

수집형 마늘 수확기 설계·제작 및 성능평가

Design·Manufacture and Performance Evaluation of Gathering Type Garlic Harvesting Machine

최일수¹ · 강나래^{1*} · 최경식¹ · 우제근¹ · 김영화¹ · 유승화¹ · 최용¹ · 김영근¹

Il Su Choi, Na Rae Kang, Kyeong Sik Choi, Jae Keun Woo, Young Hwa Kim,
Seung Hwa Yu, Yong Choi and Young Keun Kim

Received: 2 Nov. 2023, Accepted: 24 Nov. 2023

Key Words : Garlic (마늘), Gathering Type (수집형), Harvesting Machine (수확기), Performance Evaluation (성능평가)

Abstract: Garlic is classified as one of the three essential seasoning vegetables in Korea. In 2023, it was reported that the area under garlic cultivation was 24,700 ha, and the production stood at 318,220 tons. Garlic harvesting mechanization currently stands at 43.8%, and garlic is still collected manually after digging out using diggers, so the process is labor intensive. To reduce garlic production costs and enhance competitiveness, it is necessary to develop a high-performance gathering type harvester in place of the digging type harvester. Therefore, in this study, a gathering-type garlic harvester that can dig and collect simultaneously was designed and manufactured, and the harvest performance by factor was analyzed through a harvest performance test. As a result of the performance test, it was analyzed to perform optimally at a driving speed of 0.11m/s and a transfer speed of 85rpm. Work performance was calculated using the results obtained from the factor performance test.

기호 설명

P_d : damage ratio, %

W_d : weight of damaged garlics, ea

W_h : weight of harvested garlics, ea

P_h : harvest ratio, %

W_m : weight of foreign matter, kg

W_g : weight of harvested sample, kg

P_l : loss ratio, %

W_u : weight of uncollected garlics, ea

T : working capacity, h/10a

v : working speed, m/s

b : effective working width, m

t : turning time, s

c : total required time for changing bulk bag, s

1. 서론

마늘은 국민 식생활에 필수적인 3대 양념 채소로 분류되며, 조미채소류 중 고추 다음으로 생산액이 높은 작목이다. 재배면적은 '23년 24.7천 ha, 생산량 '23년 318.2천 ton으로 보고되고 있다.¹⁾ 국내 마늘 재배는 재배형태에 따라 한지형과 난지형으로 분류된다. 한지형 마늘은 주로 강원, 경북지역에서, 난지형은 경남, 제주, 전남지역에서 재배되고 있다. 혼합형(한지형과 난지형 동시 재배)의 경우 충청, 전북지역에서 주로 재배되고 있으나, 최근 한지형 마늘 재배에서 난지형 마늘 재배로 변화하는 추세이다.²⁾ 마늘의 전과정 기계화 작업체계는 ‘종자분리(쪽분리기), 분

* Corresponding author: rkd5748@naver.com

1 Upland Mechanization Team, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Jeonju 54875, Korea

Copyright © 2023, KSFC

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.

밭준비 (휴림·피복기), 파종 (파종기), 수확 (굴취 수확기) 순으로 이루어진다.

'22년 국내 농가인구는 전년대비 5만 명 (25%) 감소한 216.6천 명으로, 지속적으로 감소하는 추세이다. 연령별 농가인구는 70세 이상 75.6천 명이며, 전체 농가인구의 34.9%로 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 이처럼 고령화로 인한 농촌의 노동력 부족현상이 심화되고 있는 상황에서 노동집약적인 마늘재배 과정에서 기계화 과정 도입이 요구된다.³⁻⁶⁾

마늘 재배 기계화율은 '22년 61.8%이며, 이 중 파종과 수확작업이 각각 14.8%, 43.8%로 기계화율이 미흡한 실정이다.⁷⁾ 또한, 지역별 재배양식 및 재배방법이 다양하고 소규모 농가 비율이 94.5%로 농가의 규모가 영세하여 취약한 구매력 등 기계화에 어려움이 있다.^{8,9)} 마늘 재배과정 중 파종작업의 경우 한지형 마늘은 파종 후 비닐피복, 월동으로 경운기용 파종기의 보급이 활발하며, 난지형 마늘은 비닐피복 후 파종 및 월동으로 한지형 마늘과 다른 트랙터용 점파식 파종기가 개발 및 보급 중에 있어 파종작업에서의 기계화율은 증가할 전망이다. 수확작업의 경우 굴취 수확기를 이용, 굴취 후 인력을 통한 마늘 수집으로 인력의 의존도가 높은 실정이다. 따라서 마늘 생산비 절감과 경쟁력 제고를 위해 굴취형에서 고성능 수집형 수확기의 개발이 필요하다. 마늘 생산 노동 투입시간은 난지형 마늘 기준 91.2 h/10a로 보고되고 있으며, 이 중 수확작업은 16.7 h/10a로 전체 작업단계 중 18.31%를 차지하고 있다.¹⁰⁻¹¹⁾ 마늘 수확기 개발과 관련하여 국외에서는 줄기절단, 굴취 이송, 수집까지 전자동으로 이루어지고 있으나, 재배양식의 차이 및 기체의 크기가 대형으로 소규모 재배농가가 많은 국내 도입에 어려움이 있는 실정이다. 이에 본 연구는 마늘 굴취와 동시에 수집이 가능한 수집형 마늘 수확기를 설계·제작하고, 수확 성능시험을 통하여 각 요인별 수확성능을 비교 및 분석하였다. 또한, 수확성능 시험결과를 바탕으로, 관행의 마늘 굴취 수확기 작업 후 인력으로 수집하는 작업체계와 수집형 마늘 수확기 작업체계의 작업성능 비교·분석을 통해 관행 대비 노동력 절감효과를 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 트랙터 부착형 마늘 수확기 설계 및 제작

국내에 보급 중인 마늘 수확기는 굴취날에 의해 굴취된 마늘을 이송 컨베이어로 이송하여 후방에 배출하는 형태이다. 국외의 경우 마늘 줄기 절단 후 굴

취, 이송 및 수집하는 수집형 마늘 수확기로 이송부에 고무 재질의 흙 분리용 스타휠 (star wheel)을 장착하여 흙 등의 이물질을 분리하는 형식의 수확기가 보급되고 있다. 본 연구에서는 국내 마늘 재배실정을 감안하여 줄기 절단된 마늘을 굴취한 후 흔들채에 의해 흙 등의 이물질과 마늘을 서로 분리하여 수집하는 메커니즘을 적용하여 Fig. 1과 같이 수집형 마늘 수확기를 설계·제작하였다.

개발된 수집형 마늘 수확기는 트랙터 부착형으로, Fig. 2와 같이 트랙터 체결부, 굴취부, 흙털림부, 2차 흙털림과 동시에 이송하는 1차 이송부, 사람이 탑승하여 이물질 선별이 가능한 2차 이송부, 굴취된 마늘을 수집하는 수집부로 구성하여 설계하였다. 메커니즘으로는 토양상태에 따라 각도를 조절하여 굴취부에서 마늘을 굴취하고, 굴취된 마늘을 흙 털림장치를 통해 2개의 원형 회전축으로 빠르게 회전시켜 덩어리 흙을 잘게 파쇄 후 작물 이송부로 이송한다. 선별장치부에서 흙 등의 이물질은 중앙부에 분리하여 배출하고, 선별된 마늘을 톨백에 수집하여 수확하는 원리이다.

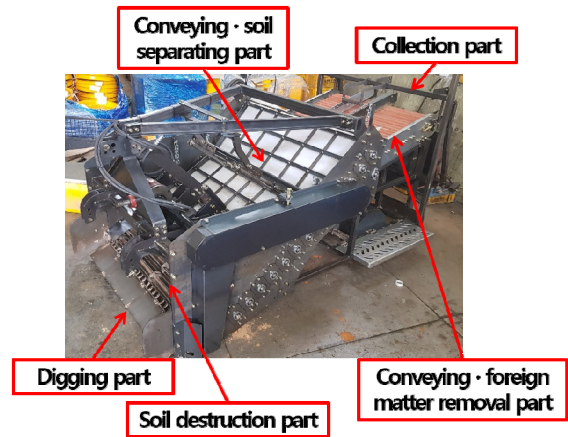


Fig. 1 A photo of garlic harvesting machine with major components.

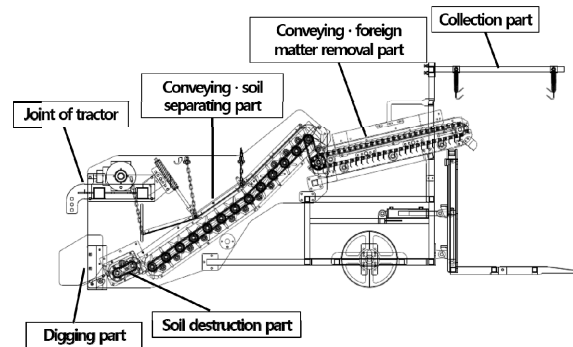


Fig. 2 2D model of garlic harvesting machine with major components.

Lee 등 (2016)의 수집형 감자 수확기 설계 요인 시험을 참고하여 굴취부의 굴취 각도는 약 20~26°로 토양의 상태에 따라 각도 조절이 가능하도록 설계하였으며¹²⁾, 이송부는 연질의 고무 스프로킷을 사용하여 스프로킷 회전 시 마늘의 손상을 최소화하도록 하였다. 이송부에 작물 덮개장치를 설치하여 이송부의 경사각으로 인해 마늘이 하부로 이탈하는 것을 방지하고, 고무 스프로킷과의 간격을 조절하여 마늘에서의 흠털림을 극대화하였다. 수집부에서 선별된 마늘이 담긴 톤백의 운반 편의성을 위해 유압실린더를 통한 상하 리프트 기능과 전후 틸트 기능이 가능하도록 제작하였다.

2.2 마늘 기초 물성 및 재배양식

마늘 기초 물성 및 재배양식 조사는 요인시험 포장에서 수행하였으며, 시험 포장 내에서 1 m 길이에 해당하는 임의의 3구간의 마늘을 수확하여 측정하였다. 마늘 기초 물성은 Fig. 3a와 같이 30개의 마늘을 대상으로 수확 시기 줄기 절단 후 마늘의 잔존줄기 길이, 줄기 폭, 마늘 구와 줄기의 토양 묻힘 깊이, 마늘 직경 (마늘 구의 가장 넓은 직경) 및 높이를 조사하였다.¹³⁻¹⁴⁾ 마늘 재배양식은 시험 포장의 두둑 높이, 두둑 폭, 조간·주간 등을 조사하였다. 토양특성은 농기계의 성능에 큰 영향을 미치며, 특히 토양 경도에 따라 농기계 부하가 달라지게 된다.¹⁵⁾ 따라서, 마늘 포장의 토양 원추 관입지수 및 토양 함수율을 조사하였다. 토양 원추 관입지수는 토양 원추관입계 (DIK-5532, Daiki, Japan)를 이용하여 시험 포장 내 임의의 12지점에서 5 cm 간격으로 50 cm 깊이까지 측정하였으며, 토양 센서 (TRIME-PICO64, IMKO, Germany)를 이용하여 시험 포장 내 임의의 12지점 토양 함수율을 측정하였다.

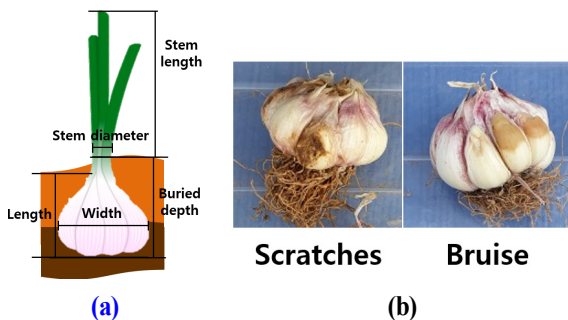


Fig. 3 A photos of physical properties (a) and typical damage patterns (b).

2.3 마늘 수확기 요인시험

효과적인 마늘 수확을 위해서는 작물손상과 마늘에 접촉된 흙 분리를 고려하여 적절한 범위의 작업속도와 이송속도로 작업해야 한다.^{16,17)} 따라서, 본 시험에서는 마늘 수확기를 통한 마늘의 손상률, 손실률, 이물질 혼입률 등 작업성능 분석 및 적정 작업속도를 파악하기 위하여 트랙터 주행속도와 이송부 속도를 요인으로 성능시험을 수행하였다. 난지형 마늘 (품종: *Allium sativum* L.)을 대상으로 경상남도 창원군 소재 농가 포장에서 수행하였다. 이때 트랙터 제원은 수집형 마늘 수확기에 적합한 67 kW급 트랙터를 사용하였으며, 제원은 Table 1과 같다.

땅속작물 수확기는 수확작업 시 작업속도 및 이송속도에 따라 작업기 내로 투입되는 작물의 투입량이 달라지며, 작업속도가 고속일 경우 수확기 내에서 정체현상이 발생하여 손상률 및 이물질 혼입률 등에 영향을 미친다. 또한, 견인 부하를 최소화하며, 손상을 줄이기 위해 낮은 속도로 작업을 수행해야 한다.⁸⁻¹⁸⁾ 이에 수집형 마늘 수확기의 포장성능 시험 요인으로 작업속도와 컨베이어 이송속도를 설정하고, 마늘 굴취 수확기를 사용하는 농가의 작업조건을 조사하였다. 그 결과, 수확 손상 저감을 위한 주행속도는 약 0.1m/s 이내, 컨베이어 이송속도는 약 80 rpm, 굴취 깊이는 10 cm, 굴취각 20° 내외로 조사되었다. 본 시험에서는 주행속도 및 이송속도 시험요인 설정을 위해 트랙터 작업 단수를 PTO (power take off) 540 rpm으로 고정하고, 초저속 1단, 초저속 2단, 초저속 3단, 엔진 rpm을 1300 rpm, 1400 rpm, 1500 rpm으로 설정하였다. 접촉식 회전계 (DT-207LR, SHIMPO, Taiwan)를 사용하여 설정한 작업 단수 별 이송부의 이송률러 회전속도 및 주행속도를 측정하였다. 측정 결과, 각 요인별 주행속도는 0.07 m/s, 0.09 m/s, 0.11 m/s, 이송속도는 75 rpm, 85 rpm, 95 rpm으로 조사되

Table 1 Specification of agricultural tractor used in performance test of garlic harvesting machine.

Item	Specification
Length × Width × Height (mm)	4,020 × 2,270 × 2,790
Weight (kg)	4000
Rated power of engine (kW@rpm)	67@2200
Traveling speed (km/hr)	0.14~29.42

었다. 또한, 선행연구 및 마늘 물성조사 결과를 참고하여 마늘수확기의 굴취 깊이를 약 5~10 cm, 굴취각도를 20° 내외로 고정하였다.¹²⁾ 각 요인별 수확 성능 분석은 농업과학기술 연구조사 분석기준의 땅속작물 수확기 굴취작업 정도 분석기준에 의거하여 손상률, 손실률, 이물질 혼입률을 조사하였으며, 요인별 시험 구간을 10 m로 설정하고, 3반복 수행하였다.¹⁹⁾ 마늘 수확기의 성능분석은 아래 식 (1), (2), (3)과 같이 수행하였다.^{20,21)} 주요 분석 내용은 마늘 수확기의 마늘 굴취 성능과 1차 이송부에서 고무 스프로킷 돌기 사이로 떨어진 마늘을 조사한 손실률, 수확한 마늘의 껍질을 제거하고, 마늘 표피의 찌힘 및 터짐, 멍 등을 조사한 손상률 (Fig. 3b), 수집부에 담긴 마늘과 이물질의 비율을 조사한 이물질의 비율을 조사한 이물질 혼입률을 분석하였다. 손실률은 시험 전 시험 구간의 마늘의 총 주수를 조사하고, 시험 후 수집된 마늘의 개수와 시험 구간의 잔여 마늘 개수를 비교하여 분석하였다.

$$P_d = \frac{W_d}{W_h} \times 100 \quad (1)$$

여기서, P_d 는 손상률, W_d 는 손상 마늘 무게, W_h 는 수확 마늘 무게를 나타낸다.

$$P_h = \frac{W_m}{W_g} \times 100 \quad (2)$$

여기서, P_h 는 수확률, W_m 는 이물질 무게, W_g 는 수확 무게를 나타낸다.

$$P_l = \frac{W_u}{W_h} \times 100 \quad (3)$$

여기서, P_l 는 손실률, W_u 는 미수집 마늘 무게, W_h 는 수확 마늘 무게를 나타낸다.

마늘 수확기 성능 시험의 요인별 유의성을 검정하기 위해 SAS (v9.4., SAS Institute Inc., USA)의 분산 분석 (ANOVA)을 수행하였으며, 5%의 유의수준에서 Duncan의 다중비교를 수행하였다.

주행속도 및 이송속도에 따른 성능시험에서 얻은 결과를 활용하여 50 × 20 m의 포장에서 장방향 (Length of test field, 50 m)으로 순차작업법을 적용하여 작업 시 아래의 식 (4)와 같이 작업성능을 산정하

였다.²²⁻²⁴⁾

$$T = \left(\frac{50}{v} + t \right) \times \frac{20}{3600 \times b} + c \quad (4)$$

여기서, T 는 포장 작업성능, v 는 평균 작업속도, t 는 평균 회행시간, b 는 평균 작업폭, c 는 톤백 교체 시간을 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

3.1 마늘 기초 물성 분석

요인시험과 같은 포장에서 두둑 높이 (ridge height), 조간 (row spacing)·주간 (hill spacing), 두둑 폭 (width of ridge) 등 재배양식 및 마늘 물성을 조사하였으며, 조사결과는 Table 2와 같다. 수확시기 마늘의 직경 (width of garlic)은 63.39 ± 2.28 mm, 높이 (length of garlic) 42.82 ± 3.99 mm, 묻힘 깊이 (buried depth) 35.78 ± 6.33 mm, 줄기경 (stem diameter) 11.39 ± 2.66 mm로 나타났으며, 마늘 수확을 위한 줄기 절단 후 잔존줄기의 길이 (stem length)는 27.57 ± 0.91 mm로 조사되었다. 마늘의 재배양식은 6조 재배방식으로, 두둑 폭 1000 mm, 두둑 높이 80 mm, 조간·주간 200·120 mm로 조사되었다. 마늘 포장의 토양특성을 분석하기 위해 토양 원추 관입지수 및 토양 함수율 등을 측정된 결과 토양 원추 관입 지수는 412 ~ 2278 kPa 범위로 나타났으며, 토양 함수율은 28.49 ± 6.22%, EC는 3.55 ± 0.62 dS/m로 분석되었다.

Table 2 Investigation of garlic's cultivation type in performance test (Variety of garlic : *Allium sativum* L.).

Row spacing (mm)	Hill spacing (mm)	Ridge height (mm)	Width of ridge (mm)	Width of furrow (mm)
200	120	80	1000	450
Width of garlic (mm)	Length of garlic (mm)	Buried Length (mm)	Stem diameter (mm)	Stem length (mm)
63.39±2.28	42.82±3.99	35.78±6.33	11.39±2.66	27.57±0.91

3.2 마늘 수확기 요인시험

주행속도 (working speed) 및 이송속도 (conveyor speed)에 따른 요인시험은 주행속도를 0.07, 0.09, 0.11 m/s, 이송속도를 75, 85, 95 rpm 3수준으로 설정하고,

Table 3 Results of performance evaluation of garlic harvesting machine according to conveyor speed&working speed.

Conveyor speed (rpm)	Working speed (m/s)	Uncollected crop ratio (%)	Harvest ratio (%)	
			Garlic	Foreign matter
75	0.07	6.98 ^a	99.8	0.20 ^b
	0.09	1.30 ^b	99.1	0.90 ^b
	0.11	1.96 ^b	98.88	1.12 ^b
85	0.07	1.63 ^b	100.0	0.00 ^b
	0.09	2.54 ^b	99.1	0.90 ^b
	0.11	2.25 ^b	98.52	1.48 ^b
95	0.07	0.98 ^b	98.22	1.78 ^b
	0.09	1.24 ^b	96.8	3.20 ^b
	0.11	2.93 ^b	92.05	7.95 ^a
Pr>F		0.0003	-	0.0055

*Duncan's multi range test, Mean in a row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Table 4 Results of performance evaluation of garlic harvesting machine according to conveyor speed&working speed.

Conveyor speed (rpm)	Working speed (m/s)	Damage ratio (%)		
		Normal	Scratches	Bruise
75	0.07	90.0 ^{ab}	2.22	7.78
	0.09	92.22 ^{abc}	1.11	6.67
	0.11	88.89 ^a	0.00	11.11
85	0.07	87.78 ^a	1.11	11.11
	0.09	90.0 ^{ab}	1.11	8.89
	0.11	97.78 ^d	0.00	2.22
95	0.07	88.89 ^a	2.22	8.89
	0.09	94.44 ^{bcd}	1.11	4.44
	0.11	95.56 ^{cd}	1.11	3.33
Pr>F		0.0013	-	-

*Duncan's multi range test, Mean in a row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Table 5 Working capacity of a garlic harvesting machine.

Working speed (m/s)	Turning time (s)	Replacement time of bulk bag (s)	Replacement period of bulk bag (m)	Working capacity (h/10a)
0.11	40.32	87.98	60.8	1.9

손실률 (uncollected crop ratio), 손상률 (damage ratio), 이물질 혼입률 (foreign matter)을 분석하였다 (Table 3, 4). 시험결과 주행속도 0.11 m/s, 이송속도 85 rpm에서 손실률 2.25%, 손상률 2.22%, 이물질 혼입률 1.48%로 가장 양호하였다. 한국농업기술진흥원 밭작물농업기계 검정기준에서 땅속작물수확기의 검정기준을 손상률, 이물질 혼입률 5% 이내로 제한하고 있으며, 개발한 수집형 마늘 수확시험장치의 경우 주행속도 0.11 m/s, 이송속도 85 rpm에서 만족하는 것으로 분석되었다. Duncan 다중검정 결과 신뢰수준 95%에서 손실률, 이물질 혼입률은 이송속도 및 주행속도 간 유의성이 나타나지 않았으며, 손상률은 이송속도 및 주행속도 간의 유의성이 나타났다.

요인 성능시험에서 얻은 결과를 활용하여 작업성능 (working capacity)을 분석하였다. 수집형 마늘 수확기 작업성능 분석을 위해 회행시간 (turning time), 톤백 교체주기 (replacement period of bulk bag) 및 시간 (replacement time of bulk bag)을 조사한 결과 아래 Table 5와 같다. 수집형 마늘 수확기의 회행시간은 40.32 s, 톤백 교체 소요시간 87.98 s, 톤백 교체주기 60.8 m로 조사되었다. 주행속도 및 이송속도에 따른 요인시험에서 구명된 최적 작업조건인 주행속도 0.11 m/s, 이송속도 85 rpm에서 작업성능을 분석한 결과 1.9 h/10a로 나타났으며, 관행과 비교하였을 때 관행 17.8 h/10a 대비 약 89.3% 노동력 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 분석 결과를 바탕으로, 향후 토양 특성, 작업자의 숙련도 등에 따른 추가적인 요인시험 및 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 수집형 마늘 수확기를 설계 및 제작하여 이송속도, 주행속도에 따른 요인시험을 수행하였다.

(1) 수집형 마늘 수확기의 메커니즘은 줄기가 절단된 마늘을 굴취한 후 흔들채를 이용하여 흙 등 이물질과 마늘을 분리하고, 수집하는 방식으로 설계하였다. 트랙터 부착형으로 트랙터 체결부, 굴취부, 훅덜림이 가능한 1차 이송부, 이물질 선별이 가능한 2차 이송부, 수집부로 구성하여 제작하였다.

(2) 요인시험은 이송속도 (75, 85, 95 rpm), 주행속도 (0.07, 0.09, 0.11 m/s)를 요인으로 수행하였다. 요인시험은 10 m 구간을 3반복하여 손실률, 손상률, 이물질 혼입률을 분석하였으며, 요인별 유의성 검정을

위하여 분산분석을 수행하였다. 수집형 마늘 수확기 성능시험 결과 주행속도 0.11 m/s, 이송속도 85 rpm에서 가장 양호한 것으로 분석되었다.

(3) Duncan 다중검정 결과 신뢰수준 95%에서 손실률, 이물질 혼입률은 이송속도 및 주행속도 간 유의성이 나타나지 않았으며, 손상률은 이송속도 및 주행속도 간 유의성이 나타난 것으로 분석되었다.

(4) 요인성능 시험에서 얻은 결과를 활용하여 작업성능을 산정하였다. 그 결과 주행속도 0.11 m/s, 이송속도 85 rpm에서 작업성능을 분석한 결과 1.9 h/10a로 나타나 관행 대비 89.3% 노동력 절감효과가 있는 것으로 분석되었다.

후 기

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호: PJ012598022020)의 지원으로 수행되었음.

이해관계(CONFLICT OF INTEREST)

저자는 이 논문과 관련하여 이해관계 충돌의 여지가 없음을 명시합니다.

References

- 1) Statistics_Crop Production Survey, KOSIS, 2023
- 2) Y. G. Jo et al., "Mechanization of Garlic Cultivation", National Institute of Agricultural Engineering of Rural Development Administration, pp.10-13, 2005.
- 3) Census of Agriculture, Forestry and Fisheries, KOSIS, 2022.
- 4) D. K. Noh, et. al., "Analysis of Surplus Flow in a Hydraulic System Applied to a Self-propelled Spinach Harvester", Journal of Drive and Control, Vol.19, No.1 pp26-33, 2022.
- 5) J. H. Won, et. al., "Study on Traveling Characteristics of Straight Automatic Steering Devices for Drivable Agricultural Machinery", Journal of Drive and Control, Vol.19, No.4 pp19-28, 2022.
- 6) J. K. Woo et al., "Design and Performance Evaluation of a Variable Control Type Fresh Corn Harvester", Journal of Drive and Control, Vol.20, No.2, pp.40-46, 2023.
- 7) Survey on the utilization of agricultural machinery and farmwork mechanization rate. Rural Development Administration. 2022.
- 8) D. K. Choi et al., "Status and Prospect of Garlic Product Mechanization", Proceeding of Korean Society for Agricultural Machinery, Vol.19, No.2, pp.83-84, 2014.
- 9) S. H. Lee, "Proceeding of Korean Society for Agricultural Machinery", Master's Thesis, Jeonbuk National University, Jeonju, Jeonbuk, 2018.
- 10) 2018 Agricultural and Stockbreeding Products Income Data Sheet for Improving Agricultural Management. Rural Development Administration. pp.136. 2018.
- 11) Y. Choi et al., "Development of Agricultural Machinery and Technologies for Field Crop Production", National Institute of Agricultural Sciences, 2012.
- 12) S. H. Lee et al., "Digging and Transferring Factorial Design of Experiments for Developing Gathering Type Potato Harvester", Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference, Vol.21, No.2, pp.67-67, 2016.
- 13) K. M. Noh et al., "A Fundamental Study of Developing a Garlic Harvester(I)", Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery, Vol.24, No.1, pp.1-8, 1999.
- 14) Y. S. Lee et al., "Performance Evaluation of Riding Type Self-Propelled Garlic Collector", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.23, No.12, pp.733-740, 2022.
- 15) H. D. Lee et al., "Development of an Automatic Soil Hardness Measuring System Mountable on Agricultural Tractors", Journal of Biosystems Engineering, Vol.27, No.6, pp.537-546, 2002.
- 16) D. H. Park, "Dynamic Analysis of Garlic Behavior during Mechanical Harvesting Procedure using Discrete Element Method", MS Thesis, Seoul National University, Seoul.
- 17) J. H. Yoon, "Garlic Production with Integrated Mechanization", National Institute of Agricultural Engineering, 2006.

- 18) G. M. Hyde et al., "Potato Harvester Performance with Automatic Chain-Load Control", Transactions of the ASAE, Vol.26, No.1, pp.19-22, 1983.
- 19) Rural Development Administration, Research Analysis Criteria about Agricultural Science and Technology, 2012.
- 20) S. H. Lee et al., "Performance Analysis of a Gathering Type Potato Harvester", Journal of Agriculture&Life Science, Vol.54, No.2, pp.99-105, 2020.
- 21) Y. Choi, Development of the Pepper Mechanical Harvesting System, Doctoral Dissertation, Chonnam National University, Gwangju, 2006.
- 22) S. H. Hong et al., "Development of Self-propelled Welsh Onion Harvester", Journal of Korean Society of Mechanical Technology, Vol.22, No.6, pp.1184-1190, 2020.
- 23) Y. Choi et al., "Development of Digging Type Sweet Potato Harvester", Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery Conference, pp.181-186, 2003.
- 24) H. N. Lee et al., "Development of a multi-purpose driving platform for Radish and Chinese cabbage harvester" Journal of Drive and Control, Vol.20, No.3 pp35-41, 2023.