

Weed & Turfgrass Science was renamed from both formerly Korean Journal of Weed Science from Volume 32 (3), 2012, and formerly Korean Journal of Turfgrass Science from Volume 25 (1), 2011 and Asian Journal of Turfgrass Science from Volume 26 (2), 2012 which were launched by The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea founded in 1981 and 1987, respectively.

우리나라 엽채소류, 과채류, 과수류 및 벼 재배 지역에서의 농약 사용실태 조사

하현영^{1*} · 박성은¹ · 유아선¹ · 길근환¹ · 박재읍¹ · 이인용² · 박기웅^{3*} · 임양빈¹
¹국립농업과학원 농자재평가과, ²국립농업과학원 작물보호과, ³충남대학교 식물자원학과

Survey of Pesticide Use in Leaf and Fruit Vegetables, Fruits, and Rice Cultivation Areas in Korea

Huen-Young Ha^{1*}, Sung-Eun Park¹, Are-Sun You¹, Geun-Hwan Gil¹, Jae-Eup Park¹,
In-Yong Lee², Kee-Woong Park^{3*}, and Yang-Bin Ihm¹

¹Agromaterial Assessment Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 565-851, Korea.

²Crop protection Division, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 565-851, Korea.

³Department of Crop Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

ABSTRACT. In order to investigate actual pesticide usage, this survey was carried out with farmers growing four crop groups, leaf vegetables, fruit vegetables, fruits, and rice from 2012 to 2015. Five hundred sixty farmers were selected in main crop production areas and were asked about their pesticide uses during the growing season. Investigations on pesticide damages to crop in recent 5 years showed that fruit vegetables had the highest proportion of damage at 14%, followed by rice at 11%, orchards at 11%, and leaf vegetables at 8%. Compared to the results of a pilot study which took place from 2009 to 2011, fruit vegetable damage increased by 4% while damage to rice and orchards decreased by 7-9%. This means continuous education on mixed spraying, usage methods, and precaution is required. In the survey on the safety guidelines for pesticide use, 6 items were well observed (89.0-95.0%), but one item for use of protective gear had the lowest observance (81.7%). A measure for protective gear for poisoning prevention is required. The survey of pesticide usage per area (kg a.i. ha⁻¹) showed that 1.65, 4.93, 10.98, and 3.16 kg a.i. ha⁻¹ of pesticides were applied to leaf vegetables (6 species), fruit vegetables (6 species), fruits (6 species), and rice, respectively, which decreased from the usage reported in the pilot study. This change was likely caused by more effective pesticides and fewer pest outbreaks; therefore, shipments of pesticides have been decreasing. In the case of paddy rice herbicides, 43 products, including butachlor, were used for 1.3 kg ha⁻¹. Herbicides represent 44% of pesticides used in paddy rice.

Key words: Crop, Farmer, Herbicide usage, Pesticide usage, Pesticide application, Survey

Received on November 14, 2016; Revised on November 28, 2016; Accepted on December 12, 2016

*Corresponding author: ¹Phone) +82-63-238-3360, Fax) +82-63-238-3839; E-mail) hahy@korea.kr

³Phone) +82-42-821-5726, Fax) +82-42-822-2631; E-mail) parkkw@cnu.ac.kr

© 2016 The Korean Society of Weed Science and The Turfgrass Society of Korea

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서 론

농약은 식품안전 요구의 지속적인 증대로 잔류농약 문제까지 얽혀 있어 한 층 강화된 규제가 적용되고 있는 상황이다. 우리나라에는 2000년까지 959품목의 농약이 등록 이후 지속적으로 증가하여 2015년까지는 1,870품목이 등록

되었다(RDA, 2015; Statistical Manual, 2015). 정부에서는 농약의 오남용을 방지하고 안전한 농산물을 생산하기 위한 일환으로 농약이 등록된 후에 농업현장에서의 사용실태 및 주요 작물의 단위면적당 농약사용량을 4년 주기로 조사하고 있다.

농약 사용량에 대한 조사 순서는 1년차 과채류, 2년차 과

수류, 3년차 벼, 4년차는 엽채소류의 순으로 주기적으로 조사하고 있으며, 그 결과는 벼(Kwon et al., 2000), 과수류(Kwon et al., 2001; Ihm et al., 2003), 과채류(Oh et al., 2003), 과채류, 과수류 및 벼(Ha et al., 2012)에 대해 이미 발표된 바 있다. 이에 따른 농약사용량 조사결과를 살펴보면 첫 번째, 과채류(고추, 딸기, 수박, 오이, 참외, 토마토)는 2001년, 2005년, 2009년 조사결과 각각 6.6 kg, 5.9 kg, 4.4 kg로 감소하는 경향을 보였다. 두 번째, 과수류(사과, 배, 복숭아, 포도, 단감, 감귤)는 2002년, 2006년, 2010년 조사결과 각각 18.7 kg, 18.6 kg, 13.6 kg로 감소하였다. 세 번째, 벼는 1999년, 2003년, 2007년, 2011년 조사결과 각각 7.13 kg, 5.51 kg, 6.83 kg, 3.46 kg로 감소하였다. 네 번째로 엽채소류(무, 배추, 부추, 상추, 시금치, 잎들깨)는 2004년, 2008년, 2012년 조사결과 1.96 kg, 2.1 kg, 1.7 kg로 감소하는 경향을 보였다. 이러한 농약 사용량 감소현상은 농산물에 대한 안전성 문제가 대두됨에 따라 농약 사용을 절제하고 일부는 친환경 자재 사용이 원인이라고 사료된다(Ha et al., 2012).

우리나라의 작물별, 사용 시기·용도별 농약사용량 통계 자료는 농약연보의 연간 출하량을 근거로 작성되어 농업환경 중 실제 농약 살포량을 산출할 수 없는 실정에 있다(Kwon et al., 2000). 따라서 본 조사는 농약안전사용 준수, 농약 중독 및 약해, 농약 살포횟수, 농약 사용량 등의 농약 사용실태의 문제점을 도출하고 농약안전 사용 및 안전관리 방안에 대한 방향을 제공하고자 실시되었으며, 2012년 엽채소류, 2013년 과채류, 2014년 과수류, 2015년 벼에 대하여 실제 농가를 대상으로 한 설문조사 방식으로 실시되었다

재료 및 방법

대상 작물

2011년 엽채소류, 2012년 과채류, 2013년 과수류, 2015년 벼 등 4개 그룹으로서 엽채소류는 무, 배추, 상추, 시금치, 부추, 잎 들깨 등 6개 작물, 과채류는 고추, 딸기, 수박, 호박, 참외, 토마토 등 6개 작물, 과수류는 사과, 배, 포도, 복

숭아, 단감, 감귤 6개 작물과 벼를 재배하는 농가를 대상으로 조사하였다.

조사 지역, 농가 및 농약판매상 선정

조사 지역은 작물별 재배면적이 많은 주산지역을 중심으로 전국의 시·군별 안배를 통해 선정하였으며, 조사 농가는 농약사용 기록장을 기재할 수 있으며 본 조사에 협조적인 농가들을 해당 지역의 시·군 농업기술센터에서 추천받아 선정하였다. 엽채소류, 과채류, 과수류의 각 작물별 조사농가 수는 20-25 농가를 선정하였으며, 벼는 130농가를 선정하였다(Table 1).

조사방법 및 내용

농약사용기록장에 의한 조사

작물 파종 및 이앙전인 2-4월에 농업기술센터에서 추천한 농가를 직접 방문 하여 기록장 작성요령을 설명하고 농약사용기록장을 배부하였다. 농약사용 기록장은 13개 항목으로 구성(인적사항, 재배면적, 방제시기, 방제대상 병해충명, 살포 농약명, 살포방법, 희석량, 실제 살포량, 살포면적 등)되어 있다. 농가에서는 재배기간 동안 실제로 농약을 살포한 일자별로 기록장에 기재하며, 연중 재배가 가능한 엽채소류, 과채류는 한 작기만 기재하였다. 작물 수확기 또는 수확완료 후인 10~11월 중에 농가를 다시 방문하여 농약사용기록장이 잘 기재되어 있는지 확인하여 회수하고 기록장에 기재된 내용을 DB화하고 자료를 분석하였다.

농가 설문조사

설문조사 대상 농가는 농약사용기록장을 기재하는 농가들과 동일하며, 기록장을 배부와 동시에 설문조사 하는 경우와 재배 중간에 방문하여 조사하는 경우도 있었으며, 최종 기록장을 회수하면서 조사하는 경우도 있었다. 설문 문항은 ①혼용판단기준(농업기술센터, 농약판매상, 과거경험, 이웃, 혼용가부표, 기타), ②농약안전사용 수칙준수 7항목

Table 1. Number of farm households selected for agrochemical use survey.

Crop classification	No. of crops	No. of farm House hold	Region
Leaf vegetables	6	130	Goyang, Namyangju, Yangpyeong, Geumsan, Gochang, Heanam, Daegu etc. in 27 regions
Fruit vegetables	6	150	Yeoju, Chuncheon, Nonsan, Eumseong, Jeongeup, Naju, Damyang, Andong, Miryang, Jeju etc. in 30 regions
Fruit trees	6	150	Andong, Yongdong, Kimje, Gimcheon, Icheon, Yesan, Cheongwon, Jangseong etc. in 25 regions
Rice	1	130	Ichon, Paju, Iksan, Nonsan, Gyeonju, Sangju, Namwon, Gimje etc. in 26 regions

(농약사용 시 설명서 숙지, 사용방법과 용량을 설명서대로 지킴, 혼용가부표 준수, 음주 후 또는 피로할 때 살포하지 않음, 농약살포 후 깨끗이 씻음, 한 낮에는 살포하지 않음, 농약살포 후 옷을 갈아입음)에 대하여 ‘항상 지킴, 대체로 지킴, 가끔 지킴, 지키지 않음’에 대한설문을 하였고 ③최근 5년간 조사 작물에 약해 경험 여부 및 농약살포로 인한 중독 경험 등을 조사하였다.

결과 및 고찰

조사 농가연령 및 농약사용 경력

조사 농가의 연령대 중 60대 이상의 노년층의 농가 분포를 보면 벼 재배농가가 41%로 가장 많았고 다음으로는 과채류 32%, 과수류 31%, 엽채소류 25%순이었다. 4년 전 선행 조사에서 발표(Ha et al., 2012)하였던 같은 60대 연령층을 비교하면 분포율이 모두 높아졌는데, 과수류는 22%에서 31%, 벼는 35%에서 41%로 높아졌으며, 특히 과채류는 8%에서 32%로 급격히 높아졌다(Table 2). 이는 당시의 과채류 농가의 50대층이 56%로 분포되어 과수류 52%, 벼

44% 보다 높았는데 이들 중 일부 농가가 60대로 이동하였기 때문인 것으로 사료된다. 한편 2015 농림어업총조사 결과에서는 5년 전인 2010년과 비교하여 농가 경영주 평균연령이 3.3세 높아졌고 60대 이상이 68.3%차지한 것으로 나타났다(Statistics Korea, 2010, 2015). 이와 비교하면 본 조사의 60대 이상의 연령대는 이보다 훨씬 낮은 28-41%였다. 이는 본 조사의 특성상 시설재배 및 과수 등 재배 난이도가 있는 작물들이며, 농약사용 기록장에 기재할 수 있는 농가를 선정한 결과라고 본다. 농약사용 경력은 재배경력과 비례해서 가장 노령화된 벼 재배 농가가 많고 엽채소류, 과채류, 과수류의 순으로 많았다.

농약안전사용 수칙 준수

농약의 안전사용 수칙은 농약을 사용하는 농업인의 건강을 위해서뿐만 아니라 안전농산물 생산에 있어서도 매우 중요한 사항이므로 농약안전사용 수칙 준수 여부에 대해 7가지 항목을 조사하였다. 첫 번째 농약사용 전 라벨 숙지 여부 조사에서 항상 지키거나 대체로 지킨다고 응답한 농가는 95.0%, 두 번째 농약사용법 및 사용량 준수 여부 조

Table 2. General information of the farmers surveyed.

Crops	Age of farmer (%)				Career of spraying (%)			
	30s	40s	50s	60s	<5	5-10.	11-20.	>21
Leaf vegetables	1	15	48	25	9	16	31	44
Fruit vegetables	4	19	45	32	10	15	32	43
Fruits	3	21	45	31	5	19	38	38
Rice	9	13	37	41	3	3	21	73

Table 3. Survey results on pesticide application practices by farmers.

Examined item	Ratio of response (%)																			
	A ^z				U				O				NK							
	L	F1	F2	R	M	L	F1	F2	R	M	L	F1	F2	R	M	L	F1	F2	R	M
Reading of label	44	60	60	45	52.3	52	36	35	48	42.7	1	4	4	5	3.5	3	0	1	2	1.5
Recording of application method and amount	46	62	74	50	58.0	46	36	25	36	35.7	5	2	1	10	4.5	3	0	0	4	1.7
Keeping of mixing criteria	34	59	70	52	53.8	51	29	26	44	37.5	11	9	4	4	7.0	4	3	0	0	1.7
No application after drinking or feeling fatigue (exhaustion)	60	66	75	52	63.3	26	19	21	41	26.7	13	14	2	6	8.7	1	2	2	1	1.5
Shower after application	71	72	87	69	74.8	22	16	11	27	19.0	7	10	1	2	5.0	-	3	1	2	1.5
Clothes change after application	57	64	78	73	68.0	23	17	19	25	21.0	13	16	2	2	8.2	7	4	1	0	3.0
Personal protection	33	38	69	77	54.2	36	25	26	23	27.5	15	22	4	0	10.2	16	15	1	0	8.0
Average	49.2	60.1	73.2	59.7	60.5	36.5	25.4	23.3	34.8	30.0	9.3	11.0	2.3	4.1	6.7	4.8	3.8	0.8	1.2	2.6

^zA: Always; U: Usually; O: Often; NK: No keeping; L: Leaf vegetables; F1: Fruit vegetables; F2: Fruits; R: Rice field.

사에서 항상 지키거나 대체로 지킨다고 응답한 농가는 93.7%, 세 번째 농약 혼용 가부표 준수 여부 조사에서 항상 지키거나 대체로 지킨다고 응답한 농가가 91.3%, 네 번째 음주 후 또는 피로할 때 농약 살포여부 조사에서 항상 지키거나 대체로 지킨다고 응답한 농가는 90.0%, 다섯 번째 농약 살포 후 씻는지 여부 조사에서 항상 지키거나 대체로 지킨다고 응답한 농가는 93.8%, 여섯 번째 농약살포 후 옷을 갈아입는지 여부 조사에서 항상 지키거나 대체로 지킨다고 응답한 농가는 89.0%, 일곱 번째 농약 보호구 착용 여부 조사에서 항상 지키거나 대체로 지킨다고 응답한 농가는 92.6%로 안전사용 수칙 준수율은 89.0-95.0%로 대부분이 잘 지키고 있는 것으로 나타났다(Table 3). 농약 안전사용기준은 반드시 지켜야 한다는 취지로 볼 때 지속적인 지도와 교육이 필요한 것으로 판단된다.

농약 약해 경험

최근 5년간 약해 경험에 대한 조사에서는 과채소류 재배 농가가 가장 높은 14%, 벼와 과수류 재배농가는 11%, 엽채소류 재배농가는 8% 순으로 나타났다(Table 4). 선행조사에서는 과채류 농가가 가장 낮은 10%였으나 현 조사에서는 14%로 가장 높아졌고, 벼와 과수류 재배농가는 각각 18%, 20%에서 11%로 낮아졌다. 약해는 혼용가부, 살포시기, 살포량 등 사용방법 및 주의사항을 지키지 않거나 제초제 사용 미숙으로 인해 발생하는데, 약해 경험 사례가 낮아진 것은 안전사용을 지키는 농가가 많아진 결과라고 판단된다. 그러나 약해로 인한 농작물피해로 민원 발생이 지

Table 4. Proportion (%) of farmers experienced crop damage by pesticides applied.

Crops	Experience of crop damage (%)	
	Yes	No
Leaf vegetables	8	92
Fruit vegetables	14	86
Fruits	11	89
Rice	11	89

Table 5. Proportion of farmers experienced intoxication by applied pesticides.

Crops	Experience of intoxication (%)	
	Yes	No
Leaf vegetables	7	93
Fruit vegetables	11	89
Fruits	7	93
Rice	7	93

속되고 있으므로 농약안전사용 교육과 홍보는 지속되어야 할 것이다.

농약 중독 경험

최근 5년간 농약 중독 경험에 대한 조사결과 중독 경험이 있다고 응답한 농가는 7-11%로 평균 8%였다. 선행조사와 비교했을 때 과채소류 농가는 6%에서 11%로 상승하였고, 벼와 과수류 농가는 각각 11%, 17%에서 7%로 감소되었다. 중독 증상으로는 대부분 어지럼, 메스꺼움 증상이었고 구토 증상은 엽채소류 및 벼는 2개 농가, 과채류 및 과수류는 각각 3개 농가였으며, 이중 5개 농가는 병원치료를 하였다고 응답하였다(Table 5). 수화제 등 가루 농약은 물에 희석하는 과정에서 농약가루를 흡입할 위험이 있기 때문에 반드시 마스크를 착용해야 하는데, 쓰지 않는다고 대답한 경우가 매우 높았다. 또한 농약살포 작업 특성상 병해충 발생이 많은 여름철 무더위 또는 시설 내에서 살포하는 작업환경에서 보호구 착용을 소홀히 하고, 한낮이나 장시간 동안 농약살포 작업 등으로 농약 중독을 일으키는 경우가 있었다.

엽채소류 재배농가의 농약사용

2012년에 조사한 엽채소류의 단위면적당 농약사용량(kg a.i. ha⁻¹)은 배추 4.3, 무와 부추 2.1, 시금치 0.8, 상추 0.4, 잎들깨 0.4순으로 많이 사용되었다(Fig. 1). 무의 경우 2004년도에 비해 2008년과 2012년에 급격히 높아진 원인은 2004년은 시설내의 열무를 조사했고, 2008년과 2012년은 노지 재배 무를 조사했기 때문이다. 부추는 2004년과 비교했을 때 현격한 사용량 저하를 보였는데 이는 부추의 재배방법에 따른 차이로 보인다. 부추는 대부분 하우스에서 재배하여 3월 하순-4월까지 파종한 후 1년간 노지에서 비배관리 후 하우스를 설치 파종하여 다시 1년이 경과한 후에 수확한다. 따라서 노지비배관리 기간, 하우스재배기간, 수확기간 등 해당 조사 기간에 따라 농약사용량이 달라질 수 있기 때문이다.

엽채소류에 사용된 농약 중 사용 빈도수가 가장 많은 5종

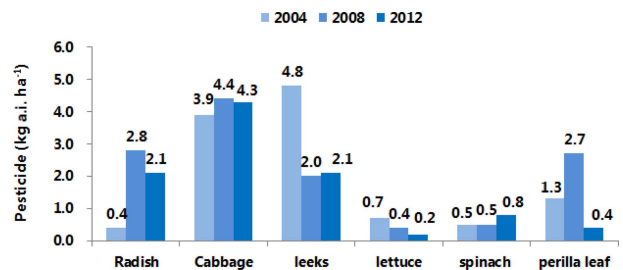


Fig. 1. The amounts of pesticides used for leaf vegetables in 2004, 2008 and 2012.

Table 6. Input amounts per unit area of top 5 pesticides used for 6 types of leaf vegetables in 2012.

Ranking	Input amount per unit area (kg a.i. ha ⁻¹)					
	Radish	Cabbage	Leeks	Lettuce	Spinach	Perilla
1	Diazinon + Phorate (14.2)	Ethoprophos (17.1)	Cartap hydrochloride (2.0)	Propamocarb hydrochloride (0.26)	Metalaxyl (2.4)	Hymexazol + Metalaxyl (0.06)
2	Dichlorvos + Etofenprox (4.8)	Diazinon + Phorate (7.2)	Alachlor (1.2)	Glyphosate-potassium (0.11)	Dimethomorph (0.9)	Azoxystrobin (0.06)
3	Phorate (3.3)	Benomyl (6.7)	Cadusafos (0.9)	Flubendiamide (0.08)	Ethaboxam (0.7)	Flubendiamide (0.05)
4	Diazinon (3.0)	Metconazole + Thiophanate-methyl (4.7)	Carbofuran (0.7)	Benomyl (0.05)	Ethoprophos (0.5)	Imidacloprid (0.05)
5	Mancozeb (1.8)	Oxolinic acid (4.1)	Benomyl (0.7)	Emamectin benzoate (0.04)	Thiophanate-methyl (0.3)	Carbendazim (0.04)

의 농약 중 무, 배추, 부추는 살충제(diazinon + phorate, ethoprophos, cartap hydrochloride)를 가장 많이 사용하였고, 상추, 시금치, 잎들깨는 살균제(propamocarb hydrochloride, metalaxyl, hymexazol + metalaxyl)를 가장 많이 사용하였다 (Table 6). 무와 배추는 토양살충을 위하여 diazinon + phorate 와 ethoprophos를 각각 14.2 kg a.i. ha⁻¹, 17.1 kg a.i. ha⁻¹로 많은 양을 살포하였다. 부추는 고자리 파리 방제를 위하여 토양처리제인 cartap hydrochloride를 2.0 kg a.i. ha⁻¹를 살포하였다. 작용기작이 같거나 동일 계통의 농약을 연용하면 약제에 대한 저항성이 발생하므로 작용기작과 계통이 다른 약제를 사용하여야 한다. 특히 phorate는 감자, 마늘, 백합의 거세미나방, 뿌리응애 등에 등록되어 있고 무와 배추에는 등록되지 않았다. 배추를 제외한 엽채소류 작물의 적용약제가 적어 농가에서는 미적용 대상 약제를 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 농약 판매상 및 사용 농업인에 대해 안전사용교육을 강화하고 엽채소류에 대한 적용 작물을 확대하여야 할 것으로 판단된다.

과채류 재배농가의 농약사용

2013년 과채류의 단위면적당 농약사용량(kg a.i. ha⁻¹)은 노지고추 12.5, 시설고추 6.8, 오이 6.2, 딸기 2.1, 토마토 1.6, 수박 1.1, 참외 1.0순으로 많이 살포되었다. 선행연구 2005, 2009년도와 비교해보면 사용량이 점차적으로 감소한 작물은 노지고추, 딸기, 참외, 토마토 등 4개 작물이었다. 시설고추에서는 사용량이 낮아지다가 2013년에 다시 많아졌고, 수박과 호박은 불규칙한 경향을 보였다(Fig 2). 노지고추는 다른 조사 작물에 비해 재배기간이 길고 연속 수확하는 작물로서 탄저병 등 병해충이 많이 발생하므로 농약사용량

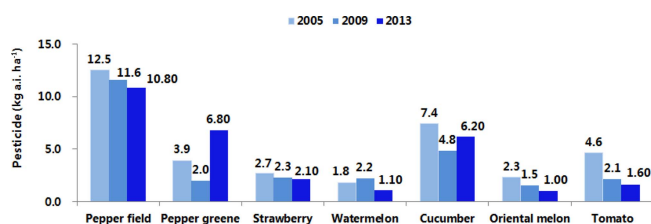


Fig. 2. The amounts of pesticides used for fruit vegetables in 2005, 2009 and 2013.

이 많은 것으로 보인다. 시설고추에서는 풋고추용으로 노지재배보다 재배 작기가 짧고 시설 내에는 병해충 발생량이 작아 노지고추에 비해 농약사용량이 많지 않기 때문으로 판단된다. 과채류에 사용된 농약 중 사용 빈도수 가장 많은 5종의 농약 중 고추, 딸기, 오이, 참외, 토마토는 살균제(chlorothalonil, propineb, benomyl, chlorothalonil, chlorothalonil, chlorothalonil)를 가장 많이 사용하였고, 수박은 살충제(fluopyram)를 가장 많이 사용하였다(Table 7). 고추에 피해가 가장 많은 탄저병 방제를 위하여 chlorothalonil, propineb를 가장 많이 사용하였고, 탄저병과 함께 고추의 2대 병해로 꼽히고 있는 역병 방제를 위해서 mancozeb를 두 번째로 많이 살포하였다. 딸기에 가장 많이 사용한 benomyl은 탄저병을 방제하기 위하여 살포하였으나 딸기에 등록되지는 않았다. 수박은 흰가루병 방제를 위하여 fluopyram을 가장 많이 살포하였으며, 오이, 참외, 토마토 등 3개 작물은 chlorothalonil을 가장 많이 사용하였다. 한편 고추와 딸기에 많이 살포된 mancozeb와 benomyl성분은 일반적인 품목의 주성분 함유량은 20%미만인데 비해 각각 75%, 50%로 높은 주성분양이 함유되어 있어서 제품량을 많이 사용

Table 7. Input amounts per unit area of top 5 pesticides used for 7 types of fruits vegetables in 2013.

Rank	Input amount per unit area (kg a.i. ha ⁻¹)						
	Pepper field	Pepper greenhouse	Strawberry	Watermelon	Cucumber	Oriental melon	Tomato
1	Chlorothalonil (3.5)	Propineb (2.7)	Benomyl (0.3)	Fluopyram (0.1)	Chlorothalonil (0.9)	Chlorothalonil (0.3)	Chlorothalonil (0.2)
2	Copperoxychloride + Kasugamycin (0.8)	Mancozeb (1.2)	Kresoxim-methyl (0.3)	Propineb (0.1)	Dimethomorph (0.8)	Fluopyram (0.1)	Fludioxonil (0.1)
3	Thiophanate-methyl (0.7)	Trifloxystrobin (0.3)	Triflumizole (0.2)	Imidacloprid (0.1)	Dimethomorph + Ethaboxam (0.6)	Ethaboxam + Propamocarbhydrochloride (0.1)	Cymoxanil + Famoxadone (0.1)
4	Blendofalkylarylpolyethoxylate & sodiumsulfonatealkylate (0.5)	Procymidone (0.3)	Acetamiprid (0.1)	Trifloxystrobin (0.1)	Bordeauxmixture (0.5)	Dinotefuran (0.0)	Dinotefuran (0.1)
5	Flubendiamide (0.5)	Streptomycin (0.2)	Azoxystrobin (0.1)	Mancozeb (0.1)	Copperoxychloride + Kasugamycin (0.4)	Famoxadone + Mandipropamid (0.0)	Propamocarbhydrochloride (0.1)

하지 않았어도 그 주성분 살포량이 높게 나타났다.

과수류 재배농가의 농약사용

2014년 과수류의 단위면적당 농약사용량(kg a.i. ha⁻¹)은 감귤이 31.8로 가장 많았고, 다음으로는 사과 11.3, 배 9.5, 복숭아 5.7, 단감 3.9, 포도 3.7순으로 많았다. 2006년과 2010년의 선행조사와 비교하면 배만 2004년과 같고 나머지 5개 작물은 모두 사용량이 감소하였다(Fig. 3). 2006년 이후로 병해충 발생이 갈수록 적어지고 원예용 살충제 출하량도 감소하는 경향으로 나타났다. 원예용 농약 출하량은 2006년 11,045 M/T, 2010년 10,369 M/T, 2014 10,084 M/T

로 약 7-9%정도 감소하였다(KCPA, 2015). 2014년 과채류에 사용된 농약 중 사용 빈도수 가장 많은 5종의 농약 중 사과, 배, 포도, 복숭아, 감귤은 살균제(mancozeb, difenoconazole,

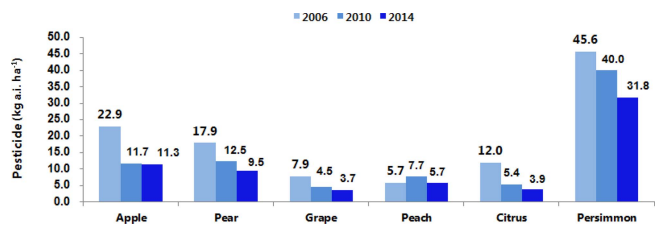


Fig. 3. The amounts of pesticides used for fruits in 2006, 2010 and 2014.

Table 8. Input amounts per unit area of top 5 pesticides used for 6 types of fruits in 2014.

Rank	Input amount per unit area (kg a.i. ha ⁻¹)					
	Apple	Pear	Grape	Peach	Citrus	Persimmon
1	Mancozeb (5.3)	Difenoconazole (1.5)	Mancozeb (1.7)	Trifloxystrobin (1.0)	Dithianon (0.9)	Fenitrothion (2.0)
2	Acetamiprid (0.8)	Dinotefuran (1.5)	Difenoconazole (1.1)	Etofenprox (1)	Fluazinam (0.9)	Iprodione (0.9)
3	Imidacloprid (0.6)	Trifloxystrobin (0.8)	Fluquinconazole (1)	Chlorantraniliprole (0.9)	Chlorantraniliprole (0.8)	Bifenthrin (0.8)
4	Thiamethoxam (0.6)	Pyraclostrobin (0.7)	Pyrimethanil (0.7)	Difenoconazole (0.8)	Metconazole (0.7)	Benomyl (0.7)
5	Coppersulfatebasic (0.4)	Bifenthrin (0.6)	Acetamiprid (0.6)	Dithianon (0.7)	Trifloxystrobin (0.7)	Clothianidin (0.7)

제(fenitrothion)를 가장 많이 사용하였다(Table 8). 사과와 포도는 탄저병 방제를 위하여 mancozeb를 가장 많이 사용하였고, 배는 검은별무늬병 방제를 위하여 difenoconazole, 복숭아는 잿빛무늬병 방제를 위하여 trifloxystrobin을 가장 많이 사용되었다.

벼 재배농가의 농약사용

2015년 벼에 농약살포 횟수는 4.4회로 조사되었다(Fig. 4). 2007년도 5.3회에 비해 살포횟수가 약 1회 정도 감소했다. 농약살포 횟수와 농약사용량과는 비례하지 않는다. 병해충, 잡초의 발생 종류 및 발생 정도에 따라 살균제, 살충제와 혼용하는 경우가 다르고 사용량 또한 증감하기 때문이다. 그러나 벼는 과수 등 원예 작물에 비해 살포 횟수가 현저히 낮다.

2015년 벼의 단위면적당 농약사용량(kg a.i. ha⁻¹)은 3.16 kg이었다(Fig. 5). 이는 선형조사 했던 2007년 6.38 kg과 2011년 3.46 kg 보다 각각 50%, 9% 감소하는 경향이였다. 2007년에는 전국적으로 흑명나방이 대대적으로 발행함에 따라 농약사용량이 많은 것으로 나타났다(Ha et al., 2012).

2015년 벼의 약제별 농약사용량(kg a.i. ha⁻¹)은 살균제 1.2, 살충제 0.6, 제초제 1.3으로, 2007년 이후로 살균제와 살충제는 사용량이 대폭 감소하는 경향을 보였다(Fig. 6). 2011년을 2007년과 비교했을 때 살균제는 2.7 kg에서 1.3 kg으로 52% 감소하였고, 살충제는 2.2 kg에서 1.3 kg으로 41% 감소하였다. 그 후 2015년에는 살균제는 2011년 1.3 kg보다 23% 감소한 1.0 kg이었으나, 살충제는 1.3 kg에서 0.8 kg으로 38%의 다소 많은 감소량을 보였다. 그러나 제초제는 2007년 1.5 kg에서 2011년 0.9 kg으로 40%의 감소경향을 보이다가 2015년에는 1.3 kg으로 다시 사용량이 증가하는 경

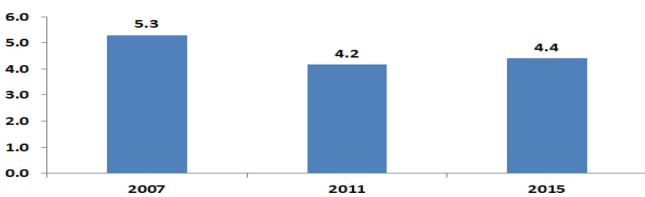


Fig. 4. The number of pesticide application made to rice in 2007, 2011 and 2015.

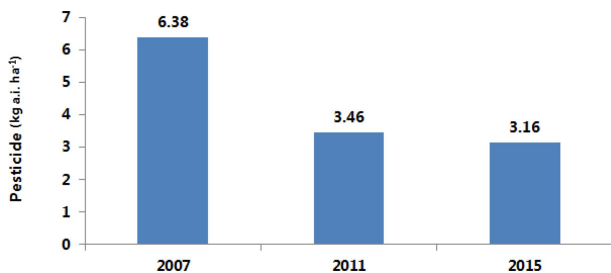


Fig. 5. The amounts of pesticides used for rice in 2007, 2011 and 2015.

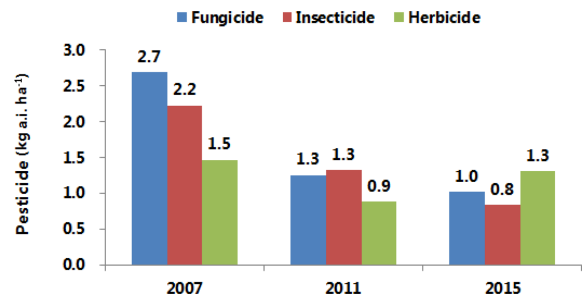


Fig. 6. The amounts of pesticides used for rice in 2011, 2007 and 2015.

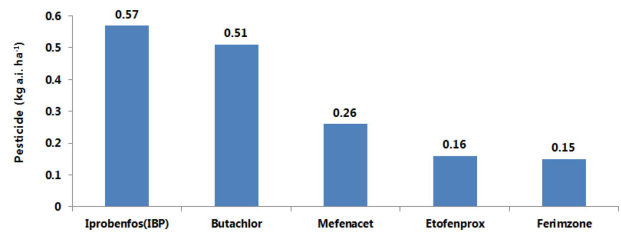


Fig. 7. Use frequency of top 5 pesticides for rice in 2015.

향을 보였다. 2007년 이후 살균제와 살충제의 사용이 급감한 사유는 병해충 방제에 있어서 예방위주의 관행적 방제에서 병해충 예찰에 따른 방제를 한 것으로 판단되고, 잡초방제는 중간에 사용량 변화의 폭이 다소 컸지만 전반적인 사용량은 현재와 같이 지속될 것으로 판단된다.

2015년 벼에 사용되는 농약성분별 농약 중 단위면적당 사용량이 가장 많은 농약은 살균제 iprobenfos였으며, 다음으로는 제초제 butachlor, mefenacet, 살충제 etofenprox, 살균제 ferimzone 순으로 사용량이 많았다(Fig. 7). 가장 사용량이 많은 iprobenfos는 도열병 방제를 위하여 많이 사용되는 농약으로서 입제 형태의 농약은 17%, 유제 형태의 농약은 48%로 iprobenfos의 함유량이 높아 사용량이 많은 것으로 판단되며, 두 번째로 많이 사용된 butachlor는 대부분의 제초제가 합제 형태인 것에 비해 주성분 함유량도 비교적 높은 5%인 입제형태의 단제로써 초기 제초제로 가장 많이 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

수도용 제초제는 43종의 농약성분이 사용되었으며 이중 butachlor (136.4 kg)가 가장 많이 사용되었고 다음으로는 mefenacet (79.5 kg), fentrazamide (31.1 kg), benzobicyclon (28.8 kg), bromobutide (16.3 kg)순으로 사용되었다(Table 9). Butachlor가 가장 많이 사용된 이유는 이앙 전 처리제, 초기 처리제용으로서의 사용과 주성분 함유량(입제 5%, 유제 58.8)이 높았기 때문으로 판단되고, mefenacet 역시 주성분 함유량(입제 3-4%, 액상수화제 20-24%)이 높았고 특히 대단위로 재배(11-20 ha)하는 4개 농가는 원액으로 수면에 점적처리하는 액상수화제를 111-200병을 사용하였다. 이들 두 약제는 1980년대부터 피를 방제하기 위해 주로 사용되

Table 9. Herbicide usage for paddy field in 2015.

Rank	Herbicide for paddy field	Amount of ingredient used (kg a.i. 262 ha ⁻¹)	Amount per unit area (kg a.i. ha ⁻¹)
1	Butachlor	136.444	0.5210
2	Mefenacet	79.528	0.3037
3	Fentrazamide	31.175	0.1190
4	Benzobicyclon	28.875	0.1103
5	Bromobutide	16.348	0.0624
6	Oxadiazon	13.168	0.0503
7	Metazosulfuron	8.7417	0.0334
8	Bentazone	6.040	0.0231
9	Oxadiargyl	5.109	0.0195
10	Bensulfuron-methyl	5.0261	0.0192
11	Cyhalofop-butyl	3.297	0.0126
12	Pyrazolate	2.790	0.0107
13	Pretilachlor	2.006	0.0077
14	Imazosulfuron	1.981	0.0076
15	Tefuryltrione	1.318	0.0050
16	Penoxsulam	1.306	0.0050
17	Cyclosulfamuron	1.155	0.0044
18	Propanil	1.040	0.0040
19	Pyriminobac-methyl	0.840	0.0032
20	MCPA	0.669	0.0026
21	Pyrimisulfan	0.625	0.0024
22	Bifenox	0.525	0.0020
23	Simetryn	0.440	0.0017
24	Pyraclonil	0.332	0.0013
25	Pyrazosulfuron-ethyl	0.318	0.0012
26	Cafenstrole	0.308	0.0012
27	Carfentrazone-ethyl	0.278	0.0011
28	Halosulfuron-methyl	0.221	0.0008
29	Ipfencarbazon	0.200	0.0008
30	Benfuresate	0.158	0.0006
31	Pentoxazone	0.141	0.0005
32	Flucetosulfuron	0.141	0.0005
33	2,4-D ethylester	0.135	0.0005
34	Oxaziclofomefone	0.114	0.0004
35	Mesotrione	0.113	0.0004
36	Azimsulfuron	0.107	0.0004
37	Triafamone	0.097	0.0004

38	Metamifop	0.090	0.0003
39	S-metolachlor	0.075	0.0003
40	Pyrifitalid	0.054	0.0002
41	Propyrisulfuron	0.053	0.0002
42	Clomazone	0.019	-
43	Saflufenacil	0.013	-
Total		351.414	

Table 10. The amounts of SU-herbicides used for rice in 2015, 2007 and 2011.

SU-herbicide	Year of registration	2007 (kg a.i. ha ⁻¹)	2011 (kg a.i. ha ⁻¹)	2015 (kg a.i. ha ⁻¹)
Bensulfuron-methyl	1988	0.0071	0.0032	0.0191
Pyrazosulfuron-ethyl	1990	0.0138	0.0026	0.0012
Imazosulfuron	1997	0.0253	0.0154	0.0072
Halosulfuron-methyl	1999	0.0035	0.0007	0.0008
Cinosulfuron	1999~2010	0.0001	-	-
zimsulfuron	2003	0.0014	0.0040	0.0004
Flucetosulfuron	2004	0.0000	0.0021	0.0005
Metazosulfuron	2011	-	-	0.0113
Propyrisulfuron	2013	-	-	0.0002
Total		0.0512	0.0280	0.0407

던 제초제로 아직도 농가뿐만 아니라 제조회사에서 논에서 제일 문제인 피를 방제하기 위해 많이 사용되고 있다는 것을 간접적으로 시사하고 있다.

설폰닐우레아(SU)계통 농약 사용은 2010년에 cinosulfuron이 폐지되어 2015년 현재 10종이 등록되어 있는데, 2007, 2011, 2015년 농약사용 실태조사 조사시점에는 폐지된 cinosulfuron을 포함하여 9종이 사용되었으며, 사용되지 않은 농약은 cyclosulfamuron, nicosulfuron 등 2종이다. 2000년 이전에 국내에 등록 사용된 농약이 5종, 2001년 이후에 등록 사용된 농약은 4종이었다. 가장 오래된 농약은 bensulfuron-methyl로 현재까지도 농업인들이 많이 사용하고 있는 농약에 속하고 있다. 단위면적당 사용량(kg a.i. ha⁻¹)은 2007년에는 0.0512가 사용되었고, 2011년에는 0.0280이 사용되어 2007년보다 45% 감소하는 경향을 보였으나, 2015년 조사시점에는 2011년 11월에 새롭게 등록된 metazosulfuron 0.0113을 포함하여 0.0407이 사용되어 2007년보다는 20% 낮고 2011에 비해서는 31% 높은 증가율을 보였다(Table 10). 이와 같이 SU계 제초제 사용량이 감소경향을 보이다가 다

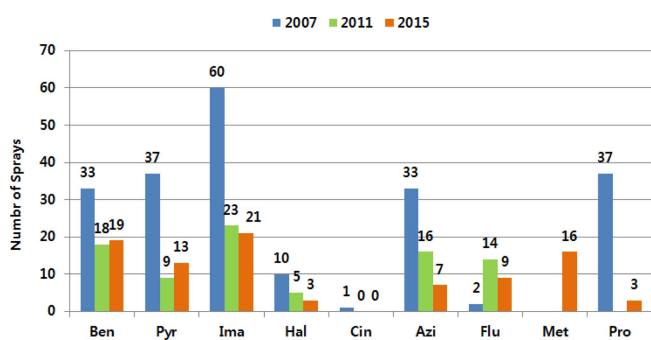


Fig. 8. The number of SU-herbicide spraying of all survey farmers for rice in 2007, 2011 and 2015. Ben: bensulfuron-methy; Pyr: pyrazosulfuron-ethyl; Ima: imazosulfuron; Hal: halosulfuron-methyl; Cin: cinosulfuron; Azi: azimsulfuron; Flu: flucetosulfuron; Met: metazosulfuron; Pro: propyrisulfuron.

시 2015년에 증가한 원인은 metazosulfuron의 사용량이 많았기 때문이며, 2015년에 사용한 SU계 제초제(8종)의 총 사용량(0.0407 kg) 중 metazosulfuron이 28% (0.0113 kg)에 달한다. Metazosulfuron 사용량이 많은 원인은 이미 등록된 SU계 제초제 보다 함유량이 비교적 높기 때문이며, 제형별로는 입제 0.33-3.2%, 직접살포정제 3.2-4.0%, 입상수화제 33.33%, 정제상수화제 2%로 함유량이 높다. 결과적으로 2015년에는 metazosulfuron으로 인하여 SU계 사용량이 증가하게 되는 경향을 보였다. Metazosulfuron을 제외한 SU계 제초제는 고효성으로 주성분 함유량이 매우 낮다. 몇 가지 SU계 제초제의 함유량을 살펴보면 bensulfuron-methy은 0.08-1.5%, imazosulfuron은 0.25-1.5%, pyrazosulfuron-ethyl은 0.05-3%, halosulfuron-methyl은 0.18-18%, flucetosulfuron은 0.07-5% 등으로 낮다. 고효성 SU계통의 제초제는 약해가 없고 약효도 좋아 대량 살포하면서 SU계 제초제에 대한 저항성 물옥잠이 1999년 처음 밝혀진(Park et al., 1999) 이래로, SU계 제초제 저항성 물달개비, 알방동사니, 올챙이고랭이 등이 보고되었다(Ihm et al., 2003; Kwon et al., 2002; Kwon et al., 2009; Park et al., 2002, 2009, 2001). 2010년에는 ACCase 제초제에 저항성 물피와 강피가 충남 서산과 전북 김제에서 각각 확인되어 제초제 저항성 양상이 다양해짐을 확인할 수 있었다(Im, 2009; Lim et al., 2010; Park et al., 2010). 2012년 6월까지 학계를 통하여 우리나라에 정식적으로 보고된 제초제 저항성 논잡초는 11종이다(Lee et al., 2012). 사용한 제초제의 전체 건수 중 SU계통 농약의 사용 빈도를 살펴보면 2007, 2011, 2015 조사결과 각각 37%, 23%, 19%로 낮아졌다. 즉, 2007년은 제초제 사용건수가 570건이었고 이중에 SU계 제초제는 213건의 빈도로서 37%이며, 2011년은 제초제 사용건수가 368건이었고 이중에 SU계 제초제는 85건의 빈도로서 23%, 2015년은 제초제 사용건수가 458건이었고 이중에 SU계 제초제는 91건의 빈도로서

19%였다. 이와 같은 결과는 그 동안 1971년부터 현재까지 5차에 걸친 국내 논잡초 발생분포 조사(Lee et al., 2016)와 논잡초 저항성 연구결과에 따라 지속적인 지도·홍보로 저항성이 없는 약제로 대체해가고 있는 것으로 판단된다(Fig. 8).

요 약

농약의 오남용을 방지하고 안전한 농산물을 생산하기 위한 일환으로 농약 등록 후에 농가에서 사용되는 농약 사용 실태 및 작물별 단위면적당 농약사용량을 조사하였다(2012-2015). 약해피해에 대한 조사에서는 과채류가 14%로 가장 높았고, 벼, 과수류, 엽채소류는 각각 11%, 11%, 8%순으로 나타났다. 농약안전사용 수칙 준수 여부에 관한 7개 항목 중 농약사용량 준수 등 6개 항목은 대부분 잘 지키고 있었으나, 보호구 착용의 비율은 상대적으로 낮았다. 단위면적당 농약사용량(kg a.i. ha⁻¹)조사결과는 엽채소류 6종(1.65), 과채류 6종(4.93), 과수류 6종(10.98), 벼(3.16) 순이었으며, 선행 조사 보다 사용량은 대체로 감소하는 경향이였다. 이는 성분함량이 높은 농약보다 고 효율화된 농약개발과 함께 사용량도 감소하고 있기 때문이라고 판단된다. 수도용 제초제는 Butachlor 등 43종의 농약 성분이 사용되었으며 단위면적당 1.3 kg이 사용되었는데, 벼에 사용된 농약 중 제초제는 44%에 달하였다. 설포닐우레아(SU)계통 농약 사용은 9종으로서 2015년 단위면적당 사용량(kg a.i. ha⁻¹)은 2015년 조사 시점에는 2011년 11월에 새롭게 등록된 Metazosulfuron 0.0113을 포함하여 0.0407로 2007년보다는 20% 낮고 2011에 비해서는 31% 높은 증가율을 보였으며, 살균제 및 살충제의 사용량 감소와는 달리 제초제 사용량은 현재와 같이 지속될 것으로 판단되었다.

주요어: 농약 사용실태, 사용량, 안전사용, 저항성, 농가

Acknowledgements

This research was supported by a project from the Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ009626) of the RDA.

References

- Ha, H.Y., Ra, D.S., Shin, W.C., Im, G.J. and Park, J.E. 2012. Survey of pesticide use in fruit vegetables, fruits, and rice cultivation areas in Korea. Korean J. Pestic Sci. 16(4):395-400. (In Korean)
- Ihm, Y.B., Kim, K.S., Kyung, K.S., Kim, N.S., Ha, H.Y., et al. 2003.

- Survey of pesticide usage on fruits in Korea. Korean J. Pesticide Sci. 7(4):258-263. (In Korean)
- Im, S.H., Park, M.W., Yook, M.J. and Kim, D.S. 2009. Resistance to ACCase inhibitor cyhalofop-butyl in *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* collected in Seosan, Korea. Korean J. Weed Sci. 29(2):178-184.
- Im, I.B. 2009. Control and emergence of herbicides resistant *Echinochloa oryzicola* in paddy field of Korea. Korean J. Weed Sci. 29(2):103-104. (In Korean)
- Kim, K.S., Kim, K.H., Kim, N.S., Ihm, Y.B., Lee, H.D., et al. 2006. Survey on compliance of pesticide registration standard and pesticide usage of paddy rice and leaf vegetables in Korea. Korean J. Pesticide Sci. 10(3):183-188. (In Korean)
- KCPA (Korea Crop Protection Association). 2015. Agrochemical Year Book, Seoul, Korea.
- Kwon, O.D., Kuk, Y.I., Lee, D.J., Shin, H.R., Park, I.J., et al. 2002. Growth and yield of rice as affected by competitive period of resistant *Monochoria vaginalis* biotypes to sulfonylurea herbicides. Korean J. Weed Sci. 22(2):147-153. (In Korean)
- Kwon, O.D., Kuk, Y.I., Cho, S.H. and Shin, H.R. 2009. Control of sulfonylurea-resistant biotype of *Eleocharis acicularis* in paddy fields in Jeonnam province, Korea. Korean J. Weed Sci. 29(1):32-34. (In Korean)
- Kwon, O.K., Hong, S.M., Choi, D.S., Park, C.W., Song, B.H., et al. 2001. Survey of pesticide usage on fruit crops for the development of pesticide use indicator. Korean J. Pestic. Sci. 5(4):40-44. (In Korean)
- Kwon, O.K., Hong, S.M., Choi, D.S., Seong, K.S., Ihm, Y.B., et al. 2000. Survey of pesticide usage in paddy rice for the establishment of pesticide use indicator. Korean J. Pestic. Sci. 4(4):35-39. (In Korean)
- Lee, I.Y., Park, J.S., Seo, Y.H., Kim, E.J., Lee, S.G., et al. 2012. Occurrence trends of herbicide resistant weeds in paddy fields in Korea. Korean J. Weed Sci. 32(2):121-126. (In Korean)
- Lee, I.Y., Kim, C.S., Lee, J., Park, T.S., Moon, B.C., et al. 2016. Changes in weed vegetation in paddy fields over the last 50 years in Korea. Korean J. Weed Sci. 5(1):1-4. (In Korean)
- Lim, S.H., Song, J.S., Zhang, C. and Kim, D.S. 2010. ACCase inhibitor cyhalofop-butyl resistance in *Echinochloa oryzicola* collected in Chungnam and Jeonbuk province, Korea. Korean J. Weed Sci. 30(1):45-46. (In Korean)
- Oh, K.S., Ihm, Y.B., Oh, H.K., Lee, B.M., Kyung, K.S., et al. 2003. Survey on pesticide usage for the development of pesticide use indicator in fruit vegetables. Korean J. Pestic. Sci. 7(1):66-73. (In Korean)
- Park, T.S., Moon, B.C., Oh, S.M. and Kim, K.U. 2002. Whole plant response and acetolactate synthase activity of sulfonylurea-resistant *Monochoria korsakowii* occurred in paddy fields of Korea. Korean J. Weed Sci. 22(4):359-367. (In Korean)
- Park, T.S., Ku, B.I., Kang, S.K., Choi, M.K., Park, H.K., et al. 2010. Response of the resistant biotype of *Echinochloa oryzoides* to ACCase and ALS inhibitors, and effect of alternative herbicides. Korean J. Weed Sci. 30(3):291-299. (In Korean)
- Park, T.S., Kang, C.K., Park, J.E., Ku, B.I., Park, H.K., et al. 2009. Identification and management of sulfonylurea-resistant biotype of *Scirpus planiculmis* in reclaimed paddy fields, Korea. Korean J. Weed Sci. 29(1):35-37. (In Korean)
- Park, T.S., Kim, C.S., Moon, B.C., Lee, I.Y., Lim, S.T., et al. 2001. Occurrence and control of *Lindernia dubia* (L.) Pennell var. *dubia*, sulfonylurea resistant biotype in paddy fields in southern areas of Korea. Korean J. Weed Sci. 21(1):33-41. (In Korean)
- Park, T.S., Kim, C.S., Park, J.E., Oh, Y.K. and Kim, K.U. 1999. Sulfonylurea-resistant biotype of *Monochoria korsakowii* in reclaimed paddy fields in Seosan, Korea. Korean J. Weed Sci. 19(4):340-344.
- Statistics Korea. 2010 Agricultural Census. Daejeon, Korea.
- Statistics Korea. 2015 Agricultural Census. Daejeon, Korea.
- RDA (Rural Development Administration). 2015. Statistical manual of the agricultural products industry. p. 17. (In Korean)