

부추수확기 개발

Development of Chinese leek Harvester

진현중* 홍종태* 최용* 김상헌**³⁾
정회원 정회원 정회원 정회원
H.J.Jun J.T.Hong Y.Choi S.H.Kim

1. 서 론

부추는 시설 및 노지에서 연중 재배되고 있으며 수확작업이 인력에 의존하고 있고 작형별 수확횟수가 4~8회로 많으며 상품성을 고려하여 적기에 수확해야 하나 농촌 노동력의 부족과 노령화·부녀화로 수확에 어려움을 겪고있어 노동력을 획기적으로 줄이고 노약자나 부녀자도 손쉽게 사용할 수 있는 부추수확기 개발이 절실한 실정이었다.

본 연구에서는 부추 수확작업의 생력기계화를 위해 부추를 1줄씩 베어 가지런히 수집할 수 있는 자주형 부추수확기를 개발하였다.

2. 재료 및 방법

가. 부추 수확요인시험

(1) 수확요인시험장치 제작

부추 수확을 위한 요인시험장치를 그림1과 같이 제작하였다. 예취부의 원판날은 지름이 255mm이고 4도날로 되어 있고 회전속도는 850~2880rpm까지 조절되며 원판날의 높이를 고정하거나 원판날이 항상 지면을 따라 일정한 높이로 예취하도록 하였다. 그리고 이송부의 이송벨트 각도는 15~35°로 수직상태의 부추를 협지하여 이송하도록 두께 1mm, 너비 125mm의 고장력 평벨트에 두께 25mm의 연결고무가 부착되어 있고 벨트의 이탈을 방지하기 위하여 벨트 안쪽에 V형 벨트를 부착하였다. 또한 이송벨트의 장력조절과 협지폭 조절이 가능하며 이송속도를 0.11~0.54m/sec까지 조절할 수 있다.

주행부는 예취부와 이송부의 탈부착이 가능하며 윤거 300~400mm, 주행속도 0.09~0.26m/sec까지 조절할 수 있도록 제작하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

** 강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부

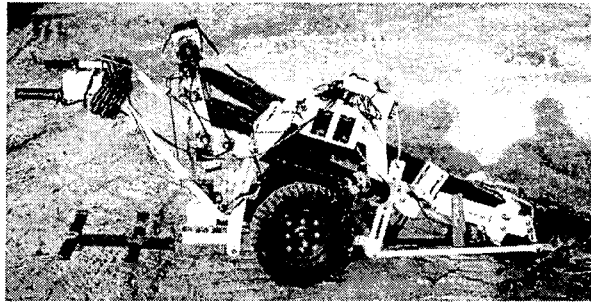


Fig. 1 View of the test equipment for chinese leek harvest

(2) 공시재료

공시재료로 표1과 같은 그린벨트 품종으로서 기계작업이 용이하도록 조건 35cm 주간 10cm로 재배한 포장의 부추를 사용하였다.

Table 1. Characteristics of chinese leek in the experiment

Variety of chinese leek	Plant height (cm)	The number of leaves (leaves/stem)	Leaf width (mm)	The number of average stems (stems/plant)	Planted width (mm)	Average weight (g/plant)
Green belt	33	5	5	40.4	50	60.9

* Row spacing : 35cm, Hill spacing : 10cm

(3) 시험방법

예취 및 이송작업이 가능한 차륜과 이송벨트의 적정 속도비를 구명하기 위하여 차륜과 이송벨트의 속도비를 달리하여 이송벨트에 협지된 부추의 이송상태와 배출상태를 조사하였고, 적정 예취조건을 구명하기 위해 예취날을 일정하게 고정된 후 예취하는 방법과 예취날이 지면을 따라 움직이면서 일정하게 예취하는 방법으로 나누어 원판날의 회전속도를 변화시켜 시험하였다. 그리고 예취시험중 예취날의 회전속도, 이송벨트의 이송속도 및 주행속도를 실시간으로 측정하기 위하여 근접센서로 각각의 회전속도를 측정하였고 각각의 센서에서 나온 신호를 Iotech사의 Daqbook200 데이터 수집장치를 이용하여 측정하였다.

부추의 수집방법 구명을 위해 이송벨트에서 이송된 부추를 수집안내판의 경사도별로 수집안내판에서 흘러내림과 이송벨트에서의 배출상태를 조사하였고 또한 배출상태를 좋게 하기 위하여 배출된 부추를 회전로울러로 이송한 후 수집안내판으로 수집하여 수집상태를 조사하였다.

나. 시작기제작 및 성능시험

(1) 시작기 제작

시작기의 구조는 그림2에 나타낸 것과 같이 원판날로 줄기를 절단하는 예취부, 부추를 협지하여 30° 경사로 이송하는 이송부, 부추를 상자에 수집하는 수집부와 주행 및 동력전달부로 구성되었다. 시작기는 가이드로 1줄씩 부추를 일으켜 세워 원판날로 예취와 동시에 이송벨트로 협지하여 수집상자에 담아주는 원리로 제작되었고, 조건 30cm 이상에서 작업이 가능하고 배터리 24V로 DC모터를 구동하여 동력을 전달하며 이를 제어하기 위하여 DC모터 제어장치가 부착되어있다. DC모터제어장치는 메모리칩에 입력된 제어프로그램에 의해 차륜구동모터, 이송벨트구동모터, 예취날구동모터를 제어한다.

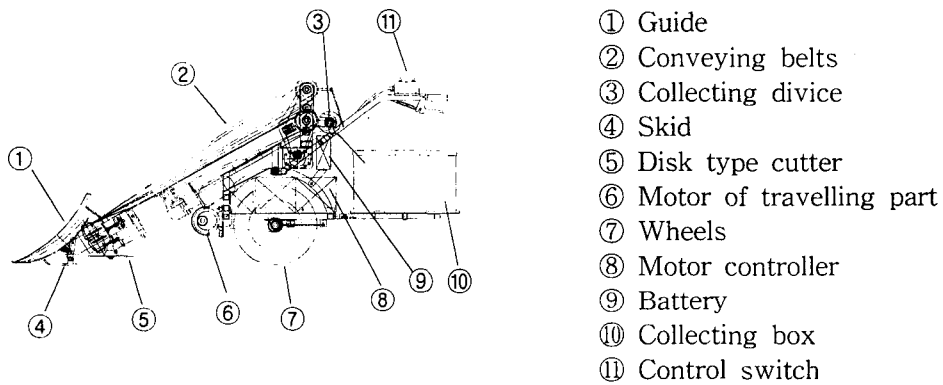


Fig 2. Schematic digram of chinese leek harvester

(나) 성능시험

수확요인시험에서 구명된 결과를 시작기 제작에 반영하여 시작기의 성능시험을 하였다. 작업능률은 작업속도별(0.1, 0.2, 0.3m/sec)로 측정하였고 작업정도는 손실률, 손상률, 수집상태 등을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 부추 수확요인시험 결과

(1) 차륜과 이송벨트의 속도비

차륜과 이송벨트의 속도비별로 시험한 결과 표2에서와 같이 이송 및 배출상태가 양호한 상태의 속도비를 그림3에 나타내었고, 회귀분석결과 직선회귀식에 의한 차륜과 이송벨트의 적정 속도비는 1 : 2 인 것으로 나타났다.

Table 2. The workability by velocities of wheels and conveying belts

The velocity of Traveling wheels(m/s)	The velocity of conveying belts (m/s)	The rate of velocity(conveying belts/wheels)	Conveying workability on belts	Discharging workability from conveying belts
0.09	0.11	1.2	×	-
	0.18	2.0	○	○
	0.25	2.8	○	○
	0.33	3.7	○	○
	0.4	4.4	△	△
	0.47	5.2	△	△
	0.52	5.8	△	△
	0.54	6.0	△	△
0.16	0.11	0.7	×	-
	0.18	1.1	×	-
	0.25	1.6	○	○
	0.33	2.1	○	○
	0.4	2.5	○	○
	0.47	2.9	△	△
	0.52	3.3	△	△
	0.54	3.4	△	△
0.22	0.11	0.5	×	-
	0.18	0.8	×	-
	0.25	1.1	△	△
	0.33	1.5	○	○
	0.4	1.8	○	○
	0.47	2.1	○	○
	0.52	2.4	○	△
	0.54	2.5	△	△
0.26	0.11	0.4	×	-
	0.18	0.7	×	-
	0.25	1.0	△	△
	0.33	1.3	△	△
	0.4	1.5	○	○
	0.47	1.8	○	○
	0.52	2.0	○	○
	0.54	2.1	○	○

※ - Conveying workability(angle between chinese leek and conveying belts) : ○(70~90°), △(45~70°), × (below 45° or Impossible working)
 - Discharging workability of chinese leek from conveying belts : ○ (Shape of chinese leek in order), △(Not shape of chinese leek in order)
 - Velocity of disk type cutter(rpm) : 34.8m/sec(2610 rpm), Picking hight : 7cm

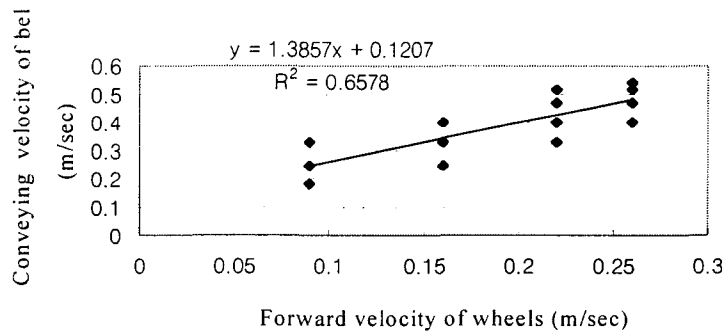


Fig 3. The optimal velocity ratio between moving wheels and conveying belts

(2) 예취방법 및 예취날 회전속도별 예취작업상태

예취방법별 작업성능을 시험한 결과 표3에서와 같이 원판날이 고정된 예취방법에서는 경우 원판날이 지면에 닿지 않도록 충분한 높이로 고정된 상태에서 순순한 줄기만을 절단할 경우 예취작업이 가능한 원판날의 회전속도는 11.3m/s이상 이었고, 예취날의 높이를 지면에서 1cm 높이로 고정한 후 예취하면서 토양마찰이 있는 경우에 토양경도 5kgf/cm²의 토양에서는 원판날의 회전속도가 20.0m/s이상, 토양경도 15kgf/cm²의 토양에서는 34.8m/s이상에서 예취작업이 가능하였다. 그리고 지면을 따라 스치면서 예취하는 지면추종식 예취방법의 경우 토양경도가 5kgf/cm²인 토양에서 원판날의 회전속도가 16.0m/s이상일 때 지면에서 1cm 높이로 예취가 가능하였다. 따라서 지면추종식 예취방법이 고정식 예취방법보다 느린 회전 속도에서도 작업이 가능한 것은 토양의 표면이 불균일한 상태에서 지면추종식 예취방법이 고정식예취방법보다 토양과의 마찰이 상대적으로 적기 때문이라 판단된다. 또한 토양경도가 높은 토양에서 수확기에 의한 원활한 수확작업을 위해서는 원판날의 회전속도는 34.8m/sec이상 되어야 한다.

Table 3. The cutting workability by cutting methods and rotating velocities

Variety		The rotating velocity of the disk type cutter under no load							
		(m/sec)							
		11.3 (850)	16.0 (1200)	20.0 (1560)	24.8 (1860)	28.4 (2130)	31.6 (2370)	34.8 (2610)	38.4 (2880)
Cutting with the fixed cutter	Cutting in no soil friction	○	○	○	○	○	○	○	○
	Cutting in soil hardness(5kgf/cm ²)	×	×	○	○	○	○	○	○
	Cutting in soil hardness(15kgf/cm ²)	×	×	×	×	×	×	○	○
Cutting with the moving cutter in soil hardness(5kgf/cm ²)		△	○	○	○	○	○	○	○

- ※ - () The rpm(revolutions per minute) of the disk type cutter
- The workability of cutting : ○ (Good), △ (Bad), × (Impossible)
- Test conditions : Moving displacement of the disk type cutter vertically : 20mm,
Cutting width of chinese leek : 7cm,
Forward speed : 0.22m/s,
The conveying speed of belts : 0.4m/s,

(3) 수집방법 구명

이송벨트에서 이송된 부추를 수집하기 위해 표4과 같이 수집안내판의 경사도는 40° 이상일 때 부추가 흘러내려 배출 및 수집이 가능하였으나 이송벨트와 수집안내판사이에 부추가 끼어 배출을 방해하였다. 따라서 이러한 문제점을 개선하고자 이송벨트에서 부추가 배출될 때 회전롤러로 이송한 후 수집안내판으로 수집하는 것이 배출 및 수집상태가 양호하였다.

Table 4. The discharging and collecting workability by collecting methods of chinese leek

Variety	Only guiding plate used in collecting			Turning roller and collecting guide plate used together in collecting in the box
	20	30	40	40
A tilt angle of guiding plate for collecting(°)				
Discharging workability from conveying belts	×	△	○	○
Collecting workability in the box	×	×	△	○

※ - Size of collecting guide plate(250mm×200mm)
 - Diameter of Turning roller : ϕ 110mm
 - Discharging and collecting Workability : ○(Good), △ (Bad), × (Impossible)

나. 작업성능

시작기의 작업능률은 표5에서와 같이 작업속도 0.1~0.3m/sec에서 87.3~30.5시간/ha 정도 이나 평균 작업속도 0.2m/sec에서 45시간/ha 이었다. 이 평균 작업속도에서의 작업능률은 관행의 인력작업 480시간/ha에 비하여 11배인 것으로 나타났다. 또한 수확 손실과 손상이 없었고 수집상태도 양호하였다.

Table 5. Performance of prototype chinese leek harvester

Variety	Working level	Working velocity (m/sec)	Working efficiency(hr/ha)				Harvest loss rate(%)	Damaged rate in harvest(%)	Workability of collecting in the box
			Cutting	Changing the box	Turning	Total			
Prototype	1	0.1	84.6	2	0.7	87.3	0	0	Good
	2	0.2	42.3	2	0.7	45	0	0	Good
	3	0.3	27.8	2	0.7	30.5	0	0	Good
Conventional (manual)	-	-	480	-	-	480	0	0	-

다. 경제성 분석

시작기의 경제성을 분석한 결과 표6에서와 같이 작업능률은 관행 480시간/ha에 비해 45시간/ha으로 노력절감효과가 91%이고 소요비용도 관행의 1,924,800원/ha 에 비해 493,370원/ha로 소요비용이 74%절감되어 경제적인 것으로 나타났다.

Table 6. Economic analysis of chinese leek harvester

Items	Prototype	Conventional(manual)
Working efficiency(hr/ha)	45	480
Cost(Won/ha)	493,370(25.6)	1,924,800(100)

4. 요약 및 결론

인력작업에 의존하던 부추수확작업의 생력기계화를 위해 부추수확기 개발을 위한 설계요인을 구명하고 이를 토대로 시작기를 제작하여 성능시험을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 기계화적용 재배양식은 부추수확 요인시험장치의 바퀴간 최소 중심거리를 고려하여 조건 30cm 이상이면 작업이 가능하고 주간거리와는 무관하였다.
- 나. 부추를 예취할 때 토양표면의 불균일 때문에 원판날이 지면을 따라 예취하도록 하여 토양마찰을 줄였고 예취날의 원주속도는 34.8m/sec이상 요구되었다. 또한 수집장치 및 수집상자의 공간을 고려한 이송벨트의 각도를 30° 일 때 차륜과 이송벨트의 속도비는 1 : 2 내외이고 수집은 회전로울러와 수집안내판에 의해 상자에 수집하는 것이 수집상태가 양호하였다.
- 다. 시작기는 부추를 한 줄씩 예취하여 가지런히 상자에 담아주는 작업을 일관작업으로 하며 예취부, 이송부, 수집부, 주행 및 동력전달부로 구성되었고 배터리 24V를 동력원으로 사용하여 예취날, 이송벨트 및 구동바퀴를 구동하는 각각의 DC모터를 전자제어장치에 의해 제어되도록 제작되었다.
- 라. 시작기의 성능은 작업능률이 평균 45시간/ha으로 인력의 11배이었고 손상 및 손실은 거의 없었으며, 경제성분석 결과 인력대비 소요비용을 74% 절감할 수 있어 경제성이 높은 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 전현종의 4인. 2000. 부추재배 기계화를 위한 기초조사 연구. 한국농업기계학회 동계학술대회논문집 5(1) : 63~69.
2. 농업기계화연구소. 1998. 농업기계화시험연구보고서. p100~108
3. 포항시농촌지도소. 1995. 부추재배기술 교본
4. 이우승. 1994. 백합과 채소재배기술. 경북대학교출판부, p211~236
5. 農業機械學會. 1999. ニラ收穫機, 農機誌 61(1) : 47~48.
6. 日本國特許廳. 1999. なら等の葉菜收穫裝置. 特開平11-225542
7. 農業機械學會. 1980. 刈拂機用ピアノ線刃の試作研究(第1報), 農機誌 42(1) : 75~83.
8. 農業機械學會. 1980. 刈拂機用ピアノ線刃の試作研究(第3報), 農機誌 42(3) : 375~382.