

식용 들깨잎 수확 자동화 시스템 개발 - 2차 시작기의 제작 및 성능분석

Development of The Automated Harvesting System for Edible Perilla Leaves -Development & Performance Tests for the Second Prototype

임 송 수*	조 한 성*	장 동 일*	이 승 주*
정회원	정회원	정회원	정회원
S. S. Lim	H. S. Cho	D. I. Chang	S. J. Lee

1. 서론

들깨는 한국, 일본, 중국 등에서 식용계란, 돼지고기, 양식어류 등의 생산을 위한 기능성 사료와 한방에서는 만성위염, 기침, 위산과다 등의 약용으로도 쓰이고 있다. 또한 들깨잎은 특유의 향취로 인해 육류나 생선회 등의 비린내를 제거하기 위하여 음식점에서 상추와 함께 대량소비가 되고 있어, 기계화에 의한 대량생산은 충분히 경쟁력을 갖춘 농업으로 발전할 수 있다. 현재 들깨잎 파종작업은 점파종기의 개발로 기계화가 가능하게 되었으나 수확작업은 모두 인력에 의존하고 있고, 들깨잎 재배농가 조수입의 약 37%가 수확에 관련된 인건비로 지출되고 있는 실정이다. 농촌진흥청(2002)에 따르면 2001년 시설 들깨잎의 경우 10a, 1기작의 경우 연간 조수입 약 1,290만원 중 경영비용이 약 480만원이고 수확작업에 관련된 고용인건비가 약 213만원(563시간)으로 생산비용의 약 44%를 차지하고 있다. 또 고용인건비 외에 자가 인건비가 약 432만원(918시간)으로 조수입의 약34%가 잎의 수확과 포장작업에서 지출되고 있다. 따라서 수확기를 개발하여 이를 활용하면 수확시 인건비를 80%이상 줄일 수 있고 들깨잎 농가의 소득율이 30%이상 향상될 것으로 전망된다.

본 연구는 2004년⁽¹⁾에 제작한 식용 들깨잎 수확을 위한 자동화 시스템 1차 시작기의 성능분석에서 드러난 문제점을 보완 설계하여 2차 시작기를 제작하고 성능을 통해 문제점과 해결방안을 찾는 것을 목적으로 한다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 연구에 사용된 공시재료는 '잎들깨 1호'로 현재 잎들깨 생산 농가에서 가장 많이 재배되고 있는 품종으로 잎 채취 전용 작물이다. 생장기간이 45일 된 들깨를 대상으로 하였으며,

실험을 위하여 사전에 결가지를 모두 제거하여 실제 농장에서 재배되는 환경의 작물과 비슷한 조건으로 재배된 것이다. 그 작물의 크기는 다음 Table 1과 같다.

Species	Ibdeulkke 1-ho
Growth period [days]	45
Average height [mm]	416
Average width [mm]	189
Average numbers of leaves	9.2

Table 1 Features of the tested green perilla

나. 수확기의 구성

들깨잎 수확 자동화 시스템의 장치 구성은 크게 (1)수확장치, (2)프레임 및 구동장치, (3)이송장치, (4)제어장치로 나눌 수 있고 수확기 제어장치의 설계 및 제원은 아래와 같다.

1) 수확장치

1차 수확기의 성능 시험 후 나타난 문제점을 보완하여 그림 1, 2와 같이 수확장치를 제작하였다.



Fig. 1 The figure of gripper.

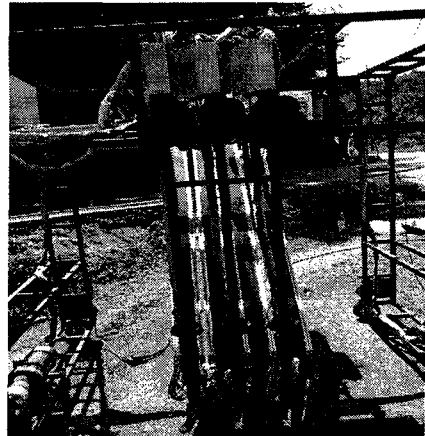


Fig. 2 Display of harvesting equipments.

그림에서 보는바와 같이 3조식으로 그리퍼 3개를 부착하였으며 1차 시작기에서 드러난 문제점인 낮은 키의 수확을 가능하게 하고 그리퍼의 회전을 원활하게 하기 위하여 그리퍼를 부착한 스크류를 랙잭스크류로 교환하였다. 또한 그리퍼의 흔들림과 크기를 최소화하기 위하여 그리퍼를 스크류 하단에 고정하였고 그리퍼의 진진을 돕는 실린더를 뒤쪽에 부착하였다.

2) 프레임 및 구동장치

2차 시작기의 프레임은 기존의 프레임과 동일한 규격을 유지하며 다만 이송장치, 수확장치, 제어장치의 부착을 위해 상단부의 프레임과 보강재를 수정하여 제작하였다. 또한 상단부에 부착하려 했던 차광막은 하우스 진입에 문제가 되어 설계를 배제하였고 실제 농가의 들깨 재배 하우스에는 차광막에 설치되어 있어 수확기 자체의 차광막은 불필요 하다.

구동장치의 문제점으로 나타났던 낮은 지상고를 해결하기 위하여 그림 3과 같이 바퀴의 직경을 높여 제작하였다. 바퀴의 직경을 500mm로 하여 지상고를 기존보다 100mm 높여 두둑과의 마찰로 인한 직진성의 저하를 향상시켰으며 젖은 땅에서 바퀴의 슬립현상을 막기 위하여 산업용 바퀴에서 농업용 파종기 바퀴로 교체하였다.

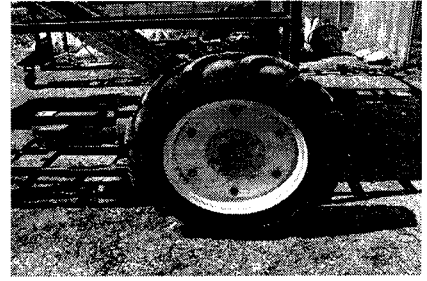


Fig. 3 Display of front wheel.

3) 이송장치

기존의 폭이 넓은 컨베이어 벨트에서 폭을 대폭 축소시켜 벨트의 폭을 80mm로 하였고 3조식에 맞게 벨트 4개를 부착하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 벨트의 폭이 작아 각각의 벨트에 구동모터를 부착하는 것이 어려워 모터 한개를 연결하여 4개의 벨트를 구동하였으며 저장장치의 부착으로 지상고가 낮아져 벨트의 길이를 길게 하여 문제점을 해결하였다.

그림 5에서 보는 바와 같이 벨트의 앞부분에 삼각형 모양의 가이드를 부착하여 들깨대를 벨트 사이로 인도할 수 있도록 하였고 벨트와 벨트사이의 간격이 좁기 때문에 옆 가이드가 없이도 수확물의 이송에는 문제가 없었다.

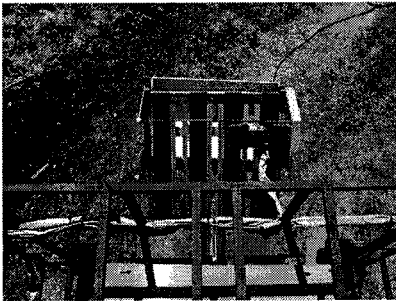


Fig. 4 Display of conveying and collecting equipments attached.

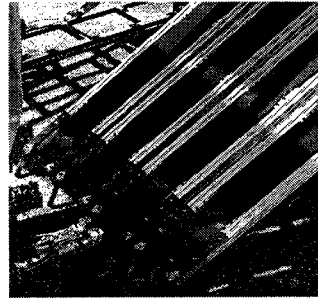


Fig. 5 Display of conveying equipments.

4) 제어장치

1차 시작기에서 나타난 문제점을 해결하기 위하여 컴프레서를 수확기에서 내려 외부에 두고 에어를 공급받았으며 제어장치의 간소화와 자동제어를 위해 기존의 제어용 컴퓨터를 내리고 그림 6과 같이 기판으로 제작하였다. 10조식의 수확기를 컴퓨터로 제어할 경우 A/D보드가 다량 필요하여 제작비가 상승하고 하우스 안의 먼지와 습도로 인한 고장을 줄일 수 있다. 그리고 수확기에 장착하지 않고 외부에 컴퓨터를 놓고 수확기와 연결하여 수확 상황을 디스플레이 해서 확인할 수 있다.



Fig. 6 Display of controlling equipments.

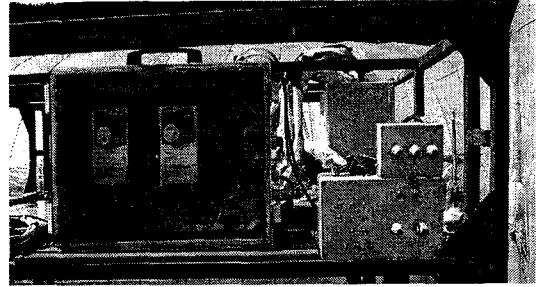


Fig. 7 Display of handling control box.

수확기의 문제 발생시 자동에서 수동으로 전환하여 제어할 수 있도록 그림 7과 같이 제어상자를 만들어 부착하였다.

5) 2차 시작기의 제작

앞에서 설명한 각 장치들을 부착하여 그림 8과 같이 2차 시작기를 제작하였다. 1차 시작기와 마찬가지로 위치변화와 수리를 위하여 탈·부착식으로 하였다.

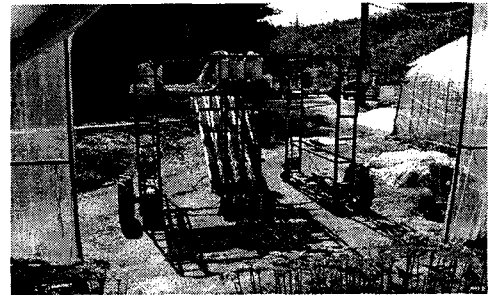


Fig. 8 Front display of a harvester.

3. 결과 및 고찰

가. 2차 시작기의 성능 시험

제작된 2차 시작기를 가지고 들깨잎 농사를 짓는 농가의 비닐하우스에서 그림 39와 같이 성능 시험을 실시하였다. 한번 시험에 300대의 들깨대를 수확하였고 2반복 시험하였다. 표 2과 표 3은 성능 시험 결과이다.

Table 2 Performance test results of the harvester on field

No. of exp.	Working area (m ²)	Working time (min)	Power consumption (kW)	Harvested amount (leaves)	Loss amount (leaves)	Amount of damaged crops (leaves)
1st	46.5	200	0.38	384/600	216	128
2nd	46.5	189	0.36	372/472	100	46
Ave	46.5	194.5	0.37	378/536	158	87

표 20에서 보면 수확량이 1차와 2차에서 차이가 발생하였는데 이는 성능 시험을 실시한 하우스의 들깨 파종을 파종기가 아닌 손으로 파종을 하여 들깨 간격이 일정하게 고르지 않아 1차 시험에서 들깨대가 부러져 2차 시험에서는 적은 들깨대를 수확하였다. 1차 시험에서 손실량과 손상량이 많은 이유도 위와 같은 이유 때문이다. 성능 시험 결과 그림 1대당

평균 작업능률은 14.36m²/h, 수확손실률은 28.5%, 손상률은 18%로 나타났으며 1차 시작기 보다 평균 작업능률이 낮아진 이유는 들깨의 재식 간격이 고르지 않고 들깨대의 크기가 커서 수확시간이 오래 걸렸기 때문이다. 수확손실률은 현저히 떨어져 1차 시작기의 문제점이 상당부분 보완되었음을 나타내었다. 손상률은 재식간격이 고르지 않아 다소 높게 나타났으나 기계식 파종을 실시하면 낮아질 것으로 사료된다.

Table 3 Analysis and evaluation of performance test results of the harvester on field

No. of exp.	Work efficiency (m ² /h)	Rate of harvested loss (%)	Damaged rate (%)
1st	13.95	36	25
2nd	14.76	21	11
Ave	14.36	28.5	18

나. 문제점 파악 및 보안방법

수확기의 시험결과 몇 가지 문제점이 도출되었으며 그 해결 방안을 모색하여 재설계가 요구된다. 표 4는 각 장치별 문제점과 해결방안을 정리한 것이다. 시험 결과 드러난 문제점을 해결하기 위하여 이송장치에 부착된 클리트의 높이를 높여 수확물의 손실을 방지하고 수확장치의 그리퍼가 회전시 다른 그리퍼와의 간격이 좁아 서로 부딪히는 문제가 발생하였다. 이는 그리퍼의 위치를 바꾸어 해결하고 광센서가 다른 들깨잎에 의해 오작동 되는 사례가 있어 광센서를 보호하는 가이드의 부착이 필요하다. 수확하는 동안 저장장치에 있는 들깨잎이 마르는데 이는 저장장치에 차광막을 설치하여 건조를 막으면 될 것으로 사료된다.

Table 4 Problems and solutions of the harvester

Equipments of the harvester	Problems	Solutions
Conveying equipment	-Low height of Cleat	-Height of Cleat was increased
Leaf picking equipment	-The performance of photosensor was decreased due to other leaves -Potential interruption between gripper movement	-With guide attached to the gripper -Position change of gripper
Collecting equipment	-Dry of perilla leaves	-Shading installed to collecting system

4. 요약 및 결론

본 연구는 식용 들깨잎 수확 자동화 시스템의 제작을 목적으로 수행되었으며, 1차 시작기의 문제점을 개선하여 생물학적, 재배학적, 그리고 환경적 요인들을 고려하여 2차 시작기를

설계·제작하고, 성능을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약된다.

- 1) 1차 시작기의 문제점을 개선하여 2차 시작기를 3조식으로 수확을 할 수 있도록 하였으며 프레임을 보강하였고 농업용 바퀴를 사용하여 직진성을 향상시켰다. 또한 기판을 이용한 제어를 하여 수확기의 제어를 보다 간편하게 할 수 있도록 하였다.
- 2) 2차 시작기를 제작하여 들깨잎 농사를 짓는 농가의 비닐하우스에서 300주를 2회 반복 시험한 결과 평균 작업능률은 $14.36\text{m}^2/\text{h}$, 수확손실률은 28.5%, 손상률은 18.0%로 1차시작기보다 작업능률은 다소 감소되었으나, 수확손실률은 향상된 것으로 나타났다. 따라서 2차 시작기의 전반적인 들깨잎 수확성능은 만족할 만한 수준이었으나 추가적인 성능개선연구가 필요한 것으로 사료된다. 성능 시험 결과 2차 시작기의 문제점을 발견하고 해결 방안을 모색하였다.

5. 참고문헌

1. 농수축산신문. 1999. 한국농업연감. 농수축산신문.
2. 농촌진흥청. 1999. 농업경영개선을 위한 1998 농축산물소득자료집. 농촌진흥청.
3. 농촌진흥청. 2002. 농업경영개선을 위한 2001 농축산물소득자료집. 농촌진흥청.
4. 류관희, 김기영, 한재성, 류찬석. 1999. 다수의 그리퍼를 이용한 육묘용 로봇이식기 개발. 한국농업기계학회 1999년 동계학술대회 논문집 4(1):308-314.
5. 박충범. 2000. 들깨용도별 재배기술. 농촌진흥청.
6. 송영호, 장동일, 방승훈, 조한성. 2003. 식용 들깨잎 수확 자동화 시스템의 그리퍼 및 절단 컷터 개발. 한국농업기계학회지 28(6):497-504.
7. 장동일. 2003. 식용 들깨잎 자동화 시스템 개발 최종보고서. 농림부.
8. 조한성, 장동일, 이승주, 정쌍양. 2004. 식용 들깨잎 수확 자동화 시스템의 설계. 한국농업기계학회 2004년 동계 학술대회 논문집 9(1):270-276.
9. Chang, D. I., H. S. Cho., S. Y. Zheng and S. S. Lim. 2004. Development and performance test of automated harvesting system for edible perilla leaves. 2004 ASAE Annual Meeting. Paper Number 041023.