

doi:10.11937/bfyy.20170571

NaCl 胁迫对翅碱蓬营养物质含量的影响

王 昊, 郑舒文, 洪晓松

(辽宁省盐碱地利用研究所, 辽宁 盘锦 124000)

摘 要:以广泛分布在辽宁海岸线的翅碱蓬为研究对象,研究了不同浓度 NaCl 胁迫(0、100、200、300、400、500、600 mmol · L⁻¹)对翅碱蓬中营养物质含量的影响,以期为盐碱地的改良利用、翅碱蓬的作物化栽培及经济价值的开发利用提供一定的参考依据。结果表明:随着 NaCl 浓度的升高翅碱蓬中可溶性糖、蛋白质和维生素 C 含量呈先增加后减少的趋势,并且可溶性糖和蛋白质各处理值均高于对照值。NaCl 胁迫使翅碱蓬体内积累较多的可溶性糖和蛋白质来维持渗透平衡,并且通过渗透调节来抵御盐分对其的伤害,保证植株在盐分胁迫条件下从外界高盐溶液中吸收水分。NaCl 浓度亦对翅碱蓬中 Zn、Fe、Ca、Mg 含量影响明显,随着 NaCl 浓度的提高,翅碱蓬中 Zn、Fe、Mg 含量表现出先升高后下降的变化趋势,Ca 含量表现持续下降的变化趋势。其中,当 NaCl 浓度在 0 mmol · L⁻¹时,翅碱蓬 Ca 含量最高;当 NaCl 浓度在 100 mmol · L⁻¹时,翅碱蓬 Zn、Fe 含量最高;Mg 则是 300 mmol · L⁻¹时含量最高。

关键词:翅碱蓬;NaCl;营养物质

中图分类号:S 567.23⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0100-04

翅碱蓬(*Suaeda salsa*)属藜科一年生草本植物,俗称“黄须菜”“盐蒿”或“碱蒿”,茎直立,圆柱形,高达 30~100 cm,花序单生或 2~3 朵有柄簇生于叶腋的短柄上,呈团伞状,是典型盐生植物。主要分布于东北、西北、华北和河南、山东、江苏、浙江等地^[1]。

第一作者简介:王昊(1979-),男,硕士,助理研究员,现主要从事盐生植物等研究工作。E-mail:37867372@qq.com.

收稿日期:2017-04-13

据联合国教科文组织和粮农组织等机构的不完全统计,世界各种盐渍土面积在 10 亿 hm² 以上,研究和开发利用生长于荒漠、海岸、海滩上的盐生植物已成为当今世界农业的重大课题和研究方向^[2]。碱蓬是盐碱地重要的典型指示植物,是当前改良利用盐碱土壤的首选植物种类^[3]。我国有适宜于碱蓬生长的盐碱荒地 200 万 hm²。目前对碱蓬的开发利用研究也较多。美国亚利桑那大学的研究人员与以色列科学家合作,经过长达数十年的精心选育和改良,已成功将生物学特性和

10 kg · m⁻³) and A11 (ferrous sulfate 15 kg · m⁻³) matrix were the best, the mean of chlorophyll was better; secondly, the plant height, canopy, chlorophyll and leaf area of A3, A6, A7, A9 and A12 matrix were better, and the plant height, crown amplitude, leaf area and chlorophyll of A2, A5, A8, A13 and A14 matrix were better; plant height, crown amplitude, the leaf area and chlorophyll of A15 and A16 matrix were the worst. The cost of A4, A10, A11 and A12 matrix were all higher; A3 group added peat 2, A6, A7 group respectively add citric acid 2 kg · m⁻³, 4 kg · m⁻³, A9 experimental group added ferrous sulfate 5 kg · m⁻³, were relatively low cost, *Rhododendron* various biomass traits, could be used in container seedling production.

Keywords: *Rhododendron*; potting medium; pH

我国境内的碱蓬和盐地碱蓬相似的海蓬子定植在沿海滩涂上。周浩^[4]研究分析得出:盐地碱蓬含有大量对人体有益膳食纤维、氨基酸、微量元素、维生素。当前,随着生态环境保护观念的广泛普及,对翅碱蓬资源的开发研究不断深入,其作为优质的蔬菜、经济作物和具有医疗保健价值的属性得到充分认识。所以在发挥碱蓬生态效益的同时,应建立完善的生产加工体系,充分开发利用其旅游资源、食用功能和营养保健功能。最终使翅碱蓬变废为宝,使其创造出巨大的生态效益和经济效益。

现以翅碱蓬为研究对象,研究不同浓度的 NaCl 胁迫对其营养物质含量的影响,以期对盐碱地的改良利用,翅碱蓬的作物化栽培及经济价值的开发利用提供一定的参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2015 年 4—7 月在辽宁省盐碱地利用研究所试验基地内进行。以盘锦沿海地区野生的翅碱蓬(*Suaeda salsa*)为研究对象。

1.2 试验方法

2015 年 4 月 16 日在日光温室中将种子播种于装有洗沙的苯板箱,采用沙培盆栽方式,苯板箱底部带有小孔使营养液能够流出。育苗期间采用不含 NaCl 1/2 Hoagland 营养液进行浇灌,当幼苗长至 10 cm 高时(5 月 26 日)进行 NaCl 处理,处理浓度分别为含 100、200、300、400、500、600 mmol · L⁻¹ NaCl 的 1/2 Hoagland 营养液,对照用不加 NaCl 的 1/2 Hoagland 营养液浇灌。共 7 个处理,每个处理进行 3 次重复。每次浇灌保证有大量营养液流出,以保证每个处理的盐分浓度保持恒定。NaCl 处理 30 d 后开始测定各项指标,样品测定采用不同植株混合采样,每项指标重复测定 3 次。

1.3 项目测定

蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 法^[5],样品蛋白质含量(mg · kg⁻¹ FW) = 查得的蛋白质含量(mg) × 提取液总体积(mL) / 样品质量(kg) × 测定时取用提取液体积(mL);可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法^[6]。冷却至室温后,在波长 620 nm 下进行比色,记录光密度值。

查标准曲线上得知对应的葡萄糖含量(mg);可溶性糖含量(mg · kg⁻¹ FW) = [查表所得的可溶性糖含量(mg) × 稀释倍数 / 样品质量(kg) × 10⁵] × 100;维生素 C 含量的测定采用 2,6-二氯酚酚滴定法^[7]。取 2 份样品滴定所用染料体积平均值,计算还原型抗坏血酸含量:抗坏血酸含量(mg · kg⁻¹ FW) = (V × T × G × A / W × G₁ × A₁) × 1 000。矿物质元素采用原子吸收分光光度计法。准确配置一系列不同浓度的 Zn、Fe、Ca、Mg 标准溶液,用原子吸收分光光度计按设定好的工作条件进行测定,计算机自动绘制工作曲线,计算回归方程及相关系数值。

1.4 数据分析

各项实测指标取平均值,依据 Duncan 新复极差法,进行方差显著性比较,大写字母代表 0.01 水平显著,小写字母代表 0.05 水平显著。试验数据应用 Excel 和 DPS 7.05 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 NaCl 胁迫对翅碱蓬蛋白质含量的影响

由图 1 可以看出,当 NaCl 浓度在 0 ~ 200 mmol · L⁻¹ 时,翅碱蓬叶片蛋白质含量逐渐升高,NaCl 浓度为 200 mmol · L⁻¹ 时,翅碱蓬叶片蛋白质含量达到最大值 23.05 mg · kg⁻¹ FW,为对照的 1.27 倍,二者差异显著;当 NaCl 浓度在 300 ~ 600 mmol · L⁻¹ 时则逐渐降低,600 mmol · L⁻¹ 时叶片蛋白质含量达最小值 21.18 mg · kg⁻¹ FW,是对照的 1.16 倍,差异不显著。经不同浓度 NaCl 处理,蛋白质含量均高于对照,说明 NaCl 处理可以使翅碱蓬叶片蛋白

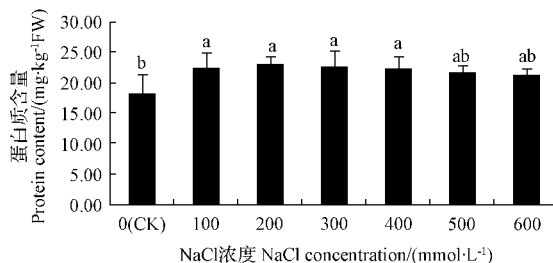


图 1 NaCl 胁迫对碱蓬叶片蛋白质含量的影响
Fig. 1 Effects of NaCl treatment on protein contents in leaves of *Suaeda salsa*

质含量增加。随着 NaCl 浓度的升高表现为先增大后减小的趋势。其中以 NaCl 浓度为 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时处理效果最明显,不同 NaCl 浓度处理间差异不显著。

2.2 NaCl 胁迫对翅碱蓬叶片可溶性糖含量的影响

由图 2 可以看出,当 NaCl 浓度在 $0 \sim 200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,翅碱蓬叶片可溶性糖含量逐渐升高,NaCl 浓度为 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,翅碱蓬叶片可溶性糖含量达最大值 $4.69 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW}$,为对照的 1.49 倍,二者差异显著;当 NaCl 浓度在 $300 \sim 600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时则逐渐降低, $600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时叶片可溶性糖含量为最小值 $3.81 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW}$,是对照的 1.21 倍,差异不显著。经不同浓度 NaCl 处理,翅碱蓬叶片可溶性糖含量均高于对照,说明 NaCl 处理可以使翅碱蓬叶片可溶性糖含量增加。随着 NaCl 浓度的升高表现为先增大后减小的趋势。其中以 NaCl 浓度为 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时处理效果最明显,不同 NaCl 浓度处理间差异不显著。

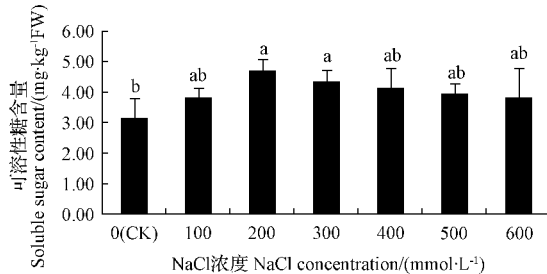


图 2 NaCl 胁迫对碱蓬叶片可溶性糖含量的影响

Fig. 2 Effects of NaCl treatment on soluble sugar contents in leaves of *Suaeda salsa*

2.3 NaCl 胁迫对翅碱蓬叶片维生素 C 含量的影响

由图 3 可以看出,当 NaCl 浓度在 $0 \sim 200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,翅碱蓬叶片维生素 C 含量逐渐升高,NaCl 浓度为 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时翅碱蓬叶片维生素 C 含量达最大值 $17.21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW}$,为对照的 1.06 倍,差异不显著;当 NaCl 浓度在 $300 \sim 600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时则逐渐降低, $600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时叶片维生素 C 含量为各浓度处理的最小值 $14.57 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW}$,是对照的 0.9 倍,二者差异不显著。叶片维生素 C 含量最大值

是最小值的 1.18 倍,二者差异达到显著水平。可见,翅碱蓬的叶片维生素 C 含量随着 NaCl 浓度的升高表现为先增大后减小的趋势。其中以 NaCl 浓度为 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时处理效果最明显。不同 NaCl 浓度处理间, $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理分别与 500 、 $600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 处理差异达到显著水平。

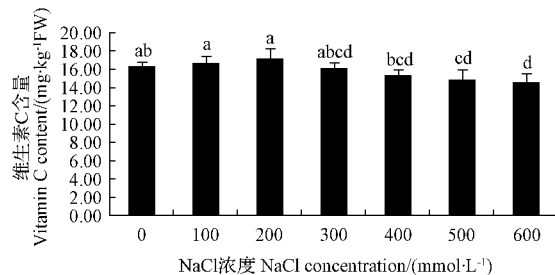


图 3 NaCl 胁迫对碱蓬维生素 C 含量的影响

Fig. 3 Effects of NaCl treatment on vitamin C contents in leaves of *Suaeda salsa*

2.4 NaCl 胁迫对翅碱蓬植株矿质元素含量的影响

由表 1 可知,随着 NaCl 浓度的提高,翅碱蓬 Zn、Fe、Mg 含量表现出先升高后下降的变化趋势,当 NaCl 浓度在 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,Zn、Fe 含量最高,分别为 $44.19 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $682.70 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。当 NaCl 浓度为 $600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,Zn、Fe 含量最低,分别为 $34.53 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和 $485.60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。当 NaCl 浓度在 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,Mg 含量最高为 $15.01 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,当 NaCl 浓度在 $600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,Mg 含量最低为 $10.37 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。随着 NaCl 浓度的提高,翅碱蓬 Ca 含量表现持续下降的变化趋势,当 NaCl 浓度在 $0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,Ca 含量最高为 $14.99 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,当 NaCl 浓度在 $600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,Ca 含量最低为 $7.92 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

方差分析表明,当 NaCl 浓度在 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $200 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时翅碱蓬 Zn 含量不显著,但显著高于其它 NaCl 浓度时翅碱蓬 Zn 含量;当 NaCl 浓度在 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时翅碱蓬 Fe 含量显著高于其它 NaCl 处理 Fe 含量;当 NaCl 浓度在 0 、 100 、 200 、 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时翅碱蓬 Mg 含量不显著,但显著高于其它 NaCl 浓度时翅碱蓬 Mg 含量。Ca 含量对照与其它处理差异显著。

总之,NaCl 浓度的变化对翅碱蓬 Zn、Fe、Ca、Mg 含量的影响明显,其中,当 NaCl 浓度在 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,翅碱蓬 Zn、Fe 含量最高;当

NaCl 浓度在 $0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,翅碱蓬 Ca 含量最高;当 NaCl 浓度在 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,Mg 含量最高。

表 1 NaCl 胁迫对碱蓬矿质元素含量的影响

Table 1 Effects of NaCl treatment on mineral element contents of *Suaeda salsa*

NaCl 浓度 /($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	Zn /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Fe /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Ca /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	Mg /($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
0	39.13bc	622.70b	14.99a	14.58a
100	44.19a	682.70a	10.12bc	14.59a
200	43.51a	597.20b	10.42b	14.75a
300	40.37b	506.50c	9.40c	15.01a
400	39.60bc	501.10c	8.32d	12.69b
500	37.78b	490.40c	8.15d	12.35b
600	34.53d	485.60c	7.92d	10.37c

3 结论与讨论

该试验表明,随着 NaCl 浓度的升高翅碱蓬中可溶性糖、蛋白质和维生素 C 含量呈先增加后减少的趋势,并且可溶性糖和蛋白质各处理均高于对照。NaCl 胁迫可以使翅碱蓬体内积累较多的可溶性糖和蛋白质,以此来维持渗透平衡,并且通过渗透调节来抵御盐分对其的伤害,保证植株在盐分胁迫条件下从外界高盐溶液中吸收水分。NaCl 浓度亦对翅碱蓬 Zn、Fe、Ca、Mg 含量影响

明显。随着 NaCl 浓度的提高,翅碱蓬 Zn、Fe、Mg 含量表现出先升高后下降变化趋势;翅碱蓬 Ca 含量则表现持续下降的变化趋势。其中,当 NaCl 浓度在 $0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,翅碱蓬 Ca 含量最高;当 NaCl 浓度在 $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,翅碱蓬 Zn、Fe、含量最高;Mg 则是 $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时含量最高。可见在作为蔬菜栽培过程中,可适当提高盐分来提高翅碱蓬的食用品质。

参考文献

- [1] 中科院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 第二十五卷:第二分册. 北京:科学出版社,1979.
- [2] 王遵亲. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [3] 赵可夫. 盐生植物在盐渍土壤改良中的作用[J]. 应用与环境生物学报,2002,8(4):31-35.
- [4] 周浩. 野生蔬菜盐地碱蓬的营养成分分析及评价[J]. 安徽农业科学,2009,37(29):14107-14108,14123.
- [5] READ S M, NORTHEOTE D H. Minimization of variation in the response to different protein of the Coomassie blue G dye-binding assay for protein[J]. Anal Biochem, 1981, 116:53-64.
- [6] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [7] 郝建军,刘延吉. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2001.

Influence of NaCl Stress on Alkaline Nutrient Content of *Suaeda salsa*

WANG Hao, ZHENG Shuwen, HONG Xiaosong

(Institute of Saline-alkali Land Use in Liaoning, Panjin, Liaoning 124000)

Abstract: The species of pteryolith were studied widely distributed on the Liaoning coastline, the effects of different concentrations of NaCl stress ($0, 100, 200, 300, 400, 500, 600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$) on the nutrient content of *Suaeda salsa* were studied, with a view to improving the saline-alkali land, it provided some theoretical basis for the development and utilization of materialized cultivation and economic value. The results showed that with the increase of NaCl concentration, the content of soluble sugar, protein and vitamin C in *Suaeda salsa* were increased first and then decreased, soluble sugar and protein treatments were higher than CK. NaCl stress promoted the accumulation of soluble sugars and proteins in the pterygotic body to maintain the osmotic balance, through osmotic regulation to resist the damage of salt, the plant could absorb water from the high salt solution under salt stress. NaCl concentration also had obvious influence on the content of Zn, Fe, Ca and Mg in *Suaeda salsa*. With the improvement of NaCl concentration, the content of Zn, Fe and Mg in *Suaeda salsa* showed a change trend after the first increase, and the change trend of Ca content continued to decrease. Among them, when NaCl concentration was $0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, the content of the PWM was the highest. When NaCl concentration was $100 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, the wing base Zn and Fe content were the highest. Mg was the highest in $300 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Keywords: *Suaeda salsa*; NaCl stress; nutrient contents