

비닐하우스 내에서의 발수발유가공 부직포와 복합가공 부직포로 만든 농약 방호복의 착용성능

최 종 명* · 조 정 숙** · 조 길 수***

*서원대학교 사범대학 가정교육과

**日本 お茶の水女子大學 生活科學部 生活環境學科

***연세대학교 생활과학대학 의류환경학과

Wear Performance of Pesticide Protective Clothing in Vinyl Plastic Hothouse made with Water-Oil Repellent and Dual Functional Finished Nonwoven Fabrics

Jongmyoung Choi* · Jeong-sook Cho** · Gilsoo Cho***

*Dept. of Home Economics Education, Seowon Univ., Chongju, Korea

**Dept. of Human Environmental Engineering, Ochanomizu Univ., Tokyo, Japan

***Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei Univ., Seoul, Korea

(1995. 11. 13 접수)

Abstract

The objectives of this study were 1) to investigate whether the different nonwoven fabric types influenced on the objective and subjective wear performances of the experimental pesticide protective pants, 2) to detect whether the different finishes treated to the nonwoven fabrics influenced on the objective and subjective wear performances of the experimental pants, and 3) to detect the relationships between objective wear performances and subjective wear sensations.

Three types of nonwoven fabrics (T (Tyvek®), S (Sontara®) and K (Kimlon®)) were used as test specimens. By pad-dry-cure method, each of the specimen was treated with fluorocarbon compound for water-oil repellent finish (Tw, Sw, Kw). And each of specimen was treated with organic silicon quarternary ammonium salts and then treated with fluorocarbon compound for dual functional finish (Td, Sd, Kd). Using the three water-oil repellent finished fabrics and the three dual functional finished fabrics, six experimental protective pants (C1 (Tw), C2 (Sw), C3 (Kw), C4 (Td), C5 (Sd), C6 (Kd)) were made according to the same pattern suggested by the Rual Guidance Office. The wear trials of experimental pesticide protective pants were performed in a conditioned vinyl plastic hothouse (30±1°C, 70±5% R.H., 0.25 m/sec air velocity). The measurements of skin temperature, microclimate temperature and humidity on the subjects were obtained by the themohygrorometer. The

subjective wear sensations were measured using previously developed thermal, humidity and overall comfort scales.

The results obtained from this study were as follows: 1) There were significant differences among nonwoven fabric types on the objective and subjective wear performances, therefore, the skin temperature, microclimate temperature and humidity of subjects who wore the experimental pants made with Sontara were significantly lower than those who wore the others. And, the experimental pants made with Sontara were assessed as more comfortable than the others in terms of the subjective thermal, humidity and overall wear sensations. 2) There were no significant differences between two finish types on the objective and subjective wear performances. 3) The microclimate humidity on the thigh was highly correlated with the overall subjective comfort sensations and the next highly correlated one was the mean skin temperature. That is, the higher the microclimate humidity and the mean skin temperature, the higher the overall subjective comfort sensation ratings which mean the overall subjective sensation was very uncomfortable.

I. 서 론

특수한 환경에서 착용하는 방호복은 환경으로부터 인체를 보호해 주고 쾌적한 의복기후를 형성하여 안전하고 능률적인 작업환경을 형성해 줄 수 있어야 한다. 농약 방호복은 살충제가 피부를 통해 인체에 흡수되는 것을 차단하기 위하여 착용하는 의복으로, 농약의 피부를 통한 인체침투는 전체 농약 침투량의 87%¹⁾를 차지하며, 농약 살포시 88.3%가 농약에 중독되었던 경험을 가지고 있고 22.8%는 급성중독의 증상을 보인 실태 조사연구²⁾가 보고되어 있어, 농약취급시나 이미 농약이 살포된 비닐하우스나 밭에서 작업시 피부노출을 줄이기 위한 농약 방호복의 착용은 필수적이다.

그러나 우리나라의 농번기는 몹시 덥고 습하며, 농림수산부에서 보급하고 있는 방호복은 살충제 차단성만을 고려하여 방수천을 사용하였으므로 착용감이 매우 불편해 대부분의 농민들은 방호복의 필요성을 알면서도 착용을 기피하고 있는 실정이었다³⁾, 농약을 많이 사용하는 과수 재배자들도 방호복의 착용감이 불편하기 때문에 손이나 다리 부위보다 몸통 부위를 보호하는데 소홀하다⁴⁾고 하였다. 이는 방호에 대한 욕구보다 쾌적함에 대한 욕구가 더 높기 때문으로, 방호복이 실제 작업환경에서 착용되기 위해서는 방호성과 쾌적성을 동시에 갖춘 의복이어야 한다. 특히 온열환경에서 착용하는 농약 방호복은 살충제로부터 인체를 보호할 수 있는 차단

성을 지님과 동시에 인체에서 발생하는 열과 땀을 의복 밖으로 배출할 수 있어야 한다.

최근 들어 농업에서 비닐하우스 재배가 차지하는 비중이 크게 증가하게 됨에 따라 비닐하우스에서의 작업시간이 증가하여 1992년 평균작업시간이 남자 7.2시간, 여자 6.7시간으로 일반농민의 남자 5.0시간, 여자 4.1시간보다 많으며, 비닐하우스재배 농민의 10.1%가 농약중독을 경험한 바 있다고 하였다⁵⁾. 비닐하우스는 국소환경으로 비닐하우스내의 온·습도는 지역, 계절, 기후, 일사량, 비닐하우스의 크기, 재배작물 등에 따라 다르지만, 고온다습한 폐쇄적인 환경이 되는 것이 일반적인 특징이다. 심부자 등⁶⁾은 비닐하우스내의 온도가 30°C이고, 상대습도 70±10%인 환경에서 면과 폴리에스테르로 된 작업복 착용시 평균피부온은 쾌감역인 32.6±1°C보다 약 1.6°C가 높은 34.2±0.9°C이었고, 사지부 피부온의 변화가 1.5~2°C로 현저하게 나타났다고 하였다. 이처럼 비닐하우스는 실제작업장으로 매우 고온다습하며 자연환기가 되지 않을 뿐만 아니라, 앉은 자세로 작업을 하는 경우가 많아 피부를 통해 농약이 침투하기 쉬운 곳이므로 방호성과 쾌적성을 동시에 갖춘 농약방호복의 착용이 절실히 요구된다.

Orlando 등⁷⁾은 테넬, 면 삼브레이, 부직포, Gore-Tex 등의 살충제 차단성을 평가한 결과 부직포와 Gore-Tex의 차단성이 우수하다고 하였다. 최정화 등⁸⁾은 기존의 방호복과 투습발수지물 방호복의 차의 실험을 비교한 결과 기존의 방호복 착용시에도 망(mesh)으

로 된 내복의 착용시 생리적으로 열 부담을 줄일 수 있었으며, 투습발수직물로 된 방호복 착용시 기존 방호복보다 열적 부담이 적었다고 하였다. 또한 Branson등⁹⁾은 Tyvek, Gore-Tex, 면 삼브레이를 사용하여 디자인을 변화시켜 방호복을 제작한 후 인체착의 실험을 실시하여 열적 쾌적감을 평가한 결과, 디자인보다 소재가 방호복의 열적 쾌적감에 더 많은 영향을 미친다고 하였다. 또한 실층제 방호복은 차단성을 향상시키면서 쾌적감이 좋은 직물과 디자인을 조합하여 개발하는 것이 필요하다고 하였다.

그러므로 차단성과 쾌적성이 우수한 방호복을 개발하기 위해서는 적절한 소재의 선택과 표면특성의 부여가 필요하다. 또한 소재의 재료상태에서의 기능성과 의복상태의 쾌적성을 연계하는 연구가 이루어져야 한다. 이에 본 연구자는 직물에 비해 가볍고 부드러운 세 종류의 부직포에 불소화합물을 이용한 발수발유가공에 따른 차단성능¹⁰⁾과 유기실리콘 4급 암모늄염을 사용한 항미생물가공과 발수발유가공에 의한 복합가공을 실시하여 가공에 따른 차단성과 기능성¹¹⁾을 평가한 바 있다. 발수발유가공과 복합가공된 부직포는 미처리 부직포에 비해서 우수한 살층제 차단성과 항미생물성을 나타내었으며, 공기투과도와 투습도는 다소 감소하였으나, 가공에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 차단성과 착용성능이 우수한 농약 방호복을 개발하고자 소재상태에서의 살층제 차단성과 기능성을 평가한 결과로부터 차단성이 우수하고 착용감이 쾌적할 것으로 기대되는 발수발유가공소재와 복합가공소재를 선택하여 방호복을 제작한 후 소재상태에서의 쾌적성과 인체 착용시 쾌적각각의 관련성 및 가공과 소재에 따른 착용

성능의 차이를 알아보기 위하여 인체착의 실험을 실시하여 착의상태의 쾌적성을 평가하였다. 그러나 실험실에서 직접 가공처리한 시료로 실험의를 제작하였으므로 시료를 대량 얻기 어려운 관계로 비닐하우스작업시 주로 젖기 쉬운 부위인 바지를 제작하여 실험의로 사용하였다.

II. 실험

1. 시 료

시료로는 구성섬유와 제조방법이 다른 세 가지 부직포 T(Tyvek®), S(Sontara®), K(Kimlon®)을 사용하였다. 각 시료의 특성은 Table 1과 같다.

2. 가 공

발수발유가공(Tw, Sw, Kw)은 선행연구에서와 같이 불소계화합물인 FC-232(3M, U.S.A)를 사용하여 pad-dry-cure 법으로 처리하였으며, 복합가공(Td, Sd, Kd)은 유기실리콘계 4급 암모늄염인 DC-5700(Dow Corning, Japan)을 사용하여 pad-dry-cure 법으로 항미생물가공을 먼저 실시한 후 연이어 발수발유가공을 하였다.

3. 실험의

발수발유가공한 시료와 항미생물 복합가공된 세 가지 부직포를 소재로 하여 6종류의 실험의복을 제작하였다. 각 실험의복의 특성은 Table 2와 같다. 실험의복의 형태는 Fig. 1과 같으며 농촌지도소에서 권장하고 있는 방호복의 형태에 준하여 허리에 고무밴드가 있는 더

Table 1. Characteristics of nonwoven fabrics

Nonwoven fabrics	Fiber content (%)	Manufacturing method	Weight (g/m ²) ¹⁾	Thickness (mm) ²⁾	Warmth retention (%) ³⁾	Air permeability (ft ³ /ft ² ·min) ⁴⁾	WVT* (mg/cm ² ·24 hr) ⁵⁾
T	polyethylene 100%	spun-bonded	47.4	0.17	38.7	1.05	4994
S	woodpulp/poly ester 55/45%	spun-laced	69.7	0.30	52.3	94	15168
K	polypropylene 100%	spun-bonded/meltblown/spun-bonded	67.7	0.36	59.2	49	14546

1) KS K 0514, 2) KS K 0506, 3) Thermo Labo II, 4) KS K 0570, 5) KS A 1013.

*Water Vapour Transmission.

Table 2. Characteristics of experimental clothing

Clothing	Fiber content	Nonwoven type	Finish
C1	polyethylene 100%	Tyvek (T)	water-oil repellent(Tw)
C2	woodpulp/PET (55/45%)	Sontara(S)	water-oil repellent(Sw)
C3	polypropylene 100%	Kimlon (K)	water-oil repellent(Kw)
C4	polyethylene 100%	Tyvek (T)	dual functional (Td)
C5	woodpulp/PET (55/45%)	Sontara(S)	dual functional (Sd)
C6	polypropylene 100%	Kimlon (K)	dual functional (Kd)

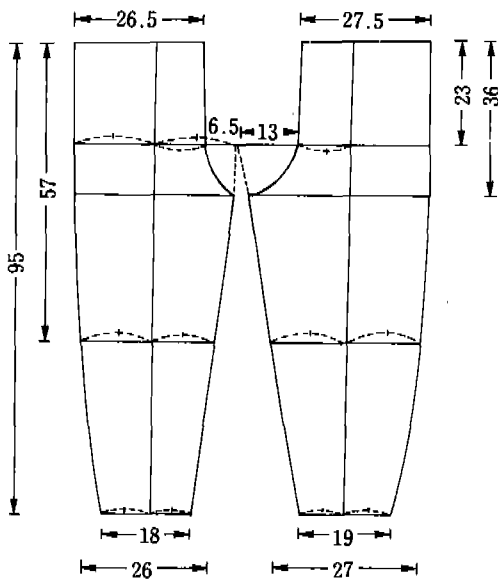


Fig. 1. Patterns and demensions of experimental pants (unit : cm).

자인으로 하였으며, 바지의 길이는 95 cm, 밑위길이는 36 cm, 엉덩이 둘레는 105 cm 로 하였다.

4. 피험자

피험자는 농촌지역에 거주하며 실제 농사를 짓고 있는 50대 여성으로, 피험자간의 생리적 차이를 최소화 하기 위하여 연령, 키, 몸무게, 체표면적이 유사한 3명을 선정하였다. 피험자의 특징은 Table 3과 같다.

5. 실험조건

온도 30±1℃, 습도 75±5% R.H., 평균기류 0.25 m/sec 의 비닐하우스에서 실험을 실시하였다. 피험자는 면 100% 워편성물 속옷 상하의를 입고 그 위에 상 의로 긴 소매의 면 100% 티셔츠를, 하의로 실험의를 착용하였으며 면양말과 운동화를 신었다.

실험시간은 총 30분으로 실험순서는 먼저 5분간 안정을 취한 후에 10분간 운동, 5분간 휴식, 그리고 5분간 운동과 휴식을 반복하였다. 운동은 피험자가 만보기를 착용하고 1분에 120번 제자리에서 시속 3.6 km/h

Table 3. Physical characteristics of subjects

Subjects	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)	Body surface area(m ²) ¹⁾
A	53	155	51	1.47
B	55	154	50	1.46
C	50	153	53	1.48

1) DuBois body surface area = H^{0.725} × W^{0.425} × 71.84

로 걷게 하였다. 이때 총 운동거리는 0.9 km 이었다.

6. 객관적 착용성능평가

객관적 착용성능은 피부온과 의복내 온·습도를 측정하여 평가하였다. 피부온은 5점법으로 앞이마, 가슴, 전완, 대퇴, 그리고 하퇴부위에서 Thermohygrometer (Model: X 721-1, Takara Thermister Instruments Co., LTD)를 사용하여 5분 간격으로 측정하였으며, 평균피부온은 다음과 같이 구하였다.

$$\text{평균피부온(}^\circ\text{C)} = \{10.3 \text{ forehead temp.} + 31.8 \text{ chest temp.} + 19.0 \text{ arm temp.} + 19.7 \text{ thigh temp.} + 19.2 \text{ leg temp.}\} \times 1/100$$

의복내 온·습도는 Thermohygrometer를 사용하여 의복내 온도는 가슴과 대퇴부위에서 그리고 의복내 습도는 대퇴부위에서 각각 5분 간격으로 측정하였다.

7. 주관적 착용감평가

피험자가 운동과 휴식을 반복하는 동안 느끼는 주관적인 착용감을 선행연구¹⁹⁾에서 사용된 척도를 이용하여 온열감, 습윤감, 쾌적감을 5분 간격으로 답하게 하여 평가하였다.

8. 실험설계 및 통계처리

실험설계는 피험자의 생리적인 차이로 인한 오차를 최소화하기 위하여 불완전 확률화 블록 디자인(Randomized Incomplete Block Design)을 이용하였다. 실험의복에 따른 평균 피부온과 의복내 온·습도

차이의 유의성을 검정하기 위하여 ANOVA F-test를 실시하였으며, 사후 검정은 던컨의 다중비교검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였다. 또한 주관적 착용감과 객관적 착용성능간의 상관관계를 규명하기 위하여 단순상관관계(simple correlation), 단계별 회귀분석(stepwise regression)을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 객관적 착용성능

실험의복에 따른 평균피부온과 의복내 온·습도 등 객관적 착용성능의 유의적인 차이를 알아보기 위하여 ANOVA F-test를 실시한 결과는 Table 4와 같다. 여기서 보는 바와 같이 실험의복의 가공에 따른 평균피부온과 의복내 온·습도는 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 실험의 의복에 따라서는 평균피부온, 가슴부위 의복내 온도와 대퇴부위 의복내 습도에서는 유의적인 차이를 나타내었다.

1) 피부온의 변화

Fig. 2는 운동과 휴식에 따른 피험자의 평균피부온 변화를 나타낸 것이다. 평균피부온은 운동과 휴식을 반복함에 따라 증가하였다. 실험의복 착용후 안정기의 평균피부온은 34.0~34.4°C로 온열적 중성범위에 있으며, 운동이 시작된 후 평균피부온은 증가하였으며, 1차 휴식기 이후에는 거의 변화가 없는 일정한 피부온을 나타내었다. Table 4에서 보는 바와 같이 평균 피부온은 실험의복의 소재에 따라서는 의미있는 차이가 있었

Table 4. ANOVA results for mean skin temperature and clothing microclimate temperature and humidity

	Source	df	SS	MS	F
mean skin temp.	finish	1	.102	.102	1.712
	fabric type	2	.273	.136	2.886*
temp. at chest	finish	1	.010	.010	.041
	fabric type	2	1.310	.655	4.891**
temp. at thigh	finish	1	.111	.111	.445
	fabric type	2	.742	.371	1.875
humidity at thigh	finish	1	.326	.326	.048
	fabric type	2	32.220	16.110	4.092**

* p < .1, ** p < .05

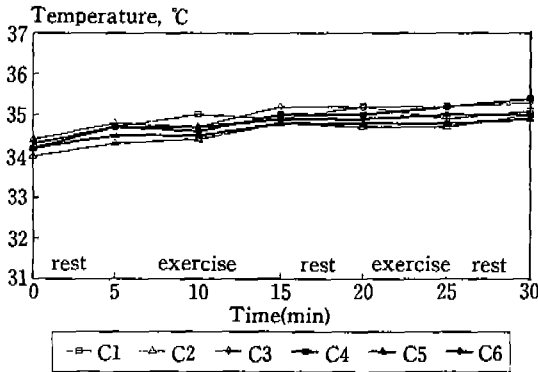


Fig. 2. Weighted mean skin temperature.

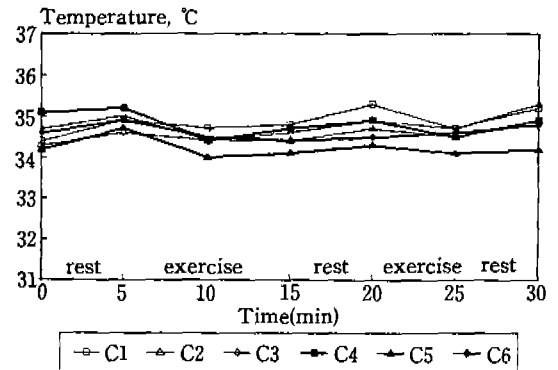


Fig. 3. Mean thigh skin temperature.

으며, 운동 및 휴식구간에 따라서도 의미있는 차이가 있었다($p < .1$). 각 구간의 소재별 평균피부온의 차이를 알아보기 위하여 던컨의 다중비교검정을 실시한 결과는 Table 5과 같다. 즉, Sontara를 착용한 피험자의 평균피부온이 Tyvek과 Kimlon을 착용한 피험자보다 낮게 나타났다.

Fig. 3과 Fig. 4는 실험의복으로 피복된 부위인 대퇴와 하퇴의 피부온을 운동과 휴식구간에 따라 나타낸 것이다. 실험의복 착용후 안정기의 대퇴와 하퇴의 피부온은 각각 34.0~35.5°C, 32.5~33.5°C이었으며, 대퇴의 피부온은 평균피부온보다 높으며, 하퇴의 피부온은 낮음을 알 수 있다. 운동이 시작된 후 하퇴의 피부온은 증가하였으나, 대퇴의 피부온은 1차 휴식기 이후부터 조금씩 증가하였다. 또한 의복종류별 피부온은 하퇴의 경우 소재와 가공에 따른 차이가 거의 없었으나, 대퇴부위의 경우는 평균피부온과 마찬가지로 Sontara로 만들어진 실험의복을 착용한 피험자의 피부온이 다른 실험복보다 낮게 나타났다. 이는 Table 1에서 보는 바와 같이 Sontara의 통기성이 Tyvek보다 커서 인체에

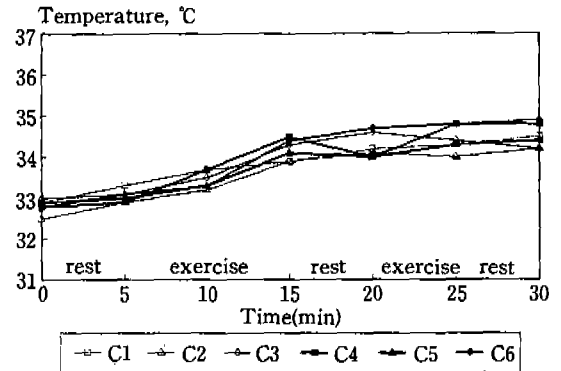


Fig. 4. Mean lower leg skin temperature.

서 발생하는 열을 의복 밖으로 효과적으로 전달하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 하퇴의 피부온이 민감하게 변화하는 것은 환경기온과 신체감의 적응에 있어서 사지부위가 radiator 역할을 하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

2) 의복내 온도 변화

피험자에게 여섯 가지 종류의 실험의복을 착용시켜

Table 5. Duncan's multiple range test : mean skin temperature

	Nonwoven (clothing)	Rest	Exercise I	Rest I	Exercise II	Rest II	Total
mean	T(C1, C4)	34.601b ¹⁾	35.011b	35.227b	35.080ab	35.260ab	34.970b
skin	S(C2, C5)	34.363a	34.722a	34.890a	34.835a	34.977a	34.696a
temp.	K(C3, C6)	34.126b	34.998b	35.217b	35.257b	35.405b	35.018b

1) Means with the same letter are not significantly different($p < .1$).

가슴과 대퇴부위의 의복내 온도를 측정한 결과는 Fig. 5, Fig. 6과 같다. 가슴부위의 의복내 온도는 안정기간 동안 점차 증가하다가 1차 운동이 시작되자 급격히 감소한 후, 1차 휴식기에 다시 증가하였다. 또한 2차 운동과 휴식기에도 유사한 변화경향을 나타내었다. 대퇴부위의 의복내 온도는 휴식과 운동에 따른 변화경향은 가슴부위와 유사하였으나 온도 변화의 범위는 작았다.

여기서 의복내 온도가 운동초기에 낮아지는 것은 Bellow's ventilation에 의한 열 손실 때문이며, 휴식기의 의복내 온도가 상승하는 것은 Bellow's ventilation이 정지되어 운동시 발생한 열이 의복내에 일시적으로 축적되기 때문이다^{12,13)}. 그러나 휴식말기의 의복내 온도는 땀의 증발에 의한 냉각효과 때문에 감소했다

는 연구결과¹⁴⁾와는 달리 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 본 연구에서 피험자가 착용한 의복의 개구부가 거의 막힌 형태이므로 chimney effect에 의한 열 손실이 적고 휴식기간이 짧아서 휴식말기에도 의복내 온도는 계속해서 증가한 것으로 풀이된다.

실험의복의 가공에 따른 의복내 온도 차이를 알아보기 위하여 ANOVA F-Test를 실시한 결과 가슴과 대퇴부위 모두 유의적인 차이는 없었으나, 가슴부위의 의복내 온도는 소재에 따라 의미있는 차이를 나타내었다 (Table 4). 가슴부위의 의복내 온도를 실험의복 소재 별로 운동 및 휴식구간으로 나누어서 다중비교검정을 실시한 결과인 Table 6에서 알 수 있듯이 가슴부위 의복내 온도는 Sontara로 만든 실험복을 착용한 피험자

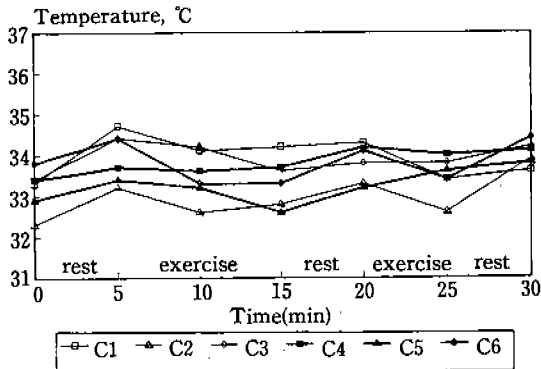


Fig. 5. Microclimate of clothing with lapse of time: temp. at chest.

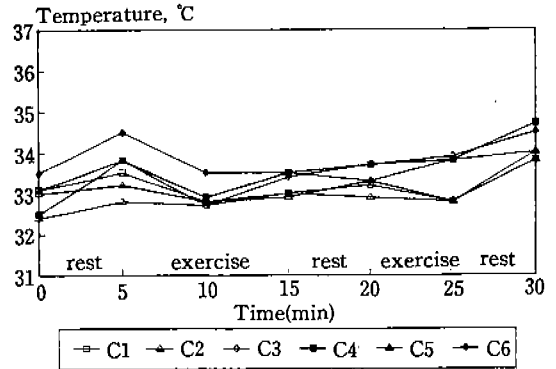


Fig. 6. Microclimate of clothing with lapse of time: temp. (thigh).

Table 6. Duncan's multiple range test: clothing microclimate temperature and humidity

	Nonwoven (clothing)	Rest	Exercise I	Rest I	Exercise II	Rest II	Total
temp. at chest	T(C1, C4)	33.875b ¹⁾	33.980b	34.322b	33.687a	33.905a	33.947b
	S(C2, C5)	33.006a	32.845a	33.300a	33.507a	33.952a	33.208a
	K(C3, C6)	34.057b	33.611ab	34.035ab	33.652a	34.360a	33.912b
temp. at thigh	T(C1, C4)	33.272ab	33.088a	33.537a	33.392a	34.305a	33.422a
	S(C2, C5)	32.888a	32.948a	33.157a	32.817a	33.887a	33.076a
	K(C3, C6)	33.315b	33.330a	33.547a	33.682a	34.325a	33.683a
hum. at thigh	T(C1, C4)	75.51b	75.35b	80.27b	79.71b	85.16a	78.127b
	S(C2, C5)	70.11a	71.17ab	72.46ab	74.07ab	78.70a	72.546a
	K(C3, C6)	75.77b	73.58a	76.35a	76.22a	78.84a	75.469b

1) Means with the same letter are not significantly different(p < .1)

가 다른 소재로 만든 실험복을 착용한 피험자보다 유의적으로 낮게 나타났다. 대퇴부위의 실험 의복 종류별 의복내 온도는 통계적으로 유의적인 차이는 없었으나, Sontara로 된 실험복을 착용한 피험자의 의복내 온도가 다른 실험복보다 낮아 피부온과 일치하는 경향을 나타내었다. 이는 Sontara가 다른 소재에 비해 투습도와 공기투과도가 높아 인체에서 발생하는 열을 효과적으로 의복 밖으로 배출하기 때문인 것으로 생각된다. 또한 기공종류에 따른 의복내 온도의 차이가 없는 것으로부터 발수발유가공과 복합기공이 의복의 열 전달 특성에 미치는 정도가 다르지 않음을 알 수 있었다. 선행연구^{10,11)}에서 밝힌 바와 같이 발수발유가공 Sontara 직물의 쾌적성능과 미처리 Sontara 직물의 쾌적성능간에는 별차이가 없었으나, 차단성능은 발수발유가공직물은 우수한 반면 미처리 Sontara는 매우 나빴다. 이로부터 능약차단성을 발휘함과 동시에 항미생물성을 주는 복합가공 부직포는 쾌적성면에서도 발수발유가공부직포와 같이 좋은 평가를 받음을 알 수 있었다.

3) 의복내 습도 변화

Fig. 7은 대퇴부위의 의복내 습도를 시간별로 나타낸 것이다. 안정기의 의복내 습도는 70~80% R.H.로 실험실 대기습도와 유사하였으며, 의복종류에 따른 큰 차이는 없었다. 운동이 시작되자 의복내 습도는 약간 감소하였으며, 약 5분 정도 경과한 후 의복내 습도는 증가하기 시작하였다. 1차 휴식기의 의복내습도는 큰 변화가 없었으나, 2차 휴식기에는 급격히 증가하였다.

이처럼 운동초기에 의복내 습도가 감소하는 것은 피

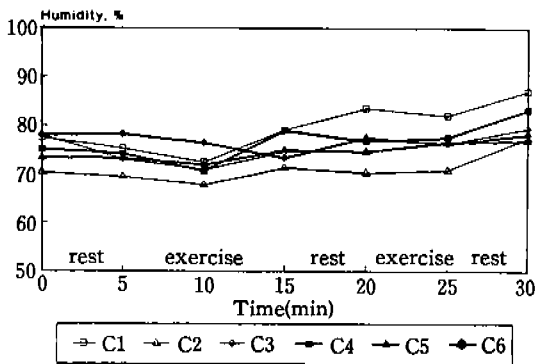


Fig. 7. Microclimate of clothing with lapse of time: humidity at thigh.

험자들이 고온다습한 환경에 노출되어 안정기간동안 발생한 땀이 Bellow's ventilation의 영향으로 증발되기 때문인 것으로 생각된다. 또한 2차 휴식기에 모든 실험 의복의 의복내 습도가 증가하는 것은 계속된 운동으로 인하여 피험자들의 산열량이 증가되고 고온다습한 환경 조건하에서 휴식시간이 짧았기 때문에 피부 면에 있던 땀이 증발되지 못했기 때문인 것으로 생각된다.

실험의복종류별 의복내 습도는 그림에서 알 수 있듯이 1차 운동 이후 차이를 나타내기 시작하였다. 전 구

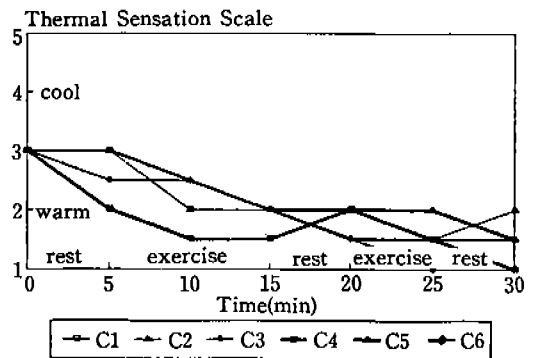
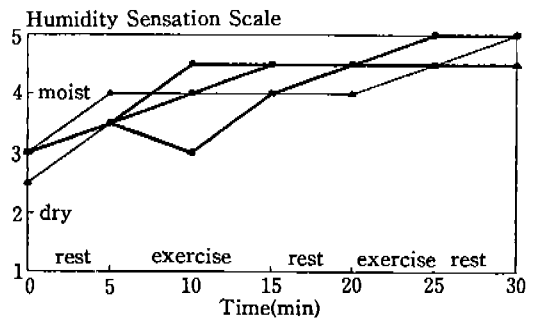
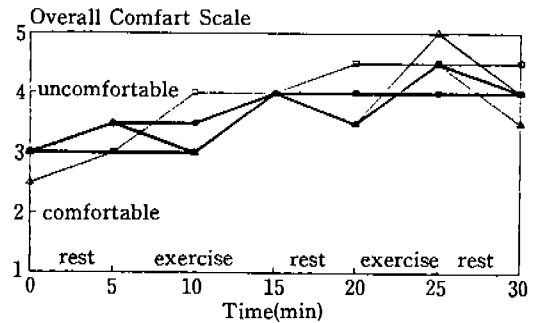


Fig. 8. Thermal, humidity, comfort rating with the lapse of time.

간에 걸쳐 발수발유가공된 Sontara 의 의복내 습도가 가장 낮았으며, 발수발유가공된 Tyvek 의 의복내 습도가 1차 운동이후 가장 높았다. 또한 의복내 습도는 Table 4와 Table 6에서 보듯이 실험의복종류에 따른 유의적인 차이는 없었으나 소재간에는 의미 있는 차이 ($p < .05$)가 있었으며, 이는 재료상태의 투습도(Table 1)와 일치하는 결과이다. 즉, 투습도가 가장 높았던 Sontara로 만든 실험의복의 의복내 습도가 Tyvek보다 유의적으로 낮았다. 이는 Sontara의 투습도가 Tyvek보다 커서 인체에서 발생한 수분이 의복 밖으로 보다 쉽게 이동할 수 있기 때문인 것으로 생각된다.

2. 주관적 착용성능 평가

1) 온열감

Fig. 8은 여섯 종류의 실험의복을 착용한 피험자들의 시간이 경과함에 따른 온열감을 나타낸 것이다. 온열감은 그림에서 값이 작을수록 더운 것을 의미한다. 실험의복을 착용한 직후 피험자들의 온열감은 실험의복에 관계없이 모두 적당하다고(3)고 하였다. 그러나 실험시간이 경과함에 따라 피험자들의 온열감을 더운 쪽으로 변화하였다. 그러나 온열감의 변화 경향은 실험의복에 따라 차이가 있었다. 즉, Tyvek을 착용한 피험자들은 운동이 시작되자 곧 덥다(2)고 하였으며 1차 운동기간 동안 가장 높은 온열감을 나타내었으나, Sontara와 Kimlon을 착용한 피험자들은 운동이 10분 정도 진행된 후 덥다(2)고 하였다. 휴식기의 피험자들의 온열감은 실험의복 종류에 관계없이 덥다(2), 또는 매우 덥다

(1)고 하였다.

이러한 주관적인 온열감의 시간에 따른 변화는 의복내 온도변화 경향과 매우 유사함을 알 수 있다. 6가지 실험의복종류에 따른 온열감은 통계적으로 의미 있는 차이는 없었으나, Table 7에서 보는 바와 같이 소재에 따라서는 유의적인 차이를 나타내어 두께는 얇지만 제조방법상 치밀한 구조로 인해 공기투과도가 낮은 Tyvek이 가장 열적 부담이 많음을 알 수 있었다. 그러나 온열감의 객관적인 지표인 의복내 온도 및 평균피부온은 실험의복의 소재에 따라 유의적인 차이($p < .05$)를 보였지만, 주관적 온열감은 그 만큼 의미있는 차이를 나타내지는 않았다. 이는 실험실 환경 온도가 매우 높아 피험자들이 의복내 온도 차이를 느끼지 못한 것으로 생각된다. 또한 주관적 온열감은 의복내 온도이외의 다른 요인에 의해 영향받음을 알 수 있었다.

2) 습윤감

실험의복 종류별 습윤감은 Fig. 8에 나타내었다. 그림에서 습윤감은 값이 클수록 습함을 나타내는 것으로, 실험의복 착용후 대부분의 피험자들은 의복종류에 관계없이 보통(3)이라고 하였다. 운동이 시작되고 시간이 경과함에 따라 피험자들의 습윤감은 점차 상승하여 1차 운동후 습하다(4)고 하였다. 1차 휴식기와 2차 운동기의 습윤감은 1차 운동기와 마찬가지로 습하다고 하였으며, 2차 휴식기에는 대부분의 피험자들이 땀이 많이 난다고 하였다. 이러한 습윤감 변화는 의복내 습도변화와 일치하는 것이다.

전체적으로 볼 때 습윤감은 실험의복종류에 따른 유

Table 7. Duncan's multiple range test : subjective comfort sensations

	Nonwoven (clothing)	Rest	Exercise I	Rest I	Exercise II	Rest II	Total
thermal sensation	T(C1, C4)	2.750a ¹⁾	1.750a	1.75a	1.000a	1.000a	1.892a
	S(C2, C5)	3.300b	2.125ab	2.00a	1.500a	1.500a	2.178b
	K(C3, C6)	2.875ab	2.250b	1.50a	1.250a	1.250a	2.035ab
humidity sensation	T(C1, C4)	3.250a	4.250a	4.500a	4.000a	5.000a	4.178b
	S(C2, C5)	3.125b	3.625a	4.250a	4.000a	4.500a	3.821a
	K(C3, C6)	3.375a	4.250b	4.750a	4.000a	5.000b	4.250b
overall comfort sensation	T(C1, C4)	3.125a	3.750a	4.250b	4.500a	4.250a	3.821a
	S(C2, C5)	3.125a	3.500a	3.500a	4.500a	3.750a	3.571a
	K(C3, C6)	3.250a	3.750a	3.750b	4.750a	4.000a	3.785a

1) means with the same letter are not significantly different($p < .1$).

Table 8. Pearson's correlation coefficients between subjective comfort sensation and objective measurements

	Thermal sensation	Humidity sensation	Overall comfort sensation
mean skin temp.	-0.43*	0.39	0.76***
thigh skin temp.	-0.19	-0.06	0.34
lower leg skin temp.	-0.14	0.31	0.34
temp. at chest	-0.28	0.57**	0.41*
temp. at thigh	-0.48*	0.46*	0.38
hum. at thigh	-0.08	0.19	0.77***

* : p < .1, ** : p < .05, *** : p < .01

의적인 차이는 나타나지 않았으나, 소재에 따라 차이가 있었다(p < .05). 또한 소재에 따라서는 운동과 휴식 구간별로 부분적으로 차이가 있었다(Table 7). 즉, 운동이 시작됨에 따라 Tyvek과 Kimlon로 된 실험의 습윤감은 Sontara에 비해서 크게 증가하였으며, Sontara는 1차 휴식기와 2차 운동기에도 세 가지 소재의 실험의복 중 가장 낮은 습윤감을 나타내었다. 1차 운동 초기의 Sontara의 습윤감 감소는 의복내 습도 변화와 일치하는 것이며, 이는 Sontara의 투습도와 공기 투과도가 크기 때문에 이로 인한 의복내 습도가 감소하여 덜 습하게 지각된 것으로 풀이된다.

3) 전반적 쾌적감

운동과 휴식에 따른 전반적인 쾌적감 변화물 Fig. 8에 나타내었다. 실험의복 착용 후 안정기간동안 피험자들의 전반적 쾌적감은 의복종류에 관계없이 보통이다(3)라고 하였으며, 운동이 시작된 후 조금씩 불쾌한 쪽으로 변화하여 10분 운동 후에는 불쾌하다(4)고 하였다. 휴식기의 전반적 쾌적감은 운동기보다 약간 덜 불쾌한 것으로 나타났다. 쾌적감은 온열감과 습윤감을 종합하여 느끼는 감각으로 주관적인 온열감, 습윤감과는 유사한 변화경향을 나타내었음을 알 수 있다. 그러나 객관적인 의복내 온·습도와는 다소 차이가 있었다.

실험의복 종류별 전반적 쾌적감은 안정기에는 거의 차이가 없었으나, 운동이 시작됨에 따라 차이를 나타내었다. 그러나 실험 의복종류에 따른 의미있는 차이는 없었으나, 소재에 따라 1차 휴식기에서 쾌적감은 유의한 차이를 나타내었다(Table 7). 여기서 통계적으로 유의성은 없었지만 2차 운동기 이후의 전반적 쾌적감은 Sontara가 다른 의복에 비해 쾌적한 것으로 평가하였으며, Tyvek은 가장 불쾌적인 것으로 평가하였다.

이러한 결과는 주관적인 온열감과 습윤감, 그리고 의복내 온·습도와도 일치하는 것으로 발수발유기공과 항미생물기공의 복합기공은 의복의 착용성능에 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 또한 의복의 착용감은 소재의 고유한 물성이 많은 영향을 미치는 요인임을 알 수 있었다. 따라서 공기투과도와 투습도가 높은 Sontara의 의복내 온·습도가 다른 소재의 실험의 보다 낮아 덜 불쾌하게 평가되었던 것으로 생각된다.

3. 객관적 착용성능과 주관적 쾌적감간의 상관관계

객관적 착용성능과 주관적 쾌적감간의 상관관계를 분석하고, 이로부터 전반적 쾌적감을 예측할 수 있는 관계식을 도출하기 위하여 피부온, 의복내 온·습도와 온열감, 습윤감, 전반적 쾌적감의 단순상관분석과 회귀분석을 하였으며, 그 결과는 Table 8에 제시하였다.

Table 8에서 보듯이 온열감은 평균피부온 및 대퇴부위 의복내 온도와 부적 상관관계를 나타내었다. 즉, 평균피부온이 높고 대퇴부위 의복내 온도가 높을수록 온열감의 수치가 낮아져서 열적 부담이 많음을 의미한다. 습윤감은 가슴부위 및 대퇴부위 의복내 온도와 정적 상관관계를 나타내었다. 전반적 쾌적감은 대퇴부위 의복내 습도, 가슴부위 의복내 온도 및 평균피부온과도 정적인 상관관계를 나타내었다.

전반적 쾌적감을 객관적 의복내 온·습도와 피부온으로부터 예측하기 위하여 다음과 같은 회귀식을 구하였다. 회귀분석은 단계별 분석(stepwise method)을 하였으며 유의수준은 p < .1로 하였다.

$$\text{Comfort sensation} : Y_{com} = -10.05 + (0.028) \text{thigh humidity} + (0.33) \text{mean skin temp.} \\ (R^2 = 0.75)$$

전반적 쾌적감은 위의 회귀식에서 알 수 있듯이 대퇴부위의 의복내 습도와 평균피부온을 독립변인으로 취하고 있어, 의복내 습도가 전반적 쾌적감을 결정짓는 주요한 지수임을 나타내고 있다. 즉, 대퇴부위의 의복내 습도와 평균피부온이 낮은수록 전반적 쾌적감의 수치가 작아져서 가장 쾌적한 상태가 됨을 의미한다. 따라서 이러한 점을 고려할 때 의복의 쾌적감을 향상시키기 위해서는 투습성과 통기성이 좋은 소재를 이용하는 것이 무엇보다도 중요하다는 것을 알 수 있었다.

V. 결 론

착용감이 쾌적하고 살충제 차단성능이 우수한 농약 방호복용 소재를 개발하고자 선행연구결과 살충제 차단성이 우수한 것으로 밝혀진 발수발유가공과 항미생물 복합가공된 세 가지 부직포로 실험의복을 제작한 후, 인체착용실험을 실시하여 객관적 착용성능과 주관적 착용성능을 평가한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 평균피부온은 가공에 따른 차이는 없었으나, Sontara가 다른 소재에 비해 낮아 소재에 따른 차이를 나타내었다. 실험의복 피복된 부위인 하퇴의 피부온은 실험의복종류에 따른 뚜렷한 차이가 없었으나, 대퇴부위는 복합가공된 Sontara의 피부온이 다른 소재의 실험의복에 비해 낮았다.
2. 의복내 온도는 실험의복의 가공에 따른 유의적인 차이는 없었으나, 가슴부위에서 소재에 따른 의미있는 차이를 나타내었다. 즉, Sontara를 착용한 피험자의 가슴부위의 의복내 온도가 Tyvek보다 유의적으로 낮았다. 그러나 대퇴부위의 의복내 온도는 소재에 따른 통계적으로 의미있는 차이는 없었다.
3. 의복내 습도는 실험의복의 소재에 따른 의미있는 차이가 있어서 투습도가 큰 Sontara로 된 실험의복을 착용한 피험자의 의복내 습도가 투습도가 작은 Tyvek보다 유의적으로 낮았다.
4. 주관적 온열감과 쾌적감은 가공과 소재에 따른 유의적인 차이는 없었으나 습윤감은 소재에 따른 유의한 차이를 나타내어 공기투과도가 크고 투습도가 높은 소재인 Sontara로 된 실험의복을 다른 실험의복에 비해서 덜 불쾌하게 지각함을 알 수 있었다.
5. 객관적 착용성능과 주관적 쾌적감간의 상관관계를 분석한 결과 온열감은 평균피부온 및 대퇴부위 의복

내 온도가, 습윤감은 가슴과 대퇴부위의 의복내 온도가 영향을 주는 요인이었고, 그리고 전반적 쾌적감을 결정짓는 주요한 변인은 대퇴부위 의복내 습도와 평균피부온이었다.

이상의 결론으로부터 적절한 소재를 선택하여 차단성을 부여하는 것은 착용성능과 차단성을 동시에 지니는 소재를 얻을 수 있는 효과적인 방법임을 알 수 있었으며, 발수발유가공과 항미생물가공의 복합가공도 농약 차단을 위한 방호복 소재로 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 앞으로의 과제에서는 실험실차원이 아닌 산업체 생산차원에서 이들 소재를 가공처리하여 방호복을 바지뿐 아니라 상의도 제작하여 인공기후실에서 열 마네킹을 이용하여 가공 및 디자인에 따른 착용성능평가와 실제 상황에서의 쾌적감 평가가 요구된다.

참 고 문 헌

- 1) Dejonge, J.O., Ayers, G., and Branson, D., "Pesticide Deposition Patterns on Garments during Air Blast Field Spraying", *Home Economics Research Journal*, 14, 262-268 (1985).
- 2) 신동천, 농촌주민들의 농약사용행태와 중독실태조사, *농약정보*, 12(5), 35-43 (1991).
- 3) 김의영, 농약살포시 농약방제복의 필요성 및 디자인에 관한 연구, 이화여자대학교 석사학위논문 (1984).
- 4) Keeble, V.B., Norton, M.J.T., and Drake, C.R., "Clothing and Personal Equipment Used by Fruit Growers and Workers When Handling Pesticides", *Clothing and Textile Research Journal*, 5, 1-7 (1987).
- 5) 장운성, 전남농촌지역의 비닐하우스 증후군에 관한 실태조사, 전남대학교 대학원 석사학위논문 (1994).
- 6) 심부자, 최선희, "비닐하우스내의 착의에 관한 연구 (1) : 환경온도조건과 인체적응", *대한가정학회지*, 22, 1-10 (1984).
- 7) Orlando, J.Y., Branson, D., Ayers, G., and Leavitt, R., "The Penetration of Formulated Guthion Spray through Selected Fabrics", *Journal of Environmental Science and Health*, 5, 617-628 (1981).
- 8) 최정화, 김현식, 정영옥, "농약방제복 개발에 관한 연구", *한국의류학회지*, 11(2), 91-100 (1987).
- 9) Branson, D.H., Dejonge, J.O., and Munson, D., "Thermal Response Associated with Prototype Pesticide Protective Clothing", *Textile Research Journal*, 56, 27-34 (1986).
- 10) 조길수, 최종명, "발수발유가공처리가 부직포 차단성

- 능에 미치는 영향”, *한국의류학회지*, **17**, 577-586 (1993).
- 11) 최종명, 조정숙, 조길수, “항미생물가공과 발수발유 가공의 복합가공이 부적포의 항미생물성과 차단성에 미치는 영향”, *한국섬유공학회지*, **32**, 585-593 (1995).
- 12) 이순원, 유효선, 조명미, “내의류의 수분특성 및 착용감에 관한 연구(II) : 내의착용시 생리적반응과 착용감”, *대한가정학회지*, **27**, 29-38 (1989).
- 13) 류숙희, 이순원, “시판에어로빅복과 재료특성에 따른 쾌적성능에 관한 연구”, *한국의류학회지*, **15**, 61-69 (1991).
- 14) Vokac, Z., Kopke, V., and Keul, P., “Physiological Responses and Thermal, Humidity, and Comfort Sensations in Wear Trials with Cotton and Polypropylene Vests”, *Textile Research Journal*, **46**, 30-38 (1976).
- 15) Fourt, L., and Hollies, N.R.S., “Clothing : Comfort and Function”, New York : Marcel Dekker, Inc., (1970).