

# 哈尔滨 3 种彩叶树种的光合蒸腾特性及叶绿素含量

岳莉然, 刘柏辛, 程贝贝 (东北林业大学, 黑龙江哈尔滨 150040)

**摘要** [目的]研究哈尔滨 3 种彩叶植物的光合蒸腾特性及叶绿素含量, 以期为北方园林彩化、树种选择和日常养护提供理论依据。[方法]采用 Li-6400 便携式光合系统测定仪, 测定金叶榆、紫叶李、紫叶稠李 3 种彩叶树种的光合蒸腾特性, 并进行叶绿素含量的测定。[结果]3 种彩叶植物的最大净光合速率、日最高蒸腾速率及单位叶面积日蒸腾释水和吸热量等方面均表现为金叶榆>紫叶李>紫叶稠李。3 种彩叶植物叶片的叶绿素含量则表现为紫叶稠李>紫叶李>金叶榆。[结论]3 种彩叶植物中光合能力越强, 叶绿体色素含量越低。

**关键词** 彩叶植物; 光合特性; 蒸腾特性; 叶绿素含量

中图分类号 S 687 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)16-0104-03

## Study on the Photosynthesis and Transpiration Characteristics and Chlorophyll Content of Three Colorful Ornamental Plants in Harbin

YUE Li-ran, LIU Bo-xin, CHENG Bei-bei (Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** [Objective] To study the photosynthesis and transpiration characteristics and chlorophyll content of three colorful plants in Harbin, in order to provide the theoretical basis for landscape, tree species selection and daily maintenance. [Method] Using Li-6400 portable photosynthetic system tester, the photosynthetic and transpiration characteristics and chlorophyll contents of three species of colorful plants, including *Ulmus pumila* 'Jinye', *Prunus cerasifera* 'Pissardii' and *Prunus virginiana* 'Canada Red' were studied. [Result] The maximum net photosynthetic rate, daily maximum transpiration rate, daily transpiration, water release and endothermic amount per unit leaf area of three colorful plants were as follows: *Ulmus pumila* 'Jinye' > *Prunus cerasifera* 'Pissardii' > *Prunus virginiana* 'Canada Red'. The chlorophyll contents of the leaves of the three kinds of colorful plants was *Prunus virginiana* 'Canada Red' > *Prunus cerasifera* 'Pissardii' > *Ulmus pumila* 'Jinye'. [Conclusion] Combined with photosynthetic characteristics analysis, the higher the photosynthetic capacity of three color-leaf plants, the lower the chlorophyll pigment contents.

**Key words** Colorful plants; Photosynthetic characteristics; Transpiration characteristics; Chlorophyll contents

彩叶植物<sup>[1-6]</sup>作为绿化植物, 具有所有绿化树种都具有的生态功能, 在景观观赏性方面表现显著, 有助于人们舒缓心情, 转换疲劳的绿色审美, 产生多种心理舒缓作用。

近年来, 彩叶植物在园林绿化中的应用越来越普遍, 但在北方, 由于受气候条件的影响, 绿化中可应用的植物材料非常少, 彩叶树种的应用相对其他地区十分贫乏, 园林绿化树种色彩单调。在我国北方如何利用有限的植物, 达到绿化、美化、彩化的效果, 是园林绿化工作者面临的一个重要问题<sup>[7]</sup>。通过研究彩叶植物的光合及蒸腾特性, 更大程度地发挥彩叶植物的光利用效率、降温增湿的效益, 为植物景观设计提供理论依据<sup>[8-10]</sup>。笔者对哈尔滨 3 种彩叶植物的光合和蒸腾特性及叶绿素含量进行研究, 以期为北方园林彩化、树种选择和日常养护提供理论依据。

### 1 材料与方

**1.1 试验材料** 选择东北林业大学校园内生长环境条件一致的金叶榆 (*Ulmus pumila* 'Jinye')、紫叶李 (*Prunus cerasifera* 'Pissardii') 和紫叶稠李 (*Prunus virginiana* 'Canada Red'), 每次试验均取向阳面每枝由上向下数第 3 片生长状况良好、大小相似的成熟叶片进行测定, 重复 3 次。

**1.2 试验方法** 采用美国生产的 Li-6400 便携式光合系统测定仪, 在 5 月上中旬, 选择晴朗、无风的天气, 各试验分别重复 2 d。利用 SPSS 进行非直线双曲线模型非线性拟合。

光合速率及蒸腾速率日变化选用 Li-6400 的自然光源标准叶室, 测定时间为 08:00—18:00, 每隔 2 h 测定 1 次。光-光响应曲线测定时间为 09:00—11:00, 为保持其他环境因子稳定适宜, 观测过程中, 将叶温设置为 25 ℃, 大气中 CO<sub>2</sub> 浓度为 400 μmol/mol, 选用 Li-6400 的人工光源 (Li-6400-02B 红蓝光源), 并手动设置光强 [0、20、50、100、200、400、600、800、1 000、1 200、1 500 μmol/(m<sup>2</sup>·s)]。每个样品取 0.1 g, 剪成细丝状, 混匀。取 12.5 mL 80% 的丙酮遮光浸泡 12 h, 每种植物做 3 个平行样品, 封口并防止提取液挥发, 浸泡至样品发白后, 用紫外分光光度计测定在 663、646、470 nm 处的吸光度 (A<sub>663</sub>、A<sub>646</sub>、A<sub>470</sub>), 同时用 12.5 mL 80% 的丙酮做空白对照。

### 2 结果与分析

#### 2.1 3 种彩叶植物光合特性

**2.1.1 净光合速率日变化。** 由图 1 可知, 光照强度日变化趋势呈单峰曲线, 光照强度在 10:00 达到顶峰为 1 385.45 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。在 10:00—14:00 日光照强度随时间的推进缓慢下降, 而 14:00 之后, 光照强度显著下降。

由图 2 可知, 3 种彩叶植物的净光合速率日变化均呈单峰曲线, 金叶榆在 10:00 达到净光合速率高峰, 为 9.73 μmolCO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>·s)。紫叶李在 08:00 达到净光合速率高峰, 为 11.51 μmolCO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>·s), 之后一直呈下降趋势。紫叶稠李在 08:00—12:00 净光合速率上升, 且在 12:00 达到峰值 8.36 μmol/(m<sup>2</sup>·s), 之后缓慢降低, 在 18:00 达到最低值 -0.02 μmolCO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>·s)。结合日光照强度变化曲线和 3 种彩叶植物净光合速率日变化分析可知, 08:00—14:00 是光照强度最高的一段时间, 也是 3 种彩叶植物净光合速率最高的一段时间, 两者呈正相关。

**基金项目** 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (2572014BA22); 大学生创新项目 (201710225352)。

**作者简介** 岳莉然 (1978—), 女, 吉林永吉人, 副教授, 从事植物种质资源与应用研究。

**收稿日期** 2018-02-25; **修回日期** 2018-03-28

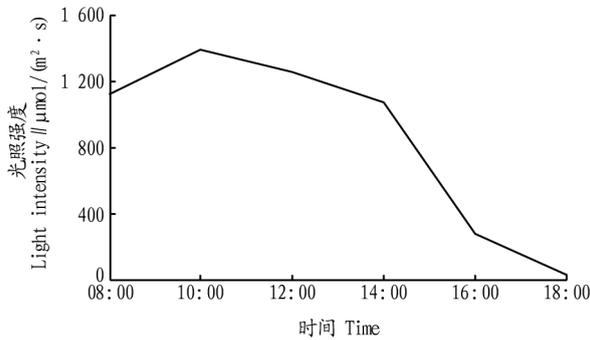


图 1 光照强度日变化

Fig.1 Daily variation of light intensity

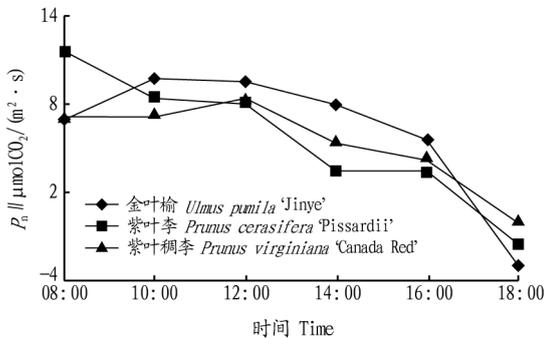
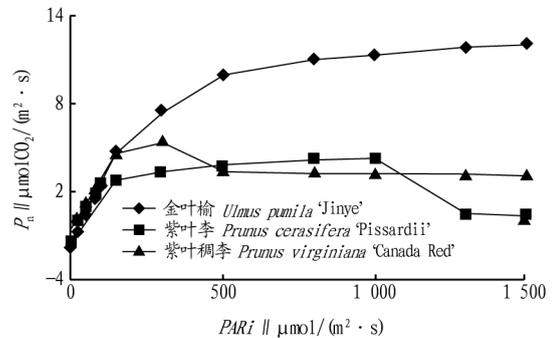


图 2 3 种彩叶植物净光合速率日变化

Fig.2 Daily changes in net photosynthetic rate of three species of colorful plant

**2.1.2 光-光响应曲线。**植物叶片光补偿点(LCP)和光饱和点(LSP)体现植物光合能力,反映植物对光照适应性,LCP反映对弱光适应性,LSP反映对强光适应性,LCP低、LSP高的植物对光照适应性强<sup>[11]</sup>。最大净光合速率是衡量叶片光

合潜力的重要指标,反映植物对强光利用能力<sup>[12]</sup>。暗呼吸速率可反映植物消耗光合产物速率,主要受植物生长状态和温度的影响。由图 3 和表 1 可知,金叶榆的光饱和点明显高于紫叶李 158.77  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  和紫叶稠李 108.33  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 达 486.78  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,但三者的光补偿点相差不大。

图 3 3 种彩叶植物  $P_n$ - $PAR_i$  响应曲线Fig.3  $P_n$ - $PAR_i$  response curve of three kinds of colorful plants

金叶榆的光补偿点为 34.88  $\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,光饱和点为 486.78  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,最大净光合速率为 22.52  $\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,暗呼吸速率为 2.23  $\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,当达到光饱和点之后光合作用不再大幅增长或下降,基本趋于平稳。而紫叶李和紫叶稠李的光补偿点分别为 30.63 和 18.41  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,光饱和点分别为 158.77 和 108.33  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,最大净光合速率分别为 6.41 和 6.06  $\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,暗呼吸速率分别为 1.53 和 1.25  $\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。在光补偿点三者都趋近的情况下,金叶榆的光饱和点明显高于紫叶李和紫叶稠李。金叶榆的最大净光合速率是紫叶李和紫叶稠李的 3 倍多。3 种彩叶植物的暗呼吸速率相差较小,均在 1.00  $\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  内。

表 1 3 种彩叶植物  $P_n$ - $PAR_i$  响应曲线参数Table 1 Parameters of  $P_n$ - $PAR_i$  response curve of three colorful plants

| 植物<br>Plant                                | 光补偿点<br>Light compensation<br>point (LCP)<br>$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ | 光饱和点<br>Light saturation<br>point (LSP)<br>$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ | 最高光合速率( $A_{\text{max}}$ )<br>Maximum photosynthetic<br>rate<br>$\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ | 暗呼吸速率<br>( $R_{\text{day}}$ )<br>Dark respiration<br>rate<br>$\mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ | 初始量子<br>效率( $\theta$ )<br>Initial<br>quantum<br>efficiency |
|--|--|--|---|--|--|
| 金叶榆 <i>Ulmus pumila</i> 'Jinye'            | 34.88  | 486.78   | 22.52   | 2.23   | 0.06   |
| 紫叶李 <i>Prunus cerasifera</i> 'Pissardii'   | 30.65  | 158.77   | 6.41  | 1.53   | 0.05   |
| 紫叶稠李 <i>Prunus virginiana</i> 'Canada Red' | 18.41  | 108.33   | 6.06  | 1.25   | 0.07   |

## 2.2 3 种彩叶植物蒸腾特性

**2.2.1 蒸腾速率日变化。**由图 4 可知,3 种彩叶植物的蒸腾速率日变化均呈双峰曲线。金叶榆 10:00 时蒸腾速率达到第 1 个峰值 5.24  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,然后随着光合辐射逐渐增强、温度逐渐升高,在 14:00 达到第 2 个峰值 6.51  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。紫叶李在 08:00 时蒸腾速率达到第 1 个峰值 2.72  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,在 12:00 达到第 2 个峰值 2.04  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。紫叶稠李 08:00 时蒸腾速率达到第 1 个峰值 2.13  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,在 12:00 达到第 2 个峰值 2.26  $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,与紫叶李的蒸腾速率日变化趋势基本一致。从 3 种彩叶植物蒸腾速率日变化趋势和数值看,金叶榆的

蒸腾速率明显比紫叶李和紫叶稠李变化明显且数值高。

**2.2.2 气孔导度日变化。**气孔是植物叶片与外界气体和水分交换的重要通道,光强直接影响气孔开度,气孔开度及速率随光强增加而增大<sup>[13]</sup>。胞间  $\text{CO}_2$  浓度会影响光合作用暗反应阶段羧化速率,受气孔导度、外界  $\text{CO}_2$  浓度及叶片光合消耗等因素的影响。气孔导度(Cond)不但可以反映植物蒸腾耗水的大小,而且是反映植物抗旱性能的重要指标<sup>[14]</sup>。由图 5 可知,3 种彩叶植物的气孔导度均表现出明显的单峰曲线,金叶榆 12:00 达到峰值,为 0.23  $\text{molH}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,从 14:00 开始呈明显下降趋势,16:00 后下降变缓。紫叶李的气孔导度在 08:00 达到峰值为 0.10  $\text{mol H}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,之后

一直缓慢下降,与金叶榆的气孔导度相差较大。紫叶稠李的气孔导度与紫叶李类似,也呈持续下降趋势,但不同于紫叶李的是,紫叶稠李在 10:00—12:00 呈持平状态,维持在  $0.07 \text{ molH}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,之后持续下降。金叶榆的气孔导度日变化最显著,气孔导度整体也最大,下降趋势明显,而紫叶李和紫叶稠李 2 种彩叶植物的气孔导度日变化不明显,气孔导度整体较小,且下降幅度缓慢。

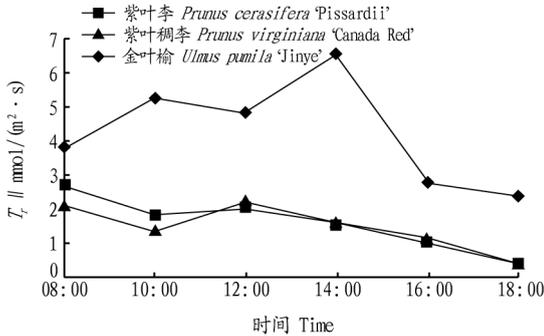


图4 3种彩叶植物蒸腾速率日变化

Fig.4 Daily changes in transpiration rate of three kinds of colorful plants

**2.3 叶绿素含量** 叶绿素是光合作用中最重要的色素,在光合作用过程中起到接受和转换能量的作用。其中叶绿素和

表2 3种彩叶植物叶片叶绿素含量

Table 2 Chlorophyll content of three kinds of colorful plants

| 植物<br>Plant                                | 色素浓度 The pigment concentration // mg/L |         |           | 各色素含量 Pigment content // mg/g |         |           |
|--|--|---------|-----------|-------------------------------|---------|-----------|
|  | $C_a$                                  | $C_b$   | $C_{x,c}$ | $M_a$                         | $M_b$   | $M_{x,c}$ |
| 金叶榆 <i>Ulmus pumila</i> 'Jinye'            | 13.681 4                               | 0.276 0 | 0.962 3   | 2.137 7                       | 0.431 3 | 0.152 3   |
| 紫叶李 <i>Prunus cerasifera</i> 'Pissardii'   | 15.895 0                               | 2.976 4 | 2.000 3   | 2.483 6                       | 0.465 0 | 0.312 6   |
| 紫叶稠李 <i>Prunus virginiana</i> 'Canada Red' | 18.942 2                               | 5.686 0 | 4.483 5   | 2.959 7                       | 0.888 4 | 0.700 5   |

注: $C_a$  代表叶绿素 a,  $C_b$  代表叶绿素 b,  $C_{x,c}$  代表类胡萝卜素,  $M_a$  代表叶绿素 a 在 1 g 叶片中的质量,  $M_b$  代表叶绿素 b 在 1 g 叶片中的质量,  $M_{x,c}$  代表类胡萝卜素在 1 g 叶片中的质量

Note:  $C_a$  represents chlorophyll a,  $C_b$  represents chlorophyll b,  $C_{x,c}$  represents the carotenoids,  $M_a$  represents the quality of chlorophyll a in 1 g leaves,  $M_b$  represents the quality of chlorophyll b in 1 g leaves,  $M_{x,c}$  represents the quality of carotenoids in 1 g leaves

### 3 结论

(1) 3 种彩叶植物的净光合速率日变化均呈单峰曲线。从 3 种彩叶植物  $P_n$ - $PAR_i$  响应曲线分析可知,金叶榆、紫叶李和紫叶稠李光饱和点分别为 486.78、158.77 和  $108.33 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,金叶榆、紫叶李和紫叶稠李的光补偿点分别为 34.88、30.65、 $18.41 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,在 3 种彩叶植物光补偿点相差不大的情况下,金叶榆的光饱和点明显高于紫叶李和紫叶稠李。金叶榆的最大净光合速率是紫叶李和紫叶稠李的 3 倍多。

(2) 3 种彩叶植物的蒸腾速率日变化均呈双峰曲线。金叶榆、紫叶李和紫叶稠李最大蒸腾速率分别为 6.51、2.72、 $2.26 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,金叶榆的蒸腾作用明显强于紫叶李和紫叶稠李。3 种彩叶植物的气孔导度均表现出明显的单峰曲线。金叶榆的气孔导度日变化最显著且气孔导度整体也最大,而紫叶李和紫叶稠李 2 种彩叶植物的气孔导度日变化不明显且气孔导度整体较小。

(3) 从 3 种彩叶植物叶片叶绿体色素含量分析可知,3

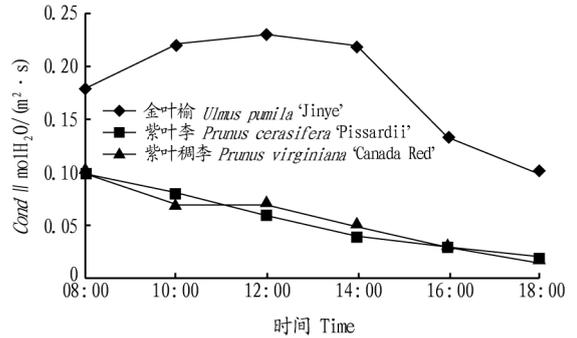


图5 3种彩叶植物气孔导度日变化

Fig.5 Daily changes in stomatal conductance of three kinds of colorful plants

类胡萝卜素含量在一定程度上能够反映植物叶片的同化能力<sup>[14]</sup>。类胡萝卜素(Car)既可作为光合色素,同时又是植物的内源抗氧化剂<sup>[15]</sup>。类胡萝卜素能够使叶片更有效地利用漫射光中的蓝紫光,提高光合效能<sup>[16]</sup>。由表 2 可知,金叶榆、紫叶李和紫叶稠李 3 种彩叶植物的各叶绿体色素含量由高到低依次为紫叶稠李、紫叶李、金叶榆。叶绿素 b 和类胡萝卜素含量显著低于叶绿素 a 含量。结合 3 种彩叶植物蒸腾特性及光合特性分析可知,在一定范围内下,3 种彩叶植物中光合能力越强,叶绿体色素含量越低。

种彩叶植物叶绿素 a 含量明显高于叶绿素 b 和类胡萝卜素。三者叶绿体色素含量由高到低依次为紫叶稠李、紫叶李、金叶榆。结合 3 种彩叶植物蒸腾特性及光合特性分析可知,在一定范围内,3 种彩叶植物中光合能力越强,叶绿体色素含量反而越低。

### 参考文献

- [1] 孙莉,沈速,赵国庆.浅谈彩叶植物在园林绿化中的应用[J].蓝天园林,2006(3):1.
- [2] 李福寿.彩叶植物在城市园林绿化中的应用[J].林业调查规划,2004,29(S1):173-174.
- [3] 张启翔,吴静.彩叶植物资源及其在园林中的应用[J].北京林业大学学报,1998,20(4):126-127.
- [4] 施季森,成铁龙,王洪云.中国枫香育种研究现状[J].林业科技开发,2002,16(3):17-19.
- [5] 丛日晨,古润泽.彩叶植物打造奥运“色彩工程”[J].中国花卉园艺,2004(12):9-11.
- [6] 谯德惠.彩叶植物让上海从“绿色”迈向“彩色”[J].中国花卉园艺,2004(12):11.
- [7] 张治明.丰富北京城市园林树种的问题与对策[J].北京园林,2001(4):2-5.

(下转第 117 页)

员和世界气象公园委员会在岗工作人员,应统一穿着特别设计的制服,佩戴世界气象公园(或国家气象公园)园徽的胸章,以增强其责任感,更好地履行自己的光荣职责和神圣使命。同时,方便游客识别世界气象公园工作人员的身份,给游客以明显不同于其他公园管理的直观感受。

世界气象公园园服(含胸章),男女款式各异,总体上体现蓝天白云、雨、雪、虹霓、晕、华、霞、宝光和极光等天气现象的五彩缤纷、清新雅致和超凡脱俗的意境,恰如其分地表现万千气象、季节变化和地方传统特色文化。

**1.17 独立管理的气象公园委员会** 每个世界气象公园都设有一个相对独立的气象公园管理委员会,由所涉及的景区气象及相关单位部门专家协同组成,接受所在国家世界气象公园委员会的直接领导和技术指导。

另外,还设有一个世界气象公园委员会总部园区,这是世界气象公园技术形象特征高度智慧的集中体现。总部园区的核心机构是世界气象公园委员会,它拟隶属于联合国世界气象组织。一方面,通过各国家世界气象公园委员会,负责宏观技术指导和监督分布在全球各地的世界气象公园的有效管理和安全运行。另一方面,设立世界气象公园研究中心和培训机构,对世界气象公园展开多方面研究,并对相关人员进行上岗前的专业技术培训。

**1.18 信息丰富的气象公园网站** 鉴于相关世界气象公园的信息极其丰富,非常有必要建立一个相对独立运营的专业网站,这是世界气象公园面向外界的虚拟技术形象特征。该网站应在所属世界气象公园委员会指导下,由气象台站和风景区2个单位共同协商经营,权威发布相关该世界气象公园全方位技术形象特征所有业务信息。具体内容包括上述所涉及世界气象公园的气象景观主题,气象景色观光台和观赏提示碑,气象风光导游图,气象景观导游员,气象风光影像宣

传,气象风光作品展览馆,气象景观监测的建立与分布,景观天气预报和危险天气警报的制作与发布,应对危险天气的预案措施与实战演练,气象公园开放时间和推荐的游览路线,气象公园管理区域,气象公园的园徽、园旗、园歌和园服,以及气象公园委员会管理工作日常运行情况等,以方便社会各界人士获取和查询世界气象公园的信息,与世界气象公园展开交流合作。

网站在国家气象公园阶段使用本国语言;世界气象公园阶段则需包含内容相仿的英语版本,或另外建一个专门的外语网站。

## 2 结语

以上所列世界气象公园18个方面的技术形象特征,是自然和人文风景区欲建设成为候选世界气象公园的核心方案内容,是候选景区提出申请获得世界气象公园称号的主要评判依据(另文给出对应的评价指标),是世界气象公园体系创建和发展的重要行动指南,也是公众辨识和确认世界气象公园的基本参考象征。

## 参考文献

- [1] 赖比星.绝壁透迤云雾缭绕 峨眉宝光独领风骚[J].四川气象,2001,21(1):57-58.
- [2] 赖比星.黄河断流与 El Nino 事件的遥相关[J].气象科学,2005,25(6):594-608.
- [3] 赖比星.蔡先明.宝光:黄山新绝景[J].度假旅游,2008,7(3):38-41.
- [4] 赖比星,唐伍斌,葛意活,等.桂林全新魅力气象景观资源评价初论[J].广西大学学报(自然科学版),2008,33(3):327-332.
- [5] 赖比星,袁廉民,林睦嘉.绝美黄山 万千气象[J].风景名胜,2009,26(12):72-81.
- [6] 赖比星.“佛光”并非千载难逢[J].知识就是力量,2005(2):22-25.
- [7] 赖比星.对乐僊“忽见金光,状有千佛”的考证[J].敦煌研究,2004(4):80-84.
- [8] 赖比星,孙健,EARLE WILLIAMS,等.世界气象公园体系创建[J].安徽农业科学,2017,45(19):171-176.
- [9] 陈宗行,赖比星,蒋运志,等.桂林漓江宝光的观测分析及初步预报研究[J].现代农业科技,2011(13):280-281.
- [10] 刘嘉君,王志刚,阎爱华,等.12种彩叶树种光合特性及固碳释氧功能[J].东北林业大学学报,2011,39(9):23-25,30.
- [11] 袁亚琦,王少杰,付宇晨,等.北京地区引种的6种彩叶树种光合生理特性[J].北京农学院学报,2017,32(2):92-97.
- [12] 刘嘉君,王志刚,刘炳响,等.四种彩叶树种光合特性研究[J].安徽农业科学,2011,39(8):4967-4970.
- [13] 刘玲,刘淑明,孙丙寅.不同产地花椒幼苗光合特性研究[J].西北农业学报,2009,18(3):160-165.
- [14] CIERESZKO I, JANONIS A, KOCIAKOWSKA M. Growth and metabolism of cucumber in phosphate-deficient conditions[J]. Journal of plant nutrition, 2002, 25(5): 1115-1127.
- [15] 许大全.气孔运动与光合作用[J].植物生理学通讯,1984(6):6-12.
- [16] 潘瑞炽.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2001:57-62.
- [17] 费芳,王慧颖,尹恒,等.光照对红檫木叶片色素含量的影响研究[J].岳阳职业技术学院学报,2006,21(5):61-65.
- [18] 崔培强,姜卫兵,翁忙玲,等.遮荫对紫叶李幼苗叶片色素含量及光合速率的影响[J].西北植物学报,2010,30(11):2286-2292.

(上接第106页)

## 科技论文写作规范——数字

公历世纪、年代、年、月、日、时刻和各种计数和计量,均用阿拉伯数字。年份不能简写,如1990年不能写成90年,文中避免出现“去年”“今年”等写法。小于1的小数点前的零不能省略,如0.2456不能写成.2456。小数点前或后超过4位数(含4位数),从小数点向左右每3位空半格,不用“,”隔开。如18 072.235 71。尾数多的数字(5位以上)和小数点后位数多的小数,宜采用 $\times 10^n$ ( $n$ 为正负整数)的写法。数字应正确地写出有效数字,任何一个数字,只允许最后一位存在误差。