

팻콩 탈협기 개발

김태한 임학규

Development of Vegetable Soybean Thresher

T. H. Kim H. K. Lim

Abstract

Worldwide consumption of vegetable soybean has been increasing recently, but, in the process of vegetable soybean production threshing and separation work accounts for about 80% of overall labor. Therefore, developing of the vegetable soybean thresher is necessary to reduce the cost of labor. The main objective of this study is to develop the vegetable soybean thresher which is suitable for domestic circumstances.

The threshing and separating performance, operating cost, and field capacity of developed vegetable soybean thresher are investigated and analyzed.

The results are as follows : The effective field capacity of the developed vegetable soybean thresher was shown as 4.8 hr/10a, and reduced as much as 11.7 times compared with human labor. The ratio of unthreshed soybean-pod to stem after threshing work was shown as 1.5% and the damaged pod ratio of detached soybean was shown as 1.8%. The cost of human labor was shown as 2,560,000 won/ha, but the operating of the developed vegetable soybean thresher was shown as 503,000 won/ha. If the vegetable soybean thresher would be used in our farm, the minimum cultivation area appeared to be 22.7a for the cost effective management.

Keywords : Vegetable soybean thresher, Threshing and separating performance, Operating cost, Field capacity

1. 서론

팻콩의 국내소비가 점차 증가하는 추세에 있으며, 재배면적 또한 증가 추세에 있다. 그러나 팻콩의 생산 작업 과정 중 수확작업은 인력에 의해 행해지고 있으며, 팻콩의 탈협 및 정선작업에 소요되는 시간은 10a당 56시간으로서 전체 팻콩 생산에 소요되는 노동력의 80%를 차지하고 있다(홍은희 외 1992). 따라서 탈협, 정선, 선별, 이송을 일괄적으로 처리할 수 있고, 일반 농가에서 조작이 용이하고, 작업성이 우수한 팻콩 탈협기의 개발이 절실히 필요하다.

본 연구는 지금까지의 기초 실험 결과(김태한 외, 2002, 김태한 외, 2004)를 토대로 미탈협율과 손상율을 최소화할 수

있는 팻콩 탈협기의 탈협장치와 선별 및 정선장치를 설계하여 팻콩 탈협기를 제작하였다. 또한 개발된 팻콩 탈협기의 포장성능시험을 실시하여 성능을 평가하고, 경제성분석을 통해 적정재배규모를 산출하였다.

2. 재료 및 방법

가. 팻콩 탈협기 제작

그림 1은 개발 제작한 팻콩 탈협기를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 탈협부, 선별부, 정선부와, 동력 전달장치 등으로 구성하였다.

This Study was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea. The article was submitted for publication in May 2005, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in June 2005. The authors are Tae Han Kim, Professor, and H. K. Lim, Sam Hwa Machinery CO., Taegu, Korea. The corresponding author is Tae Han Kim, Professor, Agricultural Machinery Engineering, Kyungpook National University, 1370 Sankyuk-dong, Buk-gu, Daegu, 702-701, Korea; Fax : +82-53-950-6780; E-mail : <thakim@knu.ac.kr>

1) 탈엽부

탈엽부는 급동과 급동에 부착한 급치로 구성되며, 급동은 모터(220V, 60 Hz, 단상, 1마력)를 이용하여 구동하였다.

급동의 크기는 지름 300 mm, 길이 400 mm이며, 재질은 철재를 사용하였고, 급치는 제2보(김 등, 2004)의 설계요인 구명시험결과에 의해 쇼어경도 80의 고무재 급치를 제작하였다. 급치는 제2보에서 설명한 바와 같이 $\Phi 6$ mm의 철선을 역 U자형으로 제작한 프레임에 $\Phi 20$ mm, 두께 3 mm의 원형철판을 용접하고 그 외부를 두께 20 mm, 하부폭 50 mm, 높이 70 mm의 쇼어경도 80인 고무재질로 둘러싸인 구조로 제작하였다. 또한 급치 배열간격은 제1보(김 등, 2002)의 탈엽장치 설계요인구명시험에서 최적으로 나타난 128 mm로 하여 탈엽부를 제작하였다.

그림 2는 급동에 급치를 배열한 탈엽부의 형상을 나타낸 것이다.

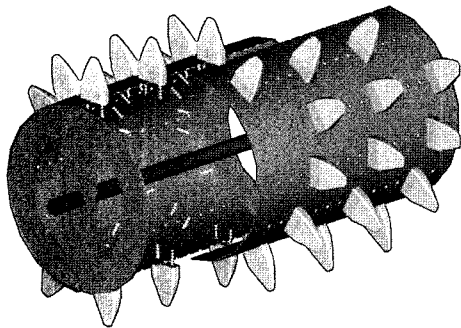


Fig. 2 Schematic diagram of drum.

2) 선별부

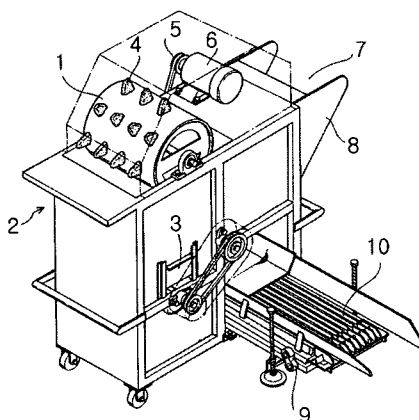
선별과정은 탈엽과정에서 발생한 탈엽이 완료된 꽃콩과 불순물이 혼합된 상태의 탈엽물로부터 꽃콩과 불순물을 분리하는 과정이다. 선별장치는 제2보(김 등, 2004)의 설계요인 구명 시험결과에 따라 가로 400 mm, 세로 180 mm의 직사각형의 평판 4매를 90°간격으로 배열하여 부착한 송풍기를 제작하였으며, 송풍기의 1회전당 송풍량은 0.07 m³이었다. 송풍기의 상부에 설치하는 공기흡입구의 개구비는 60%~80%범위로 조절할 수 있도록 제작하였다.

3) 정선부

정선장치는 탈엽과정과 선별과정을 거친 꽃콩으로부터 상품성이 떨어지는 1립의 꼬투리와 기타 꽃콩의 지경 등을 정선하는 장치로서, 직경 10 mm의 강봉을 틈 간격이 9 mm로 배치한 진동정선체를 제작하였다. 이와 같이 강봉의 틈 간격을 9 mm로 한 것은 꽃콩의 물성시험(김 외, 2002) 결과에서 종실수가 2립 이상인 꽃콩 꼬투리의 평균 두께가 9.4 mm이기 때문이다. 이것은 정선시 종실수가 1립인 꽃콩과 잘려진 지경이 정선체 아래서 떨어지도록 하기 위한 것이다. 또한 정선체를 구동하기 위해 중심으로부터 10 mm 편심되어진 편심축을 구동하여 정선체에 진동을 가하게 하였다.

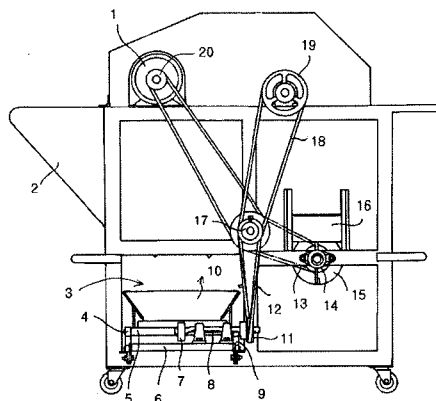
4) 동력전달부

꽃콩 탈엽기의 급동부와 정선부, 선별부의 구동을 위해 모터로부터의 동력을 중간 풀리를 이용하여, 각부로 분배하여 전달토록 하였으며, 중간풀리와 각 구동부의 풀리 직경을 그



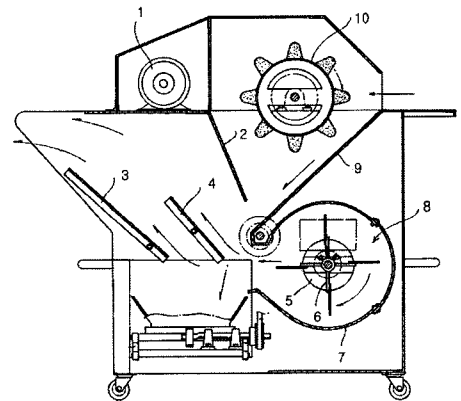
(a) Profile of thresher

1-drum, 2-main body, 3-suction port, 4-tooth, 5-drive pulley, 6-motor, 7-outlet, 8-guide plate, 9-eccentric bearing, 10-sorting bar



(b) Side view of thresher

1-motor, 2-guide plate, 3-cleaning part, 4,5,9-eccentric bearing, 6-lower frame, 7-connector, 8-eccentric shaft, 10-shaking screen, 11,17,19,20 - pulley, 12,13,18-belt, 14-fan, 15-suction port, 16-shutter



(c) Sectional view of thresher

1-motor 2,9-grain pan, 3,4-grain tailing plate, 5-suction port, 6-fan, 7-fan case, 8-blast part, 10-drum

Fig. 1 Developed vegetable soybean thresher.

림 3과 같이 제작하여 각부의 적정회전속도가 가능하도록 하였다. 주 동력원인 모터의 풀리 직경은 $\Phi 63$, 중간풀리는 $\Phi 140$, $\Phi 127$, $\Phi 75$ 의 3종류로 나누어져 있어, 급동회전에는 모터로부터 중간풀리($\Phi 75$)를 거쳐 급동부 풀리($\Phi 204$)로 전달시켜 급동의 최종 회전수를 290 rpm이 되도록 하였다. 이는 제2보(김 등, 2004)의 탈협장치설계요인 구명시험에서 급동의 적정 주속도가 5.8~8.1 m/s로 나타남에 따라 급동의 회전수를 290 rpm(급동주속도 6.9 m/s)으로 설정하기 위한 것이다.

송풍기의 회전은 모터로부터 중간풀리($\Phi 127$)를 거쳐 송풍기 풀리 ($\Phi 75$)로 전달시켜 송풍기의 회전수를 1300 rpm으로 설정하였다. 이는 제2보(김 등, 2004)의 설계요인 구명시험에서 송풍기의 회전수가 1300 rpm이 가장 적합하다는 결과에 따른 것이다.

정선편의 진동수는 정선편의 진동수를 10.2 Hz에서 20.5 Hz까지 5단계로 변화시키면서 정선편 성능을 평가한 결과 최적 진동수가 15.2 Hz로 나타난 결과에 따라 모터로부터 중간풀리($\Phi 75$)를 거쳐 정선편 풀리($\Phi 63$)로 전달시켜서 정선편의 진동수가 15.2 Hz가 되도록 하였다.

나. 공시재료

본 연구에서 개발한 풋콩 탈협기의 성능시험을 위해 현재

농가에서 많이 재배하고 있는 품종인 석량(*Glycine max(L)*)을 사용하였다.

시험에 사용된 풋콩의 함수율은 평균 72.2%였으며, 풋콩의 물리적 특성은 다음의 표 1과 같다. 3립 꼬투리의 평균무게, 길이, 폭, 두께는 4.0 g, 61.4 mm, 14.0 mm, 10.1 mm로 나타났으며, 풋콩의 경장은 약 69 cm 정도로 제1보(김 등, 2002)에서 조사한 풋콩의 물리적 특성과 거의 유사한 것으로 나타났다.

다. 시험방법

시험은 수확적이인 8월에 청송군에 소재하는 풋콩재배농가의 포장에서 실시하였으며 탈협, 정선, 선별성능 및 작업능률을 평가하였다. 그림 4는 포장에서의 성능시험모습을 나타낸 것이다.

라. 조사 및 분석 항목

1회 풋콩 탈협기에 투입되어지는 포기수는 제1보(김 등, 2002), 제2보(김 등, 2004)의 설계요인 구명시험결과에 의해 10포기(평균 1.2~1.5 kg)씩 투입하였다. 시험항목으로는 탈협 후 가지에 붙어있는 풋콩 꼬투리의 전체무게, 완전 탈협된 것 중 손상되지 않은 풋콩 꼬투리의 무게, 완전 탈협된 것

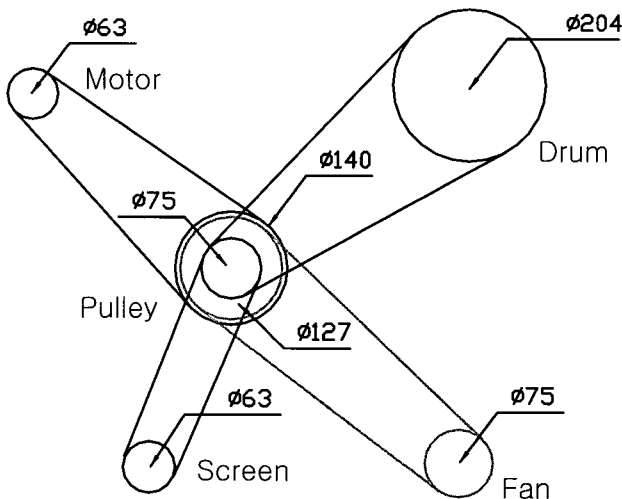


Fig. 3 Power transmission of thresher.

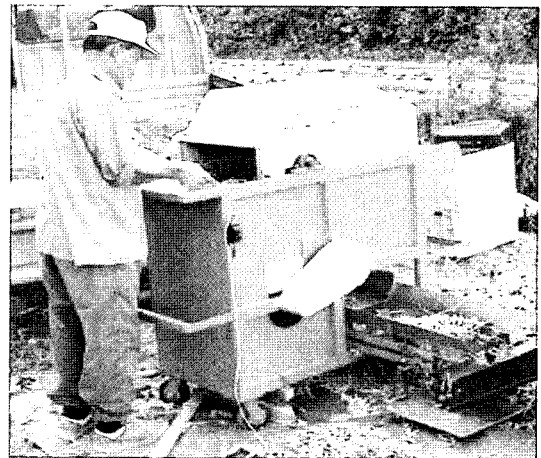


Fig. 4 Picture of performance test of thresher in a field.

Table 1 Physical properties of vegetable soybean used in field test.

No. of grain Classi.	1			2			3		
	Mean ± S.D	Min	Max	Mean±S.D	Min	Max	Mean ± S.D	Min	Max
Weight (g)	1.4 ± 0.7	0.4	7.2	2.6 ± 0.7	10.1	4.1	4.0 ± 0.8	1.6	6.1
Length (mm)	41.0 ± 7.0	30.5	53.2	52.4 ± 4.6	38.5	6798	61.4 ± 6.3	52.8	69.2
Width (mm)	13.4 ± 1.0	11.3	16.1	13.8 ± 0.8	11.9	16.5	14.0 ± 0.9	12.1	16.8
Thickness (mm)	8.4 ± 1.2	4.6	11.1	9.3 ± 1.2	7.6	11.0	10.1 ± 110	7.8	11.3
Number	150			150			150		

손상된 팥콩 꼬투리의 무게, 완전 탈협된 것 중 미숙립 무게, 지경이 부착된 채 탈협된 것 중의 팥콩 꼬투리 무게, 탈협물 중 지경의 무게, 잎 등 기타 불순물 무게를 각각 측정하였다.

미탈협율은 팥콩 꼬투리의 전체 무게에 대한 탈협작업 후 가지에 붙어있는 팥콩 꼬투리와 지경이 부착된 채 탈협된 것의 팥콩 꼬투리를 합한 무게의 비율이며, 손상율은 완전 탈협된 팥콩의 전체 무게에 대한 손상된 팥콩 꼬투리의 무게의 비율이다. 팥콩의 손상판정은 팥콩영농조합법인의 조합원들이 다년간의 경험에 의해 육안으로 판별하여 팥콩의 표피에 균열이 가거나 심한 상처가 발생하여 가공, 저장시 품질에 영향을 미친다고 판단되는 것을 손상으로 분류하였다.

선별율은 탈협성능 시험 후 각 불순물 별로 전체 불순물의 무게에 대한 선별된 불순물의 무게의 비로 정의하였다. 또한 팥콩 꼬투리의 정선율은 정선되어야할 전체 꼬투리수에 대한 정선된 꼬투리수의 비로 하였고 잘려진 지경의 정선율은 정선되어야할 지경전체의 무게에 대한 정선된 지경의 무게비로 하였다. 그리고 단위면적당 인력에 의한 팥콩의 탈협, 선별, 정선작업에 소요되는 노동력과 개발한 팥콩 탈협기를 사용한 경우의 소요 노동력을 조사하였다. 농가에서 인력에 의한 팥콩의 수확작업은 남자 1명, 여자 6명이 한조가 되어 작업을 하므로 이 들의 작업능률을 조사하였다. 또한 개발한 팥콩 탈협기를 사용한 경우에는 중노동의 여부 및 인건비를 고려할 때 남자 2명, 여자 1명이 한조가 되어 작업을 하는 것이 경제 적이라는 판단아래 이를 기준으로 작업능률을 조사하였다. 각 성능 시험은 3~5회 반복 실시하였다.

마. 경제성 분석

팥콩 탈협기의 경제성 분석을 위해 관행적인 방법에 의한 고정비와 변동비를 계산하고 개발된 팥콩 탈협기의 연간고정 비용과 기계비용을 산출하여, 팥콩 탈협기의 손익분기규모를 산출하였다. 또한 팥콩 탈협기 이용에 의한 소요비용의 절감 효과를 평가하였다.

경제성 분석에 있어서는 기계의 감가상각비의 산정은 직선 법에 의해 산출하였으며, 기계의 폐기가격은 구입가의 10%

로 하였으며, 내구년수는 10년, 연간 기계수리비는 기계구입 금액의 5%, 연간 이자율은 기계구입금액의 4%로 하였고, 팥콩 탈협기의 사용에 따른 전기료는 1,000원/kWh, 1일당 임금은 남자 50,905원, 여자 34,184원(한국농업기계학회, 2003)으로 현금지급액과 급식물평가액을 합한 것으로 산출하였다. 또한 팥콩 탈협기의 구입가격은 3,000,000원으로 하여 계산 하였다.

팥콩 탈협기의 경제성 분석을 위한 손익분기 재배규모는 다음 식에 의해 산출하였다.

$$H = \frac{A}{C - V}$$

여기서, H : 손익분기 재배규모(10a)

A : 기계의 연간 고정비용(원)

C : 단위면적당 인력작업비용(원/10a)

V : 단위면적당 기계변동비용(원/10a)

3. 결과 및 고찰

가. 탈협, 선별성능

표 2는 제작한 팥콩 탈협기를 이용하여 팥콩의 탈협성능, 선별성능을 시험한 결과를 나타낸 것이다. 표에서와 같이 팥콩의 탈협성능 시험 결과 팥콩의 미탈협율은 1.5%정도로 나타났으며, 탈협된 팥콩의 손상율은 1.8% 정도로 나타나 탈협 장치 설계요인 구명시험을 통한 시험 결과와 유사한 경향을 보였다.

탈협된 팥콩의 선별성능시험 결과 선별율은 약 81%로 나타나 설계요인 구명시험결과의 78%보다 다소 높게 나타났다. 탈협선별된 팥콩의 정선성능 시험 결과 팥콩 꼬투리의 정선율은 0.05%로 아주 낮게 나타났으나, 잘려진 지경의 정선율은 95%로 높게 나타났다.

나. 포장작업능률

표 3은 팥콩 탈협기의 포장작업능률을 조사한 것이다.

Table 2 Performance of developed vegetable soybean thresher.

Classification		No. of repeat test					Mean±SD
		1	2	3	4	5	
Unthreshed pod ratio (%)		1.8	1.4	1.6	1.5	1.2	1.5±0.2
Damaged pod ratio (%)		2.1	1.7	1.6	2.2	1.4	1.8±0.3
Seperation ratio (%)		85	75	84	77	84	81±4
sorting ratio (%)	stem	93	97	98	90	97	95±3
	Pod	0.03	0.04	0.06	0.07	0.05	0.05

Table 3 Field capacity of developed vegetable soybean thresher.

Classification	No. of repeat test			Mean
	1	2	3	
Machine capacity (kg/hr)	67.9	67.2	66.7	67.3
Man (hr/10a)	57.2	56.3	55.4	56.3
Machine (hr/10a)	4.8	5.1	4.6	4.8

표에서와 같이 탈협기의 시간당 처리량은 67 kg으로 나타났다. 인력에 의한 풋콩의 수확작업은 1 ha당 포장으로부터 풋콩포기를 뽑아 작업장소로 모으는데 남자 1명, 풋콩포기로부터 풋콩 꼬투리를 수확하는데 여자 6명 등 7명의 작업자가 10일 동안 작업을 하여야 하는 것으로 조사되어 10a당 56.3 시간이 소요되었다. 반면에 개발한 풋콩 탈협기를 사용한 경우에는 1 ha당 포장으로부터 풋콩 포기를 뽑아 작업장소로 모으는데 남자 1명, 풋콩 탈협 작업에 남자 1명, 여자 1명 등 모두 3명의 작업자가 2일간 작업을 하는 것으로 조사되어 10a당 4.8시간이 소요되었다.

따라서 풋콩 탈협기를 이용한 작업의 경우가 인력대비 약 11.7배의 노동력을 절감할 수 있는 것으로 나타났다. 본 조사는 1일 작업가능 시간을 8시간으로 하였다.

다. 경제성 분석

표 4는 경제성 분석결과를 나타낸 것이다. 기계의 연간사용 시간은 기계의 작업능률과 풋콩의 수확 적기를 고려하여 100 시간으로 하였다. 또한 탈협기의 전력사용량을 조사한 결과 0.33 kW나타났다. 표에서와 같이 인력에 의한 풋콩수확작업 비용은 1 ha당 2,560,000원이 소요되며, 풋콩 탈협기에 의한 작업의 경우에는 기계의 감가상각비, 수리비, 이자 등을 포함

Table 4 Analysis of economic efficiency.

Item		Manual	Prototype	Remark
Purchase price (Won)			3,000,000	
Durable year (yr)			10	
Total utilization (hr/yr)			100	
Fixed cost (won/yr)	Depreciation		285,000	straight-line method
	Repair cost		150,000	5% annual
	Interest		80,000	4% annual
	Subtotal		515,000	
Variable cost (won/ha)	Labour	2,560,000	272,000	
	Power cost		16,000	1,000won/kwh
Performance (hr/ha)		560	48	
Total (won/ha)		2,560,000	803,000	

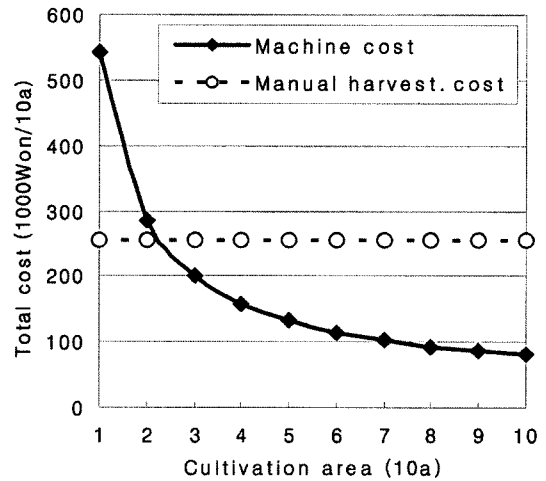


Fig. 5 Break-even point of the vegetable soybean thresher.

하여 산출한 결과 1 ha당 803,000원의 비용이 소요되는 것으로 나타나 인력에 의한 작업에 비해 69%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.

그림 5는 풋콩 탈협기의 손익분기 재배규모를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 기계의 이용비는 재배면적의 증가에 따라 점차 감소하여 재배면적이 22.7a일 때 기존의 인력에 의한 수확작업 비용과 같게 되어 기계이용의 손익분기 재배규모로 나타났다. 따라서 풋콩 탈협기를 이용한 풋콩재배의 적정규모는 최소 22.7a이상이 되어야 인력에 의한 풋콩 수확작업에 비해 경제적인 것임을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

풋콩 생산과정 중 탈협, 정선과정에 차지하는 노동력비중이 전체의 80%를 차지하므로 풋콩 탈협작업의 기계화가 필요하다. 본 연구는 우리나라 농가의 경영규모 및 재배환경에 적합한 풋콩 탈협기 개발을 위해 수행하였다. 풋콩 탈협기 개발을 위한 설계인자 요인 구명시험 결과를 기준으로 풋콩 탈협기를 제작하고 이를 이용하여 포장성능시험을 통해 개발한 풋콩 탈협기의 성능평가를 하였다. 또한 경제성분석을 통해 기존의 인력에 의한 풋콩 수확작업과 비교하여 풋콩 탈협기의 이용을 위한 적정재배규모를 산출한 결과는 다음과 같다.

- (1) 팥콩 탈엽기의 탈엽부의 급동 형상은 지름 300 mm, 길이 400 mm이며, 재질은 철재를 사용하였으며, 급치는 설계 요인 구명시험결과에 의해 쇼어경도 80의 고무재 급치를 제작하였다. 급치배열간격은 탈엽장치 설계요인 구명시험에서 최적으로 나타난 128 mm로 하여 탈엽부를 제작하였다.
- (2) 선별부는 가로 400 mm, 세로 180 mm의 직사각형의 평판 4매를 90°간격으로 배열 부착한 송풍팬을 제작하였으며, 송풍팬의 회전수가 1300 rpm로 되게 제작하였다.
- (3) 정선부는 직경 10 mm의 강봉을 틈간격 9 mm로 배치한 진동정선체를 제작하였으며, 정선체는 중심으로부터 10 mm 편심된 편심축을 제작, 구동하여 진동을 가하도록 제작하였다.
- (4) 개발한 팥콩 탈엽기의 탈엽성능을 시험한 결과 팥콩의 미탈엽율은 1.5%였으며, 탈엽된 팥콩의 손상율은 1.8%로 나타났다.
- (5) 개발한 팥콩 탈엽기의 선별성능을 시험 결과 선별율은 81%로 나타났다.
- (6) 개발된 팥콩 탈엽기의 작업능률은 4.8 hr/10a 로서 인력

에 의한 작업에 비해 11.7배의 노동력 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 인력에 의한 작업의 경우 경비는 1 ha당 2,560,000원이 소요되며, 팥콩 탈엽기에 의한 작업시에는 1 ha당 803,000원의 비용이 소요되어 69%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.

- (7) 팥콩 탈엽기를 이용한 팥콩재배의 적정규모는 최소 22.7a 이상이 되어야 인력에 의한 팥콩 수확작업에 비해 경제적인 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김태한 외. 2002. 팥콩탈엽기 개발을 위한 기초연구(I) - 팥콩의 물성 및 탈엽특성 -. 한국농업기계학회지 27(2):89-96.
2. 김태한 외. 2004. 팥콩탈엽기 개발을 위한 기초연구(II) - 탈엽 및 선별특성 -. 바이오시스템공학 29(5):433-440.
3. 한국농업기계학회, 한국 농업기계공업협동조합. 2003. 농업기계 연감 p. 73.
4. 홍은희 외. 1992. 수출유망품목 생두 생산 기술 및 유통 조사연구, 농촌진흥청연구보고서. pp. 56-72.