

**트랙터 부착 배추수확기용  
자동수집, 적재, 배출 시스템 개발**  
**Development of Automatic Collecting, Piling, Unloading  
System for Tractor Implemented Chinese Cabbage  
Harvester**

황 현\*  
정회원  
H.Hwang

송기수\*\*  
정회원  
K.S.Song

### 1. 서론

현재 배추 수확의 국내 실정은 수확단계의 생력화와 규격포장화 등을 통하여 산지작업 비용과 물류비용을 절감할 수 있는 체제가 구축되어 있지 않다. 출하과정에서 유통비용이 큰 비중을 차지하고 있으며 산지유통의 infra가 구축되어 있지 않아 결국 소비자가 비용부담을 하고 있다. 관행 배추재배에 있어서 수확작업은 정선작업 다음으로 노동집약적인 공정이며 수확작업의 생력화 효과는 운반, 정선, 적재 작업과 밀접하게 연계되어 있다. 따라서 출하시의 작업체계를 고려하여 수확에 따른 수집·반출 시스템 개발을 추진하여야 한다. 특히 배추는 타 작물에 비하여 부피가 크고 무게가 무거워서 수확 후 출하까지의 기계화 추진이 필수적이다. 특히 배추의 기계화 수확에 있어서는 직접적으로 노지에서 배추를 수확하는 장치와 더불어 연속적으로 수확되는 배추를 적절하게 수집하여 적재하고 반출하는 시스템의 개발이 중요하다.

본 연구에서는 수확작업기의 생력화 효과를 극대화할 고려한 수집·반출시스템을 개발하였다.

### 2. 재료 및 방법

본 실험에 사용된 실험재료는 경기도 화성군 태안읍 안녕 4리에서 재배된 배추 10포기(겉잎 존재)와 가락동 농수산물 시장에서 판매되는 출하용 배추 10포기(겉잎 제거)를 사용하였다.

수확된 배추를 적재하기 위한 실험장치는 크게 이송장치, 적재장치, PLC, 배출장치와 기타 장치로 구성하였다.

횡 이송장치의 크기는 2012mm × 520mm × 1630mm으로 118kg, 적재장치의 크기는 1025mm × 450mm × 1187mm으로 82kg, 배출 장치의 크기는 1150mm × 600mm × 100mm에 35kg으로 전체 시스템은 3940mm × 520mm × 1630mm의 크기와 235kg의 중량을 갖고 있다.

#### 2.1 이송장치

\* 성균관대학교 생물기전공학과

이송장치는 하단 수평 이송부와 수직 이송부 그리고 상단 수평 이송부로 구성되는 횡 이송컨베이어는 2마력, 50cc의 유압 모터를 사용하여 트랙터의 진행속도 0.3%의 속도를 유지할 수 있도록 하였다. 연속적으로 수확물을 받아 이송시키는 배추 받이판은 체인 부착형으로 배추 받이는 스테인레스 스틸 판으로 가공하였다.

### 2.3 적재장치

적재장치는 주름관을 장착한 적재 컨베이어는 프레임을 20mm × 30mm × 770mm의 알루미늄 프로파일로 제작하고, 수지류의 벨트를 사용하였다. 좌우회전과 전, 후진을 할 수 있도록 각각 25φ(직경) × 150mm(행정거리)와 25φ(직경) × 300mm(행정거리)의 실린더를 부착하였다.

### 2.3 제어장치

PLC(Programmable Logic Controller)는 적재 장치의 구동 모터와 전후, 좌우 회전을 컨트롤하는 제어장치로써 실린더의 위치를 제어할 수 있도록 두 개의 엔코더를 이용하여 카운터 하는 방식을 사용하였고, 실린더 구동에 있어서 구동 시점을 파악하는 포토센서를 장착하여 적재기의 동작을 제어하도록 하였다.

### 2.4 배출장치

배출 장치는 작업자의 힘으로 밀어서 배출 할 수 있도록 하기 위하여 캐스터를 부착하여 인력으로 밀어서 배출 할 수 있게 경사를 갖도록 제작하였다. 경사각도는 지면의 상태에 따라 자유롭게 움직일 수 있도록 설계되었으며 접는 방식으로 기타 장치를 구성하여 작업을 하지 않는 경우에는 공간을 줄일 수 있도록 하였다.

### 2.5 실험방법

수확물의 손상 실험은 자유 낙하로 인하여 발생할 수 있는 손상정도 실험과 팔렛 적재에서 생길 수 있는 높이별 손상정도를 분석하기 위하여 트랙터에 장착을 하지 않은 상태에서의 시스템 성능 실험은 각 부분 구동에 있어서 기구별 성능을 실험하였고, 각 장치를 통과하면서 발생할 수 있는 마찰이나 간섭에 의한 손상정도를 측정하였다.

적재기 전체 시스템의 동시 구동에 의한 적재성능을 평가하여 수집, 이송, 적재, 반출 기능을 실험하였다.

## 3. 결과 및 고찰

수확물의 손상은 품질의 차이를 결정하는 중요한 요소가 되며 이러한 배추수확의 기계화 작업에 있어서 손상정도는 수확시 수확기의 절단 날에 의한 손상과 각 장치를 통해 이송되는 과정에서의 이동시의 손상 그리고 장치와 장치로 옮겨질 때 발생하는 낙하시의 손상, 또 팔렛에 적재되어진 후 그 위에 적재되어지는 수확물의 하중에 의한 압축손상 등으로 나누어진다. 실험에 의하여 측정된 손상정도는 수확물이 적재되는 팔렛과 노지를 기준으로 하였고 손상실험의 조건은 다음과 같다. 노지를 기준으로 하는 손상실험에서는 평탄한 노지 위에 팔렛에 놓여지는 고무판 한 장을 깔고 실험하였다.

표 1-1은 수확물이 완충 장치 혹은 장애물이 없는 공간에서 자유 낙하로 인하여 발생하는 높이별 손상정도(걸잎기준)와 수확물 적재시 높이에 따른 배추의 무게별 손상정도를 나타낸 것이다. 배추의 손상정도 측정 실험은 시각적 손상정도 측정과 무게 차이에 따른 손상정도 측정의 두 가지 방법으로 나누어 실험하였다. 시각적으로 손상정도를 측정하는 방법은 걸잎을 중심으로 하였으며 측정 기준은 명든 수준의 손상을 제외한 걸잎이 분리된 상태, 조직파손으로 잎사귀가 꺾이는 상태, 찢어짐에 의한 누액현상 상태 등을 제거해야할 기준으로 하였다. 또 무게 차이에 따른 손상정도 측정은 실험 전 무게와 실험 후 무게를 각각 비교하는 것으로 실험 후 무게 측정은 파손된 걸잎만을 제거한 상태로 측정을 하였다.

Table. 1-1 Damage of various size of chinese cabbage according to the free falling(kg)

Division		500mm		1000mm		1300mm	
		Before Test	After Test	Before Test	After Test	Before Test	After Test
3kg~ 4kg	Trial 1	3.5	3.5	3.5	3	3.45	2.9
	Removal	0	0	0	6 Leaves	0	6 Leaves
	Trial 2	3.35	3.2	3.3	2.8	3.5	2.9
	Removal	0	1 Leaf	0	4 Leaves	0	6 Leaves
	Trial 3	3.65	3.65	3.6	3.3	3.375	3
	Removal	0	0	0	5 Leaves	0	8 Leaves
	Trial 4	3.25	3.075	3.1	2.75	3.1	2.9
	Removal	0	4 Leaves	0	6 Leaves	0	4 Leaves
	Trial 5	3.4	3.2	3.2	2.75	3.35	3.15
Removal	0	4 Leaves	0	5 Leaves	0	6 Leaves	

Table. 1-1. (Continued)

(Unit : kg)

Division		1300mm		1000mm		500mm	
		Before Test	After Test	Before Test	After Test	Before Test	After Test
2.5 ~ 3 kg	Time 1	2.93	2.89	2.83	2.70	2.975	2.955
	Removal	0	1 Leaf	0	2 Leaves	0	0
	Time 2	2.625	2.475	3.0	2.96	2.825	2.810
	Removal	0	2 Leaves	0	0	0	0
	Time 3	2.79	2.524	2.375	2.30	2.775	2.768
	Removal	0	3 Leaves	0	1 Leaf	0	0
	Time 4	2.925	2.925	3.0	2.975	2.31	2.30
	Removal	0	6 Leaves	0	1 Leaf	0	0
	Time 5	2.825	2.775	2.975	2.95	2.44	2.40
Removal	0	2 Leaves	0	0	0	0	
3 ~ 3.5 kg	Time 1	3.175	3.02	3.1	3.06	3.08	3.05
	Removal	0	4 Leaves	0	0	0	0
	Time 2	3.36	3.02	3.09	3.07	3.325	3.320
	Removal	0	4 Leaves	0	0	0	0
	Time 3	3.08	2.98	3.18	3.13	3.425	3.40
	Removal	0	2 Leaves	0	1 Leaf	0	0
	Time 4	3.475	3.30	3.33	3.328	3.37	3.35
	Removal	0	4 Leaves	0	0	0	0
	Time 5	3.080	2.88	3.26	3.22	3.11	3.11
Removal	0	4 Leaves	0	0	0	0	

Table 1-3 Amount of the piled chinese cabbages by manual operation. (layer piling).

Division	Piled amount
Layer 1	10
Layer 2	10
Layer 3	9
Layer 4	8
Layer 5	9
Layer 6	0
Total	46

Table. 1-4 Amount of the piled chinese cabbage by manual operator. (zigzag piling).

Division	A number of piled
Layer 1	10
Layer 2	8
Layer 3	10
Layer 4	8
Layer 5	9
Layer 6	8
Total	53

표 1-3과 1-4는 각각 관행작업에 있어서의 층별 적재와 지그재그 적재에 의한 적재량을 나타낸 것이다. 인력에 의한 적재시 층별 적재와 지그재그 형식의 적재를 비교한 결과 지그재그에 의한 방식의 적재가 더 많은 개수의 적재를 할 수 있었다. 층별 적재의 경우 배추와 배추의 높이로 인하여 5단까지 적재가 가능하였으나 지그재그 적재의 경우는 골 사이의 적재가 가능하여 층별 적재보다 공극이 작아지게 되어 6단까지 적재가 가능하였다. 표 1-5와 1-6은 주름관을 장착한 상태와 설치하지 않은 상태에서 자유 낙하 방식의 적재 성능 실험 결과와 자동운전시 주름관을 사용하지 않은 적재 성능을 도표로 나타낸 것이다.

Table. 1-5 Automatic piling with bellows(2~4kg)

Layer	Piling Time					Average
	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4	Trial 5	
1	15	14	15	12	15	14.2
2	12	12	11	13	11	11.8
3	8	7	7	6	9	7.4
4	7	8	7	6	6	6.8
5	4	3	3	4	5	3.8
Total	46	44	43	41	46	44

Table. 1-6 Automatic piling without bellows.(2~4kg)

Layer	Piling Trial					Avr
	Trial 1	Trial 2	Trial 3	Trial 4	Trial 5	
1	9	13	10	10	12	10.8
2	10	12	14	11	10	11.4
3	16	12	12	15	13	13.6
4	12	13	13	14	13	13
5	10	11	12	12	12	11.4
Total	57	61	61	62	60	60.2

유압모터에 의하여 구동되는 횡 이송 컨베이어와 전기모터에 의하여 구동되는 적재 컨베이어의 속도는 표 1-7, 표 1-8과 같다. 횡 이송 컨베이어의 속도는 횡 이송 장치만 구동할 경우 5단 ~ 12단까지의 속도가 가장 안정적이며 적재기를 포함한 적재기 전체 시스템의 구동에서는 8단 ~ 11단까지의 속도가 수확물이 이동로를 이탈하지 않고 장치 구성에 간섭을

받지 않으며 진행할 수 있는 최적의 속도로 나타났다.

Table. 1-7 Speed of horizontal translation conveyer.

Speed of feeding translation conveyer (Total Length : 6650mm)									
Step variation	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Speed %	0.18	0.21	0.23	0.26	0.28	0.30	0.34	0.36	0.38

Table. 1-8 Speed of piling conveyer.

Speed of piling conveyer (Total Length : 1975mm)									
Step variation	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Speed %	-	0.39	0.91	1.39	2.00	2.38	3.33	3.33	-

적재 컨베이어를 구동하는 전기모터는 컨베이어 벨트의 특성으로 인하여 10단 이상에서는 슬립이 발생하였고 9단 이상의 속도에서는 수확물의 무게와 횡 이송 장치에서 낙하하는 수확물로 인한 충격 그리고 수확물의 자세를 잡아주기 위한 가이드로 인하여 길이 410mm 지름 270mm이상의 수확물이 이송되는 경우 벨트의 슬립이 생기게 되고 자세 교정 가이드와 적재 컨베이어 벨트 사이에 수확물이 끼는 현상이 발생하기도 했다. 적재기만을 구동하였을 경우 3단 ~ 4단의 속도가 가장 적절하였으며 주름관을 장착한 경우에는 주름관 프레임과의 충돌로 인한 손상이 가장 적은 것으로 나타났다. 주름관을 장착한 경우 횡 이송 장치와 연계된 속도는 4단 ~ 6단에 해당하는 속도가 최적이었으며 주름관을 장치하지 않은 상황에서의 적재에서는 6단 ~ 7단의 속도가 가장 바람직했다. 적재를 위한 이송장치인 횡 이송 컨베이어와 적재 컨베이어 성능을 평가한 결과 수확물의 길이와 지름에 영향을 받는 것으로 나타났다. 이것은 첫 번째 횡 이송 컨베이어의 폭보다 적재 컨베이어의 폭이 좁고 둘째 횡 이송 장치의 끝단에서 배추 받이가 회전각으로 인해 수확물을 던지는 효과를 방지하기 위하여 설치된 가이드 때문이었다. 수확시 결국 되어진 상태에서의 수확물을 적재하는 경우 그 영향은 더 커질 것으로 보인다. 표 1-9는 배추 크기에 의한 이송 장치의 성능 평가이다. 이 평가의 기준은 수확물의 길이와 지름에 따라 적재 컨베이어로 이송된 후 작업진행상태에 따라서 양호한 경우, 뿌리부분이 벨트를 향하는 형태의 선 자세로 진행되는 경우 그리고 적재 컨베이어의 외부로 낙하하는 경우, 이송되면서 앞사귀부분이 팔렛을 향하여 진행상태가 불량인 경우 그리고 크기로 인하여 장치의 구동을 멈추는 경우로 구분하였다. 수확물의 길이와 지름에 의한 이송 장치의 성능은 A형의 경우 자세를 유지 시켜주는 가이드를 피해 가는 작은 형상으로 이런 경우 뿌리 부분을 아래로 하고 서서 진행을 하는 상태로 이송이 된다. 그러므로 횡 이송 장치에서 낙하시 튀어 오르며 이동로가 아닌 외부로 낙하하는 경우가 발생한다. B형은 이동에 있어서 가장 이상적인 크기이다. C형은 좌우로 적재 컨베이어가 회전할 경우 회전각에 의해 좁아지기 때문에 낙하하는 배추가 컨베이어 위에서 자세를 취하기 전에 이동로를 이탈하는 경우가 생기기도 했다. D형의 경우에는 수확물의 크기가 매우 큰 상태로 자세를 유지 시켜주는 가이드와 적재 컨베이어의 사이에 끼게 되는 현상을 보이고 이것은 빠른 속도로 회전하는 컨베이어벨트를 정지시키는 결과를 낳고 회전하지 못한 수확물은 회전되고 있는 배추 받이에 눌러 횡 이송 컨베이어까지 강제로 멈추게 하는 현상을 보이기도 했다. 따라서 배추 회전 방지용 가이드를 계절별 배추 크기에 위치와 형상을 조절할

필요성이 제기 되었다.

Table. 1-9 Translation performance from horizontal feeding conveyer to piling device.

◎	◇	△	○	×
Good	Stand	Bad	Out of conveyer	Stop

Type A,B, C, D

L : Length(mm)

D : Diameter(mm)

Type			Condition									
			Trial before fixed guide					Trial after fixed guide				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
A	L	~280	◇	◇	○	◇	○	◎	◇	◇	◎	◎
	D	~220										
B	L	280~380	◎	△	△	△	△	◎	◎	△	◎	◎
	D	220~250										
C	L	380~410	◎	◎	○	◎	△	◎	◎	×	◎	◎
	D	250~270										
D	L	410~	△	×	△	◎	×	○	◎	×	△	△
	D	270~										

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서 개발한 배추의 자동 수집, 적재, 반출 시스템은 운전자를 제외한 수확작업과 적재 작업속도와 시스템 소요비용 및 노동력의 절감측면에서 볼 때 획기적인 실용적 가능성을 보여주었다. 또한 배추의 포장출하에 필요한 정선작업이 요구되는 경우에는 시스템의 보완개선이 필요하다. 향후 적재선단의 주름관 장착부의 보완 및 이송부의 버킷형상 등에 대한 부가적 연구가 필요하다.

#### 5. 참고 문헌

1. 전국 농산물 산지 유통인 중앙연합회. 1998. 이동식 포장센터 시범 지원사업 검토자료.
2. 농협 중앙회. 1994. 농산물 표준규격집.
3. 농촌진흥청. 1994. 작목별 작업단계별 노동력 투하시간.
4. Motomu KARAHASHI, Kyojiro INOUE, Nobuyuki SAWAMURA, Noriaki ISHIZUKA. 1977. 結球野菜收穫機の開發研究
5. Mikio KANAMITSU, Kenji YAMAMOTO, Yasunori SHIBANO, Kazuya KANEKO, Kimio MURATA. 1994. Development of a chinese Cabbage Harvester(part 1~3)
6. 生研機構, 園藝工學研究部, 野菜生産工學研究. 1985 ~ 1988. 野菜 收穫後 操作의 合理化에 研究
7. 한국농촌경제연구원 농업관측센터. 1996 ~ 1999. 관측정보.
8. 농기계연. 1997. 배추재배기계화시스템개발 추진자료.
9. 농림부. 1996. 배추, 수박포장 및 하역기계화 추진계획.