

# 굴취형 고구마 수확기 개발

## Development of Digging type Sweet potato Harvester

최 용*	김영근*	홍종태*	전현중*	김재동**	유수남***
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
Y.Choi	Y.K.Kim	J.T.Hong	H.J.Jun	J.D.Kim	S.N.Yoo

### 1. 서 론

우리나라 고구마 재배면적은 2000년 16천ha내외로 재배되고 있다. 국내 재배 주산지는 전남 해남, 여천, 경기 여주 순으로 주산지 지역특화작목으로 부상함에 따라 우리나라 전체 재배면적의 약 25%를 차지하고 있다. 이들 주산지에서 재배되는 고구마는 대부분 식용으로 이용되며, 가장 선호하는 고구마는 모양이 둥글고 크기는 100~200g 정도이며, 특히 최근 세척고구마의 유통이 증가함에 따라 껍질이 벗겨지지 않은 자색이나 홍색의 고구마를 선호하고 있어 수확시 껍질이 벗겨지지 않게 수확할 수 있는 수확기가 절실히 요구되고 있다.

또한 고구마 재배지역은 주산단지화 되어 있어 동시수확에 따른 노동경합으로 일손부족이 심한 실정이며, 고구마 재배에 소요되는 전체 노동투하시간은 10a당 81.7시간중 수확작업에 소요되는 시간은 27.1시간으로 전체의 33%를 차지하여 고구마 수확작업의 기계화가 최우선 해결과제이다.

국내외의 고구마 수확기계화 기술현황을 보면 유럽, 일본등에서는 트랙터용 및 전용기 형태의 가공용 고구마 위주의 범용 서류 수확기 등이 연구 개발되어 실용화되고 있으며, 국내에서는 박 등(1999)이 쟁기형 고구마수확기에 대한 연구개발을 하였으나 노출률이 낮아 실용화에는 이르지 못하였다.

따라서 본 연구는 고구마 수확작업의 생력기계화 및 상품성 향상을 위하여 노출률이 높고 껍질이 벗겨지지 않는 굴취형 고구마수확기를 개발하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\* 두루기계통상

\*\*\* 전남대학교

## 2. 재료 및 방법

### 가. 설계요인 구명시험

고구마 수확기의 적정 설계요인을 구명하기 위하여 굴취·이송 요인시험장치를 설계제작하였다. 굴취는 고정굴취날로 하고 체인컨베이어로 이송하는 시스템으로 굴취컨베이어의 경사도 조절은 20~30°, 체인컨베이어 봉간격은 38.1~64.5mm 까지 4수준, 굴취컨베이어 속도 및 이송컨베이어 속도 각각 3수준, 작업속도 0.3~1.0m/s의 범위에서 4수준으로 각 부 속도를 조절할 수 있도록 제작하여 각 요인별로 굴취율과 손상정도로 표피벗겨짐, 찌힘을 조사하였다.

### 나. 시작기 설계제작 및 성능시험

#### (1) 시작기 설계제작

고구마수확기는 그림 1과 같이 트랙터부착형 굴취, 이송, 흙분리, 배출 일관작업형으로 제작하였다. 설계요인구명시험에서 나타난 결과를 토대로 굴취날은 고정날, 굴취이송 각도는 24°, 굴취컨베이어의 피치는 50.8mm, 굴취컨베이어와 이송컨베이어와의 속도비는 1 : 1.5로 하고, 경사지 적응성을 높이기 위하여 상부링크를 유압실린더로 제작하여 굴취이송각도를 운전자가 쉽게 조작할 수 있도록 하였다. 굴취깊이는 깊이조정 스키드를 이용하여 일정하게 유지된다. 또한 재배양식의 차이와 트랙터의 크기에 따라 굴취부의 위치를 횡방향으로 수평 이동하여 조절 할 수 있도록 설계 제작하였다.

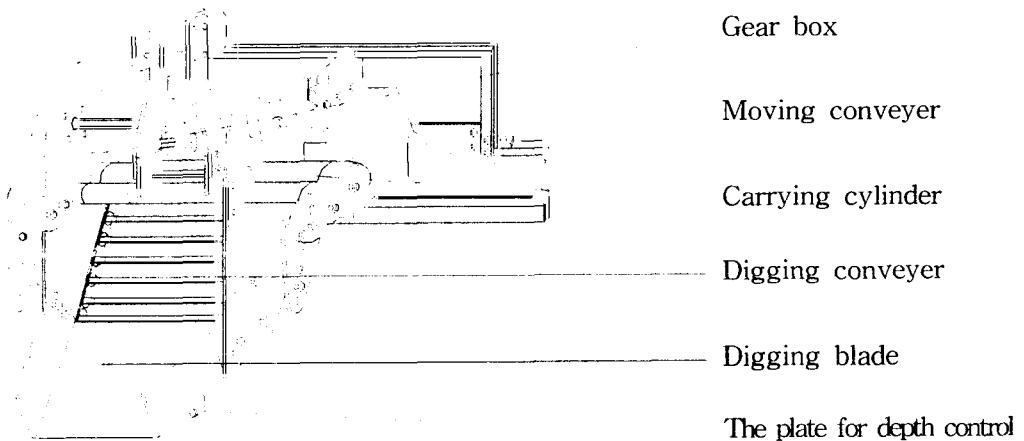


Fig. 1. Schematic diagram of sweet potato harvester.

#### (2) 공시작물 및 포장조건

요인시험 및 성능시험은 경기도 여주군 문내면 고구마 재배농가에서 실시하였다. 토성은 표 1에 나타난 바와 같이 양질사토였으며, 공시작물은 표 2와 같이 신율미 품종으로 조간거리 70cm, 주간거리 25cm에 둥근두둑 외줄로 비닐피복재배를 한 고구마를 사용하였다.

Table 1. Characteristics of the experimental soil

Texture	Moisture content (%, d.b)	Soil hardness by depths(kPa)					
		5cm	10	15	20	25	30
SL	12.3	210	618	1,347	2,373	1,922	2,127

Table 2. Characteristics of the experimental plants

Variety	Leaf			Sweet potato				Kind
	Length (cm)	Each	Weight (g)	Length (cm)	Diameter (cm)	Each	Weight (g)	
Ave.	140	6.4	1,027	67.2	45.4	6.4	95.7	Sinyulmi
Max.	240	10	1,450	149	72	10	233.6	
Min.	30	3	403	30	17	3	10.2	
S.D.	14.7	2.9	447	10.1	3.8	2.9	10.9	

(3) 시험방법

설계요인시험을 통하여 구명된 요인을 바탕으로 고구마를 한 줄씩 캐서 껍질이 벗겨지지 않게 흙을 분리하고 고구마만 한 줄로 가지런히 배출 할 수 있는 굴취형 고구마수확 시작기를 제작하여 성능시험을 실시하였다.

성능시험은 농가에서 재배한 신율미 품종으로 각각 10a씩 시험하고 작업속도, 작업능력, 노출률, 손상률 등을 조사하였으며 대비구로 인력과 비교하였다. 손상률은 표피벗겨짐으로 껍질이 지름 5mm이상 벗겨진 고구마를 손상으로 처리하였고, 노출률은 굴취 후 고구마가 땅속에 묻히지 않아 육안으로 수집 가능한 고구마와 땅속에 묻혀서 육안으로 수집할 수 없는 고구마를 수거하여 비교하였다.

$$\text{노출률} = \frac{\text{굴취되어 지면에 노출된 식물의 개수}}{30m \text{ 구간의 굴취할 작물의 개수}} \times 100$$

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

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

T : 포장작업능력(hr/10a)

V : 평균 작업속도(m/sec)

t : 평균 회행시간(sec)

b : 조간(m)

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 설계요인 구명시험

##### (1) 굴취컨베이어의 경사각별 작업정도

굴취컨베이어의 적정 경사각을 구명하기 위하여 작업속도를 0.7m/s, 굴취컨베이어의 체인봉 간격을 50.8mm로 하여 경사각도별로 시험 한 결과, 표3에서와 같이 경사각 20° 에서 손상률은 가장 양호하였으나 굴취후 다시 흙속에 묻히는 경향이 있어 노출률이 낮았으며, 경사각이 커짐에 따라 노출률은 높으나 손상이 많이 발생되어 적정 경사각도는 24° 로 판단되었고, 이때 작업정도는 노출률 98%, 손상정도는 표피벗겨짐 1%, 찌힘 1%로 가장 양호하게 나타났다.

Table 3. Degree by angle of digging conveyer

Angle (°)	Exposed rate (%)	Damage rate (%)	
		Skin scar	Break
20	97	0	1
24	98	1	1
27	99	1	3
30	99	2	6

##### (2) 굴취컨베이어의 체인봉 간격별 작업정도

고구마의 껍질이 벗겨지지 않게 흙을 파쇄하기 위하여 컨베이어 체인봉의 간격을 4종류로 제작하여 작업속도를 0.7m/s, 굴취컨베이어의 경사각도는 24° 로 고정하고 시험 한 결과, 표 4에서와 같이 피치가 작을수록 노출률이 떨어져 적정 체인피치는 50.8mm로 판단되었으며 이때 작업정도가 가장 양호한 것으로 나타났다.

Table 4. Degree by space of chain conveyer

Space (mm)	exposed rate (%)	Damage rate (%)	
		skin scar	Break
38.1	88	1	0
44.5	93	1	1
50.8	98	1	1
63.5	99	7	5

##### (3) 굴취 및 이송 컨베이어의 속도 구명

굴취컨베이어와 이송컨베이어의 속도를 구명하기 위하여 작업속도를 0.7m/s, 굴취컨베이어의 경사각도는 24° , 굴취컨베이어의 체인피치 50.8mm로 고정하고 굴취 및 이송 컨베이어의 속도별로 시험 한 결과, 표 5와 같이 굴취컨베이어는 1.0m/s, 이송컨베이어는 1.5m/s에서 작업정도가 가장 양호하였다.

Table 5. Degree by conveying speed

Conveying speed (m/s)		Exposed rate (%)	Damage rate (%)	
Digging part	Moving part		Skin scar	Break
0.7	0.8	94	1	1
	1.0	95	1	1
	1.2	95	2	1
1.0	1.3	97	1	1
	1.5	98	1	1
	1.7	98	7	1
1.2	1.6	99	4	1
	1.8	99	7	2
	2.0	99	10	2

(4) 작업속도별 작업정도

설계요인시험에서 구명된 최적 작업조건으로 굴취·이송각 24°, 체인피치 50.8mm, 컨베이어 속도 굴취 1.0m/s, 이송1.5m/s로 고정하고 작업속도별로 시험 한 결과, 표 6과 같이 작업속도는 0.7m/s에서 작업정도가 가장 양호한 것으로 나타났다.

Table 6. Degree by operating speed

Operating speed	Exposed rate (%)	Damage rate (%)	
		Skin scar	Break
0.3	99	1	2
0.5	99	1	1
0.7	98	1	1
1.0	97	5	4

다. 성능시험

시작기의 작업능률은 표 7에 나타난 바과 같이 0.9시간/10a로 관행 20.9시간/10a에 비하여 23배 능률적이며, 작업정도는 인력으로 수확하면 17%의 고구마가 호미에 찍히거나 꺾질이 벗겨져 상품성이 떨어지나 시작기를 이용할 경우 손상률 2%로 관행보다 매우 양호하게 나타났다.

Table 7. Working performance and accuracy of the operating

Variety	Vehicle speed (m/s)	Working performance (hr/10a)	Accuracy of the operating(%)		
			Exposed rate	Damage rate	
				Skin scar	Break
Conventional methods (manual)	-	20.9	98	8	9
Prototype	0.7	0.9	98	1	1

#### 라. 경제성분석

고구마수확기의 경제성은 표 8에서와 같이 시작기를 사용할 경우 22,136원/10a으로 인력수확시 89,306원/10a에 비하여 75%의 경비절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 8. Economic analysis of sweet potato harvester.

Items	Prototype	Conventional methods (manual)
Working efficiency (hr/10a)	0.9	20.9
Cost requirement (won/10a)	22,136	89,306

#### 4. 요약 및 결론

고구마 수확작업의 생력기계화를 위하여 굴취, 토양파쇄, 이송, 배출 일관작업형으로 노출률이 높고 껍질이 벗겨지지 않는 굴취형 고구마수확기를 개발하여 시험한 바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 고구마수확 설계요인시험 결과, 굴취컨베이어 경사각은  $24^\circ$ , 굴취컨베이어의 속도는 1.0m/s, 굴취이송과 이송 속도비는 1 : 1.5, 굴취컨베이어 체인피치는 50.8mm에서 작업정도가 가장 양호하게 나타났으며, 구멍된 설계조건을 바탕으로 고구마를 한 줄씩 굴취하여 이송중에 흙을 분리하고 고구마만 배출하는 방식의 트랙터부착형 고구마수확기를 제작하였다.

나. 성능시험 결과 작업능률은 0.9시간/10a로 인력에 비하여 23배가 빠른 것으로 나타났으며, 작업정도는 굴취율 98%, 손상률 2%(표피벗겨짐 1%, 찍힘 1%)로 인력수확시 손상률 17%에 비하여 양호하게 나타났다.

다. 고구마수확기의 경제성을 분석한 결과 시작기가 22,136원/10a로 인력수확 89,306원/10a에 비하여 75%의 경비절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 농촌진흥청 농업경영관실 2002. 작목별 작업단계별 노동투하시간
2. 박환중 외 4인 : 고구마수확기 농가적용시험. 농업기계화연구소 시험연구보고서 1999 : 241-262
3. 최 용 외 4인 : 무 수확기 개발. 무 수확기 개발, 농업과학논문집, 제40권 2호, pp.130-137.
4. 농업기계화연구소 : 1995. 채소 수확 후 기계화유형 개발
5. 今園支和, 我妻幸雄, 矢治幸夫, 雁野勝宣 : 1979. 根菜類の收穫機構に關する研究. 日本農事試驗場研究報告 29 : 95-130
6. W. LePori and P. Hobgood : 1970. Mechanical harvester for fresh market onions. TRANS ASAE Vol. 13(4) : 517-522