

赣 25 个油茶优良品种的耐热性比较

王国霞¹, 曹福亮², 杨玉珍¹, 方炎明², 雷小林³

(1. 郑州师范学院 生命科学系, 河南 郑州 450044; 2. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 3. 江西省林业科学院, 江西 南昌 330032)

摘要: 高温是影响经济林产品产量和质量的主要气候问题之一。为了探讨不同油茶 *Camellia oleifera* 品种的耐热性是否存在差异, 以江西省林业科学院油茶种质资源圃 25 个油茶优良品种的叶片为材料, 叶片分别经 30 min 的 40, 45, 50, 55, 60 和 65 °C 高温处理, 用电导法测定相对电导率并配合 Logistic 方程($y=k/(1+ae^{-bx})$)测定了其半致死温度(T_{L50})。根据半致死温度的高低把 25 个油茶品种分为 3 个类型: ① $T_{L50} \geq 50$ °C (耐热型), 其中有赣 190, 赣 55, 赣石 84-3, 赣 447, 赣 71 和赣无 24; ② $45 \leq T_{L50} < 50$ °C (中间型), 包括赣 68, 赣 8, 赣无 11, 赣兴 46, 赣无 16, 赣 70, 赣永 5, 赣 77024, 赣 6, 赣无 12, 赣无 2, 赣抚 20, 赣石 83-4, 赣无 1; ③ $T_{L50} < 45$ °C (感热型), 包括赣无 15, 赣兴 48, 赣石 83-1, 赣石 84-8, 赣永 6。水培条件下的大树枝条经过不同高温处理的形态特征变化和半致死温度结果一致。油茶的抗热性差异极显著($P < 0.01$)。图 1 表 2 参 26

关键词: 经济林学; 油茶; 耐热性; 电导率; 半致死温度

中图分类号: S727.32 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2012)04-0540-06

Heat tolerance comparisons for 25 cultivars of *Camellia oleifera*

WANG Guo-xia¹, CAO Fu-liang², YANG Yu-zhen¹, FANG Yan-ming², LEI Xiao-lin³

(1. Life Sciences Deparement, Zhengzhou Normal University, Zhengzhou 450044, Henan, China; 2. School of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China; 3. Jiangxi Academy of Forestry, Nanchang 330032, Jiangxi, China)

Abstract: High temperature has been a major climatic issue affecting yield and quality of economic non-timber forest products. In order to identify the differences of heat tolerance among *Camellia oleifera* cultivars, the study was based on the leaves of 25 *C. oleifera* cultivars in the *C. oleifera* germplasm nursery in Jiangxi Academy of Forestry, which are respectively treated with the temperatures of 40, 45, 50, 55, 60 and 65 °C (control) for 30 min, and determined the semi-lethal temperatures (T_{L50}) by conductivity method and logistic equation($y=k/(1+ae^{-bx})$). According to the the semi-lethal temperatures, the 25 *C. oleifera* cultivars were classified into three types: 1) $T_{L50} \geq 50$ °C (heat-resistant type: 6 cultivars), 2) $45 \leq T_{L50} < 50$ °C (medium-resistant type: 14 cultivars), and 3) $T_{L50} < 45$ °C (heat-sensitive type: 5 cultivars). These results showed important differences in heat tolerance of *C. oleifera* cultivars, which was similar to T_{L50} results for morphological characteristics of hydroponic cuttings at different high temperature stresses. The result will provide theoretical references for the study of heat resistance and directive breeding of *C. oleifera*. [Ch, 1 fig. 2 tab. 26 ref.]

Key words: cash forestry; *Camellia oleifera*; heat tolerance; conductance ratio; semi-lethal temperature

油茶 *Camellia oleifera* 是中国南方特有的重要木本食用油料树种, 为世界四大优质食用油料树种之一^[1]。油茶的主要产品茶油中的不饱和脂肪酸为 85%~97%, 为各种食用油之冠。茶油是目前世界上最富营养与健康价值的食用油, 被誉为“食油之王”。目前, 在油茶生物学特性、良种选育、栽培与丰产配

收稿日期: 2011-08-17; 修回日期: 2012-01-12

基金项目: “十一五” 国家科技支撑计划项目(2006BAD03A0104); 河南省科学技术攻关项目(122102110156)

作者简介: 王国霞, 博士, 从事经济植物栽培利用等研究。E-mail: wgxia191919@sina.com

套、病虫害防治、分子育种技术、茶油品质及茶籽加工利用等方面做了大量工作，取得了重要成果^[2-14]，但在油茶抗逆性方面开展的研究相对较少，尤其缺少温度胁迫方面的相关研究^[15]，而耐热性研究则更属空白。这可能与人们对于亚热带树种的普遍认识有关，亚热带树种喜温暖湿润气候，就应该具有耐高温的能力和特性。而事实上，油茶在最高月平均气温为 31.0 ℃，绝对最高气温 42.0 ℃以上，生长便受到抑制，叶片萎靡，果实脱落，甚至死亡，直接影响了油茶的产量和质量。随着全球“温室效应”的加剧，极端高温天气频频出现，这对所有的亚热带和热带树种也都是一个挑战，对油茶产业来说开展耐热性研究也有重要的现实意义。在抗性生理学领域，半致死温度可以反映温度与耐热性之间的数量关系，而且由于半致死温度的测定可以对离体叶片进行测定，无需创造高温环境对田间植株进行胁迫处理，因此，半致死温度是评价田间植物耐热性较好的指标。许多研究也表明，半致死温度是评价植物耐热性最常用的方法^[16-19]。本研究通过电导法测定相对电导率配合 Logistic 方程求拐点温度的方法测定了 25 个油茶品种的高温半致死温度，并结合这些品种大树枝条在高温条件下的形态特征变化，对油茶抗热性方法的评价测定体系进行初步探讨，以期对油茶的科学种植提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料与半致死温度的测定

试验材料为江西省林业科学院选育的 25 个产油量均在 800 kg·hm⁻² 以上的优良油茶品种。于 6 月下旬在江西林业科学院油茶种质资源圃统一选取并采集 25 个油茶品种树冠南面方位的枝条，用清水保鲜并尽快带回实验室进行半致死温度的测定。选取位于枝条部位大致相同的成熟叶片用蒸馏水清洗干净后，剪成 0.3 cm × 0.3 cm 的小片，称取 0.1 g·次⁻¹ 装入盛有 20 mL 去离子水的试管中并封口，将试管分别放在 40, 45, 50, 55, 60, 65 ℃ 的水浴锅中放置 30 min，取出静置冷却后测定电导值 S₁；然后全部放入沸水浴加热 30 min，静置冷却后测定电导值 S₂，同时测定蒸馏水电导率 S₀。重复 3 次·组⁻¹。相对电导率(%)=(S₁-S₀)/(S₂-S₀)×100%。通过 SPSS 13.0 软件将处理温度与相对电导率用 Logistic 方程 $y=k/(1+ae^{-bt})$ 进行拟合以求出 a 和 b (y 代表相对电导率，t 代表处理温度，k 为相对电导率的饱和容量，a 和 b 为方程参数)，然后用半致死温度 $T_{150}=\ln a/b$ 的方法求出拐点温度作为半致死温度。

1.2 不同高温胁迫下油茶叶片的形态观察

将 25 个油茶无性系统一选取树冠南面方位的枝条在人工气候箱进行水培，分别进行 8 h 的 40, 45 和 50 ℃ 高温胁迫处理，在处理 2, 4, 8 h 观察记录各油茶品种的叶片变化情况。

2 结果与分析

2.1 处理温度与相对电导率的关系

根据公式计算出各油茶品种各温度处理下的相对电导率，然后将相对电导率与处理温度绘制成图。从图 1 可以看出：油茶叶片相对电导率随温度增加先缓慢增加，然后急剧增加，随后增加的趋势渐缓，相对电导率随处理温度的变化呈典型的“S”型曲线，符合有限增长定律。

2.2 Logistic 方程参数及半致死温度的确定

由于油茶叶片在不同温度处理下的相对电导率呈“S”型曲线，因此，可以选用 Logistic 曲线方程进行拟合。将不同水浴温度处理下的叶片相对电导率与处理温度用 SPSS 13.0 软件进行 Logistic 方程回归，求出 Logistic 方程系数 a, b 的值和相关系数(表1)。通过显著性检验，25 个油茶品种的拟合度

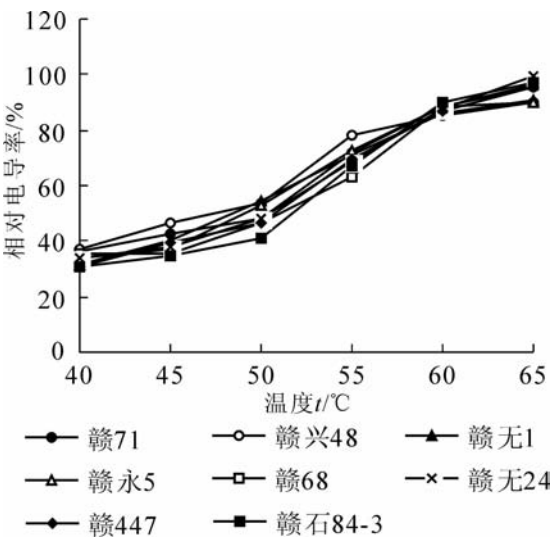


图 1 部分油茶品种在不同处理温度的相对电导率变化
Figure 1 Changes of relative conductivity leaves of some *Camellia oleifera* cultivars in different temperature

均达到极显著水平($P<0.01$), 由此证明: 相对电导率与处理温度的关系用 Logistic 描述是合适的。之后, 用 $T_{150}=\ln a/b$ 的方法求出 25 个油茶品种的半致死温度。

表 1 方程参数与半致死温度

Table 1 Parameters of equation and semi-lethal temperature

品种	方程系数		R^2	$T/^\circ\text{C}$
	b	a		
赣 71	0.099 1	144.966 1	0.960 0**	50.22
赣兴 48	0.160 5	1 322.263 0	0.964 7**	44.78
赣无 1	0.156 2	1 329.024 0	0.948 9**	46.04
赣永 5	0.160 1	2 227.644 0	0.992 3**	48.15
赣 68	0.179 7	7 304.165 0	0.921 0**	49.51
赣无 24	0.104 2	183.975 0	0.987 4**	50.05
赣 447	0.097 7	168.949 5	0.962 1**	52.50
赣石 84-3	0.104 6	263.512 3	0.903 6**	53.29
赣 190	0.136 0	1 566.501 0	0.969 4**	54.09
赣无 11	0.264 3	368 796.400 0	0.959 3**	48.50
赣石 83-1	0.184 1	3 711.903 0	0.930 9**	44.65
赣兴 46	0.205 0	20 543.500 0	0.936 4**	48.44
赣抚 20	0.173 3	29 94.702 0	0.928 2**	46.19
赣 55	0.126 9	882.624 6	0.943 7**	53.45
赣 6	0.303 8	1 976 820. 000 0	0.933 4**	47.72
赣永 6	0.213 0	11 230.630 0	0.956 1**	43.79
赣石 84-8	0.230 5	27 611.840 0	0.956 7**	44.36
赣无 2	0.253 6	133 920.300 0	0.910 3**	46.55
赣无 12	0.1440	868.267 6	0.912 2**	46.99
赣无 15	0.230 6	31 382.320 0	0.906 1**	44.90
赣无 16	0.278 4	697 320.200 0	0.932 8**	48.33
赣 8	0.238 2	109 535.100 0	0.951 4**	48.72
赣 70	0.282 8	829 020.400 0	0.961 9**	48.19
赣石 83-4	0.195 1	8 119.306 0	0.930 8**	46.14
赣 77024	0.211 5	26 396.850 0	0.934 5**	48.14

说明: ** 表示极显著水平($P<0.01$)。

2.3 不同油茶品种半致死温度的比较

从测定的结果来看: 25 个油茶品种的半致死温度为 43.79~54.09 $^\circ\text{C}$, 其中半致死温度最高的为赣 190, 最低的为赣永 6。方差分析表明: 不同无性系半致死温度具有极显著性差异($F=4.367 0$, $P<0.000 1$)。25 个油茶品种的半致死温度排序为赣 190>赣 55>赣石 84-3>赣 447>赣 71>赣无 24>赣 68>赣 8>赣无 11>赣兴 46>赣无 16>赣 70>赣永 5>赣 77024>赣 6>赣无 12>赣无 2>赣抚 20>赣石 83-4>赣无 1>赣无 15>赣兴 48>赣石 83-1>赣石 84-8>赣永 6。半致死温度越高, 耐热性越强。按照半致死温度的高低可以把 25 个油茶品种大致划分 3 个大类: ① $T_{150}\geq 50\text{ }^\circ\text{C}$, 其中有赣 190, 赣 55, 赣石 84-3, 赣 447, 赣 71 和赣无 24; ② $45\leq T_{150}<50\text{ }^\circ\text{C}$, 包括赣 68, 赣 8, 赣无 11, 赣兴 46, 赣无 16, 赣 70, 赣永 5, 赣 77024, 赣 6, 赣无 12, 赣无 2, 赣抚 20, 赣石 83-4, 赣无 1; ③ $T_{150}<45\text{ }^\circ\text{C}$, 包括赣无 15, 赣兴 48, 赣石 83-1, 赣石 84-8, 赣永 6。

2.4 极端高温胁迫下不同油茶品种的叶片形态表现

在 40 ℃和 45 ℃处理 8 h 条件下，各品种之间在叶片外部形态上并没有太明显的差别。但在 50 ℃高温条件下(表 2)，高温持续 2 h，赣石 83-1，赣 6，赣永 6 就有少量叶片边缘开始出现焦化现象，其他品种叶片暂无明显变化；高温持续 4 h 后，只有赣 8，赣 190，赣 447，赣石 84-3，赣 55，赣无 24 等单株的叶片完好，大部分品种的少量叶片边缘都出现有干焦现象，而赣无 15，赣永 6，赣兴 48，赣石 83-1，赣无 1 等品种有 20%的叶片的边缘出现干焦现象；高温持续 8 h 后，只有赣 8，赣 190 的叶片还基本完好，没有焦化现象，赣无 15，赣无 2，赣永 6，赣 6，赣石 83-1，赣兴 48 等品种几乎全部叶片都出现干焦现象，其中有部分叶片几乎全部焦化，其余品种 30%~50%的叶片边缘出现干焦现象，部分叶片中部有大块褐化斑点。因此，可根据其形态变化将这 25 个油茶品种耐热性划分为 3 个类型：①耐热型有赣 8，赣石 84-3，赣 190；②中间型有赣无 1，赣永 5，赣 71，赣 68，赣无 24，赣 447，赣无 11，赣兴 46，赣抚 20，赣 55，赣石 84-8，赣无 12，赣无 16，赣 70，赣石 83-4，赣 77024(白皮中子)；③不耐热型有赣无 15，赣无 2，赣永 6，赣 6，赣石 83-1，赣兴 48。

表 2 25 个油茶品种在 50 ℃高温处理下不同阶段的叶面形态表现

Table 2 Morphological characteristics of leaves of 25 <i>Camellia oleifera</i> cultivars in different stages by 50 ℃ treatment		
持续时间/h	症 状	品 种
2	少量叶片边缘部分出现干焦现象	赣石 83-1, 赣 6, 赣永 6
	叶片完好	赣兴 48, 赣无 1, 赣永 5 , 赣 71, 赣 68, 赣无 24, 赣 447, 赣石 84-3, 赣 190, 赣无 11, 赣无 2, 赣兴 46, 赣抚 20, 赣 55, 赣石 84-8, 赣无 12, 赣无 15, 赣无 16, 赣 8, 赣 70, 赣石 83-4, 赣 77024
	20%的叶片边缘出现干焦现象	赣无 15, 赣永 6, 赣兴 48, 赣石 83-1, 赣无 1
4	少量叶片边缘部分出现干焦现象	赣无 2, 赣永 5, 赣 71, 赣 68, 赣 447, 赣无 11, 赣兴 46, 赣抚 20, 赣 6, 赣石 84-8, 赣无 12, 赣无 16, 赣 70, 赣石 83-4, 赣 77024
	叶片完好	赣 8, 赣 190, 赣 447, 赣石 84-3, 赣 55, 赣无 24
	全部叶片都出现干焦现象, 其中有部分叶片几乎全部焦化	赣无 15, 赣无 2, 赣永 6, 赣 6, 赣石 83-1, 赣兴 48
8	叶片基本完好, 无干焦现象	赣 8, 赣石 84-3, 赣 190

上述分类结果与半致死温度测定的分类结果基本一致，说明半致死温度可以做为确定油茶耐热性的指标。以半致死温度为指标，把 25 个油茶品种分为 3 类：①耐热型($T_{L50} \geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$)，其中有赣 190，赣 55，赣石 84-3，赣 447，赣 71 和赣无 24；②中间型($45 \leq T_{L50} < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$)，包括赣 68，赣 8，赣无 11，赣兴 46，赣无 16，赣 70，赣永 5，赣 77024，赣 6，赣无 12，赣无 2，赣抚 20，赣石 83-4，赣无 1；③感热型($T_{L50} < 45\text{ }^{\circ}\text{C}$)，包括赣无 15，赣兴 48，赣石 83-1，赣石 84-8，赣永 6。

3 结论与讨论

本研究采用了半致死温度这个指标来评价 25 个优良油茶品种的耐热性，结果表明：25 个油茶品种的半致死温度差异很大(为 43.79~54.09 ℃)，25 个油茶品种的耐热性顺序为赣 190>赣 55>赣石 84-3>赣 447>赣 71>赣无 24>赣 68>赣 8>赣无 11>赣兴 46>赣无 16>赣 70>赣永 5>赣 77024>赣 6>赣无 12>赣无 2>赣抚 20>赣石 83-4>赣无 1>赣无 15>赣兴 48>赣石 83-1>赣石 84-8>赣永 6。根据半致死温度和高温处理后外部形态变化把 25 个品种划分为 3 种类型：①耐热型有赣 190，赣 55，赣石 84-3，赣 447，赣 71 和赣无 24；②中间型有赣 68，赣 8，赣无 11，赣兴 46，赣无 16，赣 70，赣永 5，赣 77024，赣 6，赣无 12，赣无 2，赣抚 20，赣石 83-4，赣无 1；③感热型有赣无 15，赣兴 48，赣石 83-1，赣石 84-8，赣永 6。

细胞膜是植物和环境的界面和屏障，既能接受和传递环境信息，又能对环境胁迫做出反应。高温对膜的伤害会使膜内的电解质渗出率增高，因此，电导法成为一种快速可靠的测定植物在高温下的受害程度及评价耐热能力的方法^[20-23]。Martireau 等^[24]认为植物在高温胁迫下的膜伤害与质膜透性的增加是高温

伤害的本质之一,叶片被高温伤害后,膜的通透性增加,电解质扩散出细胞,因此,认为可以测定叶片外渗电导率来确定高温的伤害。陈志刚等^[23]通过对不同种源苗木在 41.0 ℃高温处理下的叶片电导率等生理指标的变化进行了综合评价,来选择耐热性优良的种源;Tischler 等^[20]在对雀稗属植物的抗热性研究把相对电导率作为一个重要指标;李纪元等^[26]在对高温胁迫下 15 个茶花 *Camellia japonica* 品种的耐热性研究中把相对电导率作为一个重要指标,并认为茶花耐热性结果与茶花耐寒性研究结果一致。应用 Logistic 方程求出的半致死温度,更是植物的耐热能力精确、可靠的指标,这个方法已经得到广泛应用^[16-19,26-27]。徐静平等^[19]通过 Logistic 拐点确定半致死温度,对 8 种屋顶绿化木本植物的耐热性进行比较;高鹤等^[18]用改良电导法测定配合 Logistic 方程求拐点温度的方法测定了 6 种冷季型观赏草的高温半致死温度,测定的结果与材料在田间的实际表现趋势一致;本研究半致死温度测定结果与水培大树枝条在高温胁迫下的形态观察结果也基本一致,说明半致死温度可以做为确定油茶耐热性的指标,结果表明:此方法是鉴定油茶的耐热性的一种简便可行的办法,不仅可以缩短栽培选种或引种时间,而且可以降低选种和引种的风险,提高种植效率,创造更高的经济价值和社会效益。

参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 北京: 中国林业出版社, 1988.
- [2] 曾燕如, 黎章矩, 戴文圣. 油茶开花习性的观察研究[J]. 浙江林学院学报, 2009, **26** (6): 802 – 809.
ZENG Yanru, LI Zhangju, DAI Wensheng. Flowering habits in *Camellia oleifera* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2009, **26** (6): 802 – 809.
- [3] 曾燕如, 黎章矩. 油茶花期气候对花后坐果的影响[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27** (3): 323 – 328.
ZENG Yanru, LI Zhangju. Effects of the climate during flowering period on post-flowering fruit setting in *Camellia oleifera* [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27** (3): 323 – 328.
- [4] 陈永忠, 王湘南, 彭邵锋, 等. 植物生长调节剂对油茶果实含油率的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2007, **27** (1): 25 – 29.
CHEN Yongzhong, WANG Xiangnan, PENG Shaofeng, *et al.* Effects of plant growth regulators on the promotion of fruit oil content of *Camellia oleifera* [J]. *J Cent South Univ For & Technol*, 2007, **27** (1): 25 – 29.
- [5] 王瑞, 陈永忠, 王玉娟, 等. 油茶林地不同间种处理土壤养分及生长量的主成分分析[J]. 中国农学通报, 2011, **27** (4): 30 – 35.
WANG Rui, CHEN Yongzhong, WANG Yujuan, *et al.* A principal component analysis of *Camellia oleifera* forest soil nutrient and growth by different treatment of interplanting [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2011, **27** (4): 30 – 35.
- [6] 胡芳名, 谭晓风, 仇键, 等. 油茶种子表达的主要储藏蛋白基因及其分析[J]. 中南林学院学报, 2005, **25** (4): 24 – 26, 45.
HU Fangming, TAN Xiaofeng, QIU Jian, *et al.* Analysis of the mainly expressed genes related to the storage proteins in *Camellia oleifera* seeds [J]. *J Cent South For Univ*, 2005, **25** (4): 24 – 26, 45.
- [7] 潘晓杰, 侯红波, 廖芳, 等. 配方施肥对油茶中幼林营养生长的影响[J]. 中南林学院学报, 2003, **23** (2): 82 – 84.
PAN Xiaojie, HOU Hongbo, LIAO Fang, *et al.* Effect of formulate fertilization on the vegetative growth of young oil-tree forest [J]. *J Cent South For Univ*, 2003, **23** (2): 82 – 84.
- [8] 谭晓风, 胡芳名, 谢禄山, 等. 油茶近成熟种子表达的发育相关基因及其分析[J]. 中南林学院学报, 2005, **25** (4): 17 – 23.
TAN Xiaofeng, HU Fangming, XIE Lushan, *et al.* Analysis of development-related genes in the EST library of the nearly matured seeds of *Camellia oleifera* [J]. *J Cent South For Univ*, 2005, **25** (4): 17 – 23.
- [9] 谭晓风, 袁德义, 袁军, 等. 维生素 C 及植物生长调节物质对油茶花粉萌发率的影响[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27** (6): 941 – 944.
TAN Xiaofeng, YUAN Deyi, YUAN Jun, *et al.* Pollen germination in *Camellia oleifera* with ascorbic acid and plant growth regulators [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27** (6): 941 – 944.
- [10] 黎章矩, 华家其, 曾燕如. 油茶果实含油率影响因子研究[J]. 浙江林学院学报, 2010, **27** (6): 935 – 940.
LI Zhangju, HUA Jiaqi, ZENG Yanru. Oil content of *Camellia oleifera* fruit trees [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2010, **27** (6): 935 – 940.

- [11] 闻丽, 张日清, 李典军. 不同激素配比对油茶花药愈伤组织形成的影响[J]. 经济林研究, 2005, **23** (4): 21 – 23.
WEN Li, ZHANG Riqing, LI Dianjun. Effect of phytohormones on callus induction from oil tea anther [J]. *Nonwood For Res*, 2005, **23** (4): 21 – 23.
- [12] 左继林, 龚春, 汪建平, 等. 赣油茶 25 个优良无性系品质评价[J]. 浙江林学院学报, 2008, **25** (5): 624 – 629.
ZUO Jilin, GONG Chun, WANG Jianping, *et al.* Evaluation on quality of twenty-five clones of *Camellia oleifera* Group Gan [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2008, **25** (5): 624 – 629.
- [13] 温强, 雷小林, 叶金山, 等. 油茶高产无性系的 ISSR 分子鉴别[J]. 中南林业大学学报, 2008, **28** (1): 39 – 43.
WEN Qiang, LEI Xiaolin, YE Jinshan, *et al.* Identification of *Camellia oleifera* superior clones by ISSR molecular markers [J]. *J Cent South Univ For & Technol*, 2008, **28** (1): 39 – 43.
- [14] 范振富. 福安市油茶优良品系引种栽培试验[J]. 经济林研究, 2006, **24** (2): 22 – 25.
FAN Zhenfu. Introduction and cultivation of fine strains of *Camellia oleifera* in Fuan City [J]. *Nonwood For Res*, 2006, **24** (2): 22 – 25.
- [15] 张日清, 闻丽, 刘友全, 等. 低温预处理对油茶花药愈伤组织诱导的影响[J]. 中南林学院学报, 2005, **25** (6): 24 – 28.
ZHANG Riqing, WEN Li, LIU Youquan, *et al.* Effects of low temperture pretreatment on callus induction from oil-tea anther [J]. *J Cent South For Univ*, 2005, **25** (6): 24 – 28.
- [16] 何文华, 董丽, 孙震. 几种野生地被植物高温半致死温度的确定[J]. 西南园艺, 2006, **34** (3): 10 – 11.
HE Wenhua, DONG Li, SUN Zhen. Measurement of heat LT50 in several wild ground covers plants [J]. *Southwest Hort*, 2006, **34** (3): 10 – 11.
- [17] 张燕利, 高捍东, 吴锦华. 4 种景天科植物耐热性测定[J]. 西南林学院学报, 2010, **30** (6): 52 – 54.
ZHANG Yanli, GAO Handong, WU Jinghua. Study on the heat-tolerance of four species in family Crassulaceae [J]. *J Southwest For Univ*, 2010, **30** (6): 52 – 54.
- [18] 高鹤, 宗俊勤, 郭爱桂, 等. 应用 Logistic 方程研究优良冷季型观赏草抗热性[J]. 草业学报, 2010 (10): 27 – 30.
GAO He, ZONG Junqin, GUO Aigui, *et al.* Applying logistic equation to heat resistance study of cold-season ornamental grasses [J]. *Pratacult Sci*, 2010 (10): 27 – 30.
- [19] 徐静平, 徐振华, 杜克久. 8 种屋顶绿化木本植物的耐热性比较[J]. 中国农学通报, 2011, **27** (6): 1 – 5.
XU Jingping, XU Zhenhua, DU Kejiu. Comparison of heat resistance of eight kinds of roof greening woody plant [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2011, **27** (6): 1 – 5.
- [20] TISCHLER C R, VOIGT P W, BURSON B L. Evaluation of *Paspalum* germplasm for variation in leaf wax and heat tolerance [J]. *Euphytica*, 1990, **50** (1): 73 – 79.
- [21] SUN Xiaolin, YANG Sha, WANG Liyan, *et al.* The unsaturation of phosphatidylglycerol in thylakoid membrane alleviates PS II photoinhibition under chilling stress [J]. *Plant Cell Rep*, 2011, **30** (10): 1939 – 1947.
- [22] 李淑娟, 陈香波, 李毅, 等. 观赏山楂叶片耐热性生理指标研究初探[J]. 江苏林业科技, 2007, **34** (2): 6 – 10.
LI Shujuan, CHEN Xiangbo, LI Yi, *et al.* Study on physiological indexes of heat resistance of the ornamental hawthorn leaves [J]. *J Jiangsu For Sci Technol*, 2007, **34** (2): 6 – 10.
- [23] 陈志刚, 谢宗强, 郑海水. 不同地理种源西南桦苗木的耐热性研究[J]. 生态学报, 2003, **23** (11): 2327 – 2333.
CHEN Zhigang, XIE Zongqiang, ZHENG Haishui. The research of heat-tolerance of different provenances of *Betula alnoides* seedlings [J]. *Acta Ecol Sin*, 2003, **23** (11): 2327 – 2333.
- [24] MARTINEAU J R, SPECHT J E. Temperature tolerance in soybeans [J]. *Crop Sci*, 1979, **19**: 75 – 81.
- [25] 孙震, 董丽, 高大伟. 4 种野生地被植物抗热性的研究[J]. 中国园林, 2007, **23** (8): 24 – 27.
SUN Zhen, DONG Li, GAO Dawei. The study of heat-resistance of four species of groundcover plants [J]. *J Chin Landscape Arch*, 2007, **23** (8): 24 – 27.
- [26] 李纪元, 李辛雷, 范妙华, 等. 高温胁迫下 15 个茶花品种的耐热性[J]. 浙江林学院学报, 2006, **23** (6): 636 – 640.
LI Jiyuan, LI Xinlei, FAN Miaohua, *et al.* Heat tolerance of 15 *Camellia* cultivars under heat stress [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2006, **23** (6): 636 – 640.