

## 리프트롤러 형상식 선별기 개발

### Development of Lift Roller Shape-type Grader

조남홍\* 이영희\* 최승묵\* 박종률\* 김만수\*\* 김재규\*  
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원  
N. H. Cho Y. H. Lee S. M. Choi J. R. Park M. S. Kim J. G. Kim

#### 1. 서론

양파와 감자는 농가의 주요 소득 작목으로 연간재배면적이 각각 16천ha, 28천ha에서, 각각 936천톤, 678천톤이 생산되고 있다. 특히 양파는 재배지역의 기후특성 및 여건에 따라 생태분화가 이루어지는 작물 특성이 있어 집단화되어 재배가 이루어지고 있다.

양파와 감자의 선별·포장에 소요되는 시간은 전체 노동투하 시간에 대하여 각각 13.6%, 10.3%를 차지하고 있어 노동 투하량이 많으나, 생력 기계화가 이루어지지 않아 정밀선별 및 포장출하비율이 낮아 부가가치가 낮은 실정이다.

수확 후 고품질 농산물을 소비자에게 공급하고 부가가치를 향상시켜 농가 소득을 증대시키기 위해서는 손상 없이 정밀하게 선별하는 작업이 중요하다.

농산물 표준출하규격에 의하면 감자와 양파의 등급별 크기기준은 특대, 대, 중, 소, 특소 등 4~5등급으로 분류하고 있으며, 출하시 객관적인 기준 없이 육안에 의한 인력 선별이 대부분 차지하고 있어 선별정밀도가 떨어지는 실정이다. 특히 감자와 같이 형상이 구형이 아닌 경우 현재 일부에서 이용중인 드럼형 형상 선별기로 선별할 경우 서로 부딪히고 구멍에 끼어서 표피 손상이 발생되어 상품성이 떨어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 형상이 균일하지 않거나 비교적 구형인 농산물의 손상을 최소화하면서 정밀 선별할 수 있는 리프트롤러 형상식 선별기를 개발하여 양파, 감자, 감귤을 대상으로 선별성능시험을 수행하였다.

#### 2. 재료 및 방법

##### 가. 물리적 특성 조사

국립농산물 품질관리원의 농산물표준출하 등급규격은 양파의 경우 직경을 기준으로 4등급으로 분류하고 있으며, 감자와 감귤은 무게를 기준으로 5등급으로 분류하고 있어 리프트롤러 형상식 선별기의 롤러 형상을 구명하기 위하여 공시재료를 이용하여 크기별로 기하학적 특성을 조사하였다. 양파는 장경을 기준으로 단경, 높이, 무게를 조사하였으며, 감자는 길이, 폭, 두께, 무게를 조사하였다. 감귤은 단경과 장경의 큰 차이가 없어 장경, 높이, 무게에 대해서 기하학적 특성을 조사하였다.

또한 양파와 감자는 표피가 연약하여 이송 및 배출시 충격력에 의한 손상을 받기 때문에 손상을 받는 충격력의 항복점을 구명하기 위하여 물성시험기(TA-XT2)를 이용하여 압축 강도를 측정하였다. 시험에 사용한 probe의 직경은 5mm이었으며 하중재하속도는 25.2mm/min로 하여 압축강도를 조사하였다.

\* 농촌진흥청 농업기계화연구소

\*\* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

나. 시작기 설계제작

(1) 선별원리

리프트롤러 형상식 선별기는 그림1과 같이 두 개의 롤러가 한조로 구성되며, 하나의 롤러는 일정하게 이송만 하고 다른 하나는 이동과 동시에 상승하면서 롤러사이의 간격이 점점 넓어지면서 크기별로 선별이 이루어지는 원리로 작동된다. 따라서 양파나 감자 등을 굴리지 않고 이송만 시키면서 선별할 수 있는 특징이 있다.

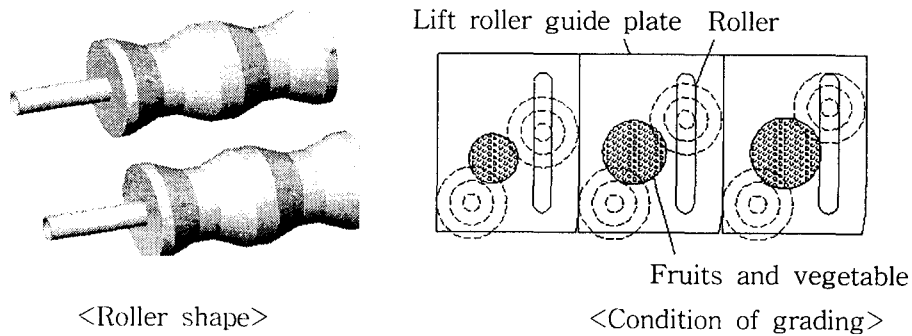


Fig. 1. Grading principle of the prototype

(2) 시작기 구조

시작기는 선별물을 자동으로 일정량 공급 할 수 있는 공급호퍼, 선별부로 선별물을 원활히 공급할 수 있는 러그 부착형 경사형 벨트컨베이어, 두 개의 롤러를 위 아래로 조합한 한조의 롤러가 일정하게 이송되면서 아래 위 롤러의 간격이 점점 넓어지면서 크기별로 선별이 이루어지는 선별부, 선별된 후 배출시 손상을 방지하기 위하여 PVC재질을 이용한 벨트컨베이어와 배출과 동시에 무게를 자동 계량할 수 있는 배출계량부로 구성하였으며, 시작기의 구조는 그림2와 같다.

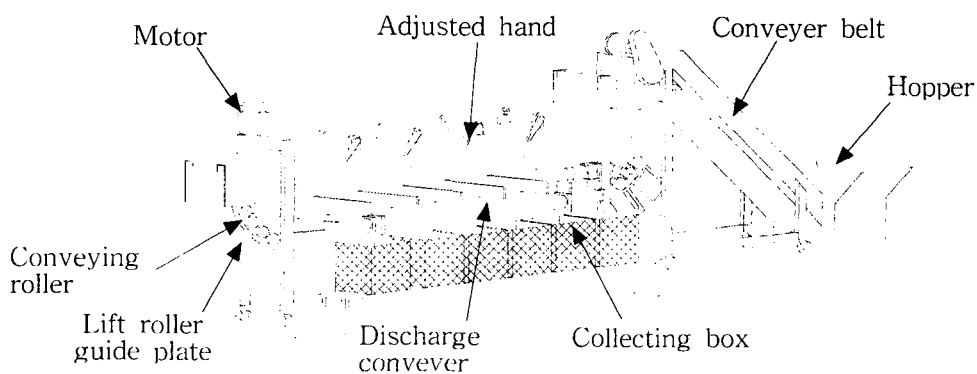


Fig. 2. Schematic diagram of the prototype

다. 성능시험

(가) 공시재료

시험에 사용된 공시재료는 감자의 경우 2000년 강원도에서 생산된 것이며 양파는 경남 창

닝, 감귤은 제주도에서 생산된 것으로 주요 특성은 표1과 같다.

Table 1. Physical properties of the vegetable and fruit

Variety	Diameter(mm)				Weight(g)		
	Maximum	Minimum	Average	Spheical ratio(%)	Maximum	Minimum	Average
Potato	149.0	48.0	86.0	84.7	542.8	59	237.5
Onion	123.7	34.5	87.6	93.6	710.3	65.1	311.5
Orange	78.8	46.6	59.7	93.9	160.0	50.0	89.6

(나) 시험방법

설계 요인시험 결과를 토대로 물리형상을 타원형 형상으로 하였으며, 상승 캠도 경사를 완만하게 하였으며, 롤러주속도는 0.24, 0.27, 0.30m/s로 시험하였다. 롤러속도 조절이 가능한 변속모터를 사용하였으며, 공급속도는 0.3m/s로 하였다. 선별 방법은 국립농산물품질관리원 등급규격 기준에 따라 양파는 4등급, 감자와 감귤은 5등급으로 시험을 실시하였다. 선별성능 시험은 공시작물에 등급을 표시한 후 각 등급별로 50개씩 샘플링 하여, 롤러주속도별로 시험하여 선별성능, 선별정밀도, 손상률을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 물리적 특성 조사

리프트롤러 형상식 선별기의 롤러 형상 및 캠 높이를 결정하기 위하여 감귤, 감자 및 양파에 대하여 농산물 표준출하규격에 준하여 물성을 조사한 결과, 양파의 경우는 장경 61~111.2mm, 단경 61.4~106.6mm, 높이 74.6~105.4mm, 무게 114.7g~518.8g으로 나타났으며, 직경과 높이에 대한 표준편차는 각각 2.5~7.9와 6.9~10.1로 나타났다. 감자는 길이 54.3~120.2mm, 폭 49.5~91.4mm, 두께 43.4~72.8mm, 무게 70.2~434.4g으로 나타났으며, 이때 길이에 대한 표준편차는 4.3~14.6으로 폭, 두께에 비해 표준편차가 크게 나타나 형상이 불균일한 것으로 나타났다.

Table 2. Geometrical characteristics of used material in this study

Verity		Onion				Potato				Orange		
		Major dia. (mm)	Minor dia. (mm)	Hight (mm)	Weig ht (g)	Lengt h (mm)	Width (mm)	Hight (mm)	Weigh (g)	Diamete r (mm)	Hight (mm)	Weigh (g)
Extra-large size	Average	111.2	106.6	105.4	518.8	120.2	91.4	72.8	434.4	73.2	63.6	144.7
	Std.dev	6.5	6.8	9.4	94.3	14.6	4.2	5.0	29.8	2.5	4.6	9.2
Large size	Average	94.5	90.2	96.2	337.4	97.2	83.5	66.4	337.6	65.5	57.1	106.7
	Std.dev	2.5	2.5	9.3	26.0	5.4	4.3	4.9	28.6	1.9	4.4	7.0
Medium size	Average	84.0	80.9	91.8	275.3	88.0	76.3	62.8	261.5	57.0	48.0	79.1
	Std.dev	3.0	3.4	10.1	32.5	7.1	4.7	3.0	26.0	1.2	2.5	2.9
Small size	Average	61.0	61.4	74.6	114.7	69.4	62.5	52.0	132.9	53.3	44.4	65
	Std.dev	7.9	7.4	6.9	21.3	4.5	4.5	4.2	21.9	1.9	2.1	4.1
Extra-small size	Average	-	-	-	-	54.3	49.5	43.4	70.2	49.3	42.8	52.9
	Std.dev	-	-	-	-	4.3	4.6	4.6	13.6	1.1	1.7	2.5

감귤의 경우는 직경 49.3~73.2mm, 높이 42.8~63.6mm, 무게 52.9~144.7g으로 나타났으며, 직경과 높이에 대한 표준편차는 각각 1.1~2.5와 1.7~4.6으로 나타나 형상이 균일한 것으로 판단되었다. 따라서 감귤의 높이는 직경보다 작은 것으로 나타나 직경이 선별에 미치는 영향이 큰 것으로 판단되었으며, 각 작목별 기하학적 조사 결과는 표2와 같다.

또한 충격력에 의한 손상정도를 알기 위하여 물성시험기(TA-XT2)를 이용하여 양파와 감자에 대하여 압축강도 시험을 하였다. 그림3에서와 같이 생물체의 항복점은 농산물에 외력을 작용했을 때 미세한 파괴가 시작되는 점으로 양파의 경우 44N이었고 이때 변형량인 생물체항복변형량은 4.6mm이었다. 감자의 경우에서도 양파와 비슷한 46.6N의 생물체의 항복점과 3.2mm의 생물체항복변형량을 나타내었다. 이와 같이 양파와 감자의 경우 작은 외력에도 손상을 입을 수 있으므로 선별기의 설계에 있어 이점을 충분히 고려해야 할 것으로 판단되었다.

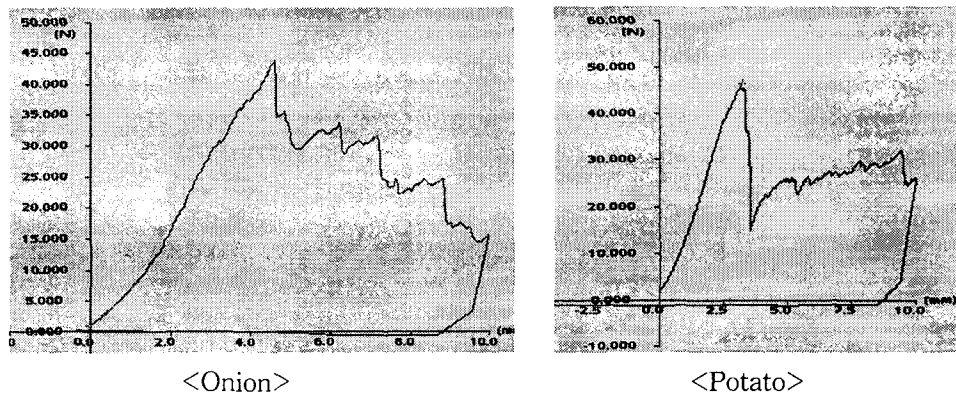


Fig. 3. Force - deformation curve

나. 성능시험

(1) 공급속도별 선별상태

공급 컨베이어의 속도를 0.25m/s~0.35m/s로 조절하면서 시험한 결과, 0.25m/s에서는 공급량이 적어 선별을 할 수 없었으며, 0.35m/s에서는 공급량이 너무 많아 선별이 제대로 이루어지지 않았다. 선별성능을 높이고 선별정밀도를 향상시킬 수 있는 공급속도는 0.3m/s가 적당한 것으로 나타났다.

(2) 롤러 주속도별 선별률

(가) 양 파

공급속도를 0.3m/s로 하여 롤러 주속도별로 시험한 결과 그림4에서 보는 바와 같이 0.24m/s에서는 86.5~94.5%, 0.27m/s에서는 87.3~93%, 0.30m/s에서는 82.5~91.3%로 나타났으며, 인력으로 선별할 때의 82.0~90.2%보다 높게 나타났다.

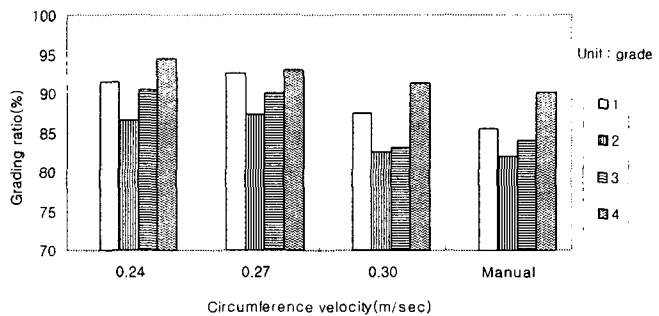


Fig. 4. Grading ratio by different circumference velocity on onion

(나) 감 자

감자는 그림5에서 보는 바와 같이 롤러주속도 0.24m/s에서는 87.5~93.5%, 0.27m/s에서는 88.0~93.0%, 0.30m/s에서는 82.0~89.5%로 나타났으며, 인력으로 선별할 때의 82.0~89.5%에 비해 0.24m/sec와 0.27m/sec일 때 선별정밀도가 높게 나타났다.

(다) 감 껍

감껍은 양파와 감자의 경우와는 달리 그림6에서와 같이 0.24~0.27m/s에서 선별률이 82.0~92.5%로 낮게 나타나 인력과 큰 차이가 없었다. 따라서 감껍은 양파와 감자를 선별하는 시스템에서는 정밀선별이 곤란한 것으로 나타났다.

(3) 선별성능 및 손상률

시작기의 선별성능은 선별률과 손상률을 고려하여 공급속도를 0.3m/s로 고정한 후, 롤러 주속도별로 시험한 결과 표3에서 보는 바와 같이 0.27m/s에서 양파는 시간당 2,098kg을 선별할 수 있어 인력에 비해 13배 능률적이었으며, 감자는 시간당 2,105kg으로 인력에 비해 10배 능률적인 것으로 나타났다. 손상률은 양파와 감자의 경우 0.1%로 낮게 나타났으나, 감껍은 0.5% 발생하여 이의 보완이 요구되었다.

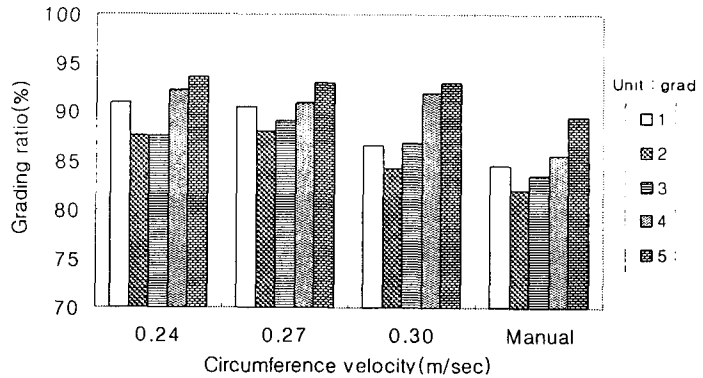


Fig. 5. Grading ratio by different circumference velocity on potato

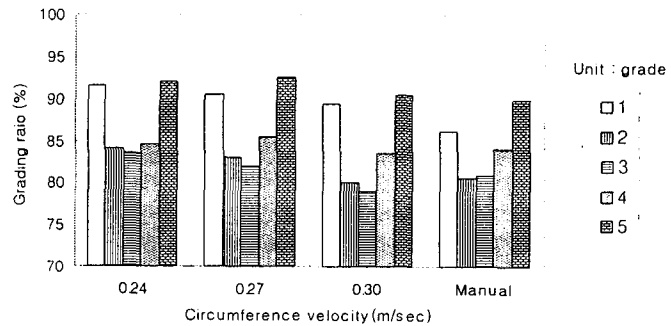


Fig. 6. Grading ratio by different circumference velocity on orange

Table 3. Comparison of Circumference velocity for Grading Performance

Verity	Manual Performance (kg/hr)	Circumference velocity (m/sec)	Prototype	
			Performance (kg/hr)	Damage ratio(%)
Onion	160	0.24	1,940	-
		0.27	2,098	0.1
		0.30	2,210	0.2
potato	205	0.24	1,945	-
		0.27	2,105	0.1
		0.30	2,250	0.3
orange	120	0.24	942	0.3
		0.27	1,090	0.5
		0.30	1,216	0.6

(4) 선별균일도

시작기의 선별균일도는 표4에서 보는 바와 같이 양파의 경우 롤러주속도 0.27m/s에서 각 등급별 변이계수가 3.0~12.3으로 나타났으며 인력의 경우에는 5.8~16.2로 나타났고, 감자는 경우 롤러주속도 0.27m/s에서 각 등급별 변이계수가 5.7~15.3으로 나타났으며 인력의 경우에는 8.1~18.2로 나타나 시작기가 대체로 균일한 것으로 나타났다.

Table 4. Comparison of Coefficient of Variance

Verity		Grading					
		Extra-large size	Large size	Medium size	Small size	Extra-small size	
Onion	Prototype	Average(mm)	111.0	94.2	82.0	61.7	-
		CV(%)	6.2	3.0	5.7	12.3	-
	Manual	Average(mm)	108.9	94.0	82.1	60.7	-
		CV(%)	7.8	5.8	8.1	16.2	-
Potato	Prototype	Average(mm)	118.3	102.3	90.7	75.7	59.6
		CV(%)	15.3	5.7	8.2	11.1	9.8
	Manual	Average(mm)	116.6	99.6	89.9	71.9	57.2
		CV(%)	18.2	8.1	10.6	15.0	12.0

※ Circumference velocity : 0.27m/s

라. 경제성 분석

시작기의 경제성을 인력선별과 비교 분석한 결과 시작기에 의한 선별작업은 양파와 감자의 소요경비가 1톤당 각각 19,159원, 15,340원이 소요되어 인력선별비용 25,312원, 19,755원에 비하여 각각 24%, 22%의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

4. 적 요

본 연구는 농산물의 상품성향상을 위하여 정밀 선별이 필수적이나 인력에 의존하고 있는 감자, 양파 등의 선별작업을 기계화하고, 선별정밀도 향상과 손상을 최소화 할 수 있는 리프트롤러 형상식 선별기를 개발하기 위하여 연구를 수행하였으며 그 주요결과는 다음과 같다.

가. 시작기는 농산물이 호퍼에 공급되면 이송벨트컨베이어가 선별부로 이송시킨 후 리프트롤러에 투입 이송되면서 롤러의 간격차이에 따라 선별 배출되면서 계량되는 일관작업형 구조로 제작하였다.

나. 시작기 선별방식은 리프트롤러식으로 두 개의 롤러가 한조로 구성되며, 하나의 롤러는 일정하게 이송만 하고 다른 하나는 이동과 동시에 상승하면서 롤러사이의 간격이 점차 넓어짐에 따라 크기별로 선별이 이루어지며 등급별 조절방식은 캠과 랙기어를 이용하여 조절하도록 하였다. 크기별로 4~5등급 선별할 수 있으며 동력원은 전동기이다.

다. 롤러의 적정 주속도는 0.24~0.27m/sec범위였으며 감자와 양파의 선별 정밀도는 각 등급별로 86.5~94.5%범위로 인력의 82.0~89.5%비해 높았으며, 손상율도 0.1%이하로 낮은 것으로 나타났으나, 감귤은 선별정밀도가 2, 3, 4등급에서 82~85%로 낮아 시작기 롤러로는 적용성이 낮은 것으로 판단되었다.

라. 시작기의 작업성능을 고려하여 주속도 0.27m/s에서 시험 결과 시작기 작업성능은 양파와 감자는 각각 시간당 2,098, 2,105kg으로 인력선별에 비해 각각 13, 10배 능률적이었다.

마. 경제성 분석결과 양파와 감자의 소요경비가 1톤당 각각 19,159원, 15,340원이 소요되어 인력선별비용 25,312원, 19,755원에 비하여 각각 24%, 22%의 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

## 5.참고문헌

1. 고학균 외 6인. 1993. 농산가공기계학. 향문사.
2. 국립농산물품질관리원. 1999. 표준출하규격.
3. 김만수 외 6인. 1998. 비파괴물성측정. 문운당.
4. 김만수 외 2인. 1992. 과실의 힘-변형특성. 한국농업기계학회지 17(2): 156-170.
5. 농림부 통계연보. 2000. 농림부.
6. 농업기계화연구소. 1995. 채소 수확후 기계화유형개발
7. 농촌진흥청. 1997. 작목별 작업단계별 노동력 투하시간.
8. 농촌진흥청. 1995. 농업과학기술의 세계화를 위한 작목별 기술대응방안.
9. 농촌진흥청. 1990. 농축산물의 생산수급동향과 국제경쟁력.
10. 한국농업기계학회. 1998. 농업기계핸드북. 문운당, p528-532.
11. Mohsenin, N,N.1986. Physical Properties of Plant and A Nimal Materials. Gordon and Breach Science Publisher, p79-127.
12. 農山漁村文化協會. 1995. 農業技術大系(野菜編), p155-160.
13. 相原良安. 1994. 新農業施設学. 朝倉書店, p92-127.
14. 日本農業機械学会. 1989. 農業機械分野の革新技術に関する調査研究, p197-199.