

## 기계수확을 위한 대추의 물리적 특성 분석

허윤근\* · 이상우

### Physical Properties of Jujube(*Zizyphus jujuba* Miller) for Mechanical Harvesting

Huh, Yun-Kun · Lee, Sang-Woo

#### ABSTRACT

Physical and mechanical properties of fruits of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller), leaves, secondary branches, and leafy stems were measured and analyzed. The physical dimensions of the fruits were measured and the detachment force of the fruit and leafy stems was measured. The detachment force of the jujube fruits increased and the force-to-weight ratio of the jujube fruits decreased as the weight of the jujube fruit increased. The weight of the leafy stems, number of leaves attached to the leafy stems, length of the leafy stems, diameter of the stem side of the leafy stems, diameter of the leafy stem end was average of 0.7g, 6.6ea, 12.2cm, 4.5mm, and 2.7mm, respectively. The major and minor axis of the jujube leaves, area of leaves, weight of the leaves, and detachment force of the leaves was average of 5.7cm, 3.3cm, 12.98cm<sup>2</sup>, 0.20g, and 4.39N, respectively. The terminal velocity of the jujube fruits increased as the weight of the fruits increased. The terminal velocity of the leafy stems, however, did not show a relationship with the weight of the leafy stems and the number of leaves attached to the leafy stem. The

---

본 연구는 2002년도 충남대학교 자체연구비 지원에 의하여 수행되었음.

충남대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부(Division of Bioresources Engineering, College of Agriculture and Life Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

\*교신저자 : 허윤근(E-mail : ykhuh@cnu.ac.kr, Tel : 042-821-6717)

terminal velocity, however, slightly increased as the length of the leafy stems increased.

**Keywords** : jujube, physical properties, mechanical properties, detachment force

## I. 서 론

대추는 국내에서 생산되는 대표적인 임산물의 하나로 제수용 및 한약재 등에 주로 사용되었으나 근래에는 대추차, 음료, 생과 등으로 가공·포장되어 소비되면서 재배면적 및 생산량이 급증하고 있다. 대추는 우리나라 국민들이 가장 좋아하는 건강 기호식 과실 중의 하나로 300주 이상 재배하는 과수원을 가진 농가가 전국에 5000여 호이고, 대추전업농가가 전국적으로 3000여 호로 안정적인 재배단계에 이르고 있다. 그러나 대추 재배 및 수확작업이 완전히 인력에 의존하고 있어서 짧은 수확기간에 작업인력이 부족하며, 낮은 작업능률로 재배농가의 소득증대에 장애요인이 되고 있다. 이러한 인력 작업의 환경은 안정적인 영농을 위협하기에 이르렀고 국제 경쟁력의 취약점으로 작용하고 있어 현재 우리나라 대추 재배농가는 수확작업의 기계화를 요구하고 있다.

대추는 9~10월 중 20여일 동안 3회로 나누어 수확작업을 하는데 이 기간 동안 열매가 비를 맞게 되면 표면에 균열이 발생하여 상품의 가치가 크게 저하된다. 농촌의 인력 구조상 경북 경산, 봉화, 보은지구 같은 밀집지역뿐만 아니라 일반 대추농가에서는 수확기간 내에 양질의 노동력을 구하는데 어려움을 겪고 있다. 따라서 일부 열매는 수확이 늦어져서 상품의 가치가 떨어지거나, 수확을 포기하고 버려지는 경우가 종종 있어서 농가에 큰 손실을 초래하고 있다(경남 농업기술원, 1999).

작업능률이 낮고 작업환경이 열악한 인력수확 작업을 높은 능률과 쾌적한 환경의 기계 수확작업으로 전환시키는 것이 우리나라 대추 생산원가를 감소시킬 수 있고 부족한 노동력을 대체시킬 수 있는 중요한 과제로 대두되었다. 아울러 대추 수확기계 개발을 위해서는 대추의 물리적 특성에 관한 기초자료가 요구된다.

본 연구는 대추수확기 개발을 위한 기초 연구로서 대추의 기계적 특성에 대해 조사·분석하였다. 대추 열매, 잎 및 잎줄기의 종말속도를 측정하고 대추열매의 물리·역학적 특성과 탈과력을 측정·분석하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 공시 재료

본 연구 수행에 사용한 시료는 충북 보은지역에서 재배되고 있는 홍은품종의 대추로써 수확기에 있는 시료를 농장에서 무작위로 채취하여 현장에서 직접 또는 시료 채취 후 저온 저장 후 실험을 실시하였다.

### 2.2 측정항목 및 방법

#### (1) 대추 열매의 물리·역학적 특성

수확시기에 대추 열매의 장경 및 단경, 무게는 디지털 캘리퍼(model CD-20CP, Mitutoyo Crop, Japan)와 force gauge(model MECMESIN AFG 50N)를 이용하여 측정하였고, 부피는 메스 실린

더를 이용하여 시료를 넣은 후 수위의 증가 눈금을 측정하여 측정하였다.

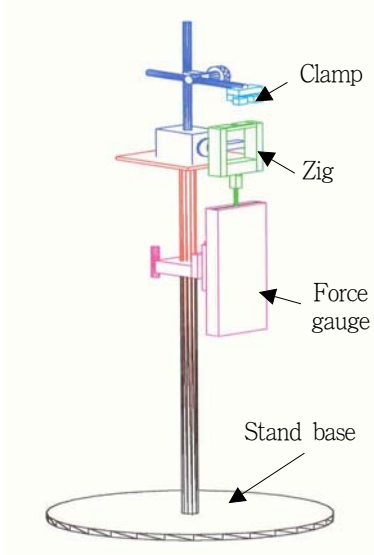


Fig. 1. Schematic of the detachment force test experiment apparatus.

대추 열매의 탈과력 측정은 만능재료시험기(model MECMESIN VersaTest)를 사용하여 찰과력을 측정하기 위해서 장치를 고정시켜 주는 스탠드, 잎줄기를 잡아주는 클램프, 과병을 고정시켜주는 지그, 인장 및 압축을 측정할 수 있는 force gauge system(model AFG 50N, Mechmesin LTD, England)을 이용하여 Fig. 1과 같이 탈과력 측정장치를 설계·제작 설치하였고, 클램프와 지그에 각각 과병과 대추가지를 고정시킨 후 force gauge를 일정 속도로 잡아 당겨 가지와 열매의 연결부분인 과병이 대추가지로부터 이탈할 때 force gauge에 계측된 최대 수치를 기록하였다. 과일의 탈과에 중요한 요인 중에 하나인 Force-to-weight ratio(F/W)는 각각의 시료의 탈과력을 측정하여 대추의 무게로 나누어 나타내

(2) 대추나무 잎줄기의 물리적 특성

잎줄기의 물리적 특성은 잎줄기에 매달린 잎의 수는 육안으로, 잎줄기 길이와 잎줄기의 줄기부분 및 끝부분의 직경은 디지털 캘리퍼스로, 잎줄기 무게는 디지털 저울로 측정·분석하였다.

(3) 대추 잎의 물리적 특성

대추 잎의 물리적 특성으로 잎의 탈리력과 면적, 무게 등을 조사·분석하였다. 대추 잎의 탈리력은 본 연구에서 설계 제작한 Fig. 1의 물성시험장치를 이용하여 현장에서 직접 측정하였으며, 대추 잎의 면적은 잎면적측정기(model LI-3100, LI-cor, USA)를 이용하여 측정하였고, 무게는 디지털 저울을 이용하여 측정하였다.

(4) 대추의 열매, 잎, 잎줄기의 종말속도

탈과장치를 사용하여 탈과된 대추를 선별할 때 수확된 대추와 함께 섞여있을 것으로 예상되는 제거할 물질인 대추잎과 잎줄기를 선별하고자 종말속도(terminal velocity)를 측정 분석하였으며, 종말속도를 측정하기 위한 종말속도 실험장치를 Fig. 2와 같이 설계·제작하였다.

이 장치는 투명실린더, 에어 닥트, 송풍기, 변속모터, 제어부, 풍속 측정기로 구성되어 있으며, 투명실린더 맨 위에는 스크린으로 뚜껑을 부착해 공기에 의해 대추열매가 실린더 밖으로 이탈되는 것을 방지하였다. 한편, 실린더 아래 부분에는 직경 8mm의 플라스틱 스트로오(straw)로 실린더 내부를 채워 넣어 실린더 입구 쪽의 공기의 흐름을 일정하게 하고자 하였다.

각 시료들을 실린더 내에 투입한 후 송풍기를 작동하여 내경이 100mm인 실린더의 상부에서

공기 중에 부유, 유동하도록 한 다음 점차적으로 송풍기의 속도를 감소시켜가면서 이들이 낙하하는 순간의 공기속도를 측정하였다. 공기속도의 측정은 실린더의 중간부분에 있는 직경 10mm의 구멍을 통하여 실린더 내부에 설치된 풍속측정기(model 37000-00, Cole-Parmer Instrument Company, USA)로 측정하였으며, 동일 시료를 3~5회 반복하여 실험을 실시하여 그 평균값을 기록하였다.

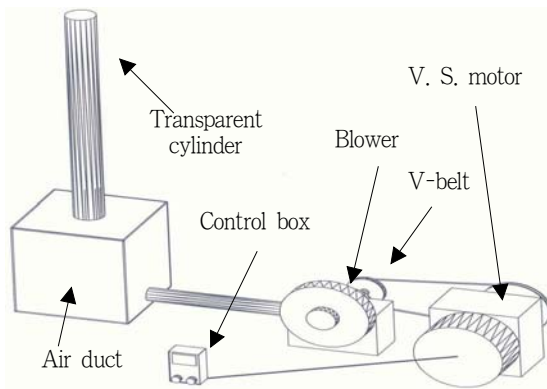


Fig. 2. Terminal velocity of jujube fruits, leaf stems, and leaves experiment apparatus.

### III. 결과 및 고찰

#### 3.1 대추 열매의 물리·역학적 특성

수확적기의 30개의 대추열매 시료를 채취하여 실험한 결과 대추의 장경은 24.5~38.4mm, 평균은 32.0mm로 이었고, 단경은 19.3~27.8mm, 평균은 23.9mm로 나타났다. 한편, 대추의 무게는 표 1과 같이 그 범위가 5.2~12.7g이었고, 평균은 8.99g로 나타났다.

수확시기의 익은 대추의 부피는  $8.0 \times 10^{-6} \sim 12.1 \times 10^{-6} \text{m}^3$ 로 나타났고, 그 평균값은  $10.0 \times 10^{-6} \text{m}^3$ 로 나타났다. 대추열매의 탈과력은 3.34~9.34N 범위 이었고, 평균은 5.43N으로 나타났으며, 무게에 대한 대추의 탈과력은 Fig. 3과 같이 대체로 대추 무게가 증가함에 따라 약간 증가하는 경향을 나타냈다.

한편, 무게에 대한 탈과력, 즉  $F/W$ 는 Fig. 4와 같이 무게가 증가하면서 약간 감소하는 경향을 나타냈다.

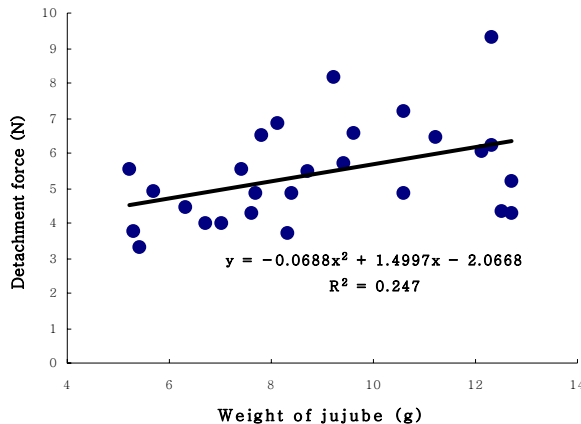


Fig. 3. Relationship between detachment force and weight of jujube fruits.

Table 1. Physical characteristics of jujube fruits (Hong-eun)

Sample No.	Detachment force (N)	Major diameter (mm)	Minor diameter (mm)	Weight (g)
1	5.22	36.02	26.32	12.7
2	3.71	30.96	24.39	8.3
3	7.22	33.27	26.14	10.6
4	8.18	34.52	24.52	9.2
5	6.48	33.32	27.77	11.2
6	9.34	34.34	27.51	12.3
7	5.16	33.50	25.12	10.3
8	3.34	24.52	19.93	5.4
9	6.86	31.35	22.91	8.1
10	3.75	24.60	21.58	5.3
11	6.53	29.25	21.99	7.8
12	5.57	31.74	21.00	7.4
13	5.47	34.91	22.26	8.7
14	5.52	29.19	19.31	5.2
15	4.02	32.55	19.96	6.7
16	4.94	29.80	19.96	5.7
17	4.47	28.57	21.24	6.3
18	4.01	30.58	21.92	7.0
19	5.70	32.45	24.04	9.2
20	4.83	29.66	23.71	7.7
21	4.83	28.56	24.25	8.4
22	4.36	35.18	27.30	12.5
23	6.55	32.94	25.06	9.6
24	5.41	33.37	24.56	9.3
25	4.31	30.77	24.24	7.6
26	5.70	31.80	24.36	9.4
27	6.24	35.32	27.30	12.3
28	6.04	34.39	26.24	12.1
29	4.88	34.75	26.03	10.6
30	4.28	38.36	26.58	12.7
Mean	5.43	32.02	23.92	8.99
Std	1.426	3.137	2.516	2.359

Table 2. Physical characteristics of jujube leafy stems

Sample No.	Weight of leafy stem (g)	No. of leaves (ea)	Length of leafy stem (cm)	Stem side diameter (mm)	End diameter (mm)
1	1.0	7.0	11.0	4.6	3.1
2	0.9	7.0	11.0	5.0	2.9
3	1.1	7.0	12.9	5.3	3.3
4	0.7	5.0	11.1	4.3	2.8
5	0.7	6.0	11.6	4.2	2.8
6	0.9	5.0	10.7	5.5	3.0
7	0.9	6.0	10.2	4.3	2.6
8	1.7	10.0	14.4	6.0	3.3
9	1.3	8.0	18.0	5.9	3.4
10	0.7	6.0	10.0	4.8	2.8
11	0.6	5.0	15.3	5.2	3.0
12	0.4	8.0	12.2	3.7	2.8
13	0.9	9.0	16.9	5.0	2.8
14	0.2	4.0	9.7	3.6	2.1
15	0.4	5.0	11.9	3.9	2.5
16	0.1	4.0	3.0	2.0	1.9
17	0.9	10.0	15.6	4.3	3.0
18	0.5	6.0	13.2	4.4	2.2
19	0.4	5.0	9.5	4.3	2.7
20	0.5	8.0	12.2	4.2	2.2
21	0.6	8.0	15.3	4.2	2.1
Mean	0.7	6.6	12.2	4.5	2.7
Std	0.372	1.802	3.214	0.879	0.426

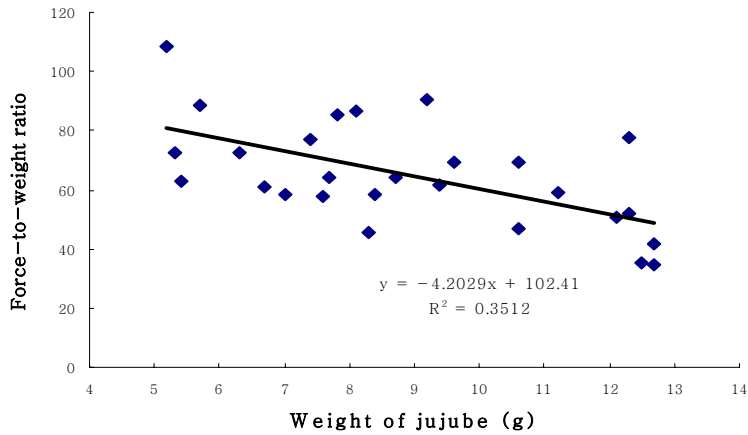


Fig. 4. Relationship between force-to-weight ratio and weight of jujube fruits.

### 3.2 대추잎줄기 및 잎의 물리적 특성

대추잎줄기 및 잎 시료 21개를 채취하여 실험한 결과는 Table 2와 같고 잎줄기 무게의 범위는 0.1~1.7g, 평균은 0.7g으로 나타났고, 잎수의 범위는 4~10개, 평균은 6.6개로 나타났고, 잎줄기 길이의 범위는 3.0~18.0cm, 평균은 12.2cm로 나타났으며, 잎줄기의 줄기부분 직경은 범위가 2.0~6.0mm이고 평균 4.5mm로 나타났고, 끝부분 직경 범위는 1.9~3.4mm으로 평균 2.7mm이었다.

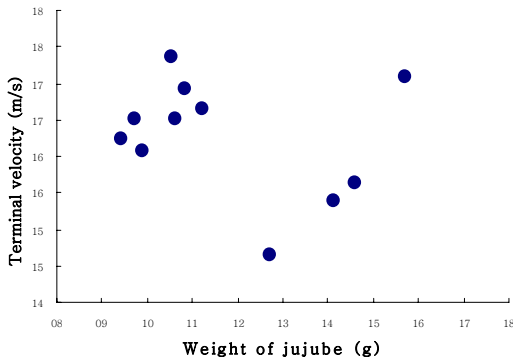


Fig. 5. Relationship between terminal velocity of jujube fruits and weight of jujube fruits.

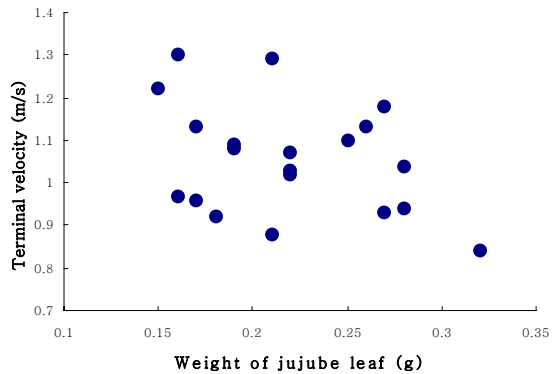


Fig. 6. Relationship between terminal velocity of leaf and jujube leaf weight.

또한 Table 3에서 보는 바와 같이 대추 잎의 장·단경의 범위는 각각 3.2~7.0cm, 1.8~4.4cm로서 그 평균이 각각 5.7cm, 3.3cm로 나타났고, 면적 범위는 4.00~20.41cm<sup>2</sup>, 평균 12.98cm<sup>2</sup>로 나타났다. 무게의 범위는 0.07~0.32g, 평균 0.20g으로 나타났고, 대추 잎의 탈리력 범위는 1.89~7.36N, 평균 4.39N으로 나타났다. 실험에 사용된 시료의 수는 30개이다.

Table 3. Physical characteristics and detachment force of jujube leaves

Sample No.	Major diameter (cm)	Minor diameter (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Weight (g)	Detachment force (N)
1	5.3	2.9	9.63	0.19	1.89
2	5.9	4.2	15.36	0.27	4.89
3	5.4	3.2	12.39	0.25	1.94
4	4.7	3.0	9.42	0.15	4.93
5	4.6	3.5	9.74	0.16	1.93
6	6.4	3.2	15.06	0.26	5.72
7	5.6	3.1	11.62	0.19	4.18
8	7.0	4.4	20.35	0.32	3.35
9	6.9	4.1	20.15	0.27	3.03
10	6.9	4.1	19.84	0.28	6.16
11	7.0	4.0	18.93	0.28	4.23
12	5.5	3.2	11.84	0.19	5.87
13	6.8	3.4	14.91	0.18	2.95
14	4.2	2.8	8.63	0.13	4.48
15	4.8	3.6	11.64	0.19	5.02
16	5.7	3.6	14.08	0.22	6.77
17	5.8	3.8	14.20	0.22	7.36
18	6.5	3.6	15.72	0.22	5.83
19	4.4	2.4	6.52	0.08	3.20
20	5.7	2.9	10.61	0.16	4.90
21	6.0	3.1	11.41	0.17	4.49
22	6.5	3.6	20.41	0.25	5.35
23	6.8	3.6	16.07	0.21	3.23
24	6.9	3.8	16.15	0.23	6.40
25	3.2	1.8	4.00	0.07	2.92
26	4.4	2.5	7.77	0.12	3.38
27	5.2	2.2	8.91	0.12	3.08
28	5.6	3.2	11.45	0.17	4.38
29	6.1	2.7	11.20	0.16	4.73
30	5.4	3.1	11.43	0.21	5.04
Mean	5.7	3.3	12.98	0.20	4.39
Std	0.978	0.612	4.265	0.060	1.455

다. 대추의 열매와 잎의 종말속도

대추의 종말속도는 Fig. 5와 같이 대추의 무게가 증가하면서 약간씩 감소하는 경향을 나타냈으나, 데이터가 산재해 있어 상관관계를 구명하기는 어려운 것으로 판단되었고, 대추의 종말속도

평균은 16.71m/s로 나타났다.

또한, 대추잎의 무게에 따른 대추잎의 종말속도의 상관관계를 구명하기 어려웠고, 이들의 평균종말속도는 Fig. 6에서 1.07m/s로 나타났다.

한편, Fig. 7에서 대추잎의 면적이 증가하면서 종말속도가 약간씩 감소하는 경향을 나타냈다. 대추 잎줄기의 길이와 종말속도와의 상관관계는 없는 것으로 나타났으며, 이들의 평균 종말속도는 Fig. 8에서 1.81m/s로 나타났다.

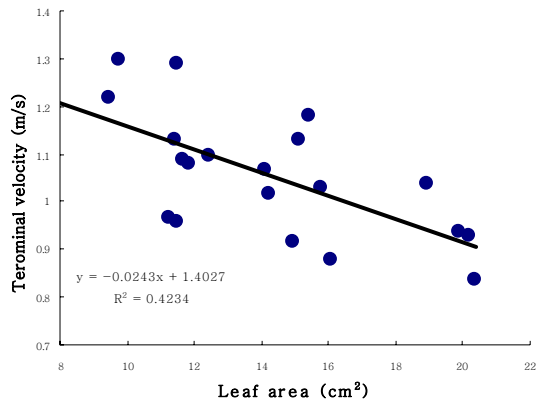


Fig. 7. Relationship between terminal velocity of jujube leaf and leaf area.

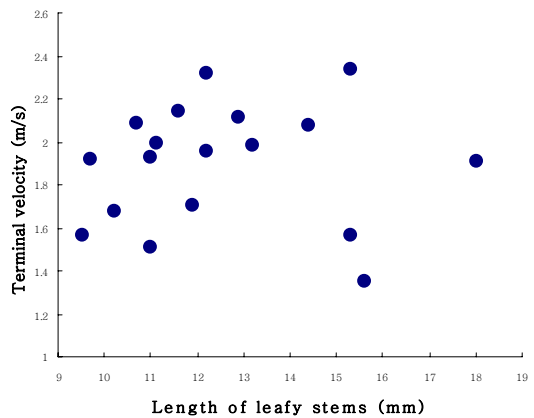


Fig. 8. Relationship between terminal velocity of leafy stems and leaf stem length.

본 실험에 사용한 대추열매 및 대추잎은 각각 30개 그리고 잎줄기는 21개이었다.

## 인용문헌

### IV. 적 요

본 연구는 대추 수확기 개발을 위한 기초연구로써 수확시기의 대추의 탈과력과 종말속도를 구명하기 위하여 대추열매, 잎 및 잎줄기의 물리적 특성과 역학적 특성을 조사·분석하였으며 그 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수확시기의 대추열매의 평균 장경, 단경, 부피, 무게 및 탈과력은 각각 32.02mm, 23.92mm,  $10.0 \times 10^{-6} \text{m}^3$ , 8.99g, 5.43N으로 나타났다.
2. 대추 열매의 무게가 증가함에 따라 열매의 탈과력은 증가하고, F/W는 감소하는 경향을 나타냈다.
3. 대추 잎줄기의 평균 무게는 0.7g 이었고, 잎줄기에 매달린 잎수는 6.6개, 잎줄기 길이는 122mm, 줄기부분 및 끝부분의 직경이 각각 4.5mm, 2.7mm 이었다.
4. 대추 잎의 평균 장·단경은 각각 5.7cm와 3.3cm, 잎면적은  $12.98 \text{cm}^2$ , 무게 및 탈리력은 각각 0.20g 및 4.39N으로 나타났다.
5. 수확시기 대추열매의 무게, 대추잎의 무게 및 대추잎줄기 길이와 종말속도의 상관관계는 매우 낮은 것으로 나타났으나, 대추잎의 면적이 증가하면서 종말속도는 다소 감소하는 결과를 나타냈다.

1. 경남 농업기술원. 1999. 대추
2. 기종천, 고광출, 김규래, 이재창. 2002. 四稿 과수원예총론, 향문사
3. Alper, Y. and A. Foux. 1976. Strength properties of orange fruits-stem joints. Transactions of the ASAE 19(3) : 412-414.
4. So, J. D., Y. K. Huh., S. W. Lee., 1999. Physical characteristics of stem and Fruits of *Lycium chinense Mill.* Journal of the KSAM 24(4): 365-372.
5. So, J. D., 2001. Vibration characteristics of boxthorn (*Lycium chinense Mill*) branches. Applied Engineering in Agriculture 17(6):755-760.