

잣빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)의 Benzimidazole계, Dicarboximide계 및 *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대한 감수성 변화

김병섭* · 박은우¹ · 조광연²

강릉대학교 원예학과, ¹서울대학교 농생물학과, ²한국화학연구소 스크리닝연구부

Changes in Sensitivity Levels of *Botrytis cinerea* Populations to Benzimidazole, Dicarboximide, and *N*-phenylcarbamate Fungicides

Byung Sup Kim*, Eun Woo Park¹, and Kwang Yun Cho²

*Department of Horticulture, Kangnung National University, Kangnung 201-702, Korea

¹Department of Agricultural Biology, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

²Pesticide Screening Division, Korea Research Institute of Chemical Technology, Taejeon 305-606, Korea

ABSTRACT: Twenty three hundred and ninety seven isolates of *Botrytis cinerea* were isolated from infected plants of strawberry, tomato and cucumber from several areas in Korea during 1994-1996 and the resistance of these isolates against some fungicides were examined. The isolation frequency of phenotypes resistant to carbendazim, procymidone, and diethofencarb were found to be 69.9, 43.7, and 31.8 %, respectively. The isolates were divided into six phenotypic groups; SSR, SRR, RSS, RRS, RSR and RRR, representing sensitive (S) or resistant (R) to benzimidazole, dicarboximide, and *N*-phenylcarbamate fungicides in order. The percentage of six phenotypes were 28.2, 2.0, 27.2, 41.0, 0.9 and 0.8%, respectively. On the basis of the mycelial growth inhibition (%) *B. cinerea* isolates were divided into three classes (class 1; 0~50%, class 2; 51~99%, class 3; 100% inhibition) on carbendazim and three classes (class 1; 0~75%, class 2; 76~99%, class 3; 100% inhibition) on procymidone and the mixture of carbendazim+diethofencarb, respectively. Changes in sensitivity levels to carbendazim and carbendazim+diethofencarb were affected by introduction and increasing ratio of the use of diethofencarb.

Key words: *Botrytis cinerea*, fungicide resistance, sensitivity changes

농약은 작물을 건전하게 보호하여 양질의 농산물을 생산하기 위해서는 필수적인 요소이다(3, 24). 그러나 농약의 과다 사용 및 연용으로 인해 몇 종류의 침투성 살균제에 대해서는 저항성균의 발생이 문제화 되어있다. 잣빛곰팡이병은 전세계적으로 널리 분포하며 많은 원예작물, 수목 및 곡류에 발병하는 다범성 균으로 여러 가지 형태의 막대한 피해를 일으킨다. 이 균은 부생적 성질이 강하므로 작물의 생육 시기뿐 아니라 2차적으로 저장, 운송, 판매중의 열매와 채소류에 발병하여 막대한 피해를 일으킨다.

이 병의 방제는 현실적으로 대부분 유기합성 살균제를 이용한 화학적 방제에 의존하고 있다. 대표적인 잣빛곰팡이병 방제 약제로는 benzimidazole계 살균제인 benomyl, carbendazim, thiophanate-methyl과 dicarboximide계로 procymidone, vinclozolin, iprodione 등이 있다. 그러나 전세계적으로 이 두계열의 살균제는 저항성균의 발생으로 방제 효과가 떨어짐이 보고된 바가 있다(6, 14, 17, 23).

우리 나라에서도 1970년대 초반 및 후반에 처음으로 benzimidazole계 살균제와 dicarboximide계 살균제가 등록되어 점진적으로 널리 사용되었으나 이들 살균제에 대한 저항성균의 발생으로 방제 약제로서 효력이 감퇴되었다(1, 13, 18, 25). Benzimidazole계 살균제는 저항성 집단이 널리 발생함에 따라 사용이 감소되었으나, 이 살균제의 대체 살균제인 dicarboximide계 살균제는 지금까지 널리 사용되고 있다. Benzimidazole계 살균제에 저항성인 병원균에 대한 탁월한 효과 때문에 *N*-phenylcarbamate계의 diethofencarb는 1992년에 등록되어 1994년 이후 사용이 급격히 증가되고 있다.

잣빛곰팡이병의 효율적인 약제 방제를 위하여는 우리나라 시설재배지에서 병원균 집단의 방제 약제에 대한 실제적인 약제 저항성 정도를 파악하고, 저항성 집단의 변화를 조사할 필요가 있다(5, 6, 10, 20). 그런데 신규 살균제가 도입되면 기존의 저항성 집단에 변화를 가져오는데, benzimidazole계 살균제와 역상관 교차저항성 약제로 알려진 *N*-phenylcarbamate계인 diethofencarb의 도입과 대량 사용으로 병원균 집단의 대대적인 변화가 예

*Corresponding author.

측됨에도 불구하고 1992년 이후 diethofencab에 대한 저항성 집단의 변화를 조사한 일이 없다.

농약의 사용 현황과 새로운 방제 살균제의 도입은 병원균 집단에 대한 변이를 야기하기 때문에 병원균 집단의 약제 반응을 조사하고 각 약제 반응형의 적응력을 조사하여 각각의 저항성 집단의 변화를 예측하고, 이러한 정보를 방제에 효과적으로 적용하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구는 잣빛곰팡이병균(*B. cinerea*)의 benzimidazole계, dicarboximide계 살균제 및 *N*-phenylcarbamate계 살균제에 대한 반응 변화를 예측하기 위하여 연도별로 병원균을 분리하여 약제 반응을 조사하였다.

재료 및 방법

병원균 분리. 1994~1996년에 대전, 충남 논산, 부여, 공주와 경남 김해 등의 오이, 토마토, 딸기의 시설 재배 포장으로부터 병든 식물을 채집하여 병원균을 분리하였다. 병원균 분리를 위하여 채집된 병반을 20°C, 상대 습도 90% 이상의 항온항습실에서 3일간 습실 처리 후 streptomycin(200 µg/ml)이 첨가된 PDA(potato dextrose agar) plate에 올려놓았다. 병반에서 자라 나온 곰팡이의 균사 선단을 새로운 배지에 이식하고 20°C 배양기에서 3일간 배양하였다. 분리된 균은 4°C의 저온실에 보관하며 실험에 사용하였다.

공시 약제. 본 실험에 공시한 약제는 benzimidazole계인 가벤다 수화제(carbendazim, a. i. 60%), dicarboximide계인 procymidone(원제), *N*-phenylcarbamate계인 diethofencarb(원제)를 사용하였다. 수화제는 바로 배지에 첨가하여 사용하였으며, 원제는 약제를 acetone에 완전히 녹인 후 배지에 일정량을 첨가하였는데, 이 때 acetone의 최종농도는 1% 미만으로 사용하였다.

약제 저항성 및 약제 반응형 조사. *In vitro* 약제 저항성 검정은 분리된 병원균을 실험에 사용한 carbendazim, procymidone, diethofencarb가 10 µg/ml 들어 있는 PDA plate에 접종하여 20°C 배양기에서 3일간 배양 후 생육을 조사하였다. Benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate계에 대한 다중 저항성균 출현 여부는 carbendazim 10 µg/ml와 diethofencarb 10 µg/ml를 함께 넣어 만든 배지에 배양하여 조사하였다.

결 과

약제 저항성 조사. 1994년 분리된 균주는 부여 오이에서 분리한 121균주가 전부 carbendazim과 procymidone에 다중 저항성인 균만 분리되어 균일한 약제 반응을 보였으나 다른 지역에서 분리된 균주들은 다양한 약제 반응을 가지는 균이 분리되었다. 분리된 균주 모두는

benzimidazole계 살균제와 *N*-phenylcarbamate계 간에 역상관 교차 저항성을 나타내었다. 분리된 713균주 중 610균주(85.5%)가 carbendazim에 저항성(Car^R)이었고, 249균주(34.9%)는 procymidone에 저항성(Pro^R)이었다(Table 1). 분리된 균주 중 249균주(34.9%)는 carbendazim과 procymidone에 대하여 다중 저항성(Car^R+Pro^R)을 나타냈다. 1994년에는 carbendazim에 감수성이지만 procymidone과 diethofencarb에 저항성(Pro^R+DEF^R)인 균주와 benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate계에 저항성(Car^R+DEF^R)인 균주, 세 계열 모두에 저항성(Car^R+Pro^R+DEF^R)인 균주는 분리되지 않았다(Table 1).

1995년에는 752균주를 분리하였는데, 분리된 지역에 따라 Car^R은 33.3~97.5%로 다양한 분포를 나타냈다. 전체적으로 볼 때 분리된 균주의 483균주인 64.2%가 Car^R이었으며 Pro^R도 분리지역에 따라 18.8~92.5%로 다양한 분포를 나타냈다. 전체 분리된 균주 중 Pro^R은 335균주(44.5%)이었고, Car^R+Pro^R인 균주는 334균주(44.4%)로 나타났다(Table 4). 1994년도에는 분리되지 않았던 carbendazim에는 감수성이지만 procymidone과 diethofencarb에 저항성균(Pro^R+DEF^R)이 논산의 딸기에서 1균주(0.1%) 분리되었으며, Car^R+DEF^R인 균주가 20균주(2.7%) 분리되었는데 그중 3균주(0.4%)는 procymidone에도 저항성(Car^R+Pro^R+DEF^R)이었다(Table 1).

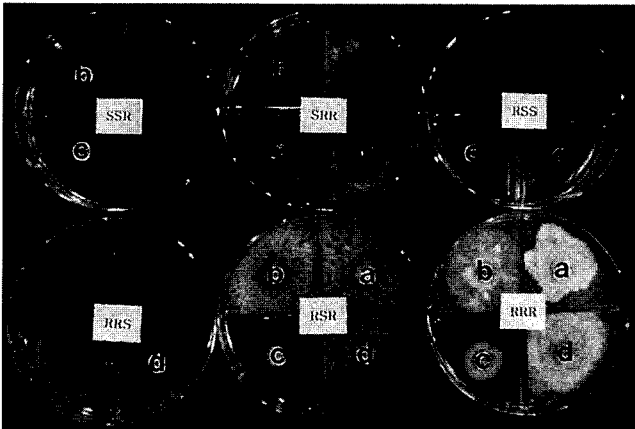
1996년에는 932균주를 분리하였는데, 분리된 지역에 따라 Car^R은 24.1~82.5%로 다양한 분포를 나타냈으며 전체적으로 볼 때 분리된 균주의 62.6%인 583균주가 Car^R이었다. Pro^R도 분리 지역에 따라 13.0~100%로 다양한 분포를 나타냈으며 전체 분리 균주중 Pro^R은 458균주(49.1%)이었고, Car^R+Pro^R인 다중 저항성 균주는 402균주(43.1%)로 나타났다(Table 3). Carbendazim에는 감수성이지만 procymidone과 diethofencarb에 다중 저항성균(Pro^R+DEF^R)이 46균주(4.9%) 분리되었으며, Car^R+DEF^R인 다중 저항성 균주가 21균주(2.3%) 분리되었으며 그중 16균주(1.7%)는 procymidone에도 저항성(Car^R+Pro^R+DEF^R)이었다(Table 1).

1994년부터 1996년 사이에 분리한 총 2,397균주 중 carbendazim, procymidone, diethofencarb 각각에 대하여 저항성인 균주의 빈도는 각각 69.9, 43.7, 31.8%로 나타났다. 해가 경과하면서 다중 저항성 균의 빈도수가 점차 증가하는 경향이였다(Table 1).

공시된 3가지 살균제에 대한 균주들의 반응을 R(저항성)과 S(감수성)로 나타내면 총 2,397균주들은 6가지 표현형(SSR, SRR, RSS, RRS, RSR, RRR형)으로 구분할 수 있다(Fig. 1). 6가지 표현형 중 SSR, RSS, RRS형은 분리균중 각각 28.2, 27.2%, 41.0%로 높은 빈도를 나타냈으며, SRR, RSR 및 RRR형은 각각 2.0%, 0.9%, 0.8%로 소수를 차지했다(Table 1). 그러나 공시된 3가지 살

Table 1. Responses of *Botrytis cinerea* populations isolated from various locations to several fungicides in 1994~1996

Year	Location (Host plant)	No. of isolates tested	The number of isolates resistant to					
			Car ^a	Car+Pro ^b	DEF ^c	Pro+DEF ^d	Car+DEF ^e	Car+Pro+DEF ^f
1994	Buyo (Cucumber)	121	0(0) ^g	121(100)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
	Nonsan (Cucumber)	45	33(73.3)	2(4.4)	10(22.2)	0(0)	0(0)	0(0)
	Nonsan (Strawberry)	106	70(66.0)	35(33.0)	1(0.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	Buyo (Strawberry)	41	16(39.0)	11(26.8)	14(34.1)	0(0)	0(0)	0(0)
	Daejon (Strawberry)	120	76(63.3)	19(15.8)	25(20.8)	0(0)	0(0)	0(0)
	Gongju (Strawberry)	213	159(74.6)	1(0.5)	53(24.8)	0(0)	0(0)	0(0)
	Kimhae (Tomato)	67	7(10.4)	60(89.6)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
	Subtotal	713	361(50.6)	249(34.9)	103(14.5)	0(0)	0(0)	0(0)
1995	Buyo (Cucumber)	145	16(11.0)	56(38.6)	71(49.0)	0(0)	0(0)	2(1.4)
	Nonsan (Strawberry)	356	97(27.2)	146(41.0)	108(30.3)	1(0.3)	3(0.6)	1(0.3)
	Daejon (Strawberry)	26	5(19.2)	16(61.5)	5(19.2)	0(0)	0(0)	0(0)
	Buyo (Tomato)	225	14(6.2)	113(50.2)	84(37.3)	0(0)	14(6.2)	0(0)
	Subtotal	752	132(17.6)	331(44.0)	268(35.6)	1(0.1)	17(2.3)	3(0.4)
1996	Buyo (Cucumber)	170	11(6.5)	120(70.6)	39(22.9)	0(0)	0(0)	0(0)
	Nonsan (Strawberry)	332	111(33.4)	65(19.6)	151(45.5)	1(0.3)	2(0.6)	2(0.6)
	Buyo (Tomato)	430	37(8.6)	217(50.5)	114(26.5)	45(10.5)	3(0.7)	14(3.3)
	Subtotal	932	159(17.1)	402(43.1)	304(32.6)	46(4.9)	5(0.5)	16(1.7)
Total		2397	652(27.2)	982(41.0)	675(28.2)	47(2.0)	22(0.9)	19(0.8)

^a Car; carbendazim.^b Car+Pro; carbendazim+procymidone.^c DEF; diethofencarb.^d Pro+DEF; procymidone+diethofencarb.^e Car+DEF; carbendazim+diethofencarb.^f Car+Pro+DEF; carbendazim+procymidone+diethofencarb.^g Percentage of resistant isolates in parentheses.**Fig. 1.** Growth of six phenotypes of *Botrytis cinerea* on PDA media containing no fungicide (a), and 10 µg/ml of carbendazim (b), procymidone (c), and diethofencarb (d).

균계 모두에 감수성인 SSS형 및 procymidone에만 저항성인 SRS형은 분리되지 않았다.

조사 연도별 저항성균의 추이 조사. 1994년에서 1996년에 걸쳐 분리한 잭빛곰팡이병균은 carbendazim의 농도가 10 µg/ml인 PDA 배지에서 약제 반응을 조사한 결과 carbendazim에 대하여는 0~50% 생장이 억제되는 균

주들(class 1), 51~99% 생장이 억제되는 균주들(class 2) 및 100% 생장이 억제되는 균주들(class 3)로 나누어졌다. 연도별 추이를 살펴볼 때 1994년에는 class 1~3이 84.7%, 1.0%, 14.5%로 각각 나타나 class 1이 대부분을 차지하였다. 그러나 1995년에는 class 1의 밀도가 60.4%로 줄어들었고 class 2와 3의 밀도는 각각 4.7, 35.0%로 급격히 증가하였다. 1996년에는 class 1~3의 밀도는 각각 60.8, 2.3, 36.9%로 1995년과 비슷하게 나타났다(Fig. 2).

Procymidone에 대하여는 0~75% 생장이 억제되는 균주들(class 1), 76~99% 생장이 억제되는 균주들(class 2) 및 100% 억제되는 균주들(class 3)로 나누어졌다. 1994년부터 1996년 사이에 분리된 균들의 반응을 조사한 결과 class 1은 점차 감소하는 경향이였으며, class 2는 1995년에는 증가하였으나 1996년에는 다소 감소하였다. Class 3은 1994년 61.9%로 높게 나타났으나, 1995년에는 46.7%로 감소하였으며, 1996년에는 다시 증가하였다(Fig. 3).

1992년 등록되어 사용하기 시작한 carbendazim+diethofencarb의 합제에 대한 약제 반응은 0~75% 생장이 억제되는 균주들(class 1), 76~99% 생장이 억제되는 균주들(class 2) 및 100% 억제되는 균주들(class 3)로 나뉘어졌다. 1994년에는 class 1은 분리되지 않았으며 class 2가 5.7%이고 class 3은 94.1%로 대부분이 class 3인 것

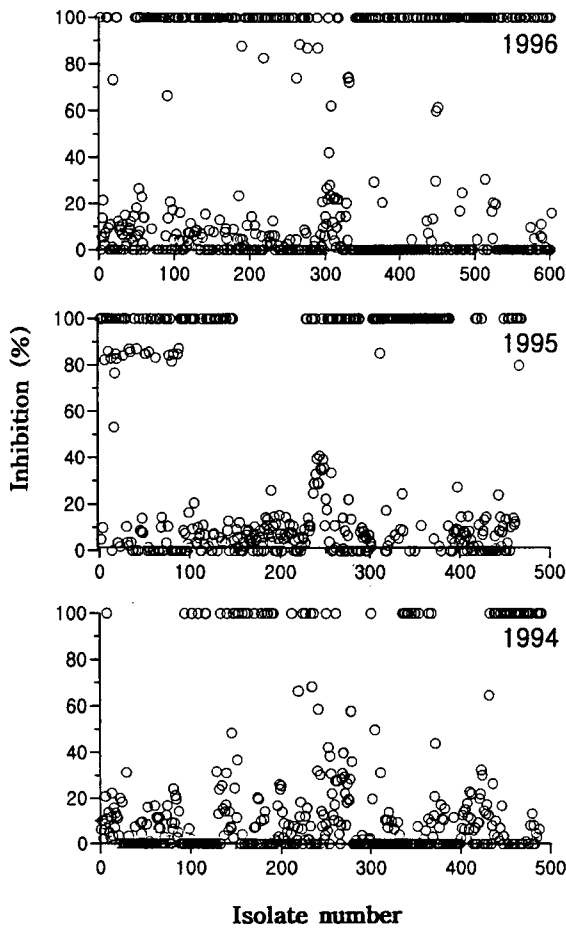


Fig. 2. Changes in sensitivity levels of *Botrytis cinerea* isolates obtained in 1994~1996 to carbendazim. The sensitivity was measured in terms of percent inhibition of mycelial growth on PDA medium containing 10 µg/ml carbendazim.

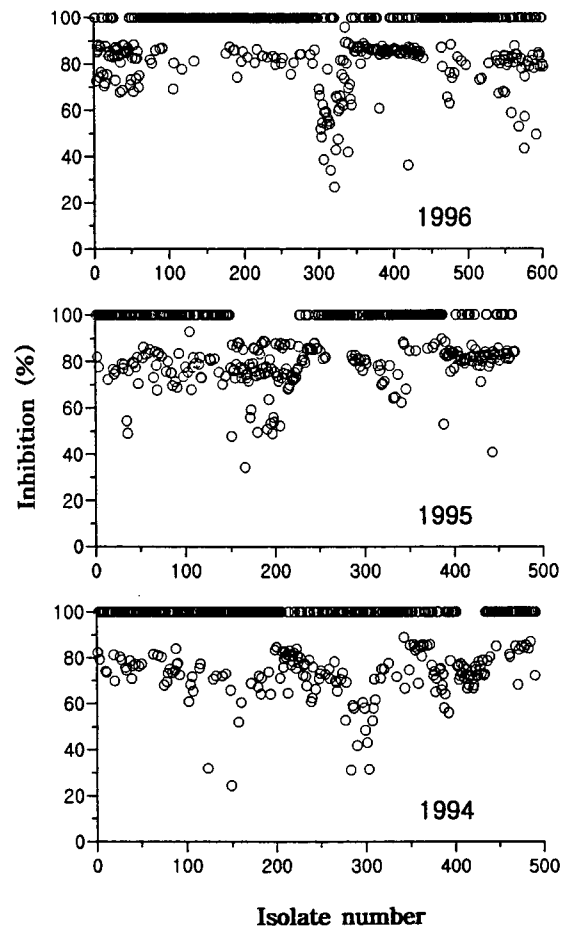


Fig. 3. Changes in sensitivity levels of *Botrytis cinerea* isolates obtained in 1994-1996 to procymidone. The sensitivity was measured in terms of percent inhibition of mycelial growth on PDA medium containing 10 µg/ml procymidone.

으로 나타났다. 그러나 1995년에는 class 1도 분리되었으며 class 2가 22.2%로 증가하였으며, class 3은 76.8%로 감소하였다. 1996년에는 class 2가 약간 증가하였으나 1995년과 비슷한 경향이었다(Fig. 4).

고 찰

우리 나라에서 잣빛곰팡이병균의 살균제 저항성에 대한 연구는 benzimidazole계 살균제가 1972년에 처음 등록된 후인 1984년에 백(1)에 의하여 조사된 균주의 6.3%가 저항성인 것으로 처음 보고되었고, 그 후 1986년에 김 등(13)은 조사 균주의 62.1%가 저항성임을 보고하였으며, 박 등(18)은 73.2%가 저항성임을 보고한 바가 있다. 본 연구에서 1994, 1995, 1996년에 분리된 균주의 각각 85.5, 64.3, 62.4%가 benzimidazole계 살균제에 저항성인 것으로 각각 조사되어 저항성 문제가 심각한 것으로 나타났다.

본 실험에서 조사된 결과에 따르면 benzimidazole계 살균제에 저항성 잣빛곰팡이병균의 집단은 1994년 85.5%인 반면 1995년에는 64.3%로 밀도가 낮아졌다. 이 결과는 1992년에 처음 등록되어 사용되기 시작한 benzimidazole계 살균제에 대하여 역상관 교차 저항성(negatively correlated cross resistant) 약제인 N-phenylcarbamate계 살균제 diethofencarb을 널리 사용함에 따른 결과로 생각된다. 왜냐하면 이 살균제는 benzimidazole계 살균제에 저항성인 균에만 특이적으로 활성을 나타내기 때문이다(6, 7, 9, 12, 15). Benzimidazole계 살균제의 저항성균 밀도가 꾸준히 높게 분리되는 것은 benzimidazole계 저항성균도 감수성균에 비하여 적응력이 떨어지지 않기 때문이다(6, 10).

Dicarboximide계 살균제에 대한 저항성 상황은 1994, 1995, 1996년 분리한 병원균 중 각각 34.9, 44.1, 49.7%가 저항성 균주로 나타나 benzimidazole계 살균제와 마찬가지로 약제 저항성이 심각함을 알 수 있었다. 이러한

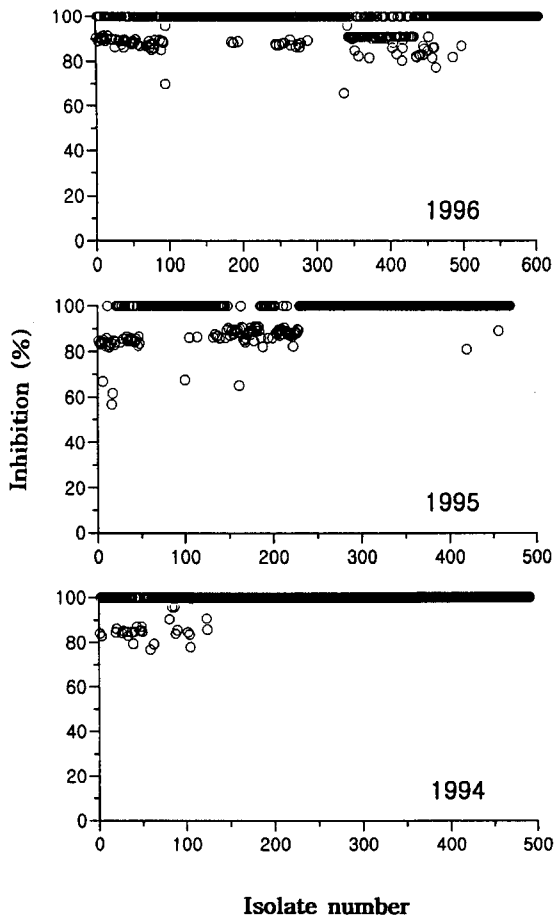


Fig. 4. Changes in sensitivity levels of *Botrytis cinerea* isolates obtained in 1994-1996 to carbendazim+diethofencarb. The sensitivity was measured in terms of percent inhibition of mycelial growth on PDA medium containing 10 μ g/ml of both carbendazim and diethofencarb.

결과는 김 등(13)은 1986년 처음으로 균주의 32.0%가 저항성균임을 보고하였고, 1991년 박 등(18)은 44.2%가 저항성균임을 보고하였는데 저항성균의 분리 빈도가 본 논문과 비슷한 것으로 보아 저항성균의 밀도가 년도에 따라 크게 변하지 않은 것으로 판단된다. 대부분의 dicarboximide계 살균제에 저항성인 균은 benzimidazole계 살균제에 대하여도 저항성을 보이는 이중 저항성(double resistance)으로 나타났는데, benzimidazole계 살균제에 약제 저항성을 획득한 균들이 다시 dicarboximide계 살균제 저항성을 획득함으로써 나타나는 결과라 생각되었다(6, 11, 20). 그러나 1995, 1996년에 분리된 균주 가운데 benzimidazole계에는 감수성이나 dicarboximide계에는 저항성인 균주(SRR phenotype)가 각각 0.1, 4.2% 분리되었는데 이러한 결과는 benzimidazole계 살균제의 사용 감소와 dicarboximide계 살균제의 사용 증가에 따라 benzimidazole계에 감수성균이 dicarboximide계 살균제에 저항성 반응을 보임으로 나타나는 약

제 반응형의 분화라고 생각된다.

Leorux와 Gredet(15)가 carbamate계 제초제가 benzimidazole계 살균제에 저항성인 균에만 특이적으로 약효를 나타낸다는 것을 보고한 이래 개발된 *N*-phenylcarbamate계 살균제는 benzimidazole계 살균제에 저항성 및 감수성균 방제를 위하여 benzimidazole계 살균제와 합제의 형태로 이용되고 있다. 그러나 이러한 역상관 교차 저항성(negatively correlated cross resistance)을 보이는 benzimidazole계와 *N*-phenylcarbamate계 살균제 모두에 대하여 저항성인 다중저항성균(RRR 및 RSR형)의 출현이 보고되었다(8). 국내에서는 *N*-phenylcarbamate계 살균제인 diethofencarb가 1992년부터 도입되어 널리 사용되기 시작하였는데, 1994년 조사한 713균주 중에는 RRR이나 RSR형균은 없었으나, 1995와 1996년에 분리 조사한 균주 중에는 각각 2.7, 2.2%가 benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate계 모두에 저항성인 다중저항성균으로 나타났다. Faretra 등(8)은 한번도 *N*-phenylcarbamate계 살균제를 사용한 적이 없는 지역에서 이러한 다중 저항성균이 발생했음을 보고하였으며, 이러한 균이 약제사용과는 관계없이 낮은 빈도로 이미 존재하고 있으며 약제사용으로 그 밀도가 증가하는 것이라고 했다(2). 본 실험 결과 1995년 및 1996년 조사에서 이러한 균이 분리되었는데 이는 benzimidazole계와 *N*-phenylcarbamate계 살균제가 합제 형태로 널리 사용됨에 따른 결과로 생각된다.

본 연구에서 처음 조사된 RRR형은 실험실에서 몇 번 계대배양할 때 그 약제 반응이 변하였다. Spain의 Alponso 등(개인 서신)에 의하면 그들도 RRR형을 분리하였는데 일부는 안정된 저항성 반응을 나타냈지만 일부 균주는 불안정하였다고 한다. Spain의 경우는 1989년부터 diethofencarb를 사용하였다고 하지만 우리나라의 경우는 1992년 이후 사용되기 시작하였으므로 아직 안정한 RRR형의 병원균이 발생하지 않은 것으로 생각된다. 잣빛곰팡이병균의 benzimidazole계, dicarboximide계, *N*-phenylcarbamate계에 대한 반응형은 RRR 및 RSR형균의 발생으로 6가지(SSR, SRR, RSS, RRS, RSR, RRR)로 나눌 수 있게 되었는데, 이러한 새로운 약제 반응형이 발생함으로써 잣빛곰팡이병의 약제 방제는 이러한 반응형의 추이에 큰 영향을 받을 것으로 생각되므로 지속적인 저항성균의 밀도 조사가 필요할 것으로 생각된다.

1994년부터 1996년 사이에 분리된 균주들의 약제에 대한 억제 정도를 기준으로 분류할 때 carbendazim, procymidone 및 carbendazim+diethofencarb에 대하여는 각각 3 classes로 나뉘어졌다. 연도별 각각의 약제에 대하여 class 간에 있어서 다양한 양상을 나타내었다. 특히 carbendazim 및 carbendazim과 diethofencarb 합제에 대한 각 class의 발생 및 변동은 새로운 살균제 dietho-

fencarb의 도입과 사용 증가가 원인인 것으로 생각되었다.

따라서 저항성 문제를 극복하기 위해서는 같은 계열의 약제를 계속 사용할 것이 아니라 작용 기작이 복잡하고 (non-specific) 적용 범위가 넓은(broad spectrum) 살균제를 사용하던지 작용 기작이 다른 살균제를 병행하여야 할 것이다(4, 14, 16, 19, 21, 22). 저항성균주 발생 및 변화 조사를 통해 적절한 약제를 선택해서 사용하거나 서로 다른 작용 기작을 가진 약제를 사용하는 등 농약의 교호 사용법에 대한 사용자 교육 등에 의해 잿빛곰팡이병의 방제 효율을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

한국에서 1994~1996년에 걸쳐 병든 딸기, 토마토, 오이로부터 2,397균주의 잿빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)을 분리하였다. 분리한 균주들 가운데 carbendazim, procymidone, diethofencarb에 대하여 저항성을 나타내는 균주의 출현율은 69.9, 43.7, 31.8%로 각각 나타났다. 1994년부터 1996년 사이에 분리된 균주의 benzimidazole계, dicarboximide계, *N*-phenylcarbamate계에 대한 감수성(S) 및 저항성(R) 반응은 6그룹(SSR, SRR, RSS, RRS, RSR, RRR)으로 나누어졌다. 6개 반응형 각각의 분리 빈도는 28.2, 2.0, 27.2, 41.0, 0.9, 0.8%로 나타났다. 연도별 분리된 *B. cinerea*는 carbendazim, procymidone, carbendazim+diethofencarb에 대한 생장 억제 정도에 따라 3 종류의 class로 나눌 수 있는데, carbendazim은 균사생장 억제 정도가 0~50%, 51~99%, 100%인 class로 구별이 가능하였고, procymidone과 carbendazim+diethofencarb는 0~75%, 76~99%, 100%의 효과를 보이는 class로 분류하였다. 특히 carbendazim과 carbendazim+diethofencarb에 대한 각각의 class에 있어서의 변동은 diethofencarb의 도입과 약제사용의 증가에 영향을 받는 것으로 생각되었다.

참고문헌

- 백수봉. 1984. 잿빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)의 약제 내성에 관한 연구. 농자원개발연구소 농자원개발논집 9:35-44.
- Bolton, A. 1976. Fungicide resistance in *Botrytis cinerea*, the result of selective pressure on resistant strains already present in nature. *Can. J. Plant Sci.* 56: 861-864.
- Brent, K.J., Hollomon, D.W. and Shaw, M.W. 1990. Predicting the evolution of fungicide resistance. 1990 Ame. Chem. Soc. Sympo. Ser., pp.303-319.
- Chiba, M. and Northover, J. 1988. Efficacy of new benzimidazole fungicides against sensitive and benomyl-resistant *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 78: 613-618.
- Dekker, J. 1986. Preventing and managing fungicide resistance. In: *Pesticide resistance: strategies and tactics for management*, ed. Committees on strategies for the management of pesticide resistant pest populations, pp.347-354. National Academy Press, Washington, DC.
- Delp, C.J. 1988. *Fungicide resistance in North America*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn., 133p.
- Elad, Y., Shabi E., and Katan, T. 1988. Negative cross resistance between benzimidazole and *N*-phenylcarbamate fungicides and control of *Botrytis cinerea* on grapes. *Plant Pathol.* 37: 141-147.
- Faretra, F., Pollastro, S. and Di Tonno, A.P. 1989. New natural variants of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) coupling benzimidazole-resistance to insensitivity toward the *N*-phenylcarbamate diethofencarb. *Phytopath. Medit.* 28: 98-104.
- Fujimura, M. 1993. A new fungicide diethofencarb to cope with benzimidazole resistance. *Jpn. Plant Prot.* 47: 26-29.
- Georgopoulos S.G. 1987. The development of fungicide resistance. In: *Populations of plant pathogens-their dynamics and genetics*, Ed. by Wolfe, M.S. and Caten, C.E., pp.239-251. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Gullino, M.L., Aloï, C. and Garibaldi, A. 1989. Influence of spray schedules on fungicide resistant populations of *Botrytis cinerea* Pers. on grapevine. *Neth. J. Plant Path.* 95 (Suppl. 1): 87-94.
- Josepovits, G., Gasztonyi, M. and Mikite, G. 1992. Negative cross-resistance to *N*-phenylanilines in benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea*, *Venturia nashicola* and *Venturia inaequalis*. *Pestic. Sci.* 35: 237-242.
- 김동길. 1986. 채소류 잿빛곰팡이병의 약제 내성을 조사하여 방제의 기초 자료 이용. 영남작물시험장 시험연구보고서(수도연구, 식물환경연구) pp.527-529.
- Leroux, P. 1995. Progress and problems in the control of *Botrytis cinerea* in grapevine. *Pestic. Outlook, October 1995*: 13-19.
- Leroux, P. and Gredt, M. 1989. Negative cross-resistant of benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea*, *Fusarium nivale* and *Pseudocercospora herpotrichoides* to various pesticides. *Neth. J. Plant Pathol.* 95 (Suppl. 1): 121-127.
- 임태현, 김병섭, 조광연, 차병진. 1995. Dichlofluanid 저항성 및 감수성 잿빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)의 약제 반응과 생태 적응력과 관련된 특성. *한식병지* 11: 245-251.
- Murakoshi, S. and Hosaya, S. 1982. Occurrence of *Botrytis cinerea* resistant to iprodione in tomato fields. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 48: 547-550.
- 박인철, 예완해, 김충희. 1992. Procymidone, vinclozolin, benomyl에 저항성인 딸기 잿빛곰팡이병균의 발생. *한식병지* 8: 41-46.
- Skylakakis, G. 1981. Effects of alternating and mixing pesticides on the buildup of fungal resistance. *Phytopathology* 71: 1119-1121.
- Skylakakis, G. 1987. Changes in the composition of pathogen populations caused by resistance to fungicides. In: *Populations of plant pathogens-their dynamics and genetics*,

- Ed. M. S. Wolfe and C. E. Caten, pp.227-237. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
21. Staub T. 1991. Fungicide resistance: practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. *Ann. Rev. Phytopathol.* 29: 421-442.
 22. Staub, T. and Sozzi, D. 1984. Fungicide resistance: a continuing challenge. *Plant Dis.* 68: 1026-1031
 23. Takeuchi T. and Nagai Y. 1982. Occurrence of strains of *Botrytis cinerea* resistant to dicarboximide fungicides on tomatoes and cucumbers in greenhouses. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 48: 210-216.
 24. Wolfe, M.S. and Barrett, J.A. 1986. Response of plant pathogens to fungicides. In: *Pesticide resistance: strategies and tactics for management*, Ed. Keiding, J., pp.245-256. National Academy Press, Washington, D. C.
 25. 유승현, 김흥기, 노태홍, 우인식, 인무성. 1990. 시설 원예 잭빛곰팡이병 약제내성균의 발생과 방제에 관한 연구. 농시논문집 33: 141-151.

(Received December 4, 1998)