

李学云,陈 婕,符 喆,等. 温室内 3 种爵床科植物叶片结构及光合特性研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(3):152–156.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.026

温室内 3 种爵床科植物叶片结构及光合特性研究

李学云¹, 陈 婕², 符 喆², 李秋雨¹, 张翠萍¹

(1. 青岛农业大学园林与林学院, 山东青岛 266100; 2. 青岛世园发展有限公司, 山东青岛 266000)

摘要:以山东省青岛市世界园艺博览会植物馆 3 种爵床科(Acanthaceae)植物——金脉爵床(*Sanchezia speciosa*)、银脉爵床(*Kudoacanthus albonervosa*)、十字爵床(*Crossandra infundibuliformis*)为研究对象,采用光合仪、石蜡切片法和光学显微镜,测定其叶片解剖结构和光合生理指标。结果表明,爵床科不同种植物的叶片解剖结构存在相似性,上表皮厚度大于下表皮厚度,海绵组织厚度大于栅栏组织,其中银脉爵床的维管束与海绵组织厚度最大,金脉爵床的栅栏组织厚度最大。在光合特性指标中,银脉爵床光饱和点最高,金脉爵床次之,十字爵床最小;金脉爵床光补偿点最高,银脉爵床次之,十字爵床最小;净光合速率、气孔导度均表现为金脉爵床>银脉爵床>十字爵床。综合分析得出,3 种爵床植物光合能力具有一定的差异,金脉爵床对光照和水分的要求较高,适于生长在水分充足、光照度的环境条件下;而十字爵床对光照和水分的要求相对较低,可以种植在少水和光照较弱的背阴处。

关键词:爵床科;温室;叶片解剖结构;上表皮;海绵组织;光合特性;光饱和点;光补偿点;净光合速率;气孔导度

中图分类号: Q945.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0152-04

光合作用是物质能量循环的关键环节,是将太阳能转化为化学能,并将其存储为有机物形式的唯一途径,是物质循环和能量平衡的基础,也是植物生长发育的基础和决定植物产量的重要生理过程。而植物叶片是作为植物光合作用的主要器官,在生长发育过程中对环境因素的反应极为敏感,表现出一定的适应性,具体表现为气孔、叶表皮细胞、叶脉组织等解剖结构存在差异。结构是功能的基础,植物叶片结构的变化将不可避免地影响生理和生态功能^[1-2],植物的光合作用是涉及植物各种复杂生理生化反应的过程,也是植物体对外界生态因子变化非常敏感的生理反应。爵床科观赏植物种类繁多并已成为开发新型栽培花卉品种的重要资源,北方有大量引种栽植在温室内,叶片的光合能力直接决定植株的生长情况,温室内与露地自然环境明显不同,从而影响了叶片形态结构及光合特性。近年来,对爵床科叶片结构与光合特性的研究与报道非常少。因此,为了解温室内植物叶片结构及其光合特性,本研究以青岛市世界园艺博览会植物馆 3 种

爵床科植物——金脉爵床、银脉爵床、十字爵床为研究对象,测定其叶片解剖结构和光合生理指标,并分析叶片解剖结构、光合特性与植物生长发育的关系,为温室内爵床科植物栽培环境调控与栽培技术提供理论依据。

1 材料方法

1.1 材料

试验于 2017 年 3—5 月在青岛世界园艺博览会温室内进行。选取 3 种爵床科植物各 6 株,每株枝条的顶端向下第 3 张至第 5 张成熟叶作为光合测定对象,光合指标测定后,将叶片从中间处沿中脉剪取约 1 cm² 的样品置于 FAA 固定液中,用于叶片解剖结构观察,其他叶片用于气孔测定观察。

1.2 试验方法

1.2.1 叶片解剖结构测定 剪取叶片主脉及其两侧 1.0 cm×1.0 cm 的小块,用 FAA 固定,然后置于真空干燥器内抽气,用 70%、85%、90%、95%、100%、100%、1/2 乙醇加 1/2 二甲苯、二甲苯、1/2 二甲苯加 1/2 碎蜡,每次须经 2 h。经过包埋后用手摇切片机切片,切片厚度为 8 μm,用番红-固绿进行染色。染色后的切片用中性胶封片,待胶干后在光学显微镜下观察叶片横切面解剖结构并拍照,并用 Image J 软件测量上下表皮厚度、栅栏组织厚度、海绵组织厚度、维管束厚度等,所得数据为 10 个视

收稿日期:2018-11-28

基金项目:青岛农业大学高层次人才科研基金(编号:6631115005)。

作者简介:李学云(1981—),男,讲师,主要从事园林植物资源研究。

E-mail:lixueyun168@163.com。

通信作者:张翠萍,博士,讲师,从事植物生理生态研究。E-mail:

zcp116@126.com。

野的平均值。

气孔的测定在世园会植物馆内进行。剪取植物叶片,用指甲油在叶背面均匀轻涂 1 层;静置 1 min 左右,待指甲油凝固后,用镊子从叶缘处将指甲油轻轻撕下置于事先擦干净的载玻片上;将载玻片放在光学显微镜下观察。

1.2.2 光合指标测定 光合指标试验于 2017 年春季在青岛市世园会植物馆进行。用 CIRAS-3 光合仪测定其光合特性。试验材料选用健壮植株各 6 株,选取每株各 3~5 张生长状况良好的叶片进行测定。事先调剂好仪器确保仪器正常使用,检查吸收剂是否变质,变质后及时更换,严格按照说明书仪器安装步骤进行仪器安装,将主机与叶室连接好,叶室与光源连接好,连接缓冲瓶,将叶片放入叶室中进行观测,测完后进行保存数据,然后重复操作,主要测 3 个品种叶片的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、光补偿点、光饱和点等。

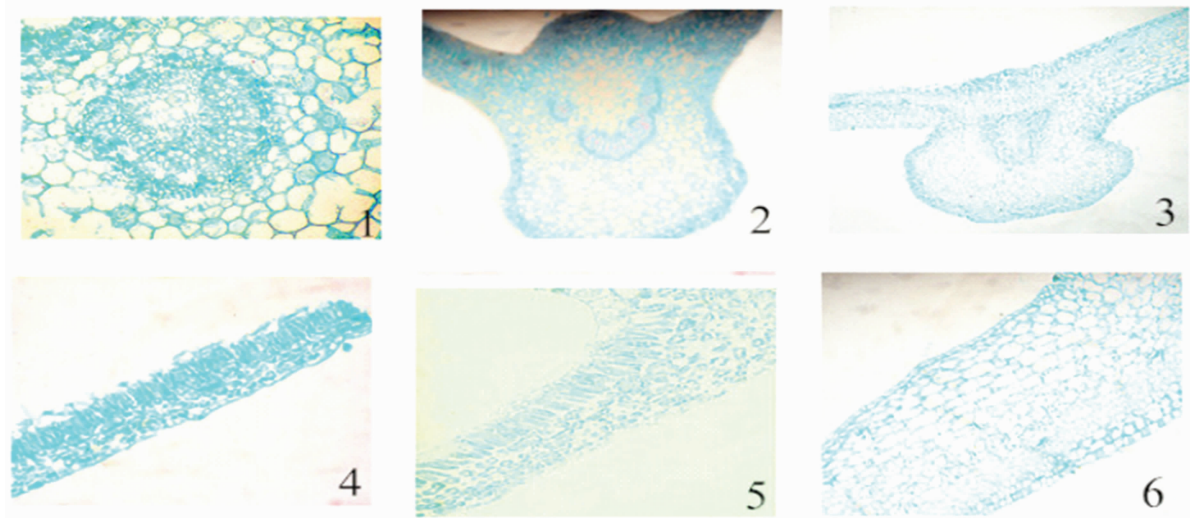
1.2.3 光响应曲线测定 光合响应曲线的测定同

样在世园会植物馆内进行,运用自动测量程序测定。于 09:30—11:30 测定光合-光照度响应曲线。设置光照度梯度为 0、100、200、300、400、600、800、1 000、1 200 $\mu mol/(m^2 \cdot s)$,调整 CO_2 浓度为 0 $\mu mol/mol$ 。以光照度为横坐标,以净光合速率为纵坐标作光响应曲线。

2 结果与分析

2.1 爵床科叶片的解剖结构特征

2.1.1 3 种爵床科植物叶片解剖结构描述 3 种爵床科植物的叶片上、下表皮细胞特征形态基本一致,近长方形或椭圆形,按长轴平周排列。上表皮细胞较下表皮细胞相对而言形状较不规则,细胞较多,而下表皮细胞较细长,排列整齐且相对较为疏松。有明显栅栏组织和海绵组织的分化,栅栏组织细胞多成椭圆形,细胞排列比较疏松;海绵组织较疏松,4~8 层。维管束 1 枚,位于叶片的中心,细胞多为不规则多边形(图 1)。



1、2、3—3 种爵床科植物叶片主脉的解剖结构; 4、5、6—3 种爵床科植物叶肉组织的解剖结构

图1 3 种爵床科植物叶片解剖结构

2.1.2 3 种爵床科植物叶片解剖结构比较 比较 3 种爵床科植物叶片解剖结构的数据可发现,爵床科植物叶片下表皮相对于上表皮排列较为整齐,近长方形,而上表皮形状近圆形,排列较为疏松。3 种爵

床科植物上下表皮及栅栏组织厚度均为金脉爵床最高,十字爵床次之,银脉爵床最小;海绵组织和维管束厚度依次为银脉爵床 > 金脉爵床 > 十字爵床(表 1)。

表 1 3 种爵床科植物叶片解剖结构对比

植物名称	下表皮厚度	上表皮厚度	栅栏组织厚度	海绵组织厚度	维管束厚度
金脉爵床	14.8 ± 3.6	18.6 ± 1.4	55.3 ± 9.0	77.5 ± 8.7	134.1 ± 31
银脉爵床	7.2 ± 10.2	11.8 ± 0.8	23.9 ± 2.8	107.6 ± 17.2	147.2 ± 32
十字爵床	10.8 ± 9.8	14.0 ± 3.4	44.5 ± 8.0	74.9 ± 30.3	93.2 ± 30

2.1.3 叶片单位面积气孔密度 对比分析 3 种植物叶片单位面积气孔数量(表 2)可知,叶片气孔密度金脉爵床最小,十字爵床最大;但气孔长度依次是银脉爵床>金脉爵床>十字爵床,三者相差不显著,银脉爵床只比十字爵床长 1.2 μm;气孔宽度依次是银脉爵床>金脉爵床>十字爵,银脉爵床比十字爵床的宽 4.1 μm。

表 2 3 种爵床科植物气孔密度比较

植物名称	气孔密度 (个/mm ²)	气孔长度 (μm)	气孔宽度 (μm)
金脉爵床	128 ± 3.22	29.7 ± 5.62	19.3 ± 2.10
银脉爵床	193 ± 5.16	30.7 ± 3.26	22.6 ± 2.46
十字爵床	271 ± 7.62	29.5 ± 6.48	18.5 ± 2.34

2.2 光合能力比较

2.2.1 即时光合能力比较 从图 2 至图 5 可以看出,3 种爵床科植物的即时净光合速率、气孔导度及蒸腾速率均为金脉爵床最高,银脉爵床次之,十字爵床最小,且十字爵床均与金脉爵床和银脉爵床差异显著;其中金脉爵床净光合速率为 6.62 μmol/(m²·s),十字爵床仅 2.24 μmol/(m²·s);即时净光合速率与气孔导度成正比,3 种爵床科植物光合能力可能受气孔限制因素影响。3 种爵床科植物叶片水分利用效率依次为十字爵床>金脉爵床>银脉爵床,且三者相差较大。

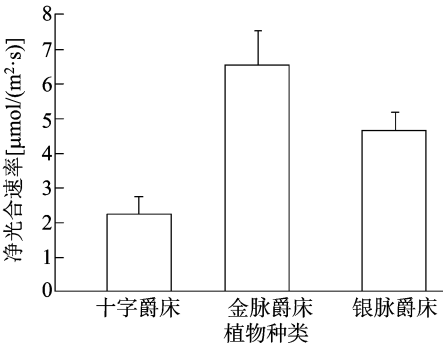


图2 3 种爵床科植物叶片净光合速率

2.2.2 光响应曲线测定 光合测定数据(表 3)表明,表观量子效率从大到小依次是十字爵床>银脉爵床>金脉爵床,银脉爵床与十字爵床的很相近,

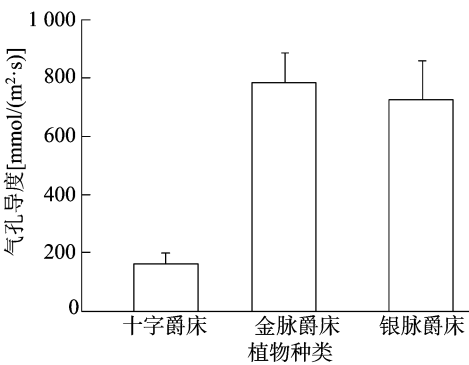


图3 3 种爵床科植物叶片气孔导度

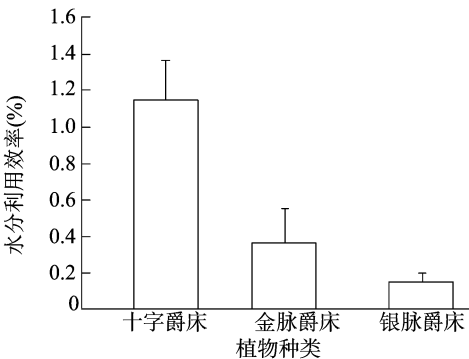


图4 3 种爵床科植物叶片水分利用效率

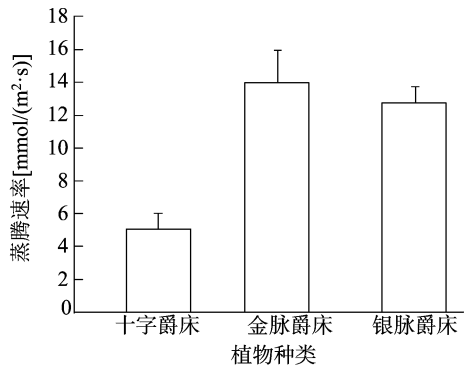


图5 3 种爵床科植物叶片蒸腾速率

但比金脉爵床的高 0.012 3 左右。光饱和点依次是银脉爵床>金脉爵床>十字爵床。最大净光合速率依次是金脉爵床>银脉爵床>十字爵床,其中金脉爵床与银脉爵床的很相近,约是十字爵床的 2 倍。光补偿点依次是金脉爵床>银脉爵床>十字爵床,而且相差很大,前者约是后者的 2 倍。暗呼吸速率依次是金脉爵床>银脉爵床>十字爵床,金脉爵床

表 3 3 种爵床科植物叶片光响应参数

植物名称	光饱和点 [μmol/(m ² ·s)]	最大净光合速率 [μmol/(m ² ·s)]	光补偿点 [μmol/(m ² ·s)]	暗呼吸速率 [μmol/(m ² ·s)]	相关系数
金脉爵床	762.312 7	6.794 7	84.322 9	1.581 7	0.933 4
银脉爵床	1 361.266 4	6.752 6	42.505 6	1.209 8	0.967 7
十字爵床	508.082 5	3.858 7	23.273 8	0.682 0	0.953 5

的比银脉爵床高 $0.3719 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 比十字爵床高 $0.8997 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

由图 6 可知, 光合有效辐射在 $0 \sim 1200 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 范围时, 净光合速率均随光照

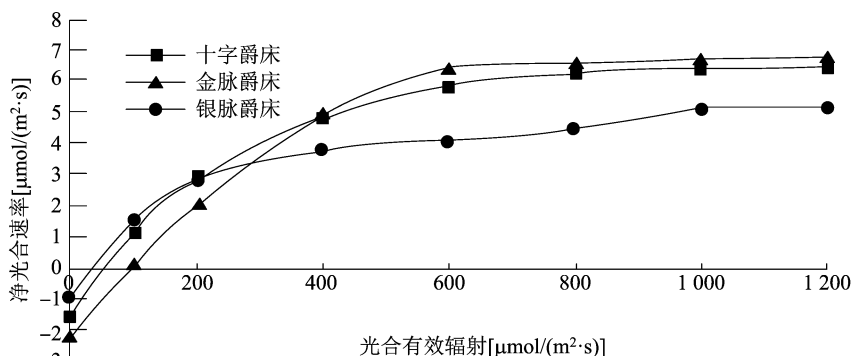


图6 3种爵床科植物光合响应曲线

3 结论与讨论

爵床科叶片上、下表皮细胞特征形态基本一致, 呈近长方形或椭圆形, 按长轴平周排列。上表皮细胞较下表皮细胞相对而言形状较不规则, 细胞较多, 所以在测量的表皮细胞的厚度中, 上表皮细胞要厚于下表皮细胞, 其厚度平均值分别为 37.27 、 $10.93 \mu\text{m}$ 。而下表皮细胞较细长, 排列整齐且相对较为疏松。有明显栅栏组织和海绵组织的分化。栅栏组织近轴面细胞多成椭圆形, 细胞排列比较疏松。远轴面细胞多为长方形, 呈栅栏型排布, 细胞排列紧密。海绵组织较疏松, $4 \sim 8$ 层。维管束 1 枚, 位于叶片的中心, 细胞多为不规则多边形。栅栏组织厚度在一定程度上决定叶片的光合速率, 3 种爵床科植物中银脉爵床的栅栏组织厚度最小, 并且其净光合速率最大, 表明栅栏组织厚度与净光合速率具有一定的相关性^[12-13]。

叶片受环境变化而发生相应的改变, 结构是功能的基础, 叶片结构的改变必然影响到生理生态功能的改变^[14]。不同品种的爵床科植物光合特性有着不同程度的差异, 净光合速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度、蒸腾速率以及水分利用效率都反映了不同种类的光合特性^[15-17]。从 3 种植物净光合速率的差异来看, 金脉爵床的光合能力强于银脉爵床和十字爵床, 其气孔导度也是最大, 这就意味着同样环境下进入金脉爵床的 CO_2 量比进入银脉爵床和十字爵床叶片中的多, 而细胞间隙内的 CO_2 量就越多, 所以气孔导度较大的金脉爵床叶片光合作用更强。同样, 水也是植物进行光合作用的原料之一,

度的增大呈直线上升的变化趋势; 随着光照度的继续增强, 净光合速率继续增长, 但增长速度逐渐减慢; 达到光饱和点以后基本处于稳定状态。

水分利用效率也是光合作用强弱的指标之一。3 种植物叶片的水分利用效率存在差距, 十字爵床水分利用率最高, 金脉爵床、银脉爵床次之。从蒸腾速率的对比结果来看, 金脉爵床与银脉爵床蒸腾速率较高, 与净光合速率及气孔导度成正比, 由此推断爵床科植物光合能力主要受气孔限制因素影响。光补偿点越小, 表明植物利用弱光的能力越强; 而光饱和点越高, 则表明植物适应强光的能力越强。光合-光响应曲线参数表明, 最大净光合速率依次是金脉爵床 > 银脉爵床 > 十字爵床, 其中金脉爵床与银脉爵床的很相近, 约是十字爵床的 2 倍。光补偿点依次是金脉爵床 > 银脉爵床 > 十字爵床, 而且相差显著, 说明 3 种植物中十字爵床利用弱光的能力最强, 金脉爵床利用弱光的能力最弱; 光饱和点依次是银脉爵床 > 金脉爵床 > 十字爵床, 说明金脉爵床利用强光的能力最强。暗呼吸速率为十字爵床最低, 3 种爵床科植物十字爵床最适宜阴暗环境, 适合栽种于温室阴面环境^[18]。

参考文献:

- [1] 陈守良, 金岳吴, 吴竹君. 禾本科叶片表皮微形态图谱 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1993.
- [2] Wilkinson H P. The plant surface (mainly leaf) [M]. Oxford: Clarendon Press, 1979.
- [3] 林新春, 俞志雄. 木兰科植物的叶表皮特征及其分类学意义 [J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(1): 33-39.
- [4] 蔡秀珍, 刘克明, 龙春林. 芋属 5 种植物叶表皮特征的扫描电镜观察 [J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2004, 27(4): 66-72.
- [5] Cantrill D J, Nichols G J. Taxonomy and palaeoecology of early Cretaceous angiosperm leaves from Alexander Island Antarctica [J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 1996, 92: 1-28.

杨静怡,张政文,吴 峰. 贵阳市主要绿化树种功能评价[J]. 江苏农业科学,2020,48(3):156-161.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.027

贵阳市主要绿化树种功能评价

杨静怡,张政文,吴 峰
(贵州大学林学院,贵州贵阳 550025)

摘要:城市树木为城市居民提供了多种多样的服务功能,但不同树种不同类型的功能是有差异的,因此需要建立评价体系以评估不同绿化树种功能的表现等级。建立了一个包含降温遮阴、滞尘、观赏性能和适应性的城市绿化树种功能综合评价指标体系,并以贵阳市为例,利用该评价体系计算了贵阳市 59 种主要绿化树种的功能表现得分。结果显示,柏木(*Cupressus funebris*)、柳杉(*Cryptomeria fortunei*)和马尾松(*Pinus massoniana*)的综合功能表现得分较高,滇鼠刺(*Itea yunnanensis*)、紫荆(*Cercis chinensis*)和樱桃(*Cerasus pseudocerasus*)的综合功能得分较低。建议根据不同绿地类型的功能选择适宜的绿化树种,可将不同功能表现等级的树种进行搭配,以实现绿化树种在功能上的互补。

关键词:绿化树种;功能表现;评价指标;贵阳市

中图分类号: TU985.12⁺⁷ **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0156-06

当今社会经济飞速发展,人们的物质生活水平不断得到提高,但人居环境质量却在不断下降^[1]。全球气候变化、空气污染等环境问题成为了诸多城市病发病率不断上升的主要诱因^[2]。人们在物质生活水平提高的同时,也更多地将注意力集中到如何提高人居环境质量上。众所周知,城市森林在改善城市环境的进程中扮演着重要角色,比如城市森林可以减少地表径流^[3],缓解城市热岛强度^[4],吸收二氧化碳^[5],减少空气污染^[6]等。

园林树木由于其生物量高、生命周期长、生态效益显著等特点,成为了城市绿化的主体^[7]。但是,在城市这样一个特殊的环境中,如何让树木在适应城市环境的同时还能充分发挥各种功能,达到美化和净化城市环境、提高城市居民身心健康水平的目的,绿化树种的选择是关键的一个环节^[8]。要想建立一个稳定的、高效的、持续发展的城市森林生态系统,必须要根据树种的形态和结构特性,结合其生态功能进行科学的树种选择。

不同树种由于形态和结构特点的不同,在功能上的表现也不尽相同^[9]。例如,植物的蒸腾作用能够对城市环境起到降温增湿的作用^[10]。植物的蒸腾作用主要是叶片表面的水分散发到空气中,因此植物叶片的一些特征,如叶片大小、叶量多少以及

收稿日期:2018-12-21

基金项目:贵州省科技合作计划(编号:黔科合 LH 字[2016]7447 号)。

作者简介:杨静怡(1985—),女,贵州贵阳人,硕士,讲师,主要从事城市生态学研究。E-mail:goldfishyy@163.com。

[6]魏书奎,于继洲,宣有林,等. 核桃叶片的叶绿素含量与光合速率的研究[J]. 北京农业科学,1994,12(5):31-33.

[7]赵宗方,吴建华. 梨树的光合特性[J]. 果树科学,1993,10(3):154-156.

[8]文晓鹏,罗 充. 板栗光合生理研究 I. 板栗品种的光合性能及影响因子[J]. 山地农业生物学报,1994(2):39-44.

[9]刘贞琦,刘振业,马达鹏,等. 水稻叶绿素含量及其与光合速率关系的研究[J]. 作物学报,1984,10(1):57-62.

[10]胡喜来,王 娜,张惠梅,等. 温室栽培下凯特杏叶片结构和光合特性研究[J]. 河南农业大学学报,2010,44(4):411-415.

[11]侯小改. 4 个牡丹品种光合特性的比较研究[J]. 河南农业大学学报,2007,41(5):527-530.

[12]蔡永立,宋永昌. 浙江天童常绿阔叶林藤本植物的适应生态学 I. 叶片解剖特征的比较[J]. 植物生态学报,2001,25(1):

90-98,130-131.

[13]杨克彬,孟凡志,郭先锋. 日光温室冬季增施 CO₂ 对切花红掌光合作用及生长发育的影响[J]. 应用生态学报,2017,28(6):1941-1947.

[14]胡建莹,郭 柯,董 鸣. 高寒草原优势种叶片结构变化与生态因子的关系[J]. 植物生态学报,2008,46(2):370-378.

[15]袁宏霞,孙 胜,张振花,等. 日光温室 CO₂ 加富对番茄叶片光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(7):136-139.

[16]李欣欣,陈凌艳,陈礼光,等. 高节竹和刺黑竹的光合特性分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(12):92-95.

[17]李艳艳,王俊青,许英豪,等. 油用牡丹不同种源光合特性的比较研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):137-141.

[18]马 微,廖 康,牛莹莹,等. 温室与露地栽培葡萄的光合及荧光参数差异分析[J]. 新疆农业科学,2016,53(3):393-399.