

길항균과 농약의 조합처리에 의한 갈색퍼짐병(라지패치) 방제

심규열* · 김희규¹

한국잔디연구소, ¹경상대학교 농대 농생물학과

Control of Large Patch Caused by *Rhizoctonia solani* AG2-2 by Combined Application of Antagonists and Chemicals in Golf Courses

Gyu Yul Shim*, Hee Kyu Kim¹

Korea Turfgrass Research Institute,

¹Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Gyeongsang National University

ABSTRACT

A synergistic effect of biocontrol agent and chemicals on control of the large patch on turfgrass caused by *Rhizoctonia solani* AG2-2 was evaluated. Chemicals; mepronil, toclofos-methyl and iprodione inhibited 90~100% mycelial growth of *R. solani* AG1 and AG2-2 in vitro. While on the other, the chemicals inhibited only 0~5%, 18~46% and 30~67% of mycelial growth of the antagonists, respectively. In field application, toclofos-methyl was the best to suppress the disease in single application, however, the combination of mepronil and *T. viride* 41D showed highest disease control effect among combinations of antagonists and chemicals. Effect of the combination of mepronil and *T. viride* 41D was similar to that of toclofos-methyl and *T. viride* 41D at early stage of disease development, but became higher in six week late. Results indicated that the combined application of selected antagonistic agent and chemical increased control efficacy of turfgrass large patch.

Key words: biological control, large patch, *Rhizoctonia solani* AG2-2

서 론

골프장의 티잉그라운드, 페어웨이, 라프지역에 주로 이용하는 잔디는 난지형 잔디인 한국잔디류(*Zoysiagrasses*)이다. 한국잔디류는 소

위 양잔디라고 부르는 한지형 잔디류(켄터키블루그래스, 퍼레니얼라이그래스, 웨스큐류, 벤트그래스)에 비하여 내병성이 가장 강한 초종에 속한다. 이러한 점에도 불구하고 *Rhizoctonia solani* AG2-2에 의한 갈색퍼짐병(large patch)에 대해서는 한국잔디류가 가장 이병성이 강한

*corresponding author

초종이며 국내 골프장에서 발생하는 병해중 가장 큰 손실을 초래하는 병이기도 하다(심, 1995).

갈색피짐병(Large patch)의 방제는 대부분이 농약에 의하여 이루어지고 있으나 약제처리면적이 광범위하기 때문에 농약사용량이 증가하여 경제적인 부담은 물론 환경오염에 대한 우려가 높은 실정이다. 또한 잔디밭은 일반작물의 재배조건과는 달리 한번 조성되면 전면적인 갱신이 불가능하여 수십년 동안 연작되며, thatch 층이 형성되어 *Rhizoctonia*의 좋은 서식처가 되고, 농약침투를 저하시켜 약제방제에 어려운 요인으로 작용하고 있다. 또한 국내에서는 본 병해의 방제에 대한 연구자료도 충분치 않아 효과적인 방제가 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 농약사용량을 줄여서 환경오염을 최소화하고, 방제효과를 제고시키기 위하여 농약과 길항미생물을 조합하여 상호보완적인 이용가능성을 검토하기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

살균제에 대한 길항균 및 병원균의 생육억제 농도 검정

잔디밭으로부터 분리된 *Trichoderma* spp(8개 균주), *Gliocladium* G872와 *R. solani* AG1, *R. solani* AG2-2를 공시하여 large patch병 및 brown patch병약으로 품목등록된 toclofos-methyl(50%), mepronil(75%), iprodione(50%)에 대한 약제내성을 검정하였다. 약제를 각각 1000배액으로 희석하여 직경 9mm의 paper disk에 흡수시켜 감자한천배지(PDA) 가장자리에 4개씩 치상하고 중앙에 PDA에서 3일 배양한 공시균주를 이식하여 28℃ 항온기에

2일 배양한 후 균총의 직경을 측정하여 무처리구와 비교하여 내성균주를 선발하였다. 병원균에는 현저한 억제효과를 나타내면서 길항균의 생육에 영향이 거의 없었던 toclofos-methyl과 mepronil을 선발하고, 이들 약제에 강한 내성을 나타내는 *T. viride* 41D, *T. harzianum* T1을 선발하여 보다 자세한 억제농도를 결정하기 위한 실험에 공시하였다. Toclofos-methyl은 0~2000ppm의 농도범위로, mepronil은 0~3000ppm의 농도범위로 조제된 PDA에 *T. viride* 41D, *T. harzianum* T1과 *R. solani* AG1, *R. solani* AG2-2를 각각 이식하여 28℃의 항온기에 3일 배양한 후 균총의 지름을 측정하였다.

길항균과 살균제의 조합처리에 의한 방제효과 시험

공시초종은 한국잔디(*Zoysia japonica*)를 사용하였다. 포장에서 채배되고 있던 잔디 떼장을 40×24cm의 사각포트에 이식하여 20~30℃의 온실에서 30일 동안 활착시킨 후 시험에 사용하였다. *Rhizoctonia solani* AG2-2의 접종원은 large patch의 병원성검정에 사용한 방법과 동일한 방법으로 제조하여 각각의 포트당 25g씩 접종하고, 상대습도 80~95%, 온도 25~30℃의 온실에서 발병을 유도하였다. 공시길항균은 실내실험에서 *Rhizoctonia solani* AG2-2에 강한 항균력을 나타내고 공시약제에 강한 내성을 나타내는 *T. viride* 41D, *Trichoderma* 45S, *T. harzianum* T1과 *P. putida* P1, *P. aureofaciens* Pa를 사용하였다. *Trichoderma* spp.의 접종원은 *R. solani* AG2-2의 접종원 제조방법과 동일한 방법으로 제조하였으며 접종원의 농도는 10⁷~10⁹/g 토양이었으며 처리농도는 포트(40×24cm)당 50g (5×10⁸~5×10¹⁰/g 토양)을 처리하였다. *Pseudomonas*의 접종원은 잔디

밭 토양중의 길항균 밀도변화시험시 사용한 방법과 동일한 방법으로 제조하였다. 처리농도는 500ml(10¹⁰/ml)을 처리하였다. 공시약제는 길항균 및 병원균의 농약에 대한 내성 검정 결과 병원균에는 현저한 억제효과를 나타내면서 길항균의 생육에 영향이 거의 없는 *toclofos-methyl*과 *mepronil*을 사용하였으며 살포농도는 두 약제 모두 1000배로 희석하여 1 ℓ/m²를 처리하였다. 발병률은 병원균 접종 7일 후부터 7일 간격으로 42일 동안 감염된 잎집의 수를 조사하여 계산하였다. 시험구 배치는 길항균 단독 처리구, 길항균과 *mepronil* 조합처리구, 약제 단독처리구로 하였으며, 병원균 접종 3일 후에 길항균과 약제를 처리하였다. 각각의 처리는 분할구배치법 3반복으로 하였으며 ANOVA로 처리평균간의 통계적인 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

길항균 및 병원균의 생장에 있어서 살균제의 영향

살균제가 길항균 및 병원균에 미치는 영향(억제율)은 살균제의 종류에 따라서 매우 특이적으

로 나타났으며 길항균 간에는 다소 차이가 있었다(Table 1). *Toclofos-methyl*은 *R. solani* AG2-2, *R. solani* AG1에는 100%의 억제효과가 있었으며 길항균도 22.2%에서 46.2%까지 억제되었다. *Thiophanate-methyl*은 *R. solani* AG2-2, *R. solani* AG1에 각각 0%, 21%의 낮은 억제효과가 있었으며 길항균에는 30%에서 66.7%까지 억제효과가 있었다. *Mepronil*은 *R. solani* AG2-2, *R. solani* AG1에 90% 이상의 강한 억제효과를 나타내는 반면에 길항균에는 모두 5% 미만의 낮은 억제효과를 보였다. *Iprodione*은 병원균과 길항균에 37.7%에서 61.7%까지 다소 강한 억제효과를 나타내었다. 병원균에는 현저한 억제효과를 나타내면서 길항균의 생육에 영향이 적은 *toclofos-methyl*과 *mepronil*을 선발하여 농도에 따른 억제효과를 조사한 결과, *toclofos-methyl*의 경우 *R. solani*는 8 ppm(a.i.) 이상에서 전혀 자라지 않았으며 *Trichoderma*의 경우, 8 ppm 이상에서 생육이 떨어지기 시작하여 125ppm 이상에서는 전혀 생육하지 않았다(Fig. 1). *Mepronil*의 경우, *R. solani*는 23 ppm 이상에서 전혀 생

Table 1. Effect of fungicides on the mycelial growth of the antagonist *Trichoderma* spp., *Gliocladium* G872 and the pathogenic *Rhizoctonia solani*

Antagonist or Pathogen	Colony diameter(mm) ^x				
	<i>Toclofos-methyl</i>	<i>Thiophanate-methyl</i>	<i>Mepronil</i>	<i>Iprodione</i>	Control
<i>Trichoderma</i> 41D	48.0(38.9) ^y	36.5(53.5)	75.5(3.8)	45.0(42.7)	78.5
<i>Trichoderma</i> 42D	35.0(46.2)	35.0(46.2)	65.0(0.0)	40.5(37.7)	65.0
<i>Trichoderma</i> 46S	75.5(17.9)	60.0(34.8)	90.0(2.2)	40.0(56.5)	92.0
<i>Trichoderma</i> 43H	45.5(49.4)	32.0(64.3)	87.5(2.8)	40.0(55.6)	90.0
<i>Trichoderma</i> 45S	70.0(26.3)	60.0(36.8)	90.0(5.3)	39.5(58.4)	95.0
<i>Trichoderma</i> 44Do	52.0(42.2)	33.0(63.3)	90.0(0.0)	40.5(55.0)	90.0
<i>T. harzianum</i>	60.0(33.3)	63.0(30.0)	90.0(0.0)	47.0(47.8)	90.0
<i>Trichoderma</i> T1	51.0(43.3)	30.0(66.7)	90.0(0.0)	34.5(61.7)	90.0
<i>Gliocladium</i> G872	70.0(22.2)	59.0(34.4)	90.0(0.0)	48.0(46.7)	90.0
<i>R. solani</i> AG2-2	0.0(100)	40.0(0.0)	2.0(94.9)	21.0(47.5)	40.0
<i>R. solani</i> AG1	0.0(100)	45.0(21.0)	5.0(91.2)	25.0(56.1)	57.0

^xDiameter of colony was measured 2 days after incubation on potato dextrose agar at 28°C.

^y %growth = $\frac{\text{Contol} - \text{Treatment}}{\text{Control}} \times 100$

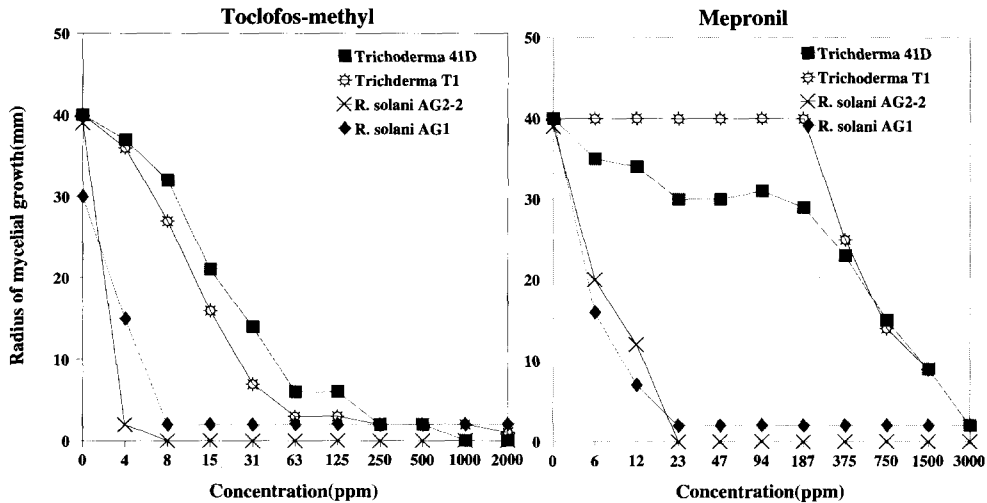


Fig. 1. Effect of the fungicides toclofos-methyl and mepronil on the mycelial growth of the antagonist *Trichoderma viride* 41D, *Trichoderma harzianum* T1 and the pathogenic *Rhizoctonia solani* AG2-2, *Rhizoctonia solani* AG1 on potato dextrose agar 3 days after incubation.

육하지 않았으며 *T. harzianum* T1은 187ppm까지는 전혀 영향을 받지 않았고 *T. viride* 41D는 187 ppm부터 약간의 영향을 받기 시작하여 그 이상에서 생육이 급격히 떨어지는 경향이었다.

특히 공시약제 중 mepronil은 *Trichoderma*의 균사생육에 거의 영향을 미치지 않았으며, 병원균에는 강한 억제효과가 인정되어 길항균과의 혼용 가능성을 제고해 볼 수 있다. 반면에 thiophanate-methyl과 iprodione은 길항균에 강한 억제효과가 있어 길항균과의 혼용에 부적합한 것으로 나타났다. 최근 large patch병의 방제를 위하여 여러 가지 약제가 여러 번, 많은 양으로 사용되는 경향이 있다. 이렇게 농약에 의존한 방제로 말미암아 일시적인 방제는 가능하나 토양미생물생태계를 파괴시켜 토양의 병발생억제력을 상실케 할 가능성이 있는 것으로 생각된다. 이러한 상황하에서는 large patch의 발병에 좋은 환경조건이 조성되면 일시적으로 격발하는 경우가 있을 것으로 생각된다. 따라서 mepronil, toclofos-methyl과 같이 길항미생물

에 영향이 적은 농약을 적절한 방법으로 *Trichoderma*와 조합하여 사용하면 방제의 효과를 높일 수 있고, 약제사용량을 현저히 줄일 수 있을 것으로 생각된다. toclofos-methyl을 *Trichoderma*와 조합 처리할 경우 8~15ppm 정도가 적당할 것으로 생각되며 mepronil과 *Trichoderma*의 조합처리농도는 47ppm~187ppm 사이에서 결정되어야 할 것으로 생각된다. 현재 toclofos-methyl(a.i. 50%)과 mepronil(a.i. 75%)의 농약품목등록 추천농도는 각각 1000ppm, 752ppm인데(농약공업협회, 1994) 이때의 toclofos-methyl, mepronil의 농도는 농약품목등록 추천농도와 비교하면 각각 1/60과 1/7 낮은 농도로서 길항균과 조합 처리시 농약사용량을 현저히 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

길항균과 살균제의 조합처리에 의한 방제 시험

길항균과 약제의 조합처리에 의한 large patch의 방제시험결과, 접종 6주째 발병률은 5%에서부터 62.3%까지 매우 다양하게 나타났다(Table 2). 길항균과 농약의 조합 처리시 약

Table 2. Effect of antagonist and fungicide application either alone or its combination on severity of large patch on zoysiagrass in greenhouse experiments.

Treatment	Severity of sheath blight(%)			
	3 weeks	4weeks	5 weeks	6 weeks
Antagonist only				
<i>T. viride</i> 41D	1.7	6.0	10.7	26.0
<i>Trichoderma</i> 45S	5.7	9.0	20.0	44.7
<i>T. harzianum</i> T1	0	3.7	14.7	37.3
<i>P. aureofaciens</i> Pa	0	6.4	28.3	51.7
<i>P. putida</i> P1	4.3	10.0	31.3	56.7
Antagonist with mepronil				
<i>T. viride</i> 41D	0	0	2.7	5.0
<i>Trichoderma</i> 45S	0	3.3	14.7	17.3
<i>T. harzianum</i> T1	0	0.7	7.7	10.0
<i>P. aureofaciens</i> Pa	0	3.7	10.3	19.7
<i>P. putida</i> P1	1.7	6.3	18.3	30.3
Antagonist with toclofos-methyl				
<i>T. viride</i> 41D	0	1.7	7.3	21.7
<i>Trichoderma</i> 45S	0	4.0	11.0	30.3
<i>T. harzianum</i> T1	0	5.0	15.3	20.0
<i>P. aureofaciens</i> Pa	0	2.7	14.7	23.0
<i>P. putida</i> P1	0	5.7	19.7	24.7
Chemical only				
Toclofos-methyl	0	3.0	7.3	23.0
Mepronil	1.0	5.0	10.3	27.3
Control	7.0	21.0	37.7	62.3

Table 3. Analysis of variance for disease severity of large patch of zoysiagrass as influenced by fungicides and antagonists in greenhouse experiments

Source	DF	F value Pr.>F.			
		3 Weeks	4 Weeks	5 Weeks	6 Weeks
Antagonists(A)	5	3.64 0.0091	9.98 0.0001	12.32 0.0001	10.96 0.0001
Fungicides(B)	2	15.73 0.0001	31.94 0.0001	40.06 0.0001	75.78 0.0001
A×B	10	2.55 0.0194	5.45 0.0001	4.57 0.0003	2.61 0.0171

제와 길항균 두 요인 모두 통계적으로 유의성이 인정되었으며 길항균과 농약의 상호작용에서도 고도의 유의성이 인정되었다(Table 3). 농약의 효과는 mepronil과 toclofos-methyl 처리 시 무처리구와 비교하여 접종 3주, 4주, 5주, 6주 째에 공히 통계적인 유의차가 인정되었으며,

mepronil과 toclofos-methyl간에는 3주, 4주, 5주에는 유의차가 없었으나 6주 째에는 mepronil처리구가 toclofos-methyl처리에 비하여 방제효과가 높게 나타났다(Table 4). 길항균 처리간의 효과는 접종 후 3주부터 6주까지 무처리에 비하여 모두 통계적인 유의성이 인정되었

Table 4. Effect of fungicide application on large patch on zoysiagrass as compared with pooled means over antagonists in greenhouse experiments

Source	3weeks	4weeks	5weeks	6weeks
Antagonists(A)	0.4 b ^x	3.2 b	10.7 b	18.3 c
Fungicides(B)	0.0 b	3.7 b	12.6 b	23.8 b
A × B	3.1 a	7.0 a	23.8 a	46.4 a

^xNumber within a column followed by different letters is significantly different (p=0.05) according to Duncan's multiple range test.

Table 5. Effect of antagonist application on the severity of large patch on zoysiagrass as compared with pooled means over fungicides in greenhouse experiments

Source	3weeks	4weeks	5weeks	6weeks
<i>T. viride</i> 41D	0.6 bc ^x	2.6 c	6.9 d	17.6 b
<i>Trichoderma</i> 45S	1.9 ab	5.4 ab	15.2 bc	30.8 a
<i>T. harzianum</i> T1	0.0 c	3.1 bc	12.6 c	22.4 b
<i>P. putida</i> P1	2.0 ab	7.3 a	23.1 a	37.2 a
<i>P. aureofaciens</i> Pa	0.0 c	4.2 bc	17.8 b	31.4 a
Untreatment	3.1 a	7.0 a	18.4 b	46.4 a

^xNumber within a column followed by different letters is significantly different (p=0.05) according to Duncan's multiple range test.

다. 균주간에는 통계적으로 다소의 차이는 있으나 특히 *T. viride* 41D의 경우 3주부터 6주까지 지속적으로 효과가 뛰어난 것으로 나타났다. 6주째에는 *Trichoderma* 45S와 *P. putida* P1, *P. aureofaciens* P1는 무처리구와 통계적인 유의차가 인정되지 않았으나 *T. viride* 41D와 *T. harzianum* T1은 방제효과가 인정되었다 (Table 5). 길항균과 약제조합처리의 경우 농약 단독처리에 비하여 80%의 방제효과가 인정된 것은 길항균과 농약의 조합처리에 의한 상승효과로 볼 수 있으며, 일반적으로 약제처리 약효 지속기간은 약 20일 정도로 볼 때 길항균과 농약을 조합 처리함으로써 약 40일까지도 방제효과가 인정되었다.

Kim 등(1991)은 고추역병 방제를 위하여 길항균과 살균제를 동시 처리한 결과, 메타실수화제와 길항균의 조합처리는 각각의 단독처리에 비하여 방제효과가 탁월하였다고 하였다. 메타

실동수화제와 *T. harzianum*의 조합처리도 발병을 현저히 억제하였으나 단독처리에 비하여 효과가 증진되지 않았으며 캡타폴수화제 처리의 경우 오히려 발병이 증가하였음을 보고하였다.

Wu 등(1990)은 *R. solani*에 의한 국화줄기 썩음병의 종합적 방제에 길항균으로 *T. harzianum*, *T. viride*, *Bacillus cereus* 등과 농약으로는 benlate, monceren을 사용하여 포장에서 시험한 결과 *B. cereus*와 monceren의 조합이 발병과 *R. solani*의 밀도와 발병률을 가장 효과적으로 줄일 수 있었다고 하였다.

현재 *Rhizoctonia* 잔디병해 방제용 약제는 15개 품목이 등록되어 있음(농약공업협회, 1994)에도 불구하고 현장에서 약제에 의한 방제효과는 매우 제한적이다. 갈색퍼짐병(large patch)의 약제방제에서 어려운 점은 광범위한 면적에 대발생하므로 단기간에 집약적인 관리가 어렵고, *Rhizoctonia*의 밀도는 이병잔재에

서 매년 누적적으로 증가되고, 잔디밭의 thatch 축적으로 인한 잎집조직내에 존재하는 병원균의 약제접촉 기회가 낮고, 잦은 살수로 농약의 유실이 심하여 약효지속기간이 짧아지며, 방제에 소요되는 경제적인 부담 등을 들 수 있다. 또한 미생물을 이용한 생물학적 방제가 일부 적용되고 있기는 하나 방제효과가 불안정하여 종합적 방제에 대한 시도가 이루어지고 있다 (Elad, 1980. Papavizas, 1982. Rahe, 1985). 이러한 여러 가지 난점 때문에 종합적인 방제 접근이 필수적이라 판단된다.

따라서 본 연구에서는 *Trichoderma*의 생육에는 거의 영향이 없으며 병원균의 생육은 강하게 억제하는 mepronil과 toclofos-methyl을 선발하였으며, 약제와 길항균을 조합 처리하여 약제 단일처리에 의한 방제효과보다 높은 효과를 얻었으며 효과지속기간도 연장시킬 수 있었다. 또한 농약과 길항균의 조합에 의한 방제효과와 상승으로 농약사용량을 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 향후 종합적 방제체계확립을 위하여 본 연구에서 얻어진 결과를 토대로 경종적 관리, 길항균의 제형화 및 현장적용 시험 등이 더 보충되어야 할 것이다.

요 약

Mepronil은 *R. solani* AG1과 AG2-2의 균사생장을 각각 91.2%, 94.9% 억제시켰으나 길항균에는 단지 0~5%의 낮은 억제율을 나타냈다. Toclofos-methyl은 *R. solani* AG1과 AG2-2의 균사생장을 90~100% 억제하였으며 길항균에도 18~46%의 다소 높은 억제율을 나타내었다. Iprodione은 *Trichoderma*와 *Rhizoctonia*에 모두 강한 억제효과를 나타냈으며, thiophanate-methyl은 *R. solani*에 대해서는 0~21%로 낮았으며 *Trichoderma* spp.에는 30~67%의

억제효과가 있었다. 길항균과 약제의 조합처리에 의한 large patch의 방제시험 결과, Mepronil과 *T. viride* 41D를 조합 처리했을 때 가장 높은 방제효과를 나타냈다. 농약단독처리 효과는 toclofos-methyl이 mepronil보다 우수한 경향이었으나 길항균과 조합 처리하였을 때 처리 초기에는 비슷하였으나 시간이 경과함에 따라 점차 높아져 6주째에는 mepronil이 toclofos-methyl보다 높은 방제효과를 나타내었다.

참고문헌

1. Elad, Y., Katan, J., and Chet, I. 1980. Physical, biological, and chemical control integrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* 70:418-422.
2. 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(4):221-225.
3. 농약공업협회. 1994. '94 농약사용지침서. 정화인쇄(주) pp.314, 318.
4. 심규열, 김희규. 1995. 골프장 잔디에 병을 일으키는 *Rhizoctonia*의 동정 및 병원성. *Kor. Turfgrass Soc.* 9(3), 235-252.
5. Papavizas, G. C., Lewis, J. A., and Adbel-Moity, T. H. 1982. Evaluation of new biotype of *Trichoderma harzianum* for tolerance to benomyl and enhanced biocontrol capabilities. *Phytopathology* 72:126-132.
6. Rahe, J. E., Utkhede, R. S. 1985. Integrated biological control of sclerotial pathogens. pp. 124-126. In: *Ecology*

- and management of soilborne plant pathogens edited by Parker, C. A. etc. The American Phytopathological Society.
7. Wu, W. S., Kuo, M. H., Tschen, J., and Liu, S. D. 1990. Integrated control of Chrysanthemum stem rot. Plant Prot. Bull. 32:77-90.