

In vitro에서 단감나무 둥근갈색무늬병 방제를 위한 살균제 선발

장태현 · 임태현

(주)대유 식물영양연구소

요약 : 국내에 등록된 살균제를 대상으로 *Pestalotiopsis theae* (SP-3)에 의해 발생하는 단감나무 둥근갈색무늬병 방제약제 선발을 위하여 *in vitro*에서 병원균의 생장에 미치는 영향을 조사하였다. 대상 약제 중 prochloraz, tebuconazole, fluazinam, fludioxonil, iminoctadine-triacetate 등은 10 µg/ml에서 85% 이상, dichlofluanid과 chlorothalonil은 각각 10%, 33%의 균사생장 억제율을 나타내었으나, benomyl은 전혀 억제시키지 못하였다. 이들의 균사생장 최소억제농도(MIC)는 iminoctadine-triacetate가 *P. theae* SP-3 균주에 대해서는 10 µg/ml인 반면, 대조균인 *P. theae* MAFF 752002와 *P. longiseta* MAFF 752001에 대해서는 1 µg/ml 미만으로 나타났다. fludioxonil, fluazinam, tebuconazole의 MIC는 10 µg/ml 이었고, Benomyl, chlorothalonil 및 dichlofluanid의 MIC는 1,000 µg/ml 로 나타났다. 분생포자의 발아는 1 µg/ml의 prochloraz, tebuconazole, fluazinam, fludioxonil, iminoctadine-triacetate가 함유된 배지에서 80% 이상 억제되었고, benomyl, chlorothalonil, dichlofluanid이 함유된 배지에서는 각각 40%, 60%, 30% 억제되었다. 단감나무 잎 절편과 공시균의 포자현탁액을 이용한 약효 검증에서 10 µg/ml iminoctadine-triacetate는 93% 이상 발병 억제력을 보였으나 동일 농도의 benomyl과 dichlofluanid는 발병을 억제하지 못하였다. 예방 및 치료 효과는 Fludioxonil, tebuconazole, fluazinam 및 iminoctadine-triacetate이 94% 이상을 보인 반면, benomyl과 dichlofluanid은 예방과 치료효과가 나타나지 않았다.(2001년 7월 16일 접수, 2001년 12월 26일 수리)

Key word : *Pestalotiopsis theae*(SP-3), prochloraz, tebuconazole, benomyl, dichlofluanid, fluazinam, fludioxonil, iminoctadine-triacetate.

서론

최근 국민 소득이 높아지고 저온 저장 시설의 확충 등으로 인하여 유통 기간이 연장되고 소비량이 증가됨에 따라 단감재배는 1988년 이후 재배 면적이 계속적으로 증가하여 1999년 현재 25,400 ha에 달하고 있다(농림부, 1999).

우리나라 감나무에 발생하는 병은 둥근무늬낙엽병, 흰가루병 및 탄저병 등 11종이 보고되어 있다(한국식물보호학회, 1998). 이들 중에서 *Pestalotiopsis theae*에 의한 단감나무 둥근갈색무늬병의 발생은 장 등(1996)에 의해 국내에서는 처음으로 보고된 이후, 병원균의 생리와 생태, 분생포자의 발아환경과 유전적 특성에 대해서는 연구되어 있으나(장 등, 1999; 장 등, 1999; 장 등, 1998; 김 등, 1997; 이 등, 1998), 병 방제를 위한 살균제의 선발과 포장에서의 방제방법에 대한 연구는 아직까지 이루어진 바가 없다.

일본에서는 *P. theae*에 의해 발생하는 차나무 윤반병(輪斑病)의 방제에 대한 연구가 木伏(1956, 1962)과 堀川(1982) 등에 의해 주로 보고되어 있다.

*Pestalotiopsis*속 병원균의 방제 약제는 보르도액, 유기수은제, captapol, benomyl등이 효과적인 것으로 알려져 있으며 그 외에 benzimidazole계 살균제가 우수한 방제효과를 나타내는 것으로 보고되어 있다(堀川, 1982; 中臣, 1984; 周勝, 1983). 현재 일본에서 차나무에 *Pestalotiopsis*속의 방제 약제로 등록된 것은 benomyl, kasugamycin, captafol

및 thiophanatemethyl 등이 있다(堀川, 1982).

본 연구는 국내에 등록된 살균제를 대상으로 단감나무 둥근갈색무늬병 방제약제를 선발하기 위하여 *in vitro*에서 병원균의 생장에 미치는 영향을 조사하였고, 단감나무 잎 절편을 이용한 방제효과 시험을 수행하여 실제 단감 재배 농가에서 본 병을 방제하는데 필요한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

균주 및 시험약제

본 실험에 사용한 균주는 단감나무 둥근갈색무늬병이 발생한 잎의 병반부에서 분리 동정한 *P. theae* SP-3을 4°C에 보관하면서 사용하였다. 또한 대조균은 일본의 단감나무(日野, 1962; 野島, 1928; 野島, 1929)와 차나무 윤반병의 병원균인 *P. theae* MAFF 752002와 *P. longiseta* MAFF 752001을 일본 농업생물자원 연구소로부터 분양 받아 사용하였다. 시험에 사용한 약제는 국내에 등록된 살균제 32종을 대상으로 고농도에 의한 1차 약제 선발 시험결과 살균효과가 인정된 benomyl(50%, WP), chlorothalonil(75%, WP), tebuconazole(25%, WP), iminoctadine-triacetate(25%, EC), fluazinam(50%, WP), fludioxonil(20%, EC), prochloraz(25%, EC) 및 dichlofluanid(50%, WP) 등 8종의 약제를 대상으로 하였다(표 1).

균사생장 억제시험

본 시험에 사용한 접종원은 4°C에 보관한 *P. theae* SP-3

*연락처자

Table 1. Fungicides used in this study

Common name	Active ingredient ^{a)}	Formulation type	ai(%)
Bnomyl	Methyl 1-(butyl carbamoyl) benzimidazole-2-ylcarbamate	WP	50
Iminoctadine-triacetate	1,1'-Iminodi(octamethylene)diguadinium triacetate	EC	25
Prochloraz	N-propyl-N-[2-(2,4,6-trichlorophenoxy)ethyl]imidazol-1-carboxamide	EC	25
Dichlofluanid	N-dichlorofluoromethylthio-N,N dimethyl-N-phenyl sulfamide	WP	50
Chlorothalonil	Tetrachloroisophalonitrile	WP	75
Fluazinam	3-Chloro-N-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyl)- α - α - α -2,6-dinitro-p-toluidine	WP	50
Fludioxonil	[4-(2,2-difluoro-1,3-benzodioxol-4-yl)pyrrole-3-carbonitrile	WP	10
Tebuconazole	(RS)-1-p-chlorophenyl-4,4-dimethyl-3-(1H-1,2,4-triazol-ylmethyl)pentan-3-ol	WP	25

^{a)}Active ingredient : Nominated by IPUAC(International Union of Pure and Applied Chemistry).

WP : wettable powder, EC : emulsifiable concentrate.

균주를 potato dextrose agar(PDA) 배지에 접종하여 26±1°C에서 1주일 배양한 것을 사용하였다. 균사생장 억제시험을 위하여 약제를 첨가하여 만든 배지(약제배지)는 멸균된 PDA를 50~60°C까지 식힌 후 시험약제의 최종 농도가 10 µg/ml이 되도록 각 약제를 첨가한 다음 잘 혼합하여 일회용 Petri dish(직경 9 cm)에 15 ml씩 분주하여 균화 후 사용하였다. 병원균의 접종은 접종원의 균총 가장자리로부터 균사 절편(직경 5 mm)을 분리하여 약제배지의 중앙에 올려놓았다. 약제배지는 병원균을 접종한 후 26±1°C에서 1주일 배양하였다. 균사생장 억제율(%)은 1주일간 배양한 균총의 직경을 측정한 후 아래의 계산식으로 구하였다.

$$\text{균사생장 억제율}(\%) = \frac{\text{무처리구 균총의 직경} - \text{처리구 균총의 직경}}{\text{무처리구 균총의 직경}} \times 100$$

최소 억제 농도 측정

균사의 생육을 완전히 억제하는 최저농도(minimum inhibitory concentration: MIC)를 조사하기 위하여 시험약제의 농도가 0.1, 1, 10, 100, 500, 1000 µg/ml인 약제배지를 만들어 병원균을 접종하고 26±1°C에서 1주일 배양한 후 병원균의 생장 유무를 조사하였다.

포자 발아 억제시험

시험약제가 *P. theae* SP-3, *P. theae* MAFF 752002 와 *P. longiseta* MAFF 752001의 분생포자 발아에 미치는 영향을 조사하기 위하여 각 균주를 26±1°C에서 27일간 배양하여 포자를 형성시켰다. 형성된 포자는 0.01%의 Tween-20이 함유된 멸균수 50 ml으로 포자를 수확한 후, 포자의 농도를 2~3×10⁴ conidia/ml이 되도록 조절하였다. 시험 약제의 주성분 농도는 0.2, 1, 2, 10, 20 µg/ml이 되도록 멸균수로 희석 조제한 후 포자 현탁액 5 ml과 약액 5 ml을 혼합하여 0.1, 0.5, 1, 5, 10 µg/ml이 되도록 하였다. 포자 발아를 위해 26±1°C 배양기에서 15시간 배양 한 후 발아

한 포자 수를 현미경하에서 조사하였다. 포자발아는 발아관이 포자의 폭과 길이보다 긴 것을 발아한 것으로 간주하였고, 100개씩 3반복으로 2회 조사하였다. 조사중 포자가 발아하는 것을 억제하기 위하여 2°C의 저장고에 보관하며 조사하였다.

단감 잎 절편을 이용한 약효 검정방법

살균제의 약효는 단감나무 잎 절편(직경 5 cm)을 사용하여 조사하였다. 시험에 사용한 균주는 26°C의 PDA배지에서 1주일 배양한 것을 접종원으로 사용하였다. 접종원은 균사선단에서 직경 5 mm의 절편을 분리하여 시험약제를 처리한 잎 절편의 중앙에 접종하였다. 잎 절편은 1%의 차아염소산나트륨(NaOCl)과 70% 에틸 알코올에 침지하여 표면 소독하고 음건 후 1, 5, 10, 100 µg/ml의 약액에 30분간 침지하여 건조시켜 사용하였다. 발병은 항온 항습실(26±1°C, RH >90%)에서 7일간 유도하였고, 형성된 병반의 직경을 측정하여 아래 식으로 방제가를 구하였으며, 각 처리는 3반복으로 실시하였다.

$$\text{방제가}(\%) = \frac{\text{무처리구 병반의 직경} - \text{처리구 병반의 직경}}{\text{무처리구 병반의 직경}} \times 100$$

치료 및 예방 효과조사

약제의 치료 및 예방효과를 조사하기 위하여 田中(1991)의 방법을 변형하여 실시하였다. 단감나무 잎 절편을 1%의 차아염소산나트륨(NaOCl)과 70% 에틸 알코올에 침지하여 표면 소독 후 음건 후 5 mm의 상처를 유발시켰다. 약제의 예방효과는 잎 절편의 상처 부위에 포자 현탁액(1×10⁵ conidia ml⁻¹) 50 µl를 떨어뜨린 후 paper disk를 올려놓고, 그 위에 공시 약제 희석액을 50 µl를 주입하여 항온 항습실(26±1°C, RH>90%)에서 7일간 발병을 유도하였다. 치료효과는 먼저 병원균을 위의 방법으로 접종하고 paper disk를 올려놓고 1일간 26±1°C, RH>90% 이상의 항온

Table 2. Effects of different fungicides on mycelial growth of *Pestalotiopsis theae* (SP-3) causing leaf blight of sweet persimmon^{a)}

Fungicide	Concentration ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Inhibition value(%) ^{b)}		
		<i>P. theae</i> (SP-3)	<i>P. theae</i> (MAFF 752002)	<i>P. longiseta</i> (MAFF 752001)
Benomyl	10	0.6	42.2	47.0
Chlorothalonil	10	33.0	58.9	52.1
Fludioxonil	10	100.0	100.0	100.0
Dichlorofluanid	10	10.0	8.9	4.2
Fluazinam	10	100.0	100.0	100.0
Prochloraz	10	85.6	100.0	100.0
Tebuconazole	10	100.0	100.0	100.0
Iminictadine-triacetate	10	93.0	100.0	100.0
Control		0.0	0.0	0.0

^{a)}Mycelial growth of *Pestalotiopsis theae* on potato dextrose agar media containing 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ of fungici was measured after incubating for 7 days at $26 \pm 1^\circ\text{C}$.

^{b)}Inhibition value(%):mycelial growth of control/mycelial growth of treatment/mycelial growth of control $\times 100$.

항습실에서 감염을 유도한 후 paper disk에 약제를 50 μl 을 주입하고 7일간 발병을 유도하였다.

결과 및 고찰

균사생장 억제

국내에 등록된 약제 중 benomyl의 31종의 살균제를 대상으로 등근갈색무늬병균인 *P. theae* SP-3 와 대조균인 *P. theae* MAFF 752002, *P. longiseta* MAFF 752001의 1차 약제 효과 검정을 실시하여 약효가 인정된 8종의 약제를 선발하였다. 선발된 약제 8종은 각각 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 씩 첨가된 약제배지에서 균사 생장율을 조사한 결과는 표 2와 같다.

Sterol 합성 저해제(sterol demethylation inhibition)이며 종자 소독제인 prochloraz와 fludioxonil, 그리고 tebuconazole, fluazinam 및 iminictadine-triacetate은 대조균주에 대한 균사생육억제 효과가 100% 이었고, 등근갈색무늬병원균 *P. theae* SP-3에 대해서도 86~100%로 높은

균사생장 억제 효과를 나타내었다. 반면 chlorothalonil은 MAFF 752002와 MAFF 752001에 대해서 각각 59%와 52%의 방제효과를 보였으나, SP-3에 대해서는 33%의 균사생장 억제 효과를 보였다. Benomyl은 MAFF 752002와 MAFF 752001에 대해서 50% 미만, SP-3에 대해서는 균사생장을 전혀 억제하지 못하였고, dichlofluanid은 모든 병원균에 대해서 10% 내외의 저조한 균사생장 억제율을 보였다. 이는 단감재배 시 문제가 되는 탄저병과 흰가루병 방제를 위해서 농가에서 1년에 3~5번을 사용하고 있는 chlorothalonil과 benomyl이 등근갈색무늬병균에 대한 균사생장 억제율이 대조 균주로 사용한 MAFF 752002와 MAFF 752001보다 낮은 원인으로 추정되므로, 이들 약제에 대한 병원균주의 약제저항성 발현 여부를 조사할 필요가 있다고 판단되었다. 이와 유사한 연구결과로서 堀川(1982)이 *P. longiseta*에 대한 균사생장억제효과를 조사한 결과 PDA 수평 확산법에 의한 benomyl과 dichlofluanid 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 농도에서 *P. longiseta*의 균사 생장을 완전히 억

Table 3. Minimum inhibitory concentration(MIC) of different fungicides on the mycelial growth of *Pestalotiopsis theae* (SP-3)

Fungicide	MIC($\mu\text{g}/\text{ml}$) ^{a)}		
	<i>P. theae</i> (SP-3)	<i>P. theae</i> (MAFF 752002)	<i>P. longiseta</i> (MAFF 752001)
Benomyl	500~1,000	500~1,000	500~1,000
Chlorothalonil	500~1,000	500~1,000	500~1,000
Fludioxonil	1 ~ 10	1 ~ 10	1 ~ 10
Dichlorofluanid	500~1,000	500~1,000	500~1,000
Fluazinam	1 ~ 10	1 ~ 10	1 ~ 10
Prochloraz	1 ~ 100	1 ~ 10	1 ~ 10
Tebuconazole	1 ~ 10	1 ~ 10	1 ~ 10
Iminictadine-triacetate	1 ~ 10	<1	<1

^{a)}MIC was examined on potato dextrose agar amended with each fungicide.

Table 4. Effects of different fungicides on conidial germination of *Pestalotiopsis theae*(SP-3)^{a)}

Fungicide	Concentration ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Conidial germination(%) ^{b)}		
		<i>P. theae</i> (SP-3)	<i>P. theae</i> (MAFF 752002)	<i>P. longiesta</i> (MAFF 752001)
Benomyl	0.0	90.0 a	85.0 a	87.0 a
	0.1	64.0 b	63.0 b	63.8 b
	0.5	62.7 b	62.5 b	61.8 b
	1.0	61.5 b	62.8 b	62.3 b
	5.0	62.5 b	62.8 b	61.0 b
	10.0	63.8 b	61.5 b	62.0 b
Chlorothalonil	0.0	89.2 a	88.7 a	86.7 a
	0.1	46.0 b	83.5 b	43.0 b
	0.5	44.2 b	42.7 b	42.3 b
	1.0	42.2 b	42.2 b	42.0 b
	5.0	42.8 b	41.7 b	41.8 b
	10.0	40.0 b	39.0 b	39.3 b
Fludioxnil	0.0	80.7 a	81.0 a	82.3 a
	0.1	32.7 b	31.7 b	33.0 b
	0.5	20.3 c	17.2 c	16.3 c
	1.0	17.9 c	17.3 c	15.1 cd
	5.0	13.1 d	11.3 d	13.3 d
	10.0	4.7 e	5.1 e	4.8 e
Dichlofluanid	0.0	89.2 a	88.7 a	86.7 a
	0.1	76.0 b	73.5 b	71.0 b
	0.5	74.2 b	71.7 b	72.3 b
	1.0	71.2 b	72.5 b	72.0 b
	5.0	72.8 b	71.1 b	71.2 b
	10.0	70.0 b	79.1 b	68.9 b
Fluazinam	0.0	80.7 a	89.3 a	87.2 a
	0.1	54.3 b	53.7 b	52.3 b
	0.5	32.2 c	32.3 c	30.7 c
	1.0	19.8 c	18.8 c	18.0 cd
	5.0	11.0 d	11.3 d	11.8 d
	10.0	6.8 e	7.7 e	5.7 e
Prochloraz	0.0	80.7 a	81.0 a	82.3 a
	0.1	33.7 b	32.7 b	37.0 b
	0.5	19.3 c	18.2 c	16.3 c
	1.0	17.8 c	18.3 c	15.5 cd
	5.0	12.1 d	12.3 d	12.3 d
	10.0	5.7 e	5.7 e	5.3 e
Tebuconazole	0.0	85.0 a	86.8 a	89.8 a
	0.1	83.8 a	84.0 ab	89.3 a
	0.5	82.0 ab	82.5 bc	87.0 b
	1.0	81.5 ab	82.0 bc	85.8 b
	5.0	81.8 ab	80.5 bc	82.0 c
	10.0	76.8 b	80.0 c	79.8 d
Iminoctadine -triacetate	0.0	89.3 a	86.5 a	88.2 a
	0.1	53.0 b	50.7 b	52.5 b
	0.5	33.7 c	32.5 c	31.5 c
	1.0	19.8 d	23.8 d	21.2 d
	5.0	13.0 e	12.7 e	12.8 e
	10.0	6.8 f	7.0 f	7.2 f

^{a)}Conidial germination(%) of the fungus was observed after incubating for 20 hrs at 26°C on potato dextrose broth incorporated with each concentration of fungicides.

^{b)}Values are the mean of 6 replications. Values with the same letter indicates insignificantly different(P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

제시키지만 chlorothalonil은 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 처리에서도 균사 생장을 완전히 억제시키지 못한다고 하였다.

최소 억제 농도

실험에 사용한 세 균주에 대한 균사생장 최저 억제 농도(MIC)를 조사한 결과는 다음과 같다(표 3). *P. theae* SP-3에 대한 MIC는 iminictadine-triacetate가 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 인 반면, 대조균인 *P. theae* MAFF 752002와 *P. longiseta* MAFF 752001에 대한 MIC는 1.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 으로 나타났다. 균사 생장 억제 효과가 낮게 나타난 benomyl, chlorothalonil 및 dichlorofluanid의 MIC는 1,000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 매우 높았고, fludioxonil, fluazinam, prochloraz, tebuconazole의 MIC는 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 나타났다.堀川(1986)은 차나무 윤반병인 *P. longiseta*의 MIC를 조사한 결과 benzimidazole계 살균제인 benomyl의 MIC는 감수성 균주는 0.2 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이었고, 그 전후의 빈도 분포는 0.05~0.78 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이었다고 보고하였다. 중간 정도의 저항성을 나타내는 균주는 3.13 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 그 전 후 빈도 분포범위는 3.13~25 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이었고, 고도의 저항성을 나타내는 균주의 경우 800 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 이상이었다고 하였다.堀川의 결과와 비교하여볼 때 본 시험에 사용한 SP-3은 이미 benomyl에 대한 저항성을 획득하고 있는 균주가 아닌가 추정된다.

분생포자 발아 억제 효과

공시한 8약제의 농도를 각각 0, 0.1, 0.5, 1, 5, 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 로 조절한 potato dextrose broth(PDB)배지에서 *P. theae* SP-3와 대조 균주의 분생 포자 발아 억제 효과를 검정한 결과는 다음과 같다(표 4). SP-3 균주에 대해 포자 발아 억제가 우수한 약제로는 fludioxonil, fluazinam, prochloraz, tebuconazole 및 iminictadine-triacetate으로 1.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서 80%이상의 포자 발아를 억제하는 효과를 나타

낸 반면, benomyl의 경우 포자 발아 억제율이 약 40%, chlorothalonil 60%, dichlorofluanid는 약 30%로 낮았는데, 이들 약제는 균사 생장 최소 억제 농도도 높게 나타난 것으로 추후 등근갈색무늬병 방제를 위한 포장시험에서 보다 세밀한 관찰이 있어야 될 것으로 본다.

단감 잎 절편을 이용한 약효 검정

PDA 평판배지에서 *P. theae* SP-3와 대조 균주에 대한 균사 생장 억제 효과가 좋았던 iminictadine-triacetate는 단감 잎을 이용한 검정에서도 각 균주에 대한 발병 억제력이 각각 94.0, 93.5, 93.3%로 높게 나타났다(표 4).

Tebuconazole, fludioxonil 및 fluazinam도 모든 균주에 대하여 90.5~94.7%의 높은 발병 억제력을 보였다. 그러나 prochloraz 경우 SP-3에 대해서 발병억제력이 다소 낮은 86.5%를 보인 반면, 다른 대조 균주에 대해서는 각각 91.7%와 91.2%의 발병 억제력을 보였다. PDA 평판배지에서 균사 생장 억제력이 낮았던 benomyl은 SP-3균주에 대해서는 약 7.2%로 발병억제 효과가 없는 반면, 대조균인 MAFF 752002와 MAFF 752001에 대해서는 41.7%와 45.5%의 발병 억제율을 보여 공시 균주 간의 차이를 보였다. Chlorothalonil은 실험한 모든 균주에 대하여 발병억제 효과가 매우 저조하였다.

예방 및 치료 효과

P. theae SP-3와 대조 균주에 대한 예방효과와 치료효과를 검증하기 위하여 Tanaka와 Kiso(1991)의 방법을 변형하여 조사한 결과(표 5), 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 농도에서 94% 내외의 높은 예방효과를 보인 약제는 fludioxonil을 비롯하여 fluazinam, tebuconazole prochloraz 및 iminictadine-triacetate 등 5종이었으나 약제간의 유의차는 없었다. 그러나 공시약제 중 benomyl은 MAFF 752002와 MAFF

Table 5. Effect of different fungicides on control of leaf blight of sweet persimmon caused by *Pestalotiopsis* spp.^{a)}

Fungicide	Concentration ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	Inhibition value(%) ^{b)}		
		<i>P. theae</i> (SP-3)	<i>P. theae</i> (MAFF 752002)	<i>P. longiseta</i> (MAFF 752001)
Benomyl	10	7.2 b	41.7 c	45.5 d
Chlorothalonil	10	30.2 c	55.0 b	51.3 c
Fludioxonil	10	94.4 a	92.8 a	91.5 b
Dichlorofluanid	10	9.6 d	6.4 d	3.8 e
Fluazinam	10	93.8 a	92.8 a	94.7 a
Prochloraz	10	86.5 b	91.7 a	91.2 b
Tebuconazole	10	94.3 a	91.3 a	94.7 a
Iminictadine-triacetate	10	94.0 a	93.5 a	93.3 ab
Control		0.0	0.0	0.0

^{a)}The leaf discs were dipped in each fungicide solution of defined concentration(10 $\mu\text{g}/\text{ml}$) and air-dried for 30 min before inoculation.

^{b)}Control value(%): Lesion diameter of control - Lesion diameter of treatment / Lesion diameter of control \times 100. Values are the mean of 6 replications. Values with the same letter indicates insignificantly different(P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

752001에 대해서 39.9%와 38.4%의 예방효과를 보였으나 SP-3에 대해서는 예방효과가 없었다. 끝으로 dichlofluanid는 모든 공시 균주에 대해서 예방효과가 나타나지 않았다. 치료효과는 병원균을 먼저 접종 후 발병이 적합한 항온 항습실에서 1일간 병원균의 감염을 유도한 뒤 paper disk에 약제를 주입 후 7일간 발병을 유도시켜 치료효과를 조사한 결과는 다음과 같다(표 6). 10 µg/ml의 처리 농도에서 92.5% 이상 높은 치료 효과를 보인 약제는 fludioxonil을 비롯하여 fluazinam, prochloraz, tebuconazole 및 iminictadine - triacetate 등 5종이었다. 그 중 SP-3 균주에

가장 높은 치료효과인 97.2%를 보인 약제는 iminictadine - triacetate이었고, 대조 균주에 가장 높은 치료효과인 97.5%를 보인 약제는 prochloraz이었으나 약제간에 유의차는 인정할 수 없었다. 반면 benomyl과 dichlofluanid는 등근갈색무늬병균인 SP-3에 대하여 예방효과뿐만 아니라 치료효과도 없었으며, 대조 균주에 대해서도 10% 미만으로 치료효과가 없는 것으로 조사되었다. 그러나 현재 일본에서는 *Pestalotiopsis*속인 *P. theae* 와 *P. longiseta*의 방제약제로 사용되고 있으므로 추후 포장에서 나타나는 약제반응을 면밀히 검토해볼 필요는 있을 것으로 생각한다.

Table 6. Preventive effects of different fungicides on the leaf blight of sweet persimmon^{a)}

Fungicide	Concentration (µg/ml)	Inhibition value(%) ^{b)}		
		<i>P. theae</i> (SP-3)	<i>P. theae</i> (MAFF 752002)	<i>P. longiseta</i> (MAFF 752001)
Benomyl	10	0.7 d	39.9 d	38.4 d
Chlorothalonil	10	31.8 b	53.5 c	52.7 c
Fludioxonil	10	96.7 a	95.5 a	94.0 a
Dichlorofluanid	10	9.3 c	7.5 e	4.1 e
Fluazinam	10	94.7 a	95.8 a	95.7 a
Prochloraz	10	95.0 a	93.3 a	96.7 a
Tebuconazole	10	94.2 a	92.2 b	93.0 b
Iminictadine-triacetate	10	95.2 a	93.0 a	96.2 a
Control		0.0	0.0	0.0

^{a)}Preventive effect of each fungicides was measured by the simple screening method using persimmon leaf discs and paper disk.

^{b)}Control value(%): Lesion diameter of control - Lesion diameter of treatment / Lesion diameter of control × 100. Values are the mean of 6 replications. Values with the same letter indicate insignificantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

Table 7. Curative effects of different fungicides on the leaf blight of sweet persimmon caused by *Pestalotiopsis theae* (SP-3)^{a)}

Fungicide	Concentration (µg/ml)	Inhibition value(%) ^{b)}		
		<i>P. theae</i> (SP-3)	<i>P. theae</i> (MAFF 752002)	<i>P. longiseta</i> (MAFF 752001)
Benomyl	10	0.0 c	4.3 d	10.3 c
Chlorothalonil	10	29.3 b	40.0 b	50.2 b
Fludioxonil	10	94.7 a	95.7 a	96.7 a
Dichlorofluanid	10	0.8 c	10.2 c	10.5 c
Fluazinam	10	95.5 a	95.4 a	95.2 a
Prochloraz	10	92.5 a	97.5 a	96.5 a
Tebuconazole	10	96.2 a	95.5 a	95.3 a
Iminictadine-triacetate	10	97.2 a	94.7 a	94.3 a
Control		0.0	0.0	0.0

^{a)}Curative effect of each fungicides was measured by the simple screening method using persimmon leaf discs and paper discs.

^{b)}Control value(%): Lesion diameter of control - Lesion diameter of treatment / Lesion diameter of control × 100. Values are the mean of 6 replications. Values with the same letter indicate insignificantly different (P=0.05) according to Duncan's multiple range test.

인용문헌

- 김경수, 최혜선, 임태현, 장태현, 정봉구, 김명조, 이윤수 (1997) 단감나무등근갈색무늬병균 *Pestalotiopsis*의 RAPD를 통한 유전다양성분석. 한국식물병리학회지 13(5):310~316.
- 농림부 (1999) 농림업통계연보 p.500.
- 이윤수, 우수진, 최혜선, 김경수, 강원희, 김명조, 심재욱, 장태현, 임태현 (1998) 단감나무 등근갈색무늬병균 *Pestalotiopsis* spp.의 isozyme을 통한 유전다양성분석. 한국식물병리학회지 14(5):502~506.
- 장태현, 임태현, 정봉구, 김병섭, 심형권 (1996) *Pestalotiopsis. theae*에 의한 단감나무등근갈색무늬병(가칭)의 발생. 한국식물병리학회지 12(3):377~379.
- 장태현, 임태현, 정봉구, 김병섭 (1997) 단감나무등근갈색무늬병균 *Pestalotiopsis. theae*의 배양적 특성. 한국식물병리학회지 13(4):223~238.
- 장태현, 임태현, 정봉구 (1998) 단감나무 등근갈색무늬병균 (*Pestalotiopsis. theae*)의 분생 포자 발아에 미치는 영향. 한국식물병리학회지 14(2):120~124.
- 장태현, 임태현, 정봉구 (1999) 단감나무 등근갈색무늬병의 발생생태. 식물병과농업 5(1):50~54.
- 한국식물보호학회 (1998) 한국식물 병해·충해·잡초명감 한국식물병리학회지 pp.55~56.
- 日野隆之 (1962) カキ葉枯病の病原菌. 植物防疫 16:287~288.
- 堀川知廣 (1982) チャ輪斑病の有効な防除薬劑と撒布時期. 茶業研究報告 56:45~56.
- 堀川知廣 (1986) チャ輪斑病菌 *Pestalotia longiseta* Spegazzini의 벤즈イミダゾール系殺菌劑に對する耐性の發生. 静岡茶試研報. 12:9~14.
- 木伏秀夫 (1956) *Pestalotia* 屬菌による茶樹の枝枯について(第2報)(講要). 茶技協講要 Oct. 1956:16.
- 木伏秀夫 (1962) 茶輪斑病の二, 三の生態と防除試驗(講要). 茶技協講要 Nov 1962:26~27.
- 野島友雄 (1928) 柿の葉枯病を基因する「ベスタロツチア」菌の二種類に就て (子報). 病虫雜 15:85~91.
- 野島友雄 (1929) 柿葉に寄生する二種の[ベスタロツチア]屬菌に關する研究. 島高農學報 7:307~340.
- 田中 勳, 木會 皓 (1991) キュウリ子葉 とペーペディスクを用いた灰色力び病防除藥劑の簡易檢定法. 日植防研報 5:17~22.

In vitro selection of fungicides for control of leaf blight of sweet persimmon tree caused by *Pestalotiopsis theae*

Chang T.H. and Lim T.H.(Dae Yu Co., Ltd. Research Institute of Plant Nutrition)

Abstract : *In vitro* experiments, several fungicides including prochloraz, tebuconazole, fluazinam, fludioxonil, and iminoctadine-triacetate showed more than 85% inhibition of mycelial growth of *Pestalotiopsis theae* (SP-3). Dichlofluanid and chlorothalonil inhibited mycelial growth at the rate of 10 and 33%, however benomyl did not inhibit mycelial growth of the fungus. Minimum inhibitory concentration(MICs) of iminoctadine-triacetate on the mycelial growth of SP-3 isolate was 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$, but that of *P. theae* MAFF 752002 and *P. longiseta* MAFF 752001 was 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$. MIC of benomyl, chlorothalonil, dichlofluanid was 1,000 $\mu\text{g}/\text{ml}$, and that of fludioxonil, fluazinam, tebuconazole was 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$. Conidial germination was inhibited more than 80% in the medium which contained 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ of prochloraz, tebuconazole, fluazinam, fludioxonil, and iminoctadine-triacetate. Control values of benomyl, chlorothalonil and dichlofluanid were 40, 60 and 30%, respectively. The controlling effect of iminoctadine-triacetate (10 $\mu\text{g}/\text{ml}$) against *P. theae* (SP-3) in leaf disc test was more than 93%, but benomyl and dichlofluanid could not control leaf blight disease caused by *P. theae* (SP-3). Tebuconazole, fluazinam, fludioxonil, and iminoctadine-triacetate showed more than 94% of protective and curative effect of leaf blight of sweet persimmon, while, benomyl and dichlofluanid did not show any control effect of the disease.

*Corresponding author (Tel : +82-53-817-3012, E-mail : forplant@hanmail.net)