

# 大豆镁营养基因型差异的生理特征

林天杰

(上海市农业技术推广服务中心,上海 201103)

倪吾钟 林荣新 何念祖

(浙江农业大学土壤农化系,杭州 310029)

## THE PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GENETYPIC DIFFERENCES IN MAGNESIUM NUTRITION OF SOYBEAN

Lin Tianjie

(Shanghai Municipal Agricultural Technology Extension  
and Service Center, Shanghai 201103)

Ni Wuzhong Lin Rongxin He Nianzu

(Dept. Soil Sci. and Agrochem., Zhejiang Agric. Univ., Hangzhou 310029)

镁作为中量植物营养元素已得到广泛的关注,对其生理功能及其在提高作物产量与改善农产品品质等方面的研究也已有较详尽的报道<sup>[1~3]</sup>。近年来,植物镁营养的基因型差异也引起国内外学者的广泛兴趣。据报道,向日葵、玉米及羊茅等植物均存在明显的镁营养品种差异性,且主要表现在对镁的吸收利用和生理反应的差异上<sup>[4~7]</sup>。本文利用初选出的三个大豆品种,研究其镁营养品种差异性的生理基础,为选育大豆耐镁营养胁迫品种提供参考依据。

## 1 材料与方方法

### 1.1 试验设计

用溶液培养方法,观察9个大豆品种叶片出现典型的缺镁失绿症状的差异,初步选定3个品种,即东阳六月豆、浙春1号、杭州五月拔,作为对缺镁胁迫敏感、中等耐性和较强耐性的代表,供进一步研究大豆镁营养品种差异性的生理表征。

采用建筑用5号玻璃砂为砂培基质,经0.1mol/L盐酸浸泡1周后,先用自来水洗至中性,然后用去离子水洗至无Cl<sup>-</sup>反应。使用塑料沥水箩和塑料桶作沙培器具。每箩装4kg玻璃砂,每桶装4L营养液,箩置于桶上,底部浸于营养液中。每天补充去离子水至营养液为4L水平,调节pH值为6.0,每周更换1次营养液。大豆种

子经甲醛水消毒、浸种和催芽后播种。

营养液参考刘芷宇缺素营养液配方<sup>[8]</sup>。试验设置镁浓度为:  $Mg_0(0\text{mg/L})$ ,  $Mg_4(4\text{mg/L})$ ,  $Mg_{10}(10\text{mg/L})$ ,  $Mg_{16}(16\text{mg/L})$ ,  $mg_{28}(28\text{mg/L})$ ,  $mg_{52}(52\text{mg/L})$ 。各处理重复3次, 随机排列。

### 1.2 测定方法

叶片镁含量: 浓硫酸-过氧化氢消化, 原子吸收分光光度法测定;

叶绿素含量: 丙酮: 乙醇: 水(4.5:4.5:1)混合液提取, 722型分光光度计测定<sup>[9]</sup>;

叶片净光合作用强度、气孔导度和蒸腾速率: Li-Cor 6200型便携式光合作用测定系统直接同步测定;

植株可溶性糖含量: 蒽酮比色法测定<sup>[10]</sup>;

根系阳离子交换量(CEC):  $H^+$  饱和和交换法;

根系脱氢酶活性: TTC法<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同镁营养水平下大豆叶片的镁含量

试验结果(表1)表明, 3个大豆品种叶片镁含量均随营养液镁水平的提高而提高。虽然当供镁充足时, 3个品种叶片镁含量的差异不大, 但其变化趋势却有明显的不同。进一步的分析表明, 3个大豆品种叶片含镁量与营养液的镁水平均有极显著的相关关系。相关系数分别为: 东阳六月豆0.963, 浙春1号0.989, 杭州五月拔0.969, 并可用一级反应方程式  $Cf = C_{max}(1 - e^{-kC_s})$  拟合。式中  $Cf$  为叶片镁含量;  $C_{max}$  为可能达到的叶片最大镁含量;  $C_s$  为营养液镁浓度;  $k$  为不同品种叶片镁含量随营养液镁浓度变化的特征参数。从表1可以看出, 东阳六月豆的  $k$  值大于浙春1号, 后者又大于杭州五月拔, 表明东阳六月豆叶片镁含量对营养液镁浓度的反应最为敏感; 其次是浙春1号, 杭州五月拔的敏感性最小, 这也与初选结果相一致。

表 1 不同镁处理对大豆叶片镁含量的影响

Table 1 Contents of magnesium in soybean foliage as affected by different magnesium treatment

品种 Variety		叶片镁含量 Magnesium content in foliage( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )					
		$Mg_0$	$Mg_4$	$Mg_{10}$	$Mg_{16}$	$Mg_{28}$	$Mg_{52}$
东阳六月豆	测定值	0.2	1.1	1.3	1.4	2.2	2.5
	模拟值	0	0.6	1.3	1.7	2.2	2.4 2.5 #
	方程	$Cf = 2.47(1 - e^{-0.076C_s})$ , $r = 0.963^{**}$					
浙春1号	测定值	0.3	0.5	1.3	1.6	2.4	2.6
	模拟值	0	0.6	1.2	1.7	2.3	2.7 2.8 #
	方程	$Cf = 2.79(1 - e^{-0.059C_s})$ , $r = 0.989^{**}$					
杭州五月拔	测定值	0.3	0.5	0.6	1.5	2.2	2.5
	模拟值	0	0.4	1.0	1.4	2.0	2.6 3.0 #
	方程	$Cf = 2.98(1 - e^{-0.039C_s})$ , $r = 0.969^{**}$					

注:  $Cf$ : 叶片含镁量( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ );  $C_s$ : 营养液镁水平( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ); “\*\*”: 表示达到极显著水准( $p = 0.01$ );

“#”: 为方程模拟得到的叶片镁含量可能达到的最大值。

## 2.2 3个大豆品种在不同镁营养水平下叶片叶绿素含量的差异

从表2可以看出,3个大豆品种叶片叶绿素a、叶绿素b含量和叶绿素总含量均随营养液镁水平的提高而提高。虽然当供镁充足时,3个品种叶片叶绿素含量可能达到的最大值的差异不大,但其随营养液镁浓度提高而变化的趋势却有明显的不同。进一步的分析表明,3个大豆品种叶片叶绿素量与营养液的镁水平均有极显著的相关关系。相关系数分别为:东阳六月豆0.963,浙春1号0.989;杭州五月拔0.969,也可用一级反应方程式 $Chl = C_{max}(1 - e^{-kCs})$ 拟合,式中Chl为叶片叶绿素含量; $C_{max}$ 为可能达到的叶片叶绿素含量的最大值; $C_s$ 为营养液镁浓度; $k$ 为不同品种叶片叶绿素含量随营养液镁浓度变化的特征参数。表2看出,杭州五月拔的 $k$ 值大于浙春1号,后者又大于东阳六月豆,这与叶片镁含量随营养液镁浓度变化的次序恰好相反,即杭州五月拔营养液镁浓度较低时,叶绿素含量就明显升高。这可能是该品种植株体内对镁的利用率较高的表征之一,也可能是该品种耐低胁迫的内在机理之一。

表 2 镁对不同大豆品种叶片叶绿素含量的影响

Table 2 Effects of magnesium on the contents of chlorophylls in foliages of three varieties of soybean

品种 Variety	项目 Item	叶绿素含量 Content of chlorophylls(mg·dm <sup>-2</sup> )					
		Mg <sub>0</sub>	Mg <sub>4</sub>	Mg <sub>10</sub>	Mg <sub>16</sub>	Mg <sub>28</sub>	Mg <sub>52</sub>
东阳六月豆	Chl a	0.292	0.451	1.400	2.530	3.152	3.716
		Chl a = 4.106(1-e <sup>-0.050Cs</sup> ), r = 0.985 * *					
	Chl b	0.091	0.140	0.344	0.556	0.608	0.565
		Chl b = 0.616(1-e <sup>-0.096Cs</sup> ), r = 0.962 * *					
	Chl a + b	0.383	0.590	1.743	3.085	3.759	4.280
		Chl a + b = 4.644(1-e <sup>-0.066Cs</sup> ), r = 0.983 * *					
浙春1号	Chl a	0.371	1.144	2.421	2.754	3.331	3.471
		Chl a = 3.482(1-e <sup>-0.107Cs</sup> ), r = 0.995 * *					
	Chl b	0.120	0.289	0.274	0.444	0.571	0.623
		Chl b = 0.625(1-e <sup>-0.081Cs</sup> ), r = 0.958 * *					
	Chl a + b	0.491	1.433	2.694	3.198	3.901	4.093
		Chl a + b = 4.096(1-e <sup>-0.104Cs</sup> ), r = 0.996 * *					
杭州五月拔	Chl a	0.785	1.146	3.005	3.277	3.278	3.260
		Chl a = 3.402(1-e <sup>-0.154Cs</sup> ), r = 0.953 * *					
	Chl b	0.223	0.301	0.612	0.595	0.667	0.626
		Chl b = 0.652(1-e <sup>-0.186Cs</sup> ), r = 0.945 * *					
	Chl a + b	1.008	1.446	3.616	3.871	3.944	3.885
		Chl a + b = 4.054(1-e <sup>-0.168Cs</sup> ), r = 0.953 * *					

## 2.3 镁对叶片净光速率、气孔导度和蒸腾速率影响的品种差异性

测定结果(表3)表明,3个大豆品种叶片的净光合速率、气孔导度、蒸腾强度及蒸腾效率均随营养液镁水平的提高而提高。进一步的统计分析得出:东阳六月豆和浙春1号的净光合

速率与叶绿素总含量呈线性正相关,相关系数分别为:0.956 \*\* 和0.975 \*\*,杭州五月拔的净光合速率与叶绿素总含量呈指数相关,相关系数为0.858 \*,净光合速率与气孔导度呈线性正相关,相关系数分别为0.932 \*\* (东阳六月豆)、0.975 \*\* (浙春1号)和0.946 \*\* (杭州五月拔);净光合速率与叶片镁含量呈线性正相关,相关方程和相关系数分别为:

$$\text{东阳六月豆: } Y = 3.058X + 0.700, \quad r = 0.946 **$$

$$\text{浙春1号: } Y = 2.981X + 2.682, \quad r = 0.940 **$$

$$\text{杭州五月拔: } Y = 3.480X + 2.575, \quad r = 0.972 **$$

从上述相关方程的斜率可以看出,杭州五月拔明显大于其它2个品种,这进一步说明杭州五月拔体内镁的利用率较高,对缺镁胁迫的耐性也高于其它2个品种。从表3还可以得出,杭州五月拔的蒸腾效率也有较其它2个品种高的趋势,在供镁水平较低时这种趋势尤为明显。这与低镁水平下杭州五月拔仍能保持较高的净光合速率有关。

表 3 不同镁处理对净光合速率、气孔导度和蒸腾速率的影响

Table 3 Net photosynthesis intensity (PHTO), stomatal conductivity (CS) and transpiration rate (TRAN) as affected by different magnesium treatment

项目 Item	品种 Variety	叶片镁含量 Magnesium content in foliage(mg·g <sup>-1</sup> )					
		Mg <sub>0</sub>	Mg <sub>4</sub>	Mg <sub>10</sub>	Mg <sub>16</sub>	Mg <sub>28</sub>	Mg <sub>62</sub>
PHTO (CO <sub>2</sub> , μ mol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )	东阳六月豆	1.282	3.024	5.155	6.155	6.493	8.755
	浙春1号	2.315	5.166	6.241	8.837	9.049	10.420
	杭州五月拔	3.583	3.985	5.522	6.627	11.150	11.080
CS (cm · s <sup>-1</sup> )	东阳六月豆	0.0993	0.1606	0.1935	0.1997	0.2320	0.3768
	浙春1号	0.1207	0.2131	0.2369	0.2942	0.3701	0.3913
	杭州五月拔	0.1680	0.1275	0.1509	0.1971	0.4892	0.3878
TRAN (H <sub>2</sub> O, mol · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )	东阳六月豆	0.65	0.85	1.15	1.10	1.20	1.50
	浙春1号	0.80	0.10	1.20	1.30	1.60	1.80
	杭州五月拔	0.75	0.80	0.90	1.10	1.70	1.60
蒸腾效率 PHTO/TRAN (μ mol CO <sub>2</sub> · mol <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O)	东阳六月豆	1.97	3.56	4.48	5.60	5.41	5.84
	浙春1号	2.89	4.70	5.20	6.80	5.66	5.79
	杭州五月拔	4.78	4.98	6.14	6.02	6.56	6.89

## 2.4 不同镁水平下植株的可溶性糖含量及其品种差异性

镁在植物体内碳水化合物合成和转化等代谢过程中起着重要的作用。测定结果(表4)表明,供镁能使叶片的可溶性糖含量降低,使叶柄和根系的可溶性糖含量提高,这似乎可以认为镁促进碳水化合物由叶片向叶柄及根系的转运。从表4还可以看出,无镁(Mg<sub>0</sub>)与供镁(Mg<sub>62</sub>)处理上位叶与中位叶的可溶性糖含量的比值,3个品种间存在明显的差异,且为东阳六月豆>浙春1号>杭州五月拔;而叶柄和根系可溶性糖含量的比值却正好相反,为杭州五月拔>浙春1号>东阳六月豆,说明东阳六月豆对缺镁最为敏感,而杭州五月拔对缺镁耐性强。

表 4 镁对3个大豆品种可溶性糖含量的影响

Table 4 Effect of magnesium on the content of soluble sugar of three soybean varieties

品种 Variety	处理 Treatment	可溶性糖含量 Content of soluble sugar (% ,FW)						根 Root
		叶片 Foliage			叶柄 Petiole			
		上 Upper	中 Middle	下 Lower	上 Upper	中 Middle	下 Lower	
东阳六月豆	Mg <sub>0</sub>	1.033	4.408	5.614	0.567	0.445	0.393	0.120
	Mg <sub>52</sub>	0.750	0.835	1.231	0.743	0.835	0.713	0.435
	Mg <sub>0</sub> -Mg <sub>52</sub>	0.283	3.573	4.383	-0.176	-0.390	-0.320	-0.315
	Mg <sub>0</sub> /Mg <sub>52</sub>	1.377	5.279	4.561	0.763	0.533	0.551	0.276
浙春1号	Mg <sub>0</sub>	0.851	2.800	4.690	0.626	0.552	0.521	0.265
	Mg <sub>52</sub>	0.688	0.698	0.778	0.732	0.652	0.794	0.421
	Mg <sub>0</sub> -Mg <sub>52</sub>	0.163	2.102	3.912	-0.106	-0.100	-0.273	-0.156
	Mg <sub>0</sub> /Mg <sub>52</sub>	1.237	4.011	6.028	0.855	0.847	0.656	0.629
杭州五月拔	Mg <sub>0</sub>	0.805	2.561	4.160	0.650	0.564	0.611	0.316
	Mg <sub>52</sub>	0.673	0.859	0.933	0.674	0.603	0.811	0.465
	Mg <sub>0</sub> -Mg <sub>52</sub>	0.132	1.702	3.227	-0.024	-0.039	-0.200	-0.149
	Mg <sub>0</sub> /Mg <sub>52</sub>	1.196	2.981	4.459	0.964	0.935	0.753	0.680

## 2.5 不同镁水平下根系的阳离子交换量和脱氢酶活性及其品种差异性

试验结果(表5)表明,缺镁使3个大豆品种根系的阳离子交换量和脱氢酶活性明显减小,减小的幅度以东阳六月豆为最大,浙春1号次之,杭州五月拔为最小。这也说明杭州五月拔对缺镁有较强的耐性,而东阳六月豆则对缺镁较为敏感。

表 5 镁对根系阳离子交换量和脱氢酶活性的影响

Table 5 Cation exchange capacity (CEC) and dehydrogenase activities of roots as affected by different magnesium treatment

品种 Variety	处理 Treatment	阳离子交换量 CEC (mol · kg <sup>-1</sup> , FW)	脱氢酶活性 Dehydrogenase activity (μ g · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> , FW)
东阳六月豆	Mg <sub>0</sub>	15.4(75.9)	195.5(50.8)
	Mg <sub>52</sub>	24.0(100)	385.0(100)
浙春1号	Mg <sub>0</sub>	19.8(89.8)	234.7(59.7)
	Mg <sub>52</sub>	25.1(100)	392.9(100)
杭州五月拔	Mg <sub>0</sub>	15.0(92.2)	247.7(65.1)
	Mg <sub>52</sub>	18.8(100)	380.6(100)

注:括号内为百分相对指数。

## 2.6 不同镁水平下大豆生物量的品种差异性

从表6可以看出,缺镁条件下,3个大豆品种的生物量均大幅度减小,其中以东阳六月豆最为明显,浙春1号次之,杭州五月拔相对较小。由此可见,供试的3个大豆品种对缺镁的敏感性依次为:东阳六月豆>浙春1号>杭州五月拔。

表 6 不同镁水平下大豆生物量的品种差异性

Table 6 Biomass of three varieties of soybean as a result of different magnesium treatment

品种 Variety	生物量 Biomass ( $g \cdot Plant^{-1}, DW$ )		
	东阳六月豆	浙春1号	杭州五月拔
Mg <sub>0</sub>	3.87(25.0)	4.45(42.0)	4.46(47.2)
Mg <sub>52</sub>	15.46(100)	10.59(100)	9.44(100)

注括号内为百分相对指数。

## 参 考 文 献

- 1 H. D. 查普曼主编,庄伊美等译. 园艺植物营养诊断标准. 上海科学技术出版社,1986.
- 2 何念祖、孟赐福编著. 植物营养原理. 上海科学技术出版社,1987.
- 3 秦遂初. 作物营养障碍的诊断及其防治. 浙江科学技术出版社,1988.
- 4 Alcantara E and De La Guardia MD. Genotypic differences in calcium and magnesium nutrition in sunflower. Development in plant soil science, Vol. 8, Genetic Aspects of Plant Nutrition, 1982, 87~91.
- 5 Clark RB. Differential magnesium efficiency in corn inbreds I. Dry-matter yield and mineral element composition. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 1975, 39:488-491.
- 6 Foy CD and Barber SA. Magnesium absorption and utilization by two inbred lines of corn. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 22:57~62.
- 7 Pedersen JF, Edwards JH and Torbert HA. Root morphological effects on Mg uptake in five tall fescue lines. Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition, 1987, 311~340.
- 8 刘芷宇等编著. 主要作物营养失调症状图谱. 农业出版社,1982.
- 9 陈福明和陈顺伟. 混合液法测定叶绿素含量的研究. 林业科技通讯,1984,2:4~8.
- 10 山东农学院、福建农学院编. 植物生理实验指导. 山东科学技术出版社,1982.