

연구논문

비닐하우스 작업시 승용 농작업차의 노동부담 경감효과

최정화·설향·류관희*
서울대학교 농업생명과학대학 농가정학과
*서울대학교 농업생명과학대학 농기계학과

Effects of the Experimental Vehicles on the Greenhouse Worker's Work Load

Choi, Jeong Wha · Seol, Hyang · Ryu, Kwan Hee*

Dept. of Agricultural Home Economics, Seoul National University

*Dept. of Agricultural Machinery, Seoul National University

ABSTRACT : In this study we examined the greenhouse worker's work load to test the efficiency of the developed vehicles (hand operated vehicle (HV), simple battery-powered autonomous vehicle (AV)). The subject of this study were healthy adult females who had experience in growing crops. We measured workers' heart rate, blood pressure, rectal temperature, mean skin temperature, oxygen consumption and blood lactate level as a physiological index of work load.

The results of this study are as follows :

The test group using experimental vehicle showed the lower heart rate (mean \pm S. D. for HV, AV respectively 74 ± 5 , 75 ± 3 beats/min, $p < 0.01$) than the control group (84 ± 8 beats/min) not using experimental vehicle and the lower systolic blood pressure (HV, AV respectively 109 ± 8 , 109 ± 9 mmHg, $p < 0.01$) than the control group (121 ± 11 mmHg), and lower rectal temperature (HV, AV respectively 37.0 ± 0.1 , $36.8 \pm 0.2^\circ\text{C}$, $p < 0.01$) than the control group ($37.0 \pm 0.2^\circ\text{C}$), and the less oxygen consumption (HV, AV respectively 2.13 ± 0.09 , 1.66 ± 0.52 ml/kg/min, $p < 0.01$) than the control group (2.43 ± 0.12 ml/kg/min), and the lower blood lactate level (HV, AV respectively 2.03 ± 1.00 , 1.66 ± 0.52 mmol, $p < 0.01$) than the control group (2.43 ± 0.12 mmol).

Judging from these results, these experimental vehicles for greenhouse workers can be confirmed as a useful tool. It is suggested that these vehicles would alleviate the peasant's syndrome including muscle fatigue and musculoskeletal disease usually caused by working in an uncomfortable posture.

Key Words : agricultural convenient tool, work load, heart rate, oxygen consumption, blood lactate level

1. 서 론

우리나라의 농촌은 산업발달이 가져온 농촌 청

장년층의 도시유출로 노인층의 비율이 상대적으로 많아지고, 여성의 농업노동 참여율이 높아졌을 뿐만 아니라, '80년대 이후 하우스 농가가 급증하면서 하우스 증후군 발생률이 높아졌다.

* 본 연구는 1994년도 농촌진흥청 특정과제 연구비에 의해 이루어진 것임.

하우스 재배 여건상 비닐하우스 재배자에게는 여러가지 건강장해가 생기게 되는데, 건강장해의 원인으로서는 고온다습한 환경조건, 급격한 온도차에 의한 체온조절 기능장해, 허리를 굽히고 일하는 작업 자세, 고농도 농약에의 노출 등을 들 수 있다. 특히 시설재배는 농작업의 기계화율이 매우 낮고, 수확기간이 일정하게 정해져 있는 것이 아니라 재배 기간 내에 연속적으로 수확작업이 이루어지며, 주요 작목인 채소의 경우에 수분이 많고 곡물에 비해 단위면적당 수확물의 중량이 훨씬 크기 때문에 수확물의 운반 또한 농작업에서 큰 비중을 차지하게 된다. 시설 내에서의 작물관리 작업에서는 작물의 형상과 작업자의 체형에 따라, 농작업자가 부자연스럽고 부하가 큰 자세로 작업해야만 하는 경우를 자주 볼 수 있다. 그러나 우리나라의 경우 수확차, 깔판, 보조 의자 등이 개발되어 있으나, 대량 생산에 부적합하고 수요량이 한정되어 있기 때문에 보급률이 저조하여 작업환경 개선에 크게 도움이 되고 있지는 못한 실정이다. 외국의 경우 토마토 순지르기 작업시 수확차를 이용한 작업 의자, 비치파라솔을 이용하여 한 여름 폭염속에서 국화의 순을 치는 작업을 할 때 따가운 햇빛을 피하고, 컨테이너나 상자를 엮어 놓고 의자에 앉은 채로 이동이 가능한 작업차, 발매기 파정식에 현 스티로폼을 이용하여 허리, 팔, 다리 통증을 12-20% 경감시킨 스티로폼 깔판, 작업중 앉은 채로 이동이 가능한 등받이를 부착한 이동식 의자 등은 허리와 무릎 통증 경감에 효과적이라는 보고 등이 있다(農山漁家生活改善研究會, 1986). 의자형의 작업차 및 나막신 모양의 작업대를 이용하여 작업 자세를 개선한 경우 작업의 쾌적성이 향상되었다는 보고(小堀 등, 1990)도 있다.

따라서 온실 내에서의 농작업에 따른 부담을 경감시키고 작업능률을 향상시키기 위해서는 작업자가 걸터앉은 자세로 작업을 하거나 수확물을 운반할 수 있는 다목적 승용 농작업차의 개발이 필요하다. 이에 좌우 구동 차륜을 독립적으로 구동하여 수평센서의 출력신호에 의해 고랑을 따라 자율적으로 주행하는 자율주행 시스템을 개발하고 시

작기를 제작하여 성능시험을 수행, 온실에서 작업시 적용 가능함을 확인한 바 있다. 그러나 이 시작기가 작업능률을 높이고, 인체의 노동부담도 경감시켜 농민의 피로경감에 기여할 수 있는지를 확인할 필요성이 있다고 사료된다.

이에 본 연구에서는 농작업자의 비닐하우스 작물관리 작업중 쾌적성의 증대를 위해 개발된 인력식 농작업차와 동력식 농작업차의 이용효과를 평가하기 위하여 비닐하우스 작물재배 경험이 있는 건강한 성인 여성을 피험자로 하여 비닐하우스 작물관리 작업 중의 생리반응을 측정하고, 작업 방법에 따른 생리반응의 차이를 조사했다. 일반적으로 생리적 부담의 지표로는 신체의 기본 생물학적 계통에 따라 분류할 수 있는데, 심장혈행지표(심박수·혈압 등), 호흡지표(호흡률·산소소비량·에너지대사 등), 신경지표(뇌전위·근육활동 등), 감각지표(시력·눈 깜박이는 속도·청력 등), 혈액화학지표(카테콜아민·젖산 등) 등이 사용되며, 본 연구에서는 이들 항목중 심박수, 혈압, 직장은 및 피부온, 에너지 대사량, 혈중 젖산농도 등을 측정하여 생리적 부담의 지표로 사용하였다.

2. 연구방법

2.1. 피험자

본 실험에서의 피험자는 비닐하우스 작업자가 주로 여성 특히 노인층이 많은 것을 고려하여, 비닐하우스 작물재배 경험이 있는 건강한 여자 2명을 선정하였다. 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

< 표 1 > 피험자의 신체적 특성

피험자	연령 (yr)	신장 (cm)	체중 (kg)	체지방률 (%)	체표면적 ^{a)} (m ²)
COK	61	152	57	22.6	1.542
LSJ	58	166	62	21.5	1.704

a) 체표면적 (Body surface area) : (Weight)^{0.425} × (Height)^{0.725} × 72.46 × 10⁻⁴

2.2. 측정내용 및 방법

수확작업 방식은 작업차를 사용하지 않는 기존의 수확방식, 인력식 농작업차, 동력식 농작업차의 세 종류였다. 작업내용을 일정하게 통제하기 위해서는 위의 세 종류의 수확방식으로 토마토를 수확하는 작업을 모델화해서 실시해야 하므로 일정 높이(바닥 면으로부터 60cm)의 줄에 매달린 일정한 무게(200g)의 모래주머니를 풀어서 바구니에 실는 작업으로 대처했다. 작업시간은 50분이었으며, 이때의 농작업자의 생리반응과 온열적 환경조건을 측정하였다. 실험은 1995년 5월 15일~6월 10일 까지 하우스내의 환경 조건이 비교적 동일한 날을 택하여 수원 소재 원예연구소 내 비닐하우스에서 실시하였으며, 비닐하우스 내의 환경온도와 습도 및 복사온은 각각 $31.4 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$, $34 \pm 6\% \text{RH}$, $40.7 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 였다.

피험자는 식후 2시간 이상 경과후 실험의복(티셔츠와 바지)을 착용한 뒤 30분간의 안정을 취하도록 했으며 이때 심박수 연속 측정기, 피부온 센서 및 직장온 센서, 의복내 온습도 센서 등을 장착하였다. 심박수는 벨트형 무선 심박수 측정기(핀란드 Polar사제)를 피험자의 심장 부위에 오도록 하여 가슴둘레선에 착용하고 작업이 시작되기 전부터 작업이 완전히 끝날 때까지 1분 간격으로 측정하여 10분 동안의 평균으로 심박수의 변화를 측정하였다.

수축기 및 이완기 혈압은 전자혈압계(일본 National사제)를 이용하여 작업중 10분 간격으로 측정했다. 직장온은 thermistor(일본 Takara사제, K923)의 센서를 직장(rectum)내에 12cm 삽입하여 측정하였고, 피부온은 thermistor의 센서를 인체의 6개 부위(이마, 흉부, 복부, 전완부, 대퇴부, 하퇴부)의 피부에 밀착되도록 surgical tape(미국 3M사제, Transpore)로 고정하여 측정하였다. 평균피부온은 Hardy & DuBois(1938)의 체표면적에 대한 안분비율에 기초하여 얻었다.

에너지대사량은 Douglas bag과 이동식 호흡가스 분석기(일본 Sanyei사제, RESPINA IH26)를 이용하여 안정시와 작업 도중에 5분간씩 총 4회 측정하

였다.

의복내 온도 습도는 의복기후 측정용 온습도계(일본 Shinyei사제, Thermo-hygrometer)를 이용하여 피험자의 좌측 흉부 의복 최내층의 온도 습도를 10분 간격으로 측정하였다.

피로도를 알기 위해 젖산분석기(미국 YSI사제, 1500sport)를 사용하여 피험자의 손끝에서 채취한 혈액으로 혈중 젖산 농도를 측정하였다.

2.3. 작업차의 특성

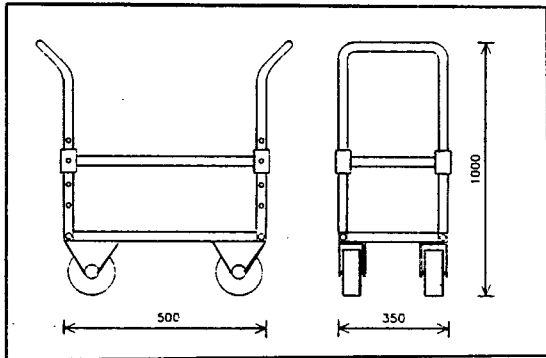
인력식 농작업차와 동력식 농작업차의 외형을 <그림 1>과 <그림 2>에 제시하였다.

인력식 농작업차의 주행방식은 레일없이 고랑을 따라 주행하는 고랑주행방식이고, 구름저항이 작은 차륜으로 작업차뿐 아니라 운반차로도 사용할 수 있도록 설계, 제작하였다.

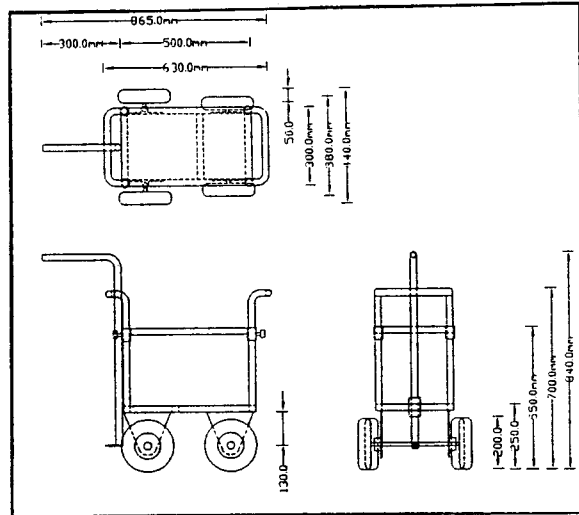
동력식 농작업차는 인력식 농작업차의 전체적인 구조를 기초로하여 제작하였으며, 배터리에 의한 전동기 구동방식으로 배터리와 전동기는 차량의 소요동력을 감안하여 가격이 저렴하며 지속적으로 공급받을 수 있는 모델로 선정하였다. 또한 농작업 차량에 적합한 조향방식을 선정하고, 조향장치를 개발하였으며, 전동기 속도 조절 회로를 개발하여 차량의 주행속도가 연속적으로 조절되도록 하였다. 배터리 사용시간은 연속 주행시 9시간이었으며, 차량의 회전 반경은 1.1m정도로 두 세번의 전후진 반복으로 고랑간 이동이 가능함을 확인하였다. 차량의 주행속도는 작업자의 체중이 60kg인 경우 0 - 0.3 m/s 범위에서 연속적으로 조절이 가능하다. 성능실험 결과 동력식 농작업차의 간이작업차로서의 타당성은 입증된 상태이나 작업자가 사용시 작업능률을 증진시키며, 작업자의 피로부담을 경감시킬 수 있는지를 인체실험으로 확인할 필요성이 있는 상태이다.

2.4. 자료처리

실험을 통하여 얻은 자료는 GLM(Generalized Linear Model) 분석을 한 후, 유의한 항목에 대해 Duncan의 다중검정을 행하였다.



〈그림 1〉 인력식 농작업차



〈그림 2〉 동력식 농작업차

3. 결과 및 고찰

수확방식에 따른 작업자의 생리반응을 〈표 2〉에 제시했다.

〈표 2〉 수확방식에 따른 작업자의 생리반응 (Mean±S. D.)

	재래식 수확방식	인력식 농작업차 수확방식	동력식 농작업차 수확방식	
심박수 (beats/min) (p < 0.01)	84±8 ^a	74±5 ^c	75±3 ^b	
혈 압 (mmHg)	수축기 (p < 0.01)	121±11 ^a	109±8 ^b	109±9 ^b
	이완기 (p < 0.1)	71±11 ^a	65±5 ^b	68±6 ^{ab}
직장온 (°C) (p < 0.01)	37.0±0.2 ^a	37.0±0.1 ^a	36.8±0.2 ^b	
평균피부온 (°C) (-)	33.9±0.6	34.1±0.5	34.1±0.6	
산소소비량 (ml/kg/min) (p < 0.01)	2.43±0.12 ^a	2.13±0.09 ^b	1.95±0.15 ^b	
혈중젖산농도 (mmol/L) (p < 0.01)	2.96±1.45 ^a	2.03±1.00 ^b	1.66±0.52 ^b	
의복내 온도 (°C) (-)	31.5±1.8	31.8±1.7	31.8±2.8	
의복내 습도 (%RH) (-)	79±22	79±24	79±24	

3.1. 수확방식에 따른 심박수 및 혈압

작업중의 근육에서 필요한 산소와 글루코오스는 순환기를 통하여 혈액 중에 공급된다. 작업근 부위에 산소와 글루코오스를 더 많이 공급하려면 근육으로 가는 혈류량이 많아야 하므로, 심장이 단위 시간당 혈액량(심박출량, cardiac output)을 증가시켜야 한다. 이 방법에는 두 가지가 있는데, 단위시간당 박동수(心搏數)를 늘이거나 맥박중의 혈액수송량(박출량)을 증가시킨다. 본 실험 결과, 농작업중 신체에 가해지는 생리적 부담에 의해 안정시(70 beats/min)에 비해 심박수가 증가한 것을 알 수 있었으며, 이러한 현상은 농작업차를 이용하지 않은 재래식 작업의 경우에 가장 심했으며 통계적으로는 유의하지 않았으나 동력식 농작업차를 이용한 경우보다 인력식 농작업차를 이용한 경우에 심박수의 증가가 다소 덜하였다.

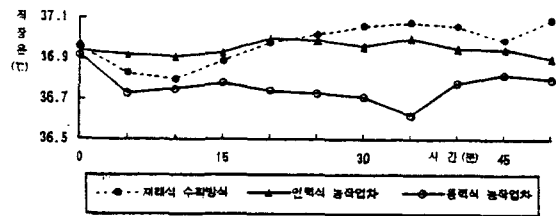
육체적 작업 중에 심박출량이 증가하면 혈압이 상승한다. 부신(副腎)이 호르몬을 분비하여 심장박동을 강화하고 혈압을 높인다. 이때 심장은 압력을 증가시켜서 혈액을 박출해야 하므로 심장에

대한 스트레인이 커진다. 혈압이 상승해야만 맥박 사이에 충분한 양의 혈액을 반송시켜서 심장을 채울 수 있다. 본 실험 결과, 안정시(수축기혈압: 111, 이완기혈압:65mmHg)에 비해 농작업차를 이용하지 않은 재래식 작업의 경우 혈압이 크게 증가 하였으므로, 어떤 작업차를 사용하든 손으로 운반 하는 것 보다는 노동 부담이 경감된다는 것으로 해석된다.

3.2. 수확방식에 따른 심부체온 및 피부온

직장을 둘러싸고 있는 골반조직은 혈액순환이 비교적 낮으므로 타 부위에서 온도가 변할 때도 직장온도는 즉시 변하지 않는다. 따라서 직장온도는 안정시 즉 완전한 체열평형이 일어난 상태에서는 심부온도를 잘 대표하며(강두희, 1992), 체온조절의 수준을 진단하는 지표로 흔히 쓰이고, 같은 환경 조건일 때 노동 강도가 크면 체온 상승률이 크므로 노동 강도의 지표로 쓰인다. 따라서 근육 활동시 체온이 상승하면 일반적으로 심박수도 상승하나 본 연구에서는 그대로 일치하지는 않았으나, 심박수에서 인력식과 동력식 작업차에서 유의차가 없는 것으로 보면, 동력식이 다소 우수하다고 해석할 수 있겠다. 본 실험에서 농작업차를 이용하지 않은 경우와 인력식 농작업차를 이용한 경우에 비해 동력식 농작업차를 이용한 경우 직장온이 가장 낮은 것으로 나타나서 동력식 농작업차의 이용으로 농작업시 가해지는 생리적 부담이 경감되는 것을 알 수 있다.

시간에 따른 직장온의 변화를 <그림 3>에 제시했다. 시간이 경과함에 따라 재래식 수확방식의 경우 직장온이 점차 상승하는 것에 비해 동력식 농작업차 수확방식의 경우 직장온이 초기 수준에 비해 점차 하강하는 것을 볼 수 있다. 또한 재래식 수확방식과 인력식 농작업차 수확방식의 경우를 비교해 보면, 평균값에는 별 차이가 없으나, 재래식 수확방식의 경우 시간 경과에 따라 직장온이 점차 상승하는 것에 비해 인력식 농작업차 수확방식의 경우 직장온이 다소 하강하는 것을 볼 수 있다.



<그림 3> 시간에 따른 직장온의 변화

3.3. 수확방식에 따른 에너지 대사량

Akron (1971)은 에너지 소비량에 따라 몇가지 작업등급을 정의하고, 이 등급에서의 전형적 심박수와 산소소비 수준을 연구하였는데, 이를 Passmore와 Durnin (1955)의 결과와 비교해 보면, 대부분의 직업에서의 에너지 소비는 가벼운 작업이나 보통 작업에 해당하며, 힘든 작업일 때는 최대값에 도달한다. 본 실험의 경우 농작업차를 이용하지 않은 경우와 인력식 농작업차를 이용한 경우 분당산소 소비량이 각각 2.43 ± 0.12 , $2.13 \pm 0.09 \text{ ml/kg/min}$ 으로 아주 힘든 작업에 속하며, 동력식 농작업차를 이용한 경우 분당산소소비량이 $1.95 \pm 0.15 \text{ ml/kg/min}$ 으로 힘든 작업에 속하는 것에서 동력식 농작업차를 이용함으로써 동일한 농작업이라도 작업등급이 변화될 수 있음이 판명되었다.

에너지 소비량에 영향을 미치는 인자로는 먼저 작업방법을 들 수 있다. 특정 작업의 에너지 소비량은 작업 수행 방법에 따라 달라지며, 활동의 실행 방법에 따라 산소 소비량이 달라져, 가장 효과적인 방법의 공통 분모는 좋은 자세와 균형을 유지하는 것이며, 이때 몸의 무게중심에 미치는 영향이 가장 적어 에너지 소비량이 최소가 된다. 작업중 작업자의 작업자세 (posture)도 에너지 소비량에 영향을 미친다. 수확작업을 예로 들면, 손으로 받치면서 무릎을 댄 자세와 쪼그려 앉은 자세가 에너지 소비량이 가장 적었고, 낮은 의자에 앉은 자세가 쪼그려 앉은 자세보다 다소 유리하나, 바닥이 고르지 않은 상태에서는 의자를 이리저리 끌고 다녀야 하는 점에서 불리했다(Datta & Romanathane, 1971). 본 실험에서는 농작업차를 이용하여 작업자

세와 작업방법을 개선함으로써 에너지 소비량이 감소한 결과를 확인할 수 있었다.

3.4. 수확방식에 따른 피로도

육체적 작업이 격렬하면 신체가 충분한 양의 산소를 근육활동에 공급할 수가 없어서 근육에 젖산이 축적되며, 결국 혈류로 들어가서 최종적으로는 신장을 거쳐 오줌으로 배출된다. 근육 중의 젖산 축적은 근육 피로의 일차적 원인이다. 본 실험에서는 농작업차를 이용함으로써 작업강도가 저하하여 혈중 젖산 농도가 감소된 것을 볼 수 있다.

3.5. 수확방식에 따른 의복내 온습도

의복내 온습도의 변화 양상을 지속적으로 관찰함은 피복재료의 성능을 평가하는 데에도 유용하다. 또한 동일한 의복 착용시에는 체온조절 수준 진단의 척도로도 쓰인다. 즉 모든 실험 조건을 동일하게 하고 비교하고자 하는 조건 만에 차이를 주었을 때에는 생리부담의 차이가 인체의 산열, 열방산, 발한 등에 영향을 미쳐 그 결과 의복내 온습도에 차이가 생긴다. 본 연구 결과에서는 의복내 온습도 변화에서는 수확 방식 간에 차이를 볼 수 없었다. 또한 세 경우 모두 주관적 감각도 차이가 없어서 수확 방식 간에 의복 조건에 차이가 없었음을 알 수 있다.

4. 결론 및 제언

농작업자의 비닐하우스 작물 관리 작업중 쾌적성의 증대를 위해 개발된 인력식 농작업차와 동력식 농작업차의 이용 효과를 평가하기 위해 비닐하우스 작물 관리작업을 모델화하여 비닐하우스 내에서 작업을 하는 동안의 생리반응을 측정하였다. 심박수, 수축기 및 이완기 혈압, 체심부온 및 피부온, 에너지 대사량, 피로도 등을 대상으로 측정치를 분석한 결과는 다음과 같다.

(1) 비닐하우스 작물관리작업중 농작업자의 심박수는 농작업차를 이용하지 않은 경우, 인력식 농작업차를 이용한 경우, 동력식 농작업차를 이용

한 경우 각각 84 ± 8 , 74 ± 5 , 75 ± 3 beats/min으로, 농작업차를 이용하지 않은 경우에 비해 인력식 농작업차와 동력식 농작업차를 이용한 경우에 농작업자의 심박수가 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

(2) 비닐하우스 작물관리작업중 농작업자의 수축기 혈압은 농작업차를 이용하지 않은 경우, 인력식 농작업차를 이용한 경우, 동력식 농작업차를 이용한 경우 각각 121 ± 11 , 109 ± 8 , 109 ± 9 mmHg로, 농작업차를 이용하지 않은 경우에 비해 인력식 농작업차와 동력식 농작업차를 이용한 경우에 각각 농작업자의 수축기 혈압이 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

(3) 비닐하우스 작물관리작업중 농작업자의 체심부온은 농작업차를 이용하지 않은 경우, 인력식 농작업차와 동력식 농작업차를 이용한 경우 각각 37.0 ± 0.2 , 37.0 ± 0.1 , 36.8 ± 0.2 °C로, 농작업차를 이용하지 않은 경우와 인력식 농작업차를 이용한 경우에 비해 동력식 농작업차를 이용한 경우에 농작업자의 체심부온이 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

(4) 비닐하우스 작물관리작업중 농작업자의 에너지소비량은 농작업차를 이용하지 않은 경우, 인력식 농작업차와 동력식 농작업차를 이용한 경우 각각 2.43 ± 0.12 , 2.13 ± 0.09 , 1.66 ± 0.52 ml/kg/min로, 농작업차를 이용하지 않은 경우에 비해 인력식 농작업차와 동력식 농작업차를 이용한 경우 모두 농작업자의 에너지소비량이 유의하게 적었다($p < 0.01$).

(5) 비닐하우스 작물관리작업중 농작업자의 혈중젖산농도는 농작업차를 이용하지 않은 경우, 인력식 농작업차와 동력식 농작업차를 이용한 경우 각각 2.96 ± 1.45 mmol, 2.03 ± 1.00 mmol, 1.66 ± 0.52 mmol로, 농작업차를 이용하지 않은 경우에 비해 인력식 농작업차와 동력식 농작업차를 이용한 경우에 농작업자의 혈중젖산농도가 유의하게 낮았다($p < 0.01$).

이상에서 비닐하우스 작물관리작업시 농작업차를 이용하는 경우 농작업자의 심박수, 혈압, 체심부온, 에너지소비량, 피로도가 저하하는 결과로부터 농작업차 이용의 긍정적 효과가 입증되었다.

따라서 현재 하우스재배 농민의 부적절한 자세에 따른 하우스증 예방을 위해 농작업차를 활용하는 것이 바람직하며, 더 나아가 작목별 농작업의 특성을 분석함으로써 작목에 따른 다양한 농작업 편이기기 개발 보급이 농민의 피로 경감에 기여하리라 사료된다.

인 용 문 헌

- 姜斗熙, 1992, 생리학. 신광출판사, 서울.
- 조영일역, 1995, 인간공학. pp208-279, 대영사, 서울.
- 小堀及, 大塚寛治, 伊藤清一, 1990, 作業姿勢改善のための器具利用の効果の人間工學的評價. 農作業研究, 25(3) : 260-266.
- 農山漁家生活改善研究會, 1986, 暮らしを農家のアイデア 9. pp57-160, 東京.
- Akron, O. H., 1971, Ergonomic guide to assessment of metabolic costs of physical work. American Industrial Hygiene Association (AIHA).
- Åstrand, P. and Rodahl, K., 1986, Textbook of work physiology. McGraw-Hill, New York.
- Datta, S. and Romanathane, N., 1971, Ergonomics comparison of seven modes of carrying loads on the horizontal plane. Ergonomics, 14(2) : 269-278.
- Hardy, J. D. and Dubois, E. F., 1938, The technic of measuring radiation and convection. Journal of Nutrition, 15 : 461-475.
- Passmore, R. and Durnin, J., 1955, Human energy expenditure. Physiological reviews, 35 : 801-875.
- Sanders, M. S. and McCormick, E. J., 1993, Human factors in engineering and design. McGraw-Hill, New York.