蔬菜園合理施肥及連作障礙因應策略

王鐘和　林毓雯　丘麗蓉

農委會農業試驗所農化組

前　言

台灣之氣候條件，一年四季皆適於蔬菜生長，目前栽培之蔬菜種類甚多，大部份蔬菜生產採行成本較低的露地栽培方式，但夏季常有颱風豪雨等不良氣候，使蔬菜之產量及品質不穩定。利用設施栽培蔬菜，可穩定生產，提高品質，並具調節產期平衡供需的功能，因此在全省各蔬菜產區都有農友採行。近來亦有少部份農民於設施內進行水耕蔬菜之栽培，以養液來供給及控制蔬菜生長所需之養分，或者於袋裝之培養土直接種植甜椒，小黃瓜、蕃茄等瓜果類蔬菜，並以滴灌供給蔬菜生長所需之水分及營養元素。此外，因應夏季蔬菜供應不足之需要，夏季於高冷地栽培蔬菜亦佔有一定比例。

不同蔬菜種類的要素需求量不同，且不同生長階段的蔬菜對營養元素的需求亦異。此外，設施內、露地及高冷地蔬菜生育之環境亦不相同，如何有效合理的施用肥料，使蔬菜生長快速，生育強健，增強抗病能力，提高蔬菜單位面積的產量及品質，達到既不浪費肥料資源且兼顧環境生態保護。則爲蔬菜栽培者及相關農政及研究人員努力的目標。

「連作」(monoculture) 一詞在農業耕作制度上是指在同一土地上經年重複種植相同作物而言。早年的農業家，從連續栽種同種作物的方式下得到低產的經驗，因此，在早期歷史上，人類就已意識到爲了維持土地生產力，作物輪作制度是必須的，但其中理由安在，卻未必了解。近代農業經營，

農民爲了增加作物單位面積之產量與提高耕作效率，採行單一作物耕作方式，並大量施用化學肥料及農藥，雖然創造了顯著的增產效果，但也逐漸呈現地力日趨衰退以及土壤環境生態遭到破壞，造成對自然環境生態之影響等負面效果，農產品的品質也間接受到影響。因此，維護人類賴以生存之生態環境實爲當務之急，在農業產銷之立場，保育農業環境及資源以維持農業之永續性實爲今後農業發展之重要途徑，亦爲世界農業發展之趨勢。

蔬菜園施肥要領

一、露地蔬菜之施肥管理

露地栽培蔬菜，受自然環境因素(光照、溫度、雨量、風等)的影響頗大，雖然生產之蔬菜品質及產量較不穩定，但因生產成本低，故本省大部份蔬菜栽培仍採此種方式。一般而言，蔬菜生長期間較短(尤其是葉菜類)，在短期間要吸收大量營養元素(圖 1)，生產大量物質，適當充足的供給肥料是必要的手段。

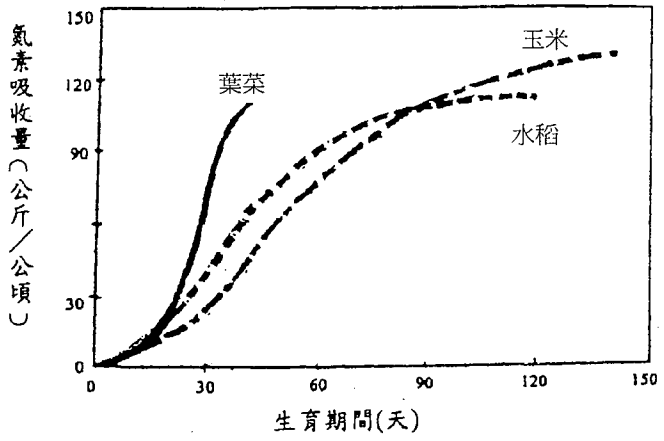


圖 1.葉菜.水稻及玉米生育過程累積氮素吸收量之比較

瞭解不同種類蔬菜之生育及養分吸收特性，參酌栽培地之氣候及土壤條件，配合栽培管理措施，適時、適量的供給肥料，可獲較佳的產量及品質。蔬菜各生育期間養分吸收情形因種類不同而異，其情形如圖 2。

葉菜類蔬菜之地上部（葉部）或全株均可爲販售之產品，生育期短，極短時間內即吸收了大量營養元素，除了初期生長較緩，養分吸收較少，隨後即快速的生長及吸收養分至收穫爲止，故肥料之供給要充足（尤其是氮素，以促進葉部生長），來滿足其初期之生長及隨後之快速吸收生長期。

根菜類蔬菜由於生長中後期根部肥大時，原地上部植株所含之營養要素可再轉移至收穫部位，因此應注意生育初、中期三要素肥料的施用及生育中、後期有充分之磷、鉀吸收促進根部肥大，且應避免生育後期過度吸收氮素，葉菜類蔬菜之結球菜類亦是類似情形。

果菜類（含豆類）蔬菜由於開花後有一段時間係營養生長及生殖生長同時進行，因此生長中、後期的養分供給亦相當重要，此外亦應注意與開花結果有密切相關之磷、鉀肥之施用。

豆類蔬菜如接種根瘤菌時，因有固氮之功能，故氮素肥料量可減少，以發揮固氮的功能。

蔬菜肥料施用一般依種植時土壤肥力的高低，施以基肥(氮、鉀比率一般爲 25%~50%，磷肥葉菜類及豆類蔬菜爲 100%，其他生育期較長之根菜類、結球菜類及瓜果類則保留部份作爲追肥，施用量因蔬菜種類而異)，其後依種類不同再追施 1 至數次之氮、鉀及磷肥(可參考台灣省政府農林廳編印之作物施肥手冊中各類蔬菜之施肥方法)。

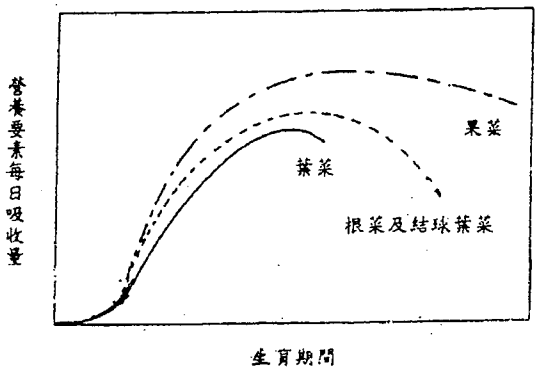


圖 2、不同種類蔬菜之生育及養分吸收經過

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:蔬菜作物爲旱田作物，長期演化之結果，蔬菜作物對氮素之吸收以硝酸態氮爲主。(3)鹽基置換量高:作物根系鹽基置換量爲根系活力之指標，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。

二、設施蔬菜之施肥管理

以栽培設施控制蔬菜生長環境，可避免遭受夏季豪雨侵襲，與提高冬季設施內溫度，達到調節蔬菜生產期並穩定蔬菜產量與品質的目標。本省高溫多雨，施用之肥料尤其是氮肥，容易被雨水淋溶而流失，只有少部份被植株吸收，設施內則無此問題。因此設施內栽培蔬菜若施用與一般露地栽培同樣之肥料，常會造成土壤中鹽分累積，不利蔬菜生長。

著者1999年曾指導桃園市147處蔬菜園農友之施肥技術，

由蔬菜園表土之土壤分析資料顯示，大部份原屬強酸性土壤蔬菜園之 pH 已顯著提昇，約 30%左右已超過 7.0(表 1)，有機質含量也大幅提昇，高於 3%之蔬菜園達 84%(表 2)，EC 值(土水比爲 1:5 之測值)大於 1.0ms/cm 之蔬菜園達 31%(表 3)，由於 EC 值(土水比 1:5)之測值乘以 6~7 倍左右約爲土壤飽和抽出液之 EC 值，因此 EC 值(1:5)1ms/cm 相當於飽和液 EC 值 7ms/cm 左右，由於蔬菜作物較其他種類作物不耐鹽害，EC(1:5)大於 1ms/cm，已達顯著影響蔬菜作物生長之範圍，因此有農友反應，蔬菜常有生長異常之情形。有效磷鉀鈣鎂之含量均大幅的高於一般水田或雜糧旱田，有些甚至達數十倍以上(表 4 至表 7)。顯示土壤中累積了相當高量之營養鹽類。交換性鈣含量與 pH 之相關圖顯示高量之鈣含量與 pH 有極顯著之正相關(圖 3)，值得注意的是，其中有幾處蔬菜園之 pH 雖然爲強酸性，但卻含有高量之交換性鈣及高的 EC 值(表 8)，此種爲假性酸性，因土壤中含有多量之各種離子所致，此種蔬菜園如果施用石灰資材，不但無幫助，反而使鹽分累積更加嚴重。

表 1. 147 處蔬菜蔬菜園表土 pH 之分佈(桃園市，1999)

PH (1:1)	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<4.5	4	2.7	100
<5.0~4.5	16	10.9	97.3
<5.5~5.0	16	10.9	86.4
<6.0~5.5	23	15.7	75.5
<6.5~6.0	27	18.4	59.9
<7.0~6.5	18	12.3	41.5
<7.5~7.0	41	27.9	29.3
≧7.5	2	1.4	1.4
合計	147	100	100

表 2. 147 處蔬菜蔬菜園表土有機質含量之分佈(桃園市，1999)

有機質含量%	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<2.0	0	0	100
<3.0~2.0	23	15.7	100
<4.0~3.0	99	67.3	84.3
<5.0~4.0	20	13.6	17.0
<6.0~5.0	2	1.4	3.4
>6.0	3	2.0	2.0
合計	147	100	100

表 3. 147 處蔬菜蔬菜園表土 EC 之分佈(桃園市，1999)

EC(1:5) ms/cm	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<0.5	49	33.3	100
<1~0.5	52	35.4	66.6
<1.5~1	20	13.6	31.2
<2.0~1.5	13	8.8	17.6
<2.5~2	8	5.4	8.8
<3.0~2.5	3	2.0	3.4
>3.0	2	1.4	1.4
合計	147	100	100

表 4. 147 處蔬菜蔬菜園表土有效磷含量(桃園市，1999)

有效磷含量（mg/kg）	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<100	3	2.0	100
<200~100	12	8.2	98.0
<300~200	67	45.6	89.8
<400~300	60	40.8	44.2
≧400	5	3.4	3.4

合計	147	100	100

表 5. 147 處蔬菜園表土交換性鉀含量(桃園市，1999)

交換性鉀含量 (mg/kg)	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<200	2	1.4	100
<500~200	36	24.5	98.6
<1000~500	42	28.6	73.2
<1500~1000	40	27.2	44.6
<2000~1500	17	11.6	17.4
<2500~2000	3	2.0	6.8
<3000~2500	3	2.0	4.8
≧3000	4	2.7	2.7
合計	147	100	100

表 6. 147 處蔬菜園表土交換性鈣含量(桃園市，1999)

交換性鈣含量 (cmol/kg)	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<10	31	21.1	100
<20~10	39	26.5	78.9
<30~20	43	29.3	52.4
<40~30	30	20.4	23.1
>40	4	2.7	2.7
合計	147	100	100

表 7. 147 處蔬菜園表土交換性鎂含量(桃園市，1999)

交換性鎂含量 (cmol/kg)	蔬菜園數目	比率 %	累積比率 %
<3.0	23	15.7	100
<6.0~3.0	50	34.0	84.3
<9.0~6.0	54	36.7	50.3
<12.0~9.0	19	12.9	13.6
>12.0	1	0.7	0.7
合計	147	100	100

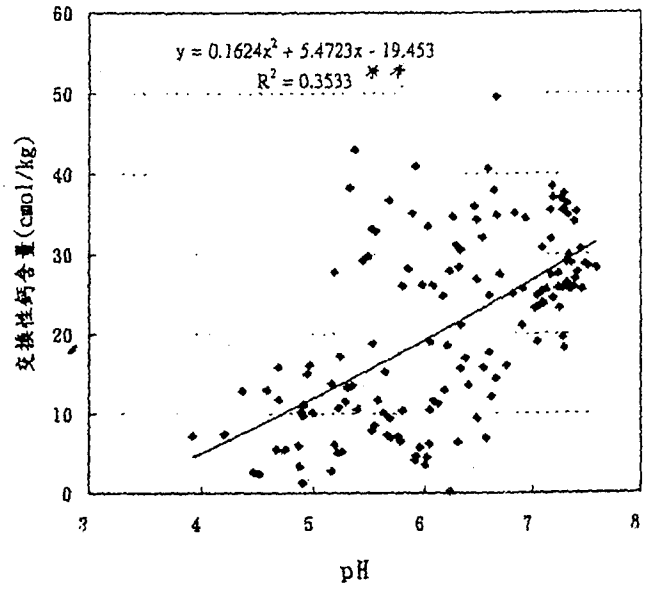


圖 3. 147 處蔬菜園表土 pH 與交換性鈣含量之相關（桃園市，1999）

表 8. 若干蔬菜園表土 pH、EC 及交換性鈣含量(桃園市，1999)

Item	pH (1：1)	EC(1:5) (ms/cm)	Exch.Ca (cmol/kg)
Range	5.18 ~5.56	0.63 ~2.42	27.7 ~42.9
Mean	5.41[x]	1.18	33.9

[x]：7 處蔬菜園平均

解決鹽分過度累積之方法有:(1)浸水：以大量水洗移走鹽類離子。(2)客土或深耕:可稀釋降低表層土壤鹽類離子之濃度。(3)換土:移走含高鹽類離子之表層土，加入由外處移來之乾淨土壤。(4)種植耐鹽作物或綠肥作物:如玉米、田菁等吸收土壤中累積之鹽類離子，並可將植株耕犁掩埋，增加有機質且可釋放養分供下作蔬菜使用。有鑑於此，掌握每作蔬菜種植前土壤中殘餘之營養要素量，加上該作期間內土壤可能礦化供應之養分量，作爲調節該作施肥量之診斷及施肥推薦工作，甚爲重要。設施內溫度較高，有機質分解快，且複作指數高，土壤耕作較頻繁，易損害土壤之結構，應注意有機質之補充，尤其是分解速度較慢之纖維性有機質肥料，不但可克服連作障礙，且可改善土壤理化及生物性質，提昇蔬菜產量及品質。

其他於設施內以養液供給蔬菜營養分之水耕及袋裝培養土滴灌栽培，需依蔬菜種類及生育階段，供給適當含量及比例之營養元素，才能確保較佳的產量與品質。

三、石灰資材之施用

據統計台灣地區耕地土壤中 pH5.5 以下強酸性土壤占總面積之３５％，大部份的蔬菜作物均不耐酸，在酸性環境下生長受抑制，需以石灰資材調整土壤 pH 值達 6.0 以上才能正常生長。施用石灰粉、苦土石灰、煉鐵爐渣等石灰資材均可調

高土壤 pH 值，糾正土壤酸性。爲要調整土壤反應所需石灰資材當依土壤之質地或陽離子交換能量而異；黏質土壤或陽離子交換能量大的土壤爲多。石灰質材料之需要量亦依其中和力之大小而異；石灰石粉中和力如當１００，則硝石灰和煉鐵爐渣（包括矽酸爐渣）之中和力各爲１２０～１３５及６０～８０，可依中和力之大小分別增加或減少用量。又酸性土壤本身，鈣、鎂、矽等要素之供應亦是較低，作物栽培上易缺此等要素，是故上述石灰資材既爲改善土壤酸性之良劑，亦爲植物營養上之鈣、鎂、矽質肥料。惟石灰資材如施用過量，將導致鐵、錳、銅、鋅及硼等要素之溶解度減低，易導致其缺乏，故其施用亦應注意適量。

四、有機質肥料之施用

有機質肥料之功能甚多；諸如：改善土壤物理性；包括增進土壤團粒構造，保水力、通氣性、調節土壤溫度，降低總體密度及土壤流失等。對土壤化學性亦有助益；包括提高陽離子交換能量，增加營養分儲存能力，較大緩衝能力等。此外，並可使土壤微生物相多樣化，微生物活性增加，減少病原菌生長。因此普遍地被施用於作物栽培上，藉以改善農田土壤之理化及生物性質，提高作物產量與品質。

有機質肥料種類繁多，大致可分爲難分解型與易分解型兩種：難分解型一般是以稻殼、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、豆粕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養分量，相對的減少化肥要素用量。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，亦要評估土壤中累積之既有有機質之可礦化養分量，以二者之和作爲預期可由有機質供給之要素量。

五、綠肥及有益微生物之利用

綠肥作物是綠色植物整體或植體之部份於幼嫩期或成熟期供翻犁掩埋入土壤中當作肥料及改善土壤理化性質之作物。綠肥作物生長期間能吸收固定土壤礦化之營養元素，豆科綠肥更可固氮，減少養分之淋流及土壤之流失，並可抑制田間雜草之生長，綠肥掩埋後迅速分解釋出其所含之營養元素，種植後作作物時，應減少肥料用量，以充分利用綠肥釋放之養分。有益微生物如固氮菌、溶磷菌、菌根菌、拮抗病等，其功能甚廣，例如可增進土壤氮素來源、增加養分的有效性及溶解度、釋放植物生長素、增進作物養分吸收、與病原菌產生拮抗作用等，施用時應適當調整化學肥料之用量，以發揮其功能。

六、土壤診斷與施肥推薦

相關的調查及試驗結果顯示多年栽培蔬菜後，蔬菜園土壤肥力顯著提昇，土壤中累積多量營養鹽，圖 4 中顯示在高肥力蔬菜園因爲土壤能提供多量營養元素供給蔬菜生長所需，其合理的肥料施用量(圖中之 a)遠較低肥力蔬菜園(圖中之 b)少，如果未能適切減少肥料施用量，將造成蔬菜生育受阻，產量顯著降低的情形。

爲改善此種情形，針對設施蔬菜園施行「科學化的減肥」則是當務之急，那就是施行科學化的土壤診斷，藉以了解土壤的肥力狀態，並據以調節施用的肥料量。土壤速測是土壤肥力的快速診斷方法，係利用科學分析方法測定土壤樣品的若干物理化學性質與有效養分含量，可掌握每作蔬菜種植前土壤中殘餘之營養要素量，加上該作蔬菜生長期間內土壤可能礦化供應之養分量，作爲調節該作蔬菜施肥量之依據，此項施肥推薦工作甚爲重要。台灣地區以往已完成應用土壤速測進行水稻、玉米、甘蔗、花生、大豆等作物之磷、鉀需肥診斷試驗，推薦合理的磷、鉀肥施用量。此項土壤磷、鉀肥力的診斷技術，也可有效的應用於蔬菜園磷、鉀肥力的診斷，

提供磷肥及鉀肥施用量之參考依據。因此土壤診斷目前最缺者乃土壤有效態氮供應能力之測定，實因土壤有機質礦化有關因素複雜，氮素礦化量之預估較難故。

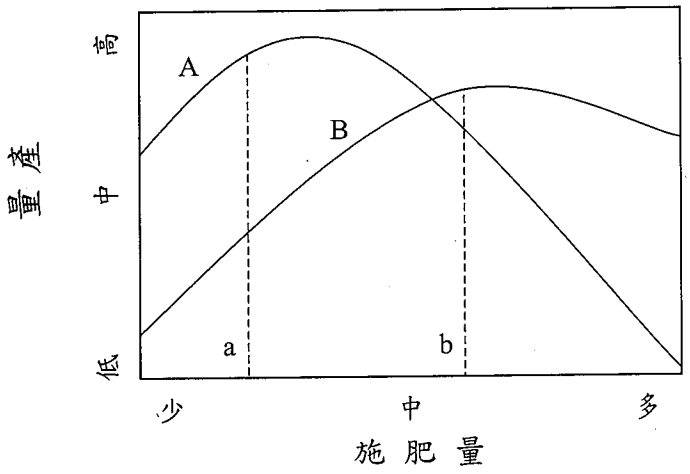


圖 4. 不同土壤肥力蔬菜園施用肥料之蔬菜產量反應曲線之比較
(A：代表肥力高的蔬菜園；B：代表肥力低的蔬菜園)

農業試驗所之研究成果顯示採取葉菜類蔬菜園表層土壤(0-15公分)加入純水直接以電導度計測定電導度值(EC值，土壤與水之比例爲1比5)，電導度測值愈高，表示土壤中游離的離子量愈多，也就是土壤中的可溶性營養鹽類愈多。依據美國鹽土研究所之資料：飽和土壤抽出液之EC值達2 ms/cm(相當於土壤和水比例爲1比5法之測值約爲0.3 ms/cm)時，較不耐鹽作物的生長已會產生不良影響，而蔬菜作物即較其他種類作物不耐鹽害。飽和抽出液EC測值達4 ms/cm(相當於土壤和水比例爲1比5法之測值約爲0.6 ms/cm)時，絕大部份的作物生長已顯著受到抑制。

試驗結果進一步也顯示 EC 測值與土壤中之硝酸態氮含

量呈極顯著之正相關。經過盆栽試驗及田間試區之驗證，結果均相同(圖四)。故此法可有效應用於葉菜蔬菜園現場土壤氮肥力診斷以推薦氮肥施用量；依本方法在塑膠布溫室設施內(因無雨水淋洗且蒸散量大，易形成鹽分累積)或排水較差容易鹽分累積之葉菜類蔬菜園土壤，測定之 EC 值大於 0.4 ms/cm(此時土壤中之硝酸態氮含量大於 100 ppm)時不必施用氮肥，EC 值界於 0.4 至 0.3 ms/cm 時較農政單位編印之作物施肥手冊中氮肥推薦施用量減施 3/4 量，EC 值界於 0.3 至 0.2 ms/cm 較氮肥推薦施用量減施 1/2 量，EC 值界於 0.2 至 0.1 ms/cm 較氮肥推薦施用量減施 1/4 量，EC 值小於 0.1 ms/cm 則依氮肥推薦用量施用(表九)。惟土壤中氮素動態會受土壤有機質及水分含量影響，當土壤之有機質含量較低或排水良好，入滲速率高時，氮素易流失，此時依氮肥力診斷推薦減施之氮肥量要減少。應用此土壤氮肥力立即診斷推薦氮肥施用技術，將可節省肥料支出，增加肥料利用效率，增加農民收益，對生態環境之維護亦有助益。

表 9.依據葉菜類蔬菜園表土(0-15 公分)電導度測值推薦氮肥用量對照表

電導度值 EC(1:5)[x] Ms/cm	硝酸態氮含量 NO_3^-—N (ppm)	氮肥減施率[z] % A	B[y]
大於 0.4	大於 100	100	75
0.4 至 0.3	100~75	75	50
0.3 至 0.2	75~50	50	25
0.2 至 0.1	50~25	25	0
小於 0.1	小於 25	0	0

註 x：電導度值係以土壤與水之比例爲 1：5 之樣本測定。

y：如爲新墾之葉菜蔬菜園其土壤有機質含量低於 2.0%者或土壤入滲速率較快之蔬菜園，氮肥減施之量需減少。

z：係指較作物施肥手冊中氮肥推薦用量之減施比率。

蔬菜園連作障礙的因應策略

一、連作障礙的成因及影響

連作最大益處是增加土地利用率，減低耕作成本，提高利潤。但同一作物連作日久，弊病即生，明顯之特徵即產量降低。有關連作導致減產之問題，中外皆然。早期研究結果均歸因於土壤肥力之耗損，養分之涸竭，或土壤構造之變壞。然由於連作導致土壤物理及化學性質之改變,常干擾土壤微生物，包括土壤病原菌(soil-borne-pathogens) ，彼此之交互作用。因此，連作之結果，往往造成所謂「土壤疲乏」(soil fatigue)，而土壤疲乏之形成係因連作引起土壤中養分不平衡，誘發微生物相改變及土壤病蟲害，或有毒物質之積聚。有毒物質是來自作物根分泌物，作物殘體分解產物及微生物代謝產物。毒質之積聚與作物種類及微生物活動均有密切關係。本省糖研所過去對本省連作蔗田生產力減低之理論與改進曾有詳細之研究報導，連作蔗田低產主要原因係宿根萌芽不良生育受阻所致，此現象與宿根根圈真菌生態不平衡所形成之優勢菌 *Fusarium oxysporum* 及 *Trichoderma harzianum* 分泌代謝毒物有關，而秋植甘蔗生育受阻應歸因於甘蔗殘體刺激土壤中上述優勢菌大量繁殖，此等真菌分泌代謝物質毒害甘蔗所致。

連作常發生作物的生長不良或缺株的問題，甚至施用肥料也不能完全改善，常見如幼苗的枯萎及爛根，生長點或新生枝葉不正常，或不能伸展，有的引起病害而枯死等等的問題。連作的土壤問題發生依作物的種類、土壤、氣候及栽培管理的差異，其嚴重性就有不同。有的作物只要連作一次時，就有生長不良的問題，例如薑、綠豆、瓜類的西瓜、茄科如青椒、番茄、多年生的蘆荀、桃、蘋果等，尤其是桃及蘋果在同老株之位置，再種新株幼，就有嚴重之缺株問題。而有的作物是需經多次連作才能看出連作之土壤問題，例如許多的蔬菜，如十字花科類，連作數年後即有明顯問題發生。一年

種植多種作物的農業地區，尤其是台灣位於亞熱帶－熱帶區，在同一塊田中一年生產二次以上或更多次數的土地，連作問題是常常可見；耕地面積小的地區，也是常見有連作的需要性；設施農業在網室或特定蓬式中生產高經濟作物時，爲了增加一年中之單位面積生產，連作密集生產，更是容易產生問題土壤，嚴重者甚至產生不能再生產某種特定作物的困難。

每一種作物有它特別的營養需求及代謝特徵，需求土壤中的營養比例、種類、及水份與氧氣都依作物不同而有差異；在代謝上，各種作物都有或多或少的差異，合成不同的代謝產物，於是在作物的分泌物及殘質中的分解物都有其特色。由於上述的需求及代謝的特徵，連作可能引起上一作物影響下一次的作物生長，它的原因可能包括如下：

(一)土壤物理性變差

1.頻繁的重機械耕耘或湛水狀態下耕耘常造成土壤壓實，形成犁底層，影響土壤通氣及排水，限制作物根系生長。

(二)土壤化學性變差

1.作物吸收大量的營養元素，導致營養元素之不足供應。
2.作物吸收大量的正離子營養元素，導致土壤酸性增加。
3.大量的前作殘質，由於碳氮比高，在分解時，微生物大量繁殖，而氮素被微生物吸收，引起氮之缺乏現象。
4.作物的根分泌有毒的物質，或殘質分解時釋出的毒物質或微生物釋放出的有毒物質，在土壤環境中若達到某一臨界濃度後，即將引起另一作物的毒害作用。
5.長期連作後土壤有機腐植質的降低，旱作的連作易使土壤有機腐植質含量加速減少，值得重視，因爲穩定的有機腐植質是土壤優良特性的基礎。
6.長期連作的不當栽培管理及施肥：由於作物的偏向管理，例如過度的灌水及排水，使土壤營養分加速淋洗及土壤流失，或是過分的施用化學肥料，尤其是短期蔬菜栽培常見過度施肥後的鹽分累積，在土壤表面上形成白色粉末的鹽類，都會是連作障礙的原因。

(三)土壤生物相劣化

1.長期連作後病蟲害增加：由於病原菌及蟲體對作物都有或多或少的偏好性及專一任定性，例如危害番茄的病蟲可能不一定會危害其他葉菜。如果連作時病蟲的族群逐漸增加或一次耕作即增加很多，於是次作將受該增加的病蟲危害了。病蟲的個體可能存在於土壤中或作物的殘質中，都可能是引起連作障礙的原因。

2.由於土壤微生物專一化的結果，造成有益微生物族群及數量減少，生物相不平衡。

二、蔬菜園的連作問題

蔬菜作物原本就因生育期較短，複作指數高，而在設施高溫環境下，一年之中可栽培之期作數更形增高，尤其是葉菜類蔬菜生育期甚短，一年之中栽培的期作數常可達 10 作以上。因此，設施蔬菜栽培可說是一種高集約式的密集生產。蔬菜作物吸收土壤中大量的營養元素，需要施用較多的肥料以提供生長所需，因此設施蔬菜園較其他田間更易發生土壤問題，土壤肥料管理良否，直接影響設施中作物的產量及品質。另外，長期連作同一作物或同一類之作物也容易衍生連作障礙之問題，嚴重影響作物生長及農民收益，這些都是設施蔬菜栽培時要注意的地方。有了健全的生長環境之後，才能使蔬菜作物在最適宜的條件下，達到周年生產，提高農民所得，滿足消費大眾的需求，增進國民的營養與健康。

三、連作障礙的克服方法

（一）客土、換土：在植床中填入新的土壤，或將之全部更換，使病原性降低或改善土壤物理、化學性。

（二）深耕：將表土與底土翻耕，交換之用意有如客土、換土，使土壤之生物、物理、化學性重新調整。

（三）湛水：是最古老改善連作方法，耕作後利用淹水技術減少病原菌、害蟲、線蟲等殘存之機率，同時湛水更具

淋洗殘存鹽基之效果。

（四）輪作、休耕：就設施栽培之立場而言，輪作或休耕是有違經濟經營之原則，但嚴重發生連作障害時，輪作爲最有效之方法。因輪作、休耕在減少病原寄主情形下，自可使病原性降低，並改善土壤物理、化學性。

（五）土壤消毒：利用物理或化學方法，如太陽能消毒（以透明塑膠布覆蓋土壤）、燻蒸、高溫、蒸氣消毒或化學藥劑灌注燻蒸來殺死病原菌。此一方法雖然較爲經濟性，但易使土壤生物性之生態相形成真空破壞平衡，如遇再感染時發生性形將更爲嚴重，且經常消毒之後將使土壤形成死土。

（六）土壤改良劑之施用，如有機質，有機酸或土壤滲透劑、微生物製劑等之施用，有助於改善土壤物理，化學及生物相。

（七）種植清淨作物或綠肥作物：如高粱、玉米等好肥性強，或豆科如田菁、太陽麻、虎爪豆、羽扇豆等，都有助於減少鹽類蓄積、平衡土壤養分，並可將植體翻犁田中使回饋土壤，增加有機質。

（八）補充營養元素：補充不足或不均衡之營養元素，連作可能引起營養之缺乏或不均衡，需要補充添加，以施用於土壤或葉面施肥供應之。

（九）施有益微生物：施入有益微生物，連作的毒害物質可用解毒菌，消除或降低有毒物質濃度。

（十）清除作物殘體：清除田間作物的殘體，有些殘體是毒物質及病蟲害的來源，因此清除作物殘體，可減少毒物質或病蟲害的危害。

四、輪作的意義及實施要領

輪作(crop rotation)是指在同一土地上以一年或多年爲一週期輪流栽種不同種類作物而言。輪作制度自古以來即被認爲較優良且合理之耕作制度，主要是輪作系統中作物種類

順序時常交替更換，而不同作物對養分需求各異，此恰可減低造成土壤養分不平衡之問題，維持良好之土壤理化性質。同時輪作本身更可避免因連作所發生之土壤病蟲害問題。因此，輪作制度常被視爲一種維持地力之耕作方式，一般農民樂於採用。一個優良輪作系統必須依賴前後作順序組合適當與否而定。換言之，前後作組合不當，常導致前作收穫後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而抑制後作生長。此外，前作水田在浸水狀態下重機械耕耘之耕作方法，常導致土壤構造劣化，磷有效度降低，犁底層密度增加，對後作雜糧生長不利。

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，以往大家認爲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，以便達到管理上省工省能源的效果。

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。達到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，首先須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作物順序及肥培管理等因素。各期作作物收穫後地上部殘体或根系回歸於土壤，成爲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、與殘体性質是輪作系統中影響後作物生育表現良窳的指標。

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。

結　語

生產高品質農產品是農業經營者追求的目標，要想達到此目標，完善的養分管理是必要的手段，應用土壤診斷推薦肥料施用量是達到此目標的不二法門，尤其設施栽培容易造成養分累積，所以此項工作將愈加重要；應用土壤氮肥力診斷技術，將使設施栽培葉菜類蔬菜的肥培管理更加科學化、合理化，進而維護農地、作物及人類的健康，達到兼顧生產與生態維護，永續性農業生產的目標。

葉菜類使用設施栽培，一般而言因肥料流失量較少，所以其施肥量要比露地栽培推薦之施肥量少，尤其在設施內溫度較高，有機質分解快，又因複作次數多，土壤耕作較頻繁而容易損害土壤之結構，施肥時應注意有機質之補充，並採行適當的輪作，如此不但可克服連作障礙，而且可確保土壤疏鬆，避免夏季土溫過高。同時因氮素在土壤中甚易變動，而磷鉀等營養元素則較不易變動，故栽培葉菜類蔬菜時，應約每半年至一年施行土壤分析，測定有效磷鉀等營養元素含量，供推薦磷鉀肥之合理施用量，並於每作採收後，測定土壤電導度，推測其有效態氮素含量，以供下期作推薦氮肥施用量之參考。

有了健全的生長環境，才能使蔬菜作物在最適宜的條件下，達到周年生產，並提高農民所得，滿足消費大眾的需求，增進國民的營養與健康。