

## 감 수확기구 개발(1)

- 탈과장치 개발 -

우덕감, 김태한

경북대학교 농업생명과학대학 생물산업기계공학과

## Development of persimmon harvest apparatus

-Development of detachment device

D. G. Woo, T. H. Kim

*Department of bio-industrial machinery engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea*

### Abstract

Persimmon occupied the second largest cultivation area next to apple among the fruits in Korea. Since 70 % of its cultivating field is located at slope, the efficiency of its harvesting operation is very low. Also, the traditional persimmon harvest apparatus does not seem to be efficient to use due to a structural problem.

In this paper, the author has analyzed the physical properties of persimmon fruit-stem system and compared detachment force with developed persimmon harvest apparatus and traditional persimmon harvest apparatus in order to solve the problems mentioned above.

The results of the research are summarized as follows :

1. The weight of the persimmon is shown as 157 g on average, the lengths of stem's major axis and minor axis is shown as 4.6 mm and 3.7 mm on average, respectively, sectional area of stem is shown as 13.9 mm<sup>2</sup> on average and the stem length is shown as 13.6 mm on average.
- 2 In case of the traditional persimmon harvest apparatus, the detachment force needed when a persimmon was detached from its stem was shown as 86.3 N on average.
3. In case of the developed persimmon harvest apparatus, detachment force needed when a persimmon was detached from its stem was shown as 72.6 N on average.

**Key words** : Persimmon, Harvest apparatus, Detachment force, Physical properties

### 서 론

우리나라의 감 재배면적은 2008년도 기준 30,669 ha로서 사과와 같은 넓은 면적을 차지하고 있다(통계청, 2009). 감은 홍시, 꽃감 등으로 소비되고 있으며 감식

초, 건강식품 등 여러 형태로 가공되어 판매되고 있어 농가 소득원으로 한몫을 하고 있다. 감은 재배에 필요한 비용이나 노력이 다른 과수에 비해 적게 들고 병충해에 강해 단지 수확만 하면 여러 형태로 소비될 수 있는 소중한 작목이다(농촌진흥청, 2001). 그러나 감

채배 포장의 70%가 경사지에 있고, 타 과수에 비해 목재의 재질이 약하여 수확작업 시 가지가 부러지는 등 수확작업의 효율성이 떨어진다. 또한 농촌 노동력의 감소와 고령화로 인해 생산성은 더욱더 저하되고 있는 실정이다.

기존의 감 수확기구는 구조상의 문제로 인해 탈과가 용이하지 않고 탈과를 위해 많은 힘이 소요된다. 또한, 수확기구의 중량이 무거워 고령의 농민들이 사용하기에 적절하지 않아 작업능률이 저하되고 있다.

본 연구는 이와 같은 문제점의 해결을 위해 기존의 감 수확기구의 구조를 분석하고, 개량을 통해 수확 시 작업자의 노동 강도를 줄이고 감 수확작업의 능력을 높이고자 하였다.

### 실험장치 및 방법

#### 1. 실험장치

##### 1) 기존 감 수확기구 탈과 장치 분석 및 개량

그림1은 기존의 탈과 장치를 나타낸 것으로서 철선을 U자형으로 굽혀 이 부위가 감과실의 과경부에 들어가 장력에 의해 감과실이 가지로부터 탈과 되도록 한 구조를 하고 있다.



Fig. 1 Conventional detachment device

이와 같은 구조는 탈과 부위가 감 과실의 과경부에 들어가지도 용이하지 않고 수확 시에도 장력이 많이 소요되어 작업자의 노동강도가 증가되는 요인이 되었다.

따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 그림2는 감 과실을 가지로부터 효과적으로 탈과시킬 수 있는 구조를 개발한 설계도이고 그림 3은 시제품의 사진을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 탈과 장치는 칼날형으로 설계하고 재질은 S30을 사용하고, 프레임과 탈과 부위는 모두  $\phi 35$  mm 로 제작하였으며 탈과 장치의 탈과 부위가 감 과실의 과경부에 잘 들어가게 하기 위하여 U자형 철선의 곡선부 전체 길이를 기준으로 선단에서부터 2/3부위까지 프레스 가공하여 두께를 25 mm정도로 납작하게 후 남은 선단에서부터 1/3위치까지 제작하였다. 또한 이 장치는 탈과 장치의 아래 부분에 U자형 칼날 1개를 부착하여 당길 때와 반대로 밀 때에도 탈과가 되도록 하였다.

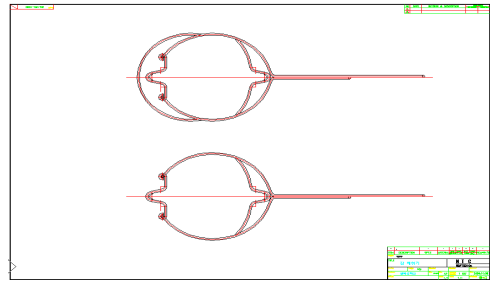


Fig. 2 Design of U shape knife detachment device with frame

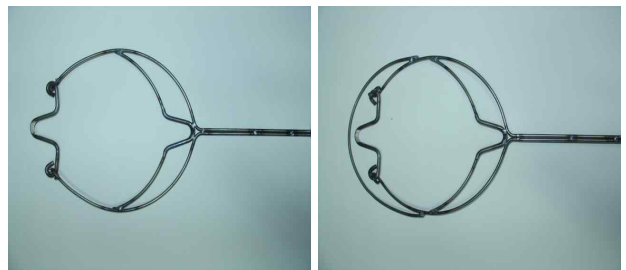


Fig. 3 Picture of U shape knife detachment device with frame

또한 그림3의 우측은 탈과 장치 위 부분에 U자형 칼날 1개, 아래 부분에 U자형 칼날 1개를 부착한 탈과 장치(그림좌측)에 과실이 가지로부터 탈과 된 후 밖으로 이탈되지 않고 수확장치 안에 떨어질 수 있도록 하기 위하여 상부 U자형 칼날 선단에서 5mm정도 높이의 프레임을 칼날 외주에 부착하여 수확기구를 이 프레임에 연결하도록 한 구조로 설계·제작한 탈과 장

## 감 수확기구 개발(1)

치를 나타낸 것이다.

또한 탈과 장치의 탈과 부위는 원주형 프레임에 원주방향으로 고정시킨 것과, 30도, 90도 하향으로 회전되게 할 수 있는 3가지의 구조로 설계·제작하였다. 그림4는 이 시제품의 사진을 나타낸 것이다. 이는 감 과실이 가지에 부착된 형태에 따라 효과적으로 탈과 시킬 수 있는 구조가 되도록 하기 위해서이다. 따라서 작업자는 감과실의 결실 형태에 따라 3가지의 형식 중 적합한 것을 사용하면 된다. 그림에서 ①이 고정형이고, ②가 30도 회전형, ③이 90도 회전형이다.

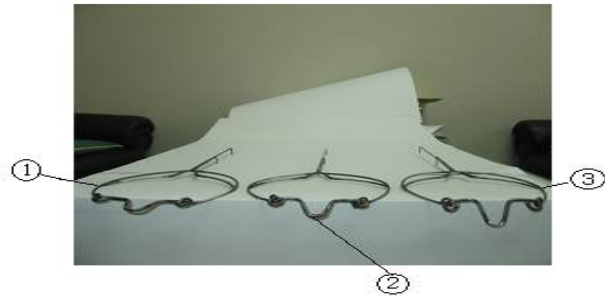


Fig. 4 Rotating device of U shape knife detachment device

그림5는 탈과 장치를 대나무 등에 부착하는 자루 부위를 개선한 사진을 찍은 것이다. 탈과 장치를 대나무 끝에 매달 때에 고정을 용이하게 하기 위하여 그림의 상부의 것을 그림의 하부의 것과 같이 자루길이를 2단으로 하고 각 끝에 “ㄱ”형으로 구부려 대나무에 꽂아서 고정할 수 있게 제작하였다.



Fig. 14 Improvement of detachment device handle

## 2. 실험방법

### 1) U자형 감 수확기구 탈과력 측정 장치

그림4는 감나무의 가지로부터 감을 떼어내는데 소

요되는 힘을 측정하는 장치를 나타낸 것이다. 이 장치는 저항 측정용 링(ring)에 4개의 스트레인 게이지를 부착하여 브리지(bridge) 회로를 구성하였다(한응교, 1982). 또한 링의 축 하단부에  $\phi 10$  mm, 길이 200 mm의 봉을 부착하여 여기에 농가로부터 채취해온 감과실을 고정시키고 탈과 장치를 과경부에 연결한 후 수직방향으로 외력을 가하여 감 과실이 가지로부터 떨어질 때의 저항 값을 스트레인 앰프를 통해 컴퓨터에 연결하여 측정하도록 하였다.

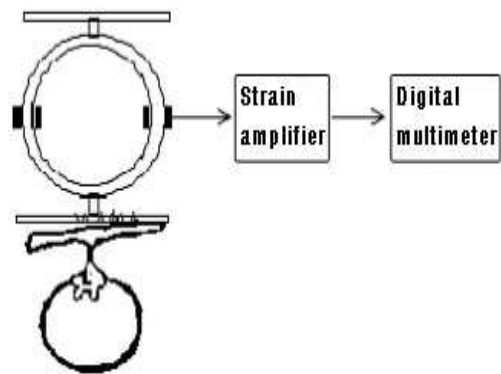


Fig. 4 Measuring system of detachment force for persimmon

그림5는 스트레인 게이지를 이용한 탈과력 측정 장치의 교정 곡선을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 스트레인 게이지를 이용한 탈과력 측정 장치의 교정 곡선식은  $Y=46.603X$ 이고, 상관계수는 0.9901이었다.

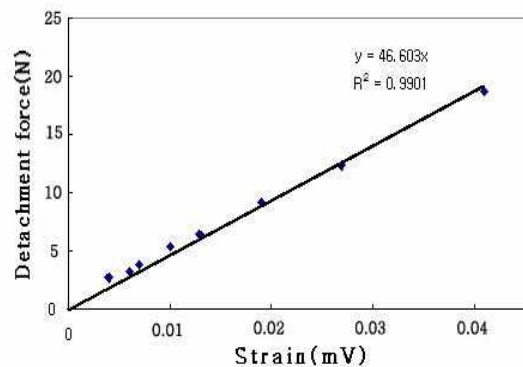


Fig. 5 Calibration curve of measuring system of detachment force

그림6은 제작한 탈과력 측정 장치를 이용하여 감과실의 탈과력을 측정하는 모습을 나타낸 것이다.

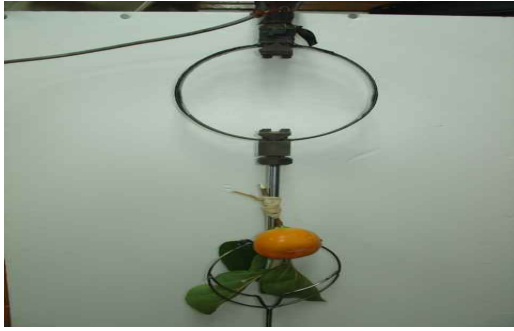


Fig. 6 Picture of measuring detachment force of U-shape persimmon harvest apparatus

2) 감 과실의 물리적 특성 측정

그림7은 감 과실이 탈과된 과경부의 장경, 단경 및 길이를 측정하는 모습을 나타낸 것이다. 좌측 그림은 과경부의 장·단경, 길이를 측정하는 모습을, 우측 그림은 과경부의 측정인자를 보여주는 사진이다. 버니어 캘리퍼스를 이용하여 측정하였다.



Fig. 7 Picture of measuring method of fruit-stem system

또한 과실의 중량은 측정범위 0.01 g의 저울을 사용하여 측정하였다.

3. 공시 재료

실험에 사용한 시료는 청도군 각북면 덕촌리 소재 농가에서 감 과실이 부착된 가지를 채취하여 사용하였다. 감과실의 탈과력에 영향을 미치는 인자는 과경부의 함수율, 과경의 단면적, 감과실의 무게 등을 들 수 있으나 이들 인자 중 과경의 함수율과 과경부 단면적이 탈과력에 큰 영향을 미칠 것으로 예측하였다. 따라서 감 재배 농가에서 채취한 시료는 비닐로 밀폐하여 실험실로 옮겨 3시간 내에 실험이 완료되도록 하여 함수율의 변화에 따른 탈과력의 변화를 최소화 하였다.

결과 및 고찰

1. 감 과실의 물리적 특성

표1은 과실의 무게와 과실-결과지계의 크기를 측정한 결과이다. 표에서와 같이 과실의 무게는 최대 206 g, 최소 120 g, 평균 157 g이었고, 과경부는 장경이 최대 7.2 mm, 최소 3.5 mm, 평균 4.6 mm, 단경은 최대 4.5 mm, 최소 3.5 mm, 평균 3.7 mm로 나타났다. 또한 과경부 단면적은 최대 23.8 mm<sup>2</sup>, 최소 8.0 mm<sup>2</sup>, 평균 13.9 mm<sup>2</sup>이었고, 과경부 길이는 최대 18.3 mm, 최소 10.3 mm, 평균 13.6 mm로 나타났다. 과경부의 단면적은 탈과 장치의 탈과력과 레버 장력에 영향을 미치는 인자이며, 과경의 길이는 탈과 장치의 철선의 굵기를 결정하는데 필요하다. 과경의 길이는 과경부의 하부 접합점에서 상부 접합점까지의 길이를 측정하였으나 과실이 가지에 결실되는 형태에 따라서는 과경의 직경보다도 더 짧은 경우가 많으므로 탈과 장치의 철선 굵기는 탈과시 변형이 일어나지 않는 범위 내에서 최소한 되는 것이 탈과 작업에 효율적인 것으로 생각된다.

## 감 수확기구 개발(1)

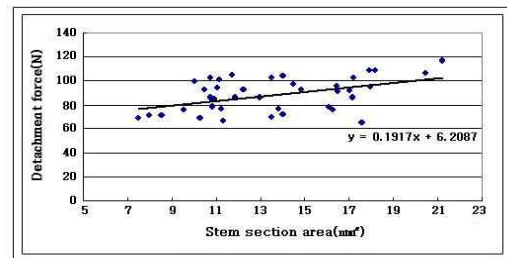
**Table 1. Physical dimension of fruit-stem system (n=40)**

No. of fruit	weight (g)	persimmon stem			
		major axis (mm)	minor axis (mm)	cross sectional area (mm <sup>2</sup> )	length (mm)
1	193.4	7.20	4.20	23.75	13.05
2	149.0	6.20	4.20	20.45	10.20
3	159.5	4.20	2.45	8.08	16.10
4	156.3	5.00	3.30	12.96	14.00
5	158.0	5.35	3.35	14.08	18.25
6	151.1	5.05	4.10	16.26	14.10
7	137.3	3.35	3.05	8.02	17.00
8	150.9	4.25	3.25	10.85	12.00
9	177.2	5.35	4.30	18.07	13.20
10	139.1	4.20	3.05	10.06	11.10
11	171.7	4.35	4.15	14.18	17.20
12	137.1	5.05	4.05	16.06	11.05
13	129.4	4.05	3.00	9.54	10.40
14	169.5	5.10	4.30	17.22	14.30
15	134.8	4.25	3.45	11.52	17.10
16	146.6	4.40	4.00	13.82	11.45
17	168.2	4.35	3.35	11.45	18.20
18	205.1	4.40	4.05	14.00	10.30
19	150.6	4.25	3.35	11.18	15.30
20	126.8	4.10	3.25	10.47	13.10
21	122.9	5.00	4.25	16.69	18.15
22	141.7	5.05	4.15	16.46	13.35
23	171.0	5.00	4.00	15.71	16.15
24	155.8	4.30	3.30	11.14	13.20
25	164.4	4.10	3.35	10.79	18.25
26	196.9	5.20	4.20	17.15	13.10
27	182.3	4.30	3.25	10.98	12.15
28	156.4	4.25	4.45	14.85	14.00
29	169.3	5.05	4.35	17.25	14.15
30	128.9	5.10	4.25	17.02	12.40
31	140.1	4.15	3.30	10.76	11.35
32	137.6	3.40	4.15	11.08	11.20
33	120.6	5.00	3.40	13.35	12.00
34	130.3	4.45	4.15	14.50	13.20
35	200.0	5.15	4.15	16.79	12.35
36	170.3	5.20	4.45	18.17	14.05
37	186.8	5.25	3.35	13.81	14.10
38	136.5	4.15	3.30	10.76	13.05
39	185.1	4.30	3.30	11.14	13.30
40	149.2	4.15	3.30	10.76	9.30
average	157.43	4.63	3.71	13.88	13.60
standard deviation	24.17	0.79	0.80	6.17	2.43

## 2. 기존의 감 수확기구와 개발한 칼날형 감 수확기구의 탈과력 비교

### 1) 기존의 감 수확기구 탈과력

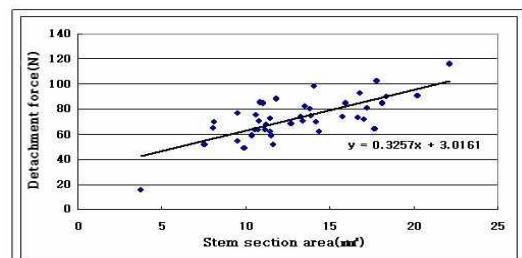
그림8은 기존의 감 수확기구의 탈과력을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 이는 40개의 공시재료를 이용하여 측정한 결과이다. 그림에서와 같이 과경부의 단면적이 증가하면 탈과력도 증가함을 알 수 있다. 과경의 최소 단면적 7.5 mm<sup>2</sup>에서의 탈과력이 67.7 N이고 최대 단면적 21.2 mm<sup>2</sup>에서의 탈과력이 114.7 N으로 탈과력이 약 1.7배 증가하였다. 또한 감 과실이 가지로부터 탈과 될 때 소요되는 힘은 최대 114.7 N, 최소 63.7 N, 평균 86.3 N으로 나타났고 과경부의 단면적은 최대 21.2mm<sup>2</sup>, 최소 7.5mm<sup>2</sup>, 평균 13.5mm<sup>2</sup>로 나타났다.



**Fig. 8 Detachment force with non-knife type harvesting device of persimmon(n=40)**

### 2) 칼날형 감 수확기구 탈과력

그림9는 본 연구에서 개발한 칼날형 탈과 장치의 탈과력을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 이는 40개의 공시재료를 이용하여 측정한 결과이다. 그림에서와 같이 과경부의 단면적이 증가하면 탈과력도 증가함을 알 수 있다. 과경의 최소 단면적 7.5 mm<sup>2</sup>에서의 탈과력이 51.0 N이고 최대 단면적 22.1 mm<sup>2</sup>에서의 탈과력이 113.8 N으로 탈과력이 약 2.3배 증가한 것을 알 수 있다. 또한 감 과실이 가지로부터 탈과 될 때 소요되는 힘은 최대 113.8 N, 최소 51.0 N, 평균 72.6 N으로 나타났다.



**Fig. 9 Detachment force with knife type harvesting device of persimmon(n=40)**

3) 기존의 감 수확기구와 개발한 감 수확기구의 탈과력 비교

그림10는 기존의 감 수확기구와 개발한 칼날형 감수확기구의 탈과력을 비교한 것이다. 이는 각각 40개의 시료를 대상으로 탈과력을 과경부 단면적별로 구분하여 평균값을 비교한 것이다. 그림에서와 같이 칼날형이 기존의 것 보다 탈과 시 힘이 적게 들어가는 것을 알 수 있다. 과경부의 단면적이 7~9 mm<sup>2</sup>범위에서의 탈과력은 칼날형이 60.8 N이고 기존의 것은 68.6 N으로서 기존의 수확기구가 1.1배 크다. 또한 과경부의 단면적이 11~13 mm<sup>2</sup>범위에서의 탈과력은 칼날형이 65.7 N이고 기존의 것은 86.3 N 으로서 기존의 수확기구가 1.3배 크다. 단면적19~21 mm<sup>2</sup>범위에서의 탈과력은 칼날형이 101.0 N이고 기존의 것이 111.8 N으로서 기존의 수확기구가 1.1배 큰 것을 알 수 있다. 또한 평균 탈과력은 칼날형이 72.6 N이고 기존의 것이 86.3 N으로서 기존의 수확기구가 칼날형 수확기구 보다 탈과 시 힘이 1.2배정도 더 들어가는 것으로 나타났다.

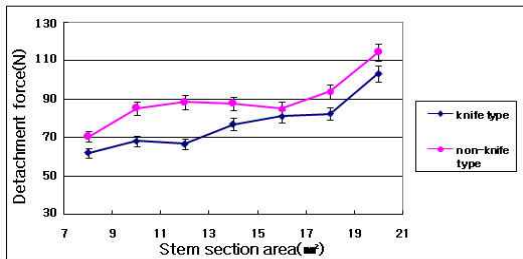


Fig. 10 Relation between detachment force and stem section area

적 요

우리나라에서 감은 재배면적으로 볼 때 사과 다음으로 넓은 면적을 차지하고 있다. 그러나 감 재배 포장의 70%가 경사지에 있어서 수확작업의 효율성이 떨어진다.

기존의 감 수확기구는 구조상의 문제로 인해 탈과가 용이하지 않고 또한 수확기구의 중량이 무거워 농민들이 사용하기에 적절하지 않아 작업능률이 저하

되고 있다. 본 연구는 이와 같은 문제점의 해결을 위해 감과실의 과실-과경계의 물리적 특성을 분석하고, 새로운 감 수확기구를 개발하여 기존의 감 수확기구와 탈과력을 비교하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 과실의 무게와 과실-결과지계의 크기를 측정한 결과 과실의 무게는 평균 157 g이었고, 과경부는 장경이 평균 4.6 mm, 단경이 평균 3.7 mm로 나타났다. 또한 과경부 단면적은 평균 13.9 mm<sup>2</sup>이었고, 과경부 길이는 평균 13.6 mm로 나타났다.
2. 기존의 탈과장치의 탈과력은 최대 114.7 N, 최소 63.7 N, 평균 86.3 N으로 나타났다.
3. 개발한 탈과장치의 탈과력은 최대 113.8 N, 최소 51.0 N, 평균 72.6 N으로 나타났다.
4. 평균 탈과력은 칼날형이 72.6 N이고 기존의 것이 86.3 N으로서 기존의 것이 칼날형보다 1.2배 큰 것으로 나타났다.
5. 탈과력은 과경부의 단면적 증가에 따라 증가하였다.

인용문헌

1. 노치웅. 1998. 단감재배의 발전과 발전방안. 한국감연구 1(1): 3-14.
2. 농촌진흥청. 2001. 감 재배(표준영농교본-24). 삼미기획. 수원. p246
3. 이용문, 이용재. 2007. 감재배기술. 중앙생활사. 서울. p366
4. 이종호, 박승제, 이중용. 1998. 우리나라 감 재배의 기계화 방향. 한국감연구 1(1):51-62.
5. 첨단농법기술연구회, 김성숙, 백승기, 이필훈, 최현미, 조정식. 2007. 감(단감) 재배기술. 내외출판사. 서울. p334
6. 통계청, 2009, 과실생산량. <http://www.kosis.kr>
7. 한응교. 1982. 스트레인지이지-이론과 응용- 보성문화사, 서울. p372