



杨晓燕,姜斌,冯磊,等.异质生境中山东银莲花光响应曲线模型的优选及光合生理特性分析[J].黑龙江农业科学,2019(7):12-17.

异质生境中山东银莲花光响应曲线模型的优选及光合生理特性分析

杨晓燕²,姜斌²,冯磊²,高燕²,卞福花¹

(1.烟台大学 生命科学学院,山东 烟台 264005;2.烟台市昆崙山林场,山东 烟台 264112)

摘要:为推断不同生境中山东银莲花不同光强下光合参数的变化规律,在相同的 CO₂ 浓度、水分、气压等条件下,设定有效光辐射强度梯度,用光合测定仪测定光合参数,并对多种光响应模型拟合光曲线进行分析。结果表明:山顶灌丛的山东银莲花根据光合参数实测值与预测值的标准误、残差平方和、判定系数大小确定了各模型的拟合效果为直角双曲线修正模型>非直角双曲线模型>指数函数模型>直角双曲线模型;针阔混交林下山东银莲花 4 个模型拟合效果区别不大,其中直角双曲线修正模型最佳。山顶灌丛山东银莲花光强大于 1 200 μmol·m⁻²·s⁻¹ 时,出现了光抑制,表现为气孔导度变小、蒸腾速率下降,光合速率降低,混交林下生境的则表现为一直上升的稳定趋势,充分体现该种在不同环境下都具有良好的适应性。

关键词:山东银莲花;光响应曲线;异质生境;光响应模型

光合作用是决定植物生长、发育和繁殖的关键环节,同时也是陆地生态系统碳水循环的重要制约因素^[1]。光是植物光合作用最基本的决定因子,不同光强下植物光合生理特性的变化由光响应曲线来体现,通过光曲线分析,可计算表观量子效率、光补偿点(LCP)、最大净光合速率(P_{max})、光饱和点(LSP)和暗呼吸速率(R_d)等重要光合生理参数^[2],有助于了解植物光合作用中光化学效率,指示植物的生长情况及抗逆性大小^[3]。光响应曲线能有效地评价植物叶片利用光能的能力和植物对生长环境的适应性,准确分析光响应曲线及其参数是研究光合生理生态过程对环境变化响应的重要途径,目前光响应曲线的拟合模型有多种,需根据植物本身特性选择使用。因此准确分析光响应曲线及其参数是研究植物光合生理生态过程对环境变化响应的重要途径,能有效地评价植物对生长环境的适应性。

光曲线模型是模拟光合作用对环境因子响应的重要方法,目前,常用的光响应曲线模型主要有直角双曲线模型、非直角双曲线模型、直角双曲线修正模型、指数函数模型、二次方程函数、电子传递速率对光响应机理模型等^[4-6]。不同的模型对

同种植物光响应曲线的拟合效果存在差异,正确选择拟合模型对光合作用的分析至关重要^[7]。

山东银莲花 [*Anemone shikokiana* (Makino) Makino] 是胶东半岛和日本四国岛特有、狭域、间断分布的极小种群。在中国间断分布于山东昆崙山和崂山,包含两个典型的异质环境:阴暗、潮湿的针阔混交次生林下和干旱、强光照的山顶灌丛,具有重要的观赏价值和科学研究价值^[8]。研究表明,山东银莲花在两个不同的生境中都存在较高的多样性,对两种生境具有较高的适应性^[9-10]。为了有效评价该种对异质环境的适应特征,分析光合生理特性,本研究在山东昆崙山山东银莲花两个不同的生境,选择自然状态下成熟植株测定其光响应曲线,对比各种模型的拟合效果,选出适合山东银莲花光响应曲线拟合的最佳模型,推断不同光强下光合参数的变化规律。

1 材料与方法

1.1 生境概况

本研究选择山东昆崙山泰礴顶景区山东银莲花分布比较集中且有代表性的两个不同的生境中进行,生境概况比较见表 1。

1.2 方法

1.2.1 光响应曲线的测定 2018 年 6 月,山东银莲花花期,每个生境分别选取 3 株生长正常、无病虫害、无任何机械损伤、成熟的植株,选择每株基生叶中处于中间位置的一片成熟叶片,作为光响应曲线测定的供试材料。

收稿日期:2019-01-04

基金项目:山东省自然科学基金(ZR2018MC003)。

第一作者简介:杨晓燕(1971-),女,学士,高级工程师,从事野生植物资源研究。E-mail:949364410@qq.com。

通讯作者:卞福花(1973-),女,博士,副教授,从事植物保护生物学研究。E-mail:fh_bian@163.com。

表 1 两生境基本概况比较

Table 1 Basic information of two habitats

地点 Site	群落类型 Community type	海拔 Altitude/m	经纬度 Longitude and latitude	土壤类型 Soil type	光照情况 Illumination condition	水分状况 Water status
1	针阔混交次生林	690	E121°45′40.6″ N37°14′55.9″	腐殖土	林下阴生	湿润
2	山顶灌丛	847	E121°45.5′52.3″ N37°14′49.5″	石灰质	全日照	干旱

在晴朗天气的 9:00-11:30,利用便携式光合测量仪 LI-6400 (LI-COR, Lincoln, USA) 红蓝光源,叶片在叶室内 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 光强下适应至少 10 min,读数稳定时开始测量。叶室温度设定为 $(25.0\pm0.5)^{\circ}\text{C}$, CO_2 浓度为 $(400\pm1)\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$, 空气相对湿度控制在 $70\%\pm5\%$, 光合有效辐射(PAR)梯度设置为:2 000,1 800,1 500,1 200,1 000,800,600,400,200,100,50,20,0 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,测定不同光合有效辐射下净光合速率,同时,同步测定气孔导度(Cond)和蒸腾速率(T_r)等光合参数。

1.2.2 光响应曲线的拟合模型 目前常见模型较多,本研究根据山东银莲花的光合观测特征和各模型的优势,选择 4 个模型进行曲线拟合。

直角双曲线模型

$$P_n = \frac{\alpha I P_{n\max}}{\alpha I + P_{n\max}} - R_d \tag{1}$$

直角双曲线修正模型

$$P_n = \alpha \frac{1 - \beta I}{1 + \gamma I} - R_d \tag{2}$$

非直角双曲线模型

$$P_n = \frac{\alpha I + P_{n\max} - \sqrt{(\alpha I + P_{n\max})^2 - 4\theta\alpha I P_{n\max}}}{2\theta} - R_d \tag{3}$$

指数函数模型

$$P_n = P_{n\max} (1 - e^{-\alpha/P_{n\max}}) - R_d \tag{4}$$

4 个模型公式中 P_n 为净光合速率($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), I 为光量子通量密度,即光合有效辐射强度($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), $P_{n\max}$ 为最大净光合速率($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), R_d 为暗呼吸速率($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), α 为光响应曲线初始斜率即初始量子效率($\mu\text{mol}\cdot\mu\text{mol}^{-1}$)。(2)公式中 β 为光抑制项,是修正系数, γ 为光饱和项,其值是 $\alpha/P_{n\max}$; (3)公式中 θ 为曲线的弯曲程度; (4)公式中 e 为自然对数。

1.2.3 数据分析 所有数据用 Excel 2010 记录

整理,并计算平均数,SPSS 19.0 统计学软件进行光曲线拟合和回归分析,综合判断模型拟合的精确度。

2 结果与分析

2.1 不同生境光合参数的光响应变化

2.1.1 净光合速率的光响应变化 从图 1 可以看出,光合有效辐射 PAR 在 0~1 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,山顶灌丛生境中的山东银莲花的净光合速率 P_n 随着 PAR 的增加而增加,其中 0~400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, P_n 增加迅速,400~1 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 缓慢上升,1 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时 P_n 最大,之后开始下降,明显受到光的抑制。而针阔混交林下山东银莲花的 P_n 在 PAR 为 100~200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,增加迅速,200~2 000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 一直处于相对平稳的上升状态,PAR 低于 2 000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,山东银莲花没有受到光抑制,与山顶灌丛生境相比较,具有较高的光饱和点和净光合速率。

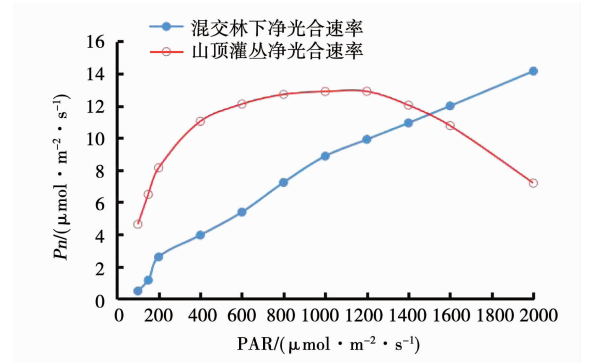


图 1 山东银莲花净光合速率的光响应变化

Fig.1 Response to light of net photosynthetic rate in *A. shikokiana*

2.1.2 气孔导度的光响应变化 PAR 在低于 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,山顶灌丛的山东银莲花气孔导度 $Cond$ 上升迅速,200~800 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 平稳增加,但增加值不大,PAR 在 800~1 000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ $Cond$ 达到最高峰,PAR 大于 1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, $Cond$ 表现出小幅度的平稳下降。而混交林下山

东银莲花 $Cond$ 随着 PAR 的增加一直保持快速增加的趋势(图 2)。

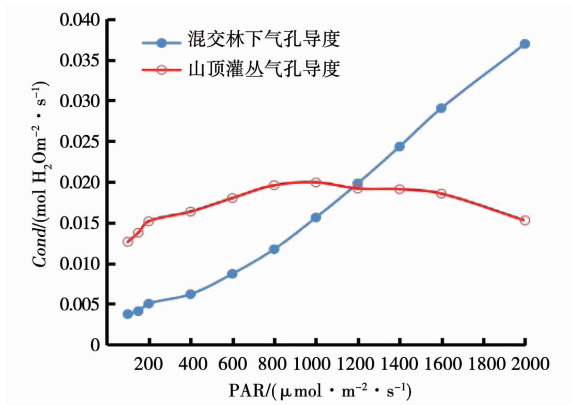


图 2 山东银莲花气孔导度的光响应变化

Fig. 2 Response to light of stomatal conductance in *A. shikokiana*

2.1.3 蒸腾速率的光响应变化 山顶灌丛和林下山东银莲花的蒸腾速率 Tr 随着 PAR 的增加表现出与 $Cond$ 相一致的变化规律。

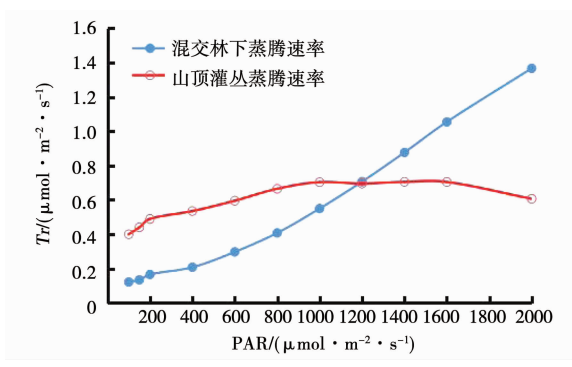


图 3 山东银莲花净蒸腾速率的光响应变化

Fig. 3 Response to light of transpiration rate in *A. shikokiana*

2.2 不同生境光响应模型拟合比较

2.2.1 不同模型拟合的光响应曲线的特征分析

由图 4A 可知,山顶灌丛的山东银莲花 P_n 实测值当 PAR 升至 1 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时达到光饱和点,曲线升至最高,之后曲线明显下降。不同模型的拟合效果差异明显,直角双曲线模型拟合的 P_n 预测值随 PAR 增加先迅速上升,400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 之后光响应曲线的变化趋于缓慢上升,没有下降趋势;非直角双曲线模型和指数函数模型 P_n 的预测值在 PAR 低于 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,随 PAR 的增加迅速上升,PAR 高于 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时 P_n 的预测值相同,光响应曲线平直。很明显,这 3 个模型拟合得到的 P_n 预测值与实测值相差较大,不适合用做山东银莲花在山顶灌丛的拟合模

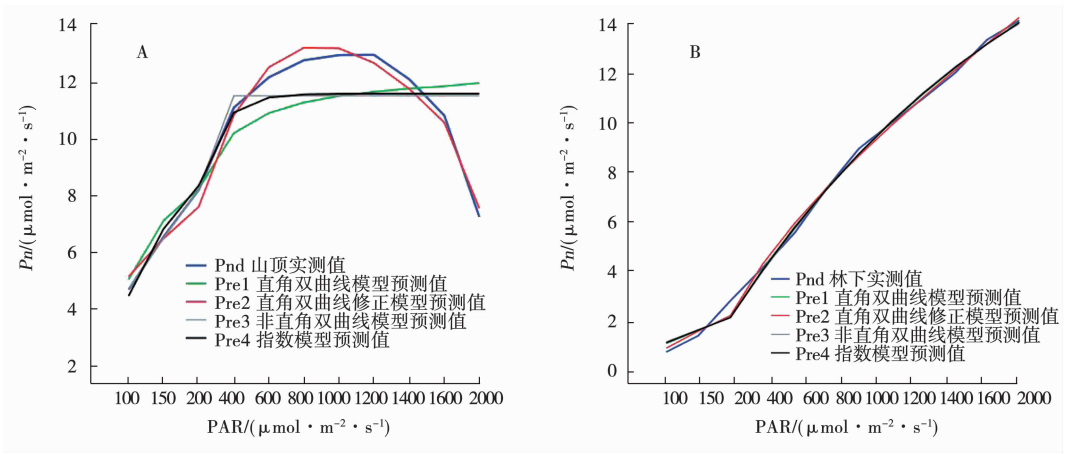
型。直角双曲线修正模型拟合得到的光响应曲线 PAR 低于 400 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,曲线迅速上升,之后缓慢上升,到达最高点下降,与实测值的响应曲线相符,但是光饱和点稍向前偏移,总体能较好地反映光响应曲线的变化规律,与 P_n 实测值反映出的光曲线相符合,可以做山东银莲花在山顶灌丛的拟合模型。

由图 4B 可知,山东银莲花在针阔混交林下 P_n 的实测值响应 PAR 的光曲线与 4 个模型拟合的预测值光响应曲线差异不明显,曲线一直保持明显上升的趋势,均可做山东银莲花在针阔混交林下生境的拟合模型。

2.2.2 光响应模型的适用性比较

标准误 SE 是实测值与回归预测值误差平方和的均方根,反映预测值预测误差的大小,值越小,表明误差越小。山顶灌丛的山东银莲花直角双曲线修正模型拟合的初始量子效率 α 和暗呼吸速率 R_d 的预测值与实测值标准误分别为 0.008、0.853,均为 4 个模型中最低的,表明其可靠度最大。残差平方和 RSS 反映除自变量以外的其它因素对因变量取值的影响,RSS 越小,其拟合程度越好,判定系数 R^2 反映回归的拟合程度,越接近 1,说明回归模型拟合越好。从表 2 山顶灌丛下山东银莲花各响应模型的数值可以看出,直角双曲线修正模型的残差平方和为 1.365,4 个模型中最低, $R^2=0.984$,4 个模型中最接近 1,表明直角双曲线修正模型拟合山顶灌丛生境山东银莲花的光响应曲线为最佳。

表 2 针阔混交林下山东银莲花各响应模型的数据可知,初始量子效率 α 和暗呼吸速率 R_d 的预测值与实测值标准误指数函数模型均为最低,分别为 0.000(表示低于 0.001)和 0.259,由此可以判断指数函数模型为林下生境光响应曲线的最佳拟合模型。但是直角双曲线修正模型的残差平方和最小为 0.762, R^2 与直角双曲线模型并列最大为 0.997,可以判断直角双曲线修正模型为最佳。由此看来,不同的判断标准得出不一致的模型适用判定结果。图 5 是用于验证模型的实测值与预测值之间线性回归图,比较 4 个模型拟合的预测值与实测值的回归方程,其中直角双曲线修正模型的截距最小,为 0.023,最接近 0,表明此模型拟合的预测值最接近实测值。综合分析,同时也为了与山顶灌丛的最佳拟合模型相一致,故选择直角双曲线修正模型模型为最优。



A: 山顶灌丛生境;B: 针阔混交林。
A: Shrubs of mountaintop;B: Mixed forest.

图 4 山东银莲花在不同生境中的光响应曲线
Fig. 4 Light response curve of *A. shikokiana* in heterogeneous habitats

表 2 不同生境下山东银莲花各响应模型的适用性比较

Table 2 Comparison between the fitness of models in different habitats

不同生境 Different habitats	模型 Models	初始量子效率 标准误 SE(α)	最大净光合速率 标准误 SE(P_{nmax})	暗呼吸速率 标准误 SE(R_d)	残差平方 和 RSS	判定系数 R ²
山顶灌丛 Shrubs of mountaintop	直角双曲线模型	8.645	117.155	118.147	32.281	0.628
	直角双曲线修正模型	0.008	-	0.853	1.365	0.984
	非直角双曲线模型	0.031	5.341	4.307	25.330	0.708
	指数函数模型	0.068	10.113	10.269	25.575	0.705
针阔混交林 Mixed forest	直角双曲线模型	0.001	4.593	0.273	0.865	0.997
	直角双曲线修正模型	0.010	-	0.856	0.762	0.997
	非直角双曲线模型	0.041	112.513	0.386	0.998	0.996
	指数函数模型	0.000	2.317	0.259	0.909	0.996

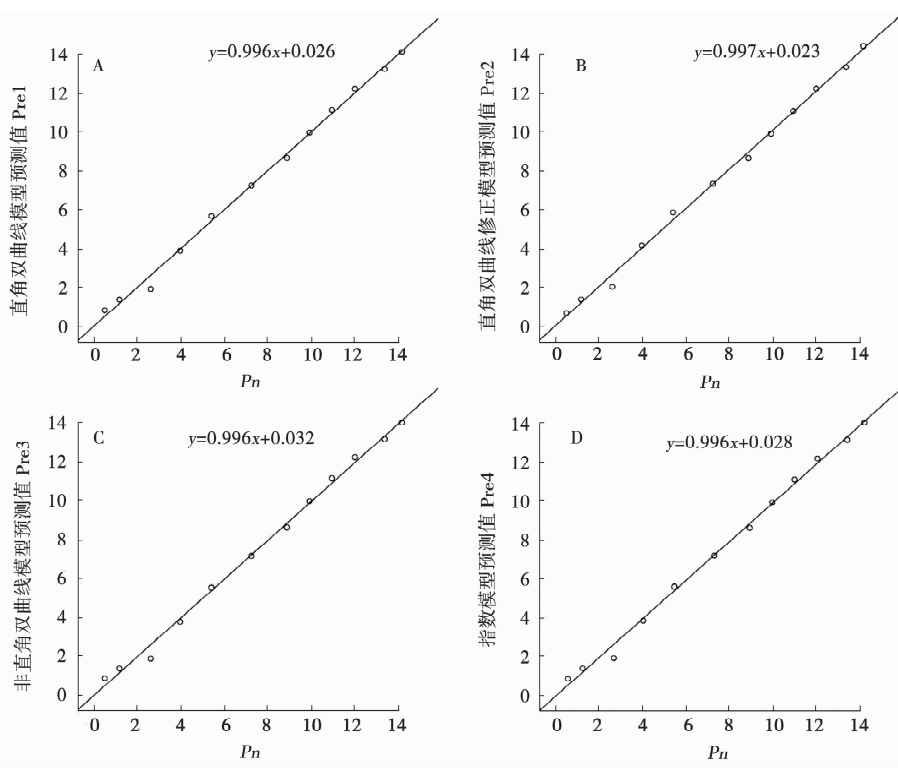
3 结论与讨论

3.1 光合速率、气孔导度及蒸腾速率三者之间的关系

光合作用是一个复杂的生物物理化学过程,光合系统是结构和功能动态变化的系统,受光照、温度、水分、CO₂ 浓度等复杂环境条件影响^[11-12],可以用光合参数如光合速率、气孔导度、蒸腾速率等来反映。

气孔导度即气孔开张的程度,影响着参与光合作用的 CO₂ 的多少,气孔导度增加,CO₂ 浓度随之增加,其它因素不变的情况下,在有限的范围内可以提高光合速率。气孔也是水蒸气进出的通道,气孔导度增加不可避免地增加蒸腾速率,尤其在光照充足的地方。本研究山顶灌丛和针阔混交林下两种异质的生境中,山东银莲花随着 PAR

的增加,气孔导度、蒸腾速率和净光合速率 P_n 开始都表现出增加的趋势,气孔导度和蒸腾速率增加的幅度都低于 P_n 增加的幅度,可能是由于蒸腾增加给光合速率带来的副作用所致。山顶灌丛相比于林下生境光照强、干旱,为了减少水分的过分散失,光强达到 1 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, $Cond$ 、 Tr 和 P_n 均降低;林下不存在过度蒸腾的问题,所以三者始终保持增加的趋势,充分体现了山东银莲花以损失较少水分的代价获取最大量的 CO₂ 保证光合作用最大限度的完成,是其适应不同环境的最佳策略。Lahive 等^[13] 的研究也表明 $Cond$ 的增加导致 CO₂ 浓度增加对可可树 (*Theobroma cacao* L.) 的幼苗具有积极的影响,可以减少水分亏缺造成的不良影响,以适应干旱的环境。



A: 直角双曲线模型; B: 直角双曲线修正模型; C: 非直角双曲线模型; D: 指数函数模型。
A: Rectangular hyperbolic model; B: Modified rectangular hyperbolic model; C: Non-rectangular hyperbolic model; D: Exponential model.

图 5 针阔混交林下实测值与预测值之间的线性回归
Fig. 5 Linear regression for measured values and predicted values

山顶较林下光照强、干旱,从光响应曲线可以看出,山顶在 PAR 1 200 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以后明显出现了光抑制,而林下没有这种情况的发生,可能是水分的缺失造成的,研究表明随着持续干旱时间的增加,光饱和点逐渐提前^[3],与本研究结果基本一致。徐伟洲等^[14]研究也发现水分胁迫显著降低了白羊草和达胡里胡枝子叶片的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度。Farquhar 等^[15]认为气孔导度降低是光合速率降低的主要因素。光照增加,植物为了防止水分的过度散失,减小气孔导度,这样既可以满足光合作用的需要,同时又不至于因光照增强而灼伤叶片,是山东银莲花对环境的适应。相反,林下水分充足,光照缺少,在有限的范围内,随着 PAR 的增强,气孔导度增加,光合增强,虽然蒸腾速率增加但仍能满足林下光合作用需要。意大利五针松 *Pinus pinea* 在不同的光照、水分条件下通过改变结构策略也表现出较强的适应优势^[16]。气孔可以根据环境条件的变化来调节自己开度的大小,而使植物在损失水分较少的条件下获取最多的 CO_2 。

3.2 光响应模型

山顶灌丛的山东银莲花出现了光抑制现象,由于直角双曲线模型、非直角双曲线模型及指数模型无法处理光抑制条件下的光响应数据^[11],因此这 3 种模型未获得理想的拟合效果(R^2 分别等于 0.628, 0.708, 0.705)。而直角双曲线修正模型可以合理地描述叶片的光抑制,拟合效果最佳($R^2=0.984$, RSS 和 SE 值最小)。4 个光响应模型对林下生境的山东银莲花均具有很好的拟合效果($R^2>0.996$)。由于林下生境的山东银莲花在所设定的 PAR 范围内 P_n 不存在光抑制的现象,故各拟合模型未表现不适,4 个模型拟合效果没有明显差异。

植物都具有光饱和点,存在光抑制的现象,只是在光响应曲线的测量过程中大多未选择大于光饱和点的光合有效辐射强度,因此,直角双曲线修正模型较之于其它模型具有潜在的明显优势。但是同一种植物不同生长时期、不同生存条件下可能适用于不同的模型。如胡杨水分亏缺时,直角双曲线修正模型对 P_{max} 和 LSP 的拟合效果最优,直角双曲线模型对 R_d 和 LCP 的拟合效果最

优;当水分充足时,非直角双曲线模型对 R_d 的拟合效果最优,直角双曲线修正模型拟合 LSP、 P_{max} 和 LCP 的效果最优^[17],这也表明光响应曲线模型对植物不具有专一性。光响应模型的系数与 CO_2 分压、叶片的光吸收、光合能力等相关,而叶片随生长过程中的光环境变化而变化^[18],因此导致不同的植物、甚至不同环境中的同种植物具有不同的拟合模型。

参考文献:

- [1] Beer C, Reichstein M, Tomelleri E, et al. Terrestrial gross carbon dioxide uptake: Global distribution and covariation with climate[J]. Science, 2010, 329: 834-838.
- [2] Larocque G R. Coupling a detailed photosynthetic model with foliage distribution and light attenuation functions to compute daily gross photosynthesis in sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) stands[J]. Ecological Modelling, 2002, 148(3): 213-232.
- [3] 李义博,宋贺,周莉,等. C_4 植物玉米的光合-光响应曲线模拟研究[J]. 植物生态学报, 2017, 41(12): 1289-1300.
- [4] 叶子飘,于强. 光合作用光响应模型的比较[J]. 植物生态学报, 2008(32): 1356-1361.
- [5] 叶子飘,张海利,黄宗安,等. 叶片光能利用效率和水分利用效率对光响应的模型构建[J]. 植物生理学报, 2017(6): 1116-1122.
- [6] 叶子飘,杨小龙,冯关萍. 植物电子传递速率对光响应模型的比较研究[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2018, 39(1): 97-104.
- [7] 王秀伟,毛子军. 7 个光响应曲线模型对不同植物种的实用性[J]. 植物研究, 2009, 29(1): 43-48.
- [8] 王鹭,逢玉娟,刘传林,等. 稀有植物山东银莲花 (*Anemone shikokiana* (Makino) Makino) 的分布格局及影响因子分析[J]. 植物研究, 2014, 34(4): 440-445.

- [9] Bian F H, Pang Y J, Wang Z, et al. Genetic diversity of *Anemone shikokiana* (Makino) Makino analyzed using the proteomics-based approach[J]. Current Proteomics, 2015, 12(1): 4-13.
- [10] Bian F H, Pang Y J, Wang Z, et al. Genetic diversity of the rare plant *Anemone shikokiana* (Makino) Makino (Ranunculaceae) inferred from AFLP marker[J]. Plant Systematics and Evolution, 2015, 301: 677-684.
- [11] 叶子飘,于强. 一个光合作用光响应新模型与传统模型的比较[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(6): 771-775.
- [12] Martin-Michel Gauthier, Douglass F J. Reductions in net photosynthesis and stomatal conductance vary with time since leaf detachment in three deciduous angiosperms[J]. Trees, 2018, <https://doi.org/10.1007/s00468-018-1706-z>.
- [13] Lahive F, Hadley P, Daymond A J. The impact of elevated CO_2 and water deficit stress on growth and photosynthesis of juvenile cacao (*Theobroma cacao* L.) [J]. Photosynthetica, 2018, 56(3): 911-920.
- [14] 徐伟洲,邓西平,王智,等. 混播白羊草和达乌里胡枝子叶片光合生理特性对水分胁迫的响应[J]. 西北植物学报, 2017, 37(6): 1155-1165.
- [15] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1982, 33: 317-345.
- [16] Pardos M, Calama R. Responses of *Pinus pinea* seedlings to moderate drought and shade: is the provenance a differential factor? [J]. Photosynthetica, 2018, 56(3): 786-798.
- [17] 周多多,蒋少伟,吴桂林,等. 不同水分条件下胡杨光响应曲线拟合模型比较[J]. 植物科学学报, 2017, 35(3): 406-412.
- [18] Evans J R, Jakobsen I, Ögren E. Photosynthetic light-response curves[J]. Planta, 1993, 189(2): 191-200.

Optimization of Light-response Curves and Analysis of Photosynthetic Physiological Characteristic of *Anemone shikokiana* in Heterogeneous Habitats

YANG Xiao-yan², JIANG Bin², FENG Lei², GAO Yan², BIAN Fu-hua¹

(1. College of Life Sciences, Yantai University, Yantai 264005, China; 2. Kunyushan Forest Farm, Yantai 264112, China)

Abstract: In order to deduce the variation of photosynthetic parameters of *Anemone shikokiana* under different light intensities, in this study, the effective light intensity gradient was set under the same carbon dioxide concentration, humidity and air pressure. The light and parameters were measured by photosynthetic, and the fitting light curves of various light response models were analyzed. The results showed that the modified rectangular hyperbola model was the best one among four fitting models of light-response curve to *A. shikokiana* in mountaintop according to standard error, residual sum of squares and decision coefficient between measured values and predicted values. There was no significant differences among 4 fitting models to *A. shikokiana* under mixed forest. When photosynthetically active radiation was above $1\ 200\ \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, photoinhibition was taken place in *A. shikokiana* of mountaintop, and net photosynthetic rate, stomatal conductance and transpiration rate declined. However, they always were on the rise under mixed forest. Therefore, *A. shikokiana* has the well adaptability to different environments.

Keywords: *Anemone shikokiana*; light-response curves; heterogeneous habitat; light-response models