

四个种源粉防己夏季光合特性比较

赖晓莲, 郭圣茂, 丁菲, 张丽霞, 廖兴国, 陈兰兰

(江西农业大学 园林与艺术学院, 江西 南昌 330045)

摘要:以2年生粉防己为试材,对江西永丰、遂川、高安和乐平4个种源粉防己的光合生理特性及其与环境因子的相关性进行了研究。结果表明:4个种源粉防己的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)日变化均呈双峰曲线;胞间CO₂浓度(Ci)日变化呈不规则的“W”型;4个种源之间光合特性存在差异;Pn日均值依次为:永丰种源>遂川种源>乐平种源>高安种源;除了Ci午后平均值比午前平均值略有增加之外,其它光合参数午后平均值均有较大幅度下降;影响粉防己Pn的主要指标有Tr、Gs、Ci;影响Tr的主要指标有Gs、Ci、光合有效辐射(PAR)。

关键词:粉防己;净光合速率(Pn);蒸腾速率(Tr);水分利用效率(WUE);光能利用率(LUE)

中图分类号:S 567.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)20-0156-05

粉防己(*Stephania tetrandra* S. Moore)属防己科(Menispermaceae)千金藤属(*Stephania*)多年生落叶缠绕性藤本植物,以根入药,是常用重要中药,主治水肿鼓胀、手足挛痛、湿热脚气、高血压、尘肺等症^[1-3]。其主要有效成分粉防己碱(又名汉防己甲素)在抗癌方面也有突出表现^[4]。

粉防己属野生品种,分布于江西、安徽、浙江、湖北、湖南、福建等地。因连年掠夺性采挖,各产地野生资源已严重萎缩,目前主要由江西、安徽2个产地供全国用药,其它产地供应量已逐渐消失或产出量甚微^[5]。目前对粉防己的研究主要集中于临床应用和有效成分药理作用的研究^[2-4],也有研究者初步分析了不同产地粉防己药效成分的含量差异^[5-7],而关于其生理生态方面的研究尚鲜见报道。为保护粉防己野生资源和确保粉防己药材的可持续供应,人工栽培势在必行。种源试验是植物人工驯化、引种栽培的基础。经过长期适应和自然选择,同一植物不同种源的光合特性存在显著差异^[8-11]。因此,该研究通过引种栽培,对江西4个种源粉防己的夏季光合特性进行了比较,以期阐明不同种源在高温季节对环境适应能力的差别,为粉防己种源选择和人工栽培提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在江西省南昌市北郊江西农业大学中药园进行。该园地理坐标为北纬28°46',东经115°55',海拔51 m。南昌位于江西中北部,属于亚热带季风性气候,年均温17.1~17.8℃,年均降雨量1 567.7~1 654.7 mm;光照充足,年均日照时数1 772~1 903 h;初霜期12月2日,终霜期2月25日,无霜期平均为281 d。试验地地势平坦,光照充足,排水通畅。粉防己种源试验地土壤基本理化性状:容重1.27 g/cm³,pH 5.45,有机质16.8 g/kg,碱解氮74.3 mg/kg,有效磷56.5 mg/kg,速效钾80.8 mg/kg。

1.2 试验材料

供试材料为2年生粉防己,种源分别取自江西遂川(SC)、永丰(YF)、高安(GA)和乐平(LP),详见表1。于2010年10—11月在各种源地采集直径2 cm左右的野生粉防己块根,切成3~5 cm长的条形,按30 cm×30 cm间距栽入大田中。各种源小区随机排列,立地条件相同,正常管理。

粉防己不同植株茎叶常缠绕在一起,不易分辨。光合测定时,在同一种源小区粉防己植株上部随机选择受光条件良好、大小接近、颜色正常、无病虫害的5片叶为对象,标上编号。

1.3 项目测定

1.3.1 光合日变化 采用Li-6400型光合分析系统(LI-COR公司,美国)于2013年8月中旬晴朗天气进行光合日变化测定,在8:00—17:00,每隔1 h测定1次叶片的净光合速率(Pn, μmol·m⁻²·s⁻¹)、蒸腾速率(Tr, mmol·m⁻²·s⁻¹)、气温(Ta,℃)、相对湿度

第一作者简介:赖晓莲(1978-),女,江西宁都人,本科,实验师,研究方向为药用植物栽培。E-mail:laixiaolian@126.com。

责任作者:郭圣茂(1970-),男,江西宁都人,硕士,副教授,现主要从事植物生理生态等研究工作。E-mail:shmguo@163.com。

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2012BAD14B14-4);江西省科技支撑计划资助项目(20111BBG70030-5)。

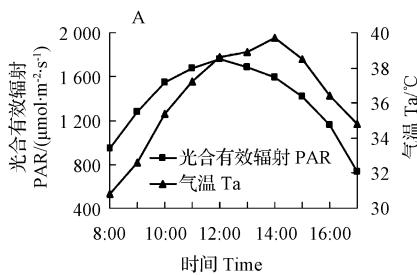
收稿日期:2014-06-10

表 1
Table 1 Location and climatic conditions of different provenances of *Stephania tetrandra*

种源 Provenance	代号 Code	经度 Longitude/°E	纬度 Latitude/°N	海拔 Elevation/m	年均温 Annual average temperature/°C	年降水 Annual precipitation/mm
遂川	SC	114.5	26.3	103~137	17.5	1 421
永丰	YF	115.4	27.2	65~87	17.8	1 577
高安	GA	115.3	28.4	52~74	17.7	1 560
乐平	LP	117.1	29.1	90~142	17.6	1 672

(RH,%)、光合有效辐射(PAR, $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气孔导度($G_s, \text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、大气 CO_2 浓度($C_a, \mu\text{mol}/\text{mol}$)、胞间 CO_2 浓度($C_i, \mu\text{mol}/\text{mol}$)等指标,系统稳定后,记录 5 次数据取平均值。

1.3.2 光能利用率和水分利用率 光能利用率(LUE, $\mu\text{mol}/\text{mmol}$)为植物或叶片某一时刻净光合速率与其相应瞬时光强的比值,反映的是植物在该条件下对光能的利用效率^[12]。水分利用效率(WUE, $\mu\text{mol}/\text{mmol}$)是指植物或叶片每蒸腾一定量的水分所同化 CO_2 的量,即某一时刻 P_n 与 T_r 的比值。



1.4 数据分析
试验数据采用 SPSS 17.0 统计软件和 Excel 2003 软件进行绘图并对相关数据进行多重比较等统计分析。

2 结果与分析

2.1 测定日环境因子变化

由图 1 可知,在测定时段,PAR 呈单峰曲线变化,在 12:00 达到最大值 $1\,764 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。Ta 为 $30.8 \sim 39.7^\circ\text{C}$,最高温度出现在 14:00。在 8:00—13:00, C_a 和 RH 都呈快速下降趋势。自 13:00 后, RH 有小幅回升,而 C_a 则在 $366 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 处基本保持平稳状态。

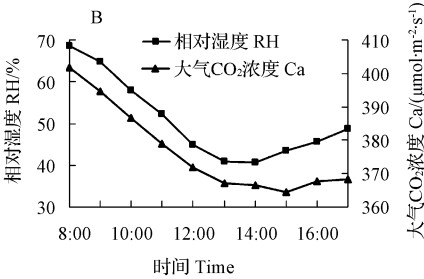


图 1 试验当天环境因子变化

Fig. 1 Diurnal variation of environmental factors in the determination day

2.2 光合特征日变化

2.2.1 净光合速率(P_n)日变化 由图 2-A 可知,4 个种源粉防己 P_n 日变化均呈双峰曲线。遂川、永丰、高安 3 个种源净光合速率在 11:00 出现第 1 个峰值,而乐平种源在 10:00 出现第 1 个峰值。出现第 1 个峰值后,各种源 P_n 均有较大幅度下降,并在 14:00 达到低谷。第 2 个峰值均出现在 15:00,之后各种源 P_n 再次下降。各种源 P_n 在不同时段存在差异。在 8:00—10:00,乐平种源 P_n 最高,而高安种源 P_n 显著低于其它种源($P < 0.05$)。在 11:00 以后,永丰种源 P_n 最高(13:00 遂川种源最高,但与永丰种源差异不显著),而乐平种源 P_n 最低(14:00 和 16:00 高安种源最低,但与乐平种源差异不显著)。日均 P_n 依次为:永丰种源 > 遂川种源 > 乐平种源 > 高安种源。

2.2.2 蒸腾速率(T_r)日变化 由图 2-B 可知,不同种源 T_r 与 P_n 有相似的日变化规律,均呈双峰曲线。遂川、永丰、高安 3 个种源 T_r 在 11:00 出现第 1 个峰值,而乐平种源在 10:00 出现第 1 个峰值。4 个种源第 2 个峰值均出现在 15:00,均远低于各自此前的第 1 个峰值。在

8:00—10:00 和 14:00 后,乐平种源 T_r 显著高于其它种源($P < 0.05$)。而高安种源 T_r 在全天基本上显著($P < 0.05$)低于其它种源(乐平种源在 11:00、遂川种源在 15:00 略低于高安种源,但不存在显著性差异)。日均 T_r 依次为:乐平种源 > 永丰种源 > 遂川种源 > 高安种源。

2.2.3 气孔导度(G_s)和胞间 CO_2 浓度(C_i)日变化 由图 2-C、2-D 可知,不同种源 G_s 的日变化也为双峰曲线。遂川、永丰、高安 3 个种源在 11:00 和 15:00 出现峰值。而乐平种源峰值出现时间在 10:00 和 15:00。在 8:00—10:00,以乐平种源 G_s 最大。自 12:00 后,不同时段排序无规律,变化较大。 G_s 日均值依次为:乐平种源 > 永丰种源 > 高安种源 > 遂川种源。不同种源 C_i 日变化曲线呈“W”型,遂川、永丰和乐安出现低值的时间是 11:00 和 15:00。而乐平种源低值出现时间在 10:00 和 15:00。在 8:00—10:00,以高安种源 C_i 最大。自 12:00 后,不同时段排序无规律,变化较大。日均 C_i 依次为:高安种源 > 遂川种源 > 乐平种源 > 永丰种源。

2.2.4 水分利用效率(WUE)和光能利用率(LUE)日变

化 由图 2-E、2-F 可知,各种源在 8:00 的 WUE 最高,此后不断下降,到 14:00 后有所回升,但幅度不大。乐平种源 WUE 在全天基本上显著($P<0.05$)低于其它种源(和永丰种源在 9:00—11:00 差异不显著)。日均 WUE 依次为:高安种源>遂川种源>永丰种源>乐平种源。各

种源在 12:00 前有较高的光能利用率。乐平种源在 10:00、其它种源在 11:00 出现全天最高值,之后开始大幅度下降,到 14:00 最低,14:00 之后开始回升。日均 LUE 依次为:永丰种源>遂川种源>乐平种源>高安种源。

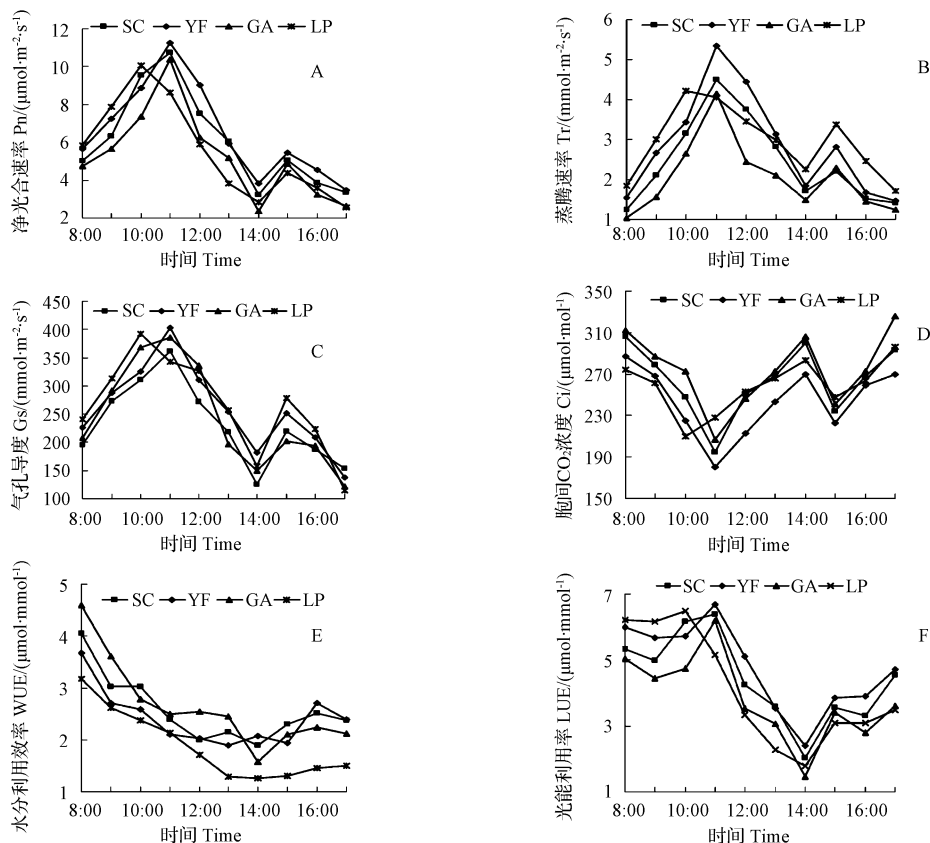


图 2 4 个种源粉防己光合特征日变化

Fig. 2 Diurnal changes of photosynthetic characteristics of four provenances of *Stephania tetrandra*

2.3 各光合参数午后变化幅度分析

以 8:00—12:00 时段计算各指标的上午平均值,以 13:00—17:00 时段计算各指标午后平均值,并分析各指

标午后变化幅度。由表 2 可知,除 C_i 在午后略有增加外,其它光合参数在午后均有较大幅度下降,下降幅度依次为: $P_n>LUE>G_s>T_r>WUE$ 。

表 2 各光合参数午后下降幅度

Table 2 The average value of photosynthetic parameters decrease percentage in the afternoon

种源 Provenance	P_n / %	T_r / %	WUE / %	LUE / %	G_s / %	C_i / %
遂川 SC	-44.98	-34.60	-22.32	-37.13	-36.12	6.57
永丰 YF	-44.69	-37.39	-15.98	-37.02	-33.44	7.84
高安 GA	-46.98	-27.45	-34.52	-40.03	-45.63	7.09
乐平 LP	-55.03	-23.01	-43.29	-49.76	-36.22	10.69
平均 Mean	-47.92	-30.61	-29.03	-40.99	-37.85	8.05

2.4 净光合速率、蒸腾速率与主要生理生态指标的相关性分析

由表 3 可知,除乐平种源 P_n 与 T_r 呈显著正相关外,各种源粉防己 P_n 与 T_r 、 G_s 呈极显著正相关($P<0.01$),与 C_i 均呈极显著负相关($P<0.01$)。除乐平种源 P_n 与 Ca 呈显著正相关($P<0.05$)外,各种源 P_n 与 RH 、 Ca 、 PAR 、 T_a 相关性不显著。

表 3 净光合速率与其它指标相关性分析

Table 3 Correlation analysis between P_n and other factors

种源 Provenance	Pn 与不同因子的相关系数 Correlation coefficient between Pn and other factors						
	T_r	G_s	C_i	T_a	RH	Ca	PAR
遂川 SC	0.893**	0.968**	-0.769**	0.015	0.286	0.334	0.576
永丰 YF	0.923**	0.976**	-0.799**	0.020	0.288	0.341	0.598
高安 GA	0.889**	0.914**	-0.773**	0.016	0.308	0.342	0.527
乐平 LP	0.754*	0.892**	-0.841**	-0.337	0.627	0.653*	0.330

注: * $P<0.05$, ** $P<0.01$ 。下同。

由表 4 可知,4 个种源粉防己 Tr 与 Gs 呈极显著正相关($P<0.01$),除隧川种源 Tr 与 PAR 呈极显著正相关外,其它种源 Tr 与 PAR 呈显著正相关($P<0.05$),与 Ci 呈极显著负相关($P<0.01$),与 Ta、RH、Ca 相关性不显著。

表 4 蒸腾速率与其它指标相关性分析

Table 4 Correlation analysis between Tr and other factors

种源 Provenance	Tr 与不同因子的相关系数 Correlation coefficient between Tr and other factors					
	Gs	Ci	Ta	RH	Ca	PAR
遂川 SC	0.847 **	-0.838 **	0.403	-0.123	-0.054	0.775 **
永丰 YF	0.913 **	-0.928 **	0.366	-0.076	-0.014	0.761 *
高安 GA	0.769 **	-0.890 **	0.398	-0.124	-0.103	0.679 *
乐平 LP	0.899 **	-0.942 **	0.319	-0.009	0.026	0.742 *

3 结论与讨论

在夏季高温季节,不同种源粉防己的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度的日进程均表现为双峰曲线,胞间 CO_2 浓度日进程为“W”型。不同种源粉防己的光合特性日进程存在显著差异,说明不同种源对同一环境的适应能力存在较大差别,这种差别在引种栽培时应加以考虑。比如,永丰种源有最高的净光合速率和较低的水分利用效率,该种源适宜在水分供应条件比较好的地方栽培。而高安种源净光合速率最低,但它的水分利用效率最高,因此该种源适宜在易旱的山坡地推广。

有研究认为,植物光合速率与温度、光合有效辐射呈正相关^[13-14]。该研究的相关分析结果表明,在夏季高温季节,不同种源粉防己净光合速率与蒸腾速率、气孔导度存在显著正相关,与胞间 CO_2 浓度存在显著负相关,而与气温、光合有效辐射的相关性不显著。这表明气温、光合有效辐射对净光合速率的正相关作用是有条件的,只在一定的范围内存在。

光合作用存在气孔限制和非气孔限制 2 种类型:由于气孔导度的限制,导致胞间 CO_2 浓度不能满足光合作用的需求,为气孔限制;因叶绿体活性与 Rubisco 酶活性和 RuBP 再生能力降低等引起光合能力的降低,为非气孔限制^[15]。4 个种源粉防己净光合速率均在 14:00 出现了最低值,存在明显“光合午休”现象,此时胞间 CO_2 浓度处于峰值,据此推测粉防己在该环境条件下光合作用受非气孔因素制约,其机理还有待于进一步研究。

光合作用是作物产量形成的基础。但不同种源粉防己净光合速率、蒸腾速率、水分利用效率、光能利用率在午后都会有较大幅度的下降,净光合速率在午后下降幅度高达 44%~55%,水分利用效率下降 15%~43%,光能利用率下降幅度为 37%~50%。在午后,如适当采取喷灌、遮荫等田间管理措施,通过控制光照、温度、湿度等环境因子,改善生长条件,将有利于提高粉防己的水分利用效率、光能利用率,增加生物产量。

由于植物光合特性受土壤理化性质及气象条件等各种环境因素影响,粉防己光合生理试验数据还需要根据不同环境变化进行不断的充实,光合特性参数在粉防己种源筛选中的应用也有待于更深入研究。

参考文献

- [1] 中国药典委员会. 中华人民共和国药典一部(2005 版)[M]. 北京:化学工业出版社,2005:101.
- [2] 周丁子,彭莉君,朱启上,等. 汉防己甲素治疗尘肺的疗效及对免疫功能的影响[J]. 中华劳动卫生职业病杂志,2011,29(10):783-785.
- [3] 赵鑫,瞿晶田,郭英,等. 汉防己甲素心血管药理研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报,2013,15(5):82-85.
- [4] 王丽敏,吕宏彦,李庆勇,等. 粉防己碱的抗肿瘤药理研究新进展[J]. 时珍国医国药,2008,19(10):2558-2559.
- [5] 左坚. 皖南及周边地区粉防己药材资源调查及质量差异研究[D]. 济南:山东中医药大学,2011:8-11.
- [6] 黄泽春,王益群. 高效液相色谱法测定防己药材中粉防己碱与防己诺林碱的含量[J]. 中南药学,2008,6(5):541-543.
- [7] 黄丽萍,左坚,张颖. 不同产地粉防己药材中主要生物碱含量对比研究[J]. 甘肃中医学院学报,2010,27(3):65-67.
- [8] 张蕊,王艺,金国庆,等. 氮沉降模拟对不同种源木荷幼苗叶片生理及光合特性的影响[J]. 林业科学研究,2013,26(2):207-213.
- [9] 孟德悦,吴海勇,刘光斌,等. 不同种源无患子光合与蒸腾速率差异分析[J]. 经济林研究,2013,31(2):48-53.
- [10] 张玲菊,高亭亭,章晓玲,等. 5 个种源铁皮石斛的光合特性[J]. 浙江农林大学学报,2013,30(3):359-363.
- [11] 赵勋,李因刚,柳新红,等. 白花树不同种源苗木光合- CO_2 响应[J]. 江西农业大学学报,2011,33(3):1128-1133.
- [12] 樊荣峰. 大豆和玉米光合速率、光能利用率对光强响应特征的差异性分析[J]. 中国农学通报,2006,22(12):117-122.
- [13] 宗建伟,杨雨华,杨凤玲,等. 4 个核桃品种光合特性的日变化[J]. 草业科学,2013,30(3):397-401.
- [14] 官璇,张如莲,曹红星,等. 4 个椰子品种光合、蒸腾作用日变化特征及影响因素[J]. 热带作物学报,2011,32(2):221-224.
- [15] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. Ann Rev Plant Physical,1982,33:327.

Comparison of Photosynthetic Characteristics of Four Geographical Provenances of *Stephania tetrandra* in Summer

LAI Xiao-lian, GUO Sheng-mao, DING Fei, ZHANG Li-xia, LIAO Xing-guo, CHEN Lan-lan

(College of Landscape Architecture and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang, Jiangxi 330045)

施肥对垫江牡丹产量及药用品质的效应

冉 烈, 游玉明, 李会合

(重庆文理学院 林学与生命科学学院, 重庆 402168)

摘 要:以垫江牡丹为试材,通过田间试验研究不同施肥处理[常规施肥,CK;菜籽饼 300 kg/667m²,RC;NPK(N-P₂O₅-K₂O,7-4-5 kg/667m²);NPK+菜籽饼,NPK+RC;缓释肥(N-P₂O₅-K₂O,14-8-8)50 kg/667m²,SRF]对牡丹产量、药用品质以及丹皮养分吸收和累积的影响。结果表明:与CK相比,不同施肥处理提高2、3、4年生牡丹丹皮产量分别为69.7%~206.7%、28.1%~63.7%、19.4%~66.7%,增量幅度依次为:SRF>NPK+RC>NPK>RC;提高2、3、4年生牡丹丹皮酚含量分别为14.6%~64.6%、3.26%~32.5%、13.6%~31.8%,提高芍药苷含量分别为0.34%~55.3%、63.1%~78.5%、8.03%~46.6%,增量幅度依次为:SRF>NPK+RC>NPK>RC;对丹皮养分含量的效应主要以增加为主;NPK+RC、SRF处理对提高丹皮养分累积量的效果最明显;综合牡丹的产量和药用品质,NPK+RC、SRF处理为垫江牡丹高产优质的最佳方式。

关键词:施肥;牡丹;产量;药用品质

中图分类号:S 685.11;S 606+.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)20-0160-04

牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr)属毛茛科芍药属落叶小灌木,花单瓣或重瓣,素有“国色天香”之美誉^[1]。牡丹以根皮供药用,习称丹皮,具有抑菌抗炎、抗肿瘤、降血糖、抗血栓和动脉粥样硬化等药理作用,为常用中

药^[2]。早在1962年,重庆垫江就被国家商业部确定为丹皮生产基地,在2001年被重庆市政府列入“百万亩优质中药材产业化工程”建设项目,牡丹常年种植面积约1 000 hm²,垫江牡丹作为重庆市中药材的重要品种,在中药产业化和中药产业“重构提升”中占有举足轻重的地位^[3]。加快垫江牡丹GAP种植对于提升川丹皮质量、促进区域创新、整体经济增长、区域经济发展和提高市场竞争优势具有重要意义。

目前有关垫江牡丹的研究,主要集中在花期调控、生长环境调查、丹皮酚的变化规律和动态特征等方面^[4-6],对垫江牡丹营养特性和施肥效应方面研究甚少。该试验以垫江牡丹为研究对象,通过田间小区试验研究了不同施肥处理对垫江牡丹生长、药用品质和丹皮养分

第一作者简介:冉烈(1984-),男,重庆黔江人,硕士,助理实验师,现主要从事植物营养与品质及植物生物学等教学与科研工作。E-mail:ranl2002@126.com.

责任作者:李会合(1977-),男,河南内乡人,博士,教授,现主要从事植物营养与品质及植物营养与环境生态等研究工作。E-mail:lihuihe@163.com.

基金项目:重庆市科技攻关资助项目(CSTC,2011AC1192);重庆文理学院资助项目(Y2012LX43)。

收稿日期:2014-05-27

Abstract: Taking 2-year-old *Stephania tetrandra* as material, the photosynthetic characteristics of four provenances of *Stephania tetrandra*, which were from Yongfeng(YF), Suichuan(SC), Leping(LP) and Gaoan(GA) were studied. Li-6400 portable photosynthesis analyzer were used to measure the photosynthetic characteristics of the provenances in summer. The results showed that the net photosynthetic rate(Pn), stomatal conductance(Gs), and transpiration rate(Tr) of the four provenances changed as bimodal peak curve; the intercellular CO₂(Ci) appeared to vary in a W-shaped curve. The photosynthetic characteristics between the four provenances were different; the order of average Pn of them taken as YF>SC>LP>GA. The average values of Pn, LUE, Gs, Tr and WUE had decreased substantially in the afternoon while the average values of Ci increased slightly. The results of correlation analysis showed that Tr, Gs, Ci were the main influencing factors on Pn; and that Tr closely related with Gs, Ci, PAR.

Keywords: *Stephania tetrandra*; net photosynthetic rate(Pn); transpiration rate(Tr); water use efficiency(WUE); light use efficiency(LUE)