한국농업기계학회지 제27권 제4호. pp. 283~292. 2002

# 대추 및 대추가지의 물리적 특성

# Physical Properties of Jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) and Jujube Branches

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

## ABSTRACT

Mechanical and physical properties of various parts of jujube (*Zizyphus jujuba* Miller) such as fruits, leaves, secondary branches, and leafy stems were measured and analyzed. The physical dimensions of the fruits were measured using a digital caliper, and the detachment force of the fruit and leafy stems was measured using a force gauge. The physical characteristics of the secondary branches such as the modulus of elasticity and the torsional rigidity were tested using a universal testing machine (UTM). The physical characteristics of leafy stems such as length and weight were also measured using a digital caliper and a digital scale, respectively. The detachment force of leafy stems and the area of the leaf also measured. The terminal velocities of the jujube fruits, leaves, and leafy stems were measured using a custom made terminal velocity experiment system.

Diameter of the major and minor axis of the jujube fruit, volume of the fruit, weight of the fruit, and detachment force of the fruit stem was average of 32.02 mm, 23.92 mm, $10.0 \times 10^{-6}$ $m^3$, 8.99 g, and 5.43 N, respectively. The detachment forces of the jujube fruits increased and the force-to-weight ratio of the jujube fruits decreased as the weight of the jujube fruits increased. The modulus of elasticity of the secondary branches of the jujube was average of $7.01 \times 10^8$ $N/m^2$ and decreased as diameter of the secondary branches increased. The average torsional rigidity of the secondary jujube branches was $5.2 \times 10^{-}$ $N/m^2$, and the torsional rigidity decreased as the secondary branch diameter increased. The distribution of the torsional rigidity data associated with the diameter of the branches, however, widely scattered and it was difficult to find any relationship between the diameter of the branches and the torsional rigidity of the branches. 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 0.7 g, 6.6 ea, 12.2 cm, 4.5 mm, and 2.7 mm, 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 5.7 cm, 3.3 cm, 12.98 $cm^2$, 0.20 g, and 4.39 N, 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 terminal velocity, however, slightly increased as the length of the leafy stems increased.

**Keywords** : Jujube, Leafy stems, Terminal velocity, Torsional rigidity, Modulus of elasticity.

---

This study was funded by Agricultural Research and Development Projection Center, Ministry of Agriculture, Korea. This paper was submitted for pablication in June 2002, reviewed and approved for publication by the editoral board of KSAM in July 2002. The authors are K. S. Min, S. W. Lee, Y. K. Huh, S. R. Maeng, Dept. of the Agricultural Machinery Engineering, Chungnam National University, 220 Gungdong, Yuseong, Daejeon, 305-764, Korea and J. D. So Technology Innovation Center, Jeonju University, 1200 Hyoja Dong, 3 Ga, Wansan Gu, Jeonju City, Jeonbuk, 560-759, Korea.

## 1. 서 론

대추는 국내에서 생산되는 대표적인 임산물의 하나로 제수용 및 한약재 등에 주로 사용되었으나 근래에는 대추차, 대추술, 생과 등으로 가공·포장되어 소비되면서 재배면적 및 생산력이 급증하고 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. 때문에 경북 경산지구 같은 밀집지역뿐만 아니라 일반 대추농가에서는 수확기간 내에 양질의 풍부한 노동력을 구하기 위해서 다방면으로 노력을 해보지만 농촌의 인력 구조상 손쉬운 일이 아니다. 그래서 일부 열매는 수확이 늦어져서 상품의 가치가 떨어지거나, 수확을 포기하고 버려지는 경우가 종종 있어서 농가에 큰 손실을 초래하고 있다(경남 농업기술원, 1999).

본 연구는 대추농가의 수확시기에 인력난을 해소하고, 효율적인 수확작업을 통하여 대추농가의 경제적 이득을 위한 대추수확기 개발을 위한 기초연구로서 대추의 기계적 특성 부분에 대해 조사·분석하였다. 대추열매의 물리·역학적 특성과 잎줄기 및 잎의 크기와 형상 그리고, 탈리력을 측정·구명하였고, 대추나무 잔가지의 탄성계수 및 강성계수, 대추의 열매, 잎, 잎줄기의 종말속도(terminal velocity)를 측정·분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시 재료

본 연구 수행에 사용한 시료는 충북 보은지방에서 재배되고 있는 보은대추로써 수확적기에 있는 시료를 농장에서 무작위로 채취하여 현장에서 직접 또는 시료 채취 후 저온 저장 후 실험을 실시하였다.

### 나. 측정항목 및 방법

(1) 대추 열매의 물리·역학적 특성

대추 열매의 장경 및 단경, 무게는 디지털 캘리퍼(model CD-20CP, Mitutoyo Crop. Japan)와 디지털저울(model EK-1200G, A&D Co, Japan)을 이용하여 측정하였고, 부피는 메스 실린더에 시료를 넣은 후 수위가 증가하는 것을 육안으로 관찰하여 대추의 부피를 측정하였다. 대추 열매의 탈과력을 측정하기 위해서 장비를 고정시켜 주는 스탠드, 잎줄기를 잡아주는 클램프, 과병을 고정시켜주는 지그, 인장 및 압축을 측정할 수 있는 force -gauge (model AFG 50 N, Mechmesin LTD. England)를 조합하여 그림 1과 같이 탈과력 측정장치를 설계·제작하였고, 클램프와 지그에 각각 과병과 대추가지를 고정시킨 후 force-gauge를 일정 속도로 잡아당겨 과병이 대추가지로부터 이탈할 때 force-gauge에 계측된 최대 수치를 기록하였다. 탈과 하는데 중요한 요인 중에 하나인 Force-to-weight ratio(F/W)는 각각의 시료의 탈과력을 대추의 무게로 나누어 표기하였다.

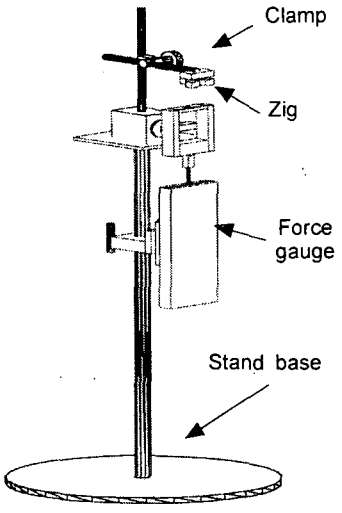


Fig. 1 Schematic of the detachment force test experiment apparatus.

(2) 대추가지의 물리적 특성

대추가지의 탄성계수는, 잎줄기가 매달려 있는 직경이 5 mm 이내인 가지의 일부분을 선택하여 그림 2와 같이 제작된 굽힘실험장치를 이용하여 굽힘실험을 한 후 식 (1)을 이용하여 탄성계수를 계산하였다(J. D. So et al., 1999). 굽힘실험은 준정적인 상태(Quasi-static state)로 $8.3\times10^{-4}$ m/s로 실시하였으며 force gauge의 load cell 용량은 50 N인 것으로 사용하였다.

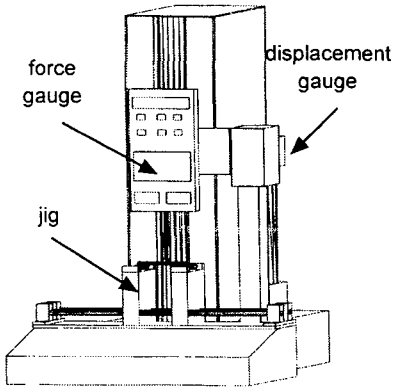


Fig. 2 Modulus of elasticity experiment apparatus for jujube branch.

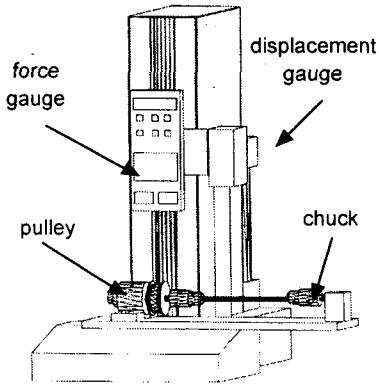


Fig. 3 Torsional rigidity experiment apparatus for jujube branch.

$$E=\frac{PL^3}{48Y_cI} \quad \cdots\cdots (1)$$

여기서 E = 탄성계수(N/m²)
P = 시료중앙에 작용하는 하중(N)
L = 시료길이(m)
$Y_C$ = 휨량(m)
I = 시료의 단면 2차 모멘트(m⁴)
d = 시료의 평균직경(m)

$$G=\frac{TL}{\phi J} \quad \cdots\cdots (2)$$

여기서 G = 비틀림 강성계수(N/m²)
T = 토크(Nm)
L = 시료의 길이(m)
$\phi$ = 비틀림 각(radian)
J = $\pi d^4/32$ : 단면 2차 극모멘트(m⁴)
d = 시료의 직경(m)

대추가지의 비틀림 강성계수는 직경이 10 mm 이내인 두 개의 척이 부착된 물림장치(그림 3 참조)을 제작하여 비틀림 실험을 한 후 식 (2)를 이용하여 비틀림 강성계수를 계산하였다(Alper and Foux, 1976). 실험장치는 풀리, 베어링 및 축, 두 개의 척을 설치하여 제작하였고, 이를 UTM(model 990831, Daelim Instruments co, Korea) 본체에 장착하여서 오른쪽의 척은 고정시키고, 왼쪽의 척은 직경이 20 mm인 축에 베어링, 풀리 및 척을 고정시켜 축이 회전하면서 풀리 및 척이 동시에 회전하도록 하였다. 또한, 풀리와 계기의 연결 고리 사이에 케이블을 연결하여 UTM의 크로스 헤드가 위쪽으로 수직 이동하면서 시료에 비틀림을 가하도록 하였으며 이때의 인장력을 측정하여 토크를 계산하였다. 다만, 척과 척 사이의 간격은 자유로이 조절할 수 있도록 하여 시료의 길이에 맞게 적절하게 위치를 고정시킨 후 실험을 실시하였다. 비틀림 각은 두 개의 척에 시료를 고정시킬 때 풀리와 계기 사이에 연결되어 있는 케이블이 하중을 받지 않은 상태에서 팽팽하게 직선이 되도록 유지하면서 고정시킨 다음 계기가 위로 이동한 변위 즉 수직 이동거리를 정밀도가 0.02 mm인 변위측정기로 측정한 후 풀리의 직경(48 mm)을 이용하여 비틀림 각을 환산하였다.

(3) 대추나무 잎줄기의 물리적 특성

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

(4) 대추 잎의 물리적 특성

대추 잎의 물리적 특성으로 잎의 탈리력과 면적, 무게 등을 조사·분석하였다. 대추 잎의 탈리력은 본 연구에서 설계 제작한 물성실험장치(그림 1 참조)를 이용하여 현장에서 직접 측정하였으며 대추 잎의 면적은 잎면적측정기(model LI-3100

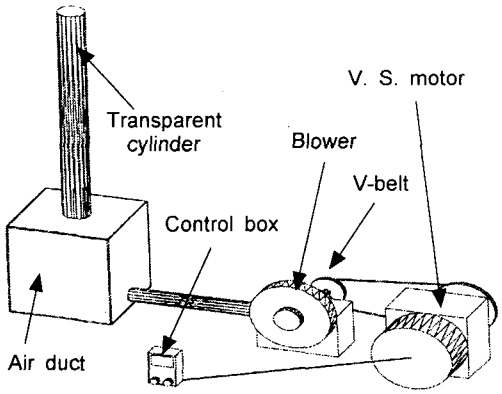


Fig. 4 Terminal velocity of jujube fruits, leaf stems, and leaves experiment apparatus.

LI-cor, USA)를 이용하여 측정하였고, 무게는 디지털 저울을 이용하여 측정하였다.

(5) 대추의 열매, 잎, 잎줄기의 종말속도

탈과장치에 의해 탈과 된 대추의 선별 즉, 수확할 때 함께 섞여있을 것으로 예상되는 이물질인 대추의 잎과 잎줄기를 선별하고자 종말속도(terminal velocity)를 측정 분석하였으며, 종말속도를 측정하기 위해서 종말속도 실험장치를 그림 4와 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 8 mm의 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 100 mm인 실린더의 상부에서 공기 중에 부유, 유동하도록 한 다음 점차적으로 송풍기의 속도를 감소시켜가면서 이들이 낙하하는 순간의 공기속도를 측정하였다. 공기속도의 측정은 실린더의 중간부분에 있는 직경 10 mm의 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.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 대추 열매의 물리·역학적 특성

총 30개의 시료를 채취하여 실험한 결과 녹숙대추의 장경 범위는 24.52~38.36 mm, 평균은 32.02 mm로 나타났고, 단경 범위는 19.31~27.77 mm, 평균은 23.92 mm로 나타났다. 한편, 대추의 무게는 그 범위가 5.2~12.7 g이었고, 평균은 8.99

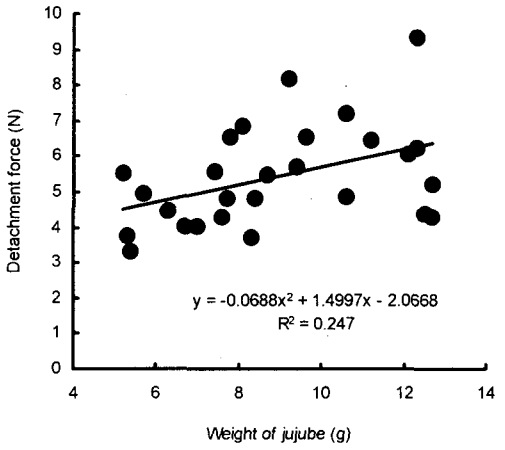


Fig. 5 Relationship between detachment force and weight of jujube fruits.

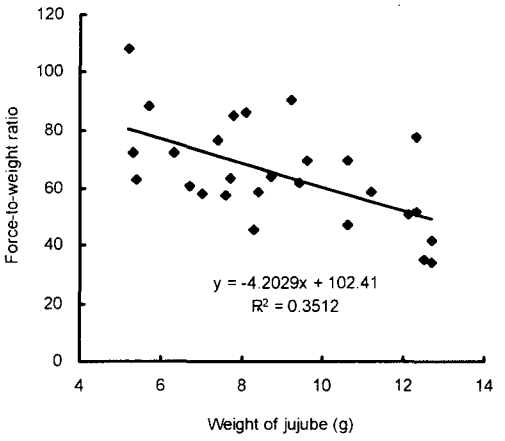


Fig. 6 Relationship between force-to-weight ratio and weight of jujube fruits.

Table 1 Physical characteristics of jujube fruits (Boeun)

| 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 | | 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 | | 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 | | 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 |

g로 나타났다(표 1 참조). 녹숙대추의 부피는 그 범위가 $8.0\times10^{-6}$~$12.1\times10^{-6}$ $m^3$로 나타났고, 그 평균은 $10.0\times10^{-6}$ $m^3$로 나타났다. 대추열매의 탈과력 범위는 3.34~9.34 N이었고, 평균은 5.43 N으로 나타났으며, 무게에 대한 대추의 탈과력은 대추 무게가 증가하면서 탈과력 역시 증가하는 경향을 나타냈다(그림 5 참조). 한편, 무게에 대한 탈과력, 즉 F/W는 무게가 증가하면서 감소하는 경향을 나타냈다(그림 6 참조).

### 나. 대추가지의 물리적 특성

대추나무가지의 탄성계수는 가지의 굵기가 증가하면서 일반적으로 감소하는 경향을 나타냈으며(그림 7 참조), 이는 다른 작물들의 경향과 비슷하게 나타났다(J. D. So, 2001). 총 8개의 시료를 채취하여 실험한 결과 대추가지의 평균 탄성계수는 $7.01\times10^8$ $N/m^2$였고, 구기자 가지의 평균 탄성계수보다 약간 작게 나타났다. 이들 가지의 평균직경은 4.27 mm이고, 평균길이는 70.58 mm였으며, 실험에 사용된 시료의 수는 총 8개였다.

대추가지의 비틀림 강성은 그림 8과 같이 가지의 굵기가 증가하면서 일반적으로 비틀림 강성계수가 음의 지수 함수적으로 감소하는 경향을 나타냈으나, 데이터가 산재해 있어 가지의 굵기에 따른 비틀림 강성계수변화 특성은 일정한 경향으로는 나타나지 않았다. 한편, 본 실험에 사용한 시료들의 평균 비틀림 강성은 $5.2\times10^7$ $N/m^2$로 나타났다. 시료의 평균 직경은 5.57 mm이고, 평균길이는 65.15 mm였으며, 실험에 사용된 시료의 수는 총 49개였다.

### 다. 대추나무 잎줄기의 물리적 특성

총 21개의 시료를 채취하여 실험한 결과 잎줄기 무게의 범위는 0.1~1.7 g, 평균은 0.7 g으로 나타났고, 잎수의 범위는 4~10개, 평균은 6.6개로 나타났고, 잎줄기 길이의 범위는 3.0~18.0 cm, 평균은 12.2 cm로 나타났으며, 잎줄기의 줄기부분 직경은 범위가 2.0~6.0 mm이고 평균 4.5 mm로 나타났고, 끝 부분 직경 범위는 1.9~3.4 mm으로 평균 2.7 mm였다(표 2 참조).

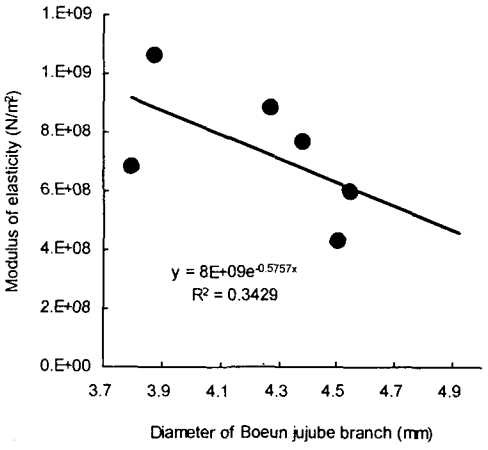


Fig. 7 Relationship between branch diameter and modulus of elasticity of jujube branch.

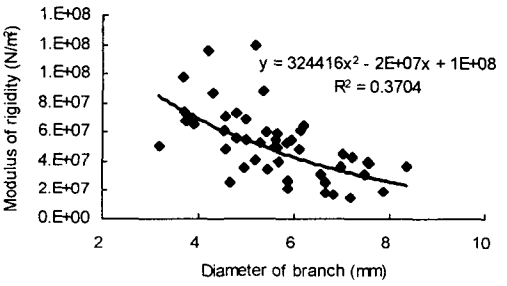


Fig. 8 Relationship between diameter and modulus of rigidity of jujube branch.

### 라. 대추 잎의 물리적 특성

대추 잎의 장·단경의 범위는 각각 3.2~7.0 cm, 1.8~4.4 cm로서 그 평균이 각각 5.7 cm, 3.3 cm로 나타났고, 면적 범위는 4.00~20.41 $cm^2$, 평균 12.98 $cm^2$로 나타났다. 무게의 범위는 0.07~0.32 g, 평균 0.20 g으로 나타났고, 대추 잎의 탈리력 범위는 1.89~7.36 N, 평균 4.39 N으로 나타났다. 실험에 사용된 시료의 수는 30개이다(표 3 참조).

### 마. 대추의 열매, 잎, 잎줄기의 종말속도

대추의 종말속도는 대추의 무게가 증가하면서

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 |

약간씩 감소하는 경향을 나타냈으나, 데이터가 산재해 있어 상관관계를 구명하기는 어려운 것으로 판단되었고(그림 9 참조), 대추의 종말속도 평균은 16.71 m/s로 나타났다. 또한, 대추잎의 무게에 따른 대추잎의 종말속도의 상관관계를 구명하기 어려웠고(그림 10 참조), 이들의 평균종말속도는 1.07 m/s로 나타났다. 한편, 대추잎의 면적이 증가하면서 종말속도가 약간씩 감소하는 경향을 나타냈다(그림 11 참조). 대추 잎줄기의 길이와 종말속도와의 상관관계는 없는 것으로 나타났으며(그림 12 참조), 이들의 평균 종말속도는 1.81 m/s로 나타났다. 본 실험에 사용한 대추열매, 대추잎, 대추잎줄기는 각각 13개, 21개, 그리고 19개이다.

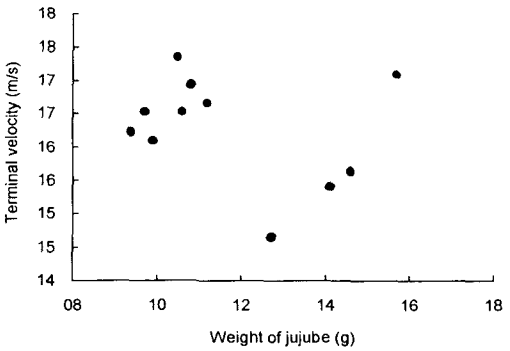


Fig. 9 Relationship between terminal velocity of jujube fruits and weight of jujube fruits.

Table 3 Physical characteristics and detachment force of jujube leaves

| Sample No. | Major diameter (cm) | Minor diameter (cm) | Area ($cm^2$) | 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 |

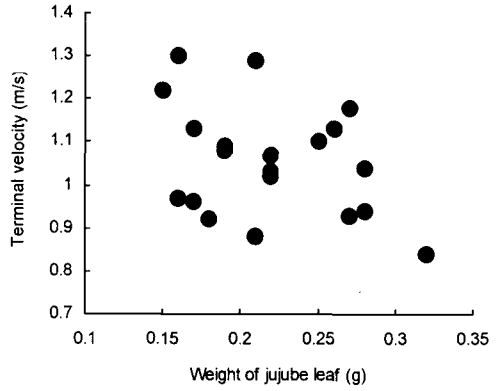


Fig. 10 Relationship between terminal velocity of leaf and jujube leaf weight.

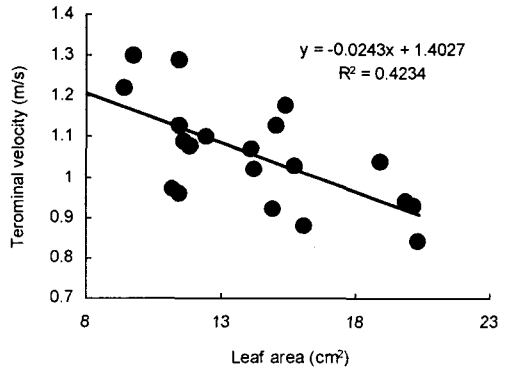


Fig. 11 Relationship between terminal velocity of jujube leaf and leaf area.

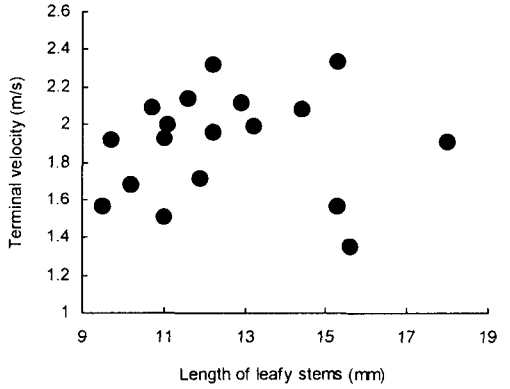


Fig. 12 Relationship between terminal velocity of leafy stems and leaf stem length.

## 4. 요약 및 결론

본 연구는 대추 수확기개발을 위한 기초연구로써 대추의 열매, 잎, 잎줄기, 그리고 대추 가지의 물리적 및 역학적 특성을 조사·분석하였다. 대추 열매, 잎 및 잎줄기의 물리·역학적 분석 및 탈과력 혹은 탈리력 분석 결과는 기계적 대추 수확기(e.g., 진동형 혹은 충격형 수확기)를 설계 및 개발하는데 있어서 중요한 자료로 사용할 수 있을 것으로 판단되며, 대추 열매, 잎, 및 잎줄기의 종말속도는 대추열매를 기계적인 방법에 의해 탈과 한 후 대추를 다른 이물질과 선별하는데 있어서 중요한 설계자료로 판단된다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 대추 열매의 평균 장경, 단경, 부피, 무게, 탈과력은 각각 32.02 mm, 23.92 mm, 10.0 $\times 10^{-6}$ $m^3$, 8.99 g, 5.43 N으로 나타났다.
- 대추 열매의 무게가 증가하면 탈과력은 증가하고, F/W는 감소하는 경향을 나타났다.
- 대추나무가지의 평균 탄성계수는 $7.01 \times 10^8$ $N/m^2$ 였고, 가지의 굵기가 증가하면서 감소하였다.
- 대추나무가지의 평균 비틀림 강성은 $5.2 \times 10^7$ $N/m^2$으로 나타났으며, 가지의 굵기가 증가하면서 음의 지수 함수적으로 감소하는 경향을 나타냈으나, 데이터가 일정한 범위에 산재해 있어 가지의 굵기에 따른 비틀림 강성계수변화 특성은 일정한 경향으로는 나타나지 않았다.
- 대추 잎줄기의 평균 무게, 잎수, 길이, 줄기부분, 끝부분의 직경이 각각 0.7 g, 6.6개, 12.2 cm, 4.5 mm, 2.7 mm로 나타났다.
- 대추 잎의 평균 장·단경, 잎면적, 무게, 탈리력은 각각 5.7 cm, 3.3 cm, 12.98 $cm^2$, 0.20 g, 4.39 N으로 나타났다.
- 종말속도는 대추열매 무게, 대추잎의 무게, 대추잎줄기의 길이와 상관관계가 없는 것으로 나타났고, 대추잎의 면적이 증가하면서 약간씩 감소하는 경향을 나타냈다.

## 참 고 문 헌

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