

키위 쇠락증상 발생 및 습해 저항성 대목을 이용한 예방

Occurrence of Kiwifruit Vine Decline Syndrome and Its Prevention Using Rootstock Tolerant to Waterlogging

*Corresponding author

Tel: +82-61-750-5191

Fax: +82-61-750-3208

E-mail: ghkim@scnu.ac.kr

김경희^{1*} · 최으뜸²

¹국립순천대학교 농생명과학과, ²농촌진흥청 국립원예특작과학원 배연구소

Gyoung Hee Kim^{1*} and Eu Ddeum Choi²

¹Department of Agricultural Life Science, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

²Pear Research Institute, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Rural Development Administration, Naju 58216, Korea

Received August 22, 2023

Revised September 21, 2023

Accepted September 27, 2023

Kiwifruit industry has been threatened by the emergence of kiwifruit vine decline syndrome causing plant death within one or two years from symptom appearance. The main symptoms of this syndrome are root cortex breakdown, leaf necrosis, phylloptosis, fruit skin wrinkling, and twig wilting. Kiwifruit vine decline syndrome occurred on both *Actinidia chinensis* var. *chinensis* and *A. chinensis* var. *deliciosa* in mid-summer after rainy season. Kiwifruit vine decline syndrome was turned out to be severely occurred in wettable clay soils affected by waterlogging or poor aeration. No pathogens were directly correlated with the syndrome. Kiwifruit vine decline syndrome could be expected to be efficiently prevented controlled using Bounty 71 rootstock tolerant to water stress such as waterlogging.

Keywords: Bounty 71 rootstock, Kiwifruit, Vine decline syndrome, Waterlogging

키위(참다래, *Actinidia chinensis*)는 우리나라 남부지역인 전라남도, 경상남도 및 제주도에서 주로 상업적으로 재배되고 있는 아열대 낙엽과수이다. 키위 생산 및 재배면적은 우리나라에 키위가 농가에 보급된 1980년대 초부터 꾸준히 증가해왔으나 우리나라 키위 산업은 심각한 위기에 직면해있다. 10여 년 전부터 전 세계에 팬데믹을 일으킨 *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar 3 (Psa3)에 의한 키위 궤양병이 가장 큰 경제적 손실을 일으켜왔지만(Kim 등, 2016a, 2016b, 2017), 키위가 급속하게 시들면서 쇠락하고 1-2년 사이에 말라 죽는 새로운 특이 증상에 의해 전라남도과 경상남도 지역에 있는 키위 과수원들이 지속적으로 위협받고 있다. 따라서 이 연구에서는 키위

쇠락증상 발생 현황과 발생 원인을 밝히고, 저항성 대목을 이용한 방제법을 제시하고자 한다.

키위 쇠락증상은 보통 장마철까지는 건전해 보이던 키위가 고온건조한 여름철에 갑자기 잎이 시들고 나무 전체가 마르고 심지어 과수원 전체를 완전히 폐원에 이르게 할 만큼 피해를 준다(Fig. 1A). 키위 쇠락증상의 초기 병징으로 잎 가장자리로부터 안쪽으로 점차 마르면서 괴사하는 증상이 나타나고(Fig. 1B), 진전됨에 따라 낙엽이 지면서 키위도 1-2년 안에 말라 죽는다. 병징이 나타나는 나무에서는 낙과가 되고, 달려있는 열매도 위축되거나 표피가 쭈그러드는 손상을 입는다(Fig. 1C). 키위 쇠락증상을 나타내는 나무의 뿌리에서는 세균이 괴사하고 소실되면서 수분을 흡수하지 못하고 뿌리 전체가 죽는데(Fig. 1D), 시들어가는 키위에서는 뿌리의 피층이 붕괴되고(Fig. 1E), 죽은 뿌리의 물러 썩는 피층 부위에서는 하얀색 곰팡이가 자라

Research in Plant Disease

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.

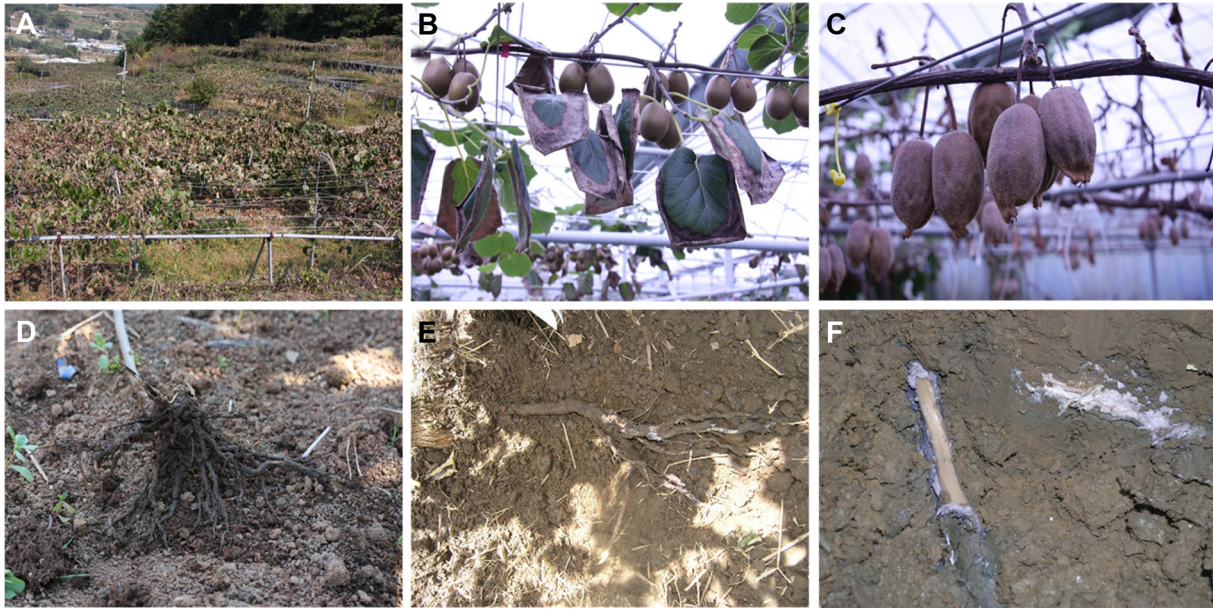


Fig. 1. Kiwifruit vine decline syndromes. (A) Open-fields showing kiwifruit vine decline syndromes in mid-late summer. (B) Wilting symptoms of leaves showing progressive desiccation of leaves moving from leaf margin to inner tissues. (C) Skin wrinkling symptoms of stunted fruits on the defoliated kiwifruit vine. (D) Necrotic root symptoms of the completely destroyed vine. (E) Feeder roots showing breakdown of the cortex on the declining vine. (F) Mycelial growth on the soft-rotting areas of feeder roots.

Table 1. Occurrence of kiwifruit vine decline syndrome in Jeonnam and Gyeongnam Provinces in Korea in 2011

Province	Kiwifruit orchards investigated	Kiwifruit trees investigated	Kiwifruit trees declined	Percentage of decline (%)
Jeonnam	33	3,726	828	22.2
Gyeongnam	33	3,552	1,159	32.6

기도 한다(Fig. 1F).

전라남도과 경상남도 주요 키위 재배지에서 급작스러운 쇠락 증상의 발생으로 키위들이 집단으로 고사하는 정확한 원인을 진단받기 위하여 순천대학교에 의뢰해온 과수원과 주변 과수원을 직접 방문하여 각 과수원에 식재된 키위를 전수조사한 결과 전라남도에서는 조사대상 33개 과수원 3,726주의 키위 중에서 828주가 쇠락 증상을 보여 22.2%의 발생률을 나타내었고, 경상남도에서는 조사대상 33개 과수원 3,552주의 키위 중에서 1,159주가 쇠락 증상을 보여 32.6%의 발생률을 나타내었다(Table 1).

전라남도과 경상남도에서는 키위를 주로 노지에서 재배하고 있었으며 대부분 점질토인 논토양에 키위 과수원이 조성되어 있는데 점질토로 이루어진 과수원에서 쇠락증상 발생률이 높았다(Table 2). 노지와 파풍망 재배 과수원에서 쇠락증상 발생률은 차이를 보이지 않았지만 비가림하우스 재배 과수원에서는 쇠락증상이 거의 발생하지 않았다. 따라서 경상남도에 비해

전라남도에서 쇠락증상 발생률이 다소 낮은 이유는 전라남도에는 비가림하우스를 설치한 과수원이 상대적으로 많기 때문으로 판단되었다. 키위재배자들에 따르면 2007년 9월 17일 태풍 나리가 한반도를 관통한 후 키위 쇠락증상이 급증했는데, 태풍 나리가 동반한 폭우에 의해 키위들이 물에 잠기고 강풍에 의해 뿌리가 흔들려 세근이 손상됨으로써 키위 뿌리가 손상되었거나 질식함으로써 쇠락증상이 많이 발생한 것으로 추정되었다. 전라남도과 경상남도과 더불어 키위 주산지인 제주도에서는 토양이 화산회토로 되어 있어서 물빠짐이 좋고 대부분 키위 과수원에 비가림하우스 시설이 되어 있기 때문에 키위에서 쇠락증상 발생이 경미하다는 사실이 이와 같은 추론을 뒷받침한다.

최근에 문제가 되고 있는 키위 쇠락증상과 토양병원성병과의 관련성을 추적하기 위하여 쇠락증상이 많이 발생한 전라남도 보성군과 광양시, 경상남도 사천시, 고성군 및 남해군에서 재배되고 키위과수원에서 쇠락증상을 나타내는 키위 뿌리

Table 2. Occurrence of kiwifruit vine decline syndrome according to soil textures and cultivation conditions in Jeonnam and Gyeongnam Provinces in Korea in 2011

Province	Kiwifruit orchard	Percentage declined (%)	Acreage (3.3 m ²)	Soil texture	Cultivation condition	Remark	
Jeonnam	1	0	1,000	Clay sand	Rain-proof installation	-	
	2	0	2,000	Clay sand	Rain-proof installation	-	
	3	100	400	Silt loam	Open-field	Completely destroyed	
	4	24	500	Silt loam	Open-field	-	
	5	37.5	700	Silt loam	Open-field	-	
	6	0	700	Loamy sand	Open-field	-	
	7	0	1,000	Loamy sand	Wind-break net installation	-	
	8	0	2,000	Loamy sand	Wind-break net installation	-	
	9	40	1,100	Silt loam	Rain-proof installation	-	
	10	0	1,800	Silt loam	Rain-proof installation	-	
	11	0	1,000	Clay loam	Rain-proof installation	-	
	12	60	450	Silt loam	Wind-break net installation	-	
	13	9.0	600	Sandy loam	Open-field	-	
	14	30.0	600	Sandy loam	Open-field	-	
			100	500	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	15	9.4	300	Loamy sand	Open-field	-	
	16	100	450	Silt loam	Open-field	Completely destroyed	
	17	14.3	100	Silt loam	Open-field	-	
	18	4.4	3,000	Loamy sand	Wind-break net installation	-	
	19	7.0	400	Loamy sand	Open-field	-	
	20	50.0	600	Silt loam	Open-field	-	
	21	90.0	450	Silt loam	Open-field	-	
	22	100	400	Silt loam	Open-field	Completely destroyed	
	23	0	300	Loamy sand	Open-field	-	
	24	2.2	1,500	Loamy sand	Wind-break net installation	-	
	25	25.0	2,000	Clay loam	Wind-break net installation	-	
	26	0	1,000	Loamy sand	Wind-break net installation	-	
	27	24.0	300	Silt loam	Open-field	-	
	28	2.8	900	Loamy sand	Open-field	-	
	29	43.3	500	Silt loam	Open-field	-	
	30	4.5	800	Clay loam	Wind-break net installation	-	
	31	0	700	Sandy loam	Open-field	-	
	32	2.7	900	Loamy sand	Wind-break net installation	-	
33	0.7	1,600	Loamy sand	Wind-break net installation	-		
Gyeongnam	1	4.0	400	Clay loam	Open-field	-	
	2	0	400	Loamy sand	Open-field	-	

(Continued)

Table 2. Continued

Province	Kiwifruit orchard	Percentage declined (%)	Acreage (3.3 m ²)	Soil texture	Cultivation condition	Remark
Gyeongnam	3	3.6	200	Clay loam	Open-field	-
	4	0	900	Loamy sand	Rain-proof installation	-
	5	0	2,600	Loamy sand	Open-field	-
	6	40.0	500	Silt loam	Open-field	-
	7	52.0	400	Silt loam	Open-field	-
	8	83.3	300	Silt loam	Open-field	-
	9	100	300	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	10	89.5	100	Silt loam	Open-field	-
	11	76.5	200	Silt loam	Open-field	-
	12	28.6	200	Silt loam	Open-field	-
	13	83.3	200	Silt loam	Open-field	-
	14	47.3	700	Silt loam	Open-field	-
	15	100	100	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	16	100	700	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	17	100	300	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	18	50.0	1,200	Silt loam	Wind-break net installation	-
	19	6.3	800	Loamy sand	Open-field	-
	20	0	2,000	Loamy sand	Wind-break net installation	-
	21	3.3	3,000	Clay loam	Rain-proof installation	-
	22	4.0	2,000	Loamy sand	Wind-break net installation	-
	23	10.0	7,000	Loamy sand	Wind-break net installation	-
	24	100	400	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	25	75.0	400	Silt loam	Open-field	-
	26	100	300	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	27	0	1,200	Loamy sand	Wind-break net installation	-
	28	100	800	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	29	60.0	2,100	Silt loam	Wind-break net installation	-
	30	100	600	Silt loam	Open-field	Completely destroyed
	31	100	1,000	Silt loam	Wind-break net installation	Completely destroyed
	32	66.7	1,200	Silt loam	Wind-break net installation	-
	33	0	300	Loamy sand	Open-field	-

조직을 채집해 70% ethyl alcohol에 표면살균한 후 pimaricin 10 mg, rifampicin 10 mg의 항생제를 첨가한 감자한천배지 (potato dextrose agar, PDA)에 치상하여 24±1°C 항온기에서 배양하였다. PDA에서 자라는 균총에서 가장자리 균사말단을

순수배양한 결과 난균으로 추정되는 곰팡이들이 모든 시료에서 공통적으로 분리되었다. 따라서 각각 순수배양한 균총으로부터 Nakahara 등(1998)의 방법으로 genomic DNA를 추출하여 rDNA-ITS 부위를 polymerase chain reaction에서 증폭시

Table 3. Occurrence of kiwifruit vine decline syndrome according to soil textures and cultivation conditions in Jeonnam and Gyeongnam Provinces in Korea in 2011

Isolate names	Fungal species	GenBank accession no.	Similarity (%)
11-KTY-S3, 11-JOJ-2	<i>Pythium intermedium</i>	AB499720	98.7
11-NH-4, 11-SP-1	<i>P. attrantheridium</i>	EU109569	97.7
11-KCS-3	<i>P. chamaihyphon</i>	HQ643374	99.2
11-KTS-4	<i>P. spinosum</i>	AB468776	98.7

킨 후 엽기서열을 GenBank database에서 비교분석한 결과 모두 *Pythium* spp.으로 동정되었고, 종까지 동정된 여섯 균주 중 두 균주는 *P. intermedium*, 다른 두 균주는 *P. attrantheridium*, 나머지 두 균주는 각각 *P. chamaihyphon*과 *P. spinosum*으로 동정되었다(Table 3). 따라서 여섯 균주의 키위에 대한 병원성을 Stewart와 McCarrison (1991a)의 방법으로 검정한 결과 여섯 균주 모두 병원성을 나타내지 않았다.

Phytophthora spp.는 키위에 역병을 일으키는 대표적인 병원균으로 *Ph. cinnamomi*, *Ph. citricola*, *Ph. cryptogea*, *Ph. gonapodyides*, *Ph. megasperma* 등이 뉴질랜드에서(Stewart와 McCarrison, 1991b), *Ph. cryptogea*와 *Ph. citrophthora*가 칠레에서(Latorre 등, 1991), *Ph. cactorum*, *Ph. citrophthora*, *Ph. cryptogea*, *Ph. drechsleri*, *Ph. megasperma* 등 9종의 *Phytophthora*가 미국에서(Conn 등, 1991), *Ph. nicotiana*가 이탈리아에서(Ciccarese 등, 1992), *Ph. megasperma* var. *sojae*와 유사한 *Phytophthora* sp.가 프랑스에서 키위에 역병을 일으키는 것으로 보고되었다(Baudry 등, 2012). 우리나라에도 Lee 등(2001)에 의해 *Ph. drechsleri*가 키위에 역병을 일으키는 것으로 보고된 바 있기 때문에 키위 쇠락증상을 나타내는 나무에서 *Phytophthora* spp.가 검출될 것이라고 기대했지만, 예상과는 달리 *Ph. drechsleri*를 비롯해 *Phytophthora* spp.는 전혀 검출되지 않았으며, 식물병원 세균도 분리되지 않았다.

또한 일본에서는 *Pythium helicoides*와 *Phytophthora vexans*가 키위에 역병을 일으키고(Shimizu 등, 2005; Yano 등, 2011), 중국에서도 *P. helicoides*가 키위에 역병을 일으키는 것으로 보고되었으며(Wang 등, 2015), 최근에 이탈리아에서도 *Phytophthora helicoides*이 키위 쇠락증상을 일으키는 것으로 보고되었다(Donati 등, 2020). 그러나 이 연구에서 *Pythium*으로 동정된 여섯 균주들은 일본, 중국 및 이탈리아에서 보고된 *Pythium*과는 다른 종들로 동정되었으며, 여섯 균주 모두 병원성 검정 결과 키위에 병원성을 나타내지 않았다.

따라서 키위 쇠락증상을 나타내는 키위에 병원성을 가진 *Phytophthora* 또는 *Pythium*과 같은 토양전염성 병원균이 검출되지 않은 것으로 보아 이 연구에서 분리된 *Pythium* 균주들은

키위 쇠락증상에 직접적으로 관여하지는 않는 것으로 판단되며, 아마도 토양에서 서식하다가 키위 쇠락증상으로 죽은 뿌리를 2차적으로 침해하는 부생균으로 추정된다. 또한 식물병원세균이 분리되지 않은 것은 이탈리아에서 보고된 바처럼 식물병원세균이 키위 쇠락에 관여하지 않는다는 것을 시사한다(Donati 등, 2020).

이탈리아에서는 키위 쇠락증상에 의해 전체 키위 과수원의 10% 정도에 해당하는 3,000 ha가 피해를 입은 것으로 보고되었다(Donati 등, 2020). 키위 쇠락증상은 침수에 의한 뿌리썩음 또는 질식 피해로 발생하는데(Hughes와 Wilde, 1989; McAneney 등, 1989; Reid 등, 1991), 흔히 봄철과 여름철 과도한 강우와 관련이 있는 것으로 알려져 왔다(Tacconi 등, 2015). 1980년대 후반 뉴질랜드에서는 사이클론 Delilah와 Bola가 동반한 폭우에 의해 토양이 여러 날 침수된 후 상당히 많은 키위들이 죽었다(McAneney 등, 1989; Reid 등, 1988). 이러한 쇠락증상은 일반적으로 키위에서 증산이 가장 활발하고 과실비대가 가장 왕성해 줄기를 통한 수분 공급이 많이 필요한 시기인 한여름에 가장 많이 발생한다(Hughes와 Wilde, 1989). 쇠락증상은 처음에는 과수원에서 제한된 지역에 있는 키위들에서만 나타나지만 점차 주위에 있는 키위로 확산된다(Tacconi 등, 2015).

키위들은 뿌리가 산소를 많이 소비하기 때문에 침수 피해에 매우 감수성이다. 키위 성목은 4.6×10^{-6} mol/m³의 산소를 소비하기 때문에 5시간 동안 토양에 통기가 되지 않으면 산소가 고갈될 수 있고, 뿌리에 있는 세포 간극이 좁아서 통기가 잘 이뤄지지 않기 때문에 뿌리 질식이 발생한다. 또한 뿌리의 25% 정도가 최소 48시간 동안 침수 피해를 입으면 산소 고갈로 뿌리와 기공의 활력이 감소한다. 따라서 이러한 상태에서 뿌리로부터 지상부로 수분 이동은 억제되고, 토양 수분 함량이 높을지라도 잎과 줄기는 수분 결핍에 시달리면서 일소 피해에도 취약해진다. 키위는 침수에 매우 취약하기 때문에 과도한 관수는 또한 토양을 단단하게 만들고 토양 공극을 감소시키는데 유기물 함량이 적은 토양에서 훨씬 심하다(Jackson과 Drew, 1984; Reid 등, 1991, 1992; Smith 등, 1989).

키위 쇠락증상의 원인이 침수 피해에 의한 것임을 증명하기

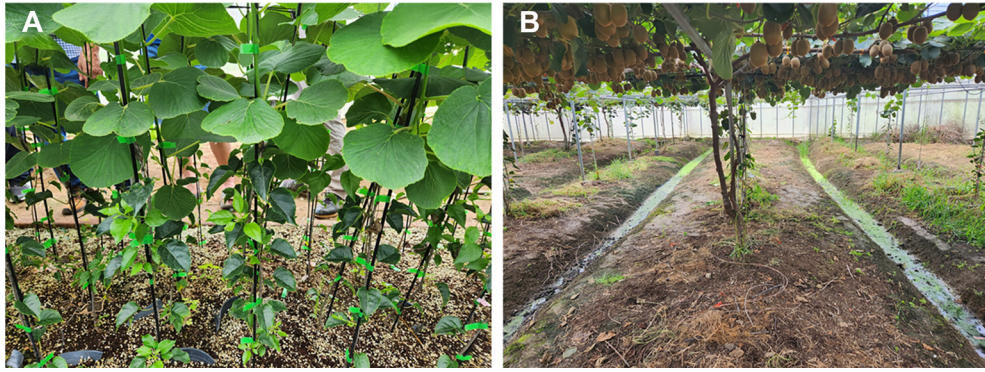


Fig. 2. Kiwifruit cultivar Haegeum growing on nursery and rain-proof installation orchard located in Suncheon, Jeonnam. (A) Seedlings of Haegeum scion grafted on Bounty 71 rootstocks. (B) Haegeum vine grafted on Bounty 71 rootstock actively growing in wettable soil condition with poor drainage.

위하여 쇠락증상이 발생한 과수원에서 채취한 점질토 토양을 포트(직경 39 cm, 높이 41 cm)에 담고 2년생 키위를 식재하고 폭우처럼 일시에 포트에 물이 가득차게 관수한 후 묘목 상태를 관찰한 결과, 배수가 되지 않는 15개 포트에 식재된 키위 지상부의 잎들은 5일 후부터 습해에 의해 시드는 쇠락증상이 발생하기 시작했고 2주 후 뿌리는 썩고 결국 고사한 반면에 배수가 되는 15개 포트에 식재된 키위들은 모두 정상적으로 생육했다. 우리나라에서도 태풍과 기상이변에 의한 집중 호우로 침수 피해를 쉽게 입는 점질토 과수원에 식재된 키위들에서 습해에 의한 뿌리 질식에 의해서 고사하는 키위 쇠락증상이 주로 발생하는 것을 입증한 셈이다.

한편 키위 쇠락증상을 나타내는 키위에 병원성을 가진 *Phytophthora* 또는 *Pythium*과 같은 토양전염성 병원균이 검출되지 않은 것으로 보아 이 연구에서 분리된 *Pythium* 균주들은 키위 쇠락증상에 직접적으로 관여하지는 않는 것으로 판단되며, 아마도 토양에 서식하다가 키위 쇠락증상으로 죽은 뿌리를 2차적으로 침해하는 부생균으로 추정된다. 또한 식물병원세균이 분리되지 않은 것은 이탈리아에서 보고된 바처럼 식물병원세균이 키위 쇠락에 중요한 역할을 하지 않는다는 것을 시사한다(Donati 등, 2020).

암수딴그루인 키위에서 쇠락증상은 1980년대 초반 우리나라에 처음 보급된 그린키위(*A. chinensis* var. *deliciosa*) 암나무 품종인 헤이워드(Hayward)뿐만 아니라 최근에 육성되어 재배면적이 증가하고 있는 해금을 비롯한 골드키위(*A. chinensis* var. *chinensis*) 암나무 품종에서도 발생해 피해를 주고 있다. 키위 암나무는 접목에 의해 증식하기 때문에 접수보다는 대목이 키위 쇠락증상과 밀접한 관련이 있다. 전 세계적으로 헤이워드와 부르노(Bruno) 품종이 대목용으로 주로 이용되어 왔는데, 키위 쇠락증상을 일찍 경험해온 뉴질랜드에서 습해에 강한 바운티

(Bounty 71) 품종을 대목용으로 최근에 육성해 농가에 보급하면서 습해에 의한 쇠락증상을 성공적으로 극복하고 있다(Kyd 등, 2021). 우리나라 키위재배 농가에서도 습해에 의한 키위 쇠락증상을 극복하기 위하여 바운티 품종이 대목용으로 급속하게 보급되고 있다(Fig. 2A).

따라서 바운티 품종이 키위 쇠락증상을 극복할 수 있는 대목용으로 실용성이 있는지를 평가하기 위하여 수년간 키위 쇠락증상에 의한 피해가 심하게 발생하는 과수원에서 실증시험을 수행했다. 전라남도 순천시 구상리에 있는 과수원은 저수지 아래쪽에 위치하고 주변 논보다 낮은 곳에 있던 논에 조성된 과수원으로 10년전 과수원을 조성한 후 부르노대목에 해금 품종을 접목해 재배하면서 수년간 습해에 의한 키위 쇠락증상을 겪고 있었다. 이 과수원은 비가림시설을 했고 50 cm 이상 명거배수를 했지만 여전히 배수로에 물이 고여 있을 정도로 물빠짐이 나빠 키위들이 고사하면 보식을 반복하는 악순환을 거듭해왔었지만 바운티대목에 해금 품종을 접목한 결과 2019년 접목한 키위 5그루가 모두 습해를 극복하고 4년째 바운티대목이 잘 자라고 결실도 매우 양호한 상태였으며, 2021년 접목한 키위 10그루와 2022년 접목한 키위 24그루도 모두 잘 자라고 있었다(Fig. 2B). 이와 같이 바운티대목으로 교체해 키위 쇠락증상을 극복한 사례는 다른 과수원에서도 확인할 수 있었다. 따라서 키위 쇠락증상이 발생하는 과수원에서 고사된 자리에는 바운티대목에 접목한 암나무 품종을 선별하여 재배함으로써 키위 쇠락증상을 예방할 수 있을 것으로 전망된다.

한편 바운티대목은 부르노대목에 비해 Psa3에 의한 키위 궤양병에 대해 감수성인 단점이 있는데, 특히 Psa3 감염에 의한 꽃봉오리썩음병(bud rot)에 취약하다(Kyd 등, 2021). 따라서 궤양병이 창궐하고 있는 지역에서는 바운티대목을 신중하게 평가한 후 이용하고, 재배하는 동안 궤양병 방제를 철저히 실

천해야 할 것이다. 키위 쇠락증상이 발생하는 과수원에서 궤양병 때문에 바운티대목 이용이 우려되는 경우에는 심토파쇄(subsoiling)가 유력한 대안이 될 수 있다. 일부 키위재배 농가에서 수행돼 효과가 입증된 심토파쇄는 점질토 과수원의 토양에 강한 압력으로 공기를 불어넣어 단단한 토양입자를 깨트려 토양 통기성을 증대시키는 방법으로 습해 극복 효과뿐만 아니라 키위 품질도 증대시키는 것으로 밝혀졌다(Cho 등, 2013). 따라서 점질토 과수원에서 바운티대목을 이용해 키위를 재배하는 경우에도 심토파쇄를 겸용하는 것이 바람직하다.

요 약

키위산업은 키위나무가 급속하게 시들면서 1-2년 사이에 말라죽는 키위 쇠락증상의 출현으로 위협을 받고 있다. 쇠락증상의 주요 증상은 뿌리 피층 붕괴, 잎 괴사, 낙엽, 열매 표피 주름 및 잔가지 시들음이다. 키위 쇠락증상은 장마 후 한여름에 골드키위(*Actinidia chinensis* var. *chinensis*)와 그린키위(*A. chinensis* var. *deliciosa*)에서 모두 발생하였다. 키위 쇠락증상은 침수나 통기 불량으로 인해 수분이 많은 점질토양에서 심하게 발생하는 것으로 나타났다. 이 증상과 직접적인 관련이 있는 병원균은 없었다. 키위 쇠락증상은 침수와 같은 수분 스트레스에 강한 바운티대목(Bounty 71)을 사용하여 효율적으로 예방할 수 있을 것으로 전망된다.

Conflicts of Interest

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

Acknowledgments

This paper was supported by Sunchon National University Research Fund in 2020.

We would like to thank Emeritus Professor Young Jin Koh of Sunchon National University and Professor Takeshi Toda of Akita Prefectural University in Japan, for their help and comments in carrying out this study.

References

Baudry, A., Morzieser, J. P. and Ellis, R. 2012. Effect of *Phytophthora* spp. on kiwifruit in France. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 19: 395-398.
 Cho, Y., Cho, H., Ma, K., Park, M. and Kim, B. 2013. Effect of subsoiling

on soil physical properties and fruit quality in organic conversion kiwifruit (*Actinidia chinensis* 'Haegeum'). *Acta Hortic.* 1001: 347-352.
 Ciccicarese, F., Frisullo, S. and Amenduni, M. 1992. Observations of roots of *Actinidia* in Southern of Italy. *Inf. Fitopatol.* 42: 57-58.
 Conn, K. E., Gubler, W. D., Mircetich, S. M. and Hasey, J. K. 1991. Pathogenicity and relative virulence of nine *Phytophthora* spp. from kiwifruit. *Phytopathology* 81: 974-979.
 Donati, I., Cellini, A., Sangiorgio, D., Caldera, E., Sorrenti, G. and Spinelli, F. 2020. Pathogens associated to kiwifruit vine decline in Italy. *Agriculture* 10: 119.
 Hughes, K. A. and Wilde, R. H. 1989. The effect of poor drainage on the root distribution of kiwifruit vines. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 17: 239-244.
 Jackson, M. B. and Drew, M. C. 1984. Effects of flooding on growth and metabolism of herbaceous plants. In: *Flooding Plant Growth*, ed. by E. T. Kozlowski, pp. 47-128. Academic Press, Orlando, FL, USA.
 Kim, G. H., Choi, E. D., Lee, Y. S., Jung, J. S. and Koh, Y. J. 2016a. Spread of bacterial canker of kiwifruit by secondary infection of *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar 3 in Gyeongnam in 2016. *Res. Plant Dis.* 22: 276-283. (In Korean)
 Kim, G. H., Jung, J. S. and Koh, Y. J. 2017. Occurrence and epidemics of bacterial canker of kiwifruit in Korea. *Plant Pathol. J.* 33: 351-361.
 Kim, G. H., Kim, K.-H., Son, K. I., Choi, E. D., Lee, Y. S., Jung, J. S. et al. 2016b. Outbreak and spread of bacterial canker of kiwifruit caused by *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* biovar 3 in Korea. *Plant Pathol. J.* 32: 545-551.
 Kyd, B., Hintze, K., Bengel, J., Gibbison, L., Murphy, M., Cameron, S. et al. 2021. 2021 Kiwifruit Book. New Zealand Kiwifruit Growers, Mount Maunganui, New Zealand. 188 pp.
 Latorre, B. A., Alvarez, C. and Ribeiro, O. K. 1991. *Phytophthora* root rot of kiwifruit in Chile. *Plant Dis.* 75: 949-952.
 Lee, Y.-H., Jee, H.-J., Cha, K.-H., Ko, S.-J. and Park, K. B. 2001. Occurrence of *Phytophthora* root rot of kiwifruit in Korea. *Plant Pathol. J.* 17: 154-158.
 McAneney, K. J., Clough, A., Green, A., Harris, B. and Richardson, A. 1989. Waterlogging and vine death at Kerikeri. *N. Z. Kiwifruit* 56: 15.
 Nakahara, K., Hataya, T., Uyeda, I. and Ieki, H. 1998. An improved procedure for extracting nucleic acids from citrus tissues for diagnosis of citrus viroids. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 64: 532-538.
 Reid, J. B., Brown, N. S., Tate, K. G., Howatson, R. and Cheah, L. H. 1988. Soil properties and the effects of cyclone Bola on survival and performance of kiwifruit vines. In: *Proceedings of the New Zealand Society of Soil Science Conference*, p. 12. Nelson, New Zealand.
 Reid, J. B., Tate, K. G. and Brown, N. S. 1992. Effects of flooding and alluvium deposition on kiwifruit (*Actinidia deliciosa*): 2. Vine performance the following season. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 20: 283-288.

- Reid, J. B., Tate, K. G., Brown, N. S. and Cheah, L. H. 1991. Effects of flooding and alluvium deposition on kiwifruit (*Actinidia deliciosa*): 1. Early vine decline. *N. Z. J. Crop Hortic.* 19: 247-257.
- Shimizu, S., Miyoshi, T., Yano, T. and Tachibana, Y. 2005. First report of kiwifruit root rot caused by *Pythium* spp. *Jpn. J. Phytopathol.* 71: 210.
- Smith, G. S., Buwalda, J. G., Green, T. G. A. and Clark, C. J. 1989. Effect of oxygen supply and temperature at the root on the physiology of kiwifruit vines. *New Phytol.* 113: 431-437.
- Stewart, A. and McCarrison, A. M. 1991a. Excised shoot assay to determine the pathogenicity of root-rotting *Phytophthora* species on kiwifruit. *Australas. Plant Pathol.* 20: 146-148.
- Stewart, A. and McCarrison, A. M. 1991b. Pathogenicity and relative virulence of seven *Phytophthora* species on kiwifruit. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 19: 73-76.
- Tacconi, G., Paltrinieri, S., Mejia, J. F., Fuentealba, S. P., Bertaccini, A., Tosi, L. et al. 2015. Vine decline in kiwifruit: climate change and effect on waterlogging and *Phytophthora* in North Italy. *Acta Hortic.* 1096: 93-97.
- Wang, K. X., Xie, Y. L., Yuan, G. Q., Li, Q. Q. and Lin, W. 2015. First report of root and collar rot caused by *Phytophthora helicoides* on kiwifruit (*Actinidia chinensis*). *Plant Dis.* 99: 725.
- Yano, T., Shimizu, S., Miyoshi, T., Miyata, N., Immon, K., Shinozaki, T. et al. 2011. Tolerant *Actinidia* species to *Pythium helicoides* and *P. vexans* causing root rot. *Acta Hortic.* 913: 517-523.