

钠盐胁迫对远志种子萌发特性的影响

赵停, 李静, 彭亮*, 胡本祥*, 王媛媛, 安衍茹, 黄涛
(陕西中医药大学, 陕西 咸阳 712046)

[摘要] 目的:通过研究不同钠盐胁迫下远志种子的萌发特性,为盐碱地中远志的前期育苗提供参考,提高远志的产量,促进盐碱地的高效利用。方法:采用单盐 NaCl, Na₂CO₃, Na₂SO₄ 和混合盐 NaCl + Na₂SO₄, NaCl + Na₂CO₃, Na₂CO₃ + Na₂SO₄, NaCl + Na₂CO₃ + Na₂SO₄ 不同钠盐溶液对远志种子的发芽过程进行胁迫,以蒸馏水为对照,每天统计并记录发芽数,计算发芽率,发芽势,发芽指数和活力指数,发芽结束后测量株高,根长,鲜重及干重。结果:当 NaCl 浓度 ≥ 150 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂SO₄) 浓度 ≥ 50 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂CO₃) 浓度 ≥ 100 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (Na₂CO₃ + Na₂SO₄) 浓度 ≥ 25 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂CO₃ + Na₂SO₄) 浓度 ≥ 50 mmol·L⁻¹ 时,处理组的发芽率显著低于蒸馏水组 ($P < 0.05$),显著抑制远志种子的发芽。当 Na₂CO₃ 浓度 ≥ 5 mmol·L⁻¹ 时,种子的发芽率与蒸馏水组相比显著降低 ($P < 0.05$),显著抑制远志种子的发芽,且随着浓度的增大,抑制作用逐渐增强。结论:低浓度的 NaCl, Na₂SO₄, NaCl + Na₂SO₄, NaCl + Na₂CO₃, Na₂CO₃ + Na₂SO₄, NaCl + Na₂CO₃ + Na₂SO₄ 盐溶液对远志种子的萌发无影响,随着浓度的增大,对远志种子的发芽有显著的抑制作用。单盐 Na₂CO₃ 溶液对种子发芽的抑制作用最强,Na₂CO₃ ≥ 5 mmol·L⁻¹ 时对远志种子的萌发具有显著的抑制作用,且随着胁迫浓度的增大,抑制作用逐渐增强。

[关键词] 远志; 钠盐胁迫; 发芽

[中图分类号] R282.2; R289; R2-031 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-9903(2018)17-0060-08

[doi] 10.13422/j.cnki.syfjx.20181110

[网络出版地址] <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20180319.1620.001.html>

[网络出版时间] 2018-03-20 12:46

Effect of Sodium Salt Stress on Seed Germination Characteristics of *Polygala tenuifolia*

ZHAO Ting, LI Jing, PENG Liang*, HU Ben-xiang*, WANG Yuan-yuan, AN Yan-ru, HUANG Tao
(Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang 712046, China)

[Abstract] **Objective:** To provide reference for the early seedling cultivation of *Polygala tenuifolia* in saline alkali soil, improve the yield of *P. tenuifolia*, and promote the efficient utilization of saline alkali soil by studying the germination characteristics of *P. tenuifolia* seeds under different sodium salt stress conditions. **Method:** *P. tenuifolia* seed germination was stressed with the single salt NaCl, Na₂CO₃, Na₂SO₄ and mixed salt NaCl + Na₂SO₄, NaCl + Na₂CO₃, Na₂CO₃ + Na₂SO₄, NaCl + Na₂CO₃ + Na₂SO₄ salt solution, with distilled water as the control. The number of germination was counted and recorded everyday; the germination potential, germination rate, germination index and vigor index were calculated; the root height, shoot height, fresh weight and dry weight were measured after germination. **Result:** When the NaCl concentration ≥ 150 mmol·L⁻¹, Na⁺ mixed salt (NaCl + Na₂SO₄) concentration ≥ 50 mmol·L⁻¹, Na⁺ mixed salt (NaCl + Na₂CO₃) concentration ≥ 100 mmol·L⁻¹, Na⁺ mixed salt (Na₂CO₃ + Na₂SO₄) concentration ≥ 25 mmol·L⁻¹, Na⁺ mixed salt (NaCl +

[收稿日期] 20171025(009)

[基金项目] 国家中医药行业科研专项(201507002-1-08)

[第一作者] 赵停,在读硕士,从事中药质量标准化控制技术研究,E-mail:1907768191@qq.com

[通信作者] *胡本祥,教授,从事中药质量控制标准及中药规范化栽培技术研究,E-mail:hbx800823@126.com;

*彭亮,博士,从事中药资源与评价及中药材质量控制标准研究,E-mail:ppengliang@126.com

$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) concentration $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, the germination rate of treatment group was significant lower than that of the control group ($P < 0.05$), significantly inhibiting the germination of seeds. When the Na_2CO_3 concentration $\geq 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, the germination rate of the seed was significantly lower than that of the control group ($P < 0.05$), significantly inhibiting the germination of seeds of *P. tenuifolia*, and the inhibitory effect was gradually increased with the increase of concentration. **Conclusion:** The results showed that low concentration of NaCl , Na_2SO_4 , $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ salt solution had no effect on germination of seeds, but with the increase of concentration, they had obvious inhibitory effect on the germination of seeds. Single salt Na_2CO_3 solution had the strongest inhibitory effect on seed germination; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \geq 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ had significant inhibitory effect on germination of seeds, and the effect was gradually increased with the increase of stress concentration.

[Key words] *Polygala tenuifolia*; sodium salt stress; germination

远志为远志科植物远志或卵叶远志的干燥根,其味苦,性辛、温,归心、肾、肺经。始载于《神农本草经》,被列为上品,具有安神益智,交通心肾,祛痰,消肿的功效,用于心肾不交引起的失眠多梦、健忘惊悸、神志恍惚、咳痰不爽、疮疡肿毒、乳房肿痛等^[1]。目前为止,远志中分离得到的成分主要有三萜皂苷类、远志甙酮类、寡糖酯类、生物碱类、苯丙素类、内酯类,其中三萜皂苷类、远志甙酮类和寡糖酯类是远志的主要活性成分^[2]。大量的药理实验及临床研究表明,远志具有抗痴呆和脑保护活性、抗抑郁、抗心肌缺血的作用,在祛痰镇咳、活血抗炎、增强免疫等方面均具有一定的活性^[3]。近年来,对远志的研究多集中在化学成分^[4-5]、药理作用^[6-7]及质量研究^[8-10]等方面,对于远志种子在钠盐胁迫下的萌发特性方面未见报道。

中国的盐渍地资源丰富且分布广泛,据全国第二次土壤普查,中国的盐渍地总面积约3.6亿 hm^2 ,占全国可利用面积的4.88%,主要分布在西北、华北、东北和沿海地区^[11]。盐碱地的高效利用成为提升我国农业生产能力、增加耕地面积的关键环节。目前对植物的盐碱胁迫研究大多以 NaCl 为研究对象,而碱性盐 Na_2CO_3 的研究报道较少。本文以远志种子为研究对象,研究其在 NaCl , Na_2SO_4 , Na_2CO_3 及其混合物胁迫下的萌发特性。这对提高远志种子的抗盐碱能力,增加远志产量以及促进盐碱地的高效利用具有重要意义。

1 材料

远志种子采集于陕西省淳化县远志规范化栽培基地,经陕西中医药大学胡本祥教授鉴定为远志 *Polygala tenuifolia* 的种子。

蒸馏水为自制,所有试剂均为分析纯。

2 方法

2.1 胁迫处理钠盐溶液 采用 NaCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 单盐溶液, NaCl 与 Na_2CO_3 , NaCl 与 Na_2SO_4 , Na_2CO_3 与 Na_2SO_4 , 以及 NaCl , Na_2CO_3 与 Na_2SO_4 的混合溶液对远志种子进行钠盐胁迫。每种钠盐溶液设置6个浓度,钠盐溶液的 Na^+ 浓度均为0, 10, 25, 50, 100, 150, 200 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合溶液分别用 NaCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 按照1:1:1的比例混合配置而成。选取大小均一、饱满的优质远志种子,先用2%的次氯酸钠消毒15 min,用蒸馏水冲洗种子至无次氯酸钠味道,再用蒸馏水浸种24 h^[12]。将种子均匀排布在铺有2层滤纸的发芽床上,每个培养皿30粒种子,分别加入不同浓度的钠盐溶液,每个处理3个重复,以蒸馏水为对照。将所有培养皿放置在温度25 $^{\circ}\text{C}$,光照时间12 $\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$ 的恒温培养箱中。每天加入适量的溶液,以保持滤纸湿润。以种子发芽长度超过1 mm为发芽标准,每天观察并记录发芽数,第3天统计发芽势,第9天统计发芽率和发芽指数。发芽结束后,每个培养皿选取5株已发芽的种子,用游标卡尺(精度0.01 mm)测量根长、株高,结果取平均值,并分别测鲜重,干燥恒重后,测干重。

$$\text{发芽率} = \text{发芽种子总数} / \text{供试种子总数} \times 100\%$$

$$\text{发芽势} = \text{规定时间发芽种子总数} / \text{供试种子总数} \times 100\%$$

$$\text{发芽指数} = \sum (Gt/Dt), \text{式中 } Gt \text{ 表示在不同时间的发芽数; } Dt \text{ 表示发芽日数; } \sum \text{表示总和。}$$

$$\text{活力指数} = \text{发芽指数} \times \text{胚芽长度} (\text{mm})$$

$$\text{相对盐害率} = (\text{对照发芽率} - \text{处理发芽率}) / \text{对照发芽率} \times 100\%$$

2.2 数据处理采用 Excel 2010 对数据进行绘图分析,SPSS 19.0 数据统计软件进行数据分析,用单

因素方差分析 (one-way ANOVA) 和最小显著差异法 (LSD 法) 进行数据显著性分析。

3 结果与分析

3.1 钠盐胁迫对远志种子萌发的影响 由表 1, 2 可知, 不同钠盐溶液对远志种子发芽率的影响各不相同。除 Na_2CO_3 溶液之外, 低浓度的单盐 NaCl , Na_2SO_4 和混合盐 $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 溶液

对远志种子的发芽率均无显著性影响。当 NaCl 浓度 $\leq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, Na_2SO_4 浓度 $\leq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3)$ 浓度 $\leq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 远志种子的发芽率与对照无显著性差异。

表 1 $\text{NaCl}, \text{Na}_2\text{CO}_3, \text{Na}_2\text{SO}_4$ 胁迫对远志种子发芽的影响 ($\bar{x} \pm s, n=5$)

Table 1 $\text{NaCl}, \text{Na}_2\text{CO}_3, \text{Na}_2\text{SO}_4$ treatments on germination of *Polygala tenuifolia* seeds ($\bar{x} \pm s, n=5$)

单盐	浓度/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数	相对盐害率/%
NaCl	0	46.67 ± 3.34 ^a	44.44 ± 1.93 ^a	24.05 ± 0.63 ^a	12.51 ± 0.32 ^a	0
	10	55.55 ± 6.93 ^a	43.33 ± 8.82 ^a	21.70 ± 3.22 ^a	9.33 ± 1.39 ^b	-19.03
	25	57.78 ± 6.93 ^a	36.67 ± 8.82 ^a	23.41 ± 2.86 ^a	10.09 ± 1.26 ^b	-23.81
	50	56.67 ± 8.82 ^a	44.44 ± 1.93 ^a	21.21 ± 2.31 ^a	5.52 ± 0.60 ^c	-21.43
	100	56.67 ± 3.34 ^a	13.34 ± 5.77 ^b	15.92 ± 2.18 ^b	0 ^d	-21.43
	150	8.89 ± 3.85 ^b	0 ^c	2.15 ± 0.76 ^c	0 ^d	80.95
	200	6.67 ± 3.34 ^b	0 ^c	1.16 ± 0.56 ^c	0 ^d	85.71
Na_2CO_3	0	46.67 ± 3.34 ^a	44.44 ± 1.93 ^a	24.05 ± 0.63 ^a	12.51 ± 0.32 ^a	0
	5	42.22 ± 1.92 ^b	25.56 ± 1.93 ^b	15.88 ± 0.91 ^b	4.92 ± 0.28 ^b	9.53
	12.5	35.56 ± 5.09 ^c	30.00 ± 3.33 ^c	15.25 ± 2.04 ^b	3.35 ± 0.45 ^c	23.81
	25	27.78 ± 1.92 ^d	6.67 ± 0.15 ^d	6.83 ± 0.87 ^c	0 ^d	40.48
	50	0 ^e	0 ^e	0 ^d	0 ^d	100
	75	0 ^e	0 ^e	0 ^d	0 ^d	100
	100	0 ^e	0 ^e	0 ^d	0 ^d	100
Na_2SO_4	0	46.67 ± 3.34 ^{ab}	44.44 ± 1.93 ^a	24.05 ± 0.63 ^a	12.51 ± 0.32 ^a	0
	5	37.78 ± 6.94 ^b	18.89 ± 6.94 ^{bc}	13.38 ± 3.17 ^c	3.88 ± 0.92 ^d	19.05
	12.5	43.33 ± 6.67 ^b	26.66 ± 11.55 ^{bc}	16.36 ± 3.12 ^{bc}	5.39 ± 1.03 ^c	7.16
	25	56.67 ± 3.34 ^a	31.11 ± 5.09 ^b	19.10 ± 2.50 ^b	7.07 ± 0.93 ^b	-21.43
	50	41.11 ± 3.85 ^b	14.44 ± 5.09 ^{cd}	13.94 ± 1.01 ^c	0 ^e	11.91
	75	40.00 ± 8.82 ^b	17.78 ± 6.94 ^{bc}	13.14 ± 2.54 ^c	0 ^e	14.29
	100	33.34 ± 5.77 ^b	3.33 ± 3.34 ^d	7.25 ± 2.00 ^d	0 ^e	28.56

注: 同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$) (表 2 ~ 4 同)。

当 NaCl 浓度 $\geq 150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3)$ 浓度 $\geq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 $\geq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 处理组的发芽率显著低于对照 ($P < 0.05$), 显著抑制远志种子的发芽。

Na_2CO_3 溶液对远志种子发芽率的抑制作用最强, 当 Na_2CO_3 浓度 $\geq 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 种子的发芽率

与对照相比显著降低 ($P < 0.05$), 显著抑制远志种子的发芽, 且随着浓度的增大, 抑制作用逐渐增强。当 Na_2CO_3 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 发芽率降低为 0。

NaCl 浓度在 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, Na_2SO_4 浓度在 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 发芽率最低。当混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 $\geq 200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3)$ 浓度 $\geq 200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 $\geq 200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, 混合盐 $\text{Na}^+ (\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 浓度 \geq

表 2 混合盐胁迫对远志种子发芽的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

Table 2 Effects of mixed salt treatment on germination of *Polygala tenuifolia* seeds ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

混合盐	浓度/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数	相对盐害率/%
NaCl + Na ₂ SO ₄	0	46.67 ± 3.34 ^a	44.44 ± 1.93 ^a	24.05 ± 0.63 ^a	12.51 ± 0.32 ^a	0
	10	41.11 ± 6.94 ^a	23.33 ± 3.34 ^b	16.67 ± 2.01 ^b	6.84 ± 0.82 ^b	11.91
	25	38.89 ± 6.94 ^a	17.78 ± 3.85 ^b	13.25 ± 0.80 ^c	5.56 ± 0.34 ^c	16.67
	50	25.67 ± 3.35 ^b	24.44 ± 1.93 ^b	16.97 ± 1.47 ^b	4.24 ± 0.37 ^d	44.99
	100	25.67 ± 3.34 ^b	11.11 ± 5.09 ^c	14.05 ± 1.39 ^{bc}	0 ^e	44.99
	150	23.33 ± 6.67 ^b	3.33 ± 3.33 ^d	5.94 ± 2.67 ^d	0 ^e	50.01
	200	0 ^c	0 ^d	0 ^e	0 ^e	100
NaCl + Na ₂ CO ₃	0	46.67 ± 3.34 ^a	44.44 ± 1.93 ^a	24.05 ± 0.63 ^a	12.51 ± 0.32 ^a	0
	10	43.33 ± 12.02 ^a	30.00 ± 3.33 ^b	16.86 ± 3.80 ^b	6.74 ± 1.52 ^b	7.16
	25	43.33 ± 5.77 ^a	26.67 ± 6.67 ^b	16.02 ± 2.89 ^b	5.77 ± 1.04 ^b	7.16
	50	41.11 ± 8.39 ^a	26.67 ± 6.67 ^b	15.00 ± 4.07 ^b	0 ^c	11.91
	100	10.00 ± 6.67 ^b	1.11 ± 1.92 ^c	1.81 ± 1.44 ^c	0 ^c	78.57
	150	4.44 ± 1.93 ^b	0 ^c	0.32 ± 0.13 ^c	0 ^c	90.49
	200	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	100
Na ₂ CO ₃ + Na ₂ SO ₄	0	46.67 ± 3.34 ^a	44.44 ± 1.93 ^a	24.05 ± 0.63 ^a	12.51 ± 0.32 ^a	0
	10	43.33 ± 5.77 ^{ab}	22.22 ± 6.94 ^c	14.72 ± 3.24 ^b	5.15 ± 1.13 ^b	7.16
	25	38.89 ± 5.09 ^b	29.99 ± 5.77 ^b	15.68 ± 2.40 ^b	4.55 ± 0.69 ^b	16.67
	50	28.89 ± 3.84 ^c	4.44 ± 1.93 ^d	7.13 ± 2.23 ^c	0 ^c	38.09
	100	1.11 ± 1.92 ^d	0 ^d	0.25 ± 0.43 ^d	0 ^c	97.62
	150	1.11 ± 1.92 ^d	0 ^d	0.25 ± 0.43 ^d	0 ^c	97.62
	200	0 ^d	0 ^d	0 ^d	0 ^c	100
NaCl + Na ₂ CO ₃ + Na ₂ SO ₄	0	46.67 ± 3.34 ^a	44.44 ± 1.93 ^a	24.05 ± 0.63 ^a	12.51 ± 0.32 ^a	0
	10	38.89 ± 3.85 ^a	22.22 ± 5.09 ^b	13.99 ± 2.64 ^b	5.32 ± 1.00 ^b	16.79
	25	43.33 ± 8.82 ^a	26.67 ± 6.67 ^b	17.12 ± 2.79 ^b	4.79 ± 0.78 ^b	7.16
	50	5.56 ± 5.09 ^b	2.22 ± 3.85 ^c	1.54 ± 1.98 ^c	0 ^c	88.08
	100	2.22 ± 3.85 ^b	2.22 ± 3.85 ^c	1.22 ± 2.11 ^c	0 ^c	95.24
	150	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	100
	200	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	100

150 mmol·L⁻¹时,发芽率降低为 0。

远志种子的发芽势和发芽指数在低浓度的 NaCl 溶液胁迫下,不受盐溶液的影响。NaCl 浓度 ≤ 50 mmol·L⁻¹时,发芽势和发芽指数与对照无显著性差异。NaCl 浓度 ≥ 100 mmol·L⁻¹时,远志种子的发芽势和发芽指数受到明显抑制。

当 Na₂CO₃ 浓度 ≥ 5 mmol·L⁻¹, Na₂SO₄ 浓度 ≥ 5 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂SO₄) 浓度 ≥ 10 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂CO₃) 浓度 ≥ 10 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (Na₂CO₃ + Na₂SO₄) ≥ 10 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂CO₃ +

Na₂SO₄) ≥ 10 mmol·L⁻¹时,远志种子的发芽势和发芽指数均显著小于对照。

活力指数是种子发芽速率和生长量的综合反映,在一定的钠盐浓度范围内,种子可以萌发但生长会受到抑制,活力指数降低。NaCl ≥ 10 mmol·L⁻¹, Na₂CO₃ ≥ 5 mmol·L⁻¹, Na₂SO₄ ≥ 5 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂SO₄) ≥ 10 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂CO₃) ≥ 10 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (Na₂CO₃ + Na₂SO₄) ≥ 10 mmol·L⁻¹,混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂CO₃ + Na₂SO₄) ≥ 10 mmol·L⁻¹时,远志种子的活力指数显著低于对照 ($P < 0.05$),生长受

到明显抑制。

由相对盐害率可知,NaCl 溶液对远志种子的伤害程度最轻,低浓度的 NaCl 溶液对远志种子的发芽具有促进作用,当 NaCl 浓度增大 $\geq 150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,相对盐害率增大,抑制远志种子的萌发与生长。 Na_2SO_4 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 (NaCl + Na_2CO_3 + Na_2SO_4) 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,随着胁迫浓度的增大相对盐害率逐渐减小,对远志的伤害程度逐渐减轻, Na_2SO_4 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (NaCl + Na_2CO_3 + Na_2SO_4) $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,伤害程度逐渐增大。当 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \geq 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合

盐 (NaCl + Na_2SO_4) 浓度 $\geq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (NaCl + Na_2CO_3) 浓度 $\geq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 (Na_2CO_3 + Na_2SO_4) 浓度 $\geq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,浓度增大对远志种子的伤害程度逐渐增大。

3.2 钠盐胁迫对远志根长和株高的影响 由表 3,4 可知,NaCl 溶液对远志根生长的抑制作用最弱,呈现低浓度促进高浓度抑制的趋势,NaCl 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的根长随着胁迫浓度的增大逐渐增长。当 NaCl 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,远志的根长相比对照显著降低,严重抑制远志根的生长。

表 3 NaCl, Na_2CO_3 , Na_2SO_4 胁迫对远志的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

Table 3 Effects of NaCl, Na_2CO_3 , Na_2SO_4 treatments on *Polygala tenuifolia* ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

单盐	浓度/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	株高/cm	根长/cm	鲜重/mg	干重/mg
NaCl	0	0.506 7 \pm 0.03 ^a	2.750 6 \pm 0.72 ^b	18.233 3 \pm 1.39 ^{ab}	1.833 3 \pm 0.42 ^a
	10	0.433 3 \pm 0.07 ^a	3.226 7 \pm 0.74 ^b	17.300 0 \pm 1.42 ^b	1.333 3 \pm 0.21 ^a
	25	0.445 8 \pm 0.04 ^a	3.893 3 \pm 0.36 ^a	19.833 3 \pm 1.76 ^a	1.400 0 \pm 0.17 ^a
	50	0.266 7 \pm 0.03 ^b	0.976 4 \pm 0.28 ^c	9.166 7 \pm 0.32 ^c	1.533 3 \pm 0.32 ^a
	100	0 ^c	0 ^c	0 ^d	0 ^b
	150	0 ^c	0 ^c	0 ^d	0 ^b
	200	0 ^c	0 ^c	0 ^d	0 ^b
Na_2CO_3	0	0.506 7 \pm 0.03 ^a	2.751 6 \pm 0.72 ^a	18.233 3 \pm 1.39 ^a	1.833 3 \pm 0.42 ^a
	5	0.311 5 \pm 0.08 ^b	2.130 8 \pm 1.43 ^a	14.500 0 \pm 4.62 ^b	1.166 7 \pm 0.21 ^b
	12.5	0.223 3 \pm 0.02 ^c	1.623 6 \pm 0.39 ^a	7.933 3 \pm 1.72 ^c	1.933 3 \pm 0.15 ^a
	25	0 ^d	0 ^b	0 ^d	0 ^c
	50	0 ^d	0 ^b	0 ^d	0 ^c
	75	0 ^d	0 ^b	0 ^d	0 ^c
	100	0 ^d	0 ^b	0 ^d	0 ^c
Na_2SO_4	0	0.506 7 \pm 0.03 ^a	2.756 3 \pm 0.72 ^a	18.233 3 \pm 1.39 ^a	1.833 3 \pm 0.42 ^a
	5	0.486 7 \pm 0.006 ^a	1.970 4 \pm 0.65 ^a	10.600 0 \pm 4.34 ^b	1.033 3 \pm 0.21 ^b
	12.5	0.332 6 \pm 0.04 ^b	1.596 7 \pm 1.11 ^{ab}	10.033 3 \pm 2.25 ^b	1.500 0 \pm 0.35 ^a
	25	0.266 7 \pm 0.04 ^c	0.683 3 \pm 0.08 ^{bc}	7.833 3 \pm 0.83 ^b	0.900 0 \pm 0.1 ^b
	50	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c
	75	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c
	100	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c

当 Na_2CO_3 浓度 $\leq 12.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, Na_2SO_4 浓度 $\leq 12.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (NaCl + Na_2SO_4) 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (NaCl + Na_2CO_3) 浓度 $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (Na_2CO_3 + Na_2SO_4) 浓度 $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (NaCl + Na_2CO_3 + Na_2SO_4) 浓度 $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的根

长与对照无显著性差异。随着胁迫浓度的增大,当 Na_2SO_4 浓度 $\geq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (NaCl + Na_2SO_4) 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (NaCl + Na_2CO_3) 浓度 $\geq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (Na_2CO_3 + Na_2SO_4) $\geq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ (NaCl + Na_2CO_3 + Na_2SO_4) 浓度 $\geq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,

表 4 混合盐胁迫对远志的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

Table 4 Effects of mixed salt treatments on *Polygala tenuifolia* ($\bar{x} \pm s, n = 5$)

混合盐	浓度/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	株高/cm	根长/cm	鲜重/mg	干重/mg
NaCl + Na ₂ SO ₄	0	0.506 7 ± 0.03 ^a	2.751 6 ± 0.72 ^a	18.233 3 ± 1.39 ^a	1.833 3 ± 0.42 ^a
	10	0.406 7 ± 0.16 ^a	2.422 5 ± 0.54 ^a	12.433 3 ± 2.39 ^b	1.400 0 ± 0.44 ^a
	25	0.425 2 ± 0.09 ^a	2.293 7 ± 0.28 ^a	20.266 7 ± 3.37 ^a	1.933 3 ± 0.55 ^a
	50	0.251 0 ± 0.04 ^b	1.423 3 ± 0.11 ^b	14.666 7 ± 1.80 ^b	1.833 3 ± 0.35 ^a
	100	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b
	150	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b
	200	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b
NaCl + Na ₂ CO ₃	0	0.506 7 ± 0.03 ^a	2.750 7 ± 0.72 ^a	18.233 3 ± 1.39 ^b	1.833 3 ± 0.42 ^a
	10	0.403 3 ± 0.04 ^b	2.611 3 ± 0.82 ^a	23.000 0 ± 1.84 ^a	1.966 7 ± 0.23 ^a
	25	0.362 5 ± 0.04 ^c	0.853 3 ± 0.26 ^b	15.300 0 ± 5.53 ^b	4.633 3 ± 5.51 ^a
	50	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^a
	100	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^a
	150	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^a
	200	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^a
Na ₂ CO ₃ + Na ₂ SO ₄	0	0.506 7 ± 0.03 ^a	2.750 0 ± 0.72 ^a	18.233 3 ± 1.69 ^b	1.833 3 ± 0.42 ^a
	10	0.346 7 ± 0.04 ^b	2.040 0 ± 1.14 ^a	20.366 7 ± 1.85 ^a	1.533 3 ± 0.23 ^a
	25	0.293 3 ± 0.02 ^c	1.063 3 ± 0.35 ^b	16.766 7 ± 1.72 ^b	1.033 3 ± 0.15 ^b
	50	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^c
	100	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^c
	150	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^c
	200	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^c
NaCl + Na ₂ CO ₃ + Na ₂ SO ₄	0	0.506 7 ± 0.03 ^a	2.750 0 ± 0.72 ^a	18.233 3 ± 1.39 ^a	1.833 3 ± 0.42 ^a
	10	0.383 3 ± 0.006 ^b	3.250 0 ± 1.03 ^a	19.800 0 ± 1.36 ^a	1.800 0 ± 0.72 ^a
	25	0.276 7 ± 0.06 ^c	0.713 3 ± 0.12 ^b	13.866 7 ± 0.93 ^b	1.366 7 ± 0.25 ^a
	50	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^b
	100	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^b
	150	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^b
	200	0 ^d	0 ^b	0 ^c	0 ^b

远志根的生长受到显著抑制。

从株高数据来看,单盐 NaCl, Na₂SO₄ 和混合盐 (NaCl + Na₂SO₄) 对远志株高的抑制作用稍弱。当 NaCl 浓度 ≤ 25 mmol · L⁻¹, Na₂SO₄ 浓度 ≤ 5 mmol · L⁻¹, 混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂SO₄) 浓度 ≤ 25 mmol · L⁻¹ 时, 远志的株高与对照无显著性差异。当 NaCl 浓度 ≥ 50 mmol · L⁻¹, Na₂SO₄ 浓度 ≥ 12.5 mmol · L⁻¹, 混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂SO₄) 浓度 ≥ 50 mmol · L⁻¹ 时, 株高与对照相比显著降低 ($P < 0.05$), 显著抑制远志的生长。

单盐 Na₂CO₃, 混合盐 (NaCl + Na₂CO₃), 混合盐

(Na₂CO₃ + Na₂SO₄), 混合盐 (NaCl + Na₂CO₃ + Na₂SO₄) 对远志生长的抑制作用较强。当 Na₂CO₃ 浓度 ≥ 10 mmol · L⁻¹, 混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂CO₃) 浓度 ≥ 10 mmol · L⁻¹, 混合盐 Na⁺ (Na₂CO₃ + Na₂SO₄) 浓度 ≥ 10 mmol · L⁻¹, 混合盐 Na⁺ (NaCl + Na₂CO₃ + Na₂SO₄) 浓度 ≥ 10 mmol · L⁻¹ 时, 远志的株高显著小于对照 ($P < 0.05$), 且随着胁迫浓度的增大, 株高逐渐降低, 对远志生长的抑制作用逐渐增强。

3.3 钠盐胁迫对远志鲜重和干重的影响 由表 3, 4 可知, 不同钠盐胁迫下, 远志的鲜重和干重变化趋

势各不相同。从鲜重来,混合盐($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$),混合盐($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$),混合盐($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$)对远志鲜重的抑制作用最弱,随着胁迫浓度的增大呈现先升高再降低的趋势。当混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) 浓度 $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 浓度 $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的鲜重随胁迫浓度的增大逐渐升高,分别在浓度为 25, 10, 10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时达到最大值。当混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的鲜重与对照相比显著降低 ($P < 0.05$)。

单盐 NaCl 和混合盐 ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 对远志鲜重的抑制作用较强。低浓度的钠盐溶液对远志的鲜重无影响,当浓度增大时对远志鲜重有明显的抑制作用。当 NaCl 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 浓度 $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的鲜重质量与对照无显著性差异。 NaCl 浓度 $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 浓度 $\geq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,鲜重显著降低。单盐 Na_2CO_3 和 Na_2SO_4 对远志鲜重的抑制作用最强,当 Na_2CO_3 和 Na_2SO_4 浓度 $\geq 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的鲜重均显著低于对照,且随着胁迫浓度的增大,抑制作用逐渐增强。

从干重数据来看,单盐 NaCl ,混合盐 ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$),混合盐 ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$),混合盐 ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 对远志干重的抑制作用最弱。 NaCl 浓度 $\leq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 浓度 $\leq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 浓度 $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的干重与对照无显著性差异。

Na_2SO_4 溶液胁迫下,随着胁迫浓度的增大远志的干重先升高再降低。当 Na_2SO_4 浓度为 $12.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的干重出现最大值,与对照无显著性差异。混合盐 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 胁迫下, Na^+ 浓度 $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,干重与对照无显著性差异, Na^+ 浓度 $\geq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,干重与对照相比显著降低。 Na_2CO_3 溶液胁迫下对远志干重的抑制作用最强,当 Na_2CO_3 浓度 $\geq 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的干重显著低于对照,且随着浓度的增大,干重逐渐降低。

4 讨论

远志的生长是从种子萌发开始的,其能否在盐

碱地中生存,关键看种子萌发阶段种子的抗盐能力。不同钠盐胁迫对种子的影响主要有两方面:渗透效应和离子效应^[13]。渗透效应是指土壤中盐分含量增加时,渗透压随之增加,水势相对降低,使种子吸水困难而抑制其发芽。离子效应是指离子含量增加时对种子造成的毒害作用^[14]。本试验研究 NaCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 单盐溶液和 $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 混合盐溶液对远志种子萌发的影响,结果发现,不同的钠盐溶液对远志种子萌发的影响不同。低浓度的 NaCl , Na_2SO_4 , $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$ 盐溶液对远志种子的萌发无影响,随着浓度的增大,对远志种子发芽有显著的抑制作用。 $\text{NaCl} \leq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \leq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$) $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) $\leq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) $\leq 10 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) $\leq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,远志的发芽率与对照无显著性差异, $\text{NaCl} \geq 150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4 \geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) $\geq 100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) $\geq 25 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,混合盐 Na^+ ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) $\geq 50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,种子的发芽率相比对照显著降低。单盐 Na_2CO_3 溶液对种子发芽的抑制作用最强, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \geq 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时对远志种子的萌发具有显著的抑制作用。说明碱性盐对远志种子萌发的抑制作用大于中性盐的抑制作用,这与黄立华等^[15]的观点一致。

不同钠盐溶液对远志根和幼苗生长的影响也各不相同。 NaCl , Na_2CO_3 , Na_2SO_4 3种单盐溶液对远志根长和苗高的影响, NaCl 抑制作用最弱, Na_2CO_3 抑制作用最强。不同钠盐对远志幼根和苗生长的抑制作用大小顺序为 $\text{NaCl} < \text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{混合盐}(\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4) < \text{混合盐}(\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4) < \text{混合盐}(\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3) < \text{Na}_2\text{CO}_3 < \text{混合盐}(\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4)$ 。

本试验研究表明,低浓度的单盐 NaCl , Na_2SO_4 , 混合盐 ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$), 混合盐 ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$), 混合盐 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$), 混合盐 ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 胁迫下,远志种子的发芽率与对照无显著性差异。低浓度的单盐 NaCl , Na_2SO_4 , 混合盐 ($\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$) 胁迫下,远志的根长和株高与

对照无显著性差异。说明,远志可以在低浓度的盐分环境下生长。

[参考文献]

[1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典. 一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:156-157.

[2] 张陶珍,荣巍巍,李清,等. 远志的研究进展[J]. 中草药,2016,47(13):2381-2389.

[3] 刘大伟,康利平,马百平. 远志化学及药理作用研究进展[J]. 国际药学研究杂志,2012,39(1):32-36,44.

[4] 孟艳,张学兰,唐玉秋,等. 远志炮制前后5种寡糖酯类成分的变化规律[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(9):10-13.

[5] 姜艳艳,段以以,刘洋洋,等. 远志化学成分分离与结构鉴定[J]. 北京中医药大学学报,2011,34(2):122-125.

[6] 王丹,张红英,兰艳. 远志水提取物对小鼠学习记忆及血液学指标的影响[J]. 中国实验方剂学杂志,2012,18(5):188-191.

[7] 巴寅颖,姜艳艳,刘洋,等. 基于远志吡啶酮在记忆障碍模型大鼠体内药代动力学特性的远志及开心散药物属性研究[J]. 北京中医药大学学报,2012,35(8):

549-553.

[8] 薛英,李晓伟,李震宇,等. 采用 UPLC/Q-TOF MS 与 NMR 代谢组学技术研究生长年限对远志药材质量的影响[J]. 药学学报,2015,50(3):340-347.

[9] 赵云生,刘秀,毛福英,等. 基于 HPLC-DAD 指纹图谱的远志质量评价研究[J]. 中国中药杂志,2014,39(20):3991-4000.

[10] 王雪洁,李震宇,薛水玉,等. 基于植物代谢组学技术的远志不同炮制品质量控制研究[J]. 中草药,2012,43(9):1727-1737.

[11] 王佳丽,黄贤金,钟太洋,等. 盐碱地可持续利用研究综述[J]. 地理学报,2011,66(5):673-684.

[12] 王晶,祁晨煜,王贝,等. 不同药液处理对远志种子萌发影响的研究[J]. 中南药学,2016,14(6):599-602.

[13] 陈晓亚,汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 北京:高等教育出版社,2007.

[14] 卢艳敏. 不同盐胁迫对高羊茅种子萌发的影响[J]. 草业科学,2012,29(7):1088-1093.

[15] 黄立华,梁正伟,马红媛. 不同盐分对羊草种子萌发和根芽生长的影响[J]. 农业环境科学学报,2008,27(5):1974-1979.

[责任编辑 顾雪竹]