



肥料三要素對香蕉之產量、生育及葉片養分含量之影響

林木連¹ 邱再發²

摘要：在南部粘板岩沖積土，香蕉園三年來之肥料試驗，結果顯示，每年每株香蕉三要素施用適量，各為氮素(N) 100~200 公克，磷素(P_2O_5) 50~100 公克，鉀素(K_2O) 400~600 公克。氮素對株高、葉片數、抽穗期較有顯著的影響。氮素及鉀素均顯著的影響蕉果產量，而磷素對植株生育及產量，均無明顯的影響。

葉片三要素含量，在抽穗期迅速的降低，除了磷含量之外，隨施肥量增加，其葉片氮及鉀含量亦增高。氮肥施用對植株之鉀吸收有拮抗作用，即降低葉片鉀含量。抽穗期之葉片三要素臨界濃度，似可定為 N 3.2%，P 0.21%，K 3.6%。

前言

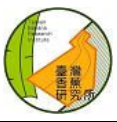
香蕉對於肥料之需要量，恆地區土壤性質之差異而不同，因此各國之試驗往往有不同之結果。Butler (1960) 曾根據牙買加連續 13 年及宏都拉斯 3 年的試驗結果指出，香蕉要經濟施肥，只有氮素肥料有效，其餘磷、鉀，因香蕉為深根性作物，或因地力關係，試驗結果往往對香蕉沒有反應⁽⁹⁾。Twyford (1967) 報告世界蕉區之肥培管理概況，可以分成三種型態：

- (一) 不用無機肥料或只用有機肥料，如非洲較落後的植蕉區。
- (二) 只用氮素肥料，如中南美蕉區。
- (三) 應用氮、磷、鉀肥料，其他產蕉國家⁽¹⁵⁾。

大都份國家氮、磷、鉀素的施用是依據土壤需要量而定，法屬西印度群島為 6:7:28，昆士蘭(Queensland)為 5:7:23，馬丁尼各(Martinique)及蓋德洛普(Guadeloupe)為 8:8:28，牙買加為 14:7:28，迎風群島(Windward Islands)為 11:11:23。菲律賓聯標公司的蕉園不施用磷肥，而氮與鉀素的比例為 3:8⁽¹²⁾。

本省香蕉三要素肥料試驗，於民國 42 年至 46 年及民國 48 年至 52 年，由朱慶國分別在屏東、旗山地區進行比較試驗，結果認為三要素合理之比例為 1:2:3，即每公頃施用氮肥 200 公斤、磷肥 400 公斤、鉀肥 600 公斤，蕉果產量最優，並且合於經濟原則⁽²⁾。嗣後該試驗結果提供試製當今台肥 4 號複合肥料(N:P₂O₅:K₂O=11:5.5:22)之參考。

-
- 1.台灣香蕉研究所助理研究員。
 - 2.台灣省農業試驗所農化系技正。
 - 3.本試驗計劃之部份經費由農發會補助，謹此誌謝。78ARDP-3.2A-357。



鑑於該試驗當時蕉果平均產量偏低（單株平均收量約 13 公斤左右），因以往葉斑病防治不理想，蕉株活葉較少；且肥料年年施用，土壤肥力年期間常有變化，因此香蕉研究所為求得香蕉肥料之適當需要量，除由土壤調查、肥力分析、葉片分析等方向著手外，並作田間肥料試驗，探求台蕉對三要素肥料之需求情形。

試驗材料與方法

本試驗之香蕉分別於民國 65 年、66 年及 67 年進行，均於當年 5 月下旬種植於屏東九如臺灣香蕉研究所第 C7 試地；肥料每株用量，氮肥設四平準即 N₀ 0 克，N₁ 100 克，N₂ 200 克，N₃ 300 克；磷肥設二平準即 P₀ 0 克，P₁ 100 克；鉀肥設四平準 K₀ 0 克，K₁ 200 克，K₂ 400 克，K₃ 600 克。肥料組合為 N₀P₁K₁，N₁P₁K₁，N₂P₁K₁，N₃P₁K₁，N₁P₀K₁，N₁P₁K₀，N₁P₁K₂，N₁P₁K₃，等八個處理。每處理設三重複，採用逢機完全區集設計，每小區 24 株，行株距為 2.4 公尺 X 2.1 公尺。肥料使用種類氮肥用硫酸銨、磷肥用過磷酸石灰，鉀肥用氯化鉀，各肥料於各時期之分施量如表 1。試區土壤均於每年期種植前及收穫後進行土壤取樣分析一次；香蕉葉片於 65~66 年期曾進行花芽分化期及抽穗期二次之取樣，而於 66~67 年期只進行於抽穗期之葉片取樣，取樣方法為依據 1975 年國際香蕉葉片分析會議所制定之標準取樣方法，取第三葉片中間寬 10 公分之部位，分析項目包括 N，P，K 等元素。蕉株生育調查於 65~66，66~67 二個年期每個月進行一次，項目包括株高及葉片數目，於抽穗時並做抽穗日期調查及健葉數調查，收穫時並做果串性狀調查。

表 1. 氮、磷及鉀肥不同時期分施百分率

Table 1. Percentage of split amounts of N, P₂O₅ and K₂O applied at different times.

肥料要素 Fertilizer elements	種植後月數 Month after planting				
	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
N	10 %	15 %	25 %	25 %	20 %
P ₂ O ₅	50 %	-	50 %	-	-
K ₂ O	10 %	15 %	25 %	25 %	20 %

結果與討論

一、試區土壤肥力狀況：

本試驗之試區土壤屬於粘板岩沖積土，土壤質地屬於坩質壤土，表土層土壤反應呈微酸性反應，有效磷含量豐富，土壤交換性鉀含量屬於適量之範圍，試區土壤之理化性狀如表 2。



表 2. 試區土壤肥力狀況

Table 2. Soil properties of the experimental orchard.

土層 Soil layer	質地 Texture	酸度 pH	有機質 Organic matter	有效磷 Bray No. 2 Available ppm	交換性鉀 Exchangeable K
表土 Surface Soil	S. L.	5.60	1.97	241	76
底土 Subsoil	S. L.	6.29	0.82	170	19

二、施肥量與蕉果產量之關係：

本試驗之香蕉均分別於 66 年、67 年及 68 年之 3 至 7 月收穫，季節蕉分別集中於白皮春蕉及黑皮春蕉，各處理之收量如表 3，變方分析統計結果 1976/1977 及 1977/1978 年期均呈不顯著，顯示此二個年期各種肥料配方對產量並無差異。1978/1979 年期之 $F_t=6.08 >$ 理論 F 值 ($P 5 \% F=2.76$ $P 1 \% F=4.28$) 呈極顯著差異，顯示本試驗連續至第三年試驗結果，各處理間有差異存在，其中以 $N_1P_1K_3$ 處理即單株年施氮肥 100 公克，磷肥 1 公克鉀肥 600 公克對蕉果之產量最佳；應用 Duncan 氏多種變域測驗法，兩個處理間之差異比較如表 3。

表 3. 各年期各處理平均蕉果產量

Table 3. Mean fruit yield of treatments in different years*

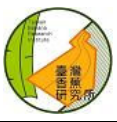
處 理 Treatments	產 量 公 斤 / 株 ; Yield Kg/Plant		
	1976/1977	1977/1978	1978/1979
$N_0P_1K_1$	22.9	21.1	24.5ce
$N_1P_1K_1$	25.9	23.4	30.5ab
$N_2P_1K_1$	25.5	24.3	27.6bd
$N_3P_1K_1$	24.0	22.6	23.8de
$N_1P_0K_1$	24.9	22.2	27.8bc
$N_1P_1K_0$	24.7	22.5	23.8de
$N_1P_1K_2$	24.9	23.1	31.5ab
$N_1P_1K_3$	25.5	26.0	32.9a

* (1) 三重複平均值 Mean of three replicates

Mean of three replicates.

(2) 同列英文字相同者，表示差異不顯著 ($P=0.05$)

Mean values in a column with similar letters are not significantly different at 5 % level by Duncan's multiple range test.



如不考慮各肥料要素間之交感作用，則各年期之單因子肥料要素收量如圖 1, 2 及 3。

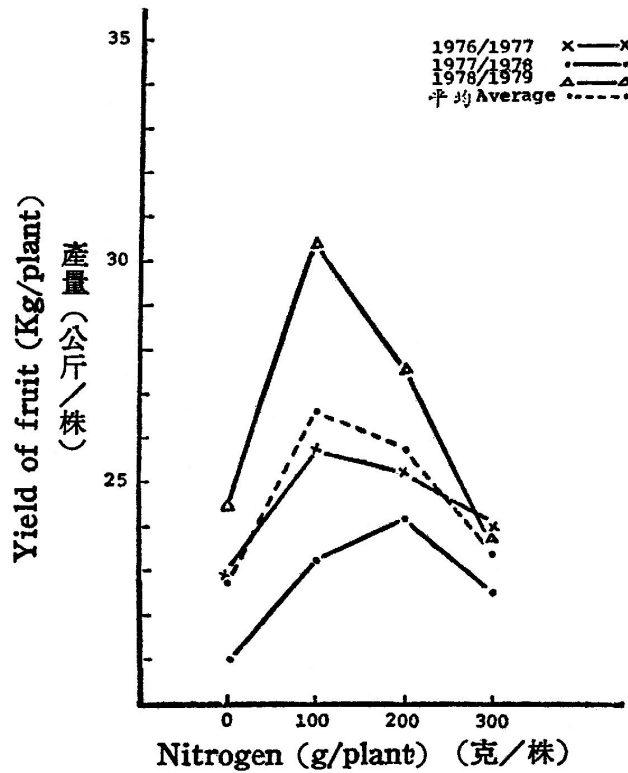


圖 1. 不同氮素施用量對於蕉果收量之影響

Fig. 1. The effect of levels of nitrogen fertilizer on the yield of banana fruit.

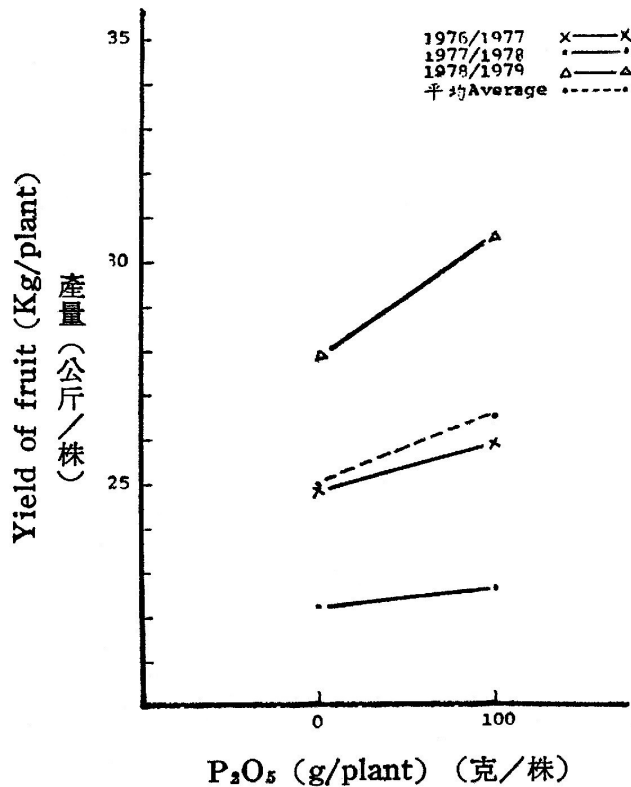


圖 2. 不同磷素施用量對於蕉果收量之影響

Fig. 2. The effect of levels of phosphate fertilizer on the yield of banana fruit.

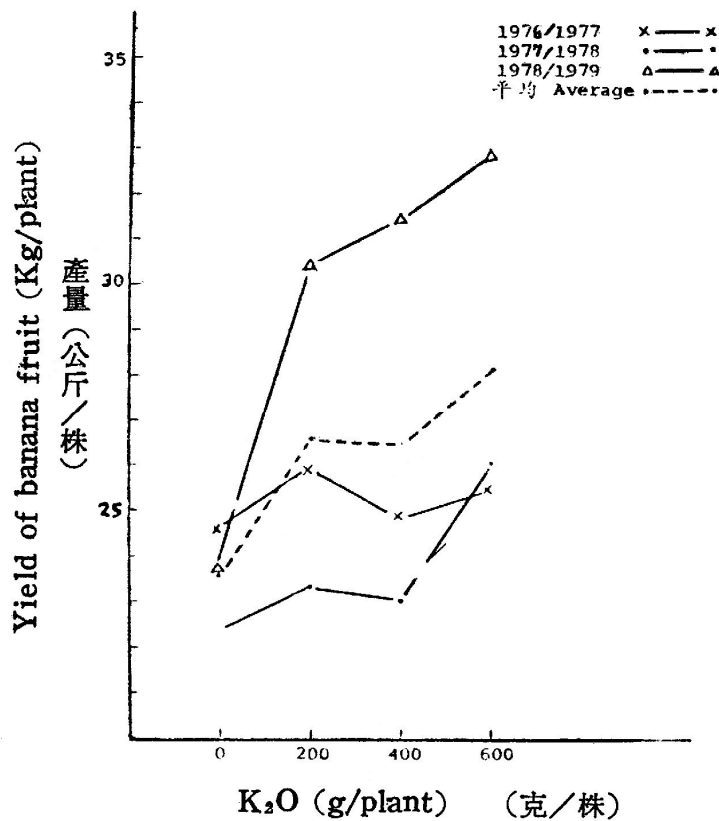


圖 3. 不同鉀素施用量對於蕉果收量之影響

Fig. 3. The effect of levels of potash fertilizer on the yield of banana fruit.

- (一) 氮肥：香蕉為對氮肥極為需要之作物^(13,14)，氮肥為香蕉充分生長不可或缺之要素，同時土壤中之氮素容易流失，故香蕉栽培，每年必需補充氮肥。就本試驗氮肥因子對產量之影響，發現不使用氮肥蕉株，產量顯著下降；惟氮肥用量過多，蕉果產量又反而下降，由表 4 結果顯示香蕉對氮肥之需求，單株年施量 100 公克至 200 公克已足夠，氮肥用量達到 300 公克其產量反而下降，造成施用氮肥過多，對收成反而不好。本試驗之氮肥需要量以單株年施用 100 克對產量最佳，與朱慶國（1963）之報告香蕉氮肥單株年需要量 125 公克亦甚接近。
- (二) 磷肥：與氮、鉀肥相比，磷肥從不是一個限制香蕉生長的因子⁽¹¹⁾，此更可由中南美及菲律賓蕉區從不施用磷肥，而單位面積蕉果產量仍維持很高可以證明⁽⁶⁾。本試驗施或不施用磷肥處理間，發現三個年期蕉果產量，平均相差 1.6 公斤，但 MRT 顯著性測驗並不顯著；如以施肥成本與蕉果收益相互比較，磷肥 100 公克換算成 550 克之過磷酸石灰之費用為 1.5 元，而 1.6 公斤之蕉果收量以保證價格每公斤 5 元計之，投資 1.5 元之肥料成本，收回 8.0 元，顯示施用磷肥仍然獲利。Jan G. De Geus（1972）報告商業香蕉栽培磷肥推薦量可訂在 P₂O₅ 50~100 克之間⁽¹¹⁾。朱慶國（1963）之報告指出，仙人蕉磷肥之需要量為 120 克。根據臺灣香蕉研究所邱榮治（1975）之調查報告，指出 100 戶蕉農中約有 75 戶蕉農，施用 4 號複合肥料量超過 2.5 公斤⁽⁵⁾，如此推算磷肥 2 施用量單株年施量達到 137.5 克，磷肥之用量顯然太多。基於蕉區土壤分析結果，一般蕉園有效磷含量都很高^(3,4)，本試驗施磷或不施磷處理，彼此間對產



量之影響又呈差異不顯著；故建議台蕉磷肥之施用量應可減少，其施用量每年每株不超過 P_2O_5 100 克為宜。

表 4. 三要素施用量對花芽分化期之影響：

Table 4. Effect of rate of fertilizer on period of flower differentiation.

肥料變級 Rate of fertilizer	1976/1977			1977/1978		
	1976			1977		
	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.
N0	5.0	78.0	17.0	30.0	30.0	40.0
N100	22.7	75.3	5.0	54.6	36.4	9.0
N200	35.0	30.0	35.0	45.5	36.5	18.0
N300	36.0	36.0	28.0	60.0	33.3	6.7
P0	39.0	39.1	21.9	50.0	35.7	14.3
P100	22.7	75.3	5.0	54.0	36.4	9.0
K0	35.0	35.0	30.0	55.0	35.0	10.0
K200	22.7	75.3	5.0	54.6	36.4	9.0
K400	16.0	60.0	24.0	55.0	40.0	5.0
K600	31.6	57.9	10.5	40.0	40.0	20.0
平均 Average	26.6	56.2	18.2	50.1	36.0	14.0

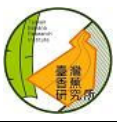
註：表中數字表示已有花芽分化之植株在總試驗植株之百分率

Note: The figures in the table show the percentage of the plants with flower differentiation in the whole experimental plants.

(三) 鉀肥：本試驗第一、二年期之鉀肥肥效以單株年施量 600 公克最大，第三年期之試驗結果更顯出鉀肥之肥效，鉀肥之用量增加蕉果之產量亦伴隨增加，與朱慶國 (1963)⁽²⁾，朱長志 (1956)⁽³⁾，潘康亞⁽⁷⁾等人之結果有相同之趨勢。本試驗鉀肥之需求量達到單株年施量 600 克，推測與本試驗試區土壤交換性鉀含量較低有關係；根據蕉區土壤分析結果高屏蕉園土壤交換鉀含量大部份不高⁽³⁾，對於部份蕉區含鉀量較高之蕉園，其鉀肥之需要量是否可依照本試驗所得之標準，實有必要進一步加以探討。

三、施肥量與諸農藝性狀間之關係：

(一) 株高與葉片數目：由各不同肥料變級之各月份株高及葉片數目觀之，除不施用氮肥處理之各月份株高顯看較其他變級者為矮外，其他各變級間（包括磷、鉀肥變級）未能發現有任何差異存在。就各年期各處理各月份平均株高及葉片數目觀之以九，十，十一這三個月份之株高及葉片數目增加最多，因此大量施肥之時期應在九、十、十一這三個月份開始時稍前為之。



(二) 花芽分化期：香蕉花序乃由假莖之生長點轉變而來⁽¹⁴⁾，一般報告在花芽分化期時假莖內尚有 11 個未萌出之葉片(14)，因此由本試驗所調查之各月份葉片數目，倒推第 11 片葉在何時展出，即可推測蕉株之花芽分化期在何時，1977/1978 及 1976/1977 之三要素個別因子對花芽分化期之影響如表 4，由該表顯示花芽分化期之早晚有隨氮肥施用量而提早之趨勢；而磷、鉀肥變級間對花芽分化期之影響則無明顯之趨勢。

表 5. 不同時期之蕉葉氮磷及鉀含量 (乾物百分率)

Table 5. N, P and K contents of banana leaves at the different times.

肥料變級 Rate of fertilizer	1976/1977						1977/1978					
	N %			P %			K %			抽穗期 Shooting		
	10月 Oct.	11月 Nov.	抽穗期 Shooting	10月 Oct.	11月 Nov.	抽穗期 Shooting	10月 Oct.	11月 Nov.	抽穗期 Shooting	N %	P %	K %
N0	3.70	3.66	2.70	0.25	0.24	0.23	5.37	5.53	3.85	2.97	0.26	3.85
N100	3.81	3.72	3.22	0.24	0.24	0.21	5.18	5.22	3.61	3.33	0.21	3.60
N200	3.88	3.72	3.28	0.26	0.24	0.22	5.48	5.03	3.57	3.46	0.22	3.34
N300	3.84	4.11	3.15	0.25	0.25	0.21	5.21	4.85	3.40	3.55	0.21	3.11
P0	3.58	3.82	3.22	0.25	0.24	0.21	5.00	5.26	3.36	3.21	0.21	3.59
P100	3.81	3.72	3.22	0.24	0.24	0.21	5.18	5.22	3.61	3.33	0.21	3.60
K0	4.01	3.59	3.26	0.25	0.23	0.21	5.72	5.24	3.57	3.32	0.21	3.33
K200	3.81	3.72	3.22	0.24	0.24	0.21	5.18	5.22	3.61	3.33	0.21	3.60
K400	3.76	3.99	3.36	0.25	0.24	0.21	4.86	5.30	3.59	3.02	0.22	3.79
K600	3.77	4.00	3.54	0.24	0.24	0.24	5.19	5.15	3.68	3.23	0.21	3.73

四、施肥量與植株營養狀況之關係：

分析二個年期各肥料變級對不同生長期植株營養狀況之影響，發現氮、磷、鉀素在抽穗期之養分含量較未抽穗時期所取樣者為低，尤以鉀素含量在抽穗期時驟降很多，推測可能由於抽穗期時，鉀素大部份積聚在果軸的原故，因香蕉果軸在植株內含鉀量相當高⁽¹⁴⁾。本研究 10 月及 11 月份取樣之葉片於各該月份施肥後 10 天進行，而抽穗期乃於翌年一月上旬取樣，距離最後一次施肥期結束時約有二個月之時間，可能因上述二個原因而導致抽穗期氮、磷、鉀素含量較低。各生長期養分含量之不同可能亦為作物生長特性，在葉片分析取樣之適當時期以代表取樣之部位具有高度穩定性及敏感性者為佳⁽⁸⁾；Hewitt (1955) 報告葉片分析做為香蕉營養診斷之指標，以抽穗期第三葉片中間部份為最適取樣部位⁽¹⁰⁾。其後於 1975 年加那利群島 (Canary Island) 舉行之第一屆國際香蕉葉片分析會議更制定了國際香蕉葉片分析標準取樣方法，以抽穗時為最適取樣期；然對台蕉年年新植之栽培制度而言，抽穗期與其他生長期養分含量之差異，可能顯示對新植蕉株而言不是一個適當的取樣時期。



比較施肥量與葉片氮、磷、鉀素含量之關係，發現二個年期之試驗結果，葉片氮素含量有隨氮肥用量而增加之趨勢。而施或不施用磷肥對於葉片磷素含量並無影響。鉀肥料用量與葉片鉀素含量之關係，在抽穗期有增加葉片鉀素含量之趨勢，又在缺氮區之葉片鉀素含量有增高之現象，反言之施氮量愈多，葉片鉀素濃度愈低。在抽穗期之葉片氮及鉀之臨界含量約為 N 3.2 % 及 K 3.6 %，因本試驗植株尚無呈現缺磷現象，即產量減低或葉片磷含量減低現象，所以該正常植株之葉片磷含量可作為正常（標準）磷濃度或作為臨界濃度即 0.21 %。

參考文獻

- 1.朱長志，1956. 鉀肥對於香蕉生產效果之研究。農林學報 5:253-261
- 2.朱慶國，1963. 肥料三要素影響香蕉生長及果產之研究。嘉農試專刊第五號。
- 3.林木蓮，1978. 旗二、里二專業區蕉園土壤肥力分析報告。(未發表)
- 4.林木連，1978. 蕉園不同施肥管理方法對於植株無機營養影響之研究。臺灣香蕉研究所，研究特刊第十二號。
- 5.邱榮治，1975. 高屏地區優良蕉園施肥及管理方法之調查（油印本）臺灣香蕉研究所。
- 6.陳變堂，馬保之，1977. 菲律賓香蕉考察報告。臺灣香蕉研究所。
- 7.黃粥巨，1968. 香蕉。熱帶果樹叢書之一，中興大學園藝系。
- 8.葉育元，賴宏輝，1973. 香蕉鉀素營養狀況之研究。中國園藝 19:123-130.
- 9.Butler, A. F. 1960. Fertilizer experiment with the Gros Michel banana. Trop. Agri. 37 : 31-51.
- 10.Hewitt, C. W. 1955. Leaf analysis as a guide to the nutrition of banana. Empire J. of Exper. Agri. 23 : 11-16.
- 11.Jan G. De Geus 1972. Fertilizer guide for the tropics and subtropics, Centre d' Etude de l' Azote, Zurich.
- 12.Jacob, A. and H. Von Uekull 1963. Fertilizer use. Verlagsgesellschaft fur Ackerbau mbH. Hannover.
- 13.Martin-Prevel, P. and J.M. Charpantier 1963. Carence et troubles de la nutrition minerale chez le bananier. Guide de diagnostic pratique. Inst. Francais de Recherches Fruitières Outre-Mer.
- 14.Simmonds, N. W. 1966. Bananas. Longmans, London.
- 15.Twyford, I. T. 1967. Banana nutrition: a review of principles and practice. J. of Sci. Food and Agri. 18 : 177-183.



Effects of three fertilizer elements on the yield, growth and leaf composition of banana plants

Mu-Lien Lin¹

Tsai-Fua Chiu²

Summary

A banana fertilizer experiment has been carried out since 1976 in Pingtung slate alluvial soil. The results of three year-experiment showed that the optimum amounts of N, P₂O₅, and K₂O application were 100-200g, 50-100g, and 400-600g per plant per year respectively. Plant height, number of leaves and the shooting date were remarkably affected by nitrogen alone. Both nitrogen and potassium affected fruit yields significantly. No response of the plant growth and yield to phosphorus was observed.

Three element contents of banana leaves were rapidly decreased at the shooting stage. Except the P content, the N and K contents of leaves were increased with amounts of fertilizer applied. The K content of leaves was decreased by nitrogenous fertilizer, thus there was an antagonistic effect between potassium absorption by plants and nitrogen application to the soil. The critical contents of three elements in banana leaves at the shooting stage were proposed as N, 3.2 % ; P, 0.21 % ; K, 3.6 %.

-
1. Research assistant, Department of plant Physiology and Biochemistry, Taiwan Banana Research Institute.
 2. Senior specialist, Department of Agricultural Chemistry, Taiwan Agriculture Research Institute.