

2013–2015년 충북에서 주요 토양병에 의한 사과나무 고사 실태

Dieback of Apple Tree by Major Soil Borne Diseases in Chungbuk Province from 2013 to 2015

이성희¹ · 권의석¹ · 신현만¹ · 김익제¹ · 남상영¹ · 홍의연¹ · 권순일² · 김대일³ · 차재순^{3*}¹충청북도농업기술원 연구개발국, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 사과연구소,³충북대학교 농업생명환경대학Sung-Hee Lee¹, Yeuseok Kwon¹, Hyunman Shin¹, Ik-Jei Kim¹, Sang-Yeong Nam¹,
Eui Yon Hong¹, Soon-Il Kwon², Daeil Kim³, and Jae-Soon Cha^{3*}¹Bureau of Research & Development, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea²Apple Research Institute, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration, Gunwi 39000, Korea³College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea***Corresponding author**

Tel: +82-43-261-2554

Fax: +82-43-271-4414

E-mail: jscha@cbnu.ac.kr

Recently, severe dieback of apple tree has occurred in the apple orchards of Chungbuk province. Dieback rate and its casual agents have been investigated on the Chungbuk province apple orchards in 2013–2015. Out of 29,265 apple trees in the 27 orchards throughout Chungbuk province, 4,000 apple trees (13.7%) showed dieback symptoms. The causes of dieback were *Phytophthora* rot (50.4%), violet root rot by *Helicobasidium* sp. (27.1%), rodents (10%), white root rot by *Rosellinia* sp. (6.3%), and freezing injury (6.3%). Compared to previous reports published in 1995 and 2006, *Phytophthora* rot was the most dominant disease, which is thought to be due to high temperature during growing season and the increase of lowland cultivation. Results of this study will be useful to establish of the management strategy of apple tree dieback that has been increased recently.

Keywords: Apple tree, Dieback, Root rot, Soil-borne disease

Received June 11, 2016

Revised June 28, 2016

Accepted August 18, 2016

최근에 충북지방의 사과과원에서 토양병에 의한 사과나무 고사로 인한 농가의 경제적인 손실이 심각하다. 토양병원균에 감염된 사과나무의 근권 부위의 피해로 인해 지상부의 엽수가 줄어들어 빈가지 수가 증가하고, 생육이 부진하게 되어 착과가 불량해진다. 이러한 지상부의 증상은 생리장애와 혼동하기 쉽고, 병이 느리게 진전되므로 사과나무의 고사 원인을 빠르고 정확하게 알아내기는 어렵다(Lee

등, 1995). 또한 병이 많이 진전이 되어 병징이 뚜렷해질 시기에는 근권부의 부패가 심하여 방제 시기를 놓치게 되고 병든 사과나무는 결국 고사하게 된다(Lee 등, 2009). 더욱이 감염된 뿌리를 완전하게 제거하지 못하기 때문에 토양을 통한 병 확산은 계속되어 발병 과원에서는 방제에 커다란 어려움을 겪고 있다.

우리나라의 사과과원에서 사과나무 토양병의 발생실태에 대한 연구결과는 매우 드물다. 1995년에 전국 사과 주산지 중심에서 토양병해 발생 현황이 보고되었고(Lee 등, 1995), 1992–2000년 사이에 발생한 주요 사과병해의 발생실

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.

태 조사 결과의 일부로 사과나무 뿌리에 발생하는 병의 종류 및 발생 정도가 보고된 바 있다(Lee 등, 2006). 본 연구에서는 2013년부터 2015년까지 충청지방의 사과과원에서 발생하는 사과나무 고사의 원인으로 토양병해의 발생실태를 조사하였다.

충청지방의 9개 시·군에서 10주 이상 고사한 사과과원 27개소를 선정하여 조사하였다. 선정된 사과과원에서 건전주와 비교하여 지상부 전체에 현저하게 빈가지 수가 많고, 잎의 크기가 작으며, 신초의 생장이 불량한 사과나무를 조사하였다. 대상 사과나무의 지제부와 근권에서 물리적 손상, 병징, 균류의 표징을 바탕으로 진단하였다(Fig. 1). 자주날개무늬병은 지제부 및 근권부 수피에서 적자색 균사속을 확인하였고(Lee 등, 1995), 흰날개무늬병은 목질부에 백색 부채모양의 균사막과 균사속을 확인하였다(Lee 등, 2009; RDA, 1993; Richard, 1990; Sivanesan과 Holliday, 1972). 역병은 지제부의 수피 및 목질부가 뚜렷한 병원균 표징이 없이 검은색으로 변색된 조직을(Jee 등, 1997, 2001) 채취하여 국립원예특작과학원 사과연구소에 진단을 의뢰하여 확인하였다. 또한 각 병의 병환부에서 채취한 표징으로부터 균류의 특징을 광학현미경(Leica DMRE; Leica, Wetzlar, Germany)으로 조사하고, 국립농업유전자원센터에서 분양받은 균주의 특징과 비교하여 해당 병원균을 확인하였다. 자주날개무늬병균의 병원균의 경우 균사속은 격벽이 있는 갈색으로 직립모양인지, 흰날개

무늬병균의 경우 균사에서 가장 큰 특징인 격벽부가 서양배모양인지 확인하였다. 이러한 병리적 특징이 관찰되지 않은 경우 지제부와 근권부의 물리적 상해의 특징을 바탕으로 동해와 설치류 피해로 구분하였다(Fig. 1).

전체 조사대상 사과과원 27개소에서 총 29,265주가 식재되어 있었고 고사한 주수는 4,000주로 전체 고사율은 13.7%였다. 자주날개무늬병에 의한 고사주 수는 1,085주로 고사율은 3.7%였고, 흰날개무늬병에 의한 고사주 수는 250주로 고사율은 0.9%였으며, 역병에 의한 고사주 수는 2,015주로 고사율은 6.9%였다. 또한, 동해 및 설치류에 의한 고사주 수는 각각 250주와 400주였으며, 고사율은 각각 0.9%와 1.4%였다(Table 1). 고사 원인별로 보면 전체 고사의 50.4%가 역병에 의해, 27.1%가 자주날개무늬병에 의해, 10.0%가 설치류에 의해, 6.3%가 각각 흰날개무늬병과 동해에 의해 고사하는 것으로 나타났다. 이상의 결과는 충청지방의 사과과원에서 사과 고사의 원인은 반 이상이 역병에 의해서 일어나며, 자주날개무늬병이 2번째 원인이고, 흰날개무늬병이 가장 낮은 고사의 원인이었다. 또한, 설치류 및 동해에 의한 고사는 피해과원의 수는 적었으나 피해율은 상당히 높았다(Table 1).

1992-2000년 사이에 발생한 주요 사과병해의 발생실태 조사결과(Lee 등, 2006)에서는 충청지방의 조사결과가 따로 나와 있지 않았다. 역병은 *Phytophthora cactorum*에 의한 지상부와 뿌리에 모두 발생하는 역병과 *P. cambovora*에 의한

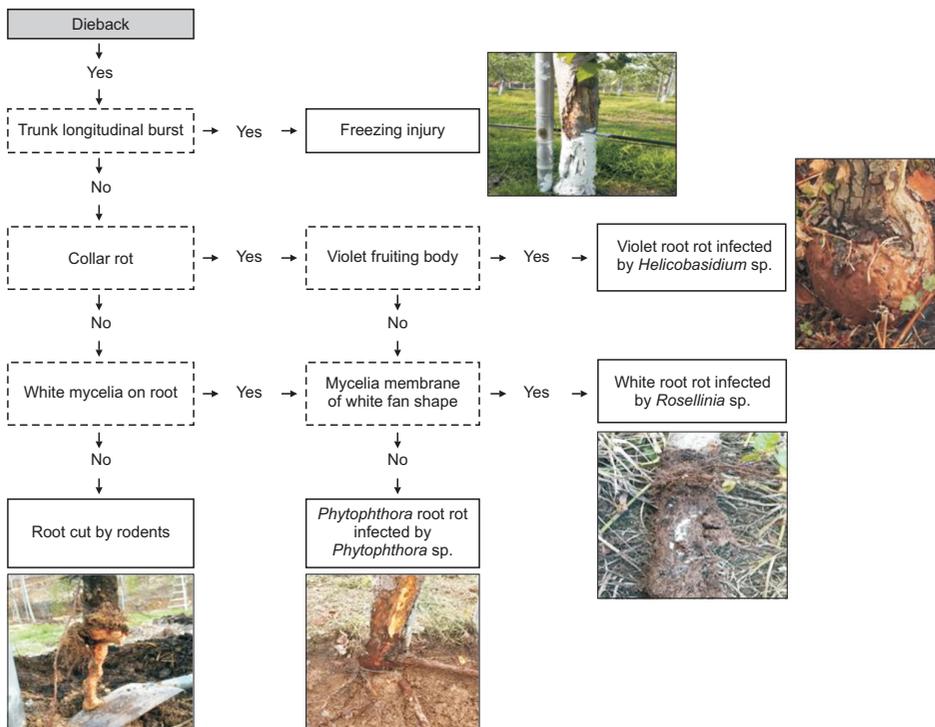


Fig. 1. Diagnostic procedure for apple tree dieback occurred on the apple orchards.

Table 1. Apple tree dieback occurred on the apple orchards of Chungbuk province and its casual agents

Location	No. of examined trees	No. of trees damaged by soil-borne diseases (%)			No. of trees damaged by others (%)		Total number of damaged trees (%)
		VRR	WRR	PR	FI	RD	
Cheongju	650	0	0	100 (15.4)	0	0	100 (15.4)
Chungju	1,800	130 (7.2)	0	0	0	0	130 (7.2)
Jecheon	10,825	835 (7.7)	90 (0.8)	150 (1.4)	0	0	1,075 (9.9)
Boeun	1,600	0	0	0	250 (15.6)	300 (18.8)	550 (34.4)
Okcheon	900	0	0	0	0	100 (11.1)	100 (11.1)
Yeongdong	2,200	0	130 (5.9)	265 (12.1)	0	0	395 (18.0)
Jincheon	860	0	0	220 (25.6)	0	0	220 (25.6)
Geosan	7,480	120 (1.6)	30 (0.4)	690 (9.2)	0	0	840 (11.2)
Eumseong	2,950	0	0	590 (20.0)	0	0	590 (20.0)
Total number of damaged trees (%)	29,265	1,085 (3.7)	250 (0.9)	2,015 (6.9)	250 (0.9)	400 (1.4)	4,000 (13.7)

%=(number of damaged trees/number of examined trees)×100.

VRR, violet root rot by *Helicobasidium* sp.; WRR, white root rot by *Rosellinia* sp.; PR, *Phytophthora* rot by *Phytophthora* sp.; FI, freezing injury; RD, damage by rodents.

뿌리역병을 따로 조사하였는데, 전국적으로 두 가지 역병 (+) 모두 자주날개무늬병(++)과 흰날개무늬병(++)의 발병도 보다 낮았다. 보고된 조사결과가 전국적 조사의 결과이고, 또한 각 병해의 발생 정도를 발병도(+++, ++, +)로 표시하여 충북지방에서 발병률을 조사한 본 연구의 결과와 직접 비교할 수는 없지만, 본 연구결과는 1992-2000년보다 최근에 역병이 증가하였음을 나타내주고 있다. 1991-1993년 동안 충북의 3개 지역 960주 사과나무의 조사된 결과(Lee 등, 1995)에서는 역병의 발생은 관찰되지 않았고, 자주날개무늬병(15주)과 흰날개무늬병(14주)은 각각 1.6%, 1.5%가 발생한 것으로 보고되었다. 그러나 본 연구결과에서는 역병이 충북지방 조사지역 9개 시·군 중 6개 시·군에서 발생하여 각각 3개 시·군에서 발생한 자주날개무늬병과 흰날개무늬병보다 더 광범위한 지역에서 발생하였다(Table 1). 이상의 결과들은 조사방법 및 조사대상의 차이가 있어서 직접 비교하기에는 어려움이 있음에도 불구하고 충북지방에서 최근에 사과 역병의 발생이 크게 증가하였음을 의미한다.

사과 역병의 최근 발생 증가의 원인은 답전윤환 재배에 따른 배수 불량, 암거 배수 효과(Jung 등, 2010, 2012; Kim 등, 2001)의 저하, 토양 과습, 역병균 밀도 증가(Gur 등, 1972, 1976; Jee 등, 2000; Park과 Oh, 2001) 및 지온 상승(Sagong 등, 2011)에 따른 각종 스트레스(Park과 Oh, 2001; Sachs 등, 1980; Skaggs 등, 1982; Waisel 등, 1991)와 고온장해(Gur 등, 1972, 1976; Park과 Oh, 2001)가 원인이라 생각한다.

충북지방의 지역별 고사율을 청주를 중심으로 북부권(충주, 제천, 진천, 괴산, 음성)과 남부권(청주, 보은, 옥천, 영동)으로 나누어서 보면, 북부권은 총 18개소에서 2,855주가 고사하였고 고사율은 9.8%였다. 그 중 자주날개무늬병에 의해 3.7%, 흰날개무늬병에 의해 0.4%, 역병에 의해 5.6%의 고사율을 보였다. 반면에, 청주를 포함한 남부권은 총 9개소에서 1,145주가 고사하였고 고사율 3.9%였다. 그 중 흰날개무늬병에 의해 0.4%, 역병에 의해 1.2%였다. 또한 동해에 의해 0.9%, 그리고 설치류에 의해 1.4%를 보였다. 이상의 결과는 충북의 북부지역에서 남부지역보다 고사율이 2배 이상 높았으며, 자주날개무늬병은 북부지역에서만, 설치류 및 동해 피해는 남부지역에서만 발생함을 의미한다. 물론 본 연구에서 충북 지역의 모든 사과과원을 조사한 것이 아니기 때문에 '자주날개무늬병은 남부지역에서 발생하지 않는다' 또는 '설치류 및 동해피해는 북부지역에서 일어나지 않는다'라고 주장하기는 어렵지만 최소한 충북지방 북부와 남부지역별로 해당 병과 고사 원인에 차이가 있음을 보여주고 있다. 본 조사결과에서 사과나무 전체 고사율은 13.7%로 나타났는데, 이 결과는 본 연구에서 이미 고사한 사과나무가 있는 사과과원을 대상으로 조사하였기 때문에 전체 사과과원의 평균 고사율 보다는 높게 조사되었을 가능성이 높다. 그럼에도 불구하고 고사율 13.7%는 매우 심각한 것으로서 재배자에게 상당한 경제적 피해를 초래하고 있음을 의미한다. 사과나무 고사의 방제는 농약 살포로 해결될 수 없으므로 발생실태와 원인을

밝히는 일이 매우 중요하며, 이를 바탕으로 종합적이고 효과적인 방제대책을 수립하는 것이 필요하다고 판단된다. 향후, 각 토양병의 발생과 사과나무 품종, 대목, 재배환경과의 원인관계에 대한 더 자세한 조사가 필요하다.

요 약

최근 충청지방의 사과과원에서 사과나무 고사가 심각한 피해를 주고 있다. 본 연구는 2013-2015년까지 충청지방 사과과원에서 발생한 사과나무의 고사율 및 고사 원인별로 조사하였다. 충북 9개 시·군 27개 사과과원에서 조사한 29,265 주 중에서 13.7%인 4,000주가 고사하였다. 고사 원인별로는 전체 고사의 50.4%는 역병에 의해, 27.1%는 자주날개무늬병, 10%는 설치류, 그리고 6.3%는 각각 흰날개무늬병과 동해에 의해 발생했다. 1995년과 2006년에 보고된 결과와 비교했을 때 최근에 역병의 발생이 크게 증가한 것으로 나타났다. 그 이유는 재배기간 동안의 고온과 눈을 이용한 재배면적의 증가 때문으로 생각한다. 충청지방의 지역별로 고사율과 고사 원인이 달랐다. 본 연구결과는 최근 심각한 피해를 주는 사과나무 고사에 대한 대책을 수립하는 데 기초자료로 활용될 것이다.

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 Agriculture Science and Technology Development (Project No. PJ010014052016)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Gur, A., Bravdo, B. and Mizrahi, Y. 1972. Physiological responses of apple trees to supraoptimal root temperature. *Physiol. Plant.* 27: 130-138.
- Gur, A., Hepner, J. and Mizrahi, Y. 1976. The influence of root temperature on apple trees. I. Growth responses related to the application of potassium fertilizer. *J. Hortic. Sci.* 51: 181-193.
- Jee, H. J., Cho, W. D. and Kim, C. H. 2000. *Phytophthora* diseases in Korea. Rural Development Administration, Suwon, Korea. 226 pp.
- Jee, H. J., Cho, W. D. and Kim, W. G. 1997. *Phytophthora* diseases of apple in Korea: I. Occurrence of a destructive collar rot caused by *P. cactorum*. *Korean J. Plant Pathol.* 13: 139-144.
- Jee, H. J., Cho, W. D., Nam, K. W. and Park, Y. S. 2001. Outbreak of *Phytophthora* rot on pear under environmental conditions favorable to the disease. *Plant Pathol. J.* 17: 231-235.
- Jung, K. Y., Yun, E. S., Park, C. Y., Hwang, J. B., Choi, Y. D., Jeon, S. H. and Lee, H. A. 2012. Variation of soil physical characteristics by drainage improvement in poorly drained sloping paddy field. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 45: 704-710. (In Korean)
- Jung, K. Y., Yun, E. S., Park, K. D. and Park, C. Y. 2010. Evaluation of drainage improvement effect using geostatistical analysis in poorly drained sloping paddy soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 43: 804-811. (In Korean)
- Kim, L. Y., Cho, H. J., Hyun, B. K. and Park, W. P. 2001. Effects of physical improvement practices at plastic film house soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34: 92-97. (In Korean)
- Lee, D. H., Choi, K. H. and Uhm, J. H. 2009. Cytochalasin E production by *Rosellinia necatrix* and its pathogenicity on apple. *Res. Plant Dis.* 15: 46-50. (In Korean)
- Lee, D. H., Lee, S. W., Choi, K. H., Kim, D. A. and Uhm, J. Y. 2006. Survey on the occurrence of apple diseases in Korea from 1992 to 2000. *Plant Pathol. J.* 22: 375-380.
- Lee, S. B., Chung, B. K., Jang, H. I., Kim, K. H. and Choi, Y. M. 1995. Incidence of soil-borne diseases in apple orchards in Korea. *Korean J. Plant Pathol.* 11: 132-138. (In Korean)
- Park, J. M. and Oh, S. D. 2001. Effect of root zone temperature in orchard on the air and the chemical properties of the soil, and the growth of "Fuji" apple trees. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34: 380-386. (In Korean)
- [RDA] Rural Development Administration. 1993. Compendium of fruit tree diseases with color plates. Rural Development Administration, Suwon, Korea. 286 pp.
- Richard, T. H. 1990. Illustrated Genera of Ascomycetes. APS Press, St. Paul, MN, USA. pp. 114-115.
- Sachs, M. M., Freeling, M. and Okimoto, R. 1980. The anaerobic proteins of maize. *Cell* 20: 761-767.
- Sagong, D. H., Lee, S. J., Han, S. G. and Yoon, T. M. 2011. The influence of materials for surface mulching on soil temperature and vegetative growth of apple nursery trees. *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 13: 1-9. (In Korean)
- Sivanesan, A. and Holliday, P. 1972. *Rosellinia necatrix*. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 352. Commonw. Mycol. Inst./Assoc. Appl. Biol., Kew, Surrey, England.
- Skaggs, R. W., Hardjoamidjojo, S., Wiser, E. H. and Hiler, E. A. 1982. Simulation of crop response and subsurface drainage systems. *Trans. ASAE* 25: 1673-1678.
- Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U. 1991. Plant root: the hidden half. Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA. pp. 309-392.