

나선부착 원추 드럼식 마늘쪽 분리기 개발

Development of screw attached corn drum type garlic separator

이영희* 조남홍* 박종률* 최승목* 조광환* 김재규*
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
Y.H.Lee N.H.Cho J.R.Park. S.M.Choi. K.H.Cho J.G.Kim

1. 서론

최근 중국산 마늘의 수입으로 인해 가격 경쟁력 측면에서 생산농가가 어려움을 겪고있는 실정이다. 마늘재배농가의 가격경쟁력을 향상시키기 위해서는 생력 기계화에 의한 생산비 절감이 필수적이며 노령화, 여성화되는 농촌현실을 감안하여 마늘 재배 일관기계화가 수반되어야 한다. 마늘재배작업단계별 노동시간을 조사한 결과 한지형 마늘의 경우 지역간 평균 10a당 224시간이 소요되고 그중 노력이 가장 많이 드는 작업은 수확작업으로 43시간이고, 다음으로 파종 33시간, 종자준비 32시간으로 각각 총 노동시간의 10%이상을 차지하는 것으로 나타났다('99. 농업경영관실). 최근에는 마늘수확기, 파종기, 줄기절단기, 통마늘 선별기 등이 개발되어 영농현장에서 활용되고 있으나, 종자 준비를 위한 마늘쪽 분리기 및 선별기는 활용도가 낮은 편이었다. 이는 농가의 마늘재배 규모가 0.1 ~ 1.3ha로 대부분 소규모인 반면에 지금까지 개발되어 보급중인 기종은 대형이고 가격이 비싸며 구조가 복잡하거나 손상 발생이 높아 농가적용성이 낮기 때문이다. 현재 보급되고 있는 기종으로는 다단 롤러형 마늘쪽 분리기('95 농업기계화연구소)와 판 벨트마찰식('99 M사, S사), 회전원추마찰식(2001 S사, 안동 정보대) 등이 있는데 다단 롤러형 마늘쪽 분리기는 롤러표면에 돌기를 형성하고 수직방향 좌우로 배치하여 투입구 간격을 넓게 하고 배출구 간격을 좁게 하여 투입된 통마늘이 롤러와 롤러사이를 통과하는 동안 회전속도차이에 의해 발생하는 마찰력과 전단력으로 분리될 수 있는 구조로 마늘크기에 따라 상하로 배열된 각각의 롤러간격을 하나씩 조절하는 번거로움이 있고 기체의 지상고가 높아 투입이 불편하며 시간이 경과하면 롤러의 고무가 경화되어 손상율이 높은 것으로 알려져 있다. 판 벨트 마찰식은 판 벨트를 상하로 설치하고 투입구와 배출구의 벨트사이 간격을 달리하여 상하 판 벨트의 이송 속도차에 의해 발생하는 통마늘과의 마찰에 의해 쪽이 분리되는 구조로 역시 기계가 크고 무거우며 다단롤러분리방식에 비해 작업능률이 낮고 손상율이 높은 것으로 나타났다. 회전원추형마늘쪽 분리기는 원추형 통 안에 원추드럼을 설치하여 원추형 통과 드럼사이를 마늘이 투입되는 상부는 넓고 마늘쪽이 배출되는 하부는 좁게 하여 통마늘이 자유 낙하되는 공간에서 회전압력을 받아 분리되는 구조로 종전의 기종에 비하여 어느 정도 소형화되고 구조도 간단하게 개발되었으나 개별농가가 구입활용하기에는 가격이 고가이며 분리간격 조절이 불편하고 작업능률 또한 다단식에 비해 다소 낮은 편이다. 이러한 문제점을 개선코자 2000년 12월 마늘재배주산단지인 단양, 예천, 의성 등의 재배농가를 방문하여 의견을 청취한 결과 한쪽 분리율은 다소 낮더라도 통마늘의 형태를 붕괴시키는 것이 중요하며 고품자나 부녀자가 취급하기 쉽도록

* 농업기계화연구소

구조가 간단하고 크기가 작으며 저렴한 마늘쪽 분리기 개발이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 구조가 간단하고 취급이 용이한 소형 저가형 농가보급형 마늘쪽 분리기를 개발하고 농가적용시험 후 실용화 하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 연구에서는 한지형 마늘주산지인 의성산 마늘과 난지형 주산지인 무안마늘, 그리고 제주지역과 예천, 안동지역에서 재배하고 있는 조생 자봉 마늘을 공시재료로 사용하였다.

나. 기하학적, 기계적 특성조사

마늘은 품종이 다양하고 지역에 따라 재배양식이 달라 관련 농업기계를 개발하는데는 품종별 기하학적, 기계적 특성을 분석하는 것이 매우 중요하다. 마늘쪽 분리장치를 설계하기 위해서 종구용 마늘의 품종별 크기 및 형상을 조사하고 기계적 특성을 분석하였다. 통마늘은 농가에서 주로 파종용으로 사용하는 크기로 선별하여 구경과 구고, 무게와 쪽수 등을 조사하였고, 품종간 기계적 특성을 분석코자 통마늘과 분리한 마늘쪽에 대하여 각각 최대 압축력과 생물체항복 강도를 분석하였다. 압축실험은 TA-HD2 Texture Analyzer를 이용하여 통마늘은 평판으로 압축하였으며, 쪽마늘은 8mm원형 Probe를 사용하였다

다. 시작기 설계제작

마늘쪽 분리 메카니즘은 작은 공간 내에서 마늘쪽분리에 적합한 마찰력과 압축력을 발생시키고 투입되는 마늘의 양에 관계없이 일정하게 분리하여 배출하며 분리된 마늘쪽과 껍질, 뿌리와 속줄기 등을 정선 할 수 있는 구조가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 착안점을 충족하기 위하여 내부에서 강제 이송되면서 원추 나선드럼과 경사원통사이의 협소해지는 공간에서 압축압력이 상승하고 마찰력에 의해 통마늘이 분리되어 자유낙하 하면 송풍덕트와 배출구의 교차점에서 바람에 의해 정선되는 구조로 시작기를 제작하였다

(1) 쪽분리 메카니즘 설계

원통과 드럼사이의 각도를 약 9°로 하여 원추드럼을 제작한 후 양 끝단 중앙에 동력전달 축을 부착하고 원추드럼의 표면에 두께 3mm의 철판으로 나선을 제작하여 일정간격으로 부착하고 나선의 표면은 5mm두께의 우레탄을 부착하도록 설계하였다. 원추 드럼은 투입구 부분은 플라스틱, 중간은 철판, 배출구는 우레탄 등의 3종류 재질로 된 각개의 원추를 조합하여 구성하였으며, 동력은 원추 중앙의 구동축과 전동기를 체인으로 직접 연결하여 전달토록 하였다. 원통의 내부는 과도한 마찰력과 압축력이 마늘에 손상을 주는것을 감소시키기 위하여 쇼아 경도 45를 갖는 10mm두께의 라텍스 고무로 부착하였고, 마늘품종에 따라 구경과 구고가 달라짐에 따라 원통과 원추드럼의 투입구 및 배출구 간격을 조절해야 하므로 원통을 고정하고 원추드럼을 이동하여 간격을 조절할 수 있도록 원통을 경사 프레임에 볼트로 체결할 수 있도록 하였다.

(2) 정선장치 설계

김('95.농기계연)등은 풍량15cmm, 풍속14.5m/s에서 정선율은 난지형 67%, 한지형 53.8% 이었으나 풍속 16.4m/s이상에서는 마늘쪽이 이탈된다고 하였다. 본 연구에서는 일정한 풍량에서 적정정압이 정선정도에 영향을 미칠 것으로 판단되어 예비시험에서 구명한 풍량 8.5cmm, 정압13mmAq를 갖는 송풍기와 4각 덕트를 설치하고 분리된 마늘쪽과 외피, 뿌리, 속줄기 등이 4각 배출관을 통하여 하강토록 하고 송풍 덕트와 교차되는 부분에서 정선되도록 설계하였다.

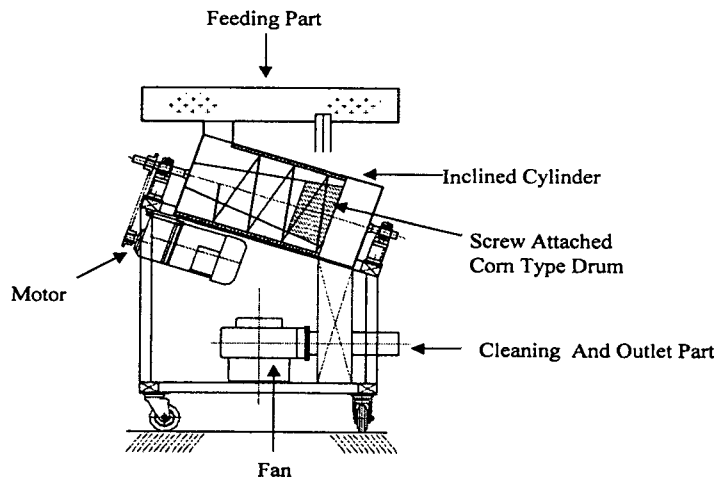


Fig. 1 Schematic Diagram of Prototype

다. 성능시험

마늘쪽 분리기의 성능은 단위시간당 처리할 수 있는 작업능률과 1쪽 분리율, 손상을 등으로 나타낼 수 있으므로 시작기 성능으로 시간당 작업량(kg/h) 1쪽 분리율, 손상에 대하여 조사하였다

(1) 1쪽 분리율

마늘주산지 재배농가 의견을 청취한 결과 쪽 분리기의 성능평가에 있어서 1쪽 분리율은 중요성이 높지 않았다. 그 이유는 마늘쪽선별과정에서 크기 선별뿐만 아니라 썩거나, 종자로 사용할 수 없는 마늘쪽을 하나씩 검사해야 하므로 그 과정에서 일단 쪼개진 통마늘을 분리하는 것은 고역작업이 아닌 것으로 조사되었으나, 기계이용효율증대를 위해서는 1쪽 분리성능을 향상시키는 것도 중요할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 시작기의 1쪽 분리율을 다음 식에 의하여 분석하였다.

$$1\text{쪽 분리율}(\%) = \frac{1\text{쪽으로 분리된 마늘쪽 갯수}}{\text{투입된 마늘의 총 쪽수}} \times 100 \quad (1)$$

(2) 손상율

시작기의 손상율은 다음 식으로 계산하여 나타내었다. 손상여부 판단은 육안으로 날개 검사하되 마늘쪽 표면이 상처난 것, 물러진 것 과 쪼개지거나 발근부에 상처를 입은 것은 모두

손상된 것으로 간주하였다.

$$\text{손상율(\%)} = \frac{\text{손상된 마늘 쪽수}}{\text{투입 마늘의 총 쪽수}} \times 100 \quad (2)$$

라. 능가현장시험

시작기를 실수요자인 재배농가가 사용하고 성능 및 실용성에 대한 검토와 함께 개선점을 도출하기 위하여 주산지에서의 능가현장시험을 실시하였다. 전남 무안군 청계면 청천리 능가포장에서 성능시험 후 파종하여 출현 및 생육상태를 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 마늘의 물리적 특성

마늘쪽 분리장치개발 기초자료로 활용하기 위하여 종구용 마늘의 품종별 기하학적, 기계적 특성을 측정하여 분석하였다. 표 1에서와 같이 구경은 조생종인 자봉마늘이 가장 크며 구경 대 구고비는 의성마늘이 가장 작아 원형에 가깝고, 무안마늘과 자봉마늘은 납작한 형태로 나타났다. 마늘쪽수는 한지형인 의성마늘이 통마늘 1개당 약 7개의 쪽으로 구성되어 있는 반면 난지형인 무안마늘과 자봉마늘은 각각 통마늘 1개당 약 8개 또는 9개로 구성되어 있어 난지형이 한지형보다 쪽수가 많은 것으로 나타났다. 또한 외형적 특징으로 의성마늘은 쪽과 쪽의 접합상태가 밀접한 상태인 반면 무안과 자봉마늘은 쪽과 쪽의 접합상태가 대부분 약간씩 벌어진 상태로 인력에 의한 쪽 분리 작업은 한지형에 비하여 난지형이 더 쉬운 것으로 판단되었다.

Table 1 Geometrical property of garlics

| Variety | Dia(mm) | Height (mm) | Dia/Height | Weight(g) | Number of clove (EA) | Clove Weight (g) |
|---------|---------------|---------------|------------|---------------|----------------------|------------------|
| Ueising | 44.3 (2.9) | 33.4 (2.3) | 1.3 | 30.4 (5.9) | 7.3 (1.4) | 4.1 (0.8) |
| Mooan | 51.9 (3.1) | 32 (2) | 1.6 | 38.8 (7.6) | 7.8 (1.4) | 4.9 (1.2) |
| Jabong | 60.2 (4.4) | 33.8 (3.7) | 1.8 | 55.0 (7.8) | 9 (2.7) | 5.8 (4.8) |

※()STD

세 품종의 기계적 특성을 조사한 결과 표 2에서와 같이 통마늘의 최대 압축력은 한지형인 의성마늘이 높았으나, 마늘쪽의 생물체 항복강도는 난지형인 무안과 자봉마늘에 비해 낮아 의성 마늘이 쪽분리시 손상율이 높을 것으로 판단되었다.

Table 2 Mechanical property of garlics

| Variety | Ueising | Mooan | Jabong |
|--|-----------------|------------------|-----------------|
| Horizontal Max. compressive strength of garlic bulbs (N) | 185.1 (65.8) | 145.8 (48.9) | 148.5 (64.1) |
| Bio-yield strength of garlic cloves (N/cm ²) | 272.4 (50.9) | 336.2 (113.6) | 413.2 (57.0) |

※()STD

나. 시작기 제작

통마늘을 회전이송 하면서 원통사이에서 마찰력과 압축력을 발생시켜 분리시키는 나선부착 원추드럼을 그림 2와 같이 제작하였다. 그림 3은 시작기 사진으로 공급부와 쪽 분리부, 정선 및 배출부로 구성되어 있으며 제원은 표 3과 같다.

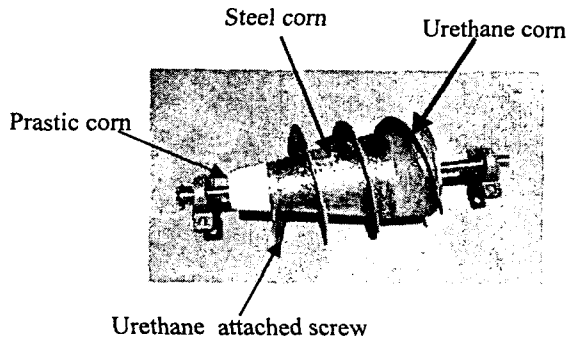


Fig. 2 Picture of Screw attached corn drum

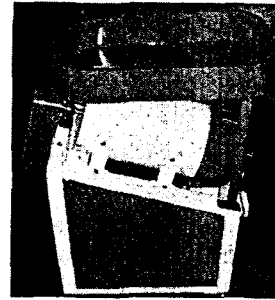


Fig. 3 Picture of prototype

Table 3 Specifications of prototype

| Item | Specification | Remarks |
|--------------------------|--|---------|
| Full-Scale | 800mm × 600mm × 1000mm | L×W×H |
| Cylinder | ○ Length : 415mm, Dia : 245mm, ○ Shock Absorbing Rubber : hardness 45, Thickness 10mm | |
| Screw Attached corn Drum | ○ Length : 400mm ○ Dia : Min.76mm, Max. 110mm ○ Screw Height : Min.22mm, Max.68mm | |
| Cleaning Fan | ○ Airflow : 8.5 cm ○ Static pressure : 13mmAq | |

다. 성능시험 결과

의성, 무안, 자봉마늘 3가지 품종에 대하여 성능시험한 결과 표 4에서와 같이 1쪽 분리율은 자봉, 무안, 의성 순 이었으며, 손상율은 자봉, 의성, 무안 순으로 낮았다. 시간당 처리용량은 세 품종 모두 210kg 이었으나 마늘의 건조상태에 따라 약간의 차이가 있을 것으로 판단된다.

Table 4 Result of prototype Capacity Test

| Variety | Separation Rate(%) | | Damage Rate(%) | | | Capacity (kg/h) |
|---------|--------------------|--------------|----------------|------|---------|-----------------|
| | 1 Clove | 2 Clove over | Total | Scar | Brusing | |
| Ueising | 58.2 | 41.8 | 2.0 | 1.4 | 0.6 | 210 |
| Mooan | 64.7 | 35.3 | 2.4 | 0.8 | 1.6 | 210 |
| Jabong | 95.2 | 4.8 | 1.9 | 1.5 | 0.4 | 210 |

라. 농가현장시험결과

2001년 9월 20일 무안에서 무안산 마늘을 대상으로 농가가 시작기를 직접 사용하게 하여 쪽 분리작업 하고 포장에 기계 파종하여 성능과 출현율을 조사한 결과 쪽 분리율과 손상율은 표 5와 같이 나타났으며, 2001년 11월 말 현재 출현율을 조사한 결과 94.3%로 인력 분리작업 후 파종 시 출현율 95%와 비교하여 차이가 적은 것으로 나타나 농가적용성은 매우 높은 것으로 판단되었다.

Table 5 Result of prototype Capacity Test in Farm

| Variety | Separation Rate(%) | | | Damage Rate(%) | Capacity (kg/h) |
|---------|--------------------|--------|-------------|----------------|-----------------|
| | Total | 1Clove | 2Clove over | | |
| Mooan | 100 | 75.9 | 24.1 | 0.8 | 240 |

4. 요약 및 결론

농가보급형 마늘쪽 분리기 개발을 위하여 마늘의 품종별 기하학적 특성을 분석하고, 나선부착 원추 드럼식 마늘쪽 분리기를 제작하여 성능시험 및 농가 현장시험 한 결과를 요약하면 다음과 같다

- 1)종구용 통마늘의 크기를 조사한 결과 직경은 의성, 무안, 자봉이 각각 44.3, 51.9, 60.2mm로 나타났다.
- 2)통마늘의 최대 압축력 및 마늘쪽의 생물체항복 강도를 시험한 결과 수평방향 최대 압축력은 의성, 무안, 자봉마늘이 각각 185.1, 145.8, 148.5N 이고, 마늘쪽의 생물체항복강도는 의성, 무안, 자봉마늘이 각각 272.4, 336.2, 413.2N/cm²로 통마늘은 의성종이 단단 하나 마늘쪽은 무안이나 자봉마늘에 비해 단단하지 않은 것으로 나타났다.
- 3)나선부착 원추 드럼 및 경사원통식 마늘쪽 분리장치를 제작하여 성능시험한 결과 1쪽 분리율이 의성, 무안, 자봉마늘에서 각각 58.2, 64.7, 95.2%이고, 손상율은 각각 2.0, 2.4, 1.9%이었으며 작업능률은 시간당 210kg(약 60접)이었다.
- 4)시작기를 전남무안의 재배농가에서 현장 시험한 결과 1쪽분리율은 75.9%, 손상율은 0.8%, 파종 후 출현율이 94.3%로 농가적용성 및 실용성이 높은 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. 김충길 외 3인. 1994. 1995. 마늘쪽 분리기 개발. 농업기계화연구소 농사시험연구사업보고서
2. 이종수 외 2인. 2001. 회전원추형 마늘쪽 분리기개발에 관한 연구(1). 한국농업기계학회지 제 24권 제1호
3. 최철구. 1999. 마늘생산비 절감을 위한 경영모형 개발연구. 농진청 농업경영관실