

## 과수용 농약방제복 소재 특성에 따른 인체생리반응에 관한 연구

황경숙<sup>†</sup> · 김경란 · 이경숙 · 김효철 · 백윤정

농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

### An Experimental Study on the Thermal Physiological Response in the Pesticide Proof Clothing Textile Materials for a Fruit-grower

Kyoung Sook Hwang<sup>†</sup> · Kyung Ran Kim · Kyung Suk Lee

Hyo Cher Kim · Yoon Jeong Baek

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, Korea

접수일(2008년 8월 27일), 수정일(1차 : 2008년 9월 12일, 완료일 : 2008년 9월 16일), 게재확정일(2008년 9월 23일)

#### Abstract

This study was to develop the pesticide-proof clothes(PPC) for fruit-grower which has been well known over applied agricultural chemicals. The ergonomic evaluation of PPC were tested in two ways. Male adults volunteered the tests to evaluate the safety to pesticide in the field and the thermal comforts in the climate-chamber(30°C, 60%R.H.). PPC were made of 4 different fabrics. Two of them were on the market(coated non-woven and coated nylon). Others were water-repellent treatment and coated waterproof film by developed polyester. The field study was conducted for farmers growing apples to evaluate pesticide exposure. In this experiment, we collected data with patch test on the head, chest, back, right upperarm, right forearm, left thigh and left calf. From the results, the developed PPC showed the more excellent comfort than an existing PPC with nylon coated polyurethane. But the developed PPC of water-repellent fabric was penetrated into the PPC. Therefore, we designed the functional pesticide-proof clothes of 2 different developed polyester fabrics(water-repellent treatment in chest, abdomen, the lower of back, waist, and calf; coated waterproof film in head, shoulder, the upper of back, the crotch, hip, upper arm and thigh).

**Key words:** Personal protective equipment(PPE), Protective clothing, Pesticide, Fruitgrower, Pesticide proof clothing; 개인보호구, 보호복, 농약, 과수작업자, 농약방제복

#### I. 서 론

농약방제복의 주된 착용목적은 인체에 유해한 농약이 인체 내로 침투되는 것을 막기 위한 것이다. 침

투의 경로는 제일 많은 것이 방제복 소재 즉 직물의 표면으로부터 직물을 통과하여 피부로 농약이 흡수되는 것이다. 농약의 피부를 통한 인체침투는 전체 농약침투량의 87%를 차지한다(Dejonge et al., 1985). 그러나 방제복의 농약침투를 막기 위한 직물의 성능은 또한 인체로부터 외기로의 열 및 습기의 통과를 제한하므로 연중 기온이 높은 시기인 늦봄-초가를 사이에 집중적으로 수행되는 농약살포작업은 농업인의

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: ksjamong@naver.com

본 연구는 2007년도 농촌진흥청 농촌자원개발연구소 박사후 연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임.

제열방산을 방해하여 상당한 인체 내 열축적을 유발한다. 2006년 1438명의 농업인을 대상으로 농업환경에 관한 설문 조사를 한 결과, 작업환경 위험요인들 중 건강에 심각한 영향을 주는 요인은 농약 42.2%, 스트레스 27.6%, 약취 22.7%, 자외선 21.2% 순으로 농약의 위험성을 가장 우선순위로 인지하고 있었다(농촌진흥청, 2006).

특히 작목 중에서도 평균 1회 살포시간이 과수, 밭작물, 비닐하우스 작목, 수도작 순으로 길어서 과수재배자들의 농약작물에서 가장 긴 것으로 나타났다. 그 다음으로는 밭작물, 비닐하우스 작물, 수도작 순이었다. 따라서 농약방제복 개발시에 과수작물에서도 농약이 침투되지 않는 것을 반드시 확인하여야 한다(농촌진흥청, 2007).

농약중독의 경험은 과수재배자가 68.4%, 시설작물 재배자 58.9%, 수도작 및 밭작물재배자 53.6% 순이었다(농촌진흥청, 2006). 농약중독의 증상은 구토, 피로감, 착란, 빈맥 등이며, 심한 경우 경련, 무력감, 근육의 부분 수축을 보이기도 한다(김아진 외, 2007). 따라서 이러한 만성중독에 의한 건강이상을 예방하기 위해 수많은 선행연구자들은 방제복의 소재나 디자인을 새롭게 개발하여 농약방제복의 착용율을 높이고자 노력해왔다(유경숙, 2004a, 2004b; 정영옥, 1995; 최정화 외, 1987; Hayashi & Tokura, 2000). 그러나 농약의 침입을 막기 위한 소재나 디자인에 치중한 방제복의 착용은 열스트레스를 증가시킨다. 또한 쾌적성을 증진시켜 착용감을 좋게 한 방제복은 자칫 농약이 옷 안으로 침투될 가능성이 있다. 따라서 작물높이, 살포량, 살포방법 등 방제의 특징에 따라 방제복의 소재나 디자인을 차별화하여야 한다. 본 연구의 목적은 일반적으로 농약살포량이 많고, 방제시간도 다른 작물에 비해 긴 과수작물에 대해 농약의 침투에 안전하고 서열스트레스를 줄여 과수농작업자의 건강을 증진시킬 수 있는 농약방제복을 개발하고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 농약침투성 평가

#### 1) 실험의복디자인

방제복 소재만 다르고 같은 디자인으로 방제복을 제작하였다. 또한 작물의 농약노출에 방제복 소재나 디자인의 영향을 주지 않기 위해 방제복마다 같은 횡수의 방제작업을 하도록 하였다. 방제복 디자인은

<Fig. 1>에 제시하였다. 개발한 폴리에스테르 방제복은 발수소재와 방수소재의 색상과 디자인이 같아서 그림을 하나만 제시하였다. 방제복 안은 농작업자들이 원하는 의복을 자율적으로 입도록 하였다. 각 방제복의 머리, 가슴, 등, 오른쪽 아래팔, 왼쪽 넓적다리, 왼쪽 종아리 6부위에 농약포집용 TLC Paper(표면적 50cm<sup>2</sup>)를 방제복 안쪽으로 청테이프를 사용하여 부착하였다. 이 때 작업자의 농약노출량을 알기 위해서 농약패치를 방제복 밖에도 함께 붙였다.

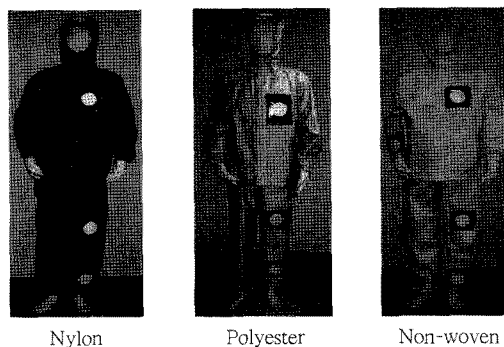


Fig. 1. The design of pesticide proof clothing.

#### 2) 실험소재성능

실험한 과수용 방제복의 소재는 한국의류시험연구원에 성능평가를 의뢰하여 분석결과를 얻었다. 실험소재는 4종류(기존의 코팅처리된 나일론; 734g, 개발된 발수가공 처리한 폴리에스테르; 508g, 개발된 방수필름 삽입한 폴리에스테르; 612g, 부직포; 477g)였으며 각 소재별 성능은 <Table 1>에 제시하였다. 이미 개발한 발수도 강화 직물을 일반방제복용 소재라 하고, 과수방제복을 위해 개발한 방수필름이 삽입된 소재는 과수방제복용 소재라 표시하였다.

외국 연구에 의하면, 액체 형태의 농약에 대한 보호의로서 직포를 사용하고자 한다면 두께, 구조, 공기투과도, 수증기 투과율 등이 물리적 특징을 위해 평가되어야 한다(USDA, 2001). 부직포로 된 의복의 쾌적성은 소재 면에서 볼 때 무게, 두께, 공기투과도 등이며 특히 온열적 쾌적성은 공기투과도가 좋아야 쾌적하다(Obendorf, 2003).

#### 3) 피험자

<Fig. 2>는 패치를 붙인 방제복을 착용하고 농약을 분무하는 모습이다. 스프레이형과 SS기를 이용한 동력분무 등 실제 방제작업을 할 때 3명의 과수재배농

Table 1. Testing results of protective clothing for pesticide

Testing item			Existing		Developing	
			Nylon	PET (water-repellent)	PET (waterproof film)	Non-woven
standard	Material	outer(coating)	Polyurethane	Polyester	polyester	Polyethylene
		inner	Nylon	Polyolefin	polyolefin	Polypropylene
	Weight; g/m <sup>2</sup>		95.1	80.0	85	102.5
	Thickness; mm		0.11	0.16	0.19	0.46
General performance	Force strength(warp/weft); N		695/536	577/705	595/690	240/176
	Puncture strength; N		40.6	69.1	70.5	30.2
	Seam breaking strength; N		529	256/167	296/205	165
	Water resistance of cloth	High range, hydrostatic pressure method; kPa	1363	33	245	76
		Low range, hydrostatic pressure method; cmH <sub>2</sub> O	1000 over	39	290	176
High level function	Penetration resistance; kPa		>34	4.1	20.4	9.1
	Water-vapour resistance(Ret); m <sup>2</sup> · pa/W		308.5	15.3	49.3	21.7
	Surface wetting resistance; level		555	555	555	555
Change after insolation	Force strength (warp/weft); N	10 hours	657/513	559/686	583/672	230/172
		300 hours	378/253	311/378	380/401	181/165
Change after flexion	Penetration resistance; kPa	1000 times	12.4	3.8	17.2	9.2
		50000 times	4.4	3.7	16.3	2.2
	Force strength (warp/weft); N	1000 times	686/521	557/678	581/670	229/169
		50000 times	625/384	476/587	524/621	192/149
	Water-vapour resistance; m <sup>2</sup> · pa/W	1000 times	329.7	13.7	43.2	14.0
		50000 times	351.3	13.5	43	16.9

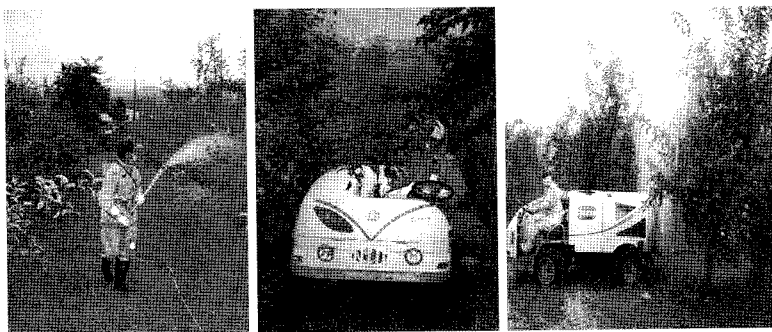


Fig. 2. Pesticide spraying in apple farm.

업인이 직접 방제복을 착용하고 방제작업을 하였다. 모든 피험자는 한 방제복당 3회씩 착용하여 총 36회의 실험이 행해졌다.

#### 4) 실험조건

방제작업을 할 때의 환경온도와 습도는 <Table 2>

에 제시하였다. 농약살포시간은 이른 새벽부터 시작하여 재배면적에 따라 평균 4.4시간이었으며, 농약이 비에 씻겨 나갈 것을 우려하여 대체로 날씨가 화창한 날 작업이 이루어졌다(25.5°C, 67%R.H.). 방제작업은 충북 충주지역으로 시기는 2007년 5월부터 9월까지였다.

Table 2. Physiological responses during the experiment

Type of pesticide proof clothing	Nylon	PET (water-repellent)	PET (waterproof film)	Non-woven	F-value
Total body weight loss (g/90min)	635.33	530.67	586.83	597.22	1.024 <sup>NS</sup>
T <sub>re</sub> (°C)	37.56 <sup>b</sup>	37.47 <sup>a</sup>	37.49 <sup>a</sup>	37.52 <sup>b</sup>	39.743 <sup>***</sup>
T <sub>sk</sub> (°C)	34.59 <sup>c</sup>	33.94 <sup>a</sup>	34.08 <sup>ab</sup>	34.11 <sup>b</sup>	149.484 <sup>**</sup>
Heart Rate(bpm)	95.64	93.79	95.53	90.18	2.600 <sup>NS</sup>
T <sub>cl, chest</sub> (°C)	33.24 <sup>b</sup>	32.27 <sup>a</sup>	32.83 <sup>ab</sup>	32.68 <sup>ab</sup>	36.287 <sup>***</sup>
H <sub>cl, chest</sub> (%RH)	90.53	88.91	89.61	89.14	1.683 <sup>NS</sup>
Thermal sensation	3.17	2.45	2.75	2.54	3.971 <sup>NS</sup>
Humidity sensation	3.28 <sup>b</sup>	2.43 <sup>a</sup>	2.65 <sup>ab</sup>	2.25 <sup>a</sup>	4.873 <sup>**</sup>
Thermal comfort	3.17	2.43	2.54	2.54	3.484 <sup>NS</sup>

\*\*\* $p < .0001$ , \*\* $p < .001$ , NS; Non Significant

### 5) 농약분석

농약포집방식은 TLC(Thin Layer Chromatography) Paper를(표면적 50cm<sup>2</sup>) <Fig. 1>과 같이 방제복 각 부위에 부착한 방제복을 농약 사용전 농업인에게 착용하게 하고 농약의 포집이 끝난 후 패치를 각각 분리 후 알루미늄 호일로 밀봉하여 0~4°C로 보관한 뒤 분석하였다. 농약을 포집한 후 패치를 Ethyl Acetate(각각 20ml, 75ml)에 넣은 후 30분 동안 초음파로 처리해서 농약을 포집매체로부터 추출하였으며 Gas chromatography(NPD/FID)를 사용하여 분석하였다.

## 2. 인체쾌적성 평가

### 1) 환경조건 및 실험기간

실험환경은 30±0.5°C, 60±10%R.H.이었으며, 노출 시간 총 90분 동안 10분 휴식, 10분 운동을 4회 반복하여 총 50분 휴식, 40분 운동을 하였다. 운동은 한국인에게 적절한 step test의 높이인 3cm를 선택하여(이장소, 1989) 선행연구(최정화, 이주영, 2002)에서 농약 살포시 측정된 심박수의 평균인 100beats/min(bpm)의 강도로 실시하였다. 이 때 모든 피험자는 예비실험을 통해 100bpm의 심박수를 나타내는 step test의 속도를 설정하였다.

실험기간은 2007년 8월이었으며, 반복실험에 의한 단위 적응이 되지 않도록 실험횟수를 일주일에 2~3회로 제한하고 방제복의 실험순서도 무작위로 선택하였다.

### 2) 피험자 및 실험방제복

신체 건강한 20대 남자 5명을 대상으로 하였으며,

평균연령은 25.1±1.7세, 키는 172.3±2.4cm, 몸무게는 71.2±3.1kg, 체표면적( $Weight^{0.425} \times Height^{0.725} \times 72.46$ )은 1.85±0.3m<sup>2</sup>이었다. 실험의복은 농약침투성 평가시 사용했던 방제복과 같았으며 실험의 반복으로 1명당 총 8회의 실험을 행하였다. 실험동안 내외로 면소재의 민소매 런닝과 사각팬티, 면양말을 착용하도록 하였다. 각 피험자는 25±1°C의 쾌적한 방에서 실험복으로 갈아입고 모든 측정센서를 착용한 뒤 안정을 회복한 후 인공기후실에 입실하였다.

### 3) 측정항목

90분 동안 휴대용 피부온도 측정기(LT 8A, Gram Corp., Japan)로 7부위 피부온도(이마, 배, 아래팔, 손등, 넓적다리, 종아리, 발등)와 직장온도를 측정하고, 휴대용 자동 온습도 기억장치(Thermo Recorder RS-10, Tabai Espec Corp., Japan)로 가슴 부위 의복내 온도 및 습도를, 심박수 측정기(Polar Sports Tester, Polar Electro INC, Finland)로 심박수를 측정하였다. 평균피부온도는 DuBois의 7부위 식을 이용하여 계산하였다. 총발한량은 실험 전후의 체중의 변화량에 의해 계산하였고, 등과 넓적다리 부위의 국소 발한량은 여과지법을 이용하였다. 주관적 감각은 Winakor의 11단계 척도를 이용하여 10분 간격으로 측정하였다(Fig. 3).

### 3. 자료분석

실험에 의해 얻어진 측정치는 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 각 독립변인과 방제복간의 차이를 알아보기 위하여 각 변인별로 GLM(Generalized Linear

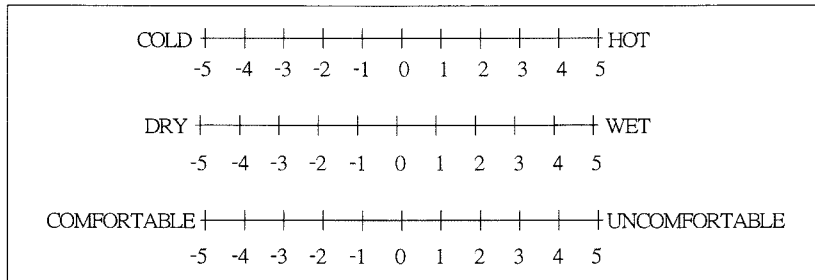


Fig. 3. Subjective Sensation(Winakor, 1982).

Model) 분석을 한 후 유의한 항목에 대해 5% 유의수준에서 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 농약침투성 평가

##### 1) 부위별 농약노출

농약노출을 평가하는 방법에는 크게 살포자의 피부나 의복에 묻은 농약의 양을 측정하는 방법과 뇨나 침 분석을 통하여 농약대사를 감시하는 방법이 있다. 본 연구에서는 전자 중 방제복의 묻은 농약을 분석하기 위한 패치(Patches)법을 사용하였다. 일반적으로 패치법을 사용할 때는 신체 중 가슴, 등, 위팔, 아래팔, 넓적다리, 종아리 등의 부위에 패치를 붙여 분석한다(Richard et al., 2005).

<Fig. 4>에 1시간 동안의 농약노출량을 부위별로 나타냈다. 방제복에 상관없이 몸통 부위에 비해 머리와 팔, 다리 부위의 농약노출이 많은 것으로 나타났다. 이는 농약을 치는 과정에서 움직일 때 방제복에

농약이 묻었기 때문인 것으로 판단된다.

작물의 높이가 높아서 농약살포를 위로 분사하기 때문에 머리와 어깨를 비롯한 윗가슴 부위의 농약노출이 심한 것으로 보인다. 기존의 연구결과에 의하면, 토마토 비닐하우스 방제작업을 대상으로 하였을 때 상의에 묻은 농약의 양이 하의에 묻은 것보다 많았다. 그러나 농약살포 압력이 높아질수록 부위별 노출의 차이는 없었다(Machera et al., 2003). 농약노출을 패치법으로 측정한 선행연구결과에 의하면, 농약노출이 가장 많이 일어나는 부위인 넓적다리와 종아리에서 농약투과율이 가장 높은 것으로 나타나 차후 방제복의 개발시 접촉으로 인한 농약노출이 빈번히 일어나는 특정 부위(넓적다리, 종아리)에 대한 고려가 필요한 것으로 분석되었다(김효철 외, 2007).

##### 2) 방제복 및 부위별 농약침투

개발방제복 중 발수도를 강화한 폴리에스터 소재의 방제복인 경우, 방제작업 후 농약침투가 발생하였다(Fig. 5). 부위별로는 머리 부위의 농약침투량이 가장 많았다. 반면 나일론 100%로 제작된 방제복은 농

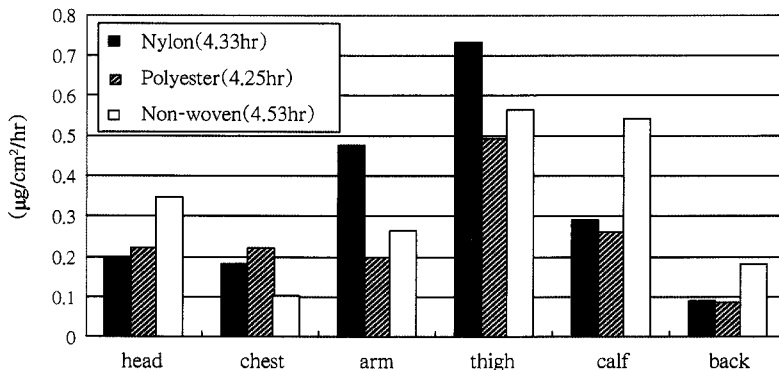


Fig. 4. Volume per hour of pesticide exposure in 6 parts.

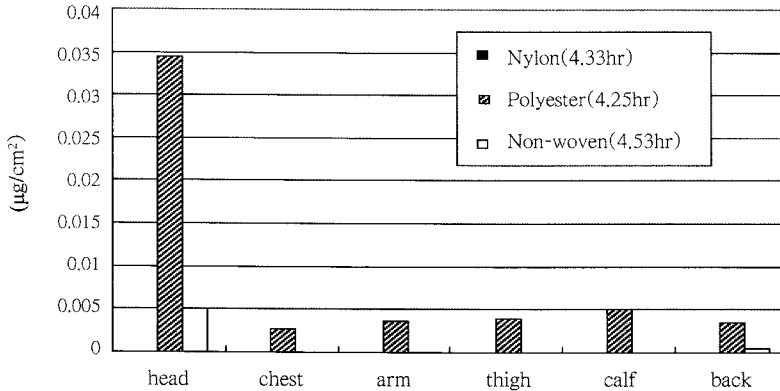


Fig. 5. Total volume of pesticide penetration in Fruit-growing.

약침투가 되지 않았다. 1회용 부직포 소재는 머리 부위에서만 침투되었다. 과수작목은 작물의 키가 커서 농약의 살포가 머리 위에서 거의 이루어지기 때문인 것으로 판단되며, 방제복을 개발할 때는 머리와 어깨 부위의 농약침투에 주의해야 할 것이다.

나일론 소재는 농약의 침투가 완벽히 차단되어 매우 안전한 방제복으로 평가되었다. 그러나, 인체 내 발생하는 불감증실과 땀을 전혀 밖으로 배출시키지 않아 더위축적으로 인한 불쾌감과 작업능률의 저하로 농업인이 착용하지 않는 문제점 때문에 소재의 개선은 반드시 이루어져야 한다. 선행연구에서도 농약 방제복을 착용하지 않는 주된 이유로 농약살포시 발생하는 체열스트레스인 것으로 나타났다(Hayashi & Tokura, 2000).

1회용 부직포 소재는 머리 부위만 농약이 침투되어 모자의 디자인과 솔기처리 등의 문제를 개선한다면 과수작업자에게도 안전한 농약방제복이 될 수 있음이 시사되었다. 현재 보호 작업복용으로 생산되고 있는 부직포는 뛰어난 신체보호력, 내구성, 쾌적성을 지니고 있는 것으로 알려져 있다. 이런 장점 때문에 오염 정도가 높고 분진이 많은 제조업체, 정비, 도장업 등에서 착용하고 있으며, 의약품 제조, 전자제품조립, 반도체 산업 현장의 cleaning room과 같이 청정도가 요구되는 무진복, 무균복으로도 사용되고 있다(조길수, 최종명, 1993). 외국 사례에 의하면, Tyvek<sup>R</sup>을 방제복으로 입었을 때 옷 외부에 노출된 농약의 전체량은 25.37~35.83m<sup>3</sup>/h이며, 이 양은 전체 살포한 농약의 0.05~0.07%였다. 내부로 침투된 양은 6.4~12.7%이었다(Machera et al., 2003). 따라서, 부직포의 농약침투에 대한 안전성이 보장된다면 방제복의 세탁이나 관리에 의한 농약오염 등의 문제

를 해결할 수 있을 것이다.

착용시 쾌적성을 높이기 위해 발수도를 높여 개발한 농약방제복은 농약살포시간이 짧고 살포량이 많지 않은 작목에서는 농약이 침투되지 않으나 농약노출이 많은 과수작목에서는 방제복 안으로 농약이 유입되었다. U.S. Department of Labor(2002)에서는 화학적 개인보호의복을 고르는 요인으로 의복의 디자인(작업복의 외형, 구성, 사이즈, 입고 벗기 편리함, 쾌적함, 동작적합성 등), 소재의 화학적 보호성능, 소재의 물리적 성능(강도, 찢김, 뚫림, 잘림, 마찰, 세탁 등 물리적 힘에 대한 저항, 극한 환경조건에서의 내구성, 유연성, 방염성 등), 오염제거 용이성(옷에 묻은 오염제거의 어려움 정도에 따라 일회용 작업복을 사용할 것인지 직물작업복을 사용할 것인지, 아니면 이 둘을 조합할 것인지 결정), 비용 등을 들고 있다(U.S. Department of Labor, 2002). 따라서, 과수인 경우 농약노출이 많이 되는 부위에 화학적 보호 및 물리적 성능을 추구할 수 있는 소재를 만들기 위해 이미 개발된 발수성 소재에 통기성 방수필름을 삽입하여 방제복을 다시 제작하였다.

## 2. 인체착용평가

실험동안 각 인체생리반응의 결과를 평균값과 유의차가 있었는지 <Table 2>에 나타내었다. 실험결과에 의하면 직장은, 피부온, 의복내 습도, 주관감 항목에서 두 가지 개발방제복 소재가 더 우수한 것으로 나타났다. 심박수, 의복내 온도 항목은 유의차를 보이지 않았다. 발한량은 측정값이 적어서 통계처리를 할 수 없었다.

### 1) 발한량

기존의 나일론 소재로 된 방제복을 착용하였을 때, 30°C의 작업환경에서 90분 노출 후 총발한량은 635.33g/90min이었다. 개발된 폴리에스테르 소재의 경우는 530.67g/90min, 586.83g/90min으로 나일론 방제복에 비해 땀이 적게 발생하였다. 따라서, 판매중인 나일론 소재에 비해서는 다소 시원할 것으로 평가되었으나 유의하지는 않았다.

### 2) 직장온도

나일론 방제복과 부직포 방제복보다 폴리에스테르 방제복이 유의하게 직장온이 낮았다. 이러한 결과는 방제복 소재의 차이에 의한 것으로, 나일론 소재는 폴리우레탄 가공을 하여 외부에서 침입하는 수분이나 미세물질 등의 침입을 완벽히 차단하지만 반대로 신체 내부에서 발생하는 열이나 땀의 배출을 거의 하지 않기 때문에 작업시 발생하는 서열 및 작업부하에 의한 열스트레스가 축적되어 직장온이 상승하였다. 반면, 개발한 폴리에스테르 소재는 발수처리를 하거나 통기성 방수필름을 삽입하여 통기성과 투습성이 우레탄 코팅의 나일론에 비해 우수하기 때문에 신체 내부의 서열축적이 적었던 것으로 판단된다.

방제복의 정의가 의미하듯이 농약방제복은 열 및 습기의 이동을 제한하는 재질로 만들어질 수밖에 없기 때문에 착용자에게 적절한 열의 발산을 방해하여 상당한 열축적을 유발한다. 게다가 일반적으로 농약의 살포는 연중 기온이 높은 시기인 늦봄-초가을 사이에 집중적으로 수행된다. 이는 방제복을 착용하고 방제작업을 할 때 직장온과 심박수가 현저히 높아짐을 통해 알 수 있다(Choi et al., 2001). 농업인이 29.8°C, 68.6%R.H.의 온열환경에서 방제작업을 할 때 심부온은 37.8°C였으며, 이는 ACGIH, WHO 등에서 제시한 서열작업시 넘기지 말 것을 권고한 38°C에 근접한 값으로 서열부담이 매우 컸음을 알 수 있다. 또한 심박수는 112bpm이었다(최정화, 이주영, 2002).

### 3) 평균피부온도

개발방제복 중 발수처리 PET 착용시 33.94°C, 방수필름처리 PET 착용시는 34.08°C였으며 부직포 방제복인 경우 34.11°C로, 나일론 방제복 34.59°C에 비해 유의하게 낮았다. 발수처리나 통기성 방수필름처리한 폴리에스테르 소재의 우수한 투습성은 방제작업시 인체내 발생하는 열부담을 줄일 수 있을 것으로

사료된다.

Raheel(1994)에 의하면, 농업인들은 농약중독의 위험성을 간과하기 쉽고 이 때문에 방제복 대신 면이나 cotton/PET 소재의 셔츠 및 바지, 모자를 착용하고 이전에 착용했던 방제복을 포함한 PPE(personal protective equipment)의 불쾌감을 기억하여 새로운 보호의를 거부하였다고 한다. 방제복 착용이 일으키는 피부온의 상승은 심부온 상승과 더불어 새로운 형태의 보호의를 개발할 때 중점적으로 고려하여야 할 항목이다.

### 4) 심박수

방제복간의 유의한 차는 없었다. 심박수로 고강도 작업을 평가하는 경우에는 8시간 작업인 경우 평균 110bpm 이상이어서는 안되고, 1분 이상 최고 심박수가 피험자 최대 심박수의 90% 이하로 할 것을 규정하고 있다(Bernard, 1996). 국내 방제복 관련 연구에서는 2명의 농업인을 대상으로 방제복이 아닌 일반 작업복을 착용하고 29.9°C, 43% R.H./31.9°C, 59% R.H.의 환경에서 각각 방제작업을 한 경우 95.9bpm과 82.7bpm의 심박수를 보여 방제복 착용이 열부담을 가중시키는 것을 알 수 있다(김경란, 1998).

그러나 농약중독 등의 피해를 막으려면 방제복 착용은 반드시 지켜져야 한다. 따라서 방제복 착용율을 높이기 위한 대책이 필요하며 그 중 하나로 많은 연구자들이 농약침투에 안전하면서도 투습성이나 통기성이 우수한 쾌적한 방제복 개발이 필요함을 주장해 오고 있다(유경숙, 2004a; 정연, 성수광, 1994; 정영옥, 1995; 최정화 외, 1987).

### 5) 의복기후

의복내 온도의 항목을 보면, 나일론 방제복인 경우 90분 노출동안 33.24°C의 평균값을 보였다. 그 외 발수처리 폴리에스테르 방제복 32.27°C, 통기성 방수필름 PET 방제복 32.83°C, 부직포 32.68°C로 나일론 방제복일 때보다 낮았다. 그러나 유의차는 나일론 방제복과 발수처리한 PET 방제복에서만 나타났다. 의복내 습도 항목은 방제복간에 차이를 보이지 않았다. 평균피부온에서는 PET 방제복이 좀더 쾌적한 것으로 유의하게 나타났으나 의복기후는 가슴 부위에서 측정하였으므로 방제복간 팔, 다리 부위의 피부온 차이가 반영되지 않아 유의차가 나타나지 않은 것으로 보인다.

본 연구는 작업부하를 재현한 것이므로 실제 농촌

에서 작업할 경우에는 노동강도가 세서 의복내 기후가 더 높을 것으로 예상된다. 따라서 더운 환경에서 고강도의 방제작업을 할 경우 발한량이 매우 증대되므로 수분증발이 약간이라도 될 수 있는 기능성 신소재를 활용한 새로운 방제복의 개발이 반드시 이루어져야 한다.

6) 주관적 감각

온열감, 쾌적감 항목에서는 방제복간에 차이를 보이지 않았으나, 습윤감에서는 발수처리 폴리에스테르 방제복인 경우 2.43점으로 나일론 방제복 3.28점보다 유의하게 시원한 것으로 평가되었다.

이상의 결과에서, 기존의 나일론 소재의 방제복과 비교해 투습도를 증진시킨 폴리에스테르 소재의 방제복을 착용하였을 때 방제작업시 발생하는 서열부담을 기존 나일론 소재의 방제복을 착용할 경우보다 줄일 수 있음이 시사되었다.

3. 과수용 농약방제복 개발

농약침투성 평가결과 중 부위별 농약노출량 분석을 통해, 과수작목에서 농약이 많이 묻는 부위인 머리, 어깨를 포함한 윗가슴, 위팔, 무릎을 포함한 넓적다리는 농약의 침투에 안전한 발수성 소재에 통기성 방수필름을 삽입한 폴리에스테르 소재를, 그 외 농약이 덜 묻는 부위는 작업시 쾌적성을 추구하도록 발수도를 강화한 폴리에스테르 방제복 소재를 사용하여 최종적으로 과수용 농약방제복을 개발하였다(Fig. 6). 그리고 <Fig. 7>에서 제시한 것처럼 위 농약침투성 현장평가시험을 사과 방제작업 현장에서 재수행하여 패치 테스트를 통해 농약이 침투되지 않음을 확인하였다. 농약침투에 직접적인 영향을 미치는 성능항목



Fig. 6. Pesticide proof clothing for fruit.



Fig. 7. Pesticide spraying in apple.

은 내수압과 침투성이다. 실험방법에 제시된 실험 방제복 소재이 성능을 살펴보면, 일반용 농약방제복 소재의 내수압과 침투성이 기존 나일론 소재에 비해 너무 낮아서 농약이 방제복 안으로 침투되었다. 이후 방수필름을 삽입하여 과수용 방제복의 내수압을 7배 이상 높이고, 침투성능 또한 5배 높은 결과 농약이 침투되지 않았다. 그러나 의복의 쾌적성을 결정하는 성능인 투습도가  $15.3\text{m}^2\cdot\text{pa/W}$ 의 값에서  $49.3\text{m}^2\cdot\text{pa/W}$ 으로 3배 이상 높아져서 땀이 날 때 땀배출이 원활이 이루어지지 않을 것으로 보인다. 하지만 인체쾌적성 실험결과,  $300\text{m}^2\cdot\text{pa/W}$  이상인 기존 나일론 소재일 때보다는 6배 이상 낮아서 기존 판매방제복을 착용하였을 때보다는 시원한 것으로 나타났다. 따라서 방제복으로서의 내구성이 기준에 합당하다면 침투성이 우수하면서 투습저항값이 되도록 낮은 소재를 선택하여 농작업자의 안전과 쾌적성을 모두 만족하는 방제복 개발이 이루어져야 하며, 이를 뒷받침할 수 있는 내구성, 침투성, 투습성 등의 기준값을 기준으로 하는 농약방제복을 포함한 보호구의 성능규정을 제정해야 함이 우선되어야 한다.

IV. 요약 및 결론

본 연구의 목적은 일반적으로 농약살포량이 많고, 방제시간도 다른 작물에 비해 긴 과수작목에 대해 농약의 침투에 안전하고 서열스트레스를 줄여 과수 농작업자의 건강을 증진시킬 수 있는 농약방제복을 개발하고자 하였다. 방제복의 쾌적성과 안전성을 평가하기 위해, 인체착용평가를 인공기후실과 농약살포 현장에서 각각 수행하였다. 인체착용평가 환경은  $30^\circ\text{C}$ ,  $60\%R.H$ 였으며, 신체 건강한 20대 남자 5명을 대상으로 방제복 4종류(기존의 코팅 처리된 나일론;  $734\text{g}$ ,



개발된 발수가공 처리한 폴리에스테르; 508g, 개발된 방수필름 삽입한 폴리에스테르; 612g, 개발된 부직포; 477g)에 대한 쾌적성 비교를 하였다. 측정항목은 발한량, 피부온, 심부온, 심박수, 의복기후, 주관감 등이었다. 방제복의 농약침투성 평가는 방제복을 착용하고 사과 작물의 방제작업을 하게 한 후 부위별(머리, 가슴, 등, 오른쪽 아래팔, 왼쪽 넓적다리, 왼쪽 종아리 등 총 6부위)로 농약침투량을 패치법으로 산출하였다. 다음은 결과이다.

1. 과수작목에 대한 방제복별 농약침투성 실험결과, 기존의 우레탄 코팅된 나일론 방제복은 농약이 침투되지 않으나 개발된 발수처리 폴리에스테르 직물로 만든 방제복은 모든 부위에서 농약침투가 발생하였다. 부위별로는 머리 부위의 농약침투량이 가장 많았으며, 다른 부위에서도 농약이 검출되었다. 부직포 소재는 머리 부위에서만 침투되었다.

2. 인체착용평가결과, 직장은, 평균피부온, 심박수, 의복내 온도 및 습도, 발한량, 주관감 모두 개발된 폴리에스테르 소재의 방제복을 입었을 때가 기존의 나일론 방제복을 입은 경우보다 시원하고 쾌적한 것으로 나타났다.

3. 농약침투성 평가결과 중 부위별 농약노출량 분석을 통해, 과수작목에서 농약이 많이 묻는 부위인 머리, 어깨를 포함한 윗가슴, 위팔, 무릎을 포함한 넓적다리는 농약의 침투에 안전한 통기성 방수필름을 삽입한 폴리에스테르 소재를, 그 외 농약이 덜 묻는 부위는 작업시 쾌적성을 추구하도록 발수처리한 폴리에스테르 방제복 소재를 사용하여 최종적으로 과수용 농약방제복을 개발하였다. 그리고 패치 테스트를 재수행하여 최종 개발 과수방제복의 농약침투성을 재평가하였다. 그 결과 농약이 침투되지 않는 안전성을 확인하였다.

## 참고문헌

- 김경란. (1998). 노지고추재배 농업인의 농업노동 무리량 연구. 서울대학교 농업생명과학대학원 석사학위 논문.
- 김아진, 김경환, 박준석, 어은경, 오병진, 이미진, 이성우, 서주현, 노형근. (2007). Pyrethroid 중독에 대한 고찰-2005년도 농약 중독 실태 조사를 기반으로. *대한임상독성학회지*, 5(2), 99-105.
- 김효철, 김경란, 이경숙, 김경수, 조경아. (2007). 절화장미 시설하우스에서 방제작업시 농약의 피부노출 특성. *한국산업위생학회지*, 17(3), 203-211.
- 농촌진흥청. (2006). *농업인 직업성 질환 및 건강수준 평가 2006년 결과보고서*. 수원: 농촌진흥청.
- 농촌진흥청. (2007). 농업인 질병/사고 현황. *농업인건강안전정보센터*. 자료검색일 2007. 8. 25, 자료출처 <http://farmer.rda.go.kr/>
- 유경숙. (2004a). 농약살포자의 방제복 미착용 요인 및 착용감 개선방안 고찰. *한국생활과학회지*, 13(5), 777-785.
- 유경숙. (2004b). 소규모 농가에서의 농약의 사용행태 및 방제복 착용현황에 대한 조사. *한국의류학회지*, 28(9/10), 1292-1299.
- 이장소. (1989). 한국인의 Step Test 기준치 설정에 관한 연구. *한국체육학회지*, 28(2), 179-188.
- 정연, 성수광. (1994). 농약방제복 착용시의 생리적 반응 및 착의감각. *한국인간온열환경학회지*, 1(1), 31-40.
- 정영옥. (1995). 농약방제복의 기능성과 쾌적성. *농촌생활과학*, 16(2), 55-58.
- 조길수, 최종명. (1993). 발수발유 가공처리가 부직포의 차단 성능에 미치는 영향. *한국의류학회지*, 17(4), 577-586.
- 최정화, 김현식, 정영옥. (1987). 농약방제복 개발에 관한 연구. *한국의류학회지*, 11(2), 91-100.
- 최정화, 이주영. (2002). 농약방제 작업자의 작업환경 및 노동부담 평가. *한국의류학회지*, 26(11), 1672-1681.
- Bernard, T. E. (1996). *Occupational heat stress in occupational ergonomics*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Choi, J. W., Chung, S. T., & Hwang, K. S. (2001). Environmental condition and humanbody burden of farm work in Korea-In the view of workload, sleeping hour, humanbody burden. *Japanese Society of Farm Work Research*, 36(1), 9-16.
- Dejonge, J. O., Ayers, G., & Branson, D. (1985). Pesticide deposition patterns on garments during air blast field spraying. *Home Economics Research Journal*, 14, 262-268.
- Hayashi, C. & Tokura, H. (2000). Improvement of thermo-physical stress in participants wearing protective clothing for spraying pesticides and its application in the field. *Int Arch Occup Environ Health*, 73, 187-194.
- Holmer, I. (1995). Protective clothing and heat stress. *Ergonomics*, 38, 166-182.
- Machera, K., Goumenou, M., Kapetanakis, E., Kalamarakis, A., & Glass, C. R. (2003). Determination of potential dermal and inhalation operator exposure to Malathion in greenhouses with the whole body Dosimetry Method. *Ann Occup Hyg*, 47(1), 61-70.
- Obendorf, S. K. (2003). Improving the understanding and acceptance of personal protective equipment(PPE). *National Textile Center*. Retrieved February 8, 2006, from <http://www.human.cornell.edu/units/txa/research/ntc/>.
- Raheel, M. (1994). *Protective clothing systems and materials*. New York: Marcel Dekker.
- Richard, A. F., Edgar, W., & Day, J. R. (2005). Assessment of

- exposure for pesticide handlers in agricultural, residential and institutional environments. *Occupational and Residential Exposure Assessment for Pesticides*, 22, 11–43.
- USDA. (2001). Mediating exposure to environmental hazards through textile systems-Regional research NC-170. *U.S. Department of Agriculture*. Retrieved December 7, 2005, from <http://hosts.cce.cornell.edu/txnc170/proposal.html>.
- U.S. Department of Labor. (2002). Technical manual, section VIII, Chapter 1: Chemical protective clothing. *Occupational Safety and Health Administration*. Retrieved February 8, 2006, from [http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_viii/otm\\_viii\\_1.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_viii/otm_viii_1.html).
- Winakor, G. (1982). A questionnaire and sensory factors associated with personal comfort and acceptability of indoor environments. *ASHRAE Transaction*, 88(2), 470–491.