

경북북부 인삼 재배환경 중 중금속과 유기염소계 농약의 잔류

박수준 · 김정호^{1)*}

대구한의대학교 노인의료복지학과, ¹⁾대구한의대학교 소방방재환경학과
(2010년 5월 20일 접수; 2010년 8월 16일 수정; 2010년 9월 20일 채택)

Residues of Heavy Metals and Organochlorine Pesticides in Ginseng at Environment of North Gyeongbuk

Soo-Woon Park, Jung-Ho Kim^{1)*}

Department of Health and Welfare for the Elderly, Daegu Haany University, Kyungsan 712-715, Korea

¹⁾Department of Safety & Environmental Prevention, Daegu Haany University, Kyungsan 712-715, Korea

(Manuscript received 20 May, 2010; revised 16 August, 2010; accepted 20 September, 2010)

Abstract

To obtain the risk assessment of hazardous materials in ginseng, the residues of heavy metals and organochlorine pesticides in samples on the Yeungju and Sangju are surveyed. Cd and Hg in ginseng on Yeungju and Sangju is not detected. 0.21 mg/kg of As, 0.39 mg/kg of Cr, 0.14 mg/kg of Pb, 1.83 mg/kg of Cu, 3.93 mg/kg of Zn and 0.43 mg/kg of Ni in ginseng on Sangju are shown. 0.25 mg/kg of Cr, 0.08 mg/kg of Pb, 1.11 mg/kg of Cu, 8.99 mg/kg of Zn and 1.15 mg/kg of Ni in ginseng on Yeungju are detected. As and Pb in ginseng on Sangju are 7.0% and 2.8% for Korea Food & Drug Administration(KFDA) advisory level, respectively. Pb in ginseng on Yeungju are 1.6% for Korea Food & Drug Administration(KFDA) advisory level. The heavy metals such as AS, Cr, Cd, Pb, Cu, Zn, Hg, Ni in soil on Yeungju and Sangju are range of 0-20% for with Korea Food & Drug Administration (KFDA) level. BHC isomer, DDT isomer and endosulfan isomer are not detected in ginseng and soil on Yeungju and Sangju, respectively. Finally, the assessment of hazardous materials of the heavy metals and organochlorine pesticides in ginseng on the Youngju and Sangju are verified the safety the level compare with tolerances level for Korea.

Key Words : Heavy metals, Pesticides, Ginseng, Risk assessment, Hazardous materials

1. 서론

인삼은 홍삼포와 백삼포로 구분하여 재배되고 있다. 홍삼포는 경기 강화 · 김포 · 포천 · 용인 · 안성 등지와 강원 · 충남 · 충북의 일부지역에서 재배되고 있으며, 백삼포는 충청남도 금산 · 대전광역시, 경상북

도 풍기와 충청남도 · 충청북도 · 전라북도의 일부지방이 주산지이다. 현재 경북 북부지역의 인삼 주생산지는 영주의 풍기이다. 그러나 인삼은 연작할 수 없으므로 최근 경북북부의 타 지역으로 재배지역이 확대되고 있다(박, 2010).

인삼은 다년생 초본식물로서 일반적으로 4~6년을 재배하여야 하므로 여러 가지 병해충에 노출된다. 인삼은 재배기간이 장기간 필요하기 때문에 재배관리에도 어려움이 많은데, 그 중에 심각한 것이 병충해이다. 인삼에 주로 발생하는 병충해로는 모잘록병, 역병, 쯤

*Corresponding author : Jung-Ho Kim, Department of safety & Environmental Prevention, Daegu Haany University, Gyeongbuk 712-715, Korea
Phone: +82-53-819-1416
E-mail: kim@dhu.ac.kr

빛곰팡이병, 점무늬병, 탄저병, 뿌리썩음병 등의 병해와 굽벙이류, 뿌리혹선충, 달팽이류, 땅강아지류의 충해 등이 있는데 이들은 줄기, 잎, 뿌리 등의 모든 부위에서 발병한다. 이와 같은 많은 병충해를 방제하기 위하여 경종적인 방제법, 화학적인 방제법 등 여러 가지 대책을 확립하여 인삼 영농에 이용되고 있지만, 보다 효과적인 방제를 위해서 대부분이 농약을 사용하고 있는 추세이다(정과 박, 1990).

인삼에 사용하는 농약으로 endosulfan 또는 captan을 함유한 농약 및 그 제제와 농림부장관이 고시한 잔류성농약은 사용을 금하고 있으며, 그 외 사용이 허가된 인삼재배용으로 등록된 농약을 인삼의 병해충을 방지하기 위해 사용하고 있다. 인삼의 농약잔류허용기준은 보건복지부 고시 제1995-45호에 의거 인삼제품의 농약잔류 허용기준을 설정하였다. 이후 농약잔류허용기준에 대해서 식품의약품안전청고시 2004-18호, 2005-62호를 추가 고시하여 인삼제품에 대해서 27종의 농약에 대한 기준 및 규격이 설정되었다. 특히 잔류성이 긴 DDT, BHC와 같은 유기염소계에 대한 기준이 설정되어 있다. 수삼과 건삼에서의 경우 DDT는 0.025ppm, 0.10ppm으로 BHC는 0.05ppm, 0.20ppm으로 설정되어 있다(식품의약품안전청, 2008).

유해화학물질로써 한약재의 안전성에 문제를 일으키는 중금속은 극히 미량일지라도 인체의 기능을 장해할 수 있는 유독 금속(Cd, As, Hg, Pb, Cr, Ni 등)과 발암성, 돌연변이성의 측면에서 유전자에 영향을 미치는 유전독성금속(Ni, As, Se, Sn, Sb, Te, Bi 등)이 있다(한, 1998). 생약의 잔류농약 허용기준 및 시험방법을 규제한 식품의약품안전청공고 2007-179호에서는 생약등의 중금속 허용기준 및 시험방법을 제시하고 있다. 우리나라의 생약 중 중금속의 허용기준을 As는 3.0 mg/kg, Cd는 0.3 mg/kg, Pb는 5.0 mg/kg, Hg는 0.2 mg/kg으로 정하였다(식품의약품안전청, 2008). 중국의 경우 Cd와 Pb, Hg는 우리나라와 동일하게 각각 0.3 mg/kg, 5.0 mg/kg, 0.2 mg/kg로 설정하였으나, As는 우리나라 보다 낮은 2.0 mg/kg으로 설정하였다. 그리고 WHO는 As를 1.0 mg/kg, Cd는 0.3 mg/kg, Pb는 10.0 mg/kg으로 정하여 규제하고 있다(식품의약품안전청, 2008).

고품질 한약재를 생산하고 관리하기 위해서는 안

전성의 사전 평가가 필요하다(김, 2004; 김, 2005; 정, 2007). 일반적으로 한약재의 품질을 평가하기 위해서 시료 채취 및 수집을 백화점, 한약재 유통시장, 재래시장 등에서 하고 있으므로 시료의 원산지나 재배지의 확인이 불명확한 경우가 종종 있다(김과 박, 2006; 양, 2007). 따라서 시료를 직접 재배지에서 채취하고, 아울러 재배지 토양도 동시에 분석할 필요가 있다. 따라서 고품질 인삼을 생산·공급 위해서는 재배 환경 중 중금속과 유기염소계 농약에 대한 안전성평가가 필요하다(신, 2005; 이, 2003; 임, 2007).

이에 본 연구에서는 경상북도 북부지역의 한약재 중 인삼을 대상으로 영주와 상주지역의 인삼 재배지에서 직접 시료를 채취한 인삼과 토양 중 중금속과 유기염소계 농약의 잔류 안전성을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험포장 및 시료채취

시험포장은 경북북부 지역의 풍기인삼이 국내에서 명성이 있으므로 영주의 풍기인삼을 택하였으며, 대조구로는 최근 인삼 생산량이 증가하고 있는 상주의 인삼을 택하였다. 풍기 포장은 도로에서 150 m 떨어져 있고 경사가 없는 밭이며 2008년에 4년 근 인삼을 재배하고 있었다. 상주 포장은 도로에서 200 m 떨어져 있고 경사가 없는 논이며 2008년에 4년 근 인삼을 재배하고 있었다.

영주 시료는 2008년 3월 25일에 상주 시료는 2008년 3월 26일에 토양 및 인삼을 대표시료로 채취하였다.

2.2. 인삼성분 분석

인삼 중 일반 성분분석은 식품공전분석법에 준하였다(식품의약품안전청, 2008). 일반성분으로는 수분, 회분, 조지방, 조단백질, 조섬유, 탄수화물, 나트륨과 zosaponin을 분석하였다.

2.3. 토성 분석

토양의 물리화학적 특성은 토양학실험법(최, 1986)에 준하여 분석하였다. 토양의 입경분석은 pipette법으로 측정하여 미국 농무성 분류기준에 의하여 구분하였다.

2.4. 중금속의 분석

2.4.1. 시료의 전처리

토양시료의 전처리를 위해 먼저 토양을 풍건시킨 다음 10mesh체를 통과시킨 시료 10 g을 취하였다. 여기에 0.1N HCl 50 mL(As 경우는 1 N HCl)을 가한 후 30℃에서 1시간 수평진탕(100회/분)하였다. 이를 Whatman GF/B 여지로 여과하였다.

인삼시료의 전처리는 습식 분해법인 킬달 분해법을 이용하였다. 인삼 시료 5 g을 취하여 여기에 질산 40 mL을 가한 후 시계접시를 덮고 95℃에서 15분간 가열한 후 식힌 다음 황산 20 mL을 가해 가열하여 암색이 되면 질산 3mL 가한 후 무색이 될 때 까지 가열하였다. 냉각 후 증류수 50 mL과 포화 수산화암모늄 용액 25 mL 가한 후 산의 흰 연기가 발생할 때까지 가열 후 냉각하고 Whatman GF/B 여지로 여과하여 기 분석 시료로 하였다.

2.4.2. 중금속의 기기분석

Cr은 분석시료에 DCP 1 mL을 넣고 증류수로 50 mL되게 한 후 5분간 방치하였다. 이를 UV Spectrophotometer로 540 nm에서 측정하였다. 표준용액은 증크롬산 칼륨(K₂Cr₂O₇)을 사용하였다. Cu, Pb, Ni, As, Zn, Cd는 ICP-MS(Agilent ICP-MS 4500, USA)를 사용하였으며 기기조건은 Table 1과 같다. Hg의 분석은 금 아말감법에 의해 automatic mercury analyzer (Leco AMA 254)을 이용하여 Table 2의 분석조건으로 분석하였다.

Table 1. Operating conditions of ICP-MS for analysis of Cu, Pb, Ni, As, Zn, and Cd

Factors	Operating Condition
RF power	1200 W
Plasma gas(Ar)	16.0 L/min
Aux. gas(Ar)	1.0 L/min
Carrier gas(Ar)	0.9 L/min
Nebulizer	Babington-type
Spray Chamber	Glass
Sampling Depth	7.8~8.0 mm
Sampling cone/skimmer cone	Ni / Ni

Table 2. Operating conditions of mercury analyzer for mercury

Factors	Operating Condition
Wave-length	253.65 nm
Interference filter	254 nm, -9 nm bandwidth
Detector	Silicon UV photodetector
Carrier gas	Oxygen
Flow rate	200 mL/min

2.5. 농약의 분석

2.5.1. 시료의 전처리

농약을 분석하기 위한 시료의 전처리를 위해, 인삼 시료는 20 g을 500 mL homogenization cup에 넣고, 증류수 20 mL와 acetonitrile 100 mL을 가하여 homogenizer에서 12,000 rpm으로 3분간 마쇄하였다. 토양시료는 20 g에 증류수 20 mL와 acetonitrile 100 mL을 가하여 1시간 왕복 진탕하였다.

이어서 추출물은 약 5 g 정도의 celite 545가 깔린 büchner funnel상에서 Toyo No6 여과지를 이용하여 감압, 여과하고 이때 50 mL의 acetonitrile로 용기 및 잔사를 씻어 앞의 여과액과 합하였다. 이 여과액을 용매가 50 mL 정도가 남을 때까지 농축하고 1 L separatory funnel에 옮겨 증류수 450 mL와 50 mL의 포화식염수를 가하고 50 mL의 dichloromethane으로 2회 분배하였다. 이 dichloromethane층을 50g의 anhydrous sodium sulfate로 탈수시켜 40℃ 항온 수조에서 약 2 mL정도가 남을 때까지 감압 농축하였다. 질소 gas를 이용하여 완전히 농축하고 농축직후 잔류물을 5 mL의 hexane/acetone(95/5, v/v)에 재용해하여 SPE florisil cartridge에서 정제하였다(신, 2006; AOAC, 1975).

정제과정의 준비를 위해서 florisil cartridge(6 mL, 1 g 용량, supelco사)에 n-Hexane 6 mL을 넣고 2분간 멈춘 후 유출시켜 버리고, 이 cartridge에 Acetone : n-Hexane(2:8, v/v)용매 6 mL을 위와 같은 방법으로 유출하여 버린다. 이어서 시료 농축액을 cartridge 상단에 넣고 2분간 칼럼에 머무르게 한 후 서서히 유출시켜(1 drop/sec) 시험관에 받는다. 다시 cartridge가 용매에 젖어 있는 상태에서 acetone : n-hexane(2:8, v/v) 용매 10 mL로 용출하여 동일한 시험관에 모은다.

용출액을 40℃ 항온 수조 중에서 질소를 낮은 유속으로 통과시키면서 용매를 날려 보낸 후 n-hexane 2 mL에 녹여 이를 기기분석 시료로 하였다(김, 2003; 김, 1999).

2.5.2. 농약의 기기분석

분석기기는 Agilent사의 6890 GC-ECD를 사용하였다. GC-ECD 분석조건은 Injector temp. 260℃, Detector temp. 280℃로 하였으며, Oven temp.은 80℃에서 5분간 머물다가 분당 10℃로 증가시켜 280℃에서 30분간 머물도록 하여 총 55분 동안 분석하였다. Column은 DB-5 (30 m × 250 μm I.D., 0.25 μm d_i)를 사용하였다. Column flow는 질소를 분당 2.0 mL/min씩 constant flow mode로 흘러주었고, make up gas는 60 mL/min, anod gas는 6.0 mL/min였다. Injection mode와 injection volume은 split mode(50:1)과 1 μL이다.

분석에 사용한 유기염소계 농약의 표준품은 Dr. Ehrenstofer에서 구입하여 사용하였으며, 각 농약별로 1,000 ppm의 stock solution을 조제하였다(Araoud 등, 2007; Martin과 Worthing, 1993; Tomlin, 2002). Injection volume은 1.0 μL로 하였으며, 이때 주입량이 각각 0.1 ng이 되게 stock solution을 희석하여 working solution을 만들었다(김, 2003; AOAC, 1975).

3. 결과 및 고찰

3.1. 인삼재배지의 토성

인삼 재배 시험포장 토양의 물리화학적 특성은 Table 3과 같았다. 영주 토양은 sand, silt, clay가 각각 52.2%, 28.7%, 19.1%로 식양토였으며, 상주 토양은 sand, silt, clay가 각각 50.1%, 33.3%, 16.6%로 식양토였다. 영주와 상주 토양의 유기물함량은 각각 2.66%와 1.53%였으며, 양이온치환용량(C.E.C)은 각각 10.6 me/100 g와 8.5 me/100 g이었다. 따라서 상주 토양보다는 영주토양이 더 비옥하였다.

Table 3. Physico-chemical properties of soil on Yeongju and Sangju

Site	Particle size distribution (%)			Soil texture	pH (1:5)	O.M. (%)	C.E.C. (me/100g)
	Sand	Silt	Clay				
Yeongju	52.2	28.7	19.1	Clay loam	5.4	2.66	10.6
Sangju	50.1	33.3	16.6	Clay loam	6.3	1.53	8.5

3.2. 인삼의 일반성분

일반성분으로 수분, 회분, 조지방, 조단백질, 탄수화물, 나트륨을 분석한 결과 Table 4와 같았다. 조지방, 조단백질, 탄수화물의 함량은 각각 영주 인삼이 0.42%, 3.47%, 19.84%였으며, 상주 인삼이 0.43%, 3.78%, 18.82%였다. 영주와 상주의 인삼성분으로 조사포닌 함량은 각각 13.78 mg/kg, 12.62 mg/kg이었다. 이와 같이 영주와 상주인삼의 회분, 조지방, 조단백질, 탄수화물, 나트륨 함량은 큰 차이를 보이지 않았으며, 특히 조사포닌의 함량도 비슷하였다. 여기서 영주와 상주토양은 물리화학적 특성은 조금의 차이는 있었으나, 인삼의 일반성분 품질에는 큰 영향을 미치지 않았다.

경북 북부지역의 인삼 주생산지는 영주의 풍기이나, 인삼은 연작 할 수 없으므로 최근 경북북부의 타 지역으로 재배지역이 확대되고 있다. 따라서 경북북부의 인삼주생산지로 영주(풍기)였으나, 최근 인삼 생산량이 경북북부의 타 지역으로 크게 증가 있다(김과 박 2006). 본 연구에서 영주와 상주인삼의 일반성분과 조사포닌 함량이 큰 차이를 보이지 않았으므로 인삼재배지역이 인삼재배환경이 적합한 상주를 포함한 다른 지역으로 확대가능성을 시사하고 있다.

Table 4. Components in ginseng on Yeongju and Sangju

Component	Unit	Yeongju	Sangju
Moisture		74.54	75.39
Ash		1.74	1.63
Crude lipid	%	0.42	0.43
Crude protein		3.47	3.78
Carbohydrate		19.84	18.82
Na	mg/100g	13.85	17.97
Crude saponin	mg/kg	13.78	12.62

3.3. 인삼 재배환경 중 중금속

3.3.1. 토양 중 중금속

토양 중 중금속 농도는 Table 5와 같다. 영주 인삼 재배지 토양에서 Cr은 0.45 mg/kg, Cd는 0.09 mg/kg, Pb는 5.68 mg/kg이 검출되었으며, Cu은 8.67 mg/kg, Zn은 8.38 mg/kg, Hg는 0.02 mg/kg, Ni는 0.39 mg/kg 검출되었다. 또한 상주의 인삼 재배지 토양 중 Cr은 0.77 mg/kg, Cd는 0.16 mg/kg, Pb는 4.41 mg/kg 검출되었다. 또한 Cu은 7.61 mg/kg, Zn은 5.07 mg/kg, Hg는 0.02 mg/kg, Ni는 0.57 mg/kg 검출되었다. 그러나 As는 영주와 상주의 인삼 재배지 토양 중 모두 검출되지 않았다.

국내의 농작물 재배 토양 중 허용기준은 As, Cr, Cd, Pb가 각각 6 mg/kg, 4 mg/kg, 1.5 mg/kg, 100 mg/kg이다. 또한 Cu, Zn, Hg, Ni는 각각 50 mg/kg, 300 mg/kg, 4 mg/kg, 40 mg/kg이다. 토양 중 농도를 이들 허용기준과 비교하면 Fig. 1과 같다. 영주토양의 Cr, Cd, Pb농도는 허용기준의 각각 11.25%, 6.00%, 5.68%이다. 또한 Cu, Zn, Hg, Ni는 각각 17.34%, 2.79%, 0.50%, 0.97%이다. 이와 같이 영주의 토양 중 중금속함량은 허용기준의 약 0~18% 범위였다. 한편 상주의 토양은 Cr, Cd, Pb가 허용기준의 각각 19.25%, 10.66%, 1.41%이다. 또한 Cu, Zn, Hg, Ni는 각각 15.22%, 1.69%, 0.50%, 1.42%이다. 역시 상주 토양도 영주 토양과 같이 중금속 함량은 허용기준의 약 0~20% 범위였다.

Table 5. Heavy metals in soil on Yeungju and Sangju

Heavy metal	Yeungju (mg/kg)	Sangju (mg/kg)
As	ND ¹⁾	ND
Cr	0.45	0.77
Cd	0.09	0.16
Pb	5.68	4.41
Cu	8.67	7.61
Zn	8.38	5.07
Hg	0.02	0.02
Ni	0.39	0.57

1) Not detected

김(2004)의 보고에 의하면 영주의 인삼 재배지 토양 중 As는 0.013 mg/kg, Cd는 0.083 mg/kg, Hg는 0.008 mg/kg이었다. 또한 상주의 인삼 재배지 토양 중 As는 0.019 mg/kg, Cd는 0.01 mg/kg, Hg는 0.001 mg/kg이었다는 보고와 유사하거나 조금 높았다. 경북 지역 영주와 상주의 인삼 재배지 토양 중 중금속의 함량은 허용기준의 약 1/5 수준으로 낮게 나타났다. 이와 같이 경북지역 영주와 상주의 인삼재배지 토양 중 중금속의 함량은 국내의 자연 함유량 이하로 매우 낮게 나타났다.

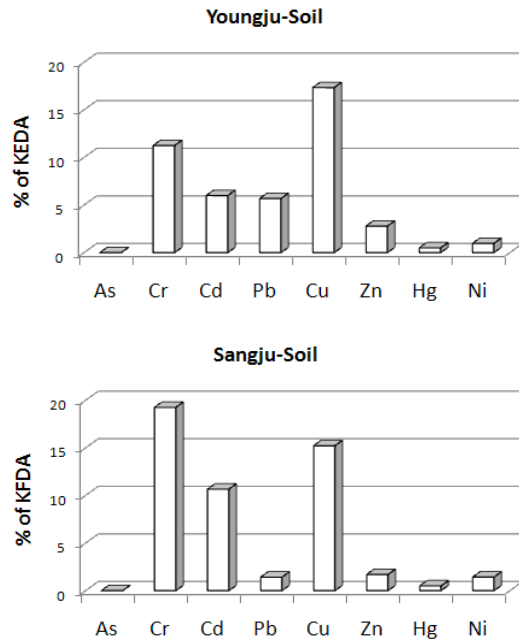


Fig. 1. Evaluation of heavy metals in soil compared with Korea Food & Drug Administration (KFDA) level.

3.3.2. 인삼 중 중금속

영주와 상주의 인삼 중 중금속 농도는 Table 6과 같았다. 상주의 인삼 중 Cd와 Hg는 검출되지 않았으며, 영주의 인삼 중에서도 Cd와 Hg는 검출되지 않았다. 그러나 상주의 인삼에서 As는 0.21 mg/kg, Cr은 0.39 mg/kg, Pb는 0.14 mg/kg 검출되었다. 또한 Cu은 1.83 mg/kg, Zn은 3.93 mg/kg, Ni는 0.43 mg/kg 검출되었다. 영주의 인삼에서 Cr은 0.25 mg/kg, Pb는 0.08

mg/kg 검출되었다. 또한 Cu은 1.11 mg/kg, Zn은 8.99 mg/kg, Ni는 1.15 mg/kg 검출되었다.

우리나라의 생약 중 중금속의 허용기준에서 As는 3.0 mg/kg, Cd는 0.3 mg/kg, Pb는 5.0 mg/kg, Hg는 0.2 mg/kg이다(식품의약품안전청, 2008). 인삼 중 농도를 이들 허용기준과 비교하면, 상주 인삼 중의 As와 Pb 농도는 허용기준의 각각 7.0%, 2.8%이다. 영주의 인삼 중 Pb는 허용기준의 1.6%이다. 상주와 영주 인삼의 중금속함량은 허용기준의 약 0~7% 범위였다.

김(2004)의 보고에 의하면 영주의 인삼 재배지 인삼 중 중금속 As, Cd, Pb, Hg 등은 각각 0.029 mg/kg, 0.001 mg/kg, 0.021 mg/kg 및 0.002 mg/kg이다. 이와 같이 경북지역 영주와 상주의 인삼 중 중금속의 농도가 낮은 것은 상주의 인삼 재배 환경이 중금속에 의해 오염되지 않았음을 나타내고 있으며, 중금속으로부터 안전함을 의미한다.

일반적으로 재배지 토양과 한약재 중의 중금속 농도는 비례관계를 보이는데(신, 2005; 임, 2007), 이(2003)는 대구경북의 산약 집산지에서 산약 재배 토양과 산약 중의 Fe, Mn, Cu, Zn 농도를 비교하였는데 상관관계를 보였다고 하였다.

한약재의 품질을 평가하기 위해서 시료 채취 및 수집을 재배지에서 직접 할 필요가 있다(김과 박, 2006; 양, 2007). 이에 본 연구에서는 시료를 직접 재배지에서 채취한 인삼과 동시에 토양도 분석하였는데, 중금속의 함량이 낮은 토양 재배환경에서 재배한 영주와 상주의 인삼은 중금속 농도도 낮은 것으로 나타났다.

Table 6. Heavy metals in ginseng on Yeungju and Sangju

Heavy metal	Yeungju (mg/kg)	Sangju (mg/kg)
As	ND	0.21
Cr	0.25	0.39
Cd	ND	ND
Pb	0.08	0.14
Cu	1.11	1.83
Zn	8.99	3.93
Hg	ND	ND
Ni	1.15	0.43

1) Not detected

3.4. 인삼 재배환경 중 유기염소계 농약

3.4.1. 최소검출량과 검출농도

유기염소계열 농약의 GC-ECD 검출기에 대한 최소 검출량은 Table 7과 같았다. BHC 이성질체인 BHC- δ , BHC- β , BHC- γ 및 BHC- α 는 각각 5.7 pg, 1.9 pg, 4.3 pg 및 3.6 pg이었다. DDT 이성질체도 최저 2.1 pg 부터 최고 5.4 pg이었으며, endosulfan 이성질체도 6.4 pg~8.6 pg이었다. 이와 같이 최소 검출량이 pg 단위로 아주 낮았으므로, GC-ECD 검출기가 유기염소계 농약에 감응성이 매우 크다는 것을 보여주고 있다.

시료 25 g을 취하고 최종부피를 2 mL로 하였을 때, GC-ECD 검출기에 대한 최소검출농도는 BHC 이성질체인 BHC- δ , BHC- β , BHC- γ 및 BHC- α 는 1 ng/g ~6 ng/g 범위였다(Table 7). DDT 이성질체도 1 ng/g ~7 ng/g 범위였으며, endosulfan 이성질체는 4 ng/g ~7 ng/g 범위였다. 이와 같이 최소 검출농도는 1 ng/g ~10 ng/g 범위였다. 자연계 시료 측정 시 시료 중 농약 농도가 최소검출 농도보다 낮을 때는 본 실험의 분석 조건에서 검출되지 않으므로 불검출(not detected, ND)로 표시하였다.

Table 7. Detection limit and qualified detection concentration on the gas chromatography-ECD for evaluation of organocholine pesticides

Pesticides	Detection limit (pg)	Qualified detection concentration (ng/g)
BHC- δ	8.0	5.7
BHC- β	2.6	1.9
BHC- γ	6.0	4.3
BHC- α	5.1	3.6
DDD	5.4	3.9
DDT-p,p	3.0	2.1
DDT-o,p	2.2	1.6
DDE	2.1	1.5
Endosulfan- α	8.6	6.2
Endosulfan- β	7.5	5.4
Endosulfan-sulfate	6.4	4.6

3.4.2. 토양과 인삼 중 농약

풍기와 상주의 토양과 인삼 시료를 GC-ECD로 분석한 결과는 Table 8과 같았다. BHC 이성질체, DDT 이성질체 및 endosulfan 이성질체 모두 토양시료에서 이들 농약이 모두 불검출 되었다. 또한 인삼시료에서도 이들 농약이 불검출 되었다.

농약잔류는 농약의 종류 및 제제형태, 농약의 사용 시기, 농약의 살포농도·살포량, 농약의 살포횟수, 작물의 종류·품종·재배방법 그리고 농약을 살포한 후 수확 및 식용으로 할 때까지의 기간 등의 요인에 따라 달라진다(정과 박, 1990). 김(2007)의 보고에 의하면 유기염소계 농약의 잔류 특성에도 불구하고 경상북도 북부지역의 풍기와 상주의 수삼 중 유기염소계 농약의 잔류는 나타나지 않았다고 하였다.

본시험에서 토양과 인삼 중에서 유기염소계 농약이 동시에 불검출 된 것은 영주와 상주의 인삼 재배환경이 이들 유기염소계 농약으로부터 오염되지 않았음을 나타내고 있다.

Table 8. Residual levels of organochlorine pesticides in soil and ginseng on gas chromatography-ECD

Pesticides	Soil		Ginseng	
	Youngju	Sangju	Youngju	Sangju
BHC- δ	ND ¹⁾	ND	ND	ND
BHC- β	ND	ND	ND	ND
BHC- γ	ND	ND	ND	ND
BHC- α	ND	ND	ND	ND
DDD	ND	ND	ND	ND
DDT-p,p	ND	ND	ND	ND
DDT-o,p	ND	ND	ND	ND
DDE	ND	ND	ND	ND
Endosulfan- α	ND	ND	ND	ND
Endosulfan- β	ND	ND	ND	ND
Endosulfan-sulfate	ND	ND	ND	ND

1) Not detected

3. 결론

경북북부 지역의 인삼 재배 환경과 인삼 중에 중금속과 유기염소계 농약의 잔류성을 평가한 결과는 다

음과 같았다.

첫째, 영주와 상주의 인삼 중 Cd와 Hg는 검출되지 않았다. 상주의 인삼에서 As는 0.21 mg/kg, Cr은 0.39 mg/kg, Pb는 0.14 mg/kg 검출되었다. 또한 Cu은 1.83 mg/kg, Zn은 3.93 mg/kg, Ni는 0.43 mg/kg 검출되었다. 영주의 인삼에서 Cr은 0.25 mg/kg, Pb는 0.08 mg/kg 검출되었다. 또한 Cu은 1.11 mg/kg, Zn은 8.99 mg/kg, Ni는 1.15 mg/kg 검출되었다.

둘째, 상주 인삼 중의 As와 Pb 농도는 식품안전청 허용기준의 각각 7.0%와 2.8%이다. 영주의 인삼 중 Pb는 허용기준의 각각 1.6%이다. 이와 같이 경북 지역 영주와 상주의 인삼 중 중금속의 함량은 허용기준의 약 0~7% 수준으로 나타났다.

셋째, 경북 지역 영주와 상주의 인삼 재배지 토양 중 중금속의 함량은 허용기준의 약 0~20% 범위로 나타났다.

넷째, 토양 중에서 유기염소계 농약인 BHC 이성질체와 DDT 이성질체 그리고 endosulfan 이성질체도 모두 불검출로 나타났다. 인삼 중에서도 토양과 동일하게 모든 유기염소계 농약이 검출되지 않았다. 토양과 인삼에서 유기염소계 농약이 불검출 된 것은 영주와 상주의 인삼 재배환경이 이들 농약으로부터 오염되지 않았음을 나타내고 있다.

참 고 문 헌

김승영, 2005, 한약재 중의 유해물질에 대한 안전성 연구, 석사학위논문, 대구한의대학교 .
 김정호, 2003, 물 및 토양 중 유기염소계 농약의 분석, 한국환경과학회지, 12(12), 1315-1320.
 김정호, 2004, 경북북부지역 재배한약재와 토양의 중금속 함량, 환경과학회지, 15(2), 1123-1129.
 김정호, 박문기, 2006, 경북지역 인삼재배 환경 중 중금속의 잔류, 한국환경과학회지, 15(10), 1120-1126.
 김정호, 2007, 수삼과 홍삼농축액 중 유기인계와 유기염소계 농약의 잔류, 한국환경농학회지, 26(4), 337-342.
 김택겸, 1999, Microwave를 이용한 인삼 중의 잔류 농약 추출, 한국식품위생안전성학회지, 14(4), 365-367.
 식품의약품안전청, 2008, <http://www.kfda.go.kr>.
 신영민, 2005, 인삼농축액의 잔류농약 제거기술 개발에 관한 연구, 농약과학회지, 4(5), 41-50.
 신영민, 2006, 인삼농축액에서 GC를 이용한 잔류농약

- 동시다성분 분석법의 개발, 한국환경과학회지, 15(1), 85-10.
- 박수원, 2010, 노인들의 건강증진 식품으로 활용되는 경북지역 인삼의 안전성평가, 박사학위논문, 대구한의대학교.
- 양준영, 2007, 숙지황 중 유해물질의 안전성 평가, 석사학위논문, 대구한의대학교.
- 이정원, 2003, 인삼과 인삼재배토양 중의 유기염소계 농약의 잔류실태에 관한 연구, 석사학위논문, 한밭대학교.
- 이현정, 2003, 경북북부지역 재배한약재와 토양의 중금속 함량연구, 동의생리병리학회지, 13(12), 1123-1129.
- 임무혁, 2007, 홍삼 가공 중 azoxystrobin, fenhexamid 및 cyprodinil 농약의 감소율, 한국식품과학회지, 39(5), 575-580.
- 정대화, 2007, 시중에 유통되는 한방생약제제의 중금속 함량 연구, 석사학위논문, 대구한의대학교.
- 정영호, 박영선, 1990, 농약학, 전국농업기술자협회 출판부.
- 최정, 김연제, 신영오, 1986, 토양학 실험, 형설출판사.
- 한상백, 1998, 다용한약재의 산지별 중금속 농도에 관한 연구, 박사학위논문, 상지대학교.
- AOAC, 1975, Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, 12th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Araoud, M., Douki, W., Rhim, A., Najjar, M. F., Gazzah, N., 2007, Multiresidue analysis of pesticides in fruits and vegetables by gas chromatography-mass spectrometry, J. Environ. Sci. Health Part B, 42, 179-187.
- Martin, H., Worthing, C. R., 1993, Pesticide Manual, 7th ed., British Crop Protection Council, Worcester UK.
- Tomlin, C., 2002, Pesticide Manual, British Crop Protection Publications.