

钙素和水分亏缺对大豆幼苗 某些生理过程的影响*

杨根平 盛宏达 赵彩霞 王韶唐

(植物生理研究室)

摘要 在水分胁迫下大豆幼苗叶片相对水分含量(RWC)和光合速率下降,细胞质膜透性、脯氨酸(Pro)含量和气孔阻力均增大;缺钙与供钙植株相比,其RWC和光合速率更低,膜透性改变剧烈,特别是Pro增加2~3倍,缺钙处理下光合速率的进一步降低,可能由非气孔因素所致。实验结果表明钙对改善植物的水分状况、提高膜的稳定性和植株抗旱性具有重要作用。

主题词 大豆,抗旱性,钙离子/水分胁迫

水分胁迫下大豆幼苗光合速率降低,生长减慢,膜透性增大,脯氨酸大量积累^[1]。在水分和温度等逆境下细胞膜首先受到伤害^[2],钙对保持膜结构的完整性和功能是必需的^[3]。钙可以抑制高温诱导的甜菜根花色素苷的外漏^[4],经CaCl₂处理可以降低水分胁迫下的豇豆幼苗组织透性和Pro含量,即提高了植物的抗逆性^[5]。本文以大豆为材料,研究在水分胁迫下钙素水平对大豆幼苗一些生理过程的影响以及钙在植物水分逆境中的作用。

1 材料和方法

培养及处理 大豆种子(*Glycine max.* L. Merr)经沸水处理5s,于25℃恒温箱中萌发。待胚轴长至4cm时移栽于Hoagland营养液内,玻璃温室中培养。室温20~25℃/12~15℃(昼/夜),自然光照,每周更换一次营养液。三周后移入缺钙溶液中处理一周(用10mmol/L NaNO₃代替Hoagland液中的5mmol/L Ca(NO₃)₂)。尔后至含PEG-6000(202g/L,水势约为-0.5MPa)的缺钙和含钙溶液中,对照为不加PEG的缺钙和含钙营养液,定期取样测定。

项目测定 所有测定均采用顶部充分展开的第一片复叶,每次每项测定至少四个重复,整个实验重复三次。叶片RWC,细胞膜透性及Pro含量均按常规方法测定^[6];光合速率用FQ-红外线CO₂气体分析仪测定;气孔阻力及蒸腾速率用稳态气孔计(LI-1600)测定^[6]。

文稿收到日期:1989-06-07.

• 国家自然科学基金资助项目。

2 结果与分析

2.1 水分和钙亏缺下RWC的变化

在正常水分供应下, 缺钙和正常供钙植株RWC保持在90%左右, 二者之间无差异。在水分胁迫下, 二者的RWC均呈直线下降, 而缺钙处理植株在处理后期RWC下降速率明显高于供钙植株(图1)。测定离体叶片保水力的结果(资料未列出), 脱水7h后, 正常供钙叶片RWC为 $48.33 \pm 1.1\%$, 而缺钙处理植株为 $41.96 \pm 3.2\%$, 说明缺钙处理植株叶片的保水能力降低。

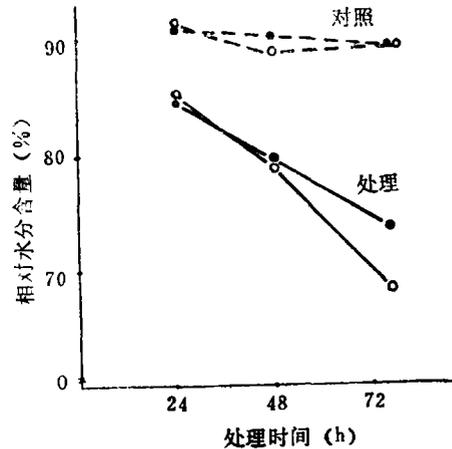


图1 缺钙和供钙处理的大豆叶片RWC的变化
○—○缺钙; ●—●供钙

2.2 水分和钙素亏缺对细胞膜透性的影响

缺钙处理植株膜透性大于供钙植株(图2), 表明缺钙下细胞膜的稳定性已受到影响, 但属轻微的。在水分胁迫下缺钙处理植株膜透性显著大于正常供钙植株, 尤高于正常供水植株。表明在缺钙处理下膜稳定性降低, 抵抗外界逆境胁迫的能力降低。

2.3 水分和钙亏缺下Pro的变化

缺钙处理植株Pro含量增大(图3), 这一结果以前尚未见报道。在水分胁迫下缺钙处理植株Pro含量比供钙供水植株增加了9.0倍, 比供钙缺水增加了1.8倍, 这一趋势与膜透性变化趋势相同, 表明在缺水下, 缺钙处理植株更易受到伤害。

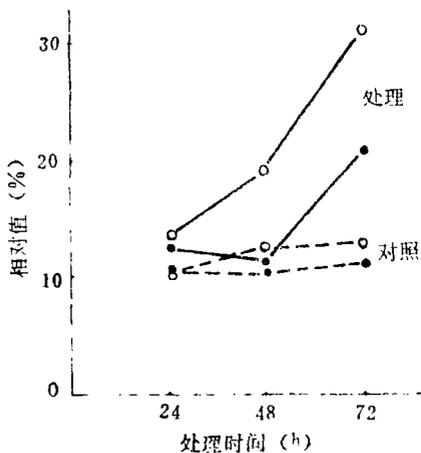


图2 缺钙和供钙处理植株叶片细胞膜透性的变化

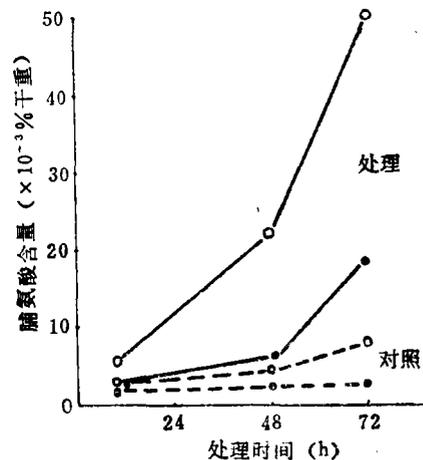


图3 缺钙和供钙叶片Pro含量的变化

2.4 水分和钙亏缺处理大豆叶片光合及气孔状况的变化

水分胁迫下, 缺钙和供钙植株叶片光合速率显著降低(图4), 而缺水导致缺钙处理植株光合速率进一步下降, 说明缺钙处理植株不能忍受逆境的危害, 即其抗性降低。

水分胁迫下光合作用的限制可分为气孔因素和非气孔因素^[7]。测定气孔状况的结果(图5)表明,缺钙和供钙植株气孔扩散阻力和蒸腾速率之间无明显差异,经水分胁迫,二者扩散阻力迅速增大,蒸腾很快降低,缺钙处理植株扩散阻力小于供钙植株,但差异不明显。这些结果表明,在水分胁迫下,缺钙处理植株光合速率降低的主要原因在于非气孔因素,这与 Atkinson 发现低钙水平下光合同化效率低的结果^[8]一致。

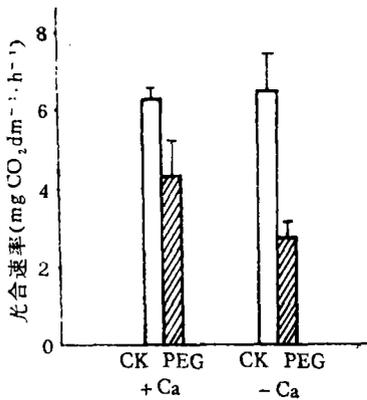


图4 水分和钙素亏缺对大豆叶片光合速率的影响
CK—对照, PEG—水分胁迫处理

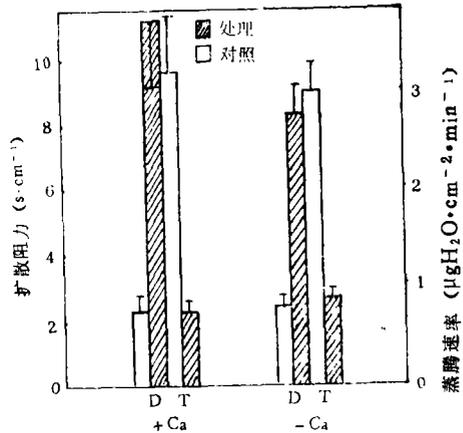


图5 水分和钙亏缺对大豆叶片气孔状况的影响
D—气孔扩散阻力, T—蒸腾速率

3 讨论与结论

缺钙植株气孔关闭失去控制,气孔开度增大^[8],因而蒸腾失水加快;另一方面,根系生长受抑(缺钙处理根干重为0.1015±0.0010 g/2株,加钙为0.1316±0.0008g/2株),吸水量降低,因而在水分胁迫下,其RWC迅速下降。缺钙植株整个生理活动已处于一种较敏感的状态,此时水分胁迫引发或加速了这种状态的转化,即导致膜透性的改变和Pro的大量积累。实验证明Ca⁺⁺与膜上的某些成分结合,降低了膜的流动性,使甜菜根抗热性增强,透性降低^[4]。含钙植株体内由于钙对膜具有稳定作用^[15],故在逆境下能保持一定的稳定性。

Atkinson 报道,钙素与光合作用及气孔运动有一定的关系。低钙植株的光合碳同化效率较低。在水分胁迫下,低钙处理大豆光合的限制主要在于非气孔因素,可能是由于钙对 Rubisco 有一定影响^[8]。

综上所述, Ca⁺⁺在植物的抗逆性中起着重要作用,除Ca具有稳定膜结构的作用外,其它效应,以及是否有钙调素的参与等问题尚待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Neyshabouri M R, Hatfield J L. Soil water deficit on semi-determinate and indeterminate soybean growth and yield. *Field Crop Research*, 1986, 15: 73~84
- 2 杨根平等. 无机营养对水分胁迫小麦幼苗水分关系的影响, *干旱地区农业研究*, 1989 (3): 78~85
- 3 Monk L S, Davies H V. Antioxidant status of the potato tuber and Ca deficiency as a physiological stress. *Physiol. Plant.*, 1989, 75: 411~416
- 4 Cooke A et al. The mechanism of action of Ca in the inhibition of high temperature-induced Leakage of betacyanin from beet root discs. *New Phytol*, 1986, 102: 491~497
- 5 Mukherjee S P, Chouduri M A. Implication of hydrogen peroxide-ascorbate system on membrane permeability of water stressed vigna seedling. *New Phytol*, 1985, 99: 355~360
- 6 西北农业大学植物生理生化组编. 植物生理学实验指导. 西安: 陕西科学技术出版社, 1987
- 7 王韶唐. 植物抗旱的机理, *植物生理生化进展*, 1983 (2): 120~133
- 8 Atkinson C J et al. Control of stomatal aperture by Ca in isolated epidermal tissue and whole leaves of *Commelina communis* L. *New Phytol.*, 1989, 111: 9~17
- 9 De Silva D L R et al. Synergism between Ca ions and abscisic acid in preventing stomatal opening. *New Phytol.*, 1985, 100: 473~482

The Effects of Calcium and Water Deficits on Some Physiological Processes of Soybean Seedlings

Yang Genping Shen Hongda Zhao Caixia Wang Shaotang

(*Plant Physiology Laboratory, Northwestern Agricultural University*)

Abstract Under water stress, relative water content (RWC) and photosynthetic rate decrease. Plasma membrane permeability, proline (Pro) content and stomatal diffusion resistance increase. RWC and photosynthetic rate in Ca-deficit treated seedlings were lower than those in Ca-rich seedlings. Membrane permeability changed greatly and pro increased 2~3 times as compared with that in Ca-rich seedlings. The free Pro accumulation was also found in Ca-deficit treated seedlings. Under water stress, the photosynthetic rate decreasing in Ca-deficit seedlings mainly depends on the non-stomatal factor. The experimental results suggested that Ca play an important role in improving water status, maintaining membrane stability and plant drought-resistance.

Subject words Glycine max, drought resistance, calcium ion/water stress