한국식물병리학회지 11(2) : 146-150(1995)
Korean J. Plant Pathol. 11(2) : 146-150(1995)

Benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate계 살균제에 다중 저항성인 잿빛곰팡이병균의 발생

김병섭* · 임태헌 · 박은우[1] · 조광연
한국화학연구소 스크리닝연구부, [1]서울대학교 농생물학과

Occurrence of Multiple Resistant Isolates of *Botrytis cinerea* to Benzimidazole and *N*-phenylcarbamate Fungicides

Byung Sup Kim*, Tae Hun Lim, Eun Woo Park[1] and Kwang Yun Cho
Pesticide Screening Center, Korea Research Institute of Chemical Technology, Taejon 305-606, Korea
[1]*Department of Agricultural Biology, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea*

ABSTRACT : The gray mold fungus, *Botrytis cinerea*, was isolated from several vegetable crops in 1994 and 1995, and the resistance of these isolates against some fungicides was examined. Among 713 isolates collected in 1994, the percentages of resistance against benzimidazole (Ben^R) and dicarboximide (Pro^R) fungicides were 85.6% (610 isolates) and 34.9% (249 isolates), respectively. However, isolates showing resistance against both benzimidazole and *N*-phenylcarbamate (Ben^R+NPC^R) fungicides were not detected. Five hundred and twenty isolates were collected in 1995, and the percentages of Ben^R, Pro^R, and Ben^R+NPC^R were 61% (317 isolates), 41.2% (214 isolates), and 2.9% (15 isolates), respectively. Minimum inhibitory concentration (MIC) of carbendazim, procymidone and diethofencarb to these resistant isolates was over 1,000 μg/ml. Among 15 isolates of Ben^R+NPC^R, three also showed resistance to procymidone, a dicarboximide fungicide. In addition, all Pro^R isolates except one were found to be Ben^R.

Key words : **fungicide resistance, benzimidazole, dicarboximide, *N*-phenylcarbamate, *Botrytis cinerea*.**

*Botrytis cinerea*에 의한 잿빛곰팡이병은 많은 종류의 작물에 발생하고 있으며, 특히 오이, 토마토, 딸기와 같은 원예작물의 시설 재배에 있어서 온실 내의 높은 습도와 발병에 적당한 온도로 인하여 이 병의 발생과 피해가 큰 것으로 알려져 있다. 이 병의 방제는 주로 benzimidazole계 및 dicarboximide계 살균제와 같은 유기합성 살균제의 살포에 의존하고 있다. 하지만 전세계적으로 이들 약제에 대한 저항성균의 출현으로 잿빛곰팡이병 방제 약제로서의 효력이 저하되었다(1, 5, 9, 21, 23). 우리나라에서도 이 두계열의 살균제는 저항성균의 출현으로 방제 약제로서 효력이 저하됨이 보고되었다(17, 19, 24).

약제 저항성균의 방제를 위하여는 다른 작용 메커니즘을 가지는 살균제를 이용하거나, 역상관 교차 저항성(negatively correlated cross resistance)을 가지는 살균제를 이용하여 방제할 수 있다(1, 4, 7, 14, 15, 20). 하지만 역상관 교차 저항성 살균제에 대하여서도 먼저 사용하기 시작한 유럽이나 일본에서는 이들 약제뿐 아니라 benzimidazole계에도 저항성인 균주의 발생을 유기하여 방제의 어려움을 겪고 있다(5, 6, 16, 20).

최근의 우루과이라운드 협상의 타결로 인하여 우리나라 농업 구조의 큰 변화가 예상되고, 그 변화의 일환으로 시설 재배가 늘어날 전망이며, 시설 재배의 주요 작목인 원예작물의 중요한 병인 잿빛곰팡이병의 방제는 안정적인 수확을 위하여 필수 불가결한 요소이다(1, 18, 24). 이 병의 효율적인 약제 방제를 위하여는 우리 나라 시설재배지의 잿빛곰팡이병균의 방제 약제에 대한 실제적인 약제 저항성 정도를 파악하고, 저항성 population의 변화를 조사하여 병원균의 방제 살균제에 대한 도태압(selection pressure)을 조절하는

*Corresponding author.

방법의 개발이 필요하다(1, 8, 10, 11, 22).

본 실험은 시설재배지의 잿빛곰팡이병균의 방제 약제에 대한 저항성 실태를 조사하였으며, 약제 저항성균의 약제에 대한 반응 변화를 예측하기 위하여 각 약제에 대한 반응형 분류하였으며, 1992년부터 사용하기 시작한 benzimidazole계의 역상관 교차 저항성 살균제인 *N*-phenylcarbamate계 살균제인 diethofencarb 및 benzimidazole계 살균제의 다중 저항성(multiresistance) 발생 여부를 조사하였다.

재료 및 방법

병원균 분리. 1994년 및 1995년 상반기에 김해, 부여, 논산, 대전, 공주 등 지역의 원예작물 시설재배 단지에서 토마토, 딸기, 오이 등에서 병든 조직을 채집하여 streptomycin 100 μg/ml와 chloramphenicol 50 μg/ml이 들어있는 감자한천배지(PDA) plate에 바로 치상하여 병반으로부터 자라나 온 균사의 끝부분을 떼어 내어 새로운 PDA배지에 옮겨 배양하였다. 분리된 균 중 *Botrytis cinerea*로 동정된 균만을 실험에 사용하였다.

공시 약제. Benzimidazole계 살균제로 benomyl (50% wp), carbendazim(Tech.)을 사용하였고, dicarboximide계 살균제로는 procymidone(Tech.)를 사용하였으며, *N*-phenylcarbamate계 살균제인 diethofencarb (Tech.)를 사용하였다.

약제 저항성 조사. 분리된 *Botrytis cinerea*균주의 균사 절편을 benomyl, procymidone, diethofencarb가 10 μg/ml 들어 있는 PDA에 접종하여 24°C 배양기에서 5일간 배양 후 생육한 균주는 저항성 균주로 하였고 생육하지 못한 균주는 감수성 균주로 간주하였다. Benzimidazole계 및 diethofencarb에 다중 저항성균 출현은 carbendazim 10 μg/ml과 diethofencarb 10 μg/ml을 함께 넣어 만든 PDA배지에서 배양하여 생육한 균주를 다중 저항성 균주로 간주하였다.

약제 반응형 조사. 분리된 모든 균주의 각 약제에 대한 감수성 및 저항성 반응 양상을 각 약제의 10 μg/ml 농도에서의 생장 여부에 따라서 분류하였으며, 균 생장을 완전히 억제하는 약제의 최소 농도인 minimum inhibitory concentration(MIC)는 각 약제를 1, 10, 100, 1,000 μg/ml 첨가한 PDA배지에 각 약제에 대한 반응형(phenotype) 가운데 대표적인 균주를 접종한 후 24°C 배양기에서 5일간 배양 후 생육을 조사하였다.

결 과

약제 저항성 조사. 1994년도 분리된 *B. cinerea* 균주는 김해에서 토마토에서 분리한 67균주, 충남 지방의 부여의 딸기에서 41균주 및 오이에서 121균주, 논산의 딸기에서 106균주 및 오이에서 45균주, 대전의 딸기에서 120균주 및 공주에서 딸기에서 213균주를 분리하여 총 713균주였다. 1994년도에는 부여 오이에서 분리한 121균주가 전부 benomyl과 procymidone에 저항성인 균으로 나타나 균일한 약제 반응을 보였으나 다른 지역에서 분리한 균주는 같은 지역의 균주라도 다양한 약제 반응을 보였으며, 분리된 균 모두는 benzimidazole계 살균제와 *N*-phenylcarbamate계 살균제간에 역상관 교차 저항성을 나타내었다. 분리된 713균주 중 610균주(85.6%)가 benzimidazole계에 저항성(Ben^R)이었고, 249균주(34.9%)는 dicarboximide계 살균제에 저항성(Pro^R)이었으며 dicarboximide계 살균제인 procymidone에 저항성인 균은 benzimidazole계 살균제에 모두 저항성이었다(Table 1).

1995년에는 부여의 토마토에서 157균주 및 오이에서 105균주를 분리하였고, 논산의 딸기에서 258균주를 분리하여 총 520균주를 분리하였다. 그중 Ben^{R}이 317균주(61.0%)이며 Pro^{R}은 214균주(41.2%)이었고 한 균주(P94-2)를 제외하고 Pro^{R}인 균주는 또한 Ben^{R}로 나타났다. Ben^{R}이며 NPC^{R}인 두 계열 모두에 저항성인 균주는 15균주(2.9%)로 나타났으며, Ben^{R}이며 NPC^{R}인 15균주 중 3균주는 dicarboximide계 살균제인 procymidone에도 저항성이었다(Table 1).

약제 반응형에 따른 최소 억제 농도. 분리된 균주들의 세 계열의 약제에 대한 반응을 중심으로 조사된 최소 억제 농도(MIC)는 저항성인 균주는 3계열의 대표적인 약제인 carbendazim, procymidone, diethofencarb 1,000 μg/ml 이상의 높은 농도에서도 생장하였으며, 감수성인 경우는 10 μg/ml 미만으로 나타났다. MIC에서 10 μg/ml 농도를 기준으로 benzimidazole계, dicarboximide계, *N*-phenylcarbamate계에 대한 분리된 잿빛곰팡이병균의 약제 반응형은 6가지로 나누어졌으며, 약제에 대한 저항성인 경우 R로 감수성인 경우 S로 표시할 때, 조사된 1,233균주 중 1균주만이 benzimidazole계에 감수성이고 dicarboximide계와 *N*-phenylcarbamate계에 저항성인 균주(SRR형)로 나타났고, benzimidazole계에 저항성이고 dicarboximide계 및 *N*-phenylcarbamate계에 감수성인 균주(RSS형)는 450균주로 전체 중 36.5%로 나타났고, benzimidazole계 및 dicarboximide계에 저항성이고 *N*-phenylcarbamate계에 감수성인 균주(RRS형)은 459균주 37.2%로 나타났으며, benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate간

Table 1. Responses of *Botrytis cinerea* isolates isolated from various locations to several fungicides

Year	Crop	Location	No. of isolates tested	Number of isolates resistant to					
				Benomyl	Pro-cymidone	Ben+ Pro[a]	NPC[b]	NPC+ MBC[c]	Ben+ NPC+Pro
1994	Tomato	Kimhae	67	67(100)[d]	60(89.6)	60(89.6)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
	Strawberry	Puyo	41	27(65.9)	11(26.8)	11(26.8)	14(34.1)	0(0.0)	0(0.0)
		Nonsan	106	105(99.1)	35(33.0)	35(33.0)	1(0.9)	0(0.0)	0(0.0)
		Taejon	120	95(79.1)	19(15.8)	19(15.8)	25(20.8)	0(0.0)	0(0.0)
		Gongju	213	160(75.2)	1(0.5)	1(0.5)	53(24.8)	0(0.0)	0(0.0)
		Subtotal	480	387(80.6)	66(13.6)	66(13.6)	93(19.4)	0(0.0)	0(0.0)
	Cucumber	Puyo	121	121(100)	121(100)	121(100)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
		Nonsan	45	35(77.7)	2(4.4)	2(4.4)	10(20.2)	0(0.0)	0(0.0)
		Subtotal	166	156(94.0)	123(74.1)	123(74.1)	10(6.0)	0(0.0)	0(0.0)
		Total	713	610(85.6)	249(34.9)	249(34.9)	103(14.4)	0(0.0)	0(0.0)
1995	Tomato	Puyo	157	102(65.0)	82(52.2)	82(52.2)	63(40.1)	12(7.6)	0(0.0)
	Strawberry	Nonsan	258	180(69.8)	111(43.0)	112(62.2)	79(30.6)	1(0.4)	1(0.4)
	Cucuber	Puyo	105	35(33.3)	21(20.0)	21(20.0)	71(67.6)	2(1.9)	2(1.9)
		Total	520	317(61.0)	214(41.2)	215(41.3)	213(41.0)	15(2.9)	3(0.6)

[a] Ben+Pro=benomyl+procymidone.
[b] NPC=*N*-phenylcarbamate (diethofencarb).
[c] NPC+MBC=NPC+carbendazim.
[b] Percentage of resistant isolates in parentheses.

Table 2. Response types of *Botrytis cinerea* populations to carbendazim, procymidone and diethofencarb and minimum inhibitory concentration (MIC)

Response type[b]	Number of isolates	Isolate	MIC (μg/ml)[a]		
			Carbendazim	Procymidone	Diethofencarb
SSR	308(25.0)	BY-04	1~10	1~10	>1000
SRR	1(0.1)	P94-2	1~10	100~1000	>1000
RSS	450(36.5)	DJ-06	>1000	<1	<1
RRS	459(37.2)	BY-22	>1000	>1000	1~10
RSR	12(1.0)	SDT-17	>1000	<1	>1000
RRR	3(0.2)	YC-44	>1000	>1000	>1000

[a] Minimum inhibitory concentration (MIC) test was examined on PDA media incorporated with each fungicide.
[b] Responses of isolates to 10 μg/ml of chemicals in order of carbendazim, procymidone and diethofencarb. S : susceptible, R : resistant.

의 역상관 교차 저항성이 일치하지 않는 benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate계에 저항성이고 dicarboximide계에 감수성 균주(RSR형) 및 세 계열 모두에 저항성인 균주(RRR형)는 각각 12균주, 3균주로 1.0%, 0.2%로 나타났다(Table 2). 세 약제에 모두 감수성인 균주(SSS형)와 dicarboximide계에만 저항성인 균주(SRS형)는 본 연구에서 발견되지 않았다.

고 찰

잿빛곰팡이병균(*B. cinerea*)의 약제 방제 효과 저하는 저항성균의 발생 때문이라는 것이 전세계적으로 보고되고 있다(1, 5, 9, 17, 19, 21, 22, 24). 저항성균의 약제 방제를 위하여는 포장에서 병원균의 실제적인 약제 저항성 정도를 파악하고, 저항성 population의 변화를 조사하며, 약제 저항성 병원균의 밀도를 감소시킬 수 있도록 병원균의 방제 살균제에 대한 도태압(selection pressure)을 조절하는 것이 필요하다(1, 8, 10, 11, 22). 본 연구에서 1994, 1995년에 분리된 균주의 85.6%, 61.0%가 각각 benzimidazole계 살균제에 저항성인 것으로 나타났는데 이는 이러한 저항성 균주가

감수성 균주에 비하여 생태 적응성(fitness)이 낮지 않기 때문에 약제를 더 이상 사용하지 않아도 그 밀도가 줄지 않는다는 것을 의미한다(1, 2, 12, 17). 일반적으로 살균제 저항성균은 감수성균에 비교하여 적응성(fitness)이 떨어지는 것으로 알려져 있지만, benzimidazole계에 저항성균은 감수성균에 비하여 떨어지지 않는 것으로 알려져 있어서 benzimidazole계 살균제의 사용을 중지하여도 저항성균의 밀도가 줄지 않는다(1, 2, 12, 17). 포장에서 분리되는 dicarboximide계에 저항성인 균은 benzimidazole계에도 저항성을 보이는데 이는 benzimidazole계에 저항성인 균이 dicarboximide계 살균제 살포에 의하여 변이가 유기되어 이중 저항성(double resistance)을 보이는 것이다(1, 17).

Leroux와 Gredt(15)가 carbamate계 제초제가 benzimidazole계 살균제에 저항성인 균에만 특이적으로 약효를 나타낸다는 것을 보고한 이래 개발된 *N*-phenylcarbamate계 살균제는 benzimidazole계 살균제에 저항성 및 감수성인 잿빛곰팡이병균(*B. cinerea*)의 방제를 위하여 benzimidazole계 살균제와 합제의 형태로 이용된 것이다(1, 4, 7, 14, 15, 20). 그러나 이러한 역상관 교차 저항성(negatively correlated cross resistance)을 이용한 약제 방제도 문제가 될 수 있는데 그 이유는 역상관 교체 저항성 약제를 먼저 사용하기 시작한 유럽 등지에서는 benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate계 모두에 저항성인 다중저항성균(Ben^R+NPC^R)의 출현이 보고되었기 때문이다(5, 6, 16, 20).

우리나라에서는 *N*-phenylcarbamate계 살균제인 diethofencarb가 1992년부터 도입되어 널리 사용되기 시작하였는데, 1994년 조사한 713균주 중에는 Ben^R+NPC^{R}균은 없었으나, 1995년 조사한 520균주 중에는 15균주가 Ben^R+NPC^{R}균으로 나타났다. Faretra 등(5)은 한번도 *N*-phenylcarbamate계 살균제를 사용한적이 없는 지역에서 Ben^R+NPC^{R}균이 발생했음을 보고하였으며, 이러한 균이 약제사용과는 관계없이 낮은 빈도로 이미 존재하고 있으며 약제사용으로 그 밀도가 증가하는 것이라고 했다. 본 실험에서 1994년도에 분리한 균주에서는 Ben^R+NPC^{R}균이 없었으나 1995년에는 이러한 균이 분리되었는데 이는 benzimidazole계와 *N*-phenylcarbamate계의 합제가 널리 사용됨에 따른 결과로 생각된다. 또, benzimidazole계에 저항성인 균의 분리 빈도가 1994년에는 85.6%인 반면 1995년에는 61.0%로 밀도가 낮아진 것도 diethofencarb을 도입하여 1994년에 널리 사용함에 따른 결과로 생각된다. 이 시험에서 분리된 잿빛곰팡이병균의 균주는 benzimidazole계, dicarboximide계, *N*-phenylcarbamate계에 대한 반응형은 6가지로 나눌 수 있게 되었는데, 그중 benzimidazole계 및 dicarboximide계에 저항성이고 *N*-phenylcarbamate계에 감수성인 균주(RRS형)가 459균주로 전체 분리균주의 37.2%로 가장 높게 나타났으며, benzimidazole계에 감수성이고 dicarboximide계 및 *N*-phenylcarbamate계에 저항성인 균주(SRR형)는 단 한 균주만 분리되어 이러한 약제 반응형은 그 밀도가 낮은 것으로 나타났다. 본 실험 결과 benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate간의 역상관 교차 저항성이 일치하지 않는 약제 반응형이 발생함으로 잿빛곰팡이병의 약제 방제 효과는 이러한 반응형의 추이에 큰 영향을 받을 것으로 생각되므로 계속적인 저항성균의 밀도 조사를 통한 병원균의 변화 예측이 필요할 것으로 생각된다.

요 약

1994년, 1995년에 주요 채소 작물에서 분리한 잿빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)의 방제 살균제에 대한 저항성을 조사한 결과, 1994년 분리된 713균주 중 610균주(85.6%)가 benzimidazole계에 저항성(Ben^R)이었고, 249균주(34.9%)는 dicarboximide계 살균제에 저항성(Pro^R)이었으며, benzimidazole계 및 *N*-phenylcarbamate계 두약제 모두에 저항성인 균주는 분리되지 않았다. 1995년에는 현재까지 520균주를 분리하였는데, 그중 Ben^{R}이 317균주(61%)이며 Pro^{R}은 214균주(41.2%)이었고, Ben^{R}이며 NPC^{R}인 균주(Ben^R+NPC^R)는 15균주(2.9%)로 나타났다. 이러한 저항성 균주의 최소 억제 농도는 carbendazim 1,000 μg/ml 이상, diethofencarb 1,000 μg/ml 이상이었다. 또 Ben^R+NPC^{R}인 15균주 중 3균주는 dicarboximide계 살균제인 procymidone에도 저항성이었으며, 한 균주를 제외한 모든 Pro^R 균주는 Ben^{R}로 나타났다.

참고문헌

1. Delp, C. J. 1988. *Fungicide resistance in North America*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minn., 133 pp.
2. Davis R. P. and Dennis C. 1981. Properties of dicarboximide-resistant strains of *Botrytis cinerea. Pestic. Sci.* 12 : 521-535.
3. Edlich, W. and Lyr, H. 1992. Target sites of fungicides with primary effects on lipid peroxidation. In : *Target sites of fungicide action*, ed. by W. Koller, pp. 53-68. CRC Press.

4. 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 Pathology* 37 : 141-147.
5. Elad, Y., Yunis, H. and Katan, T. 1992. Multiple fungicide resistance to benzimidazoles, dicarboximides and diethofencarb in field isolates of *Botrytis cinerea* in Israel. *Plant Pathology* 41 : 41-46.
6. Faretra, F., Pollastro, S. and DiTonno, 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.
7. Fujimura, M. 1993. A new fungicide Diethofencarb to cope with benzimidazole resistance. *Japan Plant Protection* 47 : 26-29.
8. Georgopoulos, S. G. 1986. Plant pathogens. In : *Pesticide resistance-strategies and tactics for management*, ed. by Committee on Strategies for the Management of Pesticide Resistant Pest Populations, pp. 100-110. National Academy Press.
9. Georgopoulos, S. G. 1987. The development of fungicide resistance. In : *Populations of plant pathogens-their dynamics and genetics*, ed. by M. S. Wolfe and C. E. Caten, pp. 239-251. Blackwell Scientific Publications.
10. Gullino, M. L., Aloi, C. and Garibaldi, A. 1989. Influence of spray schedules on fungicide resistant populations of *Botrytis cinerea* Pers. on grapevine. *Neth. J. Pl. Path.* 95 Supplement 1 : 87-94.
11. Hisada, Y., Takaki, H., Kawase, Y. and Ozaki, T. 1979. Difference in the potential of *Botrytis cinerea* to develop resistance to procymidone *in vitro* and in field. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 45 : 283-290.
12. Hisada, Y., Kato, T. and Noda, C. 1984. Biological properties of procymidone-resistant field isolates of *Botrytis cinerea. Ann. Phytopath. Soc. Japan* 50 : 590-599.
13. Ishii, H. 1992. Target sites of tubulin-binding fungicides. In : *Target sites of fungicide action*, ed. by W. Koller, pp. 43-52. CRC Press.
14. 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.
15. Leroux, P. and Gredt, M. 1989. Negative cross-resistant of benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea, Fusarium nivale* and *Pseudocercosporella herpotrichoides* to various pesticides. *Neth. J. Pl. Path.* 95 Supplement 1 : 121-127.
16. Katan, T., Elad, Y. and Yunis, H. 1989. Resistance to diethofencarb (NPC) in benomyl-resistant field isolates of *Botrytis cinerea. Plant Pathology* 38 : 86-92.
17. 김병섭, 최경자, 조광연. 1993. Benzimidazole계 및 dicarboximide계 살균제에 저항성인 잿빛곰팡이병균 (*Botrytis cinerea*)의 몇 가지 약제에 대한 반응. 한식병지 9(2) : 98-103.
18. Kiso, A. 1988. Epidemiology and fungicide control of gray mold, *Botrytis cinerea*, of vegetables in Japan. *Japan Pesticide Information* 52 : 16-21.
19. 박인철, 예완해, 김충회. 1992. Procymidone, vinclozolin, benomyl에 저항성인 딸기 잿빛곰팡이병균의 발생. 한식병지 8 : 41-46.
20. Pollastro, S. and Faretra, F. 1992. Genetic characterization of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) field isolates coupling high resistance to benzimidazoles to insensitivity toward the *N*-phenylcarbamate diethofencarb. *Phytopath. medit.* 31 : 148-153.
21. 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.
22. Staub, T. 1991. Fungicide resistance: practical experience with antiresistance strategies and the role of integrated use. *Ann. Rev. Phytopathol.* 29 : 421-442.
23. Takeuchi, T. and Nagai, Y. 1982. Occurrence of strains of *Botrytis cinerea* resistant to dicarboximide fungicides on tomatoes and cucumbers in greenhouses. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 48 : 210-216.
24. 유승헌, 김홍기, 노태홍, 우인식, 인무성. 1990. 시설원예 잿빛곰팡이병 약제내성균의 발생과 방제에 관한 연구. 농시논문집 33 : 141-151.