한국지역사회생활과학회지 24(4) : 543~552, 2013
Korean J Community Living Sci 24(4) : 543~552, 2013
http://dx.doi.org/10.7856/kjcls.2013.24.4.543

여름철 노지 고추 수확 작업시 고령농업인의 온열 부담 평가

채 혜 선 · 김 현 진† · 오 영 순 · 이 경 숙 · 김 효 철 · 김 경 란
농촌진흥청 국립농업과학원

Evaluation of the Farmers' Workload and Thermal Environments during Chili Harvest in the Open Field

Chae, Hyeseon · Kim, Hyunjin† · Oh, Youngsoon · Lee, Kyungsuk · Kim, Hyocher · Kim, Kyungran
National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon, Korea

ABSTRACT

Physiological and subjective responses of the farmers and thermal environment during chili harvest in the open field were investigated to evaluate the thermal environments and farmers's workload. Eight career female farmers in their sixties participated as subjects both in morning work(MW, AM 9:00~10:30) and in afternoon work(AW, PM 15:00~16:30) with each lasting about 90 minutes. The results were as follows. 1) Air temperature, air humidity, globe temperature and WBGT of MW were mean 25.54℃, 81.82%RH, 37.72℃, 26.27℃ and AW were mean 30.63℃ 82.50%RH, 40.11℃, 30.02℃, respectively. By the WBGT, we evaluated that the thermal environment in the afternoon in the open field gave a thermal burden to farmers. 2) Mean skin temperature of AW(34.8±0.8℃) was higher than MW(33.5±1.2℃)($p<0.05$). Clothing microclimate temperature on the chest of each work time were 31.3℃(MW) and 32.7℃(AW). Clothing microclimate humidity on the chest of each work time were over 80%RH. Heart rate were 88.5bpm(MW) and 91.7bpm(AW) respectively. 3) Farmers working in the afternoon felt uncomfortable after 45~60 min. of work and in the morning they felt uncomfortable after 90 min. of work. We evaluated that the harvesting of chilies in the open field was 'moderate work' by the physiological responses but the level of thermal burden increased over time especially in the afternoon work. It is suggested that farm workers should drink fluids between work to stay in homeostasis by sweating and to take frequent rests. Active clothing ventilation and wearing functional garments would help farm workers excrete sweat effectively.

Key words: heat stress, thermoregulation, workload, safety for farm work

---

This study was carried out with the support of "Research Program for Agricultural Science & Technology Development (Project No. PJ008420)", National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Republic of Korea.
접수일: 2013년 10월 31일 심사일: 2013년 11월 29일 게재확정일: 2013년 12월 17일

†**Corresponding Author**: Kim, Hyunjin Tel: 82-31-290-1940
e-mail: labv@snu.ac.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

농업은 다른 산업에 비해 작업장이 실외인 경우가 많아 자연환경에 의한 더위, 자외선, 추위 등에 의한 질환의 발생 가능성이 높고, 작업능률과 작업수행 능력 저하에 의한 사고의 위험도 야기될 수 있는 문제점을 가지고 있다. 농사주기 중 대부분의 농번기가 여름이기 때문에 농업인은 농작업 환경의 가장 불편한 요소로 햇볕과 높은 온도를 들고 있어(Lee et al. 2007) 온열환경에 대한 노출문제가 중요시 되고 있다.

덥고 습한 고온환경에서 작업을 하게 되면 인체 온도가 상승하여 열스트레스(Heat Stress)를 경험하게 되는데 이로 인해 발생하는 건강상의 문제를 열중증(고열장애 : heat disorder)이라고 한다(WorkSafeBC 2000). 2012년 현재 우리나라 농가인구의 고령화율(35.6%)이 전체 고령화율(11.8%)의 3배에 달하고(Korean National Statistical Office 2013) 농업의 규모화에 의한 농작업 부담이 증가하고 있어 농작업 온열환경에 의한 농업인의 안전보건 문제는 더욱 심각해질 것이다.

작업시 열스트레스로 인한 안전보건상의 문제를 예방하기 위해 유럽은 각종 산업현장에 폭염지수 관측장비를 휴대하거나 설치하여 수시로 관측하고 있으며, 일본은 2004년부터 야외 및 실내 행사시 위험폭염지수에 개최 불가 규칙을 신설하였다. 또 미국 EPA(Environmental Protection Agency)는 농업에서의 열스트레스에 대한 지침을 제정하였고, OSHA (Occupational Safety and Health Administration)에서 HI(Heat Index)를 이용한 열안전도구(Heat Safety Tool) 스마트폰 애플리케이션(application)을 개발하여 무료로 제공하고 있다.

이처럼 열지수를 이용한 작업강도 조절은 작업자의 열스트레스 예방의 중요한 방법중의 하나로 인식되고 있으며, 일반산업 현장에서 이를 이용한 작업환경 개선 노력이 이루어지고 있다. 반면 국내의 온열환경 측정 및 쾌적성에 대한 평가는 현재 관련 기준이 전무한 상황이며, 지표기준도 WBGT(열사병 예방 지수)에만 의존하는 상황이다. 또한 농작업장은 자연환경을 토대로 하고 있어 작업환경 조절이나 작업시기의 변경이 어려워 이를 그대로 적용하기에는 한계가 있다.

노지에서의 고추재배는 4월 중순 이후부터 시작되며 수확 시기는 대개 8월부터 10월정도까지이다. 그늘이 없는 야외에서 허리를 구부려 고추를 따고 무거운 고추수확자루를 옮기는 작업이다. 대부분의 농업인은 자외선 지수가 높은 오후 12시부터 3시 사이에는 노지작업을 제한하고 이른 오전과 늦은 오후에 작업을 진행함으로써 온열환경 노출을 피하고 있다. 그럼에도 불구하고 8월의 경우 평균최고기온이 30도를 넘는 고온다습의 환경에서 농업인들은 자외선 차단이나 작물과 토양에 의한 피부손상을 막을 목적으로 머리, 팔, 다리, 손을 포함한 대부분의 신체부위를 피복하는 의복을 착용하고 하고 있어 열적 부담이 가중되는 경향이 있다. 농작업 온열환경에 의한 열스트레스 예방방안 마련을 위해서는 농작업장의 기후조건과 농업인의 열적부담에 대한 파악과 이를 바탕으로 한 농작업환경 개선 기술개발이 필요하다.

농작업 온열환경과 농업인의 생리적 작업부담을 평가한 연구들(Choi et al. 2002; Kim & Lim 2007; Choi et al. 2007)은 극히 수가 적으며, 작업자의 의복 기후 개선을 통해 온열생리환경을 쾌적하게 조절하려는 연구들이 일부 수행되어 왔다. 하지만 비닐하우스용 작업복(Myung et al. 1993), 농작업 모자(Kim & Choi 2004), 냉각조끼(Choi & Hwang 2001; Choi et al. 2005), 농약방제복(Chung & Kim 1999; Yoo 2004)에만 국한되어 다양한 품목에 대한 접근이 부족하고 기능성 신소재나 첨단 냉각 시스템을 적용한 연구의 진행은 전혀 없었다. 더욱이 고령농업인을 대상으로 농작업 온열환경에 대한 노출과 인체생리반응에 대한 연구는 전무한 실정이다.

이에 본 연구에서는 농작업시 노출되는 온열환경을 측정하고 고령 농업인을 대상으로 실제 농작업에서의 인체생리반응을 분석하여 농업인의 온열부담 개선 방안 마련을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

Ⅱ. 연구방법

1. 실험 환경 및 조건

본 연구는 8월 중 노지에서 고추 수확 작업시의 온열 부담 평가를 위해 전라북도 임실을 조사 지역으로 선정하여 인체생리반응을 측정하였다. 고추 수확 작업의 내용은 고추를 따는 것과 딴 고추를 수레나 바구니에 넣어 운반하기로 이루어졌다.

실험 조건은 농작업자들이 주로 작업을 하는 시간으로 정하고자 하였다. 일반적으로 현장에서는 오전 7시경부터 11시 정도까지, 오후 3시경부터 6시 정도까지 작업을 진행하고 있으나 작업 중 오랜 시간의 인체 측정이 농작업에 방해가 될 우려가 있고, 이 시간동안 연속하여 작업이 진행되는 것이 아니라 중간에 새참 등 간식을 섭취함으로 인해 인체생리반응 측정의 어려움이 있어 작업을 하는 오전과 오후 시간대 중 온열 부담이 높을 것으로 생각되는 오전 9시부터 10시 30분과 오후 3시부터 4시 30분까지 각 시간대별로 90분 동안의 인체생리반응과 환경조건을 측정하였다. 온열 부담이 가장 클 것으로 생각되는 12시에서 14시 사이는 대부분의 농민들이 작업을 하지 않고 있어 인체생리반응은 측정을 하지 않고 환경조건만 측정하였다.

오후 실험의 경우 동일한 날의 오전 실험 후 진행이 되면 오전 실험에서의 피로도가 누적되어 오후 실험에 영향을 미칠 가능성이 있어, 동일한 날이 아닌 환경조건이 비슷한 날 중 이틀에 걸쳐 동일 피험자를 대상으로 진행하였다.

측정 중 작업복은 농작업시 작업자들이 일반적으로 착용하는 면소재의 긴팔셔츠, 긴바지, 팬티, 브래지어, 팔토시, 면장갑, 양말, 챙모자, 고무신을 착용하였고 ISO 9920(1995)에 의한 추정 보온력은 0.5~0.7clo 였다.

2. 피험자

실험에 참여한 피험자는 60대의 여성 농작업자 8명으로 연구의 목적 및 내용에 대해 충분히 설명한 후 자발적으로 실험에 참여하도록 하였다. 이들의 평균 연령과 작업 경력, 구체적인 신체적 조건은 Table 1과 같다.

3. 실험과정 및 측정항목

고추 수확 작업 현장의 기온, 습도, 복사 온도, 일사량, 기류는 환경 측정 기기(ALMEMO, Akrobit software GmbH., Germany)를 이용하여 ISO 7726 (1985)의 방법에 따라 1분 간격으로 측정하였다. WBGT는 기온, 기습, 기류, 복사열을 고려한 것으로 측정값을 기준으로 계산하였다(식1).

WBGT = 0.7×습구온도 + 0.2×흑구온도 + 0.1×건구온도 (식 1)

피험자는 농작업을 시작하기 1시간 전부터는 물 이외의 음식물 섭취를 제한하였으며 실험에 영향을 줄 수 있는 무리한 신체활동을 자제하도록 하였다. 피험자는 작업을 시작하기 전 옷을 갈아입고 실험을 위한 측정기기를 부착한 후 30분 동안 안정을 취하도록 하였다. 안정을 취한 후 90분 동안 고추 수확 작업을 실시하였으며 작업 중 1분 간격으로 가슴, 윗팔, 대퇴, 하퇴의 피부온도(LT 8A, Gram Corp., Japan)와 가슴부위 의복내 온습도(Thermo Recorder TR-72S, T&D Corp., Japan), 심박수(Polar, Polar Electro INC., USA)를 측정하였다. 평균피부온도는 Ramanathan의 4점법에 의해 계산되었다(식2). 주관적 감각은 온열감(ISO 10551의 9점 척도), 습윤감(ASHRAE의 7점 척도), 쾌적감(일본공기조화위생학회의 4점 척도), 주관적 노동강도(Subjective workload, Borg의

Table 1. Characteristics of subjects

	Gender	Age(year)	Height(cm)	Weight(kg)	Work years	BSA(m^2)	BMI(kg/m^2)
Subject(n=8)	Female	69.5±1.3	157.52.4	57.6±10.1	32±7	1.6±0.1	23.1±3.4

BSA = $W^{0.425}$ * $H^{0.725}$ * 0.007246 (Takahira's equation)

BMI = Weight/$(Height)^2$ (Kettler's equation)

7점 척도)를 15분 간격으로 기록하였다(Table 2). 각 척도는 숫자가 커질수록 덥고, 습하며, 불쾌하고, 주관적으로 힘든 상태를 의미한다. 작업 중 직장온도와 국부 또는 전신의 발한량을 측정하고자 하였으나 실제 작업시 측정이 번거로워 작업에 방해가 된다는 농민들의 의견에 따라 측정하지 못하였고 발한량의 경우 시간에 따른 의복내 습도를 측정하는 것으로 대신하였다.

평균피부온도 = 0.3×가슴온도 + 0.3×윗팔온도
+ 0.2×대퇴온도 + 0.2×하퇴온도
(식 2)

4. 통계분석

SPSS 18.0 통계 패키지를 이용하여 실험조건에 따른 인체생리반응의 차이를 살펴보았다. 온열 환경 값과 작업자의 생리적 반응 값에 대해 평균, 표준 편차, 최고값, 최저값 등을 계산하였고, Paired T-test를 이용하여 오전 작업과 오후 작업의 차이를 비교하였다. 주관적 감각과 심박수, 평균피부온도, 의복내 온습도 등은 상관분석을 통해 항목별 유의미한 연관이 있는지 알아보았다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 환경온도

하루 중 시간에 따른 환경조건은 정오 시간대의 기온, 습도, 복사온도, 일사량, WBGT가 가장 높았고, 오전 작업시보다는 오후 작업시에 높은 수치를 나타내었다. 측정 시간대별 WBGT는 오전과 오후에 약 4℃의 차이를 보였으며, 가장 더운 시간인 12시에서 14시 사이 측정치는 오전보다는 약 7~8℃, 오후보다는 약 4℃ 정도 높은 경향을 나타냈다(Table 3).

NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health), OSHA(Occupational Safety & Health Administration)등에서는 작업시 온열 환경 평가 지수로 WBGT를 채택하여 다양한 대사율에서 작업자의 95%정도가 인체에 대한 부담 없이 반복 작업을 할 수 있는 WBGT의 한계치를 정하였다. 기류 1.5m/s이하인 곳에서 작업시 WBGT 역치 온도는 힘든 작업을 수행할 경우 25℃, 중등 정도의 작업을 수행할 경우 27.8℃ 이하이므로 본 연구의 농작업 중 심박수에 근거하여 고추 수확 작업이 중강도의 작업이라고 가정하여도 30℃ 가까운 온도를 보인 오후 시간대는 인체에 상당한 온열 부담을 주는 환경이었다고 평가할 수 있다. 더욱이 기준이 되는 WBGT는 노인이 아닌 젊은 성인을 대상으로 얻어진 값인데 반해 본 조사에 참여한 고추 수확 농민의 평균 연령은 69세로 농민이 받는 온열 부담은 더 클 가능성이 높다. 이러한 결과로 볼 때 고추 수확 작업시 온열 환경은 농작업자에게 열부담이 큰 환경으로 평가되므로 적극적 방서 대책의 필요성이 요구된다. 특히 오후 시간대는 오전과 비교했을 때 약 4℃정도

Table 2. Scales of subjective sensation

Scale	Thermal sensation	Wet sensation	Thermal comfort	Subjective workload
-4	Very cold			
-3	Cold	Very dry		
-2	Cool	Dry		Extremely light
-1	Slightly cool	A little dry		Very light
0	Neutral	Not both	Comfortable	Fairly light
1	Slightly warm	A little humid	Slightly uncomfortable	Somewhat hard
2	Warm	Humid	Uncomfortable	Hard
3	Hot	Very humid	Very uncomfortable	Very hard
4	Very hot			Extremely hard

Table 3. The environmental condition during chili harvest

Time	Air temperature(℃)	Air humidity (%RH)	Globe temperature(℃)	Insolation (W/m^2)	Air velocity (ms^{-1})	WBGT(℃)
Work at AM (9:00~10:30)	25.54±1.90[1)] 22.5-29.3[2)]	81.82±6.67 70.1-97.2	37.72±4.10 30.9-41.9	689.65±144.60 446-868	0.64±0.35 0.14-1.77	26.27±2.30 22.7-30.1
Work at PM (15:00~16:30)	30.63±0.99 28.2-33.3	82.50±12.38 55.0-98.2	40.11±2.23 34.77-42.55	812.34±154.15 650-1121	0.82±0.43 0.17-2.54	30.02±1.91 25.8-32.7
PM 12:00~14:00	33.89±0.66 31.6-35.3	86.47±5.45 55.8-95.2	43.39±0.74 41.3-44.7	1086.10±173.05 812-1314	0.52±0.24 0.15-2.07	33.93±0.87 28.4-34.7

[1)] Mean ± SD, [2)] Range

WBGT가 높고 복사온도와 일사량 또한 높아 인체부담이 더 클 것이므로 더욱 주의할 필요가 있다. 정오 시간대는 환경온도, WBGT, 일사량, 복사온도, 습도가 오후 시간대보다도 높아 가급적 농작업을 피해야 할 것으로 판단된다.

본 연구에서 측정된 기류는 0.5~0.8m/s로, 여름철 고온 환경의 평지에서 측정되었으며 기류가 강한 편은 아니었다. 더욱이 실제 농작업이 이루어지는 고추밭은 높은 막대를 설치하여 고추가 막대를 타고 오르면서 열매를 맺는 구조로 되어 있어 작업을 하는 농작업자의 주변을 막아 기류가 통하지 않게 되므로 자연 환기로 인한 신체 냉각을 기대하기에는 불리한 구조이다. 또한 농작업시 작업자는 고추 작업을 위해 만들어둔 좁은 길목에서만 움직임이 가능하고, 바닥에서부터 1미터 정도의 높이까지 고추가 열려있어 수확 시 쪼그리고 앉았다가 일어서는 자세를 작업 동안 내내 반복해야 한다. 일반적으로 1년의 고추 재배 작업 중 소요 시간이 가장 긴 작업과 몸이 가장 아픈 작업은 수확 작업이며, 가장 힘들고 짜증나는 작업도 병충해 방제 작업 다음으로 수확 작업이라 알려져 있어(Kim & Hwang 1991) 농민이 착용할 수 있는 보조 피복 장비나 기구가 있다면 작업자의 서열 부담 경감에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 실제로 소수의 농작업자가 파라솔과 바퀴가 달린 수레를 타고 작업을 하기도 하나 이동에 불편함이 있어 잘 사용을 하지 않고 있으므로 보다 적극적인 개발이 요구된다.

2. 평균피부온도

오후 작업시 평균피부온도는 34.8℃로 오전 작업 33.5℃보다 유의하게 높았다($p<.05$, Table 4). 이는 외기의 환경온도가 오전보다 오후에 5℃ 정도 상승함에 따라 동일 작업시 받게 되는 온열부담 또한 증가한 것이라 할 수 있다.

계절생리반(Lee et al. 2003)에 따르면 일반적인 성인여성의 경우 본 연구의 오전 작업의 환경온도인 25℃에서 33.7℃정도의 평균피부온을 나타

Table 4. Physiological responses according to the work time

	Mean T_{sk}(℃)	Mean T_{cl} on the chest(℃)	Mean H_{cl} on the chest(%RH)	Mean HR(bpm)
Work in AM (9:00~10:30)	33.5±1.2* (34.90)	31.3±1.4 (33.5)	87.2±5.2 (97.0)	88.5±9.5 (107)
Work in PM (15:00~16:30)	34.8±0.8* (36.0)	32.7±1.0 (34.6)	90.0±5.4 (98.0)	91.7±13.6 (122)

Mean ± SD, (Maximum value)

Mean T_{sk}(AM) vs. Mean T_{sk}(PM) : *$p<0.05$

Mean T_{sk} : Mean skin temperature, Mean HR : Mean heart rate

Mean T_{cl} : Mean temperature inside clothing, Mean H_{cl} : Mean humidity inside clothing

내며, 오후 작업시 보인 30~31℃의 환경에서는 34.4~34.8℃ 정도의 평균피부온을 나타낸다고 하였다. 이와 비교해 보았을 때 오전의 경우 본 연구의 참여자가 고령이고 고온 환경에서 중강도의 작업을 했음에도 비교적 안정적인 평균피부온도를 나타냈으나, 오후의 경우 작업 시작 후 20분 정도부터 35℃내외의 온도를 보여 오전보다 온열부하를 받았음을 알 수 있다.

Fig. 1은 작업 시간 경과에 따른 오전 시간대와 오후 시간대 평균 피부온의 변화를 나타낸 그래프이다. 인체가 쾌적하다고 느낄 때의 평균피부온은 30.9~34.3℃(Lee et al. 2003)로, 오후 작업의 평균피부온은 작업 시작 거의 직후부터 쾌적 범위를 벗어났으며 초반 온도 상승률이 오전보다 높은 대신 그 온도가 작업이 종료할 때까지 유지되거나 하강하는 경향을 보였다. 반면 오전 시간대의 경우 오후 시간대보다 온도가 낮았으나 시간이 경과함에 따라 계속 온도가 상승하는 추세를 보였다. 이는 작업을 실시한 하루 중 시간의 차이 때문으로, 오전 시간의 경우 한낮이 되면서 점점 더워졌지만 오후 작업의 경우 저녁이 되면서 점점 환경온도가 하강하여 인체가 받는 작업부하가 커지지 않은 것이다. 이른 오전이나 늦은 오후의 작업이 동일한 양의 작업시에도 인체가 받는 온열 부담을 줄일 수 있을 것이다. 혈관 확장을 유발하여 혈액 순환량을 증가시키는 '서열환경'과 근육의 혈류 공급 증가를 요구하여 혈액

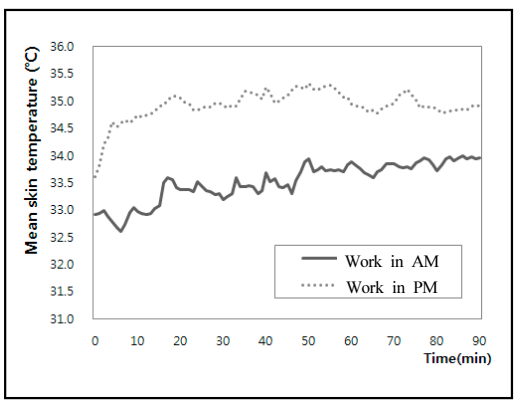

Fig. 1. Time courses of the mean skin temperature during the 90 min. of work

순환량을 증가시키는 '작업'이라는 두 가지 요소가 복합되는 경우 한 가지 조건만 있는 경우보다 피부온도가 더 많이 상승하게 되므로 더운 환경에서 농작업을 할 경우에는 더욱 주의가 필요하다.

3. 가슴부위 의복내 온도 및 습도

쾌적하다고 느낄 때의 표준 의복 기후는 의복내 온도 32±1℃, 의복내 습도 50±10%RH(Lee et al. 2003)로, 본 작업에서 작업자들은 오전 31.3℃, 오후 32.7℃의 의복내 온도를 나타내 두 집단 모두 비교적 쾌적한 상태를 유지하였다. 그러나 오전과 오후 모두 의복 내 습도는 쾌적 범위를 크게 벗어나 작업 중 땀을 많이 흘렸음을 알 수 있으며, 착용자의 불쾌감을 유발한다고 알려진 80% 이상의 수치를 보였다(Table 4).

대부분의 열 스트레스를 판정하기 위한 지표들은 인체의 생리적 부담의 원인을 발한으로 본다. 체열 평형과 심부온의 유지를 위해 땀을 많이 흘리면 흘릴수록 인체의 부담이 더욱 더 커지기 때문이다(Parson 2003). 즉 고온 환경에서 발한은 체온을 조절하기 위한 가장 강력한 수단이지만 유효 발한량 이상의 땀은 생리적인 손실일 뿐만 아니라 심리적으로 불쾌감을 가중시킬 수 있다. 그러므로 생체로부터의 수분 손실인 땀을 지나치게 많이 흘리지 않으면서도 일단 배출된 땀은 모두 효과적으로 증발하도록 하는 것이 인체의 체온조절 면에서 바람직하다(Yeom 1992; Lee 2010). 덥고 습한 환경에서는 수분 증발이 억제(Hydromeiosis)되어 여러 가지 열 장애가 유발될 수 있으며, 특히 장시간 또는 다량으로 발한하여 의복이 땀에 의해 젖어 있을 경우 피부 각질층이 박리되어 땀샘이 막혀 발한이 잘 안되는 땀띠 등이 발생할 위험이 있고, 지속적인 열 스트레스는 탈수를 유발할 수 있다(Lee 2001). 따라서 작업 중 자율적으로 의복 내에 환기를 해주거나 기능성 작업복, 냉각장비의 착용을 통해 효과적으로 땀을 배출해주고, 충분한 음료 섭취를 통해 수분을 보충해 줄 필요가 있다. 또한 Choi et al.(2002)은 오이 수확 농작업 중 가슴부위 의복내 온도는 쾌적 범위를 유지했지만 등부위 의복내 온도의 경우 유의하게 더 높은 경향을 보였다

고 보고하여 본 연구에서도 등부위 의복내 온도를 측정했다면 가슴보다 더 높은 온도를 나타냈을 가능성이 있으므로 작업자들은 작업 중 자발적으로 의복내 환기를 통해 방열을 유도할 필요가 있다고 생각된다.

4. 심박수

작업 중 평균 심박수는 오전 88.5bpm, 오후 91.7bpm으로 오후가 더 높은 경향을 보였으나 유의미한 차이는 나타나지 않았다(Table 4). 심박수가 높을수록 심장에 의한 피부 혈류 수송의 필요성이 늘어 혈액 순환에 대한 부담이 커지므로(Nadel et al. 1974; Shvartz & Sperinde 1977; Shapiro et al. 1981) 심박수로 작업 부담을 평가하는 경우 90~110bpm일 때 중등 정도의 작업, 110~130bpm일 때 힘든 작업, 130~150bpm일 때 매우 힘든 작업으로 평가하게 된다(Briger & McGraw 1995). 따라서 본 연구에서 실시한 90분 동안의 고추 수확 작업은 중등 정도의 작업으로 평가될 수 있다.

5. 주관적 감각

작업자들은 오후 작업시 오전 작업보다 덥고, 습하며, 불쾌하고, 힘들다고 응답하였다(Table 5). 오전에 작업을 실시한 경우 작업자들은 작업 시작 후 90분 정도에 덥고 습하며 힘들고 불쾌하다고 느꼈으며, 오후에 작업을 한 경우 오전과 유의한 차이를 보이진 않았지만 45~60분부터 매우 덥고, 습하며 힘들고 불쾌함을 느낀다고 응답하였다. 앞서 오후 작업자의 평균피부온이 오전 작업자보다 유의하게 높은 온도를 나타내 오전 작업보다 오후 작업시 인체 부하가 더 컸던 것과 마찬가지로 작업자들이 느끼는 주관적 노동 강도 또한 오후에 더 컸음을 알 수 있다.

오전 작업 중 작업자들의 평균피부온은 90분 동안의 작업동안 내내 쾌적 범위를 벗어나지 않았고, 오후 작업 중 평균피부온은 작업 경과 10분경부터 종료시까지 계속 쾌적 범위보다 높은 값을 나타냈다. 주관적으로는 오전 작업 시에는 90분 정도 시점부터 힘들다고 느껴 평균피부온과 비슷한 경향을 보였으나, 오후 작업 시에는 평균피부온이 작업 거의 직후부터 쾌적 범위를 벗어난 반면 주관적으로는 작업 후 45~60분 경과 후부터 힘들다고 응답하였다. 이는 오후 작업 중의 평균피부온이 작업자의 주관적인 부분까지 영향을 미칠 정도로 큰 폭으로 상승하지는 않았기 때문이거나, 본 연구의 작업자들이 이미 적응이 된 경력자들이었기 때문일 수 있다. 의복내 습도의 경우도 작업 시작 후 10분경 80%정도로 작업자들이 더 빨리 주관적인 불쾌감을 느껴야 했으나 45분경부터 불쾌하다고 응답하였다.

즉, 외기의 환경온도가 높지 않은 오전 작업의 경우 작업자들의 주관감과 생리적인 반응이 일치하므로 작업자들의 주관감에 따라 작업을 진행하여도 괜찮을 수 있다고 생각되나, 오후 작업의 경우 작업 시작 후 얼마 안된 시점부터 생리적인 쾌적 범위를 벗어나고 있음에도 이미 적응이 된 작업자들의 경우 그다지 힘들다고 느끼지 못할 수 있다는 것이므로 작업시 더욱 주의가 필요하다고 생각된다.

Table 5. Subjective responses during the 90min. work

	Work at AM	Work at PM
Thermal sensation	2.75±1.2[1)]	3.12±1.4
Wet sensation	1.28±0.8	1.97±1.7
Thermal comfort	0.98±0.7	1.51±0.9
Subjective workload	1.02±0.6	1.93±1.3

[1)]Mean±SD

6. 심박수와 평균피부온, 의복내 온도의 상관관계

오전에 작업을 실시한 경우와 오후에 작업을 실시한 경우의 심박수는 정의 상관(r=0.52)을 나타냈다. 이는 오전 작업시 심박수가 오르는 시점에 오후 작업의 심박수 또한 상승하였다는 것으로 오전과 오후 작업의 심박수가 비슷한 경향으로 변화하였음을 의미한다.

Table 6은 심박수와 평균피부온, 가슴부위 의복내 온도의 상관분석 결과이다. 오전작업의 심

박수는 평균피부온과는 유의한 상관이 없었으나 가슴부위 의복내 온도(r=0.62)와 정의 상관을 보였으며, 오후작업의 심박수는 평균피부온(r=0.45), 가슴부위 의복내 온도(r=0.54)와 정의 상관을 보였다. 심박수와 의복내 습도, 평균피부온과 가슴부위 의복내 온도는 오전과 오후 작업 모두 유의미한 상관관계를 보이지 않았다. 주관적 감각의 경우도 힘들다고 느낄수록 심박수가 상승하는 경향을 보이긴 하였으나 유의하지는 않았다. 심박수는 서열 스트레스가 증가할 경우 인체의 생리적 부담 정도를 알 수 있는 중요한 항목이므로 (Newburgh 1986) 이와 비교적 높은 상관관계를 보인 가슴부위 의복내 온도 또한 서열 스트레스의 평가시 심박수와 함께 주의 깊게 다룰 필요가 있다고 생각된다. 작업 중에는 가슴부위에 띠를 둘러 조임이 발생하는 심박수 측정기보다 의복의 가슴부위에 테이프로 센서를 붙여 의복과 인체 사이에 착용하는 의복내 온도 측정기의 활용이 용이할 수 있어 현장 평가시 도움이 될 수 있을 것이다.

Table 6. Correlation coefficient according to the work time

	T_{sk}	T_{cl} on the chest
Heart rate during AM work	0.044	0.625**
Heart rate during PM work	0.456**	0.544**

**p<0.01

T_{sk} : Mean skin temperature, T_{cl} : Mean temperature inside clothing

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 실제 고령 농업인을 대상으로 노지에서 고추 수확 작업시 환경조건에 따른 인체생리반응 측정을 통해 농작업 중 인체가 받게 되는 온열 부담을 평가하고자 하였다. 60대의 여성 농작업자 8명을 대상으로 오전 작업(AM 9시~10시 30분)을 할 때와 오후 작업(PM 15시~16시 30분)을 할 때의 인체생리반응을 검토하였으며, 농작업은 8월 중 맑은날 전라북도 임실의 노지 고추밭에서 실시하였다. 농작업 중 환경 온도는 오전 작업시 25.5℃, 오후 작업시 30.6℃ 였으며, 각 90분 동안의 농작업시 평균피부온도, 의복내 온도 및 습도, 심박수, 주관적 감각 등을 측정하였다. 결과는 다음과 같다.

(1) 하루 중 시간에 따른 환경조건은 정오 시간대의 기온, 습도, 복사온도, 일사량, WBGT가 가장 높았고, 오전시간대보다는 오후시간대에 높은 수치를 나타내었다.

(2) 오후 집단의 평균피부온은 34.8℃로 오전 집단 33.5℃보다 유의($p<.05$)하게 높아, 외기의 환경온도가 오전보다 오후에 5℃ 정도 상승함에 따라 동일 작업시 받게되는 온열 부담 또한 증가하였음을 알 수 있다.

(3) 의복내 온도는 오전 31.3℃, 오후 32.7℃ 였으며, 의복내 습도는 오전 81.8%RH, 오후 82.5%RH로 의복내 온도의 경우 두 집단 모두 비교적 쾌적한 상태를 유지했으나 의복 내 습도는 오전과 오후 작업 모두 쾌적 범위를 크게 벗어났다.

(4) 작업 중 평균 심박수는 오전 88.5bpm, 오후 91.7bpm으로 오후가 더 높은 경향을 보였으나 유의미한 차이는 보이지 않았다.

(5) 작업자들은 주관적으로 오후 작업이 오전 작업보다 덥고, 습하며, 불쾌하고, 힘들다고 응답하였다.

(6) 각 항목의 상관관계 분석시 오전 작업의 심박수는 가슴부위 의복내 온도와, 오후 작업의 심박수는 평균피부온, 가슴부위 의복내 온도와 정의 상관을 보였다.

이상의 연구결과에서 고추 수확 작업은 작업자의 생리반응과 심박수를 기준으로 평가하면 중등 정도 강도의 작업에 해당하였으나, 작업자에게 열적 부담을 주는 환경에서 고추 수확 작업이 이루어졌으며 작업 시간이 길어질수록 온열 부담이 높아져 땀을 많이 흘리고 주관적으로 느끼는 피로도 또한 컸다. 특히 외기의 온도가 높은 오후 시간대에는 오전 시간대보다 인체에 미치는 온열 자극이 강하여 인체가 받는 부담이 크고 쾌적한 작업을 하기 어려울 수 있어 작업시 충분히

수분을 보충하고 의복 내 환기나 기능성 작업복의 착용을 통해 효과적으로 땀과 열기를 배출해 줄 필요가 있다고 생각된다.

작업시 오랜 시간 휴식 없이 작업을 하기 보다는 60~90분 정도의 작업 후 10~15분 정도 휴식을 취하고 다시 작업을 시작하도록 한다면 여름철 고추 수확 작업 중의 온열 부담을 줄이고 온열 부담으로 인한 재해를 사전에 예방할 수 있을 것이다. 또한 기능성 소재를 활용한 농작업복이나 보조 냉각기, 가볍고 이동이 편한 운반 수확차 등 농작업 환경 개선이 가능한 제품의 개발 및 보급이 이루어진다면 농민의 서열 부담 감소에 효과적일 것이다.

References

Borg GA(1982) Psychophysical vases of perceived exertion. Med Sci Sports Exercise 14(5), 377-381

Bridger RS, McGraw H(1995) Introduction to ergonomics. New York: Bio Dsign

Choi JW, Hwang KS(2001) Effectiveness of cooling vest in hot environment. J Korean Soc Clothing Textiles 25(1), 83-90

Choi JW, Kim MJ, Lee JY(2002) Evaluation of the farmers' workload and thermal environments during cucumber harvest in the greenhouse. J Korean Soc Living Environm System 9(3), 245-253

Choi JW, Kim MJ, Lee JY(2005) Efficacy of cooling vests for alleviating heat strain of farm workers in summer. J Korean Soc Clothing Textiles 29(8), 1176-1187

Choi JW, Lee JY, Back YJ(2007) Studies on the development of personal clothing equipment to alleviate heat and cold disorders of farm workers. Report of Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries

Chung SH, Kim JH(1999) A study on the working clothes for the development of functional and efficient design, Chung Ang. J Human Ecol 12, 173-191

ISO 7726(1985) Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities. International Standards Organization, Geneva

ISO 9920(1995) Ergonomics of the thermal environment - Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble

Kim MJ, Choi JW(2004) Thermal and subjective responses by sun hats for farmer in a hot climatic chamber. J Korean Soc Clothing Textiles 28(5), 713-722

Kim CN, Lim KS(2007) A diagnostic study on the development of a health promotion program for vinyl house farmers. J Korean Academy Community Health Nurs 18(1), 90-101

Korean National Statistical Office(2013) Result of the survey on agriculture, forestry and fisheries in 2012. Available from http://kostat.go.kr/portal/korea/kor_nw/3/index.board?bmode=read&aSeq=286488 [cited 2013 October 15]

Lee CM(2001) The physiology of work. Dea Young Seoul: Sa

Lee HH(2010) Effect of quantitative wear training for improvement of heat tolerance. Unpublished doctoral dissertation, Seoul National Univ., Seoul

Lee KS, Choi JW, Baek YJ, Kim KR(2007) The status of agricultural diseases, injuries and accidents among the England, the USA, the France, the Japan, and the Korea. Korean J Community Living Sci 18(1), 189-204

Lee SJ(2010) The occupational diseases of agricultural workers. Hanyang Med Rev 3(4), 305-312

Lee SW, Cho SK, Choi JW(2003) Clothing and environment. Seoul: Publishing Department of Korea National Open University

Myung JY, Shim HS, Choi JW(1993) A study on development of work wear for the plastic house workers. J Korean Soc Clothing Textiles 17(1), 19-35

Nadel ER, Pandolf KB, Roberts MF, Stolwijk JAJ(1974) Mechanisms of thermal acclimation to exercise and heat. J Appl Physiol 37(4), 515-520

Newburgh LH(1968) Physiology of heat regulation and the science of clothing. New York: Harner Publishing Co., pp193-276

NIOSH(1987) Guide to international respirator protection US Dept. of health and human services. Publication No. 87-116

Parsons KC(2003) Human thermal environment-The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance. London: Taylor & Francis Inc. BioDesign

Shapiro Y, Hubbard RW, Kimbrough CM, Pandolf KB(1981) Physiological and gematologic responses to summer and winter dry heat acclimation. J Appl Physiol 50(4), 792-798

Shvartz E, Bhattacharya A, Sperinde SJ(1979) Sweating responses during heat acclimation and moderate conditioning. J Appl Physiol 46, 675-680

Sim BJ(1996) A study on the variation of skin temperature on the adult male at environment temperature. J Ergonmics Soc Korea 15(2), 71-88

WorkSafeBC(2013) Preventing heat stress at work. Available from http://www2.worksafebc.com/Portals/Agriculture/OrchardsAndVineyard.asp?reportid=33389 [cited 2013 October 17]

Yeom HG(1992) The study on the sweating responses of adult female according to garment types. Unpublished master's degree dissertation, Seoul National Univ., Seoul

Yoo KS(2004) A survey on the reason for low acceptability and proposal for its improvement for protective clothing in pesticide applicators. J Korean Living Sci Assoc 13(5), 777-785