

不同耐性大豆品种叶片对低钾胁迫的生理响应

李兴涛, 曹 萍, 王 伟, 李春红, 王晓光, 曹敏建

(沈阳农业大学 农学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要:以耐低钾型品种沈农6和低钾敏感型品种铁丰31为材料,通过砂培试验研究了不同低钾耐性大豆品种叶片对低钾胁迫的生理学响应。结果表明:低钾胁迫下敏感型品种叶片叶面积较高钾处理显著降低,而比叶重显著升高,耐性品种2个指标在处理间没有明显变化;低钾胁迫下2个品种叶片可溶性糖含量均下降,耐性品种表现更为突出。此外,低钾条件下耐性品种的淀粉含量降低,而敏感品种的淀粉含量显著升高;低钾条件下,耐性品种处理间的 Ca^{2+} -ATPase、 Mg^{2+} -ATPase活性没有显著下降,而敏感品种下降达到了显著水平。

关键词:大豆;耐低钾;比叶重;可溶性糖; Ca^{2+} -ATPase; Mg^{2+} -ATPase

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

文章编号:1000-9841(2010)06-0964-03

Biological Responses of the leaves of Low Potassium Tolerant and Sensitive Soybean Varieties to Low-potassium Stress

LI Xing-tao, CAO Ping, WANG Wei, LI Chun-hong, WANG Xiao-guang, CAO Min-jian

(Agronomy College, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning, China)

Abstract: Low-K sensitive and low-K tolerant soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] varieties, Tiefeng31 and Shennong6, were used to study the biological responses of them to low-potassium stress by sand culture in the presence of $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ K and $3.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ K. After 25 d of growth, leaf area, special leaf weight (SLW), soluble sugar content, amylose content, Ca^{2+} -ATPase and Mg^{2+} -ATPase of leaf were investigated. The results showed that leaf area of sensitive variety was higher and SLW was declined under low K stress, while that of tolerant variety changed slightly under K deficiency condition. The soluble sugar was lower than those at adequate K supply, especially to tolerant variety under low K stress. Furthermore, the amylose content of sensitive variety was higher and that of tolerant variety was declined under low K stress. Ca^{2+} -ATPase and Mg^{2+} -ATPase of tolerant variety changed slightly, but those of sensitive variety were all declined dramatically under low K stress.

Key words: Soybean; Low potassium tolerance; Special leaf weight; Soluble sugar; Ca^{2+} -ATPase; Mg^{2+} -ATPase

全世界14亿 hm^2 耕地有22.5%的土壤受到严重养分胁迫,而其中40%是由缺钾引起的^[1]。钾是作物生长发育所必需的大量营养元素,钾参与植物体内60多种酶的活化^[2],还具有细胞渗透调节和气孔运动调控的功能^[3],此外,钾素对增强作物的抗逆性起积极的作用^[2]。

相关研究表明,不同作物或相同作物不同基因型对低钾的耐性存在着明显的基因型差异^[1-4],因此,培育利用低钾耐性品种是缓解土壤钾素不足与作物需钾矛盾的有效途径之一。课题组经多年田间筛选试验及盆栽试验,已经鉴定出一批典型的低钾耐性及敏感性的大豆品种(系),并对其部分生理指标进行了测定分析^[5-7],在以往研究的基础上,选用1个低钾耐性和1个低钾敏感大豆品种,在低钾胁迫条件下,比较2组不同低钾耐性的大豆品种的

叶片比叶重、叶面积、可溶性糖含量、淀粉含量、 Ca^{2+} -ATPase和 Mg^{2+} -ATPase活性差异,为开展耐低钾大豆育种和栽培技术提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

选用2个大豆品种,耐低钾型品种沈农6;低钾敏感型品种铁丰31。

1.2 试验设计

选取籽粒饱满、均匀一致的种子以1.2%次氯酸钠溶液消毒20 min,蒸馏水冲洗5遍,均匀的播在石英砂中,置于 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 培养箱中培养。待幼苗真叶长出后选取生长一致的植株移至灭菌的石英砂塑料小桶中,每桶装石英砂1.5 kg,每天用Hoagland培养液浇灌1次,浇灌量为250 mL。营养液用

收稿日期:2010-07-19

基金项目:辽宁省科技厅博士启动研究资助项目(20061041);沈阳农业大学基金资助项目(2006109)。

第一作者简介:李兴涛(1977-),男,在读博士,主要从事作物营养逆境生理和分子生物学研究。E-mail:li-sailor@163.com。

通讯作者:曹敏建,教授,博士生导师。E-mail:caominjian@163.com。

0.1 mol · L⁻¹ 的 NaOH 或 0.1 mol · L⁻¹ HCl 调节 pH 为 6.0。设低钾(0.5 mmol · L⁻¹)和对照(3.0 mmol · L⁻¹)2 个处理,钾源为 KCl。2 个品种与 2 个钾浓度处理组成 4 个处理组合,3 次重复。网室内自然条件下培养。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 比叶重和叶面积 移栽 25 d 后将植株叶片采摘用 LI-3100 area meter (LI-COR, Lincoln, NE) 叶片分析系统测定,得出叶面积后的叶片 80℃ 下烘干进行比叶重计算。比叶重采用公式 $LSW = DM/LA$ 进行计算,式中 LSW 为比叶重,DM 为叶片干物质重,LA 为所测得的叶面积。

1.3.2 可溶性糖和淀粉含量 将大豆叶片去主脉,立刻在 105℃ 下杀青,在 80℃ 下烘干至恒重。研磨过 40 目筛,然后将样品用蒸馏水于沸水中提取可溶性糖并过滤,再将过滤后的残渣用 9.2 mol · L⁻¹ 高氯酸提取并过滤,滤液用 2% 蒽酮试剂显色,最后用 722 型分光光度计测量并通过徐迎春等^[8] 的公式换算出淀粉和还原糖含量。

1.3.3 叶片 Ca²⁺-ATPase、Mg²⁺-ATPase 活性 参照 Li Y R 的方法测定 Ca²⁺-ATPase、Mg²⁺-ATPase 活性^[9]。

1.4 数据分析

采用 DPS、Excel 软件分析和处理数据及作图。

2 结果与分析

2.1 叶面积和比叶重

不同品种叶片叶面积都受到低钾胁迫的影响,但敏感型品种铁丰 31 受到影响更严重。低钾条件下,铁丰 31 叶面积只是施钾条件的 51.6%,为极显著差异(图 1)。进一步比较 2 品种比叶重,发现低钾耐性品种沈农 6 比叶重在低钾和施钾条件下基本相同,而铁丰 31 却升高了 26.9%,表现出极显著差异(图 2)。

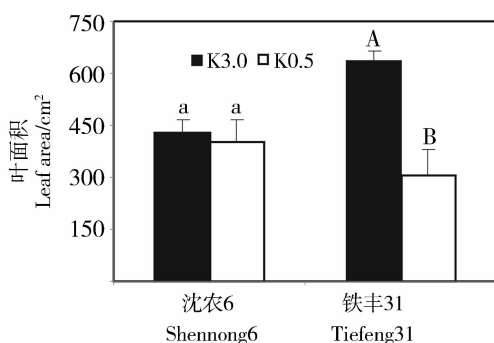


图 1 不同耐性品种叶面积对低钾胁迫的响应

Fig.1 Response of leaf area to low potassium stress in different soybean varieties

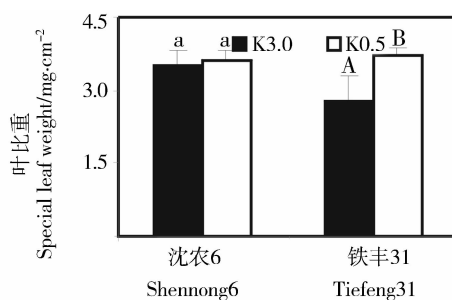


图 2 不同耐性品种比叶重对低钾胁迫的响应

Fig.2 Response of special leaf weight to low potassium stress in different soybean varieties

2.2 可溶性糖和淀粉含量

如图 3 所示,在低钾胁迫条件下,各品种叶片可溶性糖含量都降低,耐性品种沈农 6 叶片可溶性糖含量仅为施钾处理的 44.30%,处理之间差异极显著,而敏感型低钾品种铁丰 31 叶片中可溶性糖含量为施钾处理的 83.60%,处理之间没有达到显著差异。

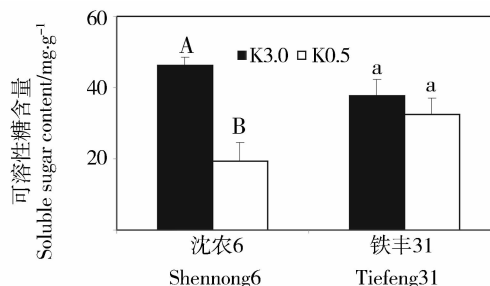


图 3 不同耐性品种叶片可溶性糖对低钾胁迫的响应

Fig.3 Response of leaf soluble sugar content to low potassium stress in different soybean varieties

淀粉是大豆叶片光合作用的主要产物,从图 4 可以看出,低钾胁迫对不同耐性品种叶片淀粉含量的影响在品种之间是有差异的。与可溶性糖含量变化相反,低钾胁迫下耐性品种沈农 6 叶片中淀粉含量在两处理间并没有显著变化,而施钾处理下敏感型品种铁丰 31 叶片淀粉含量为低钾处理的 85.35%,处理之间差异达到极显著水平。

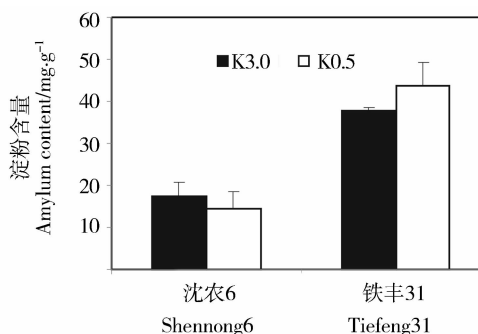


图 4 不同耐性品种叶片淀粉含量对低钾胁迫的响应

Fig.4 Response of leaf amylose content to low potassium stress in different soybean varieties

2.3 叶片 Ca^{2+} -ATPase 和 Mg^{2+} -ATPase 活性

如图5、图6所示,低钾胁迫下沈农6和铁丰31叶片类囊体膜上 Ca^{2+} -ATPase、 Mg^{2+} -ATPase 活性呈相同的变化趋势,但品种间变化幅度有所差异。耐性品种沈农6低钾胁迫下叶片 Ca^{2+} -ATPase 活性较高钾处理降低了12.97%,处理间差异不显著,而不耐品种铁丰31低钾胁迫较高钾处理降低了34.70%,处理间差异达到极显著水平。 Mg^{2+} -ATPase 活性变化与 Ca^{2+} -ATPase 变化趋势一致,低钾胁迫下沈农6较高钾处理降低了10.09%,处理间无显著差异,铁丰31低钾处理下叶片 Mg^{2+} -ATPase 活性较高钾处理降低了22.85%,处理间具有显著差异。

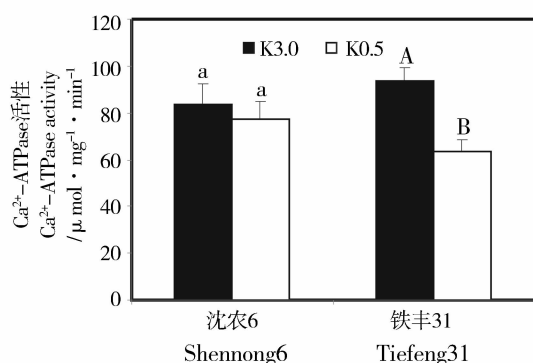


图5 不同品种叶片 Ca^{2+} -ATPase 活性对低钾胁迫的响应

Fig. 5 Response of leaf Ca^{2+} -ATPase activity to low potassium stress in different soybean varieties

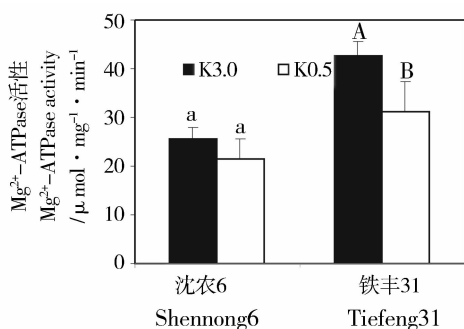


图6 不同品种叶片 Mg^{2+} -ATPase 活性对低钾胁迫的响应

Fig. 6 Response of leaf Mg^{2+} -ATPase activity to low potassium stress in different soybean varieties

3 结论与讨论

叶片是植物光合作用的主要器官,叶面积大小是影响光合生产能力的-一个重要因素。低钾胁迫下沈农6能保持相对较高的叶面积,表明其在低钾条件下维持光合生产能力强,而铁丰31叶面积降低幅度较大,相应的减小了光合面积,势必会影响其光合生产能力,使得植株形态建成受到影响。

虽然比叶重数值大的叶片光合能力更强,但是植株在苗期叶片迅速扩张,“封垄”能使植株获得更多的光合物质,对于形态构建更为有利。Pettigrew 等^[10]在棉花上的研究表明,植株在生殖阶段比叶重增加对植株更为有利,并且低钾会增加苗期叶片比叶重。

光合作用所合成的可溶性糖大部分转化为淀粉,当植物需要动用贮存的淀粉时,就将淀粉分解为可溶性糖,再转化为其它物质或运送到其它需要糖类物质的部位。结合叶片可溶性糖含量与淀粉含量的变化可以推断,低钾胁迫抑制了沈农6叶片内淀粉转化为可溶性糖的过程,从而保证了干物质的积累,而铁丰31低钾胁迫下叶片内淀粉含量显著降低,可溶性糖含量没有变化。表明叶片内积累的淀粉部分转化为可溶性糖以维持正常的生理功能。

不同耐性品种叶片类囊体膜上 Ca^{2+} -ATPase、 Mg^{2+} -ATPase 活性在低钾胁迫下的变化有所差异,耐性品种2种酶活性变化幅度较小,而不耐品种变化幅度较大,ATP酶可以催化ATP水解生成ADP和无机磷,为植物生理生化活动提供能量^[10],低钾胁迫下不耐品种叶绿体类囊体膜上2种ATP酶活性均显著降低,势必会导致叶片的某些生理生化过程受到影响,最终影响植株干物质的积累,而耐性品种2种酶活性在低钾胁迫下较对照没有显著降低,可见其叶片内部的生理生化过程基本保持正常,这有利于植株的正常生长发育及对离子的吸收。

参考文献

- [1] 姜存仓. 不同基因型棉花对钾的反应差异及其机理研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2006: 101-108. (Jiang C C. Different Effects and Mechanisms of Potassium on Varied Cotton Genotypes [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006: 101-108.)
- [2] Broadley M R, White P J. Plant Nutritional Genomics[M]. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2005: 22-65.
- [3] 姜存仓, 王运华, 鲁剑巍, 等. 植物钾效率基因型差异机理的研究进展[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(4): 483-487. (Jiang C C, Wang Y H, Lu J W, et al. Advances of study on the K-efficiency in different plant genotypes [J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2004, 23(4): 483-487.)
- [4] Mäser P, Gierth M, Schroeder J I. Molecular mechanisms of potassium and sodium uptake in plants[J]. Plant Soil, 2002, 247: 43-54.

- First Land Reclamation University, 2007, 17(3): 43-46.)
- [2] 张艳红. 免耕对土壤水分影响的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2007(2): 21-23. (Zhang Y H. Effect of non-tillage on soil water[J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2007(2): 21-23.)
- [3] 邵新庆, 沈禹颖, 王堃. 水土保持耕作对夏种大豆光合、蒸腾及水分利用效率的影响[J]. 草业学报, 2005, 14(6): 82-86. (Shao X Q, Shen Y Y, Wang K. Effects of conservation tillage on the photosynthesis, transpiration and water use efficiency of summer sown *Glycine max*[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2005, 14(6): 82-86.)
- [4] 吕军杰, 姚宇卿, 王育红, 等. 不同耕作方式对坡耕地土壤水分及水分生产效率的影响[J]. 土壤通报, 2003, 34(1): 74-76. (Lv J J, Yao Y Q, Wang Y H, et al. Effects of soil tillage on soil moisture in slop land[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2003, 34(1): 74-76.)
- [5] 梁金凤, 齐庆振, 贾小红, 等. 不同耕作方式对土壤性质与玉米生长的影响研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(4): 945-950. (Liang J F, Qi Q Z, Jia X H, et al. Effects of different tillage managements on soil properties and corn growth[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(4): 945-950.)
- [6] 李旭, 闫洪奎, 曹敏建, 等. 不同耕作方式对土壤水分及玉米生长发育的影响[J]. 玉米科学, 2009, 17(6): 76-78, 81. (Li X, Yan H K, Cao M J, et al. Effects of different tillage managements on soil moisture and growth and development of maize[J]. Journal of Maize Sciences, 2009, 17(6): 76-78, 81.)
- [7] 刘定辉, 陈尚洪, 舒丽, 等. 四川盆地丘陵区秸秆还田少免耕对土壤水分特征的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 119-122, 128. (Liu D H, Chen S H, Shu L, et al. Impact of straw mulching and no-tillage on soil water characteristics of paddy field in hilly area of Sichuan basin[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2009, 27(6): 119-122, 128.)
- [8] 于振文. 作物栽培学各论[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 264-291. (Yu Z W. Crop cultivation[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2003: 264-291.)
- [9] 龚绍先. 粮食作物与气象[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1988: 191-232. (Gong S X. Food crops and meteorology[M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1988: 191-232.)
- [10] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004: 3-11. (Huang J Y. Meteorological statistical analysis and prediction[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2004: 3-11.)
- [11] 王力, 邵明安, 侯庆春. 土壤干层量化指标初探[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 87-90. (Wang L, Shao M A, Hou Q C. Quantifiable indicators of soil dry layer[J]. Soil and Water Conservation, 2000, 14(4): 87-90.)

(上接第 966 页)

- [5] 唐劲驰, 曹敏建, 刘限. 大豆品种(系)耐低钾性的筛选与评价[J]. 大豆科学, 2003, 22(1): 18-21. (Tang J C, Cao M J, Liu X. Resistance mechanism and screening of soybean genotype resistance to low potassium[J]. Soybean Science, 2003, 22(1): 18-21.)
- [6] 王伟, 李兴涛, 蔡左莹, 等. 低钾胁迫对不同效应型大豆光合特性及叶绿素荧光参数的影响[J]. 大豆科学, 2008, 27(3): 451-455. (Wang W, Li X T, Qi Z Y, et al. Effect of low potassium stress on photosynthetic and chlorophyll fluorescence parameters of two soybean varieties with different K efficiency[J]. Soybean Science, 2008, 27(3): 451-455.)
- [7] 王晓光, 曹敏建, 蒋文春, 等. 钾肥对不同基因型大豆叶片生理功能的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(2): 133-136. (Wang X G, Cao M J, Jiang W C, et al. Effects of potassium deficiency on photosynthetic function of different soybean genotypes[J]. Soybean Science, 2006, 25(2): 133-136.)
- [8] 徐迎春, 李绍华, 柴成林, 等. 水分胁迫期间及胁迫解除后苹果树源叶同化物代谢规律的研究[J]. 果树学报, 2001, 18(1): 1-6. (Xu Y C, Li S H, Chai C L, et al. Carbohydrate metabolism in source leaves of Jonagold apple tree under water stress and after water stress relief[J]. Journal of Fruit Science, 2001, 18(1): 1-6.)
- [9] Li Y R. Activities of Mg^{2+} -ATPase and Ca^{2+} -ATPase in various organelles of sugarcane (*Saccharum spp*) leaves[J]. Plant Physiology Communications, 1987, 6: 20-21.
- [10] Pettigrew W T. Potassium deficiency increases specific leaf weights and leaf glucose levels in field-grown cotton[J]. Agronomy Journal, 1999, 91(6): 962-968.