Weed Turf. Sci. 4(4):376~382
http://dx.doi.org/10.5660/WTS.2015.4.4.376 Print ISSN 2287-7924, Online ISSN 2288-3312

Research Article Weed & Turfgrass Science

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

이쑤시개를 이용한 잔디층, 대취층, 및 토양층에서 동전마름병 전염원의 검출

이정한[1] · 민규영[2] · 심규열[1] · 김동수[3] · 상현규[4] · 정근화[4]* · 곽연식[5]*

[1]한국잔디연구소, [2]대정골프엔지니어링, [3]국립산림과학원 남부산림자원연구소,
[4]매사추세스대학교 스탁브릿지 농업대학, [5]경상대학교 식물의학과

Toothpick-Aided Detection of *Sclerotinia homoeocarpa* in the Turfgrass Leaf Canopy, Thatch, and Soil in Relation to Dollar Spot Infection Centers

**Jung Han Lee[1], Gyu Young Min[2], Gyu Yul Shim[1], Dong Soo Kim[3]
Hyunkyu Sang[4], Geunhwa Jung[4]*, and Youn-Sig Kwak[5]***

[1]Korea Turfgrass Research Institute, Seongnam 463-840, Korea
[2]Daejung Golf Engineering Co. Ltd., Yongin 449-881, Korea
[3]Southern Forest Resource Research Center, Korea Forestry Research Institute, Jinju 660-300, Korea
[4]Stockbridge School of Agriculture, University of Massachusetts, Amherst, USA
[5]Department of Plant Medicine and IALS, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

ABSTRACT. Dollar spot, caused by *Sclerotinia homoeocarpa,* is the major disease in cool-season turfgrasses. Understanding the distribution of this pathogen in soil and thatch is important to developing disease control strategies. In this study, toothpicks were used to detect *S. homoeocarpa* in the turfgrass canopy, thatch, and soil at different distances from dollar spot infection centers. The effect of penetrant and contact fungicide applications with different water volumes on distribution of *S. homoeocarpa* was also investigated. *S. homoeocarpa* was detected in 100% of samples taken from the leaf canopy, 83.3% in thatch area, and 0% in the soil from within the infection center. *S. homoeocarpa* was isolated in 100% of samples taken from the edge of the infection center, but was only detected in 13% of the samples taken at 1.5 cm away from the infection center edge. *S. homoeocarpa* was isolated at a higher frequency in the propiconazole treated plots than those treated with chlorothalonil and was not detected in leaf canopy samples when either fungicides was applied with 6.78 L of water. In conclusion, the toothpick-aided detection technique has improved our understanding of *S. homoeocarpa* epidemiology and could be used as a diagnostic tool to detect for fungicide resistance on golf courses.

***Key words*:** Dollar spot, Inoculum distribution, *Sclerotinia homoeocarpa*, Soil, Thatch

Received on February 3, 2015; Revised on February 26, 2015; Accepted on March 16, 2015

***Corresponding author:** [4]Phone) +1-413-545-2243, Fax) +1-413-577-0242; E-mail) jung@umass.edu
[5]Phone) +82-55-772-1922, Fax) +82-55-772-1929; E-mail) kwak@gnu.ac.kr

© 2015 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/3.0) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

동전마름병은 전 세계적으로 문제가 되는 병으로 거의 모든 잔디 재배에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 특히 북미지역에 크리핑벤트그래스(*Agrostis stolonifera* L.)와 애뉴얼블루그래스(*Poa annua* L.)로 조성되어있는 골프장에 가장 중요한 병으로 인식되어 있다(Allen et al., 2005). 동전마름병은 잔디 잎에 발생하는 병으로 초기에는 작은 황

색반점으로 나타나 병이 진행되면 가장자리에 짙은 황갈색의 띠를 둘러싸고 있는 형태를 이룬다. 병 발생 말기에는 잎 전체가 탈색되어 백색으로 고사하고 지름이 1~10 cm의 원형 병반을 만든다. 또한 가장 큰 특징으로 이른 아침 감염된 잔디에서 기중균사를 관찰할 수 있다(Allen et al., 2005). 동전마름병 병원균은 *Sclerotinia homoeocarpa*로 알려져 있으나 Lanzia, Moellerodiscus나 Rutstroemia로 재 분류되어야 한다는 주장이 제기되고 있다(Allen et al., 2005). 그 이유로는 Sclerotinia는 균핵(sclerotia)을 형성하는 특징이 있으나 동전마름병의 원인균인 *S. homoeocarpa*는 균핵을 형성하지 않는다고 알려져 있으며 rDNA의 염기서열이 Lanzia, Moellerodiscus와 Rutstroemia와 유사하다는 보고가 있다(Carbone and Kohn, 1993). 병원균은 영양균사인 자좌(stomata)를 만들어 토양, 대취층과 잔디 잔여물 등에서 오랫동안 휴면할 수 있는 것으로 알려져 있다(Allen et al., 2005).

식물병의 원인균을 동정하는 방법은 Koch의 가설로 증명한 이후로 병원체를 좀 더 신속하고 정확하게 진단할 수 방법이 연구되어 왔다. 그 예로 PCR을 이용하여 특이 염기서열의 상동성을 이용하는 방법이나 항원 항체를 이용하는 혈청학적 방법(serological method)이 있다(Schaad, 1979). 이런 방법은 신속하게 진단할 수 있으나 전염원의 밀도나 분포를 시험하는 연구에는 많은 비용이 발생하는 단점이 있다. 이쑤시개를 이용하여 병원균을 검출하거나 분리하는 시험은 토양에서 *Rhizoctonia solani* 와 *R. oryzae*를 대상으로 한 연구가 보고되어있다(Paulitz and Schroeder, 2005). 이 방법은 아주 간단하며 효율적으로 신속히 토양 병원균의 밀도를 조사할 수 있는 방법이다. 본 시험에서는 이쑤시개 방법을 응용하여 잔디층 및 토양층에서 동전마름병의 전염원 분포를 메사추세츠 대학 잔디 연구 포장에서 조사하였다. 또한 동전마름병이 발생한 포장에서 유기염소계와 트리아졸계인 약제를 살포하여 희석 물량에 따른 화학적 방제의 효율성을 비교 및 검토하였다.

재료 및 방법

동전마름병 병반부에서 병원균 검출

동전마름병 병반부에서 병원균 검출하기 위하여 Paulitz and Schroeder (2005)가 제시한 *Rhizoctonia* spp.의 밀도를 조사방법을 변형하여 시험하였다. 시험대상 잔디는 켄터키블루그래스(Kentucky bluegrass, *Poa partensis*)였으며, 시험은 매사추세츠 대학교 The Joseph Troll Turf Research Center (South Deerfield, MA)에서 진행하였다. 시험구는 면적의 약 20% 동전마름병이 발병한 포장에서 실시하였다. 조사방법은 지름 7 cm인 홀커터를 이용하여 동전마름병 병반을 포함한 잔디, 대취 및 토양을 한 번에 나출되게 샘플링 하였다(Fig. 1A and 1B). 잔디 잎(Infection center canopy: ICC), 대취층(Infection center thatch: ICT) 그리고 토양이 시작되는 부분으로부터 1 cm (Soil 1 cm below the thatch: S1), 2 cm (Soil 2 cm below the thatch: S2)와 3 cm (Soil 3 cm below the thatch: S3)가 되는 지점에 멸균된 이쑤시개를 꽂고(Fig. 1B), 전염원이 이쑤시개에 옮겨질 수 있게 자연 상태에서 하룻밤 동안 방치하였으며 이후 토양에서 이쑤시개를 분리하였다. 세균의 오염을 방지하고 동전마름병 병원균의 균사를 용이하게 확인하기 위하여 APDA (acidified potato dextrose agar, 0.1% lactic acid가 첨가되어있는 PDA 배지)를 제조하였으며(Mitkowski and Colucci, 2006) 제조된 배지에 이쑤시개를 상치하고 25±2°C에서 3일간 배양 후 병원균의 균사를 검경하고 병원균 검출빈도를 조사하였다.

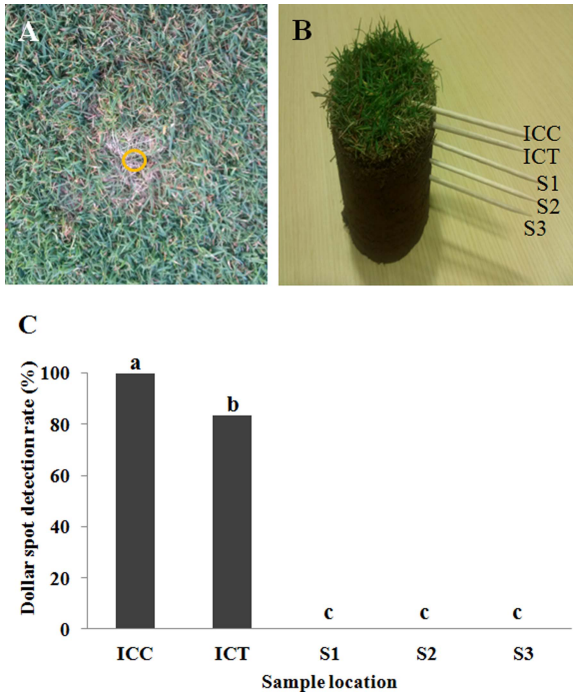

Fig. 1. Detection of *Sclerotinia homoeocarpa* from dollar spot infection centers, thatch and soil. A) Example of turf plug removal from dollar spot infection center highlighted by a yellow circle, B) Turf plug showing positions of toothpicks during baiting of *S. homoeocarpa* and C) Percent *S. homoeocarpa* detection rate from the infection center canopy (ICC), infection center thatch (ICT), the soil 1 cm below the thatch (S1), soil 2 cm below thatch (S2), and soil 3 cm below the thatch (S3). Means followed by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Tukey's HSD test.

동전마름병 병반 및 건전부의 병원균 검출

동전마름병 병반부와 병반부에서 떨어진 거리에 따른 병원균의 검출을 위하여 병반중심부(Infection center: IC), 가장자리(Infection center edge: ICE)와 병반으로부터 1.5 cm,

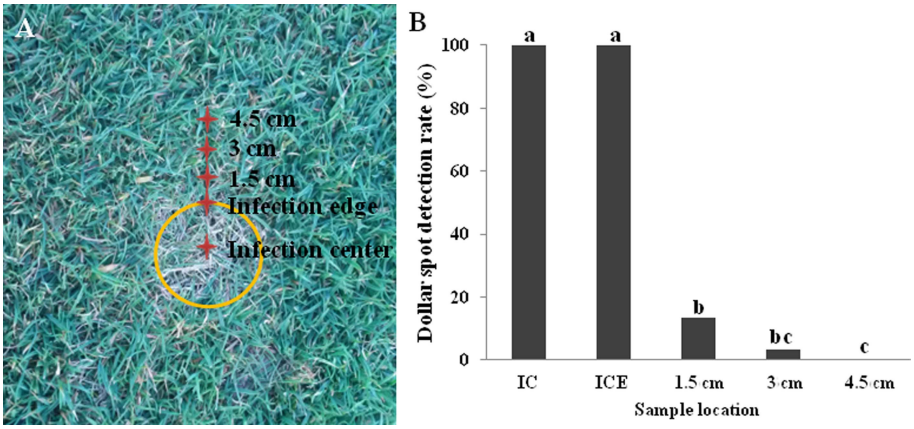

Fig. 2. Detection of *Sclerotinia homoeocarpa* in the turf canopy at variaous distances away from the infection centers. A) The yellow circle indicates an infection center and the red cross marks the toothpick baiting points and B) Percent *S. homoeocarpa* detection rate within the infection center (IC), at the infection center edge (ICE), 1.5 cm, 3 cm, and 4.5 cm away from the infection center edge. Means followed by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Tukey's HSD test.

3 cm와 4.5 cm 떨어진 지점에 멸균된 이쑤시개를 꽂고(Fig. 2A), 동전마름병 병반부의 병원균 검출시험에서와 같이 자연 상태에서 하룻밤 동안 방치하였다. 이쑤시개를 이용한 샘플처리 방법은 잎 부분, 대취부분과 토양이 있는 부분을 관통하여 충분히 전염원이 이쑤시개에 닿을 수 있게 삽입하여 실험을 진행하였다. 토양에서 이쑤시개를 분리하여 APDA 배지에 상치하였으며 25±2°C에서 3일간 배양 후 동전마름병 균사를 확인하여 검출빈도를 조사하였다.

동전마름병을 포함한 다양한 부분에서의 병원균 검출

동전마름병 병반부를 포함하여 병이 발생하지 않은 부분에서 병원균을 검출하기 위하여 다양한 검출 지점을 구성하였다. 검출지점 구성내용은 동전마름병의 중심부에서는 잎부분(IC), 대취부분(ICT), 대취에서 아래쪽으로 1 cm 떨어진 토양 부분(ICS1), 2 cm 떨어진 토양 부분(ICS2)으로 구성되었으며, 동전마름병의 가장자리의 잎부분(ICE), 대취부분(ICET), 대취에서 1 cm 떨어진 부분(ICES1), 2 cm 떨어진 부분(ICES2)으로 구성하였다. 병반으로부터 1.5 cm 떨어진 부분의 잎부분(1.5L), 대취부분(1.5T), 대취에서 1 cm 떨어진 부분(1.5S1), 2 cm 떨어진 부분(1.5S2)으로 구성되었고, 병반으로부터 3와 4.5 cm 떨어진 부분을 각각 잎(3L), 대취(3T), 1 cm 떨어진 부분(3S1), 2 cm 떨어진 부분(3S2)과 잎(4.5L), 대취(4.5T), 1 cm 떨어진 부분(4.5S1), 2 cm 떨어진 부분(4.5S2)으로 구성하였다(Fig. 3A). 각 부분에 이쑤시개를 삽입한 후 자연 상태에서 하룻밤 동안 방치하였으며, 이쑤시개를 수거하여 APDA 배지에 상치하여 25±2°C에서 3일간 배양 후 동전마름병 균사를 확인하였다.

동전마름병 방제 약제 처리 후 병원균 검출 시험

약제 처리 후 동전마름병 병원균 검출 시험을 위한 시험

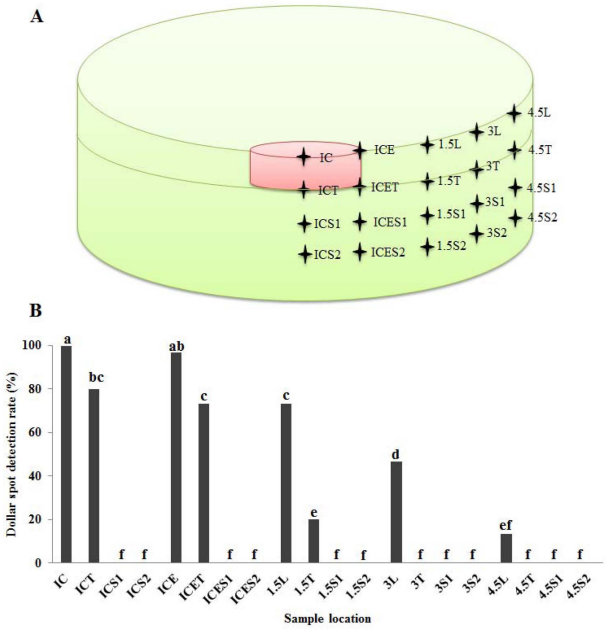

Fig. 3. Detection of *Sclerotinia homoeocarpa* in the turf canopy, thatch and soil. A) Diagram showing toothpick baiting positions (red circle indicates dollar spot infection center, green circle indicates the turf plug, and black crosses mark the toothpick baiting points) and B) Percent *S. homoeocarpa* detection rate from the infection center (IC), the infection center edge (ICE), 1.5 cm away from infection center edge (1.5), 3 cm away form infection center edge (3), 4.5 cm away from infection center edge (4.5) at the following depths: leaf canopy (L), thatch (T), 1 cm below thatch (S1), and 2 cm below thatch (S2). Means followed by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Tukey's HSD test.

구 구성은 동전마름병이 약 25% 발생한 포장에 0.3×1.82 m로 한 시험구로 설정하였다. 시험약제는 유기염소계인 Chlorothalonil과 트리아졸계인 Propiconazole로 실제 잔디의

동전마름병 방제약제로 사용되는 것을 처리하였다. 약량은 Chlorothalonil의 경우 92.9 m²당 92.1 g이었으며, Propiconazole은 28.3 g이었다. 희석되는 물의 양에 따른 동전마름병 전염원 분포를 조사하기 위하여 잔디의 잎 부분에 살포되는 정도의 물의 양인 2.26 L m^{-2}와 대취층까지 약제가 침투할 수 있는 정도의 물의 양인 6.78 L m^{-2}에 두 약제를 희석하여 살포하였다. 3개의 plot을 반복으로 하였고 한 처리구당 20개의 동전마름병 병반을 사용하였으며 약제처리 24시간 후 이쑤시개를 처리하였다. 이쑤시개 처리과정은 직경 2~2.5 cm 정도의 병반이 있는 부위을 포함하여 홀커터(직경 7 cm)를 이용하여 잔디잎, 대취 및 토양이 나출되게 샘플링 하였다. 멸균된 이쑤시개를 이용하여 동전마름병의 중심부의 잎부분(IC)과 대취부분(ICT)에 삽입하고 동전마름병의 가장자리의 잎부분(ICE)과 대취부분(ICET)에 삽입하였다. 병반으로부터 1.5 cm 떨어진 부분의 잎부분(1.5L), 대취부분(1.5T), 3 cm (3L, 3T) 및 4.5 cm (4.5L, 4.5T) 떨어진 잎부분과 대취부분에 이쑤시개를 삽입하였다(Fig. 3A).

결과 및 고찰

동전마름병 병반부에서 병원균 분포

동전마름병 병반부에서 병원균 검출하기 위하여 동전마름병이 발병한 병반부위내 잔디 잎, 대취층 그리고 토양에서 병원균을 검출한 결과 잎 부위에서는 100% 검출되었으며, 대취 부분에서는 83.3%가 검출되었다. 토양이 시작되는 부분으로부터 1 cm, 2 cm와 3 cm가 되는 지점에서는 병원균이 전혀 검출되지 않은 것으로 나타났다(Fig. 1C). 토양 부분에서는 *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp., *Rhizopus* spp. 등이 검출되었다(자료 미제시). 동전마름병 병원균의 경우 1% lactic acid가 포함된 PDA 배지에서 토양 부분에서 검출된 대부분의 진균보다 25±2°C 조건에서 생장속도가 빠른 것으로 관찰되었고 *Trichoderma* spp.와 *Rhizopus* spp.는 *S. homoeocarpa*보다 생장속도가 유사한 것으로 나타났다. 생장속도의 차이가 나지 않는 세 가지 진균의 경우에는 균총의 모양으로 구분이 가능하였다.

이쑤시개를 이용하여 병원균을 검출하거나 분리하는 시험은 토양에서 *R. solani* 와 *R. oryzae*의 밀도를 조사하기 위한 실험이 보고되어있다(Paulitz and Schroeder, 2005). 이쑤시개를 이용하여 동전마름병 병원균을 대상으로 검출하는 시험은 전 세계적으로 본 연구에서 처음 시도되었고 성공적으로 병원균 검출이 가능한 것으로 나타났다. *S. homoeocarpa*는 식물의 잔재 또는 잔디 예취물이 없는 골프장의 그린이나 페어웨이에서는 약하게 자란다는 보고를 근거로 토양에 서식하는 토양전염성병이 아니라는 견해가 있다(Wilson, 2011). 이쑤시개를 이용하여 병원균을 검출하는 본 실험의 연구 결과는 이를 처음으로 증명하는 사례가 될 수 있는 것으로 판단되며 다른 토양전염성 병원균을 검출하는데 응용이 가능할 것이다.

동전마름병 병반 및 건전부의 병원균 분포

동전마름병 병반부를 포함하여 병반부에서 떨어진 거리에 따른 병원균의 검출을 위하여 병반 중심부, 병반의 가장자리와 그곳으로부터 1.5 cm, 3 cm와 4.5 cm 떨어진 지점 그리고 병징이 없는 부분에서 병원균을 검출한 결과 병반 중심부, 병반의 가장자리에서는 100% 검출되었으며 병반으로부터 1.5 cm 떨어진 부분에서는 13%, 3 cm와 4.5 cm 떨어진 지점에서는 각각 3%와 0%가 검출되었다(Fig. 2B). 이 결과 병의 중심에서 멀어질수록 병원균이 적게 검출되는 것으로 나타났으며, 특이하게 병징이 전혀 없는 부분에서도 3% 정도 검출되는 결과가 나타났다.

이쑤시개를 잎, 대취 그리고 토양을 관통하여 꽂은 결과 이쑤시개와 잎이 접촉된 부분에서는 동전마름병 병원균의 균사가 APDA 배지에서 생장하였다. 대취부위가 접촉된 지점에서는 병원균의 균사 주로 검출되었으며 다른 균도 생장하는 것으로 나타났다. 토양이 접촉된 부분에서는 주로 토양에서 발견되는 *Rhizoctonia* spp. *Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Trichoderma* spp., *Rhizopus* spp. 등의 균이 검출되었다(Azaz, 2003; Hassanein, 2012). 동전마름병의 전염은 병반에서 바람, 물, 잔디 깎는 기계, 신발, 분무기, 관수호스 등에 의해 이루어지는 것으로 알려져 있다(Smith, 1955). 또한 식물표면에 있는 이슬은 균사 생장에 도움을 주고 기주에 전염되어 침입을 용이하게 하는 것으로 알려져 있다(Agrios, 2005; Jackson and Howard, 1966). 본 실험에서는 이러한 부가적인 요소를 최대한 억제하기 위하여 화학적 방제나 관수 및 모잉 작업을 하지 않는 상태에서 진행하였다. 이러한 조건에서 이쑤시개를 이용하여 병원균이 병반으로부터 1.5 cm, 3 cm 떨어진 지점 그리고 병징이 전혀없는 부분에서 검출된 결과로 보아 병원균의 생장속도가 아주 빠르거나 눈에 보이지 않는 전염원이 분포하는 것으로 판단된다. 본 실험에서 연구한 동전마름병 전염원 검출방법은 실제포장에서 병의 진전속도를 측정하거나 전염원의 형성을 미리 예측할 수 있는 방법으로 병발생전에 전염원을 검출하여 병방제나 예방에 관한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

동전마름병을 포함한 다양한 부분에서의 병원균 분포

동전마름병 병반부를 포함하여 병이 발생하지 않은 부분에서 다양한 검출 지점을 구성하여 병원균을 검출한 결과 동전마름병의 중심부의 잎 부분(IC)에서는 100% 검출되었

고 대취부분(ICT)에서는 이보다 낮은 80%가 검출되었다. 토양부분(ICS1, ICS2)에서는 병원균이 전혀 검출되지 않았다. 동전마름병의 가장자리 부분의 잎(ICE)에서는 96.6% 검출되었고 대취부분(ICET)에서는 73.3%가 검출되었다. 토양(ICES1, ICES2)에서는 동전마름병의 중심부와 같이 병원균이 검출되지 않았다. 병반으로부터 1.5 cm 떨어진 부분의 잎부분(1.5L)과 대취부분(1.5T)에서는 각각 73.3%와 20%가 검출되었으며 토양(1.5S1, 1.5S2)에서는 검출되지 않았다. 병반으로부터 3 cm 떨어진 부분과 4.5 cm 떨어진 부분에서 각각 46.6%와 13.3% 병원균이 검출되었으나 나머지 대취 및 토양부분(3T, 3S1, 3S2, 4.5T, 4.5S1, 4.5S2)에서는 병원균이 이쑤시개 진단법으로 검출되지 않았다(Fig. 3B). 동전마름병 병반부에서 병원균 검출하기 위한 실험과 병반부를 포함하여 병반부에서 떨어진 거리에 따른 병원균의 검출 실험을 토대로 잎과 대취부분에서 동전마름병을 검출한 결과 잎에서의 검출결과는 병반 중심부, 가장자리부분 그리고 1.5 cm 떨어진 잎부분에서 검출 빈도가 높은 것으로 나타났다. 또한 3 cm 떨어진 부분에서도 46.6% 검출되는 것으로 나타나 이는 동전마름병 점염원이 중심부를 기준으로 멀어질수록 밀도가 낮아지는 것으로 판단된다.

*Sclerotinia homoeocarpa*는 PDA 배지상에서 4.5~32°C의 온도범위에서 생장할 수 있으며 26.8°C에서 최적생장을 보인다(Smith, 1955). 또한 균사는 잔디의 표면을 타고 생장할 수 있다(Monteith and Dahl, 1932; Smith, 1955). 토양에 존재하는 다른 진균과 비교하여 생장속도가 빠른 것으로 나타나며, 잔디포장에서 이른 아침 이슬이 맺힐 정도의 수분이 대기중에 있으면 거미줄모양의 균사를 형성하는 특징(Smiley et al., 1992)이 있는 것으로 미루어보아 잔디가 생육하는 지상부에서 생장하기 좋은 환경조건이 되면 빠른 속도로 점염원이 잎 표면을 타고 옮겨가는 것으로 판단할 수 있다. 또한 토양에서는 동전마름병의 병원균이 검출되지 않은 결과가 나타나 동전마름병 전염원이 토양에는 존재하기가 힘든 것으로 판단된다.

동전마름병 방제 약제 처리 후 병원균 검출

물량을 달리한 약제 처리 후 동전마름병 병원균을 검출한 결과 대조구의 경우 병반 중심부에서는 98.3% 검출되었으며 가장자리에서는 93.3% 검출되는 것으로 나타났다. 1.5 cm 떨어진 부분에서는 66.1%, 3 cm와 4.5 cm 떨어진 지점에서는 각각 29.4%와 8.8%가 검출되었다. 이는 앞의 병반 및 건전부의 거리에 따른 병원균 검출시험과는 다르게 결과가 나타났으나 병원균의 검출은 병반부에서 멀어질수록 밀도가 낮은 유사한 경향으로 나타났다(Figs. 4 and 5). 온도나 습도 등의 환경적인 요소의 차이로 인하여 나타난 결과로 판단된다. 처리약제인 Chlorothalonil (CH)과 Propiconazole (PP)을 비교하였을 때 잎의 경우 병반 중심부에서 CH의 경우 15.5%로 PP의 경우 20.5%로 나타나 PP 처리구에서 더 많은 병원균이 검출되는 것으로 나타났다. Chlorothalonil 약제를 같은 약량으로 물 2.26 L m^{-2}와 6.78 L m^{-2}에 희석하여 처리한 구의 병반 중심부의 잎에서는 각각 15.5%와 2.2%가 검출되었으며 PP 처리구에서 이보다 높은 20.5%와 4.4%가 검출되었다. 대취층의 경우에는 CH의 경우 물 2.26 L가 12.7%로 물 6.78 L가 2.2%로 검출되었고 PP의 경우 물 2.26 L가 12.7%로 물 6.78 L가 5.5%로 검출되어 PP처리구가 더 높은 빈도로 검출되었다. 가장자리에서는 잎 부분을 검출한 결과 CH의 경우 물 2.26 L 처리구에서는 2.7%로 물 6.78 L에서는 검출되지 않았으며 PP의 경우 물 2.26 L 처리구에서 9.4%로 물 6.78 L 처리에서는 CH처리구와 같이 검출되지 않았다. 병반 가장자리에서 대취층의 경우 CH 처리구는 물 2.26 L가 5.5%로 물 6.78 L에서는 검출되지 않은 것으로 나타났다. PP의 경우 물 2.26 L 처리에서는 4.4% 검출되었으며 물 6.78 L 처리구에서도 미미하지만 1.6%로 검출되는 것으로 나타났다. 1.5 cm 떨어진 부분의 잎과 대취

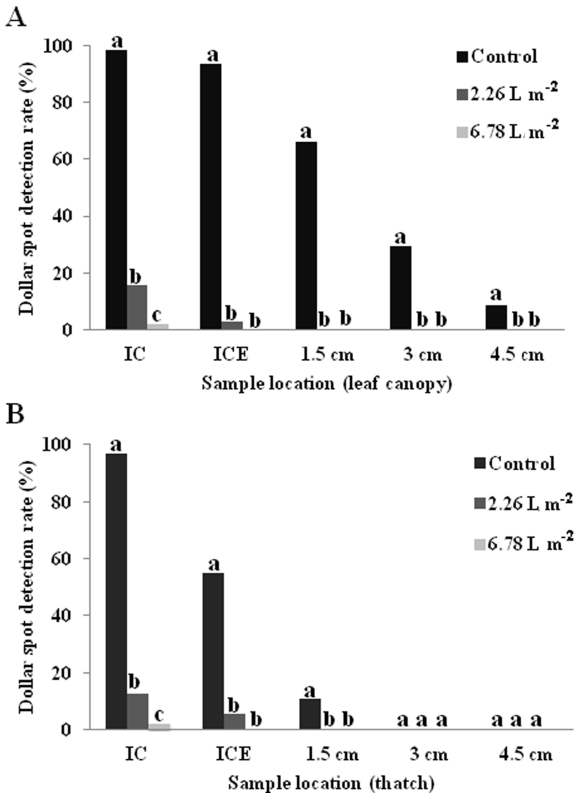

Fig. 4. Percent *Sclerotinia homoeocarpa* detected after chlorothalonil treatment from the infection center (IC), infection center edge (ICE), 1.5 cm away from infection center edge, 3 cm away from infection center edge, and 4.5 cm away from infection center edge in A) leaf canopy and B) thatch. Means followed by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Tukey's HSD test.

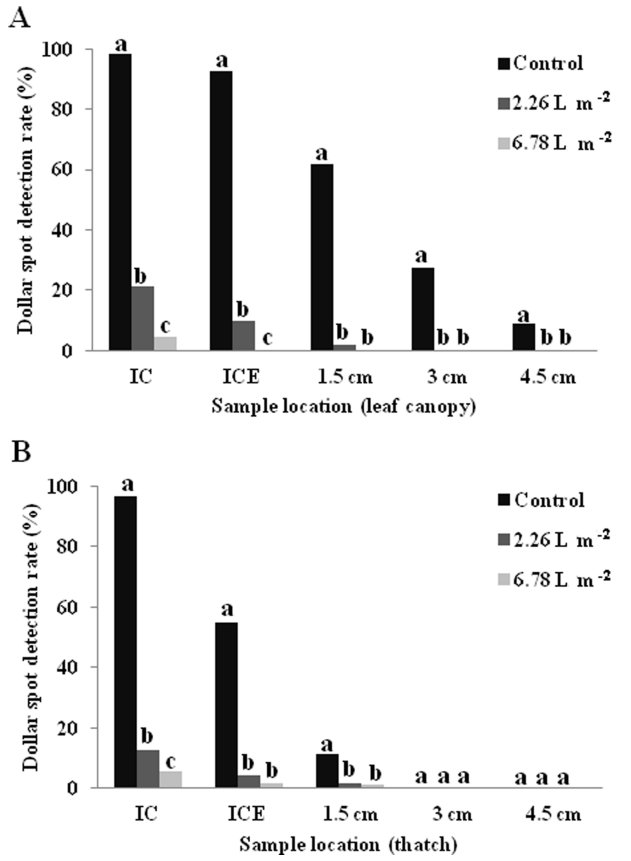

Fig. 5. Percent *Sclerotinia homoeocarpa* detected after propiconazole treatment from the infection center (IC), infection center edge (ICE), 1.5 cm away from infection center edge, 3 cm away from infection center edge, and 4.5 cm away from infection center edge in A) leaf canopy and B) thatch. Means followed by the same letter are not significantly different (P=0.05) according to Tukey's HSD test.

에서 CH처리구는 병원균이 검출되지 않았으나 PP 처리구에서는 2.26 L에서 2.2%, 대취에서 2.26 L에서 1.6%와 6.78 L에서 1.1%로 미미하게나마 검출되는 것으로 나타났다. 병반으로부터 3 cm와 4.5 cm 떨어진 지점에서 잎과 대취부분에서는 병원균이 전혀 검출되지 않는 것으로 나타났다(Figs. 4 and 5). 1.6 m^2 면적에 물 2.26 L를 처리하였을 때는 잔디의 잎 부분에만 접촉되는 정도이고 6.78 L의 경우는 대취층까지 약제가 침투할 수 있는 정도의 양으로 약제를 희석하여 실재 포장에 살포하고 병원균을 검출한 결과 실제 동전마름병 병징이 있는 부분에서 대취층까지 약제가 침투한 6.78 L 처리구에서 병원균이 적게 검출되는 결과가 나타났다. 약제의 유효성분에 따라 동전마름병 병원균의 검출정도도 다르게 나타났다.

이러한 결과로 미루어볼 때 동전마름병 병원균의 밀도를 줄이고 방제효과를 높이기 위해서는 적당한 약량에 물량을 많게 하여 살포하는 것이 효과적이라는 것을 본 실험결과로 나타났다. 또한 동전마름병 병반부에서 잔디 잎, 대취층 그리고 토양에서 병원균을 검출한 결과로 미루어볼 때 잎, 대취층에서는 전염원이 검출되었으나 토양에는 병원균이 검출되지 않았던 결과를 종합적으로 판단할 때 너무 많은 물량은 오히려 토양에 약제가 스며들어 약제의 손실을 가져올 수 있다고 사료된다. 본 실험으로 동전마름병을 방제하기 위하여 약제를 살포할 때는 잔디의 높이와 대취층의 두께를 고려하여 물량을 조절해야 한다는 것을 증명하였으며 이는 골프장이나 잔디재배지에서 약제방제에 응용할 수 있는 정보를 제공할 수 있을 것이다.

일반적으로 약제를 처리한 후 병 발생이 줄어들지 않거나 빠른 시간에 병이 재발생하면 병원균이 약제에 대한 내성이 생긴 것으로 예상할 수 있다. 또한 약제를 처리하기 전 병원균을 분리하여 약제에 대한 내성을 조사하여 병원균이 약제의 영향을 받지 않으면 내성이 생긴 것을 알 수 있다. 본 연구에서 사용된 이쑤시개 방법은 약제처리 후 병원균을 빠르게 검출하여 약제내성을 조사할 수 있는 방법으로 이용될 수 있을 것이다.

실험포장에서 발견되는 동전마름병 병원균은 약제에 대하여 완전히 감수성으로 나타났지만 이쑤시개를 이용한 검출 결과에서 약제를 처리하여도 감수성인 병원균의 전염원이 완전히 없어지지는 않고 일부 검출되는 것으로 나타났다. 이처럼 이쑤시개를 이용하여 병원균을 검출하는 시스템과 약제처리 후 저항성과 관계없이 병원균의 전염원이 검출되는 결과가 나타났다. 이는 약제가 얼마나 병원균에 접촉이 되는지가 약제의 효과와 관계가 있다는 것을 증명한 것으로 중요한 의미가 있다고 판단된다.

요 약

동전마름병은 *Sclerotinia homoeocarpa*가 원인균으로 주로 한지형 잔디에 발생하는 주요 병이다. 본 연구는 이쑤시개를 이용하여 동전마름병 전염원 검출과 처리물량을 달리하여 약제 살포하였을 때 병원균 검출 특성을 조사하기 위하여 수행하였다. 동전마름병 병원균을 검출한 결과 병반 중심의 잎 부위에서는 100% 검출되었으며, 대취 부분에서는 83.3%가 검출되었으나 토양에서는 전혀 검출되지 않았다(대취층 아래 1, 2와 3 cm). 병반 중심부와 가장자리에서는 100% 검출되었으며 병반으로부터 1.5 cm 떨어진 부분에서는 13% 검출되었으며 병반으로부터 3와 4.5 cm 떨어진 부분에서 병원균의 분리빈도는 각각 3와 0%로 나타났다. 동전마름병 병원균은 병반으로부터 1.5 cm 떨어진 지점의 잎과 대취에서는 73.3%와 20%가 검출되었으며 3 cm 떨어진 부분과 4.5 cm 떨어진 부분에서 각각 46.6%와 13.3% 병원균이 검출되었다. 토양부분에서는 병원균이 검출되지 않

았으며 전염원 검출 빈도는 병반으로부터 멀어질수록 낮아지는 경향이었다. 두 가지 약제를 같은 약량으로 2.26와 6.78 L의 물에 희석하여 처리한 결과 병원균 검출빈도는 Chlorothalonil (CH) 처리구보다 Propiconazole (PP) 처리구에서 높게 나타났다. 병반중심부에서 CH의 경우 검출 빈도는 15.5%로 PP의 경우 20.5%로 나타났다. 잎에서는 CH 약제 처리구는 각각 15.5%와 2.2%가 검출되었으며 PP 처리구에서 이보다 높은 20.5%와 4.4%가 검출되었다. 대취층에서 전염원은 CH 처리구에서 물 2.26 L와 12.7%로 물 6.78 L가 2.2%로 검출되었다. 가장자리에서는 잎 부분을 검출한 결과 CH의 경우 물 2.26 L 처리구에서는 2.7%로 물 6.78L에서는 검출되지 않았으며 PP의 경우 물 2.26 L에서 9.4%로 물 6.78L에서는 CH 처리구와 같이 검출되지 않은 것으로 나타났다. 이쑤시개 방법은 빠르고 쉽게 동전마름병을 검출하여 전염원의 분포 조사 및 전염원 형성 예측을 할 수 있는 방법으로 제안한다.

주요어: 동전마름병, 전염원 분포, 동전마름병균, 이쑤시개

Acknowledgements

This research was performed with the support of the Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (PJ010904) from the Rural Development Administration of Korea. The authors would like to thank the Joseph Troll Turf Research Center facility staffs for maintaining research plots throughout this study. We thank our lab members, Jay Popko and Elisha Allan-Perkins for help with the manuscript.

References

Agrios, G.N. 2005. Plant pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA.

Allen, T.W., Martinez, A. and Burpee, L.L. 2005. Dollar spot of turfgrass. The Plant Health Instructor. DOI 10.1094/PHI-I-2005-0217-02.

Azaz, A.D. 2003. Isolation and identification of soil borne fungi in fields irrigated by GAP in Harran plain using two isolation methods. Turk. J. Bot. 27:83-92.

Carbone, I. and Kohn, L.M. 1993. Ribosomal DNA sequence divergence within internal transcribed spacer 1 of the Sclerotiniaceae. Mycologies. 85:415-427.

Hassanein, N.M. 2012. Biopotential of some *Trichoderma* spp. against cotton root rot pathogens and profiles of some of their metabolites. Afr. J. Microbiol. Res. 6:4878-4890.

Jackson, N. and Howard, F.L. 1966. Fungi as agents of turfgrass disease. J. Sports Turf. Res. Inst. 42:9-16.

Mitkowski, N.A. and Colucci, S. 2006. The identification of a limited number of vegetative compatibility groups within isolates of *Sclerotinia homoeocarpa* infecting *Poa* spp. and *Agrostis palustris* from temperate climates. J. Phytopathol. 154:500-503.

Monteith, J. and Dahl, A.S. 1932. Turf diseases and their control. Bull. US Golf Assoc. Green Sect. 12:85-187.

Paulitz, T.C. and Schroeder, K.L. 2005. A new method for quantification of *Rhizoctonia solani* and *R. oryzae* from soil. Plant Dis. 89:767-772.

Smith, J.D. 1955. Fungi and turf diseases. J. Sports Turf Res. Inst. 9:35-59.

Schaad, N.W. 1979. Serological identification of plant pathogenic bacteria. Annu. Rev. Plant Pathol. 17:123-147.

Smiley, R.W., Dernoeden, P.H. and Clarke, B.B. 1992. Compendium of turfgrass diseases. 2nd ed. American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Wilson, C.M. 2011. Changing the paradigm of dollar spot management and biology. MSc Thesis. Univ., Wisconsin-Madison.