

基质温度对三角梅插穗生根及其叶片光合作用的影响

谢志南, 钟赞华, 赖瑞云, 张雪芹, 苏明华

(福建省亚热带植物研究所 福建省亚热带植物生理生化公共实验室, 福建 厦门 361006)

摘要: 探讨了智能调控下 18、20、25、30、33 ℃ 的 5 个基质温度处理对三角梅叶片光合作用及插穗生根的影响。结果表明:随着基质温度上升,三角梅插穗叶片净光合速率增加,18、20 ℃ 处理的净光合速率较低,两处理间未见显著性差异,但均显著地低于处理间未见明显差异的 25、30、33 ℃ 处理。随着基质温度上升,叶片蒸腾速率、气孔导度及胞间 CO₂ 浓度增加,气孔限制值下降。低于 20 ℃ 基质温度处理插穗生根数较少、根长度较短,同时成活率较低。高于 30 ℃ 基质温度处理插穗落叶数及茎基腐烂率明显提高,成活率显著下降。三角梅插穗生根的基质温度以 25~30 ℃ 为适宜。

关键词: 基质温度; 三角梅; 插穗; 光合作用; 生根

中图分类号: Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2011)02-0222-05

Effects of media temperature on rooting and leaf photosynthesis of *Bougainvillea glabra* cuttings

XIE Zhi-Nan, ZHONG Zan-Hua, LAI Rui-Yun,
ZHANG Xue-Qin, SU Ming-Hua

(Fujian Lab of Subtropical Plant Physiology and Biochemistry, Fujian
Institute of Subtropical Botany, Xiamen 361006, China)

Abstract: The effects of media temperature(18 ℃, 20 ℃, 25 ℃, 30 ℃ and 33 ℃) on rooting and leaf photosynthesis of *Bougainvillea glabra* cuttings were measured under the condition of intelligent monitor and control. The results showed that with the increasing of media temperature, an increasing of the net photosynthesis rate, transpiration rate, stomatal conductance and intercellular CO₂ concentration in *B. glabra* cuttings leaves, while the stomatal limitation decreased. The net photosynthesis rate was lower and there was no obvious differences of treatment 18 ℃ and 20 ℃. The differences of net photosynthesis rate among treatment 25 ℃, 30 ℃ and 33 ℃ were obvious. The rooting number per cutting was less, and the root length was shorter, while the survival rate of the cutting was lower when the media temperature was lower than 20 ℃. When the media temperature was higher than 30 ℃, the fallen number and the basal stems rotting rate of cutting increased, while the survival rate decreased. In summary, 25-30 ℃ is the optimal media temperature for rooting of *Bougainvillea glabra* cuttings.

Key words: media temperature; *Bougainvillea glabra* cutting; photosynthesis; rooting

插穗生根是复杂生理生化代谢活动的形态建成过程,受温、光、湿等因素的影响,适宜的环境条件有

利于增强插穗生理生化代谢活动,从而促进插穗生根及提高插穗成活率(黄有军等,2006;王关林等,

收稿日期: 2010-07-05 修回日期: 2010-11-30

基金项目: 福建省自然科学基金(2008J0052);厦门市科技计划项目(3502Z20072007)[Supported by Natural Science Foundation of Education Department of Fujian Province(2008J0052);Scientific Research Item of Science and Technology Department of Xiamen City(3502Z20072007)]

作者简介: 谢志南(1964-),男,福建龙海人,研究员,从事园艺植物营养生理及种苗智能化快繁研究,(E-mail)e_xzn@sina.com.cn.

2006; 谢志南等, 2008)。温度对插穗生根影响的研究较多(孙敏等, 1997; 李蕾等, 2004; 何觉民等, 2009), 但对插穗光合能力及其生根的影响至今未见报道。光合作用是植物生长发育的重要生理代谢, 插穗的光合能力与插穗生根关系密切, 温度是影响光合作用的重要因素, 同时也是种苗智能化快繁系统(非试管快繁技术)中的重要技术参数(徐伟忠, 2006), 本研究在冬春季节通过加温手段, 探讨在种苗智能化快繁系统下不同基质温度对三角梅插穗叶片光合作用及其生根的影响, 旨在为三角梅种苗智能化快繁适宜基质温度技术参数的制定与应用提供科学依据。

1 材料与方 法

于 2009 年 2~3 月选艳红三角梅(*Bougainvillea glabra* 'Crimson'), 取长约 12 cm 的木质化绿枝为插穗, 顶端留一片叶, 扦插前用 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA 溶液浸穗 5 min, 扦插于福建省亚热带植物研究所数控快繁温室智能化快繁苗床。

苗床基质为珍珠岩, 应用加热线(河北大城巨丰温棚材料厂生产)及温度控制器(上海德兆仪器仪表有限公司欧龙仪表厂生产)对基质温度进行调控, 试验设置 5 个基质温度处理, 即不设置加热线的室温处理 CK(平均基质温度 $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$)、T1 处理(设置加热线, 设定温度 $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 下同)、T2 处理($25 \text{ }^{\circ}\text{C}$)、T3 处理($30 \text{ }^{\circ}\text{C}$)、T4 处理($33 \text{ }^{\circ}\text{C}$), 每处理均设 3 个重复, 每重复扦插 200 插穗(每袋 1 枝插穗)。试验期间除基质温度不同外, 各处理的水分、光照、营养等管理条件均一致, 并由种苗智能化快繁系统进行调控。扦插当天各处理标记代表性插穗 5 枝, 并于扦插当天及插后每隔 6 d 对标记插穗叶片光合作用进行测定, 每次测定均于上午 $8:00\sim 10:00$ 进行, 采用德国 WALZ 公司生产的 GFS-3000 型便携式光合作用仪测定叶片净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、大气 CO_2 浓度(C_a)、胞间 CO_2 浓度(C_i)。气孔限制值(L_s)由公式 $(L_s) = (C_a - C_i) / C_a$ 计算得到。测定时每叶片重复测定 3 个数据取其平均值, 测定光强为 $600 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 叶室温度为 $21 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。试验期间记录各处理插穗的落叶数, 插后 37 d 起苗观测各处理插穗烂枝率、成活率以及生根数、根系长度、根系鲜重等性状。

2 结果与分析

2.1 基质温度对三角梅插穗生根的影响

2.1.1 对成活率及烂枝率的影响 处理 T1、T2 及 T3(基质温度 $20\sim 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$)插穗成活率都较高, 处理间差异不显著, 但是其插穗成活率均显著高于 CK(基质温度 $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$)及 T4 处理(基质温度 $33 \text{ }^{\circ}\text{C}$), CK 与 T4 处理间差异不显著(表 1), 表明基质温度在 $20\sim 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内有利于三角梅插穗生根及成活, 过低或过高的基质温度均降低插穗成活率。从表 1 可见, T4 处理的烂枝率最大(达 42.0%), 显著地高于处理间未见显著性差异的 CK、T1、T2 及 T3 处理, 说明过高的基质温度明显加重了插穗基部腐烂。

2.1.2 对落叶枝率的影响 叶片对插穗生根有着重要影响, 叶片的光合作用可为插穗生理代谢提供充足的能量和物质, 从而促进插穗生根, 实践也表明叶片脱落的插穗成活率较低。表 1 可见, T4 处理落叶枝率最高, 显著高于 T3、T2 处理, 极显著高于 T1、CK 处理, CK、T1、T2 及 T3 处理的落叶枝率表现为相间的两个处理间差异显著, 表明随着基质温度上升, 三角梅插穗落叶枝率增加, 过高的基质温度明显加重了插穗落叶。

2.1.3 对根条数及根长度的影响 从表 1 可见, T4 处理插穗的生根数最多(5.29 条/枝), CK 处理生根数最少(3.16 条/枝), 两者之间差异显著。T1、T2 及 T3 处理的插穗根条数介于 CK 与 T4 处理之间, 其处理间及与 CK、T4 处理的差异不显著, 表明较高的基质温度可促进插穗生根。基质温度对根的生长也存在明显影响, 随着基质温度上升(CK 至 T3)插穗平均根长增加, 当基质温度大于 $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (T4)时根长下降。T3 处理的根长最大, 与 T4 处理间差异不显著, 但显著高于 T2 处理, 极显著高于 T1 处理及 CK, 而 T1、T2 及 T4 处理间差异不显著, 其中 T2 及 T4 处理还显著高于 CK, 表明适宜的基质温度促进了插穗根系生长, 但过高的基质温度则使插穗根系生长受到抑制。

2.1.4 对根鲜重的影响 各处理的根鲜重虽未见显著性差异(表 1), 但仍表现为随基质温度上升而其根鲜重增加的趋势。

2.2 基质温度对三角梅插穗叶片光合作用的影响

2.2.1 净光合速率(P_n) 从图 1 可见, 净光合速率(P_n)基本呈现为随基质温度上升而增加。CK 净光

合速率最小,平均为 $2.21 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, T1、T2、T3 及 T4 处理净光合速率平均值分别为 2.38、3.21、3.11、4.08 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 分别是 CK 处理的 111.8%、163.5%、157.6%、206.6%。从叶片净光合速率的变化看,CK 与 T1 较为相近,多重比较

分析结果表明:CK 与 T1 之间差异不显著,但均分别与 T2、T3、T4 之间差异显著,而 T2、T3 及 T4 处理间差异不显著,说明了在三角梅插穗生根过程中 CK 及 T1 处理的基质温度偏低,导致插穗叶片净光合速率低下。

表 1 基质温度对三角梅插穗生根及落叶的影响

Table 1 Effects of media temperature on rooting and leaf fallen of *Bougainvillea glabra* cuttings

项目 Item	CK(18 °C)	T1(20 °C)	T2(25 °C)	T3(30 °C)	T4(33 °C)
成活率 Survival rate (%)	60.0±5.29Bb (100.0)	72.0±3.46Aa (120.0)	76.0±5.29Aa (126.7)	72.7±2.31Aa (121.2)	56.0±2.00Bb (93.3)
烂枝率 Rotting branch rate (%)	14.0±8.72Bb (100.0)	18.7±1.15Bb (133.6)	18.0±1.15Bb (128.6)	22.0±2.00Bb (157.1)	42.0±2.0Aa (300.0)
落叶枝率 Leaf fallen rate(%)	5.2±0.8Cd (100.0)	7.5±0.5BCcd (150.0)	12.5±5.5ABbc (250.0)	15.2±4.3ABb (300.0)	20.8±0.8Aa (430.0)
根条数 No. of root item (item/branch)	3.16±2.07b (100.0)	4.29±3.98ab (135.8)	4.22±4.57ab (133.5)	4.13±4.15ab (130.7)	5.29±3.30a (167.4)
平均根长 Mean length of root (cm/branch)	2.00±1.84Bc (100.0)	2.98±2.60Bbc (149.0)	3.41±2.64ABb (170.5)	4.58±3.78Aa (229.0)	3.56±1.91ABab (178.0)
根鲜重 Fresh weight of root (g/branch)	1.78±0.37a (100.0)	1.99±0.32a (111.8)	2.81±0.95a (157.9)	3.18±1.28a (178.7)	3.07±0.41a (172.5)

注:表中数值为平均值±标准差,同项目注有不同大、小写英文字母者分别表示平均值差异达极显著、显著水平,括号内数值为 CK 的百分数。
Note: Value in the table is mean±standard deviation, different capitals and lowercases in the same column mean pole significant difference and significant difference between means, figure in brackets is the percentage of CK.

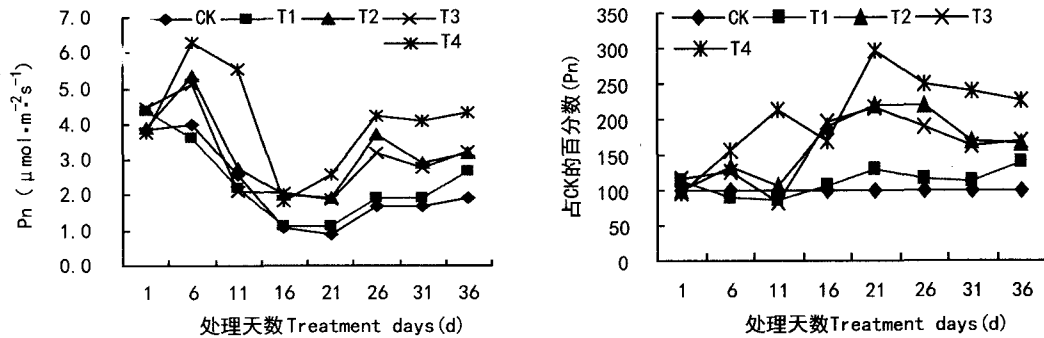


图 1 不同基质温度处理对叶片净光合速率(Pn)的影响
Fig. 1 Effects of different media temperatures on leaf net photosynthesis rate

2.2.2 蒸腾速率(T_r)和气孔导度(G_s) 从图 2 可见,叶片蒸腾速率随基质温度上升而增加,尤其是在扦插 16 d 后的生根期。T4 处理蒸腾速率最大,平均 $1.506 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, T1 处理蒸腾速率最小,平均 $0.585 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, T1、T2、T3 处理蒸腾速率介于 T4 与 CK 之间,平均分别为 0.719、1.134、1.105 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, T4、T3、T2、T1 处理分别为 CK 处理的 257.4%、188.9%、193.8%、122.9%。气孔导度与蒸腾速率密切相关,本研究中气孔导度变化同蒸腾速率一样随基质温度上升而增加,尤其是在扦插 16 d 后的生根期表现更为明显。气孔导度的变化是植物适应环境的一种调控反应,一方面

对水分的蒸腾丧失进行调控,另一方面也调控着胞间 CO_2 浓度,气孔导度的变化导致胞间 CO_2 浓度变化,从而影响光合能力,此也为光合能力变化的气孔限制因素。本研究可见基质温度影响光合能力与气孔导度调控的气孔因素密切相关。

2.2.3 胞间 CO_2 (C_i)和气孔限制值(L_s) 不同基质温度处理叶片胞间 CO_2 浓度(C_i)存在一定差异(图 3),扦插前期(插后 16 d 内)随基质温度上升而各处理胞间 CO_2 浓度(C_i)差异较小,扦插后期(插后 21 d 后)则表现出明显差异,随基质温度上升 C_i 值逐渐增加(除 T3 的 31、36 d 外)。各处理的气孔限制值(L_s)差异正好与胞间 CO_2 浓度(C_i)情形相反,CK

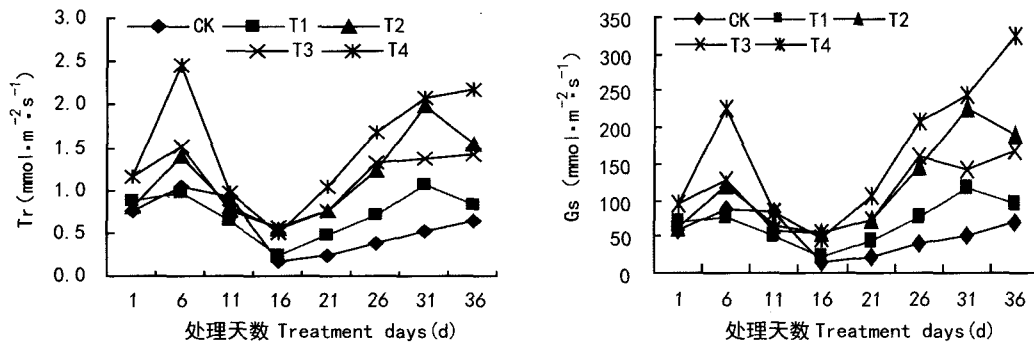
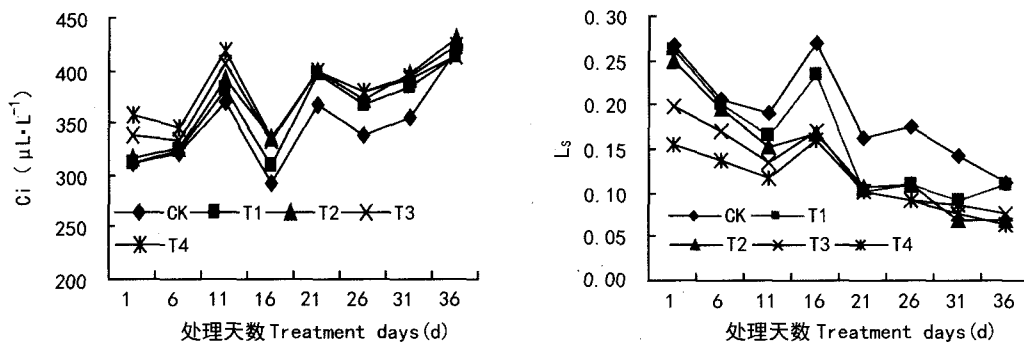
图 2 不同基质温度处理对叶片蒸腾速率(T_r)及气孔导度(G_s)的影响

Fig. 2 Effects of different media temperatures on leaf transpiration rate and stomatal conductance

图 3 不同基质温度处理对胞间 CO_2 浓度(C_i)及气孔限制值(L_s)的影响Fig. 3 Effects of different media temperatures on leaf intercellular CO_2 concentration and stomatal limitation value

处理的气孔限制值一直高于其它处理,其它处理间也基本呈现随基质温度上升气孔限制值下降的变化趋势。

3 讨论

插穗生根过程是复杂生理生化代谢活动过程,叶片光合作用可为插穗生根的代谢活动提供糖、蛋白质等能量物质,同时带叶插穗具有较高的 IAA 含量可促进插穗生根(王小蓉等,2004),因而叶片的保留及其较高光合能力对插穗生根具有重要作用。温度是影响光合作用的重要因素之一,温度对植株叶片光合作用的影响通常表现为在一定根温范围内随着温度上升,叶片光合能力增强(苏文华等,2002;赵娜等,2006),本研究基质温度影响插穗叶片光合作用(不管插穗处于生根分化期或生根期)的结果也与此相似,表现为随基质温度上升,叶片光合能力增强。研究表明,根际温度对植株叶片光合作用的影响主要通过对气孔阻力、光合酶活性、叶绿素及有机

物质累积毒害等方面的调控而影响的(冯玉龙等,1995),本研究表明较低基质温度处理(CK 及 T1)叶片净光合速率低下,一方面与气孔导度下降、气孔限制值增加,胞间 CO_2 浓度降低有关,另一方面可能也与温度较低水分、营养、激素等代谢活动弱(冯玉龙等,1995)、光合酶活性低有关。从本研究结果可以看出,较低基质温度的 CK(18 °C)及 T1(20 °C)处理均与处理间未见显著差异的较高基质温度 T2(25 °C)、T3(30 °C)及 T4(33 °C)处理的净光合速率存在显著性差异,说明基质温度低于 25 °C 时插穗叶片的光合能力就会明显减弱,为保持插穗较高的光合能力,插穗生根期间基质温度宜不低于 25 °C。从本研究也可看出,过高的基质温度对插穗生根、成活也存在不利影响,T4 处理(33 °C)插穗落叶数最多、成活率最低,此可能因基质温度高,插穗蒸腾速率大,体内水分失衡严重,从而导致叶片提早脱落、成活率降低。此外,基质温度高还可能致病菌活跃,增加插穗基段烂枝现象。从基质温度对插穗叶片光合作用及生根影响可见,三角梅种苗智能化

快繁殖穗生根的基质温度以 25~30 °C 为宜。

参考文献:

- 徐伟忠. 2006. 一叶成林——植物非试管克隆新技术[M]. 北京: 台海出版社: 71—128
- Feng YL(冯玉龙), Liu EJ(刘恩举), Sun GB(孙国斌). 1995. Influence of temperature of root system on plant(I)—influence of root temperature on plant growth and photosynthesis(根系温度对植物的影响(I):——根温对植物生长及光合作用的影响)[J]. *J Northeast Fore Univ*(东北林业大学学报), **23**(3): 63—69
- Feng YL(冯玉龙), Liu EJ(刘恩举), Meng QC(孟庆超). 1995. Influence of temperature of root system on plant(II)—influence of root temperature on plant metabolism(根系温度对植物的影响(II):——根温对植物代谢的影响)[J]. *J Northeast Fore Univ*(东北林业大学学报), **23**(4): 84—99
- He JM(何觉民), He Y(何仪), Huang JF(黄娇芬), et al. 2009. Researches on the cutting propagation techniques of energy-efficient plant *Euphorbia tirucalli* L. The influence of temperature, photoperiod and air humidity on the cutting survival rate of chilly injured shoot(高效能源植物绿玉树扦插繁殖技术研究 I. 温度、光长和空气湿度对绿玉树冷害嫩枝扦插成活率的影响)[J]. *Guangdong Agric Sci*(广东农业科学), **8**: 49—51
- Huang YJ(黄有军), Wang ZJ(王正加), Zheng BS(郑炳松), et al. 2006. Effect of plant growth regulators on rooting capacity by lignified cuttings of *Carya illinoensis*(植物生长调节剂对薄壳山核桃硬枝扦插生根的影响)[J]. *J Southwest Fore Coll*(西南林学院学报), **26**(5): 42—44, 49
- Li L(李蕾), He QQ(何启泉), Li NY(李妮亚), et al. 2004. Effects of temperature and rooting-reagent ABT on cuttage rooting of several wild-veggie(ABT 生根粉和温度对几种野生蔬菜插条生根的影响)[J]. *J Hainan Nor Univ; Nat Sci Edi*(海南师范大学学报·自然科学版), **17**(2): 165—169
- Su WH(苏文华), Zhang GF(张光飞). 2002. The effect of soil temperature and air temperature on photosynthesis and transpiration of *Primula sinopurpurea*(土壤温度与气温对紫花雪山报春光合作用和蒸腾作用的影响)[J]. *Acta Bot Borea 1-Occident Sin*(西北植物学报), **22**(4): 824—830
- Sun M(孙敏), Jiang HR(姜海荣), Liu YF(刘艳芳), et al. 1997. Application of electric heating wire on propagation of *Sabina chinens* and other plant(电加热线在桧柏等植物繁殖中的应用)[J]. *Inner Mongolia Fore Sci Tech*(内蒙古林业科技), **4**: 40—43
- Wang GL(王关林), Su DX(苏冬霞), Wu HD(吴海东). 2006. Effects of metabolism regulator on survival rate of softwood cutting propagation and its mechanism(代谢调节剂对嫩枝扦插繁殖成活率的影响及其机理)[J]. *Acta Hort Sin*(园艺学报), **33**(2): 395—398
- Wang XR(王小蓉), Zeng WG(曾伟光), Xiong QE(熊庆娥). 2004. Study on the rooting-promoting mechanism of IBA and leaf-retention for softwood cuttings of Japanese late cherry (*Cerasus serrulata* var. *lamesiana*)(IBA 促进日本晚樱绿枝扦插生根机制研究)[J]. *J Southwest Agric Univ; Nat Sci Edi*(西南农业大学学报·自然科学版), **26**(5): 597—600
- Xie ZN(谢志南), Lai RY(赖瑞云), Su MH(苏明华), et al. 2008. Effects of substrate water content on physiological-biochemical metabolism and rooting of *Bougainvillea spectabilis* cuttings(基质含水量对三角梅插穗生根及生理生化的影响)[J]. *J Fujian Teach Univ; Nat Sci Edi*(福建师范大学学报·自然科学版), **24**(增刊): 173—176
- Zhao N(赵娜), Ni GY(倪广艳), Li FR(李富荣), et al. 2006. Effects of temperature on photosynthesis of *Merremia boissiana*(温度对金钟藤光合特性的影响)[J]. *Ecol Environ*(生态环境), **15**(6): 1254—1257
- Wang AH(汪爱华), Ding Y(丁毅). 2007. Genetic diversity of wild close relatives of barley(*Hordeum vulgare*) in Tibet of China by using RAPD and ISSR markers(西藏近缘野生大麦 RAPD 和 ISSR 分子标记的遗传多样性)[J]. *J Wuhan Univ; Nat Sci Edi*(武汉大学学报·理学版), **53**(6): 723—730
- Wilkie S, Isaac PG, Slater RJ. 1993. Random amplified polymorphic DNA(RAPD) markers for genetic analysis in *Allium*[J]. *Theor Appl Genet*, **86**: 497—504
- Whitelock LM. 2002. The Cacads[M]. Portland: Timber Press
- Wu YX(吴玉香), Sun YQ(孙玉强), Chen CQ(陈崇乾), et al. 2007. Analysis of genetic relationship among cotton species (*Gossypium* spp.) by RAPD marker(利用 RAPD 检测棉属种间亲缘关系的研究)[J]. *Acta Agron Sin*(作物学报), **33**(6): 909—913
- Wu ZY, Peter HR. 1999. Flora of China(Cycadaceae)[M]. Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, **14**: 1—7
- Xiao BG(肖炳光). 2006. Assessment of genetic relationships between the flue-cured tobacco varieties by RAPD and ISSR markers(利用 RAPD 和 ISSR 标记分析烤烟品种间遗传关系)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究), **24**(5): 392—396
- Xiao LQ, Gong X. 2006. Genetic differentiation and relationships of populations in the *Cycas balansae* Complex(Cycadaceae) and its conservation implications[J]. *Ann Bot*, **97**: 807—812
- Zhang M(张敏), Huang SZ(黄苏珍), Qiu S(仇硕), et al. 2007. Analysis of RAPD and ISSR on genetic diversity of *Iris* plants(鸢尾属植物遗传多样性的 RAPD 和 ISSR 分析)[J]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境学报), **16**(2): 6—11
- Zhang Min(张敏), Huang SZ(黄苏珍). 2008. RAPD analysis on some germplasm of *Iris* plants(鸢尾属部分植物种质资源的 RAPD 分析)[J]. *Acta Bot Borea 1-Occident Sin*(西北植物学报), **28**(5): 933—939

(上接第 174 页 Continue from page 174)