

碩士學位論文

길항근권세균 처리가 오이 생육 및 오이 흰가루병 발생에 미치는 영향



濟州大學校 大學院

農學科

康素榮

2005 年 12月

길항근권세균 처리가 오이 생육 및 오이 흰가루병 발생에 미치는 영향

指導教授 宋昌吉

康素榮

이 論文을 農學碩士學位 論文으로 提出함



康素榮의 農學碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 大學院

2005 年 12月

Effect of Rhizobacteria on Growth and Powdery Mildew in Cucumber Plants

So-Young Kang

(Supervised by professor Chang-Khil Song)



A these submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of master of
agriculture

DEPARTMENT OF AGRICULTURE
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2005. 12.

目 次

Summary.....	1
I. 서론	3
II. 연구사	5
III. 재료 및 방법	9
1. 길항근권세균의 배양	
2. 길항근권세균 종자처리가 오이의 발아묘의 생육에 미치는 영향	
3. 길항근권세균 종자 및 분무 처리에 의한 오이 생육에 미치는 영향 조사	
4. 오이흰가루병 발생환경 및 방제효과 조사	
IV. 결과 및 고찰	12
1. 길항근권세균 종자처리가 오이 발아묘 생장에 미치는 효과	
2. 길항근권세균의 처리가 오이의 성장 및 흰가루병에 발생에 미치는 영향	
1) 길항근권세균의 처리가 오이 생육에 미치는 영향	
2) 오이의 흰가루병 발생에 미치는 효과	
V. 적요	26
VI. 참고문헌	28

Summary

This experiment was focused on finding out the effect of plant growth and disease severity of powdery mildew in cucumber plants pre-treated with various rhizobacteria(TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312, TRL404-2, TRL406-3, MRL 412).

The cucumber seeds were treated with different concentration of rhizobacteria suspension(1.0×10^8 , 5.0×10^7 , 1.0×10^7 , 5.0×10^6 , 1.0×10^6 cfu/ml). The cucumber sprouts pre-treated with all seven rhizobacterial strains at concentration of 5.0×10^6 cfu/ml were significantly increased plant height and fresh weight. However, the pre-treatment at high concentration(1.0×10^8 cfu/ml) was not. Among the rhizobacterial-treatments, the pre-treated at concentration of 1.0×10^7 cfu/ml was the most effective and followed by 5.0×10^6 and 1.0×10^6 cfu/ml. Growth of cucumber sprouts was enhanced by treatments with rhizobacterial suspension(5.0×10^6 cfu/ml; 7strains) compared to those of untreated plants. Shoot of cucumber sprouts treated with TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312 strains treatment(from 90.0mm to 105.7mm) was higher than that in the untreated plants(71.6mm). These TRL2-3, TRK2-2, MRL 311 and MRL 312 strains are prominent candidate as a microorganism for growth promotion.

The cucumber plants were sprayed with seven rhizobacterial strains four times by 7 days interval with 5.0×10^6 cfu/ml. Seed coating (5.0×10^6 cfu/ml) with the all rhizobacterial strains stimulated seed germination and growth of cucumber plants without any other

visible effect. Rhizobacteria treatment caused promotion of growth of cucumber plants by its plant height, leaf area, fresh weight and dry weight. Treatment of rhizobacteria was considered to contribute the plant growth promotion at early stage. The symptom of powdery mildew was occurred on the cucumber plants in a greenhouse at 30 days after planting. The pre-inoculation of all rhizobacterial strains at 5.0×10^6 cfu/ml protected cucumber powdery mildew up to 3 days compared to the untreated plants. While the disease severity in the untreated plants showed only 81.4% , the plants pre-treated with bacterial suspension with MRL 311 and MRL 312 showed 69.3% and 76.8% , respectively. Moreover, efficacy of disease protection by pre-treatment with TRL2-3, TRK2-2, TRL404-2 and TRL406-3 were showed 63.2, 62.6, 57.1% and 52.5%, respectively, which were higher than those of MRL 311 and MRL 312 strains. Most of all, the plants applied with suspension of MRL 412 at 5.0×10^6 cfu/ml showed 27.6% infected leaf area, which showed 72.4% protection rate against cucumber powdery mildew. Therefore, it was suggested that disease protection designated as MRL 412 among the seven rhizobacterial strains may be the best strategy using antagonistic bacteria against powdery mildew in cucumber plants.

I . 서 론

최근 농산물에서의 잔류성 농약 사용에 있어서 그 독성에 대한 위험이 일반인의 관심이 되고 있고(Chalutz, 1989), 수출입시의 검역에서 농약의 농산물 잔류로 인해 문제가 되어 보건 당국에서도 그에 대한 규정을 강화시키고 있다. 특히 과채류는 생식하기 때문에 더욱 문제가 되어, 농약을 사용하지 않거나, 최소한으로 사용한 친환경농산물에 대한 소비자들의 요구가 점차 커지고 있다 (Wisniewski and Wilson, 1992). 게다가 무분별한 농약사용의 증가로 인해 병원균의 약제 저항성 발생으로 약효를 잃고 그 사용에 제한이 따르게 되어 대안으로 생물적방제가 관심을 끌고 있다 (Elad 등, 1991; Jarvis, 1980). 미생물에 의한 생물적방제의 성공 가능성은 Wilson 등(1989)에 의해 언급되어졌으며, 환경친화적 병·해충 및 잡초 방제 기술로의 인식전환이 촉구되고 있다.

시설재배를 통한 과채류 재배에 있어서도 환경정화와 환경친화적 농법으로 전환이 크게 요구되고 있으며, 유용미생물의 이용은 대부분 식물의 생장을 촉진시키고 뿌리 전염성 병해에 대하여 생물적 방제력을 높이는데 사용되고 있다 (Nielands 등, 1986; Van peer 등, 1988; Van peer 등, 1989). 식물의 생육을 촉진하는 미생물로서 콩과에 공생하는 뿌리혹박테리아, 여러 식물에 공생하는 VA균근균, 버섯류 같은 공생미생물과 PGPR(Plant Growth Promoting Rhizobacteria)이나 PGPF(Plant Growth Promoting Fungi)와 같은 근권미생물이 알려져 있다 (Koske and Polson, 1984). Caron(1986)은 균근균(Mycorrhizae)이 식물뿌리에 침입하여 식물과 상호작용으로 주로 식물성장에 관련하며 토양전염성 병원균을 억제한다고 보고했으며, 균근균이 토양 내 축적된 염류 및 독성물질에 대한 저항성 그리고 한발과 근부손상에 따른 피해경감(Warterer and Coltman, 1989) 등에 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.

흰가루병은 전세계적으로 11,800여종의 식물에서 발생하는 것으로 보

고(Broun등,1987; Koji, 1986; Spencer, 1978)되고 있으며 국내에서는 400여종의 식물에 발생하는 것으로 알려졌다 (Shin, 1994b). 그 중에서 보리, 밀 등의 곡물류와 오이, 딸기, 토마토 등의 채소류, 사과, 포도, 배 등의 과수류, 그리고 장미, 거베라 등의 화훼류에서 흰가루병의 피해가 크다 (Shin등, 1994; Spencer,1978). 흰가루병은 시설재배뿐만 아니라 노지 재배에서도 많이 발생하여 큰 피해를 주고 있는 식물병이다. 흰가루병이 발생하면 식물의 광합성과 호흡이 저해되어 동화작용과 증산작용을 감소시킨다 (Shin등, 1994). 흰가루병은 하위엽에서부터 시작하여 흰가루 모양의 곰팡이가 발생하여 상위엽으로 진전되며, 병이 진전됨에 따라 병반조직이 괴사하면서 급속히 노화되어 잎이 떨어지게 된다. 피해는 주로 잎에 형성되는 병반과 낙엽에 의한 초세약화, 이에 따른 수량감소로 나타난다 (Cha 등,1980). 오이의 경우 흰가루병 만연에 의해 20~50%의 수량감소가 보고되었다 (Beloanger,1998 ; Verhaar, 1993).

흰가루병 방제를 위해서 다양한 방법이 시도되기는 했지만 현실적인 방제에 있어서는 화학농약에 의존하고 있으며 국내에서 흰가루병 방제에 사용된 금액은 전체 살균제의 약 10%에 달하고 있다. 그러나 계속되는 살균제 사용으로 흰가루병의 약제 저항성이 유발되는 등 약효저하에 대한 보고 (Asari, 1994 ; Erickson, 1998)가 계속 되고 있으며 농약의 오·남용에 의한 농산물 잔류문제가 제기되면서 환경친화적인 새로운 흰가루병 방제제 개발의 필요성이 대두되고 있다. 또한 화학농약의 경우 농약잔류안정성을 위하여 수확기의 일정기간 이전에는 사용을 금하고 있어 작물재배 후기에 발생하는 병에 대해서는 다른 대안이 없는 현실이다.

본 연구는 화학농약을 사용할 수 없는 유기농업의 특성상 식물병 방제의 다른 대안을 모색하는 차원에서 길항근권세균의 처리가 오이의 생장 및 오이에 발생하는 오이의 흰가루병에 의한 피해를 줄일 수 있는지 확인하고자 시행하였다.

II. 연구사

최근 들어 환경농업에 대한 주요 관심사가 되고 있는 가운데 친환경농자재로 유용미생물을 이용하여 작물생육촉진 및 병해충발생억제 등 농업환경 및 생태계를 보존하면서 양질의 안전농산물을 생산하고자 하는 분위기가 확산되고 있다. 토양미생물 중에는 식물근권에 군집하면서 뿌리활력을 돕고 작물생육을 증진시키는 유익한 미생물이 많이 있는 반면에 식물병을 유발하는 병원성미생물도 공존하고 있다. 작물근권은 뿌리에서 분비하는 유기화합물의 영향으로 다양한 미생물이 서로 경쟁과 공생관계로 살면서 작물의 생육에 직·간접적으로 영향을 미친다. 이들 유용미생물들의 기능을 이용하여 작물의 생육을 증진시키거나 토양병을 억제하는 친환경농자재의 개발이 요구되고 있다. 이를 위하여 미생물의 식물생장촉진기작을 규명하려는 연구가 국내외적으로 활발하게 진행되고 있으며 이와 관련된 균주들을 선별하여 농업생산에 이용되고 있다.

Kloepper 등은 1980년대 초에 식물의 생장을 촉진시키는 Plant Growth Promoting Rhizobacteria(PGPR)의 존재를 발표한 이래 포장시험에서 작물의 수확량 증대 및 토양병을 방제 할 수 있다고 보고하였다. 토양미생물의 식물생장촉진에 관여하는 기작으로 siderophore 생산성(Kloepper, 1980; Gamalero, 2003), 유도저항성물질(Ramamoorthy, 2001; Kloepper, 1996; Park, 2001), 그리고 식물생장조절물질(Plant Growth Regulator: PGR)등에 의하여 다양한 기작이 여러 연구자들에 의해 보고 되고 있다. 그 중 미생물이 생산하는 PGR은 Auxin, Cytokinin, Kinetin, Gibberllin, Ethylene 등의 물질들이 있으며, 이들은 식물체외에서 생산되어 흡수된 후 식물체의 생리적반응에 영향을 준다. 이를 생산하는 미생물은 세균, 방선균, 사상균등 다양하게 보고되고 있다(Frankenberger, 1995; Pan, 1999; Gamalero, 2003).

Oken 등(1986)에 의하면 *Azospirillum*은 질소고정균으로 PGPR에 속하는 세균으로 식물에 접종하면 뿌리털과 측근수 증가로 영양분 흡수가 촉진되고 주로 세균이 생산하는 indole-3-acetic acid (IAA)생산에 의한 것이라 하였다. 최근에 Gamalero 등(2003)은 *P. fluorescens* 921R1, *P. fluorescens* BBc6가 식물호르몬인 IAA와 저분자 가용성 형광성물질인 siderophore를 많이 생산하여 오이의 경엽중, 근중, 엽수, 뿌리 길이와 엽면적 등의 생육량을 증진시킨다고 보고하였고, Dey 등(2004)은 땅콩의 생육증진효과를, Ramos 등(2003)은 식물발육의 증진상태는 접종한 균의 영향으로 근권의 미생물군집의 변화에 기인한 것으로 간주하였다. 근권에 미생물을 처리하여 식물의 생장시키는 근권세균으로 보고 된 균주는 *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp..(광합성세균) 등이 사용되고 있다 (Kloepper등, 1980; Brown, 1972; Brown 1974; Kapulnik, 1983). *Pseudomonas fluorescence*는 토양미생물로서 2,4-diacetylphloroglucinol이나 phenazine-1-carboxylate와 같은 항생물질을 생성하여 병저항성을 유도하며, 작물의 성장을 돕고 수확량을 증가시키는 효과가 있다고 보고되었다 (Timms-Wilson, 2000). 특히 내생균근(VAM)에서 무기인산 영양소와 관련하여 연구(James등, 1981; Jensen, 1982)가 진행되었으며 식물에 대한 인산원 공급은 다른 금속영양원과 구리, 아연, 질소, 마그네슘, 칼륨, 칼슘 등과 관련이 있어 식물생육을 촉진시키므로 작물에 중요한 역할을 한다 (Ojala등, 1983; Elmes and Mossse, 1984)고 알려져 있다. 이러한 근권세균의 식물촉진효과는 다양한 메카니즘에 의해 유기되는데, 대체적으로 뿌리의 양분 및 수분흡수를 촉진시키는 것으로 알려져 있다 (Willy 등, 1983). 또한 토양과 뿌리전염성 병해에 대한 생물적 방제효과, 미생물이 분비하는 생장촉진 호르몬류를 포함한 각종 영양물질과 생리활성물질 (Morgenstern and Okon, 1987) 등으로 식물생장이 촉진되는 것으로 보고 되어 있다.

생물적 방제에 관한 연구는 1980년대 이후에 중요성이 알려지면서 많

은 연구자들에 의해 활발히 진행되어지고 있다 (Lee, 1990). 일부 예로써 *Pseudomonas* 속(Ramamoorthy 등, 2002; Lee 등, 2000; Milus and Rothrock, 1997), *Trichoderma* 속(Bae 등, 2002; Mao 등, 1997; Kim 등, 1990), *Bacillus* 속(Raupach and Kloepper, 1998; Kiewnick 등, 2001; Raupach and Kloepper, 2000; Leibinger 등, 1997), *Serratia* 속 (Shen 등, 2002), *Gliocladium* 속(Mao 등, 1997), *Candida* 속(Nunes 등, 2002; Droby 등 2002) 등이 생물적 방제에 주로 이용되었고, 비병원성 *Colletotrichum gloeosporioides* 와 같은 비병원성 균주를 생물적 방제에 이용하였다 (Yakoby, 2001).

국내에서 시설재배의 딸기, 오이, 가지 및 장미 등 거의 모든 작물에서 흰가루병의 피해가 크데, 그 원인은 일조량 부족, 환기 불량, 밀식재배, 질소 비료 과용 등 국내 시설재배 특성상 흰가루병 발병을 극복하기 어려운 재배환경 때문이다 (Shin 등, 1994a,b). 시설재배 포장에서 흰가루병균은 분생포자 상태로 생존이 가능하며 분생포자가 식물에 부착한 후 5~6일후에 세대가 경과하여 다시 분생포자가 형성되므로 매우 빠른 시간에 병이 진전되는 병이다 (Endo, 1989). 흰가루병은 약제의 살포로 방제가 가능하나, 병원균은 순환물기생성이며 내생균사를 형성하기 때문에 (Correll 등, 1987) 약제를 살포하지 않으면 내생균사에서 곧 다시 발생하므로 농가에서는 주기적으로 방제약제를 살포하고 있다. 방제에 노력과 경비가 많이 들고, 방제에 실패할 경우 세력이 떨어지면서 과실의 착생과 비대가 불량해져 수량이 크게 감소하게 된다.

많은 국내외 연구자들이 천연물이나 다양한 미생물을 대상으로 흰가루병 방제제를 개발하기 위한 연구를 수행하였으며, 특히 흰가루병 기생하여 병원균을 사멸시키는 것으로 알려진 *Ampelomyces quisqualis* M-10균주를 이용한 AQ10(Sundheim, 1982)이 미국에서 제품화되어 실용화됨으로서 비슷한 기작을 가진 것으로 기대되는 몇몇 효모류와 곰팡이류에 대한 활발한 연구가 보고되었는데, 이러한 예로는 효모인 *Tilltiopsis* spp.의 오이 흰가루병균에 대한 살균작용(Hoch, 1979; Hijwegen, 1986)과 *Pseudozyma*

*flocclusa*가 생산하는 지방산 성분의 살균작용(Avis, 2001), 효모와 유사한 곰팡이인 *Sporothrix flocculosa*, *S. rugosa* 등의 장미흰가루병균에 대한 균사생육과 포자형성 억제작용(Hajlaoui, 1991; Jarvis, 1989), 곰팡이 *Verticillium lecani* 의 중복기생성(Spencer,1983; Verhaar,1993) 및 *Acermonium alternatum*, *Cladosporium cladosporioides* 의 살균작용(Malathrakis,1991)등이 있다. 이외에도 천연물을 이용하여 흰가루병을 방제하려는 연구와 시도가 다수 보고(Schneider,1991; Ohtsuka,1991)되어 있다. 흰가루병균에 길항력을 갖는 미생물들은 기생작용 또는 항생작용(Elad, 1996)에 의하여 방제활성을 보이는 것으로 알려져 있는데 세균류는 주로 항생물질과 같은 길항물질을 분비하여 흰가루병균을 제어하는 것으로 이해되고 있다. 세균류 중에서도 바실러스류(*Bacillus* spp.)를 이용한 흰가루병 방제제가 많이 연구되었는데 이는 바실러스균이 항균활성이 강하고 체제화가 유리한 때문으로 해석된다.



Ⅲ. 재료 및 방법

1. 길항근권세균의 배양

제주대학교 생명자원대학 식물자원전공 식물병리학 실험실에서 오이 탄저병에 효과 있었던 길항근권세균(TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312, TRL404-2, TRL406-3, MRL412 등 7균주)을 분양 받아 사용하였다 (Lee 등 2003; Jeun and Lee, 2005). 길항근권세균을 TSA(Tryptic Soy Agar)배지에서 28℃, 3일 동안 배양하였다.

2. 길항근권세균 종자처리가 오이의 발아묘의 생육에 미치는 영향

오이 종자(신세대오이, 동부한농)를 미생물의 효과를 증진시키기 위해 종자처리된 오이 종자를 증류수로 각 30분씩 4회에 걸쳐 세척했다. 길항근권세균 처리를 고려하여 시판되는 오이 종자에 coating된 종자처리제의 영향을 제거하고, 미생물의 효과를 증진시키기 위해 세척하였다. 실험군은 각각의 길항근권세균 현탁액에, 무처리는 미생물현탁액 대신으로 증류수를 30분간 침지하였다. 이때 길항근권세균 처리의 농도별 효과를 알아보고자 오이 종자에 길항근권세균의 농도별(1.0×10^8 , 5.0×10^7 , 1.0×10^7 , 5.0×10^6 , 1.0×10^6 cfu/ml)처리를 하여 침지하였다. 농도에 따른 길항근권세균 현탁액에 오이 종자를 침지 후 습실처리된 petri-plate에 종자를 놓았다. 처리된 오이 종자를 7일동안 배양(23℃, 암조건)하면서 발아묘의 생장을 관찰하였다. 7균주의 길항근권세균 처리당 10개의 오이종자를 1반복으로, 농도별로 3반복을 수행하였다.

3. 길항근권세균 종자 및 분무 처리에 의한 오이 생육에 미치는 영향 조사

오이 종자(신세대오이, 동부한농)를 증류수로 각 30분씩 4회에 걸쳐 세척한 후 길항근권세균 현탁액(5.0×10^6 cfu/ml)에 30분 동안 침지하였다. 길항근권세균이 처리된 오이종자를 1일 최아(23°C)시킨 후 파종하였고, 배양실(23°C , 16hr 명조건:1200Lux, 8hr 암조건)에서 20일 동안 육묘하였다. 유리온실에서 본엽이 3엽인 오이 유묘를 화분(지름 14cm×깊이 17cm)에 정식한 후, 길항근권세균현탁액(5.0×10^6 cfu/ml)을 7일 간격으로 4회 분무기로 살포했다. 오이 흰가루병이 발생하는 유리온실에서 30일 후 생육조사를 했다. 정식 후 각 처리당 8주씩, 3반복으로 완전임의 배치하였다.

4. 오이 흰가루병 발생환경 및 방제효과 조사

오이 흰가루병이 다발생된 포장(제주도 북제주군 구좌읍 행원리)에서 흰가루병이 100% 감염된 오이 잎을 채집, 유리온실에서 화분(지름 14cm×깊이 17cm)에 생육된 오이 유묘 20개체의 잎에 붓으로 오이 흰가루병의 포자를 묻혀주는 방법으로 병발생을 유도하였다. 오이 흰가루병이 접종된 오이를 30일 동안 키워 온실 공간 전체에 흰가루병의 포자가 분포하도록 하였다. 오이 흰가루병의 발생조건을 확인하기 위하여, 건전한 유묘를 유리온실에 배치하여 흰가루병반이 발생되는지 확인하였다. 길항근권세균 종자 처리된 오이 유묘를 흰가루병이 발생하는 유리온실에 완전임의 배치하였다. 30일 후 오이 흰가루병에 대한 방제효과를 조사했다. 발병지수는 아래와 같은 방법으로 조사하였다.

$$\text{발병도(Diseased Incidence; \%)} = \frac{A+2B+3C+4D+5E+6F}{\text{조사 일 수} \times 6} \times 100$$

A: 흰가루병반이 없는 경우

B: 병반이 보이기 시작, 1~20% 흰가루병반이 있는 경우

C: 21~40% 흰가루병반이 있는 경우

D: 41~60% 흰가루병반이 있는 경우

E: 61~80% 흰가루병반이 있는 경우

F: 81~100% 흰가루병반이 있는 경우



IV. 결과 및 고찰

1. 길항근권세균 종자처리가 오이 발아묘 성장에 미치는 효과

길항근권세균이 오이 유묘 성장에 미치는 영향을 알아보기 위하여 서로 다른 길항근권세균을 농도별로 오이 종자에 처리하였다. 길항근권세균이 처리된 오이종자를 습실처리 7일 후 발아 및 발아묘의 길이, 뿌리, 생체중을 조사하였다. 길항근권세균 농도에 따른 오이 발아묘의 줄기생장이 다르게 나타났다 (Table 1). 오이 종자 표면에 처리된 길항근권세균 7균주 중에 TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312 인 경우 고농도(1.0×10^8 cfu/ml)에서 70.2mm, 71.75mm, 77.23mm, 76.82mm로 무처리 71.61mm과 비슷한 수치를 나타냈으며, 저농도(1.0×10^6 cfu/ml)에서는 90.83mm, 89.66mm, 99.04mm, 105.72mm로 무처리에 비해 오이의 발아묘의 길이가 잘 자라서 길항근권세균의 처리가 발아묘의 성장에 좋은 영향을 주는 것으로 생각된다. 반면, TRL404-2, TRL406-3, MRL412 인 경우 고농도(1.0×10^8 cfu/ml)에서 35.99mm, 42.09mm, 45.10mm로 무처리 71.61mm에 비해 줄기가 짧았고, 억제되는 것을 볼 수 있으며, 저농도(1.0×10^6 cfu/ml)에서는 83.69mm, 90.36mm, 97.97mm로 무처리에 비해 길이의 생장이 향상됐다.

Table 2에서 오이 발아묘의 뿌리 측정 결과에 의하면 길항근권세균 7균주 중에 TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312 인 경우 고농도(1.0×10^8 cfu/ml)에서 82.1mm, 78.0mm, 83.9mm, 79.4mm로 무처리 78.2mm와 비슷한 수치를 나타냈으며, 저농도(1.0×10^6 cfu/ml)에서는 90.2mm, 94.3mm, 101.6mm, 93.0mm로 무처리에 비해 오이의 발아묘의 뿌리가 잘 자라서 길항근권세균의 처리가 발아묘의 줄기 성장 뿐만 아니라 뿌리의 성장에도 좋은 영향을 주는 것으로 생각된다. 반면, TRL404-2, TRL406-3, MRL412 인 경우 고농도(1.0×10^8 cfu/ml)에서 22.1mm, 26.2mm, 36.4mm로 무처리 78.2mm에 비해 뿌

Table 1. Effect of rhizobacteria on the shoot growth of cucumber sprouts (Mean \pm SD) *

Strains	Concentration of bacterial suspension (cfu/ml)				
	1.0×10^8	5.0×10^7	1.0×10^7	5.0×10^6	1.0×10^6
TRL 2-3	70.21 \pm 4.92	79.14 \pm 3.22	99.94 \pm 4.15	98.33 \pm 6.95	90.83 \pm 3.77
TRK 2-2	71.65 \pm 2.54	83.11 \pm 4.83	92.43 \pm 6.62	99.65 \pm 5.68	89.66 \pm 5.92
MRL 311	77.23 \pm 2.01	83.75 \pm 3.84	105.29 \pm 2.91	102.59 \pm 5.03	99.04 \pm 1.61
MRL 312	76.82 \pm 3.71	87.29 \pm 2.09	95.31 \pm 6.94	97.39 \pm 4.18	105.72 \pm 5.11
TRL 404-2	35.99 \pm 1.85	44.15 \pm 4.25	52.17 \pm 2.38	76.73 \pm 3.26	83.69 \pm 3.52
TRL 406-3	42.09 \pm 3.67	45.54 \pm 4.83	48.73 \pm 3.07	89.92 \pm 4.95	90.36 \pm 3.37
MRL 412	45.10 \pm 2.68	71.45 \pm 5.13	75.14 \pm 4.81	94.21 \pm 4.58	97.97 \pm 4.39
Control	71.61 \pm 4.89				

* Measurements were made 7 days after incubation on petri-plate at 23°C.
Cucumber seeds were pre-treated in each bacterial suspension for 30min.

Table 2. Effect of rhizobacteria on the root growth of cucumber sprouts (Mean \pm SD) *

Strains	Concentration of bacterial suspension (cfu/ml)					
	1.0×10^8	5.0×10^7	1.0×10^7	5.0×10^6	1.0×10^6	
TRL 2-3	82.13 \pm 4.75	86.26 \pm 2.32	94.24 \pm 5.93	95.08 \pm 6.19	90.18 \pm 3.07	
TRK 2-2	77.97 \pm 4.69	82.97 \pm 5.77	105.03 \pm 2.31	92.43 \pm 5.52	94.30 \pm 8.65	
MRL 311	83.93 \pm 4.52	83.32 \pm 5.52	107.03 \pm 3.91	104.97 \pm 3.93	101.57 \pm 3.41	
MRL 312	79.37 \pm 5.51	90.57 \pm 4.30	96.12 \pm 6.44	100.78 \pm 4.18	93.04 \pm 5.21	
TRL 404-2	22.14 \pm 1.68	28.01 \pm 2.21	31.42 \pm 3.77	57.26 \pm 3.64	66.03 \pm 3.16	
TRL 406-3	26.21 \pm 2.76	41.16 \pm 2.71	53.98 \pm 3.02	86.35 \pm 6.58	88.14 \pm 6.54	
MRL 412	36.41 \pm 4.17	40.63 \pm 2.42	53.77 \pm 5.381	91.24 \pm 5.25	98.26 \pm 4.67	
Control	78.19 \pm 5.10					

* Measurements were made 7 days after incubation on petri-plate at 23°C.

Cucumber seeds were pre-treated in each bacterial suspension for 30min.

리의 길이가 짧았고, 왜축되는 것을 볼 수 있으며, 저농도(1.0×10^6 cfu/ml)에서는 66.0mm, 88.1mm, 98.3mm로 무처리에 비해 뿌리의 길이 생장이 향상됐다.

Table 3에서 발아묘의 생체중 측정결과 길항근권세균 7균주 중에 TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312 인 경우 고농도(1.0×10^8 cfu/ml)에서 22.1~24.0mm로 무처리 18.8mm와 비슷한 수치를 나타냈으며, 저농도(1.0×10^6 cfu/ml)에서는 25.2~29.1로 무처리에 비해 오이의 생체중이 증가했다. 반면, TRL404-2, TRL406-3, MRL412 인 경우 고농도(1.0×10^8 cfu/ml)에서 14.7~18.1mm로 무처리 18.8mm와 조금 감소했으며, 저농도(1.0×10^6 cfu/ml)에서는 20.4~27.3mm로 무처리와 비슷한 수치를 나타냈다. Table 1, 2에 결과와 다르게 길항근권세균의 고농도 및 저농도에서 오이 발아묘의 생체중이 조금 차이는 있으나 수치상 비슷한 경향을 보였다. 7균주의 길항근권세균 오이종자처리 후 perti-plate에서 7일동안 발아묘의 관찰 결과 TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312 인 경우 고농도 및 저농도에서 줄기 및 뿌리의 두께가 가늘고 길게 자랐다. 고농도에서 무처리와 비슷한 성장속도를 보였으며, 저농도에서 무처리에 비해 빠른 성장속도를 보여 길이 및 뿌리의 생장으로 생체중에도 영향을 미쳤다. TRL404-2, TRL406-3, MRL412 인 경우 고농도에서 줄기 및 뿌리의 길이가 왜축되면서 몽푹해졌으며, 줄기 및 두께는 다른 처리군에 비해 두꺼웠다 (Fig 1). 종자처리된 길항근권세균이 고농도로 종자주변에 분포하게 되어 오이가 발아시 성장하지 못하고 뿌리 발달에 영향을 주어 왜축되면서 종자의 영양분이 줄기뿐만 아니라 이동하여 두꺼워지는 것으로 생각된다. 반면, 저농도에서 줄기 및 뿌리의 두께가 얇아지는 것을 볼 수 있었다. 다소 차이는 있으나, 생체중 측정 결과수치상 고농도 및 저농도에서 무처리와 비슷한 경향을 보였다. 길항근권세균의 저농도 종자처리가 발아묘의 줄기 성장 뿐만 아니라 뿌리의 성장에도 좋은 영향을 주는 것으로 생각된다.

본 실험에 사용된 7균주의 길항근권세균을 농도별 처리한 종자를 상토에 파종한 후 줄기 및 뿌리의 성장, 생체중, 전체중을 조사해 본 결과 1.0×10^8 cfs/ml, 5.0×10^7 cfs/ml에서는 무처리에 비해 생장이 억제되는 것을

Table 3. Effect of rhizobacteria on the fresh weight of cucumber sprouts (Mean \pm SD)*

Strains	Concentration of bacterial suspension (cfu/ml)					
	1.0×10^8	5.0×10^7	1.0×10^7	5.0×10^6	1.0×10^6	
TRL 2-3	22.38 \pm 1.28	24.38 \pm 1.15	28.74 \pm 1.16	27.86 \pm 1.12	26.58 \pm 1.33	
TRK 2-2	22.13 \pm 2.24	21.5 \pm 1.37	23.77 \pm 1.71	27.84 \pm 1.92	25.22 \pm 1.50	
MRL 311	23.96 \pm 3.17	24.98 \pm 4.31	29.32 \pm 1.91	28.27 \pm 2.98	28.54 \pm 4.61	
MRL 312	23.72 \pm 1.77	25.62 \pm 2.30	26.77 \pm 1.84	27.54 \pm 3.48	29.14 \pm 3.48	
TRL 404-2	14.66 \pm 0.45	17.78 \pm 1.29	19.18 \pm 2.35	19.96 \pm 1.82	20.44 \pm 3.46	
TRL 406-3	16.24 \pm 1.82	17.86 \pm 1.36	18.94 \pm 2.66	22.86 \pm 1.91	27.06 \pm 4.14	
MRL 412	18.14 \pm 1.19	18.89 \pm 1.67	19.26 \pm 5.381	23.62 \pm 3.01	27.28 \pm 2.39	
Control	18.75 \pm 1.86					

* Measurements were made 7 days after incubation on petri-plate at 23°C.

Cucumber seeds were pre-treated in each bacterial suspension for 30min.

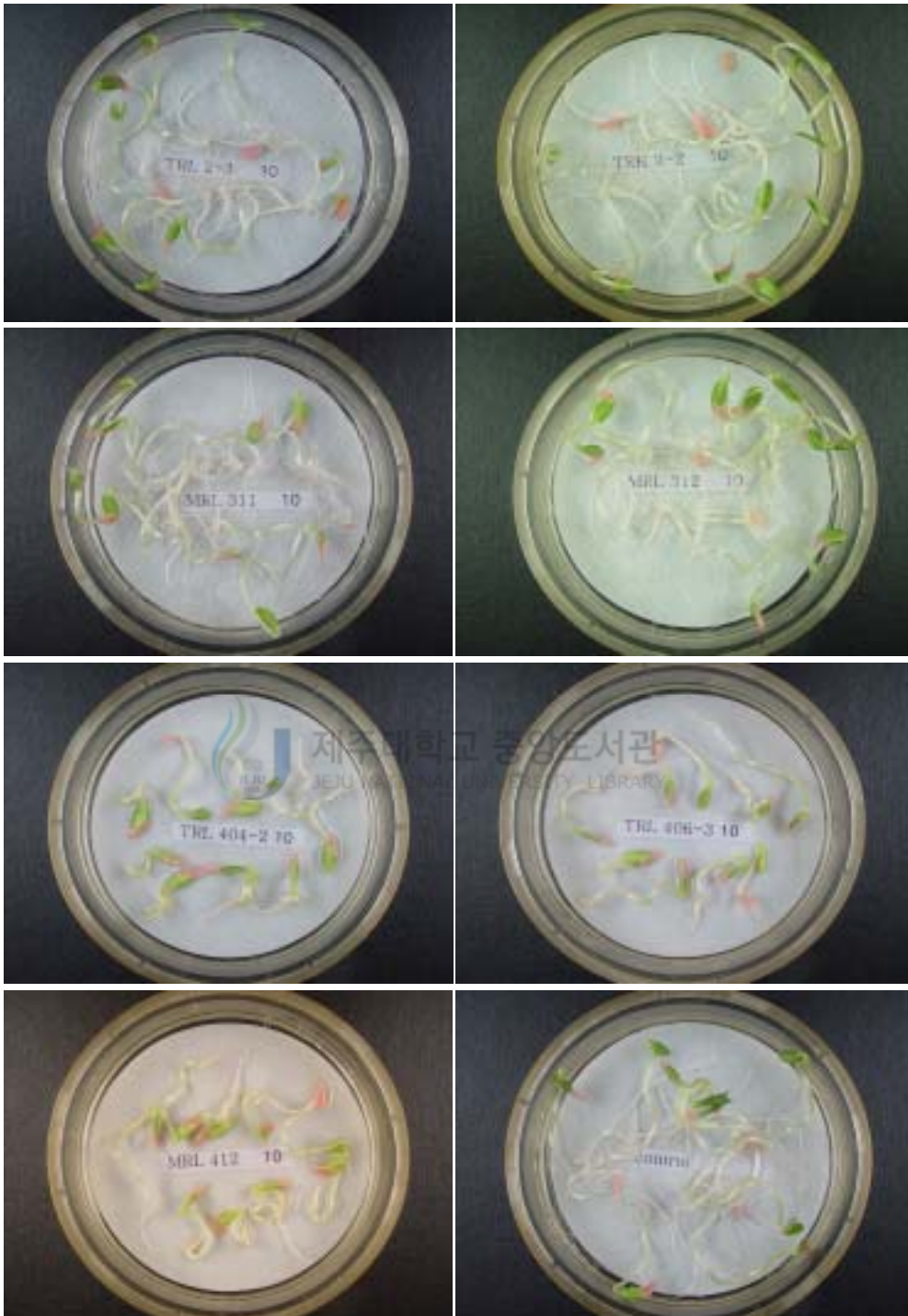
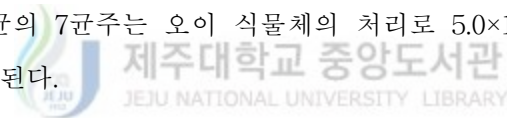


Fig 1. Presentation of cucumber sprouts pre-treated with different strains of rhizobacteria. Bacterial suspension(1.0×10^9 cfu/ml) of each strains was treated on cucumber seeds. Cucumber sprouts were grown on petri-dish for 7days at 23°C.

볼 수 있었으며, 5.0×10^6 cfs/ml에서부터 오이의 발아 및 유묘 성장시 뿌리의 발달을 향상시켜 줄기 성장에도 영향을 주는 것으로 생각된다. 위 같은 결과는 Table 1, 2, 3에서 발아묘의 길이 및 뿌리의 성장, 생체중 측정결과와 비슷한 경향을 보였다. 최종적으로, 길항근권세균의 농도에 따라 길이 및 뿌리 성장에 영향을 주는 것으로 생각되어, 종자 처리시 농도를 고려하여 처리해야 될 것으로 생각된다. Park 등(2001)이 근권균을 상추와 썩갠에 유묘에 관주처리 결과 고농도로 처리한 것보다 저농도(1.0×10^6 cfs/ml)에서 생육촉진 효과가 우수했다는 보고가 있어 본 실험도 비슷한 결과를 나타냈다. 실제로 TRL404-2, TRL406-3, MRL412 인 경우 고농도(1.0×10^8 cfs/ml)로 처리될 경우 식물체의 뿌리가 심하게 왜축되거나 식물체가 자라지 않았다 (Fig 1). 이것은 식물에 저항성을 유도하는 균주 중에 대체로 식물체의 생육을 이롭게 하는 기능을 갖지만, 고농도로 사용할 경우 식물에 생육저해를 가져오기도 하는 결과를 보여줬다. 본 실험에서 사용된 길항근권세균의 7균주는 오이 식물체의 처리로 5.0×10^6 cfs/ml 수준이 적정 농도라 생각된다.



2. 길항근권세균의 처리가 오이의 성장 및 흰가루병에 발생에 미치는 영향

서로 다른 길항근권세균이 오이의 성장 및 오이흰가루병 발생에 대한 영향을 알아보하고자 오이를 길항근권세균 종자처리하여 유묘로 키웠으며, 그 오이유묘를 흰가루병 발생 조건의 갖춰진 유리온실에서 정식 후 생육하여 오이가 개화할 때까지 흰가루병이 발생을 조사하였다.

1) 길항근권세균의 처리가 오이 생육에 미치는 영향

7균주의 길항근권세균이 종자처리(5.0×10^6 cfs/ml)된 오이 유묘를 정식 후 30일동안 생육하였다. 생육시 오이에 길항근권세균을 4회 분무한 후 조사

Table 4. Effect of rhizobacteria treatment on cucumber growth *

Strains	Plant height(cm)	Leaf area(cm ²)	plant fresh weight(g)	plant dry weight(mg)
TRL 2-3	36.84±2.23 ab	90.27±4.93 bc	7.08±0.45 ab	5.08±0.22 ab
TRK 2-2	37.41±2.17 ab	97.81±5.37 abc	6.85±0.63 b	4.75±0.95 b
MRL 311	40.31±2.43 a	105.64±7.01 ab	8.73±0.98 a	5.52±0.38 a
MRL 312	41.09±2.12 a	110.56±7.51 a	8.76±0.81 a	5.42±0.64 a
TRL 404-2	37.14±2.19 ab	84.23±5.91 cd	6.72±0.48 b	4.84±0.91 ab
TRL 406-3	37.93±1.45 ab	94.22±7.82 abc	6.73±0.55 b	4.53±0.39 b
MRL 412	33.54±5.12 bc	70.48±5.33 de	4.97±0.27 c	2.95±0.18 c
Control	30.28±1.84 c	56.06±4.38 e	4.16±0.28 c	2.85±0.31 c

* Rhizobacteria suspension(5.0×10^6 cfu/ml) of each strains was treated on cucumber seeds.

Bacterial suspension(5.0×10^6 cfu/ml) was applied four times in cucumber plants at 7 days interval.

Means followed by the same letters column are not significantly different (Duncan's multiple range test, $p=0.05\%$).



Control

MRL 312



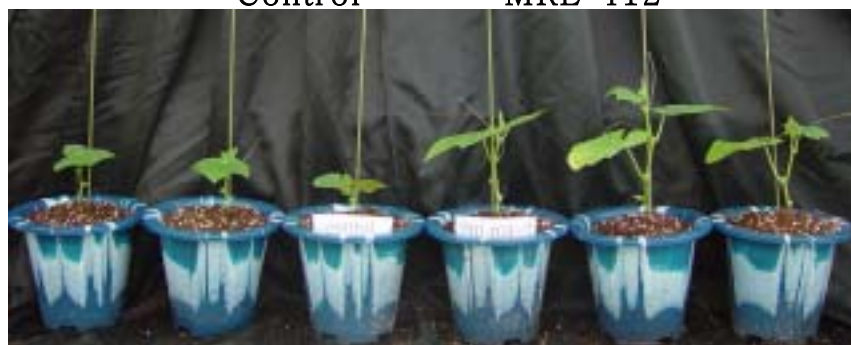
Control

TRL 2-3



Control

MRL 412



Control

TRL 404-2

Fig 2. Presentation of cucumber plants treated with different strains of rhizobacteria. Rhizobacteria suspension (5.0×10^6 cfu/ml) of each strains was treated on cucumber seeds. Bacterial suspension was applied four times in cucumber plants at 7 days interval.



Control



MRL 312



TRL 2-3



MRL 412

Fig 3. Presentation of the leaf growth in cucumber plants treated with different strains of rhizobacteria. Rhizobacteria suspension(5.0×10^6 cfu/ml) of each strains was treated on cucumber seeds. Bacterial suspension was applied four times in cucumber plants at 7 days interval.

한 결과로 MRL311, MRL312인 경우, 무처리 30.28cm에 비해 MRL311 40.31cm, MRL312 41.09cm로 10cm가량 더 크게 성장하여 오이의 생육이 양호하게 나타났으며, 무처리에 비해 유의성이 인정된다. TRL2-3, TRK2-2, TRL404-2, TRL406-3인 경우, TRL2-3 36.84cm, TRK2-2 37.41cm, TRL404-2 37.14cm TRL406-3는 무처리 30.28cm보다 5cm가량 더 성장 효과를 보였다. 반면, MRL412은 33.54cm로 무처리 30.28cm과 비슷한 길이 성장을 보였다(Fig 2). 오이의 잎면적에서 무처리 56.06cm²에 비해 MRL311, MRL312이 105.64cm², 110.56cm²로 2배의 성장에 효과를 나타냈으며, TRL2-3, TRK2-2, TRL404-2, TRL406-3는 무처리보다 90.27cm², 97.81cm², 84.23cm², 94.22cm²으로 1.5배 이상의 성장효과를, MRL412 처리군은 70.48cm²로 control 56.06cm² 과 비슷한 길이 성장을 보였다(Fig 3). 길항근권세균을 처리한 오이의 잎면적, 생체중, 건체중도 초장의 결과와 비슷한 결과를 나타내었다(Table 4).

위 결과를 토대로 길항근권세균 7균주가 토양 내 정착을 통한 작물성장을 촉진시키는 것으로 사료된다. 경엽의 성장을 촉진하고, 충분한 엽면적 확보를 통한 광합성을 증대시켜, 오이의 성장에 영향을 주었다고 생각된다. 작물재배에 이용 가능성 등을 고려시 체계적인 연구를 통해 길항근권세균 처리 재배기술을 보완할 필요가 있을 것으로 본다. 균체 자체만으로 오이의 생육에 미치는 영향이 우수하여 토양미생물제로의 개발 가능성을 확인하였다.

2) 오이의 흰가루병 발생에 미치는 효과

오이 흰가루병 자연발생조건하에서 오이를 정식 후 4회의 길항근권세균 (5.0×10^6 cfs/ml)을 살포한 결과 오이 흰가루병에 대한 발병률이 차이를 나타냈다 (Table 5). 길항근권세균 처리된 오이에서는 무처리보다 병반 발생은 3~4일 늦게 나타났다. 오이의 성장에 효과가 있었던 MRL311, MRL312의 발병률이 64.3, 75.8로 흰가루병반 분포가 무처리 81.4와 비슷하여, 오이 흰가루병에 대한 방제효과는 떨어지는 결과를 나타냈다.

Table 5. Incidence(%) of powdery mildew on cucumber plants treated with different strains of rhizobacteria *

Treatment	Disease incidence(%)
TRL 2-3	36.8 bc
TRK 2-2	37.4 bc
MRL 311	64.3 ab
MRL 312	75.8 ab
TRL 404-2	42.9 bc
TRL 406-3	47.5 bc
MRL 412	27.6 c
Control	81.4 a

* Measurements were made 30 days after incubation with powdery mildew. Bacterial suspension(5.0×10^6 cfu/ml) was applied four times in cucumber plants at 7 days interval. Means followed by the same letters column are not significantly different (Duncan's multiple range test, $p=0.05\%$).

TRL2-3, TRK2-2, TRL404-2, TRL406-3는 36.8, 37.4, 42.9, 47.5로 오이 흰가루병에 대해 무처리보다 50% 방제 효과를 보였다. MRL412 처리된 오이에서 흰가루병에 대한 발병률이 27.6으로 오이의 생장에 효과를 주지는 못했으나, 오이흰가루병에 대한 방제효과가 다른 길항근권세균보다 높았다. 길항근권세균 중 MRL311, MRL312은 식물의 생육에는 좋은 영향을 주지만, 생물학적 방제가 낮은 것을 보완하기 위해 2종류의 이상의 길항미생물을 혼용하거나(De Boer, 2003), 반복처리하는 방법을 이용(Steddome 등, 2002)하면 좋을 것으로 생각된다. 종합적으로, 길항근권세균을 농도별로 처리한 결과 고농도(1.0×10^8 , 5.0×10^7 cfs/ml)에서 오이의 발아묘의 줄기 및 뿌리의 생장에 영향을 주어 억제 시키고, 저농도(5.0×10^6 , 1.0×10^6 cfs/ml)에서 생장을 촉진시켰다. 이를 근거로, 길항근권세균의 종자처리시 농도를 고려하여 처리해야 될 것으로 생각된다.

길항근권세균의 처리는 토양 내 미생물의 변화를 변화시켜 오이의 생육을 양호하게 하고, 장기적으로 존재하면서 작물에 해를 가하는 식물병원균의 생육을 저해하는 것으로 생각되어진다. 근권환경에서 길항근권세균은 병원균과의 경쟁적 기작을 통해 병원균의 생장을 억제하고 식물생장촉진과 근활성 및 수량증대를 이루는 것으로 보고되는 것(Kloepper, 1983)과 비슷한 결과를 나타냈다. 미생물에 의한 식물생장촉진은 뿌리에 있어서 미생물의 aggressive colonization으로 인한 근권유해미생물의 경합 및 치환작용 등으로 추측되고 있으며, 근권에 처리된 길항근권세균으로 인해 영양흡수를 증진시키고 생리활성에 영향을 미치므로 뿌리생장을 촉진시키는 것으로 보인다. 이러한 근권세균이 식물의 생장을 촉진시키는 기작을 토양과 뿌리 전염성 병해에 대한 생물학적 방제효과, 미생물이 분비하는 생장촉진 호르몬류를 포함한 각종 영양물질과 생리활성물질(Morgenstern and Okon, 1987), 양·수분흡수 촉진(Duff 등, 1963)등으로 식물생장이 촉진되는 것으로 보고 되어 있다. 근권에 미생물을 처리하여 식물의 생장 촉진하는 근권세균으로 보고 된 균주는 *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp., *Rhodopseudomonas* sp.(광합성세균) 등이 있다 (Kloepper 등, 1980;

Brown, 1972; Brown 1974; Kapulnik, 1983). 각 길항근권세균마다 특성을 파악하고 항균성 작용기작을 규명하여, 처리 후 활성유지를 위한 제제화 연구 등이 이루어진다면 유기농업 실천 농가의 작물생장촉진 및 생물학적 방제를 위한 미생물제로서 이용이 가능할 것으로 보여진다.



V. 적 요

본 연구는 유기농업에서 화학비료와 농약의 대용으로 길항근권세균의 처리가 오이의 생육 및 오이 흰가루병 발생에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행하였다.

1. 오이 탄저병에 효과가 있었던 길항근권세균 7균주(TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312, TRL404-2, TRL406-3, MRL412)을 오이 종자 표면에 처리하였다. 발아묘의 줄기 및 뿌리의 성장측정 결과 TRL2-3, TRK2-2, MRL311, MRL312인 경우 고농도(1.0×10^8 cfu/ml)에서 70.2~76.8mm(줄기), 77.8~83.9mm(뿌리)로 무처리 71.6mm(줄기), 78.2mm(뿌리)와 비슷한 수치를 나타냈으며, 저농도(1.0×10^6 cfu/ml)에서는 89.7~105.7mm(줄기), 90.2~101.6mm(뿌리)로 무처리에 비해 오이의 발아묘 및 유묘의 생육을 촉진시켰다. 반면, TRL404-2, TRL406-3, MRL412인 경우 고농도(1.0×10^8 cfu/ml)에서 36.0~45.1mm(줄기), 22.1~36.4mm(뿌리)로 무처리 71.6mm(줄기), 78.2mm(뿌리)에 오이의 줄기 및 뿌리가 왜축되거나 자라지 않아 생육이 억제되는 것을 볼 수 있으며, 저농도(1.0×10^6 cfu/ml)에서는 83.7~98.0mm(줄기), 66.0~98.3mm(뿌리)로 무처리에 비해 생육이 촉진됐다. 발아묘의 생체중 측정결과 길항근권세균 7균주는 다소 차이는 있으나, 고농도(1.0×10^8 , 5.0×10^7 cfs/ml)에서 14.7~24.0 mg으로 무처리 18.8mg과 비슷한 경향을 나타냈으며, 저농도(5.0×10^6 , 1.0×10^6 cfs/ml)에서 20.4~29.1mg으로 생체중이 증가됨을 볼 수 있었다. 위 결과를 토대로 7균주의 길항근권세균이 저농도에서 오이의 발아 및 유묘 성장시 뿌리의 발달을 향상시켜 줄기생장을 촉진시켰다.

2. 길항근권세균(5.0×10^6 cfs/ml) 7균주가 종자 처리된 오이 유묘를 정식

후 30일 동안 생육하면서 길항근권세균(5.0×10^6 cfs/ml)을 7일 간격으로 4회 분무 처리한 결과 길항근권세균이 처리된 오이의 생육이 무처리에 비해 양호했다. 오이의 초장에서 MRL311 40.3cm, MRL312 41.1cm로 무처리 30.28cm에 비해 10cm가량 크게 성장하였으며, TRL2-3 36.8cm, TRK2-2 37.4cm, TRL404-2 37.1cm, TRL406-3 37.9cm로 무처리 30.3cm보다 5cm가량 성장효과를 보여 오이의 생육이 양호하게 나타났다. 반면, MRL412은 33.5cm로 무처리 30.3cm과 비슷한 길이 성장을 보였다. 오이의 잎면적에서 무처리 56.1cm²에 비해 MRL311, MRL312이 105.6cm², 110.6cm²로 2배의 성장 효과를 나타냈으며, TRL2-3, TRK2-2, TRL404-2, TRL406-3는 무처리보다 90.3cm², 97.8cm², 84.2cm², 94.2cm²으로 1.5배 이상의 성장 효과를, MRL412 처리군은 70.5cm²로 무처리 56.1cm² 과 비슷한 길이 성장을 보였다. 길항근권세균을 처리한 오이의 생체중, 건체중도 초장 및 잎면적의 결과와 비슷한 경향을 보였다.

3. 오이흰가루병 발생 환경의 유리온실에서 길항근권세균이 처리된 오이에서는 무처리보다 병반 발생이 3~4일 늦게 나타났다. 오이 흰가루병에 대한 무처리의 발병률은 81.4%로 오이 흰가루병균에 의해 오이의 생육도 저하됐다. MRL311, MRL312은 오이의 생육촉진에 효과가 탁월했으나, 오이 흰가루병에 대해서 69.3, 76.8% 발병률을 보였다. MRL311, MRL312은 흰가루병반 분포가 무처리와 비슷하여 오이 흰가루병에 대한 방제 효과는 떨어지는 결과를 나타냈다. TRL2-3, TRK2-2, TRL404-2, TRL406-3은 무처리에 비해 오이의 생육촉진 효과가 있고, 오이 흰가루병 발병률이 36.8, 37.4, 42.9, 47.5%를 보였다. MRL412 처리된 오이에서 다른 길항근권세균보다 오이의 성장에 효과를 주지는 못했으나, 오이 흰가루병 발병률 27.6%로 흰가루병에 대한 방제효과가 높았다.

VI. 참 고 문 헌

- Asari, S. Horie, H. and Nakazawa, Y. 1994. Current status in sensitivity of *Sphaerotheca fuliginea* to DMI in Kanto-Tosan District, Japan. Proc. Kanto-Tosan Plant Protec. Soc. 41 : 69-75.
- Bae, Y. S., G. R. Knudsen and L. M. C. Dandurand, 2002. "Influence of soil microbial biomass on growth and biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum*" , Korean J. Plant Pathology, 18: 30-35.
- Beloanger, R. R., Dik, A, J. and Menzies. J. M. 1998. Powdery mildew recent Advances toward integrated control. In: Plant-microbe Interactions and Biological Control.(Ed. Boland, G. J. and Kuykendall, D, L.). Marcel-dekker, NewYork.
- Braun, U. 1987. A Monograph of the *Erysiphales* (powdery mildews). Stuttgart, Borntraeger Publisher. pp.700
- Brown, M. E. 1974. Seed and root bacterization. Annu. Rev. Phytopathol. 12: 181-197
- Chao, W. L., Nelson, E. B., Harman, G. E, and Hoch, H. C. 1986. Colonization of rhizosphere by biological control agents applied to seeds. *Phytopathology*, 76: 60-65.
- Chalutz, E., Droby, S., and Wilson, C. L.1989. Biological control of postharvest diseases Israel Agresearch 3: 107-118.
- De Boer, M., P. Bom, F.Kindit, J.J.B. Keurentjes, L.van der Sluis, L.C. van Loon, and P.A.H.M. Bakker, 2003. " Control of *Fusarium* wilt of radish by combining *Pseudomonas putida* strains that have different disease-suppressive mechanisms", *Phytopathology*, 93:

626-632.

- Dey, R., K.K Pal, D. M Bhatt, S.M Chauhan. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*. 159: 371-394.
- Droby, S., V. Vinokur, B. Weiss, L. Cohen, A. Daus, E. E. Goldschmidt and R. Porat, 2002. "Induction of resistance to *Penicillium digitatum* in grapefruit by the yeast biocontrol agent *Candida oleophila*" , *Phytopathology*, 92:393-339
- Elad, Y., Yunis, H. and Katan, T. 1991. Multiple resistance to benzimidazoles, dicarboximides and diethofencarb in field isolates of *Botrytis cinerea* in Israel. *Plant. Pathol.* 41:41-46.
- Erickson, EO. and Wilcox, WF. 1997. Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *uncinula necator* sensitive and resistant to triadimefon. *Phytopathology* 87: 784-791.
- Frakenberger, W. T., Jr., and M. Arshad. 1995. Phytohormones in soils. Microbial production and function. Marcel Dekker, Inc.
- Gamalero, E.,L. Fracchia, M. Cavaletto, J. Garbaje, P. Frey-Klett, G.C. Varese, M. G. Martinotti. 2003. Characterization of functional traits of two fluorescent pseudomonads isolated from basidiomes of ectomycorrhizal fungi. *Soil Biology & Biochemistry*. 35: 55-63.
- Jarvis, W.R. 1980. Epidemiology. In: *The Biology of Botrytis* (Ed. By J. R. Coley-Smith, K. Verhoeff and W. R. Jarvis P.). Academic Press, London, pp. 219-250.
- Jeun. Y. C. and Lee. K. H., 2005. "Observations of infection structures after inoculation with *Colletotrichum orbiculare* on the leaves of cucumber plants pre-inoculated with two bacterial

- strains *Pseudomonas putida* or *Micrococcus luteus*", *Mycobiology* 33: 131-136.
- Kiewnick, S., B. J. Jacobsen, A. Braun-Kiewnick, J. L. A. Eckhoff and J. W. Bergman, 2001. "Integrated control of *Rhizoctonia* crown and root rot of sugar beet with fungicides and antagonistic bacteria", *Plant Disease*, 85:178-722.
- Kim. C. H., H. J. Jee, K. S. Pak and E. J. Lee, 1990. " Studies on biological control of phytophthora blight of red-pepper v. performance of antagonistic agents in fields", *Korean J. Plant Pathology*, 6: 201-206.
- Kloepper, J. W., J. Leong, M. Teintze, and M. N. Schroth. 1980. Enhancement plant growth by siderophore produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*.286: 885-886.
- Kloepper, J. W., Zehnder, G. W., Tuzun, S., Murphy, J. F., Wei, G., Yao, C. and Raupach, G. 1996. " Toward agricultural implementatio of PGPR-mediated induced systemic resistance against crop pests. In: *Advances in Biological Control of Plant Diseases*, (T. Wenhua, R. J. Cook, and Rovira, eds.), pp. 165-174. China Agricultural University Press, Beijig.
- Koji Amano. 1986. Host range and geographical distribution of the powdery mildew. Japan societies press, Tokyo, Japan.
- Lee, E. J., H. J. Jee, K. S. Pak, and C. H. Kim, 1990. "Studies on biological control of *Phytophthora* blight of repper IV. Performance gents in field under polyethylene filmhouse" , *Korean J. Plant Pathology*, 6: 58-64
- Lee, C. S., Kim, K. D., Hyun J. W. and Jeun, Y. C. 2003. Isolation of *Rhizobacteria* in Jeju Island showing anti-fungal effect against various plant pathogens. *Microbiology*. In press.

- Lee, Y. H., W. H. Lee, H. K. Shim and D. K. Lee, 2000. "Induction of systemic resistance in watermelon to gummy stem rot by plant growth-promoting rhizobacteria." *Korean J. Plant Pathology*, 16: 312-317.
- Leibinger, W., B. Breuker, M. Hahn and K. Mendgen, 1997. "Control of Postharvest pathogens and colonization of the apple surface by antagonistic microorganism in the field", *Phytopathology*, 87:1103-1110.
- Mao, W., J. A. Lewis, P. K. Hebbar and R. D. Lumsdem, 1997. "Seed treatment with a fungal or bacterial antagonist for reducing corn damping-off caused by species of *Pythium* and *Fusarium*", *Plant Disease*, 81:450-454
- Milus, E. A., and C. S. Rothrock, 1997. Efficacy of bacteria seed treatments for controlling *Pythium* root rot of winter wheat". *Plant Disease*, 81: 180-184.
- Nunes, C., J. Usall, N. Teixido, M. Abadias and I. Vinas, 2002. "Improves control of post-harvest decay of pears by the combination of *Candida sake*(CPA-1) and ammonium molybdate", *Phytopathology*, 92:281-287.
- Okon, Y., and Y. Kapulnik. 1986. Development and function of *Azospirillum* inoculated roots. *Plant and Soil*. 90 : 3-16.
- Pan, B., Y.M. Bai, S. Leibovitch and D. L. Smith. 1999. Plant-growth-promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short-growing-season area. *European Journal of Agronomy*. 11 : 170-186
- Park, K. S., Ahn, I.P. and Kim, C. H. 2001. Systemic resistance and expression of the pathogenesis-related genes mediated by the plant growth-promoting rhizobacteria *Bacillus amyloliquefaciens* EXTN-1

- against anthracnose disease in cucumber. *Mycobiology*. 29: 48-53.
- Ramanmoothy, V., R. Viswanathan, T. Raguchander, V. Prakasam, R.Samiyappan. 2001. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. *Crop Protection*. 20: 1-11.
- Ramanmoothy, V., T. Raguchander, and R. Samiyappan. 2002. “Enhancing resistance of tomato and hot pepper to *Pythium* diseases by seed treatment with fluorescent pseudomonads”, *European Journal of Plant Pathology*, 108:429-441.
- Raupach, G. S., and J. W. Klepper, 1998. “Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple cucumber pathogens”, *Phytopathology*, 88:1158-1164.
- Raupach, G. S., and J. W. Klepper, 1998. “Biocontrol of cucumber diseases in the field by plant growth-promoting rhizobacteria with and without methyl bromide fumigation”, *Plant Disease*, 84:1073-1110.
- Ramos, B., Jose A. Lucas Garcia, Agustin Probanza, M. Luisa Barrientos, F. Javier Gutierrez Manero. 2003. *Environmental and Experimental Botany*. 49 : 61-68.
- Shen, S. S., O. H. Choi, S. M. Lee and C. S. Park, 2002. “In vivo activity of a biocontrol agent, *Serratia plymuthica* A21-4, against *Phytophthora capsici*”, *J. Plant Pathology*, 18:221-224.
- Shin, H.D. 1994a. Isolation and identification of hyperparasites against powdery mildew fungi in Korea. *The Korean J. Mycology*. 22 : 355-365.
- Shin, H.D. 1994b. Powdery mildew fungi and their host plants from kangwon province. *The Korean. J. Mycology*. 22 : 229-246.

- Shin, H.D. and Kyeung, H. Y. 1994. Isolation of hyperparasitic fungi to powdery mildews and selection of superior isolates for biocontrol of cucumber powdery mildew. RDA Journal of Agricultural Science.36 : 141-151.
- Spencer, D, M.1978. The Powdery Mildew. London. Academic press.
- Steddom, K.,J.A. Menge, D, Crowley, and J.Borneman, 2002. "Effect repetitive applications of the biological bacterium *Pseudomonas putida* 06909-rif/nal on citrus soil microbial communities" . *Phytopathology*, 92: 857-862.
- Timms-Wilson, T. M., R. J. Ellis, A. Renwick, D. J. Rhodes, D.V. Mavrodi, D. M. Weller, L.S. Thomashow, and M. J. Bailey. 2000. Chromosomal insertion of phenazine-1-carboxylic acid biosynthetic pathway enhances efficacy of damping-off disease control by *Pseudomonas fluorescens*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*. 13(12):1293-1300.
- van Peer, R., Niemann, G. J. and Schippers, B. 1991. " Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of Fusarium wilt of carnation by *Pseudomonas* sp. Strain WCS417r", *Phytopathology*, 81: 728-734.
- Verhaar. M.A. and T. Hijwegen. 1993. Efficient Production of phialoconidia of *Verticillium lecanii* for biocontrol of cucumber powdery mildew *Sphaerotheca fuliginica*. *Neth. J. Path.* 99 : 101-103.
- Wilson, C. L., and Chalutz, E. 1989. Postharvest biological of *Penicillium* rots citrus with antagonistic yeasts and bacteria. *Sci. Hort.* 40: 105-112.
- Wilson, C. L., and Wisniewski, M, E. 1989. Biological control of postharvest disease fruits and vegetables: an emerging

- technology. Annu. Rev. Phytopathol.2: 425-441.
- Wisniewski, M. E., and Wilson, C. L. 1992. Biological control of postharvest disease fruits and vegetables: Recent advances. Hortscience27: 94-98.
- Yakoby, N., R. Zhou, I. Kobilier, Dior and D. Prusky, 2001.
“Development of *Collectotrichum gloeosporioides* restrction enzyme-mediated integration mutants as biocontrol agents against anthracnose disease in avocado fruits” , *Phytopathology*, 91:143-148.

