한국식물병리학회지 12(2) : 237-244(1996)
Korean J. Plant Pathol. 12(2) : 237-244(1996)

Creeping Bentgrass에서 미생물제에 의한 Pythium Blight, Brown Patch 및 Dollar Spot 방제 효과

황연성 · 최준수 · 김영호[1]*
단국대학교 관상원예학과, [1]한국인삼연초연구원

Control Effects of Microbial Products on Pythium Blight, Brown Patch and Dollar Spot of Creeping Bentgrass

Yean Sung Hwang, Joon Soo Choi and Young Ho Kim[1]*
Department of Ornamental Horticulture, Dankook University, Chonan 332-714, Korea
[1]Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon 305-345, Korea

ABSTRACT : Microbial products containing cultures of either 3 fungal isolates (*Aspergillus* sp. A101, *Penicillium* sp. B202 and *Trichoderma* sp. C303) or 3 bacterial isolates (*Arthrobacter* sp. AN101, *Bacillus* sp. AN202 and *Pseudomonas* sp. AN303) or both were applied in a creeping bentgrass nursery to examine their control effects on major soil borne diseases including Pythium blight, brown patch and dollar spot. Also fungicides with or without the microbial product of the 6 microorganisms were applied to examine the control efficacy of the above soilborne diseases in greens. In the nursery, all of the microbial products reduced the occurrence of Pythium blight, and completely controlled the disease in those with three or more times of applications during the growing season. However, no sufficient control effectiveness was obtained by the treatments of the microbial products for brown patch and dollar spot diseases in the nursery, in which application of fungicides controlled these diseases effectively. Disease incidences in the greens treated together with the microbial product and fungicides (except those against Pythium blight) were lower (for brown patch) than or not significantly different (for Pythium blight and dollar spot) from those treated with fungicides alone.

***Key words* : creeping bentgrass, soilborne diseases, microbial products, biological control.**

우리 나라 골프장의 그린에는 주로 한지형 잔디인 creeping bentgrass(*Agrostis palutris* Huds. cv. Pencross)가 주종을 이루고 있다. 그린은 작은 면적임에도 불구하고 많은 인원이 사용하기 때문에 잔디가 상처를 많이 받으며 집중적인 답압으로 인하여 토양의 물리화학성이 불량해져 식물의 생육에 지장이 초래되고 있다. 더구나 그린은 이용 목적상 균일한 밀도와 빠른 생육이 유지되어야 하므로 화학비료가 과다하게 사용되고 있으며, 빈번한 예초가 행하여지므로 잔디는 연약하게 자라 병에 대한 저항성이 매우 낮은 상태이다.

잔디를 침해하는 곰팡이는 약 200여종이 있으며(21), 우리 나라 골프장 잔디의 경우에도 곰팡이에 의한 전염성병이 주종을 이루고 있다(3, 8, 11, 19, 23). 이 중 그린의 주요 토양병으로는 *Pythium* spp.에 의한 Pythium blight, *Rhizoctonia solani*에 의한 brown patch, *Screlotinia 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(10). 또한 최근 골프장의 농약에 의한 환경오염이 사회적으로 문제되어 농약의 종류가 크게 규제되고 사용 횟수도 제한되어 잔디의 병방제를 위해 전적으로 농약에 의존할 수 없는 실정이다. 따라서 효과적인 잔디의 토양병해 방제를 위해 화학적 방제를 보완할 수 있는 방법의 개발이 필요하다.

농약에 의한 병방제를 대체 또는 보완하기 위한 하나의 방법으로 여러 작물에서 생물학적 방제 방법이

*Corresponding author.

이용되고 있다. 우리 나라의 경우에는 주로 벼와 고추, 딸기 및 오이 등 원예 작물을 대상으로 생물학적 방제 연구가 이루어져 왔으나(1, 2, 4, 5, 13, 14, 20, 26), 잔디병에 관해서는 아직 연구가 미진한 실정이다. 최근 박 등(17)은 인삼의 뿌리썩음병 방제용 미생물제를 이용하여 3가지 잔디병(Pythium blight, brown patch, large patch)에 대한 방제 효과를 조사한 바 있다. 본 연구에서는 이들이 사용한 미생물제를 실제 잔디 포장에 처리하고 잔디 주요 토양병에 대한 방제효과를 조사하여 골프장에서 미생물제 사용의 실용 가능성을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

양묘장에서의 길항미생물제 처리 및 병해 조사. 대전에 소재한 유성 골프장 내에 있는 creeping bentgrass 양묘장에서 1994~1995년에 시험을 수행하였다. 실험은 처리별로 1.5 m×1.5 m 시험구를 설치하고 완전임의배치법 4반복으로 수행하였다. 양묘장은 년간 질소 28.2 g/m^{2}을 시비하였다.

이 실험에서 사용된 미생물제의 길항미생물은 "인삼 뿌리썩음병 방제제"(16)로 개발된 미생물제에 포함되어 있는 6가지 균주이다. 즉 곰팡이 3균주는 *Aspergillus* sp. A101, *Penicillium* sp. B202, *Trichoderma* sp. C303이며 세균 3균주는 *Arthrobacter* sp. AN101, *Bacillus* sp. AN202, *Pseudomonas* sp. AN303이다. 곰팡이의 경우 각각의 균주를 potato-dextrose broth 배지에서 25~27°C로 15일간 정치배양한 후 배양여액을 제거하고 균체(포자와 균사)를 수거하였다. 이 곰팡이 균체는 homogenizer로 분쇄한 후 20 ml vial에 분주하여 동결건조하였다. 세균의 경우는 M523 broth 배지(0.5 % soluble starch, 0.05% yeast extract, 0.05% peptone, 0.3% K_2HPO_4, 0.02% $MgSO_4$)에 27°C로 2일간 72 rpm으로 진탕배양하고 0.2% calcium chloride로 균체를 침전시켜 수거한 후 동결건조하였다. 각각의 균체 침전액에 skim milk를 5% 되게 혼합한 후 20 ml vial에 분주하여 freezer drier로 진공동결건조하였다. 곰팡이 균주 모두 또는 세균 균주 모두를 혼합하여 동결건조하였다. 이 동결건조 제품의 곰팡이와 세균의 밀도는 각각 10^8~10^{10}/ml로 조사되었다.

이 동결 건조한 제품을 증식배양액에 접종하여 배양한 후 잔디에 처리하였다. 증식배양액은 물 10 liter에 증식영양제(soluble starch 6.0 g; K_2HPO_4 2.4 g; $CaCO_3$ 2.4 g; $MgSO_4$ 1.2 g; urea 2.4 g; sucrose 100 g)를 첨가하여 조제하였다. 이 증식배양액 10 liter에 동결건조한 곰팡이와 세균을 각각 1 vial씩 접종하고 실온(20~30°C)에서 2~3일간 배양하였다. 이 배양액을 물로 20배 희석한 후 요소 100 g, sucrose 2 kg을 첨가하여 양묘장 잔디에 1 l/m^{2}씩 화단용 물뿌리개로 고루 뿌려 주었다.

길항미생물제 처리 종류는 곰팡이 3종 혼합 배양액, 세균 3종 혼합 배양액 및 곰팡이와 세균의 혼합 배양액이었고, 1회, 3회 및 5회 처리구로 9개 조합의 미생물제 처리구를 두어 4월초부터 한달 간격으로 살포하였으며, 또한 살균제 단독 처리구와 무처리구를 두어 총 11 처리구를 두었다. 살균제 처리구는 유성 골프장 병해 방제 계획에 따라 mepronil, metalaxyl, propineb, thiopanate-methyl, tebuconazole, propamocarb hydrochloride 등의 약제를 단용 혹은 2개 품목을 혼용하여 '94년에는 13회, '95년에는 12회 살포하였다. 무처리구는 살충제만 '94년 5회, '95년 6회 살포하였다.

병해 발생 조사는 발병 최성기(Pythium blight; 6월 하순~7월 초순, brown patch; 7월 하순~8월 초순, dollar spot; 4월 중순 및 5월 중순)에 2회 잔디 위에 형성된 병발생 면적을 조사하였다. 병발생 면적은 잔디 위에 형성된 병반의 장축과 단축을 측량하여 평균을 구한 다음 이를 원의 지름으로 가름하여 면적을 구하였다. 처리별 단위 면적(2.25 m^2) 당 병반 전부의 면적을 조사하였고, 병발생 정도는 발병 면적 비율을 전체 면적에 대한 백분율로 표시하였다.

그린에서의 길항미생물 처리 및 병해 조사. 유성 골프장 연습장내 그린의 4구역(각각 200 m^2)과 골프 코스 내에 있는 4개의 그린(444 m^2, 650 m^2, 487 m^2, 387 m^2)을 선정하여 시험에 사용하였다.

연습장내 그린은 '92~'93년에 길항미생물 배양액(곰팡이+세균)을 양묘장과 같은 방법으로 4회 처리하였고(농약은 살충제만 사용), '94~'95년에는 Pythium blight 방제 약제를 제외한 살균제와 미생물을 병행하여 처리하였다. 살균제는 유성 골프장 관행 방제 계획에 따라(Pythium blight 방제 제외) 살충제와 혼합하여 살포하였으며, 그 사용 횟수는 관행 살포 횟수의 반정도인 8회('94년) 및 7회('95년)였다. 미생물제의 처리는 양묘장에서와 같은 방법으로 증식배양액에 길항곰팡이와 세균을 동시에 접종하여 배양한 후 이 배양액을 20배 희석하여 배토사에 혼합하고 4월 중순과 5월 중순 배토시 2회 뿌려 주었고, 또한 6월 중순과 7월 중순에 배양액을 물로 20배 희석한 후 요소 100 g, sucrose 2 kg을 첨가하여 그린에 1 l/m^{2}씩 화단용 물뿌리개로 고루 뿌려 주었다.

골프 코스의 그린(살균제 단독 처리구)은 관행 방법

대로 살균제만을 사용하여 병을 방제하였다. 살균제 처리구인 골프 코스 그린에는 유성 골프장 관행 방제 계획에 따라 살균제+살충제를 '94년에는 15회, '95년에는 14회 살포하였다.

그린에서의 병발생 조사는 양묘장에서와 마찬가지로 병발생 최성기(Pythium blight; 6월 하순~7월 초순, brown patch; 7월 하순~8월 초순, dollar spot; 4월 및 5월)에 2회 잔디 위에 형성된 각 병의 발생 면적을 합산하여 처리 면적에 대한 발병면적비율을 구하였다. 발병 면적을 구하는 방법은 위의 양묘장 발병 면적을 구하는 방법과 같았다.

결 과

양묘장에서의 길항미생물제의 병방제 효과. Creeping bentgrass 양묘장에서의 길항미생물에 의한 병방제 효과는 Table 1~3에서 나타난 바와 같다.

양묘장에서의 Pythium blight 병발생은 '94년보다 '95년에 현저히 높았으며, 길항미생물을 처리하였을 때 Pythium blight의 발생율은 '94년, '95년 모두 무처리구와 약제 처리구에 비해 낮게 나타났으며, 특히 3회 이상 미생물제 배양액을 처리하였을 때에는 병발생이 전혀 없었다(Table 1). 길항미생물의 종류에 따른 병방제 효과는 유의성 있는 차이가 없었으며 길항곰팡이와 길항세균의 혼합배양액을 처리하였을 때 방제효과가 곰팡이 또는 세균배양액을 단독으로 처리하였을 때보다 다소 높은 경향을 보였다. 무처리구보다 오히려 살균제 처리구에서 병발생이 다소 높게 나타났다.

양묘장에서의 brown patch의 발생도 Pythium blight와 마찬가지로 '94년에는 5.5%, '95년도에는 12.3 % 발생하여 '94년보다 '95년에 다소 높았다(Table 2). 미생물제에 의한 brown patch의 방제효과는 연도, 미생물제의 종류, 살포 횟수 등에 따라 변이를 보였다. 전체적으로 볼 때 '94년도에는 미생물 처리구의 대부분이 무처리구와 유의성 있는 병발생율의 차이가 없

Table 1. Effect of microbial products on the control of Pythium blight of creeping bentgrass in the nursery

Treatment[a]	No. of applications	Disease severity (%)[b]	
		1994	1995
Bacteria	1	1.3	3.8
	3	0.0	0.0
	5	0.0	0.0
Fungi	1	3.0	2.0
	3	0.0	0.0
	5	0.0	0.0
Bacteria+fungi	1	1.8	0.0
	3	0.0	0.0
	5	0.0	0.0
Fungicides		6.3	38.8
Control		5.0	23.8
LSD (0.05)[c]		2.9	5.5

[a] Microbial products (bacteria, fungi, and bacteria+fungi): Microbial agents were applied from early April at intervals of one month without a fungicide application. Fungicides: Fungicides were sprayed for Pythium blight, brown patch and dollar spot diseases as regular spray schedules in the Yusong Country Club. Control: Control plots were sprayed only with insecticides.

[b] Disease incidences were examined two times each year (June 28 & July 8 in 1994 and June 23 & July 3 in 1995) and averaged. The disease severity was measured by the percentage of the diseased area relative to the total area of a plot. Numbers are averages of 4 replications.

[c] Least significant difference at p=0.05.

Table 2. Effect of microbial products on the control of brown patch of creeping bentgrass in the nursery

Treatment[a]	No. of applications	Disease severity (%)[b]	
		1994	1995
Bacteria	1	1.3	1.5
	3	1.8	4.3
	5	1.3	0.8
Fungi	1	0.0	5.0
	3	5.0	1.3
	5	5.0	7.3
Bacteria+fungi	1	1.8	2.0
	3	0.0	2.5
	5	2.5	0.8
Fungicides		0.0	0.0
Control		5.5	12.3
LSD (0.05)[c]		5.1	5.0

[a] Microbial products (bacteria, fungi, and bacteria+fungi): Microbial agents were applied from early April at intervals of one month without a fungicide application. Fungicides: Fungicides were sprayed for Pythium blight, brown patch and dollar spot diseases as regular spray schedules in the Yusong Country Club. Control: Control plots were sprayed only with insecticides.

[b] Disease incidences were examined two times (late July and early August) at intervals of 10 days and averaged. The disease severity was measured by the percentage of the diseased area relative to the total area of a plot. Numbers are averages of 4 replictions.

[c] Least significant difference at p=0.05.

었으나 '95년도에는 길항미생물 처리구 모두에서 병 발생이 무처리구에 비해 감소하였고, 길항미생물의 종류와 처리횟수 간에 방제효과는 일정한 경향이 없었다. 그러나 살균제 처리구에서는 '94년, '95년 모두 병발생이 전혀 없어 병방제 효과가 뚜렷하였다.

Table 3. Effect of microbial products on the control of dollar spot of creeping bentgrass in the nursery in 1995

Treatment[a]	No. of applications	Disease severity (%)[b]
Bacteria	1	0.26
	3	0.23
	5	0.21
Fungi	1	0.33
	3	0.37
	5	0.39
Bacteria+fungi	1	0.33
	3	0.25
	5	0.25
Fungicides		0.02
Control		0.25
LSD (0.05)[c]		0.17

[a] Microbial products (bacteria, fungi, and bacteria+fungi): Microbial agents were applied from early April at intervals of one month without a fungicide application. Fungicides: Fungicides were sprayed for Pythium blight, brown patch and dollar spot diseases as regular spray schedules in the Yusong Country Club. Control: Control plots were sprayed only with insecticides.

[b] Disease incidences were examined two times (mid April and mid May) and averaged. The disease severity was measured by the percentage of the diseased area relative to the total area of a plot. Numbers are averages of 4 replications.

[c] Least significant difference at p=0.05.

양묘장에서는 '94년도에 dollar spot이 발생하지 않아 길항미생물과 살균제 처리 효과를 조사할 수 없었다. '95년도 dollar spot의 발생율은 보면 길항미생물 처리구가 대조구에 비해 비슷하거나 약간 높은 발병율을 보여 길항미생물제에 의한 방제효과는 없는 것으로 나타났다(Table 3). 그러나 살균제 처리구는 병발생율이 현저히 낮아 병방제 효과가 우수하였다.

그린에서 길항미생물제의 병방제 효과. Pythium blight 방제 약제를 제외한 살균제와 길항미생물을 처리한 연습장 그린에서는 '95년도 brown patch가 1.5% 발생한 것을 제외하고는 3가지 주요 토양병이 전혀 발생하지 않았다(Table 4). 살균제 단독처리구인 골프코스의 그린에서는 Pythium blight와 dollar spot의 경우 연습장 그린과 병발생율에 차이가 없었으나 brown patch의 경우는 연습장 그린에 비해서 병발생율이 현저히 높았다.

고 찰

이 실험에서 사용된 미생물제는 인삼의 뿌리썩음병 방제용으로 곰팡이 3종과 세균 3종으로 이루어져 있다. 곰팡이, 세균 또는 이들을 혼합한 배양액을 양묘장에 살포하였을 때 방제 대상 병원균의 종류에 따라 방제효과가 달랐다. 즉 Pythium blight의 경우는 방제효과가 현저히 높아 연중 3회 이상 처리시 병발생이 전혀 되지 않았으며, brown patch는 미생물제 처리 2년

Table 4. Effect of the microbial product and fungicides on the control of brown patch, Pythium blight and dollar spot diseases in creeping bentgrass fields

Treatments[a]	Disease severities (%)[b]					
	Pythium blight		Brown patch		Dollar spot	
	1994	1995	1994	1995	1994	1995
Microbial product+fungicides	0.0a[c]	0.0a	0.0a	1.5a	0.0	0.0
Fungicides only	2.0a	1.5a	8.8b	10.3b	0.0	0.0

[a] Microbial product+fungicides: The culture of the microbial product (mixture of 3 antagonistic fungi and 3 bacteria) were applied four times from mid April at intervals of one month, and fungicides (except those for Pythium blight) were also sprayed. Fungicides only: Fungicides were sprayed for Pythium blight, brown patch and dollar spot diseases as regular spray schedules in the Yusong Country Club.

[b] Disease incidences were examined two times for each disease each year (late June and early July for Pythium blight, late July and early August for brown patch at intervals of 10 days, and mid April and mid May for dollar spot). The disease severity was measured by the percentage of the diseased area relative to the total area of a plot. Numbers are averages of 4 replications.

[c] Means followed by the same letter are not significantly different at p=0.05 by least significant difference (LSD).

째인 '95년도에 병방제 효과의 증진이 있었다. 그러나 dollar spot의 경우는 미생물 처리구에서 대조구보다 다소 높은 병발생 경향을 보여 전혀 방제효과가 나타나지 않았다. 양묘장에서뿐만 아니라 그린에서도 Pythium blight는 이 병의 방제를 위한 살균제를 사용하지 않고 미생물제만을 처리하였을 때 병발생이 전혀 되지 않아 이 미생물제가 Pythium blight에 대해 특히 방제효과가 높은 것을 알 수 있었다. 박 등(17)도 병원균과 이 길항미생물제를 처리한 양묘장의 잔디를 접종상에서 발병시킨 결과 Pythium blight는 전혀 발병이 되지 않아 미생물에 의한 방제효과가 대단히 컸으나, brown patch의 경우는 상대적으로 방제효과가 낮아 본 시험의 결과와 일치하였다. 따라서 이 미생물제는 creeping bentgrass의 Pythium blight 방제에 실용성이 있는 것으로 생각되며 앞으로 여러 골프장에서의 추가적인 실험을 거쳐 Pythium blight 전용 미생물제로의 개발 가능성이 크다고 생각된다.

본 시험에서 양묘장의 살균제 처리구에서는 대조구에 비해 Pythium blight의 발생이 전혀 억제되지 않았는데, 이는 아마도 이 병의 발생 적기에 방제가 이루어지지 않았기 때문으로 사료된다. 다른 두 병해와는 달리 Pythium blight는 고온 과습 상태가 되면 급격히 병이 진전하므로 방제 적기를 맞추지 못하면 병이 만연할 수 있다. 그러나 골프코스의 그린에서는 Pythium blight 방제가 잘 되었는데, 양묘장에서와는 달리 코스의 그린은 골프장의 사업의 성패가 달린 만큼 병발생에 대비하여 신속한 방제가 이루어졌기 때문이라 여겨진다. 따라서 이 미생물제를 살균제와 병용한다면 Pythium blight의 급작스런 만연에 대비할 수 있어서 골프장의 코스 관리에 위험 부담을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

Pythium blight와는 반대로 살균제 단독 처리에 의해서 양묘장에서는 brown patch 발생이 완전히 억제되었는데 반하여 그린에서는 발병율이 비교적 높았다. 이는 brown patch의 병발생 특성과 양묘장과 그린의 토양 환경 차이 때문에 비롯된 것이 아닌가 생각된다. Brown patch는 지속적으로 토양에 생존할 수 있어서 해를 거듭할수록 접종원이 토양에 축적된다(21). 그러나 양묘장은 잔디가 그린의 보식에 사용되면 새로운 토양으로 상토를 재조성하기 때문에 접종원의 토양 축적이 저해되고 다른 곳에서 전반되어온 접종원이 땅속 깊숙이 침투하기 전에 약제에 노출되기 때문에 병방제가 쉽게 이루어진다. 한편 그린에서는 토양의 교체가 잘 이루어지지 않으므로 여러 해 동안 그린을 사용하면 병원균이 토양에 축적되어 병이 만성화될 가능성이 높아진다. 또한 그린이 노후화되면 토양의 표면에 탯치(thatch, 죽은 잔디 잎, 줄기 및 뿌리의 잔해물)가 다량 축적되는데, 탯치의 축적은 잔디의 병에 대한 감수성을 증가시키고, 가뭄, 저온 및 고온에 대한 내성을 저하시키며, 통기성, 배수, 비료나 농약의 토양으로의 침투를 저해한다(21). 유성 골프장의 그린은 조성된지 이미 10년이 넘어 매년 탯치를 제거하더라도 상당량의 탯치 축적이 이루어져 있을 것으로 생각되며, 이러한 이유로 그린에서 살균제에 의한 brown patch의 병방제 효과가 낮았던 것이 아닌가 생각된다.

그린에서 살균제만을 사용하였을 때 병방제 효과와 Pythium blight 방제 약제를 제외한 살균제와 미생물제를 병용하였을 때 병방제 효과는 brown patch에서만 유의성 있는 차이가 있었고 Pythium blight와 dollar spot은 차이가 없었다. Pythium blight는 대상 약제를 살포하지 않았고, dollar spot의 경우는 살균제 단독 처리구에서도 병이 전혀 발생하지 않아 미생물제와 살균제를 병용하였을 때 이들에 대한 병방제 효과가 높아졌는지는 판단하기 어렵다. 이 시험에서 알 수 있듯이 Pythium blight에 대한 미생물제의 생물학적 방제효과는 잔디의 다른 병을 대상으로 하는 살균제 처리에 의해 영향을 받지 않는 것으로 생각된다. 따라서 Pythium blight의 방제 전용으로 이 미생물제를 사용할 경우 다른 병의 방제를 위한 살균제를 사용하여도 Pythium blight의 방제에 큰 영향이 없을 것으로 예상된다.

살균제만 사용한 그린에서는 brown patch 발생이 많았던 반면 미생물제와 살균제를 병용한 연습장 그린에서는 병발생이 거의 없었다. Kim 등(7)은 고추 역병의 생물적 방제효과가 있는 길항미생물인 *Trichoderma harzianum*과 *Pseudomonas cepacia*의 생장이 역병 방제 약제인 metalaxyl에 의해 영향을 거의 받지 않았고, 이들 길항미생물과 metalaxyl을 병용하였을 때 역병의 방제효과가 증진되었다고 보고하였다. 또한 Papavizas 등(15)도 benomyl에 내성인 새로운 *T. harzianum* 균주를 사용하였을 때 생물적 방제효과가 상승하였다고 하였다. 본 시험에서도 사용된 살균제가 병원균을 대상으로 개발된 농약인 만큼 미생물제에 포함되어 있는 곰팡이와 세균이 병원균보다는 살균제에 영향을 덜 받았을 가능성이 있다. 또한 이 미생물제가 brown patch의 발생을 다소 감소시킨다는 보고(17)가 있으므로 살균제의 병원균에 대한 항균작용에 이들 미생물의 항균작용이 추가되어 병방제의 상승 효과가 나타났을 것으로 생각된다. 그러나 본 연

구의 양묘장 시험의 첫 해인 '94년도 결과에서 나타나 있듯이 이 미생물제의 brown patch 방제효과는 살균제에 의한 효과에 비하면 매우 낮은 수준이어서 미생물제와 살균제의 병용에 의한 방제효과의 증진에 미생물제의 추가적인 항균작용의 비중이 크다고 볼 수는 없을 것이다. 박 등(17)은 이 미생물제는 병방제 효과가 있을 뿐만 아니라 탯치 축적을 감소시킨다고 보고하였다. 이 시험에서 살균제와 미생물제를 병용한 연습장 그린은 시험에 들어가기 전 2년 동안 미생물제를 처리하였기 때문에 탯치 분해에 필요한 기간이 주어졌을 것으로 판단된다. 따라서 연습장 그린에서 방제효과가 상승된 큰 이유는 아마도 미생물제의 탯치 분해 작용에 의해 토양 환경이 개선됨으로써 병발생 기회가 줄었고, 탯치가 감소함으로 살균제의 침투성이 제고되어 방제효율이 증진되지 않았나 생각된다.

지금까지 식물병 방제용 미생물제는 주로 단일 균주의 배양체이거나 불특정 다수의 미생물로 이루어진 자연 발효된 제품이 주종을 이루고 있다. 이러한 미생물제의 병방제 효과에 관건이 되는 것은 여러 가지가 있겠으나 그 중 중요한 것은 토양 중에 주입되는 길항미생물의 양이라 하겠다(24). 이를 위해 미생물제를 토양에 주입하기 전에 대량 배양이 필요하다. 본 시험에서 사용된 미생물제의 길항미생물 균주는 곰팡이 3종과 세균 3종으로 이루어져 있는데 이들을 균주별로 대량배양한 후 섞어서 토양에 주입해야 한다면, 이는 실제 골프 코스 관리에 적용이 가능치 않을 것이며 미생물제의 경제성은 더욱 감소할 것이다. 박 등(16)에 의하면 본 시험에 사용된 6가지 균주들 사이에는 뚜렷한 길항작용이 관찰되지 않았다. 또한 혼합배양 시 일정 수준 이상의 접종원 밀도를 사용한다면 살균되지 않은 지하수를 사용하여도 잡균의 증식이 없었고, 길항미생물(특히 세균) 밀도가 크게 증가하였다. 따라서 길항미생물의 증식을 위해 6가지 균주를 섞어 배양하거나, 무균시설 등 별도의 배양장비 없이도 이의 대량증식에는 큰 문제가 없을 것으로 생각된다. 접종원으로 사용되는 이 미생물제는 진공동결건조한 제품이기 때문에 혼합 균주로 보관하여도 미생물의 생존력에는 별 지장을 초래하지 않는다고 사료된다.

이 시험에서 사용된 균주들이 토양 중에서 잔디의 토양병 방제에 관련된 역할에 대해서는 아직 연구가 미흡한 실정이다. 길항세균에 있어서 AN303 (*Pseudomonas* sp.)을 제외하고는 Pythium blight와 brown patch의 병원균에 대한 항균활성을 나타내고 있다(16). 반면 생물적 방제제로 알려진 *Pseudomonas*(*P. fluorescens, P. putida*) 균주들은 여러 작물의 뿌리를 빨리 점유하여 식물의 생장을 돕는다(18). 곰팡이의 균주 중 B202(*Penicillium* sp.)와 같은 종의 균주인 B 010은 *n*-butanol : acetic acid : water=2 : 1 : 1의 용매계로 전개한 thin layer chromatography 상에서 *Rf*치가 0.75인 항균물질을 생산한다(6). C303은 *Trichoderma* sp.로 이 균은 일반적으로 중복기생(hyperparasitism), 항생작용(antibiosis) 및 영양원과 장소에 대한 경쟁(competition) 등 생물학적 방제제로서의 요소를 모두 지니고 있다(25).

이와 같은 균주들을 혼합하여 토양에 주입할 때 길항미생물간의 상호작용으로 인하여 토양정착과 병원균에 대한 길항작용의 변이로 병방제 효과가 단일 균주만을 사용할 때와는 다르게 나타날 수 있을 것이다. Jeong 등(5)은 근권 정착에 상호 보완적인 균주를 분리하였으며, Bae 등 (1)은 *Gliocladium virens*와 *Pseudomonas putida* 균주가 오이 Fusarium wilt의 발생 억제에 협동작용을 한다고 보고하였다. 김 등(9)은 본 미생물 균주를 혼합배양하였을 때 다른 일부 균주의 생장이 촉진된다고 하였다. 또한 AN101과 AN303을 혼합배양하였을 때 AN303은 단독배양시와 밀도 증가가 유사하나 AN101은 단독배양시보다 약 1,000배 정도 밀도 증가가 높았다(16). 따라서 여러 균주의 혼합 접종은 특정 길항미생물의 토양 중 밀도 증식과 이에 따른 근권에서의 정착에 상호 보완적으로 작용하여 병방제 효율을 증진시키는데 기여할 수 있다. 혼합 균주의 사용은 또한 이들 균주 중 일부 균주가 사멸하더라도 나머지 살아 남은 균주에 의해 병방제가 이루어질 수 있기 때문에 토양 환경에 따른 방제효과의 변이를 완화시킬 수 있다는 이점이 있다고 생각된다.

그러나 Sneh 등(22)에 의하면 *Pseudomonas*균주를 혼합하여 사용하였을 때에 밀 Fusarium wilt의 억제효과가 관찰되지 않았고, Kloepper(12)는 2가지 또는 그 이상의 세균을 혼합하여도 어느 1가지 세균의 이 병에 대한 방제효과보다 크지 않다고 보고하였다. 토양 중 항균작용을 보면 *Rhizoctonia solani* 대해서는 본 미생물제의 곰팡이, 세균 및 곰팡이+세균 배양액 모두 유사한 효과를 나타내었으나, *Pythium ultimum* 대해서는 곰팡이 배양액이 그 효과가 가장 우수하였고, 세균 배양액은 효과가 전혀 없었으며, 곰팡이+세균 배양액은 중간 정도의 항균활성을 나타내었다(16). 이는 생물학적 방제효과를 극대화하기 위해서는 대상 병원균에 따라 혼합 균주의 조합을 달리하는 것이 바람직함을 시사하는 것이라 하겠다. 앞으로 각 균주별 방제효율을 점검하고 방제효과가 가장 우수한 균주 조합의 선정에 대한 연구가 있어야 할 것이다. 아울러 본 미생

물제의 방제효과가 크지 않는 brown patch와 또 전혀 방제효과가 없었던 dollar spot의 생물적 방제를 위해 새로운 균주 개발 및 처리 방법의 개선 등이 이루어져야 하겠다.

요 약

길항곰팡이 3종(*Aspergillus* sp. A101, *Penicillium* sp. B202, *Trichoderma* sp. C303), 길항세균 3종(*Arthrobacter* sp. AN101, *Bacillus* sp. AN202, *Pseudomonas* sp. AN303) 또는 이들 모두의 혼합균주를 배양하여 creeping bentgrass 양묘장에 처리하여 Pythium blight, brown patch 및 dollar spot의 방제효과를 조사하였다. 또한 길항미생물 6종의 배양액을 살균제와 병용하여 그린에 살포하여 이들 토양병에 대한 방제효과를 조사하였다. 양묘장에서는 미생물의 종류에 관계없이 Pythium blight 억제효과가 커 3회 이상 미생물제 처리시 병이 전혀 발생하지 않았다. 그러나 brown patch와 dollar spot은 미생물제에 의한 방제효과가 크지 않았으며, 살균제에 의해 효과적으로 방제되었다. 미생물제와 살균제(Pythium blight 방제용 살균제 제외)를 병용하여 처리한 그린에서는 살균제 단독 처리와 비교할 때 brown patch는 유의적으로 억제되었고 Pythium blight와 dollar spot은 차이가 없었다.

감사의 말씀

이 시험을 위하여 잔디 포장을 사용할 수 있도록 허락하여 주신 유성 골프장 문기택 사장님과 오윤균 과장님, 미생물제를 제공하여 주신 중앙가축위생연구소 윤지병 사장님과 파천연구소 김동성 소장님께 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Bae, Y. S., Shim, C. K., Park, C. S. and Kim, H. K. 1995. Synergistic effects of *Gliocladium virens* and *Pseudomonas putida* in the cucumber rhizosphere on the suppression of cucumber Fusarium wilt. *Korean J. Plant Pathol.* 11 : 287-291.
2. 조종택, 손석련, 문병주. 1992. 길항세균 *Pseudomonas gladioli*와 유기물 첨가에 의한 덩굴쪼김병의 억제효과. 한식병지 8 : 8-13.
3. 정영륜, 김홍태, 김태준, 조광연. 1991. 한국들잔디(zoysiagrass)와 bentgrass의 병반에서 분리된 *Rhizoctonia* spp.의 배양특성과 병원성. 한식병지 7 : 230-235.
4. 지형진, 남충구, 김충회. 1988. 고추 역병에 대한 생물학적 방제연구 I. 길항균 분리 및 실내와 온실에서의 역가 검정. 한식병지 4 : 305-312.
5. Jeong, M. J. Park, C. S. and Kim, H. K. 1993. Compatibility and synergism of *Gliocladium virens* and *Pseudomonas putida* and their improved competitive potential with *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum. Korean J. Plant Pathol.* 9 : 12-18.
6. 강서규, 박규진, 박동욱, 이장은. 미생물 농약 개발에 관한 연구. 유전공학연구보고서(인삼 및 연초분야), pp. 3-61. 한국인삼연초연구소.
7. Kim, C. H., Kim, K, D. and Jee, H. J. 1991. Enhanced suppression of red-pepper phytophthora blight by combined applications of antagonist and fungicide. *Korean J. Plant Pathol.* 7 : 221-225.
8. 김홍태, 정영륜, 조광연, 황연성. 1992. 한지형 잔디인 bentgrass(*Agrostis palustris*)에 고온성 검은 마름증상을 일으키는 *Curvularia* spp.의 동정과 발병에 영향을 미치는 환경요인. 한식병지 8 : 75-80.
9. 김홍진, 박규진, 이순구, 이종화. 1987. 인삼 연작 장해의 생물학적 방제 연구. 인삼연구보고서(재배분야 : 환경 및 육종편), pp. 3-141. 한국인삼연초연구소.
10. 김성태. 1992. 골프코스 관리와 실제. 한국잔디연구소. 395pp.
11. Kim, W. G., Shim, G. Y., Cho, W. D. and Lee, Y. H. 1991. Anastomosis groups and pathogenicity of *Rhizoctonia solani* isolates causing Rhizoctonia blight of turfgrasses. *Korean J. Plant Pathol.* 7 : 257-259.
12. Kloepper, J. W. 1983. Effect of seed piece inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on populations of *Erwinia carotovora* on potato roots and daughter tubers. *Phytopathology* 73 : 217-219.
13. Lee, Y. H., Shim, G. Y., Lee, E. J. and Mew, T. W. 1990. Evaluation of biocontrol activity of fluorescent pseudomonads against some rice fungal diseases *in vitro* and greenhouse. *Korean J. Plant Pathol.* 6 : 73-80.
14. Moon, B. J., Chung, H. S. and Park, H. C. 1995. Studies on antagonism of *Trichoderma* species to *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* V. Biological control of Fusarium wilt of strawberry by a mycoparasite, *Trichoderma harzianum. Korean J. Plant Pathol.* 11 : 298-303.
15. Papavizas, G. C., Lewis, J. A. and Abd-El-Moity, T. H. 1982. Evaluation of new biotypes of *Trichoderma harzianum* for tolerance to benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Phytopathology* 72 : 126-132.
16. 박은경, 김상석, 김영호, 김시관, 박규진, 채순용, 윤지병, 김동성. 1991. 미생물농약 개발에 관한 연구. 과학기술처 특정연구개발사업연구보고서. 101pp.
17. 박규진, 김영호, 박은경, 김동성. 1995. 미생물제에

의한 잔디의 토양전염병 방제 효과. 식물병과 농업 1 : 19-29.

18. Schroth, M. N. and Hancock, J. G. 1982. Disease-suppressive soil and root-colonizing bacteria. *Science* 216 : 1376-1381.
19. 심규열, 김진원, 김희규. 1994. 국내 골프장 한국잔디의 라이족토니아마름병 발생. 한식병지 10 : 54-60.
20. 신동범, 小林紀彦, 이준탁. 1994. 길항미생물에 의한 시설재배 딸기 눈마름병의 생물학적 방제. 한식병지 10 : 112-118.
21. Shurtleff, M. C., Fermanian, T. W. and Randell, R. 1987. *Controlling Turfgrass Pests*. A Reston Book, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
22. Sneh, B., Dupler, M., Elad, Y. and Barker, R. 1984. Clamydospore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* as affected by fluorescent and lytic bacteria from Fusarium-suppressive soil. *Phyto-pathology* 74 : 259 (Abstr.)
23. 성재모, 박영준. 1992. 잔디(*Zoysia japonica*)의 병반에서 분리되는 진균의 종류와 *Gaeumannomyces graminis*의 형태적 특징 및 병원성. 한식병지 8 : 170-176.
24. Upadhyay, R. S. and Rai, Bharat. 1988. Biocontrol agents of plant pathogens: Their use and practical constraints. In: *Biocontrol of Plant Diseases*, Vol. I, ed. by K. G. Mukerji and K. L. Carg, pp. 15-36. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
25. Wells, H. D. 1988. *Trichoderma* as a biocontrol agent. In: *Biocontrol of Plant Diseases*, Vol. I, ed. by K. G. Mukerji and K. L. Carg, pp. 71-82. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
26. Yeom, J. R. and Park, C. S. 1995. Enhancement of plant growth and suppression of damping-off of cucumber by low temperature growing *Pseudomonas fluorescens* isolates. *Korean J. Plant Pathol.* 11 : 252-257.