

建立北部地區環境親和型水旱輪作經營模式

楊志維^{1*} 簡禎佑²

摘要

本試驗旨在利用環境親和型的作物輪作經營模式，來達到因應氣候變遷及提高糧食自給率的目的，探討輪作制度對土壤肥力、作物田間雜草及病蟲害發生，以及作物產量與收益之影響，評估水稻與旱田作物輪作之效益，以作為農民栽培管理依據。結果顯示北部地區環境親和輪作模式以第一期作不整地種植青割玉米，中間作不整地種植綠肥田菁，第二期作種植早熟水稻品種，裡作不整地種植小麥為最佳，淨收益每公頃達 56,970 元。

關鍵詞：環境親和型耕作制度、輪作。

前言

在台灣農作操作模式，以全年持續性栽培為主，早期農業因機械、農藥、化肥和工業技術等精進，創造了農業增產的奇蹟，但隨著農業操作時間越久，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，同時也帶來了土壤退化、地下水污染、農藥污染、病蟲害嚴重、資源破壞和氣候異常等一系列環境資源負面效應也逐漸浮現。農業生產環境的問題主要是農業為高投入、高產出及高耗能的生產方式。在台灣所謂「環境親和型農業」指在栽培農作物時，不使用或盡量少使用農藥和化肥，以此謀求人與自然的親和。

由於氣候變遷造成病蟲種類及危害日趨嚴重，又糧食安全問題日益嚴重，我國雜糧大都仰賴進口，然而北部地區耕作模式向來以兩期作水稻為主，因我國每人每年食米量有逐年遞減趨勢，且糧食自給率不足，我國每年進口大量的玉米、大豆、小麥等糧食作物，且國內水資源亦漸呈不足的現象，根據金 (1995) 及林 (1998) 等人之研究顯示種植水稻其整地需水量 100–200 mm，插秧至收穫本田需水量第一期作約 1,100 mm，第二期作約 980 mm，而生產雜糧作物如甜玉米春作需水量約 120 mm，秋作需水量約 190 mm，甘藷春作需水量約 190 mm，秋作需水量約 280 mm。因此，進行水旱輪作，將整年度分為水稻時期與旱作時期，在水田時期維持其單位面積產量，旱田時期節約灌溉水，除了兼顧產量與省水，更可節能減碳、降低病蟲害、調節糧食供需。利用水旱輪作可有效利用水資源及提高糧食自給率，並以低投入方式栽培，來增加生物

1 桃園區農業改良場副研究員 zwyang@tydais.gov.tw。

2 桃園區農業改良場助理研究員 jianjenyou@tydais.gov.tw。

* 通訊作者電子信箱：zwyang@tydais.gov.tw；電話：03-4768216#255。

多樣性，降低病蟲危害及農業生產成本，提高土地利用效率，故急需建立北部地區環境親和型水旱輪作經營模式，達到農業永續經營。

材料與方法

本試驗於桃園區農業改良場本場場區農田進行，以水稻（品種為越光及桃園三號）、青割玉米（品種為臺南二十四號）、綠肥作物（田菁及太陽麻）及小麥（品種為臺中選二號）為試驗材料，試驗輪作系統為第一期作青割玉米，後作短期綠肥（田菁），第二期作水稻，裡作小麥。試驗輪作處理為：(A)不整地青割玉米-不整地綠肥（田菁）-水稻（越光）-不整地小麥。(B)不整地青割玉米-水稻（越光）-不整地小麥。(C)整地青割玉米-整地綠肥（田菁）-水稻（越光）-整地小麥。(D)第一期作水稻（桃園三號）-第二期作休耕撒綠肥（太陽麻）。(E)第一期作水稻（桃園三號）-第二期作休耕不撒綠肥。(F)第一期作水稻（桃園三號）-第二期作青割玉米。試驗設計採逢機完全區集設計，4重複。調查項目為作物輪作前後土壤取樣分析檢測項目包含酸鹼度、電導度、有機質、磷酐、氧化鉀、氧化鈣、氧化鎂及銅、鋅、鎳、鉻、鉛等六種重金屬。水稻調查項目為秧苗生育情形、抽穗期、生育日數、成熟期、全生育日數、株高、穗數、倒伏性、穗長、穗重、病蟲害程度、肥料利用率、小區產量及品質、一穗粒數、稔實率及成本效益分析。青割玉米及小麥栽培調查項目為作物生育情形、生育日數、病蟲害程度、肥料利用率、產量、品質及成本效益分析。試驗資料之統計分析，係利用 SAS 軟體（Version 9.1, SAS Institute），分析處理因子間差異顯著性，處理因子達顯著差異者，再進行 Fisher 最小顯著差異性測驗（Fisher's protected least significant difference test, LSD test），瞭解處理因子間的差異性。

結果

作物種植前土壤肥力分析結果如表 1 所示，輪作處理土壤酸鹼值介於 5.1–5.6，電導度介於 0.1–0.2 dS/m，有機質含量介於 2.6–3.1%，氮素含量介於 0.1–0.2%，每公頃磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂分別介於 49–117、311–410、1,563–2,379 及 298–533 公斤，各處理之土壤 pH 值、有機質含量、磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂均與對照無顯著性差異，表示試驗前各處理與對照之土壤環境為同質。作物收穫後土壤肥力分析結果如表 2 所示，土壤酸鹼值介於 5.1–5.5，電導度介於 0.1–0.3 dS/m，有機質含量介於 3.2–4.2%，氮素含量介於 0.1–0.2%，每公頃磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂分別介於 47–97、251–327、1,481–1,923 及 284–395 公斤。由表 1、2 可看出經由不同輪作處理後土壤肥力變化情形，其中有機質含量顯著提高，以輪作處理 A–C 高於 D–F，土壤肥力之營養成分經過輪作處理後含量趨於穩定。

表 1. 不同輪作處理種植前土壤肥力分析。

Table 1. Physicochemical properties of soil before treatment.

輪作處理	酸鹼度 pH	電導度 dS/m	有機質 %	氮素 %	磷酐 -----kg/ha-----	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
A*	5.4 a	0.1 a	2.7 a	0.2 a	49 a	348 a	1,563 a	364 a
B	5.6 a	0.1 a	2.6 a	0.1 a	49 a	410 a	2,379 a	533 a
C	5.4 a	0.1 a	3.1 a	0.2 a	56 a	332 a	1,664 a	330 a
D	5.1 a	0.1 a	2.7 a	0.1 a	117 a	326 a	1,797 a	317 a
E	5.2 a	0.2 a	3.0 a	0.2 a	78 a	318 a	1,765 a	323 a
F	5.3 a	0.1 a	2.7 a	0.1 a	67 a	311 a	1,577 a	298 a

^z 同行英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5 % 水準差異不顯著。

* (A)不整地青割玉米-不整地綠肥-水稻-不整地小麥。(B)不整地青割玉米-水稻-不整地小麥。(C)整地青割玉米-整地綠肥-水稻-整地小麥。(D)水稻-綠肥。(E)水稻-休耕。(F)水稻-青割玉米。

表 2. 不同輪作處理收穫後土壤肥力分析。

Table 2. Physicochemical properties of soil after treatment.

輪作處理	酸鹼度 pH	電導度 dS/m	有機質 %	氮素 %	磷酐 -----kg/ha-----	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
A	5.2 a	0.2 a	4.1 a	0.2 a	52 c	276 c	1,481 c	284 c
B	5.4 a	0.1 a	4.2 a	0.2 a	47 c	308 a	1,923 a	360 a
C	5.5 a	0.1 a	4.2 a	0.2 a	89 a	289 b	1,858 b	338 b
D	5.1 a	0.3 a	3.2 b	0.1 a	92 a	327 a	1,715 b	332 b
E	5.1 a	0.2 a	3.4 b	0.1 a	78 b	299 b	1,604 c	307 c
F	5.2 a	0.1 a	3.4 b	0.2 a	97 a	251 c	1,987 a	395 a

同表 1。

不同輪作制度成本效益分析如表 3 所示，輪作處理 A：不整地青割玉米收穫後每公頃鮮物產量為 56,445 公斤，水稻收穫後每公頃產量為 2,436 公斤，不整地小麥收穫後每公頃產量為 2,148 公斤，淨收益每公頃達 56,970 元，較對照輪作處理 D 收益增加 40,494 元；輪作處理 B：不整地青割玉米收穫後每公頃鮮物產量為 42,210 公斤，水稻收穫後每公頃產量為 2,346 公斤，不整地小麥收穫後每公頃產量為 2,344 公斤，淨收益每公頃達 46,410 元，較對照輪作處理 D 收益增加 29,934 元；輪作處理 C：整地青割玉米收穫後每公頃鮮物產量為 48,138 公斤，水稻收穫後每公頃產量為 2,671 公斤，整地小麥收穫後每公頃產量為 2,784 公斤，淨收益每公頃達 47,902 元，較對照輪作處理 D

表 3. 不同輪作處理作物產量、生產成本及收益分析。

Table 3. The benefit estimation of yield and production in different crop rotation models.

輪作處理	產量			粗收益(a)	生產成本(b)	轉契作補貼(c)	淨收益 (a-b+c)	指數 %
	青割玉米	水稻	小麥					
	-----kg/ha-----			-----dollar/ha-----				
A ^y	56,445	2,436	2,148	185,380 ^z	163,410 ^z	35,000	56,970	346
B	42,210	2,346	2,344	172,820	161,410	35,000	46,410	282
C	48,138	2,671	2,784	200,312	187,410	35,000	47,902	291
D		3,471		79,833	108,357	45,000	16,476	100
E		3,334		76,682	106,357	34,000	4,325	26
F	68,870	3,458		158,735	160,853	35,000	32,882	200

^y 同表 1。

^z 稻穀價格每公斤以 23 元計算；青割玉米契作價格每公斤以 1.15 元計算；小麥契作價格每公斤以 30 元計算；生產成本係依行政院農委會 102 年農業統計年報調查報告，採第一種生產費計算。

收益增加 31,426 元；輪作處理 D：水稻收穫後每公頃產量為 3,471 公斤，淨收益每公頃為 16,476 元；輪作處理 E：水稻收穫後每公頃產量為 3,334 公斤，淨收益每公頃為 4,325 元，較對照輪作處理 D 收益減少 12,151 元；輪作處理 F：水稻收穫後每公頃產量為 3,458 公斤，整地青割玉米收穫後每公頃鮮物產量為 68,870 公斤，淨收益每公頃達 32,882 元，較對照輪作處理 D 收益增加 16,406 元。試驗結果可知北部地區環境親和輪作模式以第一期作不整地種植青割玉米，中間作不整地種植綠肥田菁，第二期作種植早熟水稻品種，裡作不整地種植小麥為最佳。

討論

北部地區慣行耕作模式以第一期作種植水稻，第二期作休耕或種植青割玉米為主，而為達到因應氣候變遷及提高糧食自給率的目的，採行環境親和型的水旱田作物輪作經營模式，改以第一期作種植青割玉米，中間作綠肥作物，第二期作種植水稻，裡作小麥之輪作模式，並配合土壤檢測肥力分析採行合理化施肥、安全用藥或不整地耕作措施來減少投入量。不整地栽培法為保育耕作法之一，而保育耕作是現今世界各國極欲推廣的栽培技術，是指利用前作收穫後之作物殘餘物敷蓋田地表面，並以不整地或低整地方法栽培作物，具有把握農時、節省整地所需的費用及人力、降低雜草管理費用、減少水分散失及防止土壤沖刷之優點。這種耕作技術近年在美國頗受重視，正積極推廣中。台灣過去秋冬裡作栽培大豆、紅豆、小麥、毛豆及玉米，採用不整地

或低整地非常普遍且皆獲得良好的成效 (徐和林, 1980; 莊, 1981; 郭等, 1988)。近年因為農村勞力缺乏, 工資昂貴, 為了降低生產成本, 低整地栽培更為大家所重視及接受 (侯和林, 1984; 張, 1994; 林, 1995)。採用不整地栽培經常遭遇的問題是前作收穫後有一段休閒期, 以致作物栽培前雜草叢生, 或沒有作物殘餘物可供敷蓋, 此項問題最好的解決辦法是在休閒期間, 田間先種植綠肥作物, 而於作物栽培前噴施非選擇性除草劑如嘉磷塞, 或以刈割方式防除綠肥作物及田面現存雜草, 讓枯死植株敷蓋田面, 然後以不整地方式 (不翻動地面) 栽培作物 (Raimbault *et al.*, 1990; Coffman and Frank, 1992; Decker *et al.*, 1994; Swan *et al.*, 1994)。綠肥作物採用豆科植物尚可增進土壤肥力, 節省後作氮肥施用量及提高產量 (Holderbaum *et al.*, 1990; Utomo *et al.*, 1990; Myers and Waggar, 1991; Dou and Fox, 1994)。此外, 前作栽培綠肥作物並可抑制雜草生長, 減少除草劑施用量及降低雜草管理成本 (Johnson *et al.*, 1993; Teasdale, 1993; Teasdale and Daughtry, 1993; Galloway and Weston, 1996; Yenish *et al.*, 1996)。

青割玉米 (forage corn) 是指專供芻料用之玉米 (corn, *Zea mays* L.), 屬於一年生禾本科作物, 通常在乳熟期至黃熟期時收穫地上部, 此時果穗籽粒含水量約為 45%, 全株含水量約為 65–68%。玉米為重要農藝作物, 產量甚高, 以青割玉米調製青貯草或青飼料, 為一種可口性佳且營養價值頗高的芻料, 總可消化養分 (TDN) 達 70%以上, 用來飼餵乳牛可提高產乳量 (Miller, 1984)。台灣氣候環境雖然適合熱帶牧草生長, 然而仍很難做到全年的均勻供應, 特別是在冬季及初春常有缺乏青飼草現象。對於許多從事酪農及畜牧的業者而言, 青割玉米是極重要的芻料來源, 因其適合在台灣秋冬裡作栽培, 再加上近年來畜牧事業不斷發展, 對於青飼及青貯草的需求日增, 青割玉米正好可以提供此項需求 (許和洪, 1990; 許等, 1994)。

對於台灣而言, 要達到農業永續經營的目標, 必須朝向農業環境生物多樣化及有機耕作方式達到環境親和的栽培制度, 讓作物栽培與自然環境達到一種動態平衡。北部地區作物生長過程中, 由於氣候條件限制病蟲害的發生, 因此農藥使用量少, 配合合理化施肥, 推廣生產優質健康的農產品, 以供眾多的都會人口消費食用。惟農戶的生產面積小且零散, 生產規模不大, 導致生產成本提高, 北部地區從農人口平均年齡高, 僱工工資及機械代工操作之成本亦高, 青壯人口不願承接續作, 更使休耕面積增加。故北部地區如欲活化休耕地種植旱作作物, 須朝省工栽培契作及機械化操作, 降低生產成本, 來達到農地永續利用及環境親和之水旱田輪作經營模式。

綜合以上成果, 建議農民採行對環境友善及親和的農耕制度, 降低肥料與農藥的投入, 種植綠肥作物增進土壤肥力, 以及合理化施肥提升肥料利用效率, 減輕農耕制度對環境的衝擊, 藉由環境親和型作物輪作栽培制度的建立, 使水資源利用更合理化外, 並增進土壤肥力, 減少病蟲害滋生繁衍及肥料投入, 降低生產成本及減少休耕面

積，有效控制稻米生產及提高雜糧自給率，以達成農地永續利用，提高農民收益。然而政府部門也必須其採行之措施給予補助及鼓勵，方能維持農業永續的耕作體系，達到緩解氣候變遷的目標。

參考文獻

- 金城。1995。水稻需水量五年試驗報告。水利通訊。3:71-81。
- 林孟輝、辛仲文、許苑培。1998。北部地區稻田耕作制度及灌溉方法對作物產量之影響研究。桃園區農業改良場研究報告。35:1-10。
- 林萬居。1995。玉米省工栽培技術之探討。雜糧作物生產改進計劃執行成果報告。11-20。
- 侯福分、林文龍。1984。不整地栽培法之研究及展望。科學農業。32:351-355。
- 徐木英、林仁德。1980。水田冬季裡作玉米省工栽培試驗。雜糧作物試驗研究簡報。21:202-203。
- 許福星、成游貴、李美珠。1994。芻料作物生產及利用。台灣省畜產試驗所編印。
- 莊濬瓊。1981。裡作玉米省工栽培法之研究。雜糧作物試驗研究簡報。22:284-288。
- 許福星、洪國源。1990。牧草栽培管理及利用。台灣牧草研究專討會專輯。137-152。
- 張建生。1994。降低玉米產銷成本技術示範與推廣。雜糧作物生產改進計劃執行成果報告。165-170。
- 郭能成、林萬居、黃尚義。1988。玉米不整地栽培技術之研究。雜糧作物試驗研究年報。243-247。
- Coffman, C. B. and J. R. Frank. 1992. Corn-weed interactions with long-term conservation tillage management. *Agron. J.* 84:17-21.
- Decker, A. M., A. J. Clark, J. J. Meisinger, F. R. Mulford, and M. S. McIntosh. 1994. Legume cover crop contributions to no-tillage corn production. *Agron. J.* 84:126-135.
- Dou, Z. and R. H. Fox. 1994. The contribution of nitrogen from legume cover crops double-cropped with winter wheat to tilled and non-tilled maize. *European J. Agron.* 3:93-100.
- Galloway, B. A. and L. A. Weston. 1996. Influence of cover crop and herbicide treatment on weed control and yield in no-till sweet corn and pumpkin. *Weed Technol.* 10:341-346.
- Holderbaum, J. F., A. M. Decker, J. J. Meisinger, F. R. Mulford, and L. R. Vough. 1990. Fall-seeded legume cover crop for no-tillage corn in the humid East. *Agron. J.* 82:117-124.
- Johnson, G. A., M. S. Defelice, and Z. R. Helsel. 1993. Cover crop management and weed control in corn (*Zea mays*). *Weed Technol.* 7:425-430.
- Miller, D. A. 1984. *Forage crop*. 99pp. McGraw-Hill Book Company.
- Myers, J. L. and M. G. Wagger. 1991. Reseeding potential of crimson clover as a cover crop for no-tillage corn. *Agron. J.* 83:985-991.
- Raimbault, B. A., T. J. Vyn, and M. T. Tollennar. 1990. Corn response to rye cover crop management and spring tillage systems. *Agron. J.* 82:1088-1093.
- Swan, J. B., R. L. Higgs, T. B. Bailey, N. C. Wollenhaupt, W. H. Paulson, and A. E. Peterson. 1994. Surface residue and in-row treatment effects on long-term no-tillage continuous corn. *Agron. J.* 86:711-718.

- Teasdale, J. R. 1993. Reduced herbicide weed management systems for no-tillage corn (*Zea mays*) in a hairy vetch (*Viciavillosa*) cover crop. *Weed Technol.*7:879–883.
- Teasdale, J. R. and C. S. T. Daughtry. 1993. Weed suppression by live and desiccated hairy vetch (*Viciavillosa*). *Weed Sci.*41:207–212.
- Utomo, M., W. W. Frye, and R. L. Blevins. 1990. Sustaining soil nitrogen for corn using hairy vetch cover crop. *Agron. J.* 82:979–983.
- Yenish, J. P., A. D. Worshom, and A. C. York. 1996. Cover crops for herbicide replacement in no-tillage corn (*Zea mays*). *Weed Technol.*10:815–821.

Establishment of Environmental Friendly Crop Rotation System in Northern Taiwan

Zhi-Wei Yang^{1*} and Jen-You Jian²

Abstract

The purpose of this study was to use of environmental friendly crop rotation model to achieve due to climate change and increasing food self-sufficiency, and to evaluate the effect of rice and upland crop rotation systems on the soil physical property, fertility, the density of weeds, disease and insect pest, and crop yield. To assess paddy rice and upland crop rotation benefit for the best culture management method to farmers. The results show the first crop season with no-tillage forage corn, and the middle crop season with no-tillage green manure crop, and the second crop season with early maturing rice varieties, and winter crop season with no-tillage wheat was the best environmental friendly crop rotation model in northern Taiwan. The net income reached NT 56,970 dollars per hectare.

Keywords: Environmental Friendly Cropping System, Crop Rotation.

1 Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.
zwyang@tydais.gov.tw.

2 Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture, Executive Yuan.
jianjenyou@tydais.gov.tw.

* Corresponding Author, Email:zwyang@tydais.gov.tw; Tel: 03-4768216#255.