

桑树的营养 与施肥



龚垒 编著

中国农业科技出版社



桑树的营养与施肥

龚 垒 编著

中国农业科技出版社

(京)新登字061号

内 容 提 要

本书总结了近十年来桑树营养与施肥领域的研究成果，阐述了各种营养元素和生理活性物质对桑树的作用；重点介绍了桑树缺素症的识别和防治，桑园肥料的种类和性质，桑园土壤施肥和叶面施肥技术。本书实用性强，文字简明扼要，适合广大蚕业科技人员和蚕农阅读，也可供研制和生产桑树复合肥料、叶面肥料的厂家参考。

桑树的营养与施肥

龚 全 编著

责任编辑 游 滨

封面设计 孙宝林

•

中国农业出版社出版（北京海淀区白石桥路30号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

海丰印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张，2.75 字数，60千字

1994年4月第一版 1994年4月第一次印刷

印数：1—6600册 定价：3.20元

ISBN 7-80026-641-9/S·434

前 言

最近十多年来,关于桑树营养与施肥的研究十分活跃,除对氮、磷、钾元素营养有较为系统和深入的研究外,对镁、钙、铁、硼等元素的重要性也有了进一步的认识。桑树缺素症已开始引起人们的关注。与此同时,各式各样的桑树复合肥料和叶面肥料相继问世,令人目不暇接。

值得注意的是,近年有相当一部分桑树复合肥料和叶面肥料都不是蚕桑专业人员研制的,有的甚至还不是肥料行业、化工行业研制生产的,某些产品在宣传上也存在失实和不尽科学之处,广大蚕农还缺乏这方面必要的专业知识,在使用中出现了不少问题,应当引起充分重视。

近年来,作者一直从事桑树叶面肥料的筛选和研制,与不少生产厂家有联系,收集到许多第一手材料,也积累了一些实际经验,愿意通过本书把自己的心得体会奉献给广大读者。

编 著 者

1993年7月

目 录

第一章 桑树生长必需的营养	(1)
一、桑树的化学成分	(1)
二、大量营养元素	(2)
三、微量营养元素	(6)
四、生理活性物质	(8)
第二章 桑树对矿质的吸收及桑树缺素症	(14)
一、桑树对矿质元素的吸收	(14)
二、桑树缺素症的研究方法	(17)
三、桑树缺素症的鉴别	(21)
四、桑树缺素症的防治	(25)
第三章 桑园肥料的种类和性质	(30)
一、粪尿肥和厩肥	(30)
二、堆沤肥	(33)
三、杂肥	(35)
四、绿肥	(37)
五、大量元素肥料	(43)
六、微量元素肥料	(50)
七、复合肥料	(51)
第四章 桑园土壤施肥	(54)
一、桑园土壤施肥的意义	(54)
二、桑园土壤施肥的原则	(59)
三、桑园施肥量的确定	(61)
四、施肥时期和方法	(64)
第五章 桑树的叶面施肥	(68)
一、叶面施肥的原理	(68)

二、叶面肥料的种类和成分.....	(71)
三、桑树叶面施肥的增产效果.....	(73)
四、桑树叶面施肥应注意的问题.....	(78)
五、桑树叶面施肥展望.....	(80)
参考文献	(81)

第一章 桑树生长必需的养分

桑树的生长需要从外界环境摄取物质和能量。在光合作用过程中，桑树从空气和土壤中摄取二氧化碳和水分，在日光照射下，制造有机物。桑树还从土壤中吸收约占干重5%~10%的矿质元素，以满足各种生理活动的需要。

桑树收获要带走很多养分，必须通过施肥不断地予以补充。科学施肥离不开桑树营养生理和桑园土壤科学的理论。只有对桑树对于养分的需求和吸收利用规律有足够的认识，才有可能做到合理施肥。

一、桑树的化学成分

桑树体内含有的化学元素大约有60种或更多一些。凡是土壤中存在的元素，几乎都能在桑树体内找到，但这些元素在桑树体内的含量并不与土壤中的含量成比例，也不是每一种元素都是桑树生活所必需的。通过水培（溶液培养）和砂培以及其它实验方法，发现桑树除了需要碳（C）、氢（H）、氧（O）这3种元素外，至少还需要氮（N）、钾（K）、钙（Ca）、镁（Mg）、磷（P）、硫（S）、铁（Fe）、硼（B）、锰（Mn）、锌（Zn）、铜（Cu）和钼（Mo）等12种元素。这些元素以有机和无机两种形态存在于桑树体内。

在桑树生长必需的15种营养元素中，碳、氢、氧是桑树的骨架——细胞壁的主要组成元素。细胞壁物质如纤维素、

半纤维素、木质素、果胶质等均由这3种元素构成。碳、氢、氧也是桑树体内其它有机物的主要成分。在桑树生命活动中起着重要作用的水就是由氢和氧组成的。桑树树干、根系、枝叶的含水量高达50%~80%以上。桑树主要从空气和土壤中摄取二氧化碳(CO_2)和水(H_2O)来获得这3种元素。

其余12种元素，除氮以外，最初都是地球岩石的成分，所以称为矿质元素。它们主要以离子的形态存在于土壤中，故它们又称为桑树的矿质营养或土壤营养。由于桑树吸收氮素的方式与吸收矿质元素的方式相似，所以氮素营养也被视为矿质营养的一部分。

桑树对氮、钾、钙、镁、磷和硫这6种元素的需要量较大，树体内含量也较高，在叶片中的含量往往占干重的百分之几到千分之几，因此称为大量营养元素或大量元素；而对铁、硼、锰、锌、铜和钼的需要量较小，在桑树体内的含量甚微，在叶片中的含量往往只有干重的万分之一到百万分之一，因此称为微量营养元素或微量元素。

二、大量营养元素

(一) 氮

在大量元素中，桑树对氮素的需要量最大。氮素约占桑树树体干重的1.5%~2.5%，桑叶中约含有2.5%~5%氮素。

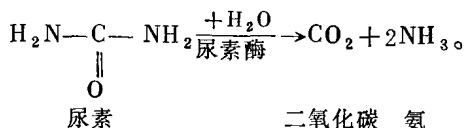
氮、磷、硫是构成生命物质——蛋白质与核酸的关键性元素。

蛋白质由氨基酸构成。蛋白质中含有16%~18%的氮。光合作用碳循环中的各种酶以及电子传递系统中的各种载体

中都含有氮。此外，氮也是嘌呤、生物碱、叶绿素、多种植物激素和多种维生素的成分。遗传物质核酸和组成生物膜的磷脂也都含有氮。

氨基酸是羧酸和氨基的结合物。桑树光合作用产生糖，糖经转化可提供各种羧酸。氮则直接来源于桑树根系从土壤中吸收的铵态氮（ NH_4^+ ）。桑根能够吸收土壤中的硝态氮（ NO_3^- ），但须经代谢还原为氨才能加以利用。

桑根也能吸收简单的有机态氮，如尿素。但尿素进入桑树细胞后，须先分解产生氨才能成为合成氨基酸的原料。桑叶也能吸收尿素并将它分解成氨加以利用：



所以，在生产上，不但可以把尿素施入土壤，而且也可将其直接喷施于桑树叶面。

（二）钾

钾在桑树体内的含量（以 K_2O 计）仅次于氮和钙，约占树体干重的0.5%~2.5%，桑叶中约含有1.5%~2.5%的钾素。

钾并不参与桑树体内有机分子的组成，而是以水溶性的—价阳离子（ K^+ ）状态存在并发挥作用。钾与蛋白质作疏松的缔结，是糖代谢、蛋白质代谢和核酸代谢中许多酶的活化剂。缺钾会阻碍碳水化合物运输和氮代谢。

钾在气孔开闭运动中起一种渗透剂的作用。这种作用是其它金属离子不能取代的。叶片气孔保卫细胞里的钾离子积累时，气孔开放；释放时气孔关闭。气孔是二氧化碳和水进出叶片的门户，气孔开闭对桑树光合作用和蒸腾作用有重大

影响。根压的产生也与钾离子有关。因此，钾同吸收水分和保持水分关系密切。桑树一旦缺钾，叶片就会因失水而枯萎。

虽然在树体内 K^+ 能以离子键与无机或有机阴离子结合，或者与高分子表面的离子结合，但在水溶液中很容易解离。钾总是以离子形态(K^+)自由活动，也在维管束中循环，并在其中协助物质转移。

(三) 钙

钙在桑树体内的含量仅次于氮，约占树体干重的1%~1.7%，桑叶中约含有1.5%~3.0%的钙。和钾的极易流动性相反，钙在树体内很难转移。

钙在细胞壁中以果胶酸钙形态存在，影响细胞弹性。细胞膜中磷脂酸的钙盐是维持膜结构和膜性质的重要物质之一。钙调蛋白通过与钙离子的可逆结合，调节某些酶的活性和离子的跨膜运输。钙可与草酸结合生成草酸钙结晶，以消除过量草酸的为害。

有人认为钙在植物营养中实质上是一个微量元素。通常需要大量钙只不过是了解除其它过量金属元素的为害。在自然条件下，土壤中存在相当数量的其它金属离子，在某些情况下还有相当数量的氢离子(H^+)，这就需要有较多数量的钙来维持离子平衡。桑树体内的钙易形成果胶酸钙、植酸钙、碳酸钙等化合物而沉积下来，从而需要源源不断的钙素供应，这就使得钙实际上仍然是桑树的大量必需元素。

钙在延缓叶片衰老中有独特作用。

(四) 镁

镁也是桑树必需的大量营养元素。镁约占桑树树体干重的0.35%~0.60%，桑叶中约含有0.6%~1.0%的镁。

镁对桑树的光合作用特别重要。镁是叶绿素的核心成分。在光合作用中，叶绿素是叶绿体捕集光能并把它转变为化学能的重要机器。镁能活化1,5-二磷酸核酮糖羧化酶（RuBP羧化酶），后者被公认为在光合作用固定二氧化碳过程中起了关键性作用。

镁约占叶绿素重量的2.7%，而叶绿素中的镁仅占叶片中镁的10%左右。也就是说，镁除了在叶绿素中发挥作用外，其余90%的镁活跃在其它各种生命活动中。

镁是数十种酶的活化剂，这些酶关系到碳水化合物、脂肪和蛋白质等物质的代谢和能量的转化。呼吸作用中的糖酵解和三羧酸循环，脂肪代谢中的乙醛酸循环，能量代谢中的重要酶类ATP酶的活化等等都需要镁做为活化因子。

（五）磷

磷（以 P_2O_5 计）约占桑树树体干重的0.25%~0.45%，桑叶中约含有0.35%~0.65%的磷。

磷在桑树体内以有机和无机两种形态存在。磷对桑树的重要性并不亚于氮。磷是磷脂、核酸、核苷酸和糖磷酸酯的组成成分。磷脂是细胞膜的重要成分；核酸是遗传的物质基础，是遗传信息的携带者和传递者；糖的合成与降解通常是以磷酸酯的形式进行的。磷也是某些辅酶的重要组成部分。例如，烟酰胺腺嘌呤二核苷酸（NAD，辅酶Ⅰ）、烟酰胺腺嘌呤二核苷酸磷酸（NADP，辅酶Ⅱ）、黄素腺嘌呤二核苷酸（FAD）、辅酶A、焦磷酸硫胺素、磷酸吡哆醛等辅酶中都含有磷。这些辅酶在生物氧化还原、氢的传递、乙酰基的转移和脱羧反应中分别起着重要的作用。

磷在桑树能量转换中发挥重要作用。磷是生物能的载体（通货）——腺苷三磷酸（ATP）的必要成分。ATP是最重要的

能量转换和贮藏物质。ATP分子含有2个高能磷酸键。ATP水解放出的能量可为各种需能反应所利用。

(六) 硫

硫也是桑树生命物质的必要组成元素，桑叶中约含有0.2%的硫。

硫在桑树体内参与生物素、维生素B₁、辅酶A、胱氨酸、半胱氨酸、谷氨酸等物质的组成。通过半胱氨酸 $\rightleftharpoons$ 胱氨酸系统的变化，调节细胞的氧化还原电位；又通过谷胱甘肽，作为载氢体参与呼吸作用。此外，硫还组成了辅酶A的重要官能基——巯基（—SH），参与氨基酸、脂肪和碳水化合物的合成与转化。

三、微量营养元素

虽然桑树体内的微量元素含量只有其干重的万分之一到百万分之一，但桑树正常的生命活动离不开它们。

(一) 铁

铁是最早被认定为植物必需的微量元素。铁与叶绿素的形成有密切关系，但其机理还没有完全搞清楚。铁在树体内不易移动，所以桑树需要不断供应铁素。缺铁可引发桑树黄化缺绿症。

铁还是桑树体内许多重要的酶（如细胞色素氧化酶、过氧化氢酶）和电子递体（如细胞色素、铁氧还蛋白）的组成部分。

(二) 硼

硼参与糖的运输，还与木纤维及果胶质的形成有关。缺硼时叶片中的碳水化合物因不能外运而累积，并引发桑树粗皮病。硼在树体内不易移动。

(三) 锰

锰在光合作用放氧过程中起电子传递作用；它还可以取代镁促进某些酶反应。锰为叶绿素合成所必需；锰还会影响铁的可利用程度。锰在树体内不易移动。

(四) 锌

锌为生长素合成所必需。缺锌植株中游离的和结合的生长素明显减少，生长停滞。锌参与叶绿体内碳酸酐酶的组成。碳酸酐酶催化二氧化碳与水结合形成碳酸根 (CO_3^{2-}) 或重碳酸根 (HCO_3^-) 的反应， CO_2 向 CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 的转化影响光合作用中 CO_2 的固定过程。缺锌时叶绿体的亚显微结构受破坏。锌在树体内易移动。

(五) 铜

铜是抗坏血酸氧化酶、多酚氧化酶和酪氨酸酶的成分，也是电子传递体质蓝素的组成成分。铜在树体内不易移动。

(六) 钼

钼是本节介绍的6种微量元素中桑树需要量最少的一种。桑叶中钼的含量大约只占干重的百万分之一。钼在氮代谢中有重要作用。钼是硝酸还原酶的成分，缺钼时树体内的硝酸根 (NO_3^-) 不能还原成氨，造成硝酸盐累积，使组织坏死，在叶子上形成黄色斑点；同时阻碍了氮进一步转化形成氨基酸和蛋白质的过程。钼在树体内不易移动。

(七) 其它

除了上面介绍的6种生理作用比较明确的微量元素外，桑树可能还需要其它一些微量元素。

钛 (Ti) 是近一、二十年来发现的对植物生长有明显促进作用的元素之一。国外有在粮食作物、甜菜、蔬菜和果树上喷施钛肥增产的报道。国内也有不少单位在桑树上进行了

广泛的试验研究。虽然目前对于钛的生理作用还不十分了解，但钛肥的研究和开发利用已普遍受到重视。

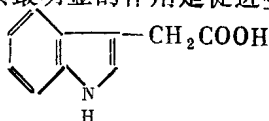
稀土元素对植物的生长效应近年来也受到人们的注意。稀土元素包括了原子序数57至71的15个镧系元素以及和镧系元素化学性质相近的钪(Sc)和钇(Y)。虽然最近一个时期有关稀土元素对桑树的生长效应时有报道，例如，将三氯化镧(LaCl_3)加入培养液中或与其它营养物质配合喷施，对桑树生长和叶片叶绿素含量提高均有良好促进作用，但详细机理还有待进一步研究。

四、生理活性物质

桑树生长所必需的各种营养元素一般是以无机物的形式或简单的有机物(如尿素)形式被吸收利用的。与此同时，桑树生长还需要一些化学结构较为复杂的微量有机化合物——生理活性物质。其中，有的桑树能自行合成，但在旺盛生长时往往满足不了自身的需要，称为内源生理活性物质，包括植物激素、维生素等；另有一些是外源生理活性物质，如生长素类似物、细胞分裂素类似物、邻醌、腐植酸等，桑树不能合成。因此，及时补充这两类生理活性物质，也能有效地促进桑树生长。

(一) 生长素及其类似物

生长素即吲哚乙酸(IAA)，是最早发现的促进植物生长的激素。生长素最明显的作用是促进生长，但不同器官的



生长素 (IAA)

最适浓度不同，通常是：茎>芽>根，三者分别为 10^{-5} 摩尔/升、 10^{-8} 摩尔/升和 10^{-10} 摩尔/升。生长素还促进蛋白质和核酸的生物合成。

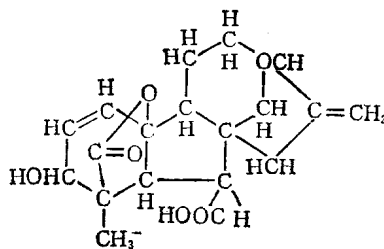
植物体内自由态吲哚乙酸的含量很低，每公斤鲜重大约只有1~100微克。吲哚乙酸的纯品为白色结晶，难溶于水而易溶于乙醇和乙醚等有机溶剂；在光下易被氧化成红色，生理活性也会降低。生长素在植物体内也很容易经代谢而破坏，所以外施时效果短暂。生产上应用较多的是生长素类似物，其生理作用与生长素相近且较为稳定，能够人工合成，价格也较便宜。较为常见的有：吲哚丁酸（IBA）、2,4,5-三氯苯氧乙酸（2,4,5-T）等。

（二）赤霉素

赤霉素是能促进节间生长的植物激素，它的化学结构较为复杂，是一类具有4个环的双萜化合物，因发现其作用及离提纯时所用的材料来自赤霉菌而得名。

赤霉素能促进茎的生长，增加植物体内核酸和蛋白质含量，还能活化十余种酶。

现已发现的赤霉素有60多种，生产上应用较多的是赤霉

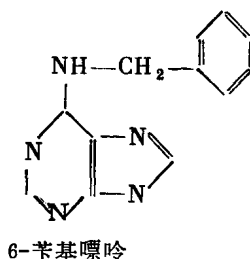
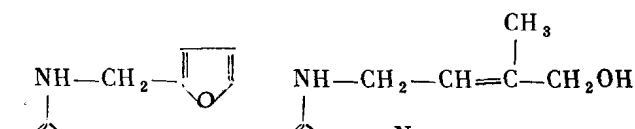


赤霉酸 (GA_3)

酸 (GA_3)。赤霉酸是白色结晶性粉末，不溶于水而溶于乙醇。用适当浓度的 GA_3 喷施桑树，可促使叶片增大变薄，叶柄伸长，桑叶产量增加。

(三) 细胞分裂素及其类似物

细胞分裂素是一类能促进细胞分裂和分化，诱导芽的形成及生长的植物激素，是 N^6 位置上的氢 (H) 被其它基团取代的嘌呤衍生物。活性大小因侧链长度、不饱和度和其它性



质而有很大差异。重要的细胞分裂素有激动素、玉米素、6-苄基嘌呤等。

有些非嘌呤化合物，如 N,N' -二苯脲和苯并咪唑，也有细胞分裂素活性。

生长素、赤霉素和细胞分裂素的生理作用见表1。

(四) 维生素

维生素是人类和动物正常代谢所必需的，但需要量甚微

表1 三类植物激素的生理作用

激 素	种子发芽	树木发芽	顶端优势	衰 老	插条生根
生长素			促 进	抑 制	促 进
赤霉素	促 进	促 进	促 进	抑 制	抑 制
细胞分裂素	促 进	促 进	减 低	抑 制	

的有机化合物。很多种维生素人类和动物不能合成，必须由外界补给。与此不同的是，植物自己能够合成多种维生素，用于自身的生长发育。B族维生素在植物体内多与蛋白质呈结合状态，维生素C一般为自由状态。

维生素是多种辅酶或辅基的成分，参与体内各种生化反应。国内外大量试验证明，外部补充各种维生素，对桑树的生长有良好的作用。表2列举了对植物生长较为重要的几种维生素的名称和生理作用。

表2 若干种维生素的生理作用

名 称	简 写	生 理 作 用
硫胺素	B ₁	呼吸酶、光合酶成分，根部生长所必需
核黄素	B ₂	多种氧化还原酶的辅酶或辅基
泛 酸	B ₃	参与辅酶A的合成，根部生长所必需
烟 酸	PP(B ₆)	辅酶I和辅酶II的成分，促进根部生长和种子发芽
吡哆醇	B ₆	促进根部生长
氰钴素	B ₁₂	与固氮作用有关
叶 酸	B _c	在生化反应中传递碳片
抗坏血酸	C	参与生物氧化还原反应
生物素	H	在脂肪合成中起辅助作用