

***Ampelomyces quisqualis* 94013을 이용한 오이 흰가루병 생물적 방제**이상엽* · 김용기 · 김흥기¹농촌진흥청 농업과학기술원 식물병리과, ¹충남대학교 농업생명과학대학 농생물학과**Biological Control of Cucumber Powdery Mildew Using A Hyperparasite, *Ampelomyces quisqualis* 94013**Sang Yeob Lee*, Yong Ki Kim and Hong Gi Kim¹Plant Pathology Division, National Institute of Agricultural Science and Technology,
Rural Development Administration, Suwon 441-707, Korea¹Department of Agricultural Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

(Received on November 18, 2007)

An isolate of *Ampelomyces quisqualis* 94013(AQ94013) was selected as an effective parasite for biological control of cucumber powdery mildew. In the greenhouse, occurrence of cucumber powdery mildew was significantly suppressed for nine days by pre-treatment with 5.0×10^6 /ml and 5.0×10^7 /ml of conidial suspension of AQ94013. The disease was effectively controlled within three to seven days by post-treatment with the 5.0×10^6 /ml-conidial suspension of AQ94013. When AQ94013 was treated at concentration of 5×10^6 /ml three times at seven-day interval in the vinylhouse, the control effect was higher than that treated twice at ten-day interval and that treated with fenarimol twice. As the results, *Ampelomyces quisqualis* 94013 could be a prospective biofungicide for biological control of powdery mildew of cucumber.

Keywords : *Ampelomyces quisqualis* 94013, Biological control, Cucumber, Powdery mildew

흰가루병균(*Sphaerotheca fusca*)는 식물체의 표면에 기생하는 균으로 흡기를 통해서 식물체내의 영양분을 이용하여 성장하며 다양한 식물체에 기생하여, 오이를 비롯한 박과채소, 우엉, 머위, 곰취, 거베라, 코스모스 등 가장 기주범위가 넓은 뿐만 아니라, 발생이 심각할 정도로 피해를 주고 있다(한국식물병리학회, 2004). 오이에 발생하는 흰가루병은 포장 주변에 자라는 깨풀이나 백일홍 등과 같은 잡초나 화훼류에 발생된 흰가루병균(*S. fusca*)으로부터 분생포자가 바람에 비산되어 재배하고 있는 오이식물체에 흰가루병을 일으키는 것으로 알려져 있다(Endo, 1989). 흰가루병은 유성세대(자낭포자세대)와 불완전세대(분생포자세대)가 있으며 최근 시설재배가 발달하여 작물이 년중 재배되고 있는 지역에서는 흔히 분생포자 세대의 생활사만을 볼 수 있다. 분생포자가 식물체에 부착되면 발아가 시작되어 5일 내지 6일이면 한 세대가 완성된다. 분

생포자세대로 전환된 흰가루병균은 이후 병반을 매우 빠른 속도로 형성하여 식물체에 피해를 입힌다(Endo, 1989). 흰가루병은 균체가 식물체를 덮고 있으며 흡기로부터 영양분을 탈취하여 기생함으로써 식물의 광합성과 호흡을 저해하여 동화작용과 증산작용을 감소시킨다(Wright 등, 1990). 오이 흰가루병에 대한 피해는 주당 평균 흰가루병의 병반 면적율이 20%일 때 경제적 손실이 발생한다고 보고되었으나(Verhaar 등, 1993), 네덜란드에서는 흰가루병의 병반 면적율이 50%일 때 오이수량이 35% 감소된다고 하였다(Belanger 등, 1998). 또한 하루에 주당 흰가루병 병반 면적율이 1%일 때에는 대략 0.02%의 수량이 감소된다는 보고가 있다(Belanger 등, 1998). 여러 작물의 흰가루병 방제를 위해서 식물추출물, 수용성실리콘, 염류, 베이킹소다, 점토, 오일과 합성세제, wilt prufl vapor guard 와 같은 증발억제제 등의 사용이 최근 시도되고 있으나(Belanger 등, 1998; Meanies 등, 1991; Pasini 등, 1997), 유기합성농약이 흰가루병 방제에 주로 사용되고 있는 실정이다.

흰가루병 방제를 위하여 계속적으로 유기합성농약을 사

*Corresponding author

Phone) +82-31-290-0425, Fax) +82-31-290-0406

E-mail) lsy1111@rda.go.kr

용함에 따라서 흰가루병균에 대한 약제저항성이 유발되는 등 약효가 저하되고(Asari 등 1994; Erickson 등, 1997; 中澤靖彦 등, 1994, 1995), 무분별한 약제사용과 남용으로 특히 신선채소를 이용하는 소비자들에 있어서 농산물의 잔류농약에 의한 우려가 사회적 문제로 야기되기도 한다. 따라서 흰가루병 방제에 효과적이며 보다 안심하고 먹을 수 있는 안전한 농산물 생산을 위한 방제기술 개발이 필요하게 되었다.

외국에서는 흰가루병에 대한 생물학적 방제법을 개발하기 위하여 35종의 곰팡이 중에서 흰가루병균에 직접 기생하는 *Ampelomyces quisqualis*(Hijwegen 등, 1984; Holstein, 1996; Kiss 등, 1993, 2004; Shin 등, 1994)와 *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas(Belanger 등, 1998), 항생물질을 생성하는 *Tilletiopsis minor* Nyland, *Tilletiopsis albescens* Gokhale, *Sporothrix flocculosa*와 *Sporothrix rugulosa* (Belanger 등, 1998) 등이 흰가루병 방제에 매우 효과적인 것으로 보고되어 왔다(Belanger 등, 1994; Hijwegen 등, 1992ab; Klecan 등, 1990; Urquhart 등, 1994). 최근 흰가루병을 비롯한 잿빛곰팡이병과 노균병 등의 방제용으로 AgraQuest에서 개발한 *Bacillus subtilis* QST 713 (Rhapsody[®], Serenade[®]), 흰가루병, 노균병 및 녹병의 방제제로 *Bacillus pumilus* QST 2808(Sonata[®])이 개발되어 사용되고 있다(Copping, 2004).

소비자의 요구에 부응하면서 환경친화적인 안전한 농산물을 생산하기 위하여 다양한 작물의 흰가루병균에 기생하는 곰팡이를 국내에서 분리하여 오이 흰가루병에 기생력이 우수한 중복기생균 *Ampelomyces quisqualis* 94013(AQ94013)은 오이 흰가루병을 대상으로 유리온실과 비닐하우스 내에서 중복기생균 AQ94013의 처리농도, 처리간격 및 횟수에 따른 병 방제 효과 등을 조사하였다.

재료 및 방법

중복기생균 AQ94013의 배양. AQ94013의 배양은 500 ml 삼각플라스크에 보리짚을 100 g씩 담고, 2회 멸균한 후 PDA 배지에서 배양한 후 AQ94013 균주의 포자현탁액(7.0×10^6 /ml 농도)을 3 ml씩 접종하였다. 접종된 플라스크를 24°C 배양기에서 15일간 배양 후 멸균수를 넣고 포자를 회수한 다음 헤마사이트메타를 이용하여 포자현탁액을 준비하여 사용하였다.

유리온실에서 오이 흰가루병균의 증식. 오이 흰가루병균의 증식은 유리온실에서 바로커상토와 원예용 장기육묘 상토를 1:1(v/v) 비율로 혼합하여 직경 25 cm 포트에 담은 후 은성백다다기 오이를 파종하여 재배중에 흰가루

병이 자연 발생한 이병 식물체를 25 엽기까지 재배하였다. 오이 성체에 걸린 흰가루병균을 증식하기 위하여 오이 유묘를 포트에 심어서 이병 식물체 주변에 배치하여 오이 흰가루병균을 계속적으로 증식하였다. 오이 흰가루병균을 사용하기 2일전에 붓으로 병에 걸려 오이 잎위에 형성한 흰가루병균의 포자를 털어내고 새로이 형성된 신선한 포자를 사용하였다.

유리온실 내 중복기생균 AQ94013의 포자현탁액 처리 효과 검증. 직경 10 cm 포트에 바로커상토를 담아서 은성백다다기 오이를 파종한 후 본엽 2 엽기 때 흰가루병균을 분무 접종하였다. 중복기생균의 배양은 PDB(potato dextrose broth) 배지가 200 ml씩 분주된 500 ml 삼각플라스크에 AQ94013 균주를 접종하고 24°C 배양기에서 150 rpm으로 15일간 진탕 배양하였다. 흰가루병균을 접종 5일후에 AQ94013배양이 완료한 다음에 포자현탁액, 포자현탁액+배양여액, 배양여액, 물처리로 구분하여 9 포트씩 분무 처리하였다. 처리된 포트는 식물생육상(온도 25°C, 형광등 12시간 주기)내에서 8일간 배양한 다음 흰가루병의 병반 면적율을 조사하였다.

중복기생균 AQ94013처리에 의한 오이 흰가루병 예방 효과. 상대습도가 30~50%인 유리온실에서 오이 제 2 본엽이 완전히 전개될 때 보리짚배지에서 배양한 AQ94013의 포자현탁액은 5.0×10^5 /ml, 5.0×10^6 /ml, 5.0×10^7 /ml의 농도로 제조하여 분무처리 하였다. 처리 당일부터 9일까지 흰가루병균을 붓으로 접종한 후 오이 잎 절편 검정법(中澤 등, 1995)으로 24°C 배양기에서 7일간 배양 후 접종된 잎의 흰가루병 병반 면적율을 조사하였다.

AQ94013처리에 의한 오이 흰가루병 치료 효과. 상대습도가 30~50%인 유리온실에서 오이 제 2 본엽에 흰가루병균을 접종한 다음, 보리짚을 이용하여 배양한 AQ94013 균주의 포자현탁액(5.0×10^6 /ml 농도), 무처리, 물처리와 웨나리몰유제(4,000배) 처리별로 9포트씩 나누어 실험하였다. 처리 후 3일부터 7일까지 흰가루병의 진전 상태를 병반면적율로 조사하였다.

AQ94013균주를 처리한 오이잎 엽록체의 투과전자현미경(TEM) 관찰. 오이재배는 유리온실에서 바로커상토와 원예용 장기육묘 상토를 1:1(v/v) 비율로 혼합하여 직경 10 cm 포트에 담은 후 은성백다다기오이를 파종하였다. 오이의 제 3 본엽이 출현한 시기에 이병된 식물체로부터 수거한 흰가루병균(*Sphaerotheca fusca*)을 분무접종하여 7일 후 흰가루병 병반이 형성된 오이 잎에 중복기생균을 5×10^6 /ml 농도로 분무 처리하였다. 오이 잎이 마른 후에 중복기생균(AQ94013)을 처리한 오이 잎과 처리하지 않은 오이 잎의 제 1 본엽 절편을 직경 2.5 cm 크기로 잘

라내어 살균수를 적신 여과지 3매를 깐 직경 9 cm의 유리 페트리디쉬에 각각 4매씩 넣고, 25°C 항온기에서 형광등을 14시간 주기로 비추면서 처리 12일 동안 배양 후 오이잎 엽록체의 형태변화를 투과전자현미경으로 관찰하였다.

기존제품(AQ10)과 선발된 중복기생균 AQ94013 균주의 흰가루병 방제효과 비교. AQ94013균주와 Ecogen사에서 1996년에 상품화한 AQ10제품을 이용하여 오이 흰가루병 방제효과를 비교하였다. 각각의 포자현탁액(5.0×10⁶/ml 농도)에 mineral oil을 0.05% 첨가하여 포자현탁액을 준비하였다. 온실에서 흰가루병이 10% 정도 발생하고 있는 12엽기의 오이잎에 AQ94013균주와 AQ10 제품의 포자현탁액을 고루 살포한 다음, 10일 후에 흰가루병의 병반 면적율을 조사하였다.

비닐하우스에서 AQ94013의 포자 현탁액 처리 농도별 오이 흰가루병 방제 효과. 농업과학기술원 비닐하우스 포장에 온성배다다기오이를 정식하고 본엽이 15매 전개된 식물체를 대상으로 시험을 수행하였다. AQ94013의 포자 현탁액을 5.0×10⁵/ml, 5.0×10⁶/ml, 5.0×10⁷/ml의 농도로 조제하여 오이 잎에 흰가루병 병반 면적율이 10% 정도 발병되었을 때 오이 잎의 앞면과 뒷면에 고루 살포하였다. 포자현탁액 살포 후 8일째에 흰가루병 발병 면적율을 조사하였다. 흰가루병이 발병된 식물체와 발병되지 않은 식물체로 구분하여 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 구당 20주씩 각각 처리하였다.

비닐하우스에서 AQ94013의 처리 간격 및 횟수별 오이 흰가루병 방제효과. AQ94013(5.0×10⁵/ml 농도)의 포자현탁액을 오이 흰가루병 발생초기에 7일 간격 3회, 10일 간격 2회로 구분하여 처리하고, 대조약제 처리로는 웨나리몰유제 4,000배액을 10일 간격 2회로 구분하여 처리하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 구당 20주씩 각각 구획하였으며, 발병조사는 AQ94013 및 대조약제를 최종 처리한 7일 후에 흰가루병 병반 면적율을 조사하였다.

결과 및 고찰

유리온실 내 중복기생균 AQ94013의 포자현탁액 처리 효과 검증. 중복기생균 AQ94013의 포자 현탁액 처리한 결과, 포자현탁액 처리구에서는 오이 흰가루병 병반 면적율이 13.3%, 포자현탁액과 mineral oil을 혼합 처리한 구에서는 3.3%, 배양액 처리구에서는 73.6%이었고, 물 처리구에서는 78.3%로 처리 방법간에 차이가 분명하였다 (Table 1). 포자현탁액에 mineral oil을 첨가하여 처리하였

Table 1. Suppressive effect of spore suspension, culture filtrate and mixed solution of AQ94013 on the development of the disease after occurrence of cucumber powdery mildew

Treatment	% lesion area ^{a)}
Spore suspension (5.0×10 ⁶ /ml)	13.3 a ^{b)}
Spore suspension+mineral oil	3.3 a
Culture filtrate	73.6 cd
Culture filtrate+mineral oil	51.7 b
Spore suspension+culture filtrate	14.1 a
Spore suspension+culture filtrate+mineral oil	3.0 a
Mineral oil	65.0 c
Water	78.3 d

^{a)}Measurement was made eight days after treatment. ^{b)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT.

을 때가 흰가루병 병반 면적율이 가장 낮았는데 이는 mineral oil이 오이잎 표면에 습도를 유지시키면서 포자를 고루 퍼지게 하여 흰가루병의 발생을 억제한 것으로 추측되었다. AQ94013을 PDB배지에서 10일간 배양한 여액을 처리한 구에서는 무처리와 차이가 없었다.

*A. quisqualis*의 한 균주에서 Ampelomycin이라는 독소를 분리하여 흰가루병균을 억제하였다고 보고하였는데 (Puzanova, 1988; Yakushkina, 1994), 많은 다른 연구자들에 의해 *A. quisqualis*는 독소를 생성하지 않는 것으로 밝혀졌다(Emmons, 1930; Buether 등, 1983; Philipp 등, 1979; Sundheim 등, 1982). 본 실험에서도 *A. quisqualis*의 배양액을 처리한 결과에서 흰가루병균에 대한 억제효과가 없었으므로 *A. quisqualis*의 흰가루병 억제작용은 독소 생성에 의한 것이 아니고 직접 기생하여 흰가루병균을 죽이는 것으로 나타났다.

AQ94013의 포자현탁액을 오이 흰가루병이 발생한 잎에 분무 처리하여 8일후에 오이 잎을 관찰하면 흰가루병이 걸린 잎에서는 흰색의 흰가루병반이 나타났으나(Fig. 1A), AQ94013균주를 처리하였을 때에는 흰가루병이 걸린 병반이 흰색에서 갈색으로 변하였다(Fig. 1B). 이는 AQ94013이 흰가루병균에 감염되어 흰가루병균 내에 AQ94013의 갈색 분생포자각(병자각)을 형성하여 병반이 갈색으로 나타난 것으로 추정되었다. AQ94013을 처리하였을 때 이와 같이 갈변된 흰가루병의 병반은 흰가루병 방제가 제대로 효과를 나타내었는지를 판단할 수 있는 좋은 징표가 될 수 있을 것으로 판단되었다.

AQ94013 처리에 의한 오이 흰가루병 예방 효과. AQ94013의 포자현탁액을 처리한 오이잎 흰가루병의 병반 면적율을 조사한 결과 무처리구에 비하여 5.0×10⁶/ml 및 5.0×10⁷/ml 처리구에서는 9일까지도 흰가루병의 발병이 매우

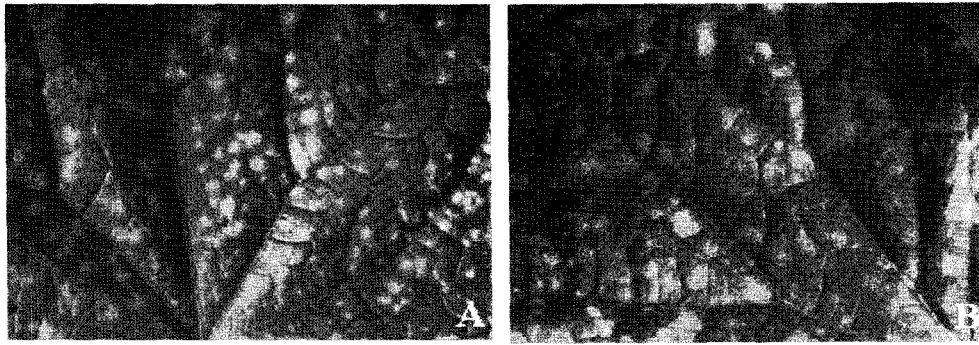


Fig. 1. Symptom of powdery mildew fungi infected with AQ94013. **A**, original symptom of powdery mildew caused by *S. fusca* on a cucumber leaf; **B**, colonies of *S. fusca* infected with AQ94013 on a cucumber leaf surface.

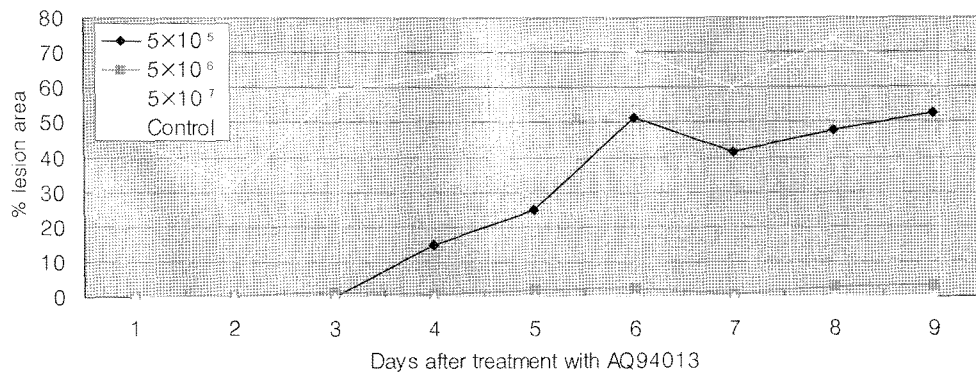


Fig. 2. Preventive control effect of AQ94013 against powdery mildew on cucumber leaves in the greenhouse. ^{a)}Spore suspension of AQ94013 was treated onto cucumber leaves everyday to nine days before inoculation with *Sphaerotheca fusca*. ^{b)}Measurement was made seven days after inoculation with *S. fusca*.

억제되었다(Fig. 2). 그러나 $5.0 \times 10^5/ml$ 처리구에서는 3일째까지는 흰가루병의 발생이 매우 억제되었으나, 5일 이후부터는 발병 억제효과가 감소되었다. 이는 AQ94013 처리가 흰가루병 예방에 효과가 있는 것이 확인되었고, 또한 AQ94013 포자현탁액의 농도가 높을수록 흰가루병 발생 지연효과도 높은 것을 확인할 수 있었다. 흰가루병의 예방을 위해서는 중복기생균의 포자수를 고려할 때 $5.0 \times 10^6/ml$ 농도의 처리가 흰가루병의 예방에 적정할 것으로 사료되었다.

AQ94013처리에 의한 오이 흰가루병 치료 효과. 오이 흰가루병균을 인공접종한 온실에서 AQ94013의 포자현탁액($5.0 \times 10^6/ml$ 농도), 웨나리몰유제 4,000배액, 물을 처리하여 흰가루병 방제 효과를 조사한 결과(Fig. 3), AQ94013 포자현탁액 처리구에서는 처리 후 3일째까지는 흰가루병의 방제효과가 낮았으나, 처리 4일 후부터 흰가루병의 병반면적이 급격히 감소되고, 처리 6일째에는 농약인 웨나리몰유제 처리와 별 차이가 없을 정도로 방제 효과가 확인되었다. 이에 비교하여 물처리구와 무처리구에서는 흰가루병 발생이 계속 증가되어 처리 후 7일에는 80%의 병반 면적을 나타내었다.

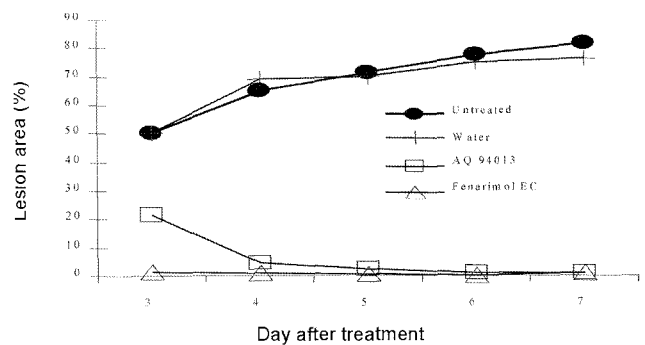


Fig. 3. Control effect of AQ94013, fenarimol EC and water against cucumber powdery mildew in vinylhouse.

AQ94013균주를 처리한 오이 잎 엽록체의 투과전자현미경(TEM) 관찰. 오이 흰가루병이 발생한 잎에 AQ94013을 처리한 것과 처리하지 않은 잎의 엽록체 변화를 투과전자현미경(TEM)으로 관찰한 결과, AQ94013의 포자현탁액을 처리한 잎의 엽록체는 정상적인 오이잎의 엽록체와 비교하여 세포벽(CW), 엽록체막(CE), grana lamella(GR) 및 osmiophile granule(OG) 등의 형태가 별 차이가 없었지만(Fig. 4A,B) AQ 94013을 처리하지 않은 잎의 세포

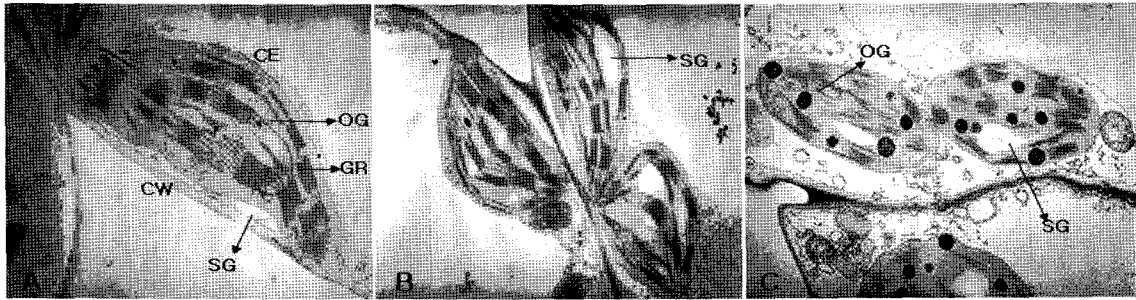


Fig. 4. Morphology of chloroplast in the cucumber leaf infected by powdery mildew fungi observed by a transmission electron microscope (CE; chloroplast envelope, CW; cell wall, GR; grana lamella, OG; osmiophile granule, SG; starch grain). **A**, normal leaf; **B**, leaf treated with spore suspension of *A. quisqualis* 94013; **C**, infected leaf by powdery mildew fungi.

벽(CW)에서 분리된 엽록체는 타원형 모양으로 변형되었으며, grana lamella의 구조가 붕괴되어 흩어져 있고, osmiophile granule(OG)와 전분과립(starch grain)은 정상적인 엽록체에서 보는 것과 달리 비대해져 있는 형태로 변형되었다(Fig. 4C). 이러한 현상은 AQ94013균주를 오이 잎에 처리하면 AQ94013 균주가 흰가루병균에 기생하여 흰가루병균을 죽여 흰가루병균이 오이 잎에 영향을 미치지 못해 정상적인 엽록체구조가 유지되는 것으로 판단되었다.

기존제품(AQ10)과 선발된 중복기생균 AQ94013 균주의 흰가루병 방제효과 비교. AQ94013과 AQ10의 포자를 각각 5.0×10^6 /ml의 농도로 처리하여 10일후에 비교한 결과, 두 처리구 모두 웨나리몰유제 보다는 방제효과가 다소 낮았다(Table 2). AQ94013 처리구에서는 흰가루병 병반 면적율이 2.5%, 웨나리몰유제를 처리한 구에서는 0.4%로 웨나리몰 유제 처리시 방제 효과가 다소 높았으나 통계적인 유의차는 인정되지 않았다. AQ10 처리구는 발병율이 높은 5.9%로 높게 나타나 AQ94013 처리구와 비교하여 통계적으로 유의차가 인정되었으며 AQ94013 처리구 보다 효과가 낮은 것으로 확인되었다. AQ94013의 방제효과는 AQ10보다 9.6% 정도 높아 효과가 우수하여, 흰가루병 방제용 미생물농약으로서 실용가능성을 높여 주었다.

Table 2. Comparison of control effect of AQ94013, AQ10 and Fenarimol EC against cucumber powdery mildew in the greenhouse

Treatment	% lesion area ^{a)}	% control effect
AQ94013 (5×10^6 /ml)	2.5 a ^{b)}	92.9
AQ10 ^R (5×10^6 /ml)	5.9 b	83.3
Fenarimol EC ($\times 4,000$)	0.4 a	98.9
Control	35.3 c	-

^{a)}Measurement was made ten days after treatment. ^{b)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

비닐하우스에서 AQ94013 포자현탁액 처리 농도별 오이 흰가루병 방제효과. 포자현탁액 농도를 5.0×10^5 /ml로 처리한 구의 흰가루병 발병면적율은 3.0%, 5.0×10^6 /ml 처리구에서는 1.0%, 5.0×10^7 /ml 처리구에서는 0.3%로 대조구 25.1% 대비 분명한 방제 효과가 있었다(Table 3). 포자현탁액의 농도별 방제 효과는 농도가 높을수록 방제 효과가 높았으나, AQ94013의 처리농도간의 통계적 유의성은 없었으나 포자발아율, 온실검정과 포장검정결과를 종합하여 고려할 때 AQ94013균주의 효율적인 포자현탁액 농도는 5.0×10^6 /ml이 적정한 것으로 생각되었다.

Table 3. Effect of AQ94013 concentrations against cucumber powdery mildew in the vinylhouse

Concentration (spore/ml)	% lesion area ^{a)}	% control effect
5.0×10^5 /ml	3.0 a ^{b)}	88.0
5.0×10^6 /ml	1.0 a	96.0
5.0×10^7 /ml	0.3 a	98.8
Control	25.1 b	-

^{a)}Measurement was made eight days after treatment. ^{b)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

비닐하우스에서 흰가루병 방제를 위한 AQ94013의 처리 간격 및 횟수별 오이 흰가루병 방제효과. AQ94013 균주를 7일 간격으로 3회 처리한 구에서는 병반면적율이 0.2%, 10일 간격으로 2회 처리한 구에서는 0.8%로 웨나리몰유제를 처리한 구의 0.5%와 비교하여 유의성 있는 차이가 없었다(Table 4). Endo(1989)에 의하면 오이흰가루병균은 25°C에서 발아하여 부착기를 형성한 다음, 흡기를 내어 식물체에서 영양분을 흡수하고, 분생자격을 형성하여 새로운 포자를 형성하는데 보통 5일~6일 정도의 기간이 소요된다고 하였다. 따라서 중복기생균 AQ94013균주가 25°C에서 3일이면 흰가루병균에 기생하여 분생포자각을 형성하여 하나의 생활사를 완료되지만(이 등, 2001)

Table 4. Suppressive effect of AQ94013 on cucumber powdery mildew when it was treated at different application intervals and times in the vinylhouse

Treatment	Day interval	Treated times	% lesion area ^{a)}
AQ 94013 (5×10 ⁶ /ml)	7	3	0.2 a ^{b)}
	10	2	0.8 a
Fenarimol EC (×4,000)	10	2	0.5 a
Control	-	-	20.2 b

^{a)}Measurement was made seven days after final treatment. ^{b)}In a column, means followed by a common letter are not significantly different at the 1% level by DMRT.

경제성을 고려할 때 오이 흰가루병의 방제에 AQ94013을 7일 간격으로 3회 처리하는 것보다 10일 간격으로 2회 처리하는 것이 보다 경제적으로 여겨진다.

외국에서 *A. quiqualis*를 이용한 오이 흰가루병 생물적 방제에서 Jarvis와 Slingsby(1977)은 온실에서 *A. quiqualis*의 포자현탁액을 4회 처리하고, 물을 8회 처리하여 흰가루병 발생을 52.2% 억제하였으며, 수량은 약 60% 정도 증수되었다고 보고하였다. Sundheim 등(1982)은 *A. quiqualis*의 포자현탁액과 1/3 triforine를 처리하여 오이 수량이 50% 증가되었다고 하였고, Szejnberg 등(1989)은 이스라엘에서 오이 흰가루병을 상당히 감소시켜서 수량이 약 50% 증가되었다고 보고 하였고, Elad 등(1998)은 *A. quiqualis* AQ10제품 처리시에 오이 흰가루병균에 매우 효과적이라고 보고하였다.

이상의 AQ94013균주를 이용하여 유리온실과 비닐하우스 포장에서 오이 흰가루병 대한 생물적 방제 연구 결과 AQ94013균주는 화학농약 웨나리몰 유제를 대체할 만큼 흰가루병의 예방 및 치료 효과가 매우 우수하여 미생물 농약으로 개발할 필요가 있다고 판단되었다.

적 요

Ampelomyces quisqualis 94013(AQ94013)이 오이 흰가루병의 생물적 방제를 위하여 효과적인 기생균으로 선발되었다. 온실에서 AQ94013의 포자현탁액을 5.0×10⁶/ml 또는 5.0×10⁷/ml를 예방적으로 경엽 살포하여 9일간 오이 흰가루병의 발생을 상당히 억제시켰다. 오이 흰가루병이 발생한 후에 AQ94013의 포자현탁액(5.0×10⁶/ml)을 처리하였을 때에도 3일에서 7일내에 흰가루병을 효과적으로 억제시켰다.

오이재배 비닐하우스에서 AQ94013의 포자현탁액(5×10⁶/ml)을 7일 간격 3회 처리는 AQ94013의 포자현탁액의 10일 간격 2회 처리와 화학약제 웨나리몰유제를 2회 처

리한 것 보다 오이 흰가루병 방제 효과가 높았다. 그러므로 AQ94013균주는 오이 흰가루병 생물적 방제를 위하여 유망한 미생물살균제로 개발할 필요가 있다고 판단되었다.

참고문헌

- 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.
- Belanger, R. R., Dik, A. J. and Menzies, J. M. 1998. Powdery mildews recent advances toward integrated control. In : Plant-microbe Interactions and Biological Control, ed. by Boland, G. J. and Kuykendall, D. L. pp. 89-126. Marcel dekker, New York, USA.
- Belonger, B. R., Labbe, C. and Jarvis, W. R. 1994. Commercial scale control of rose powdery mildew with a fungal antagonist. *Phytopathology* 78: 420-424.
- Beuther, E., Philipp, W. D. and Grossmann, F. 1983. Nachweiss polysaccharid-abbauender Enzyme in Kulturfiltrat des Mehltauhyperparasiten *Ampelomyces quisqualis*. *Phytopathol. Z.* 106: 365-368.
- Copping, L. G. 2004. The manual of biocontrol agents. The third edition of the biopesticide manual. BCPC. UK. 702 pp.
- Elad, Y., Kirshner, B., Yehuda, N. and Szejnberg, A. 1998. Management of powdery mildew and gray mold of cucumber by *Trichoderma harzianum* T39 and *Ampelomyces quisqualis* AQ10. *Biocontrol* 43: 241-251.
- Emmons, C. W. 1930. *Cicinnobolus cesatii*, a study in host parasite relationships. *Bull. Torrey Bot. Club.* 57: 421-441.
- Endo, T. 1989. Studies on the life-cycle of cucurbit powdery mildew fungus *Sphaerotheca fuliginea*(schlecht) Poll. *Spec. Bull. Fukushima Pref. Agr. Exp. Stn.* 5: 1-106.
- Erickson, E. O. and Wilcox, W. F. 1997. Distributions of sensitivities to three sterol demethylation inhibitor fungicides among populations of *Uncinula necator* sensitive and resistant to triadimefon. *Phytopathology* 87: 784-791.
- Hijwegen, T. 1992a. Biological control of cucumber powdery mildew with *Tilletiopsis minor* under greenhouse conditions. *Neth. J. Plant Pathol.* 98: 221-225.
- Hijwegen, T. 1992b. Glycolytic activities in some fungicolous fungi. *Neth. J. Plant Pathol.* 98: 91-98.
- Hijwegen, T. and Buchenauer, H. 1984. Isolation and identification of hyperparasitic fungi associated with *Erysiphaceae*. *Neth. J. Plant Pathol.* 90: 79-84.
- Hofstein, R. 1996. *Ampelomyces quisqualis*, a new biofungicide to control powdery mildew in grapes. in the BCPC Conference-Pests and Diseases, Vol. 1: 34-40. British Crop Protection Council, UK.
- Jarvis, W. R. and Slingsby, K. 1977. The control of powdery mildew of greenhouse cucumber by water sprays and

- Ampelomyces quisqualis*. *Pla. Dis. Repr.* 61: 728-730.
- Kiss, L., Russell, J. C., Szentivanyi, O., Xu, X. and Jeffries, P. 2004. Biological and biocontrol potential of *Ampelomyces* mycoparasites, natural antagonist of powdery mildew fungi. *Biocontrol Science and Technology* 14(7): 635-651.
- Kiss, L. and Vajna, L. 1993. Biological control of powdery mildew fungi using their *Ampelomyces* spp. hyperparasites. Abstracts of the 3rd Crop Protection Conference, Keszthely, p. 26 (In Hungarian).
- Klecan, A. L., Hippe, S. and Somentlle, S. C. 1990. Reduced growth of *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei* induced by *Tilletiopsis pallescens*. *Ecology and Epidemiology* 80: 325-331.
- 한국식물병리학회. 2004. 한국식물병명목록(제4판). 한국식물병리학회 779 pp.
- 이상엽, 김흥기. 2001. *Ampelomyces quisqualis* 94013 오이 흰가루병균에 대한 기생적 특성. *한국균학회지* 29(2): 116-122.
- Menzies, J. G., Ehret, D. L., Glass, A. D. M., Helmer, T., Koch, C. and Seywerd, F. 1991. Effects of soluble silicon on the parasitic fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*. *Phytopathology* 81: 84-88.
- 中澤靖彦, 大塚範夫. 1994. ウリ類 うどんこ病菌. *植物防疫* 48(6): 36-38.
- 中澤靖彦. 1995. キュウリ うどんこ病菌の薬剤感受性. *今月の農業* 4: 114-118.
- Pasini, C., D., Aquila, F., Curir, P. and Gullino, M. L. 1997. Effectiveness of antifungal compounds against rose powdery mildew(*Sphaerthecha pannosa* var. *rosae*) in glasshouses. *Crop-Prottection* 6: 251-256.
- Philipp, W. D. and Crüger, G. 1979. Parasitismus von *Ampelomyces quisqualis* auf Echten Mehltaupilzen an Gurten und anderen Gemusearten. *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzensch.* 86: 129-142.
- Puzanova, L. A. 1988. The biological preparation of ampelomycin and method of its production. *Mikologiya-i-Fitopatologiya* 22: 340-342.
- 신현동. 1994. 강원도에서 채집한 흰가루병균과 기주식물. *한국균학회지* 22: 229-246.
- 신현동, 김경희. 1994. 흰가루병균의 중복기생균 분리 및 오이 흰가루병 생물적 방제 우수균주 선발. *농촌진흥청 농사시험 연구논문집* 36: 141-151.
- Sundheim, L. and Kreckling, T. 1982. Host-parasite relationships of the hyperparasite *Ampelomyces quisqualis* and its powdery mildew host *Sphaerotheca fuliginea*. *Z. Phytopathol.* 104: 202-208.
- Sztejnberg, A., Galper, S., Mazar S. and Lisker, N. 1989. *Ampelomyces quisqualis* for biological and integrated control of powdery mildews in Israel. *J. Phytopath.* 124: 285-295.
- Urquhart, E. J., Menzies, J. G. and Punja, Z. K. 1994. Growth and biological control activity of *Tilletiopsis* species against powdery mildew (*Sphaerthecha fuliginea*) on greenhouse cucumber. *Phytopathology* 84: 341-351.
- Verhaar, M. A. and Hijwegen, T. 1993. Efficient production of phialoconidia of *Verticillium lecanii* for biocontrol of cucumber powdery mildew *Sphaerotheca fuliginica*. *Neth. J. Path.* 99: 101-103.
- Wright, D. P., Scholes, D., Horton, P., Baldwin, B. C. and Sheppard, M. C. 1990. The relationship between the development of houstori of *Erysiphe graminis* and the energy status of leaves. pp. 223-226. In *Current Reaserch in Photosynthesis*, Vol. 4. M. Baltscheffsky, ed. kluwer academic publishers, Dordrecht, Netherands.
- Yakushkina, N. A., Chichinadze, Z. A. and Kropin, A. N. 1994. Applications of ampelomycin had to be avoided. *Zashchita Rastenii* (Moskva) 9: 46 (In Russian).