

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2009)03-0129-04

学术园地

混合盐胁迫下马铃薯渗透调节物质含量的变化

孙晓光¹, 何青云², 李长青¹, 蒙美莲^{1*}, 王晓东¹

(1. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古大雁矿业集团, 内蒙古 呼伦贝尔市巴雁镇 021122)

摘 要: 以紫花白品种为试验材料, 在离体条件下研究了 NaCl 和 Na₂SO₄ 两种混合盐胁迫下马铃薯脱毒苗叶片中几种渗透性物质含量的变化。NaCl 和 Na₂SO₄ 分别按 2:1, 1:1 和 1:2 摩尔比例混合, 每一种比例下设 7 个盐浓度梯度, 即 0%、0.15%、0.30%、0.45%、0.60%、0.75% 及 0.90%。混合盐胁迫下, 马铃薯叶片脯氨酸含量随着盐浓度的升高而升高, 蛋白质含量和可溶性糖含量则随着盐浓度的升高而降低。盐浓度对马铃薯叶片可溶性糖含量、可溶性蛋白含量及脯氨酸含量影响极显著; 盐组合对叶片可溶性蛋白含量影响极显著, 但对可溶性糖含量和游离脯氨酸含量影响不显著; 盐浓度和盐组合交互作用对马铃薯叶片可溶性糖含量、可溶性蛋白含量及脯氨酸含量影响不显著。

关键词: 马铃薯; 混合盐; 胁迫; 渗透调节物质

我国有盐碱地 670 万 hm², 约占全国耕地面积的 7% 左右^[1]。内蒙古自治区盐土面积 125.4 hm², 占全区土壤面积的 0.42%^[2]。有些地区土壤盐化、碱化严重, 农作物产量很低, 甚至不能利用。马铃薯是我国广为种植的重要高产粮菜兼用型作物, 属盐敏感型作物^[3]。内蒙古具有发展马铃薯生产的独特自然地理优势, 是我国马铃薯主要的种薯、商品薯和加工原料薯生产基地之一。因此, 研究马铃薯抗盐生理就显得十分重要。

在盐分胁迫下, 植物通过吸收累积各种离子和合成积累可溶性有机物, 如含 N 化合物(脯氨酸、甜菜碱、氨基酸、多胺等)和糖类及其衍生物等^[4-6]来调节细胞内渗透压达到适应环境的目的。这些相溶性物质可以维持细胞膨压, 而且能稳定细胞中酶分子的活性构象, 保护酶免受盐离子的直接伤害^[7]。从目前马铃薯耐盐性研究现状来看, 多以 NaCl 为研究对象, 而混合盐胁迫对马铃薯影响的研究少见报道。本研究将 2 种中性盐 NaCl、Na₂SO₄ 按不同比例混合, 添加到马铃薯脱毒苗培养基中, 研究脱毒苗生长过程中其体内渗透调节物质含量的

变化, 旨在探讨渗透调节物质与马铃薯盐伤害及耐盐性的关系, 为马铃薯耐盐机理及耐盐突变体的筛选提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以马铃薯普通栽培品种紫花白的脱毒苗为材料。

1.2 试验处理和方法

1.2.1 盐浓度梯度设计

试验选定 NaCl、Na₂SO₄ 两种中性盐, 按不同的摩尔比例(表 1)混合, 并按硫酸盐比例逐步增大的顺序分成 A、B、C 三组。

根据马铃薯的耐盐阈值, 每组内又设有 7 个盐浓度梯度, 分别为 0%、0.15%、0.30%、0.45%、0.60%、0.75%、0.90%, 组成 19 种不同的盐组合梯度。

表 1 各处理所含盐分及其摩尔比

处理组	盐组成与摩尔比	
	NaCl	Na ₂ SO ₄
A	2	1
B	1	1
C	1	2

收稿日期: 2009-03-05

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2007BAD49B03-1)。

作者简介: 孙晓光(1981-), 女, 硕士研究生, 主要从事马铃薯栽培生理研究。

* 通讯作者: E-mail: mmeilian@126.com。

1.2.2 试验方法

把不同比例、不同浓度的盐分别添加到培养基($MS + 6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{B}_9 + 3\%$ 蔗糖 + 0.4% 卡拉胶)中, 形成不同盐胁迫的培养基。将继代培养的脱毒苗按单节茎切段转移到含有不同盐胁迫培养基中进行培养。培养瓶直径为 6.5 cm , 内装 50 mL 胁迫培养基, 每瓶接入 30 个茎段, 每个处理 6 瓶, 3 次重复。培养温度 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 光强 2000 lx , 每天光照 12 h 。

盐处理 30 d 后, 取样测定脱毒苗叶片可溶性糖含量、可溶性蛋白含量及游离脯氨酸含量。

可溶性糖含量测定: 参照邹琦^[8]蒽酮法。

可溶性蛋白含量测定: 参照邹琦^[8]考马斯亮兰法。

脯氨酸含量测定: 参照朱广廉^[9]磺基水杨酸法。

2 结果与分析

2.1 混合盐胁迫对马铃薯脱毒苗叶片可溶性糖含量的影响

从图 1 可以看出, 随盐浓度的增加, A、B、C 三种盐组合处理的可溶性糖含量均呈下降→上升→下降的变化趋势, 均在盐浓度为 0.45% 处降到最低点, 盐浓度由 0% 增加到 0.45% 时, 三种盐组合处理的可溶性糖含量较对照分别下降了 38.8% 、 36.1% 、 38.4% , 之后随着盐浓度的增加, 可溶性糖含量虽然有所增加, 但均低于对照。A、B、C 三种盐组合处理间比较, 盐浓度在 $0\% \sim 0.45\%$ 时, 可溶性糖含量表现为 $C > B > A$, 而在 $0.45\% \sim 0.90\%$ 时, 可溶性糖含量则表现为 $B > A > C$ 。

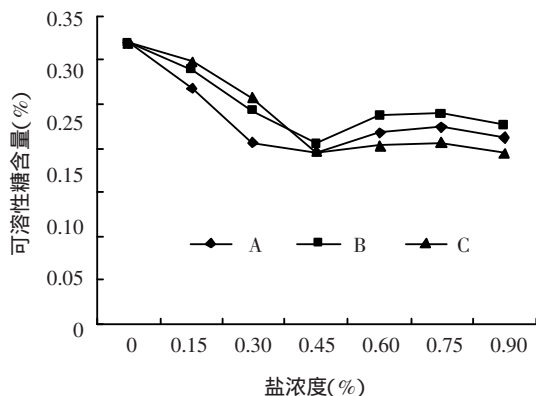


图 1 混合盐胁迫对马铃薯可溶性糖含量的影响

表 2 方差分析结果表明, 盐浓度对马铃薯叶片可溶性糖含量影响极显著, 盐组合及盐浓度与

盐组合交互作用对马铃薯脱毒苗叶片可溶性糖含量影响不显著。

表 2 不同盐浓度和盐组合下马铃薯叶片可溶性糖含量的方差分析

误差来源	平方和	自由度	均方	F	P
盐组合	0.0242	2	0.0012	1.40	0.2582
盐浓度	0.0866	6	0.0144	16.69	<0.0001
浓度 × 组合	0.0120	12	0.0010	1.15	0.3483
误差	0.0156	42	0.0028		
总和	0.1392	62			

2.2 混合盐胁迫对马铃薯脱毒苗叶片可溶性蛋白质含量的影响

从图 2 看出, 随着混合盐浓度的增大, A、B、C 三种盐组合叶片可溶性蛋白质含量变化趋势相似, 呈平缓的高→低→高→低变化。但不同混合盐各浓度下马铃薯叶片中可溶性蛋白质的含量均低于对照, 表明盐胁迫降低了马铃薯脱毒苗叶片中可溶性蛋白质的含量。盐浓度由 0% 增加到 0.30% 时, A、B、C 三种盐组合的可溶性蛋白质含量呈明显下降趋势, 分别较对照下降了 25.56% 、 18.75% 、 18.32% 。A、B、C 三种盐组合处理间比较, 盐浓度在 $0\% \sim 0.3\%$ 时, 可溶性蛋白质含量无明显差异。盐浓度在 $0.30\% \sim 0.90\%$ 间可溶性蛋白质含量表现均为 $C > B > A$ 。

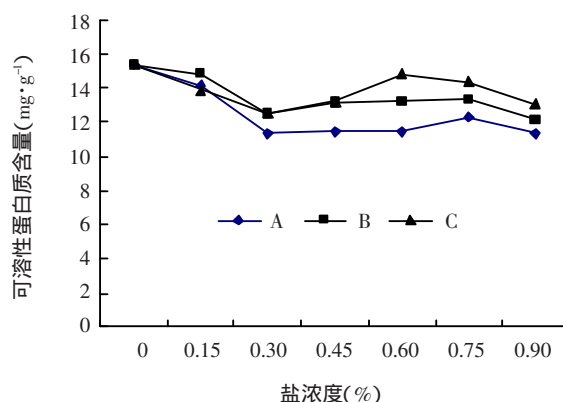


图 2 混合盐胁迫对马铃薯可溶性蛋白含量的影响

表 3 方差分析结果表明, 盐组合及盐浓度对马铃薯脱毒苗叶片可溶性蛋白含量影响极显著, 但二者交互作用对马铃薯脱毒苗叶片可溶性蛋白质含量影响显著。

表3 不同盐浓度和盐组合下马铃薯叶片可溶性蛋白质含量的方差分析

误差来源	平方和	自由度	均方	F	P
盐组合	20.314	2	10.157	9.42	0.0004
盐浓度	76.667	6	12.778	11.85	0.0001
浓度×组合	15.632	12	1.303	1.21	0.3092
误差	45.272	42	1.078		
总和	157.885	62			

2.3 混合盐胁迫对马铃薯脱毒苗叶片脯氨酸含量的影响

由图3看出, A、B、C混合盐胁迫下, 随着盐浓度的增加, 马铃薯脱毒苗叶片脯氨酸含量发生规律性变化。盐浓度在0.30%~0.90%范围内叶片脯氨酸的含量随盐浓度的增加而增加, 增加幅度大小顺序A>B>C。A、B、C三种盐组合分别比对照增加了284.91%、221.66%、199.34%。由此可见, 高盐浓度下渗透调节作用强弱表现为A>B>C。盐浓度在0.15%时, A、B、C三种盐组合脯氨酸含量均低于对照, 且分别比对照降低36.67%、3.36%、22.41%。可见, 在低盐浓度下B组合的渗透调节作用强于A、C组合。

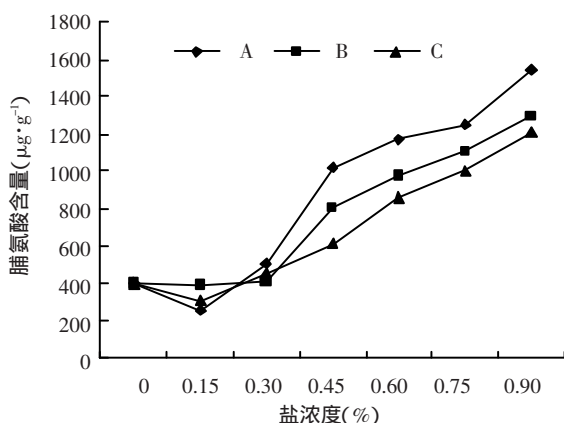


图3 混合盐胁迫对马铃薯脯氨酸含量的影响

表4 不同盐浓度和盐组合下马铃薯叶片脯氨酸含量的方差分析

误差来源	平方和	自由度	均方	F	P
盐组合	572126.278	2	286063.139	5.78	0.0660
盐浓度	8697845.842	6	1449640.974	34.05	0.0001
浓度×组合	985277.143	12	82106.429	1.93	0.0638
误差	2748107.194	42	65431.124		
总和	13003356.460	62			

表4的方差分析结果表明, 盐浓度对马铃薯叶片脯氨酸含量影响极显著, 盐组合及盐浓度与盐组合交互作用对马铃薯脱毒苗叶片脯氨酸含量影响不显著。

3 讨论

渗透调节是植物适应盐胁迫的基本特征之一。盐胁迫下, 细胞内积累一些物质, 如脯氨酸、甜菜碱、可溶性糖、可溶性蛋白质等, 以调节细胞内的渗透势, 维持水分平衡, 还可以保护细胞内许多重要代谢活动所需的酶类活性^[10]。

可溶性糖是植物光合作用的主要产物之一, 是植物生长发育的能量和物质基础。在盐逆境中可溶性糖既是渗透调节剂, 也是合成其他有机溶质的碳架和能量来源, 还可在细胞内无机离子浓度高时起保护酶类的作用^[11]。有资料表明可溶性糖的多少也与植物的抗逆性密切相关^[12]。在盐胁迫下黄瓜^[13]、草莓^[14]、芦笋^[15]、阿月浑子实生苗^[16]及绿优谷^[17]等植物的研究结果是, 随着盐浓度的增加可溶性糖含量呈上升趋势。本试验中, 随混合盐浓度的增加, 马铃薯三种盐组合下试管苗可溶性糖含量逐渐降低, 与以上结论不符, 这可能是由于物种不同对盐胁迫反应表现不同。

植物体内的可溶性蛋白质大多数是参与各种代谢的酶类, 其含量的高低是了解植物体总代谢的一个重要指标^[18]。本试验中, 随混合盐浓度的增加, 马铃薯三种盐组合下试管苗可溶性蛋白含量均逐渐降低。这与前人对玉米幼苗^[19]和马铃薯^[20]进行盐处理后发现, 可溶性蛋白质含量随着盐浓度的升高呈下降趋势是一致的。表明盐胁迫可能降低了蛋白质的合成速率, 或者是加速了储藏蛋白质的水解。

脯氨酸通常被认为是在逆境下细胞质中积累的一种调节渗透压的相容性溶质, 主要参与细胞水平上的渗透调节作用。在盐胁迫下, 脯氨酸在植物体内是一种重要的渗透调节剂, 其在植物细胞中大量积累以后, 能够降低细胞的水势, 避免细胞脱水, 而且可以在高渗溶液中获得水分, 以维持正常的新陈代谢^[21]。本试验结果表明, 混合盐胁迫下, 随盐浓度的增加植株叶片中脯氨酸含量增加, 且显著高于对照。说明混合盐胁迫下马铃薯可通过增加脯氨酸含量来维持渗透平衡。这与王鑫等^[22]及张云起等^[23]的研究结果相似。另外, 从NaCl和Na₂SO₄组

合的不同比例间比较看出, 以 A 组合内脯氨酸含量增加幅度较大, 说明 A 组合胁迫下马铃薯具有较强渗透调节能力

[参 考 文 献]

- [1] 耿华珠, 李聪, 李茂森. 苜蓿耐盐性鉴定初报[J]. 中国草地, 1995, 6(3): 69-72.
- [2] 内蒙古自治区土壤普查办公室, 内蒙古自治区土壤肥料工作站. 内蒙古土壤[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [3] 龚家栋. 马铃薯不同品种耐盐性差异初步研究[J]. 中国沙漠, 1996, 16(1): 61-66.
- [4] 陈立松, 刘星辉. 果树逆境生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [5] Nolte K D, Hanson A D, Gage D A. Proline accumulation and methylation to praline betaine in Citrus: implications for genetic engineering of stress resistance[J]. J Amer Soc Hort Sic, 1997, 122: 8-13.
- [6] Storey R, Walker R R. Citrus and salinity[J]. Sci Hort, 1999, 78: 39-81.
- [7] 许祥明, 叶和春, 李国凤. 植物抗盐机理的研究进展[J]. 应用与环境生物学报, 2000, (6): 379-387.
- [8] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [9] 朱广廉. 植物体内游离脯氨酸的测定[J]. 植物生理学通讯, 1983 (1): 35-37.
- [10] 李玉全, 张海艳, 沈法富. 作物耐盐性的分子生物学研究进展[J]. 山东科学, 2002, 1(2): 8-15.
- [11] 朱德民. 植物生长与耐盐性[J]. 科学农业(台), 1982, 30(3-4): 202.
- [12] 杨阿明, 沈征言. 低温锻炼提高黄瓜幼苗耐寒性效应[J]. 园艺学报, 1992, 19(1): 61-66.
- [13] 杨秀玲. NaCl 胁迫对黄瓜种子萌发及幼苗生理特性的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2004.
- [14] 郑丽锦. NaCl 胁迫下草莓生理生化特性研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2003.
- [15] 张玉霞, 张立军, 王艳树, 等. 盐碱对芦笋胁迫效应的分析[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(18): 4678-4679, 4682.
- [16] 袁琳, 克热木, 伊力. 盐胁迫对阿月浑子可溶性糖、淀粉、脯氨酸含量的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2004, 27(2): 19-23.
- [17] 张强. 绿优谷对混合盐碱胁迫的生理响应[D]. 长春: 东北师范大学, 2004.
- [18] 刘惠芬, 高玉葆, 张强, 等. 不同种群羊草幼苗对土壤干旱胁迫的生理生态响应[J]. 南开大学学报(自然科学版), 2004(4): 12: 105-110.
- [19] 郭丽红, 陈善娜, 龚明. NaCl 胁迫对玉米幼苗中谷胱甘肽还原酶活性及可溶性蛋白质含量的影响[J]. 昆明师范高等专科学校学报, 2002, 24 (4): 27-30.
- [20] 张瑞玖. NaCl 胁迫下马铃薯生理生化特性及氮素调控研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2007.
- [21] 高占武. 紫花苜蓿对复合盐碱胁迫的适应性响应[D]. 长春: 东北师范大学, 2006.
- [22] 王鑫, 马永祥, 李娟. 紫花苜蓿营养成分及主要生物学特征[J]. 草业科学, 2003, 2(10): 39-40.
- [23] 张云起, 刘世琦, 杨凤娟, 等. 耐盐西瓜砧木筛选及其耐盐机理的研究[J]. 西北农业学报, 2003, 12(4): 105-108.

Change in Osmoregulation Substances in Potato under Mixed Slat Stress

Sun Xiaoguang¹, He Qingyun², Li Changqing¹, Meng Meilian¹, Wang Xiaodong¹

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019, China;

2. Inner Mongolia Wild Goose Mining Industry Group, Bayan, Inner Mongolia 021122, China)

Abstract: Changes in osmoregulation substances were followed in plantlets in vitro of the cultivar Zihuabai under salt mixtures of NaCl and Na₂SO₄ in the ratio of 2:1, 1:1 and 1:2 in molar concentration, which was further divided into the various concentrations of 0%, 0.15%, 0.30%, 0.45%, 0.60%, 0.75% and 0.90%, respectively. The leaf proline content increased while soluble protein and soluble sugar content decreased with increase in salt concentration. Salt concentration had significant influence on soluble sugar, soluble protein and proline content. Salt mixtures had significant influence on soluble protein, but not on soluble sugar and free praline content. No interaction of salt concentration x mixture was found for soluble sugar, soluble protein and proline content.

Key Words: *Solanum tuberosum* L; salt mixture; stress; osmoregulation substance