

# 배추수확기 개발(I)

- 배추수확기 개발을 위한 기초연구 -

## Development of Chinese Cabbage Harvester (I)

- A Fundamental Study for Developing a Chinese Cabbage Harvester -

홍종태*	성제훈*	전현중*	김영근*	이기명**
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
J.T.Hong	J.H.Sung	H.J.Jun	Y.K.Kim	K.M.Lee

### 1. 서론

배추는 발효식품인 김치의 주원료가 되는 중요한 채소로서 고추 다음으로 많이 재배되고 있는 농가소득 작목의 하나이다. 최근 10년 간의 배추재배 동향을 보면 '88년 37,543ha에서 '98년 말 46,798ha로 증가되고 있으며, 총채소 재배면적의 13%를 차지하고 있다. 재배작형도 80년대에는 특정한 시기에만 대량 소비되었던 종전의 소비패턴과 달리 소비가 1년 중 평균화되고 있다. 이에 따라 재배작형도 봄노지 및 시설배추, 여름배추(고랭지 배추), 가을 및 월동배추 등으로 재배시기와 출하시기를 조정하고 있어 계절에 관계없이 연중공급이 이루어지고 있다. 수확작업은 가장 많은 노력을 필요로 하여 전체노동투하시간의 16.1~19.4%를 점하고 있어 수확작업의 생력화를 위해 배추수확기 개발이 요구되고 있다. 그러나 수확작업에 대한 기계화 요구도가 높은 반면에 기계화하기 힘든 특성이 있다. 배추는 조직이 연약하여 상하기 쉽고 지역별 재배양식이 다양하며, 동일 포장내에서도 속도 차이 등 기계수확의 장애요인이 많아 외국에서도 배추수확기 개발에 관한 연구를 계속 수행하고 있으나 아직까지 실용화되지 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 배추수확기 개발을 위한 기초조사로서 재배양식, 수확 및 수확후 작업체계, 유통주제별 요구정선정도 및 포장형태, 수확시기 포장조건, 배추의 물리적 특성을 조사 분석하여 배추수확기의 개발방향과 주요핵심장치 설계제원 설정을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 배추수확 및 수확 후 처리 실태조사

본 연구에서는 배추수확기의 개발방향설정을 위한 객관적인 자료를 얻기 위하여 농가실태는 배추주산지의 현지농가를 직접 방문 조사하였으며, 배추수확 후 유통실태는 공영시장, 김치 및 절임 가공공장, 소매점을 대상으로 조사를 실시하였다. 개발하고자 하는 배추수확기는 대규모 배추재배단지에서 이용될 것으로 전망되므로 강원, 전북, 전남지역의 배추주산지를 대상으로 재배양식, 수확 및 수확 후 작업체계, 배추작형별 정선정도 및 포장여부를 조사하

---

† 본 연구는 농림부 특정연구과제 연구비 지원에 의해 수행되었음.

\* 농업기계화연구소 생물생산기계과

\*\* 경북대학교 농과대학 농업기계공학과

였다. 또한 배추수확기에서의 수확시 배추정선정도 및 수집방법을 결정하기 위하여 유통주체별 요구정선정도 및 포장형태를 조사하였다.

#### 나. 포장조건 및 배추의 물성 조사

##### (1) 배추재배 포장조건

본 연구에 사용된 배추포장은 수확시기 배추의 물성을 조사한 지역과 동일하게 고랭지배추를 재배한 강원도 평창의 농가재배포장, 봄배추(내력)와 김장배추(장미, 셋노랑)를 재배한 농업기계화연구소 입북동 시험포장, 김장배추(알배기)를 재배한 원예연구소 시험포장, 월동배추(뚱뚱)를 재배한 전남해남에 소재한 농가재배포장 등 5개지구 포장에서 각각 실시하였다. 배추포장의 토성은 강원도 평창지역은 사양토, 연구소시험포장은 양토와 미사질식양토였으며, 원예연구소 포장은 사양토, 전남해남지역은 양토였다. 한편 재배양식은 월동배추를 제외하고는 조간거리 60cm, 주간거리 35~40cm, 수확시기 두둑높이 13cm내외의 둥근 두둑에 1줄로 무피복상태의 기계화 표준재배양식이었다. 월동배추는 농가재배포장으로서 120cm이랑의 평두둑에 2줄피복재배되어 있어 비닐을 제거하고 1줄만 남게하여 시험할 수 있도록 조성하였다.

##### (2) 배추의 물성 조사

본 연구에서는 배추수확기를 개발하는데 있어서 주요부 체원을 설정하기 위한 기초자료를 얻고자 배추작형 및 품종별로 수확시기에 배추포장에서 배추각부치수 및 무게, 인발력 등을 조사하였고, 배추 내·외엽의 평균압축강도, 결구배추의 압축비율별 최대압축력 및 손상정도, 배추뿌리의 절단특성을 실내에서 조사하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 배추재배양식

국내의 배추재배는 일반적으로 노지에서 행해지며, 배추의 주년공급 체계를 갖추기 위해 작형을 구분하여 재배하는데 크게 봄배추, 여름배추, 가을배추 및 월동배추로 구분 할 수 있다. 여기에서는 각 작형별로 재배양식을 조사한 결과 표 1과 같이 나타났다. 한편, 배추수확기계화 적용재배양식은 파종부터 수확까지 작업의 연계성과 수확시 작업정밀도 향상, 수확할 배추와 미수확된 배추의 분리가 용이한 조간 60cm, 주간 30~40cm, 두둑높이 20cm이하인 둥근두둑 1줄재배가 바람직 할 것으로 판단되었다.

Table 1. Cropping pattern of chinese cabbage by the cultivation methods.

Cropping pattern of conventional cultivation methods			Mechanized cultivation pattern
Spring cabbage	Summer cabbage	Autumn cabbage	
Flat bed, 2 rows (mulching)	Round bed, 1-row (no mulching)	Flat bed, 2 rows (mulching), Round bed, 1 row (mulching & no mulching)	Round bed, 1-row (no mulching)

#### 나. 배추수확 및 수확 후 처리실태

배추의 일반적인 수확 및 수확후 처리작업순서는 수확, 정선, 포장, 운반, 트럭적재로 구분 할 수 있는데, 전술한 바와 같이 작형에 따라 수확 및 수확 후 작업체계, 배추정선 정도 등이 약간 다르다. 배추작형별 수확 및 수확 후 작업체계는 그림 1과 같고, 정선정도 및 포장여부는 표 2에서 보는 바와 같으며 봄배추의 경우 김치공장과 절임공장으로 출하되는 배추는 정선과정을 거쳐 2~7엽 정도를 제거하고 출하되고 있으며, 공영시장으로 출하되는 배추

의 일부는 골판지 상자를 이용하여 포장출하하고 있었다. 여름배추의 경우 대부분 공영시장으로 출하되는데 수분증발방지를 위해 겉잎을 거의 제거하지 않고 신문지로 싼 후 트럭에 적재하여 출하하고 있었다. 가을배추의 경우에는 겉잎을 2~4엽정도 제거하여 대부분 공영시장으로 출하되고 일부는 저장하며, 저장하는 배추는 그물망에 포장하여 저장하고 있었다.

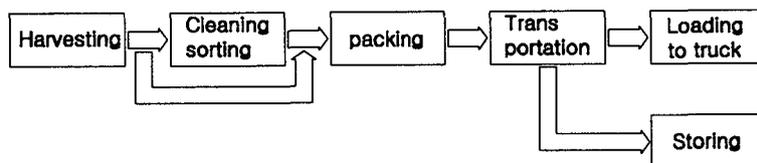


Fig. 1. Harvesting and post harvesting farm operation system of chinese cabbage.

표 2에서 보는 바와 같이 유통되는 배추 중 봄배추와 가을배추의 일부만이 골판지 상자에 포장 출하하는데, 월동배추의 경우 '98년 가락동 시장 반입 물량의 약 20%를 골판지 상자 또는 그물망에 출하하고 있는 것으로 나타났다. 포장화에 의한 고효율 저비용 유통체계 정립 및 채소쓰레기 발생억제를 위해 꾸준한 유도에도 불구하고 이와 같이 포장율이 낮은 이유는 유통주체별 포장형태 및 정선정도가 다르기 때문이라고 생각된다.

Table 2. Status of leaves clean degree and packing of chinese cabbage.

Cultivation season	No. of leaves removed	Type of packing
Spring cabbage	2-7	Part by packing(corrugated cardboard)
Summer cabbage	0-2	No packing(newspaper)
Autumn cabbage	2-4	Part by packing(corrugated cardboard, nylon net)

각 유통주체별 요구 정선정도 및 포장형태는 표 3과 같으며 소매점은 소비자가 구매하여 김치제조를 위해 바로 절일 수 있는 상태로 외엽(겉잎)을 거의 제거하고 포장형태는 소포장인 골판지상자, 그물망, 단묵기 형태를 요구하고 있었다. 공영시장의 중개인은 산물상태를 요구하고 있으며, 김치·절임 공장에서는 수확한 배추를 플라스틱상자나 메쉬팔레트 등 대형용기에 담아 수송하여 바로 하역과 동시에 절일 수 있는 상태로 정선을 요구하고 있었다. 한편 현재 포장출하되고 있거나 시범사업으로 추진된 포장형태별 체원은 표 4와 같다. 따라서 배추수확시 정선정도 및 수집방법은 흙물은 뿌리절단과 황화되거나 처져 상품성이 없는 겉잎을 5매 이내로 절단하여 메쉬팔레트, 플라스틱상자 등 벌크식콘테이너에 수집하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

Table 3. Typical chinese cabbage processing in the different places.

Item	No. of leaves removed	Type of packing
Retail shop	10-12	Corrugated cardboard box, Nylon net, Binding bundle
Produce market	2-4	No packing
Factory (kimchi, pickle)	8-10	Plastic box, mesh-plate

Table 4. Details by the various packing.

Type of packing	Weight(kg)	Size(L×W×H) (mm)	Materials	Handling capacity(heads)	Remark
Mesh plate	20	1,050×880×930	Iron	100	Pilot project
Corrugated cardboard box	5	525×350×185	Paper	3~4	
Plastic box	15	550×366×320	Plastic	10~15	Pilot project
Nylon net	-	-	Nylon	3~4	
Binding bundle	-	-	Vinyl thread	2~4	

다. 기계화 수확체계 검토

표준재배양식에 맞고 전후 작업체계를 연계한 기계화 작업체계를 갖추어야만 생력화를 촉진시킬 수 있다. 수확기 개발방향 설정을 위한 기계화 재배양식은 배추재배 전공정의 작업연계성, 수확시 작업정밀도 향상, 수확한 배추와 미수확된 배추의 분리가 용이한 등근두둑 1줄 무피복재배(조건 60cm, 두둑높이 20cm이하)가 요구된다. 수확방식은 등근두둑 1줄에 심어진 배추를 일시에 수확하는 처리작업형태가 바람직할 것으로 판단된다. 현재 관행수확 및 수확후 처리작업 체계는 허리를 굽힌상태에서 이동하며 뿌리를 절단 수확하고 잎이 누르고 처져 상품성이 없는 겉잎을 제거한 후 인력으로 운반하여 트럭에 상차하거나 일부 포장하여 상차하고 있는 실정이다. 따라서 수확기계화 체계는 배추뿌리와 겉잎 5매 이내 정도 제거 수확하여 이송시 메쉬팔레트, 대형프라스틱상자 등 벌크식콘테이너에 수집하여 일정한 장소에 반출하는 작업으로 생력화하고, 인력에 의존할 수 밖에 없는 정밀정선작업(다듬기)과 포장작업은 실내 또는 이동식 패키징하우스에서 정치작업으로 하는 것이 합리적이라고 생각된다.

라. 배추의 물성 조사

(1) 배추의 형상 및 크기

배추작형 및 품종별 배추전체크기, 결구부크기, 무게, 외엽부 밀면 요철부 깊이, 인발력 등의 조사결과를 표 5에 나타내었다. 수확시기의 배추 형상은 그림 2와 같이 외엽의 밀면을 지면에 밀착하고 있고, 외엽매수는 10~15매 정도이다. 외엽의 폭을 나타내는 배추 전체 폭은 배추의 겨울나기를 하기 위해 외엽을 묶어 결구폭과 큰 차이가 나지 않는 월동배추인 동풍품종을 제외하고 460~760mm, 전체높이는 330~440mm범위이었다. 연질고무벨트로 배추를 협지하여 이송하기 위해 필요한 결구부 폭 및 높이는 각각 190~240mm, 260~360mm정도 범위로서 배추작형 및 품종에 따라 차이가 있었다. 대체로 가을 및 월동배추가 봄노지 및 고랭지 재배 품종에 비해 크기가 큰 것으로 나타났다. 원판회전날로 결구부 손상없이 절단해야 할 최적절단길이 범위를 결정하기 위하여 외엽부 밀면 요철부 깊이를 측정결과 16~25mm범위이었다. 결구부만 남기고 외엽을 모두 제거한 후에 최초 외엽밀면까지의 거리는 25~40mm범위로서 가능하면 결구부를 손상시키지 않고 최종 소비자까지 가는 동안 감모를 고려하여 외엽부 밀면 요철부 깊이인 16~25mm범위 이내가 적당하다고 판단되었다. 결구잎을 5장이상 제거하면 잎의 색이 변하기 때문에 상품가치가 없다고 판단되었다.

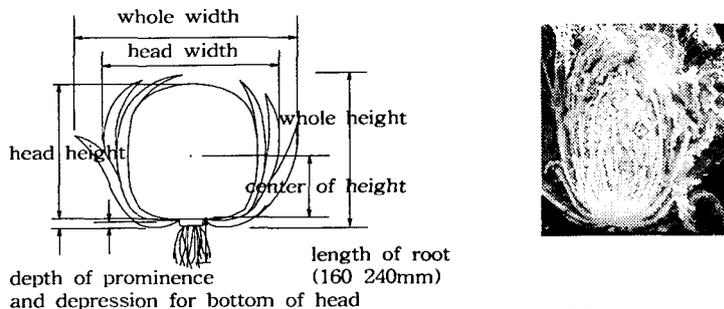


Fig. 2. Typical cut view of the chinese cabbage.

Table 5. Physical characteristics of chinese cabbage by the different varieties.

Variety		Size(mm)		Head size(mm)		Depth of bottom for outer leaves (mm)	Weight(kg)		Root dia(mm)	No. of outer leaves (leaf)	Pulling force (N)
		height	width	height	width		Outer leaves+head	hard part			
Go raenji	Ave.	357	464	302	190	16	2.5	1.8	20	10	92
	S.D.	36	73	19	13	2	0.3	0.2	2	2	13
Jang mi	Ave.	352	608	336	206	16	2.3	1.7	26	11	124
	S.D.	45	96	30	25	4	0.3	0.3	3	3	20
Albaeki	Ave.	346	759	303	235	17	3.8	2.9	26	11	130
	S.D.	20	55	10	12	6	0.2	0.1	2	2	21
Satno rang	Ave.	379	737	359	219	25	3.9	2.6	25	15	154
	S.D.	30	107	23	15	5	0.3	0.6	5	2	31
Dong pung	Ave.	395	273	356	220	19	3.7	3.1	33	8	199
	S.D.	15	28	14	26	4	0.8	0.7	5	1	58
Nae ryuk	Ave.	325	556	259	185	17	3.8	2.8	31	13	214
	S.D.	18	57	21	18	2	0.5	0.4	3	2	31

(2) 배추의 인발력

배추의 품종별 인발력은 표 5와 같다. 표에서 나타난 바와 같이 품종별 인발력 범위는 92~214N으로 차이가 큰 것으로 나타났는데, 이는 배추품종, 배추무게, 뿌리발달상태, 토성, 토양함수비 및 토양경도 등 요인에 기인한 것으로 판단되었다. 굴취날에 의한 토양절삭여부에 따른 인발력을 비교한 결과 굴취날로 토양을 절삭 후 인발할 경우 미굴취에 비해 약 21%정도 인발력 감소를 보였다.

또한 굴취날에 의한 토양절삭여부에 따른 배추무게와 인발력과의 관계는 그림 3과 같은 직선회귀 방정식으로 나타났다. 이때 미굴취 상태에서 인발한 경우와 굴취한 후에 인발한 경우 배추무게와 인발력과의 상관계수는 각각  $R^2=0.7059$ ,  $R^2=0.8457$ 로서 높은 상관관계를 나타냈다. 따라서 배추를 효과적으로 수확하기 위해서는 인발력을 최소화할 필요가 있어, 배추 밑면 토양을 굴취날로 파쇄한 후 뽑거나 뿌리유도 또는 뿌리절단과 동시에 헝지벨트로 잡고 뽑는 방법 등의 검토가 필요하다고 판단되었다.

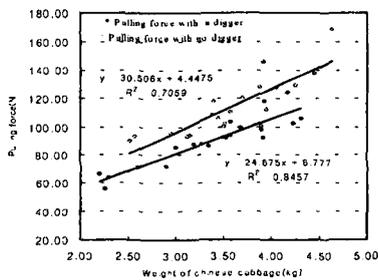


Fig. 3. The relationship between pulling force and chinese cabbage weight according to the with a digger and no digger.

(3) 배추의 압축강도 및 압축변형율에 따른 손상정도

수확기계를 이용하여 배추를 수확할 때 배추가 압축되거나 충격에 의해 형상이 변하거나 손상되었다면 손실도 크며 상품성이 떨어질 것이다. 그러므로 배추의 압축강도를 정확히 파악하여 그것을 수확기 개발시 설계 기초자료로 활용한다면 보다 효율적이고 고정도의 수확기 개발이 가능하다고 생각된다. 따라서 배추잎의 압축력 및 압축변형율에 따른 손상정도를 알아보기 위하여 헝지벨트에 접촉될 것으로 예상되는 배추밑면에서 10cm되는 위치의 배추외엽과 결구부 내엽의 압축력 및 포기배추의 직경에 대한 압축변형율에 따른 손상정도를 Texture analyser를 이용하여 측정하였다.

표 6은 배추의 외엽과 내엽의 잎두께, 최대압축력, 최대압축력까지의 도달거리, 허용용력의 평균값과 표준편차를 나타내었다. 표에 나타난 바와 같이 외엽과 내엽의 최대압축력 도달거

리는 비슷하였으나 평균압축강도는 각각 27.78N, 25.72N으로 배추외엽이 내엽보다 압축강도가 다소 큰 것으로 나타났으며, 외엽과 내엽의 평균허용응력도 각각 1.41N/mm<sup>2</sup>, 1.3N/mm<sup>2</sup>으로 같은 경향을 보였다. 따라서 배추외엽을 모두 제거하는 것보다 처진잎 정도만 제거하고 수확하여야만 수확후 처리과정에서 감모를 최대한 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 그림 4는 배추외엽과 내엽의 압축력 선도를 나타내고 있다.

Table 6. Compression forces at the different position of chinese cabbage caused by the texture analyser.

Item		Leaf thickness (mm)	Maximum compression force (N)	Distance affected by the maximum compression force (mm)	Tolerance stress (N/mm <sup>2</sup> )
Outer leaf	Average	6.07	27.78	2.86	1.41
	S.D.	0.34	2.83	0.66	0.14
Inner leaf	Average	5.47	25.72	2.84	1.31
	S.D.	0.13	2.21	0.57	0.11

(Index) ○ Dia. of prove : Ø5mm. ○ Compression speed : 2.0mm/s.

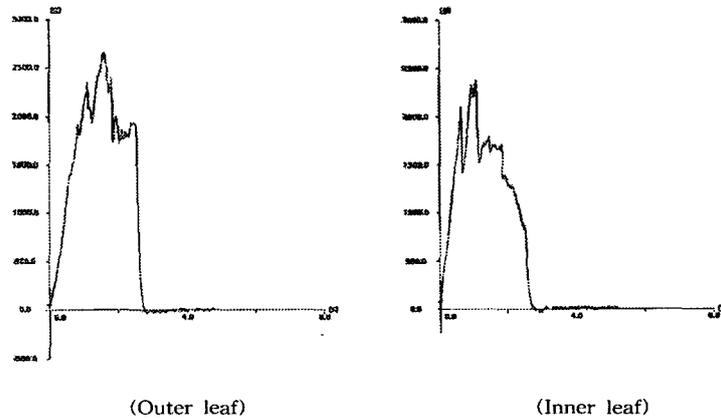


Fig. 4. Compression forces of inner and outer leaf in chinese cabbage.

한편 결구배추를 연결고무벨트로 협지하여 이송할 경우 협지하여 이송하는 벨트의 배추폭을 수용할 수 있는 설계 기초자료가 필요하다. 이것은 T.P.A Calculation방법에 의해 배추직경의 10, 20, 30, 40, 50%로 1차 압축 후에 다시 2차압축시 압축력의 변화와 이때의 손상정도를 측정된 결과를 표 7, 그림 5에 나타내었다. 표 및 그림에서와 같이 압축변형율에 따른 손상이 직경의 20%까지는 손상발생이 없다가 30%시 8.6%, 40%시 11.5%, 50%시 16.8%로 압축변형율이 증가할수록 손상이 증가하는 경향을 보였다. 따라서 협지벨트로 이송시 배추직경의 30%이상 압축변형이 되지 않도록 폭조절 및 협지벨트형상 등의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

Table 7. Maximum compression force and damaged degree in the cabbage compression test by the rate of compression force.

Compression rate(%)	Diameter of chinese cabbage(mm)		Weight of chinese cabbage (g)	Maximum compression force(N)		Damaged rate(%)
	X	Y		1st time	2nd time	
10	160	140	1,744	11.2	10.5	0
20	175	140	2,128	71.8	64.6	0
30	195	145	2,184	198.1	188.4	8.6
40	190	160	2,357	505.9	472.3	11.5
50	165	140	1,874	628.4	573.7	16.8

(Index) ○ Measurement : T.P.A Calculation ○ Compression speed : 2.0mm/s  
○ Size of Probe : 50×100mm

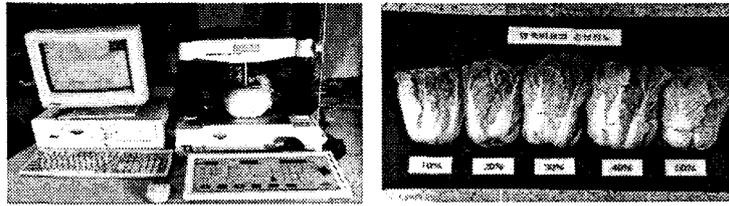


Fig. 5. Testing of compression force by the texture analyser and damaged chinese cabbage by the different level of compression force.

#### (4) 배추뿌리의 구조와 절단강도

식물체의 뿌리는 보통 특수한 세포로 이루어지며 그 역학적 성질이 크게 다르다. 배추뿌리의 절단은 기계적 파괴를 일으키는 과정이므로 뿌리의 구조, 강도에 관한 사항이 필요하다. 배추뿌리의 절단면은 그림 6과 같이 속이 차 있고, 배추뿌리의 직경은 품종 및 동일 포장내에서도 숙기 따라 차이가 있어 표 5에서와 같이 20~33mm범위인 것으로 나타났다.

배추수확기 설계에 있어서 절단메카니즘에는 크게 2가지를 들 수 있다. 굴취날 등에 의해 배추뿌리가 토양과 분리되기 직전에 벨트로 협지한 상태에서 절단날로 뿌리를 절단하는 양단지지 방법이 있으며, 또한 배추뿌리가 토양과 분리된 후에 벨트로 협지한 상태에서 뿌리를 절단하거나 배추가 포장내에서 세워진 상태에서 뿌리절단과 동시에 벨트로 협지이송하는 일단지지 방법이 있다. 그러나 실제 수확기에 적용시킬 경우에는 여러 가지 복합요인에 의해 전술한 2가지 방법을 조합한 메카니즘의 도입을 시도하고자 한다.



Fig. 6. Cross section of root and bottom of chinese cabbage.

따라서 절단강도 측정시 일단지지한 상태에서 절단날은 두께 3mm, 날폭 60mm, 절단각 45° 양날을 사용하여 절단속도별로 시험한 결과는 표 8과 같다. 표에서 보는 바와 같이 절단속도 5mm/s에서 최대절단력 370.31N, 절단에너지 476.01N·mm이었고, 절단속도 10mm/s의 경우 최대절단력 340.46N, 절단에너지는 444.98N·mm으로 절단속도가 빠른 경우에 절단력도 감소하였다. 이와같이 절단에너지가 보다 적게 소비되는 것은 절단초기에 절단칼날과 배추뿌리의 접촉시에

충격에 의해 1차 절단이 발생하고 이에 의해 에너지 소비가 감소되는 것으로 판단된다. 그림 7에서는 칼날의 속도를 10mm/s로 하고 일단지지상태에서 배추뿌리가 칼날에 의해 절단될 때의 절단거리와 절단력과의 관계곡선을 나타내었다. 여기서 최초 약 10mm정도까지는 날끝의 힘이 충분하지 못하여 압축 응력이 증가하다가 그 후 뿌리의 초기파괴가 일어난 다음에 부분적으로는 압축이 계속되고 절단이 일어나면서 약 15.5mm정도에서 최대절단력까지 도달하였다. 그 다음부터는 충분히 압축되고 절단이 계속되어 날끝이 뿌리를 절단함에 따라 힘이 급격히 떨어지는 경우를 나타내고 있다.

Table 8. Cutting characteristic of chinese cabbage root.

Cutting speed		Maximum diameter (mm)	Maximum cutting force (N)	Distance affected by the maximum compression force (mm)	Cutting energy (N·mm)
5mm/sec	Average	21.07	370.31	15.62	476.01
	S.D.	2.02	41.6	3.67	88.14
10mm/sec	Average	22.02	340.46	15.47	444.98
	S.D.	1.15	50.22	2.73	74.58

(Index) ○ Cutting edge : 3mm thickness double sided, 60mm of blade width

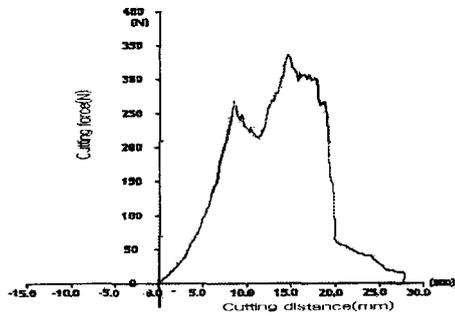


Fig. 7. The relationship between cutting force and root cutting distance of chinese cabbage at the cutting angle of 45° by one side held cutting.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 배추수확기의 개발을 위한 기초조사로서 배추재배양식, 수확 및 수확 후 작업 체계, 작형별 정선정도 및 포장여부, 유통주체별 요구정선정도 및 포장형태 등을 고려하여 기계화 재배양식과 기계화체계를 검토하고자 하였다. 그리고 배추의 형상 및 크기, 인발력, 배추압축 강도 및 압축비율별 손상정도, 배추뿌리의 절단 특성 등을 측정·분석하여 주요핵심장치 설계제원 설정을 위한 기초자료를 얻고자 하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기계화 재배양식은 배추 일관기계화를 위한 재배 전과정의 작업연계성, 수확시 작업정밀도 향상, 수확한 배추와 미수확된 배추의 분리가 용이한 둥근두둑 1줄 무피복재배(조건 60mm, 두둑높이 20cm이하)가 바람직할 것으로 판단되었다.
2. 기계수확체계는 배추뿌리를 절단하여 수확하거나 수확한 배추뿌리를 이송중에 절단하여 치진 잎은 제거하고 컨테이너에 수집하여 반출하는 작업으로 생력화할 수 있다. 인력에 의존할 수밖에 없는 정선작업(다듬기)과 포장작업은 실내 또는 이동식 패키징하우스에서 정치작업으로 하는 것이 합리적이라고 생각된다.
3. 배추 6개품종에 대한 형상 및 크기 등을 조사하였다. 그 결과 배추결구폭 190~240mm, 결구부 높이는 260~360mm정도인 배추를 손상없이 협지이송할 수 있어야 한다. 그리고 외엽매수는 10~15매 정도로서, 결구부에 손상과 운송중 감모발생 감소를 위해서는 원판회전날로 외엽부 밀면 요철부 깊이를 16~25mm로 절단하는 것이 적당하다고 판단된다.
4. 배추품종별 인발력은 92~214N정도이며, 굴취날에 의한 배추밀면의 토양절삭 후가 미굴취상태에서 인발한 경우보다 약 21%의 인발력이 감소하였다. 따라서 인발력을 최소화하기 위한 방법으로 배추밀면 토양을 굴취날로 파쇄한 후 벨트로 뽑거나, 뿌리유도 또는 뿌리절단과 동시에 벨트로 협지하여 이송하는 방법 등의 검토가 필요하다고 판단되었다.
5. 배추외엽과 내엽(결구부)의 평균압축강도는 외엽 27.78N, 내엽 25.72N으로 외엽이 내엽보다 압축강도가 다소 큰 것으로 나타나 상품성이 없는 치진외엽만 제거하여 수확하는 것이 수확후 처리과정에서 감모를 줄일 수 있다. 배추압축에 따른 손상은 압축변형율 20%까지는 손상발생이 없다가 압축변형율이 30%이상 일 때 손상이 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 이송벨트의 형상 및 폭조절범위 설계시 고려되어야 할 것으로 판단되었다.
6. 뿌리절단날 경사각이 45° 인 양날로 한쪽끝을 고정된 일단지지로 하고 절단속도 10mm/s로 배추뿌리를 절단시 최대절단력은 340N, 절단에너지는 445N·mm정도로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 농촌진흥청 : 1998, 작목별 작업단계별 노동력 투하시간, pp.27-30.
2. 농림부 : 1999, '98 채소생산실적.
3. 농림수산부 : 1995, 농업기계화의 장기전망과 기계화기술개발 전략에 관한 연구, pp.57-75.
4. 송춘중 외 5인 : 1993, 채소수확 후 기계화 유형개발, 농촌진흥청 연구보고
5. 주경노 외 3인 : 1998, 원예작물 기계화를 위한 재배양식 표준화연구, 농촌진흥청 대형과제 연구보고서