

盐胁迫对枸杞叶片糖代谢及相关酶活性的影响研究*

许兴杨 涓 郑国琦 徐兆桢 魏玉清

(宁夏大学生命科学院 银川 750021) (宁夏农林科学院生物技术重点实验室 银川 750002)

摘要 试验研究盐胁迫对枸杞叶片糖代谢及相关酶活性的影响结果表明,随 NaCl 浓度升高和处理时间的延长,枸杞叶片多糖和可溶性糖含量显著增加 ($P < 0.05$),蔗糖含量呈上升趋势,而淀粉含量显著下降 ($P < 0.05$),还原糖含量呈下降趋势。随 NaCl 浓度的增加,枸杞叶片中中性转化酶活性显著降低 ($P < 0.05$);3g/kg、6g/kg NaCl 处理对酸性转化酶活性影响较小,3g/kg NaCl 处理降低蔗糖合成酶而对蔗糖磷酸合成酶活性基本无影响;6g/kg NaCl 处理蔗糖合成酶活性随时间先降后升,而对蔗糖磷酸合成酶活性影响较小;但 9g/kg NaCl 处理显著降低酸性转化酶、蔗糖磷酸合成酶活性 ($P < 0.05$)。

关键词 盐胁迫 枸杞 糖代谢 酶活性 多糖

Sugars and sucrose-metabolizing enzymes in leaves of *Lycium barbarum* L. under salt stress .XU Xing, YANG Juan, ZHENG Guo-Qi(Life School of Ningxia University, Yinchuan 750021, China), XU Zhao-Zhen, WEI Yu-Qing(Bio-technological Key Lab, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry, Yinchuan 750002, China), *CJEA*, 2006, 14(2):46~48

Abstract The effects of sugars and sucrose-metabolizing enzymes in leaves of *Lycium barbarum* L. were studied. The results show that the concentration of polysaccharomyces and solubility sugar in the leaf of *Lycium barbarum* L. increase as the concentration of sodium chloride increases and as the salt intimidate time prolongs ($P < 0.05$), and the concentration of cane sugar tends to increase, whereas the starch decreases significantly ($P < 0.05$), the reducing sugar keeps a trend to decrease. Along with the increases of concentration of sodium chloride, the activity of neutral invertase (NI) decreases significantly; either 3g/kg or 6g/kg NaCl treatment has a little influence to the activity of acid invertase (AI); 3g/kg NaCl decreases the enzyme activity of sucrose synthetase (SS), but has no effect on the activity of sucrose phosphate synthase (SPS). The activity of SS decreases first, and then increases, while SPS shows a little change when 6g/kg NaCl is added. 9g/kg NaCl can reduce the activity of both AI and SPS significantly ($P < 0.05$).

Key words Salt stress, *Lycium barbarum* L., Sugar-metabolism, Enzyme activities, Polysaccharomyces

(Received Nov 21, 2004; revised Dec 31, 2004)

逆境胁迫使植物体内糖代谢发生相应改变,目前关于水分胁迫对植物体内糖代谢及相关酶活性的影响已有较多报道^[6~10],但有关盐分因素对植物糖代谢影响的研究则报道较少。本试验研究了盐胁迫下枸杞体内糖类物质含量及相关酶活性的变化,有助于解释盐胁迫时糖类维持库组织生长及影响“糖感应系统”、进而调控光合与呼吸代谢及碳代谢所涉及的基因表达^[11],也为调控盐碱条件下枸杞生长发育提供理论依据。

1 试验材料与方法

试验于 2002 年 8 月始在宁夏农林科学院生物室防雨棚内进行,以 2 年生“宁杞 1 号”盆栽苗为试验材料。将沙与土按 1:1 装入花盆中,每盆装风干土 5.5kg。将诱导出的枸杞插穗插于花盆中,每盆 3 株,枸杞苗长至 5 个月选取长势一致的材料 40 盆,随机分成 4 组,每组 10 盆,分别用 0g/kg(CK)、3g/kg()、6g/kg()、9g/kg()浓度的 NaCl 处理,采用称重法控制土壤水分在田间持水量的 75% 左右。分 4d、8d、12d、16d 取样测定各项指标,其中参照文献[2]用苯酚硫酸法于 480nm 波长下测定多糖消光值。以蒽酮比色法 620nm 波长下测定可溶性糖消光值,用 3,5 二硝基水杨酸法 540nm 波长下测定还原糖消光值,用参考文献[3]方法测定蔗糖含量,高氯酸水解后以蒽酮比色法测定淀粉含量,620nm 波长下测定其消光值,参照 Nielsen T.H 等^[4,11]方法稍作改进提取酶。取样重复 3 次,每次测定 3 次取均值。

* 国家重点基础研究(973)发展规划项目(G1999011704)和国家自然科学基金项目(30500653)资助

2 结果与分析

2.1 盐胁迫下枸杞叶片糖类物质的变化

由图 1 可知枸杞叶片多糖含量随 NaCl 浓度的升高而增加,随胁迫时间延长,该趋势表现越明显,多糖含量在各处理之间差异显著 ($P < 0.05$);随 NaCl 浓度升高,枸杞叶片可溶性糖含量增加且处理间差异显著 ($P < 0.05$);随 NaCl 浓度升高而枸杞叶片还原糖含量下降明显,对照组还原糖含量升高且与处理组差异显著,但胁迫组间差异不显著;随 NaCl 浓度增加枸杞叶片蔗糖含量呈上升趋势,且处理间存在差异但不显著;

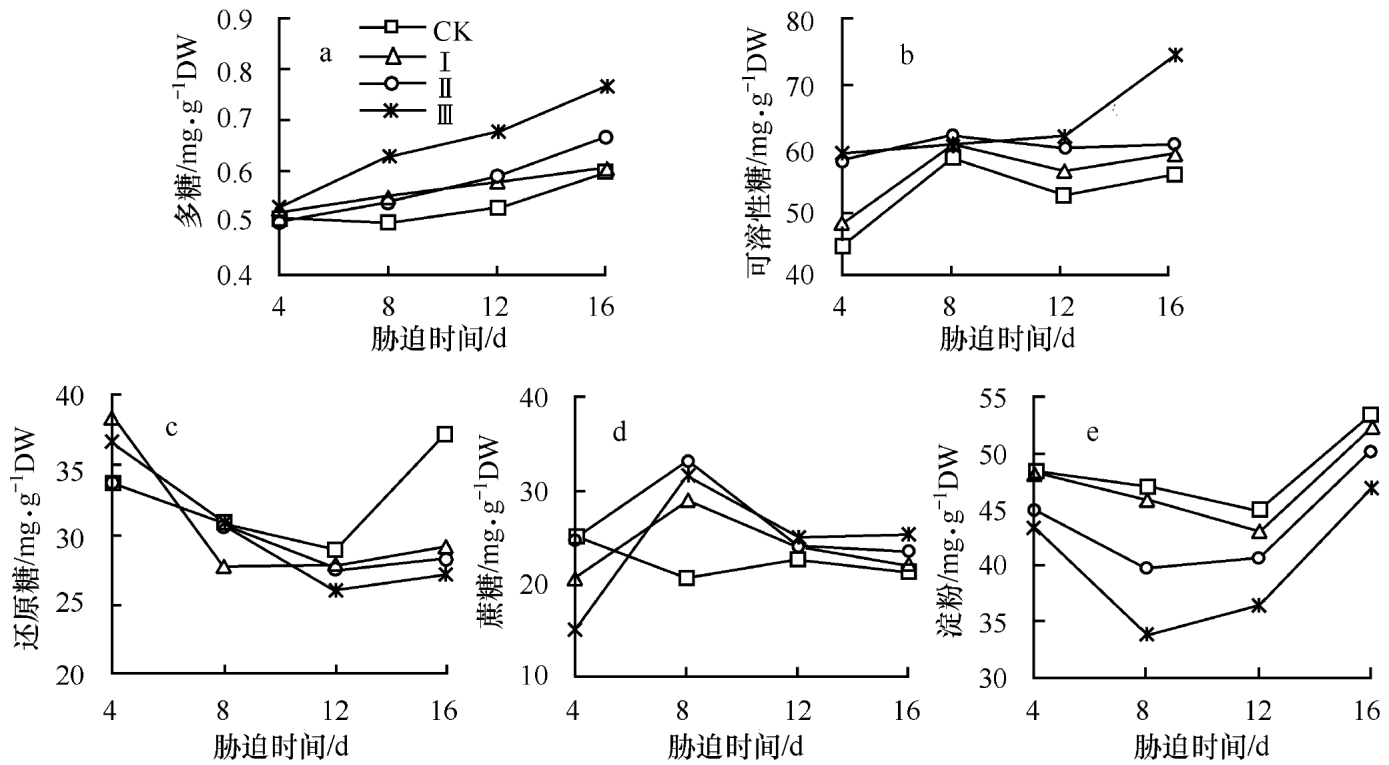


图 1 盐胁迫下枸杞叶片淀粉与糖类含量的变化

Fig. 1 The changes of starch and sugars contents in leaves of *Lycium barbarum* L. under salt stress

随 NaCl 胁迫程度的增加和胁迫时间的延长,枸杞叶片淀粉含量显著下降 ($P < 0.05$)。

2.2 盐胁迫下枸杞叶片糖代谢相关酶活性的变化

图 2 表明随盐分胁迫的加剧,中性转化酶和酸性转化酶活性急剧下降,其中中性转化酶活性在胁迫 4d 时随盐浓度增加而有所升高,但在胁迫 8d 时则随盐浓度增加而迅速降低,且处理间差异显著 ($P < 0.05$)。而酸性转化酶活性在最初盐胁迫处理时变化不明显,处理到第 8d 时活性随盐浓度增加而降低,之后随胁迫时间的延长呈下降趋势,且 9g/kg 盐浓度处理酶活性下降明显。盐胁迫 4d 时枸杞叶片蔗糖合成酶活性随 NaCl 浓度的升高而下降,且处理间差异显著,对照、3g/kg NaCl 胁迫处理蔗糖合成酶活性相近,4 处理间蔗糖合成酶活性依次为对照处理 > 3g/kg 处理 > 6g/kg 处理 > 9g/kg 处理。盐胁迫 8d 时对照、3g/kg、6g/kg NaCl 胁迫处理蔗糖合成酶活性均明显下降,但随 NaCl 浓度的增加而活性减弱,而 9g/kg NaCl 胁迫处理蔗糖合成酶活性明显升高,几乎与对照处理活性相同。盐胁迫 12d 时对照处理蔗糖合成酶活性升高,NaCl 胁迫处理酶活性显著低于对照处理,3g/kg、6g/kg NaCl 胁迫处理蔗糖合成酶活性继续升高,但 2 处理间差异不显著,而 9g/kg NaCl 胁迫处理酶活性降低。盐胁迫 4d 时枸杞叶片蔗糖磷酸合成酶活性随 NaCl 浓度的升高而升高,且处理间差异明显。盐胁迫 8d 时对照、3g/kg NaCl 胁迫处理蔗糖磷酸合成酶活性略有升高且活性接近,6g/kg、9g/kg NaCl 胁迫处理蔗糖磷酸合成酶活性明显下降,且 9g/kg NaCl 胁迫处理下降明显。盐胁迫 12d

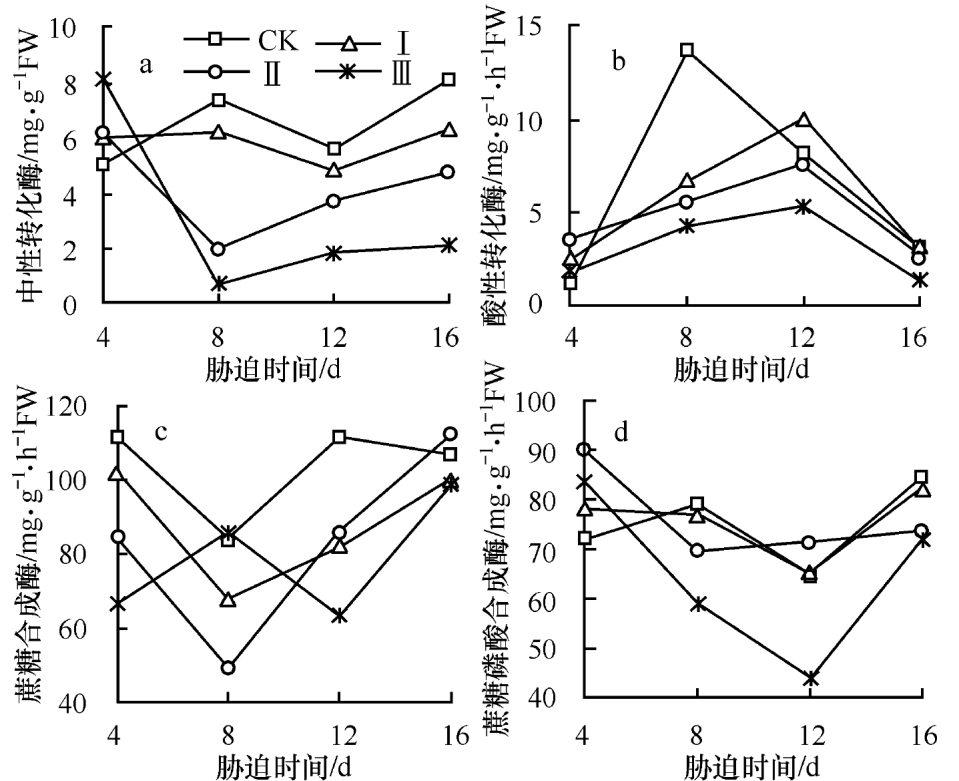


图 2 盐胁迫下枸杞叶片糖代谢相关酶活性的变化

Fig. 2 The activities of sucrose-metabolizing enzymes in leaves of *Lycium barbarum* L. under salt stress

时对照和 3g/kg NaCl 胁迫处理蔗糖磷酸合成酶活性呈下降趋势,且 2 处理间无显著差异,而 6g/kg NaCl 胁迫处理酶活性变化平稳,但高于对照和 3g/kg NaCl 胁迫处理,而 9g/kg NaCl 胁迫处理酶活性降至最低。盐胁迫 16d 时对照和 3g/kg NaCl 胁迫处理蔗糖磷酸合成酶活性呈上升趋势,且 2 处理间无显著差异,9g/kg NaCl 胁迫处理酶活性明显上升,且 6g/kg、9g/kg NaCl 胁迫处理酶活性相一致。与对照相比盐胁迫下蔗糖磷酸合成酶活性随胁迫时间的延长先降后升。盐浓度为 3g/kg 时蔗糖磷酸合成酶活性与对照相比无太大差异,表明 3g/kg 盐浓度对该处理蔗糖磷酸合成酶活性影响较小。但浓度 > 6g/kg 盐胁迫处理则蔗糖磷酸合成酶活性降低但不显著。

3 小结与讨论

枸杞多糖在细胞内作为溶质或以高度水合状态而存在,具有良好的亲水特性,这可能有利于细胞质维持膨压,保持其渗透势的平衡。动物试验表明枸杞多糖具有优良的抗氧化和清除活性氧的作用^[5]。对于盐生植物枸杞而言,枸杞多糖存在的意义可能在于逆境条件下对抗体内活性氧的积累,使植物本身免受伤害。叶片中枸杞多糖与盐浓度呈显著正相关($r = 0.9519^{**}$),表明盐分胁迫可促进枸杞多糖的积累,作为枸杞有效成分之一的多糖可能在对抗盐胁迫中起一定作用。盐胁迫下枸杞叶片可溶性糖增加,淀粉含量下降,说明盐胁迫使枸杞体内积累大量的糖类物质,淀粉分解加剧。对可溶性糖、可溶性淀粉和 NaCl 浓度进行相关性分析表明,NaCl 浓度与可溶性淀粉呈高度负相关($r = -0.9421^{**}$),NaCl 浓度与可溶性糖呈正相关($r = 0.9780^{**}$),淀粉与可溶性糖也表现出负相关($r = -0.8744^{*}$)。可溶性淀粉与可溶性糖的动态变化表明,盐胁迫下可溶性淀粉趋向于分解方向,盐胁迫下枸杞叶片积累更多的可溶性糖使叶片水势降低,可保证植株吸水,这也是枸杞抵御水分胁迫的一种内在机制。随盐胁迫浓度增加和胁迫时间的延长,蔗糖含量呈升高趋势,淀粉含量呈下降趋势,二者达极显著负相关($r = -0.9927^{**}$),其蔗糖合成酶活性和淀粉呈正相关($r = 0.8194^{*}$),整个处理期间随胁迫时间增加变化较小,但随 NaCl 浓度增加也有一定的升高。蔗糖磷酸合成酶活性 6g/kg NaCl 胁迫处理较稳定,9g/kg NaCl 胁迫处理显著降低,3g/kg NaCl 胁迫处理与对照处理活性基本相同。蔗糖合成酶活性在处理初期随盐浓度的增加而升高,且处理期间 3g/kg NaCl 胁迫处理与对照处理活性相近。而蔗糖合成酶活性与蔗糖的分解和合成有关,具有可逆性,可调节蔗糖与淀粉之间的转化,盐胁迫初期蔗糖合成酶可能是向蔗糖合成的方向进行。可溶性糖含量的增加可能是由蔗糖引起的,盐胁迫条件下非还原糖含量增加明显,而还原糖含量呈降低趋势,代谢旺盛的组织对还原糖需要量大,还原糖含量也较高。但本试验还原糖含量未增加,说明还原糖可能在枸杞叶片有机渗透调节中所起作用微小。对两种转化酶、还原糖、蔗糖做相关性分析表明,中性转化酶与盐浓度间呈明显负相关($r = -0.9164^{*}$),酸性转化酶与盐浓度间也呈明显负相关($r = -0.9834^{**}$),还原糖与盐浓度间呈负相关($r = -0.6541$),而两种转化酶与还原糖间均呈正相关($r = 0.8044^{*}$, $r = 0.5682$),蔗糖含量与酸性转化酶、中性转化酶间存在明显负相关($r = -0.8278^{**}$, $r = -0.9255^{**}$)。随盐胁迫浓度的增加和胁迫时间的延长,还原糖含量下降的同时 2 种酶活性亦下降,说明盐胁迫使蔗糖与还原糖间的转化更趋向于蔗糖的积累,还原糖的生成受到明显抑制。盐胁迫对枸杞叶片中性转化酶、酸性转化酶 2 种酶活性的影响与盐胁迫对枸杞生长发育的影响相一致,随酶活性的降低,枸杞叶片表现出老叶脱落,叶片变小,叶片老化程度加强。研究还表明低盐浓度下 2 种酶活性受影响的程度较低,而 9g/kg NaCl 胁迫处理显著降低其酶活性。

参 考 文 献

- 1 谢祝捷,姜东,戴廷波等.植物的糖信号及其对碳氮代谢基因的调控.植物生理学通讯,2002,38(4):399~404
- 2 白寿宁.宁夏枸杞研究.银川:宁夏人民出版社,1985
- 3 中国科学院上海植物生理研究所.上海植物生理学实验指导.西安:陕西科学技术出版社,1999.303~305
- 4 惠聪,黄辉白,黄旭明.荔枝果实的糖积累与相关酶活性.园艺学报,2003,30(1):1~5
- 5 钱彦丛,宇文萍.枸杞子的化学成分及药理研究进展.中医药学报,2000(4):33~35
- 6 Quick W.P.,Chaves M.M.,Wendler R.,*et al.*. The effect of water stress on photosynthetic carbon metabolism in four species grown under field conditions. Plant Cell and Environment,1992,15:25~35
- 7 Garcia A.B.,Engler J.A.,Iyer S.,*et al.*. Effects of osmoprotectants on NaCl stress in rice. Plant Physiol,1997,115:159~169
- 8 Vassef T.L.,Sharkey T.D. Mild water stress of phaseolus vulgaris plants leads to reduced starch synthesis and extractable sucrose phosphate synthase activity. Plant Physiol,1989,89:1066~1070
- 9 Sheen J.,Zhou L.,Jang J.C. Sugars signaling molecules. Curr. Opin. Plant Biol,1999,2:1001~1008
- 10 Gibson S.I. Plant sugar-response pathway—Part of a complex regulatory web. Plant Physiol.,2000,12(4):1532~1539
- 11 Nielsen T.H.,Skiarbak H.C.,Karlsen P. Carbohydrate metabolism during fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants. Physiol. Plant,1991,82:311~319