

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.

여름잎마름병 (Summer patch) 병원균에 대한 살균제의 억제효과 조사

이정환¹ · 심규열¹ · 김정호¹ · 전창욱² · 곽연식^{2*}

¹한국잔디연구소, ²경상대학교 농업생명과학연구원

Investigation of Fungicides Inhibitory Effect of on Summer Patch Disease, Caused by *Magnaporthiopsis poae*, in Kentucky bluegrass

Jung Han Lee¹, Gyu Yul Shim¹, Jeong Ho Kim¹, Chang Wook Jeon², and Youn-Sig Kwak^{2*}

¹Korea Turfgrass Research Institute, Seongnam 13522 Korea

²Division of Applied Life Science(BK21Plus) and Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 52828 Korea

ABSTRACT. Summer patch is the most serious disease at turfgrass field or golf course established with Kentucky bluegrass during high temperature season in Korea. Nevertheless, chemicals for the summer patch control are not yet registered in Korea. We isolated the pathogens from the turfgrass showing typical summer patch symptoms and identified as *Magnaporthiopsis poae* by using the internal transcribed spacer ITS1 and ITS4 sequences of rDNA. The inhibition rates of the pathogen were investigated for 10 fungicides. As results, the pathogen growth was suppressed when chemicals concentration increased and negatively correlated with incubation period with the chemicals. In triazole group, all chemicals (metconazole, myclobutanil, propiconazole and tebuconazole) treated showed the inhibition rates by 100%. Thiophanate-methyl showed the next highest inhibition effect against a summer patch pathogen. In strobilurin group, pyraclostrobin was the highest suppression effect compared with azoxystrobin and trifloxystrobin. Inhibition effect of fludioxonil and fluxapyroxad on pathogen was similar to the trifloxystrobin. Based on the results, triazole and carboxamide groups are strongly recommended due to the highest inhibition effect on the summer patch pathogen, *Magnaporthiopsis poae*.

Key words: Fungicide, Kentucky bluegrass, *Magnaporthiopsis poae*

Received on January 06, 2017; Revised on May 16, 2017; Accepted on June 14, 2017

*Corresponding author: Phone) +82-55-772-1922, Fax) +82-55-772-1929; E-mail) kwak@gnu.ac.kr

© 2017 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.

서론

여름잎마름병은 여름철 잔디에 심각한 피해를 일으키는 병중 하나로 북미에서는 Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.), creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera* L.)와 annual bluegrass (*P. annua* L.)에 발생하는 것으로 알려져 있다 (Tredway, 2005; Swift et al., 2007; Bassoriello and Jordan 2012). 국내에서는 골프장 페어웨이나 티잉그라운드에서 식재된 Kentucky bluegrass에 주로 심각한 피해를 일으킨다. 국내에 여름잎마름병에 대한 자료는 2014년 여름잎마름병에 대한 발생 조사와 2016년 *Magnaporthiopsis poae*에 의해 병이 발생한다는 보고가 있다 (Min et al., 2014; Han et al.,

2016). 여름잎마름병 병원균은 늦은 봄 토양온도가 18-20°C가 되면 뿌리나 근경을 따라 감염된 기주 잔디에서 건전한 잔디개체로 성장하기 시작한다. 병징은 30-35°C의 높은 온도에서 강우가 많아지는 시기에 발현된다. 병반은 대개 원형패취 형태로 나타나는데 크기는 직경 20-60 cm 정도이다. 여름잎마름병 병원균에 감염된 잔디의 뿌리에서 주로 암갈색의 외생포복균사(ectotrophic runner hyphae)가 관찰되며 되며 비대해진 성장정지구조(growth cessation structure)나 흡기(hyphopodium)가 간혹 발견된다 (Clarke and Gould, 1993; Kackley et al., 1990; Smiley et al., 1992). 최근 국내에서도 Kentucky bluegrass의 재배면적이 증가되면서 골프장이나 잔디 재배지에서 여름잎마름병에 의한 피해가 해마

다 증가하고 있다. 그러나 국내에는 아직 여름잎마름병 방제 약제가 등록 되어있지 않아 병 관리에 큰 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이에 본 연구는 여름잎마름병 발병지역에서 병원균을 분리하여 분자생물학적으로 동정하고 국내에서 잔디용으로 사용되는 약제들을 대상으로 병원균에 대한 억제 효과를 조사하였다.

재료 및 방법

병원균 분리 및 동정

병이 발생한 잔디(*Poa pratensis* L.) 뿌리에서 현미경으로 포복균사를 관찰하고 균사가 있는 부분을 메스를 이용하여 0.2-0.3 mm 크기로 절단하였다. 1% 차아염소산나트륨 용액에서 30초간 표면살균 한 후 멸균수로 2회 세척하였다. 세척한 뿌리 조직은 여과지를 이용하여 수분을 제거한 후 한천배지(Water agar)에 치상하여 27°C 배양기에 7일간 배양하였다. 한천배지 자라난 균사의 끝을 살균된 needle을 이용하여 감자한천배지(PDA: Potato dextrose broth 10 g, Agar 20 g/L)에 옮겨 배양하였으며 PDA 사면배지에서 균주를 보관하여 실험에 사용하였다.

병원균 동정

병원균은 ribosomal DNA (rDNA)의 ITS 영역의 염기서열 분석을 통하여 확인하였다. 감자한천배지에서 7일간 자란 균주의 균사체를 감자액체배지(PDA)에서 1주일동안 배양한 후 자라난 균사체를 멸균수로 2회 세척한 후 Genomic DNA를 분리하였다. DNA 분리는 DNeasy Plant Mini kit (QIAGEN, German)를 이용하였으며 ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3')과 ITS4 (5'-TCCTCCGCTTAT'TGATATGC-3') primer (White et al., 1990)를 이용하였으며 94°C에서 5분간 전변성 반응 후 변성반응 94°C에서 30초, 결합반응 55°C에서 45초, 연장반응 72°C 40초를 30회 반복한 후

72°C에서 10분간 마지막 연장반응을 시행하였다. 증폭된 PCR 산물은 1.5% agarose gel에서 전기영동하여 band를 확인하고 PCR purification kit (Core-one™, Core-Bio, Korea)를 이용하여 정제하였다. 염기서열분석은 autosequencer (ABI 3030)로 수행하였으며 분석된 512 bp의 염기서열은 GenBank database (National Centre for Biotechnology Information) 데이터베이스를 이용하여 확인하였다. 계통분석은 MEGA 6.0 프로그램에서 ClustalW법으로 정렬하고 neighbor-joining 방법으로 계통도를 작성하였다. Sequence distance는 Tajima-Nei parameter model로 계산하였다(Saitou and Nei, 1987; Tamura et al., 2007). Outgroup으로 *Botrytis cinerea* (GenBank accession No. KU992699.1)를 계통분석에 사용하였다.

공시약제 선정

국내에서 잔디용으로 등록된 약제 중 2015 Chemical Control of Turfgrass Diseases (Vincelli and Munshaw, 2015)에 수록되어 미국에서 실제로 여름잎마름병 방제용 약제를 대상으로 선정하였다. 이들은 Triazole계 4종, Strobilurin계 3종, Phenylpyrrole계 Carboxamide계 Cabarmate계 약제 각각 1종씩 총 10종의 약제를 사용하였다(Table 1). 병원균 균주는 1개로 분리된 균주 중 가장 대표성이 있는 것을 시험에 사용하였다.

공시약제의 병원균 억제효과 조사 및 병원균 억제효과 산출

공시약제의 병원균 억제효과를 조사하기 위하여 PDA배지에 공시약제 10종을 첨가하여 제조하였다. 공시약제의 처리농도는 농약사용지침서에서 제시된 추천 농도를 기준으로 0.25배, 0.5배, 기준농도와 2배로 제조하였다(Table 2). 병원균 억제효과는 27°C에서 7일간 배양한 후 균의 끝부분을 지름 0.5 mm 코르크보리를 이용하여 공시약제가 첨가된 PDP배지에 치상하고 27°C 암조건에서 배양하여 조

Table 1. List of pesticides used in this study and theses' mode of action.

Fungicide	Group	Target site and mode of action
Metconazole	Triazole	C14-demethylation in sterol biosynthesis
Myclobutanil	Triazole	C14-demethylation in sterol biosynthesis
Propiconazole	Triazole	C14-demethylation in sterol biosynthesis
Tebuconazole	Triazole	C14-demethylation in sterol biosynthesis
Azoxystrobin	Strobilurin	Complex III of fungal respiration: biquinol oxidase, Qo site
Pyraclostrobin	Strobilurin	Complex III of fungal respiration: biquinol oxidase, Qo site
Trifloxystrobin	Strobilurin	Complex III of fungal respiration: biquinol oxidase, Qo site
Thiophanate-methyl	Cabarmate	Mitosis: β -tubuline assembly
Fludioxonil	Phenylpyrrole	MAP protein kinase in osmotic signal transduction
Fluxapyroxad	Carboxamide	Complex II; succinate-dehydrogenase

Table 2. List of applied chemicals concentration.

Fungicide (Active ingredient %)	Application concentration(ppm)			
	X0.25 ^w	X0.5 ^x	X1 ^y	X2 ^z
Metconazole (20)	125	250	500	1000
Myclobutanil (6)	162.5	325	650	1300
Propiconazole (25)	83.75	167.5	335	670
Tebuconazole (25)	250	500	1000	2000
Azoxystrobin (50)	25	50	100	200
Pyraclostrobin (22.9)	62.5	125	250	500
Trifloxystrobin (50)	62.5	125	250	500
Thiophanate-methyl (70)	162.5	325	650	1300
Fludioxonil (50)	50	100	200	400
Fluxapyroxad (15.3)	62.5	125	250	500

^wdiluted to 1/4 of the application concentration.

^xdiluted to 1/2 of the standard concentration.

^ystandard concentration (Crop protection guideline).

^z2 times higher concentration than standard concentration.

사되었다. 병원균의 성장측정은 4일, 7일, 14일과 21일 후 균사의 직경을 조사하였으며 반복수는 5반복이었다.

병원균 억제효과 산출방법은 페트리디쉬의 직경 5.2 cm를 기준으로 감자한천배지에서 병원균 균사생장 직경에 접종원 크기 0.5 cm를 뺀 것을 최종 균사생장으로 조사하였다.

통계분석

모든 통계 분석은 Statistical Analysis System (v9.1 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며 유의성을 검정하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 행한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

병원균 분리 및 동정

2013년 7월 말 경기도에 위치한 골프장에서 여름잎마름병이 대발생하여 육안으로 관찰한 결과 병반의 크기는 20-60 cm로 다양하였으며 전형적인 개구리 눈 모양의 병징이 관찰되었다(Fig. 1A, 1A-1). 여름잎마름병이 발생한 잔디(*Poa pratensis* L.)의 뿌리는 갈변하였으며 현미경으로 관찰한 결과 병원균의 전형적인 특징인 외부포복균사가 관찰되었다(Fig. 1B, 1B-1). 병원균을 분리하여 PDA배지에서 1주일간 배양한 결과 균사가 회색으로 자랐으며(Fig. 1C) 배양된 균사는 격막이 있으며 포자는 형성하지 않았다. 분리된 균의 ITS 염기서열을 NCBI Blast로 분석한 결과 *Magnaporthiopsis poae*와 99% 일치하는 것으로 나타났다

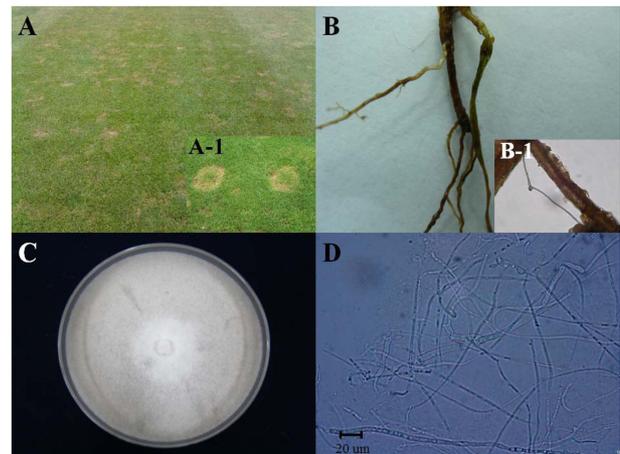


Fig. 1. Symptoms of summer patch on Kentucky bluegrass caused by *Magnaporthiopsis poae*. A: Summer patch on a golf course growing Kentucky bluegrass; A-1: Typical symptoms of the summer patch; B: Infected turfgrass root symptom; B-1: Dark-brown ectotrophic runner hyphae; C: Colony morphology after incubation for 1 week on PDA at 27°C; D: *M. poae* hyphae under the optical microscope.

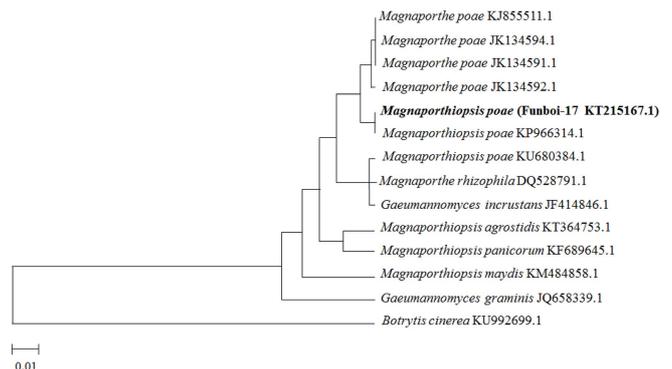


Fig. 2. Phylogenetic identification of *Magnaporthiopsis poae* (Funbio-17) based on internal transcribed spacer (ITS) rDNA sequences. The numerical values on the branches are the bootstrap values, which were calculated as percentages obtained from boot strap analysis using 1000 replicates. *M. poae* represented the isolate (KT215167.1). A phylogenetic tree inference was conducted with the MAGA 5 program and phylogenetic distances were calculated using the neighbor-joining method. Bar = 0.05 units of genetic distance between samples. *Botrytis cinerea* (GenBank accession No. KU992699.1) served as out-group.

(Fig. 2). 여름잎마름병 병원균은 1989년 *Magnaporthie poae*로 명명되었으나(Landschoot and Jackson, 1989) 2013년 분자계통학적 분석으로 *Magnaporthiopsis poae*로 재분류되었다(Luo et al., 2013). 또한 국내연구에 의하면 *Magnaporthiopsis poae*가 여름잎마름병 병반에서 분리되었고 병원성 검정을 통하여 원인균으로 확인된 바(Han et al., 2016) 있다.

Triazole계 약제의 배지내 병원균 억제효과

Triazole계 약제는 본 시험에서 사용된 약제 중에서 가장 병원균 억제효과가 높은 것으로 나타났다. Metconazole, myclobutanil, propiconazole과 tebuconazole에 대한 병원균 억제효과는 1/4배에서 2배까지 4가지 농도에서 21일 조사 시점까지 병원균의 균사가 전혀 자라지 못하는 것으로 나타나 triazole계 약제들 간의 유의차는 없는 것으로 나타났다 (Fig. 3). 이에 반해 문헌에 의하면 strobilurin계의 azoxystrobin은 metconazole, myclobutanil, propiconazole과 tebuconazole 약제보다 실제 포장에 적용하였을 때 방제효과가 높게 나타난다고 보고되어 있다(Vincelli and Munshaw, 2015; Tredway et al., 2011). 배지내에서는 azoxystrobin의 경우 농도가 낮아지고 시간이 경과할수록 병원균의 억제효과가

Triazole계 약제보다 떨어지는 것으로 나타났다(Fig. 3, 4). 이는 병원균 균사가 배지내의 영양분을 흡수하며 기중균사 형태로 배지와 접촉하지 않고 성장한 것으로 판단된다. 온도, 강우와 토양기반 등의 환경적인 영향과 살포물량 살포 방법 등의 관리적인 영향이 여름잎마름병 방제효과에 영향을 줄 것으로 판단되기 때문에 추가적인 연구가 진행되어야 할 것이다. Triazole계통 4종의 실제 포장에서 여름잎마름병 방제효과는 fludioxonil과 fluxapyroxad 보다는 높게 나타나며 thiophanate-methyl과 유사한 방제효과가 나타난다고 보고되어 있다(Tredway et al. 2011). 이는 본 연구의 시험결과와 일치하는 것으로 나타났다.

Triazole계 농약의 경우 병원균 억제효과가 높지만 생장 조절제 역할을 하며 잎을 검게 변화시킨다(Buchenauer and Grossman, 1977; Kane and Smiley, 1983; Reicher and Throssell, 1997). 식물체에서 중요한 지베렐린 생합성을 억제하여 왜화시키며 특히 온도가 높을 때는 약해를 발생시킨다고 알려져 있어(Bigelow et al., 1995; Buchenauer and Grossman, 1977; Kane and Smiley, 1983) 사용에 주의가 필요하다.

Strobilurin계 약제의 배지내 병원균 억제효과

Strobilurin계의 약제인 azoxystrobin, pyraclostrobin과 trifloxystrobin의 병원균 약제 반응을 조사한 결과 병원균 억제효과는 pyraclostrobin 약제가 가장 좋았고 다음으로 azoxystrobin과 trifloxystrobin 순으로 나타났다(Fig. 4). Strobilurin계 3종은 공시약제 중 triazole계 약제 4종과 thiophanate-methyl 보다는 억제효과가 낮게 나타났다(Fig. 3, 4, 5). Strobilurin계 내에서 억제효과는 pyraclostrobin 약제가 0.25배 농도에서 4일 후 병원균 억제율이 97.2%로 나타났으며 7일 후에는 84.2%로 14일과 21일 후에는 73.6과 61.7%로 억제효과가 점점 떨어지는 것으로 조사되었다. 약제농도 0.5, 1과 2배 농도에서 7일후 조사한 결과 병원균 균사가 전혀 자라지 못하였고 0.5배 농도에서 21일 후 85.1% 억제효과가 나타난 것을 제외하고는 0.5, 1과 2배 농도에서 병원균 억제율이 90% 이상으로 조사되었다. Aazoxystrobin의 경우 pyraclostrobin과 4일 후 조사에서는 모든 농도에서 억제효과가 유사하게 나타났으며 1배와 2배 농도에서는 7일 후 조사까지 유의차가 없는 것으로 나타났다. 이후 pyraclostrobin보다 억제효과가 떨어지는 것으로 나타났다. Aazoxystrobin 1배와 2배 농도에서 21일 후 조사에서 50%와 60%이상 억제하는 것으로 조사되었다. Trifloxystrobin 처리효과는 pyraclostrobin과 azoxystrobin에 비하여 4일 후 조사에서부터 억제효과가 떨어져 유의차가 나는 것으로 조사되었으며 모든 농도에서 14일과 21일 후 조사에서 억제효과가 없는 것으로 나타났다(Fig. 4). Strobilurin계의 3개 약

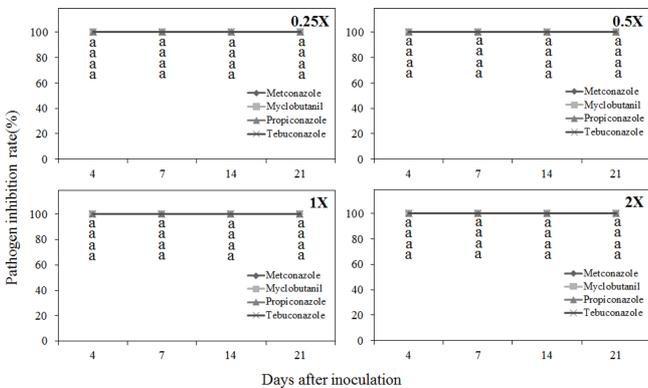


Fig. 3. Inhibition effects of four triazole group fungicides on mycelium growth of *M. poea* at 1, 7, 14 and 21 days after inoculation on fungicide amended PDA contained fungicide. The concentration of pesticide applied 0.25X, 0.5X, 1X, 2X based on the standard concentration of crop protection guideline. Different letters indicate significant difference at $P>0.05$ (DMRT test).

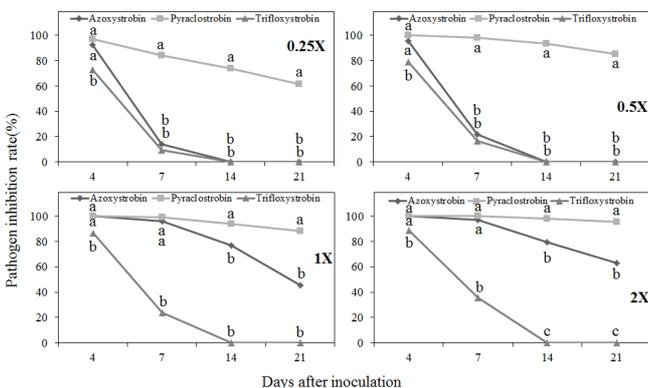


Fig. 4. Inhibition effects of four triazole group fungicides on mycelium growth of *M. poea* at 1, 7, 14 and 21 days after inoculation on fungicide amended PDA contained fungicide. The concentration of pesticide applied 0.25X, 0.5X, 1X, 2X based on the standard concentration of crop protection guideline. Different letters indicate significant difference at $P > 0.05$ (DMRT test).

제에 대한 실제 포장적용 효과는 azoxystrobin이 가장 병원균 억제효과가 높은 것으로 나타나있고 다음으로 trifloxystrobin과 pyraclostrobin 약제 순으로 나타나있다. Azoxystrobin의 경우 시험에서 사용된 모든 약제들 중 가장 방제효과가 우수한 것으로 보고되어있으나(Vincelli and Munshaw, 2015; Tredway et al., 2011) 본시험에서는 pyraclostrobin 약제의 억제효과가 가장 높았고 다음으로 azoxystrobin과 trifloxystrobin 순으로 상이한 결과가 나타났다(Fig. 4). 실제 환경조건에서는 배지내의 조건과는 다른 잔디의 상태, 약제처리시기 등의 다양한 조건이 관여하여 결과가 달라질 수 있다고 판단된다.

Cabarmate, carboxamide와 Phenylpyrrole계 약제의 억제효과

Thiophanate-methyl의 여름잎마름병 병원균 억제효과는 triazole계 약제보다는 떨어지는 것 나타났지만(Fig. 3, 5) 나머지 시험에 공시된 약제보다는 억제효과가 높은 것 나타났다. Thiophanate-methyl의 처리효과는 병원균 접종 4일 후 병원균 억제율이 85.2%로 7, 14일과 21일 후에는 81.7, 77.4과 73.1%로 억제효과가 점점 떨어지는 것으로 나타났다. 이에 반해 thiophanate-methyl 0.5배에서는 97%이상 억제되었으며 1배와 2배농도에서는 병원균 균사가 전혀 자라지 못하는 것으로 조사되었다. Fludioxonil 0.25배 농도에서 여름잎마름병 병원균 억제효과는 4일 후 76.5%, 0.5배, 1배와 2배농도에서는 각각 81.4, 83.0과 87.9%로 조사되었다. 7일 후에는 억제효과가 급격하게 떨어져서 0.25배 농도에서 76.5%, 0.5배, 1배와 2배농도에서는 각각 81.4, 83.0과 87.9%로 조사되었으며 14일 이후에는 억제효과가 거의 없는 것으로 나타났다. Fluxapyroxad 모든 공시약제 중 병

원균 억제효과가 가장 낮은 것으로 나타났다. 0.25배 농도에서 의 병원균 억제효과는 없었으며 4일 후 0.5배에서 40.4%로, 1배에서 50.2%로 2배에서 76.5%로 나타났다. 7일 후 조사부터는 모든 농도에서 fludioxonil과 유사한 경향으로 나타났다(Fig. 5).

Thiophanate-methyl, fludioxonil, fluxapyroxad와 에 대한 여름잎마름병 병원균 억제효과를 비교한 결과 thiophanate-methyl이 fludioxonil과 fluxapyroxad에 비하여 월등히 높은 것으로 나타났다. 실제 여름잎마름병 방제효과는 fludioxonil과 thiophanate-methyl의 경우 방제효과가 유사한 것으로 나타나며 fluxapyroxad의 경우 여름잎마름병 방제효과가 높지 않는다는 보고가 있다(Tredway et al., 2011; Vincelli and Munshaw, 2015). 본 연구에서 조사된 바에 의하면 thiophanate-methyl의 억제효과는 triazole계 다음으로 높게 나타나 문헌에서 언급된 내용과 다르게 나타났다. 병원균의 밀도나 환경조건에 의해 실제 방제효과가 달라질 수 있으므로 보완적인 연구가 더 필요할 것으로 보여진다.

본 연구에서 수행된 시험결과 triazole계 4종, thiophanate-methyl, pyraclostrobin과 azoxystrobin 순으로 억제효과가 높은 것으로 나타났다. 고온기에는 병원균 억제효과가 높은 thiophanate-methyl, pyraclostrobin과 azoxystrobin을 이용하고 저온기에 Triazole계 약제를 여름잎마름병 방제에 이용하면 효과적인 방제가 이루어질 수 있음이 유추되며 이와 관련된 시험이 이루어지고 있다. 하지만 본 연구에서는 제한된 균주를 사용하여 수행되었으므로, 향후 전국적인 여름잎마름병원균을 대상으로 광범위한 조사 보고가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

국내 Kentucky bluegrass로 조성된 골프장이나 잔디 재배지에서 여름철에 여름잎마름병 발생으로 인한 피해가 심각한 상황이다. 그럼에도 불구하고 여름잎마름병방제약제가 아직까지 등록되어있지 않아 병원균에 효과적인 약제를 선별하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 전형적인 여름잎마름병 병징에서 병원균을 분리하였고 ITS1과 ITS4 염기서열 분석으로 *Magnaporthiopsis poae*로 동정되었다. 잔디용으로 사용되는 10개의 약제를 대상으로 병원균 반응을 조사한 결과, 약제의 농도가 높아질수록 병원균 성장을 억제하였고 시간이 경과할수록 병원균 억제효과가 떨어지는 것이 관찰되었다. triazole계 약제 4종(metconazole, myclobutanil, propiconazole과 tebuconazole)의 병원균 억제효과는 100%로 나타났다. 다음으로 thiophanate-methyl의 억제효과가 높았으며 strobilurin계의 약제인 azoxystrobin, pyraclostrobin과 trifloxystrobin 약제를 비교하였을 때는

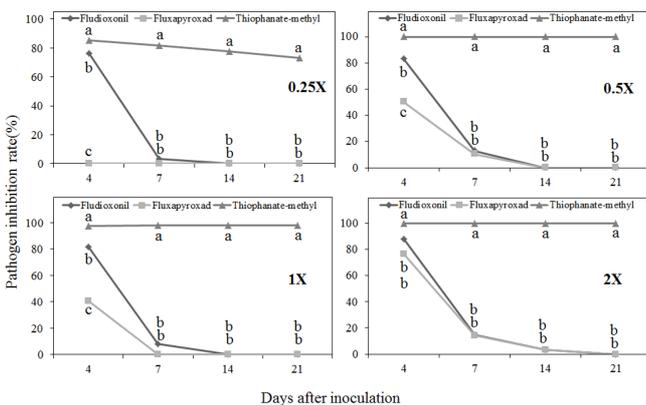


Fig. 5. Inhibition effects of four triazole group fungicides on mycelium growth of *M. poae* at 1, 7, 14 and 21 days after inoculation on fungicide amended PDA contained fungicide. The concentration of pesticide applied 0.25X, 0.5X, 1X, 2X based on the standard concentration of crop protection guideline. Different letters indicate significant difference at $P > 0.05$ (DMRT test).

pyraclostrobin 약제가 가장 높게 나타났으며 다음으로 azoxystrobin과 trifloxystrobin 순으로 나타났다. Fludioxonil과 fluxapyroxad의 병원균 억제효과는 trifloxystrobin과 유사하게 나타났다.

주요어: 살균제, Kentucky bluegrass, *Magnaporthiopsis poae*

Acknowledgements

This research was performed with the support of the “Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (PJ011012)” from the Rural Development Administration of Korea.

References

- Bassoriello, M.M.I. and Jordan, K.S. 2012. First report of *Magnaporthe poae*, cause of summer patch disease on annual bluegrass, in Canada. *Plant Dis.* 96(11):1698.
- Bigelow, C.A., Schmidt, R.E. and Chalmers, D.R. 1995. Creeping bentgrass putting green turf as influenced by trinexapac-ethyl and propiconazole application. *Amer. Soc. Agron. Annu. Mtg. Abstr.* p. 150.
- Buchenauer, H. and Grossman, F. 1977. Triadimefon: Mode of action in plants and fungi. *Neth. J. Plant Pathol.* 83:93-103.
- Clarke, B.B. and Gould, A.B., eds. 1993. *Turfgrass patch diseases caused by ectotrophic root-infecting fungi.* APS press, MN, USA.
- Han, J.H., Ahn, C.H., Lee, S.-Y., Back, C.-G., Kang, I.-K., et al. 2016. First report of summer patch caused by *Magnaporthiopsis poae* on cool season grass. *Kor. J. Mycol.* September, 44(3): 196-200.
- Kackley, K.E., Grybauskas, A.P., Dernoeden, P.H. and Hill, R.L. 1990. Role of drought stress in the development of summer patch in fieldinoculated Kentucky bluegrass. *Phytopathology.* 80(7):655-658.
- Kane, R.T. and Smiley, R.W. 1983. Plant-growth regulating effects of systemic fungicides applied to Kentucky bluegrass. *Agron. J.* 75:469-473.
- Korea crop protection association (KCPA). 2015. *Crop protection guideline*
- Landschoot, P.J. and Jackson, N. 1989. *Magnaporthe poae* sp. nov., a hyphopodiate fungus with a Phialophora anamorph from grass roots in the United States. *Mycol. Res.* 93(1):59-62.
- Luo, J. and Zhang, N. 2013. *Magnaporthiopsis*, a new genus in Magnaporthaceae (Ascomycota). *Mycologia.* 105(4):1019-1029.
- Min, G.Y., Lee, J.H. and Kwak, Y.S. 2014. A detail investigation of major diseases occurrence and pathogen population on turfgrass cultivation in nationwide. *Weed Turf. Sci.* 3(2):121-129.
- Reicher, Z.J. and Throssell, C.S. 1997. Effect of repeated fungicide applications on creeping bentgrass turf. *Crop Sci.* 37:910-915.
- Saitou, N and Nei, M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 4(4):406-425.
- Smiley, R.W., Dernoeden, P.H. and Clarke, B.B. 1992. *Compendium of turfgrass diseases.* 2nd ed. APS press, MN, USA.
- Swift, C.E., Blessinger, A., Brandt, N. and Tisserat, N. 2007. First report of summer patch of Kentucky bluegrass caused by *Magnaporthe poae* in Colorado. *Plant Dis.* 91(11):1519.
- Tamura, K., Dudley, J., Nei, M. and Kumar, S. 2007. MEGA4: molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0. *Mol. Biol. Evol.* 24:1596-1599.
- Tredway, L.P. 2005. First report of summer patch of creeping bentgrass caused by *Magnaporthe poae* in North Carolina. *Plant Dis.* 89(2):204.
- Tredway, L.P., Wilkerson, G.G., Lassiter, B.R., Reynolds, J.J. and Buol G.S. 2011. *Summer patch (Magnaporthe poae)* North Carolina State University Cooperative Extension Service.
- Vincelli, P. and Munshaw, G. 2015. *Chemical Control of Turfgrass Diseases 2015.* University of Kentucky Cooperative Extension Service Pub. PPA-1.
- White, T.J., Bruns, T.D., Lee, S.B. and Taylor, J.W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics pp. 315-322. In: Innis, M.A., Gelfand, D.H. and Sninsky, J.J, (Eds.). *PCR protocols: a guide to methods and applications.* N.Y: Academic Press, NY, USA.