

## Dichlofluanid 저항성 및 감수성 잭빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)의 약제 반응과 생태 적응력과 관련된 특성

임태현 · 김병섭\* · 조광연 · 차병진<sup>1</sup>  
한국화학연구소 스크리닝안정성센터, <sup>1</sup>충북대학교 농생물학과

### Chemical Responses and Fitness-Related Characteristics of Dichlofluanid-Resistant and -Sensitive *Botrytis cinerea* Isolates

Tae Heon Lim, Byung Sup Kim\*, Kwang Yun Cho and Byung Jin Cha<sup>1</sup>  
Screening and Toxicology Research Center, Korea Research Institute of Chemical Technology,  
Yusong P. O. Box 107, Taejeon 305-606, Korea  
<sup>1</sup>Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University,  
Cheongju 360-763, Korea

**ABSTRACT :** Nine hundred and ninety-two isolates of *Botrytis cinerea* were obtained from infected strawberries, tomatoes and cucumbers in Taejeon, Gongju, Puyo, Nonsan and Kimhae in Korea. Six hundred forty-two (64.7%) isolates were benomyl resistant (BR), 245 (24.7%) were procymidone resistant (PR), and 105 (10.6%) were dichlofluanid resistant (DR). In the minimum inhibitory concentration (MIC) test, DR isolates showed mycelial growth on the PDA incorporated with 100 or 500 µg/ml of dichlofluanid, while dichlofluanid sensitive (DS) isolates did not grow on the PDA incorporated even with 10 µg/ml of dichlofluanid. Chemical concentrations for inhibition of spore germination were much lower than those for inhibition of mycelial growth. IC<sub>50</sub> values, the effective concentrations for 50% inhibition of spore germination, for DR were 0.11~0.29 µg/ml, whereas they were 0.04~0.09 µg/ml for DS isolates. In comparison of fitness-related characteristics such as virulence, sclerotial formation, and sporulation, DR isolates were inferior to DS isolates. However, mycelial growth was little different between DR isolates and DS isolates.

**Key words :** *Botrytis cinerea*, dichlofluanid, resistant, fitness.

*Botrytis cinerea*에 의한 잭빛곰팡이병은 원예작물에 가장 일반적이고 가장 광범위하게 발생하는 중요 식물병의 하나이다. 특히 이 병은 열매를 비롯하여 잎, 가지, 꽃, 열매 꽃이 등 생육 전반 및 저장 중의 과실에 발생하여 막대한 피해를 야기시키고 있다(1, 6, 9).

*Botrytis cinerea*에 의한 잭빛곰팡이병 방제는 저항성 품종의 이용이 어렵고 대부분의 시설 재배에서 환경 조건의 조절이 쉽지 않기 때문에 현실적으로 각종 살균제에 의한 화학적 방제에 의존하고 있다. 그러나 화학적 방제는 여러 가지 문제를 유발하는데 그 중에서도 저항성균의 출현에 의한 약효 경감은 가장 큰 문제 중의 하나이다. 대표적인 방제 약제인 benzimidazole계 및 dicarboximide계 살균제가 저항성균의 출현으로 약

효 상실이 전세계적으로 광범위하게 보고되었다(4, 5, 7~11, 13, 14). 이러한 살균제 저항성 문제는 특이적 작용 메커니즘을 가진 살균제가 비특이적 작용 메커니즘을 지닌 살균제 보다 심각한 것으로 알려져 있다. 김 등(9)은 benzimidazole계 및 dicarboximide계 살균제에 저항성인 잭빛곰팡이병균에 대한 비특이적 작용 메커니즘을 가지는 살균제인 dichlofluanid 및 folpet의 높은 약효를 보고한 바 있다. 이러한 살균제들은 세포 내 thiol 화합물들과 결합하여 살균 활성을 나타내므로 저항성 출현이 어려울 것으로 생각되었지만 1980년대 후반부터 dichlofluanid에 대한 저항성균의 출현과 저항성균의 일반적인 특징이 보고되고 있다(5, 12, 15).

약제 저항성균의 방제를 위해서는 약제 저항성균의 생태적 특성을 알아야 하는데, 그 특성으로 저항성균

\*Corresponding author.

및 감수성균의 적응력(fitness)을 조사하는 것이 필요하다. 적응력 요소(fitness components)로는 차세대를 남기는데 관련된 요소로 식물 병원균의 경우는 기주 식물에 대한 병원균의 병원력, 포자형성능 등이 중요한 요소이다(2, 8, 10, 11, 14).

따라서 본 실험에서는 주요 원예작물인 오이, 토마토, 딸기 등의 시설 재배 농가로부터 *B. cinerea*를 분리하여 benzimidazole계 약제 benomyl, dicarboximide계 살균제 procymidone 그리고 1981년 국내에 소개되어 약 15년 동안 사용된 dichlofluanid 살균제에 대한 저항성의 실태를 조사하였으며, dichlofluanid 감수성 및 저항성균의 생태 적응성과 관련된 몇 가지 생리적 특성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

**병원균의 분리 및 병원성 검정.** 실험에 사용한 *B. cinerea* 균주는 1994년 3월부터 1995년 3월 사이에 대전, 충남 논산, 부여, 공주와 경남 김해 등의 오이, 토마토, 딸기의 시설 재배 포장으로부터 병든 식물을 채집하여 분리하였다. 채집된 병반을 20°C, 상대 습도 90% 이상의 항온항습실에서 3일간 습실 처리 후 streptomycin(200 µg/ml)이 첨가된 PDA(potato dextrose agar)배지에 올려놓아 병반에서 자라나온 곰팡이를 이식하여 20°C 배양기에서 3일간 배양하여 병원균을 분리하였다. 분리된 균은 4°C의 저온실에 보관하며 실험에 사용하였다.

**병원성 검정**은 온실에서 15일간 육묘한 오이(품종: 하우스백다다기오이)의 제1엽에 분리된 균의 균사 조각을 접종하여 20°C, 상대 습도 90% 이상의 항온항습실에 넣어 3일간 발병을 시킨 후 발병 여부를 조사하였다.

**약제 반응.** 본 실험에 사용한 약제는 benzimidazole계 약제 benomyl(50% 수화제), dicarboximide계 약제 procymidone(50% 수화제)와 dichlofluanid(98% 원제)를 사용하였다. 약제 배지의 제조는 멸균된 PDA배지를 50~60°C까지 식힌 후 적정의 농도로 약제를 첨가하여 잘 혼합 후 일회용 petri dish(직경 9 cm)에 15 ml씩 분주하여 제조하였다. 분리 균의 약제에 대한 반응은 각각의 약제가 10 µg/ml로 함유된 PDA에 직경 5 mm의 균사 조각을 접종하여 20°C 배양기에서 3일간 배양 후 균사의 생육 여부를 조사하였다. 병원성이 확인된 균주 가운데 benomyl에 저항성이며 procymidone에 감수성인 균주 중 dichlofluanid 10 µg/ml에서 생장한 5균주 생장하지 못한 5균주를 선발하

여 이후 실험에 이용하였다.

**MIC(minimum inhibitory concentration) 측정.** 각각 약제가 0.1, 1, 10, 100, 500, 1,000 µg/ml 농도가 되도록 제조한 PDA에 위의 약제 반응 조사와 동일한 방법으로 병원균을 접종하여 20°C에서 3일간 배양 후 균사의 생육 여부를 조사하여 MIC를 구했으며, 본 실험은 3반복으로 수행하였다.

**포자 발아 조사.** 포자의 준비는 Shirane(16)의 방법을 따랐다. 각각의 균주를 PDA배지에 접종하여 20°C 배양기에서 3일간 배양 후 3,000 lux near-UV가 설치된 배양기에서 2일간 배양하고 다시 암상태로 3일간 배양하여 포자를 준비하였다. 분생포자가 형성된 plate는 0.01% Tween 20이 함유된 살균수 50 ml를 부어 포자를 수확하였고, 포자의 농도  $1 \times 10^6$  spores/ml 용액에 약제의 농도가 0.05, 0.1, 0.5, 1 µg/ml되도록 조절하여 20±1°C 진탕 배양기에서 5시간 배양한 후 광학현미경하에서 포자 발아를 조사하였는데, 이때 발아관이 포자의 폭 길이보다 긴 것을 발아한 것으로 간주하였다. 포자 발아 실험은 3반복으로 실시했으며 반복당 100개의 포자를 조사하였다. 관찰 중 포자의 발아를 억제하기 위하여 ice box에 flask를 보관하면서 포자를 검경하였다.

**Egg-plant leaf disk**를 이용한 dichlofluanid의 약효 검정. 25±5°C 온실에서 75일간 육묘한 가지의 잎을 직경 5 cm 크기로 자른 후 약제를 처리하고, PDA배지에서 배양된 병원균의 균총(직경 5 mm)을 접종하였다. Leaf disk의 약제 처리는 1%의 sodium hypochlorite에서 1분간 표면 소독 후 dichlofluanid가 각각 0, 1, 5, 10, 100 µg/ml로 조절된 약액에 20~30분간 침지하고 상온에서 약 30분간 풍건시킨 후 사용하였다. 발병 조사는 20°C, 상대 습도 90% 이상의 항온항습실에서 3일간 발병을 시킨 후 형성된 leaf disk당 형성된 병반의 직경을 측정하여 무처리구에 대한 방제가를 산출하였다. 본 실험은 각 처리구당 3반복으로 실시하였다.

**생태 적응력(fitness) 비교.** 생태 적응력 요소로 병원력, 균사 생장, 균핵 형성, 포자 형성을 조사하였다. 균사의 생장 속도는 PDA배지에 3일간 배양된 병원균의 균총 가장자리로부터 직경 5 mm 크기의 균사 조각을 절취하여 새로운 PDA 배지에 접종하여 20°C 배양기에서 36, 60, 84시간 배양 후 자란 균총의 직경을 측정하여 생육 속도를 조사하였다. 병원력은 오이 제1분엽에 위의 egg leaf disk 검정과 마찬가지로 병원균을 접종하여 20°C 항온항습실에서 3일간 발병시킨 후 병반 직경을 조사하였으며, 균핵 형성은 각 균주들을

PDA배지에 접종 후 20°C 배양기에서 30일간 암조건으로 배양 후 plate당 형성된 균핵의 수를 조사하였다. PDA에서 포자 형성은 Shirane(16)의 방법에 따라 접종 8일 후 plate에 0.01%의 Tween 20이 첨가된 살균 증류수 50 ml를 부어 포자를 수확한 후 혈구계를 사용하여 조사하였으며, 가지 열매에서 포자 형성은 가지 열매에 직경 5 mm의 cork borer로 가지 열매 표면에 원형의 상처를 만든 후 균사 조각을 접종하여 20°C, 상대 습도 90% 이상의 항온항습실에서 5일간 발병을 시킨 후 병반의 표면에 포자의 형성 유무를 관찰하였다. 가지 열매 표면에 포자를 형성한 균주는 직경 5 mm의 cork borer로 병반 조각을 만든 후 0.01% Tween 20이 함유된 살균 증류수 50 ml에 병반 조각을 20개씩 넣고 잘 흔들어 현탁액을 만들어 포자 농도를 측정하였다.

결 과

병원균의 약제 반응. 대전에서 채집된 194 균주중 benomyl 저항성균이 163(84.0%), procymidone 저항성균이 47(24.2%), dichlofluanid 저항성균이 17(8.8%), 공주에서는 187분리 균주중 benomyl 저항성균이 94(50.3%), procymidone 저항성균이 50(26.7%), dichlofluanid 저항성균이 18(9.6%), 논산에서는 398분리 균주중 benomyl 저항성균이 283(71.1%), procymidone 저항성균이 93(23.3%), dichlofluanid 저항성균이 38(9.5%), 부여에서는 146분리 균주중 benomyl 저항성균이 71(48.6%), procymidone 저항성균이 37(25.3%), dichlofluanid 저항성균이 17(11.6%), 김해에

서는 67분리 균주중 benomyl 저항성균이 31(46.2%), procymidone 저항성균이 18(26.6%), dichlofluanid 저항성균이 15(22.4%)로 나타났다(Table 1). 총 992 분리균주 중 benomyl 저항성균은 642균주(64.7%), procymidone 저항성균은 245균주(24.7%), dichlofluanid 저항성균은 105균주(10.6%)로 나타났다.

MIC(minimum inhibitory concentration) 측정. 선발된 균주는 benomyl에 저항성인 균주로 1,000 µg/ml의 약제 농도에서도 성장하였으며, procymidone에는 감수성으로 10 µg/ml 미만의 농도에서 성장하지 못하였다. Dichlofluanid에 대하여는 저항성 균주인 BC-1, BC-2, BC-3은 500 µg/ml 농도에서 균사의 생장이 가능하여 MIC가 500 µg/ml 이상이었으며, BC-4, BC-5는 100 µg/ml에서 균사의 생육을 완전히 저지시키지 못한 반면, 감수성 균주의 경우 선발된 모든 균주가 10 µg/ml 농도에서 균사의 생육을 완전히 저지시켜 MIC가 10 µg/ml 미만으로 나타났다(Table 2).

포자 발아. Dichlofluanid 저항성 균주와 감수성 균주의 *in vitro*에서 포자 발아에 미치는 dichlofluanid의 영향을 조사한 결과 균사 생장 억제 실험에서 dichlofluanid에 저항성으로 나타난 균주의 경우 포자 발아를 50% 억제하는 농도(IC<sub>50</sub>)가 0.11~0.29 µg/ml로 나타난 반면, 감수성균의 경우는 0.04~0.09 µg/ml로 나타났다(Fig. 1). 그러나 dichlofluanid 저항성 균주와 감수성 균주 모두 무처리구에서는 95% 이상의 높은 발아율을 관찰할 수 있었다.

Table 1. Responses of *Botrytis cinerea* isolates isolated from various locations in 1994-1995 to benomyl, procymidone, and dichlofluanid<sup>a</sup>

Location	No. of isolates tested	No. of resistant isolates		
		Benomyl	Procy-midone	Dichlo-fluanid
Taejon	194	163(84.0) <sup>b</sup>	47(24.2)	17( 8.8)
Gongju	187	94(50.3)	50(26.7)	18( 9.6)
Nonsan	398	283(71.1)	93(23.3)	38( 9.5)
Puyo	146	71(48.6)	37(25.3)	17(11.6)
Kimhae	67	31(46.2)	18(26.6)	15(22.4)
Total	992	642(64.7)	245(24.7)	105(10.6)

<sup>a</sup> Resistance to benomyl, procymidone and dichlofluanid was examined on PDA media incorporated with 10 µg/ml concentration of each fungicide.

<sup>b</sup> Percentages of resistant isolates in parentheses.

Table 2. Host plant, location and minimum inhibitory concentration of dichlofluanid to *Botrytis cinerea* isolates used in this study

Isolate <sup>a</sup>	Host plant	Source	MIC (µg/ml) to dichlofluanid <sup>b</sup>
BC-1	Strawberry	Gongju	> 500
BC-2	Strawberry	Taejon	> 500
BC-3	Strawberry	Nonsan	> 500
BC-4	Tomato	Puyo	100~500
BC-5	Strawberry	Gongju	100~500
BC-6	Cucumber	Nonsan	< 10
BC-7	Strawberry	Taejon	< 10
BC-8	Strawberry	Taejon	< 10
BC-9	Tomato	Taejon	< 10
BC-10	Strawberry	Puyo	< 10

<sup>a</sup> Ten *B. cinerea* isolates resistant to benomyl (MIC=>1,000) and sensitive to procymidone (MIC=<10) were selected in this study.

<sup>b</sup> MIC test was examined on PDA media incorporated with each fungicide.

Egg-plant leaf disc를 이용한 dichlofluanid의 약효 검정. Dichlofluanid 저항성 균주의 경우 dichlofluanid 1~100  $\mu\text{g/ml}$  처리구 모두에서 발병하였는데, dichlofluanid 100  $\mu\text{g/ml}$  처리의 경우 대조구에서 34.1~37.0%의 병반면적을 나타낸 반면, 8.3~21.5%의 병반 면적을 나타내어 37.0~76.4%의 방제가를 보였으나, dichlofluanid 감수성 균주의 경우 1  $\mu\text{g/ml}$  처리시에도 발병이 완전히 억제되었다(Table 3).

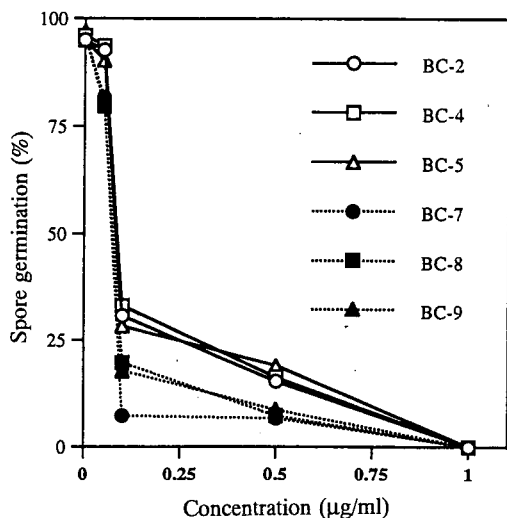


Fig. 1. Inhibition of spore germination of dichlofluanid-resistant and -sensitive isolates of *Botrytis cinerea*.

생태 적응력 비교. 조사된 생태 적응력 요소의 저항성, 감수성 균주간의 비교 조사는 Table 4에서 나타난 바와 같다. 저항성 균주와 감수성 균주간의 군사생장 속도는 유의성 있는 차이는 관찰할 수 없었다. PDA에서의 균핵형성 능력은 Fig. 2에 나타난 것처럼 dichlofluanid 저항성 균주는 모두가 배지 표면에 균핵을 형성하지 못하고 대부분의 균주가 기중 군사만을 형성하였으나, dichlofluanid 감수성 균주는 BC-6균주를 제외한 균주들은 배지 표면 전체에 균핵을 형성하거나 접종원으로부터 일정한 거리에 균핵을 형성하였다. 형성된 균핵의 크기와 수는 균주간에 차이를 보였다(Table 4).

포자 형성은 dichlofluanid 저항성 균주와 감수성 균주간의 *in vitro*와 *in vivo* 상태에서 포자 형성 능력을 관찰한 결과는 Table 4와 같다. *In vitro* 상태에서는 dichlofluanid 저항성 균주 중 BC-5 균주만이 특히 많은 포자를 형성한 반면, 나머지 BC-1, 2, 3, 4 균주들은 dichlofluanid 감수성 균주에 비하여 포자 형성 능력이 현저히 떨어짐을 알 수 있었다. 가지 열매를 이용한 *in vivo* 상태에서 포자 형성 능력은 저항성 균주의 경우 *in vitro* 상태에서 비교적 많은 포자를 형성한 BC-5 균주만이 *in vivo* 상태에서도 병반 표면에 포자를 형성하였으며, 나머지 BC-1, 2, 3, 4 균주들은 병반 표면에 포자를 형성하지 못하였다. 그러나 감수성 균주의 경우 모든 균주에서 *in vitro*에서와 같이 *in vivo* 상태에서도 병반 표면에 포자를 형성하였다(Table 4).

Table 3. Effects of dichlofluanid on lesion size on egg-plant leaf disks formed by resistant and sensitive isolates of *Botrytis cinerea* to dichlofluanid<sup>a</sup>

Type	Isolate	Lesion diameter (mm)					Control value (%) <sup>b</sup>
		Untreated control	Dichlofluanid ( $\mu\text{g/ml}$ )				
			1	5	10	100	
Resistant	BC-1	37.0	37.9	35.0	18.1	18.0	51.4
	BC-2	35.1	34.8	28.0	18.1	8.3	76.4
	BC-3	35.2	34.2	29.5	21.4	19.3	45.8
	BC-4	34.1	34.0	33.0	28.1	21.5	37.0
	BC-5	35.7	35.5	30.1	25.3	20.3	43.0
Sensitive	BC-6	41.1	0	0	0	0	100
	BC-7	39.2	0	0	0	0	100
	BC-8	45.2	0	0	0	0	100
	BC-9	46.1	0	0	0	0	100
	BC-10	44.1	0	0	0	0	100

<sup>a</sup> The leaf discs were dipped in fungicide solution containing each concentration and air-dried for 20~30 min before inoculation.

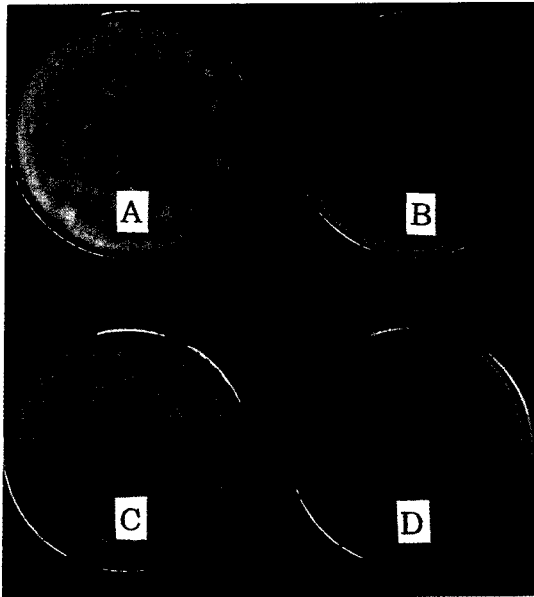
<sup>b</sup> Control value (%) =  $\left(1 - \frac{\text{lesion size on the leaf disks treated with } 100 \mu\text{g/ml dichlofluanid}}{\text{lesion size on the untreated leaf disks}}\right) \times 100$

**Table 4.** Biological characteristics of dichlofluanid-resistant and -sensitive isolates of *Botrytis cinerea*

Type	Isolate	Mycelial growth rate on PDA (mm/24 hr)	Lesion diameter (mm)		Sclerotial formation on PDA (No./plate)	Sporulation	
			Cucumber leaves	Egg-plant leaf disks		No. of spores /20 lesion disks <sup>a</sup> ( $\times 10^4$ )	No. of spores /PDA plate ( $\times 10^4$ )
Resistant	BC-1	23.8	33.5	37.0	0.0	0.0	0.3
	BC-2	20.3	38.2	35.1	0.0	0.0	11.3
	BC-3	19.5	30.8	35.2	0.0	0.0	11.0
	BC-4	20.6	18.9	34.1	0.0	0.0	5.9
	BC-5	19.5	33.7	35.7	0.0	3.0	281.0
Sensitive	BC-6	19.6	41.9	41.1	0.0	7.5	320.0
	BC-7	29.0	43.1	39.1	45.7	2.8	21.2
	BC-8	20.0	37.8	45.2	101.3	2.5	63.2
	BC-9	25.0	12.4	46.1	28.5	6.5	NT <sup>b</sup>
	BC-10	21.0	20.4	44.1	20.7	2.3	17.2
LSD (p=0.05)		2.0	5.8	5.8	-	-	-

<sup>a</sup> Lesion disk (diameter=5 mm) of egg-plant fruit at 5 days after inoculation.

<sup>b</sup> Not tested.



**Fig. 2.** Cultural characteristics of dichlofluanid-resistant and -sensitive isolates of *Botrytis cinerea*. A & B: resistant isolates (BC-4), C & D: sensitive isolates (BC-8).

병원력의 경우 오이 잎을 이용한 검정에서는 dichlofluanid 저항성 균주와 감수성 균주들 사이에서 유의성 있는 차이를 관찰할 수 없었으나, 가지 잎 disk를 이용한 검정에서는 감수성 균주들이 저항성 균주들에 비하여 우수한 것으로 나타났다(Table 4).

## 고 찰

*Botrytis cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병의 방제를 위해서는 benzimidazole계 약제 또는 dicarboximide계 약제처럼 특이적 작용 메커니즘을 가져 저항성 균의 출현 가능성이 높은 살균제보다 비특이적 작용 메커니즘을 가지므로 저항성 균의 출현 빈도가 낮은 살균제의 사용이 필요하다(3, 17). 이에 따라 비특이적 살균제로 알려진 phthalimides가 저항성 균주의 방제를 위하여 널리 이용되고 있으며, 이와 비슷한 작용 메커니즘을 가지는 dichlofluanid가 이용되어 왔다. 이러한 살균제는 여러 작용점에 관여하므로 저항성 균주의 출현이 어렵다고 생각되어 왔지만 저항성 균주의 발생이 보고되고 있다(5, 12, 15). 본 실험에서도 분리된 균주 중 공시한 약제 중 특이적 작용 메커니즘을 가지는 살균제인 benomyl에는 64.7%, procymidone에는 24.7%로 나타났고, 비특이적 작용 메커니즘을 가지는 dichlofluanid에는 10.6%로 나타나 특이적 작용 메커니즘을 지닌 약제가 비특이적 작용 메커니즘을 지닌 약제에 비하여 저항성 균의 출현 빈도가 높게 나타났으며, 국내에도 dichlofluanid에 저항성인 균주가 발생하였음을 보여주었다(Table 1).

Dichlofluanid에 감수성 균주의 경우 10  $\mu\text{g/ml}$  농도에서 균사의 생육을 관찰할 수 없었던 반면 저항성 균주는 100~500  $\mu\text{g/ml}$ 의 약제 농도에서도 균사의 생육을 관찰할 수 있었다. 이 살균제에 대한 저항성 균주의 발생은 benzimidazole계 및 dicarboximide계 살균제의 저항성 발생으로 인한 대체 살균제로 계속적으로

이 살균제를 사용함으로 인하여 발생했을 것으로 생각된다.

포자 발아 실험결과 *in vitro*에서 dichlofluanid는 균사 생육에 영향을 주는 농도보다 훨씬 낮은 농도에서 포자의 발아가 억제되었다. 저항성 균주와 감수성 균주는 모두 1 µg/ml에서 발아하지 못하였으나, 저항성 균주의 발아가 감수성 균주에 비하여 높은 농도에서 억제되어, 포자 발아에서도 저항성균주는 약제의 영향이 적었다.

Kedish와 Cohen(8)은 metalaxyl에 저항성 및 감수성 균주간의 적응력을 비교하기 위하여 감염 효율, 병반 면적, 포자형성능을 비교 조사한 바가 있는데, 본 실험에서는 병원력, 포자 형성, 균핵 형성, 균사의 성장 속도를 조사하여 저항성 균주와 감수성 균주의 생태 적응력을 살펴 본 결과, dichlofluanid 저항성 균주의 경우 병원력, 포자 형성, 균핵 형성 등이 감수성 균주에 비하여 열등한 것으로 나타났으며, 균사의 성장 속도는 저항성 균주와 감수성 균주간에 유의성 있는 차이를 볼 수 없었는데, 이러한 결과는 dichlofluanid 저항성 균주가 감수성 균주보다 생태 적응력(fitness)이 열등한 것을 나타낸다. Rewal 등(15)은 dichlofluanid 저항성 균주가 감수성 균주보다 열등한 생태 적응력(fitness)을 나타낸다고 보고한 바가 있는데 그들의 결과와 본 실험의 결과는 일치한다.

본 실험을 통하여 특이적 살균제의 저항성 문제를 해결하는 수단으로 dichlofluanid와 같은 살균제에 전적으로 의존할 수 없으며, 단일 약제의 연용보다는 성격이 다른 약제와의 교차 사용이 필요하며, 때때로 이러한 살균제에 대한 병원균 population의 약제 반응에 예찰하는 것이 필요하겠다.

## 요 약

대전, 공주, 논산, 부여와 김해 등지의 병든 딸기, 토마토, 오이에서 총 992 균주의 잿빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)을 분리하였다. 분리된 균주들에 대하여 benomyl, procymidone, dichlofluanid에 대한 저항성균의 밀도를 조사한 결과, benomyl에 대해서는 645(64.7%), procymidone에 대해서는 245(24.7%), dichlofluanid에 대해서는 105(10.6%)가 저항성균으로 나타났다. 균사의 최소 억제 농도(minimum inhibitory concentration)는 dichlofluanid 저항성 균주의 경우, 100, 500 µg/ml 농도의 처리구에서 균사의 생육을 완전히 저지 당하지 않았다. 그러나 감수성 균주의 경우, 10 µg/ml 농도의 처리구에서 균사의 생육을 완전히 저

지 당했다. 포자 발아에 미치는 dichlofluanid의 영향은 균사 생장 억제치 보다 낮은 농도에서 억제하였으며 저항성 균주의 포자 발아 억제치는 IC<sub>50</sub>이 0.11~0.29 µg/ml였는데, 감수성 균주의 경우는 0.04~0.09 µg/ml로 나타났다. 병원력, 균핵 형성, 포자 형성 능력과 같은 적응력과 관련된 특성 비교에서 저항성 균주가 감수성 균주에 비하여 열등한 것으로 나타났으며, 균사의 성장 속도는 저항성 균주와 감수성 균주간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. Agrios, G. N. 1988. *Plant Pathology*. Academic Press, Inc., New York, 803pp.
2. Beever, R. E. 1983. Osmotic sensitivity of fungal variants resistant to dicarboximide fungicides. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 80 : 327-331.
3. Clemons, G. P. and Sisler, H. D. 1970. Localization of the site of a fungitoxic benomyl derivative. *Pestic. Biochem. and Physiol.* 1 : 32-43.
4. Esuruoso, O. F. and Wood, R. K. S. 1971. The resistance of spore of resistant strains of *Botrytis cinerea* to quitozene, tecnazone and dicloran. *Ann. Appl. Biol.* 68 : 271-279.
5. Hunter, T., Locke, T. and Carter, G. A. 1988. Influence of test medium and age of inoculum on the sensitivity of *Botrytis cinerea* to dichlofluanid in laboratory assays. *ISPP Chemical Control Newsletter* 10 : 30-31.
6. Jarvis, W. R. 1977. *Botryotinia and Botrytis Species*. Research Branch Canada Department of Agriculture. Monograph No. 5 : 31-33.
7. Johnson, K. B., Sawyer, T. L. and Powelson M. L. 1994. Frequency of benzimidazole and dicarboximide-resistant strains of *Botrytis cinerea* in western Oregon small fruit and snap bean plantings. *Plant Dis.* 78 : 572-577.
8. Kadish, D. and Cohen, Y. 1988. Fitness of *Phytophthora infestans* isolates from metalaxyl-sensitive and -resistant population. *Phytopathology* 78 : 912-915.
9. 김병섭, 최경자, 조광연. 1993. Benzimidazole계 및 dicarboximide계 살균제에 저항성인 잿빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)의 몇 가지 약제에 대한 반응. *한식병지* 9 : 98-103.
10. 김충희, 권순익. 1993. Procymidone 저항성인 딸기 잿빛곰팡이병균의 기생적 적응성. *한식병지* 9 : 26-30.
11. Lorenz, G. and Pommer, E. H. 1985. Morphological and physiological characteristics of dicarboximide sensitive and resistant isolates of *Botrytis cinerea*.

- Bulletin OEPP/EPPA Bulletin* 15 : 353-360.
12. Malathrakis, N. E. 1988. Resistance of *Botrytis cinerea* to dichlofluanid in greenhouse vegetables. *Plant Dis.* 72 : 138-141.
  13. Pearsonse, R. C. and Taschenberg, E. F. 1980. Benomyl-resistant strains of *Uncinula necator* on grapes. *Plant Dis.* 64 : 677-679.
  14. Pollastro, S. and Faretra, F. 1992. Genetics characterization of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) field isolates coupling high resistance to benzimidazoles to insensitivity toward the *N*-phenyl-carbamate diethofencarb. *Phytopath. medit.* 31 : 148-153.
  15. Rewall, N., Coley-Smith, J. R. and Sealy-Lewis, H. M. 1991. Studies on resistance to dichlofluanid and other fungicides in *Botrytis cinerea*. *Plant Pathol.* 40 : 554-560.
  16. Shirane, N., Masuko, M. and Hayashi, Y. 1989. Light microscopic observation of nuclei and mitotic chromosomes of *Botrytis* species. *Phytopathology* 79 : 728-730.
  17. Yarden, O. and Katan, T. 1993. Mutations leading to substitutions at amino acids 198 and 200 of beta-tubulin that correlate with benomyl-resistance phenotypes of field strains of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 83 : 1478-1483.