

## 콩 탈곡손상 절감을 위한 콩 탈곡통 개발

조용진 이규승

### Development of Threshing Cylinder for Reduction of Soybean Seed Damage

Y. J. Cho K. S. Lee

#### Abstract

This study was carried out to develop soybean thresher which is able to reduce the soybean threshing damage in comparison to the conventional thresher. A threshing cylinder with different diameter of 480 and 384 mm at each end and with one quarter disc pegs of 60 mm radius was developed and attached to the prototype thresher. A conventional thresher which has a threshing cylinder with  $\Delta$  type threshing pegs and same diameter of 480 mm at each end was used for comparative test. A series of comparative performance test was conducted using sun-yu and chung-ja soybean. For sun-yu bean, which is white and usually used for soybean paste and soy sauce, the ratio of damaged beans of prototype ranged 2-3% for 330-360 rpm which is recommended cylinder speed by manufacturer. The ratio of damaged beans of conventional thresher was 3-4% for the same range of cylinder speed. chung-ja beans with black color usually shows high damaged ratio compared with white beans, thus cylinder speed of 250-300 rpm is recommended by manufacturer to reduce the damaged ratio. For this range of cylinder speed, the damaged ratio of prototype was 1.3-1.4% and it was 2.7-6.1% for the conventional thresher. Thus prototype is able to reduce the damaged ratio 1.5-5.0% compared with conventional thresher. Prototype shows 0.4% of unthreshed soybean ratio for sun-yu bean in the optimum range of cylinder speed and it was 0.87% for the conventional thresher. For chung-ja bean, the ratio of unthreshed soybean was almost same for both prototype and conventional thresher with the value of 4.0%. The reason of high unthreshed soybean ratio for chung-ja bean compared sun-yu bean is due to the high seed moisture content of 29.11% which is much higher than that of the recommended.

**Keywords :** Soybean, Thresher, Damaged seed ratio, Unthreshed seed ratio

#### 1. 서론

콩은 우리 국민의 중요한 식량자원중의 하나이며, 최근에는 건강을 지켜주는 웰빙 식품으로 인식되어 국산 콩의 수요가 크게 증가하고 있다. 그러나 최근 국산 콩의 생산기반이 크게 위축되어 콩 재배면적은 1990년 152천 ha에서 2008년 75천 ha로 약 50% 감소되었으며, 식용콩 자급율도 1990년 56%에서 2005년에 29.8%로 크게 감소하여 전체적으로 볼 때 우리나라 콩 수요량의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다(Ko, 2010). 정부에서는 식용콩의 잠정 자급률 목표치

를 2015년에 42%로 설정하고 논에 타작물 재배사업 추진과 연계하여 콩 재배 면적을 확대하는 방안을 강구하고 있다 (Seo, 2010). 그러나 콩 재배면적을 확대하기 위해서는 필수적인 기계화 수준은 아직 미흡한 실정이다. 다른 밭작물과 마찬가지로 콩 재배의 경우 경운 방제 등의 작업은 수도작 기계화의 영향을 받아 기계화가 상당히 이루어 졌다. 농민들이 콩 재배 과정에서 가장 어려워하고 있는 단계는 수확과 탈곡이다. 콤바인 등 수확 탈곡기계의 가격이 매우 고가이어서 경영규모가 작은 대부분의 농가에서 구입이 어려울 뿐 아니라, 벼나 보리 같은 타 작물에 사용되던 탈곡기를 콩에 그대로

The article was submitted for publication on 2010-11-30, reviewed on 2010-12-08, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2010-12-13. The authors are Yongjin cho, Research Associate, KSAM members, Sungkyunkwan University, Suwon, Donghoon Lee, KSAM members, Sungkyunkwan University, Suwon, Kyouseung Lee, Professor, KSAM member, Sungkyunkwan University, Suwon. The corresponding author: Kyouseung Lee, Professor, Dept. of Bio-Mechatronics Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Gyeonggi, 440-746, Korea; Fax: +81-31-290-7828; E-mail: <seung@skku.edu>.

적용하여 사용하다 보니 콩알의 손상이 커져 많은 농민들이 사용을 꺼리는 실정이다. 이러한 수확과 탈곡 과정의 낮은 기계화율이 농민들이 콩 재배를 꺼리는 주요 원인이라고 보고되고 있다(Lee and Cho, 2010).

콩의 탈곡손상에 가장 영향을 많이 주는 인자는 콩의 수분함량, 콩에 대한 탈곡 급치의 충격속도, 콩의 온도, 콩의 크기 그리고 탈곡 급치의 형태 등으로 보고되고 있다(Hoki and Pickett, 1973; Pickett, 1973; Singh and Linvill, 1977; Bartsch et al., 1986; and Ukatu, 2006). Hoki 등(1973)은 콩의 탈곡 시 기계적 손상을 줄이기 위해서는 콩에 대한 충격속도를 줄이는 것이 필요하며, 특히 콩의 수분함량이 낮은 경우는 콩에 대한 충격속도를 줄이는 것이 더욱 중요하다고 주장하였다. 그는 또한 탈곡 급치의 주속도가 10.5 m/s에서 17.78 m/s로 증가할 때 콩의 포피 손상은 5%에서 60%로 증가한다고 보고 하였다. Narayan(1969)은 navy bean의 탈곡 손상을 줄이기 위한 콩의 적정수분함량의 범위는 13.4-15.6%이라고 보고하였다. Pickett(1973)는 콩을 수확하기에 가장 적절한 콩의 수분함량은 17-20% 범위라고 보고하였으며, 또한 콩 껍질의 수분함량은 낮을수록 좋으며 가능하면 12%이하여야 한다고 주장하였다. Bartsch(1986)는 콩의 수분함량이 13%에서 8%로 감소하였을 때 콩의 충격손상은 심각하게 증가하였다고 보고 하였다. Ukatu(2006)는 탈곡 급치의 형태가 곡선일 경우 직선인 경우보다 콩에 대한 충격력을 분산 완화할 수 있어 탈곡손상을 줄일 수 있다고 보고 하였다. 따라서 콩의 탈곡 시 기계적 손상을 줄이기 위한 방법은 위의 탈곡손상 요인들을 적절히 조절하고 콩의 물리적 상태를 적정 범위에 있게 하는 것이 중요하다. 즉 탈곡통의 회전속도를 콩의 탈곡이 가능한 정도로만 가급적 낮추고, 콩 과 콩각지의 수분함량을 적정수분함량의 범위에서 탈곡을 하면 가능하다. 그러나 콩의 탈곡속도가 낮으면 콩의 손상율은 감소하나 탈곡 능률이 떨어지고 탈곡 손실과 미탈곡률이 증가하는 것으로 보고되고 있다(Pickett, 1973; Ukatu, 2006).

탈곡기의 탈곡 능률을 어느 정도 유지하면서 탈곡손상을 줄이는 탈곡기의 개발이 필요하다. 탈곡기 자체의 설계 변경에 의해 탈곡손상을 줄일 수 있는 방법은 탈곡 급치에 의한 콩의 충격력을 완화시킬 수 있는 탈곡 급치 및 탈곡통의 개발이다.

따라서 본연구의 목적은 탈곡 능률을 유지하면서 탈곡 급치에 의한 콩의 충격력을 완화시켜 콩의 탈곡손상을 줄일 수 있는 탈곡통을 장착한 탈곡기를 개발하는 것이다.

## 2. 시작기 설계

콩의 탈곡 손상을 줄이기 위해서 본 연구에서는 탈곡통 및 탈곡 급치의 형태, 탈곡통에서의 탈곡 급치 배열 등을 기존의

탈곡기와 차별화 하여 설계하였다. 이 외의 부분은 기존의 콩 탈곡기를 그대로 이용하였다.

탈곡통이 회전할 때, 회전축을 중심으로 탈곡 급치를 포함하는 탈곡통의 운동에너지 E는 식 (1)과 같다.

$$E = \frac{1}{2} I_G \omega^2 = \frac{1}{2} m k_G^2 \omega^2 \quad (1)$$

Where,  $k_G$  : The radius of rotation of threshing blade

$m$  : The mass of cylinder

$\omega$  : The angular velocity

탈곡통의 각속도( $\omega$ )와 질량(m)은 탈곡통 전체에 걸쳐 동일함으로, 탈곡 각 급치의 운동에너지(E)는 탈곡 급치가 위치하는 회전부의 직경의 제곱( $k_G^2$ )에만 비례한다.

급치의 질량이 같고, 급치의 회전반경( $k_G$ )을 곡물 이동방향에 따라 감소시킨다면, 곡물 이동방향에 따라서 배치되는 탈곡통의 운동에너지(E)도 줄어들게 된다. 즉 탈곡기의 투입부에서는 곡물 외부의 껍질 또는 줄기로부터 곡물을 타격 분리하기 위하여 탈곡 급치가 상대적으로 큰 운동에너지를 가지고 곡물을 타격할 필요가 있다. 하지만 곡물의 탈곡작업이 진행되어 곡물이 방출부로 이동 하게 되면 콩 이삭은 줄기로 분리되고 콩 껍질의 일부가 파손되어 알곡이 외부로 드러나게 된다. 곡물 내부의 알곡을 보호해주는 껍질이 손상되거나 사라지는 위치에서의 회전부 직경(D)을 투입구에 비하여 작게 설계를 하면 탈곡 급치는 탈곡 투입부에 비해 상대적으로 작은 운동에너지를 가지고 곡물을 타격함으로써 곡물의 손상을 줄일 수 있다. 추가로 곡물 이동방향을 따라서 위에서 언급한 회전부의 직경뿐만 아니라 탈곡 급치의 개수 역시 감소시키면, 단위 시간당 곡물의 타격횟수도 감소하게 되므로, 타격횟수에 비례하는 운동 에너지도 곡물 이동방향에 따라서 더욱 감소하게 된다. 탈곡 급치의 형태는 콩의 타격시 타격력을 분산시킬 수 있는 원형 또는 타원형 형태로 하며, 콩 줄기와 껍질의 원할 한 이송 배출을 위해 일부 탈곡 급치는 봉형으로 한다. 탈곡통의 설계결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 탈곡통 : 좌우의 직경이 서로 다른 원추대형으로 설계하여 탈곡 초기와 탈곡 후기의 원주 속도를 서로 다르게 하였다. 탈곡통 출구 측의 직경을 입구측보다 20% 작게 하여 탈곡후기로 갈수록 급치의 원주 속도를 줄일 있도록 설계하여 탈곡 말기의 원주 속도를 초기 원주 속도보다 20% 줄일 수 있도록 하였다. 탈곡 각 급치의 운동 에너지는 탈곡 급치가 위치하는 회전부의 직경의 제곱에 비례하므로 입구측의 운동에너지보다 탈곡 말기의 운동 에너지를 약 40% 줄여 탈곡손실을 방지하고자 하였다.

(그림 3)

- 2) 탈곡 급치 : 1/4 원판 형태로 설계하여 콩 탈곡 시 타격력을 줄일 수 있도록 하였다. 원판 두께는 6 mm로, 반지름은 60 mm로 하였다. 이송 배출용 급치는 봉형 형태로 설계하였다. 봉의 두께는 6 mm로, 나사선을 제외한 길이는 60 mm로 하였다.

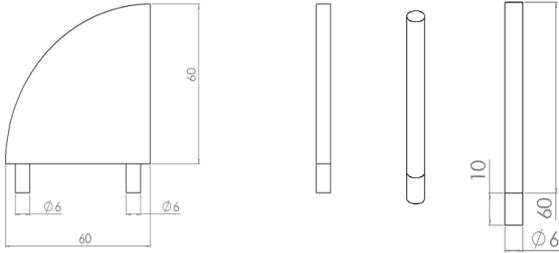


Fig. 1 View of threshing peg of 1/4 circular disk type. Fig. 2 View of threshing peg of circular rod type.

- 3) 급치 배열 : 탈곡 시 콩의 타격회수를 조절하기 위해 탈곡 투입부의 탈곡 급치 배열은 좀 조밀하게 하였으며 후반부로 갈수록 탈곡 급치의 개수를 줄였다. (그림 3-(A)) 축 방향을 기준으로 급치간의 간격은 200 mm로 기존 탈곡기의 탈곡 급치 간격과 동일하다. 그림 3의 (B)는 탈곡통 위치에서의 탈곡 급치 숫자별 배열을 보여주고 있다. (1) 라인에 설치된 급치의 수는 12개, (2)는 10개, (3)은 8개, (4)는 6개, (5)에는 4개였다. 이송 배출용 급치는 각 라인마다 90도 간격으로 4개씩 배열된 형태로 위의 급치 배열에 추가시켰다.

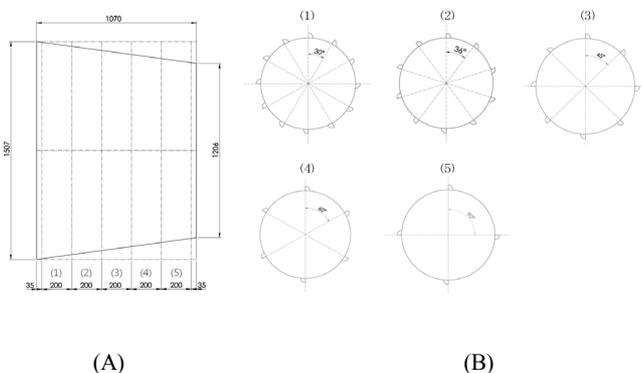


Fig. 3 Number of threshing pegs on cylinder depending on the spot.

탈곡통(실린더)의 형태는 기존의 탈곡통 형태인 원통이 아닌 원뿔대 형태로서 제작되었다. 탈곡부 커버와 수망은 탈곡 초기부부터 말기부까지, 탈곡통(실린더)의 형태에 맞춰서 이 실린더를 감싸는 형태로 제작되었다. 탈곡 급치와 탈곡부 커버 및 수망과의 간격은 급치 끝부분과 평균 유격을 기존의 탈곡기와 같은 50 mm으로 제작되었다. 실린더의 수망의 형

태 및 절단칼은 기존 탈곡기와 동일한 제품을 사용하였으며, 재질은 3.5 mm 두께의 강판으로 제작되었다. 그림 4는 설계된 시작기의 개략도를 보여 주고 있다.

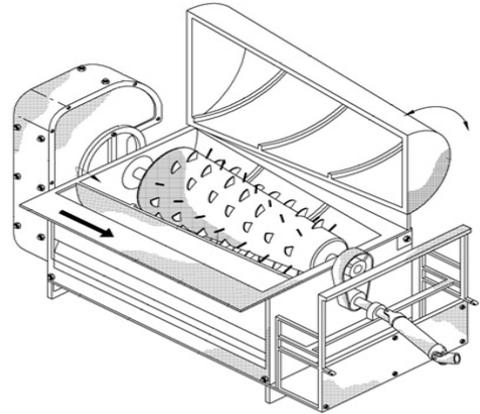


Fig. 4 Schematic view of designed prototype.

### 3. 재료 및 방법

#### 가. 공시 탈곡기

탈곡기의 성능시험에는 설계 제작된 시작기와 B회사 제품의 기존 탈곡기가 이용되었다. 공시 탈곡기는 탈곡부, 선별부, 이송부 3개의 부분으로 구성되어 있다. 탈곡부는 탈곡통, 탈곡 급치, 탈곡실로 구성되어 있고, 선별부는 풍구, 회전 배진 장치, 수망으로 구성되어 있으며, 이송부는 스크류 컨베이어와 버킷 엘리베이터로 구성되어 있다. 두 탈곡기의 차이점은 탈곡통 및 탈곡 급치의 형태 그리고 탈곡 급치의 배열만 다르며 그 외 탈곡기 전체의 치수 및 소요마력 등은 동일하다. 기존 탈곡기는 탈곡통 좌우 끝단의 직경이 480 mm 로 동일하며, 탈곡치의 형태는 1자형이며 높이는 60 mm 이다. 기존 탈곡기의 급치 배열은 일렬 배열이며 동일 원주상에 10개가 설치되어있다. 간단히 요약하면 시작기는 기존 탈곡기의 모든 것은 그대로 사용하되 탈곡통만 재설계 제작하여 부착하였다고 보면 된다. 그림 5는 시작기와 대비시험에 사용된 기존 탈곡기를 보여 주고 있다.



(A) Prototype (B) Conventional thresher

Fig. 5 Experimental thresher.

표 1은 시작기와 기존 탈곡기의 사양을 보여 주고 있다.

Table 1 Specifications of prototype and conventional thresher

Item		Prototype	Conventional thresher
Thresher	Length(mm)	1190	1190
	Width(mm)	2240	2240
	Height(mm)	1325	1325
Cylinder	Width(mm)	1070	1100
	Diameter(mm)	384 - 480	480
Weight(kg)		277	281
Power source		Tractor PTO	Tractor PTO
Thresher output(16% M.C.)		600 kg/hr	600 kg/hr

#### 나. 공시재료

시작기의 성능시험에 사용된 공시재료의 품종은 장류콩(흰콩)의 품종중 하나인 선유콩과 밥밀콩(검정콩)의 품종중 하나인 청자콩이다. 두 품종은 각 2000년 2004년에 농작물 직무육성신품종선정위원회에서 새로운 장류품종으로 결정되어 농가에 보급되어 현재 국내에서 많이 생산되고 있는 품종이다. 포장에서 예취 후 관행의 방법으로 묶어서 단을 만들고 비가림 건조대를 이용하여 천일건조 하였다. 선유콩의 100립중은 29.6 g으로 대립종이며, 청자 콩의 100립중도 30.4 g으로 무거운 대립종이다. 같은 대립종이라도 밥밀콩(검정콩)은 동일한 탈곡기에서 탈곡할 시 장류콩(흰 콩)에 비해 손상율이 높은 것으로 알려져 있다. 따라서 장류콩의 경우 탈곡기 회사에서 권장하는 탈곡기의 상용회전수는 300-350 rpm이며, 밥밀콩(검정콩)은 권장 상용회전수는 장류콩보다 50 rpm 낮은 250-300 rpm을 권고하고 있다.

콩대 20주를 묶어서 콩 1단이라 명칭하며, 콩대 중간을 기준으로 콩 1단의 지름을 측정할 부위를 콩 1단의 평균직경으로 하였다. 시험에 사용된 콩 15단을 평균 측정한 결과 콩 1단의 평균직경은 약 80 mm로 계속되어 있었으며, 탈곡당시 콩 1단의 평균 무게는 선유콩의 경우 약 2.5 kg, 청자콩의 경우 약 3 kg이었다. 선유콩 껍질은 50개를 대상으로 측정한 결과 평균값은 가로×세로×높이가 각각 43.3×10.7×6.2 mm이며, 껍질 1개 내의 콩 평균 과립수는 3개였다. 청자콩의 경우는 각각 47.6×11.6×5.7 mm이었으며, 껍질 1개 내의 평균 콩 과립수는 3개였다. 선유콩 낱알의 크기는 50개를 대상으로 측정한 결과 평균값은 가로×세로×높이가 각각 9.0×8.1×7.1 mm이며, 청자콩의 경우 9.4×7.7×6.8 mm이었다.

성능시험시의 콩의 함수율 측정은 103℃도에서 72시간동안 건조하는 드라이오븐법 (ASAE standards S352.2, 2008)을 사용하였다. 측정된 선유콩과 청자콩의 함수율은 표 2와 같다.

Table 2 Moisture contents of experimental soybeans

% (dry basis)

	Soybean	Shell of soybean	Stem of soybean
Sun-yu	21.41	24.07	21.48
Cung-ja	21.67	29.11	26.94

#### 다. 성능시험

탈곡성능시험은 경기도 과천시 적성면 객현2리에서 수행되었으며 2010년도 11월 6일에는 선유콩을 그리고 13일은 청자콩에 대한 탈곡 시험을 수행하였다.

탈곡통의 회전수는 콩 품종에 따라 다르기는 하나 탈곡기 제작회사에서 추천하고 있는 회전수를 기준으로 선정하였다. 선정된 탈곡통의 회전수는 240 rpm에서 360 rpm까지 30 rpm간격으로 증가시킨 5수준이었으며, 이에 따른 탈곡 급치의 원주 속도는 6.8, 7.6, 8.5, 9.3, 10.2 m/s의 5수준으로 일반적으로 추천되고 있는 원주 속도의 범위이었다.(Hoki and Pickett, 1973) 시험은 신뢰성 확보를 위하여 수준별 3반복으로 수행하였다. 시험은 콩 1단을 투입하여 수행하였으며 탈곡 시간은 30초로 동일하게 하였다.

탈곡기 성능평가 시험 시 포장에 천막을 넓게 펴서 탈곡된 콩의 이탈을 방지하였다. 탈곡기의 동력원으로는 존 디어사의 JD5320 트랙터 모델이 사용되었으며 출력은 62마력이다.

공시 탈곡기의 선별부는 풍구, 회전 배진 장치, 수망으로 구성되어 있으며, 이송부는 스크류 컨베이어와 버킷 엘리베이터로 구성되어 있다. 풍구 및 스크류 컨베이어는 탈곡 급통 축과 V벨트로 연결되어 동력전달 되고 있다. 본 연구에서는 탈곡부 급통의 콩 손상요인만을 판단하기 위하여 급통 축과 풍구동력전달 축이 연결된 고무벨트를 풀어 동력을 차단시켰다. 따라서, 급통과 수망을 거쳐 탈곡된 콩알과 검불은 급실로 떨어지게 되며, 이를 수집하기 위하여 급실 내부에 5 mm의 두께의 함석철판으로 가이드 박스를 설치하여 탈곡된 콩을 수집할 수 있도록 하였다.

#### 라. 성능 평가

본 연구에서 시작기의 성능평가 요인으로는 탈곡 손상율과 미탈곡율로 하였다. 콩의 손상율(The ratio of damaged bean) 및 미탈곡율(The ratio of unthreshed bean)은 다음과 같이 정의하였다(Oh etc., 1989).

콩의 손상여부는 (1) 정상콩, (2) 표면에 금이 간 콩, (3) 쪽분리가 일어난 콩으로 다음 표 3과 같이 규정한다. 미탈곡은 콩각지가 벗겨지지 않은 상태인 콩을 의미한 것으로 탈곡된 콩 및 검불처럼 급실에 설치된 가이드 박스에 떨어지게 된다. 손상된 콩 및 미탈곡 콩은 전부 전수조사를 통하여 결정되었다.

**Table 3** Method of top view and side view for soybean

	(1)	(2)	(3)
Top view			
Side view			

The ratio of damaged soybean :

$$D(\%) = \frac{M_d}{M_d + M_u} \times 100 \quad (2)$$

Where,  $M_d$  : The mass of the damaged beans  
 $M_u$  : The mass of the undamaged beans

The ratio of unthreshed soybean :

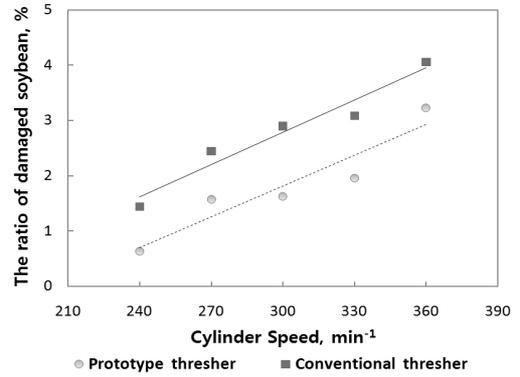
$$U(\%) = \frac{M_u}{M_t + M_u} \times 100 \quad (3)$$

Where,  $M_t$  : The mass of the threshed beans  
 $M_u$  : The mass of the unthreshed beans

## 4. 결과 및 고찰

### 가. 탈곡 손상율

그림 6은 장류콩 품종 중 하나인 선유콩의 손상율을 보여주고 있다. 선유콩은 청자콩에 비해 탈곡 시 탈곡손상이 적은 것으로 알려져 있어 탈곡기 회사에서 권장하는 탈곡기의 상용회전수는 300-350 rpm이며, 일반적으로 농민들의 콩 탈곡 시 사용하는 회전수는 350 rpm 전후 정도이다. 선유 콩의 경우 탈곡통의 회전수가 증가함에 따라 시작기와 기존 탈곡기 모두에서 탈곡 손상율이 증가하고 있음을 알 수 있다. 시작기의 경우 탈곡통의 회전수가 240 rpm에서는 탈곡 손상율이 약 0.6%로 1%도 되지 않았으며, 회전수가 240 rpm에서 270- 330 rpm의 범위로 증가하는 동안 탈곡 손상율은 약 0.6%에서 1.6-2.0%으로 증가하였으며, 360 rpm에서는 약 3.2% 정도로 증가하였다. 흰 콩의 경우 탈곡손상과 정선율 등을 고려한 탈곡기회사의 권장 회전수가 350 rpm이며, 농민들의 실제 사용 회전수도 330-360 rpm 이므로 본 시작기를 사용할 경우 탈곡 손상율을 1.5-3.0% 범위 이내로 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 기존 탈곡기의 경우 위의 회전수 범위에서의 탈곡손상은 2.9-4.1%의 범위로서 시작기에 비해 1.0-1.5%정도 높은 것으로 나타났다.



**Fig. 6** Effects of threshing-cylinder speed on damaged Sun-yu beans.

그림 7은 탈곡통의 회전수에 따른 청자콩의 탈곡 손상율을 보여주고 있다. 일반적으로 알려져 있듯이 탈곡통의 회전수가 증가할수록 시작기와 기존 탈곡기의 손상율이 모두 증가하고 있음을 알 수 있다. 시작기의 경우 탈곡통의 회전수가 240 rpm에서 300 rpm으로 증가하는 동안 탈곡 손상율이 약 1.4% 정도로 거의 변동이 없었으며, 탈곡통의 회전수가 300 rpm에서 330 rpm 증가하였을 때에는 탈곡 손상율이 1.4%에서 3.8%로 2% 이상 크게 증가하였으며, 그리고 360 rpm에서는 탈곡 손상율은 완만하게 증가하여 4.7%가 되었다. 비교 군인 기존 탈곡기의 경우에는 탈곡통의 회전수가 240 rpm에서 270 rpm으로 증가하는 동안 탈곡 손상율은 약 2.7% 로 거의 변동이 없었으며, 탈곡통의 회전수가 300 rpm으로 증가하면서 탈곡 손상율은 급격히 증가하여 6.6%가 되었으며, 그리고 360 rpm에서는 탈곡 손상율은 완만하게 증가하여 8.2%가 되었다. 두 탈곡기의 탈곡 손상율을 비교하여 보면 탈곡통의 회전수가 240 rpm과 270 rpm의 경우에는 기존 탈곡기가 시작기에 비해 약 1.3% 정도 많았으며, 300 rpm의 경우에는 약 5%, 그리고 330 rpm과 360 rpm에서는 약 3-4% 많았다.

청자콩은 선유콩에 비하여 탈곡손상이 높은 것으로 알려져 있다. 따라서 탈곡기 회사에서 권하는 탈곡기의 상용회전수도 선유콩에 비해 50 rpm 정도 낮은 250-300 rpm이며, 일반적으로 농민들의 콩 탈곡 시 사용하는 회전수도 250-300 rpm 정도임을 감안 할 때 시작기를 사용할 경우 탈곡 손상율을 2-5% 이상 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 탈곡기의 작업능률을 중요시 하는 농민들의 경우에는 탈곡통의 회전수를 300 rpm 정도로 유지하는 경우가 많다. 시작기의 경우 300 rpm에서도 청자콩의 탈곡 손상율을 1.5% 이하로 줄일 수 있어, 시작기는 탈곡율을 어느 정도 유지하면서도 탈곡 손상율을 크게 줄일 수 있는 것으로 판단된다. 위의 분석 결과를 종합적으로 살펴보면 청자콩을 시작기로 탈곡했을 경우 탈곡손상을 2%이하로 줄이기 위해서는 시작기의 경우에는 330 rpm 이하, 기존 탈곡기의 경우에는 240 rpm 이하로 작업하는 것이 바람직한 것으로 나타났다. 그러나 기존 탈곡기의 경

우 240 rpm으로 탈곡 작업을 할 경우 작업능률이 현저히 떨어질 뿐 아니라 미탈곡율을 높이는 결과를 초래할 것으로 판단되어 탈곡손상을 줄이기 위해 탈곡통의 회전수를 크게 줄이는 것은 불가능 하다고 판단된다.

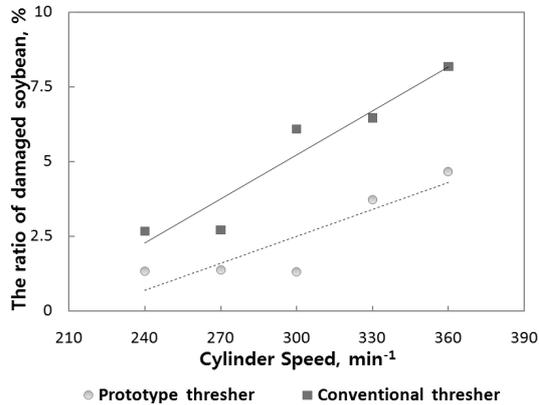


Fig. 7 Effects of threshing-cylinder speed on damaged Chung-ja beans.

#### 나. 미탈곡율

그림 8과 그림 9는 탈곡기의 회전수에 따른 미탈곡율을 보여주고 있다.

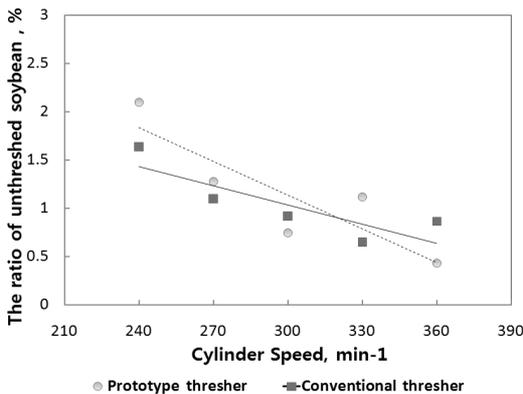


Fig. 8 Effects of threshing-cylinder speed on unthreshed Sun-yu beans.

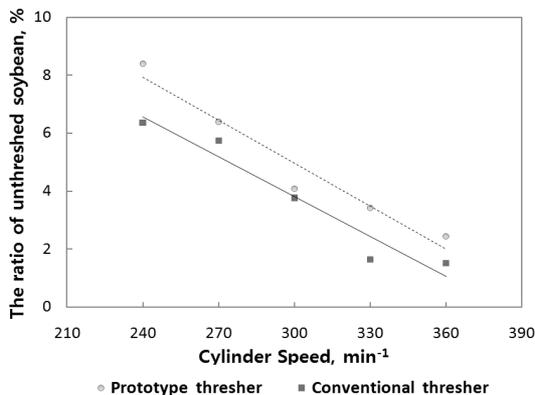


Fig. 9 Effects of threshing-cylinder speed on unthreshed Chung-ja beans.

탈곡통의 회전수가 증가함에 따라 미탈곡율은 선유콩과 청자콩 두 품종 모두에서 시작기에 관계없이 감소하고 있음을 알 수 있다(그림 8, 그림 9). 선유콩의 미탈곡율을 살펴보면 시작기의 경우 탈곡통의 회전수가 낮은 240 rpm에서는 미탈곡율이 비교적 높은 2.1%이었으나 탈곡통의 회전수가 증가함에 따라 급격히 감소하여 탈곡적정 회전수인 360 rpm에서는 0.43%로 감소하였다. 콩 탈곡성능실험시의 콩겍질 및 콩알의 수분함량이 각각 24.07%과 21.41%로 비교적 높은 편임을 감안할 때 선유콩에 대한 시작기의 미탈곡율 관련 성능은 상당히 우수한 것으로 판단된다. 기존 탈곡기의 경우에는 탈곡통의 회전수가 240 rpm에서 360 rpm으로 증가함에 따라 1.67%에서 0.8% 감소하여 0.87%가 되었으며, 시작기에 비해 완만하게 감소하는 것으로 나타났다. 탈곡통 회전수 240-330 rpm의 범위에서는 기존 탈곡기의 미탈곡율이 시작기에 비해 낮은 것으로 나타났으나, 일반적으로 농민들이 많이 사용하고 있고 탈곡기 제작회사에서 권유하고 있는 탈곡통의 회전수인 360 rpm에서는 시작기의 미탈곡율이 약간 낮은 것으로 나타났다.

청자콩의 경우 시작기의 탈곡통 회전수가 240 rpm에서 360 rpm으로 증가함에 따라 미탈곡율은 8.41%에서 크게 5.95% 감소하여 2.46%가 되었다. 이 값은 선유콩의 미탈곡율인 0.43%와 비교하여 볼 때 약 2%나 높은 값이다. 이와 같이 청자콩의 미탈곡율이 선유콩에 비해 높은 것은 탈곡 시 청자콩의 겍질 수분함량이 29.11%로서 선유콩의 24.07%보다 훨씬 높게서 기인한다고 판단된다. 일반적으로 탈곡 시 콩겍질의 수분 함량은 낮을수록 좋으며, 가능하면 12%이하인 것이 좋다고 보고되고 있다(Pickett,1973). 청자콩의 경우도 콩겍질의 수분함량이 18%이하의 적정 수분 함량에서 시작기를 이용하여 탈곡을 하면 미탈곡율을 훨씬 더 낮출 수 있을 것으로 판단된다. 기존 탈곡기의 경우에도 탈곡통 회전수가 240 rpm에서 360 rpm으로 증가함에 따라 미탈곡율은 6.37%에서 4.72% 감소하여 1.65%가 되었다. 실험당시 청자콩 겍질의 수분함량이 29.11% (d.b.)로서 콩 탈곡 시 적정 수분함량(15~18%)보다 상당히 높은 것을 고려하면 기존 탈곡기의 미탈곡율 관련 성능도 상당히 좋은 것으로 나타났다.

미탈곡율과 탈곡 손상율을 모두 고려하여 시작기의 적정 회전수 범위를 살펴보면 선유콩의 경우, 탈곡 손상율을 2% 이하로 유지하면서 미탈곡율을 약 1% 대로 유지하기 위해서는 작업회전수를 300 rpm 이하로 유지하는 것이 효과적으로 판단된다. 청자콩의 경우에는 탈곡 손상율을 1% 대로 유지하기 위해서는 탈곡회전수를 300 rpm 이하로 유지하는 것이 바람직하나 이 회전수 범위서 미탈곡율이 4% 이상 증가하는 것으로 나타나 적정 탈곡 회전수의 범위를 제안하는 것이 어렵다. 그러나 청자콩의 경우 농민들이 미탈곡율 보다는 손상에 좀 더 관심이 많으므로 탈곡회전수를 300 rpm 이하로 유지하는 것이 타당하다고 판단된다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구에서는 콩의 탈곡손상을 줄이기 위해 새로운 개념의 탈곡통과 급치를 부착하는 탈곡기를 설계 제작하였다. 콩의 탈곡손상을 줄이기 위해 탈곡통의 지름은 콩대의 투입구로 배출구로의 이동방향에 따라 작게 설계를 하여 배출구의 탈곡급치의 원주 속도를 낮추었으며, 탈곡급치는 원형판을 4등분한 형태로 콩에 대한 탈곡급치의 타격력을 줄였다.

기존 탈곡기와 성능 비교 시험을 수행하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 선유콩에 대한 시작기의 탈곡 손상율은 탈곡통의 회전수가 증가함에 따라 증가하였으며, 일반적으로 탈곡기 회사에서 권장하는 탈곡기의 상용회전수는 범위인 330-350 rpm의 범위에서 2-3%대의 탈곡 손상율을 나타내었다. 기존 탈곡기의 경우에는 3-4%로 시작기에 비해 약 1% 정도 높게 나타났다.
- (2) 청자콩에 대한 시작기의 탈곡 손상율은 240-300 rpm 범위에서는 약 1.3-1.4%, 330 rpm에서는 3.7% 그리고 360 rpm에서는 4.7%이었다. 기존 탈곡기의 경우 240-270 rpm 범위에서의 탈곡 손상율은 약 2.7%로 거의 변동이 없었으며, 300 rpm에서는 급격히 증가하여 6.1%가 되었으며, 360 rpm에서는 8.2%이었다. 청자콩은 탈곡 시 선유콩에 비해 탈곡손상이 높은 것으로 알려져 있어 탈곡기 회사에서 권장하는 탈곡회전수가 선유콩에 비해 50 rpm 정도 낮은 250-300 rpm 임을 감안할 때 시작기를 사용할 경우 기존 탈곡기에 비해 탈곡 손상율을 대략 1.5-5% 정도 줄일 수 있는 것으로 판단되었다.
- (3) 선유콩의 미탈곡율은 시작기의 경우 탈곡회전수가 240 rpm에서는 2.1% 이었으나 탈곡회전수가 증가함에 따라 급격히 감소하여 탈곡적정 회전수인 360 rpm에서는 0.43%로 감소하여 선유콩에 대한 시작기의 미탈곡율 관련 성능은 상당히 우수한 것으로 판단되었다. 기존 탈곡기의 경우에는 탈곡통의 회전수가 240 rpm에서 360 rpm으로 증가함에 따라 1.67%에서 0.8% 감소하여 0.87%가 되었다. 장류콩의 적정 탈곡 회전수가 350 rpm임을 감안하면, 적정 회전수 범위에서의 시작기 미탈곡율 관련 성능은 기존탈곡기에 비해 우수하다고 볼 수 있다.
- (4) 청자 콩의 경우 시작기의 탈곡통 회전수가 240 rpm에서 360 rpm으로 증가함에 따라 미탈곡율은 8.41%에서 크게 감소하여 2.46%가 되었다. 청자콩의 미탈곡율이 선유콩에 비해 높은 것은 탈곡 시 청자콩의 껍질 수분함량이 29.11%로서 선유콩의 24.07%보다 훨씬 높은데

서 기인한다고 판단된다. 기존 탈곡기의 경우에도 탈곡통 회전수가 240 rpm 에서 360 rpm으로 증가함에 따라 미탈곡율은 6.37%에서 1.65%가 되었다. 청자콩의 적정 탈곡회전수인 300 rpm에서의 시작기와 기존탈곡기의 미탈곡율은 약 4%로 비슷한 것으로 나타나 미탈곡율에 관한한 두 탈곡기의 성능은 비슷한 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. ASAE standards S352.2. 2008. Moisture measurement—unground grain and seeds.
2. Bartsch J. A., C. G. Haugh, K. L. Athow and R. M. Peart. 1986. Impact damage to soybean seed. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 29(2):582-586.
3. Hoki M. and L. K. Pickett. 1973. Factors affecting mechanical damage of navy beans. Transactions of the ASAE, 16(6): 1154-1157.
4. Ko, J. M. 2010. A study on soybean supply, demand trends, breeding and industrial utilization. Strategy symposium for globalization and policy support for soybean industry. Rural development administration, national institute of crop science, pp: 19-30.
5. Lee, J. Y. and Y. J. Cho. 2010. Farming problems on production of domestic soybeans in Korea. Korea soybean digest, 27(1):1-5.
6. Narayan C. V. 1969. Mechanical checking of navy beans. Ph.D. Thesis, Michigan state university, East Lansing, MI.
7. Oh, S. G., P. K. Park, H. J. Park and N. H. Cho. 1989. Development of throw-in type soybean thresher. Annual research report. Rural Development Administration, Agricultural Mechanization Institute.
8. Pickett L. K. 1973. Mechanical damage and processing loss during navy bean harvesting. Transactions of the ASAE, 16(6):1047-1050.
9. Seo. H. D. 2010. Diversification of paddy farming and development of local specialty products. Strategy symposium for globalization and policy support for soybean industry. Rural development administration, national institute of crop science. 1-15.
10. Singh B. and D. E. Linvill. 1977. Determining the effect of pod and grain moisture content on threshing loss and damage of navy beans. Transactions of the ASAE, 20(2):0226-0231.
11. Ukatu A. C. 2006. A modified threshing unit for soya beans. Biosystems engineering, 95(3):371-377.