

氮、磷、鉀施肥量對番石榴產量及品質之影響

柯立祥 王維德

國立屏東技術學院農園系

摘 要

不同氮、磷、鉀施肥量及N、P、K組合對泰國拔番石榴結果數、產量、單果重及品質之影響，經兩年之試驗結果顯示，隨著氮肥（0~400g）、磷肥（ P_2O_5 ，0~200g）或鉀肥（ K_2O ，0~400g）施用量之增加，番石榴之結果數、產量、單果重及品質亦隨著增加。惟氮肥之施用量超過200g時，則氮肥之增產之效果減緩，而磷肥及鉀肥，則施肥量分別達200g及400g時，產量仍明顯增加。但氮、磷、鉀三種肥料對番石榴結果數、產量及單果重之促進效果，則以氮肥最大，鉀肥及磷肥其次。以產量而言，施400g N較不施N肥者可顯著提高產量約107%；400g K_2O 較不施K肥者可顯著提高約73%；施200g P_2O_5 較不施P肥者可顯著提高約33%。對果實品質而言，不施N肥、磷肥或鉀肥，果實可滴定之酸度最高，而果實之果肉率、硬度、可溶性固形物含量，果肉pH及維生素C含量最低。在不同N、P、K施肥量之處理中，以施最高量之N（400g N），P肥（200g P_2O_5 ）及鉀肥（400g K_2O ）之果肉率、硬度、可溶性固形物含量，pH值及維生素C含量最高。

在10個不同N、P、K組合中，以N、P、K比例為2：1：4之結果數、產量、單果重及果實之一般品質表現最佳，其施肥量為200g N，100g P_2O_5 ，400g K_2O ，可作為本省番石榴栽培生產上肥培管理之依據。

關鍵字：番石榴、氮、磷、鉀肥、果實產量、果實品質。

前 言

番石榴（*Psidium guajava* L.），在台灣又名那拔或拔仔，為桃金娘科番石榴屬之熱帶果樹。對土壤之選擇與要求低且耐旱，除了因緯度或海拔所造成之溫度限制外，在熱帶、亞熱帶之各種土壤，普遍均可栽培^(1,26,29,31)。惟從經濟生產之觀點，番石榴之栽培，為了有良好之產量與品質，除了需有良好之品種外，則仍有賴良好之田間栽培管理才可，包括整枝、修剪、施肥、灌水、病蟲害防治等等^(1,7,8,9,10,26,29,31)。

番石榴果實由於具有特殊之風味與豐富之營養（特別是富含維他命C）^(1,7,26)，以及在本省近年來品質不斷之提升，因此，近年來已成為深受一般消費者喜愛之大眾化而廉價營養之水果。目前全省栽培面積（1995年）已超過6000公頃，年產量達11萬公噸以上⁽⁸⁾，為本省重要經濟水果之一。全省均有栽培，但目前主要分佈在高雄縣、臺南縣及彰化縣等地區⁽⁸⁾。

本省番石榴產業，近十餘年來，在品種選育、整枝修剪、產期調節、病蟲害防治、栽培管理等方面，已有不少之研究與資料^(1,2,7,8,9,10,11)，且農民栽培管理技術亦大幅提升。惟與番石榴生長發育、產量及品質相當重要之肥培管理相關研究資料，卻十分缺乏⁽⁴⁾，雖在農林廳編印之「農民淺說」內有關肥料施用、用量及比例等均有介紹^(1,7)，惟資料來源與依據為何，不得而知。在國外，則對番石榴施肥、營養及診斷等工作相當的重視，且此方面之報告亦不少

(12,13...37,38)，但因品種、栽培管理及環境之差異，其資料在國內是否可以直接引用，不無疑問。

因此，本研究乃針對氮、磷、鉀肥不同用量及比例組合對成株番石榴產量及品質之影響加以探討，並建立番石榴氮、磷、鉀肥料需求量及適合比例之基本資料，以供農民肥培管理之依據。

材料及方法

一供試材料：以自泰國引進，目前在國內甚受歡迎之泰國拔(Thai-Kou-Bar)為供試材料，四年生之果園，行株距為3mx3m，栽植於國立屏東技術學院農園生產技術系試驗園中。

二土壤分析：果園土壤經分析為砂質壤土，土壤肥力如表1所示。土壤成份分析方法，採表土(0-30cm)及底土(30-60cm)經風乾，過篩(1mm)後分析。

(1)土壤pH(1:1水土比例)；(2)土壤有機質(Walkley Black Method)；(3)電導度(飽合土壤之抽取液以電導度計測定)；(4)磷(鉬黃法)；(5)鉀(燄光分析儀flame photometer測定)；(6)鈣、鎂及鐵(原子吸收光譜儀atomic absorption spectrophotometer測定)。

三肥料處理及田間試驗設計：

(一)肥料處理：N、P、K各四個變級，共設計10個肥料處理組合，如表2。其中每一種肥料進行4個變級處理時，另2個肥料均為固定(均為第3個變級)。N肥採用尿素(含46%N)，P肥用過磷酸鈣(含18%P₂O₅)，K肥用氯化鉀(含60%K₂O)。肥料施用分5次，分別於3、5、7、9及11月施用。

(二)試驗設計：採逢機完全區集設計(RCBD)，9重複。每處理選試區中央3株果樹為調查植株。試驗期間自82年10月至84年8月。採一般農民栽培管理方式，結果枝以第3~5片對生葉位為結果位，每結果枝固定留2果實。所得資料並以鄧肯氏(Duncans)多變域測定分析其差異顯著性，同時計算標準偏差。

四調查及分析項目：產量及果實品質測定

果實於收穫後分別調查每月單株結果數、產量及單果重。品質測定包括：可溶性固形物、硬度、可滴定酸度、維生素C(vitamin C)含量、果汁pH值及核/果比等。

(一)果實可溶性固形物含量(Total soluble solid, TSS)：以攜帶式折射糖度計(hand refractometer, Atago)測定，以Brix表示之。

(二)硬度：以日本製物性測定儀(Rheometer；CR-200D型)之5號探針，面積1cm²，測定果實硬度。測定時先設定探針深入距離為20mm，測定三點平均，以kg/cm²表示之。

(三)可滴定酸：果肉10g，加入100 mL之蒸餾水研磨及過濾，取澄清液25 mL以0.1N氫氧化鈉滴定，以pH meter(臺製JENCO牌；6071式)測定滴定酸鹼度至8.1，此為滴定終點。滴定結果按蘋果酸(malic acid)以氫氧化鈉之化學當量求得⁶⁾。

(四)維生素C(Vitamin C)含量：取打碎及攪拌均勻之番石榴原料5g，加入3%之偏磷酸(HPO₃)緩衝液50mL後並過濾，取過濾後之澄清液5mL置入三角瓶中，再加入5mL之偏磷酸緩衝液，用indophenol溶液滴定樣品至呈現粉紅色為止。計算還原型維生素C含量，以mg/100g表示⁶⁾。

(五)果肉率：取果實由中央縱向切開，以測微尺測定果核縱面最寬處之寬度(cm)為核徑，測果實最寬處之寬度(cm)為果徑，(果徑寬-果核寬)/果徑寬之比，以百分率表示之。

(六)果肉酸鹼值：pH meter(臺製JENCO牌；6071式)直接測定而得。

結 果

試區土壤肥力狀況

本試驗之試區土壤，由表1可知，屬砂質壤土，呈極強酸性之土壤反應(pH <5.0)，有機質含量在1.3~1.8%之間，屬腐植質不高之土壤，電導度(E.C)在0.39~0.43ms/cm左右，可溶性鹽含量不高；有效磷含量充足(>84ppm)，交換性鉀不高(65~72ppm)，交換性鈣含量低下(480~500ppm)，但富含鐵(>200ppm)，一般而言，試區之土壤肥力不高^(2,14,15,22)。

表1、番石榴果園土壤性質

Table 1. Soil Properties of grava orchard.

Soil layer	Texture	pH	OM (%)	EC (ms/cm)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)
Surface soil (0-30cm)	Sandy loam	4.76 ±0.26	1.8 ±1.2	0.43 ±0.13	87.5 ±107.2	65.0 ±34.8	484.8 ±411.2	105.3 ±27.4	215.9 ±144.1
Subsoil (30-60cm)	Sandy loam	4.86 ±0.22	1.3 ±1.0	0.39 ±0.11	84.1 ±113.3	71.9 ±44.3	504.0 ±281.5	112.2 ±27.8	228.9 ±117.4

不同氮、磷、鉀施肥量對番石榴結果數、產量及果實單果重之影響

不同NPK肥料組合之處理對番石榴每月單株結果數、產量及單果重之影響，經連續二年之結果，如表3及圖1所示，若不考慮N、P、K間之交感作用(interaction)，則不論是氮肥、磷肥或鉀肥，均隨著施肥量之增加(N肥及K肥，從0g至400g，P肥從0g至200g)，番石榴之結果數、產量及單果重亦均伴隨著增加，且兩年之結果非常一致。就結果數而言，四個變級(0, 100, 200, 400g N/株)之N肥處理，其平均結果數在15.5~26.5之間，平均21

表2、不同肥料處理之氮、磷、鉀肥料組合及用量

Table 2. Rates of different combinations of NPK fertilizer

Fertilizer treatments	N (g/plant)	P ₂ O ₅ (g/plant)	K ₂ O (g/plant)
N ₀ P ₂ K ₂	0	100	200
N ₁ P ₂ K ₂	100	100	200
N ₂ P ₂ K ₂	200	100	200
N ₃ P ₂ K ₂	400	100	200
N ₂ P ₂ K ₁	200	0	200
N ₂ P ₂ K ₂	200	50	200
N ₂ P ₂ K ₃	200	100	200
N ₂ P ₂ K ₄	200	200	200
N ₂ P ₂ K ₁	200	100	0
N ₂ P ₂ K ₂	200	100	100
N ₂ P ₂ K ₃	200	100	200
N ₂ P ₂ K ₄	200	100	400

*: N₂P₂K₂ is a control treatment within fertilizer treatments.

個；P肥處理（0, 50, 100, 200g P_2O_5 /株），則在21.5~25.5之間，平均23.5個；而K肥處理（0, 100, 200, 400g K_2O /株），則在19.5~29.0之間，平均24.0個（表3）。此一結果顯示，在N、P、K肥中以缺N肥對番石榴之結果數影響最大（僅15.5個），其次為K肥（19.5個），而以缺P肥之影響最小（21.5個），但不施P肥與K肥，兩者之差異不顯著。增施氮肥，可提高結果數，當每株施用量至400g (N_3)，結果數可提高至26.5個，增加約71%；而增施K肥至400g (K_3)，則可增加結果數約50%，增施P肥至200g (P_3)，則可增加結果數約20%。此顯示施用N肥對提高番石榴結果數之效果最大。

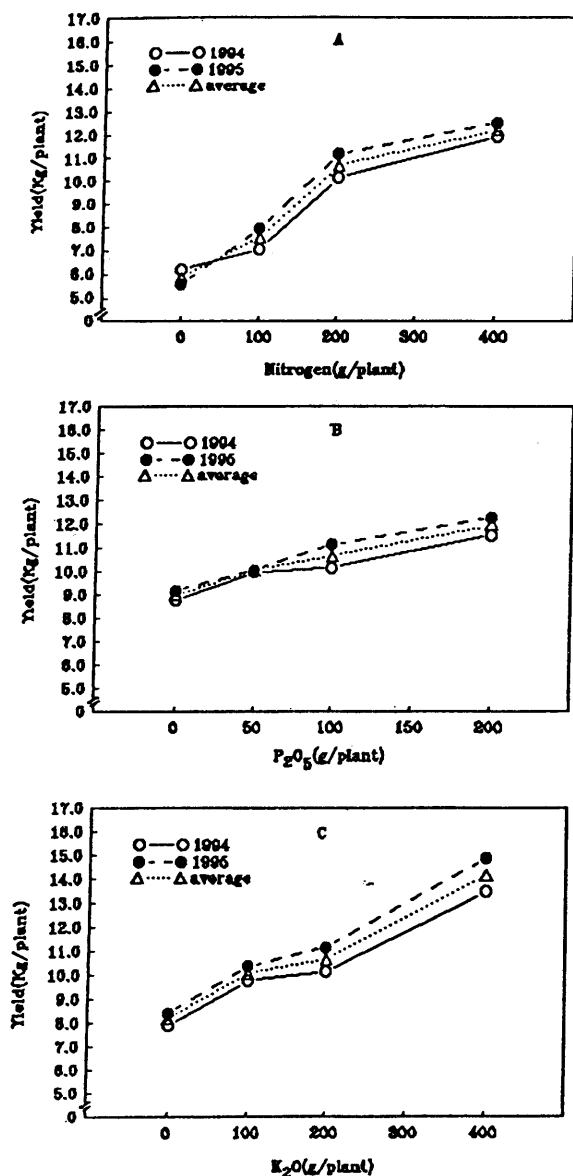


圖1、不同氮、磷、鉀肥施用量對番石榴產量之影響

Fig.1. Effect of different rates of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer on yield of guava

表3、不同NPK組合及施用量對番石榴果實產量之影響

Table 3. Effects of different combinations of NPK fertilizer on the fruit yield of guava

Fertilizer treatments	Fruit number (/plant/month)			Yield (kg/plant/month)			Fruit weight (g/fruit)		
	1994	1995	Mean	1994	1995	Mean	1994	1995	Mean
N ₀ P ₂ K ₂	16e1	15f	15.5	6.2f	5.6g	5.9	368.2f	372.4f	370.3
N ₁ P ₂ K ₂	17de	19ef	18.0	7.1ef	8.0f	7.6	419.4e	421.5e	420.5
N ₂ P ₂ K ₂	23bc	15bc	24.0	10.2c	11.2c	10.7	442.6c	446.4cd	444.5
N ₃ P ₂ K ₂	26ab	27ab	26.5	11.9b	12.5b	12.2	456.1b	462.5bc	459.3
Mean	20.5	21.5	21.0	8.9	9.3	9.1	421.6	425.7	423.7
N ₂ P ₀ K ₂	21bcd	22cde	21.5	8.8d	9.2e	9.0	418.5e	417.6e	418.1
N ₂ P ₁ K ₂	23bc	23bcde	23.0	10.0c	10.1d	10.1	435.4cd	440.2d	437.8
N ₂ P ₂ K ₂	23bc	25bc	24.0	10.2c	11.2c	10.7	442.6c	446.4cd	444.5
N ₂ P ₃ K ₂	25ab	26abc	25.5	11.6b	12.3b	12.0	462.3b	473.4b	467.9
Mean	23.0	24.0	23.5	10.2	10.7	10.5	439.7	444.4	442.1
N ₂ P ₂ K ₀	19cde	20de	19.5	7.9de	8.4ef	8.2	414.3e	420.6e	417.5
N ₂ P ₂ K ₁	23bc	24bcd	23.5	9.8c	10.4cd	10.1	426.6de	431.4bc	429.0
N ₂ P ₂ K ₂	23bc	25bc	24.0	10.2c	11.2c	10.7	442.6c	446.4cd	444.5
N ₂ P ₂ K ₃	28a	30a	29.0	13.5a	14.9a	14.2	483.2a	497.6a	490.4
Mean	23.3	24.8	24.0	10.4	11.2	10.8	441.7	449.0	445.4
LSD(5%)	4.2	4.1		1.0	0.9		12.0	18.1	

¹ Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

另就產量而言，N、P、K四個變級處理對番石榴產量之影響與對結果數之影響相似。N肥處理之產量在5.9~12.2Kg之間，平均9.1Kg；P肥處理在9.0~12.0Kg之間，平均10.5Kg；K肥處理在8.2~14.2Kg之間，平均10.8Kg。此結果顯示，缺N肥對番石榴之產量影響最大（僅5.9Kg），其次為缺K肥（8.2Kg），而以缺P肥之影響最小（9.0Kg），但缺P與K肥，兩者之差異不顯著。增施N肥400g（N₃），可顯著提高產量約107%，增施K肥則可顯著提高產量約73%（K₃），增施P肥則可顯著提高約33%。亦即施用N肥對提高番石榴之產量效果最大，其次為K肥，而以P肥最小。此外，N、P、K不同施肥量對番石榴產量影響之變化趨勢，由圖1-A可知，N肥施用量在0g至200g之增產效果最明顯，200g至400g，則產量增加趨緩。P肥則在0g至200g間，產量仍有一直增加之趨勢（圖1-B）。K肥則在200g至400g之間，產量仍有大幅增加之趨勢（圖1-C）。此一結果顯示，番石榴增施N肥超過200g，其增產之效果已開始有趨緩之趨勢，但P、K肥，則施用量分別達200g及400g時，產量仍有大量提高之效果。

就果實單果重觀之，N、P、K四個變級之肥料處理，N、P、K之施用量愈高，單果重亦愈增加，此結果與前述N、P、K肥對結果數及產量之影響的結果一致，亦即施肥量愈高，單果重亦愈高。在N肥處理中，從不施N肥(N₀)之370g左右至施用400gN肥(N₃)之約460g，約增加果重24%；而N肥四個變級之平均單果重則為423.7g。在P肥處理中，不施P肥(P₀)之單果重約為418g，但當P肥施用200g（P₃）時果重約為468g，增加約12%；四個變級P肥之平均單果重為442.1g，較N肥處理者之平均果重為重。四個變級K肥處理中，單果重從417.5g（K₀）至490.4g（K₃），增施K肥至400g（K₃），可提高單果重約17%左右；而四個變級K肥之平均單果重為445g左右。此結果顯示，番石榴果重之多寡受N肥影響最大，其次為K、P肥，此與前述對結果數及產量之影響趨勢一致。

但從N、P、K組合間對番石榴結果數、產量及單果重之影響觀之(表1)，在10個NPK組合間，以 $N_2P_2K_3$ 之結果數、產量及單果重最高(分別為29個；14.2Kg，490.4g)，其次為 $N_3P_2K_2$ 及 $N_2P_3K_2$ 之組合。惟 $N_2P_2K_3$ 之結果數雖較 $N_3P_2K_2$ 及 $N_2P_3K_2$ 之處理多，但無顯著差異，但產量及單果重，則以 $N_2P_2K_3$ 之處理顯著高於 $N_3P_2K_2$ 及 $N_2P_3K_2$ 之處理。亦即從產量及單果重之觀點，番石榴之肥培管理，應施用200g N；100g P_2O_5 ；400g K_2O ，亦即NPK之比例為 $N:P_2O_5:K_2O=2:1:4$ 。

不同氮、磷、鉀施肥量對番石榴果實品質之影響

由表4可知，番石榴果實之果肉率，因N、P、K肥施用量之增加而增加。一般而言，不施N肥(N_0)、P肥(P_0)及K肥(K_0)時，果肉率約31~35%左右，但增加施肥量至 N_3 (400g)、 P_3 (200g)或 K_3 (400g)時，果肉率提高為41~44%左右，亦即可增加果肉率8~10%左右，其中又以N肥(N_3)之提高果肉率效果最大(10%)，其次為P肥(P_3 ，增加9%)與K肥(K_3 ，增加8%)。至於不同NPK組合間，則以 $N_2P_3K_2$ 、 $N_2P_2K_3$ 及 $N_2P_2K_1$ 之果肉率最高，約佔43~44%。

至於果實硬度，平均在1.85~2.45 Kg/cm²之間，且在肥料處理間，硬度隨著N、P、K肥施用量之增加而有增加之趨勢，而且明顯與果肉率呈正相關，亦即果肉部份愈多，硬度有增加之趨勢。

果實之可溶性固形物含量(TSS)，雖在各不同變級之N、P、K肥料處理間，均以 N_3 、 P_3 及 K_3 處理之含量最高，且顯著高於不施N、P、K肥者，但各個N、P、K肥處理間，除N肥處理，可溶性固形物含量因N肥之增加而相對提高外(6.3Brix→7.5Brix)，此外在P、K肥處理間，此關係不甚明顯。惟此結果亦顯示，果實之TSS提高，N、P、K肥不可缺。此外，在NPK之肥料處理中，以K肥之平均TSS最高(7.6 Brix)，其次為P肥(7.3 Brix)，而以N肥最低(6.9 Brix)，意味著K肥對提高果實可溶性固形物之含量效果最大，其次為P肥。在各個NPK組合處理間，則以 $N_2P_2K_3$ 之可溶性固形物含量最高(8.2 Brix)，其次為 $N_2P_2K_1$ (7.9 Brix)及 $N_2P_3K_2$ (7.8 Brix)。

番石榴果實之可滴定酸含量，平均在0.21~0.27%之間，且在各變級NPK肥料處理間，均以不施N肥、P肥及K肥之果實，可滴定酸含量較高(分別為0.27%，0.24%及0.27%)。施N、P、K肥可降低可滴定酸，其中以K肥之施用量增加而可滴定酸相對降低；而在不同NPK組合間，以 $N_2P_2K_3$ 之處理之果實可滴定酸最低(0.21%)。而果實之pH值，同樣的以不施N、P、K肥者有較低之趨勢，但所有各變級之N肥、P肥及K肥處理或NPK組合之處理間，果實pH值(3.84~4.14)均無顯著差異，亦即N、P、K肥之施用量對果實之pH影響不大。

至於果實維生素C含量，在各處理間平均在186~308mg/100g之間。在各變級NPK肥料處理間，同樣均以不施N肥、P肥及K肥之維生素C含量最低，其每100g之含量分別為186.0mg、202.4mg及186.5mg，增施N、P、K肥均可顯著提高果實之維生素C含量至285.0mg(N_3)，303.8mg(P_3)及307.9mg(K_3)。而在不同NPK組合間，則以 $N_2P_2K_3$ 組合之維生素C含量最高(約308mg)，其次為 $N_2P_3K_2$ (約304mg)及 $N_2P_2K_1$ (約293mg)之處理。

討 論

本省番石榴栽培已有相當的歷史^(4,7,11)，雖然番石榴對土壤條件要求不嚴，一般普遍均可栽植^(1,26,29,31)，但可栽培並不表示可以獲得良好之結果與品質，因此從經濟栽培立場，番石榴之栽培生產，除需有良好之品種及其他相關田間栽培管理措施外，適當而合理之肥培管理作業，則為相當重要而不可或缺之一環。惜國內此方面之資料或研究報告相當缺乏^(4,9)。

表4、不同NPK組合及施用量對番石榴果實品質之影響

Table 4. Effects of different ratios of NPK fertilizer on the fruit quality of guava

Fertilizer treatments	Flesh portion (%)			Firmness (kg/cm ²)			Soluble solid content (TSS)		
	1994	1995	Mean	1994	1995	Mean	1994	1995	Mean
N ₀ P ₂ K ₂	31a1	31a	31	1.86a	1.84c	1.85	6.4d	6.2f	6.3
N ₁ P ₂ K ₂	35ab	36ab	35	1.99a	2.00bc	2.00	6.7cd	6.8def	6.8
N ₂ P ₂ K ₂	38bcd	40bc	39	2.31a	2.34ab	2.33	6.8cd	7.4bcd	7.1
N ₃ P ₂ K ₂	41cde	42bcc	41	2.36a	2.38a	2.37	7.3abc	7.6bc	7.5
Mean	36.3	37.3	36.5	2.13	2.14	2.14	6.8	7.0	6.9
N ₂ P ₂ K ₂	34ab	37abc	35	2.14a	2.21ab	2.18	6.7cd	6.5ef	6.6
N ₂ P ₁ K ₂	37bc	38abc	38	2.26a	2.28ab	2.27	7.4abc	7.8b	7.6
N ₂ P ₂ K ₂	38bcd	40bc	39	2.31a	2.34ab	2.33	6.8cd	7.4bcd	7.1
N ₂ P ₃ K ₂	44e	44c	44	2.40a	2.44a	2.42	7.6ab	7.9b	7.8
Mean	38.3	39.8	39.1	2.28	2.32	2.30	7.1	7.4	7.3
N ₂ P ₂ K ₁	33ab	36ab	35	1.98a	2.02bc	2.00	6.9bcd	7.0cde	7.0
N ₂ P ₂ K ₂	43de	43bc	43	2.33a	2.34ab	2.34	7.7ad	8.1ab	7.9
N ₂ P ₂ K ₃	38bcd	40bc	39	2.31a	2.34ab	2.33	6.8cd	7.4bcd	7.1
N ₂ P ₂ K ₄	42cde	44c	43	2.43a	2.46a	2.45	7.8a	8.6a	8.2
Mean	39.0	40.8	39.9	2.26	2.29	2.28	7.3	7.8	7.6
LSD(5%)	5.3	7.2		0.57	0.33		0.73	0.67	

Fertilizer treatments	Acidity (%)			Flesh pH			Vit. C (mg/100g)		
	1994	1995	Mean	1994	1995	Mean	1994	1995	Mean
N ₁ P ₂ K ₂	0.24ab	0.24bcd	0.24	4.02a	4.03a	4.03	234.8cd	246.8d	240.8
N ₀ P ₂ K ₂	0.26a1	0.28a	0.27	3.82a	3.86a	3.84	187.3f	184.6f	186.0
N ₂ P ₂ K ₂	0.22cde	0.23cde	0.23	4.04a	4.08a	4.06	264.3b	274.6c	269.5
N ₃ P ₂ K ₂	0.25abc	0.26abc	0.26	4.07a	4.07a	4.07	275.6ab	294.3b	285.0
Mean	0.24	0.25	0.25	3.99	4.01	4.00	240.5	250.1	245.3
N ₂ P ₂ K ₂	0.24ab	0.24bcd	0.24	4.06a	4.06a	4.06	198.3ef	206.4f	202.4
N ₂ P ₁ K ₂	0.22ab	0.23cde	0.23	4.09a	4.08a	4.09	219.5de	221.6e	220.6
N ₂ P ₂ K ₂	0.22ab	0.23cde	0.23	4.04a	4.08a	4.06	264.3b	274.6c	269.5
N ₂ P ₃ K ₂	0.23ab	0.22de	0.23	4.16a	4.12a	4.14	301.2a	306.4b	303.8
Mean	0.23	0.23	0.23	4.09	4.09	4.09	245.8	252.3	249.1
N ₂ P ₂ K ₁	0.26a	0.27ab	0.27	3.96a	4.02a	3.99	176.2f	198.8f	186.5
N ₂ P ₂ K ₂	0.24ab	0.23cde	0.24	4.08a	4.10a	4.09	284.4ab	300.8b	292.6
N ₂ P ₂ K ₃	0.22ab	0.23cde	0.23	4.04a	4.08a	4.06	264.3b	274.6c	269.5
N ₂ P ₂ K ₄	0.21b	0.20e	0.21	4.18a	4.18a	4.14	298.3a	317.4a	307.9
Mean	0.23	0.23	0.23	4.05	4.10	4.08	255.8	272.4	264.1
LSD(5%)	0.04	0.03		0.66	0.34		27.3	14.2	

¹ Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

本研究顯示，番石榴之栽培生產，不論從結果數、產量、單果重或果實品質等之表現（crop performance），氮肥或鉀肥(K_2O)之施用量，在0~400g之間，磷肥(P_2O_5)在0~200g之間，番石榴之表現，均隨著肥料施用量之增加而提高（表3、4）。惟氮肥施用量超過200g時，則其增產之效果減緩，但磷肥及鉀肥至最高施肥量，產量仍有繼續明顯增加之趨勢（圖1）。據Koj Tassar等人(1989)之報告，認為在雨季之番石榴（cv. Sardar），施用400g N產量最高且品質最佳；冬季，則以施用600g N之可溶性固形物含量及酸度最高，但產量、維生素C及總糖含量，則以施用400g N者最高⁽²⁵⁾，此結果與本研究之N肥處理結果相吻合；而磷肥，則施用量在200~600g (P_2O_5)間，增施P肥對產量無明顯之影響，但果實品質則以最高量之處理(600g)最佳⁽²⁴⁾，此一結果與本研究之結果有相當之差異；而鉀肥施用量在150~450g (K_2O)間，雨季以施用450g者之產量及品質最佳，但冬季，則K肥用量對產量之影響不顯著，但對品質之影響顯著，而以施用300g之品質最佳⁽²³⁾，此結果亦與研究之結果有相當之出入。而Du Plessis和Koen (1990)則認為番石榴施用800g硝酸銨鈣(28% N)，450g過磷酸石灰(10.5% P)及400g氯化鉀(50% K)之產量最高⁽³³⁾。但Koen等人(1990)則認為番石榴(cv. Fan Retief)，以施用800g硝酸銨鈣(28% N)，300g過磷酸鈣(10.5% P)及400g之氯化鉀(50% K)之產量最高；而果實大小、重量則受N、K肥用量之影響很小，但較高量之P肥卻反有不良之影響，果重反而降低⁽²¹⁾，此結果亦與本研究之結果有相當大之差異。惟Koen (1989)在另一磷肥之試驗，卻以過磷酸鈣施用量在300~450g之產量最高，施肥量超過450g，產量反而降低，而果實大小，則當P肥施用超過150g時，反有不良之影響⁽²⁰⁾，此與本研究之P肥在200g尚無不良反應之結果不同。Ghosh(1991)則認為番石榴(cv. Lucknow-49)施肥在100~225g N，150~300g P，100~225g K間，番石榴之產量隨著N、P、K施用量之增加而增加，但果實之可溶性固形物含量及總糖量，則因N、K肥之增加而增加，但不受P肥施用量之影響⁽¹⁷⁾。Aiyelaagbe (1989)利用N:P:K=15:15:15之肥料試驗，發現番石榴(cv. Alahabad Safeda)以施用1.0kg之產量最高，施肥量再增加，產量反而降低⁽¹³⁾。Wagh和Mahajan (1987)則認為番石榴(cv. Sardar)之品質，以N:P₂O₅:K₂O=600g:300g:300g之施肥量較佳⁽³⁷⁾。Mitra (1987)則認為N肥及K肥在0~260g間，高量之N肥可增產約21%，而果實品質之可溶性固形物含量、總糖量、酸度、Vit. C含量，則因K肥量之增加而提高，但若施用高量之N肥(260g)而不施K肥，果實之品質及總糖量反而下降⁽²⁸⁾。因此，Mitra (1987, 1988)，Mitra和Bose (1985)等推薦之施肥量為260g N，320g P₂O₅及260g K₂O，分兩次施用，可獲致最高產量^(28,29,30)。Villasurda和Baluyut (1990)則認為番石榴施用451g (NH₄)₂SO₄之結果數最高⁽³⁶⁾。

由以上國外之資料顯示，N、P、K肥施用量對番石榴產量及品質之影響，因品種、地區、季節及不同報告間有相當之出入，與本研究之結果亦有一定之差異，因此，台灣地區之肥料試驗尤顯重要，國外之資料顯不宜照搬硬套。

此外，N、P、K肥不同比例組合及施肥量對番石榴結果數、產量、單果重及果實品質之影響，由本研究結果所顯示，在N₀P₂K₂、N₁P₂K₂、N₂P₂K₂、N₃P₂K₂、N₂P₀K₂、N₂P₁K₂、N₂P₃K₂、N₂P₂K₀、N₂P₂K₁、N₃P₂K₃等10個組合（表2）中，以N₂P₂K₃之結果數、產量、品質之表現最佳，其次為N₃P₂K₂及N₂P₃K₂之組合。但從番石榴產量及單果重之觀之，N₂P₂K₃之處理，其產量及單果重又顯著高於N₃P₂K₂及N₂P₃K₂之組合（表3），品質之表現亦相當良好（表4）。因此本省之番石榴肥培管理，從結果數、產量、單果重及品質等綜合考量，NPK之施肥量應以200g N；100g P₂O₅；400g K₂O為宜，亦即N、P、K之比例為N：P₂O₅：K₂O=2：1：4。

此一結果與Wagh和Mahajan (1987)⁽³⁷⁾所推薦'Sardar'番石榴之 $N : P_2O_5 : K_2O = 2 : 1 : 1 = 600g : 300g : 300g$ 不同，亦與Mitra (1987, 1988)^(28,29)，Mitra和Bose (1985)⁽³⁰⁾所推薦'L-49'番石榴之施肥量為260g N，320g P_2O_5 ，260g K_2O 不同。此亦顯示，目前國內農林廳所推薦之番石榴N、P、K施肥比例為 $N : P_2O_5 : K_2O = 1 : 1 : 1$ ，3~4年生之番石榴應各施120g，5~6年生各應施200g^(1,7)，此一資料實有待檢討修正。

至於果實品質，由本研究結果（表4）顯示，番石榴之果肉率，因N、P、K之施肥量（N及 K_2O ，從0至400g； P_2O_5 從0至200g）增加而增加，而果實硬度則與果肉率呈正相關之趨勢，亦即果實硬度因施肥而提高，使果實較硬、脆而不鬆軟，惟肥料處理間，並無顯著差異。果實之可溶性固形物含量，在不同N、P、K施肥量中，以 N_3 (400g)， P_3 (200g)， K_3 (400g)之可溶性固形物含量最高，但不同施肥量間，則以N肥量增加，可溶性固形物含量相對增加之趨勢較明顯，P、K肥則否。但N、P、K之肥料組合中，則以 $N_2P_2K_3$ 最高(8.2Brix)，其次為 N_2P_2K (7.9Brix)及 $N_2P_3K_2$ (7.8Brix)之組合。顯示果實之可溶性固形物含量亦受N、P、K間之交感(interaction)影響。此結果與Wagh和Mahajan (1987)認為增施N肥（300g至900g/株）可顯著降低可溶性固形物含量，TSS/acid比，而顯著增加酸度；中量之N肥（600g/株）比較有助於顯著增加還原糖及Vit.C而提高品質。施P肥則較不施肥者顯著增加還原糖。K肥則可顯著增加可溶性固形物含量，TSS/acid比，還原糖而提高品質。而不同NPK組合中，以600g N +300g P_2O_5 +300g K_2O 之品質較佳⁽³⁷⁾之結果並不完全一致。Mitra (1987)認為可溶性固形物含量因K肥用量增加(0→260g)而提高，但若施N肥(260g)而不施K肥，則果實品質及總產量反而降低之結果一致⁽²⁸⁾。但Koj Tassar等人(1989)則認為N肥在雨季以施用400g之產量、品質最佳；冬季，可溶性固形物含量則以施用600g N最高⁽²⁵⁾，P肥則以施用600g (P_2O_5)者，品質最佳⁽²⁴⁾，K肥以施用300g者最佳⁽²³⁾。此與本研究之不同N、P、K施肥量中，400g N，200g P_2O_5 ，400g K_2O 之可溶性固形物含量最高（表4），並不一致。而Natale等人(1995)則認為N， P_2O_5 ， K_2O 在0~300g間，對番石榴('Rica'及'Paluma')之Brix無影響⁽³²⁾。以上亦顯示N、P、K施肥量對果實可溶性固形物含量之影響，各研究之結果並不一致。但據Ahlawat和Yamdagni (1981)報告，認為番石榴('Sardar')噴K (1%之 K_2SO_4)可顯著提高果實之可溶性固形物含量及總產量⁽¹²⁾。顯示K肥確有助於可溶性固形物含量之提高。果實可滴定酸，在不施N、P、K肥較高，施用N、P、K肥時則有降低之趨勢，但施肥量N、K肥超過100g，P肥超過50g以上，則可滴定酸與施肥量並無相關。在不同N、P、K組合中以 $N_2P_2K_3$ 組合之可滴定酸最低(0.21%)（表4）。Vit. C含量亦以不施N、P、K時最低，但施N、P、K肥可顯著提高Vit. C含量。而不同N、P、K組合中，則以 $N_2P_2K_3$ 之含量最高(308mg/100g)，其次為 $N_2P_3K_2$ 及 $N_2P_2K_1$ 之組合（表4）。此結果與Mitra (1987)認為酸度及Vit. C含量因K肥之增加而提高⁽²⁸⁾之結果一致，而與Koj Tassar等人(1989)認為在冬季施用400g N之Vit. C含量最高，而酸度則以施用600g N最高者⁽²⁵⁾並不一致。此結果亦顯示番石榴之果實品質，除受品種、地區、季節及N、P、K施肥量之影響外，N、P、K間之交感作用亦會影響。

綜觀以上所述，可知番石榴之生產及品質，明顯受到N、P、K各肥料之施用量及N、P、K間之比例與交感作用之影響。番石榴為獲致最高之產量與品質，在各地區或不同研究人員之結果、包括肥料反應以及推薦之N、P、K施肥量亦不一致。因此，各果樹在不同地區之肥料試驗，尤顯的重要而必須進行，如此方能因地制宜，而獲致各地合理之肥培管理資料。

本研究顯示，本省番石榴之生產，從產量及果實品質之觀點，NPK施肥比例以 $N : P_2O_5 :$

$K_2O=2:1:4$ ；施肥量以200g N；100g P_2O_5 ；400g K_2O 之表現最佳，可作為今後本省番石榴栽培生產之施肥依據。此外，目前台灣肥料公司生產之4號複合肥料，其N： P_2O_5 ： $K_2O=11:5.5:22=2:1:4$ ，原為提供香蕉施肥之用⁽⁶⁾。但此一肥料，依本研究結果顯示，亦極合於番石榴肥培管理之需，果農可以不必再因作物之需要而自行調配一定N、P、K比例之混合肥料，施用極為方便，因此番石榴利用此肥料，推薦施用4號複合肥料時之施用量，每年每株施用1.8kg左右。

誌 謝

本文承蔡青園博士協助資料整理、統計分析及打字，謹此致謝。本研究承蒙行政院農業委員會研究經費補助（計畫編號83科技-2.2-糧-63(4)及84科技-2.2-糧-64(4)），僅誌謝忱。

參考文獻

- 1.王武彰 1984 番石榴栽培 農林廳農民淺說 272A~園藝55。
- 2.王武彰 1992 番石榴採收時期對果實品質影響之研究 中華農業研究 41(3):261-270。
- 3.台灣省政府農林廳 1996 臺灣省農業年報(85年版)。
- 4.林慧玲、葉大振、許仁宏、李國權 1988 番石榴營養失調症狀調查 興大園藝 13:27-37。
- 5.柯立祥 1989 香蕉之營養與肥培管理 中國園藝 35(3):139-167。
- 6.段盛海、楊海明 1992 食品化學實驗 藝軒圖書出版設 51-94頁。
- 7.許仁宏 1985 番石榴栽培及產期調節技術 農林廳農民淺說 293A~園藝59。
- 8.陳敏祥 1985 臺灣番石榴之栽培管理與產期調節 果樹產期調節研討會專集 臺灣省臺中區農業改良場特刊 1:87-92。
- 9.陳敏祥 1990 番石榴之營養及肥培管理 果樹營養與果園土壤管理研討會專集 臺灣省台中區農業改良場特刊 20:135-144。
- 10.陳敏祥 1993 番石榴品種改良 果樹育種研習會專刊 臺灣省農業試驗所特刊 37:249-260。
- 11.廖春梅 1990 台灣番石榴調查報告 台灣省政府農林廳編印 51p。
12. Ahlawat, V.P. and R. Yamdagni. 1981. Effect of potassium sprays on quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sardar (L.49). Agric. Sci. Digest 1(4):213-214.
13. Aiyelaagbe, I.O.O. 1989. Effect of NPK fertilizer on the growth and yield of guava in Kadawa, Kano State. Tech. Bull., Natl. Hort. Res. Inst., Ibadan, No.11, 4pp.
14. Chhibba, I.M., C.L. Arora. and P.N. Takkar. 1987. Nutritional problems of guava orchards in Punjab. Indian J. Hort. 44(1/2):18-22.
15. Dahiya, S.S., V.P. Ahlawat and R. Yamdagni. 1987. Nutritional status of some guava orchards in Haryana. Intern. J. Trop. Agric. V(1):56-61.
16. Garg, V.K. and S.D. Khanduja. 1976. Nutritional status of some fruit trees grown in normal and alkali soils. Scient. Hort. 5:243-247.
17. Ghosh, S.N. 1991. Nutritional requirement of guava (*Psidium guajava* L.) in laterite tract of West Bengal. Indian Agriculturist. 35(4):231-238.
18. Khanduja, S.D. and V.K. Garg. 1980. Nutritional status of guava (*Psidium guajava* L.) trees in North India. J. Hort. Sci. 55(4):433-435.
19. Koen, T.J. 1987. Manurial requirements and leaf norms of guava. Information Bull., Citrus and Subtropical Fruit Res. Inst., South Africa. No.184:10.
20. Koen, T.J. 1989. Guava growers, be prudent with phosphate manuring. Information Bull., Citrus and Subtropical Fruit Res. Inst., South Africa. No.198:9-10.

21. Koen, T.J., S.F. Du Plessis., and A. Hobbs. 1990. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer levels on yield and fruit size of guava. Information Bull. Citrus and Subtropical Fruit Res. Inst., South Africa. No.211:8-11.
22. Koen, T., and A. Hobbs. 1990. Guava. leaf and soil analysis service. Information Bull., Citrus and Subtropical Fruit Res. Inst., South Africa. No.210:7-8.
23. Koj Tassar., J.P. Tiwari, and Shant Lal. 1989. Effect of different levels of potassium on leaf nutrient status, fruit yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sardar. Prog. Hort. 21(1-2):51-55.
24. Koj Tassar., J.P. Tiwari, and Shant Lal. 1989. Effect of different levels of phosphorus on leaf nutrient status, fruit yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sardar. Prog. Hort. 21(1-2):21-25.
25. Koj Tassar, J.P. Tiwari, and Shant Lal. 1989. Effect of different levels of leaf nitrogen on growth, yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sardar. Prog. Hort. 21(3-4): 213-217.
26. Lim, T.K., and K.C. Khoo. (eds.). 1990. Guava in Malaysia: production, pests and diseases. Tropical Press SDN. BHD. Malaysia. 260p.
27. Marchal, J. 1984. Miscellaneous tropical-guava. In: Plant analysis: as a guide to the nutrient requirements of temperate and tropical crops. (Martin-Prevel, P., J. Gagnard, and P. Gautier. eds). Lavoisier Publishing Inc. N. Y. USA. pp.440-443.
28. Mitra, S.K. 1987. Studies on guava nutrition with special reference to potassium and nitrogen. J. Potassium Res. 3(4):160-163.
29. Mitra, S.K. 1988. Guava. In: Mineral nutrition of fruit crops. (Bose, T.K., S.K. Mitra, and M.K. Sadhu, eds.). Naya Prokash. Calcutta. India. pp.353-363.
30. Mitra, S.K., and T.K. Bose. 1985. Effect of varying levels of nitrogen, phosphorus and potassium on yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) var. L-49. South Indian Hort. 33(5):286-292.
31. Mitra, S.K. and T.K. Bose. 1990. Guava. In: Fruits - tropical and subtropical (T.K. Bose. ed.). Naya Prokash, Calcutta, India. pp.280-303.
32. Natale, W., E.L.M. Coutinho., F.M. Pereira., M. Martinez Junior and M.C. Martins. 1995. Effect of N, P and K fertilization on total soluble solids of guava (*Psidium guajava* L.). Alimentos e Nutricao 6:69-75.
33. Plessis, S.F. Du., and T.J. Koen. 1990. Guava manuring in the Western Cape. Information Bull. Citrus and Subtropical Fruit Res. Inst. No.209:10-12.
34. Plessis, S.F., G. Smart and T.J. Koen. 1973. A few aspects of fertilising guava. Citrus Growers and Sub-tropical Fruit J. NO.478:18-19.
35. Shikhamany, S.D., C.P.A. Iyer., M. Hariprakasa Rao. and T.R. Subramanian. 1986. Variation in the seasonal nutrient status in relation to different yield patterns in guava cv. Allahabad Sefeda. Indian J. Hort. 43(1/2):73-78.
36. Villasurda, P.J. and N.M. Baluyut. 1990. Growth and yield of guava (*Psidium guajava* L.) as affected by different levels and sources of organic and inorganic fertilizers. USM College Agric. Res. J. 1(1):18-33.
37. Wagh, A.N., and P.R. Mahajan. 1987. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on quality of guava cv. Sardar. Curr. Res. Rep., Mahatman Phule Agric. Univ. 3(1):103-104.
38. Wagh, A.N., & P.R. Mahajan. 1988. Effect of NPK fertilization on leaf nutrient of Sardar guava. J. Maharashtra Agric. Univ. 13(1):111-112.

Effects of Nitrogen, Phosphorus and Potassium Fertilizer Levels on Yield and Quality of Guava (*Psidium guajava* L.)

Lih-Shang Ke and Wei-Der Wang

Department of Plant Industry, National Pingtung Polytechnic Institute

Summary

4-year-old guava trees (cv. Thai-Kou-Bar) growing in sandy loam soil in southern Taiwan, were received N:P₂O₅:K₂O at 0-400; 0-200; 0-400g/plant for two years. The fruit number, yield and fruit weight of guava increased with increasing rates of N, P and K fertilizer applied. However, the rate of yield increasing was reduced when the rate of N applied was higher than 200g/plant, while the yield were obviously increased by increases in the P and K application up to the highest rate at 200g and 400g, respectively. Among the N, P and K applied, the most beneficial responses to the fruit number, yield and fruit weight was obtained by N applied, and secondly by P and K. The highest rate of N, P and K applied improved significantly the yield by about 107%, 73% and 33% respectively, compared to those of controls with no N, P and K applied.

In the absence of N, P and K received, the fruits of guava were lower in flesh percentage, firmness, total soluble solid (TSS), flesh pH and vitamin C content and higher in acidity. Among different levels of N, P and K treatments, the fruit with the highest of flesh percentage, firmness, TSS, flesh pH and vitamin C content was obtained from those of trees received the highest rate of N, P and K, respectively.

In total of ten NPK combinations, the performances of fruit number, yield and fruit weight and quality of guava were best when the trees received N:P₂O₅:K₂O at rates of 200:100:400 per trees per year. Therefore, that NPK ratio and rates of fertilizers are recommended for guava fertilization in Taiwan.

Key words: guava, nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer, fruit yield, fruit quality.