

농약 방제 작업자의 작업 환경 및 노동 부담 평가 Evaluation of the thermal environments and the workload of farmers during the spraying pesticide in the rice field

서울대학교 생활과학대학 의류학과
최정화 · 이주영

Dept. of Clothing & Textiles, College of Human Ecology, Seoul National University

Jeong-Wha Choi · Joo-Young Lee

(2002. 7. 16 접수)

Abstract

To evaluate the thermal environments and the workload of farmers in the rice field in summer, this study investigated rice farmers' physiological, psychological responses, work postures, work clothes, air temperature and air humidity during the spraying pesticide in the rice field. Five career farmers (3 males, 2 females) volunteered as the subjects. During the spraying pesticide in the rice field, physiological responses were monitored continuously. The results were as follows.

1. Farmers wore only raincoats not pesticide-proof clothing.

2. The value of WBGT, rectal temperature(T_{re}), mean skin temperature(\bar{T}_{sk}) were 24.9~28.9°C, 37.8(±0.3)°C and 33.6(±0.6)°C, respectively. Clothing microclimate temperature(T_{cl}) on the chest and back were 32.5(±2.6)°C and 33.6(±2.6)°C, respectively($p < 0.001$). Humidity inside of the clothing (H_{cl}) was over 80%RH and heart rate(HR) was 112(±27) bpm. We evaluated that the spraying pesticide was 'heavy work' by the T_{re} and HR.

3. To four subjective questionnaires, all farmers expressed 'hard, hot, humid and uncomfortable' without individual difference at the end of works.

We suggested that 1) the spraying pesticide in the rice field was a heavy work, 2) because the workload of farmers in the raincoat/pesticide-proof clothing can't be evaluated by only WBGT, assessors should measure physiological, psychological responses as well as thermal environments, 3) to alleviate farmers' heat strain, clothing manufacturers must consider not only the improvement of textile materials and clothing weight but also the designing of personal cooling equipment.

Key words: Pesticide, Heat stress, Work load, Thermoregulation, Protective clothing

농약, 열 스트레스, 노동 부담, 체온 조절, 보호 의복

I. 서론

농약은 피부, 호흡 기관, 위장관, 순환계, 간, 신장 등

에 독성을 일으키고 장기적으로 노출될 경우 다양한 종류의 암이 유발될 수 있다. 농약 방제 작업은 이러한 화학적 독성으로 인한 급, 만성 농약중독 문제 뿐만 아니라 주로 더운 여름철이나 밀폐된 비닐 하우스 내에

서의 작업으로 인한 서열 부담 때문에 농작업 중 가장 힘든 작업으로 알려져 있다(농촌영양개선연수원, 1994; Rainbird & O' Neill, 1995). 우리나라에서의 농약 소비량은 1994년까지 감소 추세이던 것이 이후 매년 증가하고 있고(한국농약공업협회, 1999), OECD 회원국의 국가별 농약 사용량에서도 우리나라는 일본 다음으로 연간 농약 사용량이 많은 나라로 평가되었다(환경부, 2002). 농약 살포 방법 또한 기계화, 자동화 대신 인력, 수동 방법으로 수행되므로 우리나라 농민에게 농약방제 작업의 위험성은 심각하다고 볼 수 있다.

우리나라에서 여름철 논에 농약 방제하는 작업자들은 농약 독성뿐만 아니라 더위에도 직면하게 된다. 일반 산업 현장에서의 서열 스트레스는 다양한 작업장 위험 요인들 중 가볍게 다루어지고 있으나, 농작업은 이와 달리 실외 작업이므로 대부분의 농민들이 정기적으로 서열에 노출되며, 특히 여름철 농약 방제 작업자들은 보호 작업복의 추가 착용으로 인해 서열 스트레스가 가중된다고 볼 수 있다. 전 세계적으로 기온은 점점 상승하고 있고 한국 농민의 연령 또한 노령화되어 가고 있으므로 여름철 농약 방제 작업의 위험 부담은 더욱 증가할 것이다. 농가 인구의 연령별 구조를 보면 65세 이상 고령층 농가 인구의 비중이 1995년 16.2%에서 2000년 21.7%로 증가하였고 농가의 평균 연령은 45.7세로 전체 인구의 평균 연령 33.1세보다 매우 높다(통계청, 2002). 특히 노인들은 서열 스트레스에 취약하기 때문에 열 장애로 인한 사망률이 높다고 알려져 있다(Nakai et al, 1999). 서열 환경은 작업자의 건강과 쾌적 모두에 부정적 영향을 미칠 수 있으며, 이로 인한 피로는 작업자의 작업 수행 능력을 감소시킨다. NIOSH나 ISO등에서는 서열 산업 현장과 독성 물질에 노출되는 작업 현장에서의 노동자 보호를 위해 일반 작업장의 노출 환경 온도와 작업량 등에 대한 지침을

제시하여 체계적으로 적용해 왔으나, 농촌의 여름철 농약 방제 작업 현장은, 농약과 서열이라는 두 가지 위해 요인 노출에도 불구하고, 이러한 권고 기준의 관심에서 상대적으로 소외되어 체계적인 실태 파악이 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 농민의 노동 부담 경감 대책의 일환으로 농약 살포시 농민의 서열 부담을 최소화하는 개인 보호구 개발을 위한 기초 자료 수집을 목적으로, 여름철 농약 방제 작업 현장의 온열 환경 및 농민들의 작업복 착용 실태를 파악하고, 농약 방제 작업시 작업자의 생리적, 주관적 노동 부담을 평가하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 조사 장소, 조사 시기 및 피험자

농약 살포 양상은 작목에 따라 살포 시기, 살포 횟수, 작업 환경 등이 다르다. 농약 방제 작업 환경은 크게 논, 과수원, 비닐 하우스로 나눌 수 있는데, 전체 작목 중벼 농사에 종사하는 인구가 가장 많고 경지 면적도 가장 넓으므로 논에서의 농약 방제 작업을 본 조사 대상으로 정하였다(농촌진흥청, 1989). 여름철 논에서 농약을 살포하는 작업자의 노동 부담 평가를 위해 농업 지대별 작목 배치도(1989)를 바탕으로 충청북도 당진을 조사 지역으로 선정하였고, 조사는 2000년 8월에 수행하였다. 농약 방제 작업의 내용은 논에 들어가 분무기로 농약을 직접 살포하는 것과 논둑에서 보조하는 작업 두 가지로 이루어졌다. 조사 대상자는 총 5명으로 이중 논에 들어가 직접 농약을 살포한 작업자는 모두 남자(C, Y, K)였으며, 논둑에서 농약 살포를 보조한 작업자는 여자(L, P)였다. 피험자들의 인구 통계학적 특징은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Characteristics of subjects

Date	Subject	Sex	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Work years	BSA(m ²)	BMI
18 August	C	Male	42	173	84	20	2.00	28.1
	Y	Male	42	180	80	15	2.01	24.7
	L	Female	41	164	70	16	1.78	26.0
23 August	K	Male	43	170	72	20	1.85	24.9
	P	Female	42	150	73	18	1.70	32.4

2. 측정항목 및 측정방법

1) 농약 방제 작업시의 대기 환경 및 작업복

농약 방제 작업하는 현장의 기온, 습도, 복사 온도, 기류는 ISO 7726(1985)의 방법에 따라 측정하였다. 작업 당일 착용하는 작업복은 의복 아이템별로 기록한 후, ISO 9920(1995)에 의해 do값을 추정하였다.

2) 생리적 반응 및 주관적 반응

피부 온도는 신체 7 부위에서 휴대용 써미스터(LT 8A, Gram Corp., Japan)를 이용하여 측정한 후, Hardy & DuBois의 7 점법에 의해 평균 피부 온도를 계산하였으며, 직장 온도는 휴대용 써미스터의 직장은 센서를 13cm 삽입하여 측정하였다. 의복내 온도와 습도는 휴대용 자동 온습도 기록기(Thermo Recorder TR-72S, T&D Corp., Japan)를 이용하여 등과 가슴 부위의 최내층 의복내 온도와 습도를, 심박수는 휴대용 심박수 측정기(Polar, Polar Electro INC., USA)를 이용하여 1분 간격으로 자동 측정하였다. 주관적 반응으로는 온열감, 습윤감, 쾌적감, 힘들기 정도 4 가지에 대해 1일 작업 전, 후에 기록하였다.

3. 조사 과정

개인 모니터링을 위해 하루의 농약 살포 작업 전체를 관찰하였다. 무작위로 선정된 피험자를 대상으로 당일의 작업 시작 1시간 전에 인체 생리 반응 측정 기기를 부착한 후 농약 방제 작업을 시작하게 하였다. 동

시에 물리적 환경 측정을 위해 작업장에 환경 측정 기기들을 설치하였다. 휴식 시간을 포함하여 작업을 마칠 때까지 당일 전 작업 동안의 생리 반응을 연속 측정하였으며 인위적 실험 조작은 일체 가하지 않았다. 작업을 통제하지 않았으므로 피험자 별로 작업 방법, 작업 시간 등이 일정하지 않았다.

4. 결과 분석

현장 조사이므로 온열 환경 값과 생리적 반응 값에 대해 평균, 표준 편차, 최고값, 최저값, 상승도 등을 계산하였고, 등과 가슴 부위의 의복내 온도 값에 대해서는 paired t-test를 이용하여 두 부위의 의복내 온도 차이를 검증하였다($P < 0.05$).

III. 결과 및 고찰

1. 작업시 대기 환경 및 작업복

본 조사에서 농약 살포 작업은 한 낮의 직사일광을 피해 주로 이른 아침이나 늦은 오후에 이루어졌다. 조사 당일 평균 기온은 18일, 23일 각각 29.8°C, 26.7°C, 평균 습도는 69, 74%RH, 평균 복사 온도는 39.8°C, 28.7°C, 평균 기류는 1.04m/s, 0.05m/s, WBGT는 28.9°C, 24.9°C였다(Table 2). 1일 1회 농약 살포 작업 시간은 18일, 23일 각각 122분, 100분이었으며, 작업 내용은 크게 두 가지로 눈에 들어가 직접 농약 살포하는 작업과 눈독에서 농약 살포를 보조하는 작업이었다(Fig. 1). 본 조사에서 작업시 온열 환경은 일반적인 한국 중부 지방의 8월

Table 2. Thermal environments around the field during the spraying pesticide and work duration

Date/Time	Physical environment	Mean	SD	Max.	Min.
18 August, Am 08:00-10:02	Air temperature (°C)	29.8	0.6	30.5	29.0
	Air humidity (%RH)	68.6	3.6	75	62
	Globe temperature (°C)	39.8	1.7	41.8	38.2
	WBGT(°C)	28.9	0.5	29.5	27.9
	Air velocity (ms ⁻¹)	1.04	0.38	1.82	0.3
23 August, Pm 17:00-18:40	Air temperature (°C)	26.7	0.7	28.0	26.0
	Air humidity (%RH)	73.6	4.3	78	66
	Globe temperature (°C)	28.7	1.3	31.0	27.5
	WBGT(°C)	24.9	0.4	25.5	24.4
	Air velocity (ms ⁻¹)	0.05	0.01	0.08	0.04

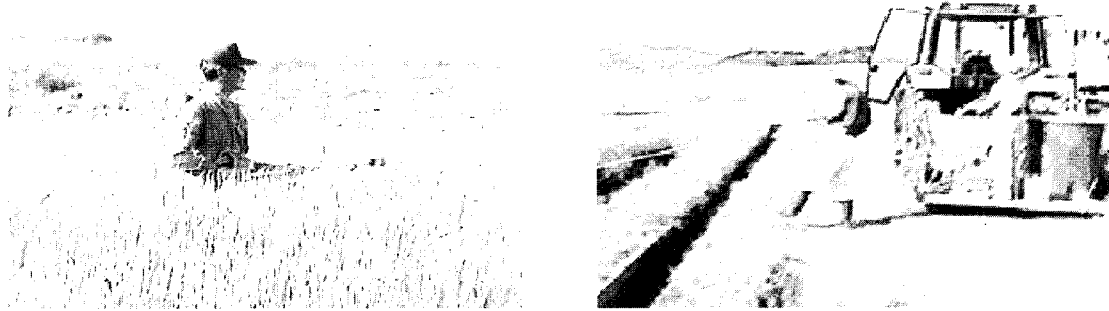


Fig. 1. The spraying pesticide in a rice field directly and assisting on a ridge between rice fields.

여름철 환경 온습도로 농약 방제 작업에 관한 선행 연구 결과와도 비슷한 수준이었다(최정화 외, 1999). 본 조사에서 작업시 측정된 심박수에 의하면 논에서 농약 방제하는 작업은 NIOSH의 ‘힘든 작업(heavy work)’으로 분류할 수 있고(Bridger, 1995), 작업은 쉬지 않고 수행되었으므로 지침의 ‘연속 작업’에 해당하였다. 조사에 참여한 농민들의 작업 경력은 모두 10년 이상이었으며, 실험에 참여하기 수 주 전부터 농약 방제 작업을 수행해 오고 있었으므로 NIOSH 분류의 ‘작업과 열에 적응된 작업자’에 해당한다. 이들 조건을 NIOSH 지침에 적용해 보면 논에서 농약 방제 작업하는 경우 WBGT 권장 역치 온도는 25°C이며, 논 안에서 직접 살포하는 작업보다 다소 덜 힘든 작업인 논둑에서 보조하는 경우에도 WBGT 권장 역치 온도는 27°C가 된다. 본 조사에서 작업자들은 여름 한낮의 고열을 피해 작업 시간을 이른 아침과 늦은 오후로 선택하였음에도 불구하고, WBGT는 평균 28.9°C와 24.9°C로 거의 WBGT 한계 온도이거나 온도를 초과하는 환경에서 작업이 이루어졌다고 볼 수 있다. 이상의 결과로 볼 때 농약 방제 작업시 온열 환경은 농작업자에게 열 부담이 큰 환경으로 평가할 수 있으므로 적극적 방서 대책의 필요성이 시사된다.

그러나 WBGT값은 농촌이 아닌 일반 산업장을 대상으로 개발된 것이고 더욱이 이 지침값은 방수 의복이 아닌 흡습성이 있는 일반 의복(0.6 clo)을 입고 작업하는 경우에 얻어진 것이다. 본 조사 대상자 중 농약 방제복을 착용한 사람은 없었으나, 논에 들어가 직접 농약

Table 3. Wearing garments of farmers during the spraying pesticide

Subject (Sex)	Garments	clo**
C,Y*, K (M)	Panties, Shirt with long sleeves, Work pants, Rain suit (jacket+ pants), Cap, Mask, Rubber gloves, Socks, Rubber shoes,	1.1-1.5
L,P (F)	Briefs, Bra, Shirt with long sleeves, Work pants, Cap, Thin cotton gloves, Socks, Sport shoes	0.4-0.6

*Y wore rain pants without rain jacket;

**estimated from ISO 9920

을 뿌리는 남자 농민들은 일반 우비 상하의(또는 우비 하의)와 직물로 된 마스크, 고무 장화, 고무 장갑 등을 개인 보호용으로 착용하여 추정 보온력은 1.1-1.5clo 사이였다(Table 3). 즉, 농약 방제시 고온의 온열 환경 조건 만으로도 별도의 방서 대책이 필요한데, 농약을 직접 살포하는 작업자가 방수, 불투습성 우비 상하의를 덧입는 경우에는 작업자에게 열적 부담이 더욱 가중되므로 적극적 방서 대책이 필수적이라 볼 수 있다. 이처럼 농약의 인체 침투를 막기 위해 일상 작업복 위에 방수, 불투습성 작업복을 추가로 착용하여 온열 부담이 가중되는 경우에는 이 WBGT 한계값들을 직접 적용할 수 없다. WBGT 값 자체가 물리적 환경 요소들로만 정의되고 특히 그 중 70%는 습구 온도가 결정하므로, 우비처럼 피부면의 땀을 잘 증발시킬 수 없는 불침투성 보호 의복을 착용하는 경우에는 작업자의 서열

부담을 과소 평가할 위험이 있다. OSHA에서는 이러한 경우에 WBGT와 함께 체온 등 인체 생리 반응을 함께 측정하여 평가할 것을 권하고 있다. 이러한 이유로 다양한 의복에 따른 WBGT 값에 대한 수정 인자를 다룬 연구들이 몇몇 수행되었으나 연구마다 차이가 있다. Ramsey(1978)는 우비를 입은 경우 WBGT에서 4°C를 뺄 것을 권하고 있고, ACGIH에서는 방수 고어 텍스일 경우 6°C를 뺄 것을 권하였다(Hanson, 1999).

한국에서 농약은 더운 여름철에 가장 빈번히 살포하므로 농민은 농약 방제복 착용 전 종종 더위와 농약 중독 사이에서 고민한다. 특히 만성 중독의 위험에도 불구하고 방제복의 필요성은 인식하고 있으나 너무 더워서 착용을 기피하는 경우가 일반적이다. Rucker et al(1988)에 의하면 농약을 칠 때 대부분의 농민들은 긴 팔 셔츠, 긴 바지, 모자 등은 착용했지만 방수 자켓이나 고글, 호흡 보호구 등은 거의 착용하지 않았다고 하였다. 농민들은 농약이 피부에 미치는 영향을 과소 평가하여 농약 방제용 보호 의복 대신 면 또는 cotton/PET 셔츠와 pants, hats를 선호하였고, 처음 착용해 보았던 PPE(personal protective equipment)에 대한 불쾌한 경험들이 새로운 타입의 보호복 수용을 방해했다고 하였다

(Raheel, 1994). 선진국의 경우에는 대규모로 공중 살포하거나, 개인 살포라 하더라도 보호 캡이 있는 차를 타고 살포하고, 우리 나라와 같이 개인이 소규모 농업을 하는 나라에서는 대부분 개인이 직접 분무기를 들고 논에 들어가 살포하므로 농약 중독의 위험이 선진국에 비해 크다고 볼 수 있다. 본 조사의 경우 논에 직접 들어가 농약을 살포하는 작업자 5명 중 2명은 농약 방제복 대신 우비를 착용하였고, 1명은 답답하다는 이유로 우비 상의를 착용하지 않았으며, 논둑에서 보조하는 작업자들은 보호 의복을 전혀 착용하지 않았다. 직접 농약을 살포하는 경우 마스크는 모두 착용하였으나 작업 도중 장시간 턱 아래로 내려 놓은 채 작업하였다. 농약은 직접 살포할 때 뿐만 아니라 작업자들이 옷을 입고 벗는 과정에서, 농약을 혼합하는 과정에서, 장갑을 끼고 벗는 과정에서 손 등 피부와 호흡기를 통해 인체에 유입될 수 있으므로(Raheel, 1994), 농약 방제복 개선시 이러한 2차 오염도 세심히 고려해야 한다.

2. 직장 온도 및 평균 피부 온도

총 5명 중 2명의 직장 온도 센서가 측정 도중 빠져 3명의 결과만 얻을 수 있었는데, 심박수 증가율이 가장 컸

Table 4. Physiological responses of farmers during the spraying pesticide

Physiological responses	Mean			SD	Max.	Min.
	Male	Female	Total			
$T_{re}(^{\circ}C)$	37.8	37.9	37.8	0.3	38.3	37.1
$T_{sk}(^{\circ}C)$	33.7	33.4	33.6	0.6	35.0	31.2
T_{cb} on the chest ($^{\circ}C$)	32.7	32.5	32.6	2.6	38.0	25.2
T_{cb} on the back ($^{\circ}C$)	33.6	33.8	33.7	2.6	39.3	27.3
H_{cb} on the chest (%RH)	87.0	79.5	84.0	10	99	58
H_{cb} on the back (%RH)	92.3	70.0	83.4	14	99	42
HR (bpm)	117	104	112	27	184	67

Table 5. Rectal temperatures and heart rates of farmers during the spraying pesticide

	Subject C	Subject Y	Subject L	Subject K	Subject P
Total work duration (min)	122	122	122	100	100
$T_{re\max}-T_{re0}(^{\circ}C)$	-	1.01	0.45	0.74	-
Taking time to $T_{re} 38^{\circ}C$ (min)	-	108	48	41	-
$T_{re} \geq 38^{\circ}C$ /Total work duration (%)	-	12.3	32.8	60	-
Work duration $HR \geq 140bpm$ /Total work duration (%)	33.6	10.7	1.6	14	9
$HR_{\max}-HR_0$ (bpm)	184-62	164-86	134-73	154-77	165-82

던 2명의 직장 온도 센서가 빠졌다는 것은 작업 동작이 격렬했음을 나타내 준다. 나머지 3명의 평균 직장 온도는 $37.8(\pm 0.3)^{\circ}\text{C}$, 최고 온도는 38.3°C , 작업 중 최고 직장 온도와 작업 시작시 직장 온도와의 차이로 본 직장 온도 상승도는 Y, L, K 각각 1.01°C , 0.45°C , 0.74°C 로 논독에서 보조하는 작업보다 직접 눈에 들어가 농약을 살포하는 작업의 경우에 상승도가 더 컸다. 작업 시작 후 직장 온도가 38°C 까지 도달하는데 걸린 시간은 각각 108분, 48분, 41분이었으며, K는 총 작업 시간의 60% 동안 38°C 이상의 직장 온도를 보여 주었다(Table 4, Table 5, Fig. 2). 인간의 생리 반응 중 심부 온도는 작업 수행 능력과, 피부 온도는 온열적 쾌적감과 관련된다고 알려져 있다. 직장 온도는 온열 환경과 수행하는 작업의 영향을 동시에 받기 때문에 서열 작업장에서의 노동 부담 평가를 위해 우수한 지표이나 실제 작업장에서는 사회적 또는 방법상의 이유 때문에 측정하기 어렵다는 단점이 있다. ACGIH에서는 서열 작업시 직장 온도가 38°C 이상 올라가서는 안 된다고 규정하고 있으며, WHO에서는 권고 사항으로 심부 온도가 장시간 38°C 이상이어서는 안되나 간헐적으로 38°C 이상은 안전하며, 혹 39°C 까지도 수용할 수 있다고 정해 놓고 있다. 즉, 심부 온도 38°C 를 안전한 경계선으로 간주하는데, 본 조사에서는 3명 모두 직장 온도가 38°C 이상 상승하였고, 3명 중 2명은 작업 시작 후 40분 만에 38°C 에 도달했다(Table 5, Fig. 2). 본 조사에 참여한 농민들은 열과 작업에 적응된 경우였으므로 적응되지 않은 작업자일 경

우 직장 온도는 이보다 약 $0.3\text{-}0.4^{\circ}\text{C}$ 더 높을 것으로 예상할 수 있으며(Buono et al, 1998), 센서가 빠진 2명의 직장 온도 값은 더 높았을 것으로 예상할 수 있다. 이처럼 직장 온도가 높고 빠른 상승을 보인 이유는 보호용 우비를 추가로 착용하여 서열 부담이 가중되고 질척거리는 논 바닥에서의 작업으로 인한 산열량 증가 등을 주원인으로 해석할 수도 있으나, 우비의 추가 착용 없이 논독에서 줄을 잡고 끌어주는 L의 직장 온도도 38°C 이상 상승한 점으로 보아 농약 살포하는 작업 자체가 심부에 큰 부담을 주는 작업이라 판단된다.

피부 온도는 C를 제외한 4명에게서 얻을 수 있었으며, 작업동안 4명의 평균 피부 온도는 $33.6(\pm 0.6)^{\circ}\text{C}$, 최고 온도는 35.0°C 였다(Table 4, Fig. 2). 신체 외각의 온도는 환경 온도와 신체 말초 혈액 순환량에 의해 주로 결정되는데 서열 환경 자체는 말초 혈관 확장을 유발하여 혈액 순환량을 증가시키고, 작업은 근육의 혈류 공급 증가를 요구하여 혈액 순환량을 증가시킨다. 따라서 서열 환경과 작업이라는 두 가지 요소가 복합되는 경우에는 한 가지 조건만 있는 경우보다 평균 피부 온도가 더 상승하게 되는데 본 조사에서 얻어진 평균 피부 온도는 아주 높은 편은 아니었으며, 시간에 따라 상승하는 경향을 보이다가 다시 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2). 이는 작업 중 피험자가 더위를 심하게 느끼는 경우 모자를 벗고 상의의 앞 단추를 풀어 놓는 등 행동적 조절을 통해 피부 온도를 낮추었기 때문이다.

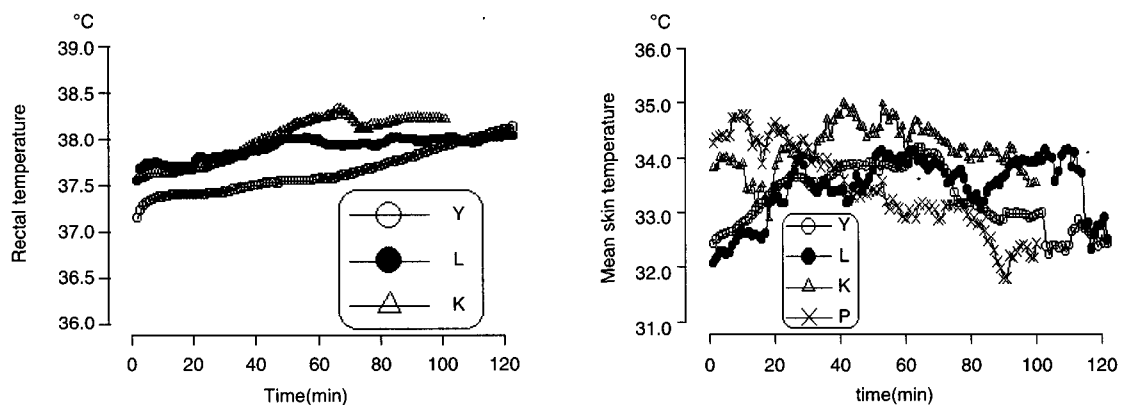


Fig. 2. Time course of rectal temperature and mean skin temperature during the spraying pesticide.

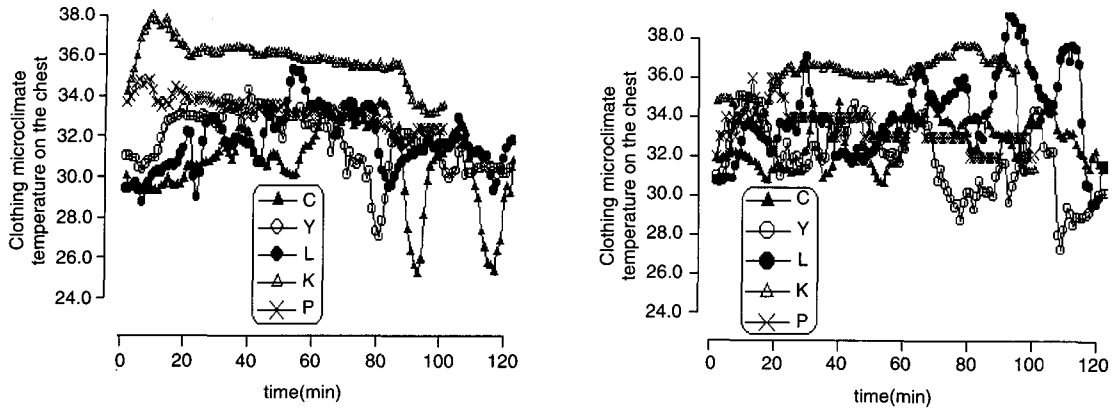


Fig. 3. Time course of clothing microclimate temperature during the spraying pesticide.

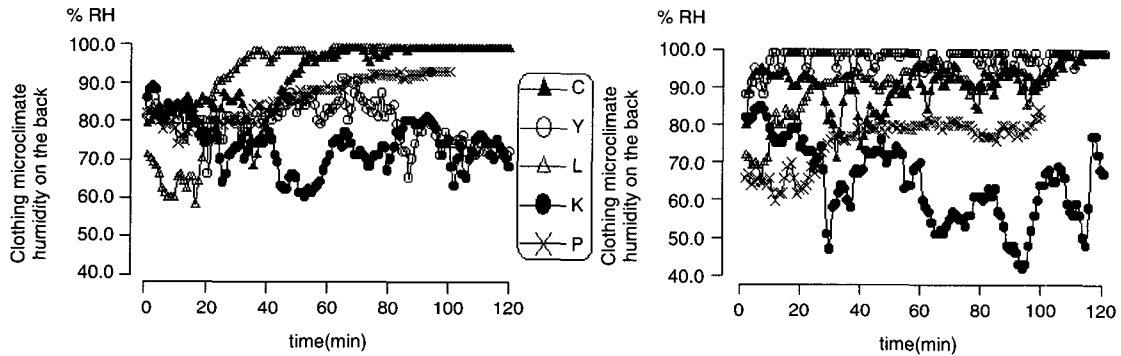


Fig. 4. Time course of clothing microclimate humidity during the spraying pesticide.

3. 의복내 온도 및 습도

농약 방제 작업동안 5명의 가슴 부위 의복내 온도는 $32.5(\pm 2.6)^{\circ}\text{C}$, 등 부위 의복내 온도는 $33.6(\pm 2.6)^{\circ}\text{C}$ 로 등 부위 온도가 가슴 부위 온도보다 유의하게 더 높았다($p < 0.001$, Table 4, Fig. 3). 본 조사 결과 농약 방제 작업 중 가슴 부위 의복내 온도는 김소영(1999)의 연구에 의한 20대 남자의 여름철 일상 생활 중 가슴 부위 의복내 온도(35.3°C), 쾌적시 의복내 온도(35.1°C)보다 더 낮은 값을 보여 주었다. 이는 농약 살포 작업 중 농작업자 스스로 더위로 인해 우비와 셔츠의 가슴 부위를 열어 놓고 피부면을 환기시켰기 때문일 수 있다. 그러나 피험자의 연령과 활동 내용이 다를 경우 직접 비교할 수는 없으므로 작업 강도에 따른 의복 기후와 쾌적감과의 관계에 대한 보완 연구가 필요할 것이다. 본 조사의 경우 작업 도중 환기를 위해 상의 앞단추를 풀어 놓은 것

도 가슴과 등 부위 의복내 온도의 차이에 영향을 미쳤으리라 생각되나, 일반적으로 작업이나 운동시, 등 부위 의복내 온도가 가슴 부위보다 더 높으므로 농약 방제복 개선시 등 부위 열 부담 감소를 위한 고려도 필요할 것이다.

더운 환경에서 작업자의 온열 부담을 평가하기 위해 국부 또는 전신 발한량을 측정하는 것이 필수적이거나 본 연구에서는 실제 작업시 측정이 번거롭다는 농민들의 의견에 따라 시간에 따른 의복내 습도의 변화량을 측정하는 것으로 대신하였다. 가슴 부위 의복내 습도는 평균 84% RH, 등 부위 의복내 습도는 평균 83.4% RH로 부위별 유의한 차이 없이 가슴, 등 모두 80% RH 이상의 의복내 습도를 보였으며(Table 4, Fig. 4), 이렇게 높은 의복내 습도는 서열 환경, 고강도의 작업, 그리고 우비 착용에 의해 형성된 것으로 볼 수 있다. 더운 환경에서 의복의 덧입기는 수분 증발을 억제

(Hydromeiosis)하여 여러 가지 열 장애(dyhydration, hest edema, heat exhaustion, Heat stroke, etc.)를 유발할 수 있으며, 특히 장시간 또는 다량으로 발한하여 의복이 땀에 의해 젖어 있을 경우 피부 각질층이 박리되어 땀샘이 막혀 발한이 잘 안되는 땀띠(heat rash) 등이 발생할 위험이 있다. 농약 방제 작업시 농약 방제복 착용은 농약 중독의 위험을 줄여 주는 대신 여러 열 장애들을 유발할 수 있으므로 보조 냉각 장비 등 적극적 방서 대책의 필요성이 시사된다.

4. 심박수

심박수는 개인내, 개인간 편차가 컸기 때문에 시간에 따른 변화 대신 피험자 5명의 심박수 범위(bpm)별 비율을 그래프로 나타내었다(Fig. 5). 작업동안 5명의 심박수 평균은 112(±27)bpm, 작업 중 최고 심박수는 184 bpm이었다. C는 총 작업 시간의 33.6%에 달하는 시간 동안 140bpm 이상의 심박수를 보였고 작업 중 최고 심박수와 작업 시작시 심박수와의 차이도 122bpm으로 가장 큰 차이를 보였다(Table 4, Table 5, Fig. 5). 더위에서의 작업은 쾌적한 기온에서 작업하는 경우에 비해 심혈관계에 열적 부담을 가중시킨다. 즉, 더위에서 작업하는 경우에는, 작업 중인 근육에 필요한 혈류와

열발산을 위해 말초 조직에 동원되는 혈류 두 가지가 동시에 요구된다(Kristal-Boneh et al. 1997). 이는 산소 섭취량을 통해 평가될 수 있는데, 작업 현장에서 산소 섭취량을 직접 측정하는 것은 기술적으로 어렵고 동시에 측정 자체가 피험자에게 부가적인 스트레스로 작용할 수 있기 때문에 상대적으로 측정이 간편한 심박수로 작업의 노동 부담을 평가하였다. 산소 섭취량을 통한 지수인 RMR(Relative Metabolic Rate) 값에 의하면 이 값이 4.0-6.9인 경우 중한 노동으로 분류하는데는 농약 방제 작업의 RMR은 4.0으로 농작업 중에서도 고강도 작업으로 알려져 있다(농촌영양개선연수원, 1994).

심박수로 평가하는 경우에는 8시간 작업인 경우 평균 110 bpm 이상이어서는 안되고, 1분 이상 최고 심박수가 피험자 최대 심박수의 90% 이상이어서는 안된다고 규정하고 있다(Bernard, 1996). 또한 심박수가 90~110 bpm 일 때 중등 정도의 작업, 110~130 bpm 일 때 힘든 작업, 130~150 bpm 일 때 매우 힘든 작업으로 평가하는데(Bridger, 1995), 본 조사에서는 작업자의 평균 심박수가 112 bpm 이상이었으므로 농약 방제 작업을 힘든 작업으로 평가할 수 있다. 눈에 들어가 직접 농약을 살포하는 작업자 중 C는 자신의 최대 심박수의 90% 이상에 해당하는 180 bpm 이상의 심박수를 연속 8분 동안 나타내었으므로 농약 방제 작업이 심혈관계에 위험한 작업이었다고 판단할 수 있다. 특히 눈에 들어가 분무기와 줄을 등에 지고 농약을 살포하므로 장비 무게에 의해서도 심박수가 증가했으리라 생각할 수 있다. Skoldstrom(1987)은 소방수의 노동 부담을 측정한 결과 소방 장비 무게가 분당 VO2를 0.4씩 증가시켜 생리적 부담을 증가시켰다고 하였으며, Chad and Brown (1995)는 들기 작업을 수행하는 경우 작업자의 심박수는 중립(neutral) 환경에서보다 더운 환경에서

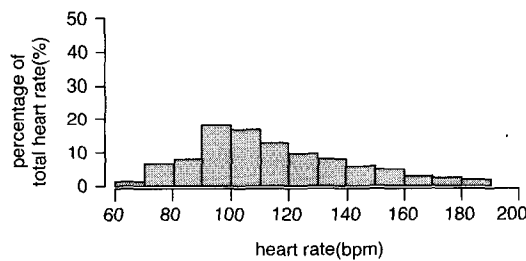


Fig. 5. Percentage of heart rate by range during the spraying pesticide.

Table 6. Subjective responses of farmers immediately after the end of the work for 100-122min

	Subject C	Subject Y	Subject L	Subject K	Subject P
Work load	Very hard	Hard	Somewhat hard	Hard	Somewhat hard
Thermal sensation	Hot	Very hot	Hot	Hot	Hot
Sensation of humidity	Very humid	Very humid	Humid	Very humid	Humid
Thermal comfort	Uncomfortable	A little uncomfortable	A little uncomfortable	Uncomfortable	A little uncomfortable

더 높았다고 보고하였다.

5. 주관적 반응

'생리적 스트레인' 이라 계산된 값들이 대부분의 작업자에게 참을만한 것일 수 있으나 또 다른 나머지 사람들에게겐 견딜 수 없는 스트레인이 될 수도 있으므로 생리적 측정 항목과 함께 주관적 반응을 측정해야 한다. 본 조사에서는 농약 방제 작업의 특성상 작업 도중 일정 시간 간격별로 주관적 감각에 대한 응답을 얻을 수는 없었으나, 농약 살포 작업 후 주관적 반응은 힘들기 정도의 경우 '약간 힘들다', '힘들다', '매우 힘들다', 온열감의 경우 '덥다' 또는 '매우 덥다', 습윤감의 경우 '습하다' 또는 '매우 습하다', 쾌적감의 경우 '약간 불쾌하다' 또는 '불쾌하다' 고 응답하여 피험자간 큰 차이는 없었다(Table 6).

평균 피부 온도에 따른 주관적 반응은, 일반적으로 약 32.8°C 인 경우 '쾌적하게 시원한(Comfortably cool)', 33.9°C 인 경우 '쾌적한', 34.4°C 인 경우 '약간 따뜻한', 35.5°C 인 경우 '불쾌하게 따뜻한', 36.7°C 인 경우 '매우 더운' 으로 알려져 있다(Woodson, 1987). 본 조사에서 농약 방제 작업을 마칠 시점에서 작업자들의 평균 피부 온도는 모두 33~34°C 사이였으며, 이는 Woodson (1987)에 따르면 쾌적하거나 약간 따뜻하다고 느껴지는 피부 온도였으나 이와 달리 실제 농약 방제 작업자들은 힘들고 불쾌할 정도로 덥다고 대답하였다. 따라서 활동량이나 착의량 등에 따라 동일한 피부 온도에 대해서도 다르게 느낄 수 있으므로 이에 대해선 보완 연구가 필요하다.

V. 요약 및 결론

본 연구는 농민의 서열 부담을 줄이기 위한 개인 보호구 개발의 관점에서, 여름철 벼 농약 방제 작업 현장의 온열 환경 및 농민들의 작업복 착용 실태를 파악하고, 벼 농약 방제 작업시 작업자의 생리적, 주관적 노동 부담을 평가하는 것을 목표로 하였다. 이를 위해 2000년 8월 충북 당진에서 벼 농약 살포 작업자 5명을 대상으로 작업동안 온열 환경 및 생리적, 주관적 반응을 측정하였다. 본 연구는 통계 자료를 기초로 논농사의 대

표성을 갖는 지역의 농민을 선정했으나 조사 지역이 한정되어 있고 조사 대상자의 수가 적기 때문에 본 조사 결과를 한국의 논농약 살포 작업에 대한 결과로 일반화 시킬 수는 없을 것이다. 그러나 일체의 인위적인 조작 없이 농약 살포 작업을 직접 조사한 현장 연구이므로 실제 작업 현장에서의 사례 연구 결과라는 것에 의의를 두고자 한다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 농약 방제 작업하는 동안 WBGT 값은 24.9-28.9°C로 NIOSH 기준으로 볼 때 작업자에게 온열적으로 부담을 주는 환경이었고, 특히 방수 우비 상하를 입고 살포하는 작업자에게는 서열 부담이 더 가중되었다고 평가할 수 있다.

2. 직장 온도는 평균 37.8(±0.3)°C였고 작업 중 모두 38°C를 초과하였으므로 ACGIH, WHO, NIOSH 등의 서열 작업에서의 직장 온도 한계치로 볼 때 농약 살포 작업은 체온 조절에 부담을 주는 작업이라고 평가된다.

3. 가슴과 등 부위 의복내 온도는 각각 32.5(±2.6)°C, 33.6(±2.6)°C로 등 부위 온도가 가슴 부위 온도보다 유의하게 더 높았고(p<0.001), 의복내 습도는 가슴과 등 부위 모두 80%RH 이상을 보였으므로 방제복 개선시 특히 등 부위의 서열 부담을 효율적으로 줄일 수 있는 방법이 고려되어야 할 것이다.

4. 작업동안 심박수는 평균 112(±27) bpm으로 '힘든 작업'으로 평가할 수 있다. 심박수 증가는 환경 온습도나 작업 강도 뿐만 아니라 착용한 작업복과 사용 장비의 무게에 의해서도 영향을 받으므로 방제복 개선시 경량화를 고려해야 한다.

5. 작업 직후 주관적 감각은 개인별 큰 차이 없이 모두 '덥다, 습하다, 불쾌하다, 힘들다' 라고 응답하여 주관적으로도 힘든 작업임을 보여 주었다. 농약 방제복 개선시 소재나 디자인 뿐만 아니라 보조 냉각 장비 등을 적절히 이용한다면 주관적 한서감 및 쾌적감 등을 향상시켜 줄 수 있을 것이라 사료된다.

결론적으로, 첫째, 보호 의복을 착용한 농약 방제 작업자의 서열 부담을 WBGT만으로 평가하는 것은 적절하지 않으므로 생리적 반응 및 주관적 반응을 함께 측정하여 노동 부담을 평가해야 할 것이며, 둘째, 농약 방제 작업시 온열 환경에 의한 부담만으로도 농민의 서

열 부담을 경감시켜 줄 필요성이 충분히 있으나 방수성 보호 의복 착용으로 인해 서열 부담이 가중되므로 보조 냉각 장비 등을 이용한 적극적 방서 대책이 필수적이다.

감사의 글

본 연구는 농림부의 농림기술개발 과제 중 현장에 로기술개발사업 환경 분야 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

김소영. 우리나라 성인남녀의 계절별 의복기후에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문, 1999

농촌영양개선연수원. 활동별 에너지 대사량표, 농촌진흥청 농촌영양개선연수원, 1994

농촌진흥청. 농업지대별 작목배치도, 농업경영 자료 제 59호, 농촌진흥청, 1989

농촌진흥청. 작목별 작업단계별 노동력 투하시간, 농업경영연구보고 제 54호, 농촌진흥청, 1996

최정화, 안옥선, 황경숙. 한국의 농작업 환경과 인체 부담에 관한 연구(3)-작목별 농작업 모형을 중심으로-, 한국농촌생활과학회지, 10(2), 85-100, 1999

통계청. http://www.nso.go.kr/main_k2.htm, 2001

한국농약공업협회. 농약연보, 1999

환경부. <http://www.me.go.kr:50000/user/index.html>, 2001

Bernard TE. Occupational heat stress, in Occupational ergonomics, Bhatta charya A & McGlothlin J(eds), Marcel Dekker Inc, New York, 1996

Bridger RS. Introduction to ergonomics, McGraw-Hill, New York, 1995

Buono MJ, Heaney JH, Canine KM. Acclimation to humid heat lowers resting core temperature. *Am J Physiol* 274,

R1295-1299, 1998

Chad KE, Brown JMM. Climatic stress in the workplace, *Applied ergonomics* 26(1), 29-34, 1995

Hanson. Development of draft british standard: the assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment, *Ann Occup Hyg*, 43(5), 309-319, 1999

ISO 7726. Thermal environment-Instruments and methods for measuring physical quantities, International Organization for standardization, Switzerland, 1985

ISO 9920. Ergonomics of the thermal environment-Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble, International Organization for standardization, Switzerland, 1995

Kristal-Boneh E, Harari G, Green MS, Heart rate response to industrial work at different outdoor temperatures with or without temperature control system at th plant, *Ergonomics*, 40(7), 729-736, 1997

Konz S. Physiology of body movement, in Occupational ergonomics, Bhattacharya A & McGlothlin J(eds), Marcel Dekker Inc, New York, 1996

Marcel Dekker. Protective clothing systems and materials, Raheel M (ed), New York, 1994

Nakai S, Itoh T, Morimoto T. Deaths from heat-stroke in Japan: 1968-1994., *Int J Biometeorol* 43(3), 124-7, 1999

Rainbird G, O' Neill D. Occupational disorders affecting agricultural workers in tropical developing countries, *Applied ergonomics*, 26(3): 187-193, 1995

Skoldstrom, B. Physiological responses of fire fighters to workload and thermal stress, *Ergonomics*, 30(11): 1589-1597, 1987

Woodson WE. Human Factors reference guide for process plants, McGraw-Hill Book Company, 1987