

Research Article

# 크리핑 벼트그래스에서 동전마름병 방제를 위한 Tebuconazole, Chlorothalonil 및 합제 처리

김영선<sup>1</sup>, 임혜정<sup>2</sup>, 함선규<sup>3</sup>, 이규승<sup>4</sup>, 이금주<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 원예학과, <sup>2</sup>태준아그로텍, <sup>3</sup>대정엔지니어링, <sup>4</sup>충남대학교 생물환경화학학과

## Suppression of Dollar Spot Caused by *Sclerotinia homoeocarpa* on Creeping Bentgrass (*Agrostis palustris* Huds.) after Applying Tebuconazole, Chlorothalonil and Their Mixture

Young-Sun Kim<sup>1</sup>, Hye-Jung Lim<sup>2</sup>, Suon-Kyu Ham<sup>3</sup>, Kyu-Seung Lee<sup>4</sup>, and Geung-Joo Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

<sup>2</sup>Taejun Agrotech Co. Ltd., Seongnam 13206, Korea

<sup>3</sup>Daejung-golf Engineering Co. Ltd., Incheon 22379, Korea

<sup>4</sup>Department of Bio-Environmental Chemistry, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea



OPEN ACCESS

\*Corresponding author:

Phone. +82-42-821-5734

Fax. +82-42-821-8888

E-mail. gjlee@cnu.ac.kr

Received: June 11, 2018

Revised: June 19, 2018

Accepted: June 20, 2018

© 2018 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### Abstract

This study was conducted to evaluate the control efficacy of dollar spot on creeping bentgrass after applying various amounts of tebuconazole, chlorothalonil and mixture of tebuconazole and chlorothalonil (tebuconazole+chlorothalonil). In effect of three fungicides on suppression against *Sclerotinia homoeocarpa*, tebuconazole and tebuconazole+chlorothalonil were found to inhibit more than 98% fungus growth on medium and 70% in chlorothalonil treatment. The control efficacy of tebuconazole at different rates of 31.25, 62.5, and 125 a.i. mg m<sup>-2</sup> on creeping bentgrass showed more than 80%. Application of tebuconazole (125.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>), tebuconazole+chlorothalonil (125.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>+135.9 a.i. mg m<sup>-2</sup>) and chlorothalonil (135.9 a.i. mg m<sup>-2</sup>) were suppressed 96%, 80%, 70% for the dollar spot severity, respectively. Correlation between application amount of fungicides and control efficacy of dollar spot was significantly positive, and suggested amount of tebuconazole, tebuconazole+chlorothalonil and chlorothalonil that might suppress more than 80% of dollar spot were calculated to 29.6, 132.2+142.8, and 157.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>, respectively.

**Keywords:** Chlorothalonil, Control efficacy, Dollar spot, *Sclerotinia homoeocarpa*, Tebuconazole

## 서론

동전마름병은 *Sclerotinia homoeocarpa*에 의해 잔디 잎에서 발생하는 잔디병으로 한지형잔디와 난지형잔디 모두를 기주로 하고 있으며 국내에서 발병시기는 지역별로 차이가 있으나 4-6월경과 9-10월경에 주로 발생한다(Shim et al., 2000). 동전마름병은 골프장 그라운드에서 넓은 면적을 형성하여 고사시키지는 않으나 퍼팅의 질이나 미관을 저하시켜 경제적인 피해가 크게 나타난다(Couch, 1984). 병원균의 전염은 잔디 잎에 감염된 균사접촉에 의해 발생하는데 습도가 85% 이상에서 쉽게 진전되며, 주로 잔디 관리 장비에 의해 이뤄진다(Chang et al., 2012).

동전마름병을 방제하기 위해서는 시비관리, 관수관리, 미생물 및 식물추출물 등을 이용하는 방법들이 연구되어 있으나 골프장에서 가장 많이 이용하는 방법은 작물보호제(살균제)를 이용하는 방법이다(Kwon et al., 2010; Lee, 2010; Shin et al., 2006). 그러나 살균제를 지속적으로 사용하게 되는 경우 병원균은 약제에 대한 저항성을 야기하므로 병원균의 약제 저항성을 줄이고, 방제 효율을 높이기 위한 처리 방법들이 제안되었다(Kim et al., 2010; Shim et al., 2001). 잔디 병해 방제를 위해 사용하는 살균제의 작용 기작이나 사용량은 동전마름병 병원균인 *S. homoeocarpa*의 약제 저항성 발현에 중요한 요인이 되므로 살균제의 살포량을 줄이거나 작용 기작이 다른 살균제를 교호하여 살포하거나 혼합하여 살포해 주는 방법이 제안되고 있다(Chang et al., 2012; Kim et al., 2010).

동전마름병 방제를 위해 사용되는 국내에서 가장 많이 등록된 살균제는 triazole계 살균제이며(Kim et al., 2010), sterol 생합성을 저해하여 균사의 신장을 억제하는 침투성 살균제로 알려져 있다(Zarn et al., 2003). 그러나 triazole계 살균제들은 동전마름병 방제뿐 아니라 갈색잎마름병이나 갈색퍼짐병과 같은 라이족토니아 병원균에 의한 병의 방제에도 처리하는 경우가 많아 동전마름병 방제를 위해 사용하지 않았다 하더라도 *S. homoeocarpa*가 약제 저항성을 나타내기도 한다(Kim et al., 2010). 이러한 문제를 해결하기 위해 작용 기작이 다른 침투성 살균제와 보호 살균제를 혼용하기도 하며, 혼용하는 경우 방제 효과가 향상되기도 한다(Chang et al., 2012; Popko et al., 2010). Chlorothalonil은 대표적인 보호 살균제로서 에너지대사나 해당작용을 방해하여 균사의 발아를 억제하며, 병에 대한 저항성이 거의 보고되지 않았다(McDonald et al., 2006).

동전마름병은 잔디 잎에 발생하는 병으로 살균제를 살포하는 경우에는 경엽에 양액이 충분히 묻도록 처리하는 것을 권장하고 있으나 골프장의 한지형잔디는 작물들에 비해 낮은 예고로 관리되기 때문에 경엽처리보다는 관주 처리에 의해 관리되는 경우가 많다. 관주처리는 경엽처리에 비해 3-5배 정도 더 많은 양의 살균제가 처리되므로 *S. homoeocarpa*가 저항성을 획득하게 되는 경우 더 많은 방제비용이 발생하게 된다(Shim et al., 2000).

따라서 본 연구는 크리핑 벤트그래스(*Agrostis palustris* Huds.)에서 발생한 동전마름병의 효율적인 방제 방법을 조사하기 위해 1) *in vitro*와 *in vivo* 조건에서 tebuconazole의 처리량별 동전마름병 방제율과 2) 포장 조건에서의 tebuconazole과 chlorothalonil 및 두 약제의 합제 처리 시 동전마름병 방제 효과를 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 공시재료

연구에 이용된 동전마름병의 균주는 인천광역시 소재의 SKY72 골프클럽 증식 포장에서 발생된 동전마름병의 이병엽을 2011년 5월 크리핑 벤트그래스로부터 채취하여 70% ethanol에 30초간, 1% NaOCl (sodium hypochlorite) 용액에서 1분간 표면 살균하고 멸균수로 씻은 후, 멸균된 Whatman NO.1 filter paper (Whatman, Inc., Maidstone, UK)에 올려 수분을 제거한 후에 water agar (WA; agar 20.0 g L<sup>-1</sup>)에 치상하여 25°C로 조절된 항온기에서 배양하였다. 2-3일 배양한 후 WA의 이병엽 조각에서 자란 균사조각을 떼어내어 potato dextrose agar (PDA; potato starch 4.0

g L<sup>-1</sup>, dextrose 20.0 g L<sup>-1</sup>, agar 15.0 g L<sup>-1</sup>)에 이식한 후 순수 분리하였다. 분리된 균주를 다시 크리핑 벤트그래스에 접종하여 이병된 잔디로부터 재 분리한 동전마름병 균주(*S. homoeocarpa*)를 시험에 사용하였다. 공시약제로는 tebuconazole 입상 수화제(tebuconazole 25%; T, Hanearl Science Ltd., Taebaek, Korea), chlorothalonil 수화제(chlorothalonil 75%; C, Kyung Nong Co., Ltd., Seoul, Korea), tebuconazole+chlorothalonil 수화제(tebuconazole 23%+chlorothalonil 25%; TC, Arystalifesciencekorea Ltd., Chungju, Korea) 등 3가지 약제가 사용되었다.

### 약제 농도별 항균력시험

약제 농도별 항균력 정도를 확인하기 위해 tebuconazole (T), chlorothalonil (C) 및 tebuconazole+chlorothalonil (TC) 를 1 mg kg<sup>-1</sup>, 3 mg kg<sup>-1</sup>, 5 mg kg<sup>-1</sup>, 10 mg kg<sup>-1</sup>, 30 mg kg<sup>-1</sup>, 50 mg kg<sup>-1</sup>, 100 mg kg<sup>-1</sup> 및 150 mg kg<sup>-1</sup>의 농도로 PDA에 약제 배지를 조제하였다. 각각의 농도로 살균제를 함유하도록 조제된 약제 배지의 중앙에 분리된 *S. homoeocarpa* 균총(5.0 mm)을 치상하여 25°C로 조절된 항온배양기(JSMI-02C, JSR, Gongju, Korea)에서 120시간 동안 배양한 후 균사생장 억제율을 조사하였다. 각 처리구는 3개의 반복을 두어 실험하였고 아래의 공식에 의해 균사생장 억제율을 구하였다.

$$\text{균사생장 억제율(\%)} = (1 - \text{약제배지에서의 균총의 직경} / \text{무처리에서의 균총의 직경}) \times 100$$

### 테부코나졸 처리량별 동전마름병 방제 효과

본 연구는 2011년 5월부터 2011년 7월까지 3개월 동안 인천광역시 소재의 SKY72골프클럽 증식포장에서 수행하였다. 공시잔디는 2006년에 파종되어 약 6년간 관리된 크리핑 벤트그래스(*A. palustris* Huds.) ‘Penn A-1’ 품종이었다. 공시약제는 tebuconazole 입상수화제를 이용하였고, tebuconazole을 수돗물에 2,000배로 희석하여 약제를 처리하였다. 골프장 잔디관리 시 tebuconazole의 권장 처리 방법은 125.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>으로 1 L의 물에 희석하여 관주처리(희석액 1 L m<sup>-2</sup>)하는 점을 고려하여 각 처리구별 약제 처리는 tebuconazole 희석액을 처리하지 않은 무처리구(control), tebuconazole 희석액 250 mL 처리구 (31.25 a.i. mg m<sup>-2</sup>; T1), tebuconazole 희석액 500 mL 처리구 (62.5 a.i. mg m<sup>-2</sup>; T2), tebuconazole 희석액 1,000 mL 처리구 (125.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>; T3)로 구분하였다. 공시약제의 처리는 액상 분무 살포기(KS-10-1, Kwang Sung Sprayers, Daejeon, Korea)를 이용하여 처리하였고, 희석된 약제가 비산되어 다른 처리구에 영향을 주는 것을 방지하기 위해 자체 제작된 가림막(가로 0.5 m×세로 0.5 m×높이 0.2 m)을 설치 후 약제를 처리하였다.

실험포장의 시험구 단위는 0.25 m<sup>2</sup> (0.5 m×0.5 m) 크기로 전체포장은 4 m<sup>2</sup>였고, 실험구 배치는 난괴법(4반복)으로 배치하였다. 공시약제의 처리는 5월 24일, 5월 31일, 6월 7일에 총 3회 경엽처리 하였고, 동전마름병의 발병은 인공접종을 하지 않고 자연발생 상태로 실시하였다. 병발생률 조사는 약제 처리 후 7일 간격으로 5월 31일부터 총 3회 조사하였으며, 최종 조사일인 6월 14일의 병발생률 조사 결과를 이용하여 동전마름병의 방제가를 아래 공식에 의해서 구하였다.

$$\text{방제가(\%)} = (\text{무처리구의 피해면적} - \text{처리구의 피해면적}) / \text{무처리구의 피해면적} \times 100$$

### Tebuconazole, chlorothalonil 및 합제 처리 시 동전마름병 방제 효과 검증

처리구는 무처리구(control), tebuconazole 단독 처리구(125.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>; T), chlorothalonil 단독 처리구(135.9 a.i. mg m<sup>-2</sup>; C; 농약사용지침서에 제시된 chlorothalonil의 약제 처리량은 제형에 따라 940-1,500 a.i. mg m<sup>-2</sup>이나 합제

처리구와 비교하기 위하여 135.9 a.i. mg m<sup>-2</sup>를 처리함) 및 tebuconazole+chlorothalonil 합제 처리구(tebuconazole 125.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>과 chlorothalonil 135.9 a.i. mg m<sup>-2</sup>; TC)로 구분하였다. 공시약제는 수돗물 1 L에 희석하여 액상 분무 살포기(KS-10-1, Kwang Sung Sprayers, Daejeon, Korea)를 이용하여 처리하였고, 처리 시 공시약제가 다른 처리구로 비산되는 것을 막기 위해 제작된 가림막(가로 0.5 m×세로 0.5 m×높이 0.2 m)을 설치 후 약제를 처리하였다.

실험포장의 시험구 단위는 0.25 m<sup>2</sup> (0.5 m×0.5 m) 크기로 전체포장은 4 m<sup>2</sup>였고, 실험구 배치는 난괴법(4반복)으로 배치하였다. 공시약제의 처리는 5월 24일, 5월 31일, 6월 7일에 총 3회 경엽처리 하였다. 동전마름병의 발병은 인공접종을 하지 않고 자연발생 상태로 실시하였다. 병발생률 조사는 약제 처리 후 7일 간격으로 5월 31일부터 총 3회 조사 하였으며, 최종 조사일인 6월 14일의 병발생률 조사결과를 이용하여 동전마름병의 방제가를 아래 공식에 의해서 구하였다.

$$\text{방제가(\%)} = (\text{무처리구의 피해면적} - \text{처리구의 피해면적}) / \text{무처리구의 피해면적} \times 100$$

통계처리는 SPSS 12.1.1 (IBM, New York, USA)를 이용하여 Duncan 다중검정과 T 검정을 통해 처리구간 평균값의 유의차를 검정하였고, 각 약제의 처리량별 방제가에 대한 회귀분석을 통해 회귀식 및 상관성을 조사하였다.

## 결과 및 고찰

### 항균력 시험

약제별 처리농도에 따른 *S. homoeocarpa*의 균사생장 억제율은 Fig. 1과 같다. T 단독 처리구와 TC 합제 처리구의 균사생장 억제율은 모든 처리농도에서 98% 이상을 나타내었으나 C 단독 처리구의 균사생장 억제율은 46-71%의 범위를 나타내어 약제의 종류에 따라 다르게 나타났다. 이 결과를 통해 *S. homoeocarpa*의 균사생장 억제효과는 C 단독 처리구보다 T 단독 처리구나 TC 합제 처리구에서 우수하다는 것을 확인하였고, *S. homoeocarpa*병 방제에서 TC 합제 처리구에서 방제 효과가 높게 나타난 것으로 보아 T의 효과가 더 크다는 것을 유추할 수 있었다. 이는 triazole계 농약인 propiconazole 처리 시 nitrile계 농약인 chlorothalonil 보다 동전마름병의 방제 효과가 우수하다는 Chang et al. (2012)의 결과와도 유사하였다. 또한 Kim et al. (2004)은 chlorothalonil의 병원균에 대한 항균력은 약제 배지에서 살균제의 처리농도에 따라 다르게 나타난다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다.

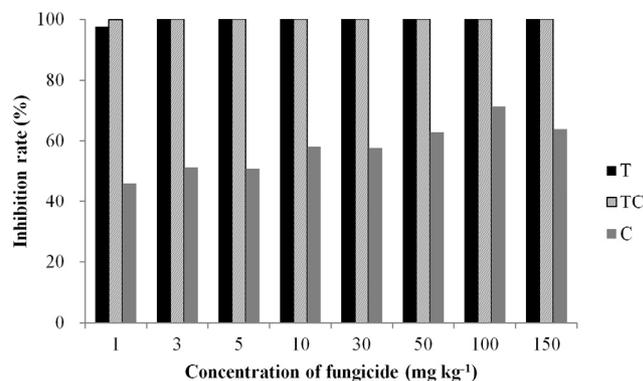


Fig. 1. Inhibition rate of three fungicides such as tebuconazole (T), chlorothalonil (C), tebuconazole+chlorothalonil (TC) against *S. homoeocarpa*.

## Tebuconazole 처리량별 동전마름병 방제 효과

Tebuconazole 수화제의 처리량에 따른 크리핑 벤트그래스에서의 동전마름병의 방제율은 Table 1과 같다. Tebuconazole의 처리량에 따른 동전마름병 방제율에서 모든 처리구는 농약 등록 기준인 80% 이상의 방제 효과를 나타내었다. 또한, tebuconazole 처리량별 동전마름병 방제율은 약제 처리량이 추천량의 25%인 T1보다 추천량에 가까운 T2나 추천량인 T3에서 각각 16.7%와 20.5%씩 증가하였다. 이 결과를 통해 골프장에서 관행적으로 동전마름병 방제 시 tebuconazole을 관주처리를 하고 있으나 tebuconazole을 권장 농도(2,000배 희석액)에 맞도록 희석 한 후 250 mL m<sup>-2</sup>량으로 경엽처리를 하여도 효과적으로 동전마름병 방제가 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

**Table 1.** Control of dollar spot in creeping bentgrass after tebuconazole applied.

Treatment <sup>y</sup>	Application (a.i. mg m <sup>-2</sup> )	Control efficacy (%)
T1	31.25	80.1b <sup>z</sup>
T2	62.50	93.5a
T3	125.0	96.5a
P-value		0.08

<sup>y</sup>Treatments were follows. T1 was applied 250 mL m<sup>-2</sup> tebuconazole solution diluted with tap water, T2 500 mL m<sup>-2</sup>, T3 1,000 mL m<sup>-2</sup> on creeping bentgrass on May 24, May 31 and June 5 in 2011.

<sup>z</sup>Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at  $P \leq 0.05$  level.

## Tebuconazole, chlorothalonil 및 합제 처리 시 동전마름병 방제 효과 검증

Tebuconazole과 chlorothalonil의 합제 처리 후 동전마름병에 대해 약 80%의 방제 효과를 나타내었다(Fig. 2). TC 합제 처리구의 처리량을 기준으로 T와 C를 각각 처리하였을 경우 T 단독 처리구는 약 96%의 방제 효과를 나타내었고, C 단독 처리구는 70% 정도의 방제 효과를 나타내었다. 이 결과를 통해 동전마름병 발병 후 TC합제의 처리에 의한 방제 효과는 chlorothalonil보다는 tebuconazole의 영향이 더 큰 것으로 보이며, Fig. 1과 비교하여 볼 때 각 약제의 농도별 항균력 시험 결과와 유사한 결과를 나타내었다. Chang et al. (2012)은 triazole계 농약인 propiconazole이 동전마름병 방제에서 chlorothalonil보다 우수하다고 보고하여 본 연구의 결과와 유사하였다. Kim et al. (2010)은 이에 대해 tebuconazole이 *S. homoeocarpa*에 대한 EC<sub>50</sub> 값이 다른 살균제들에 비해 현저하게 낮기 때문이라고 보고하였다.

TC합제 처리구는 T 단독 처리구와 비교할 때, T 단독 처리구보다 동전마름병의 방제 효과가 낮았고, C 단독 처리구와 비교할 때, 통계적 유의차를 나타내지 않았다. 또한, tebuconazole과 chlorothalonil이 혼합되어 있는 TC합제 처리구의 동전마름병 방제율은 tebuconazole 처리구인 T 단독 처리구보다 감소하여 chlorothalonil의 혼합에 의한 상승 효과는 확인할 수 없었다. Chang et al. (2012)의 연구에서도 triazole계 농약인 propiconazole과 nitrile계 농약인 chlorothalonil을 혼합하여 동전마름병의 발병지역에 처리하는 경우 처리 환경에 따라 방제 효과는 상이하게 나타났다. 이는 생육 중인 잔디에 발병한 병의 방제를 위해 사용한 살균제의 종류, 살포 횟수 및 살포 기간과 같은 처리 방법에 따라 *S. homoeocarpa*의 약제 저항성이 다르게 나타났기 때문으로 판단된다(Chang et al., 2012; Chang et al., 2013). 또한 tebuconazole은 침투이행성 살균제로서 처리 시 크리핑 벤트그래스 내에서 예방과 치료 효과를 나타내며, 약효 지속 기간은 약 28일 정도로 알려져 있다(Latin, 2006). 반면에 chlorothalonil은 접촉성 보호 살균제로서 처리 시 크리핑 벤트그래스의 경엽 표면에 부착되어 예방 효과를 나타내고, 관수나 강우에 의해 손실되며, 동전마름병에 대한 약효 지속 기간은 약 14일 정도로 알려져 있다(Latin, 2006). 특히, 본 연구에서 chlorothalonil 처리구의 방제 효과가 낮았던 것은 약제 처리 시 포장 내 이미 동전마름병이 발생해 있었기 때문에 예방 효과가 나타나지 않았고,

관수나 예초작업 등으로 경엽에 처리된 chlorothalonil의 손실이 tebuconazole이나 tebuconazole+chlorothalonil 처리구보다 상대적으로 많았기 때문에 예상된다. 또한 tebuconazole+chlorothalonil 합제 처리구와 tebuconazole 단독 처리구의 차이를 비교하기 위해 chlorothalonil WP 권장량(1,500 a.i. mg m<sup>-2</sup>)의 약 9% 정도로 처리하였기 때문에 방제 효과가 낮게 나타난 것으로 판단된다(Chang et al., 2012; Fig. 2). Chlorothalonil은 접촉성 살균제로서 관수나 강우에 의해 효과가 현저히 감소하고(McDonald et al., 2006), 침투이행성 살균제에 비해 약효 지속 기간이 짧으며(Latin, 2006), 유기염소계 농약으로 환경 중 잔류 기간이 길어 미국 EPA에서는 최대 사용량과 계절별 사용량을 규제하고 있다(Vincelli and Dixon, 2003). 그러므로 잔디밭에서 동전마름병의 방제에 chlorothalonil을 이용하기 위해서는 단일 제제로 사용하는 것보다 침투이행성 살균제와 혼용하여 살포하는 것이 방제 효율을 높일 수 있다. Settle et al. (2011)도 chlorothalonil을 단독으로 처리하는 것보다 boscalid를 혼용하여 처리하는 경우 동전마름병의 방제율이 72%에서 87%로 상승한다고 보고한 바 있다. 비록 사용한 약제의 종류와 처리량은 다르지만 본 연구의 tebuconazole과 chlorothalonil 및 두 약제의 합제 처리 시 동전마름병 방제 효과는 Settle et al. (2011)의 결과와 다른 결과를 나타내었다. 따라서 tebuconazole과 chlorothalonil 및 두 합제의 동전마름병 방제 효과를 평가하기 위해서는 잔디의 식재 지역이나 관리 방법에 따른 감수성의 차이를 나타낼 수 있으므로 추후 기후가 다른 여러 지역에서 처리시기, 처리량 및 처리간격에 따른 보완 시험이 필요한 것으로 판단된다(Kim et al., 2004).

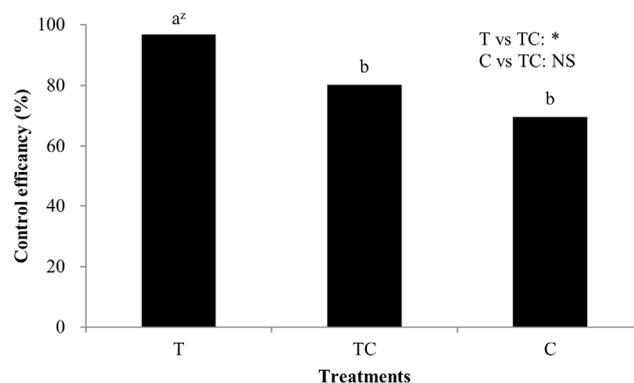


Fig. 2. Control efficacy of dollar spot caused by *S. homoeocarpa* when three fungicides applied on creeping bentgrass. Treatments were as follows. T: tebuconazole WP treatment (125.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>), TC: tebuconazole+chlorothalonil WP treatment (125.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>+135.9 a.i. mg m<sup>-2</sup>), C: chlorothalonil WP treatment (135.9 a.i. mg m<sup>-2</sup>). Three fungicides were applied on creeping bentgrass on May 24, May 31, June 5 in 2011.

<sup>2</sup>Means with the same letters within column are not significantly different by Duncan's multiple range test at  $P \leq 0.05$  level.

### 살균제 처리량과 동전마름병 방제율과의 상관성

살균제의 처리 방법에 따른 동전마름병 방제 효과를 평가하기 위해 본 연구에 사용된 tebuconazole, chlorothalonil 및 tebuconazole+chlorothalonil 합제의 처리량과 동전마름병 방제 효과와의 상관관계를 조사하였다(Table 2; chlorothalonil과 tebuconazole+chlorothalonil 합제의 처리량별 동전마름병 방제 효과의 자료는 제시하지 않음). Tebuconazole, chlorothalonil 및 tebuconazole+chlorothalonil 합제의 약제 처리량과 동전마름병 방제율은 모두 정의 상관관계를 나타내었고, 각각  $y=0.0783e^{0.0742x}$ ,  $y=0.0458e^{0.0996x}$ ,  $y=6.6094e^{0.0396x}$ 의 수식을 도출하였으며, R 값 또한 90% 전후로 상관성이 매우 높게 나타났다(식에서 y는 약제 처리량이고, x는 동전마름병 방제율이며, e는 자연로그 상수를 나타낸다). 이 식을 이용하여 각 살균제의 동전마름병 방제율이 80% 이상을 나타내는 처리량은 tebuconazole, tebuconazole+chlorothalonil 합제 및 chlorothalonil에서 각각 29.6 a.i. mg m<sup>-2</sup>, 132.2+142.8 a.i. mg m<sup>-2</sup>, 157.0 a.i. mg

m<sup>2</sup>으로 조사되었다. 계산식을 통해 계산된 약제 처리량과 각 약제의 권장 처리량을 비교할 때, tebuconazole, tebuconazole+chlorothalonil 합제 및 chlorothalonil은 각각 권장 처리량의 23.7%, 105.8%, 10.5-16.7% 정도로 나타났다. 이 결과들을 바탕으로 tebuconazole, chlorothalonil 및 두 약제의 합제 처리 시 약제 희석액을 경엽처리(250 mL m<sup>-2</sup>정도)하여도 동전마름병의 약 80%를 방제할 수 있을 것으로 판단되었다. 동전마름병 방제를 위해 관주처리(희석액 1,000 mL m<sup>-2</sup>)하는 것보다 경엽처리(희석액 200-300 mL m<sup>-2</sup>)하는 것은 약제 및 물량의 사용을 줄여 관리비용의 감소와 환경에 대한 위해성을 줄일 수 있다는 장점이 있으나, *S. homoeocarpa*가 약제 저항성을 이미 획득한 경우 방제가 어렵다(Kim et al., 2010)는 단점을 갖고 있으므로 이에 관한 추후 연구가 필요한 것으로 판단된다.

**Table 2.** Correlation coefficient and regression formula between application amount of fungicides, the tebuconazole, chlorothalonil and their mixture, and control efficacy.

Fungicides	Regression formula <sup>z</sup>	R <sup>2</sup> value
Tebuconazole	$y=0.0783e^{0.0742x}$	0.8854**
Tebuconazole+chlorothalonil	$y=0.0458e^{0.0996x}$	0.9996**
Chlorothalonil	$y=6.6094e^{0.0396x}$	0.9052**

<sup>z</sup>y and x mean applying amount of fungicides and 80% control efficacy of dollar spot caused by *S. homoeocarpa*.

## 요약

본 연구는 크리핑 벤틀그래스에서 발생한 동전마름병의 효율적인 방제방법을 조사하기 위해 tebuconazole의 처리량별 동전마름병 방제율과 tebuconazole과 chlorothalonil 및 두 약제의 합제 처리 시 동전마름병 방제 효과를 평가하였다. 약제 처리 농도별 항균력 조사에서 tebuconazole과 tebuconazole+chlorothalonil 합제는 98% 이상의 *S. homoeocarpa* 균사 억제 효과를 나타내었고, chlorothalonil은 70% 이하의 균사 억제 효과를 나타내었다. Tebuconazole의 처리량별 동전마름병 방제 효과는 31.25, 62.5 및 125 a.i. mg m<sup>-2</sup>처리구에서 모두 80% 이상의 방제율을 나타내었다. Tebuconazole과 tebuconazole+chlorothalonil 합제 처리구는 80% 이상의 방제율을 나타내나, chlorothalonil 처리구는 약 70%의 방제율을 나타내었다. 살균제의 처리량과 동전마름병 방제 효과는 정의 상관관계를 나타내었고, 80% 이상의 방제 효과를 나타내는 tebuconazole, tebuconazole+chlorothalonil 합제 및 chlorothalonil의 처리량은 각각 29.6, 132.2+142.8, 및 157.0 a.i. mg m<sup>-2</sup>으로 판단되었다.

**주요어:** 클로로탈로닐, 방제율, 동전마름병, *Sclerotinia homoeocarpa*, 테부코나졸

## REFERENCES

- Chang, S.W., Jung, S.W., Kim, S.H., Par, J.H. and Lee, J.Y. 2012. Synergistic interaction of fungicides in mixture under different condition of dollar spot disease caused by *Sclerotinia homoeocarpa*. Asian J. Turfgrass Sci. 26(2):96-101. (In Korean)
- Chang, S.W., Jung, S.W., Kim, S.H., Par, J.H. and Lee, J.Y. 2013. Control effect on dollar spot disease caused by *Sclerotinia homoeocarpa* under different application rates and intervals with two mixed fungicides. Weed Turf. Sci. 2(4):408-412. (In Korean)

- Couch, H.B. 1984. Turfgrass fungicides: Dilution rates, nozzle size, nozzle pressure and disease control. *Golf course management* 52(8):73-80.
- Kim, J.H., Choi, H.Y., Shim, G.Y. and Kim, Y.H. 2010. Chemical resistance and control of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* on turfgrass of golf course in Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):170-175. (In Korean)
- Kim, J.T., Lee, K.H., Min, J.Y., Cho, I.J., Kang, B.K., et al. 2004. Fluctuation of the sensitivity of *Collectotrichum* spp. causing the red pepper anthracnose the chlorothalonil. *Kor. Pestic. Sci.* 8(3):231-237. (In Korean)
- Kwon, S.M., Kim, D.H., Chang, T.H., Jeon, M.G., Kim, I.S., et al. 2010. Screening of antifungal medicinal plants for turfgrass fungal disease control. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):176-181. (In Korean)
- Latin, R. 2006. Residual efficacy of fungicides for control of dollar spot on creeping bentgrass. *Plant Disease* 90:571-575.
- Lee, S.K. 2010. Turfgrass quality and disease suppression on a creeping bentgrass green by various nitrogen sources. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):125-130.
- McDonald, S.J., Dernoeden, P.H. and Bigelow, C.A. 2006. Dollar spot control in creeping bentgrass as influenced by fungicide spray volume and application timing. Online. *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS-2006-0531-01-RS.
- Popko, J., Ok, C.H. and Jung, G.H. 2010. Evaluation of fungicides for dollar spot control on creeping bentgrass and annual bluegrass putting green. *Kor. Turfgrass Sci.* 24(2):161-164.
- Settle, D., Lee, S.K. and Kane, R. 2011. Fungicides for dollar spot suppression on creeping bentgrass green. *Asian J. Turfgrass Sci.* 25(1):43-47.
- Shim, G.Y., Min, G.Y., Shin, H.D. and Lee, H.J. 2000. Occurrence 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., Min, G.Y., Shin, H.D. and Lee, H.J. 2001. Occurrence of chemical resistance and control of dollar spot caused by *Sclerotinia homoeocarpa* in turfgrass of golf course. *Kor. Turfgrass Sci.* 15(1):1-8. (In Korean)
- Shin, T.S., Jung, W.C., Do, K.S. and Shim, G.Y. 2006. Development of antagonistic microorganism for biological control of dollar spot of turfgrass. *Kor. Turfgrass Sci.* 20(3):191-201. (In Korean)
- Vincelli, P. and Dixon, E.D. 2003. Summer fungicide spray programs for creeping bentgrass greens. *Golf Course Management* 71(6):87-90.
- Zarn, J.A., Brüscheiler, B.J. and Schlatter, J.R. 2003. Azole fungicides affect mammalian steroidogenesis by inhibiting sterol 14 $\alpha$ -demethylase and aromatase. *Environ. Health Perspec.* 111(3):225-261.