 사용한 Carbendazim, Benomyl, Propineb 등은 현재 탄저병의 방제 약제로 사용되고 있는 살균제이므로 포장에서 분리한 균주의 생육이 억제되지 않았다는 결과로 저항성 균주의 출현을 의심해 볼 수 있을 것이다. 그러나 본 실험에서 살균제의 균사생육 억제 실험에는 대표적인 균주를 가지고서 실험하였기 때문에 포장에서의 저항성 발생을 논의하기는 무리라고 생각된다. 따라서 정확한 저항성 발생 정도는 포장에서 살균제에 대한 저항성 검정 실험이 지속적으로 수행된 후에 논의되어야 한다고 생각한다.

약제의 예방 및 치료효과 검정. 배지에서 검정과는 달리 딸기잎에 병원균을 접종한 후 약효를 검정하였을 때 배지에서 가장 좋은 효과를 보여주었던 Tricyclazole은 예방 및 치료 효과 모두 저조하였으며 배지검정에서 효과가 거의 없었던 Azoxystrobin의 효과가 가장 좋았다(Table 2). Azoxystrobin의 배지검정시 효과가 저조한 이유로는 본 약제는 전자전달계를 저해하는 화합물(Knight *et al.*, 1997) 배지에 첨가하였을 경우 균이 대사경로를 우회하

Table 3. Effect of spray and soil drenching of fungicides on the control of strawberry crown rot caused by *Colletotrichum sp.* after planting in plastic house

Fungicides	Disease severity(%) ^a	
	Spray ^b	Soil drenching (70 ml/plant)
Tolclofos-methyl	1.7± 1.5 ^a	0.7± 2.3 ^a
Tricyclazole	2.0± 1.0 ^a	1.7± 1.2 ^a
Benomyl	2.0± 2.1 ^a	2.0± 2.0 ^a
Propineb	0.7± 1.2 ^a	1.3± 1.2 ^a
Control	0.7± 1.7 ^a	1.7± 2.1 ^a

^aThe percentage of dead plants investigated after 10 days from last chemicals treatments.

^bChemicals were sprayed and drenched 4 times at 10 day intervals after planting in plastic houses.

여 생존함으로 성장저해효과가 나타나지 않기도 하며(Hayashi *et al.*, 1996) 대사경로를 우회함으로 약제의 영향을 적게 받는 변이주도 보고 되어 있다(Ziogas *et al.*, 1997). 그러므로 본 실험에서도 탄저병균이 대사과정을 우회함으로 나타난 결과라 할 수 있다.

포장방제효과. 경주와 고령에서 실시한 포장시험에서 공시한 살균제의 엽면살포 및 토양관주효과는 없었다(Table 3). 그러나 경주와 고령 두 곳의 포장 모두에서 약제를 처리하지 않은 무처리구에서의 발병율이 2.0과 1.7%로 지극히 낮았다. 이와 같은 무처리구에서의 낮은 발병을 때문에 공시한 살균제의 방제효과를 논하기에는 어려움이 있다고 판단되며, 포장에서 엽면살포 및 관주효과를 정확하게 판단하기 위해서는 추가 시험이 수행되어야 할 것으로 생각한다. 정식전 침지를 하였을 경우 Azoxystrobin은 초기방제효과는 좋다가 후기로 갈수록 효과가 감소하였지만 전체적으로 비교적 높은 방제효과를 보여 실용화의 가능성이 있었다(Table 4).

약제 침지시간별로는 10분, 30분, 60분 처리간 차이가 없었으며 약제침지농도에 따른 발병을 또한 차이가 없었

Table 4. Effect of dipping of seedlings in fungicide solution on the control of strawberry crown rot caused by *Colletotrichum* sp. before planting in a plastic house^a

Surveyed time (days after planting)	Infection rate(%)	
	Azoxystrobin	Control
19	15.0	48.0
52	0.5	0.5
66	14.0(13.0) ^b	10.0(8.5)
Total	29.5	58.5

^aStrawberry plants were submerged for 30 min in each chemical before planting in the green house.

^bPlants with no symptom but internal anthracnose rot of crown were rooted up and investigated.

Table 6. Occurrence rate of strawberry crown rot according to chemical concentration^a

Surveyed time (days after planting)	Occurrence rate			
	1 g/250 ml	1 g/500 ml	1 g/1,000 ml	Control
19	0	0	0	5
27	0	4	0	7
56	3	1	3	7
Total	3b	5b	3b	19a

^aStrawberry plants were submerged for 10 minutes in Azoxystrobin WP of 1 g/250 ml, 1 g/500 ml and 1 g/1,000 ml dilutions, respectively, before planting.

으나 500배 이상 농도에서 잎끝이 마르는 경미한 약해가 소수 나타났다(Table 5, Table 6). 정식 포장에서 발생한 고사주를 세로로 절개하여 관찰할 경우 대부분 줄기 하

부에서부터 병징이 시작된 것을 볼 수가 있으므로 정식 후 엽면살포나 관주로는 초기감염부위인 줄기 하부까지 약제도달이 어려워 방제효과가 없는 것으로 생각된다.

Table 5. Protection effect of strawberry crown rot according to submerged time in Azoxystrobin WP before planting to plastic house^a

Surveyed time (days after planting)	Repetition	No. of diseased plants				
		10 min.	30 min.	60 min.	Control	LSD
12	I	2	6	8	31	
	II	12	3	8	31	
	III	3	16	1	49	
	Average	5.7	8.3	5.7	37.0	13.3
19	I	6	20	7	20	
	II	18	13	9	24	
	III	2	16	14	23	
	Average	8.7	16.3	10.0	22.3	9.4
26	I	2	4	1	8	
	II	1	3	3	4	
	III	3	2	3	6	
	Average	2.0	3.0	2.3	6.0	2.5
39	I	1	1	4	6	
	II	2	2	3	5	
	III	3	3	0	3	
	Average	2.0	2.0	2.3	4.7	2.8
49	I	0	2	0	0	
	II	3	2	2	1	
	III	0	0	0	1	
	Average	1.0	1.3	0.7	0.7	2.3
Sum of average		19.3	31.0	21.0	70.7	6.3

^aStrawberry plants were submerged in Azoxystrobin WP for 10, 30 and 60 minutes, respectively, before planting.

요 약

딸기탄저병의 방제방법을 개발하기 위해 버지에서 약제별 균사생장억제정도를 검정한 결과 Tricyclazole 수화제가 가장 좋은 효과를 보여 주었으나 딸기잎에 접종하여 효과를 검정하였을 때는 Azoxystrobin 수화제가 가장 좋은 효과를 보여주었다. 포장에서 방제효과는 관주 및 엽면살포는 방제효과가 없었으나 Azoxystrobin 수화제 1,000 배액에 10분간 침지시 우수한 방제효과를 보여 주었고 처리시간과 처리농도간 약효의 차이는 볼 수 없었다.

참고문헌

- Delp, C. J. 1988. Fungicide Resistance in North America. The American Phytopathological Society. St. Paul Minn. 133p.
- Freeman, S. and Nizani, Y. 1997. Control of *Colletotrichum acutatum* in strawberry under laboratory, greenhouse, and field conditions, *Plant Dis.* 81: 749-752.
- Hayashi, K., Watanabe, M., Tanaka, T. and Uesugi, Y. 1996. Cyanide-insensitive respiration of phytopathogenic fungi demonstrated by antifungal joint action of respiration inhibitors. *J. pesticide Sci.* 21: 399-403.
- 김홍기, 남명현. 1999. 국내에 발생하는 딸기탄저병. 식물병과농업 5(1): 8-13.
- 김완규, 조원대, 이영희. 1992. *Colletotrichum gloeosporioides* Penz.에 의한 딸기탄저병. 한식병지 8: 213-215.
- Knight, S. C., Anthony, V. M., Brady, A. M., Greenland, A. J., Heaney, S. P., Murray, D. C., Powell, K. A., Schulz, M. A., Spinks, C. A., Worthington, P. A. and Youle, D. 1997. Rationale and perspectives on the development of fungicides. *Annu. Rev. Phytopathol.* 35: 349-372.
- 신동범, 조재민, 홍연규, 조현제, 박경배. 1998. 영남지역 딸기탄저병 발생양상 및 발생경감연구. 한국식물병리학회 가을학술 발표요지. B05.
- Tokousbalodes, M. C. and Sisler, H. D. 1978. Effect of tricyclazole on growth and secondary metabolism in *Pyricularia oryzae*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 8: 26-32.
- _____, _____. 1979. Site of inhibition by tricyclazole in the melanin biosynthetic pathway of *Verticillium dahliae*. *Pestic. Biochem. Physiol.* 11: 64-73.
- Ziogas, B. N., Baldwin, B. C. and Young, J. E. 1997. Alternative respiration : a biochemical mechanism of resistance to Azoxystrobin(ICIA5504) in *Septoria tritici*. *Pestic. Sci.* 50: 28-34.