

输营养液对天目山柳杉的影响

杨淑贞¹, 李国会², 杜晴洲¹, 温国胜²

(1. 浙江天目山国家级自然保护区 管理局, 浙江 临安 311311; 2. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 为了防止柳杉瘿瘤病的蔓延对天目山柳杉 *Cryptomeria fortunei* 健康的影响, 采取了多种防治措施, 其中之一就是输营养液。通过对柳杉新梢生长量、相对叶绿素含量、叶绿素荧光参数的测定以及对柳杉瘿瘤分布格局的调查, 研究了输营养液对天目山柳杉的影响。结果表明: 在3月到10月期间, 输营养液柳杉的新梢相对生长量比对照的大5.7%; 在8月输营养液柳杉的相对叶绿素含量值比对照的大3.7%, 10月两者均迅速降低; 8月输过营养液柳杉的光系统II量子效率(F_v/F_m)值是对照柳杉的1.29倍; 目前试验柳杉枝的瘿瘤以直径1~3 cm的中瘿瘤最多, 直径<1 cm和直径>6 cm的瘿瘤分布很少。输营养液在一定程度上能改善天目山柳杉健康状况。图5表2参11

关键词: 森林保护学; 营养液; 柳杉瘿瘤; 柳杉; 新梢生长量; 叶绿素荧光; 天目山

中图分类号: S718.43 文献标志码: A 文章编号: 1000-5692(2009)06-0810-05

Effects of transfusion of nutrient solution to *Cryptomeria fortunei* on Mount Tianmu

YANG Shu-zhen¹, LI Guo-hui², DU Qing-zhou¹, WEN Guo-sheng²

(1. Management Office, National Nature Reserve of Mount Tianmu, Lin'an 311311, Zhejiang, China; 2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Various measures have been taken to prevent the spread of the tumor disease of *Cryptomeria fortunei* on Mount Tianmu, and transfusion of nutrient solution is one of them. This paper studied the effects of transfusion of nutrient solution to *C. fortunei* by measuring the fresh treetop growth, the relative chlorophyll content, the chlorophyll fluorescence parameters and by surveying the tumor distribution pattern. The results showed that from March to October, the relative fresh treetop growth of *C. fortunei* with nutrient solution was larger than the control by 5.7 per cent. In August SPAD value of the *C. fortunei* with nutrient solution was larger than the control by 3.7 per cent, and both of them reduced quickly in October. In August the F_v/F_m of the *C. fortunei* with nutrient solution was 1.29 times as much as that of the control. At present, the diameters of most *C. fortunei* tumors were between 1 - 3 cm and few were less than 1 cm or larger than 6 cm. The transfusion of nutrient solution has improved the health of the *C. fortunei* on Mount Tianmu to some extent. [Ch, 5 fig. 2 tab. 11 ref.]

Key words: forest protection; nutrient solution; tumor; *Cryptomeria fortunei*; fresh treetop growth; chlorophyll fluorescence; National Nature Reserve of Mount Tianmu

森林健康(forest health)是森林生态系统健康和恢复(forest ecosystem health and restoration)的简称。

收稿日期: 2008-12-22; 修回日期: 2009-05-11

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(Y305235); 浙江省科学技术重点项目(2006C22062); 浙江省林业厅资助项目(05A03)

作者简介: 杨淑贞, 高级工程师, 从事自然资源保护与管理等研究。E-mail: yangsz266@hotmail.com。通信作者: 温国胜, 教授, 博士, 从事生态学等研究。E-mail: wgs@zjfc.edu.cn

20 世纪 70 年代末期就有学者提出了森林健康的概念^[1-3]。主要源于森林不正常脱叶，冠层稀疏、脱色，叶子卷曲和大面积死亡等衰退现象，以及人工林雪压、风折、多发森林火灾和病虫害等造成的损失加剧等问题^[4-6]。目前，世界大多数国家的森林生态系统都存在不同程度的退化，使森林健康问题与水土流失、生物多样性减少、荒漠化、水旱灾害乃至人类健康等全球性的重大环境问题联系在一起^[7]。柳杉 *Cryptomeria fortunei* 林是浙江省天目山最著名的自然生态奇观之一^[8]。天目山柳杉种群更以“大树华盖闻九州”而驰名，像这样大面积的古柳杉群在全世界都极为罕见。近来，天目山 90% 以上的柳杉都出现瘿瘤病，导致柳杉长势衰退，甚至部分树木死亡。这一现象已引起了有关部门和学者的广泛关注，正采取不同措施来防止柳杉瘿瘤的蔓延，对柳杉输营养液就是其中的一项防治措施。然而对柳杉瘿瘤病区的柳杉的生长有何影响，一时无法确知。笔者试图从树木生理生态学特性的角度出发，通过对天目山柳杉相关生理参数的测定来评估输营养液对柳杉健康的影响。

1 材料与方法

1.1 试验设计

在浙江天目山国家级自然保护区的柳杉群落内，选择相邻的、树龄和长势基本相同的 300 年生柳杉 5 株（在浮玉山庄附近，胸径约为 50 cm），在树冠中下部搭建观测塔并编号作为试验对象。在 3 月输营养液处理前，选择晴朗的天气对所选定的 5 株样株进行新梢生长量，相对叶绿素含量和叶绿素荧光参数等生理参数的测定，之后对其中的 I，III，V 号柳杉在 4 - 5 月输营养液。三盐营养液配方为： $w[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 : \text{MgSO}_4 : \text{KH}_2\text{PO}_4] = 2\% : 1\% : 1\%$ 。II，IV 号柳杉作为对照，不做任何处理。在 8 月和 10 月对 5 株样株分别进行生理生态参数的测定，并在 10 月测定各样株柳杉瘿瘤的分布格局。

1.2 试验方法

1.2.1 新梢生长量的测定 分别从选定的 5 株样株上各选择树冠下部朝东南方向大小相近的枝条 3 条·株⁻¹，在新梢开始生长处挂标签，使用钢卷尺每次都从标签标记处测量至新梢末端并记录其数值，结果取平均值。

1.2.2 相对叶绿素含量的测定 从选定的样株上选择树冠中下部朝东南方向的叶片 10 片·株⁻¹，用日本产 SPAD-502 型叶绿素计测定其相对叶绿素含量，取其中的 10 个数值取平均作为该样株的相对叶绿素含量值。

1.2.3 叶绿素荧光参数的测定 叶绿素荧光测定利用便携式叶绿素荧光仪 PAM-2100（德国 WALZ 公司生产），在标准设定状态下进行活体测定，对每种处理选定的植株分别挂牌标记，从中随机选取主新梢上的功能叶，5 次重复，经暗驯化 15 min 后测定。

1.2.4 柳杉瘿瘤分布格局的测定 ①柳杉瘿瘤密度的测定。选树冠下部样枝 3 条·株⁻¹，用钢卷尺测量选定枝条的长度，并同时调查每个枝条上柳杉瘿瘤的数量，由此计算柳杉瘿瘤的密度。②柳杉瘿瘤大小和频度的测定。对选定枝条上的每个柳杉瘿瘤测定其最大长度和最小长度，取其平均值作为该瘿瘤的直径。根据直径大小了解柳杉瘿瘤大小分布的频度。

2 结果与分析

2.1 柳杉瘿瘤的分布格局

2.1.1 瘿瘤密度的比较 瘿瘤的密度是反映柳杉感染柳杉瘿瘤病轻重的一个指标。从 10 月柳杉瘿瘤密度的调查结果（表 1），可以看出每株样枝感染柳杉瘿瘤的情况是不相同的。样株 I 的瘿瘤密度最大，平均 1 m 的长度内就有 4 个柳杉瘿瘤，说明此样株感染柳杉瘿瘤的情况比较严重。样株 II 和样株 V 只有个别枝条出现了柳杉瘿瘤，说明感染情况不是很严重。在对样株 III 和 IV 的样枝调查中没有发现柳杉瘿瘤，说明这 2 株样株比较健康。

2.1.2 瘿瘤大小的频度分布 为了进一步了解柳杉瘿瘤的总体情况，对柳杉瘿瘤的大小情况进行了调查。根据调查的结果绘制的瘿瘤大小的分布频度图（图 1）。柳杉瘿瘤大小的分布频度总体上呈现两头小中间大的趋势。不存在直径 < 1 cm 的瘿瘤，同样直径 > 6 cm 的柳杉瘿瘤的数量也不多。直径在 1

~ 3 cm 的柳杉瘿瘤是最多的, 占到了总数的 57%。

2.2 输营养液对柳杉生长的影响

从表 2 选定的 5 株样株在不同月的新梢长度可以看出, 在 3 月到 8 月期间内, V 号样株的新梢生长最快, 生长了 5.6 cm, II 号样株生长最慢, 仅生长了 3.9 cm。在 8 月到 10 月期间内, 生长最快的是 III 号样株, 生长了 1.8 cm, 其次是 I 号样株, 几乎没有生长的是 V 号样株。这说明不同样株在不同时期的生长速率是不同的。

从图 2 柳杉新梢生长量的比较可以看出, 输营养液柳杉的新梢在 3 月到 8 月期间内平均生长了 4.8 cm, 从 8 月份到 10 月份平均生长了 1.1 cm。作为对照的柳杉在 3 月份到 8 月期间内平均生长了 3.9 cm, 从 8 月到 10 月平均仅仅生长了 0.9 cm。由此可以看出, 输过营养液的和作为对照的柳杉在 3 月到 8 月之间的明显要比在 8 月到 10 月这段时间内生长快。这说明从春季到夏季这段时间内比从夏季到秋季这段时间内的环境因子更有利于柳杉的生长。同时也可以看出, 在 3 月到 8 月期间输过营养液柳杉的新梢生长量比作为对照的多 0.9 cm, 从 8 月到 10 月期间输过营养液柳杉的新梢生长量也超过对照柳杉 0.2 cm。

为了克服样树本身之间生长的差异对比较输营养液对柳杉生长量的影响, 我们计算了相对生长量。即: 相对生长量 = (10 月的柳杉的新梢长度 - 3 月柳杉的新梢长度) / 3 月柳杉的新梢长度 × 100%

新梢相对生长量的比较图显示(图 3), 输过营养液柳杉的新梢相对生长量为 28.7%, 作为对照的柳杉的新梢相对生长量仅为 23.0%。由此可以看出, 输过营养液的柳杉明显比作为对照的柳杉生长速度快 5.7%。说明输营养液能促进柳杉新梢的生长。

2.3 输营养液对柳杉相对叶绿素含量的影响

叶片叶绿素含量是反映作物衰老状况和光合能力的一个重要指标^[9], 而相对叶绿素含量 (SPAD) 值与植物叶绿素含量密切相关^[9-10], 所以测定植物叶片的 SPAD 值可以间接反映植物叶片叶绿体色素情况。

表 1 瘿瘤密度的比较

Table 1 Comparison of tumor density

| 样株编号 | 枝条编号 | 枝条长/m | 枝条直径/cm | 瘿瘤的数量/个 | 瘿瘤的密度/(个·m ⁻¹) | 样株上瘿瘤的密度/(个·m ⁻¹ ·株 ⁻¹) |
|------|------|-------|---------|---------|----------------------------|--|
| I | 1 | 1.4 | 1.7 | 5 | 4 | |
| | 2 | 1.5 | 2.0 | 7 | 5 | 4 |
| | 3 | 1.7 | 2.2 | 8 | 5 | |
| II | 1 | 1.6 | 2.5 | 2 | 1 | |
| | 2 | 1.3 | 2.0 | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | 1.6 | 2.4 | 0 | 0 | |
| III | 1 | | | 0 | 0 | |
| | 2 | | | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | | | 0 | 0 | |
| IV | 1 | | | 0 | 0 | |
| | 2 | | | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | | | 0 | 0 | |
| V | 1 | 1.9 | 4.0 | 1 | 1 | |
| | 2 | | | 0 | 0 | 0 |
| | 3 | | | 0 | 0 | |

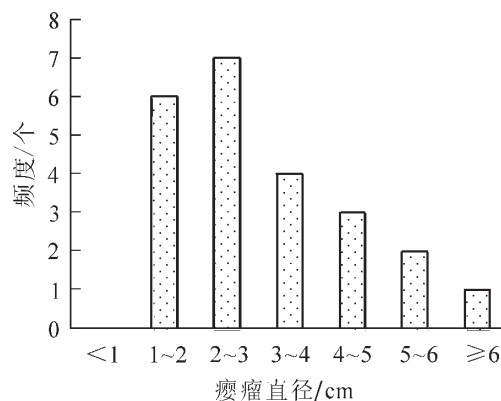


图 1 柳杉瘿瘤大小的频度分布

Figure 1 Frequency distribution of tumor size

表 2 不同月份的柳杉新梢长度

Table 2 Length of fresh treetop in different months

| 样株编号 | 3 月新梢长度/cm | 8 月新梢长度/cm | 10 月新梢长度/cm |
|------|------------|------------|-------------|
| I | 17.0 | 22.3 | 23.7 |
| II | 15.8 | 19.7 | 20.5 |
| III | 27.0 | 31.0 | 32.8 |
| IV | 30.3 | 34.3 | 35.3 |
| V | 22.7 | 28.3 | 28.3 |

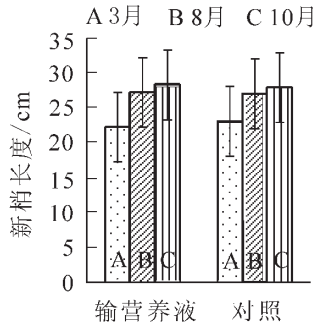


图 2 柳杉新梢生长量的比较
Figure 2 Comparison of fresh treetop length

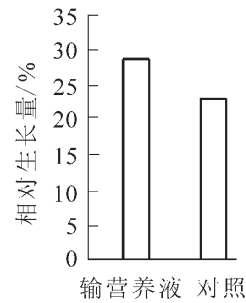


图 3 柳杉新梢相对生长量的比较
Figure 3 Comparison of relative length in fresh treetop

从相对叶绿素含量的比较可以看出(图 4)，在 3 月、8 月和 10 月期间内输营养液柳杉的相对叶绿素含量的变化规律是先略有增加后急剧减少，在此期间作为对照的柳杉的相对叶绿素含量则呈现递减的趋势。在 3 月输过营养液的柳杉和作为对照的相对叶绿素含量差别不大，在 8 月输过营养液的明显比对照的相对叶绿素含量高，两者差值达 3.7。到 10 月输过营养液和对照的柳杉的相对叶绿素含量均迅速下降，差异不明显。

2.4 输营养液对叶绿素荧光参数的影响

F_v/F_m 是经过充分暗适应的植物叶片 PS II 最大的或潜在的量子效率，有时也被称为开放的 PS II 反应中心的能量捕获效率。为了更清楚地显示输营养液对柳杉 F_v/F_m 值的影响，进行输液前后 F_v/F_m 相对值(输过营养液柳杉的值 / 对照柳杉的值)的比较(图 5)。从图中可以看出，在 3 月没有输营养液时， F_v/F_m 相对值为 0.99，接近于 1，说明将要进行输液处理的 3 株柳杉和作为对照的 2 株柳杉的情况是相似的。8 月 F_v/F_m 相对值为 1.29，即经过输营养液处理的柳杉的 F_v/F_m 值比对照柳杉高 0.30，说明输营养液的柳杉的 PS II 潜在量子效率要明显大于作为对照的柳杉，输营养液对改善柳杉健康状况起到了明显的作用。

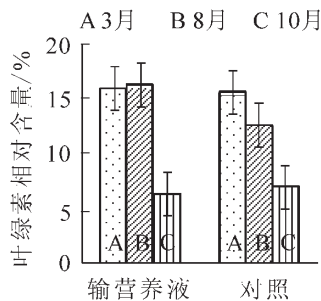


图 4 相对叶绿素相对含量的比较
Figure 4 Comparison of relative chlorophyll content

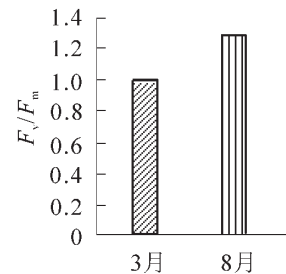


图 5 输液前后 F_v/F_m 相对值的比较
Figure 5 Comparison of relative F_v/F_m

3 结论与讨论

通过对输营养液处理柳杉近 1 a 来叶绿素荧光参数、叶绿素相对含量、新梢生长量和柳杉瘿瘤密度等的测定，初步认为：输营养液对天目山柳杉瘿瘤病区柳杉的生长及相对叶绿素含量等有促进作用，对柳杉瘿瘤病有一定的防治效果；同时荧光参数 F_v/F_m 相对值将输营养液对柳杉的促进作用直观的表现出来，说明叶绿素荧光分析技术能较敏捷地分析输营养液对柳杉生长的促进作用和对柳杉瘿瘤病的防治效果，因此， F_v/F_m 可以作为柳杉生态健康评价的有效指标。

尽管在试验设计时，试图尽量选择相同的样株，但在天然条件下，很难找到多株健康状况一致的样株，而且由于柳杉高大，所建观测塔只能测定树冠下层的枝叶。因此，样株个体及冠层间健康状况

的差异,增加了测定结果的系统误差和不确定性。建议在今后的试验中,通过增加样本和重复来降低系统误差,揭示其内在规律性。

柳杉瘿瘤病的发生、发展及防治是一个漫长的过程,输三盐营养液对柳杉生长有无影响?有多大影响?对柳杉瘿瘤病的防治效果怎样?随着时间的延长,会更清楚地表现出来。因此,建议将柳杉“体检”工作长期坚持下去。

柳杉作为中国的特有植物,作为天目山的主要景观树种,它的健康问题应该引起充分的重视。对柳杉瘿瘤病的防治是一个综合性的问题,除已采取输营养液、喷洒农药等化学防治措施外,应进一步加强柳杉瘿瘤病与生态因子的关系、柳杉种群特性等生态学研究,从根本上防治柳杉种群的衰退。

参考文献:

- [1] 陆元昌. 森林健康状况监测技术体系综述[J]. 世界林业研究, 2003, **16** (1): 20 - 25.
LU Yuanchang. Monitoring forest condition: a synthesis of methods and criteria for sampling and assessment [J]. *World For Res*, 2003, **16** (1): 20 - 25.
- [2] 王彦辉, 唐守正. 德国等欧洲国家森林受害及监测[M]//江泽慧, 张守攻. 面向 21 世纪的林业-可持续发展全球战略下的林业科学技术. 北京: 中国农业科技出版社, 1998: 447 - 455, 623.
- [3] 钟哲科. 大气污染对欧洲森林的影响[J]. 世界林业研究, 2000, **13** (4): 57 - 64.
ZHONG Zheke. The impact of air pollution on the European forests [J]. *World For Res*, 2000, **13** (4): 57 - 64.
- [4] DeHAYES D H, SCHABERG P G, HAWLEY G J, *et al.* Acid rain impacts on calcium nutrition and forest health [J]. *BioScience*, 1999, **49** (10): 789 - 800.
- [5] HARVEY A E. Integrated role for insects, diseases and decomposers in fire dominated forests of the Inland Western United States: past, present and future forest health [M]//SAMPSON R N, ADAMS D L. *Assessing Forest Ecosystem Health in the Inland West*. New York: The Haworth Press, 1994: 211 - 220.
- [6] 王彦辉. 酸化森林生态系统对环境变化的影响[M]. 北京: 华文出版社, 2001: 321.
- [7] 高均凯. 森林健康背景、内涵及中国的实践—中国首届林业学术大会特邀报告[R]. 杭州: 浙江省林业厅, 2005.
- [8] 赵丽娟, 蒋文伟, 杨淑贞, 等. 天目山柳杉的茎干液流特征[J]. 浙江林学院学报, 2009, **26** (2): 169 - 175.
ZHAO Lijuan, JIANG Wenwei, YANG Shuzhen, *et al.* Stem sap flow of *Cryptomeria fortunei* in Mount Tianm National Nature Reserve [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26** (2): 169 - 175.
- [9] OH S A, PARK J H, LEE G I, *et al.* Identification of three genetic loci controlling leaf senescence in *Arabidopsis thaliana* [J]. *Plant J*, 1997, **12** (3): 527 - 533.
- [10] KITAO M, UTSUGI H, KURAMOTO S, *et al.* Light-dependent photosynthetic characteristics indicated by chlorophyll fluorescence in five mangrove species native to Pohnpei Island, Micronesia [J]. *Physiol Plant*, 2003, **117**: 376 - 382.
- [11] MARKWELL J, OSTERMAN J C, MITCHELL J L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter [J]. *Photosynth Res*, 1995, **46** (3): 467 - 472.