

花蓮縣第 62 屆國民中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：生活應用(2)

組 別：國中組

作品名稱：茶金土金 — 化肥與有機肥對土壤性質的影響

關 鍵 詞：化學肥料、有機肥料、土壤肥力快篩

編 號：

（由教育處統一編列）

目錄

摘要	1
一、研究動機	2
二、研究目的	2
三、研究設備及器材	3
四、研究過程或方法	4
五、研究結果	7
六、討論	14
七、結論	15
八、參考文獻資料	15

摘要

俄烏戰爭全球肥料短缺，鉀肥原料有 40% 來自俄羅斯與白俄羅斯，如今氮肥較 2020 年暴漲四倍，磷肥與鉀肥也大漲三倍。農糧生產是民生經濟命脈，土壤則是不可或缺的基本，而如何有效地使用肥料更是重要的課題。

本實驗內容著重在探討有機肥料與化學肥料對土壤性質的影響而進行設計與討論，使用的有機肥料購自於商店為三要素複合型液態有機肥，化學肥料則是按照有機肥料比例、型態在實驗室中配製，再以不同比例混合有機肥與化肥來進行細微的比較。

結果發現，化學肥料與有機肥料在土壤中的含量無明顯差異，而土壤的酸鹼值也不因化學肥料而產生酸性或不良反應，含水量也是如此；為求精確的比較，實驗後半段則商請工研院及台中農試所協助我們追加更多的驗證。

一、研究動機

「茶金」一劇中除了茶葉之外，也圍繞在一個影響茶葉甚至農業的重要產業就是肥料業，而劇裡一直提到「化肥、黑肥」，不知道黑肥是什麼的我們就上網查了資料，原來黑肥就是指有機肥。同時也發現網路上許多討論有機肥跟化學肥的差異，提到有機肥的許多好處和化肥對土壤及植物的不良影響，似乎化肥是個非常不好的東西。

植物所需的養分有很多種，其中以氮、磷、鉀為主要養分，為了想瞭解肥料之間的差異，因此我們設計了以三要素複合型肥料為主的實驗，藉由這次科展實驗探討到底施用不同形式的肥料對土壤性質有什麼影響。

二、研究目的

(一)、測定土壤酸鹼值、含水量及三要素含量並觀察其變化。

- 1.土壤酸鹼值測定比照快篩方法的比例以酸鹼度計量測。
- 2.含水量以土壤中最低殘留量進行比較，觀察土壤顆粒持有水分能力的差異。
- 3.三要素含量主要以工研院提供之快篩方式測定。

(二)、藉由添加不同比例混合肥料試驗，比較添加有機肥料多寡的土壤性質差異。

(三)、比較工研院快篩分析和傳統實驗室分析方法所得結果的差異。

三、研究設備及器材

(一)、儀器與裝置

		
<p>快速檢測肥力試劑</p>	<p>pH 檢測儀</p>	<p>N、P、K 傳感器</p>
		
<p>土壤箱</p>	<p>攝影棚</p>	

(二)、化學藥品

<p>藥品</p>
<p>液態化學肥料：以硝酸鉀 KNO_3、氯化鉀 KCl、磷酸液 H_3PO_4 依比例配置與有機肥料相仿</p>
<p>液態有機肥料 (複合式) 比例:全 N:8%、磷酐:6%、K_2O:6%</p>
<p>依照液態有機肥料建議施用量，將肥料稀釋 100 倍後，一次性添加入土壤中</p>

四、研究過程或方法

(一)、研究過程：

1、採取校園花圃土壤均勻混合後分裝。

2、依施用不同形式肥料設置為

施用化學肥料 C (編號:1、2、3)

施用有機肥料 O (編號:4、5、6)

施用混合肥料 1:1 OC (編號:7、8、9)

施用混合肥料 3:1 TOC (編號:10、11、12)

未施用肥料 SO (編號:13、14)



3、購買液態有機肥料 NPK 比例(N:8%、P:6%、K:6%)，依其建議比例將肥料稀釋 100 倍後添加至土壤中。

4、液態化學肥料比照有機肥料以(N:8%、P:6%、K:6%)比例調製後添加至土壤中。

5、混合肥料則將有機肥料及化學肥料按實驗設計比例混合後添加至土壤中。

6、依照農試所提供的建議方式測定土壤性質。

7、NPK 養分測定以工研院的快篩試劑組為主要測定方法。

8、同時以市售 NPK 電子傳感器測定土壤中要素含量與快篩法進行比較。

9、追加請工研院以 ICP、台中農試所以實驗室方法作三要素精準測量及其他項目測定。

10、在施用液態肥料後每間隔七天進行採樣十週 (S1~S8 追加 2 週)、測定、紀錄並比較

(二)、研究方法：

1、pH 值

(1)、取土壤樣品 5 克

(2)、添加蒸餾水 40 毫升

(3)、搖晃均勻 30 秒，待靜置沉澱 (配合快篩套組實驗方法)

(4)、取上層澄清水溶液測定 pH 值。

2、土壤含水量

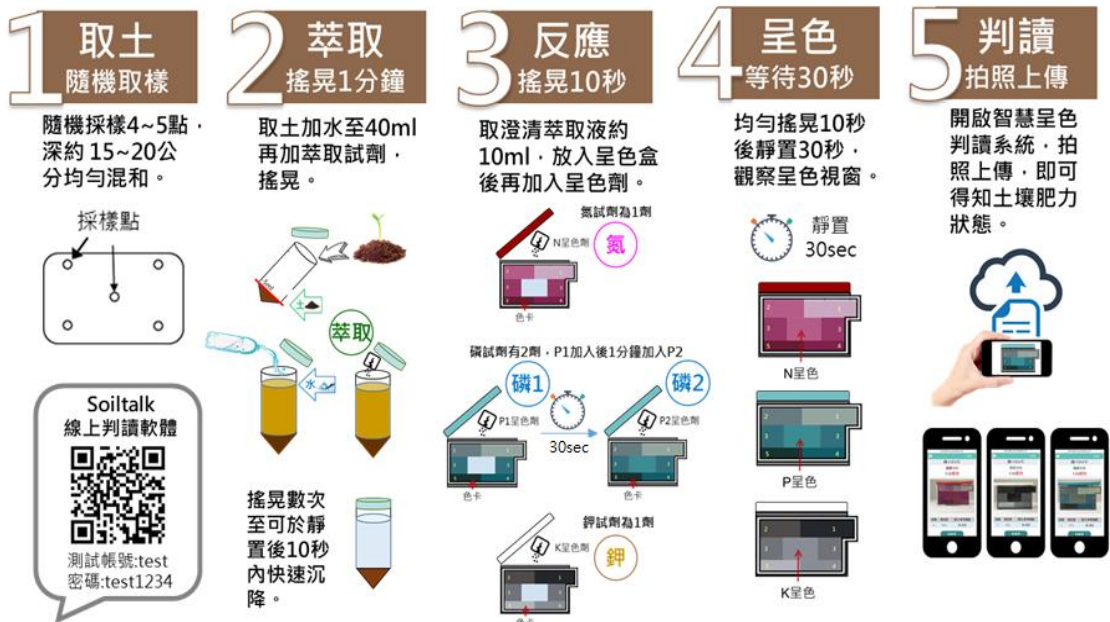
為減少水分對三要素含量的影響，在添加液態肥料後，以土壤中最低持水量進行測量，

期間不再添加水分，並於第六週再次添加一次水分後，測量第六、七、八週土壤含水量的變化。

- (1)、在土壤添加液態肥料後以塑膠布蓋住表面防止蒸發。
- (2)、經過數天當水分不再自然滲漏後，採取樣品測試。
- (3)、待實驗數週後，再次採取樣品比較水分殘留狀況。
- (4)、每次土壤採樣取約 50 克稱重後，以 100°C 烘乾 24 小時後再次秤重。
- (5)、計算含水量百分比並記錄水分變化狀況，再相互比較。

3、土壤 NPK 快篩

(1)、以快篩試劑測定，方法如下圖



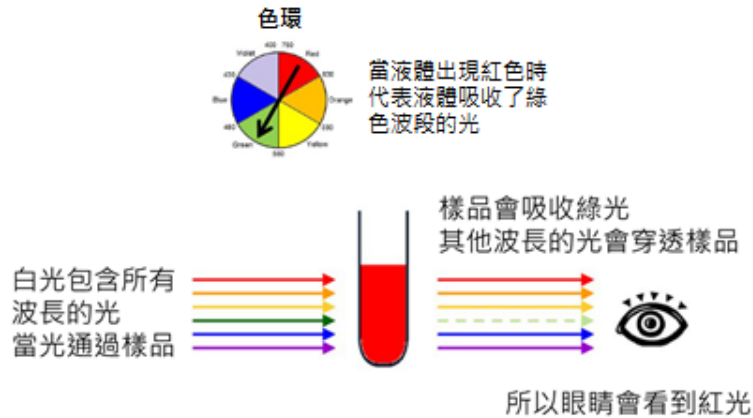
(2)拍照上傳進行比色



(3)、快篩試劑的比色原理，如下圖：

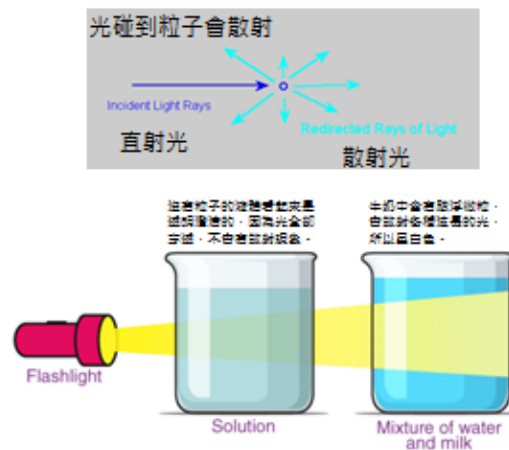
比色法(磷和氮)

反應試劑和氮/磷產生的反應物分別會吸收藍/綠光和橘/紅光
所以反應後在氮快篩結果為紅色，磷快篩為藍色。



比濁法(鉀)

反應試劑遇到鉀會產生“粒子”，粒子會散射所有可見光。
被散射各波長的光混合產生白光，因此我們眼睛會看到液體呈白色。



4、NPK 傳感器 (sensor)

- (1)、將傳感器直接插入濕潤土壤中，測量並記錄三要素含量。
- (2)、各處理樣品傳感器直接在土壤箱中測量五個點數值後計算平均。
- (3)、比較傳感器測量所得之數據變化與快篩結果相互驗證。

5、精確測量土壤相關數據則商請工研院及台中農試所協助。

五、研究結果

(一)、酸鹼值 (pH)的變化

表一、不同施肥變因對土壤酸鹼值的影響

week	C1	C2	C3	O4	O5	O6	OC7	OC8	OC9	TOC10	TOC11	TOC12	SO13	SO14
S1	7.04	6.73	6.65	6.72	7.09	7.68	7.07	7.05	6.61	6.57	6.5	6.55	6.58	6.64
S2	6.03	5.86	4.79	5.96	6.03	6.22	6.18	6.33	6.46	6.56	6.77	6.7	7.25	7.13
S3	5.66	5.83	5.76	4.62	6.08	6.27	6.11	6.26	6.55	6.55	6.58	6.79	7.01	7.03
S4	5.63	5.79	4.62	6.15	6.26	6.24	6.15	6.24	6.15	6.26	6.17	6.02	6.64	6.59
S5	5.55	5.73	4.61	6.11	5.85	5.92	5.79	5.81	6.01	6.12	6.11	6.26	6.94	6.88
S6	6.24	6.26	6.4	6.55	6.65	6.69	6.8	6.75	6.97	7	7.16	7.1	6.64	6.66
S7	6.94	7.08	6.94	7.02	7.01	6.93	6.47	6.76	6.73	6.65	6.63	6.4	6.52	6.47
S8	5.74	6	6.13	6.34	6.38	6.34	6.2	6.22	6.33	6.48	6.55	6.59	7.18	6.96

討論：

- (1)、在相同處理內，不同重複之樣品測得酸鹼值沒有差異。
- (2)、在不同處理之間的酸鹼值也沒有明顯差異，都是維持在 pH6 至 pH7 之間。
- (3)、似乎化學肥料沒有想像中那麼不好，也有可能實驗的時程不夠長久，看不出差異。

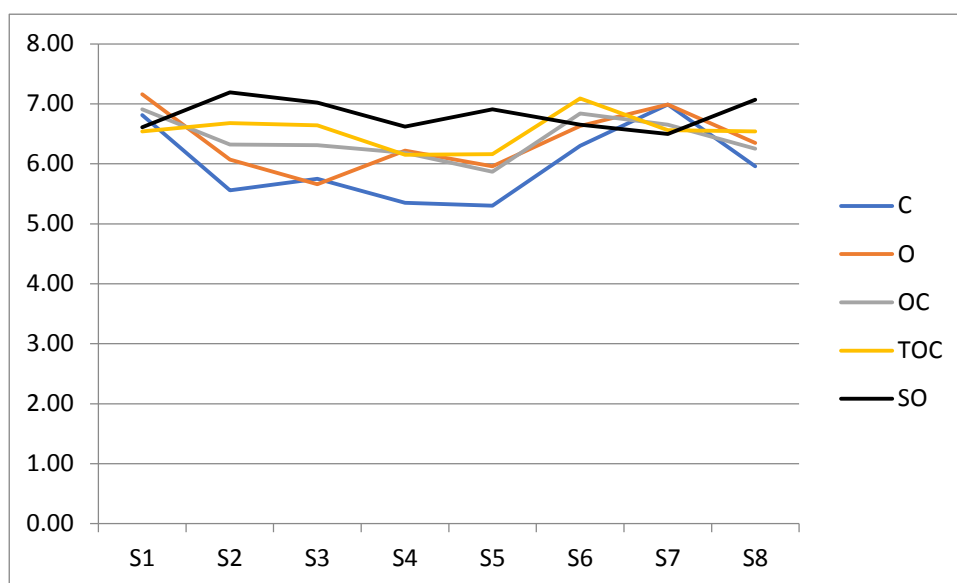
表二、不同施肥變因對土壤酸鹼值的影響 (平均值)

week	C	O	OC	TOC
S1	6.81	7.16	6.91	6.54
S2	5.56	6.07	6.32	6.68
S3	5.75	5.66	6.31	6.64
S4	5.35	6.22	6.18	6.15
S5	5.30	5.96	5.87	6.16
S6	6.30	6.63	6.84	7.09
S7	6.99	6.99	6.65	6.56
S8	5.96	6.35	6.25	6.54

討論：

- (1)、將各重複樣品測得數值計算平均，比較不同處理結果，發現真的沒有差別。
- (2)、原本猜想磷酸水溶液或有機質肥料會使土壤明顯酸化，但結果似乎沒有影響，各土壤樣品都還是在符合植物生長範圍的酸鹼值內。
- (3)、除了實驗時程加長的考慮之外，或許還有許多影響土壤性質的因子存在，使土壤酸鹼值維持在穩定範圍內；還有哪些可能因素呢？或許有機會再進一步試驗比較。

圖一、各不同肥料處理對土壤酸鹼度的影響



(二)、土壤含水量

表三、土壤含水量 (%)

	C1	C2	C3	O4	O5	O6	OC7	OC8	OC9	TOC10	TOC11	TOC12	SO13	SO14
S6	(g)			(g)			(g)			(g)			(g)	
濕土	43.8	43.2	45.3	45.3	45.7	51.1	44.5	45.5	55	43	53.4	47.2	44.2	43.6
乾土	40.8	39	42.1	43	44.7	48.3	40.9	41.9	51.1	39.3	49.4	43.8	42.5	41.6
水分	3	4.2	3.2	2.3	1	2.8	3.6	3.6	3.9	3.7	4	3.4	1.7	2
%	6.8%	9.7%	7.1%	5.1%	2.2%	5.5%	8.1%	7.9%	7.1%	8.6%	7.5%	7.2%	3.8%	4.6%
S7														
濕土	42.4	45	46.5	48.5	49.4	42	42	45.7	42.5	40	45.4	43.2	42	45.1
乾土	39.8	41.9	44.2	46.3	48	41.8	40.7	44.1	40	36.8	42.6	40.2	41.8	44
水分	2.6	3.1	2.3	2.2	1.4	0.2	1.3	1.6	2.5	3.2	2.8	3	0.2	1.1
%	6.1%	6.9%	4.9%	4.5%	2.8%	0.5%	3.1%	3.5%	5.9%	8.0%	6.2%	6.9%	0.5%	2.4%
S8														
濕土	50.5	45.7	41.5	47.2	45	48	41	49.6	49	47	44.3	44	42.8	46.4
乾土	48.7	45.2	41.3	46.6	44.9	46.1	40.9	49.4	48.8	46.4	44.1	43.7	42.4	45.8
水分	1.8	0.5	0.2	0.6	0.1	1.9	0.1	0.2	0.2	0.6	0.2	0.3	0.4	0.6
%	3.6%	1.1%	0.5%	1.3%	0.2%	4.0%	0.2%	0.4%	0.4%	1.3%	0.5%	0.7%	0.9%	1.3%

討論：

- (1)、在第六至八週進行土壤含水量的測試，是設想讓各種不同肥料添加的處理對土壤有明顯影響後再做比較，而結果似乎真有一點點的影響。
- (2)、僅添加化學肥料的處理，土壤中含水量較其他處理明顯多了一點點。

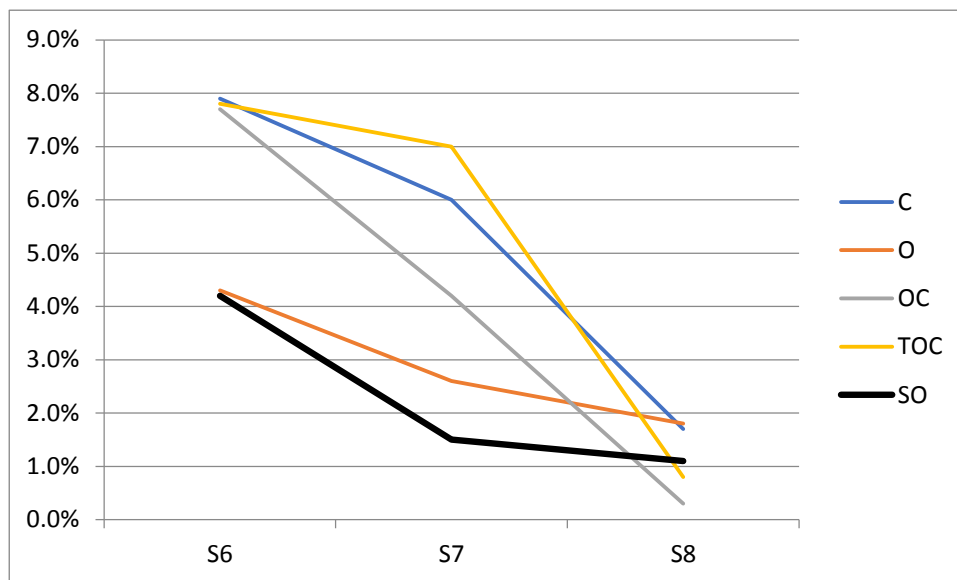
表四、土壤含水量 (平均)

week	C	O	OC	TOC	SO
S6	7.9%	4.3%	7.7%	7.8%	4.2%
S7	6.0%	2.6%	4.2%	7.0%	1.5%
S8	1.7%	1.8%	0.3%	0.8%	1.1%

討論：

- (1)、未添加肥料的原土壤及僅添加有機肥的土壤含水量較低，有可能是土壤的顆粒較大，使水分較不易留住。
- (2)、在土壤含水量變化方面，以添加化肥的土壤留住水分最多，且化肥添加比例越低，越不容易保留水分，藉此可推論有機肥對於土壤顆粒構造形成還是有明顯的影響。
- (3)、也有可能想透過較簡單的土壤含水量測量方式來揣摩是不足的，需要更為仔細分辨其他影響因素，才能找出化肥及有機肥影響的差異。

圖二、各不同肥料處理對土壤含水量的影響



小結：經過實驗一、二兩個部分所得，可以知道化肥似乎有那麼一點點對土壤的影響，但是要說好壞，又並非如網傳那樣的糟糕；過去是否為了推廣有機肥料或有機栽培，而把化肥過度”黑化”了呢？在我們的這次實驗中所得結果，讓我們對化肥的理解更多了一些，也改變了對化肥的刻板印象。

(三)、土壤 NPK 快篩

1、土壤氮含量

表五、土壤氮含量

week	C1	C2	C3	O4	O5	O6	OC7	OC8	OC9	TOC10	TOC11	TOC12	SO13	SO14
S1	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4
S2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
S3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
S4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
S5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
S6	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
S7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2
S8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5

討論：

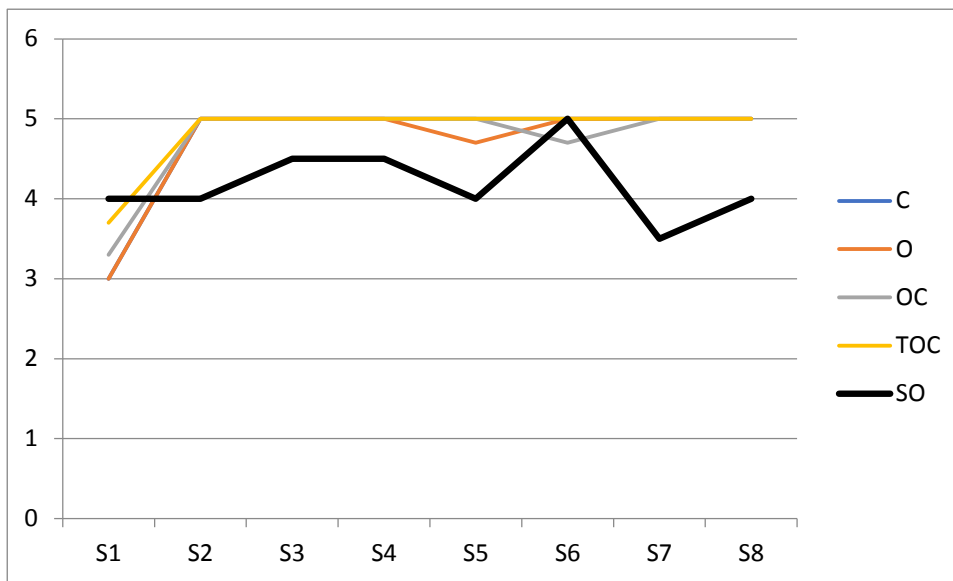
- (1)、土壤養分快篩方法將各養分含量分為五個不同等級，讓我們很容易就能夠透過比較找出含量多寡差異。
- (2)、在這快篩方法下，讓我們很快得到可以驗證、可以討論的數據，是很有效率的測量模式。
- (3)、就如查找的資料當中，我們知道土壤中氮、磷等養分是含量相對其他養分大的，而且在土壤中的存留也會是較為長期的，在這次的快篩中我們也得到了這個驗證。
- (4)、可惜的是，從這次測驗結果無法得知化肥與有機肥對土壤氮是否有不同影響，或者說其實根本沒有影響？

表六、土壤氮含量 (平均)

week	C	O	OC	TOC	SO
S1	3	3	3.3	3.7	4
S2	5	5	5	5	4
S3	5	5	5	5	4.5
S4	5	5	5	5	4.5
S5	5	4.7	5	5	4
S6	5	5	4.7	5	5
S7	5	5	5	5	3.5
S8	5	5	5	5	4

討論：在計算平均的比較上，各處理間也是沒有明顯差異。

圖三、土壤氮含量變化



2、土壤磷含量

表七、土壤磷含量

week	C1	C2	C3	O4	O5	O6	OC7	OC8	OC9	TOC10	TOC11	TOC12	SO13	SO14
S1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5
S2	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5
S3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
S8	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4

表八、土壤磷含量 (平均)

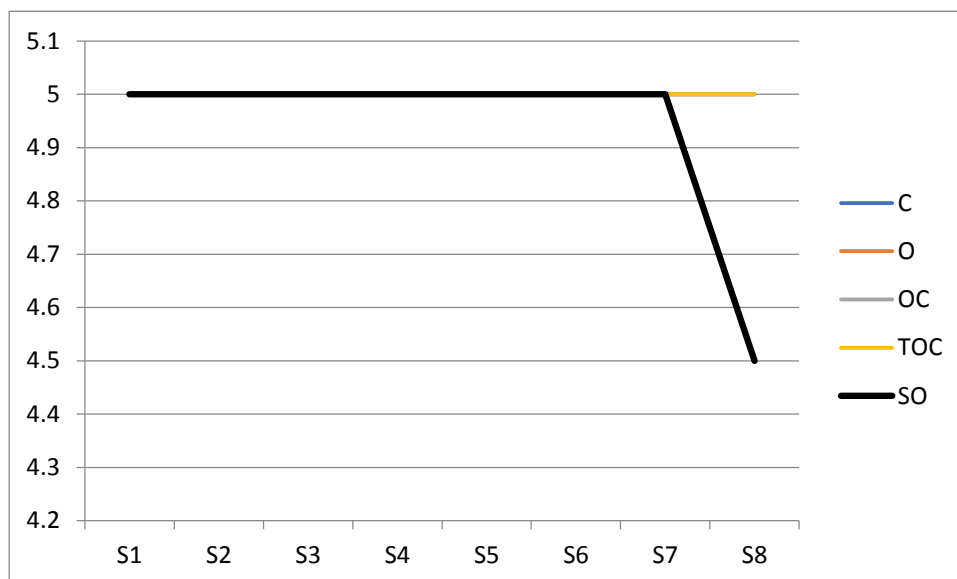
week	C	O	OC	TOC	SO
S1	5	5	5	5	5
S2	5	5	5	5	5
S3	5	5	5	5	5
S4	5	5	5	5	5
S5	5	5	5	5	5
S6	5	5	5	5	5
S7	5	5	5	5	5
S8	5	5	5	5	5(4.5)

討論：

(1)、土壤磷含量變化與氮含量一致，不同處理之間沒有明顯差別。

(2)、在本實驗的設計中，為求降低其他因子影響，並無栽種植物觀察生長狀況，或許在實驗過後，可以繼續觀察追加栽種植物後的影響。

圖四、土壤磷含量變化



討論：未添加肥料的原土壤磷含量也是相當高，或許是實驗採集校園花園中的壤土原本就有各種養分、水分的管理，而數據中掉到 4.5 的部分，或許也是快篩方法上依濃度等級劃分而造成的結果，但整體上仍可得知磷養分在土壤中是較易於存在的。

3、土壤鉀含量

表九、土壤鉀含量

week	C1	C2	C3	O4	O5	O6	OC7	OC8	OC9	TOC10	TOC11	TOC12	SO13	SO14
S1	4	2	1	5	4	3	5	3	3	3	3	3	3	3
S2	5	5	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	2	2
S3	5	4	3	2	5	2	5	5	5	4	5	4	3	3
S4	5	4	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	4
S5	3	5	5	4	4	3	5	4	5	5	5	5	2	3
S6	4	5	5	3	2	3	4	5	4	4	3	4	3	4
S7	5	4	4	2	2	3	5	5	5	4	4	4	2	2
S8	5	5	5	3	3	3	5	5	5	5	4	4	1	1

討論：

(1)、在添加化肥的處理上，土壤鉀含量的變化較不穩定，數據上 C3 樣本明顯與其他兩者不同，且沒有一定規則可循。

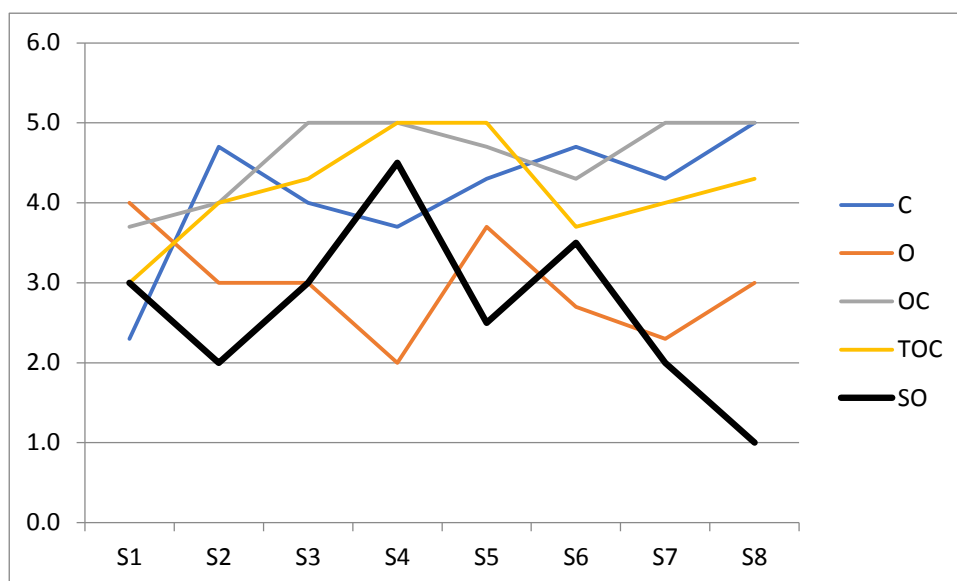
(2)、我們知道鉀離子在土壤中是較容易移動的養分，也因此很難說明不同肥料的影響。

表十、土壤鉀含量 (平均)

week	C	O	OC	TOC	SO
S1	2.3	4.0	3.7	3.0	3.0
S2	4.7	3.0	4.0	4.0	2.0
S3	4.0	3.0	5.0	4.3	3.0
S4	3.7	2.0	5.0	5.0	4.5
S5	4.3	3.7	4.7	5.0	2.5
S6	4.7	2.7	4.3	3.7	3.5
S7	4.3	2.3	5.0	4.0	2.0
S8	5.0	3.0	5.0	4.3	1.0
總平均	4.1	3.0	4.6	4.2	2.7

小結：鉀含量數值雖然沒有明顯規律，但仍可勉強以總平均看出，添加有機肥及未添加肥料的土壤鉀含量偏低，恰巧與土壤含水量相符，也可以間接說明鉀在土壤中的移動特性。

圖五、土壤鉀含量變化



(四)、NPK 傳感器 sensor

在查找資料時得知有土壤快篩試劑讓我們很開心，能夠簡易又有效的透過實驗來驗證假設並解開疑惑，真的很棒！可惜的是，同樣是使用很方便的傳感器，在這次實驗中並沒有發揮想像中的好處，所測得的數據變化混亂無法歸納，更無法與快篩結果相互驗證，令人遺憾。或許是使用方式不對，也或許是這次使用的傳感器不夠精密，不像文獻中的理論一般，能夠

藉由電位差來做較為精確的測量，思考到能夠做精確測量的電子儀器還不夠普及，我們也期待這類型的工具製作技術能更成熟，將文獻中的研究實現在日常生活應用當中。

表十一、十二所呈現的是無法歸納討論的測量數據。

表十一、土壤磷含量 (mg/kg)

week	C1	C2	C3	O4	O5	O6	OC7	OC8	OC9	TOC10	TOC11	TOC12	SO13	SO14
S1	4.8	5	3.4	4	4.2	2.8	3	2.8	3.4	3	3	4	3	5.2
S2														
S3	33	34	32	33	17	25	243	100	132	33	152	32	4	5
S4	88	195	101	21	18	76	410	288	290	253	23	76	3	4
S5	260	144	299	135	110	37	34	455	372	193	295	153	14	10
S6	76	63	120	22	16	16	61	69	33	65	31	61	4	4

表十二、土壤鉀含量 (mg/kg)

week	C1	C2	C3	O4	O5	O6	OC7	OC8	OC9	TOC10	TOC11	TOC12	SO13	SO14
S1	29.4	23.6	26	14.8	16.3	17.4	16	19.8	13.2	12.8	15.2	12	12.6	17
S2														
S3	55	49	59	74	51	59	847	341	620	207	370	153	12	23
S4	250	832	917	120	76	383	1322	1080	1070	770	424	470	18	27
S5	996	224	1142	335	448	250	570	1342	1246	377	835	266	27	27

(五)、工研院及台中農改場協助精確測量

由於在實驗後半段想要更為精確測量各種土壤性質的數據，進而修正原本實驗設計內容，將只精確測量前、中、後期的計畫，改為全部樣品都進行精確測量，因此數據尚在測量中，期盼能在比賽前將完整數據呈現出來。

六、討論

- (一)、不查不知道，原來農業是一門很深很廣很複雜的領域，細微處真不是簡單的三言兩語就能下定論的。
- (二)、這次選用的土壤是較為簡單的壤土，而且相對於田間是更單純的花圃土壤，或許沒辦法好好呈現出有機肥料的優點，或是讓化學肥料露出馬腳，是與一開始的假設想法很有出入的結果；若能使用不同性質的土壤來進行驗證，也會是個有趣的研究方向。
- (三)、這次選用液態肥料考慮的是方便一次性施用，減少有機質降解及化學肥料型態對養分釋放的影響，但也可能因此忽略了不同型態肥料對土壤物理結構的影響。
- (四)、這次的大功臣土壤快篩試劑是個好用又簡單有效率的方法，是不是在呈色比色的方式上有改進的地方呢？有沒有辦法分為十個等級而讓測驗更為細緻呢？我們也很好奇！

七、結論

- (一)、在本次實驗中，我們得知液態肥料無論是有機肥或化肥，對於土壤的物理及化學特性影響沒有明顯的差異，化學肥料沒有傳說中的可怕，反而製作及使用上的便利性也不輸有機肥料。
- (二)、查找資料中也有不少研究提及合理化施肥的觀念與技術，或許這才是過去讓我們對化學肥料有誤解的原因，因為是錯誤的使用方式，而非錯誤的化學肥料。
- (三)、有機肥或者化肥都是很好的”工具”，只要能善加利用，就能得到更好的成果，化肥、黑肥都能是「土壤之金」。

八、參考文獻資料

- 1.張淑賢。2002。營養要素缺乏、過多或毒害徵狀。p282-297。植物保護圖鑑系列9。
https://www.baphiq.gov.tw/publish/plant_protect_pic_9/orange_index.html
- 2.林燕玉、趙震慶。1998。不同氮肥型態對酸性紅壤之硝化作用之影響。p23-31。桃園區農業改良場研究報告第32號。
- 3.侯場長等。土壤肥料與合理化施肥。p19-25。苗栗區農業改良場98年報。
- 4.林永鴻。2011。土壤分析方法研習。p5-7。日本土壤肥料與植物營養研習回國報告。
- 5.吳秉諭。2008。現行臺灣土壤磷速測法與作物施肥推薦量之再評估。臺灣大學農業化學研究所學位論文
- 6.譚曾偉、劉禎祺、陳桂暖。2005。土壤肥力與合理化施肥。p.43-62。合理化施肥專刊。
- 7.蘇秋瑋。2021。土壤營養源智慧快篩檢測套組，智慧農業線上成果展。
<https://intelligentagri.com.tw/xmdoc/cont?xsmsid=0L175619306043575207&sid=0L238365186368856353>
- 8.土壤含水量測量方法，
<https://baike.baidu.hk/item/%E5%9C%9F%E5%A3%A4%E5%90%AB%E6%B0%B4%E9%87%8F/9696514>