

不同林分内茶树光合特性及其影响因子和小气候因子分析

程 鹏¹, 马永春², 肖正东^{3,①}, 余诚棋², 蔡新玲³, 王其林⁴

(1. 安徽省林业厅, 安徽 合肥 230001; 2. 安徽省林业科技推广总站, 安徽 合肥 230001;

3. 安徽省林业科学研究院, 安徽 合肥 230031; 4. 潜山县林业局, 安徽 安庆 246000)

摘要: 对板栗-银杏-茶 (*Castanea mollissima-Ginkgo biloba-Camellia sinensis*) 和板栗-茶 (*Castanea mollissima-Camellia sinensis*) 复合林分和纯茶 (*Camellia sinensis*) 林分内 3 个小气候因子[包括光合有效辐射强度 (PAR)、空气温度 (Ta) 和空气相对湿度 (RH)] 和茶树光合特性[包括净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs)、胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 和蒸腾速率 (Tr)] 的差异进行了比较, 并采用多元回归分析探讨了影响茶树 Pn 的主要生理生态因子。结果表明: 在不同测定时期 3 种林分内 PAR、Ta 和 RH 差异较大; 同一时期纯茶林分内的 PAR 和 Ta 基本都高于 2 种复合林分, 但纯茶林分内的 RH 总体上均低于 2 种复合林分; 与纯茶林分相比, 板栗和银杏与茶树复合种植有助于调节林分内的 PAR、Ta 和 RH。2 种复合林分内茶树的生长均受到板栗或银杏荫蔽的影响, 纯茶林分中茶树的 Pn 最高, 与板栗-银杏-茶复合林分内茶树的 Pn 有显著差异; 而纯茶林分中茶树的 Gs 总体上高于复合林分、Ci 与复合林分间差异不显著, 且 3 种林分中茶树的 Tr 总体上也无显著差异。多元回归分析结果表明: 在 6 个生理生态因子 (Gs、Ci、Tr、PAR、Ta 和 RH) 中, Tr 对 3 种林分内茶树的 Pn 影响最大, 其次是 Ta, 其他因子在各种林分内的影响程度不同。研究结果表明: 茶树复合种植可调节林分内的水热状况, 改善茶树生长环境, 值得在现有茶园中进行推广和应用。

关键词: 茶; 复合种植; 小气候因子; 光合特性; 净光合速率; 多元回归分析

中图分类号: Q948.11; Q945.11; S571.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2012)02-0079-05

Analyses on photosynthetic characteristics of *Camellia sinensis* in different forests and its main impact factors and microclimate factors CHENG Peng¹, MA Yong-chun², XIAO Zheng-dong^{3,①}, SHE Cheng-qi², CAI Xin-ling³, WANG Qi-lin⁴ (1. Forestry Department of Anhui Province, Hefei 230001, China; 2. Extension Station-general of Forestry Science and Technology of Anhui Province, Hefei 230001, China; 3. Forestry Research Institute of Anhui Province, Hefei 230031, China; 4. Forestry Bureau of Qianshan County, Anqing 246000, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2012, **21** (2): 79-83

Abstract: Differences of three microclimate factors including photosynthetically active radiation intensity (PAR), air temperature (Ta) and air relative humidity (RH) and photosynthetic characteristics including net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), intercellular CO₂ concentration (Ci) and transpiration rate (Tr) of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze in compound forests of *Castanea mollissima-Ginkgo biloba-Camellia sinensis* and *Castanea mollissima-Camellia sinensis* and pure forest of *Camellia sinensis* were compared, and the main physio-ecological factors affecting on Pn of *C. sinensis* were investigated by multiple regression analysis. The results show that there are great differences of PAR, Ta and RH in three forests during different measurement times, PAR and Ta in pure forest of *C. sinensis* are generally higher but its RH is generally lower than those in two compound forests during same measurement time. Compared to pure forest of *C. sinensis*, compound planting of *C. mollissima* and *G. biloba* with *C. sinensis* is helpful to regulate PAR, Ta and RH in the forests. The growth of *C. sinensis* is affected by shading of *C. mollissima* or *G. biloba* in two compound forests. Pn of *C. sinensis* in pure

收稿日期: 2011-08-15

基金项目: 安徽省科技攻关计划项目(09010304023); 安徽省林业重点科研项目(皖 LZ200815)

作者简介: 程 鹏(1955—), 男, 安徽全椒人, 博士, 主要研究方向为森林培育、林业区划及规划设计。

①通信作者 E-mail: xiaozhd@yeah.net

forest is the highest with significant difference to that of *C. sinensis* in *C. mollissima*-*G. biloba*-*C. sinensis* compound forest. And Gs of *C. sinensis* in pure forest is generally higher than and its Ci has no significant difference with that in two compound forests. Also, Tr of *C. sinensis* generally has no significant difference among three forests. The results of multiple regression analysis indicate that effect of Tr on Pn of *C. sinensis* in three forests is the greatest among six physio-ecological factors (including Gs, Ci, Tr, PAR, Ta and RH), and the second is Ta. While other factors have different effect degrees in different forests. It is suggested that compound planting of *C. sinensis* can regulate water and heat conditions within forests and improve growing environment of *C. sinensis*, it is worth for popularization and application in existing tea garden.

Key words: *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze; compound planting; microclimate factor; photosynthetic characteristics; net photosynthetic rate; multiple regression analysis

植物群落的物种组成和结构的异质性与复杂性对群落中的太阳辐射强度、水热状况和空气动力效应有较大影响^[1],而生境的变化直接影响植物的生长状况。光合作用是植物生长过程中物质积累和生理代谢的基础,也是分析环境因子对植物生长影响的重要指标。

林-茶复合种植模式是一种典型的多树种共栖、多层次配置的复合系统,具有能分层利用光能和吸收养分,充分利用林木的防风挡光作用,提高湿度、稳定温度、增加漫射光的特性,可为茶树创造适宜的生态环境,因而能有效提高茶园的系统生产力和茶叶品质^[2]。有研究表明:通过遮阳树的拦截,茶〔*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze〕树冠层的散射和反射辐射量所占比例明显增大,且多为蓝紫光,有利于光合效率和光能利用率的提高^[3-4];板栗(*Castanea mollissima* Blume)或银杏(*Ginkgo biloba* L.)与茶复合种植有利于提高茶叶的品质,主要表现为茶叶中水浸出物、咖啡因和氨基酸含量增加,茶多酚含量降低^[5]。因此,科学选择间种树种和配置方式,直接关系到复合林分内能量流动、物质循环及林木生长量和品质等。

作者对板栗-银杏-茶复合林分、板栗-茶复合林分及纯茶林分内光合有效辐射强度、空气温度和空气相对湿度以及茶树的光合特性差异进行了比较,并分析了影响茶树净光合速率的主要生理生态因子,以期揭示林-茶复合系统的生理生态效应,为实现最优配置和制定高效的林-茶复合经营技术提供理论依据和科学指导。

1 实验地概况和研究方法

1.1 实验地概况

实验地设在安徽省潜山县痘姆乡汪岭林场,地理

坐标为东经 116°50′、北纬 30°57′,为亚热带季风性湿润气候,四季分明。年平均气温 15.5 °C,年平均降水量 1 400 mm,年平均无霜期 248 d。土壤为黄红壤,pH 5.7;有机质质量分数为 2.18%,水解氮含量为 229.9 mg·kg⁻¹、有效磷含量为 8.1 mg·kg⁻¹、速效钾含量为 46.2 mg·kg⁻¹。

1.2 方法

1.2.1 林分选择和概况 供试林分为 1998 年营造的板栗-银杏-茶复合林分(CGT)、板栗-茶复合林分(CT)和纯茶林分(T),在每种林分内划定面积 25 m×25 m 的样地 3 个。CGT 和 CT 样地均为环山整水平带(每个水平带宽 2~3 m),带中间栽植板栗或银杏,带外缘栽植茶树。CGT 样地内板栗与银杏隔行栽植,行距 4~6 m;板栗株距 5~7 m,银杏株距 2~3 m;板栗冠幅 4.8 m×6.4 m,银杏冠幅 2.9 m×4.5 m、胸径 3.8~6.0 cm、树高 5.2~6.9 m,茶蓬宽 85~105 cm、高 70~75 cm;板栗与茶蓬的距离为 53~93 cm、银杏与茶蓬的距离为 59~102 cm。CT 样地内板栗的株距和行距分别为 5~6 m 和 6~8 m、冠幅 6.4 m×6.8 m;茶蓬宽 67~85 cm、高 54~63 cm;板栗与茶蓬的距离为 74~87 cm。T 样地也为环山整水平带(每个水平带宽 1~1.5 m),带中间栽植茶树;茶蓬宽 98~109 cm、高 97~103 cm。

1.2.2 指标测定方法 于 2009 年 8 月 24 日和 10 月 23 日以及 2010 年 4 月 29 日的 10:00 至 11:00 分别测定样地内的光合有效辐射强度(PAR)、空气温度(Ta)和空气相对湿度(RH)以及茶树的净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr)。PAR、Ta 和 RH 等指标的测定点在垂直方向上为茶蓬正上方(距地面 80~90 cm),在水平方向上则分为树冠正下方和树冠边缘,其中树冠正下方选 1 个点,树冠边缘选 2 个点。用 QMS 手持光量子计

(美国 Spectrum 公司)测定 PAR;用 AM-11TH 空气温湿度计(北京鑫源时杰科技有限公司)测定 Ta 和 RH;用 Li-6400XT 光合仪(美国 Li-COR 公司)测定茶树当年生枝条第2或第3片叶的 Pn、Gs、Ci 和 Tr,叶室面积 2 cm×3 cm,每种林分每个样地茶树测 3 片叶。各指标均重复测定 3 次。

1.3 数据处理和分析

采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 软件对数据进行方差分析、Duncan's 多重比较及回归分析。

2 结果和分析

2.1 不同林分内 3 个小气候因子的差异分析

气候调节效应是林农复合种植模式最基本的生态效应,主要有调节光照、温度和水分的作用^[6]。3

种林分内光合有效辐射强度(PAR)、空气温度(Ta)和空气相对湿度(RH)见表1。由表1可知:在不同测定时间,3种林分内 PAR、Ta 和 RH 有较大差异。在同一时期,纯茶林分内的 PAR 均高于板栗-银杏-茶复合林分和板栗-茶复合林分,其中,2009年8月纯茶林分的 PAR 值显著高于板栗-银杏-茶复合林分($P<0.05$),2009年10月纯茶林分的 PAR 值显著高于2个复合林分($P<0.05$),但2010年4月3种林分的 PAR 值差异不显著。

不同时期各林分内 Ta 的差异与 PAR 相似。纯茶林分内 Ta 基本都高于复合林分。其中,2009年8月和2010年4月纯茶林分的 Ta 均最高,与2个复合林分有显著差异($P<0.05$);而2009年10月纯茶林分的 Ta 高于板栗-茶复合林分但低于板栗-银杏-茶复合林分,三者间均有显著差异($P<0.05$)。

表1 不同时期3种林分内光合有效辐射强度(PAR)、空气温度(Ta)和空气相对湿度(RH)的比较($\bar{X}\pm SE$)¹⁾

Table 1 Comparisons of photosynthetically active radiation intensity (PAR), air temperature (Ta) and air relative humidity (RH) in three forests during different times ($\bar{X}\pm SE$)¹⁾

时间 (YYYY-MM)	Time	林分 ²⁾ Forest ²⁾	PAR/ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	Ta/ $^{\circ}\text{C}$	RH/%
2009-08		CGT	829.6±144.1a	32.2±0.259a	24.8±0.490a
		CT	1 025.8±151.0ab	30.6±1.137a	42.0±2.098b
		T	1 342.5±14.7b	36.8±0.388b	23.8±1.800a
2009-10		CGT	506.0±165.9a	30.5±0.087c	41.8±0.164b
		CT	371.2±99.9a	25.8±0.766a	47.6±1.590c
		T	976.8±32.0b	28.7±0.035b	31.3±1.137a
2010-04		CGT	734.2±33.4a	28.6±0.050b	19.5±0.201a
		CT	692.3±81.8a	26.8±0.020a	23.2±0.614a
		T	887.1±127.6a	31.5±0.041c	19.6±0.466a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示显著差异($P=0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P=0.05$).

²⁾ CGT: 板栗-银杏-茶复合林分 *Castanea mollissima-Ginkgo biloba-Camellia sinensis* compound forest; CT: 板栗-茶复合林分 *Castanea mollissima-Camellia sinensis* compound forest; T: 纯茶林分 Pure forest of *Camellia sinensis*.

不同时期各林分内 RH 的变化规律与 PAR 和 Ta 不同,纯茶林分内的 RH 总体上均低于2个复合林分。其中,2009年8月和10月,板栗-银杏-茶复合林分和板栗-茶复合林分的 RH 均高于纯茶林分,在10月份这一现象尤为明显,各林分间 RH 差异显著($P<0.05$),这一现象可能与上层林冠降低了空气流动有关。

2.2 不同林分内茶树光合特性的差异分析

在一年的周期中光照强度也存在周期性变化,导致空气温度和湿度发生相应的变化,植物的光合特性也随之呈现出一定的规律性^[7]。由表2可知:在不同林分内,茶树的光合特性指标在不同时期有一定的差

异。纯茶林分中茶树的净光合速率最高,在2009年8月和10月均显著高于板栗-银杏-茶复合林分中的茶树($P<0.05$),但与板栗-茶复合林分中的茶树差异不显著;而在2010年4月各林分间茶树的净光合速率差异未达到显著水平。

气孔是植物光合作用和呼吸作用过程中与外界进行气体交换的主要结构,气孔导度反映了植物体内外气体交换的速率^[8]。由表2可见:不同时期3种林分内茶树的气孔导度有明显差异。在2010年4月纯茶林分内茶树的气孔导度均最高,但与2个复合林分差异不显著;而在2009年10月,纯茶林分内茶树的气孔导度最高,且与2个复合林分有显著差异;在

表 2 不同时期 3 种林分内茶树的净光合速率 (Pn)、气孔导度 (Gs)、胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 和蒸腾速率 (Tr) 的比较 ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾
 Table 2 Comparisons of net photosynthetic rate (Pn), stomatal conductance (Gs), intercellular CO₂ concentration (Ci) and transpiration rate (Tr) of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze in three forests during different times ($\bar{X} \pm SE$)¹⁾

时间 (YYYY-MM)	Time (YYYY-MM)	林分 ²⁾ Forest ²⁾	Pn/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	Gs/ $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$	Ci/ $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$	Tr/ $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
2009-08		CGT	6.588±0.205a	284.880±27.932b	205.936±11.296a	3.799±0.299a
		CT	7.994±0.879ab	187.259±9.714a	198.737±4.244a	3.318±0.095a
		T	9.661±0.907b	262.089±4.874b	182.747±4.759a	3.364±0.109a
2009-10		CGT	3.669±0.417a	132.987±14.294a	249.675±48.768a	1.399±0.169a
		CT	4.667±1.388ab	124.426±8.208a	330.126±21.907a	2.174±0.309b
		T	7.875±0.698b	213.904±2.967b	257.712±13.540a	2.492±0.049b
2010-04		CGT	8.363±0.402a	171.777±5.831a	317.406±2.727a	2.650±0.150a
		CT	7.933±0.297a	180.894±5.358a	273.456±21.804a	2.523±0.144a
		T	8.981±0.167a	187.799±4.066a	288.781±3.837a	2.874±0.096a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示显著差异 ($P=0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P=0.05$).

²⁾ CGT: 板栗-银杏-茶复合林分 *Castanea mollissima-Ginkgo biloba-Camellia sinensis* compound forest; CT: 板栗-茶复合林分 *Castanea mollissima-Camellia sinensis* compound forest; T: 纯茶林分 Pure forest of *Camellia sinensis*.

2009 年 8 月, 纯茶林分内茶树的气孔导度显著高于板栗-茶复合林分 ($P<0.05$), 但略低于板栗-银杏-茶复合林分且差异不显著。

同一时期不同林分内茶树的气孔导度 (Ci) 有一定差异, 但差异均未达到显著水平。随着光合速率的提高, 用于光合作用的 CO₂ 消耗量增加, 因而, 2009 年 8 月各林分内茶树的 Ci 均低于 2009 年 10 月和 2010 年 4 月。

由表 2 还可见: 在 2009 年 8 月和 2010 年 4 月, 3 种林分内茶树的蒸腾速率差异均未达到显著水平, 而 2009 年 10 月板栗-银杏-茶复合林分内茶树的蒸腾速率显著低于板栗-茶复合林分和纯茶林分, 但后两者间差异不显著。

总体来看, 与纯茶林分相比, 板栗-银杏-茶复合林分和板栗-茶复合林分内茶树的生长均受到板栗或银杏荫蔽的影响, 其中, 板栗-银杏-茶复合林分内茶树的受影响程度较高, 而板栗-茶复合林分内茶树受影响程度不明显。

2.3 不同林分内茶树的净光合速率与部分生理生态因子的回归分析

为了分析不同林分内的生理生态因子对茶树净光合速率的影响程度, 以板栗-银杏-茶复合林分、板栗-茶复合林分和纯茶林分内茶树的净光合速率 (Y) 为因变量, 以相应林分中茶树的气孔导度 (X_1)、胞间 CO₂ 浓度 (X_2)、蒸腾速率 (X_3) 以及林分内的光合有效辐射强度 (X_4)、空气温度 (X_5)、空气相对湿度 (X_6) 为自变量进行多元回归分析, 建立最优回归方程。其中, 板栗-银杏-茶复合林分的多元回归方程为

$Y = -0.280X_1 - 0.009X_2 + 3.590X_3 - 0.388X_4 + 16.605$; 板栗-茶复合林分的多元回归方程为 $Y = 2.567X_3 - 0.424X_5 - 0.112X_6 + 15.450$; 纯茶林分的多元回归方程为 $Y = -0.025X_2 + 3.437X_3 + 0.301X_4 - 0.572X_5 + 0.083X_6 + 18.658$, 各方程的复相关系数依次为 0.968、0.870 和 0.984, 且因变量与自变量的相关性均达到极显著水平 ($P<0.01$), 表明这 3 个回归方程能很好地反映茶树的净光合速率与 6 个生理生态因子的关系。在 3 种林分内的 6 个生理生态因子中, 对茶树净光合速率影响程度最大的是蒸腾速率, 其次是空气温度; 光合有效辐射强度在纯茶林分内为主要影响因子, 但在板栗-银杏-茶复合林分和板栗-茶复合林分内则不是主要影响因子。说明在各林分内不同生理生态因子对茶树净光合速率的影响程度不同。

3 讨论和结论

由于太阳方位与高度角的变化, 加上林木密度和冠幅的作用, 使不同种植模式内的小气候因子发生改变, 其中光合有效辐射强度的变化尤为明显^[9]。俞涛等^[10]的研究结果表明: 枣麦间作系统中的光照强度日均值显著低于对照, 且中测点的受光量高于下测点。本研究结果表明: 在 2009 年 8 月, 纯茶林分内光合有效辐射强度很强、空气温度高, 但空气相对湿度较低; 而板栗-银杏-茶复合林分和板栗-茶复合林分内光合有效辐射强度和空气温度均比纯茶林分低, 但空气相对湿度高。小气候因子的这一变化与复合林分中板栗和银杏树冠的遮阳作用有关, 据此推测这 2

个复合林分可能有利于提高夏茶的品质。2010年4月,板栗-银杏-茶复合林分、板栗-茶复合林分和纯茶林分内的光合有效辐射强度、空气温度和湿度的差值很小,推测其原因可能是板栗和银杏均为落叶树种,4月份刚展叶,上层林木树冠几乎未起到遮阳作用。

本研究结果还表明:不同林分内的生境差异也会导致茶树生长发生一定的变化。板栗-茶复合林分内茶树的净光合速率均低于纯茶林分,但未达到显著水平,而板栗-银杏-茶复合林分内茶树的净光合速率总体上显著低于纯茶林分,表明茶树与板栗或银杏复合种植后,茶树的生长受到影响,其影响程度取决于上层林木的种类和密度。从2010年4月茶树的净光合速率来看,其差异在3种林分间未达到显著水平,表明这一时期上层林木对茶树生长的影响程度很小,即茶园复合经营对春茶减产影响极低。

光合作用是一个对环境条件变化很敏感的生理代谢过程。在自然条件下,植物光合作用随多变的环境条件而发生变化^[11-12]。多元回归分析结果表明:在板栗-银杏-茶复合林分、板栗-茶复合林分和纯茶林分内,6个生理生态因子中对茶树净光合速率影响最大的是蒸腾速率,其系数为2.567~3.590,表明蒸腾速率越高越有利于茶树净光合速率的提高;其次为空气温度,其系数为-0.572~-0.388,表明空气温度过高不利于茶树生长,其原因可能是在供试的各林分内不同月份的实测空气温度为25.8℃~36.8℃,超过植物生长的最适温度(25℃),因而表现出抑制作用;其他因子在各林分内对茶树生长的影响程度不同,例如,光合有效辐射强度在纯茶林分内为主要影响因子,但在板栗-银杏-茶复合林分和板栗-茶复合林分内则不是主要影响因子,推测可能与各林分内植物群落的空间结构异质性有关。

综上所述,茶树生长受水分和温度的影响,板栗或银杏与茶树复合种植有助于调节林分内的光合有效辐射强度、空气温度和相对湿度,从而改善茶树的

生长环境;通过调整板栗和银杏的种植密度来实现树冠遮阳对茶树生长影响的最小化。因此,结合本研究结果及他人的研究结果^[5,13],建议在现有茶园推广茶树与其他树种复合经营,并根据经营目的选择伴生树种。当茶树作为主要经营目的树种时,最好选择落叶阔叶树种进行复合种植并确定合理的间种密度,在不影响茶树生长的基础上不但能实现提高茶叶品质的经营目的,还能提高林地的复种指数和整体效益。

参考文献:

- [1] 彭方仁,李杰,黄宝龙,等. 海岸带不同复合农林业系统的小气候特征[J]. 植物资源与环境学报, 2001, 10(1): 16-20.
- [2] 刘志龙,方建民,虞木奎,等. 三种林-茶复合林分中环境因子和茶的光合特征参数的日变化规律[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(2): 62-67.
- [3] 陶汉之,程素贞,张鹤英. 施肥对茶树叶片微量元素和光合作用的影响[J]. 安徽农学院学报, 1992, 19(3): 196-201.
- [4] 梁远发,田永辉,王国华,等. 乌江流域复合生态茶园生态效益及调控研究[J]. 中国农学通报, 2002, 18(1): 76-77, 119.
- [5] 肖正东,程鹏,马永春,等. 不同种植模式下茶树光合特性、茶芽性状及茶叶化学成分的比较[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2011, 35(2): 15-19.
- [6] 孟平,张劲松,樊巍. 中国复合农林业研究[M]. 北京:中国林业出版社, 2003.
- [7] 程鹏. 银杏复合经营生物生产力及生态效应研究[D]. 南京:南京林业大学森林资源与环境学院, 2010.
- [8] 许大全. 光合作用效率[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2002.
- [9] NEWMAN S M, BENNETT K, WU Y. Performance of maize, beans and ginger as intercroops in Paulownia plantations in China[J]. *Agroforestry Systems*, 1998, 39: 23-30.
- [10] 俞涛,宋锋惠,卓热木·塔西,等. 枣麦间作系统小气候效应研究初报[J]. 新疆农业科学, 2009, 46(2): 338-345.
- [11] 陈贤田,柯世省. 茶树光合“午休”的原因分析[J]. 浙江林业科技, 2002, 22(3): 80-83.
- [12] 余叔文,汤章城. 植物生理与分子生物学[M]. 2版. 北京:科学出版社, 2001.
- [13] FANG S, XU X, YU X, et al. Polar in wetland agroforestry: a case study of ecological benefits, site productivity and economics[J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2005, 13: 93-104.

(责任编辑:佟金凤)