

카네이션의 시설재배에서 길항성 세균을 이용한 Fusarium Wilt의 생물학적 방제

조 정 일* · 조 자 용**

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

Cho, Jung-Il · Cho, Ja-Yong

This study was carried out to screen and select the effects of antifungal bacterial strains which inhibit the growth of plant pathogen, *Fusarium oxysporum* (fusarium wilt) occurred in carnation plants in greenhouse. We isolated an effective bacterial strains and investigated into the antifungal activity of the antagonistic microorganism and it's identification. Twenty bacterial strains which strongly inhibited *Fusarium oxysporum* were isolated from roots of carnation plants and the soil in greenhouse, and the best antifungal bacteria designated as C121, was finally selected. Antagonistic bacterial strain, C121 was identified to be the genus *Bacillus* sp. based on the morphological, biochemical and cultural characterizations. The *Bacillus* sp. C121 showed 58.1% of antifungal activity against the growth of *Fusarium oxysporum*. By the bacterialization of the cultural broth and the heat bacterialization culture filtrate of it, *Bacillus* sp. C121 was shown 92.1% and 21.0% of antifungal activity, respectively.

Key Words : carnation, greenhouse culture, antagonistic microorganism, *Bacillus* sp., fusarium wilt, *Fusarium oxysporum*

I. 서 언

환경친화적 농업 개발이라는 측면에서 농약의 사용량을 줄이고 천적의 활용을 최대화하

* 대표저자, 조선이공대학 식생활과

** 남도대학 약용자원원에개발과

며, 유용 미생물을 이용하여 식물의 양·수분 이용성을 높이는 등의 연구가 농업현장 중심으로 더 많이 이루어져야 할 필요성이 있다(Brown, 1974; Klopper와 Schroth, 1978; 羅 등, 1997; Zhang 등, 1997). 특히, 병원성 미생물에 대하여 생물학적 항균작용을 갖는 길항미생물을 활용하는 생물농약의 개발과 퇴비의 발효성을 높이고 식물의 양수분 이용성을 높이는 생물비료의 개발이 필요한 실정이다(Brown, 1974; 김, 1992; Lesinger와 Margraff, 1979; Scher와 Baker, 1980; Schippers 등, 1987).

토양미생물 중에는 식물의 근권에 미생물이 군집하여 유해미생물이 증식하는 것을 방지하고 식물의 근부를 보호하며 대사작용을 원활하게 해 줌으로써 식물의 양수분 흡수를 도와주는 식물성장촉진 근권미생물(plant growth promoting rhizobacteria; PGPR)이 있는 반면, 뿌리에 기생하여 병해를 유발시키거나 유해한 2차 대사산물이 뿌리의 성장을 억제하는 식물 유해 근권미생물(deleterious rhizosphere microorganisms; DRMO)도 존재한다(Baker와 Scher, 1986; Orlikowski, 1987; Van Peer 등, 1988; Whipps, 1997). 이러한 토양 근권미생물상의 변화는 재배환경, 토성 및 토양내의 유해미생물의 밀도와 구성비율 등에 따라 달라지며, 식물 성장촉진 근권미생물의 작용 역시 이러한 환경요인에 따라서 활성이 다르게 나타난다(Lazarovits와 Nowak, 1997; 공, 1996; Zhang 등, 1997).

이런 측면에서 본 연구는 카네이션의 절화재배 농가에서 발생하는 토양전염성 병원균인 위조병원균에 대하여 길항성 유용 균주를 탐색, 분리, 동정 및 최종 선발하고, 유용 균주의 균체와 배양액을 대상으로 항균실험에 이용함으로써 향후 환경친화적 농업 생산에 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 위조병원균의 분리

전남 장흥군 장평면의 카네이션재배 시설원예단지를 현지 답사하면서 병징 및 표징별로 위조병원균에 감염된 카네이션 식물체에서 병반을 채집하였으며, 조선이공대학 식품미생물실험실에서 병환부로부터 병원균 포자를 분리하여 공시하였다. 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 비교하여 검토하였다.

카네이션에서 발생하는 위조병원균을 분리한 방법은 <Fig. 1>과 같다.

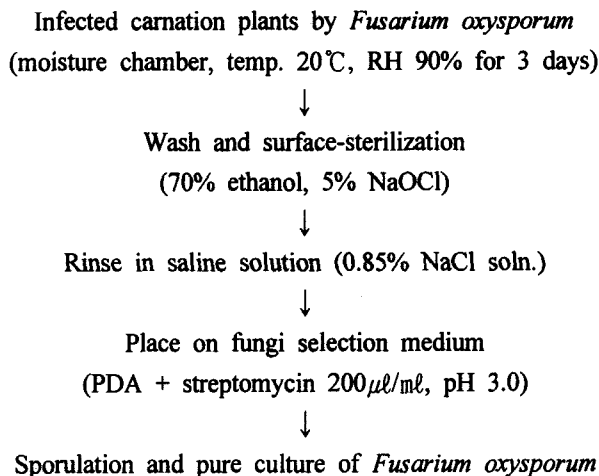


Fig. 1. Isolation of *Fusarium oxysporum* from infected carnation plants.

채집된 병반은 20°C, 상대습도 90% 이상의 항온 항습실에서 3일간 습실 처리한 후 이병 조직을 70% ethanol 및 5% sodium hypochlorite(NaOCl)로서 표면살균하고, 병원균 선택용 배지[potato dextrose agar(PDA) medium + streptomycin 200 μ l/ml, pH 3.0]에 병반조직을 올려놓고 25°C 항온배양기에서 2~3일간 배양하여 균총(colony)을 형성시켜 병원균을 분리하였다.

2. 유효미생물 분리

지표로부터 5~20cm의 토양에서 채취한 시료를 tris-HCl buffer solution(pH 7.5) 100ml에 넣고 진탕배양을 10분 정도 실시한 후 배지내에 들어있는 미생물을 생리식염수(0.85% NaCl)로 희석하여 영양한천배지[nutrient agar(NA) plate]에 희석하고 농도별로 도말하였다. NA plates는 30°C 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

병원균의 생장에 유리한 조건인 25°C의 배양온도와 PDA 배지상에서 병원균과 길항균의 대치배양을 통해 길항성 세균을 선발하였다. PDA plate 중앙에 1 곰팡이를 접종하고 길항균 4종류를 찍어 7일 정도 배양하여 저지대(inhibition zone)를 형성하는 균주를 길항균으로 선발하였다(Fig. 2). 생장저지대는 PDA 평판배지에서 병원균과 7일간 대치배양하면서 병원균 균총(colony)의 직경을 측정하여 무처리구와 비교하여 백분율로 나타내었다.

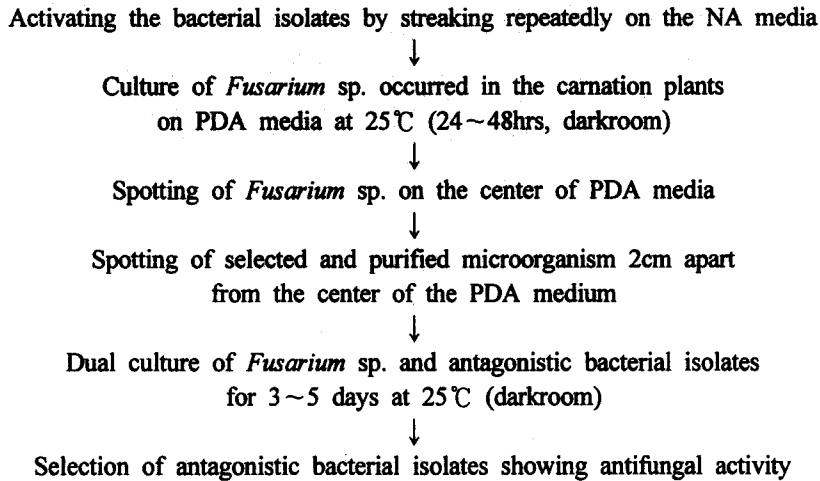


Fig. 2. Selection of antagonistic microorganism against *Fusarium* sp. occurred in the infected carnation plants.

4. 길항미생물 동정

카네이션에서 발생하는 위조병원균에 대하여 길항력이 우수한 C121을 대상으로 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Microbiological Method, The Prokaryotes 등의 방법에 의하여 미생물의 형태적 성질, 배양적 특성 및 생리 생화학적 성질 등을 검토하여 균주를 동정하였다.

5. 배양액 한천배지에 위조병원균 접종에 의한 위조병원균 억제 효과

SD+B+P 배지에서 3일간 배양한 길항균 배양액을 10,000rpm에서 8분 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 배양상징액을 멸균한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과한 3/4의 배양상징액을 혼합하여 조제하였다. 조제된 배양액 배지를 plate에 부어 균한 다음 위조병원균 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

길항균은 SD+B+PB 배지에서 3일간 배양하여 배양액을 10,000rpm에서 8분 동안 원심분

리하여 cell을 제거한 후 열처리 방법으로 한 배양 상정액은 121℃, 1.2기압에서 15분간 멸균하였고, filter 처리 방법으로 한 배양상정액은 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 위조병원균 곰팡이 접종 후 8시간 정도 배양하여 1ml씩 살포하였다. 배양액이 살포된 곰팡이를 7일간 25℃ incubator 안에서 배양시켜 실험한 결과를 무처리한 대조구와 비교하여 관찰하였다.

7. 열처리한 길항균 배양액의 위조병원균의 억제효과

길항균은 SD+B+P 배지에서 3일간 배양하고 배양액을 10,000rpm에서 8분 동안 원심분리하여 제거한 후 열처리 방법으로 한 배양상정액은 121℃, 1.2기압에서 15분간 멸균하였고, filter 처리 방법으로 한 배양상정액은 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 배양액에 맞는 PDB를 혼합한 후 곰팡이 포자를 1% 접종하여 30℃에서 5일간 배양하였다. 곰팡이 배양액을 곰팡이만 걸러서 60℃에서 24시간 건조 후 무게를 측정하여 배양 원액에서의 곰팡이 생육억제 정도를 실험하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 카네이션 병반 수집 및 위조병원균 분리

위조병원균에 감염된 카네이션 식물체를 전남 장흥군 장평면의 카네이션재배 시설원예 단지를 현지 답사하면서 병징 및 표징별로 채집하였다. 조선이공대학 식품미생물실험실에서 채집된 이병 식물체의 병환부로부터 실험방법과 같이 *Fusarium oxysporum*(fusarium wilt) 병원균 포자를 분리하였다. 본 연구에서 분리된 사상균인 곰팡이는 카네이션에 재 접종한 결과 병원성과 위조병의 전형적인 병증을 보여 본 실험의 공시균으로 하였다.

2. 자연계로부터 미생물의 분리

카네이션의 시설내 토양재배와 수경재배에서 발생하는 위조병을 유발하는 병원균(*Fusarium oxysporum*)에 대하여 길항성을 갖는 유용 미생물을 분리하기 위하여 전남 장흥군 장평면의 카네이션재배 시설원예단지를 현지 답사하면서 근권토양, 배양액 및 뿌리 등을 채집하였다. 수집된 시료는 실험방법과 같이 처리하여 단일균주를 3,400여종 분리하였다. 미생물을 단일 균주로 분리하여 영양한천배지에 접종하고 colony를 형성시킨 후 냉장 보관하였으며 카네이션에서 발생하는 위조병원균과의 항균작용 실험에 이용하였다.

3. 위조병원균에 대한 길항미생물 선발

전남 장흥군 장평면의 카네이션 토양재배 및 수경재배단지를 중심으로 토양, 배양액 및 뿌리 부위 등에서 분리한 3,400여종의 단일균주 중에서 카네이션에서 발생하는 위조병원균에 대하여 항균작용을 갖는 유용 미생물을 탐색하여 분리한 결과는 <Fig 3과 4> 및 <Table 1> 등과 같다. 본 연구에서 분리된 3,400여종의 단일균주 중에서 카네이션의 위조병원균에 대하여 항균작용이 가장 우수한 균주는 C121로 조사되었으며, C204, C51, C58, C103, C97, C156 및 C288 등의 순서로 항균작용이 우수한 것으로 조사되었다.

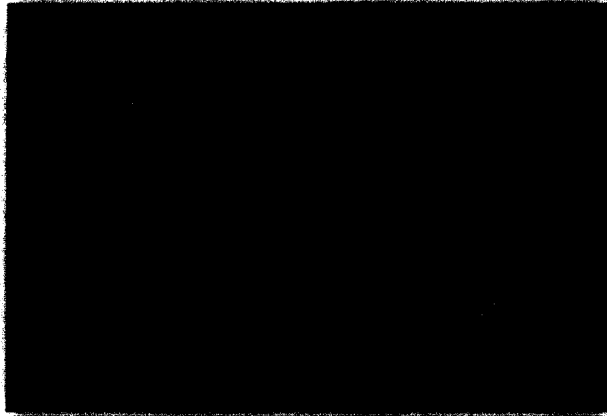


Fig. 3. Screening of antifungal microorganisms against fusarium wilt (*F. oxysporum*) occurred in carnation plants grown in greenhouse soil.

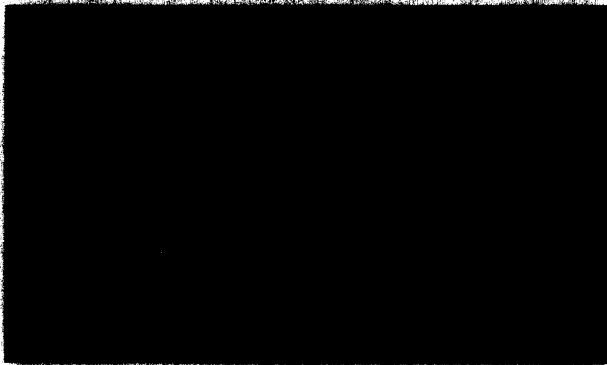


Fig. 4. Inhibition effects of antifungal bacterial strains against fusarium wilt, *F. oxysporum* occurred in carnation plants on potato dextrose agar(PDA) plate for 7 days at 28 °C(a: C51, b: C58, c: C97, d: C103, e: C121, f: C156, g: C204, h: C288, p: *F. oxysporum* occurred in carnation plants).

<Table 1>은 PDA plate 증양에 1 곰팡이를 접종하고 길항균 4종류를 찍어 7일 정도 배양하여 저지대(inhibition zone)를 형성하는 균주를 길항균으로 선발한 결과이다. <Table 1>에서 보는 바와 같이 카네이션 위조병원균에 대하여 항균작용이 가장 우수한 균주는 C121로 조사되었으며, 그 다음으로는 C204(53.7%), C51(52.4%), C58(52.0%), C103(51.8%), C97(51.4%), C156(47.4%) 및 C288(46.5%) 등의 순서로 항균작용이 우수한 것으로 나타났다.

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

Isolated bacterial strain	Pathogen	<i>Fusarium oxysporum</i>
C51		52.4
C58		52.0
C97		51.4
C103		51.8
C121		58.1
C156		47.4
C204		53.7
C288		46.5

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

NT : colony diameter of non-treatment (mm), T : colony diameter of treatment (mm)

본 연구에서 탐색하여 분리한 길항성 균주는 생물농약의 개발이라는 측면에서 유용하게 활용될 것으로 생각된다. 병원성 미생물에 대하여 항균작용을 갖는 길항성 미생물들은 항생성 화합물의 생산, siderophore 생산, 근권에서의 병원균과의 경쟁 등의 항생작용에 의하여 근권에서 유해미생물에 대하여 항균작용을 갖는 것으로 보고되고 있다(Baker와 Scher, 1986; Brown, 1974; Lesinger와 Margraff, 1979; Orlikowski, 1987; Scher와 Baker, 1980; Schippers et al., 1987; Van Peer et al., 1988; Whipps, 1997). 그러므로, 향후 항균성 미생물인 C121을 대상으로 균주가 생산하는 물질규명과 2차대사산물의 분리 정제 등 길항물질의 본체를 규명하는 연구가 필요하다고 생각된다.

4. 길항균 동정

카네이션의 시설재배에서 발생하는 위조병을 유발하는 위조병원균에 대하여 항균작용이 58.1% 정도 있는 것으로 측정된 길항균 C121을 대상으로 미생물의 형태적인 특성, 배양적 특성 및 생리생화학적 성질 등을 기초로 검토한 결과는 <Table 2와 3>과 같으며, 이러한 조사결과를 기초로 활용하여 항균성 미생물의 동정을 실시한 결과 *Bacillus* sp.와 92.7% 정도 유사한 균주인 것으로 동정되었다.

항균성 미생물 *Bacillus* sp. C121은 직경 > 1.0 μ m 정도의 크기의 단간균으로서 호기성과 혐기성을 보였으며 약간의 운동성이 있는 것으로 조사되었다. *Bacillus* sp. C121은 포자를 형성하는 Gram 양성균으로서 4 $^{\circ}$ C와 42 $^{\circ}$ C에서 생육을 하지 않고 그 중간 정도의 온도범위에서만 생육하는 것으로 나타났다. 카세인 분해능, 젤라틴 액화능 및 starch 분해능 등이 모두 양성인 것으로 조사되었으며, nitrate reduction은 양성, indole 검사는 음성이었다. VP 반응은 약하게 측정되었으며, Methyl red 반응은 음성, 그리고 H₂S 형성은 K/A이었고, 당 분해능은 포도당, xylose 및 mannitol arabinose 등은 양성으로 나타났다.

위와 같은 결과를 기초로 비교 균주인 *Bacillus subtilis*와 Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Microbiological Method, The Procaroyotes 등의 방법으로 비교 검토한 결과 형태학적, 생리적 및 생화학적 특성이 거의 동일한 것으로 보였다. 이러한 결과를 기초로 하여 항균성 미생물인 C121은 *Bacillus* sp. 균주 또는 *Bacillus subtilis*와 92.7% 정도의 유연균인 것으로 추정되었다(Krieg와 Holt, 1984).

Table 2. Morphological and biochemical characteristics of antifungal bacteria C121.

Characteristics \ Strain	<i>Bacillus subtilis</i>	C121
Cell diameter > 1.0 μ m	-z	-
Spores round	-	-
Endospore	+	+
Gram stain	+	+
Form	rod	rod
Sporangium swollen	-	-
Parasporal crystals	-	-
Catalase	+	-
Voges-Proskauer test	+	+

Characteristics \ Strain	<i>Bacillus subtilis</i>	C121
pH in V-P broth < 6 > 7	d(+/-) -	d(+/-) -
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

Table 3. Morphological and biochemical characteristics of antifungal bacteria C121.

Characteristics \ Strain	<i>Bacillus subtilis</i>	C121
Utilization of Citrate Propionate	+ ² -	+ -
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	+ +	+ +

Characteristics \ Strain	<i>Bacillus subtilis</i>	C121
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

^z - : 90% or more are negative, + : 90% or more are positive, d : 1189% are positive,

ND : no data available

5. 길항균 살포에 의한 위조병원균의 생장억제 효과

3일 동안 SD+B+P 배지에서 배양한 길항균 배양액은 8분 동안 10,000rpm에서 원심분리하여 cell을 제거하였으며, 열처리한 방법으로 조제한 배지를 배양액에 맞는 PDA와 혼합하여 121°C에서 15분간 멸균하였다. Filter 처리하여 조제한 배지를 전체 배양액에 맞는 PDA (4배 농축)와 1/4의 배양상징액을 멸균한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과한 3/4의 배양상징액을 혼합하여 조제한 배지를 plate에 부어 굳힌 다음 위조병원균 곰팡이를 접종하여 25°C incubator 안에서 7일간 배양시켜 실험한 결과를 PDA에 접종한 대조구와 비교하여 관찰한 결과 카네이션 시설재배에서 발생하는 위조병원균에 대하여 생장 저지율이 현저한 것으로 조사되었다(Fig. 5).

길항균 *Bacillus* sp. C121을 SD+B+PB 배지에서 3일간 배양하여 배양액을 10,000rpm에서 8min. 동안 원심분리하여 cell을 제거하였다. Cell을 제거한 후 열처리 방법으로 배양 상징액을 121°C, 1.2기압에서 15분간 멸균하였다. Filter 처리 방법으로 한 배양상징액은 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 위조병원균 곰팡이 접종 후 8시간 정도 배양하여 1ml씩 살포하였다. 배양액이 살포된 곰팡이를 7일간 25°C incubator 안에서 배양시켜 실험한 결과 대조구에 비하여 filter 처리한 시험구와 열처리 배양액 살포 처리구에서 현저하게 카네이션 위조병원균에 대한 생장억제작용이 있는 것으로 측정되었다. 카네이션 시설재배에서 발생하는

위조병원균에 대하여 생장억제작용은 filter 처리 배양액 > 열처리 배양액 살포 처리구 > 대조구 순으로 나타났다<Fig. 6>.

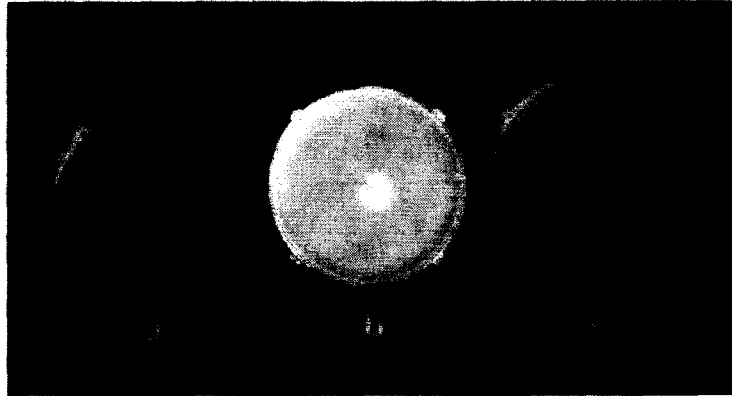


Fig. 5. Growth inhibition of *F. oxysporum* by antagonistic bacteria. *F. oxysporum* occurred in carnation plants in greenhouse condition were selected and grown on PDA at 24hrs and bacterialized by antagonistic bacterial strain, *Bacillus* sp. C121. Antifungal strain cultural broth was filtered into 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(*F. oxysporum*), C: application of heat treated antifungal cultures]

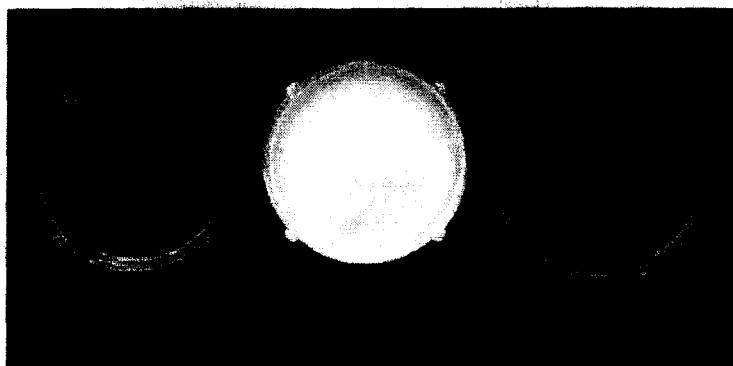


Fig. 6. Growth inhibition of *F. oxysporum* by filtrate using 0.45 μ m membrane filter and autoclaved(121 $^{\circ}$ C, 15min) antifungal strain cultural broth on PDA at 24hrs. Antagonistic bacterial strain, *Bacillus* sp. C121 was cultured in SD+B+P medium and filtered into 0.45 μ m membrane filter and autoclaved(121 $^{\circ}$ C, 15min).[A: application of antifungal filtrates using 0.45 μ m membrane filter, B: control(*F. oxysporum*), C: application of heat treated antifungal cultures]

6. 열처리한 길항균 배양액의 위조병원균 생장억제효과

길항균으로 선발된 *Bacillus* sp. C121이 생산하는 항균성 물질이 내열성인지 조사하기 위하여 길항균의 배양액을 열처리하여 항균작용을 측정하였다. 길항균 *Bacillus* sp. C121을 SD+B+P 배지에서 3일간 배양한 후 배양액을 10,000rpm에서 8min. 동안 원심분리하여 cell 을 제거하였다. 배양상징액은 121℃, 1.2기압에서 15분간 멸균하여 열처리하였으며, filter 처리 방법으로 한 배양상징액은 0.45μm membrane filter로 여과하여 배양액에 맞는 PDB를 혼합한 후 곰팡이 포자틀 1% 접종하여 30℃에서 5일간 배양한 결과 약 21% 정도의 항균작용이 있는 것으로 조사되어 항균 미생물인 *Bacillus* sp. C121이 분비하는 항균물질이 어느 정도 열에 안정함을 보여주었다<Fig. 7>.

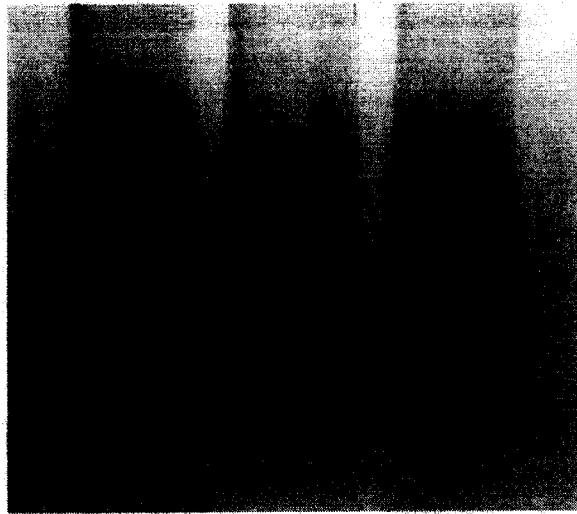


Fig. 7. Growth inhibition of *F. oxysporum* by heat treated culture broth of antagonistic bacteria. *F. oxysporum* occurred in carnation plants in the greenhouse condition were selected and grown on PDA at 25℃ for 24hrs and treated by heat treated (121℃, 15min) culture broth of antagonistic bacterial strain, *Bacillus* sp. C121. [A: application of antifungal filtrates using 0.45μm membrane filter, B: control(*F. oxysporum*), C: application of heat treated antifungal cultures]

IV. 적 요

시설재배 카네이션에서 발생하는 위조병원균에 대하여 길항작용을 갖는 항균성 미생물을

탐색, 분리 및 동정하기 위하여 토양 등의 자연계로부터 유효미생물을 분리하여 *Fusarium oxysporum*에 대한 항균작용을 검경하고 항균성 미생물을 동정하였다. 자연계로부터 분리한 3,400여종의 미생물중에서 카네이션에서 발생하는 위조병원균에 대하여 항균작용이 우수한 미생물을 1차적으로 20종 선발하였으며, 이 중에서 항균작용이 58.1% 정도로 가장 우수한 미생물로서 C121을 최종적으로 선발하였다. 항균작용이 우수한 C121의 형태적 성질, 배양적 특성 및 생리 생화학적 특성 등을 조사한 결과 *Bacillus* sp.와 92.7% 정도 유사한 균주로 동정되었다. 분리된 항균성 균주인 *Bacillus* sp. C121은 카네이션에서 발생하는 위조병원균에 대하여 58.1% 정도의 높은 생장억제력을 보였으며, 한천배지상에서 *F. oxysporum* 접종후 항균성 균주의 균체 처리와 열처리한 균주 배양액을 처리하였을 때 각각 92.1%와 21.0%의 항균작용이 있었다.

[논문접수일 : 2004. 3. 19. 최종논문접수일 : 2004. 5. 28.]

참 고 문 헌

1. 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.
2. Brown, M. E. 1972. Plant growth substances produced by micro-organisms of soil and rhizosphere. J. Appl. Bacteriol. 35 : 443-451.
3. Brown, M. E. 1974. Seed and root bacterization. Annu. Rev. Phytopathol. 12 : 181-197.
4. 김태우. 1992. 혐기성 광합성 세균의 bio fertilizer로서의 이용. 경북대학교 농화학과 석사학위논문.
5. Kloepper, J. W. and M. N. Schroth. 1978. Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In Proc. of the 4th International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, Vol. 2., Station de Pathologie Vegetale et Phytobacteriology, Angers, France. p. 879.
6. 공혜숙. 1996. 계분, 톱밥 및 왕겨사용이 토양미생물 활동상에 미치는 영향. 건국대학교 농학박사학위논문.
7. Krieg, N. R. and J. G. Holt. 1984. Bergey's manual of systematic bacteriology. Williams and Wilkins, Baltmor. pp. 215-232.
8. Lazarovits, G. and J. Nowak. 1997. Rhizobacteria for improvement of plant growth and establishment. Hort Science 32(2) : 188-192.
9. Lesinger, T. and R. Margraff. 1979. Secondary metabolites of the fluorescent pseudomonads.

- Microbiol. Rev. 43 : 422-442.
10. 羅光出, 趙自容, 鄭淳柱. 1997. 光合成細菌 培養液의 床土內 混入處理가 토마토 플러그 苗의 幼苗生長에 미치는 影響. 韓國有機農業學會誌 5(2) : 105-115.
 11. Orlikowski, L. 1987. Biological control of *fusarium* wilt of carnation. Acta Hortic. 216 : 101-104.
 12. Scher, F. M. and R. Baker. 1980. Mechanism of biological control in a *Fusarium* suppressive soil. Phytopathology 70 : 412-417.
 13. Schippers, B., A. W. Bakker. and P. A. H. M. Bakker. 1987. Interactions of deleterious and beneficial rhizosphere microorganisms and the effect of cropping practices. Annu. Rev. Phytopathol. 25 : 339-358.
 14. 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.
 15. 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.
 16. Zhang, F., N. Dashti., R. K. Hynes and D. L. Smith. 1997. Plant growth-promoting rhizobacteria and soybean (*Glycin max* L. Merr.) growth and physiology at suboptimal root-zone temperature. Ann. Bot. 79(3) : 243-249.