

# 수동공급식 채소결속기 개발

## Development of Manual Feeding Vegetables Binding Machine

강창호*	한길수*	윤진하*	박원규*	최홍기*
정회원	정회원	정회원	정회원	
C.H.Kang	K.S.Han	J.H.Yun	W.K.Park	H.K.Choi

### 1. 서론

부추, 미나리 및 파 등 채소는 우리의 식생활에 중요한 위치를 차지하고 있으며, 농가소득율도 62.4~79.7%로 높아 농가의 소득증대에 기여하고 있다(농진청, 1998). 한편, 이들 채소는 수확후 상품성을 높이고 유통과정에서 취급의 편의화를 위하여 생산지에서 황화된 잎이나 오물질 등을 제거하고 일정 크기의 단으로 묶어 출하하고 있으며, 최근에는 소비지에서의 채소 쓰레기 경감을 위하여 채소의 결속·출하를 권장하고 있어 채소의 결속작업은 앞으로 지속될 전망이다.

채소의 결속형태는 타원형으로 기존의 원형으로 묶는 농산물 결속기(日農機學會, 1996)는 적용이 어려운 실정에서 결속작업은 모두 인력에 의존하고 있으며, 이의 노동투하시간은 작물별 10a당 총노동투하시간의 12~63%를 차지하고 있어(농진청, 1999) 노동력이 많이 소요되는 작업으로 생력화가 요구된다. 또한 채소의 결속작업은 작물에 따라 3~6개월의 장기간에 걸쳐 거의 매일 수행되며, 철심이 내장된 끈을 꼬아서 묶는 단순·반복작업이고 작업후에는 팔, 어깨, 허리 등 신체부위에 피로를 느낀다고 한다.

이러한 현실에서 채소의 결속작업을 생력화하고 노동부담을 줄이기 위해서는 결속기의 개발이 필요하며, 이를 위하여 '98년에 농기계연에서 채소를 작물별로 한 단으로 묶을 만큼만 채소의 공급컵에 올려 놓으면 자동으로 이송→결속→배출되는 채소 자동결속기를 개발하였다(농기계연, 1998). 이의 개발보급과정에서 채소의 소규모 재배농가는 포장으로 이동이 용이한 구조의 결속기에 대한 요구도가 높았다.

따라서 이 연구는 특히, 채소의 소규모 재배농가에서 요구하는 조건을 고려하여 수동으로 채소를 공급배출하고 모터의 구동에 의한 원운동으로 상하운동으로 변화시켜 채소를 타원형으로 결속할 수 있는 링크시스템을 개발하여 채소를 타원형으로 묶는 수동공급식 결속기를 개발하고자 수행되었다.

---

\* 농업기계화연구소(National Agricultural Mechanization Research Institute)

## 2. 재료 및 방법

### 가. 개발방향의 설정

수동공급식 채소 결속기는 채소의 공급과 배출은 인력, 결속끈의 공급과 결속은 자동으로 수행되는 그림 1과 같은 구조의 시작기를 구상하였다. 따라서 시작기는 채소의 공급배출장치, 결속끈의 공급절단장치, 결속장치, 제어장치 등으로 구성하였으며, 채소의 공급배출장치는 인력이 무리없이 입배출에 용이해야 하고, 결속끈의 공급절단장치는 작물별 결속단의 크기에 맞게 일정 길이를 공급절단할 수 있어야 한다. 결속장치는 공급된 결속끈으로 채소를 타원형으로 끈을 꼬아 결속할 수 있어야 한다. 그리고 제어장치는 결속기를 구성하는 장치간의 유기적인 구동과 결속끈의 길이조절, 취급의 용이화가 가능해야 한다.

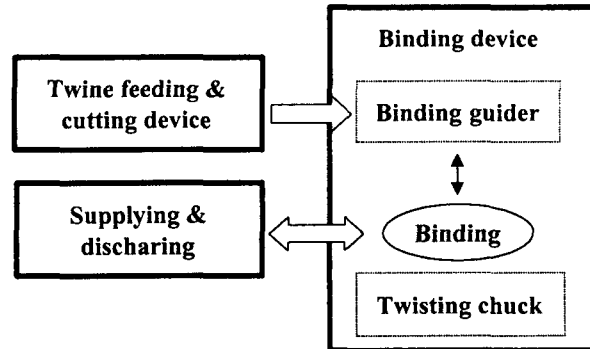


Fig. 1. Conceptual design of binding mechanism.

### 나. 장치별 설계요인구명

#### (1) 채소의 공급배출장치

채소의 공급배출장치는 결속단의 크기가 다른 부추, 미나리, 쪽파 및 대파 등 채소를 모두 용이하게 공급할 수 있도록 크기의 조절이 가능한 공급접을 작물별 결속단의 크기와 특성을 기초로 관련 치수를 결정하였다. 그리고 공급접은 프레임에 부착하여 이를 인력으로 무리없이 결속장치로 밀어 넣고 결속후에 당겨 배출할 수 있도록 설계하였다.

#### (2) 결속끈의 공급절단장치

결속끈의 공급·절단장치는 롤에 감긴 결속끈은 그림 2와 같이 압축력이 작용하는 구동 및 종동롤러에 의하여 결속끈을 공급하고 솔레노이드에 의하여 상하로 작동되는 칼날로 절단하는 구조로 설계하였다. 그림에서 가이드롤러의 부착위치와 구동 및 종동롤러간 압축력과 롤러의 재질 등에 따른 결속끈의 공급상태, 솔레노이드의 규격과 칼날의 형상에 따른 결속끈의 절단상태 등에 따른 최적의 설계조건을 구명하였다.

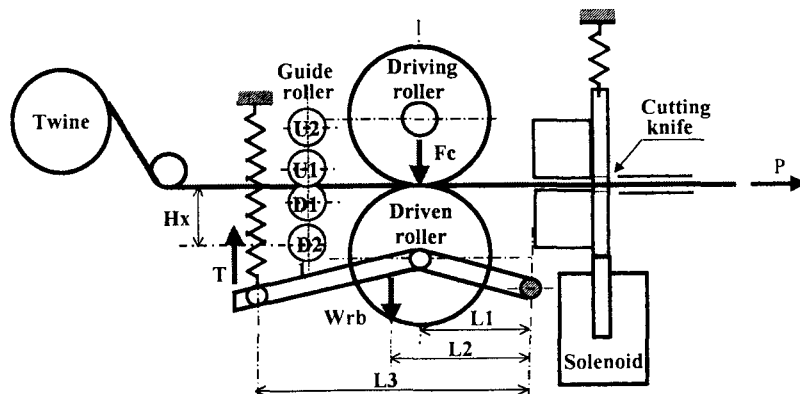


Fig. 2. Schematic diagram of twine feeding & cutting device.

### (3) 결속장치

채소의 결속장치는 4절링크에 의하여 원운동이 상하운동으로 변환되면서 결속암을 좌우로 이동시켜 채소를 감싸면서 결속끈을 모아주면 아래의 결속끈 꼬임척에 의하여 타원형으로 결속하는 구조로 설계하였다. 결속메카니즘의 설계에는 채소의 공급급에 담긴 채소의 작물별 폭을 160mm이하, 결속암이 좌우로 이동하는 경로는 수평면에서 30°, 채소의 지지력은 3kgf이하 등을 기준하였다.

### (4) 제어장치

제어장치는 결속장치의 구동조건, 결속끈의 길이와 꼬임척의 회전수 등을 설정 등 구성장치간의 구동과 범용화를 위한 작업조건을 설정 등을 위한 장치이다. 결속장치의 구동은 결속끈과 채소의 공급유무, 결속암과 꼬임척의 위치 등을 감지하여 구동하며, 결속끈의 길이는 구동롤러의 회전수로 제어하도록 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 시작기의 개발

#### (1) 채소의 공급배출장치

채소의 공급배출장치에서 공급컵은 그림 3과 같은 구조이며, 설계치는 공시작물의 결속단 크기와 특성 등을 고려하여 폭의 경우 채소의 줄기부(W1)는 130±30mm, 채소의 잎부(W2)는 210±10mm, 공급컵의 높이(H)는 80mm, 길이(L)은 800mm 등으로 결정하였다. 그리고 공급컵의 부착 프레임은 입배출이 원활하도록 가이드에 베어링을 부착하여 무리없이 입배출이 되도록 제작하였다.

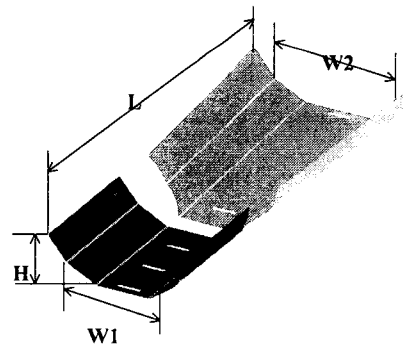


Fig. 3. Vegetable supplying tray.

#### (2) 결속끈의 공급절단장치

결속끈은 기존에 사용되는 폭이 21mm, 좌우의 끝단에서 3mm에 각각 Ø0.4mm의 철심이 들어 있는 끈이 롤에 감긴 것을 공시하였으며, 결속끈의 총 길이는 1,000m이다. 결속끈의 공급용 구동 및 종동롤러의 직경은 1회전당 140mm 공급을 기준하여 44.6mm로 결정하였다.

처리조건에 따른 결속끈의 공급상태는 결속끈이 반드시 일직선이 아니므로 결속끈의 롤과 공급롤러 사이에 일정 부하를 받는 가이드롤러가 필요한 것으로 나타났다. 그리고 공급롤러의 재질은 구동 및 종동롤러의 어느 한 쪽이 알루미늄합금인 경우 롤러간 압축력에 관계없이 특히, 결속끈이 굵은 경우에는 공급상태가 불량하였다. 반면, 구동 및 종동롤러가 모두 우레탄인 경우에는 원활하게 공급되었으며, 그 정도는 그림 6 및 7과 같이 처리조건에 따라 차이가 있었다.

그림 4 및 5와 같이 가이드롤러의 부착위치와 공급롤러간 압축력에 따른 결속끈의 인장력과 구동롤러가 3회전시 공급되는 결속끈의 길이는 모두 가이드롤러가 중심보다 10mm 밑에 부착시 가장 적고 기준에 접근하는 것으로 나타났으며, 이 때의 롤러간 압축력은 7.5kgf정도가 가장 좋을 것으로 판단되었다.

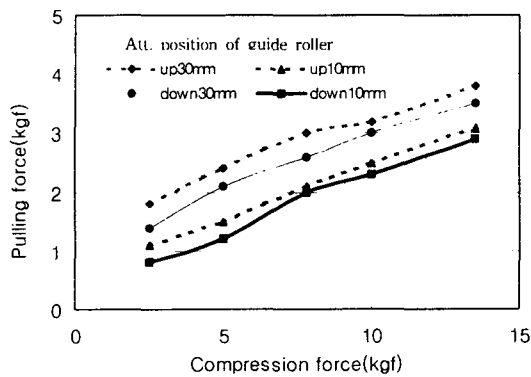


Fig. 4. Relationship between pulling force and compression force.

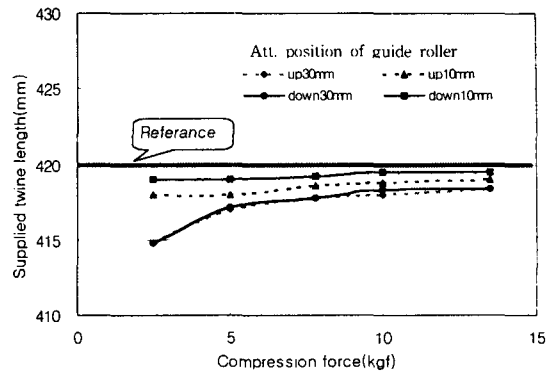


Fig. 5. Relationship between supplied twine length and compression force.

한편, 결속끈의 절단성능은 흡인력과 행정이 각각 다른 솔레노이드를 2종(1.5kg/15mm, 3.0kg/20mm), 칼날은 경사각을 3종(0, 5°, 10°) 등 처리조건에서 조사한 결과 표 1과 같다. 흡인력 1.5kg에 행정 15mm의 솔레노이드는 칼날의 경사각에 따라 10~50%만 절단, 흡인력 3.0kg에 행정 20mm의 솔레노이드는 칼날의 경사각이 0~5°일 때 30~75%, 10°에서는 모두 절단되는 것으로 나타났다.

Table 1. Cutting rate by solenoid & cutting knife

Items		Cutting rate by solenoid(%)	
		Force 1.5kg Stroke 15mm	Force 3.0kg Stroke 20mm
Angle of cutting knife (°)	0	10	30
	5	30	75
	10	50	100

### (3) 결속장치

결속장치는 그림 6과 같이 4절링크에 의하여 원운동이 상하운동으로 변환되어 결속암이 부착된 슬라이드가 상하운동하면서 공급된 결속끈으로 작물을 감싸고, 하부의 결속끈 꼬임척에 의하여 결속끈을 꼬아 타원형으로 결속하는 구조로 제작하였다. 결속끈은 결속시 채소의 지지판 밑의 자석에 의하여 지탱되어 하강하며, 지지판이 하강한 상태에서 채소를 눌러주는 힘은 결속단의 크기에 따라 2.3~3.0kgf정도로 작물에 손

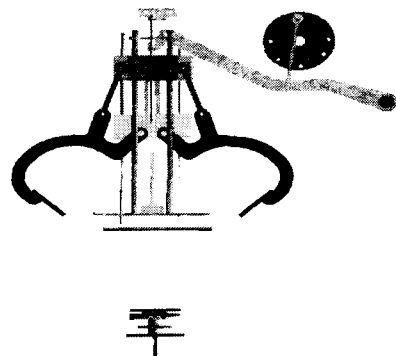
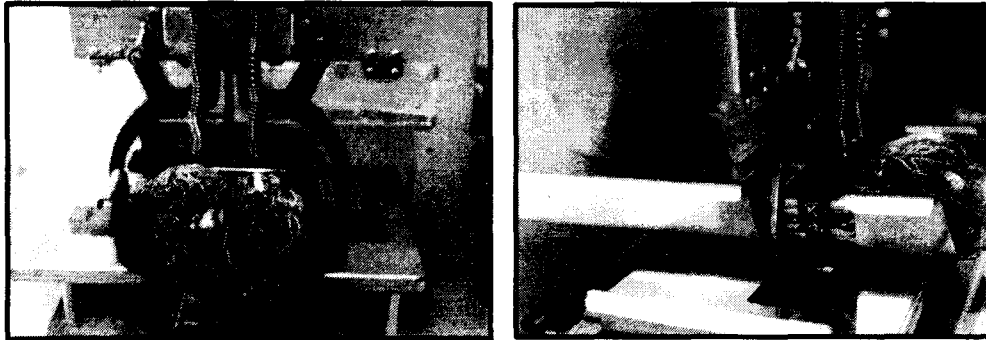


Fig. 6. Prototype binding device.

상을 주지 않았고 결속장치의 작동상태는 사진 1과 같다.



(a) Front view

(b) Side view

Photo 1. Operation views of the binding device.

### (3) 제어장치

제어장치의 H/W는 사진 2와 같이 조작패널이 되는 사용자 인터페이스와 주제어부로 구분하여 개발하였다. 조작패널인 사용자 인터페이스는 결속끈을 꼬아주는 회수, 결속끈의 길이 등을 조절과 디스플레이화, 결속한 작업량의 표시 등이 가능하다. 그리고 시스템의 오동작이나 리셋되는 우려를 방지하기 위하여 제어부와 구동부의 원원을 분리하고 각각의 입출력신호를 LEDdp 의하여 확인할 수 있도록 구성하였다.

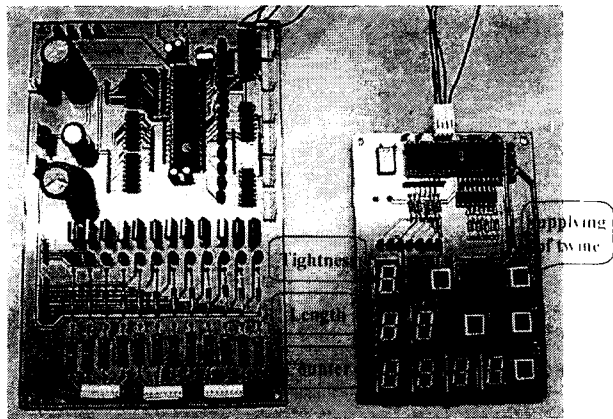


Photo 2. H/W for controlling of binding machine.

### 나. 결속작업성능

채소의 공급과 배출은 수동, 결속은 자동으로 수행되는 수동공급식 채소 결속기의 시작기는 사진 3과 같다. 시작기는 그림 7과 같이 작업조건에 따라 채소와 결속끈이 공급유무를 판단하여 결속끈으로 타원형을 만들면 끈을 꼬아서 결속한 후에 배출하고 다시 채소와 결속끈이 공급되면 결속작업이 연속적으로 이루어진다.

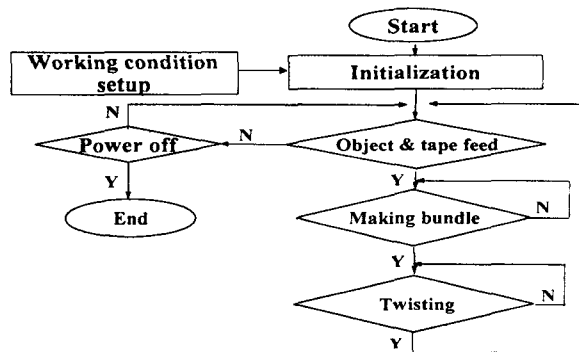


Fig. 7. Flow chart of binding machine.

시작기 의한 채소의 결속형태는 사진 4와 같이 부추, 쪽파 및 대파 모두 손상없이 타원형으로 결속이 가능하였으며, 결속성능은 그림 8과 같이 작물에 따라 시간당 170~220단 정도

로 나타났다. 여기서 작물별 작업성능의 차이는 작물별 특성이 다르므로 채소를 공급하는데 요구되는 시간의 차이에 의한 것이었다.



Photo 4. Shapes of bundles.

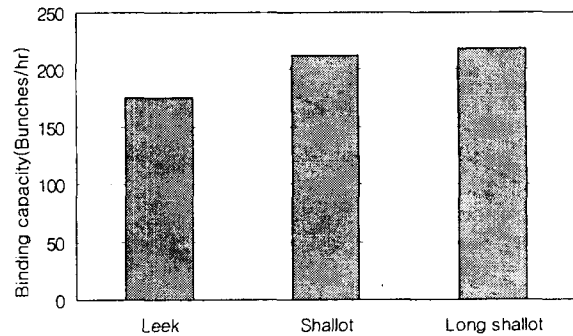


Fig. 8. Binding capacity of prototype.

#### 4. 요약 및 결론

채소의 재배포장으로 이동이 용이하게 구조가 간단하며, 채소의 공급과 배출은 수동, 결속은 자동으로 수행되는 수동공급식 채소 결속기를 개발하였다. 이 결속기는 채소의 수동으로 결속할 채소를 결속장치로 무리없이 밀어 넣고 배출할 수 있는 채소의 공급배출장치, 결속장치로 원하는 길이만큼을 공급할 수 있는 결속끈의 공급절단장치, 공급된 결속끈을 꼬아 타원형으로 묶는 결속장치, 장치간의 원활한 구동과 조작 및 조작상태의 디스플레이화를 위한 제어장치 등으로 구성되어 있다.

결속끈의 공급상태는 구동 및 종동롤러 재질의 경우 모두 우레탄, 롤러간 압축력은 7.5kgf, 가이드롤러는 기준보다 10mm 밑에 부착시 가장 좋은 것으로 나타났으며, 결속끈의 절단성능은 흡인력과 행정이 각각 3kgf 및 20mm인 솔레노이드로 경사각이 10°인 칼날을 구동할때 가장 우수하였다. 그리고 4절링크에 의하여 원운동을 상하운동으로 변환하고 결속암이 상하운동하는 구조의 결속장치에 의하여 채소의 타원형 결속이 가능하였으며, 결속성능은 작물에 따라 시간당 170~220단으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. 김정현, 1992. 디지털 컨트롤러의 구현방법, 전자과학
2. 농업기계화연구소, 1998, 채소 자동결속기 개발, 농업기계화시험연구보고서
3. 농촌진흥청 농업경영관실, 1999, 작물별 작업단계별 노동투하시간, 농업경영연구보고 84호
4. 농촌진흥청 농업경영관실, 1998, '98농축산물표준소득자료집
5. 박귀태·이상락. 1999. C로 쓰는 8051, Ohm사
6. 부산광역시농업기술센터, 1999, 채소·단감
7. 日本農業機械學會, 1996, 生物生産機械ハンドブック
8. 양주군농업기술센터, 1999, 채소재배