

Flusilazole의 혼증 효과에 의한 양파검은곰팡이병균 (*Aspergillus niger*)의 포자 형성 억제

김흥태* · 박세원¹ · 최경자² · 김진철² · 조광연²

충북대학교 농과대학 농생물학과, ¹건국대학교 생명환경과학대학,

²한국화학연구소 스크리닝연구부

Inhibitory Effect of Flusilazole on the Spore Formation of *Aspergillus niger* Causing the Onion Black Mold in Vapour Phase

Heung Tae Kim*, Se-Won Park¹, Gyung Ja Choi², Jin-Cheol Kim² and Kwang Yun Cho²

Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, Chingju, Chungbuk 361-763, Korea

¹College of Life and Environment Sciences, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

²Screening Division, Korea Research Institute of Chemical Technology, Taejon 305-600, Korea

(Received on June 18, 2002)

In 1998, a pathogen isolated from infected onions was identified as *Aspergillus niger*. At 30°C, *A. niger* AnYD-1 showed the best mycelial growth, spore germination, and high pathogenicity to onions. In spite of the weak inhibitory effect of flusilazole and hexaconazole on the mycelial growth on PDA, they showed the specific inhibitory activity against the formation of spores in the vapour phase. With flusilazole and hexaconazole, the effects of the solvent, the applied concentration and the incubating temperature on the activities inhibiting the spore formation were confirmed. Their inhibitory effect on the spore formation in vapour phase was excellent by solving them with dimethylsulfoxide and dimethylformamide among tested solvents, and applying them at high temperature such as 30~35°C.

Keywords : *Aspergillus niger*, flusilazole, spore formation, vapour effect

양파는 대표적인 한국의 양념채소로서 재배지의 약 70%가 전남과 경남 지역에 편중되어 있는 특성과 작물이다. 대부분의 양파는 수확 후 저온 저장고를 이용하여 보관하고 있는데, 저장고 내에서의 양파의 부패율은 약 30%에 달할 정도로 높고 저온 저장고를 유지하기 위해서도 과다한 경비가 지출되고 있기 때문에, 상온에서 양파를 보관하려는 노력이 있어 왔다. 양파를 저장고에 저장하기 전에는 수확 시에 발생한 상처를 통하여 병원균이 침입하는 것을 방지하기 위해서 28~32°C에서 10~14일간 처리하는데, 1998년 전라남도 신안군에서 상온 저장하기 위하여 고온 처리하고 저장하던 양파에서 검은곰팡이병이 대량으로 발생하였고, 병든 양파로부터 병원

균을 분리하여 동정한 결과, *Aspergillus niger*로 동정되었다. 전세계적으로 *A. niger*는 포장, 운송, 저장 중에 양파에 검은곰팡이병을 일으키는 병원균으로 보고되어 있다. 국내에서는 박(1958)에 의해서 보고되었지만 그간 양파의 저장이 저온(1~4°C)에서 이루어졌기 때문에 거의 발생하지 않았던 것으로 본다. 그러나 과다하게 책정되는 저온에서의 저장 비용의 절감을 위하여 상온에서의 저장을 시도하다가 대발생이 되면서 양파의 저장병으로서의 중요성을 부각시키고 있다. 본래 *A. niger*는 토양에서 부생적으로 서식하는 곰팡이이기 때문에 양파를 수확할 때에 오염된 토양이 양파에 묻어 저장고로 유입되거나, 공기 중에 있던 포자가 양파의 상처를 통하여 침입하게 된다(Sumner, 1995). 저장고 내에서 발생한 검은곰팡이병균은 다량의 포자를 형성하기 때문에 2차 감염이 발생하게 되면 저장하던 양파에 커다란 피해를 유발하게 된다. 만약 다량으로 형성되는 *A. niger*의 포자 형

*Corresponding author

Phone)+82-43-261-2556, Fax)+82-43-271-4414

E-mail)htkim@chungbuk.ac.kr

성을 특이적으로 저해할 수 있다면 저장고 내부에서의 검은곰팡이병균의 전반을 효율적으로 방지할 수 있을 것으로 생각하였다.

그래서 본 실험에서는 검은곰팡이병이 발생한 양파로부터 병원곰팡이인 *A. niger*를 분리하여 방제를 위한 약제 선발 실험을 수행하였다. 특히 실험실 내에서 선발한 약제들이 증기 상태에서 *A. niger*의 포자 형성에 미치는 활성을 조사하여, 새로운 방제법을 제안하고자 하였다.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 동정. 전라남도 신안군의 양파 저장고에서 검은곰팡이병이 발생한 양파에서 양파의 이병부와 건전부의 경계면 조직(5 mm×5 mm)을 잘라, 1% sodium hypochloride에서 1분간 표면 살균한 후, 200 µg/ml의 streptomycin을 함유한 Potato Dextrose Agar(PDA, Difco)에 치상하고, 25°C에서 3일간 배양하였다. 치상한 이병조직의 끝에서 자란 *A. niger*의 균사 선단을 새로운 PDA로 옮겨 배양하였고, 형성된 포자에서 단포자 분리하여 얻은 균주를 실험에 사용하였다.

병원균의 생육과 병원성 조사. *A. niger* AnYD-1의 균사 생육과 포자 발아를 15, 20, 25, 30, 35°C에서 조사하였다. 직경 5 mm의 균사 조각을 PDA의 중앙에 접종하고 각각의 온도에서 5일간 배양한 후, 균총의 직경을 측정하였다. *A. niger* 포자 현탁액의 포자 농도를 1×10^4 /ml로 조절한 후, 96-well microtiter의 각 well당 50 µl씩을 분주하고 각각의 온도에서 8시간 배양한 후, 포자 발아의 정도를 조사하였다.

각각의 온도에서 *A. niger* AnYD-1의 병원성을 실험하기 위해서 양파의 껍질집을 벗기고, 직경 5 mm의 양파 조직을 떼어 내었다. 30°C의 PDA에서 5일간 배양한 *A. niger*의 균사 선단에서 직경 5 mm의 균사 조각을 떼어내어 양파 조직을 떼어낸 부위에 삽입하여 접종하였다. 양파는 플라스틱 상자에 넣어 습실 처리하며 정해진 온도에서 일주일을 보관한 후에 발병 정도를 조사하였다.

기존 살균제의 균사 생장 억제 실험. Hexaconazole을 비롯한 6 가지의 기존의 살균제를 사용하여 *A. niger* AnYD-1에 대한 균사 생육 억제 효과를 실험하였다. DMSO (Dimethyl sulfoxide)에 용해시킨 살균제들은 멸균한 PDA가 균기 전에 정해진 농도로 희석하여 첨가하였다. 이 때 배지의 DMSO 최종농도는 1%로 조절하였다. 약제를 첨가한 PDA에 AnYD-1의 균사 조각(직경 5 mm)을 접종하여 30°C에서 5일간 배양한 후 균총의 직경을 측정하였다. 약제의 효과는 1%의 DMSO만을 첨가한 대조구의

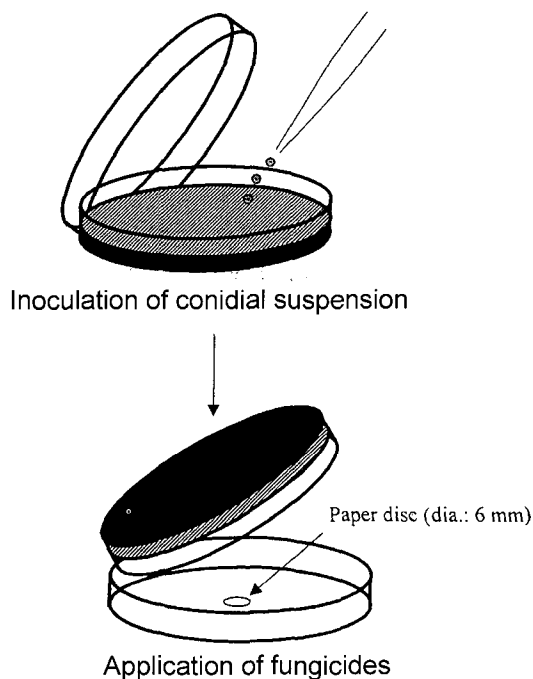


Fig. 1. An application method for the investigation of vapour effect of fungicides to inhibit the sporulation of *Aspergillus niger* AnYD-1.

균총의 직경에 대한 약제 배지에서의 균총을 비교한 균사 생장 억제율을 아래의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{균사 생장 억제율(\%)} = \left(1 - \frac{\text{약제 배지에서의 균총의 직경}}{\text{약제 무처리 배지에서의 균총의 직경}} \right) \times 100$$

살균제의 훈증 처리 효과. 30°C의 PDA에서 형성된 *A. niger* AnYD-1의 포자를 250 µg/ml의 tween 20을 포함하고 있는 PD broth를 이용하여 수확하였다. Van Gestel 등(1981)의 방법을 사용하여 살균제의 훈증 효과를 조사하였다. 포자의 농도를 1×10^6 /ml로 조절하여 0.1 ml의 포자 현탁액을 PDA에 도말하고, Fig. 1에서처럼 배지를 담은 petri dish를 거꾸로 뒤집었다. 거꾸로 뒤집은 petri dish의 뚜껑에 직경 5 mm의 paper disc를 올려놓고 정해진 농도의 살균제를 50 µg씩 처리하였다. 포자를 접종한 배지는 거꾸로 뒤집은 채로 30°C에서 5일간 배양한 후에 균사의 생장과 포자의 형성이 억제된 부분의 직경을 측정하여 효과를 조사하였다.

또한 살균제를 용해하는데 사용하는 용매의 종류, 살균제의 처리 농도, 병원균의 배양 온도가 flusilazole의 *A. niger*에 대한 훈증 효과에 미치는 영향을 조사하였다.

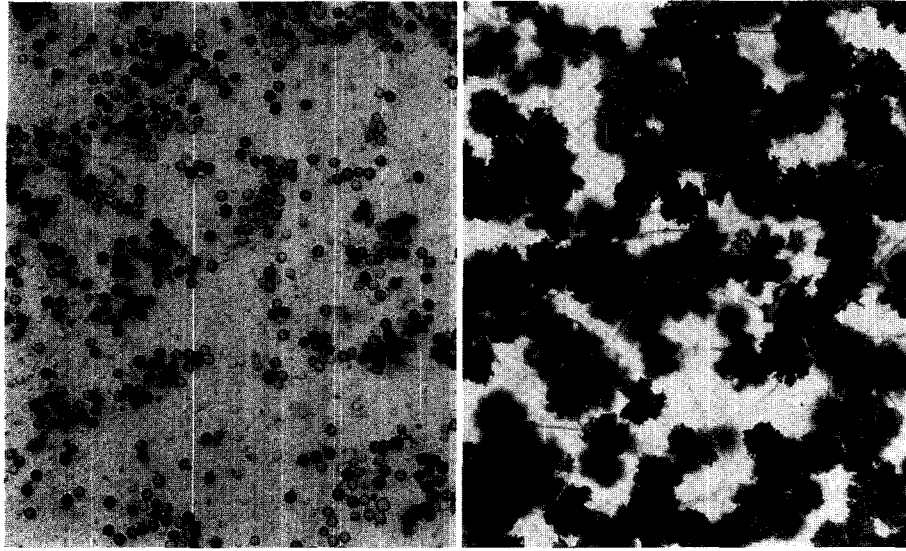


Fig. 2. Morphology of conidia of of *Aspergillus niger* AnYD-1 isolated from infected onion of Shinan-Gun, Korea.

Table 1. Identification of *Aspergillus* sp. isolated decayed onions in the storage of Shinan-Gun, Cheolanam-Do

Characteristics	<i>Aspergillus niger</i>	AnYD-1
Conidium	4.0~5.0 μm	3.5~5.0 μm
Conidial head	700~800 μm	697~810 μm
Length of conidiophore	1.5~3.0 μm	1.6~3.1 μm
Vesicle	45~75 μm	46~77 μm
Phialide	7~10 \times 3.0~3.5 μm	8~11 \times 3.0~3.4 μm

결 과

병원균의 분리와 온도에 따른 병원균의 생육 및 병원성. 신안군의 저장고에서 채집한 부패한 양파의 이병 조직으로부터 Fig. 2에서와 같은 검정곰팡이를 분리하여 현미경 하에서의 형태를 관찰하였다. Fig. 2에서처럼 분리한 병원균의 포자는 직경이 3.5~5.0 μm 되는 구형이었다. 또한 conidial head, 포자낭경, vesicle, phialide 등의 크기가 *A. niger*와 동일하였다(Table 1).

부패한 양파에서 분리한 *A. niger* AnYD-1을 여러 온도에서 배양하며 균사의 생육과 병원성을 조사하였다. AnYD-1은 저온보다는 고온에서 균사 생육이 왕성하였는데, 5일간 배양한 후 조사한 균총의 직경은 25, 30, 35°C에서 58.2, 69.7, 69.1 mm로 30°C에서 가장 빠른 균사 생장을 보였다(Table 2). 포자 발아율도 30°C에서 가장 높았으며, 양파에 상처 접종하여 실시한 병원성 실험에서도 30°C과 35°C에서 가장 심한 병원성을 보였다. 30°C와 35°C에서는 병반 부위에 검정색의 포자가 다량 형성되었다.

Table 2. Mycelial growth, spore germination and pathogenicity of *Aspergillus niger* AnYD-1 at several incubation temperatures

Temperature (°C)	Mycelial growth (mm)	Spore germination	Pathogenicity
15	19.7 \pm 2.7	— ^{a)}	— ^{b)}
20	28.1 \pm 3.5	+	++
25	58.2 \pm 4.1	+	++
30	69.7 \pm 2.1	+++	+++
35	69.1 \pm 3.1	++	+++

^{a)}Symbols indicated the degree of spore germination on a 96 well plate. —; no germination, +; <50%, ++; 50~80%, +++; >80% germination.

^{b)}Symbols indicated disease incidence on onion bulb. —; no lesion, +; <1 cm of lesion diameter, ++; >1 cm of lesion diameter, +++; >1 cm of lesion diameter and abundant sporulation.

살균제의 균사 생육 억제 효과. 공시한 6가지의 살균제 중에서 prochloraz는 1.0 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 처리에서도 93.1%의 균사 생장 억제 효과를 보였다(Table 3). Benomyl, iprodione, PCNB와 같은 살균제는 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 처리에서 90% 이상의 억제 효과를 나타냈다. 그러나 prochloraz와 같이 병원균의 스테롤 생합성을 저해하는 것으로 알려진 hexaconazole과 flusilazole은 100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 의 처리구에서도 77.1%와 80.2%의 효과만을 보여 실험에 사용한 살균제 중에서 가장 낮은 균사 생장 억제 효과를 보였다.

훈증 처리에 의한 살균제의 *A. niger* AnYD-1의 포자 형성. 기존에 사용되고 있는 20종의 살균제를 acetone에 녹여 위에서 서술한 것과 같은 훈증 처리 방법대로 paper disc(직경; 6 mm)에 50 μg 씩 처리하고, *A. niger* AnYD-1

Table 3. Inhibitory effect of fungicides on the mycelial growth of *Aspergillus niger* AnYD-1 on PDA amending the indicated concentrations of fungicides

Fungicide	Concentration ($\mu\text{g/ml}$)			
	100	10	1.0	0.1
Hexaconazole	77.1 ^a	55.9	42.4	16.0
Flusilazole	80.2	60.7	38.5	15.0
Prochloraz	100	100	93.1	69.4
Benomyl	100	93.4	34.0	13.5
Iprodione	100	95.1	69.4	12.5
PCNB	100	100	34.0	28.8

^aFigures indicate the inhibitory ratio (%) of mycelial growth calculated by the following formula.

Inhibitory ratio (%) =

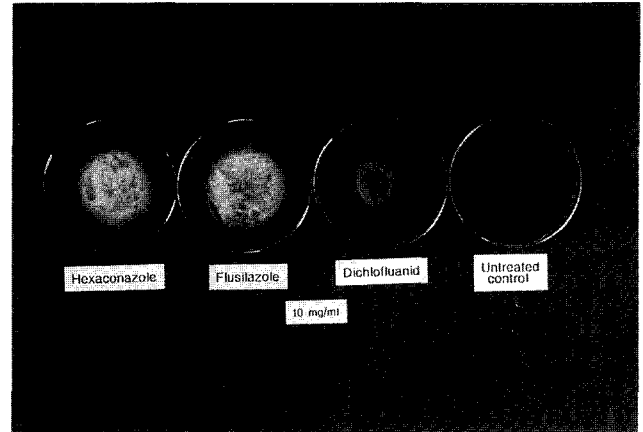
$$\left(1 - \frac{\text{Colony diameter in PDA with fungicide}}{\text{Colony diameter in PDA without fungicide}}\right) \times 100$$

Table 4. The vapour phase activity of commercialized fungicides against *Aspergillus niger* AnYD-1 causing onion black mold

Fungicide	Vapour pressure	Activity on the spore formation
Benomyl	<0.005 mPa(25°C)	- ^a
Blasticidin-S		-
Chlorothalonil	0.076 mPa	-
Dichlofluanid	0.015 mPa(20°C)	+
Diethofencarb	8.4 mPa(20°C)	-
Fenarimol	0.065 mPa(25°C)	-
Flusilazole	0.039 mPa(25°C)	++
Flutolanil	0.0065 mPa(25°C)	-
Fosetyl Al	<0.013 mPa(25°C)	-
Hexaconazole	0.018 mPa(20°C)	++
Isoprothiolane	1.9×10^3 mPa(25°C)	-
Mancozeb	Negligible(20°C)	-
Metalaxyl	0.75 mPa(25°C)	-
Nuarimol	<0.0027 mPa(25°C)	-
Prochloraz	0.15 mPa(25°C)	-
Procymidone	18 mPa(25°C)	-
Triadimefon	0.06 mPa(25°C)	-
Tricyclazole	0.027 mPa(25°C)	-
Triforine	80 mPa(25°C)	-
Viclozolin	0.13 mPa(20°C)	-

^aSymbols indicate the inhibitory degree of spore formation. -, no activity, +; < 10 mm of the inhibitory zone diameter of spore formation, ++; > 10 mm.

의 포자 형성 억제 효과를 형성이 억제된 부위의 직경을 측정하여 조사하였다. *A. niger* AnYD-1의 포자를 도말하고 위에서 기술한 것과 동일한 방법으로 flusilazole과 hexaconazole을 처리한 PDA에서는 바닥에 흰색의 균

**Fig. 3.** The vapour phase activity of flusilazole against the sporulation of *Aspergillus niger* AnYD-1.**Table 5.** Effect of solvents on the vapour phase activity of flusilazole^a

Solvent	Diameter of inhibition zone (mm)	Solvent	Diameter of inhibition zone (mm)
Acetone	25.5	<i>n</i> -Heptane	-
Acetonitrile	- ^b	<i>n</i> -Hexane	-
Benzene	-	Methanol	-
Chloroform	16.1	Petroleum ether	-
Dimethylformamide	30.7	2-Propanol	5.7
Dimethylsulfoxide	26.2	Pyridine	-
Dioxane	-	Tetrahydrofuran	-
Ethanol	-	Toluene	3.9
Ethyl acetate	-	<i>m</i> -Xylene	5.3
Ethyl ether	37.7		

^aFlusilazole was treated with 50 $\mu\text{g/a}$ paper disc.

^bSymbol indicated that, in *Aspergillus niger* AnYD-1, there was no inhibition of spore formation on PDA.

사가 균일하게 성장하여 있었으나, 넓은 지역에서 *A. niger* AnYD-1의 검정색 포자가 형성되지 않았다(Table 4와 Fig. 3). Dichlofluanid는 위의 2가지 살균제와는 다르게 포자의 형성뿐만 아니라 균사의 생육까지도 억제하는 clear zone을 형성하였다. 그러나 포자 형성을 억제하는 효과는 flusilazole과 hexaconazole에 비하여 크게 떨어졌다.

Flusilazole의 포자 형성 억제 효과는 flusilazole을 용해시키기 위해서 사용하는 용매의 종류가 바뀌므로서 크게 변화하였다(Table 5). Chloroform, acetone, DMSO, DMF (Dimethylformamide), ethyl ether 등에서는 포자의 형성을 억제한 직경이 16.1, 25.5, 26.2, 30.7, 37.7 mm로 나타났다. Toluene, *m*-xylene, 2-propanol에서의 억제 직경은 3.9,

Table 6. The vapour phase activity of fungicides against the sporulation of *Aspergillus niger* AnYD-1 according to the its concentrations

Fungicide ^{a)}	Concentration (mg/ml)			
	50	10	2	0.4
Flusilazole	53.7 ^{b)}	54.3	49.5	36.5
Hexaconazole	52.7	56.2	50.6	43.5
Dichlofluanid	3.1	21.2	13.4	3.0

^{a)}Fungicide was applied with 20 μ l/a paper disc at the indicated concentration.

^{b)}Figure indicated the inhibitory zone diameter of spore formation on PDA.

Table 7. Effect of temperature on the vapour phase activity of fungicides against the spore formation of *Aspergillus niger* AnYD-1

Fungicides ^{a)}	Temperature (°C)			
	35	30	25	20
Flusilazole	40.3	40.1	35.6	34.9
Hexaconazole	38.2	38.1	34.8	23.5
Dichlofluanid	22.3	12.5	2.6	0

^{a)}Fungicide was treated with 50 μ g/a paper disc.

^{b)}Figure indicated the inhibitory zone diameter of spore formation of *Aspergillus niger* AnYD-1 on PDA.

5.3, 5.7 mm로 앞의 용매에 비해서는 flusilazole의 효과가 감소하였다. 그러나 그 이외의 용매에서는 flusilazole의 효과가 나타나지 않았다.

증기 상태에서의 포자 형성 억제 효과를 보인 3종의 살균제를 농도 별로 실험한 결과, Table 6에서와 같이 flusilazole과 hexaconazole은 처리한 약제의 농도가 높아짐에 따라 포자 형성 억제 지역의 직경이 넓어졌다. Dichlofluanid는 50 mg/ml의 처리구에서 포자 형성 억제 지역의 크기가 10 mg/ml의 처리구보다 작아지는 경향을 보였다. 이 결과의 원인은 좀 더 실험을 진행하여 규명하고자 한다.

병원균을 배양하는 온도도 처리한 살균제의 포자형성 억제 효과에 영향을 미쳤다. Table 7에서 보는 것과 같이 flusilazole과 hexaconazole의 효과는 30°C이상에서 높게 나타났으며, dichlofluanid의 효과도 35°C에서 가장 우수하였다.

고 찰

본 실험에서 사용한, 양파에서 분리한 *A. niger*는 30~35°C의 온도에서 균사의 생육, 포자 발아, 그리고 양파에 대한 병원성이 높은 것으로 나타났다(Table 2). 15°C에서

배양하였을 때 *A. niger* AnYD-1의 균사 생장은 30°C에 비하여 71.1%나 감소하였으며, 포자가 전혀 발아하지 못하였고, 양파에 상처를 내고 *A. niger* AnYD-1의 균사를 접종하여도 병이 발생하지 않았다. *A. niger*는 양파의 수확 시에 입은 상처 부위나 양파가 저장 중에 짓눌려 연화된 조직을 통하여 침입하기 때문에 수확과 저장 시에 특별한 주의가 요한다. 양파는 28~32°C에서 10~14일간 큐어링함으로써 저장 중에 병원균팡이에 의한 침입을 막을 수 있다고 알려져 있다(Agrios, 1988). 그러나 *A. niger*의 경우는 큐어링하는 온도가 병원균의 생육과 병 발생에 좋은 조건이기 때문에 고온에서 큐어링하는 것은 많은 주의를 요한다.

식물병을 방제하기 위하여 사용하는 효과적인 농업 소재인 살균제는 물리·화학적 성질에 따라서 예방, 치료 및 침투이행 효과와 같은 작용 특성이 다르다(Neumann and Jacob, 1995). 이러한 살균제의 작용 특성은 포장에서의 살균제의 효과에 큰 영향을 미치며, 사용 범위와 방법을 결정하는 요인으로 작용하기도 한다. 살균제의 물리·화학적 성질 중에서 살충제와 제초제 등과 같은 다른 종류의 농약들과 다르게 크게 고려되지 않은 성질이 증기압이 있다(Van Gestel, 1986). 그러나 이미 오래 전부터 온도에 따르는 유형의 훈증의 효과가 보고되어 있으며(Yarwood, 1950), 몇 종류의 흰가루병균에 대해서 buthiobate(Kato *et al.*, 1975), imazalil(Van Gestel, 1986), triadimefon 등의 스테롤 생합성 저해 살균제가 증기 상태에서 병 방제 효과를 나타낸다는 예가 보고되어 있다. 최근에 개발된 kresoxim-methyl이라는 살균제는 침투이행 효과는 떨어지지만, 특이하게 보여주는 훈증효과가 미미한 침투이행효과를 보상함으로써 실제 병 방제의 효과를 높여주고 있다(Gold, 1996). Kresoxim-methyl을 보리와 오이에 흰가루병을 접종한 후 훈증처리하면 병 발생이 현저히 감소하였다(미발표). 이처럼 살균제가 갖는 훈증의 효과는 단순한 작용 특성으로 간주되는 것이 아니라, 살균제를 실제 사용하는데 있어서 그 효과를 높여줄 수 있는 요인으로 작용하고 있다. 본 실험에서도 dichlofluanid, flusilazole, hexaconazole 등에서 *A. niger* AnYD-1의 포자형성을 억제하는 효과를 관찰할 수 있었다(Table 4). 선발된 3가지의 살균제 중에서 dichlofluanid는 포자의 형성뿐만 아니라 포자의 발아도 억제하였다. Fig. 3에서와 같이 flusilazole의 처리구에서는 하얀 색의 균사가 고르게 성장하고, 다만 검정색의 포자 형성만이 강하게 억제되고 있었다. 하지만 dichlofluanid는 살균제를 처리한 paper disc의 바로 윗 부분에서 균사의 생장이 억제되는 뚜렷한 clear zone을 형성하는 것으로 보아 증기 상태에서 병원균의 생

육을 억제하는 특성이 다름을 알 수 있었다. 특히 가장 우수한 포자 형성 억제 효과를 보인 flusilazole의 처리구에서 *A. niger*의 포자낭경과 vesicle은 정상적으로 형성되어 있고 포자의 형성만이 억제되어 있는 것을 확인함으로써 flusilazole이 *A. niger*의 포자 형성 과정에 특이적으로 작용함을 알 수 있었다. 식물병원곰팡이의 스테롤 생합성을 저해하는 살균제는 곰팡이의 포자 발아 능력은 떨어지지만, 균사 성장 억제 능력은 우수한 것으로 보고되어 있다(Kato *et al.*, 1974). 그런데 flusilazole과 hexaconazole의 *A. niger* AnYD-1의 균사 성장 억제 효과는 Table 3에서 보는 것과 같이 다른 스테롤 생합성 저해 살균제에 비하여 크게 떨어지는 것으로 나타났다. Table 4에서 실험에 사용한 fenarimol, nuarimol, prochloraz, triforine, triadimefon과 같은 다른 스테롤 생합성 저해 살균제와 비교하여 균사 성장 억제 효과는 떨어지지만 증기 상태에서 *A. niger* AnYD-1의 포자 형성을 특이적으로 억제함으로써, 두 살균제가 *A. niger*의 포자 형성 과정에 특이적으로 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

Flusilazole과 hexaconazole의 혼중 효과에 의한 *A. niger*의 포자 형성 억제 효과는 용해시키는 용매와 약제 처리하는 온도에 따라서 변화가 심하게 나타났다. Van Gestel (1986)은 imazalil을 *Penicillium italicum*에 처리할 때, 높은 온도에서 imazalil을 처리할수록 *P. italicum*의 생육이 억제되는 clear zone의 면적이 증가하였다고 보고하고 있다. 본 실험에서는 Van Gestel(1981)과 같이 약제를 24시간 동안만 정해진 온도에서 처리한 것이 아니고 모든 배양 기간동안 각각의 온도에서 장시간 처리하며 포자의 형성 억제 정도를 조사하였기 때문에 *P. italicum*과 같이 온도에 따라서 억제 정도가 확실하게 나타나지는 않았지만, 배양 온도가 상승할수록 flusilazole과 hexaconazole의 포자 형성 억제 효과뿐만 아니라 dichlofluanid에 의한 균사 성장 억제 효과도 증가하였다. 또한 flusilazole은 용매의 종류에 따라서도 포자 형성 억제 효과가 변화하였는데, ethyl ether에서 가장 우수한 효과가 나타났다. 특히 휘발성이 높지는 않은 dimethylformamide와 dimethylsulfoxide에서 37.7과 26.2 mm의 포자 억제 반경을 보인 것은 매우 특이한 일이라고 생각한다. 이러한 용매에 의한 혼중 효과의 변화는 본 살균제들의 제형을 결정하는데 매우 유용한 자료로 사용될 것으로 생각된다.

양파의 검은곰팡이병은 저온 저장을 통해서 발병을 억제할 수 있으나 저장고의 저온 상태를 유지하는데 비용이 많이 드는 어려움이 있고 저온 저장 중에 발생하지 않는다고 하여도 양파의 유통과정에서 발생할 수가 있는 가능성이 있다. 검은곰팡이병을 일으키는 *A. niger*는 많은

포자를 형성하기 때문에, 저장하는 양파에서 방제가 완벽하게 이루어지지 않아서 살아남는 곰팡이들이 있을 경우 많은 포자를 만들어 저장고와 같은 정해진 공간 내에서 심하게 발생할 수 있다. 따라서 *A. niger*의 포자 형성을 특이적으로 저해하는 살균제들을 사용한다면, 양파 검은곰팡이병에 대한 새로운 방제법을 제안할 수도 있을 것으로 생각한다.

요 약

1998년 전남 신안군의 양파 상온 저장고에서 발생한 검은 색의 곰팡이는 검은곰팡이병을 일으키는 *Aspergillus niger*로 동정되었다. *A. niger* AnYD-1은 30°C에서 균사생장, 포자발아 그리고 양파에 대한 병원성이 가장 양호하였다. PDA 배지 상에서 실시한 *in vitro*의 실험에서 flusilazole과 hexaconazole은 *A. niger* AnYD-1의 균사생장 억제 효과는 적었지만, 병원균에 살균제를 직접 처리하지 않고 증기 상태로 처리하였을 때 포자의 형성을 강하게 억제하는 특이적인 혼중효과를 보였다. Flusilazole과 hexaconazole의 혼중의 효과는 사용하는 용매, 처리 농도와 배양 온도에 따라서 차이가 있었다. Dimethylsulfoxide와 dimethylformamide를 용매로 사용하였을 때 가장 높은 효과가 나타났으며, 고온에서 배양할수록 포자형성 억제 효과가 크게 나타났다.

참고문헌

- Agrios, G. N. 1988. *Plant Pathology*. Academic Press, New York. 803pp.
- Gold, R. E., Ammermann, E., Kohle, H., Leinhos, G. M. E., Lorenz, G., Speakman, J. B., Stark-Urnau, M. and Sauter, H. 1996. The synthetic strobilurin BAS 490 F: Profile of a modern fungicide. In: *Morden fungicides and antifungal compounds*, ed. by H. Lyr, P. E. Russel and H. D. Sisler, pp. 79-92. Athenaeum Press, Andover, UK.
- Kato, T., Tanaka, S., Yamamoto, S., Kawase, Y. and Ueda, M. 1975. Fungitoxic properties of a N-3-pyridylimidodithiocarbonate derivative. *Ann. Phytopath. Soc. Jap.* 41: 1-8
- Kato, T., Tanaka, S., Yamamoto, S., Ueda, M. and Kawase, Y. 1974. Effects of the fungicide, S-1358, on general metabolism and lipid biosynthesis in *Monilinia fructigena*. *Agr. Biol. Chem.* 38: 2377-2384.
- Neumann, St. and Jacob, F. 1995. Principles of uptake and systemic transport of fungicides within the plant. In: *Modern Selective Fungicides*, ed. by H. Lyr, pp. 54-73.
- 박종성. 1958. 농과대학 연구보고. 충남대학교. 1: 88.
- Sumner, D. R. 1995. Diseases of bulbs caused by fungi, Black

- mold. In : *Compendium of Onion and Garlic Diseases*, ed. by H. F. Schwartz and S. K. Mohan, pp 26-27. APS press, St. Paul, Minnesota, USA.
- Van Gestel, J. 1986. The vapour phase activity of antifungal compounds: a neglected or a negligible phenomenon? In: *In vitro and vivo Evaluation of Antifungal Agents*, ed. by Iwata, K. and Bossche, V., pp 207-217, Elsevier, New York, USA.
- Van Gestel, J., Van Cutsem, J. and Thienpont, D. 1981. Vapour phase activity of imazalil. *Chemotherapy* 27: 270-276.
- Yarwood, C. E. 1950. Effect of temperature on the fungicidal action of sulfur. *Phytopathology* 40: 173-180.