

Trichoderma harzianum ABGC-95를 이용한 골프그린에 발생하는 Pythium 마름병의 생물적 방제

염주립

삼성에버랜드(주) 잔디·환경연구소

Biological control of Pythium blight of turfgrass in golf green by *Trichoderma harzianum* ABGC-95

Ju-Rip Yeom

Samsung Everland Inc. Turfgrass & Environment Research Institute

ABSTRACT

Antibiotic activity of selected biocontrol agent *Trichoderma harzianum* ABGC-95 showed 59% to *P. graminicola*, 65% to *P. aphanidermatum* and 57% to *Rhizoctonia solani* compare to non-treated control. ABGC-95 showed resistant to major agrochemicals such as metalaxyl+mancozeb, etridiazole, propamocarb, toclofos methly, terbuconazole, pencycuron and flutolanil. The biocontrol agent *T. harzianum* ABGC-95 grew vigorously in low nutrient media and water agar. And sand mixture with wheat bran or mowing debris of zoysia grass also provided good growth of the organism. Application of sand mixture of *Trichoderma* spp. into aeration cores in golf green showed most effective biocontrol of pythium blight. Top dressing application of *T. harzianum* ABGC-95 reached 83% control efficient while spray application of same biocontrol agent showed only 69% control. The biocontrol agent ABGC-95 successfully suppressed the population density of *Pythium* spp. in soil. The population density of total *Pythium* spp. in ABGC-95 treated soil was sustained almost same population at beginning(early May) up to end of August, while the population in untreated control plot was increased 5 times that of beginning and even 10 times in pathogen accumulated soil.

Key words: Biological control, *T. harzianum* ABGC-95, resistant to agrochemicals, Pythium blight

서 론

현재까지 전통적인 잔디관리 병 방제를 위하

여 살균제를 이용해 왔으며 골프코스의 그린은 토양이 주로 사질토로 구성되어 있고 잦은 살수나 깎기 등으로 처리한 농약이 유실이 쉽게 되고 효과가 오래가지 못한다. 그러므로 골프코

*corresponding author

스의 그린에 발생하는 잔디병을 방제하기 위하여 잔디의 상토층에서 지속적으로 성장할 수 있는 길항미생물을 처리하였다.

우리 나라 골프장 잔디의 경우에도 진균류에 의한 전염성병이 주종을 이루고 있다. 이 중 그린의 주요 토양병으로는 *Pythium* spp.에 의한 *Pythium blight*, *Rhizoctonia solani*에 의한 *brown patch*, *Scerotinia homoeocarpa*에 의한 *dollar spot* 등이 알려져 있다. 이러한 병해의 방제는 주로 농약 사용에 의존하고 있는데, 집중적인 관리가 요구되는 그린의 경우 농약이 과용되고 있다. 그러나 토양전염성 병해의 경우 농약에 의한 효과적인 방제가 어렵다.

또한 최근 골프장의 농약에 의한 환경오염이 사회적으로 문제되어 농약의 종류가 크게 규제되고 사용 횟수도 제한되어 잔디의 병방제를 위해 농약에 만 의존할 수 없는 실정이다. 그리고 그린토양이 대부분 사질토로 조성되어 있어 농약의 유실이 쉽고, 잦은 살수로 인하여 토양 병원균을 억제시킬 수 있는 시간적인 지속기간도 짧다. 따라서 효과적인 잔디의 토양병해 방제를 위해 화학적 방제를 보완할 수 있는 방법의 개발이 필요하다. 최근 화학 방제를 보완하기 위하여 여러 작물에서 생물학적 방제 방법이 보고되고 있다(Goodman 1991, Lo, Nelson, and Harman 1996 and 1997, Nelson 1997).

재료 및 방법

길항미생물의 분리

1995년부터 1996년까지 전국 주요 골프장 그린과 강원도 야산의 부엽토로부터 100여개의 *Trichoderma* spp. 균주를 분리하여 *Pythium* 균과 대치배양 및 균사생육이 빠른 균과 골프장에 사용하는 주요 살균제에 저항성이 있는

균주를 우선적으로 분리하여 멸균한 토양과 함께 실온에 저장하였다.

길항미생물 증식 및 처리

50g의 bentgrass 예지물을 1시간 동안 멸균하고 *Trichoderma* strain ABGC-95의 포자현탁액 1ml(2×10^4 /ml)을 각각 접종하여 30℃의 항온기에 10일간 배양하였다. 배양된 bentgrass 예지물을 멸균수에 희석하여 *Trichoderma* 선택배지 TSM에 희석도말하여 30℃의 항온기에 3일 동안 방치후 *Trichoderma* ABGC-95의 균밀도를 조사하였다.

공시한 길항미생물은 *Trichoderma viride*, *T. harzianum*, *Trichoderma* sp. ABGC-96, *Trichoderma* sp. Tri-C와 경상대학교 농생물학과 병리실험실로부터 분양받은 *Gliocladium viride*(G872)와 *Bacillus polymyxa*(G157)를 배양후 처리하였다. 진균류 배양은 실온의 발효기에 6일 동안 액체배양 후 3일간 정체배양하고 다시 5일간 배양후 3일 정체배양후 포자를 채집하여 포자현탁액을 모래와 혼합하여 영양분을 첨가하여 처리하였다.

공시초종은 관악골프장의 예지포의 creeping bentgrass "Pennncross"를 사용하였으며, 접종원은 1,000ml의 플라스크에 모래 400g, oatmeal 20g과 증류수 85ml 넣어 혼합한 sand-oatmeal를 2일 간격으로 2번 멸균하여 PDA에서 3일간 배양된 병원균의 균총을 코르크보아로 잘라 5개씩 이식하여 27℃ 항온기에 14일간 배양 후 접종원으로 사용하였다. 관리는 일반관리인 관수, 예초를 하였고, 병발생 조사는 병징과 토양중 *Pythium*의 밀도변화를 조사하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였으며 길항균을 처리하기 전 *Pythium*의 전염원을 1.5m² 당 20g(250cfu/g)을 시험구에 처리하고 길항균을 처리함.

Table 1. Field application of fungicide and antagonists

Treatments ^v	Form of Application ^w
None(control)	-
<i>T. viride</i> (ATCC52439)	TAC S
<i>Trichoderma</i> sp.(ABGC-95)	TAC S
<i>T. harzianum</i> (ATCC52444)	TAC S
<i>Trichoderma</i> sp(Tri-C)	TAC S
<i>Gliocladium viride</i> (G872)	TAC
<i>Bacillus polymyxa</i> (G157)	S S ^x
Ridomil MG ^y (Metalaxy 7.5%+Mancozeb 56%)	S
Ridomil MG+ABGC ^z	S+TAC

^von 3 June

^wS : Spray, TAC : Topdressing in the Aerated Cores

^xWeekly application

^yMetalaxy+Mancozeb was applied at the rate of 2.4 g a.i /1.5m²

^z*Trichoderma* sp. ABGC-95 was treated at 20-days after Ridomil MG application on 3 June.

길항균 *Trichoderma* spp.와 *Bacillus polymyxa*(G157)의 배양은 실험실에서 개조한 액체 발효기에 2주간 배양후 TAC(topdressing into the aeration cores) 처리와 관주(Spray) 처리로 각각의 효과를 알아보았다. TAC처리는 *Trichoderma* spp.의 포자현탁액과 0.1%의 영양물질 혼합하여 처리하였고 Spray처리는 포자현탁액으로 처리하였다.

길항균 밀도조사

관악의 creeping bentgrass 시험구에서 *Trichoderma* spp.(처리한 *Trichoderma*와 원래 *Trichoderma*)의 밀도를 조사하기 위하여 시험구로부터 채취한 토양(1.5×2cm) 10g을 90ml의 멸균수에 희석하여 TSM(*Trichoderma* Selective Medium)에 토양현탁액을 도말하여 27℃의 항온기에 3일간 배양후 균총의 수를 측

정하였다.

방제효과 조사

*P. graminicola*의 토양전염원을 처리구에 접종후 길항균을 처리하였다. 처리방법으로는 TAC 방법과 Spray방법으로 처리하였으며 처리후 20일후 처리구별 토양중 *Pythium*의 밀도를 측정하였으며 처리 50일후 피시움의 병발생 면적을 조사하였다. 길항균 무처리구에 대한 처리구의 방제가는 Disease Control=(1-처리/무처리)×100.(%)로 표기하였다.

결 과

길항균 선발

오랫동안 낙엽이 쌓이고 잘 부숙된 강원도 지역 야산에서 토양을 채취하고 안양골프장을

Table 2. Inhibition of mycelial growth of *Pythium graminicola*, *P. aphanidermatum* and *Rhizoctonia solani* by culture filtrates of biocontrol agents

Biocontrol agents	Inhibition of mycelial growth (%)		
	<i>P. graminicola</i>	<i>P. aphanidermatum</i>	<i>R. solani</i>
ABGC-95	59	65	65
Tri-C	37	44	43
T9507-1	25	39	33
T95D-10	28	43	35
T95B-7	25	37	43
T96WD	33	39	43
T9608-4	7	34	15
Control	-	-	-

Data indicate percent inhibition of mycelial growth of each pathogen induced by 10% culture filtrate of biocontrol agent.

포함한 전국 각지 골프장의 그린에서 채취한 토양을 가지고 길항 미생물을 분리하였다. 길항 미생물로는 토양에 처리가 용이하고 *Pythium* spp.와 *Rhizoctonia*에 효과 있는 것으로 알려진 *Trichoderma* spp.를 대상으로 하였다. PDA 배양기상에서 *Pythium*균과 대치 배양과 성장속도등을 고려하여 ABGC-95의 6종의 *Trichoderma* spp.을 선발하였다. 또 대조 실험을 위하여 ATCC에서 분양한 *T. harzianum* 과 *T. viride*을 사용하였다.

길항균의 농약내성

1차 농약 내성실험에서 내성이 있다고 인정된 4균주에 대해서 농약에 대한 균사 성장 정도를

조사한 결과 Table 8과 같은 결과를 얻었다. 길항균으로 선발한 *Trichoderma* spp. ABGC-95와 Tri-C, *T. harzianum*, *T. viride*의 살균제에 대한 저항성을 조사하기 위하여 살균제를 넣지 않은 PDA와 살균제 50ppm을 첨가한 PDA 상에서 길항균을 접종하고 2일 후 균사의 성장을 조사하였다. 살균제 호리쿠어(Tebuconazole)과 몬카트(Flutolanil)에 대한 선발한 *Trichoderma* spp. ABGC-95와 Tri-C는 각각 5mm와 18mm, 3mm와 5mm로 성장할 수 있었으며 *T. harzianum*과 *T. viride*는 전혀 성장하지 않았다. 대부분의 *Trichoderma* 길항균들은 리도밀 MG(Metalaxyl)와 안타(etridiazole) 약제에는 성장할 수 있었다. 특히, ABGC-95는 리도밀

Table 3. Effect of fungicides^x on the mycelial growth of the selected biocontrol agents

Antagonists	Colony diameter(mm) ^y				
	Metal. + Manc.	Tebuc.	Etri.	Fluto.	Control
ABGC-95	50	5	48	18	66
ATCC52444	5	-	27	-	65
ATCC52439	9	-	29	-	58
Tri-C	27	3	30	5	68

^xFungicide concentration : 50 ppm

^yMeasurement of colony size : 2-days after incubation on potato-dextrose agar at 27°C

Metal : Metalaxyl; Manc : Mancozeb; Tebuc : Tebuconazole; Etri : Etridiazole; Fluto : Flutolanil.

MG와 안타에 대한 생장률은 무처리에 비해 73%, 62%씩 성장할 수 있었다.

***P. graminicola* 처리에 따른 *T. harzianum*의 밀도변화**

선발한 길항균 ABGC-95를 골프장 그린토양에 단독으로 처리한 것과 *Pythium graminicola*와 함께 처리한 토양에서 각각의 생존 밀도를 조사하였다. 유기물이 풍족한 그린토양에서 ABGC-95의 밀도를 10일 간격으로 30일까지

조사하였을 때 *P. graminicola*와 관계없이 지속적인 증가를 나타내었다.

한편 같은 방법으로 *P. graminicola*를 *T. harzianum* ABGC-95와 경합시켰을 때 단독으로 접종한 *P. graminicola*는 접종후 10일까지는 밀도가 변화 없다가 20일부터는 급속히 증가하여 30일 후에는 10^8 cfu/g으로 증가되었으나 ABGC-95와 함께 접종하였을 때는 전혀 증가하지 못하였다.

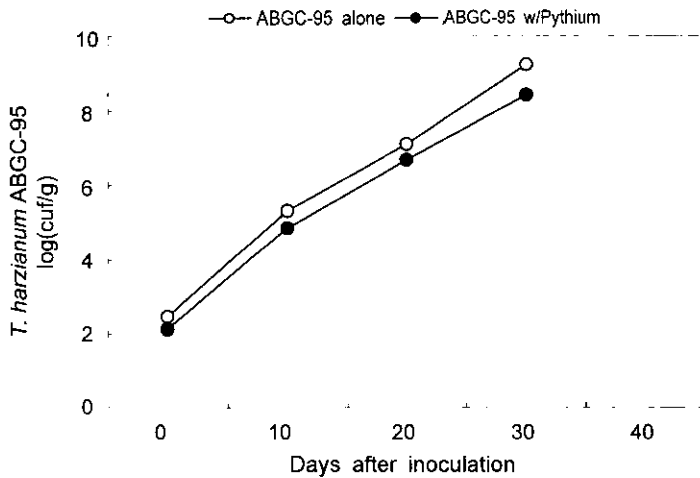


Fig. 1. Population changes of *Trichoderma harzianum* ABGC-95 in the soil when *T. harzianum* ABGC-95 inoculated alone and mixed *Pythium graminicola*

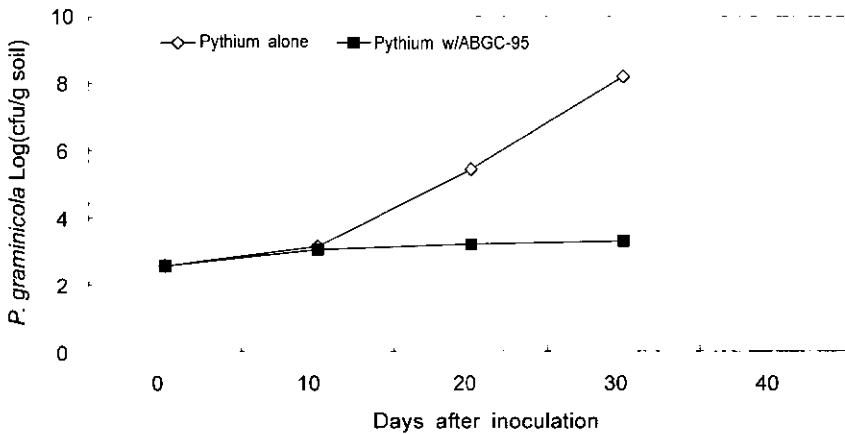


Fig. 2. Population changes of *P. graminicola* in soil when *P. graminicola* inoculated alone and mixed with *T. harzianum* ABGC-95

Table 4. Survivability of biocontrol agent, ABGC-95 and Tri-C in the pot soil with different application methods.

Application ^y methods	Initial population (conidia/ml)	Population Density cfu/g soil ^z	
		ABGC-95	Tri-C
Topdressing ^x	3.2×10^5	8.8×10^4	9.1×10^3
Spray ^y	9.8×10^5	1.4×10^3	1.9×10^2

^xTopdressing : 100cm³ of soil mixed with 10% of peat was supplemented 50ml of conidial suspension(2×10^7 conidia/ml) of ABGC-95, and Tri-C than dressed on the top of aeration core(0.8 cm diameter, 3 cm depth 4×4 cm spacing)

^ySpray : 100 ml conidia suspension(3.4×10^7 conidia/ml) of ABGC-95 and Tri-C sprayed on top soil surface.

^zPopulation densities were enumerated at 21 days after inoculation with *Trichoderma* selective medium.

토양중 *T. harzianum* ABGC-95의 생존율

길항균 *T. harzianum* ABGC-95와 Tri-C의 처리방법에 따른 처리한 길항균의 생존율을 조사하여 Table 12와 같은 결과로 얻었다. 골프장 그린에 토양의 통기성을 향상시키기 위하여 수행하는 Aeration Core(직경 0.8cm 깊이 3cm)에 모래와 함께 길항균을 처리하는 Topdressing 방법의 경우 길항균을 처리한 지 1개월 후 약간의 밀도 저하를 나타내었지만 길항균의 효과를 유지할 만한 10^5 cfu/g으로 나타났다. 길항균의 포자현탁액을 토양표면에 살포하는 spray 방법에서는 아주 낮은 생존율을 나타내었다.

방제효과 평가

ABGC-95을 topdressing 처리방법과 spray 방법으로 처리했을 때 처리후 20일간은 처리한 *Trichoderma*의 밀도가 10^5 (cfu/g soil)으로 유지되었으나 20일이 경과하면서 ABGC-95 topdressing 처리 외 ABGC-95 spray 처리, Tri-C topdressing, spray 처리구에서는 계속적으로 밀도가 감소되었다. ABGC-95 TAC 처리는 2개월간 10^5 을 유지하였다(Fig. 2).

처리방법에 따른 길항균의 *Pythium* 억제효과

*Pythium*의 생물학적 방제를 위해 미생물 처리는 *Trichoderma* 4종과 *Gliocladium virens*, *Bacillus polymyxa*와 살균제와 혼합처리, 살균제 단독 처리로 하였으며 진균성 길항균인 *Trichoderma*와 *Gliocladium*속은 모래에 길항균을 혼합하여 처리하는 배토(TAC, topdressing in the aeration cores)처리와 관주(spray)처리로 나누었으며, 처리효과는 길항균을 처리하지 않은 무처리구에서 *Pythium*의 발병수치는 6.8과 토양중 *Pythium* 밀도는 252 (cfu/g soil)인 반면 ABGC-95는 spray 처리구에서 발병수치는 2.3 토양중 *Pythium*의 밀도는 195로 나타났으며 특히 TAC 처리에서는 *Pythium*의 발병수치가 1.1과 토양중 밀도는 87로 가장 효과가 좋았다. TAC 처리와 spray 처리중 TAC 방법으로 처리한 plot에서 가장 *Pythium* 밀도가 낮았으며, *Pythium* 억제율도 높았다(Table 5).

길항균 처리와 *Pythium*의 밀도억제

길항균 ABGC-95를 처리한 토양과 처리하지 않은 토양에서 전체 *Pythium*균의 밀도변화를 조사한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 길항균을

Table 5. Comparison of biological and chemical suppression of *Pythium* blight on creeping bentgrass in nursery field experiments with selected isolates of *Trichoderma* spp. *Bacillus polymyxa*, and the fungicide Metalaxyl+Mancozeb

Antagonists	Form of Applications ^u	<i>Pythium</i> ^v (cfu/g soil)	Control rate ^w (%)
<i>T. viride</i>	TAC	149	49
ABGC-95	TAC	87	83
<i>T. harzianum</i>	TAC	143	65
Tri-C	TAC	133	69
<i>Bacillus polymyxa</i> (G157)	S ^x	109	80
Ridomil MG ^y (Metalaxy 7.5%+Mancozeb 56%)	S	154	72
Control	-	252	-

Treatments were applied in June 3, 1998.

^uTAC : Topdressing in the Aeration Core, S : Spray

^vCFU were measured 30-days after treatment.(Initial population density of *Pythium* spp. was 50 cfu per gram contained 30 cfu per gam of *Pythium graminicola*.)

^wDisease control rates were calculated on the basis of proportion of the disease rate of each treatment over the disease rate in untreated control.

Disease Control=(1-처리/무처리)×100.(%)

^xWeekly application Disease Control

^yRidomil MG applied at the 1.5 g/m².

처리한 골프그린에서는 5월 15일 최초 조사당시의 밀도 21cfu/g에서 크게 변화되지 않았지만 ABGC-95를 처리하지 않은 토양에서는 다음 조사일인 6월 25일에 100cfu/g 정도로 크게 증가하였으며 이러한 증가 추세는 8월 초순까지 계속되다가 기온과 높아지는 8월 초순부터

는 급격히 증가하여 8월 20일에는 토양 1g당 300cfu 이상의 밀도를 나타내었고 이 시기에 무처리에서는 *Pythium* 마름병이 발생하였다.

1997년과 1999년 2년에 걸쳐 안양베네스트 골프클럽과 퍼팅그린에서 길항미생물 ABGC-95를 처리한 후 *Pythium*균의 밀도 변화를 조

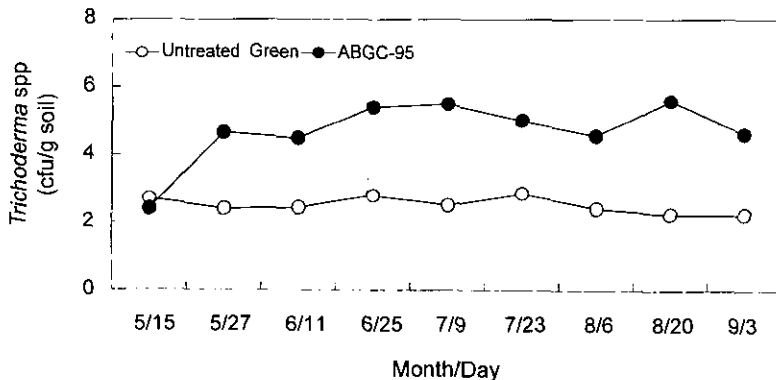


Fig. 3. Population Changes of total *Trichoderma* spp. in soil when the conidia of *Trichoderma harzianum* ABGC-95 inoculated into soil

patch을 방제하기가 위하여 많은 농약을 사용하는 것이 불가피하다. 현재 이미 사용한 농약의 잔류도 문제되기 때문에 골프장에서 당장 사용하는 생물적 방제 미생물 농약에 대하여 내성을 갖고 있어야 농약 사용을 포함하는 생물적 방제가 필요하다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 처음부터 농약에 내성을 나타내는 균주를 생물적 방제제로 선발하였다.

생물적 방제 미생물이 실제포장에서 효과를 나타내려면 왕성한 증식력을 갖고 있어야 한다. 특히 토양이나 근권에는 충분한 영양물질이 항상 공급되는 것이 아니기 때문에 저영양 상태에서도 잘 자랄 수 있어야 한다. 본 연구에서는 이러한 조건을 갖춘 길항미생물을 선발하기 위하여 물한천 배지와 1/4PDA 물한천 배지에서도 잘 증식하는 길항미생물을 선발하였다. 선발한 ABGC-95는 물한천 배지에서도 성장 능력이 별로 감소되지 않으므로 토양환경에서도 길항능력을 발휘할 수 있을 것으로 사료된다.

길항미생물을 토양에 처리할 경우 길항미생물만 단독으로 처리하면 기존의 토양미생물들과 경쟁에서 살아남지 못하고 급격히 그 밀도가 감소된다(Nelson, Burpee and Lawton 1994). 따라서 길항미생물을 토양에 처리하는 경우는 대부분 적당한 유기물과 함께 처리하게 된다(Peacock and Daniel 1992). 본 연구를 통해서 얻어진 결과를 보면 선발한 미생물 ABGC-95는 밀기울(wheat bran)과 잔디예지물(Zoysia leaf waste)에서 잘 증식함을 알 수 있었다. 잔디를 깎고 나면 많은 양의 예지물이 발생하는데 이러한 예지물을 이용하여 길항균을 증식시킨다는 것은 일석 이조의 효과를 얻을 수 있는 것이다. 골프장 그린에 예지물과 함께 처리된 길항미생물은 현장환경에 가장 적응하기 유리한 미생물이 될 것으로 생각된다.

골프장에 발생하는 *Pythium* 마름병은 병원균인 *Pythium*의 밀도변화에 의해 좌우된다는 것은 앞에서 언급한 바와 같다. 토양중에 서식하는 *Pythium*은 환경의 변화에 따라 밀도가 변화되지만 여러 가지 경쟁미생물이나 길항미생물들에 의해서도 영향을 받게 된다. 특히 강한 억제력을 나타내는 길항균이 주변에 있을 경우는 그 밀도가 현저히 억제됨을 본 연구에서 제시하고 있다(Fig. 5). 토양중에 *Pythium*균과 같이 접종한 *Trichoderma hazianum* ABGC-95는 *Pythium*균에 의하여 전혀 영향을 받지 않지만 *Pythium*은 *Trichoderma*에 의해 전혀 증식하지 못함을 알 수 있었다.

토양에 유기물과 함께 접종한 *Trichoderma*는 비록 증식에 유리한 환경을 제공한다 하더라도 처음 접종 당시 밀도보다는 서서히 줄어갈 수밖에 없다. 특히 전염원은 분생포자를 사용하기 때문에 급격히 줄어든다. 본 연구에서 얻은 결과로 보면 ABGC-95는 3주후 8.8×10^4 의 밀도를 유지함으로써 상당기간 병원균을 억제할 수 있는 잠재력을 나타내었다.

이러한 길항균들을 골프그린에 topdressing 처리하였을 때 ABGC-95는 3개월 이상 10^4 cfu/g에 가까운 밀도를 유지하였다. 골프장에서 *Pythium* 마름병이 발병하기 시작하는 6월 초부터 9월 초까지 일정한 밀도로 유지함을 나타냄으로써 생물적 방제제로서 필요한 조건을 갖추었다고 판단된다.

길항미생물을 처리하는 방법은 될 수 있는 대로 간편해야 하고 적용대상 작물의 재배방법상 쉽게 사용할 수 있어야 한다. 길항미생물을 농약처럼 물에 타서 살포하는 방법은 가장 간편하고 골고루 접종할 수 있는 좋은 방법이지만 접종한 미생물이 식물의 표면이나 토양 중에서 생존하기가 어렵기 때문에 처리직후에는 효과

가 있을 수 있으나 급격히 방제효과가 감소된다. 생물적 방제는 농약사용처럼 자주 처리하기 어렵기 때문에 상당한 기간 동안 방제효과가 지속되는 방법을 선택하여야 한다.

이에 비하여 길항미생물을 배토사에 섞어서 aeration core에 처리하는 방법은 길항균의 생존율을 높일 수 있는 좋은 방법이다. 골프장 잔디를 관리하기 위하여 주기적인 aeration 작업과 그 구멍들을 배토사로 메우는 일은 반드시 해야 하는 작업이다. *Pythium* 마름병을 생물학적으로 방제하기 위하여 토양에 골고루 길항균을 처리할 수 있는 방법으로 aeration core에 배토사와 함께 처리하는 방법은 매우 유용하다고 하겠다.

길항미생물을 토양에 처리하여 *Pythium* 밀도를 지속적으로 억제할 수 있다면 골프장 잔디에서 *Pythium* 마름병은 생물학적으로 방제할 수 있을 것이다. 본 연구에서 선발한 ABGC-95를 토양에 처리하였을 때 토양중의 *Pythium*의 밀도를 아주 효과적으로 억제하고 있음을 알 수 있다.

이 연구를 통하여 얻어진 결과를 종합해 보면 골프장 잔디에 발생하는 *Pythium* 마름병은 병원균의 밀도 증가와 직결되어 있으며 병원균의 밀도 증가는 다습한 기후와 온도 그리고 토양의 배수조건등과 밀접한 관계를 갖고 있다. 그러나 병원균이 증가할 수 있는 환경조건이 갖추어졌다고 해도 길항미생물만 효과적으로 토양에 처리한다면 병원균의 밀도는 별로 증가되지 않음을 알 수 있다(Fig. 2). 이 연구 결과로 제시할 수 있는 것은 유용한 길항미생물인 *Trichoderma harzianum* ABGC-95를 토양에 효과적으로 처리 한다면 *Pythium*균의 밀도를 발병수준 이하로 낮출 수 있고 연중 *Pythium* 마름병의 발생을 억제할 수 있을 것이다.

요 약

생물학적 방제법으로 *Pythium*의 밀도를 감소시키기 위하여 그린토양에 길항미생물을 도입하여 토양환경을 조절하였다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 실내 항균능력 조사에서 길항미생물 ABGC-95는 *P. graminicola*와 *P. aphanidermatum*과 *R. solani*에 대해 병원균 억제력이 무처리에 비해 각각 59%와 65%, 57%의 저지능력이 있었으며 골프장 주요농약인 metalaxyl+mancozeb, etridiazole, propamocarb, toclofos methyl, tebuconazole, pen-cycuron과 flutolanil에 대해 내성을 가지고 있다.
2. 길항균 ABGC-95는 저양분 배지에서도 잘 자랐으며 영양이 거의 없는 물-한천 배지에서도 초기 성장 속도가 빨랐으며 밀기울이나 한국 잔디 예지물을 모래와 혼합한 배지에서 왕성하게 성장하였다.
3. 길항균의 토양처리 방법은 골프장 토양 통기를 위한 aeration core에 모래와 함께 생물적 방제제를 처리하는 것이 가장 좋은 효과를 나타내었다. ABGC-95를 TCA법으로 처리하였을 때에는 83%의 방제가를 나타내는데 비하여 나머지 방법들은 69% 정도밖에 안 되었다.
4. 길항균 ABGC-95를 그린토양에 처리후 그린의 *Pythium* 밀도 변화는 최초 길항균을 처리할 당시의 밀도가 마지막 조사 때까지 크게 변화되지 않았으나 길항균을 처리하지 않은 무처리구에서는 *Pythium*의 밀도가 5배 이상 증가되었으며 병원균이 누적된 토양에서는 그 밀도가 10배 가까이 증가하여 *Pythium* 마름병이 발생하였다.

참고문헌

1. Elad, Y., Katan, J., and Chet, I., 1980., Physical, biological, and chemical control intergrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* 70:418-422.
2. Goodman, D. M., and L. L. Burpee. 1991. Biological control of dollar spot disease on creeping bentgrass. *Phytopathol.* 81:1438-1446.
3. Lo, C. T., Nelson, E. B. and Harman, G. E. 1996. Biological control of turfgrass diseases with a rhizosphere competent strain of *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.* 80:736-741.
4. Lo, C. T., Nelson, E. B., and Harman, G. E. 1997. Improved biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum* 1295-22 for foliar phases of turf diseases by use of spray applications. *Plant Dis.* 81:1132-1138.
5. Nelson, E. B. 1996. Enhancing turfgrass disease control with organic amendmets. *Turfgrass Trends* 5:1-15.
6. Nelson, E. B. 1997. Biological control of turfgrass diseases. *Golf Course Management* July 60-69.
7. Nelson, E. B., and Harman., G. E. 1997. Improved biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum* 1295-22 for foliar phases of turf diseases by use of spray applications. *Plant Dis.* 81:1132-1138.
8. Nelson, E. B., L. L. Burpee and M. B. Lawton. 1994. Biological control of turfgrass diseases. p. 409-427 In: A. Leslie(ed), *Integrated pest management for turfgrass (and ornamentals)*. Lewis Publishers Inc., Chelsea, Mich.
9. 박규진, 김영호, 박영호, 김동성. 1995. 미생물제에 의한 잔디의 토양전염성병 방제 효과. *한국식물병과 농업* 1(1):19-29.
10. Papavizas, G. C. 1981. Survival of *Trichoderma harzianum* in soil and in pea bean rhizosperes. *Phytopathol.* 71: 121-125.
11. Peacock, C. H., and P. F. Daniel. 1992. A comparison of turfgrass response to biologically amended fertilizer. *Hortscience* 27:883-884.
12. 임주립. 2000. 골프그린에 발생하는 *Pythium* 마름병의 발생생태와 토양중 병원균 밀도변화 추적과 생물적 방제 연구. 박사학위 논문. 경상대학교 대학원.