

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.

포장에서 녹병 병원균인 *Puccinia zoysiae*에 대한 한국잔디의 종별 상이한 반응

성창현^{1†} · 이정호^{2†} · 구준학¹ · 홍점규³ · 윤정호¹ · 장석원^{2*}

¹(주)한울 기업부설 잔디과학연구소, ²한국골프대학 골프코스매니지먼트과, ³경남과학기술대학교 원예학과

Different Responses of Zoysiagrass (*Zoysia* spp.) Ecotypes against *Puccinia zoysiae* Causing Rust Disease in Field

Chang Hyun Sung^{1†}, Jeong Ho Lee^{2†}, Jun Hak Koo¹, Jeum Kyu Hong³, Jeong Ho Youn¹, and Seog Won Chang^{2*}

¹Turfgrass Science Institute, Hanul Inc., Hapcheon 5229, Korea

²Department of Golf Course Management, Korea Golf University, Hoengseong 25247, Korea

³Department of Horticultural Science, Gyeongnam National University of Science and Technology (GNTech), Jinju 52725, Korea

ABSTRACT. An obligate plant pathogenic fungus *Puccinia zoysiae* Dietel, the causal agent of rust disease, which is implicated in the damage of zoysiagrass (*Zoysia* spp.) in Korea. The fungus is one of the important pathogens, which attacks and colonizes susceptible zoysiagrass. Zoysia rust disease was observed in Jangseong, Hoengseong and Hapcheon in 2014 and 2015, Korea. The typical symptoms of the disease appeared first as small white spots on the leaf and stem of zoysiagrass plants, and turn brownish, dark brown spores revealed on the lesions. Uredospores were light brown in color, ellipsoid or spherical in shape and 22.0~25.0×15.0~17.5 μm in size. On the basis of the morphological characteristics, the fungus was identified as *P. zoysiae*. Pathogenicity of the fungus was proved by artificial inoculation on *Z. japonica*. The rust disease firstly appeared approx. early or middle June and then increased middle of October in Korea. In field, *Z. matrella* ecotypes were more resistant than *Z. japonica* ecotypes against the pathogen. Disease response against the pathogen was different among ecotypes of each species, respectively.

Key words: Disease response, Rust, Symptom, Uredospore, Zoysiagrass

Received on September 10, 2016; Revised on December 5, 2016; Accepted on December 6, 2016

*Corresponding author: Phone) +82-33-810-1066, Fax) +82-33-810-1001; E-mail) changsw802@hanmail.net

†These authors contributed equally to the paper.

© 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

한국잔디(*Zoysia* spp., Zoysiagrass)는 화본과 식물로 한국, 일본, 중국, 동남아 등이 원산지이다(Turgeon, 1991). 세계적으로 한국잔디에는 10 종이 있으며, 국내에는 들잔디(*Zoysia japonica* Steud.), 갯잔디(*Z. sinica* Hance), 왕잔디(*Z. machrostachya* Franchet & Savatier), 금잔디(*Z. matrella* (L.) Merr.)가 자생하는 것으로 보고되고 있다(Choi et al., 1997).

최근 한반도 기후 변화에 따른 한국잔디의 이용범위가 더욱 다양해지고 있다(Choi and Yang, 2006). 한국잔디는

한지형 잔디에 비해 낮은 영양 요구도 및 관리비용, 높은 한발 및 염도 저항성과 같은 장점 때문에 골프장 등 현장에서의 선호도가 높아지고 있다. 특히, 금잔디는 세엽이고 밀도가 높아 육종 모재로 활용하거나 선발 육종 개체의 상업적 활용에 대한 시도가 높아지고 있다(Tae et al., 2014).

*Puccinia zoysiae*는 담자균류에 속하는 순환물기생 균류로서 한국잔디에 녹병을 일으키는 것으로 보고되어 있다(Kulk and Dery, 1992). 녹병은 전남 장성 등 한국잔디 재배지에서 매년 발생되고 있다. 녹병은 잔디의 미관을 떨어뜨리고 수세를 약화시키며, 병원균 포자는 운동경기자의 활동을

방해하는 장애 요인이 되기도 한다(Smith et al., 1989). 그러나 한국잔디는 생산자 입장에서 낮은 판매가격으로 인해 생산단가를 최대한 줄이려 하기 때문에 농약에 의한 녹병 방제는 현실적으로 쉽지 않다. 따라서 육종에 의한 녹병 저항성 품종의 개발이 현실적인 대안이 될 수 있다.

최근 경남 합천, 충북 음성, 경기 양주 등의 지역에서 한국잔디 종별 녹병 발생의 차이를 확인하였으나, 한국잔디의 종별 녹병 발생 관련 정보는 많지 않다(Yoon et al., 2013). 본 연구에서는 한국잔디 녹병균의 형태적 특성과 우리나라 각 지역에서 평가된 잔디 종류별 녹병 발생생태 및 녹병균에 대한 잔디 종별 반응 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

병원균의 분리 및 형태적 특성

본 연구에서 사용된 녹병 병원균은 2014년 6월 잔디 재배지역(전남 장성군 삼서면 소재 2지역)의 병 감염 식물체로부터 채집, 분리한 후 여름포자의 형태적 특성(색, 형태, 크기)을 몰로 치상하여 광학현미경(JSB-503, 삼원과학산업(주), 서울, 한국)으로 100~400배에서 조사하였다.

병원성 검증

한국잔디에 대한 병원성 검증은 전남 장성군 소재 생산자 단체에서 구입한 들잔디와 금잔디를 대상으로 실시하였다. 기주 식물체는 10×10 cm 크기의 사각 포트에 식물체를 식재한 후 약 1개월간 15~30°C가 유지되는 비닐하우스에서 관리한 다음 실험에 사용하였다. 식물체는 1개월간 주 1회 충분한 관수와 가위로 예초하였고, 병원균에 대한 감수성을 유지하기 위하여 별도의 시비는 하지 않았다. 접종원 생산 및 접종은 Jo et al. (2008)의 방법을 변형하여 이용하였다. 병원균 여름포자는 강원도 횡성 소재 한국골프대학 들잔디 포장의 녹병 감염 잔디의 잎으로부터 작은 면도칼로 긁어 수집한 다음 충분한 양이 되었을 때 현탁액을 제조하였다. 들잔디는 포자 현탁액은 두 겹의 천(cheesecloth)으로 이물질 제거 후 약 10^5 uredospore ml⁻¹의 농도로 접종하였다. 대조구로 사용된 무처리 잔디에는 증류수를 살포하였다. 접종은 접종원을 500 ml 핸드 분무기로 식물체에 모든 잎이 젖을 정도의 양으로 살포하였다. 접종한 식물체는 Chang et al. (2006)이 실시한 방법을 변형하여 병을 유도였다. 잔디는 플라스틱 컨테이너(27.5×38.0×15.5 cm, SimpleLine, Seoul, Korea)에 넣었으며, 컨테이너 내부 습도를 유지하기 위하여 컨테이너 넓이의 약 30% 양에 달하는 젖은 상토(토백이, (주)성화, 보성, 한국)(1:1 비율로 상토와 멸균수를 혼합)를 하부에 깔아 넣었다. 컨테이너 뚜껑을 닫기 전에 내부 습도 유지를 위해 멸균수를 분무기로

뚜껑에 물이 맺을 정도의 양을 뿌리고 랩을 덮고 컨테이너 뚜껑을 닫았다. 컨테이너는 여름포자의 발아와 감염을 위해 23°C가 유지되는 빛 없는 생장상(SH-302, 세영과학, 부천, 한국)에서 16시간동안 유지한 후 비닐 하우스로 옮겨 병 발생을 7일 간격으로 관찰하였다. 비닐하우스의 온도는 15~30°C가 유지되었고 매주 1회의 예초와 1~2회 관수가 실시되었다. 병 유도를 위하여 시비는 하지 않았다. 본 실험은 완전임의배치 3반복으로 실시되었다.

녹병 발생 생태

본 연구에서 조사된 한국잔디 120계통(들잔디 66계통, 금잔디 54계통)은 2011년부터 2013년까지 경기 포천, 경남 진주, 경북 칠곡, 충남 태안, 전북 완주, 제주 등 전국 각 지역에서 수집하여 Lee et al. (2013)에 따라 분류하였으며, 2013년 5월 경남 합천 포장에 식재(재식거리 1.0×1.0 m)한 후 유지하였다. 2014년 6월에 직경 직경 12 cm 홀 커터로 채취하여 충북 음성과 경기 양주에 각각 0.3×0.3 m의 재식거리로 식재한 후 포장을 조성하였고, 조성 즉시 병 발생 조사를 실시하였다. 강원 횡성 포장은 2016년 5월 전남 장성으로부터 들잔디와 금잔디를 구입하여 식재한 후 녹병 발생을 조사하였다. 각 포장에 잔디 식재 후 복합비료(11-5-7)를 45 g m⁻² 살포하였다. 병 조사는 Pfender (2001)의 방법을 변형하여, 합천(2014년과 2015년)과 횡성(2016년)은 매주, 음성과 양주(2014년과 2015년)는 매월 20일 경에 병 반면적률을 가시적으로 평가하였다.

결과 및 고찰

녹병 발생 잔디(Fig. 1 A and B)로부터 채집한 병원균의 여름포자는 격막 없이 투명한 갈색의 원형 또는 타원형이었다(Fig. 1. C). 여름포자의 크기는 22.0~25.0×15.0~17.5 μm (가로 × 세로)의 범위였다(Table 1). 이러한 특징은 2개 지역에서 분리한 2개 균주 사이에 큰 차이가 없었으며, Cummins (1971)의 포자 크기 보고와 일치하였다. 그러나 겨울포자는 발견되지 않았다.

분리한 여름포자를 이용하여 병원성 검증결과 접종한 들잔디 식물체에서는 약 2주 후에 잎몸의 앞면에서 노란색 병반이 관찰되었다. 하위엽부터 병반이 관찰되었으며, 시간이 지나면서 병반이 조금씩 확대되었다(Fig. 1. D and E). 금잔디와 무처리구에서는 녹병이 관찰되지 않았다. 병원균 별로 증상의 차이는 보이지 않았다(Fig. E). Jo et al. (2008)에 따르면 퍼레니얼 라이그래스에서는 접종 후 1주일만에 병반이 관찰된 것으로 보고하였다. 들잔디에 접종 후 2주 만에 병반이 발생된 본 실험의 결과보다는 빠른 것이다. 이것은 기주, 병원균, 접종 후 조건, 접종 농도 등의 차이에



Fig. 1. Rust symptoms of zoysiagrass plants caused by *Puccinia zoysiae* and their morphological characteristics. Rust diseases of *Z. japonica* (A) and *Z. matrella* (B) plants. C: Uredospores from rust symptoms; D and E: Rust symptoms by artificial inoculation. Inoculated *Z. japonica* plants (left side of D) and *Z. matrella* plants (left side of E). Right sides of D and E are healthy plants. F: Uredospores on a shoe and leaves in rust susceptible zoysiagrass field. Scale bar indicates 20 μ m.

Table 1. Uredospore characteristics of *Puccinia zoysiae* isolated from zoysiagrass used in this study.

Scientific name	Uredospore		
	Color	Shape	Size (μ m)
<i>Puccinia zoysiae</i> ^z	Bright yellow	Obovate or ellipsoidal	15.0~20.0×12.0~16.5
Present isolate	Bright yellow	Obovate or ellipsoidal	22.0~25.0×15.0~17.5

^zCummins (1971).

따른 결과로 보인다. 향후 한국잔디 녹병 저항성 육종에서 실내 저항성 검정을 위한 평가 방법 개발이 필요하다고 생각된다.

우리나라에서 한국잔디 녹병은 5월부터 9월까지 발생하는 것으로 알려져 있지만(Yoon et al., 2013), 본 연구에 따르면 경남 합천, 충북 음성, 경기 양주에서 2014년과 2015년에 9월 초부터 발생하여 10월 말까지 병반이 관찰되었다(데이터 미제시). 그러나 2016년 강원도 횡성에서는 6월 하순부터 9월 초까지 발생이 관찰되어 한국잔디 녹병이 기

Table 2. Response of 120 zoysiagrass ecotypes collected against *Puccinia zoysiae*.

Species	No. of ecotypes evaluated	2014		2015	
		No. of ecotypes diseased	Disease severity (%) ^z	No. of ecotypes diseased	Disease severity (%) ^z
<i>Z. japonica</i>	66	11	30.0 (3.0~55.0)	9	39.6 (30.0~55.0)
<i>Z. matrella</i>	54	1	55.0	1	60.0

^zMean percentage diseased leaf area (%) of zoysiagrass ecotypes diseased. Parenthesis indicates range value of ecotypes diseased.

Table 3. Response of 27 zoysiagrass ecotypes against *Puccinia zoysiae* in two different locations.

Species	No. of ecotypes diseased	Eumseong		Yangju	
		No. of ecotypes diseased	Disease severity (%) ^z	No. of ecotypes diseased	Disease severity (%) ^z
<i>Z. japonica</i>	15	5	5.3 (1.0~35.0)	1	3.0
<i>Z. matrella</i>	12	1	25.0	0	0

^zMean percentage diseased leaf area (%) of zoysiagrass ecotypes diseased. Parenthesis indicates range value of ecotypes diseased.

상 환경과 잔디 영양 상태 등에 따라서 달라지는 것으로 판단된다. Yoon et al. (2013)도 한국잔디 녹병이 주로 습하고 잔디의 영양상태가 불량할 때 발생한다고 보고한 바 있다. 향후 다년간 다양한 지역에서 발생상태에 대한 평가가 필요할 것으로 판단된다.

포장에서 *P. zoysiae*에 의한 한국잔디 녹병은 잎몸에 작은 반점 또는 직선 형태의 노란색이나 오렌지색으로 나타났다(Fig. 1. A~C). 주로 잎 앞면에서 형성되었다. 이러한 사실은 Tan and Carson (2013)이 한국잔디 잎의 앞면에 병원균이 주로 분포한다는 결과와 일치한다. 한국잔디에서 녹병은 병 발생이 오래되거나 심할 경우 잔디는 녹색에서 갈색으로 변하였고, 잔디의 생장은 심하게 저해되었다. 심할 경우 포장에 포자가 날려 발에 묻는 등 미관을 해치는 결과를 초래하였다(Fig. 1. F). 본 조사에서 겨울 포자를 관찰할 수 없었다. 향후 지속적인 관찰이 필요하다.

2014년 경남 합천 지역 유전자원 포장에서 조사한 잔디 종류별 녹병 발생은 다음과 같다. 들잔디는 66계통 중 11계통이 감염되었고 계통별로 3~55%의 병반면적률을 보였다(Table 2). 금잔디는 54계통 중 1계통에서 녹병이 발생되었으며, 55%의 병반면적률을 보였다. 2015년에는 들잔디 9계통에서 병반면적률 30~55%, 금잔디는 1계통에서 60%의

병반면적률을 보였다. 들잔디에 비해 금잔디가 녹병에 대해 저항성 반응을 보인 것은 잔디 종의 유전적인 특성 차이 때문으로 보여 향후 금잔디를 직접 상용화하거나 녹병 저항성 육종에 활용하면 유용할 것으로 판단된다.

지역별 잔디 종류별 녹병 발생은 다음과 같다. 충북 음성 지역에서 들잔디는 15계통 중 5계통에서 병반면적률이 1~35%(평균 33.4%), 양주 지역에서는 1계통에서 병반면적률이 3%로 조사되었다(Table 3). 금잔디는 12계통 중 음성에서는 1계통에서 녹병이 발생되었지만, 양주 지역에서는 녹병 증상이 관찰되지 않았다. 이러한 결과는 지역별로 녹병 발생에 필요한 환경 조건이 다른 것이 원인이 된 것으로 보인다. 그러므로 추가적인 평가가 필요하다고 판단된다. 녹병균은 종류에 따라 레이스가 매우 발달되었기 때문에 지역별로 한국 잔디 품종의 저항성 여부가 다를 수 있다는 점을 감안하면(Rodrigues et al., 1975), 우리나라에서도 KTEP (Korean Turfgrass Evaluation Program)의 설치를 통한 다양한 지역에서의 지속적인 평가가 필요할 것으로 판단된다.

요 약

활물기생 병원성 진균류인 *Puccinia zoysiae*는 한국에서 한국잔디류(*Zoysia* spp.)에 녹병을 일으켜 피해를 준다. 그 곰팡이는 감수성 한국잔디의 잎과 줄기에 병을 일으키는 병원균들 중 하나이다. 한국잔디 녹병이 2014년과 2015년 경남 함천, 충북 음성, 경기 양주에서 발견되었다. 포장에서 한국잔디 녹병은 잎에 작은 하얀 반점으로 나타나고 갈색으로 변한 후 여름 포자가 형성되는 전형적인 증상을 나타냈다. 여름포자는 연한 갈색으로 원형 또는 타원형으로 크기는 22.0~25.0×15.0~17.5 μm의 범위였다. 채집한 여름포자로부터 들잔디에 대한 병원성이 확인되었고, 형태적인 특성을 기초로 병원균은 *P. zoysiae*로 동정되었다. 우리나라에서 한국잔디 녹병은 6월 중순부터 10월 중순까지 관찰되었다. 포장에서 금잔디는 들잔디에 비해 지역에 관계없이 상대적으로 저항성을 보였고, 금잔디와 들잔디 모두 계통 간에 병 반응에서 차이를 나타냈다.

Acknowledgements

This work was supported by National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korean Government (NRF-2015R1D1A1A01057334).

References

- Chang, S.W., Chang, T.H., Tredway, L. and Jung, G. 2006. Aggressiveness of *Typhula ishikariensis* isolates to cultivars of bentgrass species (*Agrostis* spp.) under controlled environment conditions. *Plant Dis.* 90:951-956.
- Choi, J.S., Ahn, B.J. and Yang, G.M. 1997. Distribution of native zoysiagrasses (*Zoysia* spp.) in the South and West coastal regions of Korea and classification using morphological characteristics. *Hort. Environ. Biotechnol.* 38:399-407. (In Korean)
- Choi, J.S. and Yang, G.M. 2006. Sod production in South Korea. *Kor. Turfgrass Sci.* 20:237-251. (In Korean)
- Cummins, G.B. 1971. The rust fungi of cereals, grasses and bamboos. Berlin, Springer. Heidelberg, New York, USA.
- Jo, Y.K., Barker, R., Pfender, W., Warnke, S., Sim, S.C., et al. 2008. Comparative analysis of multiple disease resistance in ryegrass and cereal crops. *Theor. Appl. Genet.* 117:531-543.
- Kulk, M.M. and Dery, P.D. 1992. A bright-field and scanning electron microscopic study of the development of *Puccinia zoysiae* on *Zoysia* species and *Paederia scandens*. *Mycologia* 84:87-93.
- Lee, S., Yu, H.C., Yoon, B.S., Oh, C.J., Yang, G.M., et al. 2013. Soil and morphological characteristics of native zoysiagrasses by the habitats. *Weed Turf. Sci.* 2:55-61. (In Korean)
- Pfender, W.F. 2001. Host range differences between populations of *Puccinia graminis* subsp. *graminicola* obtained from perennial ryegrass and tall fescue. *Plant Dis.* 85:993-998.
- Rodrigues, C.J., Bettencourt, Jr.A.J. and Rijo, L. 1975. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. *Annu. Re. Phytopathol.* 13:49-70.
- Smith, J.D., Jackson, N. and Woolhouse, A.R. 1989. Fungal diseases of amenity turf grasses. E and F. N. Spon, New York, USA.
- Tae, H.S., Hong, B.S., Shin, C.C., Jang, G.M., Kim, K.D., et al. 2014. Development and characteristics of new cultivar 'Green Ever' in zoysiagrass. *Weed Turf. Sci.* 3:329-335. (In Korean)
- Tan, M.Y.A. and Carson, M.L. 2013. Screening wild oat accessions from Morocco for resistance to *Puccinia coronata*. *Plant Dis.* 97:1544-1548.
- Turgeon, A.J. 1991. Turfgrass management (3th ed.). Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- Yoon, M.Y., Choi, Y.H., Kang, M.S., Lee, J.H., Han, S.S., et al. 2013. Disease control efficacy of the extract of *Magnolia officinalis* against perilla and zoysiagrass rusts. *Res. Plant Dis.* 19:45-48. (In Korean)