

이동식 천막형 일광차단장비의 개발

Development of Movable Sunshade Tent

농촌진흥청 농업과학기술원 농촌자원개발연구소

연구사 김 경 수

서울대학교 의류학과

교 수 최 정 화

Rural Resources Development Institute, NIAST, RDA

Researcher : Kyungsu Kim

Dept. of Clothing and Textile, Seoul National University

Professor : Jeongwha Choi

◀ 목 차 ▶

I. 서 론

II. 연구방법

III. 결과 및 고찰

IV. 요약 및 결론

참고문헌

< Abstract >

To protect farmers from solar radiation and UV, the movable sunshade tent was designed and its protection efficiency was measured in the artificial chamber and outdoors. Sunshade tent and the existing farmer's hat were examined. The results were as follows; Heart rate, total body weight loss and temperature of clothing microclimate on the chest and the back were lower in using sunshade tent than those in wearing existing hat in two experiments. In subjective sensation, subjects answered to feel significantly hotter and more uncomfortable in wearing existing hat in two experiments. Rectal temperature was significantly lower using the sunshade hat in experiment at outdoors($p < 0.001$).

주제어(Key Words): 천막형 일광차단장비(Sunshade tent), 복사열 차단(Solar Radiation Protection), 자외선 차단(UV Protection)

Corresponding Author: Kyungsu Kim, Laboratory of Work safety & Health, Rural Resources Development Institute, 88-2 Seodung-dong, Kyunsun-gu, Suwon-si, Kyunggi-do, Korea Tel: 82-31-299-0472 Fax: 82-31-299-0428 E-mail: kks@rda.go.kr

I. 서론

실외 작업시간이 많은 농작업자에게 있어 직사 일광으로 인한 서열 및 자외선 부담은 인체 피로, 각종 건강장해 및 작업 효율성 저하를 일으키는 중요한 농작업 부담요인으로서 적극적인 대책이 필요하다.

복사열 및 자외선 차단에 관한 선행 연구를 살펴 보면, 차양막 그늘이 인체 및 동물의 열 스트레스를 경감시키며(Mader, et al., 1999; Mitlohner et al., 2001; Nunneley & Myhre, 1976), 충분한 자외선 차단 효과는 땀뻑하게 우거진 나무 숲이나 낮고 넓게 드리워진 구조물과 같이 직사광선 및 하늘 전부를 가려줄 수 있는 구조에서만 얻어질 수 있다고 하였다(Parsons, Neale, Wolski, Green, 1998). 또한 나무 그늘 아래에 있어도 자외선에의 노출량이 피부의 자외선 노출 한계를 초과할 수 있다고 하여(Parisi & Kimlin, 1999), 적정수준의 일광차단을 위해서는 넓은 차단 면적과 치밀한 소재를 갖춘 차단 장비가 필요함을 알 수 있었다.

그러나 농작업자를 위한 기존의 일광차단도구는 해가림 모자(권혁순, 1993), 방서통기모(肝付邦憲, 1978; 최정화, 정영옥, 1990) 등의 한정된 부위에만 방서효과를 주는 모자류가 대부분을 이루고 있으며, 이외에 전신에 방서 효과를 주기 위한 장비로서는 일본에서 개발되고 국내에도 소개되어 일부 지역에서 사용되고 있는 방서·방한용 이동식 비닐하우스가 있다(농촌생활연구소, 2001:101-102). 이 장비는 여름·겨울·우천시의 노지 야채 작업을 쾌적하게 하는데 도움을 주고 있으나, 규모의 거대함으로 다른 고풍으로의 이동이 어렵고, 조립 및 분해시 많은 시간이 소요되며, 다른 포장으로의 이동시 견인차를 사용해야 하는 등의 문제점을 가지고 있다.

이에 본 연구에서는 전신 일광차단 효과와 이동 및 운반의 용이함을 동시에 고려하여 이동식 천막형 일광차단장비(이하 천막형 장비)를 고안하였고, 인공기후실과 실외에서의 인체실험을 통해 고안된 천막형 장비와 기존 모자의 자외선·복사열 차단력을 비교하였으며, 천막형 장비 이동 작업의 노동강

도를 평가하였다.

II. 연구방법

1. 천막형 장비의 고안 및 설계

효율적인 방서기능 및 이동성을 가진 천막형 일광차단장비의 고안을 위해 다음의 사항을 고려하였다.

- 1) 충분한 일광 차단력
- 2) 이동 및 운반의 용이성
- 3) 무거운 수확물 운반보조 등 작업의 편의성 제공
- 4) 다양한 작업조건에서의 활용 가능성
- 5) 형태의 안정성과 안전성
- 6) 휴식시의 편의성 제공과 다양한 shelter 기능
- 7) 다양한 기후 환경에서의 사용 가능성

2. 성능 검증을 위한 인공기후실에서의 인체 실험

고안된 천막형 장비와 기존 농작업모의 복사열 차단 성능으로 인한 인체부담 경감성능을 동일한 환경에서 비교·평가하기 위해, 인공기후실에서의 인체 실험을 통해 인체생리반응과 주관적 감각을 평가하였다.

1) 피험자

건강한 남자 대학생 2명이 피험자로 참여하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>에 제시하였다.

2) 실험에 사용된 일광차단장비와 모자

천막형 장비의 지붕 차양의 크기는 1.8m(가로)×

<표 1> 피험자의 신체적 특징

피험자	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	체표면적 ^{a)} (m ²)
A	24	174.0	64	1.787
B	24	168.5	61	1.711

a) 체표면적 : 체중^{0.425} × 신장^{0.725} × 72.46 × 10⁻⁴ (Du Bois에 의한 식)

1.5m(세로)였으며, 직물은 선행연구 결과(김경수, 최정화, 2002) 자외선·복사열 차단력이 우수하다고 평가된 직물인 알루미늄 코팅된 Nylon 직물에 검정색 T/C 직물을 받친 2겹의 직물을 사용하였다. 기존 농작업모는 현재 농촌 여성들에게 많이 착용되고 있는 모자로서, 목 뒤와 얼굴 양옆을 가리는 덧차양 및 머리 부위에 망사 통풍구가 있는 형태이며, 차양 직경은 대략 27cm 정도이고, 흰색과 분홍색의 체크무늬의 T/C 직물로 만들어졌다.

3) 실험조건

피험자는 동일한 실험 의복(긴 소매셔츠, 긴 바지, 면 양말)을 착용하였으며, 천막형 장비를 사용한 경우와 기존 농작업모를 착용한 경우에 대해 각각 2회의 반복 실험을 행하였다.

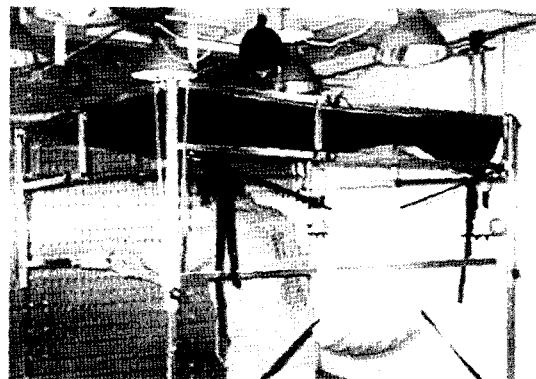
실험은 2001년 10월 중 맑은 날에만 실시하였고, 체온의 1일 변동을 고려하여 하루 중 동일 시간대에 실시하였다. 온도, 습도, 기류가 일정하게 유지되고, 인공 일광 설비가 있는 인공기후실에서 실험하였으며, 실험 환경은 온도 35.0°C, 습도 45% RH, 복사온 38.5°C, 기류 0.2m/s 이하로 설정하였다. 울통불통한 밭고랑 바닥을 재현하기 위해, 인공기후실 바닥에 중심 부위의 두께가 2cm, 지름이 23cm인 낮은 접시를 30cm 간격으로 엮어 고정시켜 놓고, 그 위에 두꺼운 카펫을 깔아 굴곡 및 마찰력이 있는 바닥면을 만들었다.

실험 시간은 50분 작업과 10분 휴식을 반복한 120분 동안의 실험으로 구성되었으며, 실험시의 동작은 상체를 약간 숙여 작물을 수확하는 자세와 수확물을 운반하는 자세를 규칙적으로 반복하는 모델화된 동작으로 이루어졌다(그림 1). 운반 자세는 천막형 장비 사용시는 수확물을 실은 천막형 장비를 밀고 이동하는 자세이며, 기존 모자 착용시에는 수확물이 담긴 플라스틱 바구니를 들고 이동하는 자세였다.

4) 측정항목 및 방법

실험은 식후 2시간 이상 경과 후 실시되었으며, 준비실에서 생리반응 측정용 기기를 부착하고 30분간 안정을 취한 후 인공기후실에 입실하였다. 직장은, 7부위의 피부온, 의복내 온·습도, 심박수를 1분 간격으로 측정하였고, 평균피부온을 산출하였으며, 총발한량과 주관적 감각을 평가하였다.

직장은은 Thermistor(일본 Takura사 제)의 직장온 sensor를 이용하여 직장내 12cm 깊이에서 측정하였고, 7부위의 피부온(이마, 배, 아래팔, 손등, 넓적다리, 종아리, 발등)과 의복내 온·습도(가슴, 등 부위)를 측정하였다. 평균피부온은 Hardy & Du Bois의 체표면적에 대한 안분비율에 기초한 평균피부온 산출법에 의해 계산하였다. 총발한량은 인체천평(독일 Satorius社製, 감도 1g)을 사용하여 실험 전과 실험 후의 체중 변화 및 의복 중량의 변화를 계산하여 산출하였으며, 주관적 감각 평가는 힘들기, 온열



〈그림 1〉 인공기후실에서의 작업 자세 (좌: 수확자세, 우: 천막형 장비 이동자세)

〈표 2〉 주관적 감각 평가의 척도

힘들기 (Borg 자각인지도 7등급)	온열감 (ASHRAE의 정신심리적 7등급)	습윤감	쾌적감 (日本空調衛生工學會 4단계)
0 매우 쉽다	-3 춥다	-3 매우 건조	0 쾌적하다
1 쉽다	-2 서늘	-2 건조	1 약간 불쾌하다
2 적당하다	-1 약간 서늘	-1 약간 건조	2 불쾌하다
3 약간 힘들다	0 중성	0 적당	3 매우 불쾌하다
4 힘들다	1 따뜻하다	1 약간 습함	
5 매우 힘들다	2 약간 덥다	2 습하다	
6 아주 많이 힘들다	3 덥다	3 매우 습함	

감, 습윤감, 쾌적감 항목으로 구성되어 있으며 각각 10분 간격으로 측정, 점수화하였다(표 2).

5) 통계 분석

천막형 장비 사용시와 기존 농작업모 사용시의 인체 생리 반응의 차이를 알아보기로 SAS 통계 패키지 중 t-test 분석을 수행하여 검정하였다.

3. 성능검증을 위한 실외에서의 인체 실험

인공기후실에서 인체 실험을 실시한 것과 동일한 천막형 장비와 기존 농작업모에 대하여 실외에서의 인체실험을 수행하였으며, 이를 통해 직사일광하에서의 복사열·자외선 차단성능 및 천막형 장비를 밀 때의 노동강도를 측정하였다.

1) 천막형 장비의 복사열·자외선 차단력 평가

(1) 피험자

건강한 남자 대학생 2명이 피험자로 참여하였으며, 이들의 신체적 특성은 〈표 3〉과 같다.

(2) 실험조건

천막형 장비를 사용한 경우와 기존 농작업모를

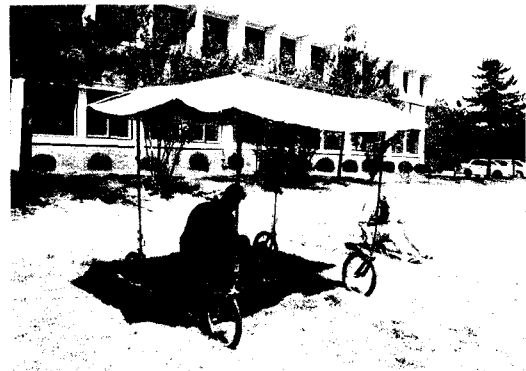
〈표 3〉 피험자의 신체적 특성

피험자	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)
A	27	180.0	83
B	27	178.3	73

착용한 경우에 대해 각각 2회의 반복 실험을 행하였다. 실험은 2002년 8~9월 중 맑은 날 오후 2시~4시 사이에 실외에서 실시되었으며, 실험시 환경조건의 평균은 온도 $29.5 \pm 2.7^\circ\text{C}$, 습도 $60 \pm 13\%$ RH, 흑구온 $44.7 \pm 5.3^\circ\text{C}$, 기류 $2.1 \pm 0.9\text{m/s}$ 였으며, 자외선 조사량(310~400nm)은 $2037.4 \pm 504.8\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 였다. 실험시간은 120분으로 50분 작업과 10분 휴식의 반복으로 구성되었으며, 잔디밭에서 보조의자를 깔고 앉아 김매기를 모사한 동작을 반복 수행하도록 하였다(그림 2).

(3) 측정항목 및 방법

실험은 식후 2시간 이상 경과 후 실시되었으며, 생리반응측정용 기기를 부착하고 30분간 안정을 취한 후 작업을 시작하였다. 직장은, 7위 피부온, 의복내 온·습도, 심박수, 등 부위 부분발한량, 총발한



〈그림 2〉 실외에서의 인체실험 모습

량, 주관적 감각, 120분간의 자외선 노출에 따른 UV 라벨의 색도 변화를 측정하였다.

직장온, 의복내 온·습도(가슴, 등 부위), 심박수, 총발한량, 주관적 감각(온열감, 습윤감, 쾌적감)의 평가방법은 인공기후실에서의 인체실험과 동일하였으며, 피부온의 경우 천막형 장비와 농작업모의 차이를 잘 살펴볼 수 있는 7부위(이마, 볼, 뒷목, 어깨, 등, 위팔, 아래팔)를 선택하여 측정하였다.

등 부위의 국소발한량은 여과지법을 사용하였으며, 예비실험을 통해 포화상태가 되지 않도록 계산된 충분한 양의 여과지(12cm²의 면적)를 겹쳐 vinyl sheet를 덮은 후 밀착 tape를 이용하여 가운데 윗등에 부착하여, 실험 전후의 여과지의 무게를 정밀 전자저울(스위스 Ohaus社, 감도 0.00001g)로 측정함으로써 산출하였다.

자외선 차단력은 3부위(볼, 턱, 어깨)에서의 자외선 노출량을 UV라벨(日油技研工業株式會社, 일본)을 이용하여 측정하였다. UV라벨은 자외선에의 노출량이 증가함에 따라 흰색에서 주황색으로 색이 변하는 자외선 indicator이다. 실험직전에 UV라벨을 해당부위에 부착하고 실험직후에 바로 떼어내 검은 색 종이에 감싸 보관한 후 UV라벨의 색도를 측정함으로써 각 실험시간 동안의 노출량을 평가하였다. UV라벨의 색도는 Color spectrophotometer(Macbeth Color-eye 3100, U.S.A.)로 측정하여, Hunter방식인 L, a, b값 [L : lightness(100=white, 0=black), a : redness(-=green, +=redness), b : yellowness(-=blue, +=yellow)]으로 표시하였다.

(4) 통계분석

천막형 장비 사용시와 기존 농작업모 사용시의 인체 생리반응과, 주관적 감각, UV라벨의 색도의 차이를 알아보기 위하여 SPSS 통계 패키지 중 t-test 분석을 수행하여 검정하였다.

2) 천막형 장비 밀기의 노동강도 평가

천막형 장비는 넓은 범위의 그늘을 제공하나, 이동하면서 실시하는 작업의 경우 장비 이동에 힘이 소요될 수 있다. 이에 천막형 장비를 밀고 다니는

동작이 인체에 어느 정도의 부담을 주는지에 대해 알아보기 위하여 노지의 밭에서 장비를 밀 때의 노동강도를 평가하였다. 안정시와 작업시의 에너지 대사량을 실측하고, 체중으로 기초대사량을 추정한 후 세 가지 값을 이용하여 천막형 장비를 밀 때의 에너지대사율(RMR : Relative Metabolic Rate)을 산출하였다.

피험자는 건강한 20대 남자 2명, 여자 2명이며, 각각 2회씩 반복 측정하였다. 실험은 식후 2시간 이상 경과 후 실시되었으며, 의자에 앉아 30분 이상 안정을 취한 후 안정시 에너지대사량을 5분간 측정하였고, 곧바로 노지 밭에서의 천막형 장비 밀기를 수행하여 작업 동안의 에너지대사량을 5분간 측정하였다. 안정시와 작업시의 에너지 대사율은 가스분석기(Italy Cosmed 社製)를 이용하여 측정하였고, 기초대사는 체중을 이용한 기초대사 추정식(健康營養情報硏究會, 1999:47)을 이용하여 산출하였다. 실험장소는 일반적인 노지의 밭고랑이며, 천막형 장비 밀기는 분당 18m의 속도로 연속적으로 5분간 진행되었다.

III. 결과 및 고찰

농작업자용 일광차단장비로서 천막형 장비를 고안하였으며, 인공기후실과 실외에서의 인체실험을 통해 고안된 천막형 장비와 기존 모자의 자외선·복사열 차단력을 비교하였고, 천막형 장비 이동시의 노동강도를 평가하였다.

1. 천막형 장비의 특징과 외형

한정된 부위에만 방서효과를 주는 모자와 달리, 일광으로부터 신체 전면을 가려주어 충분한 일광차단력을 제공하면서도 이동 및 운반이 용이하도록 고려하여 천막형 장비를 개발하였으며, 고안된 천막형 장비의 구체적 특징 및 기능은 다음과 같다(표 4), <그림 3>.

〈표 4〉 이동식 천막형 일광차단장비의 특징

1) 형태	· 상부의 4각 frame을 4개의 기둥으로 받친 구조 · 각 기둥 아래에 직경 45cm의 바퀴를 부착 · 차양은 지붕차양, 측면4면의 사선차양, 망사형 내림차양으로 구성	
2) 재질 및 소재	· 골격구조 : stainless steel (가볍고 강하며 녹슬지 않음) · 차양소재: - 지붕차양 : 알루미늄 코팅된 나일론 직물에 검정색 T/C 직물을 받침 - 4면 사선차양 - 알루미늄 코팅된 나일론 직물 - 4면 내림차양 - 검정색 비닐 망사	
3) 크기	사선 옆 차양을 펼치지 않았을 때의 기본 frame의 크기는 최대 확장시 2m(가로)×1.5m(세로)×2m(높이)이며, 최소 축소시 1m(가로)×0.75m(세로)×1.25m(높이)로 최대 크기의 약 1/7에 해당함	
4) 중량	· 총 중량 : 27.85kg - 상부 frame + 2 겹의 지붕차양 : 15.17kg - 다리 + 바퀴 : 2,775kg×4개 = 11.10kg - 가로밀대 : 1.58kg	
5) 기능	① 충분한 일광차단력	· 일광차단력이 큰 차양 소재 사용 · 지붕차양, 사선옆차양, 수직내림차양 등의 다양한 차양으로 햇빛의 유입각도 및 작업 방향에 따라 충분한 일광차단
	② 이동 및 운반의 용이성	· 전체 frame의 크기 축소 가능 · 직경이 큰 바퀴 부착으로 이동 및 운반 용이 · 4개의 바퀴가 모두 고정형/회전형으로 전환 가능한 형태로서 전·후·좌·우로의 방향전환이 가능
	③ 작업의 편이성	발고랑 사이로 4개의 바퀴를 넣어 밀고 다니며 일하는 형태로, 휴식시와 작업시 모두 사용 가능. 바퀴 직경이 커서 울퉁불퉁한 발고랑에서 적은 힘으로도 장비 이동 가능
	④ 다양한 작업조건에서 활용가능	길이, 폭, 높이의 조절이 가능하여, 다양한 작업장 조건, 작물 조건, 작업자 신체사황에 적용 가능
	⑤ 형태의 안정성과 안전성	강한 기류에 넘어지거나 불안정해지지 않는 안정적인 형태
	⑥ 휴식시의 편이성 제공과 다양한 shelter 기능	착탈식 의자의 부착으로 작업중의 휴식처로 이용 가능하며, 그물망 침대 등의 부착으로 편안한 중간 휴식도 가능. 착탈식 수확 바구니 설치로 수확물의 운반차 역할을 겸함
	⑦ 다양한 기후 환경에서의 사용 가능성	더운 환경에서의 방서 기능 뿐 아니라, 갑작스런 강우시에도 대처 가능하며, 한랭 환경에서는 4면에 비닐천을 내려 방풍, 방한 기능을 겸함
	⑧ 주 대상작물	대부분의 노지 발작물에 사용 가능. 빠른 이동 작업보다는 이동거리에 비해 작업시간이 긴 작물 및 작업에 더욱 적합

2. 인공기후실에서의 인체 실험

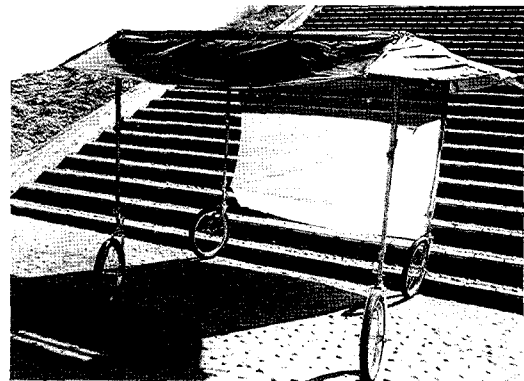
고안된 천막형 일광차단장비와 기존 농작업도의 복사열 차단 성능을 인공기후실에서의 인체 실험을 통해 비교·평가한 결과는 다음과 같다.

1) 피부온, 평균피부온, 직장온

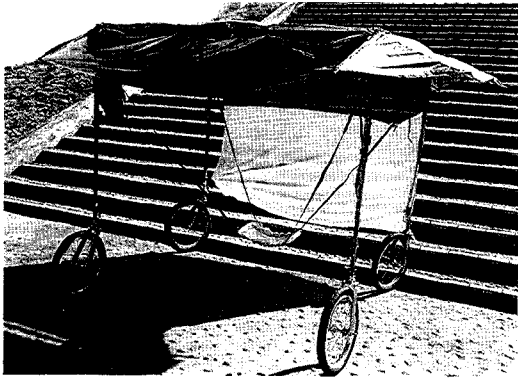
7 부위의 피부온, 평균피부온, 직장온을 〈표 5〉에, 시간 경과에 따른 평균 피부온의 변화를 〈그림 4〉에 각각 제시하였다. 피부온의 경우, 종아리를 제외한 모든 부위에서 천막형 장비 사용시 유의하게 더 낮



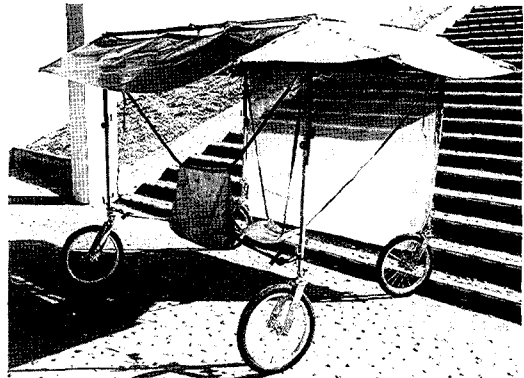
<그림 3-a> 서서 이용할 때의 모습



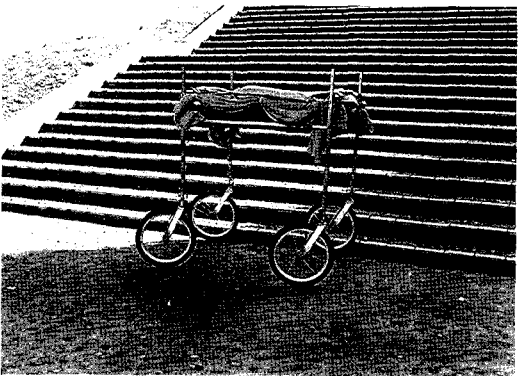
<그림 3-b> 한면에 내린 측면내림차양



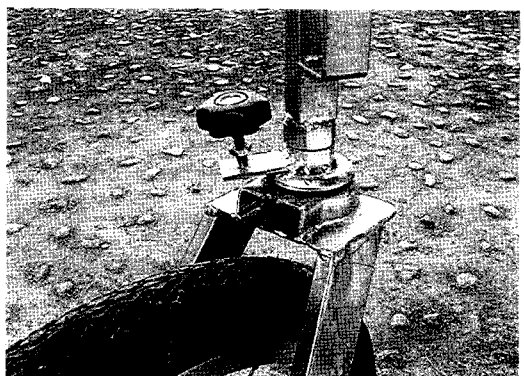
<그림 3-c> 의자 부착시의 외형



<그림 3-d> 의자·바구니 부착시의 외형



<그림 3-e> 완전히 접혔을 때의 외형



<그림 3-f> 고정/회전형 전환 비커

<그림 3> 이동식 천막형 일광차단장비의 외형

〈표 5〉 차단도구 종류별 7부위의 피부온, 평균피부온, 직장은온 (단위 : °C)

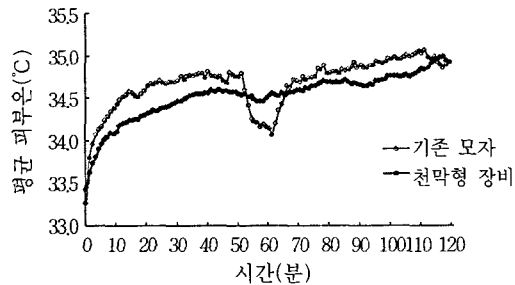
	천막형 장비	기존 모자	t 값
이마	35.71±0.24	35.92±0.28	9.95***
배	34.18±0.36	34.40±0.35	7.78***
아래팔	35.03±0.71	35.16±0.39	2.73**
손등	35.05±0.62	35.15±0.40	2.4*
넓적다리	34.25±0.81	34.49±0.44	4.56***
종아리	34.69±0.64	34.69±0.35	0.17
발등	34.51±1.56	34.99±0.98	4.63***
평균피부온	34.55±0.46	34.79±0.20	7.69***
직장은온	37.29±0.30	37.28±0.22	-0.41

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

은 피부온을 보였으며, 평균피부온 또한 천막형 장비 사용시 유의하게 낮아(p<.001), 천막형 장비의 복사열 차단 효과가 전신에 걸쳐 나타났음을 알 수 있었다. 직장은온의 경우 유의한 차이를 보이지 않았다.

2) 심박수

실험 시간 경과에 따른 작업자의 심박수 변화를



〈그림 4〉 차단도구 종류별 평균피부온의 변화

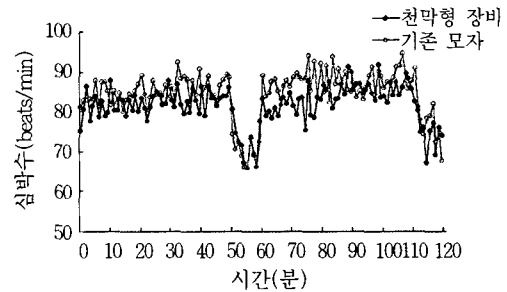
〈그림 5〉에 나타내었다. 천막형 장비를 사용한 경우 평균 83.5 beats/min, 기존 모자를 착용한 경우 평균 86.8beats/min로 나타나, 천막형 장비 사용시 심박수가 유의하게 더 낮았음을(p<.001) 알 수 있었으며, 이는 장비 사용시에 인체 부담이 더 적었음을 말해 준다.

3) 총발한량

120분 동안의 실험 전후의 체중감소량을 측정하여 총발한량을 산출한 결과, 천막형 장비 사용시의 피험자 평균 총발한량은 522.3±74.5g, 기존 모자 착용시에는 542.2±85.2g로 나타나, 천막형 장비 사용시에 발한량이 더 적음을 알 수 있었으며, 이는 장비 사용시 평균피부온이 더 낮았던 것과는 일치되는 결과로서 천막형 장비의 방서효과가 우수함을 말해 준다.

4) 가슴과 등 부위의 의복내 온·습도

가슴과 등 부위의 의복내 온도 및 습도를 〈표 6〉에 제시하였으며, 시간에 따른 변화를 〈그림 6〉, 〈그림 7〉에 나타내었다.



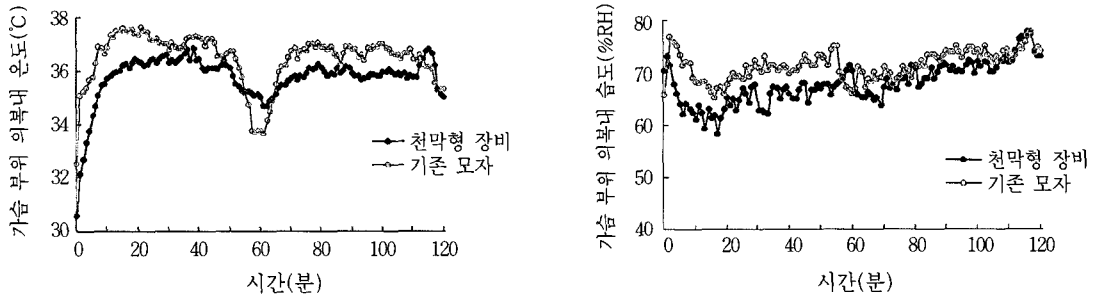
〈그림 5〉 차단도구 종류별 심박수의 변화

〈표 6〉 차단도구 종류별 의복내 온도·습도

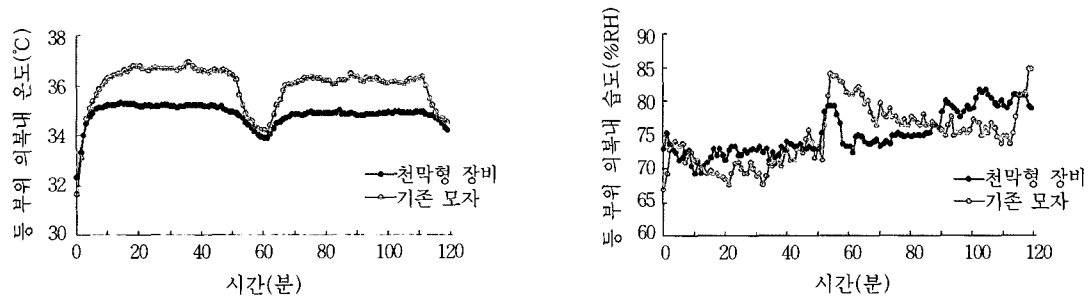
(단위 : °C)

	온도			습도		
	천막형 장비	기존 모자	t 값	천막형 장비	기존 모자	t 값
가슴	34.04±0.45	34.46±0.76	8.48***	67.09±8.71	70.98±7.36	5.28***
등	35.02±0.4	36.40±1.51	15.78***	74.74±4.55	73.60±7.41	-2.04*

*p<.05, **p<.01, ***p<.001



<그림 6> 차단도구 종류별 가슴 부위 의복내 온도와 습도의 변화



<그림 7> 차단도구 종류별 등 부위 의복내 온도와 습도의 변화

의복내 온도의 경우, 가슴과 등 부위 모두에서 천막형 장비 사용시 기존 모자 착용시에 비해 유의하게 낮은 값을 보여($p<0.001$), 천막형 장비의 방서 효과가 우수함을 알 수 있었다.

의복내 습도의 경우, 가슴 부위에서는 천막형 장비 사용시 유의하게 낮은 값을 보였으나($p<0.001$), 등 부위에서는 기존모자 착용시에 유의하게 더 낮은 값을 보였다($p<0.05$). 기존 모자 착용시 총발한량이 더 많았음에도 불구하고 등 부위 의복내 습도가 낮았던 것은 그만큼 증발이 더 빨리 이루어졌다는 것을 추측할 수 있는데, 이는 기존 모자 착용시에는 그들이 형성된 천막형 장비 사용시보다 등 부위가 더 강한 일광에 노출됨으로써 증발이 빨리 이루어져 등 부위의 습도가 더 낮아졌던 것으로 생각된다. 그러나 일광효과가 강하여 발한량의 차이가 크고, 광원이 먼 실외에서의 실험의 경우 다른 결과를 보일 것으로 생각된다.

5) 주관적 감각

4가지 항목에서의 주관적 감각의 결과를 <표 7>에 나타내었다. 힘들기 항목과 습윤감 항목에서는 유의한 차이가 없었으며, 온열감 및 쾌적감 항목에서는 천막형 장비 사용시에 유의하게 덜 덥고, 더 쾌적하다고 답하였다. 이는 천막형 장비 사용시 평균피부온, 심박수, 의복내 온도가 더 낮은 값을 보인 것과 일치되는 결과로서, 천막형 장비 사용시 인체 열 부담이 더 적었음을 보여준다.

<표 7> 차단도구 종류별 주관적 감각

	천막형 장비	기존 모자	t 값
힘들기	2.81±1.03	3.13±0.79	1.36
온열감	1.84±0.81	2.59±0.71	3.94***
습윤감	0.91±0.96	1.13±0.75	1.01
쾌적감	0.59±0.67	0.94±0.50	2.33*

* $p<0.05$, *** $p<0.001$

3. 실외에서의 인체 실험

고안된 천막형 장비와 기존 농작업모의 복사열 및 자외선 차단 성능을 실외 직사일광하에서의 인체 실험을 통해 비교·평가한 결과와 노지에서 천막형 장비를 밀 때의 노동강도를 측정된 결과는 다음과 같다.

1) 차단도구간의 복사열 차단력의 차

(1) 피부온, 직장온

7 부위의 피부온, 직장온을 <표 8>에 제시하였고, 시간 경과에 따른 변화를 <그림 8>에 나타내었다. 7 부위의 피부온과 직장온 모두 천막형 장비 사용시에 기존 농작업모 착용시보다 유의하게 낮은 온도를 보였으며(p<0.001), 이는 인공기후실 실험에서 천막형 장비 사용시 평균피부온이 유의하게 낮았던 것과 일치되는 결과로서, 천막형 장비 사용시 체온 상승이 더 적었음을 확인할 수 있었다.

두 도구간 피부온도 차이는 어깨 > 위팔 > 아래팔 > 등 > 뒷목 > 이마 > 볼의 순으로 컸는데, 이는 머리 이외의 부위(어깨, 위팔, 아래팔, 등)는 기존의 농작업모로서는 전혀 보호되지 못하는 부위였고, 머리 부위(뒷목, 이마, 볼)는 기존모 착용시에도 그들이 지워지는 부위였기 때문에, 전자의 부위들에서 더 온도차가 컸던 것으로 생각된다.

<표 8> 차단도구 종류별 7부위의 피부온, 직장온 (단위: °C)

	천막형 장비	기존 모자	평균차	t 값
이마	35.05±0.47	35.68±0.55	0.63	18.616***
볼	34.74±0.50	35.16±0.67	0.43	10.893***
뒷목	34.35±0.53	35.19±1.33	0.84	12.647***
어깨	34.77±0.82	36.35±1.43	1.58	20.685***
등	34.36±0.98	35.33±1.81	0.97	10.137***
위팔	34.30±0.67	36.18±1.72	1.87	21.983***
아래팔	35.09±0.59	36.32±1.10	1.23	21.186***
직장온	37.18±0.27	37.34±0.33	0.15	7.670***

***p<.001

(2) 심박수

천막형 장비 착용시 평균 심박수는 76.77±9.08 beats/min, 기존 농작업모 착용시는 81.65±9.94 beats/min로, 천막형 장비 사용시 유의하게 심박수가 더 낮았으며(p<0.001), 이는 인공기후실 실험 결과와 일치되는 결과로서 천막형 장비 사용시 인체 부담이 더 적었음을 알 수 있었다. 시간경과에 따른 심박수의 변화를 <그림 9>에 나타내었다.

(3) 가슴과 등 부위의 의복내 온·습도

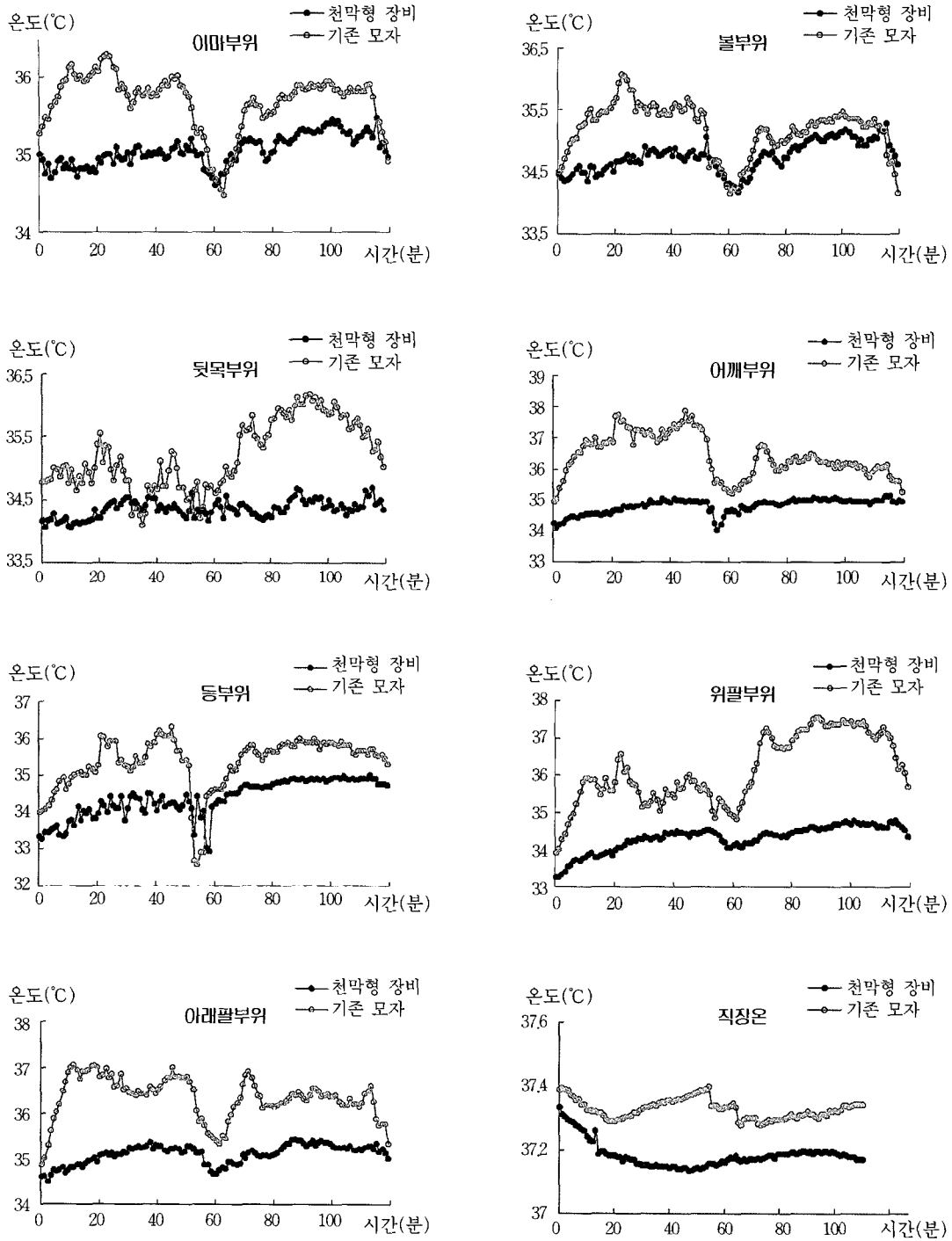
가슴과 등 부위 의복내 온·습도를 <표 9>에 제시하였으며, 시간 경과에 따른 변화를 <그림 10>, <그림 11>에 나타내었다. 가슴과 등의 구간부에서의 의복내 온도, 습도 모두 천막형 장비 사용시 유의하게 낮은 값을 보여(p<0.001), 천막형 장비 사용시 인체 열부담이 더 적었음이 확인되었다. 인공기후실 실험시 등 부위 습도의 경우 기존 모자 착용시에 더 낮았던 것과 달리, 광원이 멀고 일광의 효과가 더 큰 실외 실험에서는 천막형 장비 사용시에 유의하게 더 낮은 것으로 나타났다.

(4) 발한량

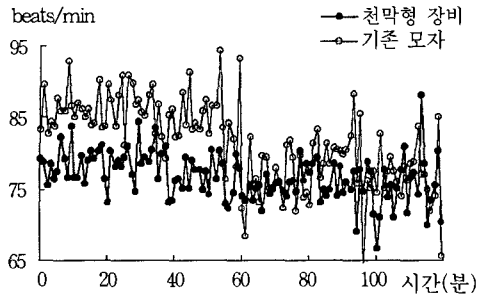
총발한량은 120분 동안의 실험 전후의 체중감소량을 측정하여 산출한 것으로, 천막형 장비 사용시의 피험자 평균 총발한량은 325.5±174.5g, 기존 농작업모 착용시에는 643.0±336.9g였다. 등 부위 부분발한량은 120분 동안의 실험 전후의 여과지층(12cm² 면적)의 중량 증가량을 측정된 것으로, 천막형 장비 사용시 0.184±0.130g, 기존 농작업모 착용시 0.236±0.196로 나타나, 등 부위 및 신체 전반에 걸쳐 천막형 장비 사용시에 복사열로 인한 발한이 더 적게 일어났음을 알 수 있었으며, 이는 인공기후실 실험과 일치되는 결과이다. 총발한량의 경우 두 차단장비 간에 약 2배 정도의 차이를 보여 천막형 장비의 복사열 차단 성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

(5) 주관적 감각

3가지 항목에서의 주관적 감각의 결과를 <표 10>에 나타내었다. 인공기후실 실험시에는 천막형 장비 사용시 온열감과 쾌적감 항목에서만 유의한 차이가



<그림 8> 차단도구 종류별 7 부위의 피부온, 직장온의 변화



<그림 9> 차단도구 종류별 심박수의 변화

나왔던 것과 달리, 실의 실험에서의 경우 온열감, 습, 윤감, 쾌적감 항목 모두 천막형 장비 사용시에 유의하게 덜 답고($p<0.001$), 덜 습하고($p<0.001$), 더 쾌적하다고($p<0.001$) 답하였다. 이는 천막형 장비 사용시 7 부위 피부온, 직장온, 심박수, 가슴과 등 부위 온·습도, 발한량이 더 낮은 값을 보인 것과 일치되는 결과로서, 천막형 장비 사용시 인체 열 부담이 더 적었음을 보여준다.

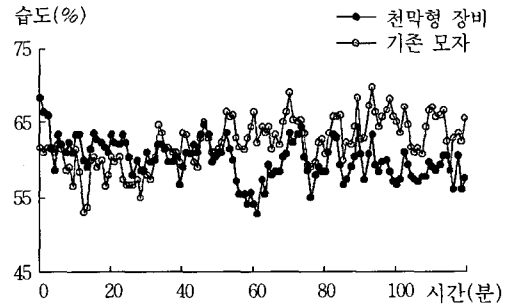
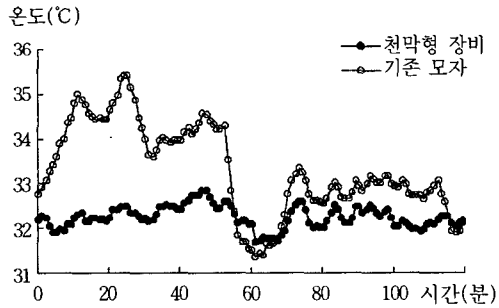
차양막의 복사열 감소효과에 관한 선행연구들을

<표 9> 차단도구 종류별 가슴과 등 부위 의복내 온·습도

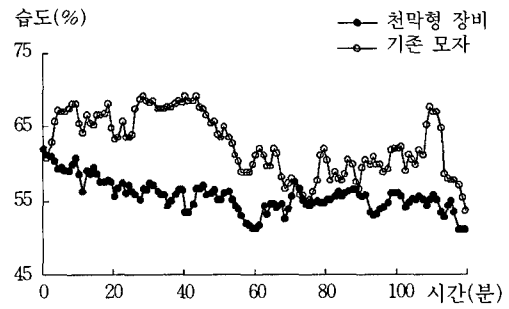
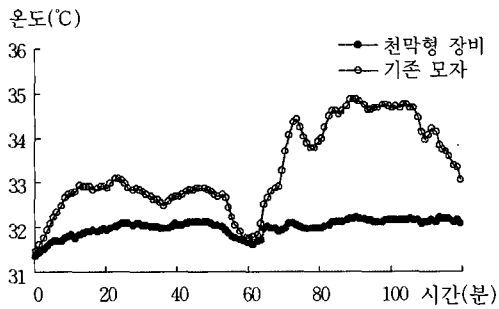
(단위 : °C)

부위	종류	천막형 장비	기존 모자	평균차	t 값
		온도	습도		
가슴	온도	32.24±0.51	33.33±1.19	1.09	15.827***
	습도	60.05±5.78	62.24±5.67	2.20	5.094***
등	온도	33.97±0.76	36.60±3.16	2.63	17.609***
	습도	55.67±9.05	62.74±10.99	7.07	10.801***

*** $p<0.001$



<그림 10> 차단도구 종류별 가슴 부위 의복내 온도와 습도의 변화



<그림 11> 차단도구 종류별 등 부위 의복내 온도와 습도의 변화

살펴보면, Mader, et al.(1999)은 차양막이 더위에 적응되지 못한 소들의 활동성을 향상시킨다고 하였으며, Mitlohner et al.(2001)은 차양막 그늘에 있던 소들이 햇볕에 노출되었던 소들보다 더위로 인한 스트레스를 덜 받아 생리적으로 더 양호한 상태를 보였다고 하였다. Nunneley & Myhre(1976)는 차양 그늘 아래의 조종석에 있던 조종사들이 차양막 없이 햇볕에 노출되었던 조종사들보다 심박수가 덜 상승하였고 체중손실도 더 적었으며 평균피부온도 더 낮아 열 부담이 감소되었다고 보고하였는데, 본 천막형 장비의 일광차단성능 실험에서도 이와 일치하는 결과를 보였다.

2) 차단도구간의 자외선 차단력의 차

천막형 장비와 기존 농작업모 착용시 3부위(볼, 턱, 어깨)에서의 자외선 노출량을 측정된 결과를 <표 11>에 나타내었다. 천막형 장비와 기존 농작업모와의 UV라벨의 색변화를 살펴보면, 부위별로 차이가 있는데, 볼의 경우 천막형 장비 사용시 더 황색으로 변화하였고, 색도의 차이는 noticeable의 범위

에 해당되었다. 턱 부위 역시 천막형 장비 사용시 전체적으로 더 황색으로 변화하였으며 색차는 trace의 범위에 들어가는 정도였다. 반대로 어깨의 경우 기존 농작업모 착용시 더 진한 주황색으로 변화하였으며, 색도의 차이는 much의 범위에 해당되는 수준이었다.

볼과 턱 부위의 경우 기존 농작업모와 천막형 장비 모두에 의해 그늘이 형성되는 부위인데, 기존 농작업모 착용시 자외선 차단력이 더 크게 나온 것은 농작업모의 경우 천막형 장비보다 더 가까운 거리에서 그늘을 형성하였기 때문인 것으로 생각된다. 이는 자외선 차단력에 있어 인체와 차양과의 거리가 가까울수록 자외선 차단력이 커진다는 선행연구와 일치한다(김경수, 최정화, 2002).

어깨의 경우 천막형 장비 사용시 기존 농작업모 착용시에 비해 자외선 차단력이 상당히 큰 것으로 나타났으며, 이는 어깨 부위가 기존 농작업모로서는 그늘이 형성되지 않는 부위였기 때문이다. 이를 통해 기존 농작업모로 보호될 수 있는 얼굴과 목 부위를 제외한 대부분의 신체 부위에서는 어깨 부위의 실험결과와 비슷한 결과를 나타내리라 예상할 수 있다.

따라서 천막형 장비의 경우 기존 농작업모에 의한 한정된 보호 범위를 넘어, 신체 대부분의 부위에 걸쳐 상당한 차이의 자외선 차단효과를 가진다는 점에 주목할 필요가 있으며, 자외선에 더욱 노출되기 쉬운 얼굴과 목 부위 등은 천막형 장비 사용과

<표 10> 주관적 감각

	천막형 장비	기존 모자	t 값
온열감	0.25±0.44	1.75±0.87	9.740***
습윤감	0.65±0.48	1.38±0.93	4.394***
쾌적감	0.23±0.42	1.33±0.89	7.071***

***p<.001

<표 11> 자외선 노출에 따른 차단도구 종류별 UV라벨의 색 변화

	천막형 장비			기존 모자			ΔE
	L	a	b	L'	a'	b'	
볼	88.64±0.30	-1.49±0.20	5.79±0.54	89.35±0.32	-1.34±0.19	4.28±0.64	1.68
턱	88.57±0.35	-1.71±0.18	6.29±0.66	88.44±0.39	-1.48±0.22	5.88±1.01	0.49
어깨	87.00±0.47	-0.75±0.35	7.47±0.79	83.16±1.42	5.63±1.78	7.84±0.56	7.45

$$\Delta E (\text{색차}) = \sqrt{(L-L')^2 + (a-a')^2 + (b-b')^2}$$

ΔE = 0~0.5 = trace, 0.5~1.5 = slight

1.5~3.0 = noticeable, 3.0~6.0 = appreciable

6.0~12.0 = much over 12.0 = very much

함께 농작업모 등의 모자류를 함께 착용함으로써 자외선 차단 효과를 증대시킬 수 있으리라 생각된다.

3) 천막형 장비 밀기의 노동강도

천막형 장비 밀기의 노동강도를 평가한 실험결과, 안정시 에너지 대사량은 평균 0.0189Kcal/kg/min, 천막형 장비를 밀 때의 에너지 대사량은 0.0389 Kcal/kg/min 이었다. 천막형 장비를 밀는 동작의 노동강도는 에너지 대사율(RMR)의 경우 1.19로 나왔으며, 이는 RMR에 따른 노동강도 분류(표 12)에 따라 살펴보면 가벼운 정도의 노동인 것으로 분류된다.

본 실험의 경우 일반적인 평지의 밭고랑에서 분당 18m의 속도로 연속적으로 5분간 천막형 장비를 밀었을 경우의 노동강도이며, 실제 농작업시에는 대부분 짧은 거리를 단속적으로 밀기 때문에 실제 작업시의 노동강도는 본 실험의 결과보다도 더 적어질 것이라 생각된다.

〈표 12〉 RMR에 따른 노동강도 분류

노동강도	RMR
대단히 가벼운 노동	0 ~ 0.9
가벼운 노동	1.0 ~ 1.9
중등 정도의 노동	2.0 ~ 3.9
중한 노동	4.0 ~ 6.9
격심한 노동	7.0 이상

* 에너지 대사율(RMR) = (안정시 대사량 - 작업시 대사량) / 기초대사량

IV. 요약 및 결론

전신에 방서 효과를 주기 위한 농작업자용 일광 차단도구로서 이동식 천막형 일광차단장비를 고안하였고, 인공기후실 및 실외에서의 인체 실험을 통해 천막형 장비와 기존의 농작업모와의 복사열·자외선 차단성능을 비교하였으며, 천막형 장비를 밀 때의 노동강도를 측정하였다. 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 고안된 천막형 장비의 주된 특징은 충분한 일광 차단력, 이동 및 운반의 용이성, 작업의 편이성 제공, 다양한 shelter 기능, 형태 유지의 안정성, 다양한 작업조건 및 기후 환경에서의 사용 가능성 등이었다.

2. 인공기후실에서의 인체 실험을 통한 복사열 차단 성능 평가 결과, 천막형 장비 사용시 평균피부온, 심박수, 가슴과 등 부위 의복내 온도, 가슴부위 의복내 습도가 유의하게 낮았으며($p<0.001$), 총발한량도 더 적었다. 등 부위 의복내 습도의 경우 기존모자 착용시 더 낮은 값을 보였으며($p<0.05$), 직장온에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 주관적 감각의 경우, 온열감 및 쾌적감 항목에서 천막형 장비 사용시 유의하게 덜 덥고($p<0.001$) 더 쾌적한($p<0.05$) 것으로 나타났다.

3. 실외에서의 인체 실험을 통한 복사열·자외선 차단력 평가 및 천막형 장비 밀기의 노동강도 측정 결과는 다음과 같다.

1) 복사열 차단력의 경우, 천막형 장비 사용시 7부위 피부온, 직장온, 심박수, 가슴과 등 부위의 의복내 온·습도 모두에서 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<0.001$). 또한 천막형 장비 사용시 총발한량이 기존모자 사용시보다 약 절반 정도로 적었으며, 덜 덥고($p<0.001$), 덜 습하고($p<0.001$), 더 쾌적하다는($p<0.001$) 주관적 감각을 나타내었다.

2) 자외선 차단력의 경우, 불과 턱의 경우 기존 농작업모 착용시 차단력이 더 컸으며, 기존 농작업모에 의해 보호되지 못하는 어깨 부위의 경우 천막형 장비 사용시 차단력이 더 큰 것으로 나타났다.

3) 천막형 장비를 분당 18m의 속도로 밀 때의 노동강도는 에너지대사율의 경우 1.19로서, 가벼운 정도의 노동인 것으로 분류되었다.

본 연구를 통해, 새로이 고안된 천막형 장비가 복사열 차단 및 신체전반에 걸친 자외선 차단에 효과적임을 알 수 있었으며, 본 천막형 장비의 사용으로 농작업자를 포함한 실외 작업자의 일광으로 인한 인체부담을 경감시킬 수 있으리라 생각된다.

■ 참고문헌

- 권혁순(1993). 농사일에 적합한 작업모자 개발 및 보급 사례. *농촌생활과학*, 14(2), 47-48.
- 김경수, 최정화(2002). 소재에 따른 자외선·복사열 차단력. *대한가정학회지*, 40(10), 77-85.
- 농촌진흥청 농촌생활연구소(2001). 농작업 편이화를 위한 농작업 보조도구 사례집. 101-102.
- 최정화, 정영옥(1990). 하절기 방서용 농작업모 개발에 관한 연구. *한국의류학회지*, 14(4), 281-291.
- 健康栄養情報研究會(1999). 日本人の 栄養所要量(第六次 改定). 第一出版, 47.
- 肝付邦憲(1978). 日射に對する防暑通氣帽の效果について. *労働科學*, 54(1), 19.
- Mader, T. L. et al. (1999). Shade and wind barrier effects on summertime feedlot cattle performance. *J Anim Sci*, Aug 77(8), 2065-72.
- Mitlohner, F. M. et al. (2001). Shade and water misting effects on behavior, physiology, performance, and carcass traits of heat-stressed feedlot cattle. *J Anim Sci*, Sep 79(9), 2327-2335.
- Nunneley, S. A. & Myhre, L. G. (1976). Physiological effects of solar heat load in a fighter cockpit. *Aviat Space Environ*, Sep 47(9), 969-973.
- Parisi, A. V. & Kimlin, M. G. (1999). Comparison of the spectral biologically effective solar ultraviolet in adjacent tree shade and sun. *Phys Med Biol*, 44(8), 2071-2080.
- Parsons, P. G., Neale, R., Wolski, P. & Green, A. (1998). The shady side of solar protection. *Med J Aust*, Apr 6 168(7), 327-330.

(2003년 8월 8일 접수, 2003년 12월 5일 채택)