

文章编号:1001-1498(2013)01-0118-05

## 普通油茶不同树体结构与光能利用的关系<sup>1</sup>

段伟华<sup>1</sup>, 袁德义<sup>1\*</sup>, 高超<sup>1</sup>, 龚春<sup>2</sup>, 雷小林<sup>2</sup>, 廖婷<sup>1</sup>

(1. 中南林业科技大学 经济林育种与栽培国家林业局重点实验室, 湖南 长沙 410004;

2. 江西省林业科学院, 江西 南昌 330013)

关键词: 油茶; 树体结构; 光能利用; 整形修剪

中图分类号: S794.4 文献标识码: A

## Relationship between Tree Composition and Light Utilization of *Camellia oleifera*

DUAN Wei-hua<sup>1</sup>, YUAN De-yi<sup>1</sup>, GAO Chao<sup>1</sup>, GONG Chun<sup>2</sup>, LEI Xiao-lin<sup>2</sup>, LIAO Ting<sup>1</sup>

(1. The Key Lab. of Non-wood Forest Product of Forestry Ministry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, Hunan, China; 2. Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330013, Jiangxi, China)

**Abstract:** In order to explore the suitable tree composition in the cultivation management, 11-year-old *Camellia oleifera* trees were used as the test material, the relative light intensity and net photosynthetic rate in different canopy position of *C. oleifera* were studied by training and pruning. The results showed that the relative light intensity at the external middle layer of *C. oleifera* of open center shape, natural roundhead shape and CK were 44.33%, 28.72% and 25.81% respectively; the relative light intensity at the internal middle layer of *C. oleifera* of open center shape, natural roundhead shape and CK were 14.70%, 7.13% and 1.21% respectively. The peak of net photosynthetic rates in different layers and positions of open center shaped *C. oleifera* were higher than that of the natural roundhead shape. Compared with natural roundhead shaped *C. oleifera*, the peak of net photosynthetic rate of the external and internal upper layers were  $2.47 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $0.43 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  higher, that of the external and internal middle layers were  $1.10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $0.18 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  higher, that of the external and internal lower layers were  $0.32 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and  $1.44 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  higher respectively. Moreover, the net photosynthetic rate of the both shapes were higher than that of the CK. Considering the photosynthetic efficiency, training and pruning *C. oleifera* to be open center shape had a better effect.

**Key words:** *Camellia oleifera*; tree composition; light utilization; training and pruning

普通油茶(*Camellia oleifera* Abel.) 营养建造与产量形成的生理基础是光合作用, 树体结构是形成油茶个体与群体经济产量的基础, 培育合理的树体结构是提高油茶光能利用增加生物产量的重要措施之一, 通过改善树体结构, 提高光合效能, 是实现其丰产、稳产的重要途径。我国当前共有油茶林 3.02

$\times 10^6 \text{ hm}^2$ <sup>[1]</sup>, 油茶生产中普遍存在的低产低效已成为油茶产业发展的瓶颈问题<sup>[2]</sup>。油茶低产的重要原因之一是油茶林常年疏于管理, 树体结构不合理, 进而导致光能利用率低。研究油茶树体结构与光能利用之间的关系对提高油茶产量和品质具有重要的理论意义和实践价值。前人曾在油茶树体培育修

收稿日期: 2012-04-18

基金项目: 国家林业局推广项目“大果油茶高产新品种示范推广”(〔2011〕21号)

作者简介: 段伟华(1983—), 男, 江西九江人, 硕士研究生, 研究方向: 经济林栽培及育种; E-mail: duanwei-huaabc@163.com.

通讯作者: 袁德义(1967—), 男, 湖北随州人, 教授, 博士, 博士生导师, 长期从事经济林栽培及育种研究; E-mail: yuan-deyi@163.com.

剪<sup>[3-4]</sup>、光合特性<sup>[5-8]</sup>等单方面开展过相关研究,但对于油茶不同树体结构与光能利用关系的研究尚未见报道。本试验以11年生不同树形油茶树为研究对象,阐明不同树形树冠各层次不同部位的相对光照强度和净光合速率差异,以期为油茶整形修剪和选择适宜的树形提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地点为中南林业科技大学油茶科研工作站(长沙市望城区东城镇,113°21' E,28°05' N)。基地年平均降水量1380 mm,年平均气温19.3℃,≥10℃年积温5463℃,年平均无霜期276~291天,年平均日照时数1762 h,光热充足,冬寒期短,属典型中亚热带季风性湿润气候。土壤为红壤,肥力中等,pH值约5.5左右。

### 1.2 试验材料及试验设计

选择同一地块(面积约667 m<sup>2</sup>)内生长发育正常,树高、冠幅、生长势大体一致并能正常开花结实的普通油茶为供试树,树龄11年生,株行距为2 m×3 m,南北行向,粗放经营管理水平,树体平均高度为2.6 m左右,平均冠幅为2.4 m×2.4 m左右。试验设2个处理,每个处理选取3株为一小区,随机区组排列,重复3次,测定结果均取平均值,用Excel 2003软件进行统计分析。于2010年11月中旬,按照经济林木整形修剪的原则和方法,对油茶树体进行中下等修剪强度整形修剪,培育为自然圆头形树形和开心形树形,修剪后树体高度控制在2.4 m左右,冠幅控制在2.2 m×2.2 m左右,以不修剪为对照(CK),将试验树编号标记挂牌。于2011年7月15日,以树干为中心,对树体冠层垂直方向进行划分,将树冠分为上层(距离冠顶0~0.5 m)、中层(距离冠顶0.5~1.0 m)和下层(距离冠顶1.0~1.5 m),同时把树冠各层水平方向分成内膛(距树干0~0.4 m)和外围(距树干0.8~1.1 m)2部分,各区域用红色尼龙绳绑缚细竹竿区分;选择晴天,从上午7:00时到下午19:00时每2 h用TES-1332A数字式照度计和开放式气体交换LI-COR6400P便携式光合测定系统分别测定各处理活体树体东、南、西、北四个方位的6个区域(上层外围、上层内膛、中层外围、中层内膛、下层外围、下层内膛)中心位置的光照强度(同时测定树冠上方无枝叶部位的光照强度,其比值为相对光照强度)和叶片净光合速率。

## 2 结果与分析

### 2.1 油茶不同树形树冠各层次及部位相对光照强度的空间分布

通过对比试验观测发现,油茶不同树形冠层内各部位相对光照强度存在一定差异和变化趋势(见表1)。在培育的两种树形中,开心形植株树冠上层外围相对光照强度最高,达到80.07%,外围及内膛分别高出自然圆头形11.49%和5.73%,高于对照46.32%,中层及下层同样表现出外围高于内膛的趋势。其中,开心形中层的外围及内膛分别高于自然圆头形15.61%和7.57%,差值最大,可见开心形油茶树体中层能更大程度接受光照。两种树形植株不同层次及部位的相对光照强度均高于对照,开心形树形植株各层外围及内膛的相对光照强度均高于自然圆头形树形。垂直方向上两种树形及对照植株树冠的外围相对光照强度从上层到下层均递次减弱,水平方向上同样表现出外围到内膛相对光强递减的趋势。同样,两种树形内膛的相对光照强度随叶幕厚度的增加而减弱,表现出树冠上层光照最强,向下则光照递次减弱。

表1 不同树形油茶树冠内各层次及部位相对光照强度

树形	相对光照强度/%					
	上层		中层		下层	
	外围	内膛	外围	内膛	外围	内膛
开心形	80.07	39.35	44.33	14.70	14.83	3.11
自然圆头形	68.58	33.62	28.72	7.13	12.40	2.71
CK	33.75	6.14	25.81	1.21	5.98	0.59

注:相对光照强度为7月15日的8:00、11:00、14:00,树体东、西、南、北4个方位的平均值。

### 2.2 油茶不同树形树冠各层次及部位的净光合速率日变化

#### 2.2.1 不同树形油茶上层叶片净光合速率日变化

净光合速率是植物光合作用与呼吸作用的差值,反映了植物体有机物的积累情况,不仅是植物光合特性的重要衡量指标,同时也决定着植物的生长快慢和生物产量<sup>[9]</sup>。两种树形和对照处理树体上层外围和内膛叶片的净光合速率日变化曲线均为典型的双峰型(由图1可看出),午间存在明显的“光合午休现象”。自然圆头形和开心形树形于11:00出现全天第一个峰值(峰值分别为4.05 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>和6.52 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>),其中开心形为最高峰值,其后净光合速率持续降低,13:00达到谷值,出

现光合午休现象,15:00左右又出现一个高峰,其中自然圆头形为最高峰值;对于上层内膛叶片,开心形出现次峰值时间同外围相同,而自然圆头形则在11:00出现最高峰值。自然圆头形和开心形树形分别于11:00和15:00出现全天最高峰,峰值分别为 $5.22 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $5.65 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,均高

于对照的 $3.39 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,分别高出对照 $1.83 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $2.17 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。引起光合午休的原因有很多,主要是大气干旱和土壤干旱,同时 $\text{CO}_2$ 浓度降低,光呼吸增强,光合午休造成的损失可达光合生产的30%以上<sup>[10]</sup>。

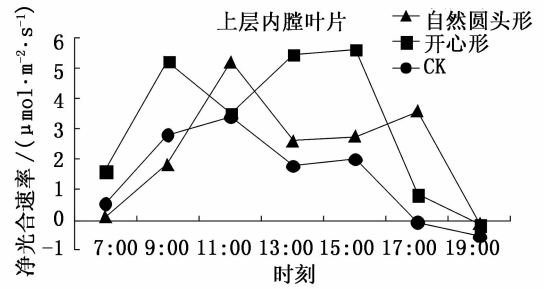
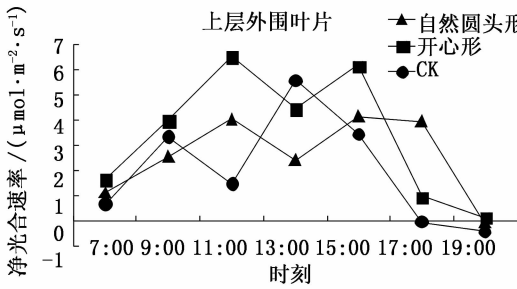


图1 不同树形油茶上层叶片净光合速率日变化曲线

2.2.2 不同树形油茶中层叶片净光合速率日变化  
油茶叶片的空间分布不同,其接受光照的情况也不同,其净光合速率受叶片本身生长状况的影响而随之发生变化。经测定,自然圆头形和开心形中层外围叶片净光合速率的日变化曲线均为典型的单峰型,而对照则为双峰型。由图2可看出,从7:00至15:00净光合速率一直保持较高水平,直至下午15:00后降低趋势才较明显,无光合午休现象,有效光合时间较长,其中开心形峰值最高,达到 $7.52 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,较对照的峰值净增 $1.39 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;

各树形最大峰值均在13:00出现,而对照次高峰于9:00出现,11:00左右出现光合午休现象。对于中层内膛叶片,自然圆头形叶片净光合速率的日变化曲线呈现出“高一低谷一次高”类型的“双峰”曲线,有“午休”现象,于13:00左右出现低谷,谷值为 $1.94 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。开心形树体中层内膛叶片净光合速率的日变化曲线为单峰型,峰值为 $5.26 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,较对照峰值净增 $1.40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,无光合午休现象,有效光合时间长,表现出较高的生长优势。

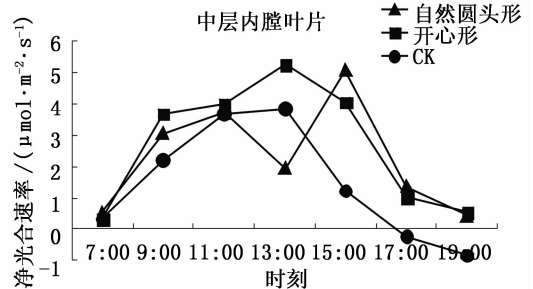
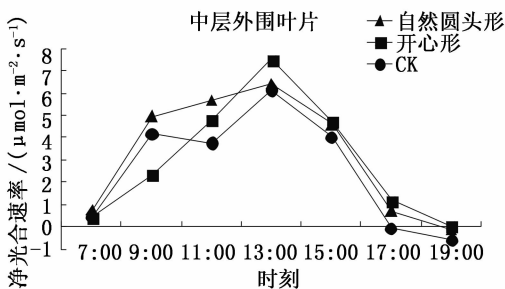


图2 不同树形油茶中层叶片净光合速率日变化曲线

2.2.3 不同树形油茶下层叶片净光合速率日变化  
对照植株下层外围叶片净光合速率日变化曲线为单峰型,由图3可看出,于11:00左右出现峰值 $3.01 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,此后逐渐下降,同开心形和自然圆头形相比,在11:00后各时刻其净光合速率均为最低。开心形植株下层外围叶片净光合速率日变化曲线也为单峰型,峰值于15:00出现,为 $3.76 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

自然圆头形峰值也于15:00出现,但较开心形低 $0.32 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。对于下层内膛叶片,7:00左右各处理的叶片净光合速率均为负值,但开心形明显高于自然圆头形和对照。同样,开心形于9:00左右达到 $0.69 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而此时自然圆头形和对照仍为负值,可见开心形光能利用情况较自然圆头形更优。自然圆头形和开心形树体

下层内膛叶片净光合速率日变化曲线均为双峰型,峰值均于11:00左右出现,分别为 $2.12 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $3.56 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,随着光合有效辐射

的继续增强,13:00左右出现光合午休现象,13:00以后净光合速率稍有回升,15:00出现次高峰,之后净光合速率一直下降,19:00达到1天中最低值。

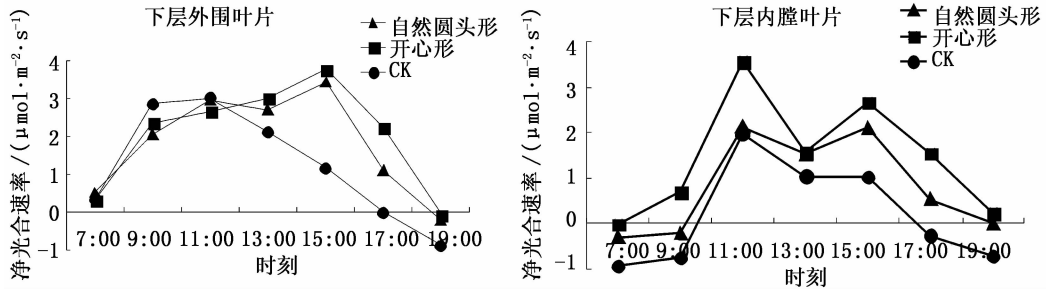


图3 不同树形油茶下层叶片净光合速率日变化曲线

2.2.4 不同树形油茶冠层各部位叶片平均净光合速率和最大净光合速率比较 通过对比测定油茶两种树形及对照的冠层各部位叶片净光合速率,归纳比较外围及内膛叶片平均净光合速率和最大净光合速率情况如表2和表3所示,对于外围叶片,垂直方向上开心形树体的平均净光合速率由上层到下层逐渐减弱,但自然圆头形呈现出“先增后减”的趋势,对照树体与自然圆头形变化特点相似;但最大净光合速率在两种树形和对照植株上均表现为“先增后减”的变化趋势,这可能与开心形植株树体开张,能更充分接受光照有关。另外,除自然圆头形中层外

围叶片平均净光合速率略高于开心形外,其余各层的平均净光合速率均表现出“开心形 > 自然圆头形 > 对照”的趋势。可见,即便是树体外围,不同树形树体接受到的光照多少也存在差异,这一变化趋势也更反映了开心形在光能利用、物质积累上的优势。对于内膛叶片,垂直方向上自然圆头形和对照植株的平均净光合速率依旧呈现出由上层到下层“先增后减”的趋势,开心形仍是逐渐减弱,这同外围变化趋势一致。而最大净光合速率在开心形和自然圆头形树体上逐渐减弱。内膛这一变化趋势,同样说明开心形在光能利用上优于自然圆头形。

表2 不同树形油茶各层外围叶片平均净光合速率和最大净光合速率 ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )

净光合速率	开心形			自然圆头形			CK		
	上层	中层	下层	上层	中层	下层	上层	中层	下层
平均净光合速率	3.40	3.01	2.03	2.59	3.29	1.79	2.00	2.56	1.23
最大净光合速率	6.52	7.52	3.76	4.13	6.42	3.44	5.58	6.13	3.01

表3 不同树形油茶各层内膛叶片平均净光合速率和最大净光合速率 ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )

净光合速率	开心形			自然圆头形			CK		
	上层	中层	下层	上层	中层	下层	上层	中层	下层
平均净光合速率	3.18	2.70	1.46	2.28	2.30	0.82	1.42	1.47	0.19
最大净光合速率	5.65	5.26	3.56	5.22	5.08	2.12	3.39	3.86	1.95

### 3 结论

(1) 开心形树体中层外围及内膛相对光照强度均显著高于自然圆头形,分别高出15.61%和7.57%,分别高于对照18.52%和13.49%。树冠垂直方向和水平方向叶片相对光照强度表现出“开心形 > 自然圆头形 > 对照”的趋势。

(2) 两种树形及对照树体净光合速率日变化曲线因树冠部位不同存在单峰和双峰两种类型,其中

开心形树体树冠上层外围和内膛、下层内膛叶片的净光合速率日变化曲线均为双峰型,峰值分别为 $6.52 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , $5.65 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $1.46 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,其余测定部位为单峰型;自然圆头形除中层外围叶片的净光合速率日变化曲线为单峰型外均为双峰型;对照树体中层外围和内膛、下层内膛为单峰型。两种树形不同部位叶片的净光合速率存在显著差异。

(3) 对于外围和内膛各层叶片,平均净光合速

率均是垂直方向上开心形树体由上层到下层逐渐减弱,自然圆头形呈现出“先增后减”的趋势,对照树体与自然圆头形变化特点相似。对外围叶片,最大净光合速率在开心形和自然圆头形及对照植株上均表现为“先增后减”的变化趋势,而内膛各层叶片的最大净光合速率在开心形和自然圆头形树体上逐渐减弱。

## 4 讨论

在油茶自然生长过程中,其树形多开张茂密或直立茂密,在长期生产管理中,由于粗放经营,导致树冠郁闭紊乱,枝条密生且重叠交叉,通风透光不良,树势弱、结实少、产量低。因此,本试验根据其不同树形树势,将开张茂密的树体通过整形修剪培育为开心形,将直立茂密的树体通过整形修剪培育为自然圆头形,经测定均能不同程度提高光能利用率。其中,开心形树形植株中层内膛相对光照强度显著高于自然圆头形植株,这明显改善了树体内膛通风透光条件,为树体立体多层次多部位结果奠定了良好的基础。对于油茶林,光能利用的效果取决于树冠的结构,通过整形修剪调节或抑制地上部分的空间结构,使之与光能利用达到统一。前人<sup>[11-13]</sup>对油茶树体结构与产量的关系进行过相关研究,认为理想的油茶树体结构应呈开心形或自然圆头形的树形。开心形的树冠中心开张,而自然圆头形树冠内外枝条分布均匀,这两种树形透光性能较好,冠内冠外均有一定光照,各层次均能开花结实,呈现立体结果,故结实量多。优良树体结构之所以能获得高产,主要是光照均匀和叶质较好,能使树体结实量多、分布合理。在相同的光照条件下,由于树形不同,植株树冠内各层次接受的光能存在较大的差异,因而也就产生不同树形结实数量和分布的差异。所以,在现有油茶林分中,采取有效措施改善树体的通风透光条件,仍是促使油茶增产的重要途径。

整形修剪的主要作用是调势保质,调整枝态,增进光源,增加营养积累,减小消耗,使营养得到合理

分配与利用。从光能利用的角度来说,进行整形修剪主要考虑的是要满足树冠基部及内膛的光照,保证其枝叶光合功能的正常进行和优质长寿,并能充分利用空间达到立体结果。油茶林通过进行不同程度的整形修剪,培育合理的树体结构,改善树体内膛通风透光条件,扩大树冠高效层,有利于营养物质的积累,促进花芽生长分化,为丰产提供保证,同时可以不同程度提高油茶产量,减少病虫害,同时茶林整洁,给管理带来了方便,使生产成本下降,经济效益明显上升。

## 参考文献:

- [1] 国家林业局. 全国油茶产业发展规划(2009-2020年)[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009
- [2] 袁德义, 王瑞, 袁军, 等. 不同营养元素及配比对油茶花粉萌发率的影响[J]. 福建农林大学学报, 2010, 39(5): 471-474
- [3] 陈永忠, 杨小胡, 王湘南, 等. 油茶树体培育修剪试验[J]. 经济林研究, 2007, 25(2): 39-41
- [4] 申巍. 修剪施肥对油茶生长结实特性影响研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008
- [5] 彭绍峰. 不同产量的油茶无性系光合特性研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2008
- [6] 李建安, 何志祥, 孙颖, 等. 油茶林分光合特性的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(10): 56-61
- [7] 王瑞, 陈永忠, 王湘南, 等. 油茶无性系新梢生长期光合特性的研究[J]. 林业科学研究, 2010, 23(3): 405-410
- [8] 王瑞, 陈永忠, 王湘南, 等. 不同产量类型油茶无性系光合特性的研究Ⅳ—花期[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(4): 87-100
- [9] 潘瑞焱. 植物生理学(第五版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 87-91
- [10] Yang F, Liang Z W, Wang Z C, et al. Studies on light response characteristics of the flag leaves at full heading time of rice under saline-alkali stress[J]. Jilin Agric Sci, 2005, 30(5): 7-10
- [11] 潘华平, 刘君昂, 周国英. 油茶树体结构与产量关系的研究[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(1): 58-62
- [12] 何汉杏, 童大志, 龚榜初. 油茶树体结构与产量关系的初步研究[J]. 中南林学院学报, 1986, 6(2): 154-162
- [13] 刘焯章, 赵思东, 李建安. 普通油茶树体结构因子与产量关系的研究[J]. 经济林研究, 1986, 4(2): 50-55