

大豆对铝毒抗逆性的研究

刘 鹏, 应小芳, 徐根娣

(浙江师范大学生物科学系, 浙江 金华 321004)

摘 要:采用土培方式,研究了 9703,浙春 2 号,浙春 3 号等 3 个不同大豆品种对铝毒抗逆性的影响。结果表明,铝胁迫下,大豆各品种质膜透性增大,丙二醛和脯氨酸含量增加,根瘤数量减少,根系活力下降。从种间差异性来看,3 个大豆品种对铝毒的抗逆性不同,按耐铝性大小依次为:浙春 2 号> 9703> 浙春 3 号。

关键词:铝毒; 大豆; 抗逆性

中图分类号:X171.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672 – 2043(2004)04 – 0649 – 04

Stress Resistance of Soybean to Aluminum Toxicity

LIU Peng, YING Xiao-fang, XU Gen-di

(Department of Biological Science, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract: Using soil culturing, the stress resistance of three varieties (9703, Zhechun No. 2 and Zhechun No. 3) of soybean to aluminum (Al) toxicity was studied. The results showed that under aluminum stress, membrane permeability of soybean leaves, the contents of proline and malondialdehyde (MDA) of soybean leaves were increased, and numbers of root nodule and activity of root of soybean were decreased. From the differences among genotypes, the stress resistance of three varieties to Al toxicity was different. The stress resistance of three varieties was showed that: Zhechun No. 2 > 9703 > Zhechun No. 3.

Keywords: aluminum toxicity; soybean; stress resistance

铝是地壳中含量最丰富的金属元素^[1],通常以难溶性的硅酸盐或三氧化二铝的形式存在,对植物没有什么危害。但在酸性条件下(pH <5),难溶性的铝会变成可溶性铝(主要是 Al³⁺),从而对植物产生危害^[2]。近年来,随着环境酸化问题的日益严重,尤其是酸雨的频繁沉降和生理酸性肥料的施用,土壤酸化加剧,铝溶出增加,严重制约了植物的生长^[3,4]。目前,铝已经成为酸性土壤中抑制植物的重要因素^[5],过量的铝胁迫已成为这种土壤中大豆生长发育的重要限制因素^[3]。目前关于铝毒对一些作物生长发育的影响已开展了不少工作,但有关不同大豆品种对铝毒抗逆性的研究及品种间铝毒性状差异的报道极少。本文以 3 个不同品种的大豆为研究材料,探讨了不同品种在铝毒处理下其抗逆性的变化,比较 3 个大豆品种的耐铝毒

能力,为进一步揭示铝对大豆农艺性状的毒害机制提供了一定的研究基础和科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试大豆为浙江省农业科学院大豆组提供的优质高产大豆(Glycine max (L.) Merrill)品种“9703”、“浙春 2 号”和“浙春 3 号”3 个品种。

供试铝肥:硫酸铝(分子式 Al₂(SO₄)₃ · 18H₂O),为分析纯。

供试土壤:浙江师范大学校园深层红壤。土壤的基本性状为:pH5.96;有机质 18.2 g · kg⁻¹;阳离子代换量 3.94 cmol · kg⁻¹;水溶性盐总量 2.64 g · kg⁻¹;全氮 0.53 mg · kg⁻¹;水解氮 22.8 g · kg⁻¹;速效磷 60.4 mg · kg;速效钾 147.9 mg · kg⁻¹。用 18 cm × 23 cm 塑料米氏盆装风干土,每盆装土 5.0 kg。

基肥为:每盆施入尿素 2.14 g,磷酸二氢钙 1.17 g,氯化钾 1.58 g,钼酸铵 0.02 g,四硼酸钠 0.04 g。所有肥料均在移苗 7 d 前溶解施入。

收稿日期: 2003 – 12 – 14

基金项目:国家科技攻关计划(2001BA511B);浙江省自然科学基金(303461);浙江省分析测试基金(03091)

作者简介:刘 鹏(1965—),男,教授,博士后,从事植物营养、植物生理生态、环境生态和生物多样性保护的研究。

E – mail: pliu99@vip.sina.com

1.2 试验设计

试验采用土培方式进行。试验设 3 个不同的土壤饱和度: T_0 (CK, 不另外施铝肥), T_1 (每盆施硫酸铝 7.0 g, 即施 $115 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 Al^{3+}), T_2 (施硫酸铝 14.29 g, 施 $232 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的 Al^{3+})。

选择经消毒处理的饱满健壮、大小一致的 3 个不同的大豆种子播种在石英砂中, 当幼苗第一片复叶展开时, 将长势一致的幼苗分别移入各塑料盆中, 每盆留苗 4 株, 每个处理重复 8 次。

1.3 取样

于五叶期 (种子萌发后第 25 d) 取样, 每盆间苗 1 株。取样时间为 7:30—8:30, 各测定均取从上到下第 2、3 片完全展开叶。

1.4 测定方法

质膜透性用电导仪测定^[6], 用相对渗透率 (%) 表示; 丙二醛采用硫代巴比妥酸法^[6], 以 $\text{nmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 表示; 脯氨酸含量采用茚三酮比色法^[6], 以 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ 表示; 根系活力用 TTC 法测定^[7], 用 $\mu\text{gTPF} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ 表示。

2 结果与分析

2.1 铝对大豆根瘤数量的影响

植物在受到铝胁迫时, 根系受害往往首当其冲。从各品种的根系来看, 在 T_1 和 T_2 处理条件下, 3 个品种大豆的根系均出现了烂根现象, 而根瘤数量也急剧下降。结果表明, 随着铝处理浓度的增加, 3 个不同大豆品种的根瘤数量均大大减少, 且不同品种减少的幅度不同。由此可见, 铝胁迫对大豆根瘤产生了极大的影响, 可能对根瘤菌有所抑制, 从而抑制了根瘤的生长。从图 1 中可见, 浙春 3 号的下降幅度为最大, 9703 次之, 浙春 2 号下降的幅度最小, 见图 1。可见, 根瘤数目在一定程度上也反映了不同品种大豆对铝胁迫的抗逆性大小。

2.2 铝对大豆叶片丙二醛含量的影响

丙二醛 (MDA) 是植物抗逆性的常用指标。一般情

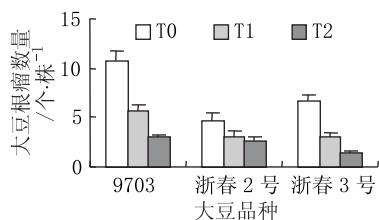


图 1 铝对大豆根瘤数量的影响

Figure 1 The Effects of aluminum on numbers of root nodules of soybean

况下, 植物受到胁迫时, 植物体内的 MDA 含量明显增加。从图 2 来看, 随着铝处理浓度的增加, 各品种叶片的 MDA 含量都逐渐上升, 且不同品种的大豆的上升幅度是不一样的。 T_1 处理较 T_0 相比, 9703、浙春 2 号和浙春 3 号大豆叶片的 MDA 含量分别增加 29.33%、24% 和 48.92%, T_2 处理较 T_1 相比, 9703、浙春 2 号和浙春 3 号大豆叶片的 MDA 含量分别增加 21.99%、20% 和 42.96%, 表明浙春 2 号的增加幅度最次, 9703 次之, 浙春 3 号最大, 且各品种从 T_0 至 T_1 时的增加幅度都高于从 T_1 至 T_2 。

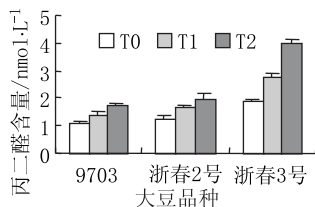


图 2 铝对大豆叶片丙二醛含量的影响

Figure 2 The effects of aluminum on contents of MDA (malondialdehyde) of soybean leaf

2.3 铝对大豆叶片质膜透性的影响

植物细胞与外界环境之间的一切物质交换都依靠质膜进行。各种不良环境因素对细胞的影响首先作用于细胞的质膜。极端温度、干旱、盐渍、重金属等都会使质膜受到不同程度的损伤, 细胞膜透性增大, 细胞内部分电解质外渗。因此, 质膜透性的测定常作为植物抗性研究中的一个生理指标。由图 3 可知, 随着铝处理浓度的增加, 3 个大豆品种叶片电解质的相对外渗率均逐渐递增, 说明铝胁迫对大豆叶片的细胞质膜结构有一定的破坏作用, 使其通透性增加, 且随着铝处理浓度的增加, 质膜透性逐渐增加。从 3 个品种的差异来看, 浙春 3 号增加的幅度最大, T_2 比 T_0 增加了 53.12%, 浙春 2 号增加幅度最小, 为 27.17%, 9703 增加的幅度介于两者之间为 31.86%。

2.4 铝对大豆叶片脯氨酸含量的影响

作物在不良逆境中具有累积脯氨酸的生理生化效应, 在盐渍、干旱逆境胁迫下, 植物一般都有这种效

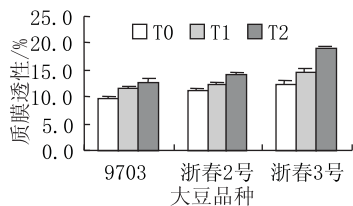


图 3 铝对大豆叶片质膜透性的影响

Figure 3 The Effects of aluminum on membrane permeability of soybean leaves

应,相关研究已有不少文献报道^[8,9]。由图 4 可见,随着铝处理浓度的增加,除浙春 2 号外,9703 和浙春 3 号叶片脯氨酸含量均呈增长趋势,且浙春 3 号增加的趋势最明显,而浙春 2 号增加的趋势最平稳。我们的试验结果与彭嘉佳等^[10,11]在玉米和大豆试验的实验结果相一致,即不同耐性的品种,在同一铝胁迫处理下,其叶片脯氨酸含量从耐性品种(如浙春 2 号)向敏感性品种(如浙春 3 号)增加。

2.5 铝对大豆根系活力的影响

作物的根系活力对整个植株的生命活动有着极

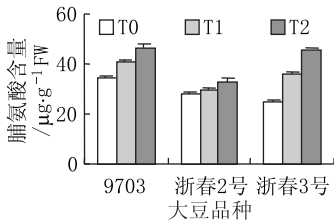


图 4 铝对大豆叶片脯氨酸含量的影响
Figure 4 The effects of aluminum on contents of proline of soybean leaves

其重要的影响。它不但吸收水分和无机盐,而且也是多种物质合成和转化的器官。在逆境条件下,植物根系受到伤害,使根系活力下降,从而使根吸收水分和无机盐的能力下降,最终使整个植株的生命活动受到一定的抑制。从图 5 可以看出,在铝胁迫下,3 个大豆品种根系活力都降低了,且随着铝处理浓度的增加,根系活力下降趋势增大。从不同品种来看,浙春 3 号的下降幅度最大, T₂ 较 T₀ 相比, 总共下降了 38%, 而浙春 2 号下降最少, T₁ 处理时仅较 T₀ 下降了 8.74%, T₂ 处理时也仅较 T₀ 下降了 24.2%。由此可见,铝胁迫对大豆根系产生了毒害,致使根系活力下降,且不同品种大豆根系对铝胁迫的抗逆性不同。

3 讨论

试验结果表明,铝对大豆的生理特性有明显的影

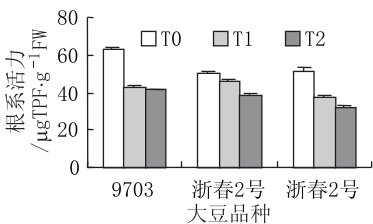


图 5 铝对大豆根系活力的影响
Figure 5 The effects of aluminum on activity of soybean root

力降低,大豆植株体内产生并积累了大量的脯氨酸,叶片的电解质的相对外渗率升高,质膜透性增大,丙二醛含量也增加,且随着铝处理浓度的增加,铝胁迫对上述指标的影响进一步加大。说明随着铝浓度的增加,对植物的毒害作用不断增强。因此,在酸铝地区要重视对作物铝毒的防治和研究^[12,13]。

本实验选择大豆根瘤数、根系活力、叶片脯氨酸含量、叶片丙二醛含量和叶片的质膜透性作为大豆对铝胁迫的抗逆性指标。为了更好地了解上述 5 个指标的相互联系,为抗逆性指标的有效选择提供基础,我们计算了 5 个指标的相关系数(见表 1)。从表 1 可见,5 个抗性指标中根瘤数和根系活力达到了极显著水平,大豆叶片丙二醛含量与质膜透性也达到了极显著水平,因而根瘤数和根系活力,丙二醛含量与质膜透性,这二组相对指标选择其一就可以。从易于操作和准确测定的角度,选择根瘤数和质膜透性较佳。

表 1 大豆各抗逆性指标间的相关性分析

Table 1 The correlation analysis among these indices of stress resistance of roots of soybeans					
项目	根瘤数	丙二醛含量	质膜透性	脯氨酸含量	根系活力
根瘤数					
丙二醛含量	-0.705				
质膜透性	-0.780	0.987*			
脯氨酸含量	-0.338	0.484	0.500		
根系活力	0.924**	-0.800	-0.849*	-0.563	

注: * 显著 ($P < 0.05$); ** 极显著 ($P < 0.01$)。

本试验还通过对这 3 个大豆品种的研究,发现不同的品种对铝胁迫的敏感性和抗逆性不同。从此次试验中,发现这 3 个大豆品种对铝的敏感性大小排列为:浙春 3 号> 9703> 浙春 2 号。也就是说,浙春 2 号对铝胁迫的抗逆性最大,浙春 3 号的抗逆性最差。这就为以后选育在酸性土壤地区的优质耐铝毒品种提供了一定的指导意义。

先前的研究^[14]和有关研究^[15-18]都表明,虽然铝不是植物生长的必须元素,但微量的铝对植物的生长有促进作用,过量的铝才对植物产生危害,即铝毒对植物的影响都有一个临界值的问题。在临界值之下,铝可以促进或刺激植物的生长,当铝的浓度超过了临界值,就会对植物产生伤害。但不同的植物,铝的临界值是不相同的。已有一些研究来探讨大豆铝的临界值,年海等的实验发现^[18], 10 mg · L⁻¹ 的铝处理(水培)对于大豆的生长发育已过量;彭嘉佳等的研究结果表明^[19],大豆铝的临界值(水培)为 12 mg · L⁻¹。我们的实验是土壤,相对于水培来说,土壤是一个缓冲

系统,因而土培中大豆的临界值应高于水培。从我们的实验结果来看, T₁(施 115 mg · kg⁻¹ 的 Al³⁺) 和 T₂(施 232 mg · kg⁻¹ 的 Al³⁺) 处理已对大豆的生长产生胁迫,即土培大豆中铝的临界值应该在 115 mg · kg⁻¹ 之下,具体临界值还有待进一步研究,但从此次试验结果来看,即使施 232 mg · kg⁻¹ 的 Al³⁺,大豆仍能结荚,表明土壤系统对铝毒还是有较大的缓冲能力。

参考文献:

[1] 黄巧云,李学垣,徐凤琳. 铝对小麦幼苗生长和根的某些生理特性的影响[J]. 植物生理学通讯, 1994, 30(2): 97 – 100.

[2] 黄邦全. 植物铝毒及遗传育种研究进展[J]. 植物学通报, 2001, 18(4): 385 – 395.

[3] 中国林学会主编. 酸雨与农业[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[4] Gunse B, Poschenieder C, Barcelo J. Water transport properties of roots and root cortical cells in proton and Al stress maize varieties[J]. *Plant Physiol*, 1997, 113: 595 – 602.

[5] Foy C D, Chaney R L, White M S. The physiology of metal of toxicity in plants. Annu Rew[J]. *Plant Physiol*, 1978, 29: 511 – 566.

[6] 汤章城. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999.

[7] 刘 鹏, 杨玉爱. 钼、硼对大豆氮代谢的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1999, 5(4): 347 – 351.

[8] 徐新常. 作物抗旱能力与体内游离脯氨酸含量的关系[J]. 国外

农业科技, 1983, (9): 19 – 21.

[9] 周 青, 等. 逆境胁迫下作物积累脯氨酸生理生态学意义[J]. 农业环境保护, 1991, 10(6): 272 – 273.

[10] 彭嘉桂, 陈成榕, 卢和顶. 铝胁迫对大豆遗传基因型形态和生理特性的影响[J]. 福建省农业科学院学报, 1994, 9(2): 34 – 39.

[11] 彭嘉桂, 陈成榕, 卢和顶. 玉米铝胁迫的研究初报[J]. 热带亚热带土壤科学, 1995, 4(2): 97 – 101.

[12] Alain Gaume, Felix Machler, Emmanuel F. Aluminum resistance in two cultivars of *Zea mays* L: Root exudation of organic acid and influence of phosphorus nutrition[J]. *Plant and Soil*, 2001, 234: 73 – 81.

[13] Jones D L, Prabowo A M, Kochian L V. Aluminum – organic acid interactions in acid soil[J]. *Plant Soil*, 1996, 182: 229 – 237.

[14] 刘 鹏, 徐根娣, 姜雪梅, 等. 铝对大豆种子萌发的影响[J]. 种子, 2003, (1): 30 – 32.

[15] Petra S K, Proctor J. Effects of aluminium on the growth and mineral composition of *Betula pendula* Roth[J]. *J of Exp Bot*, 2000, 51: 1057 – 1066.

[16] Ciamporová M. Morphological and structural response of plant roots to aluminium at organ, tissue and cellular levels[J]. *Biol Plant*, 2002, 45: 161.

[17] 方金梅, 应朝阳, 黄毅斌, 等. 铝胁迫对水土保持牧草幼苗根系的影响[J]. 中国水土保持, 2003, (7): 30 – 32.

[18] 年 海, 黄 鹤, 严小龙, 等. 大豆对酸铝土壤的适应. I 大豆耐酸铝毒材料的鉴定研究[J]. 大豆科学, 1999, 16(3): 191 – 197.