

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2012.05.013

不同光强对吴茱萸生长动态 和光合日变化的影响

李林轩¹, 邹蓉², 唐辉^{2*}

(1. 广西药用植物园/广西药用资源保护与遗传改良重点实验室, 南宁 530023;

2. 广西壮族自治区广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

摘要:报道了不同生长光强(透光率分别为15%、30%、50%、100%)对吴茱萸的生长和光合日变化的影响。结果表明:生长环境光强对吴茱萸苗期株高、地径和冠面积的影响较大,100% RI下的株高、地径和冠面积明显小于各遮荫处理,其中30% RI下吴茱萸的株高、地径和冠面积最大,这表明苗期强光不利于吴茱萸的生长。随着光强的减弱,吴茱萸增大冠面积与株高有利于截获更多光能。10月下旬,100% RI下吴茱萸净光合速率(P_n)日变化曲线呈“双峰型”,11:30~14:30,吴茱萸的 P_n 、胞间二氧化碳浓度与气孔导度均下降,表明此时的光合午休现象是由气孔部分关闭造成的。各遮荫处理下,吴茱萸的 P_n 日变化均呈“单峰型”,并无第二峰的出现,可能与遮荫条件下,下午光强较弱,环境温度较高,空气相对湿度较低有关。

关键词:光合特性; 生长特性; 吴茱萸

中图分类号: Q945.11 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2012)03-0345-05

Effects of light intensity on the growth and diurnal variation of photosynthesis in *Evodiarutaecarpa* seedlings

LI Lin-Xuan¹, ZOU Rong², TANG Hui^{2*}

(1. Guangxi Botanical Garden of Medicinal Plant/Guangxi Key Laboratory of Medicinal Resources Protection and Genetic Improvement, Nanning 530023, China; 2. Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China)

Abstract: The growth and diurnal variation of photosynthesis to different shading levels (15%, 30%, 50%, 100% relative inadianes) in *Evodiarutaecarpa* seedlings were examined. The results showed that, the height, diameter and crown area of *E. iarutaecarpa* seedlings were significantly influenced by growth light intensities. The three properties under 100% sunlight were significantly lower than which under other sunlight, and those properties under 30% sunlight were the largest. It could be seen that high light was not conducive to the growth of *Evodiarutaecarpa* seedlings. With the decrease of light intensity, the crown area and height of *E. iarutaecarpa* increased significantly, which enhanced the light interception in low light. In late October, diurnal variation in net photosynthetic rate (P_n) was two-peak pattern in *E. iarutaecarpa* under 100% sunlight. From 11:30 to 14:30, the P_n , intercellular CO_2 concentration and stomatal conductance were all decreased,

* 收稿日期: 2012-02-09 修回日期: 2012-04-17

基金项目: 广西科技攻关项目(桂科攻 0815005-2-4); 桂林市科技成果转化与应用项目(20100103-6)[Supported by Key Technologies Research and Development Program of Guangxi(0815005-2-4); Project of Science and Technology Achievements Transformation and Application of Guilin City(20100103-6)]

作者简介: 李林轩(1986-), 男, 广西桂林人, 研究实习生, 从事药用植物生理生化学研究, (E-mail)starry1125@sina.com。

* 通讯作者: 唐辉, 男, 研究员, 从事药用植物栽培技术研究, (E-mail)913529761@qq.com。

which indicated that stomatal partial closure was the main direct factors which affected the diurnal variation of P_n . The P_n did not show second peak during the afternoon in *E. iarutaecarpa* seedlings under three shading treatment, which was related to the low light intensities, high air temperature and low air relative humidity in the afternoon under shading treatment.

Key words: photosynthetic properties; growth properties; *Evodia iaru-*

中药吴茱萸为芸香科植物吴茱萸(*Evodia iaru-*
taecarpa)的干燥近成熟果实,是名贵出口药材(中
华人民共和国卫生部药典委员会,1995;孙世荣等,
2009)。吴茱萸为落叶灌木或小乔木,野生于山地、
路旁或疏林下,主产于上海、河南、四川等地。光合
作用是植物生长和其它一切代谢活动的生理基础,
光合特性的不同往往是植物生长及抗逆性差异的直
接原因之一(Buchanan 等,2000)。光是最重要的生
态因子,植物适应光环境变化的能力很大程度上决定
着植物的产量和分布模式,一般认为,高温、强光和
低湿等环境条件引起的气孔限制和非气孔限制是光
合作用“午休”发生的主要因素(张往祥等,2002)。
遮荫可以在一定程度上降温增湿,改善植物的冠幕
微环境,大大降低叶温,有效消除叶片光合作用的
“午休”现象,但是重度遮荫降低植物的光合速率(何
科佳等,2007;Gregoriou 等,2007)。

目前,国内外学者对吴茱萸的研究主要集中在
化学成分(王奇志等,2004;王世永等,2008)、药理及
临床(周红祖等,2008)等方面,但有关光强对吴茱萸
生长、光合特性的影响研究未见报道。本文比较研
究了不同光照强度下吴茱萸的生长动态与光合参数
日变化的差异,探讨吴茱萸生长和光合特性对生长
环境光强变化的响应和适应性,进而为吴茱萸高产
优质栽培提供理论依据。

1 材料和方法

试验在中国科学院广西植物研究所进行,通过
用黑色尼龙网遮荫,建立相对光强(Relative irradi-
ance, RI)分别为 20%、30%、50%和 100%(不遮荫,
夏季用 Li-6400 便携式光合作用系统测得,试验地
区自然条件下全日照为 $2\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右)
的遮荫棚 4 个。于 2010 年 5 月 10 日,选择生长基
本一致的广西吴茱萸根蘖苗移植于塑料花盆,每盆
1 株,植株恢复生长后,于 5 月 24 日转至 4 个不同
生长光强下培养。6 月 16 日,各光强下随机选定 10
株,直尺测定株高和冠面积(Crown area, $0.25\pi\times\text{冠}$
 宽^2),游标卡尺测定地径,以后每 30 d 测定 1 次,最

后一次测定时间为 11 月 13 日。试验期间加强肥水
管理,每月施复合肥 1 次,随时防治病虫害。

采用 Li-6400 便携式光合作用系统(LI-COR,
Lincoln, Nebraska, USA)于 2010 年 10 月 20 日测
定不同光强下吴茱萸叶片的光合日变化。选植株主
干顶部的成熟叶片进行光合测定,每个处理 3 株,每
株 1 个叶片,空间取向和角度尽量一致。自当地时
间 8:30~17:30 进行,每 1.5 h 测 1 次。生理指标
包括植物的净光合速率($P_n, \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾
速率($Tr, \text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、气孔导度($G_s, \text{mol}\cdot$
 $\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)与胞间 CO_2 浓度($C_i, \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$);环境
参数包括光合有效辐射(PAR)、气温(TA)、和空气
相对湿度(RH)等。

用 SigmaPlot 9.0(SPSS Inc., USA)绘图。

2 结果和分析

2.1 不同光强对吴茱萸地径、株高和冠面积生长动态的影响

6 月 16 日至 11 月 13 日,4 种生长光强下吴茱萸
的株高、地径和冠面积均随生长时间的推移,基本
呈线性增加的趋势,10 月 14 日以后吴茱萸的株高
和冠面积增长放缓,而地径继续直线增大(图 1);4
种光强相比较,吴茱萸以上 3 个生长参数,处理初期
的差异相对较小,随着时间的推移,差异越来越大
(图 1)。7 月 16 日开始,100% RI 下吴茱萸的株
高、地径和冠面积明显小于各遮荫处理,而 30% RI
下吴茱萸以上参数值明显大于其他各处理。

2.2 不同光强对吴茱萸地径、株高和冠面积增长量的影响

各光强下吴茱萸基径增长量均于 6 月 16 日至
7 月 16 日这个月增长量最大,随后增长减慢,100%
 RI 与 50% RI 下吴茱萸均在 8 月 15 日至 9 月 14
日这个月地径增长最慢,整个测量时间段,地径增长
量大小依次为:30% $RI > 50\% RI > 20\% RI >$
 $100\% RI$ (图 2; A)。100% RI 下吴茱萸株高增长
量呈先降后升的趋势,8 月 15 日至 9 月 14 日这个
月株高增长最慢,10 月 14 日至 11 月 13 日这个月

增长最快;3个遮荫处理下吴茱萸株高增长量均于6月16日至7月16日这个月增长量最大,随后增长逐渐减慢,9月14日至10月14日这个月又达到一个增长高峰期,随后又增长放缓;整个测量时间段,

株高增长量大小依次为:30% RI>20% RI>50% RI>100% RI(图2:B)。各光强下吴茱萸冠面积增长量均于6月16日至8月15日这两个月增长最快,此后增长放缓,10月14日至11月13日这个月

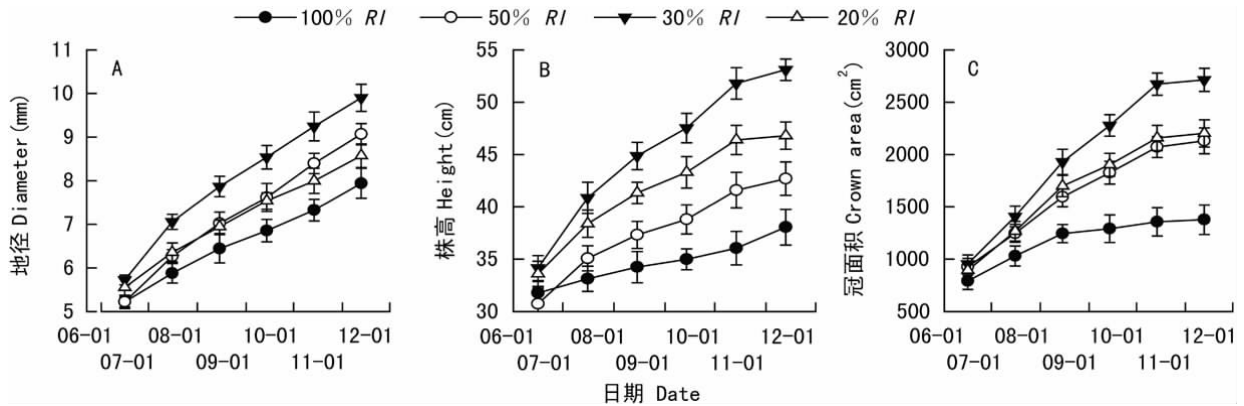


图1 不同光强下吴茱萸地径、株高和冠面积的生长动态

Fig. 1 Growth dynamics of *Evodia carpa* diameter, height and crown area grown under different light intensities

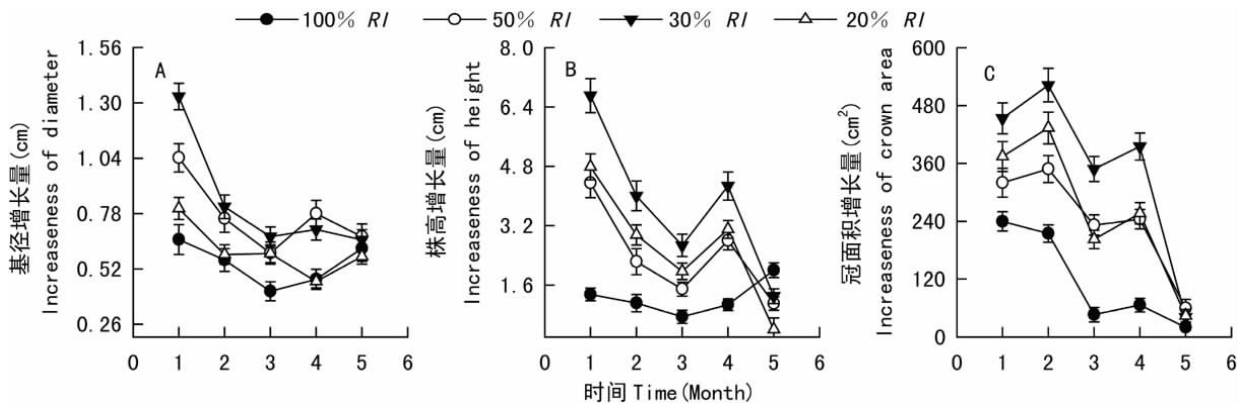


图2 不同光强下吴茱萸地径、株高和冠面积的增长量

Fig. 2 Increment of *Evodia carpa* diameter, height and crown area grown under different light intensities

基本没有增长;整个测量时间段,30% RI下吴茱萸冠面积增长最大,20% RI与50% RI居中,100% RI下增长最小(图2:C)。

2.3 光合环境因子日变化

从图3可以看出,4种生长光强的光合有效辐射(PAR)分别为100%(不遮荫)、50%、30%和20%全日光。空气温度(TA)和相对湿度(RH)日变化均受光合有效辐射日变化的影响,但存在1h左右的滞后效应,且各光强下的TA与RH值并不随光强成比例增长。测定当日,各光强下光合有效辐射、空气温度和相对湿度的日变化均呈单峰曲线,其中光合有效辐射在13:00左右达最大值,空气温度和相对湿度在14:00左右分别达最大和最小值(图3)。

2.4 不同光强下吴茱萸光合生理参数的日变化

10月20日,100% RI吴茱萸的 P_n 日变化呈“双峰型”,出现了明显的光合作用“午休”现象,第一峰值出现在上午11:30时左右,第二峰值出现在16:00时左右,第一峰值大于第二峰值,而谷底出现在14:30时左右;其余各光强下吴茱萸的 P_n 日变化均呈“单峰型”,峰值与100% RI的第一峰值的出现时间一致,但 P_n 值均低于100% RI下的值,其中20% RI下的 P_n 值最低,50% RI与30% RI下的 P_n 值接近(图4:A)。各光强下吴茱萸的 G_s 日变化与 P_n 日变化趋势一致(图4:B)。各光强下吴茱萸的 C_i 日变化总体呈先降后升的趋势,其中100% RI下的 C_i 值最低,50% RI与30% RI下的 C_i 值接近,20% RI下的 C_i 值最高(图4:C)。

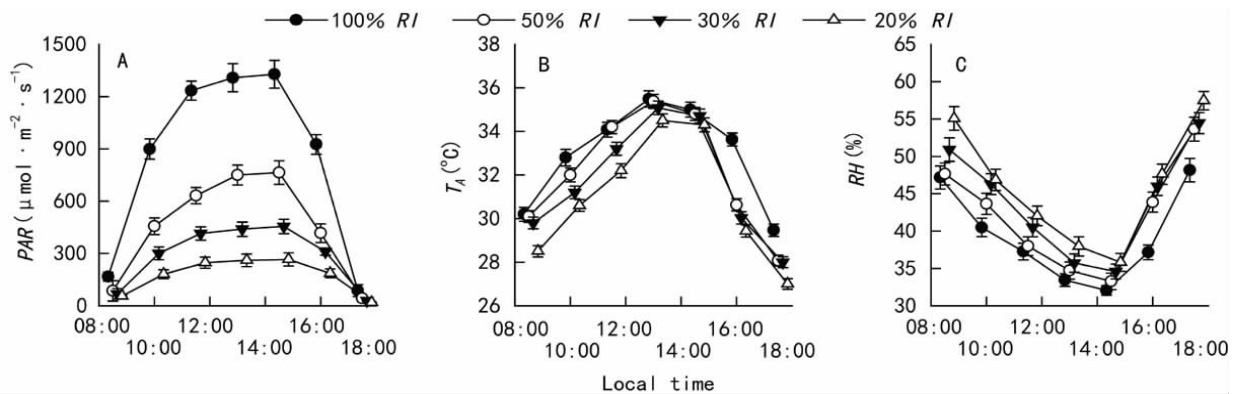


图 3 光合有效辐射、气温和相对湿度的日变化

Fig. 3 Diurnal course of photosynthetically active radiation(PAR), air temperature (TA) and relative humidity(RH) in local condition

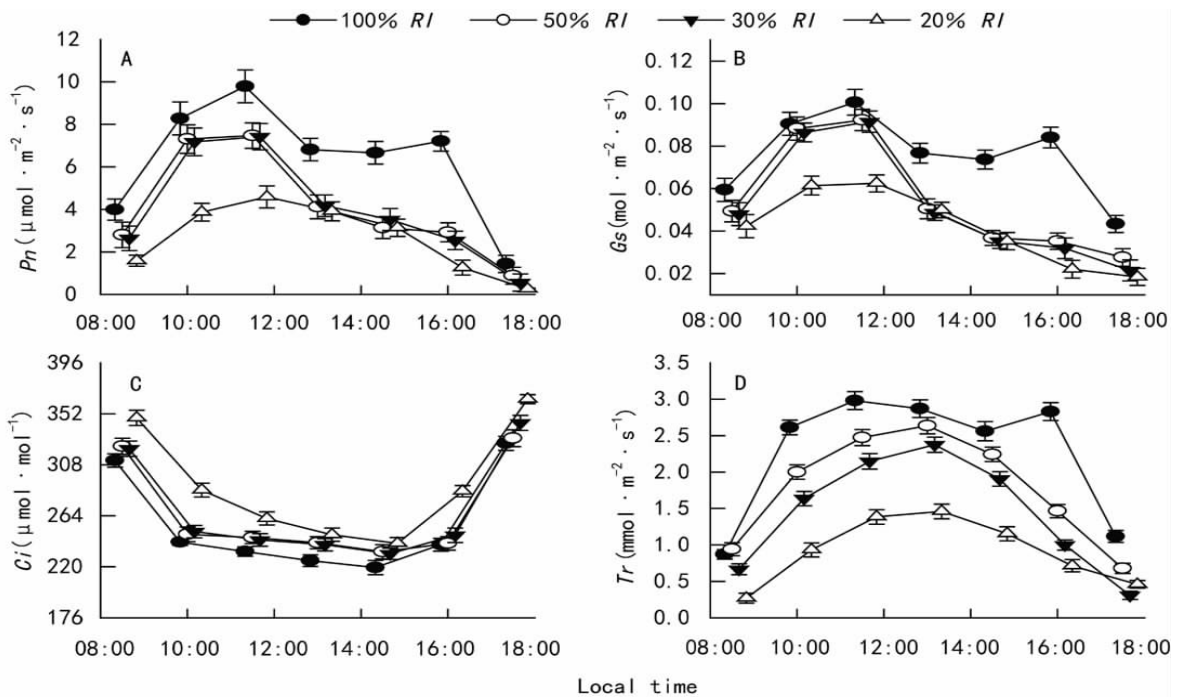


图 4 不同光强下吴茱萸叶片净光合速率、气孔导度、胞间 CO₂ 浓度、蒸腾速率日变化

Fig. 4 Daily courses of P_n , G_s , C_i and T_r in leaves of *Evodia carapa* grown under different light intensities

100% RI 下吴茱萸的 T_r 日变化与 P_n 日变化趋势一致,呈“双峰型”,其余各光强下吴茱萸的 T_r 日变化呈“单峰型”,但峰值滞后 P_n 峰值 1.5 小时左右(图 4:D)。

3 结论与讨论

吴茱萸幼苗对光环境的变化表现出较强的适应性,随着光强的减弱,吴茱萸通过增大冠面积、增加株高向四周与高空发展以截获更多光能。生长环境光强对吴茱萸苗期株高、地径和冠面积的影响较大,

100% RI 下的株高、地径和冠面积明显小于各遮荫处理,其中 30% RI 下吴茱萸的株高、地径和冠面积最大,生长最好,表明苗期强光不利于吴茱萸的生长。整个生长季节,各光强下吴茱萸的株高和地径增长量均于 6 月 16 日至 7 月 16 日这个月增长量最大,冠面积增长量均于 6 月 16 日至 8 月 15 日这两个月增长最快。10 月 14 日以后吴茱萸的株高和冠面积增长缓慢,而地径继续直线增大。

10 月下旬,全日光下吴茱萸净光合速率(P_n)日变化曲线呈“双峰型”,出现了光合作用“午休”现象。根据 Farquhar & Sharkey(1982)提出的判据,只有

当 P_n 和 C_i 变化方向相同, 两者都降低, 才可认为光合速率的下降主要由气孔导度引起的; 如 P_n 和 C_i 变化方向相反, 则 P_n 下降应归因于叶肉细胞同化能力的降低。11:30~14:30, 100% RI 下吴茱萸 P_n 与 C_i 均下降, 且此时的 G_s 也下降, 表明此时的光合午休现象是由气孔部分关闭, 气孔导度下降造成的。各遮荫处理下, 吴茱萸的 P_n 日变化均呈“单峰型”, 并无第二峰的出现, 可能与遮荫条件下, 16:00 左右光强较弱, 环境温度较高, 空气相对湿度较低有关。

2008 年 9 月下旬, 我们对吴茱萸的幼苗进行了光合日变化测定, 发现吴茱萸的光合日变化也呈“双峰型”, 但导致光合午休现象的主要原因为非气孔限制因素, 因为中午前后环境光强均在 $1\ 500\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上, 最高达 $1\ 800\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (孙世荣等, 2009)。10 月下旬, 光合有效辐射降低 (最高光强为 $1\ 340\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), 空气湿度低, 全日光下虽仍然有光合午休现象发生, 但主要原因为气孔限制因素。10 月下旬, 100% RI 下吴茱萸的 P_n 最大, 该时间段 (10 月 14 日~11 月 13 日) 吴茱萸的株高和地径增长量均达整个生长季较高水平 (图 2: A, B)。6~9 月, 环境光合有效辐射强, 100% RI 下吴茱萸受非气孔限制因素影响, 其 P_n 受到抑制, P_n 值低于其它遮荫处理, 推测这是至一年生长季末, 100% RI 下吴茱萸的株高、地径和冠面积最小的原因。

参考文献:

- 典[M]. 北京: 北京人民卫生出版社
- Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL. 2000. Biochemistry and molecular biology of plants[M]. Rockville: The American Society of Plant Physiologist; 2-50, 260-310, 568-628
- Zhang WX(张往祥), Wu JS(吴家胜), Cao FY(曹福亮). 2002. Influence of photosynthetically active radiation on photosynthesis and photochemistry efficiency in leaves of Ginkgo(光强对银杏光合作用和光化学效率的影响)[J]. *J Nanjing Fore Univ*(南京林业大学学报), 26(6): 5-9
- He KJ(何科佳), Wang ZY(王中炎), Wang RC(王仁才). 2007. Effects of overhead shading in summer on ecological factors and photosynthesis of kiwifruit orchard(夏季遮阴对猕猴桃园生态因子和光合作用的影响)[J]. *J Fruit Sci*(果树学报), 24(5): 616-619
- Gregoriou K, Pontikis K, Vemmos S. 2007. Effects of reduced irradiance on leaf morphology, photosynthetic capacity, and fruit yield in olive(*Olea europaea*)[J]. *Photosynthetica*, 45(2): 172-181
- Wang QZ(王奇志), Liang JY(梁敬钰). 2004. Survey on chemical constituents and physiological activities of *Evodia* Forst. Plants(吴茱萸属植物化学成分和生理活性的研究近况)[J]. *Chin Trad & Herb Drug*(中草药), 35(8): 7-10
- Wang SY(王世永), Li XD(李小定). 2008. Study on the extraction methods and quantity determination of evodiamine and rutaecarpine in *Evodia Rutaecarpa*(吴茱萸中吴茱萸碱和次碱的提取及测定)[J]. *Hubei Agric Sci*(湖北农业科学), 47(3): 41-343
- Zhou HZ(周红祖), Yu H(余惠), Peng QX(彭求贤). 2008. Progress in chemical composition, pharmacology and the natures for different ratios of *Coptis chinensis* and *Fructus evodiae*(黄连与吴茱萸及其不同配伍的化学成分、药理及药性研究进展)[J]. *Chin J Exp Trad Med Form*(中国实验方剂学杂志), 14(9): 75-77
- Farquhar GD, Shakey TD. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis[J]. *Ann Rev Plant Physiol*, 33: 317-345
- Sun SR(孙世荣), Jiang YS(蒋运生), Li H(李虹), et al. 2009. Study on diurnal changes of photosynthesis in *Evodia rutaecarpa*(吴茱萸光合日变化研究)[J]. *J Fujian Fore Sci & Tech*(福建林业科技), 36(4): 104-107
- 中华人民共和国卫生部药典委员会. 1995. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 人民卫生出版社
2010. Determination of trace elements in *Plumbago zeylanica* (白花丹中微量元素的测定)[J]. *Chin Pharm*(中国药房), 21(11): 1 008-1 009
- Luo YJ(罗娅君), Bian QQ(边清泉), Chen J(陈佳), et al. 2011. Determination of vitexin in *Vitex negund* var. *camabifolia* by HPLC(HPLC法测定牡荆中牡荆素的含量)[J]. *Guihaia*(广西植物), 31(3): 418-421
- Liu Y(刘圆), LC(刘超). 2007. RP-HPLC measurement plumbagin contents in different place of production of *Plumbago zeylanica*(RP-HPLC测定不同产地白花丹中白花丹醌的含量)[J]. *Chin J Pharm*(中国药理学杂志), 42(8): 1 429-1 430
- Liu Y(刘圆), Deng C(邓超), Deng F(邓放), et al. 2006. RP-HPLC measurement plumbagin contents in different part of *Plumbago zeylanica* of national crude drugs((RP-HPLC法测定民族药材白花丹不同药用部位中白花丹醌的含量)[J]. *Chin J Chin Mat Med*(中国中药杂志), 31(20): 1 684-1 685
- Mao SC(毛绍春), Li ZY(李竹英), Li C(李聪). 2007. Study on antioxidant activity of extract object from *Plumbago zeylanica* (白花丹提取物抗氧化活性研究)[J]. *Appl Tech*(应用科技), 34(1): 63-65
- Qin YQ(秦贻强), Cai XL(蔡小玲). 2011. The recent studing developments of *Plumbago zeylanica* (白花丹的研究近况)[J]. *Chin Nat Folk Med*(中国民族民间医药), 18(10): 30-31
- Zhao YL(赵艳丽), Lu DP(陆道培). 2006. Effects of plumbagin on the human acute promyelocytic leukemia cells *in vitro* (白花丹醌对人急性早幼粒细胞白血病细胞的体外效应)[J]. *J Exper Hematol*(中国实验血液学杂志), 14(2): 208-211
- Tilak JC, Devasagayam TPA, Banerjee. 2002. Differential antioxidant effects of plumbagin in rat tissues[J]. *Barc Newsl*, 225: 117-129

(上接第 426 页 Continue from page 426)