Vol.35, No.4, pp.533-541, 2023

Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences

RESEARCH ARTICLE

pISSN 2233-8322, eISSN 2508-870X
https://doi.org/10.22698/jales.20230042

여름감자 주산지별 관행 재배양식 및 수확작업 현황에 대한 연구

양윤정[1,2], 김정훈[1,2], 장문경[1,2], 김승준[1,2], 김광모[3], 남주석[4*]
[1]강원대학교 스마트농업융학합과 대학원생, [2]강원대학교 바이오시스템기계공학전공 대학원생,
[3]강원대학교 바이오시스템기계공학전공 학부생, [4]강원대학교 바이오시스템기계공학전공 교수

A Study on the Current State of Conventional Cultivation System and Harvesting Practice in Summer Potato Major Producing Areas

Yunjeong Yang[1,2], Jeonghun Kim[1,2], Moonkyeong Jang[1,2], Seungjun Kim[1,2], Kwangmo Kim[3], Juseok Nam[4*]
[1]Graduate Student, Interdisciplinary Program in Smart Agriculture, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[2]Graduate Student, Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[3]Undergraduate Student, Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
[4]Professor, Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

***Corresponding author:** Juseok Nam (E-mail: njsg1218@kangwon.ac.kr)

Received: 28 November 2023
Revised: 1 December 2023
Accepted: 4 December 2023

A B S T R A C T

In this study, we investigated the conventional summer potato cultivation system and harvesting practice in Jeongseon-gun and Pyeongchang-gun, Gangwon-do, which are the major producing areas to improve the conventional summer potato cultivation model. The width of ridges and furrows and the distance between plants and rows were measured during the cultivation usage survey. The yield of summer potatoes; rates of marketable potatoes, digging damage, and digging loss; work efficiency; and field efficiency were investigated in the harvesting practice survey. Results of cultivation usage survey showed that the cultivation system in Jeongseon-gun and Pyeongchang-gun were measured to be the same, but the range of slope angle was slightly higher in Jeongseon-gun than in Pyeongchang-gun. Results of the harvesting practice survey showed that the rate of marketable potatoes was lower in Jeongseon-gun than in Pyeongchang-gun, whereas the rates of digging damage and digging loss were higher in Jeongseon-gun than in Pyeongchang-gun. This study can be used as a basic data for research on the improvement of summer potato cultivation model.

Keywords: Conventional cultivation system, Conventional harvesting practice, Cultivation model, Major producing area, Summer potato

서 론

세계 4대 식량 작물 중 하나인 감자는 단위면적당 수확량이 많고 수요가 높아 전 세계적으로 중요한 식재료이다 (Yoon, 2019). 2022년 기준 감자는 전 세계적으로 약 3억 5,400만 톤이 생산되었으며, 국내의 경우 생산량 및 재배면

© Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

적은 각각 480,601 ton 및 20,088 ha로 조사되었다(KOSIS, 2022). 국내에서 감자는 수확 시기에 따라 봄감자, 여름감자, 가을감자, 겨울감자로 구분되며 그중, 고랭지 감자로 불리는 여름감자는 재배기간이 비교적 길어 생산성이 다른 작형보다 높다(Cho et al., 2013). 하지만, 여름감자는 주로 강원도 고랭지 지역에서 재배되며(Seo et al., 2011) 고랭지 지역 특성상 토양침식으로 인한 돌 및 자갈의 함량이 높고 경사가 험난하다(Park et al., 2005). 따라서, 현 관행 재배양식과 농기계의 적용이 어려운 실정이며 여름감자 주산지별 재배환경을 고려하여 관행 재배양식 및 농기계의 문제점을 도출하고 이를 기반으로 재배모델을 개선할 필요가 있다.

국내에서 다양한 작물의 재배양식 및 농기계의 문제점을 도출하고 표준 재배모델 개선을 위한 연구가 다수 수행되었다. 국립농업과학원은 감자의 작형별 재배양식과 농기계의 문제점을 도출하고 파종작업 기계화에 적합한 재배양식 표준화 연구를 수행하였다(NAS, 2018). 또한, 지역별 무·배추 재배양식의 다양화로 인해 기계화에 어려움이 있음을 파악하고 무·배추 표준 재배양식 개발을 통한 생산성 향상을 목표로 연구를 수행하였다(NAS, 2021). Woo 등은 옥수수 주산지의 재배양식을 조사하고 옥수수 수확기 작업능률을 도출하여 성능평가를 수행하였다(Woo et al., 2023). Kang 등은 고추 지주대 제거작업 시험장치의 성능평가를 위해 고추의 재배양식을 조사하고 시험장치를 통한 작업성능과 관행 작업성능을 비교·분석하였다(Kang et al., 2022). Hong 등은 양파 주산지를 대상으로 재배양식을 조사하였으며 양파 줄기절단기를 개발하고 작업능률을 관행 재배방법과 비교하여 평가하였다(Hong et al., 2023).

이처럼 다양한 작물의 재배모델 개선을 위한 연구가 수행되었으나 감자의 작형 중 하나인 고랭지 감자의 주산지별 재배모델 개선에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 관행 여름감자 재배모델을 개선하기 위하여 주산지인 강원도 정선군과 평창군의 재배양식 및 수확작업 현황을 조사하였다. 재배양식 실태조사는 두둑·고랑 폭 및 주·조간 거리를 조사하였으며, 수확작업 실태조사는 수확량 및 상서율, 굴취손상율 및 굴취손실률, 인력 및 농기계를 이용한 재배작업의 작업능률, 농기계 작업능률에 따른 포장효율을 조사하였다.

재료 및 방법

관행 재배양식 실태조사 방법

여름감자 주산지의 관행 재배양식을 조사하기 위하여 강원도 정선군 임계면과 강원도 평창군 진부면에 위치한 총 30곳의 농가를 조사하였다. 관행 재배양식 조사는 경사도, 두둑·고랑 폭 및 주·조간거리를 실측하였다. 경사도는 강원도 정선군 및 평창군 각 15개의 여름감자 필지 입구로부터 상부, 중부, 하부로 구분하여 측정한 후 평균값을 도출하였으며 각각 3회씩 반복 측정하였다(Fig. 1). 경사도 계측에는 수평계와 수평계를 지지하는 플레이트로 구성된 경사도 계측 장비를 사용하였으며 경사도 계측 장비는 Fig. 2와 같다. 또한, Fig. 3과 같이 재배양식 단면도를 기준으로 여름감자 필지의 주·조간거리, 두둑 및 고랑 폭을 실측하였으며 측정 방법은 Fig. 4에서와 같다.

관행 수확작업 실태조사 방법

여름감자 주산지별 관행 수확작업 실태를 조사하기 위하여 강원도 정선군 임계면에 위치한 필지 1곳과 강원도 평창군 진부면에 위치한 필지 2곳, 총 3곳에서 수확량 및 상서율, 굴취손상율 및 굴취손실률, 인력 및 기계작업을 통한 작업능률, 기계작업을 통한 포장효율을 도출하였다.

수확량은 총 5곳의 위치에서 10주의 감자를 인력으로 굴취한 후 수확된 개별 감자의 무게를 측정한 결과이다. 상서

(a) Location of the measuring slope angle (b) Measuring the slope angle

Fig. 1. Test for measuring slope angle.

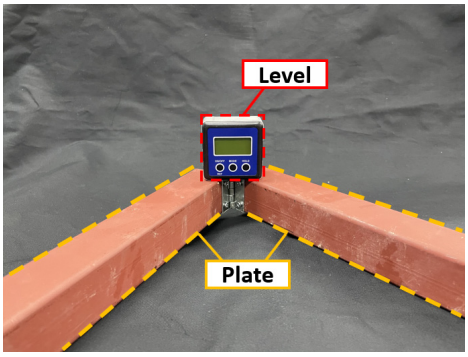


Fig. 2. Shape of slope angle measuring equipment.

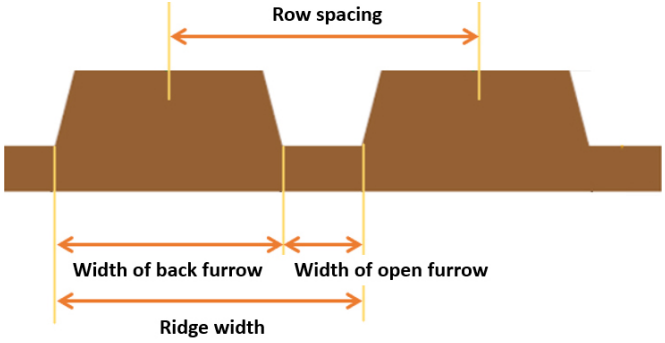


Fig. 3. A cross-sectional view of cultivation system on summer potato.

Fig. 4. Measurement method of cultivation system.

율은 수확량 중 중량이 51 g 이상인 감자를 상서 수량으로 분류하여 식 (1)에서와 같이 도출하였다(Bak et al., 2017).

$$R_{mp} = \frac{Y_{mp}}{Y_{total}} \times 100 \tag{1}$$

where, R_{mp} = The rate of marketable potatoes (%)

Y_{mp} = Yield of marketable potatoes (kg)

Y_{total} = Total yield of potatoes (kg)

굴취손상율 및 굴취손실률은 총 5곳의 위치에서 길이 5 m의 두둑을 기준으로 굴취기를 통해 굴취된 감자의 총 무게, 굴취 중 손상된 감자의 총 무게, 미굴취된 감자의 총 무게를 측정하여 도출하였다. 굴취손상율 및 굴취손실률은 식 (2) 및 (3)을 통하여 도출하였다.

$$D_{dr} = \frac{W_{dd}}{W_d} \times 100 \tag{2}$$

where, D_{dr} = Digging damaged rate (%)

W_{dd} = Total weight of damaged potatoes among digging potatoes (kg)

W_d = Total weight of digging potatoes (kg)

$$D_{lr} = \frac{Y_{total} - W_d}{Y_{total}} \times 100 \tag{3}$$

where, D_{lr} = Digging loss rate (%)

작업능률은 강원도 정선군 임계면에 위치한 필지 1곳과 강원도 평창군 진부면에 위치한 필지 2곳, 총 3곳의 위치에서 인력 및 기계를 사용하는 관행 재배법을 기준으로 작업단계별 지정된 구역에서 소요되는 작업시간을 측정하였다. 작업능률 측정에 있어 필지별로 수행한 작업단계가 상이하였다. Table 1에서와 같이 필지별로 각 작업단계를 수행하였다. 인력작업은 비닐제거, 굴취, 수거·수집 작업시간을 측정하였으며, 기계작업은 굴취 작업시간을 측정하였다. 측정된 작업시간을 기준으로 작업단계별 작업능률을 도출하였다. 작업능률 도출에 사용된 굴취 기계의 형상 및 제원은 Fig. 5 및 Table 2에서와 같다.

$$A = \frac{10}{E} \tag{4}$$

Table 1. Working type based on cultivation location

Item	Agricultural machinery work	Manpower work
Field 1 (Jeongseon-gun)	Digging	Digging, Collecting
Field 2 (Pyeongchang-gun 1)	Digging	Removing PE film, Collecting
Field 3 (Pyeongchang-gun 2)	Digging	Digging, Removing PE film, Collecting

Table 2. Specifications of digger based on cultivation location

Item	Model	Size (W × L × H, mm)	Weight (kg)	Engine rated power (kW)	Working width (mm)
Field 1 (Jeongsun-gun)	DSA-800TS	800 × 1,300 × 1,050	435	25	800
Field 2 (Pyeongchang-gun 1)	GWN-700	900 × 900 × 550	82	8 – 10	700
Field 3 (Pyeongchang-gun 2)	SH-B1500N	2,350 × 1,800 × 1,250	640	-	1,500

(a) Field 1 (b) Field 2 (c) Field 3

Fig. 5. Machines used for potato digging work in each field.

where, A = Theoretical field capacity (a/h)

E = Work efficiency (h/10a)

도출된 기계 작업능률을 기반으로 필지 1 – 3에서의 포장효율을 도출하였다. 기계가 정지하지 않고 일정한 속도로 작업을 진행하는 경우, 기계가 수행할 수 있는 단위 시간당 최대 작업량을 구할 수 있다. 이를 이론포장능률(A)이라 하며 식 (4)에서와 같이 도출된다. 그러나 실제 포장 작업 시 포장의 크기가 제한되어 있어 작업 폭 및 속도를 일정하게 유지할 수 없으므로 손실 시간이 발생한다. 손실 시간에 따른 오차를 줄이기 위해서는 숙련된 농업인의 작업이 필요하다. 숙련된 농업인이 단위 시간당 작업하는 평균 면적을 유효포장능률(A_e)이라 하며 이를 기반으로 포장효율(ϵ_f)이 도출된다. 포장효율은 식 (5)에서와 같다.

$$\epsilon_f = \frac{A_e}{A} \tag{5}$$

where, ϵ_f = Field efficiency

A_e = Effective field capacity (a/h)

결과 및 고찰

관행 재배양식 실태조사 결과

강원도 정선군 및 평창군 각 15개 농가의 평균 경사도 측정 결과, 강원도 정선군 및 평창군에서 각각 1.16 – 23.44° 및 1.23 – 19.87°로 측정되었으며 강원도 정선군의 경사도가 더 높은 것으로 나타났다. 재배양식 측정 결과, 강원도 정선군의 주간거리, 조간거리, 두둑 폭 및 고랑 폭은 각각 250 – 260 mm, 700 – 720 mm, 400 – 420 mm 및 250 – 300 mm로 도출되었다. 또한, 강원도 정선군 및 평창군에서 재배양식은 모두 동일하게 측정되었다. 강원도 정선군 및 평창군 모두 1줄 재배양식을 적용하였으며 재배양식 측정 결과는 Table 3에서와 같다.

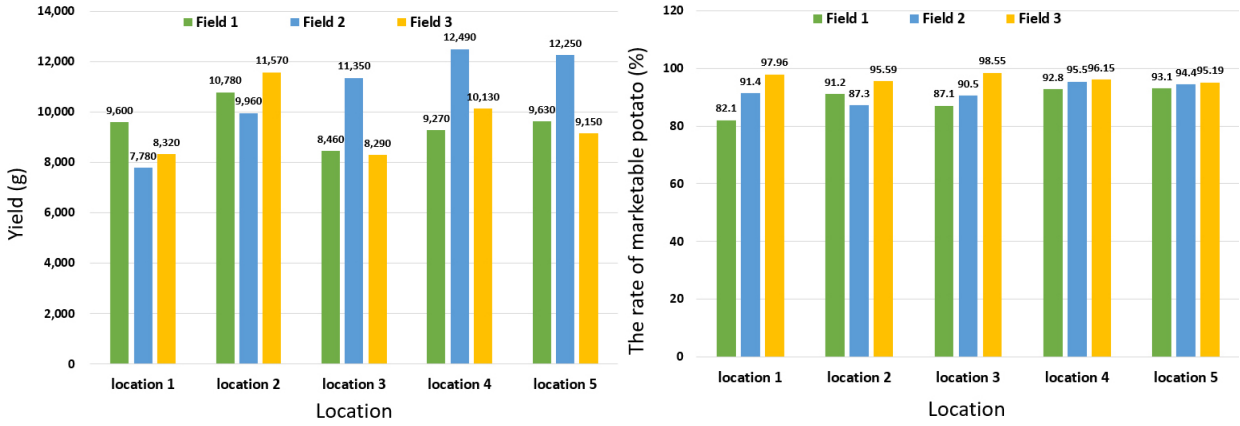
관행 수확작업 실태조사 결과

필지별 수확작업 실태조사 결과, 수확량 대비 상서율은 강원도 정선군에서 89.3%, 강원도 평창군 1에서 92.1%, 강원도 평창군 2에서 96.69%로 도출되었다. 고랭지 농업 지역은 대부분 경사가 심한 지역으로 이루어져 있으며, 경사가 높을수록 토양 및 양분 유실이 발생한다(Shin et al., 2005). 필지별 수확량 대비 상서율이 평창군 1, 2에서는 모두 90% 이상으로 도출되었으나 정선군에서는 90%에 미치지 못하였다. 지역적 차이에 따른 상서율 차이로 사료되지만 상이하게 도출된 경사도 또한 상서율에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 필지별 조사 위치에 따른 수확량 및 상서율은 Fig. 6에서와 같다.

필지별 굴취손상율 및 굴취손실률은 강원도 정선군에서 각 4.2%, 강원도 평창군 1에서 3.5% 및 3.2%, 강원도 평창군 2에서 각 2.3%로 도출되었다(Fig. 7). 강원도 정선군에서 감자를 굴취했을 때의 손상 및 손실이 평창군 대비 많이 발생하였으며 이는 각 작업기의 종류 및 성능 차이에 인한 것으로 판단된다.

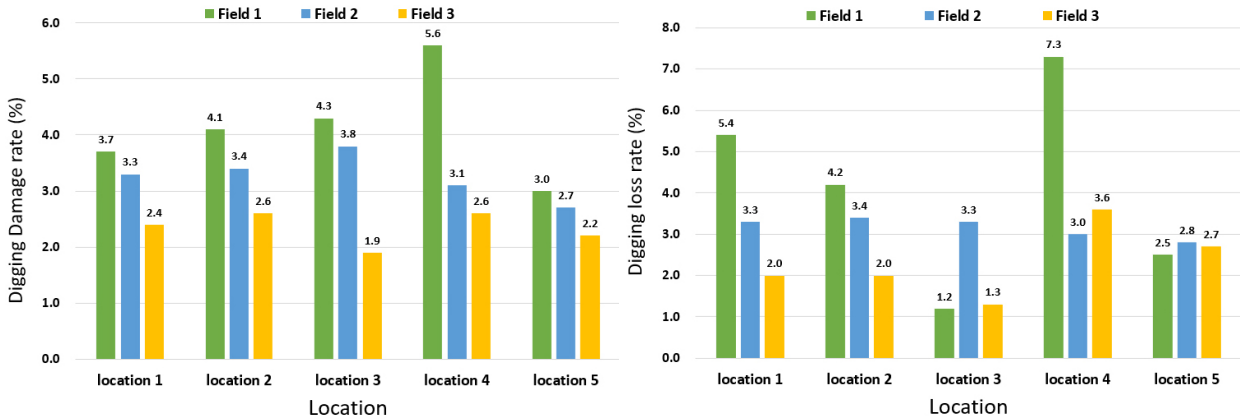
Table 3. Results of survey on conventional cultivation

Item	Slope angle (°)	Plant spacing (mm)	Row spacing (mm)	Width of back furrow (mm)	Width of open furrow (mm)
Jeongseon-gun	1.16 – 23.44	250 – 260	700 – 720	400 – 420	250 – 300
Pyeongchang-gun	1.23 – 19.87	250 – 260	700 – 720	400 – 420	250 – 300



(a) Yield by cultivation location (b) The rate of marketable potato by cultivation location

Fig. 6. Yield and rate of marketable potato according to cultivation location.



(a) Digging damage rate by cultivation location (b) Digging loss rate by cultivation location

Fig. 7. Digging damage and Digging loss according to cultivation location.

Table 4. Work efficiency according to cultivation location in each field

Item		Manpower			Machinery
		Digging	Collecting	Remove PE film	Digging
Field 1 (Jeongseon-gun)	Location 1	35.72	9.06	-	0.51
	Location 2	42.94	7.2	-	0.57
	Location 3	53.67	7.75	-	0.49
Field 2 (Pyeongchang-gun 1)	Location 1	-	11.19	0.54	0.71
	Location 2	-	10.43	0.6	0.78
	Location 3	-	11.99	0.65	0.66
Field 3 (Pyeongchang-gun 2)	Location 1	43.69	12.94	0.58	0.48
	Location 2	47.47	10.67	0.52	0.44
	Location 3	58.81	11.54	0.56	0.57

필지별 3곳의 위치에서 도출된 작업능률을 평균값으로 나타내었을 때, 강원도 정선군에서는 인력 및 기계의 굴취 작업능률이 각각 44.11 hr/10a 및 0.52 hr/10a, 수거·수집 작업능률은 8.02 hr/10a로 도출되었다. 강원도 평창군 1에서의 비닐 제거 작업능률은 0.6 hr/10a, 굴취 작업능률은 0.72 hr/10a, 수거·수집 작업능률은 11.2 hr/10a로 도출되었다. 강원도 평창군 2에서의 비닐 제거 작업능률은 0.55 hr/10a, 인력 및 기계의 굴취 작업능률은 각각 50 hr/10a 및 0.5 hr/10a, 수거·수집 작업능률은 11.7 hr/10a로 도출되었다. 모든 필지에서 작업능률은 인력을 사용한 작업방식보다 기계를 사용한 작업방식이 매우 높게 도출되었으며, 결과는 Table 4와 같다. 작업방식 중 비닐 제거작업은 일반적으로 인력으로 수행되며 최근 생분해 필름 피복 실용화에 대한 연구 개발이 활발히 진행됨에 따라(Lee et al., 2009) 기계 작업의 필요성이 줄어들고 있는 실정이다. 따라서 작업방식에 따른 작업능률은 비닐제거 작업보다는 굴취 및 수거·수집 작업에 집중적으로 개선해야 할 필요가 있다고 판단된다.

각 필지에서 사용한 굴취기의 작업능률을 이용하여 포장효율을 도출하였다. 포장효율은 필지 1 및 필지 2에서 0.42, 필지 3에서 0.41로 나타났다(Table 5). 수확량 조사 시 작업속도는 1단으로 동일하였으며 작업폭의 경우 필지마다 차이가 있었으나 포장효율이 비슷하게 도출된 것을 확인할 수 있다. 작업폭 및 작업속도가 증가하면 포장효율은 감소한다(Kim and Chung, 1996)는 선행연구를 고려했을 때, 작업폭이 포장효율에 미치는 영향은 상대적으로 낮다고 판단된다.

Table 5. Field efficiency in each field

Cultivation location	Work location	A (Theoretical field capacity, a/h)	A_e (Effective field capacity, a/h)	ϵ_f (Field efficiency)
Field 1 (Jeongseon-gun)	1	19.79	8.00	0.40
	2	17.56	8.00	0.46
	3	20.43	8.00	0.39
	Average	19.26	8.00	0.42
Field 2 (Pyeongchang-gun 1)	1	19.79	8.08	0.41
	2	17.56	8.08	0.46
	3	20.43	8.08	0.40
	Average	19.26	8.08	0.42
Field 3 (Pyeongchang-gun 2)	1	20.87	8.25	0.40
	2	22.77	8.25	0.36
	3	17.67	8.25	0.47
	Average	20.44	8.25	0.41

결 론

본 연구에서는 여름감자 재배모델 개선을 위하여 주산지인 강원도 정선군 및 평창군에서 관행 재배양식 및 수확작업 실태조사를 수행하였다. 관행 재배양식 실태조사를 위해 각 필지의 경사도 및 재배방식을 측정하였고 관행 수확작업 실태조사를 위해 감자 수확량 및 상서율, 굴취손상율 및 굴취손실률, 작업능률, 포장효율을 도출하였다. 수확량 및 상서율은 필지별 5구역 10주의 감자를 인력으로 굴취하여 도출하였으며 굴취손상율 및 굴취손실률은 굴취기를 사용하여 길이 5 m의 두둑을 기준으로 도출하였다. 작업능률의 경우 강원도 정선군 및 평창군의 작업방법이 상이하므로 각 필지의 작업단계 및 작업방식에 따라 분류하여 평가하였다.

관행 재배양식 조사 결과, 강원도 정선군 및 평창군 모두 1줄 재배양식을 적용하고 있으며 주·조간 거리는 250 – 260 mm 및 700 – 720 mm로 나타났으며, 두둑·고랑 폭 범위는 각각 400 – 420 mm 및 250 – 300 mm로 동일한 것으로 조사되었다. 경사도는 정선군에서 1.16 – 23.44°, 평창군에서 1.23 – 19.87°로 정선군에서의 경사도 범위가 더 큰 것으로 나타났다. 관행 수확작업 실태조사 결과, 수확량 대비 상서율은 필지 1(Jeongseon-gun)에서 89.3%, 필지 2(Pyeongchang-gun 1)에서 92.1%, 필지 3(Pyeongchang-gun 2)에서 96.69%로 필지 1에서의 상서율이 가장 낮게 나타났으나 굴취손상율 및 굴취손실률은 필지 1에서 가장 높게 나타났다. 이는 필지별 경사도 및 굴취기의 종류가 다르기 때문에 실태조사 결과에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

향후 다양한 지역에 대한 실태조사 및 설문조사를 수행하고 조사된 결과를 기반으로 관행 재배양식 및 수확작업 실태에 대한 추가적인 표본을 확보할 필요가 있다. 본 연구는 여름감자 재배모델 개선 연구의 기초 데이터로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역지능화혁신인재양성사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2023-RS-2023-00260267).

인용문헌(References)

Bak, G. R., Lee, G. J., Cho, J. H. (2017) The Effects of Drought Stress on Inorganic Compound and Growth of Potato Plant. Korean J Crop Sci 62:241-248.

Cho, J. H., Cho, H. M., Jang, D. C., Im, J. S., Jin, Y. I., Jeong, J. C. (2013) Horticulture in Northeast Asia pp.118-122. In: Page et al. Korean Society for Horticultural Science, Wanju, Korea.

Hong, S. J., Paek, Y., Kang, D. H., Kim, H. C., Lee, S. H., Moon, S. P., Min, B. G., Nam, Y. J., Kwon, S. G., Kim, D. E. (2023) A Study on the Onion Stem Cutting Prototype Attached to a Tractor. JKAIS 24:247-255.

Kang, N. R., Lee, Y. S., Kim, Y. H., Yu, S. H. (2022) Development and Performance Test of Prototype for Pepper Support Penetration & Pull-out Machine. JKAIS 23:777-783.

Kim, H. K., Chung, C. J. (1996) The Mathematical Modelling of the Field Performance of Machines. J of Biosystems Eng 21:357-371.

Korean Statistical Information Service (KOSIS) (2022) Crop Production Survey. Kosis, Daejeon, Korea.

Lee, J. S., Jeong, K. H., Kim, H. S., Kim, J. J., Song, Y. S., Bang, J. K. (2009) Bio-Degradable Plastic Mulching in Sweetpotato Cultivation. Korean J Crop Sci 54135-142.

National Institute of Agricultural Sciences (NAS) (2018) Development of potato planting mechanization technology. Rural Development Administration, Jeonju, Korea.

National Institute of Agricultural Sciences (NAS) (2021) Development of mechanization technology system for whole processes in radish and Chinese cabbage production. Rural Development Administration, Jeonju, Korea.

Park, C. S., Jung, Y. S., Joo, J. H., Lee, W. J., Yang, J. E. (2005) Effects of Minimum Furrow Mulching with Weed Straw and Gravel Furrow Barrier in Soil Conservation at Potato Field in Gangwon Highland. Korean J Environ Agric 24:29-33.

Seo, Y. H., Ahn, M. S., Kang, A. S., Jung, Y. S. (2011) Reducing Excessive Fertilization and Nutrient Imbalance of Potato Cultivation Field. J Agri Life Environ Sci 23:45-48.

Shin, Y. G., Kim, C. G., Kim, T. Y., Ju, J. H. (2005) A Basic Study for Environmentally Friendly Reorganization of Highland Agriculture. Korea Rural Economic Institute. Gyeonghui Jeongbo Inswae, Naju, Korea.

Woo, J. K., Choi, I. S., Kim, Y. K., Choi, Y., Choi, D. K., Lee, H. S., Kim, J. T., Park, Y. J., Kim, J. D. (2023) Design and Performance Evaluation of a variable Control Type Fresh Corn Harvester. J Drive and Control 20:40-46.

Yoon, S. H. (2019) World Agriculture. pp.31-48. In: Page et al. Dongyang Munhwa Inswae Forum. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea.