

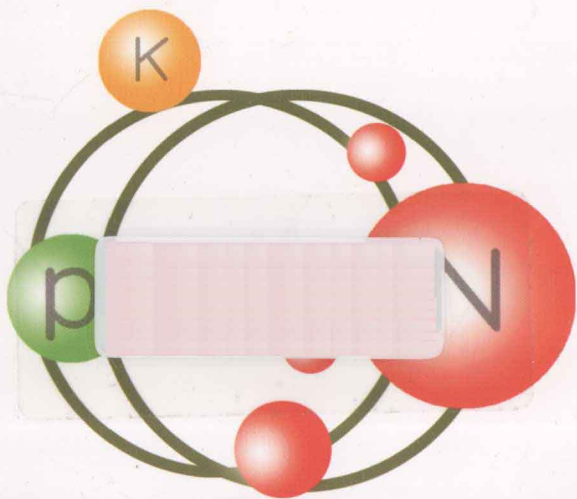


果蔬施肥新技术丛书

茄果类蔬菜 科学施肥



• 张菊平等 编 著 •



金盾出版社

果蔬施肥新技术丛书

茄果类蔬菜 科学施肥

编著者

张菊平 赵要尊 熊法亭 肖 涛

金盾出版社

内容提要



本书内容包括:科学施肥的基本知识,茄果类蔬菜科学施肥方法与原则,番茄科学施肥技术,茄子科学施肥技术,辣椒科学施肥技术等。全书内容全面系统,技术科学实用,文字通俗易懂,适合广大菜农和基层农业技术推广人员学习使用,也可供农业院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

茄果类蔬菜科学施肥/张菊平等编著. --北京:金盾出版社, 2013. 7

(果蔬施肥新技术丛书)

ISBN 978-7-5082-8304-3

I. ①茄… II. ①张… III. ①茄果类—施肥 IV. ①S641.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 070004 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京印刷一厂

彩页正文印刷:北京燕华印刷厂

装订:北京燕华印刷厂

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:4.75 彩页:4 字数:110 千字

2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~8 000 册 定价:10.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)



第一章 科学施肥的基本知识	(1)
一、植物必需的营养元素	(1)
(一)植物必需营养元素的概念和作用	(1)
(二)必需营养元素在植物体内的含量	(2)
(三)营养元素同等重要不可替代规律	(3)
二、必需营养元素的生理功能	(4)
(一)碳、氢、氧	(4)
(二)氮、磷、钾	(5)
(三)钙、镁、硫	(7)
(四)微量元素	(8)
三、菜园土壤养分特点与肥力要求	(11)
(一)土壤性质及肥力特点	(12)
(二)露地菜园土壤特性与肥力要求	(17)
(三)设施菜园土壤特性与肥力要求	(20)
(四)设施土壤障碍及克服措施	(21)
四、常用肥料及新型肥料	(26)
(一)有机肥料	(26)
(二)无机肥料	(33)
(三)微生物肥料	(39)
(四)有机无机肥料	(43)



第二章 茄果类蔬菜科学施肥方法与原则	(45)
一、茄果类蔬菜科学施肥方法	(45)
(一)科学施肥的基本原理	(45)
(二)科学施肥的方式	(48)
二、茄果类蔬菜施肥原则	(52)
(一)无公害蔬菜施肥原则	(52)
(二)绿色蔬菜施肥原则	(53)
(三)有机蔬菜施肥原则	(54)
三、茄果类蔬菜配方施肥	(56)
(一)配方施肥的原理和原则	(56)
(二)茄果类蔬菜配方施肥实用技术	(65)
第三章 番茄科学施肥技术	(70)
一、番茄的生物学特性	(70)
(一)植物学特征	(70)
(二)生长发育期	(71)
(三)对环境条件的要求	(71)
二、番茄需肥吸肥特点	(73)
(一)番茄对营养元素的吸收	(73)
(二)番茄的需肥吸肥特点	(74)
三、不同肥料对番茄的影响	(75)
(一)有机肥料的影响	(75)
(二)氮、磷、钾肥料的影响	(77)
(三)微肥的影响	(79)
四、番茄营养失调症	(80)
(一)营养失调症诊断方法	(80)
(二)番茄缺素症状及防治	(82)
(三)番茄过量施肥的危害及防治	(86)



五、番茄施肥技术	(89)
(一)茬口安排	(89)
(二)番茄露地栽培施肥技术	(90)
(三)番茄保护地栽培施肥技术	(93)
第四章 茄子科学施肥技术	(97)
一、茄子的生物学特性	(97)
(一)植物学特征	(97)
(二)生长发育期	(98)
(三)对环境条件的要求	(99)
二、茄子需肥吸肥特点	(100)
(一)对营养元素的吸收	(100)
(二)需肥吸肥特点	(101)
三、不同肥料对茄子的影响	(102)
(一)有机肥料的影响	(102)
(二)氮、磷、钾肥料的影响	(103)
(三)微肥的影响	(104)
四、茄子营养失调症	(105)
(一)茄子营养失调症诊断方法	(105)
(二)茄子缺素症状及防治	(106)
(三)茄子过量施肥的危害及防治	(109)
五、茄子施肥技术	(111)
(一)茄子露地栽培施肥技术	(111)
(二)茄子保护地栽培施肥技术	(112)
第五章 辣椒科学施肥技术	(115)
一、辣椒的生物学特性	(115)
(一)植物学特征	(115)
(二)生长发育期	(116)



(三)对环境条件的要求·····	(117)
二、辣椒需肥吸肥特点·····	(118)
(一)对营养元素的吸收·····	(118)
(二)需肥吸肥特点·····	(119)
三、不同肥料对辣椒的影响·····	(121)
(一)有机肥料的影响·····	(121)
(二)氮、磷、钾肥料的影响·····	(122)
(三)微肥的影响·····	(124)
四、辣椒营养失调症·····	(126)
(一)辣椒营养失调症诊断方法·····	(126)
(二)辣椒缺素症状及防治·····	(127)
(三)辣椒过量施肥的危害及防治·····	(131)
五、辣椒施肥技术·····	(132)
(一)辣椒露地栽培施肥技术·····	(132)
(二)辣椒保护地栽培施肥技术·····	(134)
附录·····	(136)



第一章 科学施肥的基本知识

蔬菜生长发育受内在遗传特性和外在环境因素影响,主要环境因素有温度、光照、水分、养分和气体等。蔬菜在光照充足、温度和水分适宜、土壤养分丰富的条件下,生长发育良好。科学施肥,既能满足蔬菜生长发育的养分供应,达到优质高产,又能提高土壤肥力、减少病虫害发生和改善生态环境。

一、植物必需的营养元素

(一)植物必需营养元素的概念和作用

1. 概念 根据植物分析,组成植物体的化学元素有 70 余种,其中有些元素对植物具有直接或间接的营养作用,有些为植物的正常生命活动所必需,被称为植物必需营养元素。植物必需营养元素应同时具备以下 3 个条件:①缺少这种元素,植物就不能完成生命周期(由种子萌发到再结出种子的过程)。②缺乏这种元素后,植物会表现出特有的症状,而且其他任何一种元素都不能代替其作用,只有补充这种元素后症状才能减轻或消失。③这种元素必须是直接参与植物的新陈代谢,对植物起直接的营养作用,而不是改善环境的间接作用。

大量研究证明,植物必需的营养元素有碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、锰(Mn)、硼(B)、锌(Zn)、铜(Cu)、钼(Mo)、氯(Cl) 16 种。在非必需营养元素中有一些元素,对特定植物的生长发育有益,或为某些种类植物所必



需,如藜科植物需要钠(Na),豆科植物需要钴(Co),蕨类植物和茶树需要铝(Al),硅藻和水稻需要硅(Si),紫云英需要硒(Se)等。只是限于目前的科学技术水平,尚未证实它们是否为高等植物普遍所必需。所以,称这些元素为有益元素。

2. 作用 必需营养元素在植物体中的主要作用:①构成植物活体的结构物质(如纤维素、半纤维素、木质素和果胶物质)及生活物质(如氨基酸、蛋白质、核酸和酶等),如碳、氢、氧、氮、磷、硫、钙、镁等元素。②加速体内的催化作用,如铜、锌、锰、氯、钼、硼、铁、钙、镁、钾等。③对植物体具有特殊功能。如钾、钙、镁等在植物体内活性强,参加体内的各种代谢作用,调节细胞膜的透性和增强植物抗逆性。

(二)必需营养元素在植物体内的含量

植物必需营养元素有 16 种,但并不是等量的被植物所吸收,根据在植物体内的含量分为大量营养元素、中量营养元素和微量营养元素。

1. 大量营养元素 大量营养元素又称常量营养元素,有碳、氢、氧、氮、磷和钾 6 种。其中碳、氢、氧在植物体内含量最高,占干物质重的 90% 以上,主要来自空气中的二氧化碳(CO_2)和水,通过植物光合作用获得,一般可满足植物生长需要。但保护地蔬菜栽培,由于棚室处于封闭或半封闭状态,空气中的二氧化碳被蔬菜不断吸收利用后,浓度逐渐降低,如得不到及时补充,影响光合作用,蔬菜产量和品质降低。因此,保护地蔬菜生产,需增施用二氧化碳气肥。植物对氮、磷、钾需要量较多,且植物只能从土壤中吸收,但土壤可提供的有效含量又较少,生产中需要通过施肥才能满足作物的需求,被称为植物生长的营养三要素或肥料三要素。植物对氮、磷、钾的吸收,呈无机态阳离子的有 NH_4^+ 、 K^+ ,呈无机态阴离子的有 NO_3^- (硝酸根)、 H_2PO_4^- (正磷酸根)、 HPO_4^{2-} (偏磷酸根)。



2. 中量营养元素 中量营养元素又称为次量营养元素,有钙、镁、硫 3 种,一般植物对中量营养元素的需要介于大量营养元素和微量营养元素之间,其含量占植物干物重的千分之几至万分之几。中量元素以 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} (硫酸根) 形式被吸收,因土壤中含丰富,生产中通常只将含有这些元素的物质(如石灰、石膏等)作为调节土壤酸碱度和改善土壤理化性质的改良剂,作为营养元素一直未被引起足够重视。近年来随着蔬菜产量的提高,尤其是老菜地,蔬菜生物产量高,从土壤中取走的数量增多,常常出现中量营养元素缺乏症,如番茄脐腐病、大白菜干烧心等都是由于缺钙引起的。

3. 微量营养元素 微量营养元素有铁、氯、硼、锰、铜、锌、钼 7 种,一般植物对微量营养元素的需要量很少,植物中微量营养元素含量只占植物干物重的万分之几至百万分之几,甚至更少。尽管含量极低,但缺乏时,植物不能正常生长发育;含量过高,易引起植物中毒,同样影响植物的生长发育。微量元素以 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 、 H_2BO_3^- 、 $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$ 、 MoO_4^{2-} 、 Cl^- 形式被吸收,一般土壤中有一定的含量,但有的在某些条件下,作物无法吸收利用,需通过施肥补给。

(三) 营养元素同等重要不可替代规律

必需营养元素在植物体内不论数量多少都是同等重要的,任何一种营养元素的特殊功能不能为其他元素所代替,即为元素的同等重要不可替代规律。植物对各种营养元素的吸收需求有一定比例,这一比例是由其本身的营养特性所决定的。虽然植物对大量营养元素的需求量要多于微量元素,但缺少某种微量元素的供应,同样会影响植物的正常生长,最终影响产量与品质。在生产中,作物施肥时应根据营养元素的不可替代规律,考虑作物本身对各种养分的需求,从而选择不同的肥料品种进行配合施用,以保证各营养元素的供应平衡。



凡是作物所必需的各种营养元素,它们对作物所起的作用都是同等重要的、不可替代的。氮、磷、钾等大量营养元素固然重要,但它们不能代替微量元素;同样,铁、氯、硼、锌等微量元素也不能代替大量元素。大量元素是一般植物的构成者,而微量元素则是植物生命过程中的调节者。各种必需元素有其独特的生理功能。缺乏某种必需元素时,植物体内的某些特殊生理过程则无法进行,从而表现出具有其特征的缺乏症状。

二、必需营养元素的生理功能

(一)碳、氢、氧

碳、氢、氧是植物有机体的主要组成成分,三者的总量占植物干重的90%以上。碳、氢、氧以不同方式组合可形成多种碳水化合物,如纤维素、半纤维素、果胶质等细胞壁的组成物质,细胞壁是支撑植物体的骨架。碳、氢、氧也可构成植物体内多种活性物质,如维生素和植物激素等直接参与体内代谢活动,为植物体正常生长所必需。另外,还可构成碳水化合物、脂肪、酚类等化合物,其中碳水化合物是合成植物体内许多重要化合物(蛋白质和核酸等)的基本原料。碳水化合物在代谢过程中还可释放出能量,供植物利用。

从植物代谢角度看,这3种元素各自有特殊的作用,二氧化碳是光合作用的原料,绿色植物不可缺少;氧气是植物有氧呼吸所必需; H^+ 在氧化还原反应中是还原剂,为光合作用和呼吸作用过程中维持细胞膜内外酸度梯度所必需,可保持细胞内离子平衡和稳定酸碱度。



(二) 氮、磷、钾

1. 氮 氮素是植物体内许多重要有机化合物的组成成分,蛋白质、核酸、叶绿素、酶、维生素、生物碱和激素等都含有氮素。氮在植物生命活动中占有重要的地位,故又称为生命元素。在作物的生长发育过程中,细胞的生长、分裂以及新细胞的形成都必需有蛋白质的参与。植物缺氮常使蛋白质合成减少,新细胞形成受阻,从而导致植物生长发育缓慢,甚至出现生长停滞现象。核酸是植物生长发育和生命活动的基础物质,核酸在细胞内与蛋白质结合,以核蛋白的形式存在。核酸和核蛋白在植物生活和遗传变异过程中有特殊作用。叶绿素的含量直接影响光合作用速率和光合产物的形成。缺氮时,植物体内叶绿素含量下降,叶片黄化,光合作用减弱,光合产物减少,导致作物产量明显降低。酶是植物体内代谢作用的催化剂,酶本身就是蛋白质。代谢过程中的每一个生物化学反应都必须有一个相应的酶参与,缺少相应的酶,代谢作用就不能进行。因此,供氮状况直接关系到作物体内各种物质的合成和转化。含氮的维生素有维生素 B₁ (VB₁)、维生素 B₂ (VB₂)、维生素 B₆ (VB₆) 和烟酸 (VPP) 等;含氮的生物碱有烟碱、茶碱和胆碱等;含氮的植物激素有细胞分裂素和玉米素等。这些含氮化合物在植物体内含量虽不多,但对调节某些生理过程却很重要。如细胞分裂素可延缓和防止植物器官衰老,延长蔬菜的保鲜期。

因此,合理施用氮肥是获得蔬菜高产的有效措施。当氮素供应充足时,作物可合成较多的蛋白质,促进细胞的分裂和增长,植株叶片大而鲜绿,光合面积增大,分枝多,营养体健壮。

2. 磷 磷是大分子物质结构的桥键物。通过磷酸酯搭桥把各种物质结构联结起来形成一系列重要有机化合物,如核酸、核蛋白、磷脂、植素、三磷酸腺苷(ATP)等。磷是植物代谢过程中的调节剂,



参与碳水化合物、含氮化合物、脂肪等的代谢,并具有提高植物抗逆性和适应外界环境条件的能力。植物吸收的磷包括无机磷和有机磷,其中无机磷以正磷酸盐为主。磷被植物吸收首先在根部进行一系列的转化后参与碳水化合物、蛋白质和脂肪的代谢活动。磷能提高植物细胞中原生质胶体的持水能力,减少细胞失水,提高植物的抗旱性。同时,还能提高植物体内可溶性糖的含量,使细胞的冰点降低,增加植物的抗寒性。越冬蔬菜增施磷肥,可减轻冻害,安全越冬。

3. 钾 钾与氮、磷不同,不参与植物体内有机化合物的合成,主要呈离子状态存在于植物的茎、叶中,或吸附在原生质胶粒的表面。由于钾是一种酶的活化剂,并具有高速透过生物膜的特性,因而在植物生长和代谢中承担着重要作用。①促进光合作用。钾能提高光合作用中许多酶的活性,使植物更有效地进行碳素同化。②促进植物体内蛋白质的合成。钾是多肽合成酶的活化剂,能促进蛋白质和谷胱甘肽的合成,明显地提高植物对氮的吸收和利用。供钾不足时,植物体内蛋白质合成下降,可溶性氨基酸含量明显增加。严重缺钾时,植物组织中原有的蛋白质有可能被分解,引起氮素代谢紊乱。③促进碳水化合物的代谢并加速同化产物向贮藏器官输送。因为钾能活化淀粉合成酶,所以能促进单糖合成双糖(蔗糖)或多糖(淀粉)。缺钾时,植物体内的蔗糖、淀粉就会水解为单糖。④促进植物经济用水。钾能促进水分从低浓度的土壤溶液中向高浓度的根细胞移动。所以,供钾充足时,有利于作物有效地利用土壤水分,并保持在体内,以减少水分蒸腾作用。⑤增强作物的抗逆性。钾能提高植物的抗旱、抗寒、抗病、抗盐、抗倒伏能力以及抵御外界恶劣环境的耐受力。⑥改善品质。钾不仅提高产品的营养成分,而且能延长产品的贮存期以及在运输过程中的消耗。钾能使蔬菜有更好的外观表现,还能改善产品汁液含糖量和酸度,使产品风味更浓,全面提高产品的商品性。



(三) 钙、镁、硫

1. 钙 ①钙对细胞壁有稳定作用。是植物细胞膜的重要组成部分,可防止细胞液外渗,同时又是构成细胞壁不可缺少的物质。钙与果胶酸结合形成果胶酸钙,存在于细胞之间的细胞壁中,使细胞联结,既能稳定细胞壁,又可使植物的器官和组织具有一定的机械强度。缺钙时,根系在几小时内就会停止伸长,这是因为缺钙破坏了细胞之间的黏结力所致。②钙能保持细胞的完整性。钙能把生物膜表面的磷酸盐、磷酸酯与蛋白质的羧基桥联结起来,从而保证生物膜结构的稳定性,并能提高生物膜对离子(K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+})的选择性。③钙是某些酶的活化剂,对植物代谢有重要作用。钙能提高淀粉酶的活性,参与离子和其他物质的跨膜运输,协调阴、阳离子平衡,具有渗透调节、中和酸性和解毒作用。

2. 镁 ①镁是叶绿素的组成成分,叶绿素 a 和叶绿素 b 中均含有镁,是植物光合作用不可缺少的元素。缺镁时,不仅植物合成叶绿素受阻,而且会导致叶绿素结构严重破坏。②镁能稳定细胞的酸碱度。镁是中和有机酸、磷酸酯的磷酰基团以及核酸酸性时所必需的元素。大多数酶促反应要求细胞质和叶绿体中 pH 值稳定在 7.5~8,镁和钾一样对稳定 pH 值有非常重要的作用。③镁是酶的活化剂或构成元素,能加强酶促反应。由镁活化的酶类有几十种。植物体内各项代谢和能量转化等重要生化反应,都需要 Mg^{2+} 参加。镁能促进磷酸盐在体内的运转,参与脂肪的代谢和促进维生素 A 和维生素 C 的合成。④镁参与蛋白质合成。镁是联结核糖体亚单位的桥接元素,为蛋白质合成提供场所。

3. 硫 ①硫参与蛋白质合成和代谢。植物体内有 3 种含硫的氨基酸(蛋氨酸、胱氨酸、半胱氨酸),没有硫就没有含硫的氨基酸,作为生命基础物质的蛋白质也就不能合成。缺硫时,蛋白质合成受阻。



②硫参与体内氧化还原反应。谷胱甘肽是植物体内重要的生物氧化剂,由谷氨酸、含硫的半胱氨酸和甘氨酸组成,在植物呼吸作用中起重要作用。缺硫时,谷胱甘肽难以合成,导致正常的氧化还原反应受阻,有机酸形成减少,进而影响蛋白质合成。③硫影响叶绿素形成。硫不是叶绿素的组成成分,但缺硫时往往使叶片中叶绿素含量降低,叶色淡绿,严重时变为黄白色。④硫能改善品质。硫是许多挥发性化合物的结构成分,从而使大葱、大蒜、芥菜等具有特殊气味。种植这类蔬菜时,适当施用含硫肥料对改善品质非常重要。

(四)微量元素

1. 铁 ①铁影响叶绿素合成。铁不是叶绿素的组成成分,但合成叶绿素时需要铁。缺铁时,叶绿体结构被破坏,导致叶绿素不能合成。植物缺铁常出现失绿症,症状先表现在幼叶上,而下部老叶仍保持绿色。②铁参与细胞内的氧化还原反应和电子传递。无机铁盐的氧化还原能力不强,但当铁与某些有机物结合形成铁血红素或进一步合成铁血红蛋白,它们的氧化还原能力提高千万倍。③铁能促进植物细胞的呼吸作用。铁是某些与呼吸作用有关酶的成分,如细胞色素氧化酶、过氧化氢酶、过氧化物酶等都含有铁。④铁是磷酸蔗糖合成酶最好的活化剂,作物缺铁会导致体内蔗糖形成受阻。

2. 硼 硼对蔬菜的生长、繁殖,特别是开花、结实有很重要的作用。①硼参与碳水化合物的运输和代谢。供硼充足时,糖在植物体内运输就顺利;供硼不足时,会有大量碳水化合物在叶片中积累,使叶片变厚、变脆,甚至畸形。糖运输受阻会造成分生组织中糖分明显不足,致使新生组织形成受阻,往往表现为植株顶部生长停滞,甚至生长点死亡。②硼促进生殖器官的形成和发育。生殖器官,尤其是花的柱头和子房中硼的含量很高。缺硼的植物生殖器官发育不良,影响受精作用。硼能促进花粉的萌发和花粉管的伸长。缺硼还会影



响种子的形成和成熟。③硼能调节体内氧化系统。硼对由多酚氧化酶所活化的氧化系统有一定的调节作用。缺硼时氧化系统失调,多酚氧化酶活性提高,酚氧化成醌类聚合物使作物出现病症(如萝卜的褐腐病、甜菜的腐心病)。缺硼时对原生质膜透性以及膜结合的酶有损害作用。④硼能提高根瘤菌的固氮能力,还能促进细胞分裂和伸长。缺硼时,主根和侧根的伸长受抑制,甚至停止生长,使根系呈短粗丛枝状。

3. 锰 ①锰直接参与光合作用。在光合作用中,锰参与水的光解和电子传递作用。缺锰时,叶绿体解体,仅能产生少量的氧,叶绿素含量下降,光合磷酸化作用受阻,糖和纤维素随之减少。②锰是许多酶的活化剂。锰直接参与光合作用,促进氮素代谢,调节植物体内氧化还原状况,这些作用往往是通过锰对酶活性的影响来实现的。缺锰时,硝酸还原酶活性下降,植物体内硝态氮的还原作用受阻,导致体内硝酸盐积累,蛋白质合成受阻。植物体内含有的含锰的超氧化物歧化酶具有保护光合系统免遭活性氧的毒害以及稳定叶绿素的功能。锰还能提高吲哚乙酸氧化酶的活性,有助于过多的生长素及时降解,保证植物能正常生长和发育。③锰能促进种子萌发和幼苗生长。锰不仅对胚芽鞘的伸长有刺激作用,而且能加速种子内淀粉和蛋白质的水解,保证幼苗及时能获得养分。

4. 锌 ①锌是某些酶的组分或活化剂。乙醇脱氢酶、铜—锌超氧化物歧化酶、碳酸酐酶和核糖核酸聚合酶含有结合态锌。在糖酵解过程中,锌是磷酸甘油醛脱氢酶、乙醇脱氢酶和乳酸脱氢酶的活化剂,表明锌参与呼吸作用及多种物质的代谢。缺锌会降低植物体内硝酸还原酶和蛋白酶的活性。总之,锌通过酶对植物碳、氮代谢产生广泛的影响。②锌参与生长素的合成。缺锌时,植物体内吲哚乙酸合成锐减,尤其是在芽和茎中的含量明显减少,导致作物生长发育出现停滞状态,表现为叶片变小、节间缩短等,而发生“小叶病”、“簇叶



病”等生理病害。③锌促进光合作用。含锌的碳酸酐酶可催化光合作用过程中 CO_2 的水合作用。缺锌时,作物光合作用的强度降低。④锌参与蛋白质合成。蛋白质合成所需的核糖核酸聚合酶的组分中含有锌。植物缺锌,植物体内核糖核酸聚合酶的活性提高,核糖核酸降解速率加快,蛋白质含量降低,影响生殖器官的形成和发育。锌对生殖器官发育和种子受精有影响。

5. 铜 ①铜以酶的方式参与植物体内氧化还原反应,并对植物的呼吸作用影响明显。在氧化还原反应中起传递电子的作用。②铜构成铜蛋白并参与光合作用。铜在叶绿体中含量较高,缺铜时,光合作用受到抑制,淀粉含量明显减少。铜与色素可形成络合物,对叶绿素和其他色素有稳定作用,在不良环境中能明显增加色素的稳定性。③铜是超氧化物歧化酶的组成成分。铜与锌共同存在于超氧化物歧化酶中,此酶是所有好氧有机体所必需的,具有催化超氧自由基歧化的作用,以保护叶绿体免遭超氧自由基的伤害。缺铜时,植株中超氧化物歧化酶活性降低。④铜参与氮素代谢和固氮作用。在复杂的蛋白质形成过程中,铜可促进氨基酸活化及蛋白质合成。缺铜时,蛋白质合成受阻,可溶性铵态氮和天冬酰胺积累。铜对共生固氮作用也有影响,它可能是共生固氮过程中某种酶的成分。

6. 钼 ①钼参与氮素代谢。钼是酶的金属成分,并会发生化合价的变化。钼是硝酸还原酶和固氮酶的成分,它们是氮素代谢过程中不可缺少的酶。缺钼时,植株体内硝酸盐积累,氨基酸和蛋白质的数量明显减少。钼参与根瘤菌的固氮作用,固氮酶是由钼铁氧还原蛋白和铁氧还原蛋白两种蛋白质组成,这两种蛋白只有结合才具有固氮能力。钼直接影响根瘤菌的活性,也影响根瘤菌的形成和发育。钼还参与氨基酸的合成与代谢,阻止核酸降解,利于蛋白质合成。②钼影响光合作用强度和维生素 C 合成。钼是维持叶绿素正常结构必需的。缺钼时,叶绿素含量减少,光合作用强度降低,还原糖含量