

程 林. 枸骨冬青秋季光合生理特性研究[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(12): 221–223.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.070

枸骨冬青秋季光合生理特性研究

程 林

(江苏省句容中等专业学校, 江苏句容 212400)

摘要:研究了秋季盆栽枸骨冬青叶片的光合生理特性。结果表明:枸骨冬青叶片净光合速率(P_n)日变化值呈双峰曲线,且有明显的光合“午休”现象;日最大净光合速率为 $8.35 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; P_n 与蒸腾速率(T_r)、气孔导度(C_{ond})呈正相关,与胞间 CO_2 浓度(C_i)呈负相关;影响枸骨冬青光合作用的最主要环境因子是光照度、温度,而气孔关闭则是产生光合“午休”现象的根本原因。

关键词:枸骨冬青;光合特性;净光合速率

中图分类号: S687.01

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2015)12-0221-03

枸骨冬青(*Ilex cornuta*)别称枸骨冬青、猫儿刺等,分布于我国长江中下游等地区。该树种喜温好光,适应性强,最适宜在长江流域生长。枸骨冬青经整形修剪后,可被制作成大树形、球形及树状盆景,是一种良好的观叶、观果树种。枸骨冬青的枝、叶、树皮、果实均作为中药使用,具有滋补强壮功效,具有较高的药用价值。绿色植物通过光合作用产生其生长发育所需的有机养料,而光照影响着植物叶绿素合成、气孔关闭、光合作用进行以及光合产物分配运输等,从而影响植物的生长特性^[1]。本研究探讨枸骨冬青秋季光合生理特性,分析其光合性能,旨在为枸骨冬青的开发利用、科学栽培、高效管理提供依据。

1 材料与与方法

1.1 材料

试验于 2014 年 11 月 10—13 日在江苏省句容中等专业学校花卉盆景实训中心进行。选用枝叶繁茂、株高约 60 cm、冠幅约 40 cm 的 3 年生盆栽枸骨冬青作为试验材料,利用 Li-6400 型光合作用分析仪测定其光合速率、光合强度。

1.2 测定方法

1.2.1 光合速率日变化测定 设置 2 个处理,每个处理选择 10 株盆栽枸骨冬青,在天气晴朗、光照充足的情况下观测,测定时间为 09:00—17:00,每隔 1 h 观测 1 次,测定的主要指标有净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、气孔导度(C_{ond})、叶片温度(T)、蒸腾速率(T_r)、相对湿度(RH)等。测定时,选取枸骨冬青树冠中层的叶片,每株测 3 张叶片,每张叶片重复测定 3 次取平均值,即为枸骨冬青此时的测定值,用 Excel 2003 软件绘制相应的光合速率日变化曲线。

1.2.2 光合作用光响应曲线测定 在 $0 \sim 2\,000 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 光合有效辐射(PAR)强度范围内,设定不同强度 PAR,设定梯度依次为 0、30、50、80、140、220、300、600、900、1 200、1 500、

1 800、2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,由植物光合测定系统自动测定叶片 P_n ,由 Excel 2003 软件拟合合成的曲线计算出枸骨冬青的光补偿点(LCP)、光饱和点(LSP)、表观量子效率^[2]。植物的 LCP 是 P_n 为 0 时的光照度,植物的 LSP 为光合速率达到最大值时的光照度。

2 结果与分析

2.1 光合速率日变化规律

2.1.1 净光合速率与蒸腾速率的关系 由图 1 可知,枸骨冬青叶片 P_n 、 T_r 的日变化趋势相同,均呈“双峰”形。从 09:00 起,枸骨冬青叶片 P_n 、 T_r 随着光照度增强、气温升高而不断上升, P_n 在 11:00、14:00 出现 2 个峰值, T_r 在 11:00、13:00 出现 2 个峰值。在晴天的正午,由于温度过高,枸骨冬青叶片气孔关闭,水、二氧化碳供应不足,导致 T_r 在 12:00 时出现了较短暂的植物“午休”现象;对于 P_n ,由于原料供应不足,在 12:00、13:00 时出现“午休”现象。蒸腾作用是植物消耗水分的最主要方式,而水分又是植物进行光合作用的原料之一,因此枸骨冬青叶片蒸腾作用与光合作用具有一定的相关性。

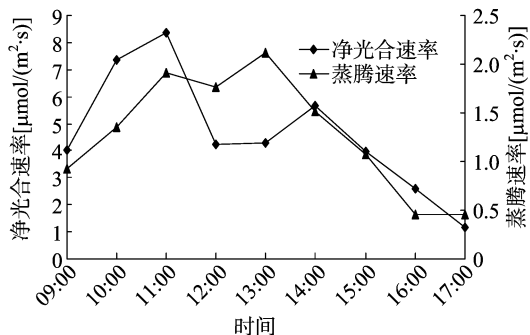


图1 枸骨冬青叶片净光合速率(P_n)与蒸腾速率(T_r)日变化

2.1.2 净光合速率与气孔导度的关系 由图 2 可知,枸骨冬青叶片 P_n 和 C_{ond} 的日变化曲线呈现近于平行的变化趋势,均呈“双峰”形。在晴朗天气的 9:00—11:00,随着气温升高,枸骨冬青叶片气孔张开,叶片 P_n 、 C_{ond} 呈逐渐增加的趋势,11:00 时达到最高峰值,分别为 8.35 、 $0.084 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 12:00—13:00,气温升至最高,此时光照度也达到最高,枸骨

收稿日期:2015-07-25

基金项目:中国职业技术教育学会科研规划项目(编号:255634)。

作者简介:程 林(1965—),男,江苏句容人,正高级讲师,主要从事农业类职业教育研究。E-mail:jrgmcl@163.com。

冬青叶片的 P_n 会因为部分气孔关闭而有所下降,因而出现短时间的“午休”现象^[3],而呈下降趋势;14:00 时,随着气孔逐渐开张, P_n 、 C_{ond} 再次出现 1 个较高峰值,分别为 5.45 、 $0.069 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;而后叶片 P_n 、 C_{ond} 随着光强减弱开始逐渐减小。因此,枸骨冬青叶片的光合速率与 C_{ond} 存在着明显的相关性,由 C_{ond} 变化可推测植物光合速率的变化趋势。

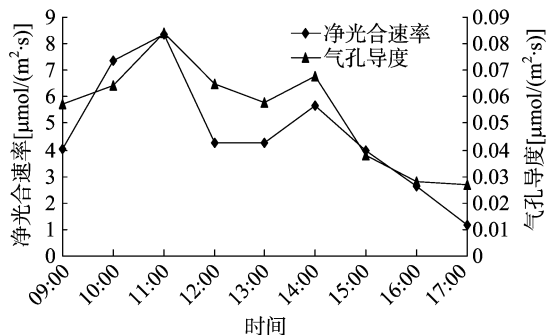


图2 枸骨冬青叶片净光合速率(P_n)与气孔导度(C_{ond})日变化

2.1.3 气孔导度与蒸腾速率的关系 从图 3 可以看出,枸骨冬青叶片的 C_{ond} 、 T_r 日变化曲线均呈“双峰”形,除了第 2 个峰值出现时间不同(前后相差 1 h)外,其他时间段的变化趋势基本一致。蒸腾作用是植物消耗水分的最主要方式,叶片气孔作为植物与外界环境进行水、气交换的主要通道,直接影响和控制着植物的蒸腾强度^[4],而叶片气孔开闭则是植物蒸腾作用上升或下降的最主要原因。由图 3 可知,叶片 C_{ond} 与 T_r 在日变化过程中呈同步变化趋势,且具有极显著的正相关性,叶片 T_r 在很大程度上取决于气孔的活动状态。

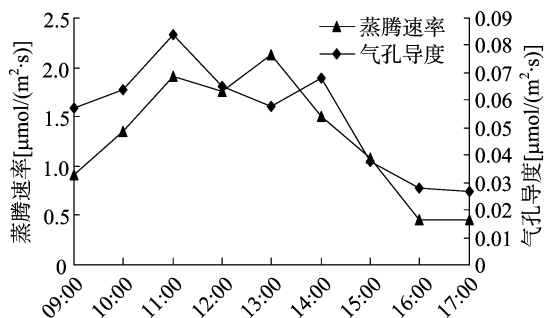


图3 枸骨冬青叶片气孔导度(C_{ond})与蒸腾速率(T_r)日变化

2.1.4 净光合速率与胞间 CO_2 浓度的关系 由图 4 可见,枸骨冬青叶片 C_i 在清晨较高,2 个峰值分别出现在 9:00、12:00;2 个谷值分别出现在 10:00、14:00。14:00 以后叶片 C_i 又逐渐上升,呈相对平稳的趋势。经过夜间的富集,早晨大气中 C_i 较高,9:00 时枸骨冬青叶片 C_i 即达到最大值,随着植物光合作用的进行,光合速率不断增强, CO_2 逐渐被消耗, C_i 逐渐降低;到 12:00 时,枸骨冬青 P_n 降至最低时,胞间 C_i 迅速升高;14:00 时, P_n 达到第 2 个高峰, C_i 降至低谷。总之,枸骨冬青叶片 P_n 高时, C_i 低; P_n 低时, C_i 高;两者的变化趋势相反,即叶片 C_i 没有因为 C_{ond} 的降低而减小。

2.1.5 净光合速率与叶面温度的关系 09:00—12:00 时 T 呈上升趋势;12:00 时达到第 1 个峰值,为 30.29°C ,此后略有降低;至 14:00 时达到第 2 个峰值,为 30.36°C ;而后缓慢下降(图 5)。由此可见,在一定范围内,枸骨冬青叶片 P_n 随

着 T 的升高而增强,当 T 升高至一定值后,气孔关闭,枸骨冬青叶片 P_n 开始下降,并出现明显的“午休”现象。

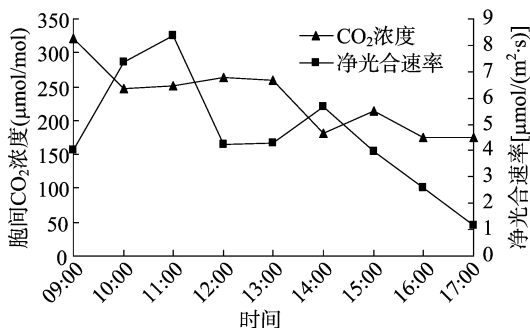


图4 枸骨冬青叶片净光合速率(P_n)与 CO_2 浓度(C_i)日变化

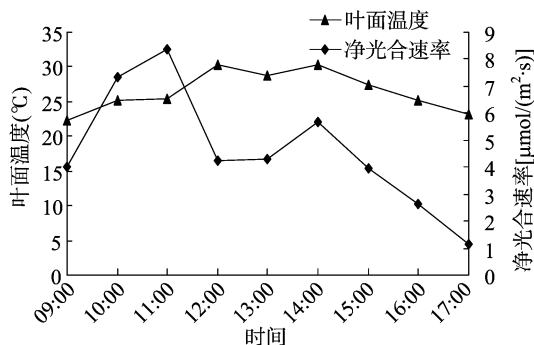


图5 枸骨冬青叶片净光合速率(P_n)与叶面温度(T)日变化

2.2 光照强度对叶片净光合速率的影响

光响应曲线反映了植物光合速率随光照度的变化规律^[5]。由图 6 可知,枸骨冬青的光响应曲线为 $P_n = -3 \times 10^{-6} \text{PAR}^2 + 0.0083 \text{PAR} + 0.6415$ ($r^2 = 0.9584$)。当 PAR 较低时 [$0 \sim 300 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$],枸骨冬青叶片 P_n 随 PAR 的增强而显著上升;当 PAR 增至 $1498 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以后, P_n 趋于平稳,继而下降,原因可能是 PAR 过强时,多余的光能造成光合效率下降或引起光抑制。根据光响应曲线,可计算出枸骨冬青叶片 LSP 为 $1498 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

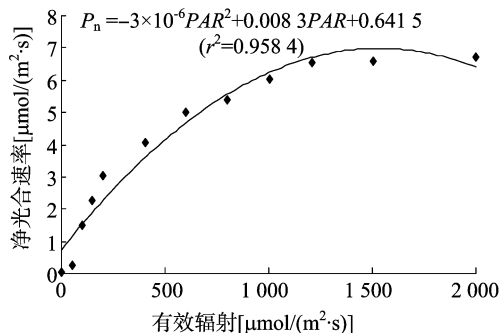


图6 枸骨冬青光合作用的光响应曲线

由图 7 可见,在 PAR 较低的情况下,建立的 $P_n - \text{PAR}$ 模拟直线回归方程为 $P_n = 0.0158 \text{PAR} - 0.1919$ ($r^2 = 0.9732$)。当模拟直线与 PAR 轴相交(即 $P_n = 0$)时,植物光合作用吸收的 CO_2 与呼吸作用释放的 CO_2 量相等,此时外界环境中的光照度即为枸骨冬青叶片光合作用的 LCP^[6]。根据 $P_n - \text{PAR}$ 模拟直线回归方程,可计算出枸骨冬青的 LCP 为 $12.145 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,说明枸骨冬青的 LCP 较低。该直线

方程的斜率即为表观量子效率,为 0.015 8。表观量子效率可表示弱光条件下光量子利用效率,提高表观量子效率,可以降低光补偿点和暗呼吸速率,从而提高植物的耐弱光性^[7]。在自然条件下,植物叶片的表观量子效率值一般为 0.03 ~ 0.05^[8]。

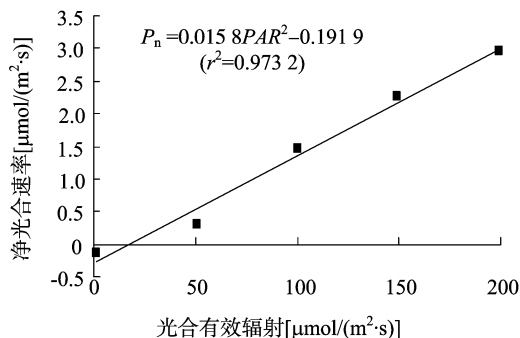


图7 枸骨冬青的光补偿点、表观量子效率

3 结论与讨论

在自然条件下,植物光合作用的日变化通常有“单峰”形和“双峰”形 2 种方式,但部分植物在不同季节也可能出现不同峰形^[9]。本研究表明:枸骨冬青叶片秋季 P_n 日变化呈双峰型,峰值分别出现在 11:00、14:00,2 个峰值之间有 1 个低谷,出现在 12:00 时左右。说明叶片温度和光合有效辐射是影响枸骨冬青光合作用最重要的环境因子,而气孔关闭则是产生光合“午休”现象的根本原因^[10]。

本研究表明: P_n 与 T_r 、 C_{ond} 呈正相关,与 C_i 呈负相关。枸骨冬青的 T_r 日变化与气温、光照度变化基本一致。在晴天的中午,由于大气温度较高,光照度较大,空气湿度较低,往往会使植物叶片温度快速升高,从而导致叶片内外的蒸汽压差增加,这样就加大了叶片的蒸腾作用^[11],使叶片蒸腾作用相对较强。由此可见,植物叶片的蒸腾作用与其光合作用具有一定的相关性,它是影响叶片 P_n 变化的一个重要因素;枸骨冬青叶片的光合速率与 C_{ond} 之间也存在着明显的相关性,其光合速率对 C_{ond} 具有一定的指示调节作用,植物光合速率有利于植物叶片光合作用时, C_{ond} 会增大;若不利于叶片光合作用, C_{ond} 就会减小^[12],同时 C_{ond} 也是影响植物光合速率的重要生理因子之一;枸骨冬青叶片 C_{ond} 与 T_r 在日变化过程中呈同步变化的趋势,且具有极显著的正相关性,叶片 T_r 在很大程度上取决于气孔的活动状态,可以通过气孔的自动开闭调节植物蒸腾作用的强弱^[5],适当减少植物体内水分的蒸腾散失,可以避免植物因气温过高、失水过多而导致萎蔫甚至死亡。本研究表明,枸骨冬青叶片 P_n 高时, C_i 低; P_n 低时, C_i 高,两者变化趋势相反,即叶片 C_i 没有因为 C_{ond} 的降低而减小。

光照强度对植物光合作用有显著影响,不同生态类型的植物对光照的响应不尽相同,其光合速率变化在强光和弱光

下均有差异^[13]。测定植物对光照度变化的生理反应,可以了解其对生态环境条件的适应性^[5]。根据光响应曲线,可以计算出叶片光合作用的 LSP、LCP 等重要参数。LSP、LCP 反映了植物对光照条件的要求,是判断植物喜光或耐阴性的一个重要指标。其中,LSP 反映了植物利用强光的能力,其值越高,说明植物在强光下越不易受到抑制,植物的耐阳性就越强。LCP 较低、LSP 较高的植物,对强光环境的适应性较强。枸骨冬青 LCP 低、LSP 较高,既喜光又耐阴,能适应多种光照环境。

本研究设置 2 个处理共 20 株苗木,试验中每个处理得出的结论基本一致,因此本试验结果作为理论值,可供生产实践参考,并不断在实践中加以完善。

本试验时间是 11 月,属于晚秋,由于秋季的 3 个阶段(初秋、中秋、晚秋)只是光照时间长短和温度高低不同的差别,对于本研究中涉及到的各因子相关性没有影响,因此选择该时间段基本上能代表整个秋季的变化。

由于技术条件限制,本研究仅开展秋季晴朗天气条件下的试验。后续研究中,应对枸骨冬青在不同季节、不同天气条件下所呈现的不同日变化特征进行研究,使得对枸骨冬青的光合特性分析更为全面、具体,为指导该植物生产提供更加科学的理论依据与实践指导。

参考文献:

- [1] 李振陆. 植物生产环境[M]. 北京:中国农业出版社,2006:131.
- [2] 程林. 小叶榕秋季光合特性研究[J]. 宁夏农林科技,2013,54(11):34-37.
- [3] 李新国,许大全,孟庆伟. 银杏叶片光合作用对强光的响应[J]. 植物生理学报,1998,24(4):354-360.
- [4] 宋志伟,张宝生. 植物生产与环境[M]. 北京:高等教育出版社,2012:152.
- [5] 孟平,张劲松,樊巍. 农林复合生态系统研究[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [6] 李振陆. 植物生产环境[M]. 北京:中国农业出版社,2011:145.
- [7] 韩浩章,王晓立. 水杨酸对番茄幼果期耐弱光性的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(6):118-120.
- [8] 尤扬,贾文庆,周建,等. 黄栌叶片光合特性[J]. 东北林业大学学报,2009,37(7):25-26,29.
- [9] 李德燕,姜鑫,高旭琴,等. 一串红光合日变化特性研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(9):137-139.
- [10] 王岩春,干友民,邱英,等. 高寒地区老芒麦川草 2 号的光合生理特性[J]. 江苏农业科学,2007(6):211-213,235.
- [11] 于界芬. 树木蒸腾耗水特点及解剖结构的研究[D]. 南京:南京林业大学,2003.
- [12] 谌晓芳. 鸡桑叶片光合速率与气孔导度及微气象因子的相关性研究[J]. 中国农学通报,2008,24(11):197-201.
- [13] 朱万泽,王金锡,薛建辉. 台湾桉木引种的光合生理特性研究[J]. 西北植物学报,2004,24(11):2012-2019.