

NaCl胁迫下苞片对华北驼绒藜种子萌发的影响

薛建国^{1,2}, 韩建国¹, 柳小妮², 邓波¹, 王显国^{1*}, 张铁军¹

(1. 中国农业大学草地研究所, 北京 100193; 2. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要:对去苞片和带苞片的华北驼绒藜种子在不同的盐浓度下进行处理,带苞片种子的发芽率、发芽指数、活力指数均高于去苞片的。在 NaCl 浓度为 70, 140, 210, 280 和 420 mmol/L 时,带苞片种子的发芽率显著高于去苞片的 ($P < 0.05$), 分别为 90.00%, 89.00%, 79.75%, 69.25%, 53.75% 和 78.50%, 81.50%, 74.00%, 62.25% 和 39.25%。用蒸馏水和 490 mmol/L 的 NaCl 溶液对带苞片和去苞片的华北驼绒藜的种子处理 12 h,带苞片种子吸水率均低于去苞片的,苞片延缓了种子的吸水率。490 mmol/L NaCl 处理华北驼绒藜种子 1, 3 和 7 d 后,苞片中 Na^+ 含量显著增加 ($P < 0.05$)。说明华北驼绒藜种子的苞片可以吸附一部分 Na^+ , 减少对胚的伤害。苞片对华北驼绒藜在荒漠盐渍环境中的定植具有重要的意义。

关键词:华北驼绒藜; NaCl 胁迫; 苞片; 种子萌发

中图分类号: S330.2; Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2008)06-0060-06

* 我国特有植物华北驼绒藜 (*Ceratoides arborescens*) 是藜科驼绒藜属的一种典型的半灌木旱生植物,为干旱荒漠草原的优势种或建群种^[1], 主要分布于华北和西北地区^[2]。该种有适应干旱、盐渍环境机制, 抗逆性强, 耐旱、耐寒、耐瘠薄、耐风蚀沙埋^[3~6], 为水土保持、防风固沙、国土治理的重要草种。华北驼绒藜营养丰富, 适口性好, 为各种家畜四季喜食。而且生长迅速, 产草量高, 当年即可饲用, 利用年限可达 10 年以上, 对我国干旱、半干旱地区的畜牧业发展具有重要作用^[3~6]。

驼绒藜属植物均具有苞片^[1,7]。苞片是包被在种子外的绒毛状结构(图 1)。苞片不仅保证种子有足够的机会得到散布, 而且对种子吸水和萌发有很大的影响^[8,9]。盐生植物囊果碱蓬 (*Suaeda physophora*) 种子将大量 Na^+ 区隔化在种皮中, 有利于保护胚不受离子伤害^[10]。Khan 等^[11] 利用 X 能谱技术, 发现 Na^+ 和 Cl^- 在具有很强抗盐性的盐角草 (*Salicornia pacific*) 种皮中的相对含量远高于抗盐性较差的滨藜 (*Atriplex canescens*), 而且 Na^+ 和 Cl^- 在盐角草种皮中的相对含量远高于胚。种皮中较高的 Na^+ 可能具有一定的生态意义, 只有当足够的雨水将种皮中的 Na^+ 淋洗掉, 种子才萌发, 而足够的雨水同时也能将土壤盐分淋洗, 使幼苗的成活率增加^[12]。海棠 (*Chaenomeles sinensis*) 种皮表面有层红色短纤维状物质与油脂物质保护着种子, 抵御恶劣的自然环境^[13]。盐生植物盐角草、滨藜^[11]、白刺 (*Nitraria sibirica*)、盐穗木 (*Halostachys caspica*)^[12], 旱生盐生植物梭梭 (*Haloxylon ammodendron*) 和旱生植物白梭梭 (*Haloxylon persicum*)^[10] 等种皮对种子萌发的影响研究和报道较多, 而对驼绒藜属植物苞片研究较少, 本研究通过研究不同盐浓度苞片对种子萌发的影响, 旨在揭示苞片对华北驼绒藜种子萌发行为的调控机制, 为生产实践提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的华北驼绒藜种子于 2006 年 10 月采自内蒙古农业大学试验地, 采后存放于 4℃ 的冷藏箱。试验用种包括带苞片和去苞片的种子(图 2, 3)。用镊子轻轻的剥去苞片, 不要伤害到胚。带苞片种子的千粒重和长度分别为 (1.880 ± 0.043) g, (6.00 ± 1.79) mm; 去苞片种子的千粒重和长度分别为 (1.183 ± 0.011) g, (2.38 ± 0.05) mm。

* 收稿日期: 2007-11-19; 改回日期: 2008-04-21

基金项目: “十一五” 国家科技支撑课题 (2006BAD16B01), 北京市草业科学重点实验室项目 (JD100190531) 和中国农业大学启动基金 (CAU2006003) 资助。

作者简介: 薛建国 (1981-), 男, 甘肃武威人, 在读硕士。E-mail: xjguo_2008@163.com

* 通讯作者。E-mail: grasschina@126.com

1.2 试验方法

1.2.1 盐处理及发芽试验 取带苞片(图 2)和去苞片(图 3)的种子各 100 粒,4 次重复。将供试种子用 5% 的次氯酸钠灭菌后取出,用蒸馏水反复冲洗 3~5 次。把种子均匀摆放在 120 mm 底部铺有 3 层滤纸的培养皿,皿中加入不同浓度 NaCl(分析纯)溶液。NaCl 的浓度依次为 0,70,140,210,280,350,420 和 490 mmol/L。每个培养皿中加入 13 mL 处理溶液,称取培养皿的重量并记录。

将培养皿放入 LRH-250-G II 型光照培养箱中,25℃ 恒温,无光照。每天记录发芽数,第 7 天为末次计数,胚根突出种皮的长度为种子长度的 50% 即为发芽种子[《国际种子检验规程》(ISTA1996)]。每天用称重法加蒸馏水,用来补充蒸发掉的水分,以保持盐溶液浓度不变。发芽指标的测定如下:

发芽率 = 最终正常苗数 / 供试种子数 × 100%

发芽指数: $G_i = \sum(G_t/D_t)$

简化活力指数: $V_i = G_i \times L$

式中, G_t 为在时间 t 日的发芽数, D_t 为相应的发芽天数, G_i 为发芽指数, L 为苗长。

1.2.2 盐处理及种子吸水率 取带苞片和去苞片的供试种子各 50 粒,4 次重复。将种子放入 90 mm 底部垫有 2 层滤纸的培养皿,皿中分别加入 10 mL 蒸馏水(CK)和 490 mmol/L 的 NaCl 溶液。每 2 h 将种子取出用滤纸吸去表面水分并称重,共测定 6 次。将摆好种子的培养皿放入 LRH-250-G II 型光照培养箱,25℃ 恒温,无光照。

种子吸水率 = (吸水前的重量 - 吸水后的重量) / 吸水前的重量 × 100%^[14]。

1.2.3 盐处理及 Na^+ 、 K^+ 含量测定 分别将去苞片和带苞片的种子用 5% 的次氯酸钠灭菌后,用蒸馏水反复冲洗 3~5 次。种子放入 90 mm 底部垫有 2 层滤纸的培养皿后,加入 490 mmol/L 的 NaCl 溶液,以未加 NaCl 的为对照。

取带苞片和去苞片的种子各 150 粒,4 次重复。培养皿中分别加入 10 mL NaCl 溶液和蒸馏水,使种子的 50% 浸在溶液中。将培养皿放入 LRH-250-G II 型光照培养箱,25℃ 恒温,无光照。每 2 d 换一次盐溶液,以保持盐溶液的浓度不变(参照张建锋等^[15]的方法,略有改动)。每天记录发芽数,将已萌发的种子拣出。

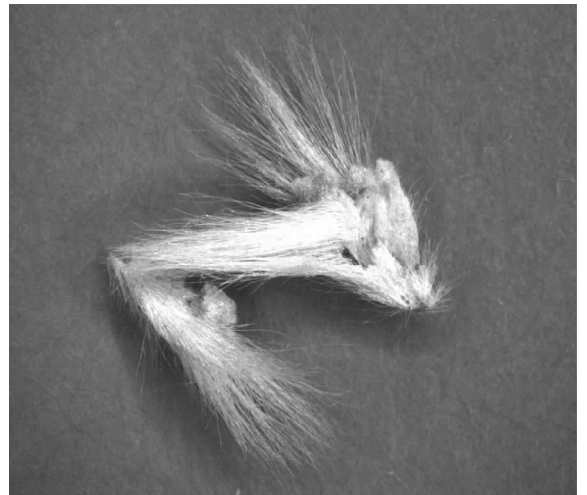


图 1 苞片

Fig. 1 Bract



图 2 带苞片的种子

Fig. 2 Seed with bract

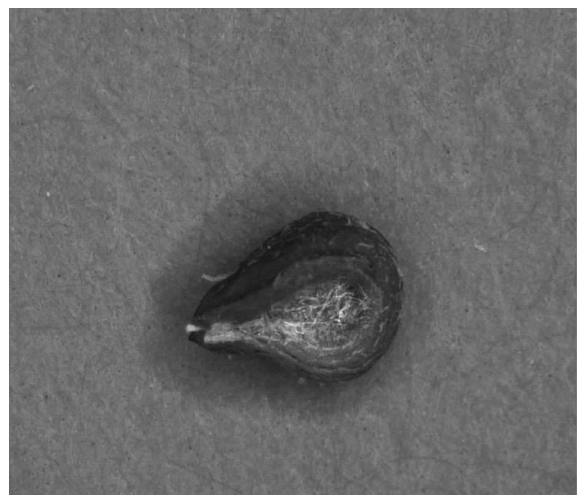


图 3 去苞片的种子

Fig. 3 Seed without bract

1 d后,取 30 粒带苞片未萌发的种子,小心剥去苞片,用蒸馏水冲洗 3 次,用滤纸吸去表面水分,将苞片和种子分别放入 80℃烘箱中烘至恒重;取 30 粒去苞片未萌发的种子直接用蒸馏水冲洗 3 次,放入 80℃烘箱中烘至恒重。 Na^+ 、 K^+ 含量用火焰光度计(Model 410 Sherwood Scientific Ltd.)测定^[16]。

将烘干的材料磨碎后放入 18 mL 的试管,加 100 mmol/L 的冰醋酸 10 mL,放入 90℃的水浴锅水浴 2 h,取出后冷却,过滤,然后加蒸馏水定容至 100 mL 的容量瓶中待测。处理第 3 天和第 7 天只测定 490 mmol/L 的胚和苞片的 Na^+ 、 K^+ 含量,方法同上。

1.3 数据处理

用 SPSS 13.0 统计分析软件进行单因素(One-way ANOVA)显著性检验,用 Excel 作图。

2 结果与分析

2.1 NaCl 浓度对种子发芽率的影响

随着 NaCl 浓度的升高,带苞片和去苞片种子发芽率总体呈降低的趋势,带苞片种子的发芽率均高于去苞片的,在 NaCl 浓度为 70, 140, 210, 280 和 420 mmol/L 时,带苞片种子的发芽率显著($P < 0.05$)高于去苞片的。在对照中去苞片的种子发芽率与带苞片的没有显著差异($P > 0.05$)(图 4)。说明苞片在一定程度上能够延缓 Na^+ 进入胚中,缓解盐对种子萌发的抑制。

2.2 NaCl 浓度对活力指数和发芽指数的影响

随盐浓度增加,去苞片和带苞片种子的发芽指数和活力指数皆呈逐渐降低趋势(表 1)。除在 NaCl 浓度为 140 mmol/L 时,带苞片种子的发芽指数高于去苞片的种子外,在其他盐浓度下,去苞片种子的发芽指数都显著高于带苞片($P < 0.05$)。表明去苞片种子的萌发速度较带苞片的快。

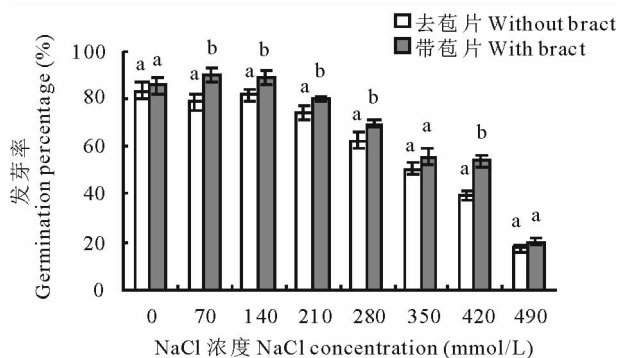


图 4 不同 NaCl 浓度对种子发芽率的影响

Fig. 4 Effect of different concentration NaCl solution on germination percentage of *C. arborescens*

相同 NaCl 浓度柱子上的不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Different small letters mean the significant difference at $P < 0.05$ level between the same NaCl concentration

表 1 不同 NaCl 浓度对种子发芽指数和活力指数的影响

Table 1 Effect of different concentration NaCl solution on germination index and vigor index of *C. arborescens*

项目 Item	NaCl 浓度 NaCl concentration (mmol/L)							
	0	70	140	210	280	350	420	490
去苞片种子的发芽指数 Germination index of seed without bract	121.05 a	117.26 a	101.82 a	95.47 a	71.28 a	53.20 a	31.16 a	12.65 a
带苞片种子的发芽指数 Germination index of seed with bract	108.14 b	111.17 b	102.99 a	69.35 b	50.48 b	20.66 b	22.27 b	6.69 b
去苞片种子的活力指数 Vigor index of seed without bract	259.39 a	233.13 a	189.46 a	135.36 a	104.68 a	46.61 a	21.57 a	8.22 a
带苞片种子的活力指数 Vigor index of seed with bract	203.62 b	223.37 a	196.25 a	106.55 a	62.20 b	17.92 b	16.91 b	4.70 b

注: 同列标有不同小写字母者表示 $P < 0.05$ 水平上差异显著。

Note: Different small letters in a column indicate significant differences at $P < 0.05$.

在 NaCl 浓度为 0, 280, 350, 420 和 490 mmol/L 时,带苞片种子的活力指数显著低于去苞片种子($P < 0.05$)。在 NaCl 浓度为 70, 140 和 210 mmol/L 时,带苞片和去苞片种子的活力指数无显著差异($P > 0.05$)(表 1)。

2.3 种子吸水率的变化

去苞片种子在 NaCl 溶液和蒸馏水(CK)中的吸水率均高于带苞片的,而且 2 类种子在蒸馏水中的吸水率都比在盐溶液中快(图 5)。在蒸馏水中去苞片的种子 2 h 时吸水率就可以达到 79.4%,带苞片的种子为 63.0%;在

NaCl 溶液中,去苞片的种子在 2 h 时吸水率为 66.3%,带苞片的种子为 43.9%。在蒸馏水中 12 h 时,带苞片和去苞片种子的吸水率分别为 151.6%和 160.4%;在 NaCl 溶液中 12 h 时,带苞片和去苞片种子的吸水率分别为 99.2%和 105.6%。在 2~8 h,NaCl 溶液处理的 2 类种子吸水较快,8~12 h,其吸水变慢。在蒸馏水中处理 2, 4, 6, 8 和 10 h 时去苞片的种子吸水率显著高于带苞片的($P < 0.05$);在 NaCl 溶液中 2, 4, 6 和 12 h 时去苞片的种子吸水率显著高于带苞片的($P < 0.05$)。

以上结果表明,带苞片的种子吸水率低于去苞片的种子,苞片的存在,降低了种子的吸水率,在一定程度上延缓了盐溶液进入种子胚的速率。

2.4 苞片和胚中 Na⁺ 和 K⁺ 含量的变化

苞片、带苞片种子胚和去苞片种子胚中 Na⁺ 含量随着处理天数的增加逐渐增加,处理 1, 3 和 7 d 后带苞片胚和苞片中 Na⁺ 含量显著高于对照($P < 0.05$) (图 6),苞片中 Na⁺ 含量分别为 235.96, 285.83 和 299.20 $\mu\text{g/g}$,显著高于带苞片胚(83.09, 97.99 和 143.72 $\mu\text{g/g}$)和去苞片胚中的 Na⁺ 含量(121.33, 145.14 和 228.75 $\mu\text{g/g}$)($P < 0.05$),去苞片胚中 Na⁺ 含量显著高于带苞片胚($P < 0.05$)。

苞片、带苞片种子胚和去苞片种子胚中 K⁺ 含量随着处理天数的增加而降低(图 7)。在盐溶液中处理 1 d 后苞片中 K⁺ 含量低于对照,带苞片种子胚和去苞片种子胚中 K⁺ 含量高于对照;在盐溶液中处理 1, 3 和 7 d 后带苞片种子胚中 K⁺ 含量显著高于苞片和去苞片种子胚($P < 0.05$)。

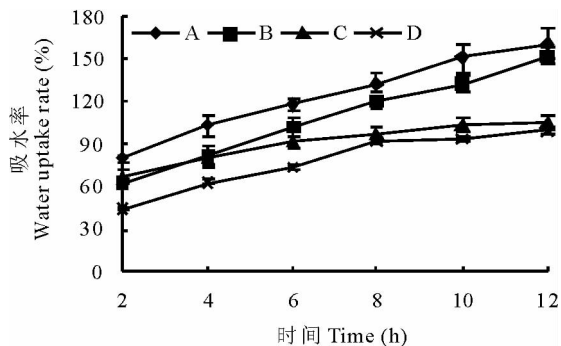


图 5 种子吸水率的变化

Fig. 5 Variation of water uptake rate of *C. arborescens*

A: 蒸馏水中去苞片种子的吸水率 Water uptake rate of seed without bract(CK); B: 蒸馏水中带苞片种子的吸水率 Water uptake rate of seed with bract(CK); C: NaCl 溶液中去苞片种子的吸水率 Water uptake rate of seed without bract(NaCl); D: NaCl 溶液中带苞片种子的吸水率 Water uptake rate of seed with bract(NaCl)

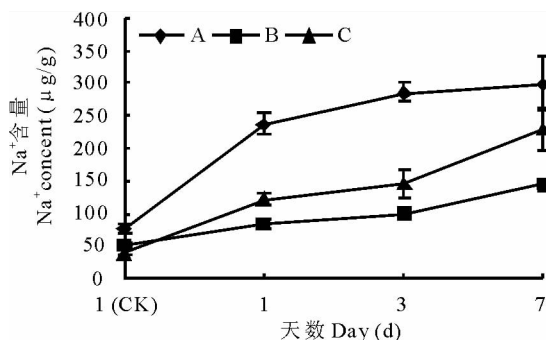


图 6 胚和苞片中 Na⁺ 含量的变化

Fig. 6 Variation of Na⁺ content in embryo and bract

A: 苞片 Bract; B: 带苞片胚 Embryo with bract; C: 去苞片胚 Embryo without bract

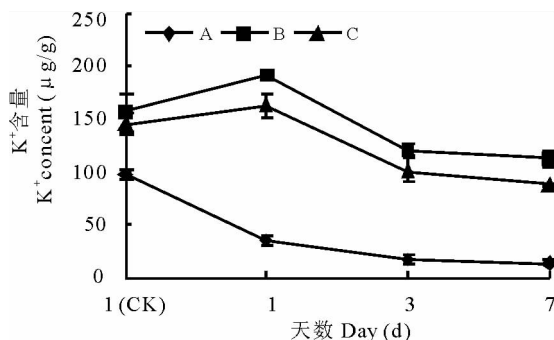


图 7 胚和苞片中 K⁺ 含量的变化

Fig. 7 Variation of K⁺ content in embryo and bract

3 讨论

种子附属物、种皮以及黏液层对种子的传播和萌发都具有深刻的影响^[17]。藜科植物的种子大多数具有苞片或果翅,如驼绒藜(*C. latens*)、华北驼绒藜^[6,7]、戟叶滨藜(*A. hastata*)、滨藜属 *Atriplex mgriffithii*^[8]、沙滨藜(*A. polycarpa*)^[18]、滨藜属 *Atriplex halimus*^[19]等,梭梭、无翅猪毛菜(*Salsola komarovii*)^[20]的种子有果翅,它们作用各不相同。苞片能够通过很多种途径抑制种子萌发,如化学物质、激素、渗透效应、离子毒害和远红光的照射等^[21~24]。梭梭果翅对种子萌发的抑制作用是化学抑制,而不是机械抑制^[25,26]。Giusti 和 Grau^[23]研究表明,滨藜属 *Atriplex cordobensis* 的苞片中含有 ABA,能够抑制种子萌发。而本试验中,华北驼绒藜的苞片对种子的萌

发没有抑制作用,反而在盐溶液中,苞片能够缓解 Na^+ 对胚的伤害,有利于种子萌发。

杨春武等^[27]研究表明,星星草(*Puccinellia tenuiflora*)种子的萌发率随盐浓度的增加而下降。去苞片和带苞片的种子随盐浓度的增加发芽率显著降低(图 4),这与李得禄等^[1]的结论相一致。通过去苞片和带苞片的华北驼绒藜不同盐浓度的处理,对发芽率、发芽指数和活力指数等指标的分析,认为带苞片的华北驼绒藜种子发芽率、发芽指数和活力指数均高于去苞片的种子。表明苞片对 Na^+ 具有一定的阻隔作用,在一定程度上能够缓解 Na^+ 进入胚中,减轻胚所受的伤害。

盐溶液处理 12 h,带苞片种子吸水率低于去苞片的,苞片的存在降低了种子的吸水率,同时在一定程度上延缓了盐溶液进入胚中的速率,减少对胚的伤害。这可能是由于苞片的存在降低了溶液进入种子的速率,而溶液直接进入去苞片种子的速率较快。库尔班·尼扎米丁^[28]研究发现,在 24 h 时驼绒藜带苞片种子的吸水率较去苞片种子高 1 倍以上,这有可能是他处理的时间较长,总的吸水量比较大,说明苞片具有较强的吸水能力,有助于种子在土壤中的吸水和萌发。

颜宏等^[29]研究表明,随着盐胁迫强度的增加, Na^+ 含量的增加导致细胞中膜系统的破坏,从而进一步影响羊草(*Leymus chinensis*)的基础物质代谢及其他生理活动。白梭梭、梭梭和囊果碱蓬在 700 mmol/L 的 NaCl 中处理 1,5 和 10 d 后,胚中 Na^+ 含量显著增加, K^+ 含量显著降低^[10]。过多的 Na^+ 能抑制 K^+ 的进入,或诱导 K^+ 的外渗,引起细胞内 K^+ 含量降低, K^+ 参与 50 多种酶的活化,而 K^+ 的这些作用是 Na^+ 不能取代的^[21]。本试验表明,490 mmol/L NaCl 处理 1 d 后带苞片的种子胚,苞片和去苞片种子胚中 Na^+ 含量显著增加,但 K^+ 含量显著降低;去苞片种子胚中 Na^+ 含量显著高于带苞片种子胚,说明在 Na^+ 进入胚的过程中苞片中吸附了一部分 Na^+ ,减少了对胚的伤害。

苞片对种子的萌发没有抑制作用,在盐溶液中,有利于种子的萌发。种子在干旱和盐渍环境中萌发,去苞片种子会直接遭受到干旱、盐分胁迫,带苞片种子在一定程度上能够缓解这些胁迫。一些真盐生植物在种子形成过程中,在种皮中对 Na^+ 进行区隔化,以减少 Na^+ 对胚的伤害,而旱生植物华北驼绒藜的苞片有没有这种区隔化的能力,将在以后进一步研究。

致谢:感谢内蒙古农业大学的易津教授提供华北驼绒藜种子。

参考文献:

- [1] 李得禄,王继和,李爱得,等. 3 种驼绒藜属植物种子萌发期耐盐性试验研究[J]. 中国沙漠, 2006, 26(6): 1009-1014.
- [2] 刘海英,易津. 不同类型华北驼绒藜生殖特性及种子生产性能评价[J]. 种子, 2004, 23(3): 3-6.
- [3] 内蒙古植物志编写组. 内蒙古植物志(第二卷)[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社, 1978. 180.
- [4] 中国饲用植物志编辑委员会. 中国饲用植物志(第一卷)[M]. 北京:农业出版社, 1987. 428-431.
- [5] 贾明,赵和平,孙杰,等. 荒漠草原“科尔沁型”华北驼绒藜旱作技术研究[J]. 草原与草坪, 2006, (6): 22-25.
- [6] 薛灵芝. 华北驼绒藜植苗造林技术探讨[J]. 内蒙古林业调查设计, 2006, 29(4): 27.
- [7] 易津,王学敏,谷安琳,等. 驼绒藜属牧草种子水分生理及幼苗耐旱性研究[J]. 草地学报, 2003, 11(2): 103-109.
- [8] Ungar I A, Khan M A. Effect of bracteoles on seed germination and dispersal of two species of atriplex[J]. Annals of Botany, 2001, 87: 233-239.
- [9] Gutterman Y. Seed Germination of Desert Plants[M]. Berlin: Springer Verlag, 1993.
- [10] 宋杰. 内陆干旱区几种盐生植物种子和幼苗抗旱性的研究[D]. 中国农业大学博士学位论文, 2005.
- [11] Khan M A, Webber D J, Hess W M. Elemental distribution in seeds of the halophytes *Salicornia pacifica* Var. *Utahensis* and *Atriplex canescens*[J]. America Journal of Botany, 1985, 72: 1672-1675.
- [12] 陈阳. 新疆盐生植物生理生态适应性及硅提高抗盐作用机制的研究[D]. 甘肃农业大学博士学位论文, 2002.
- [13] 吴雪文,于水军,马军委,等. 种皮对海棠种子的保护作用机理研究[J]. 生物技术, 2006, 16(6): 34-37.
- [14] 郭学民,徐兴友,高荣孚,等. 合欢硬实种子的萌发特性及种皮微形态特征[J]. 河北科技师范学院学报, 2005, 19(4): 24-27.

- [15] 张建锋, 李吉跃, 邢尚军, 等. 盐胁迫下盐肤木种子发芽试验[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(3): 79-80.
- [16] Flowers T J, Hajibagher M A, Clipson N J W. Halophytes[J]. The Quarterly Review of Biology, 1986, 61: 313-337.
- [17] 李荣平, 刘志民, 闫巧玲. 科尔沁沙地西部草甸植物萌发特征[J]. 草业学报, 2006, 15(1): 22-28.
- [18] Sankary M N, Barbour M G. Autecology of *Atriplex polycarpa* from California[J]. Ecology, 1972, 53: 1155-1162.
- [19] Osman A E, Ghassali F. Effects of storage conditions and presence of fruiting bracts on the germination of *Atriplex halimus* and *Salsola vermiculata*[J]. Experimental Agriculture, 1997, 33: 149-155.
- [20] Takeno K, Yamaguchi H. Diversity in seed germination behavior in relation to heterocarpy in *Salsola komarovii* Iljin[J]. The Botanical Magazine, 1991, 104: 207-215.
- [21] Young J A, Kay B L, George A, et al. Germination of three species of *Atriplex*[J]. Agronomy Journal, 1980, 72: 705-709.
- [22] Cresswell E G, Grime J P. Induction of a light requirement during seed development and its ecological consequences[J]. Nature, 1981, 291: 583-585.
- [23] Giusti L, Grau A. Inhibidores de la germination en *Atriplex cordobensis* gand et Stucker (Chenopodiaceae)[J]. Lilloa, 1983, 36: 143-149.
- [24] Aiazzi M T, Arguèllo J A. Dormancy and germination studies on dispersal units of *Atriplex cordobensis* (Gandoger and Stucker)(Chenopodiaceae)[J]. Seed Science and Technology, 1992, 20: 401-407.
- [25] 王习勇, 魏岩, 严成. 温周期及果翅对梭梭种子萌发行为的调控[J]. 干旱区研究, 2006, 23(4): 558-561.
- [26] 魏岩, 王习勇. 果翅对梭梭属(*Haloxydon*)种子萌发行为的调控[J]. 生态学报, 2006, 12: 4014-4018.
- [27] 杨春武, 贾娜尔·阿汗, 石德成, 等. 复杂盐碱条件对星星草种子萌发的影响[J]. 草业学报, 2006, 15(5): 45-51.
- [28] 库尔班·尼扎米丁. 驼绒藜种子发芽、出苗及成株过程的研究[J]. 新疆农业大学学报, 2006, 29(2): 54-57.
- [29] 颜宏, 赵伟, 尹尚军, 等. 羊草对不同盐碱胁迫的生理响应[J]. 草业学报, 2006, 15(6): 49-55.

Effects of bracts on seed germination of *Ceratoides arborescens* in sodium chloride

XUE Jian-guo^{1,2}, HAN Jian-guo¹, LIU Xiao-ni², DENG Bo¹, WANG Xian-guo¹, ZHANG Tie-jun¹

(1. Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. College of the Grassland Science, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In this study, two treatments (with and without bracts) were evaluated on seeds treated with different NaCl solutions. Seeds with bracts had higher germination percentage, germination index, and vigour index than seeds without bracts. The germination percentage of bracteolate seeds was significantly ($P < 0.05$) higher than that of seeds without bracts at salinities of 70, 140, 210, 280, and 420 mmol/L, with germination percentages of 90.00%, 89.00%, 79.75%, 69.25%, 53.75% (bracts) and 78.50%, 81.50%, 74.00%, 62.25%, 39.25% (no bracts), respectively. The rate of water uptake of seeds with bracts was higher than that of those without bracts in both distilled water and NaCl solutions. After treating seeds with or without bracts in 490 mmol/L NaCl solution for 1, 3, or 7 d, the Na⁺ contents significantly increased in the bracts. The bracts absorbed Na⁺ and reduced the damage to the embryo. Therefore the presence of bracts is of great importance when *Ceratoides arborescens* is planted in saline desert environments.

Key words: *Ceratoides arborescens*; sodium chloride stress; bracts; seed germination