

不同浓度盐胁迫下苜蓿丙二醛含量变化

孙伟泽, 韩博, 胡晓宁, 呼天明* (西北农林科技大学动物科技学院, 陕西杨凌 712100)

摘要 [目的] 为紫花苜蓿耐盐育种和资源开发利用提供科学依据。[方法] 选取14个国内外苜蓿品种, 采用水培法进行试验研究, 测定不同处理时间叶与根中丙二醛含量。[结果] 结果表明, 赛特、德宝、苜蓿王和金皇后的耐盐性较强; 皇后、WB23ML、放牧者、阿尔冈金、WL323HQ和固原紫花的耐盐性中等; WL324、三得利、WL232HQ和德福的耐盐性较差。[结论] 试验确定的耐盐性品种还应进行田间试验验证。

关键词 苜蓿; 丙二醛; NaCl

中图分类号 S542+.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)05-01905-02

Malonaldehyde Changes of Alfalfa under Salt Stress

SUN Wei-ze et al (College of Animal Science and Technology, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract [Objective] The research aimed to provide scientific references for the salt tolerance breeding and resources development of *Medicago sativa* L. [Method] 14 alfalfa varieties were selected from domestic and abroad to carry out salt tolerance experiment. And the changes of MDA in leaves and roots were measured at different treatment time. [Result] The results showed that Stel, Derby, Alfalfa King and Gold Empress had better salt tolerance. Queen, WB23ML, Haygrazer, Algonquin, WL323HQ and Guyuan alfalfa were next. And WL324, Sandti, WL232HQ and Defy had worst salt tolerance. [Conclusion] Salt tolerance varieties obtained in this study needed field experiments to verify.

Key words Alfalfa; MDA; NaCl

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是深根性多年生优质豆科牧草, 号称“牧草之王”, 是改良土壤、保持水土的重要植物^[1], 也是豆科较耐盐的牧草, 能在轻度盐碱地种植, 是改良中轻度盐碱荒地的理想植物^[2-4]。栽培耐盐苜蓿品种, 不但能提高盐碱地利用率, 改良盐碱地, 而且可以增加优质蛋白质饲料来源, 为发展畜牧业奠定物质基础。苜蓿品种的耐盐性鉴定是耐盐品种选育的基础。近年来, 国内外有关苜蓿耐盐性的研究主要集中在耐盐品种筛选、耐盐性混合选择等方面, 苜蓿虽然具有叶片排盐机制, 但其品种间差异较大^[5], 具有通过选择增加其耐盐性的遗传潜力, 可以在不同地区筛选出比较耐盐的品种^[5-7]。也有一些研究人员对不同苜蓿品种的耐盐极限及耐盐性的评价方法进行了研究^[8-11], 认为当盐浓度超过0.4%时苜蓿的生长受到明显抑制, 浓度0.8%~1.0%为苜蓿种苗耐盐极限浓度。盐分能够增加细胞膜的透性, 加强脂质过氧化, 丙二醛为其产物, 丙二醛含量的多少可以代表膜损伤程度的大小^[12-15]。因此, 试验采用水培法^[16]对14个苜蓿品种进行盐胁迫处理, 测定其丙二醛含量的变化, 旨在为苜蓿耐盐性测定奠定基础, 为紫花苜蓿耐盐育种和资源开发利用提供科学依据。

1 材料与试验方法

1.1 试验设计 设计3个因素4水平正交试验。3个因素为苜蓿品种、盐胁迫程度和处理时间。苜蓿品种共14个, 其中8个源于美国, 4个源于荷兰, 1个源于加拿大, 1个源于中国。苜蓿品种来源详见表1。培养液中氯化钠(分析纯)含量分别为0.02%、0.4%和0.6%。每处理3个重复。

1.2 试验方法 试验于2007年11月14日至2008年3月21日在西北农林科技大学草业实验室进行。于2007年11月21日选取部位一致、粗细均匀的5~7cm左右的茎节扦插, 每盆

表1 供试14个苜蓿品种的名称和来源

Table 1 The name and origin of 14 test alfalfa cultivars

编号 Code	品种 Cultivars	原产地 Origin	秋眠级 Fall-dormancy grade	编号 Code	品种 Cultivars	原产地 Origin	秋眠级 Fall-dormancy grade
1	放牧者	加拿大	4	8	赛特	荷兰	5
2	固原紫花	中国	未知	9	苜蓿王	美国	4
3	德宝	荷兰	5	10	皇后	美国	4
4	德福	荷兰	5	11	阿尔冈金	美国	3
5	金皇后	美国	3	12	三得利	荷兰	5
6	WL232HQ	美国	2	13	WB23ML	美国	4
7	WL323HQ	美国	3	14	WL324	美国	3

10株。3个月后选株高15~20cm植株冲洗干净, 放入含Hoagland营养液的水培箱中, 24h通气, 每盆营养液含量为14L, pH值保持在6.5~7.0, 每7d换1次营养液, 及时补充蒸发水分, 14d后开始盐处理。处理后每隔3d测定1次叶中丙二醛含量, 共4次, 第5次与第4次间隔7d, 测定叶片和根中丙二醛含量。

1.3 测定指标 丙二醛含量的测定参考文献[17]方法。

1.4 数据处理 采用SPSS 13.0进行数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 不同盐浓度下叶片的丙二醛含量(表2) 随着盐浓度升高, 各品种叶中丙二醛含量均呈逐渐上升趋势, 即不同浓度NaCl对苜蓿叶中丙二醛含量影响不同, NaCl浓度越高, 丙二醛含量越大, 浓度与对照组相比, 浓度0.2%、0.4%、0.6%水平下分别平均增加了19.4%、37.3%、54.2%, 其中浓度0.6%的处理对苜蓿的影响最显著, 适宜用来进行苜蓿品种的耐盐性鉴定。随着处理时间增加, 各处理叶中丙二醛含量均呈下降趋势, 浓度0.2%、0.4%、0.6%分别平均下降了4.8%、6.5%、6.1%。由此可见, 在同一浓度NaCl处理下, 随着时间的推移, 植株对盐溶液产生了一定的适应性。

NaCl处理下, 各品种间苜蓿叶片丙二醛含量存在显著差异, 其中以浓度0.6%处理最为显著, 第19天浓度0.6%NaCl处理下耐盐性较强的为赛特、德宝、苜蓿王和金皇后, 耐盐性中等的为皇后、WB23ML、放牧者、阿尔冈金、WL323HQ和固

基金项目 科技部国际科技合作项目(2006DFA33630); 陕西省科技攻关项目(2006K03-G4)。

作者简介 孙伟泽(1983-), 男, 山西芮城人, 硕士研究生, 研究方向: 草业科学。* 通讯作者, 博士生导师, E-mail: hutianning@126.com。

收稿日期 2008-11-20

原紫花,耐盐性较差的为WL324、三得利、WL232HQ和德福。其中赛特、苜蓿王、金皇后、WL232HQ、阿尔冈金、皇后、三得利的研究结果与薛勇^[18]、杜卫军等^[19]、闫雯等^[20]、沈振荣等^[21]的研究结果相一致。

2.2 不同盐浓度下叶与根中丙二醛含量变化 盐处理后第19天叶与根中丙二醛含量如表3所示,根中丙二醛含量高于叶,其中浓度0.2%、0.4%、0.6%水平下根中丙二醛含量平均分别比叶中高19.3%、14.2%、9.2%。

表2 不同处理下14个苜蓿品种叶片中丙二醛含量

Table 2 MDA content in the leaves of 14 alfalfa cultivars under different treatments

μmol/g

时间 d Time	盐浓度 g/L Salt concentration	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	CK	0.24 abc	0.28 abc	0.25 abc	0.32 cd	0.37 de	0.44 e	0.28 abc	0.26 abc	0.31 bcd	0.25 abc	0.27 abc	0.37 de	0.22 a	0.23 ab
	0.2%	0.33 abc	0.36 abc	0.33 abc	0.33 abc	0.41 bc	0.44 c	0.34 abc	0.27 ab	0.34 abc	0.29 ab	0.30 ab	0.43 c	0.23 a	0.34 ab
	0.4%	0.38 ab	0.38 ab	0.50 b	0.37 ab	0.49 b	0.49 b	0.37 ab	0.31 a	0.38 ab	0.48 b	0.41 ab	0.44 ab	0.44 ab	0.48 b
	0.6%	0.56 e	0.48 abcde	0.53 de	0.38 abc	0.51 cde	0.58 e	0.41 abcd	0.37 abc	0.40 abcd	0.54 de	0.49 bcde	0.48 abcd	0.48 abcde	0.50 bcde
6	CK	0.22 a	0.26 ab	0.27 abc	0.36 de	0.33 cd	0.42 e	0.28 abc	0.25 ab	0.24 ab	0.30 bcd	0.27 abc	0.36 de	0.36 de	0.26 ab
	0.2%	0.34 bcde	0.33 abcd	0.29 abc	0.44 gh	0.46 h	0.42 fgh	0.33 abcd	0.26 a	0.28 ab	0.33 abcd	0.27 ab	0.41 efgh	0.37 defg	0.36 cdef
	0.4%	0.37 abcd	0.35 abc	0.32 ab	0.45 de	0.33 abc	0.54 e	0.36 abc	0.29 a	0.32 ab	0.41 bcd	0.38 abcd	0.43 cd	0.39 bcd	0.37 abcd
	0.6%	0.40 bcd	0.41 bcd	0.33 a	0.49 f	0.37 abc	0.56 g	0.41 bcd	0.32 a	0.35 ab	0.43 cdef	0.41 bcde	0.44 def	0.42 bcde	0.48 ef
9	CK	0.21 ab	0.25 bcd	0.27 cd	0.36 f	0.31 e	0.38 f	0.27 cd	0.23 abc	0.21 zb	0.28 de	0.24 abcd	0.35 f	0.28 de	0.25 bcd
	0.2%	0.33 bcd	0.32 abc	0.28 ab	0.37 cde	0.32 abc	0.40 e	0.38 de	0.26 a	0.27 ab	0.31 ab	0.27 ab	0.39 e	0.31 ab	0.29 ab
	0.4%	0.37 bcd	0.35 bcd	0.31 ab	0.44 e	0.34 abc	0.41 de	0.39 cde	0.28 a	0.32 ab	0.34 abc	0.36 bcd	0.41 cde	0.31 ab	0.32 ab
	0.6%	0.40 abcd	0.40 abcd	0.33 ab	0.47 cd	0.36 abc	0.48 d	0.40 abcd	0.31 a	0.35 ab	0.39 abcd	0.40 abcd	0.44 bcd	0.37 abcd	0.42 abcd
12	CK	0.20 a	0.24 ab	0.26 bc	0.32 d	0.30 cd	0.25 abc	0.25 abc	0.23 ab	0.21 a	0.27 bc	0.24 ab	0.25 abc	0.26 bc	0.24 ab
	0.2%	0.30 abc	0.29 abc	0.27 ab	0.34 cd	0.32 bcd	0.29 abc	0.37 d	0.25 a	0.26 ab	0.29 abc	0.26 ab	0.34 cd	0.29 abc	0.29 abc
	0.4%	0.35 bc	0.34 bc	0.31 ab	0.44 d	0.34 bc	0.36 bc	0.38 c	0.27 a	0.31 ab	0.34 bc	0.35 bc	0.38 c	0.31 ab	0.30 ab
	0.6%	0.37 abcd	0.40 bcde	0.32 ab	0.47 e	0.35 abcd	0.43 de	0.39 bcde	0.31 a	0.33 abc	0.38 abcd	0.38 abcd	0.42 de	0.37 abcd	0.41 de
19	CK	0.20 b	0.23 bc	0.25 c	0.30 d	0.12 a	0.22 bc	0.24 c	0.22 bc	0.22 bc	0.30 d	0.22 bc	0.23 bc	0.11 a	0.12 a
	0.2%	0.29 cdef	0.28 cde	0.27 abc	0.32 f	0.25 ab	0.28 bcd	0.31 def	0.24 a	0.25 ab	0.31 def	0.24 a	0.32 ef	0.26 abc	0.26 abc
	0.4%	0.34 cd	0.34 cd	0.30 abc	0.42 e	0.26 a	0.32 bcd	0.36 d	0.27 ab	0.31 abc	0.34 cd	0.34 cd	0.33 cd	0.30 abc	0.29 abc
	0.6%	0.36 abc	0.39 bcd	0.32 ab	0.46 d	0.33 ab	0.41 cd	0.38 abcd	0.30 a	0.32 ab	0.35 abc	0.37 abc	0.42 cd	0.36 abc	0.42 cd

注:不同小写字母表示在0.05水平有差异。

Nte: Different small letters mean difference at 0.05 level.

表3 不同处理下14个苜蓿品种第19天叶片与根中丙二醛含量

Table 3 MDA content in the leaves and roots of 14 alfalfa cultivars on the 19th day under different treatments

μmol/g

品种 Cultivar	CK	盐浓度 g/L Salt concentration			品种 Cultivar	CK	盐浓度 g/L Salt concentration				
		0.2%	0.4%	0.6%			0.2%	0.4%	0.6%		
放牧者 Hygrazer	叶L	0.20	0.29	0.34	0.36	赛特 Stel	叶L	0.22	0.24	0.27	0.30
	根R	0.28	0.35	0.40	0.44		根R	0.21	0.29	0.29	0.31
固原紫花 Guyuanzihua	叶L	0.23	0.28	0.34	0.39	苜蓿王 Alfalfa King	叶L	0.22	0.25	0.31	0.32
	根R	0.31	0.32	0.35	0.44		根R	0.21	0.27	0.32	0.33
德宝 Derby	叶L	0.25	0.27	0.30	0.32	皇后 Queen	叶L	0.30	0.31	0.34	0.35
	根R	0.26	0.33	0.31	0.32		根R	0.22	0.32	0.34	0.36
德福 Dafy	叶L	0.30	0.32	0.42	0.46	阿尔冈金 Algonquin	叶L	0.22	0.24	0.34	0.37
	根R	0.37	0.42	0.44	0.50		根R	0.22	0.35	0.41	0.44
金皇后 Gold Empress	叶L	0.12	0.25	0.26	0.33	三得利 Sandti	叶L	0.23	0.32	0.33	0.42
	根R	0.32	0.32	0.33	0.35		根R	0.31	0.33	0.34	0.45
WL232HQ	叶L	0.22	0.28	0.32	0.41	WB23ML	叶L	0.11	0.26	0.30	0.36
	根R	0.28	0.31	0.44	0.45		根R	0.32	0.33	0.35	0.37
WL323HQ	叶L	0.24	0.31	0.36	0.38	WL324	叶L	0.12	0.26	0.29	0.42
	根R	0.37	0.40	0.42	0.43		根R	0.26	0.29	0.42	0.48

3 结论与讨论

不同浓度处理下各品种间叶片丙二醛含量存在显著差异,对照与浓度0.2%处理生长良好,浓度0.6%处理下个别苜蓿品种出现萎蔫,而且叶片丙二醛含量比对照组平均增加了54.2%,这说明浓度为0.6%的NaCl溶液可以用来进行苜蓿耐盐性鉴定,这与周丽霞^[9]的研究结果相一致。

仅以发芽试验和盆栽试验来鉴定苜蓿的耐盐性是有欠缺的,因与自然环境相差较大,存在许多不确定性的因素^[22],

因此,经实验室确定好的耐盐品种还应做一定的田间试验进一步验证其耐盐性。

通过叶片与根中丙二醛含量对比,可知根受盐伤害比叶更敏锐,可以作为耐盐性测定的材料。综合5次叶中和1次根中丙二醛测定结果,赛特和德宝的耐盐性较强,其次是苜蓿王和金皇后,皇后、WB23ML、放牧者、阿尔冈金、WL323HQ和固原紫花耐盐性中等,WL324、三得利、WL232HQ和德福的

(下转第1911页)

2.7 水分胁迫对核桃叶片 SOD 酶活性的影响 SOD 是存在于植物细胞中最重要的活性氧清除酶之一,主要功能是清除超氧阴离子。由图7可见,水分胁迫下,SOD 酶活性呈先上升后下降的趋势。其中,PEG₆₀₀₀ 浓度为 15% 时,SOD 酶活性下降最明显,不同胁迫时间下,其差异极显著,即 $F = 9.783 0 > F_{0.01}(3, 9) = 6.991 9$,各 PEG 浓度处理差异不显著。SOD 酶活性的下降可能是由于随胁迫程度的加剧,核桃叶片细胞膜系统受到严重损伤,从而影响细胞正常的生理活动。

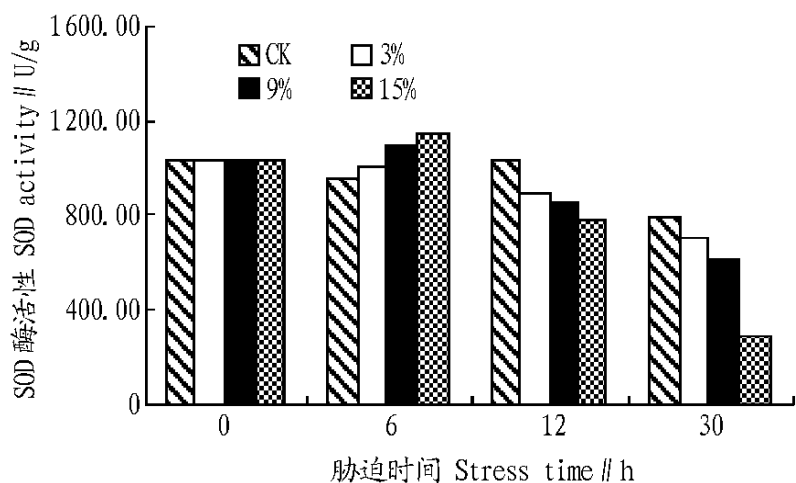


图7 水分胁迫对核桃叶片SOD酶活性的影响

Fig.7 Effects of water stress on SOD activity in the leaves of *J. regia*

3 讨论

通过水分胁迫下核桃叶片相关生理指标的测试可以得出,水分胁迫条件下,叶水势、SPAD 值和 F_v/F_m 值下降;叶片相对电导率、渗透调节物质脯氨酸和可溶性糖含量及 SOD 酶活性增加。

植物叶水势是植物缺水的一项重要指标,其值的高低及稳定性可用来衡量植物抗旱性的强弱^[4],抗旱性越强的种类,叶水势下降幅度越小^[5]。结果得出,核桃叶片水势降低,表明核桃叶片保水和吸水能力减弱,核桃叶片水分代谢受到抑制。SPAD 值和 F_v/F_m 值下降,其中,SPAD 值下降可能是由于水分胁迫导致叶绿素发生分解; F_v/F_m 值下降可能是由于 PS 向 PS 传递的激发能增加,表明核桃叶片发生了光

抑制。渗透调节物质的增加,可能是其主动积累的一种体现,从而维持细胞膨压,使植物组织免遭失水的破坏。其中,脯氨酸积累量差异极显著,表明核桃叶片脯氨酸对水分胁迫具有较强的渗透调节能力;但是,渗透调节作用也存在局限性,主要表现在其主动渗透调节能力低,渗透调节作用的暂时性和调节幅度的有限性(如当胁迫至后期,可溶性糖含量反而下降)。

在研究植物对干旱胁迫的响应时,膜系统通常被认为是最初和最关键部位,因此,很多学者就水分胁迫对细胞膜系统的影响进行了大量研究。干旱胁迫引起植物膜受伤害,主要是由于细胞自由基代谢平衡遭到破坏,引发或加剧膜脂过氧化,造成膜系统的损伤,从而导致质膜选择透性遭到损伤,大量离子外渗。该试验结果表明,SOD 酶活性呈现出先上升后下降的趋势,相对电导率上升,表明细胞膜系统受到了逆境的影响,膜的选择透性发生改变。其中,SOD 酶活性的变化趋势与大多数人的研究结论不一致,其具体原因还有待于进一步探讨。

参考文献

- [1] 邹琦. 植物生理生化实验指导 M. 北京: 中国农业出版社,2000.
- [2] 白宝璋. 植物生理学()——测试技术 M. 北京: 中国科学技术出版社,1993:127-128,146-147.
- [3] 汤章城. 现代植物生理学实验指导 M. 北京: 科技出版社,1999:314-315.
- [4] 曹铁森,许明宪. 水分胁迫对梨幼树叶水势的影响 J. 西北农林科技大学学报,1992,20(1):91-94.
- [5] 聂华堂,陈竹生. 水分胁迫下柑桔的生理变化与抗旱性的关系 J. 中国农业科学,1991,24(4):14-18.
- [6] 王丽丽,孙海龙,李强,等. 水分胁迫对黄荆叶片生理生化特性的影响 J. 广西农业科学,2008,39(2):152-153.
- [7] ZHANG F, KONG X S, ZHANG M X, et al. Effects of water stress on photosynthesis and fluorescence characteristics in peony [J]. Agricultural Science & Technology, 2008,9(2):101-105.
- [8] 胡春霞,汤洁,王丽. 水分胁迫对南果梨叶片生理生化变化的影响 J. 安徽农业科学,2008,36(12):4836-4837.
- [9] ZHAO Y C. Effects of Cu^{2+} and Cd^{2+} stress on growth and POD activity of tomato seedling [J]. Agricultural Science & Technology, 2008,9(2):106-108,125.
- [10] 岳常彦,郭金龙,王洪水. 种植牧草改良盐碱地和油污地 J. 山东畜牧兽医,2001(6):49-50.
- [11] 张少华,张敦新,张银会,等. 论陇东紫花苜蓿的产业化 J. 草业科学,2000,17(2):19-22.
- [12] 阎旭东,翟玉柱,朱志明,等. 八个苜蓿品种的耐盐性分析 C. 刘小京,刘孟雨. 盐生植物利用与区域农业可持续发展. 北京:气象出版社,2002:275-277.
- [13] 李志丹,干友民,泽柏,等. 牧草改良盐渍化土壤理化性质研究进展 J. 草业科学,2004(6):17-21.
- [14] 王玉民,刘艳芝,王中伟,等. 我国苜蓿耐盐性研究现状及评述 J. 吉林农业科学,2005(6):47-49.
- [15] 耿华珠. 苜蓿耐盐鉴定初报 J. 中国草地,1990(2):67-69.
- [16] 程云辉,周卫星,王永霞,等. 沿海滩涂盐渍化地上几种耐盐牧草的筛选试验 J. 江苏农业科学,2003(3):61-63.
- [17] 萧冰. 五种豆科牧草耐盐临界值、极限值的研究 J. 草业科学,1994,11(3):70-72.
- [18] 周丽霞. 盐分含量对不同休眠性苜蓿出苗与生长的影响 J. 草业科学,1998,15(2):55-59,61.
- [19] 韩清芳,李崇巍,贾志宽. 不同苜蓿品种种子萌发期耐盐性的研究 J. 西北植物学报,2003,23(4):597-602.
- [20] 沈振荣,杨万仁,徐秀梅. 适应宁夏生长的紫花苜蓿耐盐品种筛选 J. 宁夏农林科技,2006(2):15-16,18.
- [21] 罗广华,王爱国,邵从本,等. 超氧化物歧化酶(SOD)在大豆下胚轴线粒体内的定位 J. Journal of Integrative Plant Biology,1987(2):57-63.
- [22] 李彦,张英鹏,孙明,等. 盐胁迫对植物的影响及植物耐盐机理研究进展 J. 中国农学通报,2008(1):258-265.
- [23] 郭艳茹,詹亚光. 植物耐盐性生理生化指标的综合评价 J. 黑龙江农业科学,2006(1):66-70.
- [24] 费伟,陈火英,曹忠,等. 盐胁迫对番茄幼苗生理特性的影响 J. 上海交通大学学报:农业科学版,2005(1):5-9,30.
- [25] KHAVARINEJAD R A, CHAPARZADEH N. The effects of NaCl and $CaCl_2$ on photosynthesis and growth of alfalfa plants [J]. Photosynthetica,1998,35:461-466.
- [26] 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验 M. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
- [27] 薛勇. 不同品种紫花苜蓿种子萌发期耐盐性比较试验 J. 当代畜牧,2007(3):39-40.
- [28] 杜卫军,王文成,张胜景,等. 苜蓿品种的耐盐性鉴定及田间比较试验初报 J. 中国农学通报,2006,22(9):47-49.
- [29] 闫雯,陈建,杨培志,等. 不同苜蓿品种耐盐性研究 J. 陕西农业科学,2007(6):93-95,97.
- [30] 沈振荣,杨万仁,徐秀梅. 适应宁夏生长的紫花苜蓿耐盐品种筛选 J. 宁夏农林科技,2006(2):15-16,18.
- [31] 魏春兰,娄金华,侯象山,等. 作物耐盐育种 J. 北方园艺,2006(5):53-54.

(上接第1906页)

耐盐性较差。

参考文献