

抗蒸腾型叶面肥对造林树种蒸腾速率的影响

李文斌, 郭建斌, 蒋坤云, 曹晓霞, 高东

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘要: 黄土半干旱地区是林业生态工程建设退耕还林的重点地区。由于该区降水相对不足且潜在蒸散力大等特殊气候条件, 蒸腾作用会造成植物水分大量丢失, 从而引起水分亏缺和脱水的伤害, 使人工造林遇到极大的困难。此时叶面喷施抗蒸腾叶面肥不仅能提供植物生长所需养分, 而且还能抑制植物蒸腾作用, 提高植物水势, 减少植物水分的蒸发量, 一定程度上提高植物生存能力。本试验以黄土高原干旱半干旱地区造林中主要采用的生态经济型树种文冠果(*Xanthoxerces sorbifolia* Bunge)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa*)、火炬树(*Rhus typhina*)为研究对象, 以自制的两种抗蒸腾叶面肥及市场上已推广施用的叶面肥肥效为主要依据, 运用正交试验探讨自制肥料在降低植物蒸腾作用方面的效果。研究结果证明, 自制叶面肥 C+紫穗槐或文冠果+ 稀释 800~1 200 倍+ 土壤含水量为 12%~22% 时, 对降低植物蒸腾速率效果最为明显。

关键词: 蒸腾速率; 正交试验; 叶面肥; 喷施浓度; 土壤含水量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)06-0032-04

中图分类号: S664.1, S728.2

Effects on New Anti-transpiration Foliar Fertilizer on Transpiration Rate of Forestation Tree Species

LI Wen-bin, GUO Jian-bin, JIANG Kun-yun, CAO Xiao-xia, GAO Dong

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of the Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Semi-arid loess regions are the key areas of returning cultivated land to forest and eco-forestry projects in our country. As a result of the special climatic conditions, rainfall is relatively short and potential evapotranspiration is relatively great. Transpiration can cause considerable loss of plant water which leads to water deficit and dehydration and great difficulties in artificial afforestation. Spraying anti-transpiration foliar fertilizer on leaf surface can not only provide the necessary nutrients required for plant growth, but also inhibit plant transpiration, improve plant water potential, reduce plant water evaporation, and improve the survivability of plants to some degree. The study uses *Xanthoxerces sorbifolia* Bunge, *Amorpha fruticosa*, and *Rhus typhina* in the arid and semi-arid area of the Loess Plateau as the main research object and two self-made anti-transpiration foliar fertilizers and the foliar fertilizer which has been promoted on market as the main basis, to explore the effects of self-made fertilizers on reducing the plant transpiration by orthogonal experiment. Results show that the best formulation is self-made C + *Xanthoxerces sorbifolia* Bunge or *Amorpha fruticosa* + 800~1200 times diluted + 12%~22% soil moisture, which reduces plant transpiration rate most obviously.

Keywords: transpiration rate; orthogonal experiment; foliar; spray concentration; soil water content

蒸腾作用(transpiration)是水分从活的植物体表面(主要是叶子)以水蒸汽状态散失到大气中的过程^[1],与物理学的蒸发过程不同,蒸腾作用不仅受外界环境条件的影响,而且还受植物本身的调节和控制,因此它是一种复杂的生理过程,也是植物叶片重要的生理功能之一^[2]。

因植物蒸腾作用主要集中在叶片表面^[3],减少叶面蒸腾,有效控制植物需水量便成为干旱半干旱地区造林工作的首要任务^[4]。理论和实践都证明,在一定条件下应用抗蒸腾剂(antitranspirant),适当减小气孔开度或关闭一部分气孔^[5],可以显著降低植物的蒸腾作用,对光合和呼吸及其它代谢活动没有明显的

收稿日期: 2010-03-28

修回日期: 2010-05-21

资助项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目“困难立地工程造林新材料、新产品及应用技术”(2006BAD03A0301)

作者简介: 李文斌(1987—),男(汉族),江西省景德镇市人,硕士研究生,主要研究方向为生态环境工程。E-mail: liwenbinpx@163.com。

通信作者: 郭建斌(1962—),男(汉族),陕西省韩城市人,副教授,主要研究方向为生态环境工程,林业生态工程及水土保持研究。E-mail:

jianbinguo@bjfu.edu.cn。

利影响^[6]。由于传统的根部施抗蒸腾剂利用率低, 见效慢不适合在干旱半干旱造林区推广, 此时施用抑制蒸腾的叶面肥 (foliar) 就显得非常必要^[7]。抗蒸腾叶面肥除具有一般叶面肥的增产功效外, 还可通过调节植物气孔的开度, 降低蒸腾速率, 增加净光合作用, 提高植物的水势, 从而改变树木的水分状况, 增强其抵御干旱环境的能力。同时通过保水作用可以提高造林的成活率, 促进植物的生长发育, 保证植株健康生长^[8-10]。本研究通过对前期抗蒸腾叶面肥配方的改良, 最终以 N, P, K, Ca, Mg, Zn 等 10 余种元素以及抗蒸腾剂、农用稀土、络合剂、表面活性剂、复合氨基酸、微生物菌剂、植物生长剂等为主要配方进行科学复配, 研制出抗蒸腾型叶面肥。

1 研究区概况

研究地点为北京市鹫峰森林公园, 地理位置 40°03′54″N, 116°05′45″E。公园南连太行山, 北接燕山山脉, 总面积 866.67 hm²。公园四季气候明显, 具有暖温带的气候特征。年降水量为 650~750 mm, 夏季降水量占年降水量的 74%, 年平均气温 12℃, ≥10℃积温约 4 200℃, 无霜期 190~200 d。

本试验所需温室位于鹫峰国家森林公园牡丹园基地内, 温室坐北朝南为不锈钢框架结构, 以玻璃为主要建筑材料。除温室两侧具有的通风口外, 面向南的温室一侧安装有一排窗户以利于通风^[11]。

2 材料与方法

2.1 试验材料

本试验采用山西方山国营苗圃两年生文冠果 (*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)、紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*)、火炬树 (*Rhus typhina*) 作为试验用苗, 于 2009 年 4 月移栽于北京市鹫峰国家森林公园温室。根据试验需要, 用黄绵土配以少量腐殖质作为苗木生长基质, 土壤理化性质为: 碱解 N 含量为 168.70 mg/kg, 速效磷含量为 62.79 mg/kg, 速效钾含量为 276.99 mg/kg, 有机质含量为 30.27 g/kg, pH 值为 7.98, 电导率为 0.38 ms/cm。选取生长状况基本相同的苗木将其栽在上口径为 35 cm, 下口径为 25 cm, 高 30 cm 的塑料盆容器中, 装入盆中的土约 90% 满, 并做压实处理, 使盆内的土壤容重接近自然状态 (约 1.20 g/cm³)。苗木定植后给每盆浇上充足的水, 使之成活并正常生长^[12]。

2.2 试验设计

采用四因素三水平正交试验设计, 其中 4 因素包括: 肥料、树种、喷施浓度、土壤含水量; 肥料设置 3 种

水平: 市场肥料 A、自制肥料 B、自制肥料 C; 树种设置 3 种水平: 文冠果、紫穗槐、火炬树; 喷施浓度设置 3 种水平, 分别为稀释 800, 1 000 和 1 200 倍; 土壤含水量设置 3 个水平: 分别为 12%, 17%, 22% (表 1—2)。

表 1 正交试验因素与水平

| 水平 | 因素 A (肥料) | 因素 B (树种) | 因素 C (稀释倍数) | 因素 D (土壤含水量) |
|----|--------------|--------------|----------------|-----------------|
| 1 | 市场 A | 文冠果 | 800 | 12% |
| 2 | 自制 B | 紫穗槐 | 1 000 | 17% |
| 3 | 自制 C | 火炬树 | 1 200 | 22% |

表 2 正交试验分组

| 编号 | 因素 A (肥料) | 因素 B (树种) | 因素 C (稀释倍数) | 因素 D (土壤含水量) |
|----|--------------|--------------|----------------|-----------------|
| 1 | 市场 A | 文冠果 | 800 | 12% |
| 2 | 市场 A | 紫穗槐 | 1 000 | 17% |
| 3 | 市场 A | 火炬树 | 1 200 | 22% |
| 4 | 自制 B | 文冠果 | 1 000 | 22% |
| 5 | 自制 B | 紫穗槐 | 1 200 | 12% |
| 6 | 自制 B | 火炬树 | 800 | 17% |
| 7 | 自制 C | 文冠果 | 1 200 | 17% |
| 8 | 自制 C | 紫穗槐 | 800 | 22% |
| 9 | 自制 C | 火炬树 | 1 000 | 12% |

2.3 测定仪器

根据试验内容, 测定生理指标为蒸腾速率, 使用美制 LF 1600 稳态气孔计, 在叶面肥喷施一周后, 待药效稳定选择天气晴朗的一天, 从早晨 8:00 到下午 18:00 点, 每隔 2 h 观测一次, 连续观测一周^[13]。要求选择的不同处理的苗木个体相近, 在每个植株上选定一片标准叶, 每次测定记录 4 个数据。要求每个处理苗木的标准叶大小相近, 所处位置大致相同, 选择无遮盖、通风好的位置, 避免选取植株顶部、底部及背光面的叶片, 选择活体枝条上的健康成叶, 忌选择新长出的幼叶、老叶、黄叶和病叶, 在选好的标准叶上做好标记, 以备下次进行观测^[13-14]。

采用 Excel 软件将所得数据绘制成图表, 并使用 SPSS 软件进行极差分析、方差分析。

3 结果与分析

3.1 蒸腾速率日变化

蒸腾速率是指植物在一定时间内单位叶面积蒸腾的水量, 蒸腾速率越大, 单位时间内散失的水分越多^[15]。在此前的试验中, 市场 A 处理的树种叶片的蒸腾速率已被证明比喷施蒸馏水的对照要低^[6], 而本研究发现, 在喷施自制 B 和自制 C 抗蒸腾叶面肥后的第 7 d, 不同树种叶片的蒸腾速率均比喷施市场 A 的对照低, 这种低水平能延续半个月左右, 在以后趋势和对照一致。即该抗蒸腾叶面肥的抗蒸腾特性能维持 15 d。

经试验发现该抗蒸腾处理对叶片温度影响不大。现取 7 月初各处理蒸腾速率作为研究对象。从图 1—3 可以看出,总体来说无论在供水良好还是在水分胁迫下,苗木的蒸腾作用都具有明显的日变化规律。

图 1 显示室内盆栽文冠果幼苗喷药 7 d 后蒸腾速率日变化曲线,处理后的叶片蒸腾速率比对照平均值降低 4.56%~24.36%。以处理 7 降低蒸腾效果最为明显。即自制 C+ 稀释 1 200 倍+ 土壤含水量 17%。由图 1 中可以看出,文冠果一天中蒸腾速率呈“单峰”变化,单峰出现在中午 12:00 左右。

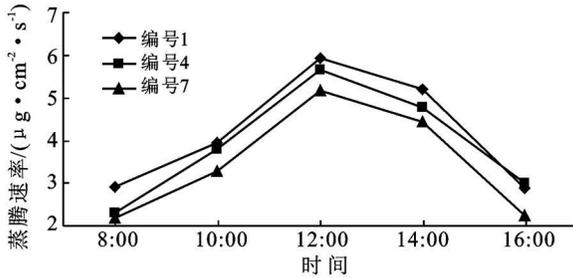


图 1 7 月份各处理下文冠果蒸腾速率日变化

图 2 显示室内盆栽紫穗槐幼苗喷药 7 d 后蒸腾速率日变化曲线,由曲线可以看出,蒸腾速率比对照平均值降低 5.52%~25.11%,以处理 8 降低蒸腾效果最为明显。即自制 C+ 稀释 800 倍+ 土壤含水量为 22%。由图可知,紫穗槐一天中蒸腾速率呈“双峰”变化。分别出现在 10:00 和 14:00 左右,其中以 10:00 为大高峰,而 14:00 为小高峰。

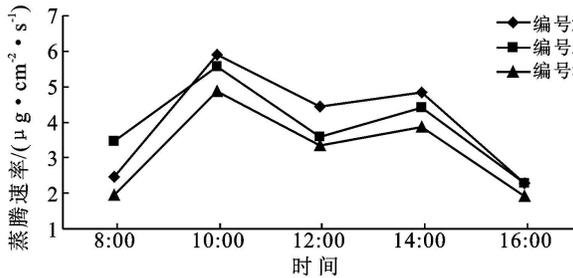


图 2 7 月份各处理下紫穗槐蒸腾速率日变化

图 3 显示室内盆栽火炬树幼苗喷药 7 d 后蒸腾速率日变化曲线,由曲线可以看出,蒸腾速率比对照平均值降低 4.86%~37.68%,以处理 9 降低蒸腾效果最为明显,即自制 C+ 稀释 1 000 倍+ 土壤含水量为 12%。由图 3 可知,火炬树一天中蒸腾速率呈“双峰”变化。分别出现在 10:00 和 14:00 左右,其中以 10:00 为大高峰,而 14:00 为小高峰。

3.2 蒸腾速率相关性分析

以 7 月份观测数据作为依据,取各组试验蒸腾速率的平均值作为极差分析的数据源进行分析带入

L9(3⁴) 中。根据表 3 分析结果可以看出,在本试验中 A 因素肥料对试验树种的蒸腾速率影响作用最大,其次是 B 因素树种,再次是 C 因素肥料浓度, D 因素土壤水分的作用最小。因此试验中各因素的作用顺序由大到小依次为: A> B> C> D, 根据结果分析表 3, 可做出叶片蒸腾速率指标与因素关系图。

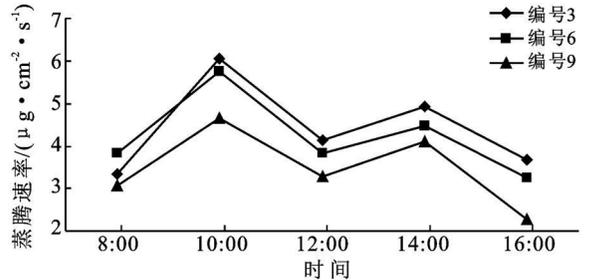


图 3 7 月份各处理下火炬树蒸腾速率日变化

表 3 植物叶片蒸腾速率正交试验极差分析

| 试验编号 | 因素 | | | |
|----------------|----------|----------|----------|----------|
| | A | B | C | D |
| K ₁ | 4.205 | 3.858 | 3.868 | 3.845 |
| K ₂ | 4.006 | 3.683 | 3.796 | 3.897 |
| K ₃ | 3.379 | 4.050 | 3.926 | 3.849 |
| k ₁ | 1.40 167 | 1.286 | 1.28 933 | 1.28 167 |
| k ₂ | 1.33 533 | 1.22 767 | 1.26 533 | 1.299 |
| k ₃ | 1.12 633 | 1.35 | 1.30 867 | 1.283 |
| R(级差) | 0.826 | 0.367 | 0.130 | 0.052 |

由图 4 可以看出, A 因素肥料是配方中影响蒸腾速率的关键因素,其对应肥料是自制 C,而市场 A 对照蒸腾速率最高。B 因素树种是配方中影响蒸腾速率的重要因素,其对应树种为紫穗槐。C 因素喷施浓度和 D 因素土壤水分对试验影响作用不明显。根据以上分析,促进植物蒸腾速率降低的理想配方组合为 A₃B₂C₂D₁,与本试验中处理 8 接近。

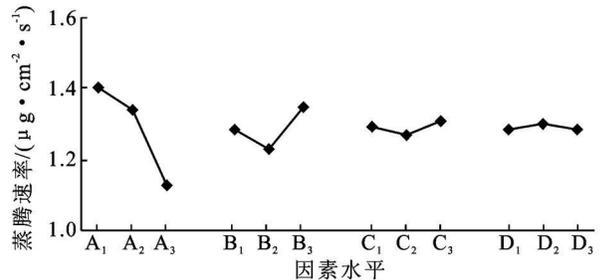


图 4 叶片蒸腾速率指标与因素关系

对肥料、树种、浓度、土壤水分进行方差分析及多重比较。表 4 中数据表明,肥料对蒸腾速率的影响达到极显著差异水平,树种对蒸腾速率的影响达到显著差异水平,但没达到极显著差异,而其它两个因素则没达到显著差异水平。

表4 L9(3⁴) 蒸腾速率方差分析表

| 方差来源 | 偏差平方和 | 自由度 | F 比 | 显著性 |
|------|-------|-----|---------|-----|
| A | 1.115 | 2 | 223.000 | ** |
| B | 0.203 | 2 | 40.600 | * |
| C | 0.025 | 2 | 5.000 | |
| D | 0.005 | 2 | 1.000 | |
| 误差 | 0.01 | 2 | | |

注: $F_{0.01}(FA, FW) = F(2, 2) = 99$; $F_{0.05}(FA, FW) = F(2, 2) = 19$ 。

因试验目标中需要有效降低植物蒸腾速率, 所以该指标以低蒸腾速率作为理想结果。由上述各类分析可得, A 是本试验中最重要的因素, B 因素是本试验中重要影响因素。肥料中最佳选择为自制 C, 树种最佳选择为紫穗槐或文冠果, 喷施浓度和土壤水分含量最佳选择范围无显著差异, 可以任意选取其中一个水平。因此本试验的最佳配方组合为 A₃B₁₂C₁₃D₁₃, 即自制 C、紫穗槐或文冠果, 稀释 800~1 200 倍、土壤水分为 12%~22% 对降低植物蒸腾速率效果最明显。

可知本试验设计中第 8 处理为最佳配方组合, 其叶片蒸腾速率为 3.118 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$, 这与市场 A 对照处理所得 3.991 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 相比, 降低了 21.87%。

4 结论

(1) 针对作物本身展开了蒸腾速率的研究, 通过正交试验设计, 力图找出植物蒸腾生理过程与其它因素(如土壤含水量、喷施浓度、树种等)之间的影响作用。试验结果表明, 这 3 种叶面肥对植物的蒸腾速率均有不同程度的抑制作用。市场 A 对苗木蒸腾速率的抑制作用最小, 自制 C 处理对幼苗蒸腾速率的抑制作用最大。在树种方面对抗蒸腾叶面肥最敏感的树种是紫穗槐, 其次是文冠果, 最不敏感的是火炬树。在各个浓度处理中, 稀释 1 000 倍的处理对幼苗蒸腾速率的下降抑制作用最显著, 而土壤水分含量对叶片的蒸腾速率几乎没有影响。

(2) 本研究的结论是盆栽试验的结果, 但是由于盆栽苗木所处的自然环境条件与林木所处的林分气候条件有较大的差别, 即使在试验中尽量地保持原土壤条件, 盆栽苗木的根系状况、土壤温度、空气湿度、光照强度等还是会与林分环境有所不同, 从而导致不同的生理反应。因此, 在以后的试验中可以更广泛地选用抑制植物蒸腾速率的药剂, 选择树种时也要结合乡土树种的优势及抗旱性强的树种, 另外自然状态下林木的各种指标的研究会有更重要的实践意义。

(3) 喷施新型抗蒸腾叶面肥是抑制叶片蒸腾速率的有效方法, 也是根外补给营养的应急措施, 但喷施方式不恰当及对药物的理解不充分容易降低叶片对药物

的吸收效果, 甚至产生危害作用, 在以后的推广使用中应注意掌握好抗蒸腾叶肥的喷施浓度、喷施时间和喷施部位。虽然施用叶面肥频率比土壤施肥高, 也较费工, 但在苗木栽植初期植物根系不发达及土壤本身贫瘠的情况下, 喷施抗蒸腾叶面肥在经济合理地利用水资源的同时能明显提高植物的成活率, 是黄土高原干旱半干旱地区造林中一项重要的抗旱措施。

[参 考 文 献]

- [1] 冯建灿, 张玉洁, 张秋娟, 等. 干旱胁迫与抗蒸腾剂对喜树几项生理指标及喜树碱含量的影响[J]. 河南农业大学学报, 2002, 36(2): 138-143.
- [2] Peter N, Berkowitz G A, Rabin J. Development of a seeding-applied antitranspirant formulation to enhance water status, growth, and yield of transplanted bell pepper[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1991, 116(3): 405-411.
- [3] 王书奇. 叶面肥料及其特点[J]. 腐植酸, 2001(2): 39-40.
- [4] 甘枝茂, 桑广书. 关于黄土高原退耕还林(草)问题[J]. 干旱区资源与环境, 2002, 16(1): 62-65.
- [5] 李茂松, 李森, 张述义. 一种新型 FA 抗蒸腾剂对春玉米生理调节作用的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(11): 1266-1271.
- [6] 冯建灿, 郑根宝, 何威. 抗蒸腾剂在林业上的应用研究进展与展望[J]. 林业科学研究, 2005, 18(6): 755-760.
- [7] Bittelli M, Flury M, Campbell G S. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2001, 107: 167-175.
- [8] 郑华平. 抗蒸腾剂的作用[J]. 世界农业, 1985(9): 89-91.
- [9] 曹秀英, 孔祥义, 象连. 复合叶面肥对人参西洋参产量及质量的影响[J]. 特产研究, 1995(3): 18-19.
- [10] 甘吉生, 朱遐龄. 抑制蒸腾剂的节水机理及应用技术研究验收评价报告[J]. 黄腐酸, 1996(4): 18-31.
- [11] 梁月. 新型抗蒸腾叶面肥对刺槐、核桃苗木生理活性的影响[D]. 北京: 北京林业大学, 2008: 23-26.
- [12] 黄照愿. 配方施肥与叶面施肥[M]. 北京: 金盾出版社, 1997: 74-75.
- [13] 陆萍. 叶面肥在农业中的应用[C] // 北京: 第八届全国青年土壤暨第三届全国青年植物营养与肥料科学工作者学术讨论会, 2002: 196-199.
- [14] Darlington A, Vishnevetskaia K, Blake T J. Growth enhancement and antitranspirant activity following seed treatment with a derivative of 5-hydroxybenzimidazole (Ambiol) in four drought-stressed agricultural species [J]. Physiologia Plantarum, 1996, 97: 217-222.
- [15] 沙康棋 E H. 植物的根外追肥[M]. 陈耕陶译. 北京: 科学出版社, 1958: 10, 20-30.
- [16] 邓春娟. 新型抗蒸腾叶面肥在火炬树、刺槐、白榆上的应用[D]. 北京: 北京林业大学, 2008: 39-43.