

채소 자동결속장치 개발

Development of automatic binding machine for vegetables

한길수	손재룡	윤진하	박원규	강창호*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
K.S.Han	J.Y.Son	J.H.Yun	W.K.Park	C.H.Kang

1. 서론

부추, 미나리 및 쪽파 등 채소류는 소비지에서의 채소쓰레기 문제 및 상품성 향상 등을 위하여 생산지에서 타원형으로 결속하여 유통되고 있다. 결속작업이 포함되어 있는 선별 및 포장작업의 노동력 투하시간은 작물별 총 노동투하시간의 10%이상을 점하고 있으며 특히, 미나리는 39%, 부추는 63%를 차지하고 있어 생력화가 요구되는 작업이다.

결속작업수단은 인력에 의존하고 있으며, 철심이 들어있는 끈을 꼬기 때문에 작업시 손이나 손가락 등의 부위가 상처를 입을 가능성도 있다. 이를 위하여 일부 농가에서는 원형으로 결속되는 화폐용 결속기를 사용하여 결속하고 있으나 타원형이 아니라 상품성이 떨어지고 테이프를 사용하므로 떼어낼 때 작물이 손상을 입는 등 문제가 있어 기계화를 요구하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 기존에 인력으로 이루어지는 결속작업형태 즉, 타원형이며 철심이 내장된 끈을 꼬는 등의 결속작업을 자동화할 수 있도록 자동결속장치를 개발하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

가. 시작기의 설계

채소류의 결속은 수확시 또는 수확후 결속작업 전에 가지런하게 또는 상품성이 없는 것을 제거하는 등 조제된 것을 한 단씩 묶는다. 따라서 자동결속장치의 설계는 선별된 작물을 한 단씩 묶을 만큼 인력이 투입하면 자동적으로 결속되어 배출되도록 고안하였다. 이를 위하여 조제된 작물을 결속할 만큼 투입할 수 있는 공급컵, 공급컵이 결속장치로 이동하고 결속된 묶음단을 자동적으로 배출하기 위한 이송장치, 결속장치 및 자동제어장치 등으로 구성하였으며 이들 장치의 구체적인 설계내용은 다음과 같다.

(1) 이송장치

이송장치는 체인에 작물을 한 단씩 묶을 만큼 투입할 수 있는 공급컵을 부착하고 모터의 구동에 의하여 이송되며, 체인의 이송속도는 조제된 작물상태나 작업자의 투입속련도 등에 따라 조절이 가능하도록 설계하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

(2) 결속끈 및 결속끈 공급장치

결속끈은 기존에 사용되고 있는 철심이 내장된 끈을 연속적인 공급할 수 있도록 설계하였으며, 결속끈의 공급은 채소류의 작물에 따라 묶음단의 크기가 다르므로 길이조절이 가능하고 조절된 길이만큼 절단할 수 있도록 절단날을 부착하는 것으로 설계하였다.

(3) 결속장치

결속장치는 작물별로 묶음단의 크기가 다르고 결속시 결속물의 흐트러짐을 방지하기 위하여 결속물을 고정시키는 누름판, 공급된 결속끈이 작물을 감싸주도록 하는 결속가이드, 감싸진 결속끈을 꼬아주는 갈고리회전축 등을 구성할 수 있도록 설계하였다.

(4) 제어장치

제어장치는 공급컵이 부착된 이송체인의 속도에 따라 공급컵에 작물이나 결속가이드에 결속끈이 공급되었는지를 감지하고 이들이 모두 만족될 때 누름판→결속가이드→갈고리회전축 등이 순차적으로 작동되도록 설계하였다. 여기서 결속물이나 결속끈을 감지하는 것은 결속물이 없는데 결속장치가 작동되어 필요없이 결속끈을 소비하는 것과 결속끈이 없는데 결속장치가 작동하여 미결속 되는 것을 방지하기 위한 것이다. 또한 결속력의 조절을 위하여 결속장치의 갈고리회전축에 의한 결속끈의 꼬임회수를 제어할 수 있으며, 결속한 단의 숫자를 카운터 할 수 있도록 설계하였다.

그리고 이송장치, 결속끈의 공급장치, 갈고리회전축 등이 모터에 의하여 작동되므로 다량의 전력이 소모될 가능성이 있어 순간적인 전력부족으로 시스템이 오동작 할 우려가 있으므로 구동부와 제어부의 전원을 별도로 구성하였다.

나. 성능시험

설계 제작된 자동결속장치의 성능시험은 부추, 미나리 및 쪽파 등을 대상으로 이송체인의 속도에 따른 작업성능, 묶음단의 결속력 및 크기, 전력소모량 등을 조사하였다. 여기서 묶음단의 결속력은 그림 1과 같이 물성분석기(TA-HD₂)를 이용하여 중앙부에 설치된 고정척에 결속끈의 매듭을 풀어 서로 교차시킨 다음 양쪽 끈을 고정하고 최초의 매듭위치가 교차하는 순간에 가해진 힘으로 측정하였다.



Fig. 1. Binding test of spinach

묶음단의 크기는 결속형태 즉, 타원형이므로 묶음단의 폭에 대한 높이의 비를 구하여 기존에 인력으로 결속한 것과 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 시작기의 제작

제작된 시작기의 구조는 그림 2와 같이 크기가 2150×730×1720mm이며, 이송장치의 체인에 부착한 공급컵에 작물이 투입되면 결속장치로 이송되어 결속된 다음 배출되는 이송·결속·배출 일관형이고 주요장치별 규격 및 기능 등은 다음과 같다.

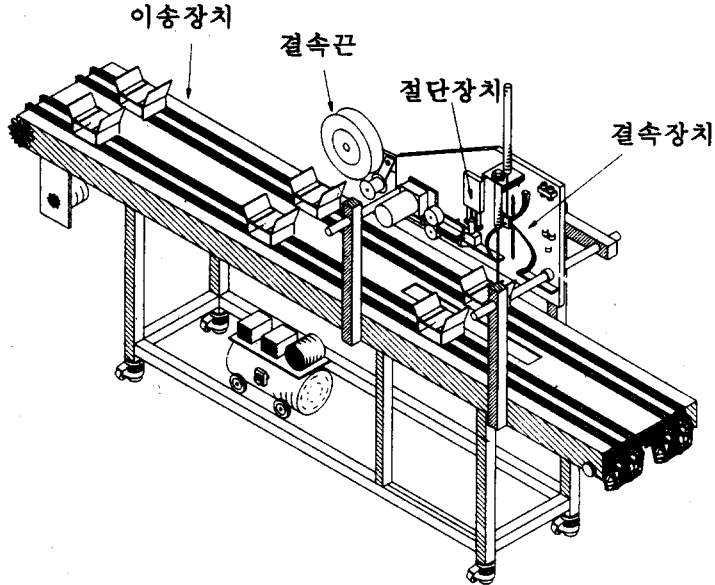


Fig.2. Schematic diagram of the prototype.

(1) 이송장치

이송장치는 규격이 HC2050이고 길이가 4500mm인 이송체인에 등간격으로 6개의 공급컵을 부착하였으며, 이송속도는 3000rpm인 감속구동모터의 회전수를 제어함에 따라 15~130mm/sec범위에서 8단계로 조절할 수 있다. 여기서 최고속도는 예비시험에서 작업자 1인이 연속하여 공급컵에 결속물을 투입할 수 있는 것을 기준한 것이다.

(2) 결속끈 및 결속끈 공급절단장치

결속끈은 철심이 2개 내장된 폭 12~16mm의 끈으로 롤당 길이가 2,000m의 것을 적용하였다. 결속끈의 길이는 그림 3과 같이 공급롤러와 일체로 되어있는 절단날을 좌우로 이동함에 따라 280~500mm범위로 조절할 수 있는데 이는 일반적으로 채소류의 묶음단 크기를 기준한 것이며 절단날은 공압에 의하여 작동되도록 제작하였다.

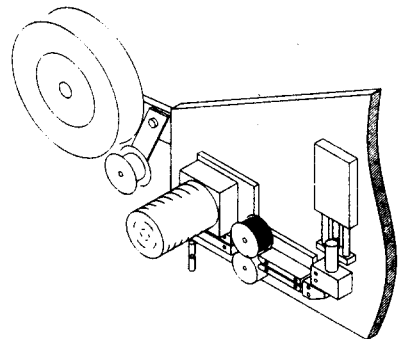


Fig.3. Schematic diagram of cutting part.

(3) 결속장치

결속장치는 그림 4와 같이 누름판, 결속가이드 및 갈고리 회전축 등으로 구성되어 있다. 누름판과 결속가이드는 공압 실린더에 부착되어 작동되며, 갈고리회전축은 1200rpm인 구동모터에 의하여 구동되고 꼬임회수는 제어회로에 내장되어 있는 조절스위치에 의하여 2~8회로 조절이 가능하므로 작물에 따라 손상없이 결속할 수 있다.

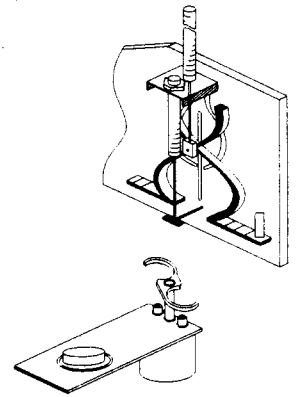


Fig.4. Schematic diagram of binding part.

(4) 제어장치

제어장치의 구성은 그림 5와 같이 Man Machine Interface부의 설계를 중점을 두고 최소의 조작과, 직관적인 조작을 기준으로 설계하였다. 그래서 시스템이 오동작 할 우려가 있으므로 구동부와 제어부의 전원을 별도로 구성하였고, 결속물이나 결속끈이 없을 경우 결속끈의 낭비와 미결속 되는 것을 방지하도록 하였고, 또한 결속력의 조절과 결속한 단의 숫자를 카운터 할 수 있도록 설계하였다.

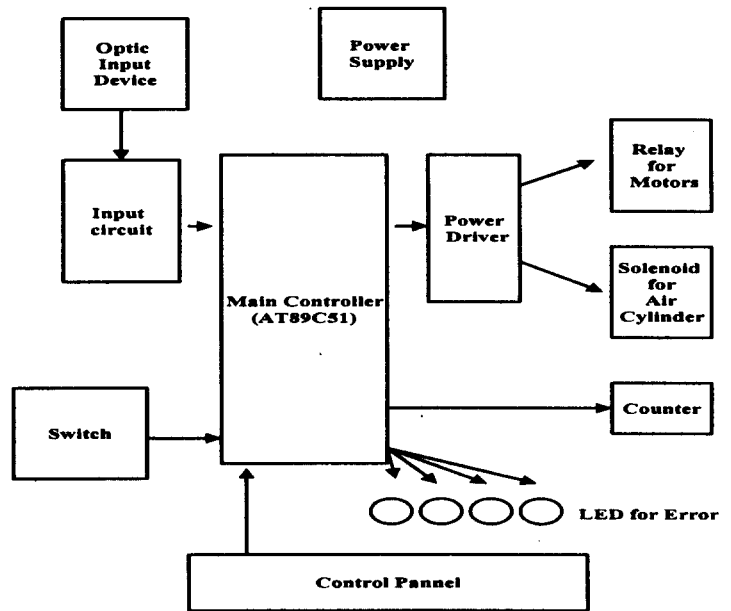


Fig.5. Block diagram of control system.

그리고 제어프로그램은 그림 6과 같이 수동과 자동으로 작동이 가능하도록 제작하였으며, 수동모드는 주로 각 장치별 동작여부를 체크하여 조절하거나 결속끈의 재공급시에 사용된다. 자동모드는 단순한 전원스위치 조작만으로 전 시스템이 작동하여 손쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 전원스위치를 작동함과 함께 결속끈 감시센서가 작동되고 쉐이퍼 모터가 작동되어 결속컵을 이송시키고 결속물 감지센서가 감지되면 멈춤과 동시에 결속작업을 하도록 프로그램되었다.

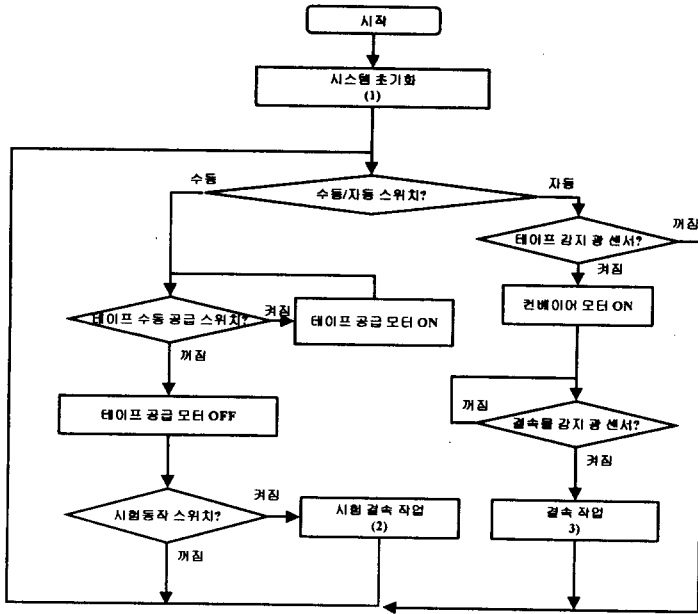


Fig.6. Flow chart of control system.

나. 작업성능

(1) 결속형태

묶음단의 결속형태 즉, 폭에 대한 높이의 비로 나타낸 타원정도는 그림 7과 같이 폭과 높이가 공시작물별로 모두 인력으로 결속하는 것과 같은 것으로 나타나 시작기로 타원형 결속이 가능함을 알 수 있었다.

이송체인의 속도별 결속성능은 그림 8과 같이 시간당 최고 354단으로 부추의 경우 인력으로 시간당 50단정도 결속하는 것에 비하면 7배의 생력화가 가능한 것을 알 수 있었다. 그리고 결속력은 그림 9과 같이 꼬임횟수 4회를 기준할 때 인력에 의한 관행작업에 비하여 부추는 30.8 %, 쪽파는 25.0 %, 미나리는 11.1 %가 각각 높은 것으로 나타나 시작기에 의한 결속이 인력보다 더 단단함을 알 수 있었다.

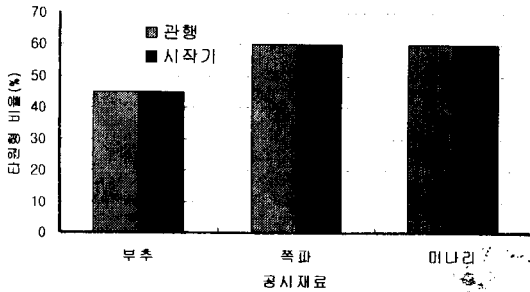


Fig.7. Pattern of binded units by vegetables.

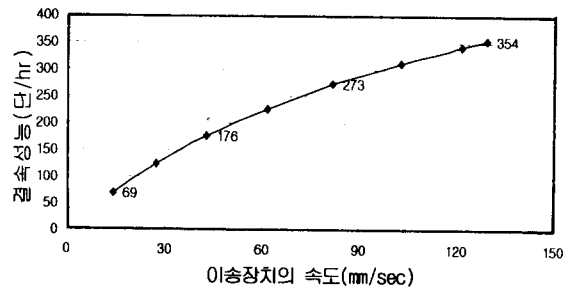


Fig.8. Binding performance by velocity of conveying device.

한편, 시작기의 작업인원은 1인을 기준하였기에 공급컵에 작물을 올려 놓는 것과 배출되는 묶음단을 상자에 포장하는 작업을 동시에 하여야 하므로 일시적으로 결속작업이 이루어지지 않는 상태에서 기계를 운전해야 한다. 이러한 경우에는 필요 없이 전력을 소비하게 되므로 이에 대한 비용분석을 위하여 전력소모량을 계측하였다. 이송체인의 속도 즉, 작업성능별 전력소모량은 그림 10과 같이 시간당 최고 207W로써 농사용 전기요금으로 환산할 때 약 7원이 된다. 따라서 기계운전의 일시적인 정지가 없더라도 1인 작업이 가능할 것으로 생각된다.

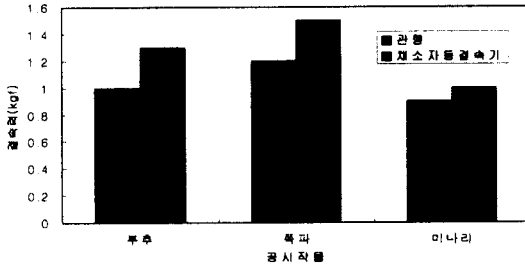


Fig.9. Binding force by vegetables.

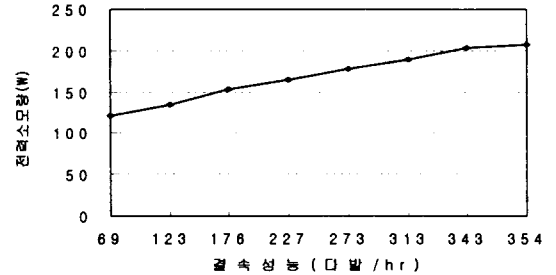


Fig.10. Electronic exhaustion of prototype.

4. 요약 및 결론

부추, 쪽파 및 미나리 등 채소를 결속작업을 생력화하기 위하여 일정량의 채소를 투입하면 자동적으로 이송되어 타원형으로 결속·배출되는 채소 자동결속기를 개발하였다. 결속단의 크기는 필요에 따라 폭을 7~15cm범위에서 조절할 수 있고 채소의 상태나 작업자의 숙련도에 따라 이송체인의 속도를 15~130mm/sec범위에서 8단계로 조절이 가능하다.

결속장치는 이송장치에 붙어있는 공급컵에 채소가 있을 때에만 작동함으로 채소가 없는 상태에서 결속부의 작동으로 결속끈을 허비하는 경우가 없으며, 결속가이드가 묶고자하는 채소를 감싸면서 갈고리회전축이 묶는 끈을 잡고 꼬아주므로 인력으로 묶는 것보다 더 단단한 것으로 나타났다.

결속성능은 최고 시간당 354단으로 부추의 경우 인력에 의한 시간당 50단 정도와 비교할 때 7배의 생력화가 가능하고, 소요비용은 70%를 절감할 수 있었다.

5. 참고문헌

1. 농촌진흥청 농업경영관실, 1998, 작목별 작업단계별 노동력 투하시간, P.31~44
2. 농림부, 1997, 농산물 표준출하 규격집, p.93~172
3. 농림부·농촌진흥청, 1996, 상시영농체계확립실천계획(경기도), p.251~253