

秦惠珍, 韦 霄, 唐健民, 等. 东兴金花茶和长尾毛蕊茶光合响应曲线拟合模型比较研究[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(15): 165–170.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.029

# 东兴金花茶和长尾毛蕊茶光合响应曲线 拟合模型比较研究

秦惠珍<sup>1,2</sup>, 韦 霄<sup>1,2</sup>, 唐健民<sup>2</sup>, 高丽梅<sup>2</sup>, 邹 蓉<sup>2</sup>, 朱成豪<sup>2</sup>

(1. 广西师范大学生命科学学院/珍稀濒危动植物生态与环境保护教育部重点实验室, 广西桂林 541006;

2. 广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所广西喀斯特植物保育与恢复生态学重点实验室, 广西桂林 541006)

**摘要:**为探索东兴金花茶和长尾毛蕊茶最佳的光合响应曲线拟合模型,用直角双曲线模型、非直角双曲线、直角双曲线修正模型和指数方程模型对 2 种植物的光合响应曲线进行拟合,以期东兴金花茶和长尾毛蕊茶的生理生态和栽培技术研究提供技术支撑,以及为濒危植物东兴金花茶的保护研究提供理论基础。结果表明,4 种拟合模型中,直角双曲线模型拟合得到的最大净光合速率、表观量子效率、光饱和点、光补偿点和决定系数与测量值差异最大,非直角双曲线模型和直角双曲线修正模型的这 5 个值与测量值较接近,但非直角双曲线模型无法拟合出光饱和点和光补偿点。说明东兴金花茶和长尾毛蕊茶最佳的光响应曲线拟合模型为直角双曲线修正模型。

**关键词:**东兴金花茶;长尾毛蕊茶;净光合速率;光合有效辐射;直角双曲线修正模型

**中图分类号:** Q945.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)15-0165-05

长尾毛蕊茶(*Camellia caudata* Wall.)是山茶属普通的观赏植物,分布范围广,容易生长。东兴金花茶(*Camellia tunghinensis* Chang)同为山茶属植物,为珍稀濒危植物,野外种群仅分布于广西防城金花茶国家自然保护区山岳核心区西侧的山坡上,实际面积仅有 52 hm<sup>2</sup>,数量稀少<sup>[1]</sup>。长尾毛蕊茶为东兴金花茶所在群落的伴生种群,目前仅见关于东兴金花茶的光合特性研究,并未见关于长尾毛蕊茶和东兴金花茶的光响应曲线拟合模型研究,研究同一群落下的普通种和珍稀濒危种植物的光响应曲线模型对于研究这 2 种植物的光合生理特性具有重要意义,对揭示濒危植物致濒机制有间接作用。为此,本研究用 4 种不同的模型拟合长尾毛蕊茶和东兴金花茶的光响应曲线,比较不同模型计算的净光合速率拟合值和实测值之间的差异及拟合效果,找

出最佳拟合模型,以期东兴金花茶和长尾毛蕊茶选择合适的光响应模型及科学栽培提供依据,为研究东兴金花茶的濒危机制提供基础。

光合作用是植物利用光能制造供地球上生物进行生命活动的有机物的过程,是植物生长发育的基础。植物的光合作用与多种因素有关,不仅与植物的内部因素如叶片的生理活性有关,还与外部因素如土壤含水量<sup>[2]</sup>、光照度<sup>[3-4]</sup>等环境因子有关。测定植物的光响应曲线对于分析外部环境因子对植物生长、发育和光合产能的影响具有积极作用<sup>[5]</sup>。直角双曲线模型(rectangular hyperbola model, RHM)、非直角双曲线模型(non-rectangular hyperbola model, NRHM)、直角双曲线修正模型(modified rectangular hyperbola model, MRHM)和指数方程模型(exponential function model, EFM)被广泛用于多种植物的光响应曲线研究<sup>[6-9]</sup>。采用不同模型拟合出的参数往往差异较大,能在一定程度上反映出拟合模型的合适度,最大净光合速率、初始量子效率、表观量子效率、光饱和点、光补偿点和决定系数是衡量光合曲线拟合模型适合度的重要参数。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于广西桂林市广西植物研究所金花

收稿日期:2019-09-18

基金项目:国家自然科学基金(编号:31860169、31660092);中央引导地方科技发展专项资金(编号:桂科 ZY1949013);广西植物功能物质研究与利用重点实验室(编号:ZRJJ2018-9);广西植物研究所基本业务费资助项目(编号:桂植业 18013、18014、19002)。

作者简介:秦惠珍(1993—),女,广西玉林人,硕士,主要从事珍稀濒危植物的保护与研究。E-mail:1192845094@qq.com。

通信作者:韦 霄,博士,研究员,主要从事经济植物引种驯化和珍稀濒危植物保护生物学研究。E-mail:weixiao@gxib.cn。

茶研究基地(110°12'E、25°11'N),地处中亚热带季风气候区,年均温 18.8℃,年日照时数 1 553.09 h,年降水量 1 894 mm,全年无霜期 309 d 左右。土壤为由砂页岩风化发育而成的赤红壤。长尾毛蕊茶和东兴金花茶在原生境群落中居于林下灌木层,上层植被丰富,环境中常年湿度保持在 80% 以上,生长在较为湿润的环境中,需要一定的遮光度才能生长良好。

1.2 供试材料

供试材料为约 10 年生东兴金花茶和长尾毛蕊茶成熟植株,分别选取 3 株长势相同,大小相近的植株作为待测植株,测量时选取中下层便于测量操作的中成熟叶片。

1.3 数据测量

选择晴朗的天气,在 09:00—11:30 进行光合参数测定。采用美国的 Li-6400 便携式光合系统对长尾毛蕊茶和东兴金花茶叶片的光合数据进行测量,CO<sub>2</sub> 浓度设为(400±2) μmol/(m<sup>2</sup>·s),红蓝光源设定光合有效辐射为 1 500、1 200、1 000、800、600、400、200、150、100、50、20、0 μmol/(m<sup>2</sup>·s)。进行测量前将叶片置于 1 500 μmol/(m<sup>2</sup>·s)光照度下进行诱导,改变光照度后,最少稳定时间设为 3 min,测量结果由仪器自动记录。每次每个品种测定 3 次,并将 3 次测定结果的平均值作为光合曲线的拟合数据。

1.4 光响应曲线模型介绍

目前常用的光响应曲线拟合模型有直角双曲线模型<sup>[10]</sup>、非直角双曲线模型<sup>[11]</sup>、直角双曲线修正模型<sup>[12]</sup>和指数方程模型<sup>[13]</sup>,各模型的净光合速率表达式见表 1。

1.5 数据处理

试验数据的初步处理用 Excel 2010 进行。光响应曲线的拟合用光合计算软件进行,根据需求分别选择直角双曲线模型、非直角双曲线模型、直角双曲线修正模型和指数方程模型,在光照度和净光合速率栏中分别输入对应的数值,点击模型计算则得出相应的结果。

2 结果与分析

2.1 东兴金花茶和长尾毛蕊茶的光响应曲线模型的拟合

将东兴金花茶和长尾毛蕊茶的净光合速率实

表 1 4 种不同光响应曲线拟合模型的数学表达式

模型	数学表达式
RHM	$P_n(I) = \frac{\alpha I P_{nmax}}{\alpha I + P_{nmax}} - R_d$
NRHM	$P_n(I) = \frac{\alpha I + P_{nmax} - \sqrt{(\alpha I + P_{nmax})^2 - 4\theta\alpha I P_{nmax}}}{2\theta}$
MRHM	$P_n(I) = \alpha \frac{1 - \beta I}{1 + \beta I} I - R_d$
EFM	$P_n(I) = \alpha P_{nmax} (1 - e^{-\frac{\alpha I}{P_{nmax}}}) - R_d$

注: P<sub>n</sub> 为净光合速率; I 为光合有效辐射; α 为初始量子效率; P<sub>nmax</sub> 为最大净光合速率; R<sub>d</sub> 为暗呼吸速率; θ 为反映光响应曲线弯曲程度的曲角参数,取值范围是 0<θ≤1; e 为自然对数的底; β 为修正系数。

测值与 4 种模型的拟合值进行作图,从图 1 可以看出,与实测净光合速率曲线最为接近的是非直角双曲线模型拟合的曲线,偏差最大的是直角双曲线模型拟合的曲线,双曲线模型和指数方程模型拟合的曲线偏差居中。当光合有效辐射为 0~100 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 时,净光合速率均呈线性增长趋势,随着光合有效辐射的增加,净光合速率增长速度减缓;当光合有效辐射为 100~500 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 时,光合曲线仍呈现上升趋势,但增长速率减慢,到达光饱和点后,净光合速率的增长趋于平稳状态。直角双曲线模型的拟合值与测量值偏差较大,当光合有效辐射为 200~600 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 时,直角双曲线模型与测量值偏差最大,其中东兴金花茶净光合速率拟合曲线明显位于测量值拟合曲线的上方,长尾毛蕊茶利用该模型的拟合结果趋向于没有极值的曲线,与测量值曲线不一致。非直角双曲线和直角双曲线修正模型对 2 种植物净光合速率的拟合值和测量值基本一致。

2.2 4 种模型对东兴金花茶和长尾毛蕊茶净光合速率的拟合

同一植物采用不同光合曲线模型拟合会得出不同的结果,长尾毛蕊茶和东兴金花茶净光合速率的实测值及 4 种模型的拟合值见表 2 和表 3。

由表 2 可以看出,东兴金花茶在光合有效辐射为 0~1 500 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 时,净光合速率测量值和拟合值均随着光合有效辐射的增加而增加,其中在光合有效辐射为 0~200 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 时呈现指数型增长,大于 200 μmol/(m<sup>2</sup>·s) 后增长速度变慢,净光合速率趋于一个平稳值。通过比较 4 种模型的

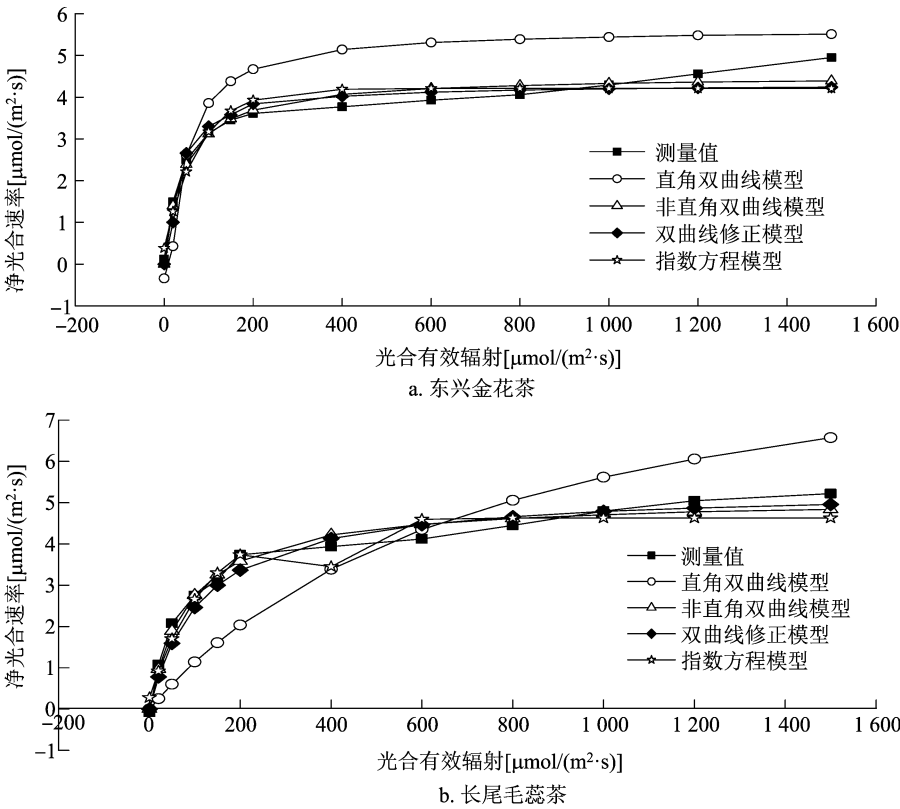


图1 东兴金花茶和长尾毛蕊茶不同拟合模型的净光合速率拟合效果

表 2 不同光照度下东兴金花茶净光合速率实测值及其各模型拟合值

光合有效辐射 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	净光合速率[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]				
	实测值	直角双曲线模型	非直角双曲线模型	直角双曲线修正模型	指数方程模型
0	0.12	-0.34	0.00	0.00	0.38
20	1.49	0.43	1.40	1.00	1.26
50	2.50	2.61	2.39	2.66	2.21
100	3.14	3.86	3.12	3.30	3.17
150	3.45	4.38	3.48	3.58	3.67
200	3.61	4.67	3.69	3.84	3.93
400	3.77	5.14	4.07	4.02	4.19
600	3.93	5.31	4.21	4.12	4.21
800	4.06	5.39	4.28	4.17	4.21
1 000	4.29	5.44	4.33	4.20	4.21
1 200	4.56	5.48	4.36	4.22	4.21
1 500	4.95	5.51	4.39	4.24	4.21
决定系数( $R^2$ )	1	0.67	0.97	0.95	0.93

各个光合有效辐射对应的净光合速率拟合值和测量值发现,除直角双曲线模型最大净光合速率的拟合值大于测量值外,其他 3 种模型都小于测量值。从模型的决定系数来看,直角双曲线模型的决定系数最低,仅为 0.67;非直角双曲线模型的决定系数最高,为 0.97,可以初步说明非直角双曲线模型的

拟合效果较好,但光合曲线拟合模型的决定系数不能完全说明拟合效果的好坏,在一定人为条件下,决定系数可以达到 1,因此判断模型拟合效果还需要参考其他参数。

由表 3 可以看出,随着光合有效辐射(光照度)的增加,长尾毛蕊茶净光合速率不断上升,采用不

同模型拟合的效果相差较大,其中直角双曲线修正模型拟合的数值整体上较接近测量值。其中从最大净光合速率值看,直角双曲线模型的拟合净光合速率比测量值要高出 26.05%,其他 3 种模型的最大净光合速率均比测量值低,非直角双曲线模型拟合的净光合速率为测量值的 92.72%,直角双曲线修正模型拟合的净光合速率为测量值的 95.02%,

指数方程模型拟合的净光合速率为测量值的 88.70%。4 种模型决定系数不同,其中直角双曲线模型与其他模型的决定系数具有明显差异,直角双曲线模型的决定系数仅为 0.76,其他 3 种模型的决定系数均可达到 0.95 及以上,由此可初步判断,不同光照度下直角双曲线模型对长尾毛蕊茶净光合速率的拟合效果较差。

表 3 不同光照强度下长尾毛蕊茶净光合速率实测值及其各模型拟合值

光合有效辐射 [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	净光合速率[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]				
	实测值	直角双曲线模型	非直角双曲线模型	直角双曲线修正模型	指数方程模型
0	-0.08	0	0	0	0.28
20	1.08	0.25	0.97	0.78	0.92
50	2.08	0.60	1.89	1.59	1.70
100	2.75	1.14	2.76	2.46	2.66
150	3.14	1.61	3.26	3.00	3.30
200	3.74	2.04	3.59	3.37	3.74
400	3.94	3.39	4.22	4.13	3.45
600	4.12	4.35	4.48	4.47	4.60
800	4.45	5.06	4.62	4.66	4.63
1 000	4.80	5.62	4.71	4.79	4.63
1 200	5.05	6.06	4.78	4.87	4.63
1 500	5.22	6.58	4.84	4.96	4.63
决定系数( $R^2$ )	1	0.76	0.98	0.98	0.95

2.3 东兴金花茶和长尾毛蕊茶拟合模型参数比较  
光合计算软件并不能计算出所有的拟合参数,如表观量子效率(AQE)等。对光响应曲线的起始部分即弱光部分[光合有效辐射为 0 ~ 200  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]使用 SPSS 23.0 软件作直线回归分析,所得方程的斜率即为表观量子效率。设  $P_{\text{max}}$  为光合计算软件计算出的  $P_{\text{nmax}}$  值,用以下公式计算光补偿点( $L_{\text{cp}}$ ):

$$L_{\text{cp}} = P_{\text{max}} \ln(C_0)/AQE。$$
 (1)

式中: $P_{\text{max}}$  为最大净光合速率; $AQE$  为表观量子效率; $C_0$  为度量弱光下净光合速率趋于 0 的指标,通过适合性检验,拟合效果较好。假定  $P_{\text{n}}$  达到  $P_{\text{max}}$  的 99% 的光合有效辐射为光饱和点( $L_{\text{sp}}$ ),则有:

$$L_{\text{sp}} = P_{\text{max}} \ln(100C_0)/AQE。$$
 (2)

对 4 种模型计算出的长尾毛蕊茶和东兴金花茶的光合参数和实测值进行比较,具体见表 4,可以看出,东兴金花茶、长尾毛蕊茶真实表观量子效率均为 0.03,最大净光合速率分别为 4.95、5.22  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,光饱和点分别为 760.65、802.14 lx,光补偿点分别为 165、174 lx。从最大净光合效率、表观量子效率、光饱和点、光补偿点和

决定系数这 5 个参数看,东兴金花茶和长尾毛蕊茶光响应曲线拟合效果最差的是直角双曲线模型,拟合效果较好的是非直角双曲线模型和双曲线修正模型,其次为指数方程模型;从光饱和点、光补偿点来看东兴金花茶的光照度适应范围(165 ~ 760.65 lx)小于长尾毛蕊茶(174 ~ 802.14 lx)。东兴金花茶的光合作用能力弱于长尾毛蕊茶。

2.4 东兴金花茶和长尾毛蕊茶光合特性的比较  
由图 1、表 3 和表 4 可以看出,长尾毛蕊茶的光合特性强于东兴金花茶,表现为在同一个光合有效辐射下长尾毛蕊茶的净光合速率总体高于东兴金花茶。

3 讨论

直角双曲线模型、非直角双曲线模型、双曲线修正模型和指数方程模型是广泛用于光响应曲线拟合的 4 种模型,不同植物的适用模型不一样,大多植物最适模型是双曲线修正模型。木薯、大豆、油松、葡萄、车前及沙棘属植物等最佳的光合响应模型是修正直角双曲线模型<sup>[14-19]</sup>,鱼腥草、菊芋、蕹菜最适的光合拟合模型是改进指数模型<sup>[20-22]</sup>。4 种

表 4 东兴金花茶和长尾毛蕊茶的测量参数值及其不同拟合模型的拟合参数

参数	测量值		直角双曲线模型		非直角双曲线模型		双曲线修正模型		指数方程模型	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
初始表观量子效率	—	—	0.46	0.01	0.10	0.06	0.14	0.046	0.06	0.04
表观量子效率	0.03	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
最大净光合速率[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]	4.95	5.22	10	10	4.52	5.11	4.33	5.33	4.21	4.63
光饱和点( $\text{lx}$ )	760.65	802.14	1152.50	922.00	694.57	785.24	665.38	819.04	630.03	1 067.22
光补偿点( $\text{lx}$ )	165.00	174.00	250.00	200.00	150.67	170.33	144.33	177.67	140.34	231.50
决定系数( $R^2$ )	1.00	1.00	0.67	0.76	0.97	0.98	0.95	0.98	0.93	0.95

注: I 表示东兴金花茶; II 表示长尾毛蕊茶。

模型对同一植物的光响应曲线拟合结果存在较大差异,同一模型对 2 种不同植物的光响应曲线拟合结果也存在明显的差异,这与本研究结果一致。有研究表明,直角双曲线模型拟合出的  $L_{sp}$  偏低,  $P_{n\max}$  偏高<sup>[23]</sup>,与本研究直角双曲线模型的拟合结果不一致,本研究中直角双曲线模型拟合的 2 物种  $L_{sp}$  和  $P_{n\max}$  偏高。本研究用 4 种常用的光合曲线拟合模型对长尾毛蕊茶和东兴金花茶进行光合曲线拟合,发现 4 种模型对这 2 种植物净光合速率拟合的决定系数具有明显差异,无论是对长尾毛蕊茶还是对东兴金花茶的光合参数,直角双曲线模型的拟合效果都比较差,非直角双曲线和双曲线修正模型的决定系数较高,拟合效果较好。但从表 1 中的公式可知,直角双曲线模型、非直角双曲线模型和指数方程模型是一个没有极值的函数,在定义域范围内,净光合速率始终随着光合有效辐射的增加而增加,因此用这 3 种模型无法拟合出出现光合抑制时的光合曲线,也无法准确拟合出长尾毛蕊茶和东兴金花茶的光饱和点及光补偿点,必须通过公式(1)、(2)进行计算得出,只有直角双曲线修正模型能直接拟合出光饱和点和光补偿点。本研究还发现,用直角双曲线模型拟合的长尾毛蕊茶和东兴金花茶的最大净光合速率总体高于测量值且光饱和点和光补偿点与真实值也相差较大,这与对酸枣、玉米进行光响应曲线拟合时结果一致<sup>[24-25]</sup>。本研究中指数方程模型的决定系数也较高,但从图 1 可知,指数方程模型拟合值的变化趋势与测量值变化趋势差异较大,此外在采用指数方程模型时,还存在人为干扰性大,不能真实地反映长尾毛蕊茶和东兴金花茶的光合生理特性等问题。

综上所述,长尾毛蕊茶和东兴金花茶最佳的光响应曲线拟合模型是直角双曲线修正模型,在双曲线修正模型下,长尾毛蕊茶和东兴金花茶的最大净

光合速率、光饱和点、光补偿点及决定系数与真实值的差异较小,拟合效果最佳。

#### 参考文献:

- [1] 黄付平. 防城金花茶植物群落类型的研究[J]. 广西林业科学, 2001, 30(1): 35-38.
- [2] 唐婧文, 梁文斌, 邹辉, 等. 土壤水分胁迫对多花黄精光合作用及叶绿素荧光参数的影响[J/OL]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(5): 110-118.
- [3] 刘婷, 马增岭, 李慧, 等. 光强和硝态氮水平对铜藻(*Sargassum horneri*)生长和光合生理特性的影响[J]. 生态学杂志, 2019, 38(3): 762-769.
- [4] 陈熙, 翟玉莹, 杨月, 等. 光照强度对园艺植物光合作用的影响研究[J]. 现代园艺, 2018(3): 8-9.
- [5] 蒋高明, 何维明. 一种在野外自然光照条件下快速测定光合作用-光响应曲线的新方法[J]. 植物学通报, 1999, 16(6): 712-718.
- [6] 郑威, 何琴飞, 彭玉华, 等. 石漠化区银合欢林光响应曲线模型比较[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2018, 38(2): 23-29.
- [7] 周玉霞, 巨天珍, 王引弟, 等. 4 种光响应曲线模型对 3 种高寒草甸植物的实用性分析[J]. 草地学报, 2018, 26(2): 488-496.
- [8] 陈雪莲, 徐六一, 郝焰平, 等. 马尾松光合作用光响应曲线模型拟合[J]. 江西农业学报, 2017, 29(10): 24-30.
- [9] 徐德冰, 王明月, 祖蕾, 等. 适合蓝莓的光合响应曲线拟合模型研究[J]. 中国农机化学报, 2017, 38(10): 33-37.
- [10] 吴海云, 郭琪琳, 王金强, 等. 不同水分供应对甘薯叶片光合与荧光特性的影响及其光响应模型比较[J]. 中国生态农业学报, 2019, 27(6): 908-918.
- [11] Thornley J M. Mathematical models in plant physiology[M]. London: Academic Press, 1976: 86-110.
- [12] 叶子飘. 光合作用对光和  $\text{CO}_2$  响应模型的研究进展[J]. 植物生态学报, 2010, 34(6): 727-740.
- [13] Bassman J H, Zwier J C. Gas exchange characteristics of *Populus trichocarpa*, *Populus deltoids* and *Populus trichocarpa*  $\times$  *P. deltoids* clone[J]. Tree Physiology, 1991, 8: 145-159.
- [14] 刘子凡, 魏云霞, 黄洁. 木薯光合-光响应曲线的模型拟合比较[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2018, 33(4): 611-616.
- [15] 索荣臻, 王明玖, 刘雪骄, 等. 3 个野生大豆与栽培大豆杂交后

李祉宣,周钰,陈赛赛,等. 江苏省文化树种认知情况调查及园林应用建议[J]. 江苏农业科学,2020,48(15):170-175.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.15.030

# 江苏省文化树种认知情况调查及园林应用建议

李祉宣,周钰,陈赛赛,张明娟

(南京农业大学园艺学院,江苏南京 210095)

**摘要:**中国的树木文化历史悠久,大量富含文化寓意的树种已经成为传统文化中极具特色、不可或缺的组成部分,但大众对不同文化树种及其认知情况却缺乏关注和研究。通过问卷调查,共发放1 085份问卷,分析江苏省民众对20种文化树种的认知情况,并以银杏为例,阐述种类资源、应用形式及文化意蕴对树木文化认知度提升的作用。结果表明,在所调查的20种文化树种中,江苏省认知度最高的前10种树种依次为松柏、银杏、竹、梅花、桂花、桃花、槐树、柳树、白玉兰、梧桐。男性的文化树种认知度均值略低于女性,>60岁的文化树种认知度最高,<18岁的认知度最低,各学历层次人群对文化树种的认知较接近。因此,应加强树木文化宣传,促进树木文化的保护和发扬,并对文化树种在城乡园林中的应用提出相关建议。

**关键词:**文化树种;文化认知度;江苏省;银杏;园林应用

**中图分类号:**S684 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)15-0170-06

在漫长的历史发展进程中,人与树木相互依存,通过长期的社会实践,人们已经充分了解树木的自然属性与功能<sup>[1]</sup>,并能够在实际生产生活中加以运用;同时与人类活动相关的树木被赋予丰富的文化内涵,形成特殊的树木文化,而这些树种被称为文化树木。树木文化的形成是人与树木相互依存、相互作用、相互渗透、相互融合的过程,是因为人们的情感需要而赋予给某种树木特定的文化内

涵和功能<sup>[2]</sup>。中国树木文化源远流长,各种诗词歌赋、历史典故、宗教文化、传说故事中均有树木的身影,如著名文学家矛盾在《可爱的故乡》一书中写到“唐代银杏宛在,昭明书屋依稀”<sup>[3]</sup>,而这株生长在其家乡乌镇的银杏正是精忠报国的爱国精神的象征<sup>[4]</sup>。银杏等代表民族文化的树种逐渐成为民众文化生活的一部分。在弘扬民族文化,提升文化自信的大背景下,加强树木文化宣传,充分发挥其食用、药用、材用等应用价值的同时,促进文化树种在城乡园林绿化中的应用。然而,关于文化树种及其认知情况的研究却较缺乏。本研究以江苏省为例,通过问卷调查,分析不同年龄、性别、学历人群对20种常见文化树种的认知情况,结合江苏省省树银杏,阐述多样的种类资源、丰富的应用形式以及浓厚的文化意蕴对树木文化认知度提升的作用,并为

收稿日期:2019-08-29

基金项目:江苏省高等学校大学生实践创新训练计划(编号:201810307057X)。

作者简介:李祉宣(1998—),女,浙江丽水人,主要从事园林植物研究。E-mail:345039508@qq.com。

通信作者:张明娟,博士,副教授,主要从事植物景观生态学研究。E-mail:zhang-mj@njau.edu.cn。

代品系的光合光响应曲线及模型拟合[J]. 大豆科学,2017,36(4):561-568.

[16]朱世忠. 油松光合光响应曲线的模型拟合比较研究[J]. 山西大学学报(自然科学版),2016,39(4):679-685.

[17]白云岗,刘洪波,张江辉,等. 葡萄光合作用光响应曲线拟合模型比较研究[J]. 节水灌溉,2016(9):8-11.

[18]宣文怡,权秋梅,余茂蕾,等. 车前光合生理特性的研究[J]. 浙江农业科学,2018,59(1):58-63.

[19]南吉斌,杨广环,赵玉文,等. 5种光合模型对沙棘属3种植物叶绿素荧光光响应曲线的拟合效果比较分析[J]. 西部林业科学,2019,48(2):90-96.

[20]杨佳,黎云祥,陈金珠,等. 鱼腥草光合生理特性及其光合曲

线最适模型的研究[J]. 四川环境,2018,37(2):19-24.

[21]黄东兵,彭莉霞. 菊芋光响应曲线最佳模型选择及其环境适应性[J]. 黑龙江农业科学,2018(3):41-45.

[22]文予陌,范增丽,黎云祥,等. 蕹菜光合-光响应曲线及模型拟合[J]. 浙江农业科学,2017,58(10):1779-1783.

[23]闫小红,尹建华,段世华,等. 四种水稻品种的光合光响应曲线及其模型拟合[J]. 生态学杂志,2013,32(3):604-610.

[24]王荣荣,夏江宝,杨吉华,等. 贝壳砂生境酸枣叶片光合生理参数的水分响应特征[J]. 生态学报,2013,33(19):6088-6096.

[25]王帅,韩晓日,战秀梅,等. 不同氮肥水平下玉米光响应曲线模型的比较[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(6):1403-1412.