

doi:10.11733/j.issn.1007-0435.2017.03.031

NaCl 和 Na₂CO₃ 胁迫对同德老芒麦种子萌发及幼苗生长的影响

石玉龙², 徐隆华^{1,3*}, 窦声云², 山发华⁴, 李长慧⁴, 王芳萍^{1,3}, 姚步青¹, 周华坤¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所青海省寒区恢复生态学重点实验室, 青海 西宁 810008; 2. 青海省铁卜加草原改良试验站, 青海 共和 813000; 3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 青海大学农牧学院, 青海 西宁 810016)

摘要: 采用室内培养法观察了不同浓度的 NaCl 及 NaCl+Na₂CO₃ 混合溶液胁迫条件下‘同德’老芒麦 (*Elymus sibiricus* ‘Tong de’) 种子的发芽率及胚根和胚芽的生长状况。结果表明, Na⁺ 浓度为 15 mmol·L⁻¹ 时, NaCl+Na₂CO₃ 胁迫下发芽率显著高于对照。随着各种盐溶液浓度的升高, 胚根的生长均呈下降趋势, 因此可以用胚根的生长长度来判断‘同德’老芒麦种子萌发对盐的抗性强弱。

关键词: 盐胁迫; ‘同德’老芒麦; 萌发率; 胚根

中图分类号: Q945.34

文献标识码: A

文章编号: 1007-0435(2017)03-0662-04

Effects of NaCl and Na₂CO₃ Stress on Seed Germination and Seedling Growth of *Elymus sibiricus* ‘Tong de’

SHI Yu-long², XU Long-hua^{1,3*}, DOU Sheng-yun², SHAN Fa-hua⁴, LI Chang-hui⁴,
WANG Fang-ping^{1,3}, YAO Bu-qing¹, ZHOU Hua-kun¹

(1. Key Laboratory of Restoration Ecology in Cold Region of Qinghai Province, Northwest Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai Province 810008, China; 2. Tiebujia Grassland Improvement Experiment Station, Gonghe, Qinghai Province 813000, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining, Qinghai Province 810016, China)

Abstract: The seed germination rate, radicle and plumule growth of *Elymus sibiricus* ‘Tong de’ were observed under different content ratio of NaCl and NaCl+Na₂CO₃ solution in the lab. The results showed that as the concentration of Na⁺ was 15 mmol·L⁻¹, the seed germination rate was higher with NaCl+Na₂CO₃ stress than control significantly. The growth of radicle decreased with the increase of various concentration of salt solution. Therefore the growth length of radicle of *Elymus sibiricus* ‘Tong de’ could be used to determine salt resistance of seed germination.

Key words: Salt stress; *Elymus sibiricus* ‘Tong de’; Germination rate; Radicle

‘同德’老芒麦为禾本科披碱草属多年生牧草, 具有抗寒、耐旱及耐盐碱的特性。经青海省牧草良种繁殖场、青海省草原总站、青海省畜牧兽医科学院草原所共同选育成功后, 现已被广泛运用于人工草地的建设和天然草地的植被恢复中^[1]。本文对‘同德’老芒麦在不同浓度的中性盐(NaCl)和混合盐(NaCl+Na₂CO₃)溶液胁迫下的发芽率、萌发进程及胚的生长情况等生理特征进行研究, 以便深入了

解‘同德’老芒麦种子萌发的耐盐碱性, 综合评价该牧草耐盐碱能力, 对合理根据盐碱土类型选择性培育和种植优质牧草具有实践和指导意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所采用的‘同德’老芒麦种子由青海省同德

收稿日期: 2016-01-20; 修回日期: 2016-08-25

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(31572354, 31472135); 青海省应用基础研究计划项目(2015-ZJ-711); 青海省重点实验室发展专项(2014-Z-Y01); 海南州 2015 年度州级科技合作计划项目(2015-HZ-01); 国家科技支撑计划专题(2014BAC05B03); 国家自然科学基金青年基金(31500427); 中国博士后基金(2015M582735)资助

作者简介: 石玉龙(1965-), 男, 青海西宁市人, 畜牧(草原)师, 研究方向为牧草栽培育种, E-mail: tiebujiaochaoye@126.com; * 通信作者 Author for correspondence, E-mail: xulh1016@163.com

县同德牧场提供的2010年种子,试验种子采收后于室内常温纸袋袋装贮藏,测试种子发芽率为75%。

1.2 试验设计与方法

试验前将清选好的‘同德’老芒麦种子用0.01%的高锰酸钾溶液消毒3 min,再用蒸馏水冲洗干净。将消毒后的种子在蒸馏水中浸泡48 h,每12 h换一

次水。将浸泡后的种子放入零下20℃冰箱中进行低温处理20天以此打破休眠。胁迫处理为不同浓度的盐(NaCl)和中性混合盐(NaCl+Na₂CO₃),按照表1所示的浓度梯度配制溶液,其中每个处理的氯化钠和碳酸钠的混合溶液由其对应的氯化钠溶液和碳酸钠溶液等体积混合,蒸馏水处理作为对照(CK)。

表1 不同盐胁迫组成成分及浓度梯度

Table 1 Components and concentration gradient of different salt stress /mmol · L⁻¹

处理编号 Number	氯化钠 NaCl	碳酸钠 Na ₂ CO ₃	氯化钠和碳酸钠的混合溶液 NaCl+Na ₂ CO ₃		
			Na ⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻
CK	0	0	0	0	0
1	10	10	15	10	10
2	30	5	20	30	5
3	50	25	50	50	25
4	100	30	80	100	30
5	200	50	150	200	50
6	400	75	275	400	75

1.3 发芽试验

将不同浓度处理液10 mL分别加到铺有3层滤纸的培养皿中,培养皿直径为11 cm,每个培养皿均匀摆放50粒饱满的‘同德’老芒麦种子,每处理3次重复。置于25℃恒温培养箱中,光照时间为12小时,每日称重并补充因蒸发而散失的水分,以保持溶液浓度的恒定^[2]。每日记录种子发芽的数量,统计至第18天发芽基本结束为止。发芽第7天,记录胚芽和胚根的长度。

发芽率=(18天内发芽的种子数/供试种子数)×100%

随机取10个正常生长的幼苗,用直尺分别测量幼苗和根的长度,取平均值作为胚芽和胚根的长度。

1.4 数据处理与统计分析

试验数据采用SPSS 19.0进行统计分析,Origin 8.5和Excel 2007作图。每一指标均为3次重复的平均值及标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同浓度梯度的盐胁迫对‘同德’老芒麦种子发芽率的影响

NaCl溶液浓度为100 mmol · L⁻¹时,发芽率为64%,显著低于对照(P<0.05);盐溶液浓度达到200 mmol · L⁻¹时,发芽率仅为42%,显著低于对照(P<0.05);当NaCl溶液浓度达到400 mmol · L⁻¹

时,发芽率为0。当混合盐溶液中钠离子浓度为15 mmol · L⁻¹时,发芽率为86%,显著高于对照(P<0.05),之后发芽率随溶液浓度的增加而下降,当混合盐溶液中钠离子浓度为150 mmol · L⁻¹时,发芽率仅为42%,显著低于对照(P<0.05);当混合盐溶液中钠离子浓度达到275 mmol · L⁻¹时,发芽率为0。

表2 盐胁迫下‘同德’老芒麦种子发芽率

Table 2 Seed germination rate of *Elymus sibiricus* ‘Tong de’ under salt stress/%

处理编号 Number	不同盐胁迫下发芽率	
	Seed germination rate under salt stress	
	NaCl	NaCl+Na ₂ CO ₃
CK	78±0.3 ^a	78±0.3 ^a
1	72±0.3 ^a	86±0.7 ^b
2	71±0.7 ^a	78±0.3 ^a
3	80±0.0 ^a	76±0.7 ^a
4	64±0.3 ^b	74±0.3 ^b
5	42±0.3 ^b	42±0.6 ^b
6	0	0

注:同列不同小写字母表示差异显著(P<0.05)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at the 0.05 level

2.2 盐胁迫对‘同德’老芒麦种子萌发进程的影响

盐胁迫不仅影响种子的发芽率,还影响种子的萌发进程。由图1a可知,在10~50 mmol · L⁻¹的NaCl溶液处理下,种子在第4天开始萌发,而100~200 mmol · L⁻¹的NaCl溶液处理下,种子从第6天开始萌发。由图1b可知,0~80 mmol · L⁻¹的NaCl+Na₂CO₃溶液处理下,种子在第6天开始萌

发,溶液浓度达到 $150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,种子在第 8 天才开始萌发。

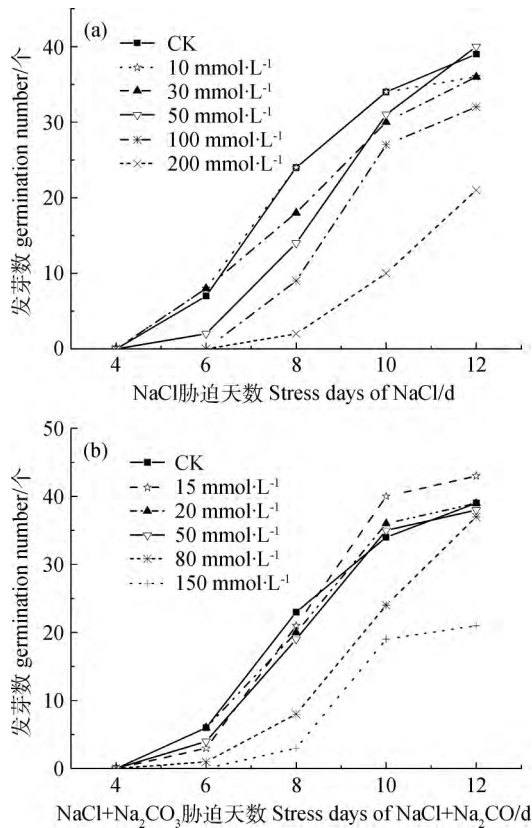


图 1 不同浓度 NaCl(a) 以及 NaCl+Na₂CO₃ (b) 胁迫下‘同德’老芒麦种子的萌发进程

Fig. 1 Seed germination of *Elymus sibiricus* ‘Tong de’ under NaCl stress(a) and NaCl+Na₂CO₃ stress(b)

2.3 盐胁迫对‘同德’老芒麦种子胚芽和胚根的影响

由图 2a 可知, $50 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以上的 NaCl 胁迫对胚根和胚芽生长具有显著的抑制作用 ($P < 0.05$)。由图 2b 可知, 随混合盐浓度的升高, 胚根和胚芽的长度与对照相比都显著降低 ($P < 0.05$)。

3 讨论与结论

3.1 单盐和混盐胁迫对发芽率和萌发进程的影响

单盐或混盐胁迫均会对牧草种子的萌发和生长发育产生影响, 低浓度盐胁迫可以促进种子发芽, 高浓度混盐胁迫会抑制种子萌发^[3]。本试验中‘同德’老芒麦种子的发芽率在 NaCl 浓度为 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时显著低于对照, 且种子开始萌发的时间比低浓度的盐胁迫延迟两天, 这种结果可能与高浓度盐

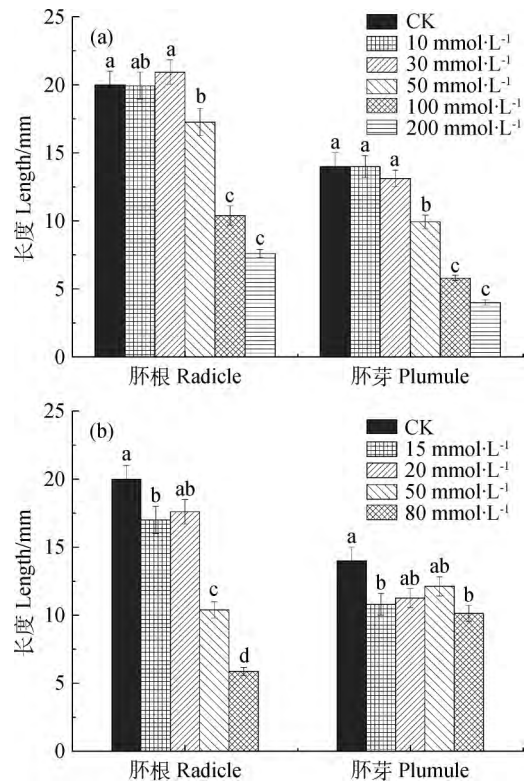


图 2 不同浓度梯度的 NaCl(a) 和 NaCl+Na₂CO₃ (b) 胁迫下‘同德’老芒麦种子的胚长度

Fig. 2 Length of radicle and plumule under different concentration gradient of (a) NaCl stress and (b) NaCl+Na₂CO₃ stress

降低了细胞膜渗透调节能力有关, 也可能是因为 Na⁺ 对呼吸酶有一定的抑制作用^[4-5]。混合盐低浓度 ($15 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 胁迫下发芽率显著高于对照, 高浓度 ($150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) 时显著低于对照且种子开始萌发的时间比低浓度混盐胁迫延迟两天, 说明低浓度混盐胁迫可以促进‘同德’老芒麦种子萌发速率, 而高浓度则抑制种子萌发, Na₂CO₃ 为碱性盐, 盐胁迫和碱胁迫同时存在时, 两者会对种子的萌发产生共同影响, 且有互助作用, 这与韩萌^[6] 利用混合盐碱胁迫对 7 种禾草种子萌发的研究结果一致。

盐碱胁迫影响植物种子萌发分为以下 3 种情况: 第一阻止种子萌发, 但不使种子丧失活力, 第二延迟但不阻止种子萌发^[7], 第三盐溶液浓度高到一定程度或胁迫持续一定时间使得种子永久性失去活力^[8]。本试验中当 NaCl 浓度达到 $400 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 以及混合盐溶液 Na⁺ 浓度达到 $275 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 种子没有萌发, 属于第三种情况。

3.2 单盐和混盐胁迫对胚生长的影响

同一植物的不同生育期, 对盐分的敏感性不同,

种子发芽率适合发芽期的耐盐指标^[8],胚根和胚芽的相对长度可以反映盐胁迫对幼苗生长的影响程度^[9]。一般来说,盐通过以下3种途径影响植物生长:①渗透胁迫而引起水分亏损;②离子毒害;③主要营养元素吸收不平衡。盐胁迫本质上是造成植物幼苗水分缺失,从而导致水分胁迫,耐盐性强的植物在高浓度盐胁迫下,能够维持较高的含水量^[7]。本试验中盐胁迫影响胚生长的途径主要是渗透胁迫导致植物水分缺失,从而导致水分胁迫。胚根是植物吸收水分的主要器官,是最易受到盐影响的部位。黄立华等研究表明,碱性盐Na₂CO₃和NaHCO₃比中性盐NaCl等对高冰草(*Thinopyrum ponticum*)种子萌发和幼苗生长危害更大,且对胚根的抑制作用大于胚芽^[10]。本研究发现,随着单盐或混盐溶液浓度的升高,胚根的生长均呈下降趋势,因此可以用胚根对盐的耐受能力判断种子萌发对盐的抗性强弱。

参考文献

- [1] 汪新川,张海梅,张生莲. 影响同德老芒麦产草量的关键气候因子分析[J]. 青海草业,2005,14(3):13-15
- [2] 高战武,简吉祥,邵帅,等. 复合盐碱胁迫对燕麦种子发芽的影响[J]. 草业科学,2014,31(3):451-456
- [3] 窦声云,周学丽,莫玉花. Na₂CO₃胁迫对老芒麦和星星草种子萌发的影响[J]. 草业科学,2010,27(9):124-127
- [4] 李志萍,张文辉,崔豫川. NaCl和Na₂CO₃胁迫对栓皮栎种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 生态学报,2015,35(3):742-751
- [5] 马红媛,梁正伟,黄立华,等. 4种多年生禾本科牧草种子萌发对Na₂CO₃胁迫的响应[J]. 农业环境科学学报,2009,28(4):766-771
- [6] 韩萌. 混合盐碱胁迫对7种禾草种子萌发及生理特性的影响[D]. 哈尔滨:哈尔滨师范大学,2013:19-45
- [7] 杨月娟,周华坤,王文颖,等. 盐胁迫对垂穗披碱草幼苗生理指标的影响[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2014,50(1):101-106
- [8] 渠晓霞,黄振英. 盐生植物种子萌发对环境的适应对策[J]. 生态学报,2005,25(9):2389-2398
- [9] 李昀,沈禹颖,阎顺国. NaCl胁迫下5种牧草种子萌发的比较研究[J]. 草业科学,1997,14(2):50-53
- [10] 黄立华,梁正伟. 不同钠盐胁迫对高冰草种子萌发的影响[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(6):173-176

(责任编辑 位晓婷)