

文章编号: 1001-1498(2001)02-0148-06

黄山松苗期生长及生理特性研究

傅松玲, 吴泽民

(安徽农业大学 森林利用学院, 安徽 合肥 230036)

摘要: 在黄山松林天然植被调查分析的基础上, 大田设置 100%、45%、37%、16% 4 种不同透光度的黄山松播种苗区, 定期测定光合速率、呼吸速率、蒸腾速率、各器官生长量及生物量等生理和生长指标。试验结果表明: (1) 光对黄山松苗生长及生理过程有明显影响, 以全透光苗最为粗壮。光合有效辐射(即 400~ 760 nm 波段辐射能)与光合效率的关系最为密切, 其关系式为 $y = 19.5108x^{0.0282}$ 。(2) 黄山松苗木水势偏低, 光补偿点较高($5.26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), 水分利用效率高(3.01×10^{-3}), 且扎根深, 抗旱性强, 是亚热带中高山地区水源涵养林适宜树种。

关键词: 黄山松; 苗期生长; 生理特性; 光补偿点

中图分类号: S725.71; S718.43

文献标识码: A

著名观赏树种黄山松(*Pinus taiwanensis* Hay.)是我国东部亚热带中高山地区的先锋树种, 抗旱耐瘠性强。在安徽黄山, 以黄山松为主体的森林景观, 构成奇特的美景。但是, 随着林分郁闭度的增大, 林下植被不断被较耐荫的硬阔叶树种所替代, 在自然状态下, 黄山松将逐渐失去优势。本文通过不同光辐射能下黄山松苗期净光合速率、光能利用率、水分利用效率、蒸腾速率、针叶水势等生理生态学特性的研究, 揭示了黄山松苗期生长与生境的内在关系, 从而为黄山松更新措施提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区自然条件

试验地设置在安徽农业大学实验农场, 位于合肥西郊, 117°17' E, 32°15' N, 属于北亚热带季风气候区。年平均气温 15.5℃, 极端最高气温 41℃, 极端最低气温 -20.6℃; 年平均降水量 940 mm; 年平均日照时数 2 112.2 h, 全年太阳辐射总量平均为 498.82 J·cm⁻²; 无霜期为 227 d。试验区海拔 50 m, 坡度 3°, 坡向 S10 E。土壤属于岗冲马肝土片的粘盘马肝土, 土壤全 N 含量 1.6 g·kg⁻¹, 速效 P 含量 18.2 mg·kg⁻¹, 速效 K 含量 120 mg·kg⁻¹。

1.2 样地设计

试验地于 1996 年冬翻耕, 1997 年 2 月做床。设 4 种处理, 即分别以透光率 16.27%、36.89%、45.28%、100% 拉遮阳网[透光率=某处一天内太阳辐量之和×100/空旷地一天内太

收稿日期: 1999-03-22 修回日期: 2000-12-15

基金项目: 1996~ 1998 年安徽省自然科学基金“黄山松群落景观资源持续经营的生态机理研究”项目

作者简介: 傅松玲(1962-), 女, 副教授, 博士

阳辐射量之和], 架设高度 1.8 m, 拉网面积 600 m²。2月23日播种, 种子来源于安徽岳西县, 种子千粒质量 10.17 g, 净度 85%, 发芽势 47%, 发芽率 72%。

1.3 试验及研究方法

对于4种处理, 分别采用固定样行法定期测定样苗生长、生理指标。自4月中旬至10月底, 每10天测定1次苗高、地径等生长指标; 每月测定1次苗木光合速率、呼吸速率、蒸腾速率和叶片水势等生理指标; 同时测定圃地温、湿度, 各处理太阳总辐射强度和幅射能等生态指标。同时, 于固定样行以外, 定期取生长中等的样苗5株, 测定生物量及根系生长量。

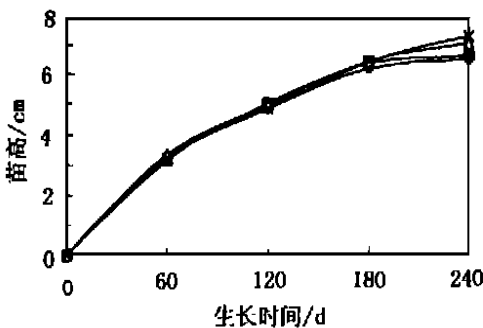
1.3.1 生长、生理指标测定方法 苗木生物量是以电子天平测定各器官在 105 ℃ 烘干 10 h 的干物质量^[1]。光合速率及呼吸速率是采用 GX-250 型红外 CO₂ 分析仪, 测定通过叶室前后 CO₂ 浓度的变化; 蒸腾速率采用 ZHF 型蒸腾仪测定; 根据一定面积的被测样品在密闭容器中引起相对湿度变化所需要的时间推算; 叶片水势采用电导法测定: 将叶片浸于不同浓度的溶液中, 用 DDB-6200 型便携式电导率仪测定各容器溶液电导率, 根据渗透势与电导率的关系绘直线图, 找出电导率为零时的渗透势值, 即样品的水势值^[2]; 叶样成分分析: 全 N 以 H₂SO₄-H₂O₂ 硝化, 蒸馏法测定; 全 P 用钼锑抗比色法; 全 K 火焰光度计法测定^[3]。

1.3.2 生态因子测定方法 用 LI-1800 型便携式分光光谱仪测定圃地太阳辐射中 300~1100 nm (可见光) 各个波段的辐射能 (W·m⁻²)。LI-188B 型辐射量子照度计测太阳总辐射强度 (W·m⁻²); 圃地温度分别以最高温度计、最低温度计、地表温度计及地温表测定地表日最高、极低温度以及测时地表温度和地下 5 cm 处温度。用通风干湿表测定气温及空气相对湿度; 土壤养分分析全 N 凯氏定氮法; 速效 P 以 NaHCO₃ 提取, 钼蓝比色法测定; 速效 K 以 1 mol·L⁻¹ 的 NH₄OAc 提取, 火焰光度法测定^[4]。

2 结果与分析

2.1 苗期生长特点

从苗高、地径生长曲线(图 1、2)看出, 不同透光度下黄山松播种苗木苗高、地径和根系的生长速度均有差异。以不同透光度苗木年终测定结果进行方差分析, 不同透光度下苗木高度差异不显著, 而地径及根长差异显著, 均以对照区(100%透光)数值为最大(见表 1)。



◆ 100%透光 ■ 45%透光 ▲ 37%透光 ✕ 16%透光

图 1 不同透光度当年播种苗木苗高生长进程

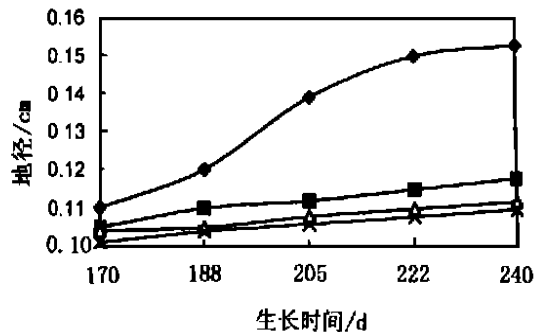


图 2 不同透光度当年播种苗木地径生长进程

表 1 不同透光度 1 年生苗木高、径、根系生长方差分析

项 目	误差来源	自由度	离差平方和	均 方	F 值
苗高	组 间	3	0.996 70	0.332 23	0.36
	组 内	36	33.211 00	0.922 53	
	合 计	39	34.207 70		
根长	组 间	3	168.192 40	56.064 13	12.04*
	组 内	36	167.697 30	4.658 26	
	合 计	39	335.889 7		
地径	组 间	3	0.019 40	0.006 47	10.15*
	组 内	36	0.022 94	0.000 64	
	合 计	39	0.042 33		

注: $F_{0.05}(3, 36) = 2.87$; * 表示 0.05 水平上差异显著。

圃地透光度通过影响黄山松苗木地径及根系等器官生长速度, 进而影响苗木生物量。从图 3 看出, 随着生长时间的推移, 不同透光度下的黄山松苗的单株生物量差异越来越大。从生物量增长速度看, 前期主要是苗茎的增长, 中后期主要是针叶和根的增长。

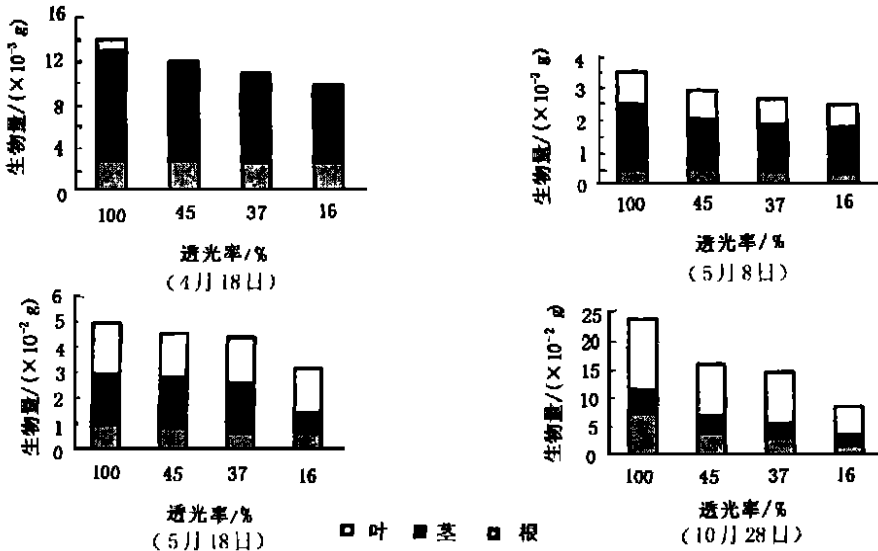


图 3 不同生长时期、不同透光率下苗木各器官生物量变化

黄山松幼苗期主根生长速度快, 在主根上部生出无数细小支根。与马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.)、火炬松 (*Pinus taeda* L.)、湿地松 (*Pinus olliottii* Engelm.) 等其它树种相比, 黄山松苗主根相对较长^[5], 尤其在光照强、环境较为干旱的生境中(如 100% 透光区), 扎根最深, 这就为植物快速吸水、充分利用地下深层水分、养分提供了条件^[6], 从而表现出优越的耐旱、耐瘠性能, 成为中高山干旱、半干旱区的先锋树种。

2.2 苗期生理特性

2.2.1 光合、呼吸特性 圃地气温、空气相对湿度、太阳辐射强度的季度变化, 影响着黄山松苗木的光合速率、呼吸速率。在春季(3~5月), 圃地日平均气温 16.7, 地表均温 20.1, 地表下 5 cm 处地温 21.0; 空气相对湿度 68%, 月平均降水量 90.1 mm; 太阳辐射强度 353.2

$W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, 光合有效辐射(400~ 760 nm)为 $74.9 W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。5 月份测得 4 种透光度下生长的黄山松幼苗平均光合速率(以 CO_2 计)为 $0.243 mmol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$, 平均呼吸速率(以 CO_2 计)为 $0.3095 mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ 。夏季(6~ 8 月)平均气温 31.7 , 地表均温 34.1 , 地表下 5 cm 处地温 30.2 ; 平均相对湿度 69.8%, 月平均降水量 171.2mm; 太阳辐射强度 $481.8 W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, 光合有效辐射为 $103.8 W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。4 种透光度黄山松幼苗平均光合速率为 $0.242 mmol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ 。平均呼吸速率为 $0.0424 mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ 。由于夏季中午幼苗受强的直射光及高温影响, 一些酶活性降低, 以及气孔为减少蒸腾作保护性关闭, 从而导致光合作用等出现“午休”现象; 此外, 旱生树种夏季叶片气孔水分及 CO_2 传导率均低于春季^[8], 因而, 黄山松光合速率、呼吸速率夏季稍低于春季。秋季(9~ 10 月)平均气温 23.4 , 地表均温 27.4 , 地表下 5 cm 处温度 22.7 ; 空气相对湿度 44%, 月平均降水 61.6mm; 太阳辐射强度 $291.4 W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$, 光合有效辐射为 $63.02 W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。由于秋季光合有效辐射入射量较小, 加之空气干燥, 光合速率比春、夏季低。不同透光度黄山松平均光合速率为 $0.0716 mmol \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$, 平均呼吸速率为 $0.0294 mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1}$ (光合速率、呼吸速率的季节变化如图 4)。

图 4 不同透光度下黄山松苗木光合速率(左)、呼吸速率(右)季节变化

该试验测定分析同时表明, 黄山松苗木光合速率、呼吸速率的日变化也随圃地生态因子的变化而呈现规律性的变化。试验将 5~ 10 月份测得的苗木生理指标(光合速率 y_1 、呼吸速率 y_2)与相应的环境因子(气温 x_1 、相对湿度 x_2 、地表温度 x_3 、地表下 5 cm 处温度 x_4 、太阳辐射强度 x_5 、300~ 1 100 nm 波段辐射能 x_6 、400~ 760 nm 波段辐射能 x_7)日变化数据进行多元回归分析, 得出模型见表 2。

表 2 黄山松苗木光合速率、呼吸速率与环境因子关系

因 子	模 型	复相关系数
光合与多因子	$y_1 = 7.7274 + 0.0148x_1 - 0.0527x_2 - 0.0915x_3 + 0.4123x_4 + 0.0461x_5 + 0.3165x_6 + 1.7096x_7$	0.7229
呼吸与多因子	$y_2 = -5.9621 + 0.3890x_1 - 0.0237x_2 - 0.2158x_3 - 0.1070x_4 - 0.0013x_5 + 0.0657x_6 + 0.1272x_7$	0.9549
光合与有效辐射	$y_1 = 19.5108x_7^{0.0282}$	0.4447

注: 各因子单位: $y_1/(\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$; $y_2/(mg \cdot g^{-1} \cdot h^{-1})$; $x_1/$; $x_2/\%$; $x_3/$; $x_4/$; $x_5 \sim x_7(W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1})$ 。

为找出苗木光补偿点,以5~10月份测得的140组苗木光合速率与太阳辐射强度的数据作回归分析,得出关系式 $Y = -3.17 + 19.1 \ln X$,令光合速率(Y 值)为0,求得光补偿点(X_0)为 $5.26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。而中等耐荫树种的光补偿点约为 $2.8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (相当于 300 lx)^[9],可见黄山松从苗期就表现出明显的阳性特征。光补偿点是植物能够生存的最低光量,要完成其生长发育过程,显然需要产生比呼吸消耗更多的同化产物。在低于光补偿点的光强下,即当植物净光合速率为负值时,无法积累同化产物。因此,在郁闭度较高的林下,黄山松苗木生长缓慢甚至死亡,而光补偿点较低的树种会取而代之。

2.2.2 水势及水分利用效率 5~10月份测得,黄山松苗木针叶的水势分别为 -0.715 、 -0.815 、 -0.902 、 -0.917 、 -0.724 、 -0.666 MPa 。一般来说,水势 $< -0.8 \text{ MPa}$ 对植物生理活动有影响,但黄山松在水势低于 -0.9 MPa 的盛夏,仍无萎焉表现,此时针叶中全N含量为 $24.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全P含量为 $3.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,全K含量为 $6.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,生理活动正常,这是耐旱树种的特性之一。水势是导致水分在植物体内运输的动力,较低的叶片水势造成植物与土壤之间水势梯度大,促使根系吸水迅速,脱水缓慢。

水分利用效率 T 常作为衡量植物抗旱性能的指标之一。它是指植物每形成 1 g 干物质需要蒸腾水分的克数,计算式为: $T = E_s / 0.67 F_n$ 。式中: E_s 为蒸腾速率($\text{g}(\text{H}_2\text{O}) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); F_n 为净光合速率($\text{g}(\text{CO}_2) \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$)。求得黄山松苗木水分利用效率为 3.01×10^{-3} ,而中生树种的水分利用效率为 1.80×10^{-3} 。可见黄山松苗木具有较高的水分利用效率。

3 结 论

(1)光照强度对黄山松苗木生长及生理过程有明显影响。以全光照处理苗木最为粗壮,生物量最大。光合速率与光合有效辐射的关系最为密切,其关系式为: $y = 19.5108x^{0.0282}$ 。

(2)黄山松苗木体内水势低,水分利用效率高,且根系穿透力强,扎根深,因而具有良好的吸水抗旱性能,是优良的先锋树种。

(3)由于黄山松对光照要求较高,光补偿点高($5.26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$),而且地上部分生长缓慢,在郁闭度较大的林分中其处于种间竞争劣势。

参考文献

- [1] 程张和 黑石顶自然保护区南亚热带常绿阔叶林生物量与生长量研究[J]. 中山大学学报, 1993, 32(4): 81~ 86
- [2] 张宪政, 陈凤玉, 王荣富, 等 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁技术出版社, 1994
- [3] 张志良 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990
- [4] 中国科学院南京土壤研究所 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978
- [5] 张曾堤等 安徽森林[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1990
- [6] Davis W J, Zhang Jianhua Root signal and the regulation of growth and development of plants in drying soil [J]. Annu Rev Plant physiol Plant Mol Biol, 1991, (42): 57~ 76
- [7] Lauri J S, Radosevich S R. Mechanisms of competition between douglas-fir and red alder seedlings [J]. J Ecol, 1992, 73(1): 30~ 45
- [8] 张祝平 粤北石灰岩山地主要造林树种的生理生态学特性[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17(2): 133~ 142
- [9] 北京林学院 植物生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1980 113

Study on Seedling Growth and Physiological Characteristics of Taiwan Pine

FU Song-ling, WU Zemin

(College of Forest Utilization, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, Anhui, China)

Abstract: On the basis of investigating natural vegetation of Taiwan pine (*Pinus taiwanensis*) forest, four Taiwan pine seedling plots with transmissivities of 100%, 45%, 37% and 16% were established to measure regularly the photosynthetic ratio, respiratory ratio, evapotranspiration ratio, increments of organs and biomass. The results showed that: (1) Illumination had significant influence on the growth and physiological process of *P. taiwanensis*. The seedling with transmissivity of 100% was the strongest. There exists a close relationship between photosynthetic effective radiation and photosynthetic effectiveness, which follows the equation of $Y = 19.5108X^{0.0282}$. (2) The *P. taiwanensis* seedlings had the characteristics of low water potential, high photo-compensation point ($5.26 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$), high water utilization ratio (3.01×10^{-3}), deep rooting and strong drought-tolerance. It is proved that this species is suitable to be planted as water conservation forest in mountainous area of subtropic region.

Key words: *Pinus taiwanensis*; growth and physiological characteristics; photo-compensation point