

RESEARCH ARTICLE

들깨 생산 기계화의 노동력 절감 효과 분석

강연구*, 우제근, 최일수, 전현중, 최용
농촌진흥청 국립농업과학원

Analysis of Labor Saving Effect by Mechanization of the Perilla Production Process

Youn-Koo Kang*, Jae-Keun Woo, Il-Su Choi, Hyeon-Jong Jun, Yong Choi

National Institute of Agricultural Science, Rural Development of Administration, Jeonju, Republic of Korea

*Corresponding author: ykk0977@korea.kr

Abstract

Perilla (seed, leaf, oil) is a crop that is in the spotlight as it is known for its health-promoting ingredients such as antioxidant, anticancer, and dementia prevention etc. Like other field crops, in the production of perilla, mechanization is insufficient in planting, cutting, and threshing. In this study, the labor saving effect was analyzed by mechanization for planting, cutting, and threshing, which depended on manpower in perilla production. In addition, by harvesting perilla with full feed combine harvester, cutting and threshing were unified, and the labor saving effect was analyzed. Three types of transplanters were used in the perilla planting test, and the work performances were 1.6, 1.7, and 1.4 h/10a, respectively. In the cutting test, two types of cutters were used, and the work performance of both types was 1.0 h/10a. For the threshing test, one type of thresher was used, and the work performance was 1.0 h/10a. For cutting and threshing perilla, company D's 6 row full feed combine harvester was used. It was analyzed that mechanization of the whole perilla production process resulted in a 58.4% reduction in labor compared to the conventional process (The labor input time : conventional process 65.4 h/10a → mechanization process 27.2 h/10a). and cutting and threshing process by full feed combine harvester resulted in a 63.3% reduction in labor compared to the conventional process (The labor input time : conventional process 65.4 h/10a → unified cutting and threshing process 24.0 h/10a)

Keywords: Cutter, Full feed combine harvester, Thresher, Transplanter, Perilla

Introduction

들깨는 세계적으로 중국, 인도, 일본, 태국 등에서 재배되고 있으며, 그 씨앗, 잎, 기름 등이 널리 소비되고 있다. 국내에서도 들깨의 향산화, 항암, 치매예방 등에 대한 건강 증진 성분(Choi et al., 2004; Jeong et al., 2014; Kim et al., 2017; Kim et al., 2021; Kim et al., 2015; Lee et al., 2008; Park et al., 2001;



OPEN ACCESS

DOI: <https://doi.org/10.12972/jame.20220002>

Received: November 23, 2022

Revised: December 15, 2022

Accepted: December 19, 2022

Copyright: © 2022 Journal of Agricultural Machinery Engineering



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.

Park et al., 1990; Park, 2011)이 알려지면서 각광받고 있는 작물이다. 들깨는 수확기간이 짧으며, 특히 수확 시기가 벼와 겹쳐 있고, 이때 줄기와 잎에 수분이 많아 예취 후 건조하여 탈곡하는 작업방식이 수확 손실을 줄이는데 유리하다. 들깨의 예취는 예초기 또는 콩예취기를 개선한 참깨·들깨 예취기를 사용한다. Jun 등(2010, 2016)은 콩을 예취하여 기체의 후방으로 배출하며 작업할 수 있는 보행용 콩예취기를 개발한 바 있으며, 2조식 참깨예취기도 개발하였다. 탈곡 작업의 경우에는 콩탈곡기나 잡곡탈곡기가 사용되었으나, 탈곡 및 이송시 기름이 짜지는 문제나 탈곡성능이 떨어지는 문제가 있어 현재는 사용이 없다. 들깨는 아니지만 참깨 탈곡과 정선의 생력기계화를 위하여 참깨단을 타격 탈곡 후 3단 요동체에서 정선하여 일관 작업이 가능한 트랙터 부착형 참깨탈곡기가 연구되기도 하였다(Park et al., 2003). Pang 등(2018)은 참깨, 들깨 겸용 로타리충격식 탈곡기 개발에서 투입속도는 2.2 m/s 이하, 블레이드 속도는 13.5 m/s를 추천하였다. Pang 등(2018)은 또한 타원운동을 하는 요동체에서의 들깨 알갱이의 이동속도를 이론적으로 계산하고, 실험값과 비교한 바 있다.

대부분의 발작물이 그러하듯이 들깨를 생산함에 있어 정식, 예취·탈곡(수확) 작업에서는 기계화가 미흡하다. 본 연구에서는 들깨 생산에서 인력에 의존하던 정식, 예취, 탈곡 작업을 기계화하여 노력 절감 효과 등을 분석하였으며, 또한 예취·탈곡을 단일화 할 수 있도록 들깨를 콤바인으로 수확하여 이에 대한 노력 절감 효과도 분석하였다.

Materials and Methods

기계 정식

들깨 기계 정식에 사용된 정식기는 3종으로 1조식 자동정식기 A, 1조식 반자동 정식기 B, C를 사용하였다. 여기서 정식기 A, B, C의 묘 공급 차이점은 정식기 A의 경우 묘를 묘취출장치로 자동으로 뽑아 식부호퍼에 공급하는 방식이고, 정식기 B, C는 인력으로 묘를 공급하되, B는 묘공급자가 기체를 따라가면서, C는 기체에 탑승하여 공급하는 방식이다. 정식 시험에 사용된 묘는 30일을 육묘하였으며, 품종은 다유, 평균 초장은 18 cm이었다. 포장 상태는 무피복 둥근 두둑이었으며, 두둑 폭은 100 cm, 두둑 높이는 15 cm로 조성하였다. 주간거리는 48 cm로 고정하여 정식시험을 수행하며, 작업속도, 회행시간 등을 조사하여 식 (1)에 의해 작업성능을 도출하였다. 표 1은 정식시험에 사용된 정식기의 주요 특징을 나타낸다.

$$T = \left(\frac{50}{V} + t \right) \pm \times \frac{20}{3600b} \quad (1)$$

여기서, T = Work performance (h/10a)

V = Working speed (m/s)

t = Turning and etc. time (s)

b = Effective working width (m)

Table 1. Major specifications of transplanters.

Items	Transplanter A (Auto 1 row)	Transplanter B (Semi-auto 1 row)	Transplanter C (Semi-auto 1 row)
No. of workers	1 people (walking type)	2 (walking type)	2 (walking type)
Supplying method of seedlings	auto	manpower	manpower
Distance of column (cm)	10~70	27~60	20~59
Length of seedling	20 cm below	25 cm below	25 cm below

기계 예취

예취 시험 시 들깨의 초장은 79.8~95.8 cm, 줄기경은 7.2~8.8 mm, 최저 분지고는 8.7~17.9 cm, 최저 착협고는 27.1~40.1 cm이었다. 재배양식은 기계 정식 시험과 같다. 기계 예취 시험은 2종의 예취기를 이용하였다. 예취기 A는 농촌진흥청 시험연구사업(Jun, 2004)으로 개발된 콩예취기를 들깨에 맞게 개선한 기종으로 회전 칼날에 의해 들깨를 예취한 후 후방으로 배출하는 방식이다. 예취기 B는 참깨예취기로 왕복 칼날에 의해 예취한 후 단으로 묶어 측면으로 배출하는 방식이다. 두 가지 기종 모두 1조 보행형이며, 들깨는 단을 묶지 않고 베어 넘어뜨려 포장에서 건조하는 것이 일반적이기 때문에 기계 예취 시험시 예취기 B도 단을 묶지 않고 측면으로 배출되도록 하였다. 들깨 예취시 작업속도, 회행 및 준비시간 등을 조사하여 식 (1)에 의하여 작업성능을 분석하였다. 표 2는 예취 시험에 사용된 예취기의 특징을 나타낸다.

Table 2. Major specifications of perilla cutters.

Items	Cutter A (1 row)	Cutter B (Sesame cutter) (1 row)
No. of workers	1 people (walking type)	1 people (walking type)
Method of cutting	rotating blade type	reciprocating blade type
Method of releasing	after cutting, releasing to the rear	after cutting and binding, releasing to the side

기계 탈곡

본 연구에서는 포장에 산발적으로 모아 놓은 들깨를 주행식 탈곡기가 이동하며 탈곡할 수 있는 들깨 탈곡기를 시험에 이용하였으며, 농촌진흥청 연구개발사업(Jun, 2021)에 의해 개발되었다. 표 3은 탈곡기의 주요 특징을 나타내며, 일정 면적(10a)의 들깨를 모두 탈곡하는 시간을 작업성능으로 표현하였다. 그림 1은 정식, 예취, 탈곡 시험의 대표 사진이다.



- automatic trasplanter (supplying seedlings automatically)



- semi-auto trasplanter(following the planter and supplying seedlings by manpower)



- semi-auto transplanter(boarding the planter and supplying seedling by manpower)

(a) Planting



- cutter(after cutting, releasing to the rear)



- sesame cutter(after cutting and binding, releasing to the side)

(b) Cutting



(c) Threshing

Fig. 1. Photos of planting, cutting and threshing experiment for perilla.

Table 3. Major specifications of a thresher.

No. of workers	2 peoples
Method of threshing	Drum type, classification by shaking 2 stage sieve
Method of driving	Rubber crawler driving type

들깨의 콤바인 수확

본 연구에서는 예취·탈곡을 단일화하고 보통형 콤바인의 들깨 수확 적응성을 향상하기 위하여 보통형 콤바인에 의한 들깨 수확시험을 실시하였다. 들깨의 수확시기는 최정단 화방군의 갈변(성숙)률 60%와 80%가 통계적으로 유의차가 없이 비교적 높은 순수량을 나타내었다는 보고에 따랐다(Kwak, 2019). 수확시기 작물특성은 초장 118 cm, 최하분지높이는 지상에서 3 cm이었다. 보통형 콤바인은 D사의 6조식을 이용하였으며, 예취 폭은 210 cm이었다. 작업속도, 회행시간 등을 조사하여 식 (1)에 의해 작업성능을 도출하였으며, 그림 2는 보통형 콤바인의 들깨 수확을 보여준다.



Fig. 2. Photos of perilla harvesting experiment by full feed combine harvester.

Results and Discussion

기계 정식

작업성능은 정식기 A의 경우 1.6시간/10a, 정식기 B는 1.7시간/10a, 정식기 C는 1.4시간/10a나타나, 작업자가 탑승하여 묘를 공급하는 반자동정식기 C의 작업성능이 세 기종 중 가장 유리하게 나타났다. Park 등(2005)은 보행형 자동 배추정식기 개발에서 작업성능이 2.2시간/10a라고 밝힌 바 있는데, 가장 유사한 정식기인 정식기 A보다 작업성능이 낮은 수준이다. 이는 정식기의 성능, 작물의 차이 등에 기인한 것으로 판단된다. 또한 정식기 B의 작업성능이 다른 정식기에 비해 낮은 것은 묘를 공급하는 작업자가 기체와 같이 이동하며 묘를 공급하는 형태이기 때문에 묘공급자의 피로 누적, 이에 따른 묘 공급능력의 저하 등이 동반되기 때문인 것으로 판단되었다.

Table 4. Work performance of mechanical planting.

Items	Transplanter A (Auto 1 row)	Transplanter B (Semi-auto 1 row)	Transplanter C (Semi-auto 1 row)
Velocity (m/s)	0.25	0.21	0.27
Time of turning and preparing etc. (h/10a)	0.5	0.4	0.4
Work performance (h/10a)	1.6	1.7	1.4

기계 예취

예취기 A, B의 작업성능은 예취기의 종류에 관계없이 1.0시간/10a로 동일하였으며, 참고로 예초기 예취는 2.0시간/10a, 낫 예취(인력)는 14.6시간/10a로 나타났다. Jun 등(2016)은 보행형 2조식 참깨 예취기 개발에서 작업성능을 0.55시간/10a라고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 보행형 1조식 예취기를 사용하였기 때문에 2조식에 비해 작업성능이 약 2배 정도 저하한 것으로 판단되었다.

Table 5. Work performance of mechanical cutting.

Items	Cutter A (1 row)	Cutter B (Sesame cutter) (1 row)
Velocity (m/s)	0.5	0.5
Time of turning and preparing etc. (h/10a)	0.45	0.45
Work performance (h/10a)	1.0	1.0

cf) Work performances of knapsack mower and man by sickle are 2.0, 14.6 h/10a respectively.

기계 탈곡

들깨 탈곡기의 작업성능은 1시간/10a, 탈곡손실률은 6.3%로 나타났으며, 10 a에서 128 kg의 들깨가 수확되었다. 정확한 비교는 불가하지만, Park 등(2003)이 개발한 참깨탈곡기의 작업성능은 0.5시간/10a로 본 연구의 들깨 탈곡기에 비해 2배의 작업성능을 가진다. 이는 참깨의 경우 단을 묶는 형태로 탈곡기로의 투입이 쉬운 반면 들깨는 서로 뒤엉켜 있어 그만큼 투입이 불편하기 때문인 것으로 사료된다.

Table 6. Work performance of mechanical threshing.

Work performance(h/10a)	Threshing loss (%)	Yeild (kg/10a)
1.0	6.3	128.0

들깨의 콤바인 수확

들깨의 보행형 콤바인 수확에서 작업성능은 0.8시간/10a로 나타났다. 본 연구에서는 작업성능에 초점을 맞추기 때문에 들깨의 탈곡 정도 등은 언급하지 않기로 한다. Hong 등(2005)은 콩 콤바인의 보리수확 적응시험에서 작업성능이 0.37시간/10a로 보고한 바 있다. 이는 본 연구에 비해 약 2배의 작업성능을 보여주는 것으로 작업속도(0.7 m/s)가 높았기 때문이다.

Table 7. Work performance of harvesting by full feed combine harvester.

Items	Velocity (m/s)	Time of turning (s)	Work performance (h/10a)
Full feed combine harvester	0.27	121	0.8

들깨 생산 기계화 노력 절감 효과

들깨 생산에서는 정식, 수확, 예취가 기계화되지 못하여 관행의 들깨 생산에서는 많은 노동과 시간이 투입되어 왔다. 관행의 들깨 생산 작업 체계에서 10 a의 면적에서 들깨를 생산하는데 투입되는 시간은 65.4시간으로 조사·분석되었다. 정식, 예취, 탈곡의 기계화에 의한 작업체계의 노동투하시간은 27.2시간/10a으로, 관행의 작업체계에 비해 58.4% 노력 절감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 또한 예취와 탈곡을 단일화 하는 콤바인 작업체계의 노동투하시간은 24.0 시간/10a으로 예취, 탈곡이 분리된 기계화 작업체계에 비해 11.8% 노력 절감 효과가 있는 것으로 나타났지만, 관행에 비해서는 63.3%의 노력 절감 효과가 있는 것으로 나타났다. 예취, 탈곡이 분리된 기계화 작업체계 대비 예취와 탈곡을 단일화 하는 콤바인 작업체계의 노력 절감 효과는 11.8% 수준이지만, 작업의 편리성, 노동의 강도 저하 등 다른 면도 고려되어야 할 것으로 사료된다.

Table 8. Labor saving rate comparison of 3 types perilla production process.

Items	Labor input time (h/10a)	Labor saving rate (%)
Conventional process	65.4	100
Mechanization process	27.2	58.4
Unified cutting and threshing process	24.0	63.3

cf) Considering that the other labor input time of unified cutting and threshing process is the same as that of mechanization process.

Conclusion

우리나라 농촌 인구는 2000년 403만 명에서 2020년 231만 명으로 큰 폭으로 감소하였으며, 65세 이상의 고령 농업인의 비율은 2021년 46.8%를 차지하고 있어 양적으로나 질적으로나 노동력이 부족한 상황이다. 들깨는 수확기간이 짧고, 더구나 수확 시기가 벼와 겹쳐 있어 노동력이 부족하고 고령화되는 농촌 여건에서 기계화가 시급한 상황이었다. 본 연구에서는 개발된 기종을 개선하거나 새로운 기종을 개발하여 기계화가 미흡한 정식, 예취, 탈곡을 기계화함으로써 들깨 생산 전과정 기계화를 완성하였으며, 관행 대비 절반 이상의 생산 노력을 절감할 수 있었다. 또한 예취, 탈곡을 단일화하는 작업체계의 노력 절감 효과는 기계화 작업체계와 비교하면 11.8% 수준이지만, 작업의 편이성, 노동강도의 저하 등은 다시 언급되어야 할 것으로 생각되며, 이 기술이 농가에 보다 널리 확산되면 농촌의 노동력 부족 해소는 물론 농가의 소득 증대, 들깨 생산의 규모화를 이끌어 나갈 수 있을 것이다.

Acknowledgements

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ015578022022)의 지원에 의해 이루어진 것임

References

- Choi WH, Um MY, Ahn JY, Kim SR, Kang MH and Ha TY. 2004. Acetylcholinesterase Inhibitory Activity and Protective Effect against Cytotoxicity of Perilla Seed Methanol Extract. *Korean J. of Food Science and Technology*. 36(6): 1026-1031. [in Korean]
- Hong JT, Jun HJ, Choi Y, Cho YM, Kim YD and Song BW. 2005. Barley Harvesting Test of Prototype Soybean Harvester. *Proceedings of the KSAM 2005 Summer Conference*: 49-52. [in Korean]
- Jeong SI, Kim HS, Jeon IH, Kang HJ, Mok JY, Cheon CJ, Yu HH and Jang SI. 2014. Antioxidant and Anti-inflammatory Effects of Ethanol Extracts from *Perilla frutescens*. *Korean J. of food science and technology*. 6(1): 87-93. [in Korean]
- Jun HJ. 2021. Development of Mechanization Technologies for the whole Production Processes of Sesame and Perilla. *Research report of RDA*: 78-116. [in Korean]
- Jun HJ, Kang TG, Lee CK, Choi Y, Lee CS and Hong JT. 2010. Development of a Belt Pick-up One-row Soybean Cutter. *J. of biosystems engineering*. 35(6): 373-379. [in Korean]
- Jun HJ, Choi IS, Kang TG, Kim YK, Lee SH, Kim SW, Choi Y, Choi DK and Lee CK. 2016. Development of a Belt Pick-up Type Two-row Sesame Reaper. *J. of biosystems engineering*. 41(4): 281-287.

- Jun, HJ. 2004. Development of a Soybean Cutter. Research report of RDA: 229-240. [in Korean]
- Kim DH, Kim SJ, Jeong SI, Yu KY, Cheon CJ, Kim JH and Kim SY. 2017. Perilla frutescens Sprout Extracts Protected Against Cytokine-induced Cell Damage of Pancreatic RINm5F Cells via NF- κ B Pathway. J. of life science. 27(5): 509-516. [in Korean]
- Kim HE, Yun HR and Heo JB. 2021. Comparative Analysis of Functional Compounds in Perilla frutescens at Different Stages and Growth Times. J. of Life Science. 31(5): 511~519. [in Korean]
- Kim SN, Song BR and Ju JH. 2015. Antioxidant Activities of Perilla frutescens Britton Seed Extract and Its Inhibitory Effects against Major Characteristics of Cancer Cells. J. of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 44(2): 208-215. [in Korean]
- Kwak KS. 2019. Development of Cultivation Technology and Improvement of Cutting, Threshing for Harvesting Mechanization in Perilla. Research report of RDA: 14-57. [in Korean]
- Lee JI, Jin CB, Ryu JH and Cho JS. 2008. Antioxidant and Neuroprotective Effects of Perilla frutescens var. japonica Leaves. Yakhak Hoe 52(2): 117-124. [in Korean]
- Pang YG, Kim SH and Jun HJ. 2018. Factors Affecting Performance of Rotary Impact-Type Threshers for Sesame and Perilla Harvesting. J. of biosystems engineering. 43(3): 185-193
- Pang YG and Kim SH. 2018. Transport Velocity of Perilla Grain on Oscillating Sieve in Elliptical Motion. J. of biosystems engineering 43(3): 194-201.
- Park DS, Lee KI and Park KY. 2001. Quantitative Analysis of Dietary Fibers from Perilla frutescens Seeds and Antimutagenic Effect of Its Extracts. J. of the Korean Society of Food Science and Nutrition. 30(5): 900- 905. [in Korean]
- Park HM, Jeong SG, Hong HS, Choi HS and Hong HY. 2003. Development of Hitting Sesame Thresher. Proceedings of the KSAM 2003 Summer Conference: 309-316. [in Korean]
- Park HS, Ahn B and Yang CB. 1990. Studies on the Functional Properties of Sesame and Perilla Protein Isolate. Korean J. of food science and technology. 22(3): 350-356. [in Korean]
- Park SH, Kim JY, Choi DK, Kim CK, Kwak TY and Cho SC. 2005. Development of Walking Type Chinese Cabbage Transplanter. J. of biosystems engineering. 30(2): 81-88. [In Korean]
- Park SM. 2011. Phosphoproteomic changes in the brain by the enhanced n-3polyunsaturated fatty acid diet on cognitive learning and memory. M.D. dissertation. Kyungpook National Univ., Korea. [in Korean]