

NaHCO₃胁迫对饲用燕麦地上部分K⁺、Na⁺含量的影响

斯日古楞¹, 王宏鹏²

(1. 内蒙古民族大学农学院, 内蒙古 通辽 028000; 2. 天津农学院农学与资源环境学院, 天津 300380)

摘要:本研究对贝勒、骏马、梦龙3个饲用燕麦品种在NaHCO₃3个浓度梯度(25、50、75 mmol/L)胁迫处理下地上部分K⁺、Na⁺含量变化进行了比较研究。结果表明,3个燕麦品种幼苗地上部分K⁺含量随NaHCO₃浓度的增加而先增加后减少,Na⁺含量随NaHCO₃浓度的增加而增加,从而保持一定的K⁺/Na⁺盐胁迫适应性;但3个燕麦品种苗期对盐胁迫的敏感度有差异,敏感性从高到低依次为梦龙>骏马>贝勒,贝勒较耐盐碱,适宜本地区种植;3个燕麦品种盐碱胁迫的临界浓度为50 mmol/L。本研究结果为燕麦品种耐盐碱性鉴定评价提供了理论依据,并筛选出适宜本地区种植的耐盐碱燕麦品种。

关键词:NaHCO₃; 饲用燕麦; 地上部分; K⁺、Na⁺含量; K⁺/Na⁺

中图分类号: S512.6

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)06-0094-04

Accumulation of Na⁺ and K⁺ in Forage Oat Aboveground Part under NaHCO₃ Stress

Siriguleng¹, WANG Hongpeng²

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Minzu University, Tongliao 028000; 2. Resources and Environment, Tianjin Agricultural College, Tianjin 300380, China)

Abstract: In order to provide a theoretical basis for the identification and evaluation of oat varieties tolerant to salinity and alkali and to screen out the salinity-tolerant oat varieties suitable for planting in this region, this study indoors with Beile, Courser, Magnum three oats varieties as experimental material, using three NaHCO₃ concentration (25, 50, 75 mmol/L) solution to water the testing material to determine the content of K⁺ and Na⁺ ions in aboveground part by flame photometer. The results showed that the aboveground K⁺ content of seedlings increased first and then decreased with the increase of NaHCO₃ concentration, while the Na⁺ content increased with the increase of NaHCO₃ concentration and the maintenance of a reasonable K⁺/Na⁺ ion ratio were the regulatory mechanism for oat to adapting to salt stress. The sensitivity of three oat varieties to salt stress had differences and ranked from high to low was Magnum, Courser and Beile, and the critical concentration of NaHCO₃ stress in this study was 50 mmol/L.

Key words: NaHCO₃; Forage oats; Aboveground portion; Contents of K⁺ and Na⁺; K⁺/Na⁺

土地盐化是指土壤中可溶性盐类浓度过高,从而使土壤的物理性质发生改变的情况,如土壤通气性变差、容重增高、土壤中好气性微生物活动性变差等现象。土地盐化或盐碱化是世界性难题,给农业生产带来巨大的损失^[1]。而盐渍对植物的伤害主要表现在破坏细胞膜系统,使细胞内离子失去平衡,从而影响植物的生长发育^[2-4]。牧

草种植过程中也会遇到同样的问题,尤其科尔沁地区苏打碱土面积有130 912.5 hm²,占草甸碱土面积的94.4%^[5]。随着本地区畜牧业的发展,对饲草的产量及种类也有了更高的要求,因此筛选并培育出适宜本地区种植的、耐盐性较强的饲草品种就显得尤为重要。

燕麦(*Avena sativa*)是禾本科一年生草本植物,一般分为带稃型和裸粒型两大类,各国栽培的以带稃型为主,称为皮燕麦;我国以裸粒型为主,称为裸燕麦。皮燕麦主要用作饲料和饲草,也称为饲用燕麦,有耐寒、耐瘠薄、耐盐碱、产草量高等特点,是盐碱地改良的先锋植物,也是科尔沁地区主要种植的饲草^[6-10]。燕麦通过青贮发酵能够改善饲草品质和适口性,基本保留青绿饲

收稿日期: 2022-02-24

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金(2019MS03075); 内蒙古自治区直属高校基本科研业务费项目(GXKY22145); 内蒙古自治区教育科学研究“十四五”规划课题(NGJGH2021100)

作者简介: 斯日古楞(1984-),女,讲师,博士,主要从事牧草种质资源利用与分子育种研究。

草营养物质和成分,提高饲草采食量,增加肉奶产量,提高养殖经济效益^[11]。研究表明,燕麦具有一定的耐盐特性,对不同种类的盐胁迫响应存在差异^[12-15]。植物响应盐胁迫主要采用H⁺-ATPases调控的初级主动运输蛋白、离子通道和共转运蛋白介导的次级转运蛋白来维持细胞质中典型的高浓度K⁺和低浓度Na⁺。细胞内K⁺和Na⁺的动态平衡对细胞质中多种酶活性非常重要,并且对维持细胞膜电势和适宜的渗透压从而调控细胞体积也非常重要^[16]。植物对碱性盐(Na₂CO₃、NaHCO₃)胁迫的敏感度要远高于中性盐(NaCl、Na₂SO₄)胁迫^[17],而科尔沁地区盐碱地的主要构成为苏打碱土,所以本试验利用NaHCO₃模拟碱性盐胁迫,研究饲用燕麦地上部分K⁺、Na⁺变化规律,比较3个饲用燕麦品种对盐分胁迫的敏感程度,为燕麦品种耐盐碱性鉴定评价提供理论依据,以此筛选出适宜本地区种植的耐盐碱燕麦品种。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试的3个饲用燕麦品种种子由内蒙古民族大学农学院提供,名称及来源见表1。

表1 试验材料及来源

品种	来源	原产地
贝勒	北京正道生态科技有限公司	加拿大
梦龙	北京百斯特草业有限公司	加拿大
骏马	北京百斯特草业有限公司	加拿大

1.2 试验方法

用土壤:蛭石=4:1的比例配置土壤,装入直径为15 cm花盆容量的2/3,每个盆里放30粒种子,播种深度2 cm,播种时间为2019年3月12日,花盆放置位置阳光充足,室温条件。设置3个NaHCO₃浓度水平,处理1(25 mmol/L),处理2(50 mmol/L),处理3(75 mmol/L)和CK(蒸馏水),每处理每品种5次重复。播种后开始浇灌400 mL对应浓度的NaHCO₃溶液,CK浇灌等量的蒸馏水,每隔2 d浇一次,在幼苗生长15 d后剪去地上部分用蒸馏水冲洗干净、吸水纸吸水后利用火焰光度计法测量K⁺、Na⁺含量。

1.3 试验步骤

取0.5 g样品放入试管中,每个处理设置3个重复,加入6.5 mL消化液(1 mL 60%TCA,5 mL浓硝酸和0.5 mL浓硫酸混合而成)并做标记(NaHCO₃浓度0、25、50、75 mmol/L分别为CK、处理1、处理2、处理3)。将试管放入水浴锅中沸水

15 min后取出试管,冷却后倒入100 mL容量瓶中,并冲洗试管,最后定容至100 mL。将定容后的溶液摇匀后经漏斗滤到锥形瓶内。以配置好的K⁺、Na⁺标准溶液为标准用火焰光度计测量过滤后液体的K⁺、Na⁺含量。

1.4 测定指标

植物中K⁺(Na⁺)含量(g/kg)=[(ρ×测度液的定容体积×分取倍数)/(m×10⁶)]×1000

其中,ρ为用火焰光度计法测得待测液的质量浓度(μg/mL);m为新鲜样品质量(g);10⁶为μg换算为克的除数。地上部生物量鲜干重:用剪刀将每个处理的全部植株整齐剪下,称取鲜重,然后将鲜样放入鼓风干燥箱内75 °C下烘干24 h,称干重。株高:在处理15 d用直尺测定植株从基部到最长叶尖的长度,每盆测定10株,每个施肥处理测定4盆,取平均值作为株高。

1.5 数据处理

DPS 14.0软件进行方差分析,Excel 2010作图。

2 结果与分析

2.1 不同处理下燕麦地上部分K⁺、Na⁺比例变化

植物受盐胁迫时通常会通过调节K⁺、Na⁺来提高耐盐性。从表2可以看出,随着盐浓度的增加,三个品种K⁺/Na⁺总体呈下降趋势。贝勒各处理间差异不显著,骏马和梦龙各浓度处理差异显著;最高的K⁺/Na⁺比例出现在贝勒CK条件下,达2.52;最低值出现在梦龙处理3,为0.49,说明梦龙和骏马在盐胁迫条件下,K⁺/Na⁺比例下降更剧烈,对盐分胁迫更敏感。

表2 3个饲用燕麦品种在不同浓度NaHCO₃处理下的K⁺/Na⁺比例

品种	NaHCO ₃ 浓度(mmol/L)			
	CK	25	50	75
贝勒	2.52±0.24Aa	2.72±0.36Aa	1.95±0.17Aa	1.25±0.37Aa
骏马	2.17±0.16Aa	1.11±0.14Bb	0.75±0.07Cb	0.50±0.64Dd
梦龙	2.42±0.72Aa	1.08±0.72Bb	0.79±0.06Cb	0.49±0.35Db

注:同行不同大写字母表示同一品种不同处理间在0.01水平差异极显著(P<0.01);同列不同小写字母表示同一处理下的不同品种在0.05水平差异显著(P<0.05),下同

2.2 不同处理下燕麦地上部分K⁺含量变化

盐胁迫会使植物发生一系列的耐盐性生理活动,其中植物通过渗透调节变化适应耐盐性是较常见的一种方式,包括可溶性糖或蛋白、丙二醛和阳离子渗透调节等。在众多阳离子中,K⁺、Na⁺含量的变化及比例对耐盐性有一定的参考价值。

从图1可以看出,在 NaHCO_3 处理的各浓度梯度下,贝勒品种 K^+ 含量最高,梦龙次之,骏马最低。贝勒与其他两个品种之间存在显著差异($P < 0.05$);梦龙和骏马之间无显著差异;骏马中的 K^+ 在CK条件下含量最低;随着盐浓度的增加,贝勒的 K^+ 含量有先上升后下降趋势,并在50 mmol/L处理下达到最大值;在CK条件下,品种之间无显著差异。

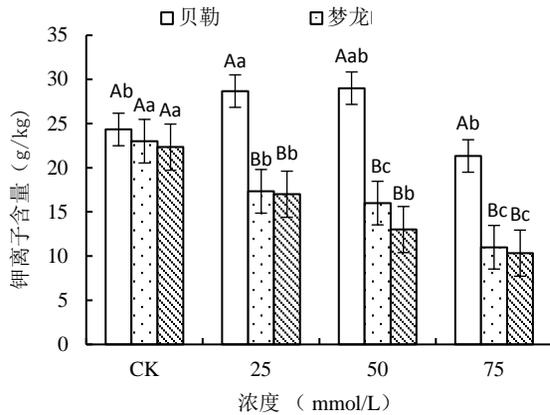


图1 不同 NaHCO_3 浓度下各品种地上部分 K^+ 含量

2.3 不同处理下燕麦地上部分 Na^+ 含量变化

盐胁迫下, Na^+ 在燕麦叶片中迅速积累;三个处理的所有品种饲用燕麦地上部分 Na^+ 含量均比对照高,最高可达2倍。各品种地上部分 Na^+ 累积量排序为:梦龙>骏马>贝勒。从图2可以看出, Na^+ 含量最低值出现在贝勒品种在CK条件下,为9.67 g/kg;最高值达22.67 g/kg,出现在75 mmol/L盐胁迫条件下的骏马品种。三个品种饲用燕麦的 Na^+ 含量均在盐浓度50 mmol/L时开始与CK和25 mmol/L呈现出显著差异,但与75 mmol/L无显著差异,表明以上三种饲用燕麦的耐受碱性盐浓度的临界值为50 mmol/L。 Na^+ 含量随着盐浓度的增加有上升的趋势,CK情况下含量最低,75 mmol/L处

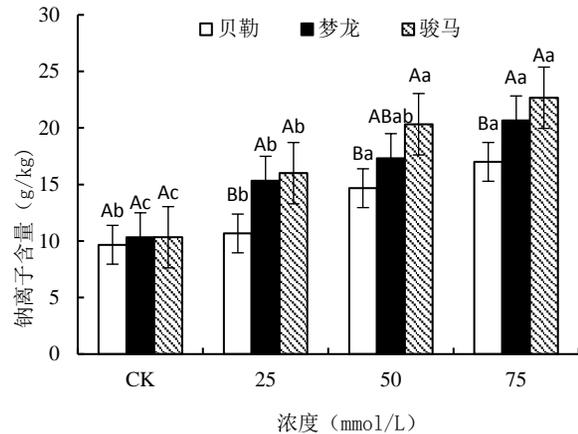


图2 不同盐浓度下各品种地上部分 Na^+ 含量

理下各品种含量均达最高值。CK条件下,贝勒品种与其他品种差异显著;在盐处理的各个浓度梯度下,贝勒的 Na^+ 含量最低。

2.4 不同处理下燕麦地上部分生物量及株高的变化

盐胁迫对植物形态塑成有较大影响,随着盐浓度的增加,各燕麦品种在植株外部形态上出现差异。在低浓度处理下,燕麦成活率高、植株细且长;而随着浓度的增加植株数量明显降低,形态表现出矮、粗的特征,而且叶片角质层明显加厚。对盐胁迫敏感的品种上述特征比耐盐性品种更明显,即骏马和梦龙要比贝勒上述特征更明显。从表3也可以看出,品种贝勒在3个盐浓度处理中,鲜重和株高都无显著差异,只在75 mmol/L浓度下干重与其他3个处理存在显著差异;品种骏马从50 mmol/L浓度开始鲜重、干重和株高与CK出现显著差异,25 mmol/L处理与CK无显著差异,株高在75 mmol/L浓度下与其他3个处理差异显著;梦龙在50 mmol/L条件下,与CK比较各指标均出现显著差异,干重和株高在75 mmol/L浓度下,与其他3个处理均差异显著。从上述结果可以看

表3 不同浓度 NaHCO_3 处理下各品种地上生物量及株高

品种	测定指标	NaHCO_3 浓度(mmol/L)			
		CK	25	50	75
贝勒	鲜重(g/盆)	23.53±0.68Aa	21.06±0.63Aa	19.89±0.50Aa	18.35±0.1Aa
	干重(g/盆)	11.46±0.25Aa	10.37±0.44Aa	8.41±0.31Aa	3.04±0.44Ba
	株高(cm)	36.57±1.36Aa	35.84±1.48Aa	33.36±1.07Aa	31.85±1.25Aa
骏马	鲜重(g/盆)	21.63±0.33Aa	20.48±0.73Aa	17.57±0.56Bb	13.28±0.71Bb
	干重(g/盆)	10.58±0.15Aa	9.28±0.88Aa	7.32±0.27 Bb	2.52±0.53Bb
	株高(cm)	35.74±1.03Aa	33.64±1.35 Aa	31.51±1.59Bb	29.50±1.38Cb
梦龙	鲜重(g/盆)	21.03±0.53Aa	19.75±0.74Aa	17.85±0.20Bb	11.67±0.43Bb
	干重(g/盆)	10.35±0.46Aa	8.01±0.75Ab	6.49±0.23Bb	2.0±0.39Cc
	株高(cm)	32.0±1.82Aa	30.04±1.77Aa	28.60±1.07Bb	25.62±1.39Cc

出,在测定的3个指标中,高浓度的盐胁迫对盐分敏感品种株高的影响更显著。

3 讨论与结论

外界环境中的盐胁迫会破坏植物体内的离子平衡,而植物会在一个相对短的时间内启动多个应对离子胁迫的机制来抵御危害。植物通过调节K⁺、Na⁺的含量及比例来维持机体的离子平衡是最常见的抵御危害的方法^[18]。不同种类的盐及其浓度对植物的毒害作用也存在差别。本试验在前期种子萌发试验中设计的盐浓度下,NaHCO₃达到100 mmol/L时种子的发芽率为0,75 mmol/L时发芽率为19.3%,因此本试验采用最高胁迫浓度为75 mmol/L的设计。从试验结果看出,在50 mmol/L浓度胁迫下,各个品种钾钠离子含量及变化与对照出现显著差异,因此可认为本试验条件下燕麦耐受NaHCO₃胁迫的临界值为50 mmol/L,而此临界浓度要低于其他报道中中性盐胁迫和混合盐胁迫的临界值,也可从另一方面反映出碱性盐对植物的伤害较中性盐和混合盐更为严重,较低的浓度就会引起植物耐盐性应激反应。这与海霞等^[19]、刘建新等^[20]的研究结果一致。

植物通过调节K⁺、Na⁺含量及比例来适应盐胁迫是一种常见的耐盐机制。海霞等研究发现燕麦在碱性盐胁迫下其地上部分K⁺含量逐渐减少,而Na⁺含量逐渐增加。萨如拉等^[21]研究碱性盐胁迫对燕麦矿质离子吸收与分配的影响也得到了相似的结果。张慧军等^[22]研究发现转*TaNHX2*基因的棉花在盐胁迫后Na⁺含量降低,光合速率提高,从而增强了转基因棉花的耐盐性。

随着胁迫盐浓度增加,K⁺含量逐渐减少、Na⁺含量逐渐增加,且在3个品种之间存在较大差异,这可能与基因型相关。这与付鸾鸿等^[23]的研究结果一致。通过对离子含量和变化的测定,可得出3个参试品种苗期对盐胁迫敏感程度排序为:梦龙(最敏感)>骏马(较敏感)>贝勒(不敏感)。学者们提出加强牧草种质资源的开发,尽快开展牧草种质资源深入研究,提升牧草育种的总体水平,尽快健全优良牧草品种的育-繁-产-推体系的思考^[24]。因此,本研究为筛选耐盐性品种奠定了理论基础,为耐盐性燕麦品种鉴定评价提供了参考依据。

参考文献:

[1] 介明. 盐碱地的危害与改良研究[J]. 绿色科技, 2016(7): 121-123.

- [2] 杨伟,王坚强,刘勇,等. 植物盐胁迫研究进展[J]. 园艺与种苗, 2018(5): 55-57.
- [3] 胡涛,张鸽香,郑福超,等. 植物盐胁迫响应的研究进展[J]. 分子植物育种, 2018, 16(9): 3006-3015.
- [4] 张昆,李明娜,曹世豪,等. 植物盐胁迫下应激调控分子机制研究进展[J]. 草地学报, 2017, 25(2): 227-235.
- [5] 范富,张庆国,邵继承,等. 通辽市盐碱地形成及类型划分[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2009, 24(4): 410-413.
- [6] 赵桂琴,慕平,魏黎明. 饲用燕麦研究进展[J]. 草业学报, 2007, 16(4): 116-125.
- [7] 曹丽霞,赵世锋,石碧红,等. 6个饲用燕麦品种不同刈割期的产草量比较[J]. 河北农业科学, 2017, 21(6): 11-16.
- [8] 田永雷,张玉霞,朱爱民,等. 施氮对科尔沁沙地饲用燕麦产量及氮肥利用率的影响[J]. 草原与草坪, 2018, 38(5): 54-58.
- [9] 侯鑫狄,贾玉山,包健,等. 燕麦种子抗盐碱特性研究[J]. 草原与草业, 2018, 30(3): 50-55.
- [10] 王开伟,何峰,于勇,等. 燕麦对吉林省西部盐碱地的修复作用及推广建议[J]. 现代农业科技, 2015, (1): 213-214.
- [11] 刚永和. 不同粗饲料育肥青海藏系羊的效果研究[J]. 东北农业科学, 2020, 45(3): 55-59.
- [12] 李焕春,栗艳芳,王博,等. 不同燕麦品种对NaCl胁迫的响应及其耐盐阈值[J]. 北方农业学报, 2018, 46(3): 13-17.
- [13] 刘国富,张宇龙,李玉龙,等. 盐胁迫对5种燕麦种子萌发的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2017(10): 150-152.
- [14] 高彩婷,刘景辉,张玉芹,等. 短期盐胁迫下燕麦幼苗的生理响应[J]. 草地学报, 2017, 25(2): 338-343.
- [15] 熊建林. 盐胁迫对不同种源地燕麦种子萌发的影响研究[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(20): 23.
- [16] 陈鹏程,顾志敏. 植物调控盐胁迫下离子动态平衡[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(20): 16-18.
- [17] 谢委,刘月,王艳,等. 不同盐胁迫对中牧一号紫花苜蓿种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(11): 157-161.
- [18] Serrano R, Mulet J M, Rios G. A glimpse of the mechanisms of ion homeostasis during salts tress[J]. ExpBot, 1999, 50: 1023-1036.
- [19] 海霞,刘景辉,杨彦明,等. 盐胁迫对燕麦幼苗Na⁺、K⁺吸收和离子积累的影响[J]. 麦类作物学报, 2019, 39(4): 2-8.
- [20] 刘建新,王金成,王瑞娟,等. 燕麦幼苗对盐胁迫的响应及过氧化氢对响应的调节[J]. 生态学杂志, 2015, 34(9): 2506-2511.
- [21] 萨如拉,刘景辉,刘伟,等. 碱性盐胁迫对燕麦矿质离子吸收与分配的影响[J]. 麦类作物学报, 2014, 34(2): 261-266.
- [22] 张慧军,张万科,俞嘉宁,等. 过量表达*TaNHX2*基因提高转基因棉花的抗旱耐盐性[J]. 东北农业科学, 2021, 46(1): 31-35, 71.
- [23] 付鸾鸿,于崧,于立河,等. 不同基因型燕麦萌发期耐盐碱性分析及其鉴定指标的筛选[J]. 作物杂志, 2018(6): 27-35.
- [24] 郑伟,栾志慧,张红香,等. 草牧业之根本—我国牧草培育现状分析与发展思考[J]. 东北农业科学, 2019, 44(6): 111-114.

(责任编辑:王丝语)