

사고 원인조사를 통한 농작업 안전사고 특성 연구*

- 유지, 보수 작업을 중심으로 -

신용석^a · 김효철^b · 김경수^c · 김동역^{d**}

^a원진녹색병원 노동환경건강연구소 선임연구원 (서울 중랑구 사가정로 49길)

^b한국농수산대학교 교양학부 조교수 (전주 덕진구 콩쥐팥쥐로 1515)

^c국립농업과학원 안전재해예방공학과 농업연구관 (전주 덕진구 농생명로 310)

^d한국농수산대학교 교양학부 부교수 (전주 덕진구 콩쥐팥쥐로 1515)

Root Causes and Characteristics of Occupational Incidents by Cause Investigation

- Focusing on Maintenance and Repair Work -

Yongseok Shin^a · Hyocher Kim^b · Kyungsu Kim^c · Dongeok Kim^d

^aSenior Researcher, Wonjin Institute for Occupational and Environmental Health, Korea

^bAssistant Professor, Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Korea

^cSenior Researcher, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Korea

^dAssociate Professor, Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, Korea

Abstract

This study aims to identify the types of safety accidents that occur during maintenance and repair operations and analyze the root causes. We used the logic tree diagramming to extract the root causes of 65 safety incidents specifically related to maintenance and repair work out of a total of 1,024 agricultural safety incidents that occurred between 2007 and 2020 collected by investigation with interviews. The extracted root causes were analyzed by categorizing them into six different safety system classifications. The results of the analysis and suggestions are as follows. Incidents related to maintenance and repair work, which can lead to irreversible safety hazards, have occurred frequently. These incidents were found to be occurring due to the overlapping of various safety system errors such as personal protective system and safety operation procedure. In the short term, it is necessary to emphasize compliance with the use of personal protective equipment, and enhancement of maintenance training. In the long term, it is necessary to establish a legal distinction for maintenance and repair work and clarify the responsible parties. Introducing a maintenance system is also crucial to prevent occupational injuries during maintenance and repair in agriculture.

Key words: incidents, investigation, root causes, safety system, maintain and repair

1. 서론

농작업으로 인해 발생하는 농업인 안전재해는 미국, 유럽을

포함한 선진국과 후진국을 막론하고 전체 농업인구 대비 매우 높은 비율로 발생하고 있으며 이에 국제노동기구에서는 농업을 광업, 건설업과 더불어 3대 산업재해 위험산업으로 지목하고

주요어: 안전사고, 원인조사, 근본원인, 안전시스템, 유지, 보수

* 본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01599101)의 지원에 의해 이루어진 것임.

** 교신저자(김동역) 전화: 063-238-9333, e-mail: kde1206@korea.kr

있다(ILO, 2000; 민병욱, 김효철, & 이경숙, 2011; 이경숙, Räsänen, 김효철, & 채혜선, 2014). 한국도 중량물 취급, 불편한 작업자세로 인한 근골격계 질환부터 농업기계화의 영향으로 인한 신체 손상까지 다양한 농업인 안전재해가 발생하고 있다(이경숙, 김경란, 김효철, & 채혜선, 2009).

농업인 안전보험의 보험지급 건수를 기준으로 계산한 농업인의 안전재해율은 2019년 기준 6.1%로서, 이는 고용노동부에서 집계한 동일년도 산업재해보상보험 기준 전산업 산업재해율 0.58%의 약 10.5배에 속하는 수치이다(김규호, 2021; 최동필, 김경수, & 이민지, 2022)

농업인 안전재해는 근골격계 질환, 호흡기계 질환, 만성 농약 중독과 같은 업무상 질환과 과도한 에너지 노출, 외부 타격 등으로 인한 골절, 베임 등의 업무상 손상으로 나누어질 수 있다. 이중 농업인 업무상 손상은 농기계, 회전체, 고소작업, 중량물, 불안정한 작업환경 등의 사고 기인 요소로 인하여 발생하는 것으로 확인되고 있다(이경숙, 임현술, 김형아, 송재철, & 허용, 2006; 이민지, 양혜숙, 김경수, & 최동필, 2022; 최동필 et al., 2022).

1990년대 이후로 미국, 유럽 등지에서는 농작업 및 농업인의 특성에 따른 농업인 안전재해의 위험 요소를 구명하기 위한 통계, 사례 연구(Case report) 등이 적극적으로 수행되고 있으며, 다양한 역학연구 및 통계 분석을 통하여 위험요소(Risk Factor)의 특성 및 개선지점을 도출하고 있다(Jadhav, Achutan, Haynatzki, Rajaram, & Rautiainen, 2015). 국내에서는 2000년대 초반까지 일부 작목, 작업에 대한 작업부담 개선 중심의 연구를 수행하다가 2010년대부터 농촌진흥청을 중심으로 조사통계와 안전재해 보험 보상자료 분석을 통한 안전사고 발생현황에 대한 분석을 수행하고 있다(이경숙 et al., 2009; 구혜란, 김효철, 신용석, & 이경숙, 2012; 최동필 et al., 2022). 그러나, 예산과 인력의 제한, 안전재해 보험 보상자료 내 재해발생 상세정보의 부족함 등으로 인하여 사고 유형, 수행작업, 기인물 별로 상세한 위험요소를 구명하는 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

EU의 산업안전보건 정책, 사업을 총괄하는 유럽 산업안전보건청(European Agency for Safety and Health at Work, EU-OSHA)에서는 치명적인 농업인 안전재해를 유발할 가능성이 높은 위험한 농작업으로 농기계, 기반시설, 농장건물 등에 대한 유지, 보수 작업(Maintain and repair work)을 주목하였으며, EU내 각 국가별 안전관리 방안을 종합하여 유지, 보수 작업 중 발생하는 안전사고의 원인과 예방에 대한 다양한 고찰과 방법을 제안하고 있다(Casariago, Ormerod, Liddle, Vilkevicius, & Felten, 2011).

국내 농업을 대상으로 하여 농작업 안전사고의 위험요소를 고찰한 Kim, Lee, & Räsänen(2016)의 연구에 따르면 분석 대상 안전사고가 농기계, 시설, 농장 건물 및 도로의 유지, 보수 작업과 깊은 연관성이 있다고 보고하고 있었다(Kim, Lee, & Räsänen, 2016).

이에, 본 연구는 농작업 사고 현장원인조사를 통해 농기계 및 농업시설 등의 유지, 보수 작업시 발생한 농업인 안전사고의 특성을 확인하고 근본원인을 분석하여 농업인 안전재해 예방정책 수립 및 안전관리 지도사업 수행에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1. 농업인 안전사고의 정의와 현황

농어업인안전보험법(제2조 4)에 따르면 농어업작업안전재해란 “농어업작업으로 인하여 발생한 농어업인 및 농어업근로자의 부상·질병·장해 또는 사망”을 말한다(국가법령정보센터, 2023). 농업인 안전사고는 농업인에게 안전재해(업무상 손상)를 일으켰거나 일으킬 수 있는 작업 중의 사건(Occurrence)을 의미한다(EU-OSHA, 2023). 여기서 사건의 개념은 크게는 농업기계 작동 중에 회전체 날에 손가락이 접촉하는 경우부터, 작제는 다치지 않았더라도 농작업 중에 두둑에 걸려 넘어지는 상황 등을 모두 포괄한다.

농업인 안전사고 현황은 농업인 안전보험의 적용을 받은 안전사고의 경우 보험통계를 통해 확인되고 있으며, 안전보험 급여가 지급이 안된 사고를 포함하는 전체 안전사고의 경우 농촌진흥청에서 격년으로 수행하는 표본설문조사인 농업인 업무상 손상 조사(국가승인통계 제143003호)를 통해 재해율이 분석되고 있다.

농업인 안전보험을 통하여 분석한 재해율¹⁾은 2016~2020년 사이에 4.7%에서 6.1% 사이로 확인되고 있다. 이 중 농작업사고²⁾로 인한 재해율은 2020년 기준 4.1%이었으며 사고 유형으로는 추락 전도가 53.1%, 기계 노출 32.9%, 운수사고 10.3% 순으로 확인되었다(최동필 et al., 2022).

농업인 업무상 손상조사에 따른 안전사고 관련 업무상 손상은 2013~2021년 사이 1.9~3.0%로 확인되고 있다. 2021년

1) 가입년도에 발생한 재해를 대상으로 가입년도 및 익년도의 지급 DB를 활용하여 재해자를 추출하여 산출

2) 농작업 관련 우발적인 외래의 사고(S00-Y84)등 해당하는 사고

조사결과를 기준으로, 발생상황 별 안전사고의 비율을 살펴보면, 농작업 수행 중에 발생한 사고의 비율이 전체 업무상 손상사고의 69.7%를 차지하였으며 다음으로 이동 중 사고 18.2%, 작업 준비 중 사고 4.5%, 농기계 및 시설 등의 유지, 보수 중 사고 3.2% 이었다. 발생 농기계 별로는 경운기가 35.0%로 가장 높았으며, 다음으로 예취기 17.2%, 트랙터 12.3%, 관리기 6.2% 순이었다(농촌진흥청, 2023)

2.2. 농작업 안전사고 원인에 관한 선행연구

McCurdy, & Carroll(2000)는 안전사고의 원인과 예방 지점으로 3E's(Education, Engineering, Enforcement)를 지목하였다. 교육(Education)과 관련된 농작업 안전사고의 발생원인으로는 농업인의 안전수칙 미숙지 및 위반, 개인보호구 착용 미흡 등이 있으며, 이러한 원인은 교육과 작업자, 농장주의 의지와 노력을 통하여 고쳐질 수 있다는 전제에서 출발한다(Angoules, Lindner, Vrentzos, Papakostidis, & Giannoudis, 2007; Murphy, Kiernan, & Chapman, 1996). 국내에서도 농업인 안전 교육 관련 연구는 매우 활발히 수행되어 오고 있다(김진모, 황영훈, 손규태, & 채리, 2015; 이현경, 채혜선, 박수인, & 김인수, 2022). 하지만 교육을 듣는 농업인 각자의 수장 자세와 안전관리 의지에 따라 교육의 효과는 매우 달라질 수 있으며, 농업인 대상 안전재해 예방 사업들의 효과에 대한 체계적 문헌연구(Systematic review)에서 DeRoo, & Rautiainen(2000)은 안전교육을 통한 재해율의 감소는 쉽게 이루어 지지 않음을 확인하였다.

공학적인 개선(Engineering)은 작업자의 실수보다 자동차의 사이드 미러와 같이 반드시 있어야 하는 공학적 관리 조치의 미비를 사고발생의 주된 원인으로 간주하는 관점에서 출발한다(Dekker, 2003; Dźwiarek, 2003). 이 방법은 회전체 방호덮개 설치, 무인 자동농약 살포기 사용, 트랙터 후방카메라 설치 등과 같이 농기계, 시설의 구조기계적 개선 등을 통한 관리를 포괄한다. 농기계, 농약, 농업 시설물 등을 생산하는 회사의 농작업 안전에 대한 의지, 농장주의 비용 부담이 필요한 영역으로 농장재 관련 안전법령이 미비하고, 경제적 여력이 충분치 않은 소규모 자영농이 대다수인 한국 농업에서 적극적으로 활용되고 있지는 못한 상황이다.

안전보건 규제(Enforcement)는 독일, 아일랜드 등의 국가에서 농업인 안전재해 예방을 위해 적극적으로 운영되고 있는 영역이다. 안전사고 발생 원인을 안전관리 절차, 기준의 미비와 위반등으로 규정하고, 제조업과 유사하게 농업부문에 별도

안전보건 관리 규정을 제정하여 위반할 경우 농업인에게 벌금, 형사처벌 등을 수행하는 방법으로, 이 방법은 각 국가의 농업 현황이나 사회보장제도 및 안전보건체계 구성에 따라 규제의 강도와 범위가 조절되어 활용되고 있다(김영문, & 이정숙, 2019). 우리나라의 경우 안전보건 규제에 적용하기가 힘든 고령의 소규모 자영 농업인이 대다수이고 농작업 안전사고의 예방정책의 방향에 대한 사회적인 협의 및 동의를 미흡한 상황으로서 유럽의 선진국처럼 농업부문에 안전보건 규정 미비를 안전사고의 주요 원인으로 규정하고 규제를 적극적으로 적용하기에는 어려운 상황이다.

이에, 우리나라와 마찬가지로 고령화된 가족자영농이 많은 유럽에서는 2000년대 후반 이후로 기존의 3E's를 활용한 안전사고 원인연구 및 예방방안은 다양한 농업현장 특성과 안전사고를 분석, 개선하는데 한계가 있다고 지적되었으며(Lehtola et al., 2008), 보다 현장 중심적으로 안전사고의 근본원인과 개선 지점을 찾아내려고 하는 노력이 수행되어 오고 있다.

Mackenzie(2000)은 안전사고는 개인의 실수, 다양한 시스템적 오류, 환경 등이 복합적으로 얽히면서 발생한다고 하였다(MacKenzie, 2000). Anderson, Collins, Devlin, & Renner(2012)는 제조업을 대상으로 한 연구에서 작업장 안전사고의 원인으로 유해요인의 제거, 발생경감, 안전표지, 정비/보수, 개인보호구 사용, 안전절차 준수 등이 이루어지지 않는 상황을 지적하였으며, 이러한 원인들이 단일 또는 동시에 나타나면서 안전사고가 발생한다고 하였다(Anderson, Collins, Devlin, & Renner, 2012).

McQuiston et al.(2012)는 제조업 작업현장에서 근로자와의 인터뷰를 통해 직접 청취한 안전사고의 특성과 이를 통한 직관적인 근본 원인 분석, 계층적인 안전시스템을 복합적으로 활용하여 안전사고를 효과적으로 예방하고, 작업장 내 안전문화를 효율적으로 정착시킬 수 있다고 하였다(McQuiston et al., 2012). Dosman et al.(2015)는 농장 안전 관리의 우선순위 단계를 (1) 위험 도출, (2) 위험 평가, (3) 개인 보호구, (4) 행정적 통제, (5) 공학적 통제 및 (6) 위험 제거로 구분하여 안전관리 효과를 분석하였고, 여섯 단계 중 네 단계 이상을 동시에 준수한 경우, 유의한 수준으로(OR = 0.30, 95% CI: 0.11-0.83) 농업인 안전재해가 감소되었음을 입증하였다(Dosman et al., 2015). 이는 안전재해 예방 효과를 유의하게 상승시키기 위해서는 교육 등의 단일한 안전관리 기법만을 사용하는 것이 아닌, 스위스 치즈 이론에서 입증된 바와 같이 농업인, 관련 회사, 국가기관 등의 다양한 주체가 여러 겹의 안전관리 방안을 중첩해서 활용해야 한다는 보고(Reason, 1990)와 유사한 결과이다.

Kim, Räsänen, Chae, & Lee(2018)은 선진국과 마찬가지로 한국 농업인 안전사고의 예방은 단순히 교육, 안전수칙 준수와 같은 농업인의 행동방식 변화로는 한계가 있으며, 효과적인 현장 안전관리를 위해서는 안전사고의 유형별 근본원인을 조사하고 이를 토대로 사고 기인물(회전체 등)의 대체/차단과 같은 공학적 개선부터 정비/점검, 안전표지 비치 등과 같은 현장 규제/관리를 중첩하여 사용할 필요가 있다고 하였다(Kim, Räsänen, Chae, & Lee, 2018).

농작업 안전사고 원인에 대한 연구는 2000년대 중반까지는 전세계적으로 3E's를 중심으로 수행되어 왔었다. 그러나 2000년대 후반 이후로, 효과적인 안전사고 예방대책을 마련하기 위하여 안전사고의 원인 구명에 있어 시스템적 오류, 환경의 영향 등이 고려되기 시작하였으며, 본 연구에서는 이러한 선행연구 추세에 맞추어 유지, 보수작업시 안전사고의 다양한 근본 원인을 확인하고자 한다.

3. 연구 방법

3.1. 연구대상 사례추출 방법

연구 대상 안전사고 사례 추출은 다음의 절차를 통해 이루어

졌다. 우선 농업인의 업무상 손상조사에서 수집된 자료를 바탕으로 2007~2020년 사이 발생한 농작업 관련 안전사고 경험자를 추출하였다. 이후 이들 안전사고 경험자를 대상으로 사고원인 조사 수행경험이 있는 안전보건전문가가 2014~2020년에 농장 및 사고현장을 직접 방문해서 현장조사를 수행하였다. 방문 면접이 성공하여 안전사고 원인조사가 완료된 사고 건수는 총 1024건이었다. 현장방문 조사를 통해 수집된 정보는 다음과 같다

- 재해 농업인 정보 : 작목, 성별, 나이, 농작업 경력, 작업 숙련도 등
- 안전사고 정보 : 사고유형, 사고 기인요소³⁾, 발생시 수행작업, 사고 발생시간, 손상 유형⁴⁾, 재해 부위 및 수준 등
- 안전관리 정보 : 안전장비 활용 및 안전수칙 준수 여부 등

본 연구에서는 농기계(승용/보행/정치/휴대용 농업기계), 시설/환경(시설하우스, 축사, 농로/도로 등) 등에 대한 점검, 정비/교체, 수리작업을 유지, 보수 작업으로 분류하였다. 점검, 정비/교체, 수리 작업의 분류 기준은 다음 표 1과 같다.

현장방문을 통한 사고 원인조사가 이루어진 전체 1024건의 안전사고 중에서 표 1에 따른 유지, 보수 작업 중 사고가 발생한 경우로 한정 지어서 추출된 사고건수는 65건이었고, 해당 사고의 유형 및 발생장소에 대한 현황은 표 2와 같다.

〈표 1〉 유지/보수 작업 유형별 판정 기준

작업 유형	분류 기준
점검	농기계/시설의 정상 작동여부 검사, 시설/환경의 정위치 및 훼손 여부 확인 농자재/소모품의 양 등의 확인하는 작업 등
정비/교체	농기계/시설, 농장환경 (농로 등)이 정상 작동하도록 관리하거나 수명이 다한 부속물을 교체하는 작업 등
수리	제 기능을 못하거나 정위치에서 이탈한 농기계/시설, 농장환경을 고치는 작업 등

〈표 2〉 조사 대상 유지, 보수 작업중 안전사고 현황

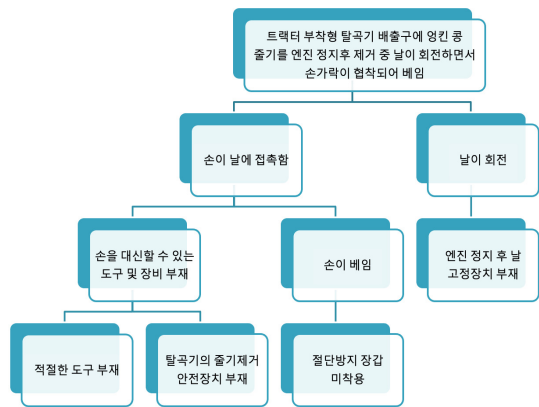
사고유형	논	밭	과수원	시설하우스	집/마당	농로	창고	축사	계
부딪힘/접촉	6	2	0	2	4	1	3	2	20
깔림	2	1	0	3	2	1	1	0	10
끼임	2	2	2	1	0	1	1	0	9
맞음	2	0	0	0	2	0	2	0	6
떨어짐	0	0	0	3	2	0	0	1	6
과도한 힘·동작	2	2	0	1	0	1	0	0	6
넘어짐	0	0	0	1	1	0	0	0	2
끼임/감김	1	0	0	0	1	0	0	0	2
기타 사고유형 ⁵⁾	0	2	0	0	0	1	0	1	4
전체	15	9	2	11	12	5	7	4	65

3) 사고를 유발한 기인물, 관리상의 오류 등을 기인요소로 구분하여 정보를 수집함(중량물, 회전체, 날카로운 물체, 과도한 힘의 사용, 불안정한 바닥, 날아오는 물체, 단단한 물체, 고소작업 등)

3.2. 분석방법

산업재해의 근본원인을 추출하기 위하여 일반산업에서는 다양한 분석 기법이 활용되고 있다. 이 중 로직트리 기법은 사고가 일어난 조건을 가지고 필요조건과 충분조건을 적용하여 사고의 예방을 근원적으로 막을 수 있었던 요소를 나무 뿌리 방식으로 연결시켜 추출하는 방식으로 근본원인을 직관적으로 추출할 수 있는 장점이 있다(Duarte, Duarte, Pires, & Pires, 2001). 그림 1은 로직트리 기법을 사용한 안전사고 근본원인 추출 예시이다. 본 연구에서는 현장방문시 조사된 기인요소, 작업당시 상황(작업유형, 기계/환경적 특성), 안전관리 상황(개인보호구 사용, 안전지침 준수 등)을 토대로 로직트리 기법을 활용하여 안전사고 근본원인을 분석, 추출하였다.

Kim et al.(2016)은 농작업 안전사고 근본원인의 구분을 위하여 농업 부문에서의 사용 가능한 안전시스템의 유형을 제안



〈그림 1〉 로직트리 기법을 통한 농작업 안전사고의 근본원인 추출(예시)

〈표 3〉 근본원인 분류를 위한 안전시스템 정의 및 농업적용 사례

안전시스템	정의 및 시스템 적용 사례
제거, 대체 시스템	- 유해 및 위험요인, 사고 기인물의 제거 또는 대체물 사용 등(무인 농약살포기 사용, 작물 높이 조절을 통한 고소작업환경 제거 등)
차단, 경감 시스템	- 유해 및 위험요인의 노출 차단 및 경감 등(자동/긴급 정지장치, 회전체 방호커버, 실내 환기, 중량물 고정/지지대, ROPS 등)
조사, 보수 시스템	- 유해, 위험요인 관리 상황 조사 및 유지/관리 등(농기계 정비, 작업환경 정리정돈, 반사판 진흙 제거, 작업장 안전점검 등)
경고, 안전표지 시스템	- 안전표지, 위험상황에 대한 경고, 시야확보 등(농약살포 표지, 반사판, 후사경 설치 등)
개인보호구 시스템	- 개인보호구, 안전작업복, 편이장비, 적절한 손도구의 사용 등(미끄럼 방지 장화, 상황 및 대상 특성에 맞는 손도구, 몸에 붙는 작업복 등)
교육, 훈련 및 안전작업절차 시스템	- 안전교육, 안전작업절차 준수, 작업자 의사소통 등(농기계 정비전 시동 중지, 안전벨트 착용 등) - 교육, 훈련을 통한 안전지식 숙지

- 4) 골절, 배임/절단, 타박상, 파열, 찢림, 염좌, 요통, 중독/화상 등의 재해 유형 정보를 수집함
- 5) 동물에 의한 상해, 농약노출, 감전 등

하였다(Kim et al., 2016). 본 연구에서는 제안된 안전시스템의 정의를 표 3과 같이 일부 수정, 활용하여 로직트리 기법을 통하여 추출된 근본원인의 구분을 수행하였다.

본 연구의 안전사고 원인조사시 기억의 오류로 인한 서술의 어려움과 더불어 사고 상황을 기억하며 사고 조사에 대응하는 것을 농업인이 정신적으로 힘들어 하는 경우가 있었다. 결과적으로 일부 사고 및 근본원인은 이러한 상황으로 인한 정보부족으로 정확한 추출 및 안전시스템 분류가 어려웠다.

비 또는 눈의 기후조건, 튀어나온 돌 등과 같이 자연적인 사건이나 인위적으로 제거할 수 없는 근본원인은 안전시스템으로 구분하지 않고, 예방할 수 없는 원인으로 구분하였다.

4. 연구 결과

4.1. 유지, 보수작업시 농작업 안전사고 발생 특성

4.1.1. 조사 대상 안전사고 발생 농업인 특성 및 손상 유형

총 연구에서 분석된 총 65건의 유지, 보수 작업시 안전사고를 경험한 농업인의 특성은 표 4와 같다. 남자가 여자보다 약 7.1배 많았고, 사고 당시 연령대는 60대가 49.2%로 가장 많았으며, 다음으로 70대 이상, 50대, 40대 이하 순이었다(표 4).

분석 대상 65건의 안전사고 사례 중 약 70%가 논, 노지 작목에서 확인되었으며(69.2%), 시설하우스(12.3%), 축산, 과수, 기타 작목(각 6.2%)순으로 발생 작목이 확인되었다(표 5).

유지, 보수 작업중 안전사고로 인하여 발생한 업무상 손상의

유형은 골절이 가장 많았으며(38.5%), 그 다음으로 날카로운 물체나, 회전체 등에 의한 베임, 절단 손상(24.6%)이 많이 발생하였다. 타박상, 파열, 찰림 등은 10% 내외의 낮은 비율로 발생하였다(표 6).

〈표 4〉 분석 대상 안전사고 발생 농업인 특성

구분	빈도	비율(%)	
성별	남성	57	87.7
	여성	8	12.3
연령	40대 이하	5	7.7
	50대	10	15.4
	60대	32	49.2
	70대 이상	18	27.7
계	전체	65	100.0

〈표 5〉 분석 대상 안전사고 발생 장소(작목) 유형

구분	빈도	비율(%)
논, 노지	45	69.2
시설하우스	8	12.3
과수	4	6.2
축산	4	6.2
무응답	4	6.2
계	65	100.0

〈표 6〉 유지/보수 작업 중 안전사고로 인하여 발생한 손상의 유형

손상 유형	빈도	비율(%)
골절	25	38.5
베임, 절단	16	24.6
타박상	7	10.8
파열(근육, 연골 등)	6	9.1
찰림	5	7.7
염좌	2	3.1
요통	2	3.1
중독, 화상	2	3.1
계	65	100

〈표 7〉 안전사고가 발생한 유지, 보수 작업유형 및 작업대상 농기계, 시설

작업 유형	작업 대상 농기계, 시설 빈도(비율)					계
	트랙터	경운기	시설,환경	콤바인	기타	
점검	2 (33.3%)	1 (16.7%)	1 (16.7%)	1 (16.7%)	1 (16.7%)	6 (100.0%)
정비 및 교체	11 (40.7%)	4 (14.8%)	6 (22.2%)	2 (7.4%)	4 (14.8%)	27 (100.0%)
수리	10 (31.3%)	8 (25.0%)	5 (15.6%)	5 (15.6%)	4 (12.5%)	32 (100.0%)
계	23 (35.4%)	13 (20.0%)	12 (18.5%)	8 (12.3%)	9 (13.8%)	65 (100.0%)

전체 65건의 안전사고 중 59건의 안전사고가 정비 및 교체, 수리 작업을 하면서 발생을 하였다. 안전사고가 많이 발생한 유지, 보수작업 대상 농기계, 시설은 트랙터가 35.4%로 가장 많았으며, 다음으로 경운기(20.0%), 시설하우스 등의 시설, 환경(18.5%), 기타 (13.8%), 콤바인(12.3%) 순이었다(표 7).

4.1.2. 안전사고 발생시 대상 작업 및 기인요소

유지, 보수 작업 대상 별 안전사고를 유발한 기인요소는 트랙터와 경운기는 중량물이 가장 많았으며(각 30.4, 30.8%), 시설, 환경은 고소작업(33.3%), 콤바인은 회전체와 날카로운 물체가(각 37.5%) 주된 사고 유발 기인 요소였다(표 8).

4.2. 유지, 보수 작업 대상 별 안전 시스템 오류 분석

트랙터, 경운기, 시설/환경, 콤바인에 대하여 개별 사고별로 로직트리 분석을 통해 안전사고를 근본원인을 확인하였고, 표 2의 안전시스템의 정의를 이용하여 근본원인을 안전시스템 유형별로 분리하였다(표 9, 10, 11, 12).

트랙터의 유지, 보수 작업시 발생한 안전사고에서는 정비 중 엔진정지 위반 등의 안전작업절차 시스템 오류가(11건) 가장 많이 발견되었으며, 다음으로 안전장갑 미사용 등과 같은 개인 보호구 시스템 오류(10건), 고정장비 미사용 등의 차단, 경감 시스템 오류(8건) 등이 확인되었다(표 9).

경운기 유지, 보수 작업 안전사고에서는 급하게 작업, 시동 켜고 작업, 견인업체 없이 직접 견인작업 수행 등과 같은 안전작업절차 시스템 오류가(10건) 가장 많이 발견되었으며, 다음으로 안전장갑 미사용 등과 같은 개인보호구 시스템 오류(4건) 등이 확인되었다(표 10).

시설, 환경 유지, 보수 작업 안전사고에서는 미끄럼 방지 장화 미사용 등과 같은 개인보호구 시스템 오류(8건)가 가장 많이 발생하였으며, 다음으로 전문업체 없이 직접 수리, 회전체 작업

〈표 8〉 유지, 보수 작업 대상 별 안전사고 발생 기인 요소

안전사고 발생 기인 요소	유지, 보수 작업 대상 빈도(비율)					계
	트랙터	경운기	시설,환경	콤바인	기타	
중량물 ⁶⁾	7 (30.4%)	4 (30.8%)	0 (0.0%)	-	2 (22.2%)	13 (20.0%)
회전체	4 (17.4%)	2 (15.4%)	1 (8.3%)	3 (37.5%)	1 (11.1%)	11 (16.9%)
날카로운 물체	1 (4.3%)	2 (15.4%)	1 (8.3%)	3 (37.5%)	2 (22.2%)	9 (13.8%)
과도한 힘의 사용	1 (4.3%)	2 (15.4%)	3 (25.0%)	-	1 (11.1%)	7 (10.8%)
불안정한 바닥 ⁷⁾	3 (13.0%)	1 (7.7%)	1 (8.3%)	-	1 (11.1%)	6 (9.2%)
날아오는 물체 ⁸⁾	2 (8.7%)	1 (7.7%)	1 (8.3%)	1 (12.5%)	1 (11.1%)	6 (9.2%)
단단한 물체	4 (17.4%)	-	-	-	-	4 (6.2%)
고소작업	-	-	4 (33.3%)	-	-	4 (6.2%)
기타	1 (4.3%)	1 (7.7%)	1 (8.3%)	1 (12.5%)	1 (11.1%)	5 (7.7%)
계	23 (100.0%)	13 (100.0%)	12 (100.0%)	8 (100.0%)	9 (100.0%)	65 (100.0%)

〈표 9〉 유지, 보수 작업 대상 별 안전사고 유발 근본원인의 안전시스템 오류 형태 (트랙터)

안전시스템	근본원인 빈도	오류 세부 내용
제거, 대체 시스템	1	- 안전하지 않은 잘못된 부품 사용
차단, 경감 시스템	8	- 트랙터 부착기 수리시 지지대, 고정장치 등의 부재 - 트랙터 부착기 등의 자동/긴급 정지 장치 부재
조사, 보수 시스템	4	- 정비 미흡 (타이어, 유압 등)
경고, 안전표지 시스템	3	- 시야확보 미비 (조명등 등) - 경고장치 미비
개인보호구 시스템	10	- 적절한 수리 도구의 미사용 - 안전장갑, 안전화, 몸에 붙는 작업복 미착용
교육, 훈련 및 안전작업절차 시스템	11	- 유지, 보수 작업 중 동력차단(엔진정지) 미실시 - 안전작업 절차 미이행 (회전체 멈춤을 확인하지 않고 작업 등) - 정비 지식 부족 - 급하게 작업

시 장갑 착용 등과 같은 안전작업절차 시스템 오류가(6건)가 확인되었다(표 11).

콤바인 유지, 보수 작업 안전사고에서는 적절한 수리도구 및 안전장갑 미사용 등과 같은 개인보호구 시스템 오류(6건)와 안전시야 미확보, 시동 켜고 정비 등과 같은 안전작업절차 시스템 오류가(6건) 등이 확인되었다(표 12).

- 6) 트랙터 부착기, 경운기, 농기계 부속품 등의 무거운 물체에 깔리거나, 떨어지는 물체에 부딪치는 유형의 사고시 기인요소를 중량물로 구분함
- 7) 미끄러운 바닥, 안정적 자세를 잡기 어려운 작업자 발 접지면 등으로 구분함
- 8) 단단한 물체의 표면에 작업자의 몸 일부가 움직여서 충돌하였을 때 재해가 발생한 경우로 구분함

〈표 10〉 유지, 보수 작업 대상별 안전사고 유발 근본원인의 안전시스템 오류 형태 (경운기)

안전시스템	근본원인 빈도	오류 세부 내용
제거, 대체 시스템	-	
차단, 경감 시스템	-	
조사, 보수 시스템	1	- 경운기 견인시 견인줄 정비 미흡
경고, 안전표지 시스템	1	- 엔진 상태 표시 장치 미흡
개인보호구 시스템	4	- 적절한 수리 도구의 사용 - 안전장갑(배임방지 등), 미끄럼 방지 장화 착용
교육, 훈련 및 안전작업절차 시스템	10	- 안전작업절차 미이행 (시동 켜고 정비) - 직접 견인 작업 수행 - 급하게 작업

〈표 11〉 유지, 보수 작업 대상별 안전사고 유발 근본원인의 안전시스템 오류 형태 (시설, 환경)

안전시스템	근본원인 빈도	오류 세부 내용
제거, 대체 시스템	-	
차단, 경감 시스템	6	- 미끄럼 방지 발판을 갖춘 사다리 부재 - 자동 정지장치 부재
조사, 보수 시스템	-	
경고, 안전표지 시스템	-	
개인보호구 시스템	8	- 미끄럼 방지 장화 미착용 - 적절한 수리 도구의 미사용
교육, 훈련 및 안전작업절차 시스템	6	- 전문업체 없이 직접 수리 작업 수행 - 안전작업절차 미이행 (회전체 작업시 장갑 착용) - 과도한 힘의 사용 - 급하게 작업

〈표 12〉 유지, 보수 작업 대상별 안전사고 유발 근본원인의 안전시스템 오류 형태 (콤바인)

안전시스템	근본원인 빈도	오류 세부 내용
제거, 대체 시스템	-	
차단, 경감 시스템	2	- 자동, 긴급 정지장치 부재
조사, 보수 시스템	-	
경고, 안전표지 시스템	-	
개인보호구 시스템	6	- 적절한 수리 도구 미사용 - 안전장갑(베임방지 등), 보호복 미착용
교육, 훈련 및 안전작업절차 시스템	6	- 안전작업절차 미이행 (시동 켜고 정비) - 직접 견인 작업 수행 - 안전시아 미확보 - 작업자간 의사소통 부재

5. 결론

유지, 보수 작업은 현재의 기계화, 대형화된 농업에서는 모든 농작업 과정에서 필수적으로 필요한 작업과정으로서 농기계의 유지 보수 뿐만 아니라 시설하우스, 전기설비, 농장울타리, 농로, 선별 및 저장시설 등의 유지보수가 포괄한다. 정식, 수확 등의 정규 농작업과 달리 유지, 보수작업은 비정기적으로 발생하며, 농장에 따라서 수행하는 유지, 보수 작업의 범위, 작업수행자가 다르기 때문에 유지, 보수 작업시 안전사고 특성을 파악하기 힘들 수 있다. 이러한 이유 등으로 유럽 산업안전보건청은 농업에서 수리, 청소 등의 유지, 보수 작업시 많은 사고가 발생하지만 사고 유형과 개선 방안에 대한 연구나 규정은 매우 부족한 상황이라고 지적하고 있다(Casariago, Ormerod, Liddle, Vilkevicius, & Felten, 2011). 본 연구에서는 농업인이 유지,

보수작업을 수행할 때 발생한 65건의 안전사고에 대하여 발생 특성과 근본원인의 유형을 분석하여 안전사고 관리의 방향을 제안하고자 하였다.

일반적으로 농업에서의 유지, 보수작업은 기계를 다루는 경우가 많고 힘이 드는 작업이 많기 때문에 여자보다 남자가 많이 수행을 한다. 이로 인해 본 연구의 분석 대상 안전사고에서도 사고 재해자로서 남자가 여자보다 약 7배가 많이 확인되었다. 또한 수도작, 노지의 경우, 경작인구가 많고, 농기계화가 많이 진행되어 시설하우스, 과수 작목보다 3.7배 정도 사고가 더 많이 확인되었다. 이는, 향후 발농업 기계화가 활성화될 수 있음을 감안할 때(최용 et al., 2015) 트랙터 부착기 등의 발농업 기계를 사용하는 농업인구가 증가할 경우 유지, 보수 작업시의 안전사고가 더 증가할 수 있음을 의미한다.

유지, 보수 작업시 안전사고로 인한 안전재해(업무상 손상)는 골절, 베임, 절단 등의 손상이 많았다(표 6). 무거운 농기계 및 관련 부품, 회전체, 칼날 등으로 인하여 한 번 안전사고가 발생하면 흉터가 남거나, 재활 및 일상생활/작업 복귀가 어려울 정도의 장애가 남는 비가역적 재해(골절, 베임, 절단 등) 유발될 가능성이 높으므로, 농업인의 유지, 보수 작업 안전관리는 다른 농작업보다 더 엄격히 수행되어야 한다.

분석 대상 65건의 안전사고에서 트랙터 유지, 보수 작업중 발생한 사고가 경운기 안전사고보다 많았다. 일반적으로 트랙터가 경운기보다 안전한 농기계로 알려져 있으며, 업무상 손상 통계를 확인하더라도 경운기 안전사고가 트랙터보다 사고발생률이 매우 높다(Kim et al., 농촌진흥청). 본 연구에서 유지, 보수 작업중 트랙터 안전사고가 경운기 안전사고보다 1.76배 정도 많이 확인된 것은 의외의 결과이다. 이러한 결과가 발생한 원인으로서는 트랙터 본체보다는 트랙터 부착기의 유지, 보수 작업시 발생한 안전사고가 영향을 미친 것으로 생각되며, 향후 농기계 안전관리 기술 연구에서는 경운기와 더불어 트랙터 부착기에 대한 집중적인 안전관리 개선 연구가 필요할 것으로 생각된다.

분석 대상 안전사고에서 추출된 근본원인을 안전시스템을 활용하여 분류한 결과 유지, 보수작업중 안전사고는 앞서 이론적 배경에서 기술한 선행연구와 유사하게 제거, 대체부터 교육, 훈련 및 안전절차 시스템까지 다양한 원인이 중첩되면서 발생하는 것으로 확인되었다.

트랙터, 경운기 안전사고의 경우 약 30%가 중량물 관련 사고로서, 트랙터 부착기, 부속품 등이 제대로 고정 또는 지지되어 있지 않은 상태에서 농업인이 전문가 도움 없이 직접 유지, 보수 작업을 수행하면서 중량물에 깔리거나 끼이는 상황으로 발생하

였다(표 8). 자동차나 제조업 공장의 이동형 기계(지게차 등)은 고장이 나면 근처의 정비소 등으로 입고하여 전문요원이 안전을 위해 고정장치, 지지대 등을 활용하여 수리를 한다. 그러나 농기계는 정비소와의 거리, 농번기(기상, 작황을 고려한 급한 작업일 정 등) 등으로 급할 경우 고정장치, 지지대 등의 안전장비 없이 농업인이 직접 견인, 유지, 보수를 하게 되는 경우가 발생한다. 전문가의 지원 없이 농업인이 독립적으로 유지, 보수 작업을 수행할 수밖에 없는 상황에서, 단기적으로 가장 먼저 개선이 필요한 지점은 농업인 대상의 유지보수 작업 관련 안전교육 강화와 고정장치 등을 포함하는 적절한 정비도구 및 개인보호구의 활용이다. 특별히, 표 9, 10, 11, 12에서 안전사고의 근본원인중 상당수가 개인보호구 시스템 오류에 속하였음을 고려할 때, 적절한 도구를 사용하고, 안전보호구 사용, 작업시 엔진정지, 급하게 작업 하지 않는 것 등이 사고예방을 위해 필요함을 알 수 있다.

그러나, 산업재해 예방관리 이론에 따르면 개인보호구, 교육 등에 의존하는 안전관리는 비용과 시간을 줄일 수 있지만 예방 효과가 크지는 않다(NIOSH, 2023). 따라서, 장기적으로는 농기계 고정 및 지지장치등과 같은 사용자 친화적인 농기계 설계 개선이나 농업인이 직접 위험한 유지, 보수 작업은 하지 않도록 견인/유지/보수 전문 업체의 양성, 활용을 통한 국가 단위의 농기계 관리 지원 체계의 구축이 필요할 것이다.

시설하우스, 축사 등의 시설, 환경에서 주로 발생한 고소 작업을 수행하면서 발생한 사고의 주요 원인은 차단, 경감 시스템(사다리 미끄럼 방지 발판), 개인보호구 시스템(미끄럼 방지 장화) 등의 미사용 이었다. 농업인은 사다리의 무게 경감, 구매비용 절감 등을 위하여 발판이 좁은 사다리를 사용하는 경향이 있다. 또한, 고소작업시 진흙이 붙은 장화나 바닥면에 미끄럼 방지 기능이 없는 신발(고무신, 슬리퍼 등)을 이용하는 경우도 많다. 고소작업으로 인한 유지, 보수 작업 시 안전사고는 개인보호구와 차단, 경감 시스템을 병합하여 사용함으로써 효율적 예방이 가능하며, Kim, Räsänen, Chae, & Lee (2018)이 제안하는 안전시스템 기준에 따라 우선적으로 발판이 넓고 미끄럼 방지 처리가 되어 있는 사다리의 보급, 활용을 먼저하고, 이어서 미끄럼 방지 장화를 사용하도록 유도하는 것이 필요할 것이다.

콤바인 날에 끼인 이물질을 제거하는 작업은 곡물 수확작업 시 자주 일어나는 상황이다. 본 연구 분석 대상 안전사고에서 콤바인 유지, 보수 작업시의 사고는 회전체와 날카로운 물체로 인해 주로 발생하였다(75.0%). 사고의 원인과 예방 방안으로서 기본적으로 수행해야 하는 것은 안전작업절차 시스템 오류의 개선 즉, 농기계의 점검, 수리 시 먼저시동을 끄고 작업하고,

개인보호구를 착용하는 습관을 가져야 하는 것이다. 이러한 안전작업절차의 습관화 정착과 더불어 근원적인 예방을 위해 콤바인 제조사에서 덮개 열기 등의 유지/보수 작업 시작 시 자동시동중지장치, 회전체 옆 긴급정지버튼 보완 등과 같은 차단, 경감 시스템을 적극적으로 도입해야 하는 것이 필요하다.

농업 경쟁력 향상, 농작업 부담 경감, 근골격계 질환 예방 등을 위하여 발농업기계화가 추진되고 있으며, 스마트팜의 도입으로 인하여 시설 및 작업환경은 대규모/복잡화가 되고 있다(변재연, 2022). 이러한 농업의 변화에 맞추어 유지, 보수 작업의 복잡성과 빈도는 증가할 것이며, 농업인에게는 비가역적 안전재해를 유발할 수 있는 안전사고가 보다 자주 발생할 수 있다.

이에 단기적으로는 농업 부문 전반에 유지, 보수작업시 안전관리절차 준수 및 개인보호구 착용, 정비 교육 강화가 필요하며, 장기적으로는 유지, 보수 작업의 법적 구분 및 책임주체의 명확화가 필요하며 독일의 경우처럼 전문기관 양성을 통한 견인 및 정비 체계의 도입 등을 통하여 농업인 안전재해를 예방해야 할 것이다(Casariello, Ormerod, Liddle, Vilkevicius, & Felten, 2011).

본 연구의 제한점으로는 전체 농작업사고가 아닌 재해 농업인 대상 현장방문조사에 동의한 농작업 안전사고만을 대상으로 유지, 보수 작업시 안전사고를 추출하여 분석하였기에 안전사고의 특성 분석에 대표성이 부족할 수 있다. 또한 회상 오류 및 기억회피로 인하여 안전사고 근본원인 추출에 어려움이 있었다. 따라서 향후에는 국가통계 조사 및 농업인 안전보험 분석 시 작업 유형별로 대표성 있는 데이터를 추출하여 사고의 특성과 원인 분석을 장기적 과제로 수행하는 것이 필요하며, 이를 통해 보다 지자체의 적극적인 현장 안전관리 지도사업 수행과 중앙부처의 효율적인 안전재해 예방 정책의 수립에 기여할 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. 구혜란, 김효철, 신용석, & 이경숙. (2012). 소규모 작업장 작업자들의 인간공학적 평가 및 정량적 부하 평가. *농촌지도와 개발*, 19(4), 1021-1039.
2. 국가법령정보센터. (2023). *농어업인의 안전보험 및 안전재해예방에 관한 법률*. Retrieved May 25, 2023, from <https://www.law.go.kr/>
3. 김규호. (2021). 농업인 안전보험의 개선 필요성과 향후

- 과제. *이슈와 논점*, 1798.
4. 김영문, & 이경숙. (2019). *주요국 농업인 안전재해 예방에 관한 규범체계 농촌진흥청*.
 5. 김진모, 황영훈, 손규태, & 채리. (2015). 농업인을 위한 학습자 참여형 안전보건 교육 프로그램 설계. *농촌지도와 개발*, 22(2), 205-219.
 6. 농촌진흥청. (2023). *농업인 업무상 손상 특성*. Retrieved May 24, 2023, from http://farmer.rda.go.kr/newfds/menu/country_2_3_004.do
 7. 민병욱, 김효철, & 이경숙. (2011). 독일의 사례를 통해 본 농업인재해 보장체계 구축방안. *농촌지도와 개발*, 18(3), 351-384.
 8. 변재연. (2022). *스마트농업 육성사업 추진현황과 개선 과제 국회예산정책처*.
 9. 이경숙, 김경란, 김효철, & 채혜선. (2009). *농작업재해 현황 및 원인 통계의 구축 방안 농촌진흥청*.
 10. 이경숙, 임현술, 김형아, 송재철, & 허용. (2006). *농업인 삶의 질 향상을 위한 농작업재해의 현황과 관리방안 농촌진흥청*.
 11. 이경숙, Räsänen, K., 김효철, & 채혜선. (2014). 핀란드의 농업보건서비스 사례와 시사점. *농촌지도와 개발*, 21(4), 1007-1028.
 12. 이민지, 양예숙, 김경수, & 최동필. (2022). *2021년 조사 결과 농업기계 사고 현황 농촌진흥청*.
 13. 이현경, 채혜선, 박수인, & 김인수. (2022). *농작업 안전 보건관리 전문가 양성과정의 교육과정 개발. 농촌지도와 개발*, 29(3), 131-142.
 14. 최동필, 김경수, & 이민지. (2022). *농업인 안전 재해 현황 농업인 안전보험 자료(2016-2022년) 기반 농촌진흥청*.
 15. 최용, 전현중, 최일수, 김성우, 김영근, & 강태경. (2015). *발작물 농업기계화의 현황과 대책. 농정연구*, 54, 163-207.
 16. Anderson, J., Collins, M., Devlin, J., & Renner, P. (2012). Using hazard maps to identify and eliminate workplace hazards: A union-led health and safety training program. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 22(3), 325-342. doi:10.2190/ns.22.3.f
 17. Angoules, A. G., Lindner, T., Vrentzos, G., Papakostidis, C., & Giannoudis, P. V. (2007). Prevalence and current concepts of management of farmyard injuries. *Injury-International Journal of the Care of the Injured Impact*, 38(Suppl 5), S27-34. doi:10.1016/j.injury.2007.10.031
 18. Casariego, M. Á. M., Ormerod, K., Liddle, M., Vilkevicius, G., & Felten, E. S. (2011). *Maintenance in agriculture - A safety and health guide*. EU-OSHA. doi:10.2802/54188
 19. Dekker, S. W. A. (2003). Accidents are normal and human error does not exist: A new look at the creation of occupational safety. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 9(2), 211-218. doi:10.1080/10803548.2003.11076564
 20. DeRoo, L. A., & Rautiainen, R. H. (2000). A systematic review of farm safety interventions. *American Journal of Preventive Medicine*, 18(4), 51-62. doi:10.1016/s0749-3797(00)00141-0
 21. Dosman, J., Hagel, L., King, N., Koehncke, N., Kirychuk, S., & Trask, C., (2015). The hierarchy of control in the epidemic of farm injury. *Journal of Agromedicine*, 20(3), 360-369. doi:10.1080/1059924x.2015.1048401
 22. Duarte, D., Duarte, D., Pires, T., & Pires, T. (2001). Hazard identification using new logic diagrams and descriptors. *Process Safety Progress*, 20(2), 157-167. doi:10.1002/prs.680200214
 23. Dźwiarek, M. (2003). An analysis of accidents caused by improper functioning of machine control systems. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 10(2), 129-136.
 24. EU-OSHA. (2023). *Accidents and incidents*. Retrieved May 24, 2023, from <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/accidents-and-incident>
 25. ILO. (2000). *Safety and health in agriculture*.
 26. Jadhav, R., Achutan, C., Haynatzki, G., Rajaram, S., & Rautiainen, R. (2015). Risk factors for agricultural injury: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Agromedicine*, 20(4), 434-449. doi:10.1080/1059924x.2015.1075450
 27. Kim, H., Lee, K., & Räsänen, K. (2016). Agricultural injuries in Korea and errors in systems of safety. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 23(3), 432-436. doi:10.5604/12321966.1219182
 28. Kim, H., Räsänen, K., Chae, H., & Lee, K. (2018). Analysis of checklists for agricultural safety management. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 25(3), 494-499. doi:10.26444/aaem/85177
 29. Kim, K., Kim, H., Lee, M., Jung, W., & Choi, D. (2022). Incidence rates of agricultural machine-related

- injuries in South Korea. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19(23). doi:10.3390/ijerph192315588
30. Lehtola, M. M., Rautiainen, R. H., Day, L. M., Schonstein, E., Suutarinen, J., Salminen, S., et al. (2008). Effectiveness of interventions in preventing injuries in agriculture—A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 34(5), 327-336. doi:10.5271/sjweh.1279
 31. MacKenzie, E. J. (2000). Epidemiology of injuries: Current trends and future challenges. *Epidemiologic Reviews*, 22(1), 112-119. doi:10.1093/oxfordjournals.epirev.a018006
 32. McCurdy, S. A., & Carroll, D. J. (2000). Agricultural injury. *American Journal of Industrial Medicine*, 38(4), 463-480. doi:10.1002/1097-0274(200010)38:4<463::aid-ajim13>3.0.co;2-n
 33. McQuiston, T. H., Cable, S., Cook, L., Drewery, K., Erwin, G., Frederick, J., et al. (2012). Triangle of prevention: A union's experience promoting a systems-of-safety health and safety program. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 22(3), 343-363. doi:10.2190/ns.22.3.g
 34. Murphy, D. J., Kiernan, N. E., & Chapman, L. J. (1996). An occupational health and safety intervention research agenda for production agriculture: Does safety education work? *American Journal of Industrial Medicine*, 29(4), 392-396. doi:10.1002/(sici)1097-0274(199604)29:4<392::aid-ajim23>3.0.co;2-w
 35. NIOSH. (2023). *Hierarchy of controls*. Retrieved May 25, 2023, from <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>
 36. Reason, J. (1990). The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 327(1241), 27-36.

Received 20 May 2023; Revised 10 June 2023; Accepted 20 June 2023.



M.S. Yongseok Shin is a Senior Resercher at the Wonjin Institutet for Occupational and Environmental Health, South Korea. His research interests are focused on agricultural machinery, safety, and environmental health in agriculture.
Address: (02221), Sagajeong-ro 49-gil, jungnang-gu, Seoul, Korea
E-mail: ysshin838@gmail.com
phone: 82-2-490-2080



Dr. Hyocher Kim is an Assistant Professor at the Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, South Korea. His research interests are focused on occupational health and safety, safety systems and hazard risk assessment in agriculture.
Address: (54874), Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, 1515, Kongjwipatjwi-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Republic of Korea
E-mail: hyocher@gmail.com
phone: 82-63-238-9338



Dr. Kyungsu Kim is a Senior Researcher at the Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences. Her research interests are focused on agricultural injury, injury epidemiology, and prevention strategy in agriculture.
Address: (54875) 310 Nongsaeangmyeong-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si Jeollabuk-do, Republic of Korea
E-mail: kks1@korea.kr
phone: 82-63-238-4174



Dr. Dongeok Kim is an Associate Professor at the Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, South Korea. His research interests are focused on agricultural machinery, smart farm and ICT systems in agriculture.
Address: (54874), Department of Liberal Arts, Korea National University of Agriculture and Fisheries, 1515, Kongjwipatjwi-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Republic of Korea
E-mail: kde1206@korea.kr
phone: 82-63-238-9333