

铝胁迫对花生根系生长和生理特性的影响

徐芬芬,程诗雨*,田玉清

(上饶师范学院 生命科学院,江西 上饶 334001)

摘要: 为明确花生(*Arachis hypogaea* L.)根系对酸性土铝毒的反应,采用水培法研究了不同浓度铝条件下花生幼苗根系生长和生理特性的变化。结果表明:低浓度铝(0.5~1.0 mmol/L)可促进花生幼苗根系生长,至铝胁迫处理第9天,0.5、1.0 mmol/L 铝胁迫处理根系长度分别较 CK(不添加铝)提高了 9.6%、16.6%,根系鲜质量分别较 CK 提高了 2.5%、8.2%;而高浓度铝(≥ 2.0 mmol/L)明显抑制花生根系的生长,至铝胁迫处理第9天,8.0 mmol/L 铝胁迫处理根系长度、根系鲜质量分别较 CK 降低 45.0%、26.5%。低浓度铝(0.5~1.0 mmol/L)可增强根系 SOD、POD 活性,降低根系细胞质膜透性,对花生生长有一定的促进作用;高浓度铝(≥ 2.0 mmol/L)降低了根系 SOD、POD 活性,增大了根系细胞质膜透性,抑制花生根系的生长发育。

关键词: 铝胁迫;花生;根系生长;保护酶活性;脯氨酸含量;细胞质膜透性

中图分类号: S565.2 Q945.78 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2014)09-0052-04

Effects of Aluminum Stress on Growth and Physiological Characteristics in Peanut Root

XU Fen-fen, CHENG Shi-yu*, TIAN Yu-qing

(Life Science College, Shangrao Normal University, Shangrao 334001, China)

Abstract: In order to clarify the response of the peanut root to aluminum toxicity in acidic soil, the root growth and physiological characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings under different concentrations of aluminum were studied in this paper by hydroponics culture. The results showed that the growth of peanut seedling roots under the low concentrations of aluminum (0.5–1.0 mmol/L) was promoted at first nine days after aluminum treatment, the root length in 0.5, 1.0 mmol/L aluminum treatment was improved by 9.6% and 16.6% respectively compared with CK, the root fresh weight in 0.5, 1.0 mmol/L aluminum treatment was increased by 2.5% and 8.2% respectively compared with CK. The growth of peanut root in high concentrations of aluminum (≥ 2.0 mmol/L) was significantly inhibited. The root length and the root fresh weight in 8.0 mmol/L aluminum treatment were reduced by 45.0% and 26.5% respectively compared with CK at the first nine days after aluminum treatment. The SOD, POD activities of root in low concentrations of aluminum (0.5–1.0 mmol/L) were enhanced, and the root cell membrane permeability decreased, so the growth of peanut root was promoted. However, the SOD, POD activities of root in high concentrations of aluminum (≥ 2.0 mmol/L) decreased, and the root cell membrane permeability increased, so the growth of peanut root was inhibited.

Key words: aluminum stress; peanut; root growth; protective enzyme activity; proline content; cytoplasmic membrane permeability

收稿日期:2014-05-06

基金项目:上饶师范学院大学生科技创新项目(201312)

作者简介:徐芬芬(1978-),女,江西奉新人,副教授,硕士,主要从事作物逆境生理研究。E-mail: xffylm7875@163.com

*程诗雨为并列第一作者。

全世界约有 39.5 亿 hm^2 酸性土壤,其中可耕地面积为 1.79 亿 hm^2 ,主要分布在热带、亚热带及温带地区^[1]。中国酸性土壤的分布遍及 15 个省区,总面积达 2 030 万 hm^2 ,约占全国耕地面积的 21%^[2]。包括 6 类耕作土壤,其中砖红壤、砖红壤性红壤、红壤和黄壤 4 类属酸性矿质土壤,pH 值介于 4.5~5.5^[2]。种植在这类土壤中的农作物常受到铝毒的危害。

铝毒害是酸性土壤上植物生长的主要限制因素,因此提高作物的耐铝能力,降低农作物铝毒危害是农业生产上亟待解决的问题^[3]。通常土壤中的铝以硅酸盐或其他沉淀物形式存在,对植物无毒性。但在酸性土壤(pH 值<5.5)条件下,铝的可溶性增加,可转变成对植物有毒的离子形态(Al^{3+})。我国南方花生(*Arachis hypogaea* L.)种植面积占全国花生面积的 30%左右,这些地区红黄壤分布广,土壤交换性铝占阳离子交换量的 20%~80%,花生生长发育受铝毒危害平均减产 20%以上,成为该区域长期以来花生单产一直低于全国平均水平的重要原因^[4-5]。目前,关于酸性土铝毒对花生影响的研究主要集中在铝对花生形态、发育和产量的影响方面^[6-7],但作为对铝胁迫最敏感的器官,花生根系对铝胁迫的响应鲜见报道。鉴于此,研究了铝胁迫对花生根系生长和生理特性的影响,以明确花生根系对酸性土铝毒的反应,为酸性土壤花生高产优质栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试花生品种中花四号,种子购于市场。

1.2 试验方法

挑选饱满的花生种子,经消毒、浸种、催芽后,再挑选发芽整齐一致的种子播于铺有湿滤纸的培养皿(直径为 9 cm)中,每个培养皿 50 粒。培养 1 周后,将幼苗转移至塑料培养钵中用 Hoagland 营养液继续培养,待幼苗长至一叶一心时,在营养液中添加 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 进行铝胁迫处理。具体处理设置为不加 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (CK)和分别添加 0.5、1.0、2.0、4.0、8.0 mmol/L $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 共 6 个处理,每处理重复 5 皿。处理液 2 d 更换 1 次。于光照培养室中培养,培养温度为 30 $^{\circ}\text{C}$,光周期为昼 12 h/夜 12 h。

1.3 测定项目及方法

在铝胁迫处理后的第 3、6、9 天分别测定根系长度、根系鲜质量、根系相对电导率(细胞质膜透性)、SOD 活性、POD 活性、游离脯氨酸含量。每处理随

机取 10 株测定根系长度和根系鲜质量,根系长度用直尺量取,测定从根尖到根基部的长度,用剪刀从幼苗的根基部剪断,用电子天平称根质量作为根鲜质量。根系相对电导率用 DDS-307 型电导仪测定,用%表示;SOD 活性采用 NBT 光化还原法^[8]测定;脯氨酸含量采用茚三酮比色法测定^[9]测定。上述各生理指标测定均重复 3 次,结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 铝胁迫对花生根长和根系鲜质量的影响

由图 1 可知,随着铝胁迫浓度的增大,花生根系长度和根系鲜质量均先逐渐增加后降低,0.5~1.0 mmol/L 铝胁迫处理花生根系长度和根系鲜质量均较 CK 提高。处理后第 9 天,0.5、1.0 mmol/L 铝胁迫处理的花生根系长度分别较 CK 提高了 9.6%、16.6%,根系鲜质量分别较 CK 提高了 2.5%、8.2%。说明此浓度区间的铝处理可刺激花生根系的生长。当铝处理浓度超过 2.0 mmol/L 时花生根系长度和根系鲜质量明显低于 CK,且随处理时间的延长,各处理间的差异增大,处理后第 9 天,8.0 mmol/L 铝胁迫处理根系长度、根系鲜质量分别较 CK 降低 45.0%、26.5%。可见,低浓度铝处理可促进根系生长,而高浓度铝处理抑制根系生长。

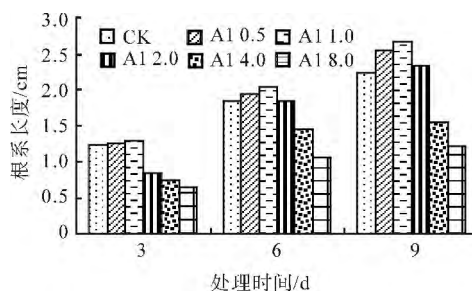


图 1 铝胁迫对花生根长的影响

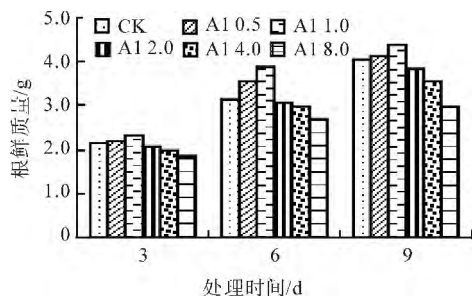


图 2 铝胁迫对花生根鲜质量的影响

2.2 铝胁迫对花生 SOD、POD 活性的影响

SOD、POD 是植物体内重要的保护酶。由图 3—4 可知,随着铝胁迫浓度的增大,花生根系 SOD、POD 活性先逐渐增加后降低,0.5~1.0 mmol/L 铝

胁迫处理花生根系 SOD、POD 活性均较 CK 提高,且 1.0 mmol/L 铝处理 SOD、POD 活性均达最大值,铝胁迫处理第 3 天,1.0 mmol/L 铝处理 SOD、POD 活性分别为 CK 的 1.26 倍、1.08 倍。说明低浓度铝胁迫可刺激花生根系保护酶的活性,进而增强花生对铝毒害的抵抗能力。高浓度铝处理尤其当铝处理浓度为 8.0 mmol/L 时,SOD、POD 活性均 CK 明显降低,在铝胁迫处理第 3 天,两者活性值分别为 CK 的 0.88 倍、0.75 倍。

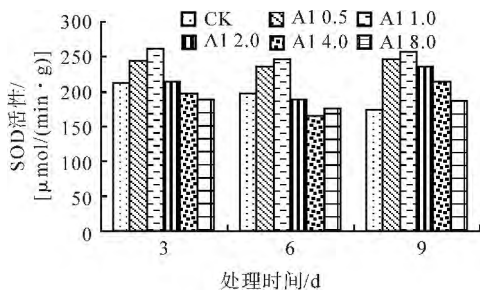


图 3 铝胁迫对花生根系 SOD 活性的影响

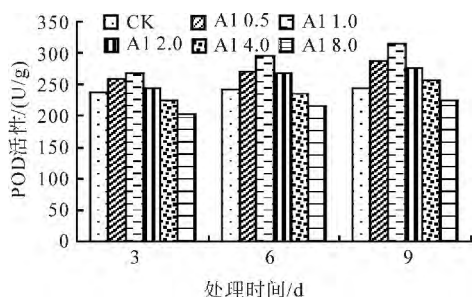


图 4 铝胁迫对花生根系 POD 活性的影响

2.3 铝胁迫对花生根系细胞质膜透性和游离脯氨酸含量的影响

由图 5—6 分析可知,0.5~1.0 mmol/L 铝胁迫下花生根系细胞质膜透性较 CK 降低,游离脯氨酸含量在处理第 3 天较 CK 稍下降,之后较 CK 增加;外源铝浓度 ≥ 2.0 mmol/L 时,花生幼苗根系细胞质膜透性和游离脯氨酸含量均明显高于 CK。处理第 9 天,铝浓度达 8.0 mmol/L 时,根系细胞质膜

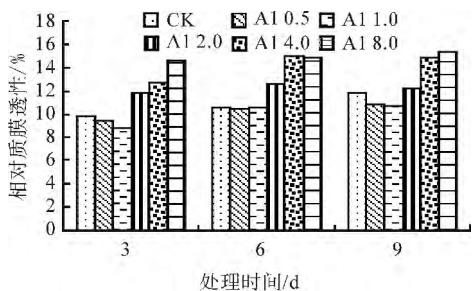


图 5 铝胁迫对花生根系细胞质膜透性的影响

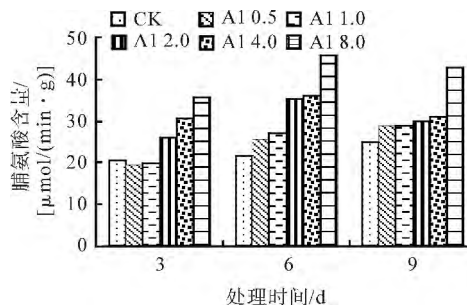


图 6 铝胁迫对花生根系游离脯氨酸含量的影响

透性和游离脯氨酸含量明显高于 CK 和其他浓度处理。说明 ≥ 2.0 mmol/L 的铝胁迫抑制了花生幼苗的生长,铝处理浓度达 8.0 mmol/L 时,花生受到铝毒害较严重,已超出了花生幼苗对铝毒害的耐受范围,植株生长受阻。

3 结论与讨论

作物耐铝的鉴定指标有多种,但普遍采用的是根的伸长量。据研究,在供铝 1~2 h 就可观察到植物根系的伸长明显受到抑制。铝胁迫下根系相对伸长率可以快速、灵敏地反映不同的植物种类或品种对铝毒的耐性程度,且其测定简便易行,成为最常用的筛选鉴定指标^[9]。由本研究可知,0.5~1.0 mmol/L 铝胁迫可刺激花生根系的生长,表现为根系长度和根系鲜质量均高于 CK,当铝处理浓度超过 1.0 mmol/L 时花生根系生长受到抑制,根系长度和根系鲜质量降低,且降低幅度随铝处理浓度的增加而加大。0.5~1.0 mmol/L 铝处理花生根系 SOD、POD 活性和游离脯氨酸含量均较 CK 提高,根系细胞质膜透性较 CK 降低,说明此时花生根系可通过增强保护酶活性和积累渗透调节物质来抵抗铝毒害,清除活性氧,维持质膜的稳定性。低浓度铝处理可增强花生根系 POD 活性,促进根系伸长,与李朝苏等^[10]在荞麦上的研究结果一致。当铝处理浓度超过 2.0 mmol/L 时,花生幼苗根系 SOD、POD 活性整体上表现为随铝胁迫浓度的增加而降低,细胞质膜透性和游离脯氨酸含量变化趋势则相反。说明,高浓度铝(≥ 2.0 mmol/L)胁迫抑制了保护酶活性,使膜质过氧化加强,细胞质膜透性增大,对花生根系的生长产生不利的影响,表现为根系伸长和根系鲜质量均受到抑制。

参考文献:

- [1] 熊毅,李庆远. 中国土壤[M]. 北京:科学出版社,1987: 39.
- [2] 王奇峰,易琼,李昆志,等. 铝胁迫下柱花草 SSH 文库

- 构建及表达序列标签分析[J]. 植物学报, 2010, 45(6):679-688.
- [3] 蒋桂芳. 铝胁迫对蚕豆幼苗生理的影响[J]. 山西农业科学, 2012, 40(1):21-24, 27.
- [4] 山东省花生研究所. 中国花生栽培学[M]. 上海: 上海科技出版社, 1982.
- [5] 詹洁, 寇瑞杰, 李创珍, 等. 铝毒对花生根尖线粒体膜生理特性的影响[J]. 作物学报, 2009, 35(6):1059-1067.
- [6] 杨庆, 金华斌. 铝毒对花生 N、P、Ca 离子吸收的影响[J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(2):68-73.
- [7] He L F, Huang Y M, Mo C M. Effect of aluminum roll membrane lipid peroxidation and protective enzyme activity of peanut root tips[J]. J Guangxi Agric Biol Sci, 2005, 24(3):220-224.
- [8] 张志良, 瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2003:123-124, 268-270, 274-277.
- [9] Kochain L V. Cellular mechanisms of aluminum toxicity and resistance in plants[J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol, 1995, 46:237-260.
- [10] 李朝苏, 刘鹏, 徐根娣, 等. 外源有机酸对荞麦幼苗铝毒害的缓解效应[J]. 作物学报, 2006, 32(4):532-539.

(上接第 51 页)

参考文献:

- [1] 刘庆昌. 遗传学[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [2] 佟道儒. 烟草育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [3] 李雪君, 孙焕, 段旺君, 等. 烤烟新品种豫烟 7 号的选育及其特征特性[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(3):8-11.
- [4] 孙计平, 李雪君, 孙焕, 等. 烟草遗传特性研究进展[J]. 河南农业科学, 2012, 41(9):10-13.
- [5] 李雪君, 孙焕. 河南省农科院烟草育种回顾与展望[J]. 河南农业科学, 2009(9):99-101.
- [6] 王素琴, 陈廷贵, 李桂英, 等. 烤烟新品种豫烟 3 号[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(4):27-28.
- [7] 周冀衡, 王勇, 邵岩, 等. 产烟国部分烟区烤烟质体色素及主要挥发性香气物质含量的比较[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 31(2):128-132.
- [8] 史宏志, 刘国顺, 杨慧娟, 等. 烟草香味学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011.
- [9] 郭灵燕, 袁红星, 海洋, 等. 河南省不同香型烟叶香气成分比较分析[J]. 河南农业科学, 2010(6):40-44.
- [10] 王能如, 李章海, 王东胜, 等. 我国烤烟主体香味成分研究初报[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(3):1-6.
- [11] 殷全玉, 王霞, 杨铁钊, 等. 叶面分泌物和中性香气物质在不同烤烟品种(系)和地区间的变化及其与常规化学成分的关系[J]. 中国烟草学报, 2010, 16(3):17-23.
- [12] 詹军, 刘冲, 贺帆, 等. 不同香型烤烟类胡萝卜素降解香气物质与评吸质量分析[J]. 西南农业学报, 2011, 24(6):2137-2142.
- [13] 杨加银, 盖钧镒. 黄淮地区大豆重要亲本间产量的杂种优势、配合力及其遗传基础[J]. 作物学报, 2009, 35(4):620-630.
- [14] 刘丽, 文俊, 林锐锋, 等. 浓香型烟叶特征及影响因素研究进展[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18):9504-9506, 9514.
- [15] 常爱霞, 贾兴华, 冯全福, 等. 特香型烤烟香气成分检测及香气性状遗传分析[J]. 中国农业科学, 2004, 37(12):2033-2038.