농약과학회지 (Korean J. Pestic. Sci.)
Vol. 24, No. 1, pp. 19-33 (2020)
Open Access https://doi.org/10.7585/kjps.2020.24.1.19
ORIGINAL ARTICLES

Online ISSN 2287-2051
Print ISSN 1226-6183
Check for updates

1980년대 이후 우리나라에 등록 된 살균제와 살충제의 독성, 제형 및 계통별 현황

유진상[1,2] · 임태헌[2] · 이동운[1]*
[1]경북대학교 생태과학과, [2]㈜누보

Status of Registered Fungicides and Insecticides by Toxicity, Formulation and Classification in Korea Since 1980s

Jin-sang Yu[1,2], Tae Heon Lim[2], DongWoon Lee[1]*
[1]Department of Ecological Science, Kyungpook National University, Sangju, Gyeongsangbuk-do, 37224, Republic of Korea
[2]Nousbo Co., Ltd. Suwon, Gyeonggi-do, 16619, Republic of Korea

(Received on January 29, 2020. Revised on February 16, 2020. Accepted on February 17, 2020)

Abstract Introduction of chemical pesticides has been in Korea since 1930s, but used as full-scale since 1970s. Therefore, this study was conducted to understand the changing process of the pesticide industry by comparing Korea's pesticide registration status from 1981 to 2018. Based on the common name, the number of registered pesticides have doubled in 1980s to 2010s. Among the registered pesticides in Korea since 1980s, low-toxic pesticides were accounted for 81.1% of total and and fish toxicity III grade were accounted for 64.8% of all the pesticides. There were only five types of pesticide formulations before 1980s. However, about 10 species grew by 10 years period, reaching 39 in 2010s. In 1980s and 1990s, ratio of wettable powder and emulsifiable concentrate was the highest, but since 2000, the ratio of suspension concentrate and granule formulation increased rapidly. The fungicides had a high ratio of wettable powder, suspension concentrate, and water dispersible granule formulation, and pesticides were emulsifiable concentrate, suspension concentrate, and wettable powder formulation, respectively. Registration status of fungicides by classification was increased from 27 classes before 1980s to 71 classes in 2010. The proportion of items in the top three classes averaged 29.3% by chronology. Insecticides had tripled from 13 classes before the 1980s to 40 classes in the 2010s. The ratio of the top three classes in insecticides was 10% higher than the fungicides. The results of this survey can be used as basic data to understand change in the agrochemical industries in Korea.

Key words Classification, Formulation, Fungicide, Insecticide, Pesticide

<< ORCID
Dong Woon Lee
http://orcid.org/0000-0001-9751-5390

서 론

농약은 병해충 및 잡초와 같은 작물의 생육을 저해하는 인자들로부터 보호역할을 하는 농자재로 농업 생산물의 양적 증대와 품질향상, 농작업의 생력화 등의 다양한 순기능을 갖는 현대 농업에 있어 필수불가결한 요소의 하나로 사용되고 있다(Park et al., 1994; Jeong et al., 2004).

작물의 안전한 생육을 돕는 자재의 의미로 농약을 대신하여 '작물보호제'라는 단어로 사용되고도 있는데 농약관리법상 농약은 농작물을 해하는 균, 곤충, 응애, 선충, 바이러스, 잡초, 기타 농식품부령이 정하는 동식물의 방제에 사용되는 살균제, 살충제, 제초제, 기타 농식품부령이 정하는 약제와

*Corresponding author
E-mail: whitegrub@knu.ac.kr

농작물이 생리기능을 증진하거나 억제하는데 사용되는 약제를 말한다(Jeong et al., 2004; Shim and Kim, 2005).

과거에서 현대농업에 이르기까지 필요한 농업용 자재의 하나로 농업생산성을 높이기 위해 주로 사용되어 온 작물보호제의 세계 시장 규모는 2015년512억 천만달러에 이르고 있다(Phillips McDougall, 2017). 우리나라에서 작물보호제에 대한 기록은 1429년 정조의 '농사직설'에 최초로 등장하고, 1610-1617년 허균의 한정록에 고삼이나 도꼬마리, 쑥 등을 해충방제제로 사용한 기록이 있다(Jeong et al., 2004).

20세기 이전까지 사용된 농약은 천연산물이나 무기물들을 이용하였는데 1930년 일제강점기에 조선삼공농약사가 설립되어 유기합성 농약이 우리나라에 처음 도입이 되었고, 1969년 우리나라 최초의 농약원제 합성이 이루어졌다(Jeong et al., 2004). 1970년대부터 점진적으로 증가하던 농약산업은 1980년대와 1990년대에 급격한 양적 성장을 이루어 1999년 총 매출액이 1조 1천억원을 돌파하였으나 2000년대 중반 이후 정체국면에 있다(Kim and Lee, 2001; Jeong et al., 2004; Kim et al., 2010).

우리나라의 농약생산량은 2017년 성분량으로 1,738톤, 생산금액으로는 1조 6285억원에 달하는데(https://www.koreacpa.org) 등록 된 작물보호제의 품목수는 2,006종에 등록수는 3,124종에 달한다.

작물보호제는 대상작물과 용도 및 제형 등에 따라 여러 가지 형태로 개발되어 오고 있는데 기존에 단일한 용도로서의 작물보호제 역할을 넘어 생장을 조절하고 살균과 살충, 살충과 제초의 역할을 병행할 수 있는 작물보호제의 개발을 통해 추가적인 노동력 절감으로 생산성을 더 높이기 위한 개발 노력이 계속되고 있다. 우리나라의 작물보호제 산업은 일제 강점기 때 태동하기는 하였으나 1980년대부터 급속히 증가하고 있는 실정이다. 한편 현대의 작물보호제 산업은 고도의 기술력이 집약된 정밀화학 산업 분야로 혁신화된 생산시설이 필요한 장치산업으로 인식되고 있다(Moon and Lee, 2000).

작물보호제의 사용 대상이 되는 각종 병해충들은 국제간 교역의 증가와 재배 작물의 다양화, 재배 방식의 변화 및 기상 등 환경조건의 변화 등으로 인해 매우 다양화 되고 있는 실정이다. 이러한 병해충의 다양화는 이들을 관리하기 위한 다양한 작물보호제의 등록이 필요하다. 따라서 사용되고 있는 작물보호제의 종류를 통해 우리나라 작물 재배 현장에서 문제 되는 병해충에 대한 작물보호의 실제적 상황을 직·간접적으로 파악할 수 있다. 아울러 등록 된 작물보호제들의 제제 현황을 통해 농업현장의 제형별 소비 현황과 기술력의 변화를 추론할 수 있으며 작물보호제들의 계통별 구분은 약제에 대한 병해충의 저항성 발현과 밀접한 관련을 가지고 있다.

우리나라에서 작물보호제는 농약관리법에 의하여 농촌진흥청에서 등록 관리되고 있는데 '농사로 농업기술포털'을 통해 농약등록현황에 관한 정보가 제공되고 있다(http://www.nongsaro.go.kr). 또한 매년 등록되어 유통되는 작물보호제들은 작물보호협회에서 책자로 발행되어 소비자들에게 정보를 제공하고 있다(KCPA, 2019). 그러나 년도별 농약등록현황, 제형이나 독성별 농약등록현황과 같은 포괄적 자료로 제공되고 있지 않아 개별적으로 자료를 정리하여 확인하여야 하는 어려움이 있다.

따라서 본 연구는 1981년 이후 우리나라에 등록 된 살충제와 살균제를 제형과 계통별로 1980년대부터 년대기 별로 구분하여 변화의 양상에 대한 포괄적 자료를 제공하기 위하여 수행하였다.

조사 방법

우리나라의 농약등록은 1951년 살균제 4종, 살충제 9종, 생장조정제 2종을 시작으로 지속되어 오고 있는데 구체적인 품목과 용도별 분류에 대한 자료는 1981년부터 그 분류가 상세히 남아있다(http://www.nongsaro.go.kr). 한편1981년의 자료는 이전의 자료들을 모두 포함하고 있는 자료로 1981년 이후의 등록 농약에 대한 자료는 농촌진흥청의 농사로 포털에서 관리되고 있어 본 연구는 이 포털 시스템의 자료(http://www.nongsaro.go.kr)들을 이용하여 다양한 항목으로 추출하여 비교분석 하였다. 농사로 포털 시스템의 농약 등록 자료는 현재까지 등록되어 있는 농약들만 관리되고 있기 때문에 등록 후 사용이 금지되어 등록이 취소되거나 말소 된 약제들에 대한 정보를 반영하고 있지 않다. 우리나라에서 등록 후 사용금지 된 농약들은 1960년대에는 3개 품목이 사용금지 되었는데 토양잔류가 문제 된 endrin이나 dieldrin과 작물잔류가 문제 된 PMA가 있고, 70년대에는 9품목, 80년대에는 12품목, 90년대에는 21품목이 사용금지 되었다(KCPA, 2003). 또한 2000년대에는 27품목이 사용금지 되어(KCPA, 2013) 전체적으로 87품목이 사용금지 되었는데 대부분의 농약들이 80년대 이전에 등록 된 농약이어서 이들 사용 취소 된 농약들에 대한 개별적 등록 시기는 본 조사자료에 포함하지 않았다.

국내 등록된 작물보호제들을 단일품목으로 구별할 경우 2018년 현재 2,006종(http://www.nongsaro.go.kr)이지만 동일한 품목의 다른 함량 제품이나 제형의 변화, 품목간 합제의 개발 등으로 인해 품목의 수는 조건에 따라 차이가 발생하였다. 따라서 본 조사에서도 이러한 점을 감안하여 자료를 정리하였는데 년대기별 등록 농약 현황에서는 서로 다른 회사에서 등록 한 동일한 품목의 경우 하나의 품목으로 정리하였으며 품목명이 동일 할지라도 함량의 차이가 있으면 다른 품목으로 정리하였으나 동일 유효성분량에 제형이 다른 경우는 하나의 품목으로 간주하여 자료를 정리하였다.

반면 제형별 등록 현황은 상표명을 기반으로 자료를 정리하였다. 따라서 년대기별 등록 농약 현황의 자료는 농약공업협회에서 발간한 연도별 약종별 고시·등록 품목수 현황과는 자료정리의 기준이 달라 상이하다(KCPA, 2003).

년대기별 등록 농약과 독성별 구분 현황 자료들은 년대기별로 등록 된 모든 작물보호제를 대상으로 정리하였으며 제형과 작용기작에 따른 구분은 살충제와 살균제를 구분하여 정리하였다. 살균제의 계통의 분류는 FRAC (Fungicide Resistance Action Committee)의 살균제 작용기작별 구분기준(https://www.frac.info/publications/downloads)을 적용하여 정리하였으며 살충제의 계통의 분류는 IRAC (Insecticide Resistance Action Committee)의 살충제 작용기작별 구분기준(https://www.irac-online.org/search/?format=publication)을 적용하여 정리하였다.

자료의 년대기별 구분은 농사로 포털에 자료가 1981년부터 정리되어 있어 이 자료를 기반으로 하였다. 1981년 자료는 이전의 등록 자료를 모두 포함하고 있어 1981년 이전과 1982년부터 년대기별로 1980년대부터 2010년대까지로 총 5개의 년대기로 구분하여 자료를 정리하였다(Table 1).

결과 및 고찰

년대기별 등록 농약 현황

각 년대기별로 일반명 기준으로 등록 된 약종별 품목수는 Table 1과 같았다.

등록 농약의 품목수는 1980년대부터 년대기별로 약 두 배씩 증가하는 경향을 보였다(Table 1).

사용목적에 따른 농약 분류별 등록 품목수는 살균제가 930품목으로 가장 많았으며 살충제와 제초제 순이었다(Table 1).

살균제의 년도별 품목 등록 현황은 Fig. 1(A)와 같았다.

사용목적에 따른 분류 후 연도별 등록된 작물보호제의 품목 중 살균제의 등록 현황은 1982년부터 2018년까지 38년간 연평균 24종의 신규품목이 등록되었는데 2000년까지는 년 평균 10품목정도의 살균제가 등록되었으며 이후 2009년까지는 20품목 내외로 등록되다가 2011년이후에는 년 평균 40건 이상이 등록되었다(Fig. 1A).

살충제는 1982년부터 2018년까지 38년간 연평균 21종의 신규품목이 등록되었다(Fig. 1B).

살충제는 2007년까지 20건 미만의 품목 등록 수를 보이다가 2010년 2배이상 증가되어 년 40건 이상의 품목이 등록되었고, 2013년에는 60건대의 품목 등록 수를 나타내어 2007년 이후 등록 품목의 증가가 두드러졌다(Fig. 1B).

우리나라의 농약산업은 1930년 조선삼공농약사의 설립 이후 1941년 조선농약이 설립되고, 1946년부터 ferbam이나 DDT 등의 유기합성농약이 완제품으로 수입되어 이용되었는데 1950년대는 완제품 수입기, 60년대는 제제화 시대, 70년대는 원제 생산시대로 구분할 수 있다(Woo, 2003; KCPA, 2003; Jeong et al., 2004). 1980년대에 들어오면서 기존의 농약을 혼합하여 제제한 농약이 병해충 동시방제 효과나 저항성 병해충 방제에 효과적인 것이 인정되어 혼합제 개발이 본격화되었다(Woo, 2003; Jeong et al., 2004).

우리나라의 농약 사용량은 1960년대에는 정체기였으나 1970년대 중반부터 급격히 증가하여 1976년에 사용량 1000만톤대에 진입한 후, 10년 뒤인 1986년 2000만톤 대의 사용량을 보여 10년새 두 배의 사용량 증가를 보이다가 1990년대 이후는 25,000천만톤대의 사용량을 보이고 있다(Jeong et al., 2004). 농약사용량의 급격한 증가세는 1970년부터 1990년까지 지속되다 1990년대 이후 정체되고 있는데 정체기에 접어던 시기의 농약 매출은 1990년에 5017.7억원에서 1999년에 11,600.6억원으로 두 배 이상 신장을 보여 소비량은 정체되고 있지만 매출액은 증가하는 양상을 보이고 있다(Kim and Lee, 2002; Jeong et al., 2004). 이는 1990년대까지 양적 신장을 보였던 농약산업이 이후에는 다양한 혼합제의 개발이나 제형의 개발, 새로운 대상 병해충 및 잡초의 대두, 재배작물의 다양화 등에 따른 다양한 농약의 등록이 이루어지면서 농약소비량은 감소하였지만 품목의 다양화로 인해 이전의 양적 팽창에서 질적 팽창의 형태로 농약산업이 변화되었음을 시사하고 있다(Kim and Lee, 2002; Jeong et al., 2004; Kim et al., 2010). 실제 농약 등록 품목수의 년대

Table 1. Number of registered pesticides by category of pesticide extracted data from the period

Period[a)]	Fungicide	Insecticide	Herbicide	Growth regulator	FI[b)]	IH[c)]	The rest	Total
<1980	26	25	14	3	0	0	2	70
1980	53	32	20	7	0	0	2	114
1990	157	127	77	15	2	1	2	363
2000	235	174	236	32	23	1	5	650
2010	459	456	363	35	72	2	5	1283
Total	930	814	710	92	97	4	16	2470

[a)]<1980: before 1981, 1980: from 1982 to 1989, 1990: from 1990 to 1999, 2000: from 2000 to 2009, 2010: from 2010 to 2018.
[b)]FI; fungi-insecticide, [c)]IH; insect-herbicide.

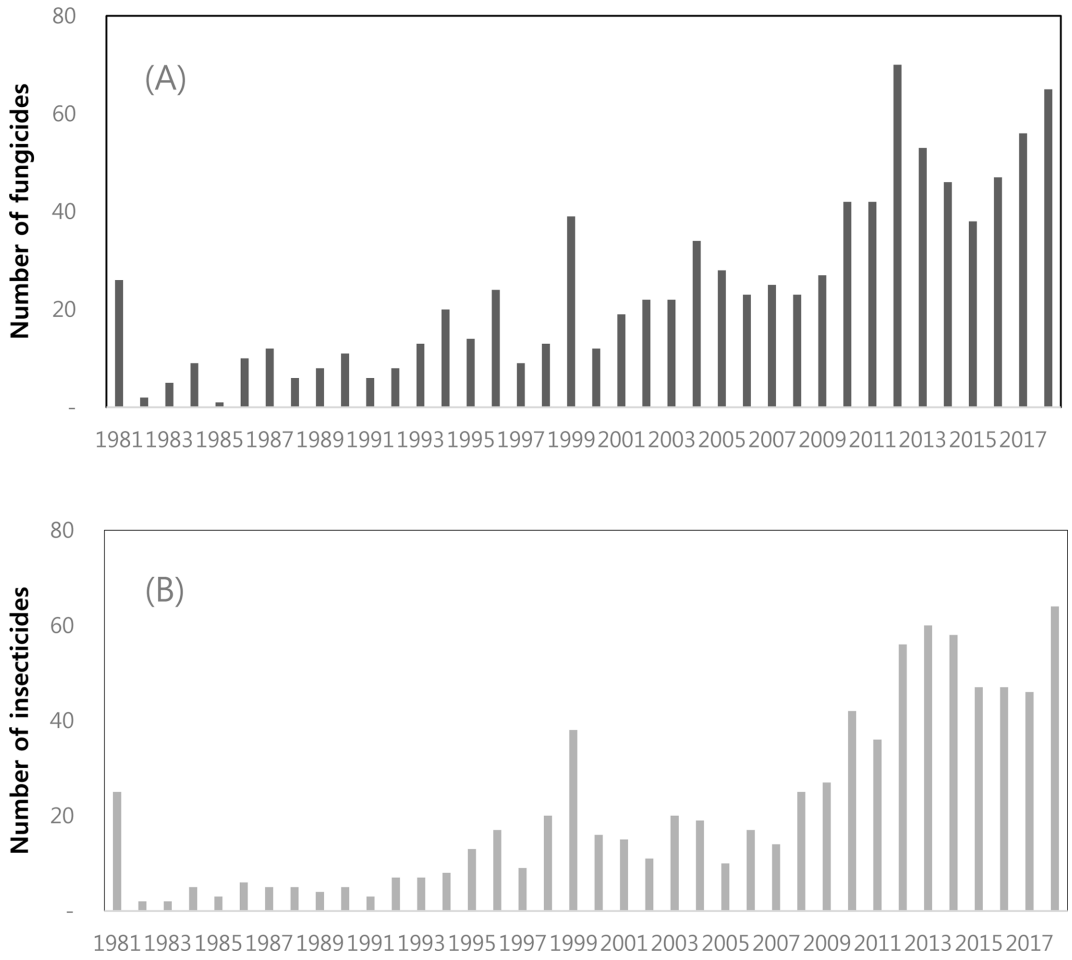

Fig. 1. Number of registered fungicides (A) and insecticides (B) in Korea.

별 변화에서 농약의 양적 사용의 증가세가 둔화 된 1990년대 이후에도 년대별로 100% 내외의 증가율을 보였다.

연도별 등록된 작물보호제의 사용목적에 따른 분류별 현황은 살균제와 살충제는 등록되는 품목수의 변화 양상이 유사하였는데 전체적인 등록 품목수의 변화는 살충제의 경우가 2010년대에 들어서면서 이전 2000년대에 비해 두 배 가량 많은 품목들이 매년 등록되는 양상을 보였다.

한편 1990년대의 경우 살균제, 살충제 및 제초제의 등록 품목수가 하반기로 갈수록 더욱 증가하는 양상을 보였는데 1996년에 국내에서 처음으로 살균·살충제 합제인 카프로파미드, 플루디옥소닐, 이미다클로프리드 종자처리수화제(carpropamid-40fludioxonil-2imidacloprid-21)가 출시하게 되어 노동력 감소를 위한 작물보호제 시장의 변화가 시작되었다.

살균제의 경우 현재까지도 널리 사용되고 있는 헥사코나졸, 프로피네브, 티오파네이트메틸, 메타락실 등이 등록되어 농업시장 전반에 확산되었고, 스트루빌루린계인 아족시스트로빈이 처음 출시되어 현재까지도 사용되고 있다.

살충제는 클로르피리포스, 피프로닐, 터부포스, 델타메트

Table 2. Number of registered pesticide items by period category according to the class of mammalian toxicity

Period[a)]	High toxicity (II)	Moderate toxicity (III)	Low toxicity (IV)	Unclassified	Total
<1980	1	30	95	0	126
1980	0	30	98	0	128
1990	1	97	337	0	435
2000	1	66	694	1	762
2010	4	357	1294	0	1655
Total	7	580	2518	1	3106

[a)]<1980: before 1981, 1980: from 1982 to 1989, 1990: from 1990 to 1999, 2000: from 2000 to 2009, 2010: from 2010 to 2018.

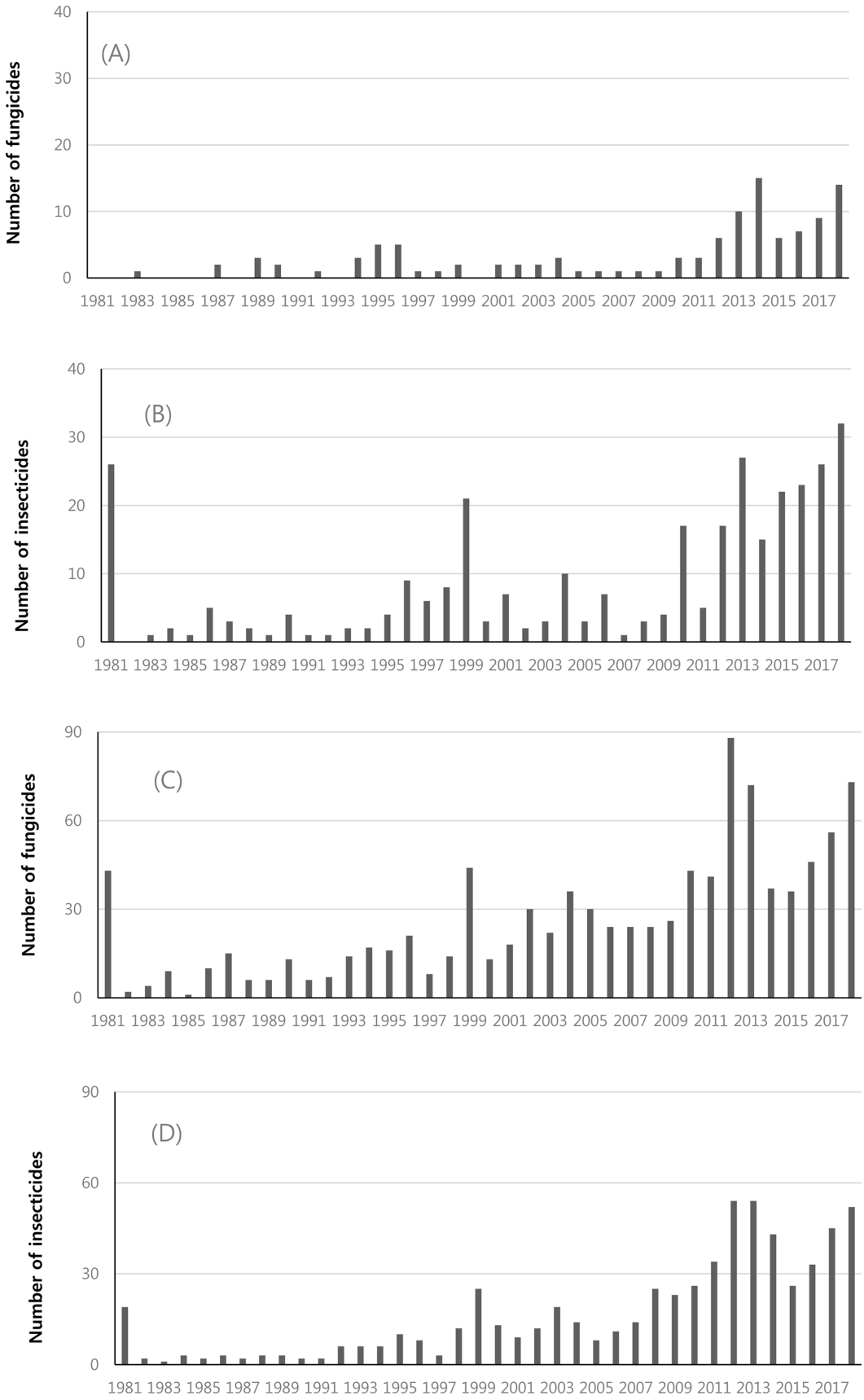

Fig. 2. Number of registered items by year according to toxicity to humans and livestock of fungicides and insecticides in Korea. (A); moderate toxicity fungicide, (B); moderate toxicity insecticide, (C); low toxicity fungicide, and (D); low toxicity insecticide.

린, 아바멕틴 등이 등록되어 농업에 이용되기 시작하였고, 제초제는 나프로파마이드, 디티오피르 등이 등록되었고, 육-비에이, 지베렐린산, 에테폰 등 생장조정제가 등록되었으며 기타자재로는 스프레더스티커가 등록되었다.

국내 등록 작물보호제의 독성별 구분에 따른 현황

연대별 등록 작물보호제의 인축독성 구분에 따른 현황

국내 등록된 3,106 품목의 농약들 중 고독성 농약은 7종에 불가하고, 저독성 농약이 2,518종으로 전체의 81.1%를 차지하였다(Table 2).

2000년대에는 전체 등록 농약의 91.1%가 저독성 농약으로 이들의 등록 비중이 가장 높았으며 2010년대에는 다른 년대보다 훈증제의 등록에 따라 고독성 농약의 등록 건수가 많았다(Table 2). 저독성 농약의 비율은 살균제가 살충제 보다 높게 나타났다(Fig. 2).

작물보호제의 독성은 독성의 발현속도에 따라 구분하기도 하고, 급성농약의 투입방법에 따라 경구독성, 경피독성, 흡입독성으로 구분하기도 하며 독성의 정도에 따라 저독성

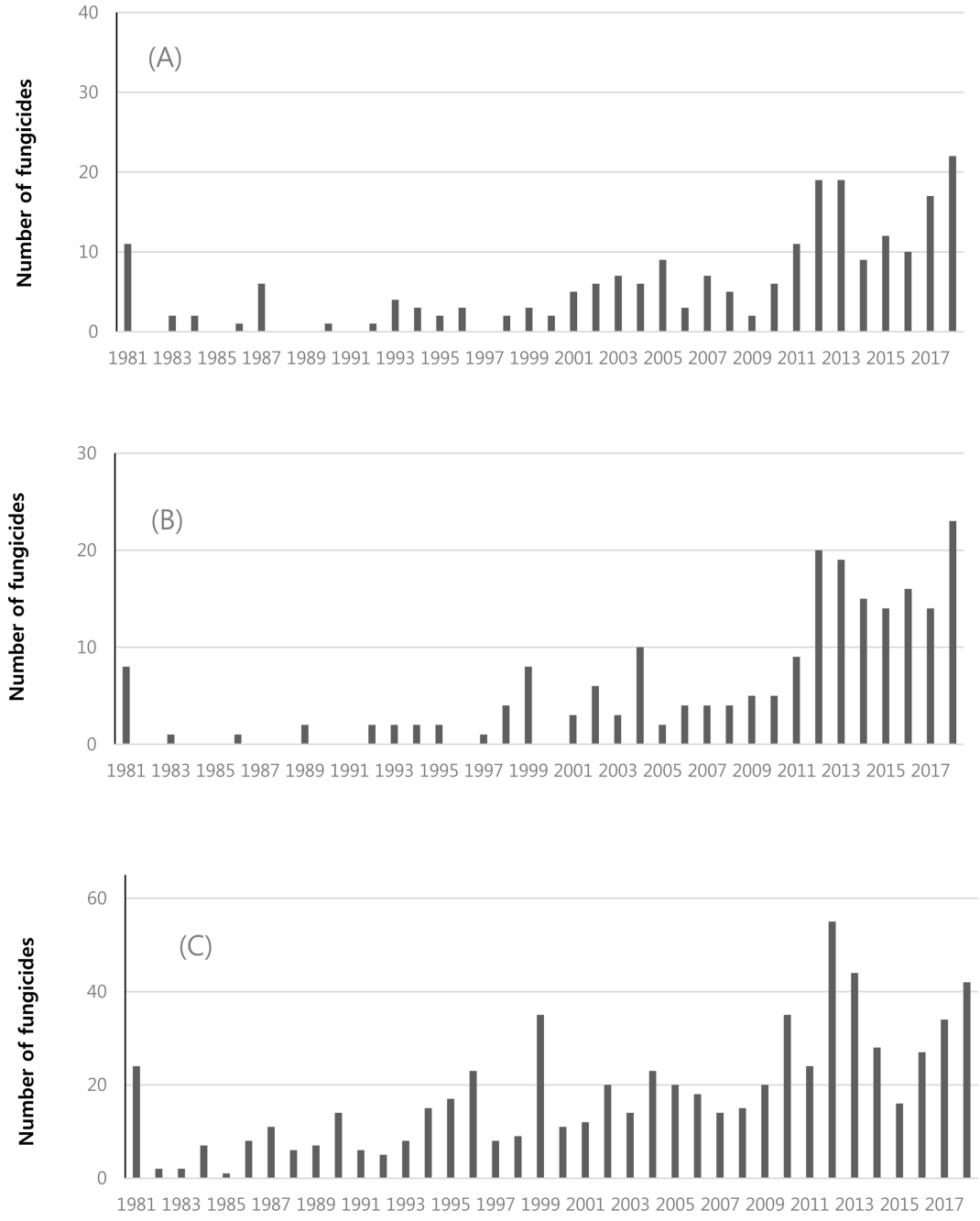

Fig. 3. Number of registered fungicides by year according to fish toxicity in Korea.
(A); fish toxicity I, (B); fish toxicity II, and (C); fish toxicity III fungicide.

(low toxicity), 보통독성(moderate toxicity), 고독성(high toxicity), 및 맹독성(extremely high toxicity)으로 구분하는데 독성의 정도는 WHO의 권장 방법에 따라 구분되고 있다(Chung et al., 2004).

국내 등록된 고독성 농약 7종은 모두 살충제로 3개 품목, 총 7개 상품명으로 등록되었다. 이는 모두 훈증제(판상훈증제 포함)로 사용되고, 특히 2000년대 이후 소나무재선충병의 확산으로 피해목 벌채 후 산물처리용으로 많이 사용되고 있다.

연대별 등록 작물보호제의 어독성 구분에 따른 현황

1980년대부터 2010년대에 등록된 농약들의 어독성별 분류 결과는 Table 3과 같았다.

전체 등록 농약들 중 어독성 I급 농약의 비율은 1980년대 25.8%에서 2000년대 14.2%로 감소하였으나 2010년대에 21.8%로 증가하였다(Table 3).

전체 등록 농약들의 19.3%가 어독성 I급에 해당하는 농약이고 64.8%가 어독성 III급에 해당하는 농약들이었다(Table 3).

2010년대 이후 어독성 I급 농약은 살충제가 살균제에 비

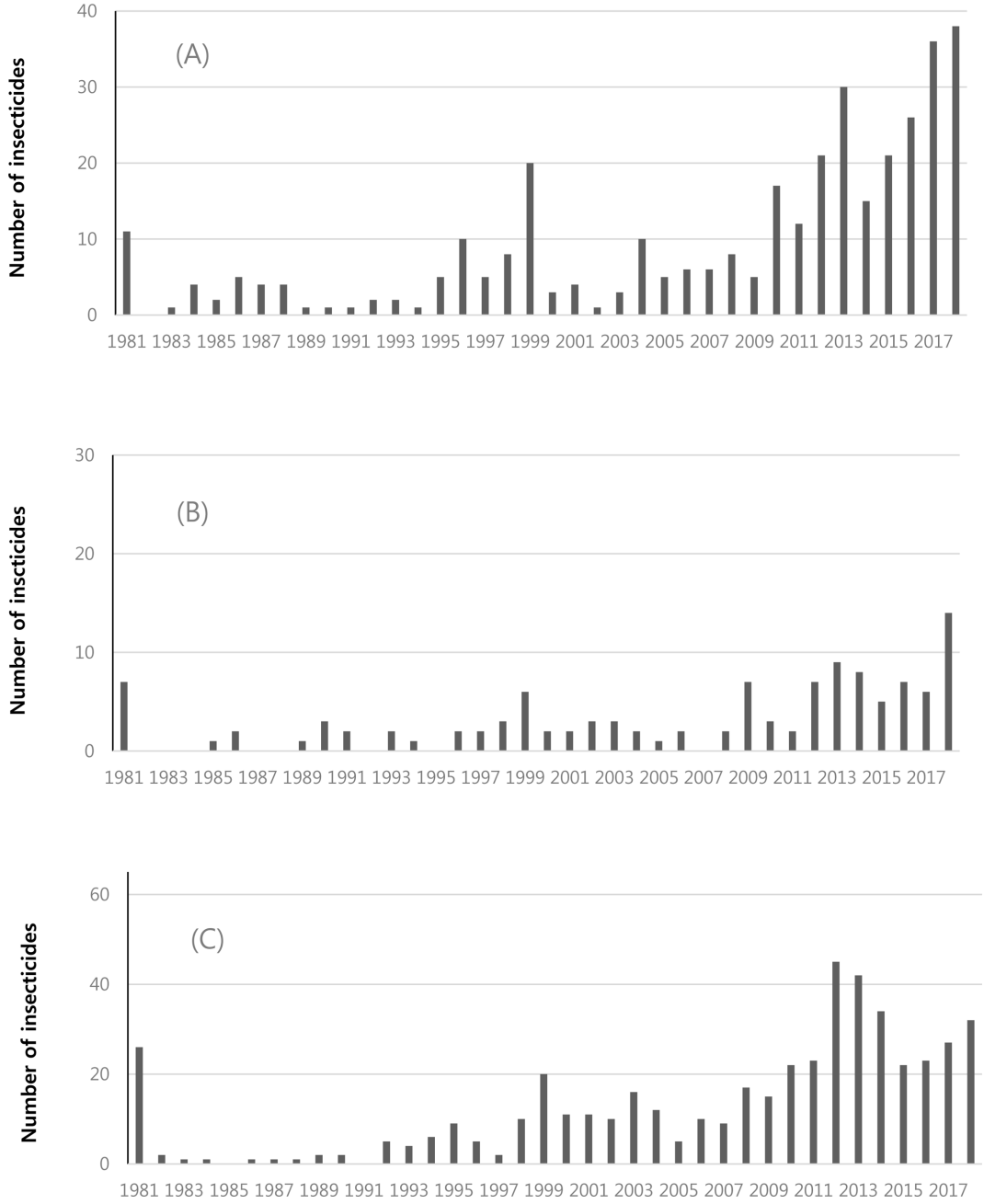

Fig. 4. Number of registered insecticides by year according fish toxicity in Korea.
(A); fish toxicity I, (B); fish toxicity II, and (C); fish toxicity III insecticide.

Table 3. Number of registered pesticide items by period category according to the class of fish toxicity

Period[a)]	I	II	IIs	III	Exemption	Unclassified	Total no.
<1980	24	19	2	81	0	0	126
1980	33	19	0	76	0	0	128
1990	76	74	0	285	0	0	435
2000	108	101	4	548	1	0	762
2010	360	265	3	1022	4	1	1655
Total no.	601	478	9	2012	5	1	3106

[a)]<1980: before 1981, 1980: from 1982 to 1989, 1990: from 1990 to 1999, 2000: from 2000 to 2009, 2010: from 2010 to 2018.

해 등록 건수가 많았으며 어독성 II급의 경우 살균제의 등록 품목 수가 더 많았다(Fig. 3, 4).

국내 등록 작물보호제의 제형별 현황

연대별 등록 작물보호제의 제형별 현황

우리나라에서 판매되고 있는 농약의 제형은 전체적으로 45종류인데 1981년 이전에는 5종류에 불가하던 것이 1980년대 10종, 1990년대 21종, 2000년대 29종, 2010년대 39종으로 10년 주기로 10가지 정도의 새로운 제형 제품들이 출시되고 있는 것으로 나타났다(Table 4).

각 년대기별로 주종을 이루는 제형의 종류도 차이를 보여 1990년대까지는 수화제와 유제, 액제, 입제가 주요 제형이었으나 2000년대 이후에는 수화제와 입제, 액상수화제, 유제가 주종을 이루었다(Table 4). 전체적으로 가장 많이 제품화 된 제형은 액상수화제였고, 수화제, 입제, 유제 순이었다(Table 4).

입상수화제는 1990년대부터 등장한 제형인데 2000년대 이후로는 전체 등록 농약들 중 5번째로 많게 출시 된 제형이었다(Table 4).

우리나라에서 살균제로 사용되고 있는 농약의 제형은 24

Table 4. Number of registered pesticide items by period category according to the formulation of pesticides

Formulation	Number of pesticide items					
	<1980[b)]	1980's	1990's	2000's	2010's	Amount
Dilute spray type						
WP[a)]	17	91	144	110	207	569
SC	1	1	34	169	383	588
WG	0	0	15	75	157	247
OD	0	0	0	0	2	2
WT	0	0	0	0	4	4
EC	14	47	95	76	224	456
EW	0	0	4	16	33	53
SE	0	0	0	7	38	45
EM	0	0	0	1	0	1
SM	0	0	0	2	2	4
ME	0	0	3	14	45	62
SL	7	22	44	46	143	262
DC	0	0	3	2	28	33
SP	0	4	7	5	9	25
SG	0	0	0	7	10	17
ZC	0	0	0	0	2	2
CG	0	0	0	1	0	1
CS	0	0	0	5	3	8
SR	0	7	0	1	1	9
GM	0	0	0	1	2	3

Table 4. continued

Formulation	Number of pesticide items					
	<1980[b)]	1980's	1990's	2000's	2010's	Amount
Direct treat type						
GR	5	24	58	178	230	495
DP	0	12	9	7	15	43
EP	0	0	0	0	2	2
FC	0	0	2	0	13	15
UG	0	0	0	3	7	10
SO	0	0	1	1	0	2
AL	0	0	0	0	3	3
DT	0	0	0	7	28	35
GP	0	1	0	0	0	1
GG	0	0	1	7	12	20
PA	0	0	1	8	12	21
Seed treat type						
WS	0	0	1	6	4	11
FS	0	0	2	3	9	14
Special type						
GA	0	1	1	2	7	11
FW	0	0	7	0	7	14
VP	0	0	0	1	0	1
GD	0	0	0	0	2	2
AE	0	0	1	0	1	2
FU	0	0	0	1	1	2
CF	0	0	2	0	0	2
Other	0	0	0	0	9	9
Number of formulation	5	10	21	29	39	45

[a)]WP: Wettable powder, SC: Suspension concentrate, WG: Water dispersible granule, OD: Oil dispersion, WT: Water dispersible tablet, EC: Emulsifiable concentrate, EW: Emulsion in water, SE: Suspo emulsion, EM: Emulsifiable suspension for microvial pesticide, SM: Aqueous suspension for microvial pesticide, ME: Microemulsion, SL: Soluble concentrate, DC: Dispersible concentrate, SP: Water soluble powder, SG: Water soluble granule, ZC: A mixed formulation of CS and SC, CG: Encapsulated granule, CS: Capsule suspension, SR: Spreader, GM: Granule for microvial pesticide, GR: Granule, DP: Dustable Powder, EP: Emulsifiable concentrate Powder, FC: Fine Granule, UG: Up granule, SO: Spreading oil, AL: Other liquid to be applied undiluted, DT: Tablet for direct treatment, GP: Flo-dust, GG: Microgranule , PA: Paste, WS: Water dispersible powder for slurry seed treatment, FS: Flowable concentrate for seed treatment, GA: Gas, FW: Smoke paller, VP: Vapor releasing product, GD: Gas emitting device, AE: Aerosol, CF: Combined formulation, FU: Smoke generator, Other: Sum of fumigants that generate gases, ethylene generator, plate-shaped fumigant and pheromone release agent.
[b)]<1980: before 1981, 1980: from 1982 to 1989, 1990: from 1990 to 1999, 2000: from 2000 to 2009, 2010: from 2010 to 2018.

가지로 조사되었는데 전체 구성 중 0.5% 미만인 액상현탁제, 세립제, 입상수용제, 정제상수화제, 고상제, 종자처리수화제, 유상현탁제, 합제를 제외한 15가지 제형의 구성비율은 Fig. 5와 같았다.

수화제가 가장 높은 비율을 나타내었으며 액상수화제, 입상수화제 순이었는데 이들 세 제형이 전체 살균제 제형의 69.7%를 차지하였다(Fig. 5).

살충제의 제형별 등록현황은 Fig. 6과 같았다.

살충제는 유제와 액상수화제, 수화제 순으로 비중을 높은 제형이었는데 이들 세 제형이 전체 살충제 제형에서 차지하는 비율은 57.4%였다(Fig. 6).

연대별로 등록 농약의 제형의 종류나 구성비의 변화는 차이가 있었는데 1980년대의 경우 등록된 작물보호제 중 43%가 수화제로 가장 많은 비율을 차지하고 있고, 유제

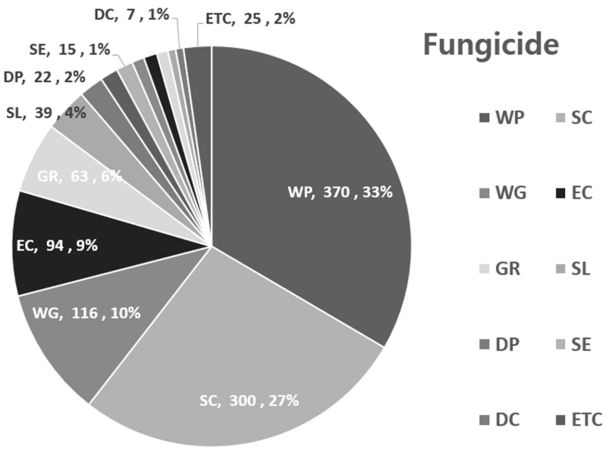

Fig. 5. Formulation composition of registered fungicides in Korea. See Table 4 for index (a).

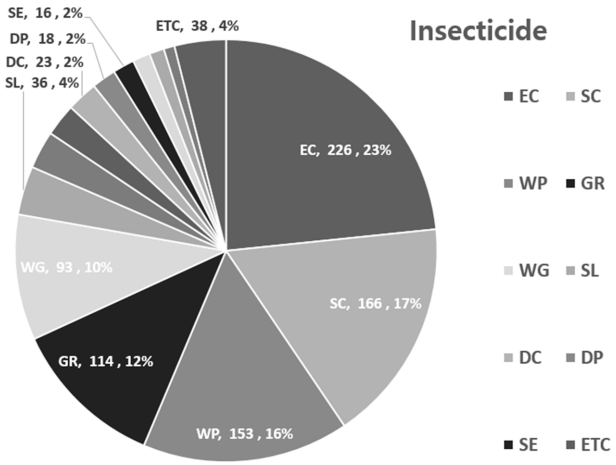

Fig. 6. Formulation composition of registered insecticides in Korea. See Table 4 for index (a).

24%, 액제 11% 순이었다. 1990년대는 1980년대와 등록되는 제품의 제형에 차이가 크게 나타내지 않지만 액상수화제의 경우 전체 등록된 제형 대비 8%(34종)를 등록하여 1980년 1%(2종) 등록상황과 차이를 나타내기 시작하여 2000년대와 2010년대에도 증가 경향이 두드러졌으며 입제와 액상수화제의 등록수도 현격히 증가하였다. 또한 사용용도에 따라 제형의 차이도 발생하는 것으로 나타났는데 살균제는 수화제가 33%(370종)로 등록되어 가장 많이 등록 된 제품의 제형이었고, 액상수화제 27%(300종), 입상수화제 10%(116종), 유제8%(94종)였다. 살충제는 유제가 24%(226종)로 가장 많은 제형으로 등록되었고, 액상수화제17%(166종), 수화제16%(153종), 입제12%(114종), 입상수화제 10%(93종)로 등록되어 살균제와 차이를 보였다.

국내 등록 작물보호제의 계통별 현황

우리나라에 등록 된 살균제들의 유효성분을 대상으로 계통별 구분 결과는 Table 5와 같았다. 전체 1303 품목의 조사 대상 살균제들의 계통별 구분결과 1980년대에는 27종, 1990년대에는 40종, 2000년대에는 57종, 2010년대에는 71종으로 15종 내외의 새로운 계통의 살균제들이 년대기별로 등장하였다(Table 5). 각 년대기별로 등록 된 살균제들의 상위 3개 계통의 점유 비율은 2010년대가 31.5%로 가장 높았으나 전체 년대기의 평균 점유비율이 29.3%를 나타내어 년대기별로 점유율의 차이는 낮았다(Table 5). 년대기별로 상위 3개 점유비율을 나타내는 계통들은 조금씩 차이가 있었지만 acylalanines계통의 살균제들이 1980년대부터 2000년대까지 높은 점유 비율이 보였고, triazole계 살균제들은 1990

Table 5. Number of registered fungicides by period category according to the chemical name

Chemical name	Number of registered item				
	1980[a)]	1990	2000	2010	Total
2,6-dinitro-anilines (Qii)		2	3	20	25
4-quinolyl-acetates				2	2
Acylalanines (PA)	7	18	23	21	69
Amino-pyrazolinone (SBI: Class III)				2	2
Anilino-pyrimidines		3	7	1	11
Aromatic hydrocarbons (AH)	1	1			2
Benzene-sulphonamides		2	2	3	7
Benzimidazoles (MBC)	3	10	5	12	30
Benzisothiazole	1	1	2	1	5
Benzophenone			1	5	6
Benzo-thiadiazole			3	1	4
Benzoylpyridine (aryl-phenylketone)				4	4
Benzyl-carbamates (QoI)				9	9
Bis-guanidines		6	4	9	19
Carbamates	1		3	2	6
Carboxylic acids		1		15	16
Chloronitriles	6	4	16	18	44
Cinnamic acid amides (CAA)		6	4	15	25
Cyanoacetamide-oxime		4	5	1	10
Cyano-imidazole (QiI)			2	4	6
Cyano-methylene-thiazolidines (thiazolidine)				2	2
Cyclopropane-carboxamide (MBI-D)		1	2		3

Table 5. continued

Chemical name	Number of registered item				
	1980[a)]	1990	2000	2010	Total
Dicarboximides	4	12	3	13	32
Dinitrophenyl crotonates (QiI)				1	1
Dithiocarbamates and relatives	9	10	3	12	34
Dithiolanes	3	2	6	2	13
Ethyl phosphonates	1		2	1	4
Ethylamino-thiazole-carboxamide			6	3	9
Formerly glucopyranosylantibiotic	5	6	12	26	49
Formerly polypeptides from plant extracts				1	1
Hexopyranosyl antibiotic	2	2	5	9	18
Hydroxyanilides (SBI: Class III)			5		5
Imidazoles (DMI)	2	3	13	16	34
Imidazolinones (Qoi)			1	1	2
Inorganic	10	7	4	5	26
Isoxazoles(heteroaromatics)	2	4	10	2	18
Mandelic acid amides (CAA)			2	3	5
Methoxy-acetamide (QoI)			6	1	7
Methoxy-acrylates (QoI)		2		47	49
Methoxy-carbamates (QoI)			8	22	30
Microbial			10	7	17
N-phenyl carbamates		3	1		4
Oxathiin-carboxamides (SDHI)	2			1	3
Oxazolidine-diones (Qoi)		2	3	7	12
Oxazolidinones (PA)		3			3
Oximino-acetamides (QoI)		2		3	5
Oximino-acetates (QoI)			10	18	28
Peptidyl pyrimidine Nucleoside (polyoxins)	4	5	3	4	16
Phenyl-acetamide			3	1	4
Phenyl-benzamides (SDHI)	1	2	6	3	12
Phenyl-oxo-ethyl Thiophene amide (SDHI)				1	1
Phenylpyrroles		4	5	17	26
Phenylureas	1	7	3	7	18
Phosphoro-thiolates	4	3	5	1	13
Phthalimides	3		1	8	12
Piperazines (DMI)		2		1	3
Piperidinyl-thiazole-isoxazolines (OSBPI)				4	4
Propionamide(MBI-D)			6	1	7
Pyrazine-carboxamides(SDHI)				1	1
Pyrazole-4-carboxamides(SDHI)				25	25
Pyridine-carboxamides (SDHI)			6	9	15
Pyridinyl-ethyl-benzamides (SDHI)				3	3
Pyridinylmethyl-benzamides			1	2	3
Pyrimidinone-hydrazones		1	3	12	16
Pyrimidines (DMI)		2			2
Quinones	2	6	5	13	26

Table 5. continued

Chemical name	Number of registered item				
	1980[a)]	1990	2000	2010	Total
Sulfamoyl-triazole (QiI)			4	5	9
Tetracycline antibiotic	1		1	7	9
Tetrazolyloximes				3	3
Thiadiazole-carboxamide			1	8	9
Thiazole-carboxamides (SDHI)		1	7	9	17
Thiophanates (MBC)	5	10	10	17	42
Triazoles (DMI)	5	23	57	140	225
Triazolobenzo-thiazole (MBI-R)	2	8	5	9	24
Triazolo-pyrimidylamine				1	1
Trifloxystrobin (Qoi)			1		1
Toluamides (benzamides)			3		3
Valinamide carbamates (CAA)			4	8	12
Unclassfied	4	3	10	8	25
Number of chemical name	27	40	57	71	79
Total number of registration fungicides	91	194	342	676	1303
Number of top 3 chemicals	26	53	96	213	382
Ratio of top 3 chemicals	28.6	27.3	28.1	31.5	29.3

[a)]<1980: before 1981, 1980: from 1982 to 1989, 1990: from 1990 to 1999, 2000: from 2000 to 2009, 2010: from 2010 to 2018.

년대부터 2010년대까지 높은 점유비율을 보여 30년동안 장기간에 걸쳐 점유율이 높은 살균제 계통이었다.

국내 등록된 살충제들의 계통별 등록 품목수는 Table 6과 같았다. 전체적으로 pyrethroids계가 181종으로 가장 많았으며 Neonicotinoids 138종, Organophosphates 113종으로 상위 3개 계통이 전체 조사대상 살충제 1083종 중 39.9%를 점유하였다(Table 6).

등록된 살충제들의 등록 수가 많은 상위 3개 계통의 점유율은 1980년대에는 71.4%로 매우 높았으나 년대기별로 점유비율은 낮아지는 경향을 보여 2010년대에는 37.1%의 점유율을 보였다(Table 6). Pyrethroids계통 살충제들은 1980년대부터 2010년대까지 지속적으로 점유비율이 높은 계통이었으며 organophosphates계통은 1980년대부터 2000년대까지 3대 상위 점유율을 보이는 계통이었고, neonicotinoids계는 1990년대부터 2010년대까지 지속적으로 점유비율이 높았다(Table 6).

우리나라에 등록되어 있는 살균제와 살충제들의 주성분의 계통별 구분에 의해 년대기별로 등록 현황을 조사한 결과 년대기별로 등록 약제들의 품목 수는 두 배정도 증가하는데 비하여 신규로 추가되는 계통은 살균제는 15종 내외, 살충제는 9종 내외로 특정 계통의 농약들이 집약적으로 등록되고 있었다. 또한 다빈도 등록 계통 농약들의 등록이 특정 년대기가 아닌 20년 이상 장기간 동안 상위 등록 수를 차지하고 있었다. 장기간에 걸쳐 특정 계통의 약제를 지속적으로 사용할 경우 약제 저항성이 발현되게 되는데 Kim (2000)은 우리나라의 살균제 주요 계통별로 국내에서 사용시기와 저항성 출현 기록을 토대로 장기 사용 약제들에 의한 저항성 출현 문제를 지적하였다. 한편 1990년대부터 등록 수가 가장 많은 triazole계(DMI계) 살균제의 경우 상대적으로 저항성 출현 가능성이 낮은 것으로 보고되어 우리나라에서는 2000년까지 많은 품목이 등록되어 많이 사용되고 있음에도 불구하고 저항성 사례의 보고가 없었는데(Kim, 2000) 2000년대 중·후반 벼의 키다리병균(*Fusarium fujikuroi*)에 대해 저항성 균주가 보고되었고(Lee et al., 2010), 감 탄저병(*Colletotrichum horii*)에 대해서도 저항성 발현과 지역별 감수성 차이가 보고 되었다(An et al., 2018; Yeon et al., 2019).

살충제의 경우 피레스로이드 계통이나 유기인계 계통의 약제들이 1980년대부터 지속적으로 많은 품목들이 등록되었는데 1980년대부터 포장에서 약제 저항성의 출현이 보고되었다(Song, 1992; Song and Motoyama, 1993). 또한 네오니코티노이드계통 살충제는 1990년대에 우리나라에 처음 등록되기 시작하여 이후 지속적으로 등록 상위 3개 계통에 포함되는 계통이었는데 이들 계통에 포함되는 imidacloprid도 1990년대중반 약제에 대한 저항성이 보고되었다(Choi, 1997). 농약의 등록 품목수와 사용량이 반드시 일치하는 것은 아니지만 전술한 사례와 같은 선행 연구결과들을 종합해 볼 때 등록 약제의 계통별 현황을 통해 약제 저항성 관리에 대한 기초 자료로 활용 될 수 있을 것으로 생각된다. 본 조

Table 6. Number of registered insecticides by period category according to the chemical name

Chemical name	Number of registered item				
	1980[a)]	1990	2000	2010	Total
Acequinocyl		4	7	44	55
Alkyl halides	1	1	1		3
Amitraz		2	1	3	6
Avermectins		4	4	66	74
Azadirachtin			1		1
Bacillus thuringiensis and the insecticidal Proteins they produce	1	4	5		10
Benzoylureas	2	8	11	43	64
Beta-ketonitrile derivatives			3	7	10
Bifenazate			4	6	10
Buprofezin	3	5	9	26	43
Butenolides				1	1
Carbamates		10	14	14	38
Carboxanilides	6			1	7
Cyromazine				1	1
Diacylhydrazines		5	13	20	38
Diafenthiuron				1	1
Diamides			8	27	35
Ethoprophos	1		1	5	7
Etoxazole		1	1	3	5
Flonicamid			2	12	14
Hexythiazox		1		1	2
Hydrogen cyanide			1		1
Lime sulfur		1			1
Mesoionics				1	1
Methyl isothiocyanate generators				3	3
METI acaricides		5	3	10	18
Milbemycins			2		2
Neonicotinoids		10	47	81	138
Nereistoxin analogues	2	4	1	2	9
Organophosphates	22	27	17	47	113
Organotin miticides	3	1	1	5	10
Oxadiazines			11	18	29
Phenylpyrazoles		3		4	7
Phosphides				4	4
Propargite	1			2	3
Pyrethroids	17	36	34	94	181
Pyridalyl			2	3	5
Pyridine azomethine derivatives		1		14	15
Pyriproxyfen		1		4	5
Pyrroles		7	3	17	27
Semicarbazones			2	6	8
Spinosad				1	1
Spinosyns		2	8	9	19
Sulfoximines				14	14
Tetradifon	2				2
Tetronic and tetramic acid derivatives			4	8	12
Unclassfied	2	2	5	21	30
Number of chemical name	13	24	31	40	46
Total number of registration insecticides	63	145	226	649	1083
Number of top 3 chemicals	45	73	95	241	432
Ratio of top 3 chemicals	71.4	50.3	42.0	37.1	39.9

[a)]<1980: before 1981, 1980: from 1982 to 1989, 1990: from 1990 to 1999, 2000: from 2000 to 2009, 2010: from 2010 to 2018.

사는 우리나라에 등록된 농약들의 종류별, 독성별, 제형별, 계통별 구분을 년대기별로 정리하여 근래 우리나라 농약 산업의 변모에 대한 기초자료의 제공하기 위하여 수행하였는데 포화상태에 이르는 국내 농경지 이용율과 환경규제 강화, 농약에 대한 소비자의 부정적 인식 증가, 친환경 관련 정부 정책의 변화 등 다양한 요인들이 농약산업 확대의 부정적 요인으로 작용하고 있지만(Kim et al., 2010) PLS제도의 도입이나 새로운 다양한 작물의 재배확대, 스마트 팜과 같은 재배 환경의 변화와 기상 등의 환경변화에 따른 농약 산업의 새로운 패러다임을 준비하기 위한 기초 자료로 활용 될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

본 조사를 위해 작물보호협회의 자료들을 제공해 주신 작물보호협회의 박학순이사님께 감사를 드립니다.

Literature Cited

An, HJ, Na HB, Lim TH, Chang T, Song J, et al., 2018. Sensitivity variation to demethylation inhibiting fungicides of *Colletotrichum horii*, isolated anthracnose pathogens from persimmon tree in Sangju and Yeongdong. Korean J. Pestic. Sci. 22(3):177-183. (In Korean)

Choi BR, 1997. Annual report of department of crop protection. National Institute of Agricultural Science and Technology. pp. 681-693. (In Korean)

Jeong YH, Kim JE, Kim JH, Lee YD, Lim CH, et al., 2004. The latest pesticide science. Sigma Press, Seoul. Korea. pp.1-586. (In Korean)

Kim C-H, 2000. Review of fungicide resistance problem in Korea. Korean J. Pestic. Sci. 4(2):1-10. (In Korean)

Kim SY, Jo M-J, Kim J-S, 2010. An analysis of competitive structure in the Korean agricultural chemical industry. Korean J. Agricultural Manag. Pol. 37(3):590-620. (In Korean)

Kim YH, Lee GS, 2001. Future and prospect of agrochemical industry. Pp. 175-183. 40 years of Korean Society of Agricultural Chemistry and Biotechnology. (In Korean)

Korea Crop Protection Association (KCPA), 2003. 30-year history in statistics. Dongbo, Seoul, Korea. pp. 208. (In Korean)

KCPA, 2013. Korea Crop Protection Association, the pieces of 40 years. Sanjung Press Co. Seoul, Korea. (In Korean)

KCPA, 2019. A handbook on crop protection. http://www.koreacpa.org. Accessed 10 May 2019. (In Korean)

Park CK, Seo YT, Lee JG, Han DS, 1994. The biochemistry and uses of pesticides. Shinilsangsa, Seoul. Korea. pp. 481-669. (In Korean)

Phillips McDougall, 2017. The global agrochemical market trends by crop. 11th China international forum on development of pesticide industry. http://www.cac-conference.com/Uploads/Editor/2017-03-07/58be2c387de29.pdf.

Shim YS, Kim JW, 2005. Pesticides science. World Science Publishing Co., Seoul, Korea. (In Korean)

Song SS, 1992. Resistance of diamondback moth (*Plutella xylostella* L.) against the pyrethroids. Korean J. Appl. Entomol. 31(4):338-344. (In Korean)

Song SS, Motoyama N, 1993. Seasonal fluctuation of susceptibility of the green peach aphid to insecticides in Chinese cabbage field. Korean J. Appl. Entomol. 32(2):218-221. (In Korean)

Moon SC, Lee MG, 2000. The history of pesticide development and the new technology trend of pesticide in Korea. Korean Industrial Chemistry News. 3(6):36-40. (In Korean)

Woo J-W, 2003. A study on the environmental status of Korean agrochemical industry. J. Natural Sci. Sangmyung Univ. 10:1-12. (In Korean)

Yeon E, Song J, Kim M-S, Kim HT, 2019. Development of resistance of *Colletotrichum horii* to demethylase inhibiting fungicides. Korean J. Pestic. Sci. 23(4):312-322. (In Korean)

Yoon B-S, 2004. The globalization stratigies of the biotechnology agribusiness and its effects on agriculture. Journal of Industrial Economics and Business 17(5):1637-1653. (In Korean)

1980년대 이후 우리나라에 등록 된 살균제와 살충제의 독성, 제형 및 계통별 현황

유진상[1,2] · 임태헌[2] · 이동운[1]*

[1]경북대학교 생태과학과, [2]㈜누보

요 약 우리나라에서 화학농약의 도입은 1930년대부터 시도되었으나 본격적인 사용은 1970년대 이후부터이다. 따라서 본 조사는 1981년부터 2018년까지 국내에 등록된 농약 현황을 년대기별로 비교하여 농약산업의 변화과정을 이해하기 위하여 수행하였다. 일반명을 기준으로 등록농약의 품목수는 1980년대부터 2010년대까지 년대기별로 두 배 가량 증가하는 양상을 보였다. 1980년대 이후 국내 등록 된 농약들 중 저독성 농약은 전체의 81.1%를 차지하였으며 어독성은 64.8%가 III급이었다. 농약의 제형은 1980년대 이전에는 5종에 불과하였으나 년대기별로 10종 정도 증가하여 2010년대에는 39종에 달하였다. 1980년대와 1990년대에는 수화제와 유제 제형의 비율이 가장 높았으나 2000년대 이후로는 액상수화제와 입제 제형의 비율이 급증하였다. 살균제는 수화제와 액상수화제, 입상수화제 제형 비율이 높았으며 살충제는 유제와 액상수화제, 수화제 순이었다. 살균제의 계통별 등록 현황은 1980년대 이전 27계통에서 2010년대 71계통으로 증가하였는데 상위 3개 계통에 속하는 품목의 점유율은 년대기별로 평균 29.3%였다. 살충제도 1980년대 이전 13계통에서 2010년대 40계통으로 3배정도 증가하였으며 상위 3개 계통의 점유율은 살균제에 비하여 10%가량 높게 나타났다. 본 조사 결과들은 근래 우리나라 농약산업 변화를 파악하는데 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

색인어 농약, 살균제, 살충제, 제형, 계통