

(三)淋洗技術驗證

傳統灌溉操作多以人工手動或定時器控制，藉由智慧灌溉系統程式積木的導入，搭配淋洗技術，可精準調控給水提升田間操作效率。透過桃園市蘆竹區的有機農場蔬菜栽培溫室進行技術驗證，結果如下：

1.手動淋洗：於每日上午及下午以人工方式各淋洗5分鐘，紀錄用水量並每週追蹤土壤電導度變化。

2.智慧灌溉排程淋洗(圖6)：淋洗方式同上，但使用本場開發智慧灌溉系統排程進行淋洗，紀錄用水量並每週追蹤土壤電導度變化。

經過淋洗後，兩棟溫室土壤電導度均有顯著改善，手動淋洗區從1.8降為0.43 dS/m，智慧灌溉淋洗區則由0.98降為0.1 dS/m；而用水量分別為135及67.5立方公尺(圖7)，顯示利用淋洗技術可有效降低土壤電導度。此外，利用本場智慧灌溉系統進行淋洗，除了與人工手動淋洗區一樣

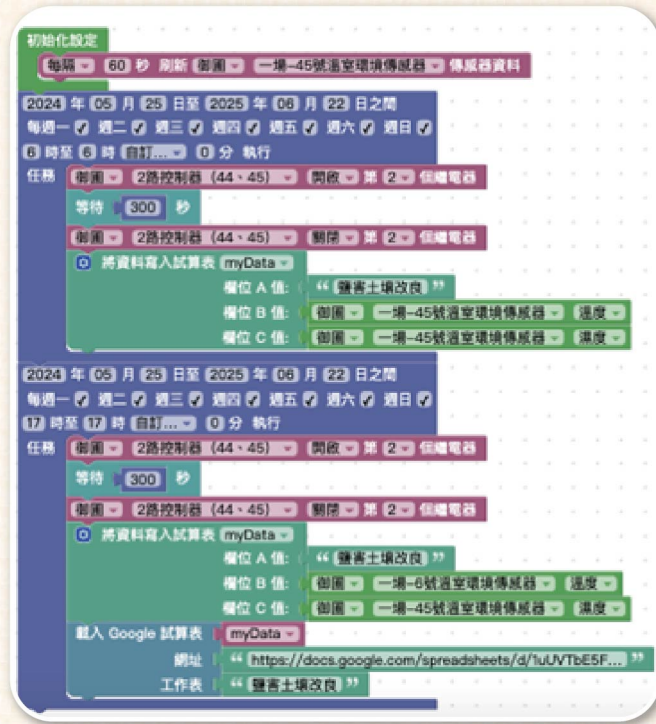


圖6.智慧灌溉系統排程設定

皆可有效降低土壤電導度，亦可節省灌溉管理人員的操作時間，進而降低灌溉管理人員薪資及時間成本。

五、結論與注意事項

本操作技術經場域驗證顯示，透過浸水、深耕

、清淨作物及淋洗等方式可確實改善土壤鹽類累積，但改良時需花費時間、水費及人力成本，建議農民仍然要事先採取預防性的土壤肥培管理措施，進行合理化施肥並定期檢測土壤理化性質，以避免土壤鹽類累積，造成土壤劣化及經濟損失。

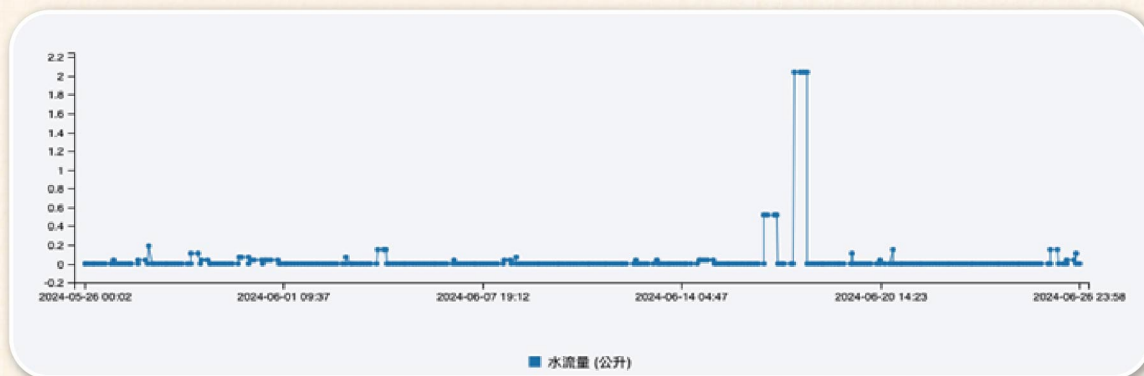


圖7.智慧灌溉系統記錄淋洗實際用水量

表4.設施蔬菜鹽化土壤淋洗改良結果

淋洗方式	改良前	第 1 週	第 2 週	第 3 週	第 4 週	用水量
	-----dS/m-----					立方公尺
手動淋洗	1.80	1.30	0.86	0.66	0.43	135
智慧灌溉淋洗	0.98	0.33	0.1	-	-	67.5



設施鹽害土壤改良 (深耕、浸水、清淨作物及淋洗) 技術操作原則與驗證

前言

李宗翰、湯雪溶

短期葉菜是國內重要的蔬菜品項，依據111年農業統計年報資料，全國栽培面積超過10萬2千公頃，每公頃平均產量約21噸，年產量超過215萬噸。蔬菜利用設施栽培為北部地區主要生產方式之一，因設施栽培土壤長期缺乏雨水淋洗，且農民常有施肥過量的情況，導致土壤中鹽類累積、養分不平衡及重金屬累積等問題；而養分過剩的現象，不但會破壞土壤中之微生物相及造成作物生理障害，使蔬菜生育受阻、產量降低及品質欠佳(圖1)；且過多的硝酸離子可能被蔬菜吸收，不利於人體健康，過度施用氮肥亦會造成大氣及地下水資源等環境污染問題而影響。根據本場歷年土壤肥力分析資料顯示，設施蔬菜栽培中土壤鹽分偏高者約25 %，土壤養分不平衡者(主要為磷、鉀、鈣及鎂)約60 %，且轄區內土壤鹽類累積比例有逐年增加的情形。目前常見土壤鹽類累積之改良技術包含浸水、深耕及種植清淨作物等方式，本試驗主要是驗證不同鹽害土壤改良技術實際效果並建立操作模組供農民參考使用。

二、操作原理

(一)浸水或淋洗：以大量的水進行多次反覆浸泡及排水，沖去鹽類離子，淋洗浸泡時間視鹽分累積之程度而異，覆幾次即可有效改善(圖2)。

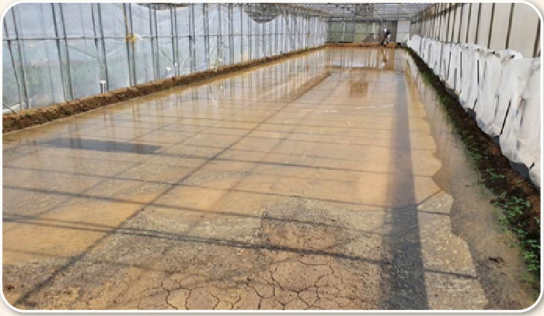


圖2.利用浸水方式改善土壤鹽類累積

(二)深耕：依據土壤分析結果，如表土(0-15公分)鹽類累積較高，且底土(16-30公分)無鹽類累積現象時，可採取深耕混合表底土方法，以稀釋鹽類離子的濃度(圖3)。



圖3.利用深耕方式將表土與底土混合，改善土壤鹽類累積

(三)種植耐鹽作物或綠肥作物：土壤鹽類累積尚不至於太嚴重時，可連續種植數作的玉米、田菁及莧菜等作物，吸收土壤中累積的鹽類離子，並適時將植株砍除移走。



圖4.鹽類累積過量土壤表層呈現鹽斑

表1.104-107年轄區農民送檢土壤電導度及養分超過參考值之比例

項目	年度			
	104	105	106	107
	(%)			
電導度 (>0.6 dS/m)(1:5)	6.4	7.7	7.8	9.2
交換性磷(>50 mg/kg)	32.9	30.4	31.8	35.2
可萃取性鉀(>100 mg/kg)	37.7	38.8	34.0	36.5
可萃取性鈣(>1,140 mg/kg)	34.2	32.5	29.1	28.9
可萃取性鎂(>100 mg/kg)	59.1	60.5	58.7	72.0

三、操作方法

當作物生長表現出以下徵狀時，可以判斷為土壤鹽類累積，此時可導入鹽類土壤改良技術：

(一)種子發芽不良或發芽後枯萎：種子經發芽試驗確認發芽率正常，但播種後呈現種子發芽不良或發芽後枯萎，即表示土壤中可溶性鹽類過高而產生肥害。

(二)萎凋現象：作物因施肥過量或土壤鹽類長期累積，使根部無法正常吸收水分，而導致葉片萎凋，此種萎凋即使大量澆水於土壤中也不會恢復。

(三)根部褐化或伸展受阻：作物發生上述萎凋現象時，若將根部挖出，便可發現根部變為褐色(通常為白色)，此種狀態持久下去作物就會枯死。

(四)葉片邊緣乾枯：此種情形作物根部並沒有嚴重受害，僅係葉片中鹽類濃度偏高，隨著水分的蒸散，葉的周緣鹽類濃度過高，造成部分細胞死亡。

(五)植株軟弱、徒長及葉色濃綠：發生此一徵狀主要係氮肥施用過量，容易使作物抵抗病蟲害的能力降低。

(六)土表出現鹽斑：當土壤乾燥時，表層出現白色鹽斑情況，表示土壤鹽類已大量累積(圖4)。

(七)檢測報告電導度偏高：當土壤電導度超過0.6 dS/m(土水比1：5)(w/v)，建議應立即改善或調整施肥習慣，避免持續惡化。

四、場域驗證

(一) 深耕及浸水改良技術

於本場蔬菜栽培溫室進行，改良前土壤性質如表1所示，電導度為1.16 dS/m，磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂含量均超出標準值，田間植株生長情形不良；因此，導入深耕及浸水兩種鹽害土壤改良技術進行驗證，田間操作流程如下所示：

1.耕操作

深耕使用曳引機(廠牌：YANMAR AF220，20匹馬力)搭配小型三板犁(長120公分，寬60公分，高106公分)進行深耕，耕犁深度為40公分，曳引機行駛速度為每小時0.5公里，深耕完成後將土壤進行整平工作，並調查耕犁前後土壤肥力變化。

2.浸水洗鹽

浸水洗鹽步驟為先浸水5日(水超出土壤表面2-3公分)，之後再排水曬田2日，反覆循環4次，共28日；每一次排水後均檢測土壤電導度及養分累積改善情形，調查改良前後土壤肥力變化，分析酸鹼度、電導度、有機質、磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂。

本技術導入前土壤電導度為1.16 dS/m，在經過深耕處理後土壤電導度降為0.74 dS/m，但因土壤磷、鉀、鈣及鎂含量仍偏高，導致田間植株仍然生長不良，後續導入淋洗作業後土壤電導度降為0.2 dS/m，土壤磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂亦有明顯降低趨勢，分別降低51%、56%、21%及41%，田間植株生長情形亦回復正常。



圖5.鹽害土壤改善後蔬菜生長恢復正常

表2.設施蔬菜鹽化土壤深耕及淋洗改良結果

處理	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5)	有機質	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
		dS/m	%			公斤/公頃	
改善前	6.7	1.16	8.6	858	3,701	9,870	3,200
深耕後	6.9	0.74	9.1	704	3,100	9,368	2,964
淋洗							
第一週	7.1	0.26	10.1	580	2,257	9,070	2,818
第二週	7.1	0.26	8.5	613	1997	9107	2388
第三週	7.2	0.20	7.9	538	1,609	7,827	2,033
第四週	7.1	0.20	7.8	432	1,619	7,411	1,885
參考值	5.5-6.8	<0.6	>3	60-290	90-300	2,000-4000	200-400

(二)清淨作物驗證

驗證地點位於桃園市蘆竹區一家有機蔬菜栽培農場，農民因長期過量施用豆粕類肥料，導致土壤酸化及電導度過高，因此，導入清淨作物(薤菜-莧菜-莧菜-薤菜-薤菜)，並調整有機質肥料由植物渣粕類肥料改為長纖維蔗渣堆肥；驗證過程中調查土壤酸鹼度、電導度、有機質磷酐、氧化鉀、氧化鈣及氧化鎂的變化與作物產量。技術驗證前已有溫室土壤酸化及鹽類累積情形，酸鹼度為4.5，電導度為1.1 dS/m，磷酐及氧化鎂有累積的情形；考量在不影響農民經濟生產前提下，逐步進行鹽化土壤改良，因此，導入莧菜及薤菜等清淨作物，莧菜在設施內夏季栽培時生育良好，在高溫下具極佳之光合作用能力，無高溫障礙，好肥性強，可當作清淨作物，減少土壤鹽害。此外，農民因長期施用豆粕類肥料導致土壤酸化，故調整肥料種類為粗質地有機質肥料(蔗渣堆肥)，驗證後土壤酸鹼度由4.8提升至5.0，電導度由1.4 dS/m下降至0.7 dS/m，顯示種植清淨作物搭配肥料管理可確實降低土壤電導度，產量則由8.1噸/公頃提升至11.7噸/公頃，約增量44%(圖5)。

表3.設施蔬菜鹽化土壤種植清淨作物改良結果

調查月份	作物	產量	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5)	有機質	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
		噸/公頃		dS/m	(%)			公斤/公頃	
	試驗前		4.8	1.4	9.0	689	108	4,353	1,318
111/6	薤菜	8.1	5.0	1.2	8.9	573	82	4,946	1,743
111/7	莧菜	9.6	4.8	0.9	9.0	583	91	4,813	1,205
111/8	莧菜	10.5	4.9	0.9	9.3	538	118	4,372	1,356
111/9	薤菜	11.2	4.9	0.7	8.9	468	113	4,040	1,287
111/10	薤菜	11.7	5.0	0.7	8.7	514	92	4,622	1,638
參考值			5.5-6.8	<0.6	>3.0	60-290	90-300	2,000-4,000	200-400