

配方施肥与 植物激素应用

郭春海 编著

河北科学技术出版社

配方施肥与植物激素应用

郭春海 编著

河北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

配方施肥与植物激素应用/郭春海编著. —石家庄:河北科学技术出版社, 1998

ISBN 7-5375-2011-9

I. 配… II. 郭… III. ①施肥-配方②植物激素-应用
IV. S14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 33156 号

配方施肥与植物激素应用

郭春海 编著

河北科学技术出版社出版发行(石家庄市和平西路新文里 8 号)

唐山新华彩印厂印刷

新华书店经销

787×1092 1/32 5.875 印张 126000 字 1999 年 1 月第 1 版

1999 年 1 月第 1 次印刷 印数:1—3000 定价:6.00 元

ISBN 7-5375-2011-9/S · 32 8

(如发现印装质量问题,请寄回我厂调换)

目 录

一、作物营养与施肥	(1)
(一)作物必需的营养元素	(2)
(二)土壤的养分数量及丰缺临界指标	(26)
(三)作物、土壤、肥料的关系与施肥	(38)
二、配方施肥技术	(44)
(一)配方施肥的内容	(45)
(二)配方施肥的理论依据	(49)
(三)配方施肥的基本方法	(52)
(四)常用肥料试验方案及肥料效应函数方程的配置	(77)
三、主要农作物的推荐施肥量及施肥技术	(92)
(一)粮食作物	(92)
(二)经济作物	(109)
(三)蔬菜	(120)
四、微量元素肥料的配施	(125)
(一)锌肥施用技术	(126)
(二)硼肥施用技术	(132)
(三)铁肥施用技术	(136)
(四)锰肥施用技术	(139)
(五)钼肥施用技术	(143)

(六)铜肥施用技术.....	(147)
五、植物激素配施	(150)
(一)植物激素的种类.....	(150)
(二)植物激素的生理作用.....	(154)
(三)植物激素的配制.....	(157)
(四)植物激素的使用方法.....	(160)
(五)影响植物激素使用效果的因素.....	(161)
(六)常用植物激素产品.....	(163)

一、作物营养与施肥

作物与人、动物等有生命的生物体一样，必须吸收营养才能正常发育和生长。营养的基本来源是从土壤中吸收矿物质，如氮、磷、钾和微量元素等；从空气中吸收二氧化碳以合成有机物质；从太阳光中吸收能量，把光能转变成生物能。植物生长的过程就是不断地把从根部吸收的矿物质养分和从叶部吸收的二氧化碳，通过光合作用，形成蛋白质、脂肪和碳水化合物（糖、淀粉等）的过程。当然，与其他生物一样，水也是作物生命活动不可缺少的。通过化学分析知道，一般新鲜植物含有 25%~95% 的水分和 5%~25% 的干物质。在干物质中，组成植物有机体的碳、氢、氧、氮 4 种主要元素占 95% 以上，剩余的为钙、钾、硅、磷、硫、氯、铝、钠、铁、锌、硼、钡、铜、钼、镍、钴、钒等几十种灰分元素，占 1%~5%，由此可见，植物体的元素组成是非常复杂的。

由于作物种类不同，不同土壤的元素含量和组成不同，植物中所含的元素种类和数量亦不相同，甚至同一种作物的不同器官所含的元素种类和数量都不相同。如：小麦植株碳、氢、氧的平均含量占干物质重的 94.69%，氮占 1.19%，灰分占 4.12%。在灰分中，磷占 0.22%，钾占 0.57%，钙占 0.16%，镁占 0.10%，硫占 0.18%，硅占 1.08%，氯占 0.06%，钠占 0.05%，其他占 1.7%。一般说来，禾谷类作物（小麦、玉

米、水稻等)含硅数量多,马铃薯富含钾,豆类富含氮、钾。在不同的器官中,籽粒含氮、磷比茎秆多,茎秆中钙、硅、氯、钠含量高于籽粒。作物对元素的吸收种类和数量是作物的生理特性和环境条件造成的。

虽然作物体内含有几十种元素,但它们不都是作物生长所必需的。判断某种元素是否是作物必需的,不是依据它在植物体内的含量多少,而是根据元素对作物生理过程所起的作用决定的。判断的标准有三条:一是这种元素是完成作物生活周期不可缺少的;二是缺少这种元素作物就会出现专一的缺素症状,唯有补充这种元素,症状才会消失;三是这种元素在作物营养上具有直接作用的效果,而并非由于它改善了作物的生长条件所产生的间接效果。当某种元素全部具备了上述三条标准时,才能确定它是否作物生长所必需的。

(一) 作物必需的营养元素

通过多年的研究试验,现已肯定的作物必需的营养元素有16种,它们是:氮(N)、磷(P)、钾(K)、碳(C)、氢(H)、氧(O)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S)、铁(Fe)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、硼(B)、氯(Cl)、钼(Mo)。硅(Si)、钠(Na)、硒(Se)尚未肯定为必需元素。了解作物所必需的营养元素,是研究作物营养和合理施肥的重要依据。

根据作物对这16种必需营养元素的需要量不同,可把它们划分为两类。第一类是大量营养元素,包括碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、硫9种。它们占作物干物质重的百分之几十到百分之几,其中碳、氢、氧主要通过叶片从空气中获取,一般不要人工补充。其他6种元素需要从土壤中吸收,特别

是氮、磷、钾 3 种元素，由于作物需求量大，土壤中含量相对较少，常需要人工施肥才能满足作物生长的需要，因而又称“作物营养三要素”或“肥料三要素”。第二类是微量元素，包括铁、锰、铜、锌、硼、钼、氯 7 种，它们的含量占作物干物质重的千分之几到十万分之几。虽然它们在植物体内含量较少，但在生理上同样起重要作用。

1. 必需营养元素在植物体内的含量和重要作用

(1) 氮。一般作物含氮约占干物质重的 $0.3\% \sim 5\%$ ，幼嫩器官和籽实中氮的含量高于茎叶。作物吸收氮素形态为 NH_4^+ 和 NO_3^- （铵态氮和硝态氮）。氮是组成蛋白质和核酸的重要成分，蛋白质中氮的含量占 $16\% \sim 18\%$ ，它与核酸组成核蛋白，是一切生命活动和遗传的基础。氮是组成叶绿素的重要成分。叶绿素是“制造粮食的工厂”，它借助光能把水和二氧化碳转化成葡萄糖，而葡萄糖是一切有机物质合成的基础，叶绿体占作物叶子干重的 $20\% \sim 30\%$ ，而叶绿体干物质中含有 $45\% \sim 60\%$ 的蛋白质。氮是多种酶和维生素的成分，蛋白质是酶的主要成分，而酶决定了作物体内生物化学反应的方向和速度。一些维生素如 B_1 、 B_2 、 B_6 等都含有氮素，缺乏氮素，这些物质就不能形成。

(2) 磷。作物含磷量占作物干物质的 $0.2\% \sim 1.1\%$ ，一般为有机态，占磷素含量的 85% ，吸收形态为 PO_4^{3-} 、 HPO_4^{2-} 、 H_2PO_4^- 。磷是形成核酸和核蛋白不可缺少的物质，它们是生命活动的基础。磷促进作物光合作用和呼吸作用，促进种子和果实发育，提高作物抗旱能力和抗寒能力，提高盐碱土壤上作物的抗盐能力，有利于豆科作物根瘤生长。

(3) 钾。农作物含钾占其干物质重的 $0.2\% \sim 5\%$ ，全部

为无机形态存在，吸收形态为 K^+ 。钾促进光合作用，激发酶的活性，促进碳水化合物的代谢和合成，增加作物抗旱能力、抗倒伏能力和抗病力，提高种子丰满度和水果、蔬菜质量。

(4) 钙。植物干物质中含钙 0.1%~0.2%，吸收形态为 Ca^{2+} 。钙是细胞壁的组成成分，有助于植物营养器官的生长。钙是酶的活化物质，促进碳水化合物合成，中和有机酸，起解毒剂作用。

(5) 镁。植物干物质中含镁 0.1%左右，吸收形态为 Mg^{2+} 。镁是组成叶绿素的关键元素，是许多酶的活化剂，促进磷素的吸收和输送，有助于糖的形成，是根从土壤中吸收其他养分的调节剂。

(6) 硫。植物干物质中含硫 0.3%左右，吸收形态为 SO_4^{2-} 、 SO_3^{2-} 。硫是某些蛋白质的成分，提高维生素和辅酶 A 的活性，刺激根和种子生长，协助油料作物油脂的合成和叶绿素的形成，促进豆科作物根瘤生长。

(7) 硼。硼的含量一般为植物干物质重的百万分之一至百万分之三。全部为无机态存在，吸收形态为 BO_3^{3-} 。硼对碳水化合物的运转起重要作用，对生殖器官的建成不可缺少，促进蛋白质合成和形成木质素，有助于根的发育。

(8) 铜。植物干物质中含铜百万分之三至百万分之十五，吸收形态为 Cu^+ 、 Cu^{2+} 。铜是多种氧化酶的组分，在催化氧化还原反应方面起重要作用，能提高叶绿素含量，促进光合作用；增加维生素 A 和维生素 C 的含量。

(9) 铁。植物含铁为干重的十万分之三左右，吸收形态为 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 。铁是生成叶绿素的催化剂，缺铁时叶绿素不能形成。铁参与植物的呼吸作用，在生物固氮中起重要作用。

(10) 锰。在植物干物质中含锰十万分之几到千分之几，吸收形态为 Mn^{2+} 、 Mn^{4+} 。锰参与光合作用，参与氧化还原反应，影响铁的反应，加速种子发芽和植物成熟，是若干酶的活化剂。

(11) 钼。钼在植物干物质中的含量，豆科植物为百万分之几至十万分之几，非豆科作物为亿分之几至百万分之几。钼在生物固氮中具有重要作用，参与硝态氮的转化。缺钼时，造成 NO_3^- 积累，减少蛋白质合成；钼影响磷酸酶的活性，进而影响磷的转化，缺钼会造成维生素 C 减少。

(12) 锌。植物干物质含锌百万分之几至十万分之几，吸收形态为 Zn^{2+} 。锌参与生长素（吲哚乙酸）的合成，影响某些酶系统的活性，缺乏时引起植株矮小，不利于种子形成。钼参与光合作用，促进蛋白质和核酸的形成，有助于植物对氮和磷的利用。

(13) 氯。植物体内氯占干物质重的 0.06% 左右，吸收形态为 Cl^- 。氯是含氯植物生长激素的成分，刺激某些酶的活性，影响碳水化合物新陈代谢和植物组织的蓄水能力。

2. 植物缺乏症状及敏感作物 作物必需的营养元素在作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都不能被其他元素所代替，这就是营养元素的同等重要律和不可代替律。虽然各种营养元素在作物体内的含量相差几倍，乃至几十倍、上千倍，甚至几十万倍，但它们在作物体内的作用，并没有重要和不重要之分。因此，缺乏任何一种营养元素，它所具有的特殊生理功能，是任何别的元素所不能取代的，因而各种营养元素缺乏时，所表现的田间症状也是千差万别，各不相同的。

虽然各种作物在缺乏某种营养元素时都会使生长发育受到障碍，但不同的作物对同一种营养元素缺乏时的敏感程度是不同的。对某种营养元素敏感的作物，在这种元素缺乏时，能很快在外观上表现出来，而不敏感作物却能正常生长。如：玉米对锌元素是敏感作物，当玉米缺锌时，田间症状表现为“花白苗”，即“缺绿白苗病”，这时小麦、大麦、胡萝卜等不敏感作物却能正常生长。又如小麦对铜是敏感作物，当小麦缺铜时，分蘖期表现为分蘖叶卷曲，叶片呈灰黄色，而对铜不敏感作物，如玉米、油菜、大豆等却无明显的症状。现对作物所必需的各种营养元素的缺素症状和敏感指示作物分别介绍如下：

(1) 氮肥。作物体内氮素不足时，由于蛋白质合成受到障碍，表现为生长受阻，植株矮小，又因氮素缺乏影响叶绿素的形成，降低了叶绿素含量，因而使叶子变黄变淡，甚至枯萎早衰。氮在作物体内又是容易转移的元素，故氮素缺乏时，首先表现在植株下部，逐渐向上发展，开花以后，氮素向花、果实转移，叶子枯黄现象特别明显，出现早衰。缺乏严重时，开花数量大量减少，因而果实减少，产量下降。

对氮素敏感的作物有：水稻、麦类、玉米、油菜、苹果、柑橘等。

①玉米。玉米需氮量比其他非豆科作物多，缺氮时苗期生长缓慢，矮瘦，叶色黄绿，抽雄迟。生长盛期缺氮，叶的缺绿症状更为明显，老叶从叶尖沿着中脉向叶片基部枯黄，枯黄部分呈“V”型，叶缘部分仍保持绿色而略卷曲，最后呈焦灼状而死。

②稻麦类小粒谷物。植株矮小，分蘖少、叶直立，茎短

而纤细，穗短小，不实率高。

③油菜。生长瘦弱，叶片减少变小，叶色变黄，营养生长受到抑制，有效分枝数和每荚果粒数都大为减少，千粒重相应降低，含油量和产量显著降低。

④苹果。在春季迅速恢复生长期缺氮，果实数量减少，夏季缺氮，影响花芽分化，并严重影响产量，外部表现为叶子逐渐褪绿成黄绿色，症状首先出现在当年生长枝条的基部叶片，然后向上蔓延到顶部，秋季果实明显变小，早熟而脱落。

⑤柑橘。柑橘缺氮时，叶的中脉及较大的侧脉比叶的其他部分颜色特别浅；小枝条出现环形剥皮状，严重抑制了养分的运转，但水分输送不受影响。首先，叶子的中脉及大的侧脉褪绿变黄，出现叶脉缺绿病，叶的其他部分保持一段时间绿色后逐渐变黄。

(2) 磷肥。由于磷素对作物营养有多方面的作用，因而作物缺磷的田间症状也相当复杂。不仅不同的作物缺磷症状不同，就是同一种作物的不同器官与部位也有很大差别。又由于磷素在作物体内移动性很大，除少数极敏感作物容易在外部形态上表现出来外，多数作物当它们处在潜在缺磷阶段时，外表难以诊断。当作物因缺磷而在外形上呈现明显的症状时，作物早已遭到缺磷危害，即使再使用磷肥也难以补偿。作物缺磷的一般症状为：植株生长矮小，叶子呈蓝绿色，根发育不良。严重缺磷时，叶茎呈蓝紫色，细而长，并使作物延迟成熟，籽实发育不良。现将几种对磷素敏感的作物列出，并简述其缺素症状。

对磷敏感的作物有：玉米、麦类、莴苣、番茄、油菜、萝

卜及豆科绿肥。对磷素较为敏感的作物有：豆科作物、非豆科越冬作物、早稻、晚稻。

①小麦。小麦缺磷，出苗后延迟或不长次生根，不分蘖或少分蘖，叶色暗绿略带紫红色，穗小粒少，粒重降低。

②玉米。玉米缺磷，苗期生长很慢，五叶后明显出现缺磷症状，叶片呈紫红色，叶尖呈紫色，叶缘卷曲，茎基呈紫色，果穗短小弯曲，常出现秃顶现象，籽粒不饱满。

③油菜。油菜缺磷反应最早，子叶展开后便出现暗绿变厚现象，出叶迟，叶面积小，茎与叶柄均呈紫红色，植株矮小，不分枝，现蕾开花延迟，籽粒不饱满，产量下降。

④棉花。棉花缺磷，植株矮小，叶片小，叶色暗绿，叶和叶柄红绿比例失调，发育迟缓，易落花落蕾，成桃少，吐絮延迟，根系不发达，抗旱能力减弱。

⑤番茄。植株细长，茎细长，叶片小，呈紫红色，与茎呈锐角。着果少，结果延迟，果实色泽差，品质降低。

⑥水稻。形成“僵苗”，返青后生长缓慢，植株矮小，不分蘖或延迟分蘖；叶形狭长，叶面积小，叶片直立呈“一柱香”状，叶身稍呈环状卷曲，叶色暗绿，苍老，叶心以下第2~3叶尖枯萎呈黄褐色，老根变黄，新根少而纤细；穗小粒少，千粒重降低。

⑦苹果。幼叶变小，呈暗绿色。成叶暗中带紫，灰暗无光。老叶在暗绿色的叶脉间出现淡绿色斑点，极易脱落。茎和叶柄及叶片背面的叶脉呈紫色。叶与茎呈锐角，新梢变细，果芽显著减少。抗寒能力减弱，果实含糖量降低。

⑧甘蓝。叶片呈现杂色，叶背面呈紫红色，叶脉处更为明显。生长发育受阻，产量下降。

⑨柑橘。缺磷时生长缓慢，植株矮小，幼树叶簇很小，叶片少而窄，并具有坏死斑点。老叶无光泽，呈青铜色。花的形成减少，果实畸形，质地粗糙，含酸量增加，品质降低。

(3) 钾肥。作物缺钾，首先表现在下部叶片变黄，沿叶边逐渐枯黄，但中脉仍保持原来颜色。缺钾严重时，从下部叶片渐次向上发展，最后大部分叶片枯黄，叶边缘呈火烧状，叶面形成白色斑点，最后枯黄而脱落，不同作物缺钾症状有所差异。由于作物体内钾的再利用能力强，所以，一般病症在生长后期才逐步表现出来。病症从老叶向上扩展，如果新叶也出现缺钾症状，则表明作物缺钾已到严重程度。

对钾素肥料敏感的作物是：马铃薯、甜菜、烟草、棉花、甘蔗、芹菜、苜蓿、番茄。

①番茄。番茄缺钾时，生长后期结出的果实往往外形不圆而呈棱角，果汁少，果肉薄并显出有空隙，主茎长势弱小，植株生长缓慢，发育不全。

②棉花。叶片上出现黄白色斑块，以后叶片变成淡黄色，叶脉间出现黄色斑点，斑点的中心部分死亡，最后叶片干枯脱落。棉桃瘦小，难以成熟干裂，纤维质量差。

③玉米。玉米缺钾时，老叶从叶尖开始沿叶边向叶鞘处逐渐变褐后焦枯，整个叶片枯死，果穗秃顶。

④水稻。水稻缺钾时，首先老叶尖端和边缘发黄变褐，形成赤褐色斑点，逐渐发展到上部叶片，而后老叶呈火烧状枯死。

⑤小麦。缺钾初期，全部叶片呈蓝绿色，叶质柔弱并卷曲，以后老叶的尖端及边缘变黄，变成棕色以致枯死，整个叶片呈烧焦的样子。

⑥苹果。苹果缺钾时，叶缘附近呈焦枯状，而后整片叶全部死亡，坏死的叶片仍附在枝条上，果实小，着色不良。

(4) 钙肥、硫肥、镁肥。由于这三种营养元素在土壤中的含量较丰，特别是北方，目前还没有大面积施用这三种元素，在个别作物上有小面积施用。

作物缺钙，首先影响植物的嫩叶，使其变形，长不大，异常暗黑。内层叶子胶着，干燥后粘在一起，叶尖钩起。根部生长明显受损，发生烂根。严重缺钙时，生长点干枯，有落叶和早开花倾向。发生不结实现象（花生空壳，玉米新芽不展开）。

对钙元素敏感的作物主要有：玉米、葫芦、紫花苜蓿、豆科作物。

作物缺硫，会使叶子变为黄绿色或黄色，阻碍嫩枝发育，茎变得硬而脆。

对硫敏感的作物有：紫花苜蓿、三叶草。

作物缺镁，首先在老叶边缘和叶脉处褪绿，产生条斑花叶病。严重缺乏时，植株干死。叶片变小，最终变脆，边缘向上卷曲，有些蔬菜在叶脉之间有褪绿斑点，并夹杂有红、紫颜色，嫩枝较弱小，易受菌类侵袭，提前落叶。

对镁肥敏感的作物有：马铃薯、花椰菜、灌木樱桃。

(5) 锌肥。锌肥是目前我国使用量最大，使用面积最广的微量元素肥料品种，特别是目前北方的许多大田作物普遍施用锌肥。作物缺锌首先在老组织上发生，叶片呈斑点状或条带状脉间失绿，发生“条纹花叶病”。树木缺锌，除叶片失绿外，在枝梢出现莲座状叶丛、小叶或黄叶，称之为“花叶病”或“小叶病”。各种作物对锌的敏感程度有明显差异，同

一作物种类，由于品种不同，对锌的敏感程度也有较大差异。如小麦是对锌不敏感作物，但某些品种（如许多春小麦品种）对锌的缺乏却很敏感。

对锌敏感的作物有：玉米、高粱、大豆及多种豆类、棉花、蓖麻、番茄、苹果、柑橘、葡萄、桃等，对锌较为敏感的作物有：马铃薯、洋葱、甜菜、水稻、三叶草等。

①水稻。新生叶片基部失绿发白，中下部叶片中脉两侧出现不规则的棕色斑点，严重时棕色斑点扩充至叶鞘，下部老叶发脆，下披，易折断。中部叶片变窄，茎节缩短，上下叶鞘重叠，叶壳并列，根系老化，新根减少。水稻轻度缺锌，仅在分蘖期的基部老叶出现少量褐色斑点，一般维持半月左右即消失。中度缺锌，叶片颜色变浅，茎部老叶出现较多褐斑，有的新叶叶脉失绿变白，生长缓慢，这种症状维持时间较长，达20天以上。严重缺锌，新叶茎部的中脉失绿变白，然后向整个叶片扩展，中部叶片变窄，并出现褐斑，逐渐连成灰褐色条纹，基部叶片全部呈褐色，叶尖干枯焦裂，叶片变薄易断，植株矮小，根系发育不良，抽穗出现障碍，成熟推迟。

②玉米。玉米是施用锌肥最多的作物。缺锌的典型症状是条纹花叶病，田间表现为“花白苗”。主要特征是：在玉米3~5片叶时脉间失绿，失绿区在叶片基部2/3处，沿中脉两侧出现淡黄白色条纹。有的玉米品种在叶脉两侧出现紫红色失绿区，叶片边缘及叶尖仍是绿色或紫绿色。玉米严重缺锌时，幼苗老龄叶片出现白色斑点，而后迅速扩大，形成白色斑块或白色带条纹，叶肉坏死，叶面呈半透明状，极易开裂。玉米缺锌还表现为节间缩短，植株矮小，叶枕错位，根部呈

褐黑色，空秆率及缺粒、秕粒发生。轻度缺锌时，新叶表现缺锌症状，玉米叶子半部出现浅黄等，以后逐渐在叶中脉和叶边之间出现白色或黄色宽带夹杂紫红色脉纹，叶鞘呈紫色，进而变褐坏死。

③马铃薯。首先在叶面上出现灰色或古铜色斑点，叶缘卷曲，顶端叶片向上直立，植株矮小，生长发育明显受到抑制。缺锌严重时，叶柄及茎上出现褐色斑点。

④小麦。小麦缺锌时，在叶中脉和叶边之间出现白黄色条带，中脉中间出现枯斑，叶片中部由白色至棕色坏死，坏死部分逐渐连接成片。

⑤棉花。棉花长出第一片真叶后即出现脉间失绿，叶片增厚，边缘卷曲，茎节缩短，生育期推迟，严重时叶片出现青铜色，植株发育受阻，主茎矮小，呈丛生状。

⑥大豆。植株生长缓慢，叶片呈红黄色，中脉两侧出现褐色斑点。

⑦烟草。下部叶片尖端及边缘水渍状失绿枯死，叶片变小增厚，节间缩短。

⑧苹果。下部侧芽先发而顶芽推迟萌发，嫩枝生长迟缓，叶片狭小，呈簇生状。缺锌严重时，新梢由上而下枯死，果实变小，品质降低。

⑨柑橘。缺锌初期叶片出现失绿叶斑，失绿部分变为浅绿或黄绿色，但叶脉仍保持绿色。严重缺锌时，嫩枝前端叶片向上直立变小，叶片明显失绿，枝条节间缩短，使叶片呈莲座状，簇生，叶片过早脱落形成顶枯，果小皮厚，果肉木质化，果汁很少，淡而无味。

(6) 铁肥。作物及果树缺铁最明显的特征是黄叶病，各