

Phoma sp.에 의한 대추나무 점무늬병 방제용 살균제 선발

이봉훈 · 임태현¹ · 차병진^{2*}

임업연구원 화학미생물과, ¹(주)대유 식물영양연구소, ²충북대학교 농생물학과

요약 : *Phoma* sp.에 의한 대추나무 점무늬병 방제용 살균제를 선발하기 위하여 모두 26종의 살균제를 대상으로 250 $\mu\text{g a.i./ml}$ 의 농도에서 균사생장을 조사한 결과 benomyl 등 8종의 살균제가 균사생장 억제효과를 보였다. 이들 8종의 살균제에 대하여 균사 최소생장억제농도 (MIC)와 포자발아억제력을 조사하였는데, myclobutanil 등 3종은 포자발아억제력은 우수하였으나 포장에서 사용시의 권장농도보다도 높은 MIC 값을 보여 이들을 제외한 5종 (benomyl, iminoctadine-triacetate (IT), iprodione과 propineb 합제 (IP), thiophanate-methyl과 triflumizole 합제 (TT), carbendazim과 kasugamycin 합제 (CK))에 대하여 온실에서 예방효과와 치료효과를 검정하였다. Benomyl, CK, TT 등의 MIC는 10-50 $\mu\text{g a.i./ml}$ 사이에 있음이 확인되었으며, IP와 IT의 MIC는 50-250 $\mu\text{g a.i./ml}$ 이었다. 또한 포자발아 억제시험 결과 IT는 0.4 $\mu\text{g a.i./ml}$ 의 농도에서 99%, 그리고 CK와 TT는 10 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서 90% 이상의 포자발아를 억제하였으나, benomyl과 IP는 10 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서 각각 22.8%와 9.2%라는 낮은 억제율을 보였다. 예방효과시험에서 CK와 TT는 모두 권장 농도 (1,000 ppm)에서 70% 내외, 배량 농도 (2,000 ppm)에서 90% 내외의 방제 효과를 보였고, benomyl은 2,000 ppm, IP는 4,000 ppm, IT는 8,000 ppm에서 70% 내외의 병 방제 효과를 보였다. 치료효과시험에서는 각 살균제를 1,000 ppm으로 처리하였을 때 benomyl이 90% 이상의 방제가를, 그리고 CK와 TT가 70-80%의 방제가를 보였다. 반면에 IP는 2,000 ppm에서도 방제가가 6.7%로 매우 낮았으며, IT는 전혀 방제효과가 없었다. 더구나 IT는 예방 효과 시험과 치료 효과 시험 모두에서 약해를 보였다. 따라서 대추나무 점무늬병의 방제약제로는 benomyl이 가장 적합한 것으로 밝혀졌으며, 저항성 균의 출현 등을 저지하기 위해서 병이 발생하기 전에는 CK나 TT를 사용하고, 병이 발생한 이후에는 benomyl을 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각한다. (2000년 7월 26일 접수, 2000년 9월 26일 수리)

Key words: *Phoma* sp., jujube leaf spot, control, fungicides, benomyl.

서 론

갈매나무과 (*Rhamnaceae*), 대추나무속에 속하는 낙엽성 교목인 대추나무는 일반적으로 환경 적응성이 강하여 건조한 토양에서도 생육이 가능하고, 내병성과 내충성이 비교적 강하여 다른 과수보다 재배가 용이한 과수이다.

우리 나라의 경우 1980년에는 대추나무 재배 면적이 274 ha에 불과하였으나 (김과 김, 1988), 1995년에는 4,545 ha로 급격한 증가를 보였으며 (농림수산부, 1995), 특히 단위 재배 면적이 2 ha이상인 과수원이 전체 면적의 약 20%를 차지하는 것으로 나타나, 재배가 점점 대규모화하고 있음을 알 수 있다. 재배 면적의 증가와 함께 열매의 생산량도 1982년 979톤에서 1995년에는 13,968톤으로 늘어났다 (산림청, 1997).

현재 대추나무에는 15종의 병원균에 의한 14종의 병 (한국식물병리학회, 1998)과 6종의 해충이 보고되어 있는데 (박 등, 1988), 이들 병해충 중 오래 전부터 가장 피해가 심했던 것은 빗자루병으로서, 지금까지는 파이토플라스마가 일으키는 빗자루병에 대한 연구가 대부분이었다.

그러나, 다른 작물에서와 마찬가지로 대추나무도 재배

규모가 커짐에 따라 각종 병해충 발생이 늘어나는 추세인데, 최근 들어 점무늬병에 의한 피해를 호소하고 있는 농가가 많다. 개화기를 전후하여 비가 자주 내리면 대추나무에 점무늬병의 발생이 늘어나는데, 감염된 잎에는 점무늬가 생기며 약한 충격에도 쉽게 떨어져 나가 수확량에도 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

그러나 이 병에 대해서는 병원균 (*Phoma* sp.)과 병징만이 보고되어 있을 뿐 (류 등, 1993; 이, 1988), 병원균의 특성은 물론 방제를 위한 살균제 선발이나 구체적인 방제체계 등에 대한 연구는 아직까지 이루어진 바가 없다.

또한, 우리 나라에서는 대추나무 점무늬병뿐만 아니라 *Phoma* sp.가 일으키는 다른 작물병의 방제에 대한 연구도 작약 점무늬낙엽병 (*Phoma* sp.)과 땅콩 그물무늬병 (*Phoma arachidicola*)을 제외하고는 전무한 실정이다.

현재 작약 점무늬낙엽병 방제용으로는 프로피 수화제와 폴리옥신 수화제, 그리고 땅콩 그물무늬병 방제용으로는 비타놀 수화제와 타로닐 수화제가 등록되어 있다 (농약공업협회, 1999).

따라서 본 연구에서는 방제약제 선발의 첫 단계로서 몇 가지 살균제들이 대추나무 점무늬병균의 감염 및 병징발현에 미치는 영향을 조사하여 방제계획 수립에 기초자료를 제공하고자 하였다.

*연락처

재료 및 방법

병원균 분리

본 실험에 사용한 균은 충북 청주시에 있는 충청북도 산림환경연구소의 대추나무 포장에서 자연 발병하여 점무늬 병징을 보이는 대추나무 잎으로부터 분리한 것이었다. 병든 조직과 건진 조직의 경계부를 가로 세로 5 mm 정도의 크기로 잘라서 1% 차아염소산 (NaOCl) 수용액에 15~20초간 담그어 표면 살균한 후 살균수로 3회 씻어낸 것을 물한천 배지 (water agar) 또는 streptomycin 100 mg/l 를 섞은 감자한천배지 (potato dextrose agar; PDA) 표면에 올려놓고 25°C에서 3일간 배양하여 분리하였다.

배지에 올려놓은 병든 조직으로부터 균사가 자라 나오면 왕성한게 자라는 균사의 끝 부분을 떼어내어 PDA배지에 이식하였으며, 25°C에서 약 7일간 배양하여 균총의 크기가 petri dish의 2/3 정도 되었을 때 균총의 가장자리에서 지름 5 mm의 cork borer로 떼어낸 절편들을 살균수에 담그어 보관균주를 만들었다. 보관 균주는 상온 또는 4°C에 보관하였으며, 필요할 때마다 절편을 꺼내어 PDA에서 증식시켜 다음 실험들에 사용하였다.

분리균의 병원성 검증

살균수에 보관한 균사 절편을 PDA배지 또는 대추나무 잎배지 (jujube leaf sucrose agar medium; JLSA medium) 표면에 올려놓고 25°C, 암조건에서 7일간 배양한 다음, 빛이 있는 실내의 주야조건에서 10일간 더 배양하였고, 그 후 다시 4°C에서 약 30일간 보관하여 병자각의

형성을 유도하였다.

대추나무잎배지는 건전한 대추나무 잎 100 g을 흐르는 물에 깨끗하게 씻은 뒤 증류수 1 l에 넣고 약 10분 동안 끓인 다음 대추 잎을 건어내고 잠시 식힌 다음 sucrose 20 g과 agar 20 g을 넣고 다시 1 l가 되도록 증류수를 채워 넣고 고압멸균하여 만들었다.

병자각과 병포자의 형성이 확인되면 그것들을 수거하여 살균수로 포자 현탁액 (1×10^6 spores/ml)을 만들어 포트에 키운 2년생 대추나무 묘목 (품종: 복조)의 잎에 분무하거나 (무상처 접종), 대추나무 잎에 바늘로 상처를 낸 후 분무하였다 (상처 접종). 접종한 묘목은 RH 95% 이상, 23~25°C, 주야조건 (12D:12L)에서 24 hr 배양 다음, RH 90 ± 5%, 23~25°C, 주야조건 (12D:12L)의 생육상으로 옮겨지며, 8일 뒤에 잎에 나타나는 점무늬의 유무로 발병여부를 확인하였다.

병원성 검증에서 가장 강한 병원성을 보이며 균사생육과 포자형성 능력도 우수한 균주 (JC-3)를 선발하여 다음 시험에 계속 사용하였다.

실내 약효검정

약효검정에 사용한 약제는 적용 스펙트럼이 넓은 살균제 26종과 진착제 3종 등 총 29종이었다. 각각의 농약 및 진착제가 250 µg a.i./ml의 농도가 되도록 조제한 PDA 농약 배지에 균을 옮기고 25°C에서 7일간 배양한 후 균사의 생장을 조사하였다. 이 실험의 결과에서 균의 생장을 완전히 억제하였던 benomyl 등 8종의 약제 (표 1)를 다음 실험에 사용하였다.

Table 1. Chemicals which inhibited mycelial growth of *Phoma* sp. (JC-3) completely at 250 µg a.i./ml

Common name	Active ingredient ^{a)}	Formulation ^{b)}
Benomyl	Methyl 1-(butylcarbamoyl)-2-benzimidazol-carbamate	WP 50%
Carbendazim + Kasugamycin	Methyl benzimidazol-2-yl carbamate(MBC) + Kasugamycin	WP 40%
Iminoctadine - triacetate	1,1'-iminodi(octamethylen)-diguandine triacetate	SL 25%
Iprodione + Propineb	3-(3,5-dichlorophenyl)-N-(1-methyl-ethyl)-2,4-dioxo-1-imidazolidinecarboxamide + Zinc 1,2-propylene bisdithiocarbamate	WP 20% + WP 50%
Hexaconazole	(RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H)-1,2,4-triazole-1-yl)hexane-2-ol	SC 2%
Myclobutanil	2-(4-chlorophenyl)-2-(1H-1,2,4-triazol-1-1-yl methyl)hexanenitrile	WP 2%
Thiophanate - methyl + Triflumizole	Dimethyl 4,4'-o-phenylenebis(3-thioallphanate) + (E)-4-chloro-α, α, α-trifluoro-N-(1-imidazol-1-yl-2-propoxy ethylidene)-o-toluidine	WP 45% + WP 15%
Triflumizole	(E)-4-chloro-α, α, α-trifluoro-N-(1-imidazol-1-yl-2-propoxy ethylidene)-o-toluidine	WP 30%

^{a)}Nominated by IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry)

^{b)}WP: wettable powder, SL: soluble concentrate, SC: suspension concentrate.

최소억제농도 (Minimum Inhibitory Concentration : MIC) : 대추나무 점무늬병균의 생육을 억제하는 각 약제의 최저 농도를 알아보기 위하여 살균제 농도를 달리하는 PDA배지에 균을 배양하였다. 멸균한 PDA배지를 50~60 °C 정도로 식힌 후, 1차 약제 선발 실험에서 효과가 있었던 8종의 살균제 (표 1)를 첨가하여 억제농도가 0.4, 2, 10, 50 $\mu\text{g a.i./ml}$ 가 되도록 조제하고 각 배지에 지름 8 mm의 균사 절편을 이식하여 25°C에서 7일간 배양한 다음 균총의 크기를 측정하였다. 실험은 3반복으로 실시하였다.

포자발아 억제율 : 각 약제가 점무늬병균의 포자발아에 미치는 영향을 조사하기 위하여 최소억제농도 측정에서와 같은 방법으로 약제 농도가 0.08, 0.4, 2, 10 $\mu\text{g a.i./ml}$ 이 되도록 만든 PDA배지에 1×10^6 spores/ml의 포자 현탁액을 0.3 ml 씩 넣고 도말하여 무균상 내에서 배지 표면을 말린 후 25°C에 배양하였다. 배양 20 시간 후에 더 이상의 포자발아를 억제하기 위하여 모든 포자발아조사 시료를 4°C에 보관하면서 발아한 포자의 수를 세었다. 포자의 발아여부는 일반 광학 현미경으로 배지를 검경하여 발아관의 길이가 포자의 폭보다 긴 것만을 발아한 포자로 간주하고 그 수를 세었다. 각 실험은 3반복으로 수행하였으며 반복 당 100개 이상의 포자를 관찰하였다.

실외 약효검정

예방효과 시험 : MIC 측정 결과 선발된 5종의 약제를 일반 농가에서의 권장 살포 농도와 배양 농도, 즉 가벤다 · 가스신수화제 (carbendazim 40% + kasugamycin 3.45%), 지오판 · 리프졸수화제 (thiophanate-methyl 45% + triflumizole 15%), 그리고 베노밀수화제 (benomyl 50%)는 각각 1,000 ppm과 2,000 ppm, 이프로 · 프로피수화제 (iprodione 20% + propineb 50%)는 2,000 ppm과 4,000 ppm, 그리고 이미녹타딘트리아세테이트액제 (iminocadine-triacetate 25%)는 4,000 ppm과 8,000 ppm의 농도로 조제하여 온실에서 재배하던 복조 대추나무 묘목에 충분히 분무하였다. 살균제 처리 24 시간 뒤에 잎이 완전히 마르면 비늘로 잎에 상처를 내고 1×10^6 spores/ml로 조절된 점무늬병균 포자 현탁액을 살포하여 병 발생을 유도하였다. 각 살균제 당 3 주씩을 처리하였으며, 각 주 당 10 장의 잎에 침 접종하였다. 접종된 묘목들은 25°C, RH 90% 이상, 주야조건 (12D:12L)으로 유지되는 생육상에 10 일 동안 보관한 후 잎에 나타나는 병반을 조사하였다. 또한, 모든 대추나무에서 전 실험 기간에 걸쳐 병반 이외의 형태적 이상 유무도 관찰하였다.

치료효과 시험 : 복조 대추나무 잎에 예방효과 시험에서와 같은 방법으로 상처를 낸 후 병원균 포자 현탁액(1×10^6 spores/ml)을 살포하고, 병원균의 침입에 좋은 조건을 맞추어 주기 위하여 접종한 묘목들을 바로 25°C, RH 90% 이상, 주야조건 (12D:12L)의 생육상에 보관하였다. 24 시간 후에 잎 표면이 완전히 마른 것을 확인한 후 예방 효과 시험에 사용한 것과 같은 살균제를 같은 농도로 조제하여 묘목에 분무하였다. 살균제를 처리한 대추나무 묘목은 예방효

과에서와 같은 조건에 보관하며, 살균제 처리 10 일 후에 병반을 조사하였다. 각 약제 당 3 주씩, 각 주당 잎 10 장씩을 조사하였다. 또한, 모든 대추나무에서 전 실험 기간에 걸쳐 병반 이외의 형태적 이상 유무도 관찰하였다.

결 과

분리균의 병원성

병원균 분리를 시도한 대부분의 잎으로부터 동일한 균들이 분리되었는데, 이들의 형태적, 생리적 특성 (자료 미제시)이 이 병의 병원균으로 기록되어 있는 (한국식물병리학회, 1998) *Phoma* sp.와 거의 같았으므로 본 연구에서도 대추나무 점무늬병 *Phoma* sp.로 동정하고 다음 시험에 사용하였다.

또한 분리한 균을 PDA배지와 JLSA배지에서 배양하여 분리균의 포자현탁액 (1×10^6 spores/ml)을 접종한 결과, 상처접종을 한 잎에서는 뚜렷한 병징이 나타나는 반면에 상처 없이 접종한 잎에서는 병징이 나타나는 하였으나 상처 접종구에 비하여 뚜렷치 않았으며, 병반이 나타나는 비율도 더 낮았다. 상처접종을 한 잎에서는 처음에 작은 갈색반점으로 시작하여 세포들이 죽어감에 병반의 크기가 지름 약 5 mm 정도까지 커졌으나, 상처 무접종 대조구에서는 비늘로 상처를 낸 자리의 세포만이 상처의 크기만큼 죽어서 갈색으로 변했으며, 무상처무접종 대조구에서는 아무런 변화도 나타나지 않았다. 따라서, 본 연구에서 분리한 균은 대추나무에 점무늬를 일으키는 균임이 확인되었다. 한편, 접종에 의하여 확실한 병반이 나타난 감염된 잎은 약한 충격에도 쉽게 떨어져나가는 현상을 보였다.

이 접종시험에서 병원성을 확인한 균주 중의 하나 (JC-3)를 선발하여 다음 실험에 계속 사용하였다.

실내 약효 검정

최소억제농도(MIC) : 각 살균제의 MIC를 조사한 결과, 헥사코나졸액상수화제 (hexaconazole 2%)은 2-10 $\mu\text{g a.i./ml}$ 의 농도에서 *Phoma* sp.의 균사생장을 완전히 억제하였으며, 베노밀수화제와 가벤다 · 가스신수화제, 그리고 지오판 · 리프졸수화제는 10-50 $\mu\text{g a.i./ml}$ 에서 균사생장을 완전히 억제하였다. 반면에 리프졸수화제 (triflumizole 30%), 마이탄수화제 (myclobutanil 2%), 이미녹타딘트리아세테이트액제, 그리고 이프로 · 프로피수화제 등은 50~250 $\mu\text{g a.i./ml}$ 의 비교적 높은 농도에서 균사생장을 억제하였다 (표 2). 헥사코나졸액상수화제, 리프졸수화제, 마이탄수화제 등은 매우 낮은 MIC 값을 보였지만 일반 농가에서 사용하도록 권장하고 있는 농도보다는 MIC가 높았기 때문에 실외 약효 검정에는 포함시키지 않았다.

포자 발아억제 : 살균제 첨가배지에서 발아한 포자의 수를 조사한 결과, 이미녹타딘트리아세테이트액제는 0.4 $\mu\text{g a.i./ml}$ 농도에서도 99%의 포자발아억제 효과를 보인 반면, 나머지 살균제들은 대부분 그보다 높은 농도에서 90% 이상의 포자발아 억제율을 보였다. 10 $\mu\text{g a.i./ml}$ 의 농도에서, 헥사코나졸액상수화제와 마이탄은 모두 98%, 그리고

Table 2. Minimum inhibitory concentration (MIC) of different fungicides on the mycelial growth of *Phoma* sp. (JC-3) isolated from the leaf spot of jujube in Chungbuk area

Fungicides	MIC ($\mu\text{g a.i./ml}$) ^{a)}	RC ($\mu\text{g a.i./ml}$) ^{b)}
Benomyl	10 - 50	250 - 380
Carbendazim + Kasugamycin	10 - 50	435
Iminoctadine-triacetate	50 - 250	125 - 1,000
Iprodione + Propineb	50 - 250	1,400
Hexaconazole	2 - 10	10 - 20
Myclobutanil	50 - 250	40 - 60
Thiophanate-methyl + Triflumizole	10 - 50	600 - 1,200
Triflumizole	50 - 250	60 - 300

^{a)}MIC was examined on PDA amended with each fungicide.

^{b)}RC (recommended concentration) is a concentration of the fungicides which is recommended for control of the diseases in the field.

리포졸수화제는 90%의 포자발아를 억제하였다. 지오판·리포졸수화제와 가벤다·가스신수화제는 같은 농도에서 각각 95%와 91%의 포자발아 억제율을 보였다. 그러나 이프로·프로피수화제와 베노밀수화제는 같은 농도에서 각각 23%와 10% 이하의 낮은 포자발아 억제율을 보이는데 그쳤다 (그림 1).

실외 약효 검증

예방 효과 : 낮은 MIC 값을 보여 방제대상약제로 선발된 가벤다·가스신수화제 등 5종의 살균제를 먼저 처리하고 그 다음에 병원균을 접종하여 병 발생량을 조사한 결과, 가벤다·가스신수화제와 지오판·리포졸수화제가 이 약제들의 농가 권장농도 (1,000 ppm)에서 무처리 대비 70%

내외의 방제 효과를 보였으며, 배량농도 (2,000 ppm)에서는 90% 내외의 방제 효과를 나타내어 방제약제로의 선발 가능성을 보였다. 반면에 베노밀수화제, 이프로·프로피수화제, 그리고 이미녹타딘트리아세테이트액제는 배량 농도 (각각 2,000, 4,000, 8,000 ppm)에서만 방제효과가 70%를 넘어서서 (표 3), 방제약제로 사용하기에는 적당치 않은 것으로 나타났다.

더구나 이미녹타딘트리아세테이트액제는 잎의 가장자리 또는 엽육조직에 조직 괴저증상으로 나타나는 약해를 유발하였다. 나머지 살균제들은 모두 본 시험에 사용한 농도에서는 아무런 약해도 나타내지 않았다.

치료 효과 : 대추나무 묘목에 병원균을 먼저 접종하고

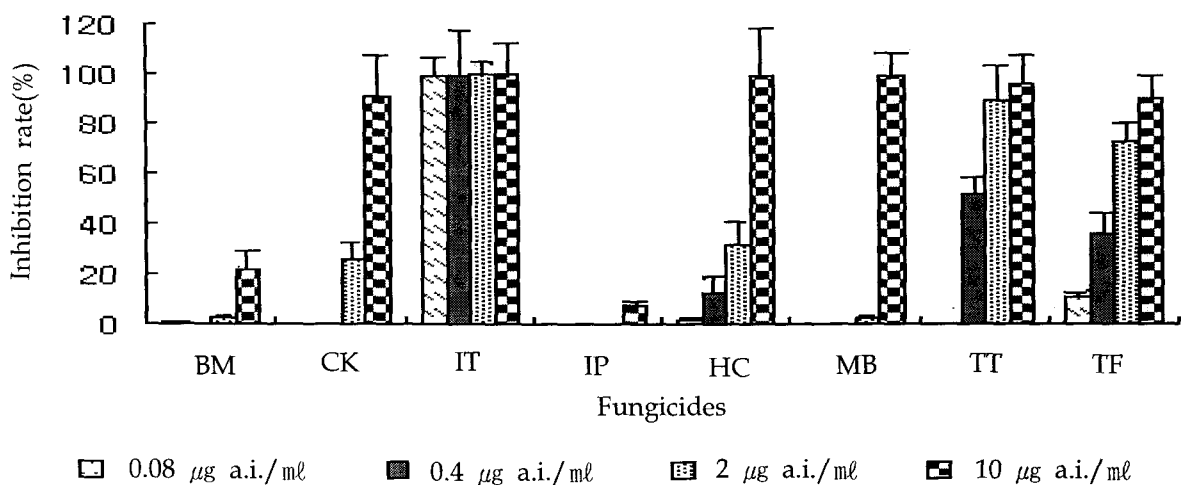


Fig. 1. Effects of different fungicides on the conidial germination of *Phoma* sp. isolated from the leaf spot of jujube. Conidial germination was observed after 20 hrs incubation on PDA which contains one of each concentration of fungicides. BM : benomyl, CK:carbendazim+kasugamycin, IT : iminocadine triacetate, IP : iprodione+propineb, HC : hexaconazole, MB : myclobutanil, TT : thiophanate-methyl+triflumizole, TF : triflumizole.

난 다음에 예방효과에서 사용한 살균제들을 그와 같은 방법으로 처리한 다음 병 발생량을 조사하였다. 그 결과 베노밀수화제는 권장농도 (1,000 ppm)와 배량농도 (2,000 ppm)에서 모두 90% 이상의 높은 방제가를 보였다. 반면에 이프로·프로피수화제는 권장농도 (2,000 ppm)와 배량농도 (4,000 ppm)에서 각각 6.7%와 17.3%의 낮은 방제가를 보였으며, 이미녹타딘트리아세테이트액제는 효과가 거의 없는 것으로 나타났다. 한편, 가벤다·가스신수화제와 지오판·리프졸수화제는 각각 권장농도 (1,000 ppm)와 배량농도 (2,000 ppm)에서 70~80%의 방제가를 보였다 (표 3). 이미녹타딘트리아세테이트액제는 치료 효과 시험에서도 예방 효과 시험에서와 같은 내용의 약해를 유발하였다.

고 찰

우리 나라에는 *Phoma* spp.에 의하여 나타나는 병이 대추나무 뿐만 아니라 화국류의 옥수수를 포함하여 약 44종의 기주에서 보고되어 있지만 (한국식물병리학회, 1998), 병원균의 정확한 동정은 물론 병의 방제에 대한 연구도 매우 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연구진은 대추나무 점무늬병에 대하여 병원균의 동정과 방제법 확립의 첫걸음인 방제 약제의 선발에 중점을 두고 연구를 수행하였다. 이번 연구에서 점무늬가 나타난 대추나무의 잎으로부터 *Phoma* sp.를 분리하고 병원성을 검정하여 병원균임을 확인하였다. 그러나, 분리된 병원균은 형태적 및 배양적 특성 상 *Phoma*속에 속하는 것이 확실하였으나, 여러 가지 특성들이 현재 보고되어 있는 종들의 특성과는 차이를 보여서 종 수준의 동정은 일단 보류하고, 좀 더 검토하여 결정하기로 하였다. 현재 우리 나라에 보고되어 있는 대추나무 점무늬병의 병원

균도 단지 *Phoma* sp.로 기록되어 있을 뿐이다 (한국식물병리학회, 1998).

예로부터 중요한 식용 및 약용 작물로 관심을 모아왔으며, 특히 요즘 들어 농가의 경제작물로 중요성이 날로 커가고 있는 대추나무의 점무늬병에 대한 방제약제 선발시험을 실시한 결과, 모두 31 종의 대상살균제 중 우선 8 종을 1차 선발하였다 (표 1). 이들에 대한 MIC 검정에서 8 종 모두 250 µg a.i./ml 이하의 MIC 값을 가지고 있었다 (표 2). 특히 헥사코나졸액상수화제는 MIC 값이 2~10 µg a.i./ml로 조사되어 매우 낮은 농도에서도 균사생장 억제효과가 우수한 것으로 나타났으나, 이 값은 실제로 이 약제를 포장에 처리할 때의 권장농도보다 높았기 때문에 실용성이 없다고 판단하여 실제 약효시험에서는 제외하였다. 마이탄수화제와 리프졸수화제도 마찬가지로 이유로 제외하였다. 나머지 5 종의 약제들은 모두 실제 권장농도보다 낮은 MIC 값을 보였기 때문에 약효 검정에 적용하였다.

포자의 발아에 대한 효과를 살펴보면, 이프로·프로피수화제와 베노밀수화제를 제외한 나머지 6 종은 모두 10 µg a.i./ml 이상의 농도에서 90% 이상의 포자 발아를 억제하여 대부분의 약제들이 포자발아에 대해서는 강력한 억제능력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 특히 이미녹타딘트리아세테이트액제는 0.08 µg a.i./ml에서도 90% 이상의 포자발아 억제율을 기록하여 가장 우수한 발아억제능을 보였다. 반면에 베노밀수화제와 이프로·프로피수화제는 10 µg a.i./ml의 농도에서도 대부분의 포자발아에 대하여 영향을 미치지 못하는 것으로 밝혀졌다.

대추나무의 묘목에 직접 처리하여 검정한 예방효과시험에서, 지오판·리프졸수화제와 가벤다·가스신수화제는 병원균을 접종하기 전에 2,000 ppm의 농도로 살포하였을 때,

Table 3. Curative and protective effects of several fungicides on the leaf spot of jujube caused by *Phoma* sp. (JC-3)

Fungicide	Concentration (ppm)	Control value(%) ^{a)}		Phytotoxicity
		Protective ^{b)}	Curative ^{c)}	
Benomyl	1000	49.9	91.8	-
	2000	78.8	94.1	-
Carbendazim + Kasugamycin	1000	68.1	74.5	-
	2000	88.3	81.9	-
Iminoctadine-triacetate	4000	38.6	0	+
	8000	70.3	0	+
Iprodione + Propineb	2000	50.6	6.7	-
	4000	73.3	17.3	-
Thiophanate-methyl + Triflumizole	1000	72.5	73.8	-
	2000	90.3	72.5	-

^{a)}mean of 3 replications.

$$\frac{\text{lesion number of control} - \text{lesion number of treatment}}{\text{lesion number of control}} \times 100$$

^{b)}significant difference(p=0.05) between the concentrations of the same fungicide.

^{c)}no significant difference between the concentration of the same fungicide.

다른 시험약제들에 비하여 균이 대추나무 잎을 감염하는 것을 크게 억제하였으므로 (표 3) 예방약제로의 사용이 가능할 것으로 생각한다. 리프졸수화제는 DMI계 살균제로서 곰팡이의 sterol 생합성을 저해하며, 식물의 큐티클층을 침투해 들어가는 능력이 탁월한 것으로 알려져 있는데, 단제로 사용했을 때보다는 benzimidazole계의 살균제인 thiophanate-methyl과 합제로 하여 사용하였을 때 균사생장 억제능력이 훨씬 향상된다는 사실도 이미 밝혀져 있다 (Lyr와 Horst, 1995). 본 시험에서도 이 둘의 합제가 가장 높은 감염저지능력을 보여주고 있었다. 리프졸수화제는 앞에서 밝힌 대로 실제 권장농도보다도 높은 MIC 값을 보여 (표 2) 살균제효과시험에서는 제외된 바 있다. 반면에 1차로 선발한 8 종에는 포함되어 있던 또 다른 DMI계 살균제인 헥사코나졸액상수화제와 마이탄수화제, 그리고 다지점활성 (multi-site activity)을 가진 guanidine계 살균제 이미녹타딘트리아세테이트액제는 대추나무 점무늬병균과 유사한 병자각 형성균인 *Septoria* sp. 방제에도 사용되고 있음에도 불구하고 MIC 검정에서 이미 본 시험균에는 효과가 약한 것으로 확인되었다. Benzimidazole계의 베노밀수화제는 이미 *Phoma* sp.와 *Ascochyta* sp.에 효과가 있는 것으로 알려진 대로 (Lyr, 1995) 대추나무 점무늬병균에 대해서도 2,000 ppm에서 실제 적용 가능한 예방효과를 보였다.

한편 치료효과 시험에서는 가벤다·가스신수화제를 제외하고는 모든 약제들이 예방효과 시험에서와는 매우 다른 결과를 보여주고 있었다 (표 3). 특히 이미녹타딘트리아세테이트액제는 예방효과는 어느 정도 있었으나 치료효과는 전혀 없는 것으로 나타났다. 더군다나 이 약제는 엽육조직이 괴사시키는 약해까지 일으켜 대추나무에는 적용할 수 없는 것으로 판단하였다. 이 시험에서 70% 이상의 방제효과를 보인 것은 가벤다·가스신수화제, 지오판·리프졸수화제, 그리고 베노밀수화제 등 3가지 살균제뿐이었다 (표 3). 그 중에서도 베노밀수화제의 효과가 가장 좋아 1,000 ppm에서도 90% 이상의 치료효과를 보였다. 하지만 베노밀수화제는 예방효과에서는 1,000 ppm에서는 약 50%의 낮은 방제율을 보였으므로 대추나무 점무늬병의 방제약제로 사용할 경우에는 2,000 ppm을 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각한다.

베노밀수화제의 경우 포자발아를 억제하는 효과는 다른 약제들에 비하여 매우 낮은 편이었지만, 낮은 MIC 값과 탁월한 예방 및 치료효과를 보였으므로, 대추나무 점무늬병의 방제약제로 가장 적합하다고 할 수 있다. 그러나, benzimidazole계 살균제에 대한 저항성 균주의 출현이 국내외에서 끊임없이 보고되고 있을 뿐만 아니라 (Lim 등, 1999; Lyr, 1995; Smith와 Littrell, 1980; 이와 박, 1994; 장, 1998), iprodione 등 dicarboximide계 살균제와 benzimidazole계 살균제에 대한 이중 저항성도 보고되고 있기 때문에 (김 등, 1993; 임 등, 1998), benzimidazole계 살균제만을 계속하여 사용한다면 문제가 발생할 가능성이 있다. 따라서 저항성 균주의 출현 가능성 등을 고려할 때, 한 살균제만을 계속하여 사용하는 것을 피하고 위 세 가지 살균제를 번갈아 가며 사용하여야 할 것이다.

다행히도 본 연구의 결과 가벤다·가스신수화제와 지오판·리프졸수화제는 예방효과가 우수하였으며, 베노밀수화제는 치료효과가 우수한 것으로 나타났으므로, 대추나무 점무늬병을 방제하는데 있어서 병징이 나타나기 전에는 가벤다·가스신수화제 또는 지오판·리프졸수화제를 사용하고, 병징이 나타나기 시작하면서부터는 베노밀수화제를 사용하는 것이 오랫동안 사용할 수 있는 안전한 병 방제방법일 것으로 생각한다. 본 연구의 결과를 토대로 포장시험을 수행한다면 좋은 결과를 얻을 것이며, 효과적인 방제법이 수립되어 대추 점무늬병의 방제에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 말씀

본 연구의 일부는 한국과학재단 지정 충북대학교 첨단원예기술개발연구센터의 지원에 의한 것입니다. 연구비를 지원하여 주신 재단과 센터에 감사의 말씀을 드립니다.

인용문헌

- Lim, T. H., T. H. Chang, and B. Cha (1999) Biological characteristics of benzimidazole-resistant and sensitive isolates of *Monilinia fructicola* from peach fruits in Korea. *Plant Pathol. J.* 15:340-344.
- Lyr, H. (1995) *Modern Selective Fungicides*. pp.595, Gustav Fischer Verlag, New York.
- Smith, D. H. and R. H. Littrell (1980) Management of peanut foliar diseases with fungicides. *Plant Disease* 64:356-361.
- 김병섭, 최경자, 조광연 (1993) Benzimidazole계 및 Dicarboximide계 살균제에 저항성인 잭빛곰팡이병균 (*Botrytis cinerea*) 의 몇 가지 약제에 대한 반응. *한국식물병리학회지* 9:98-103.
- 김월수, 김용석 (1988) 대추 재배 신기술. pp.292, 오성출판사.
- 농림수산부 (1995) 농업총조사(전국편). pp.802-812, 농림수산부.
- 농약공업협회 (1997) 농약사용지침서. pp.791, 농약공업협회.
- 류화영, 이영희, 조원대, 김완규, 명인식, 진경식 (1993) 과수병해원색도감. pp.286, 농촌진흥청.
- 박용환, 최귀문, 이영인, 이순홍, 한상찬, 안성복, 박중수, 이순원 (1988) 원색도감 과수해충생태와 방제. pp.220, 농촌진흥청.
- 산림청 (1997) 임업통계연보. pp.470-471, 산림청.
- 이준탁 (1988) 대추나무의 기생성 병해 발생소장에 관한 연구. *농시논문집(농업산학협동편)* 31:155-161.
- 이창은, 박석희 (1994) Benomyl에 저항성인 사과 겹무늬썩음병균의 교차 및 이중 저항성. *한국식물병리학회지* 10:270-276.
- 임태헌, 장태현, 차병진 (1998) 월동 복숭아 미이라 과일과 과병으로부터 분리한 *Monilinia fructicola*의 benzimidazole과 dicarboximide계 살균제에 대한 저항성 밀도.

한국식물병리학회지 14:367-370.

장태현 (1998) 단감나무 등근갈색무늬병의 발생생태, 병원
학 및 방제. pp.124, 농학박사학위논문, 충북대학교.

한국식물병리학회 (1998) 한국식물병명목록. pp.436, 한국
식물병리학회.

Selection of fungicides to control leaf spot of jujube (*Zizyphus jujuba*) trees caused by *Phoma* sp.

Bong-Hun Lee, Tae Heon Lim¹, and Byeongjin Cha² (Division of Wood Chemistry and Microbiology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-012, Korea, ¹Research Institute of Plant Nutrient, Dae Yu Co. Inc., Kyongsan 712-820, Korea, and ²Department of Agricultural Biology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea)

Abstract : To select the effective fungicides for the control of leaf spot disease of jujube tree (*Zizyphus jujuba*) caused by *Phoma* sp., inhibitory effects of 26 fungicides for mycelial growth were investigated at 250 μg a.i./ml. In the test, eight fungicides were selected and minimum inhibitory concentration (MIC) for mycelial growth and an inhibitory effect for spore germination were investigated. Among the fungicides, myclobutanil, hexaconazole, and triflumizole were excluded in control effect tests because of their relatively high MICs. MICs were ranged 10~50 μg a.i./ml for benomyl, carbendazim + kasugamycin (CK), and thiophanate-methyl + triflumizole (TT), and 50-250 μg a.i./ml for iprodione + propineb (IP) and iminoctadine-triacetate (IT). However, benomyl and IP showed very low inhibitory effect on conidial germination. When the fungicides were sprayed on the seedlings before the leaves were inoculated with conidial suspension of *Phoma* sp., the protective values of CK and TT were around 70% at 1,000 ppm and around 90% at 2,000 ppm. The protective values were around 70% at 2,000 ppm (benomyl), 4,000 ppm (IP), and 8,000 ppm (IT). When the fungicides were sprayed after inoculation, benomyl showed the highest curative values of over 90% at 1,000 ppm and the values of CK and TT ranged 70~80% at 1,000 ppm. However, IP and IT had little or no effect on therapy of the disease. IT caused necrotic phytotoxicity on the leaves of jujube seedlings. As results, the best fungicides for the protection of jujube trees from leaf spot disease were CK (2,000 ppm) and TT (2,000 ppm) and for the remedy of the tree, benomyl (1,000 ppm) was the best. Therefore, alternate application of benomyl and CK or TT will be effective in the disease control.

*Corresponding author (Fax: +82-43-271-4414, E-mail: bjcha@chungbuk.ac.kr)