

부채꼴봉식 마늘선별기 개발

Development of Fan-Shape Bar Type Garlic Grader

조남홍*	최승묵*	박종률*	조영길*	이영희*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
N. H. Cho	S. M. Choi	J. R. Park	Y. K. Cho	Y. H. Lee

1. 서론

마늘은 국민 식생활의 필수적인 기간 작목으로, 고추, 양파와 더불어 우리나라 양념채소의 대표적인 작물이다. 마늘은 주요 재배지역의 기후특성 및 여건에 따라 생태분화가 이루어지는 작물 특성이 있어 주산지중심으로 재배가 이루어지고 있다. 마늘의 재배 면적은 약 42천 ha, 생산량은 약 459천톤('99)에 이르고 있으며 밭작물로는 고추와 더불어 농가소득의 주요 작물이다. 또한 국내 양념채소 1인당 연간 소비량('97)은 양파 12.4kg, 마늘6.6kg, 고추2.4kg 순으로 높다. 또한 마늘은 건강식품으로 의약품으로 이용되므로 소비가 늘어날 것으로 전망되지만 현재까지 마늘의 생산, 관리에 있어 생력기계화 작업체계가 이루어지지 않았으며, 특히 양념채소의 유통 및 가공, 선별, 포장 등의 비율이 낮아 부가가치 향상에 장애요인이 되고 있다. 마늘의 등급별 크기기준은 4등급으로 한지형은 마늘의 직경이 5.0이상, 4.0~5.0, 3.0~4.0, 2.0~3.0cm, 난지형은 5.5이상, 4.5~5.5, 4.0~4.5, 3.5~4.0cm로 분류하고 있으며, 출하시 객관적인 기준없이 육안으로 특, 상, 중, 하로 구분하여 매매가 이루어지고 있는 실정으로 최근 주산지별 선별·포장 작업의 기계화 요구도가 높다. 따라서 마늘생산 일관기계화를 위하여 '92년도에 원형봉 레일식 선별기를 개발하였으나 마늘줄기를 1cm이하로 일정하게 잘라 선별작업을 하여야 함으로 선별시 줄기절단 노력이 많이 들고 절단한 줄기가 긴 경우에는 정밀선별을 할 수가 없었다. 따라서 줄기의 절단 길이가 불균일한 경우(2~5cm정도)에도 정밀하게 선별할 수 있는 마늘선별기를 개발하고자 하였다

2. 재료 및 방법

가. 마늘 출하규격 조사

국립농산물품질원 표준출하 규격에 의하면 마늘의 등급별 크기기준은 4등급으로 한지형은 1구의 직경 지름이 5.0이상, 4.0~5.0, 3.0~4.0, 2.0~3.0cm이며, 난지형은 5.5이상, 4.5~5.5, 4.0~4.5, 3.5~4.0cm로 분류하고 있으며, 줄기절단 길이는 2cm내외로 규정하고 있다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 농산가공기계과

나. 시작기 제작

(1) 부채꼴봉식 선별원리

마늘선별시 마늘의 줄기를 2cm내외로 절단하여 선별을 해야하는데 그림1에서와 같이 기존 원형봉 레일식 선별기는 마늘줄기를 1cm이하로 일정하게 잘라 선별작업을 하여야 함으로 선별시 줄기절단 노력이 많이 들고 절단한 줄기가 긴경우에는 정밀선별을 할 수가 없었다. 따라서 줄기의 절단 길이가 불균일한 경우(2~5cm정도)에도 정밀하게 선별할 수 있는 부채꼴형상의 가이드를 설계제작 하였다. 선별원리는 기존의 원형봉위에 부채꼴 형상의 가이드를 부착하였는데 두 개의 원형봉이 서로 바깥쪽으로 회전하고 부채꼴 형상의 가이드에 의해 마늘 줄기가 위로 향하도록 하여 마늘종구 크기만이 선별의 영향을 받도록 하는 원리를 이용하였다.

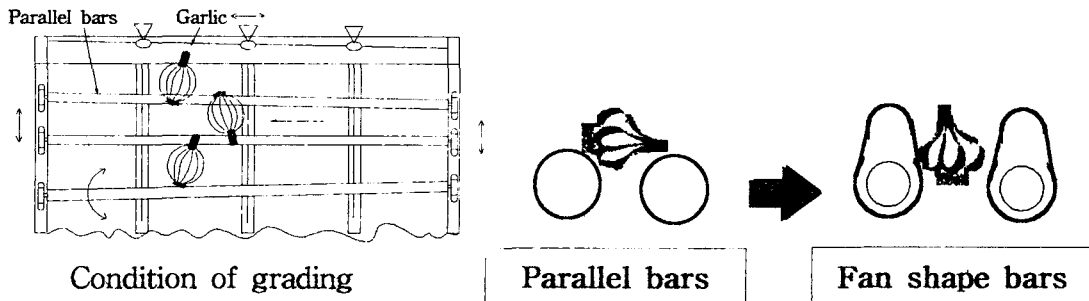


Fig. 1. Grading principle of prototype

(2) 시작기 구조

시작기의 구조는 그림2에서와 같이 공급부, 선별부, 배출부로 구성하였으며, 마늘공급은 공급판에 마늘을 투입하면 자체진동에 의해서 마늘이 공급되도록 경사각을 10° 로 하였다. 선별부는 두 개의 부채꼴 선별봉이 한조를 이루어 선별하도록 하였으며, 선별봉은 각 조별로 레일 간격을 10~55mm까지 조절이 가능하도록 하였다. 선별봉의 회전은 바깥쪽으로 회전하도록 하여 선별시 손상이 없도록 하였으며, 선별봉의 마찰계수를 작게 하기 위하여 선별봉에 1.7mm의 철선을 이용하여 피치 200mm의 스크류를 설치하였다. 마늘이 원활히 선별봉에서 내려가도록 경사각을 조절하도록 하였으며, 선별시 가장 중요한 부채꼴 가이드는 선별봉 위쪽에 설치하여 마늘 줄기의 길이가 일정하지 않아도 정밀 선별이 가능하도록 하였다. 또한 선별된 마늘은 자동으로 상자에 담을 수 있도록 벨트 컨베이어를 설치하였으며, 벨트컨베이어는 부드러운 발포스폰지를 부착하여 낙하충격을 흡수토록 하였다. 또한 무게를 자동 계량할 수 있는 로드셀을 설치하였다.

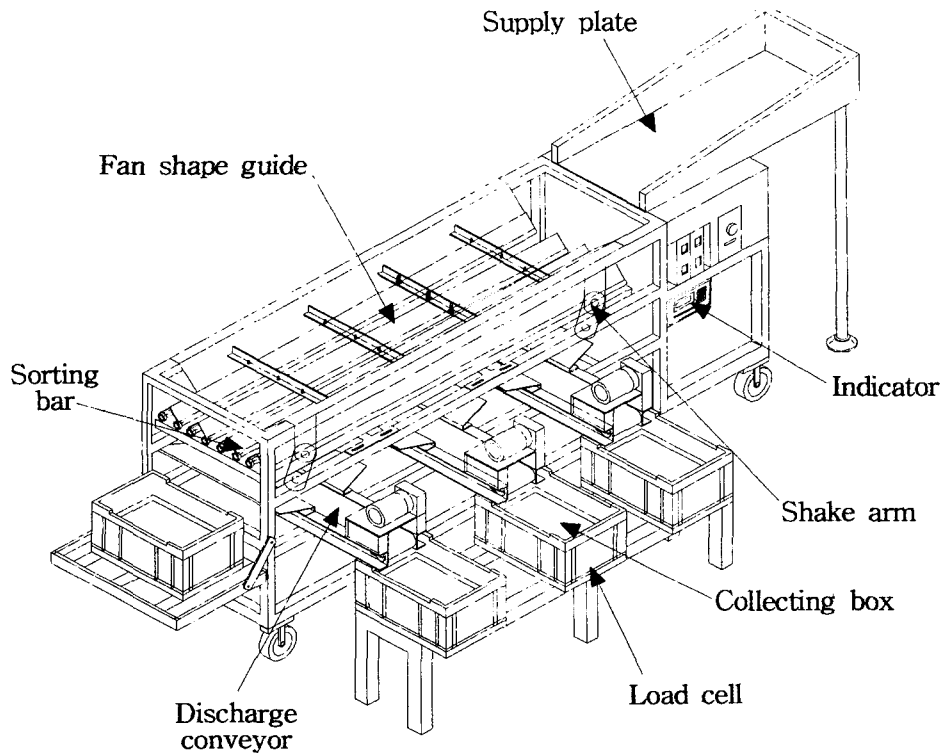


Fig. 2. Schematic diagram of the garlic grader

다. 성능시험

(1) 공시재료

시험에 사용된 공시재료는 '99년산 서산마늘로 주요 특성은 표1과 같다.

Table 1. Physical properties of the garlic

Variety	Bulb Diameter(mm)(A)			Bulb Weight(g) (B)			Stalk (mm)		C.V
	Maximum	Minimum	Average	Maximum	Minimum	Average	Diameter	Cutting length	
seusan garlic	59.0	39.7	49.4	50.7	21.8	34.2	6~10	20~30	A:8.5 B:20.2

(2) 시험 방법

시험에 사용된 마늘은 줄기의 길이를 2~3cm 크기로 잘라 시험하였으며, 마늘줄기에 등급 표시를 한 후 약 5kg씩 구분하여 선별부에 공급하여 시험하였다. 시작기의 작업성능을 구명하기 위하여 선별봉 간격, 요동수(210, 250, 290, 320cpm 5수준), 선별봉 각도(3, 5, 7, 9° 4수준), 선별봉 주속도별(0.31, 0.35, 0.39, 0.43m/s)로 시간당 처리량과 선별 정밀도를 측정하였다. 선별등급은 4등급으로 구분하였으며 선별 종료 후 각 등급별로 임의로 100개씩

샘플링 하여 과경, 무게, 손상정도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 선별봉 회전방향에 따른 마늘 정렬상태 구명

마늘의 선별에 영향을 주는 선별봉의 회전방향에 따라 마늘의 적정정렬상태를 구명하기 위하여, 선별봉의 주속도를 0.31~0.43m/s까지 변화를 주면서 선별봉의 회전방향별로 시험한 결과 표2에서와 같이 선별봉의 주속도에 상관없이 두 개의 선별봉이 바깥방향으로 회전 할 때 마늘 정렬 상태가 가장 양호한 것으로 나타났으며, 선별봉이 같은 방향으로 회전할 때는 마늘이 한쪽 방향으로 물리는 현상이 나타났고, 선별봉이 안쪽으로 회전하는 경우에는 선별봉에 끼어 손상이 나타났다.

Table. 2. Line up condition of garlic by the different rotational direction of the bar

Circumference velocity(m/sec)	Rotational direction of grading bar	Lineup condition			stalk length	Remark
		Repetition				
0.31~0.43	Same	×	△	×	2~3cm	Gather to one side
	Inward	△	△	×	"	Some damaged
	Outward	○	○	○	"	Good

※ ○ Good △ Fair × Bad

나. 선별요인 구명 시험

(1) 선별봉 주속도별 선별률

선별봉을 바깥쪽 방향으로 회전하도록 하여 속도별로 시험한 결과 그림3에서와 같이 선별봉의 주속도가 0.31m/sec일 때는 마늘이 앞방향으로 내려가는 진행속도가 늦어 선별봉에 일정하게 내려가지 않아 선별률이 떨어진 것으로 나타났으며, 0.35m/sec에서 93~95%로 높게 나타났다. 그러나 선별봉의 주속도가 너무 빠르면 선별률이 떨어지는 현상이 나타났으며 봉의 주속도가 0.39m/sec이상의 경우에는 마늘이 구르면서 이동하므로 선별률이 낮은 것으로 판단되었다.

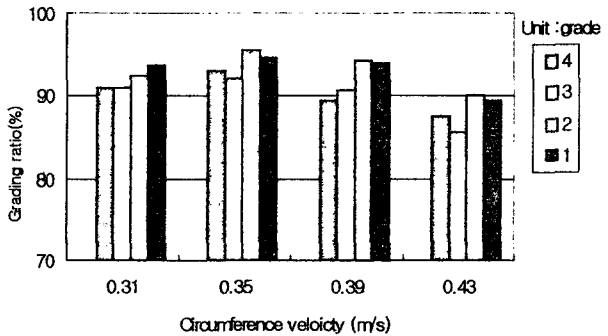


Fig. 3. Grading ratio by the different circumference velocity of the bars

(2) 요동수별 선별률

요동에 따른 선별율을 조사하기 위하여 요동수별로 시험한 결과, 진동수 250cpm에서 93~95%로 높게 나타났으며, 요동수가 낮은 210cpm는 마늘이 앞방향으로 내려가지 않는 현상이 나타났다. 요동수가 높을수록 선별률이 떨어지는 현상이 나타났으며, 또한 요동수가

290cpm 이상에서는 마늘이 튀며 구르는 현상이 나타나 선별률이 낮은 것으로 판단되었다(그림 4)

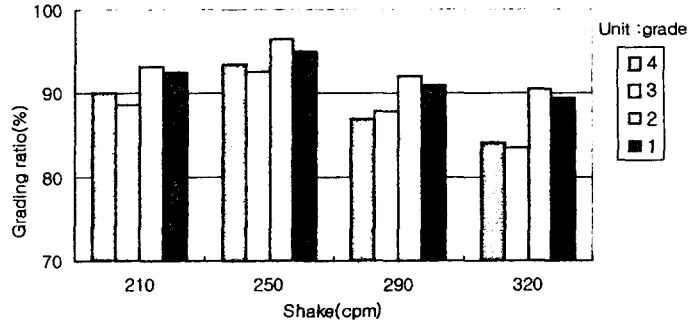


Fig. 4. Grading ratio by the different shake of the cam

(3) 선별봉의 경사각도별 선별률

선별봉의 경사도는 선별성과 선별률의 영향을 주는 요인으로 각도별로 시험한 결과, 선별봉 각도가 5° 일 때 선별율이 가장 높게 나타났으며 경사각 7도에서부터 약간 떨어지면서 9도에서는 급격히 떨어지는 현상이 나타났다(그림 5). 이는 선별봉의 경사도가 너무 높으면 마늘이 미끄러지면서 구르기 때문에 선별률이 낮은 것으로 판단되었다.

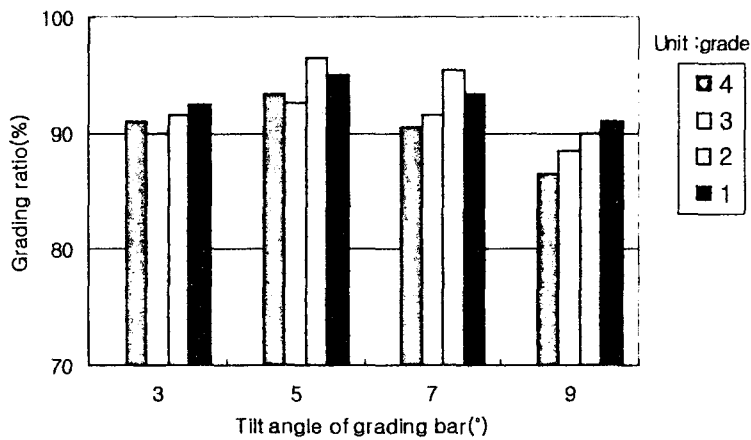


Fig. 5. Grading ratio by the different tilted angle of the bars

(4) 선별성능 및 선별정밀도

시작기의 선별성을 알기 위하여 선별봉의 경사각 5°, 선별봉의 주속도 0.35m/sec로 고정한 다음, 선별봉의 요동수별로 시험한 결과 선별 정밀도를 고려할 때 요동수 250cpm에서 시간당 650kg으로 인력에 비하여 약 11배 능률적으로 나타났다(표 3).

또한 선별 정밀도를 알기 위하여 선별된 마늘의 직경에 대한 변이계수를 조사한 결과, 요동수 210cpm에서 각 등급별 변이계수는 5.69~8.14, 250cpm에서 4.59~7.33, 290cpm에서

6.14~8.87로 나타났으며, 인력의 경우 각 등급별 변이계수가 7.07~10.05로 나타났다. 따라서 진동수 250cpm에서 선별 정밀도가 제일 좋게 나타났다(그림6). 또한 그림7에서 보는 바와 같이 각 등급별 선별된 마늘의 무게에 따른 선별 정밀도의 경우도 요동수 250cpm에서 좋게 나타났다.

Table. 3. Comparison of Shake for Grading Performance

Manual	Prototype		Remark
Performance (kg/hr)	Shake (cpm)	Performance (kg/hr)	
61	210	585	- Bar angle: 5° - Circumference velocity: 0.35m/sec
	250	650	
	290	685	

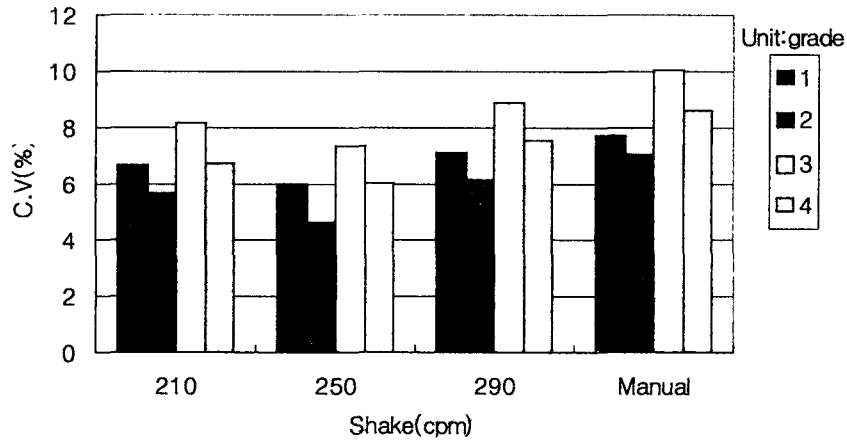


Fig. 6. Coefficient of variance on garlic bulb by diameter graded

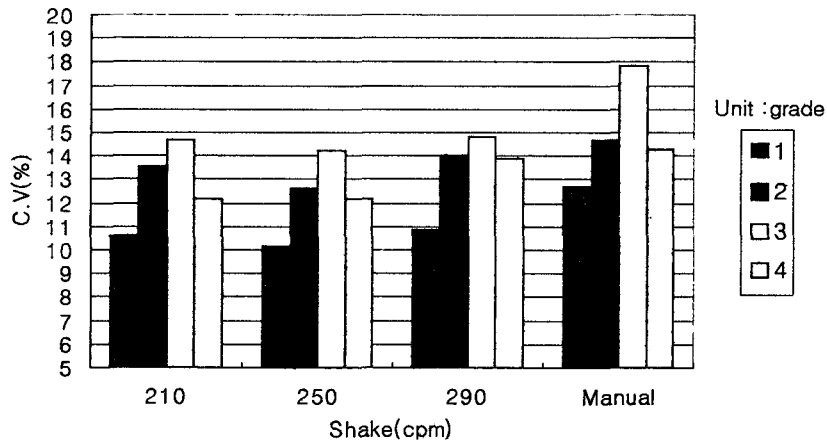


Fig. 7. Coefficient of variance on garlic bulb by weight graded

시작기의 경제성을 인력에 의한 관행방법과 비교하여 분석한 결과 시작기에 의한 선별작업은 650kg/시간으로 인력보다 11배 능률적이며, 이때 소요경비는 10a당 25,923원이 소요되어 인력에 의한 선별비용 91,002원에 비해 71%절감되는 것으로 나타났다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 마늘 출하시 마늘의 규격상품화를 위하여 줄기를 절단하여 선별을 하여야 하나 대부분 선별작업이 인력에 의존하고 있어 선별 작업을 기계화 하고자 '92년도에 평행봉식 마늘 선별기를 개발하였으나, 마늘의 줄기가 긴 경우 선별봉에 걸리므로 마늘 줄기를 1cm정도로 절단하여 선별하여야 하는 문제점이 있었다. 따라서 시작기는 이러한 단점을 보완하여 선별 정밀도가 높은 부채꼴 형상식 마늘 선별기를 개발하기 위하여 연구를 수행하였으며, 그 주요 결과는 다음과 같다.

- 가. 시작기 구조는 부채꼴 형상식 선별기로 마늘줄기의 절단 길이와 관계없이 정밀 선별이 가능하도록 설계제작 하였다.
- 나. 선별봉 요동과 동시에 선별봉을 바깥쪽으로 회전하므로 마늘의 손상을 줄이고, 선별봉에 스크류형상을 설치하여 선별 능률을 높일 수 있도록 하였으며 선별봉 레일을 10~55mm까지 조절하여 4등급까지 선별 가능하도록 제작하였다.
- 다. 각 등급별 선별된 마늘의 직경에 따른 선별정밀도는 요동수 210cpm에서는 각등급별 변이계수가 5.69~8.14로 나타났으며, 250cpm에서는 4.59~7.33, 290cpm에서는 6.14~8.87로 나타났으며, 인력의 경우는 7.07~10.05로 인력에 비해 좋게 나타났으나, 요동수 250cpm에서 선별 정밀도가 가장 좋게 나타났다
- 라. 이상과 같이 선별정밀도, 선별률, 손상을 및 선별 성능을 고려할 때 적정요동수는 250cpm, 선별봉의 적정경사도는 5° 더 이때 시작기의 선별성능은 시간당 650kg으로 인력에 비하여 약 11배 능률적이었으며, 소요경비는 시작기의 경우 25,932원/10a으로 나타나 관행 91,002/10a에 비해 71% 경비절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 고태균. 1993. 농산가공기계학. 향문사
2. 농림부 통계연보. 각년도. 농림부
3. 농업기계화연구소. 1996. 농사시험연구보고서. p34~54.
4. 농업기계화연구소. 1992. 농사시험연구 보고서. p288~294.
5. 농업기계화연구소. 1995. 채소수확후 기계화유형개발
6. 국립농산물품질관리원. 1999. 표준출하규격
7. 농촌진흥청. 1997. 작목별 작업단계별 노동력 투하시간
8. 농촌진흥청. 1995. 농업과학기술의 세계화를 위한 작목별기술대응방안.
9. 농촌진흥청. 1990. 농축산물의 생산수급동향과 국제경쟁력