농산물 생산단계 중금속 안전관리 연구현황 및 금후계획

Current issues on the safety management of heavy metal(loid)s in the production stage of agricultural products

김원일*, 류지혁, 조남준
Won-Il Kim*, Ji-Hyock Yoo, Namjun Cho

국립농업과학원 화학물질안전과
Chemical Safety Division, National Academy of Agricultural Science

1. 서 론

농산물에 대한 소비자 패러다임이 1960 ~ 70년대의 수량에서 1980 ~ 90년대 맛과 품질로, 2000년 이후 안전성 및 기능성으로 변화되고 있고, 농산물 안전성에 대한 관심이 농약 위주에서 중금속, 유해미생물, 다이옥신 등으로 확대되고 있는 실정이다. 도시화와 산업화에 따른 환경생태계의 오염 중 특히, 유해중금속은 대기, 농업용수 및 농경지의 오염을 초래하고, 이를 통한 농작물에 흡수 · 전이되어 농산물의 오염을 증가시킨다. 나아가 이들 중금속은 먹이사슬에 들어가 가축 뿐만 아니라 인간에게 질병을 유발시키고 건강을 위협한다. 이에 안전한 농산물에 대한 사회적 요구가 증대되고 있고, 각국 및 국제기구는 농산물 뿐만 아니라 농경지 등 농업환경에서의 허용기준을 지속적으로 강화하고 있다. 이에 우리나라도 농경지, 농업용수 및 농산물 등의 기준이 설정되었고 앞으로 크게 강화될 전망이다. 농산물 안전성에서 중금속 문제는 최근 국제적으로 미국산 쌀 비소 및 수입김치 납오염, 국내적으로 고성의 광해병 추정보도, 장항제련소 인근 쌀의 납오염, 한약재 중금속 등 농산물 안전성에 대한 사회적인 관심도가 지속적으로 높아지고 있다.

지난 2014년 7월, FAO/WHO가 주관하는 Codex 37차 총회 (CAC; Codex Alimentarius Commission) 에서는 그동안 오염물질분과위원회 (CCCF ; Codex Committee on Contaminants in Foods)에서의 각국의 자국 생산 쌀에 대한 비소 분석법 및 모니터링 자료의 수집 및 평가와 논의를 통해 쌀 중 무기비소 함량 0.2 mg/kg을 권장 기준으로 채택하였고 우리 정부도 쌀의 무기비소에 대한 기준을 설정 중에 있다. 또한 코덱스 오염물질분과위원회에서는 쌀의 비소 오염 방지 및 저감을 위한 실행규범 개발의 노력으로 이를 위한 신규 전자작업반 추진에 합의하였고 현재 추진 중이다. 국제적으로 쌀의 비소함량을 저감화하는 방안으로 벼 재배 중 물관리, 개량제 투여, 비소 저흡수 품종선발 및 조리 및 가공 등의 연구가 지속적으로 수행되고 있으며 각국의 연구 결과 등을 수집하여 실행규범으로 제시

* Correspondence to: Won-Il Kim
Chemical Safety Division, National Academy of Agricultural Science,
166, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do 565-851, Korea
Tel: 82-63-238-3245 E.mail: wikim721@korea.kr

하고자 한다. 따라서, 본 발표에서는 현재 농림축산식품부 및 농촌진흥청에서 안전한 먹거리 생산을 위해 추진중인 우수농산물관리제도에서의 생산단계 및 수확물관리와 친환경 농산물 품질인증 등에서 중금속 기준을 적용하고 있으며 이러한 기준은 인증사업 실천농가에 있어서 수확물 뿐만 아니라 재배환경의 오염여부를 판단하는 근간으로 농산물 및 재배환경의 유해중금속 기준 및 최근 국내외 연구동향과 향후 계획 등을 소개하여 최적의 영농관리가 가능하도록 도움을 주고자 한다.

2. GAP와 중금속 기준

우수농산물관리제도(Good Agricultural Practices : GAP)는 농산물의 생산단계부터 수확 후 포장단계까지 농약, 중금속, 미생물 등 농식품의 유해요소를 관리하는 제도로서 농림수산식품부 주관으로 2005년부터 시행하는 제도이다. 이에 따라 안전 농산물을 생산하기 위해 안전성을 저해하는 유해요소의 관리가 설정된 기준을 근거로 고려되어야 한다. GAP 생산농가에서 실행하는 매뉴얼에 적용되는 농경지, 농업용수 및 농산물 등의 오염여부를 고려하여야 한다. 포장관리(토경재배의 경우)의 경우 토양과 수질을 분석하여 오염우려가 없는지 확인하여야 하고(토양오염 우려기준, 농업용수 수질기준에 적합), 수경/양액재배의 경우 원수 수질을 분석하여 오염우려가 없는지 확인하여야 한다(농업용수 수질기준). 육묘는 상토의 중금속 기준을 초과하지 않은 적합한 육묘상에서 관리 되어야하고 사용되는 비료도 비료관리법에서 허용된 비료사용(비료의 중금속 기준)를 사용하여야 한다. 수확전 농산물에 대해 중금속 잔류검사를 최소 1년에 1회이상 실시하고 농산물 세척에 사용되는 물은 음용수 이상의 수질기준 적용하여야 한다.

가. 토양오염 기준

1996년 환경부는 토양환경보전법을 제정하여 중금속 6성분을 포함하여 유기인화합물, 시안, 페놀 등 9성분에 대한 토양오염 우려 및 대책기준을 설정하였고, 현재에는 토양오염물질은 토양중에서 미분해 되어 잔류하는 물질로 중금속류 8종, 불소류, 유류 및 PCB 등 16개 항목을 토양오염물질로 규정하고 있다. 이 중 농작물의 생육을 저해하거나 지하수를 오염으로 인체에 영향을 미치는 중금속류 8종에 대하여는 토양오염공정시험법에서 제시된 방법에 의해 분석한다.

표 1. 우리나라의 중금속의 토양환경기준

(단위 : mg/kg)

오 염 물 질	토양오염 우려기준			토양오염 대책기준		
	1 지역	2 지역	3 지역	1 지역	2 지역	3 지역
카드뮴 및 그화합물	4	10	60	12	30	180
구리 및 그화합물	150	500	2,000	450	1,500	6,000
비소 및 그화합물	25	50	200	75	150	600
수은 및 그화합물	4	10	20	12	30	60
납 및 그화합물	200	400	700	600	1,200	2,100
6가크롬 및 그화합물	5	15	40	15	45	120
아연 및 그화합물	300	600	2,000	900	1,800	5,000
니켈 및 그화합물	100	200	500	300	600	1,500

※ 토양환경보전법(환경부, 2011).

토양오염의 기준항목은 토양오염물질에 대하여 1, 2, 3 지역으로 토양의 용도를 구분하고 각각에 대하여 오염정도에 따라 토양오염 우려기준과 토양오염 대책기준으로 구분하였다(표 1). 1 지역은 지목이 전, 답, 과수원, 목장용지, 학교용지, 공원 등 농작물 재배지역으로 보다 강화된 기준을 적용하고 있다. 또한 토양오염 우려기준은 사람의 건강 · 재산이나 동물 · 식물의 생육에 지장을 초래할 우려가 있는 토양오염의 기준이고, 토양오염 대책기준은 사람의 건강 · 재산이나 동물 · 식물의 생육에 지장을 주어 토양오염에 대한 대책을 필요로 하는 토양오염의 기준으로 규정하는데 GAP실천농가는 1 지역의 토양오염 우려기준을 초과하지 않는 농경지에서 작물을 재배하여야 한다.

나. 수질오염 기준

GAP 영농에 사용되는 농업용수의 수질은 환경부에서 1990년 환경정책기본법과 지식경제부에서 1995년 지하수법으로 농업용수로 사용되는 지표수(하천수 및 호소수) 및 지

표 2. 우리나라의 농업용수 중 중금속 수질환경기준

(단위 : mg/L)

구분	하천수[1]	호소수[1]	지하수[2]
카드뮴	0.01	0.01	0.01
비소	0.05	0.05	0.05
납	0.1	0.1	0.1
6가크롬	0.05	0.05	0.05
수은	N.D.	N.D.	N.D.

1) 환경정책기본법 제10조 제2항 동법시행령 제2조 관련
2) 지하수법 제20조제2항의 규정 별표 4 및 "지하수의 수질보전 등에 관한 규칙" 제11조 "지하수의 수질기준" 관련.

하수의 수질기준을 초과하지 않은 용수를 사용하여야 한다. 우리나라 농업용수와 관련된 수질기준은 환경정책기본법에서 "생활환경"항목과 "사람의 건강보호"항목으로 구성되어 있으며 "이용목적별 적용대상"으로 생활환경 기준은 Ⅰ- Ⅴ 등급까지 총 5가지 등급으로 나누고 있는데 이중 Ⅳ등급 이상이 농업용수 수질기준이다(표 2). 현행 우리나라 농업용수 수질기준 항목은 총21개 항목으로 수질오염 공정시험법에 의거 분석하고 있고, 이중 카드뮴, 비소, 수은, 납, 6가크롬이 유해중금속에 속한다.

다. 농산물 중금속 허용기준

우리나라의 농산물에 대한 기준은 1990년에 시행된 수질환경보전법에 현미 중 카드뮴 함량이 1 mg/kg으로 정하였고, 이를 초과할 경우 농산물을 수거, 폐기하였는데 2000년 식품의약품안전청에 '식품의 기준 및 규격의 개정고시'에 의해 백미중의 중금속 잔류허용기준을 카드뮴 0.2 mg/kg 이하로 정하였다. 그 후 2006년 쌀을 포함하여 주요농산물 10개 작목에 대한 카드뮴 및 납의 기준을 확대 시행하였고, 2010년 24개 농산물로 추가 설정된 이후, 현재는 작물군으로 구분하여 설정되었으며 나아가 이들 기준은 농산물의 종류 및 원소(수은, 비소, 구리)등으로 확대하여 크게 강화될 전망이다. 지난 2014년 7월, FAO/WHO가 주관하는 Codex 37차 총회 (CAC; Codex Alimentarius Commission) 에서는 그동안 코덱스 오염물질분과위원회

표 3. 우리나라 농산물의 중금속 허용기준

(단위 : mg/kg 이하)

분류		납	카드뮴
곡류 (현미 제외)		0.2 이하	0.1 이하 (밀, 쌀은 0.2 이하)
서류		0.1 이하	0.1 이하
콩류		0.2 이하	0.1 이하 (대두는 0.2 이하)
과실류		0.1 이하(사과, 감귤, 장과류는 0.2 이하)	-
채소류	엽채류	0.3 이하	0.2 이하
	엽경채류	0.1 이하	0.05 이하
	근채류	0.1 이하	0.1 이하 (양파는 0.05 이하)
	과채류	0.1 이하 (고추, 호박은 0.2 이하)	0.05 이하 (고추, 호박은 0.1 이하)

(CCCF ; Codex Committee on Contaminants in Foods)에서의 각국의 자국 생산 쌀에 대한 비소 분석법 및 모니터링 자료의 수집 및 평가와 논의를 통해 쌀 중 무기비소 함량 0.2 mg/kg을 권장 기준으로 채택하였고 우리 정부도 쌀의 무기비소에 대한 기준을 설정 중에 있다.

라. 농자재의 중금속 기준

우리나라의 농업에 이용되는 주요 비료 및 부산물비료의 중금속 허용기준은 비료공정규격(농촌진흥청고시 제1999-1호, 농촌진흥청고시 제2007-3호)에 설정되어 있다(표 4, 표 5). 또한 육묘에 사용되는 상토의 중금속 기준은 상토의 물리화학적 특성을 고려하여 수도용상토는 토양의 중금속 허용기준을, 원예용상토의 경우 부산물비료의 중금속 기준을 잠

표 4. 우리나라 비료의 중금속 허용기준

(단위 : 성분함유 1%에 대하여 mg/kg)

구분	비소	카드뮴
유안	0.005	-
과인산석회, 중과린산석회, 용과린	0.005	0.00018
용성인비	-	0.00015
황산카리	0.005	-
제2, 3종복합비료	0.005	0.00018
제4종복합비료	0.004	-

표 5. 우리나라 부산물비료의 중금속 허용기준
(단위 : mg/kg 이하)

구리	니켈	납	비소	수은	아연	카드뮴	크롬
500	50	150	50	2	900	5	300

정적으로 시행하고 있다. 따라서 GAP에 사용되는 비료 및 부산물비료의 기준도 이들 허용기준을 준수하여야 한다.

3. 쌀의 비소오염 예방 및 저감화 실행규범 연구동향

코덱스 오염물질분과위원회 CCCF에서는 쌀의 비소 오염 방지 및 저감을 위한 실행규범 개발의 노력으로 이를 위한 신규 전자작업반 추진에 합의하였고 현재 추진 중이다. 본문은 현재 CCCF에서 논의되고 있는 쌀의 비소 오염예방 및 저감화 실행규범 의제에서 논의되고 있는 사항을 소개하고자 한다. 국제적으로 쌀의 비소함량을 저감화하는 방안으로 원인규제 방안, 벼 재배 중 물관리, 개량제 투여, 비소 저흡수 품종선발 및 조리 및 가공에 의한 저감화 등의 연구가 지속적으로 수행되고 있으며 각국의 연구 결과 등을 수집하여 실행규범으로 제시하고자 한다. 비소는 천연적으로 발생된 원소로 대기, 수계, 토양 등 전지구적으로 발견되고 있다. 즉 비소는 관개수, 강우, 대기 등의 환경과 농약, 동물의약품, 식품첨가제, 사료, 토양개량제, 비료 및 폐기물 등으로부터 논토양으로 유입되고 쌀로의 흡수이행이 이루어진다. 그러므로 이들에 대한 원인규제 방안으로 허용기준 설정 및 관리가 이루어져야 할 것이다. 앞 절에서는 현재 우리나라에서 시행되고 있는 법적인 기준을 설명하고 있다.

토양개량제 및 비료 시용에 따른 저감화에 대하여 철함유 물질, 인산 및 규산질비료, 유기물 등의 포장시험을 통해 많은 자료가 확보되어 있다. 철함유 물질로 $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, iron oxide with silicate, iron hydroxide, zero valent iron 등의 처리에 의해 5 ~ 40%의 쌀에서의 비소 흡수 저감 효과를 중국과 일본에서 확인된 바 있다. 또한, 관개수를 조절하여 쌀의 비소 흡수를 저감하는 연구결과가 인도, 중국, 미국, 방글라데시 및 일본에 의해 제공되었다. 관개용수를 조절하는 방법으로 기존의 상시담수 방법에 비해 일시적으로 물공급을 중지하는 간단관수 및 호기적 상태로 최소한의 물을 공급하는 방법 등이 활용되는데 이를 통해 최대 90%의 쌀의 비소를 줄이는 방법이 제안되고 있다. 쌀 품종에 따른 변이 결과도 인도, 중국, 미국, 방글라데시 및 일본 등에 의해 제안되고 있는데 미국의 경우 품종별로 쌀 중 비소함량이 0.01 ~ 1.03 mg/kg의 범위를 보여 품종간의 흡수 차이가 상당한 수준임을 확인할 수 있고 이는 개량제 등의 처리에 의해 저감화 할 수 있는 소규모 농경지에 비해 대규모 농경지에 이용 가능한 방법으로 제안되고 있다. 조리 및 가공에 의한 저감화로서 도정에 의한 현미와 백미의 비소 함량에 대한 자료는 호주, 중국, 인도네시아, 일본, 케냐, 싱가폴, 태국 및 미국에 의해 제공되었다. 총 8,066점의 자료에서 indica계통의 현미 중 비소 함량은 0.23 mg/kg과 백미 중 비소 함량은 0.14 mg/kg으로 61%, japonica계통의 현미 중 비소 함량은 0.20 mg/kg과 백미 중 비소 함량은 0.13 mg/kg으로 65%를 각각 조사되었다. 또한 무기비소의 경우 indica계통의 현미 중 0.17 mg/kg과 백미 중 0.09 mg/kg으로 52%, japonica계통의 현미 중 무기비소 함량은 0.17 mg/kg과 백미 중 무기비소 함량은 0.11 mg/kg으로 65%를 각각 조사되었다. 조리과정 중 쌀의 비소 저감화 조사 자료로는 세척에 의해 쌀의 비소 함량이 최대 23% 감소함을 확인하였다.

4. 맺음말

안전한 농산물을 생산하기 위하여 도입한 GAP는 농산물의 재배환경, 재배과정, 수확, 유통저장단계까지 전과정에서 유해요소들이 관리되는 시스템이다. 농산물과 재배환경의 중금속 관리는 국가의 몫이다. 국민의 건강에 위해가 되는 중금속 기준을 설정하고, 이를 근거로 토양과 농업용수가 오염된 일부 지역의 농산물 경작을 제한하고, 시간과 돈을 들여서라도 그 토양과 물을 정화할 의무를 가지는 것이 바로 국가이다. 모든 소비자와 농민들이 국가에서 농업환경과 농

산물 중 중금속 관리방안으로 토양, 농업용수 및 농산물을 관리하고 있다는 사실을 인식하고 지속적으로 관심을 보여 주었으면 한다. 이러한 GAP 시스템의 꾸준한 발전을 위하여 해당 기관간의 유기적인 협조로 효율적인 운영이 이루어져야 하며 이를 위한 제도개선이 지속적으로 추진되어야 한다. 그러나 이런 농산물의 중금속관리는 인적 · 경제적 자원의 소요가 많으며 투자대비 실효성이 단번에 나타나지 않는 환경문제와 유사하여 눈앞의 결과에 치중해서는 궁극적으로 해결할 수 없는 사안이다. 국민의 생명을 위협하는 신종플루가 확산되어 전국이 비상상황에 들어가기 몇 십년 전부터 중금속 위험은 주기적으로 우리를 위협해 왔고 또한 앞으로도 그럴 것이다. 이제 중금속은 항상 우리 안에 내재된 위험이라는 사실을 인식하는 자세가 또한 필요하다. 또한 연구 분야에서는 유해요소 분석과 작목별로 다양한 GAP 모델이 개발되어 농민들이 효과적으로 적용할 수 있어야 한다. 이러한 노력으로 GAP가 조기에 정착되는 것이 안전 농산물 생산과 FTA 체제에 대응하는 최선의 방향임을 확신한다.