

盐胁迫下木麻黄幼树营养元素的分配规律

杨 涛^{1,2}, 严重玲¹, 梁 洁¹, 李裕红¹, 汤惠华²

(1.厦门大学 生命科学学院, 福建 厦门 361005; 2.厦门市农业科学研究所, 福建 厦门 361009)

摘 要: 利用盆栽试验, 研究了盐胁迫下木麻黄幼树营养元素含量和分布规律。结果表明, 不同施盐量处理的木麻黄幼树生长、营养元素含量及分布发生明显的变化。低浓度 (5g/kg) NaCl 处理促进了木麻黄的生长, 而高浓度 (20、25g/kg) 则抑制木麻黄的生长。随着盐浓度的增加, 木麻黄根中 N、P、K, 茎中 N、P, 小枝中 N 含量随之增加, 并与盐浓度之间呈显著正相关, 而茎和小枝中的 K 以及小枝中的 Ca 含量则与盐浓度之间呈显著负相关, 说明盐胁迫下木麻黄营养元素的比例失调是导致盐害的主要原因之一。盐浓度对 Mg 元素影响较小。

关键词: 盐胁迫; 木麻黄; 营养元素

中图分类号: Q949.731; Q945.78 文献标识码: A 文章编号: 1009-7791(2003)03-0001-04

The nutrient elements distribution in *Casuarina equisetifolia* seedlings under salt stress

YANG Tao^{1,2}, YAN Chong-ling¹, LIANG Jie¹, LI Yu-hong¹, TANG Hui-hua²

(1.College of Life Science, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian China; 2.Xiamen Institute of Agricultural Sciences, Xiamen 361009, Fujian China)

Abstract: Based on pot experiments, the distribution of nutrient elements in *Casuarina equisetifolia* seedlings under salt stress were studied. The results showed that there were obviously effects on growth and distribution of nutrient elements in *C. equisetifolia* seedlings under salt stress. Low salt content (5g/kg) promoted the growth, while high salt content (20, 25g/kg) inhibited the growth. With the increase of salt content in soil, the contents of nutrient elements such as N, P, K in roots, N, P in stems and N in twigs increased, and the contents of K in stems and twigs and Ca in twigs decreased. It is suggested that the proportion maladjustment of nutrient elements is one of the causes resulted in salt damage. Salt content affected Mg content on a low level.

Key words: salt stress; *Casuarina equisetifolia*; nutrient elements

木麻黄 (*Casuarina equisetifolia*) 是木麻黄科常绿乔木, 原产于大洋洲、太平洋诸岛以及东南亚、印度至波利尼西亚, 现广泛栽培于世界热带和亚热带地区, 是中国东南沿海重要的防风固沙、农田防护林、沿海绿化的优良树种, 同时也是沿海沙滩绿化的先锋植物。近年来, 许多地区的木麻黄出现林分衰老、生长衰退、更新困难、病虫害严重等问题, 引起人们的关注。然而, 迄今为止尚罕见对木麻黄胁迫生理方面的研究。业已证实, 水分胁迫和盐胁迫是限制木麻黄生长的重要原因, 为了更好地了解其生长发育与滨海沙地生境的关系, 本文从木麻黄在盐胁迫下营养状况的变化, 探讨盐胁迫对其树体营养元素分配的影响; 通过木麻黄在盐胁迫条件下对营养元素的吸收情况, 了解其耐盐浓度的范围,

收稿日期: 2003-06-30

基金项目: 福建省自然科学基金 (D0120001) 资助

作者简介: 杨涛 (1971-), 女, 浙江金华人, 助理研究员, 硕士研究生, 从事植物生理学研究。

注: 严重玲为通讯作者

以期为滨海盐渍化土壤的合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料和试验设计

试验在厦门大学植物园玻璃温室内进行。供试木麻黄为惠安赤湖林场木麻黄种苗生产基地提供的已扦插 3 个月的营养钵小苗，于 2002 年 3 月移入直径 25cm 的陶盆中，每盆装园土 5kg，在温室中炼苗 4 个月。试验设 6 个处理，分别为 NaCl 0、5、10、15、20、25g/kg 土，以不施盐作为对照，每处理 4 盆重复，每盆种 3 株木麻黄。从 2002 年 6 月 29 日起开始盐胁迫处理，为避免一次性加入的 NaCl 造成木麻黄幼树死亡，所有处理的 NaCl 均分 5 次施入，每周施盐 1 次，连续施 5 次，于 2002 年 7 月 28 日完成。每盆外面套一个塑料盆避免盐分流失，胁迫处理至 2002 年 8 月 19 日结束。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 样品处理 胁迫处理结束后，分别按各重复随机采集各处理的土壤和植株样品。采集植株时，将根、茎、小枝(木麻黄同化器官)分开。植株样品经洗涤、烘干、磨碎、过 100 目筛制备后待用；土壤经风干后磨碎，过 60 和 100 目筛后备用。

1.2.2 生物量测定 取每处理所有木麻黄测株高、地上部和地下部鲜重以及枯枝重。

1.2.3 元素及其它指标分析 全氮采用凯氏定氮法，全磷采用钼锑抗比色法，全钾采用火焰光度法，钙和镁采用 EDTA 络合滴定法^[1]；土壤 pH 和电导率分别采用 BECKMAN-340 型酸度计及 DDB-6200 型电导率仪（上海雷磁仪器厂）测定。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对土壤元素、pH 及电导率的影响

从表 1 看出，随着施盐量的增加，各处理土壤中的 Na⁺ 和 Cl⁻ 含量明显增加，电导率也随之增加。统计分析表明，施盐量与土壤 Na⁺、Cl⁻ 含量及电导率之间呈极显著正相关。各处理的 pH 值相近，说明施加 NaCl 对盐土酸碱度影响不大；土壤 K 含量则随盐浓度增高而有下降的趋势，全 N 和全 P 含量各处理间变化不明显。

表 1 盐胁迫对土壤元素、pH 及电导率的影响

项 目	处 理 (NaCl g/kg 土)						r ¹⁾
	CK	5	10	15	20	25	
pH	6.64	6.48	6.47	6.42	6.53	6.49	
全 N (%)	0.119	0.123	0.122	0.122	0.117	0.123	
全 P (%)	0.098	0.102	0.095	0.099	0.096	0.101	
全 K (%)	2.458	2.414	2.387	2.333	2.476	2.384	
Na ⁺ (%)	0.015	0.125	0.225	0.375	0.450	0.600	0.997**
Cl ⁻ (%)	0.018	0.224	0.428	0.650	0.842	1.084	0.999**
电导率 (ms/cm)	0.18	1.15	1.79	2.40	2.86	3.24	0.987**

注：1) r 为各项目数值与施盐量间的相关系数，*为显著相关；**为极显著相关。

2.2 盐胁迫对木麻黄生长的影响

试验结果（表 2）表明，盐胁迫对木麻黄的生长有显著的影响。经方差分析，不同处理对木麻黄的株高、地上部鲜重、地下部鲜重和枯枝重有一定效应。其中，NaCl 5g/kg 处理生长最旺，与其他各处理间（除 10g/kg 处理及 CK 的枯枝重外）有显著的差异，说明少量施用 NaCl，可促进木麻黄幼树的生长。氯虽然不是代谢物的成分，但是氯在光合放氧过程中是必需的，在光合作用中对水的氧化起着活化作用，促进分子氧的释放和 NADPH 的还原^[2]。从株高、地上部鲜重、地下部鲜重和枯枝重差异看，10g/kg 处理与 CK 间生长情况较相似，而施盐 15g/kg 处理的生长已受到较大影响，到 20g/kg 的施盐量

时,木麻黄基本停止生长,且小枝大量枯黄并凋落。说明 15g/kg 以下的施盐量是本试验条件下木麻黄幼树的耐盐浓度范围。

表 2 盐胁迫对木麻黄生长的影响

处理(NaCl g/kg 土)	株高(cm)	单株地上部鲜重(g)	单株地下部鲜重(g)	单株枯枝重(g)
CK	53.4 bc	21.17 b	2.26 bc	1.12 c
5	61.6 a	27.01 a	5.31 a	1.37 c
10	51.8 bc	16.12 b	2.87 b	1.53 c
15	49.3 c	12.83 bc	2.34 bc	2.38 b
20	48.3 c	11.51 bc	3.56 b	3.71 a
25	46.7 c	7.59 bcd	2.79 b	3.79 a

注: 同栏数值后注有不同英文字母表示差异达 5% 显著水平。

2.3 盐胁迫下木麻黄各器官营养元素的分布

图 1 说明,木麻黄幼树根的 Ca 含量最高,其次为 N 和 K,而 Mg 和 P 的含量最低。N 在 5g/kg 处理时含量较 CK 低,其余随施盐量的增加而上升。根 P 含量随着施盐量的增加而升高,当施盐量达到 20g/kg 时, P 含量不再增加,说明植株代谢活动受到抑制。根 K 含量在 15g/kg 处理时出现峰值,这说明木麻黄在耐盐范围内,随施盐量的增加,根中 K 含量随着增加,超过耐盐范围后反而下降,并下降到 10g/kg 处理的水平;

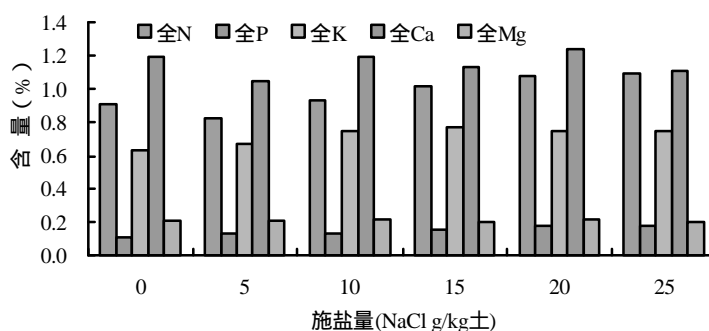


图1 盐胁迫下木麻黄根营养元素的动态

与 N 和 P 不同, K 在体内不形成稳定的结构物质,它是作为某些酶的辅酶和活化剂起作用的,当施盐量超过 10g/kg 时, Na^+/K^+ 比 > 1,并随着盐浓度的增加, Na^+/K^+ 比也增加(表 3), Na^+ 大量进入根部,与 K^+ 竞争,从而抑制根系对 K^+ 的吸收,在 20g/kg 盐浓度时, K^+ 含量下降到 10g/kg

表 3 盐胁迫下木麻黄各器官中的 Na^+/K^+ 比值

处理(NaCl g/kg 土)	CK	5	10	15	20	25
根	0.15	0.61	1.01	1.13	1.46	1.83
茎	0.03	0.04	0.12	0.22	0.25	0.55
小枝	0.04	0.08	0.12	0.18	0.22	0.52

处理的水平。根 N、P、K 含量和施盐量之间的相关系数分别为 0.901*、0.978** 和 0.962**。根 Ca 和 Mg 含量受施盐量的影响较小。

图 2 说明,盐胁迫下木麻黄幼树茎 N 含量变化与根中出现的趋势相同,其与施盐量之间的相关系数为 0.964**,茎 P 含量在施盐量上升到 15g/kg 时变化不大,当施盐量达 20g/kg 时,迅速上升。而茎 Ca 含量的变化与 P 相反,当施盐处理达到 20g/kg 时,Ca 含量下降。茎 Mg 含量在施盐处理小于 10g/kg 时与 CK 相同,到 15g/kg 施盐量时, Mg 含量下降,之后盐度升高, Mg 含量变化不大。茎 K 含量与施盐量之间存在明显负相关性,相关系数为 -0.945**,随着盐度的增加, K 含量下降。

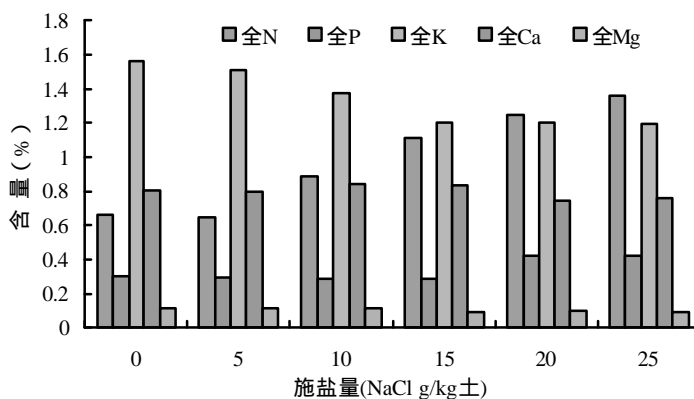


图2 盐胁迫下木麻黄茎营养元素的动态

图 3 表明,盐胁迫下木麻黄幼树小枝中 N 含量的变化趋势与根、茎相似,相关系数为 0.962**,说明 N 素在整个植株体内随盐度变化的趋势较为一致。小枝 K 含量变化与茎保持一致,与施盐量的相关系数为 -0.940**,这是因为随着施

盐量的增加,植株体内积累的 Na^+ 也增加,减少了植株对 K^+ 的吸收。小枝 Ca 含量随着盐浓度增加而下降,并与盐浓度之间存在明显负相关,相关系数为 -0.857^* ,这可能是高浓度的 Na^+ 取代了细胞质膜上的 Ca^{2+} [3],且介质中高浓度 Na^+ 抑制根系对 Ca^{2+} 的吸收,从而导致植物体内尤其是小枝中 Ca 含量下降。小枝 P 含量与施盐量的关系不显著, Mg 含量在施盐量达到 25g/kg 时增加较多。

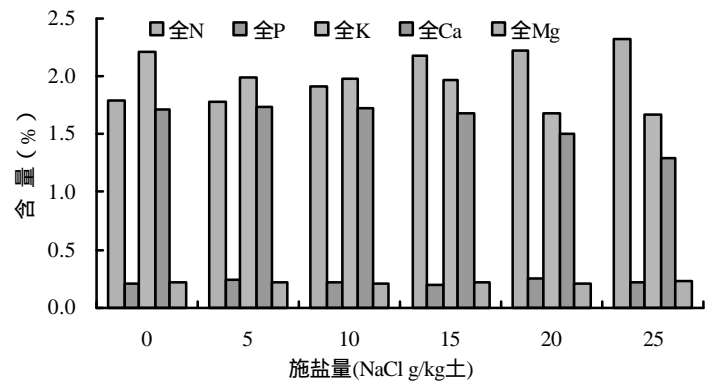


图3 盐胁迫下木麻黄小枝营养元素的动态

3 讨论

盐胁迫对植物造成的危害主要是离子毒害、渗透胁迫和营养不平衡^[4,5],营养不平衡是由于介质中高浓度 Na^+ 和 Cl^- 的存在干扰了植物对营养元素的吸收,造成植物体内营养元素比例失调,影响植物生长发育。盐胁迫下,木麻黄幼树在施盐量小于 15g/kg 时,根 K 含量随盐度增加有所上升,说明木麻黄幼树在耐盐范围内,NaCl 胁迫并不影响根系对 K^+ 的吸收,然而,随着盐胁迫的增强,各器官中 Na^+/K^+ 比上升,且根中上升速度远大于茎和小枝,由于 Na^+ 和 K^+ 相互竞争跨膜运输^[6], Na^+ 不但限制了 K^+ 由木质部上运到小枝,造成茎、小枝 K 元素含量下降,而且当盐害超过木麻黄耐盐范围后,也限制了根系对 K^+ 的吸收。

盐胁迫对木麻黄幼树小枝 P 元素的影响较小,在根、茎中却使 P 含量明显上升,说明在盐胁迫下 P 元素被积累在根、茎中;夏阳等^[7]在对玉米的盐胁迫试验中也发现,高盐胁迫会促使 P 在植物体内大量积累,并解释组织中 P 含量的升高与盐胁迫和品种特性有关。本试验中土壤 P 浓度不高,发生积累现象可能是由于盐胁迫导致根系吸收 P 速度提高,从而导致根、茎 P 的增加。

盐胁迫下 N 元素在木麻黄植株各器官中的变化趋势一致,都随着盐胁迫的增强含量上升,仅在 5g/kg 处理时含量稍降,这可用“浓缩—稀释”效应来解释,因为在 5g/kg 的施盐处理时,木麻黄幼树生长最旺盛, N 在植株体内被稀释,随着施盐量的增加,木麻黄遭受的盐害越来越严重,生长受到抑制,小枝枯黄凋落,而 N 素是易移动的营养元素,可以在植物体内自由移动,当一部分小枝枯黄凋落时,氮素就移向其他部位,造成 N 在植物体内浓缩。

盐胁迫下 Ca 含量减少,是因为大量的 Na^+ 进入植物体内,取代细胞膜上的部分 Ca^{2+} ,且介质中高浓度 Na^+ 抑制根系对 Ca^{2+} 的吸收,从而降低 Ca 在植物体内的含量。

综上所述,盐胁迫对木麻黄幼树营养元素分配有较大的影响,使营养元素比例失调,这可能是盐抑制木麻黄幼树生长、导致盐害的主要原因之一。

参考文献:

- [1] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [2] 曹宗巽,等. 植物生理学[M]. 高等教育出版社, 1979. 166.
- [3] 陈亚华,等. NaCl 胁迫下棉花幼苗的离子平衡[J]. 棉花学报, 2001,13(4): 225-229.
- [4] 刘友良,等. 植物生理与分子生物学(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 752-769.
- [5] 汪贵斌,等. 盐胁迫对 4 树种叶片中和的影响及其耐盐能力的评价[J]. 植物资源与环境学报, 2001,10(1): 30-34.
- [6] 沈义国,等. 植物盐胁迫应答的分子机制[J]. 遗传, 2001,23(4): 365-369.
- [7] 夏阳,等. 叶片淋洗对盐胁迫下玉米全磷含量的影响[J]. 草业学报, 2001,10(2): 62-66.