

구기자 수확의 기계화에 관한 기초 연구

Mechanical harvesting of *Lycium chinense* Mill

서정덕* 허윤근* 이상우*

정희원 정희원 정희원

J. D. So Y. K. Huh S. W. Lee

1. 서 론

구기자(*Lycium Chinense* MILL)는 가지과에 속하는 높이 1m 내외의 낙엽성 관목으로써 주로 열매를 한약재나 건강음료로 이용하며 또한 잎이나 뿌리도 약재로 이용된다. 구기자는 중국과 한국에서 많이 재배되며 한국에서는 충남 청양, 전남 진도가 주된 재배단지이다. 구기자의 꽃은 6월부터 개화가 시작되어 8월부터 11월 사이에 5번 내지 7차례 수확하며 열매가 익으면서 꽃도 피는 무한화서를 이룬다. 구기자 열매는 줄기의 눈에서 4-10개의 열매가 순차적으로 익고, 구기자 가지에서 익은 상향, 열매는 하향을 취하고 있다(청양 구기자 시험장, 1997).

전국의 구기자 생산량은 1986년도에 1.6 ton/ha 이었으며 1996년도에는 2.5 ton/ha로 증가하였다. 이는 과거 10년 동안에 재배면적과 생산량이 각각 약 4배와 5배로 증가하는 현상을 나타내었다 (이봉춘 외 4인, 1994) 하지만 구기자 재배과정에서 소요되는 노동력의 84% 이상이 수확작업에 소요되며 또한 인력에 의한 수확작업의 한계성으로 인하여 개별 농가의 재배면적이 약 10a 정도의 수준에 지나지 않는다 (송전의 외 2인, 1993). 따라서 수확작업의 기계화는 생산원가를 낮추는 동시에 농가소득을 높이는 효과를 가져와 재배농가의 안정적 수입원으로써 구기자의 안정적 재배를 위해서는 반드시 해결해야할 과제이다. 현재 구기자의 품종개량 및 재배기술은 많은 연구가 이루어져 있으나 수확작업의 기계화에 필요한 연구나 그에 관한 기초 조사가 미비한 실정이다.

구미 여러 나라에서는 1960년대부터 노동생산성 향상을 위한 곡물, 과일, 야채 등의 기계적 수확기 개발에 대한 연구활동이 활발하게 진행되어 왔으며 이러한 결과로 많은 종류의 수확기 등이 농가에 보급되어있다(Wang, 1965; Soule, 1966; Monroe and Levin, 1966; Rehkugler et al., 1969; Markwardt et al., 1964). 또한 작업기계 혹은 자동 수확기 개발에 필수적인 곡물, 과일, 야채 등에 관한 역학적 또는 물리적 특성에 관한 연구가 선행되어 이를 기초로 하여 밀, 옥수수 등의 곡물과 사과, Cherry 등의 과일, 그리고 토마토, 양배추 등

=====

* 충남대학교 농과대학 농업기계공학과

의 채소의 수확작업의 기계화가 이루어졌다 (Tennes et al, 1969; Quick, 1971; Ruff and Holmes, 1976; Ruff et al., 1980; Stafford and Diener, 1973; Kondo et al., 1996; Edan and Miles, 1993; Baerdemaeker and Segerlind, 1974; Nyborg and Coulthard, 1969; Coppock et al., 1969)

국내에서는 최근에 과일, 야채 등을 기계적 혹은 자동으로 수확하기 위해 수확작업의 기계화에 대한 연구개발이 활발하게 진행되고 있어 발작물의 재배 및 수확작업의 기계화가 실현될 수 있을 것으로 전망된다 (윤진하, 1996).

본 연구는 구기자 수확기 개발을 위한 기초연구로써 구기자의 품종별 생육 및 열매 특성을 조사하였으며 구기자의 특성의 하나인 무한화서를 고려하여 품종별 성숙과와 미숙과의 탈립력을 조사하였다. 또한 초기 실험으로써 관행 및 수확기구 및 기계 등을 이용하여 수확능률을 관찰함으로써 수확기 개발의 방향을 모색하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험은 구기자줄기의 길이 및 직경, 주당 줄기수 및 분지수 등 재배학적 특성과 및 열매의 과장과 과경, 열매의 무게, 착과수 및 수량 등 열매의 물리적 특성, 탈립력을 측정하고, 그리고 수확기구 및 기계 등을 이용하여 수확방법의 방향을 조사하기 위하여 아래와 같은 시료와 기계 등을 사용하였다.

가. 시료

구기자의 생육 및 열매 특성을 연구하기 위해 사용한 시료는 1997년도에 청양 구기자 시험장에서 재배되었던 12 가지의 구기자 품종(청양재래, 진부재래, 진도재래, 금산재래, 해남재래, 유성1호, 유성2호, 중국1호, 중국2호, 영하, 일본1호, 청양구기자)을 사용하였다.

또한, 수확기구 및 기계 등의 수확능률을 시험하기 위해 청양 구기자 시험장에서 수확 작업의 비교 실험을 위해 일반형으로 재배한 청양1호를 시료로 사용하였다. 이는 경장을 90cm하여 1열 및 2열씩 외대 재배한 것과 경장을 120cm로 하여 1열 및 2열씩 외대 재배한 시료로 적심을 3번 실시한 것이다. 실험 조사 시기는 구기자 수확 시기중 9월과 11월을 택하였다.

나. Hand dynamometer

구기자의 완숙과와 미숙과의 탈립력(구기자 열매를 구기자 꽃받기에서 탈립시키는데 필요한 힘)을 조사하기 위하여 hand dynamometer(L200, Daehwa)를 사용하였다. 탈립력 실험은 포장에서 구기자 열매가 나뭇가지에 매달린 상태에서 hand dynamometer의 고리를 열매에 걸어 수직 하방향으로 당기면서 열매가 꽃받기에서 탈립될때까지의 힘을 측정하여 실시

하였다.

다. 수확기구 및 수확기

본 연구에 사용된 수확방법은 관행 및 수확기구 및 기계는 모두 6가지로써 아래와 같다.

(1) 관행. 현재 재배농가에서 실시되는 관행 수확 작업 방법으로 여러 노동자가 각 고랑에 앉아 직접 완숙과와 미숙과를 육안으로 구분하여 손으로 직접 수확하여 용기에 담는 방법이다. 이 관행 수확 작업의 결과는 본 연구에서 각기 수확기구 및 수확기계의 실험 분석 결과를 비교 분석하는 기준으로 사용하였다.

(2) 켄-빗살 혼합형. 빗살은 플라스틱 제품으로 일직선의 빗을 타원형으로 구부린 것에 다 용기를 손잡이 끝 부분에 매달아 작업을 하면서 수확된 열매가 용기 내에 떨어지도록 고안한 것이다. 이는 빗살을 가지와 직각이 되도록 한 후 가지 끝 방향으로 진행을 하면서 열매가 빗살 사이에 걸려 떨어지게 한 형태이다.

(3) 장갑-깎대기 혼합형. 얇은 면장갑에 수확한 구기자를 담은 큰형 깎대기와 작은 망사 주머니를 부착시킨 형태의 것으로 수확한 열매를 용기에 담는 과정이 생략되는 방법이다.

(4) 명석형. 고랑과 구기자나무 밑에 포장을 깔아놓고 손으로 수확한 구기자를 용기에 담지 않고 포장으로 떨어뜨려 놓고 수확 후 포장을 걷어가면서 용기에 담는 수확 형태이다.

(5) 흡입형. Fan motor가 4개 장착된 대형 진공 흡입기(FA540CSA, FLOOR)를 이용하여 흡입 노즐의 단면적을 950, 750, 380 및 280mm²로 제작하여 흡입 정도를 관찰한 후 흡입 정도가 가장 양호한 단면적이 380mm²인 흡입노즐을 이용하여 수확 정도를 포장에서 실험 측정하였다.

(6) 진동형. Jig saw (KS632E, Black & Decker)을 이용하였으며 구기자 가지에 진동을 주기 위하여 end rod를 제작하여 진동자로 사용하였으며 이는 진동할 때 구기자 가지와 end rod 사이의 접촉을 양호하기 위하여 고안된 것이다. Jig saw의 진폭과 진동수는 각각 2.5cm 와 3200spm으로 하였다. 위의 Jig saw의 진폭은 고정되었으며 진동수는 Jig saw의 최대치로써, 본 실험에서는 진동수를 변화시키면서 실험한 결과 가장 수확 능력이 양호한 위의 진동수를 선택하였다.

라. 측정 항목

(1) 구기자의 생육 및 열매특성

A. 줄기특성

품종별 구기자의 줄기 길이(경장) 및 직경, 주당 줄기수 및 분지수 등을 조사하였다. 이는 구기자의 생육 정지기에 품종별로 20주를 무작위로 추출하여 버어니어 캘리퍼스로 측

정한 후 평균값으로 산출하였다. 분지수는 1차와 2차 적심을 한 후에 조사하였다.

B. 엽면적

구기자의 엽면적은 구기자 품종별 20주를 선택한 후 각 주에서 20개의 엽을 채취한 후 엽면적측정기(모델 LI-3100, LI-COR, Inc)를 사용하여 측정한 다음 평균값으로 산출하였다.

C. 열매특성

구기자 열매의 과장(mm), 과경(mm), 구형율(Sphericity) 및 100과중(100 fruit mass, g)등을 품종별로 측정하였다. 이와 같은 열매의 특성은 품종별로 포장에서 20주씩 선택한 후 각주에서 수확 시에 20개의 열매를 채취하여 버어니어 캘리퍼스로 측정한 후 평균값으로 산출하였다. 구형율(Sphericity)은 기하학적 평균직경(Geometric Mean Diameter)을 장경(Major Diameter)으로 나눈 값을 사용하였다(Mohsen, 1970). 기하학적 평균 직경은 (과장 X 과경 X 과폭)^{1/3}으로 계산하며 구기자열매에 있어서 과경과 과폭은 동일한 것으로 가정하였다. 100과중(g)은 열매 100개의 무게로 환산한 값을 나타낸다. 또한 100과중을 생중(g)과 건중(g)으로 표기하였으며 생중(g)은 수확후의 무게를 나타낸 것이며 건중(g)은 수확한 구기자를 오븐 건조시킨 후에 무게를 측정한 것이다. 착과수는 주당 연간 산출량을 품종별로 조사한 것이다. 수량(kg/10a)은 품종별 20주에서 연간 생산된 양을 주당 평균값으로 환산한 후 주당 재배간격 (120cm X 40cm)을 고려한 환산 면적 10a에 적용하여 산출한 값이다.

(2) 탈립력

구기자의 품종별 탈립력(N) 측정 실험은 포장에서 무작위로 선정한 30개의 시료를 사용하여 1997년 11월에 실시하였다. 시료를 채취하여 실험실에서 탈립력을 측정 할 경우 채취 후의 시간 경과 및 충격으로 인한 탈립력 손상이 일어나 이를 방지할 목적으로 포장에서 직접 실시하였다. 탈립력은 구기자 열매를 hand dynamometer을 이용하여 당기면서 열매가 꽃받이에서 떨어 질 때의 힘을 읽어 측정하였다. 이 때 구기자 열매가 수직으로 매달려 있기 때문에 열매의 무게도 탈립력에 포함되어있다.

(3) 수확률

구기자 수확기의 수확능률은 전체 탈립된 구기자열매를 성숙과중(g/hr)과 미숙과중(g/hr)으로 구분한 후 관행(수작업)으로 수확한 성숙과중의 수확률을 100%로 하였을 때의 비율(%)로 표시하였다. 작업 시간은 동일하게 모든 관행(수작업) 및 수확기구 및 기계의 수확 작업 시간을 15분으로 하였다.

(3) 소요 노동력

관행 및 진동형 구기자 수확에 필요한 소요 노동력은 1인당 15분간의 작업면적을 환산하여 소요시간(hr/10a), 소요인원(명/10a), 인건비(만원/10a) 및 소득증가액(만원/10a) 등을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 줄기 및 엽의 특성

품종별 구기자 열매의 경장(cm), 줄기의 직경(mm), 줄기수(ea/plant), 분지수(ea/plant) 및 엽면적(cm²)을 표1에 나타내었다. 구기자 전 품종의 평균 경장 및 줄기 직경은 각각 113.5cm와 9.5mm로 관찰되었으며, 평균 줄기수는 5개, 평균 분지수는 1차 및 2차 적심 후 각각 30개와 61개로 관찰되었다. 본 실험에서 사용한 품종 중 경장과 줄기 직경이 가장 큰 반면 줄기수가 가장 적은 것은 중국1호로 관찰되었으며 줄기수가 가장 많은 것은 유성2호로 관찰되었다. 분지수(ea/plant)는 유성2호가 1차 적심 후 40개로써 가장 많은 것으로 관찰되었으며 2차 적심 후에는 일본1호가 76.3개로써 가장 많이 관찰되었다. 구기자의 엽면적은 품종별로 다소 차이가 나타났으며 그중 유성2호가 엽면적(30.4 cm²)이 가장 넓은 것으로 관찰되었다.

Table 1. Physical characteristics of stems, branches, and leaves of the *Lycium chinense* Mill.

Species	Stem		No. of stems (ea/plant)	No. of branches (ea/plant)		Area of leaf (cm ²)
	Length (cm)	diameter (mm)		1st	2nd	
Chongyangjaerae	101	8.1	5.3	30.8	43.3	22.0
Jinbujaerae	107	8.6	4.6	29.1	57.5	23.6
Jindojaerae	110	8.9	5.6	37.5	69.0	27.0
Keumsanjaerae	110	10.5	4.7	31.1	66.5	28.9
Hanamjaerae	109	10.1	5.1	37.4	72.8	22.9
Yousung1ho	115	10.1	5.5	36.4	79.9	29.6
Yousung2ho	119	9.5	7.2	39.9	64.2	30.4
Joongkuk1ho	133	11.3	4.5	30.9	52.8	26.6
Joongkuk2ho	119	9.7	4.9	34.7	75.0	24.2
Youngha	122	9.3	6.6	40.0	58.6	17.6
Ilbon1ho	94	7.9	6.6	34.3	76.3	17.4
Chongyangkukija	123	10.0	5.6	37.9	75.2	24.9
Mean	113.5	9.5	5.1	30.1	61.0	24.6

Table 2. Physical characteristics of the fruits of the *Lycium chinense* Mill

Species	Fruit		Sphericity	100 fruit mass (g)		No. of fruits (ea/plant)	Amount of harvest (kg/10a)	
	Length (mm)	Diameter (mm)		Wet	Dry		Wet	Dry
Chongyangjaerae	15.3	8.2	0.64	31.5	11.9	995	402	152
Jinbujaerae	15.9	8.3	0.63	32.1	12.3	966	467	179
Jindojaerae	14.3	8.6	0.70	25.2	11.7	890	262	122
Keumsanjaerae	16.2	9.2	0.70	36.8	14.7	1173	489	195
Hanamjaerae	15.2	8.3	0.65	28.5	12.1	1112	564	239
Yousung1ho	12.4	7.1	0.67	20.9	10.6	823	445	226
Yousung2ho	14.5	9.5	0.74	35.0	14.2	1623	697	283
Joongkuk1ho	10.4	7.0	0.75	38.8	10.1	752	384	100
Joongkuk2ho	12.8	8.8	0.76	28.1	12.3	720	323	141
Youngha	13.0	7.7	0.70	19.2	10.8	655	199	112
Ilbon1ho	12.8	8.8	0.76	23.5	10.4	845	210	93
Chongyangkukija	13.5	8.6	0.72	32.0	13.8	1414	664	286
Mean	13.8	8.3	0.7	34.7	12.1	997.3	425.5	177.3

나. 구기자 열매특성

품종별 구기자의 과장(mm), 과경(mm), 구형율(Sphericity) 및 100과중(g)을 표2에 나타내었다. 구기자 전체시료의 평균 과장과 과경은 각각 약 14mm 와 8mm로 관찰되었으며 100과중의 생중 및 건중의 평균은 각각 29g과 12g으로 관찰되었다. 구기자 열매의 구형율은 평균 0.7이며, 전 품종에 있어서 구형율의 범위는 0.63에서 0.76으로 관찰되었다. 또한 주당 평균 착과수는 997개로 관찰되었다.

여러 품종 중 중국1호가 과장 및 과경, 또한 100과중(생중)이 가장 많은 것으로 관찰되었으나 100과중의 건중(g)은 가장 낮은 품종으로 관찰되었다. 한편, 100과중 건중의 무게가 가장 많은 품종은 금산재래로써 14.7g을 나타내었다. 품종별 주당 착과수는 유성2호, 청양구기자, 금산재래 순으로 많이 나타났으며 영하 품종이 가장 낮은 값으로 나타났다.

전체 시료의 연간 평균 수량(kg/10a)은 생중과 건중 각각 426(kg/10a)과 177(kg/10a)으로 조사되었으며 품종별 생중 수량은 유성2호(697 kg/100a), 청양구기자(664 kg/100a) 순으로 많이 관찰되었으며 건중은 청양구기자(286 kg/100a), 유성2호(283 kg/100a) 순으로 많이 관찰되었다.

다. 탈립력

표3은 품종별 성숙과와 미숙과의 평균 탈립력을 나타낸 것이다. 성숙과와 미숙과의 전 품종 평균 탈립력은 각각 1.00N과 2.70N으로서 미숙과의 탈립력이 2.7배 높은 것으로 나타

났다. 품종별로 성숙과의 경우 탈립력이 가장 높은 것은 유성1호로 탈립력이 1.37N으로 관찰되었으며 가장 적게 나타난 것은 중국1호로 0.67N이 관찰되었다. 미숙과의 탈립력은 청양구기자의 3.02N이 가장 크게 관찰되었으며 영하의 2.06N이 가장 작게 관찰되었다.

외대 재배한 청양1호의 탈립력은 표4에 나타난 바와 같이 9월과 11월에 측정된 완숙과의 평균 탈립력은 각각 1.054N 및 1.047N으로 조사되었으며, 미숙과의 평균 탈립력은 각각 2.461N 및 2.299N으로 조사되었다. 이는 미숙과의 탈립력이 완숙과 보다 두 실험 시기 모두 약 2.2배 많은 것으로써 완숙과와 미숙과의 탈립력이 현격한 차이를 나타냈다. 또한, 구기자 열매의 탈립력은 완숙과와 미숙과 모두 11월에 실험 조사한 값이 9월에 실험한 값보다 조금 낮게 나타났다.

Table 3. Fruit retention force of the *Lycium chinense* Mill in each species (N).

	Retention force(N)					
	Matured			Undeveloped		
	Average	Min	Max	Average	Min	Max
Chongyangjaerae	1.019	0.686	1.568	2.842	1.960	3.332
Jinbujaerae	1.274	0.686	1.960	2.979	2.156	3.626
Jindojaerae	1.166	0.784	1.568	2.323	1.470	3.430
Keumsanjaerae	1.117	0.686	1.666	2.871	1.960	3.724
Hanamjaerae	0.843	0.490	1.176	2.489	1.470	3.626
Yousung1ho	1.372	1.078	2.058	2.901	2.450	3.626
Yousung2ho	1.019	0.588	1.470	2.871	1.960	3.626
Joongkuk1ho	0.666	0.392	1.078	2.421	1.470	3.626
Joongkuk2ho	1.000	0.490	1.764	2.568	2.058	3.626
Youngha	0.676	0.392	0.980	2.058	1.274	2.940
Ilbon1ho	0.882	0.490	1.274	2.695	2.156	3.136
Chongyangkukija	1.000	0.686	1.176	3.018	2.058	3.724
Mean	1.0025	0.6211	1.4781	2.6696	1.8701	3.5035

Table 4. Fruit retention force of the *Lycium chinense* Mill, Cheongyang1ho, (N).

	Fruit retention force (N)					
	September			November		
	Avg.	Max.	Min.	Avg.	Max.	Min.
Matured	1.054	1.274	0.784	1.047	1.666	0.686
Undeveloped	2.461	3.528	1.764	2.299	3.087	1.372

라. 수확능률

표5는 관행 및 각 수확 기구 및 기계들의 수확능률(%)을 나타낸 것으로 관행(수작업) 수확능률을 100% 기준으로 각 수확 기구 및 기계들의 수확능률을 표기하였다. 진동형 및 흡입형의 수확능률은 관행보다 각각 3.8배 및 1.4배의 수확능률을 나타내었으며, 또한 다른 수확 기구들의 수확능력보다 높게 나타났다. 한편, 전체 수확량 중 이물질(구기엽, 부러진 잔가지, 마른 잔가지 등) 포함량은 진동형에서 30%로써 가장 많이 나타났으나 미숙과는 전혀 포함하고 있지 않았다. 이는 구기자 진동 탈립시 진동자의 횡방향 이동에 의한 충격으로 구기엽과 잔가지가 굴절되어 탈락하는데 원인이 있는 것으로 판단된다. 흡입형은 전체 수확량 중 미숙과 및 이물질을 각각 4.5% 및 26.6%를 포함하고 있었으며 이는 완숙과와 미숙과의 탈립력보다 흡입력이 강해 완숙과와 미숙과를 선별해서 흡입할 수 흡입력 선택기준이 선행 되어야하는 것으로 판단된다. 또한, 흡입형은 수집 과정에서 흡입 호스 내에서의 마찰과 수집 탱크 내에서의 충격으로 인하여 구기자 열매가 파열되는 문제점이 발견됐다. 한편 수확 기구(캔-빗살형, 장갑-갈대기형)들의 수확 능률은 관행 수확작업에 비해 낮은 것으로 나타났는데 이는 구기자 성숙과, 미숙과, 구기엽 및 잔가지가 마다마다 집중되어있어 갈퀴작용에 의한 수확 작업을 방해하며, 분지가 밀집된 상태에서 내부 및 하부의 수확을 위한 수확기구의 원활한 출입이 어려운데 원인이 있는 것으로 판단된다.

표6은 재배면적 10a당 구기자 수확 시 산출한 소요시간, 소요인원, 인건비 등을 관행과 진동형 수확 방법을 분석 비교 한 것이다. 재배면적 10a당 작업 소요시간을 비교하였을 때 진동형은 관행보다 약 3.8배 감소한 것으로 나타났다. 이는 진동형이 관행과 비교하여 하루인건비를 3만원(97년도)으로 했을 때 연간 240만원의 인건비를 절약할 수 있는 것으로 나타났다.

Table 5. Harvesting capacity of harvesting equipments and machines of *Lycium chinense* Mill (Cheongyang 1 Ho).

Harvesting method	matured		undeveloped		foreign materials		Harvesting capacity (%)
	(g/hr)	(%)	(g/hr)	(%)	(g/hr)	(%)	
Current (Manual)	2142	99.7	-	-	6	0.3	100
Can-comb mixed	1218	84.0	102	6.0	156	10.0	57
Glove-funnel mixed	1674	98.6	-	-	24	1.4	78
Mat type	2292	91.0	-	-	228	9.0	107
Pneumatic suction	3042	68.9	198	4.5	1176	26.6	142
Vibration	8184	70.0	-	-	5840	30.0	382

Table 6. Required labor in *Lycium chinense* Mill harvesting.

	Required time (hr/10a)	Required labor (person/10a)	Labor expense (₩10,000/10a)	Increased profit (₩10,000/10a)
Current (manual)	1307	163	326	-
Vibration	344	43	86	240

4. 결론 및 요약

본 실험에서 실시한 구기자의 생육과 열매특성, 그리고 수확기구 및 기계 등을 이용한 수확능률들을 실험 분석한 결과는 아래와 같다.

가. 구기자의 경장과 줄기 직경은 각각 113.5cm와 9.5mm로 관찰되었으며 주당 평균 줄기 수는 5개로 관찰되었다

나. 구기자 열매의 평균 과장과 과경은 13.8mm와 8.3mm로 관찰되었으며 평균 구형율은 0.7로 조사되었다.

다. 미숙과와 완숙과의 탈립력은 품종 전반에 있어서 미숙과가 완숙과보다 약 2.7배 높은 것으로 나타났으며 이는 기계식 방법을 이용한 구기자 수확기를 개발 할 경우 하나의 중요한 요인으로 간주될 것으로 판단되나 앞으로 수확시기, 재배 방법 의한 탈립력에 대한 연구가 필요하다 판단된다.

라. 수확기구를 사용한 수확 능률은 관행보다 낮거나(켄-빗살형, 장잡-갈대기형) 거의 비슷한(멍석형)것으로 나타났다.

마. 수확기계(흡입형 및 진동형)의 수확 능률은 관행보다 높게 나타났으며, 특히 진동형은 수확 능률이 관행보다 약 3.8배 높은 것으로 나타났다.

바. 진동형 수확 방법은 전체 수확량 중 30%의 이물질들을 포함하고 있어 생산물을 상품으로 가공할 경우 이를 제거하여야하는 문제점을 갖고 있다.

사. 본 실험에서 실시한 구기자 수확 방법 중 진동형이 가장 높은 수확 능률을 보였으며 이 방법을 작물 특성에 맞고 농가에서 간편하고 쉽게 사용할 수 있도록 좀더 개발한다면 구기자 재배 농가에서 가장 많은 노동력을 필요로 하며 구기자 생산 원가에 가장 많은 영향을 미치는 수확 작업이 간소화 될 것으로 기대된다.

5. 참고문헌

1. 송전희, 권경학, 한규홍. 1993. 구기자의 합리적 경영규모에 관한 연구. 충청남도 농촌진흥원, 청양 구기자 시험장. 청양, 충남.
2. 윤진하. 1996. 원예생산의 기계화. Horticulture World 1 (4): 9-11.
3. 이봉춘, 서관석, 조임식, 백승우, 노재관. 1994. 청양지방의 구기자 (*Lycium chinense* Mill) 재배현황. J. Oriental Bot. Res 7 (1): 23-28.

4. 청양 구기자 시험장. 1997. 구기자 품종의 생육 특성 및 수량성.
5. Coppock, G. E., S. L. Hedden, and D. H. Lenker. 1969. Biological Properties of Citrus Fruit Related to Mechanical Harvesting. Transactions of the ASAE:561-563.
6. De Baerdemaeker, J. and L. J. Segerlind. 1974. Aerodynamic Properties of Strawberries. Transactions of the ASAE:729-732.
7. Edan, Y. and G. E. Miles. 1993. Design of an Agricultural Robot for Harvesting Melons. Transactions of the ASAE 36(2):593-603.
8. Kondo, H., Y. Nishitsuji, P. P. Ling, and K. C. Ting. 1996. Visual Feedback Guided Robotic Cherry Tomato Harvesting. Transactions of the ASAE39(6):2331-2338.
9. Markwardt, E. D., R. W. Guest, J. C. Cain, and R. L. LaBelle. 1964. Mechanical Cherry Harvesting. Transactions of the ASAE:70-74, 84.
10. Mohsenin, N. N. 1970. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
11. Monroe, G. E. and J. H. Levin. 1966. Mechanical Harvesting of Cuttivaful Blueberries. Transactions of the ASAE:4-5.
12. Nyborg, E. O. and T. L. Coulthard. 1969. Design Parameters for Mechanical Raspberry Harvesters. Transactions of the ASAE:573-576.
13. Quick, G. R. 1971. New Approach to Strawberry Harvesting Using Vibration and Air. Transactions of the ASAE:1180-1183.
14. Rehkugler, G. E., E. S. Shepardson, and J. G. Pollock. 1969. Development of a Cabbage Harvester. Transactions of the ASAE:153-156.
15. Ruff, J. H. and R. G. Holmes. 1976. Factors Affecting Selectivity in the Air-Suspension, Stem-Vibration Strawberry Harvester Concept. Transactions of the ASAE:21-26.
16. Ruff, J. H., R. P. Rohrbach, and R. G. Holmes. 1980. Analysis of the Air-Suspension Stem-Vibration Strawberry Harvesting Concept. Transactions of the ASAE:288-297.
17. Stafford, J. R. and R. G. Diener. 1973. Design Criteria for Minimizing Predetachment Fruit Damage During Mechanical Shaking. Transactions of the ASAE:840-843.
18. Tennes, B. R., J. H. Levin, and B. A. Stout. 1969. Sweet Cherry Properties Useful in Harvesting and Handling Equipment Design. Transactions of the ASAE : 710-714.
19. Wang, J. K. 1965. Mechanical Coffee Harvesting (Part A and B). Transactions of the ASAE:400-405.