

우리나라 사과 과수원의 토양 병해 발생 현황

이상범* · 정봉구¹ · 장한익 · 김기홍 · 최용문
원예연구소 원예환경과, ¹충북대학교 농생물학과

Incidence of Soil-Borne Diseases in Apple Orchards in Korea

Sang Bum Lee*, Bong Koo Chung¹, Han Ik Jang, Kee Hong Kim and Yong Mun Choi

*Horticultural Environment Division, National Horticultural Research Institute, RDA,
Suwon 410-440, Korea

¹Department of Agricultural Biology, College of Agriculture, Chungbuk National University,
Cheongju 360-763, Korea

Abstract : Occurrence of soil-borne diseases in apple orchards in Korea was investigated from 1991 to 1993. The infection rate of apple trees by soil-borne fungi was 8.1%. Violet root rot caused by *Helicobasidium mompa* and white root rot caused by *Rosellinia necatrix* were the two major soil-borne diseases, and the infection rates were 5.1% and 2.5%, respectively. The typical underground symptom of the violet root rot was characterized by brown-to-violet mycelia on decaying feeder roots, which extended to the cortex and cambium of the root. Fruiting bodies of the pathogen were formed on the trunk at soil surface in late autumn. On the other hand, the characteristic underground symptom of the white root rot was rotting of the root system surrounded by the white mycelia. The disease incidence rate of the violet root rot was relatively higher in newly made (less than 10-year-old) apple orchards, while the reverse was observed in the white root rot. The degree of dwarfishness of the rootstock was positively related to the infection rate of the violet root rot, but not to the white root rot. The violet root rot occurred most in clay loam soil and the white root rot occurred most in sandy loam soil.

Key words : *Rosellinia necatrix*, *Helicobasidium mompa*, apple, ecology.

우리나라 사과나무에 발생하는 병으로 조선작목병 해목록(14)과 한국식물병해충잡초명감(9)에 각각 32종과 41종의 병이 기록되어 있으나 지하부에 발생하는 병으로는 자주날개무늬병과 역병이 기록되어 있을 뿐 다른 토양병에 대한 연구보고는 없다.

사과나무의 가지와 잎 및 과실 등 지상부에 발생하는 병은 피해가 가시적으로 수치화 및 계량화가 이루어지기 때문에 연구와 방제의 주요 대상이 되어 왔으며, 완전치는 못하지만 현재 거의 모든 지상부 병에 대한 방제방법 및 수단이 확립되어 있다. 그러나 지하부 병에 대한 연구는 매우 빈약한 실정이다.

사과나무는 지상부와 같은 정도의 지하부가 보이지 않는 땅속에 분포하고 있음을 생각할 때 뿌리에 발생하는 병해에 대한 연구가 절실히 요구되고 있다. 과수의 경우는 특히 뿌리에 병이 발생되었다 하더라도 병

의 진전이 느리고 병징의 발현이 뚜렷하지 않기 때문에 발견을 확인하기가 쉽지 않다. 또한 감염된 나무에서 나타나는 지상부의 피해증상은 일반적으로 기상환경, 나무영양 상태 및 재배환경 요인에 의하여 나타나는 생리적 장애 증상과 혼동되는 경우가 많다.

사과나무 뿌리부위에 발병하여 피해를 일으키는 주요병으로는 흰날개무늬병, 자주날개무늬병, 역병, 은엽병, 뽕나무뿌리썩음병 등이 알려져 있으나(7, 8) 이들 병의 발생현황 및 발생생태에 관한 연구 보고는 아직까지 우리나라에서는 없다. 그러므로 우리나라 사과 주산단지를 중심으로 토양병의 발생현황을 조사하고 발생생태를 분석하여 방제 대책을 위한 기초자료를 제공하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

사과원의 토양병 발생현황 및 발생생태를 조사하기

*Corresponding author.

위하여 1991년부터 1993년까지 충북 충주시, 증원군, 음성군, 충남 예산군, 홍성군, 전북 익산군, 전남 영암군, 경북 경산군, 군위군, 안동군, 문경군, 영풍군, 상주군, 의성군 등 총 14개 시군별로 각각 3~5개 농가를 임의 선정하여 사과원당 최소한 50주 이상을 조사하였다. 나무의 수령과 대목의 종류는 재배자에게 물어서 확인하였고 과수원의 경사도가 3° 이상을 경사지, 3° 이하를 평탄지로 하였으며 논을 과수원으로 전환한 경우는 별도로 구분하여 저지대로 분류하였다. 재식 거리는 열간과 주간의 거리를 측정하였고 나무의 수세는 150~200 cm 높이에서 나무당 신초 20개의 길이를 7월 하순경에 조사하여 평균 신초의 길이가 50 cm 이상을 상, 30~50 cm를 중, 30 cm 이하를 하로 구분하였다. 또한 조사 과원으로부터 수집한 토양은 농업과학기술훈 토양물리과에 의뢰하여 토성의 종류를 구분하였다.

수세가 저조한 나무를 중심으로 지하부 뿌리생육 및 병 발생 여부를 현장에서 조사하였고, 병든뿌리와

근권토양을 수집하여 습실처리, 배나무 가지를 이용한 포착방법(9, 10, 15)으로 순수 분리한 병원균을 광학 및 실체 현미경으로 관찰하여 조사하였다.

한편 자주날개무늬병과 흰날개무늬병에 감염된 나무의 지상부 및 지하부 병징은 동일한 나무를 선정하여 개화기부터 수확기까지 30일 간격으로 건전한 나무와 비교하여 나타나는 이상 증상을 관찰하였다.

결 과

토양병해 발생현황. 우리나라 사과원의 날개무늬병 발생현황을 조사한 결과, 조사한 모든 지역에서 감염 및 발병을 확인할 수 있었으며 전체 조사주수 4,320주의 8.1%가 각종 토양병에 감염되어 있었다(Table 1). 각종 토양병에 이병된 사과나무의 조직을 수집하여 병원균을 조사한 결과, 발생빈도가 높은 병은 자주날개무늬병(5.1%)과 흰날개무늬병(2.5%)이었으며 역병은 0.2%에 불과하였다. 따라서 우리나라 사

Table 1. Incidence of soil-borne diseases on apple tree in regional apple orchards from 1991 to 1993 in Korea

Location	No. of orchards ^a	No. of examined trees	No. of diseased trees ^b				Total
			VRR	WRR	PRR	Others	
Chungbuk							
Chungju	5	480	0	14	0	1	15(3.1) ^c
Chungwon	3	240	7	0	0	0	7(2.9)
Eumsung	3	240	8	0	0	0	8(3.3)
Chungnam							
Yesan	3	240	21	0	0	0	21(8.6)
Hongsung	3	240	11	0	0	0	11(4.6)
Kyeongbuk							
Kyeongsan	4	480	0	18	0	1	19(4.0)
Andong	3	240	0	36	0	1	37(15.4)
Sangju	3	240	0	15	0	0	25(6.3)
Euisseong	3	240	0	4	2	0	6(2.5)
Yeongpung	3	240	0	2	0	1	3(1.3)
Munbyeong	3	240	0	4	0	0	4(1.7)
Kunwi	4	480	0	25	3	1	29(7.3)
Jeonbuk							
Iksan	3	360	10	0	4	0	14(3.9)
Jeonnam							
Yeongam	3	360	163	0	0	0	163(45.3)
Total	46	4,320	220(5.1)	118(2.5)	9(0.2)	5(0.1)	352(8.1)

^a The highest disease incidence was observed in an orchard in Yeongam for VRR (60%), in an orchard in Andong for WRR (20.4%), and in an orchard in Iksan for PRR (8.0%).

^b VRR : violet root rot, WRR : White root rot, PRR : Phytophthora root rot. Others include Armillaria root rot and unknown diseases.

^c Numbers in parentheses are percentages of disease incidence relative to the total trees examined.

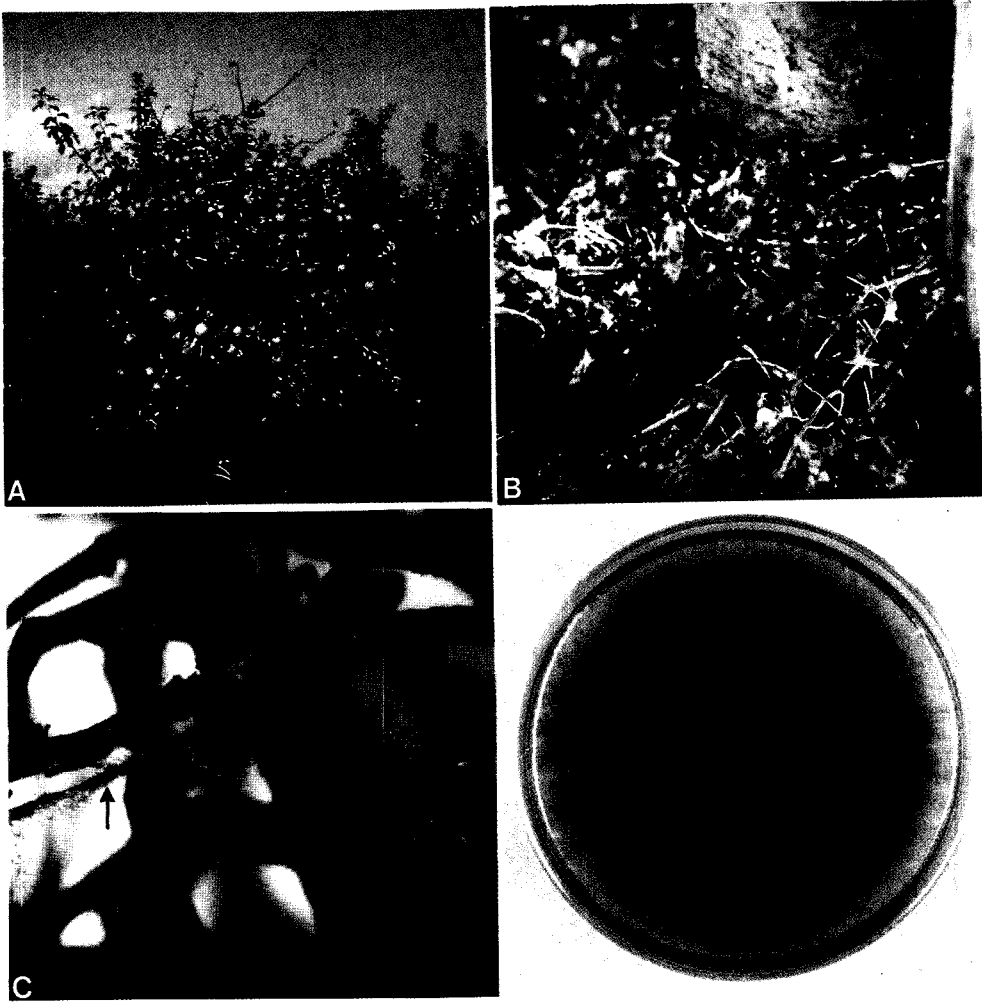


Fig. 1. Typical symptoms and the pathogen of apple violet root rot caused by *Helicobasidium mompa*. A : diseased apple tree (Fuji/M26, 8-years-old), B : fruiting bodies of the fungus formed around the trunk near the soil surface, C : strands of the fungus on the root, D : colony of *H. mompa* on PDA.

과원의 우점 토양병은 자주날개무늬병과 흰날개무늬병으로 조사되었다. 그러나 이들 토양병의 발생이 극심한 과원의 경우 최고 이병율이 흰날개무늬병 20.4%, 자주날개무늬병 60.0%, 역병 8.0%에 달하여 감염율은 재배지역 및 과원에 따라 크게 다른 양상을 나타내었고, 심한 경우 폐원에 이르는 경우도 있었다.

한편 사과원의 우점 토양병인 자주날개무늬병과 흰날개무늬병의 분포는 지역간에 분명한 차이를 보였다. 즉, 오랫동안 사과를 재배하여 노후과원의 분포가 많은 경북 지역과 충북 충주 지역에서는 조사한 사과원에서 주로 흰날개무늬병의 발생만이 확인된 반면,

최근 야산 개간지를 중심으로 새로이 조성된 사과 단지인 충북 증원과 음성, 전북 익산 및 전남 영암 등지에서는 자주날개무늬병의 발생만이 확인되었다.

날개무늬병의 병징. 사과나무에서 자주날개무늬병이나 흰날개무늬병의 지상부 병징은 아주 유사하였다 (Fig. 1A, 2A). 자주날개무늬병에 감염된 나무의 지상부 병징은 조기개화, 수세약화, 신초생장 불량 등이며 잎이 작아지며 조기황화, 조기낙엽, 고온기의 심한 위조현상이 나타나고, 과실은 생육 불량 및 조기 착색 등이었다. 흰날개무늬병의 발병 초기 지상부 병징은 조기낙엽, 과실의 조기착색이 나타나며 병이 점차 진

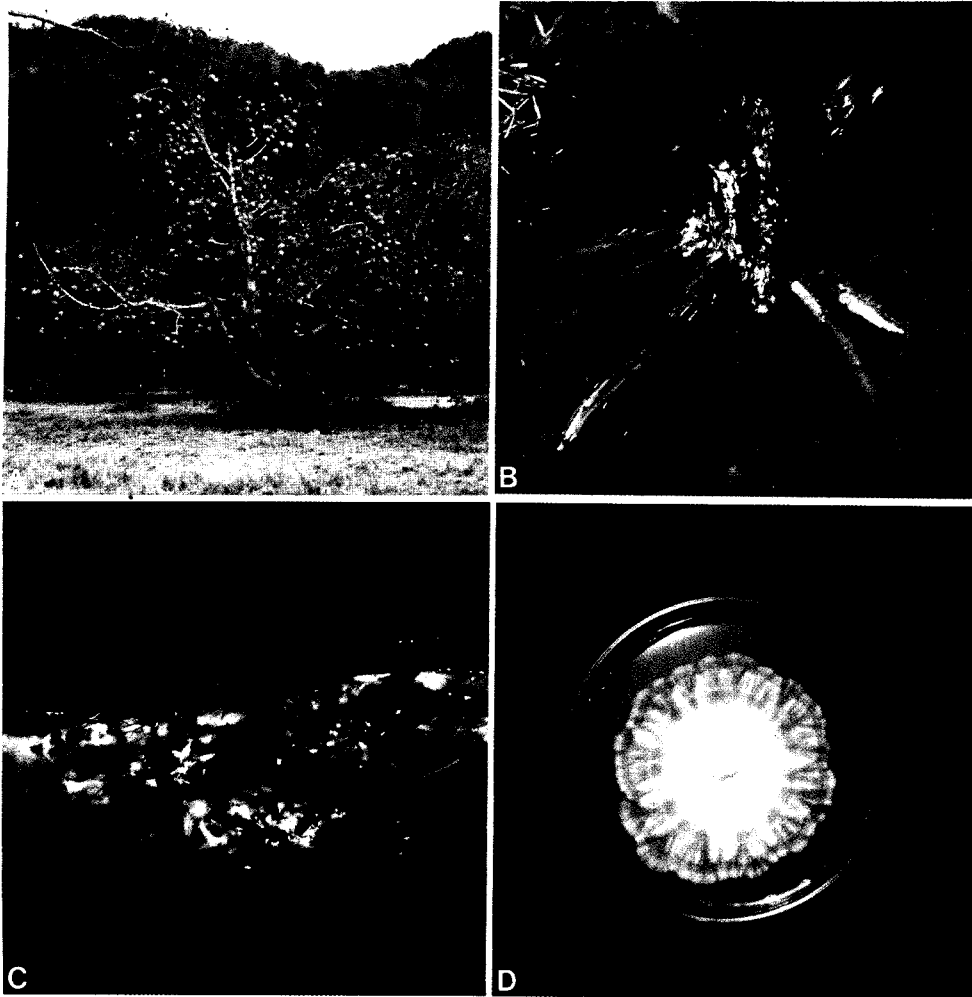


Fig. 2. Typical symptoms and the pathogen of apple white root rot caused by *Rosellinia necatrix*. A : diseased apple tree (Fuji/free stock, 25-years-old), B : white mycelial mat on the wood surface of the underground trunk, C : white mycelium on root, D : colony of *R. necatrix* on PDA.

행되면 신초의 생장이 억제되고 꽃눈 분화가 많아졌다. 발병 후기의 병징은 신초의 생장이 급격히 나빠지며 수세가 현저하게 쇠약해져 마침내 나무 전체가 고사하였다.

자주날개무늬병의 지하부 병징은 심하게 감염된 나무의 지하부 표피에 적자색 실모양의 균사(菌絲)나 균사속(菌絲束)이 나타나는 것이었다. 이 병원균의 적자색 균사속은 다른 토양병원균에서 볼 수 없으므로 쉽게 판정이 가능하였다. 이 병원균에 감염된 사과나무의 뿌리는 표피가 쉽게 벗겨지고 목질부로부터 잘 이탈되었다. 또한 9월 하순이나 10월 초순 경에 지면부

의 수간 부위에 자갈색의 균사막이 형성되었다(Fig. 1B, 1C). 흰날개무늬병은 병의 진행속도가 빨라서 자주날개무늬병보다 급성적으로 나타났다. 흰날개무늬병에 심하게 피해를 받은 나무의 뿌리는 이 병의 특징이라 할 수 있는 흰색의 균사막으로 싸여 있었으며, 이 균사막은 시간이 경과하면서 회색 내지 흑색으로 변하였다. 굵은 뿌리의 표피를 제거하면 목질부에 백색 부채모양(白紋羽)의 균사막과 실모양의 균사속을 확인 할수 있었다. 이 병원균은 목질부까지 부패시키므로 병의 증세가 심하게 나타났다(Fig. 2B, 2C). 순수 분리한 자주날개무늬병균과 흰날개무늬병균의 po-

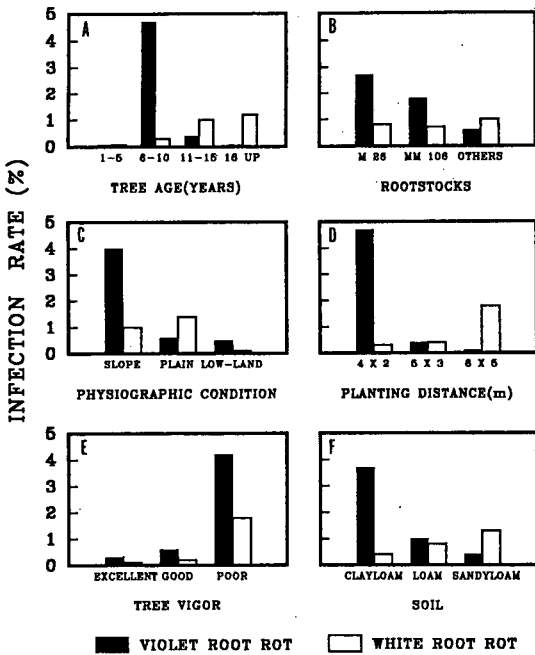


Fig. 3. Infection rates of violet and white root rots on apple trees in different biological and cultural conditions [A : tree age, B : types of rootstocks related to the degree of dwarfishness (the degree of dwarfishness: M 26 > MM 106 > others), C : physiographic conditions of apple orchards (> 3°=slope, < 3°=plain, and orchard from paddyfield=low-land), D : planting distance, E : tree vigor (average length of new branches at the height of 150~200 cm, > 50 cm=excellent, 30~50 cm=good, < 30 cm=poor), and F : nature of apple orchard soils].

tato dextrose agar에서 생육 모양은 Fig. 1D 및 Fig. 2D와 같다.

날개무늬병의 발생생태. 자주날개무늬병과 흰날개무늬병의 발생과 나무의 나이, 대목의 종류, 사과원의 지형, 재식거리, 나무의 세력 및 토성과의 관련성을 조사한 결과는 Fig. 3와 같다. 자주날개무늬병의 발생은 10년 이하의 과원에서 주로 발생하고 있는 반면, 흰날개무늬병의 발생은 10년 이상의 과원에서 많았다(Fig. 3A). 사과나무 대목 종류에 따른 날개무늬병의 발생을 조사한 결과, 자주날개무늬병은 왜화도가 높은 M 26 > MM106 > 일반대목 순으로 발생이 많았으나 흰날개무늬병은 대목의 종류와 관계없이 고른 발병 양상을 나타내었다(Fig. 3B). 한편 사과원의 지형에 따른 발병양상은 자주날개무늬병 발생이 야산 개간지의 경사지에 많은 반면, 흰날개무늬병의 발생은 평탄지에서 많았다(Fig. 3C). 두 병 모두 밀식과원에서 발병

이 현저하게 높았는데(Fig. 3D) 조식한 과원에서의 발병은 산발적으로 나타나고 있었으며 병의 전파속도가 극히 완만한 것으로 조사되었다.

전체적으로 수세가 불량한 과원에서 두 날개무늬병의 발생이 뚜렷이 많았다(Fig. 3E). 이러한 과원에서는 뿌리의 생육불량과 함께 날개무늬병균의 뿌리 침해로 수세의 저하가 더욱 빠르게 진행되고 있었다. 사과원의 토성별 자주날개무늬병의 발생은 식양토 > 양토 > 사양토 순으로 많았으나 흰날개무늬병의 발생은 반대로 사양토 > 양토 > 식양토 순으로 많았다(Fig. 3F). 또한 자주날개무늬병의 발생은 수직배수가 불량한 과원에서 많은 반면, 흰날개무늬병은 배수정도에 따른 발병의 차이가 뚜렷하지 않았다(자료 미제시).

고찰

우리나라에서도 과수 토양병에 대한 현황조사 및 대책에 대한 필요성이 크게 대두되고 있다. 사과나무의 경우 조사 주수의 약 8.1%가 자주날개무늬병 등의 토양병에 감염되어 있거나 피해증상을 나타내고 있었다. 그밖에 드물지만 뽕나무 뿌리썩음병균에 감염되어 고사된 경우도 있었고, 병원균이 아직 동정되지 않은 것도 있었다. 이러한 조사결과는 일본에서 보고된 과수의 모든 과종에서 전체 재식주수의 약 10%가 날개무늬병에 감염되어 있다는 보고(12)와 거의 일치하고 있다. 전체적으로 자주날개무늬병의 발생이 월등히 높은 것으로 조사되었다. 그러나 병의 진행속도가 흰날개무늬병이 자주날개무늬병보다 훨씬 빠르며, 실제적인 피해양상도 흰날개무늬병의 피해가 훨씬 더 심한 것으로 보여진다.

날개무늬병의 이병된 나무는 수세가 약해지는 증상을 보인다. 그러나 날개무늬병에 감염된 나무에서 나타나는 지상부의 병징은 재배적 또는 생리적 이상증상과 유사하므로 지하부의 조사가 반드시 이루어져야 병의 원인을 판별할 수 있다. 이 연구에서 나타나 있듯이 자주날개무늬병과 흰날개무늬병은 지하부 병든 부위에 특징적인 균사나 균사속이 관찰되어 판별이 용이하였다. 앞으로 감염초기에 이병 여부를 판별할 수 있는 방법의 개발과 토양병에 의한 피해증상과 생리적 장애증상과의 분명한 구별 방법이 계속적으로 연구되어야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 사과재배가 10년 이상된 과원에서는 흰날개무늬병의 발생이 현저하게 많았고 10년 미만의 과원에서는 자주날개무늬병의 발생이 많았다. 1991~1993년 조사기간 자주날개무늬병의 발생이 많은 이유

도 최근 과수산업의 발달로 새로 조성된 사과원이 많기 때문에 나타난 결과로 생각된다. 이러한 원인을 Terui 등(16)은 토양내 fulvic acid의 변화에 기인된 것으로 해석하고 있는데 fulvic acid의 변화는 과원 토양의 숙전화와 깊은 관계가 있는 것으로 보고되어 있다. 한편 날개무늬병에 심하게 이병된 포장과 건전 포장의 토양 이화학성을 분석한 결과 (자료미제시), 자주날개무늬병의 발생이 심한 과원은 토양 pH가 낮고 유기물과 전질소 함량이 높은 것으로 조사되어 미숙전 토양의 특성(16)을 나타내었고, 흰날개무늬병의 발생이 많은 숙전 과원의 토양은 특징적으로 Ca^{2+} 함량이 높았다. 이 연구에서는 토양의 이화학성을 조사한 포장수가 한정되어 있어서 과원의 숙전과 토양의 이화학성 및 날개무늬병 발생과의 관계를 확실히 알 수 없다. 앞으로 보다 많은 과원을 조사하여 이의 관계를 구명하면 이들 병의 효율적인 방제방법의 개발을 위해 도움이 될 것으로 사료된다.

왜화도가 높을수록 자주날개무늬병의 발생이 많은 것으로 조사되었는데 왜화도가 높은 대목일수록 뿌리의 활력이나 발근량이 적으므로 병에 감염되었을 경우 피해가 크게 나타나는 것으로 보여지며, 흰날개무늬병은 상대적으로 병의 진행이 빠르므로 대목의 왜화도에 관계없이 발병되는 것으로 생각된다.

흰날개무늬병은 사양토에서 발생이 많았고 자주날개무늬병은 식양토에서 발생이 많은 것으로 조사되었다. 이는 두 병원균 간의 서식 생태에 관한 많은 연구와 일치하고 있다(2, 3, 4, 6, 13). 또한 자주날개무늬병균은 흰날개무늬병균보다 훨씬 더 깊은 토양내에서도 생존이 가능하고, 혐기적 상태에서도 훨씬 더 오랫동안 생존이 가능하다는 보고(5, 9, 10)에서 알 수 있듯이 이러한 병의 발생이 병원균의 특성과 관련이 있을 것으로 생각된다.

요 약

우리나라 사과원에서의 토양병 발생현황과 발생실태를 1991년부터 1993년까지 3년간 조사한 결과, 전체 조사주수의 약 8.1%가 각종의 토양 병원균에 감염되어 있는 것으로 나타났다. 토양병 중 자주날개무늬병의 발생빈도가 5.1%로 가장 높게 조사되었으며, 흰날개무늬병과 역병의 이병주율은 각각 2.5%와 0.2%로 조사되었다. 자주날개무늬병에 감염된 나무에서는 잎의 황화 및 조기낙엽, 신초생장 억제, 과실 생육 불량 등의 지상부 병징이 관찰되었고, 지하부 뿌리 표면에는 적자색 실모양의 균사나 균사속이 관찰되었다.

감염된 뿌리의 표피는 쉽게 벗겨지고 목질부로부터 잘 이탈되는 특징이 있었다. 흰날개무늬병균에 감염된 나무의 뿌리는 흰색의 균사 혹은 균사막으로 싸여 있으며 이 균사막은 시간이 경과하면 회색 내지 흑색으로 착색되었다. 굵은 뿌리의 표피를 제거하면 목질부에 백색 부채모양의 균사막과 실모양의 균사속을 확인할 수 있었다. 이 병원균은 목질부까지 부패시키므로 병의 증세가 심하게 나타났다. 자주날개무늬병은 새로 개원한 10년 이하의 과원에서 발생이 많았고 흰날개무늬병은 10년 이상의 노후과원에서 발생이 많았다. 자주날개무늬병은 왜화도가 높은 대목에서 발병율이 높았으나 흰날개무늬병은 대목의 종류에 관계없이 발병되었다. 자주날개무늬병은 식양토 과원에서 발생이 많았으며 흰날개무늬병은 사양토 과원에서 발생이 많았다.

참고문헌

1. 赤石行雄, 關口昭良. 1965. リンゴ紫紋羽病發生と環境について(講要). 日植病報 18 : 58.
2. 荒木降男. 1965. IV 土壤傳染病, C土壤における病原菌の生存を支配する要因, 土壤中における病原菌の生息と物理化學的條件. 日植病報 31 : 421-424.
3. 荒木降男. 1967. 紫紋羽病, 白紋羽病の發生と土壤條件. 農技研報 C21 : 1-109.
4. 荒木降男, 鈴木直治. 1962. 白もんば病, 紫もんば病菌の土中における有機質 利用(講要). 日植病報 28 : 67.
5. Araki, T. 1982. Ecological studies on soil conditions on the occurrence of violet and white root rot disease. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 48 : 255-257.
6. 家城洋之, 久保村安衛, 絲丁節美. 1969. 林地土壤における白紋羽病菌の檢索ならびに垂直分布. 日植病報 35 : 76-81.
7. 日本植物病理學會. 1984. 日本有用植物病害目錄(3, 果樹). 日本植物防疫協會. pp. 13-23.
8. Jones, A. L. and Aldwinckle, H. S. 1991. *Compendium of Apple and Pear Diseases*. APS press. 100pp.
9. 한국식물보호학회. 1986. 한국식물병해충잡초명감 pp. 51-53.
10. 北島博. 1979. 果樹の病害 : 紫紋羽病. 農業および園藝 54 : 1301-1305.
11. 北島博. 1979. 果樹の病害 : 白紋羽病. 農業および園藝 54 : 1405-1409.
12. 栗田年代. 1986. 落葉果樹 栽培の問題點-紋羽病を中心に. 農薬 33 : 1-32.
13. Matsuzaki, I., Haneda, H. and Mitsueda, T. 1988. Temporal change of inoculum potential of white root rot pathogen, *Rosellinia necatrix* Berl., in soil. *An-*

- nual Report of the Society of Plant Protection of North Japan* 39 : 131-132.
14. 中田覺五郎, 龍元清透. 1928. 朝鮮作物病害目錄. 勤業模範場研究報告 15 : 146pp.
 15. Singleton, L. L., Mihail, J. D. and Rush, C. M. 1992. *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. APS Press. 265pp.
 16. Terui, M., Mochizuki, T., Hanada, S. and Harada, Y. 1964. The influence of fulvic acid on the growth of violet root rot and white root rot fungi. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 29 : 245-251.