

文章编号: 1000-5692(1999)03-0224-4

中亚热带东部马尾松叶片光合及呼吸的研究

黄承才¹, 葛 滢², 常 杰²

(1. 绍兴文理学院生化系, 浙江绍兴 312000; 2. 浙江大学西溪校区生命科学院, 浙江杭州 310012)

摘要: 采用红外线气体分析仪的测定方法研究了我国中亚热带东部马尾松光合速率和呼吸速率与环境因子的关系。结果表明: 马尾松叶片光合速率与光强和气温多元相关呈极显著水平, 其回归方程可作为光合速率估算的模型; 日光合量与平均气温呈极显著线性正相关, 呼吸速率与气温呈极显著相关, 其回归方程均可作为叶片日光合量和呼吸速率的估算模型。马尾松叶片的年净光合量和年呼吸量(CO_2)估算结果分别为 $2.11 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ 和 $2.38 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ 。表 2 参 5

关键词: 马尾松; 光合作用; 呼吸; 数学模型

中图分类号: S718.43; Q945.11 **文献标识码:** A

由于大气二氧化碳(CO_2)是引起全球气候变化的重要温室气体, 因此, 研究主要森林生态系统植物的光合和呼吸, 对于分析碳代谢的生理生态机理及其主要影响因子, 建立主要生态系统碳循环模型等均具有重要意义, 是生态系统研究的核心之一^[1, 2]。

青藏高原的隆起, 使我国中亚热带形成了独特的暖湿气候和常绿阔叶林植被类型, 对该地区具有代表性的青冈(*Quercus glauca*)林生态系统的结构和生产力等, 近年来已做过不少工作^[3]。但该地区除常绿阔叶林植被类型外, 马尾松(*Pinus massoniana*)林是组成亚热带地区大面积森林的主要类型。马尾松具有适应性强、生长快和用途广等优点, 为荒山造林的重要先锋树种^[4]。

有关马尾松林生态系统结构和生产力等的研究已有报道。由于个体体积和高度等方面的限制, 马尾松成林的生理生态极少有较详细的研究。为此, 我们于 1997 ~ 1998 年研究了马尾松光合和呼吸与主要环境因子的关系及光合和呼吸对环境因子的响应特点, 为了解森林生态系统碳循环与生产力的关系, 建立有关全球规模的碳循环模型提供资料。

收稿日期: 1998-08-31; 修回日期: 1999-01-18

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(396032)

作者简介: 黄承才(1963—), 男, 浙江嵊州人, 讲师, 从事植物生理学研究。

1 自然概况和研究方法

研究地点位于浙江省诸暨市征天水库($29^{\circ}51'N$, $120^{\circ}26'E$), 属我国东部中亚热带的湿润季风气候区, 受大陆东岸季风影响明显。春秋温暖湿润, 夏季高温, 有伏旱, 间以台风雨; 冬季较寒冷, 降水较少。据诸暨市征天水库定位站常年观测, 年均气温 $15^{\circ}C$, 年均降水量 $1\,400\,mm$, 无霜期 $240\,d$, 最高气温为 $37.8^{\circ}C$, 最低气温为 $-7.6^{\circ}C$, 年蒸发量为 $920.1\,mm$ 。

在总面积约为 $3.5\,hm^2$ 的马尾松林内设置样地。样地海拔 $30\sim 100\,m$, 坡向东南, 马尾松林龄约 $25\,a$, 平均胸径 $12.2\,cm$, 平均树高 $8.3\,m$, 总郁闭度为 $0.7\sim 0.8$ 。除建群种外, 还伴生梔子(*Gardenia jasminoides*), 尖叶柃木(*Eurya acuminata*), 檫木(*Loropetalum chinensis*), 山胡椒(*Lindera glauca*)及狗脊(*Woodwardia japonica*)等。

1997 年 7 月到 1998 年 7 月, 每隔 3 个月, 即在每年的 1, 4, 7, 10 月份, 用红外线气体分析仪(GXH-3.5)配合有机玻璃叶室以封闭式气路测定样木叶的光合速率和呼吸速率。光合速率测定时间从日出至日落, $1\,h$ 测定 1 次。每次测 $3\sim 4$ 个日进程。除了以晴天测定为主外, 还选择不同的天气类型(多云和阴天等)进行测定。用黑布完全遮黑叶室, 测定叶呼吸速率。在测定的同时, 测定光强和气温。植物叶光合速率和呼吸速率的计算方法同文献[5], 其中叶面积 $41.975\,cm^2\cdot g^{-1}$ 用叶干质量换算得到(叶面积/叶干质量)。

2 结果与分析

2.1 净光合速率与光强和气温的关系

2.1.1 净光合速率与光强的关系 各季节测定的数据, 以光强(L)为自变量, 净光合速率(P_n)为因变量进行回归分析(表 1), 发现马尾松除冬季 P_n 与 L 相关不显著外, 其他各季节的 P_n 与 L 均呈极显著线性正相关。分析回归方程斜率 b 可知, P_n 对 L 的响应程度为秋 $>$ 夏 $>$ 春。由于春夏均出现明显的光饱和现象, 因此, 将光饱和点以下的点, 即春秋 $L\leq 20\,klx$, 夏季 $L\leq 60\,klx$ 的数据进行相关分析, 发现春($n=14$, $r=0.80^{**}$)夏($n=37$, $r=0.90^{**}$)两季 P_n 与 L 均呈极显著线性正相关, 且春($b=0.307\,0$)夏($b=0.321\,2$)两季的斜率均明显增大, 说明在光饱和点以下 P_n 对 L 的响应程度大。相比之下, 秋季 p_n 对 L 的响应仍然为最大, 可能与试验时秋季土壤含水率及大气湿度较大有关。

春季当 $L> 20\,klx$ 时, P_n 就不再随 L 的增加而升高, 说明新叶的光饱和点相当低, 无法充分利用强光。

全年数据合在一起分析, P_n 与 L 也呈极显著线性正相关, 说明一年中 P_n 对 L 的响应基本遵循同一规律。

2.1.2 净光合速率与气温的关系 净光合速率(P_n)与气温(t)的关系(表 1)表明, 除春季 P_n 与 t 相关不显著外, 其他季节均呈极显著线性正相关。从方程斜率 b 值可知, 不同季节, 马尾松 P_n 对 t 的响应为秋季最高, 冬季最低, 这与 P_n 对 L 的响应规律基本一致。

全年中 P_n 与 t 均呈极显著线性正相关, 表明一年中 P_n 对 t 的响应也基本遵循同一规律。

表 1 马尾松叶片净光合速率与光强和气温的单元回归关系

Table 1 Relations of linear regressions of net photosynthetic rate to light and air temperature

月 份	光 强				气 温			
	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>n</i>
1	0.08	—	—	12	0.75**	1.136 6	0.197 5	12
4	0.70**	2.799 6	0.068 4	19	0.05	—	—	19
7	0.88**	3.855 3	0.231 7	41	0.69**	-21.159 9	0.917 9	41
10	0.83**	5.318 3	0.443 3	26	0.71**	-17.860 8	1.136 8	26
全年	0.58**	4.156 1	0.200 5	98	0.53**	-0.858 9	0.347 3	89

说明: **为 $P<0.01$

2.1.3 净光合速率与光强和气温的综合关系 全年中 P_n 对 L , t 的响应基本遵循同一规律, 因此, 可将全年数据合在一起进行二元回归分析。结果表明, 马尾松 P_n 与 L , t 的复相关 ($R=0.71^{**}$) 及偏相关 ($P<0.001$) 呈极显著水平, 逐步回归与全回归一致, 说明其回归方程可作为马尾松叶片光合速率的估算模型。其模型为:

$$P_n = -2.1814 + 0.1660L + 0.2719t \quad (R=0.71^{**}, n=98)$$
 (1)

2.2 日光合量的季节动态及光强和气温的关系

马尾松日光合量的季节变化(表 2)为夏>秋>春>冬, 与日均气温和最高气温一致, 与日均光强和最大光强的季节变化不完全一致。

为分析日光合量与环境因子关系, 将日光合量(P_d)与日均光强(L_d)和日均气温(t_d)进行回归分析。结果表明, 马尾松的日光合量与日均光强相关不显著, 与日均气温则呈极显著线性正相关。其回归方程为:

$$P_d = 3.3720 + 3.6383t_d \quad (n=10, r=0.89^{**})$$
 (2)

从方程(2)中可推出, 马尾松的年光合量 CO_2 (P_y , $mg \cdot dm^{-2}$)与年均气温(t_y , $^{\circ}C$)的关系为:

$$P_y = 3.3720 \times 365 + 3.6383 \times 365t_y$$
 (3)

该地区年均气温为 $15^{\circ}C$, 因此, 从方程(3)可估算出年净光合量(CO_2)为 $2.11 \times 10^4 mg \cdot dm^{-2}$ 。

2.3 呼吸速率与气温的关系

将不同季节测定的数据, 以气温为自变量, 呼吸速率为因变量进行回归分析表明: 马尾松叶片的呼吸速率(R , $mg \cdot dm^{-2} \cdot h^{-1}$)与气温(t , $^{\circ}C$)呈极显著相关。其方程为:

$$R = 0.4891 + 0.1484t \quad (n=18, r=0.94^{**})$$
 (4)

因此, 年呼吸量(R_y , $mg \cdot dm^{-2}$)为: $R_y = 4284.5 + 1300.0t_y$, 将 $t_y = 15$ 代入方程得马尾松叶片的年呼吸量(CO_2)为 $2.38 \times 10^4 mg \cdot dm^{-2}$ 。

3 结论

3.1 全年中, 马尾松叶片的 P_n 与 L , t 均呈极显著线性正相关。多元回归分析表明, 马尾松的 P_n 与 L , t 的复相关及偏相关均呈极显著水平, 其回归方程(1)可作为叶片光合速率估算的模型。

3.2 日光合量与日均气温呈极显著线性正相关。回归方程(2)可作为日光合量的估算模型。估算结果, 马尾松的年净光合量(CO_2)为 $2.11 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ 。

3.3 叶片的呼吸速率与气温呈极显著相关。回归方程(4)可作为叶片呼吸速率的估算模型。马尾松叶片的年呼吸量(CO_2)为 $2.38 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2}$ 。

参考文献:

- 1 方精云, 刘国华, 徐蒿龄, 等. 中国陆地生态系统的碳循环及其全球意义[A]. 见: 王如松, 方精云, 高林. 现代生态学的热点问题研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 240~250.
- 2 周广胜, 张新时, 高素华, 等. 中国植被对全球变化反应的研究[J]. 植物学报, 1997, 39(9): 879~888.
- 3 陈启瑞. 青冈林生产力研究[M]. 杭州: 杭州大学出版社, 1993. 1~254.
- 4 王景祥, 姚继衡, 牛瑞延, 等. 浙江森林[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993. 40~43.
- 5 黄承才, 葛滢, 常杰, 等. 我国中亚热带东部 3 种主要人工林植物呼吸的比较研究[A]. 见: 朱睦元, 李亚南. 生命科学探索与进展[C]. 杭州: 杭州大学出版社, 1998. 526~530.

Photosynthesis and respiration of *Pinus massoniana* in east mid-subtropical zone

HUANG Cheng-cai¹, GE Ying², CHANG Jie²

(1. Department of Biology and Chemistry, Shaoxing College of Arts and Sciences, Shaoxing 312000, Zhejiang China; 2. College of Life Science, Xixi Schoolyard, Zhejiang University, Hangzhou 310012, China)

Abstract The relations among photosynthetic rate, respirational rate and environment factors of *Pinus massoniana* in east mid-subtropical zone of China were studied with infrared gas analytical apparatus. The results showed that the polycorrelations of photosynthetic rate of the leaves (P_n), light and air temperature were extremely significant, and the regressive formula could be used as the model to estimate the photosynthetic rate. Meanwhile, the correlations of the daily P_n and the mean air temperature, the respirational rate and the air temperature were so significant that both the regressive formulas could be used to estimate the yearly P_n and the respirational rate of leaves respectively. The results based on these models of net P_n and respiration (CO_2) of *P. massoniana* were $2.11 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ and $2.38 \times 10^4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$.

Key words: *Pinus massoniana*; photosynthesis; respiration; mathematical models; subtropical zone