

토양전염성 식물병원균과 근권미생물의 생태학적인 관계*

I. *Pseudomonas putida*에 의한 오이덩굴썩음병균(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)의 생장억제에 관하여

朴 昌 錫** · 崔 震 植**

Ecological relationship between soil-borne plant pathogens and rhizosphere microorganisms.

I. Effects of *Pseudomonas putida* on the suppression of microconidia and chlamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*.

Chang-Seuk Park and Jin-Sik Choi

ABSTRACT

The growth of germ tube of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* was remarkably inhibited on the water agar treated with 100ppm of Fe-EDDHA, a synthetic iron chelating agent, whereas germination rate of microconidia did not show much differences compare with that of non treated water agar. Both of the germination and the germ tube elongation of microconidia were suppressed significantly in King's B agar by the bacterial siderophores produced by *Pseudomonas putida*.

The highest germination of the chlamydospores was obtained in the soil added with 0.25% of glucose plus 0.05% of asparagine. The chlamydospores of cucumber wil fungus germinated about 14% in rhizosphere soil of 2 day-old cucumber seedlings within 48 hours, and the germination was enhanced notably in rhizosphere soil of 10 day-old seedling. But the rates of germination was not increased according to cucumber growth age after 10 day-old seedling.

The effect of *P. putida* and Fe-EDDHA on the germination on chlamydospores in conducive soil was not pronounced in the non-rhizosphere soil added with nutrient. However, the germination was suppressed significantly both in rhizosphere soil and in rhizosphere soil added with nutrient. The suppression of chlamydospore germination was greater in the bacteria inoculated soil than that in Fe-EDDHA treated soil.

* 이 논문은 1982년도 문교부 학술연구조성비에 의해 연구되었음.

** 경상대학교 농과대학 식물보호학과(Dept. of Plant Protection, College of Agriculture, Gyeongsang Univ., Jinju, 620)

서 론

토양진염성인 *Fusarium*에 의한 作物病의 生物學的 防除로 病原菌의 생육을 저해함으로써 발병을 억제하는 抑制型土壤(Suppressive soil)에 관하여 근년에 이르러 많은 연구가 이루어졌으며^{3,6,11,13,14} 토양층에서 *Fusarium*의 생장과 증식을 억제하는 機作도 점차 밝혀지고 있다^{5,8,11}.

*Fusarium*에 의한 작물병 발생을 억제하는 토양은 세계 여러 곳에서 확인되었고⁶ 이러한 토양의 발병 억제 기작은 병원균의 생육과 증식에 관련지어 연구해 왔다^{5,6,11,13,14}. 古屋 등⁵은 감낭콩의 뿌리썩음병을 일으키는 *F. solani* f. sp. *phaseoli*의 대형분생포자 발아가 억제형토양에서는 극히 저조하였고 발아관의 신장이 억제된다고 하였으며 억제형토양을 고온살균하였을 때는 효과가 없어진다고 하였다. Smith와 Snyder¹³는 *F. oxysporum*의 후막포자가 억제형토양에서는 발아율이 낮을 뿐 아니라 발아관의 신장도 저조하였다고 하였다. 또한 이러한 현상은 *F. oxysporum*, f. sp. *vasinfectum*과 f. sp. *tracheiphilum* 등에서도 확인되었다¹⁴.

토양미생물의 생장에는 소량이지만 철분이 필수적 요구되어 철분이 제한된 환경에서는 철분에 대한 경합으로 일어나는 것으로 알려져 있다^{1,5,11}. 미생물은 대부분 철분이 결핍되면 주변의 철이온(Fe^{++} , Fe^{+++})과 강력한 결합 능력을 가진 siderophore라는 물질을 분비하여 부족한 철이온을 체내로 운반하여 대사에 이용하는데¹¹ 이 경우 siderophore의 합성능력이 없거나 siderophore의 철분결합 능력이 다른 미생물보다 낮으면 철분결핍으로 정상적인 대사를 할 수 없는 것으로 보고된 바 있다^{1,5,6} *Fusarium*에 의한 작물병의 발생억제 토양에서는 철분을 강력하게 흡수 이용하는 미생물에 의하여 토양 중에 철분 결핍이 일어나고 그 결과로 *Fusarium*의 생육이 억제되는 억제토양이 된다고 하였다^{5,8,11}.

Kloepper 등⁵은 토양중에 부생적으로 많이 존재하는 *Pseudomonas*가 세포 밖으로 분비하는 녹황색형광색소를 순수하게 분리 정제하여 실험해 본 결과 이 색소가 전형적인 Siderophore임을 확인하였고 이를 Pseudobactin이라 명명하였다. 또 이물질을 아마 시들음병(*F. oxysporum* f. sp. *lini*)의 罹病土壤에 처리하였을 때 무처리에 비하여 19%의 발병억제를 보였다고 하였다. Masaghi 등⁸은 형광색소를 분비하는 *Pseudomonas*屬 식물병원체세균과 부생세균 156種을 시험한 결과 *Geotrichum* sp, *Rhizoctonia* sp., *Sclerotinia* sp. 등 7種의 사상균의 생육을 억제하였다고 하였다. Scher¹¹는 *Fusa-*

*rium oxysporum*의 억제형 토양에는 siderophore을 형성하는 *Pseudomonas putida*가 특히 많이 분포된 것을 확인하였고 이 세균을 발병유도형토양(Conducive soil)에 접종하면 억제형토양과 같은 효과를 나타낼 수 있다고 하였다. Scher^{11,12}는 합성 철분 Chelater를 처리하여도 같은 효과를 얻을 수 있다고 하였고 철분과 결합한 안정도상수(Stability Constant)를 측정할 결과 *Fusarium*균이 분비하는 Siderophore의 안정도상수는 EDTA(Ethylen diamine tetracetic acid)의 $\log_{10}K=25$ 보다 큰 $\log_{10}K=29$ 에 가까운 것으로 확인되었으며 *P. putida*의 형광색소는 EDDHA(Ethylenpiaminedi-O-phenylacetic acid)의 안정도상수 $\log_{10}K=33.9$ 보다도 훨씬 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 *F. oxysporum*에 의한 시들음병을 생물학적으로 방제하기 위하여 *P. putida*를 토양에 접종하거나 강력한 철분 Chelater, EDDHA을 처리하여 억제형 토양으로 유도할 것을 제시하였다^{11,12}.

본 실험에서는 Siderophore을 형성하는 *P. putida*와 합성 철분 Chelater EDDHA를 처리하였을 때 오이의 덩굴썩짐병을 일으키는 *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*의 생육을 억제하여 생물학적인 방제수단으로 이용 가능성을 규명하기 위하여 진주 근교의 이병토양을 공시하여 휴면상태인 후막포자의 발아억제 효과와 증식상태인 소형분생포자의 발아와 생육억제 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

공시균주 : 본 실험에 공시한 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*은 1982년 진주시 초전동 시설오이 재배포장에서 채집한 罹病 幼苗로부터 분리하여 이미 보고된 苗의 諸特性⁹과 오이, 참외, 멜론, 수박 등의 유묘에 병원성을 검정하여 동정하였다. 강력한 siderophore을 형성하는 세균 *Pseudomonas putida*는 Colorado 주립대학 R. Baker 교수로부터 분양받은 균주(A12)를 공시하였다. 세균의 농도 측정은 Spectrophotometer(Bauch & Lomb Spectronic 20)을 이용하여 780nm에서 흡광도를 측정하여 결정하였고 *F. oxysporum*의 소형분생포자 농도측정은 Heamocytometer을 사용하였다.

소형분생포자 및 후막포자형성 : 본 실험에 공시한 *F. oxysporum*의 소형분생포자는 먼저 감자한천 배양기에서 5일간 자란 공시균을 직경 1cm Cork borer로 베어서 100ml의 Czapek용액에서 5일간 진탕배양해서 얻은 균부유액을 무균적으로 6겹의 cheese cloth로 걸러서 균사를 제거한 다음 1,500rpm으로 원심분리하여

소형분생포자를 얻었다. 이 포자부유액을 살균증류수로 다시 세척하여 농축된 분생포자 부유액 (3.87×10^{10} spores/ml)을 냉장고에 보관하면서 시험에 공시하였다.

후막포자는 같은 방법으로 배양한 균부유액에서 소형분생포자를 통과시킨 균사를 모아서 증류수로 2회 세척한 다음 (1,500rpm에서 3분간 원심분리) waring blender에 갈아서 원심분리기로 농축하여 균사절편을 얻었다. 공시균주 1l를 배양하여 얻은 균사절편을 풍건한 토양 1kg과 혼합하여 토양수분을 포장용수량이 되도록 조절하여 비닐봉지에 넣고 상온에서 30일간 방치하여 후막포자를 얻었다.

공시토양 : 공시토양은 진주시 조건동 비닐하우스 지대의 오이재배 토양으로 덩굴조깅병이 많이 발생하는 발병 유도형 토양(Conducive soil)이며 그 理化學的 성질은 다음과 같다. 토양 pH 6.4, 陽이온치환능력 7.48 me/100, 유기물함량 0.8%, P_2O_5 561ppm, Ca, 6.0ppm, Mg, 1.8ppm, K, 0.8ppm, Fe, 3.2ppm이었으며 토성은 사질양토이었다.

소형분생포자의 발아시험 : 예비시험에서 조사하기에 가장 알맞은 포자 농도를 조사하였던 바 1ml당 3.87×10^6 개이었다. 따라서 전술한 농축 포자부유액을 0.1ml을 100ml의 증류수에 희석하여 이것을 물한천배지와 king B배지에 각각 0.5ml씩 도포시킨 다음 시간 별로 발아율과 발아관의 길이를 측정하였다. 철분결핍에 의한 발아억제 효과를 조사하기 위하여 합성 철분 chelator인 Ferric-Ethylene-diaminedi-O-hydroxy phenyl acetic acid(Fe-EDDHA)를 Millipore여과기로 여과하여 Noble Agar와 king's B배지에 각각 100ppm되게 첨가하였다.

세균이 분비하는 siderophore의 효과는 10^8 cell/ml농도의 *P. putida*부유액을 0.5ml씩 페트리 접시에 넣은 king's B배지에서 3일간 배양한 후 세균을 살균수로 씻어내고 페트리 접시 안의 배양기를 뒤집어서 배양기의 裏面이 위로 올라 오도록 하여 그 표면에 미리 준비한 소형분생포자의 현탁액을 도포시켜 발아율을 조사하였다. Fe-EDDHA처리와 무처리인 세균을 배양하지 않은 king's B배지를 사용하였다. 포자의 발아조사는 400X현미경 아래에서 발아관의 길이가 소형분생포자의 길이에 1/2 이상인 것을 발아한 것으로 간주하였으며 매처리 당 500개 이상의 포자를 조사하여 발아율을 구하였다. 발아관의 길이는 400X현미경에서 micrometer를 사용하여 측정하였다.

영양물질 첨가에 의한 후막포자 발아시험 : 휴면상태인 후막포자의 발아를 유도하기 위하여 후막포자를 형성시킨 토양을 풍건시킨 다음 Glucose 0.25%, Peptone 0.25%, Asparagine 0.05%(토양무게 비율)씩을 각각 단독 또는 조합으로 하여 공시토양의 포장용수량(약

13%)에 해당하는 증류수에 녹여서 첨가시켰다. 영양물질을 첨가한지 24시간만에 공시토양 1g을 채취하여 Calcofl or white 0.3% 용액 3ml과 함께 시험관에 넣고 Vortex mixer로 1분간 잘 혼합한 다음 토양부유액을 스포이드로 취하여 슬라이드에 놓고 조사하였다. 발아율은 형광현미경(Nikon Biophoto Model VBD)의 200X 시야에서 5군데를 조사하여 100개 이상의 포자를 관찰하였고 같은 실험을 3회 반복하였다. 토양 중의 철분 Chelator처리인 Fe-EDDHA 100 μ g/g을 영양물질 첨가시 함께 첨가하였으며 세균의 접종은 king's B배지에서 3일간 자란 *P. putida*를 토양 1g당 10^8 cell되게 희석하여 영양물질 첨가와 함께 토양중에 접종하였다. 철분 Chelating Agent의 처리후 후막포자의 발아율도 24시간 경과후 같은 방법으로 조사하였다.

적경 2cm, 깊이 5cm되는 Vial에 후막포자를 형성시킨 토양에 수분을 가하여(13% V/W) 발아시킨 오이(품종 : 청장마디 오이)를 1개씩 심어서 근권토양에서 오이덩굴조깅병균의 후막포자 발아율을 조사하였다. 근본비율의 양적 차이에 의한 효과를 알아보기 위하여 발아한지 2일된 오이와 10일된 오이를 각각 공시하였다. 오이를 심은지 48시간 경과후 오이 뿌리를 상하지 않게 꺼낸 다음 흐르는 물로 뿌리 주변의 흙을 제거하고 1cm 정도의 길이로 절단하여 0.3% Calcofluor white 용액에 넣고 손으로 잘 흔들어서 근권토양 입자가 Calcofluor용액 중에 부유되도록 한 다음 뿌리털과 함께 토양 부유액 속에 있는 후막포자의 발아율을 조사하였다. 근권 토양에도 영양물질을 첨가하여 후막포자의 발아율을 증가시키고자 하였는데 토양에 수분을 공급할 때 0.25%의 Glucose와 0.05%의 Asparagine을 공급하였으며 Fe-EDDHA와 *P. putida*도 전술한 바와 같은 방법으로 처리하여 근권토양에서의 후막포자 발아에 미치는 영향을 조사하였다.

결 과

철분 chelator가 병원균의 소형분생포자 발아 및 발아관 신장에 미치는 영향 : 합성 철분 chelator인 Fe-EDDHA 및 siderophore형성 세균 *Pseudomonas putida*를 물한천배지 및 king B배지에 처리하였을 때 *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*의 소형분생포자에 미치는 영향은 발아율보다는 발아관의 신장을 억제하는 데에서 뚜렷하게 나타났다. 물한천배지 상에서 Fe-EDDHA를 처리하였을 때 발아관의 길이는 무처리의 114.2 μ 에 비하여 48.1 μ 로 불과한 빈약한 신장을 나타내었다. 또한 Fe-EDDHA를 king B배지에 처리하였을 때에도 같은 경향을 보였는데 무처리에 비해 42.8%의 발아관 신장

을 보였다. 이러한 발아관 신장억제는 king B배지에 *P. putida*를 처리하였을 때 더욱 두드러지게 나타났는데 발아관의 길이는 무처리의 1/3 정도 밖에 되지 않았다(Table 1).

병원균의 소형분생포자는 처리후 4시간이 경과하면서부터 발아하기 시작되었는데 불한친 배지에 Fe-EDDHA를 첨가한 것은 처리후 6시간 경과되었을 때 약 8%의 발아율을 보여 무처리 21.5%에 비하여 크게 억제되었으나 시간이 경과됨에 따라 억제효과는 줄어서 12시간 경과 후에는 발아율이 비슷하였다(Fig. 1). Fe-EDDHA가 분생포자 발아 억제효과는 king B배지에서도 비슷한 경향을 나타내었으나 *P. putida*를 처리한 king B배지에서는 처리 10시간이 경과된 후에도 현저하게 분생포자의 발아율을 억제하는 것으로 나타났다(Fig. 2). 영양물질 첨가에 의한 후막포자 발아 : *F. oxysporum* sp. *cucumerinum*의 후막포자 발아에 필요한 영양물

Table 1. Effect of Fe-EDDHA and *Pseudomonas putida* on the germ tube growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*.

Treatment	Mean length of germ tube(μ m) on ^a	
	Water agar	King's B medium
None	114.2 \pm 26.17	136.8 \pm 38.14
Fe-EDDHA	48.1 \pm 14.35	58.4 \pm 16.72
<i>P. putida</i>	—	38.6 \pm 10.76

^a Measurements of germ tube growth were made 12 hours after inoculation.

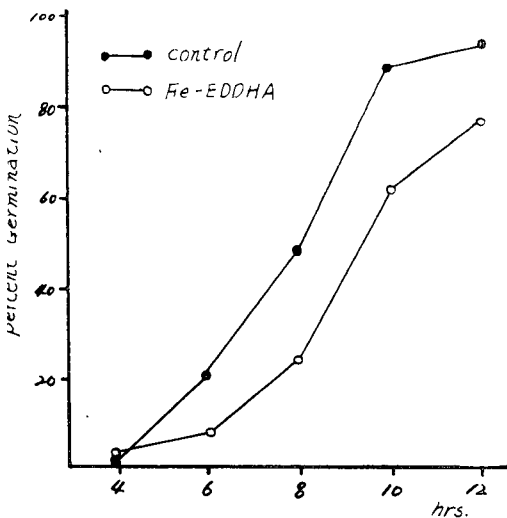


Fig. 1. Germination percent of microconidia of *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* on water agar containing 100ppm of Fe-EDDHA and on water agar without chelator.

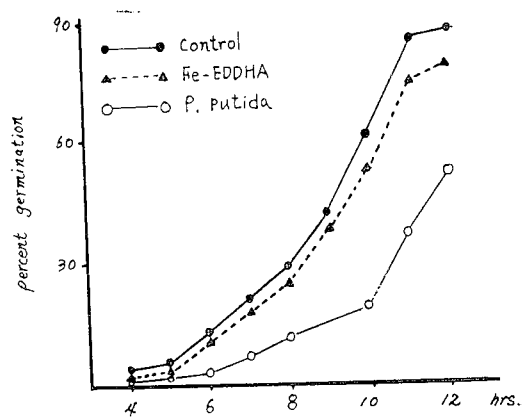


Fig. 2. Effects of *Pseudomonas putida* and Fe-EDDHA on the germination of microconidia of *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* on King's B medium.

Table 2. Germination percent of chlamydospore of *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* in conducive soil added with various nutrients.*

Source of nutrients	Concentration	Percent of germination			
		I	II	III	Mean
Glucose	0.25%	58.8	61.5	47.2	58.8 ^{ab**}
Peptone	0.25%	53.8	46.7	46.8	49.1 ^a
Asparagine	0.05%	46.8	49.5	42.3	46.2 ^a
Glucose	0.25%	93.5	82.4	93.6	89.8 ^d
Peptone	0.25%				
Glucose	0.25%	87.9	85.4	83.9	85.7 ^d
Asparagine	0.05%				
Peptone	0.25%	62.6	59.1	68.3	63.3 ^{bc}
Asparagine	0.05%				
Glucose	0.25%	66.7	75.5	71.8	71.3 ^c
Peptone	0.25%				
Asparagine	0.05%				

* Germination was observed at 24 hours after treatment under the fluorescent microscope 200X field.

** Mean percent of germination with the same letters indicates no significant difference.

질로 Glucose, Peptone, Asparagine 각각 단독으로 처리하였을 때는 Glucose 처리시에 발아율이 가장 높았고 Peptone, Asparagine 순이었다. 2가지 이상을 함께 첨가한 처리에서는 Glucose와 Peptone을 함께 처리한 것이 89.8%로 가장 좋았고 Glucose와 asparagine 처리도 85.7%로 두처리 간에는 통계적인 유의차가 인정되지 않았다(Table 2). 그러나 3가지를 모두 처리하였을 때

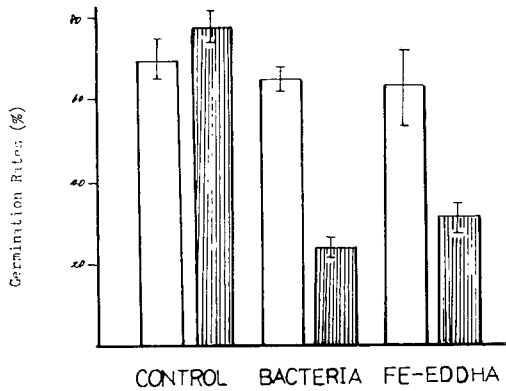


Fig. 3. Germination of chlamydo-spore of *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* in rhizosphere soil of cucumber(▨) and non-rhizosphere soil(□) containing *P.putida* and Fe-EDDHA and control.

는 71.3%의 발아율을 나타내어 앞의 두 처리보다 낮은 결과를 보였다.

비근권토양(Non-Rhizosphere soil)에서의 Fe-EDDHA와 *P. putida*처리효과 : 발병유도형 토양에 형성된 후막포자를 0.25%의 Glucose와 0.05%의 Asparagine을 첨가하여 발아시키고 여기에 철분 chelator를 처리하여 효과를 조사하였다. 비근권토양에서 철분 chelator는 *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*의 후막포자 발아를 크게 억제하지 못하였다. 무처리에서의 발아율이 70%인데 비하여 *P. putida*접종구는 65%, Fe-EDDHA첨가구는 63%를 나타내었다(Fig. 3).

근권토양(Rhizosphere soil)의 철분 chelator처리 효과 : 근권토양에서의 Fe-EDDHA나 *P. putida*의 후막포자 발아억제 효과는 별도로 발아시켜 2일 경과된 오이와 10일된 오이 유묘를 각각 후막포자가 형성된 토양에 옮겨 심고 48시간이 경과된 후에 발아율을 조사하였다. 후막포자의 발아율은 2일 경과된 유묘보다는

Table 3. Effect of addition of *Pseudomonas putida* at 10^8 cells per gram of soil and 10ppm of Fe-EDDHA on germination of chlamydospores of *F. sp. cucumerinum* at rhizosphere soil of cucumber seedlings.

Treatment	Percent of germination	
	2 day-old seedling	10 day-old seedling
Control	14.2 \pm 1.76	25.8 \pm 5.42
<i>P. putida</i>	4.5 \pm 1.43	5.7 \pm 1.82
Fe-EDDHA	2.2 \pm 0.43	7.7 \pm 1.54

10일된 유묘에서 약 2배 정도로 높았으며 발아관의 신장도 뚜렷하였다(Fig. 4).

근권토양에서 Fe-EDDHA나 *P. putida*의 효과는 비근권토양에 비하여 뚜렷하게 나타났는데 10일된 유묘의 경우 무처리에서는 25.8%의 발아율을 보인데 비하여 세균접종구는 5.7%, Fe-EDDHA첨가구는 7.7%에 불과하였고 발아관도 미약하였다(Table 3).

근권토양에 영양물질을 첨가하였을 때는 무처리

때보다 발아율이 현저하게 증가되어 조사가 쉬웠다. 또한 영양물질을 첨가한 근권토양은 비근권토양에 비하여 무처리에서는 후막포자의 발아율이 약간 증가되었으나 *P. putida*나 Fe-EDDHA를 첨가한 처리에서는 발아 억제효과가 뚜렷하게 나타났다(Fig. 3). 이러한 발아 억제효과는 영양물질을 첨가하지 않은 근권토양에서 보다는 다소 낮은 편이었다. 전반적으로 근권토양에서는 Fe-EDDHA처리보다는 *P. putida*처리가 후막포자의 발아 억제효과가 큰 것으로 나타났다.

고 찰

본 실험에 공시한 오이덩굴조짐병균 *F. oxysporum*



Fig. 4. Germination of chlamydo-spore in rhizosphere soil(left: Chlamydo-spore(b) around 2 day-old cucumber root hair(a) 200X right: Chlamydo-spore(b) around 10 day-old cucumber root hair(a) 400X

f. sp. *cucumerinum*의 대형분생포자는 인공배양기에서 대량생산이 어려워져서 소형분생포자를 증식형포자로 택하였다. 소형분생포자의 발아관 길이나 발아율이 물한천 배지나 king's B배지에서 차이가 없었던 것으로 미루어 볼때 12시간까지는 저장양분에 의해 발아관이 신장되는 것으로 추정되었다. 또한 king's B배지의 영양물질에 관계없이 *P. putida* 또는 Fe-EDDHA처리도 포자발아율과 발아관의 신장을 억제하였다.

*F. oxysporum*의 후막포자는 균사 중간 또는 끝에 많이 형성되는데¹⁰ 토양중의 세균이나 다른 미생물에 의하여 균사가 분해되고, 분해되는 과정에 후막포자가 형성되기 시작하여 후막포자만 남게 된다²⁾. 본 실험에서는 균사절편을 처리한지 30일후에 균사가 완전히 분해된 후막포자를 얻었다. 토양중의 후막포자는 당이나 아미노산같은 영양물질이 있을 때 발아가 유도되는데^{4,6)} Griffin⁴⁾는 토양에 Glucose와 Pepton을 첨가하여 *F. oxysporum* 후막포자가 86% 정도 발아하였는데, 본 실험에서도 비슷한 결과를 얻었다. 본 실험에서는 혼합물인 Pepton대신에 0.05% Asparagine을 Glucose와 함께 첨가하였을 때도 비슷한 결과를 얻었다. 토양중의 후막포자 관찰을 Smith^{13,14)} 등은 Cotton blue로 염색하여 보통 현미경으로 관찰하였는데, 후막포자 이외에도 Cotton blue에 염색되는 물질이 많고, 또 다른 토양입자가 한시야에 복잡하게 나타나 관찰이 어려웠으나 0.3% Calcofluor로 염색하여 형광현미경으로 관찰하였을 때는 후막포자만이 선명하게 구별되었다.

EDDHA의 철분결합 능력은 *Fusarium*이 생성하는 Siderophore의 안정도상수(Stability Constant) $\log_{10} K=29$ 보다 10^4 이나 큰 $\log_{10} K=33$ 임으로 철분이 결합된 Fe-EDDHA를 첨가하여도 *Fusarium*균은 이 철분을 이용할 수 없다^{11,12)}. EDDHA는 물에 잘 녹지않기 때문에 본 실험에서는 물에 잘 녹는 Fe-EDDHA를 사용하였다.

*Pseudomonas*가 분비하는 형광색소가 철분을 강력하게 흡수 결합하는 Siderophore라는 것이 밝혀지자⁵⁾ Masaghi 등⁸⁾은 156종의 *Pseudomonas*를 공시하여 8종의 사상균에 생육을 억제함을 보고하였다. Scher¹¹⁾는 *Fusarium*의 발병억제토양에서 분리한 세균중에서 *P. putida*를 동정하였고, 이 세균을 토양에 접종하였을 때 *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, f. sp. *lini*, f. sp. *batatas*, f. sp. *cubense* 등에 의한 발병을 억제함을 밝혀 냈다. 또한 *P. putida*의 siderophore안정도상수는 $\log_{10} K=40$ 에 가까우므로 EDDHA보다 효과가 크다고 하였다¹¹⁾.

토양중의 후막포자가 근분비물에 의해서 발아가 유도된다는 것은 일찍부터 알려져 왔다¹⁰⁾. 같은 기주식

물이라도 뿌리의 부위에 따라 또는 식물의 생육시기에 따라 분비물의 량과 질이 다르다¹⁰⁾. 본 실험에서 얻어진 결과에 의하면 10일된 오이 유묘에서는 2일된 유묘보다 발아율이 훨씬 증가되었으나 10일 이상 경과된 유묘에서는 더이상 발아율이 증가되지 않았다. 본 실험에서는 근분비물질에 대한 량이나 질적인 조사를 하지 않았으므로 앞으로 이에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

기주식물도 염색소의 형성이나 Cytochrome의 전자 전달 담체로서 Fe이온을 요구하게 되는데¹⁷⁾, 식물은 합성 Chelater나 세균의 Siderophore에 결합된 철분을 이용할 수 있다¹⁷⁾. 따라서 비근권토양 보다는 근권토양에서 *Fusarium oxysporum*은 더 심한 철분 결핍을 겪게 될 것으로 추정된다. 본 실험에서도 이러한 현상이 확인되었는데 비근권토양에 영양물질을 첨가하고 Fe-EDDHA나 *P. putida*를 처리하였을 때는 무처리에 비하여 포자발아율이 별로 차이가 없었던 반면 근권토양에서는 뚜렷한 차이가 있었다(Fig. 3).

본 실험의 결과로 추정해 볼때 *F. putida*는 오이덩굴쫄깃병균 *P. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*의 증식포자(소형분생포자)나 휴면포자(후막포자)의 발아를 억제할 수 있음이 확인되었다. 앞으로 포장시험을 통하여 이 세균이 근권에 정착하여 실제로 오이덩굴쫄깃병을 방제할 수 있는 조건에 관한 연구가 계속되어져야 할 것이다.

적 요

오이덩굴쫄깃병균 *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*의 소형분생포자는 물한천배지상에서 Fe-EDDHA를 처리하였을 때 시간이 경과됨에 따라 발아율이 증가되어 무처리와 유의차를 보이지 않았으나 발아관의 길이는 현저하게 짧았다. *Pseudomonas putida*의 Siderophore를 처리하였을 때는 포자의 발아율과 균사신장이 모두 현저하게 억제되었다.

토양중에 형성된 후막포자가 발아하는데 필요한 영양물질로 Glucose; Peptone을 각각 0.25%씩 첨가하였을 때 90%에 달하는 높은 발아율을 나타냈고, Glucose 0.25%와 Asparagine 0.25%를 첨가한 처리도 86%의 발아율을 보였다.

오이의 근권토양에서 후막포자는 발아후 10일된 유묘에서 25%의 발아율을 보인 반면 2일된 유묘에서는 14% 정도 밖에 안되었으며, 10일 이상 경과된 묘에서도 발아율이 증가되지 않았다. 근권토양에 Fe-EDDHA를 첨가한 처리와 *P. putida*를 접종한 처리는 후막포자의 발아를 현저히 억제하였으며, 근권부위에 영양물

질을 첨가한 처리에서도 같은 경향이였다. 그러나 비근권토양에 영양물질을 첨가하여 후막포자를 발아시켰을 경우 Fe-EDDHA나 *P. putida*의 발아 억제 효과가 뚜렷하게 인정되지 않았다. 근권토양에서 후막포자 발아 억제 효과는 Fe-EDDHA보다 *P. putida*를 접종한 처리가 더 큰것으로 나타났다.

인 용 문 헌

- Emery, T. 1982. Iron metabolism in humams and plants. American Scientist, 70 : 626-632.
- Ford, E. J., Gold, A.H., and Snyder, W.C. 1970. Induction of chlamydo-spore formation in *Fusarium solani* by soil bacteria. Phytopathology 60 : 479-484.
- 古屋廣光, 宇井格生 1981. インゲン 根腐病 發病 抑止 土壤における病原菌 大型分生胞子の 發芽 阻害と 土壤微生物. 日植病報 47 : 52-49.
- Griffin, G.J. 1969. *Fusarium oxysporum* and *Aspergillus flavus* spore germination in the rhizosphere of peanut. Phytopathology, 59 : 1214-1218.
- Kloepper, J.W., Leong, J., Teinzte, M. and Shroth, M.N. 1980. *Pseudomonas siderophores*: a mechanism explaining disease suppressive soils. Curr. Microbiol. 4 : 317-320.
- 駒田旦, 1980. 土壤フザリウム病の 發生環境 p. 137~175, “作物の フザリウム病” 松尾, 駒田, 松田編集, 全國農村教育協會, 東京.
- Lindsay, W.L. 1974. Role of chelation in micronutrient availability. Pages 507~524, in: The Plant Root and its Environment. Carson E. W. ed. Univ. Press Virginia, Charlottesville, 691pp.
- Masaghi, I.J., Stowell, L.S., Grogan R.G., and Farnham D.S. 1982. Fungistatic activity of water soluble fluorescent pigments of fluorescent *pseudomonas*. Phytopathology 72 : 33-36.
- 松尾卓見 1980. フザリウム病菌の 種類と同定 p. 17~59, “作物の フザリウム病”, 松尾, 駒田, 松田編集 全國農村教育協會, 東京.
- Mitchell, J.E. 1976. The effect of roots on the activity of sil borne plant pathogens. pages 104~128, in: Physiological Plant Pathology, Heitefuss R. and Williams P.H. ed. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Scher, F.M. 1982. Influence of *Pseudomonas putida* and a synthetic iron chelate on fusarium wilt disease. Ph. D. Dissertation, Colordoa State Univ. Fort Collins 95pp.
- Scher, F.M., and Baker, R. 1982. Effects of *Pseudomonas putida* and a synthetic iron chelator on induction of soil suppressiveness to fusarium wilt. Phytopathology, 72 : 1567-1573.
- Smith, S.N., and Snyder, W.C. 1972. Germination of *Fusarium oxysporum* chlamydo spores in soils favoralbe and unfavorable to wilt establishment. Phytopathology 62 : 273-277.
- Smith, S.N. 1977. Comparison of germination of pathogenic *Fusarium oxysporum* chlamydo spores in host rhizosphere soils conducive and suppressiveto wilt. Phtopathology 67 : 502-510.