

設施栽培土壤肥培管理

●王斐能



▲圖1.輕微的設施土壤鹽化，作物生育高矮不齊。

土壤是影響作物生長的重要因子之一，有肥沃且健康的土壤才能生產優良的農產品，然而肥沃的土壤並非大量施用肥料就可以達成目的，無論化學肥料或有機肥料，過度使用都對土壤有負面影響。近年來北部地區設施栽培面積持續增加，吉園圃或有機認證的農場大多具備網室設施，由於設施屬於密閉性空間，沒有天然的雨水淋洗作用，加上有機質肥料氮素含量較低，往往造成農友施肥量偏高情形，經年累月後就發生土壤鹽化、養分不均衡及重金屬累積等現象。政府持續宣導合理化施肥觀念，建議設施內栽培作物應比露天栽培減少肥料施用量，並注意土壤肥培管理，以防範土壤性質惡化。

就土壤理化性質而言，目前農田土壤因施肥管理不當，已出現各類養分不均衡

的問題，據本場土壤檢測室分析資料統計顯示：土壤酸鹼度值48 % 偏酸，11 % 偏鹼；電導度值8 % 偏高；有效性磷67 % 偏高，13 % 偏低；有效性鉀67 % 偏高；有效性鈣76 % 偏高，16 % 偏低；有效性鎂73 % 偏高，14 % 偏低；有機質10 % 偏低；重金屬2 % 偏高，以上統計資料包括設施及露天栽培。本文針對設施栽培應注意的土壤肥培管理重點簡述如下：

合理化施肥

瞭解自己農園土壤的性質，再給予適當肥料調整改善，避免單一養分過量或缺乏徵狀，就是合理化施肥的原則。不瞭解土壤特性的農友，可透過本場土壤肥料專家協助，給予改善建議。因此，天底下沒有最好的肥料，適合自己土壤性質的就是好肥料。也沒有最好的土壤，適合栽培作物性質的才是好土壤。目前設施蔬菜栽培以施肥過量造成鹽害的問題居多，主要原因是設施無雨水淋洗作用，肥料不易流失，又因蔬菜生育期短、耕作指數較高，加上化學肥料及有機質肥料的過量使用等因素，造成土壤鹽類累積。土壤養分過量問題在初期常被忽視，後期造成鹽害時才發現問題的嚴重性。過肥的土壤應當逐步

減肥，達到合理化施肥目的，並可節省肥料成本。

化學肥料推薦量

一般葉菜類肥料推薦量如表1，由於過去之肥料試驗多未針對設施栽培進行研究，故參考表1肥料推薦量時，宜採低限值施用，才符合設施合理化施肥原則。以葉萵苣全期施三要素100-50-90公斤/公頃為例：每公頃先施用堆肥5公噸條件下，若以台肥五號(16-8-12)當肥料來源，並以氮素為換算基準，則每公頃需台肥五號用量 = $100 \div 16\% = 625$ 公斤。台肥五號625公斤之三要素含量分別為100-50-75公斤，計算公式 = $625 \times \text{三要素}\%$ 。其中氧化鉀不足15公斤，若以氯化鉀補充，則每公頃需氯化鉀用量 = $15 \div 60\% = 25$ 公斤。若預計將全期施肥量分為兩次施用時，每次每公頃

施肥量減半為312公斤。由於設施一般均以棟為單位，故應依據設施面積實際大小再換算施肥量。

有機質肥料用量換算

假設某品牌有機質肥料之水分含量為30%，且三要素含量標示為2-2-3(表示含有2%氮素、2%磷酐、3%氧化鉀)，每公頃施用此有機質肥料10公噸等於施用氮素、磷酐、氧化鉀各140、140、210公斤。計算公式為 $10 \text{公噸} \times 1000 \times (1-30\%) \times \text{三要素}\%$ 。有機質肥料施用時應考量其礦化速率，礦化較慢的緩效性肥料無法在短期內釋放出所有養分，假設上述品牌有機質肥料30天的礦化速率為50%，即施用三要素總量140-140-210公斤/公頃，但第一期作只有70-70-105公斤/公頃可供作物吸收利用。速效性有機質肥料的礦化速率可以80%計算。完全使用有機質肥料取代化學肥的栽

表1. 葉菜類肥料推薦量

蔬菜種類	堆肥 公噸/公頃	氮 公斤/公頃	磷 酐 公斤/公頃	氧化鉀 公斤/公頃
葉萵苣	5	100-120	50-100	90-120
嫩莖萵苣	10	120-180	90-120	120-150
小白菜	10	180-250	50- 75	100-150
菠菜	20	150-180	90-120	120-150
莧菜	10	180-250	50- 75	100-150
蕪菜	10	120-180	50- 90	100-150
甘藍	10	250-350	70- 90	120-180
茼蒿	10	140-150	90-110	100-140
芹菜	10	150-250	60- 90	120-200
花椰菜	10	180-300	70-100	100-150
青花菜	10	190-230	90-110	150-210
芥菜	10	200-300	50- 75	150-180
葉菜甘藷	10	90-120	30- 60	160-200



▲圖2.嚴重的設施土壤鹽化，發芽存活率甚低。

培模式常造成磷、鉀過量累積。因此，非實行有機栽培之土壤肥培管理最好是有機質肥料與化學肥料搭配使用，互相補足其優缺點。

土壤酸鹼度(pH)

設施栽培在土壤酸鹼度管理上與露天栽培相同，適宜範圍在pH 5.5~6.8之間。酸性土壤易缺乏鈣、鎂、磷元素，並有過量的鐵、鋁、錳等金屬元素，鹼性土壤則容易缺磷及微量元素。酸鹼度與土壤中鈣、鎂含量呈正相關性，故酸性土壤應施用石灰資材改善，選擇合適的鈣、鎂肥料種類並適量施用可防止土壤逐步酸化，但不可過度濫用石灰資材，以免矯枉過正。酸鹼度值大於7.0的土壤應立即停止使用石

灰資材及鹼性肥料，必要時可施用硫磺或弱酸調降土壤酸鹼度值。土壤酸鹼度會影響作物對肥料的吸收及微生物的活動，最好能定期自行用酸鹼度試紙檢查土壤。

土壤電導度(EC)

設施栽培因缺乏雨水淋洗作用，易累積過量鹽類，導致土壤電導度值偏高，比一般露天栽培更容易發生鹽害問題。土壤電導度參考值如表1，正常範圍介於0.26~0.60dS/m(土：水=1:5)。土壤鹽化現象最明顯的特徵，在土壤表面乾燥時有白色結晶，澆水後結晶即溶解消失。土壤鹽化的後果，會阻礙作物生長和根系發育，尤其是對種子發芽及幼苗生長影響更大，

表2. 土壤電導度(EC)與作物生長關係(單位：dS/m)

飽和土壤	土水比1:2	土水比1:5	說 明
0 ~ 1	0 ~ 0.25	0 ~ 0.10	土壤肥力低，不利作物生長，需增加施肥量。
1 ~ 2	0.26 ~ 0.50	0.11 ~ 0.25	肥力仍嫌略低，幼苗及不耐鹽作物生長良好。
2 ~ 4	0.51 ~ 1.25	0.26 ~ 0.60	適合大部份作物生長，對不耐鹽作物則偏高。
4 ~ 8	1.26 ~ 1.75	0.61 ~ 0.80	部份作物生長受阻，但耐鹽作物仍可生長良好。
8 ~ 16	1.76 ~ 2.00	0.81 ~ 1.00	大部分作物生長受阻，可灌水淋洗多餘鹽分。
>16	> 2.00	> 1.00	絕大部分作物會受到鹽害，影響正常生育。

註：飽和土電導度(單位：dS/m)為1時，等於0.26(土水比1:2)，也等於0.11(土水比1:5)。

造成產量降低、作物生長遲緩、高低不齊與葉片枯黃現象，有時讓農友誤以為肥分不足而再追施肥料，追施的肥料非但沒有幫助，反而讓土壤鹽害情形更為惡化。土壤鹽化的改善方法，程度輕微者應減少施肥量，以氮肥施用為主，有機栽培農戶可選擇豆粕類施用；鹽化程度嚴重者可採取改善措施：1. 灌排水淋洗：洗除部分可溶性鹽類，但灌水量不足時效果有限，因乾燥後鹽分會藉由毛細管作用又回到表土層。2. 拆除網室塑膠布：露天淋洗雨水，多雨季節才適用。3. 種植耐鹽作物及需肥量大之作物：如大豆、玉米。4. 種植綠肥植物並移除殘株。設施發生鹽害的案例有部分是水源問題，灌溉水質電導度大於750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 即不符合標準，但多數案例是密集耕作與施肥過量造成，管理策略上應避免長期大量施用高鹽分的有機質肥料，例如生雞糞、未腐熟的禽畜糞堆肥、植物纖維較少的或粉末狀的堆肥通常鹽分較高。若完全以有機質肥料當養分時，估算堆肥用量方法：例如某作物的氮肥推薦量為120kg/ha，堆肥含氮素2.5%，含水量30%，設施面積約300

m^2 ，則計算方法為120 (kg/ha) \div 10000 (m^2/ha) \times 300 $\text{m}^2 \div (1-30\%) \div 2.5\% \times 1.25$ ，合計約需250 kg的堆肥用量。若有配合化學肥料或液體肥料使用，應酌情減少堆肥用量。自行購買簡易的電導度檢測儀器，可定期做好土壤電導度值健康檢查，就像是做血壓的定期檢查一樣重要，藉以調整施肥量。

土壤有機質(OM)

一般土壤有機質含量推薦值應在3%以上，目前設施栽培土壤有機質含量大部分均高於3%，鮮少缺乏有機質。若土壤有機質含量偏低時，應選擇植物性、高纖維質、較粗糙且分解緩慢的有機質肥料施用，如蔗渣堆肥、木屑堆肥、稻草堆肥等，對提高土壤有機質含量效果較明顯。反之，速效性的有機質肥料則較注重於營養成分的供給，對提高土壤有機質含量效果非常有限，如禽畜糞或易分解的豆粕類均屬於速效性堆肥。有機質肥料選擇應配合土壤特性綜合考量，切忌要求土壤鬆軟而過量施用堆肥，雖提高了有機質，卻可



▲圖3.連續施用不同堆肥，影響土壤性質甚鉅。

能導致鹽分累積、養分不均衡或重金屬累積等負面問題。

土壤養分平衡

許多設施栽培農友施肥時未參考合理化施肥量，導致六至七成土壤磷肥及鉀肥累積過量問題，鈣鎂肥偏高也是常見問題，土壤養分平衡的重要性就像我們每天應攝取適量的澱粉、肉類、蔬菜、水果一樣，任何一種養分過多或缺乏，都會造成作物生長與品質的負面影響。應依土壤肥力狀況調整各種養分的均衡性，使作物吸收均衡的營養，若土壤磷缺乏且鉀過量，

則應選用高磷、低鉀的肥料，若土壤磷、鉀、鈣、鎂肥料均有偏高情形，但減少施肥會造成蔬菜生長緩慢，表示土壤缺乏氮肥，此情形應補充氮素肥料為主，以避免磷、鉀過量累積。目前設施栽培常見磷、鉀過量累積，主要原因是有機質肥料的養分比例多半是高磷及鉀，而一般作物對肥料三要素需求量最多的是氮肥，為了補足氮肥，往往過量施用有機質肥料。最佳的管理模式是有機質肥料搭配化學肥料使用，有機栽培農戶則可搭配高氮素的豆粕類或液體肥料使用，切忌長期使用同一個品牌的肥料。必要時，每隔2~3年可採取土壤樣本送至本場進行肥力檢測分析。

土壤重金屬

95%的重金屬易累積於表土且不像鹽類可以用灌水淋洗方式改善，統計發現設施栽培土壤已陸續出現重金屬累積偏高情形，但尚未發生重大污染問題，其中又以鋅累積偏高情形最多，銅、鎘、鉛次之。灌溉水可能是土壤重金屬污染來源之一，例如工業區排放廢水可能經由灌溉渠道進入農田，除此之外，設施土壤重金屬累積大多來自於有機質肥料。慎重選擇具肥料登記證的有機質肥料品牌及合理適量施肥是避免重金屬累積的基本原則。有機質肥料的重金屬含量高於化學肥料，但並非施用有機質肥料就會造成重金屬污染，不同品牌堆肥之重金屬含量差異頗大，應選擇重金屬含量低的腐熟堆肥，並且不可連續大量施用，才能確保土壤重金屬含量不超過環保署公告之土壤污染管制標準(表3)或農田土壤重金屬分級標準(表4)第三等級。

設施栽培之水管理在人為控制下噴灌，不會淋洗多餘之肥料，加上密集耕作與過量施肥，易發生鹽分累積、養分過量情形，甚至造成重金屬累積。設施土壤管

理的最佳方式，依然是要回到合理化施肥原則，適量且均衡的使用肥料。要有預防重於治療的觀念，平時遵循合理化施肥方式，避免大量施用高鹽分的有機質肥料，成分不明的資材也應避免使用。對自己農園土壤肥力不瞭解的農友，可定期(約兩年一次)採取土壤樣品，送本場土壤肥料研究室分析檢測，以作為土壤改良及肥培管理的依據。

表3. 環保署公告土壤污染管制標準(單位: mg/kg)

種類	管制標準值	監測基準值
砷 (As)	60	30
鎘 (Cd)	20 (5)	10 (2.5)
鉻 (Cr)	250	175
銅 (Cu)	400 (200)	220 (120)
汞 (Hg)	20 (5)	10 (2)
鎳 (Ni)	200	130
鉛 (Pb)	2000 (500)	1000 (300)
鋅 (Zn)	2000 (600)	1000 (260)

註：括弧內為食用作物農地標準

表4. 農田土壤重金屬分級標準(單位: mg/kg)

種類 \ 等級	1	2	3	4	5
銅 (Cu)	< 1	1 ~11	11~20	20~100	> 100
鋅 (Zn)	< 1.5	1.6~10	10~25	25~80	> 80
鉛 (Pb)		< 1	1~15	15~120	> 120
鎳 (Ni)		< 2	2~10	10~100	> 100
鉻 (Cr)		< 0.1	0.1~10	10~16	> 16
鎘 (Cd)		< 0.05	0.05~0.4	0.4~10	> 10
砷 (As)		< 4	4~10	10~60	> 60
汞 (Hg)		< 0.1	0.1~0.4	0.4~20	> 20

註：0.1N鹽酸抽出有效性含量