

## 농약 사용 작업에 적합한 위험성 평가 도구의 현장 적용 사례

정원건 · 김경수 · 이민지 · 최원 · 이충근 · 김효철<sup>1\*</sup>

농촌진흥청 국립농업과학원, <sup>1</sup>국립한글농수산대학교 교양학부

### Case Study on the Application of Risk Assessment Tools Suitable for Pesticide Use Tasks

Wongeon Jung · Kyungsu Kim · Minji Lee · Won Choi · Choungkeun Lee · Hyocher Kim<sup>1\*</sup>

*National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration*

*<sup>1</sup>Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries*

#### ABSTRACT

**Objectives:** This study aimed to assess the risk of pesticide use for the purpose of deriving requirements of a risk assessment tool suitable for pesticide use tasks in actual agricultural workplaces.

**Methods:** A risk assessment tool in the form of a checklist prepared in advance was used to investigate nine farms. The final risk level was categorized by adding up the scores given for each item. In addition, pesticide storage conditions were identified.

**Results:** Most of the nine farms used slightly hazardous pesticides. Pesticides in mainly liquid and solid formulations were mixed for dilution. There was no leakage with the spraying equipment. The spraying type was mostly power spraying, and the distance between the farmer and the crop was 1-2 m. Farms with high risk levels (level 4) were mainly characterized by lack of wearing personal protective equipment.

**Conclusions:** The risk assessment tool suitable for pesticide use tasks should be established by including all information used in ventilation, personal protective equipment, and related modeling techniques.

**Key words:** risk assessment, pesticide, farmer, agricultural workplace, spraying

#### I. 조사개요

중대재해 처벌 등에 관한 법률이 2022년 1월에 시행된 이후로 재해 예방을 위한 하나의 측면에서 위험을 평가하고 관리하기 위한 필요성으로 인해 위험성평가에 관한 연구와 정책, 제도적 개선이 이루어지고 있다. 그러나 국제적으로 위험성평가는 최근의 화두가 아닌, 이전부터 다양한 분야에서 논의되어 왔다(Aven, 2016). 현재까지 위험성평가는 행정적 결정의 수단, 근거 및 근로자의 신


체적 안전을 위하여 제품의 생산, 제조, 관리 영역부터 화학물질 및 관련 공정, 근로자 작업 등에 이르기까지 유사한 이론적 개념을 바탕으로 한 일부 다른 형태의 도구들로 개발, 활용되고 있다.


이 중, 근로자 안전보건 측면에서 화학물질의 위험성평가는 일반적으로 위험 관리(risk management)의 개념 속에 유해성의 확인(hazard identification), 양-반응 평가(dose-response assessment), 노출 평가(exposure assessment), 위험 특성화(risk characterization)의 단


\*Corresponding author: Hyocher Kim, Tel: 063-238-9338, E-mail: [hyocher@gmail.com](mailto:hyocher@gmail.com)


Korea National University of Agriculture and Fisheries, 1515 Kongjwi Patjwi-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do 54874

Received: October 28, 2024, Revised: November 15, 2024, Accepted: December 22, 2024


 **Wongeon Jung** <http://orcid.org/0000-0003-0570-2485>

 **Choungkeun Lee** <http://orcid.org/0009-0001-0348-3824>

 **Won Choi** <http://orcid.org/0000-0003-4555-7913>

 **Kyungsu Kim** <http://orcid.org/0000-0001-8585-0773>

 **Minji Lee** <http://orcid.org/0000-0001-8041-397X>

 **Hyocher Kim** <http://orcid.org/0000-0002-8223-0859>

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.

계를 통한 위험 분석(risk analysis)을 중심으로 작업자 안전보건 관리 및 개선 대책을 끌어낸다(NRC, 1983). 위험 분석은 다른 분야(e.g., 화학공정, 제품생산, 인간공학 등)에서 일부 차이를 보이지만, 최종적으로 유사한 단계들을 통해 위험한 물질 혹은 물체와 상황이 작업자 집단에 갖는 위험의 크기를 평가하여 정책, 사업 혹은 기타 안전보건 관리상의 결정 요소와 근거를 형성한다.

농산물의 생육과 품질을 위해 사용이 필수불가결한 화학물질인 농약은 국내 산업안전보건 화학물질 관리와는 별도로 다루어지고 있다. 산업안전보건법 제110조(물질안전보건자료의 작성 및 제출) 및 동법 시행령 제86조(물질안전보건자료의 작성 및 제출 제외 대상 화학물질 등)에 근거하여 제외 대상으로 지정되어 있으며, 농약관리법과 농약 허용기준 강화제도(Positive List System, PLS) 및 농약판매기록 등을 통해 관리되고 있다(RDA, 2024). 그러나, 이러한 관리는 화학물질의 전반적인 위해성 평가(동일한 risk assessment이나 본 조사에서는 편의를 위해 위해성으로 지칭함)를 토대로 수행되고 있기에 농업인 농약 노출이라는 직업적 노출의 영역(i.e., 희석 및 살포 등)에 적용하기에는 어렵다.

농약의 노출 특성에 관한 연구는 국내외적으로 다양한 방식을 통해 수행되어 왔다(EPA, 1996; Kim et al., 2011). 국내 농약 노출 특성에 관한 연구를 중심으로 살펴보면, 대표적으로 건강 위해성 평가 및 관련 모델링(Cho et al., 2018), 정량적 측정법(Kim et al., 2011), 작업환경 노출평가(Kim et al., 2007) 등의 위험성평가 방법론을 사용한 연구가 수행되었다. 특히 직업적 노출평가는 대부분 피부 노출과 생체 시료에 대한 연구로 진행되어 왔으며(Kim et al., 2007; Lee & Roh, 2016), 공기 중 노출을 통한 호흡기계 영향에 관한 연구는 일부 진행되었다(Cho et al., 2018; Ryu et al., 2024).

이러한 연구들은 농업인의 농약 노출 특성과 작업 특성 간의 연관성이 제조업 근로자의 화학물질 노출과는 다른 양상으로 발생함을 보고하고 있다. 또한, 이러한 연구들에서 활용된 연구 방법들은 통계적인 근거하에 노출 관리 방안을 정량적으로 제안할 수 있었기에, 2010년대 농촌진흥청에서는 농업인 농약 노출 위험성 모델링을 대규모로 시행하는 것에 대한 논의가 있었다. 그러나 연구에서 활용된 전문적이고 정량 평가 방식 등은 실제 농작업 현장에서 쉽게 활용하기에 어려움(e.g., 예산, 전문 지식 및 측정 장비 등의 제한)이 발생할 수

있어 실제로 시행되지 않았다.

이러한 배경에서 산업안전보건법과 농어업인의 안전 보험 및 안전재해예방에 관한 법률 등을 대응하기 위해 대규모 농업 인구군을 대상으로 농약 노출 평가에 특화된 쉬운 위험성평가를 위해서는 먼저 국내 농업 환경과 농약 사용 특성을 충분히 검토할 필요가 있다. 또한, 국내 자영 농업인과 소규모 농가 등이 산업안전보건 관리 영역의 사각지대에 위치한다는 점, 위험성평가 지원 시스템(Korea Risk Assessment System, KRAS)으로 농약 사용 작업을 평가하기에 어려움이 있다는 점 등을 고려할 때 기존 작업자 화학물질 노출 위험성평가 도구와는 차별화된 평가 도구를 마련하여야 한다. 이에 기존의 연구 결과들과 농작업장 현장 상황을 반영하고, 최근 개정된 사업장 위험성평가에 관한 지침(고용노동부고시 제2023-19호) 제7조에서 규정한 도구들을 연계하여 접근성과 활용성이 상대적으로 쉬운 형태를 고안할 필요가 있다.

따라서 본 조사에서는 희석 및 살포 작업 등의 농약 사용 작업에 적합한 위험성평가 도구를 수립하기 위하여 필요한 항목들을 우선적으로 구성하여 현장에 활용한 뒤, 적합한지의 여부와 현장에서 실제로 필요로 되는 항목이 무엇인지 도출하는 사례 연구의 형태로 진행하였다. 조사는 실제 농가 현장을 방문하여 농업인과의 면담조사 이후 사전에 구성된 항목에 대한 현장 점검 형태로 수행하였으며, 부여된 위험성 점수와 등급을 산출하였다. 이를 통해 현장의 실제 작업 방법과 환경에 대한 특성들을 확인 및 고찰하고, 추가로 필요한 항목 또는 사항들을 모색하여 향후 농업인 농약 노출 평가 도구를 개발 및 보급하는 것에 참고 자료로 활용할 수 있도록 한다.

## II. 조사방법

### 1. 평가 개요

#### 1) 대상 작업 및 농가

일반적으로 국내 농작업장에서 농업인이 농약을 사용하는 작업의 단계는 구매, 보관 및 관리, 희석, 살포기 주입, 재배지 살포, 농약 및 농약병 폐기로 이루어진다. 본 조사에서는 농업에서 가장 많이 농업인의 농약 노출이 이뤄지는 것으로 기존 연구에서 확인되고 있는 희석 작업과 살포 작업을 대상으로 하였으며, 보관 및 관리, 주입, 폐기 작업의 경우 작업시간이 매우 짧아 농약 노

출 가능성이 매우 낮다는 특성을 고려하여 연구 대상에서 제외하였다.

사례 조사를 위한 대상은 농촌진흥청에서 수행 중인 작목별 맞춤형 안전관리 실천 시범사업의 대상 농가 중 현장 방문의 접근성이 용이한 충청남도과 전북특별자치도의 농가들을 1차 대상으로 선정하였다. 이후 사고 경험(경험한 사고의 형태는 추락, 넘어짐, 끼임 등의 안전 사고를 비롯하여 가슴 통증, 기침 등 건강 영향과 관련된 증상을 모두 포함하였음) 여부를 검토하고, 자발적으로 조사에 참여를 희망하는 13개 농가 중 농약을 취급하는 9개 농가로 최종 선정하였다.

## 2) 평가자 및 평가 방법

평가자는 산업안전보건 관련 학위 취득자(석사, 박사 수료, 박사) 또는 관련 자격증 취득자, 농촌진흥기관 농업인 안전보건 업무 담당자로 구성하였다. 평가자들은 각 조사마다 2~3명으로 팀을 구성하여 농업인과 조율된 일정에 농가를 방문하여 개별적으로 위험성평가를 진행하였다. 조사 전 평가자들을 대상으로 위험성평가 개요, 평가 단계 및 방법에 대하여 간단한 교육을 진행하였다.

각 농가의 위험성평가는 평가자와 농업인이 서로 면담을 통해 주요 작목, 작업 단계, 방법, 작업장 환경 특성, 노출 집단 등에 대한 정보를 조사하는 것으로 이루어졌다. 이후 농약 사용 작업이 이루어지는 현장을 방문하여 면담 내용에서 추가적으로 필요한 항목을 확인하는 방식으로 진행하였다. 이후 평가자별로 확인한 정보를 토대로 별도의 논의를 거쳐 최종 위험성평가 결과를 도출하였다.

위험성평가의 실시 단계는 고용노동부고시 제2023-19호 제8조(위험성평가의 절차)를 준용하여 사전 준비, 유해·위험요인 파악, 위험성 결정, 위험성 감소대책 수립 및 실행 순서로 진행되었다. 사전 준비와 유해·위험요인 파악 단계에서 평가자와 농업인간의 면담을 통해 정보를 확보하였다. 위험성 결정은 준비된 체크리스트 항목을 통하여 위험성 점수를 합산한 뒤 추정하는 방법에 의해 계산되었으며, 본 조사의 목적상 감소대책 수립 단계는 생략하였다.

## 2. 위험성평가 도구 항목 구성

농약 위험성평가 항목은 일반적인 위험성평가 개념인 중대성(심각성)과 가능성(빈도)의 측면으로 구성하였다.

중대성은 화학물질 자체가 갖는 특성인 유해성(hazard)의 개념으로 접근하기 위해 농약의 일반적인 독성 정보(저독성, 보통 독성, 고독성, 맹독성)로 구성하였다. 또한, 노출 양상에 따라 건강 영향이 다를 수 있는 것을 고려하여 농약 제형을 액체, 고체(분말), 혼합(액체 및 고체)으로 나누어 조사하였다.

**Table 1.** Items for risk assessment suitable for pesticide use tasks

Categories	Assessment items	Score
<i>Severity(i.e., hazard)</i>		
Toxicity*	Slightly hazardous	+1
	Moderately hazardous or unknown	+2
	Highly hazardous	+3
	Extremely hazardous	+4
Formulation	Liquid	+1
	Solid	+2
	Liquid and solid	+2
<i>Frequency(i.e., exposure)</i>		
Spraying type	Unmanned spraying	+1
	Drone	+1
	SS machine(Cap O)	+1
	SS machine(Cap X)	+3
	Power spraying	+3
Spraying method	Manual spraying	+3
	Not applicable	0
	Against windward	0
Distance from crops	Facing windward	+1
	≥2 m	0
	≥1, <2 m	+1
Respirator	<1 m	+2
	Wear	-1
Protective clothing	Not wear	+1
	Wear	-1
PPE(dilution)	Not wear	+1
	Safety glasses and gloves	-1
	Safety glasses or gloves	+1
Spraying equipment status	Not wear	+2
	No leakage	0
	Leakage possible	+1

**Abbreviation:** PPE, Personal protective equipment  
 \*Revised criteria for classification by WHO(LD<sub>50</sub> for the rat, mg/kg body weight): Class Ia(Extremely hazardous), oral <5, dermal <50; Class Ib(Highly hazardous), oral 5–50, dermal 50–200; Class II(Moderately hazardous), oral 50–2000, dermal 200–2000; Class III(Slightly hazardous), over 2000; Class U(Unlikely to present acute hazard), 5000 or higher)

희석과 살포 작업에서의 가능성은 안전 시스템의 관점에서 작업이 얼마나 제어 혹은 관리되어 노출될 확률을 감소시키는지를 중심으로 접근하였다. 가능성은 재해의 발생 가능성으로써 유해위험요인에의 접촉(노출), 사건의 발생 확률, 재해의 회피 가능성으로 고려할 수 있다. 이에 농약 사용 작업에 대한 빈도를 확률적 수치 등의 정량적인 값으로 고려하여야 하나, 자료의 제한 등이 존재하므로 안전 시스템의 관점에서 노출을 감소시키기 위한 활동을 중심으로 구성하였다.

중대성과 가능성의 개념으로 구성된 항목들을 종합하여 위험성 추정 방법을 설정하였다. 현행 고시에서 제공하는 방법의 하나인 체크리스트법 형태를 고려하여 위험성 요소를 수치화하기 위한 방법인 가산법을 적용하였다. 가산법을 위한 점수는 알려진 연구 결과와 농촌진흥청의 통계 자료를 근거로 부여하였다. 최종 구성 항목은 Table 1과 같다.

### III. 조사결과

#### 1. 대상 농가 정보

사고를 경험한 13개 농가 중 농약을 취급하는 9개 농가에 대하여 작목, 작업장소 및 노출 정보에 관한 결과는 Table 2와 같다. 작목은 주로 포도(3곳, 시설하우스), 오이(1곳, 시설하우스), 쪽파(1곳, 노지), 사과(1곳, 과수원), 딸기(1곳, 시설하우스), 인삼(1곳, 노지), 복분자(1곳, 시설하우스)로 확인되었다. 농약을 사용하는 작업 시기는 동일한 작목이어도 각 농가별로 차이를 보였다.

희석 및 살포 작업은 함께 이루어졌다. 농약은 작업 시기 동안 주로 1주일에 한 번 또는 2주에 한 번의 주기로 사용되었다. 하루 작업 시간은 1시간 반부터 최대 6시간까지 사용하는 것으로 나타났으며, 이는 농가 특성에 따라 차이를 보였다. 면담을 통해 확인한 연간 사용 일수는 최소 4일부터 최대 24일까지인 것으로 나타났다. 연간 작업 일수와 하루 작업 시간을 고려해 계산한 연간 총 노출시간은 최소 12시간부터 최대 96시간인 것으로 확인되었다(Table 2).

#### 2. 농약 사용 작업의 위험성평가 결과

##### 1) 항목별 평가 결과

위험성평가에 필요한 항목들은 희석 및 살포 작업 특성에 맞게 구성하였다. 농가에서 주로 사용하는 농약을 대상으로 확인한 농약 독성 정보는 대부분 저독성(6곳)이었으며, 나머지 보통 독성 또는 독성을 알 수 없는 경우가 3곳이었다. 희석 시 사용하는 농약 제형은 대부분 액체와 고체(분말)를 혼합한 형태였으며(8곳), 액체만 섞어 사용하는 경우가 1곳이었다. 또한, 희석 작업 시 보안경 또는 장갑 중 하나를 착용하는 농가가 4곳, 둘 다 착용하지 않는 농가가 3곳, 두 개 모두 착용하는 농가가 2곳이었다.

살포 작업은 대부분의 농가에서 동력 분무로 수행하였으며(6곳), 수동 분무 2곳, SS 살포기(캡 있음)가 1곳이었다. 조사된 농가 대부분이 실내 형태인 시설하우스인 것을 고려할 때, 바람의 방향과는 관계 없이 살포하는 농가가 대부분(6곳)이었으며, 이외 3곳은 바람을 등

Table 2. Information on the farms using pesticide

Farm ID	Farm information		Exposure information				
	Crop	Workplace	Work period	Work cycle (#/month)	Working time (hr/day)	Working days (day/yr)	Total exposure time* (hr/yr)
F1	Grape	Greenhouse	Mar~Jun	2	1.5	8	12
F2	Grape	Greenhouse	May~Sep	2	6	10	60
F3	Cucumber	Greenhouse	Aug~Dec	4	1.5	20	30
F4	Green onion	Ground	Jan~Dec	2	4	24	96
F5	Grape	Greenhouse	Apr~Sep	2	2	12	24
F6	Apple	Orchard	Apr~Sep	4	4	20	80
F7	Strawberry	Greenhouse	Mar~Sep	2~4	3~5	18	54~90
F8	Ginseng	Ground	Jul~Aug	2	2.5~4.5	8	20~36
F9	Black raspberry	Greenhouse	Mar~Apr	2	4	4	16

\*Working time(hr/day)×Working days(day/yr)

**Table 3.** The results of risk assessment scores and levels on pesticide use tasks

Task	Item	Score	Farm ID								
			F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Dilution	<b>Pesticide toxicity</b>										
	Slightly hazardous	+1	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	-
	Moderately hazardous	+2	✓	-	-	-	-	-	✓	-	✓
	Highly hazardous	+3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Extremely hazardous	+4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Pesticide formulation</b>										
	Liquid	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
	Solid	+2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Liquid and solid	+2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
	<b>Personal protective equipment</b>										
Spraying	Safety glasses and gloves	-1	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-
	Safety glasses or gloves	+1	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	✓
	Not wear	+2	-	-	✓	✓	-	✓	-	-	-
	<b>Spraying equipment status</b>										
	No leakage	0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Leakage possible	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Spraying type</b>										
	Unmanned spraying	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Drone	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	SS machine(cap O)	+1	-	-	-	-	-	✓	-	-	-
	SS machine(cap X)	+3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Power spraying	+3	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓
	Manual spraying	+3	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-
	<b>Spraying method</b>										
	Not applicable	0	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-	-
	Against windward	0	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓
	Facing windward	+1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>Distance from crops</b>										
	≥2 m	0	-	-	-	✓	-	-	-	-	-
	≥1, <2 m	+1	✓	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
	<1 m	+2	-	-	✓	-	-	-	-	-	-
	<b>Respirator</b>										
	Wear	-1	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Not wear	+1	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-
	<b>Protective clothing</b>										
	Wear	-1	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓
	Not wear	+1	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	-
Total	Risk score*		9	8	12	8	4	7	9	8	6
	Risk class†		3	3	4	3	1	3	3	3	2

\*The sum of the item scores

†Risk level given in four ranges on risk scores

지고 살포하였다. 또한, 농약 살포 시 작물과 접촉할 수 있는 거리는 대부분 1m 이상 2 m 미만 7곳, 그 외 2 m 이상 1곳, 1 m 미만 1곳으로 확인되었다. 호흡 보호구는 대부분 착용하고 살포하였으며, 착용하지 않는 농가가 2곳이었다. 농약 방제복은 대부분인 7곳에서 착용

하지 않는 것으로 나타났다(Table 3).

## 2) 위험성 등급별 작업 특성

위험성평가 결과를 토대로 현장에서 실제로 점검한 사항을 비교하여 위험성 특성을 도출한 결과는 Table



**Table 4.** The major risk characteristics of on-site inspection by risk assessment levels

Farm ID	Risk level	On-site inspection key-findings	Health effect symptoms*
F3	4	- No personal protective equipment - The greenhouse was a confined space(no ventilation)	Chest pain, dizziness
F1 F2 F4 F6 F7 F8	3	- Do not wear goggles and gloves when diluting task - Do not wear respirators and protective clothing when spraying	Not available
F9	2	- Do not wear goggles and gloves when diluting task - Wear respirators and protective clothing when spraying	
F5	1	- Wear goggles and gloves when diluting task - Wear respirators and protective clothing when spraying	

\*Symptoms responded by farmers in interviews

4와 같다. 항목별 평가 결과를 고려할 때, 대부분의 농가는 동력 분무 또는 수동 분무 형태로 살포 작업을 하였으며, 살포 농약은 주로 액체와 분말 형태의 고체가 혼합된 제형이었다. 또한, 주로 사용하는 농약의 독성은 저독성 혹은 보통 독성인 것으로 나타났다.

이러한 항목 이외에 위험성평가 점수와 등급에 영향을 주는 요인은 현장 점검을 실시한 결과, 주로 보호구 사용 여부 차이로 인한 것으로 확인되었다. 위험성이 가장 높은 4등급으로 나타난 F3 농가의 경우, 희석 및 살포 작업 시에 아무런 보호구를 착용하지 않는 것으로 나타났으며, 해당 농업인은 가슴 통증과 현기증을 호소하는 것으로 응답하였다. 또한, F3 농가의 시설하우스 작업장은 일 년 동안 거의 환기가 이루어지지 않는 것으로 확인되었다.

이외 위험성 3등급과 2등급의 현장 점검 결과로써 동일하게 희석 작업에서는 아무런 보호구를 착용하지 않았지만, 2등급의 농가에서만 유일하게 살포 시 호흡 보호구를 착용하는 것으로 나타났다. 가장 점수가 낮게 나온 위험성 1등급의 농가는 희석 작업 시에 보안경, 장갑을 착용하고 살포 작업 시에도 호흡 보호구와 방제복을 모두 착용하는 것으로 조사되었다. 1~3등급으로 나타난 8개의 농가의 농업인은 아무런 건강 영향 증상을 호소하지 않았다.

#### IV. 고찰 및 결론

본 조사는 농약을 사용하는 희석 및 살포 작업에 적

합한 위험성평가 도구와 항목을 선정하기 위하여 실제 현장 조사를 통해 작업에 대한 특성을 조사하여 반영하고자 하였다. 농약을 사용하는 9개 농가를 대상으로 사전에 구성된 농약 정보, 살포 방식, 작업 방법 등의 위험성평가 항목이 현장에 적합한지를 판단하였으며, 더불어 추가로 구성되어야 할 필요 사항들도 확인하였다. 농약 사용 작업에 포함하지는 않았으나 실제 농가에서 농약을 보관하는 상태에 관해서도 확인할 수 있었다(Figure 1).

농약 노출은 대표적으로 피부 및 호흡기에 대한 경로로 이루어지므로 이를 평가하기 위해 관련 주요 작업인 희석 및 살포 작업을 대상으로 항목을 구성하였다(Hughes et al., 2008). 희석에서는 주로 손에서의 피부 노출이 발생하며, 농약을 주로 취급하는 쪽의 손에서 노출이 높아 이에 대한 장갑 등의 보호구 착용이 필요하다고 판단하였다. 또한, 분말 형태의 농약을 희석하는 경우에 공기 중으로 비산할 우려와 액체 형태의 농약이 튀는 상황 등을 반영하여 보안경과 장갑의 착용 여부 항목을 선정하였다.

살포 작업에서는 공기 중의 농약이 호흡기로 흡입되는 경우를 고려하지만, 작물과의 거리에 따라 접촉이 있을 경우에 일부 신체 부위에서의 피부 노출 수준이 높은 것으로 보고된 바 있다(Kim et al., 2007). 따라서 호흡보호구와 방제복 착용 여부를 조사하였으나, 여러 종류의 보호구를 착용할수록 농약의 노출이 감소한다고 보고된 바에 따라 살포 작업 시에도 보안경과 장갑을 착용하는지 여부를 함께 확인할 필요가 있을 것으로



(A) Stored in the dedicated safety container



(B) Stored on the working table



(C) Stored in a refrigerator when not in use



(D) Stored in working shelving



**Figure 1.** Pesticide storage types identified by the on-site inspection.

판단된다(Lee & Roh, 2016).

보호구 착용 여부는 위험성 점수와 등급 결정에 일부 영향을 보인 것으로 판단된다. 항목에서 일부 다른 결과를 보였지만 위험성 등급은 주로 희석과 살포 작업 시에 작업에 맞는 보호구를 모두 착용하거나, 일부만 착용한 것에 따라 결정되는 경향을 보였다(Table 4). 특히 위험성이 가장 높은 Level 4로 나타난 F3의 농가에서는 모든 보호구를 착용하지 않았고, 해당 농업인은 실제로 어지러움, 두통, 멀미 등의 증상을 호소하였다. 보호구 외에 특성을 살펴본 결과, F3 농가는 하우스 형태였으며 측창 개방 등의 환기가 전혀 이루어지지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 향후 하우스 등 실내 형태에 대해서는 환기 여부를 추가로 조사할 필요가 있을 것으로 판단된다.

농약 노출의 위험은 본 조사에서 실시한 항목만으로 판단하기에 상당한 제한이 있을 것으로 판단된다. 농약 노출 평가를 위해 활용되는 여러 모델링 방법에서 중요한 정보인 살포 시간에 대한 정보도 함께 확인하였으나, 살포 면적, 농약 성분, 희석 및 탱크 용량 등의 필요한 정보도 함께 조사되어야 할 것으로 판단된다(EPA, 1996). 따라서 위험성평가 결과가 그에 맞는 목적인 감소 대책을 이끌어내는 근거로 활용됨과 동시에 국내 Ko-POEM 등의 위해성 평가 자료로도 일부 연계하여 활용할 수 있는 방안이 되어야 할 것으로 고려된다.

조사된 농약의 일반적인 독성 정보(e.g., 저독성 등 4개 분류)는 평가자가 가장 확인하기 쉽도록 표기되어 있고, 대표적으로 활용되는 정보임을 고려하였다. 이는 국제보건기구의 포유동물에 대한 독성 구분으로써 1999년부터 흡입독성에 대한 정보가 제외되고 대상 농약의 반수치사량(LD<sub>50</sub>)으로 구분하여 관리되고 있다(WHO, 2019). 하지만 화학물질 분류표시 국제조화시스템(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, GHS) 등의 유해성 정보를 함께 확인하여 독성을 판단하는 것이 정확한 방법일 것으로 판단된다.

본 조사에서 항목으로 구성한 농약의 일반 독성정보로는 농약이 가진 심각성 또는 유해성을 모두 담보할 수 없다. 위에서 전술한 바와 같이 독성정보가 갖는 한계(e.g., 주로 급성독성의 경구/경피 중심)로 인해 흡입 독성 및 만성 독성에 대한 정보를 확인하기 어렵다. 따라서 농약별 GHS에 따른 유해성 정보를 충분히 활용하고 고려하여야 한다. 그러나 현재 농약은 산업안전보건

법에서 농약관리법으로 분리되어 별도로 관리되고 있으며, 예하 규칙인 '농약, 원제 및 농약활용기자재의 표시기준' 제3조(농약의 표시사항), 제13조(원제의 표시기준) 등의 조항을 토대로 사용자에게 제시해야 할 정보를 규정하고 있다. 본 조사에서 방문한 실제 현장에서는 농약 길면만으로 GHS의 유해성 정보를 즉각적으로 확인하는 것에 어려움이 있었으나, 추가적으로 설명서 등의 자료들을 확보하여 확인해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다. 향후 농약 사용 작업에 대한 위험성평가 도구를 수립한다면 GHS의 독성정보를 확인하여 위험성 결정에 고려하기 위한 여러 방법이 필수적으로 모색될 필요가 있다.

농약도 현재 안전보건공단에서 제공하는 CHARM (Chemical Hazard Risk Management) 방법을 활용한 화학물질 위험성평가로 수행할 수 있다. 이는 정성적 평가법으로써 평가 결과에 일부 제한점이 보고된 바 있으나(Yoon et al., 2018), 중소기업 사업장에서 화학물질의 위험성을 평가하는 것에 활용하기 좋은 방법으로 알려져 있다. 위에서 언급한 바와 같이 농가 현장에서 즉각적으로 GHS MSDS(material safety data sheet)를 확인할 수 없는 경우에는 농약 활성 원제를 기준으로 노출기준, CMR(carcinogenic, mutagenic, reproductive toxicity)정보, 물리화학적 특성 등을 종합적으로 확인할 수 있으므로 효과적일 수 있다.

그러나 현장 작동성 측면에서 실제 농가 또는 농업인이나 이를 지도하기 위한 농촌진흥공무원 등이 활용하기에 상당한 어려움이 있다는 점이 존재한다. CHARM과 연계 수행되어야 하는 작업환경측정과 특수건강검진은 자영 농업인이 대다수인 농업 분야에서는 법적 의무사항이 아니므로 위험성 등급을 추정하는데 제한이 존재한다. 또한, 농약 희석 및 살포 작업의 환경 또는 작업 특성과 농업인의 노출 패턴을 전체적으로 반영할 수 없다는 것으로 인해 위험 예지 활동 성격에서 이를 점검하기 위한 체크리스트 등의 정량 또는 정성적 평가 도구를 별도로 마련되어야 할 필요성이 있는 것으로 생각된다.

이에 조사에서 활용된 체크리스트는 농약 사용 작업에 대해 비전문가인 농업인 또는 관련 농촌진흥공무원 등이 활용할 수 있는 형태에서 필요한 항목들을 확인하고 실제 현장에서 필요한 것들을 도출하여 체크리스트 방법의 항목들을 구성하고자 하였다. 따라서 현재 사업장 위험성평가에 관한 지침(고용노동부고시 제2023-19



호)에서 규정하는 평가 방법 중 체크리스트 형식에 점수를 가산하는 방식으로 설정하였다. 이는 체크리스트를 활용하여 위험의 확인(hazard identification)에 중점을 둔 점검(inspection)과 위험을 사전 확인하여 크기를 평가하고 관리 및 감소 대책을 수립하는 개념인 평가(assessment)간에 차이를 두기 위함이었다.

또한, 수치화된 점수와 등급은 국가적으로 수행되는 농업인 안전 관련 사업의 개선 전과 후에 대한 지표로 활용될 수 있을 것이다. 위험을 확인하고 개선하는 단계로 진행되는 것도 위험성평가의 목적에 부합하므로 이를 활용하여 제한적인 인력과 비용 속에서 관리가 시급한 농가를 우선으로 선정하는 것에 필요할 것으로 판단된다. 그러나 객관적이고 절대적인 위험의 크기를 계산하기 위한 방법에 대해서는 현재 부여된 항목을 조정하거나 대규모 농가에 적용해 보는 등의 추가적인 연구를 통해 항목을 재구성해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

본 조사를 통해 농약 사용 작업에 적합하도록 구성한 체크리스트 항목을 활용해 보고, 실제 현장의 특성을 함께 고려하여 추가로 필요한 항목 및 보완해야 할 지점을 모색하였다. 현재 조사에 활용된 체크리스트 항목 상으로는 보호구의 착용 여부에 따라 위험성 등급이 결정되는 경향을 보였으나, 확인된 현장 특성들을 고려하여 추가로 평가에 필요한 항목들을 재구성하고, 다른 요인에 따라서도 위험성 등급을 구분할 수 있는 방향으로 개선되어야 할 것으로 판단된다. 농약 사용 작업에 적합한 위험성평가 도구가 수립된다면 향후 농업인과 농촌진흥기관 등에서 쉽게 활용할 수 있는 방법 중 하나가 될 수 있을 것으로 기대한다.

## 감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호:PJ01672301)의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Aven T. Risk assessment and risk management: review of recent advances on their foundation. *Eur J Oper Res* 2016;253(1):1-13 (<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.12.023>)
- Cho IK, Kim SJ, Kim JM, Oh YG, Seol JU et al. Risk assessment of operator exposure during treatment of fungicide dithianon on apple orchard. *Korean J Environ Agric* 2018;37(4):302-311 (<https://doi.org/10.5338/KJEA.2018.37.4.40>)
- Hughes EA, Flores AP, Ramos M, Zalts A, Class CR et al. Potential dermal exposure to deltamethrin and risk assessment for manual sprayers: influence of crop type. *Sci Total Environ* 2008;391(1):34-40 (<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.09.034>)
- Kim E, Lee H, Choi H, Moon JK, Hong S et al. Methodology for quantitative monitoring of agricultural worker exposure to pesticides. *The Korean Journal of Pesticide Science* 2011;15(4):507-528
- Kim HC, Kim KR, Lee KS, Kim KS, Cho KA. The characteristics of farmer's dermal exposure during pesticide spraying and dilution in cut rose greenhouse. *J Korean Soc Occup Environ Hyg* 2007;17(3):203-211
- Lee J, Roh S. Evaluation of exposure to organophosphorus pesticides according to application type and the protective equipment among farmers in South Korea. *Korean J Pestic Sci* 2016;20(2):172-180 (<http://dx.doi.org/10.7585/kjps.2016.20.2.172>)
- Lee S, Paik MK, Lee MJ, Shin H, Jeong M et al. Pesticide reduction effect of agricultural workers according to the wearing degree of personal protective equipment. *Korean J Pestic Sci* 2019;23(4):339-347 (<https://doi.org/10.7585/kjps.2019.23.4.339>)
- Lee WJ. Pesticide exposure and health. *J Environ Health Sci* 2011;37(2):81-93 (<http://doi.org/10.5668/JEHS.2011.37.2.081>)
- NRC. Risk assessment in the federal government: managing the process. Washington DC: National Academy Press; 1983. p. 17-79
- RDA. Pesticide safety information system. [accessed 2024 Oct 20]. Available from: URL:<http://psis.rda.go.kr/psis/index.ps>
- Ryu GH, Jo HW, Sun JH, Park HJ, Moon JK. Comparison of exposure of mandarin orchard workers to the fungicide fluazinam using whole body dosimetry on a stationary power and remote-control sprayer. *Korean J Pestic Sci* 2024;28(1):43-54 (<https://doi.org/10.7585/kjps.2024.28.1.43>)
- US EPA. Occupational and residential exposure test guidelines. Washington DC, USA: Environmental Protection Agency; 1996. Group A(875.1000-875.1400)
- WHO. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification. 2019. [accessed 2024 Oct 20]. Available from: URL:<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/>

332193/9789240005662-eng.pdf

Yoon CS, Jeong JY, Lee KH, Park MJ, Park JH et al. A study on the improvement of the classification system and management standard of hazardous substances under the occupational safety and health act. Republic of Korea: Occupational Safety and Health Research Institute; 2018. p. 114-147

#### <저자정보>

정원건(농업연구사), 김경수(농업연구관), 이충근(농업연구관), 이민지(농업연구사), 최원(전문연구원), 김효철(교수)