

시금치수확기 개발

- 시금치 수확에 관한 기초연구 -

Development of Spinach Harvester

- Fundamental study on Spinach harvesting -

전현중* 최용* 김영근* 홍종태* 조영목* 홍석봉** 강화석***
정희원 정희원 정희원 정희원 정희원 정희원
H.J.Jun Y.Choi Y.K.Kim J.T.Hong Y.M.Cho S.B.Hong W.S.Kang

1. 서 론

시금치는 각종 비타민, 철, 칼슘 등이 다른 채소보다 많이 함유되어 있는 알칼리성 채소로 소비자들에게 각광받는 채소중의 하나이고, 특히 내한성이 강하여 노지와 시설하우스에서 연중 재배되고 있으며, 국내 재배면적은 1999년 6,600ha에서 2001년 7,900ha 로 점차 증가하고 있다.

시금치는 대부분 인력으로 산파하기 때문에 고르게 발아되지 않아 수작업으로 큰 것부터 골라 여러 번 수확해야 하고, 조식이 연약하여 시금치의 수확작업을 기계화하는데 어려움이 있다. 특히 노지에 재배하는 재래종 시금치는 주로 추운 겨울철에 수확하기 때문에 작업조건이 열악할 뿐만 아니라 수확작업이 시금치생산에 소요되는 전체노동투하시간의 46%를 차지하고 있어 기계화가 절실히 요구되고 있다. 본 연구에서는 시금치의 수확을 기계화하기 위한 기초연구로서 시금치 관련 기초조사 및 수확방법을 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시금치 관련 기초조사

시금치 주산지 재배면적 및 관행수확실태를 조사하기 위해 시금치재배 주산지의 노지 및 시설하우스 재배면적, 관행수확실태, 수확시기, 시금치의 형태적 특성 등을 출장조사 하였으며, 전국 시금치 재배면적은 1999~2001년 농림부 통계자료를 참고하였다.

나. 시금치 수확요인시험

(1) 절단날의 경사각과 토양절단깊이별 절단부하측정 및 토양거동상태 조사

시금치의 뿌리를 절단할 때 뿌리절단날의 경사각, 절단깊이별 절단부하 및 토양거동상태를 파악하기 위해 표 1과 같은 양질사토의 인공포장에서 표 2에서와 같이 날폭 300mm, 절단폭 400mm의 공시 절단날로 토양절단깊이 3수준(5, 10, 15cm), 절단날의 경사각 3수준(0, 10, 20°), 절단속도 0.2m/sec에서 절단날의 경사각 및 토양절단깊이에 대한 절단부하측정 및 토양거동상태를 조사하였다.

그림 1은 절단부하측정 시험장치의 구조를 나타낸 것으로 절단부하측정은 500kgf 용량의 로드셀을 절단부하측정 시험장치에 부착하여 측정하였고 절단날의 절단부하는 식 (1)과 같이 계산하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소 생물생산기계과

** (주)한서정공

*** 강원대학교 농업생명과학대학 농공학부

$$(P \cdot a) - (M \cdot b) = 0, \quad P = \frac{M \cdot b}{a} \quad \text{---(1)}$$

- P : 절단날 부하(kgf)
- M : 로드셀 부하(kgf)
- a : 현지축 중심에서 절단날의 날끝까지 거리(m)
- b : 현지에서 로드셀 연결지점까지 거리(m)

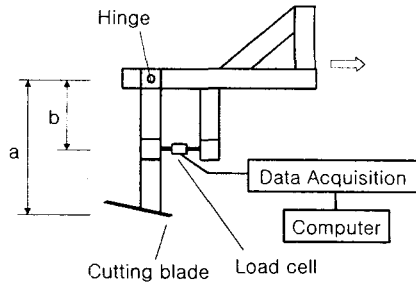


그림 1. 절단부하측정 시험장치 구조

표 1. 공시포장 (인공포장)

토성	토양함수비 (%, d.b.)	깊이별 토양경도(kgf/cm ²)			
		0cm	5cm	10cm	15cm
LS	19.6	4.9	7.0	5.4	5.5

표 2. 공시 뿌리절단날 채원

절단폭 (mm)	날 폭 (mm)	두께 (mm)	날끝 빗각 (°)	날 경사각 (°)
400	300	8	30	0~20

(2) 포복형 시금치의 뿌리절단 및 견어올림 수확시험

포복형 시금치에 대한 뿌리절단후 견어올리는 수확시험은 시금치 주산지인 포항지역의 하우스재배 시금치와 신안지역의 노지재배 시금치를 대상으로 뿌리절단시험과 견어올림시험을 각각 실시하였다.

뿌리절단시험은 표 3, 표 4에서와 같은 공시토양과 공시작물을 대상으로 하였고, 표 5에 나타난 뿌리절단장치의 뿌리절단날을 그림 2와 같이 고정식 뿌리절단장치에 부착하여 뿌리절단날 종류 4수준(산형 내각 90°, 120°, 150°, 일자형), 뿌리절단깊이 6수준(2, 3, 4, 5, 6, 7cm)으로 시험하였다. 뿌리절단날의 부하 측정은 그림 2와 같이 뿌리절단날에 500kgf 용량의 로드셀을 부착하여 위의 식(1)과 같은 원리로 측정하였고 뿌리절단 깊이는 토양 표면을 기준으로 하였다.

시금치의 견어올림 시험은 그림 2와 같은 뿌리절단장치로 뿌리를 4cm로 절단한 상태의 시금치를 그림 3 및 표 5의 견어올림장치와 같이 러그가 부착된 체인컨베이어의 이송속도 2수준(0.25, 0.5m/sec) 및 이송각도 2수준(24, 32°), 지면에서 체인높이 2수준(3, 5cm)으로 설정하여 시금치의 견어올림상태를 시험하였다.

표 3. 공시포장

시험장소	토성	토양함수비 (%, d.b.)	깊이별 토양경도(kgf/cm ²)			
			0cm	5cm	10cm	15cm
포항	SL	14	4.9	10.5	11.6	13.3
신안	SL	18	6.0	16.0	18.0	36.0

표 4. 공시작물

시험장소	재배양식				시금치 특성				
	형태	두둑폭 (cm)	고랑폭 (cm)	파종 방법	품종	초형	초장 (cm)	엽수 (엽/주)	뿌리길이 (cm)
포항	하우스	180	40	산파(인력)	오까메	포복	11~17	7~13	7~14
신안	노지	-	-	산파(인력)	재래종	포복	13~24	8~19	15~23

표 5. 뿌리절단 및 건어올림시험장치 제원

고정식 뿌리절단장치						
절단 작업폭 (mm)	절단날 폭(mm)	절단날 두께(mm)	절단날의 빗각(°)	재질	산형(△)절단날 종류	
660	40	8	30	SK-45	내각 90, 120, 150, 180°	

건어올림장치				구동장치		
건어올림 작업폭(mm)	체인컨베이어 봉 간격(mm)	러그 길이 (mm)	러그 간격 (mm)	엔진 (ps/rpm)	차륜크기 (직경/폭)mm	윤거 (mm)
600	40	60	100×80	5/1750	400/100	500

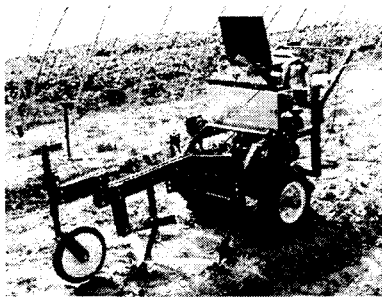


그림 2. 고정식 뿌리절단장치

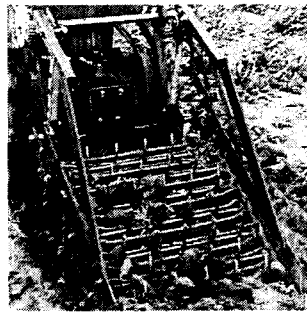


그림 3. 건어올림장치

3. 결과 및 고찰

가. 시금치 관련 기초조사

시금치의 국내 재배면적은 1999년 6,568ha로 노지재배 3,356ha, 시설하우스재배 3,212ha이었으며, 노지재배 주산지는 신안 730ha, 무안 330ha, 남해 300ha, 포항 180ha, 통영 140ha 등이며 시설하우스 재배는 경기도가 2,423ha로 국내 하우스 재배면적의 75%를 차지하였다.

시금치는 표 6에서와 같이 노지와 시설하우스에서 재래종과 수입종이 연중 재배되고 파종 및 수확은 인력에 의존하고 있었으며, 수확 후 출하 형태는 시금치를 단으로 결속하는 것과 결속하지 않고 출하하는 것이 있다. 표 7은 포복형과 반직립형 시금치의 수확시기 형태적 특성을 나타낸 것이다.

표 6. 시금치재배 및 수확실태

구 분		노지재배	시설하우스재배
재배양식	토 성	양토, 미사질 양토(섬지역)	양토
	두둑+고랑(cm)	150+40~300+40, 고랑 없음	180+40, 고랑 없음
	조간(cm)	15~30(일부지역)	-
파종	종자 및 파종시기	재래종(9월), 수입종(9월)	수입종(3~11월)
수확	수확회수(회/작기)	2~3	2~3
	수확시기	11~3	연중

표 7. 수확시기의 시금치 형태적 특성

초형	포복형(재래종)	반직립형(수입종)
초장(cm)	8~11	15~20
뿌리길이(cm)	10~14	12~20
뿌리직경(cm)	0.7~1.2	0.8~1.3
주요 재배지역	노지(신안, 남해, 통영)	노지(무안, 포항), 시설(경기)

나. 시금치 수확요인시험

(1) 절단날의 경사각과 절단깊이별 토양절단부하 및 토양거동상태

토양에서 절단날의 경사각과 절단깊이별 토양절삭부하 및 토양거동은 표 8에서와 같이 절단날의 경사각이 클수록 토양절단부하가 크고 토양거동도 큰 것으로 나타났다. 따라서 시금치의 뿌리를 절단할 경우 절단날의 경사각이 클수록 토양이 파쇄되어 흙이 시금치를 덮기 때문에 원활한 시금치의 수확을 위해서는 뿌리절단날의 경사각은 수평에 가깝게 절단하는 것이 절단부하도 작고 절단상태도 양호한 것으로 생각되었다.

표 8. 절단날 경사각과 깊이별 절단부하 및 토양거동상태

경사각 (°)	절단깊이별 절단부하(kgf)			토양거동상태
	5cm	10cm	15cm	
0	68	139	206	거동 없음
10	71	175	281	흙을 물고감
20	84	194	322	흙을 많이 물고감

(2) 포복형 시금치의 뿌리절단 및 걷어올림상태

(가) 뿌리절단날 종류 및 절단깊이별 절단부하

포복형 시금치의 뿌리절단시험에서 뿌리절단날의 종류 및 절단깊이별 절단부하는 그림 4에서와 같이 내각 150° 산형의 뿌리절단날이 절단부하가 가장 작았고, 일자날일 때 가장 크게 나타나는 경향을 보였다.

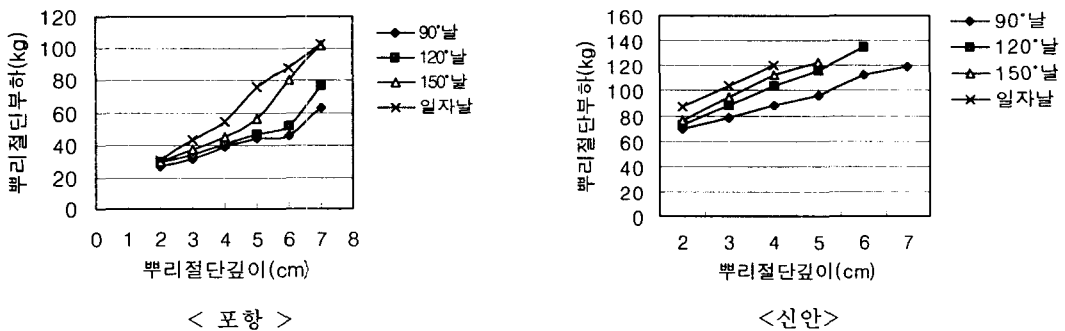
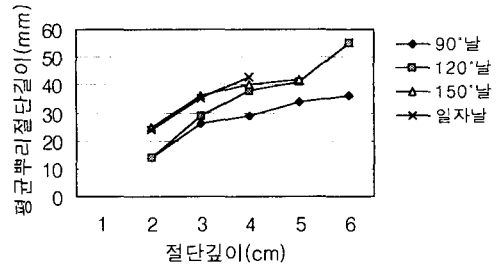
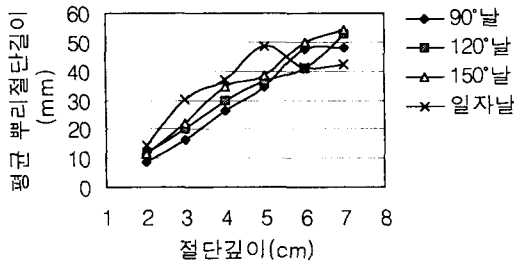


그림. 4 뿌리절단 깊이별 절단부하

(나) 뿌리절단날 종류와 절단깊이별 평균 뿌리절단정도

포복형 시금치의 뿌리절단시험에서 뿌리절단날 종류별 절단깊이에 따른 평균 뿌리절단정도는 그림 5에서와 같이 시험지역 모두 일자날로 절단할 때 절단깊이에 따른 평균 뿌리절단길이가 절단깊이와 가장 가깝게 나타났다.



< 포항 >

< 신안 >

그림. 5 뿌리절단 깊이별 평균뿌리절단길이

(다) 체인컨베이어 이송속도와 경사각별 시금치 견어올림 및 흠분리상태

포항지역에서 뿌리절단장치에 의해 절단된 상태의 포복형 시금치를 견어올리는 시험 결과 표 9에서와 같이 주행과 체인컨베이어의 속도비 1:1.7, 체인컨베이어 경사각 24°, 지면에서 체인높이 5cm 일 때 견어올림 및 흠분리가 양호하였다.

표 9. 체인컨베이어 이송속도와 경사각별 시금치 견어올림 및 흠분리상태

체인컨베이어 이송속도(m/sec)	체인컨베이어 경사각(°)	지면에서 체인까지 높이(cm)	시금치 견어올림상태	흠분리상태
0.25	24	3	×	×
		5	×	×
	32	3	×	×
		5	△	×
0.5	24	3	△	×
		5	○	○
	32	3	△	×
		5	△	○

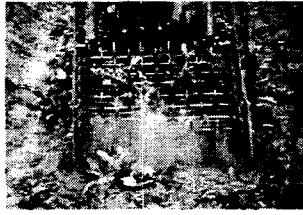
· 견어올림상태 : ○ (양호, 95%이상), △(보통, 80~95%), ×(불량, 80%이하)
 · 흠분리상태 : ○ (양호), × (불량) · 주행속도 0.3m/sec · 뿌리절단깊이 4cm

(라) 뿌리절단깊이별 시금치 견어올림상태

신안지역의 노지에서 재배되는 포복형 재래종 시금치의 뿌리절단 깊이별 시금치 견어올림상태는 표 10에서와 같이 4cm 이하로 시금치의 뿌리를 절단할 때 견어올림상태 및 흠분리가 양호하였다. 따라서 시금치의 뿌리절단날 깊이는 4cm가 적당한 것으로 생각되었고, 그림 6은 뿌리가 절단된 시금치를 견어올리는 시험 광경을 나타내고 있다.

표 10. 포복형 시금치의 뿌리절단 깊이별 시금치 견어올림 및 흠분리상태

뿌리절단깊이(cm)	견어올림상태	흠분리상태	비고
3	○	○	· 주행속도 0.3m/sec, 체인컨베이어 속도 0.5m/sec, 체인컨베이어 경사각 24°, 지면에서 체인높이 5cm · 견어올림상태 : ○ (양호, 95%이상), △(보통, 80~95%), ×(불량, 80%이하) · 흠분리상태 : ○ (양호), × (불량)
4	○	○	
5	×	×	
6	×	×	



<시금치 걷어올림상태>



<시험 후 상태>

그림 6. 굴취된 시금치의 걷어올림시험

4. 적 요

가. 시금치를 기계로 일시에 수확하기 위해서는 기계과중에 의한 균일한 재배가 선행되어야 한다.

나. 시금치 수확요인시험 결과는 다음과 같다.

- (1) 절단날의 경사각이 0° 일 때 토양절단부하가 가장 적고 토양거동변화가 적어 시금치의 수확에 유리하였다.
- (2) 시금치 뿌리절단시험에서 뿌리절단날 종류별 뿌리절단부하는 산형 뿌리절단날의 내각이 작을 수록 작았고, 일자날 일 때 크게 나타나는 경향을 보였으며, 일자날이 뿌리절단날의 토양절단 깊이에 대한 평균 뿌리절단길이가 가장 근접한 것으로 나타났다.
- (3) 뿌리가 절단된 시금치를 걷어올리는 시험에서는 주행속도 0.3m/sec, 체인컨베이어의 이송속도 0.5m/sec, 체인컨베이어의 이송각도 24° , 지면에서 체인의 높이가 5cm 일 때 뿌리절단깊이 4cm 이하에서 시금치의 걷어올림 및 흙분리가 양호한 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. 농림부. 1999-2001. 채소생산실적
2. 농촌진흥청. 1996. 표준영농교본 채소재배, p 205-212
3. 표현구의. 1991. 채소원예각론
4. W.S.Kang, J.L.Halderson. 1991. Development of a vibratory potato digger for small farms. American potato journal, vol. 68 : 557-568.
5. Kang, W.S., S.H.Kim and Y.C.Hahm. 1989. Development of an oscillating potato harvester. Journal of Korean Society of Agricultural Machinery, 14(1):16-23
6. Pratap Singh, K.P.Pandey. 1981. Soil Separation by and Power Requirement of a Potato Elevator Digger. Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America. Summer