2018–2019년 보은지역 대추나무 빗자루병 발생 및 옥시테트라사이클린 수간주사 방제 효과

Occurrence of Jujube Witches' Broom Disease and Control Efficacy of Trunk Injection with Oxytetracycline in Boeun Area from 2018 to 2019

*Corresponding author

Tel: +82-43-220-5804

Fax: +82-43-220-5809

E-mail: pine86@korea.kr

ORCID

<https://orcid.org/0000-0002-6315-6358><https://orcid.org/0000-0003-3436-8260><https://orcid.org/0000-0001-7597-6866><https://orcid.org/0000-0003-4148-3128><https://orcid.org/0000-0002-6791-5892><https://orcid.org/0000-0001-8375-6820><https://orcid.org/0000-0001-9460-6377>강효중^{1*} · 최성희¹ · 이경희¹ · 박희순¹ · 오하경¹ · 이성균² · 신현만¹¹충청북도농업기술원 대추연구소, ²충청북도농업기술원 원예연구과Hyo-Jung Kang^{1*}, Seonghui Choe¹, Kyeong Hee Lee¹, Heesoon Park¹,
Ha Kyung Oh¹, Seongkyun Lee², and Hyunman Shin¹¹Jujube Research Institute, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Boeun 28902, Korea²Horticultural Research Department, Chungcheongbuk-do Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea

Received February 14, 2020

Revised March 22, 2020

Accepted March 22, 2020

Jujube witches' broom (JWB) disease is a high-risk plant disease that occurred on and devastated jujube orchards throughout South Korea in the 1950s. Recently, as the jujube cultivation area has been significantly increased nationwide, we investigated the disease in jujube orchards in the Boeun region to obtain basic information for proactively evaluating the risk of JWB outbreaks from 2017 to 2019. A field trial was conducted to evaluate the effect of the trunk injection of Sungbocycline (a. i. oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium 17%, OTC). The incidence of JWB disease was very low in Boeun, but it was gradually increased mainly in the area and on the farms where it had occurred previously. The trunk injection with OTC was most effective in the early stages of growth. However, even though the trees were treated with OTC, disease symptoms appeared in other healthy branches in severely affected trees. When the tree was first injected with OTC in June, the control efficacy of second injection was higher one month after the first injection than five months. These results suggest that early diagnosis based on various symptoms and early control based on them can be very effective in preventing JWB disease in advance and increasing control efficacy.

Keywords: Control, Jujube witches' broom disease, Oxytetracycline

서론

대추는 갈매나무과(Family Rhamnaceae) 대추나무속(Genus *Zizyphus*)에 속하는 낙엽활엽교목의 열매로, 생태형이 전혀 다른 중국계 대추(*Z. jujuba*)와 인도계 대추(*Z. mauritiana*)의 2종이 재배되고 있으며, 우리나라에는 중국계 대추가 여러

지역에 재배되고 있다. 대추의 열매와 종자에는 진정작용, 신경 안정, 자양강장, 거담제, 혈압강하, 배뇨촉진, 항염증 등의 약리 효과가 우수하여 식용과 한약재로서 널리 이용되고 있다(Jang 등, 2006; Kim과 Kim, 2011).

우리나라 대추나무에 발생하는 빗자루병은 전신감염성 병으로, 처음에는 점목전염되는 바이러스병으로 보고하였으나(Kim, 1965), 세균의 일종인 파이토플라즈마(*Candidatus Phytoplasma ziziphi*, 이전에는 마이코플라즈마 유사 생물체 [mycoplasma-like organism]으로 기록됨) 감염에 의하여 발생하며(Yi와 La, 1973), 모무늬매미충(*Hishimonus sellatus*, 이전에는 마름무늬매미충으로 기록됨)에 의하여 전염되는 것으로 알려져 있다(La와 Woo, 1980). 그 밖에 감염주로부터 영양번식에 의하여 전염되며(Kim, 1965), 종자전염은 하지 않는 것으로 보고되어 있다(Shin, 1980). 모무늬매미충은 환삼덩굴, 뽕나무 등을 먹이로 선호하고, 10월 중하순부터 월동태로 들어가며, 대추나무에서는 극히 미미하게 알로 월동한다(Kim과 Kim, 1993).

대추나무에서 파이토플라즈마 감염 여부에 대한 진단은 형광현미경기법(Bak과 La, 1985, 1993; Im 등, 1985)과 PCR을 이용한 유전자 진단법(Han, 2005; Jung 등, 2003; Lee 등, 2009, 2012)이 이용되고 있는데, 1950년 이래 급격히 창궐하여 남한 전역을 휩쓸었으며, 1990년대에 다시 급격히 증가한 사례가 있다(Hong과 Kim, 1960; Kim, 1965; La와 Woo, 1980; Park 등, 1995).

우리나라 대추나무 빗자루병 병원체는 분자계통분류상 다른 식물의 빗자루병을 일으키는 파이토플라즈마와 구분되는 별도의 종으로(Jung 등, 2003), 일일초(*Cantharanthus roseus*)를 이용한 식물체내 이동에 관한 연구결과, 병원체가 뿌리로 이동한 후 식물체 전신으로 전염되는 특성을 갖고 있다(Lee 등, 2012). 이러한 대추나무 빗자루병의 방제를 위하여 옥시테트라사이클린(oxytetracycline-HCl, 유효성분 99.9% 이상, Pfizer, Ltd., Seoul, Korea)을 수간주사하면, 처리목의 체관에서는 처리 2년 후에도 발병하지 않았으며, 형광현미경상 특이 형광이 관찰되지 않아 소멸되는 것으로 보고된 바 있다(Bak과 La, 1993).

그 동안 건대추 생산을 위해 재배하던 대추를 충북 보은군에서는 지역특화작목으로 발전시키기 위하여 2000년대 후반부터 정책적 지원을 통하여 재배면적의 지속적인 확대와 비가림 시설 지원을 추진하여 생대추 기준 총생산량은 2006년 278,895 kg에서 2018년 2,767,522 kg으로 증가하였다(Korean Statistical Information Service, 2018). 이 과정에서 고품질의 과일용 생대추 생산을 위하여, 기존의 건대추 생산을 위한 재배 양식과 달리, 대추나무의 수고를 낮추고 매년 전정하는 등 건대추와 다른 새로운 재배방법이 도입되었다. 따라서 토착병인 빗

자루병의 기주식물인 대추의 지속적인 재배면적 증가, 재배양식 변화 및 대추나무 수령 증가에 따른 빗자루병 대발생 위험성을 사전에 분석하고 선제적인 방제대책 수립이 필요하게 되었다. 이 연구에서는 설문조사, 청취조사, 육안조사를 통하여 보은지역의 대추나무 빗자루병 발생조사를 하였으며 수간주사 시기에 따른 방제효과를 비교 분석하여 방제효율을 높이고자 하였다. 또한 현재 등록된 방제용 농약인 정보싸이클린수화제가 보은 지역의 많은 농가들 사이에 방제 1년 후 다시 발병하는 사례가 많은 것으로 알려져 있어 이에 대한 원인을 파악하고 방제 효과를 향상시킬 수 있는 방법을 찾고자 이 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

대추나무 빗자루병 발생 조사. 2017년 7월부터 2019년 11월까지 보은 지역을 중심으로 설문조사, 청취조사, 육안조사 등의 방법으로 빗자루병 발생을 조사하였다. 설문조사는 2017년에 충청북도농업기술원 대추연구소에서 운영하고 있는 대추연구회 회원 중 26농가를 대상으로 몇 가지 질문을 포함한 설문지를 이용하여 재배면적, 재식주수, 2017년까지 연차별 빗자루병 발생 현황을 조사하고 지역별, 연차별, 발생 현황을 분석하였다. 청취조사와 육안조사는 농가로부터 빗자루병 진단과 방제 관련 기술지원 요청이 들어온 농가 과원을 방문하여 재배이력, 발생상황, 병징 등을 조사하였다.

옥시테트라사이클린 수간주사 방제시험. 정보싸이클린수화제(품목명: 옥시테트라사이클린칼슘알킬트리메틸암모늄 수화제, 유효성분 oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium 17%, SUNGBO Chemicals Co., Ltd., Seoul, Korea)를 수간주사용 시험약제로 사용하면서, 2018년 충북 보은 지역 7농가에서 OTC 수간주사 방제에 따른 당해 연도의 발병억제 효과시험을 수행하였다. 이 가운데 1 농가(farm B)에서는 2018-2019년 2년간에 걸쳐 OTC 수간주사 횟수, 처리 간격, 처리 시기가 방제효과의 지속성에 미치는 영향을 시험하였다(Table 1). 약제는 주당 1 l (OTC 5 g/l, a. i. oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium 850 ppm)씩 수간주사를 하였다. 시험 품종은 복조를 사용하였으며, 시험 농가별 대추나무의 수령, 지상 30 cm 위치의 주간 직경, 수간주사 처리일자 Table 1과 같다. 시험처리가 이루어진 모든 농가는 지상 1.5-2 m 정도의 수고를 유지하면서 변칙주간형 또는 이와 유사한 수형을 유지하면서 매년 강전정 내지 약전정을 하는 재배 양식을 사용하였다. 수간주사 방법은 Fig. 1과 같다. 목공용 전동 드릴(DD18BL,

Table 1. OTC^a trunk injection to control jujube witches' broom (JWB) disease in 2018

Farm	Treatment date ^b	No. of OTC-injected trees	Trunk diameter (cm) ^c	Tree age
A	Jun 15	5	13–14	12
	Jun 20	3		
	Jul 20	2		
B	Jun 20	4	6–8	6
C	Jul 17	5	18–19	20
D	Jul 5	1	9	10
E	May 28	1	10	7
F	Jun 12	1	12	12
G	May 30	3	12–13	10
	Jun 28	2		
	Jul 19	1		

^aOTC stands for Sungbocycline wettable powder, Sungbo Chemicals Co. Ltd. (a.i. oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium, 17%). One liter solution (OTC 5 g/l, a.i. 850 ppm) was injected per tree.

^bOTC was injected when the JWB disease was first observed by the jujube grower at each farm.

^cTrunk diameter was measured 30 cm above the soil surface.

Fig. 1. Trunk injection method. (A) Drilling a hole with a 5 mm diameter drill bit at an angle of 30–40°. (B) Fixing a brown plastic bottle containing one liter oxytetracycline (Sungbocycline wettable powder 5 g/l, a.i. oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium 17%) 1.5–2 m above the ground. (C) Inserting the tip of a disposable plastic injector tightly into the hole.

Keyang Electric Machinery Co. Ltd., Seoul, Korea)을 사용하여 지표면으로부터 20–30 cm 위치의 대추나무 주간에 직경 5 mm, 깊이 2 cm의 구멍을 30–40°의 각도로 1개 뚫은 후 약액 1 l가 담긴 1.5 l 갈색 플라스틱병을 지상 1.5–2 m의 높이에 고정하고, 중력에 의해 약액이 주입되도록 하였다. 처리한 나무의 발병도는 개화기에 엽상화(phyllody)가 처음 발견되는 시점에 수간주사를 함으로써 균일하게 하였다. 약제 처리 후 당해연도 방

제효과는 2018년 8월 23일에 조사하였다. 최초 발견된 병징 이외의 다른 가지에서 빗자루병 병징이 발현된 나무는 발병한 것으로, 병징이 발현되지 않은 나무는 방제된 것으로 조사하였다. 농가별 수간주사 방제효과(%)는 다음과 같이 계산하였다.

방제효과(%)=

$$(\Sigma \text{수간주사 나무} - \Sigma \text{발병한 나무}) / (\Sigma \text{수간주사 나무}) \times 100$$

OTC 수간주사 횟수, 처리 간격, 처리 시기가 방제효과의 지속성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 2018–2019년에 보은읍 학림리 대추과원(farm B)에서 시험을 수행하였다. 2013년에 식재한 6년생 대추나무를 사용하였으며 모든 시험 방법은 위와 동일하게 수행하였다(Table 1). 2018년 개화기에 엽상화가 처음 발견된 나무를 이병주로 선정하여 시험하였다. 처리 나무별 지상 30 cm 위치의 주간 직경, OTC 수간주사 처리 시기 등은 Table 2와 같다. 동일한 처리 시기 내에서 직경이 1–3 cm 정도 다른 나무에 동일한 약량(1 l)을 처리함으로 수간주사 약량이 방제효과의 지속성에 미치는 영향을 조사하였다. 방제효과는 2018년에 2회(8월 23일, 11월 2일), 2019년에 4회(6월 12일, 7월 11일, 9월 16일, 11월 8일) 조사하였다. 시험 수행 중 2년 연속 수간주사 처리에도 병징이 억제되지 않은 두 나무(Table 2, tree no. 3, 10)는 2019년 7월 11일에 제거하여 발병 확산을 최소화하면서 시험을 수행을 하였다. 농가에서 빗자루병의 급격한 확산으로 폐원하는 사례가 발생하여 발병주에 대한 OTC 무처리구는 두지 않고 시험을 수행하였다.

결과 및 고찰

대추나무 빗자루병 발생 양상. 2017년 7월 보은 지역에서 대추나무를 재배하는 26농가를 대상으로 설문조사를 실시한 결과 16농가(61.5%)에서 발생한 경험이 있다고 응답하였다. 발병 농가의 평균 이병주율은 0.8% (146주/18,330주)로 조사되었으며 수령별 발생현황은 Table 3과 같다. 2017년 설문조사에서 농가들은 빗자루병이 점차 증가하는 경향이라고 응답하였다. 한편, 농가들 사이에서는 빗자루병이 수령이 오래된 나무에서 더 많이 발생한다고 알려져 있으나 조사결과 발병 빈도는 대추나무의 수령과 관계가 없는 것으로 나타났다. 이는 수령이 증가할수록 빗자루병에 대한 감수성이 증가하여 나타나는 현상이 아닌, 기존의 건대추 생산을 위하여 교목으로 재배하는 방식에서 수령 증가에 따라 전염원이나 매개충 밀도 증가와 이에 노출될 가능성이 증가함으로써 나타난 현상으로 보인다. 그러나 이 연구에서 보은 지역의 대추 농가에서는 10년생 이전의 나무에

Table 2. OTC trunk injections at a jujube orchard in 2018 and 2019 to investigate the effect of injection timing and numbers on the next-year control efficacy

Tree no. ^a	Trunk diameter (cm) ^b	OTC injection ^c				
		2018			2019	
		1st	2nd	3rd	1st	2nd
3	8	Jun 15	NT	Nov 2	Apr 16	May 13
10	7	Jun 20	NT	Nov 2	Apr 16	May 13
5	6	Jun 15	NT	Nov 2	Apr 16	May 13
6	7	Jun 15	NT	NT	Apr 16	May 13
9	7	Jun 20	Jul 19	NT	Apr 16	May 13
1	8	Jun 15	Jul 19	NT	NT	NT
2	7	Jun 15	Jul 19	NT	NT	NT
4	8	Jun 15	Jul 19	NT	NT	NT
7	7	Jun 20	Jul 19	NT	NT	NT
8	5	Jun 20	Jul 19	NT	NT	NT

^aTree no. stands for OTC-treated jujube tree number corresponding to that in shaded boxes in Fig. 2.

^bTrunk diameter was measured 30 cm above the soil surface.

^cOTC was injected three times in 2018, on Jun 15-20, Jul 19, and Nov 2, while twice in 2019, on Apr 16 and May 13. NT stands for the trees which were not injected with OTC. One liter solution (OTC 5 g /l) was injected per tree. The jujube plants were planted in 2013.

Table 3. Incidence of jujube witches' broom (JWB) disease in Boeun-gun, Chungbuk province in 2017^a

	Tree age (yr)											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11-20	
Planted trees ^b	0	-	0	350	0	450	250	4,300	2,180	1,500	9,300	18,330
Diseased trees ^c	0	2	0	8	0	6	2	19	18	14	77	146
Diseased tree (%)	0	NA	0	2.3	0	1.3	0.8	0.4	0.8	0.9	0.8	0.8

-, no data; NA, not assessed.

^aThese data were obtained from a survey on JWB diseases using a questionnaire in 2017. A total of 26 farmers replied to the questionnaire. Sixteen farmers answered that JWB disease occurred at their farms by 2017.

^bNumbers stand for sum of the planted jujube trees at 16 farms for each tree age.

^cNumbers stand for sum of the diseased jujube trees at 16 farms for each tree age.

서도 수령에 관계없이 발병하고 있었다. 이러한 현상은 실생 대목에서 유래한 접목묘를 주로 재배하는 경산, 군위 지역과 달리 분주묘를 주로 재배하는 보은 지역의 묘목 특성과 생과용 대추 생산을 위하여 과거 건대추 생산 재배양식보다 상대적으로 증가한 재식밀도에서 기인한 것으로 추정된다.

생육기간 중 대추나무 빗자루병이 처음 발견되는 시기는 주로 6월과 7월에 집중되었다. 일부 농가(Table 4, farmer D)에서는 5월 하순에 발견되기도 하였는데 이는 재배양식이 비가림 형태이며, 측면에 비닐로 막아주어 생육이 촉진되어 일찍 발병한 것으로 추정된다. 한편, 2018년 5월 9일에 조사된 이병주는 전년도 8월에 빗자루 병징이 나타난 나무로서, 제거하지 않아

일찍 병징이 발현되었다(Table 4, farmer H). 설문 및 청취 조사에 따르면, 2017년 이전에 이미 2개 농가에서 빗자루병 발생으로 인하여 폐원하는 사례가 있었으며, 2019년 조사에서는 발병량이 많아 폐원을 결정한 농가가 2곳으로 확인되었다(Table 5, farmer N, O). 육안조사 결과를 통하여 빗자루병 발생을 확인한 결과 2018년에는 12농가 97주, 2019년에는 18농가 308주에서 대추나무 빗자루병 발생이 확인되었다(Table 6). 보은읍을 중심으로 집중되어 발생하고 있었으며 이러한 현상은 2019년에 더욱 뚜렷하였다(Table 6).

대추나무 빗자루병은 친환경 재배(무농약 재배 또는 유기재배) 농가에서 발생 위험이 높은 것으로 추정되며, 실제로 2017

Table 4. Occurrence of jujube witches' broom (JWB) disease at jujube orchards in Boeun-gun, Chungbuk province in 2018^a

Location	Farmer	Date of survey on JWB	No. of trees diseased
Boeun-eup, Seongju-ri	A	Jun 15	5
		Jun 20	3
		Jul 20	2
Boeun-eup, Seongju-ri	B ^b	Jun 12	30
Boeun-eup, Seongju-ri	C ^b	Jun 12	1
Boeun-eup, Eoam-ri	D	May 28	20
Boeun-eup, Eoam-ri	E	May 30	3
		Jun 28	2
		Jul 19	1
Boeun-eup, Daeya-ri	F	Jun 12	6
Boeun-eup, Hakrim-ri	G	Jun 15	5
		Jun 20	5
		Jul 19	0
		Nov 2	0
Sanoe-myeon, Janggap-ri	H	May 9	3
Tanbu-myeon, Sangjang-ri	I	Jul 7	5
		Jul 19	0
Maro-myeon, Soomoon-ri	J	Jun 12	3
Hoein-myeon	K	Apr 17	0
		Jul 5	1
		Aug 3	1
Hoenam-myeon, Geomgok-ri	L	May 28	1

^aThe JWB disease was diagnosed by investigating witches' broom symptom at every jujube farm in 2018 except B and C.

^bThe occurrence of JWB disease on Farm B and C was investigated by hearing from the farmers in 2018 and the disease was diagnosed by examining the symptom in 2019.

년 이전 폐원한 2농가도 친환경 재배를 해오던 농가인 것으로 조사되었다. 그러나 병해충 방제를 위하여 화학농약을 사용하는 일반 재배 농가에서도 빗자루병은 발생하고 있었으며, 특히 이병주를 제거하여도 지속적으로 발생하는 농가(2017년 20주 → 2018년 15주 이상 → 2019년 50주 이상)도 조사됨으로써 매개충 방제가 매우 중요한 것으로 생각되며, 이러한 특성을 갖는 농가들(Table 5, farmer L, Q)에 대해서는 지속적인 발생상태 연구를 통하여, 매개충 이외의 추가적인 전염경로 구명이 필요할 것으로 보인다.

한편 2017년 설문조사에서 2017년에 빗자루병이 2주 발생하

Table 5. Occurrence of jujube witches' broom (JWB) disease at jujube orchards in Boeun-gun, Chungbuk province in 2019

Location	Farmer	Date of survey on JWB	No. of trees diseased
Boeun-eup, Seongjok-ri	A	Jun 18	5
Boeun-eup, Seongju-ri	B	Sep 18	1
Boeun-eup, Jisan-ri	C	Jun 4	3
Boeun-eup, Jisan-ri	D	Jun 4	1
Boeun-eup, Jisan-ri	E ^a	Jul 24	>50
Boeun-eup, Jangsok-ri	F	Jun 19	4
Boeun-eup, Jangsok-ri	G	Jun 21	9
Boeun-eup, Sanseong-ri	H	Jun 12	10
Boeun-eup, Sanseong-ri	I	Jun 5	1
Boeun-eup, Sanseong-ri	J	Jul 29	5
Boeun-eup, Sanseong-ri	K	Jul 23	1
Boeun-eup, Eoam-ri	L	Jul 1	7
Boeun-eup, Eoam-ri	M	Jun 14	2
		Jul 5	8
Boeun-eup, Eoam-ri	N	Jul 5	127
Boeun-eup, Eoam-ri	O	Jul 5	10
Boeun-eup, Gangsan-ri	P	Sep 18	4
Tanbu-myeon, Sangjang-ri	Q	Jun 18	50
Tanbu-myeon, Sangjang-ri	R	Jul 5	10

^aThe JWB was diagnosed by witches' broom symptom at every jujube farm except the farm E. The farm E was examined by hearing from its farmer and included in the data.

여 수확기에 제거한 후 2018년에 방충망을 설치한 속리산면 백현리에 위치한 한 무농약 재배 농가에서는 2018년과 2019년 육안조사에서 빗자루병이 더 이상 발생하지 않았다. 그러나 또 다른 무농약 재배 농가에서는 청취조사 결과 지난 수년 동안 매년 약 0.1% (전체 1,800주 식재) 정도 발생하여 이병주를 제거하여 왔으나, 2019년에 10% 정도(150주 이상 발생)까지 급증한 것으로 조사되었다. 이처럼 동일한 무농약 재배 조건에서도 병 발생에 큰 차이를 나타낸 것은 해충 발생에 대한 관리 방법이 크게 달랐기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 사례는 유기합성농약을 사용할 수 없는 조건에서 매개충 방제를 유기농업자재를 활용한 매개충 방제에만 의존하는 방제법이 대추나무 빗자루병 확산 방지에 한계가 있음을 시사한다. 따라서 향후 무농약 재배 농가에서는 이병주를 제거하더라도 매개충에 대한 관리가 충분한 수준으로 이루어지지 못한다면 대발생 위험이 상존하게 될 것으로 예상된다.

Table 6. Regional distribution of jujube witches' broom (JWB) disease in Boeun-gun, Chungbuk province in 2018 and 2019

Year		Disease incidence in each region of Boeun-gun					
		Boeun	Maro	Hoein	Hoenam	Tanbu	Sanoe
2018	Farm ^a	7	1	1	1	1	1
	Tree ^b	83	3	1	2	5	3
2019	Farm	16	0	0	0	2	0
	Tree	248	0	0	0	60	0

^aThe number of jujube farms where the JWB disease occurred in each region.

^bThe number of jujube trees where the JWB disease occurred in each region.

2019년에는 빗자루병 발생 농가의 요청으로 현장을 방문해보면, 대부분의 농가에서는 병이 심하게 진전되어 육안으로 쉽게 빗자루 병징이 관찰되는 시기에 빗자루병 감염을 인지하는 경우가 많았다. 발생 이력을 농가로부터 청취조사하다 보면, 이미 전년도 대추 수확기에 의심스런 병징이 있었으나 전염원 제거 또는 수간주사 등의 방제 노력을 하지 않아 이듬해에 빗자루병 병징이 심하게 발현되는 경우가 많았다.

2017년 설문조사와 2018–2019년 육안조사 및 청취조사 결과를 종합해 보면, 충북 보은 지역에서 대추나무 빗자루병 발병률(이병주율)은 0.8% (Table 3)로 매우 낮았으나, 발생 지역과 발생 농가를 중심으로 점차 증가하고 있는 경향이 뚜렷하였으며, 2019년에 갑자기 급증한 것으로 추정된다 (Tables 3–6). 특히, 발병 후 이병주를 굴치하여 잔뿌리까지 제거하거나, 베어 버린 후 제초제를 사용하여 완전히 고사시킨 경우에도 지속적으로 발병하는 농가들이 나타나고 있어, 매개충 방제에 대한 중요성이 커지고 있다. 또한, 모무늬매미충 이외의 다른 매개충에 의한 전염 가능성을 배제할 수 없어 이에 대한 연구도 시급하다.

대추나무를 전정하지 않고 3 m 이상의 높은 수고를 유지하면서 착과 후 대추를 털어서 수확하는 생력형, 경영비 절감형의 방식으로 대추를 재배하고 있는 우리나라 건대추 생산의 주산지인 경북 경산, 군위 등에서는 대추나무 빗자루병이 경제적으로 큰 피해를 주고 있지 않다. 이와는 달리 보은 지역은 고품질의 생대추를 생산하기 위하여 2 m 정도의 수고를 유지하면서 매년 전정을 통하여 수형을 유지하고 수확기에 대추열매를 한 알씩 수확하고 있다. 빗자루병을 일으키는 병원체인 파이토플라즈마(*C. P. ziziphi*)의 특성상 매개충에 의하여 대추나무의 한 가지에 감염되어 병징이 나타나더라도, 다른 가지에 발병하기 위해서는 매개충의 밀도가 높지 않은 이상 체관을 통한 전염 방법이 유일하다. 따라서 높은 수고를 유지할 경우 감염된 가지에서 체관을 따라 뿌리로 이동 후 뿌리에서 다른 가지로 병원체의 이동이 매우 어렵거나 느리게 진행될 것으로 예상되지만, 수고를 낮게 재배하는 양식에서는 감염 후 뿌리로 병원체가 이동

후 식물체 전체로 빠르게 이동할 가능성이 높다. 실제로 대추나무 빗자루병을 일으키는 파이토플라즈마를 일일초에 접목하여 이동을 관찰한 결과 병원체는 뿌리로 이동한 후 식물체 전체로 전염되었으며, 전체 식물체에 감염되는 데 82일이 소요되었다 (Lee 등, 2012).

한편, 품종에 따른 빗자루병 저항성은 큰 차이가 없는 것으로 보인다. 지금까지 다양한 대추 품종이 언급되고 있으나, 이는 기존의 연구자들이 육성과정에서 명명하고 이후 지속적으로 사용한 경우가 많아서 현재까지 분자마커를 이용하여 정확한 품종을 판별할 수 있는 기술은 많지 않다 (Nam 등, 2013). 보은 지역에서 재배되는 품종은 대부분 복조 품종으로, 빗자루병은 일부 농가에서 재배중인 왕대추 계열의 품종 (Table 5, farm H)과 접목묘의 대목으로 이용되는 산조 품종과 무등 품종 (Table 5, farm G) 등에서도 발생됨을 확인할 수 있었다.

지금까지 대추나무 빗자루병은 접목, 뿌리 나누기 등의 영양번식에 의한 전염과 모무늬매미충에 의한 충매전염만이 알려져 왔다 (Kim, 1965; La와 Woo, 1980). 그러나 빗자루병이 지속적으로 발생하는 일부 농가에서는 인접한 나무에서 발병이 집중되는 빈도가 높아 뿌리 간의 접촉에 의한 전염 가능성을 배제할 수 없으며, 이에 대한 실험적 증명이 필요하다고 생각된다. 특히, 대추나무 빗자루병 발생이 농가의 병해충 방제 실패가 가장 큰 원인으로 추정되는 상황에서, 완전히 방치된 대추과원 (Table 4, farmer H)에서 빗자루병이 더 이상 확산되지 않은 사례도 나타나고 있어 빗자루병 발생생태에 대한 집중적인 연구가 필요하다고 생각된다.

OTC 수간주사 방제효과. 농가 대추과원에서 빗자루병 발병주에 OTC 수간주사 처리를 한 결과, 당해 연도에는 수확기까지 병징이 억제되거나 나타나지 않은 경우가 많았으며 이는 La 등 (1976)의 결과와 일치한다. OTC 수간주사 방제효과는 발병 농가에 따라 큰 차이를 보였다. 동일한 농가 내에서도 약제를 처리한 나무별로 방제효과는 큰 차이를 보였다 (Tables 1, 7). 2018

Table 7. Control efficacy of OTC^a trunk injection against jujube witches' broom disease in the treatment year

Farm	No. of OTC-injected trees	No. of diseased trees	Control efficacy (%) ^b
A	10	2	80
B	4	0	100
C	5	0	100
D	1	1	0
E	1	0	100
F	1	1	0
G	6	1	83.3

^aOTC stands for Sungbocycline wettable powder, Sungbo Chemicals Co. Ltd. (a.i. oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium, 17%). One liter solution (OTC 5 g/l) was injected per tree (Table 1).

^bControl efficacy (%)=(Number of OTC-injected trees-Number of diseased trees)/(Number of OTC-injected trees)×100. The final control efficacy was assessed about 1 month after OTC injection on Aug 23, 2018.

년 수간주사 처리 7농가 가운데 2농가에서는 당해 연도에도 병징이 억제되지 않았다(Table 7, farm D, F). 2농가(farm A, G)에서는 각각 80% (2주 발병/10주 처리)와 83.3% (1주 발병/6주 처리)의 방제효과를 나타냈으며, 3농가(farm B, C, E)에서는 당해 연도에 병징이 나타나지 않았다(Table 7).

2018년과 2019년 보은군 보은읍 학림리의 한 농가 포장에서 수간주사 시기와 횟수를 달리하여 수행한 시험(Table 2)에서는 생육초기에 수간주사를 실시하는 것이 좋은 방제효과를 나타냈다(Table 8, Fig. 2, tree no. 5, 6, 9). 그러나 발병이 심한 나무에서는 당해 연도에서도 낙엽기에 병징이 관찰되었으며, 해당 나무는 이듬해 일찍 수간주사를 하여도 병징 발현이 억제되지 않았다(Table 8, Fig. 2, tree no. 3, 10). 한편, 2회 수간주사를 하는 경우에도 6월에 1차 수간주사 처리 시에는 2차 수간주사 적기가 한 달 후인 것으로 나타났다. 2018년과 2019년에 2년 연속 수간주사를 한 경우에는 이듬해 가을까지 병징이 나타나지 않았으나(Table 8, Fig. 2, tree no. 5, 6, 9), 2018년 6월과 7월에 수간주사를 하고 2019년에는 수간주사를 하지 않았을 경우, 발병이 심하여 2018년 11월 병징이 약하게 나타난 나무의 경우에는 이듬해 봄 개화기에 이미 병징이 나타났으며(Table 8, Fig. 2, tree no. 3, 10), 이듬해 봄에 병징이 나타나지 않은 나무의 경우는 가을에 빗자루병 병징이 관찰되었다(Table 8, Fig. 2, Tree No. 1, 2, 4, 7, 8). 이러한 결과는 La 등(1976)의 연구결과와 차이를 보인다. La 등(1976)의 시험에서는 2회 수간주사 6주와 3회 수간주사 6주에서 이듬해까지도 전혀 병징이 나타나지 않았다. 특히, 10월 수간주사 처리 6주에서는 1회 처리에서도 이듬해까지 병징이 관찰되지 않았다. Bak과 La (1993)의 연구에서는 처리 후 2년까지도 약효가 지속되어 처리한 18주 모두에서 2년 후까지도 병징이 전혀 나타나지 않았다. 이처럼 처리 이듬해까

Table 8. Occurrence of jujube witches' broom (JWB) disease after different OTC^a trunk injections at a jujube orchard in 2018 and 2019

Tree no. ^b	JWB occurrence ^c					
	2018		2019			
	1st Aug 23	2nd Nov 2	1st Jun 12	2nd Jul 11	3rd Sep 16	4th Nov 8
3	H	D	D	X	X	X
10	H	D	D	X	X	X
5	H	H	H	H	H	H
6	H	H	H	H	H	H
9	H	H	H	H	H	H
1	H	H	H	D	D	D
2	H	H	H	D	D	D
4	H	H	H	D	D	D
7	H	H	H	D	D	D
8	H	H	H	D	D	D

^aOTC was injected three times in 2018, on June 15–20, July 19 and November 2, while twice in 2019, on Apr 16 and May 13 (Table 2).

^bTree no. stands for OTC-treated jujube tree number corresponding to that in shaded boxes in Fig. 2.

^cJWB occurrence was examined twice on Aug 23 and Nov 2, 2018 and four times on Jun 12, Jul 11, Sep 16, and Nov 8, 2019. H, D, and X represent healthy, diseased and removed trees, respectively.

20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
9	9	9	12	13	15	16	19	21	24	33	31	30	27	25	23	19	19	19	17
10	8	8	11	12	14	15	18	20	23	32	30	29	26	24	22	18	18	7	16
7	7	7	10	11	13	14	17	19	22	31	29	28	25	23	21	17	17	8	15
6	6	6	9	10	12	13	16	6	21	30	28	27	24	22	20	16	16	16	14
5	5	5	8	9	11	12	15	17	20	29	27	26	23	21	19	15	15	15	13
4	4	4	7	8	10	11	14	16	19	28	26	25	22	20	18	14	14	14	1
3	3	3	6	7	9	10	13	15	18	27	25	24	21	19	17	13	13	19-2	11
2	19-1	2	5	6	8	9	12	14	17	26	24	23	20	18	16	12	12	12	10
1	1	1	4	5	7	8	11	13	16	25	23	22	19	17	15	11	11	11	9
			3	4	6	7	10	12	15	24	22	21	18	16	14	10	10	10	8
			2	3	5	6	9	11	14	23	21	20	17	15	13	9	9	9	7
			1	2	4	5	8	10	13	22	20	19	16	14	12	8	8	8	6
				1	3	4	7	9	12	21	19	18	15	13	11	7	7	7	5
					2	3	6	8	11	20	18	17	14	12	10	6	6	6	4
					1	2	5	7	10	19	17	16	9	11	3	5	5	5	3
						1	4	6	9	18	16	15	12	10	8	4	2	4	2
							3	5	5	17	15	14	11	9	7	3	3	3	1
							2	4	7	16	14	13	10	8	6	2	2	2	
							1	3	6	15	13	12	9	7	5	1	1	1	
								2	5	14	12	11	8	6	4				
								1	4	13	11	10	7	5	3				
									3	12	10	9	6	4	2				
									2	11	9	8	5	3	1				
									1	10	8	7	4	2					
										9	7	6	3	1					
										8	6	5	2						
										7	5	4	1						
										6	4	3							
										5	3	2							
										4	2	1							
										3	1								
										2									
										1									

Fig. 2. Distribution of jujube trees infected with jujube witches' broom (JWB) disease in a jujube farm in Boeun-gun. Figures in shaded boxes stand for the tree number injected with OTC (Sungbocycline wettable powder, a.i. oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium 17%) in Tables 2 and 8. The two trees (19-1 and 19-2) were newly infected with JWB phytoplasma in 2019.

Fig. 3. Ten trees showing jujube witches' broom (JWB) symptoms were injected on trunk with OTC (Sungbocycline wettable powder, a.i. oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium 17%) at concentration of 5 g/l in 2018. One liter was injected into each tree. When the JWB symptoms were examined on Aug 23, no symptom was observed in 2018. But two of ten trees showed JWB symptoms on Nov 2, 2018. (A) Phyllody (in a red circle). (B) A trunk injected jujube tree with OTC on Jun 15, 2018. (C) A trunk injected jujube tree with OTC on Jun 15 and Jul 19, 2018. The two photos (B, C) were taken on Aug 23, 2018.

지 지속되는 방제효과에 차이가 있는 것은 시험에 사용된 약제 (oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium, a.i. 17%) 와 이전 연구에 사용된 약제(oxytetracycline-HCl, a.i. 99.9% 이상)의 유효성분의 종류와 함량이 달랐기 때문으로 추정된다. La 등(1976)은 oxytetracycline-HCl을 1,000 ppm의 농도로 처리하였으며, Bak과 La (1993)은 2,000–12,000 ppm의 농도로 처리하였다. 반면에 이 연구에서는 oxytetracycline calcium alkyl trimethyl ammonium을 850 ppm의 농도로 처리하였다. 성보 싸이클린수화제는 우리나라에서 유일하게 대추나무 빗자루병 방제를 위하여 법적으로 사용 가능한 등록된 살균제이다. 유효 성분 850 ppm의 OTC 처리농도는 현행 농약관리법상 농약 안전사용기준에 부합하면서 농가에서 현재 사용할 수 있는 최고 농도이다. 한편, 동일한 처리 시기 내에서 직경이 1–3 cm 정도 다른 나무에 동일한 약량(1 l)을 처리함으로 수간주사 약량이 방제효과와 지속성에 미치는 영향을 조사한 결과, 주간 직경이 작아 주입된 약량이 상대적으로 많은 나무에서도 방제효과는 증가되지 않았다(Tables 2, 8).

수간주사 시기별 약액이 주입되는 속도는 맑은 날씨일수록

빨랐다. 특히 대추나무의 생육이 왕성할수록 빠르게 주입되었다. 그러나 2019년 4월 16일 수간주사에서는 약액이 전체 처리한 11 중 약 100 ml 정도만 주입되었으며 이 시기의 대추나무는 새순이 나타나기 시작하고 있는 시기였다. 이와는 달리 2차 처리(2019년 5월 13일) 수간주사에서는 약액이 정상적으로 주입되었다. 따라서 농가에서 대추나무 빗자루병 방제를 위하여 수간주사를 하고자 할 때에는 농약 용기에 표시된 사용적기인 “4월초”보다는 대추나무의 생육 상태를 고려하여 신초가 2-3 cm 정도 성장하였을 때 1차 수간주사를 하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

2019년 빗자루병 신규 발생 농가에서 수행한 OTC 수간주사 처리에서는 2018년(Fig. 3)에 비하여 전체적으로 방제효과가 낮게 나타났다(data not shown). 6월 이후 발견되는 농가가 많았으며, 대추 과원을 방문하였을 때에는 빗자루병이 심하게 진전되어 멀리서도 쉽게 육안으로 구별되었다. 이러한 나무에 수간주사 처리 후 농가에서는 병징이 감소되거나 억제되는 방제효과가 나타나지 않아 한 달 이내에 베어 버리는 사례도 있었다. 2018년에 비하여 2019년의 빗자루병 발생량이 증가하고 병징 발달이 급속히 진행된 원인은 추가적인 연구를 통하여 밝혀야 할 것이다.

OTC 수간주사 후 관찰되는 약해 증상은 잎에서 약한 황화 증상, 생육 지연, 수세 약화 등이 있었으며, 당해 연도 또는 이듬해 시간이 경과하면서 서서히 회복되었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, OTC 수간주사를 통하여 대추나무 빗자루병을 방제하고자 할 때에는 대추나무 생육초기에 방제하는 것이 효과적이며, 병이 심하게 감염되어 생육기간 중 2회 방제를 할 경우에는, 1차 수간주사 후 한 달 후에 2차 수간주사를 하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

요 약

대추나무 빗자루병은 1950년대에 남한지역에 대발생하여 대추 재배지를 황폐화시킨 고위험 식물병이다. 최근 전국적으로 대추 재배면적이 크게 증가하고 있어 빗자루병 대발생 위험성을 사전에 파악하기 위한 기초자료를 얻고자 2017년과 2019년에 걸쳐 보은 지역의 대추 과원에서 병조사를 하였다. 또한, 빗자루병 초기 진단에 활용할 수 있는 다양한 병징을 찾아내고, 성보 싸이클린수화제(OTC, 옥시테트라사이클린칼슘알킬트리메틸암모늄 수화제, 유효성분 17%)의 수간주사 방제효과 증진을 위한 연구를 수행하였다. 그 결과 현재까지 총복 보은 지역의 대추나무 빗자루병 발병률(이병주율)은 매우 낮았으나, 발생 지역과 발생 농가를 중심으로 점차 의미 있게 증가하고 있었다. OTC 방제

시험 결과 처리 시기는 대추나무 생육 초기가 가장 효과적이었다. 그러나 발병이 심한 나무에서는 수간주사 후 당해 연도에도 같은 나무의 다른 건전한 가지에서 병징이 발현되었다. 6월에 1차 수간주사를 한 처리에서 2차 수간주사는 5개월 후보다 한 달 후에 하였을 때 방제효과가 더 좋았다. 이러한 결과는 조기 병징을 활용한 진단과 이를 근거로 한 조기 방제가 빗자루병 피해를 사전에 차단하고 병 방제효과를 높이는 데 매우 효과적일 수 있음을 시사한다.

Conflicts of Interest

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

Acknowledgments

This research was supported by a grant from «Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ01269402)» Rural Development Administration, Republic of Korea.

References

- Bak, W. C. and La, Y. J. 1985. Fluorescence microscopic diagnosis of mycoplasma infections in jujube, mulberry and periwinkle plants. *Korean J. Plant Pathol.* 1: 12-16.
- Bak, W. C. and La, Y. J. 1993. Control of jujube witches'-broom by post-harvest trunk injection of oxytetracycline. *J. Korean For. Soc.* 82: 12-16. (In Korean)
- Han, S. 2005. Specific primer for detection of Jujube witches' broom phytoplasma group (16SrV) in Korea. *Plant Pathol. J.* 21: 55-58.
- Hong, S.-W. and Kim, C.-J. 1960. A study of virus disease on Chinese date tree (I). On the external and the internal morphological characteristics of disease infected plants. *Korean J. Bot.* 3: 32-38. (In Korean)
- Im, H. B., La, Y. J., Lim, U. K., Chang, T. J., Shin, J. D. and Lee, S. H. 1985. Histopathological studies of witches' broom infected jujube trees treated by oxytetracycline. *Korean J. Plant Pathol.* 1: 101-108. (In Korean)
- Jang, Y. S., Lee, M. H. and Hwang, S. I. 2006. Morphological characteristics and classification of *Zizyphus* cultivars in Korea by multivariate analysis. *Korean J. Plant Res.* 19: 105-111. (In Korean)
- Jung, H.-Y., Sawayanagi, T., Kakizawa, S., Nishigawa, H., Wei, W., Oshima, K. et al. 2003. '*Candidatus* Phytoplasma ziziphi', a novel phytoplasma taxon associated with jujube witches'-broom dis-

- ease. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 53: 1037-1041.
- Kim, C. J. 1965. Witches broom of jujube tree, *Zizyphus jujube* Mill. *Var. inermis* Rehd. (Part. 3) transmission by graftings. *Korean J. Microbiol.* 3: 1-6. (In Korean)
- Kim, K. C. and Kim, M. S. 1993. Host range and bionomics of the rhombic marked leafhopper, *Hishimonus sellatus* Uhler (Homoptera: Cicadelliae) as a vector of the jujube witches-broom mycoplasma. *Korean J. Appl. Entomol.* 32: 338-347. (In Korean)
- Kim, Y. S. and Kim, W. S. 2011. New Technology for Jujube Cultivation. Osung Press, Seoul, Korea. 302 pp. (In Korean)
- Korean Statistical Information Service. 2018. URL <http://kosis.kr> [10 January 2020].
- La, Y.-J., Brown, W. M. Jr. and Moon, D.-S. 1976. Control of witches'-broom disease of jujube with oxytetracycline injection. *Korean J. Plant Prot.* 15: 107-110. (In Korean)
- La, Y. J. and Woo, K. S. 1980. Transmission of jujube witches'-broom mycoplasma by the leafhopper *Hishimonus sellatus* Uhler. *J. Korean For. Soc.* 48: 29-39. (In Korean)
- Lee, S., Han, S. and Cha, B. 2009. Mixed infection of 16S rDNA I and V groups of phytoplasma in a single jujube tree. *Plant Pathol. J.* 25: 21-25.
- Lee, S., Kim, C.-E. and Cha, B. 2012. Migration and distribution of graft-inoculated jujube witches'-broom phytoplasma within a *Cantharanthus roseus* plant. *Plant Pathol. J.* 28: 191-196.
- Nam, J.-I., Kim, Y.-M., Choi, G.-E., Lee, G.-Y. and Park, J.-I. 2013. Assessment of genetic relationship among date (*Zizyphus jujuba*) cultivars revealed by I-SSR marker. *J. Korean For. Soc.* 102: 59-65. (In Korean)
- Park, C.-H., Lee, S.-P. and Cha, B. 1995. Fluctuations in the outbreak of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) witches'-broom disease. *Plant Dis. Agric.* 1: 30-36. (In Korean)
- Shin, H.-D. 1980. Impossibility of seed transmission in plant mycoplasmal diseases. *Korean J. Plant Prot.* 19: 141-143.
- Yi, C. K. and La, Y. J. 1973. Mycoplasma-like bodies found in the phloem elements of jujube trees infected with witches'-broom disease. *Res. Rep. For. Res. Inst.* 20: 111-114. (In Korean)