

참깨 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*) 방제에 대한 토양 첨가제의 효과

정봉구* · 안성수
충북대학교 농과대학 농생물학과

Effect of Soil Amendment for Controlling *Fusarium* Wilt of Sesame Caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*

Bong Koo Chung* and Seong Su An
Department of Agricultural Biology, College of Agriculture,
Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

ABSTRACT: In order to find out formulation and effect of soil amendment on *Fusarium* wilt of sesame caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, the study was conducted during the last two years of 1992 to 1993. Among 14 chemicals (1%, w/w) added to soil including CaO individually, $Al_2(SO_4)_3$, Alum, and CaO suppressed mycelial growth and conidial germination of *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. $CaCl_2$ suppressed mycelial growth only, while glycerine, KCl, K_2HPO_4 , and triple superphosphate suppressed conidial germination. Suppression rate was ranged from 21 to 100% on mycelial growth. The 8 chemicals were finally selected. Among the 4 organic compounds, composted pine bark showed definite suppression on mycelial growth and conidial germination of the fungus, whereas milled alfalfa leaves was only effective on conidial germination of *Fusarium* wilt pathogen. The antagonist *Trichoderma harzianum* grew well in the soil medium amended with the composted pine bark and chemicals mixture (CPM) amendment (1%, w/w) and suppressed mycelial growth of the fungus effectively. In pot test, *Fusarium* wilt of sesame was completely controlled by CPM amendment.

Key words: *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, Soil amendment, Biological control, *Trichoderma harzianum*.

참깨(*Sesamum indicum* L.)는 우리나라 농가에 있어서 중요한 고소득 작물중의 하나로서 그 재배 면적은 1992년도 농림수산부 통계연보에 의하면 57,717 ha에 달하고 있으나(15) 한정된 경지에 연작으로 인해 여러 장애가 발생하고 있으며 그 장애 중 가장 큰 피해를 주는 것이 토양 전염성 병이다(5). 토양 전염병 중 참깨 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)은 유평기부터 수확기에 이르기까지 피해를 주며 심할 경우 70%의 감수를 초래한다고 보고되었다(19). 참깨의 토양전염병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)에 의한 입고나 시들음 병의 방제로써 종자나 토양소독에 의한 방제법이 제시되었으나 경중상의 불합리로 실제로 효과적인 방제가 이루어지지 못하고 있는 실정이다(14).

지속적인 농업에 있어서 생물학적 방제의 도입은 필수적이며 그 실용에 있어서는 토양 첨가제를 이용하여 토양 환경의 변화를 유도하는 생태적인 측면을 고려하게 되었다. 토양 첨가제의 주된 효과는 길항균에 효과있는 유기물의 선발과 첨가에 의한 생물학적 방제의 실현이다(8).

무기 및 유기물의 토양첨가는 토양의 물리·화학적 변화를 유도하여 토양전반에 걸쳐 미생물의 생태에 영향을 주어 토양 미생물간에 경쟁을 높여 줌으로 병원균의 번식체에 lysis를 일으키며 기주식물 생장에 도움을 준다(6).

구체적인 실례로 부숙 소나무 수피 첨가는 토양의 물리·화학적 성질의 증진 뿐만 아니라 유효한 내열성 세균 및 길항균의 밀도를 높여 주어 병원균의 생육을 억제할 뿐만 아니라 영양원의 역할도 겸하여 기주의 생육증진 및 증수를 가져오는 것으로 분석되고 있다.

*Corresponding author.

1970년대 와서 지속적인 농업의 일환으로 유기 농업이 강조되고 있는데 토양에 계속적인 유기물 축소나무 수피분의 첨가로 작물의 수량 증대 뿐만 아니라 동시에 살균적인 효과가 있음이 Hoitink 등 여러 학자들에 의해 밝혀졌다(9, 10). 이미 선진국에서는 토양병의 생물학적 방제를 실현하고자 무기 및 유기 개량제의 선발 및 효과에 관하여 많은 연구를 수행하여 실용화 하고 있다(13).

우리나라에서도 박(18)은 토양병의 생물학적 방제를 성공적으로 이끌기 위해서는 기존의 생리적인 기작규명과 동시에 실제 포장에 적용할 수 있는 생태학적인 연구가 더 중요하다고 언급한 바 있다. 그동안 *in vitro*에서 길항력이 우수한 미생물을 토양에 접종하여도 유의성있고 만족할만한 방제가 이루어지지 못한 이유는 기존의 근권 미생물들이 새로운 외래 미생물에 대해 저항하여 생태계에서 착생을 저해하기 때문으로 알려져있다. 따라서 자연 억제토양과 같이 유기물과 병행하여 무기물의 혼합을 통한 새로운 토양 개량제 개발이 절실한 실정이다.

그러므로 우선 우리나라 농가의 주요 소득 작물인 참깨의 토양전염성 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)의 방제를 위한 새로운 토양 첨가제의 선발과 조제 및 그 효과를 구명코저 본 연구를 착수하게 되었다.

재료 및 방법

병원균 분리 및 전염원 조제. 청원균 소재 참깨 포장에서 이병주를 채집하여 그 조직편을 소독용액(0.5% sodium hypochloride)에 3분간 처리한 후 살균수로 세척하고 물찬천배지(water agar) 위에 놓고 참깨 시들음병원균의 균사를 순수 분리하였다. 병원성 검정은 병원균 현탁액을 참깨 유묘가 생육중인 토양에 접종하여 확인하였다. 병원균은 감자 한천배지(P.D.A)에 계대배양 하여 5°C 균주 보존실에 보존하면서 사용하였다. 전염원은 잘게썰은 감자와 동량의 살균수를 넣고 삶아 골고루 으갠 다음 살균 후 감자 배지에 병원균을 접종하여 2주일간 배양한 다음 토양접종에 사용하였다. 병원균의 토양접종 농도는 3%(w/w)로 하였다.

첨가물의 효과 및 선발. 공시 첨가물은 Huang & Kuhlman(13)이 사용한 $Al_2(SO_4)_3$, $Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4$, $CaCl_2$, $CaCO_3$, $Ca(NO_3)_2$, CaO , Glycerine($C_3H_8O_3$ 10%), K_2HPO_4 , KCl , K_2SO_4 , NH_4NO_3 , Urea, TSP (Triple superphosphate), $MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 5H_2O$ 등 모두 14종이었다. 토양 추출액 및 배지에서 병원균의

균사생장 및 포자발아 관찰은 살균증류수 30 ml에 각 무기물 0.3 g(1%, w/w)과 살균상토 10 g을 30분(180 rpm)동안 진탕한 후 1 ml를 취하여 10 ml의 water agar에 넣어 배지를 조제하였으며, 병원균을 접종 5일 후 균사생장 억제율을 조사하였고 9반복으로 처리하였다. 한편 포자발아 억제율은 상기 조제된 용액에서 300개의 분생포자에 대한 발아상황을 조사하였다.

억제효과가 우수한 CaO , $Al_2(SO_4)_3$ 및 Alum의 병원균의 균사생장 및 포자발아에 미치는 농도별 효과는 각 무기물을 0, 0.5, 1, 1.5, 및 2%(w/v) 농도로 첨가한 배지에 병원균을 접종하여 균사생장 억제율을 조사하였으며 5반복으로 처리하였다. 포자발아 상황은 상기조제된 용액을 사용하였고 모두 5반복으로 반복당 300개의 포자를 관찰하였다.

병원균 정착상황(Stem-segment colonization) 조사는 Huang 등의 방법(13)에 따라 참깨 조직 절편위에서 병원균의 정착 상황을 조사하기 위하여 살균 토양에 전염원 3%(w/w), 각 무기성분 1%(w/w)와 수분을 12%(v/w)로 조절한 다음 종이 포트(직경 7 cm)에 담아 전염원의 정착을 위하여 상온에서 7일간 방치하였다. 3반복으로 처리된 각 포트에는 10개의 참깨 줄기편(길이 2 cm)을 넣은 후 27°C 항온기에 보존하였다. 2주일 후에 참깨 줄기편을 채취하여 살균증류수로 세척한 다음 항생제 Streptomycin(100 unit) 1 ml를 첨가한 water agar상에서 병원균에 의한 참깨 줄기편의 감염상황을 조사하였다.

유기물의 효과 및 선발. 공시 유기물은 부숙 소나무 수피, 알팔파잎 가루, 부숙 참나무 톱밥 및 참나무 톱밥 가루 등 4종이었다. 소나무는 산에 있는 적송 수피를 채집하여 1년간 야외에서 자연 부숙시켰으며, 모든 부숙 과정에서 수분은 수시로 주어 습윤한 상태로 조절하였다. 알팔파잎 가루는 사료용으로 미국에서 수입된 것을 사용하였다. 참나무 톱밥은 일부 자연 부숙된 것을 사용하였다. 유기물에 의한 병원균의 균사생장 및 포자발아 억제효과는 공시 4종의 유기물을 2, 5, 및 10%(w/v)의 농도로 유기물을 살균 증류수에 넣고 진탕기에서 180 g/min 30분간 진탕 후 여과지로 여과한 다음 1 ml의 추출액을 페트리 접시에 넣고 water agar(2%)를 조제하였다. 병원균을 배지에 접종하여 균사생장 억제율을 조사하였으며 5반복으로 처리하였다. 한편 상기 조제된 추출액에서 포자발아 억제율을 5반복으로 처리하여 조사하였으며, 반복당 300개의 포자를 관찰하였다. 부숙 소나무 수피에 의한 참깨 유묘의 발병 억제효과는 살균토양에 부숙 소나무 수피를 5, 10,

30, 50%(w/w)의 농도로 첨가·조제하여 종이 폿트(직경 7 cm)에 담은 후 6엽기의 참깨를 8주씩 이식한 다음 병원균 포자현탁액(10⁵ ml)을 폿트에 관주 접종하여 시들음병 발병억제 효과를 조사하였다.

토양첨가제와 길항균의 접종 토양에서의 방제효과.

Composted pine bark(CPB) 첨가제는 부숙 소나무 수피 750 g, Al₂(SO₄)₃ 150 g, Alum 25 g, CaCl₂ 20 g, CaO 30 g, Urea 30 g, TSP 30 g, KCl 20 g, glycerine (10%) 750 ml로서 본 시험결과 및 SF-21(11) 조제방법을 참고하여 조제하였으며, milled alfalfa leaves (MAL) 첨가제는 부숙 소나무 수피 대신에 알팔파잎가루 750 g을 첨가하여 조제 하였다. Composted pine bark and chemicals mixture(CPM)과 Milled alfalfa leaves and chemicals mixture(MAM)를 첨가한 토양에 참깨 발 토양에서 Elad 등의 선택배지로 분리한

다음 길항력이 확인된 *Trichoderma harzianum*(Tr-2)이 병원균의 균사생장에 미치는 영향은 CPM과 MAM 첨가제를 1%(w/w)첨가시킨 자연 토양을 Petri 접시에 담은 후 살균시켰으며, *T. harzianum*과 병원균을 대치 접종한 후 27°C 정온기에서 배양하면서 균사생장 상황을 관찰하였다. 폿트 시험으로 CPM과 MAM(1% w/w)를 첨가한 토양에 *T. harzianum*의 분생포자를 10⁵/ml 농도로 현탁액을 조제하고 유묘를 20분 침지한 다음 폿트당 5주씩 이식하였다. 병원균 접종은 이식한 다음 날 현탁액을 10⁵/ml 농도로 조제한 후 주당 20 ml 토양 관주 접종하고 24시간 동안 습실 처리하였다.

결 과

첨가물의 병원균에 대한 효과. 공시 14종의 무기물로 각각 조제한 토양 추출액과 배지에서 균사생장 및 포자발아 억제상황을 보면 Al₂(SO₄)₃, Alum 및 CaO는 참깨시들음 병원균의 균사생장 및 포자발아를 무척리에 비하여 크게 억제하였으며, CaCl₂는 균사생장에만, 그리고 Glycerine, K₂HPO₄, KCl 및 TSP는 포자발아에만 효과적이었다. 억제율은 21%

Table 1. Effect of various inorganic compounds on mycelial growth and conidial germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* on soil extract media

Chemicals ^a	Suppression percent (%)	
	Mycelial growth ^b	Conidial germination
Al ₂ (SO ₄) ₃	19.0 (34) hi ^d	30 (201) ^c
Alum	28.6 (30) j	99.3 (2)
CaCl ₂	21.4 (33) i	0 (297)
CaCO ₃	2.3 (41) ab	0 (295)
Ca(NO ₃) ₂	7.1 (39) bcd	0 (291)
CaO	100.0 (0) j	100 (0)
Glycerine	11.9 (37) ef	98.3 (5)
K ₂ HPO ₄	11.9 (37) efg	30 (199)
KCl	16.7 (35) gh	61 (113)
K ₂ SO ₄	4.8 (40) bc	14.3 (245)
NH ₄ NO ₃	7.1 (39) bcde	0 (300)
Urea	7.1 (39) bcde	0 (290)
TSP	7.1 (39) bcde	33 (192)
MgCO ₃ ·Mg(OH) ₂ ·5H ₂ O	4.8 (40) bc	0 (297)
Check	0.0 (42) a	0 (286)

^a 1% (w/v) of chemical was added to 10 g of sterilized soil and mixed with 30 ml of deionized water. Extract media were prepared by pouring 1ml of extract to 10 ml of molten water agar.

^b Records were made at 4 days after treatment. Figure in paranthesis means diameter of mycelial growth (mm).

^c Figure in paranthesis means number of germinated conidia.

^d Means within a column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) according to Duncan's multiple range test. Alum : Al₂(SO₄)₃·K₂SO₄·24H₂O, TSP : Triple superphosphate.

Table 2. Effect of the concentrations of CaO, Al₂(SO₄)₃, and Alum on mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*

Chemicals	Conc. (%)	Mycelial growth (mm) ^a	Suppression rate (%)
CaO	2	32±0.7 ^b	3
	1.5	33±0.88	0
	1	33±0.65	0
	0.5	34±0.61	0
Al ₂ (SO ₄) ₂	2	13±0.61	61
	1.5	12±0.61	64
	1	14±0.71	58
	0.5	16±0.50	52
Alum	2	12±0.76	64
	1.5	16±0.47	52
	1	17±0.61	48
	0.5	20±0.91	39
Check		33±0.35	0

^a Diameter of mycelial growth was measured from water agar prepared with various concentrations of CaO, Al₂(SO₄)₃ and Alum at 4 days after inoculation. Alum : Al₂(SO₄)₃·K₂SO₄·24H₂O.

^b Valures are average of 5 replications and standard deviation.

내지 100%였다(Table 1). 그 나머지 무기성분의 병원균에 대한 억제상황은 미미하거나 거의 효과가 없었다.

Al₂(SO₄)₃와 Alum은 처리된 전 농도에서 39~64%의 균사생장 억제율을 나타냈으며 80%이상의 포자발아 억제효과를 나타냈다. 반면 CaO는 균사생장에 대한 억제효과는 미미하였으나, 포자발아 억제상황은 0.5% 농도에서 72%, 1% 이상의 농도에서는 거의 완전한 포자발아 억제효과를 나타냈다(Table 2, Fig 1).

병원균의 정착 억제효과. 공시 14종의 첨가물을 각각 전염원이 첨가된 토양에 첨가(1%, w/w)하여 기주줄기편에서 병원균에 의한 stem-segment colonization 억제효과를 조사한 결과 NH₄NO₃를 제외한 모든 첨가물이 효과를 보였으며 대부분 20% 이상의

억제효과를 보였다. 그 중 Alum, CaO, TSP는 50% 이상의 억제율을 보였으며, Urea는 완전한 억제효과를 보였다(Table 3).

유기물의 효과 및 선발. 부숙 소나무 수피등 4종의 유기물을 추출하여 2, 5, 및 10%(w/v) 농도로 조제한 배지와 위의 추출액에서 병원균의 균사생장 및 포자발아 억제효과를 조사한 결과, 배지에서는 각각 22, 35, 31%의 균사생장 억제효과를 보였으나, 나머지 성분에서는 대조구와 거의 같이 균사생장 억제효과가 없었다(Table 4). 포자발아에 대해서는 부숙 소나무 수피와 알팔파잎 가루를 공시 하였는데, Fig.2에서와 같이 부숙 소나무 수피 추출액에서는 각각 93, 96, 및 76%의 억제효과를 보였으며, 알팔파잎 가루 추출액에서는 75, 82, 및 89%의 포자발아 억제효과를 나타냈다.

부숙 소나무 수피의 참깨 유묘에 대한 시들음병의 발병억제 및 생육 상황을 구멍코저 수행한 시험결과는 Fig.3에서와 같이 살균토양에 부숙 소나무 수피를 5, 10, 30, 및 50%(w/w)첨가, 조제하여 종이 포트(직경 7cm)에 담은 후 참깨 20일 유묘를 이식하였다. 그후 유묘의 발병 및 생육상태를 조사한 결과 부숙 소나무 수피를 토양에 10%(w/w) 이상의 비율로 첨

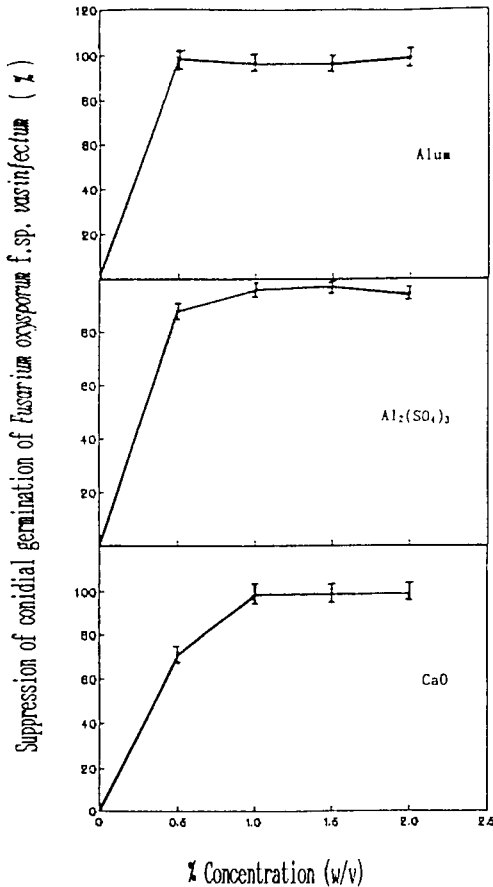


Fig. 1. Effect of CaO, Al₂(SO₄)₃, and Alum concentration solution on conidial germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* after 8 hours at 27°C. Vertical bars represent standard deviation (n=5). Alum: Al₂(SO₄)₃·K₂SO₄·24H₂O.

Table 3. Effect of various chemicals on sesame stem-segment colonization by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*

Chemicals ^a	Stem-segment ^b colonization (%)	Suppression rate (%)
Al ₂ (SO ₄) ₃	78.0	22.0
Alum	44.4	55.6
CaCl ₂	67.0	33.0
CaCO ₃	55.6	54.4
Ca(NO ₃) ₂	44.4	55.6
CaO	44.4	55.6
Glycerine	67.0	33.0
K ₂ HPO ₄	55.6	54.4
KCl	78.0	22.0
K ₂ SO ₄	33.3	66.7
NH ₄ NO ₃	100.0	0.0
Urea	0.0	100.0
TSP	55.6	54.4
MgCO ₃ ·Mg(OH) ₂ ·5H ₂ O	78.9	33.0
Check	100.0	0.0

^a 1% (w/w) of chemical was added to the soil infested with *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* inoculum 3% (w/w), and adjusted the moisture content as (12% (v/w)).

^b Twenty stems were treated per chemicals, and readings were made at 2 weeks after treatment. Alum: Al₂(SO₄)₃·K₂O₄·24H₂O, TSP: triple superphosphate.

Table 4. Effect of organic compound extract media^a on mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*

Organic compound	Concentration (%)	Mycelial growth	
		Diameter (mm)	Suppression rate (%)
Composted pine bark	2	40±0.79 ^b	22
	5	33±0.65	35
	10	35±0.69	31
Milled alfalfa leaves	2	50±0.79	2
	5	51±0.79	0
	10	52±0.91	0
Composted oak sawdust	2	50±0.76	2
	5	50±0.85	2
	10	54±0.93	0
Milled oak sawdust	2	54±0.61	0
	5	50±0.76	2
	10	51±0.88	0
Check		51±0.69	0

^aDifferent concentration of extract media were prepared from the organic compounds after decoction for 30 minutes.

^bValures are average of 5 replications and standard deviation.

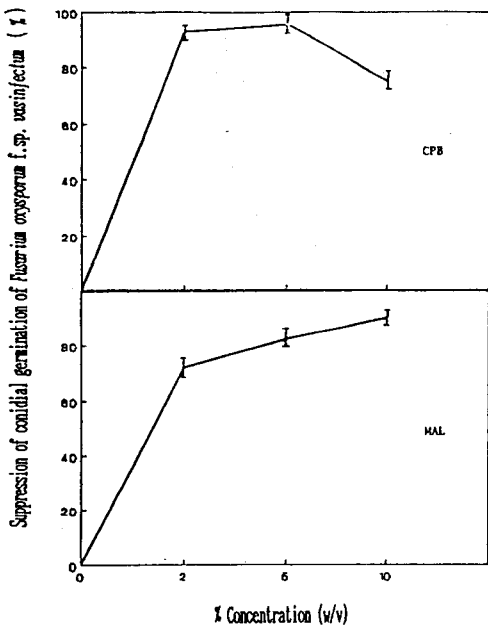


Fig. 2. Effect of extract solution of organic compounds on conidial germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. CPB: Composted Pine Bark. MAL: Milled Alfalfa Leaves. Vertical bars represent standard deviation (n=5).

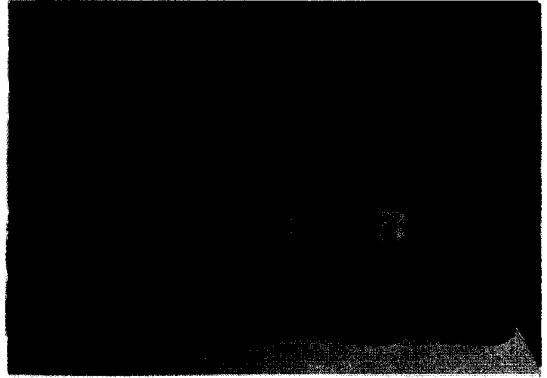


Fig. 3. Effect of composted pine bark on wilt disease outbreak and growth of sesame seedlings sown in the soil inoculated with the *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* 1. soil diluted to 50% (w/w) with CPB; 2. soil diluted to 30% (w/w); 3. soil diluted to 10% (w/w); 4. soil diluted to 5% (w/w); 5. control.

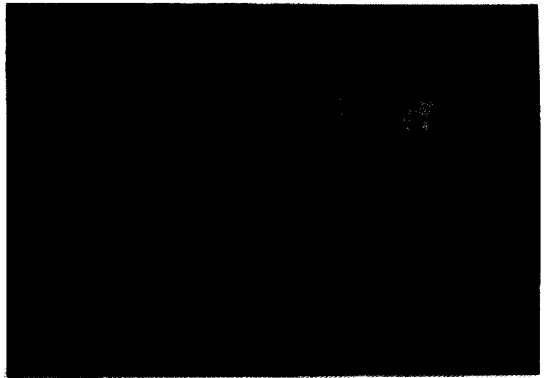


Fig. 4. Dual culture of *Trichoderma harzianum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* in the soil amended with 1% (W/W) of CPB and MAM mixture. A: Soil amended with CPB mixture, B: soil amended with MAM mixture. 1. *Trichoderma harzianum*, 2. Dual culture with *T. harzianum* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, 3. *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*.

가할 경우 대조구에 비하여 발병억제 효과가 탁월 하였으며 참깨의 생육도 양호하였다(Fig. 3).

CPB과 MAM mixture 길항균을 첨가한 토양에서의 방제효과. CPM와 MAM 첨가제의 조제는 참깨 시들음 병원균의 균사생장 및 포자발아 억제 시험 결과에 근거하여 8종의 첨가물과 2종의 유기물을 최종적으로 선발하였다.

CPM 및 MAM 첨가제를 첨가(1%, w/w)한 토양에서 길항균 *T. harzianum*과 병원균의 균사생장을 조사한 결과 *T. harzianum*의 균사생장 속도는 매우

Table 5. Control effect of CPM and MAM amendment (1%, w/w) on *Fusarium Wilt* of sesame caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* under the greenhouse conditions

Soil amendment	Growing conditions of seedlings ^a	% of plants wilted
CPM+antagonist ^b	+++	0
MAM+antagonist	+++	0
CPM	++	10
MAM	++	27.3
None (Pathogen only)	+	45.5

Readings were made at 33 days after seeds sowed.

^a + : Poor growth with wilting and yellowing, ++ : Good growth but partially yellowing, +++ : Good growth.

^b CPM : Composted pine bark and chemicals mixture, MAM : Milled alfalfa leaves and chemicals mixture, Antagonist : *Trichoderma harzianum* was inoculated.

빨랐으나, 병원균의 균사생장 속도는 아주 느리게 진행되었다(Fig. 4). 그 결과 병원균은 더 이상 생장하지 못한 반면 길항균은 전 토양배지의 표면을 덮었다.

더 나아가 CPM과 MAM 첨가제 및 길항균의 접종에 의한 참깨 시들음병에 대한 방제효과는 Table 5에서와 같이 확인 조사되었는데 병원균 접종구에서는 45.5%의 시들음병 발생에 비하여 CPM과 MAM에 길항균 처리구는 모두 기주생육은 양호하였고 시들음병에 대한 완전 방제효과를 보였다. 그리고 길항균을 처리하지 않은 CPM에서 10%와 MAM에서 27.3% 발생을 보였다.

고 찰

부숙 소나무 수피를 토양에 5%(w/w)의 비율로 첨가할 경우 참깨 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)의 발병억제 효과가 확인되었을 뿐만 아니라 참깨 유묘의 생육도 양호하였다(Fig. 3). 더 나아가 CPM(1%, w/w) 및 길항균 처리구에서는 시들음병이 완전 방제되었다(Table 5). 이같은 발병억제 상황은 Huang 등(13)이 SF-21의 개량제에 의한 소나무 입고병 방제효과 시험과 일치하는 경향이었다. 토양첨가제의 방제효과에는 생물적 요인과 물리·화학적 요인이 함께 작용하는 것으로 알려져있다(11).

Bin 등(1991)은 생물학적 방제효과는 길항균의 증가에 비례 하는데, 길항균의 증가에는 생물적 요인과

비생물적 요인이 함께 작용한다고 하였다(1). Papavizas(1985)는 *Trichoderma* spp.와 *Gliocladium* spp.의 생장에 알맞은 비생물적 요인에 대해 많은 연구를 하였으며(17), 부숙 소나무 수피는 다른 토착 토양 균보다 *Trichoderma* spp. 등 길항균의 생육을 왕성하게 한다고 Hoitink 등(9, 10)이 지적하였다. 최근 연구에서 Huang 등(12)은 부숙 소나무 수피의 구성 성분인 탄닌, 수지, 왁스, 사포닌, 전분, 탄수화물, 및 알칼로이드에 함유되어 있는 ethyl ester는 병원균에 대하여 독성 및 정균작용을 발현한다고 하였다. 본 시험에서도 부숙 소나무 수피의 추출액 및 배지상에서 참깨 시들음 병원균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)의 균사생장 및 포자발아를 억제하였는데, 이것은 비생물적 요인에 의한 결과라고 분석된다.

이같이 부숙 소나무 수피는 병원균과 길항균에 대하여 생물적 요인과 비생물적 요인으로 동시에 작용하는데, 본 시험에서도 CPM 첨가제를 토양에 첨가(1%, w/w)할 경우 *Trichoderma harzianum*의 균사생장 속도는 참깨 시들음 병원균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)에 비하여 빨랐다(Fig. 4). 더 나아가 Table 5에서와 같이 자연 토양에 CPM 토양 첨가제(1%, w/w)와 길항균을 접종한 구에서 참깨 시들음병이 완전 방제되었는데 이는 토양첨가제와 길항균에 의한 방제증진 효과로 분석된다.

부숙 소나무 수피와 산성 재료인 $Al_2(SO_4)_3$ 는 CPB 개량제의 주 재료로서 소나무 수피는 *Gliocladium* spp.와 *Trichoderma* spp.에 대해서 좋은 생육 조건을 제공하는 것으로 알려져 있는데(9), *Trichoderma* spp.는 cellulase, β (1-3)-glucanase, chitinase를 분비하여(2, 3) 토양병원균인 *Rhizoctonia* spp. 및 *Pythium* spp. 등의 밀도를 감소시킨다고 하였고 최근 Chet는 1990년 *T. harzianum*의 T-35 계통의 토양처리하는 *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*의 방제효과가 있다고 보고한 것은 본 실험결과와 일치하였다(3).

Al^{3+} 은 해바라기에 병을 일으키는 *Verticillium albo-atrum*의 균사생장과 병원성을 감소시킨다고 Orelana 등은 보고하였는데(16), 본 시험에서도 $Al_2(SO_4)_3$, Alum 및 CaO은 병원균의 균사생장과 포자발아에 억제효과를 보였다(Table 1). 또한 Ca화합물은 stem-segment의 감염율을 50%이상 억제하고 그밖에 glycerine, KCl, TSP는 병원균의 포자발아를 억제시켰는데, 그 기작도 규명되어야 할 것이다. 요소는 토양의 자연조건에서 줄기상에 균 정착을 완전히 억제하였는데, 이것은 생장이 빠른 길항균 *Trichoderma harzianum*에 의해 줄기 조직편이 차단 내지 보호되어 있기 때문으로 추측할 수 있으나 좀더 검토가 요망된다.

Huang 등(11, 12)의 실험에서도 요소는 *Rhizoctonia* spp., *Phytophthora* spp. 및 *Pythium* spp.에 의한 pine stem-segment 감염을 크게 억제한 결과와 일치하였다.

이상과 같이 토양내 토양 첨가제의 사용은 토양 전염병 방제에 있어서 생물적 요인과 비생물적 요인을 강화하는 기작으로 분석되며, 궁극적으로는 길항균의 활성을 증가시키고 병원균을 직·간접적으로 억제함으로써 토양전염성 병을 방제할 수 있는 보다 현실적인 가능성을 본 시험에서 확인하였다. 앞으로 새로이 조제된 첨가제의 활용적 측면에서 시들음병 원균은 물론 다른 토양병원균에 대한 방제효과와 지속성 및 경제성등에 대한 구명도 추구하고야 할 것이다.

요 약

참깨 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)에 대한 새로운 토양 첨가제의 조제와 그 효과를 구명코저 지난 1992년부터 2개년간 본 연구를 수행하였다. 석회를 포함한 14종의 첨가물(1%, w/w)을 공시한 결과 *in vitro* 조건에서 $Al_2(SO_4)_3$, Alum, 및 CaO는 참깨 시들음 병원균의 균사생장과 포자발아를 억제시킨 반면, $CaCl_2$ 는 균사생장에만, glycerine, K_2HPO_4 , KCl, 및 TSP는 포자발아에만 억제효과를 보였으며, 그 억제율은 21~100%의 범위를 나타냈다. 부숙 소나무 수피 등 4종의 유기물을 농도별로 공시한 결과 *in vitro* 조건에서 부숙 소나무 수피는 병원균의 균사생장과 포자발아 억제효과가 뚜렷한 반면 알팔파잎은 포자발아에만 효과적인 경향이였다. 부숙 소나무 수피만을 살균토양에 5%(w/w)이상의 농도로 첨가할 경우 참깨 시들음병의 발병억제 효과가 확인되었을 뿐만 아니라 참깨유묘의 생육도 양호한 편이였다. 부숙 소나무 수피와 무기성분으로 조제된 첨가제를 첨가(1%, w/w)한 토양 배지에서 길항균(*Trichoderma harzianum*)의 균사생장은 양호하였고 병원균의 균사생장을 효과적으로 억제하였으며 더 나아가 풋트시험에서 시들음병이 완전방제되었다. 그러므로 본 토양첨가제에 의한 참깨 시들음병 방제에 실질적으로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 말씀

본 연구 수행중 모든 실험에 헌신적으로 협조하여준 대학원생 류나영 양과 그 밖에 식물병리학 교실원들에게 깊은 감사를 표한다.

참고문헌

- Bin, L., Knusden, G. R. and Eschen, D. J. 1991. Influence of an antagonistic strain of *Pseudomonas fluorescens* on growth and ability of *Trichoderma harzianum* to colonize Sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum* in soil. *Phytopathology* 81: 994-1000.
- Chet, I. and Baker, R. 1981. Isolation and biocontrol potential of *Trichoderma hamatum* from soil naturally suppressive to *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology* 71: 286-290.
- Chet, I. 1990. Biological control of soil-borne plant pathogens with fungal antagonists in combination with soil treatments: 15-26. In: *Biological control of soil borne plant pathogens*. Edited by D. Hornby, CAB International, UK.
- 조중택, 문병주, 하상영. 1989. *Gliocladium virens*와 *Trichoderma harzianum*에 의한 오이 덩굴 쪼김병의 생물학적 방제. *한식병지*. 5(3): 239-249.
- 정봉구, 장경수. 1986. 고추 역병균에 대한 토양개량제의 발병억제 효과와 길항균에 관한 연구. *농시논문집(농업산악협동편)* 29: 151-162.
- Cook, R. J. and Baker, K. F. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. American Phytopathological Soc. St Paul, MN: 539-540.
- Elad, Y., Chet, I. and Henies, Y. 1981. A selective medium for improving quantitative isolation of *Trichoderma* spp. from soil. *Phytoparasitica* 9: 59-67.
- Gilpatrick, J. D. 1969. Role of ammonia in the control of avocado root rot with alfalfa meal soil amendment. *Phytopathology* 59: 973-978.
- Hoitink, H. A. J. and Kuter, G. A. 1985. Suppression of soilborne disease of ornamental plant by tree bark composts. 237-239. In: *Ecology and management of soilborne plant pathogens*. Edited by C. A. Parker, A. D. Rovira, K. J. Moore, P. T. W. Wong and J. F. Kollmorgen. American Phytopathological Soc. St Paul, MN.
- Hoitink, H. A. J. 1986. Basis for the control of soil-borne plant pathogens with composts. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24: 93-114.
- Huang, J. W. and Kuhlman, E. G. 1990. Fungi associated with damping-off of slash pine seedlings in Georgia. *Plant Dis.* 74: 27-30.
- Huang, J. W. and Kuhlman, E. G. 1991. Mechanisms inhibiting damping-off pathogens of slash pine seedlings with a formulated soil amendment. *Phytopathology*. 81: 171-177.
- Huang, J. W. and Kuhlman, E. G. 1991. Formulation of a soil amendment to control damping-off of slash pine seedlings. *Phytopathology* 81: 163-170.

14. 김지인, 최동노, 조의규, 한상찬. 1989. 식물 기생 선충이 참깨, 고추역병 발생에 미치는 영향. 농진청 농시논문집 31(1):27-30.
15. 농림수산부, 1992. 농림수산부 통계연보:106.
16. Orellana, R. G., Foy, C. D. and Fleming, A. L. 1974. Effect of soluble aluminum on growth and pathogenicity of *Verticillium alboatrum* and *Whethzelinia sclerotiorum* from sunflower. *Phytopathology* 64: 202-205.
17. Papavizas, G. C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium*: Biology, ecology and potential for biocontrol. *Ann. Rev. Phytopathol.* 23:23-54.
18. Park, C. S. 1994. Impact of Rhizosphere competence of Biological Agents on Disease suppression and Plant Growth Promotion. In *Proceedings of International Symposium on Biological control of Plant Diseases*. pp.27-49, Kor. Soc. Plant Pathology.
19. 박종성. 1965. 참깨 *Fusarium*에 관한 연구. 충남대 논문집 4:29-75