

## 酸性土壤落花生生育異常原因之探討<sup>1</sup>

江國忠<sup>2</sup> 王銀波<sup>3</sup>

### 摘要

花蓮地區大部分酸性土壤無論旱田或水田轉作落花生常發生植株矮化，葉脈間黃化或黃白化，葉片尖端邊緣有點狀的褐斑等現象，而造成落花生產量偏低，其原因不明，本研究之目的乃在探討其生育異常之原因。由於酸性土壤可萃取性鐵、錳及交換性鋁含量較高，鉬可能缺乏，因此，於田間選擇二十五處有生育異常之落花生田，分別採集生育異常與正常植株和土壤(表土)分析理化性質及植株養分含量以比較兩者之差異。

調查資料顯示，落花生生育異常土壤比正常者約低 0.7pH 單位，落花生生育異常土壤之可萃取性鐵及錳含量比正常者略高，而落花生生育異常土壤之交換性鋁含量為正常之 2.1 倍，植體地上部鐵及錳含量生育異常為正常之 2.0 及 2.9 倍，而植體地上部鋁含量生育正常為異常之 1.9 倍；落花生生育異常及正常的土壤與植體地上部之鉬含量雖無顯著差異，但生育異常植株亦有缺鉬的現象，因此鉬缺乏是否為落花生生育異常之其中限制因子，尚待進一步探討。由此可知，酸性土壤鐵、錳、鋁過量為落花生生育異常的限制因子。

(關鍵字：酸性土壤、落花生、生育異常)

<sup>1</sup>花蓮區農業改良場，研究報告第 82 號，本試驗係作者江國忠碩士論文一部分，並承國科會及農委會補助經費〔81 農建-12.2-糧-29(11)〕，謹此致謝。

<sup>2</sup>花蓮區農業改良場作物環境課助理。

<sup>3</sup>國立中興大學土壤研究所所長。

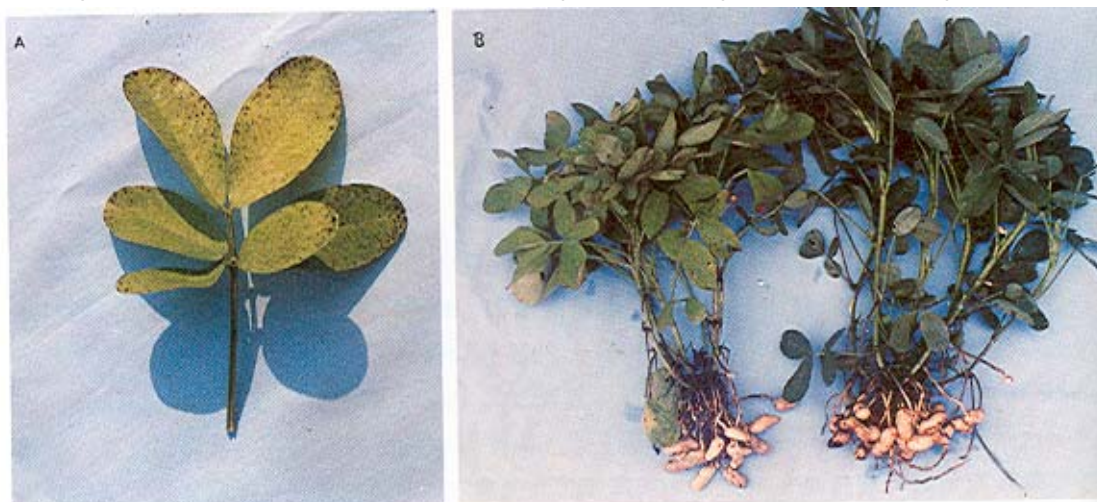
### 前言

落花生(*Arachis hypogaea* L.)為原產於南美洲之一年生 C 型作物(De Candolk, 1959)，種子含有多量油分及蛋白質，營養價值極高，全世界栽培面積約 2,000 萬公頃，僅次於大豆之豆類油料作物。過去本省落花生栽培品種，Spanish 及 Virginia 的品種皆有。近年來由於輪作制度的改變及早熟性 Spanish 的優良品種推廣成功，故本省除了澎湖縣仍多以栽培 Virginia 外，皆以 Spanish 的品種為主。台灣落花生之栽培面積約有 5 6 萬公頃，其中以雲林縣栽培最多，次為彰化縣、嘉義縣、澎湖縣及花蓮縣(農林廳，1991)。花蓮縣雖然也是本省重要的落花生產區之一，但乾莢果產量偏低，平均每公頃僅 1,467 公斤，低於全省平均產量 1,892 公斤(農林廳，1991)；究其原因除了氣候條件如低溫、日照不足外，土壤問題如強酸性土壤種植落花生整株易發生全面黃化並夾雜斑點之現象；石灰質鹼性土壤易罹患新葉黃化症等皆為落花生低產之重要原因。

花蓮地區土壤之分布，玉里鎮太平溪以北之土壤大都為片岩沖積土，以南之土壤為片岩沖積土與粘板岩沖積土混合而成。由於受中央山脈石灰岩之影響，鳳林以北之土壤具強石灰

性，鳳林以南至玉里三民石灰性不明顯，大部分為非石灰性，三民以南有小區域之石灰性土壤。由於花蓮縣種植落花生一部分土壤為鹼性石灰質片岩沖積土，如鳳林鎮以北地區，及一部分土壤為強酸性土壤，如瑞穗、光復鄉及鳳林鎮部分地區，這些地區常常導致落花生微量元素之缺乏或其他生理障礙的發生，使落花生生育不良，產量與品質低劣(林，1990)。

花蓮地區種植落花生常發生黃化現象，台灣大學(李，1983)、台灣省農業試驗所(邱等，1980)及花蓮區農業改良場(花蓮區農業改良場，1974;黃與張，1980)近年來的研究結果，顯示其黃化有兩種不同類型;一為發生在鹼性石灰質土壤者，已證明為鐵缺乏所引起(花蓮區農業改良場，1974)。施用硫酸亞鐵及其他鐵鉍化合物已證實可減輕黃化現象(邱等，1980;黃與張，1980)，但最有效的方法，即施用硫黃降低土壤之 pH 值(Lee and Houng, 1983;Lee et al., 1983);另一種則是發生在酸性土壤者，落花生植株矮化，分枝較少，葉片小且葉脈間黃化或黃白化，葉片尖端邊緣有點狀的褐斑，根瘤數及莢果數較少，根短且少，根系發育不良等現象(如圖一)，究其原因可能為酸性片岩鐵、錳、鋁含量過多引起的毒害作用，亦可能因風化較激烈，加上土層薄，鈣、鎂、鉬含量偏低而引起缺乏，究竟如何，值得予以探討，找出其原因。



圖一、酸性土壤落花生生育異常與正常之外觀

Fig 1. The abnormal and normal peanut in acid soils.

A. 生育異常之葉片(Leaf of abnormal peanut)

B. 生育異常與正常之植株(Plant of abnormal and normal peanut)

## 材料與方法

一、落花生品種：台南選九號

二、調查期間：79年4月

三、調查地點：花蓮縣瑞穗鄉及光復鄉

四、調查方法：落花生結莢期採取生育異常及正常之表土及植株樣品各 25 處，每一處之樣品係由同一田區之 10 個樣品點混合而成。

五、分析項目：

土壤之質地、pH 值、CEC 值、有機質、全氮、可萃取性磷、鉀、鈣、鎂、鋁、鐵、錳、銅、鋅、水溶性硼及交換性鋁含量。植體之氮、磷、鉀、鈣、鎂、鋁、鐵、錳、銅、鋅、硼及鋁含量。

## 六、分析方法：

### (一)、土壤理化性質分析

土壤採樣風乾磨碎，通過 2 mm 篩網。

1. 質地：U.S.D.A. 法(Gee and Bauder, 1986)。
2. 陽離子交換能量(CEC)：1M 醋酸鉍法(pH7.0)(Rhoades, 1982)。
3. 有機質：重鉻酸鉀氧化法(Nelson and Sommer, 1982)。
4. pH：土 / 水 = 1/1(W/V)測定法(McLean, 1982)。
5. 全氮：kjeldahl 法(Bremner and Mulvaney, 1982)。
6. 磷：BrayNo.1 法測定(Olsen and Sommers, 1982)。
7. 可萃取性鉀、鈣、鎂：Mehlich No.1 法測定(Mehlich, 1978)。
8. 水溶性硼：熱水抽出法測定(Bingham, 1982)。
9. 交換性鋁：1M KCl 法測定(S.C.S., 1972)。
10. 可萃取性鐵、錳、鋁、鋁、銅、鋅：0.1MHC1 法測定(Houba et al., 1989)。

### (二)、植體分析

落花生植體分地上部及根部，以 70 循環熱風烘乾，秤重，磨碎裝入樣品盒供分析。

1. 氮：以微量擴散法測定(Houba et al., 1989)。
2. 磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、鋁、鋁、銅、鋅：磷以鉍黃法測定，鉀以火焰光度計測定，鈣、鎂、鐵、錳、鋁、鋁、銅、鋅以原子吸光儀測定，鋁以感應耦合電漿原子發射光譜分析儀測定(Houba et al., 1989)。
3. 硼：以薑黃素呈色法測定(Houba et al., 1989)。

## 七、調查項目：

量測植株之株高、分枝、根瘤數、莢果數及根長，烘乾後秤量地上部及根部乾物重。

## 結果與討論

### 一、土壤之理化性質

為瞭解落花生生育異常及生育正常土壤性質間之差異，經採取 25 處不同地點之落花生園土壤，分別測定其質地、pH 值、CEC 值、有機質、全氮、可萃取性磷、鉀、鈣、鎂、鋁、鐵、錳、銅、鋅、水溶性硼及交換性鋁含量，作成 t 分布之變方分析如表一。由於落花生生育異常及正常之質地、有機質、全氮、可萃取性磷、鉀、鈣、鎂、鋁、鐵、錳、銅、鋅、水溶性硼並無顯著差異，故本文僅探討統計上(t 測試)有 5% 以上差異顯著之 pH 值、CEC 值及交換性鋁含量。

表一、落花生生育異常及正常土壤性質在 t 分布之顯著性

Table 1. The significance test of soil properties at abnormal and normal sites with t distribution in peanuts.

土壤性質 Soil properties	酸鹼度 pH	陽離子交換能量 CEC	有機質 OM	全氮 Total N	磷 P	鉀 K	鈣 Ca	鉀 Mg
t 值 t value	-3.456**	5.413**	-1.042	0.138	0.241	-1.581	-0.944	-1,169
土壤性質 Soil properties	鉬 Mo	硼 B	鋁 Al	鐵 Fe	錳 Mn	銅 Cu	鋅 Zn	
t 值 t value	-0.511	-0.476	2.958**	0.595	0.759	1.828	1,878	

註：\*達 5 % 顯著水準

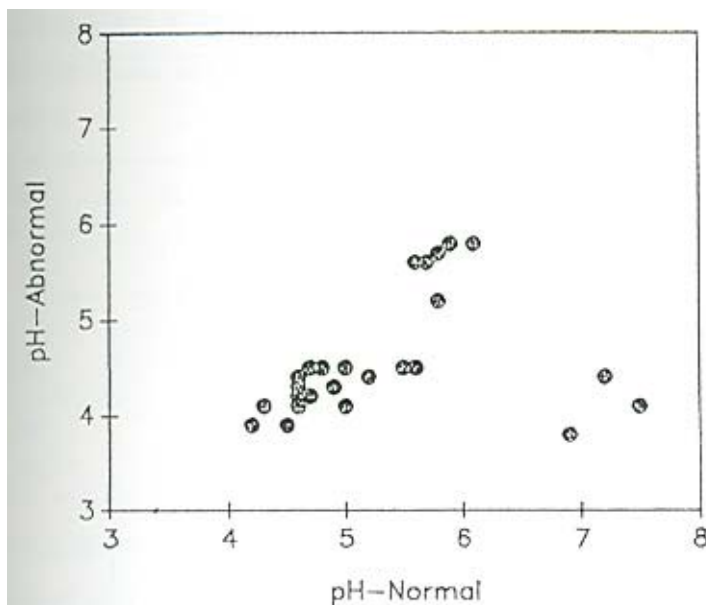
\*Significant at 0.05 levels

\*\*達 1 % 顯著水準

\*\*Significant at 0.01 levels

$t_{24}^{0.05}=2.064$

$t_{24}^{0.01}=2.797$



圖二、落花生生育異常與正常土壤pH值之比較

Fig 2. The comparison of soil pH at abnormal peanut sites to those at normal peanut sites.

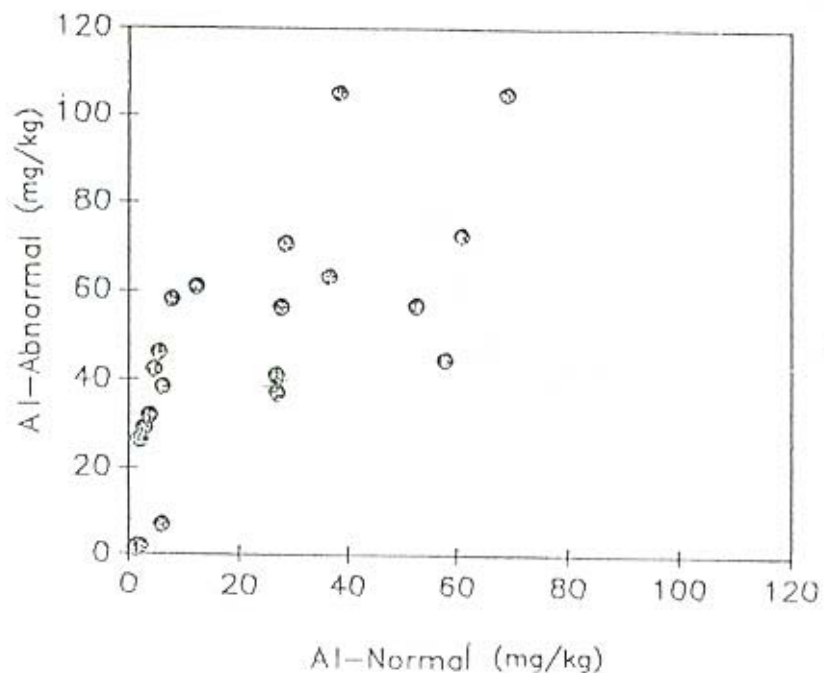
(一)、pH 值

從圖二可看出落花生生育異常土壤之 pH 值比生育正常者低，其平均值分別為  $4.6 \pm 0.6$  與  $5.3 \pm 0.9$ ，在統計上(t)達極顯著差異(表一)。因此，土壤 pH 值低可能是造成落花生生育不良的

原因，並可視之為土壤性質中直接影響落花生生育的一個指標；由此可推知落花生生育不良可能和土壤 pH 值低及和低 pH 值相關因子有關，如可能缺鈣、鎂、鋁或鐵、錳、鋁的毒害發生。

(二)、CEC 值

落花生生育異常土壤之 CEC 值比生育正常高，平均值分別為  $14.8 \pm 3.8$  與  $8.7 \pm 4.1 \text{cmol}(+)/\text{kg}$ ，在統計上(t)達極顯著差異(表一)。根據陳(1992)調查指出酸性片岩沖積土之 CEC 值大都在 5-10 $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ 。洪(1988)指出土壤中無定形的鐵與鋁氧化物表面常常是兩性的，因其 pH 值而定;pH 值低時，被游離的氫離子是來自於表面層，而非來自於對抗離子，因此土壤 CEC 會增加。



圖三、落花生生育異常及正常土壤交換性鋁之比較

Fig 3. The comparison of soil exchangeable aluminum at abnormal peanut sites to those at normal peanut sites.

(三)、交換性鋁含量

從圖三可看出落花生生育異常土壤之交換性鋁含量比生育正常高，平均值分別為  $41.2 \pm 29.9$  與  $19.3 \pm 21.7$  毫克 / 公斤，在統計上(t)達極顯著差異(表一)。Vlamiš(1953)表示強酸性土壤所以致害作物發育，係因含有較多量游離及交換性鋁之故，而非在於其所含氫離子的活性之大小。高羅列夫(1957)亦觀察到在中國大陸北方酸性土中，活性鋁常常成為植物生長異常的指標。土壤酸性愈強，則溶解性之鋁愈多，其對許多作物有高度之損害，一般都相信強酸性土壤之生產力低，以高濃度之鋁為主要原因之一。因此，本省東部酸性土壤交換性鋁含量高可能也是落花生生育異常之主要原因。

## 二、植體之養分含量

為瞭解落花生生育異常及正常植體間營養狀態差異，經採取 25 處具有異常與正常落花生之同一田區的地上部，分別測定氮、磷、鉀、鈣、鎂、鋁、鐵、錳、銅、鋅、硼及鉛含量，並統計分析作 t 分布，其差異性見表二。由於落花生生育異常及正常之磷、鉀、鎂、鋁及硼含量並無顯著差異，氮、鈣、鋁、鐵、錳、銅及鋅含量差異則達顯著水準，故本文僅探討這些差異顯著之要素。

表二、落花生生育異常及正常植體養分含量在七分布之顯著性

Table 2. The significance test of nutrient content at abnormal and normal sites with t distribution in peanuts.

養分含量 Nutrient content	氮 N	磷 P	鉀 K	鈣 Ca	鎂 Mg	鋁 Mo
t 值 t value	-5.312**	1.071	1.545	-2.490*	-1.031	1.214
養分含量 Nutrient content	硼 B	鋁 Al	鐵 Fe	錳 Mn	銅 Cu	鋅 Zn
t 值 t value	0.588	-4.437**	5.774**	4.379**	-6.521**	2.460*

註：\*達 5 % 顯著水準

\*Significant at 0.05 levels

\*\*達 1 % 顯著水準

\*\*Significant at 0.01 levels

$t_{24}^{0.05} = 2.064$

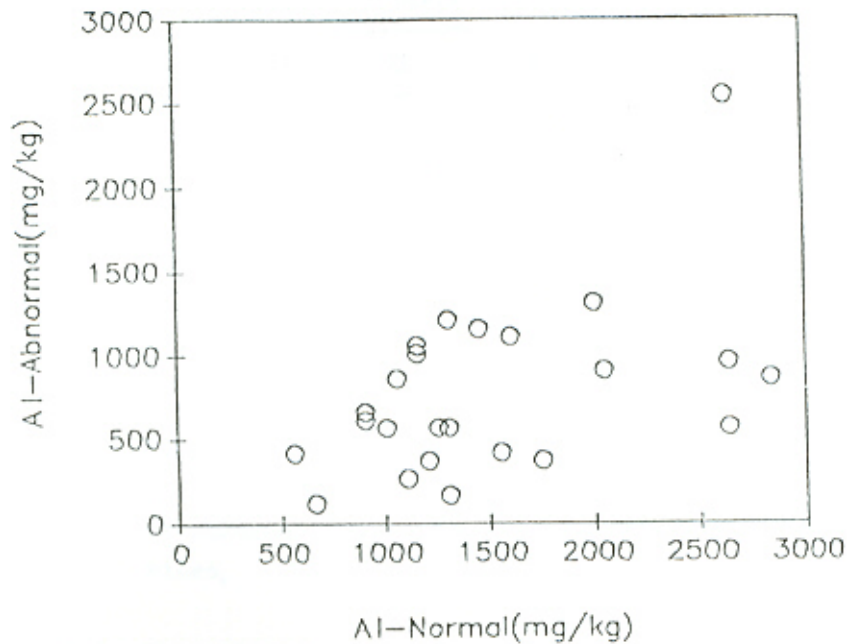
$t_{24}^{0.01} = 2.797$

### (一)、氮含量

落花生生育異常植體地上部之氮含量比正常生育低，其平均值分別為  $26 \pm 4$  與  $35 \pm 8$  公克 / 公斤，在統計上(t)達極顯著差異(表二)。Small 和 Ohlrogge(1973)指出落花生植體氮含量的適宜範圍在 35 - 45 公克 / 公斤。因此，落花生生育異常植體之氮含量偏低。根據農藝性狀調查結果，落花生生育異常根瘤數比生育正常低，所以生育異常植體地上部氮含量較低。

### (二)、鈣含量

落花生生育異常植體地上部之鈣含量比生育正常低，其平均值分別為  $8.6 \pm 1.8$  與  $9.8 \pm 1.6$  公克 / 公斤，在統計上(t)達顯著差異(表二)。Small 和 Ohlrogge(1973)指出落花生異常及正常植體鈣含量的適宜範圍在 7.5 - 17.5 公克 / 公斤。因此，落花生生育異常及正常之鈣含量，雖然兩者間之關係呈顯著差異，但其值均在落花生生育適宜範圍內；土壤資料亦顯示土壤有效性鈣沒有差異。因此，鈣可能不是落花生生育不良之限制因子。



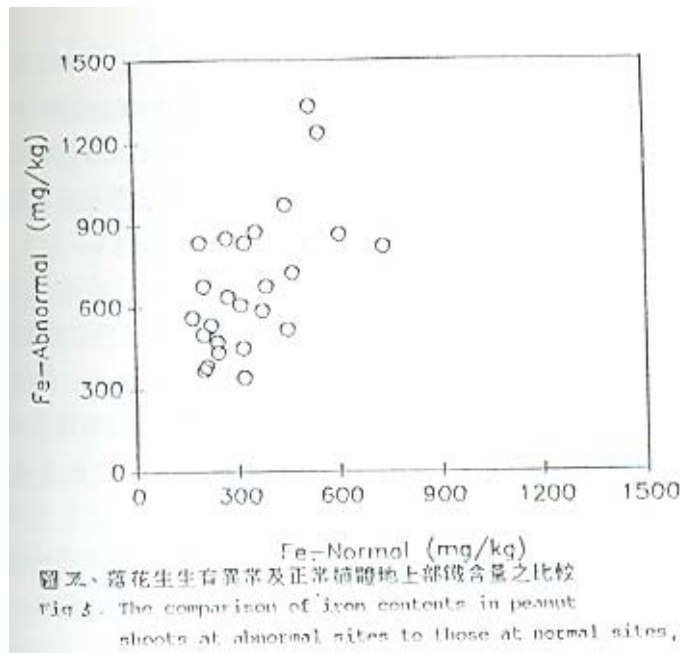
圖四、落花生生育異常及正常植體地上部鋁含量之比較  
 Fig 4. The comparison of aluminum contents in peanut shoots at abnormal sites to those at normal sites.

(三)、鋁含量

從圖四可看出落花生生育異常植體地上部之鋁含量比生育正常低，其平均值分別為  $790 \pm 500$  與  $1507 \pm 634$  毫克 / 公斤，在統計上(t)達極顯著差異(表二)。張與林(1985)指出水稻對鋁的吸收而言屬抗忍型作物(by resistance)，根部通常捕捉過量的鋁，而地上部的鋁含量卻很低。水稻在植體地上部及根部鋁含量分別達到 610 及 1690 毫克 / 公斤時，有鋁毒害的症狀出現(陳，1968)。因此，落花生生育異常之植體鋁含量較低之原因，可能與水稻的鋁含量分布相似，即落花生生育異常植體根部已造成鋁過量損害到根之功能，使得植體地上部無法轉移到吸收的鋁所致，此可用落花生水耕試驗鋁毒害時，植體地上部鋁含量僅有 66.6 毫克 / 公斤，而根部鋁含量卻高達 1222 毫克 / 公斤(江，1992)來證明，而得到相同的結果。所以，落花生鋁過量時，可能必須以植體根部的鋁含量作為是否鋁毒害的臨界含量。

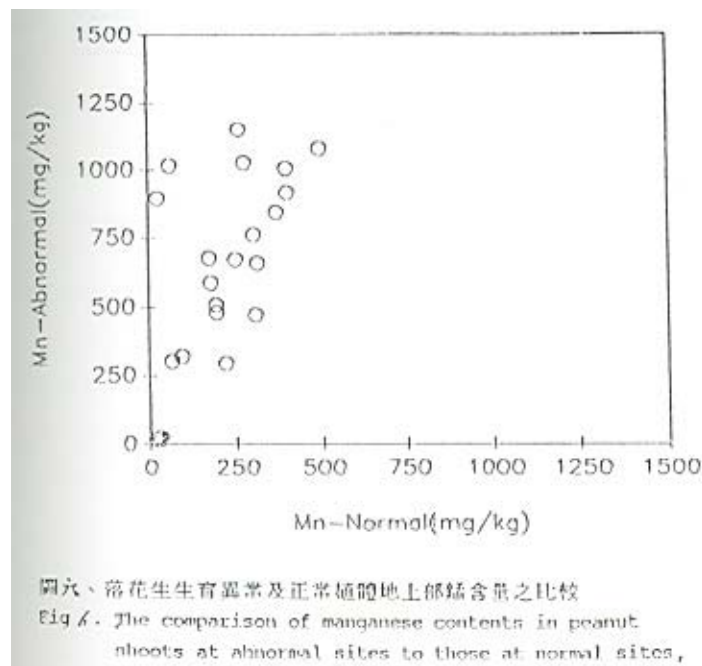
(四)、鐵含量

從圖五可看出落花生生育異常植體地上部之鐵含量比生育正常高，其平均值分別為  $684 \pm 256$  與  $343 \pm 147$  毫克 / 公斤，在統計上(t)達極顯著差異(表二)。Small 和 Ohlrogge(1973)指出落花生植體鐵含量的適宜範圍在 50 - 300 毫克 / 公斤。因此，落花生生育異常植體之鐵含量偏高，其原因可能為植株根部在較酸之環境下，將鐵氧化而沈積於根部表面，而使根尖蓄積相當量鐵。假如蓄積之鐵超過限量的話，鐵即會轉移到較下位之葉片上(朱等，1979)。



(五)、錳含量

從圖六可看出落花生生育異常植體地上部之錳含量比生育正常高，其平均值分別為  $552 \pm 387$  與  $190 \pm 145$  毫克 / 公斤，在統計上(t)達極顯著差異(表二)。Small 和 Ohlrogge(1973)指出落花生植體錳含量的適宜範圍在 50 350 毫克 / 公斤。由此可知，落花生生育異常植體之錳含量偏高其原因是落花生在錳毒害時，根部吸收的錳大部分往地上部轉移及蓄積，至地上部受損嚴重時，根部才出現症狀(Benac, 1976)。因此，落花生植體錳含量高是其生育異常之主要原因。



(六)、銅含量



落花生生育異常植體地上部之銅含量比生育正常低,其平均值分別為 10.6±1.4 與 14.4±2.5 毫克 / 公斤,在統計上(t)達極顯著差異(表二)。Small 和 Ohlrogge(1973)指出落花生植體銅含量的適宜範圍在 6 15 毫克 / 公斤。因此,落花生生育異常及正常植體之銅含量,雖然兩者間之關係呈極顯著差異,但其值均在落花生生育適宜範圍內。

(七)、鋅含量

落花生生育異常植體地上部之鋅含量比生育正常高,其平均值分別為 93.8±66.5 與 58.6±26.9 毫克 / 公斤,在統計上(t)達顯著差異(表二)。Small 和 Ohlrogge(1973)指出落花生植體鋅含量的適宜範圍在 25 50 毫克 / 公斤。因此,落花生生育異常植體之鋅含量偏高,其原因是生育異常之植株較矮小,而由於濃縮的作用,使得植體地上部之鋅含量偏高。

三、植株之農藝性狀

為瞭解落花生生育異常及正常植株農藝性狀間差異,經採取 25 處不同地點之落花生植株,分別調查其株高、分枝、根瘤數、莢果數、根長、地上部及根部乾物重,作成 t 分布之變方分析如表三。

表三、落花生生育異常及正常植株農藝性狀在 t 分布之顯著性

Table 3. The significance test of agronomic characters at abnormal and normal sites with t distribution in peanuts.

農藝性狀 Agronomic characters	株高 Height	分枝 Branch	根瘤數 Nodules	莢果數 Pods	根長 Root length
t 值 t value	-6.375**	-4.383**	-4.569**	-4.990**	-3.267**
農藝性狀 Agronomic characters	地上部乾物重 Dry weight of top		根部乾物重 Dry weight of root		
t 值 t value	-7.340**		-5.067**		

註：\*達 5 % 顯著水準

\*Significant at 0.05 levels

\*\*達 1 % 顯著水準

\*\*Significant at 0.01 levels

24<sup>t</sup> 0.05=2.064

24<sup>t</sup> 0.01=2.797

落花生生育異常植株之株高、分枝、根瘤數、莢果數、根長、地上部及乾物重均比生育正常植株降低或減少,其平均值分別為 25.4±5.8 及 37.4±7.4 公分 / 株、5.1±0.7 及 6.1±0.9 枝 / 株、3.9±2.6 及 10.1±6.3 個 / 株、3.1±1.7 及 6.0±2.4 莢 / 株、12.7±1.5 及 15.1±3.3 公分 / 株、2.35±0.93 及 5.17±1.68 公克 / 株、0.41±0.14 及 0.70±0.25 公克 / 株,在統計上(t)達極顯著差異

(表三)。江(1988)指出落花生生育異常植株之株高、分枝、根瘤數及莢果數分別為 26.3 公分 / 株、5.1 枝 / 株、4.8 個 / 株及 4.5 莢 / 株。本調查結果與前述數據非常一致，即本省東部酸性土壤落花生生育異常植株之症狀有整株矮化、分枝少、根瘤數及莢果數少，根短且少，並且葉脈間黃化或黃白化，葉片尖端邊緣有點狀褐斑的現象。

總結調查結果，本省東部落花生生育異常土壤比生育正常土壤低 0.7pH 單位，其平均值分別為 4.6 及 5.3，落花生生育異常土壤之可萃取性鐵及錳含量比正常者略高，且落花生生育異常土壤之交換性鋁含量為生育正常土壤之 2.1 倍，其平均值分別為 41.2 及 19.3 毫克 / 公斤。落花生生育異常植體地上部鐵及錳含量為生育正常植體地上部之 2.0 及 2.9 倍，而生育正常植體地上部鋁含量比生育異常植體地上部高出 1.9 倍。由此可知，酸性土壤 pH 值低及其所引起之鐵、錳、鋁的過量是引起落花生生育異常的主要原因，而落花生生育異常及正常的土壤與植體地上部之鋁含量雖無顯著差異，但生育異常植株亦有缺鋁的現象，因此鋁缺乏是否為落花生生育異常之其中限制因子，尚待進一步探討。

### 參考文獻

- 1.江國忠 1992 酸性土壤落花生生育異常原因之探討 國立中興大學土壤研究所碩士論文。
- 2.江國忠 1988 強酸性土壤落花生施肥改進試驗 台灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告。
- 3.朱鈞、郭華仁、蔡養正 1979 作物對金屬毒害之生理反應 科學農業 27 : 1 7。
- 4.李達源 1983 落花生固氮能力與土壤性質的關係 國立台灣大學農業化學研究所碩士論文。
- 5.花蓮區農業改良場 1975 落花生葉片黃化原因之研究 台灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告。
- 6.邱再發、張淑賢、林慶喜 1980 主要雜糧作物單位面積產量之改進與示範(4)：落花生微量元素施用試驗 台灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告。
- 7.林慶喜 1990 鐵、錳積聚層稻田土壤性質及改良 花蓮區農業改良場編印。
- 8.洪崑煌 1988 土壤化學 A.基礎篇 國立編譯館編印。
- 9.高羅列夫、布里斯、亞歷山大羅維奇 1957 酸性土壤及其改良 科學出版社發行
- 10.陳尊賢 1992 台灣農地酸性土壤之特性及其分類 酸性土壤之特性及改良研討會論文集 中華土壤肥料學會編印。
- 11.陳振鐸 1968 鋁離子對水稻發育之影響 中國農業化學會誌 6 : 27 32。
- 12.黃宣鵬張淑賢 1980 落花生微量元素試驗 台灣省政府農林廳土壤肥料試驗報告。
- 13.張明德、林鴻淇 1985 鋁 - 酸土中躲不掉的剋星 土壤肥料通訊 8 : 134 138。
- 14.農林廳 1991 台灣農業年報 P.50 51。
- 15.Benac , R. 1976. Effect of manganese concentration in the nutrient solute on ongroundnuts. *Oleagineax.* 31 : 539 543.
- 16.Bingham , F. T. 1982. Boron. In Page et al. (ed.) *Methods of soil analysis , Part 2.* 2nd ed. *Agronomy Monograph no. 9* : 431 447.

17. Bremner, J. M., and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. In Page et al.(ed.) Methods of soil analysis, part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph no. 9 : 595 624.
18. De Candolk, A. 1959. Origin of cultivated plants (Reprint of the second edition, 1886; Hafner, New York).
19. Gee, G. W., and J. W. Bauder. 1986. Partical-size analysis. In A. Klute (ed.). Methods of soil analysis. Part 1. 2ed ed. Agronomy Monograph. 9 : 384 411.
20. Houba, V. J. G., J. J. Van Der Lee, I. Novozamsky, I. Walinga. 1989. Soil and Plant Analy. Wageningen Agricultural University Department of Soil Science and Plant Nutrition.
21. Lee, D. Y., and K. H. Houg. 1983. A study on the acetylene reduction activity of peanuts grown on different soils of Taiwan. Soils and Fert. In Taiwan. P.21 34.
22. Lee, D. Y., C. H. Lin, S. P. Huang, and K. H. Houg. 1983. Effects of sulfur application to calcareous soils in Hualien area on the yields of peanuts. Soils and Fert. In Taiwan. P.35 44.
23. McLean, E. O. 1982. Soil pH and lime requirement. In Page et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part 2. 2<sup>nd</sup> ed. Agronomy Monograph no. 9 : 199 224.
24. Mehlich, A. 1978. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 9 : 477 492.
25. Nelson, D. W., and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In Page et al. (ed.) Methods of soil analysis, part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph no 9 : 539 579.
26. Olsen, S. R., and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. In Page et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph no. 9 : 403 430.
27. Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. In Page et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part 2. 2nd ed. Agronomy Monograph no. 9 : 167 179.
28. Small, H. G., and A. J. Ohlrogge. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In C. M. Walsh and J. D. Beaton (ed.) Soil Testing and Plant Analysis (revised edition) PP.315 328. Soil Sci. Soc. Amer. Madison. Wis.
29. Soil Conservation Service, USDA. 1972. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting soil samples. U. S. A. Department of Agriculture. Washington.
30. Vlamsis, J. 1953. Acid soil infertility as related to soil solution and solid phase effects. Soil Sci. 75 : 383 394