

참깨 역병(*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*) 및 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)에 길항적인 *Streptomyces* spp.의 분류 동정

鄭鳳九 · 徐詳昨

忠北大學校 農生物學科

Identification of Antagonistic *Streptomyces* Species on *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* Causing Sesame Wilt and Blight

Bong-Koo Chung and Sang-Oh Ser

Department of Agricultural Biology, Chungbuk Nat'l University, Cheongju 360-763, Korea

ABSTRACT: The two isolates of *Streptomyces* antagonistic to *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* were identified as based on the morphological, cultural and physiological characteristics on various culture media. Spore chains of St-11 isolate was rectus-flexibilis(RF), whereas the other isolate, St-20, was shown rectinaculum-apertum(RA). Spore surface of St-11 isolate was smooth, while St-20 was spiny. Aerial mycelia of the two isolates were all gray color and growing conditions on media were good as a whole. Any soluble pigment was not shown in cultivation of the two isolates. St-11 isolate showed negative response on starch hydrolysis and gelation liquefaction, whereas St-20 isolate was positive on starch hydrolysis and a negative on gelatin reaction. St-11 isolate was identified as *Streptomyces bikiniensis* and St-20 *Streptomyces echinoruber*, respectively.

KEYWORDS: *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*, *Fusarium oxysporum* *vasinfectum*, *Streptomyces bikiniensis*, *Streptomyces echinoruber*, Sesame blight and wilt.

先進國으로부터 物質 特許 및 開放 壓力이 점차 強度를 더해감에 따라, 우리 農家의 高所得 食用 油 作物로서 전국적으로 栽培되고 있는 참깨(*Sesamum indicum* L.)는, 그 需要가 每年 增加하고 있으나 單位 面積當 收量은 各種 재해로 크게 改善되지 못하고 있는 실정이다. 참깨의 多收穫에 制限이 되는 主要인인 하나는 各種 病害의 發生이며 주로 土壤傳染性인 病害에 기인하고 있다. 그중에서도 특히 시들음병과 疫病의 被害는 良質의 참깨 生産에 가장 큰 制限要因의 하나가 되고 있다(金, 1986; 정 등, 1972).

참깨 시들음병(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*)과 疫病(*Phytophthora nicotianae* var. *parasitica*)은 1920년대 인도에서 처음으로 참깨에 發病한다는 報告 이래(Butler, 1926), 우리나라에서도 참깨

시들음병은 幼苗期에 立枯 病徵을 일으키고, 生育 中에는 全 植物이 시들고 말라 죽어 큰 被害를 주고 있다. 참깨 疫病은 우리나라에서 1980년대 초부터 病的 被害가 確認되었고 그 病徵은 시들음병과 마찬가지로 참깨 全 生育期間中에 發病하며 幼苗期에는 立枯, 生育 中期에는 잎마름 및 줄기썩음을 일으켜 심한 경우 60% 이상의 收量減少를 招來한다(조 등, 1981). 이 두 病原菌은 厚膜胞子나 卵胞子의 形態로 土壤내에서 越冬하였다가 發病하므로 참깨를 連作하여 栽培하면 土壤내의 病原菌 密度가 增加하여 시들음병과 疫病의 被害는 더욱 增加한다.

이같은 土壤病의 效果的인 防除法으로는 抵抗性 品種의 栽培, 輪作 및 種子消毒을 包含한 藥劑防除 등을 들 수 있으나 아직까지 큰 실효를 거두지 못하고 있으며, 한편 自然生態界를 유지하면서 公害가

없는 생물學的 防除의 研究가 활발히 시도되고 있다 (金, 1986). 특히 최근들어 放線菌 *Streptomyces* spp는 土壤에서 抗生物質과 酵素를 分泌하여 土壤病原菌의 生育을 抑制하고 病原菌의 細胞壁을 分解, 溶菌시키는 作用이 있다고 알려지고 있다. 植物病原菌의 生物學的 防除을 위한 첫 시도는 Hartley (1921) 가 *Pythium debaryanum*에 의한 소나무 苗木의 갈록病防除을 위하여 *Trichoderma*屬菌 등이 植物病原菌에 拮抗, 溶菌, 또는 競爭의으로 寄生하여 土壤傳染性 植物病을 抑制하는 拮抗微生物로 알려진 이래 拮抗菌에 대한 많은 研究가 수행되고 있다 (Broadbent, et al., 1971).

참깨 시들음병 및 疫病에 대하여 동시 拮抗效果가 優秀한 放線菌 *Streptomyces* spp.를 選拔하였으며 그 分離菌을 供試하고 分類 同定하여 참깨 土壤病의 生物學的 防除의 基礎資料로 活用코자 本 研究를 遂行하였다.

材料 및 方法

拮抗菌의 選拔: 拮抗 放線菌 分離: 忠北 일원의 고추, 참깨포장에서 토양시료 70여점을 채집 공시하였다. 土壤試料를 土壤稀釋法에 따라 비커에(250 ml) 50 ml의 살균수를 붓고 5g의 供試土壤을 넣어 강하게 10분간 진탕한 다음 9 ml의 살균수가 든 시험관에 상등액 1 ml을 취하여 稀釋方法으로 10^{-4} - 10^{-6} 으로 稀釋시킨 後 soluble starch 寒天 培地에 接種하여 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 恒溫器에서 7-14일간 培養하였다. 培養基 表面에 자란 *Streptomyces* spp.의 single colony를 採取하여 glycerol casein agar 培地에 斜面 培養 後 低溫 恒溫器에 保管하면서 試驗에 使用하였다.

拮抗力 檢定: 순수분리한 100여개의 *Streptomyces* spp. 분리균주를 병원균과 대치배양하여 길항력을 검정하고 길항균 배양여액에서의 병원균포자 발아 및 lysis의 관찰 등으로 길항력을 확인하였다.

길항균 *Streptomyces* spp.의 분류동정: ISP(International *Streptomyces* Project)의 分類 體系에 따라 培養的, 形態的, 生理的 特性을 調査하였고, *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Williams, et al., 1989)와 ISP description(Nomura, 1974; Shirling 등, 1966; Shirling 등, 1968) 및 그 외의 分類 同定

文獻에 準하여 分類 同定하였다(趙 等, 1977; Nomura, 1974; Pridham, 1965; Waskman, 1919).

培養的 및 形態的 特性 調査: ISP에 의거 培養的 特性을 調査하기 위해 Yeast-malt extract agar를 비롯한 9種의 배지를 공시하였으며 培養的, 形態的 特性 調査를 위하여 9種의 培地를 調整하여 페트리 접시(9 cm) 약 20 ml씩 분주하고 $28-30^\circ\text{C}$ 에서 균형 사용하였다. 接種源은 滅菌한 試驗管에 3 ml의 殺菌水를 넣고 孢子 및 菌絲를 떼어 넣은 다음 현탁액을 만들어 사용 하였으며 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 7, 14, 21일 培養하면서 調査하였다. 營養菌絲의 색깔 및 生育 정도, 培養培地 뒷면의 색깔, soluble pigment 및 生育정도 등을 조사하였으며, 색깔을 구별하기 위해 color guide 를 使用하였다(Pridham, 1965; Ridgway, 1912).

顯微鏡的 特性으로는 孢子사슬의 모양과 孢子사슬당 分離孢子的 수는 100-400 배율하에서 分離孢子的 모양과 크기는 1000배의 視野하에서 觀察하였으며 孢子 表面은 배지에서 자란 孢子를 5% glycerolaldehyde에서 固定, 脫수시킨 後 gold coating하여 電子顯微鏡(Hitachi: S-590)으로 4,000-30,000 배율하에서 觀察하였다(Tresner 등, 1949; Williams, 1970).

生理的 特性 調査: Melanin 色素 生成能力: 供試培地는 ISP에서 Melanin 色素 生成能力 供試培地로 정한(Shirling, E.B. and D. Gottlieb, 1969) Tryptone-Yeast extract broth(see ISP)를 비롯한 Peptone-Yeast extract iron agar(see ISP medium 6), Tyrosine agar(see ISP medium) 배지를 供試하였으며 調査方法은 세 種의 供試 培地를 調製하여 直徑이 2 cm 試驗管에 12 ml씩 分注하고 接種源의 準備는 培養的, 形態的 特性 實驗과 同一하게 遂行하였으며 調査는 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 恒溫器에서 각각 2日, 4日 동안 培養하여 接種하지 않은 대조구와 비교하여 褐色에서 黑色 系統의 色이 形成되면 Positive(+), 그렇지 않으면 Negative(-)로 나타내었다.

炭素源 利用 調査로서 供試培地로 Basal mineral salts 한천배지를 基本培地로 하여 각 炭素源을 添加하여 完全培地를 調整하였다. 炭素源을 添加하지 않은 基本培地(Negative control) 와 D-glucose(Positive control)를 對照區로 하여 12種의 炭素源을 공시하였다. 供試된 炭素源은 D-glucose, D-fructose,

L-arabinose, Cellulose, D-xylose, Salicin, I-inositol, Raffinose, Mannitol, L-rhamnose, Sucrose, Melibiose를 사용하였다. 調査 方法은 菌絲의 현탁액을 50 ml의 Tryptone-yeast extract broth에 현탁액을 5 ml 정도 接種하여 27±1°C에서 2日 진탕培養하여 殺菌된 遠心分離用 tube에 약 10 ml를 옮겨 원심분리하여 침전된 胞子를 殺菌水로 稀釋하였다. 炭素源의 살균은 cellulose 와 salicin 은 약하게 면진된 살균한 삼각 flask에 넣고 ethylether 를 넣어 흔들고 1日간 無菌箱에서 蒸發시켰으며 그의 炭素源은 membrane filter(watsman)로 걸러 滅菌하였다. 約 60°C로 加熱된 基本 배지에 各各의 탄소원을 넣어 最終 濃度가 1%가 되게하여 完전배지를 조제하고 페트리 접시(9 cm)에 약 20 ml 정도 분주하여 굳힌 다음 준비된 接種源을 streak 하였다.

탄소원의 利用은 10-16日 배양한 後 D-glucose를 添加한 배지와 生長이 類似한 경우 Positive(+)로 표시하고 炭素源을 添加하지 않은 基本培地와 生長이 類似한 것은 Negative(-)로 表示하며 D-glucose 보다도 微弱하고, 炭素源이 탄소원이 없는 기본배지보다 生長이 良好한 경우는(±)로 表示하였다. 澱粉의 分解能 調査를 위하여 供試培地는 Inorganic salts-starch 한천배지를 公示하였으며 調査方法은 供試배지의 表面에 透明環의 生成 與否를 調査하여 투명환이 형성되면 Positive(+), 투명환이 형성되지 않으면 Negative(-)로 表示하였다. Gelatin 液化能 調査로서 供試培地는 Glucose peptone gelatin 배지를 公示하였으며 Test-tube에 분주하여 高壓 滅菌한 다음 Gelatin 凝固後 供試菌은 接種하여 2日, 4日 동안 배양하여 Gelatin 液化 有無에 따라 調査하였다.

結果 및 考察

拮抗菌選拔 및 分離: 忠北 일원의 고추, 참깨밭에서 채취한 70여점의 토양으로부터 분리한 100여 *Streptomyces* 분리균주와 역병 및 시들음병원균을 GA 배양기상에서 對時배양하여 길항력이 우수한 3 균주를 菌絲伸張阻止狀況에 따라 구분 選拔하였다 (Table. 1). 土壤에서 分離한 *Streptomyces* 菌株중, 참깨 疫病 및 시들음병에 拮抗력이 優秀한 두 菌株 (St-11과 St-20)을 材料로 Bergey's Manual of Dete-

Table 1. Inhibition zone produced by the three *Streptomyces* species to *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* and *Fusarium oxysporum* *vasinfectum* grown on G.A. medium

<i>Streptomyces</i> isolate	Inhibition zone(mm) ^a	
	<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

^aInhibition zone was a mean of 5 replicates

rminative Bacteriology와 Nomura의 分類表를 基準으로 分類 同定을 위한 實驗을 遂行하였다.

形態 및 培養의 特性: 形態의 特徵은 光學顯微鏡 100X 및 400X 倍率하에서 觀察한 結果 供試菌株 St-11은 胞子사슬 模樣이 꾸불꾸불한 形態(Rectus-flexibilis)인 반면 St-20은 고리형태(Rectinaculum-apertum)이었다(Fig. 1 and 2). 電子顯微鏡을 이용한 胞子壁表面의 模樣은 St-11이 매끄러운 形態(Smooth form)이었으며 St-20은 바늘모양(Spiny form)이었다. 培養의 特性으로서 菌體底面의 색깔은 St-11은 대부분 灰色 및 거자색 系統의 것이었으며 St-20은 灰色 및 연분홍색 系統이었다. 氣中菌絲體의 색깔은 두 菌株가 거의 灰色을 띄었으며 氣中菌絲體의 生長은 St-11은 Peptone-yeast extract iron agar에서 生長이 貧弱한 反面 Oatmeal agar를 包含한 그의 培地에서는 良好한 生長을 보였다. St-20은 Nutrient agar에서 貧弱한 生長을 보인 反面 Glycerol asparagine agar를 包含한 그의 培地에서는 良好한 生長을 보였다. Soluble pigment는 St-11과 St-20에서 形成되지 않았다. 供試菌株 St-11과 St-20의 培養에 따른 特性을 要約한 結果 Table 2와 같다. 供試菌株 St-11은 Glycerol asparagine agar와 Glucose asparagine agar에서는 貧弱한 生長을 보였으나 그의 배지에서는 良好한 生長을 보였다. St-20은 Tyrosine agar, Nutrient agar, Peptone-yeast extract iron agar 및 Glycerol asparagine agar에서 貧弱한 生長을 보였지만 Yeast-malt agar를 包含한 그의 培地에서는 良好한 生長을 보였다.

生理的 特性: Melanin 色素 生成: 供試菌株 St-11은 Tyrosine agar 배지에서는 멜라닌색소를 生成하지 않았으나 Peptone-yeast extract iron agar, 배

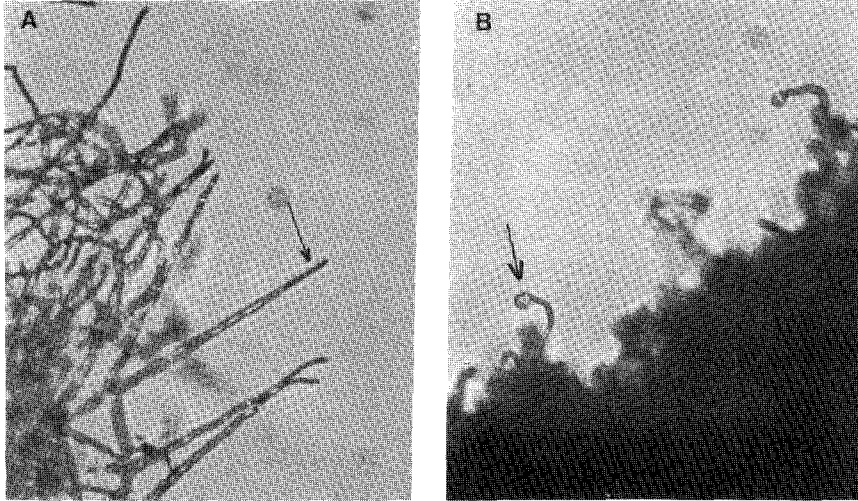


Fig. 1. *Rectus flexibilis* spore chain of St-11 isolate(A) and *rectinaculumapertum* of St-20 isolate(B) cultured on oatmeal agar medium after 14 days incubation at 28°C.(×400)

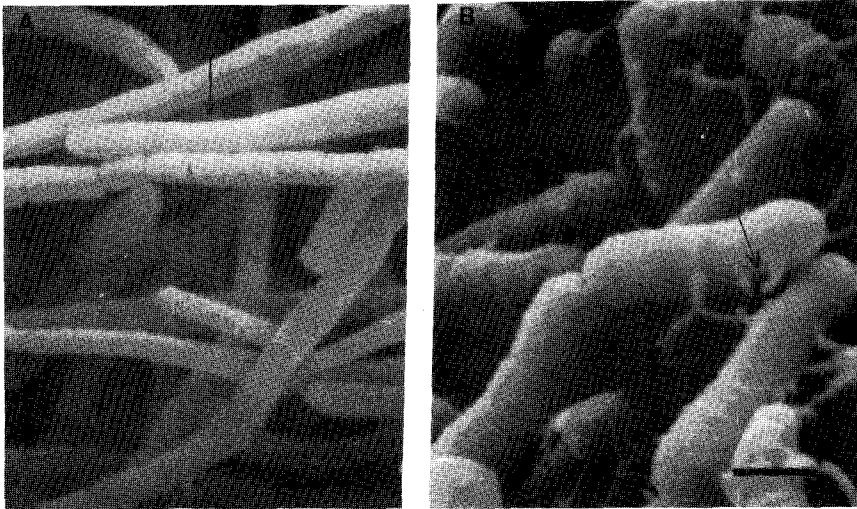


Fig. 2. Smooth form of electron micrograph of the St-11(A) and spiny form of the St-20(B) on oatmeal agar medium after 14 days' incubation at 28°C. Bar=1.9 μ m(A) and 0.5 μ m(B)

지와 Tryptone-yeast extract broth 에서는 생성하였다. 供試菌株 St-20 은 모든 멜라닌色素生成培地에서 멜라닌色素를 생성하지 않았다(Table 3). 炭素源 利用에 대한 實驗結果는 供試菌株 St-11은 I-inositol, Raffinose, Mannitol, L-rhamnose, Sucrose, Melibiose 등에서는 利用하지 않았으나 그의 炭素源에서는 利用하였다. 供試菌株 St-20은 Cellulose, Salicin, I-inositol 및 L-rhamnose는 利用하지 않았으나 L-arabinose, D-xylose 등은 利用하였다.

炭素化合物 利用이 Type species와 差異가 있는 경우는 各培地에서의 特性, 菌體의 색깔, 孢子사슬의 形態, Soluble pigment 生成 등의 記載를 參考하여 同定하였다(Table 4).

澱粉 分解에 대한 實驗 結果는 供試培地 Inorganic salts starch agar에서 生育한 供試 菌株 중 St-11은 Negative(-)인 反面 St-20은 Positive(+)로 나타났다(Table 4). Gelatin 液化에 대한 結果는 供試培地 Glucose-peptone gelatin agar에서 供試 二 菌株 St-

Table 2. Cultural characteristics of St-11 and St-20 isolates

Medium ^a	Isolate		Medium ^a	Isolate	
	St-11	St-20		St-11	St-20
Oatmeal agar (I.S.P No 3)	G ^b good	good	Nutrient agar	G good	poor
	A abundant	abundant		A abundant	poor
	grayish	brownish gray		grayish	none
	R yellow	grayish		R grayish	none
	O none	none		O none	none
Inorganic salt- starch agar (I.S.P No 4)	G good	moderate	Glucose peptone agar	G good	good
	A abundant	abundant		A abundant	abundant
	grayish	brownish gray		yellow brown	yellow brown
	R grayish	grayish		R yellow brown	grayish
	O none	none		O none	none
Glycerol aspara- gine agar (I.S.P No 5)	G poor	poor	Glucose- asparagine agar	G poor	good
	A abundant	abundant		A abundant	abundant
	white gray	brownish-gray		grayish	brownish white
	R yellow brown	yellow brown		R white gray	yellow brown
	O none	none		O none	none
Tyrosine agar (I.S.P No 7)	G good	poor	Peptone-yeast extract iron agar (I.S.P No 6)	G good	poor
	A abundant	abundant		A poor	abundant
	brown white	brownish-gray		brown white	brownish white
	R yellow brown	yellow brown		R yellowish brown	yellow brown
	O none	none		O none	none
Yeast-malt extract agar (I.S.P No 2)	G good	good			
	A abundant	abundant			
	grayish	yellow brown			
	R grayish yellow	grayish			
	O none	none			

^aMedium employed by International Streptomyces Project

^bG, Growth; A, Aerial mycelium; R, Reverse side of colony; O, Other pigment

Table 3. Formation of melanoid pigments of St-11 and St-20 isolates.

Medium	Antagonistic strains	
	St-11	St-20
Peptone-yeast extract iron agar (I. S. P. No.6)	+	-
Tyrosine agar (I. S. P. No.7)	-	-
Tryptone-yeast extract broth (I. S. P. No.1)	+	-

Each strain was treated by 2 replications in order to test the formation of melanoid pigments. +: Positive; -: Negative

11과 St-20 모두 Gelatin 液化能은 없었다(Table 5). 그리고 4가지의 供試培地에서 각 범위별 生育 溫度를 調査한 結果 供試 二 菌株 St-11과 St-20은 모두 11-38의 生育溫度範圍를 보였다.

供試菌株인 St-11의 成熟한 菌體色은 灰色系統(H 7103)이었고 孢子사슬(Spore chain)은 꾸불꾸불한 모양(Rectus-flexibilis)이며 孢子數는 10-50 以上の 孢子를 가진 매우 긴 形態였다. 孢子模樣은 Cylindrical 形이고 表面은 매끄러운 모양(Smooth form) 이었다. 따라서 본 균주는 그 특성이 分類基準表와 (Shirling 등, 1968) 一致하므로 *S. bikiniensis*로 同定하였다. 그리고 供試菌 St-11은 surcose, d-mani-

Table 4. The utilization of carbon sources by the *Streptomyces* isolates, St-11 and St-20

Carbon	Antagonistic strains ^a	
	St-11	St-20
D-glucose	+	+
D-fructose	+	+
L-arabinose	+	+
Cellulose	±	-
D-xylose	+	+
Salicin	+	-
I-inositol	-	-
Raffinose	-	-
Mannitol	-	±
L-rhamnose	-	-
Sucrose	-	+
Melibiose	-	±
No carbon control	-	-

^aEach strain was treated by 2 replications in order to test the utilization of carbon sources. +: Positive; -: Negative

Table 5. Physiological characteristics of the *Streptomyces* isolates, St-11 and St-20

Item	Antagonistic strain	
	St-11	St-20
Hydrolysis of starch	-	+
Liquefaction of gelatin	-	-
Formation of melanoid pigment	+	-
Temperature range of growth	11-38°C	11-38°C

+: Positive - : Negative

tol, ramnose와 raffinose에서 차이가 있었고 St-20은 d-manitol과 salisine에서 상이한데 이는 실제로 경우에 따라 양성반응 또는 음성반응도 나타낼수도 있다는 보고(Shirling과 Gottlieb, 1968)가 있으므로 좀더 세밀한 관찰이 요구된다.

供試菌株인 St-20은 成熟한 菌體色은 灰色系統이며 菌體底面은 灰色系統 및 연분홍색이었다. 孢子사슬(Spore chain)은 고리모양(Rectinaculum-aper-tum)이며 孢子表面은 바늘모양(Spiny form)이었으나 매끄러운 모양(Smooth form)도 가끔 나타났다. Glycerol asparagine agar 및 Inorganic salts-starch agar에서는 貧弱한 生長을 보이고 그의 培地에서는

良好한 生長을 보였다. Tryptone-yeast extract broth와 Peptone-yeast extract iron agar, Tyrosine agar에서는 Melanin 色素를 生成하지 않았다. 澱粉의 分解能은 있었고 Gelatin 液化能은 없었다. 炭素源 利用은 I-inositol Raffinose L-rhamnose는 利用하지 않았으며, 그의 炭素源 利用은 良好하였다. Mannitol, Salicin은 Type species와 差異를 보였으나 경우에 따라서는 상반된 반응을 보일수도 있으므로(Shirling과 Gottlieb, 1969) 좀더 세밀한 검토가 요망된다. 結果적으로 分離菌 St-20은 分類基準의 *S. echinoruber*와 一致하므로 그와 同一種으로 判別하였다.

人蔘圃에서 分離한 *Streptomyces* spp.는 chitinase를 생산하며 *F. solani*의 세포벽을 분해했음을 보고하였는데(鄭 등, 1982) 본 研究에서 分類同定한 *Streptomyces* isolates St-11과 St-20도 그 길항력이 chitinase에 의한 것인지 아니면 항생물질에 의하여 길항효과를 나타낸 것인지는 앞으로 더욱 研究, 究明하여야 할 것이다.

摘 要

참깨 疫病 및 시들음병에 拮抗效果가 優秀한 2菌株에 대하여 形態的, 培養的 및 生理的 特徵에 근거하여 동정하였다. 形態的특징으로서 孢子사슬모양이 供試菌 St-11은 꾸불꾸불한 모양(Rectus-flexibilis)인 反面 分離菌株 St-20은 고리모양(Rectinaculum-apertum)이었다. 孢子的 細胞壁表面의 모양은 St-11이 매끄러운 모양(Smooth form)이었으나 St-20은 바늘모양(Spiny form)이었다. 培養的 特徵으로서 氣中 菌絲體의 색깔은 뒷면과 함께 모두 灰色系統 이었으며 대체로 供試培地에서 菌의 生長은 良好하였다. Soluble pigment는 供試菌株 St-11과 St-20 모두에서 形成되지 않았다. 供試菌 St-11은 澱粉의 分解能과 Gelatin 液化能은 음성 반응을 보인 반면 St-20은 澱粉의 分解能은 양성반응, Gelatin 液化能은 음성이었다. 이상의 여러 시험결과에 따라 공식균주 St-11은 *Streptomyces bikiniensis*로 St-20은 *Streptomyces echinoruber*로 동정하였다.

謝 辭

이 연구는 1991년도 학술진흥재단연구비 지원에

의해 수행된 일부임. 본 연구수행에 협조와 도움을 준 대학원생 유경렬군과 정종일군에게 감사를 드리는 바이다.

参考文献

- Broadbent, P., Baker, K. F., and Waterworth, Y. 1971. Bacteria and actinomycetes antagonistic to fungal root pathogens in Australian soil. *Aust. J. Biol. Sci.* **24**: 925-944.
- Butler, E. J. 1926. The wilt disease of cotton and sesamum in India. *Agric. J. India* **21**: 268.
- Cho, S. H., Ahn, C. S. & Kwon, Y. M. 1977. The isolation and identification of some *Streptomyces*. *Kor. Jour. Microbiol.* **15**(4): 170-175.
- Chung, Y. R., H. S. Chung, and S. H. Ohh. 1982. Identification of *Streptomyces* species antagonistic to *Fusarium solani* causing ginseng root. *Korean J. Microbiol.*, **20**: 73-79.
- Goodfellow, M. S. T. Williams and G. Alderson, 1986. Transfer of *Chainia* species to the genus *Streptomyces* with amended description of species. *Syst. Appl. Microbiol.* **8**: 55-60.
- Goodfellow, M. and K. E. Simpson, 1987. Ecology of *Streptomyces*, *Front. Appl. Microbiol.* **2**: 97-125.
- Gottlieb, D. 1961. An evaluation of criteria and procedures used in the description and characterization of *Streptomyces*, A cooperative study. *Appl. Microbiol.* **9**: 55-65.
- Hartley, C. 1921. Damping-off in forest nurseries. *U. S. Agric. Bull.* **934**: 1-99.
- 김찬홍. 1986. Damping-off *sesamum indicum* L. M.S. Thesis. Seoul Nat. Univ.
- Kim, H. K., Kim, J. W., Choi, E. C., and Kim, C. C. 1985. Studies on antibiotic producers of Korean soil microbes(IV). Isolation and antibiotic activity of *Streptomyces* strain DMC-42. *Kor. J. Mycol.* **13**(2): 89-97.
- Kim, J. C., Kim, J. H., Kim, H. W., Lee, C. O., Choi, E. C., and Kim, B. K. 1984. Studies on antibiotic producers of Korean soil microbes(III). Isolation and Antibiotic activity of *Streptomyces* DMC-94. Seoul University. *Pharmaceutical Sciences* **9**: 20.
- Lee, D. Y., Kim, S. W. and Ko, K. 1981. Studies on the development of antibiotics in Korea(I). The distribution of antibiotic-producing *Streptomyces* in the western area of Korea. *Kor. J. Mycol.* **9**(2): 103-108.
- Lloyd, A. B., R. L. Noveroske, and J. L. Lockwood. 1965. Lysis of fungal mycelium by *Streptomyces* sp. and their chitinase systems, *Phytopathology* **55**: 871-875.
- Nomura, H. 1974. Key for classification and identification of 458 species of the *Streptomyces* included in I.S.P. *J. Ferment, Technol.* **52**: 78-92.
- Pridham, T. G. 1965. Color and *Streptomyces*, Report of an international work-shop on determination of color of *Streptomyces*, *Appl. Microbiol.* **13**: 43-61.
- Pridham, T. G. and D. Gottlieb. 1948. The utilization of carbon compounds by some Actinomycetales as an aid for species determination, *J. Bacteriol.* **56**: 107-114.
- Rangaswami, G. and Vidiyasekaran, P. 1963. Antibiotic production by *Streptomyces* sp. in corn rhizosphere, *Phytopathology*, **53**: 995-997.
- Ridgway, R. 1912. Color standards and color nomenclature. Washington. D. C.
- Shirling, E. B. and D. Gottlieb. 1969. Cooperative description of type cultures of *Streptomyces*, IV, species descriptions from the second, third and fourth studies, *Int. J. Syst. Bacteriol* **19**: 391-512.
- Shirlings, E. B. and Gottlieb, D. 1966. Methods for characterization of *Streptomyces* species. *J. Syst. Bacteriol.* **16**(3): 313-340.
- Tresner, H. D., Davis, D. C. and Backus, E. J., 1949. Electron microscopy of *Streptomyces* spore morphology and its role in species determination. *J. Bacteriol.* **81**: 70-80.
- Waksman, S. A. 1919. Cautural studies of species of Actinomycetes, *Soil. Sci.* **8**: 71-215.
- Williams and Wilkins, 1974. *Bergey's manual determinative bacteriology*, 8th ed pp. 747-829.
- Williams, S. T., Sharpe, M. E. and Holt, J. G. 1989. *Bergey's manual of systemic bacteriology*. Vol. 4, 2451-2507. PP.
- Williams, S. T. 1970. Further investigations of actinomycetes by scanning electron microscopy: *J. Gen. Microbiol.* **62**: 61-73.
- Yu, C. B. 1986. Antibiotic substance against *Bacillus huringiensis* from thermophilic *Streptomyces* sp. Ts 20-1. *Journal of Industrial Technology.* **5**: 69-73.
- 정봉구, 이지영. 1972. 참깨 주요병해 방제에 관한 시험. 농기연시연보: 74-78.
- 조의규, 허노열, 최성호. 1981. 참깨 병해의 발생생태와 방제에 관한 시험. 농기연 시험연구보고서: 352-359.