



# 中部地區作物栽培環境親和 輪作體制之建立

戴振洋、林訓式、陳鴻堂

## 摘要

本試驗目的在於探討不同作物間輪作對土壤環境之影響。由試驗結果顯示，第一年裡作小麥，不同處理間對小麥生育及產量影響不顯著，栽培後對土壤分析不論慣行栽培或親和栽培區在土層15-60公分處，以裡作種植小麥栽培的全氮及銨態氮( $\text{NH}_4^+$ )含量顯著高於裡作栽培綠肥者，而硝酸態氮( $\text{NO}_3^-$ )則有相反的表現，以裡作栽培綠肥者略高於作種植小麥栽培，且差異達顯著性。102年輪作一期水稻栽培方面，對水稻部分生育性狀表現並無顯著差異，但親和栽培較慣行栽培處理者在產量略減而品質有增加。夏作栽培甘藍方面，親和栽培A處理(101年裡作小麥)產量顯著低於其他慣行栽培處理(C處理及D處理)，但在親和栽培B處理(101年裡作綠肥)產量略減慣行栽培處理(C處理及D處理)，但未達顯著性差異。綜合試驗結果顯示親和栽培在適當輪作體制及栽培管理之下，將可達到生產與環境親和兼顧。

## 前言

所謂「環境保全型農業」就是環境親和型、環保型和生態型農業，指在栽培農作物時，不使用或儘量少使用農藥和化肥，以此謀求人與自然的親和。環境保全型農業其概念是指以有機物還田為主的培育土壤和合理的種植生產體系為基礎，適當地施用化肥、農藥且不會過分依賴，讓環境保護與農業生產維持互相調和的永續性農業。前期派人員前往日本研習及參訪「環境保全型農業」發展經驗，日本臨近台灣而且其農耕制度與我國相近，且日本為首倡「環境保全型農業」國家，從整體環境保護及生態平衡為出點，發展「環境保全型農業」。在台灣農作操作模式，即以全年持續性栽培為主，易因施肥及噴灑農藥等農事操作不慎，致使栽培環境惡化，面臨生產困難之瓶頸及土壤累積肥料鹽分等問題。長期施用化學肥料，或過量施用有機質肥料，且相同作物連作容易造成土壤中某些養分含量失衡，不利作物生長或形成二次污染。因此要使有土壤養分有效性發揮最大，必須使肥料的養分礦化速率與作物養分吸收速率互相配合，才能達到經濟且有效地使用。面對農業生態環境日益惡化的現實，重新審視現行農業操作模式，

以尋求新的農業發展途徑，以積極開展環境親和型農業新技術的研究開發與普及推廣。本計畫擬針對主要農作操作模式進行研究，探討不同作物間輪作對土壤環境之影響，藉以做為水稻—蔬菜—小麥輪作推廣之正確依據；同時就不同作物施肥對環境影響整體機制加以分析探討，期能研擬農業生產與環境親和之平衡點，兼顧農業生態永續發展。

## 內 容

### 一、不同輪作栽培對裡作小麥生育之影響

進行不同輪作栽培對裡作小麥生育之影響水稻（慣行栽培及親和栽培）於11月28日撒播工作，各試驗處理及施肥量詳如表一。於收穫後調查產量、穗數、一穗粒數、千粒重，同時調查生產成本。結果顯示因本期作小麥種植時間較晚，成熟後期高溫使小麥提早成熟，致使本期作小麥產量較低，慣行及合理化每公頃產量分別為2,680及2,630公斤，但在農藝性狀及產量上，處理間皆無顯著差異。其農藝性狀方面分別如下：穗數分別為慣行栽培的175穗及親和栽培處理158穗；穗長分別為慣行栽培穗長的9.2公分及親和栽培處理8.5公分；一穗粒數為慣行栽培一穗粒數的22.2粒/穗及親和栽培處理20.5粒/穗；千粒重為慣行栽培的38.5公克及親和栽培處理35.1公克。在生產成本分析上，每公頃慣行栽培處理成本較環境親和栽培處理提高2,080元，其產量亦較環境親和栽培略增產50公斤，故每公斤生產成本環境親和栽培處理略高於慣行栽培處理0.5元。顯示裡作小麥的施肥可降低施肥量，對作物生長表現（表一）並無顯著差異，雖然產量略減但生產成本可降低（表二），可達到生產與環境兼顧的栽培方式。

表一、不同輪作體制裁培對101年裡作小麥農藝性狀及生產成本之影響

試 區	穗數 (No. / m <sup>2</sup> )	穗長 (cm)	一穗粒數 (No./panicle)	千粒重 (g)	產量 (kg/ha)	生產成本 (元 / 公斤)
慣行栽培	175	9.2	22.2	38.5	2,680	15.1
親和栽培	158	8.5	20.5	35.1	2,630	14.6
	ns	ns	ns	ns	ns	ns



表二、101年裡作小麥每公頃生產成本

單位：NT \$ / ha

項 目	慣行栽培	親和栽培
種子費	3,600	3,600
肥料費	9,690	7,610
農藥費	4,800	4,800
人工費	4,000	4,000
機工費		
整地、收割	18,357	18,357
總生產成本	40,447	38,367
總產量	2,680	2,630
每公斤平均成本	15.1	14.6

## 二、不同輪作栽培對裡作後土壤化學性質之影響

爲了解不同作物輪作彼此間對土壤之影響程度，以供環境親和輪作推廣之正確依據。於101年裡作小麥收穫後將進行小麥及綠肥田區土壤採樣(地面下15公分、30公分及60公分)及分析調查。結果顯示(表三-1及表三-2)，在根部主要分佈的土層15公分處，分別在pH值方面A處理者(小麥慣行栽培)爲7.54，與其他B、C及D處理之7.88、7.79及7.98有顯著差異。EC值方面A處理者(小麥慣行栽培)爲0.33dS/m，與親和栽培處理之C(小麥親和栽培)及D(綠肥栽培)的0.23 dS/m及0.22 dS/m有顯著差異。有機質含量方面以D處理(綠肥栽培)的2.04 g / kg與A處理者(小麥慣行栽培)爲1.13 g/kg有顯著差異外，其餘處理間差異不顯著；土壤全氮方面是以小麥栽培者不論慣行(A處理)或親和(C處理)均較綠肥栽培之B處理(慣行區)及D處理(親和區)顯著較高，分別爲A處理及C處理的4.55 g / kg及4.73 g / kg；與B處理及D處理的0.16 g / kg及0.17 g / kg。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>方面與土壤全氮有相似的趨勢，以小麥栽培者不論慣行(A處理)或親和(C處理)均較綠肥栽培之B處理(慣行區)及D處理(親和區)顯著較高，分別爲A處理及C處理的35.9mg/kg及26.5 mg / kg；與B處理及D處理的6.1mg / kg及10.2mg/kg。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>方面以綠肥栽培之B處理(慣行區)及D處理(親和區)均較小麥栽培者不論慣行(A處理)或親和(C處理)顯著較高，分別爲B處理及D處理的26.32 mg / kg及22.8 mg / kg；與A處理及C處理的0.15mg / kg及0.17mg / kg。在土層30公分處在pH值及NH<sub>4</sub><sup>+</sup>各處理間差異不顯著。其餘電導度(EC)、有機質含量、土壤全氮及NO<sub>3</sub><sup>-</sup>各處理間有顯著性差異，分別與土層15公分處有相似的趨勢。在土層60公分處在pH值、電導度(EC)、及NH<sub>4</sub><sup>+</sup>各處理間差異均不顯著。其餘有機質含量、土壤全氮及NO<sub>3</sub><sup>-</sup>各處理間有顯著性差異。土壤中氮肥的有效性不同且很難預測、實際應用上的有其困難處，一般農田施肥稍不慎則易過量，其中以氮肥利用率較低約在30%左右，其餘大部分的氮肥都流失，尤以硝酸態氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)更明顯，而氮肥的流失常容易導致地下水之硝酸鹽含量過高，本研

究中以裡作小麥與裡作綠肥在前期作慣行栽培區或親和栽培區在不同土層間（地面下15公分、30公分及60公分）土壤全氮及銨態態氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)含量有不同變化，其中在慣行栽培區不論是栽培小麥或綠肥其壤全氮及銨態態氮(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)含量高於親和區，但在硝酸態氮(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)則以親和栽培區高於慣行栽培區，且差異顯著，因本期作為試驗第一年裡作，日後是否有累加效應或影響效應不大，有待日後完成第二年裡作後試驗結果驗證。表8-2結果顯示在根部主要分佈的土層15公分處，在交換性鉀含量及鈉含量各處理間差異不顯著。土壤有效性磷含量以A處理者(小麥慣行栽培)為78 mg/kg，與其他B、C及D處理之52mg/kg、58.8mg/kg及62.5 mg/kg有顯著差異。交換性鈣含量以B處理者(慣行區栽培綠肥)為2712 mg/kg，與A處理2329mg/kg有顯著差異，其他C及D處理之2524mg/kg、2594mg/kg顯差異不顯著。交換性鎂含量以A處理者(小麥慣行栽培)為180 mg/kg最低，與其他B處理、C及D處理之206mg/kg、208mg/kg及218mg/kg有顯著差異。銅含量以A處理者(小麥慣行栽培)為4.8mg/kg最低，與其他B處理、C及D處理之6.3mg/kg、6.3mg/kg及7.0mg/kg有顯著差異。錳含量以D處理者(親和區栽培綠肥)為141.3 mg/kg，與A及C處理117.8mg/kg與120mg/kg差異有顯著，與B處理之126.3mg/kg差異不顯著。鋅含量以C處理者(小麥親和栽培)為8.0 mg/kg，與B及D處理5.0mg/kg與5.8mg/kg有差異顯著，與A處理之7.0mg/kg差異不顯著。鐵含量以C處理者(小麥親和栽培)為286 mg/kg，與B 181.8mg/kg有顯著差異，與A處理及D處理之243.5mg/kg與265.8mg/kg差異不顯著。其他土層在30公分及60公分處之土壤有效性磷、交換性鈣、交換性鎂、鈉、錳、鋅及鐵含量等，表內所列之土壤化學性質各處理間差異不顯著居多。

表三-1、不同輪作體制裁培對101年裡作栽培後土壤化學性質之影響

處理別	土層 (cm)	pH	EC dS m <sup>-1</sup>	OM g / kg	全氮 g / kg	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
						-----mg / kg-----	
A	15	7.54b	0.33a	1.13b	4.55a	35.9a	0.15b
B	15	7.88a	0.29ab	1.69ab	0.16b	6.1b	26.30a
C	15	7.79a	0.23b	1.68ab	4.73a	26.5a	0.17b
D	15	7.89a	0.22b	2.04a	0.17b	10.2b	22.80a
A	30	8.09a	0.13b	0.98b	4.40a	5.78a	0.11b
B	30	8.10a	0.17a	0.94b	0.13b	6.65a	7.88a
C	30	8.08a	0.16 ab	1.29a	5.60a	4.38a	0.14b
D	30	8.13a	0.15ab	0.92b	0.13b	5.80a	4.40a
A	60	8.05a	0.12a	0.63a	3.85a	3.68a	0.09b
B	60	8.11a	0.12a	0.35ab	0.08b	4.38a	4.90a
C	60	8.06a	0.12a	0.69a	4.38a	7.73a	0.09b
D	60	8.02a	0.09a	0.15b	0.06b	4.20a	6.83a

\* : Means in each column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) as determined by LSD.



表三-2、不同輪作體制裁培對101年裡作栽培後土壤化學性質之影響

處理別	土層 (cm)	有效性		交換性				銅	錳	鋅	鐵
		磷	鉀	鈣	鎂	鈉	mg / kg				
A	15	78.0a	111a	2329b	180b	34.0 a	4.8 b	117.8 b	7.00a	243.5a	
B	15	52.0b	115a	2712a	206a	38.3 a	6.3 b	126.3 ab	5.00b	181.8b	
C	15	58.8b	114a	2524ab	208a	35.0 a	6.3 b	120.0b	8.00a	286.0a	
D	15	62.5b	121a	2594ab	218a	41.8 a	7.0 a	141.3a	5.8 b	265.8a	
A	30	32.5a	37.8b	2489a	197a	26.5 a	2.8 a	67.3b	2.50 a	81.5a	
B	30	21.3a	39.5ab	3439a	253a	58.3a	4.3a	82.5ab	2.25a	82.0a	
C	30	23.5a	55.8a	3482a	233a	28.0a	3.5a	97.0a	4.25a	112.3a	
D	30	20.0a	37.0b	3348a	209a	32.3a	4.0a	72.4b	2.30a	100.1a	
A	60	27.3a	27.0ab	2020a	164a	22.3a	1.75a	45.8a	2.00a	104.8a	
B	60	16.3b	13.3b	2065a	147a	37.5a	2.25a	41.8a	1.75a	144.8a	
C	60	10.8b	35.5a	2397a	168a	22.3a	1.78a	57.8a	2.25a	96.8 a	
D	60	18.8b	16.0b	1516a	126a	35.8a	1.5a	30.8a	1.00b	151.5a	

\* : Means in each column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) as determined by LSD.

### 三、不同輪作栽培對一期作水稻生育之影響

進行一期水稻（慣行栽培及親和栽培）於3月4日插秧工作，各處理施肥量詳如表四。於收穫後調查產量、穗數、一穗粒數、稔實率、千粒重。同時調查稻穀之糙米率、白米率及完整米率，測定白米之粗蛋白質之含量以及生產成本。結果顯示臺中191號慣行栽培處理產量較親和栽培處理每公頃增產445公斤(16.8%)，在株高、穗長、穗數及一穗粒數上，慣行栽培皆顯著高於親和栽培處理，而稔實率與千粒重則無顯著差異；在米質分析上，慣行栽培及親和栽培處理其糙米率、白米率、完整米率及粗蛋白質含量上皆無顯著差異，慣行栽培僅在腹白為0.1級，合理化施肥為0級，心白二處理皆為0級，背白皆為0.7級，綜上顯示，臺中191號有極佳白米外觀，試驗設計慣行及親和栽培處理之施肥量對其米質無顯著影響。在生產成本上，慣行栽培每公頃生產成本較合理化施肥處理增加1450元，但其產量亦較合理化施肥增產445公斤，致使合理化施肥每公斤生產成本高於慣行栽培2.8元。現行農民的施肥習慣，著重於作物的生長發育表現及產量多寡而施用，基本上都是超過作物生長所需，如將對環境造成的影響列入考量，過多的化學肥料，易溶於水，過剩的養分容易隨降水及灌水進入地下水或河流而流失。因此，適當降低肥料的施用量，對作物部分生育表現（表五及表六）並無顯著差異，雖

然產量略減但品質增加（表五），如考量產量方式是否親和栽培處理之施肥量或方式應再調整，如此才能達到生產與環境友善之兼顧。

表四、不同輪作體制栽培之102年1期作水稻試驗處理 單位：kg/0.1 ha

處 理	本期作水稻品種	施 肥 量	
		台肥 39 號	硫酸銨
慣行栽培	水稻台中 191 號	400 公斤	200 公斤
親和栽培	水稻台中 191 號	400 公斤	400 公斤

表五、一期作水稻親和栽培及慣行栽培處理之基本性狀及生產成本

處 理	株高 (cm)	穗長 (cm)	穗數 (支)	一穗粒數	稔實率 (%)	千粒重 (g)	產量 (kg/ha)	生產成本 (NT \$/kg)
慣行栽培	99.6a	19.8a	8.8a	71.5a	83.9a	22.1a	3102a	20.1
親和栽培	96.0b	17.8b	6.7b	56.2b	79.5a	21.5a	2655b	22.9

\* : Means in each column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) as determined by T test.

表六、一期作水稻親和栽培及慣行栽培處理之品質分析

處 理	糙米率	白米率	完整米率	粗蛋白質 含量	心白	背白	腹白
慣行栽培	79.2a	69.7a	43.9a	5.5a	0.0	0.7	0.1
親和栽培	79.9a	71.0a	43.9a	5.5a	0.0	0.7	0.0

\* : Means in each column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) as determined by T test.

表七、一期作水稻親和栽培及慣行栽培處理之生產成本 單位：NT \$ / ha

項 目	慣行栽培	親和栽培
種苗費	6,480	6,480
肥料費	7,050	5,600
農藥費	5,230	5,230
人工費	17,000	17,000
機工費		
插秧、整地、收割	26,500	26,500
總生產成本	62,260	60,810
總產量	3,100	2,655



#### 四、不同輪作栽培對夏作甘藍生育之影響

於一期作水稻進行不同栽培模式後，後續輪作栽培甘藍，同樣分為慣行栽培處理及親和栽培處理(如表八)，以探明對甘藍生育之影響。結果在表十顯示，不同栽培處理除了在植諸展幅方面未達顯著性差異外，其餘性狀如株高、最大葉長、最大葉寬、單球重、葉球高、葉球徑、糖度及產量部分處理有顯著差異。夏作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之生產成本方面，因親和栽培處理施肥量較慣行栽培處理少(表十一)，所以其購肥成本每公頃為28,234元，而慣行栽培為29,440元。總生產成本慣行栽培較親和栽培處理多1,206元，但產量方面也多3,635公斤，故每公斤平均成本慣行栽培處理為6.06元，而親和栽培處理6.64元。採收時調查其病蟲害發生情形(表十二)，不論是甘藍露菌病、黑腐病及小菜蛾等病蟲害，各處理間均未達顯著性差異。如考量對作物生育表現(表十)之產量相關性狀如單球重及產量，雖然親和栽培(A處理)產量顯著低於其他慣行栽培處理(C處理及D處理)，但親和栽培(B處理-101年裡作綠肥)產量略減慣行栽培處理(C處理及D處理)，但未達顯著性差異，顯示親和栽培在適當輪作體制及栽培管理之下，也可以達到生產與環境親和兼顧。

表八、不同輪作體制裁培之102年夏作甘藍試驗處理

處理	101年裡作	前期作	本期作
A	親和栽培小麥	親和栽培水稻	親和栽培甘藍
B	綠肥作物-苕子	親和栽培水稻	親和栽培甘藍
C	慣行栽培小麥	慣行栽培水稻	慣行栽培甘藍
D	綠肥作物-苕子	慣行栽培水稻	慣行栽培甘藍

表九、102年夏作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之施肥量 單位：kg /0.1 ha

處理	基肥	一追	二追	三追	四追
親和栽培	硫酸銨 40.4	硫酸銨 26	硫酸銨 26	硫酸銨 26	硫酸銨 26
	過磷酸鈣 44.6	-	-	-	-
	氯化鉀 8.3	氯化鉀 5.4	氯化鉀 5.4	氯化鉀 5.4	氯化鉀 5.4
	有機質肥料 400	-	-	-	-
慣行栽培	硫酸銨 80	硫酸銨 30	硫酸銨 30	複合肥 1號 50	複合肥 1號 50
	過磷酸鈣 80	-	-	-	-
	氯化鉀 20	氯化鉀 10	氯化鉀 10	-	-

基肥施用日期：8/9、定植日期：8/12、一追施用日期：8/23、二追施用日期：9/2、三追施用日期：9/14、四追施用日期：10/1、採收日期：10/29

表十、不同輪作體制裁培對102年夏作甘藍產量與園藝特性之影響

處理	株高 (cm)	展幅 (cm)	最大葉長 (cm)	最大葉寬 (cm)	單球重 (g)	葉球高 (cm)	葉球徑 (cm)	糖度 (Brix°)	產量 (kg / 0.1ha)
A	59.2 a	23.4 a	29.2 b	30.0 b	1212.9 b	12.4 b	17.5 b	4.6 b	3,307 b
B	59.2 b	23.7 a	30.6 b	30.1 b	1599.0 ab	13.2 b	19.3 a	4.9 a	3,760 ab
C	60.5 ab	24.4 a	33.3 a	33.3 a	1584.2 ab	13.0 b	19.5 a	4.7 ab	3,820 a
D	63.3 a	24.3 a	33.8 a	33.8 a	2028.0 a	14.5 a	20.5 a	4.6 b	3,974 a

\* : Means in each column followed by the same letter are not significantly different (p=0.05) as determined by LSD.

表十一、夏作甘藍親和栽培及慣行栽培處理之生產成本 單位：NT \$ / ha

項目	慣行栽培	親和栽培
種苗費	26,400	26,400
肥料費	29,440	28,234
農藥費	51,114	51,114
人工費	110,543	110,543
機工費(整地、採收)	18,468	18,468
總生產成本	235,965	234,759
總產量	38,970 公斤	35,335 公斤
每公斤平均成本	6.06	6.64

表十二、不同輪作體制裁培對102年夏作甘藍病蟲害發生情形性之影響<sup>1</sup>

處理	露菌病罹病度 (%)	黑腐病罹病度 (%)	小菜蛾 (危害指數 / 株)
A	0.0 a	0.3 a	1.9 a
B	0.0 a	0.2 a	1.5 a
C	0.0 a	0.5 a	2.2 a
D	0.0 a	0.0 a	1.7 a

<sup>1</sup> 採收結束期調查





## 結 語

由試驗結果顯示，第一年裡作小麥，不同處理間對小麥生育影響不顯著，栽培後對土壤化學性質方面，不論慣行栽培或親和栽培區在土層15-60公分處，以裡作種植小麥栽培的全氮及銨態氮含量顯著高於裡作栽培綠肥者，而硝酸態氮則有相反的表現，以裡作栽培綠肥者略高於作種植小麥栽培，且差異達顯著性。但穀粒粗蛋白質含量以慣行栽培處理較高，致使食味較親和栽培處理差。後續輪作栽培一期水稻方面，對水稻部分生育表現並無顯著差異，雖然產量略減但品質增加。夏作栽培甘藍方面，親和栽培A處理(101年裡作小麥)產量顯著低於其他慣行栽培處理(C處理及D處理)，但在親和栽培B處理(101年裡作綠肥)產量略減慣行栽培處理(C處理及D處理)，但未達顯著性差異。綜合試驗結果顯示親和栽培在適當輪作體制及栽培管理之下，將可達到生產與環境親和兼顧。

## 參考文獻

1. 王永靜、程廣斌 2007 日本環境保全型農業對其我國的啓示。安徽農業科學35 (16) : 4949-4952。
2. 木村武 1996 設施園藝環境保全型土壤肥培管理。日本土壤肥料學雜誌70 (6) : 475-480。
3. 莊同春 2006 日本環境保全型農業概述及啓迪。黑龍江農業科學 6 : 83-85。
4. 岩崎貢三、竹尾優子、田中壯太、櫻井克年 2001 環境保全型農業導入前後設施栽培土壤之養分累積型態之比較。日本土壤肥料學雜誌 72 (2) : 265-267。
5. 殷正華 2008 由前膽趨勢分析日本安全農業發展願景與生技策略之運用。農業生技產業季刊 8-16。
6. 福岡縣境保全型農業推進計畫 2009 [http// : www.f-ninsyou.net](http://www.f-ninsyou.net)
7. 都韶婷、章永松、林咸永、王月、李剛、張英鵬 2007 蔬菜積累硝酸鹽及其對人體健康的影響。中日農業科學 49 (9) : 2007-2014。
8. 楊秀平、孫東升 2006 日本環境保全型農業的發展。世界農業 9 : 82-130。
9. 戴振洋、蔡宜峰 2012 以日本爲例-談環境親和性農業。農業世界342 : 77-83。
10. 戴振洋 2012 食用番茄之環境親和型施肥技術。豐年半月刊。