



ISSN 1229-8565 (print) ISSN 2287-5190 (on-line)
한국지역사회생활과학회지 33(4): 703~716, 2022
Korean J Community Living Sci 33(4): 703~716, 2022
<http://doi.org/10.7856/kjcls.2022.33.4.703>

과수재배 농업인을 위한 기능성 농약 방제복 개발 및 평가

김인수 · 김경란^{1)†} · 채혜선¹⁾ · 박수인 · 김승연²⁾

농촌진흥청 국립농업과학원 연구사 · 농촌진흥청 국립농업과학원 연구관¹⁾ · 농촌진흥청 국립농업과학원 연구원²⁾

Development and Evaluation of Pesticide-Protective Functional Clothing for Orchard Farmers

Insoo Kim · Kyungran Kim^{1)†} · Hye-Seon Chae¹⁾ · Sooln Park · Seoung-Yeon Kim²⁾

Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju, Korea
Senior Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju, Korea¹⁾
Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju, Korea²⁾

ABSTRACT

This study sought to develop pesticide-protective clothing, which could reduce pesticide exposure and enhance work comfort for fruit farmers. The use of pesticides in fruit tree cultivation has increased agricultural productivity. However, with the high frequency of pesticide spraying, there is the possibility of agricultural chemical poisoning, which could affect the health of the farmers. In this study, the functional material used to make pesticide-protective clothing was examined and its physical properties were evaluated. A sensory evaluation on the pesticide-protective clothing material was then conducted and its physiological comfort was also evaluated. According to the study results, the applied material met the pesticide penetration prevention standards, and the pesticide-protective clothing offered a satisfactory fit. According to the comfort wear test results, the temperature and humidity inside the clothing were lower than that of existing pesticide-protective clothing and it was thus found to be effective in reducing heat stress and enhancing comfort compared to the existing products ($p < 0.05$). In the future, there would be a need to develop pesticide-protective clothing more suitable for the fruit tree cultivation working environment based on a field applicability evaluation. The results of this study are expected to contribute to the design of pesticide-protective clothing for farmers.

Key words: pesticide-protective clothing, functional material, physiological comfort, sensory evaluation, orchard farmers

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ01531101)" Rural Development Administration, Republic of Korea.

Received: 17 September, 2022 Revised: 3 November, 2022 Accepted: 22 November, 2022

[†]**Corresponding Author:** Kyungran Kim Tel: +82-63-238-4171 E-mail: kimgr@korea.kr

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.

I. 서론

2021년 현재 노지 과수재배 경지면적은 142,466 ha로 전년 대비 4,732ha(3.3%) 감소하였지만(KOSIS 2021), 과수재배 농가 수는 171,000 농가로 전체 농가의 경영형태에서 16.6%를 차지하고 있고, 2020년 전년 대비 1.2%(2,100 농가) 증가 추세이다(KOSTAT 2021). 과수 작목은 적합한 시기에 병해충을 방제하지 않으면 수확량 감소와 상품성이 현저히 낮아지므로 적절한 시기에 빈번한 농약 살포가 요구된다(Oh et al. 2014; Cho et al. 2018). 이처럼 농약은 농업 생산성 증대를 가져왔으나, 농업인과 같이 직업적으로 농약을 직접 살포하는 경우 노출에 따른 농약 중독의 위험성이 높아져 건강에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다(Lee et al. 2000; Hong et al. 2007; Oh & Roh 2017; Cho et al. 2018). 농약 노출로 인해 발생하는 급성 및 만성중독은 우리나라뿐만 아니라 세계적으로 주요 공중보건 문제 중 하나로 알려져 있다(Infante- Rivard & Weichenthal 2007; Lee 2011; Choi et al. 2018). 과수 작목의 경우 연간 평균 농약 살포 횟수는 9.1회로 비닐 하우스 작목의 11.9회 다음으로 높고(Kim & Roh 2017), 특히 대표적 과수 작목인 사과의 경우에 적게는 연 9회 정도에서 많게는 연 15~16회의 높은 빈도로 농약을 살포하는 것으로 나타나 농약의 노출 저감을 위한 개인보호구 착용 등의 안전 조치가 요구된다.

농촌진흥청의 연구에 따르면 개인보호구를 착용하지 않고 농약을 제조 및 살포하게 되면 최소 1.5배에서 최대 8배까지 농약 노출량이 높은 것으로 보고되었다(RDA 2012). 농약 살포 시에는 피부를 통한 흡수율이 가장 높으므로 신체를 전반적으로 보호할 수 있는 농약 방제복 착용은 효과적인

방안이 될 수 있다(Oh & Roh 2017). 그러나 농업인의 농약 방제복 착용률은 작업효율 감소 및 착용의 불편함 등을 이유로 낮았고(Lee et al. 2000; You 2004), 또한 대부분의 농약 방제작업이 여름철 고온다습한 시기에 이루어져 서열 스트레스 부담으로 인해 착용률은 더욱 낮은 실정이다(Oh et al. 2014; Kim et al. 2016a). 이러한 문제를 해결하기 위해서는 과수 농작업 특성에 적합한 농약 방제복 개발 및 보급이 요구된다.

기존의 농약 방제복 관련 연구를 살펴보면, 농약 방제복의 쾌적성 향상을 위한 소재 및 성능 평가 연구(Hwang et al. 2007), 친환경 일회용 방제복 제품의 PLA(Polylactic Acid) 소재의 생분해성 부직포 적용 방제복 개발 연구(Hwang & Lee 2012) 등 소재 개발에 관한 연구가 있었고, 과수용 농약 방제복의 반복 세탁에 따른 부위별 농약 방호성능의 변화 연구(Shin et al. 2011), 방제복의 농약의 체류성, 발수성 및 침투성 측정 연구(Kim et al. 2016c) 등의 보호 성능 연구가 수행되었다. 최근에는 농약 방제복의 보호성 및 쾌적성 성능 기준 평가에 필요한 물리화학적 요구 성능 연구(Kim & Lee 2020)가 수행되었다. 기존의 연구들이 농약 방제복의 소재 및 방호성능 개선, 쾌적성 향상에는 기여하였으나 실제 농작업 환경에 적용하는 데에는 한계가 있었고, 농작업 특성과 농업인의 요구사항을 충분히 반영한 농약 방제복 개발은 미흡하였다. 일반적으로 개인보호구 개발은 작업공간, 작업 방법, 작업환경 등의 특성이 충분히 반영되어야 한다(Chang & Choi 2006; Kim & Roh 2017). 과수 작목의 경우 타 작목과 달리 과수나무의 높이에 따른 작업 방식과 살포 방식(SS (Speed Sprayer)기, 동력 살포기), 재배 유형 및 노지에서의 작업환경 등이 다르므로 농약 노출 양상을 고려한 적합한 농약 방제복 개발이 요구된다.

이에 본 연구에서는 과수 작목 20개 농가를 대상으로 농약 취급 및 보호복 착용 실태를 조사하여 농약 방제복 개발을 위한 기초자료로 활용하였다. 그리고 개발된 농약 방제복에 대한 외관 만족도 평

가 및 착의 관능검사, 인체 착용성 평가를 수행하였다. 본 연구는 농업인의 건강을 보호하기 위한 개인 보호구 개발의 일환으로 과수 농업인의 안전하고 쾌적한 농작업 활동에 기여하고자 수행되었다.

Table 1. Results of the test to evaluate pesticide-protective clothing fabric characteristics

Item	Test result	Performance criterion	
Material	Antibiosis (%) [KS K 0693]	Over 99.9 More than 99.9	
	Deodorization (%) NH3 500 ppm, (Gas detector tube method)	Over 70 More than 70	
	UV protection rate (%) [KS K 0850]	99.9 More than 90	
Laminating material	Blocking castle (Level) [KS K 0760]	4 Level 4 or above	
	Water resistance (mmH ₂ O) [KS K 0591] (Low water pressure method)	Over 20,000 More than 20,000	
	Water vapor permeability (g/m ² /24hr) [KS K 0594], (Potassium acetate method)	Over 15,000 More than 20,000	
	Tensile strength (N) [KS K 0520] (Grab method)	Warp (Wp) 490	C 350
		Weft (Wt) 300	More than 300
	Tearing strength (N) [KS K ISO 9073-4] (Trapezoid method)	Warp (Wp) 29.2	More than 25
		Weft (Wt) 23.9	More than 20
	Penetration by liquid ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) [ISO 19918] (A method)	Repellency	Over 90 More than 90
		Retention	Under 5 Less than 5
		Penetration	Under 5 Less than 5
Penetration by liquid under pressure (kPa) [ISO 13994] (Procedure D)	Less than 35	More than 35	
Dimensional change (%) [KS K ISO 5077]	± 1.4	Less than ± 3	
Colorfastness (Level) [KS K ISO 105-C06, KS K 0650, KS K ISO 105-E04, KS K ISO 105-E01, KS K ISO 105-B02]	4-5	Level 4 or above	
Seam	Tensile strength (N) [KS K ISO 13935-2] (Grab method)	300 -	
	Liquid penetration resistance (%) [ISO 22608] (A method)	Repellency	Over 90 Over 90
		Retention	Under 5 Less than 5
Penetration		Under 5 Less than 5	

II. 연구방법

1. 농약 취급 및 보호복 활용 실태 조사

과수재배 농업인이 농약 취급 및 방제작업 시에 착용하는 신체 보호복의 문제점을 도출하고, 농약 방제복 개발에 반영하고자 농약 취급 및 보호복 활용실태를 조사하였다. 조사는 현장 설문지 조사와 1:1 심층 인터뷰로 진행하였다. 조사 대상은 총 20개 농가로 사과 작목 10개 농가(강원도 화천군), 배 작목 10개 농가(경기도 남양주시 5개 농가, 전라남도 순천시 5개 농가)로 2022년 4~5월 중에 수행하였다. 조사내용은 6개 부문으로 총 36개 항목으로 조사 대상자의 인구통계학적 특성은 6분항, 농장의 일반사항은 3분항, 농약 취급 관련 사항은 6분항, 농약 위험성 인지 수준(1분항)은 5점 척도(1점: 전혀 인지하지 못함~5점: 매우 잘 인지함)로 응답하였다. 그리고 농약 방제 보호복의 종류와 착용 실태(5분항), 농약 방제복 개발 시 개선 요구사항은 하위 6개 카테고리 15분항(기능성: 2분항, 착용성 및 작업 활동성: 3분항, 안전 및 보호: 2분항, 쾌적성: 2분항, 관리성: 3분항, 디자인: 2분항, 경제성: 1분항)으로 구성하였고, 5점 척도(1점: 전혀 필요하지 않음~5점: 매우 필요함)로 평가하였다.

2. 농약 방제복 개발 및 평가

본 연구에서는 농약 취급 및 보호복 활용실태 조사 결과를 기반으로 기능성 소재를 개발하였다. 소재는 친환경 폴리우레탄 수지 조성물로 방수·투습 TPU(Thermoplastic poly urethane) 필름을 합포하고, 그 위에 스리쿼터(Three-quarter)를 추가하여 3겹(3-layer)으로 구성하였다. 또한 고어텍스(Goretex) 기능을 추가하여 방수, 투습 기능 및 내구성을 고려하였고, 보호 소재 원단은

마모성, 유연성, 세척성, 방수성이 높은 소재를 적용하였다. 개발된 기능성 소재의 주 원단(Material), 라미네이팅 원단(Laminating material), 솔기(Seam)에 대한 물리적 특성은 Table 1과 같다. 보호 성능인 내구성을 위한 인장강도와 인열강도, 유해 물질 및 서열 스트레스 저감을 위한 투습저항, 내수·발수성, 흡한 속건성, 잦은 세탁에 따른 견뢰도 등의 물성 시험 결과로 볼 때 신체 보호를 위한 보호 소재로써 적용이 가능한 수준으로 평가되었다.

그리고 개발된 농약 방제복에 대한 외관 만족도 평가, 착의 관능검사, 인체 착용 평가를 수행하였다. 개발된 농약 방제복에 대한 외관 만족도 평가와 착의 관능검사는 과수재배 농업인 20명을 대상으로 수행하였다. 참가자의 평균 신체조건은 신장 169.9 ± 5.1 cm, 체중 68.8 ± 7.3 kg, BMI (Body Mass Index)는 23.8 ± 2.2 kg/m²이다. 외관 만족도 평가는 상의와 하의에 대한 전반적인 외관, 의복의 착용 시 형태(Form), 길이, 둘레 등에 대한 착용 만족도로 1점(매우 부정적)~5점(매우 긍정적)까지 5점 척도로 구성하였다. 착의 관능검사에서는 팔 수직 동작, 팔 수평 동작, 허리 동작, 다리 동작의 자세에 대한 불편한 정도를 1점(매우 불편함)~5점(매우 편함)까지 5점 척도로 평가하였다(Kim et al. 2016b; Kim et al. 2020). 인체 착용성 평가는 국내 시판되고 있는 농약 방제 보호복들 가운데 착용률이 높은 나일론(Nylon) 100% 직물 소재로 투습 방습 코팅을 적용한 농약 방제복과 폴리에틸렌 소재로 제작된 화학물질 보호복을 선정하였고, 개발된 농약 방제복과 비교 평가 실험을 수행하였다(Table 2).

인체 착용성 평가는 신체 건강한 성인 남성 20~30대 5명을 선정하였고, 이들의 평균 신체조건은 나이 30.6 ± 2.9 세, 신장 168.0 ± 6.2 cm,

체중 64.4 ± 8.4 kg, BMI 22.7 ± 1.5 kg/m²이다. 인체 착용성 평가는 인공기후실에서 수행하였고, 농약 방제 시의 작업환경을 고려한 온도 30℃, 습도 60% RH가 유지되도록 설정하였다(Kim et al. 2007; Hwang et al. 2008). 평가항목은 의복 내 온도와 습도, 주관적 착용 감각을 측정하였다. 의복 내 온도와 습도는 의복 기후 온습도 측정기 (TR-72U, T&D, Japan)를 사용하였고, 신체의 3 부위(가슴, 등, 허리)에서 30초 간격으로 연속 측정하였다. 주관적 착용 감각은 쾌적감, 온열감, 습윤감으로 실험 직무(Task) 직후마다 질문에 답하도록 하였다. 쾌적감은 1~4점 척도(Comfortable~Very uncomfortable) (Kim et al. 2006), 온열감은 1~5점 척도(Idifferent~Very hot), 습윤감은 1~7점 척도(Very wet~Very dry)의 정신심리적 수준을 평가하였다(ASHRAE 2001). 실험 전에 대기실(온도 24 ± 0.5 ℃, 습도는 $50 \pm 5\%$ RH)에서 20분 동안 충분한 안정(Stability)을 취하도록 한 후, 본 실험은 총 60분으로 휴식기 1(Rest 1) 15

분, 작업기 1(Work 1) 10분, 휴식기 2(Rest 2) 10분, 작업기 2(Work 2) 10분, 회복기(Recovery) 15분의 직무(Task)를 수행하였다. 작업기는 Choi et al.(2002) 연구에서 제안된 일반 농작업자의 작업 심박수의 평균인 100 beats/min (bpm)의 강도로 30 cm 높이로 적절한 걸음 테스트(Step test)를 실시하였다.

3. 자료 분석

수집된 자료는 SPSS/Win 21.0 프로그램을 이용하여 분석하였다. 농약 방제복 착용 실태 및 현황 조사에서 수집된 자료와 외관 만족도 및 착의 관능검사 측정치는 빈도, 백분율, 평균과 표준편차를 산출하였다. 그리고 인체 착용성 평가 측정치는 기술 통계치와 유의수준은 0.05 기준으로 분산분석(ANOVA) 및 사후검증(Duncan test)을 수행하였다.

Table 2. Experimental pesticide-protective clothing tested in this study

Development product	Commercial products in Korea	
		
700 g	764 g	311 g
Eco-friendly polyurethane resin composition (Developed pesticide-protective clothing)	Waterproof and moisture-permeable nylon (Existing pesticide-protective)	Tychem (Polyethylene coated HDPE) (Chemical protective clothing)

HDPE: High-density polyethylene

III. 결과 및 고찰

1. 농약 취급 및 방제복 활용실태 조사 결과

조사 대상자 20명에 대한 인구통계학적 특성과 농장의 일반사항 관련 조사내용은 Table 2와 같다. 이들의 평균나이는 62.0 ± 4.6 세로 모두 남자이고, 연령대는 60~69세가 50%로 가장 높은 비율을 보였다. 그리고 교육 수준은 고등학교가 60%로 높은 비율로 나타났다. 농장의 일반사항 조사 결과, 조사 대상자의 농업 종사경력은 평균 17.2 ± 13.2 년으로 조사되었고, 평균 재배 평균 면적은 1.7 ± 1.2 ha로 조사되었다.

농약 취급 관련 조사 결과, 연 살포 회수는 14.6 ± 4.4 회이고, 대부분 3~10월 사이에 주로 살포하는 것으로 나타났다. 농약 살포는 대부분 여름철에 수행하였고, 살포 시간대는 더위를 피해 새벽 5~10시 사이, 해가 넘어가기 시작하는 오후 4시 이후로 나타났다. 살포 방식은 대부분 SS기로써 75%, 그 밖에 약줄을 활용한 동력 살포기가 12.5%, 등짐 살포기가 12.6%로 조사되었다. 농약 방제작업은 대부분 혼자 살포하고 있었으며, 농약이 인체에 미치는 위험성을 인지하는 수준 결과, 3.6 ± 1.3 점으로 보통 이상으로 인지하는 것으로 나타났다. 농약 방제 보호복의 착용 실태 조사 결과, 농업인들은 농약 방제복의 안전 기능 보다는 쉽게 구매가능하고, 농장 주위에서 쉽게 찾아 착용할 수 있는 불통기성 우비 사용률이 40%로 가장 높았다. 그 밖에 시중에서 구매한 방제복 35%, 화학물질 보호복 15%, 미착용 10%로 조사되었다. 농약 방제복 착용 수준(5점 척도: 1. 착용하지 않음~5. 항상 착용함)은 3.7점으로 나타나 살포 작업 시 매번 착용하지 않는 것으로 판단된다. 농약 방제복을 착용하지 않는 이유로는 동작의 불편함, 덥고 답답함, 보호구에 대한 지식이 없음 등의 순

Table 3. The general characteristics and agricultural status of the subjects

Classification	Item	N (%)	Total N (%)	
General characteristics of the subjects	Age	Under 49	2 (10)	20 (100%)
		50~59	3 (15)	
		60~69	10 (50)	
		Over 70	5 (25)	
	Region	Gangwon-do	10 (50)	20 (100%)
		Gyeonggi-do	5 (25)	
		Jeolla-do	5 (25)	
	Education	Elementary school	1 (5)	20 (100%)
		Middle school	3 (15)	
		High school	12 (60)	
College/University		4 (20)		
Agricultural status of the subjects	Work experience	Less than 5 years	2 (10)	20 (100%)
		6~15 years	10 (50)	
		16~25 years	3 (15)	
		More than 26 years	5 (25)	
	Kind of crop	Apple	10 (50)	20 (100%)
		Pear	10 (50)	
	Cultivated area (ha)	Under 1 ha	3 (15)	20 (100%)
		1~2	11 (55)	
		2~3	3 (15)	
		More than 3 ha	3 (15)	

위를 보였다. 현재 착용하고 있는 방제복은 대부분 상의와 하의가 분리된 형태이고, 머리 부위 농약 노출을 줄이기 위해 별도의 일반모자, 해가림 모자를 주로 착용하는 것으로 조사되었다. 특히 농약 살포시 농약 노출 신체 부위 조사 결과에서 목(36.6%), 머리(24.4%), 옷 소매(14.6%), 얼굴(12.2%), 바지 하단(7.3%) 등의 순으로 조사되어 농약 노출 경로에 대한 차단이 필요한 것으로 나타났다.

농약 방제복 개선 요구사항을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 보관성, 디자인과 가격 측면의

Table 4. Results of the pesticide-protective clothing improvement survey

Classification	Item	Mean	SD
Functionality (material)	Lightweight	4.7	0.5
	Use of durable material	4.8	0.4
Wearability & work activity	Easy to wear and take off	4.3	0.5
	Easy to move around during agricultural work	4.9	0.3
	Complements the use of other personal protective equipment	4.7	0.6
Safety & protection	Protection from pesticide penetration	4.8	0.4
	Visible for safety in the early morning and at nighttime	4.0	0.7
Comfortable	Soft contact between the material and the skin	4.0	0.5
	Less thermal stress during work	4.8	0.5
Manageability	Easy to wash and fast drying	4.4	0.5
	Easy to remove contaminants	4.4	0.6
	Easy to store	4.6	0.5
Design	Aesthetic colors and appearance	3.6	1.0
	A sense of belonging to a group	3.6	0.9
Economic aspect	Low price	3.9	0.7

항목을 제외한 항목에서 4.0점 이상으로 개선의 필요성이 높은 것으로 나타났다. 기능성 소재 측면의 경우 경량화(4.7점), 내구성(4.8점)이 높았고, 착용 및 작업 활동성 측면에서는 동작 편이성(4.9점)이 가장 높았다. 쾌적성 측면의 경우에는 서열 스트레스 저감(4.8점) 등이 높은 요구도가 있는 것으로 나타났다. 그 밖의 농약 방제복 관리 측면에서 쉬운 세탁, 빠른 건조, 오염물질 제거 등 4.0점 이상을 보였다. 디자인과 가격 측면의 경우 다른 항목에 대비 상대적으로 낮았으나 3.5점 이상으로 어느 정도 요구사항이 있는 것으로 응답하였다. 이와 같은 결과는 농작업 활동성, 보호 성능, 쾌적성 측면 등 다각적인 관점을 고려한 설계가 필요한 것으로 판단된다.

2. 농약 방제복 설계

농약 취급 형태 및 심층 인터뷰 결과를 수렴하여 과수재배 농작업 특성에 적합한 디자인과 패턴을 설계하였다. 과수작목의 경우 나무 위를 바라보면서 농약을 살포하는 행위가 많고, SS기를 사용

할 때 농약이 전방위로 날리는 현상 등으로 인해 머리 부위에 농약이 노출되는 사례가 있었다. 따라서 머리, 목, 얼굴 부위의 농약 노출을 최소화하기 위하여 방제복 후드(Hood) 외각 부위에 연성 와이어(Wire)를 삽입하여 모자 또는 고글·보안경 착용 시에 밀착하여 형상을 유지하도록 하였다. 또한 손목의 소매 부위 농약 침투를 방지하기 위해 소매 단에 벨크로(Velcro)를 적용하였고, 소매 내부에 설계하여 2중으로 농약 침투 경로를 차단하였다. 상지 동작이 많은 특성을 고려하여 어깨, 겨드랑이, 팔꿈치 부위는 상의 패턴에서 동작에 대한 충분한 여유를 주어 활동성을 높였다. 하의 패턴은 허벅지와 무릎 부위의 움직임에 대한 활동성을 고려하여 폭의 여유를 주었고, 무릎점에서 10 cm 아래에 절개를 주었으며, 무릎점에서 20 cm 부위는 무릎을 꿇은 동작 시 정강이 부위 농약 노출로부터 보호하기 위해 덮개가 가려지도록 하였다. 또한 보호장화 착용 시 보호장화를 충분히 덮을 수 있도록 무릎 부위 아래의 패턴은 폭을 충분하게 두었고, 하단은 벨크로 조임 기능을 두어 농약 침

Table 5. Satisfaction survey results for the appearance of pesticide-protective clothing

Item	Mean	SD
Are you satisfied with the overall design?	4.9	0.5
Is the chest area comfortable, not too wide, or too narrow?	4.3	0.6
Is the length of the shirt comfortable?	4.2	0.8
Shirt Are the sleeves comfortable, not too wide, or too narrow?	4.5	0.6
Is the hem circumference just right, not too wide, or too narrow?	3.9	0.6
Total	4.3	0.7
Are you satisfied with the overall design?	4.5	0.7
Are the pants comfortable without fabric getting caught in between the buttocks?	4.6	0.7
Pants Is the hem area comfortable without any pulling or sagging?	4.0	0.6
Are the trousers comfortable, not too wide, or too narrow?	3.9	0.7
Is the hem length just right without being too loose or too tight?	4.5	0.7
Total	4.3	0.7

투가 되지 않도록 하였다. 그리고 쾌적성을 고려한 트림과 의복 내부에 메시(Mesh)를 대주어 땀이 차지 않도록 디자인하였고, 상의 겨드랑이 부위와 하의 무릎 부위에는 통기부를 외부 공기와 순환하도록 하였다. 또한 여름철의 경우 농약살포 시간대가 이른 아침, 늦은 오후 많이 이루어지는 것을 고려할 때 이동 시 교통사고 등 안전 문제 해결을 위해 눈에 쉽게 띄도록 상의 앞, 뒤, 하의 허벅지 둘레 부위에 재귀반사 원단을 적용하였다.

3. 농약 방제복 평가

1) 외관 만족도 및 착의 관능검사

개발된 농약 방제복에 대한 전반적 외관, 상의

Table 6. Wearability test for key body movements

Movement	Posture			
	AV-1	AV-2	AV-3	AV-4
Arm's vertical movement				
Mean (SD)	4.3 (0.9)	4.9 (0.3)	4.6 (0.6)	4.5 (0.6)
	AH-1	AH-2	AH-3	AH-4
Arm's horizontal movement				
Mean (SD)	4.1 (0.9)	4.1 (0.7)	4.3 (0.7)	4.5 (0.8)
	W-1	W-2	W-3	W-4
Waist movement				
Mean (SD)	4.4 (0.5)	4.4 (0.5)	4.0 (0.6)	3.9 (0.8)
	L-1	L-2	L-3	L-4
Leg movement				
Mean (SD)	4.4 (0.7)	4.5 (0.6)	4.1 (0.7)	4.1 (0.8)

와 하의에 대한 외관 만족도 평가 결과는 Table 5와 같다. 상의와 하의의 외관 평가 결과, 각각 평균 4.3점, 평균 4.3점으로 만족하는 수준을 보였다. 상의의 경우 전체적 외관, 의복의 착용 시 형태, 상의 길이, 소매 둘레의 경우 4.0점 이상으로 높은 만족도를 보였고, 밑단 둘레의 경우에 넓어서 나뭇가지 등에 걸림, 접촉의 가능성이 있어 다른 항목에 비해 상대적으로 3.9점으로 낮게 평가되었

다. 하의에서는 전체적 외관, 엉덩이 부위 편안함이 4.0점 이상을 보였고, 그 밖에 바지통의 폭이 넓어 처지는 감이 있었고, 발걸음 동작 시에 하의 내측 부분이 스치는 등의 의견이 있어 보완이 필요한 것으로 판단된다.

주요 신체 동작에 대한 착의 관능검사 결과, 신체 부위별 대부분의 동작에서 4점 이상의 만족도를 보였다(Table 6). 신체 부위별 평균 점수는 수직 동작은 4.6 ± 1점, 팔의 수평 동작은 4.2 ± 0.8점, 허리 동작은 4.7 ± 0.4점, 다리 동작은 4.3 ± 1점을 보였다. 이와 같은 결과는 신체 활동 범위를 만족시킬 수 있는 수준이라 판단할 수 있다. 다만 개발된 농약 방제복의 허리 움직임의 속이기 동작(W-4)에서 상대적으로 낮은 3.9점을 보여 허리 부위에 대한 보정이 필요할 것으로 보인다.

2) 인체 착용성 평가

Fig. 1은 3가지 실험복에 대하여 의복내 온도와 습도 측정치에 대한 전체 평균 차이 분석 결과를 보여준다. 온도의 경우 개발된 농약 방제복은

31.9 ± 0.5℃, 기존의 농약 방제복은 32.4 ± 0.5℃, 화학물질 보호복은 32.6 ± 0.7℃로 통계적으로 유의미한 차이를 보였고(p<0.05), 습도의 경우는 개발된 농약 방제복이 62.5 ± 9% RH, 기존의 농약 방제복이 68.5 ± 10% RH, 화학물질 보호복은 70.7 ± 9% RH로 유의미한 차이를 보였다(p<0.05). 사후 분석 결과, 의복내 온도와 습도 모두 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복은 차이가 없었으나 개발된 농약 방제복은 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복 간에는 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 실험이 진행되는 60분 동안의 직무(Task) 수행에 따른 분석 결과, 의복내 온도의 경우 3가지 실험복 모두 초기 휴식기 1(Rest 1)에서 휴식기 2(Rest 2)까지 점차 증가하였다. 기존의 농약 방제복은 작업기 2(Work 2)와 회복기(Recovery)에 일정 수준의 온도를 보였으나 화학물질 보호복은 회복기(Recovery)에 조금 상승하였다. 개발된 농약 방제복의 경우 휴식기 2 이후부터 점차 감소하면서 회복기에 일정한 온도를 유지하였고, 다른 실험복과 통계적으로 유

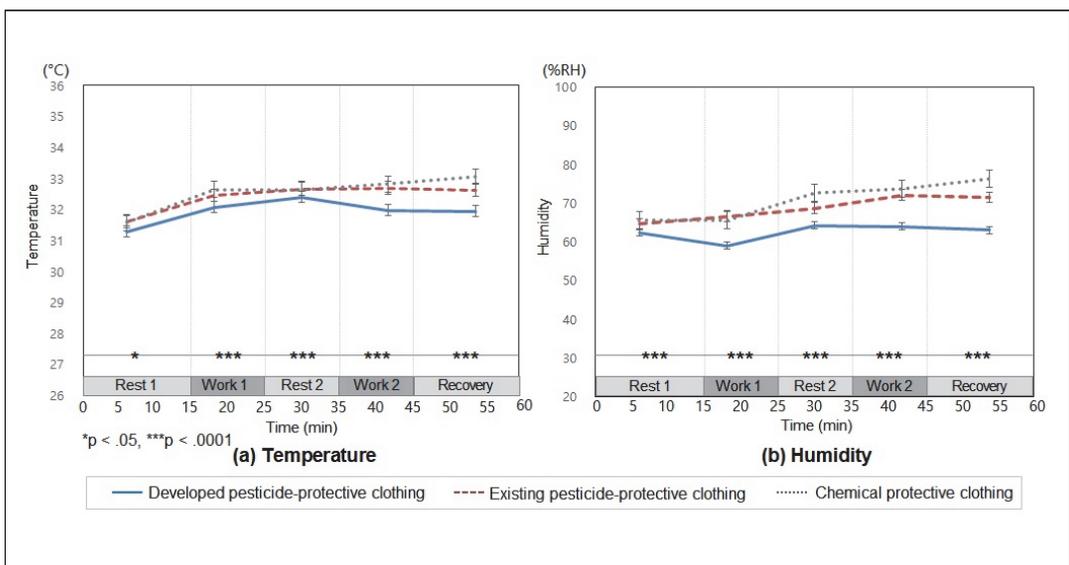


Fig. 1. Mean temperature and humidity inside clothing when worn for over 60 minutes.

의미한 차이를 보였다($p < 0.0001$). 의복내 습도는 화학물질 보호복이 기존의 농약 방제복 보다 상승하는 경향을 보였고, 개발된 작업복의 경우 초기 휴식기 1에서 낮아지고 작업기 1에서 높아진 이후 일정한 습도를 유지하였다. 개발된 작업복의 경우 작업기 1 이후 직무에서 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복 보다 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($p < 0.0001$).

신체 부위별 의복내 평균 온도와 습도 변화 특징을 비교해 보면(Fig. 2), 가슴부위의 온도는 3가지 실험복 모두 작업기 1과 작업기 2에서 낮아지고, 기존의 작업복과 화학물질 보호복은 휴식기 2와 작업기 2에서 증감을 보인 이후 회복기에서 낮아졌다. 개발된 농약 방제복의 경우에는 작업기 1 이후 서서히 낮아지고, 회복기에 일정 수준의 온도를 보였다. 작업기 2와 회복기에는 개발된 농약 방제복이 다른 실험복 보다 낮은 온도를 유지하였고($p < 0.0001$), 기존 농약 방제복과 화학물질 보호복 간에도 유의미한 차이를 보였다($p < 0.0001$). 가슴부위의 습도의 경우 기존의 농약 방제복은 작업기 1 이후 상승하는 경향을 보였고, 화학물질 보호복은 기존의 농약 방제복 보나 더 높게 높아지는 경향을 보였다. 반면에 개발된 농약 방제복의 경우 휴식기 2에서 상승하였고, 그 이후 직무에서는 습도가 일정하게 유지되었고, 작업기 2와 회복기에서 기존 농약 방제복과 화학물질 보호복 더 낮은 온도를 유지하였다($p < 0.0001$). 회복기에서 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복 간의 차이가 있었다($p < 0.0001$). 등 부위의 온도에서는 3가지 실험복 모두 유사한 패턴을 보였으나 개발된 농약 방제복은 회복기에 일정한 수준을 보이지만 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복의 경우 조금 높은 경향을 보였다. 특히 작업기 2와 회복기에서 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복은 차이를

보이지 않았으나 개발된 농약 방제복의 경우 다른 실험복 보다 낮았다($p < 0.0001$). 등 부위 습도의 경우는 휴식기 1에서 낮아지는 경향을 보인 이후 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복을 일정한 습도를 지속해서 유지하였으나 개발된 농약 방제복은 회복기에 조금 낮아지는 경향을 보였다. 작업기 1 이후부터 개발된 농약 방제복이 낮은 습도를 유지하였다($p < 0.0001$). 허리 부위의 온도는 3가지 실험복 모두 상승과 하강 패턴을 보였고, 전반적으로 화학물질 보호복이 가장 높았고, 기존 농약 방제복, 개발된 농약 방제복 순으로 보였다($p < 0.0001$). 허리부위 습도의 경우 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복은 작업기 1 이후 전반적으로 일정한 습도를 유지하였고, 개발된 작업복의 경우 회복기에 점차 낮아졌다. 개발된 농약 방제복의 경우 초기 휴식기 1에서 낮아지는 경향을 보였고, 일정한 수준을 유지한 후 회복기에 감소하는 경향을 보였다. 특히 회복기의 경우 개발된 농약 방제복이 가장 낮았고, 기존의 농약 방제복, 화학물질 보호복 순위를 보였다($p < 0.0001$).

작업복 착용 시에 의복 내 온도와 습도는 인체와 의복 사이에 형성되는 미세 기후로서 인체와 가장 인접한 온열 환경이고, 이러한 인체생리 반응은 건강과 밀접한 관련성을 가진다(Choi & Baik 1995). 인체 착용성 평가 결과로 볼 때 의복 내 열을 밖으로 배출하여 의복 내 습도를 낮춘 것으로 추정되며, 개발된 작업복의 경우 농약 방제작업 시에 서열 스트레스를 감소 효과가 있을 것으로 판단된다(Hatsuko & Yoshiko 1975; Kim & Bae 2013).

Fig. 3은 주관적 착용 감각 결과를 보여준다. 3가지 주관적 착용 감각에 대하여 유의미한 차이를 보였다($p < 0.05$). 구체적으로 살펴보면, 쾌적감은 실험복 모두 작업기 1 이후 시간이 지남에 따라 증

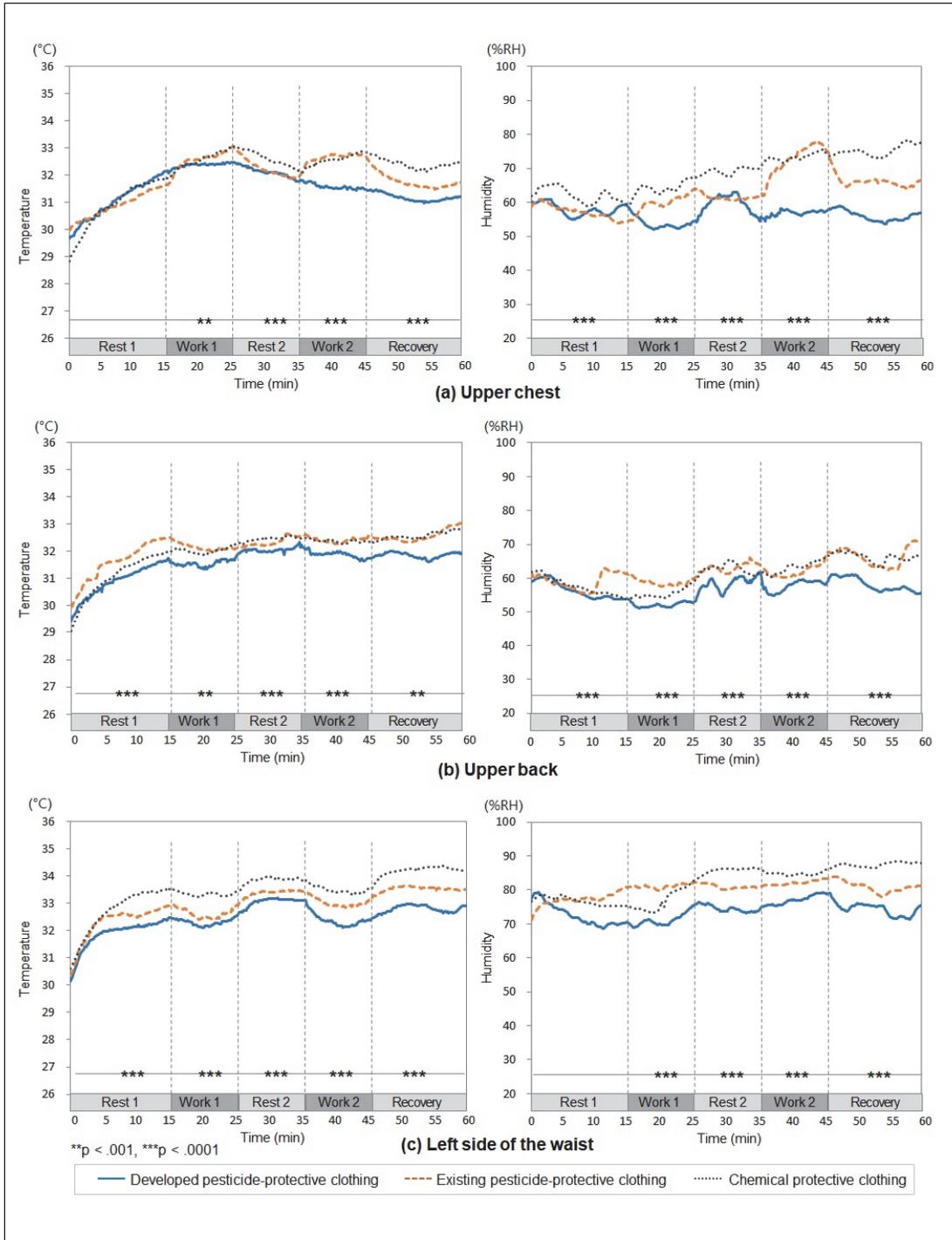


Fig. 2. Mean temperature and humidity change inside the clothing by body part when worn for over 60 minutes.

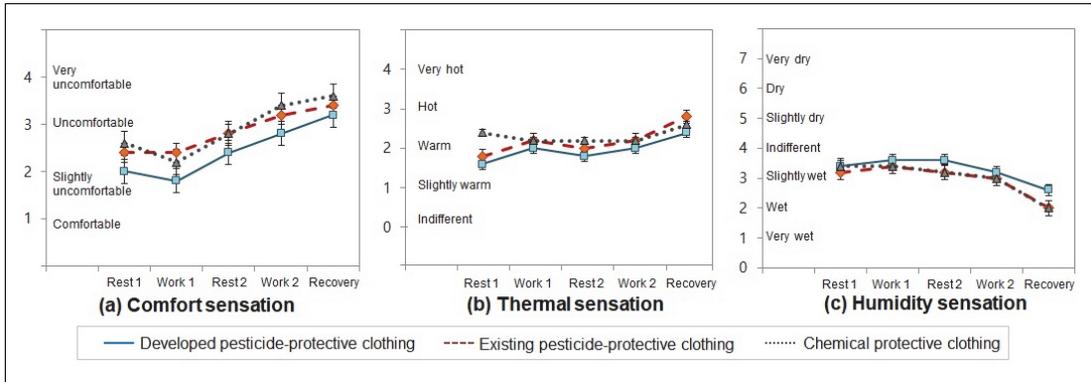


Fig. 3. Subjective sensations during the experiment.

가하는 경향을 보였고, 쾌적 수준 차이 분석 결과에서 기존의 농약 방제복(2.8 ± 0.4 점)과 화학물질 보호복(2.9 ± 0.2 점)은 유의미한 차이가 없었으나 개발된 농약 방제복(2.4 ± 0.3 점)은 다른 실험복과 유의미한 차이가 있었다($p < 0.05$). 개발된 방제복과 기존 방제복은 작업기 1에서 유의미한 차이를 보였고($p < 0.05$), 화학물질 보호복과는 작업기 2에 유의미한 차이를 보였다($p < 0.05$). 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복 간의 차이는 없는 것으로 나타났다. 온열감에 대한 평균 점수는 개발된 농약 방제복(2.0 ± 0.2 점)은 기존의 농약 방제복(2.2 ± 0.1 점) 유의미한 차이는 없었으나 다소 낮게 나타났고, 화학물질 보호복(2.3 ± 0.3 점)과는 유의미한 차이를 보였다($p < 0.05$). 개발된 농약 방제복과 기존의 농약 방제복의 경우 시간이 경과 할수록 서서히 상승하는 경향을 보였고, 화학물질 보호복의 경우 작업기 1부터 따뜻함 감이 지속해서 유지되는 것으로 나타났다. 실험복 간의 직무에 따른 분석결과, 초기 휴식기에는 개발된 농약 방제복과 기존의 방제복이 화학물질 보호복 보다 낮았고($p < 0.05$), 휴식기 2에서는 개발된 농약 방제복이 화학물질 보호복 보다 낮은 온열감을 보였다($p < 0.05$). 습윤감 평균은 개발된 농약 방제복이 3.3 ± 0.6 점, 화학물질 보호복은 3.0 ± 0.1 점,

기존의 농약 방제복이 2.9 ± 0.4 점으로 나타나 개발된 농약 방제복이 다른 실험복 보다 높게 나타나 상대적으로 습윤감이 낮았다. 특히 기존의 농약 방제복과 화학물질 보호복의 경우 작업기 2 이후 급격히 낮아져 높은 습윤감을 느꼈으나 개발된 농약 방제복의 경우 일정 수준을 유지하였다($p < 0.05$). 습윤감의 경우에는 휴식기와 작업기에서는 실험복간의 차이가 없었으나, 회복기에서 개발된 농약 방제복이 다른 실험복 보다 높게 나타났다($p < 0.05$).

주관적 착용 감각 평가 결과로 볼 때 의복내 기후가 기존의 개발된 농약 방제복이 다른 실험복 보다 쾌적감, 온열감, 습윤감에 있어 긍정적인 영향 주는 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 과수재배 농업인의 농약 노출 경감 및 쾌적성이 향상된 농약 방제복 개발을 목적으로 수행하였다. 과수 농업인의 농약 취급 및 보호복 활용실태, 농약 방제복 설계를 위한 요구사항을 기반으로 농약 방제복을 개발하였다. 또한 개발된 농약 방제복에 대한 외관 만족도 평가 및 착의 관능 검사, 인체 착용성 평가를 통해 농작업 활용이 가

능함을 확인할 수 있었다.

본 연구 결과로 볼 때, 개발된 농약 방제복에 적용된 소재는 보호 성능을 만족하였고, 디자인 측면에서도 농약 방제복 착용 시 신체 활동에 적합한 수준을 보였다. 인체 착용성 평가 결과에서 개발된 농약 방제복이 기존의 방제복 대비 의복 내 온습도가 낮았다. 다만 착의 관능검사에서 낮게 평가된 상의 밑단과 하의 바지통의 폭에 대한 보정을 통해 활동성을 고려할 필요가 있다. 본 연구는 실제 농작업 환경에서의 적합성 평가를 수행하지 못한 한계가 있다. 이에 본 연구의 결과를 기초로 현장 실증 연구를 통해 보급 확산까지를 고려한 추후 연구를 진행할 것이다. 본 연구 결과가 과수 농업인의 건강하고 안전한 농업 활동을 위한 농약 방제복 개발의 기초자료가 되기를 바란다.

References

- ASHRAE(2001) ASHRAE Standard 55-1992-Thermal environment conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, INC
- Chang SO, Choi HS(2006) Development of work clothing for the construction site. *J Korean Soc Cloth Text* 30(7), 1090-1102
- Cho IK, Kim SJ, Kim JM, Oh YG, Seol JU, Lee JH, Kim JH(2018) Risk assessment of operator exposure during treatment of fungicide dithianon on apple orchard. *Korean J Environ Agric* 37(4), 302-311. doi:10.5338/KJEA.2018.37.4.40
- Choi DP, Chae HS, Kim HC, Lee KS, Choi WJ, Lee HG, Kim KS(2018) A study on the farmers' safety management levels according to their pesticide exposure by farming type in South Korea. *Korean J Community Living Sci* 29(4), 617-625. doi:10.7856/kjcls.2018.29.4.617
- Choi JW, Baik YJ(1995) UV ray protective function and wear sensation of garment for plastichouse worker. *Korean J Community Living Sci* 6(1), 25-30
- Hatsuko K, Yoshiko I(1975) An ergonomic study of microclimate: the relation between skin temperature and air temperature, and ambient temperature and work load. *J Home Econ Japan* 26(3), 191-196
- Hong SS, Lee JB, Park YK, Shin JS, Im KJ, Yu KH(2007) The proposal for pesticide exposure estimation of Korean orchard farmer. *Korean J Pestic Sci* 11(4), 281-288
- Hwang KS, Kim KR, Lee KS, Kim HC, Baik YJ(2008) An experimental study on the thermal physiological response in the pesticide proof clothing textile materials for a fruit-grower. *J Korean Soc Cloth Text* 32(11), 1792-1801. doi:10.5850/JKSCT.2008.32.11.1792
- Hwang KS, Kim KR, Lee KS, Kim HC, Kim KS, Baik YJ(2007) The textiles and the performance level in developing the pesticide proof clothing. *J Korean Soc Cloth Text* 31(11), 1611-1620. doi:10.5850/jksct.2007.31.11.1611
- Hwang KS, Lee KS(2012) A study on development of disposable pesticide protective clothing using biodegradable PLA. *J Korean Soc Living Environ Sys* 19(3), 430-438
- Infante-Rivard C, Weichenthal S(2007) Pesticides and childhood cancer: an update of Zahm and Ward's 1998 review. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 10, 81-99. doi:10.1080/10937400601034589
- Kim D, Lee JY(2020) Protective and comfort performance of pesticide protective clothing: physicochemical properties of materials and clothing ensemble. *Korean J Community Living Sci* 31(4), 559-573. doi:10.7856/kjcls.2020.31.4.559
- Kim DH, Baik YJ, Lee JY(2016a) Contemporary research to standardize the development and test methods for performance of pesticide protective clothing. *Korean J Human Ecol* 25(2), 185-205. doi:10.5934/kjhe.2016.25.2.185
- Kim HC, Kim KS, Baik YJ(2007) The textiles and the performance level in developing the pesticide proof clothing. *J Korean Soc Cloth Text* 31(11), 1611-1620. doi:10.5850/JKSCT.2007.31.11.1611
- Kim HE, Yeon SM, Jeong JR, Lee MJ(2006) Ergonomic evaluation of functional working-clothes-focused on flame-proof clothing. *Fashion Text Res J* 8(5), 597-603

- Kim I, Kim K, Seo MT, Park SI, Cha JJ, Kim HC, Kim K(2020) Development and evaluation of a cooling vest applied with vortex tubes to reduce the thermal stress of greenhouse workers. *J Ergon Soc Korea* 39(1), 43-58. doi: 10.5143/jesk.2020.39.1.43
- Kim I, Lee KS, Seo MT, Chae HS, Kim KS, Choi DP, and Kim HC(2016b) Development and ergonomic evaluation of spring and autumn working clothes for livestock farming workers. *J Ergon Soc Korea* 35(5), 243-359. doi:10.5143/jesk.2016.35.5.343
- Kim JH, Cho YJ, Song JW, Kim JH, Seo1 JS(2016c) Measurement of retention, repellency and penetration of pesticide for protective clothing. *Korean J Environ Agric* 35(4), 263-269. doi: 10.5338/KJEA.2016.35.4.38
- Kim MY, Bae HS(2013) Physiological responses of wearing protective welding clothing considering the work environment of the shipbuilding industry. *J Korean Soc Cloth Text* 37(2), 235-245. doi:10.5850/JKSCT.2013.37.2.235
- Kim S, Roh S(2017) Exposure level to organophosphate and pyrethroid pesticides and related agricultural factors in chili and cucumber cultivation among greenhouse and orchard farmers. *J Environ Health Sci* 43(4), 280-297. doi:10.5668/JEHS.2017.43.4.280
- Korea Statistical Information Service(KOSIS) (2021) Open field orchard area. Available from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0014 [cited 2022 September 5]
- Lee KM, Min SY, Chung MH(2000) A study on the health effects of pesticide exposure among farmers. *Korea J Rural Med* 25(2), 245-253
- Lee WJ(2011) Pesticide exposure and health. *J Environ Health Sci* 37(2), 81-93
- Oh J, Roh S(2017) Evaluation of exposure level to pyrethroid pesticides according to protective equipment in male orchard farmers. *Korean J Community Living Sci* 28(3), 391-401. doi: 10.7856/kjcls.2017.28.3.391
- Oh YS, Lee KS, Chae HS, Kim GR, Kim SW(2014) A study on the wearing condition and satisfaction of pesticide protective clothing. *J Korean Fashion Costume Des Assoc* 16(4), 217-228
- Rural Development Administration(2012) Wearing personal protective equipment reduces pesticide exposure by up to 8 times. Available from http://rda.go.kr/board/board.do?boardId=farmp_rmninfo&prgId=day_farmprmninfoEntry¤tPage=1&dataNo=100000468225&mode=updateCnt&searchSDate=&searchEDate= [cited 2022 September 5]
- Shin JH, Hwang KS, Lee HH(2011) Change of the protection efficiency in each part of developed pesticide-proof clothes by repeated washings. *Korean J Community Living Sci* 22(4), 615-621. doi:10.7856/kjcls.2011.22.4.615
- Statistics Korea(KOSTAT)(2021) Agriculture, forestry and fisheries survey. Available from http://kostat.go.kr/smart/news/file_dn.jsp?aSeq=313081&ord=2 [cited 2022 September 5]
- You KS(2004) A survey on the reason for low acceptability and proposal for its improvement for protective clothing in pesticide applicators. *Korean J Hum Ecol* 13(5), 777-785