



金苹果丛书

# 果蔬

## 营养诊断与矫治

李喜宏 许宇飞 陈丽  
姜勇 张玉革 杨伟奇  
编著

天津科学技术出版社



# 果蔬

与矫治  
营养诊断

李喜宏 许宇飞 陈 丽  
姜 勇 张玉革 杨伟奇 编著

## 图书在版编目(CIP)数据

果蔬营养诊断与矫治/李喜宏等编著. —天津:天津科学技术出版社, 2003.9

(金苹果丛书)

ISBN 7-5308-3467-3

I. 果... II. 李... III. ①水果—植物营养缺乏症—防治②蔬菜—植物营养缺乏症—防治 IV. S436

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第032017号

责任编辑:杨勃森

版式设计:雒桂芬

责任印制:张军利

天津科学技术出版社出版

出版人:胡振泰

天津市和平区西康路35号 邮编 300051 电话(022)27306314

网址:www.tjkjbs.com.cn

天津新华印刷三厂印刷

新华书店天津发行所发行

\*

开本 850 × 1168 1/32 印张 11.75 字数 284 000

2003年9月第1版

2003年9月第1次印刷

定价:17.80元

# 目 录

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 第一章 果蔬营养元素 .....         | ( 1 )  |
| 第一节 必需营养元素 .....         | ( 1 )  |
| 一、基本概念 .....             | ( 1 )  |
| 二、必需营养元素在植物体内的含量 .....   | ( 2 )  |
| 三、必需营养元素在植物体内的主要作用 ..... | ( 3 )  |
| 第二节 各种营养元素的生理功能 .....    | ( 4 )  |
| 一、碳、氢、氧的生理功能 .....       | ( 4 )  |
| 二、氮的生理功能 .....           | ( 5 )  |
| 三、磷的生理功能 .....           | ( 5 )  |
| 四、钾的生理功能 .....           | ( 6 )  |
| 五、钙的生理功能 .....           | ( 6 )  |
| 六、镁的生理功能 .....           | ( 7 )  |
| 七、硫的生理功能 .....           | ( 8 )  |
| 八、氯的生理功能 .....           | ( 8 )  |
| 九、铁的生理功能 .....           | ( 8 )  |
| 十、锰的生理功能 .....           | ( 9 )  |
| 十一、硼的生理功能 .....          | ( 9 )  |
| 十二、锌的生理功能 .....          | ( 10 ) |
| 十三、铜的生理功能 .....          | ( 10 ) |

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| 十四、钼的生理功能 .....                 | (10)        |
| <b>第三节 各种营养元素失调症状 .....</b>     | <b>(11)</b> |
| 一、氮素营养失调症状 .....                | (11)        |
| 二、磷素营养失调症状 .....                | (12)        |
| 三、钾素营养失调症状 .....                | (12)        |
| 四、钙素营养失调症状 .....                | (13)        |
| 五、镁素营养失调症状 .....                | (13)        |
| 六、硫素营养失调症状 .....                | (13)        |
| 七、氯素营养失调症状 .....                | (14)        |
| 八、铁素营养失调症状 .....                | (14)        |
| 九、锰素营养失调症状 .....                | (14)        |
| 十、硼素营养失调症状 .....                | (15)        |
| 十一、锌素营养失调症状 .....               | (15)        |
| 十二、铜素营养失调症状 .....               | (16)        |
| 十三、钼素营养失调症状 .....               | (16)        |
| <b>第二章 果蔬营养元素的土壤环境及管理 .....</b> | <b>(17)</b> |
| <b>第一节 土壤环境 .....</b>           | <b>(17)</b> |
| 一、土壤物理环境 .....                  | (17)        |
| 二、土壤化学环境 .....                  | (22)        |
| <b>第二节 土壤养分状况及管理 .....</b>      | <b>(30)</b> |
| 一、土壤氮素肥力及管理 .....               | (30)        |
| 二、土壤磷素肥力及管理 .....               | (39)        |
| 三、土壤钾素肥力及管理 .....               | (45)        |
| 四、土壤中钙素肥力及其对植物的有效性 .....        | (53)        |
| 五、土壤中镁素肥力及其对植物的有效性 .....        | (55)        |
| 六、土壤中硫素肥力及其对植物的有效性 .....        | (57)        |
| 七、土壤中铁素肥力及其对植物的有效性 .....        | (60)        |

|                                        |         |
|----------------------------------------|---------|
| 八、土壤中锰素肥力及其对植物的有效性 .....               | ( 62 )  |
| 九、土壤中铜素肥力及其对植物的有效性 .....               | ( 64 )  |
| 十、土壤中锌素肥力及其对植物的有效性 .....               | ( 66 )  |
| 十一、土壤中硼素肥力及其对植物的有效性 .....              | ( 68 )  |
| 十二、土壤中钼素肥力及其对植物的有效性 .....              | ( 71 )  |
| <b>第三节 土壤养分水平诊断</b> .....              | ( 75 )  |
| 一、土壤养分水平诊断概述 .....                     | ( 75 )  |
| 二、土壤养分水平的分级标准和作物缺素的临界值<br>.....        | ( 78 )  |
| <b>第四节 果园土壤的管理及改良</b> .....            | ( 93 )  |
| 一、果园土壤的基本特征和适宜的土壤条件 .....              | ( 93 )  |
| 二、优质果园的土壤改良 .....                      | ( 100 ) |
| 三、优质果园的土壤管理 .....                      | ( 111 ) |
| <b>第五节 菜园土壤的管理及调控</b> .....            | ( 119 ) |
| 一、菜园土壤的基本特征及适宜的土壤条件 .....              | ( 119 ) |
| 二、菜地土壤的耕作和土壤管理 .....                   | ( 121 ) |
| 三、菜地土壤的改良 .....                        | ( 126 ) |
| 四、保护地蔬菜的土壤条件及其调控 .....                 | ( 129 ) |
| <b>第三章 果蔬营养及土壤养分指标测定</b> .....         | ( 137 ) |
| <b>第一节 果蔬组织氮、磷、钾养分含量速测</b> .....       | ( 137 ) |
| 一、植株采样 .....                           | ( 138 ) |
| 二、色阶的制作 .....                          | ( 139 ) |
| 三、氮素养分速测 .....                         | ( 147 ) |
| 四、磷素养分速测(钼蓝比色法) .....                  | ( 150 ) |
| 五、钾素养分速测(六硝基二苯胺试纸法、亚硝酸钴钠比<br>浊法) ..... | ( 152 ) |
| <b>第二节 果蔬组织中微量元素含量测试</b> .....         | ( 157 ) |



|                      |       |
|----------------------|-------|
| 一、植株组织中钙、镁含量测试 ..... | (157) |
| 二、植株中全硫含量的测试 .....   | (162) |
| 三、植株铁、锰、铜、锌的测试 ..... | (164) |
| 四、植株全硼含量的测试 .....    | (167) |
| 五、植株全钼含量的测试 .....    | (169) |

### 第三节 土壤元素分析测定 .....

(172)

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 一、土壤样品的采集与处理 .....          | (172) |
| 二、土壤酸碱度的测定 .....            | (175) |
| 三、土壤阳离子交换量和交换性盐基总量测定 .....  | (180) |
| 四、土壤可溶性盐的测定 .....           | (185) |
| 五、土壤氮的测定 .....              | (191) |
| 六、土壤磷的测定 .....              | (195) |
| 七、土壤钾素(缓效钾和速效钾)的测定 .....    | (201) |
| 八、土壤中有效钙、镁的测定 .....         | (204) |
| 九、土壤有效硫的测定 .....            | (209) |
| 十、土壤有效态铁、锰、铜、锌、硼、钼的测定 ..... | (211) |
| 十一、土壤有机质的测定 .....           | (220) |
| 十二、土壤某些物理性质的测定 .....        | (222) |

## 第四章 主要果蔬营养诊断 .....

(227)

### 第一节 果树营养元素失调症与矫治 .....

(227)

|            |       |
|------------|-------|
| 一、苹果 ..... | (228) |
| 二、梨 .....  | (237) |
| 三、桃 .....  | (244) |
| 四、柑橘 ..... | (251) |
| 五、葡萄 ..... | (260) |
| 六、西瓜 ..... | (267) |
| 七、甜瓜 ..... | (272) |



|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| 八、猕猴桃 .....                   | (278)        |
| 九、草莓 .....                    | (285)        |
| 十、樱桃 .....                    | (292)        |
| 十一、李 .....                    | (294)        |
| 十二、杏 .....                    | (297)        |
| 十三、枣 .....                    | (299)        |
| 十四、山楂 .....                   | (302)        |
| 十五、核桃 .....                   | (305)        |
| 十六、板栗 .....                   | (306)        |
| <b>第二节 蔬菜营养元素失调症与矫治</b> ..... | <b>(308)</b> |
| 一、黄瓜 .....                    | (308)        |
| 二、番茄 .....                    | (321)        |
| 三、茄子 .....                    | (330)        |
| 四、辣椒 .....                    | (333)        |
| 五、大白菜 .....                   | (335)        |
| 六、花椰菜 .....                   | (337)        |
| 七、结球甘蓝 .....                  | (339)        |
| 八、结球莴苣 .....                  | (342)        |
| 九、芹菜 .....                    | (343)        |
| 十、马铃薯 .....                   | (345)        |
| 十一、菠菜 .....                   | (348)        |
| 十二、洋葱 .....                   | (348)        |
| 十三、大葱 .....                   | (349)        |
| 十四、菜豆 .....                   | (350)        |
| 十五、豌豆 .....                   | (354)        |
| 十六、萝卜 .....                   | (356)        |
| 十七、胡萝卜 .....                  | (358)        |





|            |       |
|------------|-------|
| 参考文献 ..... | (361) |
|------------|-------|

# 第一章 果蔬营养元素

## 第一节 必需营养元素

### 一、基本概念

植物的组成十分复杂,一般新鲜植株体含有 75% ~ 95% 的水分和 5% ~ 25% 的干物质。在干物质中,组成植物有机体的主要元素为碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N),这 4 种元素约占干物质的 95% 以上;另外,还包括钙(Ca)、钾(K)、硅(Si)、磷(P)、硫(S)、氯(Cl)、铝(Al)、钠(Na)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、硼(B)、钡(Ba)、铜(Cu)、钼(Mo)、镍(Ni)、钴(Co)、锶(Sr)、硒(Se)、碘(I)、钒(V)等几十种元素,只占 1% ~ 5%。这些元素在植物体内的含量,因植物种类和品种、土壤条件、气候因素及栽培管理技术等不同而异,而且所含的这些元素不一定是植物生长所必需的。有些元素可能偶然被植物吸收,甚至还能大量积累;反之,有些元素对于植物需要虽然极微,然而却是植物生长所不可缺少的。因此,某种元素是否为植物生长所必需的,不是依照它在植物体内含量多少,而是以它对植物生理过程所起的作用来决定。

必需营养元素是指植物生长发育周期所不可缺少的,尽管有些元素含量很低,但缺乏了这种元素,植物的生长发育就要受到干



抗或瞧坏,表现出缺素症状或病态,也就是常说的生理病害。

相反有些元素可能偶然被植物所吸收,甚至体内形成大量积累,但是这些元素不一定是植物生长所必需的,缺乏这部分元素,植物的生长发育不会受到任何影响。

植物的必需营养元素辨别标准是由 Amon 和 Stout(1939 年)提出的,三条标准为:

①如缺少某种营养元素,植物就不能完成其生活史。

②必需营养元素的功能不能由其他营养元素所能代替。在其缺乏时,植物会出现专一的、特殊的缺素症,只有补充这种元素后,才能恢复正常。

③必需营养元素直接参与植物代谢作用,例如酶的组成成分或参与酶的反应。

根据以上三条,目前已确定以下 16 种元素为高等植物必需营养元素。

碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、锰(Mn)、锌(Zn)、铜(Cu)、钼(Mo)、硼(B)、氯(Cl)。

## 二、必需营养元素在植物体内的含量

根据植物体对必需营养元素的需要量,一般将 16 种元素分为大量元素和微量元素两类(如表 1-1)。

### 1. 大量元素

又称常量元素,包括碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫 9 种,它们的含量一般占干物质的 0.1% 以上。其中氮、磷、钾 3 种元素,由于植物生长发育需要的量较大,而土壤中可提供的有效含量又较小,常常需要通过施肥才能满足植物生命周期的要求,因此又被称为“植物营养三要素”或“肥料三要素”。

### 2. 微量元素

有氯、铁、锰、硼、锌、铜、钼 7 种,它们的含量占干物质的 0.1%

以下。

表 1-1 高等植物必需的营养元素及其较适合的浓度(Stout, P. R.)

| 营养元素 | 植物可利用的形态 | 在干物质中的含量                                                                    |          |         |
|------|----------|-----------------------------------------------------------------------------|----------|---------|
|      |          | (%)                                                                         | mg/kg    |         |
| 大量元素 | 碳(C)     | CO <sub>2</sub>                                                             | 45       | 450 000 |
|      | 氧(O)     | O <sub>2</sub> 、H <sub>2</sub> O                                            | 45       | 450 000 |
|      | 氢(H)     | H <sub>2</sub> O                                                            | 6        | 60 000  |
|      | 氮(N)     | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>                  | 1.5      | 15 000  |
|      | 钾(K)     | K <sup>+</sup>                                                              | 1.0      | 10 000  |
|      | 钙(Ca)    | Ca <sup>2+</sup>                                                            | 0.5      | 5 000   |
|      | 镁(Mg)    | Mg <sup>2+</sup>                                                            | 0.2      | 2 000   |
|      | 磷(P)     | H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> 、HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 0.2      | 2 000   |
|      | 硫(S)     | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                                               | 0.1      | 1 000   |
| 微量元素 | 氯(Cl)    | Cl <sup>-</sup>                                                             | 0.01     | 100     |
|      | 铁(Fe)    | Fe <sup>2+</sup>                                                            | 0.01     | 100     |
|      | 锰(Mn)    | Mn <sup>2+</sup>                                                            | 0.005    | 50      |
|      | 硼(B)     | BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>                                               | 0.002    | 20      |
|      | 锌(Zn)    | Zn <sup>2+</sup>                                                            | 0.002    | 20      |
|      | 铜(Cu)    | Cu <sup>2+</sup> 、Cu <sup>+</sup>                                           | 0.0 006  | 6       |
|      | 钼(Mo)    | MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>                                              | 0.00 001 | 0.1     |

### 三、必需营养元素在植物体内的主要作用

植物必需的每一种元素都具有其特殊的生理功能,仅从它们在组成植物体及代谢方面的一些最基本作用,大致可归纳为三个方面。

#### 1. 构成植物活体的结构物质和生活物质

有机体的结构物质,如纤维素、半纤维素、木质素及果胶物质



等;生活物质,如氨基酸、蛋白质、核酸、酯类、叶绿素、酶及辅酶等,这些有机化合物必须由碳、氢、氧、氮、磷、镁、钙等元素组成。

### 2. 加速植物体内代谢的催化元素

如铜、锰、锌、氯、钼、硼、铁、钙、镁、钾等元素,它们是植物体内进行代谢作用的许多酶的辅基或者是激化酶活性的活化剂。

### 3. 具有特殊功能的元素

钾、镁、钙等元素在植物体内活性强,参加体内各种代谢作用,可调节细胞透性和增强植物抗逆性等。

由于这些营养元素的相互作用及所具有的不同生理功能,保证了植物正常生长发育。从元素组成看,各种植物都包含着这些必需的营养元素,但不同的植物对各种元素在数量上都有不同的要求,从而反映了每种植物本身最重要的一种营养特性。

## 第二节 各种营养元素的生理功能

植物生长所需要的营养元素,其中一部分是细胞结构的组成成分,而另一部分则以离子状态存在,其功能是对植物的生命活动起调节作用;有的元素,兼有两种状态,例如镁,既是叶绿素的组成物质,又是酶的活化剂。这些营养元素的功能不是孤立的,彼此之间有着相互影响、相互制约的关系。也就是说,每种元素的生理作用,都不能离开环境条件和其他营养元素间的相互作用来解释,而某一种营养元素的盈亏评定,又常与植物体内的激素水平、酶的活性等相关联。因此,在评价每种元素的作用时,都要予以全面衡量。

现将 16 种营养元素的生理作用及其相互关系概述如下。

### 一、碳、氢、氧的生理功能

植物体内化学成分中绝大部分是 C、H、O 三种元素,而 C 与 H



链又是有机化合物的骨干。

植物在光能的参与下,吸收利用自然界的碳、氢、氧首先合成的有机物是溶解于水的酸、碱和糖。糖又进一步转化成复杂的淀粉、纤维素以及转化为蛋白质、脂肪等重要化合物,氧和氢在植物体内生物氧化—还原过程中也起着很重要的作用。

总之,植物的光合作用和呼吸作用都离不开碳、氢、氧。

## 二、氮的生理功能

氮是构成植物蛋白质的主要元素,蛋白质中氮含量约占 16% ~ 18%,而蛋白质又是细胞原生质组成中的基本物质。

氮也是叶绿素、维生素、核酸、酶和辅酶系统、激素、生物碱以及许多重要代谢有机化合物的组成成分,因此,氮是植物生命的物质基础。

植物的根系直接从土壤中吸收的氮素是以硝态氮( $\text{NO}_3^-$ )和铵态氮( $\text{NH}_4^+$ )为主。在根内,硝态氮通过硝酸还原酶的作用转化为亚硝态氮,以后通过亚硝酸还原酶进一步转化为铵态氮。在正常情况下,铵态氮不能在根中积累,必须立即从地上部输送至根与碳水化合物结合形成氨基酸(如谷氨酸)。

氮对植物生长的作用,除取决于植物体内的氮素水平外,也受环境因子和植物体内部分因子所影响,由于氮可从植物的老叶中转移到幼叶,往往缺氮症状首先表现在老叶上。

## 三、磷的生理功能

磷是核酸及核苷酸的主要组成元素,是组成原生质和细胞核的主要成分。核苷酸及其衍生物是植物体内有机物质转变与能量转变的参与者,植物体内很多磷酸类化合物和许多酶分子中都含有磷,它对植物的代谢过程有着重要影响。

磷能加强光合作用和碳水化合物的合成与运转,促进氮素代



谢。同时,磷还能加强有氧呼吸作用中糖类的转化,有利于各种有机酸和三磷酸腺苷(ATP)的形成,磷还有利于植物体内硝态氮的转化与利用。

磷主要是以  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  和  $\text{HPO}_4$  的形态为植物吸收。进入根系后,以高度氧化态和有机物络合,形成糖磷酸、核苷酸、核酸、磷酸酯和一些辅酶,它们主要存在于细胞原生质和细胞核中。

磷酸直接参与呼吸作用的糖酵解过程,也直接参与光合作用的生化过程。如果没有磷,植物的全部代谢活动都不能正常进行。

磷在植物体内的分布是不均匀的,根、茎的生长点中较多,幼叶比老叶多,果实中的种子含磷量最多。

#### 四、钾的生理功能

钾与代谢过程密切相关,是多种酶的活化剂,参与有机糖和淀粉的合成、运输和转化。

钾能调节原生质的胶体状态和提高光合作用的强度,可促进蛋白酶的活性,增加植物对氮的吸收,钾还能提高植物的抗逆性,减轻病害,防止倒伏。

钾在光合作用中的重要地位是对碳水化合物的运转、储存,特别是对淀粉的形成是必要条件,对蛋白质合成有促进作用。

钾还可作为硝酸还原酶的诱导及某些酶的活化剂,它能保持原生胶体的物理化学性质,保持胶体一定程度的膨压。因此,植物生长或形成新器官时,都需要钾的存在。

钾在植物体内不形成化合物,主要以无机盐的形式存在。

钾在植物生长周期中,不断地从老叶向生长活跃的部位运转,生长活跃的部位积累钾最强。

#### 五、钙的生理功能

钙对植物体内碳水化合物和含氮物质代谢作用有一定的影



响,能消除一些离子(如铵、氢、铝、钠)对植物的毒害作用。

钙主要以果酸钙的形态存在于细胞壁的中层,它能使原生质水化性降低,与钾、镁离子配合,保持原生质的正常状态,调节原生质的活力,使细胞的充水度、黏滞性、弹性及渗透性等均适合植物的正常生长,促进代谢作用的顺利进行。

钙离子可由根系进入植物体内,一部分呈离子状态存在;另一部分呈难溶的钙盐形态(如草酸钙、柠檬酸钙等)存在,这部分钙的生理功能是调节植物体的酸度,防止过酸的毒害作用。

钙也是一些酶和辅酶的活化剂,如 ATP 的水解酶、淀粉酶、琥珀酸脱氢酶以及磷酸的水解酶等都需要钙离子。

钙在植物体内是一个不易流动元素,多存在于茎叶中,老叶多于幼叶,果实少于叶子,而且叶子不缺钙时,果实仍可能缺钙,钙只能单向(向上)转移。

## 六、镁的生理功能

镁是叶绿素和硫酸盐的主要组成成分,能促进磷酸酶和葡萄糖转化酶的活化,有利于单糖转化,在碳水化合物代谢过程中起着很重要作用。

镁也参与脂肪、氮的代谢作用,在维持核糖、核蛋白结构和决定原生质的物理化学性状方面,都是不可缺少的。镁对呼吸作用也有间接影响。

镁还能促进植物体内维生素 A 和维生素 C 的合成,从而有利于提高果品、蔬菜的品质。

镁和钙都是 2 价阳离子,它们在化学性质上相似,只是镁的离子半径小( $0.65\text{\AA}$ ,  $1\text{\AA} = 0.1\text{nm}$ ),水化离子半径大;钙的离子半径大( $0.99\text{\AA}$ ),水化离子半径小。因此,在生理功能上,镁不仅不能代替钙,而且有拮抗作用。如果土壤中镁离子浓度较高,在根系吸收过程中,它可以代换钙离子,使钙的吸收相应减少。



镁在植物体内可以迅速流入新生器官,幼叶比老叶含量高,当果实成熟时,镁又流入种子。

## 七、硫的生理功能

硫是构成蛋白质和酶不可缺少的成分,维生素 B<sub>1</sub> 分子中的硫对促进植物根系的生长发育有良好作用。

含硫有机化合物还参与植物体内的氧化—还原过程,仅三羧酸循环和脂肪酸代谢,即对植物的呼吸作用有特殊功能。

硫还是芥子油糖苷的成分,构成某些植物如芥菜、葱和蒜的特殊气味。

植物只能利用硫酸盐中阴离子氧化态硫。在植物体内,硫大部分还原成硫氢基(-SH)或二硫键(S-S)与其他有机物结合。

硫在植物体内可相当均匀地分布在各器官中。

## 八、氯的生理功能

氯在叶绿体内光合反应中起着不可缺少的辅助酶作用。在细胞遭到破坏,正常的叶绿体光合作用受到影响时,它能使叶绿体的光合反应活化。

氯几乎全部以水溶性的无机氯化物形态普遍存在于植物体中。

## 九、铁的生理功能

铁虽不是叶绿素的成分,但缺铁影响着叶绿素的形成和功能。铁为叶绿素合成中某些酶或酶辅基的活化剂,直接或间接地参与叶绿素蛋白质的形成。

植物体内许多呼吸酶都含有铁,铁能促进植物呼吸,加速生理氧化。

铁可以发生 3 价和 2 价离子状态的可逆转变,因而是植物体