

银缕梅和伴生植物光合生理生态特性比较

朱汤军¹, 岳春雷¹, 金水虎²

(1. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023; 2. 浙江林学院 林业与生物技术学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 银缕梅 *Shaniodendron subaequale* 是中国特有的濒危植物, 其分布区极其狭窄。为了弄清银缕梅濒危的机制, 2006 年, 在安吉龙王山自然保护区, 测定了银缕梅及其伴生树种的光合日进程、光补偿点、光饱和点和叶绿素质量分数。研究表明, 银缕梅和伴生植物光合作用日进程均为典型的双峰曲线类型, 存在明显的光合午休现象。银缕梅的光合能力仅比伴生植物化香 *Platycarya strobilacea* 高, 处于中下水平。银缕梅和伴生植物的光补偿点和光饱和点随着叶片的发育和叶绿素质量分数的变化而有规律变化。与伴生树种相比, 银缕梅光补偿点较高, 光饱和点较低, 对光适应的生态幅度较窄。银缕梅的光合生理生态特性能部分解释该植物的濒危原因。图 4 表 2 参 15

关键词: 植物学; 濒危植物; 银缕梅; 光合作用; 伴生植物

中图分类号: S718.43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2008)02-0176-05

Ecophysiological trait comparison of *Shaniodendron subaequale* and accompanying species

ZHU Tang-jun¹, YUE Chun-lei¹, JIN Shui-hu²

(1. Zhejiang Forestry Academy, Hangzhou 310023, Zhejiang, China; 2. School of Forestry and Biotechnology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Hamamelidaceae *Shaniodendron subaequale*, an endangered plant species endemic to China, has a narrow distribution range. To understand why it is endangered, diurnal changes of photosynthetic rate, light compensation point, light saturation point, and chlorophyll content in different months for *S. subaequale* and its accompanying species were determined using the LCA-4 portable photosynthesis system from May to November. Results indicated that diurnal change curves for photosynthetic rate were double-peaked with a photosynthetic depression at midday. *S. subaequale* was higher in photosynthetic ability than *Platycarya strobilacea*, which was lower than the mean level. Also, due to changing leaf development and chlorophyll content, *S. subaequale* had a higher light compensation point and lower light saturation point. This indicated that the adaptable range of light for *S. subaequale* was narrower than its neighboring species. Thus, its ecophysiological traits can partly account for its endangerment. [Ch, 4 fig. 2 tab. 15 ref.]

Key words: botany; endangered species; *Shaniodendron subaequale*; photosynthesis; accompanying species

银缕梅 *Shaniodendron subaequale* 为金缕梅科 Hamamelidaceae 银缕梅属 *Shaniodendron* 落叶小乔木, 是中国特有的孑遗植物, 具有极高的经济价值。其木材具有细密、坚硬、密度大等优良性质, 是一种有待开发的特种用材资源, 可作为珍贵机械部件用材^[1]。1935 年 9 月沈隽教授在江苏宜兴芙蓉寺首次采集到该种植物果枝标本。直到 20 世纪 90 年代, 在浙江安吉, 江苏宜兴, 安徽舒城、金寨、绩溪才相继被重新发现, 但数量极其稀少。在 1999 年 8 月国务院批准的《国家重点保护野生植物名录(第一批)》中, 银缕梅被列为一级保护植物。目前对银缕梅的研究主要集中在分类学上^[2-7]。关于该植物茎皮的化学成分和地理分布等方面也有论文发表^[8,9]。邓懋彬等^[10]对银缕梅开花、授粉和结实过

收稿日期: 2007-06-11; 修回日期: 2007-09-17

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(301225)

作者简介: 朱汤军, 工程师, 从事森林生态学等研究。E-mail: zhtj1965@163.com

程进行了观察分析，认为繁殖障碍可能是银缕梅物种濒危的主要原因之一。目前，关于银缕梅生理生态特性的研究报道很少^[11]。笔者通过对银缕梅和其伴生树种的光合等生理生态学特征的比较研究，试图弄清银缕梅濒危的关键因子，揭示其濒危的机制，从而为其有效保护和种群恢复提供科学的理论依据。

1 研究方法

2006 年，在安吉龙王山自然保护区，于不同月份选取银缕梅及其伴生树种各 3 株，在连续 3 d 晴天，利用 LCA-4 便携式光合分析仪，对植株上层完好叶片，从早到晚，每隔 1 h 测定净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和水分利用效率，重复 3 次，并同步测定光合有效辐射强度、气温和空气相对湿度。通过调节 LCA-4 内置光源，测定不同光合有效辐射强度条件下的净光合速率。采用 Prioul 等^[12]的方法进行试验数据拟合，得到光饱和点和光补偿点。光合作用测定完成以后，即采用彭运生等^[13]的方法对叶绿素质量分数进行测定。

2 结果与分析

2.1 净光合日进程

于 8 月初晴天对群落冠层的环境因子进行测试。测定结果(图 1)表明，早上光合有效辐射强度增加很快，到上午 10:00 就达到 $1\,500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，在中午达到最大值，约为 $1\,700\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，13:00 以后逐渐降低。气温从早晨开始上升，12:00 达到最高点，最高温度达 32.0°C 以上，然后开始缓慢下降。空气相对湿度的变化与光合有效辐射强度和气温的变化趋势相反，早晚高，中午低。在上述环境条件下，银缕梅和主要伴生植物红果钓樟 *Lindera erythrocarpa*，灰白蜡瓣花 *Corylopsis glandulifera* var. *hypoglauca*，短柄枹 *Quercus glandulifera* var. *brevipetiolata*，山胡椒 *Lindera glauca*，化香 *Platycarya strobilacea* 的光合作用日进程如图 2 所示。银缕梅光合作用日进程为典型的双峰曲线类型，存在“光合午休”现象。上午，银缕梅光合速率随光合有效辐射强度的增加而增大，在 11:00 左右均达到峰值，然后下降，中午有明显的降低。午后，净光合速率上升，在 14:00 达到第 2 个峰值，第 1 个峰值高于第 2 个峰值。伴生植物光合日变化总的趋势与银缕梅基本一致，都呈双峰型，出现“光合午休”，但各树种的光合曲线有所区别。短柄枹、化香的第 2 峰值比第 1 峰值高。环境因子对光合作用的影响很大，一般地光合有效辐射强度、空气相对湿度和气温是主要的影响因素，而空气二氧化碳浓度，在自然条件下，其日变化不大，不是光合作用的主要影响因子。

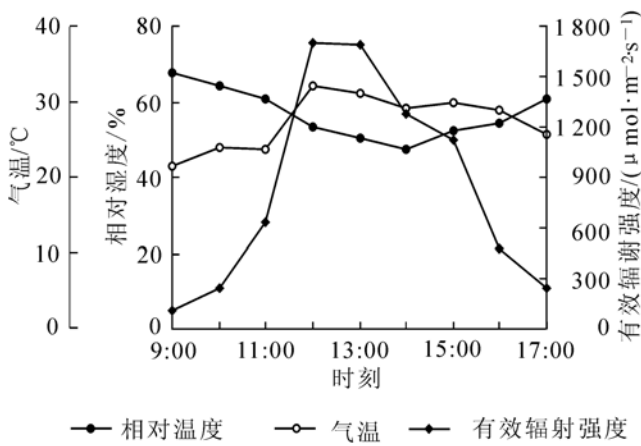


图 1 光合有效辐射强度、气温和相对湿度的日变化
Figure 1 Diurnal changes of photosynthetic active radiation, air temperature and relative humidity

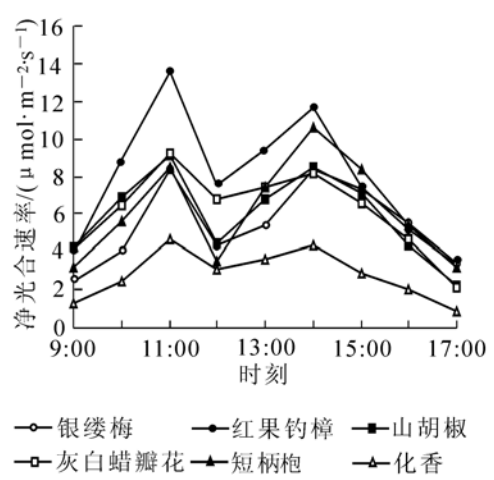


图 2 银缕梅和伴生植物的光合日进程
Figure 2 Diurnal changes in photosynthetic rate of *Shaniodendron subaequale* and its accompanying species

银缕梅和伴生植物的日均光合速率见图 3。从图 3 看出,红果钓樟、短柄枹和灰白蜡瓣花等具有较高的光合能力。在 6 种植物中,银缕梅的光合能力仅比伴生植物化香高。这表明银缕梅的光合能力相对较弱。

2.2 净光合速率月变化

银缕梅和伴生树种一般从 3 月下旬开始展叶,至 11 月下旬叶片基本落完。从图 4 可以看出,6 个树种日均光合速率季节变化呈“单峰”型。随着叶片的生长发育,其光合能力逐渐增大,8 月是一年中的光合高峰期。以后随着叶片衰老并逐渐脱落,光合逐渐降低,并在晚秋到早春期间完全没有光合产生。它们的光合大小顺序依次为红果钓樟>短柄枹>灰白蜡瓣花>山胡椒>银缕梅>化香。银缕梅在生长季节内光合平均处于中下水平,表明银缕梅的光合能力较弱,物质积累能力低,使得银缕梅生长缓慢,在竞争激烈的群落中处于劣势。

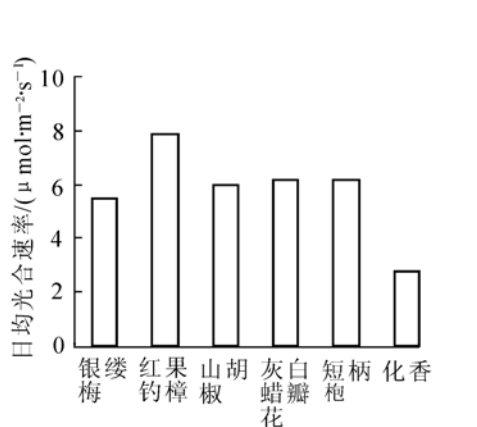


图 3 银缕梅和伴生植物的日均光合速率
Figure 3 Daily mean photosynthetic rate of *Shaniodendron subaequale* and its accompanying species

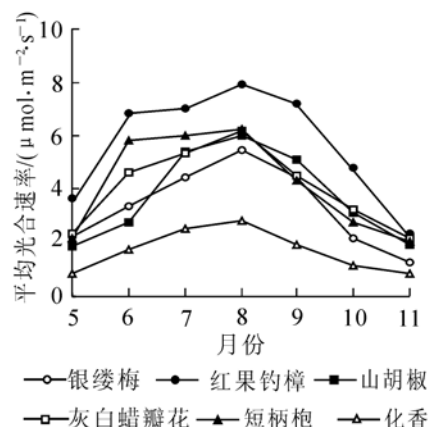


图 4 银缕梅和伴生植物光合月变化
Figure 4 Monthly change of photosynthetic rate of *Shaniodendron subaequale* and its accompanying species

2.3 光补偿点和光饱和点

从表 1 看出,6 种阔叶树光补偿点季节动态有一个共同的变化规律,即随着叶片的逐渐成熟和叶绿素质量分数的增加,光补偿点呈下降趋势。在 8 月各种植物的光补偿点均达到最低值,以后银缕梅等树种随着叶片的衰老,叶绿素质量分数逐渐降低,光补偿点不断升高。在 11 月光补偿点达到最高值。由于银缕梅的光补偿点较高,而群落内的郁闭度较大,林内光照弱,造成银缕梅种苗因光合不足而死亡,故一般在林下很少见到其幼苗。

银缕梅等 6 种植物的光饱和点随着叶片的生长发育而逐渐上升,一般在 8 月达到最大值(表 1),以后随着叶龄增大而逐渐下降。一般地,植物的光饱和点可以衡量该植物光合能力的大小。银缕梅相对常绿树种而言,其光补偿点较高,光饱和点较低,对光适应的生态幅度较窄。

表 1 银缕梅和伴生植物的光饱和点和光补偿点

Table 1 Light compensation point and light saturation point of *Shaniodendron subaequale* and its accompanying species

植物种类	光补偿点/($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)			光饱和点/($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)		
	5 月	8 月	11 月	5 月	8 月	11 月
银缕梅	27	22	45	875	1 100	987
红果钓樟	24	17	34	960	1 276	1 109
灰白蜡瓣花	22	15	32	950	1 340	1 121
短柄枹	20	16	25	1 100	1 268	980
山胡椒	26	12	39	1 043	1 100	930
化香	30	20	65	760	1 230	1 050

2.4 叶绿素质量分数变化

叶绿素是光合作用最重要的色素，在光合作用过程中起到接受和转换能量的作用。由表 2 可知，在春季，银缕梅叶片叶绿素质量分数较低。随着幼叶的成长，叶绿素质量分数也逐渐增加，夏季叶绿素质量分数达到最大值。以后，随着叶龄的增大，叶片的衰老，秋季叶绿素质量分数又逐渐下降。所测的其他 5 种植物叶绿素质量分数的季节变化也有相同的趋势。对于同种植物而言，叶绿素质量分数与季节变化有一定的相关性，即在自然光照条件下，不同生长阶段叶绿素质量分数变化与光合速率具有相似的规律性。

不同种类之间叶片叶绿素质量分数与光合速率不具有相关性，即种类之间叶绿素质量分数的多少不能反映其的高低。山胡椒的叶绿素质量分数平均值最高，但它的光合速率并不高；红果钓樟的叶绿素质量分数并不高，但它的光合速率却是最高的。此外，植物叶绿素质量分数的季节变化与其光饱和点呈正相关，与光补偿点呈负相关。银缕梅等 6 种植物叶绿素 a/b 值在生长季节内变化比较平缓，为 2~3。它们在叶片的发育过程中大致有相同变化趋势，即在春季，叶绿素 a/b 值较高，以后均缓慢下降，夏季叶绿素 a/b 值降到最低值，随着叶龄的增大，秋季叶绿素 a/b 值又逐渐上升。在春、秋季叶绿素 a/b 较大，有利于吸收低温季节的长波光，在夏季叶绿素 a/b 值相对降低，有利于吸收夏季的短波光。

3 讨论

光合作用是一个十分复杂的生理过程，叶片光合效率与自身因素如叶绿素质量分数、叶片厚度和叶片成熟程度等密切相关，又受光照强度、气温、空气相对湿度、土壤水分含量等外界因子影响。银缕梅等树种夏季的光合日进程均呈双峰型，中午出现了明显的“光合午休”现象，这在亚热带阔叶林中比较普遍^[14,15]。

银缕梅等的叶绿素质量分数与其季节变化具有一定的相关性。这是因为在叶建成初期，分生组织活动强烈，呼吸作用旺盛，消耗营养物质多，加上分化尚不完善，细胞内叶绿体的结构还不成熟，叶绿素质量分数低，光合能力很有限。随着叶的生长发育，结构日趋完善，叶绿素质量分数增加，光合能力也随之增强，到叶片完全发育成熟，叶绿素质量分数达到最大。此时，光照充足，降水充沛，气温升高，对光合作用十分有利。此后，由于日照趋短，气温下降，叶绿素质量分数降低，光合能力也就逐渐降低。

银缕梅分布范围狭窄，种群日趋缩小，濒危程度日益加重。造成银缕梅濒危的原因可能是多方面的，如过度采伐等。此外，也与其自身的生存能力的强弱有关。从银缕梅与其他伴生植物光合能力的

表 2 银缕梅和伴生植物的叶绿素质量分数变化
Table 2 Change in chlorophyll content of *Shaniodendron subaequale* and its accompanying species

月 份	树种	叶绿素质量分数/(mg·g ⁻¹)			叶绿素 a/ 叶绿素 b
		叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 (a + b)	
5	银缕梅	0.95	0.43	1.38	2.21
	红果钓樟	1.27	0.48	1.75	2.64
	灰白蜡瓣花	0.87	0.38	1.25	2.29
	短柄枹	1.62	0.54	2.16	3.0
	山胡椒	2.01	0.75	2.76	2.68
	化香	1.22	0.57	1.79	2.14
8	银缕梅	1.13	0.55	1.68	2.07
	红果钓樟	1.55	0.73	2.28	2.13
	灰白蜡瓣花	0.98	0.46	1.44	2.12
	短柄枹	2.39	1.24	3.63	1.92
	山胡椒	2.31	1.18	3.49	1.96
	化香	1.66	0.86	2.52	1.93
11	银缕梅	0.77	0.32	1.09	2.41
	红果钓樟	0.69	0.25	0.94	2.76
	灰白蜡瓣花	0.72	0.27	0.99	2.67
	短柄枹	1.10	0.34	1.44	3.23
	山胡椒	1.31	0.56	1.87	2.31
	化香	0.85	0.36	1.21	2.36

大小看出,银缕梅的光合能力较弱。此外,在夏季由于“光合午休”现象,银缕梅的光合作用在午间下降幅度较大,光能利用率较低,表明银缕梅不耐强光。由于银缕梅的光合作用在群落中处于中下水平,且树冠比较稀疏,叶量不大,使得银缕梅植株的总光合量较小,物质积累能力低,生长速度慢,在群落中很难占领空间取得优势地位。因而银缕梅植株多居乔木层第二亚层,少量分布于灌木层中,仅个别个体进入乔木层第一亚层。由于银缕梅光合能力低,竞争能力弱,因而在水热条件优越的地段,往往被竞争能力强的常绿树种所占据。银缕梅难以与其他树种竞争,不得不退到土层浅薄、岩石裸露的沟谷等恶劣的生境中,而在其他生境如山坡、山脊中一般均不分布。这可能是造成银缕梅的分布范围日趋缩小,成为濒危物种的原因之一。

银缕梅光补偿点较高,表明银缕梅不耐荫。在林内,其幼苗生长处于不利地位,常因光合不足而饥饿死亡。银缕梅种群在群落中缺乏幼苗,幼树也极少。由于银缕梅种群的幼苗储备严重不足,天然更新困难,种群的年龄结构属衰退型,这也可能导致该种成为濒危物种。由于银缕梅的光补偿点较高,光饱和点较低,所以对光适应的生态幅度较窄。

造成银缕梅目前濒危状况的原因很多。由于人类的过度采伐使其个体数锐减,但也并非完全由人类干扰造成的。在自然状况下,该种光合能力弱,植株生长缓慢,对生境的要求较为独特,性喜光,不耐荫蔽,也不耐强光,对光适应的生态幅度较窄等。这些都从一个侧面反映了银缕梅在群落中的竞争能力较弱,在生存竞争中处于不利地位。随着人类活动的进一步加剧,银缕梅现分布面积急剧缩小,如再遇过强的环境胁迫,或将现有个体数很少、面积很小的生境破坏掉,就很有可能导致该种的灭绝。因此,亟须对银缕梅进行切实有效的保护。

参考文献:

- [1] 邓懋彬,魏宏图. 弗特吉组在中国的发现及其意义[J]. 植物资源与环境, 1992, **1**(1): 30-35.
- [2] 邓懋彬,魏宏图. 银缕梅属—中国金缕梅科一新属[J]. 植物分类学报, 1992, **30**(1): 57-61.
- [3] 郝日明,魏宏图. 银缕梅花形态及其分类学意义[J]. 植物资源与环境, 1996, **5**(1): 38-42.
- [4] 郝日明,魏宏图. 金缕梅科一新组合[J]. 植物分类学报, 1998, **36**(1): 80.
- [5] 方炎明,邓懋彬. 银缕梅木材解剖特征及其系统学意义[J]. 植物资源与环境, 1996, **5**(2): 50-54.
- [6] 方炎明,金岳杏. 银缕梅叶器官的宏观和微观结构系统学意义[J]. 植物资源与环境, 1997, **6**(3): 35-41.
- [7] 李建华. 金缕梅科银缕梅属与帕罗堤属的亲缘关系——核糖体 DNA ITS 序列证据[J]. 植物分类学报, 1997, **35**(6): 481-493.
- [8] 郝日明,徐惠强. 中国主要濒危植物在江苏省的自然分布及其特点[J]. 生物多样性, 2000, **8**(2): 153-162.
- [9] 徐惠强,郝日明,姚志刚. 珍稀树种小叶银缕梅和宝华玉兰自然现状及其就地保护研究[J]. 江苏林业科技, 2001, **28**(5): 19-21.
- [10] 邓懋彬,金岳杏. 银缕梅花芽生长和开花习性的观察[J]. 应用与环境生物学报, 1997, **3**(3): 226-229.
- [11] YUE C L, JIN S H, CHANG J, *et al.* Response of photosynthesis in *Shaniodendron subaequale* to soil water statuses [J]. *Ann Bot Fen*, 2006, **43**: 389-393.
- [12] PRIOU J L, CHARTIER P. Partitioning of transfer and carboxylation components of intracellular resistance to photosynthetic CO₂ fixation: a critical analysis of the methods used [J]. *Ann Bot*, 1977, **41**: 789-800.
- [13] 彭运生,刘恩. 关于提取叶绿素方法的比较研究[J]. 北京农业大学学报, 1992, **18**(3): 247-250.
- [14] 常杰,刘珂,葛滢,等. 杭州石茅茛的光合特征及其对土壤水分的响应[J]. 植物生态学报, 1999, **23**(1): 62-70.
- [15] 应叶青,吴家胜,戴文圣,等. 桧木苗期光合特性研究[J]. 浙江林学院学报, 2004, **21**(4): 366-370.