

大豆微量元素缺乏症鉴别方法及施肥措施

张子涵

曲阜师范大学 山东 济宁 273100

【摘要】：大豆体内微量元素如硼、铜、锰、铁、锌等的含量一般仅为万分之一左右，虽然它们所占含量极少，但是在大豆体内发生的一些生物化学反应中却发挥着至关重要的作用，缺乏这些微量元素会严重影响到大豆的生长发育，但是如果这些微量元素过剩则会对大豆产生毒害作用，因此严格控制大豆中微量元素的含量对实现大豆在我国的高产稳产意义重大。本文系统梳理了铁、锰、锌、铜、硼、钼、氯、镍等8种微量元素在大豆生长发育中的关键生理功能、典型缺乏症状以及相应施肥措施的研究进展，以期能为有效识别大豆微量元素缺乏症提供依据，并为实施精准施肥措施奠定理论基础。

【关键词】：微量元素；生理作用；缺乏症；鉴别方法；施肥措施

DOI:10.12417/3041-0630.26.05.096

在国家粮食安全体系中大豆占据十分重要的地位，是我国的重要油料作物。根据《中国农业展望报告》农业农村部的统计数据，2023年国内大豆产量约为2080万吨，但进口量超过9900万吨，自给率不足20%，不难看出我国的大豆自给率严重不足，对外依存度过高，粮食安全“卡脖子”的问题日益凸显，因此实现大豆的高产稳产、自给自足对中国的粮食安全起着至关重要的作用。本文综合叙述了铁、锰、锌、铜、硼、钼、氯、镍8种微量元素在大豆生长发育过程中的关键生理功能、典型缺乏症状以及相应施肥措施的研究进展，期望能为大豆缺乏症的及时发现治疗、有效预防，合理施肥提供参考思路。

1 缺铁

作为典型的固氮型植物，大豆与根瘤菌维持着互利共生的关系，大豆为根瘤菌提供合适的固氮环境和生长所必须的碳水化合物，根瘤菌则通过生物固氮作用，将空气中的氮气转化为含氮化合物，以满足大豆生长发育过程对氮元素的需求^[2]。铁不仅是地壳中含量第四丰富的元素，还是植物生长发育过程的第三限制性元素。大豆缺铁，不仅会影响其光合作用，还会影响根瘤菌发挥正常生理功能，具体影响体现在以下方面：铁是叶绿素合成关键酶（如亚铁螯合酶）的必需辅因子^[3]、合成大豆根瘤菌中豆血红蛋白的成分、合成根瘤固氮酶钼铁蛋白的成分^[4]。叶绿素自身不含铁，但是叶绿素的合成需要一系列的酶（如亚铁螯合酶等），铁是这些酶的辅因子，故而缺铁会直接影响合成叶绿素，进而间接影响大豆的光合作用和产量。此外，缺铁会使得根瘤菌中豆血红蛋白减少，固氮酶失去活性，从而导致根瘤菌和固氮酶无法发挥作用^[4]。

大豆缺铁初期，上部叶片呈现黄色并伴有轻微卷曲，叶脉仍保持绿色；缺铁程度加剧时，新生叶片（包括叶脉）几乎都变成白色，且在靠近叶缘的地方出现棕色斑点，老叶枯黄脱落^[5]。导致大豆缺铁的因素有很多，其中占主导作用的是土壤的理化性质，大豆缺铁现象大部分发生在土壤PH值较高的地方

^[3]。大豆对铁吸收的多或少主要取决于土壤的理化性质，地球表面30%的土壤呈钙化，钙质土壤很容易导致铁形成难溶的 $Fe(OH)_3$ ，导致大豆对铁的吸收很少甚至不吸收，潮湿的田间土壤会加速碳酸盐（ CO_3^{2-} ）的形成从而导致大豆缺铁症状的加剧，碳酸盐（ CO_3^{2-} ）的形成主要是来自土壤中碳酸钙的分解以及在植株中硝酸盐过剩，潮湿的田间土壤提供了水分，导致碳酸钙在水中不断溶解成 Ca^{2+} 和 CO_3^{2-} ^[2]。相关研究表明当大豆出现缺铁现象时，可及时通过用0.4%~0.6%硫酸亚铁溶液进行叶面喷肥缓解。

2 缺锰

锰作为植物生长所必需的元素之一，在光合作用中起着关键作用。大豆对锰较为敏感，适量补充锰元素能提高根瘤菌的固氮能力，加快大豆体内的氮素代谢过程，促进大豆的生长发育，对其产量和品质都有积极促进的作用。在大豆幼苗期，作为参与光合作用的重要元素，锰直接参与在光合电子传递系统中进行的氧化还原过程。当缺乏锰时，植株体内叶绿素含量会显著降低，光合作用也会随之显著减弱，因此光合作用产生的碳水化合物也会减少。其具体影响主要体现在以下方面：缺锰降低大豆植株的光合速率，其很可能是由于光反应活性降低导致的，而光反应活性的降低反映了PS II反应中心活性的降低，相关离体实验表明，把PS II的锰离子去除后会影响到CP47的构象，当CP47构象发生时，与之结合的天线色素极有可能会受到影响，从而影响光能的吸收和传递。缺锰还可能破坏放氧复合物（OEC），影响PS II的活性，降低电子传递速率和光合速率。

大豆缺锰症始于上位叶失绿，叶两侧有桔红带有针孔大小的暗红色点的色斑，而后沿叶脉表现出大小一致的均匀分布的形状似蝌蚪的褐点。后期新叶卷成荷花状，叶脉两侧出现针孔大小的黑点，叶子全黄，褐点消失，叶脱落，严重时顶芽枯死，迟熟。缺乏锰元素会影响大豆蛋白质的合成，含油量、脂肪酸

组分,但目前关于其具体影响过程和作用说法不一,还有待进一步的探究。相关研究表明当大豆缺锰时,可用0.01%~0.02%硫酸锰水溶液进行叶面喷肥缓解^[5]。

3 缺锌

长期以来,人们往往只注重氮磷钾肥的使用,而忽略微量元素的使用,造成施肥中各种营养元素的比例失调,严重影响大豆产量和品质。锌作为大豆的敏感元素,在对大豆的生长发育起着重要的作用,但是相较于大量元素,对于锌元素的研究较少。据报道,土壤缺锌已成为一个全球性问题,以欧洲为例,15个欧洲国家中有10个国家土壤锌含量低,而且有效性极差,尤其是美国,当然我国部分地区也存在这种现象。在农业生产中合理的施用锌肥十分重要,不仅可以维持作物的正常生长,还可以促进人畜健康和生态平衡,过度施用锌肥则会对植物产生毒害作用。大豆缺锌对其产生的影响很复杂,这里仅列举主要的几方面:锌是植物体内分布广泛的主要在叶绿体中存在的碳酸酐酶的主要成分,该酶可以催化CO₂转化为HCO₃⁻,促进光合作用中固定碳。缺锌时,会降低光合效率,减少糖类合成。同时锌还参与RNA聚合酶和核糖体功能,缺锌时蛋白质合成速率下降,会使得蛋白质合成下降,脂肪含量增加,从而导致酶、激素等关键物质不足,引起大豆生长发育异常。

大豆缺锌症状表现为植株生长缓慢,叶片小且节间短,叶片中下部间呈柠檬黄色,中肋两侧出现褐色斑点,组织坏死后干枯掉落。大豆之所以缺锌有可能是因为其生长在石灰性土壤,这类土壤的PH值会较高一点,大概在7.5~8.5之间,极易固定锌元素,导致大豆因根部无法吸收锌离子而造成生长不良,而且这类土壤含盐量高,通透性和抗旱耐涝能力均较低,大豆在这类土壤上就会表现出植株矮小、叶片失绿、根系发育不良,叶部、根部病害严重的现象。当大豆植株表现出缺锌症状时,及时施用0.1%~0.2%硫酸锌水溶液进行叶面喷肥可有效缓解^[5]。

4 缺铜

铜元素作为多酚氧化酶、细胞色素氧化酶及抗坏血酸氧化酶等多种酶类的组成成分之一,对大豆光合作用等生理活动起着重要影响。过量的铜不仅会污染环境,还会对大豆产生毒害作用,导致蛋白质代谢低和N₂在大豆中固定。相比较之下,大豆出现铜毒害的现象会比其缺铜现象更为普遍。大豆缺铜产生的影响主要为:铜作为合成细胞壁强化所需的木质素所必需的元素,缺少其会使木质素减少,根系木质化不足,养分吸收能力下降,进而影响大豆的生长发育。同时铜是质体蓝素(参与光系统I电子传递)和超氧化物歧化酶(SOD)的关键成分,铜供应不足时,叶绿素中的含铜量会显著下降,降低对CO₂的吸收,减弱光合作用,适时补充适量的铜可有效增加作为光合作用电子传递系统的一部分的质体蓝素的含量,从而增加叶

绿素含量,保证大豆植株光合作用和生长发育的正常进行。

5 缺硼

大豆对硼元素尤为敏感,在其某些生理过程起着特殊且关键的作用,硼可运转碳水化合物,合成蛋白质与转化油脂,利于根系生长和根瘤菌固氮,并能促进大豆花器官的发育。缺失硼素会使大豆单株在生长发育过程中长势瘦弱、自交败育、单株有效荚数和单株有效粒数会显著下降,造成大豆的减产和降质,硼肥施用量过多则会产生毒害作用。大豆缺硼产生的影响主要体现在以下方面:硼虽然不是叶绿素的组分,但它有维持叶绿素结构稳定的功能,因此适量的硼有利于增加大豆的叶绿素,从而提高其光合作用速率。通过参与植物体内的各种代谢过程,硼可直接或间接影响作物的抗逆性。大豆缺硼初期,植株通过活化保护性酶来帮助大豆在逆境中正常生长,若是长期遭受硼缺失逆境的胁迫,会破坏活性氧的产生与清除之间的平衡,降低保护性酶的活性,导致植物的氧化清除能力下降,活性氧含量增加,阻碍大豆生长。

大豆缺硼时会抑制根系生长,表现为须根少,根瘤少甚至无根瘤发育;生长点(新芽)枯死,诱导腋芽萌发形成次级分枝;次级分枝顶芽同样因缺硼萎缩死亡(芽枯病),进而触发新一轮腋芽分化,最终导致植株呈矮丛状;叶片增厚皱缩,叶缘向下卷曲,叶片先加深褪淡至黄绿色,并伴褐色斑点或斑块;开花结荚减少,形成的豆荚多呈畸形,空荚增多,籽粒败育,显著减产。大豆易发生缺硼且缺硼现象多发于红壤、黄壤土和砂质土。为避免大豆出现缺硼症状,可采取以下方法:播种时,每平方米用硼砂一克,配成的溶液液种比为拌种,拌后阴干播种。在大豆盛花期至结荚期或发现植株缺硼时,每平方米用硼砂一克,对水一千克,溶解后叶面喷施,每次间隔一段时间,连续喷洒一次。

相较于其它微量元素,大豆植株对钼的需求量最低,其含量在0.2至5.0 mg kg⁻¹土壤,但这些微量钼元素对大豆植株的生长发育、增产增收起重要作用。因为钼在土壤中不容易淋溶流失,所以经常施用钼肥会使钼在土壤中积累。缺钼对大豆的影响主要体现在以下方面:钼在大豆中的主要功能是促进根瘤形成和N₂根瘤菌(B.japonicum)固定。因此,当缺乏钼时,N₂根瘤菌固定会受到影响,从而影响大豆植株的生长。适量施钼肥可以增加大豆各组织的含氮量,提高蛋白氮与非蛋白氮的比率,促进大豆的氮素代谢,提高籽粒的蛋白质含量。

6 缺氯

大豆缺氯的现象在生活中并不常见,因为氯在土壤中通常以氯化物的形式存在,且容易被植物吸收,因此对此的相关研究并不多。当然氯作为植物的必需微量元素,也发挥着它的不可或缺的功能。氯在植物的气体交换、光合作用和抗病性中起

着重要作用。氯对大豆的影响主要体现在以下方面：参与光系统 II (PSII) 中水的裂解，促进氧气释放和电子传递链的运作，调节细胞膨压，促进气孔开闭，影响水分利用效率，如果缺乏氯元素，则会降低植株的光合作用速率和水分利用效率。

大豆缺氯表现出的症状为老叶萎蔫，叶片失水下垂，边缘卷曲；黄化斑点，叶尖或叶缘出现不规则黄斑，逐渐扩展至叶脉间；叶肉变薄：叶片质地脆弱，易碎裂等。大豆缺氯发生在某些特定土壤条件下，比如长期淋溶的砂质土壤或有机质含量极低的土壤。由于氯毒害的问题更为常见和重要，缺氯的现象较少见，研究较少，本文就不再对其施肥措施做建议。

参考文献：

- [1] 鲁云,姚术,胡晓渝,等.大豆铁元素吸收转运和利用生理与分子机制研究进展[J].植物遗传资源学报,2024,25(12):2020-2030.
- [2] 王禹,李干琼,喻闻,等.中国大豆生产现状与前景展望[J].湖北农业科学,2020,59(21):201-207.
- [3] 孔凡杰.大豆缺素症症状分析与识别[J].现代农业科技,2011,(12):102.
- [4] Brear,E.M.;Day,D.A.;Smith,P.M.C.Iron:an essential micronutrient for the legume - rhizobium symbiosis.Frontiers in Plant Science, (2013).*4*,359.
- [5] 陈茂春.大豆缺素症的识别与补救方法[J].科学种养,2016,(07):16-17.

7 缺镍

镍是一个分布极为广泛的元素，也是大豆所需的一个重要微量元素，但是因为缺乏镍的田间种植的大豆植物可能不会表现出明显的叶片症状（隐性缺乏症），因此对镍元素的研究同铜、氯元素一样，对其缺乏的研究相对来说较少，研究其毒害作用较为普遍。缺镍对大豆的影响主要体现在以下方面：镍是脲酶的结构成分，脲酶负责将尿素转化为氨，若镍供应不足，则会影响大豆生命周期的正常进行，比如影响脲酶的正常合成，进而抑制脲酶将尿素转化为氨，使尿素在大豆体内累积，产生毒害作用。同时缺镍会降低大豆叶片中的叶绿素，减弱大豆的光合速率，影响其营养物质的合成，植株得正常生长发育。