

# NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对鸡冠花种子萌发的影响

裴 毅, 聂江力, 刘会佳, 陈君妹

(天津农学院, 天津 300384)

**摘 要:**采用培养皿发芽法,研究了 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对鸡冠花种子萌发过程中发芽率、发芽势、相对发芽率、相对盐害率、发芽指数、活力指数的影响。结果表明:鸡冠花种子发芽率、发芽势、相对发芽率、发芽指数、活力指数与 NaCl 浓度和 NaHCO<sub>3</sub> 浓度均呈现低浓度促进发芽,高浓度抑制发芽,浓度超过 4‰ 呈现出显著负相关关系。影响鸡冠花种子相对发芽率的 NaCl 浓度的适宜值、临界值、极限值分别为 5.66‰、7.48‰、9.29‰;NaHCO<sub>3</sub> 浓度的适宜值、临界值、极限值分别为 7.55‰、11.07‰、14.58‰。清水复萌试验表明,经较高浓度 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 处理的种子仍具有较高的发芽潜力,说明鸡冠花种子具有较强的耐盐碱能力。

**关键词:**NaCl;NaHCO<sub>3</sub>;鸡冠花;种子发芽;胁迫

**中图分类号:**S 681.304<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)22-0065-04

鸡冠花(*Celosia cristata* L.)属苋科(Amaranthaceae)一年生草本植物,因其花序酷似“鸡冠”而得名,是夏秋季节常见的花卉植物,能够美化环境;鸡冠花还是较为常用的药用植物,其茎叶可作“鸡冠苗”药用;其花序可作“鸡冠花”药用;其种子可作“青箱子”药用,具有凉血、止血的功效,能够治疗痔疮、痢疾、吐血、衄血、荨麻疹等疾病,疗效十分显著<sup>[1]</sup>。

目前,我国 1 亿 hm<sup>2</sup> 耕地中将有近 667 万 hm<sup>2</sup> 盐碱地,此外还有逾 33 万 hm<sup>2</sup> 的盐碱荒地,土壤盐碱化已严重影响到农业生产,每年造成的损失难以估计<sup>[2]</sup>。当土壤中水溶性盐的含量达到 1‰ 以上时,便会对植物产生盐害,而且浓度越大对植物的危害也越大。在植物种子萌发阶段对土壤中的盐碱浓度尤为敏感,Ungar 等<sup>[3]</sup>认为盐渍土壤抑制种子萌发的现象,有可能与高盐分环境下诱导的种子休眠有关,当外界环境恢复到适应环境时,种子有可能再次萌发,从而完成正常生理过程。一粒种子在盐渍环境中能否正常萌发对该物种在该地区的繁衍和生存至关重要。

**第一作者简介:**裴毅(1971-),男,博士,副教授,现主要从事药用植物的教学与科研等工作。E-mail:peiyee@126.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31100401)。

**收稿日期:**2014-07-10

## Purification Effect of Sewage of 6 Kinds of Northern Trees

YANG Bo<sup>1,2</sup>, TANG Jie<sup>1</sup>, LI Hai-yi<sup>1</sup>, HOU Ke-yi<sup>1</sup>, HU Jia-xin<sup>1</sup>

(1. College of Environment and Source, Jilin University, Changchun, Jilin 130012; 2. College of Plant Science, Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin, Jilin 132101)

**Abstract:**Based on vermiculite as medium, using potted simulation method, the sewage purification effect of 6 kinds of northern trees on TP, TN and COD were compared. The results showed that, these trees showed better purification effect on pollutants. Overall, the purification ability of TP, *Salix matsudana* Koidz. > *Fraxinus mandschurica* Rupr. > *Ulmus pumila* L. > *Tilia amurensis* Rupr. > *Prunus padus* L. > *Euonymus maackii* Rupr.; purification ability of TN, *Salix matsudana* Koidz. > *Prunus padus* L. > *Fraxinus mandschurica* Rupr. > *Tilia amurensis* Rupr. > *Euonymus maackii* Rupr. > *Ulmus pumila* L.; purification ability of COD, *Prunus padus* L. > *Salix matsudana* Koidz. > *Tilia amurensis* Rupr. > *Fraxinus mandschurica* Rupr. > *Ulmus pumila* L. > *Euonymus maackii* Rupr.. With the growing time prolonged, the trees of pollutant purification rate was decreased and then tended to be stable. Mechanism of purification and sewage effect for the test herbs and matrix was analyzed at last.

**Keywords:** trees; TP; TN; COD; purification rate

现通过研究不同浓度梯度 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液对鸡冠花种子进行胁迫处理,并在胁迫 10 d 后将未发芽的种子进行清水复萌,以评价不同浓度盐碱处理对鸡冠花种子的影响,以期通过种子发芽率、发芽势、发芽指数,种子萌发的适宜值、临界值、极限值,种子复萌率等指标,分析鸡冠花种子萌发的适宜生态条件,为日后盐渍地的开发利用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验选取的种子为河北省安国市北方种子种植基地购买,由课题组鉴定为鸡冠花(*Celosia cristata* L.)种子,现鸡冠花种子标本存放于天津农学院园艺园林学院园林植物教研室。

### 1.2 试验方法

1.2.1 盐胁迫处理 挑选大小一致、均匀饱满的鸡冠花种子,清洗 2 遍后,在 3% 次氯酸钠浸泡 15 min,然后用蒸馏水反复冲洗 3 遍。供试培养皿直径为 9 cm,在培养皿中放入 2 层滤纸铺底,NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 盐溶液分别配制 8 个浓度梯度处理(即 2‰、4‰、6‰、8‰、10‰、12‰、14‰、16‰),以蒸馏水处理为对照(CK)。每个处理 3 次重复,每个培养皿中均匀摆放 50 粒种子,再在种子上覆盖 1 层滤纸,加入相应不同浓度的盐溶液或蒸馏水,直到滤纸吸收饱和并稍有溢出为止。盖好皿盖后将培养皿放入 25℃ 恒温培养箱(HH·B11·600-S-II)中培养 10 d,培养过程中每天向培养皿中加入一定量的相应处理溶液,以滤纸保持湿润并稍有溢出为标准。每隔 24 h 观察种子的萌发情况并记录发芽数(发芽标准以胚根突破种皮的长度达到 2 mm 为发芽)。发芽率(GP,%)=(培养 10 d 的发芽总数/供试种子总数)×100%;发芽势(GE,%)=(培养 5 d 种子发芽数/供试种子总数)×100%;相对发芽率(%)=种子处理后第 10 天的发芽率/对照的发芽率×100%;相对盐害率(%)=(对照发芽率-盐处理发芽率)/对照发芽率×100%;发芽指数(GI)= $\sum$ 第 t 天的发芽个数(Gt)/对应天数(Dt);活力指数(GVI)=发芽指数(GI)×幼苗鲜重(g)。以相对萌发率达到 75% 以上时相对应的盐碱浓度为种子发芽耐盐浓度(适宜值)(‰);以相对萌发率达到 50% 时相对应的盐碱浓度为半数抑制浓度(临界值)(‰);以相对发芽率为 25% 的浓度为种子发芽耐盐极限值(极限值)(‰)<sup>[4-6]</sup>。

1.2.2 清水复萌 各个浓度对鸡冠花盐胁迫培养 10 d,将未萌发的种子用清水清洗数次后,继续采用培养皿法,用清水继续培养 10 d,放置在 25℃ 恒温无光照培养箱中复萌。复萌率(%)=(复水后种子萌发的总数/盐胁迫中未萌发的种子数)×100%。

### 1.3 数据分析

试验数据采用 SPSS 17.0 分析软件 LSD 和 Duncan (D) 两两比较及方差分析;采用 Excel 2010 软件进行处理和分析、绘图。参照沈艳等<sup>[4]</sup>的方法,用 SPSS 软件 Probit 模块(即概率单位回归),分析“浓度-相对发芽率”关系,分析鸡冠花耐盐能力。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同浓度 NaCl 溶液对鸡冠花种子萌发的影响

由表 1 可知,NaCl 溶液低浓度组有促进鸡冠花种子发芽的趋势,即当 NaCl 溶液为 2‰ 时,发芽率 81.33%、发芽势 76.67% 均高于对照组的发芽率 75.33% 和发芽势 70.67%,相对发芽率达到 102.54%,相对盐害率为 -2.54%;当 NaCl 溶液浓度超过 4‰,随盐浓度的升高,鸡冠花种子的发芽率、发芽势、相对发芽率明显降低,即盐浓度 4‰ 时发芽率为 66.00%、相对发芽率 87.29%、相对盐害率 12.71%;当盐浓度 6‰ 时发芽率为 61.33%、相对发芽率 76.27%、相对盐害率 23.73%;当盐浓度 8‰ 时发芽率迅速降低到 26.67%、相对发芽率 35.40%,相对盐害率达到 64.60%;当盐浓度达到或超过 12‰ 时鸡冠花种子完全被抑制,已经不能发芽,相对盐害率达到 100%。

表 1 NaCl 胁迫对鸡冠花种子萌发的影响

NaCl 浓度/‰	发芽率/%	发芽势/%	相对发芽率/%	相对盐害率/%
0(CK)	75.33 abA	70.67 abAB	—	—
2	81.33 aA	76.67 aA	102.54	-2.54
4	66.00 abA	50.67 bcAB	87.29	12.71
6	61.33 bA	44.67 cB	76.27	23.73
8	26.67 cB	18.67 dC	35.40	64.60
10	20.67 cBC	9.33 deCD	27.44	72.56
12	0.00 dC	0.00 eD	0.00	100.00
14	0.00 dC	0.00 eD	0.00	100.00
16	0.00 dC	0.00 eD	0.00	100.00

注:表中同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.05$ );不同大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )。下同。

由表 2 可知,对照和 2‰ 浓度的 NaCl 溶液处理组发芽指数显著高于其它各处理,低浓度 2‰ 活力指数极显著高于对照和其它各浓度处理,说明低浓度的 NaCl 能显著促进鸡冠花种子萌发。当 NaCl 浓度超过 4‰,随着

表 2 NaCl 胁迫对鸡冠花种子发芽指数、活力指数及苗鲜重的影响

NaCl 浓度/‰	发芽指数	活力指数	苗鲜重/g
0(CK)	12.61 aAB	1.064 bB	0.0843
2	13.31 aA	1.762 aA	0.1302
4	10.33 bB	0.797 bcB	0.0760
6	7.50 cC	0.561 cBC	0.0718
8	2.93 dD	0.066 dC	0.0218
10	1.98 deD	0.026 dC	0.0117
12	0.00 eD	0.00 dC	0.00
14	0.00 eD	0.00 dC	0.00
16	0.00 eD	0.00 dC	0.00

溶液浓度的增加鸡冠花种子的发芽指数和活力指数显著降低,当 NaCl 溶液浓度达到或超过 12‰ 时,发芽指数降为 0,种子活力消失。

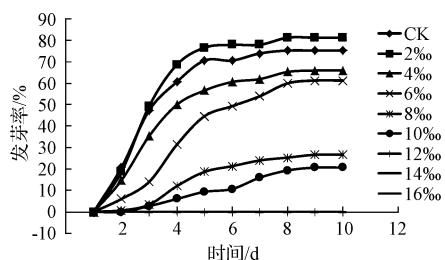


图 1 不同浓度 NaCl 溶液胁迫鸡冠花种子的累积发芽曲线

由图 1 可知,不同浓度 NaCl 溶液对鸡冠花种子处理,萌发主要集中在前 5 d。2‰ 浓度 NaCl 溶液能促进鸡冠花种子萌发,第 4 天发芽率达到 68.67%,第 10 天发芽率达到 81.33%;对照组第 4 天的发芽率为 60.67%,第 10 天发芽率达到 75.33%;随着 NaCl 溶液浓度的增加,发芽率持续降低,4‰ 浓度 NaCl 溶液第 4 天发芽率为 50.00%,第 10 天发芽率达到 66.00%;6‰ 浓度 NaCl 溶液第 4 天发芽率为 31.33%,第 10 天发芽率达到 61.33%;8‰ 浓度 NaCl 溶液第 4 天发芽率为 12.00%,第 10 天发芽率达到 26.67%;10‰ 浓度 NaCl 溶液第 4 天发芽率仅为 6.00%,第 10 天发芽率达到 20.67%,NaCl 溶液达到或超过 12‰,种子不发芽。

## 2.2 不同浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液对鸡冠花种子萌发的影响

由表 3 可知,NaHCO<sub>3</sub> 溶液低浓度组能促进鸡冠花种子发芽,即当 NaHCO<sub>3</sub> 溶液为 2‰ 时,发芽率、发芽势均高于对照,相对发芽率达到 107.96%,相对盐害率为 -7.96%;当 NaHCO<sub>3</sub> 溶液浓度超过 4‰,随盐浓度的升高,鸡冠花种子的发芽率、发芽势、相对发芽率显著降低,即盐浓度 4‰ 时发芽率为 68.67%、相对发芽率为 87.61%、相对盐害率为 12.39%;当 NaHCO<sub>3</sub> 浓度 6‰ 时发芽率为 60.00%、相对发芽率为 81.42%、相对盐害率 18.58%;当 NaHCO<sub>3</sub> 浓度 8‰ 时发芽率为 58.67%,相对盐害率为 25.42%;当 NaHCO<sub>3</sub> 浓度 10‰ 时发芽率为 51.33%,相对盐害率 34.75%;当 NaHCO<sub>3</sub> 浓度 12‰ 时发芽率为 37.33%,相对盐害率为 52.55%;当 NaHCO<sub>3</sub>

表 3 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对鸡冠花种子萌发的影响

NaHCO <sub>3</sub> 浓度/‰	发芽率/%	发芽势/%	相对发芽率/%	相对盐害率/%
0(CK)	78.67 aA	69.33 aA	—	—
2	80.67 Aa	73.33 aA	107.96	-7.96
4	68.67 abAB	58.33 abAB	87.61	12.39
6	60.00 bABC	52.00 bABC	81.42	18.58
8	58.67 bABC	49.33 bABC	74.58	25.42
10	51.33 bBC	38.00 bBC	65.25	34.75
12	37.33 cCD	27.33 cCD	47.45	52.55
14	20.67 dDE	4.00 cDE	26.27	73.73
16	10.00 dE	0.00 cE	12.71	87.29

浓度 14‰ 时发芽率为 20.67%,相对盐害率 73.73%;当 NaHCO<sub>3</sub> 浓度 16‰ 时发芽率为 10%,相对盐害率为 87.29%。

由表 4 可知,对照和 2‰ 浓度的 NaHCO<sub>3</sub> 溶液处理组发芽指数显著高于其它各处理分别为 13.13 和 13.83,随着 NaHCO<sub>3</sub> 溶液浓度的增加鸡冠花种子的发芽指数持续降低。

表 4 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫对鸡冠花发芽指数、活力指数及苗鲜重的影响

NaHCO <sub>3</sub> 浓度/‰	发芽指数	活力指数	苗鲜重/g
0(CK)	13.13 aA	1.153 aA	0.0870
2	13.83 aA	1.239 aA	0.0889
4	10.72 bAB	0.826 bAB	0.0753
6	8.47 bcBC	0.567 bcBC	0.0563
8	8.74 bcBC	0.544 bcBC	0.0538
10	6.93 cCD	0.392 cdBCD	0.0530
12	4.28 dDE	0.182 deCD	0.0413
14	1.62 eEF	0.036 eD	0.0211
16	0.72 eF	0.008 eD	0.0104

由图 2 可知,不同浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液对鸡冠花种子处理,萌发主要集中在前 5 d。低浓度组即 2‰ 浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液能促进鸡冠花种子萌发,第 4 天发芽率达到 68.67%,第 10 天发芽率达到 80.66%;对照第 4 天的发芽率为 66.00%,第 10 天发芽率达到 78.67%;随着 NaHCO<sub>3</sub> 溶液浓度的增加,发芽率持续降低,4‰ 浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液第 4 天发芽率为 53.34%,第 10 天发芽率达到 67.34%;6‰ 浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液第 4 天发芽率为 38.66%,第 10 天发芽率达到 60%;8‰ 浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液第 4 天发芽率为 46%,第 10 天发芽率达到 58.66%;10‰ 浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液第 4 天发芽率为 28.66%,第 10 天发芽率达到 51.34%;12‰ 浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液第 4 天发芽率为 21.34%,第 10 天发芽率达到 37.34%;14‰ 浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液第 4 天发芽率为 3.34%,第 10 天发芽率达到 20.66%。

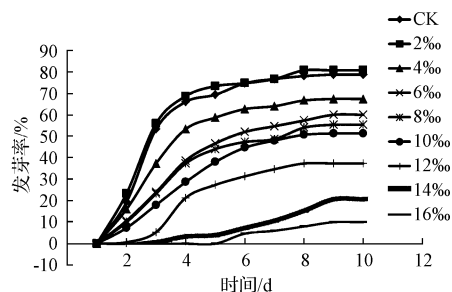


图 2 不同浓度 NaHCO<sub>3</sub> 溶液连续胁迫 10 d 鸡冠花种子的萌发曲线

## 2.3 不同浓度盐浓度解除胁迫鸡冠花种子复萌的影响

将不同浓度的 NaCl 溶液和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液中未萌发的种子放到蒸馏水的环境中继续培养 10 d 后,从表 5 可以看出,解除胁迫后种子是可以继续萌发的,并且随

表 5 鸡冠花种子解除胁迫复萌率

NaCl 浓度/‰	复萌率/ %	NaHCO <sub>3</sub> 浓度/‰	复萌率/ %
2	7.94 cC	2	0.00 dC
4	17.22 cC	4	11.11 cdBC
6	45.05 bB	6	22.38 bcBC
8	62.63 abAB	8	26.31 bcABC
10	67.18 aAB	10	28.97 bcABC
12	79.92 aA	12	26.77 bcABC
14	64.70 abAB	14	38.71 abAB

着浓度的升高复萌率呈上升趋势,说明高浓度 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 胁迫,未萌发的种子仍然具有发芽潜力。

#### 2.4 鸡冠花种子耐盐能力分析

分析“浓度-相对发芽率”关系,结果表明,种子发芽的 NaCl 浓度适宜值为 5.663‰,95% 置信限度上限 2.465‰、下限 7.040‰;临界值为 7.477‰,95% 置信限度上限 5.784‰、下限 9.024‰;极限值为 9.291‰,95% 置信限度上限 7.944‰、下限 12.166‰;种子发芽的 NaHCO<sub>3</sub> 浓度适宜值为 7.547‰,95% 置信限度上限 6.801‰、下限 8.172‰;临界值为 11.065‰,95% 置信限度上限 10.525‰、下限 11.637‰;极限值为 14.582‰,95% 置信限度上限 13.837‰、下限 15.5141‰。

#### 3 结论

该试验结果表明,不同浓度的 NaCl 溶液和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液对鸡冠花种子的萌发有抑制作用。大多数研究认为 NaCl 溶液和 NaHCO<sub>3</sub> 溶液对种子的萌发有抑制作用,但有的认为低浓度的盐胁迫对种子萌发有促进作用。该试验中,2 种溶液 2‰ 浓度时发芽率均大于对照,表明了低浓度的盐胁迫可以起到促进种子萌发的效果。

随着 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 浓度的升高,对鸡冠花种子的发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、苗鲜重均呈下降趋势。

鸡冠花种子能够在盐胁迫下较好的萌发,是其能够在盐渍化土壤中发芽生长的基础,并表现出较好的耐盐性状。该研究发现鸡冠花的活力指数对盐浓度的增加较敏感,这与沈艳等<sup>[4]</sup>、张学勇等<sup>[6]</sup>在盐胁迫对种子萌发的研究结果一致。种子萌发是植物生长发育过程中的最初阶段,也是最重要的时期,此时期也是对盐胁迫反应最敏感的阶段,所以种子萌发阶段的耐盐性研究就称为植物耐盐性鉴定的基础,也成为这一领域的研究热点<sup>[6]</sup>。在耐盐碱评价时,该试验采用发芽率、发芽势、相对发芽率以及影响种子相对发芽率 75%、50%、25% 的盐碱浓度为种子耐盐适宜值、临界值、极限值等指标全面评价 NaCl 和 NaHCO<sub>3</sub> 对鸡冠花种子萌发的影响。

#### 参考文献

- [1] 江苏新医学院. 中药大辞典[M]. 上册. 上海:上海科学技术出版社, 1977:1211-1212.
- [2] 王宝山. 逆境植物生物学[M]. 北京:高等教育出版社, 2010:18-22.
- [3] Ungar I A. Ecophysiology of vascular halophytes[M]. Boca Raton: Chemical Rubber Company Press, 1991:26-28.
- [4] 沈艳, 兰剑, 谢应忠. NaCl 对高羊茅萌发的胁迫效应研究[J]. 种子, 2010, 28(12):44-47.
- [5] 李宏, 程平, 郑朝晖, 等. 盐旱胁迫对 3 种新疆造林树木种子萌发的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(7):1466-1473.
- [6] 张学勇, 陈忠林, 刘强, 等. 盐胁迫对结缕草和高羊茅种子萌发的影响[J]. 种子, 2012, 31(9):4-7.

### Effect of NaCl and NaHCO<sub>3</sub> Stress on Seed Germination of *Celosia cristata* L.

PEI Yi, NIE Jiang-li, LIU Hui-jia, CHEN Jun-mei

(Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384)

**Abstract:** Using the method of germination in petri dish, germination rate, germination potential, relative germination rate, relative salt injury rate, germination index and vigor index were studied during the germination of *Celosia cristata* L. seeds which were stressed by NaCl and NaHCO<sub>3</sub>. The results showed that NaCl concentration and NaHCO<sub>3</sub> concentration had an effect on germination rate, germination potential, relative germination rate, germination index and vigor index of *Celosia cristata* L. seeds. Specifically, low concentration promoted germination, high concentration inhibited germination and the concentration above 4‰ showed a significant negative correlation. The optimal, critical and limit value of NaCl concentration that affects relative germination rate was 5.66‰, 7.48‰ and 9.29‰ and these of NaHCO<sub>3</sub> concentration was 7.55‰, 11.07‰ and 14.58‰. The results suggested that seeds stressed on higher concentration of NaCl and NaHCO<sub>3</sub> still had greater germination capacity especially, it showed the seeds of *Celosia cristata* L. had stronger resistance to salt alkali.

**Keywords:** NaCl; NaHCO<sub>3</sub>; *Celosia cristata* L.; seed germination; stress