

잔디 동전마름병의 발생정도가 다른 골프장 그린 조건에서 살균제 혼용살포에 의한 상승적 방제 효과

장석원^{1*} · 정석우¹ · 김세훈¹ · 박종현¹ · 이지영²

¹한국골프대학 골프코스매니지먼트과, ²파크밸리 골프클럽 코스관리부

Synergistic Interaction of Fungicides in Mixtures under Different Conditions of Dollar Spot Disease Caused by *Sclerotinia homoeocarpa*

Seog-Won Chang^{1*}, Suk-Woo Jung¹, Sehun Kim¹, Jong-Hyun Park¹, and Ji-Young Lee²

¹Department of Golf Course Management, Korea Golf University, Hoengseong, 225-811, Korea

²Division of Golf Course Management, Park Vally Golf Course, Wonju, 220-833, Korea

ABSTRACT. Dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* F.T. Benn. is a common and economically important turfgrass disease in South Korea. Fungicides were evaluated for control of dollar spot in creeping bentgrass golf course putting green. Commercial formulations of propiconazole, thiophanate-methyl, chlorothalonil, trifloxystrobin and boscalid were applied to plots of creeping bentgrass, each of the latter four fungicides was tank mixed with propiconazole at the same rates, and applied as treatments. The dollar spot severity in the nontreated plots of field A and B progressed toward peak diseases of 18.3 and 66.7% from 10 or 15 days after inoculation, respectively. Significant differences were detected among control values of the fungicides. Dollar spot control provided by boscalid was significantly greater than the other fungicides which showed low control values in a higher disease condition. No synergistic interactions, except propiconazole + thiophanate-methyl treated plot, were detected under a lower disease pressure. However, under a higher disease pressure, synergism was observed at all fungicide combinations, except a propiconazole and boscalid tank mixture. These data suggest turfgrass managers in golf course can take advantage of fungicide synergism to control dollar spot using the products and rates in this study.

Key words: Disease pressure, Dollar spot, Fungicide, *Sclerotinia homoeocarpa*, Synergism, Tank mixture

서 론

Sclerotinia homoeocarpa F.T. Bennett에 의한 동전마름병은 한국을 포함한 전세계 온대성 기후대의 한지형 잔디가 식재되고 있는 골프장에서 가장 일반적이며 경제적으로 문제가 되는 병 중 하나이다(Chang et al., 2011; Shim et al., 2000; Smith et al., 1989). 병원균인 *S. homoeocarpa*는 잔디 초종 사이에 가장 넓은 기주범위를 보이고 있으며, 특히 크리핑벤트그래스(*Agrostis stolonifera* L.)가 식재되어 있는 퍼팅 그린에서 문제되고 있다(Smith et al., 1989). 동

전마름병은 골프장에서 넓은 면적에 걸쳐 식물체에 대형 패치를 형성시켜 고사시키지는 않지만 퍼팅의 질을 저하시키거나 미관을 떨어뜨려 관리에 어려움을 야기하고 있다(Couch, 1995).

병 발생은 늦은 봄부터 시작하여 병 발생 조건이 양호할 경우 늦은 가을까지 지속된다. 발병에 좋은 환경 조건은 습하고 온난한 기후로 18~30°C, 85% 이상의 습도에서 병 진전이 확산되며 자주 병반이 합쳐지기도 한다. 잔디에서 동전마름병 증상은 엽신에 작은 반점으로 병반이 나타나며 병이 진전되는 부분에서 갈색 또는 적갈색의 경계 부위를 보인다. 보통 병원균은 감염 잎으로부터 주변부와 닿아 있는 잎으로 균사접촉을 통해 전염하여 독특한 연갈색으로 1달러 크기의 표백 패치크기로 진전된다. 이때 낮은 예고의 잔디는 3~5 cm, 높은 예고의 잔디에서는 15

*Corresponding author; Tel: +82-70-7877-2106

E-mail : changsw802@hanmail.net

Received : May 25, 2012, Revised : June 08, 2012, Accepted : June 25, 2012

Table 1. Fungicides and their tank mixture treatments tested in this study.

Fungicide or treatment	Chemical class	Active ingredient (%)	Application amount (10a ⁻¹)
Propiconazole	Triazole	25	100.5 ml
Thiophanate-methyl	Benzimidazole	70	195 g
Chlorothalonil	Nitrile	75	495 g
Trifloxystrobin	Strobilurin	22	150 ml
Boscalid	Carboximide	47	150 g
Propiconazole + thiophanate-methyl	-	-	100.5 ml+195 g
Propiconazole + chlorothalonil	-	-	100.5 ml+495 g
Propiconazole + trifloxystrobin	-	-	100.5 ml+150 ml
Propiconazole + boscalid	-	-	100.5 ml+150 g
Nontreated control	-	-	-

~30 cm의 패치로 나타난다(Smith et al., 1989).

동전마름병을 방제하기 위해서는 길항 미생물의 이용, 질소질 비료 등 시비량의 조절이나 관수 시기나 방법 등 다양한 방법에 의한 관리가 이루어지고 있지만, 살균제 살포에 의한 것이 일반적이다(Chang et al., 2009; Couch, 2002; Latin, 2006). 하지만 지속적인 살포는 일부 살균제에 대해 병원균의 선발압을 높이기 때문에 약제 저항성이 문제가 되고 있다(Jo et al., 2008). 살균제에 대한 *S. homoeocarpa*의 포장에서의 약제 저항성은 1960년대 후반에 발견된 이후 다양한 농약에서 문제되어 왔다(Cole et al., 1968; Detweiler et al., 1983; Smith et al., 1989). 특히, 우리나라에서 동전마름병 방제약제로 등록된 살균제의 대부분이 트리아졸계이기 때문에 동일 계통 농약에 대한 교차저항성도 문제되고 있어, 유효성분이 다른 약제의 추가 등록 등 이에 대한 대비가 요구되고 있다(Putman et al., 2010; Shim et al., 2001).

국내에서도 약제저항성 동전마름병균이 1990년대 발견된 이후 지속적으로 문제되고 있다(Shim et al., 2001). 따라서 본 연구에서는 골프장에서 발생하는 동전마름병의 효율적 관리에 필요한 다양한 유효성분을 가진 살균제를 추가로 등록하는데 기여하기 위하여 수행하였다. 또한 골프장 현장에서 동전마름병 발생 정도에 따라 약제의 단용 처리와 비교하여 혼용으로 처리함으로써 방제가능성을 평

가하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 약제는 Table 1과 같다. 2012년 7월 말 현재 propiconazole과 boscalid는 잔디 동전마름병에 등록되어 있으며, thiophanate-methyl, chlorothalonil, trifloxystrobin 등 3종의 약제는 잔디에서 다른 병 방제를 위하여 등록되어 사용 중에 있다. 시험 장소는 강원도 원주시 소재 골프장으로 크리핑벤티그래스(품종명: Penncross)로 조성된 두 곳의 그린에서 실시하였다. 두 곳의 그린은 표고 차이가 크게 나고 약 500 m의 간격을 두고 위치해 있다. 각 살균제는 5월 중순부터 10월 간격으로 3회 처리하였으며, Table 2에 표기된 바와 같이 각 처리구(난괴법 3반복, 반복별 1 × 1 m)에 처리하였다.

포장에서 병 발생은 인공접종을 통해 유도하였다. 접종원은 본 연구팀이 강원도 평창 소재 골프장에서 분리한 YW-11F-1 균주와 전라북도 무주군 소재 골프장에서 분리한 MU-6T-4 균주를 이용하였다(Table 2). 접종용 균주는 약제 평가 시 약제 저항성에 의한 약효 오류를 줄이기 위하여 Koch 등의 방법(2009)에 따라 주요 약제에 대한 배지 내 약제 저항성을 평가하여 상대적으로 저항성이 없거나 낮은 병원균을 선별하여 사용하였다. 간단히 기술하면,

Table 2. Sensitivity of isolates of *Sclerotinia homoeocarpa* to propiconazole and thiophanate-methyl before field experiment.

Isolate	Location collected	Mycelial growth (mm) on PDA medium ^z with		
		No fungicide	Propiconazole	Thiophanate-methyl
MU-6T-4	Muzu, Jeonbuk	63.7	26.3	No growth
BYW-11F-1	Pyeongchang, Gangwon	61.3	30.0	No growth

^z*S. homoeocarpa* isolates were set on PDA (potato dextrose agar) medium amended with propiconazole at 0.1 µg a.i. ml⁻¹ or thiophanate-methyl at 1,000 µg a.i. ml⁻¹ and evaluated for growth after 48 h of incubation at 25°C with five replicates.

25°C 항온 조건에서 트리아졸계 농약인 propiconazole (0.1 µg a.i. ml⁻¹)과 카바메이트계 농약인 thiophanate-methyl (1,000 µg a.i. ml⁻¹)이 각각 포함된 PDA (Potato Dextrose Agar Medium, 감자한천배지, Difco, Laboratories, Detroit, MI)배지 위에서 48시간동안 자란 균사 생장을 측정하여 살균제에 대한 저항성 정도를 평가하였다.

접종원 제조 및 포장 접종은 Burpee and Latin (2008)의 방법을 약간 변형하여 실시하였다. 접종용 균주를 PDA 배지에서 배양한 다음 살균한 캔터키블루그래스(*Poa pratensis* L.) (품종명: midnight) 종자에 접종한 후 1개월간 25°C에서 배양하였고, 충분히 말린 다음 m²당 200 g씩 접종하였다(A 포장: YW-11F-1, B포장: MU-6T-4). 접종은 1차 약제 처리와 동일한 날에 식물체 내 약제 침투를 고려하고 접종균주에 대한 치료효과를 피하기 위하여 약제살포 7시간 후 실시하였다. 접종 후 원활한 병 발생을 위해 다음 날부터 약제 살포일을 제외하고 매일 오후 6시, 시험 포장에 약 5분간 관수를 실시하였다. 기타 관수, 예초 등 주요 관리는 연구 결과에 영향을 끼칠 수 있기 때문에 약제 살포나 병 평가와 동일한 날짜를 피하여 실시하였다. 병 평가는 병반면적률로 접종 후 5일 후부터 5일 간격으로 실시하였다. 최종 병반면적률은 모든 약제를 10일 간격으로 3회 처리 후 10일 차에 조사하였다. 처리 농약의 약효(control value)는 다음과 같이 각각 처리구의 병반면적률은 방제가로 환산하였다.

방제가(%) = [(농약 무처리구 병반면적률 - 농약 처리구 병반면적률) / 농약처리구 병반면적률] × 100

농약의 기대 상승효과(expected synergism)는 Growing (1960)의 방법을 이용하였으며, 계산식은 다음과 같다.

농약 A와 B의 상승효과(%) = 농약 A 방제가 + [농약 B 방제가 × (100 - 농약 A 방제가)] / 100

최종 약효 조사 후 처리구에 나타난 병징으로부터 병반을 채집(반복별 5개 병반)하여 위에 기술한 방법과 동일하게 propiconazole과 thiophanate-methyl을 대상으로 PDA 배지 약제저항성 평가(Koch et al., 2009)를 통해 접종원 약제 저항성 습득 여부를 조사하였다. 지금까지 기술한 모든 데이터는 SAS 프로그램(SAS7.1, SAS Institute Inc., 1999)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

골프장에서 동전마름병을 방제하기 위한 살균제의 잦은 살포는 몇 가지 계통의 농약에서 병원균의 약제 저항성을 야기한다고 보고되어 왔다(Burpee and Latin, 2008; Koch et al., 2009.). 예를 들면, 벤지미다졸(benzimidazole)계 농약은 1970년대 시장에 출하되자마자 저항성이 보고되었으며, 디카르복시마이드(dicarboximide)계, 트리아졸(triazole)계 농약 등이 우리나라를 포함해서 전세계적으로 문제되고 있다(Shim et al., 2001; Smith et al., 1989; Warren et al., 1977). 약제저항성 균의 출현에 따른 약효의 저하는

Table 3. Efficacy of propiconazole, thiophanate-methyl, chlorothalonil, trifloxystrobin and boscalid, and their tank mixed treatments on dollar spot disease at field A in 2012.

Fungicide or treatment	Active ingredient (%)	Disease severity (%) ^z	Control value (%) ^y	
			Act. ^x	Exp. ^w
Propiconazole	25	0.0c	100a	-
Thiophanate-methyl	70	6.7b	63.6b	-
Chlorothalonil	75	2.0c	89.1a	-
Trifloxystrobin	22	2.0c	89.1a	-
Boscalid	47	0.0c	100a	-
Propiconazole + thiophanate-methyl	-	1.0c	94.5a	100
Propiconazole + chlorothalonil	-	0.0c	100a	100
Propiconazole + trifloxystrobin	-	0.0c	100a	100
Propiconazole + boscalid	-	0.0c	100a	100
Nontreated control	-	18.3a	-	-

^z Disease severity was based on percent area diseased.

^y Application date: 14 May, 24 May, and 4 June 2012.

^x Act. = actual and Exp. = expected. Within a column, values followed by the same letter are not significantly different at *P* = 0.05 according to the Fisher's protected least significant difference (LSD) test.

^w Determined from the formula $E = X + [Y(100 - X)]/100$, where *X* = the percent control in plots treated with one component of a tank mixture and *Y* = the percent control in plots treated with a second component of the same tank-mixture.

Table 4. Efficacy of propiconazole, thiophanate-methyl, chlorothalonil, trifloxystrobin and boscalid, and tank mixed treatments on dollar spot disease at field B in 2012.

Fungicide or treatment	Active ingredient (%)	Disease severity (%) ^z	Control value (%) ^y	
			Act. ^x	Exp. ^w
Propiconazole	25	11.7d	82.5b	-
Thiophanate-methyl	70	16.7cd	75.0bc	-
Chlorothalonil	75	18.3c	72.5c	-
Trifloxystrobin	22	33.3b	50.0d	-
Boscalid	47	0.0e	100a	-
Propiconazole + thiophanate-methyl	-	3.0e	95.5a	95.6
Propiconazole + chlorothalonil	-	0.0e	100a	95.2
Propiconazole + trifloxystrobin	-	4.7e	93.0a	91.3
Propiconazole + boscalid	-	0.0e	100a	100
Nontreated control	-	66.7a	-	-

^z Disease severity was based on percent area diseased.

^y Application date: 14 May, 24 May, and 4 June 2012.

^x Act. = actual and Exp. = expected. Within a column, values followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ according to the Fisher's protected least significant difference (LSD) test.

^w Determined from the formula $E = X + [Y(100 - X)]/100$, where X = the percent control in plots treated with one component of a tank mixture and Y = the percent control in plots treated with a second component of the same tank-mixture.

골프장 관리 비용의 증가, 생태계 교란, 대체농약 개발 비용 증가 등 많은 부작용을 불러 일으킬 수 있다(Smith et al., 1989).

이에 대한 대안으로 동전마름병을 포함한 다양한 병을 대상으로 유효성분이 다른 농약의 혼용살포는 약량의 감소, 복수의 병 방제나 약효 제고를 목적으로 사용되어 왔다(Couch and Smith, 1991; Gisi, 1996). 이때 보통 2종의 약제가 혼용되며 약효의 상승효과는 자주 발견된다(Burpee and Latin, 2008; Gisi, 1996). 농약의 상승효과(pesticide synergism)는 혼용된 농약에 대한 생물의 반응에서 두 개 혹은 두 개 이상의 혼합물의 동시반응이 각각의 혼합물의 합보다 큰 것으로 정의되어 있다(Nash, 1981). 약제의 혼용을 통한 상승효과는 주로 작용기작(mode of action)이 다른 농약 사이에서 이루어져 왔다(Burpee and Latin, 2008; De Ward, 1996; Kosman and Cohen, 1996).

본 연구에서 동전마름병 방제를 위한 새로운 농약 선발 시험은 Table 3, 4와 같다. 두 곳의 포장 모두 대조구에서 평균 18.3%, 66.7%의 발병도를 보여 각각 살균제의 약효를 평가하기에 충분한 발생을 보였다. 두 포장에서 병 발생이 달랐던 것은 병원균의 병원성 정도, 포장에서의 환경조건 등의 차이에 기인하기 때문으로 판단된다. 두 포장 모두 접종 후 10~15일 경부터 병 발생이 빠르게 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1). 포장 A에서는 평균 63.6%의 방제가를 보인 thiophanate-methyl을 제외한 모든 약제가 평균 89% 이상의 높은 약효를 나타냈다(Table 3). 약제 혼

용에 따른 상승효과는 일부 살균제 조합(propiconazole + thiophanate-methyl)에서 관찰되었으며, 다른 조합에서도 방제의 상승효과 기대값과 실제 값이 거의 유사하게 나타났다지만, 단독 처리구와 통계적으로 유의하지 않았다.

포장 B에서는 단독처리구에서 100%의 방제가를 보인 boscalid을 제외한 모든 약제가 82.5% 이하로 낮게 나타났다(Table 4). 단독처리구의 약효는 boscalid, propiconazole, thiophanate-methyl 순으로 유의하게 나타났으며, trifloxystrobin은 50%의 낮은 방제가를 보였다. 이렇게 단독처리구에서 낮은 방제가를 보였던 것은 무처리구 발병도가 평균 66.7%

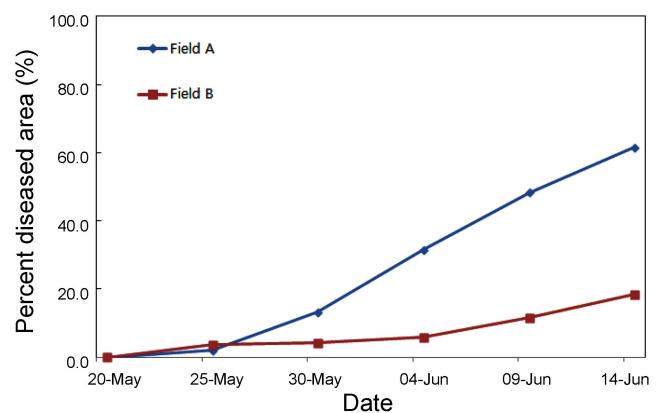


Fig. 1. Progression of dollar spot severity in nontreated plots of creeping bentgrass (cultivar: Penncross) putting green at Wonju, Gangwon in 2012.

Table 5. Sensitivity^z of isolates sampled of *Sclerotinia homoeocarpa* to propiconazole and thiophanate-methyl.

Field	Isolate tested	Relative mycelial growth (%) on PDA medium with propiconazole (mean) ^y	Resistant isolate to thiophanate- methyl on PDA medium (ratio of resistant isolate, %) ^x
A	27	0 ~ 83.3 (41.5)	25 (92.5)
B	43	-	16 (37.2)

^z *S. homoeocarpa* was set on PDA (potato dextrose agar) medium amended with propiconazole at 0.1 µg a.i. ml⁻¹ or thiophanate- methyl at 1,000 µg a.i. ml⁻¹ and evaluated for growth after 48 h of incubation at 25°C with five replicates.

^y Relative mycelial growth was calculated after 48 h by dividing the mean colony diameter of *S. homoeocarpa* isolates on PDA amended with propiconazole by the mean diameter of isolates grown on non-amended PDA. Datum in parentheses means mean relative growth of 27 isolates tested.

^x Thiophanate- methyl was scored for the presence or absence of growth after 48 h of incubation. Data in parentheses mean ratio of resistant ones out of tested isolates.

에 이를 만큼 높은 병 발생 때문으로 판단된다.

약제 혼용에 따른 상승효과는 일부 살균제 조합(propiconazole + boscalid)을 제외하고 모든 처리구에서 관찰되었다. 방제가의 상승효과 기대값과 실제 값이 거의 유사하게 나타났으며, 단독 처리구와도 통계적으로 유의하게 나타났다. 하지만 모든 혼용처리구에서 높은 방제가를 보여 처리 간에는 통계적으로 유의하지 않았다. 두 포장 모두 단독과 혼용 약제 처리구에서 약해는 나타나지 않았다(데이터 미제시).

이와 같이 병 발생 양상이 다른 2개 포장 조건에서 단독처리구의 약효가 상이하게 나타난 것은 현장에서 병 발생에 따라 방제 전략을 달리하여야 한다는 것을 의미할 수 있다. 살균제 단독처리 시 약효는 병 발생이 낮은 포장에서보다 높은 포장에서 낮은 경향을 보였다. 따라서 병 발생이 높은 조건에서는 살균제의 혼용처리를 통한 방제가 적절할 수 있다. 하지만 살균제 혼용에 따른 상승효과는 병 발생이 높은 곳보다 낮은 곳에서 적은 경향이였다. 이러한 결과는 Gisi (1996)가 보고한 상승작용은 항상 단제의 방제가가 증가하면서 빠르게 감소한다는 보고와 일치하였다.

최종약제처리 후 propiconazole + thiophanate-methyl 단독 처리구에 대한 실내 약제저항성 검정을 실시하였다(Table 5). 포장 A의 propiconazole 처리구에서는 병반이 발생하지 않아(방제가 100%) 시료 채집이 불가능하였다. 포장 B의 병반에서 분리한 대부분의 균주는 propiconazole에 대해 저항성이 증가한 양상을 보였으나, thiophanate-methyl에 대한 반응은 매우 상이하게 나타났다. Table 2에서처럼 두 균주 모두 thiophanate-methyl에 대해 고도의 감수성이었으나, 포장 평가 후(Table 5) 각각 평균 37.2, 92.5%의 저항성을 획득하였다. 2011년 가을, 동일한 약제의 포장 평가 결과, thiophanate-methyl은 유일하게 70% 이하의 낮은 방제가를 보였던 것(데이터 미제시)도 위에서처럼 포장의 병원균이 약제 저항성을 획득한 것이 원인으로 생각된다. 하지만 thiophanate-methyl에 대한 실내 실험에서 병 선발압이 약했던 포장 A의 분리균주(92.5%)가 선발압이

높았던 포장 B의 분리균주(37.2%)보다 저항성 비율이 낮은 원인은 정확히 설명하기 어렵다. 가능한 이유를 추정하자면, 포장 B에서 병 발생이 심했으므로 합쳐진 감수성 병반이나 방제되지 않은 병반을 대상으로 한 시료 채집의 오류가 원인으로 판단된다.

따라서 약제 평가 후 propiconazole 및 thiophanate-methyl의 저항성 결과에 비추어 본다면, 현장에서 병 발생이 높아 병원균 밀도가 증가하여 살균제에 대한 선발압이 심해 진다면 방제 시 신중한 접근이 필요하다. 특히, 약제 처리 횟수에 따라 일부 농약(thiophanate-methyl)의 경우 약제 저항성 양상이 매우 뚜렷하게 나타나 그러한 살균제를 이용하여 방제 시 약제 저항성 관리가 반드시 필요할 것으로 판단된다(Jo et al., 2008). 예를 들면, 계통이 다른 농약의 혼용 시 병원균 집단의 약제저항성 유발이 지연될 수 있다는 점에서(Gisi, 1996) 병 발생이 심하지 않은 골프장에서는 단독처리, 선발압이 높은 곳에서는 혼용처리에 의한 대응이 적절할 것으로 판단된다.

아울러 국내에서 동전마름병에 대해 등록되지 않은 thiophanate-methyl의 경우 외국에서의 저항성 격발 사례(Koch et al., 2009)와 이번 결과에 비추어 본다면, 앞으로 단독처리제로서 동전마름병 방제약제로의 등록은 적절치 않아 보인다. 특히, thiophanate-methyl은 잔디 갈색잎마름병에도 등록되어 많은 골프장에서 이미 사용 중에 있어, 실제 현장에 존재하는 다수의 동전마름균이 thiophanate-methyl에 대해 약제 저항성을 획득했을 것으로 예상할 수 있다. Burpee and Latin (2008)에 따르면 동전마름병에 대한 살균제의 상승효과는 약제의 살포횟수와 살포기간에 따라 효과가 달라진다고 보고하였다. 따라서 향후에는 이에 따른 포장 평가가 더 이루어져야 할 것으로 보인다.

요 약

Sclerotinia homoeocarpa F.T. Bennett에 의한 동전마름병은 우리나라에서 가장 흔하며 경제적으로 매우 중요한 잔

디병이다. 크리핑벤트그래스로 조성된 골프장 그린에서 propiconazole, thiophanate-methyl, chlorothalonil, trifloxystrobin, boscalid를 이용하여 방제효과를 평가하였다. 또한 propiconazole 과 다른 4개의 약제를 각각 혼용하여 단용처리구 대비 상승효과를 조사하였다. 동전마름병은 2개 포장의 무처리구에서 각각 평균 18.3, 66.7%의 발생을 보였다. 약제의 약효는 병 발생정도에 따라 다르게 나타났다. 살균제를 단독으로 처리하였을 때 방제 효과는 발병도가 높았을 때보다 낮았을 때 우수하였다. 처리된 살균제 중 boscalid의 효과가 가장 높았다. 살균제 혼용처리구에서는 propiconazole + thiophanate-methyl 처리구를 제외하고 단독처리구 대비 상승효과가 발견되었으나, 2개 포장 모두 혼용처리구 사이에 통계적인 유의성은 발견되지 않았다. 따라서 현장에서 동전마름병 방제 시 병 발생 조건에 따라 방제전략을 달리해야 할 것으로 보여진다.

주요어: 동전마름병, *Sclerotinia homoeocarpa*, 선발압, 살균제, 방제, 혼용, 상승효과

Acknowledgements

This work was supported by National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2010-0025559). We deeply appreciate to dept.' members of golf course management in Park Vally Golf Club.

References

- Burpee, L. and R. Latin. 2008. Reassessment of fungicide synergism for control of dollar spot. *Plant Dis.* 92:601-606.
- Chang, S.W., T.H. Chang, B.J. Choi, J.H. Song, K.S. Park, and Y.T. Rho. 2009. Antagonistic effects of *Pseudomonas* spp. against turfgrass pathogenic soil fungi. *Kor. Turfgrass Sci.* 23:(2):209-218.
- Chang, S.W., T.H. Chang, J.K. Hong, J.H. Park, and S.W. Jung. 2011. Vegetative compatibility grouping of *Sclerotinia homoeocarpa* isolates infecting turfgrass in South Korea. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(2):171-176.
- Cole, H.B., B. Taylor, and J. Duich. 1968. Evidence of differing tolerances to fungicides among isolates of *Sclerotinia homoeocarpa*. *Phytopathology* 58:683-686.
- Couch, H.B. 1995. *Diseases of turfgrasses*, 3rd ed. Krieger Publishing Co., Malabar, FL.
- Couch, H.B. 2002. Better dollar spot control with less fungicide. *Golf Course Manage.* 70:89-93.
- Couch, H. B. and B.D. Smith. 1991. Synergistic and antagonistic interactions of fungicides against *Pythium aphanidermatum* on perennial ryegrass. *Crop Prot.* 10:386-390.
- Detweiler, A.R., J.M. Vargas and T.K. Danneberger. 1983. Resistance of *Sclerotinia homoeocarpa* to iprodione and benomyl. *Plant Dis.* 67:627-630.
- DeWaard, M.A. 1996. Synergism and antagonism in fungicide mixtures containing sterol demethylation inhibitors. *Phytopathology* 86:1280-1283.
- Gisi, U. 1996. Synergistic interaction of fungicides in mixtures. *Phytopathology* 86:1273-1279.
- Gowing, D. P. 1960. Comments on tests of herbicide mixtures. *Weeds* 8:379-391.
- Jo, Y.K., S.W. Chang, M. Boehm, and G. Jung. 2008. Rapid development of fungicide resistance by *Sclerotinia homoeocarpa* on turfgrass. *Phytopathology* 98:1297-1304.
- Koch, P.L., C.R. Grau, Y.K. Jo, and G. Jung. 2009. Thiophanate-methyl and propiconazole sensitivity in *Sclerotinia homoeocarpa* populations from golf courses in Wisconsin and Massachusetts. *Plant Dis.* 93:100-105.
- Kosman, E. and Y. Cohen. 1996. Procedures for calculating and differentiating synergism and antagonism in action of fungicide mixtures. *Phytopathology* 86:1263-1272.
- Latin, R. 2006. Residual efficacy of fungicides for control of dollar spot in creeping bentgrass. *Plant Dis.* 90:571-575.
- Nash, R.G. 1981. Phytotoxic interaction studies-techniques for evaluation and presentation of results. *Weed Sci.* 29:147-155
- Putnam, A.I., G. Jung, and J.E. Kaminski. 2010. Geographic distribution of fungicide-insensitive *Sclerotinia homoeocarpa* isolates from golf courses in the northern United States. *Plant Dis.* 94:186-195.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS/STAT User' Guide, Version 7-1. SAS Institute, Cary, NC.
- Shim, G.Y., G.Y. Min, H.D. Shin, and H.J. Lee. 2000. Occurrence of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* in turfgrass of golf course in Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 14(1):241-250. (in Korean)
- Shim, G.Y., G.Y. Min, H.D. Shin, and H.J. Lee. 2001. Occurrence of chemical resistance and control of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* in turfgrass of golf course in Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 15(1):1-8. (in Korean)
- Smith, J.D., N. Jackson, A.R. and Woolhouse. 1989. *Fungal diseases of amenity turf grasses*. E and F. N. Spon, New York.
- Warren, C.G., P.L. Sanders, H. Cole, and J.M. Duich. 1977. Relative fitness of benzimidazole-tolerant and cadmium-tolerant populations of *Sclerotinia homoeocarpa* in absence and presence of fungicides. *Phytopathology* 67:704-708.