

포복형 시금치 수확기 개발

전현종 김상현 최용 김영근 홍종태

Development of a Harvester for Crawled Spinach

H. J. Jun S. H. Kim Y. Choi Y. K. Kim J. T. Hong

Abstract

This study was conducted to solve the problem of crawled spinach harvesting that had been mainly done by manpower on the outdoor fields during the winter season. Moreover, there are not enough workers available for farming at most of rural areas in Korea because farming is getting hard and the number of old-aged workers is increasing. In order to find appropriate methods of digging, picking and collecting of spinach, the tests were examined outdoors. A prototype was designed based on the results of the tests and then fabricated for digging, picking-up and then collecting in continuous operation for harvesting spinach planted in the outdoor fields. In the field test with the prototype, the vibration intensity transmitted to the driver by vibrating blade was low while the vibrating blade reduced digging power by 46% compared to that of the fixed blade. The spinach loss was found to be as low as 0.7% in the condition of digging depth of 40 mm, cam rotational velocity of 748 rpm, and blade amplitude of 16.5 mm. The working performance of the prototype spinach harvester was found to be 3.8 hour/10a resulting in 96% of labor saving and 85% of operating cost compared to the conventional manual harvesting.

Keywords : Vegetables, Crawled Spinach, Agricultural machinery, Spinach harvester

1. 서 론

시금치는 각종 비타민, 철, 칼슘 등이 다른 채소보다 많이 함유되어 있는 알칼리성 채소로 소비자들에게 각광받는 채소 가운데 하나이고, 특히 내한성이 강하여 노지와 시설하우스에서 연중 재배되고 있다(표, 1997; 농촌진흥청, 1996).

국내 재배면적은 1999년 6,568 ha, 2001년 7,884 ha, 2003년 6,625 ha로 일정면적 이상 유지해오고 있다(농림부, 2003. Jun, 2003).

시금치는 대부분 인력으로 산파하기 때문에 고르게 발아되지 않아 수작업으로 큰 것부터 골라 여러 번 수확해야 하고, 조직이 연약하여 시금치의 수확작업을 기계화하는데 어려움

이 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(농업기계화연구소, 2002. Jun, 2004).

일본에서는 Kobayashi(1998)에 의해 휴대형 시금치수확기가 개발되었다. 이 수확기의 작업능률은 인력의 60%이고 출하가능한 시금치가 75% 정도로 낮아 개선이 요구되었다. 또한 Yoshida 등(2000)은 1조씩 수확할 수 있는 벨트 협지식 시금치수확기를 개발하였다. 이 수확기는 4륜으로 두둑폭 1.5 m에 조간 150 mm, 주간 50 mm의 시금치를 주행속도 0.2 m/s에서 수확이 가능하였고 손상률은 25%이었다.

The article was submitted for publication in June 2005, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in August 2005. The authors are Hyeon-Jong Jun, Jong-Tae Hong, Yong Choi, Young-Keun Kim, KSAM member, Research Engineer, National Institute of Agricultural Engineering, Sang-Hun Kim, KSAM member, Professor, Division of Agricultural Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea. The corresponding author is H. J. Jun, Research Engineer, Division of Production Machinery Engineering, National Institute of Agricultural Engineering, 249, Seodun-dong, Kwonsun-ku, Suwon City, 441-100, Korea; Fax : +82-31-290-1900; E-mail : <hjjun@rda.go.kr>

그러나 우리나라에서는 수량성을 높이기 위해 시금치를 인력으로 산파하여 인력으로 수확하고 있기 때문에 일본에서 개발한 벨트 협지식 시금치수확기의 적용이 곤란하며, 특히 포복형 시금치의 경우 잎이 지면에 붙어있어 더욱 어려운 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구의 목적은 포복형 시금치를 광폭의 날로 뿌리를 절단함과 동시에 체인컨베이어로 이송하여 상자에 수집할 수 있는 포복형 시금치수확기를 개발하는데 있다.

2. 재료 및 방법

포복형 시금치 수확기를 개발하기 위해 토양 절단깊이, 날 형상, 날의 뿌리절단부하 및 시금치의 수집방법 등에 대한 구명이 필요하여 시험장치를 제작 후 요인시험을 수행하였다. 또한 요인시험결과를 기초로 시작기를 설계 제작하여 성능시험을 실시하였다.

가. 시험장치에 의한 시금치 절단 및 수집시험

1) 시험포장 및 작물

시험장소는 전남 신안군 비금면의 시금치 재배포장 이었다. 시험포장은 표 1에서와 같이 함수율이 18%인 사양토로 토양 경도는 지면으로부터 0 mm일 때 60 N/cm^2 , 50 mm 160 N/cm^2 , 100 mm 180 N/cm^2 , 150 mm 360 N/cm^2 이었다. 토양경도 측정은 그림 1과 같은 Spectrum Technologies사의 디지털 토양경도계를 이용하여 3반복으로 측정하였다. 시험작물은 표 2에서와 같이 재래종 시금치로 뿌리가 150~230 mm로 길며 잎의 직경 및 길이가 각각 180~250 mm, 130~240 mm이고 형상은 그림 2와 같이 잎이 지면에 붙는 포복형 시금치였다.

2) 날별 뿌리의 절단깊이 및 절단부하 측정장치

시금치뿌리 절단시험장치는 그림 3과 같이 상하로 이동하여 절단깊이를 임의로 조절하는 조절륜, 뿌리를 절단하는 날

및 구동장치로 구성하였다. 절단깊이는 시금치 절단시험장치를 수평상태에서 날과 조절륜까지 수직높이로 나타내었다. 또한 날의 절단부하를 측정하기 위해 그림 4와 같이 프레임

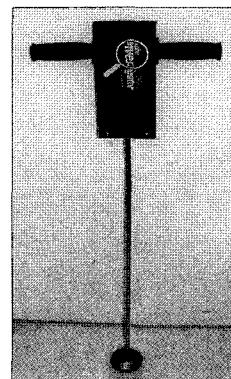


Fig. 1 Soil compaction meter.

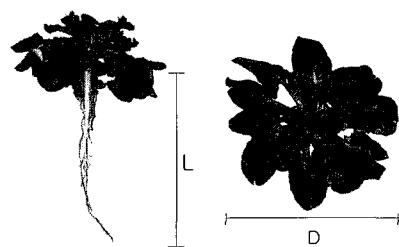


Fig. 2 Shape of crawled spinach.

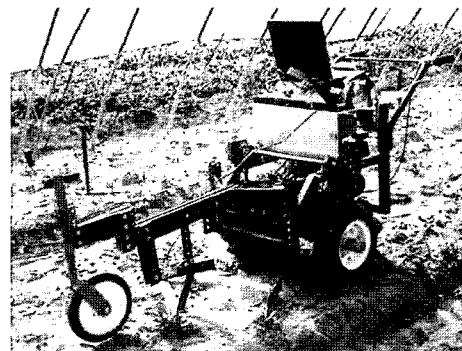


Fig. 3 View of root cutting test device.

Table 1 Characteristics of spinach field for the test

Soil classification	Water content (%), d.b.)	Soil hardness by depth (N/cm^2)			
		0 mm	50 mm	100 mm	150 mm
Silt loam	18	60	160	180	360

Table 2 Characteristics of spinach for the test

Species of spinach	Shape	Leaf length (mm)	Leaf diameter (D) (mm)	Root length (L) (mm)
Native species	Crawled type	130~240	180~250	150~230

과 날 사이에 4,900 N(500 kgf) 용량의 로드셀을 부착하였고 Iotech사의 DBK4 Amplifier 및 Dasylab 4.0 프로그램을 이용하여 데이터를 수집하였다. 그림 4에서와 같이 힌지와 날끝까지의 거리(a)는 382 mm, 힌지에서 로드셀까지 거리(b)는 185 mm이었다.

날의 종류는 그림 5와 같이 날의 내각을 기준으로 하였다. 시험수준은 날 4수준(90° , 120° , 150° , 180°), 절단깊이는 지면을 기준으로 6수준(20, 30, 40, 50, 60, 70 mm)으로 시험하였다. 또한 각 시험마다 절단된 시금치의 뿌리길이를 평균하였고, 날의 뿌리절단부하는 최대부하 일 때의 값을 식 (1)에 의해 산출하였다.

$$P = M \cdot b / a \quad (1)$$

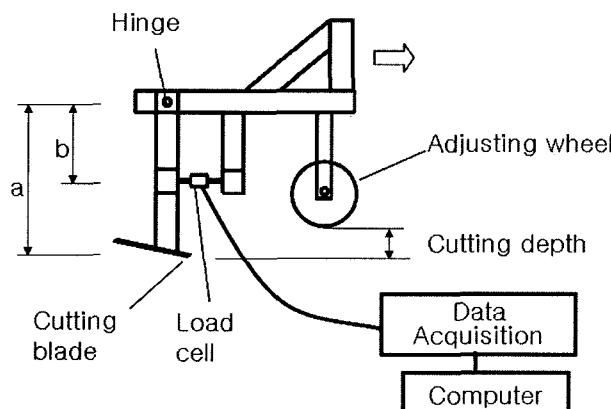


Fig. 4 Diagram of the measuring device for root cutting force of blade.

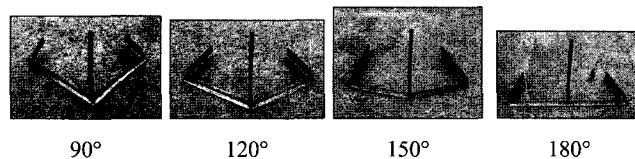


Fig. 5 Shapes of cutting blades for the test.

Table 3 Specifications of the cutting test device

	Items	Specifications
Blade	Length (mm)	660
	Width (mm)	40
	Thickness (mm)	8
	Oblique angle of blade edge ($^\circ$)	30
Wheel	Types of blades	90° , 120° , 150° , 180°
	Diameter (mm)	400
	Width (mm)	100
Gasoline Engine (PS/rpm)		5/1750

P : 날 부하의 수평분력 (N)

M : 로드셀 부하 (N)

a : 힌지축 중심에서 날끝까지 거리 (m)

b : 힌지에서 로드셀 연결지점까지 거리 (m)

3) 시금치 수집시험

뿌리가 절단 시금치의 수집시험장치는 그림 6과 같이 길이 60 mm의 러그가 부착된 체인컨베이어와 구동부로 이루어졌다. 체인컨베이어는 이송각도와 지면에서 체인컨베이어까지 높이를 각각 조절할 수 있다. 수집시험은 시금치뿌리 절단시험장치로 깊이 40 mm로 시금치를 절단한 것을 사용하였다. 시험수준은 시금치 수집시험장치의 주행속도 0.3 m/s일 때 체인컨베이어의 이송속도 2수준(0.25 m/s, 0.5 m/s), 이송각



Chain conveyor

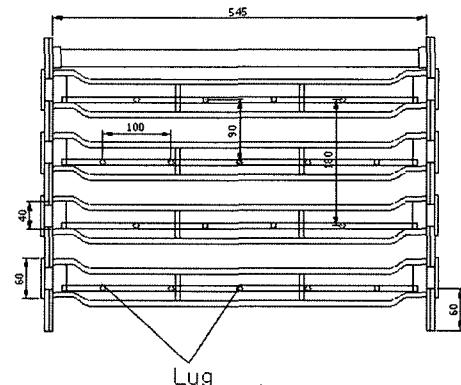


Fig. 6 View of spinach pick-up test device.

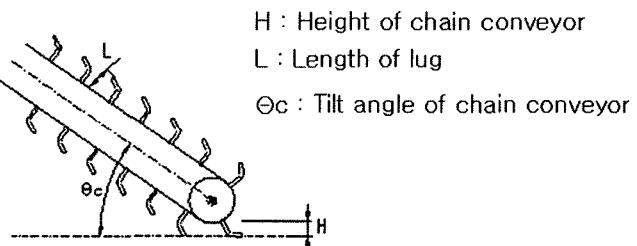


Fig. 7 Diagram of chain conveyor condition for pick-up test.

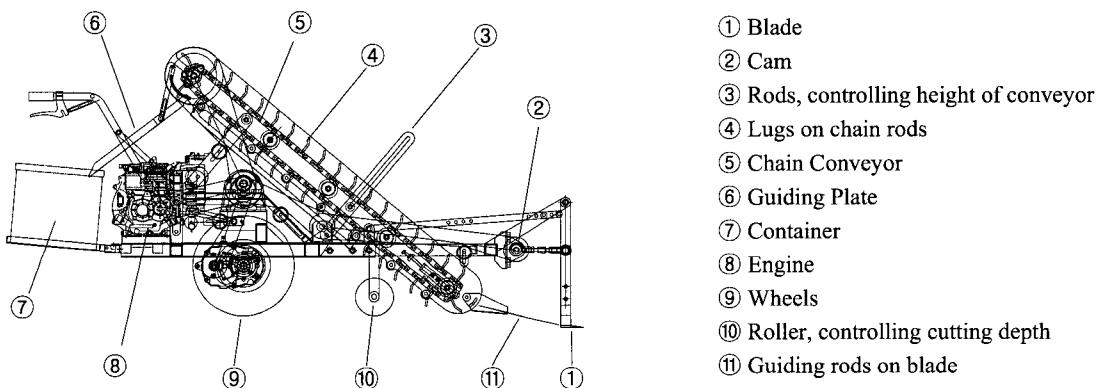
Table 4 Specifications of pick-up chain conveyor

Items	Specifications
Width (mm)	600
Chain space (mm)	40
Lug length (mm)	60
Lug space (mm)	100 × 90

도 2수준(24° , 32°) 및 그림 7에서와 같이 지면에서 체인컨베이어까지 높이(H) 2수준(30 mm, 50 mm)으로 각각 수행하였다. 체인컨베이어의 이송속도는 시험장치의 구조적 어려움으로 2수준에서 시험하였다. 표 4는 수집시험장치의 제원이다.

나. 시작기 설계 및 제작

시작기는 날의 뿌리절단부하를 감소시키기 위해 진동날과 절단된 시금치를 이송하는 체인컨베이어 및 주행과 동력을 전달하는 구동장치로 구성하였다. 진동날은 캠을 교체하여 진폭 0~32.5 mm까지 조절할 수 있고 진동날의 시금치 절단 폭은 차륜이 시금치를 밟지 않도록 800 mm로 설계하였다. 체인컨베이어는 폭 550 mm, 체인간격 40 mm이며 체인컨베이어에 부착된 러그는 길이 60 mm로 90 mm 간격으로 엇갈리게 배치하였고 이송각도는 $25\sim32^\circ$ 까지 조절된다. 또한 시금치가 수집 안내판에 이송되면 자동으로 상자에 수집되며, 시금치의 수집이 잘 되도록 날에 40 mm 간격으로 안내봉을 설치하고, 시금치 뿌리의 절단깊이 조절을 위해 체인컨베이어의 밑 부분에 프레임에 지지하여 절단깊이 조절륜을 설치하였다.

**Fig. 8** Schematic diagram of prototype spinach harvester.**Table 5** Specifications of prototype spinach harvester

Items		Specifications
Size of prototype (mm)		2,400 × 700 × 1,000 (L×W×H)
Oscillating blade	Length (mm)	800
	Width (mm)	40
	Thickness (mm)	8
	Oblique angle of blade edge ($^\circ$)	30
	Types of blades	150° , 180°
Pick-up chain conveyor	Width (mm)	550
	Chain space (mm)	40
	Lug length (mm)	60
	Lug space (mm)	90 × 80
	Tilt angle of chain conveyor ($^\circ$)	$25\sim32$
Wheel	Diameter (mm)	400
	Width (mm)	100
	Distance between wheels (mm)	500
Engine (Gas)	ps/rpm	5/1750

다. 시작기 진동날의 절단부하측정

1) 인공포장시험

시작기 진동날의 절단부하측정시험은 요인시험에서 구명한 150° 날과 180° 날에 대해 수행하였다. 따라서 시작기에 적합한 날을 구명하기 위해 그림 9에서와 같이 A형(150°)과 B형(180°)으로 날을 제작하였고, 표 6과 같이 힘수비가 18%인 양질 사토에서 토양경도는 지면으로부터 깊이 0 mm일 때 37 N/cm^2 , 50mm일 때 42 N/cm^2 , 100 mm일 때 30 N/cm^2 인 인공포장에서 시험하였다. 절단부하측정은 날 2수준(150° , 180°), 날 진폭 6수준($0\sim32.5 \text{ mm}$), 캠의 회전수 4수준($449\sim1123 \text{ rpm}$), 절단깊이는 2수준(40 mm , 80 mm)으로 진동날의 절단부하 감소가 뚜렷이 나타날 수 있도록 절단깊이 차이를 크게 하여 각각 시험하였다. 그림 10은 진동날의 절단부하를 측정하기 위한 시험장치 구조이다. 진동날의 토양에 대한 소

요부하를 측정하기 위해 캠과 날 사이에 $4,900 \text{ N}(500 \text{ kgf})$ 용량의 로드셀을 부착하였고, Iotech사의 DBK4 Amplifier 및 DasyLab 4.0 프로그램을 이용하여 데이터를 수집하였다. 진동날의 절단부하는 앞의 식 (1)에 의해 산출하였고, 시작기 구조를 고려하여 진동날에서 힌지와 날끝까지의 거리(a)는 515 mm, 힌지에서 로드셀까지 거리(b)는 190 mm 설정하였다. 그림 11은 시작기의 진동날 절단부하를 측정하는 광경이다.

2) 시금치포장시험

시작기의 시금치포장시험 장소는 전남 신안지역의 동일한 포복형 시금치포장에서 실시하였다. 시험포장은 표 7과 같이 힘수율이 17.5%인 사양토로 토양경도는 지면으로부터 깊이 0 mm 일 때 339 N/cm^2 , 50 mm일 때 290 N/cm^2 , 100 mm일 때 341 N/cm^2 이었다. 날은 인공포장시험 결과로부터 절단부

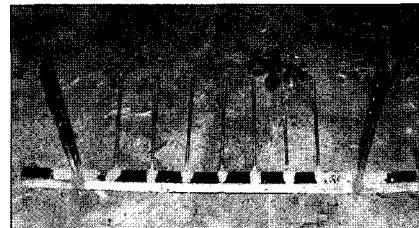
Blade type A (150°)Blade type B (180°)

Fig. 9 Shapes of two types of blades.

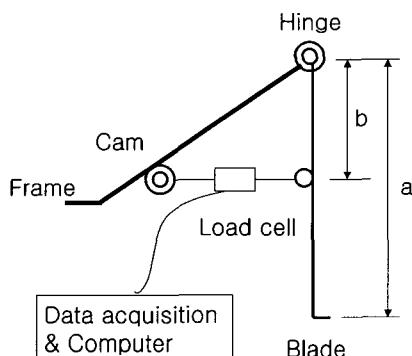


Fig. 10 Diagram of oscillating blade device.

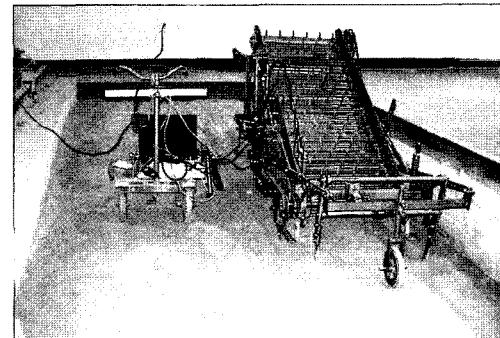


Fig. 11 View of prototype with oscillating blade device.

Table 6 Characteristics of artificial field for the test

Soil classification	Water content (%), d.b.)	Soil hardness by depth (N/cm^2)		
		0 mm	50 mm	100 mm
Loamy sand	18	37	42	30

Table 7 Characteristics of spinach field for the test

Soil classification	Water content (%), d.b.)	Soil hardness by depth (N/cm^2)		
		0 mm	50 mm	100 mm
Silt loam	17.5	339	290	341

하가 상대적으로 작은 A형(150°)날을 사용하였고 날의 진폭별 뿌리절단부하를 알기 위해 뿌리절단깊이 40 mm, 캠 회전수 748 rpm 일 때 날의 진폭을 6수준(0~32.5 mm)으로 시험하였다. 또한 진폭이 0 mm일 때는 날이 진동하지 않기 때문에 고정날과 같이 취급하였다.

라. 시작기 성능시험 및 경제성분석

시작기의 성능시험을 위한 시험포장은 표 6과 동일한 전남 신안지역의 시금치포장이며, 시험작물 또한 표 2에서와 같은 동일한 조건의 시금치를 이용하였다. 작업정도는 A형(150°)날, 뿌리절단깊이 40mm, 날의 진폭 16.5 mm, 캠 회전수 748 rpm, 지면에서 체인컨베이어의 높이 50 mm, 주행속도와 체인컨베이어 속도의 비 1 : 1.7인 조건에서 작업속도 2수준 (0.17 m/s 및 0.25 m/s)으로 시금치의 손실률 및 손상률을 조사하였다. 시작기의 성능시험은 작업속도 0.17 m/s일 때 작업능률을 측정하였고 시험 후 인력작업과 비교하여 경제성을 분석하였다.

$$\text{손실률}(\%) = \{(\text{미 수집시금치 무게} / (\text{미 수집 시금치 무게} + \text{수집된 시금치 무게})) \times 100\}$$

(단 직경 80 mm 이하 시금치는 상품성이 없어 손실에서 제외)

$$\text{손상률}(\%) = (\text{손상 시금치 무게} / \text{수집된 시금치 무게}) \times 100$$

(단 손상 시금치는 잎, 줄기가 절단된 것)

3. 결과 및 고찰

포복형 시금치의 기계수확을 위한 주요 요인인 날 종류, 시금치뿌리의 절단부하, 뿌리절단길이 및 시금치 수집방법 등을 구명하고자 시험장치를 제작하여 시험을 수행하였고, 그

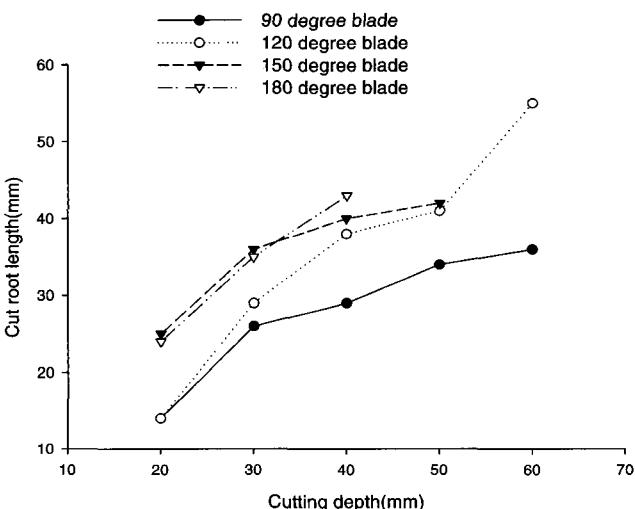


Fig. 12 Relationship between cut root length and cutting depth.

결과를 기초로 시작기를 제작하여 인공포장 및 시금치포장에서 날 종류, 진동조건 및 절단깊이별 날의 절단부하를 시험한 결과는 다음과 같다.

가. 시험장치에 의한 시금치 절단 및 수집시험

1) 날별 뿌리 절단길이 및 절단부하

날 종류별 절단깊이에 따른 뿌리절단길이는 그림 12에서와 같이 뿌리절단깊이 40 mm 이하에서 150° 와 180° 날에 의해 절단된 평균 뿌리길이는 90° 와 120° 날에 의해 절단된 길이 보다 크게 나타났다. 이러한 결과는 날의 내각이 작을수록 뿌리절단시 토양과 날의 절단각이 커져 날의 중앙부분은 절단 깊이보다 아래 부분을 절단하고 날의 양 끝부분은 절단깊이 보다 위 부분을 절단하기 때문이다.

날 종류 및 절단깊이별 절단부하는 그림 13에서와 같이 절단 깊이가 40 mm 일 때 90° 날에서는 863 N, 120° 날은 980 N, 150° 날은 1108 N, 180° 날은 1176 N 으로 날의 내각이 작을수록 절단부하가 작게 나타났다. 절단깊이는 90° 날에서 70 mm, 120° 날 60 mm, 150° 날 50 mm, 180° 날 40 mm 까지 절단이 가능하였다. 또한 지면이 불균일해도 손상이 없이 수확하기 위해서는 시금치 뿌리의 평균 절단길이가 절단깊이보다 같거나 커야하고, 평균 뿌리절단 길이가 최소한 30 mm 이상 되어야 한다. 절단깊이가 40mm 이상일 때는 흙덩이가 체인컨베이어의 체인 간격 40mm 보다 커져 흙분리가 안되는 문제점이 있었다. 따라서 그림 12의 결과로부터 평균 절단길이 30 mm 이상, 절단깊이 40 mm 이하에서 적합한 날은 150° 날과 180° 날 이었다.

2) 시금치 수집시험

뿌리절단장치에 의해 일정한 조건에서 절단된 포복형 시금

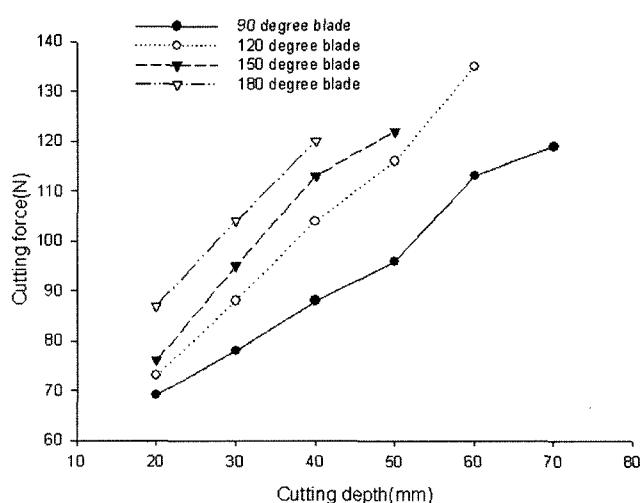


Fig. 13 Relationship between Root cutting force and cutting depth.

치의 수집시험 결과 표 8에서와 같이 주행속도와 체인컨베이어 속도비 1:1.7, 체인컨베이어 경사각 24°, 지면에서 체인컨베이어 높이 50 mm일 때 수집률이 95% 이상 이었다.

나. 시작기 진동날의 절단부하

시험장치에 의한 뿌리절단시험결과 뿌리절단정도는 평날

에 가까울수록 좋은 반면 절단부하는 크게 나타났다. 따라서 절단부하를 감소시키기 위해 진동날에 대해 시험한 결과는 다음과 같다.

1) 인공포장의 진동날 절단부하

인공포장에서 날 종류, 절단깊이, 진동조건별 날의 절단부

Table 8 Spinach picking-up and soil separating condition by moving velocity, tilt angle and height of chain conveyor

Velocity of chain conveyor (m/s)	Velocity ratio (conveyor/wheel)	Tilt angle of chain conveyor (°)	Height of chain conveyor from bottom (mm)	Spinach pick-up
0.25	0.83	24	30	III
			50	III
		32	30	III
			50	II
0.5	1.7	24	30	II
			50	I
		32	30	II
			50	II

*Spinach pick-up condition: Class I (95% or more), Class II (80~95%), Class III (below 80%)

*Working speed : 0.3 m/sec

Table 9 Cutting force according the oscillating condition and cutting depth

Amplitude of blade (mm)	Velocity of cam (rpm)	Cutting force of blades (N)			
		Depth 40 mm		Depth 80 mm	
		Blade A (150°)	Blade B (180°)	Blade A (150°)	Blade B (180°)
0	0	402	324	834	706
	449	216	196	520	392
	561	167	186	422	343
	748	147	167	363	343
	1123	78	108	265	245
11	449	147	177	304	304
	561	127	157	284	304
	748	127	147	265	294
	1123	118	118	245	235
	449	167	186	275	333
16.5	561	167	167	265	314
	748	157	157	235	314
	1123	137	147	216	275
	449	157	186	304	324
	561	157	167	275	294
21.5	748	157	147	245	343
	1123	98	147	196	265
	449	157	177	304	324
	561	157	157	275	363
	748	157	157	216	324
27	1123	118	157	235	324
	449	157	177	304	324
	561	157	157	275	363
	748	157	157	216	324
32.5	1123	118	157	235	324

하측정 결과 표 9 및 그림 14에서와 같이 절단깊이 40 mm와 80 mm에서 모두 A형(150°) 날이 B형(180°) 날보다 절단부하가 작았고, 진동조건별 절단부하는 두 종류의 날 모두 캠진동수 748 rpm 이하에서 날의 진폭이 16.5 mm일 때 절단부하가 급격히 작아졌으며, 날의 진폭이 16.5 mm 이상 증가해도 절단부하가 급격히 감소하지 않고 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 캠진동수 1123 rpm일 때는 날의 진폭이 11 mm에서 절단부하가 급격히 감소하였다. 이러한 결과는 캠 진동수가 많을수록 토양의 파쇄가 잘되어 절단부하가 작아지기 때문이다. 또한 절단깊이 40 mm, 진폭 16.5 mm일 때 캠의 회전수가 증가할수록 절단부하는 감소하였으나 748 rpm 이하에서 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서 시금치의 뿌리절단을 위한 절단깊이는 30~40 mm, 캠진동수 748 rpm 이하, 날 진폭 16.5 mm일 때 적합한 것으로 나타났고, A형(150°) 날이 B형

(180°) 날보다 상대적으로 절단부하가 적기 때문에 날은 180° 날보다 150° 날에 가까울수록 시금치의 뿌리절단에 유리한 것으로 판단되었다.

2) 시금치 포장의 진동날 절단부하

포복형 시금치 포장의 절단부하는 A형(150°) 날에 대하여 진폭별 날의 절단부하를 측정한 결과 표 10에서와 같이 날의 진폭이 클수록 절단부하는 작았으나, 진폭 16.5 mm 이상에서는 절단부하에 큰 차이를 보이지 않아 인공포장의 진동날 절단부하시험과 일치하는 결과를 나타냈다. 또한 고정날과 진동날의 절단부하 비교에서 날의 진폭이 16.5 mm일 때 진동날의 뿌리절단부하는 755 N이었고, 진폭 0 mm일 때인 고정날 상태의 절단부하는 1,393 N로 진동날이 고정날보다 뿌리절단부하를 46% 정도 감소시켰다. 이러한 결과는 진동날

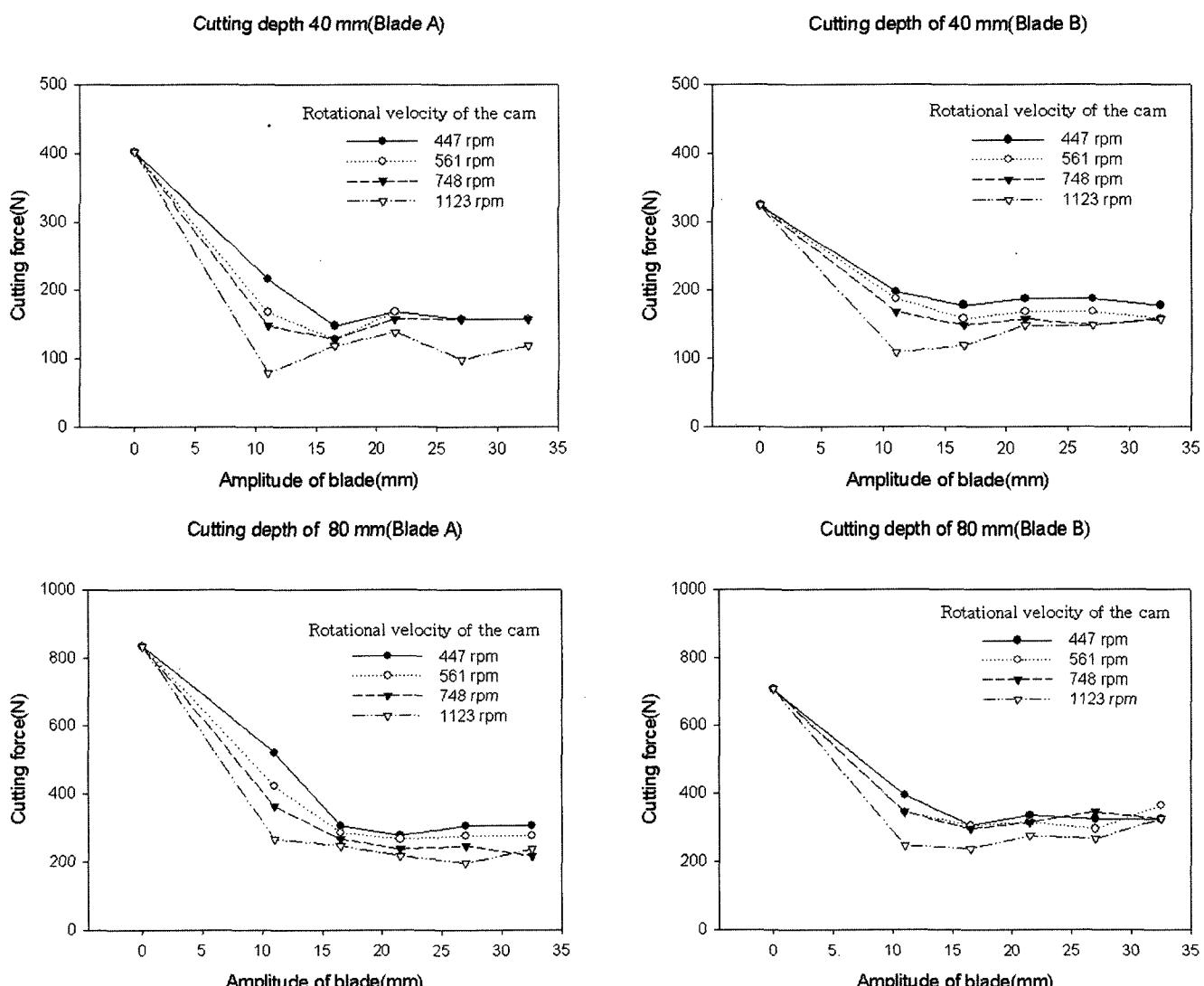


Fig. 14 Relationships of amplitude and cutting force of blades by rotational velocity of the cam.

이 토양을 미세하게 파쇄하기 때문에 날과 토양의 마찰이 줄어들었기 때문이다. 그럼 15는 날의 진폭과 절단부하 관계를 나타내고 있다.

Table 10 Cutting force of blade A by amplitude

Amplitude of blade (mm)	Cutting force (N)	Force ratio between amplitude and non-oscillation (%)
0	1393(A)	100
11	853(B)	61(B/A)
16.5	755(C)	54(C/A)
21.5	706(D)	51(D/A)
27	667(E)	48(E/A)
32.5	647(F)	46(F/A)

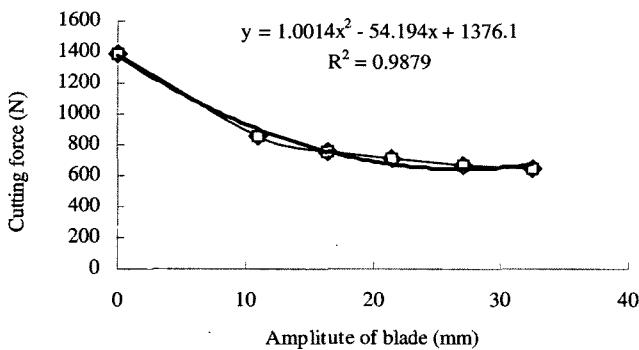


Fig. 15 Relationship of amplitude and cutting force of blade A at 748 rpm of the velocity of cam.

Table 11 Working conditions of prototype

Working speed (m/s)	Loss rate (%)	Damage rate (%)
0.17	0.7	0
0.25	1.2	0

Table 12 Economical analysis of the prototype (year 2002)

Items	Prototype	Manual
Purchase price (won)	4,900,000	-
Durable time (year)	8	-
Annual used time (hr/year)	120	-
Fixed cost (won/year)	Depreciation cost	612,500
	Repair cost	294,000
	Interest	122,500
	Sum	1,029,000
Fixed cost per hour (won/hr)	8,575	-
Variable cost (won/hr)	Fuel cost	646
	Labor cost	9,209
	Sum	9,855
Cost per hour (won/hr)	18,430	4,325
Working performance (hr/ha)	38	1,120
Total cost (won/ha)	700,330	4,844,000

다. 시작기 성능 및 경제성분석

시작기의 작업정도는 표 11과 같이 작업속도 0.17 m/s, 0.25 m/s일 때 손실률이 각각 0.7%, 1.2%이었고, 손상은 없었다. 시작기의 성능은 표 12와 같이 작업속도 0.17 m/s일 때 38 시간/ha로 관행(인력) 1,120 시간/ha에 비해 96% 노력절감 효과가 있다. 또한 경제성은 시작기의 소요비용이 700,330 원/ha으로 관행(인력) 4,844,000 원/ha에 비해 85% 절감할 수 있어 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

4. 요약 및 결론

포복형 시금치의 기계수화를 위한 주요 요인인 날 종류, 시금치뿌리 절단부하, 절단깊이 및 시금치 수집방법을 구명하고자 시험장치를 제작하여 시험을 수행하였고, 그 결과를 기초로 시작기를 제작하여 인공포장 및 실제 포장에서 진동조건, 절단깊이별 날의 절단부하를 시험한 결과는 다음과 같다.

- (1) 절단깊이는 시금치의 손상이 없는 30~40 mm일 때 적합한 것으로 판단되었고, 날은 뿌리의 절단정도가 좋은 150° 날과 180° 날이 적합한 것으로 평가되었다.
- (2) 수집시험장치에 의한 절단 시금치의 수집률은 주행속도와 체인컨베이어 속도비 1:1.7, 체인컨베이어 경사각 24°, 지면에서 체인컨베이어 높이 50 mm일 때 95% 이상 이었다.
- (3) 시작기의 인공포장에 대한 진동날 절단부하는 절단깊이 30~40 mm, 캠 진동수 748 rpm 이하, 날 진폭 16.5 mm 일 때 적정 조건이었고, 150° 날에 가까운 형상이 절단부

하가 적은 것으로 판단되었다.

- (4) 시금치 포장에서 진동날 A형(150°), 날의 진폭 16.5 mm 일 때 절단부하는 755 N이었고 고정날 상태의 절단부하는 1,393 N로 진동날이 고정날보다 뿌리절단부하를 46% 감소시켰다.
- (5) 시작기 작업정도는 작업속도 0.17 m/s, 0.25 m/s일 때 손 실률이 각각 0.7%, 1.2%이었고, 손상은 없었다. 작업성능은 작업속도 0.17 m/s일 때 38 시간/ha로 관행(인력) 1,120 시간/ha에 비해 96% 노력절감 효과가 있다. 또한 경제성분석 결과 시작기의 소요비용은 700,330 원/ha으로 관행(인력) 4,844,000 원/ha에 비해 85% 절감할 수 있어 경제성이 높은 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 농업기계화연구소. 2002. 2002 농업기계화 시험연구보고서. - 시금치수확기 개발 -. pp. 264-283.
2. 농촌진흥청. 1996. 표준영농교본 채소재배. pp. 205-212.
3. 표현구, 최정일, 이경희. 1997. 채소원예각론. pp. 348-349
4. Jun, H. J. Choi, Y. Kim, Y. K. and Hong, J. T. 2003. Proceedings of the KSAM 2003 Summer Conference. 8(2): 193-198. (In Korean)
5. Jun, H. J. Hong, J. T. Choi, Y. and Kim, Y. K. 2004. Development of chain conveyor-type spinach harvester. Journal of Agricultural and Biosystems Engineering (ABE). 5(2):40-44.
6. Kobayashi, Y. 1998. Development of simplified spinach harvester (Part 1) - Trial manufacture of portable harvester and problems to improve -. The journal of Japanese society of agricultural machinery. 60(2):103-110. (In Japanese)
7. Yoshida, T. Kubota, J. and Maeoka, K. 2000. Development of harvesting Technology for spinach (Part 1) - Development of prototype harvester and its performance -. The journal of Japanese society of agricultural machinery. 62(3):149-156. (In Japanese)