

*M*

# 花卉无土栽培

*huahui Wutu Zaipei*

韦三立 著

中国林业出版社

# 花卉无土栽培

Huahui Wutu Zaipei

韦三立 著

中国林业出版社

## 内容简介

本书介绍了无土栽培技术在现代花卉生产中的意义、优点,并介绍了无土栽培的机理、类型,此外,还介绍了花卉的无土栽培管理方法。本书行文简洁,实用性强,可以作为花卉生产者、大专院校学生的参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

花卉无土栽培/韦三立著.

-北京:中国林业出版社,2000.8

ISBN 7-5038-2637-1

I.花… II.韦… III.花卉-无土栽培 IV.S680.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第42060号

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

E-mail: cfphz@public. bta. net. cn 电话 6618.4477

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京昌平百善印刷厂

版次 2001年1月第1版

印次 2001年1月第1次

开本 787mm×960mm 1/16

印张 11.125

字数 200千字

印数 1~5000册

定价 18.00元

# 前 言

经植物生理学家几十年的不懈努力，现已证实了无土栽培技术用于植物栽培、研究的巨大潜力。目前，此项技术在国内外农业生产上已经开始推广应用，并且取得了显著的经济、社会效益。花卉作物采用无土栽培技术种植，可以起到提高产量、增进品质、减少土传病害、净化栽培环境的效果。同时，亦能扩大花卉的栽培范围。例如，在寒冷的极地、荒凉的沙漠、造价昂贵的宇宙空间站里难以使用土壤，只有借助无土栽培技术才能种花养草，从而为这些不毛之地带来姹紫嫣红、鹅黄嫩绿！

花卉是现代都市人生活中的一个重要组成部分，它不仅能够用来装点环境，而且也可以净化生活空间，因为很多花卉能够吸收空气中的有害气体，吸附空气中的悬浮颗粒。然而，传统的花卉栽培由于必须使用土壤作为栽培基质，同时需要施用大量的有机肥料，因此往往会对环境造成一定程度的污染，长期以来如何解决上述问题一直为很多花卉栽培者所关心。令人欣慰的是，经过研究人员的不懈努力，现在无土栽培技术日臻成熟，从而为应用于花卉栽培提供了可靠的技术保证。

无土栽培技术应用于花卉生产，国外早已进入了商品化阶段，而国内在此方面的工作才刚刚起步，因此尚有许多问题需要解决，譬如，在操作过程中所用的盆器、营养液有何特点；哪些类型的花卉适合进行无土栽培等等均限制着这项技术的实施。鉴于目前我国没有关于花卉无土栽培的专著，故希望本书的出版，能为读者提供一些参考借鉴。

为了进一步普及花卉无土栽培技术，我曾在1992~1993年间于北京农业大学所举办的七届全国花卉新技术培训班上讲授过这门课程，本书的蓝本就是该课程讲义，并参考我的博士学位论文予以补充完善的。

由于水平有限，下笔仓促，本书中的疏漏错误之处在所难免，恳请各位读者不吝赐教，谢谢！

韦三立

1999年9月于北京

AKM 31/15 04

# 目 录

## 前 言

绪 论 .....	(1)
-----------	-----

第一章 花卉矿质营养 .....	(5)
------------------	-----

第一节 植物的化学组成 .....	(5)	第三节 微量元素生理功能 .....	(12)
1. 植物的元素组成 .....	(6)	1. 铁 .....	(12)
2. 植物的有机成分 .....	(7)	2. 锰 .....	(12)
第二节 大量元素生理功能 .....	(7)	3. 铜 .....	(13)
1. 碳 .....	(7)	4. 锌 .....	(13)
2. 氢 .....	(8)	5. 硼 .....	(13)
3. 氧 .....	(8)	6. 铝 .....	(14)
4. 氮 .....	(9)	7. 镍 .....	(14)
5. 磷 .....	(9)	8. 氯 .....	(15)
6. 钾 .....	(10)	第四节 营养盐 .....	(15)
7. 钙 .....	(10)	1. 营养盐的种类 .....	(15)
8. 镁 .....	(11)	2. 营养盐的保存 .....	(18)
9. 硫 .....	(11)	3. 营养盐的制备 .....	(19)

第二章 植物根系作用 .....	(24)
------------------	------

第一节 根的功能 .....	(24)	第三节 根的生长 .....	(27)
1. 基本功能 .....	(24)	1. 伸长生长 .....	(27)
2. 特殊功能 .....	(25)	2. 加粗生长 .....	(29)
第二节 根系的组成 .....	(26)	第四节 根的物质吸收 .....	(30)
1. 直根系 .....	(26)	1. 水分吸收 .....	(31)
2. 须根系 .....	(27)	2. 离子吸收 .....	(32)

第三章 无土栽培类型 .....	(35)
------------------	------

第一节 根据基质种类分类 .....	(35)	2. 无机基质 .....	(38)
1. 有机基质 .....	(35)	第二节 根据营养液循环分类 .....	(41)

1. 开路系统 .....	(41)	1. 单一式 .....	(42)
2. 闭路系统 .....	(41)	2. 简易式 .....	(42)
第三节 根据栽培设施分类 .....	(41)	3. 综合式 .....	(43)
<b>第四章 无土栽培的器材管理 .....</b>	<b>(46)</b>		
第一节 栽培设备 .....	(46)	4. 液膜系统 .....	(50)
1. 育苗容器 .....	(46)	第三节 栽培基质 .....	(51)
2. 栽培容器 .....	(47)	1. 栽培基质的性质 .....	(51)
3. 育苗床 .....	(48)	2. 栽培基质的使用 .....	(53)
4. 栽培床 .....	(48)	3. 栽培基质的再生 .....	(54)
第二节 供液系统 .....	(49)	第四节 营养液 .....	(55)
1. 人工系统 .....	(49)	1. 营养液的要求 .....	(55)
2. 滴灌系统 .....	(50)	2. 营养液的配制 .....	(61)
3. 喷雾系统 .....	(50)	3. 营养液的监控 .....	(67)
<b>第五章 花卉砂培 .....</b>	<b>(70)</b>		
第一节 花卉的砂培特点 .....	(70)	11. 柳叶草 .....	(79)
1. 花卉的砂培基质特点 .....	(70)	12. 绿 萝 .....	(80)
2. 花卉的砂培管理特点 .....	(70)	13. 苹果草 .....	(80)
第二节 花卉的砂培技术 .....	(71)	14. 萍蓬莲 .....	(81)
1. 宝塔草 .....	(71)	15. 琴叶喜林芋 .....	(82)
2. 荸 荠 .....	(72)	16. 瑞典常春藤 .....	(83)
3. 草 蓣 .....	(73)	17. 肾 蕨 .....	(83)
4. 慈 姑 .....	(73)	18. 睡 莲 .....	(84)
5. 富贵竹 .....	(74)	19. 天门冬 .....	(85)
6. 荷 花 .....	(75)	20. 铁皇冠 .....	(86)
7. 红松尾 .....	(76)	21. 网 草 .....	(87)
8. 金鱼藻 .....	(76)	22. 虾 藻 .....	(87)
9. 菩 草 .....	(77)	23. 小圆叶 .....	(88)
10. 蓝壶花 .....	(78)	24. 泽 泻 .....	(89)
<b>第六章 花卉砾培 .....</b>	<b>(91)</b>		
第一节 花卉的砾培特点 .....	(91)	3. 风信子 .....	(94)
1. 花卉的砾培基质特点 .....	(91)	4. 扶 桑 .....	(95)
2. 花卉的砾培管理特点 .....	(92)	5. 旱伞草 .....	(96)
第二节 花卉的砾培技术 .....	(92)	6. 鹤望兰 .....	(96)
1. 玻璃皇冠草 .....	(93)	7. 虎皮三角掌 .....	(97)
2. 彩叶草 .....	(93)	8. 花脸草 .....	(98)

9. 花叶芋 .....	(99)	17. 文 竹 .....	(105)
10. 皇冠草 .....	(100)	18. 香蕉草 .....	(106)
11. 黄金盏 .....	(100)	19. 香 蒲 .....	(107)
12. 喇叭水仙 .....	(101)	20. 象耳草 .....	(108)
13. 琵琶草 .....	(102)	21. 一叶兰 .....	(109)
14. 水 葱 .....	(103)	22. 郁金香 .....	(110)
15. 铁线蕨 .....	(104)	23. 中国水仙 .....	(111)
16. 万年青 .....	(105)	24. 朱顶红 .....	(111)

**第七章 花卉陶粒培 .....** (113)

第一节 花卉的陶粒培特点 .....	(113)	11. 虎皮掌 .....	(122)
1. 花卉的陶粒培基质特点 .....	(113)	12. 花叶万年青 .....	(122)
2. 花卉的陶粒培管理特点 .....	(113)	13. 吉祥草 .....	(123)
第二节 花卉的陶粒培技术 .....	(114)	14. 咖 啡 .....	(124)
1. 八角金盘 .....	(114)	15. 马拉巴栗 .....	(125)
2. 巴西木 .....	(115)	16. 蒲 葵 .....	(125)
3. 常春藤 .....	(115)	17. 麒麟尾 .....	(126)
4. 春 羽 .....	(116)	18. 散尾葵 .....	(127)
5. 鹅掌柴 .....	(117)	19. 橡皮树 .....	(128)
6. 龟背竹 .....	(118)	20. 袖珍椰子 .....	(128)
7. 合果芋 .....	(118)	21. 银星秋海棠 .....	(129)
8. 黑叶芋 .....	(119)	22. 鱼尾葵 .....	(130)
9. 红宝石喜林芋 .....	(120)	23. 紫鹅绒 .....	(131)
10. 蝴蝶兰 .....	(121)	24. 棕 竹 .....	(131)

**第八章 花卉腐叶培 .....** (133)

第一节 花卉的腐叶培特点 .....	(133)	10. 凤尾蕨 .....	(141)
1. 花卉的腐叶培基质特点 .....	(133)	11. 贯 众 .....	(142)
2. 花卉的腐叶培管理特点 .....	(134)	12. 旱金莲 .....	(143)
第二节 花卉的腐叶培管理 .....	(134)	13. 君子兰 .....	(144)
1. 八仙花 .....	(134)	14. 菊 花 .....	(145)
2. 白网纹草 .....	(135)	15. 孔雀竹芋 .....	(146)
3. 蝴蝶蕨 .....	(136)	16. 冷水花 .....	(146)
4. 波士顿蕨 .....	(137)	17. 马蹄莲 .....	(147)
5. 大岩桐 .....	(137)	18. 鸟巢蕨 .....	(148)
6. 倒挂金钟 .....	(138)	19. 三色堇 .....	(149)
7. 吊 兰 .....	(139)	20. 苏 铁 .....	(150)
8. 非洲堇 .....	(140)	21. 天竺葵 .....	(150)
9. 非洲菊 .....	(141)	22. 铁十字秋海棠 .....	(151)

23. 万寿菊 .....	(152)	26. 樱桃番茄 .....	(155)
24. 西瓜皮椒草 .....	(153)	27. 圆盖阴石蕨 .....	(155)
25. 仙客来 .....	(154)	28. 月季 .....	(156)
附录 重要名词解释 .....	(158)		
参考文献 .....	(165)		
花卉学名索引 .....	(166)		
花卉中名索引 .....	(168)		



## 绪 论

无土栽培的实用价值目前已经得到了世界各国的普遍承认，这项技术的发展最终还是要归功于近代植物生理学。在此之前，有关植物“生长要素”的假说妨碍了人们对植物仅需要矿质营养就能生长的本质之认识。

荷兰化学家 Van Helmont 曾认为，水是使植物生长的惟一养料。在 1868 年，他栽种了一棵 5 磅重的柳树，又用雨水进行浇灌，在经过五年后的管理，这株柳树重达 169 磅又 3 盎司，而所用土壤的重量仅减轻了 2 盎司左右。根据这个试验 Van Helmont 提出了“水说”的理论。几年之后，Glauber 又提出了硝是植物生长要素的假说，Mayow 所做的试验支持了其论点。他在一年中的不同时期里，测定了土壤中的硝含量后认为，当春季植物刚刚开始生长时，土壤中的硝含量最高，但是当植物进入生长旺盛阶段后，土壤中就找不到硝。1999 年，Woodward 根据 Van Helmont 等人的试验，使用不同来源的水对薄荷进行栽培，结果表明，雨水、海德公园沟渠水、泰晤士河河水等处理所栽种出来的薄荷重量与消耗水分重量的比值并不一致。因此他认为，植物决不是水形成的，而是由一些特殊的物质所构成的，据此 Woodward 提出了土是植物生长要素的假说，即土说。在 19 世纪中叶，Thear 又提出了占统治地位的腐殖质学说，该学说认为，植物生长所需的营养来自土壤的有机质。

直到 1840 年，德国化学家 Liebig 创立了矿质营养理论，从根本上否定了腐殖质营养理论。据 1859~1865 年，德国植物生理学家 Hachs 和 Knop 所做的水培试验表明，除碳、氢、氧、氮、硫之外，钾、钙、铁、镁、磷也是植物生长的必需元素。1935 年，Hoagland 等人发现了微量元素对植物生长的重要作用，并解决了无土栽培营养液的构成、浓度、铁的补充及根部供氧等问题。此后，无土栽培技术的理论研究逐步得以完善。很多用于不同种植物营养液配方陆续被研究出来，为这项技术的实际应用奠定了良好的基础。

为了将无土栽培技术用于实际生产，1829 年，美国加利福尼亚大学植物生理学教授 Gericke 用番茄进行了试验，他所栽种的番茄高度达到了 7.5m，所收获的果实重量达到了 14kg，这项技术使人们对无土栽培的实用

价值有了初步的认识。1936年,他又与 Travernetti 用  $9.5\text{m}^2$  的栽培槽继续试验,获得了年产番茄果实  $1\ 000\text{kg}$  的栽培结果,证实了无土栽培在以后的潜在应用价值。

无土栽培技术于 1938 年开始进入实用阶段,当时美国人主要利用此项技术栽培花卉、蔬菜等作物。第二次世界大战期间,美国为了给作战人员供应新鲜蔬菜,开始采用无土栽培技术。于 1945~1946 年间,先后在阿森松、硫磺岛、阿特金森建立了三个无土栽培基地,接着又在日本的大津市和调布市建立了面积为  $31\text{hm}^2$  的无土栽培设施。1945 年,英国在伊拉克的巴林群岛油田和哈巴尼亚空军基地进行无土栽培生产,以解决油田及空军工作人员的蔬菜供应问题。日本于 1947 年自美国引进了无土栽培技术,但是其本国的无土栽培研究始于 50 年代后期。由于清除残根等问题难以解决,使这项技术最终未能普及。在 60 年代经济高速增长期,由于农业劳力的短缺,水培设施的发展促使了日本无土栽培技术的迅速崛起。但是 1973 年的石油危机,又使这项产业严重受挫,直至 80 年代从欧洲引进了营养膜技术及岩棉栽培技术,才进入了发展的第三次高潮。1984 年,日本无土栽培的面积已达  $400\text{hm}^2$ 。1963 年,苏联在莫斯科的温室农场进行了  $200\text{m}^2$  的试验性无土栽培生产,尔后又又在基辅等地推广至 1978 年水培面积已达  $65\text{hm}^2$ 。1973 年,东德的无土栽培面积达  $20\text{hm}^2$ ,这些进展也依赖于英国人 Allen Cooper 于 1965 年所研究成功的营养膜技术。它的出现大大地推动了各国无土栽培技术的实用化。此后不久,英国采用营养膜技术在 1984 年时无土栽培面积已达  $110.2\text{hm}^2$ ,而法国这时的无土栽培面积约为  $405\text{hm}^2$ 。美国由于气候条件好、土地肥沃,因此对投资较大的无土栽培技术兴趣不高,当时其无土栽培面积仅有  $13.3\text{hm}^2$  左右,而荷兰的无土栽培技术相当发达,据统计,1985 年,其无土栽培面积已达  $2\ 200\text{hm}^2$ 。

我国的无土栽培应用时间久远,其范围最广的莫过于民间用清水浸泡蒜瓣来生产蒜苗,及用清水浸栽中国水仙以进行观赏的栽培形式,但是对无土栽培的基础理论和实际应用研究起步较晚。在 20 世纪 70 年代,首先在水稻、蔬菜作物的无土育苗等方面进行了研究与推广。在 20 世纪 80 年代初,开始了无土栽培蔬菜的研究,当时我国的山东省是无土栽培最广的省份。据统计,1988 年初,济南、淄博等市及胜利油田总计的无土栽培面积已超过  $14\ 000\text{m}^2$ 。

我国台湾省 1969 年开始砾培的研究,当时龙潭高级职校接受了教育厅、农复会、台肥公司的资助与大生行有限公司合作经营砾耕农场所栽培的作物有大葱、番茄、莴苣、蕹菜等,其产品质量优于土耕蔬菜。80 年代,台中

农业改良场与中央大学土壤学系在农复会的支持下，着手进行立体无土栽培的研究，使台湾省的无土栽培水平又向前迈了一步。

虽然在 100 多年前，植物生理学家就已经证实，如果能够满足植物矿质元素的需要，即使不用土壤而仅靠营养液也能使植物正常生长，但是无土栽培的真正发展，乃是近 40 年来的事，尤其是近 20 几年来发展最快。无土栽培之所以成为继“绿色革命”之后的一次具高度挑战性的新课题，与其所具有的优点有着密切的联系，和土耕相比无土栽培的优点很多。

利用无土栽培种植的作物产量高，超过土耕数倍的现象十分常见。例如用无土栽培的西瓜要比土耕栽培的西瓜每亩增产约 2 000kg。类似情况在很多作物上都有表现。由于栽培环境的改善，在无土栽培时用水量要比土耕减少 70% 左右，每平方米用水量仅为 5 000kg。由于不用土壤时，各种土传病害的发病率大为减少。此外，无土栽培植物的长势较旺，其抗病力有所增强，从而使罹病现象相对减少。无土栽培简化了除草、浇水、施肥等操作，同时免除了翻地、做畦等田间劳动，节省了大量人力。无土栽培由于不使用土壤，其实施地点也有着更大的选择性。例如在楼顶、阳台、沙漠、极地，甚至在太空中也能进行操作，使栽培植物的空间更为广泛。21 世纪的农业发展方向之一，即实现所谓的“植物工厂”。无土栽培简化了生产作物的程序，在设备材料标准化、操作管理自动化的前提下，有助于作物的集约化生产。只有采用无土栽培方法，才有可能更精确地对植物进行研究。例如，测量植物的需水量可以使用水培，当计算出溶液中水分的损失量就能够推算出植物通过蒸腾作用所消耗的水分。了解植物生长与水分亏缺的关系，可以采用砾培的方法，因为砾石的持水力低，一经缺水很快就能在植物体上有所反应。如探索植物对矿质元素的吸收、转运等，亦离不开无土栽培。氮、磷、钾、钙、镁及各种微量元素，对植物生长的重要作用亦是通过对无土栽培才发现的。利用无土栽培也能研究砷、汞、铬、镉、铅等元素对植物造成伤害的浓度，采用无土栽培有助于研究温度变化对植物生长的影响，借此来研究最高、最低、最适温度对植物茎、叶、花生长的影响。由于被研究植物的根系很容易从营养液中取出，而其形态、长度、鲜重、干重、生长量、矿质营养及有机物的分析，结果会更为全面可靠，因此无土栽培方法对现代植物生理学研究来说，是一种必不可少的实验手段。

无土栽培技术的实施需要一定的投资、设备及具有相当水平的技术人员，因此无土栽培实际应用的最大障碍是投资和技术上的问题。据日本有关人士统计，每一亩无土栽培的基本建设费用需 400~1 000 万日元，其中尚不包括温室建设等成本。以蔬菜生产为例，其产品倘若要在淡季时供应，则还

要增加贮存的费用，因此收回投入的资金需要3~5年的时间。另外，售价的降低、销量的减少也会直接影响到生产成本的高低。对于我国这样经济基础较为薄弱的国家来说，在具体采用这项技术时，则要考虑它的成本问题，从而减少实施单位或个人在经济上所冒的风险。无土栽培是现代农业的产物，它的使用要求有一批知识-技能型的人才，此要求在很大程度上限制了无土栽培的应用与普及。然而，随着传统观念的转变，对教育投入的增加，这种状况不难扭转。

自矿质学说建立以来，人们对植物生长发育与营养元素关系的认识有了长足的发展，研究者凭借无土栽培技术与示踪元素的应用可以更深入地研究植物对矿质营养的吸收、运输和利用，从而为现代作物的生产打下坚实的理论基础。无土栽培技术的实施是花卉生产的突破性成果，它具有许多优点，能够适合花卉的大、中、小规模栽培，并使花卉的栽种范围覆盖面更为广阔。经采用无土栽培种植后，不仅有助于花卉的工厂化生产，而且能够更好地调控花卉的生长与发育。这样不仅有利于基础理论的研究，也能够很好地调控花卉的生长。使用实践表明，它的实施不仅具有很高的经济效益，也会具有颇佳的社会效益。无土栽培产品是绿色植物与科学技术的完美结合，它一览无余地表现出人类征服自然、改造自然的魅力。21世纪将是花卉产业高度发展的时代，届时，花卉生产将朝着工厂化的方向大步迈进。

## 第一章

# 花卉矿质营养

由于像钾等营养元素最早是以矿物质的形式作为肥料使用的，因此习惯上将它们称为矿质营养。为了保证花卉的正常生长，矿质营养所起的作用极其重要，因为只有它们在它们的存在下植株才能进行自身的各种代谢活动。

为了保证花卉的正常生长发育，必须为它们的栽培环境中补充各种营养物质，此过程也就是通常所说的施肥。其中的营养元素主要以水溶液的形式通过植物的根系来进行吸收的。此外，植物的叶片也能够从空气中吸收利用必不可少的气体物质——二氧化碳。植物在吸收利用营养物质遵循着一定的规律，在花卉栽培中，只有按照这些规律来调控营养物质的施用，才能获得最佳的栽培效果。

影响花卉营养物质吸收的因素很多，但总的来说植物类型、生长状况、肥料种类等的影响较为明显。在实际栽培中，必须根据所种植的花卉的具体情况制定出相应的施肥方案，只有这样才能确保获得优质产品。

### 第一节 植物的化学组成

花卉除了利用二氧化碳及水分进行光合作用生产碳水化合物之外，还必须依靠其他矿质营养才能完成整个植株的生长发育。花卉作物体内一般含有70%~90%以上的水分与10%~30%的干物质。将其煅烧后所残留的物质称为灰分，其重量约占干物质重量的5%左右。在灰分中含有钾、钠、钙、镁、铝、锌、铁等金属元素，亦含有磷、硫、硅、硼、硒、氯等非金属元素，通常将这些元素称为灰分元素。

有些元素对植物生长有作用，但不是必需的元素，或只对某些植物种在特定的条件下是必需的元素，通常被称为有益元素。例如钴、硅、钠等都是有益元素。例如，1960年科学家证实，豆科植物在根瘤固氮时需要钴。由于硅在地壳中的含量位居第二，因此很难说它对植物的生长没有作用。钠在50~100mol的浓度下，对大多数作物的生长是有害的，但对所有的植物来

说，它们对钠的需求与是否具有较大的选择性。由于生物圈中含有大量的硅，因此其是否为高等植物的微量元素难以证明。Werner 与 Roth 在 1983 年证明，即使是高纯度的水中也含有  $2 \times 10^{-5}$  mol 的硅。

人们对植物吸收养分的认识，经历了土说、水说等历程。1939 年，Arnon 与 Stout 进行了精密的无土栽培试验后，得出了植物在营养液中照样可以正常生长的结论。根据国际植物营养学会的规定，某种元素是否为植物必需元素，应该同时具备以下三个条件：

①若缺乏这种元素，植物体就不能完成其生长发育全过程。

②这种元素的缺乏症状不能被其他元素恢复正常。

③植物的营养代谢与这种元素有直接关系，而不是改善植物环境条件的附属关系。

### 1. 植物的元素组成

经过大量研究证明，植物必需的化学元素包括碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、锰、铜、锌、硼、钼、镍、氯 17 种元素。其中植物需要碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫这 9 种化学元素的数量较多，它们被称为大量元素，而植物需要铁、锰、铜、锌、硼、钼、镍、氯这 8 种化学元素的数量较少，它们被称为微量元素。将矿质元素划分为大量元素与微量元素，本身有着局限性，因为在不同的生育阶段，一些切花作物所吸收的某些微量元素可能要比所吸收的某些大量元素总量要多。研究表明，很多稀土元素，例如镧、铈、铈等对花卉作物的生长发育亦有影响。

表 1.1 构成被子植物的元素组成

元素名称	化学符号	原子量	在干物质中含量 (%)	元素名称	化学符号	原子量	在干物质中含量 (%)
碳	C	12.011	45.40	钠	Na	22.989	0.12
氧	O	16.000	41.00	锰	Mn	54.940	0.06
氢	H	1.008	5.50	硅	Si	28.090	0.02
氮	N	14.008	3.00	锌	Zn	65.380	0.02
钙	Ca	30.975	1.80	铁	Fe	55.850	0.01
钾	K	39.100	1.40	硼	B	10.820	0.05
硫	S	40.080	0.34	锶	Sr	87.62	0.003
镁	Mg	24.320	0.32	铜	Cu	63.540	0.001
磷	P	32.066	0.23	镍	Ni	58.69	0.0003
氯	Cl	35.457	0.20	钼	Mo	95.950	0.0001

## 2. 植物的有机成分

对于植物来说，以碳为骨架材料的化学物质，即有机成分，决定着植物的生长、发育全过程。无论是它们的细胞、组织、器官均离不开有机成分，例如植物的细胞膜、细胞核、细胞质含有这些物质；分生组织、输导组织含有这些物质；根、茎、叶、花、果也含有这些物质。然而，所有的有机物也都是由植物的必需元素所构成的，详见表 1.2。

表 1.2 被子植物的有机成分

骨架物质组成	贮藏物质组成
纤维素(碳、氢、氧)	淀粉(碳、氢、氧)
果胶(碳、氢、氧、钙)	油脂(碳、氢、氧)
木质素(碳、氢、氧)	
生生物质组成	色素物质组成
蛋白质(碳、氢、氧、氮、硫、磷)	叶绿素(碳、氢、氧、氮、镁)
酶类(碳、氢、氧、硫、氮、镁、铁、铜、 锌、锰、钼)	胡萝卜素(碳、氢)
核糖(碳、氢、氧、氮、磷)	花青素(碳、氢、氧)
糖类(碳、氢、氧)	
磷脂类(碳、氢、氧、氮、磷)	其他物质组成
有机酸(碳、氢、氧)	单宁酸(碳、氢、氧)
	精油(碳、氢、氧)
	生物碱(碳、氢、氧)

## 第二节 大量元素生理功能

大量元素是指占植物体干重千分之几以上的营养元素。其中以碳、氢、氧所占的比重最大。按质量分数计算，植物细胞的氧含量可达 65% 左右；碳可达 18% 左右；氢可达 10% 左右，而其他大量元素仅占 5.5% 左右。由此可知，碳、氢、氧在植物的组成中，可以算得上是骨架结构。以下为大量元素的生理作用、缺乏症状、过量反应、使用种类等基本情况：

### 1. 碳

元素符号：C

吸收形式： $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$

生理作用：碳是构成生物膜、细胞核、细胞质的重要组分。碳是构成花卉作物最重要元素，它几乎参与了植物体内所有大分子物质的代谢过程。通常碳在植物体内以碳水化合物的形式存在，它既是能量的贮存物质，又是合成其他物质的原料。碳水化合物的含量约占植物干重的 50% 以上，通常可分为单糖、寡糖、多糖三类。在植物体内的单糖主要有丙糖、丁糖、戊糖等；寡糖包括三糖等；多糖包括淀粉、纤维素、果胶质、木聚糖等。在植物

体内，很多碳化合物都有着很强的移动性。

**缺乏症状：**在碳素供应不足的情况下，花卉作物的光合作用受阻，植株生长缓慢，组织不充实，切花瓶插寿命明显缩短。

**过量反应：**当根际二氧化碳浓度太高时，也会抑制呼吸作用，妨碍养分吸收。

**使用种类：**在无土栽培中，常用的碳源有二氧化碳、碳酸氢铵、碳酸氢钾等。

## 2. 氢

元素符号：H

吸收形式： $H^+$ 、 $H_2O$

**生理作用：**氢是构成生物膜、细胞核、细胞质的重要组分。氢是基础的生命元素，它参与很多重要的生理反应。在呼吸链进行氧化反应时，递氢体从内膜内侧接受 $2H^+$ 后，将二个电子传给递电子体，而把 $2H^+$ 泵出内膜外侧。被泵出内膜外侧的 $H^+$ 不能自由返回膜内侧，因而膜外侧 $H^+$ 的浓度高于内侧，形成 $H^+$ 浓度的跨膜梯度。 $H^+$ 浓度差使外侧的pH较内侧低1.0单位左右，并使原有外正负的跨膜电位增高，此电位差与 $H^+$ 的浓度差构成质子推动力，推动质子由外侧进入内侧而引起ADP和Pi脱水生成ATP。在光合作用的光反应中，所生成的即ATP和NADPH都含有氢，它们是还原二氧化碳的高能物质。

**缺乏症状：**当以水形式氢素供应不足的情况下，花卉的气孔关闭，从而使光合作用受阻。

**过量反应：**在植物细胞的 $H^+$ 水平过高或过低时，其会因酸碱度不适宜而受到伤害。

**使用种类：**在无土栽培中，氢并不专门作为营养元素来施用，其通过水等形式为植物吸收。

## 3. 氧

元素符号：O

吸收形式： $CO_2$ 、 $H_2O$ 、 $O_2$

**生理作用：**氧是构成生物膜、细胞核、细胞质的重要组分。氧是基础的生命元素，它参与很多重要的生理反应。在呼吸链中，代谢物的电子、质子最终要顺利传递给氧，这样才能保证呼吸作用的顺利进行。在光合作用的光反应中，其主要产物是分子态氧，如果它不能以单质的形式释放出来，则对整个光合作用会产生极其严重的影响。同时生成用于二氧化碳还原的同化力，即ATP和NADPH。暗反应中，以二氧化碳形式存在的氧最终会形成



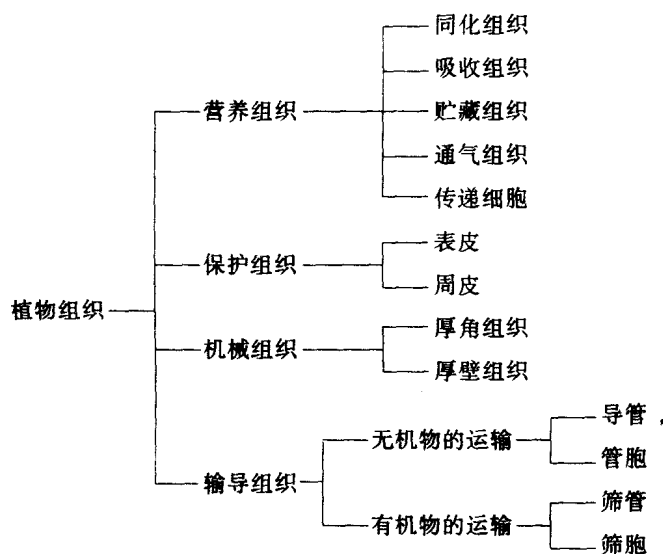


图 1.2 植物组织的分类

### 1. 营养组织

营养组织在植物体内占有很重要的位置，其细胞器齐备，能够执行多种生理过程，故与植株的生长发育密切相关。一般来说，营养组织可以分为同化组织、贮藏组织、吸收组织、通气组织等类型。

#### (1) 同化组织

同化组织主要分布于植物体内接受光照较多的部位，如叶片、嫩茎、幼果的皮层部分，在同化组织的细胞中含有大量的叶绿体，因此有助于光合作用的顺利进行。它们为植物体固定外界环境中的二氧化碳起着重要的作用，是植物营养物质的重要生产场地。

#### (2) 吸收组织

吸收组织主要分布在植物根毛区的表皮，由于细胞吸收组织的细胞壁、角质膜均较薄，而且外壁突出形成根毛。

#### (3) 贮藏组织

贮藏组织主要分布在植物的根、茎、叶、果实、种子等部位，贮藏组织的细胞一般较大，其内部能够贮藏大量的淀粉、蛋白质、糖类、脂肪等物质。有些植物的贮藏组织特化为贮水组织，因此它们具有较强的耐旱性，具有这种贮藏组织的虎皮三角掌、仙人掌等植物，它们贮藏保鲜的管理相对来说也比较简单。

#### (4) 通气组织