

월동 복숭아 미이라 과일과 과병으로부터 분리한 *Monilinia fructicola*의 Benzimidazole과 Dicarboximide계 살균제에 대한 저항성 밀도

임태현* · 장태현 · 차병진¹
(주)대유 식물영양연구소, ¹충북대학교 농생물학과

Incidence of Benzimidazole- and Dicarboximide Resistant Isolates of *Monilinia fructicola* from Overwintering Mummies and Peduncles on Peach trees

Tae Heon Lim*, Tae Hyun Chang and Byeongjin Cha¹

Research Institute of Plant Nutrient, Dae Yu Co., Inc, Kyongsan 712-820, Korea
¹Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

ABSTRACT: *Monilinia fructicola*, the brown rot fungus of stone fruits, was isolated from overwintering mummies and peduncles on peach trees from February to March, 1998. The resistant population of these isolates to benzimidazole (benomyl, carbendazim and thiophanate-methyl) and dicarboximide (iprodione, vinclozolin and procymidone) was examined. Among 417 isolates, the incidence of isolates resistant to benomyl, carbendazim, and thiophanate-methyl were 45 (10.8%), 47 (11.3%), and 46 (11.0%), respectively. Forty two (10.0%) isolates showed cross-resistance to benzimidazole fungicides. On the other hand, the resistant isolates against iprodione, vinclozolin and procymidone were 186 (44.6%), 1 (0.2%) and 150 (36.0%), respectively. Among the isolates, 116 (27.8%) showed cross-resistance to iprodione and procymidone. Moreover, 27 (6.5%) of 417 isolates showed double-resistance to both benzimidazole (benomyl) and dicarboximide (iprodione).

Key words: benzimidazole, dicarboximide, resistance, *Monilinia fructicola*, peach.

복숭아 잿빛무늬병균인 *Monilinia fructicola*는 전년도 결과지 상에서 미이라화한 열매와 침해받은 과대지 껍양에서 균사체 또는 토양 속의 미이라화한 열매에서 위균핵으로 월동하여 다음 해에 주요 일차 전염원인 자낭포자나 분생포자를 형성한다(13).

*Monilinia fructicola*는 복숭아를 포함한 핵과류에 개화기 꽃마름, 껍양 및 열매 잿빛무늬썩음을 일으키며, 특히 개화기와 등숙기의 잿은 경우는 심각한 피해를 초래하므로 적절한 방제 대책이 없을 경우 50~75%까지 피해를 받기도 한다(13).

이 병의 방제는 포장의 청결한 관리와 benzimidazole, dicarboximide 및 EBI(egrosterol biosynthesis inhibitor) 등의 유기합성 살균제에 의존하고 있다(13). 그러나 여러 식물 병원균에서 이들 살균제에 대한 저항성균 출현에 의해 약효 저하 현상이 많이 보고되고 있다(2, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 23). benzimidazole계 살균제는 1972년부터 *Monilinia fructicola*에 의한 잿빛무늬병의 방제를 위하여

사용하기 시작하였으나 70년대 중반 이후 약효 저하 현상이 보고되어 사용을 제한하고 있다(1, 3, 6, 19, 20, 22). 특히 benomyl에 대한 저항성 정도는 지역에 따라 차이가 많은 것으로 보고되어 있다(19, 20). Jones와 Ehret는 benomyl 저항성 균주와 감수성 균주의 비슷한 병원성을 보고하였다(6). Dicarboximide계 살균제는 benomyl에 대한 저항성 균주의 출현으로 benzimidazole계 살균제를 대신하여 복숭아 잿빛무늬병의 방제에 도입되었으나, 1978년 Szejnberg와 Jones에 의해서 저항성 균의 발생이 처음 보고된 후 전세계적으로 약효 저하 현상이 보고되어 왔다(1, 14, 17, 18, 21).

약제 저항성 균은 다른 작용 기작을 가진 살균제의 사용, 다른 작용 기작을 가진 살균제와의 혼용 및 역상관 교차 저항성을 지닌 살균제의 사용으로 방제할 수 있다(8, 10, 11, 12, 15). 그러나 효율적인 약제 방제를 위해서는 실제 포장에서의 대상 병원균의 실제적인 약제 저항성을 파악하여 방제 약제에 의한 도태율을 줄일 수 있는 약제 적용 방법의 개발이 필요하다(8).

본 실험에서는 *Monilinia fructicola*의 주요 월동처로부

*Corresponding author.

터 병원균을 분리하여 benzimidazole과 dicarboximide계 살균제에 대한 반응, 계통간 교차 저항성 및 두 계통간 이중 저항성 균의 밀도를 조사하였다.

병원균 분리. 1998년 2월 상순과 3월 하순 사이에 복숭아 주산지인 경북 청도, 경산, 영덕 및 충남 조치원의 복숭아 과원에서 미이라화된 과일과 과대지를 서로간의 오염을 방지하기 위하여 각각의 비닐 봉지에 채집하였다. 채집한 시료는 표면소독후 streptomycin 100 µg/ml과 ampicillin 100 µg/ml이 첨가된 PDA에 치상하여 25°C에서 배양하며 병원균을 분리하여 *Monilinia fructicola*로 동정된 균주들을 실험에 사용하였다.

공시 균주. 지역별로 경북 경산 225균주, 청도 82균주, 영덕 62균주 및 충남 조치원 48균주 등 총 417균주의 *Monilinia fructicola*를 미이라화된 열매와 과대지으로부터 분리하여 실험에 사용하였다(Table 1).

공시 약제. benzimidazole계 살균제로 benomyl(50% wp), carbendazim(60% wp) 및 thiophanate-methyl(70% wp)을 사용하였고 dicarboximide계 살균제로 iprodione(50% wp), vinclozolin(50% wp) 및 procymidone(50% wp)를 사용하였다(14, 16).

약제 저항성 조사. 분리된 *Monilinia fructicola* 균주의 benzimidazole계 살균제에 대한 저항성 밀도 조사는 살균제 농도를 각각 1 µg a.i./ml로 조절한 PDA배지를 이용하였고, dicarboximide계 살균제에 대한 저항성 밀도는 살균제 농도를 각각 2.5 µg a.i./ml로 조절한 PDA배지를 사용하였다. 코르크 borer를 이용하여 균주를 균일한 크기(직경 5 mm)로 떼어내어 각각의 살균제 배지에 접종하여 25°C 배양기에서 5일간 배양후 성장한 균주는 저항성 균주로, 성장하지 못한 균주는 감수성 균주로 판단하였다.

Benzimidazole계 살균제 저항성. 분리된 417균주 중 47균주(11.3%)는 carbendazim에 대하여 저항성(carbendazim resistance:CR)을 보였으며 benomyl과 thiophanate-methyl에 대해서는 각각 45(10.8%)균주와 46(11.0%)균주가 저항성(benomyl resistance:BR, thiophanate-

methyl resistance:TR)를 보였다(Table 1). 경산 지역에서 분리한 균주 중 CR은 36(16.0%)균주, BR과 TR은 각각 35(15.6%)균주로 나타났다. 청도 지역에서 분리한 82균주 중 BR은 8(9.8%)균주, CR과 TR 균주는 각각 11(13.4%)균주였다. 한편, 조치원과 영덕 지역은 다른 지역보다 저항성 균주의 밀도가 낮은 것으로 조사되었다(Table 1). 전체 417균주 중 42(10.1%)균주는 benomyl, carbendazim 및 thiophanate-methyl 등 세약제 모두에 대하여 저항성을 보여 공시 약제에 대한 교차 저항성(cross-resistance)을 보였다. 또한 1(0.2%)균주는 BR+CR로 두 약제간 교차 저항성을 보였다. carbendazim과 thiophanate-methyl에 저항성을 나타내는 균주는 4(1.0%)균주였다(Table 1).

Dicarboximide계 살균제 저항성. 각 지역으로부터 분리한 417균주 중 iprodione에 저항성을 보인 균주는 186(44.6%)균주였고, procymidone 저항성은 150(36.0%)균주로 나타났으나(Table 2), 같은 계열 살균제인 vinclozolin 저항성 균주는 1(0.2%)균주로 조사되었다. 경산 지역에서 분리한 균은 procymidone 저항성 균(34.7%)보다 iprodione 저항성 균(46.2%)의 밀도가 높은 경향을 보였다. 그 밖의 지역에서는 두 살균제에 대한 저항성 밀도가 비슷하게 나타났다(Table 2). 그러나 iprodione 저항성 균주 중 116균주는 procymidone 저항성을 보여 두 약제간 62.4%의 높은 교차 저항성을 보였다(Table 2).

이중저항성(double-resistance). 분리된 417균주 중 27(6.5%)균주는 benzimidazole(benomyl)과 dicarboximide(iprodione)계 살균제에 대하여 이중 저항성(double-resistance)을 보였으며, 지역별로 보면 경산 16(7.1%)균주, 청도 8(9.8%)균주, 조치원 1(2.1%)균주 및 영덕 2(3.2%)균주가 이중 저항성을 보였다(Fig. 1).

이상의 결과를 종합하면, 4개 지역으로부터 잣빛무늬병균(*Monilinia fructicola*)의 월동후 약제 반응을 조사하였을때, benzimidazole계 보다 dicarboximide계 살균제 저항성균의 밀도가 높게 나타났으며, 특히 dicarboximide계 중에서도 iprodione 저항성 균의 밀도가 높게 나타

Table 1. Response of *Monilinia fructicola* isolated from overwintering mummies and peduncles on peach trees of various location to benzimidazole fungicides

Location	No. of isolates tested	No. of resistant isolates to						
		Ben	Car	Thi	Ben+Thi	Ben+Car	Car+Thi	Ben+Car+Thi
Kyungsan	225	35(15.6)*	36(16.0)	35(15.6)	0(0.0)	1(0.4)	1(0.4)	34(15.1)
Chungdo	82	8(9.8)	11(13.4)	11(13.4)	0(0.0)	0(0.0)	3(3.7)	8(9.8)
Youngduk	62	1(1.6)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
Chochiwon	48	1(2.1)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
Total	417	45(10.8)	47(11.3)	46(11.0)	0(0.0)	1(0.2)	4(1.0)	42(10.1)

Ben=Benomyl, Car=Carbendazim, Thi= Thiophanate-methyl, Ben+Car =Benomyl+Carbendazim, Ben+Thi =Benomyl+Thiophanate-methyl, Car+Thi =Carbendazim+Thiophanate-methyl, Ben+Car+Thi =Benomyl+Carbendazim+Thiophanate-methyl. Number in parentheses represent the percentage of resistant isolates.

Table 2. Response of *Monilinia fructicola* isolated from overwintering mummies and peduncles on peach trees of various location to dicarboximide fungicides

Location	No. of isolates tested	No. of resistant isolates to						
		Ipr	Vin	Pro	Ipr+Vin	Ipr+Pro	Vin+Pro	Ipr+Vin+Pro
Kyungsan	225	104(46.2)*	1(0.4)	78(34.7)	1(0.4)	61(27.1)	1(0.4)	1(0.4)
Chungdo	82	30(36.6)	0(0.0)	30(36.6)	0(0.0)	19(23.2)	0(0.0)	0(0.0)
Youngduk	62	34(54.8)	0(0.0)	25(40.3)	0(0.0)	22(35.5)	0(0.0)	0(0.0)
Chochiwon	48	18(37.5)	0(0.0)	17(35.4)	0(0.0)	14(29.2)	0(0.0)	0(0.0)
Total	417	186(44.6)	1(0.2)	50(36.0)	1(0.2)	116(27.8)	1(0.2)	1(0.2)

Ipr=Iprodione, Vin=Vinclozolin, Pro=Procymidone, Ipr+Vin=Iprodione+Vinclozolin, Ipr+Pro=Iprodione+Procymidone, Vin+Pro=Vinclozolin+Procymidone, Ipr+Vin+Pro=Iprodione+Vinclozolin+Procymidone.

Number in parentheses represent the percentage of resistant isolates.

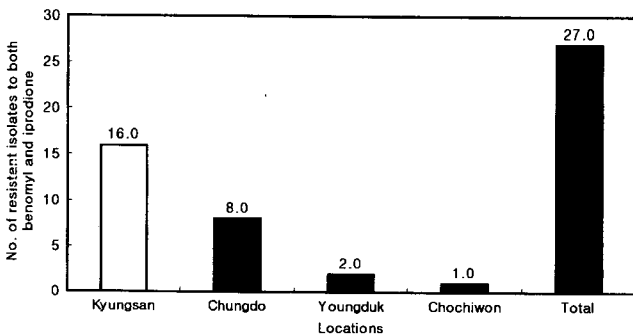


Fig. 1. Incidence of *Monilinia fructicola* isolates from overwintering mummies and peduncles of various locations, and resistant to both benzimidazole and dicarboximide. Double-resistance was examined on PDA media incorporated with 1 µg a.i./ml of benomyl and 2.5 µg a.i./ml of iprodione.

났다. dicarboximide계 vinclozolin 저항성 균은 1균주로 밀도가 매우 낮았으나 이 균주는 다른 dicarboximide계 살균제에 대해서도 저항성을 나타내어 세 약제간 교차 저항성을 보이는 것으로 미루어 이 균주의 밀도가 증가한다면 기존 약제로는 방제에 어려움이 있을 것으로 생각한다. 김 등(8)은 잣빛곰팡이병의 약제 반응형을 6가지로 나누어 반응형 밀도 변화를 조사하면 병 방제에 효율을 높일 수 있으므로 것으로 보고하였다. 본 실험에서도 vinclozolin 저항성 균은 같은 계열 살균제에 대하여 낮은 교차 저항성을 보여 재배기간중 밀도 변이 조사가 효과적 병 방제를 위하여 필요할 것으로 생각한다. 또한 낮은 밀도이기는 하지만 benzimidazole과 dicarboximide계 살균제에 대한 이중 저항성균도 확인되었으므로 이중 저항성 균의 밀도 변이에 대한 지속적인 조사가 필요할 것이다.

월동처로부터 분리한 *Monilinia fructicola*의 dicarboximide계 살균제 저항성 밀도가 높게 나타났다는 것은 이는 이미 조사 지역의 과원에서 dicarboximide계 살균제가 강한 도태압으로 작용하고 있기 때문인 것으로 것으로 생각한다. Benzimidazole계 살균제 저항성 밀도는 상대적으로 낮았는데 이러한 결과는 이 계통 살균제의

사용 중지와 아울러 benzimidazole계와 역상관 교차 저항성(negatively correlated cross resistance)을 나타내는 N-phenylcarbamate계 살균제와 benzimidazole계 살균제의 합제 도입에 의한 것으로 생각한다. 본 실험에서 benzimidazole계와 N-phenylcarbamate계 살균제에 저항성을 보이는 다중 저항성 균은 분리되지 않았지만(자료 미제시) *Botrytis cinerea*의 경우 다중 저항성의 발생이 보고된바 있다(4, 8, 9). 따라서 핵과류의 잣빛무늬병을 일으키는 *Monilinia fructicola*의 효과적인 방제를 위해서는 실제 과원으로부터 분리한 병원균의 각 계열 약제간의 반응형을 조사하여 반응형의 밀도 변이를 추적하여 도태압(selection pressure)을 조절하는 것이 필요할 것으로 생각한다.

요 약

1998년 2, 3월에 복숭아 월동 미이라 과일과 과대지로부터 잣빛무늬병원균(*Monilinia fructicola*)을 분리하여 benzimidazole과 dicarboximide계 살균제에 대한 저항성균의 밀도를 조사한 결과, 분리한 총 417균주 중 benomyl, carbendazim 및 thiophanate-methyl에 저항성 균주는 각각 45(10.8%), 47(11.3%) 및 46(11.0%)로 나타났다. 42(10.1%)균주는 benomyl, carbendazim 및 thiophanate-methyl에 모두 교차 저항성을 보였다. Dicarboximide계 살균제 중 iprodione 저항성 균주는 186(44.6%), vinclozolin 저항성 균주는 1(0.2%) 및 procymidone 저항성 균주는 150(36.0%)로 나타났으며, 116(27.8%)균주는 iprodione과 procymidone에 대하여 교차 저항성을 보였다. 분리한 417균주 중 dicarboximide(iprodione)와 benzimidazole(benomyl)에 이중 저항성을 보이는 균주는 27(6.5%)균주였다.

참고문헌

- Delp, C. J. 1988. Fungicide resistance in North America.

- The American Phytothological Society, St. Paul, Minn., 133pp.
2. Detweiler, A. R., Vargas, J. M., Jr., Dannerberger, T. K. 1983. Resistance of *Sclerotinia homoeocarpa* to iprodione and benomyl. *Plant Disease* 67: 627-630.
 3. Dijkhuizen, J. P., Ogawa, J. M., and Manji, B. T. 1983. Activity of captan and prochloraz on benomyl-sensitive and benomyl-resistance isolates of *Monilinia fructicola*. *Plant Disease* 67: 407-409.
 4. Elad, Y., Yunis, H., and Katan, T. 1992. Multiple fungicide resistance to benzimidazole, dicarboximide, and diethofencarb in field of *Botrytis cinerea* in Israel. *Plant Pathology* 41: 41-46.
 5. Geogopaules, S. N. 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. 280pp.
 6. Jones, A. L. and Eheret, G. R. 1976. Isolation and characterization of benomyl-tolerant strains of *Monilinia fructicola*. *Plant Disease Reporter* 60: 765-769.
 7. 김병섭, 최경자, 조광연. 1993. Benzimidazole계 및 dicarboximide계 살균제 저항성인 잭빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)의 몇가지 약제에 대한 반응. *한식병지* 9: 98-103.
 8. 김병섭, 임태현, 박은우, 조광연. 1995. Benzimidazole계 및 N-phenylcarbamate계 살균제에 저항성인 잭빛곰팡이병균의 발생. *한식병지* 11: 146-150.
 9. 김병섭. 1997. 잭빛곰팡이병균(*Botrytis cinerea*)의 살균제 저항성 및 생리 생 태적 다양성. 서울대학교 박사학위논문. 147pp.
 10. Leroux, P. and Gredit, M. 1989. Negative cross-resistant of benzimidazole-resistant strains of *Botrytis cinerea*, *Fusarium nivale* and *Pseudocercospora herpotrichoides* to various pesticide. *Neth. J. Pl. Path.* 95 Supplement 1: 121-127.
 11. 임태현 김병섭, 조광연, 차병진. 1995. Dichlofluanid 저항성 및 감수성 잭빛곰팡이병원균(*Botrytis cinerea*)의 약제 반응과 생태적응력과 관련된 특성. *한식병지* 11: 245-251.
 12. 임태현. 1996. 잭빛곰팡이병원균의 살균제 반응 및 dichlofluanid 저항성 균주의 생태적 적응력. 충북대학교 석사학위논문. 53pp.
 13. Ogawa, J. M., Zehr, E. I. and Biggs, A. R. 1995. Brown rot. pp. 7-10. In Compendium of stone fruit diseases. Ogawa, J. M., Zehr, E. I., Bird, G. W., Richie, D. E., Uriu, K., and Uyemoto, J. K. ed. APS Press, St Paul. 98pp.
 14. Penrose, L. J., Koffmann, W., and Nicholls, M. R. 1985. Field occurrence of vinclozolin resistance in *Monilinia fructicola*. *Plant Pathology* 34: 228-234.
 15. Pollastro, S., and Faretra, F. 1992. Genetic characterization of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) field isolates coupling high resistance to benzimidazole to insensitivity toward the N-phenylcarbamate diethofencarb. *Phytopath. Medit.* 31: 148-153.
 16. Recommended methods for the detection and measurement of resistance of plant pathogens to fungicides. 1982. Method for resistance to benzimidazoles *Monilinia* spp. on fruit and crop-FAO method No.26. *FAO-Plant-Protection-Bulletin* 30: 55-57.
 17. Ritchie, D. F. 1982. Effect of dichloran, iprodione, procymidone, and vinclozolin on the mycelial growth, sporulation, and isolation of resistant strains of *Monilinia fructicola*. *Plant Disease* 66: 484-486.
 18. Ritchie, D. F. 1983. Mycelial growth, peach fruit-rotting capability, and sporulation of *Monilinia fructicola* resistant to dichloran, iprodione, procymidone, and vinclozolin. *Phytopathology* 73(1): 44-46.
 19. Sanoamuang, N., and Gaunt, R. E. 1995. Persistence and fitness of carbendazim and dicarboximide resistant isolates of *Monilinia fructicola* (Wint.) Honey in flowers, shoot, and fruit of stone fruit. *Plant Pathology* 44: 448-457.
 20. Sonada, R. M., and Ogawa, J. M. 1982. Growth rate of *Monilinia fructicola* resistant and sensitive to benomyl on popato dextrose agar and on peach fruit. *Plant Disease* 66: 1155-1156.
 21. Szejnberg, A., and Jones, A. L. 1978. Tolerance of brown rot fungus *Monilinia fructicola* iprodione, vinclozolin and procymidone fungicides. *Phytopathology. New* 12: 187-188.
 22. Tate, K. G., Ogawa, J. M., Manji, B. T. and Bose, E. 1974. Survey for benomyl tolerant isolates of *Monilinia fructicola* and *M. laxa* in fruit orchards of California. *Plant Disease Reporter* 58: 663-665.
 23. 유승현, 김흥기, 노태홍, 우인식, 인무성. 1990. 시설원에 잭빛곰팡이병균의 발생과 방제에 관한 연구. *농시논문집* 33: 141-151.

(Received June, 29, 1998)