

## 有機蔬菜連作與輪作組合之研究

吳純宜<sup>1</sup>、蔡永暉<sup>2</sup>

### 摘 要

本研究目的係探討有機蔬菜栽培時不同前作物對後作生育與產量之影響，以作為有機蔬菜栽培實施輪作時之參考。試驗於同一塊田之不同小區同時種植 15 種蔬菜及一種綠肥作物田菁，作物收成後，全部定植單一作物，由後作生育表現與產量結果，看出輪作組合之優劣性，並以此為一輪作循環。試驗自民國 86 年秋作開始至 92 年春作止，共進行六個循環，後作供試作物依序為芹菜、青蔥、茼蒿、甘藍、毛豆及萵苣。結果顯示，芹菜、茼蒿、甘藍、毛豆等作物，均有明顯的連作減產效應。毛豆若與芹菜、田菁、芥菜、萵苣、青蔥等輪作可增產 41% 以上；芹菜若與青蔥、毛豆、田菁等輪作可增產 40% 以上；茼蒿若與芥菜、青蔥、毛豆等輪作可增產 20% 以上；甘藍若與茼蒿、萵菜、青蔥等輪作可增產 10% 以上。青蔥及萵苣連作後反而增產，青蔥若與其他 15 種作物輪作，產量不增反減 1-26%；萵苣除與青蔥輪作時與連作區無顯著差異外，輪作其他 14 種作物，則減產 1-35%。以養分攝取觀點而言，前作種植毛豆、田菁、青蔥及萵苣有助於後作芹菜增產，其中毛豆及田菁為豆科作物具固氮效果，青蔥及萵苣養分攝取量較少，此兩因子可能為輪作增產的原因。總之，在有機蔬菜生產體系中，青蔥與萵苣連作較不影響產量，容易連作減產之蔬菜如芹菜適合與青蔥、毛豆、田菁輪作，茼蒿適合與芥菜、毛豆、青蔥輪作，甘藍適合與茼蒿、青蔥輪作，毛豆適合與芹菜、萵苣、青蔥輪作。因此，建議在有機蔬菜輪作體系中，適時加入青蔥及豆科作物，將有助於增產。

關鍵詞：有機蔬菜、輪作、連作

### 前 言

作物栽培的方式有連作、輪作和間作等。連作是在同一塊土地上，連續栽種同一種作物。輪作是以數種作物，按照特定次序輪流栽植於同一塊田的一種耕作制度，有時輪作次序尚包括休耕在內，期以保持地力。至於間作是

---

<sup>1</sup>高雄區農業改良場旗南分場助理研究員

<sup>2</sup>高雄區農業改良場研究員

於同一生長季節，將兩種作物交互栽培於同一塊土地上<sup>(3)</sup>。

輪作是一種古老的耕作制度。根據記載，在 3000 多年前中國人就懂得運用作物輪作。雖然在 1950 年代，人們認為化學合成肥料及農藥可以永遠的取代輪作帶來的效益，但現在觀念已逐漸改變<sup>(5)</sup>。例如，玉米與大豆輪作可較玉米連作增產 5-20%<sup>(6)</sup>。

輪作增產的原因和機制目前尚不十分了解。一般認為氮的補充是輪作最大的效益，但減少雜草、害蟲及病害之發生亦是其中的原因。然而，這些因素卻無法在所有的案例中解釋輪作帶來的增產效益。因為常常施再多的化學肥料及農藥都無法完全的彌補輪作的好處<sup>(5)</sup>。

連作減產係因連作引起土壤養分不平衡，誘發微生物相改變及土壤病蟲害或有毒物質之積聚<sup>(2)</sup>。目前已知連作是許多病害發生的原因之一，例如香蕉黃葉病、香瓜蔓枯病、番茄青枯病、芹菜萎凋病等，其田間防治方式，最好的方法是實施輪作，尤其是以水田輪作為最佳。此外，一般田間經驗認為防止連作問題發生的輪作方法，以淺根性與深根性輪作，根莖類與葉菜類輪作，高需肥型與綠肥作物輪作，十字花科與非十字花科輪作，胡蘆科及茄科與蔥、薑、蒜、韭輪作等。然而，現在的研究顯示，並非任意的輪作均對後作有益，若輪作組合不當，亦同樣會發生問題，例如前作花椰菜殘體產生醋酸及酚酸會抑制後作萵苣種子的發芽等，又如前作種植西瓜，對後作油菜生育亦有不良影響。因此，田間必須建立真正符合作物需要的輪作系統。

台灣農業已逐漸朝向永續化經營努力，有機栽培農家捨棄化學藥劑及化學肥料，而改用堆肥及非農藥方式從事生產，並強調作物輪作的重要性。然而，並非連作才會造成問題，不適當的輪作系統，同樣會產生作物相剋問題。換句話說，前後作若組合不當，常導致土壤養分供應不均、病蟲害滋生或前作殘體毒害後作。為防範未然，有機農業除應避免連作之外，更應重視作物輪作制度之建立，以發揮作物生育潛能及土地生產力，並使農地永續利用。因此，本研究目的即在探討網室數種有機蔬菜在輪作與連作情形下對後作蔬菜之影響，提供有心人事從事有機栽培之參考。

## 材料與方法

本試驗自民國 86 年秋作起至 92 年春作止，試驗地點為高雄區農業改良場旗南分場之水平棚架式網室。試驗期間以每二季為一個輪作循環，每季約三個月，探討不同前作物對後作生育與產量之影響。前季種植 15 種共榮蔬菜及一種綠肥作物，後季種植單一蔬菜。前季 16 個共榮蔬菜分別為白菜、莧菜、蕓菜、油菜、菠菜、芹菜、芥菜、茼蒿、青蔥、毛豆、落葵、甘藍、

萵苣、葉用甘藷、蘿蔔及田菁。後季為單一作物，依序為芹菜、青蔥、萵苣、茼蒿、甘藍、毛豆及萵苣。田間採裂區設計，16 種處理，不設重複，每處理面積為 2.8 m × 4.0 m。

試驗期間生育期較短之蔬菜種類，單季種植二作。除田菁作為綠肥作物，於後作整地時全株翻犁入土中外，其餘 15 種共榮作物均於生育終了清除地上部植株。堆肥施用法，於每季整地時全量施入土中，施用量為 400 kg N/ha。病蟲害以有機農法防治，如黏板、夏油、苦煉油、蘇力菌、冰醋酸、辣椒水、無患子等。調查項目包括生育期之病蟲害及採收期健株率、地上部生物產量等。同時亦於第一循環調查前作 16 種蔬菜養分總吸收量。

於民國 86 年秋季進行第一輪作循環。16 種作物於 9 月 27 日開始播種，並施用牛糞堆肥(含氮量為 11.2 g/kg)；後作芹菜於 87 年 1 月 25 日播種，施用牛糞堆肥，4 月 7 日開始採收。

87 年夏作進行第二輪作循環。16 種作物於 5 月 22-29 日種植，5 月 7 日施用台糖虎尾堆肥(含氮量為 19.3 g/kg)；後作青蔥於 10 月 6 日種植，施用佳欣堆肥(含氮量為 21.0 g/kg)，88 年 1 月 14 日開始採收，至 2 月 4 日止。

88 年春作 16 種作物於 2 月 20-22 日開始播種，後作萵苣(義大利品系)於 6 月 16 日育苗，施用佳欣堆肥，生育期間高溫多雨，生長不佳，故此次試驗不列入結果與討論。由於夏季高溫多雨，部分蔬菜生長不良，因此，由第三輪作循環起改採秋季種植 16 種作物，春季種植後作作物，夏季則休耕或種植夏季作物，但不列入討論。

88 年秋季進行第三輪作循環。16 種作物於 9 月開始育苗，9 月 28 日施用旺農牌蛋雞糞堆肥(含氮量為 24.0 g/kg)混入土中；後作茼蒿(日本澎湖種)於 88 年 12 月 16 日育苗，1 月 12 日以佳欣堆肥(含氮量為 21.0 g/kg)覆蓋表土，同日完成定植。

第四輪作循環 16 種作物於 89 年 9 月上中旬開始育苗，9 月 3 日再次整地並將億同發堆肥混入土中；後作甘藍(初秋)於 89 年 12 月 13 日育苗，田間於 90 年 1 月 5 日第二次整地，並將旺農興蛋雞糞堆肥混入土中，於 1 月 10 日定植。

90 年秋作進行第五輪作循環。16 種作物於 9 月下旬開始育苗，10 月 8 日將好康堆肥混入土中，10 月 9 日陸續定植，並於 91 年 2 月 26 日全部採收完畢。後作毛豆(高雄 5 號)，於 2 月 27 日第一次整地，3 月 6 日第二次整地並將油車堆肥相當於 400 kg N/ha 混入土中，並開溝、作畦，於 3 月 6 日定植(直播)毛豆，行株距 30 cm × 30 cm，小區共 8 行 × 13 株，生育良好，於 5 月 15 日採收。夏季種植田菁，生育良好，9 月 1 日混入土中。

第六輪作循環 16 種作物於 91 年 9 月上中旬開始育苗，9 月 12 日施保青堆肥(含氮量為 22.4 g/kg)，隨即整地混入土中。後作義大利萵苣於 2 月 14 日開溝施阿猴城堆肥。

植體採樣及分析：採收期採取地上部植株，以自來水洗淨，置入烘箱內(70-75°C)，2-3 天後磨碎裝瓶備用。葉片分析乃先以硫酸分解葉片後，以下列方式測定：氮：採用微量擴散法測定；磷：硫酸分解液以鉬黃法測定；鉀：硫酸分解液火焰光度計測定；鈣及鎂：硫酸分解液以原子吸收光譜儀測定。

## 結果與討論

### 一、前作對後作產量之影響

各循環後作產量顯示於表 1。第一循環芹菜連作區產量為 22.2 t/ha，若以芹菜連作產量為 100%，則前作種植毛豆、田菁、青蔥、萵苣、菠菜、蕓菜、芥菜、油菜、茼蒿、莧菜、蘿蔔、葉用甘藷、白菜、落葵、甘藍時，後作芹菜產量分別為連作區的 151%、148%、146%、128%、122%、120%、112%、107%、106%、104%、104%、103%、101%、100%、97%。除了前作種植甘藍使芹菜產量較連作區為減產 2%外，其餘產量皆較連作區增產 1-51%，尤其毛豆、田菁及青蔥更增產分別達 51%、48%及 46%，顯示芹菜具有嚴重的連作障礙。

第二循環青蔥連作區產量為 6.63 t/ha，若前作輪作其他供試作物，則減產 1-26%不等。尤其前作為甘藍時，輪作青蔥造成減產 26%。值得注意的是，即使前作種植綠肥作物田菁，產量也不及青蔥連作區佳。

第三循環主作為茼蒿，茼蒿連作區產量為 52.7 t/ha，而輪作區除前作種植落葵造成減產 5%外，其餘 15 種前作皆使茼蒿增產，其中又以芥菜、青蔥、毛豆可使後作茼蒿增產 21-22%為最高。

第四循環甘藍連作區產量為 102 t/ha，前作為茼蒿、青蔥、莧菜、田菁、芹菜、油菜、芥菜、毛豆、萵苣時，則甘藍較連作區增產 1-13%；若前作為白菜、菠菜、蘿蔔、葉用甘藷、蕓菜、落葵，則分別減產 1-19%。

第五循環毛豆連作時生物產量為 13.5 t/ha，當前作種植其他 15 種作物時，均較連作區增產達 21-49%，其中以前作芹菜增產最多達 49%，其次為田菁 47%，芥菜 45%，青蔥及萵苣 41%。毛豆連作症狀是株高較矮，莢數較少，此外沒有其他異常。

第六循環萵苣連作試驗顯示，除前作為青蔥與連作區無顯著差異外，輪作其他 14 種作物，則減產 1-35%，其中以輪作田菁減產最多達 35%，其次為葉用甘藷 30%、甘藍 29%、落葵 25%及毛豆 23%，顯示萵苣連作產量仍

高，適合與青蔥輪作，但不適合與其他蔬菜輪作。

由以上結果歸納，芹菜、茼蒿、甘藍及毛豆具有連作障礙，其中以芹菜及毛豆較為嚴重，應選擇適當作物輪作，避免連作。芹菜適合種植於毛豆、田菁、青蔥及萵苣之後，茼蒿適合種植於芥菜、青蔥、毛豆之後，甘藍適合種植於茼蒿、青蔥、萵菜及田菁之後，毛豆則適合種植於芹菜、田菁、茼蒿、芥菜及青蔥之後。以毛豆輪作芹菜而言，顯示好的輪作制度甚至可以比連作區增加 50% 以上的產量。此外，青蔥及萵苣為適合連作之作物。

表 1. 不同前作物對六種後作蔬菜產量之影響

Table 1. The effect of previous crops on the yields of six kinds of vegetables

前作物	後作生物產量											
	芹菜		青蔥		茼蒿		甘藍		毛豆		萵苣	
	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
1. 白菜	22.5	101	6.05	91	62.2	118	100.8	99	16.5	122	31.7	82
2. 萵菜	23.3	105	5.53	83	57.4	109	111.8	110	17.9	133	34.9	90
3. 薤菜	26.8	121	6.42	97	58.4	111	86.6	85	17.0	126	32.1	83
4. 油菜	23.9	108	6.05	91	56.5	107	108.7	107	18.1	134	33.4	86
5. 菠菜	27.3	123	5.17	78	61.2	116	100.6	99	18.4	136	36.4	94
6. 芹菜	22.2	100	5.77	87	54.1	103	109.5	107	20.1	149	37.3	96
7. 芥菜	25.1	113	5.23	79	63.7	121	103.6	102	19.6	145	38.5	99
8. 茼蒿	23.5	106	5.74	87	52.7	100	115.0	113	18.1	134	37.7	97
9. 青蔥	32.6	147	6.63	100	63.8	121	112.4	110	19.0	141	39.1	101
10. 毛豆	33.8	152	6.28	95	64.5	122	104.2	102	13.5	100	29.7	77
11. 落葵	22.3	100	5.30	80	50.1	95	82.6	81	17.5	130	29.1	75
12. 甘藍	21.7	98	4.90	74	57.4	109	102.0	100	16.6	123	27.5	71
13. 萵苣	28.5	128	5.81	88	61.4	117	103.4	101	19.1	141	38.8	100
14. 葉用甘藷	22.9	103	5.34	81	57.3	109	91.4	90	16.4	121	27.2	70
15. 蘿蔔	23.2	105	5.38	81	56.6	107	99.4	97	18.1	134	34.2	88
16. 田菁	33.1	149	6.53	99	58.8	112	110.1	108	19.8	147	25.1	65
平均	25.8	116	5.76	87	58.5	111	102.8	101	17.9	132	33.3	86

## 二、輪作組合之利弊

生育期間調查病蟲害發生情形，在四種有連作障礙之作物，並未發現特定病蟲害，追究原因可能與連作只進行兩季有關。

為進一步探討前作蔬菜養分吸收對後作之影響，於 87 年春作，分析前作 16 種作物養分吸收量，包括氮、磷、鉀、鈣、鎂等五種主要元素，結果如表 2。其中，養分攝取量最低的兩種作物為萵苣及青蔥，其總量分別為 98 及 109 kg/ha。當前作為萵苣與青蔥時，芹菜產量分別排名第三與第四，茼蒿產量則分別排名第一及第三。當前作同樣為青蔥及萵苣時，也使得後作甘

藍及毛豆產量較高，甘藍產量排名第二及第五，毛豆產量則皆排名第四。而養分攝取量最高者為落葵，達 824kg/ha，且造成多種後作物減產嚴重，如使後作芹菜與青蔥產量分別排名倒數第三，茼蒿及甘藍產量排名倒數第一，及萵苣產量排名倒數第四等。顯示前作若自土壤中攝取較多養分，可能與導致後作減產有關；相反的若前作養分攝取較少，則可能相對提高後作產量。但前作養分攝取量並非影響後作產量的絕對因子，例如白菜養分攝取量雖只有 261 kg/ha，但其後作芹菜產量卻僅排名倒數第四。同時，青蔥及萵苣使後作增產的原因可能也不只是作物本身養分攝取量較少，例如青蔥根系與土壤菌根菌有良好的共生關係，可以增加養分吸收，也是使後作增產的原因之一。

表 2.不同前作物之養分吸收對後作芹菜產量之影響 (87 年春作)

Table 2. The effect of plant nutrient uptake of previous crops on the yield of celery (1998)

前作物	前作養分攝取量 (kg/ha)						春作芹菜產量 (kg/ha)
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Total	
毛豆	71	17	58	51	20	217	33,756
田菁	115	35	119	91	9	369	33,086
青蔥	30	10	43	18	8	109	32,561
萵苣	21	7	52	12	6	98	28,478
菠菜	77	27	210	26	32	372	27,250
雍菜	128	31	248	65	17	489	26,781
芥菜	114	47	329	93	23	606	25,092
油菜	117	37	230	78	21	483	23,898
茼蒿	67	27	191	42	8	335	23,549
莧菜	93	40	244	77	49	503	23,251
蘿蔔	100	32	226	81	23	462	23,163
葉用甘藷	88	18	188	43	19	356	22,907
白菜	46	23	135	45	12	261	22,512
落葵	143	58	399	110	114	824	22,284
芹菜	56	30	117	74	16	293	22,214
甘藍	70	27	176	105	24	402	21,660
LSD (5%)							9,607

使芹菜產量最高的前作分別為毛豆及田菁，兩者皆為豆科作物，具固氮

作用。田菁之養分攝取總量高，但其殘體全部回歸土壤，故對後作芹菜、茼蒿、甘藍等作物的生育有正面影響。而毛豆未將地上部翻犁至土中，仍使後作芹菜、甘藍增產最多。除毛豆本身的固氮能力外，有學者認為存在豆科植物殘體中的生長促進物質亦是促使輪作增產的重要因子 (Bullock, 1992)。

青蔥及萵苣在連續種植兩季的情況下，產量反而比輪作其它蔬菜為佳，推測可能也與此二作物植株養分吸收量較低有關。根據報導，在慣行農法中，青蔥有連作減產問題，但在添加有機肥的土壤中，青蔥連作有年年增產的情形<sup>(1)</sup>，本研究採用有機栽培，添加足量有機肥，同樣達到增產效果。而萵苣在連續種植兩季的情形下，無明顯連作問題，且產量較輪作它種作物佳。但若長期連作，土媒病原是否好發，是值得關注的問題。田菁若與這兩種蔬菜輪作，反倒分別較連作區減產 1%(青蔥)及 35%(萵苣)，並未發揮綠肥作物應有之效果。因此，若以有機農法栽培青蔥及萵苣兩種作物時，其輪作系統不建議加入綠肥作物田菁。

### 參考文獻

1. 丁文彥. 1991. 青蔥施有機質減少連作障礙. 花蓮區農業推廣簡訊 8:11.
2. 王鐘和. 2003. 輪作的意義與要領. 農業世界. 239:28-31.
3. 黃鴻章、黃振文. 2004. 輪作是改變農作物與微生物命運的推手-淺談輪作栽培與作物病害防治. 農業世界. 254:26-33.
4. 蔡永暉. 2000. 青蔥對有機蔬菜輪作效應之研究. 高雄區農業改良場 88 年度年報. pp. 88-117.
5. 鄧耀宗、蔡永暉、劉英杰. 1998. 輪作體系在有機農法中之應用. 中華土壤肥料學會."農業與生態平衡"研討會專刊. pp. 26-46.
6. Bullock, D. G. 1992. Crop rotation. *Cri. Rev. Plant Sci.* 11: 309-326.
7. Crookston, R. K., Kurie, J. E., Copland, P. J., Ford, J. H., and Lueschen, W. E. 1991. Rotational cropping sequence affects yield of corn and soybean. *Agron. J.* 83: 108-113.

## Study on Cropping Systems of Organic Vegetables

Chun-I Wu<sup>1</sup> and Yuong-How Tsai<sup>2</sup>

### Abstract

The purpose of this research was to study the effect of rotation sequence on vegetables production. Fifteen kinds of vegetables and one kind of green manure crop, *Sesbania cannabina*, were grown at different plots of the same field. After harvesting, one of the crops was chosen as main crop and planted immediately at all plots. From the development and yield of the main crop, what kind of vegetables is suitable to plant as previous crop can be known. During 1997 to 2001, six main crops had been planted as follows: celery, green onion, garland chrysanthemum, cabbage, soybean and lettuce. The results showed that the yields of continuous cropping of celery, garland chrysanthemum, cabbage and soybean were decreased significantly. The yield of soybean increased more than 41% when it was planted after celery, mustard, garland chrysanthemum, green onion or *Sesbania cannabina* compared with continuous soybean. Forty percent increase in celery yield was observed when it was planted after green onion, soybean or *Sesbania cannabina* than continuous celery. Twenty percent increase in garland chrysanthemum yield was observed when it was planted after mustard, green onion or soybean than continuous garland chrysanthemum. Ten percent increase in cabbage yield was observed when it followed edible amaranth, garland chrysanthemum or green onion. However, the 1-35% increase in yields of continuous green onion and lettuce rather than after other crops were observed. In the view point of nutrient, the factors responsible for increasing yield of celery after soybean, *Sesbania cannabina*, green onion and lettuce may be due to increasing in nitrogen

---

<sup>1</sup>Assistant researcher, Chinan Branch , Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station

<sup>2</sup>Researcher, Kaohsiung District Agricultural Research and Extension Station.



supply and less nutrient uptake. In summary, green onion and lettuce are suitable for monoculture; celery is suitable for growing after green onion, soybean or *Sesbania cannabina*; garland chrysanthemum is suitable for growing after mustard, green onion or soybean; cabbage is suitable for growing after garland chrysanthemum or green onion; soybean is suitable for growing after celery, garland chrysanthemum, or green onion. We also suggest that putting green onion and legumes in cropping system of organic vegetables at right time will be helpful to increase yield.

Key words: Organic vegetable, Crop rotation, Monoculture