

有機及傳統種植方式對水質影響之研究

Research on the Impact of Organic Planting Method and Traditional Planting Method on Water Quality

逢甲大學
水利工程
與資源保育學系
專題生

鐘履鍵

Lyu-Jian Zhong

逢甲大學
水利工程
與資源保育學系
教授

張嘉玲*

Chia-Ling Chang

逢甲大學
水利工程
與資源保育學系
專題生

蘇冠綸

Guan-Lun Su

逢甲大學
水利工程
與資源保育學系
專題生

謝秉辰

Bing-Chen Sie

摘 要

由於台灣降雨時間空間分布不均，即使台灣年降雨量遠高於全球之平均值，可以利用之水資源卻是相當有限，因此，水資源永續管理則更顯重要，須同時考量水質及水量的最佳運用，方能面對水資源匱乏之挑戰。在農業活動中，農藥及肥料之使用，均可能衝擊水體水質，而近年來，隨著大家對健康及環境的重視，有機種植變得相當受到歡迎；然而，有些研究卻指出，有機肥料的使用也可能衝擊水環境。因此，為了解不同種植方式對水體水質可能造成衝擊之差異，本研究設計數個實驗，各實驗對照組設置不同的種植方式及條件，進而比較不同對照組的植物生長狀態及其對水體水質之衝擊。研究結果顯示，水質中懸浮物體物與綠覆率之相關性最高，且是呈現負相關；此外，有機種植對於水體水質的衝擊有時甚至會大於傳統種植方式，因此，本研究建議混合式的種植方式，方可同時兼顧植物生長與降低種植行為對水體水質之衝擊。

關鍵詞：環境保護，有機種植，水質。

ABSTRACT

As spatial and seasonal variation of rainfall is severe in Taiwan, the water resource is limited even though Taiwan's precipitation is higher than the world's average. Both water quantity and water quality management are important in sustainable water resource management. Due to the use of pesticides and fertilizers, agricultural activities may impact water quality. In recent years, organic planting methods are popular for human

*通訊作者，逢甲大學水利工程與資源保育學系教授，40724 中市西屯區文華路 100 號，clchang@fcu.edu.tw

health and environment. However, some studies indicate that organic fertilizers may also impact the aquatic environment. This study designs several experiments and compares the growth conditions and the impact on water quality under different planting methods. The results show that the amounts of suspended solids (SS) are inversely proportional to green cover. The impact of water quality under an organic planting method is not always less than that under a traditional chemical planting method. Therefore, a mixed planting method is recommended for improving growth effectiveness and protecting the aquatic environment.

Keywords: Environmental protection, Organic planting, Water quality.

一、前言

水是人類與自然界萬物賴以生存的基礎元素，是可以更新再生的資源，透過循環不停地復原，也因此水質保育也代表著對於地球萬物的保障，而對於人類而言，水資源涵蓋了食用，生產與醫療等方面。由於台灣水環境先天條件不佳，降雨分配不均再加上環境地質脆弱度較高，因此，可以運用之水資源相當匱乏，因此，全面考量水質水量的水資源管理策略則更顯重要(邱泰穎，2000)。

在農業活動中，種植方式對於水環境存在著不可忽視的衝擊，有些研究指出，化學種植方式對水體水質危害很嚴重，農藥與化學肥料的普遍使用，毒素的累積透過生物放大效果最終回歸到人體內，其中氮肥、磷肥的有害殘留所占比例最高(Simpson *et al.*, 1994；游遠航等，2005)。近年來，因民眾健康概念的意識抬頭，有機種植變得相當受到歡迎；在有機種植的執行方面，蟲害的問題在拋棄農藥的使用下，需用傳統的人力除蟲來解決，但這種方法所耗費的時間太長，且效果不佳，因此必須從改善土壤的抵抗力發展，適當地種植密度、種植休耕輪替，方能夠避免害蟲過度繁殖，或是躲過害蟲最多的時間，也可選擇抗蟲抗病的品種作物來生產(林俊義等，2004；鄭清煥&黃守宏，2007)；此外，若使用有機種植，想達到與傳統化學種植方式相同的效果，必須付出

更大的資源與時間，有機種植產生的逕流廢水對水體水質之影響亦是不容忽視(張宇旭，1992；黃國輝，1997；李啟仁&侯金日，2013)。

在許多探討種植方式對環境影響的研究中，可以發現無論傳統化學方式或是有機種植方式，均對水體水質存在不同程度及面向的影響(Gomiero *et al.*, 2011; Ghaderi *et al.*, 2012; Liu *et al.*, 2015)；因此，本研究為了解不同種植方式對植物生長及水質影響，在實驗室中設計不同種植方式的對照組，改變其施肥方式及殺蟲方式，評估傳統化學種植方式與有機種植方式對於水體水質之影響，及對於植物生長情形之影響，進而尋求最適合的種植方式。

二、研究方法

2.1 實驗作物選擇

本研究第一階段先進行簡易實驗，選擇適合後續研究之植物物種；為了方便於實驗觀察，故選擇生長期短且容易種植者，作為本研究植物選擇之主要考量因子。本研究根據所蒐集資料，初選出符合生長期短及容易種植的三種植物，包括青江菜、莧菜、小白菜等；接著採用自然種植方式，不施肥亦不施灑農藥等化學藥劑，種植觀察三十天後，發現莧菜生長緩慢，青江菜和小白菜生長狀況良好，但青江菜較亦受蟲害影響；因此，本研究選擇「小白菜」作為本研究第二階段的實驗之植物。

2.2 種植方式實驗設計

本研究第二階段實驗重點在比較不同種植方式植物生長狀態及其對水體水質的衝擊，共設計六種實驗對照組，分別為空白、自然種植、有機蔬菜、有機茶渣、化學肥料、化學除蟲。圖 1 為本研究種植實驗模組示意圖及照片，長 40 cm、寬 30 cm，面積為 1200 cm²，種植方法為每孔放約三到五顆種子，每日澆水兩次，施肥為五天一次，空白模組是僅有土壤無種植植物，自然種植為不施肥及不施灑除蟲劑，有機蔬菜、有機茶渣、化學肥料僅施肥不施灑除蟲劑，化學除蟲不施肥僅施灑除蟲劑，各實驗模組之實驗條件彙整如表 1 所示，本研究各實驗模組之日照、溫度、澆水及土壤條件等均相同，

唯一實驗變因為「種植方式之差異」。本研究所用到肥料及除蟲劑之劑量為(1)有機茶渣：使用茶包施肥 100 公克；(2)有機蔬菜：使用蔬菜施肥 100 公克；(3)化學肥料：澆化肥 100 毫升；(4)化學除蟲：澆殺蟲劑 100 毫升。

表 1 實驗對照組比較表

分類	模組	植被	肥料	殺蟲劑
空白	空白	無	無	無
有機種植	自然種植	有	無	無
	有機蔬菜	有	有	無
	有機茶渣	有	有	無
傳統種植	化學肥料	有	有	無
	化學除蟲	有	無	有

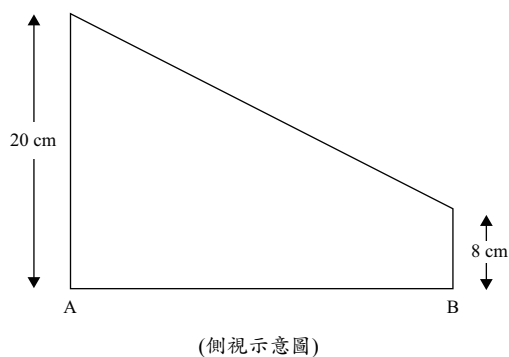
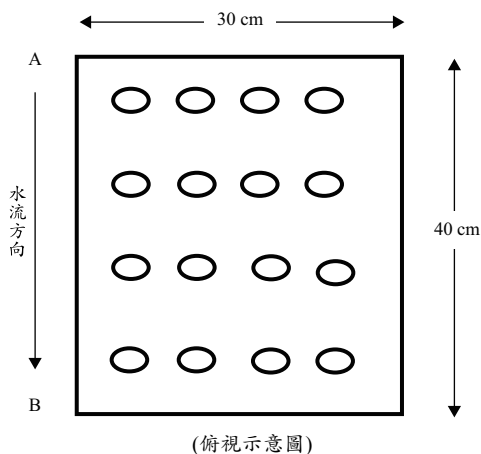


圖 1 本研究種植實驗模組示意圖

2.3 水質分析方法

本研究依小白菜的生長週期，分為三週期，每一週期進行一次水質採樣實驗，分別為第一週期(第 20 天)、第二週期(第 40 天)、第三週期(第 60 天)。本研究採取水樣為地表逕流，為了產生地表逕流，所以設計降雨強大於入滲率，灑水量為 3.3 公升，三十秒均勻從模組上方灑水，並用一個盆子在模組前方接取逕流水，實驗設計降雨強度約為 5.5 cm/min；取完水樣在三十分鐘內，至水質實驗室進行水質分析實驗。一般農業活動，在暴雨發生後會隨著逕流流入河川中，因此本研究採用環保署所訂定河川污染指標 RPI 中四個水質項目 DO、BOD、NH₃-N、SS 來作分析，以了解不同種植方式對逕流水質之影響。

三、結果與討論

3.1 植被對水體水質之影響

本研究為了解植被對水體水質之影響，因此選擇空白試驗及自然種植實驗模組的數據進行比較分析。本研究將植物生長佔土壤表面之比例定義為綠覆率，由圖 2 之結果可知，DO、BOD、NH₃-N 受綠覆率之影響較小，相反地，SS 與綠覆

率呈現高度負相關，當綠覆率上升，土壤較不易沖蝕，故 SS 濃度會下降，原因是因為植物分布土壤表層能夠阻擋水流沖刷土砂，再者植物根部能夠抓緊土壤，達到水土保持效果；因此，由於植被對土壤的保護作用，使得適度合宜的農業活動可以減少土壤沖蝕，進而降低 SS 的產出量。

3.2 肥料對水體水質之影響

本研究為了解肥料對植物生長及水質之影響，因此選擇自然種植、有機蔬菜、有機茶渣及化學肥料實驗模組的數據進行比較分析。由圖 3 之結果可知，肥料對 DO 之影響不大；對 BOD 之影響三週期不盡相同，第一、二週期有機肥所產生 BOD 之濃度較化肥低，但第三週期有機肥反而較化肥產出較多之 BOD；在 SS 的部分，因有機肥料(蔬菜及茶渣)為固體態，化學肥料為液體態，所以有機肥對土壤沖蝕有保護作用，造成 SS 濃度較低；在 NH₃-N 的部分，無論第幾週期，有機肥均較傳統化肥產出較多之營養鹽；由結果綜合分析可知有機肥料對水體水質之衝擊實不容小覷，尤其營養鹽為造成水質優養化之主要污染物，故有機肥料必須適度使用。

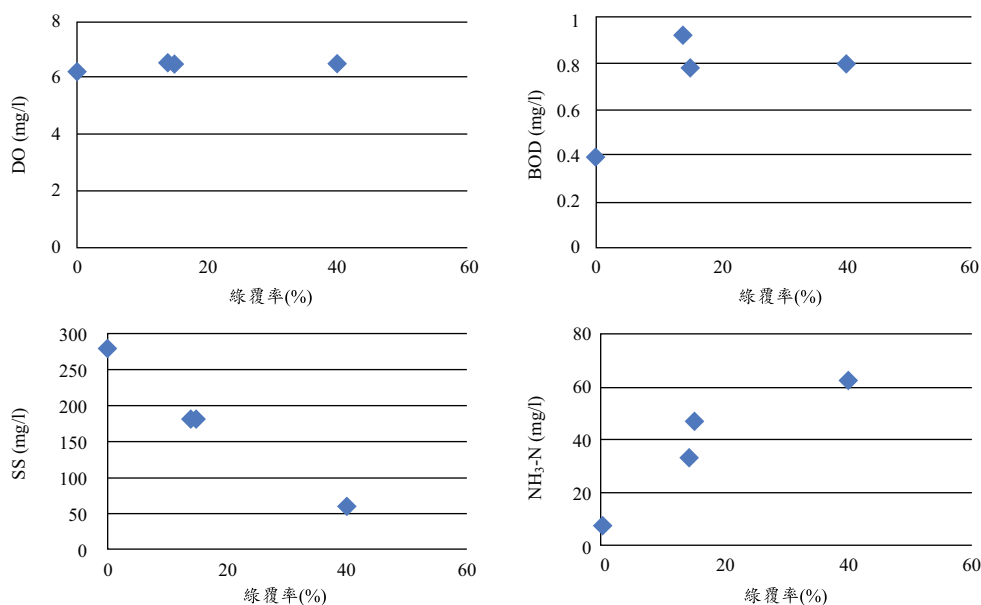


圖 2 植物覆蓋與水質之相關性分析

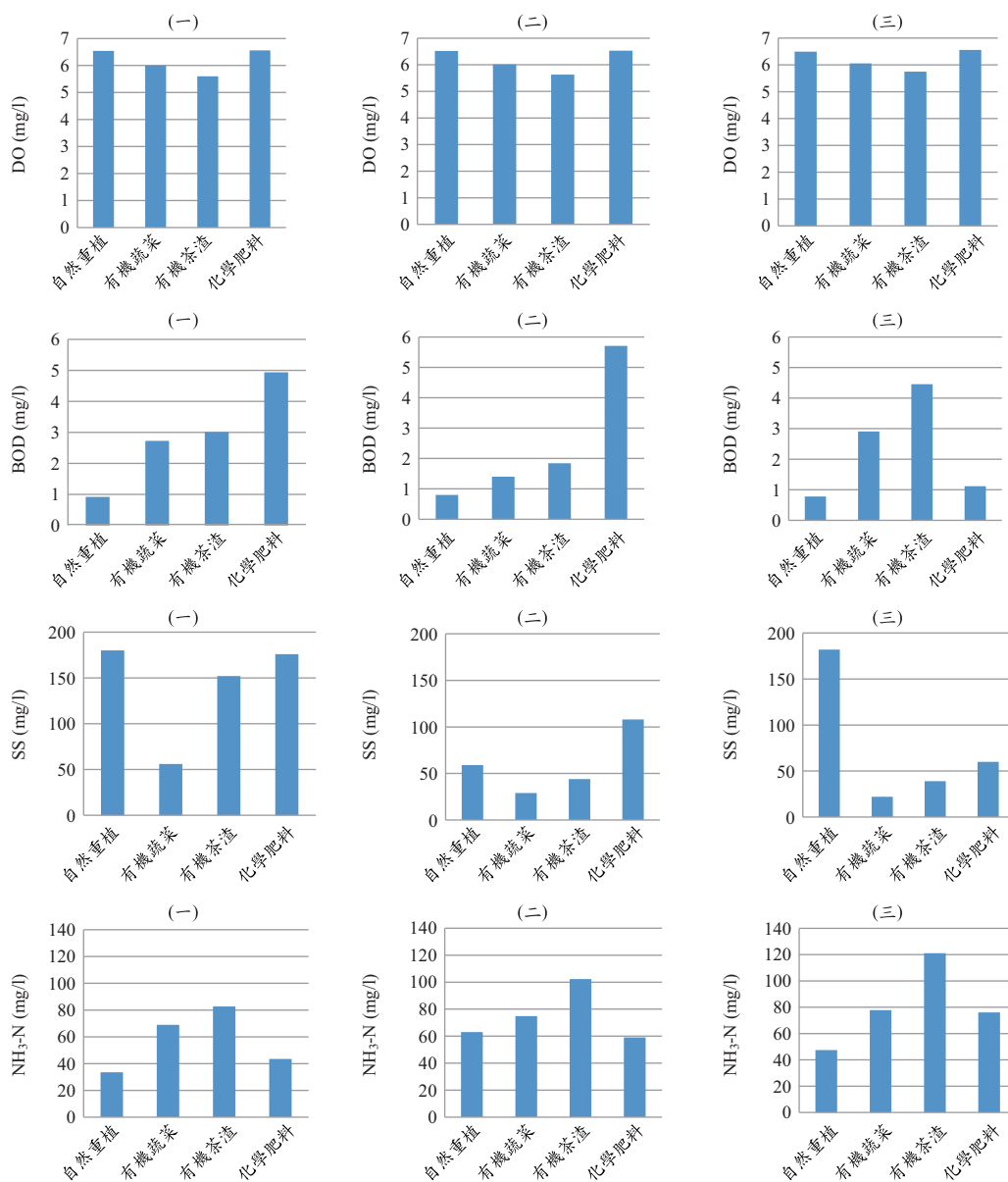


圖 3 各週期肥料對水體水質之影響分析

此外，在孫志棟等(2010)之研究提到，有機茶渣種植方式對水體水質影響不大，且對於植物生長有良好的助益；然而，從本研究的實驗數據得到有機茶渣並沒有那麼理想，若比較有機蔬菜及有機茶渣兩種有機種植方式，本研究結果顯示有機蔬菜對水體水質之衝擊反而較有機茶渣來得小；若進行現地種植，則應再評估較合適的有

機種植方式，方可降低其對水體水質可能造成之衝擊。

3.3 除蟲劑對水體水質之影響

本研究為了解有無除蟲劑對植物生長及水質之影響，因此選擇自然種植和化學除蟲實驗模組的數據進行比較分析。由圖 4 之結果可知，除

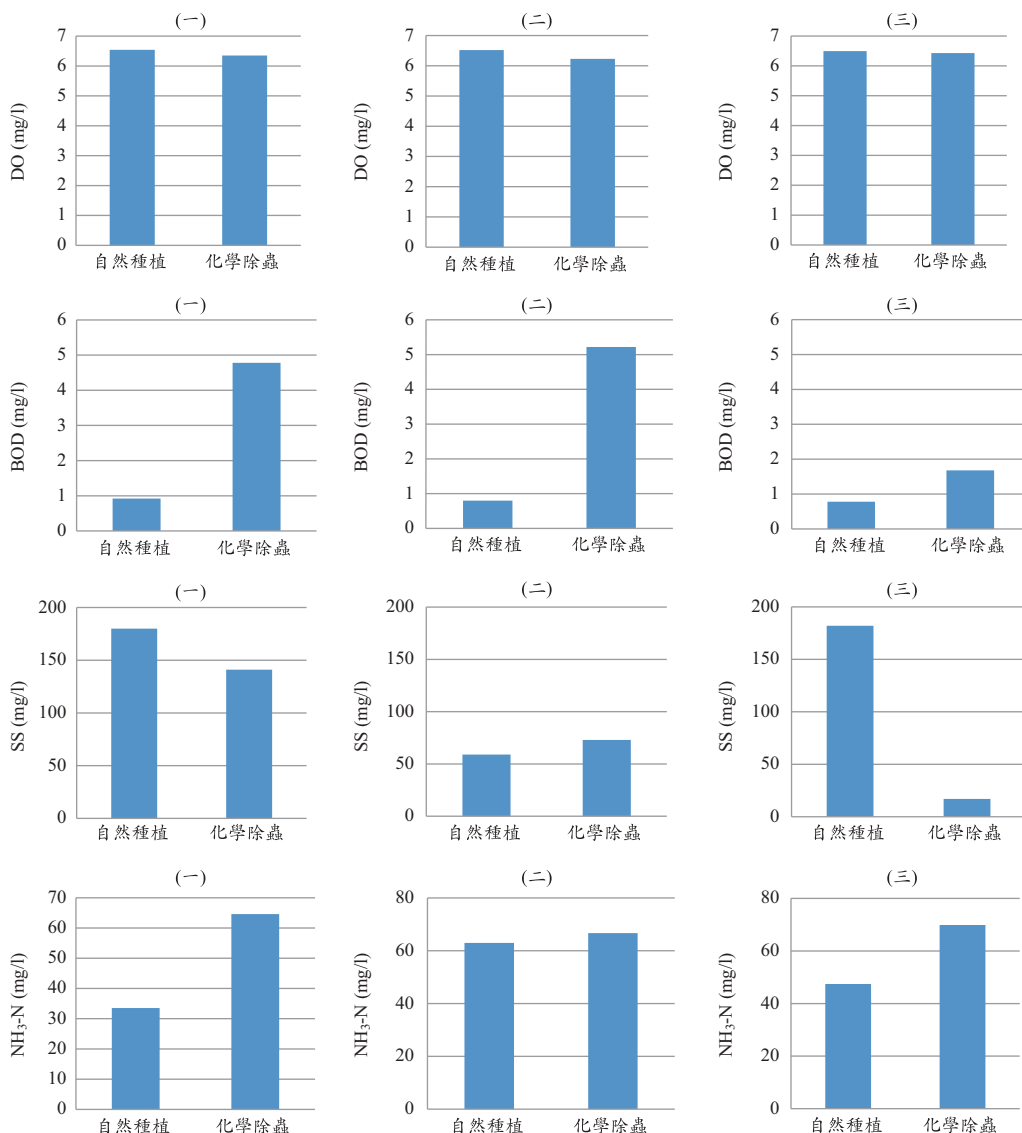


圖 4 各週期除蟲劑對水體水質之影響分析

蟲劑對 DO 之影響亦不大；化學除蟲有助於植物生長，尤其到第三週期，化學除蟲模組相較於自然種植有較高之綠覆率，進而降低 SS 之產出；然而，在 BOD 及 NH₃-N 的部分，化學除蟲均較自然種植之濃度高，雖然化學除蟲可以讓植物生長較為穩定，提高綠覆率，但由前節(3.1 節)之分析結果可知，綠覆率與 BOD 及 NH₃-N 之相關性並不顯著，造成化學除蟲模組在綠覆率佳的情況下 BOD 及 NH₃-N 濃度仍偏高；由結果綜合分析

可知化學除蟲劑有助於植物生長，但因對水體水質之衝擊頗大，故不可過量使用。

3.4 植物種植最適方式評估

本研究將各實驗對照組之水質分析結果彙整如表 2 所示，各階段植物生長之綠覆率如表 3 所示。由實驗結果綜合分析可知，在水體水質影響的部分，SS 濃度與植物綠覆率有密切相關，此外，因有機蔬菜之為固態肥料，對流失之土壤具

表 2 水質數據彙整

分類	模組	DO (mg/l)			BOD (mg/l)			SS (mg/l)			NH ₃ -N (mg/l)		
		一	二	三	一	二	三	一	二	三	一	二	三
空白	空白	6.25	6.31	6.15	0.40	0.55	1.52	278	272	276	7.38	6.29	8.49
有機種植	自然種植	6.54	6.52	6.50	0.92	0.80	0.78	180	59	182	33.5	63.1	47.5
	有機蔬菜	6.00	6.01	6.06	2.73	1.4	2.91	56	29	22	68.9	74.9	77.8
	有機茶渣	5.60	5.63	5.75	3.01	1.84	4.45	152	44	39	82.7	102	121
傳統種植	化學肥料	6.56	6.53	6.56	4.94	5.71	1.12	176	108	60	43.5	59.1	76.8
	化學除蟲	6.35	6.23	6.43	4.78	5.22	1.68	141	73	17	64.6	66.7	69.9

表 3 各實驗模組植物生長情形

分類	模組	第一次實驗的綠覆率(%)	第二次實驗的綠覆率(%)	第三次實驗的綠覆率(%)
有機種植	自然種植	14	40	15
	有機蔬菜	18	80	60
	有機茶渣	7	20	30
傳統種植	化學肥料	30	60	80
	化學除蟲	33	50	100

有阻隔作用，故有機蔬菜模組的 SS 產出濃度最低，DO 濃度受種植方式之影響較不顯著，化學肥料及化學除蟲所產生之 BOD 通常較有機肥高，有機蔬菜及有機茶渣所產生的 NH₃-N 較化肥高；在植物生長情形的部分，有機種植方式對控制植物生長之穩定性較差，以有機蔬菜種植為例，雖然在第二週期時綠覆率可以達到 80%，但到第三週期綠覆率卻有下降之情形發生，相對地，傳統種植方式(包含化學肥料和化學除蟲)對控制植物生長之穩定度較高，綠覆率從第一週期到第三週期有逐漸穩定成長之趨勢。

一個最適合的植物種植方式，必須同時兼顧植物生長及盡可能降低種植方式對水體水質之衝擊，必須從中取得一個平衡點。本研究以評分方式評估各階段最適之種植方式，在水質方面，給分較高者代表種植方式對水體水質衝擊較小，在植物生長狀況方面，給分較高者代表，生長情形較良好的，表 4-6 為三週期(20 天、40 天及 60 天)最適種植方式評估結果。

在第一週期中，自然種植對水質較無負面衝擊，在此種植方式下，DO 濃度較高，BOD 跟 NH₃-N 濃度都較低；相反的，有機茶渣對水體水

質的影響最大，此種植方式會產出較多之 BOD 及 NH₃-N，造成水中有機物及營養鹽過高，進而導致優養化。而在植物生長情形的部分，化學除蟲與化學肥料對於植物生長較有助益。若綜合考量種植方式對水質之影響及植物生長情形，在第一週期可以優先採用自然種植的方式為主，化學肥料及化學除蟲為輔助，則可同時兼顧水質及植物生長。

在第二週期中，自然種植與有機蔬菜對水質較無負面的影響，有機茶渣對水質之影響依然最大；有機種植因為有剩菜形成類似地表覆蓋的效果，所以能減少雨滴所造成的飛濺沖蝕，SS 的濃度較低。而在植物生長情形的部分，有機蔬菜及化學肥料有較佳之植物生長狀態。若綜合考量種植方式對水質之影響及植物生長情形，在第二週期可以改採有機蔬菜的種植方式，能使植物生長的狀況較良好，對水質之負面衝擊亦不會太大。

在第三週期中，化學除蟲對水質之負面影響反而漸小，有機茶渣對水質危害最嚴重。而在植物生長情形的部分，因為自然種植到此階段作物生長的狀況並不是很良好，在綠覆率較低的情況

表 4 第一週期最適種植方式評估

		空白	自然種植	有機蔬菜	有機茶渣	化學肥料	化學除蟲
水質	DO (mg/L)	6.25	6.54	6	5.6	6.56	6.35
	分數	3	5	2	1	6	4
	BOD (mg/L)	0.4	0.92	2.73	3.01	4.94	4.78
	分數	6	5	4	1	2	3
	SS (mg/L)	278	180	56	152	176	141
	分數	1	2	6	4	3	5
	NH ₃ -N (mg/l)	7.38	33.5	68.9	82.7	43.5	64.6
	分數	6	5	2	1	4	3
	總分	16	17	14	7	15	15
生長情況	水質排名	2	1	5	6	3	3
	綠覆率	0%	14%	18%	7%	30%	33%
	分數	1	3	4	2	5	6
	生長情況排名	6	4	3	5	2	1
總分		17	20	18	9	20	21
總排名		5	2	4	6	2	1

表 5 第二週期最適種植方式評估

		空白	自然種植	有機蔬菜	有機茶渣	化學肥料	化學除蟲
水質	DO (mg/L)	6.31	6.52	6.01	5.63	6.53	6.23
	分數	4	5	2	1	6	3
	BOD (mg/L)	0.55	0.8	1.4	1.84	5.71	5.22
	分數	6	5	4	3	1	2
	SS (mg/L)	272	59	29	44	108	73
	分數	1	4	6	5	2	3
	NH ₃ -N (mg/l)	6.29	63.1	74.9	102	59.1	66.7
	分數	6	4	2	1	5	3
	總分	17	18	14	10	14	11
生長情況	水質排名	2	1	3	6	3	5
	綠覆率	0%	40%	80%	20%	60%	50%
	分數	1	3	6	2	5	4
	生長情況排名	6	4	1	5	2	3
總分		18	21	20	12	19	15
總排名		4	1	2	6	3	5

下，降雨對裸露地表的直接撞擊，造成土壤顆粒與土體分離，使得產出之 SS 濃度上升；而化學肥料、化學除蟲有助於穩定作物生長，此兩種種植方式作物生長情況最良好。

綜合三個週期的評分結果可知，在考量植物生長與水質兩大因素下，有機茶渣的種植方式為較差的方式，不僅無法提升植物生長的狀態，對

水體衝擊也不小；此外，自然種植方式固然對水體水質影響較小，但由於耗時耗力又不穩定，後期將無法有效確保植物生長；因此，本研究認為有機蔬菜種植方式，搭配適量的化肥及化學除蟲方式輔助，所有劑量均可以降低，混合式的彈性種植方式，才能在水質保護及種植成效取得最佳平衡。

表 6 第三週期最適種植方式評估

		空白	自然種植	有機蔬菜	有機茶渣	化學肥料	化學除蟲
水質	DO (mg/L)	6.15	6.5	6.06	5.75	6.56	6.43
	分數	3	4	2	1	6	5
	BOD (mg/L)	1.52	0.78	2.91	4.45	1.12	1.68
	分數	4	6	2	1	5	3
	SS (mg/L)	276	182	22	39	60	17
	分數	1	2	5	4	3	6
	NH ₃ -N (mg/l)	8.49	47.5	77.8	121	76.8	69.9
	分數	6	5	3	1	2	4
	總分	14	17	12	7	16	18
生長情況	水質排名	4	2	5	6	3	1
	綠覆率	0%	15%	60%	30%	80%	100%
	分數	1	2	4	3	5	6
總分	生長情況排名	6	5	3	4	2	1
	總分	15	19	16	10	21	24
總排名		5	3	4	6	2	1

四、結論與建議

1. 農業活動固然因為施肥或施灑農藥，對水體水質可能造成衝擊；然而，植物覆蓋對土壤具有保護作用，可以減少泥沙流失，因此，植物綠覆率愈高者，SS 濃度愈低，有助於水土保持。
2. 在肥料對水質之影響評估結果可知，因本研究所採的有機肥為固態、化肥為液態，故有機肥對土壤亦有保護作用，相較於傳統化肥方式，可產出較少之 SS；然而，在 BOD 及 NH₃-N 的部分，有機肥通常還是會較化肥有較多產出量；因此，無論是有機肥料或化肥之使用必須更為彈性，方能降低其對環境之衝擊。
3. 本研究比較兩種有機肥料種植方式，由結果可知，有機蔬菜較有機茶渣為較好的種植方式，其對於水體水質衝擊較小，對於植物生長之助益較大。
4. 在除蟲劑對水質之影響評估結果可知，相對於自然種植，使用化學除蟲對水體固然會有負面影響，但因目前化學除蟲劑多已改良，並不至於對水體造成嚴重危害；相反的，化學除蟲能使作物生長良好，對於種植較害怕病蟲害的作物，適量使用除蟲劑將是較佳之種植方式。
5. 綜合而論，採以較為彈性之種植方式，適時混

含有機種植及傳統化學種植方法，任何肥料及農藥使用均須適量，方能同時照顧到作物生長，亦降低種植行為對於水體水質之衝擊。

參考文獻

1. 黃國輝：「阿里山地區國有林地不同作物之種植對水文環境影響之研究」，國立中興大學，碩士論文，1997。
2. 李啟仁、侯金日：「敷蓋處理對有機栽培馬鈴薯的雜草控制，農藝性狀與產量之影響」，土壤與環境，第 16 卷，pp. 45-58, 2013。
3. 林俊義、謝廷芳、方尚仁：「台灣主要抗病抗蟲品種介紹」，優質安全農產品生產策略研討會專刊，pp. 1-2, 2004。
4. 邱泰穎：「水資源利用管理與永續發展」，環境教育季刊，第 43 卷，pp. 59-67, 2000。
5. 孫志棟、張松強、陳惠云、俞靜芬：「茶渣有機無機活性肥改良大棚葡萄土壤初步研究」，中國農業學報，第 26 卷第 4 期，pp. 178-181, 2010。
6. 游遠航、祁士華、葉琴、溫禮琴：「土壤環境有機氯農藥殘留的研究進展」，資源環境與工程，第 19 卷第 2 期，pp. 115-119, 2005。
7. 張宇旭：「施用有機質肥料對作物肥效及氮

- 礦化之研究」，國立中興大學，碩士論文，1992。
8. 鄭清煥、黃守宏：「作物抗蟲品種的開發與利用」，作物蟲害之非農藥防治技術，pp. 57-70, 2007。
 9. Ghaderi, A. A., Abdul, M. A., Karbassi, A. R., Nasrabadi, T., and Khajeh, M., "Evaluating the Effects of Fertilizers on Bioavailable Metallic Pollution of soils, Case study of Sistan farms, Iran," *International Journal of Environmental Research*, 6(2), 565-570, 2012.
 10. Gomiero, T., Pimentel, D., and Paoletti, M. G., "Environmental impact of different agricultural management practices: conventional vs. organic agriculture," *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1-2), 95-124, 2011.
 11. Liu, Y., Pan, X., and Li, J., "A 1961–2010 record of fertilizer use, pesticide application and cereal yields: a review," *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 83-93, 2015.
 12. Simpson, I. C., Roger, P. A., Oficial, R., and Grant, I. F., "Effects of nitrogen fertilizer and pesticide management on floodwater ecology in a wetland ricefield," *Biology and fertility of soils*, 17(2), 138-146, 1994.

收稿日期：民國 104 年 11 月 16 日

修正日期：民國 104 年 12 月 15 日

接受日期：民國 105 年 1 月 5 日