

농약물질 중 살충제 관련 농업 종사자들의 직무 -노출 매트릭스 구축을 위한 기초 자료 조사 연구 (I) : 수도작

김기연¹ · 조만수² · 이상길³ · 강동목⁴ · 김종은^{4,*}

¹부산가톨릭대학교 산업보건학과, ²일본 미에대학교 공생환경학과,
³산업안전보건연구원, ⁴양산부산대학교병원 직업환경의학과

Fundamental Research for Establishing a Job-Exposure Matrix (JEM) for Farmers Related to Insecticides (I): Rice Cultivation

Ki-Youn Kim¹ · Man-Su Cho² · Sang-Gil Lee³ · Dong-Mug Kang⁴ · Jong-Eun Kim^{4,*}

¹Department of Industrial Health, Catholic University of Pusan, ²Department of Environment Oriented
Information and System Engineering, Graduate School of Bioresources, Mie University, Japan

³Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency

⁴Pusan National University Yangsan Hospital, Department of Occupational and Environmental Medicine

ABSTRACT

Objectives: The principal aim of this study is to investigate and analyze domestic usage amounts of insecticide in rice cultivation in order to provide fundamental data for establishing a job-exposure matrix (JEM) related to farmers working with agricultural insecticides.

Materials and Methods: An investigation of domestic usage amounts of insecticides in rice cultivation was performed through two methods. The first method utilized information on agricultural pesticides published annually by the Korea Crop Protection Association (KCPA). The second method made use of area of cultivation of rice as officially determined by Statistics Korea (SK). An estimation of domestic usage of insecticides in rice cultivation through the second method was determined by multiplying the total cultivation area of rice (m²) by the optimal spray volume of insecticides for rice cultivation per unit of cultivation area (kg/m²).

Results: As a result of the analysis of public data regarding insecticides in rice cultivation, it was found that the domestic usage amount has decreased sharply from the first year of market sales (1969) to the final data year (2012). There is little difference in the annual usage trend of insecticides in rice cultivation between shipment and estimation. Also, the annual usage trends of insecticides in rice cultivation based on regional classification were nearly similar to those based on the overall aspect.

Conclusions: The region which used the largest volume of insecticide in rice cultivation in Korea was the Jeolla Provinces, followed by the Gyeongsang Provinces, the Chungcheong Provinces, Seoul/Gyeonggi Province, Gangwon Province and Jeju Province. Substantially, the mean ratio of usage amounts of insecticide based on shipments and those based on estimation by cultivation area was 96±29%, which indicates that the domestic usage amount of insecticide for rice cultivation corresponded to the optimal spray standard per unit area.

Key words : insecticide, job exposure matrix, pesticide usage statistics, rice cultivation

I. 서 론

농약물질은 파킨슨병과 같은 신경계 조절 이상

(Brown et al., 2006), 남성의 생식기 발달 장애(van Tongeren et al., 2002)에서부터 암을 유발(Samanic et al., 2008)하는 것까지 매우 다양한 건강 질환 발생과

*Corresponding author: Jong-Eun Kim, Tel: 82-55-360-1281, Fax: 82-55-360-3779, E-mail: kim-jongeun@hanmail.net
Pusan National University Yangsan Hospital, Department of Occupational and Environmental Medicine, 20 Geumo-ro,
Yangsan-si, Gyeongsangnam-do 626-770

Received: February 28, 2014, Revised: March 17, 2014, Accepted: March 25, 2014

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 non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

연관되어 있다. 예를 들어, Dick et al.(2007)의 파킨슨병에 대한 발생학적, 환경적, 직업적 위험 요인 조사 연구 결과에 의하면 농약 노출과 파킨슨병의 발병 위험성이 유의한 상관성이 있는 것으로 조사되었다. 하지만 농약 물질 전체에 대한 노출은 평가되었으나, 특정 농약 물질에 대한 노출 평가는 적용되지 않았다(Semple et al., 2004). 따라서 농약물질 전체에 대한 노출과 파킨슨병 발병과의 연관성은 존재한다고 할 수 있으나, 이러한 문제점 때문에 단순 결론짓기는 어렵다. 그러므로 농약 물질 노출에 따른 파킨슨병과의 상관 관계를 명확히 입증하기 위해서는 농약 물질의 개별 독성 파악 및 심화된 역학 조사 분석이 수행되어야 한다.

직무-노출 매트릭스(JEMs) 방법은 농약의 유해성을 평가하기 위해 역학 연구들에서 활용되었으나, 이 방법 또한 직종명에 의존하기 때문에 잘못된 노출 분류를 유도할 수 있다. 직무-노출 매트릭스 방법은 일반적으로 노출 기간(Duration), 강도(Intensity 또는 Ranking), 가능성(Probability)의 3가지 측면을 조합하여 노출량을 추정하는 것으로 몇몇 직무-노출 매트릭스 방법들은 정량적인 노출 데이터에 근거하기도 하였으나, 대부분이 연구자들의 주관적인 판단에 의해 수행되었다(Dick et al., 2007).

전문가 판단에 의한 농약 노출 평가 방법은 일반적으로 신뢰성 있는 생물학적 모니터링 결과가 제공되지 않는 경우 농약 노출을 추정하는 데 있어 가장 유효한 수단으로 알려져 있다. 몇몇 연구들에서 이 방법이 활용되었는데, 농약 노출 추정치를 산정하거나(de Cook et al., 1996; Garcia et al., 2000) 직무-노출 매트릭스 또는 작물 노출 매트릭스의 유효성을 평가(Kauppinen et al., 1992; Miligi et al., 1993)하기 위해서였다. 농약 물질 노출에 따른 농작업자의 위해성 평가와 관련하여 우리나라는 영국의 UK-POEM 모델을 이용하여 농약 살포자의 노출량을 예측하고 이를 농작업자 노출 허용량과 비교하여 위해성을 평가한 연구 사례가 있는데, 본 연구는 대부분의 환경 조건들을 제한적으로 하여 상당히 기본적인 측면에서 분석한 문제점이 있다(Hong et al., 2013).

우리나라의 경우 dimethyl formamide(DMF)나 석면과 같은 일반 사업장에서 취급되고 있는 화학물질에 대해 직무-노출 매트릭스를 활용하여 노출 등급

을 산정하거나 위험성을 평가한 연구 사례는 보고되고 있다(Ha et al., 2008). 하지만 농약물질의 경우 이를 취급하는 농업 종사자들은 작업환경측정 대상에서 제외되고 있기 때문에 별도의 작업환경 측정자료 데이터베이스가 제공되지 않는다는 점, 실령 현장 측정을 수행하더라도 대부분 옥외에서 농약 살포 작업이 수행되기 때문에 정확한 개인 노출량을 산정하기 어렵다는 점, 농업의 경우 표준화된 직업코드가 구축되지 못하고 있다는 점, 생산 및 수입되어 출하되는 농약 제품의 성분 물질들이 매년 다르다는 점들 때문에 농약물질과 관련한 직무-노출 매트릭스를 구축하는 것은 현재로서는 상당히 어려운 일이라 할 수 있다. 그러나 한국산업안전보건공단에서 발표된 화학물질에 의한 남부권역 암발생 감시체계 연구결과 보고서(2012)에 따르면 폐암 또는 조혈기계암으로 환례 판정받은 사람들 중 약 60% 정도가 농업 종사자인 것으로 보고되고 있다. 따라서 농업 종사자에게 직업성 암 발병의 주요 추정 인자인 농약 물질에 대한 직무-노출 매트릭스의 구축이 시급한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 농약물질 중 수도용 살충제의 사용량을 권역 및 연도별로 조사 분석하여 농업 종사자들의 노출 이력을 추정하기 위한 직무-노출 매트릭스 구축에 필요한 기초 자료를 제공하는 데 있다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구 대상

1.1. 농약 사용량 자료 수집

본 연구는 산업안전보건연구원 2013년도 과제인 “남부권역의 화학물질에 의한 암발생 관리체계 운영(폐암과 조혈기계암)”의 연구 내용에 근거하여 수행하였다. 농약(Agricultural pesticide)은 사용 목적에 따라 일반적으로 살충제(Insecticide), 제초제(Herbicide), 살균제(Fungicide)로 분류되는 데 종류와 범위가 매우 광범위하여 본 연구에서는 농업 종사자들이 농약 물질 중 가장 많이 사용하는 살충제만을 대상으로 하였고, 대상 작물은 벼(수도작)로 국한하여 조사하였다. 우리나라는 농업 종사자가 살포하는 농약물질의 경우 작업환경측정 대상에 포함되어 있지 않기 때문에 노출량에 대한 공인된 측정자료 DB가 제공

되지 않고 있다. 따라서 1969년도부터 2012년도 현재까지 매년 한국작물보호협회에서 발표하는 농약연보 전체 자료를 고찰하여 연도별 살충제의 사용량을 DB화하였고, 본 자료를 농업 종사자의 간접적인 살충제 노출량으로 대체하였다.

1.2. 통계청 농업 면적 조사

농업 종사자의 살충제 사용량을 추정하기 위한 다른 하나의 방법으로 통계청 국가통계포털사이트(KOSIS)에서 제공하는 연도별 농업 면적 자료를 활용하였다. 본 자료는 1975년도부터 현재까지 전국 시/도별 논과 밭, 과수(시설 & 노지), 화훼 면적을 연도별로 제공해 주는 것으로 농업 종사자의 수도용 살충제 노출 이력을 추정하기 위해 본 연구 조사 대상인 논 면적의 연도 및 지역별 전체 자료를 정리하여 DB화하였다. 논 면적을 이용한 살충제 사용량 추정 방법은 전체 면적에 벼에 대한 단위 면적당 적정 살충제 살포량을 곱하여 수행하였고, 산정 계산식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{수도작 살충제 사용량(kg)} \\ & = \text{벼의 단위 면적당 살충제 살포량(kg/m}^2\text{)} \times \text{수도작 해당 면적(m}^2\text{)} \end{aligned}$$

2. 자료 분석

2.1. 조사 자료 정리

통계자료는 농약연보의 경우 1년 단위, 통계청의 자료는 5년 단위로 통계가 집계되고 있으므로, 이에 대한 일치성 보정의 필요성 때문에 5년 단위로 통일하였다. 자료 수집 시작을 1975년도로 설정하여 2012년도 자료까지 추산하여 통계 결과를 해석하였다.

2.2. 농약연보 출하량에 따른 해석(실증식)

농약연보는 한국작물보호협회에서 발간하며 매년 출간하고 있다. 국내 농약의 간접적인 사용량을 추산하기 위하여 농약연보의 출하량을 이용하여 사용량을 산출하였다. 조사 자료에 근거하여 벼 재배에 대한 수도용의 경우 1km² 당 0.0234kg/년, 1ha 당 2.34kg/년으로 살충제가 살포된다고 가정하여 단위 면적당 사용량을 산출하였다.

농약의 단위 환산 통일을 위해 기존 ton으로 작성된 출하량을 SI 단위인 kg으로 변환하고, 1km²에 따른 살충제 살포량을 산출하기 위해 통계청에서 제공하고 있는 수도작 면적 자료를 인용하여 살충제 사용량을 추정하였다. 또한, 면적 범위를 구분할 때 기초 자치 단체 범위로 7대 광역시, 9개도의 지역별로 나누었으며, 각 기초 자치 단체의 수도 면적을 비율별로 정리하였다.

식 1) 농약연보 출하량에 따른 단위 면적 대비 수도작 살충제 사용 총량식

$$\text{수도작 살충제 사용량(kg/km}^2\text{)} = \text{농약연보 출하량 (M/T)} \times 1,000 / \text{1km}^2\text{당 살충제 사용량}$$

2.3. 통계청 자료에 의한 면적을 이용한 해석(표준식)

통계청 자료를 인용하여 단순히 면적 대비에 대한 1년 적정사용량을 국내에서 농약 판매 및 출하를 가장 많이 하고 있는 D사의 회사 내부자료를 활용하였다. 이는 농약연보와 동일할 수 있으나 단순 면적 대비 적정사용량만을 사용하였다고 가정할 때의 방법이라 할 수 있다. 통계청에서 제시하고 있는 면적을 이용한 해석 역시 농약연보 출하량에 따른 해석과 동일하게 면적범위를 나눌 때 기초 자치 단체 범위로 7대 광역시, 9개도의 지역별로 구분하였으며, 각 기초 자치 단체의 수도 면적을 비율별로 정리하였다.

2.4. 농약연보와 통계청자료의 자료의 정도관리 방법

농약연보에서 제시하고 있는 실제적으로 출하된 수도용 살충제 사용량과 면적별로 1년 기준으로 수도용 살충제의 적정 사용량을 나타낸 데이터를 비교하고 이를 검증하여 실질적으로 수도용 살충제가 적정 사용량보다 많게 또는 적게 사용되었는지, 그리고 그 사용량은 얼마나 되는지를 비율(%)로 나타내어 그 차이를 확인하고자 하였다.

3식) 실증식과 표준식의 비교평가 및 정도관리

$$\begin{aligned} & \text{면적대비 적정농약사용비율(\%)} = \\ & \frac{\text{농약연보 출하량 (M/T)} \times 1000 / \text{1km}^2\text{당 농약사용량(수도용)} \times 100(\%)}{\text{면적} \times 1000 / \text{1km}^2\text{당 농약사용량(수도용)}} \end{aligned}$$

III. 결과 및 고찰

1. 농약연보 및 통계청 자료에 따른 국내 농민들의 연도별 수도용 살충제 사용량 현황

<Figure 1>은 한국작물보호협회에서 매년 발표하는 농약연보자료와 통계청에서 매년 공표하는 지역별 수도작 면적 대비 적정 살충제 살포량에 근거한 수도용 살충제의 국내 전체 사용량을 연도별로 보여주고 있다. 한국작물보호협회 자료에 근거한 출하량 데이터(Shipments) 측면에서 정리된 연도별 추이 현황을 살펴보면 1970년도부터 1990년도까지 증가 추세를 보여 약 6,000 M/T까지 사용되다가 그 이후부터 현재(2012년도)까지는 급격한 사용량 감소 경향을 나타내었다. 통계청에서 매년 공표하는 지역별 수도작 면적 자료에 농약회사에서 제공하는 단위 면적당 적정 살충제 살포량을 곱하여 산출된 데이터(Estimation) 측면에서도 출하량 측면과는 연도별로 약간의 차이는 있지만 농약이 판매된 시점으로부터 현재까지 계속해서 감소 추세인 것을 알 수 있었다. 이와 같이 국내에서 수도용 살충제의 사용량이 1990년도 이후부터 급격히 감소된 이유는 식단이 서구화로 변화됨에 따라 국민들의 쌀 소비량이 줄어들고 이에 따라 국내 논 면적이 감소되면서 동시에 살충제 사용량도 감소된 것으로 판단된다.

2. 권역에 따른 수도용 살충제의 연도별 국내 사용량 현황

<Figure 2>와 <Figure 3>은 한국작물보호협회의 출하량 측면과 통계청의 지역별 면적 대비 적정 살포량 측면에서 산출된 수도용 살충제 살포량을 우리

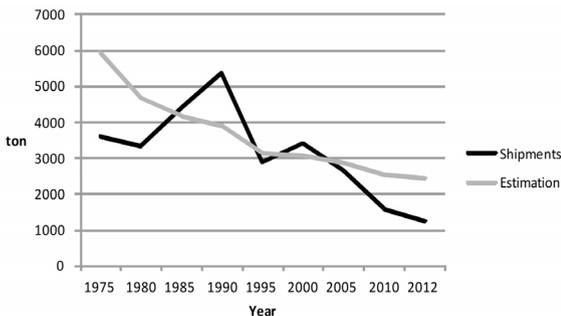


Figure 1. Yearly trend of overall usage amount of insecticide applied to rice cultivation in Korea

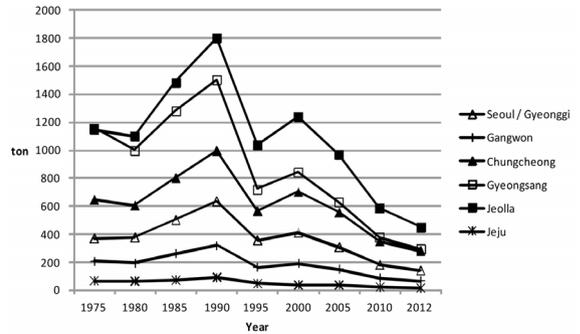


Figure 2. Yearly trend of regional usage amount of insecticide applied to rice cultivation based on shipments

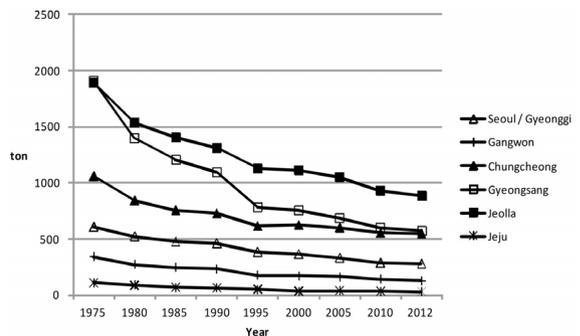


Figure 3. Yearly trend of regional usage amount of insecticide applied to rice cultivation based on estimation

나라권역별로 구분하여 연도에 따라 분석한 그래프이다. 여기서 우리나라의 권역은 서울과 경기, 강원, 충청, 경상, 전라, 제주로 구분하여 분석하였다. 수도용 살충제 출하량 측면에서 살펴보면 6개 권역 모두 연도별 전체 사용량 추이 현황과 유사하게 1970년도부터 1990년도까지 증가 추세를 보이다가 그 이후부터는 급격한 감소 경향을 나타내는 것으로 조사되었다. 면적 대비 적정 살포량 측면에서도 권역 구분에 따른 수도용 살충제의 연도별 사용량 현황 추이가 전체 사용량의 경우와 유사하게 첫 이용 시점부터 지금까지 계속해서 감소하는 것으로 나타났다.

권역별로 수도용 살충제의 사용량을 살펴보면, 사용 연도에 관계없이 전라도 지역이 가장 많은 양을 살포한 것으로 나타났고, 다음으로 이는 출하량이나 면적 대비 살포량 측면 모두에서 공통으로 나타난 결과로 권역별 전체 면적 중 벼농사 재배 면적이 차지하는 비율이 높으면 수도용 살충제 사용량도 동시에 증가함을 알 수 있는 자료라 할 수 있다. 따라서

본 분석 결과에 근거하면 수도권 살충제 사용 및 노출에 따른 우리나라 농민들의 건강 영향을 심도있게 평가하기 위해서는 수도권 살충제 사용량이 상대적으로 많은 전라도와 경상도를 포함한 남부권역에 초점을 두어 향후 조사하는 것이 적합한 것이라 판단된다.

3. 출하량 측면과 지역별 작물 면적 측면에서 산정한 수도권 살충제 사용량의 비교를 통한 유효성 평가

<Table 1>과 <Figure 4>는 농약연보의 실제적으로 출하된 수도권 살충제 사용량과 면적별로 단순 1년 기준으로 수도권 살충제의 적정 사용량을 산출한 데이터를 비교하고 이를 검증한 자료이다. 비교 분석 결과, 노지식량작물(벼, 보리 등)은 평균 96±29%로서 수도권 살충제의 면적 대비 사용 적정량에 맞게 잘 사용되고 있는 것으로 분석되었다.

최근 웰빙, 무농약, 친환경, 무기농에 관한 키워드로 재배되어지고 있어 2010년 이후 재배면적이 현저히 줄어들어 수도권 살충제 사용량의 비율이 면적 대비해서 증가될 것으로 추정되었으나, 이와는 반대 현상으로 오히려 농약 사용량이 면적 대비 감소 추세로 나타나고 있는 것으로 분석되었다. 이는 우리나라의 경우 수도권 살충제를 포함한 농약에 대한 인

체 노출량이 감소되고 있다는 것을 반증하기도 하며, 건강상의 유해한 물질을 적게 사용하므로써 농작업자의 건강 예방을 위하여 고무적이라 할 수 있다.

살충제를 포함한 농약은 또한 잠복기를 거쳐 졸음, 가려움, 무기력증의 경증부터 발암 위험 및 중추신경장애 등의 중증까지 나타날 수 있는 건강상 유해를 초래할 수 있으므로 미국, 유럽과 같은 선진국에서 현재 적용되는 것처럼 철저한 관리 방법과 방안이 마련되어야 하고 홍보 및 교육을 통하여 농약 사용 관련 개선점에 대하여 시급히 강구해야 할 것으로 판단된다.

미국의 경우 농약 관련 DB 구축 및 위해성평가(Risk Assessment)를 이용하여 사용 관리 방안을 마련하는 등 미국 환경부(EPA), 미국 농무부(USDA), 미국 노동부(DOI)의 자체적인 방법으로 농약에 대한 관리가 이루어지고 있다. 또한, 유럽에서도 EU에서 지정된 화학물질을 사용규제 수출, 수입, 사용자체를 금지하고 있으며, Job Exposure Matrix(JEM) 등의 방법을 통하여 화학물질이 인간에게 노출되는 것을 관리하고 농민들과 작업자들의 관리하는데 이 방법을 사용하고 있다. 그러나 아직까지 전 세계적으로 농약 사용에 따른 건강 위험성을 인지하고는 있으나, 구체적인 방법으로 표준화된 관리를 하고 있는 국가는 현재까지 보고된 바 없다.

우리나라의 경우 현재 농약에 대한 객관적인 총량 DB조차 구축되어 있지 않으며, 농약 사용량이 적정 기준보다 과다하게 사용되고 있는 것으로 추정되고 있어 농작업자의 체내 농약 축적으로 인한 건강 유해 가능성이 상당히 높을 것으로 사료된다. 따라서 향후 살충제를 포함한 농약물질의 위험성 평가 및 농약 유형별 직무 노출 매트릭스(JEM) 방법을 정립하여 농약 살포에 따른 농작업자의 건강 위험도를 감소시키는 방안을 조속히 마련할 필요가 있다.

수도권 살충제를 포함한 농약 물질의 경우 다른 일반 화학물질과는 달리 작업환경 측정자료 DB의

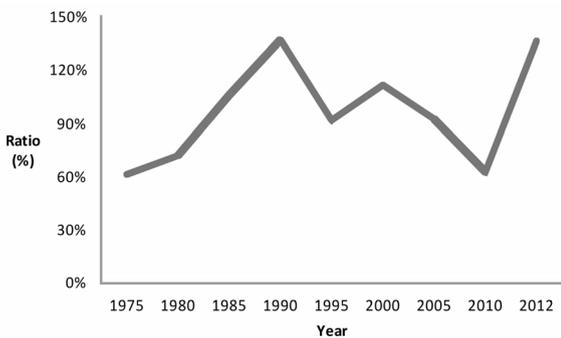


Figure 4. Yearly trend of ratio of shipments and estimation of insecticide usage for rice cultivation

Table 1. Comparison of insecticide usage for rice cultivation based on shipments and estimation

Year	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2012	Mean	S.D.
*%	61	72	106	137	92	111	92	63	136	96	29

*Ratio of shipments and estimation of insecticide usage for rice cultivation

부재, 옥외 살포에 따른 개인 흡입 노출량 산정의 어려움, 농업의 경우 표준화된 직업코드의 미구축, 매년 생산되는 농약 제품의 성분들이 서로 상이한 점을 고려한다면 우리나라 농업 종사자들의 농약물질 관련 직무-노출 매트릭스를 정확하게 설정하는 것은 현재로서는 거의 불가능한 일이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 농약연보자료 및 통계청 자료를 근거로 산정된 살충제 사용량을 농업 종사자들의 노출 수준의 추정치로 활용하기 위한 기초 자료만을 제공한다는 제한점을 가지고 있다.

본 연구 결과 근거시, 현재 우리나라 수도작 농작업자는 살충제 살포에 따른 노출이 상당한 수준에 이르고 있을 것으로 추정되며, 이로 인한 건강 위해성도 상당 부분 높은 수준인 것으로 사료된다. 따라서 살충제 살포로 인한 논 수도작 농작업자의 건강 위해성을 줄이고, 수도작 살충제 살포에 따른 국내 농작업자의 기초 노출 자료를 객관화할 필요가 있다.

IV. 결 론

한국작물보호협회 자료에 근거한 출하량 데이터 (Shipments) 측면과 통계청에서 매년 공표하는 지역별 수도작 면적 자료에 농약회사에서 제공하는 단위면적당 적정 살충제 살포량을 곱하여 산출된 데이터 (Estimation) 측면 모두 우리나라의 수도용 살충제 사용량은 판매된 시점에서부터 현재까지 계속해서 감소 추세인 것으로 분석되었다. 권역별로 구분하여 분석한 경우도 총량 측면과 유사하게 지역에 관계없이 수도용 살충제의 사용량이 매년 급격히 감소하는 것으로 조사되었다. 권역별 수도용 살충제 사용량은 전라도 지역이 가장 높았고, 다음으로 경상, 충청, 서울/경기, 강원, 제주 순으로 조사되었다. 실제적으로 출하된 수도용 살충제 사용량과 면적별로 단순 1년 기준으로 수도용 살충제의 적정 사용량을 산출한 데이터를 비교하고 이를 검증한 결과, 평균 $96 \pm 29\%$ 로서 수도용 살충제의 면적 대비 사용 적정량에 맞게 잘 사용하고 있는 것으로 나타났다.

References

- Brown TP, Rumsby PC, Capelton AC. Pesticides and Parkinson's disease—is there a link? *Environ Health Perspect* 2006;114:156-164
- de Cock J, Kromhout H, Heederik D. Experts' subjective assessment of pesticide exposure in fruit growing. *Scand J Work Environ Health* 1996;22:425-432
- Dick FD, De Palma G, Ahmadi A. Environmental risk factors for Parkinson's disease and parkinsonism: the Geoparkinson study. *Occup Environ Med* 2007;64:666-672
- García AM, Orts E, Esteban V. Experts' assessment of probability and level of pesticide exposure in agricultural workers. *J Occup Environ Med* 2000;42:911-916
- Ha KC, Park DW, Yoon CS, Choi SJ, Lee GY et al. Application of matrices and risk assessment of industries and processes using DMF. *J Kor Soc Occup Environ Hyg* 2008;18:303-309
- Hong S, You AS, Jeong M, Park KH, Park JY et al. Risk assessment of pesticide operator using modified UK-POEM. *J Kor Pesticide Sci* 2013;17:60-64
- Kauppinen TP, Mutanen PO, Seitsamo JT. Magnitude of misclassification bias when using a job-exposure matrix. *Scand J Work Environ Health* 1992;18:105-112
- KOSHA. Study on development of management model for cancer occurrence by chemicals(II)_Cancer of lung and hematosis system of south area in Korea. Research report 2012
- Miligi L, Settini L, Masala G. Pesticide assessment: a crop exposure matrix. *Int J Epidemiol* 1993;22 (Suppl 2):S42-45
- Samanic CM, De Roos AJ, Stewart PA. Occupational exposure to pesticides and risk of adult brain tumors. *Am J Epidemiol*; 2008;167:976-985
- Semple SE, Dick F, Cherrie JW. Exposure assessment for a population-based case-control study combining a job-exposure matrix with interview data. *Scand J Work Environ Health* 2004;30:241-248
- van Tongeren M, Nieuwenhuijsen MJ, Gardiner K. A job-exposure matrix for potential endocrine-disrupting chemicals developed for a study into the association between maternal occupational exposure and hypospadias. *Ann Occup Hyg* 2002;46:465-477