

石灰質土壤落花生黃化症防治法之研究¹林慶喜²

摘 要

於1983年春作在新城鄉康樂村、鳳林鎮北林里及大榮里選擇石灰質輕粗質地而微量元素含量低的片岩沖積土且往年均發生葉片黃化的花生園進行防治黃化症試驗，結果顯示於播種發芽後約三星期開始在葉面上噴0.5%硫酸亞鐵溶液，每星期一次，連續噴施八次之處理，能有效矯正黃化症，使葉片變成青綠。硫黃對黃化症亦有明顯的矯正效果，施用量愈多愈能防治葉片黃化現象的發生。堆肥有減輕黃化程度的效果，但無法抑制黃化症的發生惟對產量確有增產的功效。硫酸亞鐵的施用有若干增產效果但效果不大。EDTA型鐵鉗劑施用效果不彰，顯然因土壤鈣量過豐的關係。各種處理對乾莢產量的增產效果在黃化症發生早且嚴重的新城試區以施用硫黃每公頃3,000公斤加硫酸亞鐵或葉噴鐵液之處理為最大，分別增產138%及133%，其次施用鐵鉗劑(EDTA 2Na Fe)加葉噴鐵液之處理可增產60%，而施用堆肥加硫酸亞鐵或單施堆肥之處理分別增產45%及35%。在土壤質地較粗，黃化發生較輕微的鳳林北林試區，以施用堆肥或再增加硫酸亞鐵之處理效果較大，兩者均增產約11%，而施用硫黃每公頃600公斤加硫酸亞鐵或硫黃加葉噴鐵液或鐵鉗劑加葉噴鐵液之處理均無效果。在鳳林大榮試區，以施用硫黃每公頃600公斤加硫酸亞鐵之處理效果較佳可增產17%，堆肥加硫酸亞鐵之處理效果次之，增產13%，單施堆肥之處理增產7%，而硫黃每公頃600公斤加葉噴鐵液之處理增產5%，施用鐵鉗劑加葉噴鐵液之處理無效果。

前 言

花蓮地區之落花生(*Arachis hypogaea* L.)時常於生育中、後期發生黃化，嫩葉顯著變小而薄，有的葉脈部份呈黃而葉脈仍呈綠色，較重的則葉脈亦呈黃，更嚴重的則整個葉片變成純白色(圖1)，早期發生黃化則植株矮化，生育受阻，分蘗少，種仁小而輕，生育後期發生黃化症，對植株之高度、分蘗數、生育之影響則較小(圖2)。

-
1. 花蓮區農業改良場研究報告第9號。本試驗部份經費承農業發展委員會補助(計劃編號72農建—2.2—產—142)謹此致謝。
 2. 作物環境課副研究員兼課長。

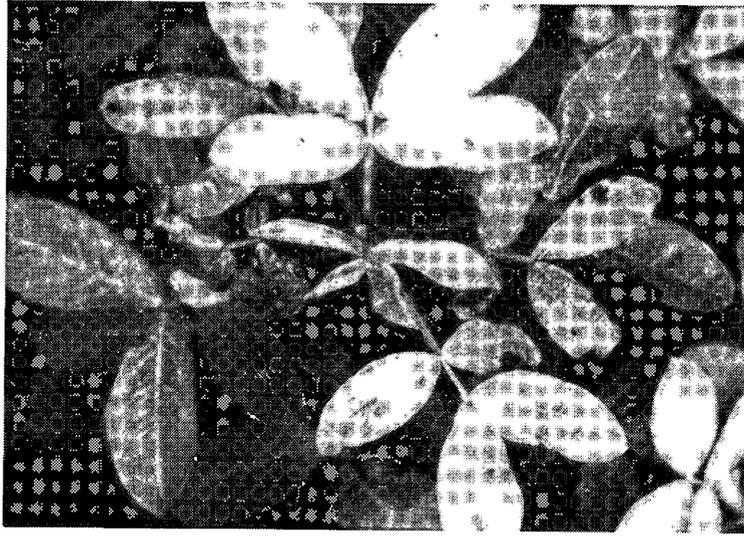


圖 1. 落花生罹患黃化症時，新葉呈黃甚至變白
Younger leaves of peanut suffered from chlorosis
turn yellow and white.



圖 2. 落花生黃化症輕重對植株生育的影響
左：最嚴重 中：最輕微 右：輕微
Fig 2. Severity of chlorosis affecting the growth of peanut.
Left: severe, Center. very light, Right: light

邱等⁽²⁾指出葉面噴0.2%硫酸亞鐵液或土施檸檬酸鐵100公斤/公頃或堆肥10公噸/公頃，可分別增產13%，10%及7%，但對防止黃化症的發生效果不佳。張等⁽³⁾試驗結果顯示增施微量元素鉍劑Aziplex 20公斤+Nervanid A-Z 20公斤/公頃作基肥或堆肥10公噸/公頃或鐵鉍劑Ferriplex 20公斤/公頃+葉面噴0.2% Nervanid Fe 三次分別增產19%，16%及12%，但如堆肥10公噸+硫酸亞鐵100公斤/公頃，則可增產22%，此處理對新葉黃化亦未能有效抑制其發生。

本試驗係以落花生黃化症為土壤缺鐵的前題下，利用不同鐵材料與施用法以及嘗試施用硫黃降低土壤PH值，以提高土壤中鐵之可溶性而矯正花生黃化症為目的。

材料及方法

於七十二年春作在新城鄉康樂村、鳳林鎮北林村及大榮村等三處，富石灰質片岩沖積土進行試驗以台南選九號為供試品種，採逢機完全區集設計六處理，重複四次，行株距30公分×10公分，處理(1)為對照，處理(2)為增施堆肥20公噸/公頃，處理(3)為處理(2)再增施硫酸亞鐵100公斤/公頃，處理(4)為硫黃0.6公噸(鳳林二處)，3公噸(新城)及硫酸亞鐵，處理(5)硫黃用量同處理(4)再葉噴0.5%硫酸亞鐵液，於發芽後20天開始，每週一次，連續八次，處理(6)葉肥同處理(5)再增施EDTA2Na Fe 60公斤/公頃。

土壤以1N NH₄OAC和0.005 M DTPA測定可抽取性Fe、Mn、Cu、Zn，植物體以0.1 N HCl抽出法測定之。

結 果

一、土壤性質之變化：

試驗區土壤性質經分析結果(表1)新城試區為石灰質之砂質壤土，有機質及有效磷，鉀含量極低，有效矽亦極低，鳳林北林試區土壤為壤質砂土，磷含量較高，其餘性質與新城試區相似，而鳳林大榮試區為石灰質壤土，有效磷、鉀低而矽稍低，有機質含量低。

表1. 試驗前試區土壤性質
Table 1. Soil properties of the experimental plots before planting.

地點 Locality	土系 Soil series	質地 Texture				pH 1:1	OM %	有效性 Available					0.005 M DTPA pH 7.3				1N NH ₄ OA pH 4.8			
		Sand %	Silt %	Clay %	名稱 Classification			P ₂ O ₅ kg/ha	K ₂ O kg/ha	CaO kg/ha	MgO kg/ha	SiO ₂ ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm
新城 Shincheng	JS	75	14	11	SL	8.4	0.5	11	5	6015	286	1	4.0	2.8	2.6	0.3	48	4.0	2.2	1.0
鳳林(北林) Fenglin (Beilin)	JS	82	8	10	LS	8.3	0.5	125	19	6015	273	4	5.0	3.9	0.9	0.6	126	11.6	1.2	1.7
鳳林(大榮) Fenglin (Tarong)	JS	58	30	12	LL	8.1	1.7	223	60	5945	302	35	10.4	8.0	2.6	1.6	38	12.0	1.0	2.7

落花生收穫後於各試區各處理分別採表土樣本分析土壤性質（如表 2）顯示各種不同處理對土壤 Fe、Mn、Cu 及 Zn 並無顯著的影響。每公頃施用硫黃 600 公斤鳳林北林區降低 pH 值 0.1 單位，大榮試區 0.22 ~ 0.26 單位，新城試區施用 3,000 公斤 pH 值降低 0.39 ~ 0.45 單位，可見施用硫黃有降低土壤 pH 值，用量愈多，降低幅度愈大。土壤增施硫酸亞鐵 100 公斤或 EDTA 2NaFe 60 公斤未顯著增加 Fe 的含量，堆肥亦然。

表 2. 試驗後試區土壤性質
Table 2. Soil properties of the experimental plots after harvesting.

項別 地點 代號 Locality Treatment	Item	pH 1:1	抽 出 性 Extractable ppm							
			0.005 MDTPA				1N NH ₄ OAC			
			pH 7.3	pH 7.3	pH 7.3	pH 7.3	pH 4.8	pH 7	pH 4.8	pH 4.8
			Fe	Mn	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn
新城 Shincheng	1	8.35	4.1	3.9	2.8	1.8	30	5.4	1.9	3.2
	2	8.36	4.4	3.5	3.8	0.7	24	4.2	1.8	1.8
	3	8.40	3.9	3.1	2.6	0.7	31	4.2	1.8	1.8
	4	8.03	4.5	5.0	2.4	1.2	22	6.8	1.7	2.5
	5	7.97	5.0	4.8	3.1	1.3	27	5.6	1.9	2.3
	6	8.32	6.5	6.6	2.9	0.9	26	5.6	1.4	1.9
鳳 林 (北林) Fenglin (Beilin)	1	8.34	5.0	3.8	0.9	0.4	118	13.0	1.2	1.3
	2	8.36	4.9	3.6	0.8	0.5	114	12.4	1.1	1.5
	3	8.34	5.7	4.1	0.9	0.4	112	12.6	1.2	1.2
	4	8.24	4.9	4.0	0.8	0.3	123	12.8	1.2	1.2
	5	8.24	5.4	4.0	0.9	0.4	120	12.2	1.3	1.2
	6	8.32	5.0	3.8	0.8	0.2	131	13.6	1.4	1.0
鳳 林 (大榮) Fenglin (Tarong)	1	8.10	8.2	6.6	2.7	0.5	62	13.6	1.4	0.9
	2	8.12	7.8	6.2	2.4	0.7	37	13.0	1.0	1.1
	3	8.08	8.3	6.4	2.5	0.6	62	12.8	1.3	1.2
	4	7.86	10.0	8.4	2.5	0.5	46	16.0	1.2	0.8
	5	7.90	8.2	6.6	2.6	0.5	68	12.4	1.4	0.8
	6	8.09	8.1	6.4	1.7	0.4	46	14.0	0.9	0.7

新城、鳳林北林及鳳林大榮試區之落花生分別於 3 月 2 日，2 月 21 日及 2 月 23 日播種，而硫黃於播種前約三週施於土壤中，葉面施肥分別於 4 月 11 日，3 月 30 日及 3 月 30 日進行，於將屆成熟時採取葉片分析其營養成分，採樣日期分別為 6 月 19 日，6 月 11 日及 6 月 11 日，而收穫期則分別為 7 月 1 日，6 月 21 日及 6 月 21 日。

二、對落花生黃化症發生之影響：

新城試區落花生在發育前期各處理區之落花生生長均正常，未發生黃化現象，但在中、

後期則會發生黃化症，且其症狀逐漸加劇，各處理亦有明顯差異（圖 8）。施用堆肥或堆肥再增施硫酸亞鐵均未能有效防止黃化症的發生，但稍有減輕症狀。

施硫酸亞鐵並未具有抑制黃化症的效果。施用硫黃具有防止葉片黃化的效果，但生育末期植株新葉仍會發生黃化，可能是硫黃的施用量不足。葉面噴鐵有防止黃化的功效。

鳳林兩試區的黃化現象與新城試區相類似，前兩者之黃化程度較後者輕微。其情形如表 3 所示。由於新城試區硫黃施用量每公頃 3,000 公斤而鳳林兩試區為 600 公斤，用量的不同對防止黃化的效果亦有所差異，硫黃施用量愈多，防止黃化愈有效果。

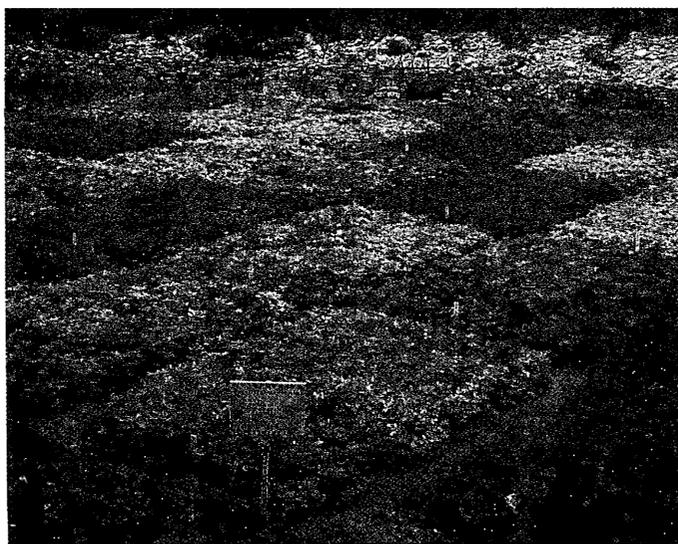


圖 3. . 新城試區，落花生葉色處理不同所呈之差異情形，施硫黃（ $3\text{T}/\text{ha}$ ）及葉面噴鐵液葉片呈青綠色

Fig 3. Treatment effects in Shincheng plots supplied with either sulfur ($3\text{T}/\text{ha}$) or foliar spray of 0.5% ferrous sulfate solution showed daily green leaves.

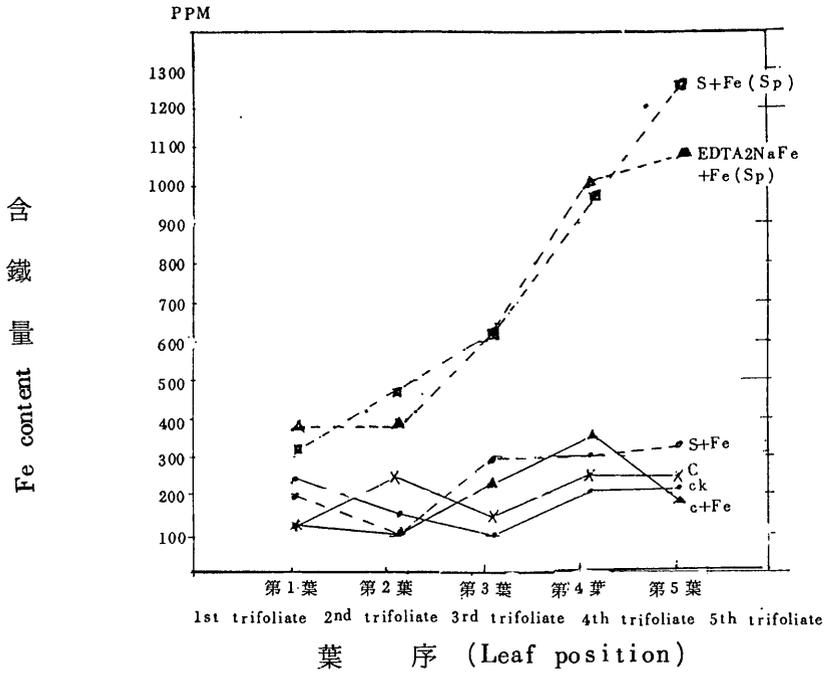


圖 4. 新城試區處理對葉片鐵含量的影響。
 Fig 4. Treatment effects on iron content of peanut leaves at Shincheng experimental plots.

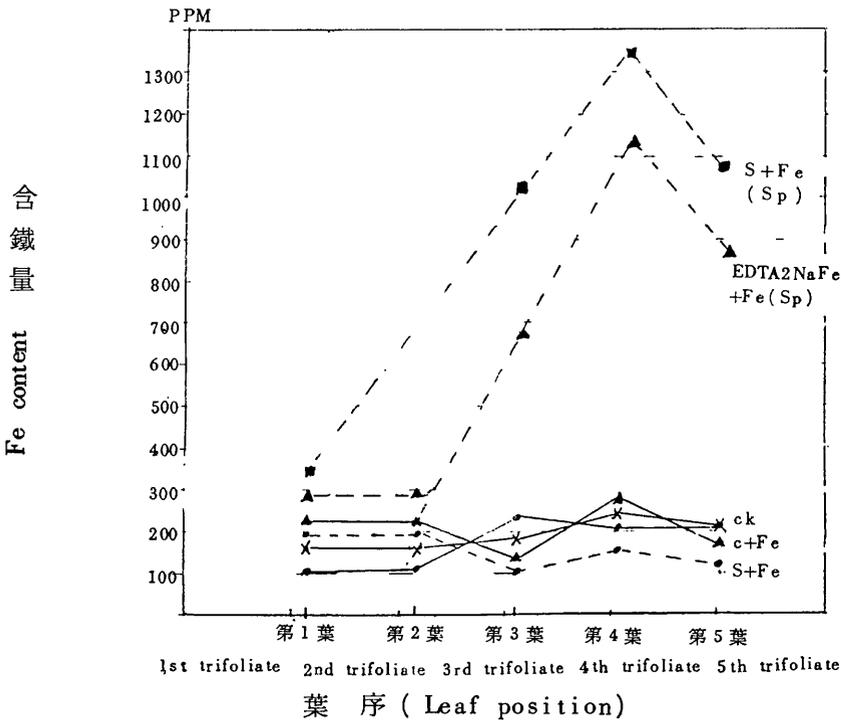


圖 5. 鳳林 (北林) 試區處理對葉片含量的影響
 Fig 5. Treatment effects on iron content of peanut leaves at Beilin (Fenglin) experimental plots.

表 3. 落花生黃化發生情形
Table 3. Development of chlorosis in peanut growth.

地點 Locality	項別 代號 Item Treatment	黃化 (Chlorosis)		大面積黃化 (Great chlorosis)		成熟期黃化情形 State of chlorosis at mature stage
		始期 Beginning	程 度 Degree	始期	程 度 Degree	
新城 Shincheng	1	4/25.	部份植株 Part plant	5/17.	大部份植株 Most plant	黃化嚴重 Serious
	2	"	"	"	"	黃化中度 Mild Degree
	3	"	"	"	"	"
	4	"	未黃化 No chlorosis	"	極小部份植株 Least plant	新葉黃化 New leaves
	5	"	"	"	"	青綠 Green
	6	"	"	"	"	"
鳳林 (北林) Fenglin (Beilion)	1	4/4.	部份植株 Part of plant	5/19.	大部份植株新葉黃化	大部份植株新葉黃化
	2	"	"	"	"	"
	3	"	"	"	"	"
	4	"	極小部份植株 Least of plant	"	部份植株新葉黃化	部份植株新葉黃化
	5	"	"	"	"	青綠 Green
	6	"	"	"	"	"
鳳林 (大榮) Fenglin (Tarong)	1	4/28.	部份植株 Part plant	5/19.	大部份植株 Most plant	大部份植株新葉黃化
	2	"	"	"	"	"
	3	"	"	"	"	"
	4	"	"	"	"	大部份植株新葉黃化較 輕微
	5	"	未黃化 No chlorosis	"	青綠 Green	青綠 Green
	6	"	"	"	"	"

落花生成熟期植株葉微量元素分析結果 (圖 4、5、6) 顯示以含有葉面噴施 0.5% 硫酸亞鐵液之處理 (5) 及 (6) 無論第一葉 (新葉) 第二葉 (未成熟葉) 第三葉 (剛成熟葉) 及第五葉 (較老葉), 其葉之鐵含量均較其他處理如增施堆肥, 硫酸亞鐵或硫黃顯著為高, 其他處理 (2)、(3)、(4) 則無顯著的增加鐵之含量, 即土壤增施堆肥硫酸亞鐵或硫黃無法提高葉鐵

之含量，葉齡之差異對於鐵含量在處理(1)、(2)、(3)及(4)並無多大差異但處理(5)、(6)鐵之含量則隨葉齡之老化而增多，此可能是愈老葉葉面噴鐵之次數愈多的關係。葉的錳、鋅含量，不同處理間並無明顯差異，不同的葉齡亦然。

三、對落花生農藝性狀影響：

依據成熟期農藝性狀調查結果(表4)顯示1.生育中期各試區各處理株高及分支無多大差別，成熟期除新城試區處理(1)對照之株高顯明較其餘處理矮小外，其餘各試區各處理之株高與分支均無明顯差異此即表示新城試區之植株黃化比其他鳳林之兩個試區早發生且嚴重，鳳林兩試區之植株黃化較晚且輕微即黃化較早發生會影響株高，較晚發生則不太影響，而無論黃化的早晚對分支影響不大。2.在新城試區各處理間之單株莢數有顯著差異，以對照處理(1)之單株莢數最少，平均祇有4莢，而以處理(4)、(5)、(6)較多，分別為13、11、10莢，而處理(2)、(3)則分別為5及6支，換言之，增施堆肥或堆肥加硫酸亞鐵有促進莢數的增多，但效果輕微，而施用硫黃再增施硫酸亞鐵或葉面噴鐵均有效的促進莢果的着生，而施用鐵鉗劑加上噴鐵亦能使莢果增多，但效果略遜於前者，在鳳林之兩試區各處理單株莢數之差異較不明顯。3.三試區植株根瘤即使植株發生黃化仍會着生根瘤但其根瘤數較其他處理有較少的傾向(圖7)。根瘤數最多之處理，在新城及鳳林大榮為施用硫黃粉加硫酸亞鐵者較之對照區各增加113%及66%，在鳳林北林，根瘤最多之處理為施用堆肥區，增加率54%。

處理間單株實種仁重(飽滿粒)之差異極大，而以硫黃加硫酸鐵處理顯然大於其他處理，如與對照區比較，其增加率在新城為199%，鳳林北林為53%，鳳林大榮為59%。

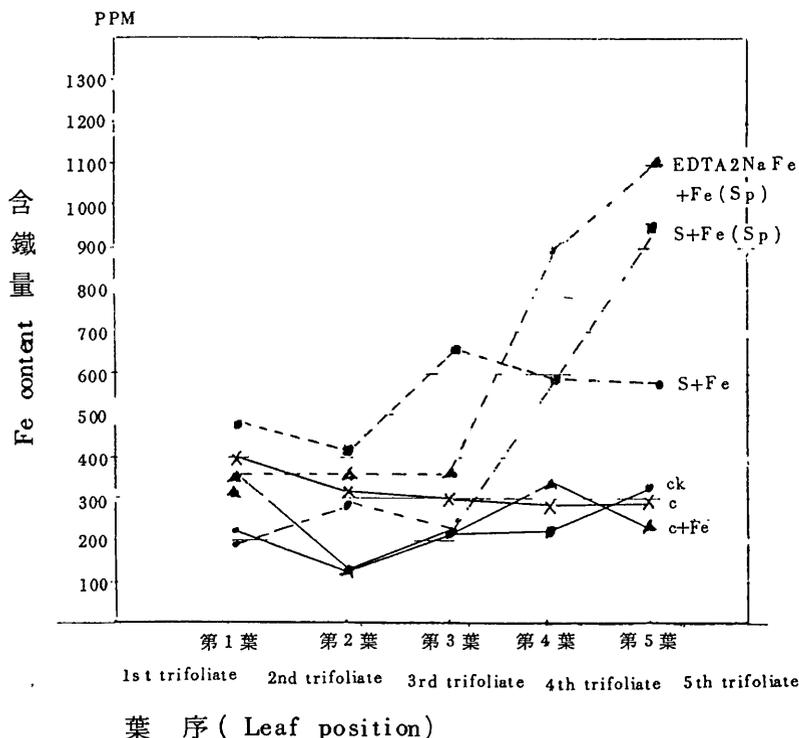


圖 6. 鳳林 (大榮) 試區處理對葉片鐵含量的影響：

Fig 6: Treatment effect on iron content of peanut leaves at Tarong (Fenglin) experimental plots.



圖 7. 落花生黃化症對根與根瘤的影響

左：正常植株—多根與根瘤

右：黃化植株—少根與根瘤

Fig 7. Effect of peanut chlorosis on rooting and nodulations of root.
Left: Normal plant with abundant roots and nodules.
Right: Chlorosis plant with few roots and nodules.

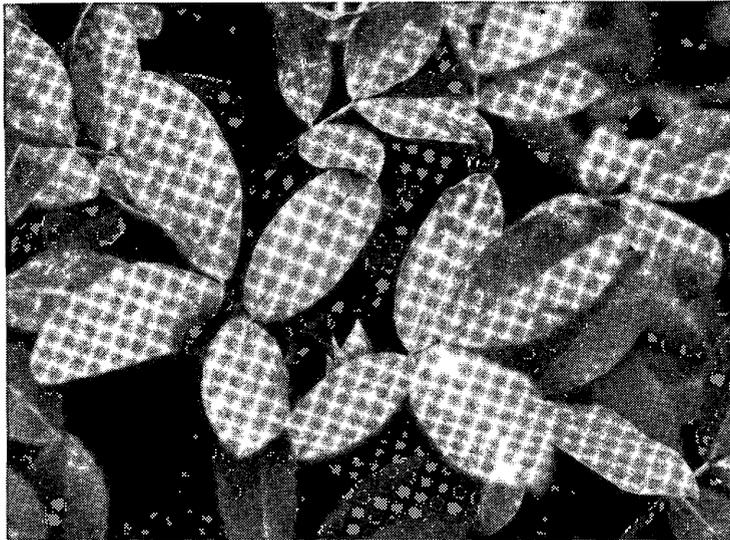


圖 8. 葉面噴 0.5% 硫酸亞鐵液，使葉片黃化部份轉變成青綠色。

Fig 8. The color of leaves sprayed with 0.5% FeSO_4 solution is turning from yellow to green.

表 4 . 處理對落花生主要農藝性狀之影響：

Table 4. Treatment effects on major agronomic characters of peanut.

地點 Locality	代號 Treatment	生育中期		成熟期		單莢 株數 Pods/ plant	單根數 株瘤 Nodules/ plant
		株高(公分) Height	分株(支) Branch	株高(公分) Height	分株(支) Branch		
新城 Shincheng	1	28.9	4.4	38.2	4.6	4.2	19.5
	2	29.0	4.6	51.0	4.9	5.1	20.1
	3	32.7	4.3	57.4	4.9	6.4	22.6
	4	30.1	4.6	57.1	5.0	13.0	41.6
	5	20.9	4.5	54.6	4.7	11.1	27.5
	6	29.2	4.6	54.4	4.9	9.5	21.6
鳳林 (北林) Fenglin (Beilin)	1	37.5	4.9	45.2	4.6	6.8	60.5
	2	20.2	5.0	49.7	5.4	7.5	93.4
	3	29.7	4.7	45.9	5.0	8.5	81.8
	4	25.2	4.4	47.8	5.1	8.1	63.2
	5	24.8	4.2	44.4	4.8	7.5	75.5
	6	25.2	4.3	41.6	4.5	6.3	47.4
鳳林 (大榮) Fenglin (Tarong)	1	39.5	5.2	65.4	5.8	6.0	22.8
	2	38.6	5.0	65.8	5.4	5.3	24.7
	3	40.2	5.1	68.2	6.0	7.1	22.7
	4	38.8	5.3	65.6	6.4	9.5	37.8
	5	38.9	5.1	70.7	6.0	5.8	28.5
	6	36.6	4.8	62.7	5.4	5.9	23.1

表 5 . 處理對落花生產量及產量構成因素之影響

Table 5. Treatment effects on yield and yield components of peanut.

地點 Locality	代號 Treatment	百粒種仁重 Hundred(g) Seed weight	單株飽滿種 仁數 No. of good seeds per plant	單株飽滿種 仁重(克) Wt. of good seeds perplant	乾莢產量(公 斤/公頃) Groundnut yield kg/ha	指數(%) Index
新城 Shincheng	1	1.75	5.3	1.79	1301 a *	100
	2	1.78	6.2	2.13	1754 b	135
	3	7.85	8.0	2.94	1887 b	145
	4	2.10	13.4	5.35	3089 c	237
	5	1.88	7.8	2.74	3026 c	233
	6	2.00	13.0	5.08	2081 d	160
鳳林 (北林) Fenglin (Beilin)	1	2.16	7.8	3.37	2332 a	100
	2	2.15	8.4	3.88	2593 b	111
	3	1.99	9.3	3.74	2582 b	111
	4	2.55	10.8	5.17	2591 a	98
	5	2.25	7.4	3.30	2207 ac	95
	6	1.91	7.7	3.16	2041 c	88
鳳林 (大榮) Fenglin (Tarong)	1	1.80	7.8	2.72	1728 ac	100
	2	2.00	5.1	2.04	1824 ab	107
	3	2.07	8.7	3.61	1947 ab	113
	4	2.05	11.5	4.33	2030 b	117
	5	1.97	5.0	1.97	1822 ab	105
	6	1.85	6.4	2.32	1551 c	90

* 英文字母相同者表示差異不顯著，不同者表示呈 5 % 顯著。

Any two treatment means followed by the same letters are not significantly different from each other at 5% level.

四、對產量及產量構成因素之影響：

處理對落花生乾莢產量的影響，因試區之不同而有所差異，根據乾莢產量調查結果處理之效果以新城試區最顯著，鳳林二試區較不顯著（表5）。

1. 新城試區：乾莢公頃產量以對照處理(1)最低，祇有1031公斤，增施堆肥的處理(2)收量為1754公斤比對照增產34.8%，施堆肥與硫酸亞鐵的處理(3)收量為1887公斤，增產率45%，施硫黃與硫酸亞鐵的處理(4)，收量最高，有3089公斤，增收率達137.4%，施硫黃並噴鐵的處理(5)，產量次高3026公斤，增收率亦高達132.5%，施鐵鉗劑並噴鐵之處理(6)收量為2081公斤，增收率為59.9%，如比較處理(2)與處理(3)獲知硫酸亞鐵並無多大效果，如比較處理(3)與(4)，可知施用硫黃的效果遠大於堆肥，如比較處理(4)與(5)，可見在已施硫黃之情況下土施硫酸亞鐵與葉面噴0.5%硫酸亞鐵效果並無多大差異，如比較處理(5)與(6)，得知用鐵鉗劑遠不如施用硫黃。
2. 鳳林(北林)試區：乾莢公頃產量以處理(6)、(5)及(4)較低，分別為2041公斤、2207公斤及2291公斤比對照處理(1)2332公斤，分別減產12.5%、5.4%及1.8%，可見施用硫黃，硫酸亞鐵、鐵鉗劑或葉噴鐵均未能發揮增產功效，其原因推測為黃化症發生於植株生育後期且硫黃施用量不足(新城試區公頃3000公斤，此試區600公斤)。施用堆肥之處理(2)、(3)之產量較高，分別為2374公斤及2582公斤，增產11.1%及10.7%，兩者均比對照有顯著的增產，但兩者間之差異不顯著，亦即增施硫酸亞鐵效果不彰。
3. 鳳林(大榮)試區：乾莢公頃產量以處理(6)最低1551公斤，比對照處理(1)1728公斤減少10.3%的產量。處理(2)、(3)、(4)及(5)分別增產6.5%、12.6%、17.4%及5.4%但與對照的產量差異均未達5%顯著水準，而處理(4)則有顯著增產增收17.4%，由此知增施硫酸亞鐵、鐵鉗劑皆無多大效果，而硫黃的功效比堆肥或鐵鉗劑大。

綜觀三試區各處理間產量差異，可獲知1.施用堆肥均有增產的效果。2.施用硫黃在兩處有增產，而其中用量較多之新城試區增產亦較大。3.增施硫酸亞鐵在兩處稍有增產的趨勢，其效果略較葉噴鐵為佳。在鳳林北林試區，無論施用硫黃或施用硫酸亞鐵均未見效。

五、經濟效益之分析：

由於硫黃、堆肥、硫酸亞鐵，EDTA 2NaFe 及工資昂貴，增施這些材料後每公頃的生產成本提高甚多，由最低的29,820元到60,660元，因此除新城試區處理(4)及(5)因乾莢產量增加甚多，扣除肥料增施費36,300元及29,820元外仍可多獲收益32,180元及36,250元，其餘各試區各處理均減少收益多負擔成本費，因此考慮生產成本，在黃化輕微的花生園不宜作各種土壤改善處理以免減少收益。在各種材料中以鐵鉗劑最貴，每公頃需53,340元、堆肥(20T)42,000元次之，硫黃4,500元(0.6T)或22,500元(3T)，硫酸亞鐵13,300元。以噴鐵5,320元最便宜，因此如欲防止黃化，噴鐵較經濟，硫黃雖比噴鐵貴，但其效果佳，且可改變土壤PH值並有殘效亦可採用。

表 6. 各處理之經濟效益比較
Table 6. Comparison of input and output among treatments.

地點 Locality	代號 Treatment	乾 價	價 差	資 材 增 施 費 元 / 公 頃					收 益 差 額
		值 元/公頃 Values of groundnut yield NT\$/ha	值 元/公頃 Balance of value NT\$/ha	Cost of adding materials NT\$/ha					元/公頃 Balance of income NT\$/ha
				土 施 材	葉 噴 硫 酸	葉 噴 鐵	土 施 資	合 計	
				料 費	亞 鐵 費	工 資	材 工 資		
				Cost of soil ame- liorant	Cost of ferrus sulfate focsprang		Wages of applying soil ameliorant	Total	
新 城 Shincheng	1	49,828	0	0	0	0	0	0	0
	2	67,178	17,350	42,000	0	0	1,000	43,000	-25,650
	3	72,272	22,440	55,300	0	0	1,000	56,300	-33,856
	4	118,308	68,468	35,800	0	0	500	36,300	32,180
	5	115,895	66,076	22,500	5,320	2,000	500	29,820	36,250
	6	79,702	29,874	53,340	5,320	2,000	0	601,660	-30,786
鳳 林 (北 林) Fenglin (Beilm)	1	89,315	0	0	0	0	0	0	0
	2	99,311	9,996	42,000	0	0	1,000	43,000	-33,004
	3	98,890	9,575	55,300	0	0	1,000	56,300	-46,755
	4	87,745	-1,570	17,800	0	0	500	18,300	-19,890
	5	84,528	-4,790	4,500	5,320	2,000	500	12,320	-17,110
	6	78,170	-11,145	53,340	5,320	2,000	0	60,660	-71,805
鳳 林 (大 榮) Fenglin (Tarong)	1	66,182	0	0	0	0	0	0	0
	2	70,548	4,366	42,000	0	0	1,000	43,000	-38,634
	3	74,570	8,388	55,300	0	0	1,000	56,300	-47,942
	4	77,749	11,567	17,800	0	0	500	18,300	-6,733
	5	69,782	3,600	4,500	5,320	2,000	500	12,320	-8,720
	6	59,403	-6,779	53,340	5,320	2,000	0	60,660	-67,439

說明：1. 乾莢果以花蓮物資局保證收購價格每公斤 38.3 元計算堆肥、硫酸亞鐵、硫黃及 EDTA2NaFe 每公斤分別以 2.1 元、133 元、7.5 元及 889 元計算，每日工資以 500 計算。

2. 每公頃 0.5% 硫酸亞鐵液用量為每次 1,000 公升，含硫酸亞鐵 5 公斤，8 次 40 公斤。

Remark:

- The market price of groundnuts guaranteed by Taiwan Provincial Supply Bureau at Hualien Branch was 38.3 dollars per kg. The prices of compost, ferrous sulfate, sulfur, and EDTA 2NaFe were 2.1, 133, 7.5 and 889 dollars per kg, respectively, while the wages were counted 500 dollars a day.
- Each foliar spray of 0.5% ferrous sulfate solution at the rate of 1,000 liters a hectare contained 5 kgs of ferrous sulfate, and it continued spraying 8 times.

討 論

植物需要少量的鐵，表土 15 公分的土壤每公頃可能具有 50 公噸或更多的氧化鐵 (Fe_2O_3)，土壤中全鐵的含量變異大，變異範圍可低至 200 ppm，高達 10% 以上，鐵在土壤含量的多寡對植物並無多大意義，因鐵易受環境的影響使其變為無效性，不能為植物所利用，例如過量的磷、鉀、鋅、錳、銅、鉬均可降低鐵的有效性而導致鐵的欠缺，因此不以土壤中全鐵含量的豐富或貧乏為診斷鐵的缺乏與否，而應以有效性鐵含量的多寡為依據。

Lindsay 和 Norvell⁽¹²⁾ 以 DTPA (diethylenetriamine pentaacetic acid) 方法抽取鐵，對鋅、鐵、錳、銅敏感之作物，認為土壤中鐵含量如大於 4.5 ppm 則充足，2.5~4.5 ppm 則為臨界值，小於 2.5 ppm 則缺乏，Olson 及 Calson⁽¹⁴⁾ 用 1N NH_4OAc (pH 4.8) 溶液浸提土壤中的 Fe，對一般植物而言，如濃度在 0.01 至 0.3 ppm 時，缺鐵黃萎症為中等至嚴重，在 0.3 至 2.0 ppm 時，黃萎病輕微至中等，在 2.0 至 32 ppm 則不現黃萎病。落花生葉片發生黃化，土壤缺鐵的臨界濃度為何，尚乏可供參考之資料。新城、鳳林北林、鳳林大榮三試區土壤可抽性鐵的含量如表 1 所示，以 0.005M DTPA 方法分別為 4.0、5.0 及 10.4 ppm，以 1N NH_4OAc (pH 4.8) 的方法則分別為 38、126 及 48 ppm，以此兩種不同抽取鐵之濃度及田間實際發生黃化的情形相對應，似以 0.005M DTPA 較符合黃化程度，在新城試區黃化較嚴重土壤 Fe 之濃度為 4.0 ppm，次嚴重的鳳林北林試區為 5.0 ppm，而較輕微的鳳林大榮試區為 1.04 ppm。

缺乏鐵的土壤，對施用堆肥等有機物的效果，不可輕視，高橋等⁽⁶⁾ 指出這些物料不使土壤 PH 值敏感變化，不只給與土壤緩衝性，分解時能溶解土壤中的鐵，又在有機物的分解過程中，會產生鐵鉗劑化合物可被植物吸收利用。根據邱等⁽²⁾ 落花生葉片黃化原因研究結果，施用堆肥 10 公噸/公頃比對照乾莢公頃產量 1163 公斤 (1974 年春作)，2382 公斤 (1975 年春作)，827 公斤 (1975 秋作) 分別增產 7.2%、6.5% 及 7%。又張等⁽³⁾ 1979 年春作落花生微量元素試驗結果顯示增施堆肥 10 公噸/公頃比對照乾莢公頃產量 1917 公斤增產 16%。本試驗的結果三試區的堆肥處理分別增產 34.8%、11.1% 及 6.5%。由上述數據可知施用堆肥確有增產的效果。前田⁽⁵⁾ 指出土壤過於乾燥時，鐵的吸收困難，施用堆肥或進行灌溉以避免土壤的過度乾燥是很重要的。因此有堆肥之處理，初期黃化現象較對照少且輕，但生育後期則亦能發生黃化現象，此或許堆肥之用量仍嫌不足的緣故，值得再探討。

土壤中植物營養的有效性與土壤 pH 有密切關係，Mengel 等⁽¹³⁾ 報導鐵的有效度隨 PH 之升高而降低，在較高的 pH，溶液中鐵 (Fe^{+3}) 的活性每增加一單位的 pH 值，則降低 1,000 倍，因此在 pH 高的土壤，欲提高其有效度含量，降低 PH 值為有效的措施之一，而降低 pH 的方法以施用硫黃最簡便。李⁽¹⁾ 報告施用硫黃 3,280 公斤/公頃經 62 天後由 8.55 降至 7.52，但可抽出性鐵、錳含量之變化不大，而本試驗收穫後土壤 pH 值在硫黃處理與無硫黃處理，處理之間有所差異，每公頃施用硫黃 600 公斤，鳳林北林從 8.34 降至 8.24，降低 0.1 單位，鳳林大榮從 8.12 降至 7.86、7.90 降低 0.22、0.26 單位，每公頃施用

硫黃 3,000 公斤，新城從 8.42 降至 8.03、7.97 降低 0.39、0.45 單位，可知施用硫黃可降低土壤 pH 值。Krantz 等⁽¹¹⁾ 指出美國加州高粱於石灰質土壤葉片黃化每公頃施用硫酸亞鐵 3,400 公斤可使對照區產量每公頃 614 公斤，提高到 1,977 公斤，增收 222%，另在美國大草原地區高粱，鐵缺乏症每公頃至少用 568 公斤的硫酸亞鐵於種植前施於種子下可成功的治癒鐵缺乏症。高橋等⁽⁶⁾ 報導在日本鐵缺乏之對策有多種方法，而硫黃的施用為其中之一，一般強鹼性土壤推荐每公頃用量為 200~300 公斤，可見以硫黃矯正鐵欠缺誠屬可行，惟本省施用硫黃以調低土壤 pH 值進而矯正鐵缺乏症，尚無資料可供參考。本試驗試圖以硫黃降低土壤 pH 並配合硫酸亞鐵的施用以增加土壤中 Fe^{2+} 的含量而改正葉片黃化，在每公頃施用 600 公斤的鳳林二試區，此處理顯然對黃化症有減輕的效果，但未能根絕葉片黃化的發生，而新城試區每公頃施用 3,000 公升，在生育初，中期能有效控制黃化的發生，但後期則部份植株新葉仍發生黃化，惟未處理者生育初期到末期均顯現黃化症且生育愈後期，黃化愈嚴重，依據推測施用 3,000 公斤，初、中期不黃化，末期黃化，乃施用量尚不足的關係，如用量再增多或許可完全控制黃化的發生，此需要更一步探討，由此可知施硫黃確有矯正葉片黃化的效果，且其用量愈多，效果愈佳，新誠試區可增產 137.4%，鳳林北林試區減產 1.8%，鳳林大榮試區增產 17.4%，亦即施用硫黃與鐵鹽有增產的傾向，增產的大小依黃化程度而遞增。

Wallace 等⁽¹⁷⁾ 謂鐵之化合物之葉面噴施較施於土中為優，因可避免鐵化合物與土壤物質發生反應，不需移動鐵化合物至根系之灌溉，用量經濟且效應快，Donahue 等⁽⁸⁾ 指出，遠在 1916 年夏威夷高鹼性土壤栽植之鳳梨發生黃化症，以 5% 的硫酸亞鐵定期噴葉片而矯治之，Krantz 等⁽¹¹⁾ 亦指出，在美國加州高粱葉片黃化在抽穗前約一星期以 3% 硫酸亞鐵液噴葉面，每公頃用量 379 公升，可使產量從 614 公斤/公頃增加到 1,977 公斤，增產高達 222%。Welch⁽¹⁸⁾ 報導德州高粱黃化症用 2.5% 硫酸亞鐵液行葉面施肥，矯正黃化症，據郭⁽⁴⁾ 引用 Reuss 及 Lindsay 之報告認為對於農作物缺鐵黃萎病之改善，應於黃萎病發現後立即噴施，以後每隔兩週噴施一次，直到黃萎病消失為止，其用量為每公頃噴施 190 至 280 公升之 3% 硫酸亞鐵溶液，在日本葉面噴施硫酸亞鐵的濃度依作物而異。一般而言陸稻為 0.1~0.2% 液，露地蔬菜 0.2~1% 液，溫室蔬菜 0.2% 液，果樹 0.2~1.0%。至於落花生缺鐵噴鐵液之濃度，尚乏資料，邱等⁽²⁾ 曾以 0.2% 的硫酸亞鐵的溶液行葉面散布，二年三作試驗結果，可增收 13%、0.6% 及 3%，平均增收 5.5%，現供試之濃度為 0.5%，從三試區植株噴鐵的反應觀之，以 0.5% 液易使葉片受肥害，發生褐色斑點，但不嚴重，其所以會發生肥害的原因可能是濃度仍嫌過高或噴液量太多及噴施時大多在上午實行，溫度過高的關係，高橋等建議葉面散佈鐵液宜在下午 4 時以後太陽光較弱時噴施。此次噴鐵的效果佳，依表 3 顯示凡葉面噴鐵之處理，葉片大部份由黃轉成青綠（圖 6），表示鐵能很容易地移動進入葉部，惟其輸送則很慢，葉片小部份仍有黃斑存在的原因乃是噴鐵不均勻，部分未噴施的關係。

鐵鉗劑係有機化合物與鐵離子的配位化合物，易溶於水，整個分子能被根毛所吸收，其效力較無機鐵化合物為佳，因花生園為旱田狀態，亞鐵化合物施用土壤中很容易被氧化成鐵化合物而降低其有效度，除非施用大量的亞鐵化合物，但此殊不經濟，而鐵以鉗劑形態施於土中則不發生鐵沉澱且此元素能經根輸送至葉上，並且鐵鉗劑在土壤中不被微生物所浸入，其效果可保持2年。

Haitzook⁽⁹⁾ 謂在石灰質鹼性土壤 (pH7.3~8.3) 每公頃施用 10~15 公斤 NaFeDDHA [含 6% Fe, ethylenediamimedic (O-hydroxyphenyl acetic acid)] 可矯正落花生黃化症，且提高產量。依照本試驗乾莢產量的調查數據，EDTA2NaFe 並無多大效果，或許 EDTA2NaFe 在鈣質含量高的鹼性土效果欠佳的關係，施用 NaFeEDDHA 也許有較優的表現，值得探究。

Hallock 等⁽¹⁰⁾ 報導落花生主莖和葉之樣本之分析植可供整個植株營養元素狀況的指標。Anderson 等⁽⁷⁾ 在美國喬治亞州從三種不同土系採落花生主莖葉之樣本供分析，Tifton 土系 (43 個樣本平均) 鐵、錳、銅、鋅、硼、鋁及鉬的分析值分別為 192、140、34、24、28、217、12.4 ppm，Norfolk 土系 (23 個樣本平均) 分別為 218、224、17、37、34、143、8.6 ppm，Lakeland 土系 (13 個樣本平均) 則分別為 111、224、22、24、25、144、7.3 ppm。1970 年喬治亞州落花生生育正常的 Mitchell 郡採樣 44 處的平均值鐵、錳、銅、鋅及硼之含量分別為 190、124、26、35 及 26 ppm，Miller 郡 28 個樣本平均值分別為 203、176、44、27 及 25 ppm，Hallock 等⁽¹⁰⁾ 報導鐵、錳、銅、鋅、硼及鉬在主莖葉含量為 100~200、110~240、6~15、25~50、20~50 及 0.9~2.0 ppm，Walsh 等⁽¹⁶⁾ 引用 Janes 的報告認為落花生主莖葉元素含量充足的範圍為鐵 50~300 ppm 錳 50~350 ppm，鋅 20~50 ppm 硼 25~60 ppm。由此觀之，落花生葉片微量元素適當含量的範圍頗大。如依表 4 的分析值觀之，無論是那一試區何種處理，錳的含量似偏低，新城試區平均為 75 ppm，鳳林北林試區平均為 31 ppm，鳳林大榮試區平均為 33 ppm，比喬治亞的平均值 178 ppm 顯然低得很多，因此試區土壤亦有缺錳的可能性，而鋅含量新城、鳳林試區平均值分別為 40、22 及 20 ppm 與喬治亞的平均值 29 ppm 的差異較小，因此不致於有鋅的缺乏。試區對照處理鐵的含量分別為 188、169 及 238 ppm 與喬治亞的平均值 183 ppm 相若，但實際上，各試區對照處理植株之葉子均發生黃化現象，特別是新城試區黃化較嚴重，其原因有待探討。

Small, 等⁽¹⁵⁾ 認為落花生主莖葉的採樣時期須在子房柄潛入地的時期，約發芽後 10~12 週，而在早期子房柄伸入期落花生主莖葉各種元素，充足範圍 Fe 為 100~250 ppm，Mn 為 100~350 ppm，Cu 為 10~50 ppm，Zn 為 20~50 ppm。

由於本試驗未在生育期中採樣分析其主莖葉營養濃度無法與之比較，但如以成熟期之分析結果值與其比較，似乎鐵、鋅含量相差不大，亦即鐵、鋅含量皆在充足範圍內，可是錳的含量似在缺乏的範圍內，錳是否欠缺，有待進一步研究。綜言之，在石灰質鹼性土壤而鐵欠缺的條件下，易導致落花生葉片黃化，其矯正法以葉面噴鐵液的方法或施用硫黃均屬有效，惟硫黃的用量須依黃化程度而定。

參考文獻

1. 李達遠、1983 花生固氮能力與土壤性質的關係，台大農化研究所碩士論文 4:50。
2. 邱再發、黃文良、林慶喜、1974~5 落花生葉片黃化原因之研究、1976 土壤肥料試驗報告 P.256~261。
3. 張淑賢、黃宣鵬、林慶喜、1979、落花生微量元素施用試驗，1980 土壤肥料試驗報告 P.275~281。
4. 郭魁士、1977、微量元素與植物營養、土壤學 21:375、中國書局印行，永和，台灣。
5. 前田正男、1968、要素欠乏過剩之診斷與對策，原色作物要素欠乏，過剩症之診斷和對策，5th ed、2:136~137 農山漁村文化協會發行。
6. 高橋英一、吉野實及前正男、1980 鐵欠缺及過剩之對策，作物要素欠乏過剩症，2:163 農山漁村文化協會發行。
7. Anderson, O.E., R.L. Carter, H.F. Perkins, and J.B. Jones, Jr. 1971. Plant nutrition survey of selected plant and soils of Georgia: University of Georgia, College of Agriculture, University of Georgia Athens Georgia Agri. Exp. Sta. Res. Rep. 102.
8. Donahue, R.L., J.C. Shicklune and L. & Robertson. 1971. Soils and plant nutrition, Soils an introduction to soils and plant growth, 3rd ed. 11: 234--235
9. Haitzook, A. 1975. Lime induced iron chlorosis in groundnut treatment and prevention. F.A.O. Plant protection Bulletin. 2:23, 40-42.
10. Hallock, P.L., D.C. Martens, and M.W. Alexander. 1969. Nutrient distribution during development of three market type of peanut. N,P,K, Ca and Mg Contents. Agro. J. 61: 81-85.
11. Krantz, B.A., B.B. Fisher, W.E. Pendery and V.W. Brown. 1962. Foliage sprays correct iron chlorosis in grain sorghum, California Agriculture Vol. 16. No. 5 p. 5-6.
12. Lindsay, W.L., and W.A. Norvell. 1969. Equilibrium relationship of Zn^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , and H^+ with EDTA and DTPA in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 62-68.
13. Mengel. K. and E.A. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. 3rd. ed. pp. 473-474. International potash Institute Bern, Switzerland.
14. Olson, R.V., and C.W. Carlson, 1950 Iron chlorosis of sorghums and trees as related to extractable soil iron and manganese. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 14: 109-112.
15. Small, H.G., A.J. Ohlrogge. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing

- soybeans and peanuts, In. L.M. Walsh and J.D. Beaton(ed) Soil testing and plant analysis. pp. 315–327. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, U.S.A.
16. Walsh, L.M., and J.D. Beaton(ed). 1974. Soil testing and plant analysis. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, U.S.A. p. 323.
 17. Wallace. A., and O.R. Lunt. 1960. Iron chlorosis in horticultural plant. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 75: 811–841.
 18. Welch, C. 1969. Foliar application of iron sulfate correct iron deficiency in sorghum, Crops and soil Magazine, Vol. 21, No. 6 pp. 20–21.