

Puccinia sp.에 의한 이팝나무 잎녹병 발생 및 중간기주 보고

First Report of Rust Disease on Fringe Tree by *Puccinia* sp. and Its Alternative Host

***Corresponding author**

Tel: +82-62-530-2132

Fax: +82-62-530-2139

E-mail: kjinc@chonnam.ac.kr

ORCID

<https://orcid.org/0000-0003-0753-1966>유난희¹ · 박애란¹ · 윤혁준² · 손연경² · 이병희² · 김진철^{1*} ¹전남대학교 농화학과, ²국립생물자원관 유용자원분석과**Nan Hee Yu¹, Ae Ran Park¹, Hyeokjun Yoon², Youn Kyoung Son², Byoung-Hee Lee², and Jin-Cheol Kim^{1*}**¹Department of Agricultural Chemistry, Institute of Environmentally Friendly Agriculture, College of Agriculture and Life Sciences, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea²Biological and Genetic Resources Assessment Division, National Institute of Biological Resources, Incheon 22689, Korea

In July 2018, a serious rust symptom was found throughout the fringe trees planted in Gangjin-gun, Korea. Yellow and brown spots were observed on the adaxial (topside) surface of the collected fringe tree leaves, and yellow color aecia were observed on the abaxial (underside) surface leaves. The size of aeciospore and urediniospores of JCK-KCFR1 strain were measured to 41.2 μm (Φ) and 28.84 μm (Φ) with a light microscope. Phylogenetic analysis of the small subunit rRNA, internal transcribed spacer, and large subunit rRNA region indicated that JCK-KCFR1 strain is novel species of the genus *Puccinia* and closely related to *Puccinia kusanoi*, which has been reported a rust pathogen on bamboo. In May 2019, rust symptoms were also discovered on the bamboo leaves planted around the fringe tree on Muwisa-ro, and their telia and teliospores were observed on the abaxial leaf surfaces of the bamboo with 100% sequence homology with the rust of the fringe tree. This is the first report that *Puccinia* sp. JCK-KCFR1 is a new species that requires both primary (fringe tree) and alternative (bamboo) host plants to complete its life cycle in Korea.

Keywords: Bamboo, Fringe tree, *Puccinia* sp., Rust disease

Received July 21, 2020

Revised August 25, 2020

Accepted August 31, 2020

이팝나무(*Chionanthus retusus* Lindley)는 몰푸레나무과(Oleaceae)에 속하는 다년생 낙엽교목으로 이명으로는 니암나무, 다엽수, 류수수, 우근자, 육도목, 조급자, 뺨나무 등이 있다. 쌍떡잎식물인 이팝나무의 식물명은 5-6월에 개화하는 이팝나무의 꽃이 쌀밥과 같다 하여 '이밥나무'에서 이팝나무라고 명명하게 되었다고 한다. 잎은 대생으로 난형, 타원형, 또는 도란형이며 엽저는 둔하며 잎자루가 길다. 타원형의 열매는 9-10월에 성

숙되며 흑색을 띤다. 예로부터 민간에서는 이팝나무 종자는 설사를 멈추며, 위장을 튼튼하게 하는 건위작용이 있어 강장제나 지사제로 사용하였으며, 해열제 및 중풍 등의 질환치료제로도 사용하였다. 또한 이팝나무의 어린잎은 차로 마시거나 나물로 무쳐져 식용하기도 하였다. 관상적 가치가 높은 이팝나무는 최근에는 가로수 및 조경용으로도 많이 사용하고 있다. 산림청 자료에 따르면 2018년 말 기준, 이팝나무는 우리나라 총 가로수 8,230천본 중 608천본(7.4%)을 차지하여 3대 가로수종 중 하나로도 알려져 있다(Korea Forest Service, 2019).

하지만 지난 몇 년 동안 전라남도 강진군 성전면 무위사로에

Research in Plant Disease

pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

www.online-rpd.org

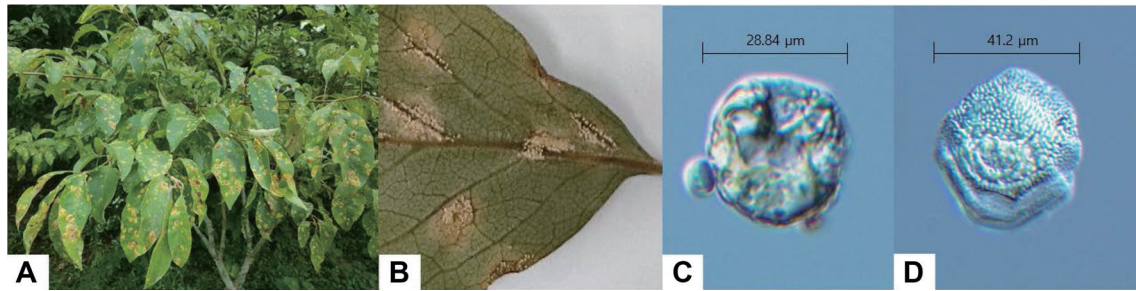


Fig. 1. Rust disease caused by *Puccinia* sp. JCK-KCFR1 strain (MT729824) on fringe tree (*Chionanthus retusus*). (A) Symptoms of rust disease on leaves in July 2018. (B) Aecia of infected leaf back side. (C, D) Urediniospore and aeciospore by light microscope.

가로수로 식재된 이팝나무를 포함한 여러 지역의 가로수용 이팝나무 잎과 줄기에 노랑고 빨간 반점이 생기며 말라죽는 녹병이 대대적으로 발생하여 심각하게 경관을 해치고, 조기낙엽이 확산되어 가로수로서의 이팝나무 가치를 점점 하락시키고 있다. 대부분의 녹병균들은 생활사를 완성하기 위하여 서로 다른 두 종의 식물을 기주로 필요로한다. 잣나무 털녹병의 경우 녹병포자와 녹포자세대를 잣나무에서 보내고, 송이풀과 까치밥나무에서 여름포자와 겨울포자세대를 보낸다. 배나무 붉은별무늬병의 경우 배나무에서 녹병포자와 녹포자세대를 보내고, 향나무에서 겨울포자세대를 보내며, 이 녹병균의 경우 여름포자는 아직까지 발견되지 않았다(Lee 등, 2017).

현재 국내에서 보고된 녹병균은 산초나무 녹병균 *Coleosporium xanthoxyli*, 한국 잔디 zoysiagrass 녹병균 *Puccinia zoysiae*, 갯기름나무 녹병균 *Puccinia jogashimensis*, 자주괘이밥 녹병균 *Puccinia oxalidis*, 참소리쟁이 녹병균 *Puccinia phragmitis*이며, 이팝나무 녹병균과 기주식물은 아직까지 보고되어 있지 않다(Ko 등, 2015; Lee 등, 2004, 2018, 2020; Yoon 등, 2013). 따라서 이팝나무 녹병의 효과적인 방제와 건강한 가로수 유지를 위하여 정확한 병원균과 기주식물의 구명이 필요한 실정이다.

본 논문에서는 전라남도 강진군 성전면 무위사로 일대 이팝나무 가로수에서 하절기 대대적으로 발생하는 녹병 병원균을 염기서열 분석을 통하여 동정하였고, 관찰된 녹병균에 대한 형태적 특징 및 계통학적 유연관계를 분석하고, 이팝나무 녹병균의 동절기 중간기주식물을 확인하여 보고하고자 한다. 또한 본 연구를 바탕으로 이팝나무 녹병의 효과적인 방제연구에 활용하고자 한다.

발병과 병징. 2018년 7월 전라남도 강진군 성전면 무위사에 식재된 가로수 모든 이팝나무의 잎 표면에서 황색 반점이 심각하게 발생하였다. 특히 잎 앞면과 잎자루에서 황색 반점과 황색 반점 중앙에 갈색 반점이 관찰되었고, 잎 뒷면에서는 황색 돌기 모양의 녹포자기(aecium)가 관찰되었다(Fig. 1A, B). 이와 같

은 증상은 심각하게 미관을 해쳤으며, 이팝나무의 가로수로서의 상품성 가치와 경제성을 크게 떨어뜨렸다. 병원균 형태적 특징은 광학현미경(BX53, Olympus, Tokyo, Japan)을 이용하여 400-1,000배 배율로 관찰하였다. 그 결과, 28.84 μm 크기의 구형의 하포자(urediniospore)와 41.2 μm 크기의 구형의 녹포자(aeciospore)가 관찰되었다(Fig. 1C, D).

병원균의 계통학적 유연관계 분석. 관찰된 이팝나무 녹병균의 분자계통학적 유연관계를 분석하기 위하여 발병포장에서 채취한 이팝나무 잎 뒷면 녹포자기에서 녹포자를 채집하였다. 채집한 녹포자에서 NucleoSpin Plant II kit (Macherey-Nagel, Düren, Germany)를 이용한 추출법으로 genomic DNA를 추출하였고, Beenken 등(2012)이 보고한 small subunit rRNA, internal transcribed spacer, large subunit rRNA 부위를 증폭할 수 있는 특이 primer 세트 LRust1R와 LR6로 PCR을 수행하였다. PCR 후 증폭산물을 1% agarose gel에서 전기영동하여 band를 확인한 후, 염기서열 분석을 의뢰하였다(Genotech, Daejeon, Korea). PCR 증폭산물의 크기는 726 bp로 확인되었고, JCK-KCFR1의 염기서열을 NCBI BLAST 진행한 결과, Shen 등(2017)이 보고한 타이완의 옥산죽 Yushan Cane (*Yushania niitakayamensis*)의 녹병균 *Puccinia kusanoi* TNM F0029955 (KX610657)과 97.53%로 상동성이 가장 높은 것으로 확인되었다. 이팝나무 녹병균의 726 bp 염기서열은 NCBI GenBank에 *Puccinia* sp. JCK-KCFR1 strain (MT729824)으로 등록하였고, BLAST 결과를 통해 상동성이 있는 염기서열들을 이용하여 MEGA 6.0 프로그램의 maximum parsimony 분석법으로 maximum likelihood 계통도를 통하여 근연관계를 분석하였다(Dixon 등, 2010; Tamura 등, 2013). 그 결과, *P. kusanoi*종과 가장 근연관계가 가깝지만 새로운 종인 *Puccinia* sp. JCK-KCFR1 strain (MT729824)로 확인되었다(Fig. 2). Fraiture와 Vanderweyen (2020)의 보고에 의하면 *P. kusanoi*는 *P. deutziae*, comb. nov.로 일본, 타이완, 영국 등에서 대나무가 기주식물인 녹병균

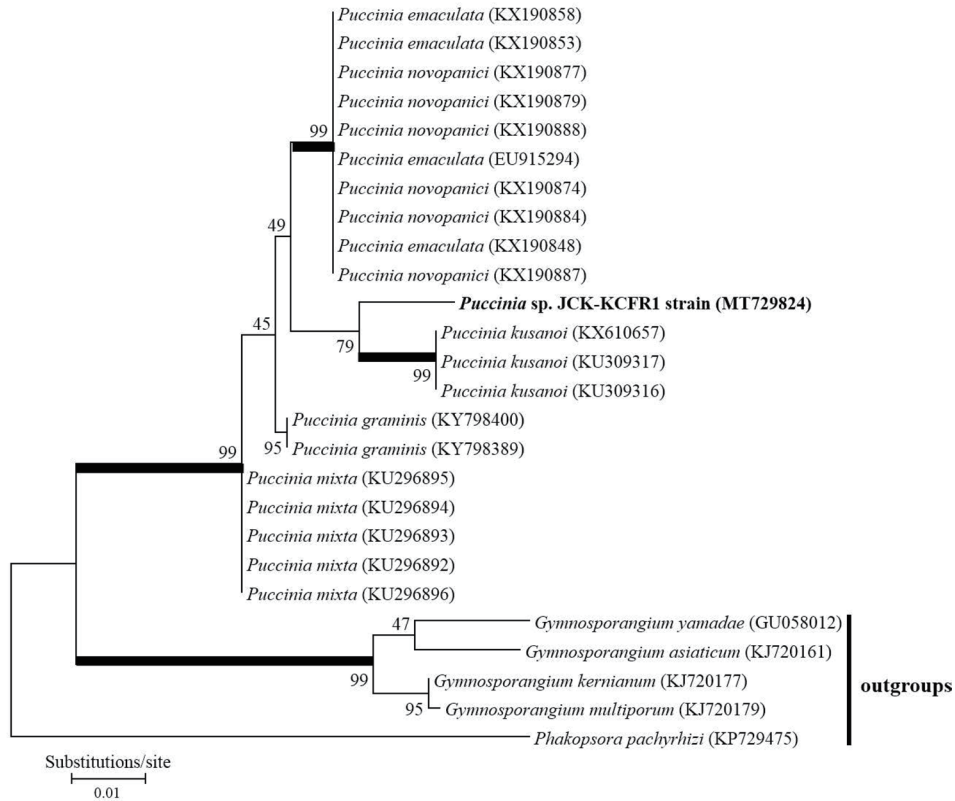


Fig. 2. Maximum likelihood phylogeny based on the small subunit rRNA, internal transcribed spacer, large subunit rRNA sequences. Branch support >45% from maximum parsimony bootstrap is indicated. The bootstrap consensus tree was inferred from 1,000 replicate and those above 90% indicated by bold lines. Bar=number of nucleotide substitutions per site.

으로 보고되어져 있다(Hiratsuka와 Chen, 1991; Hiratsuka 등, 1992; Reid, 1978; Shen 등, 2017).

중간기주 확인. 2019년 5월 전라남도 강진군 성전면 무위 사로에 식재된 이팝나무 주변 대나무의 잎 앞면에서 녹병 병징을 관찰하였고, 잎 뒷면에서 짙은 갈색으로 돌출되고 산재한 동포자퇴(telium)를 관찰하였다(Fig. 3A, B). 병원균 형태적 특징을 광학현미경(BX53, Olympus)으로 관찰한 결과, 잎 뒷면에서 동포자퇴와 동포자(teliospore)를 관찰하였다(Fig. 3C). 발병포장에서 채취한 대나무 잎 뒷면 동포자퇴에서 동포자를 채집하여 이팝나무의 녹병 병원균의 염기서열 분석과 같은 방법으로 genomic DNA를 추출하였고, 같은 primer를 사용하여 증폭하였다. PCR 후 대나무 동포자의 증폭산물과 726 bp의 이팝나무 녹포자의 증폭산물을 함께 1% agarose gel에서 전기영동한 결과, 두 증폭산물의 DNA 사이즈가 일치하는 것을 확인하였다. 대나무 녹병 동포자에서 얻은 PCR 증폭된 산물의 염기서열 분석 역시 의뢰하였다(Genotech). 그 결과, 대나무 동포자에서 얻은 염기서열이 이팝나무 녹병균의 염기서열 *Puccinia* sp. JCK-KCFR1 strain (MT729824)과 정확히 일치하는 것을 확인하였다.

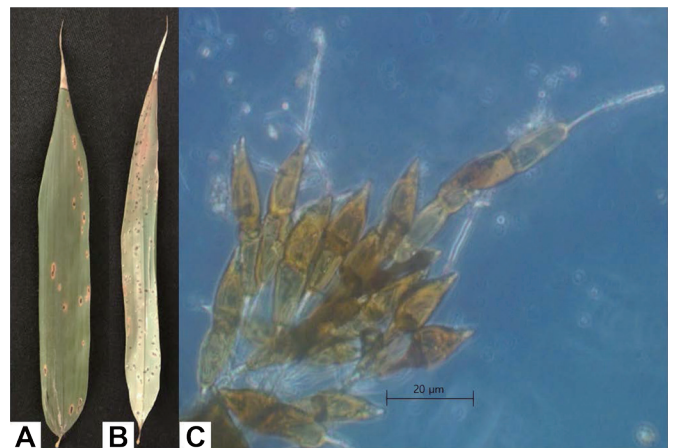


Fig. 3. Rust disease caused by *Puccinia* sp. JCK-KCFR1 strain (MT729824) on Bamboo. (A) Symptoms of rust disease on leaves in May 2019. (B) Close-up of infected leaf back side. (C) Teliospores by light microscope.

국내에서는 현재까지 이팝나무와 대나무에서 녹병균이 보고된 바가 없으나 본 논문을 통하여 전라남도 강진군 성전면 무위 사로에 식재된 이팝나무와 주변 대나무에 발생하는 녹병이 대

나무 녹병균으로 보고되어져 있는 *P. kusanoi*와 가장 근연관계가 가까운 새로운 종 *Puccinia* sp. JCK-KCFR1 strain (MT729824)에 의해 발생하였다는 것을 규명하였다. 더불어 이팝나무와 대나무가 기주교대하면서 병환을 완성하는 것을 처음으로 보고하는 바이다.

요 약

2018년 7월 전라남도 강진군의 가로수 전체 이팝나무에 심각한 녹병증상이 발견되어 잎을 채집하였다. 채집한 이팝나무 잎 앞면에서 황색 및 갈색의 병반과 잎 뒷면에서 황색의 녹포자가 관찰되었고, 현미경아래에서 41.2 μm 크기의 구형 녹포자와 28.84 μm 크기의 구형 하포자가 확인되었다. 이팝나무 녹병균의 부분 small subunit rRNA, internal transcribed spacer (ITS) 1, 5.8S rRNA, ITS2, 부분 large subunit rRNA 염기서열을 이용하여 계통학적 유연관계를 분석한 결과, 대나무 녹병균으로 보고되어져 있는 *Puccinia kusanoi*와 가까운 근연관계를 가지고 있었다. 또한 2019년 5월 무위사로 이팝나무 주변에 식재된 대나무에서도 녹병 병징이 관찰되었고, 잎 뒷면에서 동포자퇴와 동포자를 확인하였으며, 대나무에서 채집한 동포자의 염기서열 분석 결과, 이팝나무 녹병균과 100% 일치하였다. 본 논문은 대나무 녹병균으로 알려진 *P. kusanoi*와 근연관계가 가까운 새로운 종 *Puccinia* sp. JCK-KCFR1 strain (MT729824)가 국내에서 이팝나무와 대나무를 기주교대하며 녹병을 발생시키는 것을 처음으로 보고한다.

Conflicts of Interest

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

Acknowledgments

This research was supported by a grant from the National Institute of Biological Resources (NIBR), funded by the Ministry of Environment (MOE) of the South Korea (NIBR202018201).

References

- Beenken, L., Zoller, S. and Berndt, R. 2012. Rust fungi on Annonaceae II: the genus *Dasyscypha* Berk. & M.A. Curtis. *Mycologia* 104: 659-681.
- Dixon, L. J., Castlebury, L. A., Aime, M. C., Glynn, N. C. and Comstock, J. C. 2010. Phylogenetic relationships of sugarcane rust fungi. *Mycol. Prog.* 9: 459-468.
- Fraiture, A. and Vanderweyden, A. 2020. Species of *Puccinia* Pers. nom. sanct. (rust fungi) on Bambusoideae in Belgium and in Europe. *Cryptogam. Mycol.* 41: 9-20.
- Hiratsuka, N. and Chen, Z. C. 1991. A list of Uredinales collected from Taiwan. *Trans. Mycol. Soc. Jpn.* 62: 3-22.
- Hiratsuka, N., Sato, S., Katsuya, K., Kakishima, M., Hiratsuka, Y., Kaneko, S. et al. 1992. The Rust Flora of Japan. Tsukuba Shuppankai Takezono, Ibaraki, Japan. 1205 pp.
- Ko, S.-J., Kim, H.-J., Myung, I.-S., Uhm, M.-J. and Choi, I.-Y. 2015. Occurrence of rust on *Peucedanum japonicum* caused by *Puccinia jogashimensis* in Korea. *Res. Plant Dis.* 21: 337-340. (In Korean)
- Korea Forest Service. 2019. Roadside trees and forests. Current status of street trees in Korea (based at the end of 2018). URL http://www.forest.go.kr/kfsweb/kfi/kfs/cms/cmsView.do?mn=NKFS_03_14_01_03_03&cmsId=FC_001302 [4 September 2020]. (In Korean)
- Lee, J. K., Cha, B., Shin, H. D. and Na, Y.-J. 2017. Tree diseases by biotic factors. In: Forest and Shade Tree Pathology, eds. by J. K. Lee, B. Cha, H. D. Shin and Y.-J. Na, pp. 86-255. Hyangmunsa, Seoul, Korea. (In Korean)
- Lee, S. K., Kim, K. H., Lee, C. K., Kim, D. Y. and Hwang, J. H. 2004. Morphological features of *Coleosporium xanthoxyli* and its alternate host in Korea. *Res. Plant Dis.* 10: 279-284. (In Korean)
- Lee, S. H., Lee, C. K., Cho, S. E. and Shin, H. D. 2018. First report of rust caused by *Puccinia oxalidis* on *Oxalis debilis* var. *corymbosa* in Korea. *Plant Dis.* 103: 148.
- Lee, S.-Y., Park, J.-W., Kang, I.-K. and Jung, H.-Y. 2020. First report of rust disease caused by *Puccinia phragmitis* on *Rumex japonicus* in Korea. *Res. Plant Dis.* 26: 53-56. (In Korean)
- Reid, D. A. 1978. Two bambusicolous rust fungi new to Britain. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 70: 459-463.
- Shen, Y. M., Huang, T. C., Chung, W. H. and Hung, T. H. 2017. First report of rust caused by *Puccinia kusanoi* affecting Yushan cane (*Yushania niitakayamensis*) in Taiwan. *Plant Dis.* 101: 385.
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipowski, A. and Kumar, S. 2013. MEGA6: molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Mol. Biol. Evol.* 30: 2725-2729.
- Yoon, M.-Y., Choi, Y. H., Kang, M. S., Lee, J. H., Han, S. S., Myoung, I. 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)