

팥콩 탈협기 개발을 위한 기초 연구(II)

- 탈협 및 선별 특성 -

Development of Vegetable Soybeans Thresher(II)

- Threshing and sorting characteristic -

김태한*	임학규**	이정택*
정회원	정회원	정회원
T. H. Kim	H. G. Lim	J. T. Lee

1. 서론

최근 식품 공업 및 외식 산업의 발달로 인하여 신선한 팥콩을 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 팥콩을 재배하기 시작하였으며, 최근 일본으로의 팥콩 수출 실적은 1989년 약 5톤에서 1990년에는 34톤으로 급증하였고, 1999년에는 물량 부족으로 인하여 수출을 할 수 없을 정도인 것으로 나타났다.

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

이러한 고소득 작물로 인식되고 있는 팥콩의 재배에 있어서 가장 많은 노동력을 요하는 작업이 팥콩의 탈협 및 선별작업이다. 인력에 의한 팥콩 탈협 및 선별작업에 소요되는 시간은 53시간/10a 정도로 전체 팥콩 재배에 소요되는 노동시간의 약 80%를 차지하므로(홍은희 외, 1992) 팥콩 재배농가의 생산비 절감을 위해서 탈협 및 선별을 할 수 있는 탈협기 개발이 강력히 요구되고 있는 실정이다.

팥콩 탈협기를 연구·개발하여 실용화한 일본 및 대만의 경우 해당 가격이 약 1,300만원~3,000만원에 이르고 있으며 대만의 경우 수 십대를 일괄 수입해야만 구입이 가능한 실정이다. 이렇게 고가의 장비를 수입해서 사용하기에는 우리나라의 팥콩 재배농가의 경제적인 여건이 열악한 것이 현실이다.

또한 외국제품을 도입하여 국내에 보급하고자 할 경우에는 경제성이 떨어질 뿐만 아니라 해당국의 재배 품종, 재배 양식 등을 고려하여 설계·제작되었기 때문에 국내 환경에 대한 적응성이 떨어지게 된다. 이런 상황에서 국내에서는 아직 팥콩 탈협기에 대한 개발 연구

+ 본 연구는 농림부 특정연구과제 연구비 지원에 의해 수행되었음

* 경북대학교 농업기계공학과

** 삼화기계

가 거의 수행되지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 우리나라 농가의 경영규모 및 재배환경에 적합한 풋콩 탈협기를 개발하기 위한 기초연구로서 풋콩 탈협기의 급치를 교환할 수 있고, 급동의 주속도와 송풍팬의 회전속도 및 공기 흡입구의 개구면적을 조절할 수 있는 실험장치를 제작하고, 급치의 종류가 풋콩의 탈협 및 손상에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 송풍팬의 회전속도와 흡입 공기구의 개구비 변화 따른 선별 성능을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시 재료

탈협기 개발을 위해 사용한 풋콩 품종은 석량(*Glycine max(L)*)이며 경북대 부속 군위 농장에서 재배한 것을 사용하였다. 파종은 5월 12일에서 6월 2일까지 일주일 간격으로 4회 실시하였다. 수확은 8월 20일에서 9월 7일 사이에 하였다. 풋콩 꼬투리의 함수율 평균은 71.4(% wb)였다.

나. 탈협 실험 장치 및 방법

그림 1은 풋콩 꼬투리의 탈협 실험 장치를 나타낸 것이다. 이는 급치의 배열 조절이 가능한 급동과 급동의 원주속도를 조절할 수 있는 모터인버터 및 모터로 구성된 실험 장치를 제작하였다.

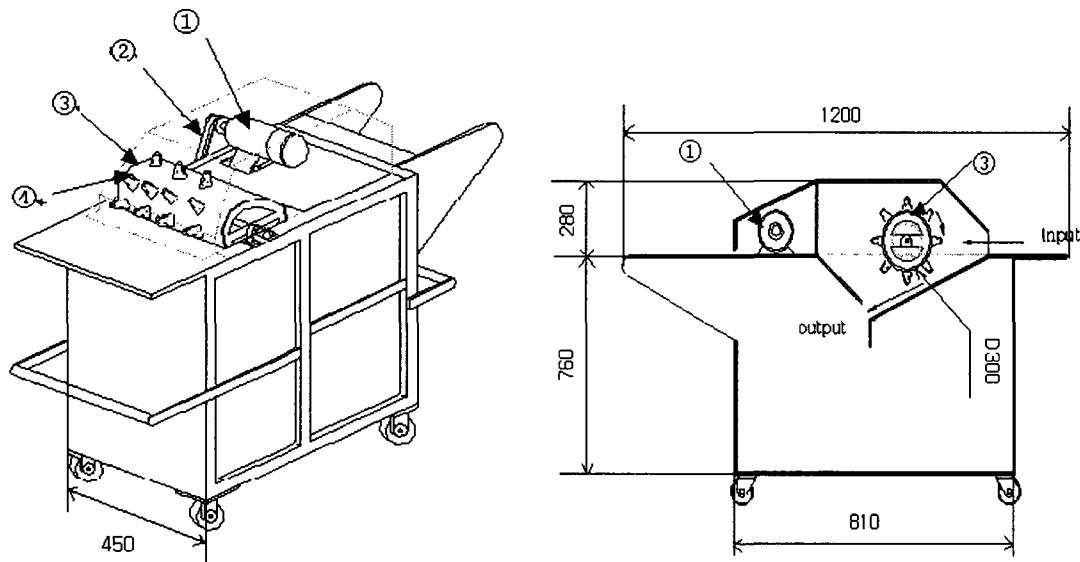


Fig. 1. Schematic diagram of the thresher(threshing)

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

이 장치는 급치의 배열 간격을 2~6칸(64~192mm)으로 조정할 수 있고(1칸의 간격은 32mm) 급동 주속도도 74m/s까지 임의로 변화시킬 수 있다. 급동의 지름은 300mm, 길이는 400mm이다. 탈협시험은 급동의 주속도를 18, 28, 37, 46, 55m/s의 5수준으로 하였다. 1회 측정시 10포기(평균 kg)씩 투입하여 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, 저장 시 품질에 영향을 미치다고 판단되는 것을 손상으로 규정하였다.

급치는 경도60, 80의 고무재 급치와 철선 급치 3종류를 사용하였다. 그림 2는 급치 단면을 나타낸 것이다. 왼쪽의 급치는 급치 프레임 주위를 경도 60, 80인 고무 재질을 각각 사용하여 두께 20mm로 둘러싸여 있다. 또한 탈협시 급치 외부의 고무가 급치 프레임으로부터 이탈되는 것을 방지하기 위하여 그림에서와 같이 급치 내부에 원형의 철판을 급치 프레임에 용접하여 금형 제작하였다. 오른쪽 급치는 직경 6mm의 철선을 사용한 모습이다.

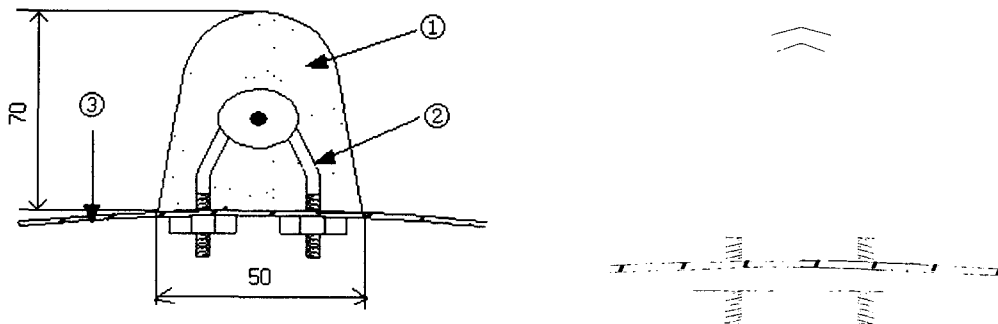


Fig. 2. Schematic diagram of the pod-threshing tooth
 ① Rubber material ② Inner steel frame ③ Drum surface

다. 선별 실험 장치 및 방법

풋콩의 선별 성능 시험을 위해 탈협 실험장치 내부에 송풍팬을 설치하고 모터 인버터를 이용하여 회전수를 조절하면서 실험을 하여 잎과 지경이 풋콩꼬투리와 분리되는 양을 측정하였다. 그림 3에 선별 실험장치를 나타내었다. 이 장치는 송풍팬 축 상부에 별도로 마련한 공기 흡입구의 개구비를 5단계로 나누어 조절을 할 수 있고 송풍팬의 원주 속도는 32, 39,

46, 53, 60m/s의 5수준으로 하였다. 실험 전 풋콩과 불순물(잎, 지경)의 무게를 측정한 후 이들을 혼합하여 공급량을 일정하게 유지하면서 실험을 하였다. 실험 후 풋콩과 불순물을 분리하여 각각의 무게를 측정하여 선별성능을 평가하였다. 1회전시 송풍량은 0.07m³이다.

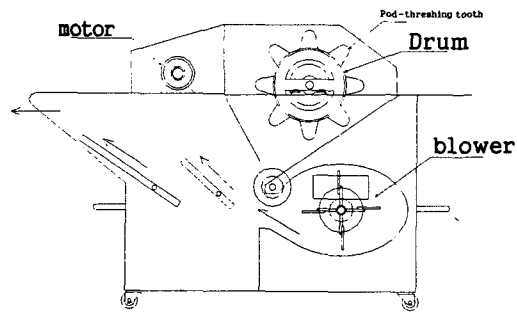


Fig. 3. Schematic diagram of the thresher(sorting)

그림 4는 공기 흡입구의 개구비를 조절하는 모습이다. 흡입구의 덮개(shutter)를 높이 0, 15, 30, 45, 60, 75mm의 5단계로 조절하면 흡입구의 개구비는 각각 0, 20, 40, 60, 80, 100%가 된다.

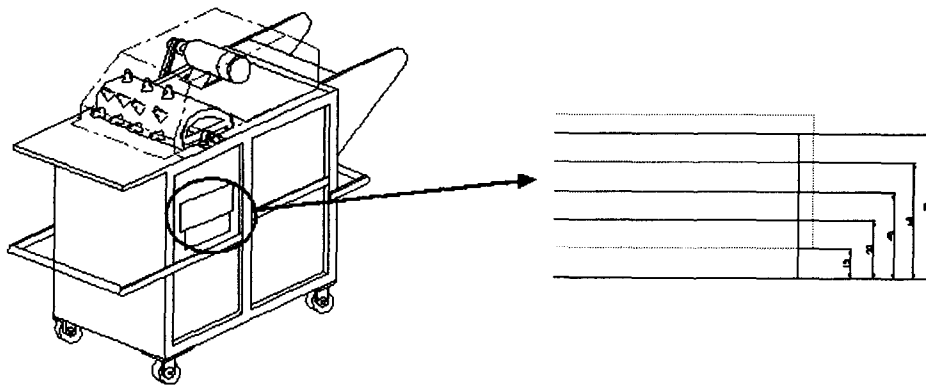


Fig. 4. Control of the opening ratio of suction duct

3. 결과 및 고찰

가. 급치의 종류에 따른 탈협 성능

그림 5는 급동의 원주속도를 18m/s에서 55m/s까지 5단계, 급치의 종류를 직경 6mm 철선, 경도 60, 경도 80의 3종류를 사용하였을 때의 탈협된 풋콩의 미탈협율을 나타낸 것이다. 풋콩의 미탈협율은 급동 원주속도가 18m/s에서 55m/s로 증가할 수록 감소하였다.

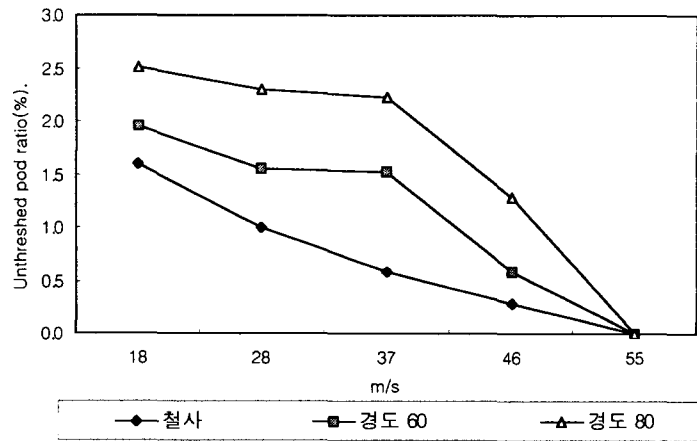


Fig. 5. Unthreshed pod ratio for each teeth type

이는 급동의 원주 속도가 증가함에 따라 급치의 선단이 풋콩 꼬투리에 가하는 원심력(충격력)이 증가하기 때문인 것으로 생각된다. 경도별로 살펴보면 철선이 미탈협율이 가장 낮게 나타났고, 경도 60, 경도 80순으로 미탈협율은 높아졌다. 철선의 경우, 미탈협율이 18m/s에서 1.6%로 가장 높게 나타났고, 55m/s에서 0%로 가장 낮게 나타났으며, 평균 3.5%이었다. 급치 경도 60, 80의 경우, 미탈협율은 18m/s에서 각각 2.0, 2.5%로 가장 높게 나타났고, 55m/s에서 각각 0%로 가장 낮게 나타났으며, 각각 평균 5.6, 8.3%이었다. 급치 경도 60과 80을 비교하면, 경도가 낮은 것이 미탈협율이 낮은 것으로 나타났다. 즉 급치에 사용한 고무의 경도가 낮을수록 미탈협율은 감소하였다. 고무의 경도가 낮을수록 미탈협율은 감소하나 풋콩의 손상율과 급치의 경도와와의 관계를 고려하여 적당한 경도를 결정해야 할 것으로 생각된다. 철선 급치와 고무 급치를 비교하면, 풋콩의 미탈협율은 고무를 사용한 급치가 철선(급치 프레임)을 사용한 급치보다 높게 나타났다.

그림 6은 급동의 원주속도를 18m/s에서 55m/s까지 5단계, 급치의 종류를 직경 6mm 철선, 경도 60의 고무재, 경도 80의 고무재 등 3종류를 사용하였을 때의 탈협된 풋콩의 손상율을 나타낸 것이다. 급동 원주속도가 증가할수록 풋콩 꼬투리의 손상율은 증가하였다. 급치 종류별로 살펴보면, 경도 80이 손상율이 가장 낮게 나타났으며, 경도 60, 철선 급치의 순으로 높아졌다. 경도 80의 경우, 손상율은 급동 원주속도 18m/s에서 1.3%로 가장 낮았고, 55m/s에서 5.2%로 가장 높게 나타났으며, 평균 2.8%로 나타났다. 경도 60의 경우, 손상율은 급동 원주속도 18m/s에서 2.4%로 가장 낮았고, 55m/s에서 5.7%로 가장 높게 나타났으며, 평균 3.8%로 나타났다. 따라서 고무의 경도가 낮을수록 풋콩 꼬투리의 손상율이 높음을 알 수 있다. 철선 급치의 경우, 손상율은 급동 원주속도 18m/s에서 2.6%로 가장 낮았고, 55m/s에서 6.3%로 가장 높게 나타났으며, 평균 4.2%로 나타났다. 경도 60과 80인 고무재 급치보다 손상율이 높게 나타남을 알 수 있다.

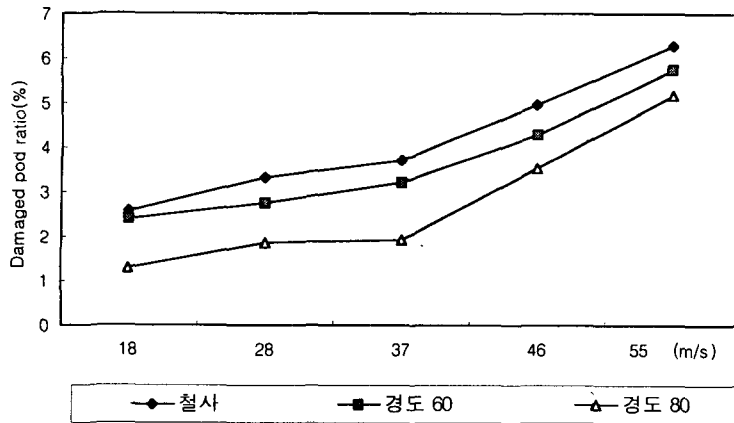


Fig. 6. Damaged pod ratio for each teeth type

나. 선별 성능 실험 결과

1) 앞의 경우

그림 7은 앞의 선별 성능에 관한 그래프이다. 공기 흡입구의 개구비를 20%에서 100%까지 5단계, 송풍팬 회전수를 32m/s에서 60m/s까지 5단계 변화시켰을 때의 앞의 선별율을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 공기 흡입구의 개구비가 증가할수록 선별율은 높게 나타났다. 또한 송풍팬의 원주속도를 높일수록 선별율은 높게 나타났다. 그러나 개구비 60% 이상에서는 선별율이 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있다. 송풍팬 회전수별 선별율은 주속도 60m/s에서 공기흡입구 개구비 60%일 때 94%로 가장 높았고, 공기흡입구 개구비 20%에서 63%로 가장 낮았으며, 평균 84.4%이었다. 주속도 53m/s에서 공기흡입구 개구비 60%와 공기흡입구 개구비 100%일 때 82%로 가장 높았으며, 공기흡입구 개구비 20%에서 43%로 가장 낮았고 평균 70%이었다. 주속도 46m/s에서 공기흡입구 개구비 80%일 때 77%로 가장 높았으며, 공기흡입구 개구비 20%에서 29%로 가장 낮았고 평균 63%이었다. 주속도 39m/s에서는 평균 27%, 32m/s에서는 평균 9%로 매우 낮았다. 원주속도 60m/s의 경우, 3단계 94%, 4단계 93%, 5단계 93%로 나타났다.

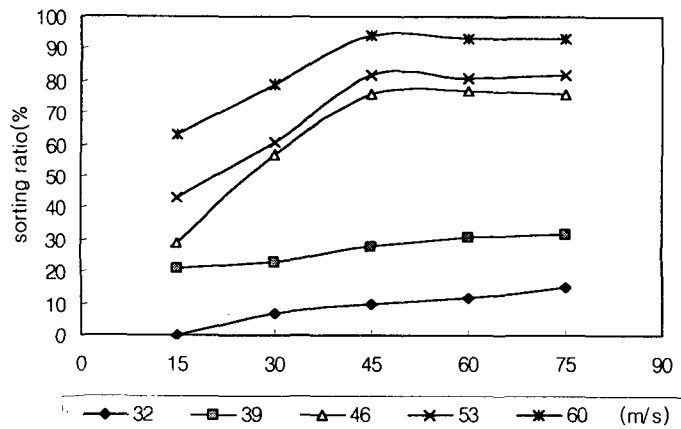


Fig. 7. Sorting Ratio (Leaves)

2) 지경의 경우

그림 8은 지경의 선별 성능에 관한 그래프이다. 공기 흡입구의 개구비를 20%에서 100%까지 5단계, 송풍팬 회전수를 32m/s에서 60m/s까지 변화시켰을 때의 지경의 선별율을 나타낸 것이다.

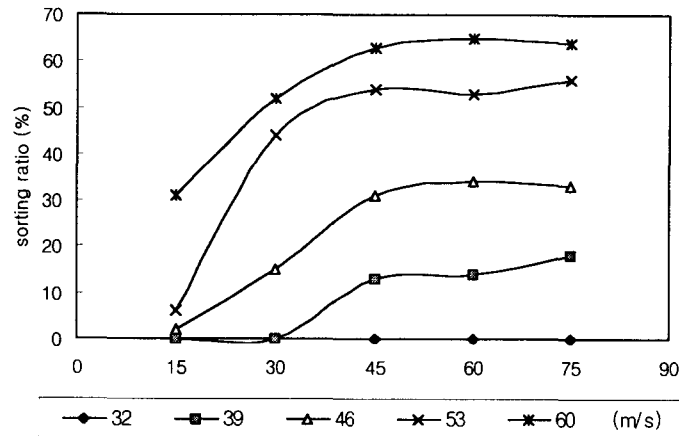


Fig. 8. Sorting Ratio (Stem)

앞의 경우와 마찬가지로 송풍량 조절 높이를 증가시킬수록 선별율은 높게 나타났다. 또한 송풍팬의 원주속도를 높일수록 선별율은 높게 나타났다. 그러나 조절 높이가 45mm 이상에서는 선별율이 크게 차이가 나지 않았다. 송풍팬 회전수별 선별율은 원주속도 60m/s에서 공기 흡입구 개구비 80%일 때 64%로 가장 높았고, 공기흡입구 개구비 20%에서 31%로 가장 낮았으며, 평균 55%이었다. 원주속도 53m/s에서 공기흡입구 개구비 100%일 때 56%로 가장 높았으며, 공기흡입구 개구비 20%에서 6%로 가장 낮았고, 평균 43%이었다. 원주속도 46m/s에서 공기흡입구 개구비 80%일 때 34%로 가장 높았으며, 공기흡입구 개구비 20%에서 2%로 가장 낮았고, 평균 23%이었다. 원주속도 39m/s에서는 평균 9%, 32m/s에서는 평균 0%로 매우 낮았다. 3단계 이상일 경우 선별율은 그다지 차이가 없었다. 60m/s의 경우 공기흡입구 개구비 60%에서 63%, 공기흡입구 개구비 80%에서 65%, 공기흡입구 개구비 80%에서 64%로 나타났다.

3) 전체 불순물의 경우

그림 7는 앞과 지경을 포함한 전체 선별 성능에 관한 그래프이다. 공기 흡입구의 개구비를 20%에서 100%까지 5단계, 송풍팬 회전수를 32m/s에서 60m/s까지 변화시켰을 때의 전체 선별율을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이, 송풍량 조절 높이를 증가시킬수록 선별율은 높게 나타났으며, 송풍팬의 원주속도를 높일수록 선별율은 높게 나타났다. 그러나 공기흡입구 개구비 60% 이상에서는 선별율이 크게 차이가 나지 않았다. 송풍팬 회전수별 선별율은 원주속

도 60m/s에서 공기흡입구 개구비 60, 80%일 때 78%로 가장 높았고, 공기흡입구 개구비 20%에서 45%로 가장 낮았으며, 평균 68%이었다. 원주속도 53m/s에서 공기흡입구 개구비 100%일 때 61%로 가장 높았으며, 공기흡입구 개구비 20%에서 22%로 가장 낮았고, 평균 51%이었다. 원주속도 46m/s에서 공기흡입구 개구비 60, 80, 100%일 때 56%로 가장 높았으며, 공기흡입구 개구비 20%에서 12%로 가장 낮았고 평균 44%이었다. 원주속도 39m/s에서는 평균 18%, 32m/s에서는 평균 4%로 매우 낮았다. 실험후 선별된 것을 보면 32m/s의 경우 선별된 것의 대부분이 잎뿐이었으며, 32m/s에서는 지경은 거의 선별이 되지 않았다.

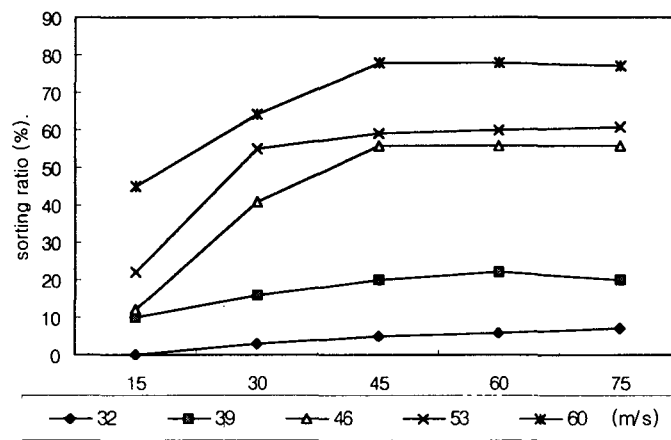


Fig. 9. Sorting Ratio (Total)

4. 결 론

본 연구는 풋콩 탈협기 개발을 위한 기초연구로서 풋콩 탈협기의 급치를 교환할 수 있고, 급동의 주속도와 송풍팬의 회전속도 및 공기 흡입구의 개구면적을 조절할 수 있는 실험장치를 제작하고, 급치의 종류가 풋콩의 탈협 및 손상에 미치는 영향을 분석하였다. 또한 송풍팬의 회전속도와 흡입 공기구의 개구비 변화 따른 선별 성능을 분석하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 급치의 종류에 따른 풋콩의 미 탈협율은 철선 급치가 최대 1.6%, 최소 0.0%, 평균 0.7%로서 가장 낮게 나타났고, 그 다음이 경도 60의 고무제 급치로서 최대 2.0%, 최소 0.0% 평균 1.1%, 경도 80의 고무제 급치는 최대 2.5%, 최소 0.0% 평균 1.7% 순으로 높아졌다. 또한 풋콩의 미탈협율은 급동 원주속도가 18m/s에서 55m/s로 증가할 수록 감소하였다. 이는 급동의 원주 속도가 증가함에 따라 급치의 선단이 풋콩 꼬투리에 가하는 타격력이 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

2. 급치의 종류에 따른 풋콩의 손상율은 경도 80의 고무제 급치는 최대 5.2%, 최소 1.3%, 평균 2.8%로서 가장 낮게 나타났고, 그 다음이 경도 60의 고무제 급치로서 최대 5.7%, 최소

2.4% 평균 3.8%, 철선 급치는 최대 6.3%, 최소 2.6% 평균 4.2% 순으로 높아졌다.

또한 풋콩의 손상율은 급동 원주속도가 증가할수록 풋콩 꼬투리의 손상율은 증가하였다. 이 또한 급동의 원주 속도가 증가함에 따라 급치의 선단이 풋콩 꼬투리에 가하는 타격력이 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

3. 공기흡입구의 개구면적을 증가시킬수록 선별율은 높게 나타났으나 개구비가 60%이상에서는 선별율이 크게 차이가 나지 않았으며, 송풍팬의 원주속도를 높일수록 선별율은 높게 나타났다.

5. 참고문헌

1. 홍은희 외. 1992. 수출유망품목 생두 생산 기술 및 유통 조사연구, 농촌진흥청연구보고서.
2. (주식회사)マツモト. 1998. えだまめ自動脱莢機 카타로그