

풋콩 탈협기 개발을 위한 기초 연구 (I)

— 풋콩의 물성 및 탈협 특성 —

Development of Vegetable Soybeans Thresher (I)

— Physical properties and threshing characteristics of vegetable soybeans —

김태한	임학규	오대건
정희원		
T. H. Kim	H. G. Lim	D. G. Oh

ABSTRACT

The trend of consumption of vegetable soybeans is increasing because they are recognized as the clean vegetable. The works requiring the most intensive labor are threshing and separation ones, and they form about 80% of total labour for vegetable soybeans production. It is necessary to develop the vegetable soybeans-thresher for the sake of cost down of vegetable soybeans production.

The purpose of this study is to acquire the basic informations to design of the vegetable soybeans-thresher. We make the experimental system which control the speed of threshing cylinder and the teeth gap and investigate the detachment forces.

The result are as follows ;

The ratio of un-threshed soybeans-pod to stem after threshing work is decreasing as the threshing cylinder speed increases: 0.0% and 2.8% at 55m/s and 18m/s of threshing cylinder speed respectively. Also the ratio of un-threshed soybeans-pod to stem is shown as 2.0% below in the condition of 64~160mm of teeth gap and over 28m/s of threshing cylinder speed. The damaged pod ratio of detached soybeans after threshing work is decreasing as the threshing cylinder speed increases: 4.8% and 1.3% at 55m/s and 18m/s of threshing cylinder speed respectively.

The minimum damaged pod ratio of detached soybeans are shown as 1.0%, 1.5% and 1.9% at 18m/s, 28m/s and 37m/s of threshing cylinder speed respectively.

The average detachment forces of pods are shown as 1.5kg_f for 3 grains, 1.2kg_f for 2 grains and 0.8kg_f for 1 grain respectively. The maximum detachment force of pod is shown as 2.7kg_f for 3 grains.

Keywords : Vegetable soybeans-thresher, Physical properties, Threshing cylinder, Tooth, Damaged pod ratio, Unthreshed pod ratio.

This Study was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry of Agriculture and Forestry, Republic of Korea. The paper was submitted for publication in April 2001, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in December 2001. The authors are Tae Han Kim, Professor, and Dae Gun Oh, Research Assistant, Agricultural Machinery Engineering, Kyungpook National University, Taegu, Korea; H. G. 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: 053) 950-6780 E-mail: <thakim@knu.ac.kr>.

1. 서 론

최근 식품 공업 및 외식 산업의 발달로 인하여 신선한 풋콩을 부식 및 간식용으로 많이 소비하는 추세에 있으며, 또한 청정 건강 식품으로 인식되어져서 국외는 물론 국내에서도 그 수요가 점차적으로 증가하고 있는 추세에 있다. 이에 따라서 국내 농가에서도 풋콩을 재배하기 시작하였으며, 최근 일본으로의 풋콩 수출 실적은 1989년 약 5톤에서 1990년에는 34톤으로 급증하였고, 1999년에는 물량 부족으로 인하여 수출을 할 수 없을 정도로 인 것으로 나타났다.

풋콩 소비를 보면 일본의 경우 국내에서의 생산량은 연간 104,500톤 정도이고, 수입량은 40,071톤으로 주로 수입은 대만으로부터 이루어지고 있다. 그러나 대만으로부터의 수입단가는 2,206원/kg정도로서 우리 나라의 국내 가격이 약 1,600원/kg에 비해 22~38%정도 높은 것으로 나타나(홍은희 외, 1992) 양질의 풋콩을 생산한다면 수출에 대한 전망이 밝다. 한편 국내의 풋콩 재배 농가의 소득은 10a당 시설 재배의 경우는 189만원~400만원 정도이며, 노지재배 농가의 경우는 65만원~150만원 정도로(홍은희 외, 1992) 농가들이 고소득 작물로 인식하고 있다.

이러한 고소득 작물로 인식되고 있는 풋콩의 재배에 있어서 가장 많은 노동력을 요하는 작업이 풋콩의 탈협 및 선별작업이다. 인력에 의한 풋콩 탈협 및 선별작업에 소요되는 시간은 53시간/10a 정도로 전체 풋콩 재배에 소요되는 노동시간의 약 80%를 차지하므로(홍은희 외, 1992) 풋콩 재배농가의 생산비 절감을 위해서 탈협 및 선별을 할 수 있는 탈협기 개발이 강력히 요구되고 있는 실정이다. 풋콩 탈협기를 연구·개발하여 실용화한 일본(株式會社マツモト, 1998) 및 대만의 경우 대당 가격이 약 1,300만원~3,000만원에 이르고 있으며 대만의 경우 수 십대를 일괄 수입해야만 구입이 가능한 실정이다. 그러나 우리나라의 풋콩 재배농가에서는 이와 같은 고가의 장비를 수입해서 사용하기에는 경제적인 여건이 열악한 것이 현실이다.

또한 외국제품을 도입하여 국내에 보급하고자

할 경우에는 경제성이 떨어질 뿐만 아니라 해당국가의 재배 품종, 재배 양식 등을 고려하여 설계·제작되었기 때문에 국내 환경에 대한 적응성이 떨어지게 된다.

이런 상황에서 국내에서는 아직 풋콩 탈협기에 대한 개발 연구가 거의 수행되지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 우리나라 농가의 경영규모 및 재배환경에 적합한 풋콩 탈협기를 개발하기 위한 기초연구로서 제1보에서는 탈협장치 및 정선·선별장치 개발을 위해 급동의 주속도 및 급치의 간격변화가 풋콩 꼬투리의 탈협, 손상 및 탈협된 풋콩속에 포함된 잎, 지경 등 불순물의 양에 미치는 영향을 구명하였고 풋콩의 물성을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 재료

탈협기 개발을 위해 사용한 풋콩 품종은 석량(*Glycine max(L)*)이다. 풋콩의 파종 적기는 5월 초·중순, 수확 적기는 8월 초·중순이나 본 연구에서 실험 기간을 늘리기 위해 파종은 4월 초순에서 7월 중순사이에 걸쳐 몇 단계로 실시하였고 수확은 7월말에서 10월 초순사이에 하였다. 본 실험에 사용한 풋콩은 뿌리째로 채취하여 가능한 한 습도의 변화를 방지하면서 실험실로 운반하여 채취 후 5시간 이내에 실험을 완료하였다. 탈협시 풋콩 꼬투리의 함수율은 최소 71.1(%wb), 최대 72.2(%wb), 평균 71.4 (%wb)였다.

나. 물성 조사

효율적인 탈협장치 개발을 위하여 풋콩 꼬투리의 길이, 폭, 두께를 버니어 캘리퍼스를 사용하여 측정하였으며 전자 저울(0.01g)을 사용하여 무게를 측정하였다. 풋콩의 경장은 줄자를 사용하여 측정하였다. 그림 1에는 풋콩 꼬투리의 길이, 폭, 두께를 측정하는 방법을 나타내었다.

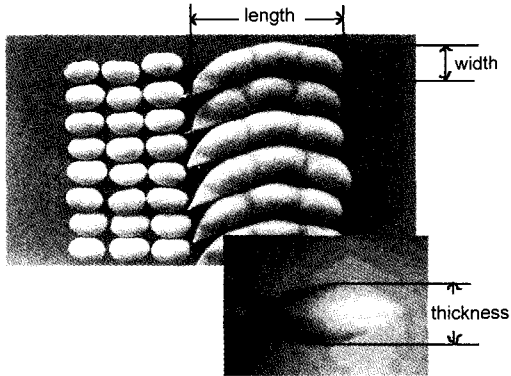


Fig. 1 Length, width and thickness of soybean.

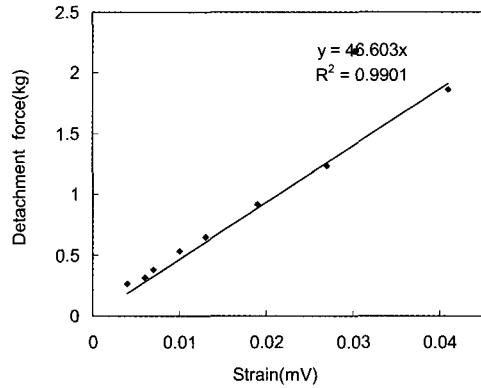


Fig. 3 Calibration curve of the measuring system of detachment force.

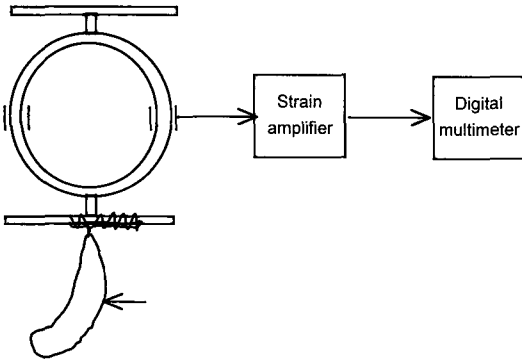


Fig. 2 Measuring system of detachment force for soybean.

다. 이탈력 측정장치 및 방법

그림 2는 꽃콩의 줄기로부터 꼬투리를 떼어내는 데 소요되는 힘을 측정하는 장치를 나타낸 것이다. 저항 측정용 링(ring)에 4개의 스트레인 게이지를 부착하여 브리지 회로를 구성하여 꽃콩 꼬투리가 줄기로부터 이탈될 때의 저항을 스트레인 앰프를 통해, 컴퓨터에 연결하여 측정하였다.

링의 축 하단부에 금속편을 링의 축과 수직이 되게 고정시키고, 금속편에 꽃콩의 줄기부를 결속한 후 수직방향으로 아주 느린 속도로 외력을 가하여 꼬투리가 줄기에서 이탈될 때의 저항 값을 측정하였다. 그림 3에서와 같이 스트레인 게이지를 이용한 이탈력 측정장치의 교정 곡선은 상관계수가 0.9901이었다.

라. 탈협 실험장치 및 방법

그림 4는 꽃콩의 탈협 실험장치를 나타낸 것이다. 급치의 배열 조절이 가능한 급동과 급동의 회전수를 조절할 수 있는 모터인버터 및 모터로 구성하였다.

이 장치는 급치의 배열 간격을 2~6칸(64~192mm)으로 조절할 수 있고(1칸의 간격은 32mm) 급동의 주속도도 74m/s까지 임의로 변화시킬 수 있다. 탈협시험은 급동의 주속도를 18, 28, 37, 46, 55m/s의 5수준으로 하였다. 탈협은 1회 측정시 10포기(1.2~1.5kg)씩 투입하여 더 이상 탈협이 이루어지지 않는 상태(20초 정도)까지 탈협한 후 가지에 붙어있는 꼬투리 전체 무게, 완전 탈협된 것 중 손상되지 않은 꼬투리의 무게, 완전 탈협된 것 중 미속 꼬투리의 무게, 지경이 부착된 채 탈협된 것 중의 꼬투리 및 지경 무게, 탈협물 중 지경의 무게, 잎 등 기타 불순물 무게를 각각 측정하였다. 각 실험은 5회 반복 실시하였다.

미탈협율은 꽃콩 꼬투리의 전체 무게에 대한 탈협작업 후 가지에 붙어있는 꽃콩 꼬투리와 지경이 부착된 채 탈협된 것 중의 꽃콩 꼬투리를 합한 무게의 비율이며, 손상율은 완전 탈협된 꽃콩 꼬투리의 전체 무게에 대한 손상된 꽃콩 꼬투리의 무게의 비율이다. 꽃콩의 손상판정은 꽃콩영농조합법인의 기준에 의하여 육안으로 판별하여 꽃콩의

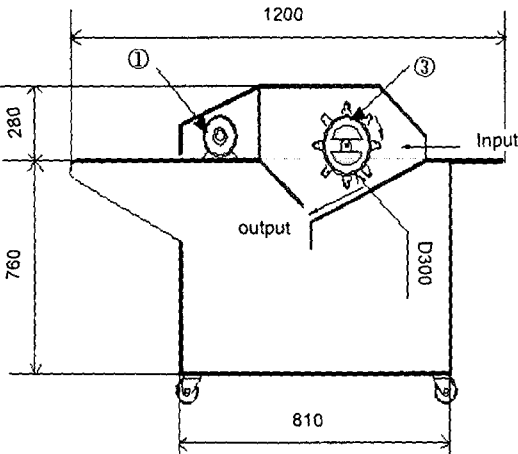
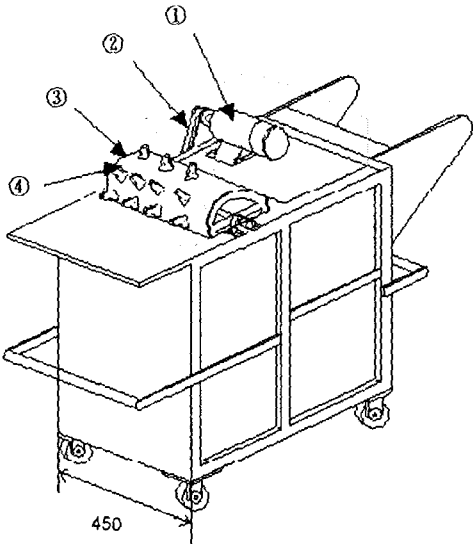


Fig. 4 Schematic diagram of the thresher.

- ① Motor(1HP) ② V-belt
- ③ Drum ④ Pod-threshing tooth

표피에 균열이 가거나 심한 상처가 발생하여 가공, 저장시 품질에 영향을 미친다고 판단되는 것을 손상으로 규정하였다.

그림 5는 급치의 단면을 나타낸 것이다.

급치는 급치 프레임 주위를 경도 80인 고무 재질로 두께 20mm로 둘러싸여 있다. 또한 탈협시 급치 외부의 고무가 급치 프레임으로부터 이탈되는 것을 방지하기 위하여 그림에서와 같이 급치 내부에 원형의 철판을 급치 프레임에 용접하여 급

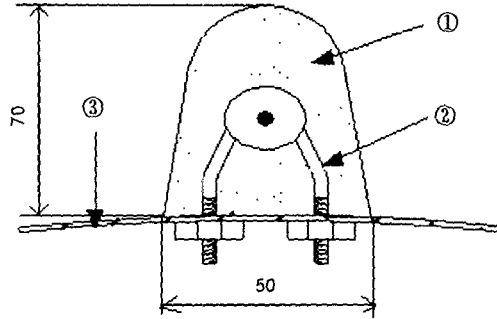


Fig. 5 Schematic diagram of the pod-threshing tooth

- ① Rubber material ② Inner steel frame
- ③ Drum surface

형 제작하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 물성 분석

표 1은 풋콩 물성치를 측정된 결과를 나타낸 것이다. 표에서와 같이 종실수가 3개(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 감소하나 꼬투리의 폭은 각각 평균 14.1, 13.8, 13.4mm로 큰 차이가 없으며, 꼬투리의 두께도 각각 평균 10.0, 9.4, 8.4mm로 별 차이가 없음을 알 수 있다.

탈협된 꼬투리를 선별할 경우 종실수가 1개인 꼬투리는 상품이 되지 않아 제거되어야 하므로 선별시스템 설계시 꼬투리의 무게나 길이의 특성을 고려하여야 할 것으로 생각된다. 또한 풋콩의 경장을 측정된 결과 평균 경장은 68.2cm이었다.

나. 이탈력

이탈력 측정은 종실수에 따라서 1립은 111개, 2립은 195개, 3립은 192개를 대상으로 측정하여 산출하였다. 이탈력 시험에서는 순수한 정적인 이탈력 측정만을 고려하였으며, 동적인 이탈 특성은

Table 1. Physical properties of vegetable soybeans

Classification	1				2				3			
	Ave.	S.D.	Min.	Max.	Ave.	S.D.	Min.	Max.	Ave.	S.D.	Min.	Max.
Weight(g)	1.4	0.8	0.3	7.0	2.7	0.7	10.0	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			

Table 2. Detachment force of vegetable soybeans(kg)

Classification	Ave.	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

고려하지 않았다.

표 2는 팥콩 꼬투리가 식물체로부터 이탈 될 때의 저항을 측정 한 결과를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 종실수가 3개, 2개, 1개인 꼬투리의 이탈력은 각각 평균값이 1.5, 1.2, 0.8kg로 감소하고 3립의 경우는 1립의 경우의 2배 정도였다. 또한 1립은 이탈력이 평균 최소 0.2kg, 최대 1.4kg이고, 2립은 최소 0.6kg, 최대 2.5kg이었고, 3립은 최소 0.7kg, 최대 2.7kg로 나타났다.

다. 팥콩 꼬투리의 미탈협을 비교

그림 6은 급동의 주속도를 18m/s에서 55m/s까지 5단계, 급치의 배열 간격을 64mm에서 192mm까지 5단계 수준으로 변화시켰을 때의 팥콩의 미탈협율을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 급동의 주속도별 미탈협율은 18m/s에서 가장 높고 28, 37, 46, 55m/s로 증가할수록 미 탈협율은 감소하였다. 이는 급동의 원주 속도가 증가함에 따라 급치의 선단이 팥콩 꼬투리에 가하는 타격력이 증가하기 때문이라고 생각한다. 또한 급치 배열간격별 미탈협율은 급치 배열 간격이 좁을수록 감소하여 급동

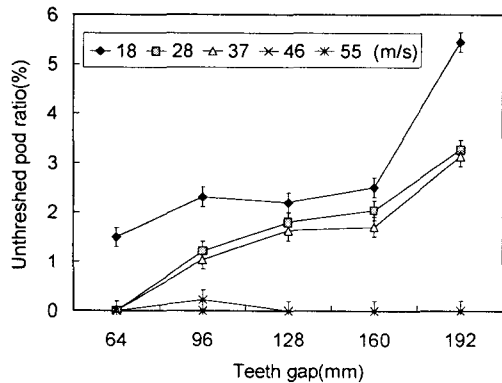


Fig. 6 Percent of un-threshed pod ratio.

주속도 18m/s의 경우 급치배열 64mm에서 1.5%로 최소였고 192mm에서 5.5%로서 최대치를 나타냈으며 평균 2.8%였다.

또한 28m/s의 경우는 급치배열 64mm에서 미탈협율이 0%로서 완전 탈협 되었고 급치간격 192mm에서 3.3%로 최대였으며 평균 1.7%였다. 그리고 37m/s에서는 급치배열 64mm에서 미탈협율이 0%로서 완전 탈협 되었고 급치간격 192mm에서 3.0%로 최대였다. 또한 46m/s에서는 급치배열 간

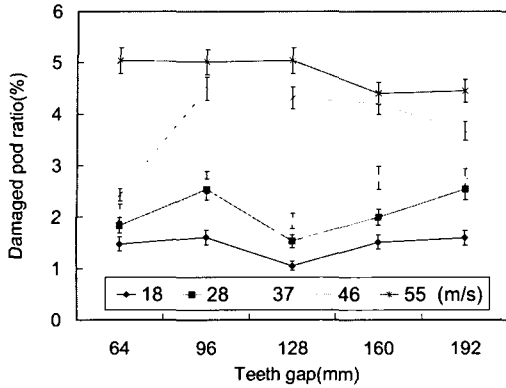


Fig. 7 Damaged pod ratio.

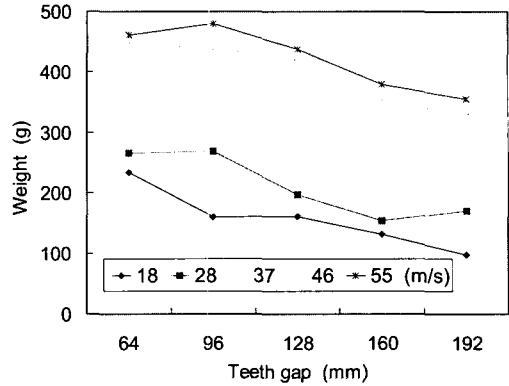


Fig. 8 Weight of leaves and stem.

격이 96mm에서 0.2%로 최대였고 그 외의 간격에서는 완전탈협 되었으며 55m/s에서는 급치배열 간격에 관계없이 완전 탈협되었다.

따라서 급동의 주속도 28m/s 이상에서는 급치배열 간격 64~160mm범위 내에서는 미탈협율이 2.0% 이내로 거의 완전 탈협이 이루어지는 것으로 나타났다.

라. 탈협된 풋콩 꼬투리의 손상을 비교

그림 7은 급동의 주속도를 18m/s에서 55m/s까지 5단계, 급치의 배열 간격을 64mm에서 192mm까지 5단계 수준으로 변화시켰을 때의 탈협된 풋콩 꼬투리의 손상을 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 급동의 주속도에 따른 손상을 보면 급동 주속도가 증가할수록 손상이 증가하는 경향을 나타내고 있으며 18m/s의 경우 손상이 평균 1.4% 정도이나 55m/s의 경우에는 평균 4.8%로서 3배정도 높음을 알 수 있다. 이는 전술한 바와 같이 급동의 주속도가 증가함에 따라 급치의 선단이 풋콩 꼬투리에 가하는 타격력이 증가하기 때문이라고 생각한다. 또한 급치의 간격별 손상을 보면 급동의 주속도 18, 28, 37m/s에서는 급치간격이 128mm에서 손상이 각각 1.0, 1.5, 1.9%로 최저였으며 이 간격보다 좁거나 넓게 배열하면 손상이 증가함을 알 수 있다. 또한 급동 주속도 46m/s에서는 급치 배열 간격이 64mm에서 손상이 2.4%로서 가장 낮고 128mm에서 4.3%로

서 가장 높았으며 급동의 주속도 55m/s의 경우에는 급치 배열간격이 160, 192mm에서 각각 4.4%였고 64, 96, 128mm에서는 손상이 각각 5.0%로서 비슷하였다.

이상 그림 6의 미탈협율과 그림 7의 손상을 및 풋콩 탈협기의 작업능을 고려할 때 풋콩 탈협기의 급동 주속도는 28m/s, 급치간격은 128mm 정도가 최적인 것으로 나타났다.

마. 탈협된 풋콩중의 각종 불순물 무게

그림 8은 급동의 주속도를 18m/s에서 55m/s까지 5단계, 급치의 배열 간격을 64mm에서 192mm까지 5단계 수준으로 변화시켰을 때 탈협된 풋콩꼬투리 속에 포함된 지경과 잎을 합한 무게를 나타낸 것이다.

그림에서와 같이 급동의 주속도별 지경과 잎의 전체량은 55m/s에서 가장 많고 46, 37, 28, 18m/s로 감소할수록 감소하였다. 이는 급동의 원주 속도가 증가함에 따라 급치의 선단이 풋콩 줄기에 가하는 타격력이 증가하여 지경과 잎이 가지로부터 많이 이탈되었기 때문이라고 생각한다.

또한 급치 배열간격별 지경과 잎의 양은 급치 배열 간격이 좁을수록 증가하여, 급동 주속도 18m/s의 경우 급치 배열 64mm에서 234g으로 최대였고 192mm에서 98g으로 최소를 나타냈으며 평균 157g였다. 또한 28m/s의 경우는 급치 배열 64mm에서 266g으로 최대이었고, 급치 간격 192mm에서

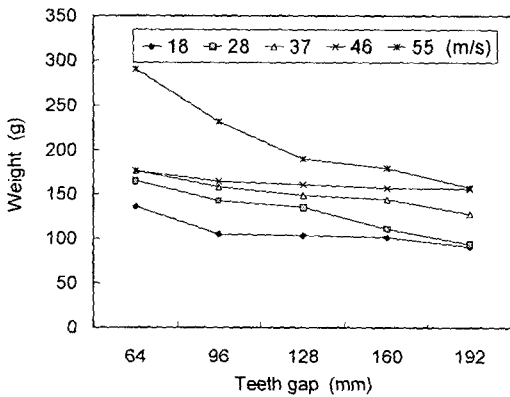


Fig. 9 Weight of unripe soybean-pod.

171g으로 최소였으며 평균 212g였다. 그리고 37 m/s에서는 급치 배열 64mm에서 342g으로 최고이었고 급치 간격 192mm에서 228g으로 최소였다. 또한 46, 55m/s에서는 급치 배열 64mm에서 각각 448, 462g으로 최대였고, 192mm에서 각각 327, 355g로 최소였다. 이들 중 잎이 차지하는 무게는 전체 무게의 20~30%정도였다.

미탈협율과 손상율 고려하여 최적 조건인 팥콩 탈협기의 급동 주속도 28m/s, 급치간격 128mm로 탈협작업을 할 경우 탈협된 팥콩 꼬투리 속에 포함되어 있는 잎과 지경의 무게는 평균 198g으로 나타났다. 따라서 정선 시스템에서는 198g의 잎과 지경을 정선하여야 한다.

그림 9는 급동의 주속도를 18m/s에서 55m/s까지 5단계, 급치의 배열 간격을 64mm에서 192mm까지 5단계 수준으로 변화시켰을 때 탈협된 팥콩 꼬투리중의 미숙립량을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 급동 주속도가 55m/s에서 미숙립량이 가장 많고 46, 37, 28, 18m/s로 감소할수록 미숙립량은 감소하였다. 또한 급치 배열간격별 미숙립량은 급치 배열 간격이 좁을수록 미소하나마 증가하였다. 급동 주속도 18m/s의 경우 급치 배열 64mm에서 136g으로 최대였고 192mm에서 91g으로 최소를 나타냈으며 평균 107g이었다. 또한 28m/s의 경우는 급치 배열 64mm에서 미숙립량이 165g으로 최대이었고, 급치 간격 192mm에서 94g으로 최소였으며 평균 129g이었다. 그리고 37m/s에서는 급치 배열 64mm에서 176g으로 최대이었고 급치 간격

192mm에서 128g으로 최소였다. 또한 46, 55m/s에서는 급치 배열 64mm에서 각각 177, 290g으로 최대였고, 192mm에서 각각 156, 158g으로 최소였다.

미탈협율과 손상율을 고려하여 최적 조건인 팥콩 탈협기의 급동 주속도 28m/s, 급치간격 128mm로 탈협작업을 할 경우 미숙립의 무게는 평균 136g으로 나타났다. 따라서 정선 시스템에서는 136g의 미숙립을 정선하여야 한다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 팥콩 탈협기 개발을 위한 기초자료를 얻기 위하여 급동의 주속도 및 급치의 간격변화가 팥콩 꼬투리의 탈협성, 손상 및 탈협된 팥콩 꼬투리속에 포함된 잎, 지경 등 불순물의 량에 미치는 영향을 구명하였고 팥콩의 물성을 조사하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 팥콩의 경장은 68.2cm이고 팥콩 꼬투리의 길이는 종실이 3개인 것이 평균 61.3mm, 2개인 것이 평균 52.6mm, 1개인 것이 평균 41.0mm였다.

2) 팥콩 꼬투리의 폭은 종실이 3개인 것이 평균 14.1mm, 2개인 것이 평균 13.8mm, 1개인 것이 평균 13.4mm로 종실수에 관계없이 거의 비슷하였고 팥콩 꼬투리의 두께는 종실이 3개인 것이 평균 10.0mm, 2개인 것이 평균 9.4mm, 1개인 것이 평균 8.4mm였다.

3) 팥콩 꼬투리의 무게는 종실이 3개, 2개, 1개의 것이 각각 평균 4.1g, 2.7g, 1.4g이었다.

4) 팥콩 꼬투리의 이탈력은 종실이 3개, 2개, 1개의 것이 각각 평균 1.5kg, 1.2kg, 0.8kg로 나타났으며 최대 이탈력은 3립의 경우로서 최대 2.7kg였다.

5) 팥콩의 미탈협율은 급동의 주속도 55m/s에서 평균 0.0%, 18m/s에서 평균 2.8%로 나타나 급동 회전수가 증가함에 따라 감소하였다. 또한 급동의 주속도 28m/s 이상에서는 급치배열 간격 64~160mm 범위 내에서 미탈협율이 2.0% 이내로 나타났다.

6) 탈협된 팥콩의 손상율은 급동의 주속도 55m/s에서 평균 4.8%, 18m/s에서 평균 1.3%로 나타나 급동 회전수가 감소함에 따라 감소하였다.

또한 급동의 주속도 18, 28, 37m/s에서는 급치배열 간격을 128mm로 했을 때 손상율이 각각 1.0, 1.5, 1.9%로 최저였다.

7) 풋콩 탈협기의 미탈협율과 손상율 및 작업능율을 고려할 때 풋콩 탈협기의 급동 주속도는 28 m/s, 급치간격은 128mm 정도가 최적인 것으로 나타났다.

8) 급동 주속도별 탈협된 풋콩 꼬투리속에 포함된 불순물량은 55m/s에서 가장 많고 46, 37, 28, 18m/s로 감소할수록 감소하였다. 또한 급치 배열 간격별 불순물량은 급치 배열 간격이 좁을수록 증가하였다.

9) 미탈협율과 손상율을 고려하여 최적 조건인 풋콩 탈협기의 급동 주속도 28m/s 및 급치간격 128mm로 탈협을 할 때 정선시스템에서 정선되어 야할 지경 및 잎의량은 평균 198g이고 미숙립의량은 평균 136g으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 홍은희 외, 1992. 수출유망품목 생두 생산기술 및 유통 조사연구. 농촌진흥청연구보고서. p72-89.
2. (株式會社)マツモト, 1998. えだまめ自動脱莢機 카타로그. p1-16.