

급동 급치식 풋콩 탈협기 개발을 위한 기초 연구

임학규* · 이정택 · 김태한

경북대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과

*경북대학교 농업과학기술 연구소

Development of Vegetable Soybean Thresher with Tooth Type

Hack-Kyu Lim, Jeong-Taeg Lee, Tae-Han Kim

*Department of Bio-industrial Machinery Engineering College of Agriculture and Life Sciences,
Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*

Abstract

Worldwide consumption of vegetable soybean has been increasing recently, hence it is necessary to produce good quality of soybean in our farms. In the process of vegetable soybean production threshing and seperation work accounts for about 80% of overall labor. Therefore, developing of the vegetable soybean thresher is necessary to reduce the cost of labor.

The purpose of this study is to acquire the basic informations to design of the vegetable soybeans-thresher. We make the experimental system which measure the physical properties and investigate the detachment forces. Also, We calculated the minimum speed of threshing cylinder
The result are as follows;

1. The average length of soybean stem is 68.2cm.
2. The lengths of soybean pods are seen as 61.3mm for 3 grains, 52.6mm for 2 grains and 41.0mm for 1 grain.
3. The widths of soybean pods are seen as 14.1mm for 3 grains, 13.8mm for 2 grains and 13.4mm for 1 grain.
4. The weights of soybean pods are seen as 4.1grams for 3 grains, 2.7grams for 2 grains and 1.4grams for 1 grain.
5. The average detachment forces of pods are seen as 1.5kgf for 3 grains, 1.2kgf for 2 grains and 0.8kgf for 1 grain respectively For 1 grain, the detachment force of pods ranges from 0.2kgf to 1.4kgf. For 2 grains, the minimum detachment force of pods is seen as 0.6kgf and the maximum one is seen as 2.5kgf. For 3 grains, the minimum detachment force of pods is seen as 0.7kgf and the maximum one is seen as 2.7kgf.

6. The minimum speed of threshing cylinder is shown 6.83m/s.

Key words : vegetable soybean thresher, physical properties, detachment force, speed of threshing cylinder, tooth

서 언

최근 식품 산업의 발달로 신선 풋콩의 국내 소비가 점차 증가 추세에 있다. 우리나라에서 재배되는 풋콩은 큰올콩, 화엄풋콩, 화성풋콩, 석량풋콩, 선혹콩 등이 주품종을 이루고 있으며, 우리나라 전지역에서의 재배가 가능하여 점차 재배면적이 증가하고 있다.

1990년 일본의 풋콩 수입 단가는 2,206원/kg으로서 우리나라의 국내 가격 1,600원/kg에 비해 22~38%정도 높은 것으로 나타났다. 따라서 양질의 풋콩을 생산한다면 수출에 대한 전망은 밝은 것으로 판단된다. 그러나 풋콩 생산작업 중 수확작업은 수작업에 의해 행해지고 있으며, 인력에 의한 풋콩 탈협 및 정선작업에 소요되는 시간은 56시간/10a 정도로 전체 풋콩 재배에 소요되는 노동시간의 약 80%를 차지하고 있다(홍은희, 1992). 그러므로 풋콩 재배농가의 생산비 절감을 위해서 탈협 및 정선·선별작업을 할 수 있는 탈협기 개발이 요구되고 있는 실정이다.

그러나 국내에서는 아직 풋콩 탈협기 개발에 관한 연구가 거의 수행되지 않고 있다. 따라서 본 연구는 우리나라 농가의 경영규모 및 재배환경에 적합한 급동 급치식 풋콩 탈협기 개발을 위한 기초 연구로서 급동의 주속도, 선별장치의 선별 스크린 간격 등 탈협기의 설계 자료로 활용하기 위해 풋콩의 물리적인 특성 및 풋콩이 꼬투리로부터 탈협될 때 소요되는 탈협력을 시험하였다.

재료 및 방법

1. 공시재료

본 연구를 위해 사용한 풋콩 품종은 석량(*Glycine max(L)*)이며, 경북 영주의 한 농가와 경북대 부속 군위 농장에서 재배한 것을 사용하였다. 일반적으로 풋콩은 5월에서 6월 사이에 파종하여, 성장기간을 90일로 감안, 8월경에 수확하여 상품화 되어진다. 그러나, 본 연구에서는 실험시간을 연장하기위해 풋콩의 파종시기를 1차년도 시험에서는 파종적기보다 빠른 4월 초순에서부터 적기보다 늦은 7월중순에 걸쳐 파종하고, 7월말에서 10월 초순사이에 수확하였다. 그러나, 파종적기보다 늦은 7월에 파종한 풋콩의 경우에는 수확기가 9월 중순이후로 되는 관계로 성장률이 떨어졌다. 그러므로 4월에서 5월에 파종한 풋콩에 비해 전반적으로 풋콩 꼬투리의 결실이 다소 떨어져, 2차년도에서는 5월 초순에서 6월 초순사이에 파종하여 8월에서 9월 사이에 수확하여 시험하였다. 그림 1은 풋콩의 특성을 나타낸 것으로 석량풋콩은 일반콩과 달리 잎이 포기의 윗부분으로 집중되어 있고, 풋콩 꼬투리는 포기의 중간 아래부분으로 위치하고 있다.

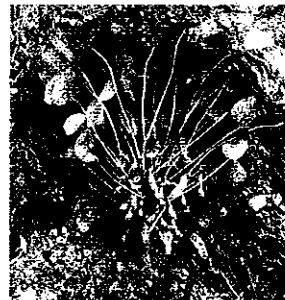


Fig. 1 Picture of grown-up vegetable soybean

2. 물성 시험

경북 영주의 한 농가와 군위 경북대 농장에서 재배한 풋콩을 수집하여 풋콩의 물성을 조사하였다. 조사항목은 풋콩의 경장 및 풋콩 꼬투리의 길이, 폭, 두께, 함수율과 무게를 측정하였다.

풋콩의 경장은 줄자를 이용하여 그림 2와 같이 측정하였고, 풋콩 꼬투리의 길이, 폭, 두께의 측정은 그림 3과 같은 방법으로 버니어 캘리퍼스를 사용하여 mm 단위까지 측정하였으며, 풋콩 꼬투리의 무게는 0.01g을 측정할 수 있는 전자저울을 이용하여, 전체적인 풋콩의 물성을 시험하였다.

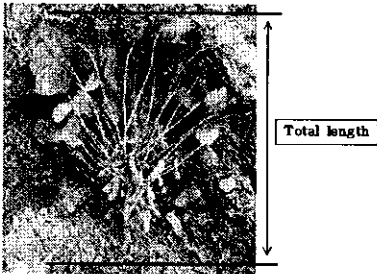


Fig. 2 Total length of vegetable soybean

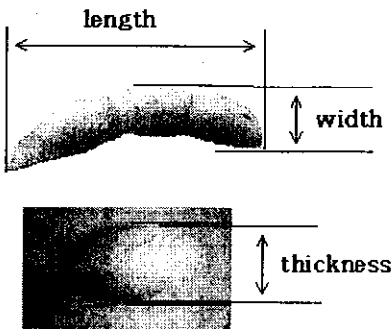


Fig. 3 Length, width and thickness of vegetable soybean

3. 탈협력 시험

그림 4는 풋콩의 줄기로부터 꼬투리를 떼어내는데 소요되는 탈협력을 시험하는 장치를 나타

낸 것이다. 저항 측정용 Ring에 4개의 스트레인 게이지를 부착하여 Bridge 회로를 구성하여 풋콩 꼬투리가 줄기로부터 탈협될 때의 저항을 스트레인 앰프, A/D 컨버터, 컴퓨터에 연결하여 측정하였다. 링의 축 하단부에 금속편을 링의 축과 수직이 되게 고정시키고, 금속편에 풋콩의 줄기부를 결속한 후 수직 90°, 좌측 30°, 우측 30°, 좌측 60°, 우측 60°로 각각 아주 느린 속도로 외력을 가하여 꼬투리가 줄기에서 탈협될 때의 저항값을 측정하였다. 순수한 정적인 탈협력만을 고려하였으며, 동적인 탈협특성은 고려하지 않았다.

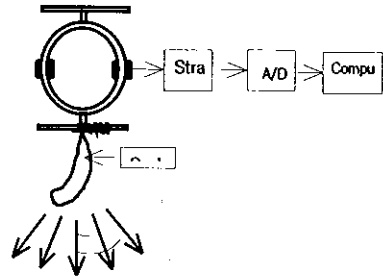


Fig. 4 Measuring system of detachment force for soybean

그림 5는 시작한 탈협력 측정장치의 속도설정 곡선을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 스트레인 게이지를 이용한 탈협력 측정 장치의 속도설정 곡선의 상관계수는 0.9901이었다.

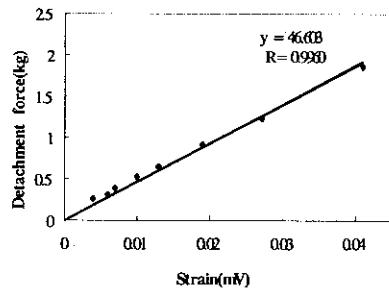


Fig. 5 Calibration curve of measuring system of detachment force

4. 탈협기 급동 주속도 산정

꽃콩의 탈협력과 꽃콩 꼬투리의 질량 및 꽃콩 지경의 등가 스프링상수 등에 의해서 꽃콩 꼬투리의 탈협에 필요한 급동의 회전수를 산출할 수 있다.

꽃콩의 지경으로부터 꽃콩 꼬투리를 탈협시키기 위한 탈협력과 탈협에 필요한 급동의 주속도와의 관계는 다음식과 같이 나타낼 수 있다(梅田幹雄, 1992)

$$V_d > \frac{F_d}{\sqrt{(m \cdot k)}} \quad (1)$$

여기서, V_d : 급동의 주속도 (m/s)

F_d : 탈협력 (N)

m : 꽃콩 꼬투리의 질량 (mg)

k : 꽃콩 지경의 등가 스프링 상수 (N/mm)

결과 및 고찰

1. 물리적 특성

꽃콩의 경장을 시험한 결과 평균 경장은 68.2cm이었으며, 최소 53cm, 최대 82cm로 나타났다. 표 1은 꽃콩 물성을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 표에서와 같이 종실수가 3개(3립), 2개(2립), 1개(1립)의 꽃콩 꼬투리 무게는 각각 평균 4.1, 2.7, 1.4g으로 감소하였고, 꼬투리의 길이도 각각 평균 61.3, 52.6, 41.0mm로 감소하였다. 그러나, 꼬투리의 폭은 각각 평균 14.1, 13.8, 13.4mm로 나타났으며, 꼬투리의 두께도 각각 평균 10.0, 9.4, 8.4mm로써 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 따라서 탈협된 꽃콩 꼬투리를 선별할 경우 종실수가 1개인 꼬투리는 상품이 되지 않아

선별되어야 하므로, 선별시스템 설계시 이들의 특성을 고려해야 할 것으로 생각된다.

Table 1. Physical properties of vegetable soybean

No. of grain Class.	1			2			3		
	Mean±S.D	Min	Max	Mean±S.D	Min	Max	Mean±S.D	Min	Max
Weight(g)	1.4 ± 0.8	0.3	7.0	2.7 ± 0.7	1.0	4.1	4.1 ± 0.9	1.7	6.0
Length(mm)	41.0 ± 7.3	30.1	53.5	52.6 ± 4.5	38.7	67.8	61.3 ± 6.2	52.6	69.5
Width(mm)	13.4 ± 1.1	11.1	16.0	13.8 ± 0.9	11.8	16.3	14.1 ± 0.9	12.0	16.7
Thickness (mm)	8.4 ± 1.5	4.6	11.3	9.4 ± 1.2	7.7	11.1	10.0 ± 1.0	7.6	11.4
Number	111			195			192		

표2는 실험에서 사용한 꽃콩의 함수율은 나타낸 것이다. 실험에 사용된 꽃콩의 함수율은 꽃콩은 포함한 식물체의 경우 71.6%(wb)였으며, 꽃콩 꼬투리는 74.8%(wb)였다. 또한 전반적으로 시험기간 중 꽃콩 꼬투리의 함수율변화는 미비하였으므로, 함수율 변화에 따른 탈협에 미치는 영향은 극히 미소하여 함수율에 따른 탈협성능 시험은 무시하였다.

Table 2. Moisture content of soybean

Site	Experiment Date	Moisture Content (% , wb)	
		Plant of vegetable soybean	Pod of vegetable soybean
Case A	7 / 31	71.3	74.5
	8 / 14	71.6	72.8
	8 / 28	72.1	76.9
	9 / 11	71.7	75.5
	9 / 25	71.1	75.8
Case B	8 / 20	71.3	75.7
	8 / 27	72.2	77.6
	9 / 3	71.8	70.6
	9 / 7	71.4	73.5
Average		71.6	74.8

2. 탈협력

1) 수직방향 탈협력

수직방향의 탈협력 측정은 종실수에 따라서 1

립은 111개, 2립은 195개, 3립은 192개를 대상으로 측정하여 산출하였다. 표 3은 수직으로 아주 느린 속도로 외력을 가하여 풋콩 꼬투리가 식물체로부터 탈협 될 때의 저항을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

Table 3. Detachment force of vegetable soybean in the vertical direction(unit : kgf)

No. of grain	Mean ± S. D	Min	Max	Number
1	0.8 ± 0.33	0.2	1.4	111
2	1.2 ± 0.34	0.6	2.5	195
3	1.5 ± 0.27	0.7	2.7	192

표에서와 같이 종실수가 3개, 2개, 1개인 꼬투리의 탈협력은 각각 평균 1.5, 1.2, 0.8kgf로 감소하고 3립의 경우는 1립의 경우의 2배 정도였다. 또한 1립은 탈협력이 평균 최소 0.2kgf, 최대 1.4kgf이고, 2립은 최소 0.6kgf, 최대 2.5kgf이었고, 3립은 최소 0.7kgf, 최대 2.7kgf로 나타났다.

2) 경사방향 탈협력

경사방향 탈협력 측정은 풋콩 꼬투리 1립, 2립, 3립 각각 100개를 대상으로 측정하여 산출하였다. 탈협력 시험에서는 정적인 탈협력 측정만을 고려하였으며, 동적인 탈협 특성은 고려하지 않았다.

Table 4 . Detachment force of vegetable soybean at the angle of leftward 30°(unit : kgf)

No. of grain	Mean ± S. D	Min	Max	Number
1	0.6 ± 0.20	0.3	1.0	100
2	1.0 ± 0.25	0.6	1.6	100
3	1.4 ± 0.23	1.0	1.8	100

표 4는 좌측 경사각 30°로 아주 느린 속도로

외력을 가하여 풋콩 꼬투리가 식물체로부터 탈협 될 때의 저항을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 표에서와 같이 종실수가 3개, 2개, 1개인 꼬투리의 탈협력은 각각 평균 1.4, 1.0, 0.6kgf로 감소하였고 3립의 경우는 1립의 경우의 2.3배 정도였다. 또한 1립은 탈협력이 평균 최소 0.3kgf, 최대 1.0kgf이고, 2립은 최소 0.6kgf, 최대 1.6kgf이었고, 3립은 최소 1.0kgf, 최대 1.8kgf로 나타났다.

우측경사방향 탈협력시험(경사각 30°)에서도 좌측경사방향의 경우와 거의 유사하게 나타났다. 경사방향 30°의 탈협력을 수직방향의 탈협력과 비교하면 3립의 경우 수직방향 탈협력이 평균 1.5kgf에 비해 30°경사방향 탈협력은 평균 1.4kgf로 다소 낮게 나타났다.

표 5는 좌측 경사각 60°로 아주 느린 속도로 외력을 가하여 풋콩 꼬투리가 식물체로부터 탈협 될 때의 저항을 측정한 결과를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 종실수가 3개, 2개, 1개인 꼬투리의 탈협력은 각각 평균 1.5, 1.1, 0.6kgf로 감소하였고 3립의 경우는 1립의 경우의 2.5배 정도였다. 또한 1립은 탈협력이 평균 최소 0.3kgf, 최대 1.1kgf이고, 2립은 최소 0.5kgf, 최대 1.6kgf이었고, 3립은 최소 0.8kgf, 최대 1.8kgf로 나타났다.

Table 5. Detachment force of vegetable soybean at the angle of leftward 60°(unit : kgf)

No. of grain	Mean ± S. D	Min	Max	Number
1	0.6 ± 0.24	0.3	1.1	100
2	1.1 ± 0.24	0.5	1.6	100
3	1.5 ± 0.26	0.8	1.8	100

우측경사방향 탈협력 시험(경사각 60°)에서도 좌측방향의 탈협력시험과 비슷한 경향을 보였다. 경사방향 60°의 탈협력을 수직방향의 탈협력과 비교하면 종실수가 3개인 꼬투리의 최대탈협력

은 수직방향의 경우가 2.7kgf 인데 비해 60°경사 방향 탈협력은 1.8kgf로 나타나 비교적 작은 값을 나타내었다. 또한 표 3, 4, 5의 결과를 보면 풋콩줄기로부터 꼬투리를 떼어낼 때 수직방향보다 경사가 큰 방향으로 떼어내는 것이 탈협력이 감소함을 알 수 있다. 따라서, 탈협기구는 풋콩 줄기로부터 경사방향으로 꼬투리를 잡아당겨 탈협시키는 구조가 에너지가 적게 소요될 것으로 생각된다.

3) 탈협기 급동 주속도 산정

풋콩의 지경으로부터 풋콩 꼬투리를 탈협시키기 위한 급동 급치식 탈협기의 급동 주속도를 식(1)을 이용하여 산정하였다. 풋콩 지경의 등가 스프링 상수를 2.5 N/mm, 표 1의 결과에 의한 풋콩 1, 2, 3립의 각각의 평균질량 1.4, 2.7, 4.1g 과 표 3의 결과에 의한 각각의 평균 탈협력 7.84, 11.76, 14.7 N을 이용하여 산출한 풋콩 탈협기 급동 주속도는 각각 5.41, 5.84, 5.93m/s로 나타났다. 또한, 종실수가 3립인 풋콩 꼬투리의 최대질량이 6g인 경우, 최대 탈협력은 26.46N으로 나타났으므로, 산출한 풋콩 탈협기의 급동 주속도는 6.83m/s 이상이 되어야 한다.

결 론

우리나라 농가의 경영규모 및 재배환경에 적합한 급동 급치식 풋콩 탈협기 개발을 위한 기초 연구로서 급동의 주속도, 급치의 배열간격, 선별장치 등의 설계에 필요한 기초자료를 얻기 위해 풋콩의 물리적인 특성 및 풋콩꼬투리가 지경으로부터 탈협될 때 소요되는 탈협력을 측정하였으며 급동의 적정 주속도를 산출한 결과는 다음과 같다.

1. 풋콩의 평균경장은 68.2cm였으며, 종실수가 3

개(3립), 2개(2립), 1개(1립)의 풋콩 꼬투리 무게는 각각 평균 4.1, 2.7, 1.4g으로 감소하고, 꼬투리의 길이도 각각 평균 61.3, 52.6, 41.0mm로 감소하였다. 그러나 꼬투리의 폭은 각각 평균 14.1, 13.8, 13.4mm로 큰 차이가 없었다. 꼬투리의 두께도 각각 평균 10.0, 9.4, 8.4mm로써 큰 차이가 없었다.

2. 풋콩의 함수율은 풋콩을 포함한 식물체의 경우 71.6%(wb)였으며, 풋콩 꼬투리는 74.8%(wb)로 나타났다.
3. 수직으로 아주 느린 속도로 외력을 가하여 풋콩꼬투리가 식물체로부터 탈협 될 때 저항을 측정한 결과, 종실수가 3개, 2개, 1개인 꼬투리의 탈협력은 각각 평균값이 1.5, 1.2, 0.8kgf로 감소하고 3립의 경우는 1립의 경우의 2배 정도였다. 또한 1립은 탈협력이 평균 최소 0.2kgf, 최대 1.4kgf이고, 2립은 최소 0.6kgf, 최대 2.5kgf이었고, 3립은 최소 0.7kgf, 최대 2.7kgf로 나타났다.
4. 30°경사방향 탈협력 시험에서는 종실수가 3개, 2개, 1개인 꼬투리의 탈협력은 각각 평균값이 1.4, 1.0, 0.6kgf로 감소하고 3립의 경우는 1립의 경우의 2.3배 정도였다. 또한 1립은 탈협력이 평균 최소 0.3kgf, 최대 1.0kgf이고, 2립은 최소 0.6kgf, 최대 1.6kgf이었고, 3립은 최소 1.0kgf, 최대 1.8kgf로 나타났다.
5. 60°경사방향 탈협력 시험에서 종실수가 3개, 2개, 1개인 꼬투리의 탈협력은 각각 평균값이 1.5, 1.1, 0.6kgf로 감소하고 3립의 경우는 1립의 경우의 2.5배 정도였다. 또한 1립은 탈협력이 평균 최소 0.3kgf, 최대 1.1kgf이고, 2립은 최소 0.5kgf, 최대 1.6kgf이었고, 3립은 최소 0.8kgf, 최대 1.8kgf로 나타났다.
6. 풋콩 꼬투리를 탈협하기 위한 급동 급치식 풋콩 탈협기의 급동 주속도는 6.83m/s이상으로 되어야 하는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 홍은희 외. 1992. 수출유망품목 생두 생산 기술 및 유통 조사연구, 농촌진흥청연구보고서. p56-p72
2. 농촌진흥청 농업경영관실. 1998. 작목별 작업 단계별 노동력 투하시간. 한국 농촌진흥청 연구보고서.
3. 농촌진흥청. 2001. 콩 재배. 한국 농촌진흥청 연구보고서
4. 정창주. 1979. 탈곡기의 급동속도가 도정 손실에 미치는 영향. 한국농업기계학회지 4(2):9-24
5. 김상헌. 1982. 요동체의 벼 생탈곡물 선별성능에 관한 연구. 한국농업기계학회지 7(1):33-41
6. 남상일 외. 1987. 자탈형 콤바인 탈곡부 설계요인의 적정화를 위한 연구(I)-급동축 토오크 파형의 추정-. 한국농업기계학회지 12(3):42-49
7. 남상일 외. 1988. 자탈형 콤바인 탈곡부 설계요인의 적정화를 위한 연구(II)-탈곡치의 탈곡 특성-. 한국농업기계학회지 13(4):9-19
8. 김명호 외. 1995. 땅콩 자실의 물리적, 기계적 및 공기역학적 성질에 관한 연구. 한국농업기계학회지 20(2):141-150
9. 농촌진흥청. 2002. 농림업 주요통계 2002. 농업기계연감 2002.p72-p73
10. 梅田幹雄. 1992. 自動脱穀機の脱立機構の解析(第1報). 日本農業機械學會誌 54(1):47-56
11. 梅田幹雄. 1992. 自動脱穀機の脱立機構の解析(第2報). 日本農業機械學會誌 54(2):41-50
12. 梅田幹雄. 1992. 自動脱穀機の脱立機構の解析(第3報). 日本農業機械學會誌 54(3):43-52
13. 梅田幹雄. 1992. 自動脱穀機の脱立機構の解析(第4報). 日本農業機械學會誌 54(4):49-58
14. 床司英信. 1959. 回轉脱穀機の新抜胴に関する研究. 日本農業機械學會誌 21(1):23-26
15. 市川友彦, 杉山隆夫, 間中正雄. 1984. スクリュー型大豆脱穀機の開發研究(第1報). 日本農業機械學會誌46(1):607-614
16. 市川友彦, 杉山隆夫, 間中正雄. 1984. スクリュー型大豆脱穀機の開發研究(第2報). 日本農業機械學會誌46(2):189-196
17. 市川友彦, 杉山隆夫, 間中正雄. 1984. スクリュー型大豆脱穀機の開發研究(第3報). 日本農業機械學會誌46(3):303-308
18. 市川友彦, 杉山隆夫, 間中正雄. 1984. スクリュー型大豆脱穀機の開發研究(第4報). 日本農業機械學會誌46(4):451-458