

文章编号: 1005-0906(2009)06-0039-06

玉米杂交种郑单 958 及其双亲自交系耐盐碱性分析

张春宵^{1,2}, 刘晓鑫¹, 郝东云¹, 李文华³, 李晓辉¹

(1. 吉林省农业科学院生物技术研究中心, 长春 130033; 2. 东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030; 3. 黑龙江省农委, 哈尔滨 150001)

摘要: 以玉米杂交种郑单 958 及其双亲自交系为材料, 在 4 个浓度水平的 Na_2CO_3 溶液(12.5、25、37.5、50 mmol/L)和 4 个浓度水平的 NaCl 溶液(50、100、150、200 mmol/L)胁迫下, 利用沙培法进行种子萌发和幼苗胁迫试验, 分别测定发芽率、相对电导率等生理指标及脯氨酸(Pro)含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量等生化指标, 比较杂交种与双亲自交系之间的耐盐碱差异。结果表明: 郑单 958 及双亲自交系耐盐碱筛选最宜浓度为 25 mmol/L Na_2CO_3 和 100 mmol/L NaCl 溶液, 且 Na_2CO_3 对于质膜透性的伤害程度大于 NaCl ; 玉米耐盐碱筛选适宜生化指标为 SOD 活性、MDA 含量以及 Pro 含量, 其中 Pro 含量是玉米耐盐碱筛选的重要指标, 其含量随 Na_2CO_3 浓度的升高显著提高; 郑单 958 杂交种的耐盐碱性优于自交系。

关键词: 玉米; 盐碱胁迫; 郑单 958

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

Saline-alkali Tolerance Analysis of Maize Hybrid Zhengdan958 and Their Parents

ZHANG Chun-xiao^{1,2}, LIU Xiao-xin¹, HAO Dong-yun¹, LI Wen-hua³, LI Xiao-hui¹(1. *Center of Agri-Biotechnology, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033;**2. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030;**3. Heilongjiang Agricultural Committee, Harbin 150001, China)*

Abstract: Under 4 alkali-stress conditions and 4 saline-stress conditions, maize hybrid Zhengdan958 and their parents were cultivated by sand culture. The concentration of Na_2CO_3 was 12.5, 25, 37.5 and 50 mmol/L, respectively. The concentration of NaCl was 50, 100, 150 and 200 mmol/L, respectively. Some physiological and biochemical indices were tested and used to evaluate salt-alkali tolerances of hybrids and their parents, which included germination percentage, relative conductivity, SOD activity, MDA content and proline content, etc. The main results were summarized that for Zhengdan958 and their parents, the appropriate concentration applied in germplasm screening were 25 mmol/L Na_2CO_3 and 100 mmol/L NaCl , but the damage degree of Na_2CO_3 to membrane permeability was more than that of NaCl . SOD activity, MDA content and Pro content were appropriate physiological and biochemical indices, in which Pro content was one of more important indices, Pro content was significantly increased with the increased of Na_2CO_3 content. The salt tolerance hybrids Zhengdan958 was superior to inbred lines.

Key words: Maize; Saline-alkali stress; Zhengdan958

收稿日期: 2009-06-29

基金项目: 吉林省科技发展计划项目“应用转基因等生物技术培育抗盐碱优异玉米种质”(20076016)、吉林省农业科学院博士后基金

作者简介: 张春宵(1984-), 男, 山东东阿县人, 在读硕士, 从事玉米耐盐碱机理研究。E-mail: chunxiao1000@126.com

李文华、李晓辉为本文通讯作者。

盐碱地是地球上广泛分布的一种土壤类型, 对农业生产造成的损失仅次于干旱。不但造成了资源的破坏, 而且对生物圈和生态环境构成威胁, 表现出经济和环境两方面的危害。快速开发和有效利用盐渍化土壤, 可以把经济效益、环境保护和可持续发展很好地结合起来, 具有重要的现实意义。

玉米与其他农作物相比具有一定耐盐碱能力。

因此,深入研究玉米耐盐碱生理机制,构建耐盐碱鉴定技术体系、筛选耐盐碱玉米种质意义重大。本试验以玉米杂交种郑单 958 及其双亲自交系为试验材料,在不同盐碱胁迫条件下,测定一系列生理生化指标,比较杂交种与双亲自交系之间的耐盐碱差异,为揭示玉米耐盐碱生理机制提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料的培养与处理

选取饱满度一致的玉米杂交种郑单 958 及其双亲郑 58 和昌 7-2 种子,用 0.1%的 $HgCl_2$ 消毒 10 min。一批种子在 4 个 Na_2CO_3 溶液浓度 12.5、25、37.5、50 mmol/L(A1 ~ A4)和 4 个 NaCl 溶液浓度 50、100、150、200 mmol/L(S1 ~ S4)的胁迫下进行种子萌发试验,采用清水作对照(CK),重复两次。每个胁迫条件用种 30 粒,萌发 7 d 后测定发芽率。

另取一批种子于光照培养箱内进行萌发,待种子萌发后将种子移植到装有细沙的塑料钵中,于温室中培养。生长室的昼夜温度为 $(25 \pm 2)^\circ C / (20 \pm 2)^\circ C$,每天光照 12 h,光强为 2 500 ~ 3 000 lx,相对湿

度 60% ~ 80%。待长出第 2 片叶时,每盆保留 10 株生长一致的健壮幼苗。幼苗长至 3 叶 1 心时,分别用上述 8 个胁迫浓度的 Hoagland 溶液处理,对照为完全 Hoagland 培养液。NaCl 处理液每天递增 50 mmol/L, Na_2CO_3 处理液每天递增 12.5 mmol/L。各个处理到预定浓度后,每天以预定浓度的处理液浇灌,浇灌量为细沙持水量的二倍,从而将以前的积余盐冲洗掉,以保持各个处理液浓度的恒定。处理 7 d 后测定相对电导率、SOD 活性、MDA 含量、Pro 含量指标,每个处理重复两次。

1.2 分析方法

发芽率测定遵照国家标准《GB/T3543.4-1995 农作物种子检验规程》发芽试验,以萌发的幼芽达到粒长 1/2 为发芽标准;相对电导率测定参照薛应尤主编的《植物学实验手册》;SOD、MDA、Pro 等测定参照郝再彬主编的《植物生理实验技术》。

2 结果与分析

2.1 盐碱胁迫对种子发芽率的影响

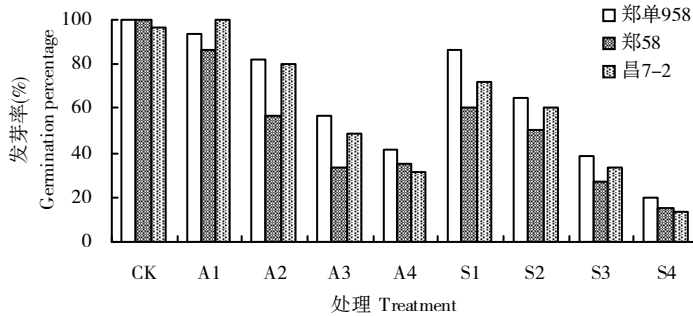


图 1 盐碱胁迫对玉米种子发芽率的影响

Fig.1 Effects of saline-alkali stress on maize seed germination percentage

表 1 NaCl 胁迫下种子发芽率的新复极差检测

Table 1 The Duncan's test of seed germination percentage under NaCl stress

处理浓度 (mmol/L) Treatment concentration	郑单 958 Zhengdan958		昌 7-2 Chang7-2				郑 58 Zheng58		
	发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level		发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level		发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level	
		5%	1%		5%	1%		5%	1%
0	100	a	A	97	a	A	100	a	A
50	87	a	AB	72	b	AB	60	b	B
100	65	b	B	60	b	B	50	b	BC
150	38	c	C	33	c	C	27	c	CD
200	20	d	C	13	d	C	15	c	D

由图 1 可见,经不同浓度盐碱胁迫处理后,各供试材料的发芽率均受到不同程度的抑制,且随着盐

或碱浓度的升高发芽率逐渐降低;除 12.5 mmol/L Na_2CO_3 浓度处理,郑单 958 的发芽率均高于亲本郑

58 与昌 7-2。方差分析表明,在 NaCl 胁迫下,郑单 958 的发芽率在不同浓度间的差异达到显著水平,昌 7-2 与郑 58 在 50 mmol/L 和 100 mmol/L NaCl 下种子发芽率无显著差异,郑 58 在 150 mmol/L 和 200 mmol/L NaCl 浓度下种子发芽率无显著差异(表 1)。在 Na₂CO₃ 胁迫下,郑单 958 与昌 7-2 的发芽率在 12.5 mmol/L 与 25 mmol/L 下、37.5 mmol/L 与 50 mmol/L 处理下差异不显著(表 2)。由表 3 可见,在相同离子

浓度下,3 个供试材料呈相同的变化趋势,即相同 Na⁺ 浓度的 Na₂CO₃ 胁迫下种子发芽率低于 NaCl 胁迫,但 50 mmol/L 的 Na⁺ 浓度下差异不显著,100 mmol/L 的 Na⁺ 浓度下郑单 958 与昌 7-2 差异达到显著水平;郑 58 在 50 mmol/L 和 100 mmol/L 的 Na⁺ 浓度下差异不显著。但两个供试材料在 NaCl 浓度达到 100 mmol/L 和 200 mmol/L 或 Na₂CO₃ 浓度达到 25 mmol/L 和 50 mmol/L 时发芽率均受到明显抑制。

表 2 Na₂CO₃ 胁迫下种子发芽率的新复极差检测

Table 2 The Duncan's test of seed germination percentage under Na₂CO₃ stress

处理浓度 (mmol/L) Treatment concentration	郑单 958 Zhengdan958			昌 7-2 Chang7-2			郑 58 Zheng58		
	发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level		发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level		发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level	
		5%	1%		5%	1%		5%	1%
		0.0	100		a	AB		97	a
12.5	93	a	A	100	a	A	87	ab	A
25.0	82	ab	AB	80	ab	AB	57	bc	AB
37.5	57	bc	AB	48	bc	AB	35	c	B
50.0	42	c	B	32	c	B	33	c	B

表 3 相同 Na⁺ 浓度下种子发芽率的新复极差检测

Table 3 The Duncan's test of seed germination percentage on the same Na⁺ concentration

处理浓度 (mmol/L) Treatment concentration	郑单 958 Zhengdan958			昌 7-2 Chang7-2			郑 58 Zheng58		
	发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level		发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level		发芽率(%) Germination	显著水平 Significant level	
		5%	1%		5%	1%		5%	1%
		CK	100		a	A		97	a
50(NaCl)	87	ab	AB	72	ab	AB	60	b	B
25(Na ₂ CO ₃)	82	ab	AB	80	ab	AB	57	b	B
100(NaCl)	65	b	BC	60	b	BC	50	b	B
50(Na ₂ CO ₃)	42	c	C	32	c	C	35	b	B

2.2 盐碱胁迫对玉米叶片相对电导率的影响

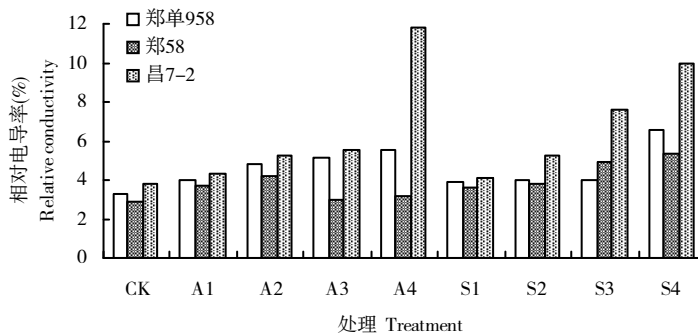


图 2 盐碱胁迫对玉米叶片相对电导率的影响

Fig.2 Effects of saline-alkali stress on maize leaf relative conductivity

由图 2 可见,不同浓度的 Na₂CO₃ 和 NaCl 处理下玉米叶片相对电导率均高于对照;除 37.5 mmol/L

与 50 mmol/L Na_2CO_3 处理外,都随着 Na_2CO_3 和 NaCl 浓度的增加而提高;在同等 Na^+ 浓度下,碱性盐胁迫的材料相对电导率要高于中性盐。方差分析表明(表 4),玉米叶片的相对电导率差异显著水平分为 4 个级别,依次为 d(CK、50 mmol/L NaCl、12.5 mmol/L

Na_2CO_3)、c(100 mmol/L NaCl、12.5 mmol/L Na_2CO_3 、25 mmol/L Na_2CO_3)、b(150 mmol/L NaCl)、a(200 mmol/L NaCl、50 mmol/L Na_2CO_3)。表 5 结果表明,这 3 个材料的耐盐碱性由强到弱依次为郑 58> 郑单 958> 昌 7-2。

表 4 盐碱胁迫下玉米叶片相对电导率的新复极差比较

Table 4 The Duncan's test of maize leaf relative conductivity on saline-alkali stress

处理浓度 (mmol/L) Treatment concentration	相对电导率 (%) Relative conductivity	5%显著水平 Significant level at 5%	1%显著水平 Significant level at 1%	处理浓度 (mmol/L) Treatment concentration	相对电导率 (%) Relative conductivity	5%显著水平 Significant level at 5%	1%显著水平 Significant level at 1%
200(NaCl)	7.264 9	a	A	100(NaCl)	4.471 4	bc	CD
50(Na_2CO_3)	6.814 2	a	AB	12.5(Na_2CO_3)	4.111 1	cd	CD
150(NaCl)	5.535 7	b	BC	50(NaCl)	3.791 7	cd	D
25(Na_2CO_3)	4.561 9	bc	CD	CK	3.179 4	d	D
37.5(Na_2CO_3)	4.561 0	bc	CD				

表 5 高浓度盐碱胁迫下叶片相对电导率的新复极差比较

Table 5 The Duncan's test of maize leaf relative conductivity on high saline-alkali concentration

材 料 Material	37.5 mmol/L Na_2CO_3			50 mmol/L Na_2CO_3			150 mmol/L NaCl			200 mmol/L NaCl		
	相对电导率 (%) Relative conductivity	显著水平 Significant level		相对电导率 (%) Relative conductivity	显著水平 Significant level		相对电导率 (%) Relative conductivity	显著水平 Significant level		相对电导率 (%) Relative conductivity	显著水平 Significant level	
		5%	1%		5%	1%		5%	1%		5%	1%
昌 7-2	5.581 8	a	A	11.772 0	a	A	7.620 7	a	A	9.912 5	a	A
郑单 958	5.108 1	a	A	5.533 1	b	B	4.028 7	b	B	6.515 8	b	B
郑 58	2.993 2	b	A	3.137 4	c	B	4.957 8	b	B	5.366 4	b	B

2.3 盐碱胁迫对玉米幼苗 SOD 活性与 MDA 含量的影响

由图 3 可见,玉米叶片 SOD 活性随着 Na_2CO_3 和 NaCl 浓度的增加而提高,但浓度超过一定限度后,酶活性又开始降低,3 个材料的变化趋势基本一致。除 25 mmol/L Na_2CO_3 与 200 mmol/L NaCl 浓度下郑单 958 的 SOD 活性低于两个亲本外,其他浓度下

郑单 958 的 SOD 活性均高于两个亲本材料。在 50 mmol/L Na_2CO_3 与 200 mmol/L NaCl 浓度下 3 个材料的 SOD 活性均低于对照。在同等 Na^+ 下,碱性盐胁迫下材料的 SOD 活性要高于中性盐。由表 6 可知,除 50 mmol/L Na_2CO_3 和 200 mmol/L NaCl 与对照无显著差异外,其他各浓度处理的玉米幼苗 SOD 含量均与对照存在显著差异或极显著差异。

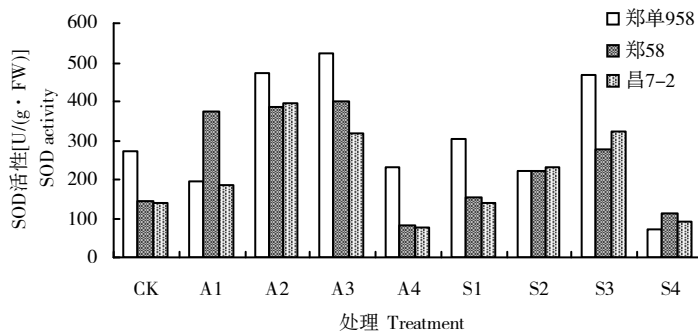


图 3 不同浓度盐碱胁迫对玉米幼苗 SOD 活性的影响

Fig.3 Effects of saline-alkali stress on the SOD activity of maize seedling

表 6 盐碱胁迫下玉米幼苗 SOD 活性的新复极差比较

Table 6 The Duncan's test of maize seedling SOD activity on saline-alkali stress

Na ₂ CO ₃				NaCl			
浓度 (mmol/L)	SOD 活性 [U/(g·FW)]	显著水平 Significant level		浓度 (mmol/L)	SOD 活性 [U/(g·FW)]	显著水平 Significant level	
Concentration	SOD activity	5%	1%	Concentration	SOD activity	5%	1%
25.0	389.38	a	A	150	355.62	a	AB
37.5	389.38	a	A	100	225.75	b	BC
12.5	240.62	b	BC	50	198.42	bc	C
CK	182.71	bed	C	CK	182.71	bed	C
50.0	115.50	cd	C	200	88.33	d	C

由图 4 可见,玉米幼苗 MDA 含量随着 Na₂CO₃ 和 NaCl 浓度的增加而提高,3 个材料的变化趋势基本一致。Na₂CO₃ 胁迫下玉米幼苗的 MDA 含量要高

于 NaCl 胁迫下的 MDA 含量。在 50 mmol/L Na₂CO₃ 下郑 58 的 MDA 含量显著提高,是对照的 1.84 倍。

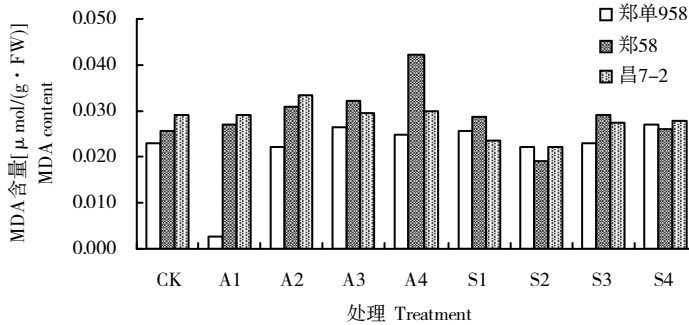


图 4 盐碱胁迫对玉米幼苗 MDA 含量的影响

Fig.4 Effects of saline-alkali stress on MDA content

2.4 盐碱胁迫对玉米幼苗 Pro 含量的影响

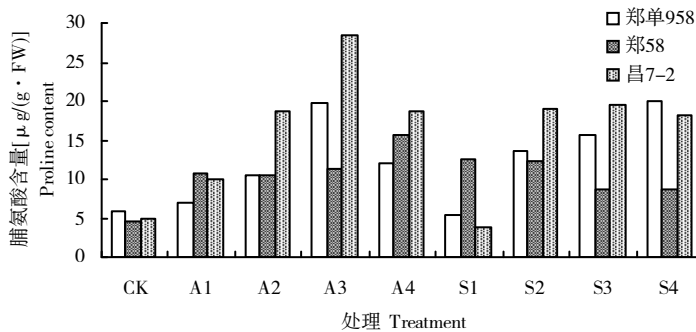


图 5 盐碱胁迫对玉米幼苗 Pro 含量的影响

Fig.5 Effects of saline-alkali stress on the proline content of maize seedling

表 7 盐碱胁迫下玉米幼苗 Pro 含量的新复极差比较

Table 7 The Duncan's test of maize seedling proline content on saline-alkali stress

Na ₂ CO ₃				NaCl			
浓度 (mmol/L)	Pro 含量 [μg/(g·FW)]	显著水平 Significant level		浓度 (mmol/L)	Pro 含量 [μg/(g·FW)]	显著水平 Significant level	
Concentration	Pro content	5%	1%	Concentration	Pro content	5%	1%
37.5	19.03	a	A	200	15.53	a	A
50.0	14.62	ab	AB	100	14.54	ab	A

续表 7 Continued 7

Na ₂ CO ₃				NaCl			
浓度 (mmol/L) Concentration	Pro 含量 [μg/(g·FW)] Pro content	显著水平 5%	Significant level 1%	浓度 (mmol/L) Concentration	Pro 含量 [μg/(g·FW)] Pro content	显著水平 5%	Significant level 1%
25.0	12.74	ab	AB	150	14.34	ab	A
12.5	9.09	bc	AB	50	6.88	bc	B
CK	5.02	c	B	CK	5.02	c	B

由图 5 可见,除 50 mmol/L NaCl 胁迫下各材料脯氨酸含量与对照变化不大外,其他各处理玉米幼苗脯氨酸含量均比对照显著提高。由表 7 可知,除 12.5 mmol/L Na₂CO₃ 和 50 mmol/L NaCl 处理下脯氨酸含量与对照差异不显著外,其他各浓度胁迫下玉米材料的脯氨酸含量与对照均存在显著差异。

3 讨论

3.1 玉米耐盐碱筛选最宜浓度的确定

试验结果表明,在盐碱胁迫下,3 个供试品种的发芽率均随着盐碱浓度的增加而降低,但各材料的下降幅度也不相同。以 50% 种子发芽率为标准,3 个材料均能忍受 100 mmol/L NaCl 浓度,郑单 958 与昌 7-2 能够忍受 37.5 mmol/L Na₂CO₃ 浓度,郑 58 能忍受 25 mmol/L Na₂CO₃ 浓度。25 mmol/L Na₂CO₃ 与 100 mmol/L NaCl 胁迫下种子发芽率与对照差异均达到显著水平,且种子发芽率均达到 50% 左右,因此耐盐碱玉米种子芽期筛选的最宜浓度为 25 mmol/L Na₂CO₃ 与 100 mmol/L NaCl 溶液。

3.2 盐胁迫与碱胁迫伤害作用比较

NaCl 与 Na₂CO₃ 处理的玉米叶片其相对电导率均高于对照,随浓度的递增相对电导率呈上升趋势。在相同 Na⁺ 浓度下的 NaCl 与 Na₂CO₃ 相比,Na₂CO₃ 处理引起的质膜透性明显大于 NaCl 处理,表明 Na₂CO₃ 对于质膜透性的破坏大于 NaCl。

3.3 玉米耐盐碱筛选生化指标的确定

随着盐分浓度的升高 SOD 活性也提高,当 Na⁺ 浓度或 pH 值达到一定限度后,酶的活性受到抑制,酶活力降低,与此同时 MDA 含量提高,这与前人的研究结果一致。在进行玉米耐盐碱筛选时应选择中低浓度的 Na₂CO₃ 与 NaCl 溶液。由于玉米基因型的不同,SOD 活性下降与 MDA 含量提高程度在不同盐碱浓度处理时结果也不尽相同,但在中低浓度下不同材料的 SOD 活性与 MDA 含量变换趋势相同。因此可通过 SOD 活性与 MDA 含量比较材料的耐盐碱性。

脯氨酸的积累与抗盐碱性的关系存在两种观点:第一种认为脯氨酸的积累可以对质膜和离子泵均起到保护作用,降低电解质外渗,从而维护细胞正常的代谢活动;第二种认为脯氨酸的积累与植物的耐盐性呈负相关,脯氨酸的积累是植物受到逆境伤害的结果。在本研究中,当玉米幼苗受到高于 12.5 mmol/L Na₂CO₃ 和 50 mmol/L NaCl 浓度胁迫时,脯氨酸含量均显著提高且与对照相比差异显著,因此脯氨酸含量可作为玉米耐盐碱筛选的重要指标。

参考文献:

- [1] 俞仁培,陈德明. 我国盐渍土资源及其开发利用[J]. 土壤通报, 1999, 30(4): 158-159.
- [2] 王遵亲,等. 中国盐渍土[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [3] 薛应尤. 植物学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [4] 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验技术[M]. 哈尔滨: 黑龙江省出版社, 2002.
- [5] 王广印,周秀梅,张建伟,等. 不同黄瓜品种种子萌发期的耐盐性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2004, 5(3): 299-303.
- [6] 段德玉,刘小京,冯凤莲,等. 不同盐分胁迫对盐地碱蓬种子萌发的效应[J]. 土壤肥料科学, 2003, 19(6): 168-172.
- [7] 翟云龙,章建新,李宁,等. NaCl 胁迫对奶花芸豆种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2004, 27(3): 30-33.
- [8] 梁云媚,李燕,多立安,等. 不同盐分胁迫对苜蓿种子萌发的影响[J]. 草业科学, 1998, 15(6): 21-25.
- [9] 常红军,马灿玲. 盐胁迫对 4 个玉米品种的萌发及生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(17): 4273-4274.
- [10] 张福锁. 植物营养生态生理学和遗传学[M]. 北京: 中国科技出版社, 1993.
- [11] Haro R, Baneulosma, Quintero F J, et al. Genetec basis of sodium exclusion and sodium tolerance in yeast A model for plants[J]. Physiol Plant, 1999, 89: 868-874.
- [12] Almodares A, Hadi M R, Dosti B. Effects of salt stress on germination percentage and seedling growth in sweet sorghum cultivars[J]. Journal of Biological Sciences, 2007, 7(8): 1492-1495.
- [13] 张永峰,殷波. 混合盐碱胁迫对苗期紫花苜蓿抗氧化酶活性及丙二醛含量的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(1): 46-50.
- [14] 王志春,杨福,陈渊,等. 苏打盐碱胁迫下水稻体内的 Na⁺、K⁺ 响应[J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1198-1203.
- [15] 张永峰,殷波. 玉米耐盐研究进展[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 83-85.