

Research Article



CrossMark

Open Access

충북지역 생산단계 수삼 중 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가(2019)

송태화¹, 이영욱¹, 윤택한¹, 박은아¹, 심은선¹, 이주희¹, 경기성^{2*}

¹국립농산물품질관리원 충북지원, ²충북대학교 농업생명환경대학 환경생명화학과

Monitoring and Risk Assessment of Pesticide Residues in Pre-harvest Fresh Ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) in Chungbuk Province in 2019

Tae Hwa Song¹, Young Wook Lee¹, Taek Han Youn¹, Eun A Park¹, Eun Sun Shim¹, Ju Hee Lee¹ and Kee Sung Kyung^{2*} (¹National Agricultural Products Quality Management Service, Cheongju 28462, Korea, ²Major of Environmental&Biological Chemistry, College of Agriculture, Life and Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea)

Received: 5 June 2021/ Revised: 16 June 2021/ Accepted: 22 June 2021

Copyright © 2021 The Korean Society of Environmental Agriculture

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.

ORCID

Tae Hwa Song
<https://orcid.org/0000-0002-1967-6145>

Young Wook Lee
<https://orcid.org/0000-0003-3783-8344>

Taek Han Youn
<https://orcid.org/0000-0001-8021-7258>

Eun A Park
<https://orcid.org/0000-0002-9938-1979>

Eun Sun Shim
<https://orcid.org/0000-0001-8073-0019>

Ju Hee Lee
<https://orcid.org/0000-0002-5231-8016>

Kee Sung Kyung
<https://orcid.org/0000-0001-6120-6027>

Abstract

BACKGROUND: It is very important to monitor the residual characteristics of pesticides in pre-harvest fresh ginseng to ensure consumer safety.

METHODS AND RESULTS: Forty-eight fresh ginseng samples were collected from 8 ginseng-growing fields 10 days before harvest and pesticide residues in fresh ginseng with and without rhizome (head of ginseng) and rhizome were analyzed for 320 pesticides by using GC-MS/MS and LC-MS/MS. As a result of the pesticide residue analysis, the number of pesticides detected from the fresh ginseng with rhizome, that without rhizome and rhizome were 26,

25, and 40, respectively, indicating that high number of pesticides found in rhizome, compared with the other parts. Pyraclostrobin was detected with the highest frequency in all samples, reaching to 21.2% in fresh ginseng with rhizome, 16.8% in that without rhizome, and 14.8% in rhizome.

CONCLUSION: The residue levels of pesticides detected did not exceed their maximum residue limits, in spite of residual data in fresh ginseng before harvest. The amounts of the estimated daily intakes of all the detected pesticides were found to be from 0.018 to 1.818% of their acceptable daily intakes, indicating that concentrations of pesticides detected from fresh ginseng with and without rhizome collected before harvest do not pose the immediate health risks.

*Corresponding author: Kee Sung Kyung
Phone: +82-43-261-2562; Fax: +82-43-271-5921;
E-mail: kskyung@chungbuk.ac.kr

Key words: Chungbuk Province, Ginseng, Monitoring, Pesticide, Risk Assessment

서 론

우리나라에서는 1968년부터 농산물에 대한 잔류농약 모니터링을 시작하여 현재까지 여러 기관에서 실시하고 있으나 이러한 모니터링은 주로 유통단계의 농산물로 이루어지고 있다[1, 2]. 외국의 경우도 유통 중인 식품에 대한 모니터링을 수행하고 있는데 스페인의 경우 유기인계 농약에 대한 모니터링 결과 0.5%의 검출률을 보였다고 보고한 바 있으며[3], 최근에는 개발도상국가에서도 잔류농약의 모니터링 연구에 관심을 가지고 진행 중에 있다[4, 5]. 이처럼 농약에 대한 소비자의 불신을 해소하고 안전한 농산물을 생산하기 위하여 일반 농산물에 대한 잔류농약 모니터링 및 위해성 평가는 여러 기관에서 수행 하고 있지만 수삼에 대한 연구는 많지 않은 실정이다.

인삼은 주요 생산 및 소비 국가가 아시아에 편중되어 있기 때문에 한국과 중국의 일부 기관과 연구자들에 의하여 연구가 진행되고 있어 연구 결과의 다양성과 대표성이 미흡하며, 안전성 확보를 위한 근거자료가 부족한 것이 현실이다[6]. 국내에서 인삼에 대한 농약 연구는 주로 병해충 예방을 위한 약제 시험이나 유통 단계 인삼에 대한 잔류 실태 등으로 이루어졌으며, 생산 단계의 인삼 중 잔류 농약에 대한 연구는 많지 않다. 생산단계 안전성 조사는 농산물이 출하되기 전에 조사하여 부적합 농산물의 유통을 사전 차단하여 안전한 농산물을 공급하는데 큰 의미가 있다.

인삼은 일광을 차단하는 조건에서 재배되기 때문에 내비·내병성에 취약하고 과중에서 수확까지 4년에서 6년간 한 곳에서 재배되는 다년생 작물로 다른 작물에 비하여 각종 병해충에 노출되는 기간이 길어 재배하는 동안 병해충 방제를 위해 농약을 사용할 수밖에 없다[7]. 인삼 중 농약의 재배방법별 잔류특성 및 행적에 대한 연구 결과를 보면 부위별 농약 잔류량은 몸통보다 뇌두에서 더 많은 양이 검출되었다고 보고하였다[8]. 따라서 이 연구는 충북지역에서 재배 중인 생산 단계의 인삼에 대한 지역별 및 수삼 부위별 농약의 잔류양상을 확인하기 위하여 수행하였다.

재료 및 방법

시료 채취 및 분석 부위

인삼의 수확 시기는 일반적으로 9월 이후이나 여름에도 수확하여 출하하는 경우도 있어 농가와 사전 접촉하여 농가의 수확 예정일을 조사한 후 수확 10일 전에 약 1 kg의 시료를 채취하였다. 시험용 수삼은 2019년 7-10월에 충북 8개 지역의 4-6년근 인삼(수삼)을 수확예정일 10일 전에 48점을 채취하였다. 지역별로 A지역 6농가, B지역 6농가, C지역 7농가, D지역 5농가, E지역 6농가, F지역 6농가, G지역 6농가, H지역 6농가에서 각각 1회 채취하였다. 채취한 시료는 식품

공전 표준조제법에 따라 손질한 후 균질화하여 분석용 시료로 사용하였다. 시료는 수삼, 뇌두를 제외한 수삼, 뇌두로 나누어 분석하였으며, 모든 시료는 3반복 분석하여 정량하였다.

분석대상 농약 및 시약

분석대상 농약은 식품의약품안전처고시 제2016-148호의 '농산물 등 유해물질 분석법'에 제시된 320종이었으며, 표준품은 AccuStandard사(미국)의 제품을 사용하였다. 표준물질은 분석법에 따라 LC-MS/MS 그룹과 GC-MS/MS 그룹으로 나누어 혼합표준용액을 조제하여 분석에 사용하였다. 분석에 사용한 용매인 acetonitrile과 methanol은 Merck사(독일)의 liquid chromatography grade를, formic acid는 Fluka사(독일) 제품을 사용하였으며, 내부표준물질로 사용한 triphenyl phosphate는 Sigma사(독일) 제품을 사용하였다.

표준 물질 및 내부표준용액(internal standard, ISTD)

조제

320종 농약의 표준 용액은 500-2,000 mg/L의 단일 제조품을 10 mg/L으로 혼합 희석하여 냉동보관 후 사용하였다. 농약이 검출되지 않은 수삼을 분석용 시료와 동일한 방법으로 전처리 한 후 매질 보정용 시액으로 사용하여 0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20 µg/L 표준용액을 조제 한 후 10 µL씩 기기에 주입하여 나타난 크로마토그램 상의 peak 면적을 기준으로 표준 검량선을 작성하였다. GC-MS/MS를 이용한 정량분석에 사용된 내부표준물질은 triphenyl phosphate 0.1 g을 100 mL volumetric flask에 정밀히 정량하고 acetonitrile을 이용하여 100 mL로 맞추어 1,000 µg/mL로 조제하였다.

분석용 시료의 조제

균질화한 시료 10 g을 50 mL 원심분리관에 칭량하여 내부 표준물질을 포함한 acetonitrile을 10 mL 넣고 1분간 진탕한 후 4 g MgSO₄, 1 g NaCl, 1 g NaCitrate, 0.5 g disodium citrate sesquihydrate를 첨가하고 다시 1분간 진탕하였으며, 이를 3,000 rpm/min으로 5분간 원심분리한 후 상층액을 0.2 µm 시린지 필터로 여과하여 LC-MS/MS 분석시료로 사용하였다. 또한 LC-MS/MS용 분석시료 1 mL를 dispersive SPE(25 mg PSA, 150 mg MgSO₄) tube에 넣고 1분간 진탕한 후 10,000 rpm에서 1분간 원심분리하여 GC-MS/MS 분석용 시료로 사용하였다.

기기 분석조건

320종 농약의 GC-MS/MS 및 LC-MS/MS 분석조건은 Table 1과 2와 같다.

회수율 시험 및 정량한계

회수율 시험은 농약이 잔류하지 않는 수삼 시료 10 g에 320종 혼합표준물질 10 µg/mL를 이용하여 0.01 mg/kg과 0.1 mg/kg 수준으로 7반복 처리한 후 시료 분석과 동일한 방법으로 전처리를 진행하여 분석하였다. 정량한계는 0.01 mg/kg

Table 1. GC-MS/MS conditions for the analysis of the pesticide residues in fresh ginseng

Parameter	Condition
Instrument	Agilent 7890B with 7000C Triple Quad system (USA)
Column	DB-5 MS (30 m x 250 μ m, 0.25 μ m)(Agilent, USA)
Carrier	He, 1.5 mL/min
Injector	250°C
Injection volume	1 μ L
Oven	90°C (3 min)→20°C/min→120°C (0 min) →8°C/min→300°C (6 min)
Detector	MRM (multiple reaction monitoring) Ionization: electron ionization Ion source temperature: 300°C Interface temperature: 250°C

Table 2. LC-MS/MS conditions for the analysis of the pesticide residues in fresh ginseng

Parameter	Condition																																				
LC	Nexera X2 (Shimadzu, Japan)																																				
Column	Capcell Pak, C18, 150×2.1 mm, 2.7 μ m (OSAKA SODA, Japan) Column temperature: 40°C																																				
Injection volume	10 μ L																																				
	A: 5 mM ammonium formate, 0.1% formic acid in water B: 5 mM ammonium formate, 0.1% formic acid in methanol																																				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Time</th> <th>Flow</th> <th>A (%)</th> <th>B (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Initial</td> <td>0.3</td> <td>85</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>0.3</td> <td>85</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>0.3</td> <td>40</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>0.3</td> <td>10</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>12.0</td> <td>0.3</td> <td>10</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>12.1</td> <td>0.3</td> <td>2</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>0.3</td> <td>2</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>16.1</td> <td>0.3</td> <td>95</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Time	Flow	A (%)	B (%)	Initial	0.3	85	15	1.0	0.3	85	15	1.5	0.3	40	60	10.0	0.3	10	90	12.0	0.3	10	90	12.1	0.3	2	98	16	0.3	2	98	16.1	0.3	95	5
Time	Flow	A (%)	B (%)																																		
Initial	0.3	85	15																																		
1.0	0.3	85	15																																		
1.5	0.3	40	60																																		
10.0	0.3	10	90																																		
12.0	0.3	10	90																																		
12.1	0.3	2	98																																		
16	0.3	2	98																																		
16.1	0.3	95	5																																		
MS/MS	8050 Triple Quad LC/MS (Shimadzu, Japan)																																				
Ionization	Electrospray ionization(ESI, positive, negative) DL temp: 250°C																																				
MS condition	Gas flow: 10 L/min Nebulizer gas: 3.0 L/min Heat block gas temp: 400°C Heating gas flow: 10 L/min																																				

수준으로 처리한 7반복 분석값을 이용하여 표준편차의 9배로 산출하였다.

검출 농약의 위해성 평가

검출된 농약의 일일섭취추정량(estimated daily intake, EDI)과 일일섭취허용량(acceptable daily intake, ADI) 대비 일일섭취추정량은 다음 식으로부터 구하였다. 수삼의 일일섭취량은 식품의약품안전처(2019) 자료를 이용하였으며, 성인

의 ADI 산출에는 한국인의 평균 체중인 60 kg을 적용하였다.

일일섭취추정량(EDI, mg/day/person) = 평균 잔류량 (mg/kg) × 일일식품섭취량(g/day/person)/1,000
성인의 일일섭취허용량(MPI, mg/day/person) = 일일섭취허용량 × 체중(kg)
ADI 대비 식이섭취율(%ADI) = (일일섭취추정량/일일섭취허용량) × 100

결과 및 고찰

회수율 및 정량한계

수삼에 대한 320종 농약의 회수율은 70.30-118.92% 이내이었으며, 정량한계는 0.0008-0.021 mg/kg이었다.

수삼(뇌두 포함)에서 검출된 농약 및 검출 빈도

조사 지역별 수삼(뇌두 포함) 중 검출 농약 및 검출빈도는 Fig. 1과 Table 3과 같이 26종의 농약이 검출되었으며, 검출된 농약 중 pyraclostrobin, cypermethrin, fludioxonil, tolclofos-methyl, cyprodinil의 검출률은 각각 21.2, 8.5, 7.6, 7.6, 6.8%이었다. 검출빈도가 가장 높은 pyraclostrobin은 strobilurin계 살균제로 cytochrome bc1 복합체의 전자 전달을 차단하고 미토콘드리아 호흡을 억제하여[9] 식물병원균의 포자발아 억제, 균사생육 저해, 포자 형성을 저해하여 2차 감염을 막는 치료 효과가 있는 약제로서 다양한 작물에 대해 녹병, 흰가루병, 곰팡이병 등 식물 병원균의 방제에 이용되고 있다[10]. 인삼에서 pyraclostrobin은 주로 잘록병을 예방하기 위하여 수확 14일 전까지 종자 분의 처리나 토양관주 처리를 하며, 인삼에 대한 잔류허용기준은 2.0 mg/kg이다. Cypermethrin은 풍뎅이류를 방제하는 살충제로 수확 45일 전까지 사용할 수 있으며, 수삼에 대한 잔류허용기준은 0.1 mg/kg이다.

Fludioxonil은 인삼의 잘록병과 잣빛곰팡이병에 사용하는

살균제로 인삼 재배에서 많이 사용하는 농약으로 잘록병을 방제하기 위하여 파종 전에 종자분의 처리하고 잣빛곰팡이병을 방제하기 위하여 수확 30일 전까지 경엽 살포하는 약제로 수삼에 대한 잔류허용기준은 0.5 mg/kg이며, 인삼에 대한 미국 등 해외 수출국의 잔류허용기준에 부적합이 발생할 우려가 있는 tolclofos-methyl의 대체 약제로 선발되면서[11] 최근에 묘삼에서 모잘록병 예방용으로 가장 많이 사용하는 약제이다.

Tolclofos-methyl은 모잘록병을 예방하기 위해서 파종단계에서 종자에 분의 처리하여 사용하는 대표적인 농약으로 20여 년간 사용해 왔으나[12] 인삼에 오랜 기간 잔류하여 유통되는 수삼에서 검출율과 부적합 빈도가 높아 농촌진흥청에서 2012년에 tolclofos-methyl 수확제 품목의 등록을 취소하였으며, 현재는 분제를 모밭에서만 파종 직후 토양혼화 처리하여 사용할 수 있고 수삼에 대한 잔류허용기준은 1.0 mg/kg이다. 이 연구에서 수삼 중 tolclofos-methyl의 검출빈도가 높은 것을 보면 인삼재배 현장에서는 아직도 tolclofos-methyl 농약을 모밭에서 많이 사용하고 있다는 것을 알 수 있다. 이 결과는 전북지역 생산단계 수삼의 잔류농약 실태조사 결과 tolclofos-methyl이 검출빈도와 부적합 빈도수가 가장 높았다는 보고[13]와 유통 수삼에서 0.06-0.48 mg/kg의 범위로 검출되어 17.8%의 검출빈도를 보였다는 보고[6]와 비슷한 경향이었다. Cyprodinil은 잣빛곰팡이병, 점무늬병 방제에 사용하는 살균제로 수확 21일 전까지 사용이 가능한 농약으로 수삼에 대한 잔류허용기준은 2.0 mg/kg이다.

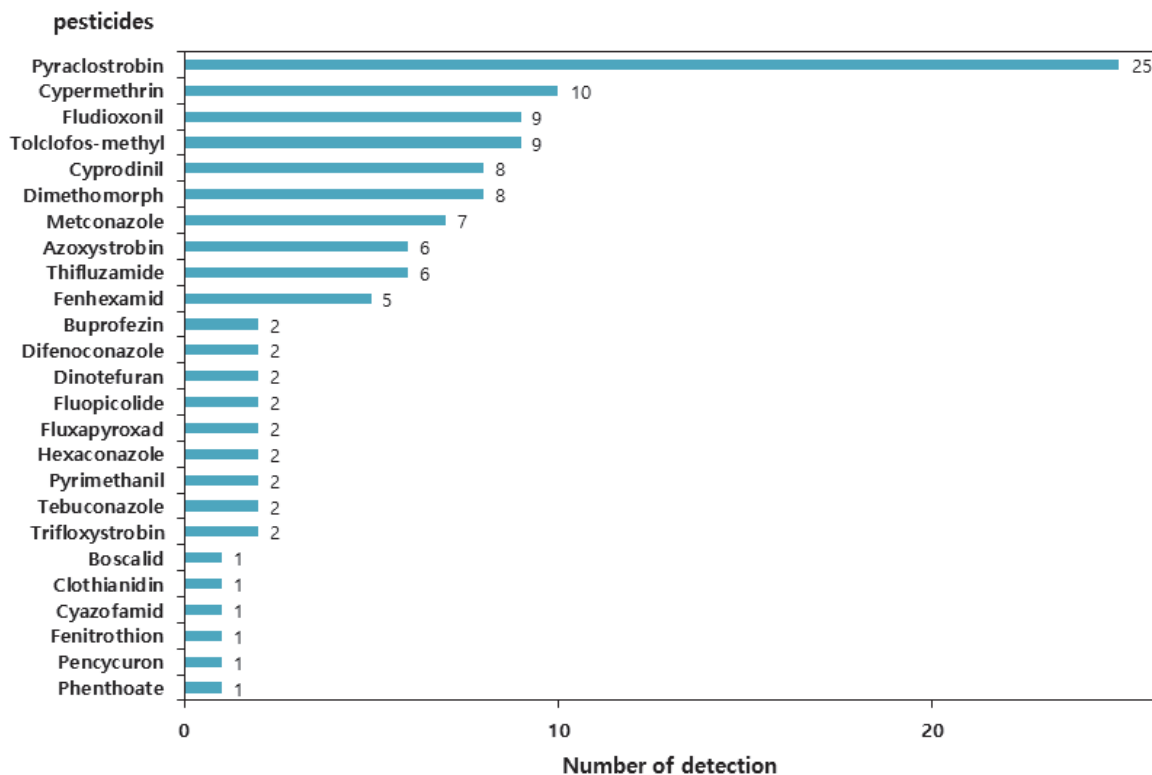


Fig. 1. Detection frequencies of the pesticides in 48 fresh ginseng samples collected from eight sites in Chungbuk province.

Table 3. The number of pesticides detected in fresh ginseng collected from eight sites in Chungbuk province

Pesticide	No. of sample detected with pesticide								Sum
	Sampling site								
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Azoxystrobin	2	1	1	-	-	1	-	1	6
Boscalid	- ^{a)}	-	-	-	-	1	-	-	1
Buprofezin	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Clothianidin	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Cyazofamid	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Cypermethrin	2	-	1	2	1	2	2	-	10
Cyprodinil	2	2	1	2	-	-	-	1	8
Difenoconazole	-	-	1	-	-	1	-	-	2
Dimethomorph	3	2	-	-	-	2	-	1	8
Dinotefuran	-	-	-	-	-	-	2	-	2
Fenhexamid	2	1	-	1	-	-	1	-	5
Fenitrothion	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Fludioxonil	1	4	-	1	-	2	-	1	9
Fluopicolide	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Fluxapyroxad	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Hexaconazole	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Metconazole	1	2	-	1	-	-	3	-	7
Pencycuron	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Phenthoate	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Pyraclostrobin	3	4	5	3	2	3	4	1	25
Pyrimethanil	-	-	-	-	-	1	-	1	2
Tebuconazole	-	-	1	-	-	-	-	1	2
Thifluzamide	-	1	1	1	2	-	1	-	6
Tolclofos-methyl	2	2	1	-	2	1	1	-	9
Trifloxystrobin	-	-	1	-	-	1	-	-	2
Sum	18	19	18	17	9	15	14	7	117

^{a)} Not detected.

뇌두 및 뇌두 제거 수삼에서 검출된 농약

수삼의 뇌두와 뇌두 제거 수삼 중 잔류농약 분석결과는 Table 4와 5에서 제시한 바와 같이 뇌두 부위에서는 총 40종의 농약 성분이 검출되었으며, 뇌두 제거 수삼에서는 총 25종의 농약이 검출되어 뇌두보다 15종의 농약이 적게 검출되었다. 뇌두에서 주로 검출된 농약의 검출빈도는 pyraclostrobin이 16%로서 가장 높았고 cypermethrin, azoxystrobin, dimethomorph, fludioxonil 순으로 낮았다. 뇌두 제거 수삼에서도 pyraclostrobin의 검출 빈도가 14.8%로서 가장 높았으며, dimethomorph, thifluzamide, tolclofos-methyl, fludioxonil 순으로 검출빈도가 감소하였다.

살포방법에 따른 cypermethrin의 인삼 중 잔류 연구에서 관행 처리, 토양 처리, 랩처리 모두에서 뇌두 제거 수삼보다 뇌두에서 잔류량이 높았다고 보고하였다[14]. 농약이 인삼의

뇌두에 잔류하는 경로는 지상부의 잎에 의하여 농약이 흡수된 후 이행하여 내려가거나, 살포액의 일부가 줄기를 타고 내려가 인삼의 뇌두 부위에 직접 접촉하여 흡수되거나, 살포액이 토양에 떨어져 토양으로부터 인삼 뇌두로 흡수될 수 있다고 보고하였다[14]. 또한 살균제 boscalid를 이용한 인삼 중 잔류시험에서 뇌두를 제거한 몸통 부위보다 뇌두에서 잔류량이 현저히 높았다고 보고하였다[8]. 이 연구에서도 뇌두 제거 수삼보다 뇌두에서 많은 농약성분이 검출된 것으로 나타나 인삼에 살포한 농약은 토양표면과 가까운 뇌두에 많이 잔류하는 것으로 판단되었다.

조사지역별 수삼 중 농약 검출 특성

조사지역별 잔류농약의 상위 검출은 Table 6과 같다. 채취한 인삼에서 8개 지역 모두 점무늬병 방제용으로 사용되는

Table 4. The number of pesticides detected in the rhizome of fresh ginseng collected from eight sites in Chungbuk province

Pesticide	No. of sample detected with pesticide								Sum
	Sampling site								
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Azoxystrobin	4	4	1	1	-	4	1	1	16
Boscalid	^{a)}	-	-	-	-	1	-	-	1
Buprofezin	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Carbendazim	1	-	-	-	-	1	-	-	2
Clothianidin	-	1	1	-	1	-	-	-	3
Cyazofamid	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Cypermethrin	4	2	2	3	2	2	2	2	19
Cyprodinil	3	2	2	2	-	-	-	1	10
Difenoconazole	1	-	4	-	1	1	-	-	7
Dimethoate	-	-	-	-	-	-	3	-	3
Dimethomorph	3	4	1	1	-	3	1	1	14
Dinotefuran	2	-	3	2	-	1	3	1	12
Etofenprox	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Fenhexamid	1	1	1	1	-	-	1	-	5
Fenitrothion	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Flubendiamide	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Fludioxonil	1	4	1	3	-	3	-	2	14
Fluopicolide	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Flusilazole	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Flutolanil	-	-	2	1	-	-	-	-	3
Fluxapyroxad	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Hexaconazole	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Indoxacarb	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Iprobenfos	-	-	1	-	-	-	-	-	1
Iprodion	-	-	3	-	-	-	-	-	3
Mandipropamid	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Metalaxyl	1	1	2	1	-	1	-	1	7
Metconazole	2	3	-	1	-	-	5	-	11
Metrafenone	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Parathion	-	-	3	-	-	-	-	-	3
Pencycuron	-	-	-	1	-	1	2	-	4
Phenthoate	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Pyraclostrobin	6	6	6	4	4	5	5	2	38
Pyrimethanil	-	-	2	1	-	1	-	1	5
Tebuconazole	2	-	1	-	-	-	-	1	4
Thiamethoxam	1	1	-	-	-	-	-	1	3
Thifluzamide	-	2	2	2	2	-	1	-	9
Tolclofos-methyl	2	2	4	-	2	-	1	-	11
Trifloxystrobin	1	-	2	3	-	1	-	1	8
Trifluralin	-	-	2	-	-	-	-	-	2
Sum	37	33	53	35	14	25	25	15	237

^{a)} Not detected.

Table 5. The number of pesticides detected in fresh ginseng without rhizome collected from eight sites in Chungbuk province

Pesticide	No. of sample detected with pesticide								Sum
	Sampling site								
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Azoxystrobin	1	1	1	-	-	1	-	1	5
Boscalid	^{a)}	-	-	-	-	1	-	-	1
Buprofezin	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Clothianidin	-	1	1	-	-	-	-	-	2
Cyazofamid	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Cypermethrin	-	-	1	1	1	2	1	-	6
Cyprodinil	1	2	-	1	-	-	-	1	5
Difenoconazole	-	-	1	-	-	1	-	-	2
Dimethoate	-	-	-	-	-	-	3	-	3
Dimethomorph	3	2	-	-	-	2	-	1	8
Dinotefuran	-	-	-	-	-	-	2	-	2
Fenhexamid	-	1	-	1	-	-	1	-	3
Fenitrothion	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Fludioxonil	2	1	-	1	-	2	-	1	7
Flutolanil	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Hexaconazole	-	-	-	2	-	-	-	-	2
Metconazole	-	2	-	-	-	-	1	-	3
Pencycuron	-	-	-	1	-	-	-	-	1
Pyraclostrobin	-	3	3	3	1	1	2	-	13
Pyrimethanil	-	-	-	-	-	1	-	1	2
Tebuconazole	-	-	1	-	-	-	-	1	2
Thifluzamide	1	1	1	1	2	-	1	1	8
Tolclofos-methyl	2	2	-	-	2	1	1	-	8
Sum	10	16	9	14	7	12	12	7	87

^{a)} Not detected.

pyraclostrobin이 가장 많이 검출되었는데 이는 최근에 fluxapyroxad의 부적합률 상승에 따라 대체 농약으로 pyraclostrobin의 사용량이 증가한 것과 연관이 있다고 판단되었다. Fluxapyroxad는 2014년부터 국내에 사용되기 시작했으며, 인삼에는 주로 잿빛곰팡이병, 점무늬병을 방제하는데 사용되었다. 그러나 생산단계 인삼에서 fluxapyroxad가 2017년 4건, 2018년 16건으로 부적합률이 높았다고 보고된 바 있다(국립농산물품질관리원 연례보고서, 2018, 2019). 이는 2016년과 2017년에 인삼 재배농가에서 신규 약제로 fluxapyroxad를 많이 사용하였는데 2019년 4월 26일 이전까지는 잔류허용기준이 0.05 mg/kg으로 상대적으로 낮아 fluxapyroxad의 부적합률이 많이 발생된 것으로 판단되었으며, 현재는 잔류허용기준이 0.3 mg/kg로 상향되었다. 이러한 이유 때문에 농가가 느끼는 부적합에 따른 부담감 때문에 최근 개발된 농약임에도 불구하고 사용을 기피하는 분위기가 형성되어 기존 농약의 대체 약제로서 자리를 잡지 못하고 있다는 농가들의

의견이 있었다. 이 연구에서는 pyraclostrobin 성분이 모든 지역에서 상위 검출농약으로 확인되었는데 이는 pyraclostrobin을 점무늬병에 fluxapyroxad의 대체 농약으로 사용된 것으로 판단되었다. 조사지역별로 pyraclostrobin 외에 검출빈도가 높은 농약의 용도별 종류는 일정하지 않았으나 주로 살균제가 많이 검출되었으며, 평균 잔류량은 잔류허용기준을 초과하지 않았다.

잔류 농약의 위해성 평가

본 연구에서 조사된 수삼에서 검출된 잔류 농약의 일일섭취허용량 대비 일일섭취추정량의 비율(%ADI)은 Table 7과 같이 0.018-1.818% 수준이었다. 이 중에서 thifluzamide이 1.818%로 가장 높았고, pyrimethanil이 0.018%로 가장 낮았다. 또한 검출빈도가 가장 높았던 pyraclostrobin은 0.165%이었고, 다음으로 검출빈도가 높은 cypermethrin, fludioxonil, tolclofos-methyl도 각각 0.206, 0.100, 0.110%로서 위해 가능성은 매우 낮은 것으로 나타났다.

Table 6. Pesticides with high detection frequency in fresh ginseng collected from sampling sites

Sampling site	Pesticide detected	No. of sample detected with pesticide	Concentration (mg/kg)	MRL ^{a)} (mg/kg)
A	Azoxystrobin	2	0.070±0.077	0.1
	Dimethomorph	3	0.038±0.026	3
	Pyraclostrobin	3	0.021±0.014	2
B	Fludioxonil	4	0.430±0.776	0.5
	Pyraclostrobin	4	0.028±0.012	2
	Tolclofos-methyl	2	0.024±0.006	1
C	Fluopicolide	2	0.018±0.002	0.1
	Fluxapyroxad	2	0.013±0.003	0.3
	Pyraclostrobin	5	0.046±0.034	2
D	Buprofezin	2	0.018±0.002	0.07
	Cypermethrin	2	0.018±0.005	0.1
	Pyraclostrobin	3	0.043±0.029	2
E	Pyraclostrobin	2	0.010±0.002	2
	Thifluzamide	2	0.267±0.273	1
	Tolclofos-methyl	2	0.045±0.017	1
F	Dimethomorph	2	0.030±0.018	3
	Fludioxonil	2	0.192±0.183	0.5
	Pyraclostrobin	3	0.014±0.005	2
G	Dinotefuran	2	0.013±0.004	0.05
	Metconazole	3	0.010±0.008	1
	Pyraclostrobin	4	0.030±0.033	2
H	Azoxystrobin	1	0.028±0.003	0.1
	Fludioxonil	1	0.028±0.005	0.5
	Pyraclostrobin	1	0.015±0.001	2

^{a)} Maximum residue limit.

Table 7. Risk assessment of pesticides detected from fresh ginseng before harvest

Pesticide detected	No. of sample detected with pesticide	Concentration (mg/kg)	MRL ^{a)} (mg/kg)	ADI ^{b)} (mg/kg b.w./day)	EDI ^{c)} (mg/kg b.w./day)	MPI ^{d)} (mg/person/day)	%ADI ^{e)}
Azoxystrobin	6	0.057±0.050	0.1	0.2	0.00009	12	0.047
Boscalid	1	0.120±0.007	0.3	0.04	0.0002	2.4	0.489
Buprofezin	2	0.018±0.002	0.07	0.009	0.00003	0.54	0.341
Clothianidin	1	0.015±0.001	0.2	0.097	0.00002	5.82	0.026
Cyazofamid	1	0.021±0.011	0.3	0.17	0.00004	10.2	0.021
Cypermethrin	10	0.025±0.025	0.1	0.02	0.00004	1.2	0.206
Cyprodinil	8	0.054±0.038	2.0	0.03	0.00009	1.8	0.299
Difenoconazole	2	0.017±0.005	0.5	0.01	0.00003	0.6	0.285
Dimethomorph	8	0.040±0.028	3.0	0.2	0.00007	12	0.033
Dinotefuran	2	0.013±0.004	0.05	0.02	0.00002	1.2	0.111
Fenhexamid	5	0.039±0.012	0.3	0.2	0.00007	12	0.033
Fenitrothion	1	0.010±0.000	0.05	0.005	0.00002	0.3	0.348
Fludioxonil	9	0.245±0.541	0.5	0.4	0.0004	24	0.100
Fluopicolide	2	0.018±0.002	0.1	0.079	0.00003	4.74	0.038
Fluxapyroxad	2	0.013±0.003	0.3	0.021	0.00002	1.26	0.107
Hexaconazole	2	0.039±0.024	0.5	0.005	0.00006	0.3	1.293
Metconazole	7	0.031±0.024	1.0	0.04	0.00005	2.4	0.126
Pencycuron	1	0.045±0.002	0.7	0.2	0.00007	12	0.037
Phenthoate	1	0.010±0.002	0.05	0.003	0.00002	0.18	0.580
Pyraclostrobin	25	0.030±0.026	2.0	0.03	0.00005	1.8	0.165
Pyrimethanil	2	0.022±0.015	1.0	0.2	0.00004	12	0.018
Tebuconazole	2	0.070±0.022	0.5	0.03	0.00012	1.8	0.384
Thifluzamide	6	0.156±0.176	1.0	0.014	0.00025	0.84	1.818
Tolclofos-methyl	9	0.047±0.042	1.0	0.07	0.00008	4.2	0.110
Trifloxystrobin	2	0.009±0.001	0.1	0.04	0.00002	2.4	0.039

^{a)} Maximum residue limit, ^{b)} Acceptable daily intake, ^{c)} Concentration of pesticide detected×daily food intake, ^{d)} Maximum permissible intake, ADI×60 kg, ^{e)} (EDI/ADI)×100.

Note

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment

This work was supported by National Agricultural Products Quality Management Service(NAQS) research fund of R&D project(2019).

References

1. Kim MR, Na MA, Jung WY, Kim CS, Sun NK, Seo EC, Lee EM, Park YG, Byun JA et al. (2008) Monitoring of pesticide residues in special products. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 12(4), 323-334.
2. Gang GR, Moon SJ, Kim KG, Yang YS, Lee SM, Choi EA, Ha DR, Kim ES, Cho BS (2017) Monitoring of pesticide residues on dried agricultural products. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 21(1), 49-61. <https://doi.org/10.7585/kjps.2017.21.1.49>.
3. Fontcuberta M, Arques JF, Villalbi JR, Martinez M, Centrich F, Serrahima E, Pineda L, Duran J, Casas C (2008) Chlorinated organic pesticides in marketed food: Barcelona, 2001-06. *Science of The Total Environment*, 389(1), 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.08.043>.
4. Darko G, Acquah SO (2008) Levels of organochlorine pesticides residues in dairy product in Kumasi, Ghana. *Chemosphere*, 71(2), 294-298. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.09.005>.
5. Kim TR, Park KH, Jang MR, Choi YH, Kim EH, Choi CM, Prak SK, Yu IS, Hwang IS et al. (2013) Evaluation of residual pesticides in fresh ginseng collected in Seoul. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 56(1), 29-35. <https://doi.org/10.3839/jabc.2013.006>.
6. Noh HH, Lee JY, Park HK, Jeong HR, Lee JW, Jin MJ, Choi H, Yun SS, Kyung KS (2016) Monitoring and safety assessment of pesticide residues in ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) from traditional markets. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 20(1), 23-29. <https://doi.org/10.7585/kjps.2016.20.1.23>.
7. Im MH, Kwon KI, Park KS, Lee KJ, Chang MI, Yun WK, Choi WJ, Yoo KS, Hong MK (2007) Reduction rate of azoxystrobin, fenhexamid and cyprodinil during ginseng processing. *The Korean Journal of Food Science and Technology*, 39(5), 575-579.
8. Hwang, JI, Jeon YH, Kim HY, Kim JH, Ahn JW, Kim KS, Yu YM, Kim JE (2011) Residue of fungicide boscalid in ginseng treated by different spraying methods. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 15(4), 366-373.
9. British Crop Production Council (2015) *The Pesticide Manual*, pp. 951-953, Seventeenth edition, Turner JA Edited, UK.
10. Park CK, Kwak YS, Hwang MS, Kim SC, Do JH (2007) Trends and prospect of ginseng products in market health functional food. *Food Science and Industry*, 40(2), 30-45.
11. Shin, JS, Lee SH, Cho HS, Cho DH, Kim KJ, Hong TK, Park CS, Lee SK, Jung HY (2015) Screening of seed treatment fungicide for control of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* on *panax ginseng*. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 19(4), 424-427. <https://doi.org/10.7585/kjps.2015.19.4.424>.
12. Noh HH, Lee JY, Park SH, Lee KH, Park HK, Oh JH, Im MH, Kwon CH, Lee JK et al (2012) Residual characteristics of tolcolfos-methyl treated by seed dressing in ginseng. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 16(3), 217-221. <https://doi.org/10.7585/kjps.2012.16.3.217>.
13. Lim JH, Kim GL, Lim HJ, Hwang KG, Kim DH (2018) Monitoring and risk assessment of pesticides residues in pre-harvest ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) in Jeollabuk-do. *The Korean Journal of Pesticide Science*, 22(1), 54-61. <https://doi.org/10.7585/kjps.2018.22.1.54>.
14. Lee JH, Kim YH, Jeon YH, Shin KS, Kim HY, Kim TH, Park C, Yu YM, Kim JE (2009) Residues amounts of cypermethrin and diethofencarb in ginseng sprayed by safe use guideline. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 28(4), 412-418. <https://doi.org/10.5338/KJEA.2009.28.4.412>.