酸性土壤改良對蘿蔔產量及地力之影響研究[1]

黃祥慶　蔡宜峰　賴文龍　王錦堂[2]

摘　要

為瞭解堆肥及不同土壤改良資材對蘿蔔產量及地力之影響，於南投縣埔里鎮及南投市兩地強酸性紅壤試驗結果，顯出施用堆肥或石灰類土壤改良資材對蘿蔔生育及產量均有顯著效果，其中以S-H添加物及矽酸爐渣處理之效果最佳，平均產量可達55.6及55.0t/ha，增產率為6.4%及5.3%。且施用土壤改良資材可以提高土壤pH值，改良土壤酸性，增加土壤中磷、鉀、鈣有效性，降低鐵含量，促進蘿蔔生長。

關鍵字：蘿蔔，產量，土壤改良劑，地力。

前　言

蘿蔔為本省最重要的十字花科蔬菜之一，周年可以生產(7,12,18)，其栽培面積為6,119公頃(4)。蘿蔔對土壤之適應性與一般蔬菜一樣，在微鹼性至微酸性土壤均可栽培，而以pH值5.7~6.7最為適宜(3,17,22)。本省強酸性土壤佔耕地面積1/3，其大部份分佈於台地及低丘陵地土壤、北部砂頁岩沖積土、東部靠南一部份均為強酸性土壤(8,16,20)。造成酸性土壤的主因為土壤中Ca、K、Na等鹽基離子流失，被氫離子取代變為酸性(13,21)。本省中部丘陵山區氣候頗適合於蘿蔔栽培，但因屬強酸性土壤及連作關係，易使土壤劣化及發生蘿蔔黃葉病，致使蘿蔔之品質及產量降低，影響農民收益至鉅(10,14,15)。蔬菜或旱作施用堆肥之效應無論在酸性或鹼性土壤常有優於水稻之特殊效果，而石灰之施用為改良酸性土壤最可靠的方法(13,34)，在水稻有很大增產效果(23)，在酸性土壤栽培甘藍施用石灰石粉可提高產量及品質(11)，但在強酸性土壤栽培蘿蔔施用石灰之效果若何，本省尚少研究，又目前石灰類土壤改良資材繁多，究以何種資材對蘿蔔效果為佳，值得加以探討。為探究堆肥及不同土壤改良資材對蘿蔔效果及土壤肥力之關係，供為強酸性土壤栽培蘿蔔肥培管理之參考。

材料與方法

本試驗自1987年7月至1989年6月止，計二年分別於南投縣埔里鎮合成里及南投市福山里之強酸性土壤蘿蔔產區舉行田間試驗，埔里試區土壤(表一)屬紅壤，平鎮系(Pc)(1)，質地為砂質粘壤土，呈強酸性反應，排水不完全，有機質1.52%，有效性磷79ppm，鉀92ppm，鈣949ppm，鎂69ppm，鐵70ppm。南投試區土壤(表一)屬紅壤，大埔美系(CTf)(1)，質地為坋質粘壤土，強酸性反應，排水良好，有機質0.46%，有效性磷45ppm，鉀207ppm，鈣1,407ppm，鎂150ppm，鐵70ppm。化學肥料採用尿素、過磷酸鈣、氯化鉀，堆肥採用財爺牌有機質肥料(pH 6.8、含

---

[1] 台中區農業改良場研究報告 0201 號。

[2] 台中區農業改良場助理研究員、助理、技工及助理研究員。

有機質32.2%、氮1.14%、磷0.77%、鉀0.36%、鈉0.37%、鈣2.53%、鎂0.49%、硼0.1%、CEC44me/100g、及其他微量元素)，土壤改良資材採用石灰石粉(含CaO 54.2%、MgO 1.8%)、白雲石灰(？資牌，含CaO 55.5%、MgO 20.6%)，SH添加物[15](蔗渣粉4.4%、穀殼粉8.4%、蚵殼粉4.25%、尿素8.25%、硝酸鉀1.04%、過磷酸鈣13.16%與？灰(矽酸爐渣60.5%))等。土壤改良資材於播種前二週於整地時充分混入土壤中，堆肥及過磷酸鈣全量，尿素1/4及氯化鉀2/3於播種前撒施混入土壤中當基肥，其餘氮肥升三次、鉀肥分二次，於蘿蔔發芽後每隔14天施用於行間後覆土，其他一般栽培管理均按推薦栽培法實施[3,5,19]，並在試驗前後採取土壤及植物體分析土壤肥力及營養狀況[2]供為試驗結果之參考。埔里試區於1987年8月9日播種，8月15日發芽，10月20日收穫，生育日數73天。南投試區於1988年7月20日播種，7月25日發芽，9月26日收穫，生育日數67天。本試驗採用裂區設計，堆肥10ton/ha施用與否二級為主區，土壤改良資材五種為副區，組合成10處理，四重複，計40小區，小區面積2m×8m=16m^2，五行區，行株距30cm×25cm，點播方式，每穴2~3粒，於發芽後間拔，計每小區留160株。三要素化學肥料用量各處理固定為N 120-P_2O_5 90-K_2O 120kg/ha。其試驗處理如下：

主區處理：
H：堆肥10ton/ha
O：對照區 0t/ha

副區處理：
A.石灰石粉2,000kg/ha區
B.白雲石灰2,000kg/ha區
C.石灰爐渣2,000kg/ha區
D.SH添加物800kg/he區
E.對照區

表一、試區之土壤肥力分析

Table 1. Analysis of soil fertility of trial field[1]

Location	Soil depth (cm)	pH 1:1 Soil/H_2O	OM (%)	Available cations (ppm)				
				P	K	Ca	Mg	Fe
Puli	0-20	5.0	1.52	79	92	949	69	70
	20-40	4.9	1.27	77	73	1,096	79	71
Nantou	0-20	5.3	0.46	45	207	1,047	150	70
	20-40	5.2	0.50	42	195	966	149	72

[1.] Soil samples were collected before sowing and analyzed following the methods described in soil testing and plant analysis. [(2)]

結果與討論

對土壤肥力之影響

本試驗之兩試區土壤均屬強酸性紅壤，為本省中部地區栽培蘿蔔之重要產區[4]。由於紅壤土壤的特性為剖面質地較為粘重，土壤有機質及鈣、鎂等鹽基含量低，為肥力較差之土壤，欲使作物生長良好，必須加以補充肥料及改良土壤酸性[6,9,13,20,21]。本試驗採用多種不同石灰類的土壤改良資材，包括石灰石粉、白雲石灰、石灰爐渣及SH添加物等，以瞭解對紅壤之土壤性質及改善土壤酸性之效果。試驗結果顯示不論施用那一種石灰資材，一般可提高土壤pH值約0.1~0.3個單位，並且有增加土壤中有效性陽離子如磷、鉀、鈣、鎂等含量的效果，但土

壤中鐵含量則有降低的現象。一般施用石灰類土壤改良劑於酸性土壤中，除直接提供鈣離子外，能有改善土壤團粒構造及增加土壤鉗合或吸附鹽基離子的功效化[6,13]。在強酸土壤中常有氫離子及鐵、鋁、鋅等金屬離子的累積過量而造成毒害作用[13]。因此，本試驗施用石灰類土壤改良資材後不僅提高土壤pH值，且能增加土壤中植物營養要素的有效性及含量。而且土壤pH值的提高，亦可能增加鐵化合物的溶解性，使土壤中鐵含量呈現降低的結果(表二)。由於紅壤中有機質含量較低，而有機質具有促進土壤微生物活動，改善土壤構造的功效，且有機質分解後會釋出植物營養要素，可補充土壤養分之不足。所以對土壤理化性質之改良有莫大助益[13,20]。本試驗中在施用堆肥10t/ha，土壤有機質含量可增加約0.6~1.1%之多(表二)，顯然在改良紅壤之土壤肥力時，堆肥之施用應列為主要措施之一。

表二、試驗後土壤肥力分析

Table 2. Analysis of soil fertility after trial

Location	Treatment[1]	pH 1:1 Soil/H2O	OM (%)	Available cations (ppm)				
				P	K	Ca	Mg	Fe
Puli	H	5.2	2.70	96	123	1289	85	57
	O	5.1	1.53	95	116	1029	80	63
	A	5.3	2.13	100	118	1294	86	59
	B	5.3	2.15	98	126	1308	80	60
	C	5.3	2.15	94	118	1368	77	57
	D	5.1	2.07	98	123	1153	85	62
	E	5.0	2.19	90	114	1123	83	63
Nantou	H	5.5	1.14	53	234	1403	163	66
	O	5.3	0.59	49	237	1378	166	67
	A	5.6	0.92	51	218	1482	177	63
	B	5.6	0.85	51	280	1491	171	66
	C	5.6	0.85	52	239	1486	165	67
	D	5.6	0.82	52	230	1437	157	67
	E	5.3	0.87	48	214	1054	153	70

[1] H: Compost (10 t/ha), O: Control, A: Lime (2000 kg/ha).
B: Dolomite lime (2000 kg/ha), C: Basic slag (2000 kg/ha).
D: S-H mixture (800 kg/ha), E: Control.

蘿蔔塊根養分濃度之影響

作物之生長與土壤肥力高低息息相關[2,13,24]。一般經由土壤肥力分析可以診斷作物生育之良好與否[8]。為瞭解本試驗施用石灰類土壤改良資材後土壤肥力變化對蘿蔔產量之影響，特將本試驗所測得之土壤肥力與蘿蔔產量二者作相關分析，結果顯示如表三，土壤pH值，有機質含量及有效磷、鉀、鈣含量與蘿蔔產量有顯著的正相關，而土壤中鐵含量與蘿蔔產量則為負相關。這顯示土壤性質中以pH值、有機質、磷、鉀及鈣等能促進蘿蔔生育及增加蘿蔔產量，而土壤中鐵含量過高則會抑制蘿蔔生育以致於造成減產。又由蘿蔔塊根養分濃度與蘿蔔產量之相關性分析結果顯示(表四)，蘿蔔塊根中磷、鉀及鈣含量與蘿蔔產量有顯著正相關。因此，蘿蔔產量與土壤及塊根中磷、鉀及鈣含量有密切關係。

表三、土壤肥力對蘿蔔產量之相關性分析

Table 3. Linear correlation coefficients of soil fertility and the yield of radish

Location	pH	OM (%)	Available cations (ppm)				
			P	K	Ca	Mg	Fe
Puli	0.6134*[1]	0.6541*	0.8106**	0.6386*	0.6085*	0.5425	-0.6227*
Nantou	0.7352**	0.6768*	0.9081**	0.7273**	0.6626*	0.5058	-0.6127*

[1.] *,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

表四、蘿蔔塊根養分濃度對蘿蔔產量之相關性分析

Table 4. Linear correlation coefficients of root nutrients concentration and yield of radish

Location	N	P	K	Ca	Mg	Fe
Puli	0.4325	0.6477*[1]	0.6732*	0.6164*	0.5111	0.4451
Nantou	0.4128	0.6096*	0.6681*	0.6786*	0.5323	0.4336

[1.] *,** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

對蘿蔔園藝性狀及產量之影響

在蘿蔔園藝性狀及產量調查結果顯示(表五)，施用堆肥對蘿蔔根重有顯著效果，在南投試區可增產約5.6%，但埔里試區則無顯著增產效果，這可能是該地土壤有機質含量較南投試區為高而不能表現出堆肥效應的緣故。在施用石灰類土壤改良資材之處理間，蘿蔔鮮葉重、根重、根徑、根比重及產量均有顯著差異，其中以S-H添加物處理效果最佳，這可能是S-H添加物含有石灰及氮、磷成分較高，可改善土壤酸性及抑制病害發生，促進蘿蔔發育所致[(15)]。其次為石灰爐渣處理區，而一般施用石灰之處理效果均比對照區為優。顯示在強酸性紅壤施用有機質堆肥或石灰改良劑對蘿蔔生育均有良好效果。

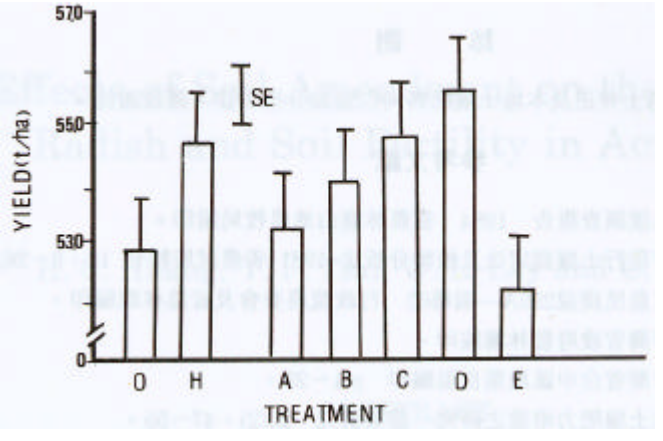
表五、蘿蔔園藝性狀及產量調查

Table 5. The yield and horticultural characteristics of radish

Treatment[1]		FLW[2] (gm)	FRW[3] (gm)	Root size (cm)	Radish/water ratio	Yield (t/ha)	Indices (%)
Puli	H	138a[4]	547a	8.6a	1.03a	55.1a	101.8
	O	134b	538b	8.3b	1.02a	54.1a	100.0
	A	142a	538cd	8.4bc	1.02ab	53.8b	102.1
	B	142a	543bc	8.5b	1.04a	54.6b	103.6
	C	138a	554ab	8.6ab	1.05a	55.3ab	104.9
	D	143a	561a	8.8a	1.05a	56.1a	106.5
	E	121b	528d	8.2c	0.99b	52.7b	100.0
Nantou	H	145a	546a	6.5a	1.04a	55.0a	105.6
	O	141a	519b	6.5a	1.02a	52.1b	100.0
	A	143b	526cd	6.3b	1.03a	52.6c	101.5
	B	145b	535bc	6.7a	1.05a	54.7bc	103.3
	C	146b	543ab	6.6ab	1.05a	54.7ab	105.6
	D	149a	551a	6.8a	1.05a	55.1a	106.4
	E	137c	518d	6.1b	0.99b	51.8c	100.0

[1.] Same as table 2.
[2.] Fresh leaf weight.
[3.] Fresh root weight.
[4.] Means in each column with the same letter are not significantly different at 1% level by Duncan's multiple range test.

本試驗以施用堆肥者較不施堆肥者對蘿蔔產量有增產效果，此與曾氏等[10]在蔬菜園以有機肥料配合化學肥料施用有良好增產效果相吻合。在施用石灰類土壤改良資材結果，兩地均以施用S-H添加物處理區產量最高(表五)，埔里試區較對照區增產達6.5%，南投試區增產6.4%，石灰爐渣處理區埔里增產4.9%，南投增產5.6%，兩地白雲石灰區及石灰石粉區均有增產的效果，對照區兩地產量均為最低。顯示強酸性土壤施用土壤改良資材可增加蘿蔔產量，而在施用堆肥情形下施用石灰類土壤改良資材亦優於不施用堆肥效果[24]。由圖一顯示兩試區，在施用堆肥與否情況下，以施用堆肥之平均產量55t/ha，較無堆肥處理增產3.9% (1.95t/ha)，達顯著差異，顯示蘿蔔產量隨堆肥用量而增加。而在不同土壤改良資材中以施用S-H添加物800kg/ha處理平均產量55.6t/ha最高，較三要素對照區增產6.4%(3.35t/ha)，石灰爐渣2,000kg/ha處理平均產量為55.0t/ha，增產5.3% (2.75t/ha)，白雲石灰處理增產4.6% (2.40t/ha)，石灰石粉處理增產1.8% (0.95t/ha)，三要素對照區平均產量52.25t/ha為最低，各處理間達顯著差異，且以S-H添加物及石灰爐渣對蘿蔔有顯著增產效果。



圖一、堆肥及不同土壤改良資材對蘿蔔產量之影響。

Fig. 1. Effects of compost and soil amendment on the yield of radish.
O: Control, H: Compost (10 t/ha), A: Lime (2000 kg/ha), B: Dolomite lime (2000 kg/ha)
C: Basic slag (2000 kg/ha), D: S-H mixture (800 kg/ha), E: control.

誌　謝

本試? 承農委會黃山內博士斧正及本場土壤肥料同仁協助分析工作，謹致謝忱。

參考文獻

1. 南投縣、彰化縣山坡地土壤調查報告 1984 省農林廳山地農牧局編印。
2. 作物需肥診斷技術－本省現行土壤測定法及植物分析法 1981 省農試所特刊13:9-26, 53-59。
3. 夏季蔬菜栽培法 1985 農民淺說299A－園藝63 行政院農委會及省農林廳編印。
4. 台灣農業年報 1989 台灣省政府農林廳編印。
5. 蔬菜栽培手冊 1972 台灣省台中區農業良場編印 p.1-25。

6. 李子純 1971 酸性紅壤土壤肥力增進之研究 農業研究 20(2):47-55。
7. 沈再發 1986 蔬菜研究及生產改進研討會專刊 p.86-97。
8. 林家芬 1967 台灣省農田肥力測定 省農試所試驗報告第29號。
9. 紀秋來 1986 酸性土壤之特性及管理 啟農雜誌 25:14-15。
10. 曾潤錦、謝昱光 1982 蔬菜園有機肥料與化學肥料配合試驗 省農林廳土壤肥料試驗報告 p.141-165。
11. 曾潤錦等 1986 蔬菜施肥管理改進試驗 省農林廳土壤肥料試驗報告 p.237-255。
12. 陸之琳 1974 蔬菜 科學農業 22(5-6):186-187。
13. 郭魁士 1977 土壤學 中國書局印行 p.231-237。
14. 孫守恭、黃振文 1984 為害嚴重的蘿蔔黃菜病 豐年 34(15):39-40。
15. 孫守恭 1989 土壤添加物在病害防治上之應用 有機農業研討會專集 台中區農業改良場特刊 No. 6 p.141-155。
16. 黃武林 1979 台灣土壤改良及肥料示範管理實況 台灣農業 15(4):79。
17. 黃祥慶 1975 酸性土壤改良與作物生長及產量之關係 省農林廳土壤肥料試驗報告 p.25-97。
18. 諶克終 1982 蔬菜園藝學 國立編譯館出版。
19. 富農 1981 談蘿蔔的栽培法 台菸月刊 18(12):27。
20. 劉黔蘭、莊作權 台灣紅壤之理化性與黏土礦物特性 中國農業化學會誌 24(4):430-442。
21. 曉容譯 1986 土壤酸化的原因 興農 215:41-43。
22. Cutcliffe, J. A. 1984. Effects of added limestone and potassium on yield and storage losses of cabbage. Canadian Journal of Plant Science. 64(2):391-595.
23. Chang, S. C. 1961. Response of rice to lime in Taiwan. Chinese-American Joint Commiss ion on Rural Reconstruction, Plant Industry Series No. 20:52.
24. Su, N. R. 1972. The fertility status of Taiwan soils. ASPAC/FFAC Technical Bulletin No. 8:16-95.

Effects of Soil Amendment on the Yield of Radish and Soil Fertility in Acid Soil[1]

H. C. Huang, Y. F. Tsai, W. L. Lay and C. T. Wang[2]

ABSTRACT

In order to understand the effect of using soil amendment on the yield of radish and soil fertility in acid soil, the field experiments were carried out at Puli and Nantou. Results showed that there were significant effects on the growth and the yield of radish in the applicaton of organic compost and soil amendment. The yield of radish in the treatment of S-H mixture (800 kg/ha) and basic slag (2000 kg/ha) were the best, which was 55.6 t/ha and 55.0 t/ha, and the increased rate were 6.4% and 5.3%, respectively. By amending the soil with soil amendment, it could increase soil pH and the available of soil P, K, Ca, but reduced the contents of soil Fe. Obviously, soil fertility was well improved by soil amendment.

Key words: radish, yield, soil amendment, soil fertility.

---

1. Contribution No.0205 from Taichung DAIS.

2. Assistant Soil Scientist, Assistant, Field Assistant and Assistant Soil Scientist of Taichung DAIS, respectively.