

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.

## 총생 증상을 보이는 한국잔디로부터 노균병원균 관찰

한무호<sup>1</sup> · 김경덕<sup>1</sup> · 피재호<sup>2</sup> · 최수민<sup>3</sup> · 박대섭<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>삼성물산 식물환경연구소, <sup>2</sup>단국대학교 분자생물학과, <sup>3</sup>국립산림과학원 남부산림자원연구소

### Observation of *Sclerophthora macrospora* Causing Downy Mildew from Zoysiagrass with Leaf Yellowing and Excessive Tillering

Muho Han<sup>1</sup>, Kyung-Duck Kim<sup>1</sup>, Jaeho Pyee<sup>2</sup>, Sumin Choi<sup>3</sup>, and Dae-Sup Park<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Plant & Environment R&D Center, Samsung C&T, Gunpo, 15877, Korea

<sup>2</sup>Department of Molecular Biology, Dankook University, Yong-in, 16890, Korea

<sup>3</sup>Southern Forest Resource Center, Korea Forest Research Institute, Jinju, 52817, Korea

**ABSTRACT.** Zoysiagrass possessing the leaf yellowing with excessive tillers was first found in a golf course in Gyeonggi province at last three to four years ago and since then have rapidly spread many golf courses in Korea. The symptom is very similar to that of yellow tuft or downy mildew, which is caused by *Sclerophthora macrospora*, on cool-season turfgrasses including Kentucky bluegrass and ryegrass. Microscopic study was firstly carried out to look over the presence of the pathogen in the infected leaf and stem tissues. Oospores and sporangia, reported as typical indicators of downy mildew, were obviously observed from the infected leaves. Using a set of primers based on the 18S ribosomal DNA from *S. macrospora*, the specific DNA fragment corresponding the gene was amplified. This study reveals that *S. macrospora* might be involved in spread of leaf yellowing of zoysiagrass with excessive tillers.

**Key words:** Downy mildew, Excessive tillers, *Sclerophthora macrospora*, Turfgrass, Yellow tuft

Received on November 14, 2015; Revised on February 15, 2016; Accepted on February 23, 2016

\*Corresponding author: Phone) +82-31-460-3401, Fax) +82-31-460-3499; E-mail) daesup.park@samsung.com

© 2016 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

최근 3~4년 전부터 국내의 한국잔디(*Zoysia* sp.)에서 다수의 개체들 앞에서 황화증상이 발생하고 있는데, 밀도가 과하고 과분얼되어 직경이 3~5 cm 정도로 뭉쳐진 형태의 개체들로 뿌리 생육이 매우 부진하여 결국 고사하거나 현저한 생육저하를 보인다. 이 증상은 벼(*Oryza sativa* L.)에서 박테리아 병원균 감염에 의한 흰잎마름 병증이나, 활성산소의 과다 축적 및 노화 촉진에 의한 황백화 혹은 갈변 현상과는 달랐다(Han et al., 2013, 2014). 잔디의 경우 골프장 집수로 부근, 경사면, 보식지 신규 조성 지역 등을 중심으로 확산되고 있으며, 일시적인 생리장애에 의한 변색, 해충의 흡즙에 의한 부분적으로 황화된 잎말림과 난쟁이

(dwarf)화 된 절간부 등의 형태적 변이와는 차이를 보인다(Reinert, 2010; Park et al., 2012).

이러한 증상은 일부 골프장에서만 관찰되어왔으나 최근 2년전부터는 전국적으로도 급격하게 확산되고 있는데, 초기 증상은 생육이 부진한 연녹색의 잔디 개체들이 작은 북더기 형태를 띠고, 개체별로 과분얼에 의한 총생화 현상을 보인다. 병이 진행되면서 뭉쳐진 총생 잔디들은 갈변하면서 고사한다. 이러한 개체들은 건전한 잔디 개체들로부터 확연하게 구분되기 때문에 손쉽게 제거가 가능하다. 하지만 과분얼된 개체를 가진 지하경(rhizome)과 지상 포복경(stolon)으로부터 뻗어나온 새로운 개체들에서도 총생화가 진행되는 것이 관찰되어 문제의 심각성이 높다.

비정상적인 과분얼과 황화현상을 보이는 총생 증상은 이

미 보고된 노균병 증상과 매우 유사한 것으로 확인되고 있다(Smiley, 2005). 1920년대부터 북아메리카와 북유럽에서 봄과 가을에 재배중인 작물이나 한지형 잔디 등에서 총생 증상과 함께 노균병에 대한 보고가 있었다(Semeniuk and Mankin, 1964). 1969년 이후에는 난지형 잔디인 세인트 오그스틴그래스(*Stenotaphrum secundatum*)에서도 *Sclerophthora macrospora*에 의한 총생 증상의 연구들이 보고되었다(Jones and Amador, 1969; Bruton et al., 1978).

노균병 원인균으로 알려진 *S. macrospora*는 순환물기생균으로 인공배지에서 인위적 배양은 불가능하다(Safeeulla, 1976). 하지만 이병조직으로부터 병원균 증식 등으로 병의 특성 연구는 진행되어 왔는데 이병잔디 조직내에서 증식된 *S. macrospora*의 유주자를 이용한 감염 실험을 하였고(Jackson and Dernoeden, 1978, 1980), 또한 한지형 잔디인 블루그래스(*Poa annua* var. *annua*)와 난지형 잔디인 조이시아 그래스에서의 총생화 및 다년생 라이그래스(*Lolium perenne* L.)에서 *S. macrospora*에 감염된 이병부에서 난포자과 유주자낭의 관찰이 보고 되었다(Dernoeden and Jackson, 1980; RPD, 1988; Crowin et al., 2007).

본 연구는 국내의 많은 지역에서 발생되고 있는 조이시아 그래스에서의 총생화 현상이 노균병의 원인균인 *S. macrospora*와 연관성이 있는지의 확인을 위하여 *S. macrospora* 유전자에 특이적인 마커와 PCR로 *S. macrospora*의 감염 여부를 신속 정확하게 확인할 수 있는 진단법을 개발하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 이병잔디 채집

2015년 전국 각 지역별 골프장, 잔디재배지, 공원 등에서 전라남도 지역의 잔디 재배지와 경기도, 강원도 및 경상남도의 골프장에서 과분얼된 총생 증상이 밀집된 지역에서 대표 시료를 20여점씩 각각 수집하여 분석에 사용하였다.

### 이병조직으로부터 병원균 관찰

병원균의 포자를 관찰하기 위하여 경기도의 한국잔디의 보식지에서 수집된 총생 잔디 20여개체로부터 작은 반점이 형성된 황화 잎을 채집한 후 광학현미경(Olympus SZ-PT, Japan)을 이용하여 100배로 관찰하였다(Kim et al. 2014). 유주자낭의 관찰을 위하여 난포자가 관찰된 황화 잎들을 2~3 cm 길이로 자른 후, 잎 시료의 표면 소독을 위하여 70% 알코올에서 30초간 흔든 후 살균수로 3회 이상 세척하였다. 시약병에 표면 소독된 시료를 넣고 충분히 잠길 정도의 살균수를 첨가한 후 빛이 없는 18~20°C 항온기에서 24시간 증식하였다(Dernoeden and Jackson, 1980). 증식이

끝난 시약병을 약 30초간 vortex 위에서 진동시킨 다음, 원심분리기를 이용하여 700 Xg에서 1분간 원심분리한 후 하층액 20  $\mu$ l를 취하여 confocal(Zeiss LSM 510 META, Germany)로 관찰하였다(Han et al., 2013).

### Primer 제작

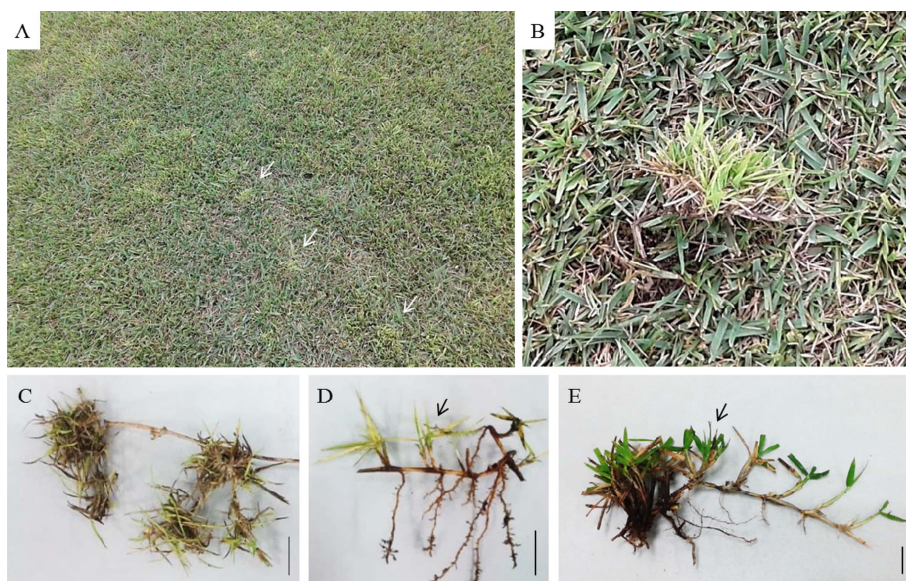
미국 국립생물정보센터 NCBI(National Center for Biotechnology Information) 유전자 은행(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>)에 등록된 *S. macrospora* (GenBank accession No. EU826119)의 염기서열을 분석에 사용하였다. *S. macrospora*에 보존적인 380 bp 지역의 염기서열에서 199 bp 크기를 증폭할 수 있는 한 쌍의 프라이머 *S. macrospora*\_F (5'-gat agc ata caa gta ccg tga g-3')와 *S. macrospora*\_R (5'-aca aac atg cat tat ata cac a-3')를 제작하였다.

### PCR 조건 및 염기서열 유사성 분석

유주자낭이 관찰된 과분열 잔디와 건전한 잔디를 액체질소에 각각 냉각시켜 곱게 마쇄한 동량의 시료와, 당사 보유 중인 7종류의 곰팡이 균사들로부터 Genomic DNA Prep Kit (SolGent, Korea)를 이용하여 DNA를 추출하였다. 유전자증폭기는 MJ mini thermal cycler (Bio-Rad)를 사용하였으며 PCR 조건으로 95°C에서 5분간 denaturation을 시킨 다음 95°C에서 denaturation 10초, 58°C에서 annealing 15초, 72°C에서 extension 20초로 35 cycle을 반응시키고 마지막으로 72°C에서 extension을 5분간 수행하였다. PCR 산물들은 1.5% 아가로스 겔에서 전기 영동하여 확인하였다(Kim et al., 2014). 곰팡이의 ITS 증폭에는 한 쌍의 프라이머 ITS5 (5'-GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G-3')와 ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3')를 사용하여 DNA 상태를 확인하였다(White et al., 1990). 증폭된 밴드가 포함된 아가로스 겔을 Gel elution kit(RBC Bioscience, Korea)를 이용하여 PCR 산물을 회수 후 Genotech Corp. (Korea)에 염기서열 분석을 의뢰 후 확인하였으며, Kim et al. (2014)에서 제시된 방법으로 염기서열간의 유사성을 비교하였다.

## 결과 및 고찰

2015년 5월과 10월에 경기도 군포의 한국잔디가 이식된 현장에서 직경 5 cm 이내의 뭉쳐진 과분열성 황화잔디가 광범위하게 확산되고 있는 것이 관찰되었다. 초기 증상은 주변의 개체들 보다 생장이 저해되어 잎이 넓어지고 두꺼워 보이는 현상을 보이다가, 증상이 진전되면서 발육 부진한 연녹색의 잔디 개체들이 천근 현상과 함께 황화된 총생 형태의 모양으로 뭉쳐나는 현상을 보였다(Fig. 1A and 1B).

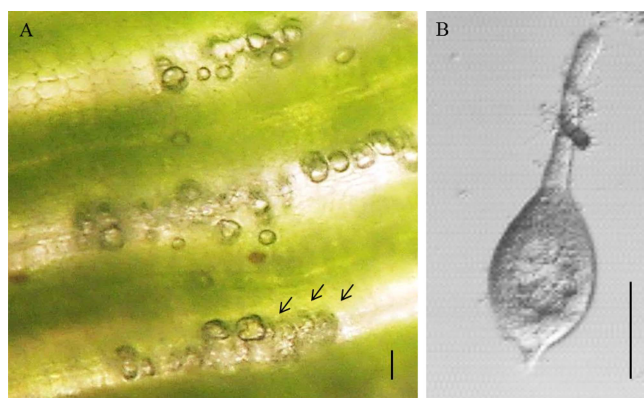


**Fig. 1.** Various symptoms of yellowing leaves with excessive tillers in zoysiagrass. A: Disease symptoms from a golf course (white arrows indicate the yellowing leaves with excessive tillers); B: Typical appearance of excessive tillers; C: Crazy top-like symptoms from the infected stolon; D: Shorted internode from the infected rhizome; E: Over-tillered shoots with shallow roots from the infected rhizome. Bars: 1 cm.

주변의 건전한 잔디와 달리 비정상적으로 밀도가 높은 과분얼된 형태의 잔디들은 뿌리 생육이 매우 부진하여 쉽게 뽑히며, 가뭄에 의한 건조 스트레스와 이상 고온에 의해 쉽게 시들고 갈색으로 변하면서 고사하는 것이 관찰되었다. 이러한 현상은 그린-업 되는 시기부터 늦은 봄까지 그리고 가을철에 최고조에 달했으며, 5 cm 내외의 총생화 잔디의 형태가 노균병과 매우 유사한 것으로 확인되었다(Fig. 1B). 전라남도 한국잔디 재배지의 지상 포복경에서 옥수수(*Zea mays* L.) crazy top 형태의 과분얼 된 잔디가 확인되었으며(Fig. 1C), 강원도와 경상남도 골프장의 한국잔디에서도 라이즘이 짧아진 절간부에서 황화된 개체가 보이거나 짧아진 절간부에서 비정상적으로 과분얼된 개체가 확인되는 등 다양한 형태의 잔디가 관찰되었다(Fig. 1D and 1E).

수생 균류인 *S. macrospora*에 감염된 옥수수의 경우 ‘crazy top’ 형태의 총생화가 보고되어 있다(Ullstrup, 1952; De Leon, 1984). 또한 아시아의 대표 작물인 벼에서도 집중 강우 등에 의한 침수 시 *S. macrospora*에 감염되어 누른 오갈병을 유발하는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2003). 이러한 옥수수나 벼에서의 *S. macrospora*에 감염된 병리학적 결과들이 노균병징을 보이는 잔디에서도 매우 유사하게 관찰되었기에 잔디에서도 *S. macrospora*에 감염으로 인해 나타나는 증상으로 추측하였다.

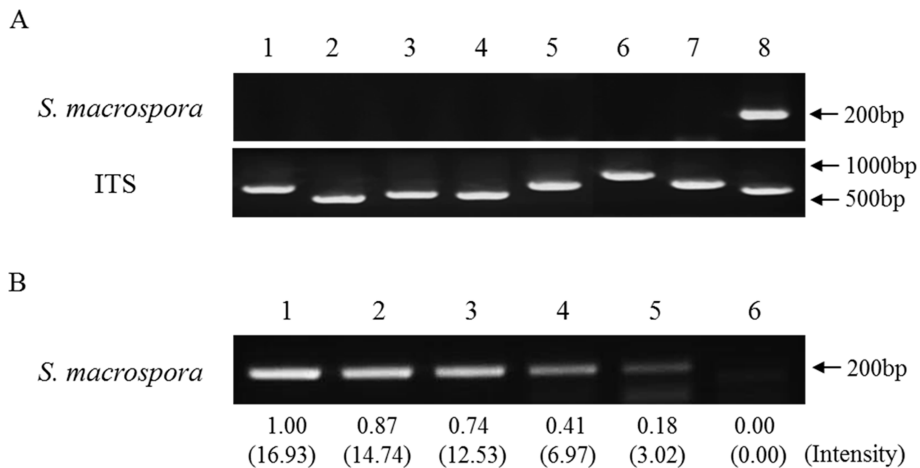
난지형 잔디인 세인트오거스틴그래스에서의 *S. macrospora*에 의한 노균병이 보고되어 있으며(Jone and Amador, 1969; Bruton et al., 1978), 한국잔디에서 발병중인 총생 잔디의 이병부에서 유주자 증식을 통한 *S. macrospora*를 관찰하였



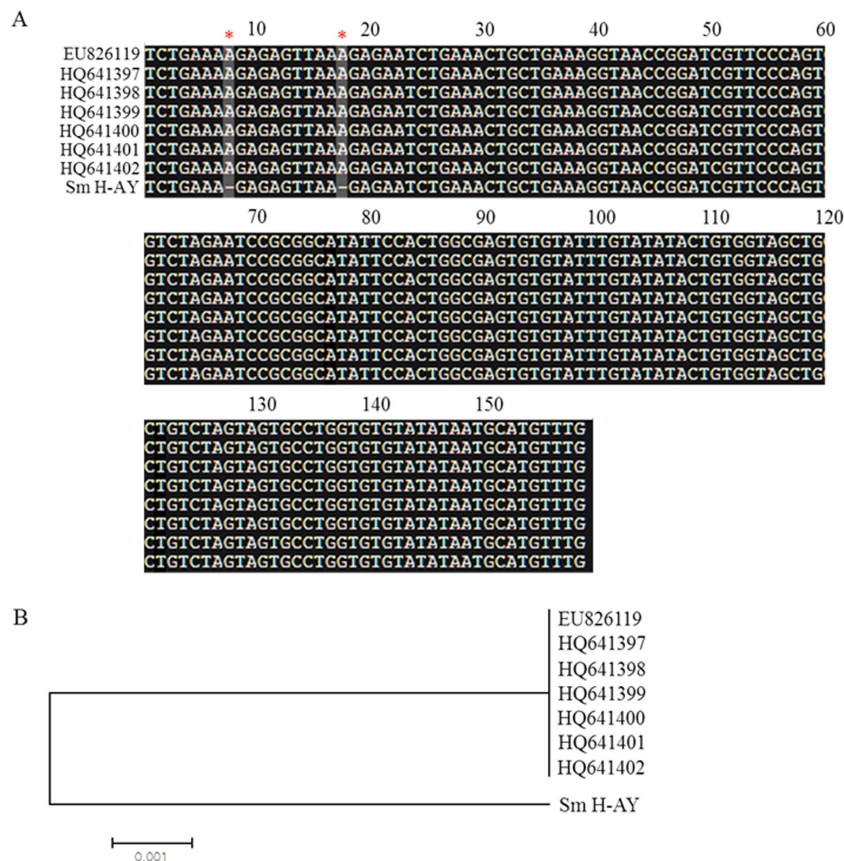
**Fig. 2.** Oospores and sporangia of *Sclerophthora macrospora* from the infected leaves in zoysiagrass. A: Thick-walled oospores (arrow) in leaf-blade; B: Lemon-shaped sporangia in leaf tissues, incubated at 24 hour. Bars: 50  $\mu$ m.

다(Dernoeden and Jackson, 1980). 이병 잔디의 잎 시료를 광학현미경으로 관찰한 결과, 주로 늦봄과 늦가을에 채집된 총생 잔디들에서 *Pythium*과 유사한 형태의 50~80  $\mu$ m 크기의 난포자들이 3개 이상씩 뭉쳐있는 것이 관찰되었다(Fig. 2A). 또한, 동일 시료들을 암 상태의 저온 다습한 조건에서 24시간 증식한 후 현미경으로 관찰한 결과, 80~100  $\mu$ m 크기의 *S. macrospora* 유주자낭이 관찰되었다(Fig. 2B). 한국에서 분리된 *Pythium* spp.의 경우 생육적온이 25°C~30°C로, 6월과 9월 초순 사이의 고온다습기에 대부분의 잔디류에서 잎마름 피해를 입히는 것으로 확인되었다(Kim and Park, 1999, Chang and Lee, 2013). *Pythium* spp.에 감염된





**Fig. 3.** Molecular characterization of leaf yellowing with excessive tillers carrying the oospores of *Sclerophthora macrospora*. A: Expected positive amplification of the *S. macrospora* specific DNA, Lanes 1: *Rhizoctonia solani*; 2: *Fusarium oxysporum*; 3: *Curvularia trifolii*; 4: *Sclerotinia homoeocarpa*; 5: *Rhizoctonia solani* AG1-1A; 6: *Pythium arrhenomanes*; 7: *Rhizoctonia cerealis*; 8: *S. macrospora* from yellow turf. B: Primer sensitivity test following the serial dilution of genomic DNA from *S. macrospora* of yellow turf. 1~6 (Dilution factors): 1, 1/2, 1/3, 1/5, 1/10, and 0, respectively.



**Fig. 4.** Genetic similarity between the isolate Sm H-AY and *Sclerophthora macrospora*. A: Multiple alignment of the Sm H-AY and known isolates (EU826119, HQ641397, HQ641398, HQ641399, HQ641400, HQ641401, HQ641402) on internal transcribed spacer (ITS) region. B: Taxonomic position of Sm H-AY isolate based on ITS region of ribosomal DNA.

조이시아 그래스에서 관찰되는 난포자의 직경은 평균 25 μm 정도로, *S. macrospora*로 확인중인 난포자보다 작은 특성을 보인다(Kim and Park, 1997). 노균병에 감염된 이병부에서

확인한 활물 기생 특성의 *S. macrospora* 관찰 결과들을 바탕으로, 분자생물학적 유전자 분석법으로 *S. macrospora*를 확인하기 위해 NCBI 유전자 은행에 등록된 *S. macrospora*

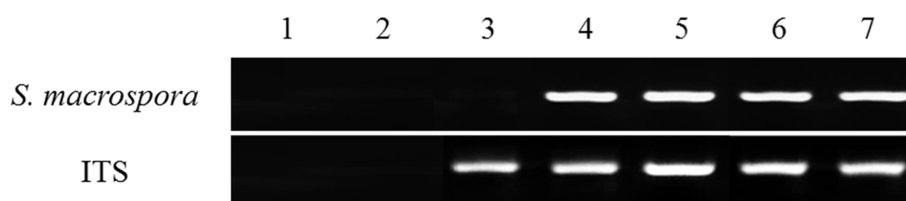


Fig. 5. PCR analysis of the *Sclerophthora macrospora* in four leaf yellowing with excessive tillers. Healthy zoysiagrass (1~3), a farm in Jeonranam-do (4), a golf course in Gyeonggi-do (5), Gangwon-do (6) and Gyeongsangnam-do (7).

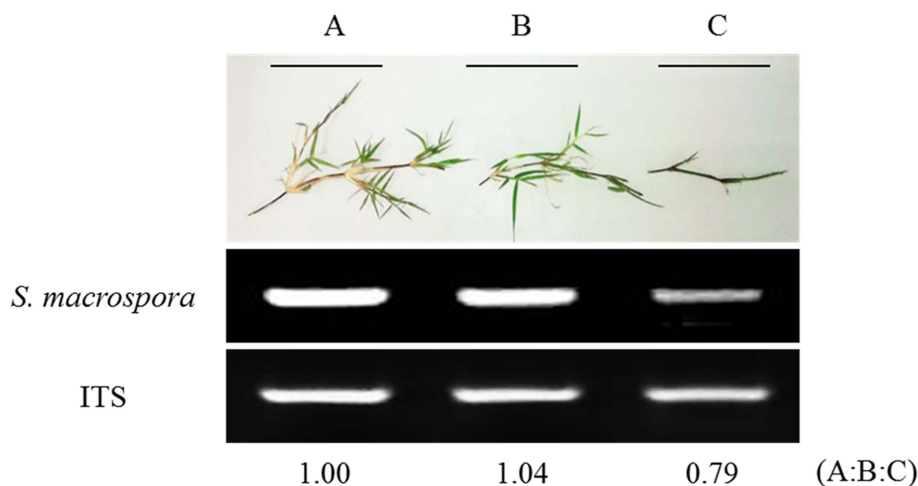


Fig. 6. PCR analysis of the genomic DNA of *Sclerophthora macrospora*. A: Bottom; B: Middle and C: Top region of stolon.

DNA 염기서열 정보를 바탕으로 PCR 프라이머를 제작하였다.

이병잔디의 이병부에서 분리하여 동정한 후 보유중인 7 가지 종의 곰팡이성 병원균(*Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*, *Curvularia trifolii*, *Sclerotinia homoeocarpa*, *Rhizoctonia solani* AG1-1A, *Pythium arrhenomanes*, *Rhizoctonia cerealis*)과 총생화 잔디의 DNA를 추출한 후, 제작된 프라이머로 PCR을 수행하여 *S. macrospora*의 특이적인 검출 가능성을 확인하였다. 총 8가지 종의 시료에서 추출한 DNA에 대하여 한 쌍의 프라이머 ITS5 / ITS4 로 PCR 후 DNA 상태를 확인하였다(Fig. 3A 아래). 7가지 종의 곰팡이성 병원균들에서는 PCR 증폭 밴드가 나타나지 않았으나, *S. macrospora*의 유주자낭이 관찰된 감염 시료에서만 특이적으로 증폭된 밴드가 보였다(Fig. 3A 위).

또한 *S. macrospora* 유주자낭이 관찰된 시료의 DNA를 희석시킨 후 *S. macrospora* 특이적인 프라이머를 사용한 PCR 실험에서도, 희석 배수와 비례하여 *S. macrospora*의 유전자가 증폭되었다(Fig. 3B). 증폭된 lane 1-5 밴드에서 확인된 염기서열을 Sm H-AY로 임의로 명명하였으며 잘 알려져 있는 *S. macrospora*의 염기서열들과 비교한 결과 99% 이상 일치하였다(Fig. 4). 따라서 제작된 프라이머는 PCR을 통해 *S. macrospora*를 특이적으로 검출이 가능한 것으로 확인되었다.

전국의 잔디식재지 중 전라남도 지역의 잔디 재배지와

경기도, 강원도 및 경상남도의 골프장들의 총생 잔디들에서 DNA 추출 후 각각의 DNA에 대한 *S. macrospora* 프라이머를 이용한 병원균 DNA 증폭 실험을 하였다. 건강한 잔디에서는 *S. macrospora* DNA가 미검출 되었으며, 4곳에서 수집된 총생 잔디 시료 모두에서 *S. macrospora* DNA가 검출되어 병 감염이 전국적으로 확산되고 있음을 확인하였다(Fig. 5). 또한 총생이 진행중인 zoysiagrass에서 새로 뻗어나가는 지상 포복경을 세 부분 A, B, C로 나눈 후 각 부분별로 PCR 증폭 DNA 밴드를 정량화 한 결과, 총생이 진행 중인 A와 B에서 증폭량이 가장 많으며 총생 증상이 관찰되지 않으면서 새로운 개체가 발달 중인 C부분은 A부분에 비해 79% 수준만 증폭됨이 3반복 확인되었다(Fig. 6). 이러한 실험 결과로 잔디의 라이즘 생장에 따라 *S. macrospora*의 감염도 동반 진행되어 새로운 개체가 총생으로 될 가능성을 확인하였다. 추후에는 건전한 잔디에 *S. macrospora* 접종 후 시간 경과별로 노균병 병징의 관찰을 통한 총생의 직접 원인균 여부 확인 뿐만 아니라, real time-PCR을 통한 DNA 증폭량의 수치화 및 정량적인 분석 연구에 활용 가능할 것이다.

## 요 약

전국적으로 재배중인 한국잔디에서 확대되고 있는 총생

잔디에서 현미경을 이용하여 피시움균의 난포자와 유사하지만 다소 큰 사이즈인 50~80  $\mu\text{m}$ 의 난포자를 관찰하였다. 동일 시료들을 암상태의 저온 다습한 조건에서 24시간 증식한 후 현미경으로 관찰한 결과 80~100  $\mu\text{m}$  크기의 *Sclerophthora macrospora* 유주자낭이 확인되었다. 유전자 분석을 통한 확인을 위해 유전자 은행에 등록된 *S. macrospora* 염기서열 정보를 바탕으로 제작된 프라이머와 감염된 조직에서 추출한 DNA로 PCR 후, *S. macrospora* 특이적인 밴드가 증폭되는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로 *S. macrospora*가 한국잔디 총생 증상에 관여하는 가능성이 있을 것으로 사료된다.

**주요어:** 노균병, 과다분얼, *Sclerophthora macrospora*, 잔디

## Acknowledgments

We thank Dr. Jong-Seong Jeon (Graduate School of Biotechnology and Crop Biotech Institute, Kyung Hee University) for confocal detection. This work was supported by Southern Forest Resources Research Center Program (FG0900-2015-01), funded by Korea Forest Service (KFS-20150401102).

## References

- Bruton, B.D., Toler, R.W. and Frederiksen, R.A. 1978. *Sclerophthora macrospora*, a downy mildew of St. Augustinegrass. *Phytopathol. News* 12:189.
- Chang, T. and Lee, Y.S. 2013. Occurrence of *Pythium* blight caused by *Pythium aphanidermatum* on Chewing Fescue. *Weed Turf. Sci.* 2:306-311. (In Korean)
- Corwin, B.S. and Ervin, E.H. 2000. Solving the mystery of Zoysiagrass yellow tuft: Downy mildew pathogen apparently causes yellowing in spring, fall. *Golf Course Management*. 68:54-55.
- De leon, C. 1984. Maize diseases: a guide for field identification. CIMMYT. pp. 5-7.
- Dernoeden, P.H. and Jackson, N. 1980. Infection and mycelial colonization of gramineous hosts by *Sclerophthora macrospora*. *Phytopathol.* 70:1009-1013.
- Han, M., Kim, C.Y., Lee, J., Lee, S.K. and Jeon, J.S. 2014. OsWRKY42 represses OsMT1d and induces reactive oxygen species and leaf senescence in rice. *Mol Cells.* 37:532-539.
- Han, M., Ryu, H.S., Kim, C.Y., Park, D.S., Ahn, Y.K. and Jeon, J.S. 2013. OsWRKY30 is a transcription activator that enhances rice resistance to the *Xanthomonas oryzae* pathovar *oryzae*. *J. Plant Biol.* 56:258-265.
- Jackson, N. and Dernoeden, P.H. 1978. *Sclerophthora macrospora* the causal agent of yellow tuft disease in turfgrasses. *Phytopathol. News* 12:236.
- Jackson, N. and Dernoeden, P.H. 1980. *Sclerophthora macrospora*: The incitant of yellow tuft disease of turfgrass. *Plant Dis.* 64:915-916.
- Jones, B.L. and Amador, J. 1969. Downy mildew, a new disease of St. Augustinegrass. *Plant Disease Reporter* 53:852-854.
- Kim, J.W. and Park, E.W. 1999. Occurrence and pathogenicity of *Pythium* species isolated from leaf blight symptoms of turfgrasses at golf courses in Korea. *Plant Pathol. J.* 15:112-118.
- Kim, C.Y., Han, M., Park, C.J. and Jeon, J.S. 2014. Differential role for BiP3 in rice immune receptor-mediated resistance. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 57:539-542.
- Kim, K.D., Hong, S.C., Jang, K.M., Han, M., Pyee, J.H., et al. 2014. First report of Waitea Ring Patch caused by *Waitea circinata* on Zoysiagrass. *Weed Turf. Sci.* 3:1-4. (In Korean)
- Lee, Y.H., Cha, K.H., Ko, S.J., Park, K.B. and Kim, Y.C. 2003. Effect of rice downy mildew (*Sclerophthora macrospora*) on rice growth and screening of disease resistance of cultivars. *Res. Plant Dis.* 9(1):52-56. (In Korean)
- Park, D.S., Lee, J.H., Cho, M.R., Kim, Y.S., Kim, K.D., et al. 2012. Damage of Zoysiagrass by Zoysiagrass mite, *Aceria zoysiae* in Korean Golf Courses. *Weed Turf. Sci.* 1:76-79. (In Korean)
- Reinert, J.A. 2010. Damage by Bermudagrass mite and resistance in Bermudagrass cultivars. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online* 9:1-7.
- RPD, No.415. Yellow tuft or downy mildew of Turfgrasses. 1988. <http://ipm.illinois.edu/diseases/series400/rpd415/> (Accessed on Apr. 1988).
- Safeulla, K.M. 1976. Biology and control of the downy mildews of Pearl millet, Sorghum and Finger millet. Wesley Press, Mysore, India. p. 304.
- Semeniuk, G. and Mankin, C.J. 1964. Occurrence and development of *Sclerophthora macrospora* on cereals and grasses in South Dakota. *Phytopathology* 54:409-416.
- Smiley, R.W., Dernoeden, P.H., Clarke, B.B. 2005. Compendium of turfgrass diseases. 3<sup>rd</sup> ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, USA.
- Ullstrup, A.J. 1952. Observations on crazy top of corn. *Phytopathology* 42:675-680.
- White, T.J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR Protocols*. Academic Press, Mn, USA. pp. 315-322.