

## 사과 경엽 살포용 살균제의 겹무늬썩음병균에 대한 포자형성 억제작용과 그것이 병 방제에 미치는 영향

이동혁<sup>1</sup> · 조래홍<sup>2</sup> · 신정섭<sup>3</sup> · 엄재열\*

경북대학교 농업생명과학대학 응용생물화학부, <sup>1</sup>원예연구소 사과시험장, <sup>2</sup>동부한농, <sup>3</sup>한국삼공

### Suppressive Activities of Foliar Spray Fungicides for Apple Against Sporulation of *Botryosphaeria dothidea*, the Causal Fungus of White Rot, and Their Role in Disease Control

Dong Hyuk Lee<sup>1</sup>, Lae Hong Cho<sup>1</sup>, Jung Sup Shin<sup>2</sup> and Jae Youl Uhm\*

School of Applied Biology and Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

<sup>1</sup>Apple Experiment Station, National Horticultural Research Institute, Gunwi, Gyeongbook 716-812, Korea

<sup>2</sup>Agri. Tech. Res. Inst, Dongbu Hannong Chemical, Hwasung-Si, Gyeongido 445-960, Korea

<sup>3</sup>Agri. Res. Center, Hankooksamgong, Osan-Si, Gyeongido 447-310, Korea

(Received on September 4, 2006)

Control of white rot which is one of the most serious apple diseases in Korea has mainly relied on periodical spray of protective fungicides. As the main inoculum source of the disease is pycnidiospores produced in the warts formed on affected stems of apple tree, it can be conceivable that inhibition of spore production might be an effective means for controlling the disease. Inhibitory efficacy of eight selected fungicides against sporulation of the fungus was assessed by counting the number of spores produced at detached warts treated with the fungicides of recommended dilution. They showed diverse effect on sporulation. Carbendazim and azoxystrobin suppressed sporulation almost completely, the former irreversibly. Thiram and folpet promoted sporulation as producing much more number of spores than untreated control. Others showed almost no effect on sporulation. Effects of suppression and promotion in the sporulation shown by the fungicides on the control of white rot were examined by incidences of disease and infection at the plots adopted the spray programs of which the fungicide at late May was substituted by carbendazim, azoxystrobin, folpet and thiram, respectively. Disease incidence and infection frequency at the plots sprayed former two chemicals which suppressed sporulation were much lower than those of the plots adopted latter two chemicals and untreated plot at which the fungicide spray was skipped at that time. These facts were reconfirmed in the experiments conducted with carbendazim and thiram, in which 100 fruits were bagged just prior to each spray from late May to late July for elucidating the effect of the two fungicides on the action of subsequent ones. Disease incidence and infection frequency on the fruit bagged just prior to each spray were gradually increased as the seasons going on. The increase rate at the carbendazim plot was much lower than that of thiram. Especially, the fruit infected till late July at the carbendazim plot were almost completely cured by the three fungicides, iminoctadine-triacetate, tebuconazole and samzinwang, a combined formular of iminoctadine-triacetate and difenoconazole, sprayed at late July and hence. In thiram plot, infected fruit were also cured by the 3 fungicides but not remarkable. From these results, it can be concluded that control efficiency of white rot can be greatly enhanced by selecting the fungicide capable of suppress the sporulation of white rot fungus at the season when the mass dispersal of spores is not initiated.

**Keywords :** *Botryosphaeria dothidea*, Chemical control, Sporulation inhibition

\*Corresponding author

(Phone) +82-53-950-5763, (Fax) +82-53-950-6758

(E-mail) jyuhm@knu.ac.kr

사과 겹무늬썩음병은 과실과 가지에 발생하는데, 과실 감염에 의한 피해는 직접적 피해이고 가지 감염에 의한 피해는 수세를 약화시키므로 간접적 피해로 볼 수 있다 (Sutton, 1990). 과실에서는 동심운문 형태의 부패증상을 나타내고 가지에는 사마귀를 형성하며(林, 1984; Sutton, 1990), 그 속에 자낭포자 및 분생포자가 각각의 포자각에서 형성되나 과실 감염의 주 전염원은 분생포자이다(Ogata, 1997). 분생포자는 전형적 수매분산포자로 4월 중순부터 10월 하순까지 비만 오면 비산되나(김 등, 1995; 林, 1984; Ogata, 1997; Sutton, 1981) 과실감염시기에 대해서는 몇 가지 논란이 있다. 외국의 경우 Kohn과 Hendrix(1983)는 수확 4~6주 전이라 했고, Parker와 Sutton(1993)은 낙화 7주 후부터, Drake(1971)는 착과 직후부터 감염된다고 했다. 우리나라에서는 저자 등이 과실봉지를 이용한 감염 시기 조사에서 낙화 3주후인 5월 하순까지 이미 30% 이상의 과실이 감염되어 있었고(Uhm, 1998) 이 연구에서도 5월 하순에 봉지를 씌운 과실에서 14% 이상의 과실이 감염된 것으로 조사되었다. 이 병의 감염종료시기에 대한 연구는 많지 않으나 8월 하순 이후에는 거의 감염되지 않는 것으로 보고되어 있고(尾形, 1992; Uhm, 1998) 발병은 수확 6~8주 전부터 시작된다(Brown과 Britton, 1990; Drake, 1971; Kim, 2000; Parker와 Sutton, 1993). 이처럼 사과 겹무늬썩음병은 병원균의 감염 가능기간이 매우 길고 또 잠복기간도 길기 때문에 방제가 어렵다. 현재 이 병의 방제는 감염가능기간 중 정기적 보호살균제의 살포에 의존하고 있으나 정상적인 약제 살포에도 불구하고 적지 않은 피해를 받는 경우가 매우 많다(김, 1982; Uhm, 1998). 특히 1998년에는 이 병의 감염 가능시기인 5월부터 8월까지의 4개월 동안 무려 58일간 비가 내렸는데, 그 해 겹무늬썩음병의 발병율이 50%에 가까웠고 수확을 포기한 농가도 적지 않았다(Uhm, 2000).

보호살균제의 작용기작은 기본적으로 포자의 발아 및 침입억제이나 겹무늬썩음병과 같이 전염원이 동일 식물체의 다른 부위에서 형성되어 비산되는 경우에는 생육기간 동안 살포하는 살균제가 전염원의 형성 및 분산에 미치는 영향도 병 방제효과에 적지 않게 영향을 미칠 것으로 생각된다. 특히 대부분의 보호살균제는 살포 후 풍우에 의한 유실, 자연분해 또는 식물체의 성장에 의한 약제의 미도포 부위의 발달 등으로 인해 10~15일 간격으로 살포해야 한다. 그러나 이들 약제의 포자형성 저지 효과는 이보다 훨씬 더 길 수 있을 것으로 생각했다. 일반적으로 살균제의 포자형성저지효과를 검증하기는 쉽지 않으나 사과 겹무늬썩음병균의 경우, 병포자가 사과나무 가지에 생긴 사마귀내에서 형성되므로 이들 사마귀를 절취

하여 적절한 조건에 보존하면 병포자의 형성과 방출을 반복시킬 수 있다(양 등, 1998). 이와 같은 현상을 이용하면 살균제의 포자형성저지효과를 비교적 정확히 검증할 수 있을 것으로 생각되었다. 저자 등은 사과 겹무늬썩음병균의 병포자가 전형적인 수매분산 포자라는 점을 이용, 사과나무 가지로부터 사마귀를 채취, 일정량의 물 속에서 소정의 시간 동안 진탕, 진탕액 중의 포자의 수를 계수하므로 병포자의 형성량을 정량적으로 조사하는 방법을 개발했다(Choi 등, 1999). 이 연구에서는 이들 방법을 이용하여 겹무늬썩음병의 방제를 위해 경영 살포되는 각종 살균제의 포자형성 저해효과를 검증했고, 살균제 중에 포자형성에 미치는 영향이 전혀 다른 살균제들을 선발하여 겹무늬썩음병의 포자분산이 본격화되기 직전에 살포하여 포자형성 저지 효과가 최종적으로 병 방제에 미치는 영향을 검토했다.

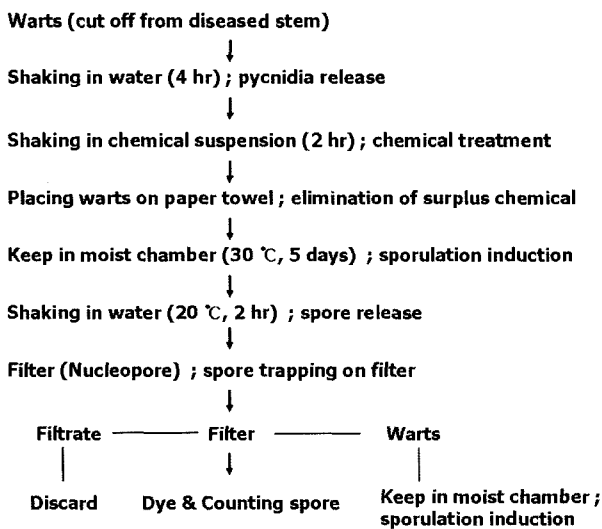
## 재료 및 방법

**살균제의 선정.** 사과 겹무늬썩음병은 사과 생육기 거의 전반에 걸쳐 감염되므로 이 기간동안 살포되는 살균제는 겹무늬썩음병 감염에 어떤 형태로든지 영향을 줄 수 있으므로 생육기간 중에 사용될 수 있는 8종의 살균제를 선정했다. 실험에 사용된 살균제의 상세한 사항은 Table 1과 같다.

**살균제의 포자형성에 미치는 영향 조사.** 절취한 사마귀를 이용한 살균제의 포자형성에 미치는 영향을 검증하기 위한 방법은 양 등(1998)이 개발한 포자형성량 조사법을 개변하여 수행했다. 사과나무 가지에 형성된 사마귀를 절취, 조건의 균일화를 위해 사마귀를 증류수 중에서 4시간 진탕하여 병자각내의 포자를 일단 방출시킨 후, 50개씩의 사마귀를 권장 사용농도로 희석한 살균제 내에서 2시간 동안 진탕한 후 kitchen towel로 잉여의 약액을 제거, 직경 9 cm의 Petri dish에 흡습시킨 filter paper를 놓고 그 위에 사마귀를 정치하였는데, 이때 사마귀의 표면에 자유수가 생기지 않도록 주의했다. 사마귀를 치상한 Petri dish를 30°C 정온기에 5일간 보존하여 포자 형성을 유도했다(Choi 등, 1999). 포자형성이 유도된 사마귀를 100 ml flask에 넣고 사마귀 1개당 1 ml의 물을 가하고 20°C에서 4시간 진탕하여 포자를 방출시켰다. 포자를 방출한 사마귀는 paper towel로 표면의 수분을 제거한 후 다시 습실에 보존했고, 진탕액에는 유리 용기에 부착한 포자를 이탈시키기 위해 가정용 세제인 트리오(애경유지)를 0.1% 되도록 첨가하고 10분간 더 진탕한 후, 1 ml를 공경 3.0  $\mu$ l의 투명 membrane filter(Nucleopore, USA)로

**Table 1.** Details of fungicides used for detecting the effects on the sporulation of *Botryosphaeria dothidea*, the causal fungus of apple white rot

Common names	Active ingredient	Formulation	Recommend dosage ( $\mu\text{g}/\text{ml}$ )	Target diseases
Azoxystrobin	methyl ( <i>E</i> )-2-[2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yl]oxy]phenyl-3-methoxyacrylate	WP	100	white rot
Dithianon	5, 10-Dihydro-5,10-dioxonaphtho[2,3-b]-1,4-dithiine-2,3-dicarbonitrile	FL	430	bitter rot, white rot,
Folpet	<i>N</i> -(trichloromethylthio)phthalimide	WP	1,000	bitter rot
Carbendazim	methyl benzimidazol-2-ylcarbamate	WP	600	white rot, bitter rot, massonina blotch, alternaria blotch
Fluazinam	3-chloro- <i>N</i> -(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyl)- $\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ -trifluoro-2,6-dinitro- <i>p</i> -toluidine	WP	250	white rot, bitter rot, massonina blotch, alternaria blotch
Iminoctadine-triacetate	1,1'-iminodi(octamethylene)diguandine	Lq	250	white rot, massonina blotch, alternaria blotch
Propineb	polymeric zinc 1,2-propylenebis(dithiocarbamate)	WP	1,400	white rot, bitter rot, massonina blotch, Alternaria blotch
Thiram	tetramethylthiuram disulfide	WP	1,600	Alternaria blotch, Marssonina blotch, scab

**Fig. 1.** Procedures for determine the effect of suppressive efficacy of fungicides against sporulation of *Botryosphaeria dothidea*.

여과시킨 후, filter를 aniline blue 가용 lactophenol로 염색하여 포자 수를 조사했다. 일차 포자를 방출한 사마귀는 다시 습실에 보존, 최초의 약제 처리로부터 20일까지 5일 간격으로 4회 포자의 방출과 계수를 반복했다. 이상의 과정을 Fig. 1에 나타내었다.

**살균제의 포장에서의 포자형성 억제효과 검증.** 시험과수원은 경북 영천시 신령면의 농가포장으로 M.26 후지품종 14년생의 주간, 주지 또는 부주지에서 사마귀가 다량 형성된 부위를 미리 선정해 두고 선정된 4종의 약제를 권

장 사용농도로 희석하여 spray gun으로 사과나무 가지에 충분히 살포했다. 포장에서 절취한 사마귀를 이용한 실험에서 고도의 포자 형성 억제효과가 확인된 azoxystrobin과 carbendazim 그리고 포자형성량이 무처리 보다 훨씬 더 많았던 folpet과 thiram을 선정, 이들을 사과나무 가지에 처리하고 일정 기간 별로 사마귀를 채취하여 포자 방출량을 조사했다. 당초 이 실험은 5월 하순에 수행할 계획으로 사마귀를 채취하여 포자 방출수를 조사한 결과 포자의 수가 너무 적어 6월 11일로 연기했다. 약제는 6월 11일과 7월 12일 2회 처리했으며, 6월 11일 처리 후에는 처리일로부터 10, 16, 21일에 사마귀를 채취했고, 7월 12일 처리에서는 9, 13, 22일에 사마귀를 채취했다. 매회 40개씩의 사마귀를 채취하여 전술한 방법으로 포자의 분산을 유도하고 계수했다.

**포자형성 저해효과가 다른 살균제의 사용이 겹무늬썩음병 방지에 미치는 영향.** 포자형성 저해 정도에서 큰 차이를 보인 azoxystrobin, carbendazim, folpet 및 thiram의 4종 살균제에 대해 이들 약제의 살포가 병 방지에 미치는 영향을 조사했다. 시험과수원은 경북 영천시 신령면의 농가 과수원으로 M.26대목 후지 품종의 16년생이 재식되어 있었는데, 가지에 사마귀 증상이 심하게 발생해 있었으므로 겹무늬썩음병의 발생이 비교적 많을 것으로 판단되었다. 나무의 크기 및 착과 정도가 비슷한 나무로 구당 6주씩 5개의 시험구를 설정하고 Table 2에서와 같이 개화전 1회를 포함하여 낙화직후부터 8월 하순까지 15일 간격으로 살균제를 살포하는 연간 9회 살포체계를

**Table 2.** Fungicide spray programs for detecting the effect of fungicides those inhibit or promote the sporulation of *Botryosphaeria dothidea* on the control of the disease (2004)

Ser. No.	Date sprayed	Fungicide treatment in each plot				
		AZO	CAB	FOL	THI	Control
1	4.18	ITA <sup>a</sup>	ITA	ITA	ITA	ITA
2	5.5	Systhane M <sup>b</sup>	Systhane M	Systhane M	Systhane M	Systhane M
3	5.26	azoxystrobin	carbendazim	folpet	thiram	-
4	6.9	folpet	folpet	folpet	folpet	folpet
5	6.25	dithianon	dithianon	dithianon	dithianon	dithianon
6	7.10	azoxystrobin	azoxystrobin	azoxystrobin	azoxystrobin	azoxystrobin
7	7.25	ITA	ITA	ITA	ITA	ITA
8	8.9	tebuconazole	tebuconazole	tebuconazole	tebuconazole	tebuconazole
9	8.25	Samzinwang <sup>c</sup>	Samzinwang	Samzinwang	Samzinwang	Samzinwang

<sup>a</sup>iminocladine-triacetate.

<sup>b</sup>combined formular of mancozeb and myclobutanil.

<sup>c</sup>combined formular of iminocladine-triacetate and difenoconazole.

적용했는데, 겹무늬썩음병균의 분생포자 분산이 본격화되기 직전인 5월 하순에 이들 4종의 살균제를 각각 살포하고 그 외의 시기에는 전부 동일한 살균제를 살포했다. 무처리구는 그 시기에 살균제의 살포를 생략했으며 살충제 및 살비제는 해충의 발생 상황에 따라 살균제와 혼합 또는 별도로 살포했다. 8월 하순부터 수확기까지 주 1회 발병과의 수를 조사했으며 수확시에는 과실의 총수 및 발병과의 수를 나무별로 조사하여 발병율을 계산했다. 그리고 수확시까지 무발병 과실 중에 충해 또는 물리적 상처가 없는 과실 50개씩을 난자박스에 포장하여 25°C에서 4주간 보존하면서 겹무늬썩음병 발병과를 조사하여 잠복 감염율을 계산했고, 발병율과 잠복감염율을 더하여 감염율로 하였다.

**포자형성에 미치는 영향이 다른 살균제가 후속 살균제의 겹무늬썩음병 방제에 미치는 영향.** 전향의 시험에서 겹무늬썩음병균의 포자분산 최성기 직전인 5월 하순에 포자형성에 미치는 영향이 다른 살균제를 한 차례 살포한 결과, 그들 약제가 수확기까지의 최종적 병 방제에 매우 큰 영향을 미친 것으로 나타났다. 따라서 그들 약제가 후속 약제의 겹무늬썩음병 방제에 대해 어떤 종류의 영향을 미쳤을 것으로 판단되어 이를 밝히기 위한 시험을 수행했다. 포자형성을 억제하는 살균제 중에 carbendazim을 선정하고 조장하는 살균제 중에 thiram을 선정하여 2004 년도의 실험과 같은 살포체계에서 5월 하순에 이들 두 가지 살균제를 살포하고 그 후에 살포되는 살균제의 겹무늬썩음병에 대한 영향을 검정하기 위해 3회 차부터 7회 차의 iminocladine-triacetate(ITA) 살포까지 매회 살균제 살포 직전에 각각 100개씩의 과실에 봉지를 씌우고, 그들

과실에서의 발병율과 감염율을 조사했다. 포장 설계, 겹무늬썩음병 발병율 및 감염율의 조사 방법은 전향의 실험과 동일하게 했다.

## 결과 및 고찰

**절취한 사마귀에서의 살균제의 포자형성 저해 효과.** 병원균류에 있어서 균사발육과 포자형성은 생리적으로 다르지만 포자가 형성되기 위해서는 분생자경이나 병자각 등의 supporting structure가 형성되어야 하므로 일단 어느 정도의 균사생장이 전제가 되어야 하는데(Griffin, 1994), 배지에 농약을 처리하면 균사생장 자체가 영향을 받으므로 농약의 포자형성에 미치는 영향은 검정하기 어렵다. 그러나 겹무늬썩음병균의 병포자는 가지에 형성된 사마귀 내에서 생성되며 사마귀내에는 다수의 병자각이 이미 형성되어 있으므로 농약의 처리에 의해 포자형성에 미치는 영향을 쉽게 검정할 수 있었다.

이 실험에 사용한 살균제의 겹무늬썩음병균의 포자형성에 미치는 영향은 매우 다양하였는데, carbendazim과 azoxystrobin은 포자형성을 거의 완전히 저해했고 ITA나 propineb은 정도의 차이는 있었으나 무처리에 비해 포자형성을 어느 정도 억제했다(Table 3). Folpet과 thiram을 처리한 사마귀에서는 무처리보다 포자형성이 크게 조장되어 무처리에 비해 10배 이상의 포자가 생산되었고, dithianon과 fluazianam을 처리한 사마귀에서도 포자형성이 무처리 보다 많았다(Table 3). 이 실험은 병든 가지로부터 사마귀를 채취하여 포자를 일단 방출시키고 권장 사용농도의 농약에 2시간 동안 진탕하였고 그 후에도 농

**Table 3.** Effect of fungicides on the sporulation of *Botryosphaeria dothidea* determined by artificial release of pycnidiospore from the fungicide-treated warts kept in moistened chamber for 5-day intervals

Chemicals	Dosages (mg.a.i/l)	No. of spores ( $\times 10^3/ml$ ) in one wart detected in each repeat			
		1st	2nd	3rd	4th
Azoxystrobin	100	0	0	0.4	0.4
Dithianon	660	0.7	4.0	8.0	9.8
Folpet	500	2.5	22.4	38.3	10.8
Carbendazim	600	0	0	0	0
Fluazinam	500	1.3	4.2	10.5	5.9
Iminoctadine-triacetate	250	0	5.3	2.8	1.8
Propineb	700	0.1	1.3	1.1	2.1
Thiram	800	3.3	33.7	44.3	8.7
Control	-	1.4	3.3	3.7	3.5

약을 세척하지 않고 포자형성을 유도했으므로 최초의 포자방출 유도에서 약제의 영향이 가장 클 것으로 판단되는데, folpet과 thiram 처리 사마귀에서는 무처리의 2배 정도의 포자가 형성되었고, fluazinam은 무처리와 거의 차이가 없었다(Table 3). 그런데 2회차 포자방출 유도에서는 1회차 유도 후 포자방출을 위해 사마귀 한 개당 1.0 ml의 증류수를 가하고 4시간 동안 shaking하여 포자를 방출 시킨 후 더 이상 농약을 처리하지 않고 바로 포자형성을 유도했으므로 농약의 상당부분이 유실되었을 것으로 판단되었다. 따라서 2회차부터 포자의 형성량이 크게 증가했는데, thiram의 경우에는 무처리의 10배에 달했고, folpet 또한 무처리의 7배 이상에 달했다(Table 3). 그리고 dithianon, fluazinam 및 ITA를 처리한 사마귀에서의 포자형성량은 무처리와 거의 차이가 없었고, carbendazim, azoxystrobin 처리에서는 여전히 포자형성이 완전히 억제되었으며, propineb 처리에서도 무처리보다 적은 양의 포자가 형성되었다(Table 3). 3회차의 포자형성 유도에서는 농약의 영향이 더욱 낮아졌을 것이므로 포자의 형성량이 더욱 증가했는데, folpet과 thiram 처리에서는 포자형성량이 더욱 증가하여 두 약제 모두 무처리의 10배 이상이 되었고 dithianon과 fluazinam 처리에서도 무처리의 2배 이상의 포자가 검출되었다(Table 3). 또한, 2회차까지 포자형성을 완전히 억제한 azoxystrobin 처리 사마귀에서도 소량의 포자가 방출되었고, ITA 처리에서는 여전히 무처리와 차이가 없었으나 propineb 처리에서는 무처리보다 낮은 방출량을 보였다(Table 3). 그리고 carbendazim 처리에서는 여전히 포자의 방출이 완전히 억제되었다.

4회차에서는 농약의 영향이 더욱 낮아졌을 것으로 판단되나 포자의 형성량은 오히려 감소했는데, 이는 포자형성과 방출이 반복되므로 영양물질의 고갈에 인한 것으로 판단되었다. 그러나 azoxystrobin, carbendazim, ITA, propineb의 4 약제에서는 여전히 무처리보다 낮은 포자 방출량을 보였고 그 외의 약제에서는 무처리보다 많거나 거의 비슷한 수준으로 포자가 방출되었다. carbendazim의 경우 4회차에서도 포자형성이 전혀 없었다는 점으로 본다면 이 약제는 포자형성을 비가역적으로 저해하는 것으로 생각되었다.

이상과 같이 사과원에 사용되는 살균제의 겹무늬썩음병균의 포자형성에 미치는 영향은 매우 다양하였는데, 그 중에서도 carbendazim이나 azoxystrobin과 같이 포자형성을 강하게 억제하는 살균제는 실제 포장에서 포자비산이 본격화하기 전에 살포하면 포자의 분산량을 줄이므로 감염을 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 반대로 포자형성을 조장하는 thiram이나 folpet을 포자분산 초기에 살포하면 시간의 경과와 함께 농약이 분해 또는 유실에 의해 그 영향이 감소하면서 포자형성이 조장되므로 병의 감염이 증가할 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 그 정도는 다르지만 유사한 현상이 dithianon이나 fluazinam에서도 일어날 수 있을 것으로 생각되었다.

**사과나무 가지에 처리한 살균제의 겹무늬썩음병 포자형성에 미치는 영향.** 절취한 사마귀로 수행한 살균제의 포자형성에 미치는 영향에 대한 실험에서 양극단의 양상을 보인 4종의 살균제를 겹무늬썩음병에 이병된 사과나무 가지에 처리하고 포자형성 정도를 조사했다. 포자의 방출량은 절취한 사마귀를 이용한 실험에서 보다 적었으나 농약의 포자형성에 미치는 영향은 대체로 일치했다. 6월 11일에 수행한 1차 처리에서 10일 후에 채취한 사마귀의

**Table 4.** Effect of the chemicals treated to diseased apple tree stems on the sporulation of *Botryosphaeria dothidea* determined by artificial dispersal of pycnidiospore from the warts detached 9 to 22 days after the treatment of the chemicals

Chemicals	Average number of pycnidia ( $\times 10^3/ml$ ) dispersed from 1 wart detached after chemical treatment (days)					
	1st trial (treated on 11, Jun.)			2nd trial (treated on 12, Jul.)		
	10	16	21	9	13	22
Carbendazim	0.04	0.05	0.04	0.03	0.09	0.09
Azoxystrobin	0.03	0.06	0.09	0.04	0.01	0.3
Folpet	0.3	0.2	0.4	1.2	1.0	2.0
Thiram	0.4	0.4	0.6	1.6	1.8	2.0
Untreated	0.6	0.1	0.3	0.4	0.4	0.7

경우, 무처리에서 약 600개가 검출되었으나 carbendazim과 azoxystrobin에서는 각각 40개와 30개의 포자가 검출되었다(Table 4). 절취한 사마귀에서는 이들 두 약제의 처리에 의해서 포자의 형성이 완전히 억제된 것으로 나타났으나 이 실험에서 소량의 포자가 검출된 것은 약제의 처리 정도가 낮았기 때문에 약액이 닿지 않은 사마귀나 사마귀의 부분이 있었을 것으로 추정되었다. 그리고 절취한 사마귀로 수행한 실험에서 포자형성을 조장한 folpet과 thiram은 6월 11일에 약제를 처리한 실험에서는 약제 처리 후 21일까지 3회의 조사에서 포자 방출량이 거의 증가하지 않았다(Table 4). 또 약제처리 후 16일에 채취한 사마귀에서는 포자의 수가 오히려 감소했는데 이는 사마귀 채취 3일 전부터 시작하여 1일 전까지 다량의 강우가 있었으므로 그에 의한 포자의 방출이 원인일 것으로 추정되었다. 포자형성을 강하게 억제한 carbendazim이나 azoxystrobin 처리구에서의 포자형성량은 무처리에 비해 크게 적었다(Table 4).

7월 12일에 수행한 2차 처리에서의 실험 결과는 대체로 절취한 사마귀를 이용한 실험 결과와 대체로 일치하였다. 포자 형성을 강하게 저해한 carbendazim과 azoxystrobin에서는 6월 11일 처리의 1차 실험과 마찬가지로 높은 포자형성 저해효과를 나타내었으나 azoxystrobin은 약제 처리 22일 후에 저해효과가 크게 낮아졌다(Table 4). 한편 folpet과 thiram은 절취한 사마귀를 이용한 실험에서와 마찬가지로 무처리 보다 훨씬 더 많은 포자를 방출시켰으나 그 정도는 절취한 사마귀를 이용한 경우보다 낮았다(Table 4).

이상과 같이 겹무늬썩음병균의 포자형성에 대해 양 극단의 영향을 보인 4종 살균제를 사과나무에 처리한 결과, 그 양상은 절취한 사마귀를 이용한 실험에서 나타난 결과와 거의 유사했다. 절취한 사마귀를 이용한 실험에서 포자형성을 강하게 저해한 carbendazim과 azoxystrobin은 이 실험에서도 높은 포자형성 저해효과를 나타내었고, 포자형성을 조장한 바 있는 folpet과 thiram 처리에 의해 포자방출량이 증가되었으나 그 정도는 절취한 사마귀를 이용한 실험에서와 같이 현저하지 않았다. 따라서 이들 살균제를 실제의 방제체계에서 사용할 경우 전염원의 밀도에 큰 영향을 미칠 것으로 생각되며, 그로 인해 방제효과에 차이가 있을 수 있을 것으로 생각되어 낙화 직후부터 8월 하순까지 15일 간격으로 살균제를 살포하는 살포체계에서 5월 하순에 이들 살균제를 배치하고 병 방제효과를 검정하였다.

**겹무늬썩음병균 포자형성을 저해 또는 조장하는 살균제가 병 방제에 미치는 영향.** 겹무늬썩음병균의 포자형

**Table 5.** Effect of fungicides of different inhibitory efficacy against sporulation of white rot fungus sprayed in late May on the control of white rot (2004)

Plots	Fungicides	Infection frequency and disease incidence (%) at harvest	
		Infection	Disease
AZO	azoxystrobin	5.8	0.3
CAB	carbendazim	6.3	0.8
FOL	folpet	17.7	3.0
THI	thiram	14.6	4.2
untreated	-	21.8	4.3

성에 양 극단적인 양상을 보인 4종의 살균제를 낙화직후부터 15일 간격으로 살균제를 살포하는 방제체계의 5월 하순 약제와 대치하고 겹무늬썩음병의 발병 상황을 조사한 결과, 포자형성에 미치는 영향과 거의 유사한 경향을 나타내었으나(Table 5) 이 실험을 수행한 2004년에는 겹무늬썩음병 발병율이 전반적으로 너무 낮아 시험구간의 차이가 그리 크지 않았다. 포자형성을 비가역적으로 저해한 carbendazim을 살포한 CAB 구에서는 감염율이 6.8%였고 그중 0.8%만 발병하였다. 또 포자 형성 저지효과가 높았던 azoxystrobin을 살포한 AZO 구에서는 감염율이 5.8%였고 그중 0.3%만 발병하였다(Table 5). 이에 반해 포자형성을 조장한 thiram을 살포한 THI 구에서는 발병율이 4.2%로 무처리와 차이가 없었고 감염율은 14.6%로 무처리보다 다소 낮았으며, 역시 포자형성을 조장한 folpet을 살포한 FOL 구에서는 감염율과 발병율이 각각 17.7%와 3.0%로 carbendazim이나 azoxystrobin 처리구에 비해 높았으나 무처리구 보다는 약간 낮았다(Table 5).

이처럼 겹무늬썩음병균의 병포자의 대량 분산 직전의 시기인 5월 하순에 포자형성을 저지하는 약제와 조장하는 약제를 각각 살포하고 그 뒤에는 8월 하순까지 전부 동일한 약제를 살포했는데, 최종적인 방제효과에는 처리구간에 상당한 차이가 있었다. 이들 각 시험구에서는 5월 하순의 약제만 다르고 나머지는 모두 동일하므로 이들 시험구 간의 그와 같은 방제효과 차이는 5월 하순의 약제의 차이에서 기인한 것으로 볼 수 밖에 없다. 이처럼 5월 하순에 살포한 약제의 포자형성에 미치는 영향이 최종적 병 방제에 반영되었다는 점은 매우 흥미로운 점으로 생각되었다. 따라서 그러한 현상을 재확인하는 한편 5월 하순에 살포한 살균제가 최종 병 방제에 영향을 미치는 기작을 해명하기 위해 또 다른 실험을 수행했다.

**포자형성에 미치는 영향이 다른 살균제가 후속 살균제의 겹무늬썩음병 방제에 미치는 영향.** 겹무늬썩음병균의 병포자 대량 분산 직전인 5월 하순에 포자형성을 조

**Table 6.** Effect of fungicides sprayed at late May on the control efficacy of the subsequent fungicides against white rot determined by bagging of the fruit just prior to each spray (2005)

Ser.	Date sprayed	Disease incidence and infection frequency (%)								
		CAB			THI			Untreated		
		Fungicides	Dis <sup>a</sup>	Inf <sup>b</sup>	Fungicides	Dis <sup>a</sup>	Inf <sup>b</sup>	Fungicides	Dis <sup>a</sup>	Inf <sup>b</sup>
1	4.20	ITA	-	-	ITA <sup>c</sup>	-	-	ITA	-	-
2	5.7	Systhane M	-	-	Systhane M <sup>d</sup>	-	-	systhane M	-	-
3	5.26	carbendazim	1.1	14.6	thiram	0.0	6.5	-	1.0	9.6
4	6.9	folpet	1.1	3.1	folpet	1.1	3.1	folpet	0.0	14.3
5	6.25	dithianon	3.3	5.3	dithianon	1.1	9.2	dithianon	4.2	15.3
6	7.10	azoxystrobin	2.1	6.3	azoxystrobin	10.1	19.7	azoxystrobin	3.3	9.2
7	7.25	ITA	3.0	17.2	ITA	12.5	27.9	ITA	11.4	14.8
8	8.10	tebuconazole	-	-	tebuconazole	-	-	tebuconazole	-	-
9	8.25	Samzinwang	-	-	Samzinwang <sup>e</sup>	-	-	samzinwang	-	-
	11.2	-	1.1	1.1	-	5.5	20.2	-	3.4	18.8

<sup>a</sup>Disease incidence.<sup>b</sup>Infection frequency.<sup>c</sup>iminotadine-triacetate.<sup>d</sup>combined formula of mancozeb and myclobutanil.<sup>e</sup>combined formula of iminotadine-triacetate and difenoconazole.

장하는 thiram과 저해하는 carbendazim을 각각 살포한 2개의 시험구와 그 시기에 한차례만 약제 살포를 거르는 무처리구를 설정하였다(Table 6). 이들 시험구에서 5월 하순 검정 약제를 살포한 이후에는 15일 간격으로 전부 동일한 약제를 살포하면서 매회 살균제 살포 직전에 100개 썬의 과실에 봉지를 씌우고, 이들 봉지를 씌운 과실에서의 겹무늬썬음병 발병을 및 감염율을 조사했다. 그 결과 5월 하순에 살포한 약제의 종류에 따라 겹무늬썬음병의 발병율과 감염율에 있어서 큰 차이가 있었다.

검정 약제 살포 직전에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율은 2회차 살포 약제인 systhane M의 영향으로 볼 수 있는데, carbendazim 살포예정인 CAB 구에서 14.6%, thiram 살포예정인 THI 구에서 6.5% 그리고 그 시기에 약제 살포를 생략할 예정인 무처리구에서는 9.6%로 시험구 간에 상당한 차이가 있었다(Table 6). 그러나 이들 차이는 이전에 살포한 약제가 전부 동일하므로 단순한 표본오차로 판단되었다. 검정대상 약제 살포 15일 후 folpet 살포 직전에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율은 CAB 구와 THI 구 공히 3.1%로 15일 전보다 크게 줄었는데, 특히 carbendazim을 처리한 CAB 구에서 감소폭이 더 컸으며, 5월 하순에 약제 살포를 거른 무처리구에서는 감염율이 9.6%에서 14.3%로 증가했다(Table 6). CAB 구와 THI 구에서의 감염율의 감소는 carbendazim과 thiram의 post-infection activity에 의한 것으로 판단되었는데, 겹무늬썬

음병에 있어서 이와 같은 치료효과는 일반적인 현상으로 침투성 살균제는 물론 침투성이 거의 없는 보호 살균제에 의해서도 나타나는 것으로 확인된 바 있다(Kim, 2000; Uhm, 1998). 6월 9일 folpet 살포 후 6월 25일까지의 기간 중에 CAB 구와 무처리구에서는 감염율의 증가 폭이 매우 적었으나 THI 구에서는 비교적 큰 폭으로 증가했다. 또 6월 25일 dithianon 살포 후 7월 10일까지의 기간 중에 THI 구에서는 6.1% 증가했는데 이에 반해 무처리구에서는 오히려 6.1%가 감소했고 CAB 구에서는 1.0%의 증가에 머물렀다(Table 6). 무처리구에서의 감염율의 감소는 dithianon의 살포에 의해 감염된 과실의 일부가 치료된 것으로 볼 수밖에 없으나 무처리구에서만 그러한 현상이 나타났는지에 대해서는 설명하기 어렵다. 하지만 살균제 살포체계에서 단 한차례의 약제의 변경이 최종적 방제에 큰 영향을 미치는 현상은 빈번히 관찰되었으므로 (Uhm and Lee in prepare) 무처리구에서의 dithianon에 의한 감염율의 감소도 그와 유사한 현상으로 생각되었다. 7월 10일 azoxystrobin 살포 후 7월 25일까지의 기간 중에는 감염율이 비교적 큰 폭으로 증가하여 CAB 구에서는 17.2%로 증가했고, THI 구와 무처리구에서는 각각 27.9%와 14.8%로 증가했는데(Table 6), 이는 그 기간 중에 전반적으로 감염이 많았기 때문인 것으로 추정되었다.

이 실험에서는 7월 25일 ITA 살포직전까지만 봉지를 씌웠으므로 ITA, tebuconazole 그리고 samzinwang의 겹무

늪썩음병의 감염에 대한 개별적 영향은 알 수 없으나 수확기까지 봉지를 씌우지 않은 과실에서의 감염율이 세 시험구 간에 큰 차이가 있었다(Table 6). 7월 25일 이후에 살포된 3종 약제는 어느 것이나 겹무늬썩음병에 대해 치료효과를 나타내며, 특히 tebuconazole은 8월 상·중순에 살포하면 그 이전에 감염된 과실에 대해 감염시기와 관계없이 높은 치료효과를 나타내는 것으로 밝혀져 있다(Kim과 Uhm, 2002). 또 ITA는 침투성은 거의 없으나 7월 하순경에 살포하면 높은 치료효과를 나타내며, 삼진왕 역시 ITA와 difenocoazole의 합제이므로 겹무늬썩음병에 대해 치료효과를 나타내는 것으로 밝혀져 있다(unpublished data). 그리고 겹무늬썩음병은 8월 하순 이후에는 거의 감염되지 않는 것으로 알려져 있으므로(尾形, 1992), 이 실험에서도 약제 살포를 종료한 8월 하순 이후에는 감염이 거의 없었을 것으로 판단되었다. 따라서 7월 25일부터 8월 25일까지의 기간 동안 겹무늬썩음병에 대해 치료효과를 나타내는 약제가 3회나 살포되었으므로 수확기까지의 감염율은 7월 25일까지의 감염율보다 크게 낮아질 것으로 기대되었으며, 실제로 5월 하순에 carbendazim을 살포한 CAB 구에 있어서 7월 25일에 봉지를 씌운 과실에서의 감염율이 17.2%이었으나 수확기 사과에서의 감염율은 1.1%로 크게 감소했고, thiram을 살포한 THI 구에서도 27.9%에서 20.2%로 어느 정도 감소했다(Table 6). 그러나 무처리구에서는 14.8%에서 18.8%로 오히려 증가했다(Table 6). 이처럼 수확까지의 감염율에 있어서도 5월 하순에 살포한 약제에 따라 상당한 차이를 나타내었는데, 이는 2004년의 실험 결과(Table 5)와 대체로 일치하였으며 2005년의 실험에서 그 차이가 더욱 현저했다. 그런데 이 실험에서도 전년도의 실험에서와 마찬가지로 5월 하순에 살포한 약제만 다르고 나머지 시기의 약제는 모두 동일하므로 감염율에 있어서의 차이는 5월 하순에 살포한 약제의 차이에서 유래한 것으로 볼 수밖에 없고, 각 약제간에 겹무늬썩음병 포자 형성에 미치는 영향의 차이가 반영된 것으로 생각되었다.

한편 감염율의 증가와 함께 발병율도 증가했는데 CAB 구에서 7월 25일까지의 감염에 의한 발병율이 3.0%로 THI 구의 12.5%나 무처리구의 11.4%에 비해 현저히 낮았다(Table 6). 이 실험에서는 전술한 바와 같이 7월 25일부터 8월 25일까지의 기간 동안 겹무늬썩음병에 대해 치료효과를 나타내는 3종의 살균제를 살포했으므로 감염율과 함께 발병율이 크게 낮아져 CAB 구에서는 수확기에 발병율과 감염율이 모두 1.1%로 감염된 과실은 전부 발병한 것으로 나타났다. 그리고 THI 구에서도 수확기까지의 발병율은 5.5%로 낮아졌으며 무처리구에서도 발병율

이 3.4%로 thiram 살포구 보다 오히려 낮아졌다. 이와 같은 결과는 전년도의 실험 결과와 매우 유사한 것으로 5월 하순에 살포한 살균제의 겹무늬썩음병균에 대한 포자형성 억제 또는 조장 효과가 최종 병 방제효과에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 겹무늬썩음병의 방제 체계에서 병원균의 분산이 본격화하기 전인 5월 하순경의 약제 선정에는 살균제의 겹무늬썩음병균의 포자형성에 미치는 영향을 고려할 필요가 있는 것으로 판단되었다.

이상과 같이 carbendazim은 겹무늬썩음병의 포자형성을 저해하므로 그 병의 방제에 매우 유용한 약제로 밝혀졌으나 탄저병 방제에 문제가 될 수 있을 것으로 생각되었다. 사과 탄저병균에는 *Collectotrichum gloeosporioides*와 *C. acutatum*이 과수원에 따라 여러 가지 비율로 존재하는데(이, 1994; 飯島, 1999; 엄, 2005), 후자는 benzimidazole에 대해 감수성이 전혀 없으므로(佐藤, 1996) 그 시기에 carbendazim을 살포하는 것은 탄저병의 증가를 가져올 수 있을 것으로 생각되었다. 따라서 저자 등이 개발한 사과의 살균제 살포체계에는 carbendazim을 사용하지 못하고 그 대신 역시 포자형성 억제효과가 높은 azoxystrobin을 채용했다. 그러나 수년간의 적용 과정에서 azoxystrobin은 일부품종에 대해 심한 약해를 일으키므로 현재에는 그와 유사한 kresoxim-methyl이 사용되고 있지만 겹무늬썩음병이 상습적으로 다발하는 과수원에서는 carbendazim을 가지에 특별 살포하는 방안을 고려해 볼 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- Brown, E.A. II, and Britton, K.O. 1986. Botryosphaeria diseases of apple and peach in the southeastern United States. *Plant Dis.* 70: 480-484.
- Choi, C. H., Yang, H. J., Woo, H., Kim, D. H. and Uhm, J. Y. 1999. Pycnidiospore production and dispersal from the warts produced by infection of *Botryosphaeria dothidea* on apple stems. *Plant Pathol. J.* 15: 330-334.
- Drake, C. R. 1971. Source and longevity of apple fruit rot inoculum, *Botryosphaeria ribis* and *Physalospora obtusa*, under orchard conditions. *Plant Dis. Rep.* 55: 122-126.
- Griffin, D. H. 1994. *Fungal physiology* 2nd ed. Wiley-Liss, New York, Toronto, Singapore. 337-375 pp.
- 林重昭. 1984. 링고輪紋病의 발생生態と 防除. *植物防疫* 38: 19-22.
- 飯島章彦. 1999. 링고炭疽病의 발생生態と 防除. *植物防疫* 53: 253-256.
- 김기우, 박은우, 김성봉, 윤진일. 1995. 사과원에서 *Botryosphaeria dothidea* 포자 방출의 경시적 변화 및 관련된 기상요소. *한식병지*. 11: 230-237.



- Kim, D.H. 2000. Ecology and chemical control of apple white rot. Ph.D thesis. Kyungpook National University, Daegu, Korea.
- Kim, D. H. and Uhm, J. Y. 2002. Effect of application timing of ergosterol biosynthesis-inhibiting fungicides on the suppression of disease and latent infection of apple white rot caused by *Botryosphaeria dothidea*. *J. Gen. Plant Pathol.* 68: 237-245.
- 김중천. 1982. 사과 부패병균의 동정 및 전염경로에 관한 연구. 농촌진흥청. 산학협동 23: 1-51.
- Kohn, F. C. Jr. and Hendrix, F. F. 1983. Influence of sugar content and pH on development of white rot on apples. *Plant Dis.* 67: 410-412.
- 이두형. 1994. 사과에서 분리한 *Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* 및 *Glomerella cingulata*의 병원학적 특징. 한국식물병리학회지 10: 105-111.
- 尾形 正. 1992. 링고輪紋病の果實感染に及ぼす要因. 今月の農業 11: 48-51.
- Ogata, T. 1997. Environmental and cultural factors affecting occurrence-cycle of *Botryosphaeria* fruit rot of apple, and its control measurements. *Plant Protection* 51: 11-14.
- Parker, K. C. and Sutton, T. B. 1993. Susceptibility of apple fruit to *Botryosphaeria dothidea* and isolate variation. *Plant Dis.* 77: 385-389.
- Parker, K. C. and Shutton, T. B. 1993. Effect of temperature and wetness duration on the apple fruit infection and eradicant activity of fungicides against *Botryosphaeria dothidea*. *Plant Dis.* 77: 181-185.
- 佐藤豊三. 1996. 炭疽病菌の分類の問題點と同定法. 植物防疫 50: 273-280.
- Sutton, T. B. and Arauz, L. F. 1981. Production and dispersal of conidia by *Physalospora obtusa* and *Botryosphaeria dothidea* in apple orchards. *Phytopathology* 71: 584-589.
- Sutton, T. B. 1990. White rot. Pages in : 76-77 Compendium of apple and pear disease. A.L. Jones and H.S. Aldwinckle eds. APS Press 100 pp.
- 양희정, 최창희, 우현, 김대회, 엄재열. 1998. 사과 검무늬썩음병에 걸린 가지로부터 분산되는 병포자의 정량적 조사법 개발. 한식병지 14: 325-330.
- 엄재열. 2000. 사과 병해에 대한 IPM 기술개발. 농림수산특정 연구 보고서. 21-23 pp.
- 엄재열. 2005. 저농약 고효율 사과 병해충 방제기술. 경북대학교 사과연구소 18-20 pp.
- Uhm, J. Y. 1998. Current practice of chemical control against apple diseases and its improvement in Korea. Proceedings of international symposium on recent technology of chemical control of plant diseases 19-49 pp.