

마늘 수확 기계화 기술의 지역 적응성 시험

Field Test for Regional Adaptability Improvement of Garlic Harvesting Mechanization Technology

우제근¹ · 최경식^{1*} · 최일수¹ · 최 용¹ · 유승화¹

Jea Keun Woo, Kyeong Sik Choi, Il Su Choi, Yong Choi, Seung Hwa Yu

Received: 10 Nov. 2023, Accepted: 28 Nov. 2023

Key Words : Garlic (마늘), Agricultural Machinery (농기계), Harvester (수확기), Collector (수집기), Regional Adaptability (지역적응성)

Abstract: Garlic is one of the major seasoned vegetables in Korea along with peppers and onions. Although it is a major cash crop, the aging population of farmers and rising labor and production costs are cited as the reasons for the decreasing production. Accordingly, it is necessary to introduce and spread garlic cultivation mechanization technology to reduce the input labor demand. In this study, conducted a field demonstration in Jeollanam-do using garlic harvesting machinery. In addition, it was intended to improve the mechanization rate of garlic harvesting by deriving factors that can apply to garlic harvesting machines in Jeollanam-do and investigating regional adaptability. As a result of the analysis, it was found that the harvesting performance of the garlic harvester and garlic collector in Jeollanam-do met the agricultural machine test standards. In addition, as a result of calculating the input effect of the mechanized work system compared to the conventional garlic harvesting work system, it was found that there was a labor-saving effect of 96.02%.

기호 설명

P_{di} : Digging ratio, %

E_t : Total number of garlic, ea

E_{cnd} : Number of garlic that could not excavated, ea

P_r : Root soil separation ratio, %

E_t : Total number of garlic, ea

E_{uc} : Uncollected garlic, ea

P_m : Foreign matter mixing ratio, %

W_m : Weight of foreign matter collected, kg

W_{ec} : Weight of entire collection, kg

P_{dac} : Damaged garlic ratio by garlic collector, %

E_{dac} : Damaged garlic by garlic collector, ea

E_{tdc} : Total number of collected garlic, ea

T : Working capacity, h/10a

v : Working speed/ m/s

t : Turning times, s

b : Effective working width, m

c : Total required time for changing bulk bag, h/10a

1. 서론

마늘은 고추, 양파 등 우리나라 주요 양념채소 중 하나이며 23년 기준 재배면적은 24.7천 ha로 고추 27.1천 ha에 이어 두 번째로 큰 재배면적을 차지하고 있다.¹⁾ 1인당 마늘 연간 소비량은 약 7 kg에서 보합 추세를 나타내고 있으며 전체 소비량 중 난지형 마늘 품종 비중이 90% 내외를 차지하고 있는 것으로 나타났다.²⁾ 2021년 기준 마늘 생산 순수익은 300평당

* Corresponding author: sikkk95@korea.kr

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.

260만 원으로 타 주요 양념채소인 고추 120만원, 양파 181만원 대비 고수익으로 조사되었으나, 생산량은 2019년 388 천 톤에서 2022년 273 천 톤으로 약 30% 감소하였다.^{3,4)} 주요 소득작물임에도 감소한 원인으로는 농가 인구 고령화, 인건비 및 생산비 상승 등이 꼽히고 있으며, 향후 수입량이 지속적으로 증가할 것으로 전망되고 있다.⁵⁾ 국내 농가 인구는 2018년 2,315천 명에서 2022년 2,166천 명으로 4년 만에 약 6% 감소하였으며, 65세 이상 고령 인구는 49.8%를 차지하고 있어 농산물 생산에 필요한 노동력 수급이 어려운 상황이다.^{6,9)} 이에 투입 노동력 절감을 위해 마늘 재배 기계화 기술 도입 및 확산이 필요하다.

마늘 재배과정은 종구준비-파종-비닐피복-재배관리-줄기절단-수확 및 건조-선별 및 포장-저장 순서로 진행된다. 2022년 기준 마늘 재배 기계화율은 61.8%로써 재배의 99.8% 대비 미흡한 수준이다.¹⁰⁾ 특히 수확작업 기계화율은 43.8%로 경운기용 또는 트랙터용 굴취 수확기를 이용하여 굴취 후 인력으로 뿌리에 붙은 흙을 털어내며 수집하고 있는 실정으로 굴취 수확 및 수집작업의 기계화가 요구되고 있다.

마늘 수확작업 기계화 기술 연구개발 동향에 대한 분석 결과, 국내의 경우 경상도 등 미사질양토 토성 지역의 난지형 마늘을 대상으로 굴취와 뿌리 흙 제거, 수집을 일관적으로 수행하는 수집형 마늘 수확기를 개발하였으며, 관행의 굴취 수확기 이용 및 인력 수집 대비 89.3%의 노동력 절감 효과가 있는 것으로 보고하였다.¹¹⁾ 이와 같은 방식은 마늘의 굴취 후 노지 건조작업이 생략되어 수집 후 별도의 건조 과정이 필요하다. 따라서 굴취 후 노지 건조된 마늘을 대상으로 수집하는 자주식 마늘 수집기를 개발하였다.¹²⁾ 국외의 경우 협지벨트를 통해 마늘을 줄기째 인발하여 뿌리 흙 제거, 줄기절단 및 수집작업이 가능한 수확기를 개발하였으나¹³⁾, 마늘의 파종심이 일정해야 작업 정밀도를 유지할 수 있어 다양한 변수가 존재하는 농촌 현장에 적용하기 어려운 면이 있다. 또한, 토양 특성에 따라 뿌리 흙 제거가 어려운 상황을 고려하여 마늘 구로부터 뿌리를 절단하는 메커니즘을 고안했지만¹⁴⁾, 실용화에는 추가적인 연구가 필요한 실정이다. 현재 국내에서 개발한 마늘 수확 기계화 기술은 2020년 기준 국내 마늘 총 재배면적 25,372 ha 중 6,266 ha, 24.6%로 8개도 중 가장 많은 재배면적을 차지하고 있는 경남 지역을 중심으로 보급이 이루어지고 있으나, 경남에 이어 두 번째로 큰

비율을 차지하고 있는 전남 지역 (5,326 ha, 21%)에 서는¹⁵⁾ 미진한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 보급 중인 줄기 절단기, 굴취 수확기 및 수집형 수확기를 이용하여 전남 지역에서 현장 실증을 수행한 다음 경남 지역의 마늘 수확 기계화 기술 관련 선행연구 결과와 수확성능을 비교·분석하고 전남 지역에서의 마늘 수확기계 지역 적응성을 구명하여 마늘 수확작업 기계화율을 제고하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재배양식 및 마늘 생육 조사

마늘 수확 기계화 기술의 지역 적응성을 구명하기 위해 전라남도 무안군 일로읍 산정리에 위치한 농가 포장 (50 m × 20 m, 이하, Field A)에서 현장 실증을 수행하였다. 재배양식은 Fig. 1과 같이 두둑 너비 및 폭, 조주간 거리 등을 측정하였으며 선행연구에서 수행된 경상남도 합천군 청덕면 가현리 소재 농가 포장 (이하, Field B)에 측정된 조사 결과와 비교하였다. Field A 및 Field B에서 수확기계 현장 실증에 사용된 공시품종은 난지형 마늘인 대서 품종으로 선정하였으며, 생육 특성 파악을 위해 Fig. 2와 같이 줄기 길이, 구 높이 및 무게 등을 측정하였다.

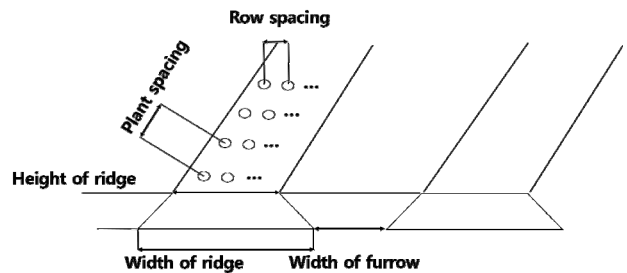


Fig. 1 Measuring point of cultivation conditions.

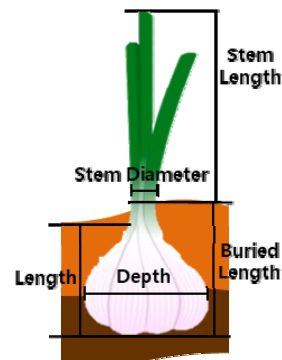


Fig. 2 Measuring physical properties of garlic.

2.2 마늘 수확 기계화 기술 작업체계

관행 및 기계화 마늘 수확 작업체계는 Fig. 3과 같다. 인력으로 수행되는 관행 마늘 수확 작업체계의 경우, 마늘 굴취 및 수집작업 후 줄기절단이 이루어지며 무더운 여름철 작업이 이루어지기 때문에 노동강도가 크다. 본 연구에 적용한 기계화 작업체계는 마늘 굴취 작업 전 줄기 절단기를 이용하여 마늘 줄기를 절단한 다음 인력을 통해 재배지에 피복된 멀칭필름을 제거한다. 그 후 마늘의 굴취 및 수집작업은 굴취 수확기로 땅속의 마늘을 지면 위로 꺼낸 다음 수집기를 이용하여 톤백에 수납하거나 수집형 수확기를 이용하여 굴취부터 톤백 수납까지 일관으로 수행하는 방식이 있다.



Fig. 3 Conventional and mechanized garlic harvesting system.

2.3 공시포장 토양 특성

마늘은 소비에 쓰이는 구 (인경)가 파종된 두둑 지하부에 위치하여 자라는 땅속작물로서 재배지의 토양 특성이 수확기계의 작업성능에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 마늘 수확기계 관련 선행 연구가 이루어진 Field B와 본 연구에서 선정한 공시포장인 Field

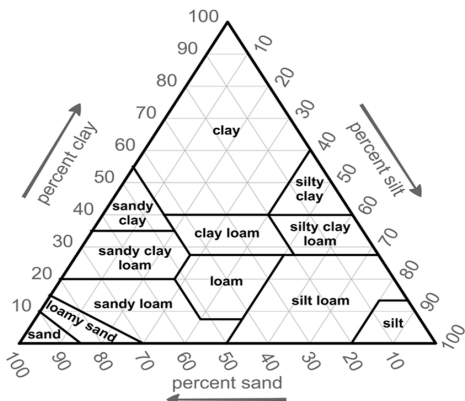


Fig. 4 USDA(U.S. Department of Agriculture) soil classification

A의 토양 특성을 비교 및 분석하기 위해 토양환경정보시스템인 흙토람¹⁶⁾을 이용하여 토성 분류법 (Fig. 4) 기반 토양 종류별 분포비율을 조사하였다.

2.4 마늘 수확기계

2.4.1 트랙터용 마늘 굴취 수확기

줄기 절단 및 피복비닐 제거 후 투입되는 트랙터용 굴취 수확기는 보급 중인 A사 기종 (Fig. 5)을 이용하였다. 원활한 흙 파쇄를 위해 굴취날 후방에 진동봉을 설치하였으며, 마늘 구 손상을 최소화하면서 뿌리에 붙은 흙을 분리시키기 위해 고무 재질의 핑거 롤러를 이용한 이송 메커니즘을 적용하였다. 굴취 수확기의 제원은 Table 1에서 확인 할 수 있다.



Fig. 5 Digging type garlic harvester (MH1300D).

Table 1 Specification of garlic harvester.

Item	Specification
Length×Width×Height (mm)	2,200×1,548×1,080
Working type	Rubber roller rotation
Power source	Tractor PTO
Weight (kg)	661
Working width (mm)	1,300

2.4.2 트랙터용 수집형 마늘 수확기

두둑으로부터 굴취된 마늘을 수집하는 트랙터용 수집형 마늘 수확기는 보급 중인 B사 기종 (Fig. 6)을 투입하였다. 트랙터용 마늘 줄기 절단기 및 굴취 수확기와 마찬가지로 트랙터 동력취출장치 (Power take-off, PTO)를 동력원으로 작동하며 굴취부, 마늘 이송부, 이물질 선별부, 마늘 수납부로 구성되어 있다. 작동 메커니즘으로는 땅속의 마늘을 굴취하여 고무 재질의 핑거 롤러를 통해 선별부로 이송하면 선별부에서 보조인력을 통해 이물질을 제거하고 수납부에 거처된 톤백에 마늘을 적재하는 방식이다. 선행연구의 Field B에서는 굴취부터 선별, 적재까지 본 기종의 모든 기능을 적용하였지만, Field A에서는 굴취

및 수집작업별 수확기계의 지역 적응성을 분석하기 위해 굴취 수확기로 굴취한 마늘을 대상으로 이송 및 선별, 수납기능만 활용하였다. 수집형 수확기의 제원은 Table 2와 같다.

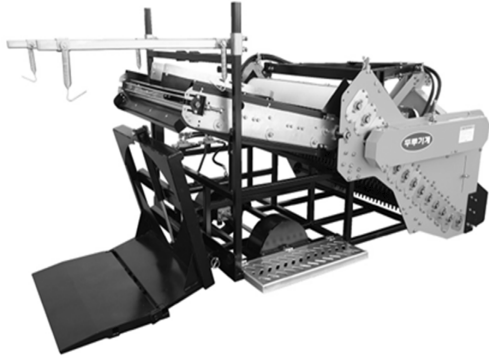


Fig. 6 Collecting type garlic harvester (DR-1300GHT).

Table 2 Specification of garlic collector.

Item	Specification
Length×Width×Height (mm)	3,500×1,500×1,650
Working type	Rubber roller rotation
Power source	Tractor PTO
Weight (kg)	925
Working width (mm)	1,300

2.5 시험방법

경남 및 전남지역에서 난지형 마늘 품종 중 하나인 대서 품종을 대상으로 마늘 수확기계의 수확성능 산출과 지역 적응성 구명을 위해 기종별 10m 작업 후 임의의 3m 구간에 대한 작업상태를 조사하였으며, 3반복 수행하였다. 실증에 투입된 트랙터의 제원은 Table 3에서 확인 할 수 있으며, 기종별 트랙터 작업조건은 Table 4와 같다.

Table 3 Specifications of agricultural tractor used in field test.

Item	Field A	Field B
Length × Width × Height (mm)	3,900×1,900×2,780	4,020×2,270×2,790
Weight (kg)	3,065	4,000
Rated power of engine (kW@rpm)	54.4@2,500rpm	67@2200

Table 4 Working conditions by garlic harvesting machinery.

Region	Item	Working condition	
		Tractor engine (rpm)	Tractor PTO (rpm)
Field A	Garlic harvester	2,000	540
	Garlic collector		
Field B	Garlic collector	1,150	

기종별 수확성능 산출의 경우, 굴취 수확기는 굴취율, 뿌리 흙 제거율, 손상률을 식 (1), (2), (3)과 같이 측정 및 계산하였다. 수집기의 경우, 수집률, 이물질 혼입률, 손상률을 식 (4), (5), (6)을 통해 산출하였다. 마늘 수확 기계의 시간당 작업 가능 면적인 작업능률 산출을 위해 Fig. 7과 같은 연결법과 식 (7)을 이용하였다. 마늘 수확기계의 성능평가 및 작업능률 산출을 위한 식은 농업과학기술 연구조사분석기준의 땅속작물수확기의 성능 측정 방법을 참고하여 도출하였다.^{17,18)}

$$P_{di} = \frac{E_t - E_{cnd}}{E_t} \times 100 \tag{1}$$

여기서, P_{di} 는 굴취율, E_t 는 마늘 개수, E_{cnd} 는 미굴취 마늘 개수를 나타낸다.

$$P_r = \frac{W_s}{W_{eg}} \times 100 \tag{2}$$

여기서, P_r 는 뿌리 흙 제거율, W_s 는 마늘 뿌리 흙 무게, W_{eg} 는 전체 마늘 무게를 나타낸다.

$$P_{dah} = \frac{E_{dah}}{E_{tdi}} \times 100 \tag{3}$$

여기서, P_{dah} 는 마늘 손상률 (굴취 수확기), E_{dah} 는 손상 마늘 개수, E_{tdi} 는 굴취된 마늘 개수를 나타낸다.

$$P_c = \frac{E_t - E_{uc}}{E_t} \times 100 \tag{4}$$

여기서, P_c 는 마늘 수집률, E_t 는 마늘 개수, E_{uc} 는 미수집 마늘 개수를 나타낸다.

$$P_m = \frac{W_m}{W_{ec}} \times 100 \quad (5)$$

여기서, P_m 은 이물질 혼입률, W_m 은 이물질 무게, W_{ec} 는 수집된 마늘 무게를 나타낸다.

$$P_{dac} = \frac{E_{dac}}{E_{tdc}} \times 100 \quad (6)$$

여기서, P_{dac} 는 마늘 손상률 (수집형 수확기), P_{dac} 는 손상 마늘 개수, E_{tdc} 는 수집된 마늘 개수를 나타낸다.

$$T = \left(\frac{50}{v} + t\right) \times \frac{20}{3600b} + c \quad (7)$$

여기서, T 는 작업능력, v 는 작업속도, t 는 선회시간, b 는 작업폭, c 는 톤백 교체시간을 나타낸다.

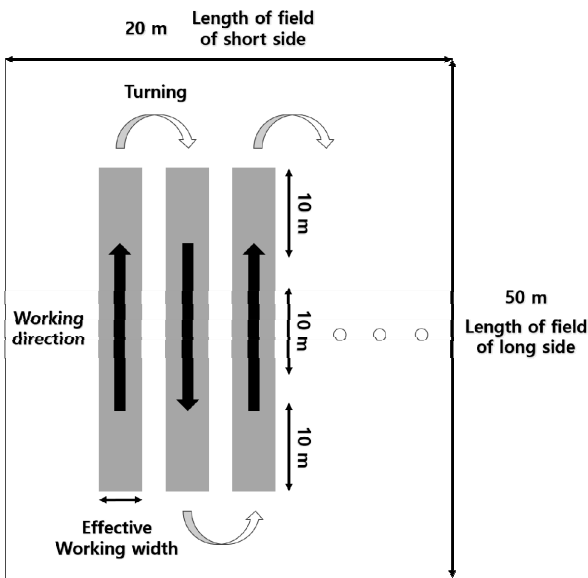


Fig. 7 Working and turning path of garlic harvest machinery.

3. 결과 및 고찰

3.1 재배양식 및 마늘 생육 분석

마늘 수확 기계화 기술의 지역 적응성 구명을 위한 본 연구와 선행연구에서 선정한 공시포장의 재배양식 조사 결과는 Table 5에서 확인할 수 있다. Filed A의 경우, 두둑 폭은 98.58 cm, 조간거리는 13.83 cm, 주간거리는 14.42 cm로 조사되었으며, Field B와 마찬가지로 두둑 폭이 120 cm 이하로 측정되어 마늘 수확기계 투입에 적절한 재배양식으로 판단되었다.

Table 5 Investigation of garlic's cultivation condition

Region	Row spacing (cm)	Plant spacing (cm)	Width of ridge (cm)	Width of furrow (cm)
Field A	13.83	14.42	98.58	31.00
Field B	11.10	17.90	109.50	50.40

Table 6 Physical properties of garlic. (Variety of garlic : Daeseo)

Region	Depth of garlic (mm)	Length of garlic (mm)	Buried Length (mm)
Field A	32.28	53.86	67.10
Field B	69.57	42.55	52.58

Field A와 Field B에서 공시품종인 대서 마늘 30개를 대상으로 생육 특성을 조사한 결과는 Table 6과 같다. Field A 대비 Field B의 마늘 구 직경이 작고 구 높이는 크게 나타났으며 병해 등이 발생하지 않아 생육에 이상이 없는 것으로 조사되었다. 각 공시포장 대서 마늘의 두둑 표면으로부터 묻힌 깊이는 50 mm 이상으로 굴취날 삽입 시, 파쇄되어 수확기계에 유입되는 흙의 양과 마늘 손상이 발생하지 않는 굴취 깊이를 고려하여 두둑 표면으로부터 굴취날 삽입 깊이를 150 mm로 설정하였다.

3.2 공시포장 토양 특성 분석

Fig. 7은 흙토람을 통해 Field A 및 Field B의 토양 특성을 나타낸 것이다. Field A를 구성하는 토양 중 미사질식양토가 68.73%로 가장 큰 비율을 나타냈으며 Field B의 경우, 미사질양토가 66.17%로 재배지에서 분포함량이 가장 높은 토양으로 분석되었다.

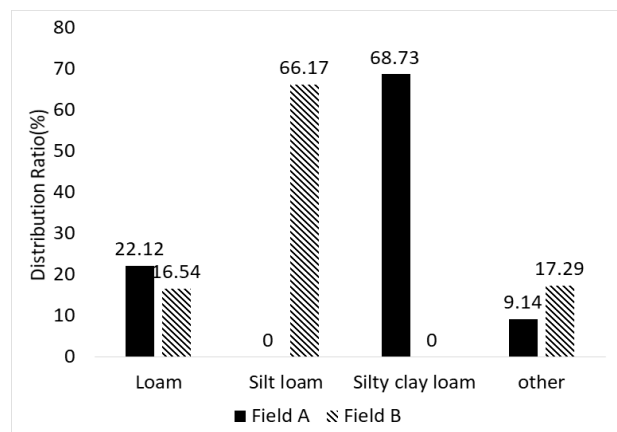


Fig. 7 Soil distribution ratio by test field

그리고 Field A와 Field B는 양토가 토양 분포함량 중 두 번째로 큰 비율을 보이는 것으로 나타났다. 미사질식양토와 미사질양토, 양토는 마늘 재배에 적합한 토양으로¹⁹⁾ 본 연구의 두 공시포장은 마늘 수확기계의 실증 포장으로서 당위성이 충분한 것으로 판단되었다.

3.3 마늘 수확기계 성능 분석

3.3.1 트랙터용 마늘 굴취 수확기 성능 분석

Table 7는 대서 품종을 대상으로 트랙터용 마늘 굴취 수확기의 수확성능을 나타낸 것이다. 굴취율은 100%로 나타났으며, 손상률은 0.48%, 뿌리흙 제거율은 94.52%로 조사되었다. 농업기계 검정기준의 땅속 작물수확기의 성능기준은 손상률 5.0% 이하 및 굴취율 95.0% 이상으로 Field A에서의 수확성능 결과는 성능기준을 만족하는 것으로 나타났다.

Table 7 Working capacity of a garlic harvester.

Working speed (m/s)	Digging ratio (%)	Damage ratio (%)	Root-soil removal ratio (%)
0.18	100.0	0.48	94.52

3.3.2 트랙터용 수집형 마늘 수확기 성능 분석

Field A 및 Field B에서의 수집형 마늘 수확기의 성능 결과는 Table 8에서 확인 할 수 있다. 굴취된 마늘을 이송 및 선별, 톤백 수집기능만 적용한 Field A에서 손상률 0.38%, 이물질혼입률 3.06%로 조사되었으며 굴취부터 톤백 수집까지 일괄작업을 수행한 Field B의 경우 Field A 대비 손상률과 이물질혼입률이 높게 나타났다. 이는 굴취작업 중 발생한 흙덩어리와 구의 마찰로 인해 손상률이 더 높게 발생하였으며, 지면 밖으로 꺼내어진 마늘을 수집한 Field A 실증 대비 굴취날 관입 깊이가 깊기 때문에 수납부에 더 많은 이물질이 혼입된 것으로 생각되었다. Field A의 수집기 성능은 손실률, 손상률, 이물질혼입률이 각각 5%이하로 성능기준을 만족하는 것으로 분석되었다.

Field A에서 굴취 수확기 및 수집형 수확기의 수확성능은 농업기계 검정기준을 만족하는 것으로 나타났으며, 미사질식양토는 미사질양토와 같이 마늘 수확기계 적용에 적정한 토양인 것으로 판단되었다. 따라서 전남지역에 대한 마늘 수확기계를 적용할 수 있는 요인은 미사질식양토 또는 미사질양토와 유사

Table 8 Working capacity of a garlic collector.

Region	Working speed (m/s)	Collected garlic ratio (%)	Damage ratio (%)	Foreign matter ratio (%)
Field A	0.13	96.30	0.38	3.06
Field B	0.11	-	2.20	4.40

한 물리적 특성을 지닌 토양을 조사한 다음 적응성 시험을 확대하고 수확기계 성능을 보완하는 것으로 판단되었다.

3.3.3 마늘 수확 기계화 기술 투입 효과

본 연구에서 전남지역에 속하는 Field A를 대상으로 적용한 마늘 수확 기계화 기술의 노동력 절감 효과를 분석하기 위해 산출한 마늘 굴취 수확기 및 수집형 마늘 수확기의 작업능률은 Table 9와 같다. 굴취 수확기의 선회시간은 27.66 s로 측정되었으며 작업속도 0.18 m/s에서 작업능률은 1.48 h/10a로 분석되었다. 수집형 마늘 수확기의 경우 굴취된 마늘을 이송 및 선별, 수집작업만 수행하는 조건하에 작업속도는 0.13 m/s로 조사되었으며 10a 면적 작업에 1.65 h가 소요되는 것으로 나타났다.

Table 9 Working capacity of garlic harvesting machinery.

Item	Working speed (m/s)	Turning time (s)	Replace ment time of bulk bag (s)	Replace ment period of bulk bag (m)	Working capacity (h/10a)
Garlic harvester	0.18	27.66	-	-	1.48
Garlic collector	0.13	40.32	87.98	60.8	1.65

Table 10 Effect of introduction of garlic harvesting machinery.

Harvest working process	Practice		Mechanization	
	Working capacity (h/10a)	Item	Working capacity (h/10a)	Item
Harvest	78.6	Labor	1.48	Garlic harvester
Collect			1.65	Garlic collector
Total	78.6	-	3.13	-

Table 10은 관행 마늘 수확 작업체계 대비 기계화 작업체계의 투입효과를 나타낸 것이다. 인력으로 마늘 굴취 및 수집작업 시 78.6 h/10a가 소요되지만 굴취 수확기, 수집형 수확기를 적용할 시 동일면적 작업에 3.13 h가 소요되어 관행 대비 96.02%의 노동력 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 보급 중인 마늘 수확기를 이용하여 전남 지역에서 현장 실증을 수행한 후, 경남 지역의 마늘 수확 기계화 기술 관련 선행연구 결과와 수확 성능을 비교·분석하였다. 또한, 전남 지역에 마늘 수확기계를 적용할 수 있는 요인 도출 및 지역 적응성 구명을 수행하였다.

(1) 마늘 굴취 수확기 성능 분석 결과, 굴취율은 100%로 나타났으며, 손상률은 0.48%, 뿌리 흙 제거율은 94.52%로 조사되었다. 농업기계 검정기준의 땅속작물수확기의 성능기준은 손상률 5.0% 이하 및 굴취율 95.0% 이상으로, 수확성능 결과는 성능기준을 만족하는 것으로 나타났다.

(2) 수집형 마늘 수확기 성능 분석 결과, 굴취된 마늘을 이송 및 선별, 톤백 수집기능만 적용한 Field A에서 손상률 0.38%, 이물질혼입률 3.06%로 조사되었으며 굴취부터 톤백 수집까지 일괄작업을 수행한 Field B의 경우 Field A 대비 손상률과 이물질혼입률이 높게 나타났다. Field A의 수집기 성능은 손실률, 손상률, 이물질혼입률이 각각 5%이하로 성능기준을 만족하는 것으로 분석되었다.

(3) 관행 마늘 수확 작업체계 대비 기계화 작업체계의 투입효과를 산정하였다. 인력으로 마늘 굴취 및 수집작업 시 78.6 h/10a가 소요되지만 굴취 수확기, 수집형 수확기를 적용할 시 동일면적 작업에 3.13 h가 소요되어 관행 대비 96.02%의 노동력 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

(4) 주로 미사질식양토로 토양이 구성된 Field A에서 굴취 수확기 및 수집형 수확기의 수확성능이 농업기계 검정기준을 만족하는 것으로 나타났다. 이에 전남지역에 대한 마늘 수확기계의 적응성을 구명하였으며, 전남지역 적용 요인은 미사질식양토 또는 미사질양토와 유사한 물리적 특성을 지닌 토양을 조사하는 것이며 적응성 시험을 확대하여 수확성능을 보완하는 것으로 판단되었다.

후 기

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ015578032021)의 지원으로 수행되었음.

이해관계(CONFLICT OF INTEREST)

저자는 이 논문과 관련하여 이해관계 충돌의 여지가 없음을 명시합니다.

References

- 1) Cultivated Area of Vegetables(Field) Statistics, Korea, 2023.
- 2) Agricultural Outlook(II) 2019, Research Report, KREI, Korea, p.707, 2019
- 3) Main statistics on agriculture, forestry, livestock and food 2022, Research Report, MAFRA, Korea, p.173-175, 2022
- 4) Vegetable Production(Spice & Culinary Vegetables), Statistics Korea, 2023.
- 5) Agricultural Outlook(II) 2022, Research Report, KREI, Korea, p.461, 2022
- 6) Farm Households Population by Sex & Age, Statistics Korea, 2023.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) Survey on the utilization of agricultural machinery and farmwork mechanization rate. 2022. Rural Development Administration.
- 11) I. S. Choi et al., "Development of mechanization technology system for whole process in onion and garlic production", RDA pp.27-39, 2021.

- 12) 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.
- 13) A. L. Ding et al., "Design of a Machine Vision-Based Automatic Digging Depth Control System for Garlic Combine Harvester", Agriculture, Vol.12, No.12, 2119, 2022.
- 14) Z. Y. Yu et al., "Parameter optimization and simulation analysis of floating root cutting mechanism for garlic harvester", Computers and Electronics in Agriculture, 204, 107521, 2023.
- 15) Agricultural technology guide 117 Garlic, RDA, pp.17-19, 2022.
- 16) Korean soil information system, RDA, (<https://soil.rda.go.kr/soil/index.jsp>).
- 17) Rural Development Administration, Research Analysis Criteria about Agricultural Science and Technology, 2012.
- 18) 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.
- 19) B. K. Sohn et al., "Physico-Chemical properties of Soils at Red Pepper, Garlic and Onion Cultivation Areas in Korea", Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, Vol.32, No.2, pp.123-131, 1999.
- 20) Agricultural machinery qualification standards, 2023