

# 不同錳資材與施用法對稻田轉作大豆缺錳之效果<sup>1</sup>

林慶喜<sup>2</sup>

## 摘 要

在玉里轉作稻田栽植大豆，時常在片岩沖積土而高 pH 與輕質地的土壤發生缺錳症狀。在 1985 年夏作及 1986 年春作舉辦田間試驗以探討不同錳資材施用於土壤與葉面噴施對減輕大豆缺錳的效果並究明除錳外，鋅或鐵是否亦同時缺乏。

屬有限型及潤葉之花蓮一號大豆分夏、春兩季，栽植於石灰質之淺層砂質壤土，土壤中 DTPA 可抽性 Mn 含量低  $0.8 \sim 1.3 \mu\text{g g}^{-1}$ ，如用  $0.1 \text{ N HCl}$  抽出則為  $63 \sim 65 \mu\text{g g}^{-1}$ ，土壤可抽出 Mn 的含量與葉片 Mn 濃度之相關係數 ( $r^2$ ) 為  $0.72$  (DAPA) 及  $0.71$  ( $0.1 \text{ N HCl}$ )。

土壤施用硫黃粉 2 噸 / 公頃，撒施時 pH 從 7.4 降到 7.1，條施時 pH 從 7.5 降到 6.7，顯示條施對土壤酸化，及植株綠化之效果大於撒施。

在對照區大豆缺錳之症狀普遍且嚴重，而土施硫酸錳之處理區則較少出現，在土施硫酸錳十條施硫黃粉之處理，或葉面噴施之處理區幾乎沒有發現缺錳症狀。植物營養診斷結果顯示無論土壤或葉面施用錳肥均能增加葉片的含量在 R6 生育階段採剛成熟葉，分析其葉片錳濃度，未處理者為  $15$  和  $16 \mu\text{g g}^{-1}$ ，增施硫酸錳者為  $30$  和  $32 \mu\text{g g}^{-1}$ ，增施硫酸錳十硫黃粉 (條施) 者為  $45 \mu\text{g g}^{-1}$ ，而葉面噴施者則為  $50 \sim 970 \mu\text{g g}^{-1}$ 。

大豆子實收量因土壤或葉面施錳而大大增加，其增產之主因為增加莢數、莢重及子實重，葉面噴施之處理，特別是噴錳乃浦及鐵錳錳乃浦增產效果大於土壤施用者。

葉面噴施  $0.5\%$  硫酸錳、力補錳 3,500 倍， $80\%$  錳乃浦 400 倍， $0.5\%$  硫酸錳十硫酸鋅， $85\%$  鐵錳錳乃浦 700 倍之處理，在夏作及春作分別比對照增產 37, 33, 66, 39, 94%, 及 82, 34, 211, 100, 209%, 而土施硫酸錳 300 公斤 / 公頃，或硫酸錳十硫黃粉 2 噸 / 公頃 (夏作撒施，春作條施) 則祇增產 18.24% 及 15.92%。此結果指出葉面施錳優於土壤施錳，而最有效且最經濟防治大豆缺錳的方法為葉面噴施錳乃浦或鐵錳錳乃浦，此兩者本身為殺菌劑亦具有殺菌的效果。

鋅肥的噴施並無效果，但鐵肥在夏作則有效果因有缺鐵症狀發生的關係。

## 前 言

政府為紓解國內稻米生產過剩問題，自民國 73 年起積極辦理稻田六年轉作雜糧、園藝、或其他作物計畫。由於水田與旱田呈現不同氧化還原的土壤條件，土壤物理性及化學性亦隨之而異。水田土壤不論其原有土壤 pH 值如何，浸水後其 pH 值均趨近於中性，而連帶使土壤溶液中磷、鉀、鈣、鎂、矽、鐵、錳、硼等濃度或有效性增加，但在旱田耕作下，土壤 pH 值不易改變，而易導致這些元素的缺乏。在花蓮縣玉

1. 花蓮區農業改良場研究報告第 31 號，本試驗經費承農業委員會補助 (計畫編號 75 農建一 2.2 一糧一 114) 謹此致謝。

2. 作物環境課副研究員兼課長。

里鎮部份石灰質稻田轉作大豆後，發生植株矮小，葉變細小，分支減少，新葉之葉脈間黃化，結莢減少產量降低等現象 ( Nelson, 1940; Ohlrogge, 1960 )，嚴重者，植株生育受阻至鉅 ( Epstein, 1972 )，此似為缺錳之症狀。錳在土壤中存在的形態因氧化還元的作用而不同，有二價錳 (  $Mn^{+2}$  )，三價錳 (  $Mn^{+3}$  ) 及四價錳 (  $Mn^{+4}$  )，但顯然地錳被作物吸收者為二價錳 (  $Mn^{+2}$  ) ( Leeper, 1947 )，而此  $Mn^{+2}$  離子在還元條件下及 pH 值低時，於土壤溶液中呈高濃度存在 ( Collins 等, 1970; Meck 等, 1968; Mulder 等, 1952 )。於微酸性至鹼性礦質土 ( Cox, 1968; Mulder 1952 )，或排水不良土壤 ( Steckel, 1947 )，而土壤中全錳含量低時，作物缺錳常被發現，又從大豆葉片黃化土壤之性質 ( 表 1 ) 獲知此土壤為富石灰質之鹼性土壤，因此幾可確定為錳欠缺所引起的大豆黃化症。以硫酸錳條施或散施於土壤均可減輕大豆缺錳的效果 ( Alley 等, 1978; Cox, 1968; Gettier 等 1984; Mulvaney 與 Pendleton, 1967; Ohki 等, 1979; Randall 等, 1975 )。Tierney 和 Martens ( 1982 ) 亦指出大豆缺錳以錳條施或散施於土壤或行葉面施肥能矯正之，但大豆缺錳的防治法通常以葉面噴施錳為最方便且經濟的方法。故本試驗之目的乃在探討錳之不同資料及錳之不同施用法對大豆缺錳之防治效果與經濟效益，同時並究明有否其他微量元素如鐵或鋅之缺乏。

## 材料與方法

一、實施期間：民國 74 年 7 月至 75 年 6 月。

二、實施地點：玉里鎮啓模里。

三、供試品種：花蓮一號大豆 ( 潤葉及有限型品種 )。

四、供試材料：硫酸銨、過磷酸鈣、氯化鉀、硫酸錳、硫酸鋅、力補錳、硫黃粉、錳乃浦、鐵鋅錳乃浦。

五、田間設計：逢機完全區集設計，八處理，四重複，小區面積  $12\text{ m}^2$  (  $3 \times 4$  )，行株距  $60\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 。

六、試驗處理：

1. CK：對照， $N - P_2O_5 - K_2O = 40 - 50 - 60$  公斤 / 公頃，其他處理三要素同此。
2. Mn (SP1)：葉面噴施 0.5% 硫酸錳 (  $MnSO_4 \cdot H_2O$  )。
3. Mn (SP2)：葉面噴施力補錳 ( Metalosate — Mn，液體氨基酸螯形劑，含 Mn 5.6% ) 3,500 倍液。
4. Mn (SP3)：葉面噴施 80% 錳乃浦可濕性粉劑 ( Maneb，含 Mn 20.7% ) 400 倍液。
5. Mn (S)：土壤施用硫酸錳 (  $MnSO_4 \cdot H_2O$  ) 300 公斤 / 公頃，當基肥撒施。
6. SMn (S)：土壤施用硫酸錳 300 公斤 / 公頃 ( 撒施 ) + 硫黃粉 2 噸 / 公頃 ( 74 年夏作撒施，75 年春作條施 )，當基肥。
7. ZnMn (SP4)：葉面噴施 0.5% 硫酸鋅 (  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  ) 及硫酸錳液。
8. FeZnMn (SP5)：葉面噴施 85% 鐵鋅錳乃浦可濕性粉劑 ( Trimazone，含 Fe 1.3%，Zn 2.4%，Mn 13.5% ) 700 倍液。

七、葉面施肥時期：約於大豆發芽後 20 天開始行葉面噴施，每公頃藥液用量 600 公升，以後每隔 5—10 天噴一次，連續五—六次。

八、供試土壤性質：試區之前作物為水稻，於大豆種植前採 0—20 公分深表土供作分析，兩期作之試區土壤 ( 表 1 ) 均為片岩沖積土，屬 Js 土系且富石灰質之砂質壤土。

表 1. 種植前試區土壤性質

Table 1. Soil properties of the experimental plots prior to planting.

期 作 Crops	質地 Texture				pH	OM %	Olsen's				Mehlich's				DTPA-extractable				0.1 N HCl-extractable				Easily reducible
	Sand	Silt	Clay	Classi			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Fe	Me	Cu	Zn	Fe	Mn	Cu	Zn	Mn				
	%	%	%	fication			Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm				
夏作 Summer crop	74	10	16	SL	7.3	2.5	250	41	20,056	413	18.5	1.3	5.7	0.8	185	65	8.9	5.7	5.6				
春作 Spring crop	76	10	14	SL	7.3	2.1	183	65	22,984	323	17.4	0.8	5.6	0.7	224	63	9.5	4.4	7.8				

## 結 果

民國 74 年夏作，大豆於 7 月 26 日播種，於播種前硫黃粉撒施於地表再與土壤混合，硫酸錳與基肥之化學肥料混合撒施，葉面噴施於 8 月 28 日開始，以後每隔 5—10 天一次，連續五次，大豆於 12 月 2 日收穫。民國 75 年春作，大豆於 3 月 1 日播種，硫黃粉於播種時條施於植株旁約 8 公分處，硫酸錳與基肥之化學肥料混合撒施，大豆發芽後植株受斜紋夜盜蛾為害，於 4 月 1 日再行補植缺株者，導致植株生育參差不齊。葉面施肥於 4 月 15 日開始，以後約每隔 10 天一次，連續六次。由於部分補植的關係，成熟期不一致，分三次採收，分別於 6 月 18 日、27 日及 7 月 7 日收穫。

一、不同處理對土壤性質的影響：

大豆收穫後立即於各試區各處理小區分別採取表土之土壤樣本分析其土壤性質（表 2），不同處理對土壤有機物、磷鈣、氧化鉀、氧化鎂、鐵及銅的含量並無顯著的影響，但土壤施用硫炭粉（2 噸/公頃）之處理，不論是夏作或春作均有顯著降低 pH 值，夏作比對照之 pH 7.4 降低 0.3 個單位，春作則比對照之 pH 7.5 降低 0.8 個單位，春作 pH 值的降低程度比夏作大，其因可能是春作之硫黃粉採條施法而夏作採撒施法。土壤增施硫酸錳（300 公斤/公頃）或再加上硫黃粉之處理很顯著地提高錳的含量，鋅的含量亦顯著的增多，此或許是所施用的錳置換出鋅的關係。

表2. 收穫處理對土壤性質變化之影響。

Table 2. Soil property variation as affected by treatments after harvesting.

處理 期 作 代 號 Code of Crops treatments	項目 Item	pH	OM %	Olsen's		Mehlich's				DAPA—extractable					0.1N HCl—extractable				Easily reducible Mn ppm
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha	CaO kg/ha	MgO kg/ha	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm	Fe ppm	Mn ppm	Cu ppm	Zn ppm				
74 年 夏 作 代 號 Code of Crops treatments	1. CK	7.4	2.4	194	53	20,824	458	17.9	1.6	4.7	0.8	160	59	7.7	4.9	4.9			
	2. Mn (SP1)	7.4	2.5	235	58	20,848	418	17.2	2.0	5.2	0.8	178	60	8.2	4.5	6.8			
	3. Mn (SP2)	7.4	2.6	223	55	20,856	467	17.6	1.8	5.1	0.6	174	65	7.6	3.9	7.6			
	4. Mn (SP3)	7.5	2.1	189	53	21,336	464	17.1	2.0	5.3	1.1	162	61	7.7	5.3	5.4			
	5. Mn (S)	7.5	2.5	257	65	21,752	408	17.2	4.5	5.3	6.2	160	77	7.8	21.9	15.7			
	6. SMn (S)	7.1	2.4	189	62	21,504	383	17.5	2.8	5.1	1.8	161	70	7.9	7.5	8.1			
	7. ZnMn (SP4)	7.5	2.5	246	53	22,584	303	17.7	2.6	5.0	1.5	167	63	7.9	6.3	7.9			
	8. FeZnMn (SP5)	7.5	2.7	229	48	22,896	313	17.5	2.0	5.2	0.9	183	59	8.0	5.0	7.2			
75 年 春 作 代 號 Code of Crops treatments	1. CK	7.5	2.4	235	82	22,400	323	22.4	1.7	4.6	0.7	184	65	6.7	4.0	6.8			
	2. Mn (SP1)	7.5	2.0	240	55	22,616	293	19.4	2.1	4.6	0.7	205	66	7.5	4.3	8.4			
	3. Mn (SP2)	7.5	2.0	200	77	22,712	288	21.5	1.5	4.0	0.5	172	63	5.8	3.0	6.2			
	4. Mn (SP3)	7.6	2.0	217	58	21,872	298	18.9	1.7	4.1	0.5	179	66	6.2	3.2	6.1			
	5. Mn (S)	7.6	2.1	217	50	21,384	303	19.1	8.1	4.5	8.2	159	103	7.4	35.3	40.8			
	6. SMn (S)	6.7	2.1	280	75	22,000	273	20.2	8.1	4.2	7.6	220	104	9.2	32.8	46.5			
	7. ZnMn (SP4)	7.6	2.0	183	75	21,472	333	33.5	1.9	4.2	0.9	176	67	6.4	4.1	6.7			
	8. FeZnMn (SP5)	7.6	2.0	200	60	21,824	308	20.3	1.4	3.8	0.5	177	61	6.3	3.0	6.2			
Spring crop in 1986																			

三、不同資材的處理對葉片黃化程度的影響：

大豆播種 3—4 個星期後，即行第一次葉片施肥時，葉片缺錳之黃化症已顯現。從田間調查不同處理對黃化症的效果（表 3、表 4）顯示土壤施用硫酸錳對大豆生育初期的黃化症有些減輕的效果，但中期以後則無效果，缺錳之症狀仍然發生。土壤撒施硫黃粉對生育初期有效果，可以使葉片保持青綠，不顯現黃化現象，但生育中期以後仍然會發生黃化症，可能使硫黃因雨水而向下流失的關係，但條施硫黃粉則從生育初期就能有效防治黃化症，使植株呈正常生育，葉片呈青綠，中、後期仍能維持植株的正常生育，缺錳症狀很少顯現於植株；可見硫黃條施的效果優於撒施，可能條施較能酸化土壤的緣故。

葉面噴施錳資材，葉面吸收錳的速度相當快，祇需約一星期即可使葉片由黃轉綠，葉面噴施的資材中以 85% 鐵錳錳乃浦可濕性粉劑最為有效，它能迅速改變葉色從黃轉綠至濃綠，其次為 80% 錳乃浦可濕性粉劑，再次為噴施硫酸錳或硫酸錳+硫酸鋅，而力補錳之效果較差，可能是施用的濃度過低的關係（稀釋 3,500 倍），如果提高其濃度或許能有較佳的成效。

表 3. 不同處理對夏作大豆葉片黃化發生的影響。

Table 3. Development of leaf chlorosis in soybean during summer growing period as affected by different treatments.

處理代號 Code of treatment	葉面噴施 Foliage spray	第一次直前 Right before 1st 8/28	第二次直前 Right before 2nd 9/11	第三次直前 Right before 3rd 9/19	第四次直前 Right before 4th 9/24	第五次直前 Right before 5th 10/3
1. CK		黃 Yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow
2. Mn (SP1)		黃 Yellow	綠 Green	綠 Green	綠 Green	綠 Green
3. Mn (SP2)		黃 Yellow	黃 Yellow	綠 Green	綠 Green	綠 Green
4. Mn (SP3)		黃 Yellow	綠 Green	濃綠 Deep green	濃綠 Deep Green	濃綠 Deep green
5. Mn (S)		黃 Yellow	黃 Yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow
6. SMn (S)		綠 Green	黃 Yellow	最黃 Deep yellow	黃 Yellow	黃 Yellow
7. ZnMn (SP4)		黃 Yellow	綠 Green	綠 Green	綠 Green	綠 Green
8. FeZnMn (SP5)		黃 Yellow	濃綠 Deep green	最濃綠 Very deep green	最濃綠 Very deep green	最濃綠 Very deep green

表 4. 不同處理對春作大豆葉片黃化發生的影響。

Table 4. Development of leaf chlorosis in soybean during spring growing period as affected by different treatments.

處理代號 Code of treatments	葉面噴施 Foliage spray					
	第一次直前 Right before 1st 4/22	第二次直前 Right before 2nd 4/30	第三次直前 Right before 3rd 5/8	第四次直前 Right before 4th 5/15	第五次直前 Right before 5th 5/21	第六次直前 Right before 6th 5/27
1. CK	黃 Yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow	最黃 Deep yellow
2. Mn (SP1)	黃 Yellow	淡綠 Light green	綠 Green	綠 Green	綠 Green	綠 Green
3. Mn (SP2)	黃 Yellow	淡綠 Light green	綠 Green	綠 Green	綠 Green	綠 Green
4. Mn (SP3)	黃 Yellow	淡綠 Light green	濃綠 Deep green	濃綠 Deep green	濃綠 Deep green	濃綠 Deep green
5. Mn (S)	淡綠 Light green	綠 Green	黃 Yellow	黃 Yellow	黃 Yellow	黃 Yellow
6. SMn (S)	綠 Green	濃綠 Deep green	最濃綠 Very deep green	最濃綠 Very deep green	濃綠 Deep green	濃綠 Deep green
7. ZnMn (SP4)	黃 Yellow	淡綠 Light green	綠 Green	綠 Green	綠 Green	綠 Green
8. FeZnMn (SP5)	黃 Yellow	淡綠 Light green	濃綠 Deep green	濃綠 Deep green	濃綠 Deep green	濃綠 Deep green

## 三、不同處理對大豆農藝性狀及產量的影響：

處理間對大豆之株高及節數並無多大差異，但對分支、莢數、莢重、子實重、百粒重則有很大的影響，由於有較多的分支與莢數，較重的百粒重使得有處理的產量均高於對照（表 5，表 6），葉面噴施 0.5% 硫酸錳液可使大豆子實收量增加，74 年夏作及 75 年春作分別為 1,390 公斤/公頃及 913 公斤/公頃，較對照 1,013 公斤/公頃及 503 公斤/公頃，增收 37% 及 82%，噴施 3,500 倍力補錳液則分別增收 33% 及 34%，噴施 400 倍錳乃浦液可增收 66% 及 211%，噴施 0.5% 硫酸錳+硫酸鋅液則可增收 39% 及 100%，噴施 700 倍鐵錳乃浦液可增收高達 94% 及 209%，而土施硫酸錳 300 公斤/公頃則祇增收 18% 及 15%，土施硫酸錳 300 公斤/公頃+硫黃粉 2 噸/公頃，則可增收 24% 及 92%。由此結果顯示稻田轉作大豆發生葉片黃化的原因乃是土壤缺錳所引起，鋅並不缺乏，但鐵在夏作之試區有欠缺，因大豆植株之新葉部分呈黃白，呈現缺鐵之症狀，而春作之試區則無缺乏，因大豆植株之新葉很少顯現黃白之症狀，因此夏作葉面噴施鐵錳乃浦之處理增產高達 94%，而噴施錳乃浦之處理祇增

產 66 %，但在春作鐵鋅錳乃浦之處理增產 209 %，錳乃浦之處理增產 211 %，故資材之選用應依據植株所表現之症狀而決定，如症狀祇顯現缺錳則宜採用錳乃浦，以節省成本，如錳缺乏而鐵亦有些缺乏時則宜採用鐵鋅錳乃浦才可獲得較佳的效果。硫酸錳施用於土壤雖有些增產效果但不如以葉面噴施的效果來得好。硫黃粉採用撒施的方法，不論其對黃化症的減輕或子實的收量均不及採用條施的方法，可見同樣的資材因施用方法的不同而有不同的效果。噴施力補錳之處理，兩期作均有 33% 左右的增產效果，但從其植株葉色的表現可以看出其施用之濃度過低，導致增產之幅度不大，如提高其濃度或許有較佳的效果，由上可知大豆缺錳，無論錳資材之施用為土施或葉面施用均可矯正，但以葉面施肥的效果大於土壤施用。

表 5. 處理對夏作大豆主要農藝性狀之影響。

Table 5. Treatment effects on major agronomic characters of spring soybeans.

處理代號 Code of treatments	株高 Height cm	分支 Branch branches/plant	節數 Node nodes/plant	莢數 No of pods pods/plant	莢重 Wt. of pods g	子實重 Wt. of seeds g	產量 Seed yield kg/ha	指數 Index %	Duncans
1. CK	39	3.4	11.4	34	16.6	11.7	1,013	100	a <sup>※</sup>
2. Mn (SP1)	42	4.6	11.9	49	23.1	16.7	1,390	137.2	bd
3. Mn (SP2)	42	4.1	11.8	46	25.1	17.5	1,347	132.9	d
4. Mn (SP3)	42	4.3	11.8	49	35.1	25.2	1,682	166.0	bc
5. Mn (S)	42	3.7	11.4	44	20.4	13.9	1,191	117.5	ad
6. SMn (S)	42	4.0	11.7	45	22.3	16.1	1,260	124.3	bd
7. ZnMn (SP4)	39	4.7	11.5	51	27.9	18.4	1,411	139.2	bd
8. FeZnMn (SP4)	43	4.8	11.7	54	40.6	29.3	1,961	193.5	c

※ 英文字母相同者，產量差異未達 5% 顯著水準。

※ Yields followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

表6 處理對春作大豆主要農藝性狀之影響。

Table 6. Treatment effects on major agronomic characters of spring soybeans.

處理代號 Code of treatments	株高 Height cm	節數 Node nodes / plant	莢數 No. of pods pods / plant	莢重 Wt. of pods g	子實重 Wt. of seeds g	百粒重 Hundred seed wt. g	產量 Seed yield kg / ha	指數 Index %	Duncans
1. CK	32	10.0	27	8.9	5.2	12.2	503	100	※ c c
2. Mn (SP1)	35	11.8	30	12.2	7.3	14.0	913	181.5	b c
3. Mn (SP2)	33	10.8	36	17.1	10.3	16.0	672	133.6	a b
4. Mn (SP3)	38	9.6	49	28.6	18.7	17.9	1,564	310.9	d
5. Mn (S)	38	11.3	43	17.2	10.4	13.5	576	114.5	a b
6. SMn (S)	42	11.0	57	24.5	15.3	15.4	965	191.8	b c
7. ZnMn (SP4)	34	10.2	41	14.2	8.4	13.8	1,008	200.4	c
8. FeZnMn (SP5)	35	11.7	49	29.8	19.7	18.1	1,553	308.7	d

※ 英文字母相同者，產量差異未達5%顯著水準。

※ Yields followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

#### 四不同處理對大豆葉片錳含量的影響：

大豆缺錳黃化症大概於V2或V3之生長階段開始，此時不但可看出對照區之黃化症狀，而各處理區對黃化症減輕之程度亦有所差異。於葉面施肥結束後，約在V6生育階段採植株之第一葉（YU，未完全發育之幼葉），第二葉（RML，剛成熟之葉），第四葉（OL，老熟之葉）分別以1N HCl抽出液測定其葉片中鐵、錳、鋅、銅之含量（表7）。於田間實際觀察結果，葉面噴施鐵鋅錳乃浦對黃化症之減輕程度最大，葉色最濃綠，但其剛成熟葉之葉片錳含量並非最高者，夏、春作分別為235及65 $\mu\text{g/g}$ 。噴施錳乃浦對黃化症之程度次之，葉色亦濃綠，葉片錳之含量亦非最高者，其含量為265及100 $\mu\text{g/g}$ ，而噴施硫酸錳或硫酸錳+硫酸鋅之葉片含鋅量最高，分別為970、262 $\mu\text{g/g}$ 或890、325 $\mu\text{g/g}$ ，但對減輕黃化症之程度不及前兩者，以未處理對照錳含最低，分別為15及12 $\mu\text{g/g}$ ，而土壤施用硫酸錳或硫酸錳+硫黃粉之處理，其葉片含錳量並無多大的增加，分別為25、22 $\mu\text{g/g}$ 及26、45 $\mu\text{g/g}$ 。總觀之，無論是錳為土壤施用或葉面噴施均能增加葉片錳的含量，但以葉面噴施的增加量最大，採葉部位亦影響錳含量的多寡，似以老熟葉之葉片錳含量高於剛成熟葉，而剛成熟葉又高於未成熟之幼葉，因此要以葉片診斷元素之缺乏或毒害之濃度，必須考慮到採葉之部位，但一般以剛成熟葉為準。除葉面噴施硫酸鋅之處理有顯著增加葉片鋅濃度外，其餘處理並無顯著增加葉片鋅含量，另處理間亦無明顯的影響葉片中鐵或銅的含量。



表7. 處理對V6生育階段不同着葉部位鐵、錳、鋅、銅含量的影響。

Table 7. Effects of treatments on blade Fe, Mn, Zn, Cu, content related to leaf position sampled at the V6 growth stage.

處理代號 of treatments		元 Element												
		Fe µg/g			Mn µg/g			Cu µg/g			Zn µg/g			
		第一葉 Trifoli- ate leaf 1st	第二葉 2nd	第四葉 4th	第一葉 1st	第二葉 2nd	第四葉 4th	第一葉 1st	第二葉 2nd	第四葉 4th	第一葉 1st	第二葉 2nd	第四葉 4th	
夏 作 crop Summer	1. CK	54	62	66	12	15	20	11	12	13	30	30	38	
	2. Mn (SP1)	66	72	83	810	970	1,175	10	11	12	32	37	40	
	3. Mn (SP2)	73	88	98	110	110	130	13	15	16	36	42	45	
	4. Mn (SP3)	64	64	72	245	265	345	10	11	13	40	50	52	
	5. Mu (S)	61	63	65	25	32	36	11	12	14	50	51	55	
	6. SMn (S)	65	69	81	22	30	32	10	12	13	62	64	80	
	7. ZnMn (SP4)	63	72	91	730	890	1,395	10	11	13	326	390	593	
	8. FeZnMn (SP5)	62	65	75	225	235	285	10	11	14	66	76	88	
春 作 crop Spring	1. CK	135	145	175	13	16	20	12	12	13	30	39	39	
	2. Mn (SP1)	155	165	190	245	262	290	13	13	13	45	39	39	
	3. Mn (SP2)	150	145	185	45	50	57	12	13	14	40	41	42	
	4. Mn (SP3)	145	135	150	102	100	137	11	11	12	38	41	35	
	5. Mu (S)	160	150	175	30	32	36	12	13	14	52	53	57	
	6. SMn (S)	160	165	165	45	45	50	14	14	14	62	66	70	
	7. ZnMn (SP4)	150	165	175	320	325	460	13	14	14	210	275	335	
	8. FeZnMn (SP5)	150	165	180	95	105	127	14	14	15	41	44	45	

三處理間經濟效益的比較：

矯正大豆缺錳之資材很多，但實用上須考慮其經濟效益，從表 8 觀之，土壤施用硫酸錳之處理或硫酸錳+硫黃粉之處理皆有增產效果，但其價格昂貴，其增產值遠不及其增施資材費用，故此種改善法並不實用，反觀葉面噴施之處理增產幅度大且獲利較多，其中以噴施錳乃浦或鐵錳錳乃浦之獲利最多，經濟效益最大，值得採行，此兩種藥劑不但可矯正大豆缺錳之效果且具有防治大豆病害之功能，至為實用，可推廣給農友採行。

表 8 各處理間之經濟效益比較。

Table 8. Comparison of input and output among treatments.

處理代號 Code of treatments	子實收量 Seed yields kg / ha	增收量 Yield increment kg / ha	增收值 Value increment NT \$ / ha	資料費 Material cost NT \$ / ha	收益差額 Balance of income NT \$ / ha	
夏 作 Summer crop	1. CK	1,013	0	0	0	
	2. Mn ( SP 1 )	1,390	377	9,425	2,250	7,175
	3. Mn ( SP 2 )	1,347	334	8,350	1,216	7,134
	4. Mn ( SP 3 )	1,682	669	16,725	1,125	15,600
	5. Mn ( S )	1,191	178	4,450	42,000	- 37,550
	6. SMn ( S )	1,260	247	6,175	70,000	- 65,550
	7. ZnMn ( SP 4 )	1,411	398	9,950	4,500	5,450
	8. FeZnMn ( SP 5 )	1,961	948	23,700	3,213	20,487
春 作 Spring crop	1. CK	503	0	0	0	0
	2. Mn ( SP 1 )	913	410	10,250	2,700	7,550
	3. Mn ( SP 2 )	672	169	4,225	1,459	2,766
	4. Mn ( SP 3 )	1,564	1,061	26,525	1,350	25,175
	5. Mn ( S )	576	73	1,825	42,000	- 40,175
	6. SMn ( S )	965	462	11,550	70,000	- 58,450
	7. ZnMn ( SP 4 )	1,008	505	12,625	5,400	7,225
	8. FeZnMn ( SP 5 )	1,553	1,050	26,250	3,856	223,94

備註：1.大豆子實、硫黃粉、硫酸錳、硫酸鋅、錳乃浦、鐵鋅錳乃浦及力補錳每公斤以 25、14、140、140、150、700 及 1,420 元計算。

2.葉面噴施每公頃用量為 600 公升藥液。

Remark：1. The prices of soybean seeds, sulfur powder, ferrous sulfate, zinc sulfate, maneb, trimazone and metalosate M are 25, 14, 140, 140, 150, 700 and 1420 NT dollars per kg, respectively.

2. The rate of each foliage spray is 600 liters of chemical solution per hecter.

## 討 論

土壤中可抽取性錳含量的測定方法很多，本試驗採用 DTPA ( diethylenetriaminepentaacetic acid ) 及 0.1N HCl 之方法，從表 2 之數據顯示在同樣的處理中，以 0.1N HCl 抽出之土壤 Fe、Mn、Cu、Zn 含量較 DTPA 抽出者為高，而 0.1N HCl 抽出之土壤 Mn 與大豆葉片 Mn 之相關性優於 DTPA 抽出者，Salcedo 等 ( 1979 ) 的研究報告亦指出可抽取性土壤 Mn 與植物吸取 Mn 之相關係數  $0.1N HCl > 1N NH_4OAC > 0.005M DTPA$ ；但 Lindsay 等 ( 1978 ) 則指出在近中性及鹼性土壤，而土壤中有有效性 Fe、Mn、Cu、Zn 少時，以 DTPA 方法測定較佳，以 DTPA 抽出之土壤 Mn 與葉片 Mn 濃度之相關係數  $r^2$  為 0.72，但以 0.1N HCl 方法則為 0.71，因此土壤 Mn 濃度之測定應以何者為佳，似乎在鹼性土壤以 DTPA 測定 Fe、Mn、Cu、Zn 較能與作物產量獲得較佳關係。

土壤之 pH 值每升高一單位，可溶性  $Mn^{2+}$  則降低 100 倍 ( Lindsay, 1972 )，因此在高 pH 的土壤，錳的有效性可能無法充足供應植物之需要而呈現缺錳症，根據 Page ( 1962 ) 的調查結果 pH 增高時同時也增加土壤中 Mn 之有機複合體，使 Mn 之有效性減低。Christensen 等 ( 1951 ) 發現 pH 是影響 Mn 有效性之最大的土壤因子，其影響程度大於有機物和土壤濕度，故土壤施用硫黃粉以降低土壤 pH 值而增加 Mn 之有效性亦為矯正缺錳之方法之一。從本試驗中顯示土壤每公頃撒施硫黃粉 2 噸之效果不及條施的效果，因撒施之酸化效果不如條施者 ( 表 2~6 )，惟條施位置之不同其效果可能亦有差異，75 年春作硫黃粉條施於植株旁約 8 公分處，如將硫黃粉條施於播種溝覆土再播種之方法可能優於前者，此方法值得嘗試。

防治缺錳最普遍的方法為直接施用錳肥料於土壤，但當它施用後不久可溶性錳肥料可能恢復成無效性錳 ( Murphy 等, 1973 )，因此錳肥料之效果受施用方法的影響甚大。當錳肥料條施時，較少的錳被暴露而固定，故較少的施用量就足以達到最大收量 ( Murphy 和 Walsh, 1973 )，因此撒施錳肥之用量高於條施者才能改正大豆缺錳 ( Mortvedt 等, 1971 ; Randall 等, 1975 )，本試驗 74 年夏作及 75 年春作硫酸錳均撒施於土壤，其效果不彰，可能是用量仍不足或撒施之錳被固定的緣故，因此硫酸錳應以條施方法為宜，Wilson 等 ( 1981 )，以硫酸錳撒施於大豆缺錳土壤，每公頃每年 Mn 之施用量為 0, 5.6、11, 22，與 56 公斤，連續三年大豆乾物重並無顯著增加，此結果表示大豆植株對撒施之錳作無效率的利用，因此建議其他之施用法如葉面施肥或條施，應可得到較佳的利用效率。

大豆缺錳會造成植株節數及莢數的減少及子實重量的減輕 ( Heenan 和 Campbell, 1980 )，而錳的施用可以增加大豆子實重量及數量 ( Randall 等, 1975 ; Gettier 等, 1984 )。在本試驗無論土壤施錳或葉面噴錳，大豆子實收量均高於對照，其增產歸因於莢數的增加及百粒重的增加，特別是葉面噴施錳乃浦及鐵鋅錳乃浦。

大豆葉面施錳肥，錳很迅速地被大豆植株所吸收 ( Bukovac 和 Wittwer, 1957 )，因為錳只有少部分在植物體內移動，故所吸收之錳大部分仍留在葉子 ( Tierney 和 Martens, 1982 )，因此似乎葉子能吸收比它代謝所需要之錳量還多，當錳為生長限制因子時，此種現象是有利的，因先前吸收的錳從較老葉再分配給較幼葉 ( Ohki, 1976 )，因此葉面噴錳一次是否足以供應植株整個生育期所需之量，目前仍有爭論，有些學者認為葉面噴施錳一次對大豆缺錳的防治效果，等於或優於多次噴施 ( Kroetg 等, 1977 ; Randall 等, 1975 ; Mulvaneg 等, 1967 )，但某些學者則認為多次的葉面噴施優於一次的噴施 ( Cox, 1968, Randall 等 1975 )，在本試驗於大豆的整個生育期共進行葉面噴施錳肥五、六

次，由於工資昂貴，加上噴施之工作繁重，是否需要噴施5—6次，值得探討，如果可以減少噴施次數，應以幾次為宜，何時噴施較為有效？Ghazali等（1981）及Murdock等（1977）認為在開花前（約在V5或V6）及早期開花期（約在R1）各行葉面噴施一次即可，因在營養生長期及生殖生育期都有錳可吸收利用。

欲以大豆葉片Mn含量作為診斷大豆植株Mn營養不足或過量，必須考慮到品種問題、採葉部位、採葉時期等，因品種不同、葉序不同、採樣時間均能影響葉Mn之含量。Parker等（1981）的研究報告指出在R2（開花期）採剛成熟的大豆葉片其含Mn量因品種而異，未處理者在10~17 ppm，而施錳處理者在20~28 ppm。Ohki等指出分別在大豆不同生長階段V5，R1，R2，R3及R6，採剛成熟葉，其葉片Mn臨界濃度分別為11，10，12，19及21  $\mu\text{g/g}$ ，可見採樣愈延遲，葉片Mn之臨界濃度愈大，Ohki等（1979）之研究報告指出在R2採大豆植株（頂端算起）第1、2、3、4、5葉，其葉片錳之臨界濃度分別為18，13，11，11，10  $\mu\text{g/g}$ ，綜合而言，大豆採樣必須在R2（開花期）時且採第二葉（剛成熟葉），如此則葉片Mn之臨界濃度為13  $\mu\text{g/g}$ 。本試驗為顧及葉面施肥，於最後一次噴施後再行採樣，其時期約為R6，因此74年夏作及75年春作未處理之剛成熟葉片Mn濃度分別為15  $\mu\text{g/g}$ 及16  $\mu\text{g/g}$ ，而依Ohki等之報告，延至R6採樣其葉片Mn之臨界濃度為21  $\mu\text{g/g}$ ，因此15  $\mu\text{g/g}$ 及16  $\mu\text{g/g}$ 低於其臨界濃度，屬於Mn不足之範圍，此與其植株均顯現嚴重缺錳症候相吻合，而硫酸錳之處理者其Mn濃度為30~32  $\mu\text{g/g}$ ，但其葉色仍不夠濃綠，而硫黃粉條施+硫酸錳之處理者其Mn濃度為45  $\mu\text{g/g}$ ，而葉色均呈濃綠，因此Mn 45  $\mu\text{g/g}$ 應屬充足之範圍，即在R6採葉子，其葉片Mn濃度低於21  $\mu\text{g/g}$ 為不足，高於45  $\mu\text{g/g}$ 為充足，其中間可算為低含量。

### 參 考 文 獻

1. Alley, M. M., C. I. Rich, G. W. Hawkins and D. C. Martens. 1978. Correction of deficiency of soybeans. *Agron. J.* 70: 35-38.
2. Bukovac, M. J. and S. H. Wittwer. 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. *Plant physiol.* 32: 428-435.
3. Christensen, P. D., S. J. Toth and F. E. Bear. 1951. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 15: 279-282.
4. Collins, J. F. and S. W. Bud. 1970. Effects of fluctuation in the Eh-pH environment and iron and/or manganese equilibria. *Soil Sci.* 110: 111-118.
5. Cox, F. R. 1968. Development of a yield response prediction and manganese soil test interpretation for soybeans. *Agron. J.* 60: 521-524.
6. Epstein, E. 1972. Adsorption reactions of micronutrients in soils. P. 59-78. In J. J. Mortvedt et al. (ed.) *Micronutrients in agriculture.* Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison, Wis.
7. Gettier, S. W., D. C. Martens, D. L. Hallock and M. J. Stewart. 1984. Residual Mn and associated soybean yield response from  $\text{MnSO}_4$  application on a sandy loam soil. *Plant Soil* 81: 101-110.
8. Ghazali, N. J. and F. R. Cox. 1981. Effect of temperature on soybean growth and manganese accumulation. *Agron. J.* 73: 363-367.
9. Heenan, D. D. and L. C. Campbell. 1980. Growth, yield components and seed composition of two soybean cultivars as affected by manganese supply. *Aust. J. Agric. Res.* 31: 471-476.

10. Heenan, D. P. and L. C. Campbell. 1980 Transport and distribution of manganese in two cultivars of soybean (*Glycine max* (L) Mess.). *Aust. J. Agric. Res.* 31: 943–949.
11. Kroetz, M. E., W. H. Schmidt, J. E. Beverlein and G. L. Ryder. 1977. Correcting Mn deficiency increases soybean yields. *Ohio Rep.* 62:51–53.
12. Leeper, G. W. 1947. The forms and reactions of inorganese in the soil. *Soil Sci.* 66: 79–94.
13. Lindsay, W. L. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils, P. 41–57. Inc: *Micronutrients in Agriculture*. Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison, USA.
14. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421–428.
15. Meck, F. D., A. J. Makengie and L. B. Grass. 1968. Effects of organic matter, flooding time, and temperature on the dissolution of iron and manganese in soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 32:634–638.
16. Mortvedt, J. J. and H. G. Cunningham. 1971. Production, marketing, and use of secondary and micronutrient fertilizers. P.413–454. In R. A. Olson, T. J. Army, J. J. Hanway, and V. J. Kilmer (ed.) *Fertilizer technology and use*. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wis.
17. Mulder, E. G. and F. C. Gerretsen. 1952. Soil manganese in relation to plant growth. *Adv. Agron.* 4: 221–277.
18. Murdock, L., H. Miller, D. Peaslee and W. Frye 1977. Manganese fertilization of soybeans. University of Kentucky, Coop. Ext. Sew. Agron. Notes. 10: 1–6.
19. Murphy, L. S. and L. M. Walsh. 1972. Correction of micronutrient deficiencies with fertilizers. P. 347–387. In J. J. Mortvedt, P. M. Giordane, and W. L. Lindsay (ed.) *Micronutrients in agriculture*. Soil. Sci. Soc. Am. Madison, Wis.
20. Mulvaney, D. L. and J. W. Pendleton. 1967. Soybean yields as affected by correction of manganese deficiency on sandy soils. III. *Res.* 9:16.
21. Nelson, W. L. and F. E. Bear. 1949. Plant nutrient deficiency symptoms in legumes. P. 269–306. In G. Hambridge (ed.) *Hunger signs in crops*. Jadd and Detweiler, Inc., Washington, D. C.
22. Ohki, K., F. C. Boswell, M. B. Parker, L. M. Shuman and D. O. Wilson. 1979. Critical manganese deficiency level of soybean related to leaf position. *Agron. J.* 71:233–234.
23. Ohki, K., F. C. Boswell, M. B. Parker, L. M. Shuman and P. O. Wilson 1979. Critical manganese deficiency level of soybeans related to leaf position. *Agron. J.* 71: 233–234.
24. Ohki, K. 1976. Manganese deficiency and toxicity level for 'Bragg' soybeans. *Agron. J.* 68:861–864.
25. Ohlogge, A. J. 1960. Mineral metabolism. P. 561–597. In J. Bonner and J. E. Varner (ed.) *Plant biochemistry*. Academic Press, Inc., New York.
26. Page, E. R. 1962. Studies in soil and plant manganese. II. The relationship of soil pH to manganese availability. *Plant and Soil*, 16: 247–257.

27. Parker, M. B., F. C. Boswell, K. Ohki, L. M. Shuman and P.O. Wilson. 1981. Manganese effects on yield and nutrient concentration in leaves and seed of soybean cultivars. *Agron. J.* 73: 643-646.
28. Randall, G. W., E. E. Schulte and R. B. Corey. 1975. Effect of soil and foliar-applied manganese on the micronutrient content and yield of soybeans *Agron. J.* 67: 502-507.
29. Salcedo, I. H., B. G. Ellis and R. E. Lucas. 1979. Studies in soil manganese: II: Extractable manganese and plant uptake. *Soil Sci. Am. J.*, 43: 138-141.
31. Tierney, C. E. and D. C. Martens. 1982. Soil-plant manganese relationships with emphasis on soybeans. *Commun in Soil. Sci and Plant Anal.* 13(II): 909-925.
32. Wilson, D. O., F. C. Boswell, K. Ohki, M. B. Parkee, and L. M. Shuman. 1981. Soil distribution and soybean plant accumulation of manganese in manganese-deficient and manganese-fertilized field plots. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45: 549-552.