

유기농 답전윤환지 *Fusarium thapsinum*에 의한 수수 줄기썩음병

Stalk Rot Caused by *Fusarium thapsinum* on Sorghum at Organic Paddy-upland Rotation System in Korea

김병련^{1*} · 한광섭¹ · 함수상¹ · 강영식² · 박인희¹ · 윤성탁³

충청남도농업기술원 ¹농업환경과, ²작물연구과, ³단국대학교 생명자원과학대학

Byung-Ryun Kim^{1*}, Kwang-Seop Han¹, Soo-Sang Hahm¹, Young-Sik Kang², In-Hee Park¹, and Seong Tak Yoon³

¹Agricultural Environment Division, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan 32418, Korea

²Crop Research Division, Chungcheongnam-do Agricultural Research & Extension Services, Yesan 32418, Korea

³College of Bio-Resource Science, Dankook University, Cheonan 31116, Korea

*Corresponding author

Tel: +82-41-635-6113

Fax: +82-41-635-7923

E-mail: brkim@korea.kr

In late June 2016, stalk rot symptoms were observed on five varieties of sorghum (*Sorghum bicolor*) at organic paddy-upland rotation system in Anseong city, Korea. The initial symptom on stalk surfaces was red color with a dark red spot lesion. A fungus was isolated from the initial lesion, and cultured on potato dextrose agar. Size of microconidia mostly extend to 5–19×2–4 μm in culture, with 0–1 septa and macroconidia extend to 29–52×3–4 μm with 4–6 septa. Pathogenicity was investigated using conidial suspension spray to seedling of sorghum. After 3 days of inoculation, the dark red lesion was produced on stalks. On the basis of mycological characteristics, pathogenicity, and internal transcribed spacer (ITS) rDNA sequence analysis, this fungus was identified as *Fusarium thapsinum*. This is the first report of stalk rot on sorghum caused by *F. thapsinum* in Korea.

Keywords: *Fusarium thapsinum*, Sorghum, Stalk rot

Received October 5, 2016
Revised November 4, 2016
Accepted November 5, 2016

쌀의 생산성 증대와 소비량의 감소 등으로 구조적인 공급 과잉 상태이고, 건강식품으로 인식되는 잡곡류의 수요 증가로 인하여 답전윤환을 통한 잡곡의 생산을 늘리는 방안이 연구되고 있다. 잡곡 답전윤환은 토질의 향상, 잡초제어, 양분 이용효율 증대 등 많은 다원적 기능의 장점을 갖고 있다. 하지만 벼와 잡곡 모두에 병원성을 갖는 병원균은 기주 식물의 지속적인 존재로 인해 전염원이 늘어나 발병이 급격히 증가할 수 있는 위험성이 있다. 현재 벼의 병원균은 키다

리병(bakanae disease) 등 39병해에 대한 54종의 병원균이 보고되었고, 수수는 점무늬병(leaf spot) 등 15병해에 대한 17종의 병원균이 등록되어 있으며, 이 중 벼와 수수를 동시에 가해하는 병원균은 *Rhizoctonia solani*로 잎집무늬마름병(sheath blight)을 일으킨다(The Korean Society of Plant Pathology, 2009). 하지만 지금까지 답전윤환지에서 발생하는 병에 대한 조사 연구는 매우 부족한 상태로 병해 발생 시 효과적인 방제대책 수립이 어려운 실정이다.

2016년 6월 말 경기도 안성시의 유기농 답전윤환 2년차 시험연구포장에서 재배되고 있는 수수 품종에서 줄기썩음병으로 진단되는 병징이 관찰되었다. 초기 병징은 줄기 하단

Research in Plant Disease

pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

www.online-rpd.org

©The Korean Society of Plant Pathology

©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.

부가 적색의 불규칙한 무늬로 덮이고, 병징의 주변부와 내부에는 진한 적색의 반점이 형성되었다. 이후 병이 진전되면 병징 표면에 백색-연노란색의 분생포자가 치밀하게 형성되었고, 조직의 일부가 괴사하는 증상을 보였다(Fig. 1). 병원균의 동정을 위해 시험포장에서 채집한 줄기의 병반으로부터 병원균을 순수분리하여 균학적인 특성과 병원성 검정 및 internal transcribed spacer (ITS) 염기서열을 분석하였다.

병발생 양상. 시험연구 포장에서 재배되는 7개의 품종 중 동안메수수, 소담찰수수 등 2개 품종에서는 전혀 발병되지 않았고, 목탁수수에서 15.5%의 병든줄기율로 가장 발병이 심하였다. 앞은뱅이수수와 DS202는 12.0%–12.5%, 남풍찰수수는 6.8%, 황금찰수수는 3.6%의 발병 정도를 보였다(Fig. 2). 조사기간 동안 수수에서는 줄기썩음병만이 관찰되었고, 다른 병해는 발생하지 않았다.

병원균 분리 및 특성. 병원균을 분리하기 위해 수집된 발병조직에서 병반 부위와 건전 부위가 1:1이 되도록 0.5×0.5 mm 크기로 잘라 1% 차아염소산나트륨(NaOCl) 용액에 1분간 침지하고 멸균수로 1회 세척한 뒤, 70% 에탄올 용액에 30초간 침지하여 표면소독하였다. 이후 멸균수에 3회 세척하고 멸균된 여과지에서 수분을 제거한 뒤 물한천배지(water agar, 2% agar)에 올려놓아 25°C 항온기에 24시간 동안 배양하여 병원균의 생육을 유도하였다. 병반 조직에 형성된 병원균 분생포자를 단포자분리하여 감자한천배지(potato dextrose agar medium, PDA)에서 3일간 배양하면서 병원균 동정 및 병원성검정에 사용하였다. PDA상에서 균사 생육은 매우 빠르며, 균층은 초기에는 백색을 띠지만 배양 후기에는 분생포자의 형성으로 옅은 노란색 또는 오렌지색을 나타내었다(Fig. 3A). 병든 조직에 형성된 분생포자와 PDA 배지에 형성된 소형분생포자 크기는 5–19×2–4 μm이고 소형

분생포자에는 격막이 없거나 간혹 1개의 격막이 형성되었다(Fig. 3B). 대형분생포자는 29–52×3–4 μm 정도의 크기이며 4–6개의 격막을 갖고 있었다(Fig. 3C). 이상과 같이 수수의 병든 줄기에서 분리한 병원균을 배양하여 균학적인 특성을 조사한 결과 Klittich 등(1997)이 기술한 수수의 병원균 *Fusarium thapsinum*과 일치하였다(Table 1).

병원성 검정. 분리된 병원균의 수수에 대한 병원성을 검정하기 위하여 남풍찰수수의 생육 14일된 개체를 이용하였다. *F. thapsinum*을 PDA에서 5일간 배양한 후 배양균체를 고무주걱으로 회수하고 멸균수에 넣고 진탕한 후 거즈로 균사체를 분리하여 1×10⁵ conidia/ml 농도로 분생포자 현탁액을 만들어 접종원으로 사용하였다. 접종은 병원균 포자현탁액 50 ml를 식물체 전체에 고루 분무하고, 포화습도가 유지되는 접종상에서 16시간 동안 감염을 유도하였다. 이후 온실에서 생육시키며 발병 유무를 조사하였다. 무처리기는 멸균증류수를 병원균 포자현탁액과 동량으로 분무하고 접종상과 온실 등

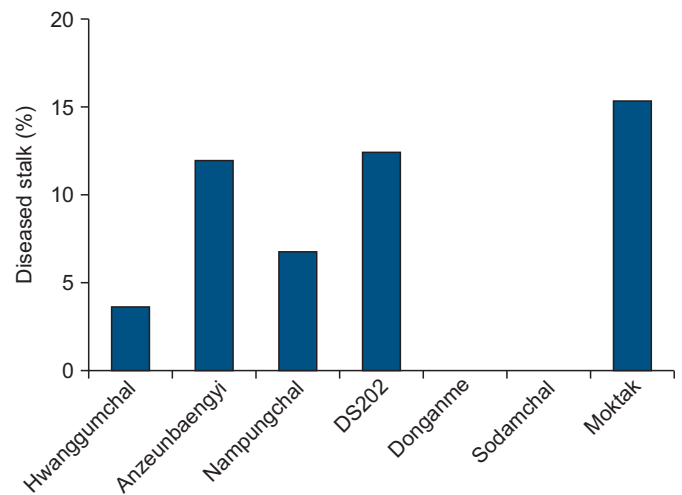


Fig. 2. Incidence rate of stalk rot on seven varieties of sorghum.



Fig. 1. Symptoms of stalk rot on sorghum caused by *Fusarium thapsinum*. (A) Initial symptoms of infection on stalk. (B) Severe symptoms.

동일한 조건에서 병원균 접종 식물체와 비교하였다. 접종 3 일 후 수수의 줄기는 적갈색의 병반이 형성되었고, 표면에 백색의 분생포자가 밀생하였다. 이후 병이 진전되면서 줄기

가 괴사하는 등 자연발생한 병징과 유사한 증상이 관찰되었다(Fig. 4). 병반에 형성된 분생포자를 단포자분리하여 확인한 결과 발병 포장에서와 동일한 병원균이 재분리되었다. 이러한 *F. thapsinum*의 병원성은 Claffin과 Giorda (2002), Leslie 등 (2005), Tesso 등 (2010), Kelly 등(2011)이 수수 줄기썩음병(stalk rot)으로 보고한 내용과 일치하였다. 한편 병원균 *F. thapsinum*은 수수의 줄기 외에도 이삭에 감염하여 병을 일으키는 것으로 보고되어 있다. Little과 Magill (2009)은 *F. thapsinum*이 수수의 낱알 형성을 감소시키는 이삭곰팡이(grain mold) 병원균으로, Das 등(2012)은 수수의 이삭곰팡이병 발생에 *F. andiyazi*, *F. proliferatum*과 *F. thapsinum*이 관여하며 줄기썩음병(stalk rot)이

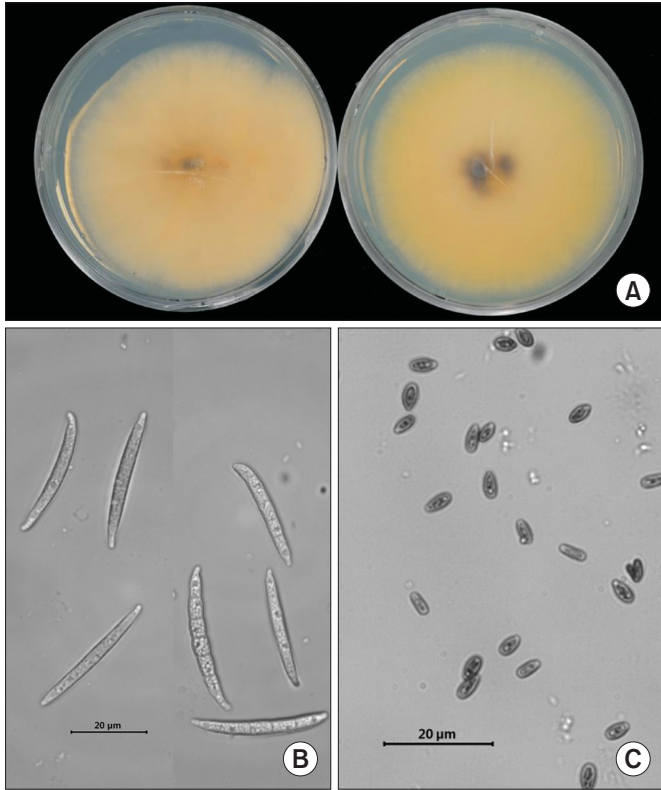


Fig. 3. Morphological characteristics of *Fusarium thapsinum* isolated from sorghum. (A) Mycelial mats on potato dextrose agar medium 7 days after inoculation. Macroconidia (B) and microconidia (C).

Table 1. Mycological characteristics of an isolate obtained stali rot of sorghum compared with *Fusarium thapsinum* described previously

Characteristic		Present isolate	<i>F. thapsinum</i> isolated from sorghum*
Colony	Color	White to pale orange, yellow	White to pale orange, yellow
Conidium	Size of microconidia (µm)	5–19×2–4	5–20×2–3
	Size of macroconidia (µm)	29–52×3–4	24–64×3–4
	Septa of microconidia (ea)	0–1	1–2
	Septa of macroconidia (ea)	4–6	3–8

*Described by Klittich et al. (1997).



Fig. 4. Symptoms induced by artificial inoculation with spore suspension of *Fusarium thapsinum*. Stalk rot symptom (A) and conidiophores on the lesion (B).

나 이삭마름병(head blight)과는 별개의 병으로 기술하였다. 우리나라에서는 Choi 등(2013)이 수수의 이삭곰팡이 증상에 *F. thapsinum*, *F. proliferatum*, 그리고 *F. graminearum*이 우점하며, 이 중 *F. thapsinum*이 가장 많은 빈도로 분리되었다고 보고하였다. 이처럼 *F. thapsinum*은 수수의 줄기와 이삭을 동시에 가해하는 병원균이기 때문에 각각의 병해가 서로의 병 발생에 미치는 영향에 대하여 연구가 필요할 것으로 생각된다.

ITS 염기서열 분석. 수수의 줄기 병반에서 분리된 병원균은 계통분석을 하기 위해 ITS1과 ITS4 primer (White 등, 1990)를 이용하여 rDNA의 ITS 영역을 증폭하였다. 분석된 ITS 염기서열(532 bp)은 National Center for Biotechnology Information의 GenBank에 등록하였고(기탁번호 KX944297), BLAST를 이용하여 염기서열을 비교 분석한 결과 GenBank에 등록되어 있는 *F. thapsinum* (KM589050), *F. thapsinum*의 완전체대인 *Gibberella thapsina* (JQ363735, GU257900, GU257895, GU257898, GU257899)의 ITS 염기서열과 100% 상동성을 보였다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 분리된 병원균은 *F. thapsinum*으로 동정되었으며, 따라서 이 병은 *F. thapsinum*에 의한 수수 줄기썩음병으로 명명하고자 한다.

요 약

2016년 6월 말 경기도 안성시의 유기농 답전유환 시험연구 포장의 수수 5개 품종에서 줄기썩음병 증상이 관찰되었다. 초기 병징은 줄기의 표면에 적색의 병반이 형성되고 내부에 흑갈색의 반점이 존재하였다. 이후 진전되면 병반 표면에 연한 오렌지색의 포자가 형성되었다. 병원균을 분리하여 배양하면 균충은 백색에서 연한 오렌지색 또는 연노란색을 나타내고 소형분생포자는 5-19×2-4 μm의 크기로 1-2개의 격막을, 대형 분생포자는 29-52×3-4 μm로 4-6개의 격막을 갖고 있었다. 병원균의 분생포자 현탁액으로 수수 유묘에 분무접종 3일 후 줄기에 진한 적색의 병반이 형성되었고 병의 진전에 따라 줄기가 고사하여 식물체는 쓰러졌다. 분리된 균주의 균학적 특징, 병원성, rDNA ITS 영역의 염기서열을 기초로 병원균은 *F. thapsinum*으로 동정되었고, 수수의 줄기썩음병으로 명명하였다.

Conflicts of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgement

This work was carried out with the support of Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01084401), Rural Development Administration, Korea.

References

- Choi, H. W., Hong, S. K., Lee, Y. K. and Kim, W. G. 2013. Diversity and pathogenicity of *Fusarium* species associated with grain mold of sorghum. *Korean J. Mycol.* 41: 142-148. (In Korean)
- Clafin, L. E. and Giorda, L. M. 2002. Stalk rots of sorghum. In: Sorghum and Millets Diseases, ed. by J. F. Leslie, pp. 185-190. Iowa State Press, Ames, IA, USA.
- Das, I. K., Audilakshimi, S. and Patil, J. V. 2012. Fusarium grain mold: the major component of grain mold disease complex in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Eur. J. Plant Sci. Biotech.* 6: 45-55.
- Kelly, L., Tan, Y. P., Ryley, M. and Aitken, E. 2011. *Fusarium thapsinum* is the dominant species associated with sorghum stalk rot in Queensland and northern New South Wales. In: Proceedings of Inaugural Joint 4th Asian Conference on Plant Pathology and the 18th Biennial Australasian Plant Pathology Society Conference (ACPP/APPS 2011): New Frontiers in Plant Pathology for Asia and Oceania, p. 73. April 26-29, 2011, Darwin Convention Centre, Kingston, Australia.
- Klittich, C. J. R., Leslie, J. F., Nelson, P. E. and Marasas, W. F. O. 1997. *Fusarium thapsinum* (*Gibberella thapsina*): a new species in section *Liseola* from sorghum. *Mycologia* 89: 643-652.
- Leslie, J. F., Zeller, K. A., Lamprecht, S. C., Rheeder, J. P. and Marasas, W. F. 2005. Toxicity, pathogenicity, and genetic differentiation of five species of *Fusarium* from sorghum and millet. *Phytopathology* 95: 275-283.
- Little, C. R. and Magill, C. W. 2009. The grain mold pathogen, *Fusarium thapsinum*, reduces caryopsis formation in *Sorghum bicolor*. *J. Phytopathol.* 157: 518-519.
- Tesso, T. T., Ochanda, N., Little, C. R., Clafin, L. and Tuinstra, M. R. 2010. Analysis of host plant resistance to multiple *Fusarium* species associated with stalk rot disease in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. *Field Crops Res.* 118: 177-182.
- The Korean Society of Plant Pathology. 2009. List of Plant Disease in Korea. 5th ed. The Korean Society of Plant Pathology, Suwon, Korea. pp. 26-32, 41-43. (In Korean)
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. and Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications, eds. by M. A. Innis, D. H. Gelfand, J. J. Sninski and T. J. White, pp. 315-312. Academic Press, San Diego, CA, USA.