



오디 재배양식 및 지역에 따른 균핵병 방제 효과와 농약 잔류 특성

김현복^{1†} · 이영보² · 임정대³ · 이소라⁴ · 구본우⁵ · 권해용⁶

Pest Control and Analysis of Residual Pesticides of Mulberry Fruit and Leaf against Popcorn Disease by Cultivated Type and Region

Hyun Bok Kim^{1†}, Young Bo Lee², Jung Dae Lim³, So Ra Lee⁴, Bon Woo Koo⁵ and Hae Yong Kweon⁶

ABSTRACT

Received: 2020 October 13
1st Revised: 2020 November 6
2nd Revised: 2020 November 30
3rd Revised: 2020 December 8
Accepted: 2020 December 8

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Background: As the Positive List System (PLS) is implemented in broad application to agricultural products, attention to the correct use of pesticides is also needed in the production of mulberry leaves and fruit. In this regard, three types of pesticides against mulberry popcorn disease were applied 2 - 3 times both in the field and greenhouses to prepare safety standards. Residual pesticide analysis was conducted on mulberry fruits and leaves.

Methods and results: Three pesticides, thiophanate-methyl, thiophanate-methyl·triflumizole and fluopyram registered as PLS pesticides for mulberry popcorn disease, were sprayed in the Wanju and in Buan regions, after which residual pesticide analysis was conducted using high-performance liquid chromatography (HPLC). As three pesticides were either undetected or below the permissible level in mulberry fruit, demonstrating that they were suitable for safe spraying. However, 5.6 mg/kg of thiophanate-methyl was detected in the greenhouse after three application, which was slightly above maximum residue limit (MRL). Furthermore the level of thiophanate-methyl·triflumizole was higher than 0.2 mg/kg (“Gwasang No. 2” variety, spraying twice) or similar to 0.09 mg/kg (“Daesim” variety, spraying thrice) the permissible level (0.1^T mg/kg) as the thiophanate-methyl was detected in mulberry leaves in the greenhouse.

Conclusions: The spraying frequency for controlling mulberry popcorn disease in greenhouses should be limited to two times or less, especially when mulberry leaves are treated with thiophanate-methyl·triflumizole careful consideration is required if the leaves are to be used as food materials.

Key Words: Maximum Residue Limit, *Morus alba* L., Popcorn Disease, Residual Pesticides

서 언

최근 건강에 대한 관심과 건강기능식품 및 천연물 의약품의 수요가 증가함에 따라 이를 제조하기 위해 다양한 생리활성을 가지고 있는 약용작물을 원료로 사용하는 경우가 많아지고 있으며, 이에 따라 생산량 확보를 위해 약용작물로서 재배가 이루어지고 있다 (Lee *et al.*, 2010). 많은 약용작물에 대하여

작부체계가 구성됨에 따라 재배과정 중 발생하는 병해충 및 잡초를 제거할 목적으로 농약을 사용함으로써 수확된 약용작물의 잔류농약 관리가 필요한 실정이다.

또한 약용작물을 대상으로 한 미등록 농약의 사용, 안전사용 기준의 미준수 및 안전성 검사결과 부적합 발생 등 여러 측면에서 문제점들이 나타나고 있기에 약용작물에 대한 잔류농약 평가는 반드시 이루어져야 할 과제이다 (Hwang *et al.*, 2011).

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-238-2871 (E-mail) hyunbok@korea.kr

¹농촌진흥청 국립농업과학원 연구사 / Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea.

²농촌진흥청 국립농업과학원 연구사 / Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea.

³강원대학교 바이오헬스융합학과 교수 / Professor, Department of Bio-Health Convergence, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea.

⁴농촌진흥청 국립농업과학원 박사후연구원 / Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea.

⁵농촌진흥청 국립농업과학원 연구사 / Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea.

⁶농촌진흥청 국립농업과학원 연구관 / Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea.

오디 (*Morus alba* L.)는 뽕나무 열매로서 다양한 기능성 성분들과 노화 억제, 고혈압 억제, 항암 등 건강에 이로운 식품소재로 알려짐에 따라 재배면적이 급격히 증가하였다 (Kim *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2005).

오디 생산을 위한 뽕나무의 작부체계가 구성되고 재배방법이 체계화되면서 다양한 병발생이 수확에 영향을 미치고 있으며 그 중 가장 문제시되는 것이 오디 균핵병이다. 뽕잎 생산에는 피해를 주지 않기 때문에 누에 사육 시에는 문제가 되지 않으나 오디 생산에는 큰 피해를 주는 병으로 심한 경우에는 오디를 전혀 수확할 수 없을 정도로 문제가 된다. 품종과 지역에 따라 피해 발생 양상이 크게 차이가 나타나기도 하며, 개화 시기의 저온 및 습도에도 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Hong *et al.*, 2007b; Sung *et al.*, 2015).

오디 균핵병은 균핵병원균과에 속하는 사상균에 의해 발생되며 (Shimane, 1994), 병원균으로 *Sclerotinia shiraiana* Henn이 기록되어 있다 (KSPP, 2004). Hong 등 (2007a)은 국내에서 발생한 오디 균핵병의 병원균을 동정한 결과, *Ciboria shiraiana* (Henn.) Whetzel과 *Scleromitrua shiraiana* (Henn.) Imai. 2 종으로 보고한 바 있다.

안전한 농산물 생산을 위한 농약 허용기준 강화제도 (Positive List System, PLS)가 2019년 1월 1일 기준으로 모든 농산물에 확대 적용되어 시행됨에 따라 뽕잎과 오디를 생산하는 양잠 농가에서도 올바른 농약 사용에 대한 주의가 특히 필요한 실정이다. 국내 뽕잎과 오디의 농약잔류허용기준이 마련된 농약은 각각 6 종, 83 종이며, 이 중 오디 균핵병과 관련된 농약은 황 (입상)을 포함하여 12 종에 해당한다 (Table 1).

지금까지 오디 균핵병을 방제하기 위한 몇 가지 지침들이

Table 1. Pesticide MRLs against popcorn disease on mulberry fruits in Korea.

Numbers	Pesticides	MRL ¹⁾ (mg/kg)	Number of spraying
1	Cabendazim	5.0	2
2	Fluopyram	5.0	2
3	Fluquinconazole	2.0	2
4	Flutolanil	5.0	3
5	Fluxapyroxad	0.5	2
6	Hexaconazole	0.5	1
7	Penthiopyrad	2.0	2
8	Thifluzamide	0.2	1
9	Thiophanate-methyl	5.0	2
10	Trifloxystrobin	5.0	2
11	Triflumizole	2.0	2

¹⁾Maximum Residue Limit (MRL)

있으나 지침서에 따라 처리 시기 및 처리 횟수에 대해 약간의 차이를 나타내고 있다. 국립농업과학원의 ‘뽕나무 표준 재배법’에는 눈이 트고 잎이 피는 시기에 맞추어 (4월 중·하순 - 5월 상순) 지오판수화제 또는 thiophanate-methyl·triflumizole 을 5 일 - 6 일 간격으로 3 회 정도 나무와 뽕밭에 고르게 뿌리거나, hexaconazole·thifluzamide를 눈뜨기 전 뽕밭에 골고루 뿌리라고 되어 있다 (NAS, 2017).

Kim 등 (2013)은 ‘부안뽕’을 대상으로 지오판수화제를 처리한 오디 균핵병의 방제 적기에 대한 연구에서 개화 시작 후 일주일 이내에 1 회 처리만으로도 충분한 효과가 있을 것이라고 하였으며, 작물보호제 지침서 (KCPA, 2019)에는 방제약제의 종류에 따라 1 회 - 3 회 처리하되 thiophanate-methyl, thiophanate-methyl·triflumizole, fluopyram의 경우에는 2 회 이내 살포할 것을 권장하고 있다.

오디 균핵병 방제약제의 안전살포 기준을 마련할 필요가 요구됨에 따라 오디 균핵병 방제약제로 등록된 thiophanate-methyl (수화제), thiophanate-methyl·triflumizole (수화제), fluopyram (액상수화제) 3 종을 대상으로 국립농업과학원의 오디 균핵병 방제 지침에 따라 노지와 하우스에 2 회 - 3 회 살포하고 오디 수확 시기에 오디와 뽕잎을 채취하여 잔류농약 검사를 실시하여 건강기능식품 및 천연물의약품의 원료로 사용될 수 있도록 약용작물 오디에 대한 잔류농약 검사의 기초 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 처리지역, 재배형태 및 품종

오디 (*Morus alba* L.) 균핵병 방제약제를 처리하기 위한 지역 및 품종을 선정하였다. 처리 지역으로는 전북 부안군 소재 농가 1 곳과 전북 완주군의 포장을 선정하였다. 포장의 재배양식은 각각 노지와 하우스이고 뽕나무 재배 품종은 부안 농가의 경우 과상 2호였으며, 완주 포장은 과상 2호, 대심, 대성 품종을 대상으로 하였다.

2. 처리약제 및 처리방법

2019년 기준 오디 균핵병의 방제약제로 등록된 12 개 농약 중 농가에서 가장 많이 사용되고 있는 thiophanate-methyl (수화제), thiophanate-methyl·triflumizole (수화제), fluopyram (액상수화제) 3 종을 처리 약제로 선정하였다. 오디 표준재배 매뉴얼의 오디균핵병 방제 지침에 따라 물 20 ℓ 당 사용 약량은 각각 20 g, 20 g, 5 ml로 하였으며, 7 일 간격으로 2 회 또는 3 회 처리하였다. 시험 주수는 약제당 3 주로 하였다.

3. 뽕나무 생육 조사

오디 균핵병의 방제 시기를 선정하기 위한 겨울눈의 탈포기

(겨울눈의 윗부분이 벗겨져 잎의 일부가 보일 때), 연구기 (탈포 후 2 개 - 3 개의 어린 잎이 제비입 모양으로 반쯤 나왔을 때), 개엽기 (잎자루까지 1 개 - 5 개의 잎이 완전히 나왔을 때) 일자와 오디 수확을 위한 초숙기, 성숙기, 만숙기 일자를 조사하였다.

4. 균핵병 피해율 조사

오디의 숙기 및 재배양식에 따라 날짜를 달리하여 균핵병 발병율을 조사하였다. 처리한 약제 (3 주)의 결실 오디 중 300 개의 오디를 무작위로 선정한 후 이병과를 확인하여 %로 표시하였다.

$$\text{균핵병 발병율 (\%)} = \frac{\text{균핵병 발병 오디 수}}{\text{총 오디 결실 수}} \times 100$$

5. 농약 잔류 분석

5.1. 분석기기 및 분석조건

오디 균핵병을 방제하기 위해 농약을 2 회 - 3 회 살포한 후 수확한 오디와 빙잎의 잔류농약 분석은 Agilent 6460 triple quadrupole LC/MS/MS system (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA)와 Agilent eclips XDB-C18 Column (4.6 mm × 150 mm, 5 μm, Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, USA)을 사용하였다. 분석조건은 Table 2와 같다. Carbendazim, thiophanate-methyl, fluopyram, triflumizole의 각 retention time은 약 4.7, 5.9, 9.2, 11.8 min 이었다 (Fig. 1).

5.2. 검량선 작성

Carbendazim, thiophanate-methyl, fluopyram, triflumizole 1000 μg/ml 표준품을 acetonitrile을 이용하여 단계별로 희석한 0.01, 0.02, 0.05, 0.10, 0.20, 0.50, 1.00, 5.00 μg/ml의 표준 물질을 제조 후, 무처리구 시료추출액 100 μl가 포함된 매질 보정 용액 900 μl에 각 농도별 표준물질 100 μl을 넣어 0.001, 0.002, 0.005, 0.010, 0.020, 0.050, 0.100, 0.200, 0.500 μg/ml 매질보정검량 (matrix matched calibration) 용액을 만들어, 각 용액 별 10 μl를 LC/MS/MS system에 주입하여 나타난 chromatogram상의 peak 면적을 기준으로 검량선을 작성하였다 (Fig. 2).

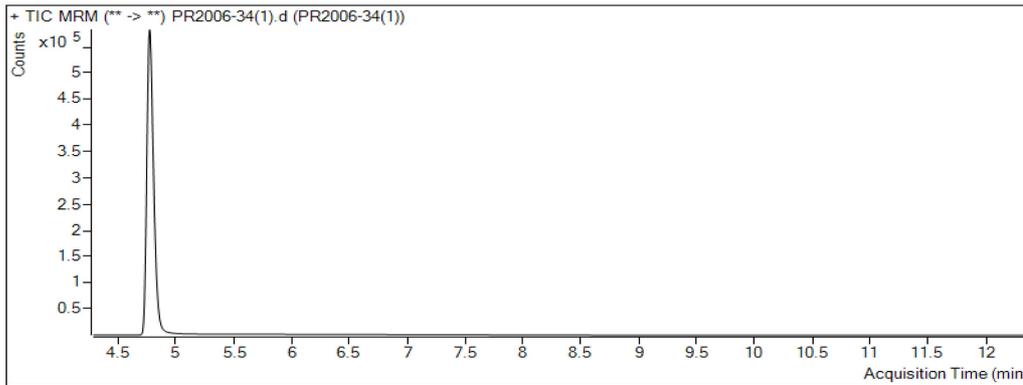
5.3. 추출 및 정제

마쇄한 시료 (오디 10 g, 빙잎 5 g)에 acetonitrile 10 ml를 넣고 4 g MgSO₄, 1 g NaCl, 1 g trisodiumcitrate dihydrate, 0.5 g disodium hydrogencitrate sesquihydrate를 첨가한 후 30 분간 진탕 추출 및 3000 rpm으로 12 분간 원심분리 하였다.

Table 2. Instrument and conditions for the LC/MS/MS analysis of residual pesticides in mulberry fruits and leaves.

Column	Agilent eclips XDB-C18 (150 mm × 4.6 mm, 5 μm)			
Flow rate	0.9 ml/min			
Column temperature	30°C			
Injection volume	10 μl			
Mobile phase	Solvent A; 5 mM Ammonium formate, 0.1% formic acid in Distilled water, Solvent B; 5 mM Ammonium formate, 0.1% formic acid in methanol			
Gradient system	Time	Solvent A	Solvent B	
	1.0	85	15	
	1.5	40	60	
	10.0	10	90	
	12.0	10	15	
Ionization mode	ESI			
Gas temperature	350°C			
Drying Gas	10.0 ml/min			
Nebulization Pressure	50 psi			
Capillary voltage	Postive (4,000 V)	Negative (3,500 V)		
Carbendazim	Polarity; positive			
	Precursor ion	Product ion	Fragmetor (V)	CE (V)
	192.1	160.1	90	5
	192.1	132	90	5
	Nebulization Pressure; 25 psi			
Thiophanate-methyl	Polarity; positive			
	Precursor ion	Product ion	Fragmetor (V)	CE (V)
	343	151.1	100	21
	343	93.1	100	49
	Nebulization Pressure; 25 psi			
Fuopyram	Polarity; positive			
	Precursor ion	Product ion	Fragmetor (V)	CE (V)
	396.9	173.1	120	20
	396.9	208.1	120	30
	Nebulization Pressure; 25 psi			
Triflumizole	Polarity; positive			
	Precursor ion	Product ion	Fragmetor (V)	CE (V)
	346.1	73	100	15
	346.1	278	100	23
	Nebulization Pressure; 25 psi			

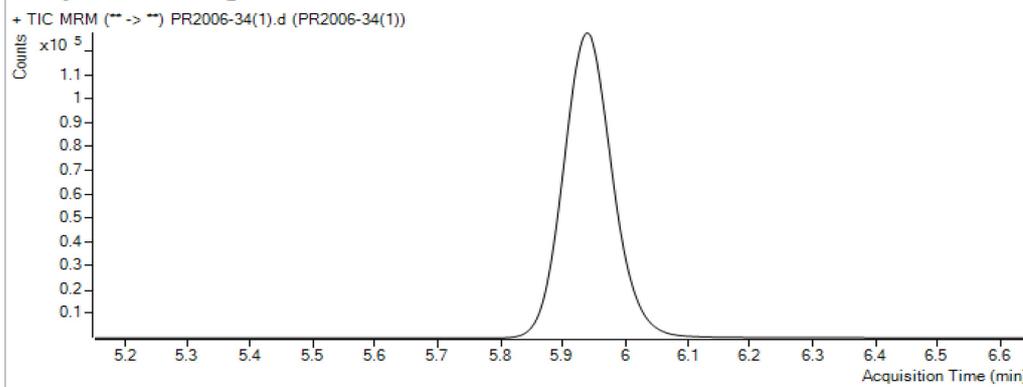
Sample Chromatogram



Quantitation Results

Compound	RT	Resp	Final Conc	
Carbendazim	4.769	1990034	1.3626	mg/kg
fluopyram	9.251	319	0.0002	mg/kg
Triflumizole	11.897	12	0.0000	mg/kg

Sample Chromatogram



Quantitation Results

Compound	RT	Resp	Final Conc	
thiophanate-methyl	5.938	555883	7.7360	mg/kg

Fig. 1. Chromatogram of thiophanate-methyl (Wanju, greenhouse) and retention time.

상등액 1 ml 를 0.2 μm syringe filter (Minisart®, Sartorius Co., Bohemia, NY, USA)로 여과하여 LC/MS/MS 분석을 위한 stock solution으로 사용하였다.

5.4. 잔류농약 정량

오디와 뽕잎의 잔류농약 분석은 3 반복으로 하였으며, 평균 값으로 나타냈다. 단 thiophanate-methyl은 추출과정 중에 빠른 속도로 carbendazim으로 분해되기 때문에 오디와 뽕잎의 thiophanate-methyl의 최종 정량값은 다음과 같이 계산하여 carbendazim으로 표시하였다.

$$\text{Carbendazim} = \text{carbendazim} + (\text{thiophanate-methyl} \times 0.56)$$

결과 및 고찰

1. 뽕나무 생육단계에 따른 오디 균핵병 약제 살포시기와 횟수

오디 (*Morus alba* L.) 균핵병 방제약제를 살포하기 위해서는 적정 시기가 고려되어야 한다. 뽕나무의 생육은 품종 및 기상 조건에 따라 달라지므로 시험 포장의 뽕나무를 대상으로 겨울눈의 탈포기, 연구기, 개엽기 (1엽 - 5엽에 대한 발아발육상황을 조사하였다 (Table 3).

노지에 비해 하우스에 재배되고 있는 뽕나무의 생육이 전반적으로 빨랐으며, 하우스 내 품종은 과상 2호>대심 >대성 순으로 생육이 진행되었다. 과상 2호 품종의 5 개엽기 시기는 부안의 하우스 내 뽕나무가 완주의 하우스보다 3 일 빨랐으

오디 균핵병 방제 효과 및 잔류 농약 특성

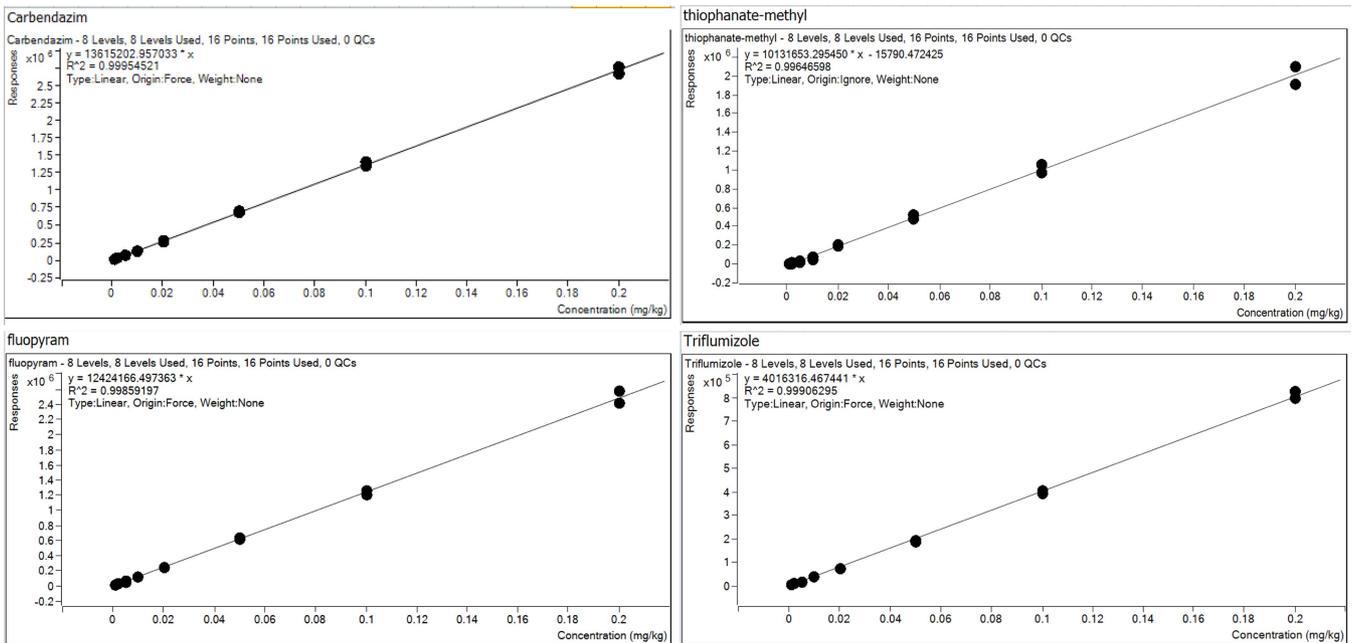


Fig. 2. Calibration curve for residual pesticide analysis of mulberry fruit and leaf.

나, 냉해 피해로 인한 오디의 탈립으로 약제 살포의 기준이 되는 연구기 및 개엽기에 대한 조사가 부안 하우스 재배에서는 이루어지지 않았다. 또한 코로나-19로 인해 4월 6일 이전까지 부안 지역의 접근이 제한되어 있어 약제 살포를 할 수 없었다.

따라서 오디 균핵병 방제약제 살포는 뽕나무 겨울눈의 발아 발육상황 (Table 3)과 코로나 상황을 고려하여 Table 4와 같이 처리하였다. 부안 하우스 재배의 thiophanate-methyl (수화제), thiophanate-methyl·triflumizole (수화제), fluopyram (액상수화제) 약제 살포는 4월 6일과 4월 13일에 2 회 실시하였다. 완주의 하우스 내 약제 살포는 뽕나무 품종과 생육 시기에 따라 달리 처리하였다. 과상 2호 품종은 1 개엽기인 4월

1일을 기준으로 4월 8일, 4월 15일에 2 회 또는 3 회 thiophanate-methyl (수화제)를 살포하였다. 대심 품종은 연구기인 4월 7일을 기준으로 4월 14일, 4월 21일에 2회 또는 3 회 thiophanate-methyl·triflumizole (수화제)를 살포하였다. 대성 품종은 연구기인 4월 14일을 기준으로 4월 21일, 4월 28일에 fluopyram (액상수화제)을 2 회 또는 3 회 살포하였다.

노지 뽕나무의 경우 부안과 완주 모두 4월 20일과 4월 27일에 thiophanate-methyl, thiophanate-methyl·triflumizole, fluopyram 3 종의 약제를 2 회 살포하였다. 완주의 대심 품종은 겨울눈의 탈포기가 3월 31일로 부안의 과상 2호 품종보다 7 일 빨랐으나 두 품종 모두 연구기는 4월 20일이었다.

4월 20일은 부안의 과상 2호 품종과 완주의 대심 품종 및

Table 3. Growth stage of mulberry winter buds in spring.

Type of cultivation	Region	Cultivar	Budding date	Leaf opening date	Leaf expending date		
					1st	3rd	5th
Outdoors	Wanju	Daesim	31 March	20 April	24 April	27 April	5 May
		Daesung	8 April	19 April	25 April	28 April	5 May
		Gwasang 2	8 April	13 April	19 April	25 April	4 May
	Buan	Gwasang 2	6 April	20 April	27 April	30 April	5 May
Greenhouse	Wanju	Daesim	31 March	7 April	12 April	19 April	21 April
		Daesung	31 March	12 April	17 April	21 April	25 April
		Gwasang 2	19 March	26 March	31 March	7 April	9 April
	Buan	No investigation ¹⁾					6 April

¹⁾No investigation; COVID-19 and occurrence of cold temperature damage.

Table 4. Spray date of pesticide against popcorn disease on mulberry tree.

Type of cultivation	Region	Pesticide	Spray date		
			1st	2nd	3rd
Outdoors	Wanju	Thiophanate-methyl			
		Thiophanate-methyl-Triflumizole Fluopyram	20 April	27 April	-
	Buan	Thiophanate-methyl			
		Thiophanate-methyl-Triflumizole Fluopyram	20 April	27 April	-
Greenhouse	Wanju	Thiophanate-methyl	1 April	8 April	15 April
		Thiophanate-methyl-Triflumizole Fluopyram	7 April	14 April	21 April
		Fluopyram	14 April	21 April	28 April
	Buan	Thiophanate-methyl	6 April	13 April	-
		Thiophanate-methyl-Triflumizole	6 April	13 April	-
		Fluopyram	6 April	13 April	-

대성 품종 뽕나무의 연구기에 해당되었으나, 완주의 과상 2호 품종은 1 개엽기에 해당하였다. 완주의 노지에 재배된 과상 2호 품종은 부안보다 연구기가 7 일 정도 생육이 빨랐으나 1 개엽기는 8 일, 3 개엽기는 5 일 및 5 개엽기는 1 일의 차이를 보여 뽕잎의 발육이 진행될수록 지역간 뽕나무 생육의 차이가 줄어들음을 확인하였다.

2. 방제 약제처리에 따른 오디의 균핵병 발병률

3 종의 오디 균핵병 방제약제를 처리한 오디의 균핵병 발병률을 조사하였다 (Table 5). 노지의 경우 6월 8일에 조사하였으며, 노지에 비해 생육이 빠른 하우스의 경우 각각 5월 25일과 5월 27일에 조사하였다. 그 결과 완주와 부안의 노지 뽕나

무는 각각 대심과 과상 2호로서 오디 균핵병에 다소 약한 특성을 보이는 품종이나 약제 처리에 의해 각각 2.7%, 3.3%의 오디 균핵병 발병률을 보였으며, 노지에 비해 오디 균핵병 관리 차원에서 유리한 하우스에서는 각각 1.2%와 1.6%로 조사되었다. 부안 하우스 내 약제 미처리 뽕나무의 발병률 10%와 비교하여 3 종의 약제는 오디 균핵병에 대한 억제효과를 나타냄을 확인하였다.

완주 하우스의 과상 2호, 대심 및 대성 품종의 오디 균핵병 발병률은 각각 0.7%, 1.7%, 1.3%이었으며, 부안 하우스의 thiophanate-methyl, thiophanate-methyl-triflumizole, fluopyram 3 종 약제에 대한 오디 균핵병 발병률은 각각 3.3%, 1.3%, 0.3%이었다.

Table 5. Occurrence rate of sclerotial disease on mulberry fruits according to type of farm and pesticide.

Type of cultivation	Region	Pesticide	Occurrence rate of sclerotial disease on mulberry fruits (%)	Investigation date	
Outdoors	Wanju	Thiophanate-methyl			
		Thiophanate-methyl-Triflumizole Fluopyram	2.7	8 June	
	Buan	Thiophanate-methyl			
		Thiophanate-methyl-Triflumizole Fluopyram	3.3	8 June	
Greenhouse	Wanju	Thiophanate-methyl	0.7		
		Thiophanate-methyl-Triflumizole Fluopyram	1.7	25 May	
		Fluopyram	1.3		
	Buan	Thiophanate-methyl	3.3		
		Thiophanate-methyl-Triflumizole	1.3	27 May	
		Fluopyram	0.3		

Table 6. Ripening time of mulberry fruits by cultivation type and region.

Type of cultivation	Region	Cultivar	Early ripening period	Maturity period	Late ripening period
Outdoors	Wanju	Daesim	27 May	3 June	10 June
		Daesung	27 May	3 June	10 June
		Gwasang 2	27 May	1 June	8 June
	Buan	Gwasang 2	3 June	10 June	17 June
Greenhouse	Wanju	Daesim	2 June	9 June	16 June
		Daesung	2 June	9 June	16 June
		Gwasang 2	20 May	27 May	3 June
	Buan	Gwasang 2	20 May	27 May	3 June

한편 오디 수확을 위한 기초 자료로 초숙기, 성숙기, 만숙기 일자를 조사하였다 (Table 6). 초숙기 품종인 과상 2호 품종 오디는 완주 및 부안지역의 하우스 내에서 모두 5월 20일에 수확을 시작하여 6월 3일까지 2 주간 수확이 가능했으나, 노지의 경우 각각 5월 27일 - 6월 8일 (완주)과 6월 3일 - 6월 17일 (부안)로 지역간 차이가 나타났다. 완주 하우스의 대심 및 대성 품종은 6월 2일부터 6월 16일 사이에 수확할 수 있었다. 그러나 노지에서 재배한 오디는 5월 27일 - 6월 10일로 오히려 하우스보다 빨랐다.

3. 약제처리 오디의 농약 잔류 특성

식품의약품안전처의 잔류물질정보에 의하면 뽕나무 오디에 사용할 수 있는 농약은 83 종이며, 오디 균핵병에 살포할 수 있는 약제는 황을 포함하여 12 종이다 (MFDS, 2020). 이 중

본 시험에 공시약제로 처리한 thiophanate-methyl (수화제), thiophanate-methyl-triflumizole (수화제), fluopyram (액상수화제) 3 종의 농약잔류허용기준 (MRL; Maximum Residue Limit)은 각각 5.0, 2.0, 5.0 mg/kg 이다.

뽕나무 오디의 thiophanate-methyl 약제에 대한 농약잔류허용기준은 포도 (3.0 mg/kg), 아로니아 (3.0 mg/kg), 복분자 (2.0 mg/kg), 블루베리 (0.2 mg/kg) 등 다른 베리류보다 높으며, triflumizole의 경우에는 딸기 (2.0 mg/kg)와 같으나 복분자 (1.0 mg/kg), 블루베리 (0.1 mg/kg)보다 높다. Fluopyram은 딸기 (3.0 mg/kg)보다 높으나 포도 (5.0 mg/kg), 베리류 (6.0 mg/kg)와 같은 수준이다.

오디뽕 표준재배 매뉴얼 (NAS, 2017)의 오디 균핵병 방제 지침에 따라 노지와 하우스에 2 회 - 3 회 살포한 후 오디를 수확하여 잔류농약 검사를 실시한 결과, 2 회 살포한 노지

Table 7. Results of residual pesticides analysis of mulberry fruits sprayed with 3 pesticides to prevent popcorn disease on mulberry tree in outdoor cultivations.

Type of cultivation	Region	Pesticides (Number of spray)	Harvest date		Residual pesticides (mg/kg)		
					Carbendazim ¹⁾	Fuopyram	Triflumizole
Outdoors	Wanju	Thiophanate-methyl (twice)	1st	2 June	0.026±0.016 ^g	< 0.010	< 0.010 ²⁾
			2nd	8 June	0.035±0.021 ^{ef}	< 0.010	< 0.010
		Thiophanate-methyl-Triflumizole (twice)	1st	2 June	0.016±0.010 ^g	< 0.010	< 0.010
			2nd	8 June	0.012±0.002 ^g	< 0.010	< 0.010
		Fluopyram (twice)	1st	2 June	< 0.010	< 0.010	< 0.010
			2nd	8 June	< 0.010	< 0.010	< 0.010
Outdoors	Buan	Thiophanate-methyl (twice)	1st	3 June	0.587±0.023 ^a	< 0.010	< 0.010
			2nd	8 June	0.115±0.004 ^c	< 0.010	< 0.010
		Thiophanate-methyl-Triflumizole (twice)	1st	3 June	0.117±0.002 ^c	< 0.010	< 0.010
			2nd	8 June	0.208±0.005 ^b	< 0.010	< 0.010
		Fluopyram (twice)	1st	3 June	0.063±0.000 ^d	0.012±0.000 ^a	< 0.010
			2nd	8 June	0.048±0.001 ^{de}	0.008±0.000 ^b	< 0.010

¹⁾Carbendazim of residual pesticides calculated was carbendazim + (thiophanate-methyl × 0.56). ²⁾<0.010; below detection of minimum detection amount of residual pesticides. MRL (maximum residue limit); carbendazim 5 mg/kg, fluopyram 5 mg/kg, triflumizole 2 mg/kg. Data represent means ± SD of three independent experiments. *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, p < 0.05).

Table 8. Results of residual pesticides analysis of mulberry fruits sprayed with 3 pesticides to prevent popcorn disease on mulberry tree in greenhouse cultivations.

Type of cultivation	Region	Pesticides (Number of spray)	Harvest date	Residual pesticides (mg/kg)			
				Carbendazim ¹⁾	Fuopyram	Triflumizole	
Greenhouse	Wanju	Thiophanate-methyl (twice)	1st	25 May	1.027±0.049 ^f	< 0.010	< 0.010 ²⁾
			2nd	29 May	0.836±0.030 ^g	< 0.010	< 0.010
		Thiophanate-methyl (3 times)	1st	25 May	2.682±0.052 ^b	< 0.010	< 0.010
			2nd	29 May	5.579±0.144 ^a	< 0.010	< 0.010
		Thiophanate-methyl-Triflumizole (twice)	1st	2 June	0.879±0.132 ^g	< 0.010	0.132±0.000 ^c
			2nd	8 June	0.259±0.036 ^h	< 0.010	0.036±0.000 ^{de}
	Thiophanate-methyl-Triflumizole (3 times)	1st	2 June	1.393±0.181 ^e	< 0.010	0.181±0.015 ^b	
		2nd	8 June	0.327±0.058 ^b	< 0.010	0.058±0.009 ^d	
	Fluopyram (twice)	1st	5 June	< 0.010	0.059±0.001 ^e	< 0.010	
		2nd	9 June	< 0.010	0.030±0.000 ^f	< 0.010	
		1st	5 June	< 0.010	0.190±0.000 ^c	< 0.010	
		2nd	9 June	< 0.010	0.136±0.003 ^d	< 0.010	
	Buan	Thiophanate-methyl (twice)	1st	27 May	2.455±0.032 ^c	< 0.010	< 0.010
			2nd	1 June	2.122±0.023 ^d	< 0.010	< 0.010
		Thiophanate-methyl-Triflumizole (twice)	1st	27 May	2.491±0.026 ^c	< 0.010	< 0.010
			2nd	1 June	1.411±0.028 ^e	< 0.010	0.153±0.012 ^{bc}
		Fluopyram (twice)	1st	27 May	0.074±0.006 ⁱ	0.670±0.012 ^b	0.010±0.000 ^e
			2nd	1 June	0.023±0.001 ⁱ	0.706±0.012 ^a	< 0.010

¹⁾Carbendazim of residual pesticides calculated was carbendazim + (thiophanate-methyl × 0.56). ²⁾< 0.010; below detection of minimum detection amount of residual pesticides. MRL (maximum residue limit); carbendazim 5 mg/kg, fluopyram 5 mg/kg, triflumizole 2 mg/kg. Data represent means ± SD of three independent experiments. *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, *p* < 0.05).

(Table 7)와 하우스 (Table 8) 재배에서는 처리 약제 3 중 모두 잔류농약은 검출되지 않거나 허용 기준치 이하로 검출됨으로써 안전살포 기준으로 적합함을 확인하였다. 그러나 thiophanate-methyl 수화제를 3 회 처리한 완주 하우스 내 2 차 수확한 오디에서 허용 기준치보다 약간 높은 5.6 mg/kg 이 검출되었다 (Table 8).

농약 살포 횟수에 따른 잔류농약 함량은 약제 3 중 모두 2 회 살포한 경우보다 3 회 살포한 경우 약간 증가하였다. Thiophanate-methyl의 경우 2 회 살포한 오디는 수확 시기에 따라 각각 1.03 mg/kg, 0.84 mg/kg 값을 나타냈으며, 3 회 살포한 오디는 각각 2.68 mg/kg, 5.58 mg/kg 이 검출되었다. Thiophanate-methyl-triflumizole의 경우 2 회 살포한 오디는 수확 시기에 따라 각각 thiophanate-methyl 0.88 mg/kg, 0.26 mg/kg 과 triflumizole 0.13 mg/kg, 0.04 mg/kg 값을 나타냈으며, 3 회 살포한 오디는 thiophanate-methyl 1.39 mg/kg, 0.33 mg/kg 및 triflumizole 0.18 mg/kg, 0.06 mg/kg 이 검출되었다. Fluopyram의 경우 2 회 살포한 오디는 수확 시기에 따라 각각 0.06 mg/kg, 0.03 mg/kg 값을 나타냈으며, 3 회 살포한 오디는 각각 0.19 mg/kg, 0.14 mg/kg 이 검출되었다 (Table 8).

4. 약제처리 병잎의 농약 잔류 특성

식품으로서의 병잎에 살포할 수 있는 농약은 6 종이나, 이 중 본 시험에 공시약제로 처리한 오디 균핵병 방제 농약 중 thiophanate-methyl에 대해서만 식품의약품안전처의 농약잔류 허용기준이 0.1^T mg/kg로 제시되어 있다 (MFDS, 2020). 이는 쑥, 아욱, 우엉잎, 청경채와 같은 수준이며, 잎을 사용하는 고추냉이잎 (5.0^T mg/kg), 들깻잎 (20 mg/kg), 무잎 (1.0^T mg/kg), 산마늘잎 (5.0^T mg/kg), 상추 (5.0 mg/kg), 배추 (0.7 mg/kg), 비름나물 (5.0^T mg/kg), 신선초 (5.0^T mg/kg), 치커리 (5.0^T mg/kg), 양배추 (1.0 mg/kg), 양상추 (5.0 mg/kg), 참나물 (2.0 mg/kg) 등 다른 채소에 비해 매우 낮은 수준이다.

오디 균핵병 약제를 처리한 후 오디 수확시기에 채취한 병잎의 잔류농약 검사를 실시한 결과, 2 회 살포한 노지 (Table 9) 병잎에서는 잔류 농약이 검출되지 않았으나, thiophanate-methyl-triflumizole을 처리한 부안 하우스 내 병잎에서 thiophanate-methyl이 0.20 mg/kg (과상 2호, 2 회 살포) 검출되었으며, 완주 하우스 내 병잎에서도 0.09 mg/kg (대심, 3 회 살포) 검출됨으로써 허용 기준치보다 높거나 비슷한 수준이었다 (Table 10).

Table 9. Results of residual pesticide analysis of mulberry leaves sprayed with 3 pesticides to prevent popcorn disease on mulberry tree in outdoor cultivations.

Type of cultivation	Region	Pesticide (Number of spray)	Harvest date	Residual pesticides ¹⁾ (mg/kg)		
				Carbendazim ¹⁾	Fluopyram	Triflumizole
Outdoors	Buan	Thiophanate-methyl (twice)	6.8	< 0.010	< 0.010	< 0.010 ²⁾
		Thiophanate-methyl-Triflumizole (twice)	6.8	< 0.010	< 0.010	< 0.010
		Fluopyram (twice)	6.8	< 0.010	< 0.010	< 0.010

¹⁾Carbendazim of residual pesticides calculated was carbendazim + (thiophanate-methyl × 0.56). ²⁾<0.010; below detection of minimum detection amount of residual pesticides. MRL (maximum residue limit); carbendazim 0.1^T mg/kg. Data represent means ± SD of three independent experiments. *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, *p* < 0.05).

Table 10. Results of residual pesticide analysis of mulberry leaves sprayed with 3 pesticides to prevent popcorn disease on mulberry tree in greenhouse cultivations.

Type of cultivation	Region	Pesticide (Number of spray)	Harvest date	Residual pesticides ¹⁾ (mg/kg)		
				Carbendazim ¹⁾	Fluopyram	Triflumizole
Green house	Wanju	Thiophanate-methyl (twice)	5.29	0.013±0.002 ^d	< 0.010	< 0.010 ²⁾
		Thiophanate-methyl (3 times)	5.29	< 0.010	< 0.010	< 0.010
		Thiophanate-methyl-Triflumizole (twice)	6.8	< 0.010	< 0.010	< 0.010
		Thiophanate-methyl-Triflumizole (3 times)	6.8	0.091±0.007 ^b	< 0.010	0.011±0.001 ^b
		Fluopyram (twice)	6.9	< 0.010	< 0.010	< 0.010
		Fluopyram (3 times)	6.9	< 0.010	< 0.010	< 0.010
	Buan	Thiophanate-methyl (twice)	6.1	0.027±0.003 ^c	< 0.010	< 0.010
		Thiophanate-methyl-Triflumizole (twice)	6.1	0.199±0.005 ^a	0.011±0.000 ^c	0.019±0.002 ^a
		Fluopyram (twice)	6.1	< 0.010	0.249±0.006 ^a	< 0.010

¹⁾Carbendazim of residual pesticides calculated was carbendazim + (thiophanate-methyl × 0.56). ²⁾<0.010; below detection of minimum detection amount of residual pesticides. MRL (maximum residue limit); carbendazim 0.1^T mg/kg. Data represent means ± SD of three independent experiments. *Mean within a column followed by the same letters are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test (DMRT, *p* < 0.05).

이상의 결과로부터 하우스 내 오디 균핵병을 방제하기 위한 약제 처리 횟수는 노지와 마찬가지로 2 회 이내로 제한하여야 하며, 특히 thiophanate-methyl-triflumizole을 처리한 하우스 내 빵잎을 식품 소재로 이용하지 않도록 해야 할 것이다. 그러나 녹차추출물과 인삼농축액 및 홍삼농축액의 잔류농약허용기준은 각각 5.0 mg/kg, 2.0 mg/kg, 2.0 mg/kg 이므로 빵잎을 그대로 사용하지 않고 다른 제형으로 사용할 수 있는 방법을 개발할 필요가 있다. 또한 빵잎의 잔류농약허용기준이 매우 낮으므로 다른 잎채소 수준으로 올릴 수 있는 방안도 신중히 검토되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ014876032020)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Hong SK, Kim WG, Sung GB and Nam SH. (2007a). Identification and distribution of two fungal species causing sclerotial disease on mulberry fruits in Korea. *Mycobiology*. 35:87-90.

Hong SK, Kim WG, Sung GB, Nam SH and Kim JS. (2007b). Aspects of popcorn disease occurrence on mulberry fruits in Korea. *Research in Plant Disease*. 13:131-136.

Hwang JI, Jeon YH, Kim HY, Kim JH, Lee YJ, Park JY, Kim DH and Kim JE. (2011). Application of macroporous diatomaceous earth column for residue analysis of insecticide endosulfan in herbal medicines. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 30:60-67.

Kim HB, Kim JB and Kim SL. (2005). Varietal analysis and quantification of resveratrol in mulberry fruits. *Korean Journal of Sericultural Science*. 47:51-55.

Kim HB, Kim SL, Sung GB, Nam HW and Moon JY. (2003). Quantification and varietal variation of fatty acids in mulberry fruits. *Korean Journal of Sericultural Science*. 45:75-79.

Kim IS, Kim HC, Jo HN, Kwon TO and Kim TC. (2013). Prediction of control date of popcorn disease of mulberry using

- phenology of index plants. 2013 Annual Autumn Conference of the Korean Society for Horticultural Science and Technology. 31(supplement2):123-123.
- Korea Crop Protection Association(KCPA).** (2019). Guidebook for crop protection(pesticide). Korea Crop Protection Association. Seoul, Korea. p.294-380.
- Korean Society of Plant Pathology(KSPP).** (2004). List of plant diseases in Korea. Korean Society of Plant Pathology. Seoul, Korea. p.779.
- Lee JH, Shin KS, Jeon YH, Kim HY, Hwang JI, Lee BH, Kang IH, Kang SJ, Kim TH and Kim JE.** (2010). Suggestion for establishment of temporary MRLs and safe use guideline of the organophosphorus insecticides in Jinpi. Korean Journal of Environmental Agriculture. 29:66-71.
- Ministry of Food and Drug Safety(MFDS).** (2020). Pesticides and veterinary drugs information. MRLs in pesticide. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju, Korea. <https://www.foodsafetykorea.go.kr/residue/main.do> (cited by 2020 Sep 25).
- National Institute of Agricultural Sciences(NIAS).** (2017). Standard cultivation method of mulberry trees. National Institute of Agricultural Sciences. Rural Development Administration. Wanju, Korea. p.34-35.
- Shimane TN.** (1994). Relationship between ascospore dispersal of *Ciboria shiraiana* and development of popcorn disease on mulberry fruits. Acta Sericologica et Entomologica. 7:27-36.
- Sung GB, Kim YS, Kim KY, Ji SD and Kim NS.** (2015). Studies on mulberry tree years and mulberry fruit yield and mulberry popcorn disease and sales price. Journal of Sericultural and Entomological Science. 53:19-28.