

從礦物營養觀點論香蕉硬心發生原因與預防 Causes for Banana Rubbermess and Its Prevention-from the Viewpoint of Mineral Nutrition

蔣世超 張春梅 陳美珍 柯定芳²

by

Shih-Chao Chiang, Chun-Mei Chang, Mei-Jen Chen, and Din-Fon Ke²

關鍵字：香蕉、香蕉硬心、後熟品質、穿刺阻力、礦物營養、肥培管理

Key words: *Musa*, rubberiness of banana, post-harvest quality, puncture resistance, mineral nutrition, fertilization management

摘要：果肉硬心是台灣香蕉之後熟障礙。八十九年至九十一年四月至六月間，取樣調查的結果顯示，高屏地區外銷香蕉之硬心發生率在1.35%至3.50%之間。香蕉硬心在強酸性至中性土壤蕉園中均會發生，土壤交換性鉀低於適栽臨界值（0.38meq/100g）、交換性鈣高於適栽臨界值（6.0meq/100g），或交換性鎂鉀比值大於3.3之蕉園，硬心發生率較低；組培苗蕉園之硬心發生傾向較吸芽苗蕉園高。在肥培管理中加重鉀肥施用，可得到提升硬心發生與發生程度的結果，施用鈣肥則降低硬心的發生。香蕉果肉之硬心程度可以物性測定儀穿刺作定量與分級。硬心“寶島蕉”之鉀含量隨硬心程度而增加，鈣含量則相反，鎂含量則以嚴重硬心果肉為最低；硬心“北蕉”果肉之鉀、鎂含量差異均不顯著，鈣含量亦隨硬心程度降低。「低鈣」為硬心蕉果肉之重要生理特性。硬心果肉中，“寶島蕉”鉀鈣及鎂鈣比值分別超過195及13，“北蕉”則在145及10以上。對於如何降低香蕉硬心之作法亦作說明。

-
- 1.本研究承行政院農業委員會（92 農科-1.1.3-糧-Z1）及中正農業科技社會公益基金會（93-中基-農-13）補助，謹此誌謝。This study was supported both by the Council of Agriculture and Chung-Cheng Foundation for Agricultural Agronomist Technology and Social Welfare.
 - 2.台灣香蕉研究所生理生化組前主任（通訊作者）。Former division head, assistant researchers, and research assistant of Taiwan Banana Research Institute, Pingtung, Taiwan, ROC. E-mail: tbri@ksts.seed.net.tw
 - 3.本文於民國九十五年三月一日收到。Date received for publication: Jan. 1, 2006.

前言

正常黃熟的香蕉果肉，質軟易斷，均勻細緻，口感滑順，嚼之成糊；如果發生部份果肉曲而不折，嚼感脆硬且具彈性，如半熟紅蘿蔔，特別是中心部位，此即為香蕉果肉之硬心現象(rubberiness)(圖 1)。硬心的程度不論輕重，與兩段著色(uneven degreening)同為香蕉之後熟品質缺點，然而前者之處理難度基於後者，因為兩段著色由外觀顯見，在香蕉加工後、販賣前，即可判識並加以剔除；硬心現象則須待消費者將香蕉送入口中始能感知，無法在香蕉出貨前預作適當處置。因此，香蕉果肉硬心屬於一種隱性品質瑕疵，對台灣香蕉品質之影響至鉅。

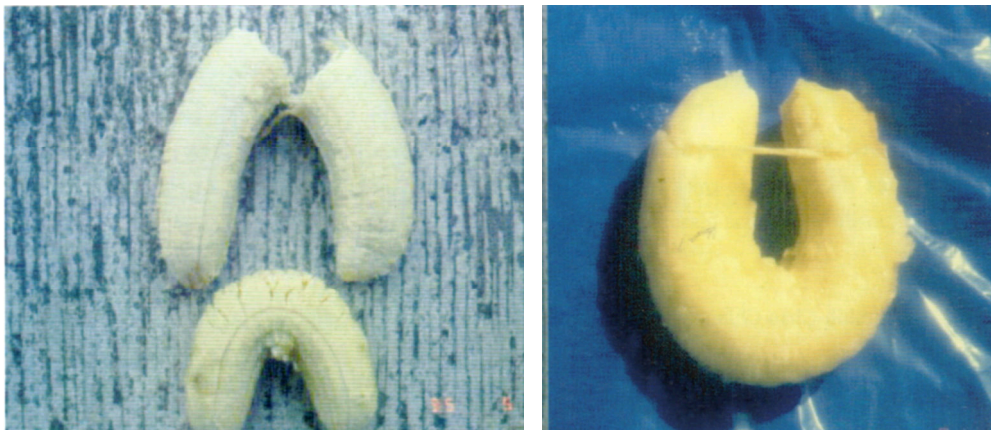
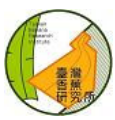


圖 1. 正常香蕉（左上，果皮色級指數 6）與硬心香蕉（左下，色級指數 6；右，色級指數 8）果肉外觀

Fig. 1. Appearances of normal banana pulp (upper left) and rubbery banana pulps (lower left and right)

依據台灣香蕉研究所在 1991 年所作的調查報告指出(黃等, 1991)，“北蕉”、“台蕉一號”及數個矮化品種，如“台蕉二號”、“Umalag”及“Grande Naine”等均有硬心發生。其中以台蕉一號及矮化品種之發生率較高，但也有硬心發生率達 74% 之“北蕉”蕉園。在多數耐黃葉病品種中，矮化之“台蕉三號”、豐產之“寶島蕉”及品系“GCTCV-105”等，均曾經有嚴重之硬心現象(未發表)。自 1996 年以來，每年均有硬心香蕉發生，以屏東地區之硬心發生率較高。依據台灣香蕉研究所數年來所收集之資料顯示：台灣香蕉的兩大後熟障礙-香蕉硬心和兩段著色，均非加工技術或條件的問題，兩者之發生有相似之處：(1) 具分離性，果把同時發生的機會極小；(2) 具位置性，大把蕉發生機率較高；(3) 具差異性，果把或果指間發生程度各異；(4) 具區域性，鄰近蕉園未必發生；(5) 具間斷性，在硬心蕉園中，並非全面發生；(6) 具季節性，香蕉硬心發生高峰幾乎都集中在每年低溫期抽穗、發育，四月至六月間採收之果串(台灣香蕉研究所年報，1997；1998；1999；圖 2)。

熱帶產蕉國家並無類似硬心問題的報告，與台灣同屬亞熱帶氣候的澳洲昆士蘭南部和南非則均發生，以 Williams 品種發生較為嚴重。據澳洲 Blake, J. R. 稱(Personal communication)，硬心蕉在 1930 年代初期即被注意到，並已進行約 40 年觀察。硬心蕉發生其間斷性，多發生在所植蕉園(plant cropping)且飽滿度較高之大把蕉果；和



正常蕉比較，硬心蕉果肉中之鐵、鈣含量較低，而鉀則較高。台灣香蕉研究所進行硬心蕉果肉化學分析結果顯示，鉀鈣相對含量有失衡現象，亦即鉀偏高、鈣偏低之情形（台灣香蕉研究所年報，1997；2000；2001；2002），與Blake所提部份相符，是否與蕉園肥培管理長期偏重鉀肥施用有關，抑或忽略酸化蕉園土壤之缺鈣現象所導致，值得探討。

相關酵素活性為香蕉果肉硬心探討的另一個方向。和香蕉果肉軟化有關的主要酵素為澱粉水解酶(α -amylase)、澱粉糖化酶(β -amylase)、果膠酯酶(pectinesterase)、果膠酶(polygalacturonase)及纖維素酶(cellulase)等(Mao and Kinsella, 1981; Acravante et al., 1991; Hultin and Levine, 1965; Agravante, et al., 1991)。當香蕉進入後熟期，由於該些酵素的活性不足，或是澱粉-糖轉化的生化途徑出現障礙，導致澱粉不完全水解與硬心現象。鈣、鎂等離子為參與香蕉熟成之澱粉液化酶及果膠酶之重要輔因子(co-factors); Mao and Kinsella (1981)指出在萃取香蕉果肉粗酵素液時，澱粉水解酶的活性可因添加鈣離子而增加40%。因此，香蕉果肉軟化不完全的可能間接原因為鉀鈣含量失衡，造成青熟蕉在後熟過程中，產生澱粉水解障礙的生理現象。果肉軟化亦明顯表現在細胞壁結構上的變化，此變化亦和果膠酶有關(Crookes and Grierson, 1983)。

果肉硬心對香蕉品質之影響至鉅，解決之道為瞭解其發生原因，並採取適當之管理措施，避免硬心果肉香蕉的生產。本試驗從香蕉果肉之礦物營養、後熟特性等角度進行：(1)高屏地區香蕉硬心調查與採樣；(2)加重施用鉀肥與香蕉硬心發生之關聯性；(3)硬心蕉與正常蕉果肉礦物營養含量、含水量與可溶性固形物之比較分析；(4)硬心發生原因推論與防治推薦。

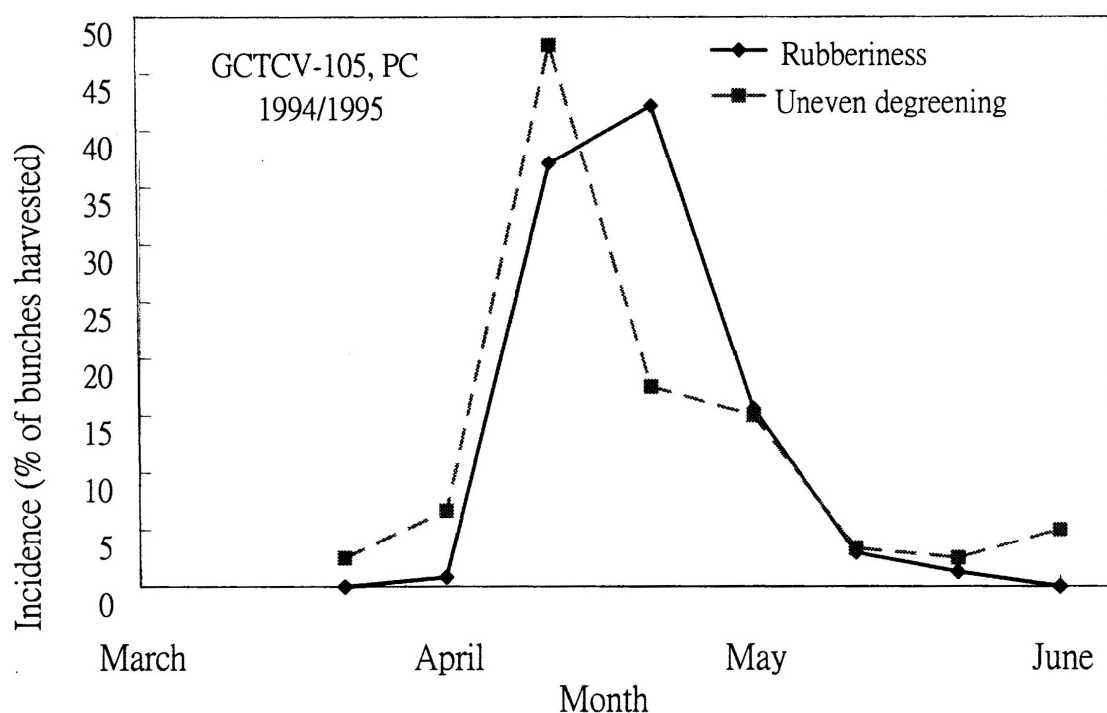
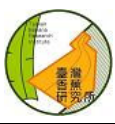


圖 2. “GCTCV-105” 之兩段著色與果肉硬心在單一蕉園中發生與分佈情形

Fig. 2. Occurrence and distribution of uneven degreening and rubberiness for GCTCV-105 in a banana plantation



材料和方法

一、蕉硬心發生調查

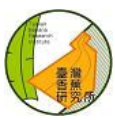
在八十九年至九十二年之四月至六月間，在台灣省青果運銷合作社高雄及屏東分社外銷香蕉集貨場，隨機採集已知蕉農之外銷第1、2把蕉果，經標記後攜回台灣香蕉研究所進行催熟加工，作為硬心發生調查與果肉分析之樣本；在九十二年，為了取得較大量之硬心樣本，採樣對象縮小在屏東分社7個集貨場，僅針對已知有硬心發生之蕉園作固定採樣。香蕉催熟循20-18-16-16降溫轉色模式：青熟蕉在14℃之催熟庫中預冷二日後，回溫至20℃，以1,000 mg/kg 乙烯激發蕉果進入後熟期；每隔24小時降溫2℃至16℃每日並開啟庫門進行換氣15分鐘，待果皮轉色至色級指數六級（全黃）時，以口嚼方式檢查果肉，分別記錄硬心果把與正常果把，並編號作為果肉分析樣品。相關之蕉園土壤分析依標準方法進行（ASA and SSSA, 1986; Soil and Plant analysis Council Inc., 1992）。土壤經風乾、磨碎、過篩（0.2 cm 後，進行化學性質分析，方法如下：酸鹼值(pH)以玻璃電極法(1:1)測定；有機質含量以 Walkley-Black 法測定；電導度(EC)以電極式電導度計(1:1)測定；有效磷以 Bray No. 1 法測定；交換性鉀、鈣及鎂以 1.0 N 中性醋酸銨抽取後，以原子吸收光譜儀測定；交換性鐵、錳、銅及鋅以 DTPA 液抽出後，以原子吸收光譜儀測定。

二、硬心蕉誘發與防治試驗

- (一) 硬心蕉誘發試驗：在九十一年，將曾經生產硬心香蕉的強酸性土壤蕉園五筆，各劃分為二區，種植“北蕉”及“寶島蕉”之組織培養苗、吸芽苗、或宿根蕉株，肥培管理期間施用四號複合肥料(11-5.5-22)每年每株1.5~2.0 kg 外，處理區各蕉株在花芽分化期（十一月）至果房發育期間（3月），以氯化鉀（K₂O 60%）環狀撒施三次，每次360 g，合計1080 g，未施用者作為對照區，蕉園之其他栽培管理方法均相同。隔年四月至六月間，取採收果串之第一果把作為硬心調查樣本。催熟加工步驟與調查方法同一。蕉園土壤分析依一之標準方法進行。
- (二) 硬心蕉防治試驗：九十三年，在曾經發生嚴重硬心現象之兩筆蕉園進行試驗。試區位於屏東縣之高樹與泰山，土壤酸鹼度分別為3.8及4.4（1:1，w/w），土壤質地分類均屬壤土；供試品種為“寶島蕉”，其組織培養苗於5月間定植；肥料管理依一般推薦量施以四號複合肥料每株每株1.5~2.0 kg。田間處理包括在生育期間分2次施用氯化鉀、氯化鈣各0.8 kg，以未施用區作為對照，重複乙次。蕉株採收期集中於九十四年五月底至七月中旬間，採收之蕉果經催熟轉色後進行後熟品質觀察與調查，催熟加工步驟與調查方法同一。

三、果肉分析與統計

取一、二所收集之果肉樣本進行果肉穿刺阻力、礦物營養、果肉含水量、可溶性固形物測定。果肉樣本以口嚼方式先鑑定其是否為硬心蕉，並粗定其硬度等級，以物性儀測定後，依其穿刺阻力確定該樣本之硬度分級。正常“北蕉”及“寶島蕉”果肉之穿刺阻力分別為284 g及228 g（2003，未發表）。香蕉果肉硬度分級，依咀



嚼感配合穿刺阻力之測定，將“北蕉”分為：正常 (R0, <300 g)、輕微 (R1, 300~350 g)、中等 (R2, 351~400 g) 及嚴重 (R3, >400 g) 四等級；“寶島蕉”則分為：正常 (R0, <400 g)、輕微 (R1, 400~450 g)、中等 (R2, 451~500 g) 及嚴重 (R3, >500 g) 為四等級。果肉穿刺阻力之測定係將直徑 0.6 cm 之不銹鋼平頭探針，以 5.0 cm/min 之速率穿刺香蕉果肉，取其所受阻力之最高值代表該測定點之最大硬度，每一樣本之測定點分別固定在果腹（中央部位）、以果腹為中心，同兩端延伸之兩個中點，計三點，並以其最大值代表該果肉樣本之硬度。果肉鉀、鈣及鎂元素分析以乾灰法 (500 °C) 分解，3N 鹽酸溶解後，以火談分光光度儀及原子吸收光譜儀測定。果肉含水量以 70°C 烘乾至恆重後以百分比表示；果肉之可溶性固形物以手持式屈折計測定。資料以 SAS 軟體 (SAS, 1987) 進行鄧肯氏多變域分析。

結果與討論

一、香蕉硬心發生調查

八十九年至九十一年高屏地區外銷日本香蕉果串（含“北蕉”及“寶島蕉”）第 1、2 把蕉果之硬心發生率在 1.35% 至 3.50% 間（表 1）。假設四月至六月採收的香蕉平均每串留有 8 把，每串會發生硬心障礙的香蕉平均有 2 把，則四月至六月間，高屏地區採收交場的果把中具硬心品質瑕疵風險者約佔總蕉量之 0.338%~0.875%。以 2002 年為例，外銷總蕉量之硬心發生率為 0.88%，四月至六月間高屏地區輸日香蕉總計 1,400,000 箱 (12.5 kg/箱)，每箱平均以 5 把計算，則有不同程度硬心的果把數 61,600 把，合 12,320 箱。九十二年因在固定集貨場取固定蕉園之蕉樣，硬心發生率增加為 14.8 %（表 2），計有“北蕉”425 把，“寶島蕉”1,720 把，硬心發生率分別為 1.41 % 及 18.1 %，“寶島蕉”高硬心發生率是同年日本對台灣香蕉的客訴重點，台灣香蕉果肉硬心瑕疵的問題實不容輕忽。

從香蕉硬心之調查與相關三十三筆蕉園土壤之物理、化學性質分析結果歸納出：硬心發生比例較高者為土壤酸鹼值 (pH) 在 6.5 以下、電導度 (EC) 在 1.0 dS/m 以上之壤質土蕉園（表 3）。土壤交換性鉀高於適栽臨界值 0.38 meq/100 g soil (Stover and Simmonds, 1987) 時，發生硬心香蕉之蕉園明顯增多（表 4）；交換性鈣高於臨界值 6.0 meq/100 g soil (林等, 1980)，或大於交換性鎂鉀平衡比值 3.3 時 (Stover and Simmonds, 1987)，則略為減少。

表 1. 八十九至九十一年高屏地區外銷香蕉第 1、2 把蕉果硬心發生率

Table 1. Rubbemiess incidence on first and second hands of export bananas in Kao-Ping district in 2000-2002

生產年期 Production year	採樣場數 Sampled packing house	受檢把數 Hands examined	硬心把數 Hands with rubbenness	果把硬心率 Rubbenness on handbasis (%)	果串硬心率 Rubbenness on bunch basis (%)
2000	30	809	21	2.60	0.65
2001	20	1,846	25	1.35	0.34
2002	31	1,915	67	3.50	0.88
Mean	27	1,523	37.7	2.48	0.62

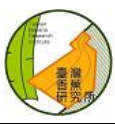


表 2. 九十二年屏東地區外銷香蕉硬心發生率

Table 2. Rubberiness incidence on first and second hands of export bananas in Pingtung district in 2003

品種 Cultivar	採樣場數 Sampled packing house	受檢把數 Hands examined	果把硬心率 Rubberiness on handbasis (%)	果串硬心率 Rubberiness on bunch basis (%)
“北蕉” Pei-Chiao	7	425	1.41	0.35
“寶島蕉” Formosana	7	1,720	18.10	4.53
Total	7	2,145	14.80	3.70

表 3. 正常蕉園及硬心蕉園土壤表土酸鹼值、電導度與質地之分佈情形

Table 3. Distributions of pH、EC and texture for surface soils in normal and rubberiness banana plantations

蕉園分類 Type of plantation	蕉園總數 No. of plantation	酸鹼值 pH			電導度 EC			質地 Texture			
		≤ 5.5	5.6-6.5	6.6-7.3	≤ 1.0	1.0-2.0	2.0-4.0	L	SL	CL	SiCL
正常 Normal	16	62.5%	18.7%	18.8%	93.8%	6.2%	0%	56.2%	37.5%	0%	6.3%
硬心 Rubbery	17	70.6%	23.5%	5.9%	82.3%	11.8%	5.9%	64.7%	29.4%	5.9%	0%

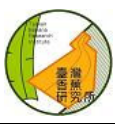
表 4. 正常蕉園及硬心蕉園土壤表土交換性鉀、鈣、鎂、鎂/鉀之分佈情形

Table 4. Distributions of Ex-K、Ex-Ca、Ex-Mg and Mg/K ratio for surface soils in normal and rubberiness banana plantations.

蕉園分類 Type of plantation	蕉園總數 No. of plantation	交換性鉀 Ex-K meq/100g soil		交換性鈣 Ex-Ca meq/100g soil		交換性鎂 Ex-Mg meq/100g soil		鎂鉀比 Mg/K meq/100g soil	
		≤ 0.38 ¹⁾	> 0.38	≤ 6.0 ¹⁾	> 6.0	≤ 1.17 ¹⁾	> 1.17	≤ 3.3 ¹⁾	> 3.3
正常 Normal	16	75.0%	25.0%	87.5%	12.5	100.0	0	81.3	18.7
硬心 Rubbery	17	29.4	70.6	94.1	5.9	94.1	5.9	88.2	11.8

二、硬心蕉誘發與防治試驗

(一) 硬心蕉誘發試驗：供試蕉園之部份土壤化學分析顯示（表 5），土壤酸鹼度從極強酸（pH 3.8）至中性（pH 6.9）之蕉園均可能生產硬心香蕉；除范川能外，蕉園土壤電導度均低於 1.0 dS/m。李龍門及周金龍之土壤交換性鉀高於適種香蕉臨界值（0.38 meq/100g soil）；楊輝華及周金龍之交換性鈣高於臨界值（6.0 meq/100g soil）；周金龍之交換性鎂高於臨界值（1.17 meq/100g soil）（林等，1980）。整體而言，本試驗中半數以上蕉園土壤之交換性鉀、鈣及鎂有偏低的現象。蕉園土壤中除了要有足夠的交換性陽離子含量外，陽離子間之相對含



量亦為重要考量；以交換性鎂、鉀比而言，平衡比值約在 3.3 左右 (Stover and Simmonds, 1987)，或是在砂質土壤為 4.0，黏重土壤為 2.0 (Robinson, 1996)，太高或太低均應分別追施鉀肥、鎂肥或苦土石灰來調整，從質地的角度而言，李龍門及范川能之蕉園土壤鎂鉀比則偏低。在一般耕作土壤中，適當之相對鈣鎂含量以鎂不高於鈣為原則。本試驗蕉園土壤間之鈣鉀比值懸殊，惟有關適當比值之文獻闕如。由土壤化性、交換性陽離子相對含量推估，楊輝華、周金龍之蕉園土壤似為本試驗中最適於植蕉者，其鈣鉀比在 14.9 以上，其餘蕉園則需進行適度之土壤管理。

由表 6 可知，賴建和及周金龍之吸芽苗蕉區無硬心發生。李龍門、楊輝華及范川能三筆蕉園之氯化鉀處理區與對照區均發生硬心現象，且均為“寶島蕉”組培苗蕉園，而“北蕉”組培苗（周金龍）及宿根苗（李龍門）蕉株之硬心發生率則較低。硬心程度由輕微（R1）至嚴重（R3）者均有，在楊輝華及范川能蕉園中，處理區之發生率可分別高達 36.4%~43.4%，對照區則分別為 18.4%~16.8%，李龍門蕉園之硬心發生率相對甚低，且硬心程度僅屬中度（R2）。以上結果顯示，在具有表 5 土壤化學特性之蕉園中種植組織培養苗蕉株，均有硬心之發生；提高鉀肥施用量，有導致香蕉硬心發生率增加及提高嚴重程度的結果（圖 3、圖 4），惟硬心之發生仍不易直接由土壤之任何單一化學性質歸納出其關聯性。蕉苗使用之種類是否為香蕉硬心發生與否之考量，由本試驗結果顯示之“寶島蕉”組培苗蕉園有較高的硬心發生傾向，需進一步證實釐清。

表 5. 硬心蕉誘發試驗蕉園表土之部份化學特性

Table 5. Some chemical properties of the top soil on rubbery banana plantation in rubberiness-inducing

蕉農 Growers	地點 Location	質地 Texture	pH _w ^z	EC ^z (dS/m)	Ex-K ^z (meq/100g)	Ex-Ca ^y (meq/100g)	Ex-Mg ^y (meq/100g)	Mg/K	Ca/K
賴建和	屏東	壤土 L	4.5	0.28	0.29	1.32	0.66	2.28	4.55
李龍門	屏東	壤土 L	4.7	0.40	0.61	2.84	0.48	0.79	4.66
楊輝華	屏東	砂壤土 SL	6.9	0.27	0.21	9.14	0.68	3.24	43.5
范川能	屏東	壤土 L	3.8	1.63	0.25	2.41	0.30	1.20	9.64
周金龍	高雄	坵壤土 SiL	6.7	0.29	0.42	6.26	1.39	3.31	14.9

z 1:1 (W/W)

y 1.0 N 中性醋酸銨抽出可交換性離子

表 6. 硬心誘發試驗蕉園之植蕉狀況與硬心發生情形

Table 6. Planting information and rubberiness incidences of rubberiness-inducing experiment

蕉農 Growers	地點 Location	品種 Cultivar	蕉苗 Seeding	對照 CK		處理 Treatment	
				發生率 (%)	等級 Level	發生率 (%)	等級 Level
賴建和	屏東	寶島蕉	吸芽苗(S)	0	-	0	-
李龍門	屏東	寶島蕉	組培苗(TC)	3.7	R1	6.7	R2
李龍門	屏東	北蕉	宿根苗(R)	3.9	R2	0	-
楊輝華	屏東	寶島蕉	組培苗(TC)	18.4	R1-R3	36.4	R1-R3
范川能	屏東	寶島蕉	組培苗(TC)	16.8	R1-R3	43.4	R1-R3
周金龍	高雄	北蕉	吸芽苗(S)	0	-	0	-

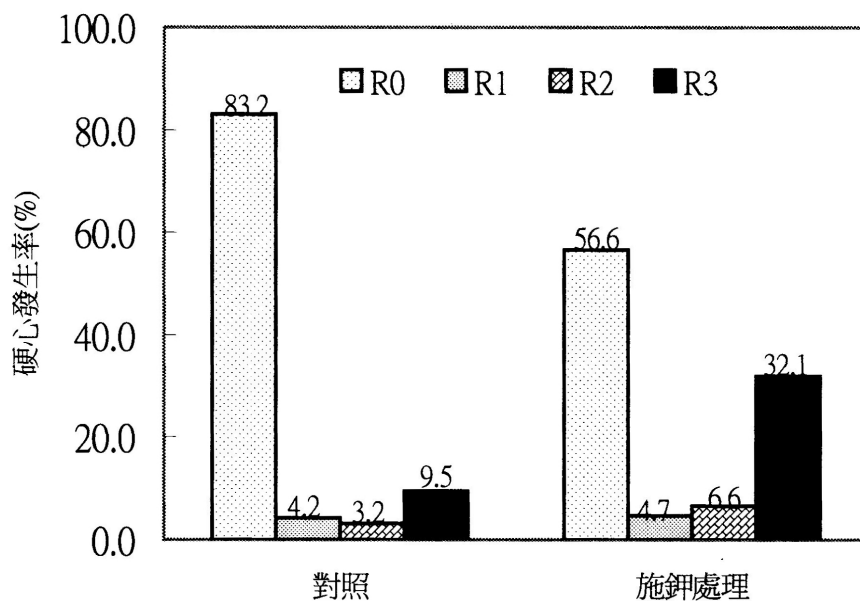


圖 3. 鉀肥施用對香蕉果肉硬心發生之影響 (范川能蕉園)

Fig. 3. Effect of potassium on banana rubberiness on Fan's plantation

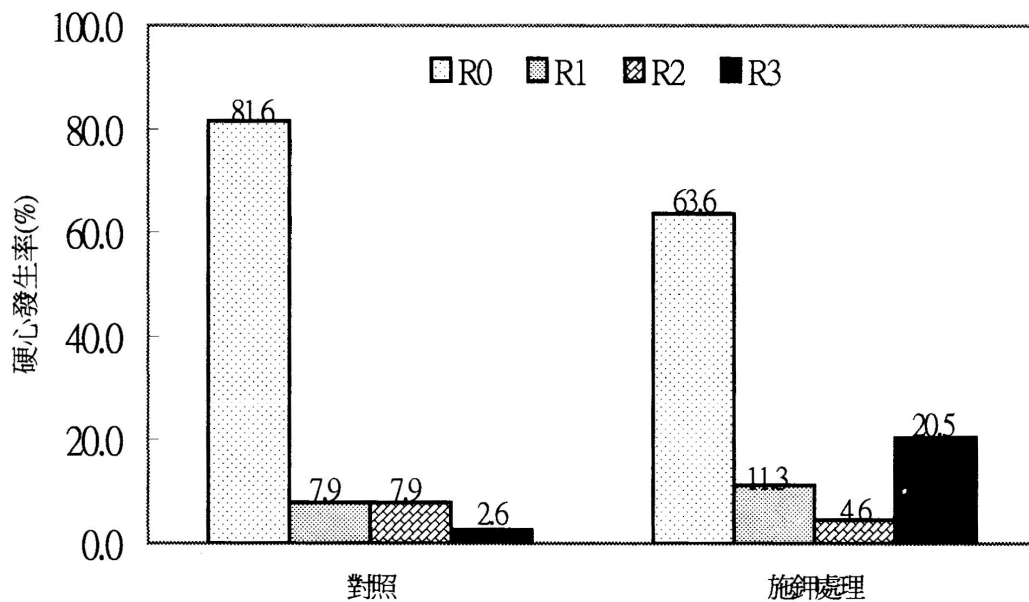


圖 4. 鉀肥施用對香蕉果肉硬心發生之影響 (楊輝華蕉園)

Fig. 4. Effect of potassium on banana rubberiness on Yang's plantation

(二) 硬心蕉防治試驗：由於兩試區均發生嚴重之黃葉病，可供採收調查之果串數極為有限，惟兩試區所得之結果相當接近 (表 7、表 8)。在一般施肥情形下，對照區有 20~25% 之果肉發生硬心現象，顯示香蕉硬心可能與蕉園土壤特性、香蕉品種、或氣候有關。蕉株施以過量氯化鉀後，可使果肉硬心發生率由 20~25% 提升至 31~35%；當蕉株施以過量之氯化鈣時，果肉硬心發生率則由 20~25% 降至 0%；顯示施用氯化鉀或氯化鈣可分別提升或降低香蕉硬心之發生情形。雖然在香蕉肥培管理中，鉀肥之重要性被一再強調，但是在某些特殊土壤中過量施用時，可能使蕉果硬心問題更加嚴重。相對地，經營者如重視鈣元素之補充供應，亦可能降低在此特殊土壤上生產硬心香蕉之機會。本試驗之處理措施屬強制性之鉀、鈣肥供應，蕉株對鉀、鈣、鎂元素之被迫吸收產生明顯之拮抗現象，和田間自然發生硬心之果肉比較，其鉀、鈣、鎂元素含量與比例不同，惟均有相同之傾向 (台灣香蕉研究所年報，2000；2001；2002)。

三、果肉分析與統計：調查及試驗中所收集之硬心果肉與正常果肉樣品，經催熟後在色級指數六級 (全黃) 時進行果肉穿刺阻力、礦物營養、果肉含水量、可溶性固形物等特性分析，其結果分別討論如下：

(一) 果肉穿刺阻力：所有果肉樣本均以咀嚼方式先行鑑定其是否為硬心蕉，並粗定其硬度等級，再以物性儀測定，依所得之穿刺阻力來確定該樣本之硬度分級。結果顯示，“寶島蕉”之穿刺阻力分佈於 174g 至 1304g 之間 (圖 5)，“北蕉”分佈於 166g 至 749g 之間 (圖 6)，嚴重硬心“寶島蕉”之穿刺阻力可超過 1,000g，幾為嚴重硬心“北蕉”之兩倍。正常 (R0) “寶島蕉”、“北蕉”果肉之平均穿刺阻力分別為 298.4g 及 236.7g，接近前述正常“寶島蕉” (284g)、“北蕉” (228g) 果肉之平均穿刺阻力。

(二) 礦物營養：以穿刺阻力作為硬心程度分級標準之果肉礦物營養成份分析結果顯示，“寶島蕉”正常蕉與硬心蕉之鉀含量隨硬心程度兩增加，鈣含量以正常果肉最高，均達差異顯著水準 ($p < 0.05$) (表 9)，和過去的測定結果相同 (台灣香蕉研究所年報，2000；2001；2002)。鎂含量隨硬度之改變較小，以 R3 含量最低，和 R0、R1、R2 間有顯著差異。和以往結果不同處為各級硬心果肉間之鈣含量並無顯著的差異性。「低鈣」為硬心果肉之重要生理特徵。若正常果肉 (R0) 中之鉀、鈣、鎂含量代表一般正常蕉之果肉含量，且在平衡之相對養份範圍內，從鉀、鈣、鎂含量之相對比值來看 (表 10)，硬心蕉與正常蕉樣品中之鉀/鎂比值較為接近，可推論硬心蕉果肉之鉀、鎂含量接近正常，則硬心蕉的發生可能與鈣含量的不足有較大關聯，此亦與過去之研究結果吻合。硬心果肉中，“寶島蕉”鉀鈣及鎂鈣比值分別超過 195 及 13。

“北蕉”之正常蕉與各級硬心蕉間之鉀、鎂含量均無顯著的差異 (表 7)，惟鈣含量有隨硬心程度下降的趨勢，在 R0-R1 中顯著高於 R2、R3，並反應於果肉中鉀、鈣及鎂含量之相對比值中 (表 12)，除 R1 外，與“寶島蕉”有相同現象。硬心果肉中，“北蕉”之鉀鈣及鎂鈣比值分別在 145 及 10 以上。

(三) 含水量和可溶性固形物：正常“寶島蕉”果肉之含水量和可溶性固形物分別高於及低於硬心蕉果肉，達顯著水準，不同硬心程度果肉間則無差異 (表 13)。正常“北蕉”與硬心蕉果肉間之含水量和可溶性固形物亦均無差異 (表 14)，硬心蕉果肉間亦然。

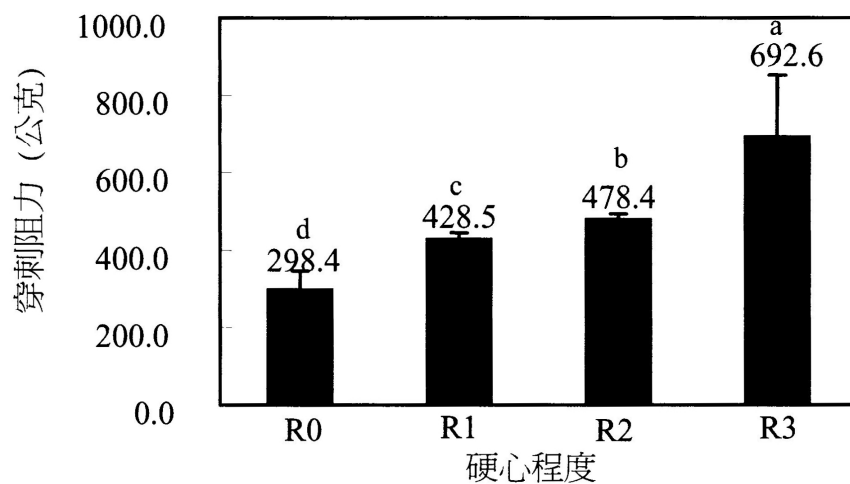


圖 5. “寶島蕉”正常果肉和硬心果肉穿刺阻力之比較

Fig. 5. Puncture resistances in pulps of normal and rubbery “Formosana”

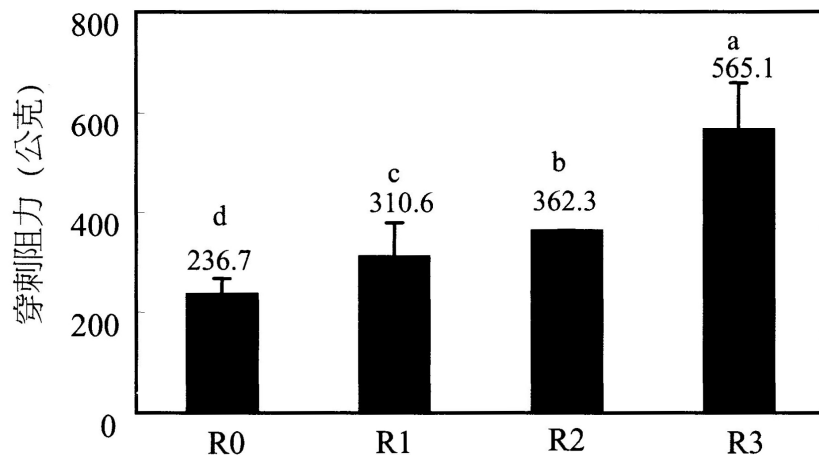


圖 6. “北蕉” 正常果肉和硬心果肉穿刺阻力之比較

Fig. 6. Puncture resistances in pulps of normal and rubbery “Pei-Chiao”

表 9. “寶島蕉” 硬心果肉和正常果肉中鉀、鈣及鎂含量之比較

Table 9. K、Ca、Mg in pulps of normal and rubbery “Formosana”

硬心等級 Rubberiness	穿刺阻力 Puncture resistance(g)	鉀 K (mg/100g F.W.)	鈣 Ca (mg/100g F.W.)	鎂 Mg (mg/100g F.W.)
R0	<400	409.5c ^z	2.57a	28.9a
R1	400~500	433.2ab	1.42b	28.6a
R2	451~500	424.8bc	1.52b	28.2ab
R3	>500	444.1a	1.30b	27.1b

z 縱列中相同字母表鄧肯氏變域分析差異不顯著，a=0.05.

z Same letters in column denotes insignificant difference in Duncan's multiple range test at 0.05 level.

表 10. “寶島蕉” 硬心果肉和正常果肉中鉀、鈣及鎂之相對比值

Table 10. Ratios of K、Ca、Mg for pulps of normal and rubbery “Formosana”

硬心等級 Rubberiness	穿刺阻力 Puncture resistance(g)	鉀鈣比 K/Ca	鉀鎂比 K/Mg	鎂鈣比 Mg/Ca
R0	<400	195.1c ^z	14.5b	28.7a
R1	400~500	325.4b	15.3b	31.9a
R2	451~500	339.1b	15.3b	29.8a
R3	>500	384.0a	16.6a	28.4a

z 縱列中相同字母表鄧肯氏變域分析差異不顯著，a=0.05.

z Same letters in column denotes insignificant difference in Duncan's multiple range test at 0.05 level.

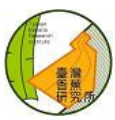


表 11. “北蕉”硬心果肉和正常果肉中鉀、鈣及鎂含量之比較

Table 11. K、Ca Mg in pulps of normal and rubbery “Pei-Chiao”

硬心等級 Rubberiness	穿刺阻力 Puncture resistance(g)	鉀 K (mg/100g F.W.)	鈣 Ca (mg/100g F.W.)	鎂 Mg (mg/100g F.W.)
R0	<300	416.1a	3.44a	28.7a
R1	300~350	425.5a	3.29a	31.9a
R2	351~400	449.3a	1.48b	29.8a
R3	>400	410.8a	1.20b	28.4a

z 縱列中相同字母表鄧肯氏變域分析差異不顯著， $\alpha=0.05$.

z Same letters in column denotes insignificant difference in Duncan's multiple range test at 0.05 level.

表 12. “北蕉”硬心果肉和正常果肉中鉀、鈣及鎂含量之相對比值

Table 12. Ratios of K、Ca、Mg for pulps of normal and rubbery “Pei-Chiao”

硬心等級 Rubberiness	穿刺阻力 Puncture resistance(g)	鉀鈣比 K/Ca	鉀鎂比 K/Mg	鎂鈣比 Mg/Ca
R0	<300	145.2b ^z	14.7a	9.77b
R1	300~350	153.1b	13.6a	11.1b
R2	351~400	314.6a	15.0a	20.9a
R3	>400	357.0a	14.4a	24.7a

z 縱列中相同字母表鄧肯氏變域分析差異不顯著， $\alpha=0.05$.

z Same letters in column denotes insignificant difference in Duncan's multiple range test at 0.05 level.

表 13. “寶島蕉”硬心果肉和正常果肉含水量及可溶性固形物之比較

Table 13. Water content and total soluble solids in pulps of normal and rubbery “Formosana”

硬心等級 Rubberiness	穿刺阻力 Puncture resistance(g)	水份 Water (%)	可溶性固形物 Total soluble solids(°Brix)
R0	<400	76.0a ^z	21.0b
R1	400~500	75.1b	22.0a
R2	451~500	74.9b	22.1a
R3	>500	75.2b	21.9a

z 縱列中相同字母表鄧肯氏變域分析差異不顯著， $\alpha=0.05$.

z Same letters in column denotes insignificant difference in Duncan's multiple range test at 0.05 level.

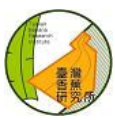


表 14. “北蕉” 硬心果肉和正常果肉含水量及可溶性固形物之比較

Table 14. Water content and total soluble solids in pulps of normal and rubbery “Pei-Chiao”

硬心等級 Rubberiness	穿刺阻力 Puncture resistance(g)	水份 Water (%)	可溶性固形物 Total soluble solids(° Brix)
R0	<300	76.9a ^z	20.1a
R1	300~350	74.6a	21.0a
R2	351~400	75.1a	21.8a
R3	>400	75.3a	20.2a

z 縱列中相同字母表鄧肯氏變域分析差異不顯著， $\alpha=0.05$ 。

z Same letters in column denotes insignificant difference in Duncan's multiple range test at 0.05 level.

四、香蕉硬心發生原因推論與防治推薦

(一) 硬心發生之相關因素：在台灣之亞熱帶氣候條件下，香蕉硬心是獨特的果肉瑕疵現象，僅發生於每年十二月至次年一月間抽穗、次年四月至五月間採收的黑皮春蕉（台灣香蕉研究所年報，2000）；黑度春蕉果串的發育是經歷一年中氣溫最低的時節，因此硬心蕉果肉除了上述的生理異常性質外，如將硬心發生與當季的低溫條件作一聯結，亦即香蕉硬心可能是低溫所導致的生理障礙。此推論若屬實，則八十四年至八十八年間，每年十二月至次年二月間之月平均低溫有逐年升高的趨勢（圖 7、表 15），且低溫期縮短，導致香蕉硬心發生率降低，且未能在高屏地區普遍發生，可能是當時香蕉硬心樣品採集不易的原因。九十一年之硬心發生率達 3.5%，較往年為高，南 7 地區在九十年十一月至次年月間之月平均低溫達 14.7°C ，比九如地區九十年溫度低 2.2°C 。2002/2003 年，屏東同期平均低溫回升至 17.3°C ，“北蕉”硬心發生率跌至 1.41%，是否可證明香蕉硬心與當季低溫有關，值得進一步觀察。

根據累積的各項資料，直接、間接與香，硬心現象有關的因子可簡單歸納如下：品種、土壤化性、季節、肥培管理與果肉鉀、鈣之（相對）含量等等。

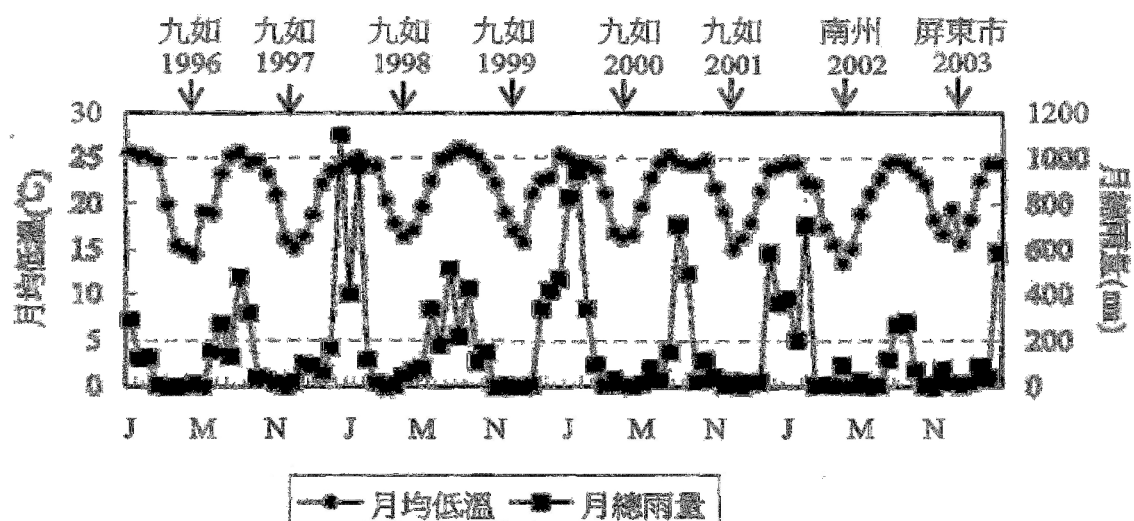


圖 7.屏東地區 1995~2003 年之月均低溫及月總雨量分佈圖

Fig. 7. Monthly mean low temperature and monthly total rainfall from 1995 to 2003 in

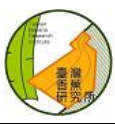


表 15. 屏東地區 1995-2002 年十二月至翌年二月間月均低溫

Table 15. Monthly mean low temperature for December、January and February from 1995 to 2002 in Pingtung district

月 份	95/96 九如	96/97 九如	97/98 九如	98/99 九如	99/100 九如	100/101 九如	101/102 南州	102/103 屏東市
December	15.5℃	16.2℃	17.9℃	19.0℃	16.9℃	19.2℃	15.6℃	16.7℃
January	15.0℃	15.2℃	16.5℃	17.1℃	16.2℃	15.1℃	13.5℃	19.4℃
February	14.5℃	16.5℃	17.2℃	15.9℃	16.7℃	16.3℃	15.1℃	15.8℃
Mean	15.0℃	16.0℃	17.2℃	17.3℃	16.6℃	16.9℃	14.7℃	17.3℃

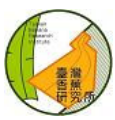
- (二) 降低香蕉硬心之建議：在未能完全瞭解硬心發生之機制前，根據多年來收集之資料與試驗結果，可提出以下因應措施，以減少台灣香蕉發生硬心之後熟品質障礙：(1) 從選種方面著手，篩選零果肉硬心之優良品系；(2) 從教育蕉農著手，使充份認識蕉園土壤化學性質，宣導正確蕉園土壤管理觀念，施用石灰或其它含鈣資材，改善蕉園土壤化學性質；(3) 在所植蕉園或黃葉病發生輕微之蕉園，選擇種植硬心發生率較低的品種，如“北蕉”和“台蕉二號”；(4) 在黃葉病發生較嚴重的蕉園選擇種植“寶島蕉”吸芽苗；(5) 種植“寶島蕉”時，考慮將採收期調節，使落於次年四月至六月以外的月份；(6) 冬季時，留意寒流來襲時機，加強蕉園淹、灌水作業，保持地溫穩定與根系活力；(7) 提早於每年一、二月種植蕉苗，以便於次年四月前完成採收作業；(8) 加強宣導疏果整把作業，削除果串上方第一把或第一、二把蕉，並有提前採收與果把均一之效益。

五、討論

九十二年的調查結果顯示，推廣中的耐病豐產新品種“寶島蕉”有較“北蕉”嚴重的硬心品質問題；回顧過去經驗，幾乎所有耐黃葉病香蕉品種（系）之果肉均有硬心特質，對台灣外銷水果最大宗的香蕉而言，絕不能等閒視之，任令果肉硬心之缺陷損毀優質台灣香蕉之美譽。

自香蕉硬心誘發試驗與硬心蕉果肉分析所得結果顯示，土壤之酸鹼度與交換性鉀、鈣及鎂離子濃度均難有證據直接反應香蕉硬心發生與否；然而，施用鉀肥確可提高香蕉硬心發生率，和正常蕉果肉比較，硬心蕉果肉中之鉀與鈣含量分別有明顯偏高及偏低現象。土壤中交換性鉀濃度與植體鉀含量通常有良好的相關性，鈣鎂則否。香蕉植體中鈣鎂之缺乏或失衡現象可能因鉀肥過量施用而發生。香蕉硬心雖非侷限於酸性土壤蕉園發生，惟在酸性土壤之發生機率較高，而多數之酸性土壤則有缺鈣及（或）缺鎂之傾向。

香蕉是鉀肥需求量較高之作物，蕉株植體中吸取之鉀量約為氮量之三至四倍，鉀肥供應充足與否直接影響蕉株之生長、產量與品質。因此，鉀肥之適當施用一直是蕉園肥培管理工作的重點。由果肉樣品之無機礦物營養分析結果顯示，硬心蕉與正常蕉果肉間的鉀及鈣含量有顯著之差異，為避免香蕉硬心之發生，在蕉株對鉀、



鈣吸收又有拮抗作用的限制下，如何平衡鉀肥供應與蕉株對鈣之吸收，遂為蕉園肥培管理的一項藝術。此外，因低溫影響香蕉根系對鈣離子之吸收，導致植株體內陽離子失衡或果膠分解酵素活性不足，間接影響果肉軟化時生理生化反應之調和，果膠酶活性與植體鉀鈣之含量有無關聯等，均有待深入證實與瞭解。

參考文獻

- 1.台灣香蕉研究所.1997. 八十六年年報. 香蕉栽培管理與後熟生理. p.46-47.
- 2.台灣香蕉研究所.1998. 八十七年年報. 香蕉栽培管理與後熟生理. p.43-44.
- 3.台灣香蕉研究所.1999. 八十八年年報. 香蕉栽培管理與後熟生理. P.49-50.
- 4.台灣香蕉研究所.2000. 八十九年年報. 香蕉栽培管理與後熟生理. p.71-77.
- 5.台灣香蕉研究所.2001. 九十年年報. 香蕉栽培管理與後熟生理. p.35-39.
- 6.台灣香蕉研究所.2002. 九十一年年報. 香蕉栽培管理與後熟生理. p.46-49.
- 7.林木連、侯良財、戴奇協、陳美珍、馮段圓.1980. 旗山、里港蕉區土壤及葉片營養狀況. 香蕉研究彙報(2):26-35.
- 8.黃新川、趙治平、楊儒民.1991. 香蕉果實硬心報告. 台灣香蕉研究所.
- 9.Acravante, J. U., M. Toshiyuki, and K. Hirotooshi. 1991. Changes in pectinmethylesterase, polygalacturonase and pectin substances of ethanol and ethylene treated bananas during ripening. J. Japanese Sci. and Tech. 38 (6):527-532.
- 10.Blake, J. R. Rubbery bananas. Food Preservation Rsch. Lab. Queensland Department of Primary Industries. (Personal communication)
- 11.Brady, C. J. 1976. The pectinesterase of the pulp of banana fruit. Aust. J. Plant Phsiology 3:163-172.
- 12.Crookes, P. R. and D. Grierson. 1983. Ultrastructure of tomato fruit ripening and role of polygalacturonase isoenzymes in cell wall degradation. Plant Physiology 72:1088-1093.
- 13.Jones, J. B. Jr., B. Wolf, and H. A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Pub., Inc.
- 14.Mao, W. W. and J. E. Kinsella. 1981. Amylase activity in banana fruit: properties and changes in activity with ripening. J. of Food Sci. 46:1400-1403.
15. Page, A. L., R. H. Miller, and D. R. Keeney. 1986. Methods of soil analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
- 16.Robinson, J. C. 1996. Bananas and plaintains. Crop Production Science in Horticulture Series 5. CAB Inti., UK.
- 17.SAS Institute. 1987. SAS/STAT guide for personal computers. SAS Inst. Gary, NC.
- 18.Seymour, G. B. 1993. Banana, p. 84-106. In Seymour, G. B., J. E. Taylor, and G. A. Tucker (ed.) Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall. London.
- 19.Shewfelt, A. L., V. A. Panter, and J. J. Jen. 1971. Textural changes and molecular characteristics of pectin constituents in ripening peaches. J. Food Sci. 36:573-578.
- 20.Soil and Plant Analysis Council. 1992. Handbook on reference methods for soil analysis. Soil and Plant Analysis Council, Inc.
- 21.Stover, R. H. and N. W. Simmonds, 1987. Bananas, 3rd ed. Longman Scientific and Technical.



Abstract

Banana rubberiness is a defect in the post-harvest quality of Taiwan bananas. Investigation results collected from April to June in the years between 2000 and 2002 in Kaohsiung and Pingtung districts revealed that the percentage of rubberiness for export Taiwan bananas was 1.35-3.50%. Banana rubberiness took place in banana plantations with soil pHs ranging from strong acidity to neutrality. Percentage of rubberiness was lower in the banana plantation with exchangeable potassium below 0.38 meq/100g soil, or exchangeable calcium above 6.0 meq/100g soil, or the K/Ca ratio was greater than 3.3. Percentage and level of banana rubberiness could be raised as a result of overdosed potassium. In contrast, calcium supply had the advantage of lowering banana rubberiness. Bananas from tissue-cultured plants were more prone to rubberiness than those of sucker plants. The strength of banana rubberiness can be determined and categorized using a universal testing machine (UTM) in company with a chewing test. In comparison with normally-ripened bananas, potassium content of rubbery Tormosanapulp increased with rubberiness, however, calcium content decreased with rubberiness. Magnesium content was found lowest in bananas with severe rubberiness. Likewise, calcium content decreased with rubberiness in Tei-Chiao, no differences in potassium and magnesium contents were shown between normal and rubbery bananas. Calcium in the rubbery banana pulp was consistently lower than that in the normal banana pulp, however, none of the soil chemical properties was related to banana rubberiness. In general, K/Ca and Mg/Ca ratios of the rubbery Tormosanawere greater than 195 and 13, respectively, and 145 and 10 for Tei-Chiao, respectively. It was presumed that the rubberiness of bananas was associated with the shortage of calcium in banana plants. Short term and long term strategies to reduce the occurrence and level of banana rubberiness were also discussed.