

有機連續採收蔬菜輪作之研究

劉廣泉、許育鳴、曾盟群

桃園區農業改良場副研究員、助理研究員、前助理研究員

kcliu@tydais.gov.tw

摘 要

本試驗旨在探討連續性採收蔬菜最佳有機生產輪作模式，以連續性採收之小胡瓜、小果番茄及豆類蔬菜為材料，進行 3 種輪作模式 3 年期之栽培試驗。結果顯示，3 種輪作模式處理第 3 年第 1 期作均栽培小胡瓜，平均產量以前作栽培敏豆模式 1 處理之 $23,576 \text{ kg ha}^{-1}$ ，高於前作栽培小果番茄模式 2 處理之 $19,114 \text{ kg ha}^{-1}$ 及模式 3 對照之 $21,774 \text{ kg ha}^{-1}$ ；第 3 年第 2 期作均栽培小果番茄，產量同樣以模式 1 處理之 $34,875 \text{ kg ha}^{-1}$ ，高於模式 2 處理之 $32,371 \text{ kg ha}^{-1}$ 及模式 3 對照之 $31,737 \text{ kg ha}^{-1}$ ，兩期作產量各處理間差異均未達顯著水準，但從田間生育之表現，輪作模式 1 處理相較於對照組，具有使小胡瓜及小果番茄增產的潛力。

關鍵詞：小胡瓜、小果番茄、豆類

前 言

國內北部地區蔬菜多以設施栽培為主，主要栽培作物除短期葉菜類外，還有果菜類如小胡瓜、甜椒、番茄等，於設施內長期連作，除了容易累積病蟲害感染源外，也易對土壤肥力造成不良影響，故需一合理之設施栽培制度以克服上述問題。有機栽培不使用化學農藥，應用在連續採收作物可解決農藥殘留之問題，惟病蟲害控制是一個相當棘手之難題。本試驗希望利用豆類、茄果及瓜果類蔬菜之有機輪作模式及不同油劑防治資材處理，減低病蟲感染源累積的問題，並探討此模式對作物產量、品質之影響，以達成設施蔬菜永續耕作及安全蔬果生產之目標。

材料與方法

本試驗自 2015 年 3 月至 2018 年 3 月，於本場(桃園市新屋區)有機栽培區簡易塑膠布設施內進行。3 種 3 年期輪作模式處理分別為：模式 1.東方甜瓜→敏豆(第 1 年)→小胡瓜→敏豆(第 2 年)→小胡瓜→小果番茄(第 3 年)。模式 2.小胡瓜→敏豆(第 1 年)→豇豆→小果番茄(第 2 年)→小胡瓜→小果番茄(第 3 年)。模式 3.小胡瓜→小果番茄(第 1-3 年，對照組)(表 1)。3 種輪作處理之試驗設計採用逢機完全區集設計(RCBD)，2 重複，每處理小區面積為 78 m^2 。

每年第 1 期作於 3 月中旬育苗，4 月上旬定植，第 2 期作於 8 月中旬育苗，9 月上旬定植，施肥方式參考作物施肥手冊，以台糖田寶 11 號有機質肥料及福壽牌生機栽培 522 混和 9 比 1 之比例，並參照礦化率 50%換算有機質肥料施用量。有機防治病蟲害資材處理試驗，於第 1 年第 1 期作進行，3 種輪作模式處理分別栽種東方甜瓜、小胡瓜及小胡瓜(表 1)，3 種防治資材處理分別為：A.噴施清水(對照組)、B.噴施亞磷酸+氫氧化鉀稀釋 500 倍混合 500 倍稀釋的窄域油、C.噴施亞磷酸+氫氧化鉀稀釋 500 倍混合 500 倍稀釋的苦楝油，自定植 2 週後至果實採收期間，每週噴施處理 1 次。窄域油、苦楝油、亞磷酸及氫氧化鉀等資材購自禾康肥料股份有限公司。

表 1. 3 種 3 年期輪作模式

Table 1. Three 3-year rotation models.

處理 Treatments	第 1 年 First year		第 2 年 Secone year		第 3 年 Third year	
	第 1 期作 First crop	第 2 期作 Second crop	第 1 期作 First crop	第 2 期作 Second crop	第 1 期作 First crop	第 2 期作 Second crop
模式 1 Model 1	東方甜瓜 Oriental melon	敏豆 kidney bean	小胡瓜 cucumber	敏豆 kidney bean	小胡瓜 cucumber	小果番茄 small-fruit tomato
模式 2 Model 2	小胡瓜 cucumber	敏豆 kidney bean	豇豆 asparagus bean	小果番茄 small-fruit tomato	小胡瓜 cucumber	小果番茄 small-fruit tomato
模式 3 Model 3	小胡瓜 cucumber	小果番茄 small-fruit tomato	小胡瓜 cucumber	小果番茄 small-fruit tomato	小胡瓜 cucumber	小果番茄 small-fruit tomato

針對 3 種輪作處理，至第 3 年兩期作栽培相同作物時，進行初期生育性狀、果實產量及品質調查，並進行統計分析。第 1 期作小胡瓜調查項目為株高、葉長、葉寬、節數、始花節位、單果重、果長、果徑、可溶性固形物(°Brix)及產量；第 2 期作小果番茄調查項目包括株高、節數、果長、果寬、可溶性固形物(°Brix)及產量。油劑防治資材處理試驗，於第 1 年第 1 期進行，各輪作模式下的 3 種處理各調查 30 株之白粉病發病情況，估算發病葉面積占總葉面積之比例。

土壤檢測於輪作試驗前後採樣進行肥力分析，土壤 pH 值以土：水=1：5(w/v)，平衡 1 hr 後以玻璃電極法測定(McLean, 1982)。電導度(EC)以土：水=1：5(w/v)，振盪 1 h 後過濾，以電導度計測定(Rhoades, 1982)。土壤有機質含量以 Walkley-Black 法測定(Nelson and Sommers, 1982)。磷以 Bray-I 法萃取，濾液以鉬藍法比色測定(Olsen and Sommers, 1982)。有效性鉀、鈣及鎂以 Mehlich-I 法萃取，萃取液以火焰分光光度計測定鉀(Knudsen *et al.*, 1982)，以感應耦合電漿原子發射光譜儀(ICP)測定鈣及鎂(Flannery and Markus, 1980)，每樣品 3 重複。

統計分析以 R 統計軟體之 aov 功能進行變方分析，再以 Fisher LSD 進行處理間平均值之差異分析。

結果與討論

一、有機防治病蟲害資材對小胡瓜、東方甜瓜產量與品質影響

本試驗目的在探討施用有機防治病蟲害資材，對有機栽培小胡瓜、東方甜瓜果實產量、品質與白粉病發生率之影響。結果顯示，小胡瓜良果產量以 B 處理 24.5 t ha^{-1} 最高，C 處理 22.3 t ha^{-1} 次之，A 處理(對照) 18.5 t ha^{-1} 最低；單果重 B 處理之 197 g 及 C 處理之 183 g 差異未達顯著水準，但均顯著優於 A 處理之 170 g ；良果率介於 90%-92%，處理間差異未達顯著水準；白粉病發生率 B 處理之 24.1% 及 C 處理之 24.3% 差異未達顯著水準，但均顯著低於 A 處理之 36.3% (表 2)。東方甜瓜在單果重、產量、可溶性固形物及白粉病發生率，B 處理 (358 g 、 5.6 t ha^{-1} 、 12.5°Brix 及 23.5%) 及 C 處理 (354 g 、 6.8 t ha^{-1} 、 13.1°Brix 及 21%) 兩者間差異亦未達顯著水準，但均顯著優於 A 處理 (328 g 、 4.3 t ha^{-1} 、 10.7°Brix 及 75.5%) (表 3)。綜上結果顯示，噴施亞磷酸+氫氧化鉀稀釋 500 倍後，混合 500 倍稀釋的窄域油或 500 倍稀釋的苦楝油等資材可顯著降低白粉病的發生率，且兼具有提升小胡瓜與東方甜瓜產量與品質之效果；而混合窄域油或苦楝油對東方甜瓜的效果相似，但對小胡瓜混合窄域油的效果略優於苦楝油。本輪作試驗於後續之病蟲害管理時，也每週噴施 1 次亞磷酸+氫氧化鉀稀釋 500 倍後，混合 500 倍稀釋的窄域油或 500 倍稀釋的苦楝油進行防治。

表 2. 有機防治病蟲害資材對小胡瓜產量、品質及白粉病發生之影響

Table 2. Effects of organic pest control materials on the yield, quality and powdery mildew of cucumber.

處理 ^z Treatments	單果重 Single fruit weight (g)	良果率 Good fruit rate (%)	良果產量 Good fruit yield (t ha^{-1})	白粉病發生率 ^y Powdery mildew incidence (%)
A	170b ^x	90a	18.5c	36.3a
B	198a	92a	24.5a	24.1b
C	183a	90a	22.3b	24.3b

^z A：清水(對照組)。Water (CK).

B：亞磷酸及氫氧化鉀稀釋 500 倍混合 500 倍稀釋的窄域油。

Phosphoric acid and potassium hydroxide diluted 500 times mixed petroleum oil.

C：亞磷酸+氫氧化鉀稀釋 500 倍混合 500 倍稀釋的苦楝油。

Phosphoric acid and potassium hydroxide diluted 500 times mixed Bitter oil.

y 以發生白粉病的葉面積比率計算。

Calculated by the leaf area ratio of powdery mildew

x 同一列文字相同者為以 LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

表 3. 有機防治病蟲害資材對東方甜瓜產量、品質及白粉病發生之影響

Table 3. Effects of organic pest control materials on the yield, quality and powdery mildew of cucumber.

處理 ^z Treatments	單果重 Single fruit weight (g)	產量 Yield (t ha ⁻¹)	可溶性固形物 Soluble solids (°Brix)	白粉病發生率 ^y Powdery mildew incidence (%)
A	329b ^x	4.3b	10.7b	75.5a
B	358a	5.6a	12.5a	23.5b
C	354a	6.8a	13.1a	21.0b

^z A：清水(對照組)。Water (CK).

B：亞磷酸及氫氧化鉀稀釋 500 倍混合 500 倍稀釋的窄域油。

Phosphoric acid and potassium hydroxide diluted 500 times mixed petroleum oil.

C：亞磷酸+氫氧化鉀稀釋 500 倍混合 500 倍稀釋的苦楝油。

Phosphoric acid and potassium hydroxide diluted 500 times mixed Bitter oil.

^y 以發生白粉病的葉面積比率計算。

Calculated by the leaf area ratio of powdery mildew

^x 同一列文字相同者為以 LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

二、3 種輪作模式試驗前後對土壤基本性質之影響

輪作試驗前土壤基本性質分析結果如(表 4)，pH 值為 6.0，電導度為 0.2 dS m⁻¹，有機質為 56 g kg⁻¹，有效性磷為 28.0 mg kg⁻¹，可萃取鉀為 217 mg kg⁻¹，可萃取鈣為 1,141 mg kg⁻¹ 及可萃取鎂為 236 mg kg⁻¹，除可萃取鉀及可萃取鎂的含量略高於參考範圍外，其餘項目均屬適當範圍內。

經過 3 年期輪作試驗後，3 種輪作模式之土壤分析結果，除有效性磷的含量變化在模式 1 處理(35.1 mg kg⁻¹)及模式 2 處理(29.4 mg kg⁻¹)較試驗前的含量增加，模式 3 處理(24.1 mg kg⁻¹，對照)則較試驗前的含量減少外，其餘項目的分析結果，均較試驗前的數值略為增加，其 pH 值介於 6.5-6.8，電導度介於 0.4-0.6 dS m⁻¹，有機質介於 63-72 g kg⁻¹，有效性磷介於

24.1-35.1 mg kg⁻¹，可萃取鉀介於 238-257 mg kg⁻¹，可萃取鈣介於 1,378-1,674 mg kg⁻¹，可萃取鎂介於 248-282 mg kg⁻¹，各項目於輪作處理間差異均未達顯著水準(表 4)，結果也顯示並無特定營養成分與兩期作不同模式間之產量差距具有關聯性。

表 4. 3 種輪作模式試驗前後土壤基本性質

Table 4. Some properties of soil before and after three rotation model experiment.

處理 Treatment	酸鹼度 pH (1:1)	電導度 EC (1:5) (dS m ⁻¹)	有機質 O.M (g kg ⁻¹)	有效性磷 Bray-1 P (----- mg kg ⁻¹ -----)	可萃取鉀 Mehlich-I K	可萃取鈣 Mehlich-I Ca	可萃取鎂 Mehlich-I Mg
試驗前 Before the test	6.0	0.2	56	28.0	217	1,141	236
模式 1 Model 1	6.5a	0.6a	63a	35.1a	257a	1,439a	269a
模式 2 Model 2	6.7a	0.4a	72a	29.4a	244a	1,674a	282a
模式 3 Model 3	6.8a	0.5a	66a	24.1a	238a	1,378a	248a
參考範圍	5.5-6.8	<0.6	>30	11-50	30-100	570-1,140	50-100

^z 同一列文字相同者為以 LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

三、3 種輪作模式對第 3 年栽培小胡瓜、小果番茄生育及產量之影響

本試驗 3 種輪作模式處理於第 3 年兩期作分別種植相同作物，第 1 期作均種植小胡瓜、第 2 期作均種植小果番茄，藉此比較各輪作模式於兩年的輪作栽培處理後，對第 3 年栽培作物之生育及產量是否會造成影響。

第 1 期作小胡瓜定植 2 週後進行生育性狀調查結果，3 種輪作模式處理之株高介於 149-161 cm，節數介於 17.9-18.9 節，葉長介於 18.4-19.5 cm，葉寬介於 22.8-24.8 cm，始花節位介於第 2.3-3.0 節，3 種模式處理間差異均未達顯著水準(表 5)。果實性狀及品質調查結果，3 種模式處理下，單果重介於 125-156 g，果長介於 23.6-25.0 cm，果徑介於 2.8-3.0 cm，可溶性固形物介於 2.9-3.1 °Brix，處理間差異亦未達顯著水準(表 6)。產量調查結果，模式 1 處理為 23,576 kg ha⁻¹ 較高、模式 2 處理為 19,114 kg ha⁻¹ 最低、模式 3 對照組為 21,774 kg ha⁻¹，顯示小胡瓜前作種植敏豆，產量較前作種植小果番茄可增產 8%-23%，惟處理間差異未達顯著水準(表 6)。

表 5. 3 種輪作模式對第 3 年第 1 期作小胡瓜生育之影響

Table 5. Effects of three rotation models on the growth of cucumber in the first crop of the third year.

處理 Treatments	株高 Plant height (cm)	節數 Node number (no.)	葉長 Leaf length (cm)	葉寬 Leaf width (cm)	始花節位 Node of starting Flowering (node)
模式 1 Model 1	159a ^z	18.6a	18.4a	22.8a	3.0a
模式 2 Model 2	149a	17.9a	18.5a	23.6a	3.0a
模式 3 Model 3	161a	18.9a	19.5a	24.8a	2.3a

^z 同一列文字相同者為以 LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

表 6. 3 種輪作模式對第 3 年第 1 期作小胡瓜品質及產量之影響

Table 6. Effects of three rotation models on the quality and yield of cucumber in the first crop of the third year.

處理 Treatments	單果重 Single fruit weight (g)	果長 Fruit length (cm)	果徑 Fruit diameter (cm)	可溶性固形物 Soluble solids (°Brix)	產量 Yield (kg ha ⁻¹)
模式 1 Model 1	156a ^z	24.8a	3.0a	2.9a	23,576a
模式 2 Model 2	125a	23.6a	2.8b	3.1a	19,114a
模式 3 Model 3	148a	25.0a	3.0a	3.0a	21,774a

^z 同一列文字相同者為以 LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

第 2 期作小果番茄初期生育性狀調查結果，3 種輪作模式處理之株高介於 45.0-52.8 cm，節數介於 7.3-8.0 節，各處理間差異亦未達顯著水準(表 7)。果實性狀、品質及產量調查結果，3 種模式處理之果長介於 2.6-3.0 cm，果寬介於 2.3-2.7 cm，可溶性固形物介於 6.8-7.4 °Brix，各處理間差異未達顯著水準(表 7)。產量以模式 1 處理之 34,875 kg ha⁻¹ 較高，模式 2 處理之 32,371 kg ha⁻¹ 次之，模式 3 對照組為 31,737 kg ha⁻¹ 較低，模式 1 及模式 2 兩處理的產量分別較對照組增產 10%及 2%，惟處理間差異未達顯著水準(表 7)。

綜上結果，3 種輪作模式在第 3 年兩期作共同栽培小胡瓜及小果番茄，其相關生育性狀及產量經統計分析後，雖在各處理間的差異均未達顯著水準，但從實際田間觀察的生育表現，輪作模式 1 相較於對照組，具有使小胡瓜及小果番茄增產的潛力。有機蔬菜輪作栽培技術之開發，是漫長且艱辛的工作，需要龐大的人力與物力投入，目前有機輪作栽培在國外研究文獻，已有利用分析土壤所含基因體相關的技術投入，藉此探究土壤微生物與作物間交互作用的關聯性(Tian *et al.*, 2011; Wu *et al.*, 2011; Zhou *et al.*, 2017)。因此，亟待政策能持續支持，除開發更多樣化有機輪作栽培的模式外，並導入生態性的評估指標，使此領域對於農業發展有更多貢獻。

表 7. 3 種輪作模式對第 3 年第 2 期作小果番茄初期生育及產量之影響

Table 7. Effects of three rotation models on the initial growth and yield of small-fruit tomato in the second crop of the third year.

處理 Treatments	株高 Plant height (cm)	節數 Node number (no.)	果長 Fruit length (cm)	果徑 Fruit diameter (cm)	可溶性固形物 Soluble solids (°Brix)	產量 Yield (kg ha ⁻¹)
模式 1 Model 1	52.8b ^z	7.8a	3.0a	2.7a	7.4a	34,875a
模式 2 Model 2	64.8a	8.0a	2.6a	2.3a	6.8a	32,371a
模式 3 Model 3	45.0b	7.3a	2.6a	2.3a	7.4a	31,737a

^z 同一列文字相同者為以 LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Fisher's protected LSD test.

參考文獻

- Flannery, R.L. and D.K. Markus. 1980. Automated analysis of soil extracts for phosphorous, potassium, calcium and magnesium. *Jour. Assoc. Off. Anal. Chem.* 63: 779-787.
- Knudsen, O., G.A. Peterson, and P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. p.225-246. In: A.L. Page (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
- McLean, E.O. 1982. Soil pH and Lime requirement. p.199-224. In: A. Klute et al. (eds.) *Method of Soil Analysis. Part 1.* 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-579. In: A.L. Page (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. p.403-429. In: A.L. Page (ed.). *Methods of soil analysis. Part 2.* 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
- Rhoades, J.D. 1982. Soluble salts. p.167-179. In: A.L. Page (ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 2.* 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
- Tian, Y., X. Zhang., J. Liu, and L. Gao. 2011. Effects of summer cover crop and residue management on cucumber growth in intensive Chinese production systems: soil nutrients, microbial properties and nematodes. *Plant Soil* 339: 299-315.
- Wu, F., H. Yu, G. Yu, K. Pan, and J. Bao. 2011. Improved bacterial community diversity and cucumber yields in a rotation with kidney bean-celery-cucumber. *Acta Agr Scand Sect B-Soil Pl* 61:122-128.
- Zhou, X., J. Liu, and F. Wu. 2017. Soil microbial communities in cucumber monoculture and rotation systems and their feedback effects on cucumber seedling growth. *Plant Soil* 415:507-520.

Study of Rotation System on Organic Continuous Harvest Vegetable Cultivation

Kuang-Chuan Liu, Yu-Ming Hsu, and Meng-Chun Tseng

Associate Researcher, Assistant Researcher and Former Assistant Researcher, Taoyuan DARES, COA.

kcliu@tydais.gov.tw

Abstract

This experiment aims to explore the best organic production rotation model for continuous harvesting vegetables. The continuous harvesting of cucumber, small-fruit tomato and legume vegetables was used as a material for three-year cultivation experiments in three rotation modes. The results showed that three kinds of rotation patterns were all same cultivate cucumber in the first crop of the third year. The average yield was 23,576 kg ha⁻¹ of model one after the cultivated kidney bean, which was higher than that of the pre-cultivated small-fruit tomato model two, 19,114 kg ha⁻¹ and mode three. 21,774 kg ha⁻¹. The small-fruit tomato were all same cultivated in the second crop of the third year, and the yield were 34,875 kg ha⁻¹ of model one, which was higher than 32,371 kg ha⁻¹ of model two and 31,737 kg ha⁻¹ of model three. the difference in yield between the two crops treatments did not reach a significant level. However, from the performance of field fertility, the rotation model one had the potential to increase the yield of cucumber and small-fruit tomatoe compared with the control group.

Key words: cucumber, small-fruit tomato, legume.

