

葉菜連作後對土壤物化特性之影響

陳彥宇¹⁾ 李文汕²⁾

關鍵字：葉菜、土壤 pH 值、土壤 EC 值、元素含量

摘要：短期葉菜生產具有高複作特性，故輪作系統建立對短期葉菜生產具重要性。本試驗在設施栽培下觀察芥藍、萵苣、萵菜、小白菜、薺菜及莧菜連作後，土壤 EC、pH 值及土壤元素含量。在土壤特性方面，在施用有機肥狀況下，白菜、萵苣及萵菜與對照組達顯著差異。栽培白菜及芥藍後之土壤 EC 值顯著低於種植莧菜及萵苣後之土壤 EC 值，推測十字花科可能具較強之需肥性。在土壤元素部分，莧菜連作後，土壤殘餘較少之有效性磷及有效性鉀，而硝酸態氮則顯著較多。而十字花科葉菜則有相反之表現。

前 言

根據民國九十八年台灣農業年報資料統計顯示，台灣地區短期葉菜類年產面積為 25,773 公頃，年產量達 390,697 噸。為台灣週年供應蔬菜的重要菜種。而一般生產短期葉菜類的農民，因栽培技術、生產設備及栽植習慣固定，大多採週年生產的高複作指數種植，少與其他種類作物輪作，此栽培模式易產生土壤劣化之問題。土壤為農業生產之本，一旦土壤發生劣化問題，表示發生土壤元素失衡、土壤鹽分累積、土壤酸化、毒物質累積及病蟲害嚴重問題。而適當輪作可降低病蟲害發生、有效利用土壤元素，減少施肥而達到減肥及達到營養平衡之效果，因此輪作制度建立為葉菜生產上一重要議題。但輪作制度之建立需先建立作物之病蟲害、元素吸收及相剋物質等相關資料(王等，2002)，然而國外應消費習慣有所差異，相關研究報告較為缺乏，而國內僅卓氏(1995)及高雄改良場(吳和蔡，2006)有關研究，然而卓氏研究中缺乏葉菜營養元素分析。本研究試圖調查不同葉菜連作後，對土壤 pH、EC 值及土壤大量營養元素含量之影響，期以作為葉菜輪作間，土壤狀況之參考依據。

1) 國立中興大學園藝學系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝學系副教授，通訊作者。

材料與方法

一、試驗方法：

- (一) 連作土壤養成：種植本省重要短期葉菜類，其中包含小白菜(三鳳)、芥藍(圓葉白花)、莧菜(白莧)、蕹菜(竹葉)、萵苣(尖葉)及芥菜，對照組以銀黑色塑膠布覆蓋。試驗每區長 12 公尺，寬 1 公尺。每處理 2 重覆，每重覆 2 採樣。試驗於台中縣霧峰鄉中興大學園藝試驗場蔬菜網室進行。
- (二) 肥料管理：所有處理均以福壽牌‘有機栽培專用肥’為栽培用肥料，肥料施用量每作為 2kg/m²，其有效成分為 N:P:K=4:2:6。播種方式：採撒播方式播種，種子用量分別為芥藍 1.20g/m²；萵苣 1.37g/m²；白菜 0.86g/m²；蕹菜 11.90g/m²；莧菜 1.07g/m²，而芥菜播種量為 2g/m²。
- (三) 田間管理：澆水和病蟲害防治等依農民有機栽培法行之，並以黃色黏蟲紙、噴施蘇力菌及窄域油作為田間蟲害防治方式。連作土壤養成及連作、輪作組合試驗栽培期：各供試葉菜連作土壤養成之第一次栽培期為 2006/08/22~2006/10/04，第二次為 2006/10/22~2006/11/17。

二、調查項目及分析項目：

- (一) 土壤採樣：取土壤 5-15cm 深之表土，每小區隨機採樣三點。經風乾、磨碎並過篩(mesh 2 mm)後備用。土壤 EC 及 pH 測定：採取土壤 40g，添加去離子水 40ml(w:v = 1:1)，震盪 1 小時(150rpm)後靜置 45 分鐘，測量其 EC 及 pH 值。
- (二) 土壤無機態氮含量：以 Keeney 和 Nelson 法(1982)測定 NH₄⁺-N 及 NO₃⁻-N 含量，且以 NH₄⁺-N 和 NO₃⁻-N 含量總和代表無機態氮(Inorganic N)含量。
- (三) 土壤磷有效性指標：以布雷氏第一法磷(Bray-1 磷)法進行萃取，以 Bray-1 磷萃取劑(0.03N NH₄F + 0.025N HCl)萃取(Bray and Kurtz, 1945)，濾液以鉬藍法(Murphy and Riley, 1962)測定。
- (四) 有效性鉀、鎂和鈣含量：土壤以 1N 中性醋酸銨(NH₄OAc, pH 7.0)萃取(Knudsen et al., 1982)，嗣以火焰分光光度計(Sherwood 420Flame photometer)測定鉀的濃度，並以原子吸收光譜儀(Hitachi- 30 -Z2000 Atomic absorption spectrophotometer)測定鈣及鎂的含量。

三、統計分析：

調查所得數據以 SAS 套裝軟體(SAS. Institute, Cary NC)中之其處理均值以最小顯著差異測驗 (Least Significant Difference Test; LSD) 進行差異顯著性之比較測驗。

結果

一、設施栽培下不同葉菜類連作後對土壤 pH、EC 值及有機質含量之影響

設施葉菜類連作兩作後之土壤 pH 值變化如圖 1，芥菜、白菜及萵苣連作兩作後土壤 pH 值分別為 6.0、5.9 及 5.7，與對照組之土壤 pH 值 5.28 達顯著差異，萵菜、薺菜及芥藍連作後之土壤 pH 值與對照組未達顯著差異。在 EC 值方面，萵菜及萵苣連作後之土壤 EC 值分別為 835 μ s/cm 及 738 μ s/cm，與對照組之土壤 EC 值 859 μ s/cm 未達顯著差異，芥菜、白菜及芥藍連作後之土壤 EC 值各為 457、539 及 485 μ s/cm，分別較對照組下降 402、320 及 374 μ s/cm(圖 1)。

二、不同設施葉菜類連作後對土壤營養元素含量之影響

不同葉菜連作兩作後之土壤對無機態氮含量無顯著差異，但對銨態氮及硝酸態氮則有不同程度之影響(表 1 及圖 1)。芥藍及白菜連作兩作後土壤之銨態氮分別達 39.58 及 40.57 mg/kg，為各處理間最高，雖與對照組 35.74 mg/kg 無顯著差異，但仍高於萵菜連作兩作後之 30.59 mg/kg。而萵菜連作兩作後土壤硝酸態氮含量為 90.68 mg/kg，亦與對照組之 72.41 mg/kg 無顯著差異，但仍顯著較白菜及芥藍連作兩作後之 56.26 mg/kg 及 55.21 mg/kg 為高。

不同葉菜連作兩作後對土壤有效性磷、鉀、鈣、鎂含量均有不同程度之影響(表 2)。白菜與芥藍連作兩作後土壤之有效性磷含量為分別為 199 mg/kg 及 183 mg/kg，顯著高於對照組之 123 mg/kg，顯示種植十字花科葉菜施用 2 kg/m² 有機肥料(有效成分 N:P:K=4:2:6)可能會造成土壤有效性磷累積之現象。而萵苣及萵菜連作兩作後之土壤有效性磷含量分別為 153 及 151 mg/kg，雖與對照組無顯著差異，但仍顯著低於白菜連作兩作後之土壤有效性磷含量。而芥菜連作兩作後土壤有效性磷含量為各處理中最低者，為 131 mg/kg，顯著低於白菜及芥藍連作兩作後土壤有效性磷含量。不同葉菜類連作兩作後之土壤有效性鉀含量如表 1，芥藍連作兩作後土壤有效性鉀含量達 263 mg/kg，雖與對照組的 211 mg/kg 未達顯著差異，但仍顯著高於萵菜連作兩作之 191 mg/kg。觀察不同葉菜連作兩作後不同土壤有效性鈣含量如表 2，發現薺菜、白菜連作兩作後之土壤有效性鈣含量分別為 2509 mg/kg 及 2137 mg/kg，顯著高於對照組之 1799 mg/kg。而萵菜及芥藍連作兩作後土壤有效性鈣含量分別為 1831 mg/kg 及 1802 mg/kg，與對照組無顯著差異，但顯著低於薺菜及白菜連作兩作後之土壤有效性鈣含量。不同葉菜連作兩作後之土壤有效性鎂含量變化趨勢與有效性鈣類似，薺菜連作兩作後土壤有效性鎂含量為 525 mg/kg，顯著高於對照組之 407 mg/kg，而芥藍連作兩作後之土壤有效性鎂含量為 364 mg/kg，與對照組無顯著差異，但顯著低於薺菜及白菜連作兩作後之土壤有效性鎂含量。

三、設施栽培下不同葉菜類連作後對土壤重金屬含量之影響

不同葉菜連作兩作後對土壤重金屬中鉻及鎳無顯著差異，但對鎘及鉛之含量則有不同程度的影響。白菜連作兩作後之土壤鎘含量達 96.7 μ g/kg，雖與對照組的 73.3 μ g/kg 未達顯著差異，但顯著高於芥藍、萵苣、芥菜、薺菜及萵菜連作連作兩作後之土壤鎘含量。白菜及芥菜連作兩作後之土壤鉛含量均達 5.62 mg/kg，顯著較芥藍、薺菜及萵菜之 4.50、4.36 及 4.40 mg/kg 為高。但各處理間土壤重金屬含量均符合農委會‘有機農產品生產規劃-作物’中土壤重金屬含量規範之標準值內(表 2)。

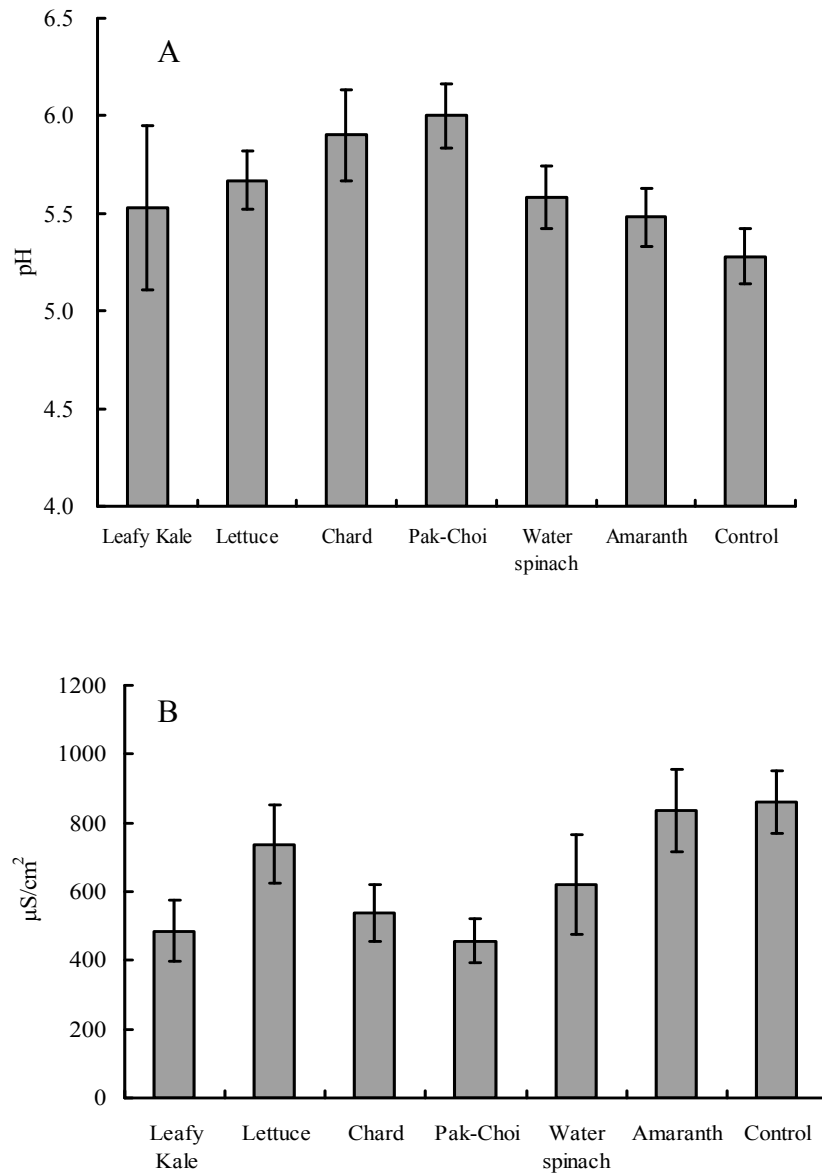


圖 1. 設施栽培下不同葉菜連作後對土壤(A)pH 及(B)EC 值變化之影響

Fig.1. Effects of different green house leafy vegetable continuous cropping on soil pH and EC value.

表 1. 設施栽培下不同葉菜連作後對土壤營養元素含量變化之影響

Table 1. Effects of different green house leafy vegetable continuous cropping on soil nutrient

(Preceding crops)	Ion-N	Bary-P	Active-K	Active -Ca	Active -Mg
	mg kg ⁻¹				
Leafy Kale	96 ^a	183 ^{ab}	263 ^a	1802 ^c	364 ^c
Lettuce	114 ^a	153 ^{bcd}	213 ^{ab}	1982 ^{bc}	438 ^{abc}
Chard	99 ^a	131 ^{cd}	234 ^{ab}	2170 ^{abc}	463 ^{abc}
Pak-Choi	96 ^a	199 ^a	242 ^{ab}	2317 ^{ab}	487 ^{ab}
water spinach	111 ^a	170 ^{abc}	215 ^{ab}	2509 ^a	525 ^a
Amaranth	122 ^a	151 ^{bcd}	191 ^b	1831 ^c	409 ^{bc}
Control	108	123 ^d	211 ^{ab}	1799 ^c	407 ^{bc}
L.S.D	28	44	71	444	98

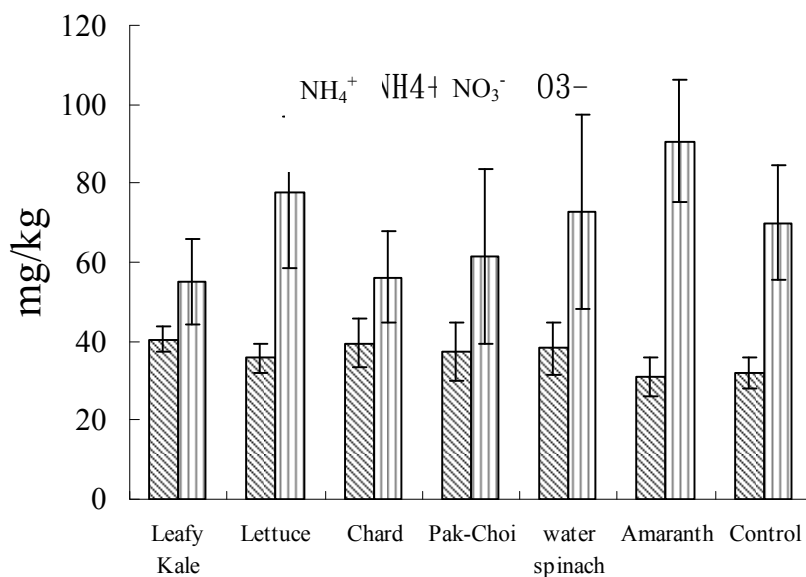


圖 2. 設施栽培下不同葉菜連作後對土壤硝酸態氮及銨態氮含量變化之影響

Fig2. Effects of different green house leafy vegetable continuous cropping on soil NO₃⁻ and NH₄⁺

表 2.設施栽培下不同葉菜連作後對土壤微量元素及重金屬含量變化之影響

Table 2. Effects of different green house leafy vegetable continuous cropping on soil nutrient

(crops)	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd	Cr
	mg kg ⁻¹							(µg kg ⁻¹)	
Leafy Kale	364 ^c	562 ^a	56.7 ^{ab}	22.6 ^c	1.92 ^c	1.23 ^a	4.50 ^b	68.3 ^b	564 ^a
Lettuce	438 ^{abc}	523 ^{ab}	55.7 ^{ab}	39.1 ^{ab}	2.22 ^{abc}	1.16 ^a	4.69 ^{ab}	58.3 ^b	552 ^a
Chard	463 ^{abc}	479 ^c	64.3 ^a	48.9 ^a	2.47 ^a	1.23 ^a	5.62 ^a	71.7 ^b	628 ^a
Pak-Choi	487 ^{ab}	478 ^c	65.0 ^a	12.6 ^c	2.29 ^{ab}	1.28 ^a	5.62 ^a	96.7 ^a	602 ^a
water spinach	525 ^a	515 ^{ab}	63.8 ^a	21.4 ^c	2.04 ^{bc}	1.15 ^a	4.36 ^b	63.3 ^b	604 ^a
Amaranth	409 ^{bc}	499 ^{bc}	56.9 ^{ab}	19.6 ^c	2.04 ^{bc}	1.13 ^a	4.40 ^b	55.0 ^b	529 ^a
Control	407 ^{bc}	525 ^{ab}	49.0 ^b	25.7 ^{bc}	2.45 ^{abc}	1.18 ^a	5.22 ^{ab}	73.3 ^{ab}	533 ^a
L.S.D	98	43	13.3	15.6	0.32	0.16	1.09	24.6	104

討 論

一、不同葉菜類連作後對土壤 pH 及 EC 變化之影響

土壤 pH 值除了影響作物根系的發育及水分和養分的吸收能力外，亦控制養分在土壤中的轉換及養分有效性的高低(王等, 2001)，即土壤所有生物相、物理相及化學相均受土壤 pH 之影響(Brady and Weil, 2002)。土壤 pH 值更與部分植物所需元素，或對植物有毒之元素的有效性有關(Mengel *et al.*, 2001)。在試驗中發現添加有機肥後，在所有葉菜類連作後土壤 pH 值呈現不同程度上升之現象，但芥藍、蕹菜及莧菜連作後土壤 pH 與對照組無顯著差異(圖 1)。施用有機肥料會改變土壤的 pH 值(Hue and Amien, 1989)，許多報告均指出長期施用有機肥料後，土壤 pH 會趨於中性至弱鹼性(王與趙, 1995; Fließbach *et al.*, 2006)。

分別調查不同葉菜連作後對土壤 pH 變化，發現連續種植不同葉菜，對土壤分別造成不同程度的土壤酸化及鹼化之現象。Yan 等亦認為土壤 pH 值，受栽培作物之種類及供應肥料型式之影響(Yan *et al.*, 1996)。連續種植不同作物，會導致土壤 pH 值的改變，卓(1995)發現小白菜、隨栽培次數增加，而 pH 值有所提高，而蕹菜、莧菜及芹菜則隨栽培次數增加而下降。另外 Douglas(1995)亦發現穴格 pH 值會受所種植的作物所影響，在 4-6 周育苗期內番茄、石竹、雞冠及秋海棠明顯使介質 pH 值下降，而百日草、萬壽菊及長春花則使介質 pH 值上升。因此長期連續種植同一作物會導致土壤酸化或鹼化。

作物吸收的離子不同會影響土壤 pH 值的變化，當 NO₃⁻離子吸收量較多時，鉀與鈣會留在培養液內，造成 pH 值的上升，在本試驗中，白菜連作後可發現此現象。而連續種植莧菜後土壤的交換性鉀及鈣含量均為各處理中最低，而土壤 NO₃⁻為各處理中最高，這些現象可能為種植莧菜後土壤酸化之原因(圖 1、圖 2、表 2)。學者利用化學肥料及味素發酵

母液在盆栽中種植白菜，發現白菜連作後會導致土壤 pH 值下降。推測為施用之化學肥料所導致(黃和陳，2003)。顯示種植作物後土壤 pH 值變化受到許多因子干擾，而作物本身對土壤 pH 值之影響亦受許多因子所影響。

土壤 EC 值亦為影響作物生長之重要因子，在不同葉菜連作兩作後對土壤 EC 值之影響，調查發現在同樣施肥條件下，莧菜及萵苣均有較高之土壤 EC 值，而十字花科之白菜及芥藍有較低的土壤 EC(圖 1)。根據農試所施肥手冊，以種植菠菜施肥量為每公頃施用堆肥 20 公噸、氮素 150-180 kg、磷酐：90-120 kg、氧化鉀：120-150 kg 最多，蘿菜每公頃施用堆肥 10 公噸、氮素：120-180 kg、磷酐：50-90 kg、氧化鉀：100-150 kg 次之，以萵苣每公頃施用堆肥 5 公噸、氮素：100-120 kg、磷酐：50-100 kg、氧化鉀：90-120 kg 之肥料施用量最低。然而在本次實驗中發現萵苣連作後具有較高之土壤 EC 值，應與土壤中含有較多之硝酸態氮殘餘所致，然而在本試驗中發現莧菜連作後之土壤亦含有較多之硝酸態氮。(圖 1、2、表 1)。

二、不同葉菜類連作後對土壤營養元素含量之影響

長期種植同樣作物常導致土壤養分失衡，會顯著影響作物生長(譚和王，2000；王等，2002)。根據農試所施肥手冊，各種葉菜類施肥建議量差異不大，但在本試驗中發現不同葉菜連作後，土壤元素殘餘量有不同結果，顯示各種葉菜對土壤元素吸收量有所差異(表 1、2)，

氮素為植物生長之必需元素，其為植物體內許多重要的有機化合物之組成份，如蛋白質、核酸、各種酶等(Buchanan *et al.*, 2000)。在土壤氮素部份可發現各處理間土壤總無機氮量未達顯著差異(表 1)。一般來說植物主要吸收之無機態氮分為硝酸態氮及銨態氮兩種(Taize and Zeiger, 2008)，種植不同葉菜間土壤銨態氮及硝酸態氮卻有顯著差異(圖 2)。在無機氮型態部分，可發現芥藍及白菜連作後，土壤銨態氮含量為各處理中最高，而其硝酸態氮含量卻為各處理間最低，與前人研究中白菜喜愛硝酸態氮相符(王和吳，1990)。而莧菜連作後之土壤銨態氮含量為各處理中最低，其硝酸態氮含量卻為各處理中最高，原因可能為莧菜較喜愛銨態氮。有報告指出在硝酸態氮與銨態氮共存下，胡瓜與萵苣為優先吸收銨態氮之作物，若銨態氮優先吸收，pH 值就會下降，反之如白菜、菠菜等優先吸收硝酸態氮者則會導致土壤 pH 值上升(王和吳，1990)。本試驗中白菜連作土壤後 pH 值上升，而莧菜土壤後 pH 下降之結果符合；另外，除莧菜本身造成硝酸態氮及銨態氮之間的差異外，亦有可能因種植莧菜後，土壤 pH 值較低，而不利硝化作用，導致土壤中累積較多之銨態氮(Schmidt, 1982)。

在土壤有效磷部分(表 1)，可發現各處理的土壤中磷含量均較對照組來高，然而僅莧菜、蘿菜及白菜連作後，其土壤有效性磷含量顯著上升。學者試驗發現，以滿足作物氮需求為前提下，施用堆肥及廐肥會導致土壤中磷肥累積(Eghball and Power, 1999)。另外連續施用牛糞廐肥 20 年之試驗中，亦發現土壤有效磷濃度明顯從 9 mg/kg 上升至 1200 mg/kg

(Dormaar and chang, 1995)。此外，在一般酸性土壤中磷酸根離子易被鐵與鋁氧化物所吸附(Parfitt, 1978)，使土壤中磷不具有有效性，而有機肥本身提供土壤磷酸根離子來源外，施用有機肥亦常使土壤 pH 值上升，導致磷有效性提高。

在土壤交換性鉀部分(表 1)，發現除莖菜連作之土壤外，其他各處理均較對照組為高。不同葉菜連作後，以萵苣、薤菜及莧菜連作後之土壤之交換性鉀累積最低，沈及許(1991)在薤菜水耕栽培中發現，種植過薤菜之廢養液中殘餘較少的鉀而含有較多的鈣，而推測薤菜為好鉀性蔬菜，吳與蔡(2006)亦發現種植薤菜及莧菜相對於種植白菜會消耗較多的土壤氧化鉀，在本試驗中亦發現相同現象。

綜合以上調查結果發現，莧菜與十字花科葉菜對土 pH、EC、土壤銨態氮、硝酸態氮、及有效性磷、鉀均有互補之現象，就土壤特性，可建議莧菜與十字花科葉菜輪作。

參 考 文 獻

- 王銀波、吳正宗. 1990. 培養液之理論與實際. 沈再發、許森森主編. 養液栽培技術講習會專刊第三輯. 行政院農業委員會. pp:14-26.
- 王銀波、趙震慶. 1995. 有機及化肥法下土壤環境及養分收支比較. 八十三年度土壤肥料試驗研究成果報告. 台灣省政府農林廳. pp491-555.
- 王鐘和、林毓雯、黃維廷、張愛華. 2001. 作物營養診斷與土壤診斷技術. 永續農業第一輯作物篇. 中華永續農業協會. pp:104~117.
- 王鐘和、譚增偉、黃維廷、江志峰. 2002. 有機農場的輪間作制度. 作物有機栽培. 農委會農業試驗所特刊 102 號. pp:171-184
- 吳純宜、蔡永暉. 2006. 有機蔬菜連作與輪作組合之研究. 高雄區農業改良場研究彙報. 17(1): 42 -50.
- 沈再發、許森森. 1991. 薤菜水耕養液之研究. 中華農業研究 40(4):407~416.
- 卓文君. 1995. 設施葉菜類連作障礙之研究. 國立中興大學園藝學系. 碩士論文. 108pp.
- 黃裕銘、陳建中. 2003. 養液氮及鉀濃度對小白菜生長、硝酸態氮及其他養分含量之影響. 土壤與環境. 6: 87-96.
- 譚增偉、王鐘和. 2000. 當今農業對輪作制度應有的認識(一)輪作制度的起源、歷史、意義與範圍. 技術服務. 44:1-5.
- Dormaar, J. F. and C. Chang. 1995. Effects of 20 annual application of excess feedlot manure on labile soil phosphorus. *Can. J. Soil Sci.* 75:507-512.
- Eghball, B. and J. F. Power 1999 Phosphorus- and nitrogen- based manure and compost applications : corn production and soil phosphorus *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:247-253.
- Fließbach, A., H.-R. Oberholzer, L. Gunst, and P. Mäder. 2007. Soil organic matter and

- biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 118:273-284
- Hue, N. V., and I. Amien. 1989. Aluminum detoxification with green manures. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 20:1499-1511.
- Mengel, K., E. A. Kirkby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2001. *Principles of plant nutrition*. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. London. p:51-62
- Parfitt, R.L. 1978. Anion adsorption by soil and soil materials. *Adv. Agron.* 30:1-50
- Reganold, J. P. 1989. Comparison of soil properties as influenced by organic and conventional farming systems. *Amer. J. Altern. Agri.*, 3: 144-155.
- Schmidt, E.L.1982.Nitrifi cation in soil. In F.J.Stevenson(ed.) *Nitrogen in Agricultural Soils*. Agron. Monogr. 22. ASA, CSSA, and SSSA Madison, WI. p.253-288.
- Bloom, J. A. 2008. Mineral Nutrition. pp:79-80 In Taiz, L., and E. Zeiger.(ed.) *Plant physiology*. 4rd ed. Sinauer Associates, Inc. USA.
- Yan, F., S. Shubert, and K. Mengel. 1996. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic acids. *Soil Biol. Biochem.* 28:617-623.

Effect of Soil Characteristic after Leafy Vegetable Continuous Cropping

Yen-Yu Chen¹⁾ Wen-Shann Lee²⁾

Key words: Culture solution, Hoagland, reagent, Lettuce, Pak-choi, pH value, EC value

Summary

Leafy vegetable are crops of high cropping index, hence how to manage rotation crop system is the major factor in leafy vegetable production. Experiments were conducted to study the vegetative growth of chinese kale, lettuce, Chard, Pak-cho and water spinach as affected by repeat planting with soil pH, EV value and soil nutrition.

Soil pH value was significantly affected by different leafy vegetables where soil pH value decreased by repeat planting of edible amaranth yet increased by repeat planting of pak-cho. In contrast, continuous cultivation of cruciferous leafy vegetables resulted in lower nitrate contents.

As to EC value of soil, under the similar fertilization managements, lower EC value was observed in the soil after the cultivation of lettuce and edible amaranth than those of cruciferous leafy vegetables. It is postulated that cruciferous leafy vegetables are of higher fertilizer requirement than other crops.

As to nutrition of soil, it was found that the ammonium nitrogen, potassium and calcium contents in soil were the lowest while the nitrate content was the highest among all treatments after repeat planting of edible amaranth.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.