

사과 푸른곰팡이病菌의 各種 殺菌劑에 對한 耐性

李 昌 垠

嶺南大學校 農畜産大學 園藝學科

Tolerance of Apple Blue Mold (*Penicillium expansum*) to Various Fungicides

Chang Un Lee

Department of Horticulture, Yeungnam University, Gyeongsan 632, Korea

要 約

國內 사과産地 4 個處에서 푸른곰팡이 病菌 *Penicillium expansum* 을 分離하여 各種 殺菌劑에 對한 反應을 調査하였다. 一般적으로 菌의 藥劑耐性은 地域間에 差異가 著했으며 藥劑의 種類 및 濃度에 의한 差異는 甚고 봄 菌株가 自滅 數 없는 高濃度에서도 가을 菌株는 生長하였다. 菌糸生長에 對한 殺菌劑의 ED₅₀ 및 MIC 는 ; benomyl, garbenda, polydong, polyoxin, thiophanate methyl 이 0.1 μg ~ 41.7 μg/ml 및 100 μg ~ 2,250 μg/ml 로서 貯藏庫 및 果樹園에서 分離한 菌의 抑制效果가 높고 菌의 耐性이 낮았으며, captafol, captan, iprodione, mancozeb 이 2.6 μg ~ 750 μg/ml 및 638 μg ~ 40,500 μg/ml 로서 藥效 및 菌의 耐性이 中度였고, chlorothalonil, folpet, oxidong, propineb, triademefon 이 27.8 μg ~ 8,354 μg/ml 및 2,625 μg ~ 150,357 μg/ml 로서 效果가 낮고 菌의 耐性이 높았다. 孢子形成 抑制效果는 菌糸生長 抑制效果와 같은 傾向을 보였으며 孢子發芽 抑制效果는 polyoxin 및 triademefon 을 除外하고는 反對의 傾向을 보였다.

ABSTRACT

Responses to the 14 fungicides added in PSA of *Penicillium expansum* isolated from the four major apple growing areas in Korea were examined. Degrees of the fungal tolerance were various with little difference by area and with great difference by kind and concentration of fungicide. Fall isolates of the fungus grew at higher fungicide concentration than did the spring isolates. ED₅₀ and MIC to mycelial growth of benomyl, garbenda, polydong, polyoxin and thiophanate methyl were 0.1 μg - 41.7 μg/ml and 100 μg - 2,250 μg/ml, respectively, indicating high fungicide effects on the fungus isolated from decayed apples in storages and infected apples in orchards with low fungal tolerance; of captafol, captan, iprodione and mancozeb were 2.6 μg - 750 μg/ml and 638 μg - 40,500 μg/ml, respectively, indicating medium degree of both fungicidal effects and fungal tolerance; and of chlorothalonil, folpet, oxidong, propineb and triademefon were 27.8 μg - 8,354 μg/ml and 2,625 μg - 150,357 μg/ml, respectively, indicating low fungicide effects and high fungal tolerance. Fungicidal inhibitory effects on conidia formation exhibited a similar trend as on mycelial growth whereas those on conidia germina-

* 本論文은 1983年度 韓國科學財團의 研究費 支援으로 研究 作成되었음.

tion showed an opposite trend to the mycelial growth with the exception of polyoxin and triademefon.

Key words: apple, *penicillium expansum*, fungicide tolerance.

緒 論

植物病原菌의 殺菌劑에 對한 耐性이 問題되지 오래 되었으며(4, 5, 16) 다른 農作物에 比하여 藥劑 散布 回數가 많은 果樹分野에서는 더욱 深刻한 狀態로 생각된다(9, 22). 野外 果樹園에서도 많이 感染되어 있지만은 收穫 後 貯藏中에 주로 큰 腐敗損失을 주고 있는 사과 푸른곰팡이病菌 *Penicillium expansum*의 境遇에서도 藥劑耐性이 문제될지도 모른다.

Burton 및 Fillow(3)는 *P. expansum*을 果實에 接種한 後 benomyl 300 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에 浸漬하였으나 菌生長에 依한 腐敗 및 孢子形成을 抑制할 수 없었으며, Rosenberger 및 Meyer(13, 14)도 같은 處理를 하였는데 無處理區에 比하여 腐敗防除 效果가 없다고 하였다. Gutter 등(7)은 *P. digitatum* 및 *P. italicum*의 benomyl 感受性菌은 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 를 加한 PDA에서 孢子發芽 및 菌系生長이 抑制되었는데 反하여 耐性菌은 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 以上을 加하여야만 抑制된다고 하였다.

Pearson 등(12)은 사과푸른곰팡이病菌을 防除하기 爲하여 使用한 benomyl에 對하여, *Botrytis cinerea*의 耐性菌이 分離되었다고 하였으며, Whan(19)은 同藥劑 1 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서 *Sclerotinia fructicola*의 感受性菌은 抑制되었으나 耐性菌은 寄主에 따라서 100 ~ 500 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 에서도 抑制되지 않았다고 하였고, 또 이 殺菌劑에 對하여 耐性을 獲得한 菌은 thiabendazole에 對하여서도 交差抵抗性을 갖는다고 하였다(2, 7, 13, 14, 21).

Bertrand 등(1)은 *P. expansum*의 benomyl 耐性菌은 感受性菌에 比하여 病原性이 낮은 것이 많으나 어떤 分離系統은 同等한 病原性을 가졌다고 하였으며, Skylakakis(17, 18)는 各種 植物病菌에 對한 調查에서 benomyl을 使用한 3年만에 耐性菌이 發生하였는데 7~10回 使用으로 耐性菌이 感受性菌보다 優占狀態로 되었다고 하였다.

最近 10餘年間 우리나라에서 各種 殺菌劑를 가장 많은 回數로 많이 散布하여 온 곳이 사과 果樹園임을 생각할 때 benomyl 뿐만 아니라 사과病 防除를 爲하여 使用하고 있는 各種 다른 藥劑에 對하여서도 耐

性菌이 發生하여 優占하게 되었기 때문에 사과病은 減少되지 않고 점점 더 甚하여져 가는 것이 아닌가 생각된다.

本試驗에서는 사과病 防除用으로 農家に 勸奨되어 市販되고 있는 各種 殺菌劑를 供試하여 사과푸른곰팡이病菌 *P. expansum*의 菌系生長, 孢子形成 및 孢子發芽 抑制效果를 比較調查하므로써 藥劑耐性程度를 알아 보았다.

材料 및 方法

國內 사과 主産地인 大邱, 禮山, 井邑 및 忠州 4個 地域에서 貯藏末期인 이른봄 3월과 가을 收穫臨時인 9월에 罹病果를 蒐集하였다. 季節別로 地域當 3~5個 果樹園에서 蒐集, 分離, 病原性을 檢定한 後에 3菌株씩을 選擇하여 殺菌劑에 對한 試驗에 使用하였다.

사과病 防除用으로 農家に 勸奨되어 市販되고 있는 殺菌劑 benomyl 등 14種을 供試하였으며 藥劑名, 有效成分 및 含量은 表 1에 보인 바와 같다. 本試驗을 通하여 各殺菌劑는 감자蔗糖寒天(PSA) 培地에 加用하였으며 27 \pm 1 $^{\circ}\text{C}$ 에서 12時間씩 明暗을 交代로 한 條件에서 菌을 培養하였다. 모든 試驗은 3反復으로 하였으며 疑心나는 部分에 對하여서는 再次 實施하였다.

菌系生長 測定. 사과病 防除用으로 農家に 勸奨된 濃度(1倍)를 基準으로 하여 이것의 1/2, 1/3, 1, 3, 9, 27, 81 및 243倍의 8水準의 濃度を 培地에 加하여 混合하고 直徑 9cm의 petridish에 分注하여 굳힌 後 그 中央에 直徑 3mm의 菌叢圓板을 接種하여 7日間 培養한 菌叢의 直徑을 測定하여 EC₅₀ 및 最低억제농도(MIC)를 求하여 比較하였다.

孢子形成 調査. 菌系生長 測定을 마친 菌叢에서 直徑 3mm의 圓板을 찍어 내어 3ml의 殺菌 蒸溜수가 든 試驗管에 넣은 後 圓筒形 電氣面刀機의 回轉軸을 利用하여 만든 攪拌機로 約 15秒 동안 攪拌하여 孢子가 모두 脫落하게 하였다. 이 孢子懸濁液을 micropipette로 0.05 ml씩 haemocytometer에 點滴하여 cover glass를 덮고 顯微鏡下에서 孢子數를 세었다.

Table 1. Fungicides tested for tolerance of apple blue mold *Penicillium expansum*

Fungicide	Active ingredient	Recommended ^{a/} active ingredient ($\mu\text{g/ml}$)
Benomyl	Methyl-a-(butyl carbamoyl) benzimidazole-2-ylcarbamate	325
Captafol	1,2,3,6-tetrahydro-N-(1,1,2,2 tetrachloroethylthio) phthalimide	1,000
Captan	1,2,3,6-tetrahydro-N-(trichloro-methylthio) phthalimide	1,000
Chlorothalonil	Tetrachloro isophthalonitrile	1,238
Folpet	N-(trichloro-methylthio) phthalimide	1,000
Garbenda	2-(methoxy carbonyl amino)-benzimidazole	600
Iprodione	3-(3,5-dichlorophenyl)-N-isopropyl-2,4-dioxoimidazoleidine-1-carboxamide	425
Mancozeb	Complex product of zinc ion and manganese ethylene bis dithiocarbamate	1,238
Oxidong	8-hydroxy quinoline copper	1,000
Polydong	8-hydroxy quinoline copper 45% + polyoxin B 5%	500
Polyoxin	5- [2-amino-5-O-(aminocarbonyl)-2-deoxy-L-xylonoyl] amino -1,5-dideoxy-1- [3,4-dihydro-5 (hydroxymethyl)-2,4-dioxo-1(2H) pyrimidinyl] β -D-allofuranuronic acid	100
Propineb	Polymeric zinc propylene bis dithiocarbamate	1,750
Thiophanate methyl	Dimethyl 4,4-(O-phenylene) bis (3-thioallophanate)	700
Triademefon	1-(4-chloro phenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1,2,4-triazole-1-yl) butanone	1,900

a The recommended active ingredient in $\mu\text{g/ml}$ is based on the recommended fungicide amount in xx gramme per 20 liter water for actual application at farmer orchards.

胞子發芽 調査. 殺菌劑를 加하여 미리 製作하여 둔 PSA 培地面에 供試菌의 胞子數 約 2,500/ml 되게 調整한 懸濁液을 0.2ml/plate 로 點滴한 後에 殺菌한 直徑 約 5mm의 椀을 유리막대로 全面에 끌고 루 퍼뜨렸다. 이렇게 한 것을 前記條件에서 12~24 時間 培養하는 동안 顯微鏡下에서 胞子發芽를 觀察 計數하였다. 이때 發芽管의 長이가 胞子의 直徑보다 긴 것을 發芽한 것으로 看做하였다.

馴致耐性菌 調査. 各 殺菌劑를 濃度別로 加用한 培地上에서 21日間 培養된 菌叢中 高濃度에서 生長한 菌叢의 一部를 直徑 3mm의 圓板이 되게 찍어 낸 것을 보다 더 높은 濃度の 殺菌劑를 加한 培地로 移植 接種하여 21日間씩 繼代培養하기를 7回 反復한 147日 後에 菌叢生長을 抑制한 最低濃度(MIC)와 菌叢을 移植 繼代培養하기 前의 母菌叢이 生長한 培地에 加하였던 殺菌劑의 最低濃度를 比較하였다(4,16,22). 本 馴致耐性菌 調査에서는 봄에 分離한 菌株中 病原性을 檢定한 後에 地域當 3菌株씩 4個地域의 12 菌株만 選擇하여 供試하였으며, 가을에 分離한 菌은 使用하지 않았다.

結 果

自然耐性菌의 生理的 特性. 本試驗을 通하여 地域別 菌株間에는 差異가 적었으며 殺菌劑의 種類 및 濃度 그리고 季節에 따른 菌의 反應差異는 顯著하였다.

菌叢生長을 50% 억제시키거나 완전히 억제시키는 benomyl, garbenda, polydong, polyoxin 및 thiophanate methyl의 EC_{50} 및 最低억제농도(MIC)는 季節에 關係없이 모든 菌株에 대하여 各各 0.1 μg ~ 41.7 $\mu\text{g/ml}$ 및 100 μg ~ 2,250 $\mu\text{g/ml}$ 로서 貯藏庫 및 果樹園에서의 效果가 높고 菌의 耐性이 낮은 便이었다(表 2). Captafol, captan, iprodione 및 mancozeb은 모든 菌株에 대한 EC_{50} 및 MIC가 각각 2.6 μg ~ 750 $\mu\text{g/ml}$ 및 638 μg ~ 40,500 $\mu\text{g/ml}$ 로서 藥效 및 菌의 耐性이 中度였다. Chlorothalonil folpet, oxidong, propineb 및 triademefon의 EC_{50} 및 MIC는 季節에 關係없이 모든 菌株에 대하여 各各 28 μg ~ 8,354 $\mu\text{g/ml}$ 및 2,625 μg ~ 150,357 $\mu\text{g/ml}$ 로서 貯藏庫 및 果樹園에서의 效果가 낮고 菌의

Table 2. EC₅₀ and MIC values of 14 fungicides for inhibition of mycelial growth expressed in micrograms per milliliter for isolates of *Penicillium expansum* collected in spring and fall, 1983

Fungicide	Spring isolates ^{a/}		Fall isolates ^{b/}	
	EC ₅₀	MIC	EC ₅₀	MIC
Benomyl	0.2	163	0.4	488
Captafol	18.5	35,500	138.8	40,500
Captan	250.0	13,500	750.0	40,500
Chloro thalonil	1,547.5	50,119	8,353.5	150,357
Folpet	55.5	13,500	1,250.0	121,500
Garbenda	1.3	300	3.7	900
Iprodione	2.6	638	19.5	5,738
Mancozeb	172.2	1,857	516.0	5,569
Oxidong	0.1	13,500	2,250.0	117,000
Polydong	27.8	100	7.8	2,250
Polyoxin	13.8	150	41.7	1,350
Propineb	175.0	2,625	2,187.5	70,875
Thiophanate methyl	0.5	350	2.9	70,875
Triademefon	769.0	25,650	5,700.0	128,900

^a Average of 12 isolates from decayed apples in storages in March 1983.

^b Average of 12 isolates from infected apples at farmers' orchards in September after application of the various fungicides 15 different times during the apple growing season.

耐성이 높은 변이었다. 殺菌劑를 加하지 않았는 對照區에 比하여서는 모든 供試 殺菌劑의 菌糸生長 抑制效果가 있었다.

Benomyl, garbenda, thiophanate methyl은 農家に 勸奨한 濃度의 1/2倍인 36 μg ~ 77 μg/ml에서 季節에 關係없이 모든 菌株의 孢子形成을 모두 完全히 抑制하여 가장 높은 效果를 보였으며, iprodione 및 polydong의 菌株의 孢子形成 抑制效果도 높았으나 가을 菌株의 孢子形成은 勸奨濃度의 3倍에서 抑制할 수 있어 果樹園에서 菌의 耐성이 약간 發生한 것을 探知할 수 있었다(表 3). Mancozeb, polyoxin 및 propineb는 菌株의 孢子形成을 完全히 抑制하였는 1~3倍에서 가을 菌株는 95~178 (× 10³/ml 以下 省略)의 孢子形成을 보여 그 效果 및 菌의 耐성이 中度였다. Chlorothalonil, folpet 및 oxidong은 菌株의 孢子形成이 없었는 勸奨濃度의 81倍인 81,000 μg ~ 100,238 μg/ml에서 가을 菌株의 孢子形成 27~167을 보여 效果가 가장 낮고 菌의 耐성이 높았으며, captafol, captan 및 triademefon의 效果도 이에 準하여 낮았다.

Benomyl, garbenda, polyoxin, thiophanate methyl 및 triademefon은 勸奨濃度의 1~3倍인 300 μg ~ 5,700 μg/ml에서 菌株의 孢子發芽를 完

Table 3. Conidia formation of *Penicillium expansum* on PSA added with different concentration of 14 fungicides after seven days of incubation at 27±1°C

Fungicide		No. conidia (10 ³ /ml) ^a						
		1/9	1/3	1	3	9	27	81 ^{b/}
Benomyl	S	0	0	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0	0	0
Captafol	S	219	170	125	65	0	0	0
	F	275	258	232	216	125	0	0
Captan	S	159	141	90	75	40	0	0
	F	223	215	197	192	189	168	0
Chloro thalonil	S	248	245	217	190	120	0	0
	F	349	300	293	212	210	175	167
Folpet	S	170	164	156	105	37	0	0
	F	243	222	209	188	119	88	27
Garbenda	S	0	0	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0	0	0
Iprodione	S	0	0	0	0	0	0	0
	F	202	195	146	0	0	0	0
Mancozeb	S	162	95	0	0	0	0	0
	F	227	203	178	0	0	0	0
Oxidong	S	105	90	78	0	0	0	0
	F	238	209	175	160	112	89	52
Polydong	S	0	0	0	0	0	0	0
	F	114	107	79	0	0	0	0

Fungicide		No. conidia (10 ³ /ml) ^a						
		1/9	1/3	1	3	9	27	81 ^{b/}
Polyoxin	S	202	178	159	0	0	0	0
	F	117	101	98	95	72	0	0
Propineb	S	210	206	197	0	0	0	0
	F	286	254	128	107	58	0	0
Thiophanate methyl	S	0	0	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0	0	0
Triademefon	S	217	209	186	147	0	0	0
	F	190	169	131	107	94	72	0
Control	S	280	276	263	275	285	275	269
	F	289	292	277	303	294	264	309

^a Numbers of conidia were averages of the cultural stocks from the four regions of Taegu, Yesan, Jungup and Chungju.

^b Times of the field-applied fungicide concentrations added in PSA.

^c S: cultures isolated in spring, F: cultures isolated in fall after application of various fungicides around 15 different times at farmers' orchards during the apple growing season.

Table 4. Conidial germination of *Penicillium expansum* on PSA added with different concentration of 14 fungicides after 15-24 hr of incubation at 27±1°C

Fungicide		Conidial germination(%) ^{a/}				
		1/9	1/3	1	3	9 ^{b/}
Benomyl	S ^{c/}	54	50	0	0	0
	F	82	67	55	0	0
Captafol	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Captan	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Chloro thalonil	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Folpet	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Garbenda	S	48	29	18	0	0
	F	79	66	51	42	0
Iprodione	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Mancozeb	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Oxidong	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Polydong	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Polyoxin	S	92	75	59	0	0
	F	96	78	73	57	23
Propineb	S	0	0	0	0	0
	F	0	0	0	0	0
Thiophanate methyl	S	78	49	43	0	0
	F	97	94	88	79	64
Triademefon	S	97	91	74	0	0
	F	98	94	86	69	0

Control	S	100	100	100	100	100
	F	100	100	100	100	100

^a Percentage germination was a average of the cultural stocks from the four regions of Taegu, Yesan, Jungup and Chungju.

^b Times of the field-applied fungicide concentration added in PSA medjum.

^c S: cultures isolated in spring, F: cultures isolated in fall after application of various fungicides around 15 different times at farmers' orchards during the apple growing season.

신히 抑制하였으나 가을 菌株의 胞子發芽는 抑制하지 못하여 그 耐性을 보였다(表 4). Captafol, captan, chlorothalonil, folpet, iprodione, mancozeb, oxidong, polydong 및 propineb는 勸獎濃度의 1/2 倍로 稀釋한 47 µg ~ 194 µg/ml 에서도 季節에 관계없이 모든 菌株의 胞子發芽를 完全히 抑制하여 藥效가 극히 높았으며 供試 濃度範圍內에서는 菌의 胞子發芽 藥劑耐性을 가릴 수 없었다.

馴致耐性菌의 獲得. Benomyl, garbenda, polyoxin, thiophanate methyl 및 polydong은 7回 繼代培養 前 및 後의 菌生長完全抑制最低濃度(MIC)는 56 µg ~ 233 µg/ml 및 1,800 µg ~ 4,500 µg/ml 로서 菌의 耐性이 가장 낮았으나 polydong의 MIC 增加率は 80.4倍로서 供試藥劑中 最高였다(表 5).

Captafol, captan, folpet, iprodione, mancozeb 및 propineb는 同 繼代培養 前 및 後의 MIC는 425 µg ~ 27,000 µg/ml 및 11,475 µg ~ 87,500 µg/ml 로서 菌의 耐性이 中度였으며, 藥劑濃度 增加率は

Table 5. Minimum Inhibitory concentration (MIC) of the 14 fungicides added in PSA for mycelial growth of *Penicillium expansum* before and after seven successive transfer cultures for 147 days at 27±1°C^{a/}

Fungicide	MIC(μg/ml)		Increased rate of tolerance (after/before)
	Before ^{b/}	after	
Benomyl	108	2,925	27.1
Captafol	27,000	45,000	1.7
Captan	9,000	75,000	8.3
Chlorothalonil	33,413	185,700	5.6
Folpet	9,000	75,000	8.3
Garbenda	200	1,800	9.0
Iprodione	425	11,475	27.0
Mancozeb	1,238	18,570	15.0
Oxidong	9,000	160,000	17.8
Polydong	56	4,500	80.4
Polyoxin	100	2,000	20.0
Propineb	1,750	87,500	50.0
Thiophanate methyl	233	2,100	9.0
Triademefon	17,100	190,000	11.1

^a The 12 spring isolates only were used in this experiment.

^b Before the seven successive transfer culture, the fungus isolates in March 1983 was grown for 21 days at 27±1°C on PSA added with 1/9, 1/3, 1, 3, 9, 27, 81, and 243 times of the fungicide concentration recommended to farmers for application at their orchards. From the colonies grown on higher concentration of the eight levels, mycelial disks of three millimeter diameter were cut out to initiate the seven successive transfer cultures, in the presence of fungicide.

captafol은 1.7 배로 가장 낮았고 propineb는 50 배로 높았다.

Chlorothalonil, oxidong 및 triademefon은 7 회 繼代培養 前 및 後의 MIC는 9,000 μg ~ 33,413 μg/ml 및 160,000 μg ~ 190,000 μg/ml로서 菌의 耐性이 가장 높았으며, 藥劑濃度 增加率은 各各 5.6, 17.8 및 11.1 배였다.

考 察

사과 푸른곰팡이病菌 *P. expansum*의 各種 殺菌

劑에 대한 反應은 地域間의 差異가 적었는데, 이는 供試菌을 採取한 4個 사과産地에서 使用하고 있는 殺菌劑의 種類가 같은 데서 오는 結果로 생각된다. 또 果樹의 生育期間中에 10餘回 殺菌劑를 撒布한 後에는 一般적으로 菌의 藥劑耐性이 增加하는 것을 알 수 있었는데, 이것이 一時的인 菌의 適應인지 遺傳子에 變異를 일으킨 영구적 性質의 것인지는 앞으로 調査할 課題이나 後者일 可能性이 높다(10).

Benomyl, garbenda 및 thiophanate methyl은 菌系生長 抑制效果가 가장 높은 同時에 孢子形成 抑制效果도 가장 높았으나, 孢子發芽 抑制效果는 가장 낮았는데 이는 이들 benzimidazol系 藥劑作用機作이 兩境遇에 다르기 때문일 것이며, 孢子發芽 生理는 前 2種의 生理에 比하여 현저히 다른 것도 推察할 수 있다. 自然耐性菌 調査結果에서 보인 바와 같이 가을菌株에 대한 이들 殺菌劑의 EC₅₀은 0.4 μg ~ 3.7 μg/ml로서 供試 藥劑中에서 가장 낮았으므로 農家 果樹園에서 사과푸른곰팡이病菌의 耐性은 거의 發生하지 않았거나 發生하였다 고 하더라도 現在로서는 그 程度가 가장 낮은 것을 알 수 있다. 그러나 馴致耐性菌 調査結果를 보면 7回 連續 繼代培養 後에는 그 前에 比하여 9~27倍의 MIC 1,800 μg ~ 2,925 μg/ml를 보였으므로, 앞으로 이들 藥劑를 果樹園에서 連用한다면 現在보다 높은 耐性菌을 誘發할 危險이 있을 것이다. Roy(15)는 *P. expansum*에 의한 사과 的 病害를 防除하기 위하여 1,000 μg/ml의 benomyl을 處理하여도 腐敗를 抑制하지 못하였으며, Harding(8)은 감귤을 加害하는 *P. italicum* 및 *P. digitatum*을 防除하기 위하여 benzimidazole 劑製인 thiabendazole 3,000 μg/ml를 處理하였으나 效果가 없었으므로 그러한 危險性은 排除할 수 없을 것이다.

사과 푸른곰팡이病菌의 benomyl에 대한 耐性이 高度에 達하여 benzimidazole 劑의 防除效果가 低下하였을 경우 이를 代替 使用할 殺菌劑로는 iprodione이 有望視된다고 하였는데(2), 本 試驗結果에서는 benzimidazol 劑인 benomyl, garbenda 및 thiophanate methyl의 效果보다 iprodione의 效果가 오히려 낮았으며 農家 果樹園에서의 菌의 耐性程度도 後者에 대하여 이미 더 높은 傾向을 보였으므로 國內에서는 代替使用할 수 있는 狀態가 아니라고 생각된다. 本藥劑는 rovril이란 商標名으로 國內에 導入된 지 5년이 지났으며 그동안 benzimidazole 劑보다 더 많이 使用된 탓인지 또는 더 兪사리 耐性菌을 誘發하는 때문인지는 앞으로 調査究明할 課題가 될 수 있다.

外國의 境遇 이밖에도 benzimidazole 劑에 대한 各種 植物病原 耐性菌에 關한 報告가 많으나(1,3,4,6, 8,10,11,12,14,15,16,17,18,20), 우리나라에서는 아직도 *P. expansum*에 대하여 卓越한 效果가 있으므로 앞으로 당분간은 安心하고 使用할 수 있다고 본다. 그리고 耐性菌이 發生한 境遇에도 代替藥劑로는 iprodione 보다는 polydong 이 당분간 더욱 有望視된다. 그러나 本藥劑의 效果도 오래 持續되지는 못할 것이다. 왜냐하면 本試驗의 自然耐性菌 調查에서 EC50 이 0.1 μ g~7.8 μ g/ml 로서 現在로서는 農家 果樹園에서의 效果가 높은 것이 探知되었으나 馴致 耐性菌 調查에서는 7回 繼代培養 前과 後의 최저억 제농도 差異가 80 배나 되어 供試 殺菌劑 14種 가운데 가장 높게 나타난 것으로 보아 菌의 耐性誘發 可能性이 가장 높기 때문이다.

Oxidong 은 銅劑이지 하지만 사과 푸른 곰팡이에 對하여 처음부터 效果가 없었거나 菌의 耐性이 이미 最高度로 나타난 것으로 보아 菌系生長에 의한 腐敗의 防除效果는 없을 것이다. 그러나 本藥劑도 polydong 과 함께 孢子發芽 抑制效果는 높았으므로 豫防에 置重하여 使用하면 效果를 볼 수도 있을 것이다.

Captafol, captan, folpet, mancozeb 및 pro-pineb 는 모두 *P. expansum* 防除用 藥劑가 아닌 탓인지 또는 多年間 많이 使用하여 온 때문인지 效果가 中度乃至 낮은 便이었는데 前記 銅劑과 같이 孢子發芽 抑制效果는 극히 높았다. Polyoxin 은 이들 5種의 藥劑에 比하여 菌系生長 및 孢子形成 抑制效果가 높았으나 孢子發芽 抑制效果가 없어서 豫防效果가 없을 것이다.

Chlorothalonil 및 triademefon 은 供試 殺菌劑 14種 가운데 사과 푸른곰팡이病菌의 抑制效果가 가장 낮았으나 前者는 孢子發芽 抑制效果가 極히 높았다.

謝 辭

本試驗을 遂行함에 있어서 시종일관 助力하여 준 本人의 植物病理學 研究室 學生一同에게 謝意를 表하며, 原稿作成에 있어서 많은 助言을 주신 黃炳國 教授와 鄭厚燮恩師님에게 感謝드린다.

參 考 文 獻

1. BERTRAND, P. F. & SAULIE-CARTER,

J. L. (1978). The occurrence of benomyl-tolerant strains of *Penicillium expansum* and *Botrytis cinerea* in the mid-Columbia region of Oregon and Washington. *Pl. Dis. Rept.* 62: 302-305.

2. BURTON, C. L. & DEWEY, D. H. (1981). New fungicides to control benomyl-resistant *Penicillium expansum* in apples. *Plant Disease* 65: 881-883.
3. BURTON, C. L. & FILONOW, A. E. (1981). Patulin in apples infected with benomyl-tolerant isolates of *Penicillium expansum*. *Phytopathology* 71: 207 (Abstract).
4. CHUNG, H. S. (1984). Tolerance of plant pathogens to chemicals. *COA/SNU Special Lecture Outline '84*: 1-3.
5. DEKKER, J. (1976). Acquired resistance to fungicides. *Ann. Rev. Phytopathol.* 14: 405-428.
6. GOTTLIEB, D. & KUMAR, K. (1970). The effect of thiabendazole on spore germination. *Phytopathology* 60: 1451-1455.
7. GUTTER, Y., SHACHNAI, A., SCHIFFMAN-NADEL, M. & DINNOR, A. (1981). Biological aspects of citrus molds tolerant to benzimidazole fungicides. *Phytopathology* 71: 482-487.
8. HARDING, P. R. (1972). Differential sensitivity to thiabendazole by strains of *Penicillium italicum* and *P. digitatum*. *Pl. Dis. Rept.* 56: 256-260.
9. 李昌垠 (1985). 사과 斑點落葉病菌의 各種 殺菌劑에 對한 耐性. *한국식물보호학회지* (투고중).
10. MCGEE, D. C. & ZUCK, M. G. (1981). Competition between benomyl-resistant and sensitive strains of *Venturia inaequalis* on apple seedlings. *Phytopathology* 71: 529-532.
11. PARRY, K. E. & WOOD, R. K. S. (1959). The adaptation of fungi to fungicides: Adaptation to captan. *Ann. Appl. Biol.* 47: 1-9.
12. PEARSON, R. C., ROSENBERGER, D. A. & SMITH, H. A. (1980). Benomyl resistant strains of *Botrytis cinerea* on apples, beans, and grapes. *Plant Disease* 64: 316-318.

13. ROSENBERGER, D. A. & MEYER, F. W. (1983). Use of diphenylamine with benzimidazole fungicides improves control of benomyl-resistant *Penicillium expansum* in stored apples. *Phytopathology* 73:1346 (Abstract).
14. ROSENBERGER, D. A. & MEYER, F. W. (1979). Benomyl tolerant *Penicillium expansum* in apple packing houses in eastern New York *Pl. Dis. Rept.* 63: 37-40.
15. ROY, M. K. (1975). Radiation, heat and chemical combines in the extension of shelf life of apples infected with blue mold rot (*Penicillium expansum*). *Pl. Dis. Rept.* 59:61-64.
16. 櫻井詩 (1975). 薬剤耐性菌の検定法. 植物防疫 29:206-212.
17. SKYLAKAKIS, G. (1982). Epidemiological factors affecting the rate of selection of biocide-resistant plant pathogenic fungi. *Phytopathology* 72: 271-273.
18. SKYLAKAKIS, G. (1981). Effect of alternating and mixing pesticides on the build of fungal resistance. *Phytopathology* 71: 1119-1121.
19. WHAN, J. H. (1976). Tolerance of *Sclerotinia fructicola* to benomyl. *Pl. Dis. Rept.* 60: 200-201.
20. WICKS, T. (1977). Tolerance to benzimidazole fungicides in blue mold *Penicillium expansum* on pears. *Pl. Dis. Rept.* 61: 447-449.
21. WICKS, T. (1974). Tolerance of the apple scab fungus to benzimidazole fungicides. *Pl. Dis. Rept.* 58: 886-889.
22. 山口昭 (1979). 薬剤耐性菌問題の現状—果樹—. 植物防疫 33:482-489.