

송풍식 양파 줄기절단장치 기초연구

A fundamental Study on Air Blast Onion Topper

김동화*	유수남*	김영태*	최 용**
정희원	정희원	정희원	정희원
D. H. Kim	S. N. Yoo	Y .T. Kim	Y. Choi

1. 서론

우리나라의 양파 수확작업은 밭 양파의 경우 인력으로 양파를 뽑아서 약 1주일 간 노지 건조 한 다음 줄기를 절단하고 선별하여 망작업을 한다. 논 양파는 후작으로 모내기를 해야 하므로 수확시기를 줄이기 위하여 먼저 줄기를 절단하고 양파를 뽑아서 선별 한 후 망에 포장 한다. 양파재배의 총 노동투하시간은 206.6시간/10a으로, 이 중 수확작업에 81.2시간/10a이 소요되어 전체의 40%를 차지하는 것으로 조사되고 있다. 또한 수확작업은 전적으로 인력에 의존하고 있으며, 노동강도가 매우 높은 작업이고, 타 작물과 노동력 경합이 이루어 지는 시기에 작업을 수행함으로써 농촌 노동력 부족을 가속화하고 있는 형편이다. 수확작업 중 줄기절단에는 20.7시간/10a의 노동력이 소요되어 줄기절단의 생력화가 절실히 필요하며, 줄기절단이 상품성에 크게 영향을 미치므로 손상을 최소화 할 수 있는 줄기절단 기술 개발이 요구되고 있다.

국외의 양파 줄기절단장치에 대한 연구는 지금까지 3 가지 형식이 주로 연구되었는데 첫째는 롤러식 줄기절단장치로 서로 반대방향으로 회전하는 압착롤러에 의해 줄기를 절단하거나 롤러에 의해 줄기를 유도 로타리 절단날로 절단하는 방식으로 주로 일본에서 양파수확기에 채용되어 스냅롤러 타입, 디스크 커터타입으로 상용화되었다. 수집 시 흙이나 자갈 등의 유입을 피할 수 없고, 양파의 물성이 연약한 우리나라 실정에는 개량이 필요한 것으로 보인다. 둘째는 벨트식 줄기절단장치로 굴췌된 양파의 줄기를 벨트 이송장치로 잡고 가이드 벨트나 줄기절단길이 조절바퀴로 유도하여 로타리 절단날로 절단하는 방식(Lorenzen 1950, Lepori 등 1970, Wingate-Hill 1977, Maw 등 1988)이다. 대부분 노지건조 후 줄기가 마른 상태에서 줄기절단을 하는 우리나라 실정에는 적용하기 힘들 것으로 판단된다. 셋째는 송풍식 줄기절단장치로 이송 중의 양파를 송풍기의 바람에 의하여 줄기를 세워 절단날로 절단하는 방식으로 호주 등에서 TOP-AIR방식이란 이름으로 상용화되어 있다. 국내의 경우 자주식 감자수확기를 개량한 양파수확기를 업체에서 개발하였으나 줄기절단기능이 없어 인력에 의존하여 줄기절단 후 수확하는 실정이다.

+ 본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임.

* 전남대학교 생물산업공학과 ** 농업공학연구소

따라서 본 연구는 송풍식 줄기절단 실험장치를 설계 제작하여 기초실험을 수행함으로써 우리나라 실정에 적합하다고 판단되는 자주식 양파수집기에 채용할 수 있는 효율적인 송풍식 양파 줄기절단장치 개발의 기초를 마련하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 양파 줄기절단장치 설계

1) 주요 구조 및 작동원리

그림1은 제작된 양파 줄기절단장치의 구조와 외관을 나타낸 것이다.

양파 줄기절단장치의 줄기절단 과정은 그림에서와 같이 양파 투입구를 통해 투입된 양파가 이송장치에 의해 절단 커터로 이송되면 절단커터 시작지점 아래에 설치된 송풍기를 통해 상향으로 바람을 불어주어 양파의 줄기가 상향으로 일어서도록 자세를 잡게 한 후 절단 커터가 줄기를 절단하도록 설계하였다.

양파 줄기절단장치의 주요 구조는 양파 투입구, 이송장치, 절단장치, 송풍장치, 배출구, 구동 엔진, 모터 및 동력전달장치, 프레임 및 지지부 등으로 구성하였으며 전체 크기는 높이 1690mm, 길이 2510mm, 폭 1600mm이다.

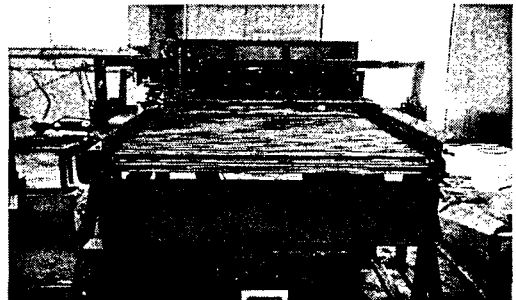
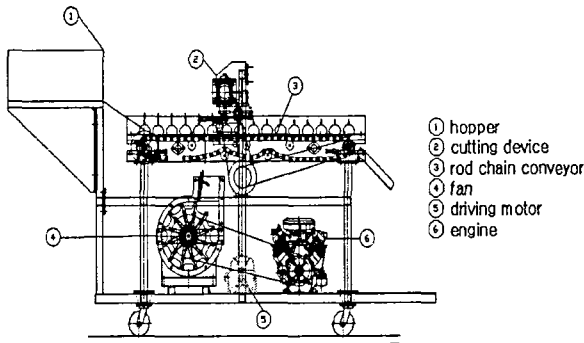


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental air blast onion topper

양파 이송장치는 로드체인 이송장치로 전체 이송 길이는 1500mm, 이송 폭은 1100mm로 제작하였는데 체인은 피치가 15.87mm인 #50 체인을 이용하였고, 직경 12.5mm 로드를 35mm 간격으로 설치하였다. 이송장치의 이송속도는 약 0.5m/s로 고정하여 실험을 실시하였다.

그림2는 절단장치를 나타낸 것으로 현재 국내 자탈형 콤파인에서 사용되고 있는 D회사의 왕복동 절단 커터를 사용하였는데 높이 145mm, 폭 50mm의 절단날 24개를 연결한 구조로 전체 폭은 1220mm이다. 절단장치의 평균 절단속도는 약 0.6m/s로 하였고 절단속도비는 1.2이었다. 또한 이송장치와 절단 커터의 간격은 실험에 사용한 양파 구의 평균 크기가 약

4.8cm이므로 절단된 줄기의 길이가 5~6cm가 되도록 100mm로 설정하였다.

양파 줄기의 자세를 잡기 위한 송풍기는 K회사의 원심식 송풍기를 사용하였다. 송풍기 배출구의 단면적은 113*116mm로 구동 엔진의 회전속도를 조정하여 풍속을 조절하였는데 바람의 최대 풍속은 약 42m/s였다. 송풍기의 배출구는 이송장치 앞부분으로부터 415mm 뒤, 절단장치 아래에 설치하였다.

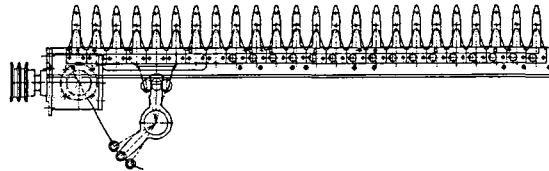


Fig. 2 View of the cutting device

나. 성능 실험

1) 실험 재료

줄기 절단장치의 실험은 2006년 5월 16일과 17일에 걸쳐 실시하였는데 실험에 사용된 양파는 전남 해남에서 생산된 조생종 양파 품종인 505호를 3주 동안 자연 건조시켜 사용하였다. 사용된 양파의 평균 무게와 직경은 각각 118.9g(표준편차 ± 33.5 g), 5.9cm(표준편차 ± 0.7 cm)이고, 줄기와 잎 부분의 함유율은 7.9%였다.

2) 실험내용 및 방법

실험은 양파의 크기, 송풍기 풍속에 따른 양파 줄기절단을, 양파손상을, 평균 절단 줄기길이 및 절단 줄기길이별 분포를 조사 분석하였으며 수준별로 20개씩 3반복 실험을 실시하였다.

양파의 크기는 구의 최대직경 5.0cm를 기준으로 대, 소 2수준으로 구분하였는데 대 수준의 양파의 평균 무게와 직경은 각각 140.8g(표준편차 ± 21.7 g), 5.6cm(표준편차 ± 0.5 cm)였고, 소 수준의 평균 무게와 직경은 각각 85.5g(표준편차 ± 16.5 g), 4.4cm(표준편차 ± 0.3 cm)였다. 송풍기 풍속은 구의 최대직경 5.0cm 약 110g의 양파가 이송장치에서 약간씩 움직여 자세를 잡을 풍속인 37m/s와 42m/s 2수준 풍속으로 실험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 양파 절단을

표 1은 줄기 절단장치에 의해 절단된 양파의 절단율을 나타낸 것이며, 그림 3은 절단된 양파의 줄기 모양을 나타낸 것이다.

표에서와 같이 송풍기 풍속을 42m/s로 설정한 경우는 양파의 크기에 관계없이 100%의

절단율을 나타내었다. 그러나 풍속이 37m/s로 떨어진 때는 양파의 크기가 큰 경우는 78.3~81.7%, 작은 경우는 80~90%의 절단율을 하락하였다. 이는 37m/s의 풍속은 작은 크기의 양파를 움직일 수 있는 충분한 풍속이었으나 줄기를 상향으로 붙어 올리는 동압에 의한 부력이 부족하여 절단율이 떨어지는 것으로 보인다. 한편 실험 중 양파손상율은 없는 것으로 나타났다.



Fig. 3 View of the topped onions

Table 1 Percentage of onion topped by the experimental topper

Size	Air velocity (m/s)	Onion topped(%)	
		Ave.	S. D.
Large (Dia.>5.0cm)	42	100	±0.0
		100	±0.0
	37	81.7	±7.6
		81.7	±7.6
Small (Dia<5.0cm)	42	100	±0.0
		100	±0.0
	37	90	±5.0
		90	±0.0

나. 절단 줄기길이

표 2는 양파의 크기, 송풍기 풍속에 따른 양파의 평균 절단 줄기길이와 절단 줄기길이의 분포를 나타낸 것이다.

표에서와 같이 송풍기 풍속이 42m/s의 경우 평균 절단 줄기길이는 큰 양파는 7.6~7.8cm, 작은 양파는 7.8~7.9cm로 절단율은 우수하였지만 적정 절단 줄기길이인 4~6cm 보다 전반적으로 길게 잘린 것으로 나타났다. 이는 양파의 평균 직경과 절단날 사이의 간격 100mm를 고려해볼 때 절단 시 자세가 기울어진 양파의 비율이 높아 약간 길게 잘린 것으로 판단된다. 따라서 양파의 자세를 바르게 하여 절단장치에 양파를 공급할 수 있도록 하는 것이 필요하였다. 송풍기의 풍속이 37m/s인 경우의 평균 절단 줄기길이는 큰 양파는 8.3~

8.6cm, 작은 양파는 8.7~8.8cm로 나타나 풍속이 42m/s인 경우 보다 더 길게 잘렸는데 이는 풍속 감소에 따른 부력이 작아 양파 줄기가 충분히 절단장치에 곧게 들어가지 못하였기 때문이었다.

절단 줄기길이의 분포를 살펴보면 송풍기 풍속이 42m/s의 경우 적정 길이인 4~6cm의 비율이 큰 양파는 13.3~18.3%, 작은 양파는 8.3~13.3%로 나타났으며, 송풍기의 풍속이 37m/s인 경우는 적정 길이인 4~6cm의 비율이 큰 양파는 4.1~14.3%, 작은 양파는 1.9~5.6%로 나타나 매우 저조한 성능을 보였다. 그러나 풍속이 42m/s의 경우는 양파의 크기와 자세를 고려하여 절단날의 높이를 양파의 평균직경 보다 2~3cm 크게 조정할 경우 적정 절단 줄기길이의 양파비율이 크게 향상될 것으로 판단된다.

Table 2 Neck length and its distribution

Size	Air velocity (m/s)	Distribution of neck length(%)			Neck length(cm)	
		4~6cm	6~8cm	above 8cm	Ave.	S. D.
Large (Dia.>5.0cm)	42	18.3	43.3	38.3	7.6	±1.9
		13.3	41.7	45.0	7.8	±1.6
	37	14.3	20.4	65.3	8.6	±1.9
		4.1	40.8	55.1	8.3	±1.6
Small (Dia<5.0cm)	42	13.3	43.3	43.3	7.8	±1.6
		8.3	46.7	55.0	7.9	±1.4
	37	5.6	31.5	63.0	8.7	±1.7
		1.9	37.0	61.1	8.8	±1.6

다. 개선점

본 실험 장치의 성능 시험 결과 양파 줄기가 절단장치까지 이동하면서 자세를 잡을 수 있도록 충분한 동압을 발생시킬 수 있는 풍속과 함께 바람이 배출면적을 크게 하여 풍량을 충분히 확보할 수 있는 송풍기의 선정이 매우 중요하다고 판단되었다. 왕복동 절단장치를 사용할 경우 고정 날에 줄기가 부딪혀 구부러짐으로 인해 절단 줄기길이가 길어지는 현상을 방지하기 위하여 줄기 유도 가이드가 필요하며, 절단속도비를 충분히 크게 하여 절단 부위가 깨끗이 잘리도록 할 필요가 있었다. 양파의 절단 줄기길이를 적정하게 유지시키기 위해서는 양파의 크기와 양파의 자세에 맞추어 절단 날의 높이를 조정할 수 있도록 개선할 필요가 있는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구는 자주식 양파수집기에 채용할 수 있는 효율적인 송풍식 양파 줄기절단장치 개발

의 기초를 마련하고자 송풍식 줄기절단 실험장치를 설계 제작하여 성능실험을 수행하였다.

실험 결과 풍속 42m/s에서는 양파 줄기절단을 100%, 평균 절단 길이 7.8cm로 나타났으며, 양파의 크기와 양파의 자세에 맞추어 절단 날의 높이를 조정할 경우 적정 절단 줄기길이 양파의 비율은 크게 향상될 것으로 판단되어 자주식 양파수집기의 양파 줄기절단장치로 활용이 가능할 것으로 보인다.

5. 참고문헌

1. Carson W. M., Jr. and L. G. Williams. 1969. Design and Field Testing of an Experimental Onion Topper. Transactions of the ASAE. 228-230.
2. Chesson J. H., H. Johnson, Jr., C. R. Brooks, R. G. Curley, P. F. Burkner, and R. M. Perkins. 1977. Mechanical Harvesting Investigations for Fresh Market Onions. Transactions of the ASAE.
3. Lepori, W. and P. Hobgood. 1970. Mechanical harvester for fresh market onions. Transactions of the ASAE. 13(4):517~519
4. Lorenzen, C., Jr. 1950. Development of a mechanical onion harvester, Agricultural Engineering. 31(1)13-15.
5. Maw B. W. D. A. Smittle, B. G. Mullinix, J. S. Cundiff. 1998. Design and Evaluation of Principles for Mechanically Harvesting Sweet Onions. Transactions of the ASAE. 41(3):517-524.
6. Wingate-Hill R. 1977. Performance of a Top-lifting Harvester for Early Onions. J. Agric. Engng Res. 22, 271-281
7. 川崎 建, 富田 貢, 金谷 豊. 1975. タマネギ用定置式 タップアの改良試験. 農業機械學會誌.