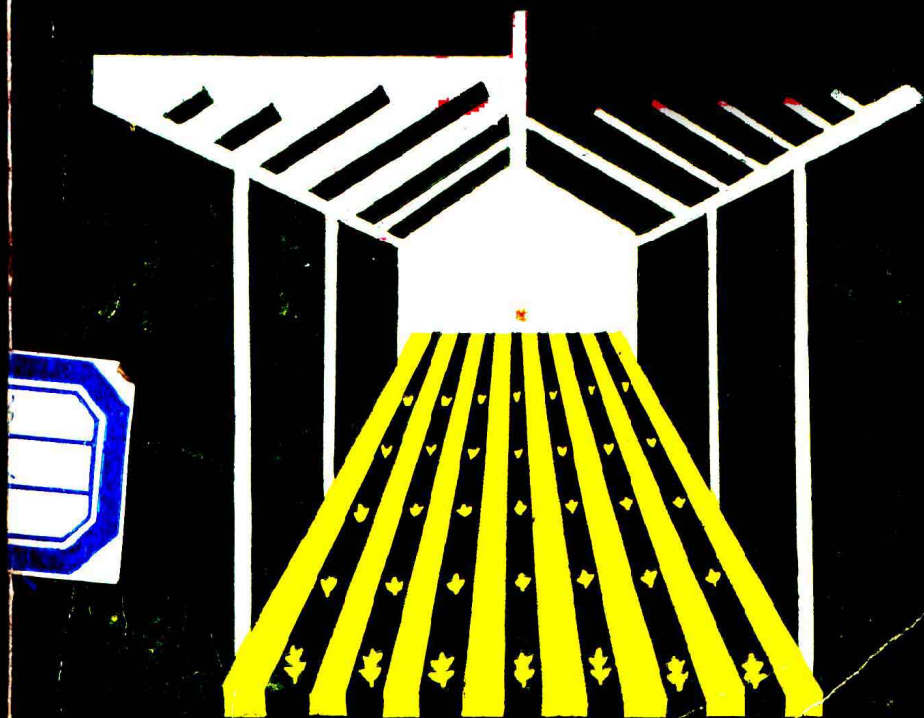


蔬菜花卉无土栽培技术

郑光华 汪 浩 李文田 编著



上海科学技术出版社

蔬菜花卉无土栽培技术

郑光华 汪浩 李文田 编著

内 容 简 介

无土栽培是农业技术的一场革命，它可以在一切不适宜于一般农业生产的地方进行作物生产。发达国家正在大力推广这种先进技术。本书主要介绍无土栽培的基本原理、应用设施，番茄、黄瓜、莴苣、草莓、西瓜、甜瓜、月季、香石竹、菊花及人参和西洋参等蔬菜、花卉和药材的实用栽培技术和方法。凡从事蔬菜、花卉等生产的专业户及农业院校师生均可参考备用。

蔬菜花卉无土栽培技术

郑光华 汪浩 李文田 编著

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 常熟文化印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 9.5 字数 209,000

1990年11月第1版 1990年11月第1次印刷

印数 1—8,000

ISBN 7-5323-2083-9/S·236

定价：4.60元

目 录

第一章 无土栽培发展概况.....	1
第一节 发展简史.....	1
第二节 无土栽培方法分类.....	3
第三节 无土栽培的应用前景.....	5
第四节 西欧北美无土栽培的发展.....	7
第五节 我国无土栽培的发展.....	9
第二章 无土栽培的生理基础.....	11
第一节 无土栽培与植物的生长发育.....	11
第二节 大量元素的生理作用.....	15
第三节 微量元素的生理作用.....	19
第三章 营养液与水质.....	23
第一节 试剂与化肥的应用.....	23
第二节 营养液的浓度表示法与计算.....	32
第三节 营养液配方与配制原则.....	44
第四节 营养液的电导度与酸碱度.....	58
第五节 营养液的调节与加氧措施.....	63
第六节 三种氮素形态对营养液的影响.....	67
第七节 无土栽培对水质的基本要求.....	71
第四章 无土栽培基质.....	80
第一节 基质的理化特性.....	80
第二节 岩棉基质和其他基质.....	88
第三节 基质的生态系统组成及其与作物生产的	

关系	95
第五章 水培	101
第一节 营养液供给系统的设计和设备	101
第二节 营养液加温和间歇供液	110
第三节 改良式营养液膜技术	113
第四节 喷雾栽培	121
第六章 岩棉栽培	124
第一节 岩棉栽培要求的水质和营养液	124
第二节 岩棉育苗和栽培定植	130
第三节 循环式岩棉栽培	136
第七章 其他基质栽培	138
第一节 槽培	138
第二节 袋培	143
第三节 滴灌系统的设计与安装	147
第八章 主要作物的无土栽培技术	155
第一节 无土育苗技术	155
第二节 黄瓜	163
第三节 番茄	167
第四节 莴苣	172
第五节 草莓	174
第六节 西瓜	177
第七节 甜瓜	180
第八节 月季	181
第九节 香石竹	185
第十节 菊花	187
第十一节 人参和西洋参	189
第九章 病虫害防治	192

第一节	根系病害	192
第二节	叶子病害	205
第三节	虫害	208
第十章	无土栽培的生理障碍	213
第一节	营养元素的缺乏与毒害	213
第二节	主要温室作物的营养失调症状	221
第三节	二氧化碳不足与增施二氧化碳的反应	235
第十一章	营养液和植株分析	244
第一节	营养液和植株分析的取样	244
第二节	营养液 pH 值和电导度的分析方法	247
第三节	主要营养元素的分析方法	250
第四节	植株分析方法	258
第十二章	生产成本与经济效益	264
第一节	无土栽培的类型与生产成本	265
第二节	发达国家无土栽培的进展	269
第三节	我国目前无土栽培的生产成本与发展前景	273
附录		278
一、	营养液配制常用元素的原子量	278
二、	配制液营养液使用的化肥	279
三、	化肥供给的主要元素及其百分含量	280
四、	硝酸与磷酸在配制营养液时的计算	281
五、	蔬菜组织营养水平	282
六、	蔬菜作物营养缺乏的诊断	288
七、	植物叶面喷肥的吸收量	289
八、	不同肥料在水中的溶解度	289
九、	营养液配方示例	290
参考文献		294

第一章 无土栽培发展概况

第一节 发展简史

人们在很久以前就尝试不用土壤种植作物。如我国南方的渔民用竹筏在水面种植蔬菜，也有人将风信子和大蒜瓣放在盛有水的容器中，靠其自身营养进行生长，伊拉克人建立了巴比伦空中花园，这些都是无土栽培的萌芽。1600年比利时科学家范霍尔蒙特进行的柳树试验，是近代植物营养研究的启蒙。十七世纪人们认为促进植物生长的营养物质是水，十八世纪末则认为是腐殖质，1838年德国科学家斯普兰格尔鉴定出植物生长需要15种营养元素。

1859~1869年德国科学家沙克斯和他的学生克诺普为了进行植物生理试验，将化学药品加入水中制成营养液，装在广口瓶中，瓶中留出一定的空间容纳空气，并将瓶塞打一小孔，把植株的根通过此孔插到营养液中，结果他们成功地在实验室中种出了植物（图1-1）。以后他们又研制了不同的营养液配方，对多种植物进行试验，均获得了成功。这种方法后来被称做水培法或营养液培法。直到今天，这种方法仍被广泛用于植物生理试验、营养试验和病理试验。他们的工作为现代无土栽培奠定了基础。

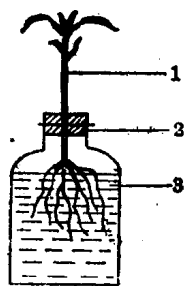


图 1-1 实验
室水培

1. 植株 2. 瓶塞
3. 营养液

但是这种实验室中的无土栽培能否用于作物的商品化生

产呢? 1929 年美国加利福尼亚大学格里克教授根据前人的研究结果, 用无土栽培成功地生产了番茄。他做了一只大木槽, 槽中盛一定量的营养液, 槽上铺一层金属网丝, 网丝上再铺 5~6 cm 厚的河沙, 然后将番茄定植在河沙上, 生长的根穿过网丝进入营养液中(图 1-2)。其中一株番茄长了 7.5m 高, 收获果实 14 kg。此后他又进一步试验, 在 9.2m² 的木槽中, 番茄生长了一年, 采收番茄果实 1000 kg。格里克是第一个将无土栽培用于商业化生产的人。1933 年, 他申请了一个“水培植物的施肥设备”专利。1935 年, 在他的指导下, 美国一些蔬菜和花卉种植者进行了较大规模的生产试验。他的成就引起了人们的注意, 当时美国各大报纸均以通栏标题报道了这一消息。但是当初这一技术还不成熟, 还不能与土壤种植相竞争。过了 10 年, 也即第二次世界大战末期, 这一技术由于军事的需要才得到了发展。当时盟军在太平洋关岛和中东的沙漠中用无土栽培生产蔬菜供应部队, 给军队的后勤保障起到了积极作用。战后这一技术便在北美、欧洲、中东和日本等国迅速发展起来。

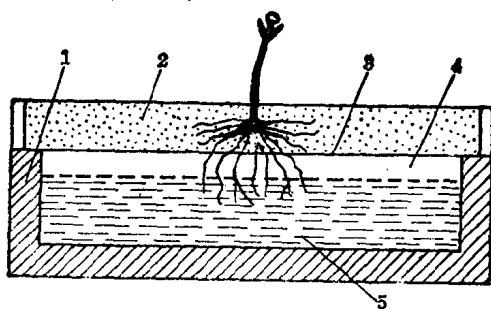


图 1-2 水培番茄根系生长

1. 栽培槽 2. 河沙 3. 金属网 4. 空气 5. 营养液

随着应用面积的扩大，无土栽培方法也在变化发展。1960~1965年间主要是固体基质探索期，这期间以采用麦秆、草炭、砂、蛭石、煤渣和锯沫等天然基质。1978年以后各国开始用营养液膜技术(亦称NFT)和岩棉栽培。而近年来岩棉栽培应用面积不断扩大，尤其是在荷兰和丹麦，岩棉栽培已成为无土栽培的主要方式。

为了加强各国无土栽培研究和应用的交流发展，1955年在荷兰成立了国际无土栽培工作组，1963年在意大利召开了第一届国际无土栽培会议，1969年在西班牙举行了第二次国际无土栽培会议，1973年在意大利西西里岛举行第三次会议，1976年又在西班牙拉帕尔马斯召开了第四次会议。经过20年的努力，无土栽培在世界各地广泛开展起来。1980年在荷兰举行的第五届国际无土栽培讨论会上，国际无土栽培工作组改为国际无土栽培学会(ISOSO)，并决定在澳大利亚成立一个分部。1984年又在荷兰召开了第六届国际无土栽培会议，会上宣读了67篇论文，其研究深度和应用范围达到了一个新的水平。最近一届国际无土栽培讨论会于1988年5月13~21日在荷兰召开。国际无土栽培学会为促进各国间无土栽培研究和学术交流以及应用发展做出了积极的贡献。

第二节 无土栽培方法分类

什么叫做无土栽培?按照世界各国的惯例，无土栽培是指不用天然土壤，而用营养液灌溉来栽培作物的方法。由于这种栽培的类型和方法很多，以致很难加以详细分类，现在只能按照其固定根系的方法，大体上分为无基质栽培和基质栽培两大类。

一、无基质栽培

无基质栽培即没有固定根系的基质，根系直接和营养液接触。它又可分为水培和喷雾培两大类。

1. 水培 营养液直接和植物根接触，不用基质的栽培方法叫做水培。水培的方法也有多种，以营养液膜法（亦称 NFT）应用较为普遍。这种方法是用 0.5 厘米左右的浅层营养液流过植物根系，流动的营养液层很浅，像一层水膜，因此称为营养液膜技术。

2. 喷雾栽培 简称雾培或气培，它是将营养液用喷雾的方法，直接喷到植物根系。

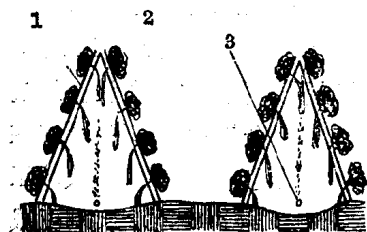


图 1-3 喷雾栽培

根系是悬挂在容器中的内部空间，通常是用聚丙烯泡沫塑料板，其上按一定距离钻孔，将植株根系伸入容器内部（图 1-3），在根系下方安装自动定时喷雾装置，每隔

2~3 分钟，喷营养液几秒钟，营养液可循环多次利用，这种方法可同时解决根系吸氧和吸收营养液的问题。

二、基质栽培

基质栽培是植物通过基质固定根系，并通过基质吸收营养液和氧的方法，称为基质栽培。基质栽培的类型和方法繁多，大体可分为有机基质和无机基质两大类，目前以采用无机基质作无土栽培的发展较快。

1. 有机基质 利用草炭、锯沫、树皮、稻草和稻壳等作基质，因其来源为有机物，故称为有机基质，其中以草炭的应用最广。其次是锯末。

2. 无机基质 主要是指以下几种类型，

- (1) 粒状基质：砂、陶粒等。
- (2) 合成化学基质：聚乙烯、聚丙烯、酚类树脂、尿醛泡沫塑料等。
- (3) 纤维基质：岩棉。
- (4) 其他基质：珍珠岩、蛭石等。

基质栽培的方法是将基质装入塑料袋或栽培床内，然后将植株定植在基质上，配置相应的营养液灌溉系统。

第三节 无土栽培的应用前景

无土栽培与土壤栽培相比有以下优点：

(1) 能实现作物的早熟高产：番茄无土栽培早熟7~10天，产量提高0.5~1倍。

(2) 能充分利用栽培空间：番茄、生菜等可实现立体多层次栽培，在相同的土地平面上，获得更高的产量。

(3) 能生产无污染的优质蔬菜：大城市近郊的蔬菜生产，由于受到城市废水和废气等的污染，使蔬菜产品的质量大受影响，对于人们的健康不利，而无土栽培则隔绝了土壤受污染而给蔬菜生产带来的危害。

(4) 省工、省水：由于无土栽培无需中耕除草，且营养液灌溉又是机械或自动控制，所以大大改善了劳动条件，节省了劳动力。无土栽培比土壤栽培节省用水50~70%。

(5) 避免土壤病虫害传播：由于无土栽培基质每种一茬都更换或进行消毒处理，所以基质不带危害作物的病虫害。而土壤栽培由于连作障碍，使作物产量因病虫危害而受影响，采用蒸气进行大面积的土壤消毒，又要耗费大量能源，使生产成本提高。故无土栽培是解决连作障碍的有效途径。

(6) 能充分利用土地：无土栽培可不受地区条件限制，

在不适宜于农业耕作的盐碱地、沙漠、戈壁、荒山岛屿等均可种植作物。利用这一方法,可使矿山、油田、边防、海岛的蔬菜生产供应得到改善。

(7) 利用无土栽培可开展城市高层平面屋顶花园建设,充分美化生活环境;由于无土栽培基质较轻,搬运方便,所以可在平面屋顶上开展绿化工作,使城市居民在工作之余或退休之后有更多的活动场所,种花栽草,增加生活情趣。

(8) 宇宙航行上的应用;无土栽培的应用范围虽然很广,但目前主要应用在温室蔬菜和花卉生产上。随着航天技术的发展,美国、苏联西欧等国已将无土栽培技术引入航天技术研究之中,例如美国航天航空局投资上亿美元进行的一种称之为“空间生活维持系统”的研究,就是想在宇航飞行器中通过无土栽培的方法,利用宇航员自身的排泄物来生产蔬菜等食物,使物质达到循环利用,以解决因宇航器长时间飞行而携带食物太多的问题。

我国人多地少,现有耕地 100 万平方公里,占全国面积的 10.4%。许多重要工业基地、石油基地都地处边远地区,土地贫瘠、盐碱,或者沙漠化,根本不适宜于用一般的农业耕作技术来生产食物,特别是蔬菜,体积大、含水量多,不适于长途运输,就需要有特殊的技术进行生产,无土栽培则是最好的办法。

城市和工矿企业附近,首先应保证蔬菜供应,需要发展蔬菜生产。而目前我国有 60% 城市淡水供应不足,其中用水最多的首推农业生产,无土栽培则可比土壤栽培节水 50~70%。

我国目前有 2000 多公顷的加温温室,同时还有 2.3 万公顷的塑料温室,由于连年种植,土传病害已无法解决,发展无

土栽培则可减少病害和农药污染。因此无土栽培具有广阔发展前景。

第四节 西欧北美无土栽培的发展

西欧、北美等国近代无土栽培是随着化工、电子等工业技术的提高而发展的。最先将无土栽培用于蔬菜和花卉商业性生产的美国，在无土栽培发展初期，主要是利用砂砾、草炭、火山灰、锯末、谷壳等自然基质，栽培方式也多采用栽培床或槽填充基质，用下方渗灌法供给营养液(图1-4)。这种栽培方法简单易行，当时有不少种植者采用这一方法来生产番茄等蔬菜。

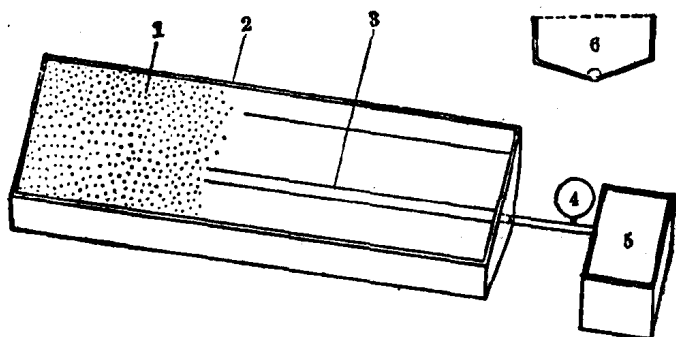


图 1-4 下方渗灌水培系统示意

1. 基质 2. 栽培床 3. 灌溉管 4. 泵 5. 营养液罐
6. 栽培床剖面

另一种初期发展的无土栽培方法就是在地上挖一定大小的沟，在沟中做成栽培床，床中填满基质，将基质与土壤隔离开来，最后安装上滴灌装置，使营养液滴灌到栽培床中，这种方法在温室蔬菜生产者中也应用较广。

在加拿大的渥太华地区，由于当地盛产树木，所以锯末栽

培发展较快。种植者将锯末装在塑料袋或塑料桶中,以滴灌方式输送营养液。当时滴灌的控制技术已得到提高,人们开始采用计时器等来控制营养液的滴灌时间和滴灌次数,后来又进一步发展到在滴灌输送系统中安装基质湿度传感器、营养液酸碱度传感器和盐度传感器等以自动控制营养液的供应,使作物在最佳的营养环境中生长发育。

在英国,一位名叫库柏(Cooper)的人发明了著名的 NFT 即营养液膜技术,把无土栽培技术推向新的发展阶段,由于这一技术使植物的根系完全脱离了固体基质,故被称之为纯的“水培”方法。营养液膜技术问世后,各国无土栽培研究者和生产者竞相采纳,并将此技术加以改进提高,出现了完全自动化控制的无土栽培。例如,在英国北部的坎伯来斯福尔斯,有一个面积为 8 万 m^2 的水培温室,采用自动化控制温室环境和营养液的供应来生产番茄,年产番茄 220 万 kg。虽然这一技术有它的先进之处,但在推广应用中也反映出不少问题,这主要表现在两个方面,一方面,由于植物根系需要生活在循环流动营养液中,以确保根系对氧的需求,而循环流动营养液要有动力泵来驱动,所以一出现停电或动力泵故障、营养液停止循环流动,就会造成根系供液不足,而使作物受到危害。另一方面,从防止病虫害传播的角度方面考虑,一旦某一植株有了病虫害,循环流动的营养液就会将此病虫害迅速传播到所有植株,使全部植株感染上病虫害。再者,营养液膜技术要求高,一般未经过培训的人难以掌握。为此,营养液膜技术在 70 年代盛行一时后,近年应用面积逐渐下降,取而代之的是一种被称为岩棉栽培的新技术。

70 年代末和 80 年代初,丹麦、荷兰和瑞典等国的园艺工作者试用岩棉来种植蔬菜和花卉,并获得了成功。由于岩棉

是一种建筑材料,来源广,重量轻,易搬运,尤其是它可根据不同栽培作物的需要,加工切割成各种规格尺寸的岩棉块,所以近年推广应用面积逐年增加,以荷兰为例,1978年岩棉栽培应用面积为25公顷,1980年达到80公顷,到1982年底,迅速扩大到500多公顷。可见岩棉栽培的发展之迅速,是其他无土栽培方法无法相比的。

根据1981年的统计,当时西欧国家无土栽培面积占温室总面积的百分比还是低的。

近几年来,无土栽培发展很快,尤其以荷兰和西欧各国最为突出。如荷兰的蔬菜无土栽培温室,到1986年止已发展到3200多公顷,法国1987年已发展到400公顷。

第五节 我国无土栽培的发展

我国无土栽培的研究和应用起步较晚,目前仍处于研究开发阶段,实际应用于生产的面积很小。早在第二次世界大战期间,有关无土栽培的知识已传入我国,但限于当时的社会条件和经济条件,还没有人对这项实用新兴技术感兴趣。当时只是美军驻南京的空军单位进行着小规模的莴苣和小萝卜等栽培,用于解决军队特需,以后美军撤退,便没有人继续问津。到了六、七十年代,北京林业大学土壤学教授马太和先生对无土栽培作了详细的和系统的介绍,同时,一些科研单位和大学开始开展无土栽培研究。

山东农业大学是我国进行无土栽培研究最早的单位之一。他们最初用西瓜进行试验,其无土栽培方法综合了基质栽培与水培的优点,他们的方法是,将基质分为基质与流动营养液两部分,以蛭石为主的基质铺在铁丝网上,网下部分是流动的营养液层,基质与流动液层之间是空气,植株的根定植于

基质上，然后随着植株的生长，根通过铁丝网进入流动液层中，这样既解决了根的固定问题，又解决了根吸收营养和氧气的问题。他们用这种方法成功地栽培了西瓜。以后又在黄瓜、番茄、小萝卜、韭菜等作物上用不同的栽培方法进行了试验，取得了令人满意的效果。从1984年起，山东农业大学在胜利油田开始推广番茄多层无土栽培技术，几年的应用实践结果表明，无土栽培的产量和产值分别比土壤栽培提高199%和184%，充分显示了番茄无土栽培新技术在提高单位面积生产能力方面比土壤栽培存在着的绝对优势。到1987年，山东农业大学开发的胜利油田盐碱土地区无土栽培面积已超过7000m²，取得了巨大的经济和社会效益。

在这种形势下，天津、石家庄、北京、南京和武汉等地的一些单位也开始了无土栽培研究，其方法多为草炭、蛭石和砂等基质栽培以及NFT水培，有些单位还开展了无土育苗的研究。估计全国无土栽培总面积为5公顷左右。虽然目前已有20多个省市在开展这一研究，但总的来看，尚处于试验阶段，尚未形成规模经营。为了加速无土栽培在我国的研究和发展，有利于无土栽培学术交流，1986年在北京召开了我国第一次无土栽培学术讨论会，1987年9月在北京召开了第二次学术讨论会，1989年12月又在鞍山召开了第三次学术讨论会，从而使这项新技术的研究利用在短短的几年间迅速扩大。1986年，经有关专家学者论证，无土栽培技术研究正式列入农业部“七五”期间重点攻关科研项目。

无土栽培在我国有着巨大的发展潜力和广阔的应用前景。

第二章 无土栽培的生理基础

第一节 无土栽培与植物的生长发育

植物营养直接关系到植株个体生长发育的好坏，而农作物的高产稳产也是建立在良好的营养供给基础之上的。植物生长发育所需的各种营养元素来自于两部分，一部分来自于大气和水，例如碳、氢和氧，另一部分来自土壤，例如氮、磷、钾、硫、钙和镁等。对于农作物来说，仅靠土壤本身所含营养元素的数量来供给作物生长发育之需是不够的，还必需人为地对土壤追施肥料，才能使作物正常生长发育并取得高产。所以施肥就成为农业生产中的重要问题，但是土壤肥脊不一，影响土壤营养供给的因素多种多样，错综复杂，使人们很难做到通过控制土壤肥力来控制农作物的生长发育，从而达到最经济地利用土壤和肥料取得作物最高产量的目的。

无土栽培是脱离了天然土壤营养环境条件下的人工控制营养液栽培，作物在生长发育各个阶段对营养元素种类和数量的需要，都可人为地加以控制，这样就可以达到既满足作物各生长发育阶段对营养元素的需求，又使肥料得到最经济利用的目的。但是要做到人为地控制作物生长发育，就首先必需了解作物生长发育所必需的各种营养元素，了解这些营养元素在植物体内的生理作用，然后根据这些要求制定出合理的营养液配方。

根据植物生理学家们一百多年来的研究。认为植物体中含有近 60 种不同的元素，然而其中大部分元素并不是植物生