

微量元素对大豆氮代谢的影响

吴 明 才

(中国农业科学院油料作物研究所)

利用钼、硼、铜、锌、锰等微量元素增加大豆产量,改善生化品质^[2,5,6,7,8]的研究已经不少。钼在生物氮代谢中的生理机制^[1,3]研究亦较深入,但是,微量元素对大豆氮代谢的影响和应用机理,尚需进行较全面地研究。为此,几年来用钼、钴、硼、铜、锌、锰对大豆进行了土培、水培和田间试验,以求阐明微量元素在增氮和增产中的作用。

材料和方法

供试大豆品种有:矮脚早,武昌六月爆。土培采用本所农场偏碱性冲积母质土,每钵盛土13斤,五次重复,定苗三株,整个生育期遮雨,定期等量人工浇灌,防止水土外溢。成熟后,取植株各器官进行氮素含量测定。微量元素处理用钼酸铵、硫酸钴、硼酸、硫酸铜、硫酸锌、硫酸锰等,其盐溶液与种子按1:10的重量比拌种,阴干后播种。对照按同比例的水处理。水培用荷氏水培液^[9],每钵二株,每处理5—10重复,水为去离子水,水培的各溶液均经萃取纯化。植株各部位的全氮测定,用半微量凯氏定氮法,脂肪用索氏法测定,呼吸作用用气流法测定^[10],抗坏血酸氧化酶、多酚氧化酶测定^[11],固氮酶活性用气相色谱法测定,硝酸(亚硝酸)还原酶^[4],琥珀酸脱氢酶用红四氮唑还原法^[11],氨基酸的测定用835氨基酸测定仪测定。

结 果

一、微量元素对大豆氮素含量的影响

分析表明:经微量元素钴、硼、铜、锌、锰处理的大豆,其成熟时全株氮素总含量均有增加,其中钴的效果较好,其次是锌、铜、硼、锰(如表1)此外,用5000ppm钼酸铵拌种处理,简称Mo5000,其它类推),其成熟时植株总氮素含量为736.3毫克,较对照高20.90%,效果也比较理想。

大豆成熟时,其植株体内氮素主要分布于种子中(如图1),约占全株总氮素的65.4%,其次在叶、根、茎中,前者约占12.6%,根占6.5%,茎占5.7%。经微量元素钴、锌、铜等处理后,种子中氮素含量一般明显地增加,如Co500处理,其种子

表 1
微量元素对成熟时大豆的全株总氮含量的影响
(单位: 毫克氮/全株, 培土)

处 理	Co500 (ppm)	Zn500 (ppm)	Cu100 (ppm)	B500 (ppm)	Mn5000 (ppm)	对 照
全株氮素总毫克数	570.1	548.8	544.7	516.0	499.3	473.9
较对照增加 (%)	20.3	15.8	14.9	8.9	5.4	—

氮素含量较对照增加 17.6%, Zn500 增加 12.4%, Cu100 增加 11.6%。此外, Mo5000 处理, 增加 18.5%。而经硼、锰拌种后的大豆种子, 其氮素含量相对增加较少, 约 1% 左右, 根、叶等营养器官中氮素含量, 则较种子增加明显, 如根约增加 15—25%; 叶约增加 22—24%。

不同浓度微量元素拌种试验表明: 适宜浓度的微量元素拌种, 除能促进大豆干重增加外, 还可促进大豆全株总氮量增加 (如表 2)。从表 2 看出: 钴以 500ppm 较为宜, 硼适宜的拌种浓度为 500ppm。此外, 一些元素拌种浓度过高, 如 B5000ppm、Co5000ppm、Mo10000ppm 会招致大豆幼苗期中毒, 病状是叶片卷曲、失绿、植株细长瘦弱, 但花期均已恢复正常, 个别处理对后期还表现有一定的促进作用, 如钼酸铵 10000ppm 拌种。反之, 拌种浓度太低, 一般是大豆种子干重低, 种子总氮量也较低, 如 B10 处理。

鉴于种子中氮占全株总氮量 60% 以上, 种子中氮浓度与种子干重是决定大豆全株总氮量的重

要因素, 如 Cu100ppm 处理, 尽管营养器官干重较对照高 16.8%, 比 Cu1000 处理增长 63.5% 低得多, 但营养器官总氮量, 后者比前者仅高 2.3%。然而 Cu100 处理的种子干重、总氮量分别较对照高 16.6%、11.7%。Cu1000 处理种子干重、总氮量分别较对照减少 3.3%、7.1%。前者种子中总氮量则较后者高 20.3%, 全株总氮量高 11.6%。

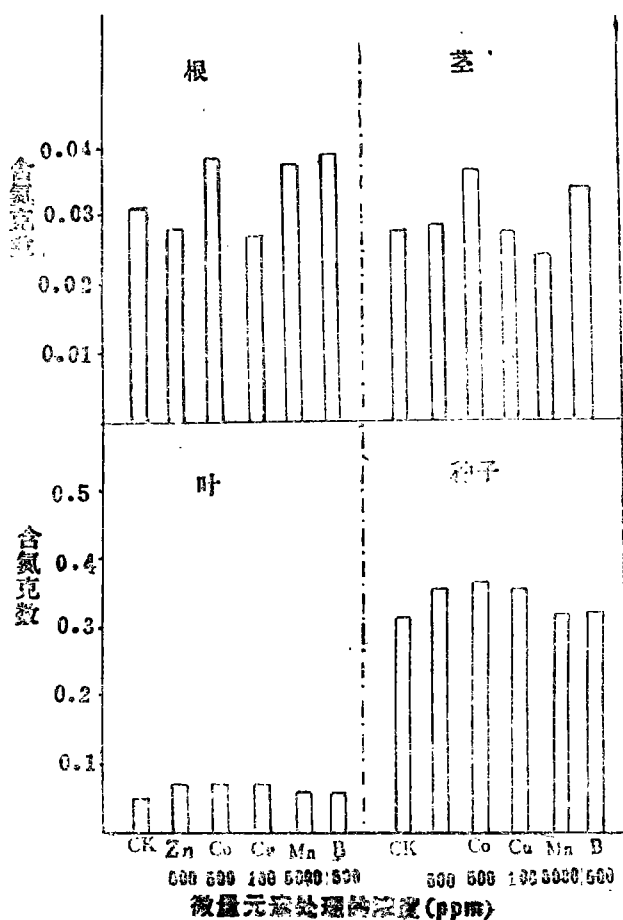


图 1 成熟大豆各部位氮含量比较

表 2 各微量元素不同浓度处理的干重、含氮量 (土培)

处 理		全株总 氮(毫 克)	营养器官		种子		处 理		全株总 氮(毫 克)	营养器官		种子	
			干重 (克)	氮量 (毫克)	干重 (克)	氮量 (毫克)				干重 (克)	氮含量 (毫克)		
1975年	Cu100	544.7	16.4	184.4	5.9	360.3	1974年	B10	656.3	18.5	238.2	5.2	418.1
	Cu1000	488.2	22.9	188.7	4.9	299.5		B500	729.9	20.3	277.8	5.9	452.1
	Co100	559.0	15.8	188.0	5.9	371.8		B5000	596.7	16.3	192.2	5.5	404.5
	Co500	570.1	16.0	194.8	5.8	375.3		Mo5000	736.3	21.2	211.7	6.9	524.6
	Co1000	499.0	15.2	172.8	5.3	326.2		Mo10000	690.9	20.8	276.2	5.2	414.7
	CK	473.9	14.0	151.2	5.0	322.7		CK	609.2	13.3	166.5	5.9	442.7

不同微量元素拌种处理的大豆种子的蛋白质分析表明：钼、硼、锰有提高大豆种子蛋白质含量的作用，通常比对照增加 4.3—4.5%。此外，钴、铜、锌，尤其是钴对大豆种子油分的积累有利。水培条件下，介质中微量元素供应不足，则大豆种子中氨基酸含量一般下降。如水培介质不供锰的处理，除蛋氨酸含量有所增加外，其余氨基酸含量均下降，尤其是人体必需的八种氨基酸（如表 3）。又如水培介质硼浓度只 0.04ppm 时，大豆表现缺硼的花叶症状，种子中氨基酸除天门冬氨酸、组氨酸、精氨酸、色氨酸较完全正常水培介质处理种子略高外，其它氨基酸含量均低。

表 3 微量元素对大豆种子中氨基酸含量的影响

(单位：克/100克种子样，水培)

处理	异谷氨酸	赖氨酸	色氨酸	蛋氨酸	苏氨酸	缬氨酸	亮氨酸	苯丙氨酸
不供锰	1.42	2.02	1.72	0.41	1.40	1.59	2.46	1.56
0.04ppm 硼	1.48	2.03	2.35	0.29	1.38	1.63	2.54	1.65
完全介质	1.54	2.17	2.31	0.31	1.50	1.69	2.66	1.72

二、微量元素对几种氮素还原酶的影响

于大豆花期，对大豆根瘤固氮酶活性和顶部第 4 片复叶的硝酸及亚硝酸还原酶活性测定表明：介质不供钼、钴、硼等元素时，固氮酶、硝酸还原酶活性急剧下降（如表 4），以不供硼的下降最大。如完全介质固氮酶活性较不供硼处理大 230 倍，较不供

表 4 微量元素对大豆固氮酶、硝酸和亚硝酸还原酶活性的影响 (1983年水培)

处 理	固氮酶活性 $\mu\text{M C}_2\text{H}_2/\text{株}\cdot\text{小时}$	硝酸还原酶活 $\text{NC}_2\text{ppm}/\text{克鲜重}$	亚硝酸还原酶活 $\text{NC}_2\text{ppm}/\text{克鲜重}$
完全介质 (对照)	12590.1	15.0	68.7
不供硼	54.7	—	—
不供锰	1740.8	0.8	37.5
不供铜	300.4	0.8	112.5
不供锌	8627.8	0.5	62.5
不供钼	903.8	1.0	150.0

铜大 41.9 倍。顶部第 4 复叶的硝酸还原酶活性，完全介质处理比不供锌大 30 倍，比不

供钼大 15 倍。水培条件下,微量元素供应不足时,亚硝酸还原酶活性大多偏高,仅不供锰和不供锌处理的亚硝酸还原酶活性比对照低。

三、微量元素的生理功能

微量元素硼、钼、铜、锰对呼吸作用的影响稍有不同,水培条件下,凡不供应微量元素导致大豆生长点坏死,而呼吸强度一般较高,以不供锌铜处理例外(如表 5),从表 5

表 5 不同微量元素处理的大豆呼吸强度等的比较 (1983 年水培)

处 理	不供硼	硼 0.02ppm	完全介质 (对照)	不供锰	不供铜	不供锌	不供钼
呼吸强度							
CO ₂ mg/克干重·小时	74.7	75.3	29.1	64.6	27.4	19.6	—
抗坏血酸氧化 酶较对照增(减) %	103.5	1336.9	—	121.9	-5.9	-9.7	34.9
琥珀酸脱氢酶的活性	8.6	20.4	8.0	16.1	6.6	51.8	5.6
TTCppm/克鲜重·小时							
α -淀粉酶活性	2.2	21.3	18.3	15.0	12.0	22.8	10.8
麦芽糖mg/克鲜重,5分钟							

可以看出:介质中严重缺硼时,顶部第 4 片复叶的呼吸强度最高,其次是不供锰处理。介质中两者严重不足时,大豆的生长发育也严重受到破坏,特别是不供硼时,大豆苗期即生长点枯死。其它不供应微量元素处理,受其影响相对较弱,表现出形态的变化与大豆生理变化的一致性。与呼吸作用有关的酶类,如抗坏血酸氧化酶、琥珀酸脱氢酶的活性,也随呼吸强度的升降而波动。水解酶如 β -淀粉酶,也具有同样的趋势。而多酚氧化酶的活性,在水培条件下,均较完全介质处理低。

讨 论

适宜浓度的微量元素拌种,均对大豆氮素的吸收、固定有一定的促进作用,其中以钼、钴的作用较理想,其余依次是硼、锌、铜、锰。但微量元素在不同的土壤条件下,其效果应有所不同,如土壤 pH 为碱性,土壤中硼、锰、铜、锌的有效性一般被降低,补施相应的微量元素,对大豆的氮素含量增加也较大,本试验土壤为偏碱性的冲积土,使用上述微量元素拌种,增氮明显是事物的必然趋势。因此,在类似土壤条件的大豆产区,施用钼、钴、硼微量元素,提高大豆产量,增加大豆氮素含量,改善其品质是可能的。

一定浓度的微量元素拌种,大豆全株氮,尤其是种子中氮素增加明显,主要是微量元素促进了大豆根系对硝态氮的吸收,提高了硝酸还原酶的活性,以及固氮酶活性的综合结果。在氮素还原和被固定的过程中,微量元素对固氮酶活性的提高,其作用似乎更大些,即微量元素不足时,固氮酶活性较硝酸还原酶活性的降幅更大。

介质含微量元素不足时,亚硝酸还原酶活性一般是高于完全介质处理,比硝酸还原酶活性高^[3],这可能是一种生理保护反应,避免病态下亚硝酸的积累中毒。

总之，微量元素在大豆氮代谢中，作用各有侧重，有的是直接的，如钼是固氮酶、硝酸还原酶的组分，直接参与氮素的同化；铜是细胞色素氧化酶的辅基，参与呼吸过程中的电子传递作用，当介质含铜不足时，其活性极低。而有的微量元素的作用则是间接的，可能是促进了光合作用、降低呼吸强度，有利于光合产物的同化、积累，为根瘤菌固氮提供了丰富的能源，从而提高了根瘤菌的固氮效率。微量元素在大豆代谢中的开源节流作用，是大豆增产、增氮的前提。

微量元素在大豆氮代谢中的作用是不可忽视的，对其拌种的浓度方法研究仅是开始，尚待今后继续试验。

主 要 参 考 文 献

- (1) 吴兆明：1982，植物生理生化进展，1982(1)，131~147。科学出版社。
- (2) 李兴斌，1958，农业科学通讯，1958(7)，393
- (3) 赵素娥：1982，植物生理生化进展，1982(1)，118~122。科学出版社。
- (4) 李止正：1980，植物生理学通讯，1980(1)。
- (5) Martens, D. C. et al.: 1974, Agron. J. 66 (1), 82~84.
- (6) Touchton, J. T. et al.: 1975, Agron. J. 67 (3), 417~420.
- (7) Boswell, F. C. et al.: 1969, Agron. J. 61 (1), 58.
- (8) Boswell, F. C. et al.: 1981, Agron. J. 73 (6), 909~912.
- (9) Hoagland, D. R. et al.: 1950, The Water-culture method for growing plants without soil. California Agr. Experiment station circular. 347.
- (10) Ф.Д. 斯卡兹金等：1960，植物生理学实验指导，246~248。人民教育出版社。
- (11) 北京农业大学植物生理生化教研组：1980，基础生物化学实验指导。13~15。

EFFECT OF TRACEELEMENTS ON NITROGEN METABOLISM OF SOYBEAN

Wu Mingcai

(Institute of Oil-crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences)

Abstract

The nitrogen content of soybean can be increased by means of seed dressing with optimum concentration of trace elements on lake mud soil in Wuchang. The investigations showed that the appropriate level of boron, cobalt, zinc and copper was 0.05%, and was 0.5% for molybdenum and manganese.

Studies influence of microelements on activities of nitrogenase and nitric acid reducing enzyme indicated that boron, molybdenum and other micronutrients accelerate the activity of nitrogenase for soybean. But the activity of nitric acid reducing enzyme was weaker. If the supply of boron, molybdenum and so forth is not sufficient, the activity of nitrogenase will be decreased about 50% compared with control. Therefore, promoting the activities of nitrogenase with application of boron, molybdenum and so forth resulted in increasing of nitrogen content of soybean.