

李成忠,居萍,孙燕,等.遮阴对七叶树幼苗光合特性的影响[J].江苏农业科学,2017,45(22):162-165.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.22.044

遮阴对七叶树幼苗光合特性的影响

李成忠¹,居萍²,孙燕¹,周霞¹,徐顺飞²,李翔¹

(1.江苏农牧科技职业学院园林园艺系,江苏泰州 225300; 2.扬州市职业大学,江苏扬州 225000)

摘要:以 2 年生七叶树幼苗为试材,通过设置自然光与遮阴(60% 自然光)2 种光环境,研究遮阴对七叶树光合生理参数和叶绿素含量的影响。结果表明,遮阴使七叶树叶片的最大光合速率和暗呼吸速率降低,但差异不显著($P > 0.05$),光补偿点显著下降($P < 0.05$),光饱和点、叶绿素含量显著升高($P < 0.05$),胡萝卜素含量显著下降($P < 0.05$)。遮阴条件下,七叶树幼苗通过降低光补偿点、增大光饱和点等途径来充分利用环境中的弱光,同时通过提高叶绿素 a、叶绿素 b 的相对含量,降低胡萝卜素含量来增加对光的捕获量,从而提高其在弱光时的光能利用效率。

关键词:七叶树;遮阴;光合特性;叶绿素;胡萝卜素;光补偿点

中图分类号:S687.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)22-0162-03

七叶树(*Aesculus chinensis* Bunge.)别称桫欏树,为七叶树科七叶树属落叶大乔木,栽培历史悠久,是我国著名的观赏树种,其树干通直,冠大荫浓,掌状裂叶大而美丽,被誉为世界四大行道树之一^[1],其果实和种子别称娑罗子,富含七叶皂苷类成分,是著名的中药^[2]。随着城市景观工程提档升级及多功能树种资源的开发力度加大,市场对七叶树苗木的需求日益旺盛,七叶树生产受到高度关注。

光合作用是植物生长发育的基础,而光照度是影响植物光合作用的主要因子^[3]。测定不同光强下植物叶片的光合参数,对掌握树木生长发育状况,制定合理的栽培技术措施具有重要的作用^[4-5]。目前,有关七叶树的研究主要集中在种子繁殖时层积催芽过程中的生理生化反应、引种栽培后自然光照下的光合参数测定等方面^[6-9]。有研究表明,遮阴会对植物叶绿素含量、同化产物积累及净光合速率等指标产生一定的影响^[10]。长期以来,人们一直认为七叶树幼苗具有一定的耐阴能力,有关遮阴对七叶树光合生理影响的研究鲜有报道。本试验采用人工遮阴处理,探讨遮阴对七叶树光合生理参数的影响,以期对七叶树种苗生产及园林绿化中的合理配植提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 试验地概况

试验在扬州市职业大学实训基地进行,该基地位于江苏省扬州市邗江区汉河镇(119°26' E,32°24' N)。扬州市位于江苏省中部,江淮平原南端,属亚热带季风性湿润气候向温带季风气候过渡类型,冬冷夏热;土壤为黄棕壤,年均气温 14.6℃,最冷月为 1 月,月均气温 1.8℃,最热月为 7 月,月

均气温 27.5℃;年均降水量 1 030 mm,年均日照时数 2 176 h,无霜期 230 d。

1.2 材料

供试材料为 2 年生七叶树实生苗。2015 年 3 月底,选取生长良好、高矮一致的 20 株幼苗,并将幼苗随机分为 2 组,每组 10 株,分别进行自然光和单层黑色尼龙网遮阴处理,于 4 月晴朗无风的 10:00,利用美国产 Li-6400 光合测定系统测定光合光子通量密度,遮阴下的光合光子通量密度为自然光的 60%。

1.3 测定内容与方法

1.3.1 光合-光响应曲线 于 2015 年 4—9 月,选择晴朗无风的 09:00—10:30,利用 Li-6400 型便携式光合作用系统的自动光曲线程序测定光合-光响应曲线^[11],光源为 Li-6400 配置的红蓝光 LED 光源,标准叶室为 2 cm×3 cm,控制 Li-6400 参比室的 CO₂ 浓度为 400 μmol/mol,设定光合有效辐射通量密度(PPFD)依次为 2 000、1 800、1 600、1 400、1 200、1 000、800、600、400、200、100、50、20、0 μmol/(m²·s),利用 Li-6400 自带的“Light Curve”曲线测定七叶树成熟叶片的净光合速率[P_n , μmol/(m²·s)]。以 PPFD 为横轴、 P_n 为纵轴绘制光合作用-光响应曲线(P_n -PPFD 曲线),叶片最大光合速率[P_{max} , μmol/(m²·s)]、光饱和点[LSP, μmol/(m²·s)]、光补偿点[LCP, μmol/(m²·s)]、表观量子效率(AQY, mol/mol)、暗呼吸速率[R_d , μmol/(m²·s)]等参数由 Photosynthesis Work Bench 程序分析得到;叶片瞬时光能利用效率(LUE)计算公式^[12]为:

$$LUE = P_n / PPFD。$$

1.3.2 叶绿素含量 选取七叶树掌状复叶位于中间位置的健康完整叶片,采用丙酮法^[13]测定并计算叶绿素 a(Chl a)、叶绿素 b(Chl b)、类胡萝卜素(Cars)含量。

1.4 数据处理

应用 Excel 2003、SPSS 16.0 软件对数据进行光合-光响应曲线拟合及相关参数估算分析,并用 Duncan's 新复极差法进行差异显著性比较。

收稿日期:2017-04-06

基金项目:江苏省高校青蓝工程项目;中央财政支持林业科技推广项目(编号:lyss[2013]21);中央财政林业科技推广示范项目(编号:[2015]TJS09)。

作者简介:李成忠(1980—),男,山东兖州人,博士,副教授,从事园林植物资源利用及栽培生理研究。E-mail:czli@jsahvc.edu.cn。

2 结果与分析

2.1 遮阴对七叶树幼苗叶片光合-光响应曲线拟合参数的影响

光合-光响应曲线是植物光合作用随光照度变化而改变的反应曲线,是植物光合能力的反映。由图 1 可见,遮阴及自然光照下的七叶树幼苗光合作用均随光照度的加大而增加;光照度在 0~800 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 范围内,2 种处理的叶片净光合速率随光照的增强而迅速增加,光照度在 800~

2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 范围内,叶片的净光合速率增加较为缓慢;遮阴处理的七叶树幼苗叶片净光合速率多低于自然光,在夏季的净光合速率低于春季和秋季。由表 1 可知,遮阴下七叶树叶片的 P_{max} 、LSP、LCP、AQY、 R_d 在不同季节有明显差异;与自然光处理相比,遮阴使七叶树叶片的 P_{max} 、 R_d 降低,但差异不显著($P>0.05$),LCP 显著下降($P<0.05$),LSP 显著升高($P<0.05$);遮阴使七叶树叶片的 AQY 于春季略有下降,夏、秋 2 季则略有升高,但差异均不显著($P>0.05$)。

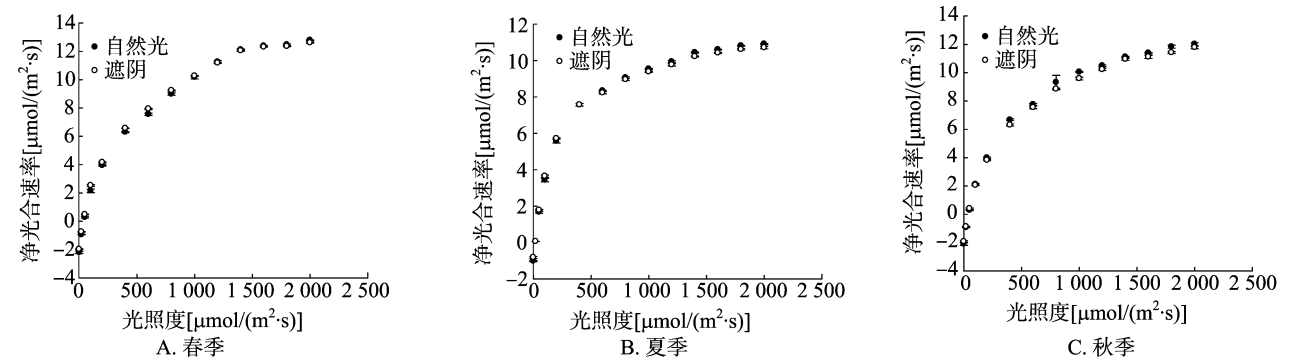


图1 自然光和遮阴条件下七叶树幼苗叶片在春、夏、秋 3 季的光响应曲线

表 1 自然光和遮阴条件下七叶树幼苗叶片在春、夏、秋 3 季的暗呼吸速率、表观量子效率、最大光合速率、光补偿点、光饱和点

| 季节 | 处理 | 暗呼吸速率(R_d) [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 表观量子效率(AQY) (mol/mol) | 最大光合速率(P_{max}) [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 光补偿点(LCP) [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 光饱和点(LSP) [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] |
|----|-----|---|--------------------------|---|--|--|
| 春季 | 自然光 | 1.55 ± 0.03a | 0.047 ± 0.005a | 14.59 ± 0.26a | 17.33 ± 1.53a | 1 395.33 ± 6.56b |
| | 遮阴 | 1.49 ± 0.03a | 0.041 ± 0.003a | 14.37 ± 0.14a | 12.33 ± 1.53b | 1 508.67 ± 5.29a |
| 夏季 | 自然光 | 2.67 ± 0.06a | 0.039 ± 0.003a | 11.44 ± 0.40a | 77.67 ± 1.53a | 896.33 ± 4.62b |
| | 遮阴 | 2.57 ± 0.05a | 0.043 ± 0.003a | 11.26 ± 0.22a | 45.67 ± 2.52b | 944.67 ± 6.43a |
| 秋季 | 自然光 | 2.12 ± 0.07a | 0.037 ± 0.003a | 14.77 ± 0.35a | 41.00 ± 2.65a | 1 295.33 ± 3.61b |
| | 遮阴 | 1.96 ± 0.07a | 0.043 ± 0.005a | 14.26 ± 0.23a | 35.67 ± 1.53b | 1 345.67 ± 3.61a |

注:同列数据后不同小写字母表示同一季节不同光处理之间显著差异($P<0.05$)。下同。

2.2 遮阴对七叶树幼苗叶片光合色素含量的影响

由表 2 可见,与自然光处理相比,同一季节遮阴处理的七叶树幼苗叶片叶绿素(Chl a、Chl b)含量有显著升高($P<0.05$),类胡萝卜素(Cars)含量显著下降($P<0.05$);春、秋 2

季遮阴条件下的 Chl a/b 值高于自然光,但差异不显著($P>0.05$),夏季自然光下的 Chl a/b 值显著高于遮阴($P<0.05$);不同季节遮阴处理的 Cars/Chl 值显著低于自然光($P<0.05$)。

表 2 自然光与遮阴条件下七叶树幼苗在春、夏、秋 3 季的叶绿素和类胡萝卜素含量

| 季节 | 处理 | 色素含量(mg/g) | | | Chl a/b | Cars/Chl |
|----|-----|-----------------|----------------|----------------|---------|--------------------|
| | | Chl a | Chl b | Cars | | |
| 春季 | 自然光 | 6.268 ± 0.063b | 2.126 ± 0.025b | 0.829 ± 0.008a | 2.949a | 0.098 8 ± 0.000 6a |
| | 遮阴 | 8.450 ± 0.243a | 2.720 ± 0.030a | 0.657 ± 0.004b | 3.108a | 0.058 8 ± 0.000 8b |
| 夏季 | 自然光 | 7.663 ± 0.147b | 2.335 ± 0.048b | 1.002 ± 0.011a | 3.281a | 0.100 2 ± 0.001 9a |
| | 遮阴 | 10.120 ± 0.128a | 3.224 ± 0.032a | 0.712 ± 0.010b | 3.139b | 0.053 4 ± 0.001 2b |
| 秋季 | 自然光 | 6.931 ± 0.073b | 2.269 ± 0.012b | 0.943 ± 0.015a | 3.055a | 0.102 5 ± 0.001 0a |
| | 遮阴 | 9.525 ± 0.190a | 3.044 ± 0.061a | 0.690 ± 0.009b | 3.129a | 0.054 9 ± 0.000 9b |

2.3 遮阴对七叶树幼苗叶片光合利用效率的影响

由图 2 可见,自然光照和遮阴处理的七叶树幼苗叶片光合利用效率(LUE)对光响应过程基本相似,为明显的单峰曲线;当光照度在 0~100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 范围内,随光照的增强,LUE 迅速上升,并在 100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时达到最大值,表现为对光强十分敏感,后 LUE 逐渐下降;在低光强时,遮阴处理的叶片 LUE 大于自然光处理,而当光照度大于 100 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,2 种处理的叶片 LUE 差异不明显;在

小于 400 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 弱光条件下,遮阴处理的七叶树幼苗 LUE 多高于自然光处理。

3 结论与讨论

光合-光响应曲线相关参数通常可作为判断植物所处环境条件与其光合特性之间响应情况的有效指标^[14]。通过对得到的参数进行分析发现,七叶树幼苗在夏季的净光合速率(P_n)低于春季和秋季,这主要是由于夏季暗呼吸速率(R_d)相

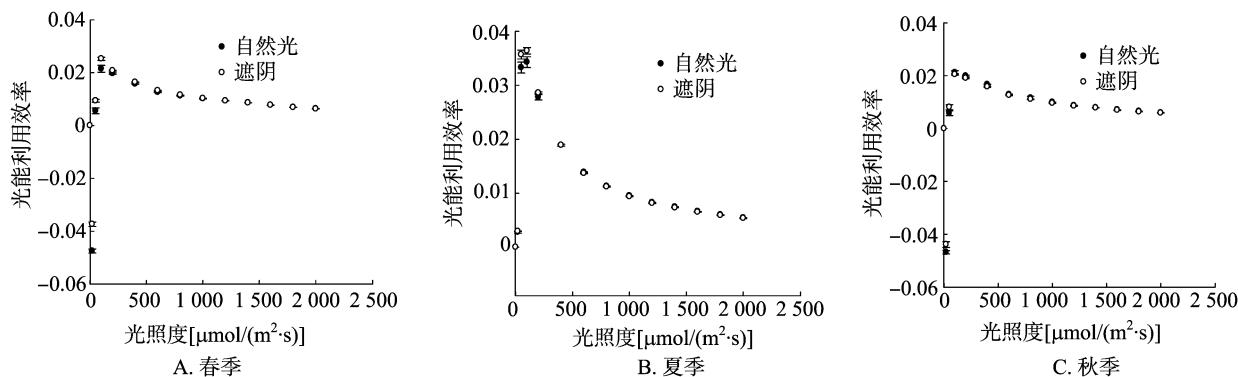


图2 自然光和遮阴条件下七叶树幼苗叶片在春、夏、秋 3 季的光能利用效率

对于春秋 2 季相对较高的缘故^[15]。 R_d 与光补偿点 (LCP) 是植物在弱光条件下的一种适应机制, R_d 与 LCP 降低使在弱光条件下的植物叶片可以减少碳的消耗,并最终适应光合速率的降低^[16],这与王瑞等的研究结论^[17-18]基本一致。

表观量子效率 (AQY) 可以反映叶片对弱光的利用能力, AQY 越大,表明植物吸收与转换光能的色素蛋白复合体可能越多,利用弱光能力越强^[19]。自然光照和遮阴处理条件下,七叶树幼苗叶片的表观量子效率差异不显著 ($P > 0.05$),遮阴后光补偿点较自然光照有显著降低 ($P < 0.05$),夏季的光补偿点明显高于春秋 2 季,说明遮阴条件下七叶树幼苗对弱光环境具有一定的适应能力。表观量子效率降低是光合作用光抑制的显著特征之一,自然光条件下,七叶树幼苗的 AQY 随季节的推移逐渐下降,而遮阴条件下则有所升高,说明试验区的七叶树幼苗在自然光照下于夏、秋季生长容易受到光抑制,而适度遮阴可较好地缓解这一问题。这与付忠等的研究结论^[20]一致。遮阴条件下,保持较高的光能利用效率对植物光合作用十分重要^[21]。本研究发现,遮阴处理的七叶树幼苗叶片光合利用效率 (LUE) 高于自然光处理,这说明遮阴的七叶树幼苗对弱光进行高效利用,有利于光合产物的积累,这与王凯等的研究结论^[15,22]一致。

试验结果表明,七叶树幼苗叶片在夏季自然光下的叶绿素 a 与叶绿素 b 的比值 (Chl a/b) 显著高于遮阴处理 ($P < 0.05$),这与 Xu 等的研究结果^[23]一致。类胡萝卜素 (Cars) 可以耗散过剩的光能,清除活性氧,从而保护光合机构,自然光下的七叶树幼苗 Cars/Chl 显著大于遮阴处理 ($P < 0.05$),这说明在自然光环境下七叶树幼苗的保护功能增强。由于叶绿素 a (Chl a) 的吸收带偏向红光波段,而叶绿素 b (Chl b) 在蓝紫光部分的吸收带较宽,不同季节七叶树幼苗叶片利用光谱存在差异,这与王凯等的研究结论^[15]一致,可能是七叶树幼苗叶片光合结构为适应外界光强、光质而作出的反应^[24],也可能与气温及叶片温度有一定的关系^[25],须进一步研究探讨。

参考文献:

- [1] 龙雅宜. 园林植物栽培手册[M]. 北京:中国林业出版社,2004.
- [2] 熊 艳,李海池,彭 银,等. 娑罗子中七叶皂苷类成分的最新研究进展[J]. 中药材,2016,39(5):1195-1199.
- [3] 张聪颖,方炎明,姬红利,等. 遮阴处理对红叶石楠和金桃叶珊瑚光合特性的影响[J]. 应用生态学报,2011,22(7):1743-1749.
- [4] Salgado-Luarte C, Gianoli E. Herbivory may modify functional responses to shade in seedlings of a light-demanding tree species [J]. Functional Ecology, 2011, 25(3):492-499.
- [5] 何科佳,王中炎,王仁才. 夏季遮阴对猕猴桃园生态因子和光合作用的影响[J]. 果树学报,2007,24(5):616-619.
- [6] 穆红梅,李鹏丽,时明芝. 赤霉素对七叶树种子萌发的影响研究[J]. 林业实用技术,2012(3):22-23.
- [7] 居 萍,李良俊. 七叶树种子层积过程中生理生化的研究[J]. 种子,2015,34(12):15-20.
- [8] 吴家森,宋福强,陈 荣,等. 3 种七叶树属植物叶片气体交换特征和叶绿素荧光特性比较[J]. 植物研究,2008,28(4):438-441.
- [9] 查振道,王军涛,白芳芳. 几种国外七叶树引种试验初报[J]. 林业实用技术,2006(11):23-24.
- [10] Ren B, Cui H, Camerato J J, et al. Effects of shading on the photosynthetic characteristics and mesophyll cell ultrastructure of summer maize [J/OL]. Die Naturwissenschaften, 2016, 103(7/8):67.
- [11] 李成忠,陶 俊,孙 燕,等. 喷钙对芍药花茎品质及叶片光合特性的影响[J]. 生态学杂志,2012,31(11):2817-2822.
- [12] 夏家宝,张光灿,刘京涛,等. 美国凌霄光合生理参数对水分与光照的响应[J]. 北京林业大学学报,2008,30(5):13-18.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [14] Tyree M C, Seiler J R, Maier C A, et al. Pinus taeda clones and soil nutrient availability: effects of soil organic matter incorporation and fertilization on biomass partitioning and leaf physiology [J]. Tree Physiology, 2009, 29(9):1117-1131.
- [15] 王 凯,朱教君,于立忠,等. 遮阴对黄波罗幼苗的光合特性及光能利用效率的影响[J]. 植物生态学报,2009,33(5):1003-1012.
- [16] 魏明月,云 菲,刘国顺,等. 不同光环境下烟草光合特性及同化产物的积累与分配机制[J]. 应用生态学报,2017,28(1):159-168.
- [17] 王 瑞,刘国顺,陈国华,等. 光强对苗期烤烟光合作用及干物质生产的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(8):2072-2077.
- [18] 王 一,张 霞,杨文钰,等. 不同生育时期遮阴对大豆叶片光合和叶绿素荧光特性的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(11):2072-2081.
- [19] 王振兴,朱锦懋,王 健,等. 闽楠幼树光合特性及生物量分配对光环境的响应[J]. 生态学报,2012,32(12):3841-3848.

余波,杨莉,史开志,等.猪传染性胸膜肺炎放线杆菌 LAMP 诊断方法的建立及耐药性调查[J].江苏农业科学,2017,45(22):165-167.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.22.045

猪传染性胸膜肺炎放线杆菌 LAMP 诊断方法的建立及耐药性调查

余波,杨莉,史开志,任荣清,徐景峨,杨粤黔

(贵州省畜牧兽医研究所,贵州贵阳 550005)

摘要:为建立快速诊断猪传染性胸膜肺炎放线杆菌(APP)的方法和耐药情况,根据 GenBank 中的 APP *apxIVA* 基因,设计合成 2 对引物,通过环介导等温扩增技术(LAMP)扩增条件的优化,建立了 APP LAMP 诊断方法,同时对分离到的 APP 进行耐药性分析。结果显示,建立的 LAMP 诊断方法最低核酸检测量为 2 pg/μL,对猪源大肠杆菌、猪源沙门氏菌、猪源支原体、副猪嗜血杆菌、猪源多杀性巴氏杆菌的扩增结果均为阴性,扩增反应 30 min 内完成,结果肉眼可见。分离得到的 31 株 APP,耐药性较强。结果表明,建立的方法可满足基层现场快速检测需要,对分离得到的 31 株 APP 耐药性分析表明,APP 耐药性较严重。

关键词:传染性胸膜肺炎放线杆菌;*apxIVA* 基因;环介导等温扩增;耐药性分析

中图分类号: S858.285.1⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)22-0165-03

猪传染性胸膜肺炎是由猪传染性胸膜肺炎放线杆菌(*Actinobacillus pleuropneumoniae*, APP)感染引起以纤维性肺炎为主要特征的猪呼吸道疾病^[1]。急性发病时,猪死亡率较高,出现呼吸严重困难,体温升高,食欲减退,剖检可见肺部与胸膜粘连;慢性发病时,猪死亡率较低,但生长缓慢,饲料转化率。该病自 1987 年在我国被发现以来,贵州省各地报道较多,给养猪业造成严重的经济损失^[2-4]。近年来,由于抗生素的滥用,APP 耐药性日益严重^[5-7]。为对 APP 进行现场快速诊断以及了解其耐药情况,根据 GenBank 中的 APP *apxIVA* 基因,设计合成 2 对引物,通过环介导等温扩增技术(LAMP)的扩增条件的优化,建立了 APP LAMP 诊断方法。同时,对分离的 APP 进行耐药性分析,为防治 APP 提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 细菌 猪传染性胸膜肺炎放线杆菌 1~15 型、猪源大

肠杆菌、猪源沙门氏菌、猪源支原体、副猪嗜血杆菌、猪源多杀性巴氏杆菌由贵州畜禽重大疫病防控重点实验室保存。

1.1.2 主要试剂 环介导等温扩增法 DNA 扩增试剂盒、环介导等温扩增法荧光检测试剂盒购自北京蓝谱生物科技有限公司;猪传染性胸膜肺炎放线杆菌 PCR 试剂盒由贵州省畜禽重大疫病防控重点实验室研制;细菌基因组 DNA 提取试剂盒购自天根生化科技(北京)有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 引物设计 根据 GenBank 中的 APP 1~15 型 *apxIVA* 基因序列,应用在线 PrimerExplorer 4.0 软件设计 4 条特异性引物,包括外引物和内引物(F3、B3、FIP、BIP)。引物由宝生物工程(大连)有限公司合成。引物序号如下:

F3:5'-TGGAGCTCCTCGATCTCAAG-3'; B3:5'-GCCC CACAATGACGTGTAC-3';

FIP:5'-GCAACGGTCACCAGACTCCCGACAACGGAGTG ACCTGTC-3';

BIP:5'-AGAGCAGCACCTGTAACGTTTACGCTTCTGCA TTTTCCCG-3'。

1.2.2 细菌核酸的提取 (1)临床样品:取 1.0 g 病猪肺脏、淋巴结加入 2 mL 0.1 mol/L PBS 研磨后,反复冻融 3 次,5 000 r/min 离心 5 min,取上清液用细菌基因组 DNA 提取试剂盒进行提取。(2)细菌样品:采用细菌基因组 DNA 提取试剂盒提取 DNA。

收稿日期:2016-06-08

基金项目:贵州省科技成果推广项目(编号:黔科合成字[2013]50);

贵州省农业科技攻关项目(编号:黔科合 NY[2015]3009-2 号);

贵州省工程中心项目(编号:黔科合农 G 字[2015]4001 号)。

作者简介:余波(1981—),男,四川广安人,硕士,副研究员,研究方向为兽医微生物与中兽药。E-mail:yubonky@163.com。

[20]付忠,谢世清,徐文果,等.不同光照强度下谢君魔芋的光合作用及能量分配特征[J].应用生态学报,2016,27(4):1177-1188.

[21]Penuelas J, Filella I, Llusia J, et al. Comparative field study of spring and summer leaf gas exchange and photobiology of the mediterranean trees *Quercus ilex* and *Phillyrea latifolia* [J]. Journal of Experimental Botany, 1998, 49(319):229-238.

[22]薛伟,李向义,朱军涛,等.遮阴对疏叶骆驼刺叶形态和光合参数的影响[J].植物生态学报,2011,35(1):82-90.

[23]Xu C, Yin Y, Cai R, et al. Responses of photosynthetic characteristics and antioxidative metabolism in winter wheat to post-anthesis shading[J]. Photosynthetica, 2013, 51(1):139-150.

[24]王金欢,耿庆伟,邢浩,等.遮阴对臭氧胁迫下“赤霞珠”葡萄叶片光合功能及活性氧代谢的影响[J].果树学报,2016,33(7):823-831.

[25]蔡艳飞,李世峰,解瑞佳,等.不同光照环境对“薇安”铁线莲光合特性的影响[J].园艺学报,2011,38(7):1377-1384.