養液栽培技術講習會專刊　第三輯　33～46，1990

岩　綿　栽　培

沈　再　發*

一、概　念

岩綿係以玄武岩、石灰岩和焦碳為原料製成，此等之重量比爲 4：1：1 於1600℃熔解成液狀，經由高速旋轉而製成纖維狀，及酚樹脂處理後使其理化性質呈安定性與親水性的栽培介質。以岩綿栽培作物，可使根圈得到適合之水和空氣的比例，而各種肥料成分的比例也可容易得以控制。以 Grodan 製岩綿之化學組成列如表一，此等要素於栽培上為作物所不吸收的形態，而不影響施肥量和比例。同時，岩綿並不具離子交換力，因此缺乏像土壤般的緩衝能力，但易於控制肥料的成分。

由於具有很高的孔隙率，當灌水排出一部分水後，岩綿就存有一部分的水和空氣，於上層空氣的比例高，而下層則含較高比例的水。將岩綿灌滿水後讓其自然的排水時，水和空氣的比例約為65：30，作物的根不會呈過濕狀態。即使過度的灌溉，經 1～2 分鐘後岩綿內的孔隙之含水率仍為30～40%。灌液管理適當時岩綿內的液相／氣相比約界於65／30～50／45之範圍內，於此狀態下無論何種作物根系均很發達、生育良好。岩綿為低密度而具高孔隙率的栽培介質；依表二所示為高度15cm 時岩綿行養液的滴灌，其不同高度所含的空氣和水比例變化。

表一　岩綿之化學組成（Grodan）

成　分	比例（%）	成　分	比例（%）
SiO_2	47	Na_2O	2
CaO	16	K_2O	1
Al_2O_3	14	MnO	1
MgO	10	TiO_2	1

表二　岩綿行滴灌時不同高度別的空氣和水分變化（M、Verdure）

高　度	體　積　%			
	孔隙率	固　相	氣　相	液　相
0 cm	96 %	4 %	2 %	94 %
5	96	4	14	82
10	96	4	58	38
15	96	4	79	17

* 農試所鳳山熱帶園藝試驗分所分所長

表二和表三所示岩綿可保持相當高的水和空氣，而此保水量的90%並沒有任何抵抗就可由作物吸收。通常土壤、泥炭土或其他介質於水含量減少時，植物之水分吸收就顯得困難。其水分之吸收難易，受介質的毛細管抵抗所左右，抵抗程度以 pF 值愈高時，作物之水分吸收愈困難。岩綿於最大容水量時，與降低至15%時之 pF 值的差異，僅為 2 倍而已。只要適宜之管理，岩綿內經常含有15%以上的水分的話，植物仍很容易吸收到水分。根圈過濕的危險並不發生，通常還以供給過剩的養液來行管理。所供給的原水如含有過量的鈉或氯蓄積於岩綿、供給植物之要素量過多或過少，或岩綿內的養分間發生不平衡時，就得以過剩的灌液來沖洗使其平衡。

表三 岩綿之物理性（Sonneveld, 1980）

物 理 性 質	
孔 隙 率	97.8 %
密 度	60.6 gdm^{-3}
pF 0.57 之 水 量	90.8 %
pF 1.05 之 水 量	36.6 %
pF 1.52 之 水 量	2.2 %

岩綿係於高溫下製成，完全成爲無菌狀態。其纖維之理化性質經長期栽培仍顯示安定。以玫瑰花栽培而言，經 8 年以上之栽培並未使岩綿變形或降低含水率。而以一年生作物行 3～4 作，每作皆以蒸氣消毒，其生育和收量也並未有降低，且岩綿之消毒比土壤消毒簡易而便宜。

岩綿為構造上均勻之栽培介質，以形狀可分為板狀（Slab）和塊狀（Cube）。本文以板狀之利用行介紹，其他也有綿狀和粒狀等，可與其他介質混合或單獨利用於盆栽上或育苗上之介質。

二、裝 置

㈠準 備

岩綿為無菌介質、保持根圈適當的氣相和液相，因此溫室在岩綿栽培未裝置前得先以殺菌劑或燻蒸劑行消毒。為使岩綿與土壤完全隔離，床面以黑白兩面的 PE 布行覆蓋，白色面向上、黑色面向下以充分利用光線和防止雜草。

岩綿之栽培裝置首需考慮排液，通常以排液管或排液溝使過剩培養液排出。因此岩綿放置於較高的畦面上或墊於保麗龍板上。而排液溝就與栽培床平行設置，通常以二列的畦間內側排出，而不直接在通路上排液。

另得注意的是舖置 PE 布前，室內須先整平使岩綿能放置呈水平狀。為使剩餘的培養液不排於通路上，岩綿床可略為向排液溝傾斜。實際上此傾斜度可不必要，只要於通路的相反方向，將包裝岩綿的 PE 布的底部剪開，使排液沿兩栽培床間排出，並將通路略為提高，以防排液之流入即可。如果岩綿 PE 布之排液之剪開處位於傾斜部的最低角部分，則造成岩綿之最高部分培養液供給不足之現象。如果排液剪開處位於傾斜部的高部分，培養液溢出時，則岩綿剪開處以下部分形成浸水或濕液狀態，此處之培養液更新也會困難。因此，培養液自岩綿的上面到下面，能夠均勻地無抵抗的滲透是最安全的裝置方法。

㈡排　　液

排液之處理最簡單方法是將之全部吸入溫室中土壤裡。通常以畦間作成溝，由覆蓋之兩層PE布的間隙慢慢排出。如果岩綿周圍唯恐仍有積水顧慮時，挖成排水溝舖置細砂，使排液吸收。以上之方法仍無法得到有效處理時，就得將排液集在一起再排出室外，或於室內設排液桶收集之。

排液量為栽培成功與否的重要關鍵。為測定排液量，最好選適當地點3—4處行排液量測定。排液監視用的岩綿得設於易看見之位置，容器得注意足以容納排液量的大小。由灌液量和排液量比較，就可算出排液的比率。另在灌液管內設置水錶以測定全部之灌液量（圖一和圖二）。



圖一　岩綿栽培之排液容器

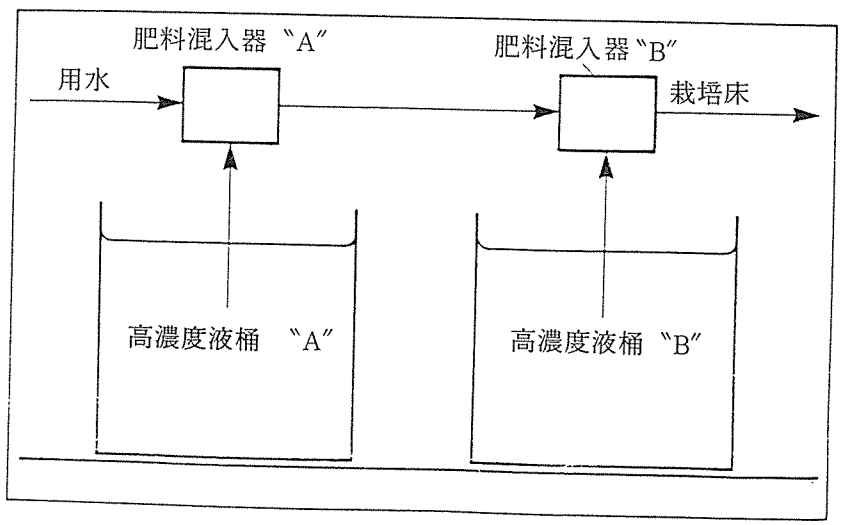


圖二　岩綿栽培灌液之流量錶

㈢培養液稀釋裝置

小規模栽培時，只要一個養液槽即可，不必要設稀釋裝置。但是大規模栽培時，就得用自動化的稀釋控制裝置和養液桶2～3個，必要時得設EC和pH之監視系統。通常以高濃度的原液以100倍稀釋用。為避免高濃度培養液發生沈澱，將磷酸鹽和鈣鹽分成兩個原液桶，必要時另設第三個桶為pH調整用的酸液。而此酸液並非一定倍率稀釋，只於pH監視電極測定在設定範圍內必要時才添加。

目前稀釋器以置換型的混入器，利用水流使活塞的開閉，每次活塞起動時供給所預設定量的高濃度液混合。換言之，用一定流量的水與高濃度原液的量之關係乃是正確的保持一定混合比率的方法，如圖三為簡單式的二個置換型混入器稀釋裝置。

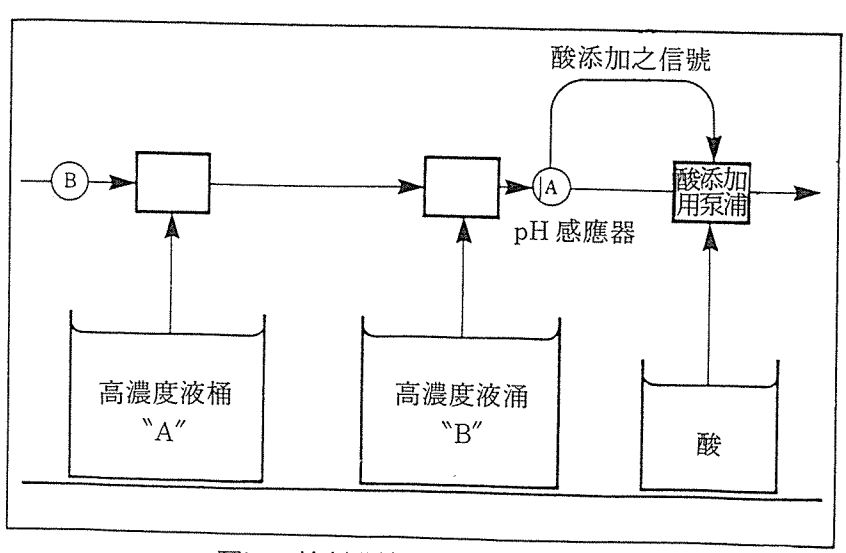


圖三 利用置換型混入器之二桶式稀釋裝置

㈣自動監視裝置

大規模之岩綿栽培時，培養液之 EC 調整係利用自動調節裝置。但對於此種精密裝備化之建立是否必要，實值得深入探討。當培養液的 EC 有變更必要時，可調整兩個高濃度液桶的各肥料要素比例，並於稀釋裝置後的主灌液管內裝 EC 電極，由 EC 錶可檢定出是否為所設定之值。如果溫室具有控制的電腦設備，也可將該監視電極連接一起，將該 EC 值同時列入測定項目內記錄。

至於 pH 之控制方面，有二種方法；一為事先測定所需的酸量，加入於高濃度液桶內的一或二桶內。另一為於稀釋裝置後主灌液管內裝 pH 電極，並另設一酸液添加桶以調節，如圖四。



圖四 控制酸液添加用泵浦之裝置

pH 之監視與調節，為調整培養液上很重要的工作。如果培養液之 pH 變化超出所設定之範圍外，作物馬上引起障害，尤其是此監控系統遇有失靈使酸添加量過多時，作物就有於短時間內枯死之危險。為防止此項的發生，就得加裝一台監視用之 pH 電極，當培養液之 pH 於設定值範圍外時，就會有警報響聲。但仍要知道的是並非此第二監視感應器就可保證完全沒有發生故障。

㈤電腦控制

溫帶地區較大規模的溫室栽培通常設有電腦，做為溫室之氣溫、濕度、地溫、通氣等的監控系統。將岩綿栽培的灌液用主管設置之 pH、EC 電極，連接於環境控制電腦。同時也將排液之 pH、EC 監視的電極也連接起來。此排液之資料與岩綿內培養液之值雖然有差異，但是可做岩綿系統的是否正常運作的追踪手段。利用電腦將灌液的頻度和量做記錄，同時將岩綿之排液量也以感應器連接記錄排液量，可做為灌液系統的控制資料。

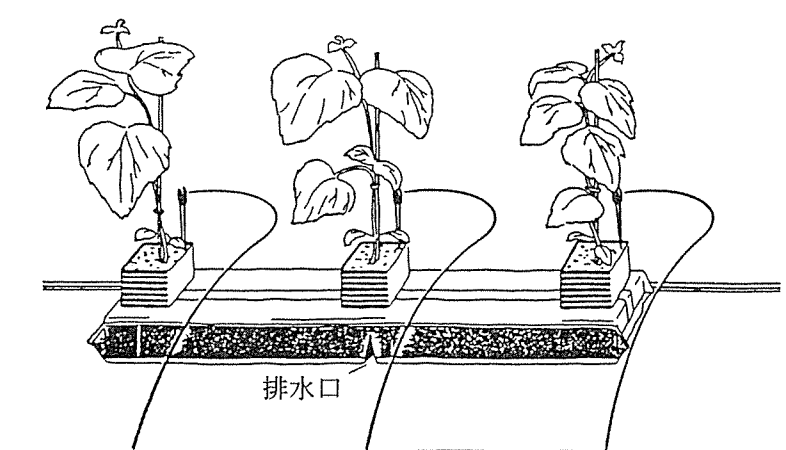
環境控制電腦中加入有關培養液項目的控制，目前只限於培養液中的 pH 和 EC，如果能將所有的肥料要素以個別的監控的話，當是再理想不過的。事實上，多量要素的監控當有實現的可能。以離子測定法偵測培養液中特定的離子濃度已可行了，硝酸、鉀、鈉、氯、鈣等之電極測定器業已上市，其他離子的測定器也在開發中。

三、栽培方式

主要栽培方式有下列二種：

㈠標準式（Standard system）或稱岩綿袋法

栽培用岩綿以塑膠布包起來，溫室整平後以 2%福爾馬林液消毒，地面以0.07mm 白色塑膠布覆蓋，將岩綿袋（通常番茄、甜椒用岩綿袋長、寬、高為90×15×7.5 cm，胡瓜用者為90×20×7.5 cm）排放於覆蓋塑膠布上。將育苗之岩綿塊（Rockwool cube）定植於岩綿袋上（番茄、甜椒育苗用之岩綿塊大小為75×75×65mm，胡瓜為100×100×65mm），培養液以滴灌（drip），每株各置 1～3 滴管。多餘之滴灌培養液由岩綿袋下面之塑膠布剪裂縫排出（非循環式），如圖五。如果排水較差之地面，則需埋設排水管。此栽培方式之適用作物包括胡瓜、番茄、甜椒、茄子等。

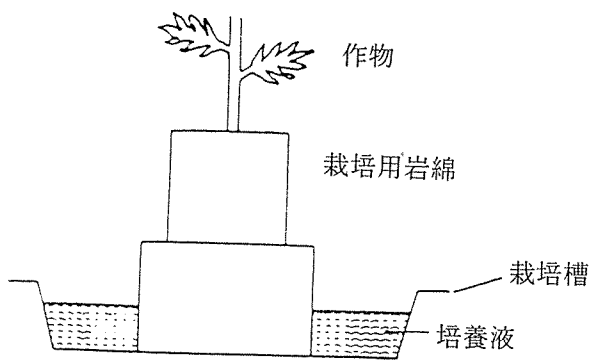


圖五　標準式岩綿栽培法

㈡栽培槽式（Gutter system, Gutter strip system, Gutter cube system）：

以保麗樹脂等製成的栽培槽，栽培槽放於地面，槽內放置岩綿條（Strips）或岩綿塊（Cubes）。岩綿條之長、寬、高為90×10×7.5 cm 或90×10×10 cm。岩綿塊之長、寬、高為10×15×10 cm，或15×15×7.5 cm，或15×15×10 cm。槽內調節或經常保持 1～2 公分深度之培養液。該栽培方式培養液可分成滯水式（Stationary water 或稱非循環式）和循環式（Circulating water）。循環式並非養液經常流動，而為間斷性滴灌，每株灌溉方法與標準式相同，同時有少量養液排出，所排之培養液可收集於供液池內繼續使用（圖六）。

不同栽培方式的收穫量比較，依荷蘭 Sonneveld 等的試驗結果顯示以標準式較高，標準式比栽培槽式約高 7%。可能栽培槽式的岩綿浸在養液中，氧氣之供給較不足的緣故。



圖六 槽式岩綿栽培法

四、培 養 液

㈠水 質

岩綿栽培成功之必須條件為良好的水質。並且每日得供給足夠的培養液量，以洋香瓜為例，於夏季生長最旺盛時，其最大的消耗養液量每日每株達 3 公升。每十公畝（分地）以2,000株計算，每日就需要 6 公噸，通常十公畝地得準備供應150公噸的水。由於岩綿與土壤不同，如果用水中含有作物不吸收的鈉或氯時，易蓄積於岩綿內，使岩綿內培養液 EC 值提高，抑制其生育，嚴重時培養液變成不平衡，或者鈉的過度吸收，妨礙鉀、鈣、鎂等之吸收。所以用水水質得要先分析成分。其分析項目如下：

(1)pH 和 EC。

(2)NO_3-N、P、K、Ca、Mg、Na、Cl、SO_4、Fe、Cu、Zn、Mn、B、Mo、HCO_3。

如果 EC 值為0.2mS／ cm 以下、pH5.5～6.5之間使用時大致不會有問題。用水中鈉和氯之濃度必需都在30～40 ppm 以下為安全。另外用水中含有相當多的鈣、鎂或硫酸根時，得以其含濃度考慮在內來修正培養液的組成。遇含有重金屬時，其濃度在所需濃度以下時，當將其濃度考慮在內施肥，如果是超過此在必要濃度以上時，就會發生重金屬的過剩毒害的危險性。

其次水質上的酸鹼性，含有碳酸、重碳酸的問題。岩綿栽培為使 pH 保持適宜範圍，可用酸液的添加來調整。碳酸、重碳酸的含量低於50 ppm 以下時，添加少許酸或不添加也可。如果含量高時，於高濃度原液內添加酸，使其降為50 ppm 以下是必要的。酸的添加可以硝酸和磷酸來中和，因其各為硝酸態氮素源和磷源的加入，培養液的組成得隨變化而修正之。

用水的 pH 過高時易引起磷酸、鐵、錳沈澱於岩綿內使作物無法吸收，如 pH 過低時，根易受障害影響水和養分之吸收。通常岩綿栽培於第一作時，其 pH 有略偏高傾向，再使用後就不致發生。岩綿內經常保持 pH5.0～6.0適宜範圍是需要的。

㈡灌液裝置及其控制

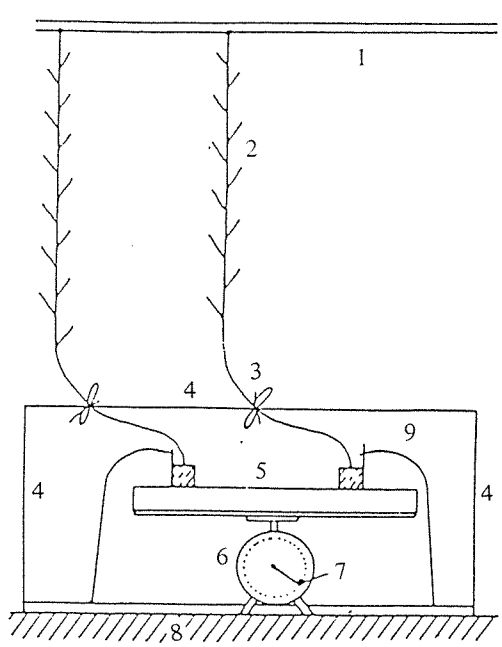
岩綿之灌液方式已如上述，可分為循環式和滴灌式兩種。循環式為將供給到栽培床所剩下的培養液收集於集液槽，再以泵浦重複灌溉使用。滴灌式則以微滴灌方式，將所剩餘排液流出不再使用。

循環式之培養液反覆灌溉後，岩綿內之培養液量較為均勻，但其培養液之濃度經一段時間循環後，其組成發生變化，有時所供給之培養液平衡性降低。對於循環而重覆使用之培養液，一旦發生根部傳染性病害，則造成病原菌的快速傳播。滴灌式培養液灌注量以保持岩綿全部有充分之浸透液為前提，多餘者排出，因此其控制技術比起循環式要高。且培養液滴灌係以岩綿床個別為單位，可避免循環式引起病原菌之傳播發生，而其裝置費用也較循環式為便宜。

灌液之控制裝置通常可分為二種，一為定時器（Timer）控制，一為岩綿水分的直接控制。定時器控制法為24小時內行時間性間隔的設定灌液方法。其設定的時間、量和次數目前常以經驗等行供給。一般於每日中午前後消耗量大時每隔約30分鐘一次，於夜間則減少次數。

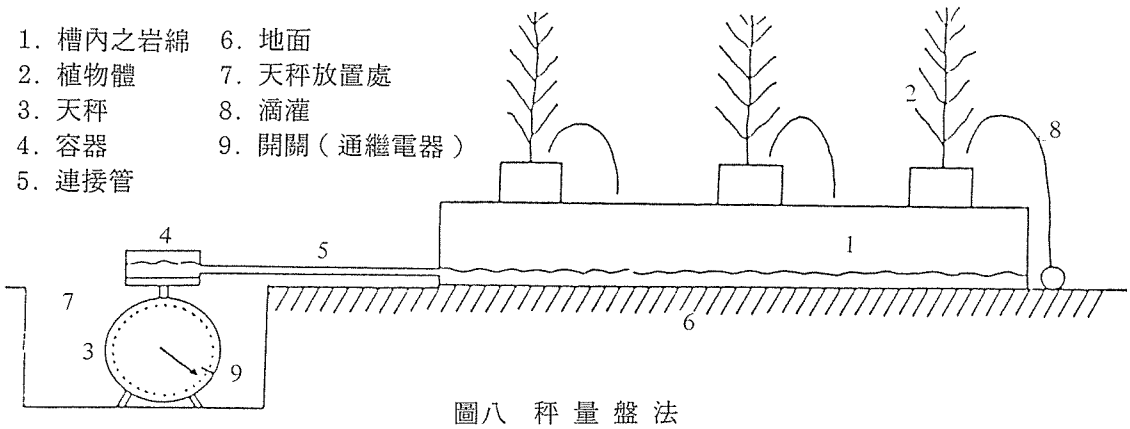
岩綿中所含的水分感應以直接測定方法較為普遍採用。感應器有二種；一為岩綿重量之測定，重量減少至所設定以下時開始灌液。另一種為水位感應器測定，於岩綿之側邊，設置容器測定其水位，低於所設定水位以下時行灌液。

重量測定法限以番茄、豆類、胡瓜等作物，適合於其上部分可固定而掛起來的。對於甜椒、茄子、花卉類需以岩綿來支撐其重量者，則不適宜。重量測定法於所設定值以下時就自動起動供液的開關（圖七）。並且隨植株的大小，所設定值要隨時修正。設定值還要考慮一定比例的過剩供液率在內。作物體重量的測定通常是較為困難的，但是可以容器來收集排液量行測定後而設定，如圖八。



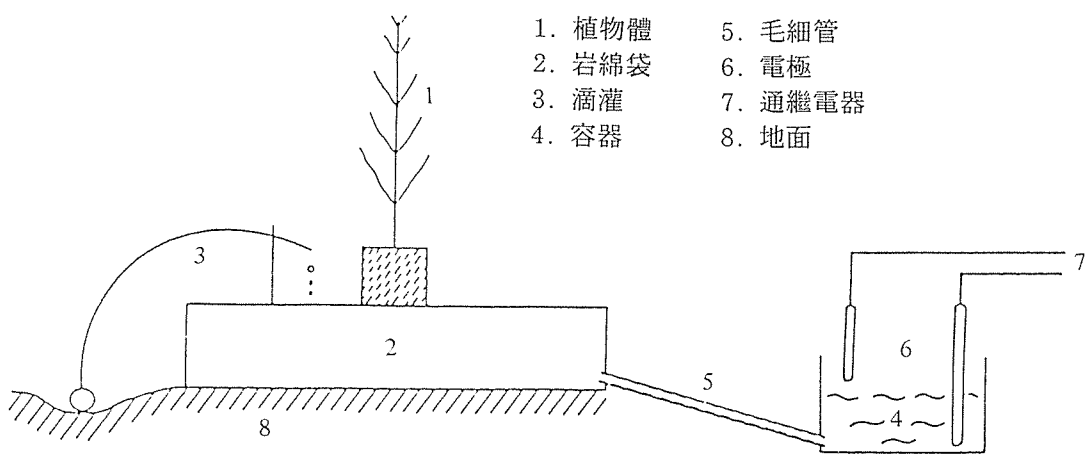
1．支柱
2．植物體
3．固定的莖
4．固定用棒
5．岩綿棒
6．天秤
7．開關（通繼電器）
8．地面
9．滴灌

圖七　天　秤　法



圖八 秤 量 盤 法

水位感應器方法，於岩綿側邊設一小容器測定其水位。此感應器有上限和下限的感應桿，於下限之水位時就發出灌液信號，達到上限水位時則發出停止灌液信號（圖九）。此系統為目前最廣泛使用者。

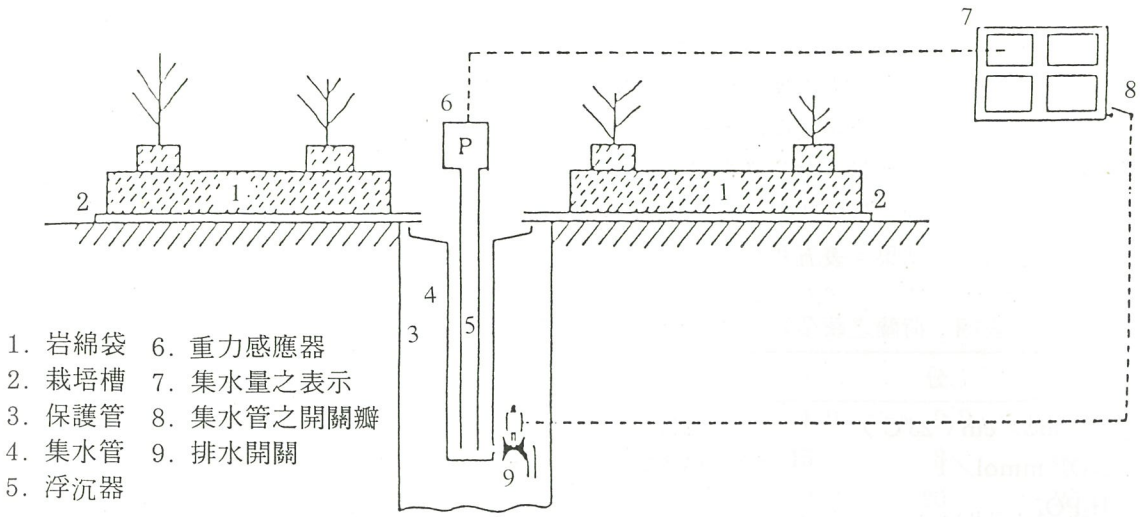


圖九 水 位 感 應 法

此排液測定的控制裝置，配合電腦控制使用是需要的。岩綿的排液收集於小容器內，於所設定的水位前繼續灌液。灌液停止時，所裝之電磁閥打開使容器的培養液全部排出後，再準備為下次的供液用。圖十為排水浮沉感應法，此方法可控制每次的灌液量，而灌液之頻度可藉日射量或定時器或手動來設定。此種自動灌液控制與電腦之連接利用，然後依所建立資料來修正灌液計畫，可減少水和肥料的浪費。

㈢灌液計畫

灌液通常以岩綿保水力減少 5～10%時，就行培養液之灌溉。具體而言，10 公升之岩綿約有 8 公升之保水力，栽培中之岩綿內培養液量減少400～800 ml 時就開始灌液。如果一個岩綿內具有五個滴管的話，每個滴管就灌80～160 ml 養液量。實際上以每日之灌液次數為20～30次，而每次之灌液量以少量較好。此種每次的培養液量少而一定，以灌液次數來調節灌液量的方法，比以灌液次數一定而調節灌液量的方法為好。



圖十　排水浮沉感應法

至於岩綿栽培以滴管為單位，每次之灌液量設定後，每日要灌幾次，何時灌溉，通常是選具代表之岩綿設置感應器，或以累積日射量行自動控制，或以年平均之氣象資料行手動控制等。然而自動之控制時，通常以溫室內設日射感應器，累積日射量於達到設定的標準時發出灌液之信號，由各滴管灌一定量的培養液。得要注意的是栽培者仍要調查日射量和培養液之關係，並隨時檢查是否有正常的排液量，必要時再修正其灌液計畫。

另外有一種特殊控制方法是以適當量的排液來決定灌液。因為岩綿內之鉀、氮、磷、錳容易為根所吸收，使岩綿內之該類離子濃度降低。而硫酸根、鈉之吸收較慢，容易使岩綿內形成高濃度。如果過剩之排液，則使濃度降低者得以更新補充，而有累積之濃度也因排液而更新，使不要的離子予以洗掉。如此，以適當之排液可使根圈養分保持其平衡性。通常以灌液量的10%為排液的話，可使岩綿之肥料組成保持平衡。換言之，岩綿床如果500 ml 培養液不足時，只要供給550 ml 就可。實際上也有增加為15～20%過剩的灌液量來設定的。如果遇有所供之培養液和岩綿培養液要素分析值的差異很大時，不妨增加到30～35%之過剩供液來調節岩綿內培養液之平衡是必要的。



圖十一　岩綿內培養液之吸液器

㈣培養液之組成、濃度的目標值與適宜範圍

有關岩綿栽培營養狀態的檢查可分為三項；一為供用培養液的分析，做為作物是否有適當的培養液供給。二為岩綿內培養液的分析，以得知根圈的營養狀態。三為植物體的分析，以得知植物自岩綿內吸收何種要素。此三種之檢查可瞭解作物實際上的有效營養狀況，當然以岩綿內培養液的分析是最為重要。於表四和表六為荷蘭主要作物之供用培養液之組成與濃度，此為經由試驗和實際栽培所得之結果。表五和表七為岩綿內的指標值。

表四 荷蘭之蔬菜岩綿栽培的培養液組成（Sonneveld and Krey, 1986）

成　　分	胡　瓜	番　茄	甜　椒	茄　子
EC mS／cm（25℃）	2.1	2.3	1.7	1.7
NO_3^- mmol／1	15.75	13.5	12.25	12.0
$H_2PO_4^-$	1.50	2.0	1.25	1.5
SO_4^{--}	1.25	3.5	1.25	1.0
NH_4^+	0.5	0.5	0.25	0.5
K^+	8.0	9.5	6.0	6.0
Ca^{++}	4.25	4.75	3.75	3.0
Mg^{++}	1.375	1.5	1.125	1.5
Fe μmol／1	15	15	10	10
Mn	10	10	10	10
Zn	5	5	4	4
B	25	25	25	20
Cu	0.75	0.75	0.5	0.5
Mo	0.5	0.5	0.5	0.5

表五 荷蘭之蔬菜栽培岩綿內的指標值（Sonneveld and Krey, 1986）

成　　分	胡　瓜	番　茄	甜　椒	茄　子
EC mS／cm（25℃）	3.0	3.0	2.5	2.5
NO_3^- mmol／1	18.0	16.0	14.0	15.0
$H_2PO_4^-$	1.5	1.5	1.0	1.0
SO_4^{--}	3.5	4.5	2.5	2.5
NH_4^+	＜0.5	＜0.5	＜0.5	＜0.5
K^+	8.0	7.0	5.0	5.0
Ca^{++}	6.5	7.0	5.0	5.0
Mg^{++}	3.0	3.0	2.5	3.5
Fe μmol／1	15	15	15	15
Mn	7	7	7	7
Zn	7	7	5	5
B	60	50	50	50
Cu	0.8	0.7	0.6	0.6
Mo	—	—	—	—

表六 荷蘭之花卉岩綿栽培的培養液組成

成分	康乃馨	玫瑰花	非洲菊	火鶴花	虎頭蘭	菊花*
EC mS／cm（25℃）	2.2	1.8	1.8	1.1	1.0	1.4
NO_3^- mmol／1	15.0	13.0	13.0	6.5	3.8	10.5
$H_2PO_4^-$	1.75	1.75	1.5	1.0	1.0	1.0
SO_4^{--}	1.5	1.50	1.25	1.5	2.3	1.0
NH_4^+	0.5	0.75	0.5	0.5	1.0	0.5
K^+	7.25	6.0	6.5	4.5	3.2	5.0
Ca^{++}	4.75	4.5	4.0	1.75	1.7	3.0
Mg^{++}	1.25	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0
Fe μmol／1	25	25	35	15	8	60
Mn	10	5	5	3	20	20
Zn	4	3.5	4	3	4	3
B	25	20	30	20	20	20
Cu	0.75	0.75	0.75	0.5	0.4	0.5
Mo	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5

＊循環式水耕

表七 荷蘭之花卉栽培岩綿內的指標值

成分	康乃馨	玫瑰花	非洲菊	火鶴花	虎頭蘭	菊花*
EC mS／cm（25℃）	2.5	2.2	2.2	1.3	1.0	1.7
NO_3^- mmol／1	14.0	12.5	13.0	6.0	2.8	10.0
$H_2PO_4^-$	1.25	1.5	1.25	0.75	0.7	0.75
SO_4^{--}	3	3.0	3.0	2.0	2.8	2.0
NH_4^+	＜0.5	＜0.5	＜0.5	＜0.5	＜0.5	＜0.5
K^+	7.0	6.0	6.0	3.5	2.8	5.0
Ca^{++}	5.0	5.0	5.0	2.25	2.5	3.5
Mg^{++}	2.25	2.0	2.0	1.5	1.2	1.5
Fe μmol／1	20	25	40	15	8	80
Mn	5	3	3	2	8	10
Zn	5	3.5	5	4	4	5
B	50	20	40	40	20	20
Cu	1.0	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0
Mo	—	—	—	—	—	—

＊循環式水耕

被認為是適宜的培養液組成，經栽培後常要再修正。此修正大部分依岩綿內培養液的分析為根據。因為岩綿內雖然不斷的灌液，但是某要素如磷、鉀、錳、硝酸態氮易被吸收而使其濃度降低，而鈣、鎂、硫、鐵、銅、鋅吸收較慢者，於岩綿內就常因過剩施用而濃度增加。藉此等資料做為下作組成之根據，累積後逐漸修正。因此為瞭解作物之營養狀態，定期行岩綿內培養液的分析是重要的工作。並與所供給之培養液組成比較岩綿內是如何的變化。由此訂出岩綿內各要素之

目標濃度，並依所設定容許範圍，再修正所供的培養液。英國根據荷蘭推荐的組成，為適合自己的環境將番茄的目標濃度和適宜濃度修正列如表八供參考。

㈤培養液之配製

以表八之番茄培養液為例，如果有大的養液桶時，可以適當的水量將所有成分加入溶解施用。但是實際上此方法並不普遍應用。因為容量很大的養液槽不容易建造，尤其是夏季水分消耗量多時更困難。還有所有成分完全溶解於大量的水中，其混合的手續也很不容易。因此，配製成濃厚的原液，再經稀釋裝置稀釋後施用是必要的。通常以培養液的100倍濃度使用，當然也可用其他稀釋比例。配製成高濃度的原液時為避免有磷酸鈣和硫酸鈣之沈澱發生，將培養液分成 A 液和 B 液。常被應用的方法如表九。

表八 英國番茄岩綿栽培之標準培養液

肥料要素	供液用濃度（ppm）	岩綿內之目標濃度（ppm）	適宜濃度範圍（ppm）
NO_3^--N	143	143	110—180
NH_4^+-N	7	5	
P	40	30	20— 40
K	275	210	140—275
Ca	175	220	175—260
Mg	30	60	30— 90
Fe	0.55	0.70	0.40—1.10
Cu	0.03	0.04	0.03—0.06
Zn	0.25	0.30	0.25—0.60
Mn	0.55	0.40	0.20—0.80
B	0.30	0.45	0.30—0.60

表九 高濃度原液的肥料鹽

A 液	B 液
硝酸（半量）	硝酸（半量）
硝酸鈣	磷酸
硝酸鉀（半量）	硝酸鉀（半量）
硝酸銨	硫酸鉀
螯形鐵	硫酸鎂
	磷酸一鉀（或磷酸一銨）
	微量要素

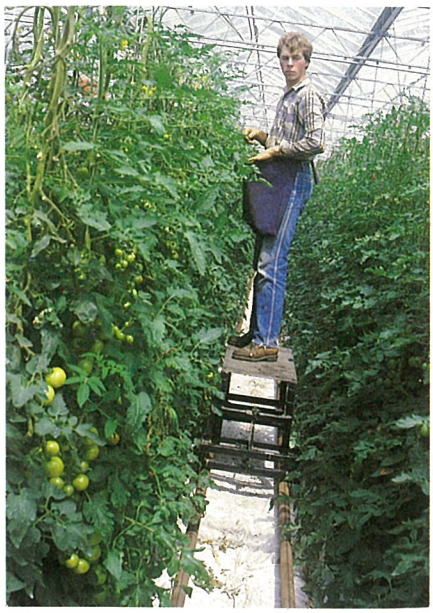
㈥培養液之檢查

每日檢查：生產者自行檢查供用培養液與岩綿內培養液之 pH 和 EC 值。

每隔二週檢查：供用培養液和岩綿內培養液的多量要素分析。

每隔一個月檢查：供用培養液與岩綿內培養液之全部主要素的分析。

每二週檢查與一個月之檢查，最好能由廠商之服務中心或試驗研究機關進行之。



圖十二　荷蘭之番茄岩綿栽培



圖十四　日本之番茄岩綿栽培



圖十三　荷蘭之康乃馨岩綿栽培



圖十五　日本之玫瑰花岩綿栽培



圖十六　鳳山熱帶園藝試驗分所之洋香瓜岩綿栽培

附表一　m mol／ℓ與 ppm 濃度換算表

要素	1 m mol／ℓ	要素	1 m mol／ℓ
NO_3-N	14 ppm	Fe	0.056
NH_4-N	14	Cu	0.064
P	31	Zn	0.065
K	39	Mn	0.055
Ca	40	B	0.011
Mg	24	Mo	0.096
Na	23		
Cl	35.5		
SO_4-S	32		
HCO_3	61		

註：1 m mol／ℓ＝100 μmol／ℓ

參考文獻

1.沈再發　1988　荷蘭及英國養液栽培之概況　中國園藝34(1)：13-26。

2.日本施設園藝協會　1988　施設園藝におけるロツクウール栽培の手引。

3.池田英男・篠原溫譯　1989　野菜、花卉のロツクウール栽培　誠文堂新光社　日本東京。

4.Sonneveld, C and W. H. Welles 1984. Growing vegetables in substrates in the Netherlands. Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. p.613-632.

5.Sonneveld, C. and C. de Kery 1986. Nutrient solution for vegetables and flowers growing in water or substrate. Voeding-soplossingen glastuinbow No.8.

6.Van Os E. A. 1982. Dutch developments in soilless culture. Outlook on Agriculture. 11(4)：165-171.