



국내 과수화상병을 부분 방제한 배와 사과 과원의 관리 현황 조사

Investigation on the Management Status of Pear and Apple Orchards Where Fire Blight Disease Was Partially Controlled in Korea

*Corresponding author

Tel: +82-41-550-3454

Fax: +82-41-550-3454

E-mail: piceae@dankook.ac.kr

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-6830-3943>조준우¹ · 노은정² · 이용환² · 김성환^{1*} ¹단국대학교 생명과학부 미생물학전공, ²농촌진흥청 국립농업과학원 작물보호과Jun Woo Cho¹, Eunjung Roh², Yong Hwan Lee², and Seong Hwan Kim^{1*} ¹Department of Microbiology, School of Life Sciences, Dankook University, Cheonan 31116, Korea²Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

Recently, the domestic plant disease control policy for fire blight has been implemented partial control in addition to burial control. In this study, an on-site management survey was conducted targeting orchards that implemented partial disease control from 2019 to 2020 in order to find efficient implementation methods for partial disease control. As a result of an investigation into 22 pear and apple orchards in Cheonan and Chungju, 7 orchards were buried. The upper part of the cut infected plants was burned at 16 orchards and covered with plastic vinyl after lime treatment at 6 orchards. The lower stumps of cut infected plants were burned at 7 orchards and covered with plastic vinyl after lime treatment at 15 orchards. There were two orchards where suckers appeared on the stumps even though covers were applied. There was no infection by *Erwinia amylovora* in the suckers. The conservation condition of lime treatment was good, but warning signs were absent at 6 orchards. Most orchards treated the stumps and surrounding areas with glyphosate-isopropylamine herbicide. The effect of partial control was judged to be safe.

Keywords: Fire blight, Partial control, Suckers

Received September 11, 2023

Revised September 19, 2023

Accepted September 19, 2023

Erwinia amylovora 세균에 의해 발생하는 과수화상병균은 사과와 배나무를 포함하여 다수의 장미과(Rosaceae) 식물에 커다란 피해를 주어 원예산업을 위협하는 매우 중요한 병해이다(Momol과 Aldwinckle, 2000). 미국에서 첫 발생이 보고된 이후 북미, 유럽, 아시아 등 전 세계로 퍼지게 되어 현재는 벨라루스, 튀니지, 모로코, 헝가리 등 다양한 나라에서 화상병이 보고되고 있다(Park 등, 2022). 한국의 경우 2015년 경기도 안성에

위치한 배 과원과 충북 제천에 위치한 사과 과원에서 최초로 화상병의 발생이 보고되었다(Myung 등, 2016; Park 등, 2016). 그 이후 2019년부터 감염속도가 급격히 증가하여 2021년에는 22개 시군의 618개 농가 2022년도에는 19개 시군에 210개 농가 등에서 발생하였다. 현재까지 화상병에 뚜렷한 효과를 나타내는 치료방법은 개발되어 있지 않으며, 박테리오파아지를 이용하는 등 생물학적 방제 방법이 연구되고 있다(Boulé 등, 2011).

화상병균은 식물검역에 있어 금지급의 병원체라서 이 병원체에 의한 질병은 공적방제의 대상이 되는 병이다(Park 등, 2017). 현재 국내 초기 발병지의 경우 과원의 전체 나무를 물어 폐원하고 해당 과원은 향후 3년간 화상병균의 기주식물을 경작하지

Research in Plant Disease

eISSN 2233-9191

www.online-rpd.org

Table 1. The results of investigation on the management status of apple and pear orchards where fire blight infected trees were partially controlled from 2019 and 2021 in Cheonan and Chungju area

| Orchards location | Host type | Disposal of upper plant parts cut | Stump status | Burial control | Preservation of lime treatment | Sucker growth | Standing of warning sign board |
|-------------------|-----------|-----------------------------------|--------------|----------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|
| Cheonan 1 | Pear | Burned | Burned | Controlled | na | - | Absence |
| Cheonan 2 | Pear | Burned | Burned | Controlled | na | - | Absence |
| Cheonan 3 | Pear | Covered | Presence | No | Good | - | ps |
| Cheonan 4 | Pear | Covered | Burned | Controlled | na | - | Absence |
| Cheonan 5 | Pear | Burned | Burned | Controlled | na | - | Absence |
| Cheonan 6 | Pear | Covered | Burned | No | Good | - | ps |
| Cheonan 7 | Pear | Covered | Burned | Controlled | na | - | Absence |
| Cheonan 8 | Pear | Buried | Presence | No | No good | + | ps |
| Chungju 1 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 2 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 3 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 4 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 5 | Apple | Burned | Burned | Controlled | na | - | Absence |
| Chungju 6 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 7 | Apple | Covered | Presence | No | Good | + | ps |
| Chungju 8 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 9 | Apple | Burned | Presence | Controlled | Good | - | nps |
| Chungju 10 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 11 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | nps |
| Chungju 12 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 13 | Apple | Burned | Presence | No | Good | - | ps |
| Chungju 14 | Apple | Covered | Presence | No | Good | - | ps |

+, growth; -, no growth; na, not applicable; ps, properly standing; nps, not properly standing.

못하도록 제한하는 매몰 방제법을 시행하고 있다. 그러나 감염되지 않은 나무까지 모두 매몰할 경우 방제처리에 의한 농업인의 피해가 심하고, 향후 수년간 과수 경작을 하지 못함에 따라 국내 과일 수확량에 악영향을 미치고 있다. 이에 따라 2019년 이후 발생지역에서 확진 과원에 감염주가 소량일 경우 감염주와 그 인접주를 부분적으로 제거하는 부분방제 방법이 허용되고 있다. 특히 굴착기로 확진주 주변까지 접근이 불가능한 경우 나무를 잘라내어 줄기와 가지, 그루터기는 매몰하거나 그 자리에서 석회처리 후 비닐이나 부직포로 덮어서 과원 내에 둘 수 있다. 그러나 아직까지 화상병 감염주를 부분제거 방제한 과원의 관리상태와 안전에 대한 조사자료가 없는 실정이다. 본 연구에서는 부분방제의 효율적 추진을 모색하고자 2010년에서 2021

년 사이 부분 방제를 시행된 과원에 대한 현장 관리상태 조사를 수행하였다.

충청남도 천안과 충청북도 충주에 위치한 2019-2021년 사이 부분제거 방제 처리한 과원 22곳을 조사하였다. 화상병 추가발생에 의해 전체 매몰처리한 과원이 7곳, 추가발생 없이 현재까지 운영중인 과원은 15곳이었다. 또한 현재까지 운영중인 15개 과원중에 석회처리가 상태가 양호한 과원은 13곳이었다(Table 1). 감염주를 절단하고 상단의 식물 잔재물을 소각하지 아니한 경우는 살충제와 생석회 처리후 비닐과 부직포로 싸서 씌운 후 흙으로 주변을 덮고 돌을 놓아서 바람이나 비로 인해 열리지 않도록 처리한 상태였다. 처리한 대로 보존된 상태는 대체로 양호한 상태이었다(Fig. 1A). 처리된 부직포와 비닐을 열어서 확인했

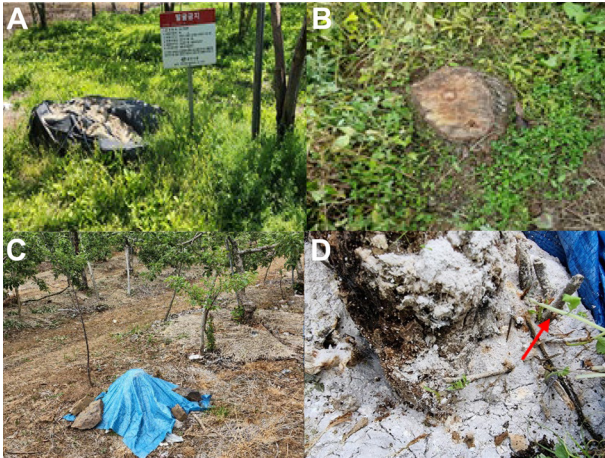


Fig. 1. Example photos of pear and apple orchards sites where fire blight diseased trees were partially controlled. (A) Upper part of a cut fire blighted pear tree doublecovered with black vinyl. (B) Lower part (stump) of a cut fire blighted pear tree uncovered. (C) Lower part (stump) of a cut fire blighted apple tree covered with plastic textiles. (D) Lower part (stump) of a cut fire blighted apple tree with lime treatment after opening the plastic textile cover. A red arrow in (D) indicates a sucker grown out from an apple tree stump controlled.

을 때 처리했던 석회와 잔재가 존재하였고 식물은 부후가 진행 되는 것처럼 보였다. 어느 정도 시간이 경과 후에 부분방제 처리한 식물 잔재물을 과원에서 제거하여도 되는지에 대한 판단을 하기에 필요한 과학적 정보가 현재 부재한 바 향후 화상병균의 생존 여부에 대한 모니터링 조사가 필요하다.

그루터기에 화병균 생존 시 균을 보독할 수 있어 감염이 있으면 맹아(촉지)가 발생할 경우 전염원으로 역할을 할 수 있으므로 비닐이나 부직포 등으로 씌워서 처리하였다(Fig. 1C). 그렇지만 처리 깊이가 깊지 않아 곤충에 의해 보독된 균이 전파될 가능성도 있다. 따라서 발생한 맹아는 반드시 제거하고 다시 발생하지 않도록 방제 처리가 필요하다. Table 1에서 맹아가 발생한 과원은 2곳으로 천안8의 배 과원과 청주7의 사과 과원 방제주 그루터기에서 맹아가 발생하였다(Fig. 1D). 맹아를 채취하여 화상병원균의 존재 여부를 조사하였다. 청주7 사과 과원의 맹아는 부직포 가림 상태가 양호하지 않아 광합성을 하여 녹색으로 성장하였으며 천안8의 배 과원은 부직포 가림이 양호하여 햇빛에 노출되지 않아 녹색을 띄지 않았다(Supplementary Fig. 1). 녹색 맹아의 경우 부직포 처리 전 빛에 노출된 것으로 사료된다. 맹아 조직에서 화상병원균 존재 유무를 조사하기 위해 맹아를 표면 살균 후 식물조직을 2 mmx1 mm 크기로 잘게 절단하여 50 ml falcon tube에 담긴 20 ml potato dextrose broth에 넣고 2일간 배양하였다. 액체배지가 흐려짐에 따라 배양액

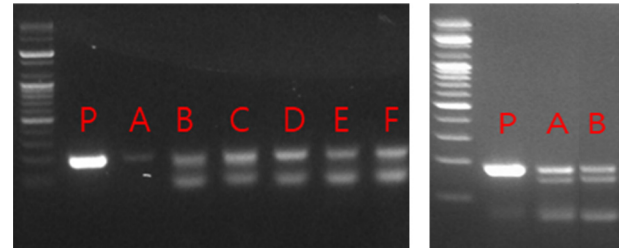


Fig. 2. Agarose gel electrophoresis of the polymerase chain reaction (PCR) amplified products from the DNA of bacteria derived from suckers of stumps of fire blight controlled trees found in the two orchards listed at Table 1. PCR was performed using *Erwinia amylovora* detection primers. P, PCR amplicon from control of *E. amylovora*; A-F lanes in the left gel, PCR amplicons from the bacteria derived from each different pear tree sucker. A and B lanes in the right gel, PCR amplicons from the bacteria derived from each different apple tree sucker. The first lane of each gel is 1 kb DNA marker.

5 μ l를 취하여 광학현미경 400x 시야에서 관찰함으로써 세균이 자라나온 것을 확인하였다. 세균 배양액 1 μ l를 template로 하여 *Erwinia amylovora* specific primer인 pEA71을 사용하여 polymerase chain reaction (PCR)을 수행하였다(Taylor 등, 2001). PCR 산물은 3% agarose gel에 전기영동하여 증폭된 산물을 확인하였다(Fig. 1). 천안8의 배 과원 그루터기 맹아에서 자라나온 세균을 positive control (*E. amylovora* 배양액)과 비교하였을 때 동일한 위치는 아니나 유사한 위치에 증폭된 band 및 다른 위치에 존재하는 band도 확인되었다(Fig. 1). 청주7 과원에서 채취한 맹아 또한 유사한 위치에서 증폭 band를 확인하였다. 이에 따라 세균배양액에 존재하는 세균을 동정하고자 potato dextrose agar에 세균을 키운 후 콜로니를 MacroGen (Seoul, Korea)에 의뢰하여 16S rDNA 염기서열을 결정하고 EzClaude에 blasting하여 염기서열의 유사도를 비교하였다(Yoon 등, 2017). 16S rDNA 염기서열에 기반하여 동정한 결과 Fig. 2에서 밴드 증폭을 나타낸 세균은 Fig. 2 좌측 gel의 경우는 *Klebsiella aerogenes* (lane A), *Lelliottia jeotgali* (lane B), *Enterobacter ludwigii* (lane C), *Enterobacter huaxiensis* (lane D), *Lelliottia jeotgali* (lane E), *Serratia nematodiphila* (lane F)로 동정되었다. 우측 gel의 경우는 *Enterobacter asburiae* (lane A), *Enterobacter ludwigii* (lane B)로 동정되었다. 따라서 PCR 결과와 종 동정 결과로 볼 때 비선별적으로 채취한 맹아에서는 화상병원균이 존재하지 않는 것으로 판단되었다. 또한 이들 동정된 세균중에서 사과나 배에 병원성 나타내는 세균은 존재하지 않았다. 그러나 화상병 검출 primer에 비특이적 밴드를 증폭하는 특성이 있으므로 향후 사과나무와 배나무 과원에서 감염 의심주를 대상으로 PCR 검정을 하는 경우 비특이적 반응을 일

으킬 수 있는 세균 종으로서 참고하여 활용하면 좋을 것 같다.

매물 방제를 하거나 부분 방제를 하더라도 Fig. 1A처럼 화상병 방제처리 경고판을 설치하게 되어 있지만 조사된 현장에서 경고판이 보이지 않는 곳이 여러 곳 존재하였다. 화상병 방제 지역 안전 관리를 위해서 경고판 관리가 허술하지 않도록 조치 및 관리가 필요하다.

농가에서는 대부분 부분 방제 처리한 나무 그루터기와 주변에 제초제 처리로서 glyphosate-isopropylamine을 성분으로 하는 근사미 처리를 하였다고 하는데 이는 근사미가 침투이형성 제초제이기 때문에 그루터기에 처리 시 맹아 발생을 억제하는데 기여했을 것으로 추정된다. 그러나 실제 석회처리도 하고 부직포도 동시에 씌우고 하였기에 석회처리 효과인지 근사미 처리효과인지는 아직 분명하지 않다. 만일 근사미 처리만으로도 맹아가 발생하지 않고 그루터기가 부후하여 고사하면 비용과 인력 소모도 줄이고 방제도 신속하게 수행할 수 있는 장점이 있다. 따라서 부분방제 한 그루터기에 대해 석회처리와 부직포 씌움 없이 근사미 처리가 미치는 효과에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

국내에서는 매물 방제를 통한 화상병균 방제 안전 효과에 대한 연구는 매몰된 지 약 3년 이상된 사과 배나무 감염식물에 대한 화상병균 생존 부재 연구 결과와 매몰지에 미끼식물로서 사과묘목을 식재하여 모니터링 조사한 연구가 전부이다(Kim 등, 2019; Park 등, 2022). 부분방제 조치에 연계하여 진행한 본 연구는 방역정책 전환에 따른 안전성을 검토할 수 있는 기초조사 근거를 제시한다. 좀 더 부분방제 현장에 대한 연구자료가 창출되면 부분방제의 효율과 안전적 확대를 통해 과수화상병으로 인한 과수산업의 위협을 줄이는 데 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

최근 국내의 과수화상병 방제 정책이 매물 방제에서 더하여 부분적 방제가 시행되고 있다. 본 연구는 부분방제의 효율적 추진을 모색하고자 2019년에서 2020년 사이 부분 방제를 시행된 과원에 대한 현장 관리상태 조사를 수행하였다. 천안과 충주지역 소재 22곳 배와 사과 과원 대한 조사 결과 7개 과원이 매몰하였다. 절단한 감염주의 상부를 태운 과원은 16곳, 석회처리 후 커버를 씌운 과원은 6곳이었다. 절단한 감염주의 하부 그루터기를 태운 과원은 7곳, 커버를 씌운 과원은 15곳이었다. 커버를 씌웠어도 그루터기에 맹아가 발생한 과원은 2곳이었다. 맹아에 화상병균 감염은 없었다. 석회처리 상태는 양호하였으나 경고 표지판이 부재한 곳이 6곳이었다. 대부분 과원이 그루터

기와 주변에 glyphosate-isopropylamine 제초제를 처리하였다. 부분방제의 처리 결과는 대체로 안전한 것으로 판단되었다.

Conflicts of Interest

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

Acknowledgments

This work was carried out with the support of «Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ016242)», RDA, Republic of Korea.

Electronic Supplementary Material

Supplementary materials are available at Research in Plant Disease website (<http://www.online-rpd.org/>).

References

- Boulé, J., Sholberg, P. L., Lehman, S. M., O'gorman, D. T. and Svircev, A. M. 2011. Isolation and characterization of eight bacteriophages infecting *Erwinia amylovora* and their potential as biological control agents in British Columbia, Canada. *Can. J. Plant Pathol.* 33: 308-317.
- Kim, Y. E., Kim, J. Y., Noh, H. J., Lee, D. H., Kim, S. S. and Kim, S. H. 2019. Investigating survival of *Erwinia amylovora* from fire blight-diseased apple and pear trees buried in soil as control measure. *Korean J. Environ. Agric.* 38: 269-272. (In Korean)
- Momol, M. T. and Aldwinckle, H. S. 2000. Genetic diversity and host range of *Erwinia amylovora*. In: *Fire Blight: The Disease and Its Causative Agent, Erwinia amylovora*, ed. J. L. Vanneste, pp. 55-72. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Myung, I.-S., Lee, J.-Y., Yun, M.-J., Lee, Y.-H., Lee, Y.-K., Park, D.-H. et al. 2016. Fire blight of apple, caused by *Erwinia amylovora*, a new disease in Korea. *Plant Dis.* 100: 1774.
- Park, D. H., Lee, Y.-G., Kim, J.-S., Cha, J.-S. and Oh, C.-S. 2017. Current status of fire blight caused by *Erwinia amylovora* and action for its management in Korea. *J. Plant Pathol.* 99: 59-63.
- Park, D. H., Yu, J.-G., Oh, E.-J., Han, K.-S., Yea, M. C., Lee, S. J. et al. 2016. First report of fire blight disease on Asian pear caused by *Erwinia amylovora* in Korea. *Plant Dis.* 100: 1946.
- Park, I. W., Song, Y.-R. Vu, N. T., Oh, E.-J., Hwang, I. S., Ham, H. et al. 2022. Monitoring the reoccurrence of fire blight and the eradication efficiency of *Erwinia amylovora* in burial sites of infected

- host plants using sentinel plants. *Res. Plant Dis.* 28: 221-230. (In Korean)
- Taylor, R. K, Guilford, P. J., Clark, R. G., Hale, C. N. and Forster, R. L. S. 2001. Detection of *Erwinia amylovora* in plant material using novel polymerase chain reaction (PCR) primers. *N. Z. J. Crop Hort. Sci.* 29: 35-43.
- Yoon, S.-H., Ha, S.-M., Kwon, S., Lim, J., Kim, Y., Seo, H. et al. 2017. Introducing EzBioCloud: a taxonomically united database of 16S rRNA and whole genome assemblies. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 67: 1613-1617.