pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 35, No. 4, pp. 341~353 (2020)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2020.35.4.341

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

2019년 유통 임산물 중 산나물류와 약초류, 과실류 13종의 농약 및 중금속 잔류 실태

김준헌[1]* · 오지연[1] · 신지혜[2]
[1]국립산림과학원 산림병해충연구과, [2]전주대학교 농생명 EM 환경연구센터

Pesticide and Heavy Metal Residue Monitoring in 13 Types of Agroforestry Products in 2019

Junheon Kim[1]*, Ji Yeon Oh[1], Jihye Shin[2]
[1]*Insect Pests and Diseases Division, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea*
[2]*Research Center for Agro-Bio-EM & Environmental Resource, Jeonju University, Jeonju, Korea*

(Received May 24, 2020/Revised June 17, 2020/Accepted July 5, 2020)

ABSTRACT - In accordance with the implementation of the Positive List System (PLS), the proper usage of pesticides is now being enforced. It is assumed that unregistered pesticides are being used on agroforestry products due to the low number of registered pesticides in the agricultural industry. In this study, pesticide and heavy metal residues were investigated in 13 types of products to determine the status of usage. The levels (%) of pesticides detected in *Pimpinella* beachscape, *Platycodon grandiflorum, Codonopsis lancekolate, Artemisia dubia, Angelica gigas, Pyrus pyrifolia*, and *Punica granatum* were 40.0, 20.0, 26.7, 13.3, 56.3, 57.1, 33.3, 26.7, 66.7, and 46.7%, respectively, while, those in *Petridium aquilinum, Disoscorea batata* and *Senna tora* were zero. Heavy metals (Pb, Cd) were detected only from *P. grandisflorum* and *A. dubia*. The pesticide usage and registration data by agroforestry product obtained in the study will be useful in the future for ensuring the safety of domestic agroforestry products.

Keywords : PLS, Pesticide, Forest product, Pesticide residue

농약은 작물 생산에 필수적인 자재로서 농산업의 발달과 함께 작물생산성 향상을 위해 불가결한 요소이지만, 농약의 자체의 독성과 오·남용될 경우 환경과 인체에 많은 부작용들을 유발할 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 이에, 소비자 보호와 농작물의 관리 촉진, 경제적 손실을 줄이기 위해 세계적으로 농작물의 잔류분석이 이루어지고 있다[1-5].

국내에서는 농림축산식품부에서 농약의 안전사용기준을 설정하고, 식품의약품안전처에서 농약 잔류허용기준을 설정하여 농산물을 관리하고 있다. 농작물에 사용되는 농약은 농약 제조·수입회사로부터 이화학, 잔류, 독성, 약효.약해의 시험자료를 제출받아 검토 후, 적용 작물, 대상병해충, 사용방법 등을 법으로 정하여 등록하여야 한다. 따라서 등록된 농약은 규정되어 있는 적용 사항에서만 사용하여야 하지만, 일부 생산자는 농약 사용에 있어 안전사용기준을 준수하지 않아 부적합 농·임산물로 적발되는 경우도 발생하고 있다. 식품의 농약 잔류허용기준은 소비자의 안전과 농약 사용을 줄이기 위해 설정되어 있다. 잔류허용기준은 농산물에 남아있는 농약을 사람이 평생동안 매일 섭취해도 건강에 영향을 주지 않는 수준에서 설정된 농약의 잔류량 수치이다. 최근, 농산물 안전관리 강화를 목적으로 농약 허용물질강화 제도 (농약허용물질목록 관리제도; Positive List System, PLS)를 도입하여 2019년 1월 1일부터 모든 농산물에 PLS가 적용되기 시작했다[6].

산림식용자원(임산물)은 소규모 재배, 병해충정보의 부족 등의 이유로 등록된 농약의 수가 농산물에 비하여 적으며, 등록되지 않은 농약의 사용 가능성이 매우 높을 것으로 예상된다. 이에 본 연구는 임산물에 대한 농약사용 실태를 파악하고자, 시중에 유통 중인 산림식용자원 13종에 대하여 동시 다성분 분석 가능 농약 320종과 카드뮴과

*Correspondence to: Junheon Kim, 57 Hoegiro, Dongdaemun, Seoul 02455, Korea
Tel: +82-2-961-2672, Fax: +82-2-961-2679
E-mail: junheonkim@korea.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal 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.

납을 대상으로 농약 및 중금속의 잔류실태를 조사하였다. 대상 산림식용자원중 산나물류 4종, 약초류 3종, 수실류 6종에 대하여, 농약 및 중금속 잔류분석의 결과를 통하여 추후 농약등록을 위한 기초 자료로 활용함으로써 산림식용자원의 잔류농약에 대한 안전성 확보에 기여하고자 하였다.

Materials and Methods

시료

분석을 위해 수집한 산림식용자원은 다음과 같다. 산나물로는 고사리(*Pteridium aquilinum*), 참나물(파드득나물; *Pimpinella beachscape*), 도라지(*Platycodon grandiflorum*), 더덕(*Codonopsis lanceolate*)를, 약초류로는 참쑥(*Artemisia dubia*), 당귀(*Angelica gigas*), 마(산약; *Dioscorea batatas*)를, 수실류로는 다래(*Actinidia arguta*), 복분자딸기 (*Rubus coreanus*), 머루(*Vitis coignetiae*), 돌배(*Pyrus pyrifolia*), 석류(*Punica granatum*), 결명자(*Senna tora*)의 열매를 사용하였다.

2019년 4월부터 11월까지 각 임산물별로 15개 시군에서 생산지별 재래시장 또는 생산자로부터 미세척된 시료를 직구매하였다. 세부적으로 각 경기, 강원, 충청, 경상, 전라, 제주 권역별로 각 지역에서 최소 1개 지역으로 선발하였다. 당귀(참당귀)와 마는 각기 경기, 강원, 제주 지역에서는 생산이 거의 없어 주 생산지인 경상권에서 주로 구매하였고, 석류는 주생산지인 전남 고흥군의 6개 지역에서 구매하였다. 구매한 임산물의 생산 지역은 다음과 같다. *고사리*: 경기(김포, 여주), 강원(양구, 평창), 충청(단양, 영동, 논산), 경상(진주, 함양), 전라(남원, 임실, 구례, 광양, 순천, 제주(제주); *참나물*: 경기(구리, 남양주, 포천), 강원(원주, 양양, 정선), 충청(영동, 논산), 경상(경주, 문경, 영양, 밀양), 전라(완주, 곡성, 나주); *도라지*: 경기(화성, 평택, 안성), 강원(횡성), 충청(옥천, 논산, 세종), 경상(예천, 의성, 안동), 전라(무주, 완주, 김제, 영광), 제주(제주); *참쑥*: 경기(이천, 화성, 평택), 강원 (인제, 원주), 충청(충주, 제천, 논산), 경상(예천, 영주, 산청), 전라 (부안, 익산, 남원), 제주(제주); *당귀*: 강원(영월, 태백, 평창), 충청(제천, 금산, 서산, 태안), 경상(봉화, 영양, 울진, 산청, 함양, 하동), 전라(장성, 화순, 보성); *마*: 경기(이천, 화성), 충청(논산, 당진, 천안), 경상(안동, 구미, 영주, 예천, 진주, 함안, 합천), 전라(익산, 남원, 구례); 다래: 경기(이천, 가평), 강원(원주, 평창, 영월), 충청(청양, 논산), 경상(안동, 고성, 사천), 전라(무주, 나주, 광양, 보성), 제주(제주); *복분자딸기*: 경기(화성, 양주), 강원 (평창, 원주, 춘천), 충청(청주, 아산, 부여), 경상(김천, 함양, 창원), 전라(고창 2지역, 순창, 함평); *머루*: 경기(고양, 파주, 가평, 안성), 강원(평창, 태백), 충청(청주, 천안, 아산, 부여), 경상(영천, 김천), 전라(진안, 순찬, 무주); *돌배*: 경기(수원, 여주), 강원(인제, 홍천, 철원) 충청(제천, 천안), 경상(고성, 산청), 전라(김제, 광양, 전주 2지역, 구례, 나주); *석류*: 경기(성남), 대전, 전라(전주, 고흥 6 지역, 여수, 목포, 신안), 경상 (진주); *결명자*: 경기(안산), 충북(제천), 충남(공주, 홍성, 부여, 금산, 청양), 경북(고령, 상주), 경남(산청) 전북(무주, 전주, 장수), 전남(구례, 화순).

분석대상 농약

분석대상 농약은 식품의약품안전처 고시(제2016-148호) 농산물 등의 유해물질 분석법 1.2. LC-MS/MS 및 GC-MS/MS를 이용한 다성분 동시분석법으로 분석이 가능한 320종을 대상으로 하였다(Table 1).

표준물질 및 시약

농약의 표준품은 AccuStandard, Inc. (New Haven, CT, USA)사의 개별 stock solution (1000 μg/mL; >95%) 제품을 사용하였고, 중금속의 표준품은 Merck의 ICP-multi-element standard solution Ix (1000 mg/kg)를 사용하였다. 농약 추출을 위한 시료 전처리 과정 중 추출 및 정제 과정에서는 BEKOlut사의 QuEChERS (Quick easy cheap effective rugged and safe) kits (Hauptstuhl, Germany)를 사용하였다. HPLC등급 acetonitrile (99.9%), methanol (99.9%)와 water는 J.T. Baker (Philipsburg, NJ, USA)의 제품을 구매하여 추출과 LC-MS/MS분석에 사용하였다. Triphenylphosphate (TPP; ≥99%)는 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)의 제품을 구매하여 GC-MS/MS의 내부표준물질로(IS; internal standard) 사용하였다. 완충 용액과 분석 보호제 조제에는 ammonium formate (Junsei, Tokyo, Japan), formic acid (99.0%, Daejung, Hwaseong, Korea)와 3-ethoxy-1,2-propanediol (≥98%), D-(+)-gluconic acid-δ-lactone (≥99%), D-sorbitol (≥98%), shikimic acid (≥99%)는 Sigma-Aldrich에서 구입한 시약을 사용하였다. 질산(nitric acid; electronic grade, 69-71%)과 과산화수소(hydrogen peroxide; electronic grade, 30-32%)는 Chemitop (Jincheon, Korea)에서 구입하여 중금속 분석에 사용하였다.

잔류농약 분석

시료는 QuEChERS kit를 사용하여 준비하였다. 시료 10 g(건조시료는 5 g)을 50 mL 원심분리용 튜브에 넣고, 내부표준물질(0.1 mg/L, TPP)을 함유한 acetonitrile 10 mL를 추가하여 1분간 vortex mixer를 이용하여 섞은 후 extract kits (4 g anhydrous magnesium sulfate, 1 g sodium chloride, 1 g sodium citrate tribasic dehydrate와 0.5 g sodium citrate dibasic sesquihydrate)를 첨가하여 추출하고 원심분리한다. 상등액을 NY syringe filter (0.22 μm, 17 mm)로 거른 후 일정량의 완충용액(ammonium formate 100 mM을 함유한 물로 formic acid solution을 이용하여 pH 4–4.5로 맞춤)을 첨가하여 LC-MS/MS (Shimadzu LC-8040)을 이용하여 Table 2의 방법으로 분석하였다. 또한 상등액을

Table 1. List of pesticides analyzed by LC-MS/MS and GC-MS/MS

Instrument	Classification	Pesticide
LC-MS/MS (207)	Insecticide (80)	Abamectin, Acephate, Acetamiprid, Aldicarb, Azinphos-methyl, Bendiocarb, Benzoximate, Buprofezin, Cadusafos, Carbaryl, Carbofuran, Chlorpyrifos, Chromafenozide, Clofentezine, Clothianidin, Demeton-S-Methyl, Diazinon, Dichlorvos(DDVP), Diflubenzuron, Dinotefuran, Ethiofencarb, Ethoprophos, Etofenprox, Etoxazole, Etrimfos, Fenamiphos, Fenazaquin, Fenobucarb, Fenoxycarb, Fenpyroximate, Flonicamid, Fluacrypyrim, Flubendiamide, Flufenoxuron, Fosthiazate, Furathiocarb, Hexaflumuron, Hexythiazox, Imicyafos, Imidacloprid, Isoprocarb, Lufenuron, Malathion, Methiocarb, Methomyl, Methoxyfenozide, Metolcarb, Mevinphos, Milbemectin, Monocrotophos, Novaluron, Omethoate, Oxamyl, Phenthoate, Phosphamidone, Phoxim, Pirimicarb, Pirimiphos-methyl, Profenofos, Propoxur, Pyraclofos, Pyridaben, Pyridaphenthion, Pyrifluquinazon, Pyrimidifen, Pyriproxyfen, Quinalphos, Spinetoram, Spirodiclofen, Spirotetramat, Sulfoxaflor, Tebufenozide, Tebufenpyrad, Teflubenzuron, Thiacloprid, Thiamethoxam, Thiodicarb, Triazophos, Triflumuron, Vamidothion
LC-MS/MS (207)	Herbicide (59)	Azimsulfuron, Bensulfuron-methyl, Benzobicyclon, Bromacil, Cafenstrole, Carfentrazone-ethyl, Chlorsulfuron, Clethodim, Clomazone, Cyclosulfamuron, Cyhalofop-butyl, Dymron, Dimepiperate, Dimethametryn, Dimethenamid, Diphenamid, Dithiopyr, Diuron, Esprocarb, Ethoxysulfuron, Fenoxaprop-ethyl, Fentrazamide, Flucetosulfuron, Flufenacet, Halosulfuron-methyl, Haloxyfop, Hexazinone, Imazosulfuron, Linuron, Mefenacet, Metamifop, Metazosulfuron, Methabenzthiazuron, Metobromuron, Molinate, Napropamide, Nicosulfuron, Oxadiazon, Oxaziclomefone, Penoxsulam, Pentoxazone, Piperophos, Propanil, Propaquizafop, Pyrazolate, Pyribenzoxim, Pyributicarb, Pyriftalid, Pyriminobac-methyl, Pyrimisulfan, Quinoclamine, Quizalofop-ethyl, Saflufenacil, Sethoxydim, Terbuthylazine, Thenylchlor, Thiazopyr, Thifensulfuron-methyl, Thiobencarb
	Fungicide (61)	Amisulbrom, Azoxystrobin, Benthiavalicarb-isopropyl, Bitertanol, Boscalid, Carbendazim, Carboxin, Carpropamide, Cyazofamid, Cyflufenamid, Cymoxanil, Cyproconazole, Diethofencarb, Dimethomorph, Diniconazole, Edifenphos, Ethaboxam, Famoxadone, Fenarimol, Fenbuconazole, Fenhexamid, Ferimzone, Fludioxonil, Fluopicolide, Fluquinconazole, Flusilazole, Flutolanil, Fluxapyroxad, Hexaconazole, Imazalil, Iprobenfos, Iprovalicarb, Isoprothiolane, Isopyrazam, Kresoxim-methyl, Mandipropamid, Mepanipyrim, Mepronil, Metalaxyl, Metconazole, Metrafenone, Myclobutanil, Nuarimol, Ofurace, Oxadixyl, Penconazole, Pencycuron, Propamocarb, Pyraclostrobin, Pyrazophos, Pyrimethanil, Pyroquilon, Tebuconazole, Tetraconazole, Thiabendazole, Tiadinil, Triadimefon, Tricyclazole, Trifloxystrobin, Triflumizole, Uniconazole
	Plant growth regulator (7)	Forchlorfenuron, Gibberellic acid, Inabenfide, Paclobutrazol, Probenazole, Quinmerac, Thidiazuron
GC-MS/MS (113)	Insecticide (60)	Acrinathrin, Aldrin, BHC, Bifenthrin, Bromopropylate, Carbophenothion, Chlorantraniliprole, Chlordane, Chlorfenapyr, Chlorfenvinphos, Chlorfluazuron, Chlorobenzilate, Chlorpyrifos-methyl, Cyfluthrin, Cyhalothrin, Cypermethrin, Deltamethrin, Dicofol, Dieldrin, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, Endosulfan, Endrin, EPN, Ethion, Fenitrothion, Fenothiocarb, Fenpropathrin, Fenthion, Fenvalerate, Fipronil, Flucythrinate, Fonofos, Halfenprox, Heptachlor, Indoxacarb, Isazofos, Isofenphos, Lindane, Mecarbam, Methidathion, DDT, Parathion-ethyl, Parathion-methyl, Permethrin, Phenothrin, Phorate, Phosalone, Piperonyl butoxide, Pirimiphos-ethyl, Promecarb, Prothiofos, Pyridalyl, Silafluofen, Spiromesifen, Tebupirimfos, Tefluthrin, Terbufos, Tetradifon
	Herbicide (27)	Alachlor, Anilofos, Benfuresate, Bifenox, Bromobutide, Butachlor, Butafenacil, Diclofop-methyl, Ethalfluralin, Fenclorim, Flumioxazine, Indanofan, Metolachlor, Metribuzin, Oxyfluorfen, Pendimethalin, Pretilachlor, Prometryn, Propachlor, Propazine, Propisochlor, Propyzamide, Simazine, Simetryn, Terbutryn, Tri-allate, Trifluralin
	Fungicide (25)	Ametoctradin, Azaconazole, Cyprodinil, Dicloran, Difenoconazole, Diphenylamine, Epoxiconazole, Etridiazole, Fenoxanil, Fluopyram, Imibenconazole, Iprodione, Penthiopyrad, Picoxystrobin, Phthalide, Prochloraz, Procymidone, Propiconazole, Quintozene, Simeconazole, Thifluzamide, Tolclofos-methyl, Triadimenol, Vinclozolin, Zoxamide
	Plant growth Regulator (1)	Chlorpropham

Table 2. LC-MS condition for the analysis of pesticide residues

Instrument	LC-8040, Shimadzu,		
Column	Pursuit XRs Ultra 2.8 μL C18, 100 mm (L.) × 2.0 mm (I.D.)		
Detector	Mass Triple Quard Spectrometer		
Mobile phase	A: 5 mM Ammonium formate + 0.1% Formic acid in water B: 5 mM Ammonium formate + 0.1% Formic acid in methanol		
Gradient condition	Time (min)	A (%)	B (%)
	0.0	90	10
	1.0	90	10
	1.5	40	60
	10.0	2	98
	15.0	2	98
	15.0	90	10
	20.0	90	10
Injection volume	20 μL		
Flow rate	0.3 mL/min		

Table 3. GC-MS/MS condition for the analysis of pesticide resdiues

Instrument	GC-7000C, Agilent Technologies		
Column	DB-5MS UI (30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)		
Detector	Mass Triple Quard Spectrometer		
Injector	250°C		
Temperature	Rate (°C/min)	Temperature (°C)	Hold (min)
	initial	90	3
	20	120	0
	8	300	3
Gas flow	Carrier gas (He), 1 mL/min		
Injection mode / volume	Splitless / 1.0 μL		

dispersive SPE kits (150 mg PSA, primary secondary amine; average particle size 40 μm, 900 mg magnesium sulfate)를 이용하여 정제한 후 원심분리하고 상등액에 분석 보호제를 첨가하여 GC-MS/MS (GC/7000C triple quard mass spectrometer, Agilent)를 이용하여 Table 3의 방법으로 분석하였다. 검량선은 LC-MS/MS는 농도 0.00063–0.02 (μg/mL)의 범위에서 5수준 이상으로 작성하였으며, GC-MS/MS는 농도 0.0063–0.2 (μg/mL)의 범위에서 5수준 이상으로 작성하여 정량 하였으며, 잔류 허용 기준의 80%이상이면 매질 보정 검량법을 이용하여 3반복 재분석을 진행하였다[7,8].

중금속 분석

시료 2–4 g (건조 시료는 1–2 g)을 용기에 무게를 잰 후, 질산 10 mL (건조시료는 15 mL)를 첨가하고 2시간 방치 후, 과산화 수소 1 mL를 첨가하고 흑연 블록을 이용하여 120°C에서 2시간 예열하였다. 상온으로 식힌 후 마이크로웨이브를 이용하여 분해하고, 종료 후 다시 용기를 흑연 블록에 장착하여 일정시간 수분과 산을 제거한 후 일정량으로 정용하여 기기분석의 시료로 이용하였다. 중금속 분석은 ICP-OES (Inductively coupled plasma – optical emission spectrometer, Agilent 720-ES)를 이용하여 납(Pb)과 카드뮴(Cd)을 분석하였다. 분석 파장은 납 220.35 nm, 카드뮴 226.50 nm를 사용하였고, 납은 0.01–1.0 mg/L, 카드뮴은 0.005–1.0 mg/L의 농도로 검량선을 작성하여 정량하였다[7,8].

회수율 시험

시험의 유효성 검증을 위한 정밀도(precision)와 정확도(accuracy)실험을 위해 검출 한계(LOD), 정량 한계(LOQ),

회수율 실험을 진행하였다. 검출 한계(LOD), 정량 한계(LOQ)는 검출 한계의 두배 정도로 예측되는 농도의 표준물질을 7반복 측정하여 3.14 x 표준편차(신뢰구간 99%)로 구하였으며, LC-MS/MS의 검출 한계는 0.12–0.25 μg/kg이었으며, GC-MS/MS는 0.24–1.54 μg/kg이었고, 정량 한계(LOQ)는 검출 한계(LOD) x 3으로 구하였으며, ICP의 정량 한계는 0.003–0.005 mg/kg이었다(Table 4). 잔류농약 회수율은 대표 품목으로 식품의 기준 및 규격의 식물성 원료 대분류에서 곡류, 채소류, 과일류의 현미, 배추, 사과를 각각10, 50, 100 μg/kg농도로 실험하였다. 중금속 회수율은 현미, 사과를 0.5, 1.0 mg/kg농도로 실험하였다. 정밀도(Precision)는 %상대표준편차(percent relative standard deviation,

Table 4. The recovery rate, LOD, LOQ and correlation coefficient of pesticides analyzed by GC-MS/MS

Pesticides	Recovery (%)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Correlation coefficient
Acetamiprid	95	0.0002	0.0005	0.9998
Ametoctradin	97	0.0010	0.003	0.9966
Azoxystrobin	96	0.0001	0.0004	0.9999
Bifenthrin	100	0.0006	0.002	0.9995
Bitertanol	99	0.0002	0.0005	0.9996
Boscalid	96	0.0002	0.0005	0.9999
Buprofezin	97	0.0002	0.0005	0.9996
Carbendazim	91	0.0001	0.0004	0.9994
Chlorantraniliprole	100	0.0008	0.002	0.9989
Chlorfenapyr	100	0.0006	0.002	0.9995
Chlorfluazuron	102	0.0007	0.002	0.9998
Chlorpyrifos	94	0.0002	0.0005	0.9999
Clothianidin	100	0.0002	0.0005	0.9991
Cyhalothrin	98	0.0005	0.001	0.9991
Cypermethin	100	0.0014	0.004	0.9983
Cyprodinil	98	0.0003	0.001	0.9996
Deltamethrin	105	0.0004	0.001	0.998
Difenoconazole	105	0.0009	0.003	0.9944
Dimethomorph	97	0.0002	0.0005	0.9998
Dinotefuran	93	0.0002	0.0005	0.9995
Endosulfan-a	98	0.0015	0.005	0.9997
Endosulfan-b	99	0.0008	0.002	0.9993
Endosulfan-sulfate	101	0.0010	0.003	0.9994
Ethaboxam	97	0.0002	0.0005	0.9988
Etofenprox	94	0.0002	0.0005	0.9999
Famoxadone	99	0.0002	0.0005	0.999
Fenarimol	90	0.0002	0.0005	0.9981
Fenazaquin	97	0.0002	0.0005	0.9999
Fenitrothion	97	0.0008	0.003	0.9970
Flubendiamide	98	0.0002	0.0005	0.9989
Fludioxonil	94	0.0002	0.0005	0.9982
Flufenoxuron	101	0.0002	0.0005	0.9987
Fluopyram	102	0.0004	0.001	0.9997
Fluquinconazole	90	0.0002	0.0005	0.9993
Flutolanil	95	0.0002	0.0005	0.9983
Fluxapyroxad	99	0.0002	0.0005	0.9985

Table 4. (Continued) The recovery rate, LOD, LOQ and correlation coefficient of pesticides analyzed by GC-MS/MS

Pesticides	Recovery (%)	LOD (mg/kg)	LOQ (mg/kg)	Correlation coefficient
Hexaconazole	101	0.0002	0.0005	0.9998
Imidacloprid	98	0.0002	0.0005	0.9996
Indoxacarb	104	0.0007	0.002	0.9965
Iprodione	105	0.0007	0.002	0.9989
Kresoxim-methy	96	0.0002	0.0005	0.9985
Linuron	93	0.0002	0.0005	0.9989
Lufenuron	91	0.0002	0.0005	0.9994
Mandipropamid	96	0.0002	0.0005	0.999
Metconazole	99	0.0002	0.0005	0.9999
Methoxyfenozide	94	0.0002	0.0005	0.9996
Metolachlor	102	0.0003	0.001	0.9998
Novaluron	95	0.0001	0.0004	0.9992
Oxadixyl	94	0.0002	0.0005	0.9998
Pendimethalin	97	0.0008	0.002	0.9964
Penoxsulam	94	0.0001	0.0004	0.9994
Penthiopyrad	101	0.0008	0.002	0.9997
Propamocarb	80	0.0002	0.0005	0.9992
Propiconazole	102	0.0005	0.002	0.9984
Pyraclostrobin	97	0.0002	0.0005	0.9987
Spirodiclofen	94	0.0002	0.0005	0.9998
Spiromesifen	101	0.0006	0.002	0.9998
Spirotetramat	93	0.0002	0.0005	0.9997
Spirotetramatenol	102	0.0001	0.0004	0.9988
Sulfoxaflor	94	0.0002	0.0005	0.9954
Tebuconazole	97	0.0002	0.0005	0.9985
Tebupirimfos	99	0.0008	0.002	0.9997
Terbufos	102	0.0005	0.001	0.9998
Thiamethoxam	92	0.0001	0.0004	0.9995
Thiobencarb	95	0.0002	0.0005	0.9995
Trifloxystrobin	101	0.0002	0.0005	0.9999
Triflumizole	94	0.0001	0.0004	0.9998

%RSD) 15% 이내였으며, 회수율의 범위는 80–105%로 (Table 4), 정량분석법 기준을 만족하였다[9].

Results and Discussion

농약 및 중금속 검출 내역

임산물 중 농약 및 중금속 검출현황은 Table 5에 제시한 바와 같이, 산나물류에서는 고사리와 약초류의 마, 수실류의 결명자를 제외한 모든 시료에서 농약이 검출되었고, 도라지와 참쑥을 제외한 모든 시료에서 중금속은 검출되지 않았다. 농약이 검출된 임산물 중 머루는 전체 시료 중 66.7%에서 농약 검출되었고, 다음으로는 석류 57.1%, 당귀 56.3%, 돌배 46.7와 참나물 40.0%였으며, 다래 33.3%, 더덕과 복분자딸기 26.7%, 도라지, 참쑥은 각각 20.0%, 13.3% 였다 사용 약제의 수는 머루가 농가 평균 5.3약제로 가장 많이 사용하였고, 다음으로 당귀 3.9 약제, 다래 2.8약제, 돌배 2.7약제, 석류, 복분자딸기가 각각 2.6, 2.3약제였으며, 더덕, 도라지, 참쑥, 참나물은 1.0-1.5약제였다. 중금속의 경우, 참쑥은 15개 지역중 Pb 5개 지역, Cd 9지역에서, 도라지는 Pb, Cd 모두 동일한 1개 지역에서 검출되었다.

Table 5. Residual pesticides and heavy metals detection compounds from each product

Product	Occurrence (%, N=15)	Total No. of detected pesticides	Mean No. of detected pesticides per samples (Min.-Max.)	Occurrence of heavy metals	
				Pb	Cd
Pteridium aquilinum	0	0	-	0	0
Pimpinella brachycarpa	6 (40.0)	9	1.5 (1-4)	0	0
Platycodon grandiflorum	3 (20.0)	3	1	1	1
Codonopsis lanceolata	4 (26.7)	4	1	0	0
Artemisia dubia	2 (13.3)	3	1.5 (1-2)	5	9
Angelica gigas	9 (60.0) [1]	35	3.9 (1-11)	0	0
Dioscorea batatas	0	0	-	0	0
Punica granatum	8 (57.1)[2]	21	2.6 (1-6)	0	0
Rubus coreanus	4 (26.7)	9	2.3 (1-2)	0	0
Actinidia arguta	5(33.3)	14	2.8 (1-9)	0	0
Vitis coignetiae	10 (66.7)	53	5.3 (1-10)	0	0
Pyrus pyrifolia	7 (46.7)	19	2.7 (1-6)	0	0
Senna tora	0	0	-	0	0

[1] N=16, [2] N=14.

Table 6. Results of pesticide residue and heavy metals analysis of *Pimpinella beachscape*, *Platycodon grandiflorum*, and *Codonopsis lanceolate*

Product	Pesticide	Common name	Frequency of detection	Mean concentration of residue (Min.-Max.; mg/kg)	Registration in Korea[1]	Korean MRL (mg/kg)
Pimpinella beachscape Chamnamul	Fungicide	Carbendazim	1	0.676	O	2.0
		Flutolanil	1	0.020	×	-[2]
		Propamocarb	1	0.010	T	-
	Insecticide	Spirotetramat	1	0.010	T	-
		Cypermethin	1	0.132	O	5.0
		Dinotefuran	1	0.011	×	-
		Fluopyram	1	0.006	×	-
		Imidacloprid	1	0.006	O	1.0
	Herbicide	Pendimethalin	1	0.006	T	-
Platycodon grandiflorum Balloon flower	Insecticide	Chlorfenapyr	1	0.010	O	0.05
		Chlorpyrifos	1	0.011	×	0.05^{T}
	Herbicide	Penoxsulam	1	0.006	×	-
	Heavy metal	Pb	1	0.068	-	0.2
		Cd	1	0.042	-	0.1
Codonopsis lanceolate Bonnet bellflower	Fungicide	Hexaconazole	1	0.009	O	0.05
	Insecticide	Endosulfan	3	0.010 (0.009-0.013)	*	-

[1]O: registered, ×: not registered, T: Temporally registered [19,26], [2] -: not estimated [26]. *: prohibited by the law.

참나물에서 검출된 사용 농약은 총 9종으로 살균제 4종, 살충제가 4종, 제초제가 1종이었으며, 이 중 미등록 약제는 3종, 잠정 등록 약제 3종이 검출되었다(Table 6). 등록 약제 중 검출량은 잔류허용기준내에 있었으나, 미등록 약제는 fluopyram을 제외하고 모두 PLS기준인 0.01 mg/kg이상의 농도가 검출되었다. 경기도 농산물도매시장에서의 참나물의 농약 잔류검사는 2009년부터 2013년까지 5년간 한 결과, 650검체 중 230검체에서 농약이 검출되어 농약 검

출 빈도가 35.4%였다[10]. 본 연구결과 또한 40%의 빈도로 비슷한 빈도로 검출되었다. 그러나, 미등록 검출빈도는 95.7%에서 33%로 낮았다. Ahn 등[11]은 9개지역의 대형마트 등에서 수집한 도라지 56검체의 농약 잔류분석을 실시한 결과, 2개의 검체에서 농약이 검출되어 3.5%의 농약검출 빈도를 보였으나, 본 연구결과에서는 15개 지역에서 수집한 15검체 중 3개의 검체(3개 지역)에서 검출되어 20.0%의 빈도를 보였다. 이는 대도시의 대형 유통시장과 현지 시장과 같은 시료의 구매 장소에서의 차이와 본 연구의 적은 시료수에 의한 차이로 여겨진다. 농약 잔류분석을 위해서는 보다 넓은 범위의 지역에서 시료를 구하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

도라지는 3종의 농약이 검출되었으며, 이중 미등록 약제는 2종이었다(Table 6). 등록약제인 chlorfenapyr의 검출량은 잔류허용기준 이하였다. Chlorpyrifos는 미등록약제이지만, 잔류허용기준이 설정되어 있었으며, 검출량은 잔류

Table 7. Results of pesticide residue and heavy metals analysis of *Artemisia dubia* and *Angelica gigas*

Product	Pesticide	Common name	Frequency of detection	Mean concentration of residue (Min.-Max.; mg/kg)	Registration in Korea[1]	Korean MRL (mg/kg)
Artemisia dubia	Insecticide	Chlorantraniliprole	1	0.007	×	-[2]
		Chlorpyrifos	1	0.090	×	-
	Herbicide	Pendimethalin	1	0.006	×	-
	Heavy metal	Pb	5	0.110 (0.058-0.179)	-	0.3
		Cd	9	0.053 (0.030-0.095)	-	0.2
Angelica gigas Korean angelica	Fungicide	Azoxystrobin	1	0.025	O	8.00
		Fluquinconazole	1	0.118	×	-
		Iprodione	1	0.033	T	20.0[3]
		Metconazole	1	0.100	O	3.0[3]
		Pyraclostrobin	2	0.001 (0.007-0.012)	O	15.00
		Tebuconazole	1	0.068	O	3.0[3]
		Triflumizole	1	0.070	×	5.0[3]
	Insecticide	Bifenthrin	2	0.017 (0.009-0.025)	O	2.0[3]
		Chlorantraniliprole	3	0.015 (0.007-0.023)	O	4.00
		Chlorfenapyr	1	0.060	T	0.70
		Cypermethrin	1	0.014	×	-
		Deltamethrin	1	0.013	O	1.0[3]
		Endosulfan	1	0.006	*	
		Etofenprox	1	0.066	O	15.0[3]
		Fenazaquin	1	0.034	×	-
		Fenitrothion	1	0.056	T	5.00
		Flubendiamide	1	0.018	×	-
		Methoxyfenozide	1	0.013	×	-
		Novaluron	1	0.043	×	-
		Spiromesifen	1	0.060	×	-
		Terbufos	1	0.028	×	-
		Tebupirimfos	1	0.007	×	-
	Herbicide	Linuron	2	0.036(0.13-0.059)	O	-
		Metolachlor	1	0.107	T	0.05
		Pendimethalin	4	0.011 (0.008-0.018)	O	-
		Thiobencarb	2	0.026 (0.012-0.039)	O	-

[1]O: registered, ×: not registered, T: Temporally registered[19,26], [2] -: not estimated[26]. *: prohibited by the law.
[3] MRL applied as leafy vegetable.

허용기준 이하였다. 중금속은 Pb, Cd이 모두 잔류허용기준 이하인 0.068, 0.042 mg/kg으로 검출되었다. Bae 등[12]의 보고에 의하면, 도라지 뿌리의 연수 증가에 따라 중금속 축적 농도는 증가하지 않았고, 토양 중 중금속 총함량과 도라지 뿌리의 함량 간에는 유의한 상관관계가 없는 것으로 보고 되었다. 도라지의 Pb과 Cd에 대한 도라지 흡수를 저감시키는 방안으로 재배토양의 평균 pH 6.0를 높이는 관리를 제시하였다. 이에 도라지의 중금속 함유율을 낮추기 위해서 재배토양의 관리 필요할 것으로 여겨진다.

더덕의 경우, 등록된 살균제 1종이 잔류허용기준 이하로 검출되었으나, 사용이 금지된 살충제 endosulfan이 3개 시료에서 검출되었다(Table 6). 더덕에서는 endosulfan이 20%의 빈도로 검출되었다. 유기염소계 살충제인 endosulfan은 높은 독성, 생물농축성, 이동성, 난분해성으로 인하여 스톡홀름 협약에서 국제적으로 생산 및 사용을 금하고 있으며[13], 2012년부터 국내에서의 사용이 제한되어 있고, 뉴질랜드에서는 사용이 금지되어 있다[14,15]. 등록 취소 이후에도 endosulfan은 국내 농산물 중 잔류 보고가 계속되어 있는데, 이는 높은 토양 잔류성과 생물농축성으로 인해, 토양에서 작물로의 흡수 이행의 결과로 보여진다[16-18].

참쑥은 등록된 농약이 없어, 검출된 농약 성분은 모두 미등록 농약이였으며, 그중 chlorpyrifos는 0.090 mg/kg이 검출되어 PLS기준량을 9배 초과하였다(Table 7). 참쑥에 대한 등록 농약은 없으나, 쑥에 대해서는 9개의 살충제가 등록이 되어 있다[19]. 그러나, 참쑥에서 검출된 농약은 쑥에 등록된 농약은 아니었다. 참쑥과 쑥은 동일한 *Artermisia* 속이기에 기주 그룹화를 통하여, 동일한 약제가 적용되어도 될 것으로 여겨진다. 참쑥에서는 중금속인 Pd과 Cd이 검출되었다. 참쑥(*Artemisia lavandulaefolia*)와 산쑥(*Artemisia moniana*)은 중금속에 대한 내성이 큰 식물로, 식물체내의 중금속 함량이 높은 것으로 알려져 있다[20]. 또한 *Artemisia* 속 식물은 중금속을 축적하는 것으로도 보고되어 있다[21,22]. 이처럼 중금속을 축적하는 참쑥의 경우, 재배지 토양의 중금속 함유량이 참쑥의 중금속 잔류에 영향을 주므로, 참쑥을 재배할 때는 중금속 함유가 적은 토양을 선택하여야 할 것이다.

당귀의 경우, 살균제 7종, 살충제 15종, 제초제 4종으로 총 26종의 농약이 검출되었다(Table 7). 살균제 7종 중 잠정등록을 포함하여 5종의 등록 약제와 2종의 미등록 약제가 검출되었다. 등록 약제 중, metconazole, tebuconazole과 iprodione (잠정등록)의 경우 당귀에 대한 잔류허용기준이 설정되지 않으나, 엽채류로 분류되어 엽채류의 잔류허용기준이 적용되어, 이에 잔류허용기준을 초과하지 않았다. 미등록 약제 3종 중 fluquinconzale의 검출량은 0.118 mg/kg으로 PLS기준의 11.8배가 검출되었다. 살충제 15종 중 등록 약제는 잠정등록약제를 포함하여 6종이 검출되었고, 등록 약제 중 bifenthrin, deltamethrin, etofenprox는 엽채류의 잔류허용기준기 적용되며, 잔류허용기준이 설정되어 있는 3종의 약제와 함께 모두 잔류허용기준 범위 내였다. 그 외 금지품목인 endosulfan을 포함하여, 9종은 미등록 약제가 검출되었고, 검출량은 tebupirimfos를 제외한 미등록약제 모두 PLS기준은 넘었다. 제초제의 경우, 검출된 약제는 모두 등록된 약제였으나, 잠정등록된 metolachlor를 제외한 3종의 약제는 잔류허용기준이 설정되어 있지 않았다. 참당귀는 수요량에 비해 국내 생산량이 2017년 1,461 M/T으로 적어, 중국으로부터 수입하고 있다[23,24]. 국내 당귀의 경쟁력을 높이기 위해서는 미등록 농약을 사용하지 않으며, 잔류허용기준을 준수하는 등 농약에 대하여 안전한 생산이 요구되고 있다.

석류는 살균제 10종, 살충제 5종이 검출되었다(Table 8). 살균제 중 azoxylstrobin과 tebuconazole는 각각 3건의 시료에서 검출되었고, 미등록 살충제는 spirodiclofen이 1건의 시료에서 검출되었다. 석류에 피해를 주는 해충에 대하여 국내에서는 보고된 것이 없으나, 지중해 지역의 경우, 온실가루이과의 *Siphoninus phillyreae*, 진딧물과의 *Aphis punicae*에 의한 피해가 크고, 응애로는 *Tenuipalpus granati*와 *T. punicae*에 의한 피해가 가끔 보고되고 있다[25]. Spirodiclofen은 주로 귤녹응애, 귤응애, 점박이응애, 사과응애와 같은 응애류와 가루이, 깍지벌레 방제를 위해 주로 사용되는 약제이다[19]. Spirodiclofen이 사용되고 있다는 것은 흡즙성 해충인 응애, 가루이 혹은 깍지벌레에 의한 피해를 방제하기 위해 사용된 것으로 추측할 수 있다. 올바른 농약 사용을 위해 석류에 발생하는 해충에 대한 조사가 필요하다.

복분자딸기는 살균제와 살충제가 각기 4건의 시료에서 검출되었고, 다래에서는 살균제 4건과 살충제 7건의 시료에서 검출되었다(Table 8). 머루의 경우, 15건의 살균제와 11건의 살충제가 검출되었으며, 돌배에서는 3건의 살균제와 12건의 살충제가 검출되었다(Table 6). 돌배, 다래, 머루의 경우, 검출된 약제가 모두 농산물인 배, 참다래(키위), 포도에 등록되어 있는 약제였고, 다래와 머루에서 검출된 약제는 모두 참다래와 포도에 대하여 잔류허용기준이 설정되어 있었으며, 돌배의 경우, 검출된 약제의 53.3%가 배에 대하여 잔류허용기준이 설정되어 있었다[19,26]. 돌배, 다래, 머루는 배, 참다래, 포도와 같은 속에 속하는 작물로 피해를 주는 병해충이 동일할 것으로 예상되며, 또한 등록된 약제의 약해 또한 거의 비슷할 것으로 예상된다. 이에 위 3종의 경우, '농약 및 원제의 등록기준'의 '농약의 약효 및 약해 시험성적서 검토기준'에 각각 배, 참다래, 포도와 동일한 그룹으로 묶어 약제 등록이 가능할 것으로 판단된다. 위 3종에 대한 미등록 농약은 작물 그룹화를 통한 농약 등록으로 충분히 줄일 수 있을 것이다.

각 임산물에서 검출된 농약 중 미등록 농약의 비율은 돌배와 참쑥 각각 100%, 다래 72.7%, 도라지 66.7%, 머

Table 8. Results of pesticide residue analysis of *Punica granatum*, *Rubus coreanus*, *Actinidia arguta*, *Vitis coignetiae*, and *Pyrus pyrifolia*

Product	Pesticide	Common name	Frequency of detection	Mean concentration of residue (Min.-Max.; mg/kg)	Registration in Korea[1]	Korean MRL (mg/kg)
Punica granatum Pomegranate	Fungicide	Azoxystrobin	3	0.027 (0.011-0.057)	O	-[2]
		Bitertanol	1	0.013	×	-
		Carbendazim	1	0.103	×	-
		Difenoconazole	2	0.049 (0.016-0.082)	O	-
		Fludioxonil	1	0.783	×	-
		Fluxapyroxad	1	0.013	×	0.30[T]
		Penthiopyrad	1	0.014	T	-
		Pyraclostrobin	1	0.019	×	-
		Tebuconazole	3	0.044 (0.018-0.064)	T	-
		Trifloxystrobin	2	0.021 (0.011-0.031)	O	-
	Insecticide	Acetamiprid	1	0.05	O	-
		Bifenthrin	1	0.023	O	-
		Etofenprox	1	0.022	O	-
		Lufenuron	1	0.052	O	-
		Spirodiclofen	1	0.020	×	-
Rubus coreanus Raspberry	Fungicide	Boscalid	1	0.009	O	9.00[T]
		Carbendazim	2	0.018 (0.015-0.021)	×	2.00
		Oxadixyl	1	0.047	×	-
		Pyraclostrobin	1	0.097	O	-
	Insecticide	Bifenthrin	1	0.017	T	0.30[T]
		Chlorfluazuron	1	0.020	O	1.00
		Sulfoxaflor	1	0.006	O	0.50
		Indoxacarb	1	0.073	O	0.50
Actinidia arguta Arguta kiwifruit	Fungicide	Boscalid	1	0.101	×	-
		Carbendazim	2	0.035 (0.006-0.063)	×	-
		Cyprodinil	1	0.029	×	-
		Iprodione	1	0.040	×	-
		Buprofezin	1	0.007	×	-
		Dinotefuran	2	0.062 (0.045-0.078)	×	-
		Etofenprox	2	0.013 (0.007-0.018)	O	1.00[T]
	Insecticide	Imidacloprid	1	0.016	×	-
		Spirotetramat	1	0.052	O	0.20[T]
		Sulfoxaflor	1	0.045	×	-
		Thiamethoxam	1	0.019	O	-
Vitis coignetiae Crimson glory vine	Fungicide	Ametoctradin	2	0.038 (0.024-0.051)	×	-
		Azoxystrobin	1	0.582	O	-
		Boscalid	1	0.258	×	-
		Carbendazim	2	0.042 (0.031-0.053)	O	-
		Difenoconazole	4	0.051 (0.009-0.130)	O	-
		Dimethomorph	1	0.532	O	-
		Ethaboxam	1	0.016	O	-

Table 8. (Continued) Results of pesticide residue analysis of *Punica granatum*, *Rubus coreanus*, *Actinidia arguta*, *Vitis coignetiae*, and *Pyrus pyrifolia*

Product	Pesticide	Common name	Frequency of detection	Mean concentration of residue (Min.-Max.; mg/kg)	Registration in Korea[1]	Korean MRL (mg/kg)
Vitis coignetiae Crimson glory vine	Fungicide	Famoxadone	2	0.081 (0.034-0.128)	×	5.00[T]
		Iprodione	1	0.023	T	-
		Kresoxim-methy	1	0.024	O	-
		Mandipropamid	1	0.028	×	-
		Propiconazole	2	0.040 (0.008-0.072)	×	-
		Spirotetramat	1	0.031	×	-
		Tebuconazole	3	0.120(0.006-0.265)	T	-
		Trifloxystrobin	4	0.121(0.005-0.401)	O	3.00
	Insecticide	Acetamiprid	1	0.007	×	-
		Bifenthrin	1	0.045	×	-
		Clothianidin	4	0.026 (0.010-0.045)	×	-
		Cyhalothrin	4	0.018(0.007-0.045)	×	-
		Dinotefuran	5	0.0771 (0.023-2.031)	×	-
		Fenitrothion	1	0.006	T	-
		Flubendiamide	3	0.294 (0.034-0.699)	×	-
		Fluxapyroxad	1	0.026	×	-
		Methoxyfenozide	1	0.206	O	1.00
		Novaluron	3	0.126 (0.021-0.235)	×	-
		Thiamethoxam	2	0.080 (0.036-0.123)	×	-
Pyrus pyrifolia	Fungicide	Azoxystrobin	1	0.015	×	-
		Bitertanol	1	0.065	×	-
		Fenarimol	2	0.024 (0.015-0.033)	×	-
	Insecticide	Bifenthrin	1	0.023	×	-
		Buprofezin	2	0.089 (0.011-0.166)	×	-
		Chlorantraniliprole	1	0.017	×	-
		Cypermethrin	1	0.052	×	-
		Dinotefuran	1	0.019	×	-
		Etofenprox	1	0.082	×	-
		Fenitrothion	3	0.412 (0.013-0.232)	×	-
		Flubendiamide	1	0.060	×	-
		Flufenoxuron	1	0.122	×	-
		Spirodiclofen	1	0.014	×	-
		Spiromesifen	1	0.030	×	-
		Spirotetramat	1	0.011	×	-

[1]O: registered, ×: not registered, T: Temporally registered[19, 26], [2] -: not estimated[26].

루 57.7%, 석류 40.0%, 당귀 37.9%, 더덕 50.0%, 참나물 33.3%, 복분자딸기 25.0%이었고, 검출 농약 중 잔류허용기준이 정해진 농약의 비율은 복분자딸기 100%, 다래 75.0%, 도라지 55.2%, 더덕 50.0%, 참나물 50.0%, 당귀 55.2%, 머루 27.3%, 석류와 도라지 0%였다. 잔류량의 경우, 잔류허용기준이 설정되어 있는 농약은 모두 잔류허용기준 이하였으나, 잔류허용기준이 설정되어 있지 않은 농약의 경우 대부분이 PLS기준인 0.01 mg/kg을 넘었다.

임산물의 농약사용실태 결과, 미등록 농약의 사용 빈도가 높은 것을 알 수 있었는데, 이는 재배농가들의 관습적

인 적용으로 인한 살포로 여겨진다. 이에, 미등록 농약의 살포를 줄이기 위해서는 재배농가에 대한 교육 및 안내가 이루어져야 할 것이며, 또한 정확한 병해충 조사를 통하여 해당 병해충에 대한 약제 등록이 이루어 져야 할 것이다. 돌배와 참쑥과 같이 수요가 적은 임산물일수록 등록 농약이 적고, 사용되는 농약 중 미등록 농약이 많으며, 등록된 농약일지라도 잔류허용기준이 설정된 농약이 적음을 알 수 있었다. 잔류허용기준이 설정되어 있는 농약의 잔류량이 허용기준 이하인 것은 농약 안전사용기준인 농약의 살포량, 살포횟수, 살포시기를 기준에 맞게 사용된 것으로 추측된다. 이에 미등록 농약 또한 농약 등록 후 잔류허용기준을 설정하게 되면 농약 안전사용기준에 맞추어 사용할 것으로 예상된다.

Acknowledgement

본 연구는 국립산림과학원 일반연구사업(과제번호: FP0802-2019-02-2019)의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 시료수집에 도움을 주신 수목보호협의 이승규 박사님, 서울대학교 윤혜영 박사님, 수집정보의 정리를 도와주신 국립산림과학원 이승연님 (현 국민대학교)께 감사드립니다.

국문요약

농약허용물질목록관리제도의 시행에 따라, 농약의 안전사용이 더욱 중시되었다. 산림식용자원(임산물)은 소규모 재배 등의 이유로 등록된 농약의 수가 적어, 등록되지 않은 농약의 사용이 예상된다. 이에, 본 연구는 임산물에 대한 농약사용실태를 파악하고자, 산림식용자원 13종에 대한 농약 및 중금속 잔류실태조사를 하였다. 산나물류 조사 시료인 고사리, 참나물, 도라지, 더덕에 대하여 조사 시료의 0%, 40.0%, 20.0, 26.7%에서 농약이 검출되었고, 약초류인 참쑥, 당귀, 마는 13.3%, 56.3%, 0%의 농약 사용이 확인되었다. 과실류 조사 시료인 석류, 복분자딸기, 다래, 머루, 돌배, 결명자에서는 조사 시료의 57.1%, 33.3%, 26.7%, 66.7%, 46.7%, 0%에서 농약이 검출되었다. 중금속(납, 카드뮴)은 도라지와 참쑥에서만 검출되었다. 연구에서 얻은 임산물별 사용농약에 대한 정보는 병해충 방제를 위한 사용현황을 확인하여, 추후 농약등록을 위한 정보를 제공하므로 국내 임산물의 안전성 확인을 위한 자료로 활용할 가치가 있을 것이다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Junheon Kim https://orcid.org/0000-0001-5204-3369
Ji Yeon Oh https://orcid.org/0000-0001-8662-6642
Jihye Shin https://orcid.org/000-000209666-990X

References

1. Park, B.J., Gil, K.H., Son, K.A., Im, G.J., Yoon, H., Park, K.H., Kim, D.H., Ihm, Y., Paik, M.K., Acute and chronic exposure assessment of organophosphate pesticides through the consumption of fruit vegetables. *Korean J. Pestic. Sci.*, **18**(2), 95-103 (2014).
2. Kumari, D., John, S., Health risk assessment of pesticide residues in fruits and vegetables from farms and markets of Western Indian Himalayan region. *Chemosphere*, **224**, 162-167 (2019).
3. Golge, O., Hepsag, F., Kabak, B., Health risk assessment of selected pesticide residues in green pepper and cucumber. *Food Chem. Toxicol.*, **121**, 51-64 (2018).
4. Diop, A., Diop, Y.M., Thiare, D.D., Cazier, F., Sarr, S.O., Kasprowiak, A., Landy, D., Delattre, F., Monitoring survey of the use patterns and pesticide residues on vegetables in the Niayes zone, Senegal. *Chemosphere*, **144**, 1715-1721 (2016).
5. Akoto, O., Andoh, H., Darko, G., Eshun, K., Osei-Fosu, P., Health risk assessment of pesticides residue in maize and cowpea from Ejura, Ghana. *Chemosphere*, **92**(1), 67-73 (2013).
6. Ministry of Food and Drug Safety, (2020, May 2). Enforcement of PLS from 1 January 2019. Press Release dated 27 December 2018. Retrieved from http://www.mfds.go.kr/brd
7. Ministry of Food and Drug Safety, 2016, Analysis of harmful substances such as agricultural producsts. MFDS Notification No. 2016-148 (2016.12. 26.), Cheongju, Korea.
8. Ministry of Food and Drug Safety, 2019, Food standards and specifications. MFDS Notification No. 2019-7, Cheongju, Korea.
9. Ministry of Food and Drug Safety, 2019, Korean Food Standards Codex, Cheongju, Korea.
10. Kwon, S.-M., Kwon, Y.H., Choi, O.K., Park, M.K., Kim, K.C., Kang, S.H., Kang, H.G., Ha, J.O., Yu, S.H., Lee, M.Y., Jang, J.H., Park, K.H., Kim, J.B., Characteristic of pesticide residues in some leafy vegetables at the whole market in Gyeonggi-do from 2009 to 2013. *J. Food Hyg. Safe*, **30**(2), 196-201 (2015).
11. Ahn, J.W., Jeon, Y.H., Hwang, J.I., Kim, J.M., Seok, D.R., Lee, E.H., Lee, S.E., Chung, D.H., Kim, J.E., Monitoring of Pesticide Residues and Risk Assessment for Medicinal Plants. *J. Food Hyg. Safe*, **28**(1), 13-18 (2013).
12. Bae, J.S., Seo, B.H., Lee, S.W., Kim, W.I., Kim, K.R., Heavy metal uptake by balloon flower together with investigating soil properties and heavy metal concetrations in the cultivated soils. *Korean J. Soil Sci. Fert.*, **47**(3), 172-178 (2014).

13. Secretariat of the Stockholm Convention, 2009, Endosulfan and other chemicals being assessed for listing under the Stockholm, Geneva, Switzerland.
14. Environmental Risk Management Authority New Zealand [ERMA New Zealand], 2008, Environmental Risk management Authority Decision: Application Number HRC07003. New Zealand.
15. Rural Development Administration, 2018, Pesticide Control Act. Jeonju, Korea.
16. Choi, G.H., Jeong, D.K., Lim, S.J., Ro, J.H., Ryu, S.H., Rark, B.J., Moon, B.C., Kim, J.H., Plant uptke potenatila of endosulfan from soil by carrot and spinach. *J. Appl. Biol. Chem.*, **60**(4), 339-342 (2017).
17. Hwang, J.I., Lee, S.E., Kim, J.E., Plant uptake and distribution of endosulfan and its sulfate metabolite persisted in soil. *PLoS ONE*, **10**, e0141728 (2015).
18. Park, S.W., Yoo, J.H., Oh, K.S., Park, B.J., Kim, S.S., Chon, K.M., H.K., Hong, S.M., Moon, B.C., Choi, H., Uptake and translocation of the soil residual pesticided into the vegetable crop. *Korean J. Pestic. Sci.*, **21**(3), 298-309 (2017).
19. National Institute of Agricultural Sciences, (2020, March 2). Pesticide Information Service. Retrieved from http://pis.rda.go.kr
20. Cho, D.S., Kim, J.H., A study on the heavy metal tolerance in several herbaceous plants. *Korean J. Ecol.*, **18**(1), 146-156 (1995).
21. Alirzayeva, E.G., Shirvani, T.S., Yazici, M.A., Alverdiyeva, S.M., Shukurov, E.S., Ozturk, T., Ali-zade V.M., Cakmak I., Heavy metal accumulation in *Artemisia* and foliaceous lichen species from the Azerbaijan flora. *For. Snow Landsc. Res.*, **80**, 339-348 (2006).
22. Wu, J., Tan, Y., Wang, Y., Rong, X., Toxic metal contamination in *Artemisia annua* L. herbal preparations from different commercial sources in China. *J. Nat. Med.*, **65**, 656-661 (2011).
23. Gil, J., Park, S.i., Lee, Y., Kim, H.B., Kim, S.C., Kim, O.T., Cha, S.W., Jung, C.S., Um, Y., Current status and prospects of the authentication of *Angelica* species. *J. Plant Biotechnol.*, **43**, 151-156 (2016).
24. Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, 2017. Production Performance of Industrial Crops. Seojong, Korea
25. Cocuzza, G.E.M., Mazzeo, G., Russo, A., Giudice, V.L., Bella, S., Pomegranate arthropod pests and their management in the Mediterranean area. *Phytoparasitica*, **44**, 393-409 (2016).
26. Ministry of Food and Drug Safety, (2020, March 2). Pesticides and Veterinary Drug Information. Retrieved from http://foodsafetykorea.go.kr