

# 농약방제복 개발규격 및 시험평가법 표준화를 위한 국내외 연구현황 분석

## Contemporary Research to Standardize the Development and Test Methods for Performance of Pesticide Protective Clothing

김도희<sup>1</sup>·백윤정<sup>1</sup>·이주영<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 생활과학연구소, <sup>2</sup>서울대학교 의류학과

Kim, Do-Hee<sup>1</sup> · Beak, Yoon Jeong<sup>1</sup> · Lee, Joo-Young<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Human Ecology, College of Human Ecology, Seoul, Korea

<sup>2</sup>Department of Textiles, Merchandising and Fashion, Seoul National University, Seoul, Korea

### Abstract

The purpose of the present review was to analyze contemporary data on the standards and test methods of pesticide personal protective equipment (PPE). We have reviewed national and international articles, private reserve regulations and standards such as ISO, KS, ASTM, etc. Studies on human thermal physiological responses while wearing the PPE were mainly found in domestic academic perspectives, whereas general interests in respirator, protective gloves, goggles, and clothing as well as interests in pesticide exposure assessment were mainly found abroad. In Korea, regulations and evaluation rules of PPE for pesticide control were found, but mainly washing evaluation focusing on the properties of textiles were found. Very few test methods on human trial tests of pesticide PPE were found in both domestic and overseas studies.

**Key words:** Pesticide Protective Clothing, Personal Protective Equipment (PPE), ISO, Pesticide Operator

### I. 서론

우리나라는 1960년대 이후 산업화와 도시화 과정에서 나타난 농업인구의 급격한 감소로 인해 농작업자 1인당 경지면적이 증가하고, 총 농약사용량 뿐 아니라 단위면적당 농약사용량도 크게 늘어 농작업자의 농약노출 위험 또한 높아지게 되었다(Statistics Korea, 2014; Statistics Korea, 2015).

농촌진흥청(RDA)(2009a)에서 1,233명의 농작업자를 대상으로 실시한 농작업 환경 유해요인 설문조사 결과에

따르면 농작업 환경에서 건강에 심각한 문제를 일으킬 수 있는 요인들 중 가장 위험한 것으로 인지하는 것은 농약(41.2%)인 것으로 나타났고, 농약 중독 관련 선행연구에서는 우리나라 농작업자의 53-87%가 비치명적 급성 농약 중독을 경험한다고 보고된 바 있다(Lee et al., 2002; Song et al., 2003).

농약에 장기간 직업적 노출 시에는 폐암, 백혈병 등의 악성종양(Weichenthal et al., 2010), 농부폐증 등의 호흡기 질환(Hoppin et al., 2006), 생식기계 질환(Farr et al., 2006) 및 우울증, 파킨슨병 등의 신경외과적 질환

\* Corresponding Author: Lee, Joo-Young  
TEL: +82-2-880-8746, FAX: +82-2-875-8359  
E-Mail: leex3140@snu.ac.kr

(Alavanja et al., 2004)이 발생할 수 있다고 알려져 있다. 농약 노출은 농약을 살포할 때 뿐 아니라 농약의 조제, 사용 후 포장, 재출입, 농작물의 수확, 농약의 저장, 보관 및 폐기와 같이 농업의 전 단계에서 피부, 호흡기, 또는 경구를 통해 발생할 수 있으며 다양한 노출 경로 중 피부 노출에 의한 농약 침투는 총 인체 노출량의 대부분(약 87%)이라 보고된 바 있다(DeJonge et al., 1985).

인체가 농약에 얼마나 노출되어 축적되었는지에 대한 평가 시 농약을 살포하는 방식이나 혼합 방식, 살포시간, 횟수와 함께 농약방제복의 착용 여부와 착용한 방제복의 종류도 중요한 위치를 차지한다(Lee, 2011). 농약방제복 착용이 농약 노출의 잠재적 위험으로부터 농작업자를 지켜줄 수 있는 좋은 보호 수단임에도 불구하고 국내 농약 중독률은 여전히 높은데 이의 가장 큰 이유는 방제복을 잘 착용하지 않기 때문인 것으로 분석되었다(You, 2004a). 국내 농업인 대상 조사 연구 결과에 따르면 농약살포 시 농약방제복을 항상 착용한다는 응답은 전체 응답자의 1%에 불과한 반면, 아예 입지 않는다는 응답은 무려 72%에 해당하였는데(You, 2004b), 농작업자들이 방제복 착용을 기피하는 이유는 방제복 착용으로 인해 서열 부담이 가중되고 작업 능률이 저하되기 때문으로 조사되었다(You, 2004a). 산업현장에서 유해화학물질을 다루는 근로자와 달리 농작업자는 주로 여름철 외기 또는 습한 비닐하우스 내에서 농약을 살포하게 되므로 방제복을 입을 경우 농작업자들이 경험하는 과도한 서열 스트레스가 방제복의 자발적 착용률 저하로 연결된다고 생각해 볼 수 있다.

한편 농약방제복을 착용하더라도 상당량의 농약이 방제복 내부로 침투할 수 있기 때문에(POEM, 1992) 방제복 자체의 보호성능도 재점검할 필요가 있다. 또한 살포 방식이나 작목의 종류에 따라 농약 침투량은 부위별로 차이가 있어 농약방제복 개발 시 이를 참고하는 것이 바람직하다.

농작업자를 농약으로부터 안전하게 보호하기 위한 방법은 성능이 검증된 농약방제복을 개발하고 그 자발적 착용률을 높이는 것이라 할 수 있다. 자발적 착용률을 높이기 위해서는 무엇보다 농약에 대한 보호성능은 손상시키지 않으면서 착용 쾌적성과 동작 효율성을 최대한 높일 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이다. 이를 위해 농약방제복 개발규격 및 시험평가법을 표준화하여 보호성능과 더불어 착용 시 쾌적성능에 대한 객관적 등급의 제안이 선행되어야 할 것이다. 특히 우리나라의 경우, 대규모 농

장에 항공방제 시스템을 도입해 농약에 직접 노출되는 농작업자의 비율이 낮은 선진국과 달리 직접 농약을 살포하는 소규모 자영농의 비율이 높기 때문에 이러한 한국 농작업 환경 실정에 맞는 농약방제복 개발규격 및 시험평가법을 제안할 필요가 있다.

이에 본 리뷰는 농약방제복 개발규격 및 시험평가법 표준화를 위해 국내의 관련 연구현황을 분석하고 이를 바탕으로 국내에 적합한 시험평가법을 제안함을 목표로 하였다. 이를 위해 국내외 전문 학술지에 출판된 학술논문들과 관련 지침, 규격, 시험법 등을 조사하였다. 국내 학술지로는 농약과학회지, 복식문화연구, 예방의학회지, 한국농촌의학회지, 한국산업위생학회지(구:한국산업보건학회지), 한국생활과학회지, 한국생활환경학회지, 한국의료학회지, 한국지역사회생활과학회지, 한국환경보건학회지 등의 논문을, 해외 자료들의 경우 PubMed, SCOPUS, Science Direct, Google Scholar 등의 학술 검색 사이트에서 농약방제복 및 노출평가 관련 논문을 분석하였다. 국내 관련 지침이나 규정 자료는 한국산업표준, 산업안전보건법, 고용노동부(MOEL), 농촌진흥청(RDA) 자료 등을 이용하여 분석하였고, 해외 관련 지침이나 규정 자료는 주로 미국과 유럽의 US EPA, OSHA, NIOSH, ASTM, EN, ISO 및 미국의 각 주 자치단체 규정 등을 검색하였다.

## II. 국내 농약방제복 및 시험평가법 관련 연구동향

### 1. 국내 학술연구 동향

#### 1) 농약방제복 성능평가에 대한 국내학술연구

농약방제복을 다룬 국내 학술논문은 1987년 농약방제복 개발에 관한 연구(Choi et al., 1987)를 필두로 지난 25여 년간 농약방제복의 착용현황과 작업환경 조사, 소재 및 디자인 개발, 착용 시 인체생리반응과 쾌적감 평가, 농약노출평가, 세탁 후 성능평가 등으로 이어져 현재까지 약 20편의 논문이 출판되었다. 그 중 농약방제복의 쾌적성 향상을 위해 소재를 개선하여 그 성능을 평가한 Hwang et al. (2007)의 연구에서는 투습발수 기능을 가지는 폴리에스터로 방제복을 제작하고 방수코팅 나일론 소재로 제작된 기존 농약방제복과 성능을 비

교한 결과 투습발수 폴리에스터 소재 방제복의 투습성이 높아 쾌적성은 우수하였으나 내수도가 낮아 농약의 침투에 대한 방호성능은 떨어지는 것으로 평가되었다. 한편 이치럼 투습방수 가공 소재로 제작되어 세탁하여 반복 사용되는 농약방제복의 경우 세탁 및 관리 보관 또한 성능유지에 있어 중요하다. Shin et al.(2011)은 반복 세탁 후 투습방수포로 제작된 농약방제복의 내수도와 발수도 값의 저하, 즉 방호성능의 저하에 대해 보고하였는데, 이러한 저하의 원인을 물리적 마찰에 의해 섬유 피로가 증가되고 섬유구조가 변형 또는 파괴, 코팅된 피막이 손상되어 기공도나 기공의 직경이 커졌기 때문으로 설명하였다. 세탁을 하지 않은 투습방수포 방제복을 착용하고 농약방제 작업을 수행한 후 농약노출을 평가한 결과 방제복 내부로의 농약 침투는 전혀 발견되지 않았으나, 5회 세탁 평가한 결과에서는 머리, 팔, 허벅지, 종아리에서 농약이 검출되었다. 이는 반복 세탁에 의한 내수도와 발수도의 저하가 농약방호성능의 저하로까지 이어짐을 의미한다. 따라서 투습방수포 농약방제복의 성능유지를 위해서는 표면의 수지피막이 손상되지 않도록 세척 강도는 약하게 하되 여러 번의 수세가 필요할 것으로 생각된다. Judith et al.(2011)은 반복세탁에 따른 성능저하를 막기 위해 방제작업 후 세탁한 방제복에 방수성능을 부여할 수 있도록 스프레이형 플루오르화합물 후처리 제품을 사용을 제안하기도 하였다.

한편 농약살포 후 방제복을 잘 세탁해서 보관한다는 응답은 45%(Lee et al., 2000)에 불과하므로 일회용 농약방제복의 보급이 농작업자들에게는 보다 자발적 착용률을 높이기 위한 현실적 대안이 될 수 있다. 일회용 작업복을 권장할 경우 폐기로 인한 환경오염문제가 대두될 수 있기에 친환경 생분해 소재로 제작한 일회용 방제복 개발이 논의되었다. Hwang과 Lee(2012)는 생분해성 PLA(Polylactic Acid) 코팅 부직포로 제작한 방제복의 성능을 기존 직물(폴리에스터) 방제복과 기존 일회용 부직포(폴리프로필렌) 방제복의 성능과 비교하였다. 그 결과 생분해성 PLA 소재 일회용 작업복의 내수압과 발수도의 안전성이 확인되었고 인체 착용 시 쾌적성도 다른 두 종류 방제복 착용 시보다 우수하여 친환경 일회용 방제복의 적용 가능성을 확인하였다.

## 2) 농약의 인체노출평가 및 농약중독에 대한 국내학술연구

농약방제용 개인보호구 개발규격과 시험평가 표준화를 위해서는 농약방제복의 소재 개발이나 착용 평가로 충분하지 않다. 보호와 쾌적 성능이 균형을 이룬 농약방제복 개발을 위해 농약방제 시 농약의 인체노출평가에 대한 이해가 통합되어야 하나 이러한 두 가지 관점에서 수행된 국내 연구는 찾아보기 쉽지 않다. 농작업자에 대한 농약노출 및 건강위해성 평가를 다룬 국내 연구논문들을 살펴보면 노지, 과수, 하우스 등의 국내 농약방제 환경에서 살균제, 살충제, 제초제 등 다양한 종류의 농약방제에 대한 인체위해성 평가들이 보고되어 왔으며 특히 이의 정량적 노출시험평가법에 대한 논의들이 꾸준히 전개되어 왔다.

농경지 면적 대비 농약 사용량을 OECD 주요 국가와 비교해 보면 우리나라는 고온다습한 기후로 인한 높은 병해충 발생과 연중재배·집약생산 등의 영농특성으로 아직까지 다소 높은 수준을 나타내고 있고(OECD, 2015), 전술한 바와 같이 국내 농업인들의 농약 중독 경험도 높은 편이다. 또한 대다수의 농작업자들은 주로 불완전한 복장이나 평상복으로 농약을 살포는 것으로 조사되었으며, 완전복장을 한 경우에도 농약중독경험이 63%로 높았다(Lim, 1997). 특히, Yang과 Park(1994)의 연구에서는 비닐하우스 내 농약방제작업자의 경우 일반 농민에 비해 더 낮은 GSH(Glutathione)의 값을 나타내었는데, 연구자들은 이러한 차이의 원인을 비닐하우스 농민이 농약 등의 산화성 물질에 더욱 노출되어 있음에 기인한다고 분석하였다. GSH의 감소는 Free radical의 혈액 내 증가를 상징하고 또한 혈액이 농약 등에 노출되어 자체 보호력이 떨어진 상태를 의미한다.

인체에 대한 농약노출 정도는 농약 원제보다는 제품의 제형, 방제복 착용 여부, 살포 방식, 연간 농약살포일수 및 1회 살포시간 등에 더 큰 영향을 받는다(Hong et al., 2007). 농촌진흥청(RDA)(2009b)의 보고서에 따르면 평균 1회 농약 살포시간이 과수 > 밭작물 > 비닐하우스 작목 > 수도작 순이었고, 연간 살포빈도도 과수와 화훼 농업인이 통상적으로 연간 10-15회 정도 살포하여 과수 재배자들의 농약노출위험이 가장 크다고 인정되었다. 특히 2013년 농촌진흥청의 연구보고서(RDA, 2013)에 따르면 전국 농작업자 1,958명을 대상으로 연간 농약살포일수와 1일(회)농약살포시간을 조사한 결과, 수도작의 경우 연평균 2.6일과 1일 평균 3.1시간인데 비해 과수는 연간 9.3일

과 하루 평균 3.2시간으로 과수농민이 농약에 노출되는 시간이 가장 길었다고 보고하였다. 농업의 형태 뿐 아니라 농약의 살포방식에 따라서도 농약노출량이 다르다. 농약은 살포방식에 따라 Speed spray(SS 방식; 과수 1인 작업), Hand spray(HS 방식; 과수, 수도작, 노지, 하우스; 2인 작업), Back pack(하우스, 노지; 1인 작업), Fogger(화훼; 1인 작업)로 나뉘며 국내 가장 많은 살포방식은 Hand spray법이다. 그러나 인체에 대한 농약노출량은 Speed spray 방식이 가장 많다고 알려져 있어(Lee, 2012), 과수 작업자들에게 특별한 주의가 요구된다.

체내로의 농약 축적은 피부, 호흡기, 경구를 통해 이루어지는데 농약의 주요노출경로는 피부라 알려져 있다. 피부로의 농약노출평가 결과 일반적으로 몸통보다 팔과 다리에 농약노출이 더 많고, 과수와 같이 키가 큰 작물을 재배하는 경우 모자와 어깨 부위 농약침투 위험이 높다(Kim et al., 2007). 과수 작업 농약침투성 평가 결과 방제복 소재에 상관없이 몸통에 비해 머리와 팔, 다리 부위 농약노출이 많았다(Hwang et al., 2008). 허벅지를 통한 노출이 전체 피부노출의 35% 이상을 차지한다는 보고도 있다(Lee, 2012). 특히, 손이 전체 노출량의 90%를 차지하는 경우도 있으나 평균적으로는 11% 정도 차지하는데(Choi & Kim, 2014; Kim et al., 2012) 이는 전신에서 양 손이 차지하는 체표면적 비율이 약 5% 정도인 것(Lee, 2005)을 고려하면 손이 농약에 대한 고노출 부위임을 알 수 있다. 보호성능과 및 쾌적성이 균형을 이룬 농약방제복의 개발 시, 작목 형태에 따라 농약노출이 적은 부위는 통기성을 향상시킨 디자인으로 농약 노출이 많은 인체 부위는 보호성능을 향상시킨 디자인으로 접근할 필요가 있다.

## 2. 국내 관련 지침 및 규격 동향

### 1) 농약방제복 관련 국내 지침 및 규격

농업인의 삶의 질 향상 및 농어촌지역 개발촉진에 관한 특별법(2015) 제14조에 따르면 국가와 지방자치단체는 농어업인에게 주로 발생하는 질환의 예방치료 및 보상을 위한 지원시책을 마련하고 작업자 건강위해요소를 개선하기 위해 필요한 지원을 하여야 함을 명시하고 있다. 현재 농약방제복 관련 국내 정부 관련 규격으로는 1987년 공고된 농림수산부(MAFF)의 ‘농약살포용 방제복과 개량마스크 규격’과 2012년 산업안전보건공단(KOSHA)의 ‘농약방제 작업 근로자를 위한 안전보건지침’이 있다<Table 1>. 농림수산부의 공고는 방제복의

재료, 모양 및 구조, 마름질과 바느질, 시험방법, 검사, 표시 항으로 구성되어 있는데, 방제복 재료로 폴리우레탄수지를 도포한 나일론 겉감, 망사 소재 안감을 규정하며, 디자인 요소로 차이나 칼라, 탈부착 모자, 상의 앞섶사이 앞단 부착, 통풍구 아래 시집 5 cm 이상, 봉합부분에 방수테이프 접착, 상하의 전체 안감 사용을 제시한다. 시험평가항목으로는 직물에 대한 무게, 밀도, 인장강도, 수축률, 염색견뢰도(일광/세탁/땀/마찰 견뢰도), 내수도, 블로킹(blocking)성을 제시하고있으나 완제품에 대한 구체적 착용평가항목을 제시하지는 않고 있다. 완제품에 해서는대한 호칭칭, 치수, 제조자명(상호), 섬유혼용률, 세탁손질 및 보관방법 등의 표시 항목만을 제시하고 있다.규정은 고 있으며 1987년 공고된 이래 개정된 바 없 한편, 산업안전보건공단(2012)의 ‘농약방제 작업 근로자를 위한 안전보건지침’에서는 방제업무를 농약의 살포뿐만 아니라 훈증, 주입, 혼합, 이송 등의 업무까지 포함하고, 농약방제업무를 시행하는 사업주는 농약방제작업자들에게 안전 및 보호를 위해 방제복, 호흡보호구와 장갑 등 적절한 보호구를 지급하고 착용 상황을 감독하며 세탁 등 관리 및 유지할 의무가 있음을 명시하고 있으나 이의 구체적 실행 방법을 다루고 있지는 않다.

### 2) 화학보호복 관련 국내 지침 및 규격

농약방제복을 직접 다루고 있지는 않으나 보호구의 총괄적인 성능검정규정으로는 2014년 고용노동부(MOEL)의 ‘보호구 안전인증 고시’가 있다<Table 1>. 이는 2004년 노동부(MOL)의 ‘보호구 성능검정규정 고시’로 출발하여, 2008년 ‘보호구 의무안전인증 고시’로 새롭게 제정되었고, 2009년과 2012년 두 번의 개정을 거쳐 현재의 ‘보호구 안전인증 고시’가 되었다. 노동부(MOL)와 산업안전보건공단(KOSHA)에서는 2008년까지 위 ‘성능검정제도’를 운영해 왔으나, 2009년부터 제품의 성능 뿐만 아니라 제조과정에서의 품질관리시스템을 종합적으로 확인하여 안전인증서를 교부하고 품질 관리 시스템의 지속적인 유지 여부 등에 대해 확인·관리하는 “안전인증제도(KCs 마크)”로 성능검정제도를 전환하여 시행하였다(KOSHA, 2010). 2014년 고용노동부(MOEL)에서는 화학물질 취급 근로자의 안전성을 확보하고자 위의 ‘보호구 의무안전인증 고시’ 중 일부를 개정하면서 화학물질용 보호복을 ‘화학물질이 피부를 통해 인체에 흡수되는 것을 방지하기 위

(Table 1) Guidelines and test methods in Korea on personal protective equipment (PPE)

Year	Official Notification, Guideline & Standard	Organization
1987	[Notification of MAFF No. 87-7] Standards for Pesticide Protective Clothing and Improved Mask	MAFF <sup>1)</sup>
2004	[Notification of MOL No. 2004-49] Test Methods for the Performance of PPE	MOL <sup>2)</sup>
2008	[Notification of MOL No. 2008-77] PPE Safety Mandatory Certification	MOL
2009	[Notification of MOL No. 2009-38] PPE Safety Mandatory Certification	MOL
2012	[Notification of MOEL No. 2012-83] PPE Safety Mandatory Certification	MOEL <sup>3)</sup>
2014	[Notification of MOEL No. 2014-46] PPE Safety Certification	MOEL
2013	[Notification of RDA No. 2013-21] Registration Standards of Pesticides and Technical Concentrates - Monitoring of Agricultural Worker Exposure to Pesticides (pp192-195)	RDA <sup>4)</sup>
2014	[Notification of MOE No. 2014- 259] Regulation of Wearing PPE for Hazardous Chemical Handlers	MOE <sup>5)</sup>
2011	[KOSHA GUIDE H-42-2011] Guide for Use of PPE for Skin - Protective Gloves	KOSHA <sup>6)</sup>
2011	[KOSHA GUIDE G-25-2011] Safety Guide for Selection and Maintenance PPE for Eyes	KOSHA
2012	[KOSHA GUIDE H-82-2012] Guide for Use of Respiratory Protective Equipment (RPE)	KOSHA
2012	[KOSHA GUIDE W-19-2012] Technical Guide for Pesticide Applicator Safety and Health	KOSHA
2013	[KOSHA GUIDE G-12-2013] Technical Guide for Use and Maintenance PPE	KOSHA
2007	[KS K ISO 13982-2] Protective Clothing for Use against Solid Particulates -- Part 2: Test Method of Determination of Inward Leakage of Aerosols of Fine Particles into Suits	KATS <sup>7)</sup>
2010	[KS K ISO 16602] Protective Clothing for Protection against Chemicals -- Classification, Labelling and Performance Requirements	KATS
2011	[KS K ISO 13994] Clothing for Protection against Liquid Chemicals -- Determination of the Resistance of Protective Clothing Materials to Penetration by Liquids under Pressure	KATS
2011	[KS K ISO 17491-3] Protective Clothing -- Test Methods for Clothing Providing Protection against Chemicals -- Part 3: Determination of Resistance to Penetration by a Jet of Liquid (Jet Test)	KATS
2011	[KS K ISO 17491-4] Protective Clothing -- Test Methods for Clothing Providing Protection against Chemicals -- Part 4: Determination of Resistance to Penetration by a Spray of Liquid (Spray Test)	KATS
2011	[KS K ISO 6529] Protective Clothing -- Protection against Chemicals -- Determination of Resistance of Protective Clothing Materials to Permeation by Liquids and Gases	KATS
2011	[KS K ISO 6530] Protective Clothing -- Protection against Liquid Chemicals -- Test Method for Resistance of Materials to Penetration by Liquids	KATS
2012	[KS K ISO 22608] Protective Clothing -- Protection against Liquid Chemicals -- Measurement of Repellency, Retention, and Penetration of Liquid Pesticide Formulations through Protective Clothing Materials	KATS
2014	[KS K 0732] Test Method for the Determination of Pesticides in Textiles	KATS
2014	[KS K ISO 17491-5] Protective Clothing -- Test Methods for Clothing Providing Protection against Chemicals -- Part 5: Determination of Resistance to Penetration by a Spray of Liquid (Manikin Spray Test)	KATS

1) MAFF: Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, 2) MOL: Ministry of Labor

3) MOEL: Ministry of Employment and Labor, 4) RDA: Rural Development Administration

5) MOE: Ministry of Environment, 6) KOSHA: Korea Occupational Safety and Health Agency

7) KATS: Korean Agency for Technology and Standards

(Table 2) Classification of chemical protective clothing from notification of test methods for the performance of PPE

Type	Subtype	Definition
Full Protective Suit	Liquid-Tight-Protection (Type 3)	Liquid protective materials, seam and closures of PPE
	Spray-Tight-Protection (Type 4)	Spray protective materials, seam and closures of PPE
Partial Protective Suit	Liquid Protective (Type 3)	PPE which covers partial body parts from the whole body. Liquid protective materials, seam and closures of PPE
	Spray-Tight-Protection (Type 4)	PPE which covers partial body parts from the whole body. Spray protective materials, seam and closures of PPE

(Table 3) Classification of chemical protective clothing from notification of PPE safety certification

Type	Definition
1a	"Gas-tight" chemical protective suit with a breathable air supply, Independent of the ambient atmosphere, e.g. a self-Contained, open-Circuit, compressed-air breathing apparatus, worn inside the chemical protective suit
1a(ET)	Type 1a-ET: for emergency teams
1b	"Gas-tight" chemical protective suit with an independent breathable air supply, e.g. a self-contained, open-circuit, compressed-air breathing apparatus, worn outside the chemical protective suit
1b(ET)	Type 1b-ET: for emergency teams
1c	"Gas-tight" chemical protective suit with an external source of breathable air providing positive pressure inside the suit
Type 2	"Non-gas-tight" chemical protective suit with an external source of breathable air providing positive pressure inside the suit
Type 3	"Liquid-tight" chemical protective clothing
Type 4	"Spray-tight" chemical protective clothing
Type 5	Chemical protective clothing providing protection against airborne solid chemicals
Type 6	Chemical protective clothing with "limited protective performance against light spray and splashes of liquid chemicals"

\* Type 1, 2: Full protective suits integrated with safety gloves and boots

\* Type 3, 4, 6: Partial protective garments allowed

한 것으로서 인체의 전부 또는 일부를 보호하기 위한 옷'으로 정의하였고 섬유분야 한국산업표준인 'KS K'에서는 화학물질용 보호복 재료 및 완제품의 침투 및 투과 저항 등에 대한 성능 평가법들을 제시하고 있다<Table 1>.

2004년 노동부(MOL) 고시 '보호구성능검정규정'에서는 투과(permeation: 화학물질이 보호복의 재료의 외부표면에 접촉된 후 내부로 확산하여 탈착되는 현상)와 침투(penetration: 화학물질이 보호복 재료의 구멍 또는 틈새

등을 통하여 내부로 스며드는 현상)를 구별하여, 보호복의 재료와 솔기 및 접합부가 투과에 대해 보호성능을 가지는 경우 액체방호복(3형식), 침투에 대해 보호성능을 가지는 경우 분무방호형(4형식)으로 분류하였고<Table 2>. 2014년 개정된 고용노동부(MOEL) 고시 '보호구 안전인증'에서는 보다 세분화된 보호복 형식을 제시하고 있다<Table 3>.

화학물질용 보호복의 재료, 솔기 및 접합부 등에 대한 시험성적을 바탕으로 성능을 총 6개 수준(class)으로 분류하는데 성능이 우수할수록 6수준, 낮을수록 1수준에 해당한다. 재료에 대한 시험항목으로는 투과/마모/굴곡/저온굴곡/화염/액체침투/연소 저항, 인장/인열/뚫림 강도, 액체반발이 있고, 솔기 및 접합부에 대한 시험항목으로는 솔기 강도, 투과저항, 접합부의 연결강도가 제시되어 있다. 완성품에 대한 시험항목은 2004년 성능검정규정에서는 액체분사 및 액체분무 항목만 제시되어 있던 것에 비해, 2014년 고시에서는 보호복 형식에 따라 시험항목을 구분하여 제시하고 있다. 2004년과 2012년 고시에 비해 2014년 고시의 시험항목에서 크게 달라진 점은 보호복 완성품에 대한 누설률 및 작업모의시험, 완성품 성능 시험 전에 실시하는 예비실험 등의 항목이 신설되고 각 신설 항목의 실험 내용에 운동방법이 함께 규정되어 있어 동작을 고려

한 평가 및 동작적합성의 평가가 가능하게 된 점이다 <Table 4>.

3) 농약의 인체노출평가 관련 국내 지침 및 규격

농약살포자의 농약노출량 측정시험에 대한 기준은 <Table 1>의 농촌진흥청(RDA)의 2013년 고시 ‘농약 및 원제의 등록기준’에서 규정하고 있다. 이는 2009년 유럽 기준을 도입하여 시행하고 있었으나 국내 실정에 맞도록 2013년 개정이 이루어졌다. 구체적으로는 농약 살포자 농약노출량 산정기준 중 살포기기, 살포면적 및 살포방법 등을 국내 실정에 맞게 개선하였으며, 농약 살포자 농약노출량 측정을 위한 시험기준 중 패치부착위치, 체표면적, 호흡량 등을 한국인 체형을 고려하여 개선하였다. 2013년 고시에서 규정하고 있는 농약 살포자 피부로의 농약노출량 측정 시험법과 농약의 의복침투량 및 피부흡수율을 요

<Table 4> Physical activity-related content excerpted from test methods for protective clothing in notification of PPE safety certification

Test	Type	Description
		Follow separate Table 4-2 No.5 or separate Table 6-2 No.1. The Exercise Procedure is as follows.
	1, 2	A. Walking on the treadmill at 6 km/h (3 min) B. Moving arms up and down above head and down looking upward, e. g. lifting object (half brick) from desktop shelf level repeatedly after stopping the treadmill (3 min) C. Continuous squatting (3 min) D. Using gas sampling lines (3 min) E. Twisting the waist side to side with both arms on the chest (3 min)
Inward Leakage Test	5	A. Prior to entering the test chamber the test subject is asked to repeat the following sequence of movements 3 times. 1) Kneeling on both knees, lean forward and place both hands on the floor 45±5 cm in front of the knees. Crawl forward on hands and knees over a distance of 3 m and crawl backwards again over the same distance. 2) Standing with feet shoulder width apart, arms at side. Raise arms until they are parallel to the floor in front of the body. Squat down as far as possible. 3) Kneeling on right knee, place left foot on floor with left knee bent 90±10°, left arm hanging loosely at side. Raise left arm fully overhead. B. The temperature and RH within the test chamber was maintained at 20±5°C and under 60%. C. Throughout the process 3 measurements are taken on the concentration of particulates inside and outside of the suit on 3 sites. 1) Standing still (9 min) 2) Walking at 5 km/h (9 min) 3) Standing still (3 min) 4) Continuous squatting at a frequency of five squats per minute, between standing up straight and knees completely bent, while keeping both hands during all squats on a grip at a height of 1 m (±0.05 m) above the standing surface (9 min) D. At least 5 test subjects are involved, each testing 2 suits. So at least 10 suits are tested.

Test	Type	Description
Practical Performance Test	1, 2	<p>The test shall be carried out by two test subjects at temperature of <math>(20\pm 5)^{\circ}\text{C}</math>, relative humidity of less than 60%; ambient noise level of 75 dBA or lower. Test Procedure: The test subject must complete the following steps within 30 min.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Each test subject is asked "Does the suit fit?"</li> <li>2) During this test the following activities shall be done. <ol style="list-style-type: none"> <li>(a) Walking on a flat surface at a constant speed of 6 km/hr for 5 min</li> <li>(b) Climbing up and down a ladder (total vertical distance 20 m).</li> <li>(c) Filling a small basket (approximate volume 8ℓ) with 12 mm limestone chippings from a hopper which stands 1.5 m high and has an opening at the bottom to allow the contents to be shoveled out and a further opening at the top where the chippings may be returned. The person stoops or kneels as he wishes and fills the basket with chippings. He then lifts the basket and empties the contents back into the hopper. This shall be repeated 15 to 20 times in 10 min.</li> </ol> </li> <li>3) During the practical performance test the clothing shall be subjectively assessed by the wearer and the following shall be recorded: <ol style="list-style-type: none"> <li>a) protective suit / harness comfort</li> <li>b) security of fastening and couplings</li> <li>c) accessibility of controls and pressure gauge (if fitted)</li> <li>d) clarity and field of vision from the face piece and/or visor</li> <li>e) clothing comfort</li> <li>f) ease of speech transmission</li> <li>g) any other comments volunteered by the wearer</li> </ol> </li> </ol>
Preliminary Test	3, 4, 6	<p>The test shall comprise of three repetitions, at moderate speed, of the sequence of seven movements described below before performance testing of whole-garment</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Movement 1: kneel on both knees, lean forward and place both hands on the floor (<math>45 \pm 5</math>) cm in front of the knees; crawl forwards and backwards on hands and knees for a distance of 3 m in each direction</li> <li>2) Movement 2: climb a vertical ladder at least four steps, with rungs as encountered on a typical ladder</li> <li>3) Movement 3: position hands at chest level, palms out; reach directly overhead, interlock thumbs, extend arms fully upwards</li> <li>4) Movement 4: kneel on right knee, place left foot on floor with left knee bent (<math>90 \pm 10</math>)° and touch thumb of right hand to toe of left shoe; repeat movement with alternative posture, i.e. by kneeling on left knee and placing right foot on the floor with knee bent at 90°</li> <li>5) Movement 5: extend arms fully in front of body, lock thumbs together, twist upper body (<math>90 \pm 10</math>)° left and right</li> <li>6) Movement 6: stand with feet shoulder width apart, arms at side; raise arms until they are parallel to the floor in front of the body; squat down as far as possible</li> <li>7) Movement 7: kneel as in movement 4, with left arm hanging loosely at side, and raise arm fully overhead; repeat movement with alternative posture by alternating arms</li> </ol>

약하면 <Table 5>와 같다. 농약노출량 측정 시 시험 기록 지에는 피험자의 체중, 체표면적, 작물의 크기 및 간격, 살포량, 유효성분량, 기온, 습도, 강우량, 조제시간, 살포시간 등을 기록하도록 규정하고 있다.

포츠 현장에서 착용하는 개인보호복의 개발 및 평가를 다루어 온 반면, 농약방제용 개인보호구에 대한 연구는 상대적으로 적다. 특히, 농약방제복의 보호 및 쾌적 성능을 평가하기 위한 표준시험 검사법을 보고한 연구는 타 개인보호구 연구에 비해 상대적으로 매우 부족한 실정이다. 농약방제복에 대한 연구들을 살펴보면 방제복의 착용 현황이나 관리 또는 농작업자 교육을 다루는 논문들 또는 방제복 착용 시 농약의 피부노출평가에 대한 연구들이 보고되어 왔다.

### Ⅲ. 국외 농약방제복 연구 동향

#### 1. 국외 학술연구 동향

##### 1) 농약방제복 성능 및 평가에 대한 국외학술연구

최근 10년 동안 개인보호구를 다룬 해외 연구들을 살펴보면, 주로 소방 현장이나 극한 산업 현장, 병원, 극한 스

해외 논문들을 살펴보아도 농작업자 중 농약방제복을 바르게 갖추어 입는 비율은 높지 않은데, 멕시코 농작업자 99명을 대상으로 조사한 결과 방제복을 바르게 착용하는 사람은 전체 응답자 중 중 2%에 불과하였다 (Blanco-

<Table 5> Methods for assessment of pesticides operator dermal exposure, clothing penetration rate and dermal absorption rate of pesticides

Item	Description
Passive Dosimetry Methods for Assessment of Dermal Exposure	Dermal Patch Patches to be used for estimating whole body dermal exposure except the face, hands and feet to sprays are to be constructed from α-cellulose, surgical gauze or a similar material, approximately 1 mm thick. Patches smaller than 50 cm <sup>2</sup> are generally inadequate. According to the exposure situation, patches should be securely attached using safety pins and tape on all regions of the body; head, front of neck, back of neck, chest (stomach), back, upper arms, forearms, upper legs, lower legs(total 10-12 patches). If the determination of actual penetration of work clothing is desired in the field study, additional pads can be attached under the worker's outer garments.
	Glove Gloves provide a technique for monitoring dermal hand exposure. Subjects should place the gloves into storage containers after turning gloves inside out from both hands, then wash hands For more than 2 min and the rinse solution should be taken and placed in another container.
	Sock Socks provide a technique for monitoring dermal feet exposure. Subjects should place the socks into storage containers after turning socks inside out from both foot, then wash foot For more than 2 min and the rinse solution should be taken and placed in another container.
	Mask Masks provide a technique for monitoring dermal face exposure. Masks should be folded, exposed sides facing, and then placed into storage containers.
Clothing Penetration Rate	SS Hands 10%, trunk 2%, legs 5%
	PS Hands 10%, trunk 5%, legs 5%
Dermal Absorption Rate	Solid During mixing & loading 1%, during spray application 10%
	Liquid During mixing & loading 15, during spray application 10%
Dermal Exposure Distribution	Hands, feet 100%, other body parts 75%

\* SS: Speed Sprayer, PS: Power Sprayer.

Munoz & Lacasana, 2011). 인도에서 100개의 농가를 대상으로 조사한 결과 방제복을 갖춰 입는 사람은 응답자의 단 23%였고, 열대 기후의 특성상 신발이나 양말 없이 맨 발로 농약을 살포하는 작업자도 35%에 달했다고 보고하였다(Singh & Gupta, 2009). 열대지방에서 농약 방제 작업 시 방제복을 착용하는 것은 서열부담을 더욱 가중시키기 때문에 농작업자의 서열부담 경감을 위한 특별한 대책이 필요함을 의미한다. 호주의 농민 1,102명을 대상으로 조사한 자료에서는 농약 방제 시 방제복을 항상 착용하는 것은 아니라고 응답한 비율은 10-40%였다(MacFarlane et al., 2008). 흥미로운 조사결과 중 하나는 방제복 착용률은 연령과 상관을 보여 어릴수록 방제복 착용률이 높다는 것이다(MacFarlane et al., 2008; Schenker et al., 2002).

## 2) 농약의 인체노출평가 및 농약중독에 대한 국외학술연구

농약방제복 개발 및 인체착용 시 생리부담이나 인간공학적인 평가를 다루는 연구들보다 농약방제복 착용 시 농약의 피부노출평가에 대한 연구가 보다 활성화되어 있다. Batchelor와 Walker(1954)에 의해 농약의 피부 노출 연구가 시작되었고 8년 뒤인 1962년 Durham과 Wolfe가 제안한 패치법(Patch Technique)이 이후 30여 년간 직업적 피부 노출을 측정하는 표준으로 사용되었다(Fenske, 2010). 패치법은 측정이 간편하고 경제적이라는 장점 때문에 보편적으로 사용되고 있기는 하지만 측정된 농약 노출량을 인체 체표면적으로 외삽해야 하는 번거로움 및 패치의 재질에 따라 포집되는 농약의 양이 달라질 수 있다는 것 뿐 아니라 인체표면에 걸쳐 균일하게 농약에 노출되는 것이 아니어서 패치의 부착 위치에 따라 측정값이 달라질 수 있다는 등 표준화된 방법이 없다는 결정적인 단점이 있어 농약노출량이 실제보다 과대 혹은 과소평가될 수 있다(OECD, 1997). 이러한 단점을 극복하기 위해 Abbott et al.(1987)과 Chester (1993) 등은 전신을 피복하는 가벼운 재질의 coverall이나 일반 작업복 등의 의복 전체에 포집된 농약을 분석하여 노출량을 측정하는 Whole Body Dosimeter(WBD)법을 제안하였다. WBD법 역시 패치법 처럼 표준화된 측정 의복이 없는데다 분석이 번거롭고 비용이 많이 든다는 단점이 있기는 하지만 농약노출량을 가장 정확하게 추정할 수 있는 방법으로 받아들여지고 있다. 이러한 방법 외에도 Fenske et al.(1986) 과 Archibald et al.(1995) 등은 Fluorescent Tracer를 이용한 Video

Imaging 분석을 통해 농약의 피부노출량을 측정하였으며, Roff(2000)는 Fluorescence Monitor를 이용하여 분석의 신뢰도를 검증한 바 있다.

이러한 피부노출평가 결과 손이 피부농약노출 경로 중 가장 중요한 부위로 보고되는데, Machado-Neto 등(1998)에 의하면 살포액 조제 시 인체 전체 농약노출의 86%가 손을 통해 일어났으며, 손을 통한 농약노출량은 살포 시에 비해 조제 시에 더 많았다(Vercruysee et al., 1999). 피부를 통한 농약노출량을 추정할 경우 보호구 착용도 하나의 변수로 고려되는데, 일반적으로 보호구를 종류별로 다음의 4범주, PPE-0(전혀 착용 안함), PPE-1(20% 보호), PPE-2(30% 보호), PPE-3(40% 보호)로 나눈 뒤 착용한 보호구 및 보호구들이 해당되는 범주의 조합에 따라 0-1 사이의 점수를 부여하여 이를 축적적 농약노출량 계산에 적용한다(Dosemeci et al., 2002). 이러한 노출량 계산 시 농약의 피부침투율을 10%로 가정하고 모든 인체 부위에 동일하게 적용하고 있는데 이는 추후 수정될 필요가 있다. Johnson et al.(1999)의 연구에서 아래팔의 흡수율을 1.0이라고 했을 때 이마는 4.2, 귀는 5.4, 겨드랑이는 7.5, 배는 2.1, 고환은 11.8, 손등은 2.3, 손바닥은 1.3, 발바닥은 1.6에 해당한다고 보고된 것처럼 실제 피부의 농약 흡수율은 인체 부위에 따라 다르므로 농약 노출 평가 시 부위별 피부 흡수율도 함께 고려해야 할 것이다.

## 2. 국외 관련 지침 및 규격 동향

### 1) 미국의 농약방제복 관련 규격

미국의 경우 환경청(US EPA)의 Office of Pesticide Programs(OPP)에서 연방정부 차원의 농약 관련 문제들을 담당하고 있으며, 연방 살충제, 살균제 및 살서제법(FIFRA: Federal Insecticide, Fungicide and Rodenticide Act)을 기초로 농약 관련법을 시행하고 있다. 미국에서는 기본적으로 농약의 사용과 오염방지에 대한 법적 책임을 부여하며 자국 내에서는 먼저 US EPA에 농약을 등록한 후 유통하도록 하고 있고 농약의 라벨에 개인보호구의 성능 규정을 표기하도록 규정하고 있는데 이 라벨엔 법적 효력이 있다(NASDA, 2013). OPP에서는 1992년 공표한 Worker Protection Standard (WPS)에서 농약 취급자 및 농작업자들을 농약 살포 후 재출입 기간 권고, 농약 관련 정보의 공시

의 범위 및 방법, 농약 및 보호구의 관리 방법 등을 내용으로 하는 규정을 시행하고 있으며 1995년 개정되면서 무엇보다 제품 라벨의 농약 방제 보호복의 성능 규정 표기 방법에 대해 보다 명확하게 제시하고 있는데 농약의 독성 수준에 따라 노출 경로별 최소 개인보호구를 제시할 것을 규정하며<Table 6>, 장갑과 호흡보호구 선택과 관련해서는 별도로 보다 구체적으로 정리하고 있다(US EPA, 2014). 그러나 라벨에는 긴 바지, 긴 소매 상의, coveralls 등 보호복의 성능 규정에 대해 표준화되지 않은 용어가 여전히 사용되고 있고 먼 또는 먼/폴리에스터 긴 소매 상의와 긴 바지가 최소 성능 규정에 부합하는 표준 작업복으로 받아들여지고 있다. 1970년대에 US EPA의 개인보호구 성능 규정이 제정된 이래 보호복에 사용되는 재료에는 많은 변화가 있었다. 소재의 자체 성능도 매우 다양해졌고 가공 방법에

따른 보호력의 차이도 크다. 따라서 이러한 변화에 발맞추어 ASTM이나 ISO 등의 성능 기반 표준을 적용한 새로운 규정의 개발 또는 개정이 필요할 것이며, 새로운 규정에서 라벨에 사용되는 용어 역시 성능 기반 표준화가 이루어져야 할 것으로 보인다.

한편 미국에서는 농작업자들을 위해 각 주별로 방제복 착용 및 관리 규정을 쉬운 표현으로 공시해 놓은 경우가 많다. 대체로 모자나 장갑 안감의 경우 (또는 안에 착용하는 속장갑이나 속모자) 흡수성이 있는 면이나 캔버스 천은 농약 흡수율이 높고 세탁 시 오염 제거율이 떨어지기 때문에 착용하지 말라고 권고한다. 가능하다면 2차 피부오염을 막기 위해 장갑은 안감이 없어야 한다. 작업복 위에 coveralls를 입을 때 한 사이즈 정도 크게 입을 몸과 보호복 사이에 어느 정도 공기층을 만드는 게 직접 오염을 줄일 수 있지만, 너무 헐렁

(Table 6) Handler personal protective equipment for worker protection standard products of US EPA

Route of Exposure	Toxicity Category by Route of Exposure of End-Use Product			
	I DANGER	II WARNING	III CAUTION	IV CAUTION
	Coveralls worn over long-sleeved shirt and long pants	Coveralls worn over short-sleeved shirt and short pants	Long-sleeved shirt and long pants	Long-sleeved shirt and long pants
Dermal Toxicity or Skin Irritation Potential <sup>1)</sup>	Socks Chemical-resistant footwear Waterproof or chemical-resistant gloves <sup>2)</sup>	Socks Chemical-resistant footwear Waterproof or chemical-resistant gloves <sup>2)</sup>	Socks Shoes Waterproof or chemical-resistant gloves <sup>2)</sup>	Socks Shoes No minimum <sup>4)</sup>
Inhalation Toxicity	Respiratory protection device <sup>3)</sup>	Respiratory protection device <sup>3)</sup>	No minimum <sup>4)</sup>	No minimum <sup>4)</sup>
Eye Irritation Potential	Protective eyewear <sup>5)</sup>	Protective eyewear <sup>5)</sup>	No minimum <sup>4)</sup>	No minimum <sup>4)</sup>

1) If dermal toxicity and skin irritation toxicity categories are different, PPE shall be determined by the more severe toxicity category of the two. If dermal toxicity or skin irritation is category I or II, refer to another table to determine if additional PPE is required beyond that specified in Table 10.

2) Refer to a separate Table to determine the specific type of chemical-resistant glove.

3) Refer to a separate Table to determine the specific type of respiratory protection.

4) Although no minimum PPE is required for these toxicity categories and routes of exposure, the Agency may require PPE on a product-specific basis.

5) "Protective eyewear" is to be used instead of "goggles" and/or "face shield" and/or "shielded safety glasses" and similar terms to describe eye protection, unless the assessment requires a specific type of eyewear for adequate protection.

할 경우 기계에 낄 수 있어 위험하기 때문에 적당한 여유를 권장한다. 투피스인 경우 상의를 길게 바지 위로 빼 놓고, 장갑은 팔꿈치까지 오는 긴 장갑이 좋으며, 그 위에 팔 토시를 하라고 되어 있다. 특히 장갑 소재의 경우 사용하는 농약 독성에 따라 적당한 소재를 고르는 것이 매우 중요하다. 직물로 된 방제복은 세탁이나 오랜 반복 착용으로 착용감이 나빠지고 보호성능도 저하되므로 오히려 일회용 농약방제복 착용을 권하고 있기도 하다(Johnson et al., 1999; Stone, 1994).

## 2) 유럽의 농약방제복 관련 규정

유럽의 경우 EC No. 1107(European Parliament and Council, 2009)에서 상용 식물보호제품 (Plant Protection Products; PPPs)과 이를 구성하는 활성 성분의 승인 규정 및 시장 내 출시 규정과 EU 내 관리 규정을 명시하고 있다. 그리고 EC No. 1272(European Parliament and Council, 2008)에 명시되어 있는 물질 및 혼합물의 분류, 라벨 표시 및 포장(CLP)에 관한 규정을 PPPs에도 적용하는데, 사용자와 환경을 농약으로부터 보다 잘 보호하기 위해 농약을 사용하는 상황에서 적용 가능한 위원회 규정인 EU No. 547(European Parliament and Council, 2011)이 별도로 마련되었다. PPPs의 라벨 표시는 이 규정의 부속서 I에 명시되어 있는 요건을 준수해야 하며, 인간이나 동물의 건강 또는 환경을 보호하기 위한 특별 위험 및 안전 주의사항에 관한 표준 문구를 포함해야 한다. 그런데 이 규정의 부속서III에 제시된 안전주의사항에 사용하는 표준화된 용어 중 PPE 관련된 부분을 살펴보면 ‘Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection’, ‘Use PPE as required’ 등으로 실제로는 매우 일반적이고 모호한 표현이 대부분으로 유럽의 농약방제복 관련 규정 역시 성능에 기초한 용어의 표준화가 필요할 것으로 사료된다.

## 3) 브라질의 농약방제복 관련규정

브라질은 농약 관련 법규와 규제가 복잡하고 까다로운 것으로 알려져 있다. 농약등록 절차는 농화학 독성 물질법 등에 따라 집행되는데 보건부, 농림부, 환경부 3개의 정부 기관 모두 등록 절차에 관여한다. 해당 법과 시행령에서는 농약에 관한 연구, 실험, 포장, 라벨링, 운송 및 보관, 상업적 광고, 수입·수출, 잔여물의 폐기, 등록, 분류 및 관리 감독 방법 등을 규정하며 이는 국가와 연방 정부 차원에서 집행된다. 제품 라벨에 표기하는 PPE에 관해 농약의 조제/운반 및 살포 시로 상황을 세분화하여 픽토그램 [Figure 1]을 이용하여 규정하고 있다. 위생관리국(National Health Surveillance Agency)에서는 농약 제품 라벨에 표기할 PPE 규정에 관한 업무를, 노동부에서는 노동법 하에 PPE 및 다른 성능 규정을 실행하는 업무를 담당한다. 2005년 농림업 및 축산 작업의 안전과 건강에 관한 규정 기준인 NR No. 31(Ministry of Labor and Employment, 2005)에 포함된 시행령에 따르면 고용주는 농약노출의 경로, 라벨 및 안전 표식, 보호복과 PPE의 사용 및 세탁, 관리 등을 내용으로 하는 교육을 최소 20시간 이상 실시하여야 하고, 위험한 수준의 열적 부담을 야기하지 않을 정도의 적절한 보호복과 PPE를 반드시 제공해야 하며, 이와 더불어 이를 세탁 및 관리, 보관과 그 사용법에 관한 교육 및 훈련과 사용 시 감독, 오염된 보호장비가 환경을 오염시키지 않도록 관리하는 것 등 구체적인 사항을 고용주의 의무로 명시하고 있다. 그리고 이러한 농약의 조제 및 운반 작업 시 의무적으로 착용하도록 규정된 보호복은 <Table 7>의 ISO 27065 (2011) 기준 하에 인증 받은 제품이다. 이와 같은 점에서 브라질의 경우 매우 상세하게 표준화된 농약방제복 관련 지침을 제시하고 있다고 할 수 있다.



[Figure 1] PPE requirements pictograms on a pesticide product label in brasil (NASDA, 2013)

4) 농약의 인체노출평가 관련 국외 지침 및 규격

농약방제복 착용 시 농약의 피부노출 평가에 대한 규정 및 지침은 농약방제복의 성능에 관한 규정들보다 체계적으로 잘 정립되어 왔다. 1975년에는 패드(Pad)를 사용하여 농약노출을 측정하는 WHO의 표준지침서가 마련되었고, 1982년 그 개정판에서는 패드(패치)법과 함께 WBD 법을 새롭게 제안하였다(WHO, 1982). 가장 보편적인 농약의 피부노출평가법인 패치(패드)법에 대해 US EPA (1996) 지침에서는 TLC(Thin Layer Chromatography) 종이 패치를 각 부위별로 부착한 보호복과 시험용 면장갑, 면양말을 착용하게 한 후 농약살포 종료 후 패치, 장갑, 양말을 분리하여 패치에 부착된 농약을 추출하는 방법으로 규정하고 있다. 패치는 주로 alpha cellulose 종이나 거즈를 사용하며 여과지나 외과용 거즈 패드를 사용하기도 한다. 패치의 크기는 10×10 cm이며 이를 은박종이 재질의 패치 포켓에 넣고, 이 포켓 가운데 50 cm<sup>2</sup> 사이즈 구멍을 통해 농약이 포집된다. OECD 지침(1997)에서는 alpha cellulose 종이와 함께 이의 대체제로 100%면이나 폴리에스터 면을 추천한다. WHO(1982)에서는 패치 6개, US EPA(1996)에서는 10-12개, OECD(1997)에서는 13개의 패치를 의복 내부와 외부에 부착하도록 권장한다. 패치법은 전술한 바와 같이 측정이 간편하고 경제적이라는 장점에도 불구하고 측정법의 표준화가 힘들다는 단점으로 인해 전신복을 이용한 전신농약노출평가법인 WBD 법이 도입되고 있다. WBD법은 패치법보다 분석에 훨씬 긴 시간이 소요되고 분석 비용도 높다는 단점에도 불구하고, 필드 실험 준비가 더 간단하고 패치의 부착 위치에 신경 쓸 필요가 없으며, 전신의 단일한 분포를 가정할 필요가 없다는 점 등이 장점으로 여겨지고 있다.

5) 화학보호복 관련 국외 규정 및 보호등급

화학적 보호구를 다루는 해외 표준으로는 ASTM, EN, ISO 등이 있으며, 이 표준들은 개인보호구에 사용되는 소재 및 직물의 물리화학적 보호성능을 평가하는 방법, 의복 상태에서의 보호성능 평가법, 혹은 개인보호구를 피험자가 직접 착용 시 작업자의 작업수행능력 평가법 등을 규정하고 있다<Table 7>. 이 중에서 농약방제복의 전반적 성능에 관한 시험평가방법으로 특화된 표준은 ISO 27065(2011)와 ASTM F2669-12(2012)이다.

ISO 27065(2011)에서는 무엇보다 과보호로 인해 착용

자의 쾌적성이 손상되지 않도록 하기 위해 최소 요구 성능을 규정한다. 먼저 농약의 침투(penetration) 수준에 따라 세 등급 (Level 1, Level 2, Level 3)으로 나누고 각 수준별 방제복이 갖추어야 할 요구수준을 제시한다 <Table 8>. 보호수준이 가장 낮은 등급은 Level 1으로 오염 위험이 상대적으로 적은 상황, 예를 들어 SS기를 이용한 방제 작업 시에 적합한 의복이다. 이는 면 또는 폴리에스터/면 혼방 소재의 긴팔 상의와 긴 바지로 이루어진 일반적인 작업복으로 농약노출평가 연구에서 많이 사용되는 작업복이 이에 해당된다. Level 1 작업복은 소재 자체의 화학적 저항력은 없으나 착용 시 피부로 침투하는 농약의 상당량을 감소시켜 주는 의복이다. Level 2로 분류되는 의복은 긴팔 상하의 위에 coveralls를 입은 경우 (두 겹) 혹은 화학약품 보호복 분류기준인 ISO 16602(2007)에서 제시한 Type 6(액상화학물질에 대한 제한적 보호성능이 있는 보호복)에 해당하는 의복이다. 가장 높은 수준의 보호력을 나타내는 Level 3은 화학적 보호 성능을 갖는 방제복으로 ISO 16602(2007)의 Type 4(분무저항성 화학약품 보호복), 또는 Type 3(액밀성 화학약품 보호복)으로 분류할 수 있다. 기본적으로 Level 2 보호복은 Level 1 보호복의 성능을 모두 만족해야 하며, Level 3 보호복은 Level 2 보호복의 성능을 모두 만족해야 한다.

한편, ISO 27065(2011)에서는, 농촌진흥청 고시에서는 언급되고 있지 않은 Practical Performance Test를 제시하고 있다. 이 테스트에서는 7단계의 동작을 단계별로 설명하고 있는데, 이는 고용노동부(MOEL)의 ‘보호구 안전인증 고시(2014)’에서 서술한 3, 4 형식에서 완성품의 성능시험 전 동작적합성 평가를 위해 실시하는 예비실험 7단계와 동일하다<Table 4>. 이는 ISO 27065(2011)와 보호구 안전인증 고시 모두 ISO 16602(2007) 부속서 A의 ‘Procedure C\_7단계 운동 프로토콜’을 차용했기 때문이다. 본 7단계의 동작을 수행한 후 동작성이나 보호복의 여밈 등에 대해 착용자로부터 부정적인 응답이 얻어지면 테스트를 통과하지 못한 것으로 간주한다. 또한, ISO 27065(2011)에서는 착용자의 서열부담을 막기 위한 권고 사항 중 하나로 최대 착용시간을 사용자 설명서에 명시할 것 권장한다. 여기서 최대착용시간은 보호복 소재의 증발 저항값에 따라 달라지는데, 소재의 증발 저항값을 3등급으로 나누어 각 등급별로 작업장 환경온도에 따른 한 벌 작업복에 대한 권장 최대 지속착용시간을 제시하고 있다 <Table 9>.

(Table 7) Foreign standard test methods for PPE and materials for protection against chemicals

Standard Number (Year)	Title of Standards
EN 465 (1995)	Protective Clothing. Protection against Liquid Chemicals. Performance Requirements for Chemical Protective Clothing with Spray-Tight Connections between Different Parts of the Clothing (Type 4 Equipment)
EN 466-1 (1995)	Protective Clothing. Protection against Liquid Chemicals. Performance Requirements for Chemical Protective Clothing with Liquid-Tight Connections between Different Parts of the Clothing (Type 3 Equipment)
EN 467 (1995)	Protective Clothing. Protection against Liquid Chemicals. Performance Requirements for Garments Providing Protection to Parts of the Body
EN 943 (2002)	Protective Clothing against Liquid and Gaseous Chemicals, Including Liquid Aerosols and Solid Particles - Part 1: Performance Requirements for Ventilated and Non-Ventilated "Gas-Tight" (Type 1) and "Non-Gas-Tight" (Type 2) Chemical Protective Suits
EN 13034 (2009)	Protective Clothing against Liquid Chemicals. Performance Requirements for Chemical Protective Clothing Offering Limited Protective Performance against Liquid Chemicals (Type 6 and Type PB* [6] Equipment)
EN 13325 (2004)	Protective Clothing against Chemicals - Test Methods and Performance Classification of Chemical Protective Clothing Materials, Seams, Joins and Assemblages
EN 14605 (2009)	Protective Clothing against Liquid Chemicals. Performance Requirements for Clothing with Liquid-Tight (Type 3) or Spray-Tight (Type 4) Connections, Including Items Providing Protection to Parts of the Body Only
EN 14786 (2007)	Protective Clothing. Determination of Resistance to Penetration by Sprayed Liquid Chemicals, Emulsions and Dispersions. Atomizer Test
ISO 6529 (2013)	Protective Clothing -- Protection against Chemicals -- Determination of Resistance of Protective Clothing Materials to Permeation by Liquids and Gases
ISO 6530 (2005)	Protective Clothing -- Protection against Liquid Chemicals -- Test Method for Resistance of Materials to Penetration by Liquids
ISO 13934-1 (2013)	Textiles -- Tensile Properties of Fabrics -- Part 1: Determination of Maximum Force and Elongation at Maximum Force Using the Strip Method
ISO 13935-2 (2014)	Textiles -- Seam Tensile Properties of Fabrics and Made-Up Textile Articles -- Part 2: Determination of Maximum Force to Seam Rupture Using the Grab Method
ISO 13982-1 (2004)	Protective Clothing for Use against Solid Particulates. Performance Requirements for Chemical Protective Clothing Providing Protection to the Full Body against Airborne Solid Particulates (Type 5 Clothing)
ISO 13994 (2005)	Clothing for Protection against Liquid Chemicals -- Determination of the Resistance of Protective Clothing Materials to Penetration by Liquids under Pressure
ISO 16602 (2007)	Protective Clothing for Protection against Chemicals -- Classification, Labelling and Performance Requirements
ISO 17491-1 (2012)	Protective Clothing -- Test Methods for Clothing Providing Protection against Chemicals - Part 1: Determination of Resistance to Outward Leakage of Gases (Internal Pressure Test)
ISO 17491-2 (2012)	Protective Clothing. Test Methods for Clothing Providing Protection against Chemicals --Part 2: Determination of Resistance to Inward Leakage of Aerosols and Gases (Inward Leakage Test)
ISO 17491-3 (2011)	Protective Clothing -- Test Methods for Clothing Providing Protection against Chemicals - Part 3 : Determination of Resistance to Penetration by a Jet of Liquid (Jet Test)
ISO 17491-4 (2014)	Protective Clothing -- Test Methods for Clothing Providing Protection against Chemicals - Part 4: Determination of Resistance to Penetration by a Spray of Liquid (Spray Test)
ISO 17491-5 (2013)	Protective Clothing -- Test Methods for Clothing Providing Protection against Chemicals - Part 5: Determination of Resistance To Penetration By a Spray of Liquid (Manikin Spray Test)
ISO/WD 18889 (2014)	Protective Gloves for Pesticide Operators-Performance Requirements
ISO 22608 (2004)	Protective Clothing -- Protection against Liquid Chemicals -- Measurement of Repellency, Retention, and Penetration of Liquid Pesticide Formulations through Protective Clothing Materials
ISO 27065 (2011)	Protective Clothing -- Performance Requirements for Protective Clothing Worn by Operators Applying Liquid Pesticides
ASTM F739-99a (1999)	Standard Test Method for Resistance of Protective Clothing Materials to Permeation by Liquids or Gases under Conditions of Continuous Contact.
ASTM F2669-12 (2012)	Standard Performance Specification For Protective Clothing Worn By Operators Applying Pesticides
ASTM F2962-13 (2013)	Standard Practice for Conformity Assessment of Protective Clothing Worn by Operators Applying Pesticides
EPA PRN 93-7 (1993)	Labelling Revisions Required by the Worker Protection Standard

\*PB: Partial Body Protection Items

〈Table 8〉 The Protection levels of pesticide protective clothing on ISO 27065 (2011) and types of chemical protective clothing on ISO 16602

ISO	Category	Description	European Standard
ISO 27065 (2011)	Level 1 (Low)	This is suitable when the potential risk of contamination is relatively low. 1a: Low spray drift landing on the operator e.g. from tractor boom sprayers 1b: Cotton and polyester/cotton garments which are widely used for operator exposure studies	DIN 32781
	Level 2 (Middle)	This is suitable when the potential risk of contamination is higher but not so high as to require the use of liquid-tight materials. (Type 6 protective suit on ISO 16602)	EN 13034*
	Level 3 (High)	This is suitable when the potential risk of contamination require use of garments made with liquid-tight materials. This includes accessories, such as aprons, protective sleeves, and material (Type 4 or Type 3 Protective Suit on ISO 16602)	EN 14605*
ISO 16602 (2007)	Type 6	Suits offering limited protective performance against liquid chemicals: protection against e.g. minor splashes of irritant chemical	EN 13034
	Type 5	Suits against solid particles: protection against dusts and solid particles	EN ISO 13982-1
	Type 4	Spray-tight suit: protection against sprayed liquids	EN 14605
	Type 3	Liquid-tight suit: protection against pressurized liquids	EN 14605
	Type 2	Air-fed non-gas-tight suits: protection against hazardous gases, liquids, aerosols, and solid particles	EN 943-1
	Type 1	Gas-tight suit: protection against hazardous gases, liquids, aerosols and solid particles	EN 943-1 EN 943-2

\* Additional Testing is Required in Order to Qualify as Level 2 and Level 3 Garments Respectively.

〈Table 9〉 Recommended maximum continuous wearing time for a complete suit consisting of jacket and trousers without thermal lining

Temperature of Working Environment (°C)	Wearing Time (min)		
	Class 1	Class 2	Class 3
	R <sub>et</sub> > 40 m <sup>2</sup> Pa/W	20 m <sup>2</sup> Pa/W < R <sub>et</sub> < 40m <sup>2</sup> Pa/W	R <sub>et</sub> < 20m <sup>2</sup> Pa/W
25	60	105	205
20	75	250	-
15	100	-	-
10	240	-	-
5	-	-	-

ISO 27065(2011)의 성능기반 보호복 표준을 실제 국내 소규모 자영자들을 위한 농약방제복에 적용하기 전 반드시 고려해야 할 점들이 있는데 첫 번째는 동일한 성능의 방제복이라도 함께 착용하는 의복 및 기타 보호 장비에 따라 성능이 달라질 수 있다는 점이다. <Table 10>에 농약방제복에 대한 각 범주별 시험평가 항목을 정리하였는데, 방제복을 포함한 전체 착용 내용에 따라 Level 간 변동이 가능하다. 특히 국내 농작업자들은 방제복을 다른

일상복들과 함께 착용하는 경우가 많기 때문에 방제복 성능 평가 시 전체 착용 내용에 관한 부분을 간과해서는 안 될 것이다. 또한 농약 방제 작업 시 인체 부위에 따라 노출량이 다를 뿐 아니라 흡수율 또한 다르다는 것도 착용 내용을 고려할 때 함께 참고해야 할 사항이다.

두 번째는 농약에 적힌 라벨을 통해 제공되는 농약의 독성 등급에 대한 정보와 방제복 보호수준에 대한 정보에서 사용하는 용어가 다르다는 점이다. 우리나라 농약의

〈Table 10〉 Comparison of testing requirements between ISO 27065 (2011) and notification of MAFF No. 87-7

Require-ments	Performance Test	ISO 27065 (2011)				Notification of MAFF* No. 87-7 (1987)
		1a	1b	2	3	
Material	1	Liquid Penetration Resistance (EN 14786)	O			
	2	Liquid Penetration Resistance (ISO 22608)		O <sup>a</sup>	O <sup>a</sup>	
	3	Resistance to Penetration by Liquid under Pressure (ISO 13994, Procedure E)				O
	4	Resistance to Permeation (ISO 6529, Method A)				O <sup>b</sup>
	5	Tensile Strength (ISO 13934-1) (KS K 0520)	O	O	O	O
	6	Tear Resistance (ISO 9073-4)	O	O	O	O
	7	Weight of Cloth (KS K 0514)				O
	8	Thread per Unit Length in Woven Cloth (KS K 0511: 1963)				O
	9	Dimensional Changes of Fabrics (KS K ISO 0601: 1967)				O
	10	Test Method for Color Fastness to Light (KS K 0700: 1964)				O
	11	Color Fastness to Washing of Dyed Goods (KS K 0641: 1980)				O
	12	Colour Fastness to Perspiration (KS K 0715: 1962)				O
	13	Colour Fastness to Rubbing (KS K 0650: 1962)				O
	14	Resistance to Water Penetration (KS K 0591: 1964)				O
	15	Resistance of Coated Cloth to Blocking (KS K 0760: 1964)				O
Seam	1	Seam Penetration Resistance (EN 14786)	O			
	2	Seam Penetration (ISO 22608)		O <sup>a</sup>	O <sup>a</sup>	
	3	Seam Resistance to Penetration by Liquid Under Pressure (ISO 13994, Procedure E)				O
	4	Seam Resistance to Permeation (ISO 6529, Method A)				O <sup>b</sup>
	5	Seam Tensile Strength (ISO 13935-2)	O	O	O	O
Whole-Garment	1	Practical Performance Test (ISO 16602, Procedure C)	O	O	O	O
	2	Low-Level Spray Test (ISO 17491-4, Method A)			O	
	3	High-Level Spray Test (ISO 17491-4, Method B)				O

a The minimum performance requirement for Level 2 is significantly higher than that for Level 1b.

b If, for a particular pesticide, additional testing is required to fully characterize the material.

\* MAFF: Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries,

\* For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

독성 구분은 농약제품의 급성독성 성적에 의해 4등급으로 나누고 있다는 면에서 WHO(2009)와 근본적인 차이는 없으며 1급(맹독성), 2급(고독성), 3급(보통 독성), 4급(저독성)으로 나뉘어 등급을 나타내는 숫자가 커질수록 독성이 약해진다. 그러나 농약에 대한 보호복 국제 표준인 ISO 27065(2011)에서는 농약 등급 체계와 반대로 Level 1(보

호수준 저), Level 2(보호수준 중), Level 3(보호수준 고)로 보호력 등급을 나타내는 숫자가 커질수록 보호력이 강해짐을 의미하기 때문에 농약의 독성에 따라 보호복을 선택하고자 할 때 혼란을 초래할 수 있다. 농약 라벨에 독성 1등급으로 표기되어 있을 경우 보호복에서도 1등급을 선택할 수 있게 하는 게 사용자 입장에서는 편리할 것이다.

이와 유사하게 보호복에 관한 다수의 표준에서 사용하는 용어가 체계적으로 통일되어 있지 않다는 문제점이 있다. 예를 들어 전술한 것처럼 ISO 27065(2011)에서 Level 1은 세 가지 단계의 보호복 중 가장 낮은 등급의 보호복을 나타내지만 화학적 보호복에 관한 국제 표준인 ISO 16602(2007)의 Type 1은 여섯 개의 Type 중 가장 높은 수준의 보호복을 나타내고 있어 혼란스럽다. 또한 OSHA(1999)의 경우 PPE 지침서에서 보호 등급을 가장 낮은 Level D에서 가장 높은 Level A로 숫자가 아닌 알파벳으로 표현하고 있고 소방복 관련 미국 표준인 NFPA(2005, 2012)의 경우 보호 등급을 가장 낮은 Class 4에서 가장 높은 Class 1로 표현, 또 다른 용어를 사용하고 있기 때문에 보호복의 전반적인 등급 체계를 숙지하기엔 지나치게 복잡하다는 문제점이 있다. 미국의 사례를 보면 농약은 독성수준에 따라 Caution, Warning, Danger로 표시되고 농민들은 Caution일 경우 Level 2 보호복, Danger일 경우 Level 3 보호복을 착용하도록 교육받지만, 실제 농민들은 농약 독성 수준별 적절한 보호복의 선택에 어려움을 느낀다. 따라서 국내 농약방제복의 규격에서는 사용자들이 보호 수준을 쉽게 파악할 수 있도록 보호 등급 규정 시 자체적으로 의미를 가지는 용어, 예를 들어 ‘1급, 2급, 3급’ 대신 ‘상급, 중급, 하급’ 등의 사용을 고려할 필요가 있을 것으로 사료된다. 또한 국내 업체에서 개발한 농약방제복의 경우 아직까지 라벨이나 사용설명서에 보호성능에 대한 구체적 정보를 표기하지 않은 경우가 대부분으로 상황별 적절한 수준의 방제복 선택을 위해 참고하기엔 무리가 있다. 방제복 라벨에 사용하는 용어를 보다 명확하게 표준화하여 정확한 정보를 제공하고, 이와 더불어 국내 농약제품 라벨에 표기되는 독성 등급과 어느 정도 일치하는 용어를 사용하도록 체계화한다면 농작업자들의 올바른 방제복 선택에 도움이 될 수 있을 것이다. 한편 우리나라 농업연구가 많이 고령화된 점을 감안하여 브라질의 경우 제품 라벨에 픽토그램을 사용하여 성능을 규정한 것처럼 농약방제복 제품 라벨에 직관적이고 상징적인 기호나 심볼 등을 사용하는 것도 용어의 표준화와 함께 고려해볼 일일 것으로 사료된다.

#### IV. 결론 및 제안

본 리뷰에서는 국내외의 농약방제복과 농약노출평가에 대한 학술연구동향과 이와 관련된 시험평가 규정 및 지침

등을 비교 분석하였다. 국내외의 학술연구 모두에서 농약방제복의 자발적 착용률이 낮다는 것과 반복 세탁으로 인한 보호성능 저하가 문제로 언급되고 있었다. 농약방제복의 자발적 착용률을 높이기 위한 방안의 하나로 농약에 대한 보호 성능을 저해하지 않는 범위 내에서 쾌적 성능을 향상시키는 것을 고려해 볼 수 있으며 이는 소재, 디자인 변형 등으로 구현할 수 있을 것이다. 반복세탁에 의한 보호성능 저하 문제의 해결 방안의 하나로 농약방제복 관리자 및 사용자 등을 대상으로 한 세탁 및 관리에 대한 체계적인 교육 및 홍보를 제안할 수 있는데, 정확하고 실질적인 정보를 제공하는 교육이 되기 위해 방제복의 종류별 사용 및 세탁에 따른 성질 변화에 대한 표준화된 평가가 선행되어야 할 필요가 있다. 한편 반복세탁으로 인한 성능저하 문제의 또 다른 해결책으로 일회용 농약방제복의 착용을 고려해 볼 수 있는데, 일회용 방제복의 착용은 쾌적성능 향상에도 어느 정도 기여할 수 있다는 점에서도 긍정적인 측면이 있다. 그러나 일회용 방제복을 착용할 경우 그 폐기 및 회수와 관련된 규정과 체계 마련이 필수적이며, 환경오염 문제에 어떻게 대처해야 하는지에 대한 연구들도 병행되어야 할 것이다.

농약방제복과 관련된 연구와 함께 농약의 인체노출평가에 대한 연구들도 활발히 보고되어 왔는데, 정확한 농약노출평가 결과를 농약방제복의 최소 보호 수준을 결정하는 데에 적용, 지나치게 보호 수준이 높은 방제복 착용으로 인해 유발된 불필요한 서열부담을 줄이는 데에 기여할 수 있을 것이다. 정확한 노출평가를 위해 과수나 비닐하우스, 수도작 등 작물 및 농약살포방식에 따라 달라지는 인체 부위별 농약 노출량 조사가 선행되어야 하며, 이러한 정보들을 축적하여 종합적으로 적용함으로써 인체 부위별로 차별화된 보호방식을 개발해 낼 수 있을 것이다. 특히 손이나 얼굴, 목 등 농약노출량이 다른 부위에 비해 상대적으로 큰 부위에 대한 방제복 및 장비의 보호성능 평가 규정은 농약방제복 한 벌에 대한 규정과는 별도로 확인 후 강화할 필요가 있다.

이상과 같은 보호성능수준과 쾌적성능수준의 종합적 평가를 위해서는 직물 수준의 보호성능평가에서 더 나아가 완제품의 인체착용평가(Human Wear Trials)를 통해 착용자의 서열부담을 평가할 수 있는 물리·화학적, 생리적, 주관적 성능평가 항목 및 시험법이 추가된 새로운 성능평가표준이 필요할 것으로 사료된다. 새로운 표준에서는 화학물질에 대한 투과/침투저항에 대한 보호성능평가 뿐 아니라 보온력, 공기투과도, 증발저항, 서열부담지수

등 작업자의 쾌적성을 평가할 수 있는 항목들을 추가적으로 제안하여야 할 것이다. 보호와 쾌적성능이 균형을 이루는 최적의 등급 선정을 위해서는 반드시 인체착용평가가 필요하며 그 표준화된 평가법도 구체적으로 제시되어야 할 것으로 사료된다.

마지막으로 새롭게 제안될 농약방제복 규격에서는 평가된 농약방제복의 종합적 성능 표시에 대한 요구사항과 제조자가 제공해야 할 정보에 대한 규정 및 치수체계에 대한 규정 또한 필요할 것으로 사료된다. 이를 위해 기본적으로 보호복의 일반적인 요건에 관한 표준인 ISO 13688(2013)의 표시 및 치수 등에 관한 규정을 적용하되, 치수 선정의 경우 농약방제 시 불편한 자세나 큰 동작을 취하게 되는 작업이 많고, 다른 작업복 위에 농약방제복을 덧입는 경우도 많다는 점 등을 고려하여야 할 것이다. 이러한 규정은 보호구의 체계적인 관리 및 보급, 더 나아가 농작업자의 자발적 착용을 유도할 수 있는 방법 중 하나가 될 수 있을 것으로 기대되지만 이를 위해서는 성능 수준을 나타내는 용어 표준화가 반드시 선행되어야 할 것이다. 전술한 것처럼 ISO 및 EN의 여섯 단계 Type, OSHA의 세 단계 Level, NFPA의 네 단계 Class 수준 등 기관별로 다른 용어와 체계가 혼용되어 사용되면 혼란을 초래할 수 있으므로 보호 및 쾌적성능 수준을 효과적으로 표현해 줄 수 있는 방안이 필요하며, 보다 직관적인 정보 전달을 위해 문자와 더불어 기호 및 픽토그램 등의 사용도 고려해 볼 수 있을 것이다.

**주제어** : 농약방제복, 개인보호구, ISO, 농약살포자

### 감사의 말

이 논문은 농촌진흥청 국가농업 R&D 어젠다 연구개발사업 농약방제용 개인보호장비의 보호성능기준 시험법 규격화 연구(과제번호 PJ010518) 지원에 의해 수행되었습니다.

### REFERENCES

- Abbott, I. M., Bonsall, J. L., Chester, G., Hart, T. B., & Turnbull, G. J. (1987). Worker Exposure to a Herbicide Applied with Ground Sprayers in the United Kingdom. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 48(2), 167-175.
- Alavanja, M. C., Hoppin, J. A. & Kamel, F. (2004). Health Effects of Chronic Pesticide Exposure: Cancer and Neurotoxicity. *Annual Review of Public Health*, 25, 155-197.
- Archibald, B. A., Solomon, K. R. & Stephenson, G. R. (1995). Estimation of Pesticide Exposure to Greenhouse Application Using Video Imaging and Other Assessment Techniques. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(3), 226-235.
- Batchelor, G. S. & Walker, K. C. (1954). Health Hazards Involved in Use of Parathion in Fruit Orchards of North Central Washington, *American Medical Association Archives Of Health*, 10(6), 522-529.
- Blanco-Muñoz, J. & Lacasaña, M. (2011). Practices in Pesticide Handling and the Use of Personal Protective Equipment in Mexican Agricultural Workers. *Journal of Agromedicine*, 16(2), 117-126.
- Chester, G. (1993). Evaluation of Agricultural Worker Exposure to, and Absorption of, Pesticides. *Annals of Occupational Hygiene*, 37(5), 509-523.
- Choi, H. & Kim, J. H. (2014). Risk Assessment of Agricultural Worker's Exposure to Fungicide Thiophanate-methyl during Treatment in Green Pepper, Cucumber and Apple Fields. *Journal of Applied Biological Chemistry*, 57(1), 73-81.
- Choi, J. W., Kim, H. S. & Jeong, Y. O. (1987). A Study on the Comfortable Pesticide - Proof Clothes. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 11(2), 2091-2100.
- DeJonge, J. O., Ayres, G. & Branson, D. (1985). Pesticide Deposition Patterns On Garments During Air Blast Field Spraying. *Home Economics Research Journal*, 14(2), 262-268.
- Dosemeci, M., Alavanja, M. C. R., Rowland, A. S., Mage, D., Zahm, S. H., Rothman, N., Lubin, J. H., Hoppin, J. A., Sandler, D. P. & Blair, A. A. (2002). A Quantitative Approach for Estimating Exposure to Pesticides in the Agricultural Health Study. *Annals of Occupational Hygiene*, 46(2), 245-260.
- Durham, W. F. & Wolfe, H. T. (1962). Measurement of

- the Exposure of Workers to Pesticides. Bulletin of the World Health Organization, 26(1), 75-91
- European Parliament and Council (2008). Regulation (EC) No. 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on Classification, Labelling and Packaging of Substances and Mixtures, Amending and Repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and Amending Regulation (EC) No 1907/2006 (OJ L No 353, 31. 12. 2008, p.1).
- European Parliament and Council (2009). Regulation (EC) No.1107/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 Concerning the Placing of Plant Protection Products on the Market and Repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC (OJ L No. 309, 24.11.2009, p.1).
- European Parliament and Council (2011). Commission Regulation (EU) No. 547/2011 of 8 June 2011 implementing Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council as Regards Labelling Requirements for Plant Protection Products (OJ L No. 155, 11.6.2011, p. 176).
- Farr, S. L., Cai, J., Savitz, D. A., Sandler, D. P., Hoppin, J. A. & Cooper, G. S. (2006). Pesticide Exposure and Timing of Menopause. *American Journal of Epidemiology*, 163(8), 731-742.
- Fenske, R. A. (2010). For Good Measure: Origins and Prospects of Exposure Science. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 20(6), 493-502.
- Hoppin, J. A., Umbach, D.M., London, S.J., Lynch, C. F., Alavanja, M. C. & Sandler, D. P. (2006). Pesticides and Adult Respiratory Outcomes in the Agricultural Health Study. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1076, 343-354.
- Hwang, K. S. & Lee, K. S. (2012). A Study on Development of Disposable Pesticide Protective Clothing Using Biodegradable PLA. *Journal of the Korean Society of Living Environmental System*, 19(3), 430-438.
- Hwang, K. S., Kim, K. R., Lee, K. S., Kim, H. C. & Baek, Y. J. (2008). An Experimental Study on the Thermal Physiological Response in the Pesticide Proof Clothing Textile Materials for a Fruit-grower. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 32(11), 1801-1900.
- Hwang, K. S., Kim, K. R., Lee, K. S., Kim, H. C., Kim, K. S. & Baek, Y. J. (2007). The Textiles and the Performance Level in Developing the Pesticide Proof Clothing. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 31(11), 1611- 1620.
- Johnson, M. P., Easter, E. P. & Horstman, S. W. (1999). Personal Protective Equipment for Pesticide Applicators. Cooperative Extension Program Service. PAT-6. Lexington: University of Kentucky College of Agriculture.
- Judith, A., Wessel, J. S. & Norma, P. (2011). Pesticide-contaminated clothing needs washing care.(2011. 10. 20). Ohio State University Extension Fact Sheet, HYG-5117-94. Retrieved May 11, 2015, from <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/5000/5117.html>
- Kim, E., Moon, J. K., Choi, H., Hong, S. M., Lee, D. H., Lee, H. & Kim, J. H. (2012). Exposure and Risk Assessment of Insecticide Methomyl for Applicator during Treatment on Apple Orchard. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 55(1), 95-110.
- Kim, H. C., Kim, K. R., Lee, K. S., Kim, K. S. & Cho, K. A. (2007). The Characteristics of Farmer's Dermal Exposure during Pesticide Spraying and Dilution in Cut Rose Greenhouse. *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, 17(3), 203-211.
- KOSHA(Korea Occupational Safety and Health Agency) (2010). Guide of Safety Certification System for Protective Device & Personal Protective Equipment. Gyeonggi: Occupational Safety and Health Research Institute.
- Lee, J. Y. (2005). Study on the Body Surface Area of Korean Adults (Doctorial dissertation). Seoul National University, Seoul.

- Lee, K. M., Min, S. Y. & Chung, M. H. (2000). A Study on the Health Effects of Pesticide Exposure among Farmers. *Journal of Agricultural Medicine and Community Health*, 25(2), 245-263.
- Lee, K. M., Song, J. H., Jang, J. H., Sim, S. J., Kang, Y. W., Ahn, J. K. & Chung, M. H. (2002). A Study on the Use of Pesticides and Effecting Factors it in Rural Population. *The Journal of the Korean Public Health Association*, 28(4), 323-333.
- Lee, W. J. (2011). Pesticide Exposure and Health. *Journal of Environmental Health Sciences*, 37(2), 81-93.
- Lee, Y. K. (2012). The Characteristics of Pesticide Exposure among Korean Farmers. The Korean Society Of Occupational And Environment, 49<sup>th</sup> Conference Book(p. 115-119). Jeonbuk, Korea.
- Lim, K. S. (1997). The Experience of Pesticide Poisoning and It's Related Factors in a Rural Area. *Korean Journal of Rural Medicine*, 22(1), 35-41.
- MacFarlane, E., Chapman, A., Benke, G., Meaklim, J., Sim, M. & McNeil, J. E. (2008). Training and Other Predictors of Personal Protective Equipment Use in Australian Grain Farmers Using Pesticides. *Occupational and Environmental Medicine*, 65(2), 141-146.
- Machado-Neto, J. G., Matuo, T. & Matuo, Y. K. (1998). Efficiency of Safety Measures Applied to a Manual Knapsack Sprayer for Paraquat Application to Maize (*Zea mays* L.). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 35(4), 698-701.
- Ministry of Labor and Employment (2005). Regulatory Norm(NR) No. 31 of Ministry of Labor and Employment of 3 March 2005 on Safety and Health in Agriculture, Livestock, Forestry, Forestry and Aquaculture established by the Decree No. 86.
- NASDA(National Association of State Departments of Agriculture Research Foundation) (2013). Personal Protective Equipment (PPE) for Agricultural Pesticide Operators. Retrieved May 11, 2015, from <http://www.nasda.org/File.aspx?id=19751/>
- NFPA(National Fire Protection Association) (2005). NFPA 1991: Standard on Vapor-Protective Ensembles for Hazardous Materials Emergencies Emergencies.
- NFPA (2012). NFPA 1994: Standard on Protective Ensembles for First Responders to CBRN Terrorism Incidents.
- OECD(The Organisation for Economic Co-operation and Development) (1997). Guidance Document for the Conduct of Studies of Occupational Exposure to Pesticides During Agricultural Application: Series on Testing and Assessment No. 9. Paris: OECD Environmental Health and Safety Publications.
- OECD (2015). Environmental Performance of Agriculture (Edition 2013). OECD Agriculture Statistics. Retrieved July 26, 2015, from <http://dx.doi.org/10.1787/data-00660-en>
- OSHA(Occupational Safety and Health Administration) (1999). OSHA Technical Manual TED 1-0.15A, Section 8, Chapter 1.
- POEM(Predictive Operator Exposure Model) (1992). UK Predictive Operator Exposure Model (POEM): A Users Guide, Pesticides Safety Directorate, York, UK.
- RDA(Rural Development Administration) (2009a). *The Analysis of Health Condition and Work Related Disease of Farm Workers*. Suwon: National Academy of Agricultural Science.
- RDA (2009b). *The Evaluation on the Health Risk Factors of the Working Environment*. Suwon: National Academy of Agricultural Science.
- RDA (2013). *Risk Assessment and Monitoring of Long Term Pesticide Exposure on Agricultural Workers*. Suwon: National Academy of Agricultural Science.
- Roff, M. W. (1997). Accuracy and Reproducibility of Calibrations on the Skin Using the Fives Fluorescence Monitor. *Annals of Occupational Hygiene*, 41(3), 313-324.
- Schenker, M. B., Orenstein, M. R. & Samuels, S. J. (2002). Use of Protective Equipment among California Farmers. *American Journal of Industrial Medicine*, 42(5), 455-464.
- Shin, J. H., Hwang, K. S. & Lee, H. H. (2011). Change of the Protection Efficiency in Each Part of

- Developed Pesticide-Proof Clothes by Repeated Washings. *Korean Journal of Community Living Science*, 22(4), 615-621.
- Singh, B. & Gupta, M. K. (2009). Pattern of Use of Personal Protective Equipments and Measures During Application of Pesticides by Agricultural Workers in a Rural Area of Ahmednagar District, India. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 13(3), 127-130.
- Song, J. S., Park, W. S., Kwak, Y. H., Seo, J. C. & Choi, H. S. (2003). Comparison of Acute Symptoms between a Alpine Agricultural Workers and General Workers in Gangwon-do. *Journal of Agricultural Medicine and Community Health*, 28(1), 29-37.
- Special Act on Improvement the Quality of Lives of farmers and Agricultural and Fishing Areas Development Promotion (2015). Act No.13404.
- Statistics Korea (2014). Census of Agriculture, Forestry and Fisheries. Retrieved July 15, 2015, from [http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=2745](http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2745)
- Statistics Korea (2015). Pesticide and Fertilizer Use Survey. Retrieved July 15, 2015, from [http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx\\_cd=2422/](http://www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=2422/)
- Stone, J. (1994). Cover Up with Coveralls and Aprons: Fact Sheet Pm-1563a, A Series of the Safe Farm Program. Ames: Iowa State University Extension.
- US EPA (1996). Series 875-Occupational and Residential Exposure Test Guidelines. OPPTS 875. 1000, EPA 712-C-96-261. Retrieved March 1, 2015, from <http://www2.epa.gov/test-guidelines-pesticides-and-toxic-substances/series-875-occupational-and-residential-exposure>
- US EPA (2014). Chapter 10: Worker Protection Label. Label Review Manual. Retrieved March 5, 2015, from <http://www2.epa.gov/pesticide-registration/> label-review-manual
- Vercruyssen, F., Drieghe, S., Steurbaut, W. & Dejonckheere, W. (1999). Exposure Assessment of Professional Pesticide Users during Treatment of Potato Fields. *Pesticide Science*, 55(4), 467-473.
- Weichenthal, S, Moase C & Chan, P. A. (2010). Review of Pesticide Exposure and Cancer Incidence in the Agricultural Health Study Cohort. *Environmental Health Perspectives*, 118(8), 1117-1125.
- WHO(World Health Organization) (1975). Survey of Exposure to Organophosphorus Pesticides in Agriculture. Standard protocol, VBC/75.9. WHO, Geneva.
- WHO (1982). Field Surveys of Exposure to Pesticides Standard Protocol, VBC/82.1. WHO, Geneva.
- WHO (2009). The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification 2009. Retrieved July 5, 2015, from [http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides\\_hazard\\_2009.pdf/](http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_2009.pdf/)
- Yang, J. H. & Park, J. H. (1994). Health Risk Evaluation of the Vinylhouse Workers with Exposure to Pesticide. *Korean Journal of Rural Medicine*, 19(2), 107-118.
- You, K. S. (2004a). A Survey on the Reason for Low Acceptability and Proposal for its Improvement for Protective Clothing in Pesticide Applicators. *Korean Journal of Human Ecology*, 13(5), 777-785.
- You, K. S. (2004b). Current Attitudes of Pesticide Use and Protective Clothing in Smallholder Farmers of Korea. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 28(9, 10), 1292-1299.

Received 6 November 2015;

1st Revised 10 March 2016;

Accepted 22 March 2016