

包头市不同生长状况油松光合速率对比研究

国润才, 高永, 黄昕

(内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘要:以包头市阿尔丁植物园、锦林公园、迎宾道3个样地的针叶“红化”油松与健康油松为试材,采用室外光合速率对比方法,研究了正常生长油松与针叶“红化”油松对针叶光合作用的影响。结果表明:油松的光合速率规律均呈双峰型;同一地点不同生长状况油松的光合速率有明显差异,正常油松光合速率最高峰为 CO_2 $13.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,针叶“红化”油松的最高峰值为 CO_2 $11.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;不同样地相同生长状况油松光合速率也有一定联系;同一油松一年中不同月份光合速率随光照强度的不同其变化规律呈单峰型。

关键词:油松;针叶“红化”;光合速率

中图分类号:S 791.254 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)19-0069-04

油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)属松科(Pinaceae)松属(*Pinus*)植物,其分布广泛,是我国北方地区主要的造林树种之一,又是很多风景区的绿化、美化树种,具有很高观赏和游憩价值。近些年来,包头市区许多地片油松出现了生长衰弱的现象,即所谓的油松针叶“红化”现象,具体表现为首先是大量针叶叶尖开始变红,进一步整束针叶完全变红,严重的可以导致整株油松衰枯死亡,这种表现发生范围广、面积大、数量多、分布不集中并呈蔓延之势,引起有关部门的高度重视^[1]。

现针对包头市油松针叶“红化”现象,通过对包头市区不同地区生长状况不同针叶“红化”油松和健康样株光合速率^[2]的测定,比较分析其光合速率的差异性,进一步明确由于油松针叶“红化”现象而导致的光合速率的变化,从而为研究发生“红化”现象的原因及当地油松复壮技术提供进一步的数据支撑,从根本上解决包头市油松针叶的“红化”现象,改善当地的环境。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

包头市位于内蒙古自治区中西部,属黄河中上游。是内蒙古自治区的重要工业基地,北部与蒙古国接壤,是中国北部对外开放前沿地区,东与自治区首府呼和

浩特相邻,南面与鄂尔多斯市以黄河为界,西与巴彦淖尔市毗邻。地理坐标为东经 $109^{\circ}16' \sim 111^{\circ}15'$ 、北纬 $40^{\circ}16' \sim 42^{\circ}45'$,东西宽 145 km,南北长 140 km,总土地面积 27 768 km²,其中市区面积为 146 km²。该地区属于典型的中温带大陆性气候,冬长夏短、冬寒夏热,气温年际变化大,春季少雨多风,日照长、无霜期短。全年日照时数在 2 955 h 左右,年平均气温 6.5℃,极端最高气温 38.4℃,极端最低气温 -31.4℃。年平均降水量 310 mm,7—9 月降水集中,年平均蒸发量 2 343 mm,约为降水量的 8 倍。年平均风速 3.4 m/s,主导风向为西北风,年静风频率 4.8%。包头市区土壤为灌淤土,pH 值的表现为微碱性到碱性。包头地处草原气候带,成土母质复杂。主要土壤类型有栗钙土、草甸土等。

1.2 研究对象

包头市区阿尔丁植物园、锦林公园、迎宾道 3 个样地红针油松与健康油松各 1 株(表 1)。

表 1 包头市区不同生长状况油松样株

Table 1 The statistics of disease incidence and disease index of *Cinara pinea* Mordwilko of Baotou *P. tabulaeformis*

样株	地理坐标		树龄 /年	胸径 /cm	样地 类型	针叶“红化” 现象
	东经	北纬				
阿尔丁红针	109°51'12"	40°39'50"	28	15	公园	严重
阿尔丁健康	109°51'12"	40°39'50"	28	15	公园	无
锦林红针	109°51'36"	40°39'50"	28	15	苗圃	严重
锦林健康	109°51'36"	40°39'50"	28	15	苗圃	无
迎宾道红针	109°51'12"	40°40'28"	28	15	行道树	严重
迎宾道健康	109°51'12"	40°40'28"	28	15	行道树	无

1.3 研究方法

测定时间为 2013 年 4—10 月,选择晴朗天气的 8:00—18:00,每 2 h 测 1 次。叶片重复 3 次,每片叶重

第一作者简介:国润才(1968-),男,博士研究生,副教授,研究方向为荒漠化防治。E-mail:guorcyx@163.com.

责任作者:高永(1962-),男,博士,教授,博士生导师,现主要从事荒漠化防治等研究工作。E-mail:13948815709@163.com.

基金项目:内蒙古科技厅资助项目(20090514);国际科技合作计划资助项目(2010DFA91930)。

收稿日期:2015-05-25

复6个测定计数。取18个数据的平均值。依据单一变量原则,尽可能选取生长情况相似的叶片,上、中、下不同高度枝条上的叶片测定间隔时间,不同生长状况油松叶片测定间隔时间要尽量短^[3-4]。

1.4 项目测定

采用LI-6400 便携式光合分析仪测定。选取样株上、中、下部长势相似的叶片自上而下逐一测定,测定植物净光合速率(Pn)。

1.5 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2003 对净光合速率(Pn)进行相关分析和回归分析。

2 结果与分析

2.1 红针油松与健康油松光合速率日变化对比

通过对包头市阿尔丁植物园、锦林公园、迎宾道3个样地不同生长状况油松光合速率的测定表明,油松净光合速率日变化呈双峰型,生长状况正常的油松的净光合速率整体上明显高于发病的油松,8:00—10:00光合速率呈上升趋势,健康油松与红针油松净光合速率第1个峰值均是一天中的最高值,出现在10:00左右,约为CO₂ 6.89 μmol·m⁻²·s⁻¹,10:00—14:00光合速率呈下降趋势,14:00—16:00又呈上升趋势,第2个峰值均出现在16:00左右,约为CO₂ 3.95 μmol·m⁻²·s⁻¹,16:00以后呈下降趋势。

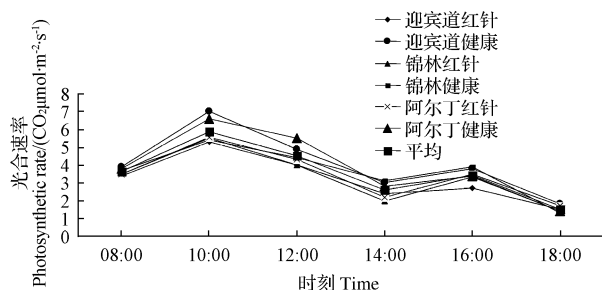


图1 不同样地不同生长状况油松光合速率日变化

Fig. 1 The daily change of photosynthetic rate of *P. tabulaeformis* under different growing status in different sample sites

2.2 同一样地不同生长状况油松光合速率对比分析

从图2可以看出,4月份健康油松光合速率为CO₂ 3.95 μmol·m⁻²·s⁻¹,红针油松光合速率为CO₂ 3.36 μmol·m⁻²·s⁻¹,4—5月红针油松与健康油松光合速率均呈上升趋势,健康油松增长趋势较大,达到CO₂ 5.07 μmol·m⁻²·s⁻¹,5—6月随着气温的增高,健康油松和红针油松的光合速率大幅度上升,健康油松达到CO₂ 10.40 μmol·m⁻²·s⁻¹,红针油松也达到CO₂ 9.33 μmol·m⁻²·s⁻¹,7月健康油松与红针油松光合速率均达到一年中的最高值,健康油松为CO₂

12.90 μmol·m⁻²·s⁻¹,红针油松为CO₂ 10.20 μmol·m⁻²·s⁻¹。7—8月二者均呈下降趋势,红针油松下降趋势较大,降至CO₂ 5.27 μmol·m⁻²·s⁻¹。8—9月,健康油松光合速率明显下降,而红针油松光合速率有稍微回升,且在9月二者光合速率相差不大。9—10月健康油松与红针油松光合速率均明显下降。

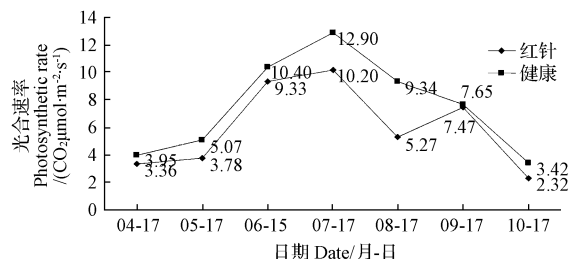


图2 阿尔丁植物园不同油松一年中光合速率峰值对比

Fig. 2 The annual change of photosynthetic rate peak with different situation of *P. tabulaeformis* in Aerding Botanical Garden

从图3可以看出,锦林公园的健康油松与红针油松的光合速率变化规律相似;4月健康油松的光合速率为CO₂ 3.48 μmol·m⁻²·s⁻¹,红针油松的光合速率为CO₂ 2.12 μmol·m⁻²·s⁻¹。4—5月健康油松与红针油松的光合速率均呈上升趋势,分别达到CO₂ 8.37 μmol·m⁻²·s⁻¹和CO₂ 7.99 μmol·m⁻²·s⁻¹,红针油松增幅较大。5—6月健康油松与红针油松光合速率基本平稳,健康油松略有下降。6—7月健康油松和红针油松的光合速率均呈上升趋势,健康油松升幅较大,达到一年中的最高大值,为CO₂ 13.80 μmol·m⁻²·s⁻¹,红针油松也达到一年中的峰值,为CO₂ 11.60 μmol·m⁻²·s⁻¹,7—9月健康油松与红针油松的光合速率均呈明显下降趋势,健康油松降幅较大,达到CO₂ 2.74 μmol·m⁻²·s⁻¹,9—10月健康油松光合速率基本平稳,红针油松光合速率继续下降,达到最低值为CO₂ 1.70 μmol·m⁻²·s⁻¹。

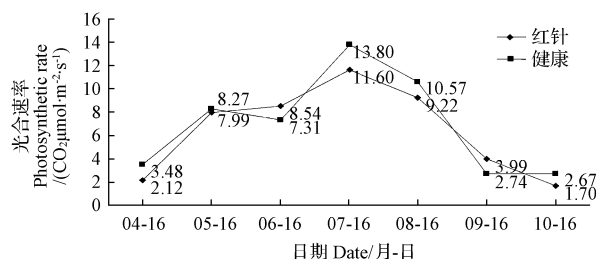


图3 锦林公园不同油松一年中光合速率峰值对比

Fig. 3 The annual change of photosynthetic rate peak with different situation of *P. tabulaeformis* in Jinlin Garden

从图4可以看出,迎宾道样地4月健康油松光合速率为CO₂ 3.35 μmol·m⁻²·s⁻¹,红针油松光合速率为

CO_2 $2.33 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。4—5月健康油松光合速率均呈上升趋势,且上升幅度相差不大。健康油松达到 CO_2 $7.89 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,红针油松达到 CO_2 $7.81 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。5—6月健康油松和红针油松光合速率均有所下降,降幅不大。6—7月健康油松与红针油松光合速率均急剧上升,健康油松达到 CO_2 $13.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,红针油松光达到 CO_2 $11.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。均达到一年中的峰值。7—9月健康油松与红针油松光合速率均呈下降趋势,下降幅度二者相差不大。9—10月健康油松光合速率继续下降,降幅较大,达到 CO_2 $3.87 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,红针油松降幅相对平缓。

健康油松与红针油松光合速率都随着气温的上升而增大,且7月达到最高值,健康油松为 CO_2 $13.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。而红针油松为 CO_2 $11.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。9—10月不同生长状况油松光合速率均相对较小。总的来说,健康油松比红针油松光合速率稍大。

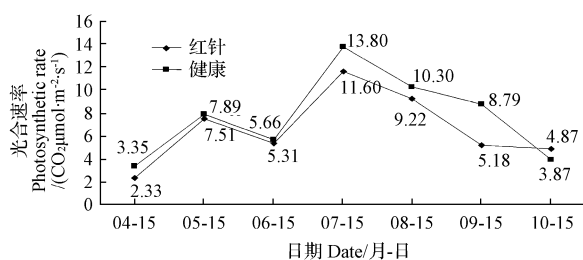


图4 迎宾道不同油松一年中光合速率峰值对比

Fig. 4 The annual change of photosynthetic rate peak with different situation of *P. tabulaeformis* in Yingbing Road

2.3 不同样地相同生长状况油松光合速率对比分析

从图5可以看出,4—5月光合速率均呈上升趋势,阿尔丁植物园和锦林公园上升趋势基本相同,迎宾道健康油松光合速率上升趋势相对平缓。5—6月迎宾道健康油松光合速率急剧上升,达到 CO_2 $10.40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而阿尔丁植物园和锦林公园健康油松光合速率略有下降。6—7月阿尔丁植物园与锦林公园均急剧上升到 CO_2 $13.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,迎宾道健康油松光合速率上升趋势相对平缓,也到一年中的峰值,为 CO_2 $12.90 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。7—8月3块样地中健康油松光合速率均有所下降,且下降幅度大致相同;9—10月锦林公园健康油松光合速率下降幅度较大,降至 CO_2 $2.74 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而阿尔丁植物园与迎宾道健康油松光合速率下降趋势相对平缓且大致相同,而阿尔丁植物园与迎宾道健康油松光合速率下降明显,锦林公园平缓且基本不变。

从图6可以看出,7月红针油松的光合速率均达到峰值,约为 CO_2 $11.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。其中阿尔

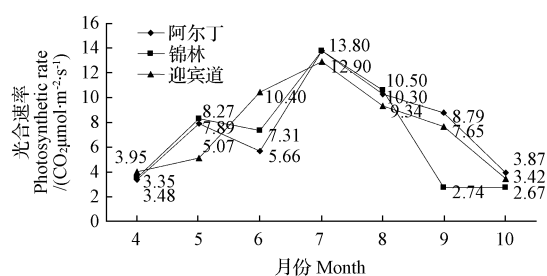


图5 4—10月不同样地健康油松光合速率对比

Fig. 5 April to October month the photosynthetic rate of healthy *P. tabulaeformis* in different sample sites

丁植物园5—6月光合速率有所下降。最低峰值同样也出现在10月,阿尔丁植物园相对较高,为 CO_2 $4.87 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。8—9月相同生长状况的油松光合速率无明显区别,其变化差异随着地域因素和环境因素有一定的差异,阿尔丁植物园和锦林公园下降幅度较大,变化趋势明显;迎宾道红针油松光合速率略有上升趋势,又回升到 CO_2 $7.47 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。9—10月迎宾道红针油松光合速率急剧下降,阿尔丁植物园和锦林公园红针油松光合速率下降平缓。

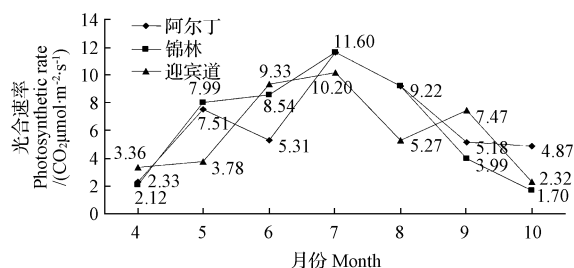


图6 4—10月不同样地针叶“红化”油松光合速率对比

Fig. 6 April to October month the photosynthetic rate of needles red *P. tabulaeformis* in different sample sites

3 讨论与结论

通常认为影响光合速率有关的影响因素有太阳光、空气湿度、空气温度、气孔^[5]等。其中,空气温度和阳光是直接影响光合速率的关键因素^[6]。叶片光合速率既受光照强度、气温、空气相对湿度^[1]、土壤含水量等外界因子影响,又与自身因素密切相关^[7]。

同一地点不同生长状况的油松光合速率有明显区别,从所选3个样地样株连续观测,一般表现为健康油松光合速率大于针叶“红化”油松光合速率,但5月中旬至6月中旬、9—10月所选样地中锦林公园针叶“红化”严重油松光合速率反而高于健康油松光合速率;10月中旬后,所选样地中迎宾道针叶“红化”严重油松光合速率反而高于健康油松光合速率,而针叶“红化”中等油松光合速率反而低于健康油松光合速率,这种结果出现,既可能与油松自身生长状况有关,也可能与油松所处的环

境条件有关^[8],在以后的研究中应进行重点研究。

所选样地油松净光合速率日变化呈双峰型,健康油松与红针油松净光合速率第1个峰值均是一天中的最高值,第2个峰值均出现在下午,原因可能为比较常见的“午休”现象^[9]。

不同地区健康油松与针叶“红化”油松光合速率都随着季节气温的上升而增大,不同样地相同生长状况的红针油松光合速率也有一定差异但健康油松比红针油松光合速率稍大;健康油松与针叶“红化”油松的年光合速率有的表现呈单峰型,有的表现呈双峰型,在7月达到最大值,个别月份变化趋势由于光照、温度或油松自身体内环境的问题^[10],变化规律不一致,这种现象在下一步项目研究中应作为重要内容加大研究。

该试验结果表明,油松的净光合速率变化规律呈双峰型。健康油松叶片光合速率受光合有效辐射影响较大,8:00—10:00与16:00—18:00表现为正相关,10:00—16:00表现为负相关,这很可能由于油松本身体内环境状况不同而受到限制,所以充足的光能供应很大程度上弥补了相对湿度降低对光合作用的不利影响^[11-12]。健康油松其净光合速率一般大于红针油松,其最大峰值达到 CO_2 $13.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,红针油松为 CO_2 $11.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。健康油松与针叶“红化”油松光合速率都随着气温的上升而增大,且7月达到最高值;健康油松为 CO_2 $13.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而红针油松为 CO_2 $11.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;9—10月,不同生长状况油松光合速率均相对较小。总的来说,健康油松比红针油松光合速率稍大。不同样地相同生长状况的红针油松光合速率也有一定差异,健康油松光合速率在外界

条件相同情况下,其差异基本无多大变化^[13-14],4—10月每个月的最大峰值最小的10月,为 CO_2 $2.67 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,从9—10月光合速率迅速减小。

参考文献

- [1] PANIGRAHI B, PANDA S. Field test of a soil water balance simulation model [J]. Agricultural Water Management, 2003, 58(3): 223-241.
- [2] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2002: 1-6.
- [3] 彭道黎, 贺姗姗. 基于 Agent 的油松林分生长模拟[J]. 北京林业大学学报, 2009(S2): 108-112.
- [4] LAYTER R O, FERRAR P J. Altitudinal variation in the photosynthetic characteristics of snow gum, *Eucalyptus pauciflora* Sieb. Ex Spreng. II. Effect of growth temperature under controlled conditions[J]. Aust J Plant Physiol, 1977a, 4: 289.
- [5] RICHARDSON M. Soil water dynamics[J]. International Journal of Environmental Studies, 2004, 61(4): 491-493.
- [6] PORPORATO A. Soil water balance and ecosystem response to climate change[J]. American Naturalist, 2004, 164(5): 625-633.
- [7] BOND W J, WIERENGA P J. Immobile water during solute transport in unsaturated sand columns[J]. Water Resources Research, 1990, 26: 2475-2481.
- [8] 谢进. 控制常绿针叶树叶量对树干生长的促进作用[J]. 生态学杂志, 1990(1): 16-18.
- [9] 张运锋. 用动态规划方法探讨油松人工林最适密度[J]. 北京林业大学学报, 1986(2): 120-123.
- [10] 罗伟祥, 韩恩贤, 黄增兴. 油松光合作用测定[J]. 林业实用技术, 1981(12): 48-52.
- [11] 鲁绍伟, 刘凤芹, 余新晓, 等. 华北土石山区油松-元宝枫混交林的结构与功能[J]. 东北林业大学学报, 2007(9): 116-120.
- [12] 邓煜. 武都五凤山油松林分的初步调查研究[J]. 甘肃林业科技, 1988(1): 80-83.
- [13] 周章义, 李景辉. 过度修枝对油松生长及其抗性影响以及合理修枝探讨[J]. 林业科学, 1993(5): 145-148.
- [14] 高芳玲, 秦小龙, 杨振. 油松生物学特性及其生长规律探讨[J]. 现代农业科技, 2008(21): 12-16.

Comparative Study on Photosynthetic Rate of *Pinus tabulaeformis* Carr. in Different Growth Conditions of Baotou City

GUO Runcai, GAO Yong, HUANG Xin

(Ecology and Environment College, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010019)

Abstract: Taking needle reddening and healthy Pine of Arden Botanic Gardens, Jinlin Park and Welcome Avenue in Baotou City as material, the effect of outdoor photosynthesis rate of needle reddening and healthy *P. tabulaeformis* were compared and studied. The results showed that the law of *P. tabulaeformis* photosynthesis rate showed a bimodal. The photosynthesis rate of *P. tabulaeformis* which in different growth conditions in the same place was significantly different, the peak photosynthesis rate of healthy and needle reddening *P. tabulaeformis* was $13.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, $11.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ respectively. There must be relationship between the same growth condition *P. tabulaeformis* which grew in different plots. Furthermore, the rate of photosynthesis of the same *P. tabulaeformis* at different months during the year indicated single peak along with the light intensity variation.

Keywords: *Pinus tabulaeformis* Carr.; needles reddening; photosynthetic rate