



# 培栽土無

劉焯編著

五洲出版社印行

出版登記證局版台業字第〇九三九號  
中華民國七十五年三月出版

# 無土栽培

特價：新台幣三〇〇元

編著者：劉

發行人：丁

發行所：五

廼

庶熙

洲出版社

所有權必究  
翻印必究

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

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」，說明他從披荆斬棘的奮鬥工作，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「勸農詔」、「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？既自以心為形役……」；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洲羅馬的農業，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（這裡偏重果樹方面）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「為神農之言」的「農學家」—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）、種桃棗、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，計分為十二大部分，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）、蔬部（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，是一份極為珍貴的農學遺產。

#### 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』（楊山）、『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籍，大大小小數以千計，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，這一切的一切都可證明我國的農業歷史，比西方早兩餘年，直到清末民初百年來，以國事凋墮，民不聊生，技術滯固不進，我們却反瞠乎其後了。

本社有鑒於此，年來致力於編譯有關發展農業專書，本書為

此一系列叢書之一，「無土栽培」在我國的農業史中，可以追溯到兩千多年以前。但是，作為一門蓬勃興起的新型技術，却是從本世紀四十年代開始。現在許多國家都有無土栽培設施，已廣泛用於生產花卉，蔬菜、苗木等等，有着廣濶的前途，尤其都市的屋頂和陽台，業餘愛好園藝者，更是適合於「無土栽培」。

本書計分十二章，對「無土栽培」的主要部分——營養液的配製，以及各種主要的無土栽培方法，都作了詳細的介紹，可供專業農友參考，或作教材使用，尤其適合都市業餘愛好者閱讀與試用。

本書倉卒編成，掛漏之處，自知在所難免，敬請高明者指正，是幸！

民國七十四年十二月三十日編者謹識

# 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	4
第三節 無土培栽場地的位置特點	9
第四節 無土培栽方法的分類	9
第五節 無土培栽的應用	10
第二章 植物的生長	14
第一節 生命過程	14
第二節 水分	16
第三節 光合作用	18
第四節 空氣	22
第五節 根系的支持	24
第六節 礦物質養分	25
第七節 植物對礦物質和水分的攝取	32
第八節 水分和養分的向上運動	39
第九節 植物營養狀況的診斷	40
第三章 營養液	54
第一節 肥料	54
第二節 肥料化學成分的代表法和換算	75
第三節 肥料的雜質	77
第四節 營養液濃度的表示法	79
第五節 營養液的組成與濃度	130



第六節	營養液配方的調整	133
第七節	營養液的製備	135
第八節	防止營養液的養分失常	136
第九節	營養液的酸鹼度	139
第十節	營養液的用量	147
第十一節	營養液的管理	149
第十二節	做好記錄	153
第四章	基質	155
第一節	基質的特性	155
第二節	水的特性	156
第三節	灌溉	159
第四節	種植床的營養液澆灌	159
第五節	基質的消毒	160
第五章	水培	163
第一節	概述	163
第二節	早期的商業性水培法	164
第三節	弗羅茨瓦夫法	165
第四節	家用水培設備	173
第五節	魯特納的植物連續培育裝置	175
第六節	營養膜技術	177
第七節	水培飼料設備	189
第六章	碟培	193
第一節	基質的特性	193
第二節	上方灌水碟培	195
第三節	下方灌水碟培	198
第四節	滴灌裝置	212
第五節	家庭溫室	214
第六節	作物種植間隙的碟消毒	216

第七節	礫培的優缺點	216
第七章	沙培	218
第一節	沙培的性質	218
第二節	沙培的構造	218
第三節	滴灌裝置	221
第四節	灌水	224
第五節	作物更換期間的沙床消毒	225
第六節	小規模沙培裝置	226
第七節	沙培的優缺點	227
第八節	乾旱地區溫室沙培的操作與產量	228
第八章	沙礫培	231
第一節	沙礫培容器	231
第二節	培養基	235
第三節	播種與移植	237
第四節	間作	238
第五節	施肥	239
第六節	澆水	239
第七節	基質的消毒	240
第八節	植物生長的適溫和加溫方法	241
第九節	機械化	243
第十節	簡便的肥料配方	244
第九章	鋸末培	246
第一節	概述	246
第二節	基質	246
第三節	種植床	247
第四節	袋狀裝置	248
第五節	營養液分布系統	249
第六節	施用養分的方法	253

第七節	灌水與鹽分積結	255
第八節	小規模的鋸末培裝置	256
第九節	鋸末培的優缺點	256
第十章	其它無土栽培	258
第一節	概述	258
第二節	基質	258
第三節	筒培	266
第四節	泥炭坭	267
第五節	垂直栽培	268
第十一章	花卉栽培	271
第一節	香石竹	271
第二節	薔薇	272
第三節	仙客來	273
第四節	球根、球莖和根莖植物	274
第五節	馬蹄蓮、大岩桐、石刁柏	274
第六節	蕨類	275
第七節	非洲菊和其它觀賞植物	275
第十二章	蔬菜栽培	277
第一節	概述	277
第二節	植物種植的溫度	279
第三節	光照	279
第四節	移植	280
第五節	間距	280
第六節	施肥與灌水	281
第七節	二氧化碳的施用	281
第八節	植物的支持	283
第九節	打杈與整枝	284
第十節	授粉	287

第十一節	生理失常	288
第十二節	病害和蟲害	290
第十三節	水培蔬菜種植表	293
第十四節	種植結束	294
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	298
2.	磷酸銨簡易自製法	299
3.	EDTA 鐵（螯合鐵）和其他金屬螯合物	300
4.	微量元素儲備液的配製法	301
5.	營養液的配製和缺素試驗	30
6.	無土栽培常用分析測定法說明	306
7.	水和營養液中氯的測定法——滴定法	307
8.	水和營養液中氯的測定法	308
9.	水和營養液中鈣、鎂測定法——EDTA 容量法	310
10.	營養液中硝態氮的測定法——酚二磺酸法	312
11.	營養液中硝態氮的測定法——硝酸試粉法	313
12.	營養液中磷的測定法——磷鉬藍法	314
13.	植物體內磷的測定法——磷鉬藍法	315
14.	營養液中鉀的測定法——四苯硼鈉顯濁法	316
15.	植物體內鉀的測定法——鉀試紙法	317
16.	常用玻璃量器簡單介紹	319

# 第一章 概述

## 節一節 無土栽培的歷史

無土栽培又稱水培，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。明代陳巖有『豆芽賦』：「冰肌玉質，子不入于污泥，根不資於扶植。金芽寸長，珠莖雙粒；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）。

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



圖 1-1 風信子的水培

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。

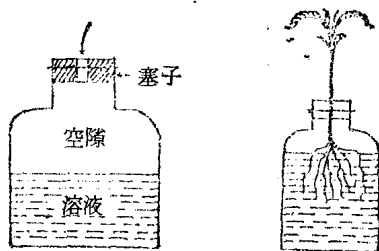


圖 1-2 水溶液培養

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、泥炭、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 ) 。

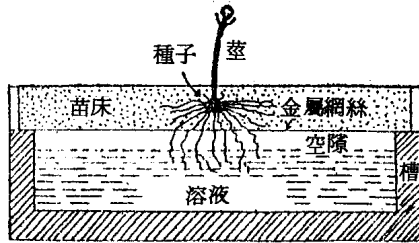


圖1-3 格里克的植物無土栽培

格里克水培的植物有甜菜、羅蔔、胡羅蔔、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。美國阿利桑那州的塔克森，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。

我國台灣省，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

### 1. 【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，產量就大為提高。

現在把國外土壤種植與無土栽培的幾種農作物的產是對比情況列表 1-1：

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
莖萵	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。

## 2. 【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