

***Streptomyces* sp. 에 의한 참깨 시들음병 (*Fusarium oxysporum*  
f. sp. *vasinfectum*) 및 역병 (*Phytophthora*  
*nicotianae* var. *parasitica*)의 生物學的 防除**

정봉구 · 홍기성\*

충북대학교 농과대학 농생물학과

\*임업연구원

**Biological Control with *Streptomyces* sp. on *Fusarium oxysporum*  
f. sp. *vasinfectum* and *Phytophthora nicotianae* var.  
*parasitica* Causing Sesame Wilt and Blight**

Bong-Koo Chung and Ki-sung Hong\*

Dept. of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungbuk Nat'l University, Cheongju 360-763, Korea

\*Forestry Research Institute, Seoul 130-012, Korea.

**ABSTRACT:** This study was conducted in order to find out biological control of sesame wilt and blight caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* and *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* by using *Streptomyces* spp. Two sesame pathogens, *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* and *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* were purely isolated from diseased sesame plants of the field. *Streptomyces* species were isolated from 72 soil samples collected from red pepper and sesame uplands in Chungbuk and selected as antagonists according to the results of dual culture. The selected *Streptomyces* isolates such as St-11 and St-20 were confirmed their antagonistic effect through mycelial inhibition zone and inhibitory effects on the mycelial growth of the pathogens by culture filtrate of the antagonists. Inhibitory effects on the conidial germination of *Fusarium oxysporum* *vasinfectum* and *Phytophthora nicotianae* *parasitica* by the antagonists were also tested in addition to mycelial lysis. The antagonists St-11 and St-20 showed inhibitory effect on growth of sesame seedlings after seeds soaked in the suspension. Effect of soil inoculation with antagonist St-11 showed 40 to 78 percent of control effect for two diseases in comparison with control under greenhouse.

**KEYWORDS:** *Phytophthora nicotianae parasitica*, *Fusarium oxysporum vasinfectum*, *Streptomyces* spp., Sesame wilt and blight, Biological control.

참깨(*Sesamum indicum* L.)는 중요한 농가 고소득 작물로서 전국적으로 재배되고 있으며 그 수요는 매년 증가하고 있으나 單位面積當 收量은 크게 개선되지 못하고 있는 실정이다. 참깨의 생산을 저하시키는 주요 要因의 하나는 각종 병해의 발생이며 주로 土壤傳染性 病害에 기인하고 있다. 그 중에서도 특히 시들음병과 疫病의 被害는 양질의 참깨 생산에 가장 큰 제한요인의 하나가 되고 있다(金等, 1986).

참깨 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasin-*

*fectum*)과 疫病(*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*)은 1920년대 인도에서 처음으로 참깨에 發病한다는 보고 이래(Butler, 1926) 우리나라에서도 참깨 시들음병은 幼苗期에 立枯病徵을 일으키고 생육중에는 전 식물이 말라 죽어 큰 被害를 주고 있다(朴鐘聲, 1965). 참깨 疫病은 우리나라에서 1980년대 초 부터 병의 被害가 확인되었고 그 病徵은 시들음병과 마찬가지로 참깨 전 생육기간 중에 발병하며 유묘기에는 立枯, 생육 중기에는 잎마름 및 줄기썩

음을 일으켜 심한 경우 60% 이상의 收量減少를 招來한다(趙義奎, 等, 1981). 이 두 病原菌은 厚膜孢子(Chlamydospores)나 卵孢子(Oospores)의 형태로 토양내에서 越冬하였다가 發病하므로 참깨를 連作하여 재배하면 토양내의 病原菌 密度가 증가하여 시들음병과 疫病的 피해는 더욱 커진다.

이같은 土壤病的 효과적인 防除法으로는 抵抗力品種 栽培, 輪作 및 種子消毒을 포함한 藥劑防除 등을 들 수 있으나 아직까지는 큰 실효를 거두지 못하고 있으며, 한편 自然생태계를 유지하면서 公害가 없는 生物學的 防除 연구가 활발히 試圖되고 있다(bapavizas 等, 1980; 문병주, 1986; 鄭鳳九 等, 1986; 정영륜 等, 1989). 식물 병원균의 생물학적 방제를 위한 첫 시도는 Hartley(1921)가 *Pythium debaryanum*에 의한 소나무 묘목의 잿녹병(Damping-off) 방제를 위하여 *Trichoderma* 등 13 종의 미생물을 이용함으로써 비롯되었다. 세균의 *Bacillus* 와 *Streptomyces*속, 진균의 *Trichoderma*속균 등이 식물 병원균에 拮抗, 溶菌, 또는 競爭的으로 寄生하여 土壤傳染性 식물병을 억제하는 拮抗微生物로 알려져 있다(Broadbent, 1971; Scher, 1982; Senb, 1981). Scher(1982)는 *Fusarium*에 대한 시들음병 방제에 *Pseudomonas putida*를 이용한 결과  $Fe^{+3}$  이온을 chelating agents 로 siderophore 를 분비하여 拮抗效과를 나타냄을 밝혔다. Baker 와 Broadbent (1974)는 토양 내에서 *Phytophthora* spp.의 游走子囊(sporangium) 형성을 阻害하거나 游走子囊의 파괴 또는 原形質 溶解에 관여하는 길항 미생물들의 分泌物에 대하여 언급하였다.

그러므로 참깨시들음병 및 疫病에 대하여 동시 길항효과가 우수한 放線菌 *Streptomyces* spp.를 선발하여 병원균에 대한 길항현상과 방제효과를 구명하여 참깨 토양병의 생물학적 방제의 기초 자료로 활용하고자 본 연구를 수행하였다. 그 결과 충북 여러 지역에서 채취된 토양속에 윌 참깨시들음병과 역병에 억제효과를 보이는 몇몇 *Streptomyces* spp. 를 분리하여 시험하였다.

## 材料 및 方法

### 病原菌 分離

충북 보은군 소재 참깨 포장에서 시들음병과 疫

病에 심하게 罹病된 참깨 줄기를 채집하여 그 조직편을 0.5%의 sodium hypochloride 액에 약 3분간 表面消毒 후 물 한천배지(Water Agar)에 심은 다음 형성된 역병(*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*) 균사를 純粹分離하였으며 시들음병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)도 같은 방법으로 純粹分離하였다. 그 중 시들음병균은 PDA 배지에, 역병균은 OA 배지에 培養하였다.

### 拮抗 放線菌分離

충북 일원의 청원, 보은, 증원군 일대의 참깨와 고추 連作 재배포장의 발흙에서 土壤試料 72여점을 지하 5-10 cm 깊이의 根圈土壤을 殘滓物과 함께 채집하여 실내에서 음건시킨 토양 시료를 土壤稀釋法에 따라 토양을  $10^4$ - $10^6$ 으로 희석시킨 후 soluble starch 한천배지에 접종하여  $27 \pm 2^\circ C$ 의 恒溫器에서 7-14일간 培養하였다. 배양기상에 자란 *Streptomyces* sp.의 single colony 를 채취하여 glycerol casein agar 배지에 斜面培養한 후 低溫 恒溫器에 보관하면서 시험에 사용하였다.

### 室內에서의 抗力 檢定

토양에서 純粹分離한 100여개의 *Streptomyces* spp. 分離菌株을 병원균과 對峙培養하여 일차적으로 길항력을 검정 하였으며 길항균 培養濾液에서의 병원균 孢子發芽率 및 lysis 觀察등을 통하여 길항력을 確認하였다.

#### 1) 培地上에서의 菌絲阻止圓法

병원성을 확인한 疫病과 시들음병균을 S.A. 배지(soluble starch)에서 일차적으로 선발된 *Streptomyces* spp. 分離株들과 對峙培養하여  $28^\circ C$  항온기에서 5일간 배양 후 阻止圓의 형성정도에 따라 拮抗菌으로 선발하였다. PDA 및 OA 배지에서 2주일간 배양한 시들음병균과 역병균을 殺菌水로 희석하여 균 懸濁液을 조제한 후 패트리 접시에 1 ml 씩 취하여 接種한 후 따뜻한  $45^\circ C$ 의 mineral salt 培養液을 각 접시당 15 ml 씩 고 섞어 굳혔다. 그 배지위에 일차로 선발한 拮抗菌 3 균주 즉 St-7, St-20 및 St-11 을 5 mm의 cork borer 로 菌絲片을 취하여 3 지점에 접종하였다(Fig. 1). 그 후  $28^\circ C$ 의 항온기에서 72시간 배양 후 형성된 저지원을 조사하였다. 각 처리는 3 반복으로 수행하였다.

#### 2) 分生孢子 發芽 및 發芽管 伸張 抑制調査

供試 拮抗菌을 glycerol casein 液體培地에 접종한

후 27°C에서 10일간 振湯培養하였으며, 배양액을 濾過紙로 거른 후 遠心分離(3000g, 30분) 하여 上等液을 취하였다. 위와같은 방법으로 얻은 길항균 培養濾液을 10 ml의 試驗管에 9 ml 넣은 후 *F. oxy.* f. sp. *vasinfectum*의 포자현탁액을 1 ml 처리, 혼합하여 5 시간과 13 시간 후에 광학현미경하에서 발아 상황을 관찰 조사 하였으며 13 시간 후에는 발 아관 신장도 조사하였다. 각 처리당 300개의 分生孢子 (conidia) 를 조사하였다.

3) 游走子囊의 間接發芽 抑制調査 및 分生孢子的 lysis 觀察

OA 배지에서 성장시킨 역병균 균사편을 0.01M의 KNO<sub>3</sub> 용액에 浸漬시킨 후 28°C의 항온기 내에서 8-12일간 계속 광을 照射 하면서 游走子囊을 시들음병균과 같은 방법으로 길항균의 培養濾液에 처리하고 游走子囊의 간접발아 상황을 관찰 조사하였다. 각 처리당 200개의 游走子囊을 조사하였다. 균사, 포자, 游走子囊의 lysis 관찰은 직접 관찰로 길항균 懸濁液(10<sup>7</sup>/ml)과 병원균 懸濁液을 함께 섞은 후 (3 : 1 v/v) depression slide glass 위에 올려 놓고 濕室에 넣은 다음 28°C의 항온기에 보관하면서 광학현미경하에서 lysis 를 직접 관찰하였다. 단, 역병균은 유주자낭의 발아를 촉진시키기 위하여 저온처리(8°C, 30분) 후 항온기에 보관하면서 관찰 조사 하였다.

抗菌의 種子 處理에 의한 참깨 生育과 防除效果

참깨 종자를 받아시킨 다음 길항균의 懸濁液(10<sup>7</sup>/ml) 에 浸漬시킨 후 WA 배지에 심어 광이 있는 28°C의 항온기에 보관하면서 길항균이 참깨종자에 발아 및 생육에 미치는 영향을 조사하였다. 공시 종자는 200개를 공시하였다.

抗菌의 種子 處理에 의한 防除效果

참깨 종자를 받아시킨 후 길항균 St-11의 孢子懸濁液(10<sup>7</sup>/ml) 에 60분간 浸漬 후 다시 병원균의 懸濁液에 60분 동안 浸漬시켜 길항균의 처리구로 하고, 병원균의 懸濁液에만 60분 동안 浸漬시킨 것은 病原菌 처리구로 하였다. 처리한 발아종자를 페트리 접시당 5 반복으로 10개씩 파종하여 처리당 50개의 종자를 공시 하였으며 광이 있는 28°C 정온기에서 7일간 배양 후 참깨 유묘의 발병 상황과 초장 및 생체중을 조사하였다.

溫室에서 土壤 處理에 의한 防除效果

원형 포트(직경 21 cm) 에 살균 토양과 자연 토양을 담았고 밀기울 固形培地(밀기울 4 : 살균수 1, v/v)에서 14일간 배양한 참깨 시들음병과 역병에 가장 효과가 큰 길항균 St-11 을 토양과의 배합비를 (2 : 10, v/v) 조절하여 土壤接種하였다. 이 길항균 처리토양에 4엽기 참깨 幼苗를 포트당 5株씩 移植 하고 24 시간 후에 역병균은 游走子囊 懸濁液(2X10<sup>8</sup>/ml), 시들음병균은 포자 懸濁液(5X10<sup>6</sup>/ml) 을 각 처리구당 50 ml 씩 토양에 灌注接種하였다. 병원균 접종 3일 후 부터 4일 간격으로 發病率을 조사하였다. 각 처리는 5 반복으로, 참깨 재배는 표준 耕種法에 준 하였다.

結果 및 考察

抗菌에 의한 病原菌의 菌絲伸展 阻止效果

충북 일원의 고추와 참깨밭에서 채취한 72점의 토양으로 부터 분리한 100여 *Streptomyces* 分離菌株들과 疫病 및 시들음병을 S. A. 培養基上에서 對峙培養하여 길항력이 우수한 3 균주를 병원균의 균사 伸展 阻止程度에 따라 구분 選拔하였으며 대체로 공시 *Streptomyces* spp. 는 참깨 시들음병과 역병균의 성장을 균주 대부분이 어느 한 병원균에만 저지력을 보였으나 그 중에서도 St-11은 두가지 병원균 모두에 강한 拮抗力을 보였다(Table I). 공시 병원균에 대한 균사 阻止圓法에 의한 菌絲 伸展阻止 정도를 조사한 결과 對照區에 비하여 St-11은 시들음병과 역병에 각각 阻止圓의 길이가 22.3과 13 mm 이었고 St-7은 7.7과 5.0 mm 이었고, St-20은 역병에는 강력한 阻止力을 보여 20.0 mm인 반면 시들

Table I. Inhibition zone produced by the three *Streptomyces* species to *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* and *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* grown on G.A. medium.

<i>Streptomyces</i> isolate	Inhibition zone(mm) <sup>a)</sup>	
	<i>F. oxy. vasinfectum</i>	<i>P. nicot. parasitica</i>
ST-7	7.7	5.0
St-11	22.3	13.0
St-20	7.0	20.0
Control	0	0

<sup>a)</sup>Inhibition zone was a mean of 5 replicates.

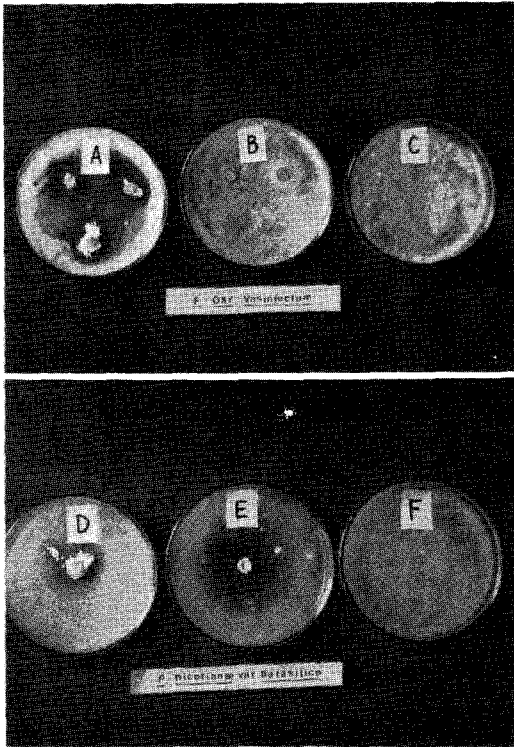


Fig. 1. Inhibition zones of *P. nicotianae* var. *parasitica* and *F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum* by the effective antagonists St-11 and St-20.

A, D: Antagonist St-11, B, E.: Antagonist St-20, C, F: Causal pathogens

음병균에는 7.0 mm 으로서 길항력이 낮은 편이었다 (Table I and Fig. 1).

**抗菌 培養濾液의 病原菌 分生孢子 發芽抑制 效果**

공시 拮抗菌의 培養濾液에서 함께시들음병원균의 분생포자 발아상황을 조사한 결과 처리 13 시간 후에 대조구는 97.8%의 발아율을 보인 반면 St-11 에서는 전연 발아치 못하였으며 그 밖에 St-7과 St-20 에서도 80% 이상의 발아 저지율을 보였고 발아관 신장에 있어서도 St-11은 전혀 발아하지 않아 발아관의 신장상황을 조사하지 못하였으며 St-7과 St-20은 對照區에 비하여 상당한 발아관의 伸張抑制 상황을 보였다(Table II). 함께역병균에 대하여는 간접 발아로서 游走子囊에서의 游走子의 放出상황을 조사하였는데 처리 8시간 후에 對照區는 90%의 발아를 보인 반면 St-11 과 St-20 에서는 거의 발아하지

Table II. Inhibition effect on the conidial germination and the germ tube length of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* soaked in the filtrate of *Streptomyces* species.

<i>Streptomyces</i> isolate	Germination (%) <sup>a</sup>		Germ tube length (μm) <sup>b</sup>
	5 hrs	13 hrs	13 hrs
St-7	10.8	82.3	35 ± 5
St-11	0	0	0
St-20	24.9	87.4	55 ± 5
D.W.	22.7	79.2	20 ± 5
Control	25.1	97.8	110 ± 40

<sup>a</sup> The germination percents were employed from 300 conidia of the fungus. Conidial germination and germ tube length were measured through the microscope at 5 and 13 hours after treatment.

<sup>b</sup> Germ tube length (μm) was average from of 10 replicates with random selections.

<sup>c</sup> D.W.: Distilled water.

Table III. Inhibition effect on the zoosporangial germination of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* soaked in the filtrate of *Streptomyces* species.

<i>Streptomyces</i> isolate	Germination (%) <sup>a</sup>			
	2 hrs	4 hrs	6 hrs	8 hrs
St-11	0	0	0	2
St-20	0	0	0	0
Control	47	55	85	90

<sup>a</sup> Mean percent was based on the 200 conidia with four replications.

못하였다(Table III). 이러한 病原菌의 生育沮害는 拮抗菌이 分泌하는 物質 즉 酵素나 抗生物質에 起因된다고 生覺된다(Horikoshi, 1959; Chung 등 1989).

**抗菌에 의한 함께 疫病菌과 시들음병원균의 lysis 觀察**

拮抗菌 St-11의 배양여액에 함께 시들음병과 역병원균의 懸濁液을 처리하여 정온기에 넣고(28°C) 시간별로 관찰 조사한 결과 처리 10 시간 이후 부터 역병원균은 菌絲의 lysis 나 游走子囊의 畸形이 관찰되기 시작하였고 시들음병원균은 처리 3일 후 부터 菌사내의 세포 내용물들이 뭉치며 分生孢子가 畸形으로 變形되고 溶菌現象을 보이고 있었다(Fig. 2 & 3). 이같은 拮抗作用은 拮抗菌이 分泌하는 물질 chitinase 나 β-1,3-glucanase가 관여 된다고 보고한



Fig 2. Lysis of *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* by antagonist St-11 incubated for 7 days at 28°C.

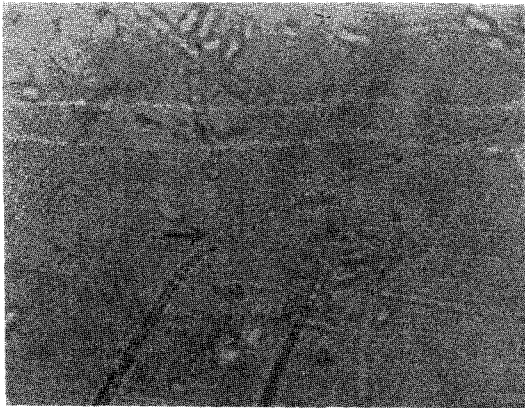


Fig 3. Lysis of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* by antagonist St-11 incubated for 10 days at 28°C.

것과(Horikoshi 등 1959, Chung 등 1982) 부합하며 어떤 생리활성 물질의 하나인 抗生物質이 관여됨을 暗示한다(Chung, 1978).

**抗菌의 種子處理가 참깨 發芽와 生育에 미치는 效果**

발아시킨 참깨 종자에 공시 길항균의 현탁액에 60분간 침지한 후 종자발아와 생육상태를 對照區(살균수처리)와 비교한 결과 길항균의 처리로 인한 참깨생육은 아무런 障害를 보여주지 않았다(Table IV). 경우에 따라서는 저해적인 예가 있다. 예를들면 *Trichoderma* spp. 는 식물생육을 조장하거나 저해하는 경우도 보고된 바 있다(Baker 등 1982).

**抗菌의 種子處理에 의한 참깨 시들음병과 역병균의 防除效果**

**Table IV.** Control effect on sesame wilt (*Fusarium oxy. f. sp. vasinfectum*) and blight (*Phytophthora nicot. var. parasitica*) by the seed coating with the antagonist St-11.

Treatment	Disease occurrence(%)	Control(%) effect	Growing condition <sup>a</sup>
<i>P. nicot. parasitica</i>	98	—	—
Antagonist +	66	35.4	+++
<i>P.nicot.parasitica</i>			
<i>F. oxy. vasinfectum</i>	64	—	—
Antagonist +	20	83.3	+++
<i>F. oxy. vasinfectum</i>			
Control (D.W)	4	0	+++

<sup>a</sup>+++ : Good growing conditions.

— : Abnormal and poor growing conditions.

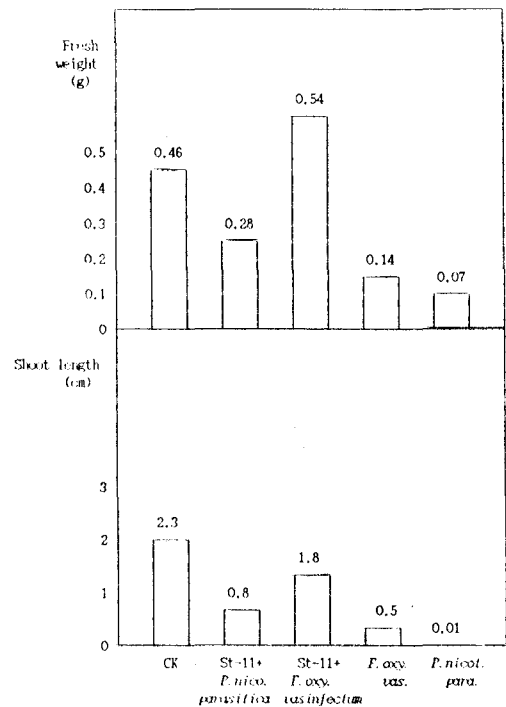


Fig 4. Effect on the growth of sesame seedling by seed soaking in the suspension of antagonist St-11. Seven days old seedlings fresh weight and shoot length were obtained from an average values of thirty seedlings.

**Table V.** Control effect of *Streptomyces* sp. (St-11) on *Fusarium oxysporum vasinfectum* and *Phytophthora nicotianae parasitica* causing sesame wilt and blight under greenhouse condition<sup>a</sup>

Treatment	Disease incidence(%) <sup>a</sup>		Growing <sup>b</sup> condition
	Sterilized soil	Natural soil	
<i>P. nicotianae</i>			
<i>parasitica</i>	100	96	-
St-11+ <i>P.nicot.</i>			
<i>parasitica</i>	58	60	+++
<i>F.ox.</i>			
<i>vasinfectum</i>	72	84	-
St-11+ <i>F. oxy.</i>			
<i>vasinfectum</i>	16	24	+++

<sup>a</sup> Readings on disease incidence were made from 19 days after treatment in pot.

<sup>b</sup> -: Seedlings were severely blighted and wilted; the negative indicated.

+++ : Normal growing conditions of sesame seedlings.

<sup>c</sup> The growing conditions data were obtained from 25 seedlings in five pots of each treatment; the positive indicated.

참깨 시들음병균과 역병의 발병억제에 미치는拮抗菌의 효과를究明하고자 참깨 종자에 병원균處理區와 길항균 St-11 접종 및 병원균 접종구를 두어 비교한 결과를發病率을 보면 병원균 접종구에서 역병균은 98% 시들음병은 66% 를 나타내었으며 길항균 접종구는 역병균에 35.4% 와 시들음병균에 83.3%의 발병억제 효과가 있었다(Table IV). 그리고拮抗菌처리에 의한 참깨유묘의 생육상황은 아무 지장없이 양호한 편이었다. 더욱이拮抗菌의 접종에 의한 참깨의 생육상황을草長과生體重으로 조사한 결과生體重은 병원균처리 보다 4배 增加하고草長은 3-8배의 차이를 보였다(Fig. 4). 종자에拮抗菌처리 방법은 seed bacterization 으로 그 활용면에서 가장 기대되는 방법이며(Harman, 등 1981).拮抗菌의 처리량도 적게든다. 그러나 시들음병과 역병은 참깨 생육 후기에도 발생하므로 이에 대한 연구가 要望된다.

**溫室에서 抗菌에 의한 참깨 시들음병과 역병균의 防除效果**

참깨 시들음병균과 역병의 발병억제에 미치는 길항균의 토양처리 효과를 구명하고자 공시 길항균(St-11)과 병원균을 混合接種하여 처리 19일 후罹

病率을 조사한 결과, 병원균만 單獨 接種區는 역병이 거의 100%, 시들음병은 72%와 82% 발병을 보인 반면 길항균을 처리한 자연토양에서는 36-60%의, 살균토양에서는 42-56%의 발병억제 효과를 나타내었다. 참깨 묘의 생육상황은 병원균 접종구의 대부분 묘가 갈변 枯死한 반면拮抗菌 처리구의 묘 생육은 무처리구와 같이 健全하였다(Table V).

참깨토양병의 생물학적 방제에 길항균 *Streptomyces* spp. 에 의한 방제효과 확인으로 실용 가능성이 기대되고 있다. 그러므로 포장에서의 길항균의 활용을 위한 製劑開發과 함께 이 길항균의 항균물질에 대한 화학적 특성 연구도 追求하여 무공해 농산물 생산에 기여하여야 할 것이다.

**摘 要**

참깨 시들음병과 역병에 대한拮抗菌 *Streptomyces* spp.의 길항현상과 생물학적 방제 효과를 구명코저 참깨 시들음병(*F. oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)과 역병(*P. nicotianae* var. *parasitica*)이 발생한 포장에 이병주로 부터 병원균을 純粹分離하였고拮抗菌은 충북일원의 고추, 참깨포장의 72점의 흙으로부터 공시 병원균에 효과있는拮抗菌을 對峙培養法으로 선발하였다. 선발된拮抗菌 St-11과 St-20 을 공시하여 병원균에 대한 菌사저지력,拮抗菌 배양 여액에서의 병원균의 생육저지, 발아억제 및 lysis 를 관찰 조사하였고拮抗菌 懸濁液(St-11)을 종자에 처리할 경우 참깨생육에 아무런 영향이 없었다. 온실에서拮抗菌의 토양접종에 의한 참깨시들음병과 역병에 대한 방제효과는 병원균 단독 접종구에 비하여 40-78%의 방제효과를 보였다.

**References**

Aldrich, J., and Baker, R.(1970): Biological control of *Fusarium roseum* f. sp. *dianthi* by *Bacillus subtilis*. *Plant Dis. Reprtr.* **54**: 446-448.

Baker, K. F., and Cook,R. J.(1982): Biological control of plant pathogens . *The American Phytopath. Soc.*, St. Paul, Minnesota. p. 433.

Broadbent, P., Baker, K. F., and Waterworth, Y.(1971): Bacteria and actinomycetes antagonistic to fungal root pathogens in Australian soils. *Aust. J. Biol. Sci.* **24**: 925-944.

- Broadbent, P., and Baker, K. F. (1974): Association of bacteria with sporangium formation and breakdown of sporangia in *Phytophthora* spp. *Aust. J. Agric. Res.* **25**: 139-145.
- Butler, E. J. (1926): The wilt disease of cotton and sesamum in India. *Agric. J. India* **21**: 268.
- Chung, H. S., and Kim, C. H. (1978): Biological control of ginseng root rots with soil amendments. Proc. 2nd Int Ginseng Symposium 67-74. Korea Ginseng Res. Inst. Seoul, Korea.
- Chung, Y. R., Chung, H. S., and Ohh, S. H. (1982): Identification of *Streptomyces* species antagonistic to *Fusarium solani* causing ginseng root. *Korean J. Microbiol.* **20**: 73-79.
- Hartley, C. (1921): Damping-off in forest nurseries. *U. S. Agric. Bull.* **934**: 1-99.
- Horikoshi, K., and Lida, S. (1959): Effect of Lytic enzyme from *Bacillus circulans* and chitinase from *Streptomyces* sp. on *Aspergillus oryzae*. *Nature* **183**: 186-187.
- Papavizas, G. C., and Lumsdem, R. D. (1980): Biological control of soilborne fungal propagules. *Annu. Rev. Phytopathology* **18**: 389-413.
- Scher, F. M., and Baker, R. (1982): Effect of *Pseudomonas putida* and synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to *Fusarium* wilt. *Phytopathology* **72**: 1567-1573.
- Sneb, B. (1981): Use of rhizosphere chitolytic bacteria for biological control of *Fusarium oxy. dianthi* in carnation. *Phytopathology Z.* **100**: 251-256.
- 김찬홍. (1986): Damping-off on *Sesamum indicum* L. M.S. Thesis. Seoul Nat'l Univ.
- 문병주. (1986): *Fusarium oxysporum* f.sp. *fragariae*에 감염된 딸기의 병태 조직 및 *Tricoderma* 속균에 의한 생물적 방제. Ph. D. Thesis. Seoul Nat'l Univ.
- 박종성. (1965): 참깨 Fusarium 위조병에 관한연구. 충남대 논문집 **4**: 29-75.
- 정영륜, 오승환, 정후섭. (1989): 인삼뿌리 썩음 병원균 *Fusarium solani*에 대한 *Streptomyces* species의 길항작용. 한국미생물학회지 **27**(1): 56-62.
- 조의규, 허노열, 최성호. (1981): 참깨병해의 발생생태와 방제에 관한 시험. 농기연 시험연구보고서 : 352-359.

Accepted for Publication on September 13, 1991