Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 2 pp.225-239, April 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.2.225

인간공학적 작업개선을 위한 농업인 안전 기술 동향 연구

이경숙[1] · 김효철[1] · 채혜선[1] · 김경란[1] · 이수진[2] · 임대섭[1]

[1]농촌진흥청 농업공학부 농업재해예방과 / [2]한양대학교 의과대학 산업의학교실

A Study on Agricultural Safety Technology for Ergonomic Intervention in Farm-work

Kyung Suk Lee[1], Hyo Cher Kim[1], Hye Seon Chae[1], Kyung Ran Kim[1], Soo Jin Lee[2], Dae Seop Lim[1]

[1]National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-857
[2]Department of Occupational and Environmental Medicine, College of Medicine Hanyang University, Seoul, 133-792

ABSTRACT

A high prevalence of farmer's work-related musculo-skeletal disorders (MSDs) have been reported in precedent studies. Risk factors - physical, chemical, biological, ergonomic risk factor etc. - in farm-work were identified by previous studies. To prevent farmers from exposing to them and reduce, Agricultural Safety Technology were introduced and used on farm. The purpose of this study is to review and summarize the agricultural safety technology on farm in Korea. According to strategy principles, this technology is classified as four criteria - workload reduction by reducing awkward posture, workload reduction by using manual material handling aids, Comfort improvement by protecting worker from hot, cold environment and work efficiency improvement by workplace redesign and cultivation modification. This technology includes transporting tools, working cloth, personal protective equipment, and pesticide-proof Clothing. Anthropometric study of Korean farmers was also carried out to support the development of equipment and clothes. In long terms, it needs to precaution activity from risk factors by using cultivation modification and working improvement. Although working condition gets better and workload reduce by this technology, it required customized safety technology in each crops - rice cultivation, horticulture and livestock farming. And farmers should use the assistive technology and participate voluntarily in ergonomic intervention program.

Keyword: Agricultural Safety Technology, Farm-work, Working Posture, MMH Aids, Ergonomic Intervention

1. 서 론

국내 농업인구의 감소, 고령화, 여성화 등 농업인력 조건의 악화와 더불어, 비닐하우스 및 유리온실 등 시설농업 비중의 증가로 인해 연중무휴의 노동조건으로 변화함에 따라 농업인의 건강상태가 악화되고 있다. 또한 농작업에서의 기계화가 진전되었음에도 불구하고 여전히 인력작업에 의

교신저자: 임대섭
주 소: 441-857 경기도 수원시 권선구 수인로 150번지, 전화: 010-4653-5883, E-mail: daesup@skku.edu

존하는 비율이 높으며, 작물위주의 작업으로 인한 불편한 작업자세, 반복작업, 과도한 힘, 장시간의 노동, 휴식시간의 부족 등 다수의 인간공학적 위험요인을 가지고 있어, 농부증, 근 · 골격계 질환 등 직업성 질환의 위험성이 상존하고 있다.

근골격계 질환은 치료 및 요양비용과 노동력 상실이 막대하며 사회적 비용이 큰 질환으로 분류되어 있어 선진국의 경우 사회문제화 되고 있다. 국내에서도 근 · 골격계 질환의 심각성이 대두됨에 따라 예방, 관리를 위한 법규가 마련되었으나 제조업 중심으로 한정되어 있으며, 중요한 대상인 소규모 자영 농업인은 관련 법규 및 예방정책의 대상에서 제외되어 있다(김경수 등, 2007).

농작업에 있어서 근골격계 질환의 원인은 허리를 옆으로 비트는 등의 부적절한 자세, 무거운 물건을 드는 것과 같은 많은 힘을 요구하는 작업, 반복되는 동작 그리고 진동 등이다. 이 자세들은 대부분 허리나 어깨 등에 많은 근력을 요하게 된다. 특히 허리를 굽혔다 펴는 동작이 요구되는 들어올리기 작업은 농작업 자세에 있어 상당부분을 차지하고 있다. 참외와 같이 지면 가까이에서 재배되는 작물의 경우 쪼그려 앉은 자세, 엉덩이 대고 앉은 자세, 허리를 구부린 자세 및 선 자세 등 다양한 작업동작이 요구된다. 이 중 쪼그려 앉은 자세와 허리를 많이 구부린 자세가 대부분을 차지한다(안옥선, 2001). 이 동작은 허리굴절과 압축력이 요추부 추간판 탈출증을 야기시키기 때문에 요통을 유발시키는 주요 원인이 된다. 그리고 농작업에서는 작물재배(노지/시설재배)의 환경적 요건 즉, 추위, 더위와 같은 극심한 온도와 복사열에 의한 건강장해를 겪고 있다. 이러한 열악한 작업환경조건과 과중한 노동부담으로부터 건강을 보호하고 최대한의 작업능률을 얻기 위해서는 쾌적한 작업환경을 조성하는 것이 우선이지만, 농업의 경우 농작물의 생산성을 최대한 높일 수 있는 환경을 조성해야만 하므로 농업인은 열악한 농작업 환경에서 그대로 노출되어 작업할 수밖에 없다. 그래서 이러한 작업환경 중에서 농업인의 건강을 위협하는 작업요인으로부터 스스로를 보호하고, 건강을 유지하며 작업능률을 향상시키기 위해서는 농작업 보조도구나 피복장비 등의 농작업 안전 기술을 적극적으로 이용하는 것이 필수적이다.

따라서, 본 연구에서는 한국 농촌의 인력환경 및 농작업 재해 관련 연구동향을 살펴보고, 농작업 노동부담을 줄이고, 작업의 쾌적화를 위해 농작업 현장에 쓰이고 있는 각종 농작업 안전 기술을 작업환경 개선원리에 따라 분류하여 살펴보고, 이들 농작업 안전 기술의 활용가치 및 추후 보완되어야 할 내용 및 방향에 대해 논하고자 한다.

2. 본 론

2.1 농촌의 노령화와 농작업 재해 발생현황

한국의 급속한 산업화와 경제개발은 농촌인구의 탈농촌화를 빠르게 진척시켜 1945년 전 국민 중 87%였던 농가인구는 2006년 6.8% 수준으로 급격히 감소되었다. 이러한 인구이동은 젊은 노동력 중심으로 이루어져 65대 이상 농업인구가 1980년에 6.7%였던 것이 2005년에는 29.1%로 증가하게 되었다. 농촌의 고령화는 질병형태에도 영향을 주어 농촌질병의 대부분이 퇴행성, 만성적인 질병으로 나타나 2001년 조사된 농림어업인의 의사진단 만성질환 유병률이 72.36%였고, 비농림어업인은 49.8%여서 농림어업인의 만성질환 유병률이 상당히 높은 것으로 나타났다(농촌진흥청, 2006).

이러한 만성질환 유병율은 농촌진흥청에서 1995년부터 5년 간격으로 조사해 온 '농부증'과도 관련되는데, 농부증이 고혈압, 류마티스 관절염, 동맥경화, 신장질환과 같은 일반질환 발생과 관련된 증후군으로 구성되어 있기 때문이다. 농부증은 초기 노동자의 '굴뚝청소부의 병', '도장공의 병' 등과 같이 특정 직업에서 많이 발생하는 특징적인 증후로부터 시작되었던 상황과 유사하게 농부증도 현재까지는 농업인에게서 주로 나타나는 증상들로 직업병을 대변해 오고 있었다. 그러나 이러한 농부증은 표 1에서 보여주는 바와 같이 그 양성률은 42.7%에서 19.8% 정도의 불규칙한 분포를 보이고 있고 다양한 질환 증상들을 모아 놓았다는 면에서 직업성 질환으로 인정받기 어려운 현실이다(표 1).

표 1. 농부증 변화 추이

조사자	조사년도	조사대상(명)	유병률(%)
농촌생활연구소(1995)	1994	농촌 2,000명	19.8
홍대용 등(1996)	1996	농촌 2,159명	26.8
장성훈 등(1998)	1997	농촌 909명	33.2
농촌생활연구소(2000)	2000	농촌 2000명	28.5
농림부(2004)	2004	도시, 농촌 5000명	농림어업인 42.7 도시 17.7

하지만 향후에는 농업인의 직업병을 더욱 명확히 정의하고 원인을 파악하여 대책을 세울 수 있도록 '농부증' 보다 각각의 증상들에 맞는 현대적인 질병분류에 따른 조사 분석이 필요하며 이를 기반으로 농부증을 '근막통증후군', '슬관절 퇴행성 관절염', '급성 농약중독', '기관지천식' 등과 같이 구체적인 질환들로 명명하기 위한 노력이 이루어져야 할 것이다(그림 1).

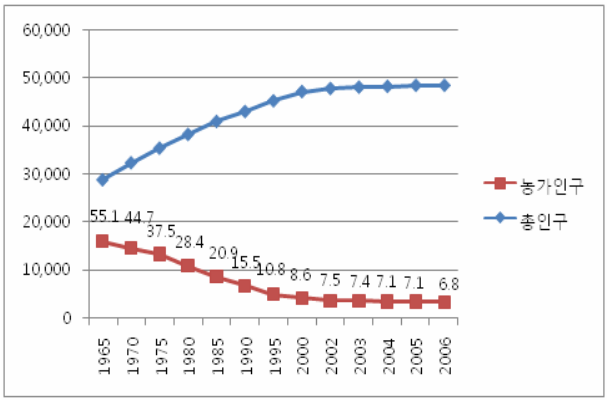


그림 1. 농가인구 변화 추이

이러한 의미에서 농촌진흥청에서 2000년부터 근골격계 위험요인, 농약중독으로 인한 신경손상, 천식, 면역기능 약화 등에 대한 연구들을 수행한 결과 농업인의 근골격계 질환은 작목별로 차이가 있고, 비농업인보다 높은 근골격계 질환 유병율을 보여주고 있다(표 2). 이는 2001년 국민건강영양 자료를 농림어업인과 비농림어업인으로 분류하여 분석한 결과, 농림어업인은 비농림어업인에 비해 의사진단 만성질환이 1.45배, 그 중 근골격계 질환은 2.4배 높은 것으로 보고된 것과도 맥락을 같이한다(농촌진흥청, 2004).

표 2. 농업인 근골격계 질환 조사결과

연 구 자	년도	대상 (명)	근골격계 질환 유병율	비고
농촌진흥청	2007	46	농업인(71%)	의사검진, 작업관련성 평가 농작업관련성 43%
농촌진흥청	2004	1,700	농림어업인(62%), 비농업인(25%)	국민건강영양조자료 분석(30세 이상)
농촌진흥청	2002	354	농업인: 과수(67%), 밭작물(60%), 축산(35%), 비농업인(31%)	의사 검진, 마을단위 전수조사
백도명	1999	1,709	농어업인(82%), 제조업(71%)	자가문답, 45~64세 남성

이외에 노동부 산업재해보상자료에 나타난 업종별 재해현황에서도 농업은 제조업이나 건설업보다 높은 재해천인율을 보여주고 있으며 특히 약 75만명이 가입한 농업인 안전공제 보상자료 분석결과 농작업 활동으로 인한 농업인의 사고재해 천인율은 34.7로 나타나서 매우 심각한 수준임을 알 수 있다(표 3, 4).

표 3. 노동부 산업재해분석자료에 나타난 업종별재해현황('06)

업종	사업장	근로자수	재해자	천인율
농업	3,281	31,781	483	15.20
제조업	236,429	3,032,667	35,914	11.84
건설업	149,874	2,547,754	17,955	7.05

표 4. 농업인 안전공제 및 농기계 종합공제의 재해현황('05)

농업인 안전공제			농기계 종합공제		
가입건수	재해건수	천인율	가입건수	농기계 손실 건수	천인율
702,000	13,930	34.7	8,742	731	83.6

2.2 농작업 안전 기술 정의 및 범위

농작업 환경에 쓰이는 작업 안전 기술은 비정형적인 형태를 이루는 중량물 – 농산물 – 취급에 관련된 장비뿐만 아니라 열악한 작업환경으로부터 작업자를 보호할 수 있는 개인 보호구 그리고, 여러 작업공정으로 이루어진 작업형태를 노동을 절감할 수 있고, 효율적인 작업이 이뤄질 수 있게 만드는 작업시스템을 포함한다(표 5).

표 5. 농작업 안전 기술 개요

항목	종류
운반도구	바퀴달린 운반대, 운반대차, 밀차, 행거, 간이 자율주행 작업차 등
작업대 및 시스템	선별, 포장, 출하시스템 등
피복장비	작업복, 작업화, 장갑, 작업모 등
개인 보호구	농약방제복, 방제마스크, 보안경 등

2.3 농작업 유해요인 및 농작업 안전 기술

농작업 안전 기술은 농작업 유해요인으로부터 노출을 차단하거나 줄이기 위해서 사용된다. 이들 유해요인의 특성 및 종류에 따라서 사용되는 보조장비 또한 달라진다. 농작업 유해요인은 크게 물리적 요인, 화학적 요인, 생물학적 요인, 인간공학적 요인 및 안전사고 요인으로 나뉜다. 본 연구에서는 물리적 요인, 화학적 요인 및 인간공학적 요인으로부터 작업자를 보호하고, 노동부담을 경감할 수 있는 보조장비 및 작업공정 개선 기술을 중점적으로 다루고자 한다(표 6).

2.4 작업자세 개선을 통한 노동부담 경감

농작업은 부적절한 자세로 행해지는 경우가 많아서, 이것

표 6. 농작업 유해요인 및 농작업 안전 기술

요인	종류	작업유형	보조장비
물리적 요인	분진	축산, 밭, 논 작업	보호 마스크 등
	라돈	토양이용 작업	개인 보호구 등
	자외선	실외작업	작업모 등
	고온/저온	실외작업, 비닐하우스 작업	작업복, 냉각조끼 등
	소음/진동	축산, 농기계 사용	
화학적 요인	농약	살충, 살서, 제초작업 등	농약방제복, 마스크, 보호장갑 등
	중금속	오염된 토양, 페인트	
	유해가스	축산, 곡식 저장고 등	산소 마스크 등
	산, 알칼리, 염	무수암모니아 비료 등	
생물학적 요인	곰팡이	축산, 건초, 퇴비 더미	
	엔도톡신	축산, 곡물관련 작업	
	Mycotoxin	축산, 곡물 저장작업	
	동물원성 질병	축산	
인간공학적 요인	중량물	수확물 운반작업 등	운반대차 등
	작업자세	원예, 비닐하우스, 과수작업	작업대, 작업발판, 작업의자 등
안전사고 요인	농기계	농작업, 과수작업	
	추락	과수, 시설유지 보수작업 등	
	감전	실외작업	
	동물	축산(말, 소 등)	

은 작업능률을 저하시킬 뿐만 아니라 어깨 결림이나 요통을 일으켜 만성적인 피로를 가져오게 한다. 부적절한 자세란 구부린 자세, 쪼그리고 앉은 자세, 고개를 뒤로 젖힌 자세, 계속 서서하는 자세 등을 말한다. 기계화 등으로 힘든 노동은 줄어든 반면 오히려 정적이고 장시간 계속되는 작업자세에 의한 노동부담이 문제되고 있다.

이들 대표적인 농작업 자세로 인해 작업자가 받는 건강상의 부정적인 효과는 문헌에 제시되어 있는 내용을 정리하면 표 7과 같다(표 7).

농작업장에서 가장 많이 요구되는 세 가지 작업자세는 선 자세(Standing posture), 허리를 굽힌 자세(Stooping posture), 쪼그린 자세(Squatting posture)이다. 이와 같은 작업자세는 대상 작물의 위치에 따라 결정되는데 선 자세의 경우 팔꿈치 높이 이상, 허리를 구부려 작업하는 자세는 무릎높이에서 팔꿈치높이 사이, 쪼그려 앉은 자세는 무릎높이 이하에서 작업하는 경우에 발생한다.

이들 작업자세들 중 쪼그려 앉아 작업하는 자세는 각종 농산물의 파종, 재배, 수확작업 등에서 나타난다. 이와 같이 쪼그려 앉아서 작업할 경우 정적인 자세가 지속되므로 체중이 전부 다리에 쏠리면서 무리한 힘이 가중되어 혈액순환

표 7. 작업자세 관련된 건강 위해 효과 (W.M.Keyserling et al., 1992)

Posture	Adverse health effects	Reference
Standing stationary	Compression Neuropathies	Feldman et al., 1983
Kneeling	Increased heart rate and oxygen consumption Compression neuropathies	Sato et al., 1973 Feldman et al., 1983
Squatting	Compression neuropathies	Feldman et al., 1983
Sitting w / back support	Compression neuropathies	Feldman et al., 1983
Sitting w / o back support	Low back pain	Grandjean et al., 1983
Mild flexion / trunk	Increased heart rate and oxygen consumption Back pain	Sato et al., 1973 Punnett et al., 1991 Andersson, 1981
Severe flexion / trunk	Increased heart rate and oxygen consumption Back pain	Sato et al., 1973 Punnett et al., 1991 Andersson, 1981
Twisted / bent / trunk	Back pain	Punnett et al., 1991 Andersson, 1981
Mild flexion / neck	Neck pain and stiffness	Grandjean et al., 1983
Severe flexion / neck	Pain in the neck, upper back and arms Neck pain and stiffness	Harms-Ringdahl et al., 1986 Grandjean et al., 1983
Twisted/bent/ neck	Neck and shoulder pain Headache	Tola et al., 1988 Travell, 1967
Extension / neck	Neck pain Dazziness(Vertigo), Tinnitus	Travell, 1967 H. Sakakibara et al., 1987
Raising the arm	Pain in shoulders and upper arms Supraspinatus tendinitis Prolonged shoulder Pain	Von Wely, 1970 Herbert et al., 1981 Bjelle et al., 1979, 1981
Bending the head back	Pain in cervical regions Cervical spondylosis & Atherosclerosis	Von Wely, 1970 Okawara nd Nibbelink, 1974

장해를 초래하여 다리가 저리고 작업자가 쉽게 피로해 진다. 또한 장시간 작업을 수행할 때 무릎과 허리의 피로 및 통증이 격심해져서 근골격계 질환을 유발하는 경우가 빈번하며, 작업능률을 떨어뜨린다. 또한 과수에서의 적과, 봉지 씌우기, 가지치기, 수확 등은 작업자가 빈번하게 팔을 어깨 위로 들어 올리고 머리를 뒤로 젖혀서 위를 보게 된다. 이 고소작업은 팔, 목, 어깨에 통증을 유발하며, 어깨 및 목근육에 결림 및 피로감을 가져온다. 그리고 농기계(트랙터, 콤바인 등)를 이용한 작업은 장시간 앉은 작업자세로 빈번하게 후방의 상태를 주시한다. 게다가 진동과 허리의 비틀림 운동이 수반되어 요통의 위험성이 높다. 또 정적인 자세를 오래 유지할 경우에는 부하와 근육섬유질에 대한 잘못된 하중분

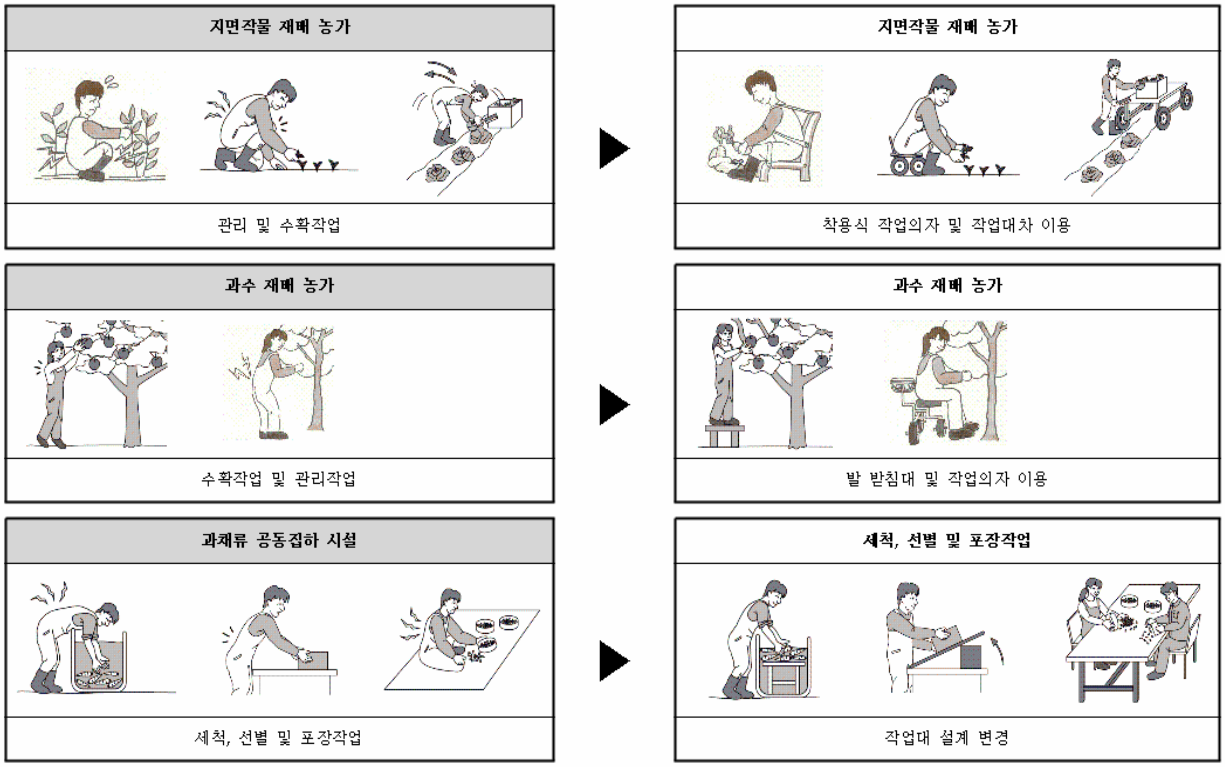


그림 2. 부적절한 작업자세 개선을 통한 노동부담 경감 원리

포로 인해 근·골격계의 기능적 결함과 근육 섬유질이 퇴행성이 유발될 수 있다.

이 부적절한 작업자세로 인한 피로를 적게 하기 위해서는 중립적인 작업자세를 취하고, 가능한 한 무리한 자세를 하지 않는 것이 중요하다. 작업자세를 개선하기 위한 원리로는 도구를 이용한 작업자세 변경과 조작하는 부분 혹은 작업면의 높이를 올려 작업자가 앞으로 허리를 구부리지 않도록 하는 것이다. 그리고 한 가지 자세로 계속해서 일하는 정적인 자세는 바람직한 자세가 아니므로 일하면서 자세를 계속 바꿔주어 피로가 누적되는 것을 막아야 한다(그림 2).

근골격계 통증과 부적절한 작업자세와의 연관 관계는 표 7과 같이 많은 연구결과에서 보고되고 있다. 작업자세로 인해 발생하는 작업부하를 평가하기 위한 연구는 생체 역학적 평가, 근육의 피로도 측정, 주관적 불편도 측정 등이 많이 이용되고 있다. 농작업 보조장비를 통한 작업자세 개선 연구는 표 8와 같다. 지면 작물을 대상으로 하는 작물관리 작업의 경우는 보조의자나 착용의자를 통해 지지하는 두발에 하중이 집중하는 것을 방지하고 분산시킨다. 포도재배나 노지고추 재배의 경우는 작업의자를 통해 허리를 구부린 자세를 앉아 작업으로 전환한다. 바닥에서 선별 및 포장작업을 했던 작업은 작업대를 통해 앉은 작업으로 전환한다.

현재 농작업의 부자연스러운 자세를 개선시킬 수 있도록 고안되어 실용화 되어 있는 보조도구는 그리 많지 않은데 고랑에서 앉아서 이동작업이 가능한 보조도구에는 딸기 수확 작업차, 밭고랑 작업의자, 깔판의자가 있으며, 선별작업을 작업대를 사용하게 고안한 딸기, 버섯, 토마토 선별작업대 등이 있다(그림 3).

2.5 중량물운반법 개선을 통한 노동부담 경감

경제발전과 산업화로 인하여 수많은 작업들이 기계화되고 자동화되어 가지만, 아직도 중량물 취급(MMH; Manual Material Handling)이 많은 부분을 차지하는 실정이다. 잘 알려진 바와 같이 중량물 취급작업은 여러 가지 활동으로 구성되는데, 물체를 적재하고 하역하기 위하여 들기, 옮기기, 내려놓기 작업뿐만 아니라 밀고 당기는 작업 등을 포함하며, 물체를 다른 곳으로 이동시키는데 있어 인력을 사용하는 전반적인 운반작업을 말한다. 농작업 현장에서 가장 흔하게 하는 작업은 들어 옮기는 작업이다. 작물을 재배, 관리하기 위해서 사용되는 비료나 보온에 쓰이는 보온단열재를 들어 옮기는 작업과 작목에 따라 각기 다른 형태의 수확 용기를 머리, 어깨 및 손을 이용하여 옮기는 작업 등이다. 최근 들어서는 다양한 형태의 운반대차가 수확물 운반작업에 빈번하게 사용되고 있다. 인력으로 중량물을 운반하는 작업은

표 8. 작업자세 개선을 위한 농작업 안전 기술 문헌

작업자세	작업유형(작목)	세부작업	작업개선방안	참고문헌
선 자세	과수작업(사과, 배)	수확작업	발판, 플랫폼	농촌진흥청(2008)
허리를 구부린 자세	과수작업(포도)	알솎기 작업	3륜 작업의자	김경란(2007)
	노지채소(고추)	수확작업	소형, 대형 운반대차	안옥선(2002)
쪼그린 자세	시설재배(딸기)	육묘작업	고설재배(재배방식)	윤혜숙(2004)
	시설재배(딸기)	수경재배	고설 수경재배	전하준(2006)
	시설재배(딸기)	수확작업	운반대차	농촌진흥청(2008)
	시설재배	관리 및 수확작업	착용식 의자	최정화(1997)
	시설재배	관리 및 수확작업	작업용 받침대	이인석(1998)
	시설재배	관리 및 수확작업	착용의자	정화식(2005, 2008)
	시설재배	관리 및 수확작업	작업용 좌대	정인주(2007)
바닥에 앉은 자세	특용작물(느타리버섯)	선별 및 출하작업	버섯 출하작업 시스템	안옥선(2002)
	특용작물(버섯)	선별 및 출하작업	버섯 출하조정 작업장	엄기수(2002)
	과채류 작물(딸기)	선별 및 출하작업	작업대	김화님(1988)
	과채류 작물(딸기, 파)	선별 및 출하작업	작업대	이승교(1991)
	과채류 작물(오이)	선별 및 출하작업	오이 출하작업 시스템	농촌진흥청(2008)

(a) 딸기수확 작업차 (b) 3륜 작업의자 (c) 작업용 받침대 (d) 선별, 포장 작업대

그림 3. 작업자세 개선을 위한 농작업 안전 기술

근육, 인대, 뼈 등에 과중한 부담을 주며, 이는 요통과 같은 근 · 골격계 질환을 유발하는 주요한 요인이 된다(그림 4).

같은 중량물을 다루더라도 작업자의 신체적 특성 – 성별, 체력 등 – 에 따라 작업자가 느끼는 부담의 정도가 달라진다. 농작업장의 인부나 농촌인구가 점차 고령화되는 추세에 비추어 볼 때, 고령자와 여성은 중량물 취급작업시 특히 치명적 손상이나 부상이 발생치 않도록 주의할 필요성이 있다. 대체로 여성의 근력은 남성의 60% 정도이며, 남녀 모두 나이가 들수록 근력의 저하가 생긴다. 이 저하는 다리 부분에서 시작하여 신체의 위쪽으로 가서 손끝으로 진행된다. 따라서 중량물 취급작업시 작업자 특성에 맞게 적정중량물 허용하중 이하로 제한해야 한다. 미국 산업안전보건국(NIOSH)에서는 세 가지 접근방법 – 생체 역학적 방법, 심 · 물리학적 방법 및 생리적인 방법 – 을 고려하여 중량물 취급 권고 허용치를 산출하는 공식을 제시하였다. 들기작업은 작업장에서 빈번이 이뤄지고, 가장 상해가 많이 발생하는 인력작업으로 손으로 직접 무거운 것을 들 때는 가능한 몸 쪽에 바짝 붙여, 짐을 드는 것이 좋으며 부피가 큰 것은 가능한 한 작게 나누고, 들기 어려운 물건은 용기에 넣어 드는 것이 좋다.

들기작업의 설계과정에서 고려해야 할 물체의 특성중의 하나는 손잡이 유무이다. 손잡이가 있는 물체가 손잡이가 없는 물체보다 더 안전하고 스트레스가 덜하다는 연구결과가 있다. 이들 연구에 따르면, 손잡이가 없는 상자가 손잡이가 있는 상자보다 최대허용중량이 7.2~16% 더 낮게 나타났다. 또 다른 연구에서는 물체의 손잡이 유무가 작업의 능률과 편안함을 향상시킨다고 보고하고 있다. 농작업 현장에 쓰이는 용기의 손잡이에 대한 국내의 연구는 표 9와 같다.

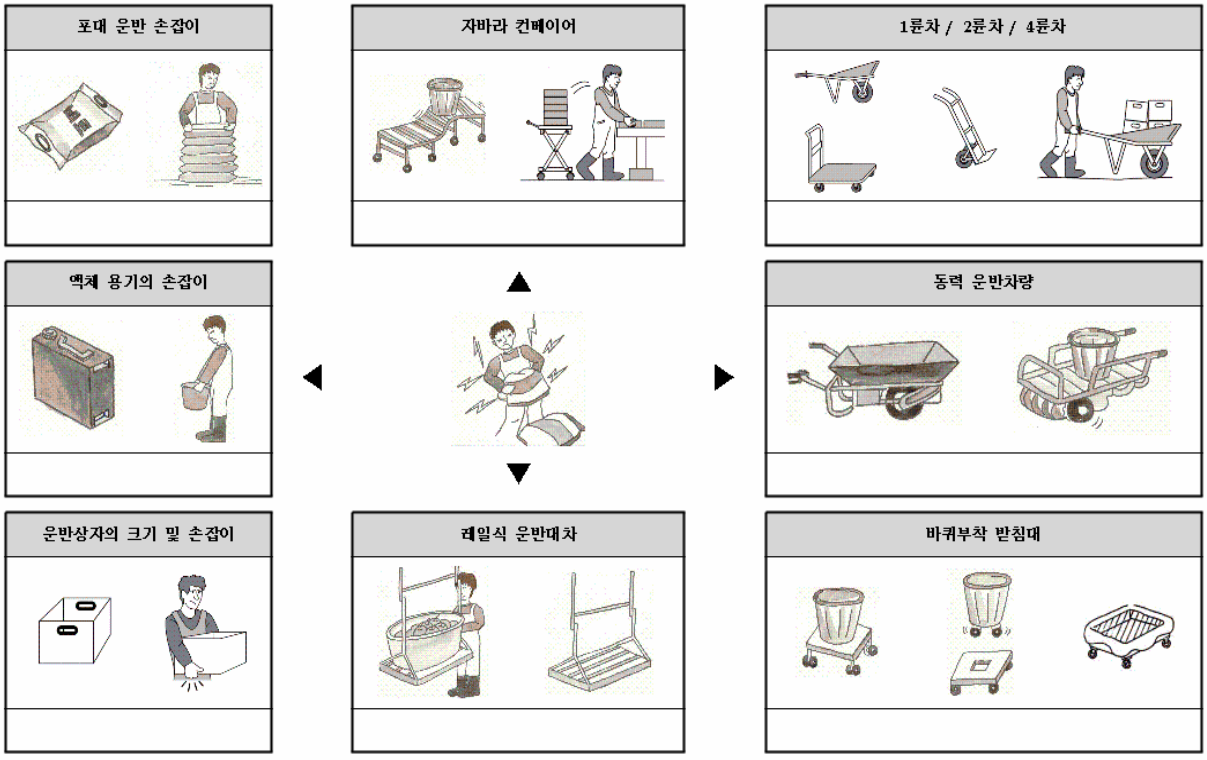


그림 4. 중량물운반법 개선을 통한 노동부담 경감 원리

표 9. 인간공학적 작업개선을 위한 용기 손잡이 설계 연구

중량물 취급	대상	특징	작업개선방안	평가방법	참고문헌
들기/나르기	비료 포대 사료 포대	손잡이 유/무 효과 평가 (20kg 비료포대)	포대 운반손잡이	생리학적 평가 심물리학적 평가 주관적 평가	정화식(2004)
들기/나르기	박스	박스크기/손잡이위치/이동위치	손잡이 최적위치	사용자 선호자 평가	정인주(2007)
들기/나르기	액제용기	손잡이의 다양한 형태, 부착위치	액체저장용기 손잡이	사용자 선호도 평가	정화식(2003, 2008)

첫째 정 등(2004)의 논문에 따르면, 곡물이나 사료용기로 흔히 쓰이는 PP포대의 손잡이를 생리학적, 심리물리학적인 평가방법을 통하여 이의 효과를 평가한 결과 손잡이가 있는 포대가 없는 포대보다 유의한 범위 내에서 낮은 산소소비량, 심박수, 혈압 및 주관적 불편도 값을 가졌다. 둘째 물, 석유, 화학제품 등의 액체를 저장하여 운반하는 용기로 광범위하게 사용되고 있는 액체 저장용기를 대상으로 정 등(2003)은 용기의 상부손잡이 방향에 따른 운반시 선호되는 적절한 손잡이의 방향을 파악하고, 용기의 내용물을 따르기에 있어 보조손잡이의 위치 및 형태에 따른 사용자의 선호도를 조사하여 보조손잡이가 부착된 액체 저장용기를 개발하였다(표 9, 표 10).

현재 수확물 운반작업을 위해 고안되어 실용화되어 있는 보조도구는 여러 종류가 있는데, 고추, 오이, 딸기, 토마토, 구기자, 과수, 호박, 국화, 버섯, 장미 등에 대하여 개발되어 있고 이밖에 모종상자 등을 운반할 수 있는 다용도 운반차가 개발되어 있다. 운반대차에 관한 연구는 표 10과 같고, 생리학적 평가, 생체 역학적 평가 및 주관적 평가를 통해 작업 효율성 및 작업자의 편의성을 평가하였다. 그리고 시설원예 산업의 발전방향이 공장체계로 이루어지는 식물공장임을 감안하여, 농작업의 자동화에 필수적인 자율주행 기술도 발전하여 온실용 운반차의 자율주행에 관련 연구도 다수 진행되었다(그림 5).

2.6 냉, 서열 환경에서의 작업자 보호를 통한 작업의 쾌적화

농작업자는 추위, 더위와 같은 작업장의 극심한 온도와

표 10. 농산물 운반작업 개선을 위한 농작업 안전 기술 문헌

작업환경	작목형태	작업개선방안	평가방법	참고문헌
비닐하우스	과채류 재배 (여름철 수박)	로울러를 부착한 의자(23.7, 49.2cm) 밀차	생리반응연구 자각증상	김영주(1994)
	과채류 재배 (겨울철 상추)	바퀴가 달린 의자(22cm) 운반차	생리반응연구 자각증상	김명주(1997a)
	과채류 재배 (오이)	인력식 농작업차 동력식 농작업차	생리반응연구 자각증상	최정화(1997)
	과채류 재배 (오이, 토마토)	과채류 수확운반차	에너지소비량 작업효율	농촌진흥청(2008)
	과채류 재배 (딸기)	딸기수확차	에너지소비량 작업효율	농촌진흥청(2008)
	과채류 재배 (참외, 딸기, 메론)	레일식 운반대차	생체역학평가 작업효율	임대섭(2007)
	과채류 재배 (참외)	3륜 운반수레	생체역학평가 에너지소비량	농촌진흥청(2008)
	온실 재배	온실용 간이 자율주행 작업차	성능시험	이재환(1996)
노지 재배	노지채소 (고추)	대형 수확운반차 소형 수확운반차	에너지소비량 작업효율 작업편이성	안옥선(2002)
	노지채소 (여름철 대파)	바퀴가 달린 의자(22cm) 밀차	생리반응연구 자각증상	김영주(1997b)

(a) 노지고추 대형, 소형 수확운반차 (b) 과채류 수확운반차 (c) 레일식 운반대차

그림 5. 농산물 운반작업 개선을 위한 농작업 안전 기술

복사열에 의한 건강장해를 입고 있다. 특히, 농작업 환경은 작업 특성상 온도를 낮출 수 없거나 낮추어서는 안 되어서, 작업자가 체열생산억제로 인한 식욕부진, 근육이완, 작업의욕상실, TSH(갑상선 자극 호르몬) 분비감소를 일으키고 더 나아가서는 작업능률의 저하, 작업기피, 생산성 저하는 물론 일사병, 열사병 등과 같은 건강장해를 일으킨다(그림 6).

인간의 체온은 체온조절기능에 따라 항상 37℃ 정도로 일정하게 유지되고 있으며, 체온조절은 체내에서의 열의 생산과 열을 발산하는 기능으로 이루어진다. 고온 시에는 피부혈관의 확장이나 땀의 증가 이외에 수분 증발을 유발하게 되어 열을 빨리 빼앗기며 체열 생산의 억제를 가져온다. 또한 더위는 심장의 움직임 등에 커다란 영향을 주는데, 햇볕에 노출되면 피부의 혈관이 확장되고 내장을 통한 혈류량과 심장으로 돌아오는 혈류량도 감소되기 때문에 혈압이 낮아지고 맥박수는 증가하게 된다. 한편, 호흡은 빨라지고 땀이 증가하기 때문에 체내수분의 결핍에 따라 혈액이 농축되어지는 일이 많아지고 혈액의 점도를 높이기 때문에 심장은 점점 불리한 조건이 된다.

반면에 인체가 찬 공기나 차가운 물 등의 추운 환경에 노출되면 신체의 열 손실을 줄이기 위하여 혈관의 수축, 불감증설의 감소, 심부로의 열 이동 등이 일어난다. 또한 강한 추위에 장시간 노출되면 인체의 열 손실의 증가로 체열의 불균형을 초래하여 인명의 손실이 가져오기도 한다.

따라서, 고온, 저온의 농작업 환경에서 일하는 사람들을

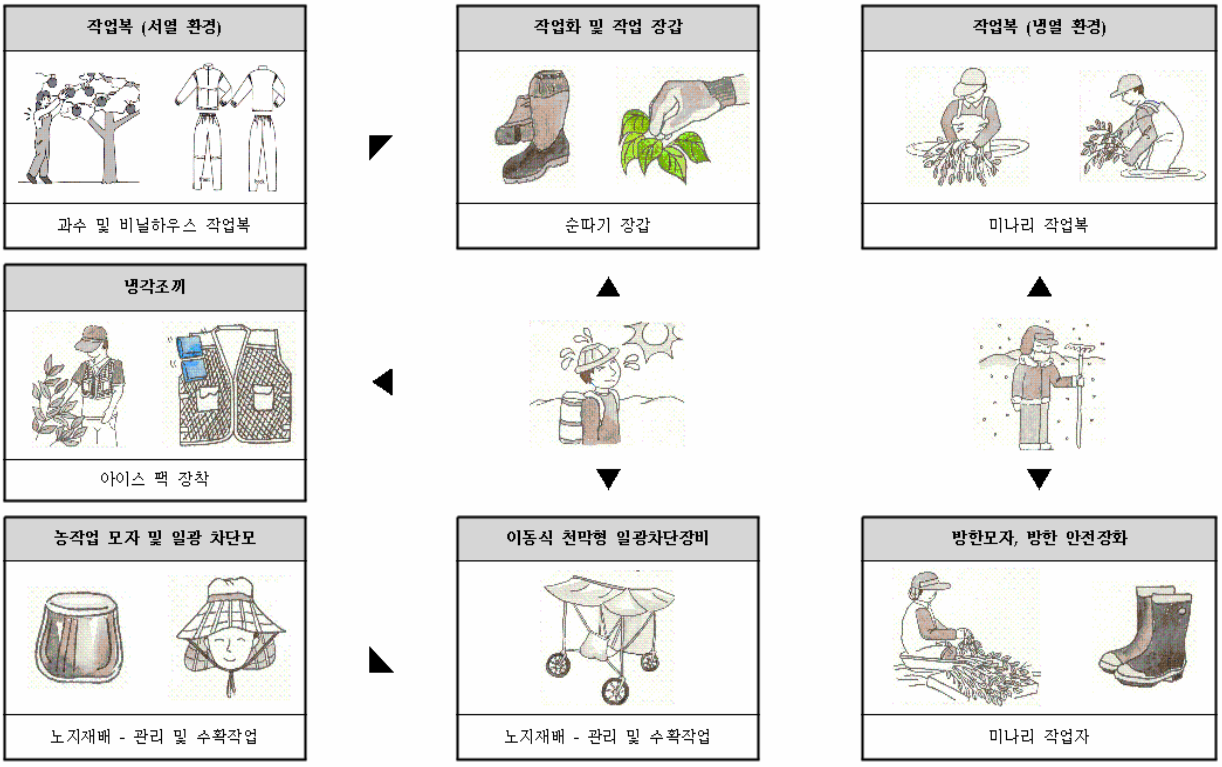


그림 6. 냉, 서열 환경에서의 작업자 보호를 통한 작업 쾌적화 원리

(a) 냉각조끼(서열환경) (b) 축산 작업복 (c) 작업복(냉열환경)

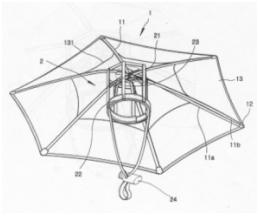
그림 7. 작업복을 통한 농작업 안전 기술

위해 인체부담을 경감시키고, 작업능률을 높일 수 있는 방서, 방한 작업복의 개발이 필요하다(그림 7).

국내의 농작업 피복장비에 관한 연구에는 표 11 및 표 12과 같이 농작업모, 비닐하우스용 작업복, 밭작업복, 축산 간편용 작업복, 방수용 간편복, 자외선 차단 농작업모 등이 있으며, 특히 최근 들어 농약사용의 증대에 따른 농약중독을 방지하기 위하여 농약방제복의 구성 및 소재에 관한 연구가 보고되고 있다. 이 외에 자외선 차단용 선글라스 착용 효과 실험이 이루어져 있고, 노지 미나리 작업용 방수 · 방한 작업복, 밭작업시 이물질 침투 방지 및 발의 피로경감을 위한 밭작업화, 과채류 순 · 잎따기 작업용 장갑 등이 개발되어 있다(그림 8).

여름철의 작업, 시설 중의 고온 다습한 환경에서의 작업은 파라솔이나 텐트 등을 사용하거나 차광막을 설치하여 일하는 사람을 고려한 작업장 온도조절이 필요하다. 현재 덥고 습한 작업환경을 개선해주기 위해 고안되어 실용화된 보조도구에는 햇볕가리개 부착 작업차, 이동 차광막 등이 있고, 피복장비에는 얼음조끼, 밭작업화, 농작업모, 차광모자, 방제모자, 방제복 등이 있다(표 11).

밭작업화 착용실태에 대해 농촌 부녀자를 대상으로 이 등



(a) 서열 작업모(양산형) (b) 방한모자 (c) 햇볕가리개 부착 작업차

그림 8. 작업모자 및 피복장비를 통한 농작업 안전 기술

표 11. 작업복을 이용한 농작업 개선 문헌

작업환경	위해요인	특징	작업개선방안	평가방법	참고문헌
비닐하우스	고온	체온조절용이(보온력 최저) 동적적응성 & 방수기능	비닐하우스용 작업복	생리적 반응 주관적 감각	명지영(1993)
	자외선	체온조절용이/자외선 차단 온열적 쾌적성	비닐하우스 작업복	생리적 반응 주관적 감각	최정화(2005)
	고온	제작 용이/착탈복 용이	냉각조끼 (냉매를 이용한 냉각복)	생리적 반응 주관적 감각	최정화(2001)
노지재배	고온	냉각지속시간 연장/중량경감 조끼 자체 보온력 감소	냉각조끼 (등부위/가슴부위 냉매)	생리적 반응 주관적 감각	최정화(2005)
	고온	–	노지고추 작업복	인간공학적 작업부하평가	최정화(2007)
	추위	방수, 방한용 작업복 (한랭장애 경감)	개량형 작업복 (미나리작업용 보호복)	생리적 반응 주관적 감각	최정화(2000)
과수재배		작업 편이성/기능성 향상	과수작업복 (배)	현장평가 기능평가	최미성(2002)

표 12. 작업화 및 장갑을 통한 농작업 안전 기술 문헌

위해요인	특징	작업개선방안	평가방법	참고문헌
열적부담 (방한/방서)	신발 재질 및 형태 (고무장화, 운동화, 고무신, 슬리퍼)	농작업화	현지 실태조사 인체착용실험(생리반응 평가) 주관적 감각평가	이경숙(1996)
열적부담 (방한/방서)	굽높이 차이 (굽높이 슬리퍼, 운동화)	농작업화	에너지대사량, 심박수 평가 근전도 주관적 감각평가	이경숙(1996)
열적부담	방수코팅(물듬 방지) 스판텍스 소재(통기성 향상)	순, 잎따기 장갑	–	농촌진흥청(1998)
자외선 태양복사열	복사열 차단성능 우수	방사용 농작업모 (방서통기모)	–	최정화(1990)
자외선 태양복사열	차단면적 확대/통풍구조 향상 착용휴대 용이	양산형 일광차단모	복사열 및 자외선 차단실험 주관적 평가(인체착용실험)	김경수(2002)
	머리 및 목 부위 열부담 경감	농작업 모자(4종) 기능성 차양모자	두상마네킹실험 인체착용실험	김명주(2004)

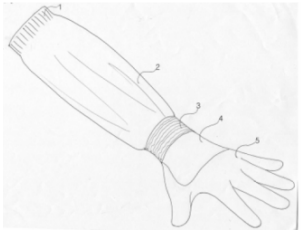
(1996)이 조사한 결과 작업화 착용시 불편사항으로는 이물질 침투, 발에 땀이 차고 잘 벗겨지는 것 등이었다. 이러한 문제를 개선하기 위해 발을 보호하고 통기성이 좋으며 땀의 흡수발산이 가능한 밭작업화를 개발하였으며, 개발 작업화의 착용실험 및 주관적 감각평가를 통해 고무장화, 운동화보다 통기성이 우수하며 열적 부담이 적은 것으로 평가

되었다(표 12).

과채류의 순잎따기 작업시 장갑사용에 대한 농촌진흥청의 조사결과 평소 장갑 착용율은 높았으나, 다수의 작업자가 불편하다고 하였다. 장갑 미착용시 가장 불편한 점으로는 농작물의 즙액 물듬이 지적되었다. 이러한 조사결과를 토대로 밀착성이 높고 방수성이 좋은 순 · 잎따기 장갑을 개발하였으며, 적응시험을 실시한 결과 기존의 고무장갑 착용시보다 착용감이 좋은 것으로 나타났다.

농약 방제작업은 화학적 독성으로 인한 급, 만성 농약중독 문제뿐만 아니라 주로 더운 여름철이나 밀폐된 비닐하우스 내에서의 작업으로 인한 서열부담 때문에 농작업 중 가장 힘든 작업으로 알려져 있다. 이런 점을 고려하여 농민의 서열부담을 최소화하고, 농약의 침투를 차단하는 개인 보호구의 소재 및 보호복에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 연구내용은 표 13과 같다(표 13, 그림 10).

(a) 농작업화



(b) 순, 잎따기 장갑

그림 9. 열적부담 경감 및 유해물질 차단을 위한 농작업 안전 기술

2.7 작업환경 개선을 통한 작업의 효율화

대다수의 농작업 환경은 재배하는 작목에 맞추어 작업환경이 조성되어 있다. 비닐하우스 재배환경의 경우 작목의 생육환경에 적합하도록 고온 다습하며, 작물이 자라는 이랑은 작업자의 작업범위를 넘어설 정도로 넓고, 고랑은 작업자가 걸어가기 불편한 정도로 좁다. 또한 재배초기에 평평하게 조성되었던 바닥의 상태가 여러 가지 이유로 불균일하고 경사진 상태로 변하여 생리적인 피로와 작업부담이 가중된다. 특히 수박, 참외, 딸기, 상추와 같은 지면 작물의 경우 작업공간이 지면에 가까이 위치하여 불안전한 자세까지 유도한다. 사과, 배 및 포도 등 과수농사 또한 작업자의 팔이 닿기 힘든 위치에 작목이 위치한다(그림 11).

작업환경 개선을 통한 작업의 효율화의 원리는 그림 11과 같다. 첫째, 작물이 자라는 환경 즉 이랑의 폭이나 고랑의 폭을 작업자의 인체계측정보를 이용하여 변경하는 방법이 있다. 둘째, 작물이 자라는 방식을 조절하여 작업자가 편하게 작업공간을 조성하는 것이다. 이 방법들은 시간과 비용이 많이 들지만, 장기적이고 근본적인 개선방안이다.

작업환경 개선에 관련한 연구는 표 14과 같다. 고설딸기 재배의 경우 재배공간을 작업자의 허리위치로 높여, 작업자의 자세개선 및 작목의 병충해를 줄였으며, 작업효율 또한 높였다. 과수농사의 경우는 줄기의 결속 수를 늘리고 통로 밖으로 줄기를 유인하는 방안 등을 통하여 운반통로 또는 작업공간을 확보하는 개선방법이 있다(표 14).

표 13. 농약 방제복을 이용한 농작업 안전 기술 문헌

위해요인	특징	작업개선방안	평가방법	참고문헌
농약노출 더위	차단성과 쾌적성이 우수한 방호복	농약 방호복	객관적 착용성능평가 주관적 착용감평가	최종명(1996)
–	농약노출과 작업복 현황	농약작업복	설문지 조사법	신정숙(1999)
농약노출 더위	방수, 불투습성 우비 상/하의	방수성 보호복	생리적 노동부담 평가 주관적 노동부담 평가	최정화(2002)
농약노출 더위	고어텍스(투습방수필름), 폴리에스터 발수가공처리직물, 1회용부직포, 나일론소재 방제복(4종)	농약방제복 소재	인체 생리반응 주관적 감각평가	황경숙(2006)
농약노출 더위	나일론/폴리에스테르(2종)	농약방제용 피복장비 소재	소재성능 실험(인증기관) 인체착용평가(생리반응, 주관적 감각평가)	황경숙(2007)
농약노출 더위	과수용 농약방제복 소재 (4종)	과수농약 방제복 소재	농약침투성 평가 인체쾌적성 평가	황경숙(2008)

(a) 농약살포 (b) 농약방제복 소재(4종류)

그림 10. 농약 방제복을 이용한 농작업 안전 기술

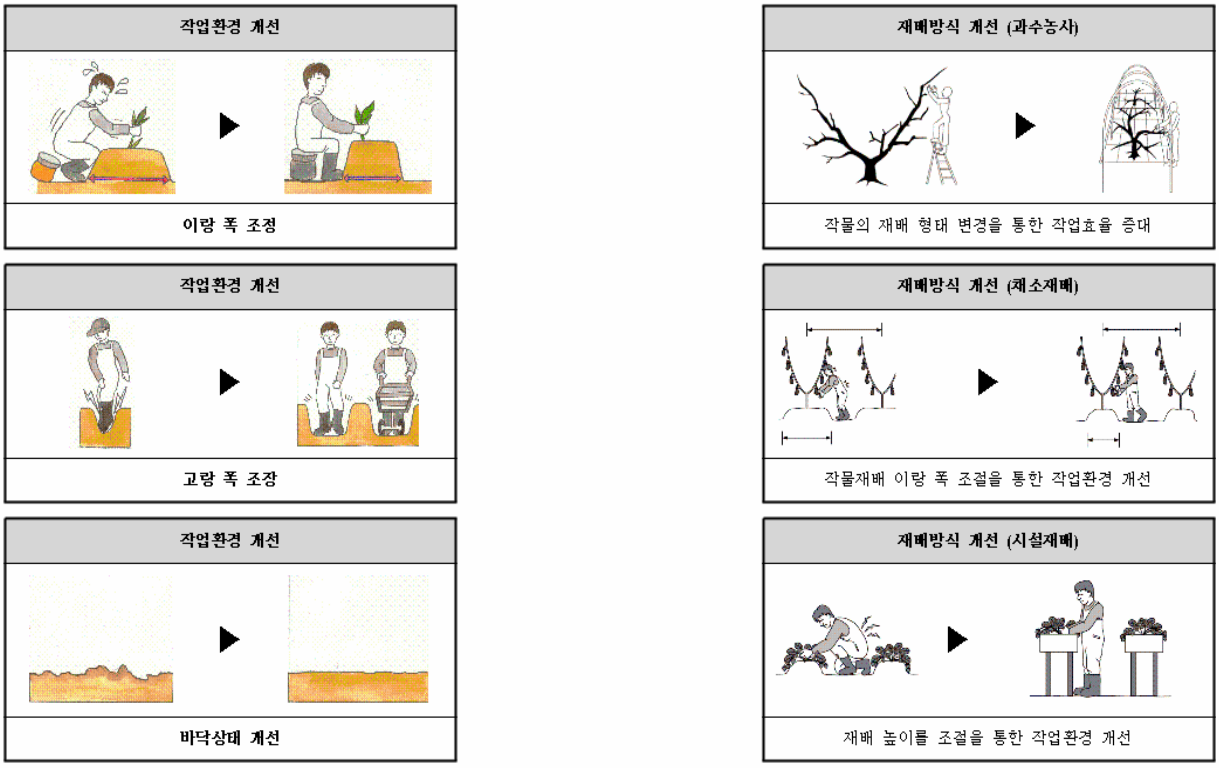


그림 11. 작업환경 개선 및 재배방식 개선을 통한 농작업 효율화 향상

표 14. 작업환경 개선 및 재배방식 개선을 위한 농작업 안전 기술 문헌

위해요인	특징	작업개선방안	평가방법	참고문헌
바닥상태	불균일하고 경사진 바닥상태 개선평가	평평한 바닥상태	생리학적 평가 (심박수/피로도)	김명주(1997)
두둑폭/고랑폭	두둑 폭: 성인 수평면 최대 작업력 고랑 폭: 성인 남성의 어깨 너비	적정 두둑 축소 /고랑 폭 확대	동작경제원칙 (R. M. Barnes)	농촌진흥청(2006)
재배높이	재배방식 변경(시설 딸기)	고설재배	노동시간, 작업자세 및 생산량 평가	윤혜숙(2003)

2.8 농작업자 체형연구를 통한 농업인 표준화 치수 개발

농촌진흥청에서는 한국농업인 2,000명의 인체계측을 통한 체형 특성 분석에서 여성농업인의 다리모양이 'O'자 형태가 많은 것으로 나타나 쪼그린 작업자세가 이와 관련이 있는 것으로 분석되었으며, 농촌여성의 전 연령대에서 허리둘레가 도시여성보다 더 굵은 것으로 보고되기도 하였다(백윤정 등, 2008a; 백윤정 등, 2008b). 이는 향후 농작업자를 보호하기 위한 기능성 의복이나 작업장비 및 농기계 등의 인간공학적 설계를 위하여 활용될 수 있도록 농업인 표준화 치수로 발전이 기대된다.

3. 결론 및 고찰

본 연구는 국내 농업인력구조 및 농작업 재해실태 관련 연구를 살펴보고, 열악한 농작업환경에서 노동부담을 줄이고, 작업의 편의성을 높이기 위해 사용되는 농작업 안전 기술을 살펴보고, 개선원리 – 작업자세 개선을 통한 노동부담 경감, 중량물운반법 개선을 통한 노동부담 경감, 냉, 서열 환경에서의 작업자 보호를 통한 작업의 쾌적화, 작업환경 개선을 통한 작업의 효율화 – 에 따른 보조장비 및 관련 연구 문헌을 요약 정리하였다. 이들 농작업 안전 기술은 수확물 운반을 위한 운반대차, 서열, 냉열 환경속에서 쾌적한 작업을 할 수 있는 피복장비, 그리고 유해물질로부터 작업자를 보호하는 작업복 및 농약방제복 등이다. 그리고 농업인의 체형 특성을 반영한 농작업 보조도구, 방제복 및 농기계 설계에 반영하기 위한 인체계측 연구가 소개되었다. 안전하고 효율적인 농작업 환경을 만들기 위해서 보다 장기적인 방안으로 생각해 볼 수 있는 것은 작업환경 및 재배방식 변경을 통해 사전에 유해요인을 차단하는 방법이다. 또한 앞서 살펴본 공학적 대책 외에 작업과정에서의 적절한 휴식배분, 신체부담을 줄일 수 있는 근력운동과 근육이완운동 및 조기발견 조기 치료와 관련된 교육 등의 관리적인 개선방안도 병행되고 있다.

그럼에도 불구하고, 농작업 현장에서 발생하는 부상이나 사망사고는 타산업의 사고 및 사망률이 낮아짐에 비해 줄어들지 않고 늘어나는 상황이다. 이는 작목 –노지재배, 과수재배 및 시설재배 – 특성에 따라 작업방식과 작업 특성이 다르게 때문에 방지대책 또한 달라지기 때문이다. 농작업 보조장비 및 작업시스템 또한 이와 같은 맥락에서 연구되고, 개발되어야 한다. 따라서 앞으로 농업인의 건강을 해칠 수 있는 작목별로 작업 위해 요인을 정확히 구명하고 그 대책을 마련하는 연구가 필요하다. 또한 다양한 작목과 환경에 알맞는 농작업 보조도구 및 피복장비를 연구 개발함으로써 보다 많은 농업인들이 무리한 농작업 대신 각각의 작업에 알맞게 개발된 보조도구를 이용하여 편안하고 안전한 농작업을 수행할 수 있는 연구가 필요하다.

참고 문헌

A. Kim Burton, K. Malcolm Tillotson, Mark G. Boocock, "Estimation of spinal loads in overhead work", Ergonomics, 37(8), 1311-1321, 1994.

Hisataka Sakakibara, Masaru Miyao, Taka-Aki Kondo and Shin'Ya Yamada, "Overhead work and shoulder-neck pain in orchard farmers harvesting pears and apples", Ergonomics, 38(4), 700-706, 1995.

Jung, H. S. and Jung, H. S., "Design of liquid container handles in accordance with user preferences", Ergonomics, 51(3), 247-260, 2008.

Jung, H. S. and Jung, H. S., "Evaluation of proper height for squatting stool", Ergonomics, 51(5), 671-690, 2008.

Choi, M. S. and Susan P. Ashdown., "The Design and Testing of Work Clothing for Female Pear Farmers", Clothing and Textiles Research Journal, 20(4), 253-263, 2002.

Keyserling, W. M., Brouwer, M. and Silverstein, B. A., "A checklist for evaluating ergonomic risk factors resulting from awkward postures of the legs, trunk and neck", International Journal of Industrial Ergonomics, 9, 283-301, 1992.

김경란, "농업인의 건강실태와 근골격계 작업부담에 관한 연구", 서울대학교 박사학위 논문, 2008.

김경수, 최정화, "양산형 일광차단모의 개발(제1보) - 고안 및 마네킹 착용 실험", 한국의류학회, 26(8), 1177-1185, 2002.

김경수, 최정화, "이동식 천막형 일광차단장비의 개발", 대한가정학회지, 42(1), 1-15, 2004.

김경수, 김경란, 김효철, 이경숙, "시설참외 재배작업의 근골격계 위험도 및 자각증상 호소율", 한국산업위생학회지, 16(4), 385-397, 2006.

김명주, 최정화, "하우스증 예방을 위한 비닐하우스내 작업환경 개선에 관한 연구", 한국농촌생활과학회지, 5(2), 107-115, 1994.

김명주, 최정화, "농민의 작업환경별 노동부담 경감방안에 관한 연구(I) - 겨울철 비닐하우스에서 상추재배 작업을 중심으로", 한국농촌생활과학회지, 8(2), 111-117, 1997.

김명주, 최정화, "농민의 작업환경별 노동부담 경감방안에 관한 연구(II) - 여름철 노지에서 대파재배 작업을 중심으로", 한국농촌생활과학회지, 8(2), 119-124, 1997.

김명주, 최정화, "서열환경에서 농작업 모자 착용에 따른 체온조절 및 주관적 반응", 한국의류학회지, 28(5), 713-722, 2004.

노동부, "산업재해 통계", 2006.

농림부, "농림어업인 등에 대한 복지실태 등 조사", 2004.

농촌생활연구소, "농촌생활과학 연구", 1995.

농촌생활연구소, "농촌생활과학 연구", 2000.

농촌진흥청, "농업인 직업성 질환 관련 위해요인 평가 및 종합적 관리시스템 개발", 2002.
농촌진흥청, "농림어업인의 주요 상병 및 건강형태 비교분석 보고서", 2004.
농촌진흥청,"농업인 업무상재해 관리체제에 관한 연구", 2006.
농촌진흥청, "농작업 안전관리 핸드북: 고령농업인의 작업관리", 2006.
농촌진흥청, "농업인 안전공제 자료분석을 통한 농작업관련 재해 유형과 특성연구", 2007.
농촌진흥청,"국내외 농작업 편이장비개인 보호구 편람", 2008.
농촌진흥청, "완결보고서: 시설참외의 Ergonomics형 전동식 운반차량 개발", 2008.
명지영, 심현섭, 최정화, "비닐하우스용 작업복 개발에 관한 연구", 한국의류학회지, 17(1), 19-35, 1993.
백도명, "1998 국민건강영양조사 심층연계분석", 251-276, 1999.
백윤정, 이경숙, "주재배 작목별 한국여성 농업인의 체형 특성", 한국의류학회지, 32(10), 1584-1594, 2008.
백윤정, "한국 남녀 농업인의 체형 특성", 한국의류학회지, 32(3), 431-442, 2008.
신정숙, 김철주, "농약작업자의 농약에 대한 노출과 작업복 현황에 관한 분석", 복식문화연구, 7(3), 142-153, 1999.
안옥선, "작목별 농작업 환경과 농업인의 작업부담에 관한 연구", 서울대학교 박사학위 논문, 2001.
안옥선, 김경란, 이경숙, 박근상, "느타리버섯 출하작업개선을 위한 작업시스템 개발", 한국지역사회생활과학회 2002년도 춘계 제13차 학술대회, 6, 126-128, 2002.
엄기수, 박근상, "농작업부담경감을 위한 설비 개발", 대한인간공학회 2002년 창립20주년기념 학술대회논문집, 11, 114-117, 2002.
윤혜숙, 황연현, 안철근, 황해준, 노치응, "딸기 고설육묘와 토경육묘에서의 노동시간, 작업자세 및 과실수량 비교", 원예과학기술지, 21(별호) 2003. 5: 39, 2003.
윤혜숙, 황연현, 안철근, 황해준, 노치웅, "저가 배지재료가 고설재배 딸기의 생육 및 수량에 미치는 영향", 원예과학기술지, 22(3), 266-269, 2004.
이경숙, 최정화, "농작업화에 관한 연구 – 신발종류에 따른 열적 부담 비교연구", 한국농촌생활과학회지, 7(2), 99-108, 1996.
이경숙, 최정화, "농작업화에 관한 연구(II) – 굽차이가 있는 신발의 작업부담 비교", 한국생활환경회지, 3(4), 7-13, 1996.
이경숙, "농업인 업무상재해 관리체계에 관한 연구", 서울대학교 박사학위 논문, 2006.
이승교, 김화님, "작업대 사용에 따른 농작업 에너지 소비량과 피로도 비교", 한국농촌생활과학회지, 2, 43-49, 1991.
이인석, 정민근, "쪼그려 앉은 작업자세에서의 작업부하 평가", 한국산업공학회지, 24(2), 167-173, 1998.
이재환, 류관희, "온실용 간이 자율주행 작업차의 개발", 한국농업기계학회지, 21(4), 422-428, 1996.
임대섭, 이경숙, 구혜란, 김경란, "시설참외의 수확 및 수확물 운반작업의 인간공학적 평가 및 개선방안", 한국지역사회생활과학회 2007년도 춘계학술대회 자료집 113, 2007.
장성훈, 이건세, 이원진, "충주지역 전업농민의 농부증에 관한 연구", 한국농촌의학회지, 23(1), 15-26, 1998.
정인주, 정화식, 농작업자의 건강과 안전 향상을 위해 적합한 작업용 좌대 높이의 검증, 대한안전경영과학회지, 9(4), 11-16, 2007.
정인주, 정화식, "청년층 사용자 선호도 평가를 통한 박스손잡이의 최적위치 설정", 대한인간공학회지, 26(4), 49-56, 2007.
정화식, 정형식, 쪼그려 앉는 의자의 적절한 높이 평가와 착용의자의 인간공학적 디자인, IE Interface, 18(3), 288-296, 2005.
정화식, 박아성, 정형식, "포대 운반손잡이의 인간공학적 디자인 및 평가", IE Interface, 17(1), 46-55, 2004.
정화식, 정형식, "사용자 선호도 평가를 통한 액체 저장용기의 손잡이 개발", IE Interface, 16(4), 515-525, 2003.
최정화, 백윤정, "비닐하우스용 작업복의 자외선 차단 성능과 착용감 연구", 한국농촌생활과학회지, 6(1), 25-30, 1995.
최정화, 설향, 류관희, "비닐하우스 작업시 승용 농작업차의 노동부담 경감효과", 한국농촌생활과학회지, 8(1), 7-13, 1997.
최정화, 백윤정, "미나리 작업자를 위한 작업복 개발에 관한 연구", 한국의류학회지, 24(8), 1266-1275, 2000.
최정화, 황경숙, "더운환경에서의 냉각조끼의 착용효과에 관한 연구", 한국의류학회지, 25(1), 83-90, 2001.
최정화, 김명주, 이주영, "여름철 비닐하우스 오이 수확 농민의 작업부담 및 온열환경 평가", 한국생활환경학회지, 9(3), 245-253, 2002.
최정화, 이주영, "농약방제 작업자의 작업환경 및 노동부담 평가", 한국의류학회지, 26(11), 1672-1681, 2002.
최정화, 김명주, 이주영, "여름철 농민의 서열부담 경감을 위한 냉각조끼의 성능 평가", 한국의류학회지, 29(8), 1176-1187, 2005.
최정화, 김명주, 이주영, "여름철 고추 수확시 노동부담: 서열부담 경감 작업복 개발을 위한 Pilot Study", 한국생활환경학회지, 14(1), 9-19, 2007.
최종명, 조정숙, 조길수, "비닐하우스 내에서의 발수발유가공 부직포와 복합가공 부직포로 만든 농약 방호복의 착용성능", 한국의류학회지, 20(2), 350-361, 1996.
황경숙, 김경란, 이경숙, 김경수, "농약방제복 소재의 차이가 인체쾌적성에 미치는 영향", 한국지역사회생활과학회지, 17(4), 49-56, 2006.
황경숙, 김경란, 이경숙, 김효철, 김경수, 백윤정, "기능성 농약방제복 개발을 위한 소재 및 성능에 관한 연구", 한국의류학회지, 31(11), 1611-1620, 2007.
황경숙, 최정화, 김경란, "신체 부위별 냉각허용한계온도에 관한 연구", 한국의류학회지, 31(1), 119-130, 2007.
황경숙, 김경란, 이경숙, 김효철, 백윤정, "과수용 농약방제복 소재 특성에 따른 인체생리반응에 관한 연구", 한국의류학회지, 32(11), 1792-1801, 2008.
홍대용, 김장락, 이명순, 강경희, 하호성, "경남 일부지역의 농부증 및 하우스증 발생에 미치는 요인분석", 한국농촌의학회지, 21(2), 173-193, 1996.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 이 경 숙 ❖ leeks81@korea.kr
서울대학교 의류학과 박사
현 재: 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부
관심분야: 산업의학, 직업병

❖ 김 효 철 ❖ alf0416@korea.kr
서울대학교 환경보건학과 석사
현 재: 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부
관심분야: 유해요인 평가, 산업보건

❖ 채 혜 선 ❖ hyeseon@korea.kr
영남대학교 의류학과 학사
현 재: 농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부
관심분야: 인간공학적 편이장비 개발, 인간공학적 설계 지원

❖ 김 경 란 ❖ kimgr@korea.kr
서울대학교 의류학과 박사
현 재: 농촌진흥청 국립농업과학원농업공학부
관심분야: 인간공학적 장비개발, 작업부담 평가

❖ 이 수 진 ❖ sjlee@hanyang.ac.kr
가톨릭대학교 의과대학 박사
현 재: 한양대학교 의과대학 산업의학교실
관심분야: 산업의학, 직업병

❖ 임 대 섭 ❖ daesup@skku.edu
성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 석사
현 재: 성균관대학교 바이오메카트로닉스학과 박사과정
관심분야: 인간공학, 생체역학, 컴퓨터 모의실험

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2009년 03월 16일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2009년 10월 19일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 01월 26일