

땅콩수확기 개발

Development of Peanut Harvester

전현중*	홍종태*	박환중*	최 용*	이성우**
정회원	정회원	정회원	정회원	
H.J.Jun	J.T.Hong	W.J.Park	Y.Choi	S.W.Lee

1. 서론

우리나라의 땅콩 재배면적은 '90년 이전에는 1만ha를 상회하였으나 '90년 이후 점차 감소하여 현재 6천ha 수준에 머물러 있다. 이와 같은 재배면적 감소는 대부분의 작업을 인력에 의존하고 있고, 재배지역이 집단화되어 일시에 많은 노동력을 필요로 하기 때문이며, 특히 수확작업은 힘든 고역작업일 뿐만 아니라 전체노동투하시간에서 차지하는 비중도 34%정도로 커서 기계화가 절실한 실정이다.

농가에서는 땅콩의 수량증대와 잡초발생억제 및 수분유지 등을 위하여 비닐피복 재배를 하고 있으며 수확시기까지 비닐이 피복된 상태로 있기 때문에 기계화에 어려움을 겪어 왔다.

따라서 본 연구는 비닐피복유무에 관계없이 땅콩을 굴취, 탈협, 선별, 수집작업을 동시에 할 수 있는 자주형 땅콩수확기를 개발하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기 제작

시작기는 그림 1과 같이 자주형으로 주행부, 전처리부, 굴취부, 흙떨이부, 탈협부, 선별부, 수집부로 구성하였다.

수확작업은 줄기건어 올림장치를 이용하여 땅콩의 줄기를 모아주고 굴취날로 지하부를 굴취와 동시에 지면과 40° 각도를 이루며 맞물려 회전하는 협지체인이 2줄의 땅콩을 뽑아 이송도중에 흙과쇄물러, 회전 및 좌우로 진동하는 흙떨이판이 대부분의 흙을 떨어낸다.

강판에 고무판이 부착된 급동의 회전에 의하여 꼬투리와 부착된 흙을 떨어져 메시벨트로 흙을 분리하고 나머지는 진동체로 이송되어 땅콩과 흙은 진동체 밑으로 빠지고 잡물 등은 체진동과 풍선에 의해 기체 밖으로 배출된다.

진동체를 통과한 땅콩과 흙은 경사판에 의하여 회전형 흙분쇄브러쉬와 그물망 사이로 들어가 흙은 잘게 분쇄되어 그물망 사이로 빠지고 땅콩만 반송장치에 의해 포대에 수집되도록 설계 제작하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

** 농촌진흥청 작물시험장

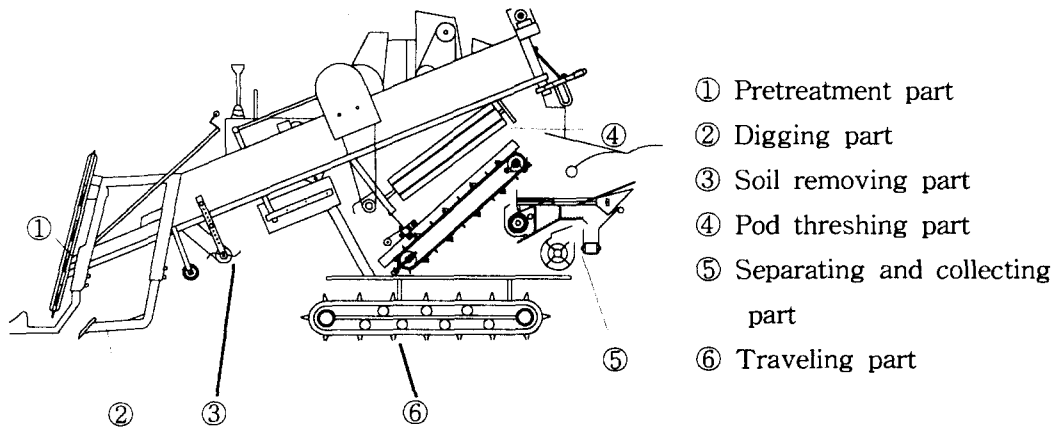


Fig. 1 Schematic digram of self-propelled peanut harvester

나. 공시재료

흙분리 요인시험은 표 1에서와 같이 흙시료는 수확시기의 일반적인 토양함수비가 20%d.b 정도임을 감안하여 농업기계화연구소 인공포장의 양토인 토조에 함수비를 조절하여 17.3%d.b, 20.8%d.b, 26.8%d.b로 조성한 흙을 사용하였고, 땅콩은 여주산 88 땅콩을 공시재료로 사용하였다.

Table 1. Characteristic of soil and peanut in the experiment

Variety	Peanut		Type	Soil			Moisture content (% d.b)
	Pod size(mm)			Grain-size distribution rate(%)			
	Diameter	Length		Sand	Silt	Clay	
88	9~15	10~40	Clay Loam	27.6	46.0	26.4	17.3~26.8

수확성능시험은 작물시험장과 이천의 농가포장에서 비닐피복 유무별로 평두둑 2열 재배로 조건 및 주간거리는 피복재배의 경우 40×25cm, 무피복 재배의 경우 30~40×10cm인 포장에서 시험하였으며 공시재료의 물성을 조사한 결과는 표 2와 같다. 공시포장의 토양함수비와 토성은 작시포장 19.5~20.1%d.b의 식양토 포장이었으며, 이천농가포장은 17.0~17.5%d.b의 사양토 포장이며, 공시작물 물성은 땅콩수확에 영향을 미치는 초장, 줄기장력, 협실장력을 조사하였다.

Table 2. Characteristic of soil and plant in the experiment

Variety	Soil			Plant			
	Type	Soil hardness (kg/cm ²)	Moisture content (%d.b)	Plant character	Plant height (cm)	Stalk force (kg)	Peg force (g)
Dae Poong	Mulching	CL	12	Semi-upright	40	18.9	549
	No mulching		15		35		
Sin Kwang	Mulching	SL	12	Upright	58	19.5	568
	No mulching		15		47		
88	Mulching	SL	10	Semi-upright	54	17.4	535
	No mulching		11.5		48		

다. 시험방법

적정 흠분리 설계조건구명을 위한 흠분리 요인시험은 포장에서와 같은 조건을 유지하기 위하여 토양함수비별(17.3, 20.8, 26.8%d.b)로 다져진 토양중 25mm체를 통과한 일정량의 흠시료를 이송하는 메시벨트(눈크기 10mm×10mm)에 투입하여 이송속도별로 메시벨트에 잔류하는 흠의 양을 측정하여 1차 흠분리정도를 조사하였다. 메시벨트에서 함수비별로 잔류된 흠 1kg과 땅콩 0.5kg을 섞어 매회 선별시험장치에 투입하고 체진동수별(350, 420, 490cpm), 체눈크기별(25×25, 30×30, 30mm×400mm), 흠분쇄브러쉬 회전수별(650, 700, 750rpm)로 잔류한 흠을 측정하여 2차 흠분리정도 및 협이송상태를 조사하였다.

적정수확작업조건을 구명하기 위하여 비닐피복 유무별로 작업속도에 따른 줄기인발률을 조사하고, 수확작업성능은 최적작업조건 하에서 작업능률 및 작업정도를 조사분석하여 관행 수확과 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 설계요인 구명시험

적정흠분리 설계조건 구명을 위하여 토양함수비별, 메시벨트 이송속도별, 체진동수 및 체눈크기별, 흠분쇄브러쉬 회전수별로 시험한 결과 표 3에서와 같이 메시벨트를 사용하고, 선별체 진동수는 350cpm, 체눈크기 30mm×400mm, 흠분쇄브러쉬 회전수 750rpm 정도에서 흠분리 정도가 양호하였고, 이러한 조건하에서 토양함수비가 낮을수록 흠잔류율이 적어 수확 시기에 일반 땅콩포장의 토양함수비 17.3~20.8%d.b 범위에서 흠분리율이 82.8~93% 정도로 높게 나타났다. 또한 협손실 감소를 위하여 풍선회전수 및 체진동수별로 요인시험한 결과 표 4와 같이 풍선회전수 1,360rpm, 체진동수 350cpm 일 경우 협손실이 없어 적정한 것으로 나타났다.

Table 3. The soil separation rates in the soil separation process

Moisture content(% _{d.b})	Remained soil amount in the mesh belt(%)	Remained soil amount in the shaking sieve(%)	Total remained soil amount(%)	Soil separation rate(%)
17.3	35.7	19.6	7.0	93.0
20.8	52.8	32.6	17.2	82.8
26.8	88.1	33.9	29.8	70.2

※ Test condition : The speed of mesh belt : 0.41m/sec, The rpm of brush : 750rpm, The cpm of sieve : 350cpm, The dimension of sieve : 30 × 400(mm)

Table 4. Pod loss in the rpm of the pan and the cpm of shaking sieve

The rpm of the pan	Pod loss in the cpm of shaking sieve(%)		
	350cpm	420cpm	490cpm
1,360(8.4m/sec)	0	1.0	3.1
1,480(10.7m/sec)	0.8	1.0	5.2
1,600(11.0m/sec)	1.1	1.9	7.5

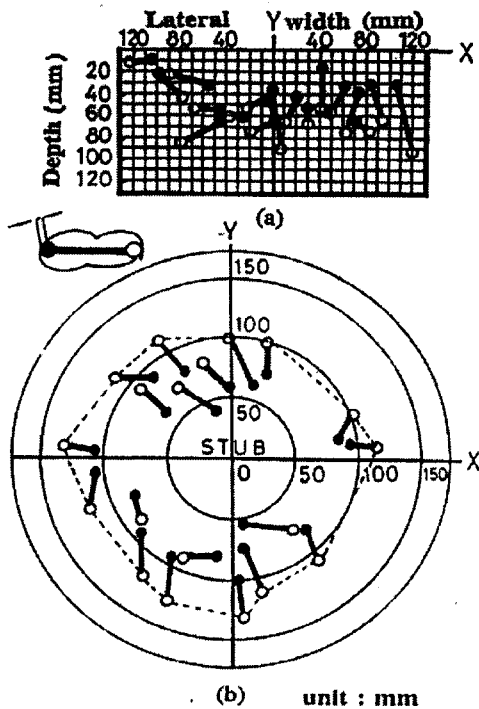


Fig. 2. Underground cross section and upper view of peanut pod distribution

땅콩수확시 적정굴취깊이를 구명하기 위하여 땅콩협지의 지하분포를 조사하였다.

그림 2에서와 같이 협지의 결실깊이는 지하 12cm 이내이며, 협지의 횡분포는 직경 20cm 내외였다. 따라서 굴취깊이를 지하 16cm, 굴취날의 폭을 20cm으로 하였다.

시작기의 작업속도와 협지체인 지면과의 인발각 사이의 관계를 시작기의 작업속도 V_m , 인발 협지벨트속도 V_c , 협지벨트와 지면 각도 θ , 협지줄기 이송높이 H , 수확기 수평이동거리 S 로 그림 3에 나타냈다.

시작기가 작업할때 전진속도 V_m 은 이동거리 S 와 같고 V_c 의 분력인 V_{cy} 가 H 와 같다면 시작기가 S 만큼 움직일때 같은시간 협지체인에 의한 줄기는 수직방향으로 H 만큼 이동한다.

협지체인속도는 V_c 는 N_t , N , P_c 협지체인 잇수, 회전수 및 협지체인 피치로 나타낼수 있으며, V_{cx} 및 V_{cy} 은 협지체인 속도의 수평 및 수직분력이다. 따라서 그림 3의 관계식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$V_c = N_t \cdot N \cdot P_c \text{ -----(1)}$$

$$\frac{S}{V_m} = \frac{H}{V_{cy}} \text{ -----(2)}$$

$$S = H \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$$

$$V_{cy} = V_c \sin \theta$$

(2)식을 간략하면

$$\frac{V_c}{V_m} = \frac{1}{\cos \theta} \text{ -----(3)}$$

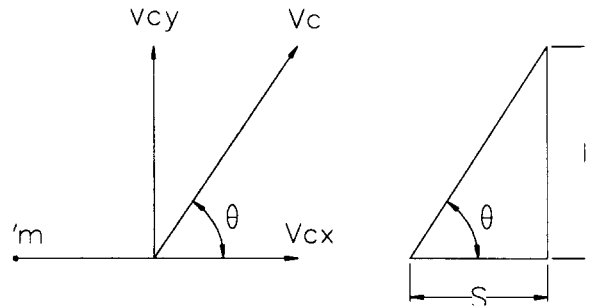


Fig. 3. Velocity analysis on the chain picking up peanut stalk

로 나타낼 수 있다. 여기서 협지체인과 지면과의 각도를 40° 로 하면 $V_c : V_m$ 의 속도비는 1.3 : 1로 나타났으며, 협지체인속도와 작업속도비를 1.3 : 1로 하여 표 5에서와 같이 작업속도 0.18~0.25m/sec에서 시험한 결과 줄기인발율이 99~100%로 양호하여 적정속도비인 것으로 나타났다.

Table 5. Stalk-pulling rate of the chain in the vinyl mulching and no mulching field

Variety	Harvester speed(m/sec)	Stalk-pulling rate(%)
Vinyl mulching	0.18	100
	0.20	100
	0.25	99
No mulching	0.18	100
	0.21	99.8
	0.25	99

나. 비닐피복 유무 및 토성별 수확작업정도

토성별 비닐피복유무별 수확작업정도는 표 6에서와 같이 토성별 수확손실은 큰 차이가 없었으나 흙흔입율은 사양토보다 식양토에서 다소 높게 나타났으며, 비닐피복유무별 수확손실 및 흙흔입율은 비닐피복시 식양토에서 9.5%, 3.5~7.5%이고 사양토에서는 6~8.6%, 2~4%, 무피복 재배시 식양토에서 5.9%, 3~5% 사양토에서는 6.5~7.5%, 1.5~2.5%로서 비닐피복재배의 경우 무피복 재배에 비해 수확손실과 흙흔입율이 다소 높은 것으로 나타났으며, 비닐피복재배시 관행수확손실과 비교할 때 거의 같은 수준을 보였다.

Table 6. Peanut harvest loss and soil amount remained on the harvested pod

Variety		Soil type			
		Clay Loam		Sandy Loam	
		Harvest loss(%)	Soil remained on the pod(%)	Harvest loss(%)	Soil remained on the pod(%)
Prototype	Vinyl mulching	9.5	3.5~7.5	6~8.6	2.0~4.0
	No mulching	5.9	3~5	6.5~7.5	1.5~2.5
conventional	Vinyl mulching	8.2	-	-	-
	No mulching	16.2	-	-	-

다. 작업능률 및 경제성

시작기의 작업능률은 표 7에서와 같이 시작기가 12시간/ha로 관행작업 333시간/ha에 비하여 28배 능률적이며, 소요비용은 관행에 비하여 60%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 7. Economic analysis of the peanut harvester

Items	Prototype	Conventional
Working efficiency(hr/ha)	12	333
Cost (won/ha)	826,780(40)	2,070,630(100)

4. 요약 및 결론

땅콩 수확작업의 생력기계화를 위하여 굴취, 탈협, 수집, 선별작업을 일관작업으로 할 수 있는 자주형 땅콩수확기를 개발하여 시험한바, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가. 시작기는 자주형으로서 굴취, 흙떨기, 탈협, 선별 및 수집작업을 동시에 일관작업으로 할 수 있도록 설계제작하였다.
- 나. 적정 설계조건구명을 위하여 흙분리 요인시험 결과 메시벨트를 사용하고 선별진동체 회전수 350cpm, 체눈크기 30mm×400mm, 흙분쇄브러쉬 회전수 750cpm에서 양호하였으며 토양함수비가 낮을수록 흙분리가 잘되었다. 협손실 감소를 위한 요인시험결과 풍선회전수 1,360rpm, 체진동수 350cpm일 경우 협손실이 거의 없는 것으로 나타났다.
- 다. 땅콩의 적정 굴취깊이는 지면에서 16cm내외, 굴취날의 폭은 20cm가 적합하며 땅콩줄기를 협지하는 협지체인과 지면의 각도를 40°로 하였고, 시작기의 작업속도와 협지벨트의 속도비가 1: 1.3의 비율로 하여 지상부 줄기를 지면에서 15~20cm사이를 협지할 때 가장 이상적인 작업을 할 수 있었으며 이때 줄기협지율은 99%이상으로 나타났다.
- 라. 시작기의 적정 작업속도는 0.25m/sec이며 이때 손실률 및 흙혼입률은 피복재배의 경우 6~9.5%, 2~7.5%이고 무피복재배의 경우 5.9~7.5%, 1.5~5%로 이는 관행수확의 손

실률 8.2%와 거의 같은 수준이었다.

마. 포장성능시험 결과 시작기의 작업능률은 12시간/ha로 관행작업에 비하여 28배 능률적이었으며, 관행작업에 비하여 60%의 비용절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 전현중 외6인. 1997. 자주형 땅콩수확기 개발 농가실증시험. 농업기계화연구소
2. 전현중 외6인. 1995~1996. 자주형 땅콩수확기 개발. 농업기계화연구소
3. 한국농업기계학회. 1998. 동계학술대회 논문집. p49~55
4. 한국농업기계학회, 한국농기계공업협동조합. 1997. 농업기계연감
5. 陳加忠, 陸龍虎, 周延弘. 1989. 落花生果夾系統機械物性之 研究. 中華農業研究(Jour. Agric. Res. China) 38(1) p127~139(1989)
6. 梁連勝, 蔡致榮, 陸龍虎, 顏秀榮, 周延弘. 1992. 農試型落花生聯合收穫機之研製Ⅱ. 中華農業研究(Jour. Agric. Res. China) 39(2) p141~147
7. スリョブソノ, 石原 昂, 岩崎 正美. 1992. ピーナッツの機械收穫に する研究(第2報). 自走 ディガスクリー型ピーナッツハーベスタの試作とその性能試験. 農業機械學會誌 54(5) p75~84
8. スリョブソノ, 石原 昂, 岩崎 正美. 1992. ディガスクリー型ピーナッツハーベスタの圃場試験及試び ピーナッツの 生物物理的調査. 農業機械學會誌 54(4) p77~87