

無土花草栽培

廖本裕編著

五洲出版社 印行

出版登記證局版台業字第〇九三九號
中華民國七十五年五月出版

無土花草栽培

特價：新台幣三〇〇元

編著者：廖

本 裕

發行人：丁

廼 庶

發行所：五

洲 出版 社

所有權
必究翻印

地址：台北市重慶南路一段八十六號
郵政劃撥帳號：〇〇〇二五三八一七
電話：3319630・3813990・3512521

台北經銷處：恒生圖書公司

地址：台北市重慶南路一段五十五號
電話：3711341・3711343・3711345

海外總經銷：東亞圖書公司

地址：香港干諾道西二二一號二樓

前 言

不用土壤而能培植作物，是單用營養液種出植物。原始的無土栽培，在我國已有悠久的歷史，如我國南方「船戶」常常在船後拖帶一排竹製的筏子，在上面種菜，成為水上菜園；其他如「泡豆芽」、「種蒜苗」、「養水仙」……等，都是原始的「無土栽培」。

時至今日，無土栽培是近代生產技術發展的突破。它的基本原理是用化學方法製成包含植物生長所需各類元素的培養液，作為培養料，並以此代替泥土培植作物。

不少先進的國家已利用這一農業新科技，來進行大規模工廠式的生產「花卉」、「苗木」、「蔬果」等，它較之傳統的土壤培養更有其顯著的特殊優點，例如縮短生長期，增加生產量等等，但由於工廠式的大規模無土栽培植物在設備上比較複雜，成本比較高昂，因此目前世界上還未能普遍推行。為此，科學家們正繼續研究深入探討，展望這一技術的將來，前途是十分美好的。

本書對無土植物栽培的原理、趨向，已略作知識性的介紹，至於如何利用這一原理與技術，來進行小規模家庭園藝活動，增進生活情趣，是編者希望向讀者重點介紹的內容，尤其在寸金尺土都市居住的朋友們，介紹這一技術給愛好園藝活動者，相信是很有現實意義的。

劉 熙

中華民國 75 年元月於紐約

編者的話

我國歷史悠久，「以農立國」大約起於公元前兩千餘年的夏代。其時夏代的文化，已經進入「銅器時代」，我們從夏禹的「治水」、「興農」、「朝萬國」、「定傳子」之局，建「貢賦之制」，劃「九州」，鑄「九鼎」，說明他從披荊斬棘的奮鬥工作，到完成建立一個泱泱大國，這是我們中華民族在歷史上真正以農業建國的開端；從那時起，我們有一個版圖，我們的祖先才免於猛獸洪水之患，安定的生活下來，才能建立一個全面的農業社會。

我國歷代政府的農業，大多採「重農抑商」政策，帝王后妃親自鼓勵農民耕種，如「勤農詔」、「文帝議佐百姓詔」；一般士大夫知識份子，也以「耕讀傳家」、「半耕半讀」自許，如諸葛亮：「……臣本布衣，躬耕於南陽，苟全性命於亂世……」、陶淵明：「歸去來兮！田園將蕪胡不歸？既自以心爲形役……」；歷代的軍國大計，都是悠關於農業政策的「土地問題」、「田賦政策」、「兵農制度」、「移民實邊」等等都與農業有密切的關係；而農民在完糧納稅之外，其在社會的地位在工、商、兵之上，過著山高皇帝遠，帝王於我何有哉的逍遙生活，所以農業的進步，與日俱增，自不待言。因之我國農業的進步，比公元前兩千餘年的歐州羅馬的農業，尚在萌芽時代，自不能同日而語了。

我國歷代農事活動的文字資料，早期的可見於殷墟卜辭。農學和農業文獻在春秋戰國期間，特別是戰國，在私家講學、私人著述風行一時之際，出現「重農之聲」和「爲神農之言」的「農學家」一如許行等，其著作如《神農書》、《野老書》等，雖是一鱗半爪，而致散失；其後雖嬴秦暴政，而焚書坑儒，然「所不

去者，醫藥、卜筮、種樹之書」，仍傳於後世。

在農業文獻中，現在保留下來，較完整的有以下各書，茲簡介如次：

一、《呂氏春秋》中《上農》等四篇：

一般認為是秦相呂不韋的門下客，在呂氏的領導下，集體撰寫和編纂而成的。書成於秦王政八年（公元前二三九年）。第一篇《上農》是農業政策性文字；其他三篇為「任地」、「辨土」、「審時」是談論農業科學技術。

二、《齊民要術》：

作者賈思勰—這部書的成書年代大約在六世紀三十至四十年代之間，研究我國古代農業，中外農業科學技術史工作者沒有不知道這一部農學巨著—《齊民要術》的。

《齊民要術》全書正文計分十卷，九十二篇，將近十二萬字。

其中卷四，計十四篇，專述果樹，內容以：圓籬、栽樹、種棗（諸法附出）、種桃柰、種李、種梅杏（杏李麩附出）、種梨、種栗、柰林擒、種柿、安石榴、種木瓜、種椒、種茱萸等十四篇。

三、《陳旉》農書：

收編在清代著名的《四庫全書》中，推算作者的出生是在北宋熙寧九年（公元一〇七六年）全書只不過一萬多字，分上、中、下三卷。

此書和在它以前的一些農學名著，如《汜勝之書》、《四民月令》、《齊民要術》、《四時纂要》等相比，它顯然是「別開生面，體出新裁」，而全書在《四庫全書》的《總目提要》的評語是：「事實多而虛論少」。其中，有符合一定科學道理的技術原理，原則，有切實可行的具體技術措施，還有比較切合實際而周詳的土地利用「規劃」，讀起如嚼橄

欖，越嚼越甘。

四、《農政全書》作者是傑出的近代科學先驅者徐光啓：

《農政全書》是徐氏農業科學著述的一部，但也是他一生中最主要的一部代表作。全書六十卷，五十六萬多字，計分爲十二大部份，其中以第六部份—「樹藝」，第九部份—「種植」與果樹有關。

第六部份「樹藝」內：計列有「內穀部（上、下一穀名考暨二十種作物）、窠部（種瓜法暨十八種作物）、蔬部（二十八種作物）、果部（上、下一計三十九種果樹）」，共六卷。

第九部份「種植」：計列有「內種法、木部（二十八種樹木）、雜種（上、下一計二十二種植物）」，共四卷。

《農政全書》在作者幾十年之中，不斷地搜集資料，整理研究，除了注意歷史文獻資料之外，也重視調查訪問，生產實務和試驗研究工作，本書在我國，是一份極爲珍貴的農學遺產。

五、其它如《甘薯疏》、《吉貝疏》（徐光啓）、《務本新書》（宋·作者不詳）、《知本提綱》（楊岫）、《授時通考》（清·包世臣）、《農言著實》（清·楊秀沅）等，難以一一列舉。

所以我國在將近四千年的有文字可考的歷史，是世界上著名農業古國，對世界文明作了不少貢獻，歷代有關農業生產知識的書籍，大小小數以千計，留下了相當豐富的農業遺產。

縱觀我國農業在夏、商、周三朝早已有栽種的文字紀錄，歷經春秋、戰國、秦、漢時代，農業的著作，更如雨後春筍，從種植理論與栽培技術的著述都十分豐富，這一切的一切都可證明我國的農業歷史，比西方早兩千餘年，直到清末民初近百年來，以國事綢繆，民不聊生，技術滯固不進，我們卻反瞠乎其後了。

本社有鑒於此，特編輯出版有關農業新科技系列叢書，以應當前的「精緻農業」的需要以略盡棉力。本書內容計分十一章，中對「無土花草栽植」理論的探討，與技術的應用，兩者兼顧；既可為專業農家研究發展參考之用，亦可為業餘愛好實作所需，知行合一，深入淺出，相信是一本花草栽植的好書。

廖本裕 謹識

中華民國七十五年三月

目 錄

第一章 概述.....	1
第一節 無土培栽的歷史.....	1
第二節 無土培栽的優點.....	3
第三節 無土培栽場地的位置特點.....	7
第四節 無土培栽方法的分類.....	7
第五節 無土培栽的應用.....	18
第六節 植物工廠及各種溫室.....	10
第七節 家庭園藝最宜無土栽培.....	15
第二章 植物的生長.....	20
第一節 生命過程.....	20
第二節 水分.....	23
第三節 光合作用.....	25
第四節 空氣.....	27
第五節 根系的支持.....	29
第六節 礦物質養分.....	30
第七節 植物對礦物質和水分的攝取.....	35
第八節 水分和養分的向上運動.....	40
第九節 不可思議的植物魔術.....	41
第十節 植物營養狀況的診斷.....	42
第三章 營養液.....	53
第一節 肥料.....	53
第二節 肥料化學成分的表示法和換算.....	70
第三節 肥料的雜質.....	72
第四節 營養液濃度的表示法.....	74
第五節 營養液的組成與濃度.....	114
第六節 營養液配方的調整.....	116
第七節 營養液的製備.....	117
第八節 防止營養液的養分失常.....	118
第九節 營養液的酸鹼度.....	120

第十節 營養液的用量	127
第十一節 營養液的管理	128
第十二節 做好紀錄	129
第四章 基質	133
第一節 基質的特性	133
第二節 水的特性	134
第三節 灌溉	136
第四節 種植床的營養液澆灌	136
第五節 基質的消毒	137
第五章 水培	139
第一節 概述	139
第二節 早期的商業性水培法	140
第三節 弗羅茨瓦夫法	141
第四節 家用水培設備	147
第五節 魯特納的植物連續培育裝置	148
第六節 營養膜技術	149
第七節 水培飼料設備	156
第八節 適宜水培(養)的花草	158
第六章 礫培(耕)	168
第一節 基質的特性	168
第二節 上方灌水礫培	169
第三節 下方灌水礫培	171
第四節 滴灌裝置	181
第五節 家庭溫室	182
第六節 礫耕法的培養料	183
第七節 適宜礫耕栽培的植物	184
第八節 佛焰花的礫耕栽培(示範一)	194
第九節 球耕植物的礫耕栽培(示範二)	198
第十節 婀娜多姿的礫耕盆景	200
第十一節 作物種植間隙的礫消毒	211
第十二節 礫培的優缺點	211
第七章 砂培	212
第一節 砂培的性質	212

第二節	砂培的構造	213
第三節	滴灌裝置	214
第四節	灌水	216
第五節	作物更換期間的沙床消毒	217
第六節	小規模砂培裝置	217
第七節	適宜砂耕栽培的植物	219
第八節	砂培的優缺點	234
第九節	乾旱地區溫室砂培的操作與產量	235
第八章	砂礫培	237
第一節	砂礫培容器	237
第二節	培養基	240
第三節	播種與移植	240
第四節	間作	243
第五節	施肥	244
第六節	澆水	244
第七節	基質的消毒	245
第八節	植物生長的適溫和加溫方法	245
第九節	簡便的肥料配方	247
第九章	鋸末培	248
第一節	概述	248
第二節	基質	248
第三節	種植床	248
第四節	袋狀裝置	249
第五節	營養液分布系統	250
第六節	施用養分的方法	252
第七節	灌水與鹽分積結	253
第八節	小規模的鋸末培裝置	253
第九節	鋸末培的優缺點	254
第十章	其它無土栽培	255
第一節	概述	255
第二節	基質	255
第三節	筒培	261
第四節	泥炭屯	262

第五節	垂直栽培	262
第十一章	無土花卉栽培	264
第一節	香石竹(康乃馨)	264
第二節	薔薇	265
第三節	仙客來	267
第四節	球根、球莖和根莖植物	268
第五節	馬蹄蓮、大岩桐、石刁柏	271
第六節	蕨類	271
第七節	非洲菊和其它觀賞植物	271
附錄：無土栽培所用化肥的簡易自製和測定方法		
1.	硝酸鈣簡易自製法	275
2.	磷酸銨簡易自製法	276
3.	EDTA鐵(螯合鐵)和其他金屬螯合物的簡易自製法	276
4.	微量元素儲備液的配製法	277
5.	營養液的配製和缺素試驗	278
6.	無土栽培常用分析測定法說明	281
7.	水和營養液中氮的測定法——滴定法	282
8.	水和營養液中氮的測定法——比濁法	283
9.	水和營養液中鈣、鎂測定法——EDTA容量法	284
10.	營養液中硝態氮的測定法——酚二磺酸法	286
11.	營養液中硝態氮的測定法——硝酸試粉法	287
12.	營養液中磷的測定法——磷鉬藍法	287
13.	植物體內磷的測定法——磷鉬藍法	288
14.	營養液中鉀的測定法——四苯硼鈉顯濁法	288
15.	植物體內鉀的測定法——鉀試紙法	289
16.	常用玻璃量器簡單介紹	290

第一章 概述

第一節 無土栽培的歷史

無土栽培又稱水培、水養，就是不要土壤，完全用化肥溶液、也就是營養液栽種植物的技術和科學。

無土栽培可以說是農業上的一項重大改革。過去認為農業離不開土壤。在英文中，農業 Agriculture（Agri 是土壤，Culture 是栽培），就是在土壤上種植的意思。我國『漢書·食貨志』中說：「關土種谷曰農。」可見農業與土壤關係的密切了。而無土栽培完全不用土壤，單用營養液就能種出植物，說它是農業上的重大改革，並非言過其實。

原始的無土栽培，在我國有悠久的歷史，泡豆芽就是一例。豆芽究竟出現在什麼時代，還不清楚，至少在宋代以前就有了。宋代林洪的『山家清供』有生豆芽的記載。明代陳癡有『豆芽賦』：「冰肌玉質，子不入于污泥，根不資於扶植。金芽寸長，珠薤雙粒；匪綠匪青，不丹不赤；白龍之鬚，黃蚕之蟄。」我國南方的『船戶』往往在船後拖帶一個竹木製作的筏子，在上面種菜，成為水上菜園。其他如在盤子裡種蒜苗，在碟子裡養水仙等，都是原始的無土栽培（圖 1-1）。



圖 1-1 風信子的水培

在西方，在亞里斯多德以前，西奧夫拉斯塔斯（公元前 372 ~ 287 年）就進行了植物營養的各種試驗。

公元 1600 年，比利時科學家讓·范霍爾蒙特用實驗證明植物從水中獲得物質。他在一個盛乾土 200 磅的鉢中種植了一株 5 磅重的柳樹，鉢上加以覆蓋，以免灰塵進入，定期以雨水灌溉。五年後，柳樹增加重量為 160 磅，而土壤的重量只減少 2 英兩（合 57 克）。他得出的「植物從水中獲得生長所需物質」的結論是正確的。

但他不知道植物還從空氣中獲得二氧化碳和氧。1699 年，英國科學家約翰·伍德瓦德在含不同數量土壤的水中種植植物，發現含土壤最多的水中植物生長最好。因而他認為植物的生長是由於水中含有一些物質，這種物質來自

2 無土花草栽培

土壤，而不是來自水本身。

1804 年，德紹索爾提出植物是從水、土壤和空氣中獲得化學元素的。這一見解以後為法國化學家布詳戈所證實（1851 年）。

這時，一些研究者證明，在惰性基質中加入植物所需礦物質的水溶液，植物就能夠生長。下一步就是除去基質，完全用這些礦物質的水溶液種植植物。這一工作被德國科學家沙奇斯和克諾普的試驗所完成（1859～1865），這就是「養分培育」的起源（圖 1-2）。這種技術現在仍然用於植物生理和植物營養試驗。

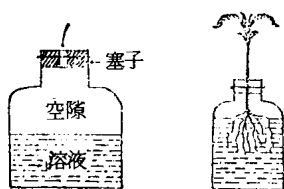


圖 1-2 水溶液培養

1859～1865 年沙奇斯與克諾普的實驗

1929 年，美國加利福尼亞大學格里克（W.F.Gericke）教授進行了大規模的植物營養研究，種出植株高達七米半的西紅柿收果實 14 公斤，引起了轟動。他稱這種方法為水培。但許多水培都採用一些固體基質如礫、砂、蛭石、浮石或鋸末，其中加入植

物生長所需養分的溶液，一般稱為無土栽培（圖 1-3）。

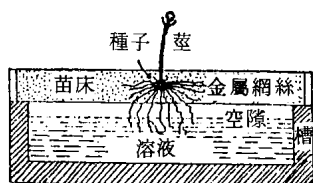


圖 1-3 格里克的植物無土栽培

格里克水培的植物有甜菜、蘿蔔、胡蘿蔔、土豆、禾谷類作物、果類作物和觀賞植物。在四十年代的早期，就為駐紮在太平洋的無農業島嶼的美國軍隊提供食物。

在第二次世界大戰期間，無土栽培更受到了重視。1945 年，英國空軍部在伊拉克的哈巴尼亞和波斯灣的巴林群島進行無土栽培。哈巴尼亞是盟軍的一個繁忙聯絡站，巴林群島是油田所在地，過去所需的蔬菜都是從巴勒斯坦空運來的，損耗大，運費高。用無土栽培生產食物，這個問題就不難解決了。

第二次世界大戰以後，美國的一些州，建立了較大的商業性水培場。在中美的墨西哥及其附近地區，無土栽培也有很大發展。無土栽培還很快擴展到世界的許多國家如日本、印度、意大利、西班牙、法國、瑞典、蘇俄。

現在，隨着塑料工農的發展，無土栽培也向前邁進了一大步。抽水機、計時器、電磁閥和其它設備的採用，整個無土栽培都可以自動化。世界上有

不少大型水培設備，主要用於種植蔬菜和花卉。美國亞利桑那州的塔克森，有 4.4 萬平方米的水培溫室。意大利的西西里有 5 萬平方米的水培溫室。阿布扎比酋長國的薩地亞特島，有一個乾旱地區研究所，附設有一個 8 萬平方米的水培溫室。1981 年，英國在英格蘭北部的坎伯來斯福爾建成一個 8 萬平方米的水培溫室，號稱世界第一大水培溫室，專門生產西紅柿，人們稱它為「超級西紅柿工廠」。在加那利島，在成公頃的土地上搭設塑料大棚，在棚內用水培法種植西紅柿。在加勒比和夏威夷地區，也用這種塑料大棚進行無土栽培。加拿大在溫室蔬菜生產中也廣泛實行無土栽培。

墨西哥和中亞等乾旱地區缺乏淡水，全套水培設備都配有海水淡化裝置，用海水進行水培。

爲了推動無土栽培的發展，現在許多國家都設有無土栽培研究機構。據報導，英國有 15 個，美國有 24 個（另一份資料爲 26 個），德國有 8 個，意大利有 7 個，荷蘭、波蘭、西班牙各有 6 個，比利時、法國、日本、蘇聯各有 5 個。1955 年，在荷蘭舉行第 14 屆國際園藝會期間，一些無土栽培研究者發起成立了國際無土栽培工作組，簡稱 IWOSC，以後多次進行科學研究、交流經驗活動。1980 年改稱國際無土栽培學會，簡稱 ISOSC。

在我們台灣地區，用無土栽培法生產的花卉，大量在日本、香港市場上銷售。

無土栽培雖然是一門很年輕的科學，但它已經被應用到許多方面，顯示了許多優點，有着廣闊的發展前途。

第二節 無土栽培的優點

一、無土栽培的產量高

無土栽培，由於解決了土壤種植不易解決的水、空氣和養分的供應問題，特別是水和空氣的問題，因此植物生長很快。在土壤中，當植物有充足的水分時，往往會缺乏空氣；當空氣能滿足需要時，又會感到水分不足。農民都知道，要想解決這種問題是多麼困難。無土栽培解決了這些問題，產量就大爲提高。

現在把國外土壤種植與無土栽培的幾種農作物的產量對比情況列表 1-1

:

4 無土花草栽培

表 1-1

作 物	土壤種植（斤／畝）	無土栽培（斤／畝）	相差倍數
菜 豆	1,666	7,000	4.2
豌 豆	333	3,000	9.0
甜 菜	1,333	4,000	3.0
土 豆	2,424	23,333	9.6
甘 藍	1,970	2,727	1.4
苣 蒿	1,360	3,182	2.3
黃 瓜	1,060	4,242	4.0
西 紅 柿	1,667 ~ 3,333	20,000 ~ 100,000	12 ~ 30

從上表可以看出，不管哪種作物，無土栽培的產量都比土壤種植的高得多。

二、無土栽培的產量品質好

無土栽培不僅產量高，產品質量也好。如無土栽培的西紅柿，形狀端正，顏色鮮艷，味道上好，營養價值也高，維生素C的含量較土壤種植的能增加30%，維生素A的含量也稍有增加，礦物質的含量增加最多，它與土培的對比情況如表1-2（鮮重的%）：

表 1-2

種 植 方 式	鉀	磷	鎂	硫	鈣
土 培	0.99	0.21	0.05	0.06	0.20
水培（水養）	1.63	0.33	0.10	0.11	0.28

無土栽培的花卉也生長良好。如香石竹，無土栽培的不僅香味強烈，花期長，不木質化，下部的葉子經久不落，而且花多，花的劈裂少，進入盛花期早。一般水培香石竹平均每株每年開九朵花，而土壤種植的只有五朵花；無土栽培的花的劈裂數不高於 8%，而土壤種植的花的劈裂數達 90%，無土栽培的六月進入開花盛期，比土壤種植的提前兩個月開花，所以它市場價格也就分外高。再如仙客來，無土栽培的花從直徑達 50 厘米，花朵高度可達 40 厘米，一棵平均開 20 朵花，一年可開 130 朵花。無土栽培中水的蒸發能使仙客來涼爽，又能保持空氣的適當濕度，從而易於耐過夏季的高溫。這些都是土壤種植不可比擬的。

三、節省水分

土壤種植灌溉的水，大部分都蒸發、流失和滲漏了，被植物吸收利用的只是很少一部分。意大利一家水培場在 3.5 平方米的面積上作試驗，用土培、水培和氣培等方法種植茄子，其水分的消耗和獲得的產量如表 1-3，從下表可以看出，土壤種植所消耗的水量，較無土栽培大七倍多。

表 1-3

栽培方式	茄 子 產 量	水 分 消 耗	每公斤茄子所需水量
土 培	13.05 公斤	5,250 公斤	400 斤
水 培	21.50 公斤	1,000 公斤	46 斤
氣 培	34.20 公斤	2,000 公斤	52 斤

四、節省養分

據實驗，土壤種植施用的肥料，一般損失一半以上，如磷酸鹽肥料中的可溶性磷酸鹽，在土壤中大部分轉變為難溶的形態而不被作物吸收。在接近植物的土壤中施用的磷酸鹽，第一年至多能被植物利用 20%。鉀肥中也有一部分鉀變為不溶的形態，就是被固定在雲母和蛭石粘粒的間層中。所以，在粘土和壤土中，鉀非常不活躍，沒有多少能移動到 50 至 70 厘米的深度。氮肥的營養成分大部分為尿素、氨、銨和硝酸鹽。在正常的條件下，當土壤排水良好而溫暖時，氮肥易氧化為硝酸鹽而隨水流失，氨和銨鹽易於揮發，有時則變為氮的氧化物——主要為氧化二氮而揮發，所以只有