

文章编号: 1001-1498(2008)01-0013-05

苗木蒸腾和 Na^+ 吸收对切根及 NaCl 处理的响应

姜国斌¹, 尚敏克¹, 金华¹, 尹伟伦², 矢幡久³

(1. 大连民族学院, 辽宁 大连 116600; 2. 北京林业大学, 北京 100083; 3. 九州大学, 日本 福冈 812)

摘要: 盐碱地造林时根系伤口对盐分吸收有无影响至今未见报道。本研究在 150 mmol NaCl 处理的水培条件下, 切断供试苗木的吸收根, 通过检测叶被害率、蒸腾速率及苗木根、枝干和叶中 Na^+ 含量, 进一步阐明蒸腾和 Na^+ 吸收对切根及 NaCl 处理的响应。试验结果表明: (1) 青栲和金木犀两树种的切根处理都使 Na^+ 含量和含有率增大, 导致叶被害率升高; (2) 与对照及不切根做 NaCl 处理及切根后 3 d 做 NaCl 处理相比, 切根后立即进行 NaCl 处理的苗木, Na^+ 的吸收显著增多, 苗木盐害最重, 蒸腾速率降低的幅度也最大; 切根后放置 3 d, Na^+ 吸收和盐害明显受到抑制; (3) 随着蒸腾速率的增大, 青栲和金木犀的 Na^+ 吸收量都增加, 且金木犀的二者相关关系呈极显著 ($r = 0.613^{**}$, $n = 18$)。这为盐碱地造林措施的改进提供了理论依据, 即在盐碱地造林时最好采用不需要修剪根系的苗木, 如果有修剪的必要, 也要在修剪并经过几天圃地的假植后再行种植, 避免盐分被迅速吸收, 使苗木遭受盐害。

关键词: NaCl 处理; 切根; 苗木; 蒸腾速率; Na^+ 含量

中图分类号: S718.43 **文献标识码:** A

Response of Transpiration and Na^+ Intake of Seedling to Cutting Root and NaCl Treatments

JIANG Guo-bin¹, SHANG Min-ke¹, JIN Hua¹, YIN Wei-lun², YAHATA Hishashi³

(1. Dalian Nationalities University, Dalian 116600, Liaoning, China; 2. Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 3. Kyushu University, Fukuoka, Fukuoka 812, Japan)

Abstract: There were no report on whether cutting root influence salinity intake in afforestation in saline-alkali soils. To further examine the response of transpiration and Na^+ intake of seedling to cutting root and NaCl treatment, it was tested to leaf damage rate, transpiration rate and Na^+ content in the root, branches and leaves, by cutting absorption root of the seedling of *Cyclobalanopsis mysinaefolia* and *Osmanthus fragrans* var *aurantiacus* under the condition of 150 mmol NaCl treatment. The results showed: (1) Cutting root treatments of both *C. mysinaefolia* and *O. fragrans* var *aurantiacus* resulted in the increase of Na^+ content and its content ratio, which led to the increase of leaf damage rate. (2) If NaCl treatments were immediately done after cutting root, it was significant to increase Na^+ uptake, caused serious salinity problems, and largest range of decrease of transpiration rate. In contrast, if NaCl treatments were done on 3 days after cutting root, Na^+ intake and salinity problems were obviously inhibited. (3) Na^+ uptake increased with the increase of transpiration rate in *C. mysinaefolia* and *O. fragrans*, and there was a significant positive correlation ($r = 0.613^{**}$, $n = 18$) between Na^+ uptake and transpiration rate for *O. fragrans*. All these suggested that it was not feasible for afforestation in saline-alkali soils to cutting root of seedling, however, if it must be cut, it was necessary to heeling-in for a few days in the garden to prevent salinity problem.

收稿日期: 2006-09-01

基金项目: 日本文部省科学研究基金资助 (09660166)

作者简介: 姜国斌 (1956—), 男, 辽宁大连人, 教授, 博士, 从事逆境植物生物学. jab@dlnu.edu.cn

from the rapid uptake of salinity.

Key words: NaCl treatment; cutting root; seedling; transpiration rate; Na⁺ content

树木的蒸腾量和离子吸收量, 不论对于植物耐盐性机理的研究, 还是对盐分条件下林木栽培技术都是非常重要的^[1-10], 有必要进行深入研究。在盐碱地用裸根苗造林时, 不可避免地会造成根的损伤, 有时为了避免窝根带来的生长不良, 常常人为地剪断部分根系。根系的伤口对盐分的吸收有无影响, 如果有影响, 那么这种影响有多大, 在实际造林的工作实践中, 是萦绕在人们头脑中的一个实际而又有趣的问题, 它的解决无疑对造林技术的提高和盐分吸收机理的研究是十分必要的。然而, 有关这样的研究至今尚未见到报道。本研究的目的是在 NaCl 处理浓度一定的前提下, 切断供试苗木的吸收根, 分析蒸腾和 Na⁺ 吸收对切根及 NaCl 处理的响应, 旨在为盐碱地造林措施的改进提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料和处理方法

实验树种为盐分吸收特性不同的金木犀 (*Osmanthus fragrans* Lour var *aurantiacus* Mak) 和青栲 (*Cyclobalanopsis mysinaefolia* (Blume) Oerst) 的 1 年生苗, 显微观察表明所用苗木已有内表层结构 (见参考文献 [11] 的图 5)。采用自制的水分自动循环培养装置水培苗木 30 d, 测定苗高和根径后, 进行切根和 NaCl 处理。处理时间约为 10 d。水培装置由上部的培养槽和下部的贮水槽、循环水泵等组成。苗木用 Boratsutsi (一种吸水良好、轻质的块状物) 固定于花盆, 放在培养槽内的网架上。利用虹吸原理使水分每小时约循环 6 次。培养液为成分稍加改变的 Hoagland 2。用携带型 pH 计 (掘场, B-212) 把培养液的 pH 值调整到 7 左右。

NaCl 处理浓度为 150 mmol NaCl。切根处理是用剪刀在肉眼能看到的细根尖端约 5 mm 处把根切断, 每株切根 30 条。不同处理为: A. 不切根也不做 NaCl 处理, 即对照; B. 不切根但是做 NaCl 处理; C. 切根 3 d 后做 NaCl 处理; D. 切根后立即做 NaCl 处理。每处理重复 6 株。

1.2 叶被害率的测定

对出现盐害的苗木, 定期检查变色的叶数所占植株总叶数的比例和每片叶子变色部分的面积占该叶片面积的比例, 用两者乘积的百分数作为每株苗木的叶被害率^[10]。

1.3 蒸腾速率的测定

对两个树种每个处理的 6 株苗木, 分别选择树冠上部 1/3 处的 3 枚叶片, 拴上标签, 测定处理期间每天的单位叶面积蒸腾速率, 并求出平均值, 再由这些平均值求出处理期间的平均蒸腾速率。测定蒸腾速率采用稳态气孔仪 (美国制, LI1600)。从测定前 15 min 开始, 用 HQI 作为辅助光源来补充光照强度。测定期间的光量子束密度约为 800 ~ 1 000 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 叶温为 18 ~ 28 $^{\circ}\text{C}$ 。为求出单株苗木的蒸腾速率, 采用自动叶面积测定装置 (日本产, HAYASHI, AAM-8), 测定总叶面积。

1.4 Na⁺ 含量测定

在处理后明显出现盐害的第 10 天 (通日 303 d), 把苗木分成叶、枝干和根三部分, 称鲜质量后烘干 (85 $^{\circ}\text{C}$, 48 h), 称量干质量。将称后的各器官材料, 用粉碎机粉碎, 再通过 1 mm 的筛子, 得到粉末状材料。称取粉末状试验材料约 250 mg, 放入三角瓶中, 加入 1 mol \cdot L⁻¹ HNO₃ 溶液 25 mL, 把三角瓶放到铺有石英砂的烤盘上, 在 90 $^{\circ}\text{C}$ 的条件下, 加热 2 h。随后将浸提液过滤到 50 mL 容量瓶内, 用 20 mL 相同浓度的溶液冲洗漏斗上的残渣, 然后定容。对定容后的提取液采用火焰分光光度计法进行了 Na⁺ 测定^[10]。

2 结果与分析

2.1 切根及 NaCl 处理对苗木盐害的影响

金木犀和青栲的叶子分别在 NaCl 处理后的第 3 天和第 6 天出现由于盐害引起的颜色改变。金木犀苗木在 B、C、D 三种处理下叶缘出现褐色; 青栲苗木在 C 和 D 处理下, 叶子先端枯萎, 叶缘由绿色变成褐色。

NaCl 处理后的第 7 天结束实验, 叶被害率的变化见图 1。与青栲相比, 金木犀的被害率较高。对青栲来说, 除 A (对照) 处理没有出现被害状以外, D 处理的苗木被害率比 C 和 B 高, 且 C 和 B 间差异不明显; 金木犀的叶被害率则以 B、C 和 D 处理的顺序渐次升高, 但处理间的差异较小。不论哪个树种, 根切断后立即进行 NaCl 处理的苗木叶子的被害率都比其他处理的高 (图 1)。

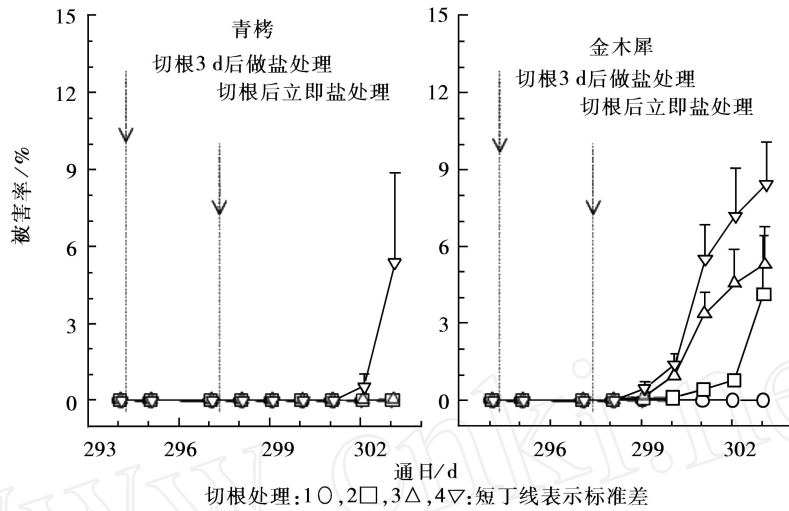


图 1 切根及盐处理引起的叶被害率的变化

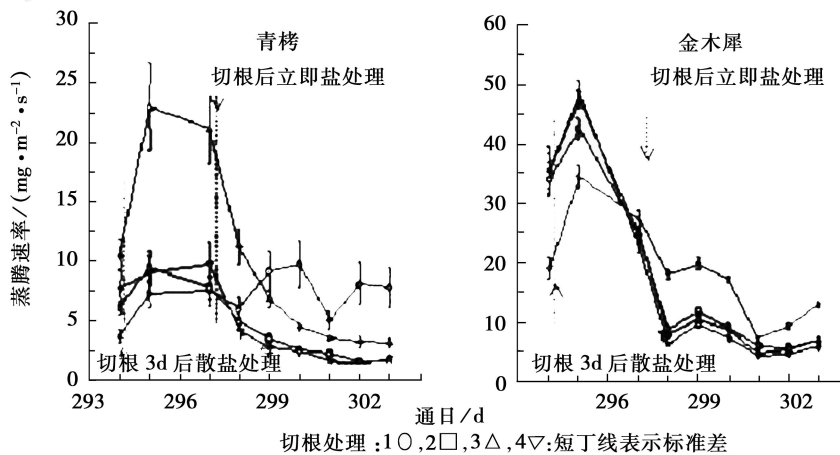


图 2 处理前后蒸腾速率的变化

2.2 切根及 NaCl 处理对苗木生理指标的影响

切根及 NaCl 处理下,蒸腾速率的测定结果表明(图 2),与对照相比,两个树种的蒸腾速率都因 NaCl 处理而降低;D 处理下的两个树种苗木的蒸腾速率与其他处理相比都有所降低。图 2 的结果也表明,金木犀的蒸腾速率约为青栲的 2 倍;青栲切根 3 d 后做 NaCl 处理的苗木蒸腾速率明显上升,但金木犀切根 3 d 后做 NaCl 处理的苗木蒸腾速率与其他处理间差异不明显。这可能是金木犀在切根后愈伤组织形成较快,填充了由于切根造成组织破损所带来的自由吸水空间。

2.3 切根及盐处理对苗木 Na⁺吸收的影响

如前所述,切根后进行 NaCl 处理的苗木,蒸腾速率降低,叶片发生了盐害。为了揭示生理、形态上的变化和 Na⁺吸收之间的内在联系,对各处理苗木的各个器官的 Na⁺含量进行了测定,结果见图 3。

图 3 的上图表明,在 B、C 和 D 处理的苗木中,两个树种的 Na⁺含量都比 A (对照)处理的苗木高,这表明 NaCl 处理的盐分已经进入苗木体内。金木犀与青栲相比,叶子里积聚了大量的 Na⁺。对青栲来说,C 处理苗木的 Na⁺含量与 B 处理间没有显著差异,但与 D 处理间却有显著差异;切根后立即做 NaCl 处理的苗木,单株 Na⁺含量和叶的 Na⁺含量都比较高,导致被害率有所升高、蒸腾速率相对较低。对于金木犀来说,B、C 和 D 3 个处理间 Na⁺含量没有显著差异。但是,在切根后立即做 NaCl 处理的苗木中,Na⁺大量地积聚于叶组织,单株 Na⁺含量有增大的趋势。这一点与青栲一致。如果用平均单株苗木干质量 Na⁺含量来表示的话(见图 3 的下图),金木犀与青栲相比,其数值约高 90%。可见金木犀的 Na⁺吸收量相对较大。

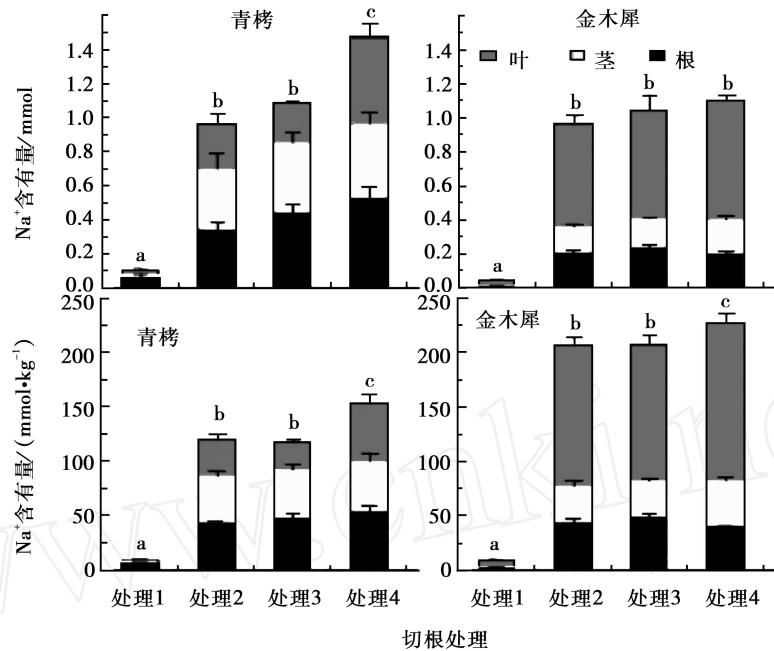


图 3 Na^+ 含有量和切根处理之间的关系

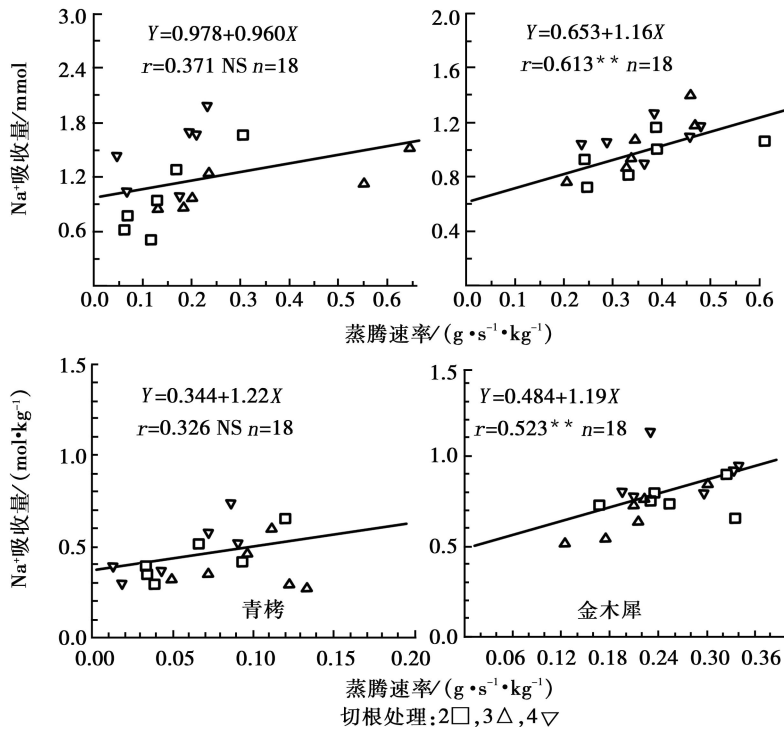


图 4 实验期间每天测定的蒸腾速率和 Na^+ 吸收量的关系

另外,各器官的 Na^+ 含有率和切根处理之间的关系分析结果表明:金木犀叶与其他器官相比, Na^+ 含有率较高;切根后立即做 NaCl 处理的金木樨苗木的枝干 Na^+ 含有率明显高于不切根做 NaCl 处理和切根 3 d 后做 NaCl 处理的苗木,然而, B、C 和 D 三种处理下叶和根的 Na^+ 含有率间无显著差异。青栲各器官 Na^+ 含有率以根茎部较高。切根后立即做

NaCl 处理的青栲苗木,与不切根做 NaCl 处理或切根 3 d 后做 NaCl 处理的苗木相比,叶部 Na^+ 含有率约高 2 倍多,且三者间差异显著。

以上分析表明,青栲切根明显影响平均单株苗木干质量的 Na^+ 含有量和叶的 Na^+ 含有率,而金木犀只是枝干的 Na^+ 含有率明显受切根处理的影响;对于青栲和金木犀来说, B 和 C 处理苗木间没有显

著差异。日本常绿栎 (*Quercus acuta* Thunb.) 在湿润的土壤条件下, 移栽后的根在第 4 天就有愈伤组织发生^[12]。据此推测, 本实验中的两个树种也可能是切根 3 d 后做 NaCl 处理的苗木, 在切根后产生的愈伤组织抑制了从切口处的盐分吸收。

2.4 蒸腾速率对 Na^+ 吸收的影响

对不切根做 NaCl 处理、切根 3 d 后做 NaCl 处理、切根后立即做 NaCl 处理的苗木的数据进行分析, 得到的蒸腾速率和 Na^+ 吸收量之间的关系见图 4。图中的蒸腾速率是每个处理在实验期间所有测定值的平均值, Na^+ 吸收量为处理期间的总吸收量。另外, 由于对照的 Na^+ 含量较低, 故对经过 NaCl 处理的苗木, 处理前的 Na^+ 含量忽略不计, 即把 Na^+ 含量当作 Na^+ 吸收量来讨论 (下同)。如图 4 所示, 随着蒸腾速率的增大, 两个树种的 Na^+ 吸收量都增加。金木犀的二者相关关系是极显著的 ($r=0.613^{**}$, $n=18$)。为了消除个体大小不一致产生的差异, 把图 4 的上图的数值都用根干质量去除, 表示于图 4 的下图。下图也和上图一样, 两个树种都是随着蒸腾速率的增大, Na^+ 吸收量呈现增加的趋势。金木犀也同样看到了二者的显著的正相关关系 ($r=0.523^*$, $n=18$)。

3 小结

(1) 切根处理使青栲和金木犀的叶被害率升高, 金木犀比青栲的被害率高。对两种植物的四种处理中, 都以切根后立即进行 NaCl 处理的苗木盐害最重。

(2) 蒸腾速率随着处理时间的推移, 逐渐降低。切根后立即进行 NaCl 处理的苗木与不切根做 NaCl 处理和切根后 3 d 做 NaCl 处理相比, 蒸腾速率降低的幅度最大。

(3) 两个树种的切根处理都对 Na^+ 的含有量和含有率产生影响。青栲和金木犀切根后立即进行 NaCl 处理的苗木, Na^+ 的吸收显著增多; 切根后放置 3 d, Na^+ 吸收明显受到抑制。

(4) 随着蒸腾速率的增大, 青栲和金木犀的 Na^+ 吸收量都增加, 且金木犀的二者相关关系呈

极显著 ($r=0.613^{**}$, $n=18$)。

(5) 盐碱地造林最好用根系不需要修剪的苗木, 如果必须修剪, 也要修剪后再假植一段时期, 用于造林。

参考文献:

- [1] 何龙飞, 刘友良, 沈振国, 等. 植物离子通道特征、功能、调节与分子生物学 [J]. 植物学通报, 1999, 16(5): 517 - 525
- [2] 土屋幹夫. 塩分ストレス下の作物の生理 [J]. 遺伝, 1993, 47: 82 - 87
- [3] 重永英年, 石田厚, 上村章, 等. NaCl 処理を行ったハマボウ苗木の塩集積特性 [M]. 第 107 回日林講要, 1996: 126
- [4] 土屋幹夫, 内藤整, 江原宏, 等. 塩分濃度に対するイネの生理反応に関する研究—第一報. 蒸散と Na の吸収移行の関係について [J]. 日作紀, 1992, 61: 16 - 21
- [5] 小畑 仁, 茅野充男. 個体における水とイオン [M] / 茅野充男. 物質の輸送と貯蔵—現代植物生理学 5. 東京: 朝倉書店, 1994: 61 - 88
- [6] Dalton F N, Raats P A C, Gardner W R. Simultaneous uptake of water and solutes by plant roots [J]. Agronomy Journal, 1975, 67: 334 - 339
- [7] Naito H, Tsuchiya M, Kumano S. Physiological response to salinity in rice plant II Relationship of sodium exclusion to transpiration and root-respiration rate in NaCl -stress conditions [J]. Jpn J Crop Sci, 1994, 63: 320 - 325
- [8] Tsuchiya M, Miyake M, Naito H. Physiological response to salinity in rice plant III A possible mechanism for Na^+ exclusion in rice root under NaCl -stress conditions [J]. Jpn J Crop Sci, 1994, 63: 326 - 332
- [9] 内藤整, 土屋幹夫, 熊野誠一. 高 NaCl 濃度下におけるイネの Na 吸収と蒸散速度および根部呼吸速度との関係 [J]. 日本作物記事, 1993, 62: 138 - 139
- [10] 姜国斌, 矢幡久. 樹木の耐塩性のメカニズムに関する研究 - 苗木の塩吸収量に及ぼす蒸散の影響 [C]. 日本林学会論文集, 1997, 108: 297 - 298
- [11] Takagi M, Jiang G B, Yahata H. Apoplastic pathways of tree species roots identified by fluorescent dye [J]. Bull Inst Trop Agr Kyushu Univ, 1998, 21: 43 - 47
- [12] Walker R R. Sodium exclusion and potassium-sodium selectivity in salt tri-foliate orange (*Poncirus trifoliata*) and Cleopatra mandarin (*Citrus reticulata*) plants [J]. Aust J Plant Physiol, 1986, 13: 293 - 303