

二倍体马铃薯对 NaHCO_3 胁迫的反应

张景云¹, 白雅梅², 于萌¹, 李文霞¹, 吕文河^{1,*}

(¹东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030; ²东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 采用 MS 培养方法, 分别用不同浓度 NaCl 和 NaHCO_3 (0、10、20 和 30 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 对二倍体马铃薯试管苗进行胁迫, 研究了 3 个耐盐 (NaCl) 无性系试管苗受 NaHCO_3 胁迫时的生长状况。结果表明: 当采用 NaCl 处理时, 随着胁迫强度的增加, 这 3 个二倍体无性系芽和根长及其鲜样质量和干样质量 6 个生长参数呈先升高后降低的趋势, NaHCO_3 处理时, 这 6 个生长参数呈降低的趋势, 降低幅度大于 NaCl 处理。同一浓度下, 同一材料受 NaHCO_3 伤害作用远大于 NaCl 伤害。

关键词: 马铃薯; 二倍体; NaHCO_3 ; 生长状况

中图分类号: S 532

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 12-1995-06

Response of Diploid Potatoes to Stress of NaHCO_3

ZHANG Jing-yun¹, BAI Ya-mei², YU Meng¹, LI Wen-xia¹, and Lü Wen-he^{1,*}

(¹College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; ²College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Plantlets *in vitro* of three clones, which were previously selected out for their high salt (NaCl) tolerance, were investigated under various levels (0, 10, 20 and 30 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) of NaHCO_3 and NaCl for their growth parameters, shoot length, root length, shoot fresh weight, root fresh weight, shoot dry weight and root dry weight. With increase in the level of NaCl, values of the six growth parameters for the three diploid potatoes were increased, and then deceased. However for NaHCO_3 , they were kept on to be deceased. The values of growth parameters under NaHCO_3 stress were dropped more compared with NaCl. For the same clone, NaHCO_3 would do more harm than NaCl under the same concentration.

Key words: potato; diploid; NaHCO_3 ; growth

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 大多对盐比较敏感 (龚家栋, 1996)。而中国东北有 187.73 万 hm^2 盐碱地, 土壤盐碱化程度比较严重 (尹喜霖 等, 2004), 给马铃薯的生产带来了严重的影响。以往国内外许多学者对马铃薯在盐胁迫 (中性盐胁迫) (龚家栋, 1996; 康玉林 等, 1997; 王培伦 等, 1997; Khrais et al., 1998; 王新伟, 1998; Velasquez et al., 2005; 尹江 等, 2005; Shaterian et al., 2008) 和碱胁迫 (碱性盐胁迫) (康玉林 等, 1997; 王培伦 等, 1997; 梁春波 等, 2006) 方面做过一些研究, 但未见对二倍体马铃薯在碱胁迫方面的报道。二倍体马铃薯种质中具有大量的抗各种病害和不良环境的基因及优良品质性状基因 (Ross, 1986; Ortiz et al., 1990; Watanabe et al., 1992; Ortiz et al., 1994; Murphy et al., 1995)。本试验中研究 3 个耐 NaCl (中性盐) 二倍体马铃薯受 NaHCO_3

收稿日期: 2010-04-14; 修回日期: 2010-11-05

基金项目: ‘十一五’ 国家 ‘863’ 项目 (2006AA100107); 黑龙江省科技计划项目 (GA08B102)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: whlu@neau.edu.cn)

(碱性盐)胁迫的响应差异,为探讨不同种类盐胁迫对二倍体马铃薯的伤害机理提供理论依据。

1 材料与方法

以经 12 次轮回选择适应长日照的富利亚 (*S. phureja*, PHU) 与窄刀薯 (*S. stenotomum*, STN) 杂种 (PHU-STN) 无性系中的 45 份马铃薯试管苗为材料,进行耐中性盐 (NaCl) 筛选。用筛选出耐 NaCl (中性盐) 较强的材料 267-1、472-1、89-2-1 进行 NaCl 胁迫和 NaHCO₃ 胁迫处理。

试验在东北农业大学马铃薯研究室进行。2008 年 11 月培养基基础苗,取马铃薯脱毒试管苗,将其切成带 1 片叶的小茎段,插入装有 MS 培养基的 100 mL 三角瓶中,置于温度 (25 ± 2) °C,光照 2 000 ~ 3 000 lx,每日光照 16 h 的条件下培养。

2008 年 12 月取 20 d 苗龄的试管苗,剪去两头,取中间部分大约 1 cm,带有一个叶,单一节茎段,分别插入含 NaCl 或 NaHCO₃ 的上述培养基 40 mL 的 100 mL 三角瓶中,每瓶 10 个茎段,置于温度 (25 ± 2) °C,光照 2 000 ~ 3 000 lx,每日光照 16 h 的条件下培养 (王付欣 等, 2003)。

培养基的配制: 配制含有 0、10、20、30 mmol · L⁻¹ 的 NaCl 或 NaHCO₃ MS 培养基,含 NaCl 的培养基 pH 均为 5.8,含 NaHCO₃ 培养基 pH 分别为 5.8、6.8、7.0、7.2。121 °C 灭菌 15 min。

采用完全随机试验设计,3 次重复。处理 4 周后取样。用尺子测量茎段生长点到苗顶端的长度为芽长,测量根中最长的为根长。将植株用水冲洗干净并吸干水分,从根茎结合处剪断为根系,称量根系和芽的鲜样质量。在烘箱中 105 °C 下杀青 15 min 后降温到 70 °C 下烘干,称得干样质量。

原始数据的整理采用 Microsoft Excel (Office 2003) 软件完成。采用 DPS 软件 (唐启义和冯明光, 1997) 对数据进行方差分析,NaCl 和 NaHCO₃ 不同浓度之间的比较采用单因素完全随机试验设计,采用 Duncan's 进行多重比较,而同一浓度 NaCl 或 NaHCO₃ 之间的比较则采用成组数据 *t* 测验。

2 结果与分析

2.1 NaHCO₃ 胁迫对耐盐马铃薯试管苗芽长的影响

30 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫下 3 个材料的芽长除了 89-2-1 与对照间差异极显著外,其余均无差异。在 NaHCO₃ 胁迫下,所有材料与对照均呈现极显著差异。和 NaCl 相比,NaHCO₃ 处理对芽的抑制程度明显增大,尤其是在高浓度 30 mmol · L⁻¹ 时,NaCl 处理的 267-1、472-1、89-2-1 芽长分别是对照的 92%、97%和 82%,而 NaHCO₃ 处理的则分别是对照的 9%、2%和 0%。相同浓度下,同一材料在两种不同的胁迫情况下差异达到极显著水平 (表 1)。

表 1 不同浓度 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫下二倍体马铃薯试管苗的芽长

浓度/(mmol · L ⁻¹)	267-1			472-1			89-2-1		
Level	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d
0	12.870aA	12.870aA	0	12.130aA	12.130aA	0	11.057a	11.057aA	0
10	13.162aA	8.795bB	4.367**	12.510aA	8.513bB	3.997**	11.290a	1.332bB	9.958**
20	13.112aA	5.360cC	7.752**	11.840aA	0.320cC	11.516**	11.167a	0.056cC	11.110**
30	11.853aA	1.145dD	10.708**	11.753aA	0.253cC	11.500**	9.108b	0cC	9.108**

注: d 代表同一材料在相同浓度的 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫下平均芽长的差数; 同一列数值后不同的小写和大写字母分别表示差异达 5% 和 1% 显著水平; ** 差异达 1% 显著水平。下同。

Note: d stands for the difference of shoot length at the same level of salt and alkali; Different small and capital letters within the same column mean significant difference at 0.05 level or 0.01 level; ** means significance at 0.01 level. The same below.

2.2 NaHCO₃ 胁迫对耐盐马铃薯试管苗根长的影响

在 NaCl 胁迫下，472-1、89-2-1 在浓度为 10 mmol · L⁻¹ 时根长达到最大值，472-1 的最大值与对照差异不显著，而 89-2-1 的最大值与对照差异极显著，267-1 在 20 mmol · L⁻¹ 时达到最大值，且与对照差异极显著。在 NaHCO₃ 胁迫下，所有材料均低于对照且与对照达到差异极显著。NHCO₃ 处理的抑制程度明显大于 NaCl 处理，当浓度达到 30 mmol · L⁻¹ 时，NaCl 处理的 267-1、472-1、89-2-1 分别是对照的 95%、84%和 94%，而 NaHCO₃ 处理则分别是对照的 20%、1%和 0%。在 NaHCO₃ 胁迫下，在 30 mmol · L⁻¹ 时 89-2-1 没有生根，严重抑制了试管苗的生长。相同浓度下，同一材料在两种不同的胁迫情况下差异达到极显著水平（表 2）。

表 2 不同浓度 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫下二倍体马铃薯试管苗根的长度
Table 2 Root length of diploid potato plantlets *in vitro* under stress of various levels of NaCl and NaHCO₃ /cm

浓度/(mmol · L ⁻¹)	267-1			472-1			89-2-1		
Level	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d
0	3.015bBC	3.015aA	0	2.660aA	2.660aA	0	2.365bB	2.365aA	0
10	3.188aAB	2.173bB	1.015**	2.673aA	2.140bB	0.533**	2.786aA	0.843bB	1.942**
20	3.212aA	1.975cC	1.237**	2.310bB	0.108cC	2.202**	2.303bB	0.033cC	2.270**
30	2.875cC	0.588dD	2.287**	2.233bB	0.028cC	2.205**	2.230bB	0cC	2.230**

2.3 NaHCO₃ 胁迫对耐盐马铃薯试管苗芽鲜样质量的影响

在 NaCl 胁迫下，472-1、89-2-1 在浓度升高到 10 mmol · L⁻¹ 时试管苗芽鲜样质量达到最大值，472-1 的最大值与对照差异不显著，而 89-2-1 的最大值与对照则差异极显著，267-1 升到 20 mmol · L⁻¹ 时达到最大值且与对照之间差异极显著。在 NaHCO₃ 胁迫下，所有材料的鲜样质量均低于对照且与对照之间差异显著或极显著。NaHCO₃ 处理的抑制程度明显大于 NaCl 处理，当浓度达到 30 mmol · L⁻¹ 时，NaCl 处理的 267-1、472-1、89-2-1 分别是对照的 98%、85%和 98%，而 NaHCO₃ 处理分别是对照的 19%、17%和 0%。相同浓度下，同一材料在两种不同的胁迫情况下差异达到极显著水平（表 3）。

表 3 不同浓度 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫下二倍体马铃薯试管苗芽的鲜样质量
Table 3 Shoot fresh weight of diploid potato plantlets *in vitro* under stress of various levels of NaCl and NaHCO₃ /g

浓度/(mmol · L ⁻¹)	267-1			472-1			89-2-1		
Level	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d
0	1.313cB	1.313aA	0	1.696aA	1.696aA	0	1.107cB	1.107aA	0
10	1.686bA	1.177bA	0.509**	1.707aA	0.996bB	0.711**	1.432aA	0.289bB	1.143**
20	1.800aA	0.921cB	0.878**	1.650aA	0.043cC	1.606**	1.234bB	0.015cC	1.213**
30	1.288cB	0.255dC	1.033**	1.447bB	0.029cC	1.418**	1.088cB	0cC	1.088**

2.4 NaHCO₃ 胁迫对耐盐马铃薯试管苗根鲜样质量的影响

在 NaCl 胁迫下，472-1、89-2-1 在浓度升高到 10 mmol · L⁻¹ 时试管苗根鲜样质量达到最大值，且与对照差异显著，267-1 升到 20 mmol · L⁻¹ 时达到最大值但与对照之间的差异不显著。在 NaHCO₃ 胁迫下，所有材料与对照的差异均达到极显著。NaHCO₃ 处理的抑制程度明显大于 NaCl 处理，当浓度达到 30 mmol · L⁻¹ 时，NaCl 处理的 267-1、472-1、89-2-1 分别是对照的 94%、92%和 92%，而 NaHCO₃ 处理则分别是对照的 3%、0.2%和 0%。相同浓度下，同一材料在两种不同的胁迫情况下差异达到极显著水平（表 4）。

表 4 不同浓度 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫下二倍体马铃薯试管苗根的鲜样质量

Table 4 Root fresh weight of diploid potato plantlets *in vitro* under stress of various levels of NaCl and NaHCO₃ /g

浓度/(mmol · L ⁻¹)	267-1			472-1			89-2-1		
Level	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d
0	0.139abA	0.139aA	0	0.230bB	0.2300aA	0	0.165bB	0.1650A	0
10	0.145aA	0.088bB	0.057**	0.251aA	0.0860bB	0.165**	0.210aA	0.0180bB	0.192**
20	0.152aA	0.065cC	0.087**	0.223bBC	0.0010cC	0.222**	0.200aA	0.0001cC	0.200**
30	0.130bA	0.005dD	0.125**	0.210cC	0.0004cC	0.210**	0.152cB	0cC	0.152**

2.5 NaHCO₃ 胁迫对耐盐马铃薯试管苗芽干样质量的影响

在 NaCl 胁迫下, 3 个材料均在 10 mmol · L⁻¹ 时试管苗芽干样质量达到最大值且与对照之间的差异达到显著或极显著水平。在 NaHCO₃ 胁迫下, 除 267-1 在 10 mmol · L⁻¹ 下与对照差异不显著外, 其他处理均低于对照且与对照差异达到极显著水平。当浓度达到 30 mmol · L⁻¹ 时, NaCl 处理的 267-1、472-1、89-2-1 分别是对照的 99%、80% 和 98%, 而 NaHCO₃ 处理分别是对照的 28%、5% 和 0%。相同浓度下, 同一材料在两种不同的胁迫情况下差异达到极显著水平 (表 5)。

表 5 不同浓度 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫下二倍体马铃薯试管苗芽的干样质量

Table 5 Shoot dry weight of diploid potato plantlets *in vitro* under stress of various levels of NaCl and NaHCO₃ /g

浓度/(mmol · L ⁻¹)	267-1			472-1			89-2-1		
Level	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d
0	0.101bB	0.101aA	0	0.103bA	0.103aA	0	0.093bB	0.093aA	0
10	0.129aA	0.090aA	0.039**	0.115aA	0.081bB	0.034*	0.114aA	0.038bB	0.076**
20	0.128Aa	0.066bB	0.062**	0.102bA	0.009cC	0.093**	0.096bB	0.006cC	0.090**
30	0.100bB	0.029cC	0.071**	0.082cB	0.005cC	0.077**	0.091bB	0.000cC	0.091**

2.6 NaHCO₃ 胁迫对耐盐马铃薯试管苗根干样质量的影响

在 NaCl 胁迫下, 所有材料均在 10 mmol · L⁻¹ 时试管苗根干样质量达到最大值且与对照差异极显著。在 NaHCO₃ 胁迫下, 除 267-1 在 10 mmol · L⁻¹ 时与对照差异不显著外, 其他所有材料在不同浓度下根干样质量均低于对照且与对照差异达极显著。NaHCO₃ 处理的抑制程度明显大于 NaCl 处理, 尤其是在浓度达到 30 mmol · L⁻¹ 时, NaCl 处理的 267-1、472-1、89-2-1 分别是对照的 99%、88% 和 83%, 而 NaHCO₃ 处理则分别是对照的 27%、0.4% 和 0%。相同浓度下, 同一材料在两种不同的胁迫情况下差异达到极显著水平 (表 6)。

表 6 不同浓度 NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫下二倍体马铃薯试管苗根的干样质量

Table 6 Root dry weight of diploid potato plantlets *in vitro* under stress of various levels of NaCl and NaHCO₃ /g

浓度/(mmol · L ⁻¹)	267-1			472-1			89-2-1		
Level	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d	NaCl	NaHCO ₃	d
0	0.014bB	0.014aA	0	0.024bB	0.0240aA	0	0.018cB	0.018aA	0
10	0.016aA	0.013aA	0.003**	0.025aA	0.0120bB	0.0130**	0.023aA	0.004bB	0.0190**
20	0.016aA	0.011bB	0.005**	0.023cB	0.0003cC	0.0227**	0.022bA	0.0001cC	0.0199**
30	0.014bB	0.004cC	0.010**	0.021dC	0.0001cC	0.0209**	0.015dC	0cC	0.0150**

3 讨论

通常将中性盐胁迫称为盐胁迫, 而将碱性盐胁迫称为碱胁迫 (Shi & Wang, 2005)。在预备试验中, 把 NaCl、NaHCO₃ 的浓度均设为 0、40、80 和 120 mmol · L⁻¹, 但是在此浓度下 NaHCO₃ 胁迫的

所有材料根本就不能生长, 因此作者把 NaCl 、 NaHCO_3 的浓度调整为 0、10、20 和 $30 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

在本试验设置的浓度梯度范围内, 测量的 6 项生长参数在 NaCl 胁迫时均呈现先升高后降低的趋势。在低浓度 (小于 $20 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 胁迫时 NaCl 促进了耐盐试管苗的生长, 证明幼苗的生长需要一定量的 Na^+ 和 Cl^- , 这与韩志平等 (2008) 的研究结果相一致。

本试验中当采用 NaHCO_3 胁迫时, 所研究的 3 个二倍体无性系的各项生长指标随浓度的增加都呈现出下降的趋势, 说明在碱性盐胁迫作用下, 一些低浓度的营养元素供应不足, 影响了植物的生长, 比如: Na^+ 的存在, 抑制了植物对 K^+ 、 NO_3^- 和 Ca^{2+} 的吸收, 从而植物生长受到抑制, 这与刘国花 (2006) 的结论相一致。

本试验结果表明, 同浓度盐碱胁迫下, 6 项生长参数在碱胁迫下的作用大于盐胁迫, 这与某些研究者 (Shi & Wang, 2005; 张丽平等, 2008) 的研究结果相一致。这可能是由于植物组织在 NaCl 胁迫下生长缓慢的原因主要是与渗透胁迫和离子毒害有关系 (Mcxoy, 1987), 而碱性盐可导致 pH 值升高, 使植物不仅受到盐胁迫, 而且还受到高 pH 值的影响, 所以植物受害会更严重。

本试验只是对在 NaCl 和 NaHCO_3 胁迫下二倍体马铃薯芽长和根长, 及其鲜样质量和干样质量方面做了研究。在中性盐胁迫和碱性盐胁迫下, 大多数研究者 (毛桂莲等, 2004; 曲元刚和赵可夫, 2004; 周峰等, 2007; 杨春武等, 2008) 做了植物理化指标方面的研究, 作者拟在以后的试验中研究二倍体马铃薯在中性盐和碱性盐胁迫下理化指标的变化。

References

- Gong Jia-dong. 1996. Study on salt-tolerance of potato varieties. *Journal of Desert Research*, 116 (1): 61 - 66. (in Chinese)
- 龚家栋. 1996. 马铃薯不同品种耐盐性差异初步研究. *中国沙漠*, 116 (1): 61 - 66.
- Han Zhi-ping, Guo Shi-rong, Feng Ji-qing, Gao Xin-hao. 2008. Effect of salinity on plant growth, photosynthetic pigments and proline content in leaves of watermelon seedlings. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 31 (2): 32 - 36. (in Chinese)
- 韩志平, 郭世荣, 冯吉庆, 高新昊. 2008. 盐胁迫对西瓜幼苗生长、叶片光合色素和脯氨酸含量的影响. *南京农业大学学报*, 31 (2): 32 - 36.
- Kang Yu-lin, Zhang Chun-zhen, Xia Dian-ren, Zhang Yong-cheng. 1997. Potato response to soil salinity. *Chinese Potato Journal*, 11 (1): 7 - 10. (in Chinese)
- 康玉林, 张春震, 夏佃仁, 张永成. 1997. 盐碱地马铃薯品种适应性研究. *马铃薯杂志*, 11 (1): 7 - 10.
- Khrais T, Leclerc Y, Danielle J D. 1998. Relative salinity tolerance of potato cultivars assessed by *in vitro* screening. *Amer J Potato Res*, 75 (5): 207 - 210.
- Liang Chun-bo, Han Xiu-feng, Di Hong, Chen Yi-li. 2006. Identification and selection of salt-tolerant clones in Neo-tuberosum. *Chinese Potato Journal*, 20 (2): 68 - 72. (in Chinese)
- 梁春波, 韩秀峰, 邸宏, 陈伊里. 2006. 马铃薯新型栽培种耐盐性鉴定与筛选. *中国马铃薯*, 20 (2): 68 - 72.
- Liu Guo-hua. 2006. Research progress in mechanism of plant resistance to salt stress. *Journal of Anhui Agri Sci*, 34(23): 6111 - 6112. (in Chinese)
- 刘国花. 2006. 植物抗盐机理研究进展. *安徽农业科学*, 34 (23): 6111 - 6112.
- Mao Gui-lian, Xu Xing, Yang Juan. 2004. Stress effect of NaCl and Na_2CO_3 on medlar (*Lycium bararum* L.) seedlings. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 22 (2): 100 - 104. (in Chinese)
- 毛桂莲, 许兴, 杨涓. 2004. NaCl 和 Na_2CO_3 对枸杞的胁迫效应. *干旱地区农业研究*, 22 (2): 100 - 104.
- Mcxoy T J. 1987. Characterization of alfalfa (*Medicago sativa* L.) plants regenerated from selected NaCl tolerant cell line. *Plant Cell Report*, 6: 417 - 422.
- Murphy A M, de Jong H, Tai G C C. 1995. Transmission of resistance to common scab from the diploid to the tetraploid level via $4x \times 2x$ crosses in potatoes. *Euphytica*, 82: 227 - 233.
- Ortiz R, Iwanaga M, Peloquin S J. 1994. Breeding potatoes for developing countries using wild tuber bearing *Solanum* spp. and ploidy manipulation. *J Genet and Breed*, 48: 89 - 98.

- Ortiz R, Iwanaga M, Rarrian K, Palacios M. 1990. Breeding for resistance to potato tuber moth, *Phthorimaea operculella*. (Zeller), in diploid potatoes. *Euphytica*, 50: 119 - 126.
- Qu Yuan-gang, Zhao Ke-fu. 2004. Comparative studies on growth and physiological reaction of *Zea mays* under NaCl and Na₂CO₃ stresses. *Acta Agronomica Sinica*, 30 (4): 334 - 341. (in Chinese)
- 曲元刚, 赵可夫. 2004. NaCl 和 Na₂CO₃ 对玉米生长和生理胁迫效应的比较研究. *作物学报*, 30 (4): 334 - 341.
- Ross H. 1986. Potato-breeding problems and perspectives. Berlin: Verlag Paul Parey: 132.
- Shaterian J, Waterer D R, de Jong H, Tanino K K. 2008. Methodologies and traits for evaluating the salt tolerance in diploid potato clones. *Am J Pot Res*, 85: 93 - 100.
- Shi D, Wang D. 2005. Effects of various salt alkaline mixed stresses on *Aneurolepidium chinensis* (Trin.) Kitag. *Plant and Soil*, 271: 15 - 26.
- Tang Qi-yi, Feng Ming-guang. 1997. Practical statistics and computer data-processing platform. Beijing: China Agriculture Press: 189 - 192. (in Chinese)
- 唐启义, 冯明光. 1997. 实用统计分析及计算机处理平台. 北京: 中国农业出版社: 189 - 192.
- Velasquez B, Balzarini M, Taleisnik E. 2005. Salt tolerance variability amongst Argentine Andean potato (*Solanum tuberosum* L. subsp *andigena*). *Potato Research*, 4 (4): 59 - 67.
- Wang Fu-xin, Tie Shuang-gui, Xie De-yi, Ding Yong. 2003. The techniques for rapid multiplication of potato plantlets *in vitro*. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 7: 44 - 47. (in Chinese)
- 王付欣, 铁双贵, 谢德意, 丁 勇. 2003. 马铃薯试管苗快繁技术研究. *河南农业科学*, 7: 44 - 47.
- Wang Pei-lun, Sun Hui-sheng, Zhang Zhen-hong, Ma Wei-qing, Guo Yi-ming. 1997. Screening salt tolerant potato clones *in vitro*. *Chinese Potato Journal*, 11 (4): 197 - 200. (in Chinese)
- 王培伦, 孙慧生, 张振鸿, 马伟青, 郭奕明. 1997. 离体筛选耐盐碱马铃薯品种试验. *马铃薯杂志*, 11 (4): 197 - 200.
- Wang Xin-wei. 1998. The effects of different concentrations of salt in potato plantlets *in vitro*. *Chinese Potato Journal*, 12 (4): 203 - 207. (in Chinese)
- 王新伟. 1998. 不同盐浓度对马铃薯试管苗的胁迫效应. *马铃薯杂志*, 12 (4): 203 - 207.
- Watanabe K, El-Nashaar H, Iwanaga M. 1992. Transmission of bacterial wilt resistance by FDR 2n pollen via 4x × 2x crosses in potatoes. *Euphytica*, 60: 21 - 26.
- Yang Chun-wu, Li Chang-you, Zhang Mei-li, Liu Jie, Ju Seng, Shi De-cheng. 2008. pH and ion balance in wheat-wheatgrass under salt or alkali stress. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 19 (5): 1000 - 1005. (in Chinese)
- 杨春武, 李长有, 张美丽, 刘 杰, 鞠 森, 石德成. 2008. 盐碱胁迫下小冰麦体内的 pH 及离子平衡. *应用生态学报*, 19 (5): 1000 - 1005.
- Yin Jiang, Ma Hui, Cui Hong-jun. 2005. Salt tolerance of plantlets *in vitro* in some potato germplasm. *Chinese Potato Journal*, 19 (1): 13 - 16. (in Chinese)
- 尹 江, 马 恢, 崔红军. 2005. 马铃薯亲本材料试管苗的耐盐性筛选. *中国马铃薯*, 19 (1): 13 - 16.
- Yin Xi-lin, Wang Yong, Bai Yu-chun. 2004. Talk about alkalization of soil in Heilongjiang Province. *Water Conservancy Science and Technology and Economy*, 10 (6): 361 - 363. (in Chinese)
- 尹喜霖, 王 勇, 柏钰春. 2004. 浅论黑龙江省的土地盐碱化. *水利科技与经济*, 10 (6): 361 - 363.
- Zhang Li-ping, Wang Xiu-feng, Shi Qing-hua, Gao Qing-hai, Liu Ze-zhou. 2008. Differences of physiological responses of cucumber seedlings to NaCl and NaHCO₃ stress. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 19 (8): 1854 - 1859. (in Chinese)
- 张丽平, 王秀峰, 史庆华, 高青海, 刘泽洲. 2008. 黄瓜幼苗对氯化钠和碳酸氢钠胁迫的生理响应差异. *应用生态学报*, 19 (8): 1854 - 1859.
- Zhou Feng, Zhou Quan-cheng, Hua Chun, Chen Quan-zhan. 2007. Effects of Na₂CO₃ and NaCl on the growth and antioxidant enzyme activity of *Salicornia europaea*. *Journal of Anhui Agri*, 35 (36): 11748 - 11750. (in Chinese)
- 周 峰, 周泉澄, 华 春, 陈全战. 2007. Na₂CO₃ 和 NaCl 处理对盐角草生长和抗氧化酶活性的影响. *安徽农业科学*, 35 (36): 11748 - 11750.