

마늘 저장 중 마름썩음병과 푸른곰팡이병 억제를 위한 농약의 살균활성

유오종* · 이용훈¹ · 진용덕 · 김진배 · 황세구² · 한상현 · 김장억³

농업과학기술원 농산물안전성부, ¹농업과학기술원 농업생물부,

²충북농업기술원 단양마늘시험장, ³경북대학교

(2007년 11월 21일 접수, 2007년 12월 20일 수리)

Antifungal activity of pesticides to control dry rot and blue mold during garlic storage

Oh Jong You*, Yong Hoon Lee¹, Yong Duk Jin, Jin Bae Kim, Se Gu Hwang², Sang Hyun Han and Jang Eok Kim³
(Department of Crop Life Safety, NIAST, RDA, Suwon 441-707, Korea, ¹Plant Pathology Division, NIAST, RDA, Suwon 441-707, Korea, ²Danyang Garlic Experiment Station, Chungbook Agricultural Research and Extension Services, Danyang, 363-883, Korea, ³Division of Applied Biology and Chemistry, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea)

Abstract : The major fungal diseases which effecting garlic storage are blue mold and dry rot, caused by *Penicillium hirsutum* and *Fusarium oxysporum*, respectively. In order to reduce the damage by the pathogenic fungi, here we report the effects of 11 fungicides tested to reduce spoilage during storage of garlies. In the *in vitro* antimicrobial activity test, the fungicides, diphenylamine, prochloraz and tebuconazole showed 0.3, 2.2, and 1.3 mm inhibition zone to *F. oxysporum*, and cyprodinil, diphenylamine, fenbuconazole, hexaconazole, penconazole, prochloraz, propiconazole, pyrimethanil and tebuconazole exhibited 0.2, 2.4, 0.8, 0.4, 1.2, 1.5, 1.2, 0.4 and 1.5 mm to *P. hirsutum*, respectively. To test the *in vivo* control effect, when the diphenylamine, prochloraz, and tebuconazole were treated by standard concentration, the fungal mycelium of *F. oxysporum* started to grow 5 days after inoculation, and 80, 63.3 and 83.3% of the inoculated cloves are infected 11 days after inoculation. When the tebuconazole were treated by standard concentration, the *P. hirsutum* was completely inhibited the growth of the fungi. In case of diphenylamine, penconazole and propiconazole treatment, the *P. hirsutum* was observed 7 days after inoculation and 20~23.3% of the cloves were infected 11 days after inoculation. When cyprodinil, prochloraz and pyrimethanil were treated, pathogens occurred 5 days after inoculation and 60~100% of the cloves infected 11 days after inoculation. Three fungicides such as diphenylamine, prochloraz and tebuconazole also suppressed remarkably the infection and growth of *F. oxysporum* and *P. hirsutum* on garlic when both of the pathogens are inoculated after the garlic cloves were dipped for 10 min in the suspension of each agrochemical. Overall, diphenylamine, prochloraz and tebuconazole showed effective control efficacy on dry rot and blue mold. There was significant correlation between *in vitro* and *in vivo* assay in diphenylamine and prochloraz to *F. oxysporum* and cyprodinil, prochloraz and pyrimethanil to *P. hirsutum*.

Key words : Blue mold rot, Dry rot, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium hirsutum*, Diphenylamine, Prochloraz, pyrimethanil, Tebuconazole, Thiabendazole

서 론

마늘은 고대부터 이용되기 시작하여 월빙식품으로 그 효능은 암을 예방하는 작용을 비롯하여 다양한 것으로 알려져 있다. 우리나라에서 마늘은 고추와 함께 가장 중요한 양념채소로 재배면적이 32천 ha에 이르

*연락처 : Tel: +82-31-290-0519, Fax: +82-31-290-0506,
E-mail: zzan@rda.go.kr

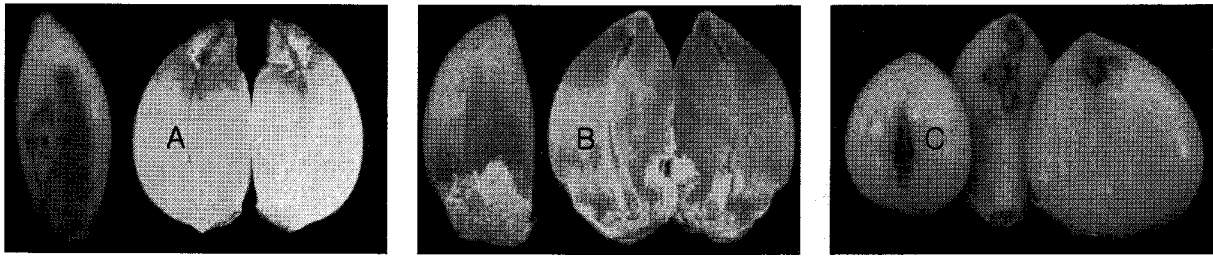


Fig. 1. Representative symptoms of major postharvest diseases of garlic. Blue mold, dry rot and purple spot caused by *P. hirsutum* (A) and *F. oxysporum* (B) and *S. botryosum* (C) respectively.

는 10대 주요작물 중의 하나이다. 이러한 마늘은 대부분 생으로 이용되며 인편을 통하여 영양번식을 하는 특성상 일반적으로 저온 혹은 상온저장을 해야 하는 농산물이다. 특히 중구용 마늘의 경우 파종 후 마늘 수확시 품질 및 수량과 관련하여 상온저장이 가장 효과적인 것으로 보고된 것을 고려하면(박 등, 1992; Hwang, 1998; 배 등, 2002), 우리나라에서 마늘은 장마기 직전에 주로 수확하게 되는데, 저장기간 동안에 장마기와 고온다습한 여름의 기온을 거치게 된다. 마늘의 저장은 재배환경, 수확시기, 저장온도 등에 따라 영향을 많이 받는다(고, 1983). 마늘 저장성은 생리적으로 병·해충에 의한 부패 때문에 저하되는 것으로 보고되었는데, 수확 후 발생하는 병·해충 등으로 인하여 발생하는 인편 폐기율은 33~55% 정도(이, 1981)이며, 특히 마늘 저장 중 피해를 많이 주는 병원균으로는 *Penicillium hirsutum*, *Fusarium oxysporum*, *Stemphyllium botryosum* 등으로 병징은 그림 1과 같으며, 발병율은 저장방법 및 마늘의 상태에 따라 5~50% 정도에 이르는 큰 손실을 주고 있으므로 이들 병원균 억제제를 위한 방법의 개발이 시급한 실정이다(조 등, 1995; 김 등, 2003; Ioos 등, 2005).

마늘 저장성을 향상시키기 위하여 온도, 대기 및 습도 조절, 방사선처리, 예건처리 그리고 줄기제거 방법 등 다양한 저장방법 및 저장시설 개발에 중점을 둔 연구가(박 등, 1992; Hwang, 1998; Park 등, 2000; 김 등, 2002; 배 등, 2002) 이루어져 왔다. 한편 외국에서는 일부 농산물에 대하여 저장성을 증진시킬 목적으로 수확 전후에 농약을 처리하는 경우도 있으나, 국내에서는 마늘의 저장성을 향상시키기 위한 억제방제 효과시험은 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 마늘 저장기간 중에 부패병을 유발하는 병원균의 피해를 감소시키기 위하여 병 발생 억제에 효과가 좋다고 인정되는 11종(Koffmann과 Penrose, 1987; Chand-Goyal과 Spotts, 1996; Vernière 등, 2003; Peter 등, 2005)의 살균제를 이용하여 저장

성에 가장 영향을 많이 주는 푸른곰팡이병원균(*P. hirsutum*)과 마름썩음병원균(*F. oxysporum*)의 균사생육 억제정도와 마늘 인편에 접종시험을 통하여 약효를 검정하였다.

재료 및 방법

시험농약

마늘 저장시 부패병을 일으키는 주요 병원균인 푸른곰팡이병원균(*P. hirsutum*)과 마름썩음병원균(*F. oxysporum*)에 대한 효과적인 방제약제를 선별하기 위하여 diphenylamine은 Sigma(USA)사로부터 구입하였고, cyprodinil, ethaboxam, fenbuconazole, hexaconazole, penconazole, prochloraz, propiconazole, pyrimethanil, tebuconazole 및 thiabendazole는 농약회사로부터 원제를 분양 받아, 균사 생육억제 시험과 인편 접종시험에 사용하기 위하여 acetone에 cyprodinil 250 mg L⁻¹, diphenylamine 2000 mg L⁻¹, ethaboxam 150 mg L⁻¹, fenbuconazole 60 mg L⁻¹, hexaconazole 25 mg L⁻¹, penconazole 50 mg L⁻¹, prochloraz 250 mg L⁻¹, propiconazole 84 mg L⁻¹, pyrimethanil 740 mg L⁻¹, tebuconazole 500 mg L⁻¹ 및 thiabendazole 200 mg L⁻¹이 되게 용해하여 이것을 기준농도로 공시하였다.

균사생육억제 시험

저지원 시험은 감자한천배지(PDA; potato dextrose agar)에 2종의 병원균을 각각 10⁵ cells mL⁻¹ 정도가 되게 혼합하여 페트리디쉬(직경 8.7 cm)에 전개한 다음 0.8 mm 페이퍼디스크를 배지에 사방으로 4개를 위치시키고 시험약제를 기준농도와 기준농도 대비 1/10 및 10배 농도액을 8 µL씩 취하여 배지위의 페이퍼디스크에 흡착시켰으며, 대조구로 acetone을 사용하였다. 접종 후 상온(약 28°C)에서 5일 동안 균을 배양시킨 후 저지원 직경을 측정하였다.

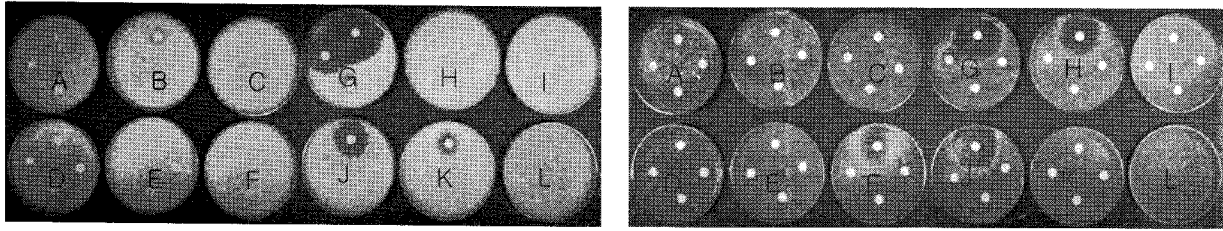


Fig. 2. *In vitro* inhibition effects of eleven pesticides to *F. oxysporum* and *P. hirsutum*. The concentration of each pesticide, which means 10, 1, and 1/10 times of optimum treatment and control anticlockwise from the top. Left panel, *F. oxysporum*; Right panel, *P. hirsutum*; A, Cyprodinil; B, Diphenylamine; C, Ethaboxam; D, Fenbuconazole; E, Hexaconazole; F, Penconazole; G, prochloraz; H, Propiconazole; I, Pyrimethanil; J, Tebuconazole; K, Thiabendazole; L, Control(acetone).

마늘인편 접종시험

마늘인편을 이용한 병 억제시험은 균사생육억제 시험에서 *F. oxysporum*에 효과가 인정된 농약 3종과 *P. hirsutum*에 효과가 인정된 농약 7종에 대하여 수행하였다. 마늘을 상처가 나지 않도록 껍질을 제거한 다음 크기와 모양이 비슷한 인편에 직경 2.5 mm, 깊이 1 mm 정도 되게 이쑤시게로 상처를 낸 후 항균력 시험에서 효과가 인정된 농약을 기준농도와 기준농도 대비 1/10 및 10배 농도액에 10분간 침지하였다. 침지 인편을 24시간 동안 무균상에서 자연 건조시킨 후 병원균 현탁액 5 µL를 상처부위에 접종하여 26°C에서 배양하면서 2일 간격으로 접종 후 11일까지 균사 생육을 조사하였다.

상관성 분석

농약의 처리 농도별 저지원시험에서 균사생육억제 정도와 인편접종시험에서의 방제가 및 균사생육진전도 사이를 상관분석을 통하여 그 관계정도를 분석하였다.

결과 및 고찰

균사생육억제 효과

균사생육억제 효과가 우수한 농약을 선별하기 위하여 *F. oxysporum*과 *P. hirsutum*을 각각 혼합한 PDA 배지 위에 농약을 침투시킨 페이퍼디스크를 둔 결과 배지위에 형성된 저지원은 그림 2와 같았다.

저지원 직경을 측정된 결과는 표 1에서 나타난 바와 같이 *F. oxysporum*에 대하여는 diphenylamine, prochloraz, tebuconazole 및 thiabendazole의 10배 농도에서 각각 0.3, 2.2, 1.3 및 0.9 mm의 저지원을 나타내었고, tebuconazole의 경우 기준량에서 그리고 prochloraz의 경우에는 기준농도 및 1/10배 농도에서도 저지원을

형성하였다. *P. hirsutum*에 대하여는 cyprodinil, diphenylamine, fenbuconazole, hexaconazole, penconazole, prochloraz, propiconazole, pyrimethanil 및 tebuconazole의 10배 농도에서 각각 0.2, 2.4, 0.8, 0.4, 1.2, 1.5, 1.2, 0.4 and 1.5 mm의 저지원을 나타내었으며 penconazole, prochloraz, propiconazole, 및 tebuconazole은 기준량에서도 저지원을 형성하였으나 1/10배 농도에서는 저지원을 형성한 농약은 없었다. 푸른곰팡이병에 대하여 효과가 있는 것으로 보고된 thiabendazole (Chand-Goyal과 Spotts, 1996)은 본 시험에서는 균사생육억제 효과가 전혀 없는 것으로 나타났는데 이는 *Penicillium* spp. 간의 특성에 기인하는 것으로 생각되어진다. 특히 diphenylamine, prochloraz 및 tebuconazole은 *P. hirsutum*와 *F. oxysporum*에 대하여 모두 저지원을 형성하여 두 종의 병원균에 대해 동시에 방제가 가능할 것으로 생각된다.

마늘인편 접종시험

마늘인편 표면에 일정크기로 상처를 낸 후 병원균을 접종하는 시험은 저지원 시험에서 *F. oxysporum*에 대하여 저지원을 형성한 농약 4종 중 *P. hirsutum*에 효과가 없는 thiabendazole을 제외한 3종과 *P. hirsutum*에 대하여 저지원을 형성한 농약 9종 중 저지원 형성이 저조하였던 fenbuconazole, hexaconazole을 제외한 7종에 대하여 수행하였다.

마늘인편을 diphenylamine, prochloraz와 tebuconazole에 침지한 후 *F. oxysporum* 병원균을 접종하여 병 발생을 조사한 결과는 그림 3에 보는 바와 같이, 대조구인 acetone 처리구에는 접종 후 1일차부터 병이 발생한 반면에 1/10배 농도를 처리하였을 경우 각각 3, 5 및 3일차부터 발병되어 11일차에는 100, 93 및 73.3% 발병되었다. 그리고 기준농도를 처리하였을 경우, 병은 모든 처리구에서 5일차부터 발생되어 11일

Table 1. Inhibition zone of mycelial growth of *F. oxysporum* and *P. hirsutum* on PDA

Pesticide	<i>F. oxysporum</i> (mm)			<i>P. hirsutum</i> (mm)		
	$\times 10^3$ ^{a)}	$\times 1$	$\times 0.1$	$\times 10$	$\times 1$	$\times 0.1$
Cyprodinil	0	0	0	0.2	0	0
Diphenylamine	0.3	0	0	2.4	0	0
Ethaboxam	0	0	0	0.0	0	0
Fenbuconazole	0	0	0	0.8	0	0
Hexaconazole	0	0	0	0.4	0	0
Penconazole	0	0	0	1.2	0.2	0
Prochloraz	2.2	1.3	0.7	1.5	0.4	0
Propiconazole	0	0	0	1.2	0.3	0
Pyrimethanil	0	0	0	0.4	0	0
Tebuconazole	1.3	0.1	0	1.5	0.3	0
Thiabendazole	0.9	0	0	0	0	0
Control(acetone)	0	0	0	0	0	0

^{a)}The concentration of each pesticide, which means 10, 1, and 1/10 times of optimum treatment.

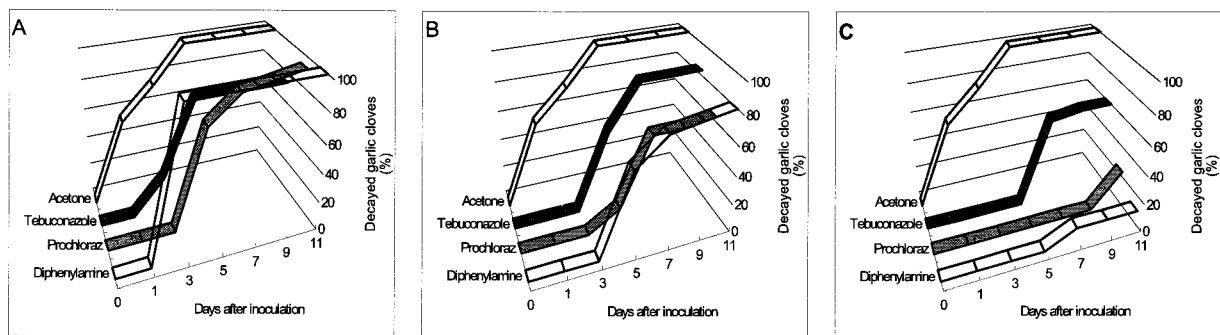


Fig. 3. Disease progress curves by percentage of decay in garlic cloves inoculated with *F. oxysporum*. The concentration of each pesticide, which means 1/10 (A), 1 (B) and 5 (C) times of optimum treatment. Acetone was used as control.

차에는 각각 80, 63.3 및 83.3%가 발생되었다. 기준량 대비 5배 농도를 처리하였을 경우에는 diphenylamine, prochloraz 및 tebuconazole 처리구에서 각각 7, 11 및 7일차 발생되었으며, 11일차에는 각각 10.4, 23.3 및 60%가 발생되었다. 위의 3가지 농약 중 diphenylamine와 prochloraz는 농도가 높아질수록 병 발생율이 낮았으며 특히 diphenylamine을 처리하였을 경우 낮은 농도에서는 병 발생이 빨랐으나 고농도에서는 발생율이 가장 낮아, 1/10배, 기준 및 5배의 처리 농도에 따라 병발생율이 100, 80 및 10.4%로 차이가 가장 크게 나타났다.

Cyprodinil, diphenylamine, penconazole, prochloraz, propiconazole, pyrimethanil와 tebuconazole에 침지한 마늘인편에 *P. hirsutum*을 접종한 후 병 발생율을 조사

한 결과는 그림 4와 같다.

F. oxysporum 접종시험에서와 마찬가지로 대조구인 acetone 처리구에는 접종 후 1일차부터 병이 발생한 반면에 처리농도 1/10배 농도를 처리하였을 경우 cyprodinil, diphenylamine, penconazole, prochloraz 및 propiconazole 처리구에서는 3일차, 그리고 pyrimethanil와 tebuconazole 처리구에서는 5일차부터 병균이 발생하여 11일차에는 모든 처리구에서 96.7~100% 발병율을 나타내었다. 기준농도를 처리하였을 때에는 cyprodinil, prochloraz 및 pyrimethanil 처리구에서는 5일차부터 발병하여 11일차에는 60~100% 발병하였으며, diphenylamine, penconazole 및 propiconazole 처리구에서는 7일차부터 발생하여 11일차에는 20~23.3% 병이 진전되었으나 tebuconazole 처리구에서는 병이 발

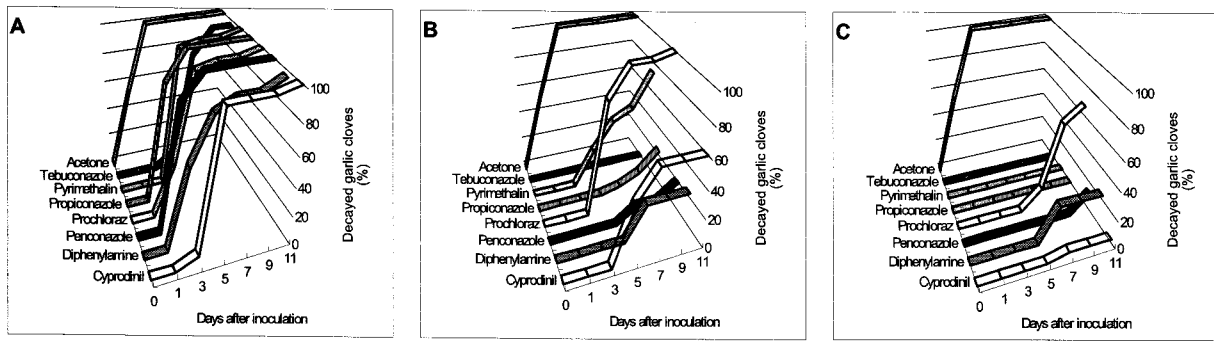


Fig. 4. Disease progress curves by percentage of rot in garlic cloves inoculated with *P. hirsutum*. The concentration of each pesticide, which means 1/10 (A), 1 (B) and 5 (C) times of optimum treatment. Acetone was used as control.

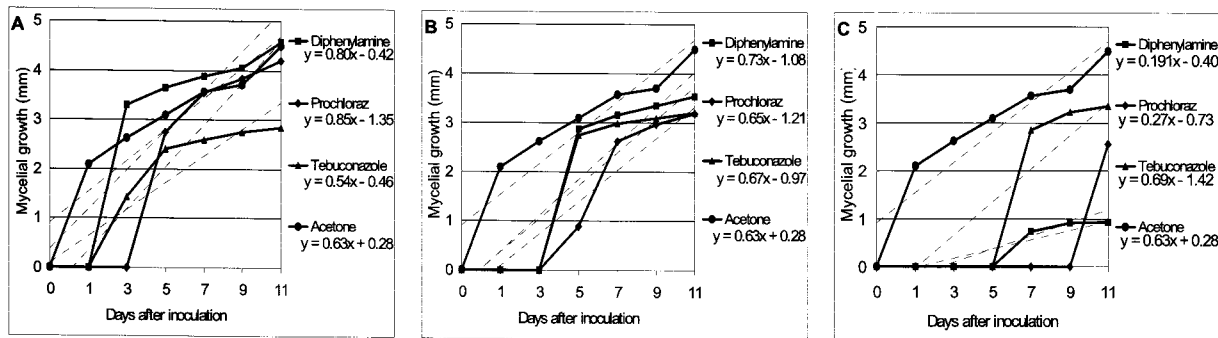


Fig. 5. Regression analyses of disease development by mycelial growth in garlic clove inoculated with *F. oxysporum*. Time series mycelial growth was measured at each time period. The concentration of each pesticide, which means 1/10 (A), 1 (B) and 5 (C) times of optimum treatment.

생되지 않았다. 한편 5배 고농도 처리구의 경우 propiconazole, pyrimethanil, tebuconazole 처리구에서는 발병이 되지 않았으며 penconazole 처리구에서는 11일 차에 3.3% 발병이 되었다. Cyprodinil, diphenylamine, prochloraz 처리구에서는 7일차부터 발병이 되어 11일 차에는 3.3~66.7% 병이 진전되었다. *P. hirsutum*에 의한 병 발생을 억제하는 농약으로는 penconazole, propiconazole, tebuconazole, pyrimethanil과 diphenylamine 이었다.

Diphenylamine, prochloraz와 tebuconazole에 침지한 후 *F. oxysporum* 병원균 접종시험에서 균사크기를 측정한 결과는 그림 5와 같이 acetone에 마늘인편을 침지한 대조구의 경우 균사생장을 1차식으로 표현하면 $y = 0.63x + 0.28$ 으로 접종 초기부터 균사생장이 왕성하였다. 농약 1/10배 농도 처리구에서는 diphenylamine 이 $y = 0.80x - 0.42$, prochloraz가 $y = 0.85x - 1.35$, tebuconazole이 $y = 0.54x - 0.46$ 으로 접종초기 발병치를 나타내는 절편 값은 diphenylamine > tebuconazole > prochloraz 순이었으나 병 진전속도를 표현하는 기울기는 prochloraz > diphenylamine > tebuconazole 순이

었다. 그리고 기준농도를 처리하였을 경우에는 diphenylamine이 $y = 0.73x - 1.08$, prochloraz가 $y = 0.653x - 1.21$, tebuconazole이 $y = 0.67x - 0.97$ 으로 절편 값은 tebuconazole > diphenylamine > prochloraz 순이었고 기울기는 diphenylamine > tebuconazole > prochloraz 순으로 균사생육 속도를 나타내었다. 5배 농도를 처리 했을 경우에는 diphenylamine이 $y = 0.19x - 0.40$, prochloraz가 $y = 0.27x - 0.73$, tebuconazole이 $y = 0.69x - 1.42$ 로 절편 값은 diphenylamine > prochloraz > tebuconazole 이었고 기울기는 tebuconazole > prochloraz > diphenylamine 순이었다. 이상의 결과를 종합하여 볼때 처리 약제의 농도가 높아질수록 diphenylamine와 prochloraz의 경우 균사생육 억제 효과가 높아지고 지속성이 증가하는 반면 tebuconazole은 차이가 적어 금후 마늘에의 적정 처리농도와 약제 잔류에 대한 연구가 이루어져야 되고, 또한 식용이 아닌 단순 저장 목적을 위해서는 약효와 지속기간을 고려한 약체처리 방법도 개발 되어야 할 것으로 생각된다.

Cyprodinil, diphenylamine, penconazole, prochloraz,

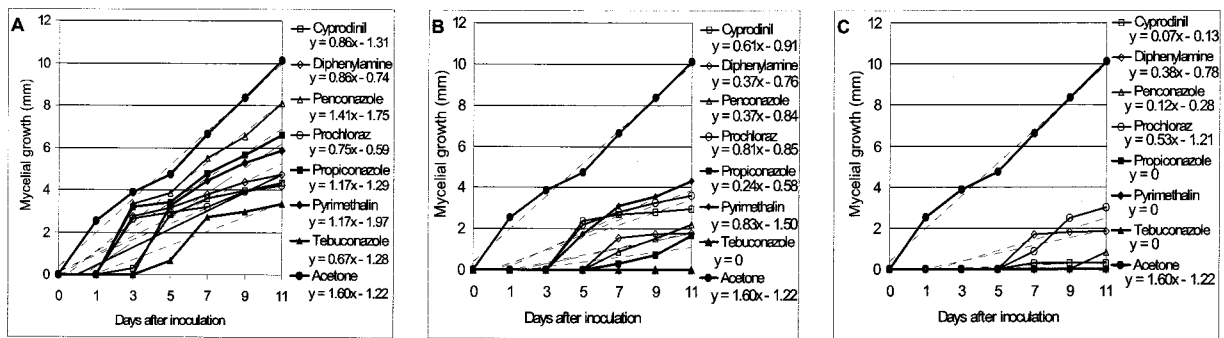


Fig. 6. Regression analyses of disease development by mycelial growth in garlic clove inoculated with *P. hirsutum*. Time series mycelial growth was measured at each time period. The concentration of each pesticide, which means 1/10 (A), 1 (B) and 5 (C) times of optimum treatment.

propiconazole, pyrimethanil와 tebuconazole에 침지한 후 *P. hirsutum* 병원균을 접종하였을 경우에 경시적인 균사생장에 의한 병의 진전도를 그림 6에 표시하였다. 대조구인 acetone 처리구의 경우 $y = 1.60x - 1.22$ 으로 균사생육이 왕성하였다. 처리농약을 1/10배 농도로 처리하였을 경우 처리농약별 1차방정식은 cyprodinil은 $y = 0.86x - 1.31$, diphenylamine은 $y = 0.86x - 0.74$, penconazole은 $y = 1.42x - 1.75$, prochloraz는 $y = 0.75x - 0.59$, propiconazole은 $y = 1.17x - 1.29$, pyrimethanil은 $y = 1.17x - 1.97$, tebuconazole은 $y = 0.67x - 1.28$ 으로 절편 값은 prochloraz > diphenylamine > tebuconazole > propiconazole > cyprodinil > penconazole > pyrimethanil 이었고 기울기는 penconazole > propiconazole > pyrimethanil > cyprodinil > diphenylamine > prochloraz > tebuconazole 순으로 균사의 생육속도를 나타내고 있다. 기준농도 처리구에서는 cyprodinil은 $y = 0.61x - 0.91$, diphenylamine은 $y = 0.37x - 0.76$, penconazole은 $y = 0.37x - 0.84$, prochloraz는 $y = 0.81x - 0.85$, propiconazole은 $y = 0.24x - 0.58$, pyrimethanil은 $y = 0.83x - 1.50$, tebuconazole은 $y = 0$ 으로 절편 값은 propiconazole > diphenylamine > penconazole > prochloraz > cyprodinil > pyrimethanil 순이었고 기울기는 pyrimethanil > prochloraz > cyprodinil > penconazole > diphenylamine > propiconazole 순이었으며 tebuconazole 기준농도 처

리구에서는 병이 발생하지 않았다. 5배 농도 처리구에서는 cyprodinil은 $y = 0.07x - 0.13$, diphenylamine은 $y = 0.38x - 0.78$, penconazole은 $y = 0.121x - 0.28$, prochloraz는 $y = 0.535x - 1.21$ 으로 절편값은 cyprodinil > penconazole > diphenylamine > prochloraz 순이었고 기울기는 prochloraz > diphenylamine > penconazole > cyprodinil 순이었으며 propiconazole, pyrimethanil 및 tebuconazole은 $y = 0$ 으로 5배 농도 처리구에서는 병이 발생하지 않았다. 처리농약의 농도가 높아질 수록 *P. hirsutum*에 대한 균사생육속도의 절편값은 0에 가까워지고 기울기는 완만해져서 균사의 생육속도가 지연된다는 것을 보여준다.

*In vitro*와 *in vivo* 시험의 상관분석

마늘 저장중에 발생하는 *F. oxysporum*와 *P. hirsutum*에 대한 억제 효과가 우수한 농약을 검정하기 위하여 실시한 균사생육억제시험과 마늘 인편에 병원균을 접종한 시험의 관계정도를 분석하기 위하여 시험자료로 상관분석을 한 결과는 표 2와 표 3과 같았다. 균사생육 억제정도와 방제가는 정의상관을 나타내었나, 균총직경과는 부의상관을 나타내었는데 이는 약제의 농도가 증가할수록 균총직경이 작아지기 때문이다.

*F. oxysporum*에 처리한 농약별 방제가와 균총직경에 대한 상관분석결과는 diphenylamine과 prochloraz의 경우 결정계수인 r^2 이 0.94~0.99로 높은 상관관계가

Table 2. A correlation analysis between mycelial growth inhibition of *F. oxysporum* and control effect in garlic clove

Pesticide	Control efficacy (%)		Mycelial growth (mm)	
	Linear equation	r^2	Linear equation	r^2
Diphenylamine	$y = 259.88x + 11.67$	0.94	$y = -9.31x + 3.7$	0.95
Prochloraz	$y = 60.07x - 33.85$	0.99	$y = -2.61x + 5.92$	0.96
Tebuconazole	$y = 14.12x + 21.19$	0.76	$y = 0.25x + 2.9$	0.56

Table 3. A correlation analysis between mycelial growth inhibition of *P. hirsutum* and control effect in garlic clove

Pesticide	Control efficacy (%)		Mycelial growth (mm)	
	Linear equation	r ²	Linear equation	r ²
Cyprodinil	y = 375x + 21.67	0.85	y = -15.42x + 3.39	0.91
Diphenylamine	y = 13.89x + 43.33	0.25	y = -0.52x + 3.05	0.23
Penconazole	y = 59.68x + 35.48	0.49	y = -4.17x + 4.62	0.62
Prochloraz	y = 28.73x - 1.53	0.93	y = -0.90x + 3.78	0.96
Propiconazole	y = 66.67x + 30	0.57	y = -3.80x + 4.01	0.59
pyrimethanil	y = 183.33x + 26.67	0.77	y = -11.09x + 4.44	0.90
Tebuconazole	y = 46.03x + 40.16	0.43	y = -1.41x + 1.84	0.43

있었지만 tebuconazole은 r²이 0.56~0.76으로 상관성이 낮았다.

*P. hirsutum*에 대한 상관분석결과, cyprodinil, prochloraz와 pyrimethanil은 결정계수 r²이 0.77~0.96로 높은 상관관계를 유지하였으나 penconazole, propiconazole과 tebuconazole은 r²이 0.43~0.62로 상관성이 낮았으며 특히 diphenylamine은 r²이 0.23~0.25로 가장 낮았다.

이와 같이 *in vitro*와 *in vivo* 시험결과에 대한 상관관계 정도가 병원균 및 농약에 따라 상이하게 나타났는데, 이는 농약에 대하여 반응하는 병원균의 특성과 시험농약의 처리농도 등에 기인하는 것으로 생각되어진다. 금후 효과가 나타나는 농약별 임계농도를 중심으로 다양한 수준의 농도별로 시험 수행이 필요할 것으로 사료되며, 또한 균사생육억제정도와 마늘인편에서의 방제효과에 대한 상관관계는 다양한 양상을 보였으나, 균사생육억제 시험을 통하여 효과가 있는 약제를 1차 스크리닝하는데 사용하여도 될 것으로 생각된다.

감사의 글

본 실험을 진행하는데 균주를 제공해주시고, 물심양면으로 아낌없는 조언을 해주신 농업과학기술원 농업생물부 식물병리과 김용기 박사님과 이상엽 박사님께 감사드립니다

인용문헌

Chand-Goyal T. and R. A. Spotts (1996) Control of postharvest pear diseases using natural saprophytic yeast colonists and their combination with a low dosage of thiabendazole. *Postharvest Biology and Technology* 7:51~64.
 Hwang, J. M. (1988) Effects of temperature and

humidity conditions before and after planting on bulb dormancy and development in garlic (*Allium sativum* L.). Seoul National University.
 Ios R., A. Belhadj, M. Menez and A. Faure (2005) The effects of fungicides on *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* and their associated trichothecene mycotoxins in french naturally-infected cereal grains. *Crop Protection* 24:894~902
 Koffmann W. and L. J. Penrose (1987) Fungicides for the control of blue mould (*Penicillium* spp.) in pome fruits. *Scientia Horticulturae* 31:225~232.
 Park Y. M., J. M. Hwang and H. T. Ha (2000) Storability of garlic bulbs as influenced by postharvest clipping treatments and storage temperature. *J. Kor Soc. Hort. Sci.* 41(4):315~318.
 Peter L. S., B. Karen and S. Sarah (2005) Sensitivity of *Penicillium* spp. and *Botrytis cinerea* to pyrimethanil and its control of blue and gray mold of stored apples. *Crop Protection* 24:127~134.
 Verniere, C. J., T. R. Gottwald and O. Pruvost, (2003) Disease development and symptom expression of *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* in various citrus plant tissues. *Phytopathology* 9(7):832~843.
 김용기, 이상범, 이상엽, 심홍식, 최인후 (2003) 마늘 저장병 방제를 위한 경종적, 화학적 접근, *한국농약 과학회지* 7(2):139~148.
 김종훈, 김진주, 정진홍, 이호준, 김재능 (2002) 마늘의 줄기 및 뿌리절단에 따른 저장 중 품질변화. *한국식품저장유통학회지* 9(4):362~368.
 고하영 (1983) 마늘 장기저장방법. 전북대학교 석사학위논문.
 박용문, 황재문, 이병일 (1992) 종구의 저장온도가 마늘의 수확중 품질과 파종후 생육에 미치는 영향. *한국원예과학회지* 33(2):103~110.
 배로나, 윤상돈, 안을균, 목일진, 임채일 (2002) 마늘

- 종구의 저장온도에 따른 생육 및 구비재의 품종간 차이. 원예과학기술지 20(2):95~99. 이송우 (1981) 마늘의 저장성 향상에 고나한 연구. 경
- 북대학교논문집(자연과학) 31:451~458. 조원대, 김완규, 김한명 (1995) 마늘저장병해에 관하여는 진균. 농시논문집 37(2):325~329.

마늘 저장 중 마름썩음병과 푸른곰팡이병 억제를 위한 농약의 살균활성

유오종^{*} · 이용훈¹ · 진용덕 · 김진배 · 황세구² · 한상현 · 김장익³

농업과학기술원 농산물안전성부, ¹농업과학기술원 농업생물부, ²충북농업기술원 단양마늘시험장, ³경북대학교

요약 : 마늘 저장중의 부패를 일으키는 주요 진균인 푸른곰팡이병균(*Penicillium hirsutum*)과 마름썩음병균(*Fusarium oxysporum*)의 성장을 억제하는 농약을 선발하고자 살균제 11종을 선정하여 균사생육억제시험과 접종시험을 수행하였다. 균사생육억제 정도와 마늘인편에서의 발병 억제 효과를 비교하기 위하여 시험약제를 처리한 후 병원균을 접종하여 병 발생정도를 조사한 결과, *F. oxysporum*에 대하여는 diphenylamine, prochloraz와 tebuconazole을 처리한 구에서는 초기에 발병이 현저히 억제되었으며, 기준량 처리시 접종 5일 후부터 병 발생이 시작되어 11일 후에는 73.3~100% 발생하였다. *P. hirsutum*의 경우 cyprodinil, prochloraz 및 pyrimethanil을 기준농도 처리한 구에서 접종 5일 후부터 발병하였으며, diphenylamine, penconazole 및 propiconazole 처리구에서는 7일 후부터 발병하여 11일 후에는 20~100% 정도 발생하였으나 tebuconazole 처리구에서는 병 발생이 되지 않았다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 diphenylamine, prochloraz와 tebuconazole이 마름썩음병 및 푸른곰팡이병의 방제에 효과가 있는 것으로 확인되었으며, 약제별 방제가와 균종의 생육 억제에 대한 상관분석결과, *F. oxysporum*에 대하여는 diphenylamine과 prochloraz가 높은 상관관계가 있었고, *P. hirsutum*에 대하여는 cyprodinil, prochloraz와 pyrimethanil이 높은 상관관계를 유지하였다.

색인어 : 푸른곰팡이병, 마름썩음병, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium hirsutum*, diphenylamine, prochloraz, pyrimethanil, tebuconazole, thiabendazole