

不同类型盐碱胁迫对大豆植株生长性状和产量的影响

季平¹, 张鹏², 徐克章¹, 徐晨³, 冯引弟¹, 李大勇¹

(1. 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林农业大学 园艺学院, 吉林 长春 130118; 3. 吉林农业大学 中药材学院, 吉林 长春 130118)

摘要: 为了解不同类型盐碱胁迫对大豆植株生长性状和产量的影响, 研究了2个耐盐碱大豆品种和2个盐碱敏感品种在不同类型盐碱胁迫下, 各器官生物量、单株荚数、粒数、株高、茎粗与单株复叶数及产量的变化。结果表明: 在不同类型盐碱胁迫下, 耐盐碱品种的各器官生物量、荚数、粒数、产量和生长性状均显著高于盐碱敏感品种; 盐碱胁迫对叶片和荚果的伤害要远大于对茎的伤害; 各种胁迫之所以能降低产量, 主要在于其严重影响了单株粒数, 对荚数的影响较小。在碱胁迫下, 各指标下降的百分率要显著高于盐胁迫和盐碱混合胁迫, 说明碱胁迫对植株的伤害明显, 原因在于碱胁迫除了具有渗透胁迫和离子毒害外, 还具有高的pH。

关键词: 大豆; 盐碱胁迫; 器官生物量; 生长性状; 产量

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2013)04-0477-05

Effects of Salt and Alkaline Stress on Plant Growth Traits and Yield of Soybean

Ji Ping¹, Zhang Peng², Xu Ke-zhang¹, Xu Chen³, Feng Yin-di¹, Li Da-yong¹

(1. College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 2. College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 3. College of Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: In order to understand the effects of different types of salt and alkaline stress on growth traits and yield of soybean, two salt-alkaline-tolerant and two salt-alkaline-sensitive soybean cultivars were taken as experimental materials. The changes in organ biomass, pods number, seeds number, plant height, stem diameter and number of trifoliolate leaves per plant and yield under different types of salt-alkaline stress were studied. Results showed that organ biomass, pods number, seeds number, growth traits and yield of salt-alkaline-tolerant cultivars were significantly higher than those of salt-alkaline-sensitive ones. Under salt and alkaline stress, leaves and pods harmed more severe than stems. It also found that the yield was declined in salt and alkaline stress mainly due to reducing grain number per pod, instead of reducing pod number. Under alkaline stress, the decrease percentage in all index were higher than salt stress and mixture-salt-alkaline stress. It suggested that the damage of alkaline stress lied in the effect of osmotic stress and ion toxicity on plant, as well as higher pH.

Key words: Soybean; Salt-alkaline stress; Organ biomass; Growth traits; Yield

土地盐碱化已成为世界性的环境问题, 仅我国东北地区的松嫩平原盐碱化土地面积就高达373.3万 hm^2 ^[1-2]。对植物抗盐机制方面的研究已取得长足进展, 但大多集中在以NaCl为主的单纯中性盐方面。实际上, 我国大面积盐碱地中, 多为盐化和碱化相伴发生。研究认为, Na_2CO_3 胁迫同NaCl相比, 不仅引起离子胁迫, 还引起高pH胁迫, 因而生态破坏力更大^[3-5]。由于植物生理上的差异, 不同作物对盐渍的忍耐力往往具有较大的差异^[6-8]。

栽培大豆属于中度耐盐植物, 主要通过拒盐作用(salt exclusion)来适应盐胁迫。关于大豆在盐胁迫方面的研究较多, 盐胁迫条件下其产量下降, 盐敏感品种比耐盐品种受到的伤害更大^[9]。而关于大豆在抗盐碱方面相关研究并不多见。本文以2个抗盐碱和2个盐碱敏感大豆品种为材料, 研究了大豆品种在不同生育时期对不同类型盐碱胁迫的生长性状以及产量响应, 以期为大豆品种抗盐碱胁迫研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

供试大豆品种为吉林23、长农13、吉林8号和九农10号。其中长农13和吉林23为耐盐碱品种; 吉林8号和九农10号为盐碱敏感品种。由吉林省农业科学院大豆研究所品种资源室和吉林农业大学农学院大豆种质资源室提供。

参考文献[10]的方法, 对吉林省西部盐碱地所含主要盐分及盐碱化特点进行人工模拟。将2种中性盐NaCl、 Na_2SO_4 和2种碱性盐 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 按比例混合, 分为对照(A: Hoagland营养液, pH 7.74 \pm 0.087)、盐处理(B: NaCl: Na_2SO_4 = 9: 1, 浓度为8 mmol $\cdot\text{L}^{-1}$, pH 7.77 \pm 0.104)、碱处理(C: NaHCO_3 : Na_2CO_3 = 9: 1, 浓度为50 mmol $\cdot\text{L}^{-1}$, pH 9.11 \pm 0.104)和盐碱混合处理(D: NaCl: Na_2SO_4 : NaHCO_3 : Na_2CO_3 = 9: 1: 9: 1, pH 8.90 \pm 0.043)。各种溶液均在Hoag-

收稿日期: 2013-03-19

基金项目: 国家自然科学基金(30871547, 31171459)。

第一作者简介: 季平(1987-), 女, 硕士, 主要从事作物产量生理研究。E-mail: jipingteng@163.com。

通讯作者: 徐克章(1954-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事植物光合物质生产方面的研究。E-mail: kzx0708@yahoo.com.cn。

land 营养液基础上进行配制。

采用盆栽试验,将大豆种子播种于直径 35 cm,高 30 cm 盛有吉林农业大学实验田土壤(pH 为 7.2 ± 0.2)的塑料花盆中,每盆重量为 5 000 g ± 50 g。出苗后,每天用 Hogland 营养液透灌一次,大豆每盆定苗 6 株,整个试验于 5 月初至 8 月末在室外进行,人工遮雨。

待真叶平展时,选取长势均匀的大豆幼苗随机分成 4 组,每组 3 盆为 3 次重复。以含有盐溶液、碱溶液和盐碱混合溶液的 Hogland 营养液为处理液,每盆 500 mL 分 3 次透灌,对照组只浇 Hogland 营养液。分别在盛花期(R2)、盛荚期(R4)和满粒期~始熟期(R6~R7)进行处理,每 2 d 处理一次,处理时间为 17:00~18:00,共处理 3 次后,测定各项指标。为避免盐碱溶液的积累,每次于处理的前一天均用 Hogland 营养液进行透灌。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 农艺性状及生物量 分别于 R2、R4 和 R6~R7 期,从各盆中随机选取 1 株植株,每组 3 盆共选

取 3 株植株作为重复,测定株高(采用直尺测定单株植株的高度)、茎粗(采用游标卡尺于子叶节处测定)和单株复叶数,取其平均值。将上述测定的植株由子叶节处剪下,分为茎、叶片和荚三部分,在 105℃ 的通风烘干箱中杀青 30 min,然后 80℃ 烘干 15 min 至恒重,分别测定各部分干重,3 株植株作为 3 次重复,取其平均值。

1.2.2 产量 在大豆成熟期,将单株植株取下,测定单株产量。产量公式为:产量(g) = 单株荚数 × 平均每荚粒数 × 平均每粒重。

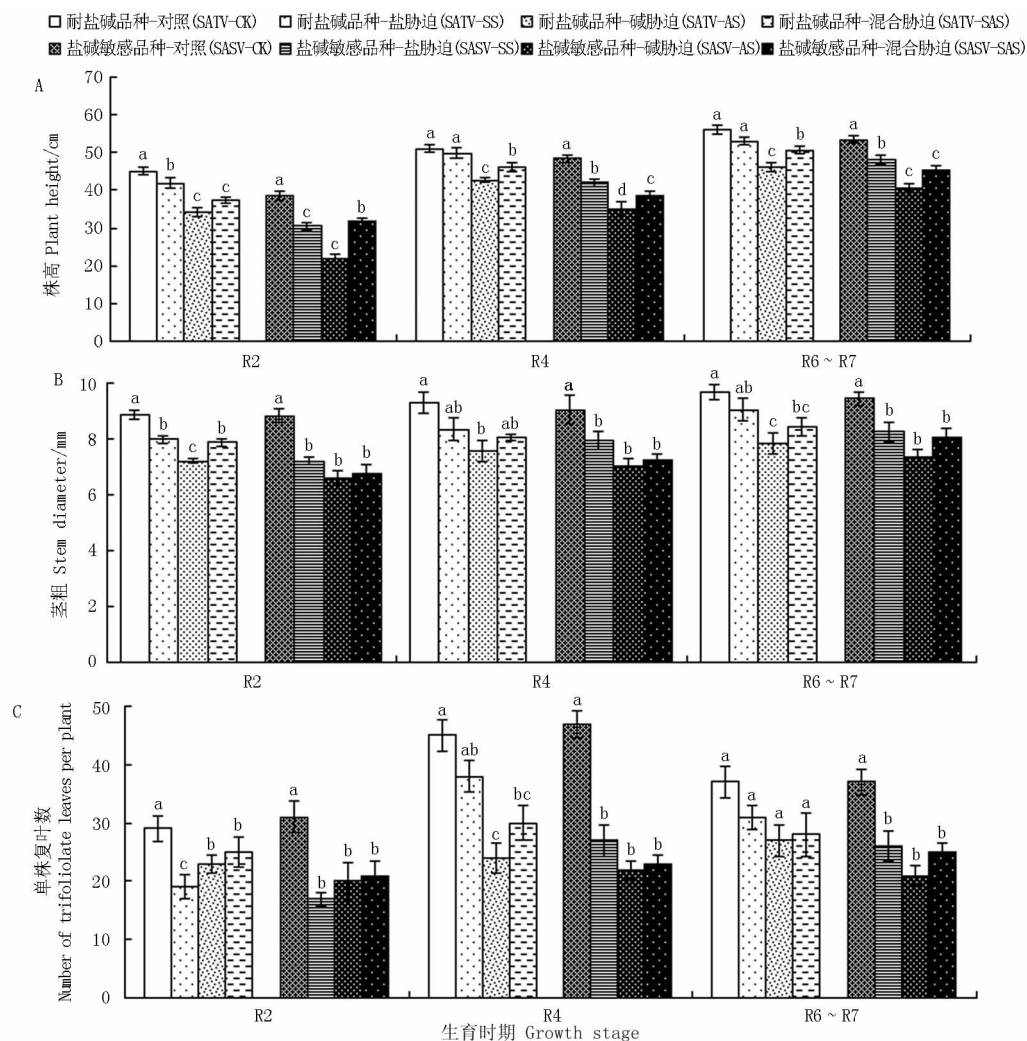
1.3 数据分析

所有数据均为 3 次重复的平均值,利用 Excel 2003 和 DPS v7.05 进行数据处理。文中所有数据均以平均值 ± 标准差表示,显著水平为 5%。

2 结果与分析

2.1 植株生长性状

分别于 R2、R4 和 R6~R7 期,测定了不同类型盐碱胁迫下大豆的株高、茎粗和单株复叶数(图 1)。



SATV; salt-alkaline-tolerant variety; SASV; salt-alkaline-sensitive variety; SS; salt stress; AS; alkaline stress; SAS; salt and alkaline mixture stress. The same below.

图 1 不同类型盐碱胁迫在不同生育时期对大豆株高、茎粗和单株复叶数的影响

Fig.1 Effects of different types of salt and alkaline stress on plant height, stem diameter, number of trifoliolate leaves of different soybean cultivars at different growth stages

从不同大豆品种来看,耐盐碱品种的株高、茎粗和单株复叶数均显著高于盐碱敏感品种。从不同类型胁迫看,盐胁迫下的株高、茎粗和单株复叶数比对照分别降低了 9.54%、11.63% 和 29.96%, 碱胁迫下降低了 21.44%、20.98% 和 37.27%, 盐碱混合胁迫下降低了 15.00%、15.81% 和 30.55%。从不同生育时期的变化来看,在盐胁迫、碱胁迫和盐碱混合胁迫下,在 R2 期,株高比对照分别下降了 13.35%、32.72% 和 16.88%, 茎粗分别下降了 14.18%、22.03% 和 17.23%, 单株复叶数分别下降了 40.00%、26.67% 和 23.33%; 在 R4 期,株高比对照分别下降了 7.55%、21.84% 和 14.741%, 茎粗分别下降了 11.19%、20.36% 和 16.54%, 单株复叶数分别下降了 28.26%、50.00% 和 41.30%; 在 R6-R7 期,株高比对照分别下降了 7.73%、20.77% 和 13.39%, 茎粗分别下降了 9.52%、20.558% 和 13.65%, 单株复叶数分别下降了 21.62%、35.14% 和 27.03%。可见,碱

胁迫下大豆植株株高、茎粗和单株复叶数下降百分率最大,盐碱混合胁迫次之,盐胁迫下降率最小,说明碱胁迫对植株伤害性最大。

2.2 器官生物量

从不同大豆品种变化来看,耐盐碱品种的茎干重、叶片干重和荚果干重均显著高于盐碱敏感品种;从不同类型胁迫看,盐胁迫下的茎干重、叶片干重和荚果干重比对照分别降低了 10.39%、17.89% 和 17.01%, 碱胁迫下分别降低了 34.96%、36.28% 和 40.16%, 盐碱混合胁迫下降低了 22.71%、30.55% 和 29.90%。从不同生育时期的变化来看,在盐胁迫、碱胁迫和盐碱混合胁迫下,R2 期的茎干重比对照分别下降了 16.22%、50.10% 和 34.84%, 叶干重分别下降了 20.88%、33.21% 和 32.30%; R4 期的茎干重分别下降了 4.76%、22.25% 和 13.31%, 叶干重分别下降了 16.97%、37.94% 和 30.87%, 荚干重分别下降了 15.50%、39.92% 和 28.03%; R6~R7 期

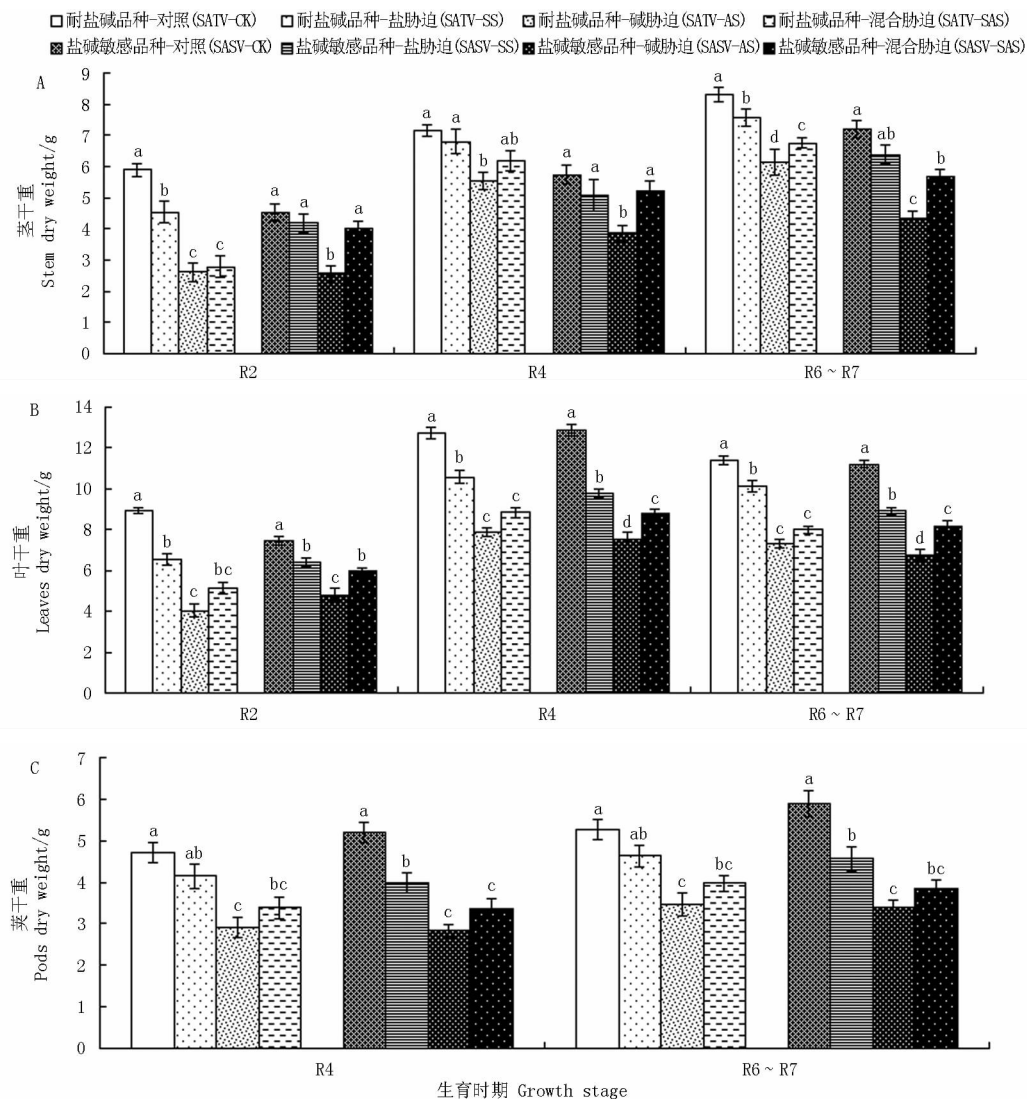


图2 不同类型盐碱胁迫在不同生育时期对大豆器官生物量的影响

Fig.2 Effects of different types of salt and alkaline stress on organ biomass of different soybean cultivars at different growth stages

的茎干重分别下降了 10.18%、32.54% 和 19.97%，叶干重分别下降了 15.83%、37.68% 和 28.48%，荚干重分别下降了 17.58%、38.48% 和 29.69%（图 2）。可见碱胁迫下植株各器官生物量下降百分率最大，盐碱混合胁迫次之，盐胁迫下降百分率最小；同时在大豆 R4 期，植株对盐碱胁迫的抗性最强。

2.3 产量及其相关性状

从表 1 可知，不同大豆品种在盐碱胁迫下荚数

的差异较小，而品种间粒数的差异达到显著水平（ $P < 0.05$ ）。从不同品种来看，在对照、盐胁迫、碱胁迫和盐碱混合胁迫下，耐盐碱品种比盐碱敏感品种的荚数高出 4.5%、10.5%、128.5% 和 11.1%；粒数高出 19.2%、26.3%、250.0% 和 25.7%。从单株产量变化来看，碱胁迫处理后，产量下降百分率最大，盐胁迫产量下降率较小，盐碱混合胁迫次之；耐盐碱品种的产量显著高于盐碱敏感品种。

表 1 大豆品种在不同盐碱条件下荚数、粒数和产量的变化

Table 1 The changes in pods number, grains number and yield under different types of salt and alkaline stress

性状 Traits	品种 Cultivars	对照 CK	盐处理 Salt treatment	碱处理 Alkaline treatment	盐碱混合处理 Mixture-salt-alkaline treatment
荚数 Pods number	盐碱敏感品种 SASV	44 ± 4.583 a	38 ± 6.000 a	14 ± 4.583 b	36 ± 4.000 a
	耐盐碱品种 SATV	46 ± 2.646 a	42 ± 10.149 ab	32 ± 2.646 b	40 ± 6.245 ab
粒数 Grains number	盐碱敏感品种 SASV	99 ± 7.000 a	80 ± 4.359 b	20 ± 5.568 c	74 ± 4.583 b
	耐盐碱品种 SATV	118 ± 6.083 a	101 ± 5.292 b	70 ± 4.583 d	93 ± 4.871 c
瘪粒数 Unfilled-grains number	盐碱敏感品种 SASV	7 ± 1.000b c	5 ± 1.646c	10 ± 2.000 b	15 ± 3.000 a
	耐盐碱品种 SATV	8 ± 1.732 b	3 ± 1.646 b	9 ± 1.732 a	3 ± 1.000 b
单株产量 Yield per plant/g	盐碱敏感品种 SASV	16.02 ± 2.061 a	13.45 ± 2.108 ab	9.06 ± 2.631 b	11.76 ± 3.095 b
	耐盐碱品种 SATV	18.016 ± 3.004 a	16.27 ± 2.062 b	12.34 ± 2.060 c	14.41 ± 3.235 c

3 结论与讨论

碱性盐胁迫与中性盐胁迫是既相关又有本质区别的两种不同胁迫，区别在于碱胁迫具有较高 pH^[11-13]。大豆生物量的大小主要是由其本身的生物学特性决定的，它直接反映了大豆的籽粒产量^[14-15]。大豆产量的形成是单株粒数、单株荚数、百粒重等多个性状共同作用的结果^[16-17]。肖鑫辉等^[18]研究发现，在高盐土壤条件下单株粒数与单株籽粒产量相关性显著，可作为高盐条件下高产大豆种质的筛选指标。同时株高也是反映植株生长程度的一个指标^[19]，刘春全等^[20]认为，株高过高会降低抗倒伏能力，从而降低大豆的产量和稳产性。但株高与产量的关系因不同地区而不尽相同^[21-22]。大豆品种茎粗的增加，也同样会提高大豆植株的抗倒伏能力^[23-24]。本文研究结果表明，耐盐碱大豆品种各器官生物量、单株荚数、单株粒数、产量、株高、茎粗和单株复叶数均显著高于盐碱敏感品种。同时还发现，在 R4 期大豆植株在不同类型盐碱胁迫下，各项指标的下降百分率最低，在 R2 和 R6 ~ R7 期各项指标下降百分率较高，因此在 R4 期，大豆植株表现出了对盐碱胁迫的最强抗性。

从不同类型盐碱胁迫来看，盐胁迫下的各器官生物量、单株荚数、粒数、产量和植株生长性状的下降百分率均不显著，盐碱混合胁迫下各指标的下降幅度要高于盐胁迫，而在碱胁迫下各指标下降百分

率最显著。碱胁迫对植物伤害最大的原因可能在于，碱胁迫既具有盐胁迫的渗透胁迫和离子毒害，还具有较高的 pH，严重地破坏了植物的内部结构与抗性机制。

在不同类型盐碱胁迫下，植株器官生物量均呈下降趋势，其中茎干重下降百分率较小，叶片干重与荚果干重下降百分率较大，说明盐碱胁迫对植株器官叶片和荚果的伤害较高，对茎的伤害程度较小；在不同类型盐碱胁迫下，荚数较对照下降百分率较小，粒数和产量的下降幅度显著，说明盐碱胁迫对产量的影响主要在于减少了每荚粒数；在不同类型盐碱胁迫下，单株复叶数下降幅度较大，株高和茎粗变化不大。

参考文献

- [1] 姜奇彦,胡正,张辉,等. 大豆种质资源耐盐性鉴定与研究[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(5):726-732. (Jiang Q Y, Hu Z, Zhang H, et al. Evaluation for salt tolerance in soybean cultivars (*Glycine max* L. Merrill)[J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2012,13(5):726-732.)
- [2] 迟春明,王志春,李彬. 混合盐碱胁迫对帚用高粱萌发及苗期生长的影响[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(4):148-151. (Chi C M, Wang Z C, Li B. Effects of complex alkali-saline stress on germination and seedling growth of broom *Sorghum (sorghum bicolor)* (L.) Moench)[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2008,26(4):148-151.)
- [3] Shi D C, Sheng Y M. Effect of various salt-alkaline mixed stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors

- [J]. Environmental and Experimental Botany, 2005, 4: 8-21.
- [4] 周婵, 杨允菲. 松嫩平原两个生态型羊草实验种群对盐碱胁迫的生理响应[J]. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1842-1846. (Zhou C, Yang Y F. Physiological response to salt-alkali stress in experimental populations in two ecotypes of *Leymus chinensis* in the Songnen Plains of China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(11): 1842-1846.)
- [5] 尹尚军, 石德成, 颜宏. 碱胁迫下星星草的主要胁迫反应[J]. 草业学报, 2003, 12(4): 51-57. (Yin S J, Shi D C, Yan H. Main strain responses in the plants of *Puccinellia tenuiflora* (Griseb.) scribn. et merr. to alkaline (Na_2CO_3) stress[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2003, 12(4): 51-57.)
- [6] Sharma S K, Gupta I C. Saline environment and plant growth[M]. Old Ginonani: Agro-Botanical Publishers, 1986.
- [7] 杨春武, 李长有, 张美丽, 等. 盐、碱胁迫下小冰麦体内的 pH 及离子平衡[J]. 应用生态学报, 2008, 19(5): 1000-1005. (Yang C W, Li C Y, Zhang M L, et al. pH and ion balance in wheat-wheatgrass under salt or alkali stress[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(5): 1000-1005.)
- [8] 周婵, 邹志远, 杨允菲. 盐碱胁迫对羊草可溶性蛋白质含量的影响[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2009, 41(3): 94-96. (Zhou C, Zou Z Y, Yang Y F. Effect of salt-alkali stress on soluble protein of *Leymus chinensis*[J]. Journal of Northeast Normal University(Natural Science), 2009, 41(3): 94-96.)
- [9] 常汝镇, 邵桂花. 盐对大豆农艺性状及籽粒品质的影响[J]. 大豆科学, 1994, 13(2): 101-105. (Chang R Z, Shao G H. Effect of salt on agricultural characters and chemical quality of seed in soybeans[J]. Soybean Science, 1994, 13(2): 101-105.)
- [10] Shi D C, Wang D L. Effects of various salt-alkali mixed stresses on *Aneurolepidium chinense* (Trin.) Kitag[J]. Plant and Soil, 2005, 271: 15-26.
- [11] 李长有, 胡亚忱, 倪福太, 等. 盐碱胁迫对虎尾草生长的影响[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2008, 29(4): 24-27. (Li C Y, Hu Y C, Ni F T, et al. The growth effect of saline-alkali stress on *Chloris virgata* [J]. Journal of Jilin Normal University (Natural Science), 2008, 29(4): 24-27.)
- [12] 颜宏, 赵伟, 盛艳敏, 等. 碱胁迫对羊草和向日葵的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(8): 1497-1501. (Yan H, Zhao W, Sheng Y M, et al. Effects of alkali-stress on *Aneurolepidium chinense* and *Helianthus annuus* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(8): 1497-1501.)
- [13] 梁海曼. 植物组织培养中与 pH 值变化有关的一些问题[J]. 植物生理学通讯, 1987(3): 1-6. (Liang H M. Problems relating to the changes of pH value in plant tissue culture[J]. Plant Physiology Communications, 1987(3): 1-6.)
- [14] 张正翼. 不同密度和田间配置对套作大豆产量和品质的影响[D]. 雅安: 四川农业大学, 2008. (Zhang Z Y. Effects of different density and field distribution on yield and quality of relay-cropping soybean[D], Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2008.)
- [15] 赵翠媛. 播期对小豆成花过程中生育特性及产量影响的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2012. (Zhao C Y. Study on the effects induced by sowing date on fertility characteristics and yield of adzuki bean during the flower formation[D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2012.)
- [16] 张海燕, 焦碧婵, 李贵全. 大豆产量及其相关数量性状关系的分析[J]. 山西农业科学, 2006, 34(2): 27-29. (Zhang H Y, Jiao B C, Li G Q. Research on the relationship between soybean yield and its related quantitative character[J]. Shanxi Agricultural Sciences, 2006, 34(2): 27-29.)
- [17] 周蓉, 陈海峰, 王贤智, 等. 大豆产量和产量构成因子及倒伏性的 QTL 分析[J]. 作物学报, 2009, 35(5): 821-830. (Zhou R, Chen H F, Wang X Z, et al. QTL analysis of yield, yield components and lodging in soybean[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(5): 821-830.)
- [18] 肖鑫辉, 李向华, 刘洋, 等. 高盐碱环境下野生大豆主要性状与单株产量的相关分析[J]. 大豆科学, 2009, 28(4): 616-622. (Xiao X H, Li X H, Liu Y, et al. Correlation and path analysis of major agronomic characters and yield of wild soybean (*Glycine soja*) under high saline soil [J]. Soybean Science, 2009, 28(4): 616-622.)
- [19] 段建兴. 几种野生大豆对盐碱土的适应性研究[D]. 大连: 大连交通大学, 2007. (Duan J X. The study on an adaptability of several wild soybeans in the salt-alkali soil [D]. Dalian: Dalian Jiaotong University, 2007.)
- [20] 刘春全, 毕一立, 王孝忠. 大豆农艺性状与籽粒产量关系研究进展[J]. 现代农业科技, 2009(23): 39-40. (Liu C Q, Bi Y L, Wang X Z. Research progress of soybean agronomic traits and grain yield[J]. Modern Agricultural Technology, 2009(23): 39-40.)
- [21] 孙卓韬, 董钻. 大豆株型、群体结构与产量关系的研究[J]. 大豆科学, 1986, 5(2): 92-102. (Sun Z T, Dong Z. Studies on the relationship between plant type population structure and yield in soybean[J]. Soybean Science, 1986, 5(2): 92-102.)
- [22] 李永忠. 东北春大豆区一些主要品种的产量及其构成因素的相关, 逐步回归和通径分析[J]. 大豆科学, 1989, 8(1): 107-111. (Li Y Z. A correlation stepwise regression and path-coefficient analysis on the grain yield and its components of some main varieties of spring soybean sowing in northeast China[J]. Soybean Science, 1989, 8(1): 107-111.)
- [23] 郑洪兵, 徐克章, 赵洪祥, 等. 吉林省大豆品种遗传改良过程中主要农艺性状的变化[J]. 作物学报, 2008, 34(6): 1042-1050. (Zheng H B, Xu K Z, Zhao H X, et al. Changes of main agronomic traits with genetic improvement of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] Cultivars in Jilin Province, China [J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(6): 1042-1050.)
- [24] Liu G N, Zhang Z A, Xu K Z. Changes of some physiological characteristics and agronomic traits during genetic improvement of soybean cultivars in Jilin province of China [J]. Soybean Science, 2009, 28(3): 415-420.