

시판 원예용 상토의 중금속 함량

김원일* · 정구복 · 이종식 · 김진호 · 신중두 · 윤순강

농업과학기술원 환경생태과

(2003년 7월 15일 접수, 2003년 9월 2일 수리)

Heavy Metal Contents in Commercial Horticultural Growing Media

Won-Il Kim, Goo-Bok Jung, Jong-Sik Lee, Jin-Ho Kim, Joung-Du Shin and Sun-Gang Yun (National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea)

ABSTRACT : Heavy metal contents in commercial horticultural growing media were investigated. Fifty-three samples were collected nationwide during 2000 to 2001 and heavy metals in the samples were analyzed by ICP-OES after acid digestion and 0.1 N HCl extraction. Average contents of total Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn by acid digestion in the growing media were 0.69, 35.7, 14.9, 15.5, 12.7, and 54.8 mg/kg DW, respectively. The ranges of heavy metal in the growing media were 0~1.82, 0~259.8, 1.6~69.5, 0~60.7, 0~36.5, 12.9~124.0 mg/kg DW for Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn, respectively. Heavy metal contents in the commercial horticultural growing media were showed lower levels than the permitted levels for quality control described by Korean Standard Analytical Method for Growing Media. Average contents and ranges of 0.1 N HCl extractable heavy metals were 0.08 and 0~0.20 for Cd, 0.38 and 0~2.10 for Cr, 1.45 and 0~4.03 for Cu, 0.85 and 0~3.31 for Ni, 0.84 and 0~2.21 for Pb, and 30.68 and 0.18~88.45 mg/kg DW for Zn, respectively. These concentrations by 0.1 N HCl extraction showed much less levels than those of total heavy metals by acid digestion.

Key words: growing media, heavy metals

서론

농업에 있어서 건전한 육묘는 작물의 안정적 생산에 필수적이며 이에 따라 상토의 국내 사용량이 급격히 증가하고 있다. 상토의 사용량이 증가함에 따라 상토용 원재의 수입량이 증가하고 있으며 주원료중 하나인 코코피트의 경우 1999년 27,256 Mg이 수입되어 국내 소요량의 상당량을 차지하고 있다. 오늘에 이르러 원예용상토의 시장 규모는 금액상으로 약 500억원 이상의 큰 시장을 형성하고 있고, 1992년도에 1개소 이던 육묘공장도 2001년 현재 20여개소를 상회하면서 상토의 수요는 크게 증가하고 있다. 이러한 상토의 이용증가는 상토원의 공급부족을 초래할 뿐 아니라, 유해원소가 다량 함유된 저니토, 퇴비 및 하수슬러지 등 상토 원료로서 부적절한 폐기물이 상토재료로 사용될 가능성을 배제할 수 없다.

우리나라에서의 상토의 이화학성 분석에 대한 공정시험 방법은 최근까지 수도용 상토에 한하여 비료관리법에서 수분, 가비중, 보수력, 투수력, 질소, 유효인산, 유기물 및 pH 등이 규정된 반면 중금속성분은 분석항목에 대한 규정이 없는 실

정이었다¹⁾. 최근에 육묘과정에서 작물의 피해사고에 따른 민원 분쟁이 많아지면서 상토 연구의 중요성이 제기되어 농촌진흥청에서는 2002년도에 상토의 표준분석법을 제안하였고, 이에 의거 상토의 유해중금속 분석법을 제시한 바 있다²⁾. Kim과 Cho³⁾와 Kim 등⁴⁾은 원예용 상토의 입자밀도, 용적밀도, 수분함량, 보수력 및 포화수리전도도 등 상토의 물리성에 대한 표준분석법을 검토하였고, Jo 등⁵⁾은 원예용상토 재료에 대하여 광물질인 vermiculite와 perlite, 유기재료인 peatmoss, osmunda, bark로 구분하여 입경, 삼상과 수분특성 등 주요 물리성을 분석 조사하였다. 또한 우리나라 시판 원예용상토의 화학성인 pH 및 EC, 유기물함량, 유효인산, 양이온, NO₃-N 및 NH₄-N 함량은 상토의 표준분석법 워크샵을 통하여 조사되었다⁶⁾.

상토의 중금속 관련 연구로 Kim 등⁷⁾은 중금속에 의해 오염된 상토를 이용하여 어린묘를 재배하였을 때 나타나는 생육 피해와 흡수에 미치는 유기물의 사용 효과를 조사하였으나, 상토에 대한 중금속 관련 연구는 아직 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 우리나라에서 현재 유통되고 있는 원예용 상토에 함유된 중금속 함량 및 분포를 파악하여 원예용 상토의 중금속 규제기준 설정의 기초 자료를 제공하고자 수행하였다.

*연락처:

Tel: +82-31-290-0206 Fax: +82-31-290-0277

E-mail: wikim@rda.go.kr

재료 및 방법

우리나라에서 현재 시판되는 원예용상토를 국내산 37점과 수입 외국산 17점을 2000~2001년까지 전국에서 수집하여 분석시료로 사용하였다. 원예용상토중의 카드뮴, 크롬, 구리, 니켈, 납, 아연 등 중금속 함량은 부산물비료의 분석에 이용되

Table 1. Average contents and the range of total heavy metals in the commercial horticultural growing media in Korea (Unit: mg/kg DW)

Item	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Mean	0.7	35.7	14.9	15.5	12.7	54.8
Min	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	12.9
Max	1.8	259.8	69.5	60.7	36.5	124.0
95% percentile	1.3	107.0	31.0	41.8	22.8	99.1
Korean Criteria ^{a)}	5	300	300	50	150	900

^{a)}Permission value of heavy metals in compost, wet weight basis.

는 전함량 분석법을 이용하여 시료 상토를 105°C에서 16시간 건조하고 마쇄한 후 0.5 g을 취하여 10 mL의 질산을 넣고 microwave로 분해하여 상토중 중금속 전함량을 ICP-OES (Integra XMP, GBC)에 의해 분석 정량하였다⁸⁾. 또한 현행 토양의 중금속 분석법인 0.1 N HCl 침출성 중금속 함량을 정량⁹⁾하여 전함량과의 함량비를 검토하였다.

결과 및 고찰

Table 1은 우리나라에서 현재 시판되고 있는 원예용 상토

Table 2. Average contents and the range of heavy metals extracted by 0.1 N HCl in commercial horticultural growing media in Korea (Unit: mg/kg DW)

Item	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Mean	0.08	0.38	1.45	0.85	0.84	30.7
Min	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
Max	0.20	2.10	4.03	3.31	2.21	88.5
95% percentile	0.15	1.13	3.41	1.98	1.55	57.0

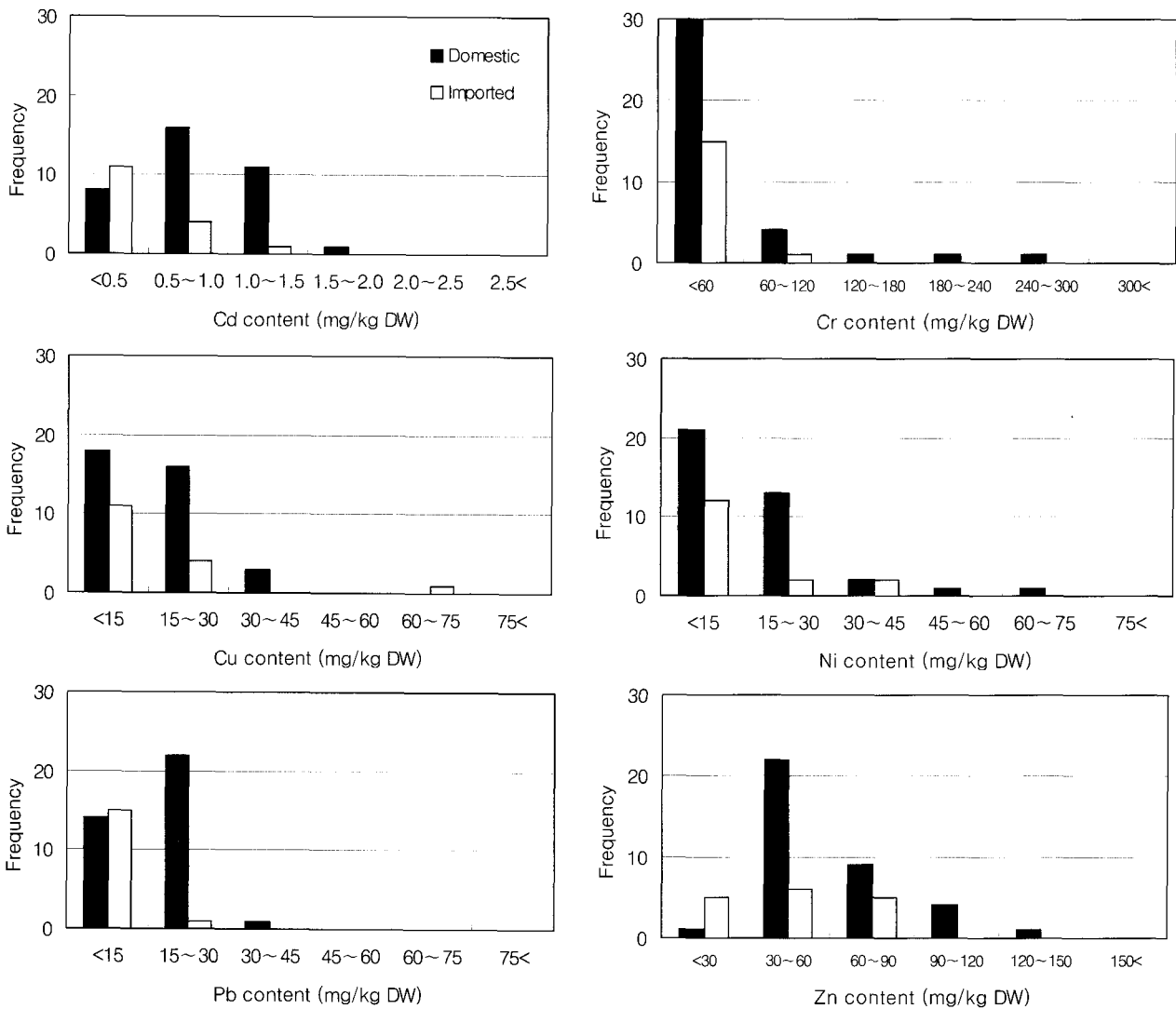


Fig. 1. Frequency of heavy metal contents in domestic and imported commercial horticultural growing media.

53종을 대상으로 중금속 전함량의 평균과 범위를 나타내고 있다. 우리나라 시판 원예용 상토의 평균함량은 원예용상토의 품질관리 및 지도를 위한 유해 중금속 기준²⁾에 비해 1/20~1/3 정도의 낮은 수준으로 안전한 상태로 확인할 수 있었다. 니켈의 경우 일부 시료에서 60.72 mg/kg의 함량으로 기준을 초과한 시료가 나왔으나 이 결과는 건물중으로 환산되었고 원예용상토의 평균 수분함량인 46%을 고려하면 유해기준 이하의 시료로 확인되었다. 그러나 이 결과가 일반 원예용 상토 재료의 중금속 함량(미발표자료)에 비해 높은 원인으로 불량 폐기물의 유입 가능성 등을 들 수 있는데, 현재 농경지로 유입이 금지되어 있는 원료들이 상토로 만들어져 유입된다면 문제는 보다 심각하다고 하겠다.

우리나라 시판 원예용 상토의 중금속 함량별 빈도분포는 Fig. 1과 같다. 조사대상 상토의 95% 이상에서 카드뮴은 1.5, 크롬 120, 구리 45, 니켈 45, 납 30, 아연 120 mg/kg 이하로 분포하였다. 외국산 상토와 비교하여 국내산 상토의 중금속 함량은 6가지 중금속 모두에서 유사한 분포 경향을 보였다.

Table 2는 원예용 상토 53종의 0.1 N HCl 침출성 중금속 평균함량과 범위를 나타내고 있다. 이러한 분석법에서 토양과 침출액과의 침출 비율을 규정한 토양오염 공정시험법의 1:5의 비율은 일부 상토의 경우 침출액을 흡수하여 여액을 얻을 수 없기 때문에 1:10의 비율로 조정하여 분석하였다. 원예용상토의 침출성 중금속 평균함량이 건토기준으로 카드뮴은 0.08, 크롬은 0.38, 구리는 1.45, 니켈은 0.85, 납은 0.84, 아연은 30.68 mg/kg 이었다. 또한 원예용상토의 카드뮴, 크롬, 구리, 니켈, 납, 아연의 함량범위는 각각 0~0.20, 0~2.10, 0~4.03, 0~3.31, 0~2.21, 0.18~88.45 mg/kg 이었다. 따라서, 중금속 총합량에 대한 침출성 함량의 비율을 중금속 침출능으로 고려할 때 0.1 N HCl의 침출능(침출성함량/총합량 × 100)은 평균적으로 카드뮴 11.6, 크롬 1.1, 구리 9.7, 니켈 5.5, 납 6.6, 아연 55.9%이었다. 이는 상토의 원재료 등에 따른 비율에 상당한 영향을 미치고 있는 것으로 나타났지만 일반적으로 아연의 전함량에 대한 침출성 함량이 높고, 크롬, 납과 니켈의 비율이 낮음을 보여주고 있다.

현재 상토의 중금속 분석법은 다른 물리화학적 분석방법과 함께 국가에서 권장하는 나라는 벨지움 1개국 뿐이고, 그 이외에는 대학이나 회사별로 다양한 방법을 채택하고 있는 실정이다. 미국 오하이오주 원예협회에서는 중금속중 망간, 아연 및 구리의 함량을 미량원소로서 허용범위를 각각 전함량으로 0.03~3.0, 0.3~3.0, 0.001~0.6 mg/kg FW로 정하고 있고¹⁰⁾, 일부 회사에서는 미량원소로서 망간, 아연, 구리 및 알루미늄을 DIPA (Diethylene Triamine Pentaacetic Acid) 용출법으로 분석하여 적정량을 권장하고 있는 실정이다¹¹⁾. 그러나 작물생육 및 인체에 유해한 카드뮴, 납, 크롬, 수은 및 비소 등에 대한 분석법 및 허용기준에 대한 자료는 없는 실정이다.

따라서 이들의 자료와 본 실험연구 결과와 비교 평가하기에는 불가능하며 작물의 초기생육에 중요한 역할을 하는 상

토의 중금속 함량과 관련된 많은 연구가 수행되어야 한다.

요 약

2000~2001년 우리나라에서 유통되고 있는 원예용 상토 53 점을 수집하여 농자재 중금속 분석 시험법인 전함량분석법과 토양의 중금속 공정시험법인 0.1 N HCl 용출법에 의해 분석상토중 중금속 함량을 분석하였다. 시판 원예용상토에 대한 중금속의 전함량 분석에서 카드뮴, 크롬, 구리, 니켈, 납, 아연의 평균함량과 범위는 건토기준으로 각각 0.69(0~1.82), 35.68(0~259.80), 14.91(1.64~69.45), 15.48(0~60.72), 12.70(0~36.45), 및 54.84(12.90~124.0) mg/kg 이었다. 0.1 N HCl침출성 중금속 평균함량과 범위는 카드뮴이 0.08(0~0.20), 크롬 0.38(0~2.10), 구리 1.45(0~4.03), 니켈 0.85(0~3.31), 납 0.84(0~2.21), 아연 30.68(0.18~88.45) mg/kg이었다. 조사된 모든 원예용상토의 중금속 함량은 부산물비료 허용기준 및 토양오염 우려기준보다 낮은 수준을 보였다.

참고문헌

1. 농촌진흥청 (2001) 비료관리법령 고시 예규집, 농촌진흥청
2. 농촌진흥청 (2002) 상토의 표준분석법, 농촌진흥청.
3. Kim, L. Y. and Cho, H. K. (2002) Development of standard analysis methods for physical properties on Korean bedsoil. 1. Particle density and bulk density, *Korean J. Soil Sci. & Fert.* 35(6), 327-334.
4. Kim, L. Y., Jung, K. H. and Ro, H. M. (2002) Development of standard analysis methods for physical properties on Korean bedsoil. 2. Water content, water retention, saturated hydraulic conductivity, *Korean J. Soil Sci. & Fert.* 35(6), 335-343.
5. Jo, I. S., Hyun, B. K., Cho, H. J. and Jang, Y. S. (1997) Three phases and water characteristics of horticultural substrates, *Korean J. Soil Sci. & Fert.* 30(1), 56-61.
6. 농촌진흥청 (2002) 상토의 표준분석법 워크샵, 농촌진흥청.
7. Kim, J. G., Lee, C. H., Lee, W. S. and Lim, S. K. (1998) Effect of organic matter application on heavy metal uptake of infant rice seedling, *Korean J. Environ. Agric.* 17(2), 150-155.
8. U. S. EPA. (1996) Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices, Method 3052, Test methods for evaluating solid waste physical/chemical methods(SW-846), Washington, D.C..
9. 환경부 (1999) 토양오염공정시험법, 환경부.
10. Ohio Florist's Association (1998) Media and leaf tissue nutrition guidelines. Ohio Florist's Association Short Course.
11. Soil & Plant Laboratory, Inc. <http://www.soilandplantlaboratory.com>.