

施肥對設施有機蔬菜穩定生產及土壤性質之影響研究

蔡永暉¹、張耘誠²、徐卉明²

摘 要

本研究目的係探討施肥對設施內土壤性質及有機蔬菜生長量之影響，做為設施內生產有機蔬菜肥培管理之參考。試驗地點於高雄區農業改良場旗南分場簡易溫室內進行。試驗時間自 1999 年 8 月起至 2003 年 6 月止，共計 4 年 32 期作。供試蔬菜為甕菜、白菜、萵苣、菠菜、莧菜、甘藍、大頭菜、小松菜等不同葉菜類。肥料處理以化學肥料(CF)及不施肥(CK)為對照，另設四等級堆肥用量處理 (M 1、M2、M3 與 M4)，共六種處理，試驗設計採逢機完全區集排列，每處理重複四次。化肥區及堆肥區每期作施肥量，得視作物生育情形，及土壤肥力累積情形，停止施肥或減少用量。試驗期間以自然農法管理，不噴施任何化學藥劑。作物採收後進行土壤採樣，分析酸鹼度、飽和導電度、總氮、硝酸態氮、銨態氮、Mehlich III 可萃取磷與鉀、有機質等。試驗結果顯示在設施環境條件下，周年種植有機蔬菜可以穩定生產，具有推廣性。施肥後土壤肥力達到某一程度，每期作施肥並非必要。植物生長會因土壤鹽害發生而減產，而產量與土壤因子的 EC 值、有效鉀、硝態氮、有機質、總氮、及有效磷等含量具有正相關性。利用這此土壤性質為指標，可以進行精準推荐施肥，防止鹽害發生，確保農地永續經營。

關鍵語：設施、施肥、鹽害、有機蔬菜

¹ 高雄區農業改良場研究員兼分場主任

² 台灣大學農業化學系研究生

前 言

依據台灣農業年報的統計⁽⁹⁾，近五年來政府每年支出「農業天然災害現金救助」的金額約 10 億元。其中夏季災害救助約佔 80%，救助範圍包括豪雨、颱風及病蟲害等農業損失。這些農業損失，又以蔬菜類最容易受害，因此，如何降低災害風險^(5,12)，穩定生產有機蔬菜，是各界推動永續農業應加以深思的問題。

運用設施模式抵抗病蟲害及天然災害，是現代農業重要技術的一環。設施模式具有多樣性^(4,14)，包括簡易網室、塑膠布溫室及環控溫室等。其中符合周年穩定生產，且成本較低，容易被一般農友接受的設施，仍以隧道式簡易溫網室較為可行⁽¹⁴⁾。設施設計重點是防止高溫⁽⁴⁾、有利通風及避免病蟲為害。設施生產模式，需要計畫性生產，可周年生產有機蔬菜，亦可採用「夏菜冬花」或「夏菜冬果」等生產模式，以提高經濟效益及設施使用率。

設施內環境與露地迥然不同^(6,11)，夏季設施內的高溫，有利於形成良好結構的土壤。強烈的蒸散流，促使土壤結構孔隙化，亦促使土壤底層養分向上移動，有利於水分養分向上輸送及作物根系發展。另外，設施內缺乏雨水的淋洗，養分不易流失，施肥後鹽分容易累積，因此，施肥量必然需要檢討^(2,3,7,8,16,19)。

設施內的蔬菜作物，因有紗網保護，病蟲害較容易獲得控制^(1,6)，只要栽培方法正確，應可以完全排除使用化學資材，達到純有機生產之目的。田間病害發生，主要是水分太多，根系腐敗，病菌乘隙侵入⁽¹⁾。因此，設施四周需築高田埂，防止雨水入侵，灌溉水口埋置水管，平時封口，灌排水才開啟使用，以確保水分適當。蟲害發生，主要是蚜蟲及黃條葉蟲。以春季發生率較高，雨季來臨後可大幅降低⁽¹¹⁾。防治方法，以實施清園為主，蔬菜採收後立即清園，並將田間雜草及作物殘體全部清除，斷絕害蟲食物來源^(1,6,11)。若蟲害仍持續發生，可再考慮輪作忌避作物^(1,6,11)，例如不同科的蔬菜，萵苣、莧菜、蕹菜等，以防範未然。為進一步減少蟲害發生，利用穴盤苗定植⁽¹¹⁾，縮短田間生育日數，亦為一可行性方法。

設施內很少有外來草種，雜草防治應以土中草量逐年減少為原則^(10,13)。而除草時期，主要是雜草開花前，就需加以耕除，以防止草籽散佈。另外，選擇穴盤苗定植，增加蔬菜生長競爭優勢，使雜草受遮蔭影響，相對處於生長劣勢。此外，採用少次多量法灌溉，亦可降低雜草量；而施用堆肥種類，需要注意食草性畜牧堆肥，可能帶來外來草種，必須經高熱腐熟，以降低草種發芽率。

台灣天然災害極多，發展設施栽培勢在必行。選擇可以防風、防雨、防

蟲，且成本較低的設施，以穩定有機蔬菜生產。而欲生產品質良好的有機蔬菜，尚需加強肥培管理技術^(15,17,18)，以確保商品品質，及農地永續經營；此為本試驗主要目的之一。

材料與方法

一、時間與地點：

本試驗自民國 88 年夏作起至 92 年夏作止，共計 4 年 32 期作。試驗地點為高雄區農業改良場旗南分場之簡易鋸管塑膠布隧道式設施，每棟設施長 36 m，寬 4.5 m，高 2.7 m，以 0.5~1 英寸鋸管為骨架，上面覆蓋 32 目紗網及 PE 塑膠布。供試土壤母質，為石灰性砂頁岩及粘板岩混合沖積土，和興土系(Cw)，表底土均為壤土，底土 pH 約為 7.5，排水不完全。

二、供試作物與播種期：

以葉菜類蔬菜為主，各作播種期與供試作物如下。

- (一)第一年：期作 1~6，分別於 88 年 8 月、11 月、89 年 3 月、5 月、6 月、7 月定植結球白菜、甘藍、大頭菜、白菜、白菜、白菜等共六作。
- (二)第二年：期作 7~15，分別於 89 年 8 月、10 月、11 月、12 月、90 年 2 月、3 月、4 月、6 月、7 月定植白菜、白菜、白菜、白菜、白菜、萵苣、白莧菜、白菜、蕹菜等共九作。
- (三)第三年：期作 16~23，分別於 90 年 10 月、11 月、12 月、91 年 2 月、4 月、5 月、6 月、7 月定植白菜、白菜、萵苣、菠菜、白菜、萵苣、白菜、白莧菜等共八作。
- (四)第四年：期作 24~32，分別於 91 年 8 月、9 月、10 月、11 月、12 月、92 年 1 月、4 月、5 月、6 月定植白莧菜、白菜、白菜、白菜、白菜、茼蒿、菠菜、小松菜、綠莧菜等共九作。

三、施肥處理：

設六種施肥處理，四重複，逢機完全區集排列，小區面積為 1.5 m× 6 m。六種處理中，設置堆肥用量四級處理(M1、M2、M3、M4)，並以無肥區(M0)及化肥區(CF)為對照。堆肥用量區，施肥量前二年分別為 40、80、120、160 t/ha/year，第三年為 25、50、75、100 t/ha/year，第四年為 20、40、60、80 t/ha/year。化肥區三要素用量，第一年總施入量為 1060:500:690 kg/ha/year，第二年為 450:240:300 kg/ha/year，第三年為 180:60:100 kg/ha/year，第四年為 140:35:70 kg/ha/year。施肥量逐年減少，原因係作物發生鹽害，後作視土壤肥力狀況，減少或停止施肥，堆肥區期作 5、6、8、9、11、18、20、21、24、25、26、30、31 停施堆肥，而化肥區期作 5、6、

9、15、18、21、24、25、26、30、31 亦停施化肥。每期作施用堆肥時，於定植前全量使用，以整地方式混入土中，或以不整地開溝覆土方式混入土中。化肥區施肥則視作物生育期長短，調節施肥 1~3 次。

四、供試堆肥：

各期作施用堆肥的種類有異，以下列四種輪流施用為原則，其基本性質，如表 1 所示。堆肥 A 以粕類及太空包廢棄物為主，堆肥 B 以無機鹽及蝦蟹殼為主，堆肥 C 以動物羽毛為主，堆肥 D 以純植物殘體為主。堆肥 C 呈酸性反應，且可溶性鹽含量最高。

表 1. 供試堆肥之一些化學性質

Table 1. Some selected chemical properties of the composts used in the study

Compost	A	B	C	D
pH (1:5)	8.02	7.54	5.42	8.23
EC (1:5), dS/m	5.44	11.60	13.77	6.41
O.M,%	80.9	65.4	65.0	52.0
Total N, g/kg	21.0	40.4	30.4	15.0
Total P, g/kg	4.79	8.9	7.7	3.8
Total K, g/kg	13.3	17.3	9.7	33.5

五、栽培管理：

為提高蔬菜品質，除化肥區施用化肥之外，其餘均以有機農法進行田間管理，不噴任何化學藥劑。為控制田間病蟲害發生，本試驗採用穴盤苗定植，以縮短田間生育天數，每次採收後進行清園，以減少作物感染，灌溉方式採用溝灌，以減少病害發生，灌溉次數每期作約 1~2 次，以增加根部生長量，並採用輪作方式，視蟲害發生情形，與忌避蔬菜輪作，另外，為避免表土流失，儘量採用不整地耕犁法，以保育土壤。

六、採樣：

土壤於蔬菜採收後進行表土採樣。分析 pH 值(1:1)、飽和 EC 值、有機質含量、總氮、Mehlich III 有效磷、Mehlich III 有效鉀、銨態與硝酸態氮。

結果與討論

一、蔬菜生長量

施肥對各期作蔬菜生物產量、相對產量、單株鮮重、及健株率之影響，如表 2、3、4、5 所示。

表 2. 第一年各期作蔬菜生物產量、相對產量、單株鮮重及健株率(%)
 Table 2. Yield, relative yield, fresh weight, and survival rate for vegetables planted at different seasons in 1st year.

Crops Treat.	1 結球白菜	2 甘藍	3 大頭菜	4 白菜	5 白菜	6 白菜	AVG
Yield (t/ha)							
CF	43.2	79.9	6.2	13.1	-- ¹	9.09	30.3
CK	31.7	61.8	4.3	7.5	--	5.76	22.2
M1	35.5	83.5	7.3	13.5	--	6.82	29.3
M2	41.3	78.0	7.0	12.3	--	7.50	29.2
M3	30.8	77.2	8.2	10.5	--	8.11	27.0
M4	35.7	78.0	8.2	8.7	--	7.68	27.7
LSD5%	8.5			5.6		2.91	5.6
Relative yield (%)							
CF	100	100	100	100	--	100	100
CK	73	77	69	57	--	63	68
M1	82	105	118	103	--	75	97
M2	96	98	113	94	--	83	97
M3	71	97	132	80	--	89	94
M4	83	98	132	66	--	84	93
F. wt (g/p)							
CF	1183	2706	408	98	--	62	891
CK	889	2028	344	58	--	39	672
M1	938	2635	500	92	--	44	842
M2	1048	2554	554	92	--	52	860
M3	940	2407	584	87	--	53	814
M4	1108	2458	507	81	--	53	841
LSD5%	217			30		18.8	
Survival rate (%)							
CF	62	88	85	80	--	92	81
CK	67	92	75	76	--	90	80
M1	65	95	82	86	--	95	85
M2	54	92	72	79	--	92	78
M3	80	97	77	71	--	97	84
M4	84	95	87	64	--	90	84
LSD5%	30			19		9	

¹ 浸水受害產量不計

表 3. 第二年各期作蔬菜生物產量、相對產量、單株鮮重及健株率(%)
 Table 3. Yield, relative yield, fresh weight, and survival rate for vegetables planted at different seasons in 2nd. year.

Crops Treat.	7白菜	8白菜	9白菜	10白菜	11白菜	12高苣	13白莧菜	14白菜	15薺菜	AVG
Yield (t/ha)										
CF	7.5	8.0	15.2	9.04	14.3	22.0	5.38	5.50	34.1	13.5
CK	6.2	7.4	9.7	4.97	6.4	17.8	3.00	6.77	25.1	9.7
M1	7.1	8.7	11.6	7.78	7.2	22.8	2.39	6.81	32.9	11.9
M2	8.1	9.2	14.0	7.26	8.2	25.8	5.19	7.36	37.0	13.6
M3	9.0	10.7	13.5	8.05	7.0	27.6	6.28	8.41	35.4	14.0
M4	8.6	10.5	13.3	7.83	8.6	28.4	6.02	7.53	33.6	13.8
LSD5%	7.7	2.9	3.6	2.16	3.6	4.5	2.07	2.27		
Relative yield (%)										
CF	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CK	83	92	64	55	44	81	55	123	74	75
M1	95	108	76	86	50	104	44	124	96	87
M2	108	115	92	80	57	117	96	134	108	101
M3	120	133	89	89	49	125	116	153	104	109
M4	115	130	88	87	60	129	111	137	99	106
F. wt (g/p)										
CF	57	45	100	59	94	253	42	46	27	80
CK	44	39	65	32	42	211	24	56	21	59
M1	51	45	75	49	47	262	22	55	25	70
M2	62	52	91	47	55	298	42	60	28	82
M3	63	56	87	50	46	332	47	68	28	86
M4	66	55	86	50	59	323	49	60	27	86
LSD5%	13.4	12.6	20.2	11.8	20.9	52	15	18.5		
Survival rate (%)										
CF	79	79	91	92	91	99	99	91	99	91
CK	85	85	90	92	91	95	99	94	100	92
M1	85	87	93	95	92	99	88	94	99	92
M2	77	87	91	93	90	98	100	97	100	93
M3	86	94	95	97	92	94	99	93	100	94
M4	77	92	93	93	88	99	99	96	100	93
LSD5%	8	12	8	10.3	13	13	7	8		

表 4. 第三年各期作蔬菜生物產量、相對產量、單株鮮重及健株率(%)
 Table 4. Yield, relative yield, fresh weight, and survival rate for vegetables
 planted at different seasons in 3rd. year.

Crops Treat.	16 白菜	17 白菜	18 義蒿	19 菠菜	20 白菜	21 義蒿	22 白菜	23 白莧菜	AVG
Yield (t/ha)									
CF	21.1	14.7	33.2	6.2	25.8	4.1	4.7	2.4	15.1
CK	15.0	6.3	21.7	3.1	13.0	3.1	3.5	2.0	9.6
M1	28.0	18.3	36.4	5.7	22.0	5.8	4.0	2.9	16.1
M2	27.3	22.9	47.6	9.4	27.6	6.9	3.3	3.1	19.2
M3	26.7	21.3	54.8	10.6	29.0	10.1	3.0	3.7	20.3
M4	17.9	15.4	49.8	11.1	27.5	11.2	3.8	3.1	18.1
LSD5%							3.2	1.1	
Relative yield (%)									
CF	100	100	100	100	100	100	100	100	100
CK	71	43	65	49	50	76	74	83	66
M1	133	125	110	91	85	141	87	124	111
M2	130	156	143	150	107	168	70	134	134
M3	127	146	165	170	112	246	65	155	149
M4	85	105	150	179	107	273	82	131	140
F. wt (g/p)									
CF	169	113	378	42	207	54	45	15	107
CK	123	50	255	21	108	38	31	13	68
M1	217	139	411	39	175	70	38	18	116
M2	223	180	567	65	215	89	32	20	146
M3	219	164	614	65	234	122	28	24	154
M4	175	128	579	73	235	143	42	22	147
LSD5%							24.9	6.5	
Survival rate (%)									
CF	94	99	100	78	93	88	80	94	91
CK	93	95	99	76	92	94	86	89	91
M1	91	100	100	72	97	93	78	96	91
M2	78	99	99	74	96	92	78	95	89
M3	69	98	99	79	92	95	79	92	88
M4	59	95	99	80	87	92	66	88	83
LSD5%							16	6.4	

表 5. 第四年各期作蔬菜生物產量、相對產量、單株鮮重及健株率(%)
Table5. Yield, relative yield, fresh weight, and survival rate for vegetables
planted at different seasons in 4th. year.

Crops Treat.	24 白莧菜	25 白菜	26 白菜	27 白菜	28 白菜	29 茼蒿	30 菠菜 ¹	31 小松菜	32 白莧菜	AVG
Yield (t/ha)										
CF	4.3	18.3	17.4	13.0	14.9	52.2	--	10.9	3.72	16.8
CK	3.1	13.7	14.0	4.9	6.9	35.3	--	9.7	2.63	11.3
M1	4.9	19.2	21.4	9.5	12.1	44.1	--	10.2	3.58	15.6
M2	7.3	21.4	22.5	11.9	14.7	47.8	--	10.7	4.77	17.6
M3	8.3	22.2	25.2	15.7	14.0	54.0	--	10.9	4.79	19.4
M4	8.0	23.1	24.4	15.2	16.1	53.8	--	11.5	4.88	19.6
LSD5%	1.7	4.9	6.3		5.29			4.57		
Relative yield (%)										
CF	100	100	100	100	100	100	--	100	100	100
CK	72	75	80	38	47	68	--	89	71	68
M1	116	105	123	73	81	84	--	94	96	97
M2	171	116	129	91	98	91	--	98	128	115
M3	195	121	145	121	94	103	--	100	129	126
M4	188	126	140	117	108	103	--	105	131	127
F. wt (g/p)										
CF	22	99.0	92.3	68.1	80.9	34.5	--	58.4	20.8	59.5
CK	17	72.7	74.6	26.1	36.8	29.3	--	54.3	14.3	40.6
M1	26	102.7	111.1	52.4	63.7	32.8	--	57.9	19.7	58.3
M2	39	111.8	122.7	61.3	76.4	36.5	--	58.2	27.6	66.7
M3	44	115.6	128.0	78.7	71.7	38.7	--	59.1	26.2	70.3
M4	44	127.0	135.0	84.3	85.1	40.5	--	64.9	28.6	76.2
LSD5%	7.7	24.6	28.0	20.3	26.2			20.0	8.0	
Survival rate (%)										
CF	98	94	98	98	95	99	--	96	92	96
CK	94	97	95	96	96	98	--	94	97	96
M1	95	95	98	94	96	98	--	91	93	95
M2	97	98	97	98	98	97	--	95	87	96
M3	95	96	98	99	96	99	--	95	95	97
M4	94	93	93	95	100	99	--	93	88	94
LSD5%	4.2	4.6	6.4	6.7	4.8	2.7		7.1	10.3	

¹ 播種期太晚生育不佳產量不計

單位面積產量的構成因素，主要是健株率及單株鮮重。健株率高低，受土壤施肥、病蟲害發生及其他管理技術之影響。試驗的平均健株率，各年度依序為 82%、93%、89%、96%。除第一年偏低之外，其餘各年均可達 89% 以上，尤其最後一年，高達 96%，顯示田間管理技術愈趨穩定。各處理間健株率的影響顯示，第一年無顯著差別，第二年期作 7 及期作 8 的化肥區顯著偏低，第三年期作 16 及期作 22 的堆肥區亦顯著偏低，尤其是 M4 堆肥區特別明顯，第四年各處理恢復正常，處理間已無顯著差異。顯示施肥對健株率之影響，化肥區於第二年，堆肥區於第三年開始出現缺株現象，且施肥愈多，缺株率愈高。經調降或停止施肥後，不論化肥區或堆肥區，健株率均可逐漸恢復，至第四年已完全改善。另外，第一年的化學區施肥量，係以露地土壤的推薦量施用，仍造成缺株現象，顯示露地的施肥推薦量不適用設施內的土壤。

單株鮮重高低，受品種、播種季節、生育日數及肥培管理等因素之影響。以白菜為例，本試驗共定植 17 次，田間生育日數 19~27 天，最高單株鮮重達 235 g，最低鮮重僅 26 g，顯示有極大之差異。白菜播種季節，以 4 月及 10 月播種者較優，單株鮮重分別為 108~235 g 及 39~223 g，而 6 月份播種者較小僅 28~68 g。播種期與品種均相同，單株的生長量仍會有差異，以期作 16 及期作 26 為例，兩者均於 10 月定植，生育日數 26 天，品種均為尼龍白菜，各處理的單株鮮重，期作 16 分別為 169、123、217、223、219、175 g，而期作 26 分別為 92、75、111、123、128、135 g，除處理間有極顯著的差異外，兩期作的生長量差異，幾乎可達二倍。單株鮮重的差異，處理間第一年化肥區最高，第二及第三年 M3 堆肥區最高，第四年 M4 堆肥區最高，顯示堆肥的處理效果，隨著時間增加，效果愈明顯，而化肥區較不受影響。

無肥區經四年試驗後，與化肥區比較，平均產量減產 31%，各年度依次減產 32%、25%、34%、32%，顯示減產幅度穩定，且並無逐年擴大的趨勢。另以白菜產量為例，無肥區期作 16 產量最高可達 15 t/ha，而期作 22 產量最低亦可維持 3.5 t/ha，兩者若與同期的化肥區比較，亦僅分別減產 29% 及 26%，同樣顯示減產幅度亦未特別增加。無肥區維持相當生長量的養分來源，主要是供試土壤的肥力及灌溉水質。

堆肥區有逐年增產趨勢。若與化肥區比較，四個堆肥用量區，依次為第一年 -3%、-3%、-6%、-7%，第二年 -13%、1%、9%、6%，第三年 11%、34%、49%、40%，第四年 -3%、15%、26%、27%；平均第一年比化肥區減產 5%，第二年增產 1%，第三年增產 34%，第四年增產 16%，顯示堆肥區產量逐年遞增，且高量堆肥區較為明顯，其趨勢與單株重相似，第二年及第

三年以 M3 處理區最佳，第四年以 M4 處理區最佳。各期作的堆肥區，大部分均比化肥區高，但期作間有差異，例如期作 21、24、19、18、17，增幅較大，分別達 107%、68%、48%、42%、及 33%，而期作 20、15 增幅較低，分別僅 3% 及 2%。增產的蔬菜種類，幾乎包括各種供試作物，例如義大利萵苣、萵菜、菠菜、及白菜等。亦有少數期作堆肥區明顯比化肥區低，例如期作 22 減產 24%，期作 28 減產 5%，主要原因是受土壤鹽害之影響，將另於土壤性質中加以討論。

二、土壤性質變遷

(一) 土壤 pH 及 EC 值

設施內環境與露地迥然不同，設施內的夏季高溫，高達 50°C 以上，強烈的蒸散流，促使土壤底層水分與養分向上輸送，亦促使土壤結構孔隙化，有利於形成良好的土壤結構。加上，設施內缺乏雨水淋洗，且灌溉次數每期作僅 1~2 次，更易造成土壤養分的累積。長期經營後，土壤的理化性質，必然異於露地田；因此，以露地田的施肥量應用於設施內土壤，將會發生問題，特別是養分累積的問題。

依據本試驗結果，長期施肥對設施土壤表層 pH 及飽和 EC 值的影響，如表 6、7 所示。

化肥區的施肥量，第一年係以露地田的推薦量全量施用，第二年調降至推薦量的 2/5，第三年再降至推薦量的 1/6，第四年更降至推薦量的 1/7。施用化肥對土壤 pH 及 EC 值有顯著的影響，施用後第 1、2、3 年，土壤表層 pH 值分別為 5.07、6.58、7.13，而土壤飽和 EC 值分別為 3.79、2.60、2.44 dS/m。顯示，第一年依照露地田推薦量全量施肥，土壤 pH 會酸化達 5.07，而土壤 EC 值高達 3.79 dS/m，形成假性酸性土壤，又兼具鹽分的土壤特性，對鹽分敏感作物已具有阻礙生長作用。第二年調降施肥量至 2/5 後，土壤 pH 回升至 6.58，而飽和水抽出液 EC 值降為 2.60 dS/m，顯示土壤性質已有改善。第三年施肥量再降至 1/6 後，土壤 pH 續升至 7.13，而飽和 EC 值再降為 2.44 dS/m，土壤性質逐漸恢復，但變化幅度愈來愈小。因此，據以判斷合理的施肥量，大約為露地田推薦量的 1/6 至 2/5 之間。更為精準的施肥辦法，是依據土壤 pH 及 EC 值的測定結果，立即調整施用量。

設施土壤 pH 及 EC 值，除受施肥因素影響外，在自然條件下，亦受非施肥因素之影響，例如氣溫高低、乾旱程度、土壤母質及灌溉水質等。無肥區的土壤性質變遷，是施肥因素外，受其他因素影響的綜合表現。無肥區的土壤 pH 及 EC 值，均呈逐年上升趨勢，pH 值由 6.88 上升至 7.68，EC 值由 0.91 上升至 1.71 dS/m。顯示在自然環境下，設施內的土壤風化作用，朝鹽化方向進行。其作用的強弱，又與氣溫高低有密切關係。以無肥區為例，第

表 6. 期作 7~24 採收後表土 pH 值(0-15 cm, 1:1)

Table 6. pH value of surface soil after harvested for crops 7~24.

	期作 7 9 月	期作 9 11 月	期作 10 1 月	期作 14 7 月	期作 15 9 月	期作 18 2 月	期作 22 7 月	期作 24 9 月
處理	白菜	白菜	白菜	白菜	桃薙	萵苣	白菜	白莧菜
CF	5.07	5.22	5.39	5.52	6.58b	6.34c	7.04d	7.13c
M0	6.88	7.12	7.16	7.01	7.64a	7.58a	7.83a	7.68ab
M1	6.87	7.14	7.25	7.27	7.82a	7.72a	7.77ab	7.71a
M2	6.74	6.99	7.19	7.22	7.86a	7.50ab	7.64ab	7.62ab
M3	6.79	7.21	7.25	7.36	7.92a	7.54ab	7.54bc	7.53b
M4	6.56	6.95	7.11	7.30	7.81a	7.35ab	7.39c	7.54ab

表 7. 期作 7~24 採收後表土 EC 值(0-15 cm, Sat. dS/m)

Table 7. EC value of surface soil after harvested for crops 7~24.

	期作 7 9 月	期作 9 11 月	期作 10 1 月	期作 14 7 月	期作 15 9 月	期作 18 2 月	期作 22 7 月	期作 24 9 月
處理	白菜	白菜	白菜	白菜	桃薙	萵苣	白菜	白莧菜
CF	3.79	3.65	2.81	4.09	2.60a	2.77a	3.51bc	2.44ab
M0	0.91	1.10	0.89	1.62	1.55ab	1.50b	2.56c	1.71b
M1	1.05	1.29	1.05	1.61	1.50b	1.68b	3.15bc	1.92ab
M2	1.52	1.66	1.36	2.19	1.81ab	2.47ab	3.53bc	2.25ab
M3	1.42	1.46	1.30	2.02	1.59ab	2.24ab	4.58ab	2.36ab
M4	2.18	1.87	1.53	2.06	1.75ab	3.29a	5.17a	2.68ab

二年 7、9、11、1 月份，EC 值分別為 1.62、1.55、1.10、0.89 dS/m，第三年 7、9、2 月份，分別為 2.56、1.71、1.50 dS/m，顯示氣溫愈高，EC 值亦愈高。此種現象若與蔬菜生長量對照，可證實為何 6 月份播種者，生長量遠低於 10 月播種者。土壤 pH 及 EC 值上升原因，除了受高溫及乾旱影響外，鹽分不斷的供應方為主因，而鹽分的來源，主要是石灰性的土壤母質，與肥沃的灌溉水質，此亦保障無肥區蔬菜生長量，減產幅度不致逐年擴大，且能維持相當的生產力。

堆肥用量區(M1、M2、M3、M4)的施肥量，第一、二年均為 40、80、120、160t/ha/year，第三年降為 25、50、75、100 t/ha/year，第四年再降為 20、40、60、80 t/ha/year。前二年堆肥用量維持不變，主要是土壤性質並無大幅的變遷，且與無肥區大致一致，土壤 pH 值介於 6.56~7.92 之間，

而飽和水抽出液 EC 值介於 1.05~2.19 dS/m 之間，仍屬於非鹽分土壤。至第三年之後，期作 16 首先發生健株率大幅降低，各區依序為 91%、78%、69%、59%，差異達極顯著水準，至期作 18 後，各區土壤 EC 值依序為 1.68、2.47、2.24、3.29 dS/m，M4 區首度超越化肥區。此後，期作 20、21 停止施肥，並於期作 22 再次施肥，期作 22 採收時，正值夏日炎炎的七月，土壤 EC 值不降反升，依序為 3.15、3.53、4.58、5.17 dS/m，且隨堆肥用量增加顯著上升，並大幅超越化肥區的 3.51 dS/m，形成中鹽分土壤，此時對蔬菜生長已呈現鹽分障礙，調查該期作的白菜健株率僅 66~79%，且定植 26 天後的單株生長量僅 28~42 公克，遠低於其他期作，此為鹽害最嚴重時期。至期作 23、24 再停止施肥，及氣溫逐漸降低後，土壤最高 EC 值又降至 2.68 dS/m。此後，第四年再調降施肥量，土壤 EC 值不再大幅增加，蔬菜生產亦趨穩定，目前仍持續進行生產中。

若以第三及第四年各處理的最高蔬菜產量，來評估每年合理的堆肥用量，則大約為 60~80 t/ha/year，其土壤性質範圍，pH 值為 6.79~7.86、EC 值為 1.42~2.36 dS/m，超過此一標準，將有減產的可能。以此推論，若配合土壤電導度監測，立即調節施肥，將可確保精準施肥及農地永續經營。

(二)土壤有機物含量、總氮含量、有效磷鉀含量、硝態氮及銨態氮含量

長期施肥對土壤表層有機物含量、總氮含量、有效磷鉀含量、硝態氮及銨態氮含量的影響，如表 8 所示。

堆肥區的土壤肥力，前二年如期作 14 所示，僅 M4 區略微增加，其他區並未明顯累積。第二年結束後，自第三年期作 15 起，各堆肥區開始出現累積現象，且隨著時間增加，累積速度加快，至期作 22 達最大高峰期。若與化肥區比較，四個堆肥用量區，土壤有效鉀含量，依序分別增加 25%、112%、264%、442%，硝態氮含量分別增加 6%、75%、212%、292%，有機物含量分別增加 18%、43%、73%、99%，總氮含量分別增加 22%、19%、50%、96%，有效磷含量分別增加 1%、26%、51%、76%。最大增加量以有效鉀 442%最多，其次為硝態氮 292%，第三為有機物含量 99%，第四為總氮含量 96%，第五為有效磷含量 76%。銨態氮含量，各處理差異不大，且無累積現象，期作 22 甚至出現堆肥用量愈高，銨態氮含量反而愈低的情形。

由以上的資料分析，欲藉由土壤分析，推得設施內的合理堆肥用量，則與產量有相關性的因子，例如土壤有效鉀含量、硝態氮含量、有機物含量、總氮含量、及有效磷含量等皆具有診斷價值，而銨態氮含量則不適用於土壤診斷。

若以各期作處理的最高蔬菜產量，來評估其土壤性質範圍，則土壤有效鉀含量為 142~255 mg/kg、硝態氮含量 45~91 mg/kg、有機物含量 28.8~3.96

表 8、各期作收穫後之土壤性質

Table 8. Some selected chemical properties of the soil after harvesting.

Treatment	O.M.1 g/kg	TN2 g/kg	Avail. P3	Avail. K4	NO ₃ -N	NH ₄ -N
mg/kg						
Crops 14 Pak-choi (Jul.)						
CF	20.8	1.50	152	152	134	14
CK	19.2	1.25	129	129	21	7
M1	20.9	1.37	134	134	22	8
M2	25.2	1.59	142	142	42	9
M3	28.8	1.67	142	142	45	10
M4	29.9	1.83	160	160	59	8
Crops 15 water convolvulus (Sep.)						
CF	24.8 d*	1.79 b	171 bc	112 bc	24 a	19 a
CK	22.9 d	1.49 b	147 e	70 d	35 a	11 a
M1	25.8 d	1.69 b	158 de	80 cd	10 a	15 a
M2	30.3 c	1.91 ab	178 bc	113 bc	14 a	10 a
M3	33.3 b	1.93 ab	191 ab	148 B	21 a	11 a
M4	38.2 a	2.34 a	208 a	224 A	27 a	13 a
Crops 18 Italian lettuce (Feb.)						
CF	23.5 e	1.29 ab	171 c	85 C	32 b	10 ab
CK	22.2 e	0.97 b	146 d	63 C	10 b	15 ab
M1	26.7 d	1.63 ab	167 c	87 C	13 b	6 b
M2	30.7 c	1.62 ab	199 b	154 bc	49 b	6 b
M3	33.2 b	1.70 ab	212 b	210 b	46 b	18 a
M4	37.8 a	1.89 a	241 a	450 a	103 a	14 ab
Crops 22 Pak-choi (Jul.)						
CF	26.6 d	1.59 cd	104 c	113 d	51 bc	29 a
CK	25.1 d	1.52 d	84 d	73 d	17 c	26 ab
M1	31.4 c	1.94 b	105 c	141 cd	54 bc	26 ab
M2	38.0 b	1.89 bc	131 b	240 c	89 b	19 bc
M3	46.1 a	2.39 a	157 a	411 b	159 a	13 cd
M4	53.0 a	3.12 a	183 a	613 a	200 a	6 d
Crops 24 White amaranth (Aug.)						
CF	24.5 a	1.62 d	137 d	106 d	38 c	48 a
CK	22.3 a	1.46 e	109 e	76 d	46 c	44 a
M1	27.8 a	1.80 c	133 d	117 d	43 bc	43 a
M2	32.7 ab	1.95 b	162 c	178 c	80 ab	37 a
M3	39.6 ab	2.25 a	192 b	255 b	91 a	30 a
M4	46.4 a	2.39 a	216 a	341 a	112 a	41 a

1: organic matter; 2: total nitrogen; 3. Mehlich III extractable phosphorus; 4: Mehlich III extractable potassium.

*The same alphabetical characters in the same column means there is no significant difference at 0.05 level according to Duncan's multiple range test.

g/kg、總氮含量 1.67~2.25 g/kg 及有效磷含量 142~192 mg/kg，超過此一標準範圍，將有減產的可能，此時應考慮停止施肥，或依比例減少施肥。

(三)土壤表層剖面

為了解土壤鹽基垂直分布情形，以供未來土壤管理的參考。於期作 20 白菜採收後，將表土分為三層，每層五公分，分別採集土壤樣品，土壤分析結果，如表 9 所示。各項土壤性質均以上層(0~5 cm)含量最高，並隨深度增加而遞減，但處理間仍有差異存在。由此可見，設施內的養分移動，與水分移動一致，向上的蒸散作用可能大於向下的淋洗作用。因此，如欲改善設施養分累積問題，應加強水分淋洗，及減量施肥，或採行深耕鬆土等必要措施。

表 9、期作 20 尼龍白菜收穫後土壤的一些化學性質

Table 9. Some selected chemical properties of the soil after harvesting of Nilong Pak-choi

Treatment	pH (1:1)	EC1 dS/m	O.M.2 g/kg	TN3 g/kg	Avail. P4	Avail. K5 mg/kg	NO ₃ -N	NH ₄ -N
0-5 cm								
CF	6.57 c	4.48 a	28.1 de	1.69 c	94 c	98 c	58 b	49 a
CK	7.70 a	3.40 a	24.2 e	1.59 c	73 c	63 c	13 b	43 ab
M1	7.69 b	3.26 a	31.7 d	1.96 c	94 c	89 c	18 b	47 ab
M2	7.46 ab	5.06 a	41.3 c	2.60 b	128 b	250 bc	102 ab	43 ab
M3	7.51 ab	5.90 a	52.7 b	2.89 b	134 b	345 b	125 ab	38 b
M4	7.26 b	6.79 a	66.8 a	4.10 a	213 a	687 a	186 a	49 ab
5-10 cm								
CF	6.05 c	2.90 a	25.8 e	1.61 cd	91 d	72 cd	18 c	71 ab
CK	7.54 ab	1.62 b	24.4 e	1.44 d	77 e	48 d	20 c	70 ab
M1	7.69 a	1.59 b	29.8 d	1.77 c	89 d	73 cd	38 b	65 Ab
M2	7.59 ab	2.23 ab	34.2 c	1.88 c	106 c	109 c	55 ab	56 B
M3	7.59 ab	2.43 ab	38.3 b	2.21 b	119 b	172 b	42 b	51 b
M4	7.46 b	2.86 a	43.0 a	2.57 a	134 a	354 a	67 a	82 a
10-15 cm								
CF	6.04 b	3.44 a	21.3 c	1.39 b	158 c	81 cd	60 a	35 a
CK	7.42 a	1.21 b	20.8 c	1.30 b	135 c	51 d	13 a	23 b
M1	7.62 a	1.47 b	23.0 bc	1.51 b	161 c	65 cd	20 a	27 ab
M2	7.57 a	1.76 b	24.9 b	1.50 b	167 bc	94 c	33 a	23 b
M3	7.63 a	1.98 ab	29.7 a	1.80 b	197 ab	136 b	47 a	12 c
M4	7.49 a	2.52 ab	31.9 a	2.04 a	211 a	242 a	59 a	4 c

1:electric conductivity of saturation extract; 2: organic matter; 3: total nitrogen; 4.Mehlich III extractable phosphorus; 5: Mehlich III extractable potassium; 6:The same alphabetical characters in the same column means there is no significant difference at 0.05 level according to Duncan's multiple range test.

結論與討論

在設施環境下，土壤的風化作用迥異於露地田，除了形成良好土壤結構外，並朝向土壤鹽化方向進行。此種作用，有利於實施不整地及減量施肥，降低生產成本與勞力。因此，順勢發展可周年生產的有機蔬菜，已證實具有可行性。

設施內的葉菜類有機蔬菜，平均生育日數 18~26 天，初期生長量較低，後期生長量很高，呈 S 型曲線增加，因此，在此情形下，不必施用太多肥料及太多灌溉，僅延後數天採收，即可獲得高產。

適當的肥料施用，會促進蔬菜生長，但過量的施肥，會加速土壤鹽害作用。不論施用化肥或堆肥，過量施用，均會造成鹽害現象，只是時間早晚而已，化肥區施用一年後出現症狀，而堆肥區於施用三年後亦出現症狀。鹽害症狀，初期是植株生長短小，葉色濃綠，其次是缺株率大幅增加，嚴重時幾乎沒有採收。鹽害易發生於夏季，農友會誤以為是天氣太熱，進而實施遮蔭處理，浪費成本；亦有農友會誤以為是缺肥，進而增施肥料，造成惡性循環，使問題更為嚴重。鹽害發生後，應立即停止施肥，並以總量管制方式，限制全年的施用量，以避免土地惡化，無法種植。

依據土壤分析結果，實施推荐施肥，可以防止鹽害發生，並具有精準施肥，及保障農地之功效。與產量有正相關性的土壤因子，有 EC 值、有效鉀、硝態氮、有機質、總氮、及有效磷含量等性狀，以上皆具有診斷價值，可適用於土壤診斷。依據本試驗結果，最高產的土壤飽和 EC 值為 1.42~2.36 dS/m、土壤有效鉀含量為 142~255 mg/kg、硝態氮含量 45~91 mg/kg、有機物含量 28.8~3.96 g/kg、總氮含量 1.67~2.25 g/kg、及有效磷含量 142~192 mg/kg，超過此一範圍，即有減產的可能，此時應考慮停止施肥，或依比例減少施肥。

化肥區合理的施用量，大約為露地田推荐量的 1/6 至 2/5 之間。而堆肥區合理的施用量，每年大約為 60~80 t/ha。

參考文獻

1. 王添成. 1990. 精緻蔬菜病害之發生及防治. 精緻蔬菜產銷改進研討會專集. 桃園區農業改良場 p157~171。
2. 王鐘和、林毓雯、丘麗蓉. 2002. 設施蔬菜園土壤氮肥力診斷之推荐施肥技術. 合理化施肥推廣手冊 6 p3~9. 豐年社。
3. 林碧霞. 1990. 從有機農業觀點談精緻蔬菜生產的土壤肥料管理. 精緻蔬菜產銷改進研討會專集. 桃園區農業改良場 p119~125。

4. 吳中興. 1989. 溫室降溫設施與控制. 第二屆設施園藝研討會專集. 農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 p32~46。
5. 吳明哲、連忠勇. 1993. 蔬菜產業之發展. 蔬菜生產與發展研討會專刊. 農業試驗所特刊 41 號 p13~18。
6. 郭孚耀、吳世偉. 蔬菜設施栽培連作問題及病蟲害管理. 第二屆設施園藝研討會專集. 農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所 p172~191。
7. 陳鴻堂. 2002. 設施栽培如何避免土壤累積肥料鹽分. 合理化施肥推廣手冊 6 p18~35. 豐年社。
8. 陳鴻堂、張耘誠、鍾仁賜. 2002. 氮肥分施對簡易溫室栽培萵苣生長與養分組成及土壤養分分布的影響. 台灣農業化學與食品科學 40:462-469。
9. 農業統計年報. 2002. 行政院農業委員會。
10. 蔡文福. 2001. 雜草之非農藥防治法. 永續農業--作物篇 p248~259. 中華永續農業協會。
11. 蔡永暉. 2001. 有機農法的實務--蔬菜. 永續農業--作物篇 p373~386. 中華永續農業協會。
12. 鄭義雄. 1993. 蔬菜產業之現況. 蔬菜生產與發展研討會專刊. 農業試驗所特刊 41 號 p9~12。
13. 蔣慕琰. 2001. 雜草綜合管理策略. 永續農業--作物篇 p236~247. 中華永續農業協會。
14. 蕭景楷. 1990. 利用設施栽培蔬菜之經濟分析. 精緻蔬菜產銷改進研討會專集. 桃園區農業改良場 p175~188。
15. Avnimelech Y. 1986. Organic residue in modern agriculture, in "The Role of Organic Matter in Modern Agriculture", Chen Y. and Y. Avnimelech eds., pp. 1-10. Martinus Nijhoff Publishers, The Netherland.
16. Lian S., C. H. Wang, and Y. C. Lee. 1997. Efficient nitrogen use in vegetable production II. Analysis of fertilizer response and efficiency in vegetable production in the Hsilo area, Taiwan. Food and Fertilizer technology center, Extension Bulletin 443, Taipei, Taiwan.
17. Marchesini, A., L. Allievi, E. Comotti, and A. Ferrari. 1988. Long-term effects of quality-compost on soil. Plant Soil, 106:251-253.
18. Olsen S. R. 1986. The role of organic matter and ammonium in producing light corn yield, in "The Role of Organic Matter in Modern Agriculture", Chen Y. and Y. Avnimelech eds., pp. 29-54. Martinus Nijhoff Publishers, The Netherland.
19. Rhoades J. D. and S Miyamoto. 1990. Testing for soil salinity and

sodicity. pp. 299-336. IN: R. L. Westerman (ed.), Soil Testing and Plant analysis. Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA.

Studies on the fertilizer management and production of organic vegetables planted in plastic house

Yuong How Tsai¹, Yun Cherng Chang², Hui Ming Hsu²

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of different rates of organic fertilizer on the soil properties and the growth of vegetables. The cultivation of vegetables was conducted at plastic house located at Chishan, Kaohsiung District Agricultural Improvement Station during the years of 1999 to 2003. Water convolvulus, pak-choi, lettuce, spinach, edible amaranth, cabbage, kohlrabi, and pickled cabbage were used as indicator plants. There were four different rates of organic fertilizer treated plots, which were M1, M2, M3, and M4, respectively. The no fertilizer treated plot (CK) and chemical fertilizer treated plot (CF) were used as check. All treatments replicated four times and arranged in randomized complete block design. The fertilizer application rates were adjusted according to the growth of vegetable and soil fertility which was determined by soil analysis. Chemical reagents and resources were not allowed in the management of organic plots. The vegetables were harvested at their marketable size and soil samples were immediately taken after harvesting of vegetable. Some selected soil characteristics, such as soil pH, sat.EC, TN, NH₄-N, NO₃-N, O.M., Mehlich III P and K, were determined. The results showed that the production of vegetables planted in plastic house was stable in a year round cultivation and it can be extended to farmers. Fertilizer application is not necessary to each crop or fertilizer can be reduced when soil fertility has established to some extents which may cause crop salty problems under the circumstance of

¹Researcher and branch head, kaohsiung district agricultural research and extension station.

²Graduate student, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University

plastic house. Crop yield will significantly reduce in the presence of high salinity. Positive relationship is found between crop yield and soil factors, such as EC, available K, NO₃-N, O.M., TN, and available P. Those soil factors can be observed as indicators of sustaining land useage, recommending accurately fertilization, and preventing the occurrence of soil salty.

Key word: facilities, fertilization, salty injury, organic vegetables.