2015–2019년 국내 과수 화상병 발생

Outbreak of Fire Blight of Apple and Asian Pear in 2015–2019 in Korea

***Corresponding author**

Tel: +82-63-238-3313

Fax: +82-63-238-3838

E-mail: leeyhlee@korea.kr

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-4795-1773>함현희¹ · 이영기¹ · 공현기¹ · 홍성준² · 이경재² · 오가람¹ · 이미현¹ · 이용환^{1*}¹국립농업과학원 작물보호과, 2농촌진흥청 농촌지원국 재해대응과**Hyeonheui Ham¹, Young-Kee Lee¹, Hyun Gi Kong¹, Seong Jun Hong²,
Kyong Jae Lee², Ga-Ram Oh¹, Mi-Hyun Lee¹, and Yong Hwan Lee^{1*}**¹Crop Protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea²Disaster Management Division, Extension Service Bureau, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

Erwinia amylovora, a causal bacterium of fire blight disease, is registered as a prohibited quarantine pathogen in Korea. To control the disease, the government should diagnose the disease, dig and bury the host trees when fire blight occurs. Fire blight was the first reported in 43 orchards of Anseong, Cheonan, and Jecheon in 2015, and 42.9 ha of host trees were eradicated. However, the disease spread to eleven cities, so that 348 orchards and 260.4 ha of host trees were eradicated until 2019. Fire blight of Asian pear occurred mainly in the southern part of Gyeonggi, and Chungnam province, on average of 29 ± 9.2 orchards per year. And the age of the infected trees were mostly 20–30 years old. In apple trees, the disease occurred mainly in the northern part of Gyeonggi, Gangwon, and Chungbuk province, on average of 41 ± 57.6 orchards per year, increased highly in 2018 and 2019. The age of infected apple trees were under 20 years old. Therefore, because the disease spread rapidly in young apple trees, spraying control agents to the trees in a timely manner and removing infected trees quickly are important to prevent the spread of fire blight in the orchard of immature trees.

Keywords: Apple, Asian Pear Diagnosis, *Erwinia amylovora*, Fire blight

Received August 31, 2020

Revised October 4, 2020

Accepted October 13, 2020

서 론

화상병은 *Erwinia amylovora*가 사과, 배 등 장미과 기주에 감염하여 발생하는 식물세균병이다. *E. amylovora*는 꽃, 신초 등을 통해 감염하여 과수 전체를 고사시킬 수 있으며(Billing, 2011), 미국에서는 화상병으로 인해 매년 백만달러 이상의 경제적 손실이 발생하고 있다(Norelli 등, 2003). 화상병은 1780년

미국 뉴욕주에서 최초로 보고되었으며, 1957년 영국을 시작으로 서유럽과 북유럽 및 지중해지역으로 확산되었다(Bonn과 van der Zwet, 2000). 2006년 아프리카인 모로코에서(Fatmi 등, 2008) 발생이 보고되었고, 아시아의 경우 중국 서부 경계지역인 카자흐스탄과 키르기스스탄에서 보고되었다(Drenova 등, 2012). 국내에서는 2015년 5월 경기도 안성의 배나무에서 처음으로 화상병이 보고되었다(Park 등, 2016).

국내에서 *E. amylovora*는 식물방역법에서 금지병원균으로 지정되어 정부 주도로 2015년부터 매년 과수 화상병의 박멸을 위한 예찰과 방제를 실시하고 있다(Park 등, 2017). 이에 2020년 과수화상병·과수가지검은마름병 예찰·방제사업 지침에 따르

Research in Plant Disease

pISSN 1598-2262, eISSN 2233-9191

www.online-rpd.org

면, 발생과원을 중심으로 반경 100 m 이내를 방제구역, 반경 2 km 이내를 위험구역, 반경 5 km 이내를 관리구역으로 지정하여 각 구역별로 주기적인 예찰과 연 3회 약제방제를 실시하고 있으며, 관리구역 외 기주식물 재배 지역도 매년 2회 이상 발생상황을 예찰하고 연 1회 이상 약제방제를 실시하고 있다. 또한 발생지역 내 과수 화상병이 발생한 경우 과원내 모든 기주식물의 이동을 금지하고, 발생주율이 5% 미만인 경우 발생주만 제거하며, 5% 이상인 경우 해당 과원을 폐원하고 있다.

효과적인 과수 화상병의 방제를 위해 화상병 발생이 의심되는 경우 농가와 지자체 및 중앙정부의 긴밀한 협조가 요구되며, 특히 신속하고 정확한 진단을 통해 공적 방제가 수행되어야 한다. 본 연구는 2015–2019년 국내에서 공적 방제를 위해 수행된 과수 화상병의 진단을 통해 국내 과수 화상병의 발생 현황과 특성을 구명하고, 방제 방향을 도출하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시료 수집. 과수 화상병 시료는 사·군농업기술센터, 화상병 정기예찰 등에서 화상병 진단을 위해 의뢰된 516건의 사과, 배 시료로부터 수집하였다. 화상병균의 분리는 잎과 줄기 내에서 화상병으로 의심되는 병반으로부터 분리하였다.

화상병균 분리. 화상병균의 분리를 위해 수집된 잎과 줄기

를 70% 에탄올로 표면소독하고, 병징의 경계부위를 가로, 세로 5×5 mm 크기로 잘라 10 mM phosphate buffered saline buffer (pH 7.2, Biosesang, Seongnam, Korea) 용액에 넣고 잘게 마쇄하였다. 시료 마쇄액은 실온에서 30분간 정치한 후, tryptic soy agar (TSA; tryptone 15 g, soytone 5 g, NaCl 5 g, agar 15 g/l)와 King's medium B (proteose peptone no. 3 20 g, K₂HPO₄ 1.5 g, MgSO₄·7H₂O 1.5 g, glycerol 15 ml, agar 15 g/l) 한천배지에 희선도말 및 치상하여 27°C에서 배양하였다. 배양 48시간 후, 배지에서 화상병균과 유사한 형태의 colony를 선발한 후 TSA 배지에 같은 조건으로 배양하여 single colony를 얻었다.

PCR 진단. 분리된 화상병균의 진단은 EPPO (2013)의 *E. amylovora* 진단 매뉴얼(PM 7/20 (2), 2013)에 등록된 A, B primer (Bereswill 등, 1992) 와 G1, G2 primer (Taylor 등, 2001) 및 PCR 조건을 이용하였다(Fig. 1A). 또한 PCR 증폭을 위해 Accupower PCR premix (Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 사용하였다. 매뉴얼에 따라 single colony를 colony-PCR한 후 전기영동으로 각각 900–1,100 bp 또는 187 bp의 PCR product가 확인되면 양성으로 판정하였다.

병원성 검정. PCR에서 양성으로 판정된 colony는 사과 또는 배의 지름 4 cm 이하의 미성숙 과실에 접종하여 병원성을 확인하였다(Fig. 1B). 사과 또는 배의 미성숙과는 표면을 70% 에탄올

Fig. 1. Fire blight diagnosis of sample by PCR amplification and pathogenicity test. (A) PCR amplification of *Erwinia amylovora* detection. Lane M, 1 kb marker; lane 1, *E. amylovora*; lane 2, sample; lane 3, *E. pyrifoliae*; lane 4, water. (B) Disease symptom of immature apple fruits. SDW, sterilized distilled water.

Table 1. Number of fire blight positive samples and buried area

Province	City	2015		2016		2017		2018		2019		Total	
		Sam- ples	Area (ha)	Sam- ples	Area (ha)	Sam- ples	Area (ha)	Sam- ples	Area (ha)	Sam- ples	Area (ha)	Sam- ples	Area (ha)
Gyeonggi-do	Yongin	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2.3	1	2.3
	Paju	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.3	1	0.3
	Icheon	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4.8	5	4.8
	Anseong	32	29.6	13	10.8	26	17.2	16	8.2	13	9	100	74.8
	Yeoncheon	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2.2	3	2.2
Gangwon-do	Wonju	-	-	-	-	-	-	2	1.7	2	1.4	4	3.1
	Pyeongchang	-	-	-	-	-	-	5	3.6	-	-	5	3.6
Chungcheong-buk-do	Chungju	-	-	-	-	-	-	3	1.5	76	54.7	79	56.2
	Jecheon	1	0.8	-	-	-	-	32	27.7	62	46.3	95	74.8
	Eumseong	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2.3	7	2.3
Chungcheong-gnam-do	Cheonan	10	12.5	4	4.3	7	5.5	9	5.5	18	8.2	48	36.0
Total		43	42.9	17	15.1	33	22.7	67	48.2	188	131.5	348	260.4

로 소독한 후 멸균한 팁으로 상처를 냈다. 접종할 균주는 1.0×10^9 cfu/ml로 농도를 맞춘 후 10 μ l를 과실의 상처낸 부위에 접종하였으며, 대조군으로는 증류수를 10 μ l 접종하였다. 접종한 과실은 상대습도 100%의 밀폐용기에 넣고, 28°C 배양기에서 7일 간 배양하였다. 병원성은 균주를 접종한 부위에 수침, 갈변, ooze 등의 증상을 확인한 후 판단하였다. 모든 처리는 3반복으로 수행하였다.

과원별 발병 주수. 화상병이 의심되는 과원은 해당 농업 기술센터의 과수 전문가가 육안 조사를 통해 잎의 마름, 갈변, ooze 유출, 껍질 등의 증상을 확인하고 과원 내 발병 주수를 파악하였다.

결과 및 고찰

화상병 발생 현황. 2015년부터 2019년까지 총 516건의 화상병 의심 시료를 수집 및 진단하였고, 이 중 348건이 양성으로 확인되었다(Table 1). 도별로는 충청북도가 진단건수 181건, 매몰 면적 133.3 ha로 가장 많았고, 경기도가 110건, 84.4 ha로 두 번째로 많았다. 시·군별로는 안성과 제천이 각각 100건과 95건으로 가장 많이 검출되었으며, 매몰 면적도 각각 74.8 ha로 가장 넓었다. 발생 지역을 사과와 배로 나누어 살펴보면, 배의 경우 2015년 안성과 천안 경계 지역에서 화상병이 시작되어 그 지

역을 중심으로 발생이 지속되다가 2019년 용인, 이천 및 충주로 확산되었다(Fig. 2A). 사과의 경우 2015–2018년 안성, 천안, 제천에서 국소적으로 발생하다가 2018년 충주, 평창, 원주로 확산되었으며, 2019년에는 충북 음성과 경기 북부인 파주, 연천으로 확산되고 발생 건수도 크게 증가하였다(Fig. 2B). 이렇게 2018–2019년 발생 지역과 건수가 급격히 증가한 원인에 대해 화상병 생태 및 역학적 특성을 고려하여 심도 있는 연구가 필요할 것으로 사료되었다. 화상병 발생 과원의 발병주는, 배나무 과원의 경우 81% 이상의 농가가 발병주율 5% 이하였다. 또한 97% 이상의 농가가 발병주율 30% 이하였으며, 2015년도에 발병주율 30% 이상인 곳이 3곳으로 가장 많았다(Fig. 3A). 사과나무 과원의 경우 78% 이상의 농가가 발병주율 5% 이하였으며, 95% 이상이 발병율 10% 이하였고, 2018년도에 발병주율 10% 이상인 과원이 6곳으로 가장 많았다(Fig. 3B). 즉 대부분의 화상병 발생 과원은 30% 이하의 발병율을 보였으며, 배 과원의 경우 화상병이 국내에 처음 알려진 시기에, 사과 과원의 경우 사과 화상병이 본격적으로 발생하기 시작한 2018년도에 농가에서 화상병을 인지하고 집중적으로 신고하였을 것으로 생각되었다.

화상병 발생 시기. 시기별 화상병 발생건수를 보면, 배나무 화상병은 1년 중 4월을 제외하고 연중 발생하였으나 사과나무에서는 5–10월 발생하였으며(Fig. 4), 5–7월에 전체의 85.6% (298/348건)가 집중 발생하였다. 이는 화상병의 병환에 따라

Fig. 2. Distribution of orchards detected positive for *Erwinia amylovora* in South Korea: pear (A) and apple (B).

(Norelli 등, 2003), 껌양 등을 통해 월동한 *E. amylovora*가 온도가 높아지는 봄철 활동을 시작하여 화상병이 집중적으로 발생하는 것으로 생각된다. 배나무에서 11–12월에 화상병 발생건수의 소폭 증가는 겨울철 화상병에 걸린 배나무 잎이 떨어지지 않고 남아 발견이 용이하기 때문인 것으로 판단되었다. 따라서, 과수 화상병의 예방을 위해 기존 발병지에서는 화상병 발생이 활발해지는 5월 이전까지 동계기와 개화기 방제제를 적기에 살포하여 *E. amylovora*의 밀도를 최소화하는 것이 중요하다.

화상병 발생 기주의 특성. 2015–2019년 화상병이 발생한 기주는 사과와 배가 대부분을 차지했으며, 모과에서는 2015년 판매용 묘목에서 화상병이 검출된 이후(Myung 등, 2016) 더 이상의 발생은 없었다. 기주별 발생빈도는 사과의 경우 2015–2017년 1–4건으로 낮은 수준을 유지하다가 2018과 2019년에 각각 45건과 151건으로 빠르게 증가하는 추세를 나타냈으며, 배는 2015–2019년 16–45건이 발생하여 비교적 꾸준하게 유지되는 것을 알 수 있었다(Fig. 5A). 또한 배나무는 안성, 천안에서 주로 식재되었고, 발병 과수의 수령은 20–30년생이 가장 많았

Fig. 3. Disease incidence per apple or pear orchards from 2015 to 2019: pear (A) and apple (B).

으며, 연도별 과수 수량이 비교적 고르게 분포하였다. 반면 사과나무는 충주, 제천에서 주로 식재되었고, 발병 과수의 수량이 대부분 20년 이하였으며, 화상병 발생이 급증한 2018–2019년에는 10년 이하 과수의 발병 비율이 높았다(Fig. 5B). 10년 이하

의 과수에서는 *E. amylovora*가 감염되었을 때 식물체 내로 빠르게 확산되어 적기에 방제제를 살포하여도 효과적으로 세균의 증식을 억제하기 어렵다(Johnson과 Temple, 2016). 국내 충주, 제천지역에 식재된 사과나무는 수량이 낮아 세포 증식 등 생장

Fig. 4. Number of fire blight diseased orchards over each month from 2015 to 2019: pear (A) and apple (B).

Fig. 5. Disease frequency and the age of apple and pear trees from 2015 to 2019. (A) Disease frequency of apple and pear orchards. (B) The age of diseased apple and pear trees.

이 활발하므로, 화상병의 발생과 확산에 용이하게 작용한 것으로 보인다. 따라서 10년 이하의 어린 과수가 식재된 과원에서는 발병수가 5% 미만이라도 빠르게 인근 과수로 확산될 수 있으므로, 화상병 발병 즉시 발병수를 제거하여 더 이상 확산되지 않도록 철저히 관리하여야 한다.

해외의 화상병 발생 사례를 살펴보면, 모로코에서는 2006년 5월 Meknes 지역의 배나무 과원에서 화상병이 처음 발견되어 그 주변 42 ha의 배나무를 제거하였으나 병이 계속 확산되어 2013년 15개 도의 2,312 ha의 과수를 제거하였고, 4,000 ha에 달하는 기주식물 재배지에 화상병이 확산되었다고 보고하였다(Ameur 등, 2014; Bahadou 등, 2020). 호주는 1997년 화상병의 첫 발생 이후 더 이상 발병이 보고되지 않았으나(Bahadou 등, 2020) 그 외 대부분의 국가에서는 화상병이 처음 발생한 이래로 계속 확산되거나 꾸준히 나타나고 있다. 국내에서는 2019년까지 화상병으로 총 260.4 ha의 과수가 제거되어(Table 1) 모로코 등 다른 나라에 비해 병 발생 상황이 양호한 실정이나, 2018년부터 사과나무에서 화상병 발생빈도와 발생지역 수가 크게 증가하고 있는 등 안심할 수 없는 상황이다. 따라서 국내 특성에 맞는 시기적절한 방제제 살포와 지역별 기주의 수령을 고려한 예찰 및 사전 방제가 화상병 확산 억제에 매우 중요할

것으로 생각된다.

요 약

과수 화상병을 일으키는 *Erwinia amylovora*는 국내에서 금지 병원균으로 지정되어 화상병 발생 시, 중앙 정부의 진단을 근거로 기주를 매몰하는 공적 방제가 실시되고 있다. 국내 과수 화상병은 2015년 안성, 천안 및 제천의 43농가에서 발생하여 42.9 ha를 매몰한 것을 시작으로, 2019년 발생 지역이 11개 시군으로 확산되었으며, 총 348농가 260.4 ha가 매몰되었다. 배나무 화상병은 주로 경기남부와 충남에서 발생되었고, 발생 건수가 연평균 29 ± 9.2 건으로 매년 비교적 고르게 발생되었으며 20–30년생 과수에서 발병 비율이 가장 높았다. 반면, 사과나무 화상병은 주로 경기북부, 강원, 충북에서 발생되었고, 발생 건수가 연평균 41 ± 57.6 건으로 2018–2019년 발생건수가 크게 증가하였으며, 20년 이하의 과수의 발병 비율이 높았다. 국내 과수 화상병은 어린 사과나무에서 병의 확산이 빠르므로, 특히 미성숙 과수가 식재된 과원에서는 화상병이 발병하지 않도록 약제를 적기에 살포하는 등 예방을 철저히 하고, 발병 시 신속히 방제해야 한다.

Conflicts of Interest

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

Acknowledgments

This study was carried out with the support of Cooperative Research Programs (Project No. PJ01421904) from Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Ameur, A., Ennaji, M. M., Cesbron, S., Manceau, C., Rhallabi, N. and Achbani, E. 2014. Characterization of Moroccan population of *Erwinia amylovora*, the causal agent of fire blight on rosaceous. *Int. J. Biosci. Biochem. Bioinform.* 4: 200-203.
- Bahadou, S. A., Ouissa, A., Tahiri, A. and Lahlali, R. 2020. Fire blight (*Erwinia amylovora*) disease in Morocco: current status and action for its management. *Moroc. J. Agric. Sci.* 1: 95-100.
- Bereswill, S., Pahl, A., Bellemann, P., Zeller, W. and Geider, K. 1992. Sensitive and species-specific detection of *Erwinia amylovora*

- by polymerase chain reaction analysis. *Appl. Environ. Microbiol.* 58: 3522-3526.
- Billing, E. 2011. Fire blight. Why do views on host invasion by *Erwinia amylovora* differ? *Plant Pathol.* 60: 178-189.
- Bonn, W. G. and van der Zwet, T. 2000. Distribution and economic importance of fire blight. In: Fire Blight: the Disease and Its Causative Agent, *Erwinia amylovora*, ed. by J. L. Vanneste, pp. 37-53. CABI Publishing, London, UK.
- Drenova, N. V., Isin, M. M., Dzhamurzina, A. A., Zharmukhamedova, G. A. and Aitkulov, A. K. 2012. Bacterial fire blight in the Republic of Kazakhstan. *Plant Health Res. Pract.* 1: 44-48.
- EPPO. 2013. PM 7/20 (2) *Erwinia amylovora*. *Bull. OEPP/EPPO Bull.* 43: 21-45.
- Fatmi, M., Bougsiba, M. and Saoud, H. 2008. First report of fire blight caused by *Erwinia amylovora* on pear, apple, and quince in Morocco. *Plant Dis.* 92: 314.
- Johnson, K. B. and Temple, T. N. 2016. Comparison of methods of acibenzolar-S-methyl application for post-infection fire blight suppression in pear and apple. *Plant Dis.* 100: 1125-1131.
- Myung, I.-S., Yun, M.-J., Lee, Y.-H., Kim, G.-D. and Lee, Y.-K. 2016. First report of fire blight caused by *Erwinia amylovora* on Chinese quince in South Korea. *Plant Dis.* 100: 2521.
- Norelli, J. L., Jones, A. L. and Aldwinckle, H. S. 2003. Fire blight management in the twenty-first century: using new technologies that enhance host resistance in apple. *Plant Dis.* 87: 756-765.
- 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.
- 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 Hortic. Sci.* 29: 35-43.