

## 배추수확기 개발(Ⅱ)

- 배추수확 설계요인시험 -

### Development of Chinese Cabbage Harvester (Ⅱ)

- Design Factor Study for Manufacturing of  
Chinese Cabbage Harvesting Device -

홍종태*	최 용*	성제훈*	김영근*	이기명**
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
J.T.Hong	Y.Choi	J.H.Sung	Y.K.Kim	K.M.Lee

#### 1. 서론

결구엽채류수확기 개발과 관련하여 연구검토되어진 양배추, 양상추, 배추 등의 일시수확용 수확기의 작동원리로는 2축의 스크류오거와 협지벨트에 의해 뿌리와 포기를 협지인발하여 이송중에 원판날에 의해 뿌리를 절단하여 수집하는 방식<sup>1,2,3,4)</sup>이 있다. 그리고, 전술한 방식과 비슷한 형태이나 배추유입보조롤러를 추가부착한 방식<sup>7)</sup>과 원판형 뿌리유도날로 뿌리를 유도하여 회전스크류로 뿌리를 잡고 누름벨트로 자세를 유지하면서 뽑아 이송중에 뿌리 및 외엽을 절단하고 컨테이너에 수집하는 방식<sup>8)</sup>이 있다. 또한, 결구엽채류 뿌리를 벨트로 협지이송하여 고정테이블 위에서 인력으로 뿌리 및 외엽을 절단수집하는 방식<sup>6)</sup>과 원판회전날로 뿌리를 절단하여 체인컨베이어로 이송하는 도중에 인력으로 정선하여 수집하는 방식<sup>5)</sup>등이 보고되고 있다. 현재까지 뿌리가 지상부에 노출되어 있고 작물의 경도가 배추에 비해 비교적 높은 양배추수확기 등은 실용화되었으나 배추는 재배양식의 다양하고, 배추의 물리적 특성상 많은 제약요인으로 말미암아 아직까지 실용화에는 이르지 못하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 등근두둑 1줄 무피복재배한 배추를 일시에 수확하는 트랙터 부착형 배추수확기 개발에 앞서 인발력을 최소화하고 수확시 배추에 손상을 주지 않으며 뿌리를 효과적으로 절단할 수 있고 배추를 뽑아 이송하는 자세가 일정한 배추수확 설계조건 구명을 위한 실내모형시험과 수확방식별 포장시험을 실시하여 주요설계인자를 도출하였다.

#### 2. 설계요인시험

##### 가. 실내모형요인시험

###### (1) 공시배추

본 뽑기·이송시험에 이용된 공시모형배추는 전술한 배추품종별 물성 측정결과를 근거로 제작하였다. 공시모형배추는 그림 1과 같이 모형배추의 폭은 170mm, 200mm, 220mm, 250mm로 하였고, 높이는 모두 300mm로 하였으며 이에 상응하는 배추무게도 2kg, 2.5kg,

† 본 연구는 농림부 특정연구과제 연구비 지원에 의해 수행되었음.

\* 농업기계화연구소 생물생산기계과

\*\* 경북대학교 농과대학 농업기계공학과



Fig. 1. Representation of the chinese cabbages used in this experiment.

3kg, 4kg의 4종류로 하였다. 또한 뿌리절단시험에는 셋노랑배추를 공시재료로 이용하였다. 공시된 배추의 결구고는 359mm, 결구폭 219mm, 외엽매수는 15매정도로서 결구무게는 2.6kg, 결구부에 외엽을 합한 무게는 3.9kg, 뿌리직경은 25mm정도로서 포장에서 뿌리를 절단하지 않고 운반하여 실내시험에 이용하였다.

(2) 실내모형요인시험장치

배추뽑기·이송 및 뿌리절단 설계조건을 구명하기 위해 그림 2, 표 1과 같이 실내요인시험장치를 설계 제작하였다.

시험장치는 배추공급부, 뽑기이송부, 뿌리절단부, 각부동력전달 유압시스템, 자료수집시스템으로 구성되어 있다. 배추공급부는 공급벨트를 설치하여 공급벨트의 속도조절과 더불어 벨트간격에 의해 배추뽑기에 필요한 인발력을 임의 조정할 수 있도록 하였다. 뽑기이송부는 인발력을 최소화하기 위해 굴취날로 배추가 뽑히기 쉽도록 하고, 뿌리유도원판날로 뿌리를 유입 또는 절단날로 뿌리를 절단하여 인발력을 최대한 감소시킨 후 뽑기벨트가 배추를 잡아 이송하는 원리를 적용하였다. 다만 굴취날, 뿌리유입원판 등의 적용은 포장작업에서만 적용이 가능하기 때문에 실내시험에서는 굴취날 등을 제외한 구조로 제작하였다. 뿌리절단방식은 원판회전날식으로서 뽑기·이송벨트가 배추를 이송하는 도중에 뿌리를 유도하여 절단하도록 하였다. 동력원은 어느 각도에서나 임의로 동력을 취출할 수 있고 속도조절이 가능한 유압시스템을 이용하였고, 자료수집은 인발력, 각부회전속도, 뽑기벨트축 토오크 등을 측정할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

Table 1. Indoor test equipment for design factors.


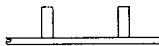
Items		Type and specification		
Size(L×W×H)		2,070×1,400×1,930mm		
Power source		hydraulic		
Feeding belt	Type of belt	Timing belt(width of 50mm)		
	adjustment of belt space	0~50mm		
Holding conveyer belt	Tensile spring	Dia of $\varnothing$ 3mm, Length of freedom 110mm, No. of coil wound 36, Out dia. of $\varnothing$ 20mm		
	Adjustment of inclination angle of belt	27° ~ 40°		
	Belt Shape			
	Materials	main belt lug belt	VLW-22 VL 17	VLW-22 VL 22
	Lug hight(mm)		80, 100	120
Lug pitch(mm)		176	130	
Root cutting method		Rotational cutting disk(dia 250mm)		



Fig. 2. Indoor testing equipment for the study of design factors of a chinese cabbage harvester.

(3) 실험방법

뽑기이송부의 설계인자로는 뽑기이송벨트의 종류, 뽑기이송부의 각도, 뽑기가능한 인발력 범위, 뽑기이송벨트 사이의 간격, 공급벨트(주행속도)와 뽑기이송벨트속도의 관계 등이 있다. 이 중에서 모형배추크기는 물성조사결과를 토대로 4수준으로 하였고, 뽑기이송벨트는 3종류로 하였다. 굴취여부에 따른 인발력 조절범위인 공급벨트 간격은 그림 4와 같이 예비시험을 거쳐 20mm, 30mm, 40mm로 하였으며, 뽑기이송부의 각도는 기존에 보고된 결구채소수확기

와 근채류수확기의 인발각도를 고려하여 30°, 35°, 40°로 조절되도록 하였다. 배추공급벨트 속도는 실제포장에서 기존채소수확기의 주행속도범위인 0.2m/s, 0.3m/s로 하였으며, 이에 상응하는 뽑기이송벨트의 속도를 0.3, 0.4, 0.5, 0.6m/s의 4수준으로 하였다. 실험은 처리수를 줄이기 위해 뽑기 및 이송상태가 양호한 뽑기이송벨트를 선정된 다음 뽑기이송벨트의 경사도를 정하였으며, 선정된 뽑기이송벨트와 경사도를 고정하고 모형배추 크기별, 공급벨트 속도별, 뽑기이송벨트 속도별로 순간최대인발력, 뽑기 및 이송율, 뽑기이송벨트축 회전수와 최대토크를 측정하여 뽑기이송벨트축 소요동력을 다음계산식에 의하여 산출하였다. 뿌리절단실험은 뽑기이송벨트가 배추를 이송하는 과정에서 회전원판날의 회전속도를 300, 500, 700, 900rpm의 4수준으로하여 통과시켰을 때 뿌리절단상태를 육안조사 하였다.

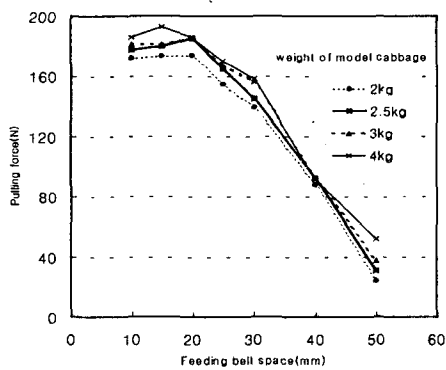


Fig. 3. The relationship between feeding belt space and pulling force.

이 되는지 시험한 결과 뽑기·이송상태는 표 2와 같았다. 표에서 보면 각 뽑기이송벨트 공히 모형배추폭 250mm이며 무게 4kg인 경우는 공급벨트 간격변화에 의한 인발력을 변화시켜도 모두 수용하였으나 모형배추 무게 2kg, 2.5kg, 3kg에서는 반원형 러그벨트의 러그높이 80, 간격176mm인 경우에만 모형배추를 뽑아 이송이 가능하였다. 따라서 반원형러그벨트형상의 뽑기이송장치틀을 이용하여 뿌리밀면 토양절삭에 의한 인발력을 감소시킨다고 가정하면 배추크기에 관계없이 적용이 가능할 것으로 판단되었다. 그러나 좌우대칭의 뽑기이송벨트 구조로는 슬립이 일어나고 벗겨질 우려가 있어 실제포장에서 적용이 곤란할 것으로 예상되어 슬립이 일어나지 않는 attachment chain에 연결고무돌기를 부착하는 방식으로 개선이 요구되었다.

Table 2. The variations of pulling and conveying posture by the types of holding conveyer belts, weight of cabbage heads and feeding belt space.

Types of holding conveyer belt		Weight of model cabbage (kg)	Pulling and conveying posture by the feeding belt space			
Shape of lug belt	Lug height × pitch (mm)		30mm		40mm	
			pulling	conveying	pulling	conveying
Semicircle type	80×176	2	○	○	◎	◎
		2.5	◎	◎	◎	◎
		3	◎	◎	◎	◎
		4	◎	◎	◎	◎
	100×176	2	×	×	△	△
		2.5	△	△	△	△
		3	×	×	◎	◎
		4	◎	◎	◎	◎
Straight type	120×130	2	×	×	×	×
		2.5	×	×	○	△
		3	×	×	◎	△
		4	◎	◎	◎	◎

#### (4). 결과 및 고찰

##### (가). 뽑기이송벨트종류, 배추무게, 공급벨트간격과 뽑기 이송상태와의 관계

적정 뽑기이송벨트 선정을 위하여 시험조건은 뽑기이송벨트의 경사각 35°로 하였고, 공급벨트속도 0.2m/sec, 뽑기이송벨트속도 0.4m/s로서 공급벨트(주행속도)와 뽑기이송벨트의 속도비를 1:2로 하였다. 인발력 범위는 굴취날로 토양밀면을 절삭하여 인발력을 감소시킨 공급벨트 간격 30mm, 40mm로 하였다. 이때 뽑기이송벨트종류, 모형배추크기별로 배추를 효과적으로 뽑아, 떨어뜨리지 않고 일정한 자세로 이송

##### (나) 뽑기이송벨트 경사도·이송 속도와 뽑기이송상태와의 관계

적정 뽑기이송 설계요인을 구명하기 위하여 시험조건은 앞에서 뽑기이송상태를 고려하여 선정된 반원형러그벨트를 공시 뽑기이송벨트로 하였다. 그리고 공급벨트의 간격을 20mm로 하여 미굴취상태의 배추의 인발력 범위인 174~186N로 하며, 무게 3kg의 모형배추를 공시 재료로 하였다. 공급벨트속도는

0.2m/s로 고정하고 뽑기이송벨트 경사도 및 뽑기이송벨트 속도별 뽑기이송상태는 표 3과 같이 나타났다. 표와 그림에서와 같이 경사도별 뽑기이송상태는 35° 에서 뽑기이송벨트 속도에 관계없이 뽑기율 100%, 이송율 100%로 가장 양호한 것으로 나타났으나 실제포장에서는 배추의 원활한 유입을 위한 뽑기이송벨트 들기의 비작용영역 감소와 인발력 감소를 위한 수확보조장치와 뽑기이송벨트와의 간섭 등의 검토가 필요할 것으로 판단되었다.

Table 3. The variations of pulling and conveying posture by the different (다) 뽑기이송벨트 경사도 · 이송속도와 배추뽑기인발력 및 소요동력과 관계

Inclination angle of conveyer belt	Holding conveyer belt speed (m/s)	Ultimate momentary pulling force(N)	Pulling and conveying posture		Holding conveyer belt		
			Pulling rate(%)	Conveying rate(%)	Revolution speed(rpm)	Torque (kg · cm)	Power requirement (kW)
30°	0.3	84	66.7	33.3	48.6	207.9	0.10
	0.4	75	66.7	33.3	65.7	208.3	0.14
	0.5	69	50.0	50	84.3	205.6	0.18
	0.6	60	66.7	33.3	97.8	206.2	0.21
35°	0.3	82	100	100	47.9	206.9	0.10
	0.4	77	100	100	68.3	206.0	0.15
	0.5	56	100	100	85.4	209.9	0.18
	0.6	56	100	100	105.0	208.1	0.22
40°	0.3	73	66.7	33.3	48.7	208.1	0.10
	0.4	76	33.3	16.7	64.2	207.2	0.13
	0.5	51	33.3	33.3	84.1	206.9	0.18
	0.6	49	50.0	16.7	104.3	207.0	0.22

뽑기이송벨트 경사도, 이송속도별 배추뽑기 순간최대인발력은 표 3에 서 보는 바와 같이 뽑기이송벨트 경사각도와 이송속도가 증가할수록 순간최대인발력은 감소하는 경향으로 나타났다. 이것은 배추를 뽑는 각도가 연직방향에 가깝고 주행하면서 빠른속도로 뽑을 때 순간최대인발력

이 감소하는 것으로 판단된다. 뽑기이송벨트축 토크는 205.6~209.9kg · cm로 경사도와 이송속도의 변화에 따라 큰 차이가 없었으나 공급벨트 속도(주행속도)를 0.2m/s로 일정하게 하고 뽑기이송벨트 속도를 증가시키에 따라 축소요동력은 각각 0.10kW, 0.13~0.15kW, 0.18kW, 0.20~0.22kW로 나타나 뽑기이송벨트 속도증가에 따른 축회전수의 증가로 축소요동력도 비례하여 증가되는 것으로 나타났다.

(라) 공급벨트 및 뽑기이송벨트속도, 공급벨트간격과 뽑기이송상태와의 관계

Table 4. Pulling and conveying posture by the speed of holding conveyer belt and feeding belt, space of feeding belt(cabbage weight : 2kg).

Feeding belt speed (m/s)	Holding conveyer belt speed(m/s)	Feeding belt space (mm)	Ultimate momentary pulling force(N)	pulling and conveying posture		Holding conveyer belt		
				Pulling rate(%)	Conveying rate (%)	Revolution speed(rpm)	Torque (kg · cm)	Power requirement (kW)
0.2	0.3	20	0	0	0	54.2	205.8	0.12
		30	44	83.3	83.3	58.2	207.3	0.13
		40	33	100	100	57.5	206.2	0.13
	0.4	20	0	0	0	-	-	-
		30	39	83.3	66.6	75.5	206.8	0.16
		40	29	100	100	77.9	206.6	0.16
	0.5	20	31	50	50	96.2	205.4	0.21
		30	38	66.6	50	95.0	207.2	0.20
		40	26	100	100	100.6	206.4	0.21
	0.6	20	25	33.3	0	117.4	206.6	0.25
		30	32	50	50	115.4	206.4	0.24
		40	22	71.4	0	119.9	205.5	0.25
0.3	0.3	20	0	0	0	59.7	204.7	0.13
		30	35	100	0	59.2	204.5	0.13
		40	34	100	0	58.4	205.1	0.13
	0.4	20	0	0	0	76.2	205.8	0.16
		30	38	66.7	0	79.6	205.6	0.17
		40	32	100	0	78.3	205.7	0.16
	0.5	20	0	0	0	107.4	205.8	0.23
		30	34	50	0	99.8	205.9	0.21
		40	26	100	100	99.9	206.0	0.21
	0.6	20	0	0	0	129.6	205.3	0.27
		30	29	66.7	66.7	121.8	205.5	0.26
		40	24	100	100	121.2	206.3	0.26

공급벨트와 뽑기이송벨트와의 적정속도비를 구명하기 위하여 공시모형배추 2kg으로 하고 공급벨트 · 뽑기이송벨트 속도별, 공급벨트간격별 뽑기이송상태는 표 4와 같았다. 표에 나타난 바와 같이 공급벨트 간격이 넓어 인발력을 감소시킬 수록 뽑기이송상태는 양호하게 나타났으며, 공급벨트속도와 뽑기이송벨트 속도별 뽑기이송상태는 공급벨트간격 40mm로 하고, 공급벨트속도 0.2m/s인 경우 뽑기이송벨트속도 0.3, 0.4, 0.5m/s에서 뽑기율과 이송율이 각각 100%로 높게 나타났다. 그리고 공급벨트

(Index) ○ Type of holding conveyer belt : semicircle type(lug height of 80mm)  
○ Inclination angle of conveyer belt is 35° and conveyer belt space is 150mm

속도 0.3m/s일 경우 뽑기이송벨트속도 0.5, 0.6m/s에서 역시 뽑기율과 이송율이 100%로 높게 나타났다. 따라서 뽑기이송상태를 고려한 실내시험결과 주행속도(공급벨트속도)와 뽑기이송벨트 속도와의 속도비는 1:1.5~1:2범위가 적당한 것으로 나타났다. 이것은 분석한 이론속도비 1:1.2보다 높게 나타난 원인은 인발하기 직전에 모형배추와 뽑기이송벨트 사이에 슬립현상이 발생되기 때문인 것으로 판단된다.

(마) 뿌리절단용 원판날 회전속도별 뿌리절단상태

적정뿌리절단장치 설계조건을 구명하기 위하여 뿌리직경 18~21mm정도인 샛노랑배추를 뽑기이송벨트로 0.4m/s속도로 협지하여 이송하는 과정에서 뿌리절단용 원판날의 회전속도를 300, 500, 700, 900rpm으로 하여 시험하였을 때 뿌리절단상태는 표 5에서 보는 바와 같다. 원판날 회전속도별 뿌리절단상태를 육안 조사한 결과 원판날 회전속도 300rpm까지는 절단면이 거칠고 사절현상이 발생되었으나 회전속도 500rpm(원주속도 6.54m/s)이상부터는 절단상태가 양호한 것으로 나타났다.

Table 5. Status of cutting root by the revolution speed of cutting disk

Revolution of cutting disk (rpm)	Peripheral speed of cutting disk (m/sec)	Condition of cut root	Remark
300	3.93	bad(cut with diagonal shape, rough in surface view)	Size of disk cutter : $\varnothing 250 \times t 2.5$ mm Conveying speed of chinese cabbage : 0.4m/sec
500	6.54	good	
700	9.16	"	
900	11.78	"	

(Index) ○ Variety : Satnorang

○ Size : head height × diameter 260 ×  $\varnothing$ 190mm,  
root diameter.  $\varnothing$ 18~21mm

였다. 공시배추는 샛노랑 배추이며 평균결구고 359mm, 결구폭 219mm, 결구무게 2.6kg, 결구+외엽무게 3.9kg, 외엽매수가 15매, 평균인발력 154N이었다.

(2) 포장요인시험장치

시험장치는 실내요인시험에서 얻어진 결과를 토대로 적정수확메카니즘을 구명하기 위하여 트랙터 부착형으로 제작하였다. 실내시험에서 좌우대칭의 연결고무돌기부착 이송벨트가 슬립이 일어나 이를 방지하고자 포장요인시험장치에서는 슬립이 일어나지 않는 attachment chain에 연결고무돌기(높이 100, 피치 175mm, 재질 : 리나텍스, 고무경도 45~50)를 부착하여 배추크기별 적응성 및 배추손상을 줄이도록 하였다. 배추를 뽑아 이송하는 자세가 일정하게 되는 이송장치의 선정을 위해 연결고무돌기 부착각도가 이송방향에 직각인 돌기와 경사진돌기(지면에 직각인 돌기)부착한 2종류의 이송체인을 교환 부착할 수 있도록 하였다. 인발력을 최소로하여 효과적으로 수확하기 위하여 수확방식을 달리하였다. 포장요인시험장치에 적용한 수확방식은 표 20과 같이 ① 진동굴취날로 토양을 파쇄한 후 연결고무돌기부착 이송장치로 뽑는 방법, ② 원판뿌리절단날로 지면을 스치듯 배추뿌리를 절단과 동시에 연결고무돌기부착 이송장치로 이송하는 방법, ③ 원판뿌리유도날로 배추의 뿌리를 유도하여 이송장치로 이송하는 3가지 방법으로 교환이 가능한 착탈식 구조로 하였다. 굴취 및 원판날의 전후길이가 조정되고, 원판날의 선단각도는 0~12° 로 조절이 가능하나 예비실험결과 6° 로 하였다. 유압실린더와 미륵조정에 의해 상하높이 조절이 가능하며, 연결고무돌기부착 이송장

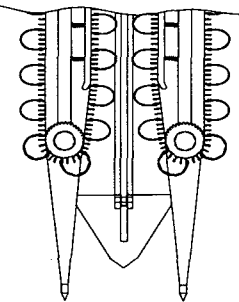
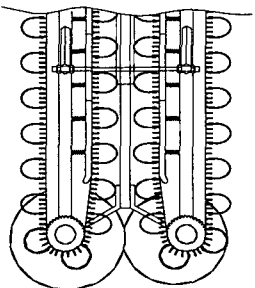
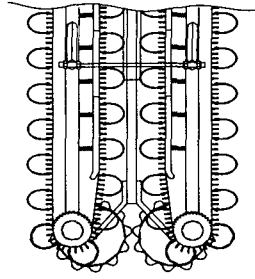
나. 포장요인시험

(1) 공시포장 및 작물조건

수확방시별 포장요인시험을 실시한 공시포장은 기계작업이 용이하도록 조간 60cm, 주간 35cm 등근두둑 1열 무피복재배한 농업기계화연구소 입북동 시험포장으로 토양함수율 24.41%d.b, 배추뿌리길이가 150~200mm임을 감안하여 15~20cm관입깊이에서의 토양경도 5.63~6.87kg/cm<sup>2</sup>정도인 미사질식양토

치의 각도는 실내시험에서는 35° 가 양호한 것으로 나타났다. 그러나 연결고무돌기부착 이송장치의 비작용영역감소 및 인발력 감소를 위한 수확보조장치와 연결고무돌기와의 간섭이 없도록 하기 위해 30° 로 하여 시험장치를 설계 제작하였다. 제작된 포장요인 시험장치의 구조 및 제원은 표 6과 같다.

Table 6. Types and specifications of prototype by harvesting method.

Harvesting method	Shaking digger +holding conveyer belt	Disk cutter+holding conveyer belt	Disk guider+holding conveyer belt
Types			
Specifications	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Digger shaking speed : 360cpm</li> <li>○Width of cutter : 16mm</li> <li>○Digger angle : around 20°</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Disk diameter: ∅480mm</li> <li>○Cutting method : revolution speed difference between left and right disk</li> <li>○Cutting disk revolution adjustment: 0~220rpm</li> <li>○Disk edge angle adjustment : 6° (max.12°)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○Guiding disk diameter: ∅420mm</li> <li>○Guiding disk adjustment of revolution speed : 0~220rpm</li> <li>○Lug height : 35mm</li> <li>○Lug number : 15 ea.</li> <li>○Disk angle adjustment : around 6° (max.12°)</li> </ul>

### (3) 시험방법

배추수확 요인시험은 연결고무돌기부착 이송체인 종류, 수확방식, 주행속도 및 연결고무돌기부착 이송체인 속도별 작동상태와 작업정도를 조사분석하였다. 작업정도는 연결고무돌기부착 이송체인 종류와 수확방식별 뽑기울과 앞손상정도에 관해서 처리당 50포기를 조사하였다. 배추수확 방식중에서 왼편회전날로 배추뿌리절단과 동시에 연결고무돌기부착 이송체인으로 뽑아 이송하는 방식의 경우에는 뿌리절단정도의 기준으로 「뿌리미절단」은 재다듬기가 필요한 상태이고, 「적절」은 출하가능상태(남은 뿌리길이 5mm이내), 「과절단」은 외엽 뿐만아니라 결구부까지 절단되어 손실이 큰 상태로 3단계로 분류하여 조사하였다.

### (4) 결과 및 고찰

#### (가) 연결고무돌기부착 이송장치 종류 및 수확방식별 작업정도

배추크기별 적응성 및 배추를 손상없이 수확하여 일정한 자세로 이송하기 위한 적정수확방법 구명을 위하여 시험기준은 주행속도를 0.3m/s로 하고, 주행속도와 뽑기벨트 속도비는 1:1.5로 하였다. 배추이송장치는 실내요인시험에서 좌우대칭인 연결고무돌기부착 이송벨트가 슬립이 되는 것을 방지하고자 attachment chain에 연결고무돌기(높이 100mm, 피치 175mm)를 부착하는 구조로 개선하였다. 시험한 결과 작업정도는 표 7과 같이 나타났다. 표에 나타난 바와 같이 연결고무돌기부착 각도가 이송방향에 직각돌기보다 이송방향에 경사진 돌기부

Table 7. Working accuracy by the type of belts and harvesting methods

Type of belts	Harvesting methods	Pulling rate(%)	Damaged outer leaves (%)			Average damaged leaves(ea.)
			1-5 leaves	6-9	Over 10	
Right angle belt	Shaking digger+ Holding conveyer belt	86	60	32	8	5.5
	Disk guider+Holding conveyer belt	32	32	62	6	6.3
	Disk cutter+Holding conveyer belt	74	8	76	16	8.4
Inclined belt	Shaking digger+ Holding conveyer belt	88	85	12	3	4.9
	Disk guider+Holding conveyer belt	44	20	78	2	6.7
	Disk cutter+Holding conveyer belt	100	92	2	6	4.1

이송장치의 경우 뽑기율도 높고, 외엽손상도 적은 것으로 나타났는데 이는 이송방향에 경사진돌기를 부착한 좌우대칭의 연결고무돌기가 포장에 수직으로 서있는 배추자세를 흐트리지 않고 협지하여 이송이 가능하기 때문인 것으로 판단되었다.

따라서 이송방향에 경사진 연결고무돌기부착 이송장치를 이용하여 수확방식별 뽑기율은 원판회전형 뿌리절단날 + 이송장치 100%, 진동굴취날 + 이송장치

88%, 원판뿌리유도날 + 이송장치 44% 순으로 나타났다. 이것은 다른 방법에 비하여 원판회전형 뿌리절단날로 뿌리를 절단하여 인발력을 배추자체무게로 최소화시킨 상태에서 좌우대칭의 연결고무돌기부착 이송장치로 협지하여 이송하기 때문인 것으로 판단되었다.

수확방식별 평균손상엽수는 원판회전형 뿌리절단날 + 이송장치 4.1매, 진동굴취날 + 이송장치 4.9매, 원판유도날 + 이송장치 6.7매 순으로 뽑기율이 가장 양호했던 원판회전형 뿌리절단날 + 이송장치의 수확방식이 엽손상이 비교적 적게 나타났으나 배추의 평균외엽매수 10~15매인 것을 감안할 때 10매이상의 과절단 비율은 6%로 다른방식에 비하여 3~4% 높게 나타났다. 이것은 둥근두둑의 지면요철대응이 미흡한 원인으로 생각된다. 따라서 지면추종장치를 보완하여 엽손상을 줄일 수 있다면 가장 적절한 수확방식이라고 판단된다.

#### (나) 주행속도 및 이송장치속도별 작업정도

주행속도와 이송장치속도와의 적정속도비를 알아보려고 앞에서 선정된 원판회전날로 뿌리절단과 동시에 경사진 연결고무돌기부착 이송장치로 배추를 협지하여 이송하는 방식으로 하고 주행속도 0.3m/s, 0.4m/s 로 하였다. 그리고 이송장치의 속도를 0.46m/s, 0.6m/s 로 하여 작업정도를 조사한 결과는 표 8과 같이 나타났다. 주행속도와 뽑기벨트의 이론속도비는 뽑

Table 8. Working accuracy by traveling speed and holding conveyer belt speed

Traveling speed (m/s)	Holding conveyer belt speed (m/s)	Speed ratio of traveling belt vs conveyer belt	Pulling rate(%)	Work accuracy of root cutting(%)			Damaged outer leaves (%)			Average damaged leaves (ea.)
				Miss cut	Good	Over cut	1-5 leaves	6-9	Over 10	
0.3	0.46	1:1.5	100	38	54	8	92	2	6	4.1
0.3	0.60	1:2.0	98	44	46	10	74	16	10	4.7
0.4	0.60	1:1.5	84	88	12		78	22		4.2

기벨트경사각 30° 인 경우 1:1.2인 것으로 나타났으나 실제포장에서는 배추와 이송장치의 슬립으로 인하여 속도비가 1:1.5 정도인 주행속도 0.3m/s, 이송장치속도 0.46m/s에서 뽑

기율 100%, 외엽손상 5매 미만 분포가 92%로 대체로 양호하였다. 그러나 뿌리절단 정도는 미절단 38%, 적절 54%, 과절단 8%로 지면요철에 따른 원판날에 의한 절단위치가 적절하지 않고 절단면이 깨끗하지 못하여 개선이 요구되었다.

### 3. 요약 및 결론

본 연구에서는 둥근두둑 1줄 무피복재배한 배추를 일시에 수확하는 트랙터부착형 배추수확기 개발에 앞서 수확시 배추의 결구부에 손상을 주지 않으며 뿌리를 효과적으로 절단할 수 있고 배추를 뽑아 이송하는 자세가 일정한 배추수확부 적정 설계조건 구명을 위하여 실

내모형요인시험과 수확방식별 포장요인시험을 실시하여 주요설계인자를 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 뽑기이송장치 위한 실내모형요인시험 결과 적정 뽑기이송벨트는 배추크기별 적응성과 뽑기이송정도를 고려하여 반원형 러그벨트가 적합한 것으로 나타났으나 벨트는 슬립이 일어나므로 벨트대신에 attachment chain에 반원형의 연결고무돌기부착형태가 바람직 할 것으로 판단되었다. 여기서 뽑기이송벨트 각도는 35°, 주행속도(공급벨트속도)와 뽑기이송벨트의 속도비는 1:1.5~1:2.0정도에서 뽑기이송상태가 양호한 것으로 나타났다.

2. 실내모형요인시험에서 뽑기이송벨트축 토오크는 205.6~209.9kg·cm로 경사도, 이송속도의 변화에 따라 차이가 없이 비슷한 것으로 나타났으나 뽑기이송벨트 속도 증가에 따른 축회전수의 증가로 벨트축 소요동력도 비례하여 증가되는 것으로 나타났다.

3. 원판날 회전속도별 뿌리절단시험결과 뿌리절단원판날의 원주속도 6.54m/sec이상에서 절단상태가 양호한 것으로 나타났다.

4. 포장요인시험에서는 연결고무돌기부착 이송장치의 비작용영역이 감소되고 굴취날, 뿌리절단날 등 수확보조장치와 연결고무돌기와의 간섭을 줄이기 위해 이송장치의 경사도를 30°로 하여 수확방식별로 시험한 결과 연결고무돌기 부착각도가 이송방향에 경사진(지면에 수직)돌기부착 이송장치의 경우 배추자세를 흐트리지 않고 협지이송이 가능하여 뽑기율도 높고 외엽손상도 적은 것으로 나타났다.

5. 수확방식은 원판뿌리절단날로 뿌리절단과 동시에 경사진 연결고무돌기부착 이송장치로 이송하는 방식이 뽑기율 100%, 평균손상엽수 4.1매로 엽손상은 비교적 적게 나타났다. 그러나 과절단비율이 다른 방식에 비해 높게 나타나 뿌리절단원판날의 지면요출 대응 구조로 개선이 요구되었다.

6. 주행속도와 연결고무돌기부착 이송장치의 속도와의 이론속도비는 이송장치의 경사각 30°인 경우 1:1.2인 것으로 나타났으나 뽑기이송상태를 고려한 실내시험에서는 1:1.5~1:2.0, 포장시험에서는 1:1.5정도로서 이론속도비보다 높게 나타났다.

#### 4. 참고문헌

1. B. A. Stout, F. W. Bakker-Arkema, S. K. Ries : 1966, Developing a mechanical Cabbage Harvester, Transaction of the ASAE, 9(6), pp.860-861.
2. R. A. Kepner, Roy Bainer, E. L. Barger : 1978, Principles of Farm Machinery, AVI Publishing Co. pp.493-504.
3. 金光幹雄, 山本健司, 芸野保徳, 後藤美明, 鈴木光雄 : 1993, ハクサイ收穫機の開發研究(第1報), 日本農業機械學會誌, 55(5), pp.133-140.
4. 金光幹雄, 山本健司, 芸野保徳, 後藤美明, 鈴木光雄 : 1993, ハクサイ收穫機の開發研究(第2報), 日本農業機械學會誌, 55(6), pp.121-128.
5. 西里明彦 他 5名 : 1996, 葉莖菜類の機械收穫, 第55回農業機械學會年次大會講演要旨, pp.87-88.
6. 大塚實治, 杉本光穂, 村上則幸 : 1996, 露地野菜汎用收穫機の試作, 第55回農業機械學會年次大會講演要旨, pp.91-92.
7. 唐橋 需, 井上喬郎, 澤村宣志 : 1976, 結球野菜收穫に關する研究, 日本農業機械學會誌, 38(2), pp.284.
8. 山本健司 : 1997, キヤベツ收穫機, 日本農業機械學會誌, 59(3), pp.147-149.