

## NaCl和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>对扁穗雀麦新品系种子萌发的胁迫

田宏, 刘洋, 张鹤山, 蔡化, 陈明新\*

(湖北省农业科学院 畜牧兽医研究所 湖北省动物胚胎工程及分子育种重点实验室, 湖北 武汉 430064)

**摘 要:** 选用扁穗雀麦新品系种子, 分别在NaCl和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液中(均设 0(CK)、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 和 1.2% 7 个处理)进行发芽试验。结果表明, 随着盐溶液质量分数的增加, 扁穗雀麦新品系种子的相对发芽率、相对发芽指数和相对活力指数与对照(CK)相比均有不同程度的降低。0.2%~0.8%的NaCl对胚根的生长有促进作用, 胚根长度比对照平均高 40.2%, 但胚根生长的程度随盐质量分数的增加而降低。0.2%~1.2%Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>处理下, 胚根的生长受抑制, 当质量分数为 0.8%时, 大量无根畸形苗出现。对相对发芽率进行回归分析, 扁穗雀麦新品系种子在NaCl胁迫下的适宜值、临界值和极限值分别为 0.65%、1.14% 和 1.93%, 均比Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>胁迫下(0.38%、0.71% 和 1.24%)高。扁穗雀麦新品系种子耐NaCl胁迫的能力大于耐Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的。

**关 键 词:** 扁穗雀麦新品系; 氯化钠; 碳酸钠; 种子萌发

中图分类号: S512.901 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)03-0276-04

## Stress of NaCl and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> on seed germination of *Bromus cartharticus* Vahl new strain

TIAN Hong, LIU Yang, ZHANG He-shan, CAI Hua, CHEN Ming-xin\*

(Hubei Province's Key Laboratory for Animal Embryo Engineering and Molecular Breeding, Institute of Poultry and Veterinarian, Hubei Academy of Agricultural Science, Wuhan, 430064, China)

**Abstract:** Seed germination of the salinetolerant *Bromus cartharticus* Vahl new strain was studied on the condition of neutral and alkaline salt. NaCl and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> were applied at concentrations of 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1.0% and 1.2% for salt stress treatments. The relative germination percentage, germination index and vigor index of *Bromus cartharticus* Vahl declined with increased salinity. In 0.2%~0.8% NaCl concentrations, the neutral salt had the promoter action to the radicle length. Its length increased about 40.2% while the amplitude of variation reduced with the increase of the concentration. The length of embryo root was greatly restrained under Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-stress. A large number of non-root plants occurred. The regression analysis was carried by the relative germination percentage under two different kinds of single-salt stress. The preference value, critical value and ultimate value of *Bromus cartharticus* Vahl new strain's seeds were 0.65%, 1.14% and 1.93% respectively under NaCl stress, compared to the Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> stress under various values (0.38%, 0.71% and 1.24%). The ability of *Bromus cartharticus* Vahl new strain's seeds to bear the neutral salt (NaCl) stress was stronger than alkaline salt (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) if all germination indicators were all considered.

**Key words:** *Bromus cartharticus* Vahl; NaCl; Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>; seed germination

扁穗雀麦(*Bromus cartharticus* Vahl)原产阿根廷, 目前在澳大利亚和新西兰广泛栽培, 中国于 20 世纪 40 年代引入。扁穗雀麦生长快, 耐寒性强, 适口性仅次于黑麦草、燕麦等, 各种家畜喜食<sup>[1]</sup>。湖

收稿日期: 2009-08-03

基金项目: 国家科技支撑计划子课题(2008BADB3B10-3); 湖北省财政专项(200730); 湖北省动物胚胎工程及分子育种重点实验室开放项目(2010ZD200~299)

作者简介: 田宏(1978—), 女, 陕西周至县人, 硕士, 助理研究员, 主要从事野生牧草种质资源收集、保护和育种工作, thdzq@126.com,

\*通讯作者

北省农业科学院自 2003 年开始选育扁穗雀麦新品系,采用自然选择和人工选择相结合的方法,经多次单株选择和集团混合,再分系比较,混合收种形成新品系.该品系分蘖能力强<sup>[2]</sup>,产草量高,鲜草产量高达 52 500 kg/hm<sup>2</sup>,抗病能力强,2008 年参加国家草品种区域试验,在北方的试验点大都存在盐碱胁迫的问题.笔者选用扁穗雀麦新品系种子,在不同质量分数 NaCl 和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液中进行发芽试验,以期了解扁穗雀麦新品系种子的耐盐胁迫能力,现将结果报道如下.

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

扁穗雀麦新品系种子,千粒重 10.5 g,种子净度 99%,发芽率 98%.

### 1.2 方 法

选用 NaCl、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 分别配制成质量分数为 0(CK)、0.2%、0.4%、0.6%、0.8%、1.0%、1.2% 的溶液<sup>[3-4]</sup>.选择大小均一、成熟饱满的种子,采用纸上发芽法,每皿 100 粒,重复 3 次,黑暗条件,25℃发芽<sup>[5-6]</sup>,每天观察记录种子萌发情况及发芽粒数.以有正常的、与种子本身等长的根且芽长度达到种子一半为发芽标准.第 7 天随机取 10 个幼苗测胚芽长和胚根长,并于试验结束时计算相对发芽率、相对发芽指数和相对活力指数、相对胚根长和相对胚芽长<sup>[7]</sup>.

相对发芽率 = (处理发芽率/对照发芽率) × 100%.

相对发芽指数 = (处理发芽指数/对照发芽指数) × 100%.

相对活力指数 = 处理活力指数/对照活力指数 × 100%.

种子萌发抗盐性的适宜值、临界值和极限值<sup>[8-9]</sup>的计算:对相对发芽率进行回归分析,求得回归方程,令相对发芽率为 75%、50% 和 10%,得出适宜值、临界值和极限值.

### 1.3 数据处理

用 DPSV6.55 统计软件对数据进行方差分析和

回归分析,用 Excel 2003 作图.

## 2 结果与分析

### 2.1 NaCl 对扁穗雀麦新品系种子萌发的影响

#### 2.1.1 对种子萌发特性的影响

表 1 数据显示,当 NaCl 质量分数小于或等于 0.6% 时,扁穗雀麦新品系种子的相对发芽率均在 90% 以上.当 NaCl 质量分数达 1.0% 时,其种子相对发芽率也在 60% 以上,即扁穗雀麦新品系种子表现出较好的耐中性盐能力.相对发芽指数与相对发芽率表现基本一致,随着 NaCl 质量分数的增加而减小.相对活力指数受 NaCl 质量分数影响较大,各处理间差异均达显著水平( $P < 0.05$ ).对 NaCl 质量分数和各指数进行线性分析,结果表明,随着 NaCl 质量分数的增加,相对发芽指数和相对活力指数与 NaCl 质量分数均呈负相关,回归方程分别是  $y = -80.324x + 102.21$  ( $R^2 = 0.9685$ ) 和  $y = -84.992x + 90.307$  ( $R^2 = 0.9502$ ),说明随着 NaCl 质量分数的增加,种子的萌发受抑制作用逐渐增强.

表 1 扁穗雀麦新品系种子不同 NaCl 质量分数下的萌发特性

Table 1 Germination character of *Bromus cartharticus* Vahl new strain's seeds in various NaCl levels %

| NaCl 质量分数 | 相对发芽率       | 相对发芽指数         | 相对活力指数        |
|-----------|-------------|----------------|---------------|
| 0         | (100±0.00)a | (100±0.00)a    | (100±0.00)a   |
| 0.2       | (96±3.46)ab | (89.64±4.98)a  | (74.31±4.35)b |
| 0.4       | (90±3.51)bc | (65.73±18.63)b | (46.51±2.04)c |
| 0.6       | (93±2.31)c  | (64.73±9.66)b  | (38.39±2.10)c |
| 0.8       | (76±2.52)d  | (30.09±18.21)c | (12.74±0.39)d |
| 1.0       | (62±1.15)e  | (18.58±8.68)cd | (3.22±0.00)d  |
| 1.2       | (32±3.06)f  | (9.31±0.66)d   | (0.00±0.00)d  |

#### 2.1.2 对种子胚生长的影响

随着 NaCl 质量分数的增加,新品系种子萌发的相对胚芽长度逐渐变小,相对胚芽长度和 NaCl 质量分数呈负相关. NaCl 质量分数为 0.2%~0.8% 时,扁穗雀麦新品系种子的相对胚根长度比对照分别高 54.25%、43.13%、31.63 和 31.62%,此时 NaCl 对胚根的生长有促进作用,相对胚根长度与 NaCl 质量分数之间表现为二次函数关系(图 1).

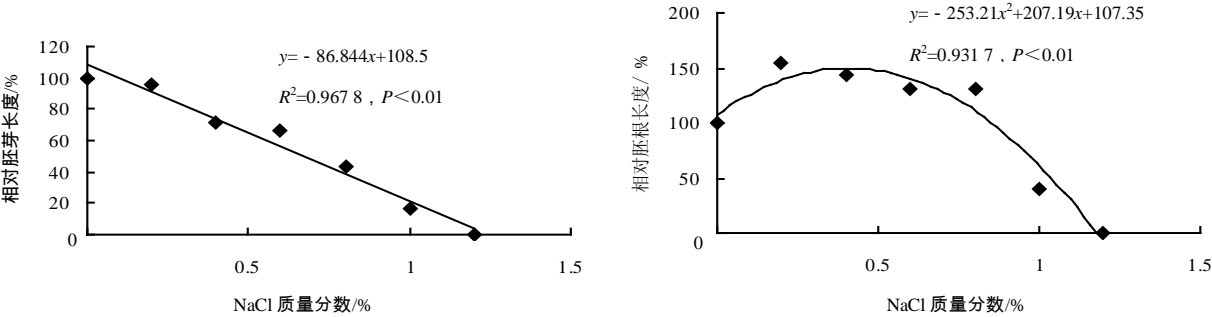


图 1 NaCl 质量分数对胚生长的影响

Fig.1 The relativities between the different parts of embryo's length of *Bromus cartharticus* Vahl new strain and the NaCl concentrations

2.2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>对扁穗雀麦新品系种子萌发的影响

2.2.1 对萌发特性的影响

在不同质量分数Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>处理下，扁穗雀麦新品系种子的相对发芽率差异显著( $P < 0.05$ )，在 0.2% 处理下，相对发芽率与对照差异不显著，当质量分数增加到 0.6% 时，相对发芽率降低到 56%。相对发芽指数和相对活力指数变化趋势与之相一致，均表现为随Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数的增加而降低(见表 2)，但两者对Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的响应程度大于相对发芽率对Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的响应程度，尤其是相对活力指数，下降剧烈。对相对发芽指数和相对活力指数进行回归分析，相对发芽率与Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数呈直线回归( $y = -79.552x + 89.562, R^2 = 0.9067$ )，而相对发芽指数

与Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数则趋于二次函数( $y = 123.52x^2 - 223.89x + 96.801, R^2 = 0.9724$ )。

2.2.2 对种子胚生长的影响

由图 2 可知，随着Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数的升高，扁穗雀麦种子相对胚芽长度和胚根长度均表现为降低趋势，相对胚芽长度较相对胚根长度受影响小。相对胚芽长度与Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数间表现为直线回归关系，相对胚根长度则与Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数之间更接近二次函数关系。当Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数升高到 0.8% 时，胚芽长度受抑制程度较小，胚根长度则急剧减少，无根苗大量出现。

2.3 扁穗雀麦新品系种子对NaCl和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>忍耐能力的差异

对新品系种子在不同质量分数NaCl和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>下的相对发芽率进行回归分析，分别得到回归方程(表 3)。令相对发芽率为 75%、50% 和 10%，求得所适宜值、临界值和极限值。扁穗雀麦新品系种子在NaCl胁迫下适宜值、临界值和极限值均比Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>胁迫下各值高，说明扁穗雀麦新品系对NaCl的忍耐能力大于Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>。

表 2 扁穗雀麦新品系种子不同Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数下的萌发特性  
Table 2 Germination character of *Bromus cartharticus* Vahl new strain's seeds in various Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> levels %

| NaCl 质量分数 | 相对发芽率       | 相对发芽指数         | 相对活力指数         |
|-----------|-------------|----------------|----------------|
| 0         | (100±0.00)a | (100±0.00)a    | (100±0.00)a    |
| 0.2       | (95±6.43)a  | (80.99±9.72)b  | (57.83±15.62)b |
| 0.4       | (71±1.53)b  | (45.62±3.84)c  | (17.29±4.43)c  |
| 0.6       | (56±5.51)c  | (24.24±4.33)d  | (4.89±0.96)d   |
| 0.8       | (46±4.58)cd | (23.42±0.60)de | (4.52±1.60)d   |
| 1.0       | (36±15.50)d | (16.93±6.84)e  | (2.34±1.18)d   |
| 1.2       | (6±2.89)e   | (1.61±0.18)f   | (0.00±0.00)d   |

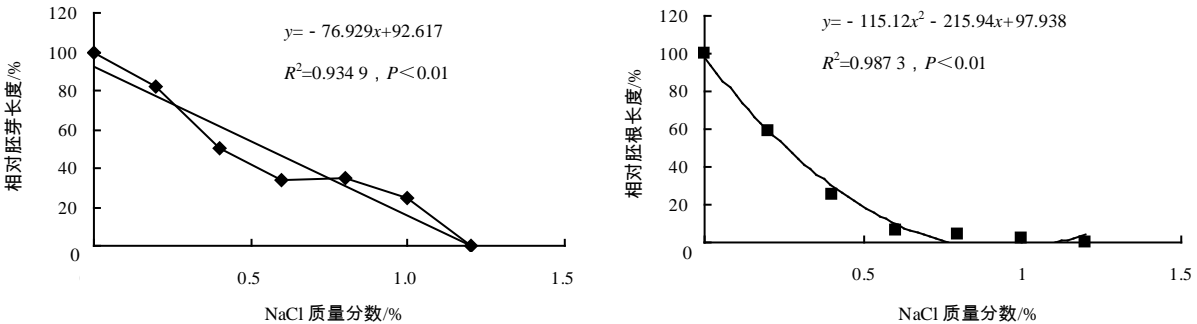


图 2 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数对胚生长的影响

Fig.2 The relativities between the different parts of embryo's length of *Bromus cartharticus* Vahl new strain and the Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> concentrations

表 3 相对发芽率与NaCl和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数的线性关系  
Table 3 Linear relation between relative germination rate and both salinity concentrations

| 盐                               | 回归方程                       | <i>r</i> | <i>F</i> | 质量分数/% |      |      |
|---------------------------------|----------------------------|----------|----------|--------|------|------|
|                                 |                            |          |          | 适宜值    | 临界值  | 极限值  |
| NaCl                            | $y = -51.0714x + 108.3571$ | -0.9232  | 28.86    | 0.65   | 1.14 | 1.93 |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | $y = -75.8929x + 104.1071$ | -0.9860  | 174.52   | 0.38   | 0.71 | 1.24 |

3 讨 论

土壤盐分组成不同，对植物耐盐性影响程度也不同。本试验结果表明，无论是中性盐NaCl还是碱性盐Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>，对扁穗雀麦新品系种子均有抑制作用，随着盐浓度的增加，其相对发芽率、相对发芽指数和相对活力指数呈下降趋势，这与以往试验结果<sup>[10-11]</sup>相一致。不同盐分对植物的影响不同，Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>对扁穗雀麦种子的影响大于NaCl，这与王纶等对黍稷苗期耐盐性的结论相一致，而恽锐等<sup>[12]</sup>研究表明，朝鲜碱茅对NaCl胁迫敏感，獐毛对Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>胁迫敏感。

在植物生长过程中，根部最直接接触盐胁迫，因此测量胚根长和胚芽长是检验植物耐盐性的一个重要指标<sup>[13]</sup>。结果表明，0.2%~0.8% NaCl对扁穗雀麦新品系种子胚根的生长有促进作用，其长度比对照平均高 40.2%，但增加程度随着浓度的升高而降低。在Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>胁迫下，胚根生长受抑制程度较大，随着浓度的增加，幼苗的根越来越短，当Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>质量分数升高到 0.8%时，出现大量无根畸形苗，表明高盐逆境环境下植物受伤害的部位首先是根，通过抑制根系生长来影响植物发育，Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>胁迫比NaCl胁迫对扁穗雀麦新品系根部危害程度大。

通过对扁穗雀麦新品系在盐胁迫下的生长机制分析认为，NaCl的毒害较小，而Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>的毒害很大，其原因在于NaCl为中性盐，其溶液pH值 7.0 左右，而Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>为强碱性盐，在质量分数 1.2%时，pH值约为 12.37。有研究表明，环境中pH值的异常会导致膜上某些酶的折叠发生变化，从而影响酶的活性，通过调节Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>溶液的pH值发现，Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>胁迫是[Na<sup>+</sup>]盐胁迫和[H<sup>+</sup>]的双重作用结果<sup>[14]</sup>。

参考文献:

[1] 中国饲用植物志编辑委员会. 中国饲用植物志[M]. 第 2 卷. 北京: 中国农业出版社, 1989: 12-14.

[2] 田宏, 鲍健寅, 蔡化, 等. 野生牧草分蘖性和再生性的初步研究[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(2): 229-231.

[3] 胡生荣, 高永, 武飞, 等. 盐胁迫对两种无芒雀麦种子萌发的影响[J]. 植物生态学报, 2007, 31(3): 513-520.

[4] 曹辉, 于晓英, 邱收, 等. 盐胁迫对萱草生长及相关生理特性的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 33(6): 690-693.

[5] 田宏, 刘洋, 张鹤山, 等. 扁穗雀麦(*Bromus cartharticus* Vahl)种子萌发吸水特性与萌发温度的研究[J]. 中国草地学报, 2009, 31(2): 53-58.

[6] 田宏, 刘洋, 张鹤山, 等. 扁穗雀麦种子萌发条件的研究[J]. 草业科学, 2009, 26(7): 88-93.

[7] 李海燕, 丁学梅, 周禅, 等. 盐胁迫对三种盐生禾草种子萌发及其胚生长的影响[J]. 草地学报, 2004, 12(1): 45-50.

[8] 牛菊兰, 张德罡. 几种早熟禾种子萌发期抗盐性的研究[J]. 草业科学, 1993, 9(6): 42-45.

[9] 易津, 王学敏, 谷安琳. 驼绒藜属牧草种苗耐盐性评价及生理基础研究[J]. 草地学报, 2003, 12(2): 110-116.

[10] 王纶, 王星玉, 温琪汾, 等. 黍稷种质资源耐盐性鉴定[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(4): 426-429.

[11] 鱼小军. 无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*)和条叶车前(*Plantago lessingii*)种子的萌发生态学研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学草业学院, 2004: 26-27.

[12] 恽锐, 郑慧. 松嫩平原碱化草甸朝鲜碱茅、獐毛耐盐碱特性的比较研究[J]. 生态学报, 1996, 20(4): 322-329.

[13] Yuanqing Jiang, Bo Yang, Neil S Harris, et al. Comparative proteomic analysis of NaCl stressresponsive proteins in *Arabidopsis* roots[J]. Journal of Experimental Botany, 2007, 58: 3591-3607.

[14] 谈建康, 安树青, 王铮峰, 等. NaCl、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>和Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>胁迫对小麦叶片自由基含量及质膜透性的比较研究[J]. 植物学通报, 1998, 15(增刊): 82-86.

责任编辑: 罗慧敏  
英文编辑: 胡东平