

外源硅对不同程度盐胁迫下甘草种子萌发和幼苗生长发育的影响

张新慧^{1,2,3,4,5}, 郎多勇⁶, 白长财^{1,2,3,4,5}, 周丽^{1,2,3,4,5}, 高晓娟^{1,2,3,4,5}, 董琳^{1,2,3,4,5}, 李明^{7*}

1. 宁夏医科大学药学院, 宁夏 银川 750004
2. 宁夏回药现代化工程技术研究中心, 宁夏 银川 750004
3. 宁夏回医药协同创新中心, 宁夏 银川 750004
4. 回医药现代化省部共建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750004
5. 宁夏医药研究所, 宁夏 银川 750004
6. 宁夏医科大学 实验动物中心, 宁夏 银川 750004
7. 宁夏农林科学院荒漠化治理研究所, 宁夏 银川 750002

摘要: **目的** 通过室内水培试验研究硅对不同程度盐胁迫下甘草种子萌发出苗和幼苗生长发育的影响效应。**方法** 盐胁迫设置轻度(50 mmol/L)、中度(100 mmol/L)和重度(150 mmol/L) 3个梯度, 硅源采用 K_2SiO_3 , 硅处理浓度设置 0、1、2、4、6、8 mmol/L 共 6 个梯度, 共计 18 个处理, 同时设置蒸馏水为对照(CK)。**结果** 轻度和中度盐胁迫下, 较低浓度的硅对甘草种子发芽率、发芽指数、出苗率和幼苗胚根长度没有显著影响, 但对株高、根干质量、芽干质量和幼苗活力指数均有显著的促进作用; 而高浓度的硅对种子萌发出苗和幼苗生长均具有显著抑制作用。在重度盐胁迫下, 较低浓度的外源硅对甘草种子发芽出苗(发芽率、出苗率、发芽指数、幼苗活力指数)及幼苗生长(胚根长度和质量、胚芽长度和质量)均有显著的促进作用, 但高浓度的外源硅对甘草幼苗生长有显著的抑制作用。**结论** 硅至少直接参与了甘草种子萌发出苗和幼苗生长的生理生化过程, 且对甘草的盐害有一定的缓解作用, 这种缓解作用强度因盐胁迫程度和硅浓度而异。

关键词: 甘草; 盐胁迫; 外源硅; 种子发芽; 幼苗生长

中图分类号: R282.21 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2014)14-2075-05

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2014.014.022

Effects of silicon addition on seed germination and seedling growth of *Glycyrrhiza uralensis* under salt stress

ZHANG Xin-hui^{1,2,3,4,5}, LANG Duo-yong⁶, BAI Chang-cai^{1,2,3,4,5}, ZHOU Li^{1,2,3,4,5}, GAO Xiao-juan^{1,2,3,4,5}, DONG Lin^{1,2,3,4,5}, LI Ming⁷

1. College of Pharmacy, Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China
2. Ningxia Engineering and Technology Research Center of Hui Medicine Modernization, Yinchuan 750004, China
3. Ningxia Collaborative Innovation Center of Hui Medicine, Yinchuan 750004, China
4. Key Laboratory of Hui Medicine Modernization, Ministry of Education, Yinchuan 750004, China
5. Ningxia Medicine Research Institute, Yinchuan 750004, China
6. Laboratory Animal Center, Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, China
7. Desertification Control Institute, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China

Abstract: Objective In this study, a water culture experiment was conducted to investigate the effects of silicon addition on the seed germination and seedling growth of *Glycyrrhiza uralensis* under salt stress. **Methods** Various components of the experiment were three salt treatments (50, 100, and 150 mmol/L NaCl) and six Si levels (0, 1, 2, 4, 6, and 8 mmol/L) in distilled water. Potassium silicate (K_2SiO_4) was used as a source of Si. **Results** The result showed that silicon addition had the significant effect on the seed germination and seedling growth, and this effect was dependent on the salt stress level and silicon addition concentration. Under 50 and 100 mmol/L

收稿日期: 2014-01-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(31260304); 宁夏教育厅项目(NGY2012062)。

作者简介: 张新慧(1979—), 女, 甘肃岷县人, 副教授, 博士, 主要从事药用植物资源与利用方面的研究。

Tel: (0951)6880583 E-mail: zhang2013512@163.com, zhangxh801011@yahoo.com

*通信作者 李明, 研究员, 主要从事甘草规范化种植研究。E-mail: lm.nxpl@163.com

NaCl stress condition, lower concentration silicon addition had no significant effect on the germination rate, germination index, seedling emergence rate, and radical length, while had the significantly promoted effect on plant height, and root and shoot dry weight of *G. uralensis*. However, higher concentration silicon addition had the significantly inhibited effect on the seed germination and seedling growth. Under 150 mmol/L NaCl stress condition, silicon addition at lower concentration significantly promoted the seed germination and seedling growth of *G. uralensis*, including the germination rate, seedling emergence, germination index, seedling vigor, radical and embryo length, and root and shoot dry weight. However, silicon addition at higher concentration significantly inhibited the seedling growth of *G. uralensis*, while had no significant effect on the seed germination. **Conclusion** Silicon is directly involved in the physiological process of the seed germination and seedling growth of *G. uralensis* under salt stress condition, and this involved extent is dependent on the salt stress level and silicon addition concentration.

Key words: *Glvarrhiza uralensis* Fisch.; salt stress; silicon; seed germination; seedling growth

甘草 *Glvarrhiza uralensis* Fisch. 为多年生豆科草本植物,是世界自然基金会全球 14 个重点保护物种之一,以干燥的根和根状茎入药,具有调和诸药、润肺止咳、清热解毒等功效,自古就有“百药之王”之誉^[1-2]。甘草地下根和根茎发达,具有较强的抗旱、抗寒、耐盐碱的能力,可以在轻微盐碱地正常生长,且由于其绿色覆盖周期较长,对减少沙尘暴,防治沙漠化具有重要意义。甘草野生资源主要分布在含盐量 0.1%~0.2% 的土壤上,能忍耐含盐量 0.3%~0.6% 的盐化条件,在含盐量 1%~2% 的盐土上生长不良^[3-5]。然而,近年来研究表明盐胁迫对甘草生长发育有一定的抑制作用,当 NaCl 达到 50 mmol/L 或 0.3% 时就显著抑制甘草幼苗或一年生移栽苗的生长,且这种抑制效应具有浓度效应^[6-8]。

硅是植物生长发育的有益元素,更是一种环境友好型元素^[9],近年来大量研究表明硅可以缓解植物受到的生物和非生物胁迫,如可以使植物更能抵抗病害、虫害,可以提高植物对重金属污染物、干旱、盐碱胁迫的抗性^[10-12]。由于硅在豆科植物体内的量小于 1%,因此硅对豆科植物生长发育的影响并没有引起足够重视,直到 Miyake 等^[13]报道了硅酸在溶液培养条件下能够促进大豆的生长发育后,硅对豆科植物生长发育的影响才引起学术界的注意。研究表明,添加可溶性硅酸钠能够促进盐水灌溉条件下牧豆树 *Prosopis juliflora* (Swartz) DC. 植物生物量向茎叶分布,增加茎叶生物量^[14],但偏硅酸在水培条件下对豇豆 *Vigna unguiculata* Walp. 茎叶生物量没有明显影响,仅显著增加了其根系生物量^[15]。李清芳等^[16]采用盆栽实验再次证明添加硅酸钾能够促进大豆幼苗生长,增加生物量。

目前关于硅对植物生长发育影响的途径有直接和间接 2 种,直接途径指硅参与了植物的生理生化过程,间接途径表现在通过改善土壤氮、磷、钾等

的利用效率而促进植物生长。因此,为了明确硅是否对甘草有直接的影响作用,本研究通过水培实验研究硅对不同程度盐胁迫下甘草种子萌发特性和幼苗生长的影响,不仅为硅是否直接作用于甘草生长发育提供科学证据,而且也为硅是否能够缓解盐胁迫对甘草种子萌发和生长发育的盐害提供依据。

1 材料与试剂

1.1 材料

样品收获于 2012 年,经宁夏医科大学药学院张新慧副教授鉴定为乌拉尔甘草 *Glvarrhiza uralensis* Fisch. 种子。收获并净种后,将种子装入牛皮纸袋放置冰箱冷藏室贮藏。

1.2 试剂

NaCl 分析纯,购于天津市大茂化学试剂厂;K₂SiO₃ 分析纯,购于上海晶纯生化科技股份有限公司。

2 方法

2.1 实验设计

盐基采用中性盐 NaCl,盐胁迫设置轻度(50 mmol/L)、中度(100 mmol/L)和重度(150 mmol/L) 3 个梯度,硅源采用 K₂SiO₃,硅处理浓度设置 0、1、2、4、6、8 mmol/L 共 6 个梯度,共计 18 个处理,同时设置蒸馏水为对照(CK)。选取整齐一致的甘草种子,经 0.1% H₂O₂ 溶液表面消毒 10 min 后,用蒸馏水冲洗数次,最后用滤纸吸干表面水分。然后将种子均匀摆入铺有两层无菌滤纸并加入不同浓度处理溶液的发芽盒(12 cm×12 cm×6 cm)中,每盒 81 粒,实验条件为光照/黑暗(12/12 h, 28/20 °C)。每日下午用称质量法加蒸馏水至恒质量以保持溶液浓度恒定。实验期间逐日统计种子发芽数,以胚根长>2 mm 为标准;每天统计出苗数,以幼茎直立、子叶平展、子叶由淡黄色转为绿色为标准,实验结束统计成苗数。实验结束时,测定幼苗根系和茎叶的长度及幼苗生物量,根系和茎叶的长度以每盒测

定 20 株幼苗的平均值为准, 幼苗生物量以发芽盒内全部幼苗测定, 然后换算成 10 株幼苗生物量干质量。

2.2 指标计算

各指标按下式计算:

最终发芽率 = 供试种子的发芽数 / 供试种子数,

发芽指数 = $\sum G_t / D_t$

幼苗活力指数 = 发芽指数 $\times S$

最终成苗率 = 供试种子的成苗数 / 供试种子数

G_t 为在 t 日的发芽数, D_t 为发芽天数; S 为第 10 天的胚芽长度 + 胚根长度

2.3 数据分析

数据均采用 DPS 软件包分析方差, 计算标准差, 检验差异显著性, 采用 Excel 制图。

3 结果与分析

3.1 硅对不同程度盐胁迫下甘草种子发芽过程的影响

结果表明, 硅对盐胁迫下甘草种子初始发芽时间没有明显影响, 所有处理均在着床后第 2 天开始发芽。

3.2 硅对不同程度盐胁迫下甘草种子最终发芽率、发芽指数、出苗率和幼苗活力指数的影响

结果表明 (图 1-A), 硅对盐胁迫下甘草种子发芽率的影响效应因盐胁迫程度不同而异。具体表现

为, 在轻度和中度盐胁迫下, 较低浓度 (低于 6 mmol/L) 的外源硅对甘草种子发芽率有一定的促进作用, 但均未达到显著差异, 而当外源硅浓度达到 8 mmol/L 浓度时, 对发芽率有显著的抑制作用。相反, 在重度盐胁迫下, 实验所设定的所有浓度的外源硅对甘草种子发芽率均有促进作用, 低于 2 mmol/L 时差异达到显著水平且随浓度升高促进作用增强。

由图 1-B 和 1-C 可以看出, 硅对盐胁迫下甘草种子发芽指数和出苗率的影响趋势一致, 且均因盐胁迫程度不同而异。在轻度和中度盐胁迫下, 较低浓度 (低于 6 mmol/L) 的外源硅对甘草种子发芽指数没有显著影响, 而当浓度大于 8 mmol/L 时对发芽指数和出苗率均有显著抑制作用。在重度盐胁迫下, 实验所设定所有浓度的外源硅均显著提高甘草种子的发芽指数和出苗率, 所不同的是对发芽指数的促进作用随着硅浓度的升高而降低, 而对出苗率的促进作用随着硅浓度的升高而增强。

由图 1-D 可知, 低浓度的外源硅对盐胁迫下甘草幼苗活力指数的影响表现为低浓度促进高浓度抑制或无影响的趋势。具体表现为, 在轻度盐胁迫下, 低于 2 mmol/L 的外源硅可显著增加甘草幼苗活力指数, 而高于 8 mmol/L 时显著抑制。在中度和重度盐

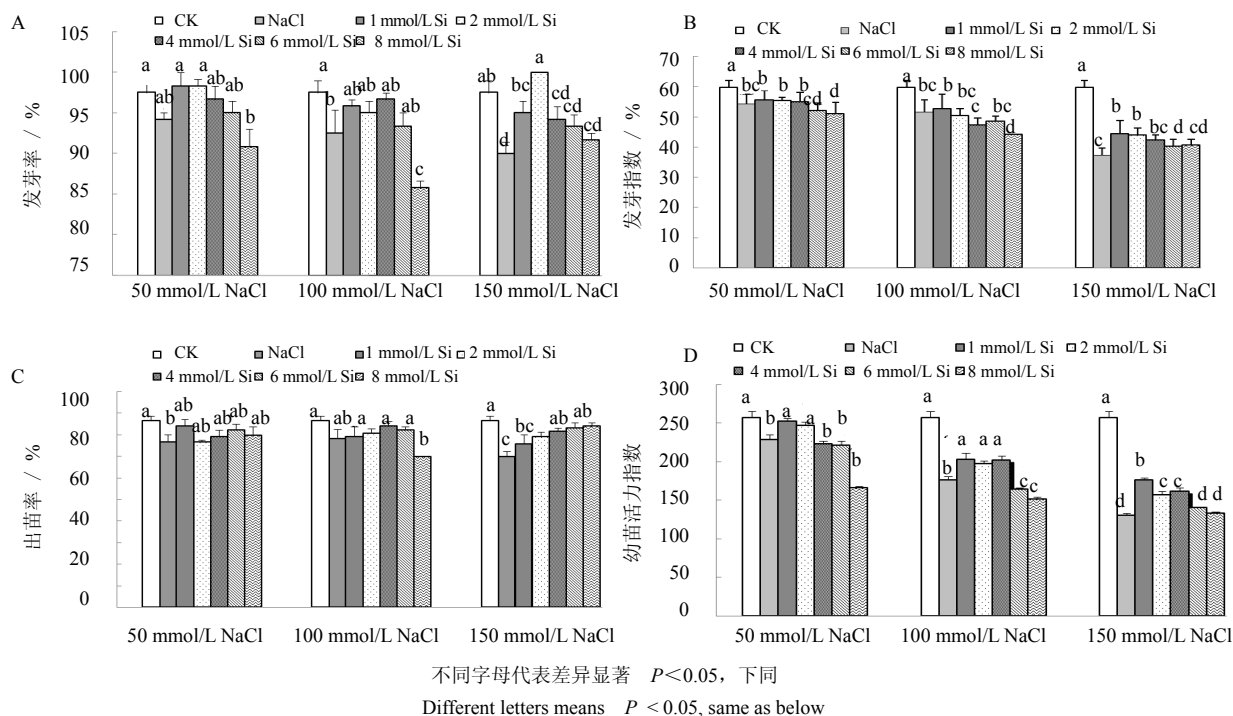


图 1 硅对不同程度盐胁迫下甘草种子发芽率 (A)、发芽指数 (B)、出苗率 (C) 和幼苗活力指数 (D) 的影响

Fig. 1 Effect of silicon addition on germination rate (A), germination index (B), seedling emergence rate (C), and seedling vigor (D) of *G. uralensis* under salt stress

胁迫下, 低于 4 mmol/L 的硅对幼苗活力指数有显著促进作用, 而高于 6 mmol/L 时有显著抑制作用。

3.3 硅对不同程度盐胁迫下甘草幼苗生长发育的影响

3.3.1 根系长度和株高 硅对盐胁迫下甘草幼苗生长发育的影响作用因硅浓度、盐胁迫程度和幼苗部位而异, 具体表现为, 在轻度盐胁迫下, 低于 4 mmol/L 的硅对根系长度没有明显影响, 而对株高有一定的促进作用, 且这种促进作用在 1 和 2 mmol/L 时达到显著水平; 而当硅浓度高于 6 mmol/L 时则对根系长度和株高均有明显的抑制作用。在中度盐胁迫下, 所有浓度的外源硅对胚根长度均没有明显影响; 当硅浓度为 2 mmol/L 时对株高有显著的促进作用, 而当硅浓度高于 8 mmol/L 时对株高有显著抑制作用。在

重度盐胁迫下, 低浓度的外源硅对胚根长度有显著的促进作用, 随着浓度升高这种促进作用逐渐减弱, 直到浓度达到 8 mmol/L 时有显著抑制作用 (图 2)。

3.3.2 生物量 由图 3 可以看出, 低浓度的外源硅处理对不同程度盐胁迫下甘草根干质量的积累均有明显促进作用, 这种促进作用强度因盐胁迫程度而异; 而高浓度的硅处理则有明显的抑制作用, 且随着浓度升高抑制作用增强。对于芽干质量而言, 在轻度和中度盐胁迫下, 低浓度的外源硅处理对芽干质量的积累有明显的促进作用, 且这种促进作用随着硅浓度增加而增强, 均在硅浓度为 4 mmol/L 时最强; 而高浓度的硅则有抑制作用, 且这种抑制作用在轻度盐胁迫下表现较强。在重度盐胁迫下, 所有浓度的硅处理均对芽干质量的积累没有明显的影响。

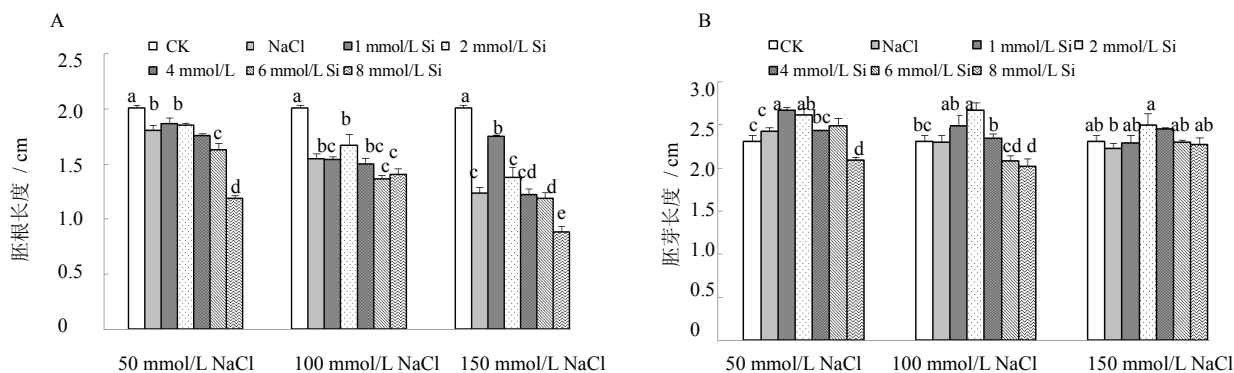


图2 硅对不同程度盐胁迫下甘草幼苗根系 (A) 和茎叶 (B) 长度的影响

Fig. 2 Effect of silicon addition on shoot and root length of *G. uralensis* under salt stress

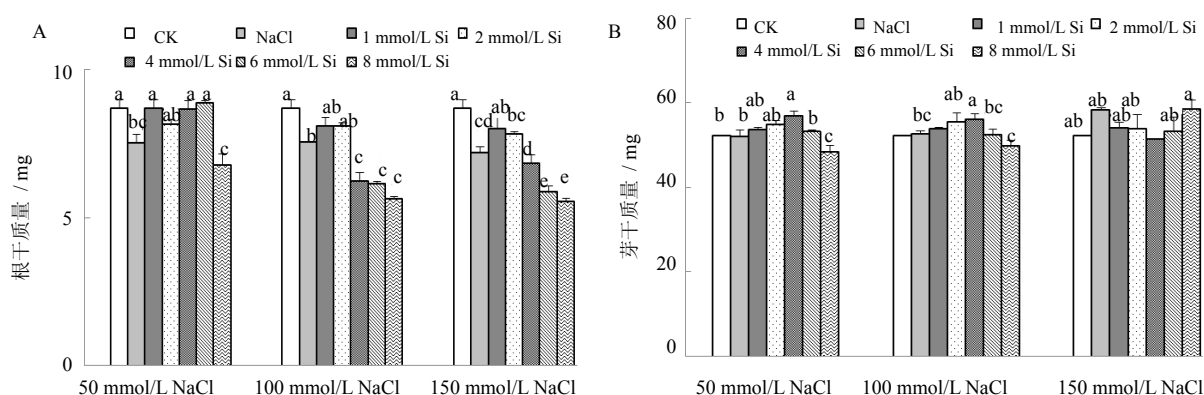


图3 硅对不同程度盐胁迫下甘草幼苗生物量的影响

Fig. 3 Effect of silicon addition on shoot and root dry weight of *G. uralensis* under salt stress

4 讨论

在植物的生命周期中, 种子萌发处于非常重要的地位, 是植物在所处环境中能否正常生存的决定

因素。种子处理的根本目标是减轻植物种子发芽和幼苗生长时环境中的生物和非生物压力。植物种子在盐胁迫下, 由于渗透胁迫及 Na^+ 和 Cl^- 等的毒害作

用可影响种子的萌发,具体表现为随盐胁迫程度的增加种子萌发速度和发芽率等相关指标降低^[17]。盐胁迫对植物造成的伤害有 Na^+ 和 Cl^- 的毒害作用、渗透胁迫和养分不平衡。研究表明,硅能改善许多植物的生长状况,增加植株对盐害的抵御^[12]。

本实验结果表明,硅对盐胁迫下甘草种子初始萌发时间没有影响,但较低浓度的硅对甘草发芽率、发芽指数和出苗率有显著提高作用,说明外源硅不能改变盐胁迫下甘草种子品质的优劣,但能提高其活力,进而提高种子发芽的质量,从而保证出苗的整齐度^[18]。硅对盐胁迫下甘草幼苗根系和茎叶的生长发挥了一定的作用,这点从硅处理甘草幼苗的生物量与对照的生物量有显著差异得到佐证。目前关于硅对植物生长发育的途径有直接和间接两种,直接途径指硅参与了植物的生理生化过程,间接途径表现在通过改善土壤氮、磷、钾的利用效率而促进植物生长。本实验在水培条件下发现添加硅可显著影响甘草种子萌发出苗和幼苗生长,这表明了硅直接参与了盐胁迫下甘草的生理生化过程,从而促进其生长,缓解盐害,但硅究竟参与了哪些生理过程,尚需进一步研究证实。另外,硅对甘草是否具有间接作用,亦需要进一步的实验研究来证实。

本实验研究结果也表明,硅对甘草盐胁迫的缓解作用存在浓度效应,即在较低浓度时表现为促进作用而高浓度时则往往表现为抑制效应,这与前人关于大豆^[19]、黄瓜^[20]等的研究结果一致。同时,硅对甘草盐胁迫的缓解作用的大小也因盐胁迫程度而异。

综上所述,硅对盐胁迫下甘草种子萌发出苗和幼苗生长有一定的影响作用,且这种作用强度因盐胁迫程度和硅浓度不同而异。

参考文献

- [1] 张明发,沈雅琴,张艳霞.甘草及其有效成分的皮肤药理和临床应用[J].药物评价研究,2013,36(2):146-156.
- [2] 张明发,沈雅琴,张艳霞.甘草酸对肾损伤的保护作用和临床应用研究进展[J].现代药物与临床,2012,27(6):655-659.
- [3] 吉海军,商万有.甘草的生物学特性及栽培要点概述[J].吉林农业,2011(10):86.
- [4] 崔兴国.甘草种子萌发耐盐性研究[J].衡水学院学报,2011,13(1):48-50.
- [5] 杨秀红,李建民,董学会,等.盐胁迫对甘草幼苗生长及其生理指标的影响[J].华北农学报,2006,21(4):39-42.
- [6] 杨秀红,李建民,董学会,等.盐胁迫对甘草种子发芽与子叶抗氧化指标的影响[J].种子,2005,24(9):30-32.
- [7] 唐晓敏,王文全,杨全,等.NaCl处理对甘草生长、生理指标及药效成分含量的影响[J].吉林农业大学学报,2008,30(2):172-175.
- [8] 万春阳,王丹,侯玲玲,等.NaCl胁迫对甘草生长季抗氧化酶活性的影响[J].现代生物医学进展,2011,11(10):1805-1805.
- [9] Currie H A, Perry C C. Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies [J]. *Ann Bot*, 2007, 100: 1383-1389.
- [10] Sarwar N, Saifullah, Malhi S S, *et al.* Role of mineral nutrition in minimizing cadmium accumulation by plants [J]. *J Sci Food Agric*, 2010, 90: 925-937.
- [11] Shen X, Zhou Y, Duan L, *et al.* Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-bradiation [J]. *J Plant Physiol*, 2010, 167: 1248-1252.
- [12] Guntzer F, Keller C, Meunier J D. Benefits of plant silicon for crops: a review [J]. *Agron Sustain Dev*, 2012, 32: 201-213.
- [13] Miyake Y, Takahashi E. Effect of silicon on the growth of soybean plants in a solution culture [J]. *Soil Sci Plant Nutrit*, 1985, 31: 625-536.
- [14] Bradbury M, Ahmad R. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* growing in saline soil [J]. *Plant Soil*, 1990, 125: 71-74.
- [15] Dakora F D, Nelwamondo A. Silicon nutrition promotes root growth and tissue mechanical strength in symbiotic cowpea [J]. *Functi Plant Biol*, 2003, 30: 947-953.
- [16] 李清芳,马成仓,李韩平,等.土壤有效硅对大豆生长发育和生理功能的影响[J].应用生态学报,2004,15(1):73-76.
- [17] Rehman S, Harris P J C, Bourne W F, *et al.* The effect of sodium chloride on germination and the potassium and calcium contents of *Acacia* seeds [J]. *Seed Sci Technol*, 1997, 25(1): 45-57.
- [18] 刘慧霞,申晓蓉,郭正刚.硅对紫花苜蓿种子萌发及幼苗生长发育的影响[J].草业学报,2011,20(1):155-160.
- [19] 王丽燕.硅对NaCl胁迫下野大豆种子萌发的影响[J].大豆科学,2010,29(5):906-908.
- [20] 候玉慧,韩晓日,杨家佳,等.硅对盐胁迫下黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(6):206-207.