

大豆对酸铝土壤的适应性研究^{*}

II. 大豆耐酸铝毒的机理初探

年 海 黄 鹤 严小龙 卢永根

(华南农业大学 广州 510642)

摘 要

本试验对不同耐酸铝毒性的大豆品种进行了一些生理指标的测定,其中包括光合速率,叶片及叶室温度,蒸腾速率及细胞间 CO_2 浓度,以研究这些性状与大豆耐酸铝性的关系。试验结果表明,在铝胁迫下大豆光和速率明显降低,但耐性好的品种不受影响;耐性强的品种叶片和叶室温度低,蒸腾速率也低于不耐品种。不同处理间大豆 CO_2 细胞间浓度无显著差异;而在 pH5.6 条件下品种间的细胞间 CO_2 浓度差异明显,不耐铝的品种浓度较高。相关分析结果表明,光合速率与叶室和叶片温度呈正相关;与细胞间 CO_2 浓度相关不明显。

关键词 大豆;耐酸铝;机理

在我国有关作物耐酸铝研究的报道很少。彭桂嘉等^[1]用 3 个品种研究了铝胁迫对大豆基因型形态和生理特性的影响,结果表明,大豆的耐铝临界值为 12ppm ,并认为叶片脯氨酸含量可以作为大豆的耐铝性指标。而国外对大豆的受铝毒害的机制研究较多,但对大豆的耐铝机制研究较少。铝毒害的确切生理机制虽然目前还不十分清楚,但许多事实表明,大豆在耐和不耐铝毒的基因型间是存在生理差别的。与小麦、大麦一样,大豆的叶部铝含量与耐性无关,而不同耐性品种根部铝含量存在明显差异,耐性品种含量较少^[5]。但 Sartain 等^[10]的研究却表明,地上部和地下部铝含量与大豆的耐铝性无关。Lazof^[8]研究表明,大豆耐铝材料 PI-416937 和敏感材料 Essex 的根部在含 $80\mu\text{m}$ 铝的溶液中浸泡两小时,耐性材料 PI-416937 的根部铝含量显著低于 Essex 根部的铝含量。有研究^[6]也表明,耐铝性与大豆的钙营养有关,耐性强的品种根部和地上部钙含量都高于不耐品种,耐铝品种比不耐品种每单位根长积累更多的钙、磷和镁。在铝胁迫下,耐铝材料的丙酮酸盐和 ATP 水平都显著增加,而不耐品种都没有这种变化^[8]。耐铝品种在铝毒和干旱的双重胁迫

* 国家自然科学基金(批准号 39700086)和广东省“九五”攻关项目资助。

收稿日期 1998-09-30

Received on Sep. 30, 1998

迫下抗旱性较强^[7]。而目前对一些光合指标与耐铝毒的关系研究很少。

因此,本试验的目的是明确一些生理指标如光合速率,细胞内 CO_2 浓度,叶片和叶室温度与耐性的关系。

材料与方法

试验是第一报中盆栽试验的一部分。试验采用 12个耐性不同的品种进行盆栽,土壤为酸性红壤,原土 $\text{pH}4.6$,铝饱和度 75%;另两个处理分别是 $\text{pH}5.6$ 铝饱和度 17% 和 $\text{pH}7.31$ 铝饱和度 13%。品种及土壤处理与第一报试验相同。盆栽 38天时,用美国产的 CID-301 便携式 CO_2 分析系统测定了大豆顶部第三叶片的光合速率,蒸腾速率,叶片和叶室温度,胞间 CO_2 浓度。测试条件为:温度 $33-34^\circ\text{C}$, CO_2 浓度 380mg/L 。

结果与分析

1 光合速率

本试验的结果表明,大豆在 $\text{pH}7.3$ 时多数品种的光合速率低于 $\text{pH}4.6$ 和 $\text{pH}5.6$ 处理, $\text{pH}5.6$ 处理的光合速率最高,三处理间的差异达到极显著水平。这表明施用石灰过量导致的大豆受害比不施石灰受害更重,这基本上是与干物重和株高等表现相一致的(见第一报)。但廉江春豆和广东中黑豆在 $\text{pH}4.6$ 时达最高,说明耐性好的品种在铝毒的胁迫下光合速率这一指标不受影响。从光合速率的高低看不同品种存在明显的差异,但与干物重关系不大。如广州春豆的干物重最高,但其在 $\text{pH}4.6$ 处理下光合速率明显低于其它品种,廉江春豆也较低。有研究表明,大豆品种间的光合速率存在明显的差异,虽然光合速率往往与产量呈正相关,但用某一时期的光合速率预测产量是困难的,因为大豆的产量差异部分是由籽粒生长期大豆群体的差异所致,同时也受品种的发育时期影响。也有研究^[2]表明,尽管某些品种的单叶净光合速率很高,但产量不高,这固然有株型的因素,但是光合与碳素代谢的关系同样不可忽视。因为 CO_2 的固定积累运输和转化这些环节的一些中间过程都涉及光合作用的碳循环。

2 叶片和叶室温度

方差分析表明,不同处理间叶片和叶室温度无明显差异,但品种间存在明显的差异,廉江春豆,广东中黑豆,浙春 2号及浙春 3号明显低于其他不耐铝毒品种。这可能说明这几个品种自身对温度的调节作用较强。此现象也可能与其本身的水分含量有一定关系,因为水分能吸收很多热量而温度上升很少,这也反应出这几个品种可能根部吸水能力强,因此受铝毒危害较轻。也有研究^[1]表明干旱和锰毒都使大豆叶片温度上升,本试验是在水分充足的情况下测定的,在干旱胁迫下这一指标也可能更突出。相关分析表明,在 $\text{pH}5.6$ 处理光合速率与叶片和叶室温度的相关系数分别为 -0.60 和 -0.54 达到显著水平; $\text{pH}4.6$ 处理光合速率和叶片及叶室温度的相关系数分别为 -0.59 和 -0.54 ,与 $\text{pH}5.6$ 处理基本相同。这说明叶片和叶室温度低的品种光合速率高。

表 1 不同石灰水平处理下大豆的光合速率、叶片及叶室温度
Table 1 Photosynthetic rate, leaf temperature and internal leaf
temperature of soybean at various lime levels

品种 Varieties	耐性 Tolerance	光合速率 (mg CO ₂ /Cdm ² . h) 2				叶片温度℃			叶室温度℃		
		Photo synthetic rate				Leaf temperature			Internal leaf temperature		
		pH	4. 6	5. 6	7. 3	4. 6	5. 6	7. 3	4. 6	5. 6	7. 3
东农 42 Dongnong 42	N		28. 3c	30. 7c	25. 9d	34. 3a	33. 7b	34. 0a	32. 2a	31. 5ab	31. 8a
吉林 27 Jilin 27	N		28. 5c	29. 9c	26. 3cd	33. 8ab	33. 3b	33. 4ab	32. 5a	31. 6ab	31. 9a
辽豆 9 Liaodou 9	N		27. 6d	31. 6bc	25. 4d	34. 1a	33. 7b	33. 8ab	32. 6a	32. 0a	32. 4a
梅州春豆 Meizhou	N		29. 3b	31. 2bc	27. 6b	33. 4b	33. 0bc	33. 3b	31. 5b	31. 2b	32. 3a
广东大黑豆 Gd big black	N		24. 8f	27. 9d	20. 5f	33. 9a	33. 4bc	33. 3b	32. 7a	32. 0a	31. 6b
阳春春豆 Yangchun	N		26. 6e	29. 8c	22. 5e	33. 7ab	33. 5bc	33. 8ab	32. 4a	32. 1a	30. 3c
廉江春豆 Liangjiang	T		28. 9bc	27. 5d	19. 7f	32. 1c	32. 7c	32. 3d	30. 1c	30. 6bc	30. 3c
广东中黑豆 Gd black	T		32. 4a	32. 1b	24. 9d	32. 3c	32. 6c	32. 8c	30. 8c	31. 1b	30. 8c
浙春 2 Zhechun 2	T		28. 5bc	30. 4c	26. 8b	32. 7c	32. 2c	32. 1d	31. 0bc	30. 5c	30. 2c
浙春 3 Zhechun 3	M T		29. 0bc	34. 7a	29. 3c	32. 4c	33. 1bc	33. 8ab	30. 4c	31. 9a	31. 7a
高州春豆 Gaozhou	M T		28. 5c	31. 1bc	26. 2cd	33. 5b	33. 1bc	33. 0bc	31. 8ab	31. 5ab	31. 0bc
广州春豆 Guangzhou	M T		21. 9g	33. 5a	29. 4a	34. 0a	34. 1ab	34. 3a	32. 1a	31. 9a	31. 9a
平均 Mean			27. 9	30. 9	25. 3	33. 4	33. 2	33. 2	31. 7	31. 5	31. 5

T(tolerance)表示耐铝毒; M T(medium tolerance)表示中耐; N(intolerance)表示不耐。

3 蒸腾速率及细胞间 CO₂浓度

大豆在 pH4. 6处理下平均蒸腾速率较低,多数耐铝品种如广东中黑豆、廉江春豆、浙春 2号及高州春豆的蒸腾速率明显较低;蒸腾速率与叶片温度在 pH4. 6处理下的相关系数为 0. 53,这说明叶片温度高蒸腾速率也高。在 pH5. 6处理大豆平均 CO₂ 的浓度最低,而 pH4. 6最高,但方差分析没有达到显著差异水平。在 pH5. 6处理下,品种间的细胞间 CO₂浓度差异明显,不耐铝的品种浓度较高,这可能是不耐铝的品种 CO₂ 的利用效率较低。在 pH4. 6和 pH5. 6两处理下,CO₂ 浓度和光合速率的相关系数分别为 - 0. 20和 - 0. 16,无显著相关。

表 2 不同石灰处理大豆的蒸腾速率及细胞间 CO₂ 浓度 (mg / L)

Table 2 Transpiration rate and CO₂ contents of soybean at various lime levels

品种 Varieties	耐性 Tolerance	蒸腾速率 (mmol/m ² · s)			细胞间 CO ₂ 浓度 (mg /L)			
		Transpiration rate			CO ₂ content between cells			
		pH	4. 6	5. 6	7. 3	4. 6	5. 6	7. 3
东农 42 Dongnong 42	N		7. 7 _a	7. 7 _b	7. 5 _b	387. 2 _a	390. 6 _a	390. 1 _a
吉林 27 Jin 27	N		7. 3 _b	7. 2 _c	7. 4 _b	396. 3 _a	391. 5 _a	394. 3 _a
辽豆 9 Liaodou 9	N		6. 8 _d	6. 9 _{cd}	6. 8 _c	388. 8 _a	389. 1 _a	388. 4 _a
阳春春豆 Yangchun	N		6. 6 _d	7. 1 _c	7. 0 _a	386. 7 _a	387. 1 _a	389. 4 _a
梅州春豆 Meizhou	N		7. 3 _b	7. 5 _{bc}	7. 2 _b	389. 6 _a	384. 9 _{ab}	387. 8 _a
广东大黑豆 Dd Big black	N		7. 1 _{cb}	7. 3 _c	7. 0 _{bc}	386. 4 _a	389. 1 _a	388. 4 _a
廉江春豆 Lianjiang	T		6. 8 _d	6. 8 _{cd}	6. 2 _d	384. 6 _a	383. 1 _{ab}	384. 8 _a
广东中黑豆 Gd black	T		6. 4 _e	6. 3 _{de}	6. 8 _c	381. 2 _{ab}	376. 1 _b	380. 6 _a
浙春 2 Zhechun 2	T		6. 2 _e	5. 9 _e	6. 6 _{cd}	370. 8 _b	376. 1 _b	390. 8 _a
浙春 3 Zhechun 3	M T		6. 7 _d	6. 6 _d	7. 3 _b	385. 9 _a	373. 6 _b	383. 5 _a
高州春豆 Gaozhou	M T		6. 2 _e	6. 8 _{cd}	6. 9 _c	368. 8 _b	377. 5 _b	381. 5 _a
广州春豆 Guangzhou	M T		7. 0 _c	8. 2 _a	8. 1 _a	387. 5 _a	398. 5 _a	392. 0 _a
平均 Mean			6. 8	7. 0	7. 1	389. 4	385. 1	387. 7

讨 论

大豆品种间存在明显的耐酸铝遗传差异,但有关大豆的耐酸铝的生理生化及遗传机制尚不十分清楚。有研究^[9]表明一些作物的耐酸铝性是质量性状,是由单基因或少数基因控制的,但大豆耐酸铝这一性状的遗传尚未发现是质量性状,极少的研究^[8]表明可能是数量性状。由于数量性状的原因品种的耐性差异不好分类,这就给研究大豆耐酸铝的生理及生化机制带来较大的困难,这也可能是其耐性机理一直不太清楚的原因。另外,不同的筛选方法得出的结果也存在不一致的现象。虽然,多数研究表明,土壤盆栽法和营养液及水培筛选法较一致,但也有研究表明,这几种方法存在不一致的现象。即使同样的材料采用同样的方法不同的试验品种的耐性表现也存在不一致现象,耐性强的品种也会表现敏感,如早在 1968 年 Armiger 研究^[3]表明,品种“Perry”是耐酸铝品种而“Chief”是敏感品种,这两个品种一直被后来的研究作为对照。但 Devine 等^[4]研究表明,这两个品种耐性无差别,可见在进行耐酸铝的筛选及耐性机理研究时要充分考虑各方面环境条件可能带来的影响。

参 考 文 献

[1] 彭桂嘉, 陈成榕, 卢和顶, 1994,福建省农科院学报, 9(2): 34- 39

[2] 余建章, 荐立, 1983,中美大豆科学讨论会论文集, 173- 178

- [3] Armiger W. H , Foy C. D , Fleming A. L. 1968, Agron. J. 60 67- 70
- [4] Devine T. L , C. D. Foy, D. L. Mason, et al , 1979, Soybeann Genetics News Letter, 6 24- 27
- [5] Foy, C. D. , Agron. J. 1969, 61 505- 511
- [6] Foy C. D, 1983, Iowa State Journal of Research, 57(4): 355- 399
- [7] Golden Man I L , Carter T. E. Jr, Patterson R. P. , 1989, Agron. J. 81 330- 334
- [8] Hanson W. D. , Kamprath E. J. , 1979, Agron. J. 71: 581- 586
- [9] Lazof D. B. , 1994, 106(3): 1107- 1114
- [10] Kerridge P. C. , and A. E. , Kronstad, 1968, Agron. J. 68 551- 555
- [11] Sartain J. B, Kamprath E. J. , 1978. Agron. J. 1978, 70 17- 20
- [12] Suresh, R. , 1989, Journal of Plant Nutrition, 12(9): 995- 1103

STUDIES ON ADAPTABILITY OF SOYBEAN TO ACID AND ALUMINUM TOXICITY

II . PRELIMINARY STUDY ON NATURE OF SOYBEAN'S TOLERANT TO ACID AND ALUMINUM TOXICITY

Nian Hai Huang He Yan Xiaolong Lu Yonggen

(*South china Agricultural University, Guangzhou, 510642*)

Abstract

Some physiological factors were determined to study their relations with tolerance of soybeans to acid and Al toxicity in green house pot- growing experiment. The results showed that photosynthetic rates were significantly lower under Al stress (Al saturation 75% , pH4. 6), than that under no stress treatment but higher than that of over- dose limed treatment (pH 7. 3 Al saturatuon 13%), and varieties with taller tolerance were not affected under Al stress as compared with no stress treatment(pH5. 6 Al saturation 17%). Tolerant varieties were lower in both leaf and internal leaf temperatures and transpiration rate, though there were not differences in the content of CO₂ between cells among the treatments. Varieties with taller tolerance tended to be lower in CO₂ content. Correlation analysis indicated that photosynthetic rate was positively correlated with both leaf and inter leaf temperatures and showed no correlation with CO₂ content between cells.

Key words Soybean; Tolerance to acid and Al toxicity; Mechanism