

# 有機農場的輪作及施肥策略

王鐘和 譚增偉 林毓雯 黃維廷 林木連

行政院農業委員會農業試驗所農化系

## 前 言

每一種作物都有其最適生長的氣候環境，對於土壤特性之反應也各不相同，已往大家認為可以改良土壤以適應作物，但是，所付出費用成本很大，並難達到滿意程度。因此，對作物於栽培環境之適應性，應先充分瞭解，並予以選擇安排種植適合該地區以及該季節之作物，以達到管理上省工省能源的效果。

連續種植相同或同類之作物，常會導入一些生物問題，例如較多的病、蟲及雜草危害作物生長，以及降低土壤肥力等。輪作將可減少這些問題之發生。輪作即將不同的作物考量其適宜之氣候及土壤環境而順序種植，可增加土壤生物之多樣性。輪作是一種維持地力及改善連作障礙之理想耕作方式，一個優良的輪作系統必須兼顧到作物特性與土壤生產力維持等問題，作物特性；首先需了解作物生理習性及前後作物搭配順序是否適當等問題，輪作田的生產潛力取決於輪作系統中前後作物順序及肥培管理等因素。各期作物收穫後地上部殘體或根系回歸於土壤，成為維持土壤生物活性的重要能源。而土壤生物活性常是土壤肥沃度的主要影響因子。因此，前作物的種類、數量與殘體性質是輪作系統中影響後作物生育表現良窳的指標。

有機農業為永續性農業之一種，有機農業為一種儘量少用或避免使用化學肥料及合成農業藥劑，配合豆科植物之輪作系統，循環利用農場內外農業廢棄物，以及含植物養分元素之天然礦石等，以維持農業生產之耕作方式。

## 影響輪作作物生育之因素

### 一、植物毒物質及相關因子之影響

作物殘體是土壤有機物之主要來源之一，對土壤有機質之維持具有重要的角色，但有時作物殘體在一定面積之土地上積聚過多，或在較不適宜環境下，如低溫、多雨或排水不良等，常會因分解不完全而產生許多有毒中間代謝產物，抑制自身或後作生育，此即所謂「植物毒質」(phytotoxic substances)問題。這些植物毒質大多來自作物殘體分解物，主要是低分子有機酸、酚酸、胺，及較複雜之類黃素及松烯類等有機化合物。有時這些作物殘體亦能刺激土壤中一些腐生微生物大量繁殖，產生微生物代謝毒質(microbial toxins)抑制作物生長。有關前後作組合不當而引起之植物毒質相剋作用在國內外的例子甚多，表一即列舉一些農藝及園藝作物前後作順序不當所引起之植物相剋作用實例。

表一、前後作組合不當引起之植物相剋作用 (Rice, 1984, 平野 1966, Martin, 1962)

Table 1. Plant allelopathy arisen from unfit crop sequence

前作	後作	田間情況	原因
小麥	玉米	玉植株矮小，根系短少，產量大減	前作小麥殘體覆蓋引起真菌(青黴菌)代謝毒物生成，抑制玉米根系生長
大麥 牛草	煙草	植株矮小，品質變劣	前作殘體產生酚酸抑制菸草幼苗根系呼吸作用
花椰菜	高苣	高苣種子萌芽率大減，幼苗脆弱	前作殘體產生低分子醋酸、酚酸等抑制高苣種子萌芽
小麥	大麥	大麥根系不良，減產	前作殘體在較潮濕土壤中產生大量醋酸抑制後作根系伸展

桃樹	無花果	後作幼苗根系 生長停頓，果實 小而品質差	桃樹根系被微生物分解產生氰化物及苯甲 醛，抑制後作根系呼吸作用
枇杷	桃樹	桃樹根系生長受 阻	前作根系分泌安息香酸，抑制桃樹根系生 長
酸柑	蜜柑	蜜柑果實瘦小	前作酸柑地上部（葉子）殘體分解物產生 未知名有機化合物，影響後作生育及 產量

## 二、土壤病蟲害消長之影響

以植物病理學之觀點而言，作物與病原菌及害蟲常見有特異性寄主—寄生關係（specific host-parasite relationship）。換言之，任何一種作物對某些病原菌或害蟲具有不同程度之敏感性（sensitivity）或抵抗性（resistance）。許多土壤病原菌及地下害蟲數目在休閒地，或缺乏適當寄主植物時常因飢餓而逐漸減少或形成休眠體，等待適當環境再形萌發與繁殖。因此，一種作物在生長過程中可能誘發土壤中某些病原菌或害蟲之滋長，但由於數目尚未增加至足以危害該作物生育之程度，在該作物本身具有抵抗性之情況下，因而產量不受影響；若其後作對上述增殖之病原菌或害蟲具有敏感性，則後作生育即受抑制。此種現象尤以土壤中一些多寄主性病原菌如 *Fusarium*，*Pythium*，*Rhizoctonia*，*Actinomyces*，*Phytophthora spp.* 及一些線蟲（nematodes）等為然，值得留意。輪作系統中，有時會因前後作順序不當，導致前作所誘發之土壤病蟲害影響後作之生育。今以線蟲為例，日本農業專家曾以對胞囊線蟲（cyst nematode）具抵抗性植物（燕麥）與敏感性植物（大豆）做為前後作組合，進行對胞囊線蟲口數消長之研究。結果，胞囊線蟲口數以連續種植抵抗性植物（燕麥）者最低，連續種植敏感性植物（大豆）者最高，在連續三年試驗觀察中，雖然線蟲口數高低起伏，但每百克土中最少仍有兩百隻之多，與燕麥區之差異極為顯著。此外，若在原來線蟲密度極低之土壤中先種植敏感性植物（大豆），線

蟲口數則急速增加，接著即使再種植抵抗性植物（燕麥），線蟲口數亦僅減低至某一程度而已（每百克土一百隻），若接著又種植敏感性植物，線蟲口數再度驟增。由此可見前後作順序不同，影響土壤病原菌或地下害蟲數目之消長甚鉅。

蔬菜種類不同，病蟲害發生不一樣。而相同的蔬菜種類，也可能因品種不同，而有顯著不同。因此，選擇具有抗病虫害性的蔬菜種類或品種，在有機栽培上，可達事半功倍之效。高雄區農改場旗南分場探討 16 種有機蔬菜間作時，各作物間的病蟲害發生，有顯著不同。容易感染 *Rhizotonia* 病害的作物有白菜、莧菜、油菜、菠菜、落葵等，而容易感染 *Pythium* 病害的作物有菠菜、芥菜、茼蒿、萵苣。而主要虫害有銀葉粉蝨、及蚜虫(偽菜蚜及桃蚜)等二種。另外毛豆、甘藍、田菁、青蔥受斜紋夜盜虫爲害，菠菜、毛豆、及田菁受赤葉 爲害，甘藍受菜心螟爲害，宿根蔬菜及葉用甘藷受猿葉蟲爲害，茼蒿受擬尺蠖爲害。較不易發生虫害的作物有芹菜、芥菜、落葵等(表二)。因此，有機蔬菜栽培時，應儘量選用病蟲害發生較少的種類種植，如果發現某些病蟲害特別嚴重時，就應暫時放棄該作物，改種其他忌避蔬菜。例如 *Rhizotonia* 或 *Pythium* 特別嚴重時，種植青蔥，可以顯著抑制該類病害發生。

表二、有機蔬菜間作之病虫害發生情形(86年秋作)

Table 2. Occurrences of Insect and disease for organic vegetable crops (1997 fall)

蔬菜種類	病害					虫害		
	菌核病	猝倒病	蚜虫	銀葉粉虱	夜盜虫	赤葉滿	菜心螟	擬尺蠖
1. 白菜	++			+				
2. 莧菜	++			+				
3. 蕪菜	+			+				
4. 油菜	+	+		+				
5. 菠菜	+	++	+	+		++		
6. 芹菜				+				
7. 芥菜		+		+				
8. 茼蒿		++	++	+				+
9. 青蔥				+				
10. 毛豆			++	++	++	++		
11. 落葵				+				
12. 甘藍			+	++	+		+	
13. 高苣		++	++	++				
14. 葉用 甘藷			+	+				
15. 蘿蔔			+	+	+			
16. 田菁					++	++		

註: +罹病虫株率0.1~5%, ++罹病虫株率5~20%, +++罹病虫株率20%以上

(資料來源：蔡 2001)

### 三、前作對後作產量之影響

各種作物攝取土壤中養分之種類及含量各異。同時,前後作之施肥量亦不同。因此,前作之種類不但直接影響土壤養分消長,而且間接關係後作生育之良窳。例如:瓜類作物(西瓜)時常施用大量有機堆廐肥,每公頃約一萬至一萬兩千公斤於田間;這些有機肥料除充分供給西瓜生長所需外,可能保留其殘效至後作,理論上對後作生育應有助益。前作若種植豆科作物如大豆或毛豆等因豆科作物,由於其根系根瘤菌能行固氮作用(nitrogen fixation),故可增加土壤中氮素含量,

對後作所需之氮肥有所幫助。另一方面，高粱與玉米係消耗土壤地力甚鉅之作物，對氮肥攝取需求甚高，可能影響後作所需養分之收支。根據日本之研究結果發現若以休閒地為對照相較，前作種植陸稻、甘藷、大豆或小米對土壤中三要素攝取量及後作小麥、稞麥或油菜產量均有不同影響（表三）。表三結果顯示前後作組合適當與否，是影響後作產量之主要因子。例如表中所有前作物與稞麥或油菜等後作不同搭配下，均導致後作百分之七至卅二之減產。若以後作小麥而言，前作種植陸稻反而導致小麥百分之十七之減產；若前作改為小米則促進後作小麥百分之廿七增產效果。另一方面，前作若自土壤中攝取較多養分（陸稻），似與導致後作減產有關。因此，從土壤肥力觀點而言，輪作系統中應先瞭解前作對土壤養分之收支情形，再調整後作之適當施肥量，才不致影響後作產量。消耗地力較大之作物應留為後作，接著休閒為宜；若必須做為前作，其後作即需注意酌增施肥量，方能維持正常生育。

表三、前作物攝取土壤養分對後作物產量影響（古川 1957，古谷 1957）

Table 3. Effects of nutrient uptake of previous crops on the yields of subsequent crops

前作物	前作物攝取養分量（公斤／公頃）			後作物收穫量（公噸／公頃）		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	小麥	稞麥	油菜
陸稻	108	26	40	1.29	1.87	1.09
甘藷	87	14	49	1.46	2.26	1.12
大豆	73	4	13	1.76	2.54	1.16
小米	61	12	30	1.97	2.54	1.15
休閒	—	—	—	1.55	2.73	1.38

高雄區農業改良場旗南分場曾經利用網室，於 1997~1999 年種植 16 種不同的有機蔬菜，結果顯示，不同的前作物對後作產量有顯著之影響，如表四所示，以芹菜連作區產量為 100%，若前作種植毛豆、田菁、青蔥、萵苣、菠菜、薤菜，則後作芹菜產量增產 21~52%，但若種植甘藍反而減產 2%，顯示芹菜有連作問題，其輪作增產原因，與前作物養分吸收量較低，及殘體養分回歸土壤有密切相關。同樣的試驗，以萵苣連作區產量為 100%，若輪作毛豆、青蔥、芥菜、白菜、萵苣、菠菜、田菁、薤菜，則萵苣產量分別增產 11~22%，但若種植落葵則減產 5%，顯然萵苣亦有連作問題。第三次試驗，以青蔥連作產量為 100%，若輪作田菁、薤菜、毛豆、白菜、油菜、萵苣、芹菜、萵苣、莧菜、蘿蔔、葉用甘藷、落葵、芥菜、菠菜、甘藍等，則後作青蔥反而減產 1~26%，顯示青蔥輪作反而減產。以上三次試驗，顯示在有機蔬菜生產體系上，適當的加入蔥科作物，有助於解決連作問題；而豆科及綠肥作物均為良好的輪作物，對輪作田生產力有明顯的幫助。

表四、不同前作物對後作產量之影響

Table 4. Effects of previous crops on the yield of next crops

前作	後作產量百分率(%)			前作	後作產量百分率(%)		
	芹菜	青蔥	萵苣		芹菜	青蔥	萵苣
1. 白菜	101	91	118	9. 青蔥	147	100	121
2. 莧菜	105	83	109	10. 毛豆	152	95	122
3. 薤菜	121	97	111	11. 落葵	100	80	95
4. 油菜	107	91	107	12. 甘藍	98	74	109
5. 菠菜	123	78	116	13. 萵苣	128	88	117
6. 芹菜	100	87	103	14. 葉用甘藷	103	81	109
7. 芥菜	113	79	121	15. 蘿蔔	104	81	107
8. 萵苣	106	86	100	16. 田菁	149	99	112

(資料來源：蔡2001)

此外，卓文君氏亦曾以不同葉菜類輪作，發現小白菜、青梗白菜與萵苣對大多後作有促進效果，而蕓菜、莧菜、茼蒿、芫荽、芥藍及芹菜對不同後作葉菜類具有不同程度之抑制，而其中蕓菜經檢驗有較其他葉菜類有多寄生性線蟲，導致連作時，生育受阻，植株矮小，甚至死亡(表五)。

表五、不同葉菜類前作對後作栽培之影響\*

Table 5. Effects of previous leaf vegetable crops on the growth of next crops

前作 後作	小白菜	菠菜	蕓菜	芥藍	青梗 白菜	芫荽	茼蒿	莧菜	萵苣	芹菜
小白菜	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
菠菜	—	—	—	—	—	○	○	○	○	—
蕓菜	○	—	×	—	—	—	—	×	—	—
芥藍	○	—	—	—	○	—	—	○	○	—
青梗 白菜	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
芫荽	○	—	×	—	○	—	—	—	○	×
茼蒿	○	—	×	—	—	—	—	—	—	×
莧菜	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
萵苣	○	—	×	—	○	—	—	—	○	×
芹菜	—	○	—	—	○	—	—	○	○	×

\*依單株產量為指標依據。○:促進 —:無顯著差異 ×:抑制

(資料來源：卓 1998)

#### 四、土壤有機質變動之影響

土壤有機物之增減，端視作物殘留在土壤中之總量，及在土壤中分解速率之快慢而定。作物殘留物包括殘莖、枯葉及根系等，其分解



速率則受作物種類、成熟度及氣候土壤條件之影響甚大。若其他外界因子不變，作物殘體之碳：氮比（C/N ratio）是決定分解速率快慢及有機質（腐植質）生成之主要因素。一般而言，作物殘體之碳：氮比愈高，表示含有較多之纖維素（cellulose）及木質素（lignin）；且表示分解緩慢，是形成土壤中有機質之主要來源。反之，碳：氮比較低之作物殘體，在土壤中很快被微生物分解而變成無機態養分為作物所吸收利用。因此，從增加土壤有機質及提高土壤地力之角度來看，應當選擇作物殘體總量多且碳：氮比高之作物為宜。例如表九顯示各種作物地上部殘留物之碳：氮比，結果發現豆科作物如苜蓿、豌豆等之碳：氮比約在 18 至 30 比 1 之間，而禾本科作物如稻稈及小麥稈則高達 144 至 373 比 1。此外，作物之根系分佈與重量亦與土壤有機物之增加有密切關係。從上述資料說明輪作系統中，前後作有機殘體之數量不但提供土壤有機物之來源，而且可能影響後作之生育。植物毒質問題之發生，除因前後作組合不當外，前後作種植時間之間隔太短，導致前作殘留物因碳：氮比高而引起所謂土壤之氮素固定化作用（nitrogen immobilization），呈短暫缺氮現象，這也是應當注意之處。

表六、豆科及禾本科作物莖葉碳氮比與根系乾重（江原 1975，小倉 1976）

Table 6. C:N ratio in biomass and air-weight in root system of legume and cereal crops

作物	C%	N%	C/N	根系風乾重(公斤/公頃)
紫苜蓿(牧草)	43.1	2.3	18	7110
豌豆(開花期)	45.3	2.6	17	—
豌豆(成熟期)	44.0	1.5	29	940
稻稈	47.4	0.3	144	1550
小麥稈	44.7	0.1	373	910

## 水旱輪作的影響

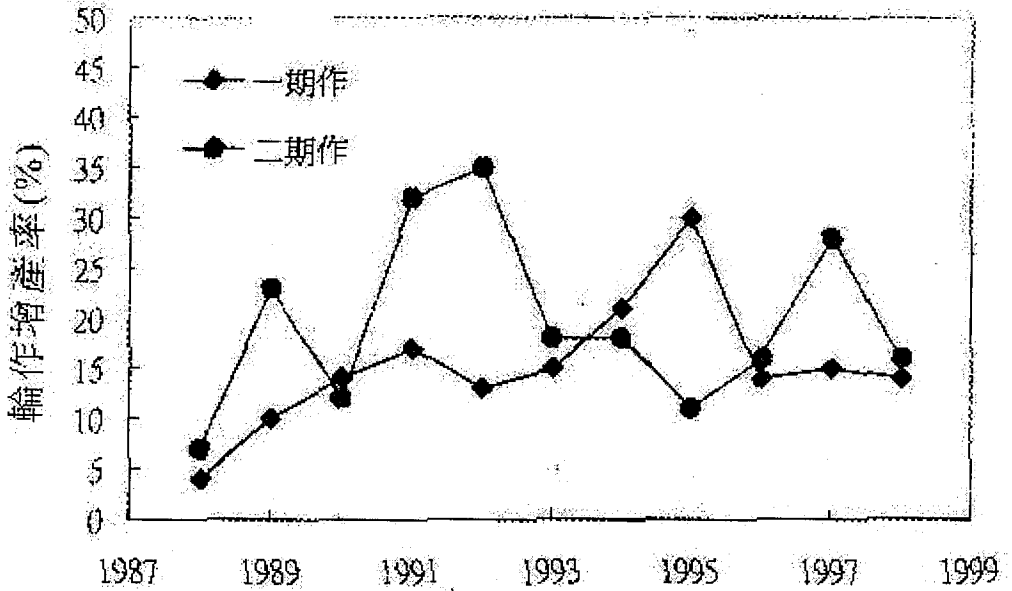
農業耕作制度中涉及水旱田的輪作制度，此種輪作的影響比一般不同旱作種類之輪作，或水田作物之輪作方式更形複雜化，旱田與水田不同，土壤較易酸化，尤其原屬水田者轉作為旱田時更為明顯，如又係連續種植旱作時，土壤酸化頗快，必需經改植水稻才可逐漸回復，可見稻作對肥力維持之重要性。為防止台灣土壤之過度酸化，應儘可能採用包含水稻在內之輪作制度。導致輪作增產的許多因子，過程和機制至今尚未完全了解。其中增加氮的供給，土壤養分的有效度、土壤構造、土壤微生物活性，以及雜草控制、蟲害壓力和疫病減少，和生長促進物質(growth-promoting substances)的產生，這些都被證明是構成增產的因子。

連作亦有所謂旱田連作與水田連作之謂，以往在本省甘蔗連作，時常發生發芽率極差，生長不良而減產情形，並已從土壤化學及生物學方面加以研究。依台糖公司王世中博士等人之研究，可以浸水處理即可恢復，這是因為浸水形成由旱田環境轉換成水田環境，可以造成另一種微生物相，且能淋洗一些微生物代謝物質，減少對作物之毒害，顯著改善甘蔗的生育與產量。

一般認為在浸水狀態下栽培的水稻是最能耐連作的作物。事實上，一般水田已在同一田區連作百年甚至數千年，然而未聞其因連作而有減產的現象。但日本或歐美等國之稻作年僅一年，每作收割後均有很長的休閒或輪作期間。而本省一年兩作水稻，第一期作之前常有較長期間之休閒或輪作，而第二期作則幾乎沒有，因此常有人懷疑第二期作水稻收量之低落，可能和稻田之連作（即插秧前無適當之休閒或輪作）有關。

連作極易導致產量之低產，此又有視於各種農作物之自耐性，水稻之自耐性極強，可連作而不致減產，但如在與旱作輪作的情形下，亦發現輪作區的產量不論一、二期作均較連作區為高，圖 1 為農委會農業試驗所設在該所農場內的長期不同耕作制度試驗田所得的結果，土壤為中質地微酸性砂頁岩沖積土，11 年之試驗結果顯示一期作水旱

田輪作區水稻較水稻連作區增產 4~30%，平均增產 15%。二期作則增產 7~35%，平均增產 18%。



圖一. 農業試驗所試驗田區輪作對水稻產量的影響

Fig.1. Crop rotation effect on rice yield in TARI

### 有機農場的輪作要領

有機農業必須採用適合當地條件的輪作制度，其中必須包含豆科作物做為綠肥作物，以維持對主作物氮素之供應。主作物之間以豆科作物相接，可收抑制雜草生長、防止土壤沖刷與供應氮素之利。由於不使用化學肥料，農家必須掌握大量有機物來源，製造堆肥，以充分供應作物所需之養分。如果環境容許，在主作物之前種植綠肥作物，或間作綠肥作物做為覆蓋作物，則可以達成氮素之自給自足，而得到與一般化學肥培法相接近，或更高的收量。

輪作之方式，可以採用水田與旱田之耕作制度的輪替，既可有效

的消除病蟲害與雜草之滋生，且可避免旱作連作所引起之土壤酸化及生產力降低等現象；豆科作物與其它非豆科作物之輪作，可以充分利用生物固氮，減少肥料用量；深根性與淺根性作物之輪作，可增加根系生長之深度，有利於通氣與排水性之改善，以及利用較大容積之土壤養分，使作物養分達到均衡之目標；又需肥性多與需肥性少之作物輪作，可以免除土壤可溶性鹽分累積，造成一般耐鹽性差的作物生長受阻礙之不良現象。輪作制度之實施與土壤肥培管理得當，可以消除許多作物之土壤衍生性病害，並減低許多害蟲之族群與雜草的發生。此外，忌避作物之應用，以及栽培時期之注重，以避免害蟲之啃食，亦是有機農業栽培者常用的手段。

## 有機農場的施肥策略

有機農場大部份養分靠有機質肥料提供，長時間大量地投入有機肥料於農場土壤中，是不可避免的。因此，合理而適切的施用有機質肥料，為有機農場經營成敗之重要因素。必須注意下列事項：

### 一. 合宜施用有機質肥料

有機質肥料種類繁多，大致可分為難分解型與易分解型兩種：難分解型一般是以稻穀、樹皮、木屑、作物殘株等堆製腐熟而成之有機質肥料，含豐富纖維質，但氮、磷、鉀三要素含量較少，因其在土壤中的分解較慢，適宜用在改良土壤理化性質和促進土壤微生物活性，使作物根部有良好生長環境。易分解型一般以禽畜糞、動物性廢棄物、油類等腐熟而成之有機質肥料，含纖維質較少，氮、磷、鉀三要素含量高，其所含養分在土壤中分解釋放較快。施用時應注意其釋出之要素含量，適時、適量供應作物生長所需。此外，連年施用有機質肥料後，除了當作所施有機質肥料之可礦化養分量外，亦要評估土壤累積之既有有機質之可礦化養分量，以二者之和作為預期可由有機質供給之要素量。此外，有機質肥料如未經醱酵完全，施用後易因繼續在土壤中醱酵，產生危害作物根部之物質，滋生病原菌及雜草滋生等現象，故在施用前要注意其品質。

此外，長期過量的施用有機質肥料除了可能造成土壤中累積多量的有機質、礦化氮素量超過作物生長所需的氮素需要量，造成作物產量、品質下降及污染環境，相關長期施用有機質肥料之試驗均有土壤中磷及鉀鈣鎂要素高量累積之現象，其對土壤環境及其他養分元素之影響，值得加以關注。故長期施用有機質肥料時，應配合施含氮量高之有機資材，既可減少有機質肥料用量，且可避免上述現象產生。

指出甚多研究報告共同之結果，長期施用有機質肥料有提昇土壤 pH 值至鹼性之現象，鑑於部份營養元素在鹼性之土壤環境中有效性降低，及鹼性環境易使銨態氮肥以氨氣之型態揮散，長期施用有機質肥料時，土壤 pH 之變動趨勢，實需加注意。相關試驗亦指出長期施用有機肥區表土萃取性銅與鋅量顯著高於化肥區，雖然禽畜糞堆肥施用於農田對土壤肥力有所助益，但長期施用時，其所含重金屬仍須加以注意，因重金屬在土壤中不易回收，且有機質肥料之施用量甚大，施用有機質肥料是否使農田土壤受重金屬污染之顧慮值得重視。

## 二. 考量作物種類與其需肥特性

有機農業由於不使用化學肥料，農家必須掌握大量有機物來源，製造堆肥，以充分供應作物所需之養分。如果環境容許，在主作物之前種植豆科綠肥作物，或間作豆科綠肥作物做為覆蓋作物，則可以達成氮素之自給自足，而得到與施用一般化學氮肥相接近，或更高的收量。作物從土壤吸取養分，其吸收量因作物品種，以及產量水準而有不同。

生產潛力較大之品種需肥量多，短期作物如蔬菜作物養分供應量充足(尤其是氮素養分)，長期作物如果樹作物要注重土壤性質改善，促進根系活性，以及配合作物各個生育分化階段，調節養分供應。

水稻對土壤環境中營養元素濃度之需求不如其他種類作物高，其生長分化受氮素供給之多寡影響甚大，因此在安排輪作時，必須注意土壤中有效養分供需之狀態，才能有優良的生產型態，獲得好的品質與產量。有機米栽培應採用氮素含量高，磷鉀含量較低之高含氮量的豆粕類有機質肥料，較符合經濟成本，且能避免磷鉀過度累積及充分供應氮素。但仍要注意氮素供應之平衡，避免因氮素供應過多，對水

稻生育產生不良效果。

雖然不同種類蔬菜作物在吸收養分上有著顯著的差別，但與其他種類作物相比較，蔬菜作物仍有其一定的共同特性，那就是：(1)高需肥性：蔬菜作物在極短之生育期內要吸收大量養分，生成大量之生質量，因此單位時間內單位面積養分之需求量遠高於其他作物。(2)喜硝性：蔬菜作物為旱田作物，長期演化之結果，蔬菜作物對氮素之吸收以硝酸態氮為主。(3)鹽基置換量高：作物根系鹽基置換量為根系活力之指標，鹽基置換量高代表根系養分吸收能力強。(4)對土壤環境品質之要求度高：蔬菜作物普遍較其他種類作物不耐土壤環境逆境，例如：不耐酸性及不耐土壤高鹽分濃度、不耐旱、不耐土壤空氣不足及不耐浸水等等(王鐘和等 2000)。為提高養分利用率，可以採淺根性蔬菜與深根性蔬菜輪作，根莖類蔬菜與葉菜類蔬菜輪作，高需肥型蔬菜與綠肥作物輪作；為降低病害，可以十字花科與非十字花科輪作，蔬菜和水稻輪作，禾本科與非禾本科輪作，葫蘆科及茄科與蔥、薑、蒜、韭等輪作。

果樹屬多年生植物，每年因生長枝葉及開花結果，從土壤中吸收大量之營養元素，一般氮磷素分配在葉片之比率較高，鉀素在果實中佔有較高之比率(諶克終 1986)。其對土壤有效養分濃度需求之程度不及於蔬菜作物但高於水稻，本省一些果園土壤分析資料顯示果園土壤磷鉀鈣鎂含量高於一般之水田，但低於蔬菜園土壤(王鐘和等 2000)。

果樹屬多年生植物，除了進行果園更新，無法施行輪作，有機栽培果園一般均推薦草生栽培，種植豆科植物等覆蓋作物，一般農友施用有機質肥料常採表面或淺層施用，極易誘導根系向土壤表層生長。在乾旱環境下植株抗旱能力不足，易引起根系的傷害，植株生長受阻，降低施肥效果。為改進此種缺失，有機質肥料必需施入較深土層以促使根系向下生長。並且考量果樹樹體之營養需求，篩選適合之不同性質、種類且口碑良好之有機質肥料輪流施用，以促進不同種類土壤生物之活性，可達到養分平衡及土壤生物多樣化之目的，收到如同輪作之效果。

## 結 語

要安排一套理想之前後作輪作系統與施肥管理措施，必須充分了解與掌握有機農場土壤之特性、肥力狀況及前後作物之營養生理特性，才能避免因土壤養分收支不平衡、土壤病蟲害滋長，或前作殘體分解產物有抑制後作的生長。各別有機農場輪作及肥培管理之成敗，仍需靠農友多方學習、嘗試、累積經驗，久而久之，就能掌握自己的有機農場適宜之輪作制度及肥培管理要領，達到兼顧生產高品質農產品及環境保育之目標。

