

총설

한국에서 농산물중 농약잔류 허용기준의 설정절차

이미경* · 홍무기¹ · 박진상¹ · 최동미¹ · 임무혁¹ · 이서래²

안동대학교, ¹식품의약품안전청, ²한국과학기술한림원

Procedures in Establishing Residue Limits of Pesticides on Food Crops in Korea

Mi-Gyung Lee*, Moo-Gi Hong¹, Kun-Sang Park¹, Dong-Mi Choi¹,
Moo-Hyuk Lim¹, and Su-Rae Lee²

Food Science & Biotechnology Division, Andong National University

¹Residue & Chemicals Division, Korea Food and Drug Administration

²Korean Academy of Science and Technology

Korean practices in tolerance setting of pesticide residues on food crops were compiled with an effort to harmonize with international standards. Based on scientific data including historical background, limit setting protocols, adoption of ADI values, food factors, nation's body weights, and regulatory margins which are required for the setting of maximum residue limits, necessary measures to be taken by Korean regulatory authorities were proposed.

Key words: pesticide residues, limit setting system, food crops, Korean practices

서론

국내에서는 보건당국에서 1988년부터 농산물중 농약잔류 허용기준을 재래적인 방법으로 설정하기 시작하였고 1999년부터는 새로운 시스템에 의하여 설정하고 있다. 국제기구나 선진국에서는 농약잔류기준을 과학적으로 설정하기 위한 연구가 오래전부터 이루어졌고 많은 시행착오를 통하여 체계화 되어가고 있다. 그러나 사정이 다른 외국의 제도나 데이터를 한국현실에 그대로 적용하기 위해서는 이들 데이터에 대한 충분한 이해와 아울러 적용가능성을 심도있게 검토해야만 된다. 세계 어느나라나 자국의 국내 법규 및 기준을 적용하여 오다가 무역의 대상이 되는 경우에는 Codex 기준을 적용하게 됨에 따라 많은 국가에서 잔류농약 기준에 대한 전면 재조정이라는 난제에 봉착하고 있다.

식량생산에 사용되는 농약은 그의 필요성이 강조되고 있기 때문에 FAO/WHO에서 Codex 기준을 설정할 때는 이른바 우수농업관행(good agricultural practice in the use of pesticides, GAP)하에서의 포장시험에서 얻은 최대잔류수준과 식품계수로부터 이론적 최대섭취량을 계산한다. 만일 그 값이 ADI값보다 낮으면 그대로 잔류농약의 MRL로 무리없이 채택된다. 만일 포

장잔류데이터가 없으면 ADI값을 농약의 사용이나 그의 오염이 예상되는 식품계수로 나누어 일단 잠정 MRL로 설정한다(1).

본 연구는 농산물 중 농약잔류 허용기준 설정체계를 개선하기 위해 과학적이고 합리적이며 국제적 기준과 조화를 이루기 위한 방안을 제시하기 위하여 착수되었다. 국제기구인 Codex Alimentarius Commission과 아울러 주요 국가에서 시행하고 있는 농약잔류 허용기준의 설정방법에 대해서는 이미 보고한 바 있다(2,3). 여기에서는 국내 잔류농약 관리의 역사적 배경, 기준설정의 원칙과 절차 그리고 여기에 필요한 기본데이터를 수집, 정리하였으며 앞으로 정부당국에서 취해야 될 조치사항을 권고하였다.

잔류농약 관리의 역사적 배경

우리나라에서는 1957년부터 농약관리법에 근거하여 농림부에서 농약의 등록과 사용을 관장하여 왔다. 농약 관리제도의 변화를 보면 초기에는 농약의 제조, 수입 및 품목을 허가제로 실시하여 오다가 1981년부터는 농약품목을 고시제도로 바꾸었으며 작물잔류성 및 토양잔류성 데이터를 추가로 제출하도록 요구하였다. 그후 WTO 출범과 OECD 가입에 따라 1996년부터는 농약관리의 국제적 조류에 발맞추어 농약의 품목고시제도를 폐지하고 등록제도를 도입하였다(2,4).

한편 1970년대에 접어들면서 환경보전측면에서 잔류성 농약이 세계적으로 문제되자 환경처에서는 1981년부터 환경보전법에 근거하여 농작물을 대상으로 농약잔류 허용기준을 설정하기 시작하였다(2,5). 그리하여 일차적으로 21종 농약, 1987년에

*Corresponding author: Mi-Gyung Lee, Food Science & Biotechnology Division, Andong National University, Kyungbuk 760-749, Korea
Tel: 82-54-820-6011
Fax: 82-54-820-6264
E-mail: leemig@andong.ac.kr

Table 1. Establishment of pesticide MRLs by Environmental Protection Law of Korea

Order	Notification No.	Notified date	Effective date	No. of pesticides	No. of food items	Remark
1st	1981-5	1981. 3. 16	1981. 3. 16	21	Food crop 5 groups	New
2nd	1987-37	1987. 12. 7	1987. 12. 7	30	Food crop 5 groups	Additional
3rd	1995-51	1995. 5. 23	1995. 5. 23	51	Food crop 5 groups	Deleted

Table 2. Establishment of MRLs on agricultural commodities in Korea

Order	Notification No.	Notified date	Effective date	No. of pesticides ¹⁾	Kind & no. of food items	Remark
1st	1988-60	1988. 9. 13	1989. 9. 1	16	28 crops	Initiating
2nd	1990-85	1990. 12. 14	1992. 1. 1	16	25 crops	Adding
3rd	1991-88	1991. 12. 30	1993. 1. 1	5	19 crops	Adding, revised
4th	1993-72	1993. 8. 27	1993. 8. 27	-	Wheat	Level up in 4 pesticides
5th	1993-102	1993. 12. 31	1995. 1. 3	67	Crops	Adding, revised
6th	1994-6	1994. 3. 7	1995. 1. 3	-	5 crops	Revised
7th	1994-29	1994. 7. 26	1995. 3. 1	16	Meats	New
8th	1995-6	1995. 2. 17	1996. 1. 3	7	Crops	Adding, revised
9th	1995-42	1995. 8. 22	1996. 10. 1	11	Ginseng	New
10th	1996-10	1996. 3. 4	1996. 9. 1	31+52	Crops+meats	Adding, revised
11th	1996-74	1996. 12. 5	1996. 12. 5	60	Crops	Adding, revised
12th	1998-58	1998. 5. 11	1998. 5. 11	-	Crops	Revised
13th	2000-16	2000. 3. 31	2000. 5. 1	14+3	Crops+tea	Adding, revised+new
14th	2001-4	2001. 1. 12	2001. 4. 1	24+7+17	Crops+ginseng+tea	Adding, revised
15th	2002-1	2002. 1. 4	2002. 4. 1	23+2+2	Crops+ginseng+tea	Adding, revised
16th	2002-66	2002. 12. 5	2003. 4. 1	55+2+1	Crops+ginseng+tea	Adding, revised
17th	2004-18	2004. 3. 3	2004. 4. 1	25+19+4	Crops+meats+ginseng	Adding, revised
18th	2005-18	2005. 4. 8	2005. 6. 1	23	Crops	Adding, revised

¹⁾Number of pesticides in which MRLs were newly established, excluding pesticides whose MRLs were revised or food items were merely added.

는 2차적으로 30종의 농약에 대하여 잔류기준을 설정하였다 (Table 1). 이때 농작물은 곡류, 감자류, 두류, 채소류, 과실류의 5개군으로 나누었고, 그 당시에 이용 가능했던 모니터링 데이터, ADI값, 작물군별 소비량, 그리고 선진국의 기준을 참고하면서 잔류기준을 설정하였다.

또한 보건복지부에서는 농축산물의 수출입이 왕성해지자 1985년부터 식품위생법에 근거하여 농산물 중 농약잔류 허용기준을 설정하기 위한 작업에 착수하였다. 그러나 관련부처와의 협의때문에 많은 기간이 경과된 후에야 비로소 준비된 잔류기준을 1988년부터 고시하기 시작하였다. 이와같이 하여 농약규제가 3원적으로 이루어지자 환경부에서는 1995년부터 농작물의 기준설정을 폐지하도록 고시한 바 있다. 결국 농약의 관리주체로는 농림부-농촌진흥청이, 식품의 안전관리주체로는 보건복지부-식품의약품안전청이 되었고, 각각 농약관리법과 식품위생법에 근거하고 있다.

그 후 식품위생법에서는 여러차례에 걸친 추가 및 수정을 거쳐 2005년 4월 현재 370종 농약, 100여종의 농산물에 대한 농약잔류 허용기준이 설정되었으며 식육, 인삼, 차에 대해서도 각각 87종, 26종, 3종의 농약성분에 대하여 잔류기준이 설정되었다. 앞으로도 계속 더 많은 농약성분에 대하여 기준이 설정될 것이며 그 동안 농약잔류 허용기준이 설정되어온 경과를 정리하면 Table 2와 같다(2). 2000년 이후에 고시된 것부터는 기준 설정시 농약사용의 필요성을 감안하여 작물잔류성 시험데이터를 중요시하는 방향으로 기준설정 원칙을 전환하였다.

농약잔류 허용기준의 설정원칙과 절차

1998년까지의 관행

보건사회부에서는 1988년 8월 26일 식품위생심의위원회를 개최하여 농산물 중 농약의 잔류허용기준을 심의하였으며 심의 과정에서는 다음 사항을 고려하였다(4,6).

- ① 대상은 섭취량이 많은 식품과 잔류독성이 큰 농약을 선정한다.
- ② ADI는 FAO/WHO의 기준을 인용한다.
- ③ Food factor는 국민영양 조사보고(1987) 및 식품수급표(1986)를 근거로 최근 5년간의 평균 식품섭취량을 사용한다(총식품 1,068 g, 식물성 식품 880 g).
- ④ 체중은 국민영양조사를 근거로 국민 1인당 평균체중 50 kg을 채택한다.
- ⑤ FAO/WHO, 미국, 일본, 호주의 잔류기준과 우리나라의 환경청 농약잔류 허용기준 및 농림수산부 농약안전사용기준을 참고로 한다.

우리나라의 경우 농약잔류 허용기준 설정시 외국의 ADI, 식품섭취량, 농약잔류실태, 외국기준 등을 참고로 하고 있었지만 국내 자료가 미비되었고 설정원칙이 불완전하였기 때문에 일관성있게 추진되지 못하고 있는 아쉬움이 있었다. 더욱이 국내산 및 수입 농산물에 대한 농약검사가 확대되어감에 따라 기준적용에 대한 통상마찰이 여러차례 있었으며 국내기준은 과

학적 근거가 빈약하기에 부득이 기준을 변경한 사례가 있었다. 식품공전에서는 농산물, 인삼, 차를 따로 취급하고 있으나 그들의 재배특성으로 보아 여기에서는 넓은 의미의 농산물로 간주하여 함께 취급하였다.

선진국과의 큰 차이점은 농약의 사용측면을 고려한 GAP자료가 부족하여 그 데이터를 충분히 활용하지 못하였고 국민건강만을 고려하여 독성자료에만 의존하거나 여러 외국의 기준을 비교하여 그 어느 것을 택일하는 경향이 있었다. TMDI의 계산은 1990년대에 들어와 겨우 시도되었다. 이에 따라 농약의 사용측면을 강조하여 GAP자료를 충분히 반영한 Codex기준이나 미국기준과의 큰 차이가 발견되는 경우가 흔히 있었다. 그리하여 국내 농경조건하에서의 GAP자료를 축적하여 선진국에서의 허용기준과 조화를 이루어야 한다는 목소리가 높아졌다. 특히 최근에 들어와서는 잔류농약의 위해인식과 Codex 기준의 확대에 따라 많은 나라들이 잔류기준의 전면 재검토 작업에 들어가고 있으며 우리나라에서도 잔류농약에 대한 국내 기준의 재검토가 절실히 요구되었다.

1999년이후의 관행

잔류기준을 설정하면서 제기된 문제점을 해결하기 위하여 수년간의 준비과정을 거친 다음 식품의약품안전청이 설립된 이후인 1999년에 들어와서는 그동안 202종 농약성분에 대하여 지켜오던 관행을 크게 바꾸었다(2,7). 즉, 다음과 같은 절차에 따라 농산물중 농약잔류 허용기준을 개정하거나 신규로 설정해 가고 있다. 이때 취하고 있는 기본방침은 작물잔류성 데이터, 식품의 섭취량, 외국의 독성기준 등을 기본으로 하여 해당농약의 섭취량이 ADI를 초과하지 않는 범위안에서 기준을 설정하는 것이다.

① GAP하에서의 작물잔류성 데이터

국내에서 농약관리법 제8조에 의거하여 농약품목 등록시 농촌진흥청에 제출한 작물잔류성 시험성적을 이용한다(8). 이 데이터는 작물잔류성 시험설계에 따라 해당농약을 살포한 다음 수확한 농작물중의 농약잔류량을 분석한 것이다.

② 식품섭취량 자료

한국인을 위한 식품섭취량 자료를 이용한다. 현재로서는 1991-95년 사이의 국민영양조사, 식품수급표 자료를 통계적으로 처리한 최적화 데이터(9)를 활용한다.

③ ADI값의 활용 및 배분

ADI는 FAO/WHO값을 일차적으로 적용하고 이 값이 없는 경우에는 미국의 RfD값, 또는 일본의 ADI값을 준용하며 만일 이들 값도 없는 경우에는 다른 나라의 값을 잠정적으로 적용한다. 한국인의 평균체중은 55 kg으로 한다(10). ADI 값 중 80%만을 농산식품에 배분하고 나머지 20%는 음용수, 동물성식품, 기타 흡입원을 위해 보전해 둔다.

④ 이론적 최대섭취량(theoretical maximum daily intake, TMDI) 및 허용기준의 계산

국내에서 안전사용지침을 지정코자 하는 적용작물에서의 잔류량 데이터(잔류분석상의 오차를 감안한 마진 고려)에 해당농산물의 섭취량을 곱한 것을 모두 합산하여 해당농약의 TMDI를 계산한다. 이와같이 계산된 TMDI가 ADI를 초과하지 않는 범위내에서 허용기준을 제안한다.

⑤ 조리가공 중 감소계수의 활용

위와 같이 계산한 TMDI가 ADI 배정분을 초과하지만 농약의 사용필요성이 절실하여 허용기준을 어떤 수준으로 설정할 필요가 있다고 판단되는 경우에는 농산물의 가공, 조리 중의 농약손실량을 감안한 감소계수(reduction factor) 데이터를 제시한 다음 수용하도록 한다. 이 절차는 앞으로 각종 농약 및 식품에 대한 감소계수 데이터가 표준화된 다음 적용할 수 있을 것이다.

우리나라의 잔류기준 설정절차

- ① 신규등록되는 농약 및 농작물의 파악: 농진청 자료 이용
- ② 작물잔류성 자료입수: 농진청으로 부터
- ③ 기준시안 작성: 식약청 잔류화학물질과
- ④ 잔류농약 전문위원회 검토: 각계위원 8명
- ⑤ 잔류기준안 작성: 식약청 잔류화학물질과
- ⑥ 입법예고: WTO 통보 90일, 국내 30일 소요
- ⑦ 제시된 의견 수렴하여 기준안 재검토: 전문위원회
- ⑧ 식품위생심의위원회 심의: 오염물질 분과위원회
- ⑨ 잔류기준 고시: 식약청

기준설정을 위한 기본자료

작물잔류성 자료

국내에서는 농약관리법 제8조에 의거한 작물잔류성 시험지침(농진청고시 제2003-7호, 별표 8)에 따라 농약회사 또는 수탁기관이 포장시험을 수행한다. 그 결과는 농업과학기술원에 제출되어 시험의 적절성을 검토받은 후 농약안전성심의위원회에 상정되어 심의를 마친 다음 농약의 등록자료로 활용된다. 식약청은 이 자료를 농업과학기술원 또는 농약공업협회로 부터 이양받아 잔류기준 설정에 이용하고 있다.

시험설계에 의하면 농약의 희석배수, 사용시기, 사용횟수는 방제기준에 따르되 수확전 농산물 중 농약잔류량이 최대로 되는 조건이 되도록 한다. 시험포장은 한 지역에서 한 시험구를 설정하고 농약살포후 일정한 기간이 경과함에 따라 분석시료를 채취한다. 시료는 랜덤으로 채취하되 3반복 복합시료를 만든 다음 2반복으로 잔류량을 분석한다. 잔류분석치는 2반복 분석치의 평균치 중에서 최대치만을 선택하여 표기한다.

잔류분석에서는 검출한계(LOD)와 회수율을 결정한다. 분석법은 검출한계 0.05 ppm 이하, 회수율 70% 이상, 변이계수 20% 이내이면 적합한 것으로 간주한다. 시험결과는 표로 요약되어 심의에 회부된다. 과연 위와 같은 시험조건이 한국의 GAP를 대변할 수 있는 것인지, 요구하는 LOD와 JMPR에서 말하는 LOQ간에 어떠한 차이가 있는지 심도있는 검토가 요구된다.

예를 들면 Table 3과 같은 데이터가 주어졌을 때 심의 결과는 다음과 같은 결론을 내릴 것이다.

<예 1> 살균제 cymoxanil의 배추 시험에서 안전사용기준인 3회 7일전이면 잔류량이 0.15 ppm이 될 것이고 규제마진 3배를 곱한 0.5 ppm 이 적절한 기준임을 두 기관이 합의하게 된다.

<예 2> 동일농약의 양과시험에서 잔류량은 어느 경우이건 검출한계인 <0.02 ppm이니 규제마진 5배를 하면 0.1 ppm이 적정 기준임을 두 기관이 합의하게 된다.

<예 3> 살충제 ethofenprox의 가지 시험에서 안전사용기준이 2회 3일전인데 살포횟수 3회인 경우 잔류량이 0.25 ppm이 되었고 기준을 0.3 ppm으로 한다면 안전마진이 너무 적어 규제상의 문제소지가 있다. 따라서 기준을 0.5 ppm으로 상향조정하

Table 3. Some examples of field residue trials in Korea

Crop	Formulation	Target pest	Testing organ. (year)	Field residue data			Safe use standard		RDA ¹⁾ requested (mg/kg)	KFDA ²⁾ recomm. (mg/kg)
				Days after appl.	Appl. frequency	Highest residue (ppm)	Preharvest interval (day)	Appl. frequency		
<Fungicide cymoxanil>										
Chinese cabbage	Wettable (12%)	Downy mildew 노균병	DH (2002)	3	3	0.37	7	3	0.5	0.5
				5	3	0.29				
				7	3	0.15				
Onion	Wettable (6%)	Downy mildew	KN (2002)	7	3	<0.02	7	3	0.1	0.1
				14	3	<0.02				
				14	2	<0.02				
<Insecticide ethofenprox>										
Eggplant	Emul. conc (20%)	Mealy bug 가루이	KN (2001)	3	3	0.25	3(7) ³⁾	2	0.3	0.5
				7	3	0.12				
				7	2	0.10				

¹⁾RDA is the Rural Development Administration in Suwon.

²⁾KFDA is the Korea Food and Drug Administration in Seoul.

³⁾Revision of PHI recommended by FDA.

Table 4. Standardized consumption of cereals and potatoes by Koreans (g/day/person)

식품명	Food commodity (Codex)	Adjusted consumption (1991-1995)	Standard intake (1998-2002)	Remark
<곡류>				
<Cereals>				
쌀	Rice (paddy, husked, polished)	286.7	239.1	Include brown rice
보리	Barley	5.0	4.8	
밀 (+밀가루)	Wheat (+flour)	54.6	39.7	Include wheat products
옥수수	Maize (corn)	32.1	2.3	Exclude for oil ext.
조	Foxtail millet	0.2	0.9	
수수	Sorghum	0.1	0.5	
메밀	Buckwheat	0.3	0.7	
기타	Others	3.0	3.0	
곡류 합계	Cereals total	382.0	291.0	
<감자류>				
<Potatoes>				
감자	Irish potato	18.5	22.7	
고구마	Sweet potato (root)	7.1	5.2	
토란	Taro (root)	0.3	0.2	
기타	Others	0.7	3.0	Arrowroot, starch, jam, etc.
감자류 합계	Potatoes total	26.6	31.1	

Values in <> in Tables 4-8 were estimated since no intake data were available for individual food items.

면 될 것 같지만 안전마진이 아직도 2배에 불과하니 부득이 수확전 살포시기를 3일전에서 7일전으로 수정할 것을 요구하게 된다. 이 경우 최대잔류량은 0.1 ppm이다.

식품소비량 자료

JMPR에서 실시하는 영양섭취량 평가에서는 식품수급표에 근거한 regional diets을 이용하고 있다. 국가수준에서는 식품소비량을 위한 국가대표치가 활용되어야 하며 이때 공급량자료(식품수급표) 또는 섭취량자료(국민영양조사)가 이용되고 있다.

국내에서는 보건복지부에서 매년 국민영양조사를 실시하여 왔으나 연중 특정시기에 1회만 실시하였다. 우리나라와 같이 4계절이 뚜렷한 지역에서는 계절에 따른 식품원료의 공급 및 소비가 크게 다르다. 한편 식량생산 및 유통측면에서의 식품공급량은 이용과정에서의 손실량이 감안되지 못하기때문에 섭취량

과의 격차가 매우 커서 평균 섭취량으로 받아들이기에는 과대평가될 가능성이 있다. 그리하여 지금까지는 특정년도에 수행된 신빙도가 낮은 섭취량 데이터가 식품규제에서 이용되어 왔으며 그의 대표성에 대한 논란이 계속 있어왔다.

따라서 식품의약품안전청에서는 용역연구를 통하여 1991-95년에 실시된 국민영양조사의 결과를 토대로 식품군별 및 품목별로 1인당 1일 평균섭취량을 산정하고 공급량과의 격차가 매우 큰 것은 그 원인을 감안하여 한국인에 적용할 수 있는 식품소비량 즉 식품계수(food factor)를 도출하였다(9,11). 즉, 국민영양조사에서의 5년평균 섭취량 값을 그대로 받아주는 것을 원칙으로 하되 섭취량이 공급량의 50%에 미달하거나 50%를 초과하는 경우에는 섭취량과 공급량의 두 값을 산술평균하여 소비량으로 산정하였다. 이러한 조정은 식품의 공급량과 섭취량 사이에는 ±15%의 편차가 있다는 국제적 추세에 따라 그 차

Table 5. Standardized consumption of legumes and seeds/nuts by Koreans (g/day/person)

식품명	Food commodity (Codex)	Adjusted consumption (1991-1995)	Standard intake (1998-2002)	Remark
<두류>	<Legumes-dry>			Include bean products & direct intake
대두 (콩)	Soy bean	19.0	12.9	
팥	Small red bean	1.5	0.7	
녹두	Mung bean	1.0	0.2	
완두	Green peas	0.2	0.4	
강남콩	Kidneybean(common bean)	0.5	0.2	
동부	Cowpeas	0.1	0.1	
기타	Others	0.5	0.5	
두류 합계	Legumes total	22.8	15.0	
<견과종실류>	<Nuts & seeds>			Direct uptake only
밤	Chestnut	1.5	1.5	
땅콩	Peanut	0.7	0.4	
호두	Walnut	0.05	<0.05>	
잣	Pine nut	0.05	<0.05>	
은행	Ginko nut	0.05	0.1	
도토리	Acorn	1.0	<0.05>	
참깨씨	Sesame seeds	2.3	0.6	
기타	Others	0.6	0.6	
견과종실류 합계	Nuts & seeds total	6.2	3.4	
<식용유 원료>	<Materials for edible-oils>	<Raw materials>	<As edible oil>	
대두	Soybean	53.1	7.7	
옥수수	Corn (maize)	50.0	2.0	
면실	Cottonseed	5.6	0.8	
참깨	Sesame seed	2.0	0.8	
들깨	Perilla seed	0.8	0.2	
유채	Rape seed	1.4	0.5	
미강	Rice bran	2.7	0.5	
팜	Palm	-	5.8	
코코넛	Coconut	-	1.6	
기타 원료	Other materials	2.0	0.3	
식용유 원료 합계	Oil materials total	117.6	20.2	

이가 매우 큰 경우 평균치를 채택하면 근사치가 나올 것이라는 판단하에 이루어졌다.

WHO에서는 한 지역의 식품소비량은 5년 평균에 근거하고 10년마다 갱신해야 된다고 권고하였으며 일반적으로 식품수급표는 실제소비량(가구별 식이조사)보다 약 15% 많다고 지적하였다(12). 한편 미국 EPA에서는 다이옥신의 노출량 바탕수준의 대표치를 평가하는데 USDA의 식품공급량과 식품섭취량의 평균치를 채택하였다(13). 따라서 본 연구에서 시도한 바와 같이 식품의 공급량과 섭취량에서 큰 격차가 나는 경우 그 중간치를 취하는 방법은 상당히 정당성이 있는 것으로 판단된다.

오랫동안 가구별 조사형식으로 반복적으로 시행되어온 국민 영양조사는 1998년부터 3년을 주기로 하여 4계절에 걸쳐 개별 섭취량 조사형식으로 전환하기로 하였다(14,15). 그 결과를 검토해보면 계절별 차이가 나는 식품들은 많이 보완되었으며 8회에 걸친 결과가 나왔으므로 그 평균치를 얻어 표준섭취량(1998-2002)으로 함께 표시하였다. 앞으로는 이것을 한국인을 대표하는 식품소비량 자료로 이용하여도 좋을 것이다.

ADI값의 확정 및 배분

ADI(acceptable daily intake for man, 인체허용 1일섭취량)는 “사람이 일생동안 섭취하였을 때 현시점에서 알려진 사실에 근거하여 바람직하지 않은 영향이 나타나지 않을 것으로 예상되는 화학물질의 1일 섭취량”으로서 체중 kg당 mg수로 표현한다. ADI절차는 1961년 FAO/WHO 합동 식품첨가물 전문가회의(JECFA)에서 처음으로 착상되었고 그 다음해에 FAO/WHO 합동 잔류농약 전문가회의(JMPR)에서 채택되었다. 그 후 ADI 개념은 널리 받아들여져 많은 나라에서 널리 활용하고 있다.

FAO/WHO에서 1978-1987년 사이에 138개 농약에 대한 정식 또는 잠정 ADI설정시 채택한 안전계수를 보면 그 범위가 10-3,000이지만 100을 채택한 경우는 전체 농약성분수의 50%에 이르고 있다(16). 그 후 많은 농약성분에 대한 ADI값을 추가로 설정하거나 개정하고 있으며 안전계수에 대한 가중평균치를 계산해보면 1987년 310에서 1995년에는 140으로 감소하였다(17). 그 이유는 독성데이터의 축적에 따라 불확실성이 줄어들었기 때문이라 생각된다(Table 9).

Table 6. Standardized consumption of fruits by Koreans (g/day/person)

식품명	Food commodity (Codex)	Adjusted consumption (1991-1995)	Standard intake (1998-2002)	Remark
<이과류>	<Pome fruits>			
사과	Apple	38.9	21.0	
배	Pear	8.2	15.4	
감	Persimmon	17.3	16.4	
<감귤류>	<Citrus fruits>			
밀감	Mandarin	26.0	23.3	
오렌지	Orange	<0.2>	9.0	
자몽	Grapefruit	<0.5>	<0.2>	
레몬	Lemon	<0.3>	<0.2>	+Lime
<핵과류>	<Stone fruits>			
복숭아	Peach	3.1	3.8	
대추	Chinese jujube	0.2	0.2	
<장과류>	<Berries>			
포도	Grape	5.0	13.9	
딸기	Strawberry	3.1	3.8	
<열대과일류>	<Tropical fruits>			
바나나	Banana	6.3	2.8	
파인애플	Pineapple	0.4	0.3	
참다래(키위)	Kiwifruit	0.2	0.3	
<기타>	<Others>			
기타 과일류	Other fruits	6.8	6.8	
과일류 합계	Fruits total	116.5	117.4	

한편 미국 EPA(1993년)에서의 RfD 설정에 따른 평균 안전계수는 340에 이르고 있는데(18) 그 이유로는 독성데이터에 대한 불확실성 개념이 다르기 때문이다. OECD 나아가 WHO에서는 독성자료에서 3개월 이상의 반복투여독성 데이터에 근거하여 ADI를 설정하지만 EPA에서는 생식독성, 발육독성 데이터로부터 RfD를 결정하기 때문이 아닌가 생각된다(19). ADI 값은 잔류농약의 기준설정이나 위해성평가에서 기본자료가 되기 때문에 매우 중요하다. 그러나 나라에 따라 값이 다른 경우가 흔히 있기때문에 ADI의 선택은 매우 중요하다.

화학물질의 위해관리에는 건강기준인 ADI가 기본이 되는데 노출경로가 다양한 경우 risk-cup 원칙이 적용된다. 즉, 여러 경로를 통한 농약의 총섭취량이 ADI를 초과하지 말아야 한다. WHO에서는 음용수 중 농약잔류 허용기준을 설정할 경우 ADI의 10%를, 미국 EPA에서는 ADI의 20%를 오래전부터 배분하고 있었다. UNEP, ILO, WHO에서는 유해 화학물질의 건강위해를 평가하기 위한 노력의 일환으로 유독물질의 노출경로(공기, 식품, 음용수, 토양, 소비자물품)별로 ADI(또는 TDI)를 배분하고 환경매체에 따른 권고기준치(guidance value)를 제안하도록 권고하였다(20). 예컨대 어떤 화학물질의 노출경로가 규명되어 식품 80%, 음용수 10%, 공기 5%, 토양 5%라고 한다면 ADI를 이 비율대로 배분한 다음 음식물에 대한 기준을 설정한다.

$$\text{식품 기준} = \text{ADI} \times 0.8 / \text{식품계수}$$

$$\text{음용수 기준} = \text{ADI} \times 0.1 / \text{음용수량}$$

우리나라에서는 잔류농약에 의해 노출되는 경로를 예상하여 농산물에 ADI의 80%를 배분하였고 음료수, 축산식품, 토양(흡입), 대기(흡입) 등을 위해 ADI의 20%를 유보해두었다. 이 중

10%는 추후에 축산물에 배정하였으므로 음료수, 토양, 대기를 위해서는 10%가 남아있을 뿐이다. 다시 말하여 먼저 항에서 계산한 농산물에 의한 농약성분의 식이섭취량이 ADI의 80%를 밀들게 되면 포장잔류시험에서의 최고잔류량에 규제마진을 곱하여 계산해낸 잠정 MRL이 그대로 허용기준으로 채택된다. 만일 최대섭취량이 주어진 ADI를 초과하게 되면 적용작물을 제한하거나 농산물의 조리과정 중의 감수계수를 적용하게 되고 건강상의 위험이 없음을 보장해주어야 하는 것이다.

여기에서 한가지 알아두어야 할 사항이 있다. 다시 말하여 ADI를 초과하지 않는 한 잔류기준을 제한없이 높게 설정해도 좋지 않겠느냐 하는 생각이 든다. 그런데 건강안전의 수칙으로 볼 때 유해물질은 부득이한 경우에만 사용하고 필요 없으면 노출되지 않을수록 건강에 좋다는 안전성 원칙을 잊어서는 안될 것이다. 이러한 논쟁에서 보건당국과 농업생산당국의 의견차가 나오는 이유는 서로 입장이 다르기 때문이라 생각된다.

MRL 설정시의 규제마진

국내에서 MRL 설정시에는 작물잔류성 시험에서 안전사용기준을 지키기 위한 최대잔류량(단일포장에서 채취한 3개복합시료에 대한 2반복 분석시의 평균값 중에서 최고치)에 일정한 마진을 생각하여 MRL을 제안한다. 이때 적용하는 마진은 포장시험 및 분석상의 오차를 고려한 값으로써 권장된 안전사용기준에 맞추어 농약을 사용하였음에도 불구하고 기준초과라는 오관을 예방하기 위해 적용하는 것이기에 규제마진(regulatory margin)이라 부르곤 한다. 기준설정시 적용할 규제마진에 대한 default value는 아직 설정하지 않고서 전문가위원회의 기능에 의존하였다.

국내에서 2000-04년 사이에 잔류기준이 설정된 192개 농약

Table 7. Standardized consumption of vegetables by Koreans (g/day/person)

식품명	Food commodity (Codex)	Adjusted consumption (1991-1995)	Standard intake (1998-2002)	Remark
<엽채류>	<Leafy vegetables>			
배추	Korean cabbage	103.3	78.5	+Kimchi materials
양배추	Cabbage	5.3	3.5	
무잎(무청)	Radish leaves	8.6	8.5	+Kimchi materials
상추	Lettuce	4.3	4.2	Leaf & head lettuces
시금치	Spinach	7.4	7.4	
들깨잎	Perilla leaf	1.9	2.2	
근대	Chard	0.5	0.4	
아욱	Mallow	1.0	1.2	
썩갓	Crown daisy	0.7	0.7	
미나리	Water dropwort	0.5	1.4	
취나물	Chwi (an aster)	0.5	1.4	
고추잎	Hot pepper leaves	0.3	0.3	
기타 엽채류	Others	6.0	6.0	
<경채류>	<Stalk vegetables>			
파	Green onion	18.5	10.9	
양파	Onion, Bulb	21.9	17.0	
마늘	Garlic	12.1	5.4	
부추	Leek	0.4	1.8	
고구마줄기	Sweet potato stem	0.3	1.0	
토란줄기	Taro stem	0.3	0.6	
고사리	Bracken	1.1	2.1	
냉이	Sheperd's purse	0.5	0.4	
기타 경채류	Others	5.0	5.0	
<근채류>	<Root vegetables>			
무뿌리	Korean radish root	64.4	54.2	+Kimchi materials
당근	Carrot	5.0	5.3	
연근	Lotus root	0.5	0.3	
우엉	Burdock	0.5	0.6	
생강	Ginger	1.0	0.3	
도라지	Bellflower root	1.5	0.9	
더덕	Codonopsis root	0.3	0.2	
기타 근채류	Others	3.0	3.0	
<과채류>	<Fruiting vegetables>			
오이	Cucumber	10.1	9.8	
호박	Pumpkin	9.7	12.6	
토마토	Tomato	4.7	11.4	
가지	Eggplant	0.7	1.2	
고추	Red pepper	7.1	5.9	+Powdered pepper
피망	Sweet pepper	0.1	0.4	
참외	Chinese melon	4.9	11.3	
수박	Watermelon	13.6	30.6	
멜론	Melon	<0.3>	0.5	
기타 과채류	Others	3.0	3.0	
채소류 합계	Vegetables total	330.5	311.4	

성분, 822개 항목에 대하여 규제마진이 되는 MRL/잔류최고치의 비율을 계산한 결과를 요약하면 Table 10과 같다(21). 전체적으로 보아 규제마진은 822개 항목에서 잔류최고치의 4.8배로 나타났고 그 중 LOD수준에서는 8.7배, LOD이상에서는 3.3배로 나타났다. 다시 말하여 LOD근처에서는 분석치의 불확실성으로 인하여 LOD이상에서 보다 규제마진을 크게 두었다. 국내의 작물잔류성시험에서는 Codex가 택하고 있는 LOQ대신에

LOD를 사용하고 있는데 그 격차(LOQ/LOD ratio)는 약 3.3배로 간주된다.

JMPR에서는 잔류성 시험시 6개포장 이상에서의 최고잔류치로 부터 round-up에 의한 마진이 1.5배이었던 것에 비하면 국내에서의 규제마진이 4.8배로서 매우 높은 것으로 나타났다. 다시 말하면 같은 포장시험 결과로 부터 MRL을 제안할 때 Codex 보다는 국내기준이 이론상 3배에 이르는 매우 높은 값으로 나

Table 8. Standardized consumption of other plant-origin foods by Koreans (g/day/person)

식품명	Food commodity (Codex)	Adjusted consumption (1991-1995)	Standard intake (1998-2002)	Remark
<발아채소>	<Sprouted vegetables>			
콩나물	Soybean sprout	(22.0)	(14.3)	Converted to raw beans
숙주나물	Mungbean sprout	1.0	1.4	
기타	Others	0.5	0.5	
<버섯류>	<Mushrooms>			
느타리버섯	Oyster mushroom	2.6	1.4	Juda' ear, manna lichen
양송이	Mushroom	0.4	0.4	
표고버섯	Oak mushroom	0.3	1.0	
송이버섯	Pine mushroom	0.1	0.1	
기타	Others	0.2	0.2	
<향신료>	<Spices>	0.5	0.5	
<기호음료 원료>	<For favorite drinks>			
커피 (원두)	Coffee bean	<3.7>	<3.7>	For beer
다엽 (건물)	Tea leaves, dry	<0.5>	<0.5>	
호프 (건물)	Hof, dry	<0.1>	<0.1>	
인삼 (건물)	Ginseng, dry	<0.2>	0.2	
기타	Others	<2.0>	<2.0>	
기타 식물성 합계	Other plant-origin total	12.1	12.0	

Table 9. Distribution of safety factors applied in setting ADIs of pesticides by WHO and US EPA (number of pesticide constituents-% ratio)

Safety factor	WHO ADI		US EPA RfD (1993) ¹⁹⁾
	(1987) ¹⁷⁾	(1995) ¹⁸⁾	
10-20	7 (5%)	26 (15%)	6 (4%)
30-50	2 (1%)	8 (5%)	5 (3%)
100	70 (51%)	117 (66%)	108 (65%)
200-500	41 (30%)	21 (12%)	12 (7%)
1,000	13 (9%)	3 (3%)	32 (19%)
>2,000	5 (4%)	2 (1%)	3 (2%)
Sum of pesticides	138 (100%)	177 (100%)	166 (100%)
Weighted mean of safety factor	310	140	336

타날 것으로 예상된다. 이와 같이 높은 마진을 둔 것은 국내의 포장잔류시험에서 많은 변이율이 예상되기 때문이다. 앞으로 Codex의 기준치나 기준설정 관행과의 조화를 이루기 위해서는 포장시험조건에 대한 신중한 재검토가 요구된다.

국민평균체중

인간의 신장과 체중은 체위를 표현하는 지표로서 어떤 인구 집단을 위한 건강상태, 위해평가, 기준설정 등을 위해서 꼭 필요한 기본데이터이다. 특히 국가수준에서 전국민의 체중을 대표할 수 있는 이른바 국가대표치가 절실하게 요구된다. 필자는 국민영양조사보고서와 한국인영양권장량 중에서 이용가능한 자료를 이용하여 수년간격으로 전국민 및 성인(20-24세)에 대한 평균체중을 계산하였다(10). 1997년은 국민표준체위 조사보고 및 연령별 인구통계로 부터 추산하였다.

본래 전국민의 평균체위는 연차별 변화가 있더라도 완만한 것이며 국가차원에서 건강위해평가나 기준설정시에는 round figure로 된 대표치를 이용하는 것이 관례로 되어있다. 국민의 평균체중으로 일본은 50 kg, 유럽, 미국, Codex에서는 60 kg을

사용하고 있고(22), 성인체중으로 미국, WHO에서는 70 kg을 사용하고 있다. 한국에서는 1980년대에 들어와 환경처 및 보건사회부에서 농약잔류 허용기준 설정시 국민 평균체중으로 일본에 따라 50 kg을 사용하고 있었다. 그런데 국민체위의 향상에 따라 1995년부터는 55 kg을 사용하기 시작하였다.

한국인의 평균체중은 식생활의 개선에 따라 앞으로도 계속 증가하겠지만 결코 서양인을 초과하지는 않을 것으로 추정되며 서양인의 평균체중인 60 kg에 도달하는 시기는 2020년 이후가 될 것으로 예상된다. 따라서 그때까지는 한국인의 평균체중 55 kg, 성인체중 60 kg으로 설정하여 통용하게 되기를 권고한다. 한국인을 위한 평균체중은 연대별로 Table 11과 같은 대표치를 활용할 수 있을 것이다.

결론 및 건의사항

우리나라에서 농산물에 대한 농약잔류 허용기준의 설정은 그동안의 시행착오에 의하여 한국실정에 걸맞는 원칙과 절차가 확립되었다고 할 수 있다. 그러나 Codex 기준에 접근하기 위

Table 10. Regulatory margins applied in elaborating Korea MRLs from field residue data during the period of 2000-2004

Item	Above LOD	Near LOD	Total
Number of pesticide constituents	-	-	192
Number of crop-pesticide combinations	591	231	822
Regulatory margin ¹⁾	3.3	8.7	4.8

¹⁾Multiplying factor in calculating MRL from the highest value among 3 composite samples from a single field lot.

Table 11. Representative body weights for average and adult populations of Korea

Time period	Whole population (kg)	Adult population (kg)
1945-1970	45	55
1971-1995	50	55
1996-2020	55	60
2021-2050 (?)	60	65

해서는 한국고유의 데이터가 축적되어야 하고 이를 뒷받침하기 위한 인프라가 요구된다. 앞으로의 개선대책을 다음에 열거하고자 한다.

(1) GAP에 의한 작물잔류성 시험체계의 확립:

-Codex가 요구하는 작물잔류성 시험데이터를 생산하기 위해 최소한의 요구조건을 확인하고 농진청으로 하여금 이를 충족시키기 위한 시험지침을 작성하도록 요구한다.

-데이터의 신뢰도를 높이기 위한 GAP/GLP(good agricultural practice in the use of pesticides/good practice in pesticide residue analysis) 시스템을 구축하기 위한 행정조치를 취하도록 한다.

-작물잔류성 시험을 필요로 하는 작목과 요구하지 않는 작목의 판별기준은 재배면적, 총생산량, 1인당섭취량 등을 감안하여 농진청과 식약청이 합의를 거쳐 정하도록 한다.

(2) 식품소비량 자료의 제공

-기준설정이나 위해성평가에 필요한 식품소비량 자료는 5년간의 평균치로서 10년 주기로 조정하도록 한다.

-현행 조정소비량 자료(1991-95)는 2005년까지 사용하고 2006년부터는 표준섭취량 자료(1998-2002)를 사용하도록 권고한다.

-앞으로 국민건강영양조사에서는 잔류기준 설정에 필요한 식품별 섭취량 데이터를 바로 인용할 수 있도록 food aggregation system을 확립하도록 준비한다.

-국민건강영양조사에서는 식품별 섭취량의 평균치 뿐만 아니라 최대섭취량(97.5%)까지 제공되도록 요구한다.

(3) ADI값의 채택 및 배분원칙

-현행 원칙인 Codex, 미국, 일본의 ADI값을 이 순서대로 채택되되 DB를 만들어 관련기관에서 동일한 값을 사용하도록 한다.

-국내에서 등록되는 농약은 구비서류로 독성자료를 의무적으로 제출하도록 되어 있으므로 여기에 근거한 ADI 설정작업을 전문가집단에 위임하도록 한다. 여기에는 농진청, 식약청, 환경연구원, 학계의 전문가들이 참여할 수 있도록 상설조직으로 유도해 나간다.

-ADI값은 risk-cup 원리에 근거하여 농산물에 80%, 축산물에 10%, 음료수, 기타에 10%를 배분되되 국제기구에서의 합의된 지침이 나올 때 까지 유지한다.

(4) 작물잔류성 데이터의 변이율과 규제마진

-포장잔류시험 및 잔류량 분석에서의 오차/변이율을 분석하여 규제마진에 대한 논리적 근거를 마련하도록 조치한다.

-JMPR이나 CCPR에서의 동향을 살펴가면서 국제기준과 국내기준의 조화, 그리고 Import tolerance에 대한 대응전략을 구축하도록 노력한다.

(5) 국민평균체중

-한국인의 평균체중 55 kg, 성인체중 60 kg은 2020년까지 유지하고 그 이후에는 재조정한다(예상: 평균체중 60 kg, 성인체중 65 kg).

-어린이(6세이하)의 평균체중을 평가하도록 요구한다. 현재 JMPR에서는 국가기준이 없는 경우에는 허수 15 kg을 사용하도록 합의하였다. 한국어린이는 최근 평균체중의 증가추세로 미루어 그대로 채택하여도 무방할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 논문은 2004년도 식품의약품안전청 “국가 잔류농약 안전관리망 구축사업” 중 용역연구인 “식품 중 농약잔류기준 체계 개선연구” 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. van der Heide RF. Structure, Organization, and Practical Operation of International/Intergovernmental Food Safety Regulation Bodies. pp.617-632 In: International Food Safety Handbook. van der Heijden KA (ed). Marcel Dekker, New York, NY, USA (1999)
2. Lee MG, Lee SR. Studies to improve the tolerance setting system of pesticides in foods. Report of Korea Food & Drug Administration. KFDA, Seoul, Korea. pp. 22-66 (2004)
3. Lee MG, Hong MG, Park, KS, Lim MH, Lee SR. Procedures in establishing residue limits of pesticides on food crops in Codex Alimentarius Commission and foreign countries. Korean J. Environ. Agric. 24: 45-55 (2005)
4. Lee SR. Food Safety and Toxicology. Ewha Woman's Univ. Press, Seoul, Korea. pp. 51-90 (1993)
5. Office of Environment. Documents for Soil Committee on Soil Area. Office of Environment, Seoul, Korea (1981-87)
6. MOHW. Documents for Food Hygiene Council. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea (1988-1998)
7. Expert Committee on Pesticide Residues, KFDA. Documents in Establishing MRLs of Pesticide Residues on Food Crops. KFDA, Seoul, Korea (2003)
8. Rural Development Agency. Guidelines for Testing Pesticide Residues on Crops. RDA Notification No. 2003-7. Rural Development Agency, Suwon, Korea (2003)
9. Lee SR, Lee H, Huh K, Lee MG. Optimization of average food consumption data for Koreans in 1990s. J. Food Hyg. Safety 15: 68-78 (2000)
10. Lee SR. Information on the average body weights of Korean population. Food Sci. Ind. 32: 65-66 (1999)

11. Lee SR. Optimization of Food Consumption Data for Korean Population. Report of UNDP Project (ROK/97/002). KFDA, Seoul, Korea. pp. 1-88 (1999)
12. WHO Food Safety Unit: Food Consumption and Exposure Assessment of Chemicals. WHO/FSF/FOS/97.5. WHO, Geneva, Switzerland. pp. 1-69 (1997)
13. US EPA, Exposure Assessment Group: Estimating Exposure to Dioxin-like Compounds. External Review Draft EPA/600/6-88/005Ca. Environment Protection Agency, Washington DC, USA. pp. 1-112 (1994)
14. Korea Health Industry Development Institute. In-Depth Analysis on 1998 National Health and Nutrition Survey-Nutrition Survey. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea. pp. 20-91 (2000)
15. Korea Health Industry Development Institute. In-Depth Analysis on 2001 National Health and Nutrition Survey-Nutrition Survey. Ministry of Health and Welfare, Seoul, Korea. pp. 463-512 (2003)
16. Johannsen FR. Risk assessment of carcinogenic and noncarcinogenic chemicals. Crit. Rev. Toxicol. 20: 341-367 (1990)
17. Lee SR, Lee MG. Computation of theoretical maximum daily intake of pesticides by Korean population. Food Sci. Biotechnol. 10: 115-122 (2001)
18. US EPA. Office of Pesticide Programs Reference Dose Tracking Report. Environment Protection Agency, Washington DC, USA. pp. 1-64 (1993)
19. Chin BH. Critical points in writing toxicity testing report in pesticide registration for EPA. pp.7-31. In: Symposium for Senior Investigators in Toxicity Testing. Aug. 29-30. Korea Institute of Chemical Technology, Daejeon, Korea (2000)
20. UNEP, ILO, WHO. Assessing Human Health Risks of Chemicals-Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits. WHO, Geneva, Switzerland. pp. 1-73 (1994)
21. Lee MG, Lee SR. Analysis of variability factors in establishing pesticide residue limits on food crops. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 492-497 (2005)
22. WHO. Guidelines for Predicting Dietary Intake of Pesticide Residues (revised). GEMS /Food in collaboration with Codex Committee on Pesticide Residues (WHO/FSF/FOS/97.7). WHO, Geneva, Switzerland. pp. 1-41 (1997)

(2005년 5월 9일 접수; 2005년 6월 1일 채택)