

## '三鳳'小白菜無土薄層介質栽培技術之開發研究

黃敏奇<sup>1)</sup> 李文汕<sup>2)</sup>

關鍵字：無土栽培、介質、物理性質、水分釋放特性

**摘要：**本試驗為探討薄層介質無土栽培應用於短期葉菜類自動化生產模式之開發應用，乃以'三鳳'小白菜為植物材料，利用商用介質 Florafleur-001H 為栽培介質，並將介質厚度控制為 1 公分、2 公分、3 公分栽植小白菜。介質愈薄者，介質 EC 值愈高。小白菜之株高、莖徑、葉片數、葉面積以及單株鮮乾重皆明顯受抑制，以 3 公分介質厚度者之植株生長之情形與產量最佳。利用薄層方式栽植小白菜，介質由薄至厚其充氣孔隙度分別為 10.0%、12.4% 及 15.0%。將此栽培介質經由稻殼或真珠石介質提高充氣孔隙度 7.7~21.9% 改善其物理性後，小白菜植株生育之葉面積、植株鮮乾重以，且最終產量可提升 1.5~24.6%。

### 前 言

短期葉菜類的生產是台灣蔬菜產業中重要的一環。根據農業統計年報之指出，民國九十二年共有短期葉菜栽培面積 10,719 公頃，佔全台灣蔬菜總生產面積近 10%。就其經濟重要性而言，非但在供應數量上具有影響市場價格之指標地位，同時在政府評估認為是加入 WTO 後較不受到衝擊的蔬菜種類。雖然葉菜類具有生育期短，週年複作指數高之優點；但對環境因子之影響十分敏感，勞力支出佔生產成本之 67%，明顯過高，同時還有農藥、肥料殘留污染等不利問題尚待改進。過去 20 年來，水耕蔬菜固然在縮短作物生育日數及提高單位面積產量上改進許多。但是生產者仍遭遇養液管理困難，以及勞力成本仍然偏高等問題，因此面積已逐漸萎縮。反觀近年有機介質栽培蔬菜之面積逐年快速增加，目前已超越水耕面積。主要是因有機介質栽培管理容易，且無連作障礙問題。

本研究擬針對台灣現有葉菜類生產上所面臨的問題，一方面以小白菜為模式作物，

---

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。

2) 國立中興大學園藝系副教授，通訊作者。

進行薄層有機介質無土栽培技術，以介質汰換方式在葉菜生產上應用，期能根據葉菜作物需求及環境特性提供最佳養分與水份供應技術，進而建立正確管理模式，希望不但能縮短產期，提高產量外，更進生產清潔健康蔬菜。

## 材 料 方 法

### 一、試驗材料與方法

#### (一) 不同栽培介質厚度對小白菜植株生育與產量之影響

本試驗採用小白菜(*Brassica campestris* L. *Chinensis* Group)'三鳳' 品種為植物材料，栽培床由四支長 120 公分之角鋼以螺絲固定為栽植床架，以 FRP 板(不飽和聚酯樹脂)為床面，床面下方再固定一支角鋼以穩固栽培床面平整，栽植床面維持 5 度角傾斜，以利排液。並於栽植床水平面上方與左右各放置長 110 公分、寬 5 公分、密度為 60 g/cm<sup>3</sup> 之泡棉，再將荷蘭進口之商用介質 Florafleur-001H 充分搓柔鬆軟後，平鋪於栽植床面，並控制介質維持 1 公分、2 公分、3 公分，三種不同厚度，每處理六重複。試驗於民國 90 年 11 月 1 日進行小白菜播種，行株距為 8 公分，每穴播 3 粒種子，發芽第 3 天後進行疏苗，每一植穴只留一株，每個栽植床種植 144 株，至同月 30 日進行採收。試驗期間於栽植床之上方之泡棉插 4 條滴灌管，並施用 1000 倍之 Peters(N : P : K = 5-11-26)與稀釋 2000 倍之硝酸銨(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)混合營養液進行灌溉管理，並視栽培期調整灌溉頻率。

#### (二) 薄層介質物理性改善對小白菜生育之影響

將栽培介質厚度調整為 3 公分，以商用介質 Florafleur-001H 為基本配方，再分別利用添加稻殼 10%、20%、30%與 3 號南海真珠石 20%、40%，充分攪拌均勻後鋪平於栽植床，每處理三重複。試驗於民國 92 年 10 月 1 日進行小白菜播種，同月 30 日進行採收。播種行株距與管理方法與栽培介質厚度試驗同。

### 二、調查項目

#### (一) 植株生育性狀調查包括：

株高、葉片數、葉面積、地上部與地下部鮮重與乾重及單位面積產量。

#### (二) 栽培介質理化性質調查

##### 1. 介質物理性質分析

粒徑分佈：依 Drzal 氏等(1999)之方法將供試介質拆封後攪拌均勻，風乾後逢機量取 100 g 介質，5 重複，倒入粒徑分析儀(Retsch, 德製)之篩網中，篩孔直徑由上而下依次為 2.00 mm、1.40 mm、1.00 mm、0.71 mm、0.50 mm、0.355 mm、0.250 mm、0.180 mm、0.106 mm、<0.106 mm，震盪頻率設定為每分鐘 100 次，連續震盪 5 分鐘後，將存留於各層篩網之介質稱重，並計算其所佔有之重量百分率。

總體密度：介質裝填於小白菜種植厚度之鋼環中不予鎮壓，僅沿著容器口刮除多於之介

質，送入烘箱中以 105°C 烘乾 24 小時後再稱介質重量，與其體積之比，求得總體密度。介質處理為 5 重複。

總孔隙度：依 Wilson(1981)之方法，先將容量 250 ml 的定量瓶裝水至刻度線稱重為(w2)後倒掉一半的水，其次將裝填於鋼環中之介質以 105°C 烘乾 24 小時後稱重(w1)，分別裝入定量瓶中隔水加熱煮沸，使介質完全沉澱於瓶底，待瓶中之水回到室溫再加水至刻度線稱重(w3)，並量測水溫，經查表得知水之密度(pb)，再以  $W1/(W2+W1-W3/pb)$  之公式求得真比重，每種介質 5 重複，再以  $100(1 - \text{總體密度} \div \text{真比重})$  之公式推算總孔隙度。

容器容水量：依 DeBoodt 與 Verdonck(1972)建立之標準化系統，測量介質在水柱高度 10 cm 的張力下所含之水量為容器容水量。

充氣孔隙度：充氣孔隙度 = 總孔隙度 - 容器容水量

極有效水分：介質於 10~50 cm 水柱高度之水分張力範圍之體積含水百分率。

介質緩衝水分：介質於 50~100 cm 水柱高度之水分張力範圍之體積含水百分率。

## 2. 栽培前後介質 pH 與 EC 值分析

將栽植前或栽植後之介質風乾後，取 50 ml 加去離子水 100 ml ( $v : v = 1 : 2$ )，震盪 1 小時(100 rpm, 振幅 5 cm)後，待介質靜置沉澱後先以 EC meter 測定 EC 值，再以 pH meter 測定 pH 值，每種介質 5 重複。

## 三、統計分析

試驗採用完全隨機設計(Completely Randomized Design, CRD)。調查所得數據以 ANOVA 進行變方分析(analysis of variance)( $\alpha=0.05$ )，以 Fisher's LSD 進行試驗間各處理平均值比較。

# 結 果

## 一、不同栽培介質厚度對小白菜植株生育與產量之影響

### (一) 三風小白菜之植株生育性狀

試驗以 1 公分、2 公分及 3 公分三種介質厚度處理種植小白菜，經 30 天後調查小白菜植株之生長趨勢，如圖 1 所示。介質厚處理於播種初期之 10~15 天期間，小白菜生育情形並無顯著差異。然於播種 20 天後隨著介質厚度的減少小白菜生長有受抑制之現象，如栽培於 1 公分介質厚度之小白菜株高與莖徑生長明顯最差；葉片生長之變化(圖 1)，生長在 1 公分介質厚度者，其葉片數僅有 6.4 片，而生長於 2 與 3 公分者則分別為 7.2 與 8.7 片葉，亦呈現介質厚度越薄則小白菜展開之葉片數越，且在葉面積之生長依然以栽植於介質厚度 3 公分者為最佳。

小白菜之地上部與地下部鮮乾重累積之變化說明如圖 2。播種後前 20 天不論其地上

部與地下部之鮮乾物重量均呈現緩慢的累積，播種後 25 天則達到快速生長期，地上部與地下部之鮮乾物重量呈現快速之累積。依三種種植厚度觀察，小白菜採收後之地上部鮮重分別為 13.6、18.2 與 20.2 g，1 公分厚度地上部鮮重最輕，2 和 3 公分之間則無顯著差異。種植於介質厚度處理較厚者，地上部所累積乾物重越高，在地下部乾物則是 3 公分顯著高於 1 及 2 公分者。由此種栽培模式，在栽植床斜面中線水平劃分成植床上半部與栽植床下半部，則可觀察到種植位置變化造成植床上半部之小白菜生長優於栽植床下半部者。

薄層介質處理之小白菜產量如圖 3 所示。在栽植床上半部者，種植於 2 公分與 3 公分介質厚度之下，產量分別可達 4.52~4.82 kg/m<sup>2</sup>，產量高於 1 公分所生產之 3.54kg/m<sup>2</sup>。而在栽植床下半部者依然以 2、3 公分之處理生產之產量仍以 2.49~2.58 kg/m<sup>2</sup> 高於 1 公分介質所生產 1.78 kg/m<sup>2</sup>。綜合整個斜面之栽植床單位面積平均產量，以 2、3 公分之介質厚度栽培小白菜可生產 3.54~3.70 kg/m<sup>2</sup>，顯著高於 1 公分厚度所生產之 2.66 kg/m<sup>2</sup>。

## (二) 栽培介質物理性與栽培前後 pH 與 EC 值之變化

本項試驗採用荷蘭生產之 Florafleur-001H 介質，其三種厚度處理之介質物理性列於表 1。改變介質厚度並不會改變總孔隙度與總體密度。介質總孔隙度約 89%，總體密度約 0.20 g/cm<sup>3</sup>。本介質經裝填於 1、2、3 公分高的容器中，測定其容器含水量分別為 74.1、76.9、79.6%，容器越高者之容器容水量顯著較低，且呈顯著性差異。充氣孔隙度與容器容水量呈現完全相反之結果，分別為 15.0、12.4、10.0%。由 10 公分至 100 公分水柱張力下計算極有效水與緩衝水分含量，容器越高者介質極有效水分含量愈高，3 公分者為 31.8% 顯著高於 2 及 1 公分之 29.9 與 27.6%。介質體積緩衝水含量則無顯著性差異，介質由薄至厚分別為 12.9%、12.9%、13.1%。

小白菜栽培所使用之介質於種植前 pH 值為 5.58，EC 值為 0.77 ds/m(表 2)。經過 30 天栽培後，介質厚度處理間，隨著厚度的遞減 pH 值變化較大，1 公分及 2 公分厚度處理之 pH 值分別由原始 5.58 降低至 5.13 與 5.29，3 公分處理變化則不大，仍然維持在 5.56。介質厚度的高低影響 EC 值甚鉅，經栽培 30 天後，三種介質厚度之 EC 值分別為 1 公分之 2.32 ds/m，在 2 公分之 2.10 ds/m 及 3 公分之 1.67 ds/m，處理間達顯著差異。

## 二、介質物理性改善對小白菜生育之影響

### (一) Florafleur-001H 介質經添加不同比率之稻殼或真珠石對介質物理性之改變

商用介質 Florafleur-001H 作為基礎介質添加稻殼或真珠石之後(表 3)，在介質粒徑基礎介質粗級孔徑之重量百分比由 19.97% 分別增加到 25.77、30.21、及 34.92%，真珠石之添加也使粗孔徑之介質重量百分比提高至 29.58 與 36.81%。中等孔徑範圍內之介質重量百分率呈現減少，尚未添加前在此結構層中介質佔有 51.34%，經過添加三種稻殼介質比率後分別減少 2.04 與 9.83~7.82%，若添加真珠石則分別減少 7.04 與 13.92%。經過混合二種粗粒徑介質後，在細孔徑範圍內則除添加 30% 稻殼減少較多外，其餘者呈現輕微減少，與基礎介質原始之重量百分比無顯著性差異。Florafleur-001H 介質混合不同比率稻殼或真

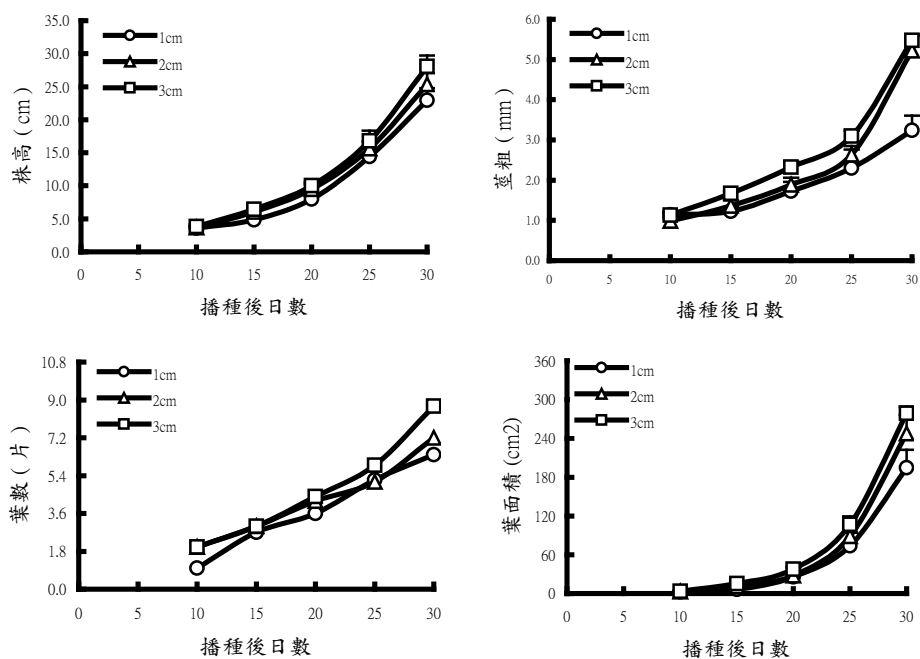


圖 1、不同栽培介質厚度處理對'三鳳'小白菜生長速率之影響

Figure 1. Effect of different medium heights on growth rate of Pak-choi 'San Feng'.

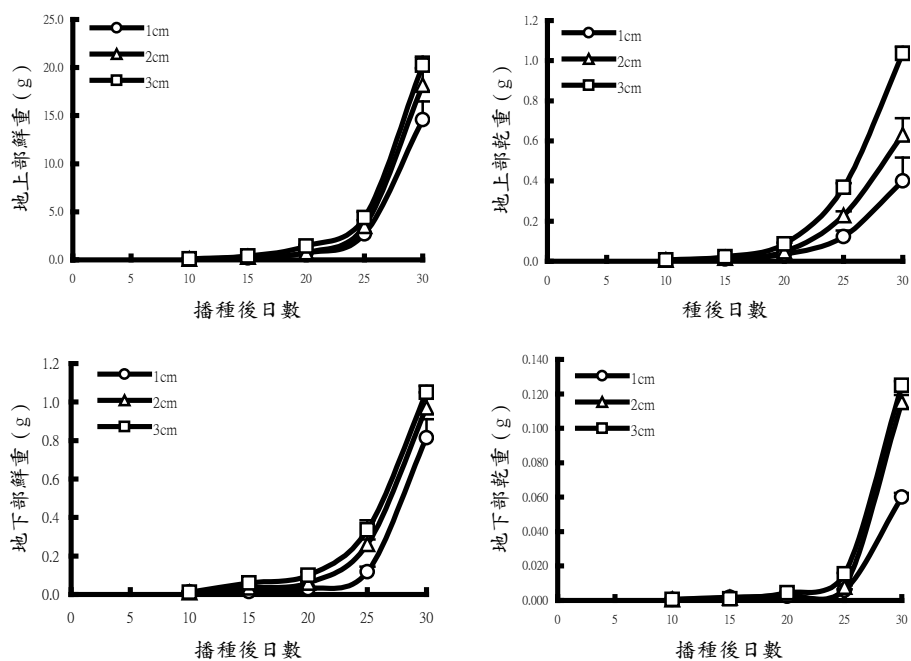


圖 2、不同栽培介質厚度處理對'三鳳'小白菜地鮮乾重累積之影響

Figure 2. Effect of different medium heights on FW and DW of Pak-choi 'San Feng'.

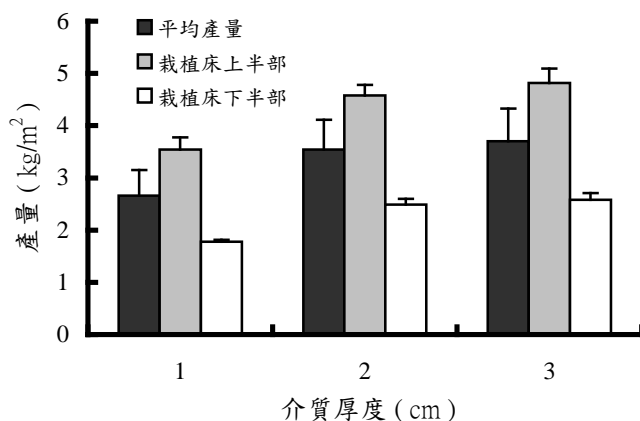


圖 3、不同栽培介質厚度對'三鳳'小白菜產單位面積量之影響<sup>z</sup>

Figure 3. Effect of different medium heights on yield of Pak-choi 'San Feng'.

<sup>z</sup>: 試驗於民國 90 年 11 月 1 日播種，11 月 30 日進行採收調查，並將傾斜 5° 栽植床之水平面平均劃分上半部與下半部，平均產量為該介質厚度處理下每平方公尺之產量。

表 1、容器高度對商用介質 Florafleur-001H 物理性之影響<sup>z</sup>

Table 1. Effect of different container heights on physical characteristic of Florafleur-001H medium.<sup>z</sup>

容器高度 (cm)	TP (%)	AFP	CC <sup>y</sup>	EAW <sup>x</sup>	WBC <sup>w</sup>	BD (g/cm <sup>3</sup> )
		----- ( Volume % ) -----				
3	89.1a <sup>v</sup>	15.0a	74.1c	31.4a	13.1a	0.20a
2	89.3a	12.4b	76.9b	29.9b	12.9a	0.20a
1	89.6a	10.0c	79.6a	27.6c	12.9a	0.20a
-----						
LSD <sub>0.05</sub>	1.25	1.48	0.77	0.54	0.27	0.02

<sup>z</sup>: TP : Total porosity; AFP : Air filled porosity; CC : Container capacity

EAW : Easily available water; WBC : Water buffer capacity; BD : Bulk density

<sup>y</sup>: 10cm 水分張力之介質水分含量。

<sup>x</sup>: 10~50 cm 水分張力之介質水分含量。

<sup>w</sup>: 50~100 cm 水分張力之介質水分含量。

表 2、不同介質厚度處理在小白菜種植前後之介質 pH 與 EC 值變化<sup>z</sup>Table 2. Effect of different container heights and positions on pH and EC value before and after cultivation of Pak-choi.<sup>z</sup>

介質厚度 (cm)	pH		EC (ds/m)	
	栽培前	栽培後	栽培前	栽培後
3	5.58	5.60	0.77	1.67
2	5.58	5.29	0.77	1.89
1	5.58	5.13	0.77	2.31

<sup>z</sup>: 介質 pH、EC 值以水土比 2:1 (v:v) 測定。

珠石後，其固相輕微的降低，而使總孔隙度由原有之 89% 輕幅度提高 1.8~2.8%；充氣孔隙度獲得不同程度的提升以，添加 30% 稻殼最高為 36.9%，其次為添加 20% 稻殼與 40% 真珠石者為 29.4 及 29.6%，以 10% 稻殼與 20% 真珠石者可增加 7.2~8.7% 之充氣孔隙度(表 4)，除此之外，介質之容器含水量降低，以添加稻殼 30% 下降 19.1% 最高，其次添加 20% 稻殼與 40% 真珠石使容器含水量減少 11.8~12.8%，10% 稻殼與 20% 真珠石則降低 5.9%；介質體積有效水含量可分為極有效水含量與介質緩衝水二部份，以 Florafleur-001H 介質最高有 44.5%，其次為添加 10% 稻殼與 20% 真珠石分別為 40.3% 與 39.9%，再其次為添加 20% 稻殼與 40% 真珠石者有 36.2% 與 35.3%，添加稻殼 30% 極有效水含量最低為 32.1%。

種植前與栽培小白菜 30 天後之介質 pH 與 EC 值變化之說明如表 5 顯示。種植前 001H 介質與稻殼添加 10% 者最低為 5.50~5.60 之間，添加 20~30 稻殼 pH 值介於 5.71~5.74 之間，添加真珠石者則為 5.62~5.63。經由栽培小白菜 30 天後，各種處理之介質 pH 值都呈現下降之現象，且經由栽植床水平線平均劃分成三部分之測定 pH 值變化，介質愈在栽植床下方者呈現出愈酸化之趨勢，尤其以 001H 介質之情形最為嚴重。種植前之 EC 值以添加 40% 為最低約 0.56 ds/m，其餘介質 EC 值 0.76~0.92 ds/m 之間。經由種植 30 天後以添加 30% 之稻殼最低為 0.53~0.60 ds/m，在 001H 介質者 EC 值最高，且栽植床由上而下呈現增加之現象。

## (二) 介質物理性對小白菜生育性狀之影響

以稻殼或真珠石改善介質物理性對小白菜生育性狀之影響結果說明如表 6。以 Florafleur-001H 介質者生長最差，經添加稻殼或真珠石者之植株生長性狀顯著性較佳，其中以添加 20% 稻殼最佳，葉數 9.3 片、葉面積 2119 cm<sup>2</sup>。在栽植 30 天後小白菜之地下部生長以 001H 介質之鮮乾重最低，鮮重為 1.19 g，乾物重則僅有 0.06 g，若經由添加粗粒

徑介質者，均能顯著改善其地下部之生長狀況，最明顯者為添加 20% 稻殼者，其地下部鮮乾重分別為鮮重之 3.22 與根乾重之 0.14 g。地上部鮮重之累積，介質處理中以添加 20% 稻殼介質可得最高之地上部鮮重為 89.1 g，其次添加 20% 真珠石者約 87.3 g，001H 介質之小白菜僅 57.6 g。

最終產量結果在栽植床上方以添加 20~30% 稻殼者產量為最高 6.30~6.31 kg/m<sup>2</sup>，其次為添加真珠石者為 6.08~6.10 kg/m<sup>2</sup>，添加 10% 稻殼者與 001H 介質產量最低約 5.30~5.37 kg/m<sup>2</sup>。植床下方以添加 20% 稻殼者與添加真珠石之產量最高約 5.34~4.94 kg/m<sup>2</sup>，其次為添加 30% 稻殼者，最低為 001H 介質僅生產 3.98 kg/m<sup>2</sup>。栽植床平均產量以添加 20~30% 稻殼與添加 20~40 真珠石者產產量為最高，平均生產約 5.52~5.83 kg/m<sup>2</sup>，顯著高於添加 10% 稻殼與 001H 介質之 4.75 與 4.68 kg/m<sup>2</sup>，處理間呈顯著性差異（圖 4）。

表 3、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比率對介質之粒徑分佈<sup>z</sup>

Table 3. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on radium distribution of overall material particles.<sup>z</sup>

Particle Size (mm)	添加稻殼			添加真珠石		001H	Particle Size Range <sup>y</sup>
	10%	20%	30%	20%	40%		
>2.00	25.77	30.21	34.92	29.58	36.81	19.97	<i>Coarse</i>
2.00~1.40	9.35	8.57	7.93	8.26	7.53	9.55	
1.40~1.00	11.54	11.56	11.93	10.95	8.91	12.00	<i>Medium</i>
1.00 ~ 0.710	12.43	11.92	10.97	11.69	9.87	13.47	
0.710~0.500	14.98	9.46	11.69	13.40	11.11	16.32	
0.500~0.355	9.24	9.59	7.62	8.94	8.68	10.63	
0.355~0.250	14.15	13.51	12.66	13.40	12.20	16.43	
0.250~0.180	0.64	1.81	0.84	1.34	1.87	0.98	<i>Fine</i>
0.180~0.106	0.97	1.50	0.62	1.55	1.51	0.58	
<0.106	0.93	1.87	0.82	0.89	1.51	0.07	

<sup>z</sup>: 表中數值以乾物重量百分比表示。

<sup>y</sup>: Particle size range: Coarse = > 2.0 mm, Medium = 0.50 - 2.0 mm, Fine = < 0.50 mm.



表 4、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比率對介質物理性之影響<sup>z</sup>

Table 4. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on physical characteristic of overall material particles.<sup>z</sup>

介質 <sup>z</sup>	TP <sup>y</sup> (%)	AFP	CC	EAW <sup>x</sup>	WBC <sup>w</sup>	BD (g/cm <sup>3</sup> )
		(Volume %)				
HR10	91.4ab	23.2c	68.2b	28.5b	11.8c	0.19b
HR20	91.7a	29.4b	62.3c	25.6d	10.6e	0.18c
HR30	91.9a	36.9a	55.0d	22.6f	9.5f	0.18c
HP20	90.9b	22.7c	68.2b	27.8c	12.1b	0.20a
HP40	90.9b	29.6b	61.3c	24.1e	11.2d	0.19b
001H	89.1c	15.0d	74.1a	31.4a	13.1a	0.20a
-----						
LSD <sub>0.05</sub>	0.76	1.17	1.18	0.75	0.38	0.01

<sup>z</sup>: HR10, HR20, HR30 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 10%, 20%, 30% 的稻殼。  
HP20 及 HP40 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 20% 及 40% 的真珠石。  
001H 為使用全量之商用介質 Florafleur-001H。

<sup>y, x, w</sup>: 說明如表 1

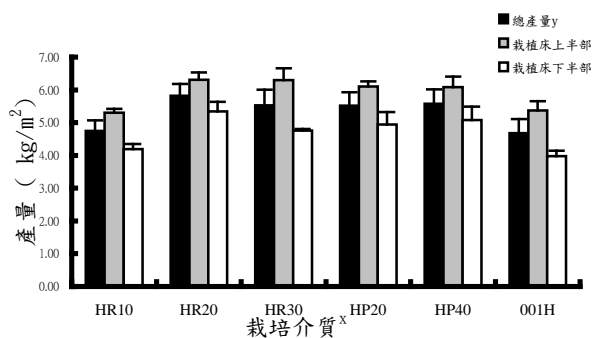


圖 4、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比例對'三鳳'小白菜產量之影響<sup>z</sup>

Figure 4. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on yield of Pak-choi 'San Feng'.<sup>z</sup>

<sup>z</sup>: 於民國 92 年 10 月 1 日播種，10 月 30 日進行採收調查。

<sup>y</sup>: 依栽植床斜面水平劃分為上、下半部及整個栽植床之平均值計算單位面積產量。

<sup>x</sup>: 介質代號說明如表 4。

表 5、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比率於種植前與種植後不同位置 pH 與 EC 之變化<sup>z</sup>

Table 5. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on pH and EC changes of overall material particles before and after Pak-choi cultivation.<sup>z</sup>

介質 <sup>y</sup>	pH				
	種植前	種植後			LSD <sub>0.05</sub>
		上 <sup>x</sup>	中	下	
HR10	5.58	4.77	4.94	4.87	0.11
HR20	5.74	5.62	5.34	5.17	0.19
HR30	5.71	5.34	5.12	5.10	0.10
HP20	5.62	5.03	5.08	4.87	0.15
HP40	5.63	5.07	4.99	4.90	0.11
001H	5.60	4.93	4.86	4.41	0.11
LSD <sub>0.05</sub>	0.17	0.07	0.15	0.06	
	EC (ds/m)				
	種植前	種植後			LSD <sub>0.05</sub>
		上 <sup>x</sup>	中	下	
HR10	0.82	1.43	1.47	1.50	0.22
HR20	0.76	0.60	0.80	1.23	0.11
HR30	0.89	0.57	0.53	0.60	0.18
HP20	0.62	0.73	0.80	0.90	0.13
HP40	0.56	0.63	0.90	0.97	0.15
001H	0.92	1.63	1.90	1.97	0.18
LSD <sub>0.05</sub>	0.25	0.07	0.09	0.14	

<sup>z</sup>: pH、EC 值以水土比 2 : 1 (v : v) 測定。

<sup>y</sup>: HR10, HR20, HR30 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 10%, 20%, 30% 的稻殼。

HP20 及 HP40 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 20% 及 40% 的真珠石。

001H 為使用全量之商用介質 Florafleur-001H。

<sup>x</sup>: 依栽植床斜面水平位置平均劃分為上、中、下段。

表 6、商用介質 Florafleur-001H 添加稻殼或真珠石比率對'三鳳'小白菜生育性狀之影響<sup>z</sup>  
 Table 6. Effect of commercial medium Florafleur-001H with different ratio of rice hull or perlite added on growth rate of Pak-choi 'San Feng'.

介質	株高 (cm)	葉數 (片)	葉面積 (cm <sup>2</sup> )	地上部鮮 重(g)	地下部鮮 重(g)	地上部乾 重(g)	地下部乾 重(g)
HR10 <sup>x</sup>	34.8ab	9.7ab	1431b	64.9ab	1.37cd	1.72b	0.10bc
HR20	37.3a	9.3ab	2119a	89.1a	3.22a	2.53a	0.14ab
HR30	32.3bc	9.3ab	1936a	61.1b	2.33b	1.88b	0.19a
HP20	36.3a	10.2a	1957a	87.3a	1.92bc	2.59a	0.19a
HP40	35.5ab	9.3ab	1860a	66.8ab	1.82bcd	2.06ab	0.15ab
001H	33.9b	8.8b	1435b	57.6b	1.19d	1.61b	0.06c
LSD <sub>0.05</sub>	3.9	1.1	303	25.2	0.64	0.57	0.06

<sup>z</sup>: 試驗於於民國 92 年 10 月 1 日播種，於同月 30 日採收調查。

<sup>y</sup>: HR10, HR20, HR30 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 10%, 20%, 30% 的稻殼。  
 HP20 及 HP40 分別表示商用介質 Florafleur-001H 添加 20% 及 40% 的真珠石。  
 001H 為使用全量之商用介質 Florafleur-001H。

## 討 論

本研究以荷蘭進口之 Florafleur-001H 介質進行小白菜薄層介質栽培顯示，介質厚度對小白菜生長之株高、葉片數、葉面積、及植株生物量均有顯著影響。在 3 公分介質厚度生長者有較佳之生育情形，隨著介質厚度減少而呈現植株較小，葉片生長亦受到延緩之趨勢(圖 1)，所得之生物量較低(圖 2)，由於介質厚度極淺，根系生長的體積相對較小，因此造成類似根域限制之結果。植株在根域限制下會有的生長緩慢與葉片生長受抑制現象，在許多研究已指出(Peterson, 1991; Ruff, 1987)，學者推論可能與葉片中游離 3-乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)濃度降低有關(Peterson *et al.*, 1991)。Carmi 及 Heuer 氏(1981)則指出大豆於根域限制之情況下植株矮化或地上部莖之生長發育緩慢，可能是 Cytokinins 和 Gibberellin 缺乏所導致，作物根域體積的限制影響植株的生長與發育。農業統計年報(2004)指出不結球白菜平均產量 16581 kg/ha，雖然小白菜單株乾重變化，隨介質厚度減少，單位面積產量也下降(圖 3)，以種植於 1 公分厚度者之產量最低僅有 2.66 kg/m<sup>2</sup>，較種

植於 2 公分及 3 公分者分別減產 33% 及 39%，但利用此種栽培模式仍可高於台灣地區之不結球白菜平均產量。

Milks 等(1989a)指出容器愈高，介質容器容水量愈少，相對使充氣孔隙度提高。本試驗分析不同介質厚度物理性獲得類似之結果(表 1)，1 公分介質厚度者充氣孔隙度低，於高頻度之灌溉過後易在介質表面形成水澤不利於排水，且其介質極有效水含量顯著較低，造成小白菜植株經常處在低充氣孔隙度與有效水分供應較少之情形，使植株生育性狀較差(圖 1, 圖 2)，且在產量表現亦相對較少，僅有 2.66 kg/m<sup>2</sup>。此外薄層介質栽培在栽植床周圍之介質常易乾燥而使植株缺水現象，經以高頻度灌溉方式可部分解決此問題，但待研究徹底解決之技術。雖然 Florafleur-001H 介質於 3 公分厚度時可獲得較高之單位面積產量(圖 3)，但此栽培介質以薄層方式利用，充氣孔隙度低於王氏(1989)及 De Boodt 與 Verdonck (1972)認為理想介質的充氣孔隙在 20~30% 之間。無土栽培介質藉由介質種類與粒徑大小、形狀來調整充氣孔隙度與容器容水量已獲得許多學者的證實(Handreck, 1983)。本試驗利用粗顆粒之稻殼與真珠石之不同比率加入 Florafleur-001H 介質後，其能增加粒子分佈於粗孔徑範圍(表 3)，此結果亦使充氣孔隙獲得不同程度的提升(表 4)。作物根系生長仰賴充足的氧氣供應，因此適當之充氣孔隙以使根系不至於缺氧就顯得非常重要(Bish *et al.*, 1997)。試驗中藉由稻殼與真珠石提升充氣孔隙後，雖然介質有效水含量些微下降，但是均在合理範圍內，以致於水分供應不成問題，經由栽植後證實能改善小白菜植株生育(表 6)，以及提高單位面積產量。

介質 EC 值分析顯示 Florafleur-001H 介質栽培前為 0.77 ds/m 符合 Warncke 和 Krauskopf (1983)建議在 0.75~1.25 ds/m 理想範圍，無土栽培介質因物理特性不同，容易造成 EC 呈現差異(Argo and Biernbaum, 1994)。Milks 等(1989b)認為淺容器重力低不利於鹽分排除。本試驗之薄層介質栽培因容易受到環境高溫及陽光輻照與作物的蒸發散作用所影響帶動鹽類累積到介質表面，使 EC 值上升，尤其以 1 公分介質厚度之 2.31 ds/m 為甚(表 2)，Florafleur-001H 介質添加 10% 稻殼者經逢機排列較靠近網室周圍而有較高的 EC 值(表 5)，減少單位面積產量。當介質厚度為 3 公分厚度時，愈趨於栽植床下方者介質 EC 值有愈高之趨勢。這主要是由於灌溉方式將滴管出水口置於栽植床上方，養液隨著介質毛細現象往栽植床下方灌溉，造成栽植床上方與下方養液供給的時間性差異，栽植床上方介質藉著大量的水分淋溶至植床下方，以致下層介質的 EC 較上層高，最終導致栽植床下半部單位面積產量較低(圖 4)。本研究雖藉由稻殼與真珠石之較通氣特性改善排水，其 EC 值的累積能獲得局部改善，但是效果並不甚明顯，栽植床下方還是容易受鹽類累積，因此在此套栽培系統之栽植床面長度是否有限制則須要再進一步研究。

Fonteno (1996)指出當介質通氣性不足時，根部呼吸會造成介質 pH 值的降低。天竺葵等盆栽作物以潮汐灌溉處理者與水分接觸時間愈長者 pH 值有愈低之情形(Morvant *et al.*, 1997)。而本研究以薄層介質栽培的情況下，介質之通氣性顯著較差(表 1 與表 4)，加上小白菜生長旺盛時期，在根系呼吸作用較強可能累積較多的 CO<sub>2</sub> 在介質中，經由灌溉液加

入後會造成介質之 pH 值下降。愈接近植床下方者有較多的水分聚集，因此愈在栽植床下部之介質愈有酸化的情形發生(表 5)。試驗使用由栽植床上方往下的灌溉方法，使有許多小顆粒介質隨營養液流至栽植床下方且栽植床下方坡度較緩，灌溉少有淋溶作用。在 Heiskanen (1995)則認為過多之水分因小孔阻塞，或把堆積材料中之結構破壞阻擾氧氣之供應與二氧化碳之外逸，有機酸 等有害物質累積，與加速介質的礦質化，是導致介質酸化的原因。Molitor(1990)則認為介質酸化也有可能是由於硝化作用所引起的，這種情形使  $H^+$  離子累積的情形，因此 pH 值下降。

### 參 考 文 獻

- 王才義。1989。理想栽培介質之調製。設施園藝研習會專集 pp.65-75。  
農業統計年報。2004 版。行政院農業委員會編印。
- Argo, W. R. and J. A. Biernbaum. 1994. Irrigation requirements, root-medium pH and nutrient concentrations of easter lilies grown in five peat-based media with and without an evaporation barrier. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 1151-1156.
- Bish, E. B., D. J. Cantliffe, and C. K. Chandler. 1997. Container volume and media particle size alter growth of strawberry transplants. *Proc. Fla. State Hor Soc.* 110: 258-261.
- Carmi, A. and B. Heuer. 1981. The role of roots in control of bean shoot growth. *Ann. Bot.* 48: 519-527.
- De Boodt, M. and O. Verdonck. 1972. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Hort.* 26: 37-44.
- Drzal, M. S., D. K. Cassel, and W.C. Fonteno. 1999. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. *Acta Hort.* 481: 43-54.
- Fonteno, C. W. 1996. Root medium carbon dioxide and oxygen partial pressures for container-grown chrysanthemums. *HortScience* 31(3): 385-388.
- Handreck, K. A. 1983. Particle size and the physical properties of growing media for containers. *Common. in Soil Sci. Plant Anal.* 14(3): 209-222.
- Heiskanen, J. 1995. Water status of sphagnum peat and a peat-perlite mixture in containers subjected to irrigation regimes. *HortScience* 30: 281-284.
- Miks, R. R., W. C. Fonteno, and R. A. Larson. 1989a. Hydrology of horticultural substrates: II. Predicting physical properties of media in containers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1): 53-56.
- Miks, R. R., W. C. Fonteno, and R. A. Larson. 1989b. Hydrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 114(1): 57-61.
- Molitor, H. D. 1990. The European perspective with emphasis on subirrigation and recirculation of water and nutrients. *Acta Hort.* 272: 165-173.

- Morvant, J. K., J. M. Dole, and E. Allen. 1997. Irrigation systems alter distribution of roots, soluble salts, nitrogen, and pH in the root medium. HortTech. 7: 156-160.
- Peterson, T. A., J. D. Cohen, J. G. Buta, and D. T. Krizek. 1991 Influence of root restriction on tomato: changes in leaf cell expansion, abscisic acid and indole-3-acetic acid. Plant Physiol. 96 (suppl.): 78.
- Peterson, T. A., M. D. Reinsel, and D. T. Krizek. 1991. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. 'Better Bush') plant response to root restriction. I. Alteration of plant morphology. J. Exp. Bot. 42(243): 1233-1240.
- Ruff, M. S., D. T. Krizek, R. M. Mirecki, and D. W. Inouye. 1987. Restricted root zone volume: Influence on growth and development of tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(5): 763-769.
- Warncke, D. D. and D. M. Krauskopf. 1983. Greenhouse growth media: Testing and nutritional guidelines. Mich. State Univ. Coop. Ext. Bul. E-1736.
- Wilson, G. C. S. 1981. Bark composts for chrysanthemum. Acta. Hort. 126: 95-105.

## Studies on Soilless Medium Film Culture Technique in Pak-choi 'San Feng' (*Brassica campestris* L. Chinensis Group)

Min-Chi Huang<sup>1)</sup> Wen-Shann Lee<sup>2)</sup>

Key words: Soilless culture, Growth medium, Physical characteristic, Moisture retention curves.

### Summary

This study is trying to apply soilless medium film culture in an auto-production system by using 'San-Feng' pak-choi (*Brassica campestris* L. Chinensis Group). Hopefully, to reduce the production cost by using automatized and factorized management, to produce clean and healthy vegetables for customer use, and to increase agribusiness competences in the global world eventually.

In soilless material thickness, using 1.0, 2.0, and 3.0 cm of commercial medium Florafleur-001H to produce pak-choi. As the medium thickness decreased, medium electrical conductivity (EC) increased. Plant height, leaf number, leaf size, and dry weight were inhibited significantly. The best cultivation performance of was on 3 cm medium thick. However, the air filled porosity (AFP) of one to three cm mediums thick was only 10.0%, 12.4% and 14.9%, respectively. This caused great inconvenience in cultivation management. If rice hull (RH) and perlite (PR) were added to increase AFP to 7.7-21.9% as the commercial medium, leaf growth, fresh weight, dry weight, and final yield increased.

---

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Associate professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.

