진동형구기자수확기의 집과장치 개발

Development of Collecting System for Vibratory Boxthorn(*Lycium chinense* Mill) Harvester

이상우* 허윤근* 서정덕** 맹성렬* 민경선*
정회원 정회원 정회원 정회원 정회원
S. W. Lee Y. K. Huh J. D. Seo S. R. Maeng K. S. Min

1. 서 론

구기자는 오래 전부터 한약원료로 사용되어온 중요한 특용작물의 하나로서 청양과 진도지역에서 많이 재배되는 관계로 청양에 구기자 시험장이 설립되면서 시험사업이 본격적으로 실시되어 품종개량 및 재배기술에 관한 많은 성과를 거두어 지속적인 재배가 이루어지고 있으나 재배농가의 애로사항인 수확작업의 기계화에 관한 연구는 전혀 수행되지 않아 노동력에 의존하는 기존의 영농형태를 벗어나지 못하여 앞으로의 국제화시대에 대비한 경쟁력 확보가 불확실한 실정에 있다. 재배학적 측면에서의 구기자 수확의 기계화작업에 적응할 수 있는 재배기술과 기계공학적 측면에서의 작업의 기계화만이 열악한 노동조건으로부터 탈피할 수 있으며, 구기자 생산비의 80%이상을 차지하는 과다한 노임비용을 크게 절감시킴으로써 구기자 생산비를 획기적으로 낮출 수 있고 국제경쟁력을 길러 우리의 고품질 농산물의 안정적인 생산을 가능하게 하고, 구기자 생산농가의 수익을 증대시킬 수 있을 것으로 본다.

구기자 수확기를 개발함에 있어서 크게 탈과장치, 집과장치, 그리고 프레임 및 주행장치로 나누어 개발하는데 본 연구에서는 탈과 되어 분산되는 열매를 효과적으로 수집할 수 있고, 또한 구기자 나무의 생물학적 요인, 재배학적 요인 그리고 환경학적 요인 등을 고려하여 구기자 수확기 집과장치를 개발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 구기자의 특성

구기자는 가지과에 속하는 높이 1m 내외, 폭 50~80cm의 낙엽성 관목으로 줄기는 개나리꽃의 줄기와 같이 곡률반경이 커서 지면으로 늘어지는 형상을 하고 있다. 열매는 한약재나 건강음료로 이용하며 잎이나 뿌리도 약재로 이용되고 있다. 열매의 과피는 매우 얇아서 손상 받기 쉽고, 손상 받은 열매는 이용가치 또는 상품가치를 상실하게 된다. 따라서 열매의

* 충남대학교 농업생명과학대학 농업기계공학과
** 충남대학교 농업생명과학대학 농업과학연구소

손상 기준을 설정함은 중요한 평가의 하나가 될 수 있다. 구기자의 꽃은 6월부터 개화가 시작되고 열매는 8월부터 11월 사이에 5번 내지 7차례 수확하며 열매가 익으면서 꽃도 피는 무한화서를 이룬다. 구기자 열매는 줄기의 눈에서 4~10개의 열매가 순차적으로 익으면서 완숙과와 미숙과가 혼재되어 있어서 완숙과의 선택적 수확의 기준이 될 수 있는 물성의 차이를 구명함은 중요한 평가가 될 수 있다. 구기자에 관한 많은 연구내용은 주로 다수성 및 내병충력의 향상을 도모하고자 품종개량 및 재배 기술에 관한 연구이었고, 재배 작업 및 수확작업의 기계화에 필요한 품종 선발, 재배 기술, 줄기 및 열매의 물성 등에 관한 연구는 구기자의 생력 재배와 작업 과정의 기계화에 이바지 할 것이다.

나. 두둑 및 고랑의 형상

그림 1에서 나타낸 것과 같이 구기자 시험장에서 권장하는 재배법에 의하면 두둑의 폭이 60cm, 높이가 10~20cm이며 고랑의 간격 60cm, 깊이 10~15cm이고 형상은 타원에 가깝다. 구기자의 주간격은 40cm이었다.

두둑의 상부는 구기자의 나무 즉 줄기, 잎, 열매 등으로 공간이 메워져 있고, 탈과된 열매는 줄기와 잎 사이의 공간을 통하여 두둑으로 낙하하고 그 가운데 일부분은 두둑의 곡면 위를 굴러서 고랑으로 낙하한다. 줄기의 열매가 탈과될 때 진동에 의한 비산각은 진폭이 작고 진동수가 크기 때문에 양쪽 고랑의 범위를 벗어날 정도로 크지는 않았다.

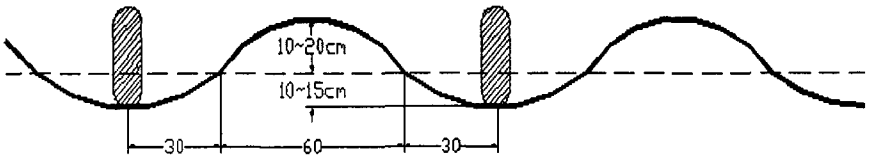

Fig. 1. Typical type of the ridge and the furrow of a boxthorn field.

다. 설계전제 및 조건

진동에 의하여 탈과된 구기자 열매는 낙하하면서 지면으로 흐트러진다. 낙하의 범위는 구기자 나무를 중심으로 두둑을 포함한 양쪽 고랑이 된다. 구기자 포장의 두둑과 고랑은 현재 표준화되어 있지 않지만 구기자 시험장에서 추천하는 규격이 앞으로 표준화된다는 전제하에 집과장치를 구상하였다. 이 구상에는 표준화된 두둑과 고랑이 강우 등의 기상에 의하여 어느정도 변화된다는 것도 포함하였다. 또한, 구기자 나무의 수형과 재배법이 기계화 수확 측면에서 수행된 연구가 없으며, 현재 진행중에 있다. 앞으로 기계화를 위한 재배법이 수립되고 이 재배법에 의하여 구기자가 재배된다 하더라도 한공장에서 생산되는 공산품과 같이 일정할 수는 없다. 구기자 나무의 형상 및 포장, 줄기의 수량, 완숙과의 물성 등 생물학적 요인과 두둑 및 고랑의 형상과 크기 등의 재배학적 요인 그리고 토양의 상태 등 환경적 요인

등을 고려하여 집과장치의 설계방향 및 조건을 설정하였다.

(1) 설계전제

① 구기자 재배 두둑과 고랑의 크기와 형상을 표준화하여 규격화한다.

② 표준재배법에 의하여 재배되는 구기자나무의 폭과 높이를 일정한 수준으로 조정한다

③ 표준재배법에 의하여 재배되는 한 주당 줄기의 수량을 일정한 수로 제한하고 나무 줄기 밑 부분은 기계가 접근할 수 있도록 지면과 열매가 매달린 분지 사이에 공간이 마련되어야 한다.

④ 밭고랑의 토양은 수확 시에 바퀴가 구르는데 지장이 없도록 건조되어야 한다.

(2) 설계조건 및 내용

① 집과 범위는 구기자나무가 심어져 있는 두둑 1개와 양쪽 고랑으로 한다.

② 미집과량을 최소화시킨다.

③ 집과시에 열매의 손상이 없어야 한다.

④ 집과장치는 변형된 두둑에도 기능이 유지되어야 한다.

⑤ 집과 기능은 나무줄기 밑 부분에서도 유지되어야 한다.

⑥ 수확작업이 진행되는 동안 집과 기능은 유지되어야 한다.

⑦ 집과 된 열매는 용기에 담아져 운송이 편리해야 한다.

라. 집과장치의 구성 및 집과상자

청양 구기자 시험장에서 권장하는 재배법에 의하여 설계된 수확기의 프레임의 폭 1000mm와 기계의 길이 1200mm가 이루는 공간(1200×1000mm)을 집과 범위로 정하였다. 집과장치는 집과상자와 집과안내장치로 구성하였다. 집과상자의 설계는 그림 2와 같이하였고, 구기자 나무쪽의 집과상자의 형상을 열매가 굴러서 상자 바닥으로 낙하 할 때 손상을 줄이고 낙하된 열매가 쉽게 구르도록 하고, 두둑과의 부딪침을 줄이기 위하여 경사지게 설계하였고, 상자 윗 부분에 집과 안내 장치를 힌지(hinge)로 부착하여 두둑의 변화된 형상이 집과 안내 장치를 밀어 올리는 경우를 대응하도록 하였다. 그러나 제작하는네 번거로움을 피하기 위하여 상자 단면을 직사각형으로 변경 제작하여 1차 집과장치를 수확 시작기에 장착시켜 포장 성능 실험을 실시하였다. 상자의 높이가 10cm에 불과하여 열매의 낙하로 인한 열매의 손상은 없었으나 나무쪽의 상자 밑부분이 변형된 두둑의 윗 부분에 걸리는 경우가 발생하여 다시 설계도(그림 2) 원형대로 경사된 단면을 갖는 2차 집과상자를 제작하여 다시 수확 시작기에 장착 시켜 포장성능 실험을 한 결과 아무런 문제가 없었다.

(1) 집과안내장치

수확기계가 주행 할 때 안내솔 끝이 밑줄기와 직각 방향으로 계속 스치면서 부딪침에 견딜 수 있는 안내솔의 재료를 구한다는 것은 현실적으로 어렵고, 특히 안내솔 끝 부분이 밑줄기와 직각 방향으로 움직임에 따른 틈새의 발생을 방지하기 위하여 집과안내장치의 고정

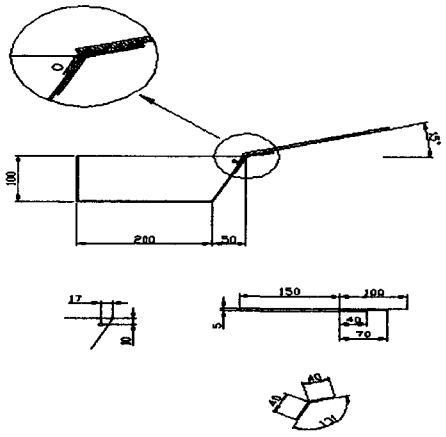

Fig. 2. Front view design of the collecting system of collecting box and guide brush.

식 장착방법을 이동식 장착방법으로 변경시켰다. 집과안내장치의 이동식 장착은 4절 링크 시스템을 이용하여 개폐식으로 설계 제작하였다. 기계가 주행 할 때에는 1쌍의 집과안내장치를 집과상자 쪽으로 이동시켜서 집과안내솔을 양쪽으로 활짝 열어 제쳐서, 수확기의 주행 시에 발생하는 안내솔과 줄기의 부딪침이 없도록 구기자나무를 중심으로 충분한 공간을 마련하였고, 기계가 정지하고 탈과 작업이 진행될 때에는 1쌍의 집과안내장치를 집과상자 쪽에서 기계 중앙의 구기자 나무쪽으로 다시 이동시켜 구기자나무 밑줄기를 1쌍의 안내솔이 양쪽으로 감싸 틈새가 발생되지 않도록 하였다.

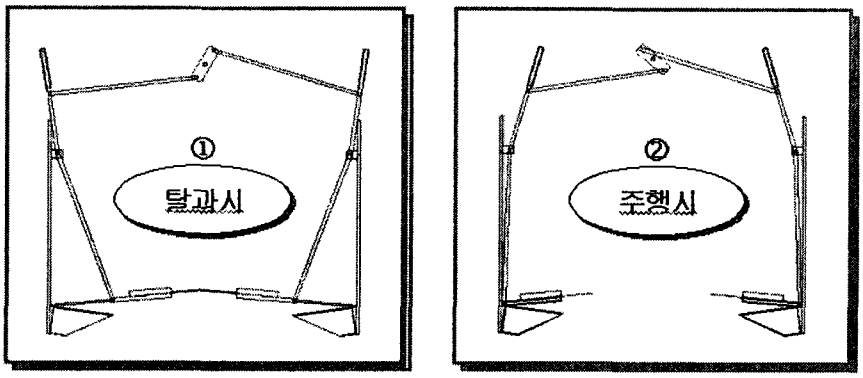

Fig. 3. Schematic of the boxthorn berry collecting system position when ① detachment operation and ② traveling.

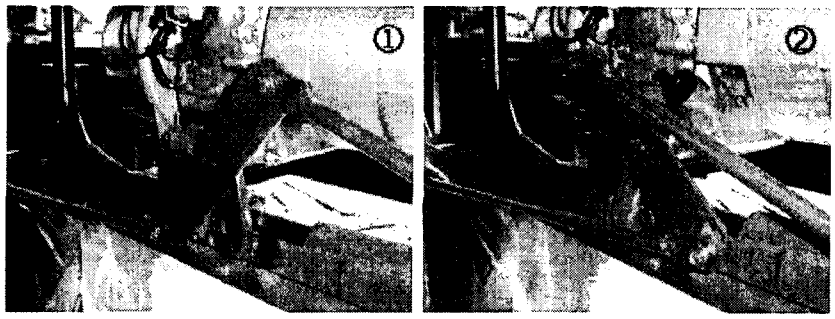

Fig. 4. Photograph of the link used for the boxthorn berry collecting system showing ① closing position and ② opening position.

그림 3, 4는 4절 링크 시스템을 이용한 2차 집과안내장치의 정면 개략도를 도시하였다. ①은 탈과작업시의 모양이고, ②는 주행시의 모양을 나타내고 있다. 집과장치의 장착장치는 두둑의 폭과 높이 그리고 고랑의 깊이가 일정한 범위 이내에서 변할 수 있다고 가정하여 수직방향으로 일정한 조정기능을 부여하였다. 탈과된 열매가 기계 측면으로 비산 하거나 집과안내판 위의 튀김으로 인한 집과 손실을 방지하기 위하여 기계 양측 면에 투명한 PVC필름으로 커튼을 설치하였고, 전후면에는 PVC필름을 늘어진 발로 만들어 설치하였다. 외대 내지 두대 재배에서 수확 기계의 작업 편의성 수형은 두둑의 윗면과 아래쪽의 분지 사이에 공간이 크므로 이 공간을 통한 집과 손실이 발생하였고 이를 막기 위하여 집과장치의 양 측면에 튀김 방지 날개를 개폐식으로 설치 할 필요가 있었다.

3. 결과 및 고찰

집과장치 성능시험을 위한 실험장치는 그림 5에서 보는 바와 같다. 동력원인 엔진부착형 1kW 발전기와 400W 용량의 모터를 탑재하였고, 전륜조향 후륜구동의 주행시스템을 가지고 있는 진동형 구기자 수확기 시작기에 4절 링크 시스템의 집과안내장치를 갖춘 집과장치를 부착하여 실험하였다. 실험은 청양2호와 청양3호의 구기자 포장에서 구기자 수확시작기의 집과장치로 4절 링크 시스템의 집과장치를 장착 시키고 이 장치의 집과기능을 구명하기위하여 그림 6과 같이 구기자 나무의 밑부분을 감싸게 하였다. 그런다음 진동형 탈과장치를 작동시켜 탈과된 열매가 집과상자에 집과되도록 하였다. 탈과 및 집과작업의 실험이 정지상태에서 이루어지는 구기자 나무의 주 수는 2~3 이었다. 이 탈과 및 집과작업의 실험이 끝나면 집과안내장치의 주행시의 위치로 바꾼 후 시작기를 전진 이동 시키고, 다시 집과안내장치의 탈과작업시의 위치로 전환 시킨후 실험을 계속 진행 시켰다. 한 고랑의 전체 작업시간과 숙과수집량, 미수집숙과량, 미숙과를 포함한 수집된 이물질량을 측정하였다.

Fig. 5. Photograph of overall view of the boxthorn berry harvester.

Fig. 6. Photograph of the collecting system of the boxthorn berry harvester while in operation.

청양2호와 청양3호의 구기자 나무 포장에서 고랑단위로 집과실험을 한 결과는 표 1과 같다. 작업성능은 구기자의 생육상태, 열매의 숙기에 따라 다소 차이가 있었다. 실험에서 수집율은 수집된 숙과량을 탈과된 총 숙과량으로 나누어 %로 나타내었는데 그 수집율은 88~96%로 나타났다. 미수집율이 4~12%로 크게 나타났지만 미수집 열매는 본 연구에서 개발한 집과장치의 결함으로 인한 손실은 거의 없었으며 구기자 나무의 수형(외대 내지 두대 재배)의 변화로 인한 공간 때문에 기계의 전후 방향으로 튐 현상에 의한 손실이었다. 기계 전후 방향의 공간으로 비산하는 열매의 집과를 위하여 비산 방지막의 추가 설치로 이 손실을 방지할 수 있다고 사료되었다. 그림 7에 숙과 수집율을 그래프로 나타내었다.

Table 1. Collection rate of the collecting system of the boxthorn berry harvester

date	time (s)	variety	collected mature berries (g)	uncollected mature berries (g)	foreign material (g)	collection rate (%)
Oct. 10 2000	1160	Cheongyang #2	910	95	230	90.55
Oct. 10 2000	1095	Cheongyang #3	2770	180	980	93.90
Nov. 06 2000	1180	Cheongyang #2	1370	165	145	89.25
Nov. 06 2000	1583	Cheongyang #2	2180	185	105	92.18
Nov. 06 2000	695	Cheongyang #2	1020	59	45	94.53
Nov. 06 2000	1245	Cheongyang #3	1465	60	15	96.07
Nov. 06 2000	1107	Cheongyang #3	1325	105	70	92.66
Nov. 06 2000	1346	Cheongyang #3	1195	160	40	88.19

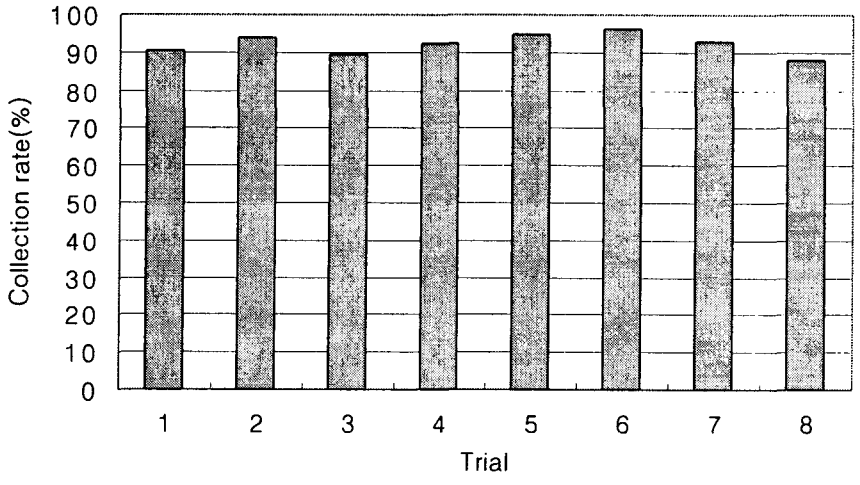

Fig. 7. Collection rate of the collecting system of the boxthorn berry harvester.

4. 결 론

본 연구는 진동형 구기자 수확기를 개발함에 있어서 탈과된 열매를 손상없이 집과하여 수확작업의 노동력 및 경제적 비용을 줄이고, 농산물 수확의 기계화를 활성화 시키는데 그 목적을 두었다. 생물학적, 재배학적, 그리고 환경적 요인들을 고려하여 탈과열매의 효과적인 집과를 위한 집과장치를 설계·개발하고, 성능시험을 실시하여 집과장치의 집과효율을 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 수확시작기의 주행시에는 집과안내장치가 구기자 나무 밑부분과 부딪침이 없고, 탈과작업시에는 구기자 나무 밑의 공간까지 집과기능을 갖도록, 4절 링크 시스템을 이용하여 집과안내장치를 개폐식으로 설계제작하였다.
2. 개폐식으로 제작된 집과장치를 진동형 구기자 수확기 시작기에 장착하여 성능시험을 한 결과, 숙과의 수집율은 88~96%로 나타났다.
3. 미수집율인 4~12%는 개폐식 집과장치의 기능저하로 인하여 발생한 것이 아니고, 기계 전후 방향의 열매의 튐 현상에 의한 것이었으며, 이 손실은 비산방지막 커튼의 설치로 보완되리라 사료되었다.

참고문헌

1. Alper, Y., A.Foux and J.Linor. 1976. Detachment analysis of oranges in shaking harvesting. Transactions of the ASAE 19(6):1029-1033.
2. Doebelin, E.O. 1990. Measurement systems: application and design. McGraw-Hill Inc. NewYork, NY. USA.
3. Fridley, R.B. and C.Yung. 1975. Computer analysis of fruit detachment during tree shaking. Transactions of the ASAE 18(3):409-415.
4. Ghate, S.R. and R.P.Rohrbach. 1975. Mechanical properties influencing vibrations in blueberry canes. Transactions of the ASAE 18(5):921-925.

10. 서정덕, 허윤근, 이상우. 1999. 기계식구기자 수확기 개발을 위한 기초연구. 한국농업기계학회지 24(4):365~372.

14. 이봉춘, 서관석, 조임식, 백승우, 노재관. 1994. 청양지방의 구기자 재배현황. 동양자원 학회지 7(1):23~27.
15. 이상우, 허윤근. 1981. 수확기의 성능향상에 관한 연구 -수도의 탈립저항력. 충남대학교 농업기술연구보고 8(2):224~228.