

香蕉防風支柱之工程分析與 設計計劃之研究

Engineering Analysis of Banana's Supporter and Its Design

洪有才⁽¹⁾ 梁 桐⁽²⁾ 祝敏雄⁽³⁾ 王兆凱⁽⁴⁾

一、前 言

臺灣位於亞洲之季候風區內，每年七、八、九月間，常遭颱風襲擊，歷年來颱風對香蕉之損害為數可觀，如何減少香蕉之風害，早已為香蕉業者所最關心之問題。目前提倡減少香蕉風災之方法為防風林之栽植及防風支柱之使用。防風林之栽植牽涉因子太多，如在短期內大量推廣不太容易，支柱之使用則已幾乎遍及全省每個蕉園，但至今颱風所過之處，香蕉之損害乃高達49%（參考文獻1），可見目前所使用之支柱方法，仍值得吾人仔細研究分析。

根據以往經驗，颱風對香蕉之主要傷害，不外將蕉株吹倒或折斷。換言之，當颱風吹過蕉園時，香蕉之莖葉及果房均承受力量，如果香蕉之根無法保持蕉莖繼續站立，則蕉株必由根處倒伏，如蕉莖脆弱則香蕉株在蕉莖處折斷，故颱風之傷害乃一純粹工程上之問題；當蕉株各部之應力強度大於颱風所帶來之負荷時，則蕉株可避免風害。

支柱可分擔香蕉所受之風壓力，使香蕉所承受之荷重小於其應力強度，以避免倒伏或折斷，但目前使用之支柱並未發揮預期之效果，大量之風害乃繼續存在，其原因不外下列兩點：

1 所選支柱不够堅強，本身受到風力後，已無太多剩餘強度以分擔香蕉之荷重。

2 支柱使用法不佳，引起不必要之衝力，使蕉株及竹桿同時折斷。

但就屬何種原因，則必須仰賴有系統之試驗及分析才能決定，原因之確定乃設計或改良現有防風結構物之第一步工作，進而搜集基本數據以設計優良之防風結構物。如欲現有之支柱防風法發生良好之效率，此種試驗分析乃一最迫切而需立刻執行之工作，根據

試驗分析結果，可以設計比較良好之防風支柱，以減少風害。

二、試驗設計

欲決定所用防風支柱之大小，必先設法量得香蕉株在颱風時所受之風力，蕉株本身之抗彎強度(Bending stress)，及防風支柱之抗彎強度，和支柱埋入土中之深度等。茲各分述如下：

1. 香蕉受風力之試驗：

因為香蕉株之模型製造不易，又大型風洞不易獲得，若自行設置則經費太大，故蕉株在颱風時所受風力負荷，由流體力學之公式及實地之試驗等法予以求得。

(1) 偽幹（蕉莖）之部份：

偽幹之部份因形狀較為規則，且其受風壓時不易變形，故可由流體力學已有之公式及數據予以估計。

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2}$$

式中 F_D 為作用於偽幹之風力 (lbs)， A 為偽幹垂直於風向之投影面積 (ft^2)， ρ 為空氣之密度 (slugs/ft^3)， V 為風速 (ft/sec)， C_D 為 Drag Coefficients，可由 Fig. 3 自 N_R (Reynolds number) 查得。

$$\text{而 } N_R = \frac{VL\rho}{\mu}$$

式中 V ：風速 (ft/sec)

L ：偽幹高度 (ft)

ρ ：空氣密度 (slugs/ft^3)

μ ：dynamic viscosity

如是則作用於偽幹之風力 F_D 可求，令其值為 F_{w_1} 。同時作用於支柱之風力 F_{w_2} ，亦可用同法求得。

(1) 臺灣大學農工系講師

(2) 臺灣大學農工系講師，現赴美國研究

(3) 臺灣大學農工系農具工廠研究助理

(4) 臺灣大學農工系客座教授，美國夏威夷州立大學農工系主任。

(2)蕉葉之部份：

因蕉葉之部份，其形狀不甚規則，且當其受風壓時，形狀時時改變，難以應用流體力學之原理計算，吾人必採用實測方法以求之。Fig. 1. 為一測定蕉葉都受風力之儀器；中間之支柱蕉葉鐵管部份，為可自由在A處左右滑動，前後方向（與紙垂直方向），則由四個以小滑輪控制，不使移動（見 detail A），應用小滑輪之目的在減少其磨擦力。下端B亦裝一小滑輪，令其在左右方向之軌道C上滾動。因此整個鐵管均可在左右方向自由滑動（包括A、B點），如此則滾動磨擦力甚小，而忽略不計之。鐵管上端設一夾管D，可緊密夾住所要測之香蕉葉部，E處鈎一彈簧稱以求 F_1 之值，F處鈎一彈簧稱以求 F_2 之值，設作用於蕉葉部之風力為 F_w ，着力點距軌道為 y_w ，自圖中

$$\begin{aligned} \text{取 } \Sigma F_x = 0 \quad & \text{則 } F_w = F_1 - F_2 \\ \Sigma M_B = 0 \quad & F_w y_w = F_1 y_1 - F_2 y_2 \\ \therefore y_w = & \frac{F_1 y_1 - F_2 y_2}{F_w} \end{aligned}$$

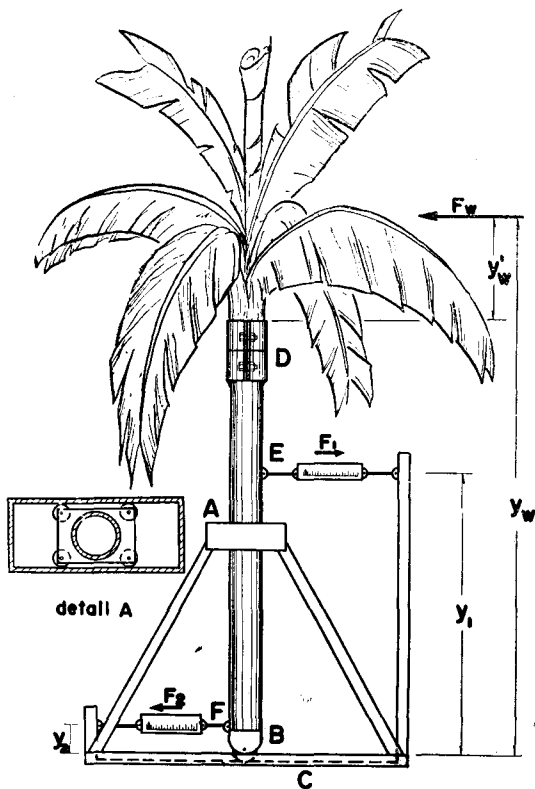


Fig 1.

固定 $y_1=110\text{cm}$ $y_2=10\text{cm}$ 則：

$$y_w = \left(\frac{110F_1 - 10F_2}{F_w} \right) \text{cm}$$

式中 F_w 亦為已知，因此着力點 y_w 可求得。 y_w 減去鐵管長 $y (=156\text{cm})$ ，則得自偽幹上端至風力着力點之距離 y'_w ， $y'_w = y_w - 156$ 。

試驗蕉葉部受風力之方法，預計採用兩種，其一為當颱風來襲時，攜帶此部儀器及風速儀至蕉園，實際觀測風力及風速，但自民國五十四年八月中旬此部測風壓力器製成日起，均沒遇到颱風來襲，故此一方法無法實行，遂採用二種方法，其法乃自蕉園採取蕉葉部若干棵，連同此部儀器及風速儀裝置於卡車上，令卡車急駛，利用相對之風力，以求得在各種不同之風速下，香蕉葉部所受之風壓力。

2. 蕉株本身抗彎強度之測定：

Fig. 2 為一測定香蕉偽幹纖維抗彎強度之儀器，此儀器可分三部份，即鋼線 (A)，鐵管 (B) 及絞盤 (C)。鋼線用以拉蕉株之用，其一端 (D) 鈎住帆布帶上，而此帆布帶緊套於蕉株偽幹之上端，中間接一彈簧公斤稱 (E)，用以量取拉蕉株時鋼線所受之張力，此公斤稱位於蕉株與定滑輪 (F) 之間，可免計定滑輪之磨擦損失，鋼線他端固定於絞盤輪上，利用絞盤之旋轉，以緊縮鋼線，而拉蕉株至折斷為止。鐵管上端之定滑輪用以撐鋼線，鐵管之長度可任意調節，使鋼線與蕉株成垂直。

設 y^{cm} 為香蕉偽幹長（即帆布帶所繫高度）， D^{cm} 為折斷後斷點 (G) 之斷面直徑， y'^{cm} 為斷點之高

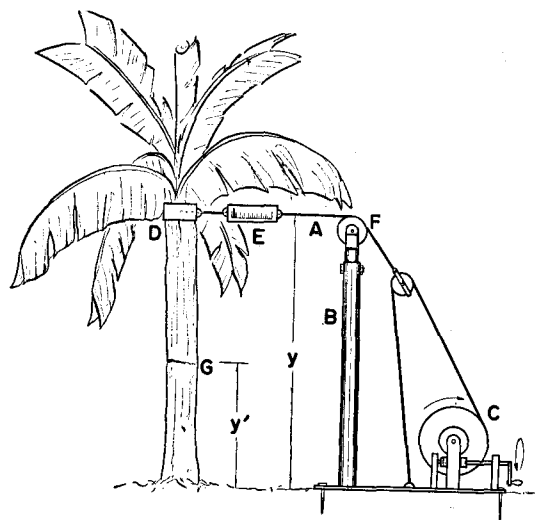


Fig 2.

度， F^{kg} 為折斷時由彈簧公斤稱上所讀得之最大公斤數。則斷點之斷面係數 (Section modulus) $Z = \frac{\pi D^3}{32}$

，斷點面之纖維抗彎強度 (Bending stress) $s = \frac{F(y-y')}{Z} (kg/cm^2)$ 。

3. 支柱強度及埋入深度之測定：

支柱強度之測定，採用 $\phi = 5cm \sim \phi = 7cm$ 之新舊程度不同之竹子，利用測定蕉株抗彎力之儀器，以同樣之方法可測得支柱之強度 S_b 。

支柱埋入深度之測定與支柱強度測定同時進行，在各種不同之土壤，即粘土、壤土和砂土，以各種不同深度埋入支柱測定，可以發現其最淺之埋入深度而僅倒伏不折斷。

4. 支柱防腐試驗：

在臺灣以往蕉農採用竹材作為防風支柱相當普遍，但其使用年限很少超過一年者，蓋因竹材埋入土中後，經長期之風吹，日晒，雨淋，尤其與地面接觸之部份，微生物容易侵入腐蝕，竹材經使用一年後，與地面接觸部份之竹材，變色腐蝕應力減弱，經風一吹，往往從地面處折斷，故在埋入地下部份，及露出之小部份，竹材表面上塗一層保護層，以防止微生物之侵入導致腐蝕，乃屬必要之措施。

保護層採用一般蕉農普遍應用而價廉之柏油。試驗處理分為塗柏油與沒塗柏油兩組以作比較。對耐久性試驗分為經三個月、六個月及九個月等處理，並分析其防腐效果。

5. 支柱大小及埋入深度之決定：

由上述各項之試驗，可求得作用於蕉葉部份之風力 F_{w1} ，作用於香蕉偽幹部份之風力 F_{w2} ，作用於支柱上風力 F_{w3} ，蕉株纖維之抗彎強度 S ，支柱之抗彎強度 S_b 及埋入之最淺深度，另量得香蕉果實之重 W ，及其對偽幹基部之力臂 H 等。

由風力作用於基部之應力為：

$$S_r = \frac{F_{w1}(L+y_w') + F_{w2}L/2 + WH}{Z}$$

式中 L 為偽幹長， y_w' 為偽幹頂端至蕉葉部風力着力點距離， Z 為蕉株基部之斷面係數 (Section Modulus)，如 $S_r \leq S$ 時可不加支柱，如 $S_r > S$ 時則必須設計支柱，則，

$$(S_r - S)Z = S_b Z_b - F_{w3} L_b / 2$$

式中 L_b 為支柱地面部份之長度，則 Z_b 支柱之斷面係數可決定，因此支柱斷面之大小亦可決定。

三、試驗方法及步驟

1. 蕉葉部受風力之試驗：

民國五十四年八月間，自臺中霧峯蕉園採得香蕉葉部十株。裝置於蕉葉部受風力測定儀上，而將比測定儀及風速儀用螺絲固定於卡車上，在豐原、東勢間公路上試驗。風力測定儀器上所用之兩個磅稱，最小讀數為 1 磅，風速儀上最小刻劃為 0.5 m/sec。控制卡車之速度，使產生風速在 5 m/sec，10 m/sec，15 m/sec，17 m/sec，18 m/sec，19 m/sec，20 m/sec 時，讀得風力測定儀上兩個磅稱所受之張力。21 m/sec 為當時可能控制產生之最大風速。由此可在有限範圍內，測得在各種不同之風速下，蕉葉部所受之風力及其損害情形，其缺點為：

(1) 試驗受卡車性能之限制，最高之風速只能到達 21 m/sec。

(2) 當風速到達 20 m/sec ~ 21 m/sec 之際，卡車速度甚快，振動激烈，可能致使試樣與夾管連接處折斷。

(3) 此試驗在豐原與東勢間之公路上操作，雖在行人較少之半夜執行，但風速提高至 21 m/sec 已相當危險，故風速 21 m/sec 為此試驗之最高限。

2. 蕉身纖維強度之測定：

山地與平地之香蕉，其蕉身纖維之強度不同，故本試驗分山地與平地兩處進行。於民國五十四年七月，在臺中霧峯山地蕉園測定六株蕉株纖維強度，同時在平地五個蕉園區選取三十三株測定其蕉株纖維強度。

3. 支柱強度及埋入深度之測定：

支柱強度與埋入深度之測定分別在粘土、壤土及砂土三種土壤中進行：

(1) 粘土部份，於民國五十四年九月，在國立臺灣大學農業工程學系附設農業機械工廠內試驗，埋入深度分 40 cm、50 cm、60 cm 及 80 cm 四種，共測定 40 cm 者 5 支，50 cm 者 4 支，60 cm 者 4 支，80 cm 者 4 支共 17 支。

(2) 壤土部份，於民國五十五年一月，在水源地新店溪旁試驗，其埋入深度共分 40 cm、50 cm、60 cm 及 80 cm 四種，共測定 40 cm 者 5 支，50 cm 者 5 支，60 cm 者 5 支，80 cm 者 5 支，共 20 支。

(3) 砂土部份，亦於民國五十五年一月，在水源地新店溪旁試驗，其埋入深度亦分 40 cm、50 cm、60 cm 及 80 cm 四種，共測定 40 cm 者 3 支 50 cm 者

4 支, 60 cm 者 4 支, 80 cm 者 4 支, 共 15 支。

4. 支柱防腐試驗：

支柱防腐試驗於民國五十四年十月三日，在國立臺灣大學農業工程學系附設農業機械工廠內埋設，處理柏油者共 18 支，沒處理柏油者亦 18 支。處理柏油之長度為一公尺，埋入深度為 60 公分，即支柱埋入後，地面以上尚留 40 公分塗有柏油。試驗時間分埋入三個月後，即民國五十五年一月三日，六個月後，即民國五十五年四月三日，和九個月後，即民國五十五年七月三日實行。每次試驗處理柏油者，與未經處理者各六支，以比較其強度之變化。

四、結果與分析

1. 香蕉受風力之試驗：

(1) 偽幹部份：

據臺灣氣象統計資料（見參考文獻 2）顯示，五十年來臺灣中南部各地之最大風速超過 35 m/sec 者不多，故以最大風速 $V = 35 \text{ m/sec} (= 115 \text{ ft/sec})$ 計算。偽幹高取較大值 $L = 280 \text{ cm} (= 9.2 \text{ ft})$ ，上端直徑 17 cm ($= 0.56 \text{ ft}$)，下端直徑 27 cm ($= 0.89 \text{ ft}$)，並根據流體力學，設 $\rho = 0.00232 \text{ slugs/ft}^3$ ， $\mu = 3.82 \times 10^{-7}$ 則 Reynolds' number

$$N_R = \frac{VL\rho}{\mu} = \frac{115 \times 9.2 \times 0.00232}{3.82 \times 10^{-7}} = 6.4 \times 10^6$$

由 Fig. 3. 中查得 $C_D = 0.5$

則 Drag Force

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2} \quad A = \frac{9.2}{2} (0.56 + 0.89) = 6.67 \text{ ft}^2$$

$$= 0.5 \times 6.67 \times \frac{0.00232 \times 115^2}{2} = 51.2 \text{ lb} (= 23 \text{ kg})$$

此即作用於偽幹部分之風壓力 $F_{W1} = 23 \text{ kg}$ 。

同時若採用高 $L = 300 \text{ cm} (\div 10 \text{ ft})$ $\phi = 6 \text{ cm} (\div 0.2 \text{ ft})$ 之竹材作為支柱時其受風力之計算如下：

$$N_R = \frac{VL\rho}{\mu} = \frac{115 \times 10 \times 0.00232}{3.82 \times 10^{-7}} = 9.5 \times 10^6$$

由 Fig 3 中查得 $C_D = 0.5$

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2} \quad A = 10 \times 0.2 = 2 \text{ ft}^2$$

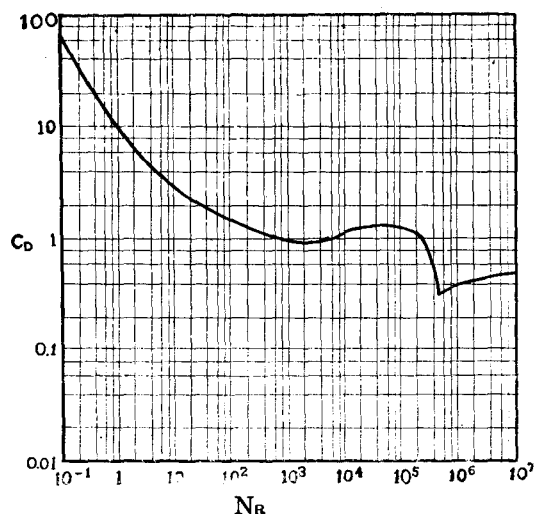


Fig 3.

$$= 0.5 \times 2 \times \frac{0.00232 \times 115^2}{2} = 15.4 \text{ lb} (= 7 \text{ kg})$$

此即作用於支柱之風壓力。 $F_{W3} = 7 \text{ kg}$ 。

2. 蕉葉部份：

作用於蕉葉部份之風壓力與風速之關係，根據試驗之結果如 Fig 4 所示；風速在 15 m/sec 以內，風壓力隨風之增加而直線遞增，風速超過 15 m/sec 後，因受強風力之影響，蕉葉部之受風面積逐漸縮小，故其所受之風壓力隨風速之增加，而緩慢增加，今自延長曲線上取風速 35 m/sec 時，所受之風力為 $F_{W1} = 37 \text{ lb} (= 17 \text{ kg})$ 。

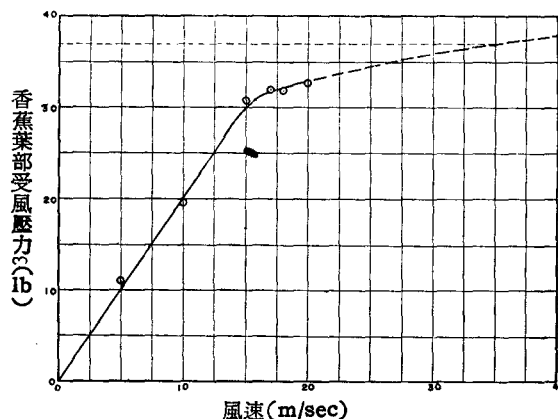


Fig 4.：風速與香蕉葉部受風壓力關係圖

風力 F_{w1} 着力點高度之計算結果，與風速之關係如 Fig 5 所示，風速漸增時着力點逐漸降低，但超過 17 m/sec 後，又再升高。今取較小值 $y_w = 241\text{cm}$ ，再減去儀器高 156 cm，則自偽幹頂端至着力點之高度為，

$$y'_w = 241 - 156 = 85\text{ cm (參見 Fig. 1)}$$

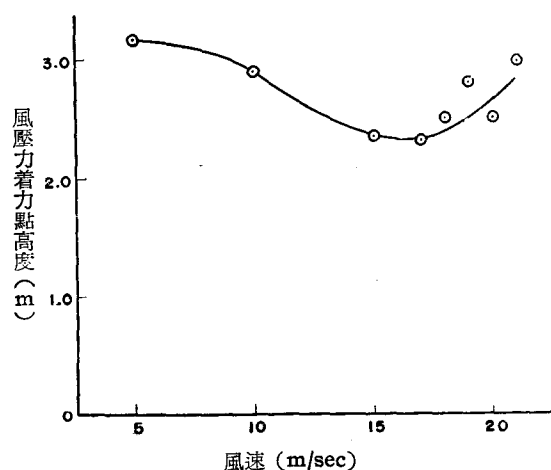


Fig 5. : 風壓着力點高度與風速關係圖

3. 蕉株本身抗彎強度之測定：

蕉株之抗彎強度測定之結果如表一所示：山地蕉株之抗彎強度在 $5 \sim 11\text{ kg/cm}^2$ 之間，平地蕉株則在 $4 \sim 9\text{ kg/cm}^2$ 之間，平均約為 6 kg/cm^2 ，為安全計取其較小值 $S = 5\text{ kg/cm}^2$ 。

表一：蕉株抗彎強度測定結果

蕉株抗彎強度	山地蕉株	平地蕉株
4~5 kg/cm ²	0	7
5~6	1	8
6~7	1	12
7~8	1	2
8~9	0	1
9~10	1	0
10~11	2	0

4. 支柱強度及埋入深度之測定：

支柱（竹材）之抗彎強度之計算為方便起見，以實心計算，其測定結果如表二所列，強度在 $400 \sim 1,000\text{ kg/cm}^2$ 之間，取 $S_b = 500\text{ kg/cm}^2$ 。

表二：竹材抗彎強度測定結果

抗彎強度 (kg/cm ²)	株數
400~500	11
500~600	5
600~700	7
700~800	5
800~900	4
900~1,000	4

埋入深度之測定結果如表三所列，可見在任何土壤中，深度 60 cm 以上者均無倒伏現象，故支柱埋入之最淺深度為 60 cm，目前臺灣蕉農均約埋入 80 cm 左右，均已够深。

表三：支柱埋入深度測定表

土壤別	埋入深度	40 cm	50 cm	60 cm 以上
粘土	土	80	0	0
壤土	土	100	40	0
砂土	土	100	50	0

5. 支柱大小之決定：

綜合上述測定所得資料歸納如下：

- (1) 蕉葉部份之受風力 $F_{w1} = 17\text{ kg}$ 。
- (2) 偽幹部份之受風力 $F_{w2} = 23\text{ kg}$ 。
- (3) 蕉葉部份風力着力點距偽幹上端 $y'_w = 85\text{ cm}$ 。
- (4) 偽幹之高 $L = 280\text{ cm}$ 。

上端直徑 $D_1 = 17\text{ cm}$ 。

下端直徑 $D_2 = 27\text{ cm}$ ，斷面係數 $Z = \frac{\pi D^3}{32}$

$$= \frac{3.14 \times 27^3}{32} = 1930\text{ cm}^3$$

- (5) 蕉株纖維之抗彎強度 $S = 5\text{ kg/cm}^2$ 。
- (6) 設香蕉果實成熟時之重 $W = 40\text{ kg}$ 。
- (7) 設香蕉果實對偽幹基部之力臂 $H = 100\text{ cm}$ 。
- (8) 支柱高度 $L_b = 300\text{ cm}$ 。
- (9) 支柱之抗彎強度 $S_b = 500\text{ kg/cm}^2$ 。
- (10) 支柱之受風力 $F_{w2} = 7\text{ kg}$ 。

則由風力對偽幹基部產生之應力 (Stress) S_r 為

$$S_r = \frac{F_{w1}(L + y'_w) + F_{w2}L/2 + WH}{Z}$$

$$= \frac{17(280 + 85) + 23 \times \frac{280}{2} + 40 \times 100}{1,930}$$

$$=7(\text{kg/cm}^2)$$

因 $S_r > S$ ，即由風力對僞幹基部產生之應力大於蔗株纖維之抗彎強度 ($S=5\text{kg/cm}^2$)，故必須加以支柱，

$$(S_r - S)Z = S_b Z_b - F_{w3} L_b / 2$$

$$(7 - 5)1,930 = 500 Z_b - 7 \times \frac{300}{2}$$

$$3,860 = 500 Z_b - 1,050$$

$$Z_b = \frac{3,860 + 1,050}{500}$$

$$= 9.8 (\text{cm}^3)$$

$$\therefore 9.8 = \frac{\pi D_b^3}{32} \quad D_b^3 = \frac{32 \times 9.8}{3.14} = 100$$

$$D_b = 4.64 (\text{cm})$$

由此可知採用直徑 4.64 cm 以上之竹子作為支柱即可。今若採用直徑 6 cm (即圓周 18.8 cm) 之

竹子，則其安全係數 f_s (Factor of safety) 為：

$$f_s = \frac{SZ + S_b Z_b}{F_w(L + y_w) + F_{w3}L/2 + WH + F_{w3}L_b/2}$$

$$= \frac{5 \times 1,930 + 500 \times \frac{\pi 6^3}{32}}{17(280 + 85) + 23 \times 280/2 + 40 \times 100 + 7 \times 300/2}$$

$$= \frac{20,240}{14,475} = 1.4$$

因此採用 $\phi = 6 \text{ cm}$ 竹材作為支柱有 1.4 之安全

係數。

6. 支柱防腐試驗之分析：

支柱防腐試驗分為五組處理，即未經存放者，處理柏油三個月後，未處理柏油三個月後，處理柏油六個月後及未處理柏油六個月後等，每組五個重複，共 25 個試驗，其結果分析如表四、表五及表六；

表四、防腐處理別統計分析

處理別	未經存放者	處理柏油三月後	未經處理三月後	處理柏油六月後	未經處理六月後	
竹材之抗彎強度 kg/cm ²	1070	1075	592	562	443	
	1010	989	519	542	292	
	864	675	419	542	233	
	649	650	404	378	226	
	461	232	311	178	206	
共 計	$T_1 = 4,054$	$T_2 = 3,621$	$T_3 = 2,245$	$T_4 = 2,202$	$T_5 = 1,400$	$T_{..} = 13,522$
平 均	$\bar{X}_1 = 811$	$\bar{X}_2 = 724$	$\bar{X}_3 = 449$	$\bar{X}_4 = 440$	$\bar{X}_5 = 280$	$\bar{X}_{..} = 541$
試驗組數	$n_1 = 5$	$n_2 = 5$	$n_3 = 5$	$n_4 = 5$	$n_5 = 5$	$N = 25$

表五、變方分析

Source of Variation	SS	d.f.	M.S.	F
Among groups	965,298	4	241,324	32.64
Within groups	147,872	20	7,394	
Total	1,113,170	24		

註：Significant 1% 時 $F_{4,20} = 4.43$

5% 時 $F_{4,20} = 2.87$

所以 $32.64 > F_{4,20}$ 為顯著。

$$q_{95;4,20} \sqrt{\frac{MS_w}{n}} = 2.87 \sqrt{\frac{7,394}{5}}$$

$$= 2.87 \times 38.4$$

$$= 110$$

表六、變異分析表

Differences

	$\bar{X}_j$	$\bar{X}_j - \bar{X}_5$	$\bar{X}_j - \bar{X}_4$	$\bar{X}_j - \bar{X}_3$	$\bar{X}_j - \bar{X}_2$
未經存放者 $\bar{X}_1$	811	531	371	362	87
處理柏油三月後 $\bar{X}_2$	724	444	284	275	
未經處理三月後 $\bar{X}_3$	449	169	9		
處理柏油六月後 $\bar{X}_4$	440	160			
未經處理六月後 $\bar{X}_5$	280				

由上表之分析可見除 $\bar{x}_1$ 與 $\bar{x}_2$ 及 $\bar{x}_3$ 與 $\bar{x}_4$ 間不顯著外，其餘均為顯著， $\bar{x}_1$ 為未經存放之竹材強度， $\bar{x}_2$ 為處理柏油後經三個月之強度，此二者為不顯著，即表示：經處理柏油後雖經三個月，其強度無顯著之變化。 $\bar{x}_3$ 為未經處理柏油存放三個月之強度， $\bar{x}_4$ 為經處理柏油後存放六個月之強度，此二者不顯著乃表示：經處理柏油後存放六個月之強度約等於未經處理柏油三個月之強度。故由上表可見經處理柏油與未經處理柏油者在同一存放期間內（如三個月、六個月），其強度有甚顯著之變化，因此處理柏油以為支柱防腐作用亦不失為一良好之辦法。

五、結 論

根據上述各項之試驗結果，一般成熟（即長有果實）之香蕉樹，在風速 35 m/sec 之颱風下，其基部所受之張應力為 7 kg/cm²，已超過一般香蕉纖維所能承受之應力（5~6 kg/cm²），故須加支柱以支撐之，支柱之大小若採用直徑 6 cm 之竹材，即可得 1.4

之安全係數。支柱埋入土壤之深度在各種土壤中，最淺須埋 60 cm 以上才不致於倒伏。支柱必須以繩或橡皮繩緊緊與蕉株捆住，盡少使其有相對之運動產生，則可避免不必要之衝力。

竹材埋入土壤中後，經日久之風吹雨打，則其抗張強度有甚大之減低，為避免此弊，可在埋入之前，在埋入之部份塗以柏油，則有良好之防腐效果。

本試驗之完成承蒙外貿會香蕉小組之熱烈支持，臺中青果合作社及臺灣大學蔣明南先生，沈國文先生之協助，作者等謹在此致謝。

六、參考文獻

1. 臺灣農業年報；民國五十三年版。臺灣省農林廳。
2. 臺灣氣候誌：民國四十三年版，臺灣銀行經濟研究室。
3. 臺灣之竹林與竹材：民國四十年版，臺灣銀行經濟研究室。
4. Fluid Mechanics: 1962, H. P. Pao.
5. Analysis of Variance: 1964, William C. Guenther.

Abstract

1. The results of the experiment under the assumption of wind velocity 35m/sec may be concluded as follows:
 - a. The 17 kg of wind force was produced on the leaves of banana tree of the distance 365 cm from the ground surface (Average height of banana is 5 m)
 - b. The 23 kg of wind force was produced on the stem of banana tree at the distance 140 cm from the ground surface (Average height of the stem of banana is 280cm)
 - c. The max. resistance of the banana tree was in the range of 4-11 kg/cm²
 - d. The max. stress produced by the wind is 7 kg/cm² at the foot of banana tree.
2. The factor of safety may be up to 1.4 if 6cm of diameter of bamboo is used as supporter.
3. Bituminous treatment in the parts both in the buried part and a little bit above the ground of bamboo is recommended to last the life of bamboo.
4. A required minimum buried depth 60cm of bamboo was recommended for any kinds of soil.