

## 굴취형 무 수확기 개발

### Development of Digging type Radish Harvester

최 용*	박환중*	홍종태*	전현중*	김영근*	김재동**
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
Y.Choi	H.J.Park	J.T.Hong	H.J.Jun	Y.K.Kim	J.D.Kim

#### 1. 서 론

무는 재배면적이 40천ha로 우리 식생활에서 빼놓을 수 없는 중요한 채소이다. 무의 수확 작업 노력은 19.1시간/10a로 전체 노동투하시간의 22.3%를 차지하고 있으며, 특히 전체 무 재배면적의 1/4을 차지하고 있는 단무지용 무는 길이가 평균 52cm로 땅속으로 20~35cm 까지 자라므로 뽑는 작업이 아주 힘든 작업이다. 또한 길고 구부러진 무를 인력으로 뽑을 경우 포장조건에 따라 10~30%가 부러져 손실량이 전체 생산량의 10%에 달한다. 그리고 무 재배지역은 대부분 주산단지화 되어 있어 동시수확에 따른 노동경합 등 일손부족이 심한 실정으로 무 수확작업의 기계화가 최우선 해결과제이다.

국내외의 무 수확기계화 기술현황을 보면 유럽, 일본 등에서는 트랙터용 및 전용기 형태의 근채류 수확기, 무수확기 등이 연구 개발되어 일부 실용화되고 있다. 한편 국내에서는 농업기계화연구소에서 인발형 무, 당근수확기를 개발하여 일반무의 수확은 가능하나 단무지용 무의 경우 지상부가 구부러지고 동일포장 내에서도 무의 높이가 불균일하여 수확적용성이 낮은 실정으로 단무지용 무도 적용 가능한 범용형의 무수확기 개발이 요구되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 무 수확작업의 생력기계화를 위하여 굴취, 흙분리, 이송, 배출을 동시에 일관작업할 수 있는 굴취형 무 수확기를 개발하였다.

#### 2. 재료 및 방법

##### 가. 설계요인 구명시험

무 수확기의 적정 설계요인을 구명하기 위하여 굴취·이송 요인시험장치를 설계제작하였다. 굴취는 고정굴취날로 하고 체인컨베이어로 이송하는 시스템으로 러그종류별 3수준, 컨베이어 경사각도 조절은 17~30°, 체인컨베이어 봉간격을 31.8~64.5mm 까지 4수준, 각 부속도조절형으로 제작하여 각 요인별로 굴취율, 부러짐율, 손상을 등을 조사하였다.

---

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\* 두루기계통상

나. 시작기 설계제작 및 성능시험

(1) 시작기 설계제작

무수확기는 그림 1과 같이 트랙터부착형 굴취, 이송, 흙분리, 배출 일관작업형으로 제작하였다. 설계요인구명시험에서 나타난 결과를 기초로 굴취날은 고정굴취날, 굴취폭 60cm, 굴취깊이는 최대 40cm, 굴취이송 각도 20° 로 하여 60ps이상의 트랙터에 부착 가능하도록 하였다. 또한 경사지 적응성을 높이기 위하여 상부링크를 유압실린더로 제작하여 굴취이송각도를 운전자가 쉽게 조작할 수 있도록 하였다. 무수확기는 트랙터의 측방에서 작업하기 때문에 수확기의 한쪽쓸림현상을 방지하기 위하여 굴취부의 반대편에 보조굴취날을 설치하였고, 도로를 운전중에는 굴취부가 트랙터 바퀴의 바깥쪽에 위치하여 위험하므로 유압을 이용하여 트랙터의 중앙에 위치하도록 설계하였다.

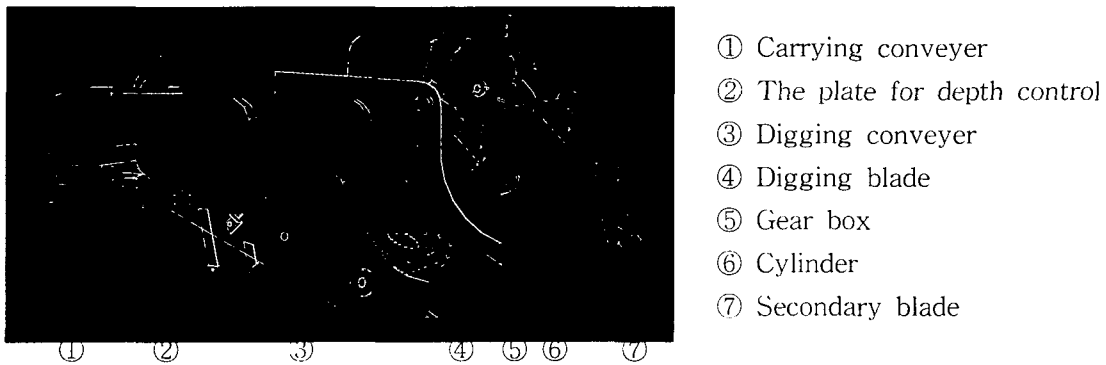


Fig. 1. Schematic diagram of radish harvester.

(2) 공시작물 및 포장조건

요인시험 및 성능시험에 사용한 공시재료로 표 1과 같이 일반무는 평지대형 봄무, 길이가 길고 구부러진 단무지용 무는 장미 품종을 사용하였으며 무의 길이는 꼬리부를 뺀 수치이고, 공시포장 조건은 표 2에 나타난 바와 같이 사양토포장에서 기계화 표준재배양식인 조건 거리 60cm로 외줄재배한 포장에서 시험하였다.

Table 1. Characteristics of the experimental plants.

Variety	Under ground length (cm)	Total length (cm)	Weight (kg)	Diameter (cm)	Leave leagth (cm)
Pyemngjideahyemg	18	29	0.7	8.6	40
Jangmi	31	52	2.3	7.2	35

Table 2. Characteristics of the experimental soil

Variety	Texture	Moisture content (%d.b)	Soil hardness by depths(kg <sub>t</sub> /cm <sup>2</sup> )							
			5cm	10	15	20	25	30	35	40
Radish (Pyemgijideahyerng)	SL	33.2	0.4	0.7	1.3	3.2	7.9	16.2	28.3	44.1
Japanese radish (Jangmi)	SL	31.8	0.6	1.1	2.3	4.8	11.2	19.5	26.8	41.3

(3) 시험방법

설계요인시험을 통하여 구명된 요인을 바탕으로 무를 한 줄씩 굴취하여 흙을 분리하고 무만 한쪽에 가지런히 모을 수 있는 트랙터부착형 무수확기를 제작하여 성능시험을 실시하였다. 성능시험은 일반무, 단무지용 무를 대상으로 각각 10a씩 시험하고 작업속도, 작업능률, 굴취율, 손상을 등을 조사하였으며 대비구로 인력과 비교하였다.

$$\text{굴취율} = \frac{\text{굴취된 작물의 개수}}{30\text{m 구간의 굴취할 작물의 개수}} \times 100$$

$$\text{손상률} = \frac{\text{손상된 작물의 개수}}{\text{수확한 전체 작물의 개수}} \times 100$$

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

T : 포장작업능률(hr/10a)

V : 평균 작업속도(m/sec)

t : 평균 회행시간(sec)

b : 조간(m)

### 3. 결과 및 고찰

가. 설계요인 구명시험

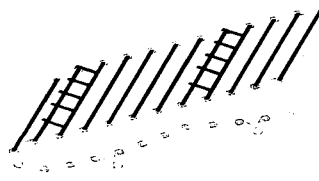
(1) 컨베이어의 러그 형상 구명

무를 손상없이 굴취하여 이송하기 위한 컨베이어 러그의 형상을 표 3의 그림과 같이 제작하여 시험한 결과, 러그 A형에서는 B형의 경우보다 러그에 의한 상처발생율이 높았고, 러그가 없는 경우는 무가 이송 중 미끄러짐에 의한 손상율이 높게 나타났다. 그러나 러그 B형은 손상이 발생되지 않고 빨리 이송 할 수 있어 가장 바람직한 것으로 나타났다.

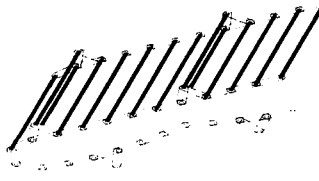
Table 3. Digging degree by lug shape of digging conveyer

Lug shape	Digging rate (%)	Damage rate (%)	
		Break	Scar
A type	98	2	27
B type	99	3	1
None lug	96	9	16



A type



B type

(2) 컨베이어의 경사각 및 속도 구명

굴취 체인컨베이어의 적정 경사각을 구명하기 위하여 경사각도별로 시험 한 결과 경사각도 17° 에서 가장 굴취율이 높게 나왔으나 이송컨베이어의 후반부가 지면에 닿아 견인부하가 급속히 증가하였으며, 적정 경사각도는 20° 에서 굴취율 99%, 손상률 4%로 나타났다.

굴취부와 이송부의 체인컨베이어 속도별로 시험 한 결과, 표 5와 같이 작업속도 1.1m/sec 에서 굴취부 속도 1.0m/sec, 이송부 속도 1.2m/sec에서 작업정도가 가장 양호하였다.

Table 4. Digging degree by angle of digging conveyer

Angle(° )	Digging rate(%)	Damage rate (%)		Remark
		Break	Scar	
17	99	2	1	Reached to ground
20	99	2	2	
25	97	3	3	
30	96	5	8	

Table 5. Digging degree by conveying speed.

Conveying speed (m/sec)		Digging rate (%)	Damage rate (%)	
Digging part	Carrying part		Break	Scar
0.7	0.8	96	1	2
1.0	1.2	99	2	2
1.2	1.4	99	7	5

(3) 체인컨베이어의 간격별 작업정도

무의 흠분리가 용이하고 이송 중에 손상발생을 억제하기 위하여 컨베이어봉의 간격을 4종류로 제작하여 시험 한 결과 표 6에서와 같이 체인봉 사이의 간격이 38.1mm에서 작업정도가 가장 양호한 것으로 나타났다.

Table 6. Digging degree by space of chain conveyer

Space (mm)	Digging rate (%)	Damage rate (%)		Remark
		Break	Scar	
31.8	97	2	1	Composite soil
38.1	99	2	2	
50.8	99	2	4	
64.5	99	7	5	

(4) 작업속도별 작업정도

적정 작업속도는 설계요인시험에서 구명된 최적 작업조건하에서 시험 한 결과 작업속도는 0.9~1.1m/sec에서 작업정도가 가장 양호한 것으로 나타났다.

Table 7. Digging degree by operating speed

Operating speed	Digging rate (%)	Damage rate (%)	
		Break	Scar
0.6m/sec	98	1	2
0.9	99	2	1
1.1	99	2	1
1.5	97	5	4

다. 성능시험

시작기의 작업성능은 표 8에 나타난 것과 같이 0.7시간/10a로 관행 19.1시간/10a에 비하여 29배 능률적이며, 작업정도는 인력으로 수확하면 무가 부러져서 굴취율이 90%이나 시작기를 이용할 경우 굴취율이 99%로 높게 나타났다.

Table 8. Working performance and accuracy of the operating

Variety	Vehicle speed (m/sec)	Working performance (hr/10a)	Accuracy of the operating(%)		
			Digging rate	Damage rate	
				Break	Scar
Conventional methods (manual)	-	19.1	90	22	0
Prototype Japanese radish	1.1	0.7	99	3	1
Prototype Radish	1.1	0.7	99	0	3

라. 경제성분석

무수확기의 경제성은 표 13에서와 같이 인력에 비하여 57%의 경비절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 9. Economic analysis of radish harvester.

Items	Prototype	Conventional methods (manual)
Working efficiency (hr/10a)	0.67	19.12
Cost requirement (won/10a)	33,028	76,676

#### 4. 요약 및 결론

무 수확작업의 생력기계화를 위하여 굴취, 이송, 흙분리, 배출 일관작업형 무수확기를 개발하여 시험한 바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 무수확기의 설계요인을 구명하기 위하여 시험장치를 제작하여 요인시험을 한 결과 인컨베이어 경사각은 20°, 속도는 굴취부 1.0m/sec, 이송부 1.2m/sec, 체인컨베이어의 봉간격은 38.1mm, 작업속도는 1.1m/sec에서 가장 양호한 것으로 나타났다.

나. 요인시험에서 구명된 설계조건을 바탕으로 시작기를 설계하였다. 시작기는 트랙터부착형으로 60ps 이상의 트랙터에 부착 가능하며 1줄의 무를 최대 40cm까지 굴취하여 무를 캐서 한쪽 고랑에 가지런히 배출하도록 설계하였으며, 굴취방식은 고정날식, 흙분리방식은 체인컨베이어 이송식으로 설계 제작하였다.

다. 시작기의 포장성능시험 결과 인력에 비하여 29배 능률적인 것으로 나타났고 작업정도도 99%로 나타나 인력수확시 90%에 비하여 높은 것으로 나타났다.

라. 경제성분석 결과 인력수확에 비하여 57%의 경비절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 농촌진흥청 : 1999, 작목별 작업단계별 노동투하시간
2. 박환중 외 6인 : 진동굴취날형 마늘, 양파 수확기 개발. 농업기계화연구소 시험연구보고서 1994 : 300-313
3. 최 용, 박환중, 홍종태, 전현중, 윤무경 : 무 수확기 개발. 무 수확기 개발, 농업과학논문집, 제40권 2호, pp.130-137.
4. 농업기계화연구소 : 1995. 채소 수확 후 기계화유형 개발
5. 小堀 乃, 古谷 正, 大塚寛治, 細川 寿 : 1991. ダイコン収穫作業システムの引抜機構の構造. 日本農業機械學會誌 53(5) : 59-63
6. 今園支和, 我妻幸雄, 矢治幸夫, 雁野勝宣 : 1979. 根菜類の収穫機構に関する研究. 日本農事試験場研究報告 29 : 95-130
7. W. LePori and P. Hobgood : 1970. Mechanical harvester for fresh market onions. TRANS ASAE Vol. 13(4) : 517-522