

온실재배 토마토에서 발생하는 위조병의 미생물학적 제어

조정일 · 조자용*

Biological Control of Fusarium Wilt of Tomato Plants by Antagonistic Microorganism in Greenhouse

Cho, Jung-Il · Cho, Ja-Yong*

〈 목 차 〉

ABSTRACT

I. 緒 言

II. 材料 및 方法

III. 結果 및 考察

IV. 摘 要

參考文獻

ABSTRACT

This study was conducted to screen the antagonistic bacteria which inhibit the growth of plant pathogen, fusarium wilt (*Fusarium oxysporum*) occurred in tomato plants in greenhouse. We isolated an effective bacterial strains and investigated into the antifungal activity of the antagonistic microorganism and it's identification. Ten bacterial strains which strongly inhibited *Fusarium oxysporum* were isolated from the nature, and the best antagonistic bacterial strain designated as KC175, was selected. The antagonistic strain KC175 was identified to be the genus *Bacillus* sp. based on the morphological and

* 조선이공대학 식생활학부, 남도대학 원예산업과

biochemical characterization. The *Bacillus* sp. KC175 showed 58.2% of antifungal activity against the growth of *Fusarium oxysporum*. By the bacterialization of the culture broth and the heat bacterialization culture filtrate of it, *Bacillus* sp. KC175 showed 91% and 18% of antifungal activity, respectively.

Key Words : tomato, fusarium wilt, *Fusarium oxysporum*,
antagonistic microorganism, *Bacillus* sp. KC175

I. 緒 言

최근, 환경부하가 적은 농업개발이라는 측면에서 저농약을 통한 고품질 농산물의 생산, 다양한 유기물질 농업부산물의 이용, 길항성 유용미생물과 천적을 이용한 생물학적 방제 및 식물생장촉진 근권미생물을 통한 양수분 이용의 효율화 등에 관한 기술개발이 활발하게 진행되고 있으며, 이러한 생물비료 및 생물농약 등을 활용한 환경친화적 농업 개발로 안전성이 높고 품질이 높은 농산물의 생산이 더욱더 절실하다.

이러한 측면에서 유용미생물의 원예분야로의 적극적인 도입이 요구되고 있다. 지금까지 농업분야에서 유용미생물의 이용을 보면 길항성 미생물을 이용한 살균 및 살충성 생물농약으로 화학약제의 사용을 줄이거나 대체하는 것, 발효미생물의 균총을 음식물 쓰레기, 축산 폐기물 및 농업부산물 등에 처리하여 퇴비화를 촉진하는 측면 등에서 주로 연구가 진행되어 왔다(Aguilar와 Barea, 1997 ; 김, 1992 ; 공, 1996 ; Whitelaw 등, 1997).

유용미생물을 활용한 생물농약의 개발은 원예작물에 병해충을 유발하는 병원성 사상균과 곤충 등에 대하여 병원성이나 독성을 갖는 세균, 사상균, 바이러스, 원생동물 및 선충 등을 이용하는 것이다(Baker와 Scher, 1986). 생물농약의 항균작용은 항생성 화합물의 생산 및 근권에서 병원균과의 경쟁작용 등에 의해 병원균의 발생을 억제한다고 알려져 있다(Howell과 Stipanovic, 1979 ; Scher와 Baker, 1980 ; Zehnder 등, 1997).

우리나라의 경우 채소류의 토양재배시 연작장해와 *Pythium* sp.에 의한 입고병, *Phytophthora* sp.에 의한 역병, *Fusarium* sp.에 의한 위조병 및 *Rhizoctonia* sp.에 의한 묘잘록병 등의 뿌리전염성 병원균으로 인한 작물 피해가 커서 그에 대한 환경친화적 방제대책(Orlikowski, 1987 ; Whipps, 1997)이 절실한 상황이다.

그 중에서 토마토 시설재배에서 *Fusarium* 균의 특성과 생활환을 보면, *Fusarium* 균은 후막세포로 생존하면서 전염하며, 환경이 병해발생에 양호해지면 후막세포를 받아하여 토

마토 뿌리에 침입한다(van Peer 등, 1988). 균사는 도관을 경유하여 성장하며 분생포자를 형성한다. 환경이 불량해지면 균사와 분생포자에서 후막세포를 형성하여 장기간 생존한다(이 등, 1994). *Fusarium* 균이 뿌리를 통해 작물체내로 들어가면 발병은 뿌리뿐만 아니라 줄기와 잎 등에서도 발생한다(Prices와 Nolan, 1984). 지상의 발병부위에 형성된 병원균은 포자를 형성하여 2차 감염을 유기하므로 발병지의 철저한 제거 등이 필요하지만 철저한 방제가 어려운 실정이다(Prices와 Nolan, 1984 ; Simeoni 등, 1987).

그러므로 본 연구에서는 시설원예의 다수를 점유하고 있는 토마토 재배지에서 발생하는 위조병원균에 대하여 미생물학적 제어 기능이 우수한 항균성 미생물을 분리하여 등정함으로서 생물농약을 활용한 환경친화적 농업개발의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

II. 材料 및 方法

1. 위조병원균의 분리 및 병원성 검정

토마토의 시설재배시 위조병 증상을 나타내는 병반을 수집하여 병환부에서 병원균 포자를 분리하여 공시하였다. 토마토의 병반으로부터 위조병원균을 분리하기 위하여 전남지방의 주요 시설원예단지를 현지 답사하면서 병징 및 표징별로 병반을 채집하여 병원균을 분리하였다.

또한, 농촌진흥청 농업과학기술원(NAIST; National Agricultural Science and Technology Institute) 및 원예연구소(HI; Horticultural Crop Institute of Research and Development)로부터 위조병원균을 분양 받아 본 실험실에서 분리한 병원균과 비교 검토하였다.

병원균을 분리하기 위하여 채집된 병반을 20℃, 상대습도 90% 이상의 항온 항습실에서 3일간 습실 처리한 후 이병조직을 70% ethanol 및 5% sodium hypochlorite(NaOCl)로서 표면살균하고 병원균 선택용 배지 [potato dextrose agar (PDA) medium + streptomycin 200 µl/ml, pH 3.0]에 병반조직을 올려놓고 25℃ 항온배양기에서 2~3일간 배양하여 균총(colony)을 형성시켜 병원균을 분리하였다(Fig. 1 참조).

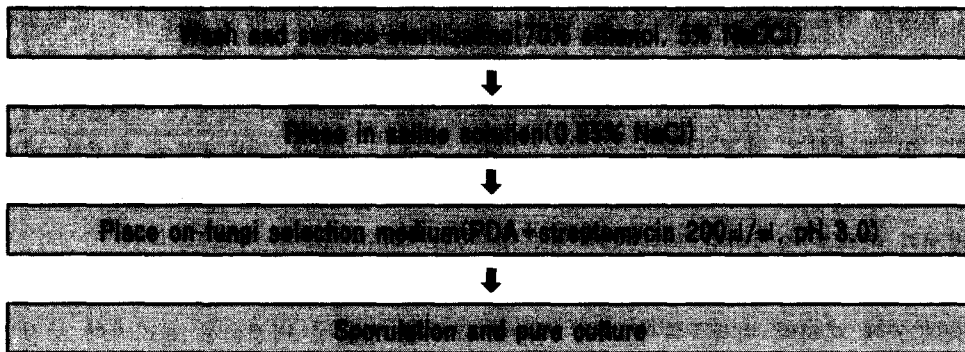


Fig.1. Isolation of *Fusarium oxysporum* from tomato plants.

2. 자연계로부터 유효미생물 분리

시설원예지 근권으로부터 미생물을 분리하기 위하여 살균수로 조제한 회석액을 회석평판법에 의해 plate count agar(PCA) 배지에 도말하고, 25℃에서 48시간 배양한 후 나타난 colony를 현미경하에서 검경하여 미생물을 분리하였다. 또한, 토양으로부터 미생물 분리를 위하여 지표로부터 5~20cm의 토양을 채취하고 회석평판법 및 토양평판법을 이용하여 단일 균주를 분리하였다. 길항미생물 분리방법은 채취한 시료를 tris-HCl buffer solution(pH 7.5) 100ml에 넣고 진탕배양을 10분 정도 실시한 후 배지내에 들어있는 미생물을 생리식염수(0.85%, NaCl)로 회석하여 영양한천배지[nutrient agar(NA) plate]에 회석하고 농도 별로 도말하였다. NA plates는 30℃ 항온배양기(incubator SW-901)에서 24~36시간 정도 배양한 후 균주를 분리하여 사면배지에 보관하였다. 분리된 미생물은 영양한천배지에 접종하여 배양하고 단일 colony를 형성시켜 병원균과의 길항력 실험에 사용하였다.

3. 병원균과 길항균의 대치배양과 길항균 선발

길항력 실험은 병원성 사상균의 생육에 좋은 PDA 배지를 이용하였고, 배양기내의 배양 온도 역시 25℃ 정도로 곰팡이의 생장에 양호한 온도로 배양하여 병원성 사상균의 생육에 적합한 환경조건에서 병원균에 대한 길항력이 우수한 세균성 균주를 분리하였다.

길항균 선발방법은 PDA 배지에 곰팡이 접종 후 4일간 배양하여 길항균 24종을 접종하고 7일 정도 배양시켜 길항력을 관찰하였다. PDA plate 1장에 1 곰팡이를 접종하고 길항균 4종류를 찍어 실험한 후 7일 정도 배양하여 저지대(inhibition zone)를 형성하는 균주를 길항균으로 선발하였다. 성장저지율은 PDA 평판배지에서 병원균과 7일간 대치배양하

면서 병원균 균총(colony)의 직경을 측정하여 무처리구와 비교하여 백분율로 나타내었다.

4. 길항미생물 동정

길항미생물의 동정은 위조병원균에 대하여 길항력이 우수한 KC175를 동정하기 위하여, Bergey's manual of systematic bacteriology, Microbiological method, The Pro-caryotes 등의 방법에 의하여 미생물의 형태적 성질, 배양적 특성 및 생리 생화학적 성질 등을 검토하였다(Krieg와 Holt, 1984).

5. 배양액 한천배지에 위조병원균 접종에 의한 위조병원균 억제 효과

SD+B+P배지에 3일간 배양한 길항균 배양액을 10,000rpm에서 8min 동안 원심분리하여 cell을 제거한 후 열처리한 방법으로 조제한 배지는 배양액에 맞는 PDA와 혼합하여 121°C에서 15분간 멸균하였고, filter 처리하여 조제한 배지는 전체 배양액에 맞는 PDA(4배 농축)와 1/4의 배양상정액을 멸균한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과한 3/4의 배양상정액을 혼합하여 조제하였다. 조제된 배양액 배지를 plate에 부어 굳힌 다음 곰팡이를 접종하여 25°C incubator 안에서 7일간 배양시켜 실험한 결과를 PDA에 접종한 대조구와 비교하여 관찰하였다.

6. 위조병원균 접종 후 길항균 배양액 살포에 의한 위조병원균의 억제 효과

길항균을 살포하였을 경우 위조병원균에 대한 길항력을 검토하기 위하여 길항균은 SD+B+P배지에서 3일간 배양하여 배양액을 10,000rpm에서 8min 동안 원심분리하여 cell을 제거한 후, 열처리 방법으로 한 배양상정액은 121°C, 1.2기압에서 15분간 멸균하였고, filter 처리 방법으로 한 배양상정액은 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 곰팡이 접종 후 8시간 정도 배양하여 1ml 씩 살포하였다. 배양상정액이 살포된 곰팡이를 7일간 25°C incubator 안에서 배양시켜 실험한 결과를 무처리한 대조구와 비교하여 관찰하였다.

7. 열처리한 길항균 배양액의 위조병원균의 억제효과

SD+B+P배지에서 3일간 배양한 길항균 배양액을 10,000rpm에서 8min 동안 원심분리

하여 cell을 제거한 후 열처리한 방법으로 조제한 배지는 배양액에 맞는 PDA와 혼합하여 121℃에서 15분간 멸균하였고, filter 처리하여 조제한 배지는 전체 배양액에 맞는 PDA(4배 농축)와 1/4의 배양상징액을 멸균한 후 0.45µm membrane filter로 여과한 3/4의 배양상징액을 혼합하여 조제하였다. 조제된 배양액 배지를 plate에 부어 굳힌 다음 곰팡이를 접종하여 25℃ incubator 안에서 7일간 배양시켜 실험한 결과를 PDA에 접종한 대조구와 비교하여 관찰하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

1. 자연계로부터 미생물의 분리

토마토의 온실재배에서 발생하는 위조병원균에 대하여 항균작용을 갖는 유효 길항미생물을 분리하기 위하여 전남지역을 중심으로 전국 각지에서 수집된 시료를 실험방법에서와 같이 처리하여 단일균주를 3,200여종 분리하였다. 분리된 미생물은 영양한천배지에 접종하여 colony를 형성시킨 후 냉장 보관하면서 병원균과의 길항력 실험에 사용하였다.

2. 위조병원균 분리 및 수집

전남지방의 토마토 시설원에 재배지인 나주, 담양 및 광주 등을 현지 답사하면서 병징 및 표징별로 병반을 채집하여 토마토의 위조병을 발병시키는 위조병원균 *Fusarium oxysporum*을 분리하였다. 또한, 분리한 병원성 곰팡이는 토마토에서 위조병의 전형적인 병증을 보여 본 실험의 공시균으로 하였다.

3. 위조병원균에 대한 길항미생물의 선발

나주, 담양 및 광주 등의 토마토 시설원에 재배지를 중심으로 토양에서 분리한 미생물 3,200여종 가운데 토마토 위조병원균에 대한 길항미생물을 선발한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 길항균 KC175의 길항력이 가장 우수한 것으로 나타났으며, KC161, KC174, KC199, KC163, KC182, KC196 및 KC180 등의 순서로 길항력이 우수한 것으로 보여주었다.

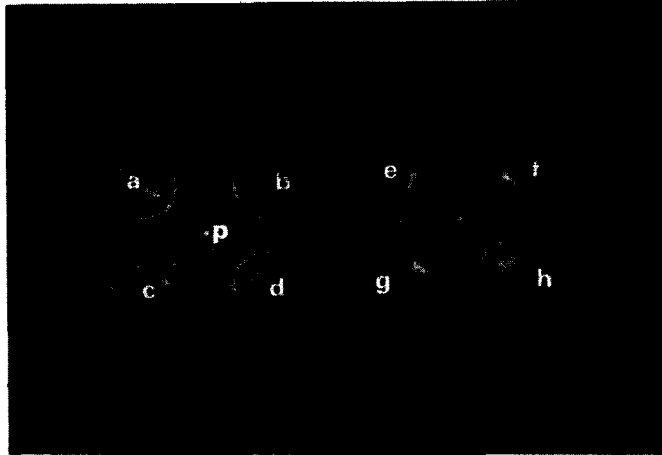


Fig. 2. Inhibition effects of antifungal bacterial strains against fusarium wilt, *Fusarium oxysporum* occurred in tomato plants on potato dextrose agar(PDA) plate for 7 days at 28°C(a : KC163, b : KC161, c : KC175, d : KC174, e : KC180, f : KC182, g : KC196, h : KC199, p : *Fusarium oxysporum*).

Table 1. Inhibition zone*(%) of the each antagonistic microorganism against fusarium wilt, *Fusarium oxysporum* occurred in tomato plants on PDA media for 7 days at 28°C in greenhouse condition.

Isolated bacterial strain	Pathogen <i>Fusarium oxysporum</i>	Isolated bacterial strain	Pathogen <i>Fusarium oxysporum</i>
KC161	52.3	KC180	43.0
KC163	45.1	KC182	45.0
KC175	57.0	KC196	43.1
KC174	52.0	KC199	45.4

$$\text{Zone of inhibition}^*(\%) = \frac{NT - T}{NT} \times 100$$

NT, colony diameter of no treatment(mm) : T, colony diameter of treatment(mm)

Table 1에서 보는 바와 같이 KC175는 토마토 위조병원균에 대한 억제율이 57.0%로 가장 우수한 항균성 미생물인 것으로 나타났으며, 그 다음으로 KC161(52.3%), KC174(52.0%), KC199(45.4%), KC163(45.1%), KC182(45.0%), KC196(43.1%) 및 KC180(43.0%) 등의 순서로 길항력이 좋았다. 본 연구에서 분리한 길항미생물은 다른 토양전염성 병원균이나 그 이외의 다른 식물병원균에도 길항력이 있을 것으로 생각된다. 따라서, 향후 본 연구에서 분리한 길항미생물인 KC175에서 분비되는 항균성 물질과 2차대사산물을 분리 정제하여 길항물질의 본체를 구명하는 연구가 필요하다고 생각된다.

4. 길항균 동정

온실재배 토마토에서 발생하는 위조병원균에 대해서 길항력이 우수한 균주인 KC175를 동정하기 위하여 미생물의 형태적인 특성, 배양적 특성 및 생리생화학적 성질 등을 검토한 결과는 Table 2·3과 같으며, 이러한 결과를 기초로 활용하여 길항미생물의 동정을 실시한 결과 *Bacillus* sp.로 동정되었다.

Table 2. Morphological and biochemical characteristics of antifungal bacteria KC175.

Characteristics	Reference	KC175
Cell diameter > 1.0 μ m	- ²	-
Spores round	-	-
Endospore	+	+
Gram stain	+	+
Form	rod	rod
Sporangium swollen	-	d(+/-)
Parasporal crystals	-	-
Catalase	+	+
Voges-Proskauer test	+	+
pH in V-P broth		
< 6	d(+/-)	d(+/-)
> 7	-	-
Acids from		
D-Glucose	+	+
L-Arabinose	+	-
D-Xylose	+	+
D-Mannitol	+	+
Gas from glucose	-	-
Hydrolysis of		
Casein	+	+
Gelatin	+	-
Starch	+	+

² -, 90% or more are negative ; +, 90% or more are positive ; d, 11~89% are positive

Bacillus sp. KC175는 약간의 운동성을 갖는 호기성 및 혐기성 단간균(직경 > 1.0 μ m)으로 4 $^{\circ}$ C와 42 $^{\circ}$ C에서 생육하지 않고 포자를 형성하는 Gram 양성균으로서 젤라틴 액화능은 음성이나 starch 분해능은 있었고, catalase가 양성, citrate는 양성, nitrate reduction은 양성, indole 검사는 음성이었다. Methyl red 반응은 음성, VP 반응은 약하게 나타났으며, H₂S 형성은 K/A이었고, 당 분해능은 포도당, xylose는 양성이나 mannitol arabinose는

음성으로 나타났다. 본 연구에서 분리한 균주와 비교 균주인 *Bacillus subtilis*를 비교 검토한 결과 형태학적, 생리적 및 생화학적 특성이 거의 동일한 것으로 보였다. 이러한 결과를 토대로 Bergey's manual of systematic bacteriology, Microbiological method 등에 기술된 분류 기준에 따라 KC175 균주는 *Bacillus* sp. 균주 또는 *Bacillus subtilis* 유연균으로 추정되었다(Krieg와 Holt, 1984).

Table 3. Morphological and biochemical characteristics of antifungal bacteria KC175.

Characteristics	Strain	<i>Bacillus subtilis</i>	KC175
Utilization of	Citrate	+	+
	Propionate	-	-
Degradation of tyrosine		-	-
Deamination of phenylalanine		-	+
Egg-yolk lecithinase		-	-
Formation of	Indole	-	-
	Dihydroxyacetone	ND	+
NaCl and KCl required		-	-
Allantoin or urate required		-	-
Growth at pH	6.8, nutrient broth	+	+
	5.7	+	+
Growth in NaCl	2%	+	+
	5%	+	+
	7%	+	+
	10%	ND	-
Growth at	5°C	-	-
	10°C	d	d
	30°C	+	+
	40°C	+	+
	50°C	d	d
	55°C	-	-
65°C	-	-	
Growth with lysozyme present		d	d

² -, 90% or more are negative ; +, 90% or more are positive ; d, 11~89% are positive ; ND, no data available

5. 길항균 살포에 의한 위조병원균의 생장억제 효과

SD+B+P배지에 3일간 배양한 길항균 *Bacillus* sp. KC175의 배양액을 원심분리하여 균체를 제거한 후 열처리한 방법으로 조제한 배지를 배양액에 맞는 PDA와 혼합하여 멸균 하였다. Filter 처리하여 조제한 배지는 전체 배양액에 맞는 PDA(4배 농축)와 1/4의 배양상징액을 멸균한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과한 3/4의 배양상징액을 혼합하여 조제한 후 조제한 배양액 배지를 plate에 부어 균한 다음 곰팡이를 접종하여 25 $^{\circ}$ C incubator 안에서 7일간 배양시켜 실험한 결과를 PDA에 접종한 대조구와 비교하여 관찰한 결과 토마토 위조병원균에 대한 생장 저지율이 현저한 것으로 나타났다(Fig. 3 참조).

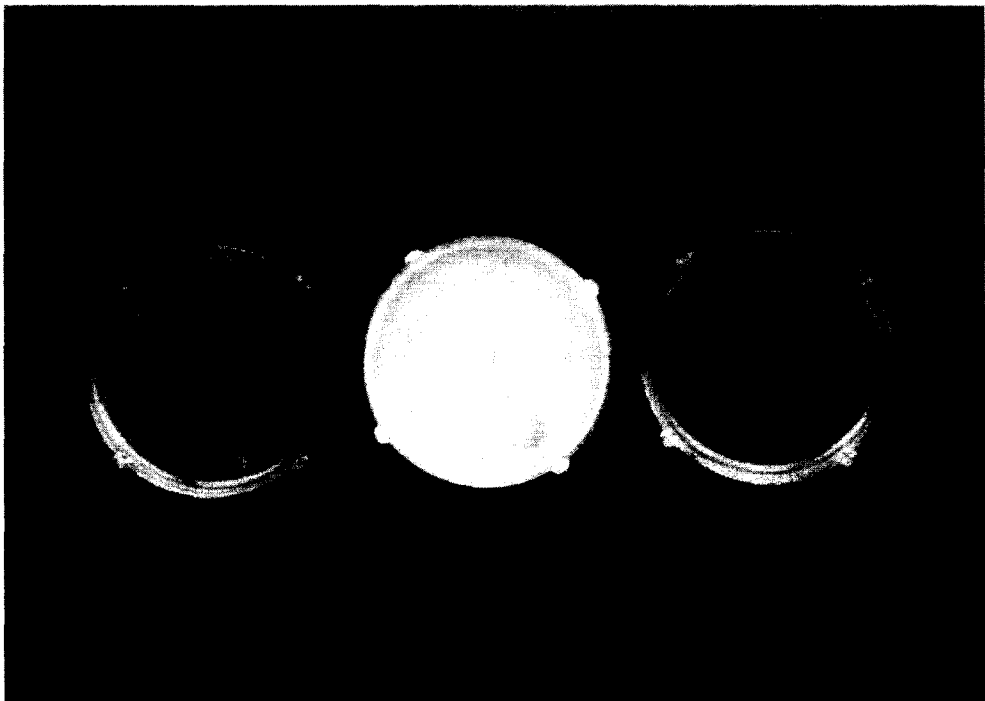


Fig. 3. Growth inhibition of *Fusarium oxysporum* by antagonistic bacteria. *Fusarium oxysporum* occurred in tomato plants in greenhouse condition were selected and grown on PDA at 24hrs and bacterialized by antagonistic bacterial strain, *Bacillus* sp. KC175. Antifungal strain cultural broth was filtered into 0.45 μ m membrane filter, and PDA medium plus 3/4 suspension solution was autoclaved and antagonistic experiments were conducted. [A : application of antifungal filtrate using 0.45 μ m membrane filter, B : control (*Fusarium oxysporum*), C : application of heat treated antifungal cultures]

또한, 곰팡이 접종후 배양액 살포에 의한 위조병원균의 억제효과는 Fig. 4와 같다. 길항균 *Bacillus* sp. KC175를 SD+B+P배지에서 3일간 배양하여 배양액을 원심분리하여 균체는 제거하고 열처리 방법으로 멸균하였다. 배양상징액은 filter로 여과하여 곰팡이 접종후 8시간 정도 배양하여 1ml 씩 살포하였으며, 열처리한 배양상징액이 살포된 곰팡이를 7일간 25℃ incubator 안에서 배양시켜 실험한 결과를 무처리한 대조구와 비교하여 관찰한 결과 대조구에 비하여 filter 처리한 시험구와 열처리 배양액 살포 처리구에서 현저하게 위조병원균의 성장억제작용이 있는 것으로 확인되었다.

위조병원균에 대한 성장억제작용의 정도는 filter 처리 배양액 살포 > 열처리 배양액 살포 > 대조구 등의 순이었다(Fig. 4 참조).

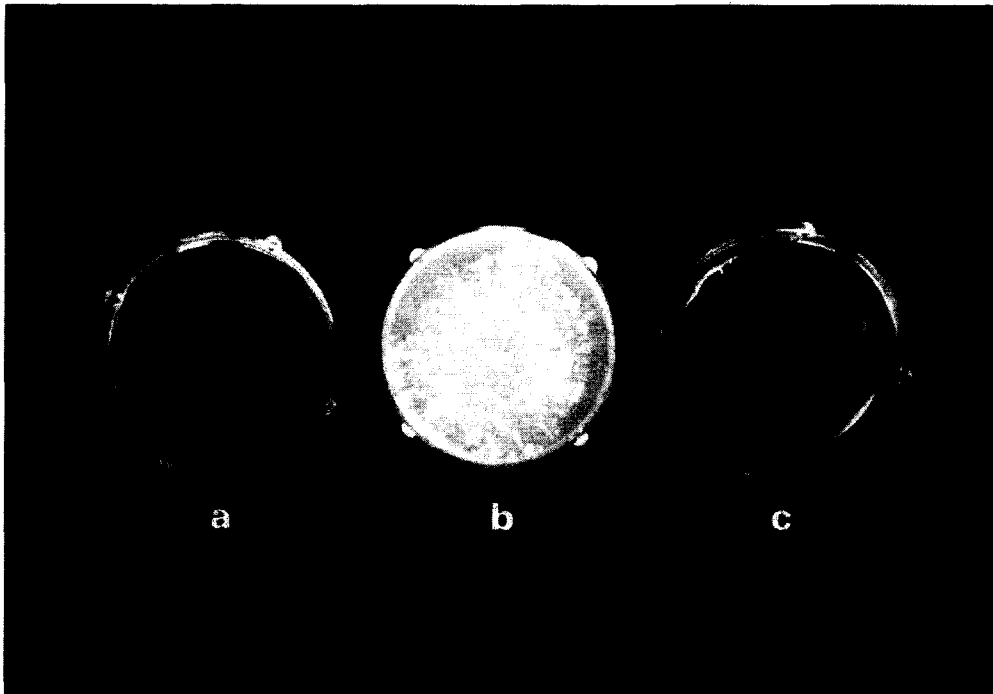


Fig. 4. Growth inhibition of *Fusarium oxysporum* by filtrate using 0.45 μ m membrane filter and autoclaved(121 $^{\circ}$ C, 15min) antifungal strain cultural broth on PDA at 24hrs. Antagonistic bacterial strain, *Bacillus* sp. KC175 was cultured in SD+B+P medium and filtered into 0.45 μ m membrane filter and autoclaved (121 $^{\circ}$ C, 15min). (A : application of antifungal filtrates using 0.45 μ m membrane filter, B : control (*Fusarium oxysporum*), C : application of heat treated antifungal cultures)

6. 열처리한 길항균 배양액의 위조병원균 생장억제효과

길항균 *Bacillus* sp. KC175의 길항물질이 내열성인지의 여부를 알아보기 위하여 길항균의 배양액을 열처리하여 길항력을 시험하였다. 먼저, 길항균 배양액의 열처리는 SD+B+P 배지에서 3일간 배양한 *Bacillus* sp. KC175의 배양액을 원심분리하여 균체는 제거하고 상정액을 열처리하였다. 조제된 배양액 배지를 plate에 부어 굳힌 다음 곰팡이를 접종하여 25℃ incubator 안에서 7일간 배양시켜 실험한 결과를 PDA에 접종한 대조구와 비교하여 관찰한 결과 약 17% 정도의 길항력을 보여주어 길항균이 분비하는 길항물질이 어느 정도 열에 안정함을 보여주었다(Fig. 5 참조).

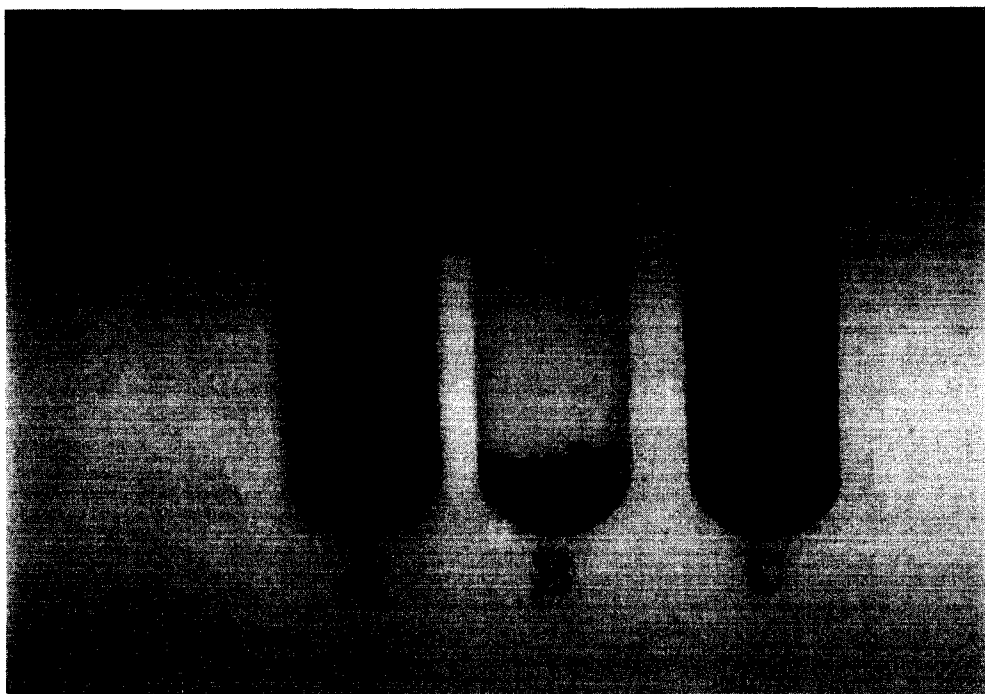


Fig. 5. Growth inhibition of *Fusarium oxysporum* by heat treated culture broth of antagonistic bacteria. *Fusarium oxysporum* occurred in tomato plants the greenhouse condition were selected and grown on PDA at 25℃ for 24hrs and treated by heat treated(121℃, 15min) culture broth of antagonistic bacterial strain, *Bacillus* sp. KC175.

IV. 摘 要

토마토의 시설재배시 발생하는 위조병원균에 대한 길항미생물을 찾기 위하여 자연계로부터 미생물을 분리하여 *Fusarium oxysporum*에 대한 길항력을 검정하고 길항미생물을 동정하였다. 자연계로부터 얻은 3,200여종의 미생물중에서 위조병원균에 대하여 길항력이 우수한 미생물을 1차적으로 10종 선발하였으며, 이 중에서 가장 길항력이 뛰어난 미생물로서 최종적으로 KC175를 선발하였다. 길항력이 우수한 KC175의 형태적 성질, 배양적 특성 및 생리 생화학적 성질 등을 조사하여 비교 검토한 바 *Bacillus* sp.와 유사한 균으로 동정되었다.

분리한 길항균 *Bacillus* sp. KC175는 위조병원균에 대한 57.0%의 높은 성장억제력을 보였으며, 한천배지에서 *Fusarium oxysporum* 접종 후 길항균처리와 열처리한 길항균 배양액을 처리하였을 때 각각 91%와 17%의 길항력을 보여주었다.

參 考 文 獻

1. Aguilar, C.A. and J.M. Barea. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture : significance and potentials. *Scientia Horticulturae* 68 : 1-24.
2. Baker, R. and F.M. Scher. 1986. Enhancing the activity of biological control agents. In *Innovative Approaches to Plant Disease Control* (I. Chet, Ed.). Wiley New York. pp.1~18.
3. Howell, C.R. and R.D. Stipanovic. 1979. Control of *Rhizoctonia solani* in cotton seedlings with *Pseudomonas fluorescens* and with antibiotic produced by the bacterium. *Phytopathology* 69 : 480-482.
4. 김태우. 1992. 혐기성 광합성 세균의 bio fertilizer로서의 이용. 경북대학교 농화학과 석사학위논문.
5. 공혜숙. 1996. 계분, 톱밥 및 왕겨사용이 토양미생물 활동상에 미치는 영향. 건국대학교 농학박사학위논문.
6. Krieg, N.R. and J.G. Holt. 1984. *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Williams and Wilkins, Baltmor. pp.215~232.
7. 이충식, 박은우, 이충일. 1994. 토마토 암면양액재배시스템에서 발생한 *Fusarium* 근두 썩음병(가칭). *한국식물병리학회지* 19(1) : 64-67.

8. Orlikowski, L. 1987. Biological control of fusarium wilt of carnation. *Acta Hort.* 216 : 101-104.
9. Prices, T.V. and P.D. Nolan. 1984. Incidence and distribution of *Pythium*, *Phytophthora* and *Fusarium* spp. in recirculating nutrient film hydroponic systems. *ISOSC Proc.* pp.523~531.
10. Scher, F.M. and R. Baker. 1980. Mechanism of biological control in a *Fusarium* suppressive soil. *Phytopathology* 70 : 412-417.
11. Simeoni, L.A., W.L. Lindsay. and R. Baker. 1987. Critical iron level associated with biological control of fusarium wilt. *Phytopathology* 77 : 1957-1961.
12. van Peer, R., T. Xu., H. Rattink, and B. Schippers. 1988. Biological control of carnation wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi* in hydroponic systems. *ISOSC Proc.* pp.361~373.
13. Whipps, J.M. 1997. Development in the biological control of soil-borne plant pathogens. *Advances in Botanical Research Incorporating Advances in Plant Pathology* 26 : 1-134.
14. Whitelaw, M.A., T.J. Harden. and G.L. Bender. 1997. Plant growth promotion of wheat inoculated with *Penicillium badicum* Sp-Nov. *Australian J. Soil Research* 35(2) : 291-300.
15. Zehnder, G., K. Kloepper., C.B. Yao. and G. Wei. 1997. Induction of systemic resistance in cucumber against cucumber leetles. *J. Economic Entomology* 90(2) : 391-396.