

팥콩 탈협기 개발 Development of Vegetable Soybean Thresher

김태한* 임학규** 오대건*
정회원 정회원 정회원
T. H. Kim H. K. Lim

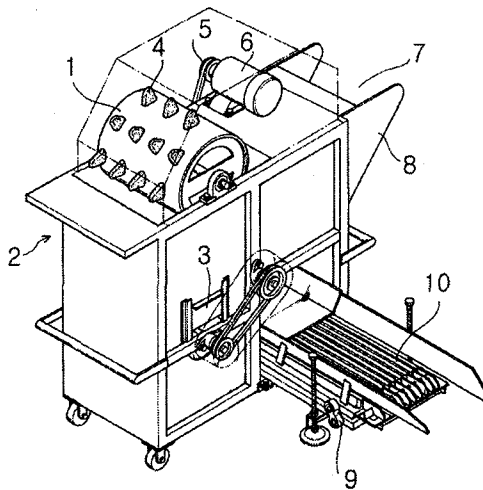
1. 서론

팥콩의 국내소비가 점차 증가하는 추세에 있으며, 재배면적 또한 증가 추세에 있다. 그러나 팥콩의 생산 작업 과정 중 수확작업은 인력에 의해 행해지고 있으며, 팥콩의 탈협 및 정선 작업에 소요되는 시간은 10a당 56시간으로서 전체 팥콩 생산에 소요되는 노동력의 80를 차지하고 있다.(홍은희 외 1992). 따라서 탈협, 정선, 선별, 이송을 일괄적으로 처리할 수 있고, 일반 농가에서 조작이 용이하고, 작업성이 우수한 팥콩 탈협기의 개발이 절실히 필요하다. 본 연구는 지금까지의 기초 실험 결과(김태한 외, 2002, 김태한 외, 2004)를 토대로 미탈협을 과 손상율을 최소화할 수 있는 팥콩 탈협기의 탈협장치와 선별 및 정선장치를 설계하여 팥콩 탈협기를 제작하였다. 또한 개발된 팥콩 탈협기의 포장성능시험을 실시하여 성능을 평가하고, 경제성분석을 통해 개발한 팥콩 탈협기 사용을 위한 적정재배규모를 산출하였다.

2. 재료 및 방법

가. 팥콩 탈협기 제작

그림1은 개발 제작한 팥콩 탈협기를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 탈협부, 선별부, 정선부, 동력 전달장치 등으로 구성하였다.



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,

Fig. 1 Developed vegetable soybean thresher

* 경북대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과

** 삼화기계

1) 탈협부

탈협부는 급동과 급동에 부착한 급치로 구성되며, 급동은 모터(220V, 60Hz, 단상, 1마력)를 이용하여 구동하였다. 급동의 크기는 지름 300mm, 폭 400mm이며, 재질은 철재를 사용하였고, 급치는 제2보(김 등,2004)의 설계요인 구명시험결과에 의해 쇼어경도 80의 고무재 급치를 제작하였다. 급치는 제2보(김 등,2004)에서 설명한 바와 같이 $\Phi 6\text{mm}$ 의 철선을 역U자형으로 제작한 프레임에 $\Phi 20\text{mm}$, 두께 3mm의 원형철판을 용접하고 그 외부를 두께 20mm, 하부폭 50mm, 높이 70mm의 고무재질로 둘러싸인 구조로 제작하였다. 또한 급치 배열간격은 제1보(김 등, 2002)의 탈협장치 설계요인구명시험에서 최적으로 나타난 128mm로 하여 탈협부를 제작하였다.

2) 선별부

선별과정은 탈협과정에서 발생한 탈협이 완료된 찝콩과 불순물이 혼합된 상태의 탈협물로부터 찝콩과 불순물을 분리하는 과정이다. 선별장치는 제2보(김 등,2004)의 설계요인 구명시험결과에 따라 가로 400mm, 세로 180mm의 직사각형의 평판 4매를 90° 간격으로 배열하여 부착한 송풍기를 제작하였으며, 송풍기의 1회전당 송풍량은 0.07m^3 이었다. 송풍기의 상부에 설치하는 공기흡입구의 개구비는 제2보(김 등,2004)의 설계요인 구명시험의 결과에 따라 60%~80%범위로 조절할 수 있도록 제작하였다.

3) 정선부

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

4) 동력전달부

찝콩 탈협기의 급동부와 정선부, 선별부의 구동을 위해 모터로부터의 동력을 중간 풀리를 이용하여, 각부로 분배하여 전달토록 하였으며, 중간풀리와 각 구동부의 풀리 직경을 그림2과 같이 제작하여 각부의 적정회전속도가 가능하도록 하였다.

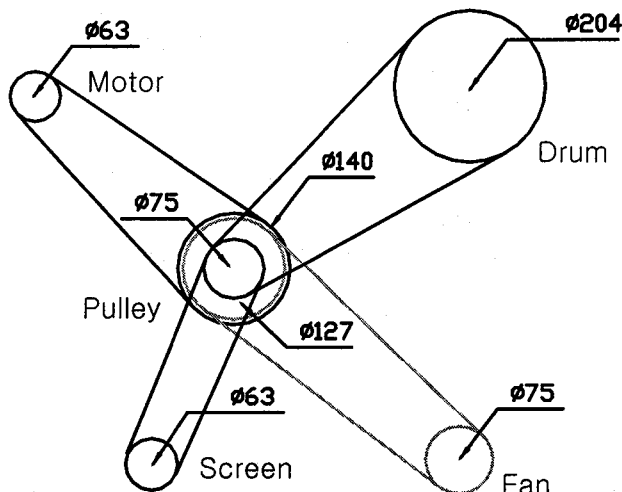


Fig. 2 Power transmission of thresher

주 동력원인 모터의 폴리 직경은 $\Phi 63$, 중간폴리는 $\Phi 140$, $\Phi 127$, $\Phi 75$ 의 3종류로 나누어져 있어, 급동회전에는 모터로부터 중간폴리($\Phi 75$)를 거쳐 급동부 폴리 ($\Phi 204$)로 전달시켜 급동의 최종 회전수를 290rpm이 되도록 하였다. 이는 제2보(김 등,2004)의 탈협장치설계요인 구명시험에서 급동의 적정 주속도가 5.8~8.1m/s로 나타남에 따라 급동의 회전수를 290rpm(급동주속도6.9m/s)으로 설정하기 위한 것이다. 송풍기의 회전은 모터로부터 중간폴리($\Phi 127$)를 거쳐 송풍기 폴리 ($\Phi 75$)로 전달시켜 송풍기의 회전수를 1300rpm으로 설정하였다. 이는 제2보(김 등,2004)의 설계요인 구명시험에서 송풍기의 회전수가 1300rpm이 가장 적합하다는 결과에 따른 것이다. 정선체의 진동수는 정선체의 진동수를 10.2Hz에서 20.5Hz까지 5단계로 변화시키면서 정선 성능을 평가한 결과 최적 진동수가 15.2Hz로 나타난 결과에 따라 모터로부터 중간폴리($\Phi 75$)를 거쳐 정선체 폴리($\Phi 63$)로 전달시켜서 정선체의 진동수가 15.2Hz가 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 4.0g, 61.4mm, 14.0mm, 10.1mm로 나타났으며, 풋콩의 경장은 약 69cm 정도로 제1보(김 등,2002)에서 조사한 풋콩의 물리적 특성과 거의 유사한 것으로 나타났다.

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

No. of grain Classi.	1			2			3		
	Mean \pm S.D	Min	Max	Mean \pm S.D	Min	Max	Mean \pm S.D	Min	Max
Weight(g)	1.4 \pm 0.7	0.4	7.2	2.6 \pm 0.7	10.1	4.1	4.0 \pm 0.8	1.6	6.1
Length(mm)	41.0 \pm 7.0	30.5	53.2	52.4 \pm 4.6	38.5	67.98	61.4 \pm 6.3	52.8	69.2
Width(mm)	13.4 \pm 1.0	11.3	16.1	13.8 \pm 0.8	11.9	16.5	14.0 \pm 0.9	12.1	16.8
Thickness(mm)	8.4 \pm 1.2	4.6	11.1	9.3 \pm 1.2	7.6	11.0	10.1 \pm 1.10	7.8	11.3
Number	150			150			150		

다. 시험방법

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



Fig. 4 Picture of performance test of thresher in field

라. 조사 및 분석 항목

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

무게, 완전 탈협된 것 중 손상된 풋콩 꼬투리의 무게, 완전 탈협된 것 중 미숙립 무게, 지경이 부착된 채 탈협된 것 중의 풋콩 꼬투리 무게, 탈협물 중 지경의 무게, 잎 등 기타 불순물 무게를 각각 측정하였다. 미탈협율은 풋콩 꼬투리의 전체 무게에 대한 탈협작업 후 가지에 붙어있는 풋콩 꼬투리와 지경이 부착된 채 탈협된 것 중의 풋콩 꼬투리를 합한 무게의 비율이며, 손상율은 완전 탈협된 풋콩의 전체 무게에 대한 손상된 풋콩 꼬투리의 무게의 비율이다. 풋콩의 손상판정은 풋콩영농조합법인의 기준에 의하여 육안으로 판별하여 풋콩의 표피에 균열이 가거나 심한 상처가 발생하여 가공, 저장시 품질에 영향을 미친다고 판단되는 것을 손상으로 규정하였다. 선별율은 탈협성능 시험 후 각 불순물 별로 전체 불순물의 무게에 대한 선별된 불순물의 무게의 비로 정의하였다. 또한 손실율은 꼬투리내의 종실수가 1개 이상인 꼬투리 전체 무게에 대한 풍력에 의해 날려나간 꼬투리 전체 무게의 비로 정의하였다. 또한 풋콩 꼬투리의 정선율은 정선되어야할 전체 꼬투리수에 대한 정선된 꼬투리수의 비로 하였고 잘려진 지경의 정선율은 정선되어야할 지경전체의 무게에 대한 정선된 지경의 무게 비로 하였다. 그리고 단위면적당 인력에 의한 풋콩의 탈협, 선별, 정선작업에 소요되는 노동력과 개발한 풋콩 탈협기를 사용한 경우의 소요 노동력을 조사하였다. 각 성능 시험 5회 반복 실시하였다.

마. 경제성 분석

풋콩 탈협기의 경제성 분석을 위해 관행적인 방법에 의한 고정비와 변동비를 계산하고 개발된 풋콩 탈협기의 연간고정비용과 기계비용을 산출하여, 풋콩 탈협기의 손익분기규모를 산출하였다. 또한 풋콩 탈협기 이용에 의한 소요비용의 절감효과를 평가하였다. 경제성 분석에 있어서는 기계의 감가상각비의 산정은 직선법에 의해 산출하였으며, 기계의 폐기가격은 구입가의 10%로 하였으며, 내구년수는 10년, 연간 기계수리비는 기계구입금액의 5%, 연간 이자율은 기계구입금액의 4%로 하였고, 풋콩 탈협기의 사용에 따른 전기료는 1,000원/kwh, 1일당 임금은 남자 50,905원, 여자 34,184원(한국농업기계학회, 2003)으로 현금지급액과 급식물평가액을 합한 것으로 산출하였다. 또한 풋콩 탈협기의 구입가격은 3,000,000원으로 하여 계산하였다.

풋콩 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, 선별, 정선성능

제작한 풋콩 탈협기를 이용하여 풋콩의 탈협성능, 선별성능, 정선성능을 시험하였다. 풋콩의 탈협성능 시험 결과 풋콩의 미탈협율은 1.5%정도로 나타났으며, 탈협된 풋콩의 손상율은 1.8% 정도로 나타나 탈협장치 설계요인 구명시험을 통한 시험 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 탈협된 풋콩의 선별성능시험 결과 선별율은 약 81%로 나타나 설계요인 구명시험 결과의 78%보다 다소 높게 나타났다. 탈협, 선별된 풋콩의 정선성능시험 결과 풋콩 꼬투리의 정선율은 0.05%로 아주 낮게 나타났으나 잘려진 지경의 정선율은 95%로 높게 나타났다.

나. 작업능률

인력에 의한 풋콩의 수확작업은 1ha당 포장으로부터 풋콩포기를 뽑아 작업장소로 모으는데 남

자 1명, 풋콩포기로부터 풋콩 꼬투리를 수확하는데 여자 6명 등 7명의 작업자가 10일 동안 작업을 하여야 하는 것으로 조사되어 10a당 56시간이 소요되며 반면에 개발한 풋콩 탈협기를 사용한 경우에는 1ha당 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 2는 경제성 분석결과를 나타낸 것이다.

Table 2. 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/1ha)		2,560,000	803,000	

기계의 연간사용시간은 기계의 작업능률과 풋콩의 수확 적기를 고려하여 100시간으로 하였다. 표에서와 같이 인력에 의한 풋콩수확작업 비용은 1ha당 2,560,000원이 소요되며, 풋콩 탈협기에 의한 작업의 경우에는 기계의 감가상각비, 수리비, 이자 등을 포함하여 산출한 결과 1ha당 803,000원의 비용이 소요되는 것으로 나타나 인력에 의한 작업에 비해 69%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.

그림 5는 풋콩 탈협기의 손익분기 재배규모를 나타낸 것이다.

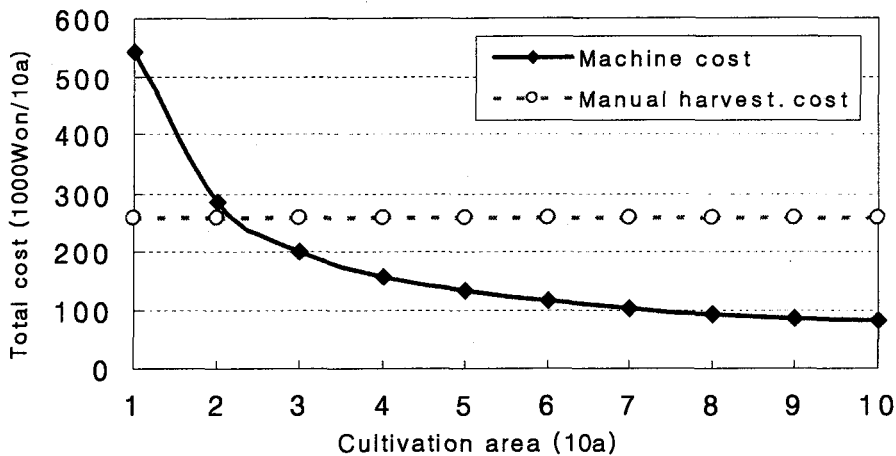


Fig. 5 Break-even point of the vegetable soybean thresher

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 22.7a 이상이 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 탈협기 개발이 필요하다. 본 연구는 우리나라 농가의 경영규모 및 재배환경에 적합한 풋콩 탈협기 개발을 위해 수행하였으며 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. 풋콩 탈협기의 탈협부의 급동 형상은 지름 300mm, 길이 400mm이며, 재질은 철재를 사용하였으며, 급치는 설계요인 구명시험결과에 의해 쇼어경도 80의 고무재 급치를 제작하였다. 급치배열간격은 탈협장치 설계요인 구명시험에서 최적으로 나타난 128mm로 하여 탈협부를 제작하였다.
2. 선별부는 가로 400mm, 세로 180mm의 직사각형의 평판 4매를 90°간격으로 배열 부착한 송풍팬을 제작하였으며, 송풍팬의 회전수가 1300rpm로 되게 제작하였다.
3. 정선부는 직경 10mm의 강봉을 틈간격 9mm로 배치한 진동정선체를 제작하였으며, 정선체는 중심으로부터 10mm 편심된 편심축을 제작, 구동하여 진동을 가하도록 제작하였다.
4. 개발한 풋콩 탈협기의 탈협성능을 시험한 결과 풋콩의 미탈협율은 1.5%였으며, 탈협된 풋콩의 손상율은 1.8%로 나타났다.
5. 개발한 풋콩 탈협기의 선별성능을 시험 결과 선별율은 81%로 나타났다.
6. 개발된 풋콩 탈협기의 작업능률은 4.8hr/10a 로서 인력에 의한 작업에 비해 11.7배의 노동력 절감효과가 있는 것으로 나타났다. 그리고 인력에 의한 작업의 경우 경비는 1ha당 2,560,000원이 소요되며, 풋콩 탈협기에 의한 작업시에는 1ha당 803,000원의 비용이 소요되어 69%의 비용절감효과가 있는 것으로 나타났다.
7. 풋콩 탈협기를 이용한 풋콩재배의 적정규모는 최소 22.7a 이상이 되어야 인력에 의한 풋콩 수확작업에 비해 경제적인 것으로 나타났다.

5.참고 문헌

1. 김태한 외. 2002. 풋콩탈협기 개발을 위한 기초연구(I) - 풋콩의 물성 및 탈협특성 -. 한국농업기계학회지 27(2):89-96
2. 김태한 외. 2004. 풋콩탈협기 개발을 위한 기초연구(II) - 탈협 및 선별특성 -. 바이오시스템공학 29(5):433-440
3. 한국농업기계학회, 한국 농업기계공업협동조합. 2003. 농업기계연감 p73.
4. 홍은희 외. 1992. 수출유망품목 생두 생산 기술 및 유통 조사연구, 농촌진흥청연구보고서. pp. 56-72