

龚玉琴

杨金明

◎主编

蔬菜

营养特性与施肥技术

Vegetables



黄河出版传媒集团
阳光出版社



龚玉琴
杨金明
◎主编



蔬菜

营养特性与施肥技术

Vegetables



黄河出版传媒集团
阳光出版社

图书在版编目(CIP)数据

蔬菜营养特性与施肥技术 / 龚玉琴, 杨金明主编.
— 银川 : 阳光出版社, 2011.11 (2013.5 重印)
ISBN 978-7-80620-993-6

I. ①蔬… II. ①龚… ②杨… III. ①蔬菜 — 植物营养
②蔬菜 — 施肥 IV. ①S630.6

中国版本图书馆 CIP数据核字(2011)第 241047 号

蔬菜营养特性与施肥技术

龚玉琴 杨金明 主编

责任编辑 屠学农
封面设计 赫欢
责任印制 郭迅生

黄河出版传媒集团
阳光出版社 出版发行

地 址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)
网 址 <http://www.yrpubm.com>
网上书店 <http://www.hh-book.com>
电子信箱 yangguang@yrpubm.cn
邮购电话 0951-5044614
经 销 全国新华书店
印刷装订 宁夏飞马彩色印务有限公司
印刷委托书号 (宁)0010660

开 本 880mm×1230mm 1/32
印 张 7
字 数 210 千
版 次 2011 年 11 月第 1 版
印 次 2013 年 5 月第 2 次印刷
书 号 ISBN 978-7-80620-993-6/S·41

定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

现代蔬菜栽培具有高投入、高产出、复种指数高、周年生产的特点。为使蔬菜高产、优质，必须按照各种蔬菜的营养特性及土壤肥力情况提供数量足够、比例协调的各种营养元素。然而生产中肥料施用过或比例失调造成的浪费现象仍普遍存在。

随着测土配方施肥项目的实施和测土配方施肥技术的广泛开展，银川市农业技术推广服务中心在蔬菜植株营养特性研究以及各种蔬菜配方施肥方面做了许多试验，为宁夏蔬菜作物施肥指标体系的建立提供了依据。

本书的编写，以宁夏蔬菜作物配方施肥指标体系为基础，吸收有关科学研究成果，并引用马国瑞、石伟勇的《蔬菜营养失调症原色图谱》一书内容和图片，以期对相关技术人员及广大菜农有所帮助，指导菜农科学、经济、环保施肥，提高蔬菜的经济效益和产品质量。

本书在撰写过程中，得到了罗代雄研究员和姜黛珠研究员的支持，并提供了不少素材。银川市农业技术推广服务中心侯小宁参与了植株采样工作，白锦红、马梅、白雪做了化验分析，现一并致以衷心的感谢。

由于水平有限，错误和疏漏之处在所难免，敬希读者批评指正。

编者

2011年8月

目 录

第一章 蔬菜营养特性概述	001
第一节 植物的氮素营养	002
第二节 植物的磷素营养	007
第三节 植物的钾素营养	012
第四节 植物的钙素营养	018
第五节 植物的镁素营养	022
第六节 微量元素	024
第二章 蔬菜氮磷钾吸收量的研究	026
第一节 蔬菜植株样品的采集与分析方法	026
第二节 宁夏主要蔬菜氮磷钾营养特性研究	043
第三章 蔬菜作物营养失调症状及解决办法	067
第一节 蔬菜氮素失调症	074
第二节 蔬菜磷素失调症	081
第三节 蔬菜钾素失调症	086
第四节 蔬菜钙素失调症	093
第五节 蔬菜镁素失调症	098
第六节 蔬菜硼素失调症	104
第七节 蔬菜铁素失调症	110
第八节 蔬菜锰素失调症	114

第九节	蔬菜钼素失调症	118
第十节	蔬菜氯素失调症	122
第十一节	蔬菜盐害	124
第十二节	蔬菜气害	128
第十三节	蔬菜营养诊断的化学速测方法	132
第四章	蔬菜施肥技术	144
第一节	蔬菜施肥技术概述	144
第二节	叶菜类施肥技术	148
第三节	果菜类施肥技术	157
第四节	根菜类施肥技术	164
第五节	瓜菜类施肥技术	174
第五章	肥料性质与施用	186
第一节	有机肥料的性质与施用	186
第二节	化学肥料的性质与施用	188
第三节	生物肥料特性与施用	199
第四节	肥料用量换算	201
附录一	主要有机肥养分含量表	202
附录二	蔬菜常用化学肥料种类、性质和施用	205
附录三	蔬菜营养速测诊断参考指标	208
附录四	蔬菜缺素症检索	212
附录五	蔬菜作物的耐酸性	216
附录六	蔬菜作物的耐盐性	217
附录七	肥料一次施用最大限量	218
	参考文献	219

第一章 蔬菜营养特性概述

蔬菜的组成十分复杂,迄今为止,已发现含有 70 余种化学元素,自然界里存在的元素在蔬菜体内几乎都有踪迹。然而植物体内这几十种元素并不都是蔬菜必需的,有些是有益的,但有些是有害元素。人们通过反复研究发现,有 16 种元素是必需的。碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、硫(S) 9 种元素含量大,可占干重的千分之几到百分之几,称为大量元素;铁(Fe)、硼(B)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、钼(Mo)、氯(Cl) 7 种元素含量少,只占干重的十万分之几到千分之几,称为微量元素。这些必需营养元素虽然在体内含量有多有少,但各有其独特的作用,彼此不能替代。

大量的研究表明,蔬菜所需的氢和氧主要来自水(H_2O),可见水是蔬菜生长的命脉。碳则来自空气中的二氧化碳(CO_2)。氮、磷、钾、钙、镁、硫、铁、硼、锰、铜、锌、钼、氯等元素可由土壤供给。蔬菜对氮、磷、钾需要量大,而土壤中氮磷钾含量往往不能满足需要,所以要增施氮、磷、钾肥补充。所以,人们把氮、磷、钾肥称为“肥料三要素”。钙、镁、硫虽然也属于大量元素,但这三种元素在一般土壤中含量较多,可以满足蔬菜生长的需要,当然,缺少时 also 需施用。至于微量元素,由于蔬菜对它们的需要量少,一般土壤中的含量已能满足要求。然而随着复种指数和产量的增加,蔬菜微量元素缺乏症也日益增多,如花

椰菜开裂病(缺 Cu)及鞭尾病(缺 Mo)、菠菜黄化病(缺 Zn)、萝卜黑心病(缺 B)、芹菜茎裂病(缺 B)等,都是由于缺少微量元素引起的。

第一节 植物的氮素营养

一、植物体内氮的含量与分布

大多数蔬菜植株含氮量占植物干重的 1.4%~5.3%,其含量的多少与植物种类、器官、发育时期有关。新杈和嫩叶含氮量比茎秆和根部要多。鲜果(菜)含氮量在 0.12%~0.3%。同一植物的不同生育时期,含氮量也不相同。一般植物从苗期开始不断吸收氮素,全株含氮量迅速上升,氮的吸收高峰期是在营养生长旺盛期和开花期,以后迅速下降,直到收获。在各生育期中,氮的含量不断发生变化。在营养生长阶段,氮素大部分集中在茎叶等幼嫩的器官中,当转入生殖生长时期以后,茎叶中的氮素就逐步向子粒、果实、块根、块茎等贮藏器官中转移。

应该指出:植物体内的氮素含量与分布,明显受施氮水平和施氮时期的影响。随施氮量的增加,植物各器官中的含氮量均有明显提高。通常是营养器官的含量变化大,生殖器官则变动较小;在植物生长后期施氮,生殖器官中的含氮量明显提高。

二、氮的生理功能

氮素在植物营养中起着十分重要的作用。它是构成生命物质即蛋白质和核酸的主要成分,又是叶绿素、维生素、生物碱、植物激素等的组成部分,参与植物体内许多重要的物质代谢过程,对植物的生长发育和产量品质影响甚大。

(一) 氮是植物氨基酸和蛋白质的主要成分

植物吸收的无机态氮在体内首先同化为谷氨酸,然后转化为各种氨基酸,进而合成蛋白质。组成蛋白质的氨基酸有20种。植物体内的氨基酸除了能构成蛋白质外,还有一部分以游离或结合状态的氨基酸存在。在铵供应过剩,而体内碳水化合物缺乏的情况下累积的铵,可与氨基酸结合形成酰胺,酰胺作为氮素暂时的贮存状态,在植物的氮代谢中有重要作用。

蛋白质是构成细胞的基础物质,蛋白质氮通常占植株全氮的80%~85%,蛋白质中平均含氮16%~18%。植物组织中的蛋白质种类很多,主要包括结构蛋白、贮藏蛋白和酶蛋白三大类,它们在植物体内的功能不同。结构蛋白是构成细胞质、细胞核和细胞壁的组分,它往往与核酸、糖类、脂质、磷酸相结合,分别形成核蛋白、糖蛋白、脂蛋白、磷蛋白,负责体内细胞的生长和新细胞的形成。酶蛋白是以卟啉和黄素作辅基的色素蛋白质,与铁、铜、锌、锰等金属结合的金属蛋白,各自表现出特有的酶的作用,参与植物体内各种生化反应。例如和铁卟啉(正铁血红素)结合的细胞色素氧化酶类和过氧化氢酶,参与光合作用中的电子传递,含钼的黄素蛋白结合的硝酸还原酶,参与硝酸还原为铵的过程。植物组织中的酶蛋白,种类多达数千种。

由此可见,氮是植物体内形成氨基酸和蛋白质的基本元素。如果没有氮素,就不可能形成蛋白质;没有蛋白质,也就没有生命了。从这个意义上来看,氮素是一切生物不可缺少的元素,所以它被称为生命元素。

(二) 氮是核酸和核蛋白质的成分

核酸的基本单位是核苷酸,每个核苷酸分子由核糖(或脱氧核糖)、含氮碱基和磷酸三部分组成。氮存在于嘌呤(腺嘌呤、

鸟嘌呤)和嘧啶(胞嘧啶、胸腺嘧啶和尿嘧啶)类氮碱中。核酸分核糖核酸(RNA)和脱氧核糖核酸(DNA),核酸态氮占植株全氮的10%左右,核酸中含氮15%~16%。

氮是构成RNA和DNA的必需成分,而RNA和DNA是合成蛋白质和决定生物遗传性的物质基础。植物体内的遗传信息靠DNA传递,DNA把遗传信息转录到RNA, RNA将信息翻译为多肽的氨基酸顺序,形成蛋白质。

(三) 氮是叶绿素的组成成分

氮是植物体内叶绿素的组成成分,叶绿素a($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$)和叶绿素b($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$)中都含有氮素。植物进行光合作用的场所——叶绿体是由叶绿素、蛋白质和脂类组成,叶绿体占叶片干重的20%~30%,而叶绿体含蛋白质45%~60%。施用氮肥可增加叶绿素和蛋白质的含量,促进光合作用和光合产物的形成。当植物缺氮时,体内叶绿素含量减少,叶片黄化;光合作用减弱,光合产物形成减少,碳水化合物含量降低,阻碍植物正常生长发育,从而使产量明显降低,品质变劣。

(四) 氮是许多酶的组成成分

酶本身就是蛋白质,是体内生化作用和代谢过程中的生物催化剂。植物体内许多生物化学反应的方向和速度都是由酶系统控制的,通常各代谢过程中的生物化学反应都必须有一个或几个相应的酶参加。如果缺少相应的酶,代谢过程就很难顺利进行。因而氮素通过酶又间接影响植物体内的物质转化过程和植物的生长和发育。

(五) 参与其他含氮物质的形成

氮素参与维生素类物质(如维生素B₁、维生素B₂、维生素B₆、维生素PP等)的形成,而生物碱(如烟碱、茶碱、可可碱、咖

啡碱、胆碱、吗啡、奎宁、麻黄素等)、植物激素(如生长素、细胞分裂素、赤霉素等)和酰胺中也都含有氮。这些含氮化合物,在植物体内含量虽不多,但对于调节某些生理过程却很重要。例如维生素 PP,它包括烟酸、烟酸胺,都含有杂环氮的吡啶,吡啶是生物体内辅酶 I 和辅酶 II 的组分,而辅酶又是多种脱氢酶所必需的。又如细胞分裂素,它是一种含氮的环状化合物,可促进植株侧芽发生并能调节胚乳细胞的形成,而增施氮肥则可促进细胞分裂素的合成,因为细胞分裂素的形成需要氨基酸。此外,细胞分裂素还可以促进蛋白质合成,防止叶绿素分解,使植株较长时间保持绿色,延缓和防止植物器官衰老,延长蔬菜和水果的保鲜期。

(六) 植物氮素缺乏与过多的症状

1. 植物缺氮症状

(1) 蛋白质合成受阻,导致蛋白质和酶的数量下降,细胞分裂减少,细胞小而壁厚,生长缓慢,植株矮小。

(2) 叶绿素含量降低,叶片绿色转淡;严重缺氮时,叶色变黄。

(3) 植物体内的氮化合物有高度的移动性,能从老叶转移到幼叶,所以缺氮症状通常先从老叶开始,逐渐扩展到上部幼叶。这与受旱叶片变黄不同,干旱使上下叶片同时变黄。有些作物如番茄和某些玉米品种,缺氮时由于体内花青苷的积累,其叶脉和叶柄上出现深紫色。

2. 氮素过多症状

氮素过多使植株体内蛋白质和叶绿素大量形成,营养体徒长,叶色浓绿,叶面积增大而互相遮阴,影响通风透光。纤维素、木质素等合成减少,茎秆嫩弱,容易倒伏,且易遭病虫害危害。果实着色不良,延迟成熟。

(七) 氮对作物产量和品质的影响

1. 氮与根系生长

壮苗先壮根，根深才能叶茂。根系发育不良，直接影响地上部生长。氮素供应正常，能促进根系的生长发育，增加次生根条数、根重和根系活力。

2. 氮与营养生长

氮素营养的状况，直接影响到作物营养体的生长与发育。氮素供应充足，叶面积增大，叶绿素含量增加，光合效率提高，叶片光合功能期延长，干物质积累增加。

3. 氮与激素平衡

植物激素的合成与氮的供应有密切关系，如细胞分裂素是一种含氮的杂环化合物，当氮素供应正常时，能促进细胞分裂素的合成。

4. 氮与产量形成

氮素供应水平影响蔬菜作物产量，多数蔬菜试验表明，氮仍然是影响蔬菜产量的主要因素。

5. 氮肥对蔬菜品质的影响

蔬菜品质包括商品品质、食用品质和工艺品质，适量施用氮肥，在不同程度上会改善上述品质。但过量施用氮肥，增加了叶菜类作物体内非蛋白质氮含量，导致硝酸盐含量的积累，危害人体健康。蔬菜作物中硝酸盐含量已作为评价其食用品质的重要指标。过量施用氮肥会减少块根和块茎作物中淀粉的积累，使产量和品质均下降。

水果的品质除了果实大小、颜色以外，维生素含量、糖酸比、耐贮性等也是重要品质指标。优质水果维生素含量高，糖酸比适宜(约为 5:1)，耐贮性好。适量施用氮肥，可提高产量，果实

中果汁、维生素 C、全糖量、糖酸比均有提高;但过量施用氮肥,不仅产量降低,而且品质下降,口感变差。有机肥料和氮磷钾肥配合施用,可明显改善水果品质。

第二节 植物的磷素营养

一、植物体内磷的含量与分布

大多数蔬菜植株含磷量占植物干重的 0.2%~0.7%,鲜果和鲜菜含磷量在 0.02%~0.06%。其中大部分是有机磷,约占 85%,而无机磷约占 15%。植物体内的含磷量依植物种类、生育时期、器官不同而异。生育前期>生育后期,幼嫩组织>衰老组织,繁殖器官>营养器官,种子>叶片>根系>茎秆。磷多分布在含核蛋白较多的新芽、根尖等生长点部位,其转运、分配和积累规律总是随着作物生长发育中心的转移而变化,表现出“顶端优势”。所以,当磷素不足时,植物体内的磷总是优先保证生长中心器官的需要,而缺磷的症状总是首先从最老的器官开始表现出来。

二、磷的生理功能

(一) 磷是构成植物体内许多重要化合物的组成成分

1. 核酸(RNA 和 DNA)和核蛋白

核酸是核蛋白的重要组分,核蛋白又是细胞核和原生质的主要成分,它们都含有磷。核酸和核蛋白是保持细胞结构稳定、进行正常分裂、能量代谢和遗传所必需的物质。核酸作为 DNA 和 RNA 分子的组分,它既是基因信息的载体,又是生命活动的指挥者。核酸在植物个体生长、发育、繁殖、遗传和变异等生命

过程中起着极为重要的作用。所以磷和每一个生物体都有密切关系。从现代生物学的观点来看,蛋白质和核酸是复合体,它们共同对生命活动起决定性作用。

2. 磷脂

植物体内含有多种磷脂,如二磷脂酰甘油、磷脂酰胆碱、磷脂酰肌醇、磷脂酰丝氨酸、磷脂酰乙醇胺等。这些磷脂和糖脂、胆固醇等膜脂物质与蛋白质一起构成生物膜,它是外界的物质流、能量流和信息流进出细胞的通道,并具有选择性,从而起到调节生命机能的作用。

此外,大部分磷脂是生物合成或降解作用的媒介物,与细胞的能量代谢直接有关。供应充足的磷营养,就能促进生物膜的形成和新陈代谢的正常进行,增强植物的抗逆性。

3. 植素

植素是磷脂类化合物中的一种,是环己六醇磷酸酯的钙镁盐或钾镁盐,是磷的一种贮藏形态,故在植物种子中积累量较高。在马铃薯块茎中其含量也可占总磷量的 15%~30%。

4. 高能磷酸化合物(ATP)

植物体内糖酵解、呼吸作用和光合作用中释放出的能量常用于合成高能焦磷酸键,ATP 就是含有高能焦磷酸键的高能磷酸化合物。ATP 水解时,随能量的释放,自身即转变为 ADP。ATP 能为生物合成、吸收养分、运动等提供能量。同时,它是淀粉合成时所必需的。ATP 可视为是能量的中转站。除 ATP 以外,在细胞内还有结构与 ATP 相似的三磷酸尿苷(UTP)、三磷酸鸟苷(GTP)和三磷酸胞苷(CTP)等高能磷酸化合物。三磷酸尿苷是合成蔗糖所必需的,三磷酸鸟苷是合成纤维素所必需的,而三磷酸胞苷是脂类生物合成专一的能量载体,为合成磷

脂所必需。所有的三磷酸核苷都是合成核糖核酸(RNA)时所必需的,脱氧型的三磷酸核苷则可合成脱氧核糖核酸(DNA)。DNA是遗传信息的携带者,不同类型的RNA则起着翻译遗传信息和合成蛋白质的功能。

5. 磷是许多酶的组成成分

植物体内有许多含磷酶,如脱氢酶的辅基——辅酶 I(NAD)与辅酶 II(NADP)、转酰酶的辅基——辅酶 A(HS-CoA)、黄酮类辅基——黄素腺嘌呤二核苷酸(FAD)、脱羧基的辅酶——硫胺素焦磷酸(TPP)和转氨酶的辅基——磷酸吡哆醛等。这些化合物有的是递氢体,在植物呼吸链和光合链中起着传递氢的作用,有的则是在碳氮代谢等过程中发挥生物催化剂的效能。

(二) 积极参与体内各种代谢

1. 碳水化合物代谢

在光合作用中,光合磷酸化作用必须有磷参加;光合产物的运输也离不开磷。在碳水化合物代谢中,许多物质都必须首先进行磷酸化作用。无机磷在光合作用和碳水化合物代谢中有很强的操纵能力,无机磷浓度高时,植物固碳总量受到抑制。己糖和蔗糖合成的初始反应需要高能磷酸盐(ATP和UTP)。韧皮部负载中的蔗糖——质子协同运输对ATP的需要量也很高。

叶片中碳水化合物代谢及蔗糖运输也受磷的调控。当供磷充足时,叶绿体中光合作用所形成的磷酸丙糖(TP),大部分能与细胞溶质内的无机磷进行交换,TP转移到细胞溶质中,经一系列转化过程可形成蔗糖,并及时运往生长中心;当供磷不足时,缺少无机磷与TP进行交换,导致叶绿体内的TP不能外运,进而转化为淀粉,并存留在叶绿体内。淀粉只能在叶绿体内降解,降解后形成的TP才可运出叶绿体。

作为细胞壁结构成分的纤维素和果胶,其合成也需要有磷参加。此外,碳水化合物的转化也和磷有密切关系。

蔗糖是植物体内普遍存在的一种双糖,是高等植物体内糖类长距离运输的主要形式。在光合组织中,蔗糖是由 C_3 循环的中间产物合成的,在非光合组织中蔗糖也可由单糖合成。从结构上看,蔗糖是由葡萄糖和果糖缩合而成的,但不能直接合成,必须先与尿三磷作用形成尿二磷葡萄糖。生成尿二磷葡萄糖后可通过两个途径合成蔗糖:①尿二磷葡萄糖转移到果糖上,形成蔗糖;②由尿二磷葡萄糖把葡萄糖转移到6-磷酸果糖上,形成磷酸蔗糖。磷酸蔗糖在磷酸蔗糖磷酸酶的催化作用下,水解生成蔗糖。

2. 促进氮代谢

磷是氮素代谢过程中一些重要酶的组分。例如,磷酸吡哆醛是氨基转移酶的辅酶,通过氨基转移作用可合成各种氨基酸,将有利于蛋白质的形成;硝酸还原酶也含有磷。磷能促进植物更多的利用硝态氮,磷也是生物固氮所必需的。豆科作物缺磷时根部不能获得足够的光合产物,而影响根瘤的固氮作用。氮素代谢过程中,无论是能源还是氮的受体都与磷有关。能量来自ATP,氮的受体来自与磷有关的呼吸作用。因此,缺磷将使氮素代谢明显受阻。

3. 脂肪代谢

脂肪代谢同样与磷有关。

(三) 提高植物抗逆性和适应能力

1. 磷能提高植物的抗旱性、抗寒性、抗病虫害以及抗倒伏能力,增强植物的抗逆性

抗旱:磷能提高细胞原生质胶体的水合度和细胞结构的充

水度,使其维持胶体状态。还能增加原生质的黏性和弹性,因而增强了原生质抵抗脱水的能力,从而提高了植物抗旱能力。此外,磷还能对块根作物(如甜菜)根的生长发育有明显的促进作用。根系的良好发育,能提高植物对土壤水分的有效利用,以利减轻干旱造成的危害。

抗寒:磷能提高体内可溶性糖类和磷脂的含量,可溶性糖能使细胞原生质的冰点下降,磷脂能增强细胞对温度变化的适应性,从而增强作物的抗旱能力。越冬作物增施磷肥,可减轻冻害,安全越冬。

抗病虫害和抗倒伏:作物磷素营养正常时,体内各种代谢过程协调进行,植株生长健壮,减轻病菌侵染,增强抗病能力和抗倒伏能力。

2. 提高植物的缓冲性

磷能提高植物对外界酸碱反应变化的适应能力。当磷素供应充足时,能提高植物体内无机态磷酸盐的含量,有时其数量可占总磷量的一半左右。这些磷酸盐主要是以磷酸二氢钾(KH_2PO_4)与磷酸氢二钾(K_2HPO_4)的形态存在,它们常形成缓冲体系,能增强细胞液对酸碱变化的缓冲性。因此,植物体内所含的磷酸盐,在细胞液中起着缓冲作用,使pH值保持相对稳定。当外界环境发生酸碱变化时,细胞质的生理pH值保持较稳定的状态,有利于植物的正常生长发育。

磷酸二氢钾遇碱能形成磷酸氢二钾,因而减缓了碱的干扰;而磷酸氢二钾遇酸能形成磷酸二氢钾,减少了酸的干扰。

这种缓冲体系在pH值为6~8时缓冲作用最大,因此在盐碱土上施用磷肥可以提高植物抗盐碱的能力。