

张霞,孙旭春,钟小仙,等. 海盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片解剖结构的适应性变化[J]. 江苏农业科学,2014,42(4):162-164.

海盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片解剖结构的适应性变化

张霞,孙旭春,钟小仙,杨杰,顾洪如,李晟

(江苏省农业科学院畜牧研究所,江苏南京 210014)

摘要:在盆栽条件下,以苏牧 2 号与 N51 象草为材料,分析盐胁迫下苏牧 2 号象草幼苗叶片显微解剖结构的变化,明确象草叶片显微结构与耐盐性的关系。结果表明,胁迫 40 d 时,N51 象草在 0.4% 海盐浓度下叶片厚度最大,之后随盐浓度的增加而下降。苏牧 2 号象草在 0.6% 海盐浓度下叶片厚度最大,之后随盐胁迫浓度增加而下降。随着海盐浓度增加,N51 象草叶片上表皮厚度呈现减小趋势。0.6% 海盐浓度下,苏牧 2 号象草叶片上表皮厚度最大,随着盐浓度继续增加,苏牧 2 号象草叶片上表皮厚度下降。随着盐浓度增加,N51 象草、苏牧 2 号象草叶片下表皮厚度均呈先增大后减小趋势。N51 象草叶片维管束面积在 0.4% 海盐浓度下达到最大,随着海盐浓度继续增加,N51 象草叶片维管束面积减小。苏牧 2 号象草叶片维管束面积在 0.8% 海盐浓度下达到最大。苏牧 2 号象草耐盐性比 N51 象草更强。

关键词:象草;盐胁迫;叶片;显微结构

中图分类号: Q944.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)04-0162-03

我国盐渍土(不包括滨海滩涂)面积约 0.35 亿 hm^2 ,已开垦种植的约 0.07 亿 hm^2 ,大多数含盐量在 1% 以下。江苏省现有滩涂面积约 65.33 万 hm^2 ,相当于全省土地总面积的 6.5%,海岸线长约 1 000 km,以每年 0.13 万 hm^2 的速度向外淤长,只有少部分盐渍化耕地已得到利用^[1-2]。象草(*P. purpureum* Schum.)是禾本科狼尾草属优质、高产、多用途牧草。苏牧 2 号象草(*Pennisetum purpureum* Schumach cv. Sumu No. 2)是钟小仙等利用 N51 象草幼穗离体培养获得的胚性愈伤组织,通过 NaCl 胁迫筛选获得体细胞突变体后进一步选育而成,2010 年通过国家审定,是目前国内仅有的耐盐象草新品种,在含盐量 0.4%~0.6% 环境中,其鲜草产量达 60 t/ hm^2 以上,产草量显著高于对照象草 N51、华南象草,在沿海滩涂具有广阔的应用前景^[3]。植物的耐盐能力是植物形态适应、生理适应的综合体现。在植物的结构与环境关系方面,历来研究最多的器官是叶,因为叶片是植物进化过程中对环境变化比较敏感且可塑性较大的器官,环境变化常导致叶片的形态及解剖结构的响应与适应^[4-8]。Hameed 等认为,盐碱生境中的植物通常具有肉质化的叶,叶鞘内形成通气组织,具有发达的维管组织,叶片具有高度发达的泡状细胞^[7]。高盐环境下南极发草(*Deschampsia antarctica*)会形成发达的泡状细胞^[9]。刘智微等研究结果表明,苏牧 2 号象草叶片气孔密度、维管束数目、泡状细胞长度随盐胁迫浓度增加而增加^[10]。张霞等对苏牧 2 号象草叶片解剖结构进行了研究^[11]。本试验以苏牧 2 号象草为材料,分析盐胁迫下苏牧 2 号象草幼苗叶片显微解剖结构的变化,明确象草叶片显微结构与耐盐性的关系,旨在为耐盐象草细胞工程育种提供依据。

收稿日期:2013-08-15

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(10)423]。

作者简介:张霞(1976—),女,河南新乡人,博士,副研究员,主要从事牧草生理生态及畜禽废弃物利用研究。E-mail: yangymn@aliyun.com.cn。

1 材料与方法

1.1 材料

以苏牧 2 号与 N51 象草为材料,海盐为广东省多品种盐公司生产的海水养殖专用盐。

1.2 试验设计

试验采用盆栽法,于 2011 年 7—9 月在江苏省农业科学院玻璃温室内进行。7 月 13 日采用象草茎段扦插育苗,8 月 1 日将生长一致的象草幼苗移栽于装有蛭石的塑料花盆(高 15 cm,口径 20 cm)中,2 株/盆。设 0(CK)、0.4%、0.6%、0.8%、1.0% 等 5 个盐浓度处理,每处理重复 3 次,每处理 3 盆,将所有花盆放于同 1 个不透水的大周转箱(长 60 cm、宽 40 cm、高 15 cm)中。将加入不同浓度盐的 1/2 Hoagland 营养液浇灌到大周转箱中,对照只加入 1/2 Hoagland 营养液。在液面高度处作标记,每天往周转箱中补水保持海水处理液浓度,保证盐浓度不变,每周换 1 次营养液及添加盐。移栽后 40 d 取样品,用于制作石蜡切片。

1.3 方法

取第 1 张完全展开叶的中部(5 mm×8 mm)放于 FAA 固定液(70%乙醇 90 mL、5 mL 冰醋酸、5 mL 甲醛)中固定,进行脱水、浸蜡、包埋,用 KD-2258 轮转式切片机切片(厚度 6 μm),用 DK-H 展片机展片(42 $^{\circ}\text{C}$ 、24 h)。切片经脱蜡、番红(1%)固绿(0.5%)染色、乙醇系列脱水后,再用中性树脂封片。在 Olympus CX31 显微镜下观察并照相,抽取 10~12 张照片用于测量数据,每张图片的平均值为 1 个数据。取叶片中部测量叶片厚度以及上、下表皮厚度。从叶片中间测量维管束面积、泡状细胞面积。测量半个叶片的维管束、泡状细胞面积,取其平均值。取主脉附近的厚壁组织测量厚壁组织面积。

1.4 数据处理

用 SAS 8.1 软件处理数据。

2 结果与分析

2.1 不同浓度海盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片厚度

如表 1 所示,胁迫 40 d 时,N51 象草叶片厚度在 0.4% 海盐浓度下最大,之后随着盐浓度的增加而减小。苏牧 2 号象草叶片厚度在 0.6% 海盐浓度下最大,之后随盐胁迫浓度增加而减小。

表 1 不同浓度海盐胁迫对象草叶片厚度的影响

盐浓度 (%)	叶片厚度(μm)	
	N51	苏牧 2 号
0	173.41 ± 17.42abA	130.72 ± 12.52cdBC
0.4	186.24 ± 45.44aA	150.77 ± 6.85bAB
0.6	166.47 ± 23.96bAB	169.69 ± 21.10aA
0.8	145.73 ± 13.24cBC	146.90 ± 13.97bcAB
1.0	134.75 ± 10.19cC	121.56 ± 15.98dC

注:同列数据后标有不同大写、小写字母者分别表示差异极显著、显著。下表同。

2.2 不同浓度海盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片上表皮厚度

如表 2 所示,胁迫 40 d 时,随着海盐浓度增加,N51 象草叶片上表皮厚度呈现减小趋势。0.6% 海盐浓度下,苏牧 2 号象草叶片上表皮厚度最大,随着盐浓度继续增加,苏牧 2 号象草叶片上表皮厚度减小。

表 2 不同浓度海盐胁迫对象草叶片上表皮厚度的影响

盐浓度 (%)	上表皮厚度(μm)	
	N51	苏牧 2 号
0	67.10 ± 8.81aA	54.66 ± 8.96bB
0.4	60.96 ± 9.71abAB	62.55 ± 7.10aAB
0.6	58.64 ± 6.32bAB	68.42 ± 7.01aA
0.8	57.39 ± 9.85bcAb	63.28 ± 10.46aAB
1.0	50.51 ± 7.69cB	53.33 ± 4.40bB

2.3 不同浓度盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片下表皮厚度

如表 3 所示,胁迫 40 d 时,随着盐浓度增加,N51 象草、苏牧 2 号象草叶片下表皮厚度均呈先增大后减小趋势。

表 3 不同浓度盐胁迫对象草叶片下表皮厚度的影响

盐浓度 (%)	下表皮厚度(μm)	
	N51	苏牧 2 号
0	34.85 ± 4.47	29.31 ± 6.69bB
0.4	31.86 ± 6.82	30.99 ± 3.99bB
0.6	34.40 ± 4.80	41.50 ± 8.25aA
0.8	29.46 ± 3.71	33.33 ± 6.36bB
1.0	28.37 ± 2.33	29.88 ± 3.74bB

2.4 不同浓度海盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片维管束面积

如表 4 所示,胁迫 40 d 时,N51 象草叶片维管束面积在 0.4% 海盐浓度下最大,随着海盐浓度继续增加,N51 象草叶片维管束面积减小。苏牧 2 号象草叶片维管束面积在 0.8% 海盐浓度下达到最大。

2.5 不同浓度海盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片厚壁组织面积

如表 5 所示,胁迫 40 d 时,N51 象草叶片厚壁组织面积在 0.4% 海盐浓度下达到最大,随着海盐浓度继续增加,N51 象草叶片厚壁组织面积减小。苏牧 2 号叶片厚壁组织面积在 0.6% 海盐浓度时达到最大,之后减小。

表 4 不同浓度海盐胁迫对象草叶片维管束面积的影响

盐浓度 (%)	维管束面积(μm ²)	
	N51	苏牧 2 号
0	14 483.29 ± 3 912.58aAB	7 370.67 ± 1 704.19bB
0.4	15 025.93 ± 2 516.50aA	12 039.53 ± 984.86aA
0.6	12 349.88 ± 1 475.04bB	10 993.67 ± 1 307.40aA
0.8	9 168.34 ± 1 673.29cC	12 216.12 ± 1 813.77aA
1.0	7 323.69 ± 881.12dD	8 315.74 ± 1 867.44bB

表 5 不同浓度海盐胁迫下对象草叶片厚壁组织面积的影响

盐浓度 (%)	叶面厚壁组织面积(μm ²)	
	N51	苏牧 2 号
0	2 720.00 ± 1 326.44aAB	1 708.24 ± 975.09
0.4	3 228.28 ± 458.15aA	2 366.45 ± 392.26
0.6	2 327.04 ± 1 059.13abAB	2 683.62 ± 1 133.97
0.8	1 674.14 ± 856.07bB	2 560.09 ± 1 053.68
1.0	1 468.75 ± 393.87bB	2 024.15 ± 552.97

2.6 不同浓度海盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片主脉直径

如表 6 所示,胁迫 40 d 时,随着海盐浓度增加,N51 象草叶片主脉直径呈减小趋势。0.4% 海盐浓度下,苏牧 2 号叶片主脉直径最大,随盐浓度继续增加,苏牧 2 号叶片主脉直径减小。

表 6 不同浓度海盐胁迫对象草叶片主脉直径的影响

盐浓度 (%)	叶片主脉直径(μm)	
	N51	苏牧 2 号
0	194.78 ± 39.10aA	126.45 ± 19.33bB
0.4	186.61 ± 35.25aAB	177.79 ± 47.27aA
0.6	182.82 ± 21.18aAB	141.87 ± 19.95bB
0.8	179.81 ± 14.56abAB	136.43 ± 27.79bB
1.0	160.55 ± 25.00bB	131.59 ± 30.93bB

2.7 不同浓度海盐胁迫下苏牧 2 号象草叶片泡状细胞面积

如表 7 所示,胁迫 40 d 时,随着海盐浓度增加,N51 象草叶片泡状细胞面积减小。0.6% 海盐浓度下,苏牧 2 号象草叶片泡状细胞面积最大,随着海盐浓度继续增加,苏牧 2 号象草叶片泡状细胞面积减小。

表 7 不同浓度海盐胁迫对象草叶片泡状细胞面积的影响

盐浓度 (%)	叶片泡状细胞面积(μm ²)	
	N51	苏牧 2 号
0	12 071.75 ± 917.93aA	8 614.72 ± 2 506.72dC
0.4	10 634.79 ± 1 635.01abAB	13 390.30 ± 2 219.98abAB
0.6	10 457.19 ± 2 665.45abAB	15 414.34 ± 3 227.17aA
0.8	9 253.98 ± 1 512.85bcAB	1 1311.60 ± 2 710.00bcBC
1.0	8 176.67 ± 1 091.93cB	9 473.63 ± 1 312.59dC

3 结论与讨论

研究表明,植物叶片储水能力随着叶片厚度增加而增大^[12-15]。本研究结果表明,胁迫 40 d 时,N51 象草在 0.4% 海盐浓度下叶片厚度最大,之后随盐浓度的增加而减小。苏牧 2 号象草在 0.6% 海盐浓度下叶片厚度最大,之后随盐胁迫

迫浓度增加而减小。胁迫 40 d 时,随着海盐浓度增加,N51 象草叶片上表皮厚度呈减小趋势。0.6% 海盐浓度下,苏牧 2 号象草叶片上表皮厚度最大,随着盐浓度继续增加,苏牧 2 号象草叶片上表皮厚度减小。胁迫 40 d 时,随着盐浓度增加,N51 象草、苏牧 2 号象草叶片下表皮厚度均呈先增大后减小趋势。这与周存宇等的研究结果^[16]相似。N51 象草对高盐胁迫表现出强烈不适应,尽管 N51 象草叶片厚度大于苏牧 2 号,但苏牧 2 号更适应盐生环境。叶片上表皮厚度对盐胁迫较敏感,下表皮对盐胁迫反应较迟钝。本研究结果表明,胁迫 40 d 时,N51 象草叶片维管束面积在 0.4% 海盐浓度下达到最大,随着海盐浓度继续增加,N51 象草叶片维管束面积减小。苏牧 2 号象草叶片维管束面积在 0.8% 海盐浓度下达到最大。盐碱生境中的植物通常在叶鞘内形成通气组织(主脉),具有发达的维管组织(木质部、韧皮部),叶片运输能力显著提高,一方面减轻离子毒害作用,另一方面降低了渗透势;同时叶片具有大量的厚壁组织,具有较强的机械强度^[17-18]。

泡状细胞具有贮水功能,在叶片卷曲过程中起重要作用,在吸收水分、保持细胞水势中起一定作用^[17-19]。在高盐或干旱环境下会形成发达的泡状细胞,缺水时泡状细胞失水变小,水分恢复时泡状细胞吸水变大,从而适应高盐干旱环境^[19-20]。有研究表明,沼泽芦苇以及轻度盐化草甸芦苇的泡状细胞能够起调整渗透势的作用,重度盐化草甸芦苇的泡状细胞能够隔离钠离子发挥抗盐碱作用。高盐胁迫下,小花碱茅叶片的泡状细胞数量增多、体积变大、下陷更深,碱茅在缺乏水分时可以迅速将叶片卷起,大大减少水分散失,有利于防止叶片因缺水萎蔫造成机械损伤。本研究结果表明,胁迫 40 d 时,随着海盐浓度增加,N51 象草叶片泡状细胞面积减小。0.6% 海盐浓度下,苏牧 2 号象草叶片泡状细胞面积最大,随着海盐浓度继续增加,苏牧 2 号象草叶片泡状细胞面积减小。这与前人的研究结果相似。比较而言,苏牧 2 号象草耐盐性比 N51 象草更强。

参考文献:

- [1] 俞仁培,陈德明. 我国盐渍土资源及其开发利用[J]. 土壤通报, 1999,30(4):158-159.
- [2] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培,等. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [3] 钟小仙,余建明,顾洪如,等. 培养基不同浓度 NaCl 对象草幼穗

(上接第 89 页)

4 结论

经多年、多点试验试种,镇稻 18 号丰产稳产性好,耐肥抗倒,适合移栽、直播、机插等多种栽培。9.75 t/hm² 的产量结构一般为:有效穗 310 万/hm² 左右,每穗总粒数 135~145 粒,结实率 90% 以上,千粒重 26 g 左右。镇稻 18 号栽培技术可参

离体培养的影响[J]. 江苏农业科学,2007(5):145-147.

- [4] 李芳兰,包维楷. 植物叶片形态解剖结构对环境变化的响应与适应[J]. 植物学通报,2005,22(增刊):118-127.
- [5] 韦存虚,张 军,王建军,等. 星星草营养器官适应盐胁迫的结构特征[J]. 植物资源与环境学报,2006,15(1):51-56.
- [6] 王勋陵,王 静. 植物的形态结构与环境[M]. 兰州:兰州大学出版社,1989:105-138.
- [7] Hameed M, Ashraf M, Naz N. Anatomical adaptations to salinity in cogon grass [*Imperata cylindrica* (L.) Raeuschel] from the Salt Range, Pakistan[J]. Plant and Soil, 2009,322:229-238.
- [8] 李正理. 旱生植物的形态和结构[J]. 生物学通报,1981(4):9-12.
- [9] Gielwanowska I, Szczuka E, Bednara J, et al. Anatomical features and ultrastructure of *Deschampsia antarctica* (Poaceae) leaves from different growing habitats[J]. Annals of Botany, 2005, 96(6):1109-1119.
- [10] 刘智微,钟小仙,吴娟子,等. 海盐胁迫对苏牧 2 号象草叶片解剖结构的影响[J]. 中国草地学报,2012,34(6):36-43.
- [11] 张 霞,孙旭春,钟小仙,等. 盐胁迫下象草叶片的显微结构[J]. 江苏农业学报,2013,29(2):278-282.
- [12] 李广毅,高国雄,吕悦来,等. 三种灌木植物形态特征及解剖结构的对比观察[J]. 水土保持研究,1995,2(2):141-145.
- [13] 周桂玲,迪利夏提,安争夕,等. 新疆滨藜属植物叶表皮微形态学及叶的比较解剖学研究[J]. 干旱区研究,1995,12(3):34-37.
- [14] 章英才. 几种不同盐生植物叶的比较解剖研究[J]. 宁夏大学学报:自然科学版,2006,27(1):68-71.
- [15] 朱宇旋,张 勇,胡自治,等. 小花碱茅叶适应盐胁迫的显微结构研究[J]. 中国草地,2001,23(2):19-22.
- [16] 周存宇,费永俊,杨朝东,等. 两种生境下狗牙根叶片结构的比较[J]. 草业科学,2010,27(6):93-96.
- [17] Abernethy G A, Fountain D W, Mcmanus M T. Observations on the leaf anatomy of *Festuca novae-zelandiae* and biochemical responses to a water deficit[J]. New Zealand Journal of Botany, 1998,36(1):113-123.
- [18] Balsamo R A, Willigen C V, Bauer A M, et al. Drought tolerance of selected *Eragrostis* species correlates with leaf tensile properties[J]. Annals of Botany, 2006,97(6):985-991.
- [19] Clarke J M. Effect of leaf rolling on leaf water loss in *Triticum* spp. [J]. Canadian Journal of Plant Science, 1986,66(4):885-891.
- [20] 陈豫梅,陈厚彬,陈国菊,等. 香蕉叶片形态结构与抗旱性关系的研究[J]. 热带农业科学,2001(4):14-16.

照早熟晚粳镇稻 11 号的高产栽培技术^[2]。

参考文献:

- [1] 景德道,刁立平,林添资,等. 镇稻系列品种的育种实践与思考[J]. 江苏农业学报,2011,27(6):1401-1404.
- [2] 林添资,景德道,龚红兵,等. 优质食味超级稻镇稻 11 号超高产标准化栽培技术[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):66-67.