

# 不同树形油茶无性系发枝及光合特性研究

曹永庆, 姚小华, 王开良, 龙伟, 林萍, 任华东\*

(中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

**摘要:**研究了不同树形油茶无性系的发枝和光合特性及对修剪处理的响应。结果表明:供试油茶无性系的树形指数介于0.72~1.33之间,树形指数大小顺序为长林175号>长林40号>长林53号>长林4号>长林46号,长林175号、长林40号无性系树形直立,长林4号和长林46号无性系树形开张,长林53号无性系居中。与树冠下层和内层相比,树冠上层的新梢发枝量、新梢长度、新叶比、叶片净光合速率( $P_n$ )和叶片水分利用效率( $WUE$ )较高,且随着树形指数增大,新梢长度、新叶比、叶片净光合速率( $P_n$ )和叶片水分利用效率( $WUE$ )总体上表现出先升高后下降的趋势,树冠不同部位的新梢发枝量、新叶比差异逐渐变大,新梢长度的差异减小,树形指数居中的长林53号无性系新梢长度、新叶比和叶片净光合速率( $P_n$ )最高。油茶无性系冠层反射率( $Re$ )的日变化表现出先下降后上升的趋势,冠层截获率( $In$ )则表现出先升高后下降趋势,树形直立的长林175号无性系冠层反射率( $Re$ )最高,冠层截获率( $In$ )较低,树形开张的长林4号无性系冠层反射率( $Re$ )较低,冠层截获率( $In$ )较高。修剪处理显著降低了树形直立的油茶无性系新梢发枝量,并提高了树形开张的无性系新梢发枝量和树冠内层新梢长度;修剪处理还降低了冠层截获率( $In$ ),显著提高了冠层内部叶片的净光合速率( $P_n$ )和水分利用效率( $WUE$ )。研究结果为油茶栽培、修剪管理以及优良油茶资源的发掘利用提供了技术依据。

**关键词:**油茶;树形;发枝特点;光合特性;修剪

中图分类号:S794.4

文献标识码:A

## Research on Branching and Photosynthetic Utilization of Oil-tea *Camellia* with Different Tree Shapes

CAO Yong-qing, YAO Xiao-hua, WANG Kai-liang, LONG Wei, LIN Ping, REN Hua-dong

(Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

**Abstract:** The branching, photosynthetic utilization and the response to pruning of oil-tea camellia (*Camellia oleifera* Abel.) with different tree shapes were studied. The results showed that the tree shape index of selected oil-tea camellia clones was between 0.72 and 1.33 in the sequence of 'changlin175' > 'changlin40' > 'changlin53' > 'changlin4' > 'changlin46'. The tree shape of 'changlin175' and 'changlin40' belonged to upright type due to their higher tree shape index and the 'changlin4' and 'changlin46' were open type. "changlin53" was moderate. The branching number, length of shoot, new leaves ratio, net photosynthetic rate and water use efficiency ( $WUE$ ) were higher in the upper layer of canopy than that in lower and inner layer of canopy. With the increase of tree shape index, the length of shoot, new leaves ratio, net photosynthetic rate and  $WUE$  increased at initial stage and then decreased, and the difference of branching number, new leaves ratio among different parts of canopy became bigger, while the difference of shoot length became smaller. The length of shoot, new leaves ratio, net photosynthet-

收稿日期:2013-06-03

基金项目:浙江省省院合作林业科技项目“江山林改科技支撑技术集成与示范”(2010SY01);浙江省科技计划项目“油茶良种快繁及产业提升关键技术集成示范及推广”(2010C02005)

作者简介:曹永庆(1981—),男,山东青州人,助理研究员,博士,主要从事经济林栽培研究

\* 通讯作者:renhd@163.com

ic rate were the highest in 'changlin53' whose tree shape index was moderate. The diurnal variation of *PAR* reflectivity in oil-tea camellia showed an upward trend after the first drop and the diurnal variation of *PAR* interception rate was opposite. The upright type 'changlin175' showed higher *PAR* reflectivity and lower *PAR* interception rate than that of open type 'changlin4'. The branching number of upright type oil-tea camellia clones decreased significantly, while the branching number and shoot length of inner layer canopy of open type oil-tea camellia clones increased significantly after the treatment of pruning. The *PAR* interception rate decreased and the net photosynthetic rate and *WUE* of inner layer canopy increased apparently after pruning treatment.

**Key words:** *Camellia oleifera*; tree shape; branching; photosynthetic characteristics; pruning

油茶(*Camellia oleifera* Abel.)又名普通油茶,属山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia* L.)植物,为常绿小乔木或乔木,是我国南方重要的木本油料树种<sup>[1]</sup>。油茶属于异花授粉植物,在栽培中为了提高授粉率,增加产量,通常采用5个花期一致的品种配置栽培<sup>[2]</sup>,然而油茶不同无性系树形结构差异较大,树高、冠幅等差异显著<sup>[3-4]</sup>,增加了栽培生产中树体管理的难度。

树木不同树形结构的形成与发枝特性紧密相关<sup>[5]</sup>,而且树形差异影响冠层结构以及对光能的利用,进而影响果实品质<sup>[6-7]</sup>。在果树上,针对不同的生长型和树形类型已开展了大量的研究<sup>[8-9]</sup>,并且挖掘了一些特异性种质资源,为果品产业的发展奠定了基础。然而,油茶在树形结构方面的研究较少,已有研究多集中在对不同无性系的表型和经济指标的测定和比较,缺乏与树形相结合的系统分析<sup>[3-4]</sup>。本文拟从树形结构的角度,研究不同油茶无性系的发枝和光合特性,并探讨其与树形结构的相关性,明确不同树形油茶无性系对修剪处理的响应规律,以为油茶栽培、修剪管理以及优良油茶资源的发掘利用提供技术依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

本试验在浙江金华国家油茶油桐良种基地东方红林场进行,供试油茶无性系为长林4号、长林53号、长林46号、长林175号和长林40号。试验植株为2006年1月份定值,株行距2 m×3 m,未作任何修剪管理,均为自然树形。

### 1.2 试验方法

每个油茶无性系选取长势一致、无病虫害的植株6株,测定株高及冠幅,其中3株于2011年进行冬季修剪管理,具体方法为:采取简易修剪,修剪量控制在1/4~1/3,以疏剪为主,疏除内堂过密丛枝、

营养枝、病弱枝和下脚枝。其余3株作为对照。于5月份新梢停止生长后进行指标测定。

1.2.1 发枝特性调查 在试验植株上以树冠上层(树高2/3以上外层部位)、中层(树高1/3~2/3外层部位)、下层(树高1/3以下外层部位)和树冠内层(树冠内部距树冠外层30~50 cm的冠层部位)划分取样区域,每个冠层部位随机调查3个标准枝(2年生枝)上的当年生叶片数、2年生叶片数、新梢发枝量、新梢长度指标,新梢发枝量以20 cm×20 cm×20 cm方框范围内新梢数表示,每个冠层部位测定3次。

1.2.2 光合特性测定 用美国Licor公司Li-6400便携式光合测定仪测定植株叶片水分利用效率(*WUE*)、净光合速率(*Pn*)、蒸腾速率(*Tr*)等光合特性指标,测定时间为晴天9:00至11:00时。每个试验植株选取树冠上、中、下和内层4个部位,每个部位选取当年成熟新梢中部成熟叶片(一般为第3或第4片叶)3~5片进行测定,取平均值。

用上海鑫态国际贸易有限公司生产的植物冠层分析仪STGG-01测定植株冠层光合有效辐射(*PAR*),在晴天于9:00至15:00时,每小时测定1次。将探头置于距冠层顶部30 cm处,垂直向上测量冠层顶部入射*PAR*(*PARI*),垂直向下测量冠层反射*PAR*(*PARR*);再将探头置于冠层底部,垂直向上测量底部入射*PAR*(*PART*)。测定3次,取平均值。

### 1.3 数据分析

各指标计算方法如下<sup>[10-12]</sup>:树形指数=树高/冠幅(冠幅以树冠横向的最大直径表示);新叶比=(当年生叶片数/标准枝上总叶片数)×100%;叶片水分利用效率(*WUE*)=叶片净光合速率(*Pn*)/叶片蒸腾速率(*Tr*);冠层反射率(*Re*)=*PARR*/*PARI*;冠层截获率(*In*)=(*PARI*-*PART*-*PARR*)/*PARI*。

数据采用Microsoft Excel 2003软件统计分析并作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同油茶无性系树形特征分析

研究结果显示,各参试油茶无性系的树形指数差异较大,树形指数大小顺序为长林175号>长林40号>长林53号>长林4号>长林46号(图1)。长林175号无性系树体直立、冠层紧凑,树形指数最高,达到1.33;长林46号无性系树体开张,树形指数最低,为0.72;长林53号无性系树形指数居中,为1.06。随着树形指数降低,油茶树体逐渐由直立形转向开张形。

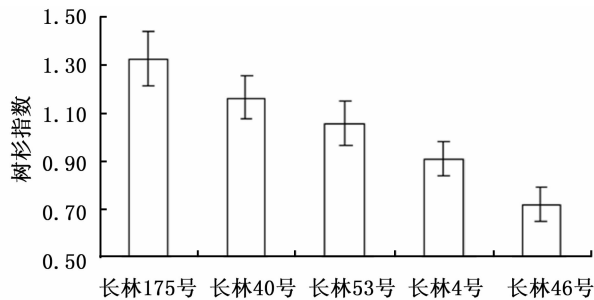


图1 不同油茶无性系树形指数比较

### 2.2 不同树形油茶无性系发枝特性差异性分析

由图2可知,油茶无性系树冠不同部位的新梢发枝量、新梢长度和新叶比表现出较大差异性,树冠上层的新梢发枝量、新梢长度和新叶比相对较高,而树冠内层的新梢发枝量、新梢长度和新叶比则相对较低。

随着树形指数增大,油茶无性系树冠内层的新梢发枝量表现出下降趋势,且在树冠不同部位间的差异变大(图2-A)。如长林46号(树形指数为0.72)、长林53号(树形指数为1.06)和长林175号(树形指数为1.33)无性系树冠各部位的平均新梢发枝量分别为8.25、9.97和9.18个,变异系数分别为17.7%、25.5%和50.7%。

与新梢发枝量不同,随着树形指数增大,油茶无性系新梢长度和新叶比总体上表现出先升高后下降的趋势。长林53号无性系的新梢长度和新叶比最高,新梢长度平均值达9.77 cm,新叶比为79.7%(图2-B、2-C);且树形指数越大,新梢长度在树冠外层各部位(上层、中层、下层)间的差异越小,而新叶比在树冠外层各部位间的差异越大。而如长林46号、长林53号和长林175号无性系树冠外层新梢长度平均值分别为6.51、10.18和9.82 cm,不同部位间的变异系数分别为19.9%、10.1%和4.4%;新

叶比平均值分别为71.3%、82.3%和66.4%,不同部位间的变异系数分别为2.2%、6.8%和15.7%。

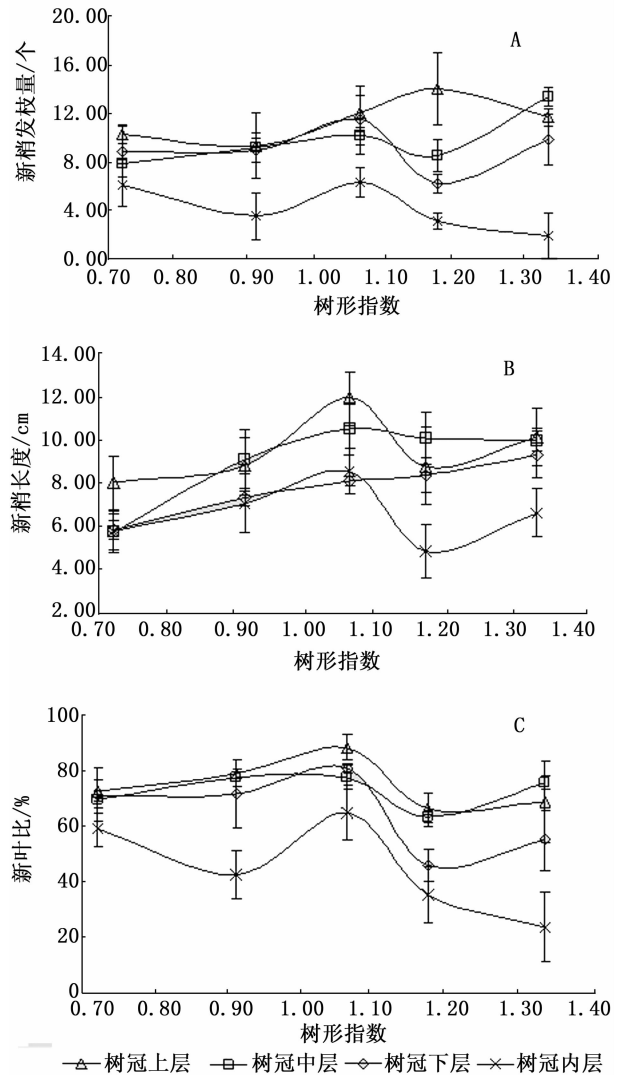


图2 不同树形油茶无性系新梢发枝量、新梢长度和新叶比差异

### 2.3 不同树形油茶无性系光合特性分析

油茶无性系不同冠层部位叶片的净光合速率( $P_n$ )和水分利用效率( $WUE$ )差异显著,树冠上层和上层叶片的净光合速率( $P_n$ )远高于树冠下层和内层叶片净光合速率( $P_n$ )(图3-A),树冠下层叶片的水分利用效率( $WUE$ )也相对最低(图3-B)。随着树形指数增大,油茶无性系叶片净光合速率( $P_n$ )和水分利用效率( $WUE$ )均表现出先升高后下降的变化趋势,但表现不完全一致,如长林53号(树形指数1.06)无性系的叶片净光合速率( $P_n$ )最高,达 $8.11 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,叶片水分利用效率( $WUE$ )平均值为 $3.29 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ ;而长林40号(树形指数1.17)无性系的叶片水分利用效率( $WUE$ )最高,

达  $4.52 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ , 叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 平均值为  $7.04 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。此外, 虽然长林 53 号无性系树冠各部位的叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 差异较大, 如树冠上层叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 达  $11.74 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 树冠内层的叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 仅为  $3.36 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 但其叶片水分利用效率 ( $WUE$ ) 差异相对较小 (图 3 - B); 长林 40 号无性系虽然叶片水分利用效率 ( $WUE$ ) 平均值最高, 但冠层各部位的差异较大, 树冠中层的叶片水分利用效率 ( $WUE$ ) 达  $6.00 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ , 而树冠下层的叶片水分利用效率 ( $WUE$ ) 仅为  $2.82 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ 。

与直立树形的油茶无性系相比, 树形开张的长林 46 号 (树形指数 0.72) 无性系冠层各部位间叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 和水分利用效率 ( $WUE$ ) 差异较小, 如树冠上层叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 为  $7.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 叶片水分利用效率 ( $WUE$ ) 为  $4.14 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ , 树冠内层叶片净光合速率 ( $P_n$ ) 为  $6.64 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 叶片水分利用效率 ( $WUE$ ) 为  $2.99 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ , 这可能与其树形开张, 树冠内部叶片光照条件较好, 提高了叶片光合效率有关。

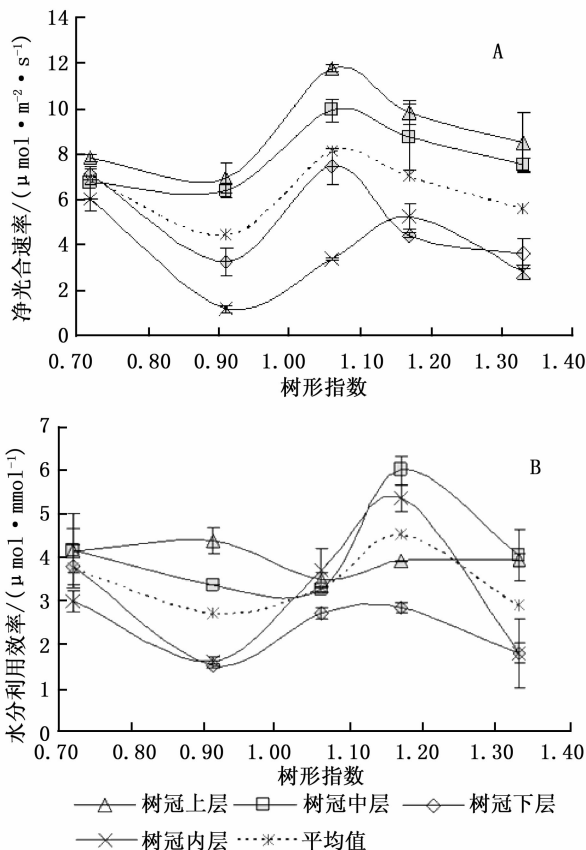


图3 不同树形油茶无性系叶片净光合速率和水分利用效率差异

## 2.4 不同树形油茶无性系光合有效辐射特征分析

不同树形油茶无性系冠层反射率 ( $Re$ ) 的日变化表现出先下降后上升的趋势, 冠层截获率 ( $In$ ) 则表现出先升高后下降趋势 (图 4 - A、4 - B)。日变化过程中, 随着太阳高度角变化, 中午时刻油茶树冠的冠层反射率 ( $Re$ ) 最低, 冠层截获率 ( $In$ ) 最高。

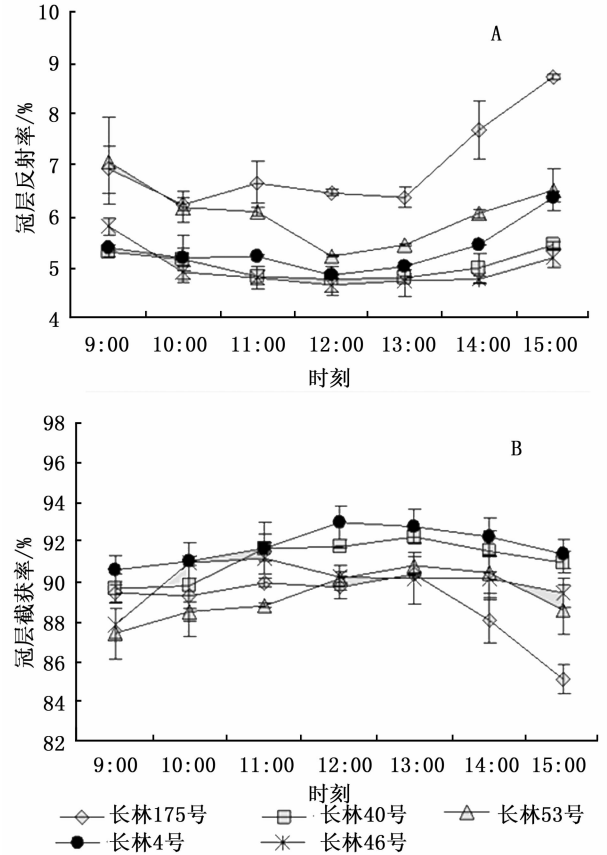


图4 不同树形油茶无性系冠层反射率和冠层截获率日变化

不同树形油茶无性系冠层反射率 ( $Re$ ) 和冠层截获率 ( $In$ ) 不同, 树形指数较高的长林 175 号无性系冠层反射率 ( $Re$ ) 最高, 其次是长林 53 号无性系, 长林 4 号、长林 40 号和长林 46 号无性系冠层反射率 ( $Re$ ) 相对较低 (图 4 - A)。与冠层反射率 ( $Re$ ) 相反, 长林 53 号、长林 175 号无性系冠层截获率 ( $In$ ) 低于长林 4 号无性系 (图 4 - B), 如中午 12:00 时, 长林 175 号、长林 53 号和长林 4 号无性系的冠层反射率 ( $Re$ ) 分别为 6.46%、5.22% 和 4.83%, 冠层截获率 ( $In$ ) 分别为 89.74%、90.21% 和 93.01%。

## 2.5 修剪处理对油茶无性系发枝及光合特性的影响

从表 1 可看出, 修剪处理一定程度上影响了油茶无性系新梢发枝量和新梢长度, 对新叶比则无显

著影响,且不同树形油茶无性系对修剪处理的响应不同。树形指数相对较高的无性系(长林175号、长林40号),在修剪处理后树冠新梢发枝量显著降低,新梢长度则变化不大,如长林175号(树形指数1.33)无性系修剪后树冠外层新梢数量由11.61下降至9.00个,树冠内层新梢数量由1.89下降至1.33个。

而树形指数较低的无性系(长林4号、长林46号),修剪处理显著提高了其新梢发枝量和树冠内层新梢长度,如长林46号(树形指数0.72)无性系修剪后树冠外层新梢数量达9.56个,树冠内层新梢数量由6.06个提高到8.17个,新梢长度达6.71 cm。

表1 修剪处理对油茶无性系发枝特性的影响

无性系	处理	新梢数量/个		新梢长度/cm		新叶比/%	
		树冠外层	树冠内层	树冠外层	树冠内层	树冠外层	树冠内层
长林175号	对照	11.61	1.89	9.89	7.60	66.43	23.33
	修剪	9.00*	1.33*	9.82	6.62	67.59	28.10
长林40号	对照	9.56	3.11	8.94	4.42	58.58	35.08
	修剪	8.72*	2.83	9.06	4.83	62.37	34.97
长林53号	对照	11.19	6.33	7.13	6.90	82.30	64.66
	修剪	9.33*	5.11*	9.18*	8.53*	74.17	68.41
长林4号	对照	9.17	3.49	9.46	3.52	76.00	42.45
	修剪	9.89*	4.78*	8.39*	7.04*	70.77	41.01
长林46号	对照	8.98	6.06	8.11	5.74	71.32	58.88
	修剪	9.56*	8.17*	6.51*	6.71*	84.00	79.21*

注:\*表示0.05水平上的显著差异性,下同。

修剪处理对不同树形油茶无性系冠层反射率( $Re$ )无显著影响,但修剪处理减少了冠层枝叶数量,冠层截获率( $In$ )有所降低,如树形开张的长林4号、长林46号无性系冠层截获率( $In$ )分别由92.53%下降到87.42%、90.54%下降到86.91%(表2)。此外,修剪处理显著提高了冠层内部叶片

净光合速率( $Pn$ )和水分利用效率( $WUE$ ),如长林4号无性系修剪后冠层内部叶片净光合速率( $Pn$ )由 $1.19 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 升高到 $1.74 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,叶片水分利用效率由 $1.62 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ 提高到 $3.31 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ 。

表2 修剪处理对油茶无性系光合特性的影响

无性系	处理	净光合速率/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$		水分利用效率/ $(\mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1})$		冠层反射率/%	冠层截获率/%
		树冠外层	树冠内层	树冠外层	树冠内层		
长林175号	对照	6.53	2.80	3.26	1.80	6.50	90.04
	修剪	7.33	5.43*	3.46	4.90*	6.38	89.06
长林40号	对照	7.64	3.59	4.24	5.35	4.79	91.96
	修剪	8.26	5.23*	3.97	5.18	4.76	84.20*
长林53号	对照	9.69	3.36	3.15	3.70	5.58	89.97
	修剪	9.66	3.43	4.59*	4.05	5.87	90.22
长林4号	对照	5.51	1.19	3.09	1.62	5.02	92.53
	修剪	6.33	1.74*	6.21*	3.31*	5.18	87.42*
长林46号	对照	7.21	4.72	4.04	2.99	4.72	90.54
	修剪	7.07	6.04*	3.36	3.21	4.45	86.91*

### 3 结论与讨论

调查研究发现,不同的油茶物种间的树体结构有很大的变异,有些为灌乔木类型,如普通油茶、小果油茶(*C. meiocarpa* Hu.)等,有些为高大乔木,如广宁红花油茶(*C. semiserrata* Chi.)、腾冲红花油茶(*C. reticulata* Lindl.)等,即使在同一物种内,不同的无性系或家系的树形特征也不相同<sup>[13]</sup>,甚至同一

无性系内树体高度和冠幅也出现较大变异<sup>[3]</sup>。为了更好地表征树形结构,降低分析误差,本研究用树形指数表示不同油茶无性系的树形特征。研究结果表明,树形指数较高的油茶无性系,树体直立、冠层紧凑,树形指数越低,树冠越为开张,供试油茶无性系的树形指数集中在0.72~1.33之间。可将树形指数和枝叶紧凑程度相结合来表征树形结构,如长林175号无性系可定义为直立紧凑型油茶无性系,

但关于枝叶紧凑程度指标的确定及划分标准还需进一步研究探讨。

不同树形油茶无性系冠层不同部位的新梢发枝量、新梢长度和新叶比表现出较大差异性,树冠上层的新梢发枝量、新梢长度和新叶比相对较高,树冠内层的新梢发枝量、新梢长度和新叶比相对较低,且不同树形油茶无性系发枝特性显著不同。与开张形油茶无性系相比,直立形油茶无性系冠层各部位间新梢长度差异较小,但新梢发枝量差异较大,这与在果树上的研究结果类似,苹果不同冠层部位的枝叶数量差异显著<sup>[14]</sup>,且自由纺锤形苹果树体不同树冠部位新梢发枝量的差异要大于开心形苹果树体<sup>[15]</sup>。

不同树形油茶无性系的叶片净光合速率( $P_n$ )差异显著,且树冠上层和上层叶片净光合速率( $P_n$ )远高于树冠下层和内层叶片的净光合速率( $P_n$ ),这与树冠上层和中层的受光条件较好有关。随着树形指数增大,油茶无性系叶片净光合速率( $P_n$ )表现出先升高后下降的变化趋势,长林 53 号无性系的叶片净光合速率( $P_n$ )最高,达  $8.11 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而长林 4 号无性系冠层截获率( $I_n$ )要高于长林 53 号无性系,可见冠层截获率( $I_n$ )并不是叶片净光合速率( $P_n$ )的决定性因素,叶片净光合速率( $P_n$ )还与品种基因型、叶龄叶位、营养情况等有关<sup>[16-17]</sup>。此外,不同树形油茶无性系冠层反射率( $Re$ )和冠层截获率( $I_n$ )差异是冠层结构差异的反映,树形指数较高的长林 175 号无性系冠层反射率( $Re$ )最高,其次是长林 53 号无性系,长林 4 号、长林 40 号和长林 46 号无性系冠层反射率( $Re$ )相对较低,与冠层反射率( $Re$ )相反,长林 53 号、长林 175 号无性系冠层截获率( $I_n$ )低于长林 4 号无性系,可见冠层反射率( $Re$ )和冠层截获率( $I_n$ )与树形指数并没有表现出完全的相关性,这也表明树形指数并不是影响冠层反射率( $Re$ )和冠层截获率( $I_n$ )的唯一因素。不同树形油茶无性系在叶面积指数、叶倾角等参数上的差异性<sup>[12]</sup>也可能是影响冠层反射率( $Re$ )和冠层截获率( $I_n$ )的重要因素,这还需要进一步研究。

本文中  $WUE$  是指叶片水平上的水分利用效率,即指消耗单位数量的  $\text{H}_2\text{O}$  所固定的  $\text{CO}_2$  的数量<sup>[18]</sup>。不同树形油茶无性系间和同一无性系不同冠层部位间叶片水分利用效率( $WUE$ )均表现出较大差异,与叶片净光合速率( $P_n$ )的变化趋势类似,随着树形指数增大,叶片水分利用效率( $WUE$ )也表现出先升高后下降的变化趋势,其中长林 40 号无性

系的叶片平均水分利用效率( $WUE$ )最大,为  $4.52 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$ ,且树冠上层叶片水分利用效率( $WUE$ )约为树冠下层叶片的 2 倍。冠层部位间叶片水分利用效率( $WUE$ )的差异在不同树形油茶无性系间表现不同,这一方面与不同树形油茶无性系的基因型差异有关<sup>[19]</sup>,另一方面,不同冠层部位的叶片生长势和叶片营养的差异也会引起叶片水分利用效率( $WUE$ )的不同<sup>[20]</sup>。

修剪处理在一定程度上影响了油茶无性系新梢发枝量和新梢长度,不同树形油茶无性系对修剪处理的响应不同。修剪处理后,直立形油茶无性系冠层新梢发枝量有所下降,新梢长度无显著变化,而开张形油茶无性系新梢发枝量和树冠内层新梢长度显著增加。此外,修剪处理使光合有效辐射( $PAR$ )的冠层截获率( $I_n$ )有所下降,冠层内部叶片的净光合速率( $P_n$ )和水分利用效率( $WUE$ )显著提高。可见,针对不同树形的油茶无性系应采取不同的修剪策略,对树形直立的油茶无性系应采取疏剪和短截<sup>[21]</sup>相结合的手段,而对树形开张的油茶无性系,则以疏剪为主,既能改善冠层内部光照条件,提升叶片光合效率,又能促进新梢生长发育。

## 参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 2 版. 北京: 中国林业出版社, 2008: 33
- [2] 姚小华, 徐林初, 罗治建, 等. 油茶高效实用栽培技术[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 73
- [3] 张国武. 油茶优良无性系性状表现的比较分析与评价[D]. 南昌: 江西农业大学, 2007: 34-36
- [4] 谢 鹏. 38 个油茶优良无性系综合评价研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010: 16-17
- [5] 张国财, 原 瑶, 阳艳岚. 树木分枝结构研究概述[J]. 林业科技情报, 2008, 40(1): 8-9
- [6] 冉辛拓, 宋海舟, 高志货, 等. 梨不同树形对光效能及产量品质的影响[J]. 园艺学报, 2012, 39(5): 957-962
- [7] 高清华, 叶正文, 章 镇, 等. 树形对油桃幼树光截获能力和结果的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(6): 1294-1298
- [8] 牛 良, 王志强, 刘淑娥, 等. 半矮化型、紧凑型、普通型桃树枝条和叶片特征比较[J]. 果树学报, 2005, 22(4): 319-322
- [9] 牛 良, 王志强, 刘淑娥, 等. 桃树不同生长型及其研究进展[J]. 果树学报, 2004, 21(4): 354-359
- [10] 陈永忠, 彭邵锋, 王湘南, 等. 油茶幼林结实与果枝特性研究[J]. 湖南林业科技, 2006, 33(6): 5-8
- [11] 何志祥, 孙 颖, 雷小林, 等. 油茶简化修剪光合特性研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(16): 111-116
- [12] 朱相成, 汤 亮, 张文字, 等. 不同品种和栽培条件下水稻冠层光合有效辐射传输特征[J]. 中国农业科学, 2012, 45(1):

34-43

- [13] 庄瑞林,董汝湘,黄爱珠,等. 油茶亚1、亚2、亚6三个优良家系的选育[J]. 经济林研究,1986,4(1): 30-39
- [14] 路超,王金政,薛晓敏,等. 苹果树冠不同区位果实产量和品质特征及其与枝叶空间分布的关系[J]. 山东农业科学,2009,52(7): 45-49
- [15] 王琰,范崇辉,江道伟,等. 苹果不同树形树冠特性和果实品质的比较[J]. 西北农业学报,2011,20(12): 93-97
- [16] 邹天才,张著林,周洪英,等. 贵州山茶属五种野生植物的光合特性研究[J]. 园艺学报,1994,21(4): 366-370
- [17] 黄义松,牛德奎,赵中华,等. 13个油茶优良无性系光合作用及生理特性研究[J]. 江西农业大学学报,2007,29(2): 209-214
- [18] 张正斌,山仑. 作物水分利用效率和蒸发蒸腾估算模型的研究进展[J]. 干旱地区农业研究,1997,15(1): 73-78
- [19] 贾宁,高聚林,于晓芳,等. 玉米自交系叶片水分利用效率差异性及其生理变化[J]. 华北农学报,2011,26(4): 121-125
- [20] 曹生奎,冯起,司建华,等. 植物叶片水分利用效率研究综述[J]. 生态学报,2009,29(7): 3882-3892
- [21] 肖青,李纪元,李锦明,等. 不同强度修剪对幼龄期油茶无性系生长及结实的影响[J]. 江西林业科技,2008(2): 7-9