

배추수확기 개발(Ⅲ)

-고정도 수확을 위한 배추수확기 포장적응성 검증-

Development of Chinese Cabbage Harvester(Ⅲ)

-Field Test of Chinese Cabbage Harvester For High Precision-

홍종태*	최 용*	박환중*	전현중*	이창휴**
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
J.T.Hong	Y.Choi	H.J.Park	H.J.Jun	C.H.Lee

1. 서론

배추수확기 개발을 위한 기초조사와 설계요인시험을 통해 좌우원판날의 회전차에 의한 뿌리절단과 동시에 attachment chain에 반원형의 연결고무돌기를 부착한 이송장치로 배추를 협지하여 이송하는 수확방법을 구명하고, 연속해서 작업이 가능하다는 것은 확인했지만 뿌리절단원판날의 지면요철대응, 배추크기별 적응성 및 수확손실 경감의 필요성이 제기되었다.

한편 일본에서는 배추수확기의 고정도화를 도모하기 위하여 두둑의 요철에 따라 검출슈에 설치한 포텐쇼메터로 두둑높이를 검출하며, 검출슈의 움직임에 추종시킬 수 있는 ON/OFF제어에 의한 수확부의 높이제어방식을 채택하였다. 그 결과 수확부 선단의 이동량에 10mm에 상당하는 불감대를 가지면 0.2~0.5초의 동작지연이 있지만, 심자르기 결구는 없고 작업속도 2.5초/개 정도의 연속작업이 가능하다고 보고하였다^{1,2)}. 하지만 전자제어방식에 의한 동작지연으로 작업속도가 느리고 구조가 복잡하였다.

따라서 본 연구에서는 수확작업성능 향상을 위해 뿌리절단날과 협지이송장치를 일체형 구조로 하고, 지면요철대응을 위해 볼록형 회전원판날 밀면에 지면추종륜의 탈부착이 가능하도록 하였고, 스프링작동에 의한 상하작동 되는 구조로 배추수확장치를 설계 제작하여 포장적응성을 검토하였다.

2. 재료 및 방법

가. 배추수확 시험장치 제작

배추수확시험장치의 구조는 그림 1과 같이 배추협지이송부, 뿌리절단부, 유압부 등으

† 본 연구는 농림부 특정연구과제 연구비 지원에 의해 수행되었음.

* 농업기계화연구소 생물생산기계과

** (주)삼력기계

로 구성되어 있고 횡이송하여 콘테이너에 수집·반출하는 장치는 본 연구에서는 제외하였다. 수확작업은 기초조사와 설계요인시험을 토대로 한쌍의 회전원판날의 좌우원판날 회전차에 의해 뿌리절단과 동시에 attachment chain에 반원형의 연결고무줄기를 이송방향에 경사지게 부착한 이송장치로 배추를 협지하여 이송하는 방법을 구명하였지만 배추 수확부의 수확 정밀도 향상이 요구되었다.

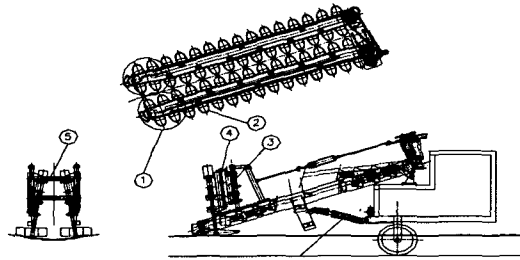


Fig. 1. Schematic siagram of prototype chinese cabbage harvester.

1. disk cutter 2. soft lug inclination belt 3. disk up down adjuster
4. disk angle adjuster 5. side angle of disk and cabbage holding wide adjuster
6. position controlling hydraulic cylinder

따라서 수확작업 정밀도 향상을 위해 표 2와 같이 원판회전날과 협지이송장치 분리형 구조를 일체형 구조로 함에 따라 협지이송장치의 각도를 30° 에서 20° 로 줄였고, 연결고무줄기의 두께 및 높이를 달리하였다. 뿌리절단용 원판날의 형상을 평판형날에서 볼록원판형날(곡률반경 700mm)로 하고, 배추밀면 손상감소 및 절단날 중첩에 의한 깨끗한 절단면이 되도록 날의 전후선단각도 및 측면각도를 0~12° 까지 조절가능토록 하였다. 또한 배추크기별 적응성을 높이기 위해 협지이송장치 프레임 간격조절 및 수확부가 지면요철에 대응 가능하도록 상하작동되는 구조로 설계제작하였다.

Table 2. Specifications for the testing unit of chinese cabbage harvester.

Items		Type and specification
Types		Tractor attached one-row
Size(L×W×H) (mm)		3,100×2,800×1,550mm
Holding conveyer	Type	Soft rubber lug attached chain
	Inclination angle of conveyer	20°
	Lug height ×thickness(mm)	80×6t, 100×9.5t
	Rug pitch(mm)	175
	Adjustable of holding conveyer(mm)	250~300
Type		Rotating disk cutter
Root cutter	Diameter of disk cutter(mm)	∅480
	Radius of curvature(mm)	700
	Revolutionary speed difference between left and right disk	1 : 1.2
	Cutting disk revolution adjustment(rpm)	0 ~ 500
	Backward edge degree of disk	0~12°
	Side edge degree of disk	0~12°
Power transmission		Hydraulic

한편 둥근두둑에서 뿌리절단날이 지면요철에 대응하도록 뿌리절단날 밑면에 뿌리절단날의 회전과 무관하게 작동할 수 있도록 축에 베어링으로 연결된 지면추종륜 구조는 그림 2와 같이 착탈식 구조로 제작하였다.

나. 공시포장 및 작물조건

배추수확 포장적용성 검토를 실시한 공시포장은 월동배추와 봄노지배추 포장이었다. 월동배추는 전남해남의 농가포장으로서 평두둑 2줄 피복재배한 포장에서 기계작업이 가능하도록 비닐을 제거한 후 1줄만 배추를 남긴상태로서 평두둑의 두둑높이 10cm내외로 두둑면이 고르고 동계기간이므로 토양경도가 비교적 높은 양토포장이었다. 봄노지배추 재배포장은 농업기계화연구소 입북동시험포장으로 기계작업이 용이하도록 조간 60cm, 주간 35cm 둥근두둑 1줄 무피복재배한 미사질식양토 포장이었다. 둥근두둑조성은 최초 두둑성형기를 이용하여 두둑폭 40cm, 두둑높이 20cm로 성형하였으나 강우, 관수 등으로 인하여 침하되어 그림 3과 같이 수확시기에는 두둑높이가 13cm내외(11~14cm)로 두둑의 지면요철이 있었다.



Fig. 2. View of chinese cabbage root cutting by disk cutter with disk guide wheel.

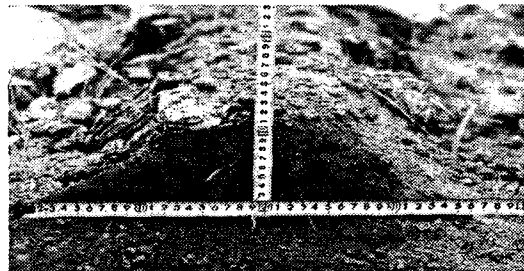


Fig. 3. Typical chinese cabbage bed.

공시배추는 월동배추인 동풍배추품종의 경우 겨울을 나기위해 배추를 끈으로 묶은 상태로써 절구고 356mm, 절구폭 220mm, 절구무게 3.1kg, 외엽은 마른상태로 8매정도였고, 봄노지배추인 내력배추품종은 절구고 259mm, 절구폭 185mm, 절구무게 2.8kg, 외엽매수 13매로 다른품종에 비해 절구고 및 폭이 상대적으로 적어 기계화에는 다소 미흡한 것으로 나타났다.

다. 시험방법

배추수확작업정도 향상을 위한 적정작업조건 구명을 위하여 배추품종, 배추협지이송장치의 연결고무볼기 두께 및 높이별, 주행속도 및 배추협지이송장치속도별, 둥근두둑의 경우 뿌리절단원판날 밑면에 지면추종륜부착과 미부착상태에서 작업정도를 조사분석하였다. 작업정도는 뽑기율, 뿌리절단정도와 외엽손상정도에 대하여 시험전에 절구가 안된 배추는 미리 제거한 후에 처리당 50포기를 조사하였다.

뿌리절단정도의 기준으로 뿌리미절단은 뿌리가 길어 제다듬기가 필요한 상태이고, 출하가능 상태 중 남은 뿌리길이가 5mm이내, 5mm이상, 과절단은 외엽뿐만 아니라 결구부까지 절단되어 손실이 큰상태로 4단계로 분류하였다. 외엽손상분포는 육안조사하여 농가에서 관행수확작업시 일반적으로 제거하고 있는 5엽이내, 이보다 손상이 많은 6~9엽, 결구부까지 절단되는 10엽이상으로 3단계로 분류하여 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 배추품종, 연결고무롤기부착 협지이송장치 종류, 주행 및 이송장치속도별 작업정도

수확작업정도 향상을 위한 적정작업조건구명을 위하여 시험조건은 수확시험장치의 위치제어 유압레버를 조작하지 않고도 평탄지에서 뿌리절단용 원판회전날이 땅속으로 파고들지 않고 지면을 스치듯 지면요철에 대응이 가능한 날전후경사각 6°, 절단날 중첩에 의한 깨끗한 절단면이 되는 좌우날 측면경사각 8~12°로 조정하였다. 또한, 배추의 크기별 적응성을 고려하여 연결고무롤기부착 좌우협지이송장치의 체인간격을 290mm로 하여 체인 텐션스프로킷의 장력이 아닌 연결고무롤기만으로 배추를 협지이송하도록 조정하였다.

연결고무롤기부착 협지이송장치는 수확방식별포장요인시험에서 선정된 연결고무롤기부착각도가 이송방향에 경사진 돌기(지면에 직각인 돌기)이면서 배추크기별 적응성 및 배추손상감소가 기대되는 이송장치 선정을 위해 연결고무롤기 높이 및 두께를 80×6mm, 100×9.5mm의 2종류로 하였다. 월동배추포장에서 연결고무롤기높이와 두께가

Table 3. Working accuracy by the variety of chinese cabbage, type of conveyer belts, travelling speed and holding conveyer belt speed.

Variety of chinese cabbage	Size of holding conveyer belt(mm) (lug height×belt thickness)	Speed of traveling and conveyer belt(m/sec)		Pulling rate (%)	Root cutting accuracy(%)			Damaged distribute of outer leaves(%)		
		Traveling	Conveyer		Under 5m/m	Over 5m/m	Over cut	1~5 leaves	6-9	Over 10
Dongjung (for winter season growing)	80×6	0.2	0.22	100	80	16	4	96	4	-
		0.2	0.3	100	88	12	-	100	-	-
		0.3	0.33	100	68	32	-	100	-	-
		0.3	0.45	100	72	28	-	100	-	-
		0.4	0.44	96	70	26	4	88	8	4
		0.4	0.60	100	72	24	4	96	-	4
	100×9.5	0.3	0.33	96	32	52	16	72	12	16
		0.3	0.45	100	56	36	8	80	12	8
Naeryuk (for spring season outdoor field growing)	80×6	0.3	0.33	100	60	30	10	90	4	6
		0.3	0.45	100	64	32	4	92	4	4

(Index) ○ Disk : cutter cross inclination angle of 8~12°, longitudinal inclination angle of 6°

○ Conveyer belt space of 290mm

80×6mm이송장치로 하고 주행속도 0.2m/s, 0.3m/s, 0.4m/s로 하고, 이송장치의 속도

는 주행속도에 비례하여 1:1.1, 1:1.5로 하여 시험한 결과 0.3m/s까지 작업정도가 양호하게 나타났다. 따라서 이송장치종류별로 주행속도 0.3m/s로 하고 이송장치의 속도를 0.33m/s, 0.45m/s로 하여 시험한 결과 표 3에서와 같이 연결고무둘기 높이×두께가 80×6mm인 경우가 100×9.5mm에 비해 뿌리절단시 과절단이 없고 외엽손상이 매우적게 나타났으며 주행속도와 이송장치 속도비는 1:1.5가 역시 양호한 것으로 나타났다. 이것은 월동배추의 경우 묶음배추로서 협지이송이 쉽고 평두둑이며 동계기간으로 지면이 고르고 단단한 상태에서 뿌리절단용 원판날이 지면을 스치듯 일정한 위치에서 뿌리절단과 동시에 연결고무둘기 두께가 얇은 이송장치의 경우 배추자세를 흐트리지 않고 협지이송이 가능하기 때문인 것으로 판단되었다. 그러나 동일한 이송장치와 주행속도, 이송장치 속도를 가지고 둥근두둑1줄 무피복재배한 봄노지배추포장에서는 볼록형의 뿌리절단용 원판날이 평판형 날보다는 덜하나 지면요철이 있는 둥근두둑에서는 땅속으로 파고들어가 지면요철대응이 미흡하여 운전자가 위치제어유압레버를 수시로 작동해야 하는 어려움이 있어 뽑기율은 높으나 뿌리절단정도가 미흡하고 결구부손상비율도 4~6%로 나타났다. 한편 결구부손상요인에는 지면요철뿐만아니라 배추정식시 두둑중앙부에 심어진 경우는 영향이 적으나 두둑측방에 심어 배추자세가 기울어진 경우에는 과절단 발생의 요인이 되므로 정식시는 두둑중앙에 심어질 수 있도록 해야할 것으로 판단되었다.

나. 뿌리절단원판날의 두둑요철지면 추종효과

둥근두둑 1줄 무피복재배한 봄노지배추포장에서 지면요철대응이 가능한 것으로 예상되었던 날전후절단각도 6°, 곡률반경 700mm인 볼록형 뿌리절단회전원판날도 둥근두둑높이 11~14cm의 지면요철이 있는 상태에서는 날끝이 땅속으로 파고들어 운전자가 위치제어 유압레버를 이용하여 작업기를 수시로 들어주어야 하는 번거로움이 발생되었다. 따라서 이를 줄이고 작업정밀도 향상을 위해 뿌리절단용 회전원판날 밑면에 지면추종륜부착 유무별로 시험 조건은 앞서 구명된 주행속도 0.3m/s, 연결고무둘기부착 협지이송장치속도 0.45m/s로 하여 시험한 결과 표 4에 나타난 바와 같다. 뿌리절단용 회전원판날만 이용한 것에 비해 그림2와 같이 뿌리절단용회전원판날 밑면에 원판날 회전과 무관하여 두둑양쪽을 따라 진행하도록 지면추종륜을 부착했을 때 운전자가 별도로 위치제어유압레버를 작동시키지 않아도 두둑면을 따라 0.3m/s의 주행속도로 진행이 되어 배추주간 30~40cm기준시 배추수확을 1~1.4초/주 속도로 연속작업이 가능하였다. 작업정도에 있어서도 지면추종륜을 부착한 경우 뿌리절단 정밀도 향상에 의한 결구손상 2%정도로 지면추종륜 부착효과가 있는 것으로 나타났다.

Table 4. Effects of disk cutter with guide wheel on the working accuracy of the prototype.

Type	Speed of travelling and conveying unit (m/s)		Pulling rate (%)	Root cutting accuracy(%)			Damaged outer leaves(%)		
	Traveling	Conveying		Under 5m/m	Over 5m/m	Over cut	1~5 leaves	6~9	Over 10 leaves
Disk cutter with disk guide wheel	0.3	0.45	100	72	24	4	90	8	2
Disk cutter	0.3	0.45	100	62	32	4	92	4	4

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 배추수확기개발을 위한 기초조사와 설계요인시험을 통해 뿌리절단과 동시에 연질고무돌기 부착 이송장치로 배추를 협지하여 이송하는 방법을 구명하고 연속작업이 가능하다는 것은 확인했지만 뿌리절단원판날의 지면 요철대응 및 배추크기별 적응성 수확손실 경감 등의 필요성이 제기되었다. 따라서 수확작업정도 향상을 위해 뿌리절단날과 협지이송장치를 일체형 구조로 하고, 지면 요철 대응을 위해 볼록형 회전원판날 밑면에 지면추종륜의 탈부착이 가능하며 원판날의 전후 선단각도 및 측면각도 등을 조절할 수 있는 구조로 설계 제작하여 포장적응성을 검토하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 배추 크기별 적응성 및 배추손상 없이 일정한 자세로 이송을 위한 적정협지 이송장치는 앞에서 선정된 attachment chain에 연질고무돌기가 경사지게 부착된 돌기(지면에 직각인 돌기)이면서 연질고무돌기 높이와 두께 80×6mm가 적정하였고, 주행속도와 협지이송장치의 속도비는 1:1.5에서 작업정도가 양호하였다.

2. 뿌리절단 원판날의 두둑요철지면 추종효과는 지면이 고른 평두둑에서는 곡률반경 700mm, 날전후경사각 6° 인 볼록형 뿌리절단 원판날만으로 지면추종이 가능하였으나 두둑높이 11~14cm의 둥근두둑 1줄무피복재배한 지면요철이 있는 상태에서는 뿌리절단 원판날이 땅속으로 파고 들어가는 현상이 발생되었다. 따라서 이 경우에는 뿌리절단용 원판날 밑면에 지면추종륜을 부착한 결과 배추수확을 1~1.4초/주 속도로 연속작업이 가능하였고, 고정도 수확을 위한 지면추종효과도 있는 것으로 나타났다.

3. 금후 실용화를 위하여는 지금까지 결과를 토대로 배추뿌리절단과 동시에 협지이송된 배추를 수집·반출할 수 있도록 통합시스템 구축과 포장적응성검토를 위한 포장확대 시험을 통해 문제점의 개선보완이 필요한 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. 金光幹雄, 山本健司, 芸野保徳 : 1993, ハクサイ收穫機の高ち制御について, 第52回農業機械學會年次大會講演要旨, pp.258-260.
2. 金光幹雄, 山本健司, 芸野保徳, 金子一也, 村田公夫 : 1994, ハクサイ收穫機の開發研究(第3報), 日本農業機械學會誌, 56(2), pp.127-133.
3. 金光幹雄, 山本健司 : 1994, ハクサイ收穫機の開發研究, 日本農業機械化 研究所研究報告, 第28號, pp.1-51.
4. 日本農業機械學會編 : 1996, 生物生産機械ハンドブック, ユロナ社.
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.