

# 就“高山林线乔木光合作用与环境因子关系” 的几个问题答罗辑先生

刘鸿雁, 谷洪涛, 唐志尧, 戴君虎, 崔海亭

(北京大学城市与环境学系, 北京 100871)

**摘要:**对罗辑先生提出的商榷意见进行回复。认为,原文的数据是在天气情况正常、仪器调试正常和操作无误的情况下获得的,因此是可靠的。根据自动记录仪的观测结果,高山林线处七月份的夜间(18:00~6:00)为 3.5~5℃。由于夜间温度很低,呼吸消耗也较低。高山地区的可达性很差,全面系统地研究高山林线乔木的生理活动存在诸多困难,已有的观测数据对今后继续研究是一种积累,不能说实验已经失败了。

**关键词:**高山林线, 乔木, 光合作用, 回复

**中图分类号:** X144

**文献标识码:** A

首先感谢罗辑先生对拙作提出商榷意见<sup>[1]</sup>,现就罗辑先生文中所提出的几个方面的问题答复如下:

## 1 光合速率的测定是否准确的问题

罗辑先生指出:“对比有关高山林线植物光合作用的研究成果,该文中乔木的光合速率测定似不准确”,同时提出质疑:“针叶树的针叶在夏天 20℃ 夜晚的呼吸速率为 0.5~0.7 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,阴叶呼吸速率较低。五台山和关帝山林线植物的生长季为 5 个月左右,它们的乔木光合速率只有 0.14~0.42 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,能维持生长季乔木的呼吸作用吗?又如何渡过漫长的冬季。”

我们认为,数据是在天气情况正常、仪器调试正常和操作无误的情况下获得的,因此是可靠的。由于高山可达性差,进行长期定位观测较困难,高山林线乔木光合作用与环境因子关系一直是山地林线研究的难点之一。仔细查阅近期关于高山林线的两本专著<sup>[2,3]</sup>中,均没有找到高山林线乔木光合速率的具体观测数据。罗文提到“落叶针叶乔木的光合速率为 8~10 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ”,却没有说明这一数据的来源,是在什么地点测定的,是什么树种。

罗文试图根据贡嘎山的观测结果推论“太白山、关帝山和五台 NPP 非常低,关帝山和五台山低到无法维持正常的生理代谢了”,这种提法是值得商榷的。

首先,一些研究工作表明,森林分布的上限最热月均为 10℃<sup>[2]</sup>,对太白山的实地观察也证实了这一点。推断的五台山和关帝山的温度状况也与此接近。根据我们在太白山使用自动记录仪的观测结果,高山林线处七月份的夜间(18:00~6:00)为 3.5~5℃。罗文所提到的夏天夜晚温度 20℃ 恐怕只有在低海拔山区才能出现,在高山林线不可能出现这种情况,不能作为反驳我们结论的依据。

其次,树木在冬季损失的碳可能在夏季适宜光合作用下于 2~3 周内得到补偿<sup>[4]</sup>。例如,瑞士石松(*Pinus cembra*)在冬季干物质损失估计大约占整个植物重量的 1/8,而幼苗在融雪后,只需 20 天便可补偿这一损失<sup>[5]</sup>。另外,中阿尔卑斯瑞士石松幼树呼吸作用约损失碳的 33%,成熟落叶松约损失 57%<sup>[6]</sup>。根据仪器测定的是净光合速率,即使考虑高山林线乔木夜间的呼吸消耗,由于夜间温度很低,呼吸消耗也较低,并不能得出“太白山、关帝山和五台山 NPP 非常低,关帝和五台山低到无法维持正常的生理代谢了”。

## 2 不同山地以及山地与其它生境的比较问题

罗文还指出我们的不足,认为我们不应“在 PAR 差异很大的条件下,测定了不同林线乔木的光合速率,得出太白山林线的净光合速率明显高于五台山与关帝山,而蒸腾速率又明显低于五台山与关帝山,可能与林线的组成树种有关”。是的,影响光合作用的因素很多,PAR 是主要的因子。蒸腾速率除了受到光照条件的影响外,更多地受到空气湿度、土壤水分供应和氮素输入等条件的影响。因此,不同立地条件植物的水分利用率不同。我们只是比较了不同山地净光合速率相对于蒸腾速率的差异性,结果只是初步的。我们并没有做出罗辑先生所说的“不同山地高山林线乔木光合速率的差异可能与林线的组成树种有关”的结论,只是认为“太白山林线的净光合速率明显高于关帝山和五台山,而蒸腾速率又明显低于关帝山和五台山,可能与林线的组成树种有关”。而罗文认为“中国东部暖温带高山林线立地条件不可能有如此大的变化幅度,林线植物也不可能如此高的水分利用率”,却没有给出证据。

由于缺少可比的山地实验成果,我们引用了蒋高明等人的研究结论<sup>[7]</sup>,并和我们的实验进行了对比,目的是说明我

们的观测结果是可信的。蒋高明等(1999)<sup>[7]</sup>的观测日期为06-01~07以及08-21~25,后者为生长旺期刚刚结束,与我们的观测结果有一定的可比性。而罗文认为“蒋高明等人测定的是毛乌素沙地松柏科的常绿灌木,其光合速率初夏较低,生长盛期光合速率还是比较高的”,还认为“依照沙地松柏科常绿满足木的光合速率来证明高山林线的测定结果存在很多问题”。是的,二者的生境条件不同,光合速率会存在差别,但是毛乌素沙地所在的纬度偏高、温度条件偏低,与暖温带高山环境还是有一定的可比性。

至于“如何根据叶面积将野外观测结果换算成为实际的净光合速率”的问题。我们的做法是将每次放入叶室的叶片取出,加入固定液保存,带回实验室后选择有代表性的针叶,在显微镜下量测针叶的横切面面积,然后乘以针叶的长度和叶片数。

由于疏忽,我们原文中蒸腾速率和气孔导度的单位出现了错误。由于我们仅仅给出了树线、林缘和郁闭林内三种生境条件的平均值,所以没有显示罗文所说的“光合速率与气孔导度之间的关系”。至于五台山的PAR值偏高,我们原来给出的解释是可能与云层散射有关,当然我们也不排除仪器传感器的误差。五台山的相对湿度较低与测定时的天气状况有关,至于出现了0.68%,是排版错误,在校样时做了修改,不知何故还是没有改过来。

### 3 实验是否失败的问题

罗文认为“综上所述,本文作者认为刘鸿雁等人至少在五台山与关帝山测定林线乔木光合作用的试验失败了,而因此得到的许多推测和结论自然存在很大问题”。

我们认为,高山地区的可达性很差,常常缺少电力,全面系统地研究高山林线乔木的生理存在诸多困难,即使在交通条件优越的西方国家也是如此<sup>[2]</sup>。正因为如此,国内,甚至国外关于高山林线乔木生理生态的报导较少。已有的观测数据对今后继续研究是一种积累,不能说实验已经失败了。

我们希望通过我们在中国暖温带的初步工作,起到抛砖引玉的作用。

我们同意罗辑先生的观点,“高山林线植物的光合作用应该在生长季的不同时期进行测定,测定项目应该全面,如光补偿点、光饱和点、光响应曲线等等,同时考虑与温度、湿度等条件的关系,具体的测定工作还应该考虑到群体光合作用的特点。在比较光合速率时,主要生态条件不要差异太大,还应正确使用仪器,有条件时可以采用其它类型仪器进行测定。”

我们欣喜地了解到成都山地所的同行们在贡嘎山已经进行了5年的观测,希望有更多的同类工作出现,共同促进我国的高山林线研究。

#### 参考文献(References):

- [1] Luo Ji. On a few problems related to tree photosynthesis on alpine timberline. *Journal of Mountain Science*. 2003, 21(4): 511~512. [罗辑. 高山林线植物的光合作用——与刘鸿雁等先生商榷[J]. 山地学报. 2003, 21(4): 511~512.]
- [2] Körner, C. *Alpine plant life*. Berlin, Heidelberg. Springer, 1999.
- [3] Holtmeier, H. *Mountain timberline*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 2002.
- [4] Schulze, E. D. Moony, H. A. and Dunn, E. L. Wintertime photosynthesis of bristlecone pine (*Pinus aristata*) in the White Mountains of California. *Ecology*, 1967, 48: 1044~1047.
- [5] Tranquillini, W. *Physiological ecology of the alpine timberline-tree existence at high altitudes with special reference to the European Alps*. *Ecological Studies* 31. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 1979.
- [6] Tranquillini, W. *Alpine Waldgrenze*. In: *Die subalpine und alpine Vegetation in Tirol. Exkursionsführer, 50 Jahrestagung der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft* (Erschbamer, B. and Grabherr, S., eds.), Innsbruck, 2001. 42~45.
- [7] 蒋高明. 毛乌素沙地若干植物光合作用、蒸腾作用和水分利用效率种间及生境间差异, *植物学报*, 1999, 41(10): 1114~1124.

## Reply to Prof Luo on a Few Question of Tree photosynthesis on Alpine Timberline and Environmental Factors

LIU Hongyan, GU Hongtao, TANG Zhiyao, DAI Junhu, CUI Haiting  
(Department of City and Environment Science, Beijing University, Beijing 100871)

**Abstract:** In this paper, we respond on Luo's doubt. We insist on the reality of our observation as we properly used the instruments. The night temperature reaches 3.55°C and thus the respiration rate will be very low at night. Due to low accessibility of high mountains, it is difficult to investigate the physiological activities of timberline trees. Our results supplement the current database and are thus not failed as Luo expressed in his paper.

**Keywords:** alpine timberline; tree; photosynthesis; reply