

감 果實의 物理性 및 離脫特性

金 泰 漢

慶北大學校 農科大學 農工學科

Physical Properties and Detachment Characteristics of Persimmon Fruit

Kim, Tae Han

Dept. of Agricultural Engineering, Coll. of Agric., Kyungpook Natl. Univ.

Summary

In order to develop the mechanical fruit harvest system, the detachment force, type and torque investigated and analyse as several loading modes were applied on the fruit-stem of the persimmon fruit. A proving ring with strain gauges was used for the experiment. The following conclusions were drawn from the results :

The mode of withdrawal of the stem from the calyx appeared highly as the persimmon fruit matured. The mode of failure at the junction of the stem and calyx which was desirable mode for mechanical fruit harvest increased as the angular displacement of the fruit with respect to the stem axis increased from zero to ninety degrees. However the mode of failure of the fruiting branch decreased for the same degree of angle pull as above.

The range of detachment force of the persimmon fruit was from 13 to 5 kg. The detachment force decreased from 47 to 8 % as the fruit matured. Also, the force decreased from 31 to 24 % for the same maturity levels as the angular displacement of the fruit with respect to the stem axis increased from zero to ninety degrees.

The range of detachment force to weight ratio (F/W) of the fruit was from 130 to 54 approximately. The detachment force to weight ratio (F/W) decreased from 36 to 8 % as the fruit matured. Also, the ratio (F/W) decreased from 49 to 33 % for the same maturity levels as the same degree of angle pull as above.

In order to remove fruit from tree the desirable force applied to the stem is approximately from 1,280 to 530 kg. Also, the desirable torque to remove the fruits was approximately from 1.1 to 0.5 kg · cm.

緒 論

果實의 生産體系에 있어서 收穫은 가장 費用이 많이 드는 作業이다. 따라서 農村의 勞動力 不足과 勞賃의 上昇을 考慮할 때 우리나라에서도 果實 收穫의 機械化가 不可避한 實情이다 하겠다.

機械的인 收穫에 있어서는 나무로부터 果實을 效果的으로 離脫시키는 方法이 重要한 課題이다.

現在 開發 段階에 있는 機械的인 收穫 方法 가운데서 振動의 原理에 基礎를 둔 收穫 方法이 가장 成功的인 것으로 報告되었다.^{3,17)}

또한 果實의 離脫 效果는 果實-果梗系에 作用되는 加振力의 크기와 方向, 加振 振動數 및 加振 振幅과 關係가 있는 것으로 報告되었고^{1,2,6,8,12,14,15,19)} 특히 Rumsey¹⁹⁾ 등은 一定 振動數로서 加振시킬 경우 果梗部가 짧은 果實이 긴 果實에 비해 離脫率이 높다고 報告하였다.

한편 Alper²⁾와 Parchomchuk¹⁷⁾ 등은 果實의 離脫 效果는 果實-果梗系의 強度特性和 密接한 關係가 있다고 報告하였다.

여러 種類의 果實에 對하여 果實-果梗系의 離脫 特性을 調査하기 위해 注目한 만한 研究가 遂行되었다. 이와 關聯하여 Barnes⁵⁾, Coppock¹⁰⁾, Lenker¹¹⁾ 등은 감귤류에 對해서 서로 다른 動的인 條件下에서 果實의 離脫 特性에 關해 研究하였으며, 이들의 研究 結果에 의하면 果實-果梗系에 對해서 外力을 加하는 方向을 果梗軸에 對해 0°에서 90°까지 增加시키기에 따라 離脫力은 減少되었다.

한편 Lamouria¹³⁾, Markwardt¹⁶⁾, Nyborg¹⁶⁾, Ruff¹⁸⁾, Rumsey¹⁹⁾ 등은 各各 다른 果實에 對하여 成熟도와 收穫 日次, 離脫力과의 關係를 究明하였다. 이들의 研究 結果에 따르면, 果實의 種類 및 品種, 氣候條件等에 따라서 果實-果梗系의 機械的인 強度가 다르게 나타났.

따라서 果實의 種類와 品種에 따라 果實-果梗系의 離脫 特性을 究明하는 것은 앞으로 果實의 振動 收穫 裝置를 開發하는데 있어서 基礎 資料가 될 것이다. 이에 본 研究는 감 果實을 對象으로 成熟度 및 作用力의 變化에 따른 果實-果梗系의 離脫力, 離脫形態, 離脫 torque 등의 離脫 特性和 物理的인 性質을 調査하였다.

材料 및 方法

1. 供試材料

慶北 淸道郡 풍각면 자양동 所在 農園에서 在來品種인 淸道盤柿를 1984年 9月 30日, 10月 9日, 11月 12日에 果實-結果枝系가 健全한 果實을 採取 日字別로 各各 100餘個를 無作爲로 抽出하였다. 본 實驗에 使用한 材料는 果實-結果枝系가 附着된 채로 果樹로부터 切斷하여 濕度의 變化를 防止하면서 實驗室로 運搬하여 採取後 5時間 以內에 實驗을 完了하였다.

또한 앞으로의 實驗 計劃을 위해서 現場 實驗도 並行하여 實驗室 實驗과의 關係를 究明하였다.

2. 實驗方法

1) 離脫力 測定

本 實驗에 使用한 離脫力 測定 裝置는 Fig.1과 같이 抵抗 測定用의 Ring에 4枚의 Strain gauge를 附着하여 Full bridge 回路를 만들고 Strain amplifier를 通해 Digital multimeter에 連結하여 離脫 抵抗을 나타내도록 하였으며, Ring의 軸 下端部에는 結果枝를 固定시킬 수 있도록 V字形의 金屬片을 Ring의 軸과 垂直되게 鎔接하였다. 또한 果梗軸과 Ring의 軸이 一致되도록 結果枝를 固定하였으며, 果實을 Vice로 固定시키고 화살표 方向으로 아주 느린 速度로 外力을 加하여 離脫될 때의 抵抗값을 記錄하였다.

한편 45°, 90° 離脫力 測定時는 Fig.1의 右側과 같이 外力을 加하는 方向이 果梗軸과 45°, 90°가 되게 果實을 固定시키고 위의 實驗에서와 같은 方法으로 測定하였다. 그리고 果實-結果枝系의 破壞部位를 形態別로 調査하였다.

2) Torsion 測定

Torsion 測定 裝置는 Fig.2와 같이 回轉 中心軸에 2個의 軸支持 Bearing을 附着하여 變形을 最大한 防止하였으며 回轉 中心軸의 上, 下端部에 回轉軸과 같이 $\phi 4$ mm의 鋼棒을 軸과 垂直되게 鎔接하고 下端部에 結果枝를 가는 철사로 감아서 固定시켰다. 또한 抵抗 測定用 Ring에 荷重을 加하는 軸의 先端에는 矚날을 附着하여 Ring에 荷重을 加하는 部分이 線接觸이 되도록 하였으며, 果實을 손으로 잡고 화살표 方向으로 느린 速度로 回轉시켜 最大 抵抗값을 記錄하였다.

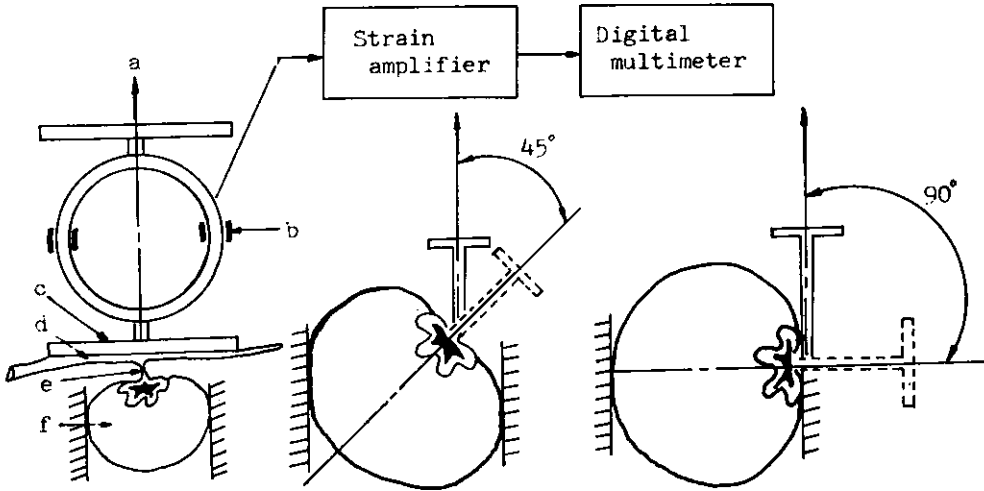


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental device for angle full force test.

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| a : Applied force direction | d : Fruiting branch |
| b : Strain gauge | e : Stem |
| c : Fruiting branch holder | f : Fruit |

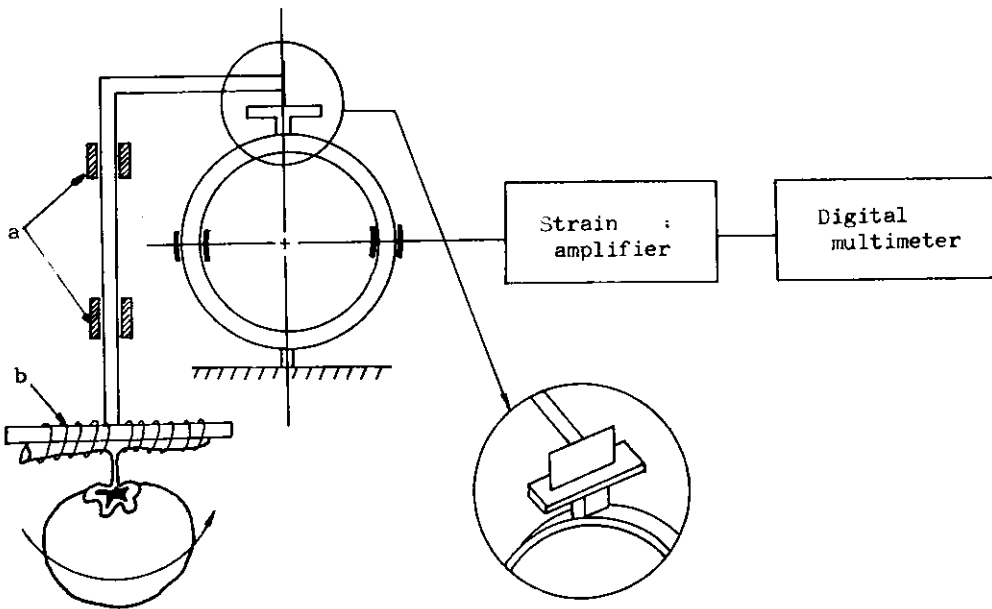


Fig. 2. Schematic diagram of the experimental device for torsion test.

- | | |
|-------------|----------|
| a : Bearing | b : Wire |
|-------------|----------|

3) 果實 및 果梗의 物理性 測定

비니어 캘리퍼스를 사용하여 Fig.3 과 같이 果實의 長徑(a), 短徑(b), 높이(c)를 測定하였으며, 果梗部의 直徑은 上部 接合點(d)과 下部 接合點(e)을 各各 直交한 2軸 方向으로 測定하였고 果梗部의 길이(f)는 果

實과 結果枝를 除去한 後에 測定하였다. 또한 果實 및 果梗의 重量은 Triple Beam Balance(感度 : 0.1g)을 使用하여 果實은 果梗을 除去한 後에 測定하였으며 果梗은 果實, 結果枝를 除去한 後에 測定하였다. 그리고 果實의 體積은 비이커에 물을 넣은 後 果梗을 除去한 果

實을 물속에 完全히 잠기게 하여 測定하였으며 더욱더 精密하게 測定할 수 있도록 바이커의 눈금을 修正하여 使用하였다.

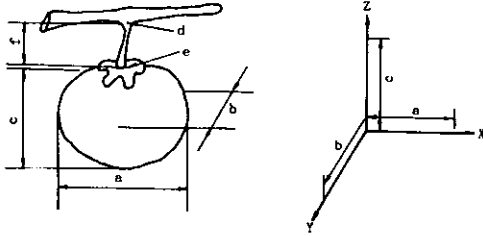


Fig. 3. Physical dimensions of fruit-stem system

- a: Fruit major dia.
- b: Fruit minor dia.
- c: Fruit height
- d: Stem dia. (upper junction)
- e: Stem dia. (lower junction)
- f: Stem length

結果 및 考察

1. 果實의 物理的 性質

Table 1 은 果實-果梗系의 크기를 나타낸 것이다.

Table 1. Physical dimensions of fruit - stem system (n = 101)

	Mean ± S. D.
Fruit weight (g)	140.38 ± 37.34
Fruit major dia. (cm)	6.82 ± 0.41
Fruit minor dia. (cm)	6.42 ± 0.37
Fruit height (cm)	4.59 ± 0.35
Fruit density (g/cm ³)	0.51 ± 0.10
Stem weight (g)	0.26 ± 0.04
Stem dia. (cm)	
Upper junction major	0.41 ± 0.04
" minor	0.37 ± 0.03
Lower junction major	0.52 ± 0.05
" minor	0.47 ± 0.04
Stem length (cm)	1.72 ± 0.25

供試 材料는 10月 9日에 採取한 것으로서 果實 重量이 平均 140g 정도인 中果였고 果梗部는 一般적으로 上部 接合點 보다 下部 接合點의 直徑이 더 컸다.

Table 2는 果實의 重量, 長徑, 短徑, 높이, 比重量에 對한 回歸直線의 相關係數를 나타낸 것이다.

果實의 長徑(a)과 短徑(b) 사이의 回歸直線式은 $b = 0.66 + 0.85a$ 로서 標準偏差는 0.13 이었고, 果實의 重量(w)과 短徑(b) 사이의 回歸直線式은 $b = 5.43 +$

Table 2. Correlation matrix of persimmon fruit dimensions (n = 101)

	Weight	Major dia.	Minor dia.	Height	Density
Weight	1.00				
Major dia.	0.36	1.00			
Minor dia.	0.73	0.94	1.00		
Height	0.58	0.44	0.57	1.00	
Density	0.66	0.72	0.71	0.51	1.00

0.0075w로서 標準偏差는 0.26 이었다. 또한 果實의 比重量(d)과 短徑(b) 사이의 回歸直線式은 $b = -298.77 + 88.77d$ 로서 標準偏差는 33.06으로 나타났다.

Table 3은 果梗部의 重量, 길이, 上部 및 下部 接合點의 平均 直徑과의 回歸直線의 相關係數를 나타낸 것이다.

Table 3에 나타난 것처럼 이 變數들 사이에는 거의 相關性이 없었다.

Table 3. Correlation matrix of stem dimensions (n = 101)

	Weight	Upper junction dia.	Lower junction dia.	Length
Weight	1.00			
Upper junction dia.	0.29	1.00		
Lower junction dia.	0.22	0.49	1.00	
Length	0.29	0.12	0.11	1.00

2. 果實-結果枝系의 離脫 形態

一般적으로 果實은 그 使用 用途에 따라 商品에 對한 價値觀으로부터 사과는 果梗을 附着한 채로 收穫하는 것이 바람직한 反面, 감귤류는 果梗을 除去한 채 收穫하는 것이 바람직하다. 振動 收穫의 경우에 果實-果梗系의 振動 特性을 利用하여 離脫시키고자 하는 部位의 選擇이 가능한 것으로 報告되었다.^{9,10)}

그러나 果實은 果實, 果梗, 結果枝의 三要素로 構成된 係로 부터 接合力이 가장 弱한 部分이 離脫되는 경우가 普通이다. 이 系에 引張, Torsion 등의 外力의 種類를 變化시키면서 離脫 形態를 調査하는 것은 可能하다.

감 果實의 경우 物理的인 外力을 果實-結果枝系에 作用시켰을 때 나타나는 代表的인 離脫 形態를 Fig. 4에 圖示하였다.

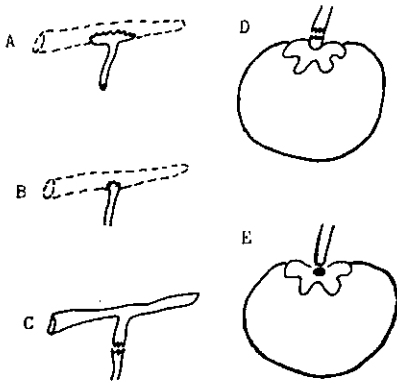


Fig. 4. Detachment modes of fruit-stem system
 A: Failure of the fruiting branch
 B: Withdrawal of the stem from fruiting branch
 C: Failure in the stem
 D: Failure at the junction of stem and calyx
 E: Withdrawal of the stem from the calyx

3. 離脫力

果實-果梗系에서 果實의 離脫力에 가장 影響을 미치는 要素가 무엇인가를 把握하기 위하여 Table 5와 같

Table 5. Correlation matrix for detachment force test (n=76)

	Detachment force	Fruit major dia.	Fruit weight	Stem dia. (mean)	Stem weight
Detachment force	1.00				
Fruit major dia.	0.19	1.00			
Fruit weight	0.16	0.36	1.00		
Stem dia. (mean)	0.23	0.10	0.00	1.00	
Stem weight	0.36	0.45	0.31	0.26	1.00

Table 4. Mode of detachment of persimmon by angle pull and torsional test

Date of harvest	30, Sep.				9, Oct.				12, Nov.				(%)
	0°	45°	90°	Torsion	0°	45°	90°	Torsion	0°	45°	90°	Torsion	
Mode of loading	(n=25)				(n=31)				(n=25)				
Mode of failure	(n=25)				(n=31)				(n=25)				
Failure of the fruiting branch (A)	52	48	36	22	60	49	19	12	27				
Withdrawal of the stem from fruiting branch (B)		9	10	30	12	19	7	44					
Failure in the stem (C)	11			24	4			20					
Failure at the junction of stem and calyx (D)	37	43	54	24	24	32	74	6	60				
Withdrawal of the stem from the calyx (E)									13	100	100	93	

Table 4는 收穫 日字別로 果實-結果枝系에 外力을 加하는 方法에 따른 離脫 形態를 百分率로 나타낸 것이다.

果實이 成熟해짐에 따라 꽃받침으로 부터 果梗이 빠져 나가는 形態(Etype)가 많이 나타났으며, 果梗軸에 對하여 外力을 加하는 角度를 增加시키기에 따라 機械收穫時의 目標라고 할 수 있는 果梗과 꽃받침의 接合點에서의 破壞 形態(Dtype)는 增加하는 反面, 果梗이 結果枝의 一部를 附着한 채 破壞되는 形態(Atype)는 減少하여 Torsion 測定時 最小가 되었다.

또한 果梗部의 中間 部位가 破壞되는 形態(Ctype)와 結果枝로 부터 果梗이 빠져 나가는 形態(Btype)는 Torsion 測定時 많이 나타났다.

은 變數에 對한 回歸直線의 相關係數를 求하였다.

Table 5에 나타난 數値는 離脫力 測定時 0°, 45°, 90°의 離脫力에 對한 各 變數의 回歸直線의 相關係數를 平均한 것이다.

果實의 重量 및 長徑은 離脫力에 크게 影響을 미치지 않은 것으로 나타났으며, 90° 角度로서 離脫力을 測定할 경우 果實의 重量 및 長徑과 離脫力과의 사이에는 回歸直線의 相關係數가 各各 0.34 0.41로서, 0°, 45°에 비해 높게 나타났다.

Fig. 5는 果實의 成熟도와 離脫力과의 關係를 나타낸 것이다.

離脫力은 果實이 成熟해짐에 따라 減少하였으며 各 果實의 成熟도는 색깔로서 區別하여 연노란색 노란색

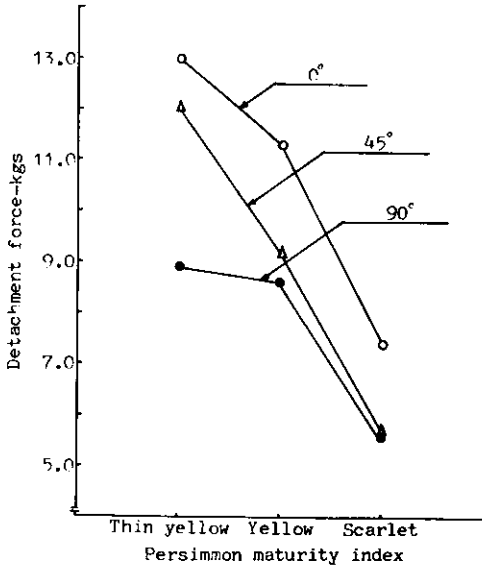


Fig. 5. Influence of persimmon maturity upon detachment force for the three angles of pull used in these tests.

주홍색의 3段階로 나타내었고, 各各의 試料 採取 日字는 9月30日, 10月9日, 11月12日이었다.

Fig. 6은 果梗軸에 對하여 外力을 加하는 角度의 變化에 따른 離脫力의 變化를 나타낸 것이다.

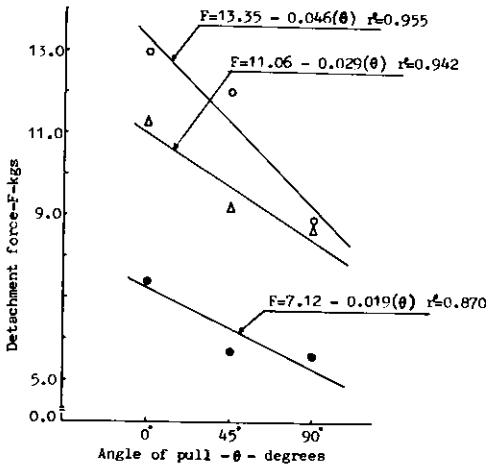


Fig. 6. Effect of angle of pull upon detachment force for the three maturities.

回歸直線式에 의하면 外力을 加하는 角度를 0°에서 90°까지 增加시키에 따라 離脫力은 연노란색 果實이 31%, 노란색과 주홍색 果實이 各各 24%, 24%로

減少되었다.

또한 90°角으로 外力을 加할 때 果梗이 굽은 方向으로 外力을 加하는 것보다 그 反對 方向으로 外力을 加하는 경우에 離脫力이 減少하는 傾向이 있었으며, 90° 角度의 離脫力은 이들 값의 平均을 取하였다.

離脫力과 果實 重量과의 比(F/W)와 果梗軸에 對하여 外力을 加하는 角度와의 關係를 Fig. 7에 나타냈다.

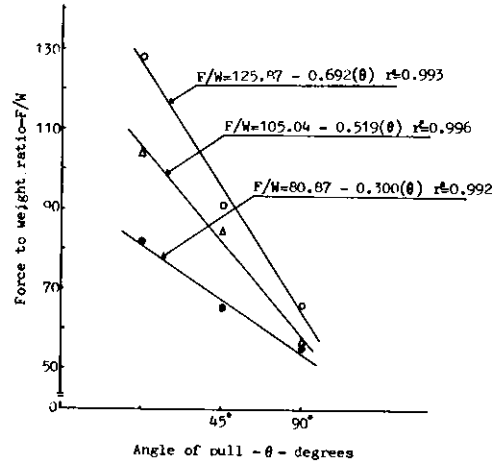


Fig. 7. Effect of angle of pull upon the F/W ratio for the three maturities

○ Thin yellow △ Yellow ● Scarlet

離脫力과 果實 重量과의 比(F/W)는 果實을 果梗으로부터 離脫시키기 위한 因子로서 利用되어질 수 있다.

$$F = ma = \frac{w}{g} a^{20)} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서

- F ; 離脫力
- m ; 果實의 質量
- w ; 果實의 重量
- g ; 重力加速度
- a ; 加速度

果實을 離脫시키는데 必要한 加速度는 (1)式에서 다음과 같이 誘導되어진다.

$$F/w = a / g \dots\dots\dots (2)$$

(2)式에서 a/g는 重力場 內에서 果實을 離脫시키는데 必要한 加速度比가 된다.

Fig. 7로 부터 果梗軸에 對해 0°의 角度로서 外力을 作用시킬 경우 果實-果梗系에 130×g 程度의 衝擊力을 加하면 果實은 離脫될 것이다. 또한 外力을 加하는

角度가 0°일 경우, 연노란색과 주홍색 果實 사이의 F/W의 差는 25 程度인데 反하여, 90°로서 外力을 加할 경우에는 5 程度였다.

따라서 果實을 效果的으로 離脫시키기 위해서는 果梗에 큰 慣性力을 發生시킬 수 있도록 衝擊裝置를 設計해야 할 것이다.

Fig. 6에서와 마찬가지로 外力을 加하는 角度를 增加시키에 따라 離脫力과 果實 重量과의 比(F/w)는 回歸直線式에 의하면 연노란색 果實의 경우에는 49% 노란색과 주홍색 果實의 경우는 各各 44%, 33%로 減少하였으며 果實이 成熟해짐에 따라 減少幅은 작아졌다. 이것은 果梗軸에 對해서 外力을 加하는 方向과 果實의 成熟度가 果實의 離脫效果에 影響을 미친다는 것을 示唆한다.

現場 實驗의 結果를 Fig. 8에 나타냈다.

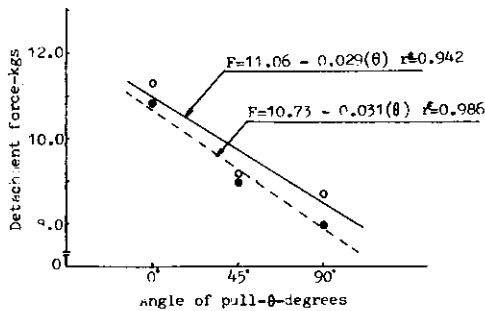


Fig. 8. Comparison of field detachment tests and laboratory detachment tests
 ●-----● : Field data ○-----○ : Lab data

이것은 10月 9日에 實驗한 것으로서 試料를 採取한 後 1時間 以內에 測定을 完了하였다. 離脫力은 實驗室에서 測定한 結果와 같이 外力을 加하는 角度를 增加시키에 따라 減少하였으나 그 크기는 實驗室에서 測定한것 보다 작게 나타났다. 이와 같은 差異가 나는 理由는 明確하게 把握할 수 없으나 試料의 運搬 및 測定時間 遲延에 따른 果實-果梗系의 生理的인 變化라고 思料된다.

한편 Fig. 8에 나타난 實驗室 測定値는 試料 採取後 4時間 經過하여 測定한 값이다.

4. Torque 測定

果實의 成熟度에 따른 離脫 Torque의 變化를 測定

한 結果가 Fig. 9에 나타나 있다.

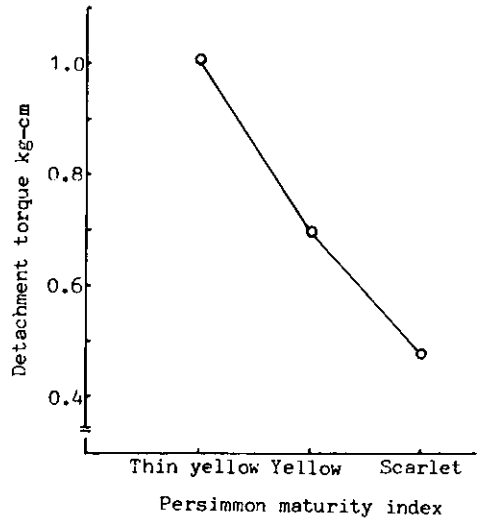


Fig. 9. Influence of persimmon maturity upon detachment torque.

果實이 成熟해짐에 따라 離脫 Torque는 減少하였으며 離脫 Torque의 範圍는 1.1 ~ 0.5 kg-cm 程度였다.

摘 要

機械的인 果實 收穫裝置를 開發하기 위해서는 果實-果梗系의 離脫特性 및 物理的 性質을 究明한 必要가 있다.

따라서 本 研究는 在來品種인 淸道盤柿를 對象으로 하여 作用力의 變化에 따른 果實-果梗系의 離脫力과 離脫形態 그리고 離脫 Torque를 測定하였으며 그 結果는 다음과 같다.

果實-果梗系의 離脫形態는 果實이 成熟해짐에 따라 꽃받침으로부터 果梗이 빠져나가는 形態가 많이 나타났으며 果梗軸에 對하여 外力을 加하는 角度를 0°에서 90°까지 增加시키에 따라 該 果實의 機械 收穫時 目標라고 할 수 있는 果梗과 꽃받침의 接合點에서의 離脫形態는 增加하는 反面 果梗이 結果枝의 一部를 附着한 채 破壞되는 形態는 減少하였다.

該 果實의 離脫力은 最大 13 kg에서 最小 5 kg程度였으며 果實이 成熟해짐에 따라 最大 47%에서 最小 8%까지 減少하였고, 果梗軸에 對하여 外力을 加하는 角度를 0°에서 90°까지 增加시키에 따라 成熟度 別로

最大 31%에서 最小 24%까지 減少하였다.

果實의 離脫力과 重量과의 比(F/w)는 最大 130에서 最小 54 程度였으며 果實이 成熟해짐에 따라 最大 36%에서 最小 8%까지 減少하였고 果梗軸에 對하여 外力을 加하는 角度를 0°에서 90°까지 增加시킴에 따라 成熟度 別로 最大 49%에서 最小 33%까지 減少

하였다.

果樹로 부터 果實을 離脫시키기 위해서는 果實-果梗系에 最大 1,280 kg에서 最小 530 kg程度 까지의 衝擊力을 加하는 것이 必要하였다.

果實의 離脫에 必要한 Torque 의 範圍는 1.1~0.5 kg-cm 程度였다.

引 用 文 獻

1. Adrian, P. A., R. B. Fridley and Coby Lorenzen. 1965. Forced vibration of a tree limb. Trans. ASAE. 8 (4) : 473-475.
2. Adrian and R. B. Fridley. 1965. Dynamics and design criteria of inertia-type tree shaker. Trans. ASAE. 8 (1) : 12-14.
3. Alper, Y. and A. Foux. 1976. Strength properties of orange fruit-stem joints. Trans. ASAE. 19 (3) : 412-416.
4. Alper, Y., A. Foux and J. Linor. 1976. Detachment analysis of oranges in shaking harvesting. Trans. ASAE. 19 (6) : 1092-1033.
5. Barnes, K. K. 1969. Detachment characteristics of lemons. Trans. ASAE. 12 (1) : 41-45.
6. Berlage, A. G. and F. M. Willmorth. 1974. Fruit removal potential of high frequency vibrations. Trans. ASAE. 17 (2) : 233-234.
7. Brewer, H. L. 1965. Theoretical foundations for an engineering measurement of ease of detachment of individual fruits from a tree at harvest time. JAER. 10 (3) : 235-240.
8. Chesson, J. H. 1974. Parameters affecting selective shake harvest of citrus. Trans. ASAE. 17 (6) : 1085-1087.
9. Cooke, J. R. and R. H. Rand. 1969. Vibratory fruit harvesting: a linear theory of fruit-stem dynamics. JAER. 14 (3) : 195-209.
10. Coppock, G. E., S. L., S. L. Hedden and D. H. Lenker. 1969. Biophysical properties of citrus fruit related to mechanical harvesting. Trans. ASAE. 13 (4) : 561-563.
11. Fluck, R. C. 1970. Detachment of tomato fruit from vines as influenced by fruit maturity and plant desiccation. Trans. ASAE. 13 (6) : 704-709.
12. Kronenberg, H. G. 1964. Possibilities for mechanical fruit harvesting. JAER. 9 (2) : 194-196.
13. Lamouria, L. H. and H. L. Brewer. 1965. Determining selected bioengineering properties of olives. Trans. ASAE. 8 (2) : 271-274.
14. Lenker, D. H. and S. L. Hedden. 1966. Limb properties of citrus as criteria for tree-shaker design. Trans. ASAE. 11 (1) : 129-131, 135.
15. Markwardt, E. D., R. W. Guest, J. C. Cain and R. L. Labelle. 1964. Mechanical cherry harvesting. Trans. ASAE. 7 (1) : 70-74, 82.
16. Nyborg, E. D. and T. L. Coulthard. 1969. Design parameters for mechanical raspberry harvesters. Trans. ASAE. 12 (5) : 573-576.
17. Parchumchuk P. and J. R. Cooke. 1972. Vibratory harvesting: an experimental analysis of fruit-stem dynamics. Trans. ASAE. 15 (4) : 598-603.
18. Ruff, J. H. and R. G. Homes. 1975. Removal considerations in strawberry harvesting. Trans. ASAE. 18 (1) : 10-13.
19. Rumsey, J. W. and K. K. Barnes. 1970. Detachment characteristics of desert-grown oranges and grapefruit. Trans. ASAE. 13 (4) : 528-530.
20. Smith, C. E. 1982. Applied mechanics. John Wiley & Sons Inc.
21. Wang, J. K. 1965. Mechanical coffee harvesting (part A, B). Trans. ASAE. 8 (3) : 400-405.