한국농약과학회지 제4권 제4호(2000)
The Korean Journal of Pesticide Science
Vol. 4, No. 4, pp.35~39(2000)

농약사용 지표설정을 위한 수도용 농약사용량 조사분석

권오경* · 홍수명 · 최달순 · 성기석[1] · 임양빈 · 강충길[2] · 송병훈 · 오병렬

농업과학기술원 농약안전성과, [1]농촌진흥청 연구운영과, [2]농업과학기술원 식물병리과

요약 : 국내 농업환경 중 농약지표 설정을 위해 16개 지대 29지역 100농가를 대상으로 수도 재배용 농약 실제 사용량을 조사 분석하였다. 또한 농약별 실제 사용량에 따른 잔류 경향을 알아보고자, 조사농가에서 재배된 벼의 현미 및 볏짚 중 농약잔류량을 분석하였다. 수도재배시 용도별 농약 실제 사용량은 살충제 43%, 제초제 29%, 살균제 27%를 나타냈으며, 살충제 중 주요 사용농약은 carbofuran, BPMC, cartap 등 이었다. 제초제는 혼합제인 molinate + pyrazosulfuran-ethyl과 butachlor, 살균제의 경우 IBP와 혼합제 isoprothiolan + tricyclazole이 우선적으로 사용되었다. 제형별 농약사용량은 입제농약 위주의 사용경향을 나타냈으며 GR > DP > WP > EC > FG > SP 순이었다. 수도재배 단위면적당(a.i./ha) 농약사용량은 7.13 kg이었으며, 전국 총 사용량을 추산한 결과 8,387 M/T로 추정되었다. 용도별 농약 실제 사용량과 출하량과의 일치도는 살충제 84.3%, 제초제 77.8%, 살균제 94.7%로 나타났고 총 실물량 일치도는 97%이었다. 농약 실제 사용량에 따른 농약잔류성은 살균, 살충제로서 사용 빈도가 높은 농약인 BPMC와 IBP가 57.7~94.9%의 높은 검출빈도를 나타냈으며, 이들 농약의 잔류수준은 허용기준 미만이었다.(2000년 10월 30일 접수, 2000년 12월 9일 수리)

Key words : Pesticide use indicator, paddy rice, pesticide usage statistics, pesticide residue.

서 론

농약지표는 OECD 농업/환경 정책위원회에서 개발하고 있는 13개 농업환경 지표 중 하나로서 농약사용과 농약위해성 지표로 나누어 개발 추진되고 있다. 농약사용 지표는 주성분 단위의 판매량 및 실제 사용량 자료를 근거로 설정되는 일정 기간에 따른 사용경향 지표이며, 위해성 지표는 농약독성 및 노출에 대한 정보를 농약사용량과 위해성 발생조건 자료에 적용시켜 농약위해성 경향 평가를 목적으로 하고 있다. 또한 두 종류의 지표는 농약사용 및 위해성 경감대책 효율성 평가에 개별적 혹은 함께 사용될 수 있다 (OECD, 1998; OECD, 2000). OECD는 농약사용과 관련하여 인체 및 환경위해성 경감대책이 주요 현안 문제로 대두됨에 따라 농약사용 지표 개발에 따른 농약사용 감소 방안의 일환으로 각 회원국에 대하여 신뢰성 있는 농약사용량 지표자료를 요구하고 있다. 이러한 농약사용량 변화 조사는 농약위해성 경감 방안을 위한 필수적인 방법으로서, 표준화된 자료 확보를 위해 농약사용량 조사분석을 위한 지침서가 OECD에 의해 발간되었다(OECD, 1999; Thomas, 1999). 지침내용에는 농약사용량 조사시 고려사항, 자료수집 방법, 조사지역 설정, 자료내 기재사항, 부차적 정보, 사용목적 및 성분에 따른 농약분류 등이 설정되어 있다. 그러나, 국내의 경우 작물별, 시기 · 용도별 농약사용량 통계자료는 연간 출하량을 근거로 작성되어 농업환경 중 실제 농약살포량을 산출할 수 없는 실정에 있다.

따라서 국내 농업환경 중 수도재배용 농약사용량을 조사분석하여 연간 농약 실제사용량 통계를 위한 자료 제공, 국가별 동일작물에 대한 농약사용량 비교, 환경영향 감소를 위한 농약사용 지표 개발에 활용하고자 하였으며, 또한 농약사용지표의 주요 기능중 하나는 시기, 용도별 농약사용 및 특정농약 살포횟수 등을 파악하여 농산물 중 농약잔류 허용기준의 관리 방안을 위한 자료를 제공하는 것이므로 농약별 실제 살포량에 따른 잔류경향을 알아보고자, 조사농가에서 재배된 벼를 대상으로 농약잔류량을 분석하였다.

*연락저자

실험방법

농약 사용량 조사

작물별 농약 실제 사용량을 조사분석하여 환경영향 감소를 위한 농약사용 지표설정을 하고자 수도를 대상으로 중서부 평야지대 당진 등 재배면적별(농림부, 1998) 16개 지대 29지역 100농가를 선정한 후 직접 방문 조사하였다.

자료의 정확성을 산출하기 위하여 13개 항목이 수록된 기록장을 배부하고 수도재배시 농약사용 시기인 4~10월에 걸쳐 기록여부 및 내용을 조사하였다. 주요 조사항목은 인적사항, 품종별 재배면적, 방제시기, 방제대상, 농약명, 살포방법, 농약희석량, 실제살포량, 살포면적 등 이었으며 기록장 자료를 통계분석하여 시기, 용도에 따른 사용약량, 면적대비 살포량 및 실제 총 사용량을 산출하였다.

현미 중 농약잔류량 조사

현미 시료 40 g을 100 ㎖ 혼합용매(5% methanol in ethylacetate)로 2시간 진탕추출 후 농축하고 dichloromethane 10 ㎖에 용해하여 GPC를 이용하여 1차 정제 후 florisil columnn chromatograph로 2차 정제하고 2 ㎖ hexane에 녹여 GC로 분석하였다. 볏짚의 경우 시료 10 g을 100 ㎖ acetone 으로 추출 후 농축하고 5 ㎖ hexane에 녹여 florisil columnn chromatograph로 정제하고 2

㎖ hexane에 녹여 GC로 분석하였다.

결과 및 고찰

OECD국가별 농업용 농약사용 경향(1985~1987년 대비 1995~1997년 사용량)은 농업환경 관련 보고서에 의하면 한국을 비롯한 4개 국가가 증가하는 경향을 보이고 있으나 1991년 대비 1997년 사용량은 폴랜드 등 5개 국가는 농약 사용량이 증가한 반면, 한국은 9.7%(1998년 19.6%)감소 추세를 나타내고 있는데(OECD, 1999), 이것은 농약 출하량을 비교한 것으로 국내의 경우 원예용과 수도용으로 구분하여 나타내면 표1과 같다. 수도용은 1991년 대비 1998년 출하량이 25.8%감소를 나타낸 반면, 원예용은 9%감소하였으나, 1995년 대비인 경우 23.7%감소를 보여주고 있다(농약공업협회, 1999). 그러나 최근 OECD는 농약사용과 관련하여 인체 및 환경위해성을 경감시키기 위한 사업의 일환으로 각 회원국에 대하여 작물별 농약 출하량 기준이 아닌 실제 사용량 조사 보고서 제출을 요구하고 있다. 따라서 국내 수도 재배 지역의 시기,용도별 농약 실제 사용량을 산출하기 위하여 전국 29개 지역 100농가를 대상으로 조사한 결과는 표 1과 같다.

Table 1. Pesticides usage trend in paddy rice at different use from survey (unit : kg)

Pesticide type	Formulation	Active ingredient
Total	25,926.8(100%)	2,019.3(100%)
Pretreatement	128.3(0.5%)	15.1(0.8%)
Fungicide	3,120.9(12.0%)	538.4(26.7%)
Insecticide	12,277.9(47.4%)	877.4(43.4%)
Herbicide	10,399.7(40.1%)	588.4(29.1%)

조사농가의 용도별 사용량은 살충제 43.4%, 제초제 29.1%, 살균제 26.7%, 기타 0.8% 으로서 병해방제 위주의 과수재배와는 상이한 해충방제 위주의 사용경향을 나타냈으며, 1998년 농약출하량은 살충제 39.7%, 살균제 29.6%, 제초제 23.1%, 기타 7.6%를 기록하여 실제 사용량과 비교할 때 살균제가 제초제보다 출하량이 많았다. 실제사용 약량과 출하량에서의 사용경향 차이는 매년 기후 변화에 따른 병해충 및 잡초 발생범위가 달라지는데 기인하는 것으로 생각되며, 이와 같은 이유로 OECD는 실제 농업환경을 반영하는 농약사용 통계자료를 요구하고 있다.

용도별 주요 사용농약은 표 2에 나타난 바와 같이 살균제는 도열병과 잎집무늬마름병 약제인 IBP와 tricyclazole, 살충제는 이화명나방 방제를 위한 carbofuran, 멸구약제인 BPMC가 주요 적용 농약이었으며, 제초제의 경우 피 방제 약제인 혼합제 pyrazosulfuron-ethyl+molinate 등이 제일 많이 사용되었다. 이와 같은 자료는 환경위해성과 같은 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려진 농약에 대한 최신 정보를 제공하므로 국가적인 측면에서 적절한 규제를 가할 수 있는 근거용으로 적용될 수 있을 것이다.

Table 2. Top leading pestcides used in paddy rice at different use from survey

Use	Pesticide	Usage (formulation, kg)
Seed treatment	Hymexazole+metalaxyl	87.5
	Prochloraz	10.0
Fungicide	IBP	923.3
	Isoprothiolane+tricyclazole	619.1
	Validamycin-A	420.0
Insecticide	Carbofuran	7149.5
	BPMC	2256.8
	Cartap	1174.7
Herbicide	Pyrazosulfuron-ethyl+molinate	2950.0
	Molinate+cinosulfuron	2105.0
	Butachlor	1945.5

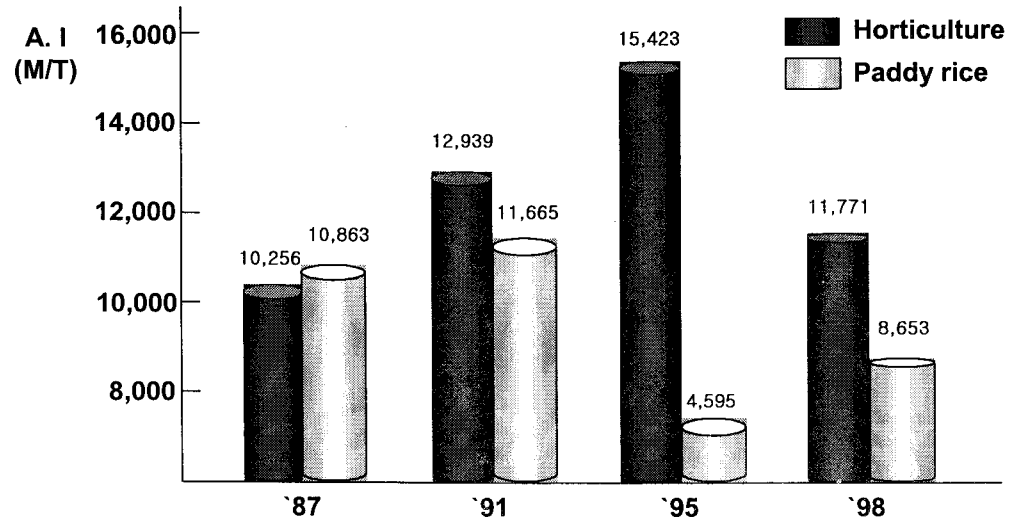

Fig. 1. Changes in pesticides consumption recorded at factory gate.

표 3은 제형별 농약사용 경향을 보여주고 있다. 희석식 농약은 살균제의 경우 수화제, 유제, 액제가 주요 사용 농약의 제형이었으며, 살충제와 제초제는 유제제형 위주로 사용되었다. 직접 살포식 제형에 있어서는 용도별 구분없이 분진의 비산 염려가 없고 살포방법이 간편하며 수화제나 유제보다 약효가 오래가는 입제사용량이 가장 많았다. 제형별 사용경향은 사용목적에 따라 약효를 최대화하고, 작물 약해, 인축에 대한 노출정도에 의한 위해성을 경감시킬 수 있는 제형개발에 반영될 것으로 기대된다. 단위면적당 농약 사용량(a.i./ha)은 표 4에 나타난 바와 같이 7.13 kg으로서 평균 사용량을 지역별 재배면적에 적용시킨 전국 총 사용 추산량은 8,387 M/T이었다.

농약 실제 사용 조사분석은 농약 위해성 경감을 위한 단위면적당 농약 사용량을 감소 시키는 것이 그 목적이므로 향후 밭작물 및 과수용 농약 실제 사용량을 조사하여 전반적인 농업환경을 반영시킨 전체 작물별 농약사용 통계자료가 요망된다.

표 5는 실제 농약사용량과 출하량을 비교한 일치도를 나타낸 것으로 살충제 84.3%, 제초제 77.8%, 살균제 94.7%이었으며, 총 실물량은 97%의 높은 일치도를 보여 주었다. 이것은 OECD농약사용 지침 방법에 따른 재배 규모별 농가 선정이 표준적으로 이루어진 결과로 생각된다.

한편 농약별 실제 살포량에 따른 농약 잔류성을 알아보기 위해 조사농가에서 재배한 수도의 현미 중 농약 잔류량을 조사한 결과는 표 6과 같았다.

분석농약의 잔류량은 0.01~0.17 ppm으로 잔류허용기준(식의약청, 1999; 보건복지부, 1996)을 초과하는 시료는 없었으며, 잔류농약 함유 현미의 안전성 평가는 잔류량에 대한 1일 섭취량을 조사하여 1일 섭취 허용량(WHO/FAO, 2000)과 비교하였을 때 0.1~44.5%로 매우 안전한 수준임을 알 수 있었다.

잔류농약의 검출빈도는 1.0~62.8% 범위이었으며, BPMC와 IBP가 각각 60.8%, 62.9%의 높은 검출빈도를 보였는데 이는 이들 농약이 용도별 주요 사용 농약이기 때문인 것으로 여겨진다.

볏짚 중 농약 잔류성은 표 7에서 보는 바와 같이 0.04~0.39 ppm이었으며, 볏짚을 섭취하는 성우 400 kg(농과원, 1999)를 대상으로 평가한 1일 섭취 허용량 대비 농약섭취율(WHO/FAO)은 0.1~14.3%으로서 안전한 수준임을 알 수 있었다. 검출빈도는 현미와 같이 용도별 독점 농약인 BPMC와 IBP가 각각 57.7%, 994%의 높은 빈도를 나타냈다.

Table 3. Usage statistics of pesticide used for paddy rice at different formulation types (formulation : kg)

Pesticide	Aqueous formulation							Direct applicating formulation			
	WP	EC	SP	SL	SC	ME	WG	GR	DP	FG	SO
Total	1,804.0	1,574.4	387.6	383.8	81.5	12	3.2	26,193.8	2,964.9	645.3	5.1
Pretreatment	0.5	20.4	-	8.7	-	-	-	15.0	87.6	-	-
Fungicide	1,475.6	489.6	4.0	244.2	22.7	-	-	7,683.8	287.8	-	-
Insecticide	342.9	779.9	383.6	3.3	21.3	-	-	8,0378.0	2,589.5	629.3	5.1
Herbicide	3.0	284.5	-	47.6	37.5	12	3.2	10,117.0	-	16.0	-

Table 4. Estimation of total pesticide usage used for paddy rice

Classification	Usage(kg/ha)		Total usage(M/T)	
	Formulation	Active ingredient	Formulation	Active ingredient
Total	91.52	7.13	107,656.72	8,387.16
Pretretment	0.45	0.05	529.34	58.82
Fungicide	11.02	1.90	12,963.04	2,235.01
Insecticide	43.34	3.10	50,981.67	3,646.59
Herbicide	36.71	2.08	43,182.67	2,446.74

Table 5. Comparison of fact-usage with pesticide consumption recorded at factory gate for paddy rice in 1998

Classification	Fact-usage	Consumption	Fitness(%)
Total	8,388	8,653	97.0
Fungicide	2,294	2,422	94.7
Insecticide	3,647	4,327	84.3
Herbicide	2,447	1,904	77.8

Table 6. Pesticides residue levels in unpolished-rice sampled from farm house of survey

Pesticide	Residue level (mg/kg)	Detection frequency(%)	MRL (mg/kg)	EDI[a]/ADI[b] (%)
BPMC	0.14	60.8	1.0(Japan)	44.5
Buprofezin	0.02	17.5	1.0	2.2
Carbofuran	0.06	1.0	0.2	3.3
Isoprocarb	0.16	27.8	0.3	0.2
IBP	0.03	62.9	0.2(Japan)	0.1
Edifenphos	0.01	1.0	0.2	0.4
Isoprothiolane	0.17	19.6	2.0(Japan)	5.8

[a]Residue × 300 g(possible daily intake of unpolished-rice).
[b]ADI× 55 kg(aver. weight of adult).

Table 7. Pesticides residue levels in rice straw sampled from farm house of survey

Pesticide	Residue level (mg/kg)	Detection frequency(%)	EDI(mg) A[a]	ADI(mg) B[b]	A/B(%)
BPMC	0.07	57.7	9.4	1,640	0.6
Buprofezin	0.21	80.4	51.6	360	14.3
Carbofuran	0.39	1.0	3.9	8,000	0.1
Isoprocarb	0.04	2.1	0.4	200,222	0.0
IBP	0.28	94.9	103.4	2,720	3.8
Edifenphos	0.20	21.7	13.3	8,000	0.2
Isoprothiolane	0.27	9.3	12.3	4,760	0.3

[a]A : Maximum residue × 10 kg(possible daily intake of straw).
[b]B : NOEL × 400 kg(average weight of cattle).

농약 실제사용량과 잔류성과의 상관관계에서 나타난 바와 같이 농약사용량 통계는 농산물의 잔류농약 감시에 새로운 체제를 도입할 때, 감시 대상 작물 및 분석대상 농약에 대한 접근을 보다 용이하게 하는 등 용도가치가 높은 자료로 평가된다. 이밖에 사용량 통계자료의 기대효과는 연간 사용량 통계를 위한 단서 제공, 환경영향 평가 지표 설정, 장기간에 걸친 농약사용 변화량 감시, 사용중인 농약에 대한 검토 기능, 신농약 등록과정에서의 이용, 농업환경 수로에서의 농약의 잠재적 이동량 예측 가능 등이 있으며 (Thomas,1999), 연구방면, 농약등록, 농업정책과 같은 다방면에 활용가치가 있으므로 지속적인 농업환경 중 작물별 농약 실제 사용량 통계조사 분석이 요구된다.

인용문헌

OECD (1998) Joint Working Party of the Committee for Agricultulre and the Environment Policy Committee, - Stocktaking Report - Pesticide Use and Greenhouse Gases, p29, Paris, France.

OECD (1999) OECD Survey on the Collection and Use of Agricultural Pesticide Sales Data: Survey Results, p.14, Paris, France.

OECD (2000) Environmental Indicators for Agriculture : Methods and Results - The Stocktaking Report - Pesticide Use and Risks, p.39, Paris, France.

Miles R. Thomas (1999) OECD Guidelines for the Collection of Pesticide Usage Statistics within Agriculture and Horticulture, p.40, Paris, France.

WHO/FAO (2000) Codex Committee Pesticide Residues, p.102.

농업과학기술원 (1999) 시험연구사업보고서(작물보호분야). p.969.

농림수산부 (1998) 농림수산통계연보. p.500.

농약공업협회 (1999) 농약연보. p.616.

보건복지부 (1996) 농산물중 농약잔류허용기준. p.204.

식의약품안전청 (1999) 식품공전. p.702.

Survey on Pesticide Usage in Paddy Rice for the Establishment of Pesticide Use Indicator

Oh-Kyung Kwon*, Su-Myeong Hong, Dal-soon Choi, Ki-Seog Seong[1], Yang-Bin Ihm, Chung-Kil Kang, Byeong-Hun Song and Byung-Youl Oh(*National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA, Suwon 441-707, Korea,* [1]*Research Bureau, RDA, Suwon 441-707, Korea*)

Abstract : In order to develop the indicators of environmental impact of pesticide, its actual usage in paddy rice was surveyed, and usage trends of individual pesticides were evaluated. The tendency of pesticide use indicated insecticide 43%, herbicide 29%, fungicide 27% and top ranking item in insecticide, herbicide and fungicide was carbofuran, molinate+pyrazosulfuran-ethyl, IBP. The usuage statistics of formulation types showed GR>DP>WP>EC>FG>SP. Pesticide usage(a.i.) per hectare was 7.13kg and total usuage for paddy rice was estimated at 8,387 M/T. In the result of comparison of fact-usage with pesticide cunsumption reported in 1998, the fitness was 94.7% for fungicide, 84.3% for insecticide, 77.8% for herbicide. The result of monitoring pesticide residue of unpolished-rice sampled from farm house of survey indicated 0.14 ppm(BPMC), 0.16 ppm(Isoprocarb), 0.17 ppm(Isoprothiolane). In case of rice straw, the residue level was 0.27 ppm(Isoprothiolane), 0.28 ppm(IBP), 0.39 ppm(Carbofuran). The residue levels of pesticides were below MRLs.

*Corresponding author (Fax : +82-31-290-0521, E-mail : okkwon@rda.go.kr)