結果與討論

一、有機質肥料不同施肥法對文旦柚果園土壤理化性之影響

有機質肥料可以改善土壤之物理及化學性質，有機物除供應作物所需之養分之外，尚可提高土壤之陽離子交換容量及保水容量，促進團粒構造之形成，因而增加土壤中之空氣與水之通透性，對粘重之土壤可減低其粘著性，氣候乾旱及土壤乾燥時，可避免土壤之硬度太高及在地表結皮等不良之問題產生；對砂質土壤則可改善其鬆散性，增進保水及保肥等功能（洪 1995）。有機質肥料之長期連續使用，可使土壤生物活動力增高，耕犁性優良，有好的結構，化學緩衝能力、保水與保肥能力均增強，最明顯的是微生物相之平衡，病原菌不易嚴重發生，使土壤之生產力得以增進（黃 1989）。有機質可增加土壤之滲浸容量、水分保持力、水分含量、通氣性、團粒、作物根群發育，且可減低土表結皮、總體密度、表面逕流及沖蝕等，使土壤之物理性質獲得改善，因而防止養分因表土沖失、逕流及淋洗之損失（鄭 1989）。本試驗經過連續三個年度之處理後，根据表一、二及表三之資料顯示，土壤表面撒施及環狀淺溝條施有機質肥料之處理，多僅能改善上層土壤之理化性，採深層施用有機質肥料之處理者，則可改善中、下層土壤之 pH 值，增加有機質及磷、鉀、鈣、鎂、錳、鋅、硼等之含量，降低土壤之總體密度，並可促進根系之生長與分布，此等效益與前述之報告頗為符合，而未施有機質肥料只施化學肥料之處理對改善土壤理化性質之效果則甚微小，若長期或過量施用化學肥料，尚會產生硝酸及副成分 SO_4^{-2} 之殘留，而使土壤之 pH 值低下之虞（王等 1993），因此，作物之施肥，宜採速效性之化學肥料配合緩效性有機質肥料之施用，而緩效性之有機質肥料則應採深層施肥之方式施入各土層中，使與上、中、下之土層充分混合，以發揮其功效。

表一、試驗前文旦柚果園土壤理化性分析

Table 1. Physical and chemical properties of the soil before experiment

Depth (cm)	Texture	pH	OM (%)	Bray-1 P	Mehlich's extractable			HCl Soluble				B
					K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
				(mg/kg)								
0 20	SiL	4.4	1.2	15	180	158	65	355	31	2.8	1.2	0.2
20 40	SiL	4.4	0.9	8	131	158	67	341	21	2.4	1.2	0.2

表二、有機質肥料不同施肥法試驗後文旦柚果園各處理土壤理化性分析

Table 2. Physical and chemical properties of the soil after experiment

Treatment ※	Depth (cm)	pH	OM (%)	Bray-1 P	Mehlich's extractable			HCl Soluble				B	Bulk density (g/cm^3)
					K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn		
				(mg/kg)									
1	0 20	4.5	1.2	30	142	134	76	337	34	3.5	1.9	0.2	1.30
	20 40	4.6	1.1	17	116	170	107	363	31	3.8	1.8	0.1	1.33

	40　60	4.6	1.0	17	63	191	121	411	31	3.9	1.6	0.1	1.36
2	0　20	5.2	1.4	52	246	361	134	327	42	3.8	6.1	0.1	1.28
	20　40	5.1	1.3	27	191	305	114	322	34	4.2	3.6	0.2	1.31
	40　60	4.9	1.4	19	130	307	131	325	31	3.8	2.3	0.2	1.35
3	0　20	6.8	2.4	94	441	1464	392	268	137	5.0	29.0	0.2	1.24
	20　40	6.2	1.6	67	459	576	162	325	60	5.1	8.2	0.2	1.25
	40　60	5.7	1.5	35	386	487	174	366	55	4.8	6.4	0.2	1.34
4	0　20	6.5	2.4	87	456	1166	409	241	124	4.0	29.9	0.3	1.22
	20　40	6.0	1.6	57	431	613	202	299	56	4.7	6.9	0.2	1.24
	40　60	6.0	1.4	35	432	560	170	266	66	4.0	7.4	0.2	1.33
5	0　20	6.0	1.9	71	269	658	255	298	95	5.3	14.4	0.2	1.23
	20　40	5.7	1.3	35	235	407	158	321	56	5.0	5.2	0.1	1.24
	40　60	5.4	1.0	20	185	435	175	361	40	4.4	4.6	0.2	1.26
6	0　20	6.2	2.3	77	379	994	414	240	116	3.5	24.2	0.3	1.20
	20　40	5.9	1.3	46	410	434	184	330	49	4.3	6.9	0.2	1.22
	40　60	5.6	1.0	24	406	323	159	350	40	4.4	4.4	0.2	1.23
7	0　20	4.9	1.0	22	127	199	102	326	31	3.7	1.5	0.1	1.34
	20　40	4.7	1.2	14	93	183	94	364	30	3.8	1.5	0.2	1.35
	40　60	4.9	1.3	14	101	257	119	360	32	4.1	1.9	0.1	1.37

※：Treatment 1:Sprinkling over soil surface with organic fertilizer 16 kg per plant.

Treatment 2:Circular ditch application with organic fertilizer 16 kg per plant.

Treatment 3:Deeply applying 16 kg organic fertilizer at a depth of 30cm.

Treatment 4:Deeply applying 32 kg organic fertilizer at a depth of 30cm.

Treatment 5:Deeply applying 16 kg organic fertilizer at a depth of 60cm.

Treatment 6:Deeply applying 32 kg organic fertilizer at a depth of 60cm.

Treatment 7:Chemical fertilizer only.

表三、有機質肥料不同施肥法試驗後經深層施肥之土壤與其外側 10cm 處土壤理化性之比較

Table 3. Comparison of soil physical and chemical properties on sites of deeply applying organic fertilizer and 10 cm away from the application position

Treatment ※	Depth (cm)	pH	OM (%)	Bray-1 P	Mehlich's extractable			HCl Soluble				B	Bulk density (g/cm^3)
					K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn		

				————————(mg/kg)————————									
3 A	0－20	6.8	2.4	94	441	1464	392	268	137	5.0	29.0	0.2	1.24
	20－40	6.2	1.6	67	459	576	162	325	60	5.1	8.2	0.2	1.25
	40－60	5.7	1.5	35	386	487	174	366	55	4.8	6.4	0.2	1.34
3 B	0－20	4.4	1.1	25	199	134	82	385	38	4.1	1.6	0.2	1.32
	20－40	4.8	1.1	8	88	229	124	363	39	4.5	1.5	0.1	1.35
	40－60	5.2	1.3	9	80	302	171	392	33	4.4	1.7	0.2	1.38
4 A	0－20	6.5	2.4	87	456	1166	409	241	124	4.0	29.9	0.3	1.22
	20－40	6.0	1.6	57	431	613	202	299	56	4.7	6.9	0.2	1.24
	40－60	6.0	1.4	35	432	560	170	266	66	4.0	7.4	0.2	1.33
4 B	0－20	4.9	1.5	41	224	401	223	244	61	3.4	11.7	0.2	1.31
	20－40	5.0	1.4	32	206	461	191	267	53	4.4	5.9	0.2	1.33
	40－60	5.1	1.6	10	171	248	116	311	33	3.9	1.5	0.2	1.37
5 A	0－20	6.0	1.9	71	269	658	255	298	95	5.3	14.4	0.2	1.23
	20－40	5.7	1.3	35	235	407	158	321	56	5.0	5.2	0.1	1.24
	40－60	5.4	1.0	20	185	435	175	361	40	4.4	4.6	0.2	1.26
5 B	0－20	5.3	1.4	26	108	522	212	280	63	4.1	8.4	0.2	1.32
	20－40	5.0	1.2	16	249	353	137	312	39	4.1	2.9	0.1	1.35
	40－60	5.2	1.0	7	89	244	145	356	36	3.8	1.8	0.2	1.36
6 A	0－20	6.2	2.3	77	379	994	414	240	116	3.5	24.2	0.3	1.20
	20－40	5.9	1.3	46	410	434	184	330	49	4.3	6.9	0.2	1.22
	40－60	5.6	1.0	24	406	323	159	350	40	4.4	4.4	0.2	1.23
6 B	0－20	5.5	1.7	38	292	697	188	301	71	4.3	13.7	0.2	1.33
	20－40	5.3	1.3	30	220	410	163	351	51	4.7	5.7	0.2	1.35
	40－60	5.3	1.2	15	160	410	177	324	33	4.1	3.7	0.2	1.36

※：Treatment 3　6：See table 2.

A: Soil sample was collected from the position of organic fertilizer application.

B: Soil sample was collected 10cm away from the position of organic fertilizer application.

二、有機質肥料不同施肥法對文旦柚根系分布之影響

經過連續三個年度之試驗處理後，於冬季休眠期在樹冠下挖掘土壤剖面，調查各處理文旦柚之根數及根群分布，根据表四之資料顯示，施肥深度與各土層中根系之生長與根群之分

布有密切之關係，採土表撒施及環狀淺溝條施之處理，其根系多分布於地表下 0　30cm 之範圍，約佔該剖面總根數之 50%左右，地表下 30cm 以下之根數則隨剖面深度之增加而漸減少，而採深層施肥之方式深度為 30cm 之處理者，雖其根數及中、下層土壤之根群分布已較土壤表面撒施及環狀淺溝條施者為多，惟仍較 60cm 深施者為少。中、下土層之根系愈多，將有助於作物對中、下層土壤之養分及水分之吸收而有利作物之生長，進而增加作物之產量與提升產品之品質，尤其是處於經常遭受颱風頻繁侵襲之台灣東部地區之多年生果樹，根系若能深入地層中，將可減少因颱風所造成作物倒伏之情況發生，因此，建議文旦柚之有機質肥料宜採深層施肥之方式，施肥深度以 60cm 者較佳。

表四、有機質肥料不同施肥法對文旦柚根系分布之影響

Table 4. Effect of the organic fertilizer application on the distribution of root system of Wentan pomelo

Depth (cm)	Treatment ※						
	1	2	3	4	5	6	7
0－10	127 (20.52%)	33 (5.00%)	43 (5.60%)	79 (6.98%)	63 (6.20%)	109 (7.73%)	17 (2.92%)
10－20	152 (24.56%)	160 (24.24%)	183 (23.83%)	225 (19.88%)	126 (12.39%)	136 (9.64%)	171 (29.38%)
20－30	113 (18.26%)	165 (25.00%)	194 (25.26%)	307 (27.12%)	177 (17.40%)	294 (20.84%)	169 (29.04%)
30－40	106 (17.12%)	95 (14.39%)	122 (15.89%)	222 (19.61%)	147 (14.45%)	241 (17.08%)	110 (18.90%)
40－50	73 (11.79%)	92 (13.94%)	106 (13.80%)	152 (13.43%)	180 (17.70%)	211 (14.95%)	64 (11.00%)
50－60	26 (4.20%)	67 (10.15%)	73 (9.51%)	85 (7.51%)	139 (13.67%)	157 (11.13%)	35 (6.01%)
60－70	16 (2.59%)	35 (5.30%)	29 (3.78%)	40 (3.53%)	95 (9.34%)	104 (7.37%)	14 (2.41%)
70－80	6 (0.97%)	10 (1.52%)	13 (1.69%)	18 (1.59%)	60 (5.90%)	77 (5.46%)	2 (0.34%)
80－90		3 (0.46%)	5 (0.65%)	4 (0.35%)	23 (2.26%)	58 (4.11%)	
90－100					7 (0.69%)	24 (1.70%)	
合　計	619	660	768	1,132	1,017	1,411	582

	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)

※：See table 2.

三、有機質肥料不同施肥法對文旦柚葉片營養元素含量之影響

經過連續三個年度之試驗處理後，採取文旦柚葉片進行分析，根據表五及表六之資料顯示，每株施用 16 kg有機質肥料之處理，不論係採土壤表面撒施、環狀淺溝條施或以深層施肥之方式者，其葉片中之氮含量均低於每株施用 32 kg有機質肥料之處理，但卻較接近本省現行文旦柚之適中濃度範圍，而每株施用 32 kg有機質肥料者，其葉片中之氮含量則已趨近於該適中濃度範圍之上限，同時葉片中鉀及鈣之含量亦有類似之情形，為避免文旦柚植體之部分營養過剩而造成營養之不平衡，並考量有機質肥料施用 16 kg者之果實品質及產量均比施用 32 kg者為優，且在其他營養成分含量差異不大之情況下，故建議文旦柚之有機質肥料宜採深層施肥之方式，每株施用量為 16 kg較佳。

表五、試驗前文旦柚葉片營養成分分析

Table 5. Nutrient analysis of the leaf before experiment

Nutrient	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	————(%)————					————(μg/g)————				
Pre-experiment	2.45	0.09	1.81	1.32	0.79	133	45.7	7.0	12.6	30.6
Recommendation ※	2.20 | 2.50	0.12 | 0.18	1.40 | 1.70	2.50 | 4.50	0.26 | 0.50	60 | 120	25 | 200	5.0 | 16.0	25 | 100	25 | 150

※The appropriate concentration of Wentan pomelo nonfruit-born branch leaf in Taiwan.

表六、有機質肥料不同施肥法試驗後各處理文旦柚葉片營養成分分析

Table 6. Nutrient analysis of the leaf after experiment

Treatment ※	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	————(%)————					————(μg/g)————				
1	2.38	0.12	1.48	3.79	0.31	101	31.8	5.5	12.3	68.9
2	2.39	0.13	1.51	3.92	0.34	94	35.6	6.5	12.7	74.5
3	2.35	0.13	1.57	3.99	0.35	95	34.2	4.4	13.1	69.8
4	2.43	0.14	1.64	4.19	0.36	105	35.5	5.5	11.6	72.3
5	2.38	0.14	1.59	4.07	0.35	98	34.4	4.7	12.3	71.9
6	2.48	0.15	1.69	4.28	0.37	114	39.0	4.9	15.1	73.6
7	2.44	0.14	1.70	4.48	0.36	83	34.6	4.3	15.9	72.4
Recommendation	2.20 |	0.12 |	1.40 |	2.50 |	0.26 |	60 |	25 |	5.0 |	25 |	25 |

	2.50	0.18	1.70	4.50	0.50	120	200	16.0	100	150

※：See table 2.

四、有機質肥料不同施肥法對文旦柚果實品質與產量之影響

經過連續三個年度之試驗處理後，分別於 82、83 年 84 年文旦柚收穫期調查與採樣分析，根据表七　十二之資料顯示，有機質肥料不同施肥處理對文旦柚之果皮厚度、果肉重及果汁量，各處理間之差異均不顯著，亦即有機質肥料不同之施肥深度及施用量對文旦柚之果皮厚度、果肉重及果汁量均無影響，而文旦柚果實之果糖、蔗糖及葡萄糖之含量，有機質肥料不論採 30cm 或以 60cm 深施之處理，均以每株施用 16 kg比 32 kg者為佳，文旦柚之產量與果實數均以每株施用有機質肥料 16 kg深度 60cm 者為最高，未施用有機質肥料而只施化學肥料者之文旦柚產量及果實數則顯著減少，此與諶克終(1989)之論述「土壤中缺乏有機物時，樹勢則易衰，結果則不良，施用量適當時，樹勢則旺，產量則多，過量時，枝葉軟弱，果實雖大但成熟期晚，風味淡泊」亦相符合。因此，以品質與產量綜合而論，文旦柚之有機質肥料在本試驗之條件下，以採深層施肥之方式每株施用 16 kg、深度 60cm 之處理較佳。

表七、有機質肥料不同施肥法對文旦柚果實品質之影響(82 年度)

Table 7. Effect of the organic fertilizer application on th equality of Wentan pomelo fruit (1993)

Treatment ※	Rind thickness (cm)	Fruit juice (ml)	Sugar content (Bx)	Acid	Fructose	Sucrose	Glucose	Vit.C (mg/100g)
				————(%)————				
1	1.3	152	9.1	0.46	1.10	5.15	1.24	35.4
2	1.4	153	9.1	0.46	1.10	4.98	1.25	35.4
3	1.3	150	9.3	0.46	1.28	5.06	1.40	36.0
4	1.4	152	8.9	0.45	1.13	5.05	1.28	34.5
5	1.3	161	9.2	0.45	1.18	4.82	1.26	35.2
6	1.3	151	9.2	0.46	1.15	4.79	1.26	35.8
7	1.3	156	9.0	0.44	1.13	4.51	1.27	35.4
LSD (0.05)	0.2	22	0.5	0.04	0.23	0.62	0.20	1.5

※：See table 2.

表八、有機質肥料不同施肥法對文旦柚果實品質之影響(83 年度)

Table 8. Effect of the organic fertilizer application on the quality of Wentan pomelo fruit (1994)

Treatment ※	Rind thickness (cm)	Fruit juice (ml)	Sugar content (Bx)	Acid	Fructose	Sucrose	Glucose	Vit. C (mg/100g)
				————(%)————				

1	1.4	118	9.6	0.41	1.52	5.52	1.48	36.9
2	1.4	110	9.6	0.43	1.46	5.81	1.44	38.4
3	1.5	115	9.9	0.40	1.84	5.70	1.77	37.7
4	1.4	107	8.4	0.42	1.59	5.26	1.58	37.3
5	1.4	118	9.6	0.42	1.92	5.64	1.90	37.9
6	1.4	114	9.5	0.44	1.53	5.24	1.51	39.5
7	1.4	112	9.9	0.42	1.66	5.59	1.67	40.5
LSD (0.05)	0.2	14	0.5	0.03	0.42	0.63	0.45	3.0

※：See table 2.

表九、有機質肥料不同施肥法對文旦柚果實品質之影響(84 年度)

Table 9. Effect of the organic fertilizer application on the quality of Wentan pomelo fruit (1995)

Treatment ※	Rind thickness (cm)	Fruit juice (ml)	Sugar content (Bx)	Acid	Fructose	Sucrose	Glucose	Vit. C (mg/100g)
				————(%)————				
1	1.3	90	11.84	0.65	2.31	5.07	2.24	40.1
2	1.3	100	11.64	0.60	2.23	5.00	2.25	38.1
3	1.4	93	11.62	0.63	2.36	4.99	2.40	39.2
4	1.2	104	11.07	0.62	2.10	4.85	2.28	36.8
5	1.3	103	11.13	0.66	2.32	4.72	2.26	39.1
6	1.4	98	11.08	0.62	2.13	4.47	2.26	38.9
7	1.3	91	11.77	0.65	2.43	4.97	2.27	38.2
LSD (0.05)	0.3	17	0.66	0.05	0.31	0.41	0.32	2.5

※：See table 2.

表十、有機質肥料不同施肥法對文旦柚產量之影響(82 年度)

Table 10. Effect of the organic fertilizer application on the yield of Wentan pomelo (1993)

Treatment ※	Pulp weight (g)	Yield (kg/pt.)	No. of fruit/pt.
1	398	42.4	50.6
2	369	41.5	50.8
3	371	37.2	43.7

4	377	36.3	42.5
5	392	45.1	50.4
6	383	37.4	44.7
7	401	30.9	35.9
LSD (0.05)	44	11.3	13.6

※：See table 2.

表十一、有機質肥料不同施肥法對文旦柚產量之影響(83 年度)

Table 11. Effect of the organic fertilizer application on the yield of Wentan pomelo (1994)

Treatment ※	Pulp weight (g)	Yield (kg/pt.)	No. of fruit/pt.
1	345	32.3	40.4
2	359	29.6	36.9
3	339	27.6	35.9
4	336	21.9	29.9
5	348	38.2	47.2
6	346	29.7	36.8
7	347	26.5	33.4
LSD (0.05)	33	9.8	12.1

※：See table 2.

表十二、有機質肥料不同施肥法對文旦柚產量之影響(84 年度)

Table 12. Effect of the organic fertilizer application on the yield of Wentan pomelo (1995)

Treatment ※	Pulp weight (g)	Yield (kg/pt.)	No. of fruit/pt.
1	246	50.4	93.8
2	246	49.2	82.3
3	244	47.6	83.7
4	268	47.9	85.2
5	256	53.2	98.3
6	269	50.4	91.6
7	252	41.2	76.6

LSD (0.05)	28	8.7	15.5

※：See table 2.