

槲皮素对猕猴桃高温强光伤害的缓解作用

庄武豹, 姚康有, 杨妙贤, 梁红*

(仲恺农业工程学院生命科学院, 广州 510225)

摘要: 以中华猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) ‘和平红阳’和‘武植3号’为材料, 研究槲皮素制剂处理对其生长发育的影响。结果表明, 槲皮素处理的猕猴桃叶片受夏季高温强光灼伤较轻微, 和平红阳的落果率明显减少。喷施槲皮素制剂的处理, 其鲜果的维生素C、可溶性固形物、可溶性糖、总糖、可溶性蛋白质含量等品质指标有不同程度提高, 可滴定酸略有下降。槲皮素处理可提高猕猴桃的光饱和点, 并在一定程度上提高猕猴桃在高温强光下的光合速率。研究结果初步证实, 槲皮素处理能改善猕猴桃的生长发育及其果实内在品质, 可作为优质猕猴桃鲜果生产的一项技术措施。

关键词: 猕猴桃; 槲皮素; 高温强光伤害; 生长发育; 品质

中图分类号: S 663.4; Q 945 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2009) 06-0787-06

Effects of Quercetin to Alleviate Injury of Kiwifruit Plants Under High Temperature and Intensive Sunlight

ZHUANG Wu-bao, YAO Kang-you, YANG Miao-xian, and LIANG Hong*

(College of Life Sciences, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou 510225, China)

Abstract: Flavonoid reagent (quercetin) was used to treat two cultivars of kiwifruit plants, *Actinidia chinensis* var ‘Heping Hongyang’ and *A. chinensis* var ‘Wuzhi 3’. The experimental results showed that leaves of the treated kiwifruit plants were injured more lightly and deciduous fruits were less than the control under high temperature and intensive sunlight. The differences of quercetin effects on the different cultivars were observed. Contents of vitamin C, soluble sugars, total sugars, soluble proteins, and soluble solids substance in the fruits from the treated plants were increased but total acidity of the fruits decreased slightly, thus quality of kiwifruits might be improved by the quercetin treatment. Physiologically, quercetin treatment could increase apparent photosynthetic rate and alleviate photoinhibition of the kiwifruit plants, thus it might become an useful way in production of high quality kiwifruit.

Key words: kiwifruit; quercetin; injury under high temperature and intensive sunlight stress; growth and development; fruit quality

猕猴桃属半阴生性植物, 适应性强, 多生长于海拔 2 000 m 以下, 忌强日照 (江冰和郭书普, 2006)。在我国广大的猕猴桃产区, 从 7 月底至 9 月普遍存在持续高温天气, 最高气温可达 39℃ 以上, 对猕猴桃生长和果实发育常造成较大的危害, 表现为严重落叶落果, 落果率通常在 20% 左右, 在某些年份达 70% 以上; 高温季节如遇上干旱则问题更为严重, 甚至出现大面积植株死亡的现象 (袁飞荣等, 2005)。夏季光照过强, 特别是伴随高温、干旱的强光, 会引起日灼病, 使果实、枝蔓、甚至叶片枯萎凋落, 从而影响果树的产量和果实品质 (竺元琦, 1999; 蒋迎春和何伟玲, 2000; 韩礼星和李明, 2008)。黄酮类化合物的抗氧化作用及其对植物逆境生理的效应, 有可能成为植物体

收稿日期: 2009 - 02 - 04; 修回日期: 2009 - 05 - 25

基金项目: 广东省科技计划项目 (2005B60301010)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: llhoffice@yahoo.com.cn)

内的一种重要的防御机制,已受到越来越多的关注 (Liang et al, 2005)。目前,还未见有关黄酮类化合物对猕猴桃逆境生理的研究报道。作者系统研究了夏季高温强光季节喷施黄酮类化合物(槲皮素)制剂对两个中华猕猴桃品种生长、结果及果实品质等方面的影响,期望为缓解广大猕猴桃产区普遍存在的夏季高温强光伤害提供一种较为简便易行的技术方法。

1 材料与方法

试验材料为中华猕猴桃 (*Actinidia chinensis*) 品种‘和平红阳’和‘武植3号’。在广东省和平县阳明镇和下车镇的多个果园中选点,参照在水稻(潘伟明等,2002)、绿豆(梁红等,2007)以及荫生植物白掌和万年青(贺立红等,2006)等材料上所做的工作,分别于2006年5月6日、5月13日和5月20日喷施浓度为 $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的槲皮素制剂并进行定点观察。每一品种设两个小区,每小区各喷施相邻的两行(每行各10株),以每小区旁边没有喷施槲皮素(喷施清水)的同种植株为对照。2006年7月28日,在和平县水果研究所(位于阳明镇)和下车镇水果基地猕猴桃果园,摘取鲜果放置于室内阴凉处,待其软熟后进行各项品质指标的测定。

每个品种的处理和对照的测定各做5个重复,每重复测定5个果实,取平均值,计算标准差,并进行差异显著性检验。

可溶性固形物测定按国家标准 GB/T 12295 规定的程序进行(黄晓钰和刘邻渭,2002)。

可溶性糖含量采用蒽酮法测定,总糖含量采用3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定(丛峰松,2005)。

维生素C含量用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定。采用考马斯亮蓝G-250染色法测定可溶性蛋白质含量(邹琦,1995)。

为了测定方便,光合作用测定以盆栽2年生猕猴桃植株为材料,每品种各测定10株处理和10株对照,每株测10个叶片。使用Ciras-1便携式光合作用系统于2006年8月在广州市番禺区钟村农场(仲恺农业工程学院实习农场)网室中每株取当年新生枝条上的10片成熟绿叶测定其表观光合速率(郝建军等,2007),取平均值。测定时网室内温度为 $31\sim 33$ 。

2 结果与分析

2.1 槲皮素对猕猴桃叶片灼伤的缓解作用

观察发现,华南地区夏季(6—8月)强光高温气候对猕猴桃的生长发育产生不利影响。如图1所示,槲皮素处理组的‘和平红阳’猕猴桃叶片只有轻微的灼伤,基本可以保持绿色,叶片长势较好,果实表面着色均匀,质感饱满。但‘和平红阳’对照组的叶片受灼伤比较严重,部分出现叶缘撕裂、变褐、干枯、反卷等,叶片长势差,果实色泽深暗,质感粗糙,果皮常常失水皱缩。

‘武植3号’猕猴桃也有类似的情况发生,但其叶片和果实受灼伤的程度较轻,不如‘和平红阳’明显。

2.2 槲皮素对猕猴桃果实产量的影响

由表1可知,经槲皮素制剂处理之后,‘和平红阳’猕猴桃的落果率明显减少,处理组的落果率为 $15.21\% \pm 1.18\%$,而对照组的为 $30.31\% \pm 3.65\%$,差异极显著($P < 0.01$)。‘武植3号’猕猴桃处理组的平均落果率为 $38.74\% \pm 4.46\%$,对照组的为 $44.19\% \pm 5.03\%$,差异不显著。经槲皮素制剂处理的‘和平红阳’猕猴桃植株挂果数较多,但平均单果质量有所下降,平均单株产量与对照差异不显著。‘武植3号’猕猴桃经槲皮素制剂处理后,挂果数虽有所减少,其平均单果质量和平均单株产量与对照比较有所提高,但差异不显著。



图 1 槲皮素处理 (上) 和对照 (下) ‘和平红阳’猕猴桃叶片外观 (07 - 28)

Fig. 1 Leaves of *A. chinensis* ‘Heping Hongyang’ treated with quercetin (up) and the control (down)

表 1 ‘武植 3号’及‘和平红阳’中华猕猴桃单果质量及单株产量

Table 1 Fruit weight and productivity of *A. chinensis* var. ‘Wuzhi 3’ and *A. chinensis* var. ‘Heping Hongyang’

品种 Cultivar	处理 Treatment	平均单果质量 /g Average of fruit weight	平均单株产量 /kg Average of fruit weight each plant	落果率 /% Fallen fruit rate
武植 3号 Wuzhi 3	槲皮素 Quercetin	88.65 ± 7.75	13.50 ± 2.12	38.74 ± 4.46
	对照 Control	77.15 ± 6.54	12.06 ± 2.02	44.19 ± 5.03
和平红阳 Heping Hongyang	槲皮素 Quercetin	68.29 ± 6.32	12.46 ± 2.16	15.21 ± 1.18**
	对照 Control	71.59 ± 7.03	11.27 ± 1.98	30.31 ± 3.65

** 检验比对照差异极显著。

** Very significantly different from the control according to *t* test

2.3 槲皮素对猕猴桃果实品质的影响

从表 2 可以看出, 经槲皮素制剂处理之后, 猕猴桃鲜果的可溶性固形物 (SSC) 含量提高, 与对照比达到显著水平, 维生素 C 和可溶性糖含量提高达到极显著水平, 可溶性蛋白质含量和可滴定酸含量变化不明显。‘和平红阳’处理组的维生素 C 含量比对照组增加 26.98%, 而‘武植 3号’只增加 17.65%, 但‘武植 3号’总糖含量上升 20.49%, 达显著水平; 两品种猕猴桃处理组的总酸含量与对照组相比, 其差异不明显, 只有轻微下降。从上面的研究结果可以看出, 槲皮素处理在一定程度上提高了猕猴桃果实的营养品质, 可作为优质猕猴桃生产的辅助措施。

表 2 猕猴桃鲜果品质测定结果

Table 2 Quality analysis of fruits from 2 cultivars of kiwifruit

品种 Cultivar	处理 Treatment	可溶性 固形物 / % SSC	可滴定酸 / ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) Acidity	维生素 C / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) Vitamin C	总糖 / % Total sugar	可溶性糖 / % Soluble sugar	可溶性蛋白质 / ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) Soluble protein
和平红阳	槲皮素 Quercetin	16.35 \pm 1.75 [*]	17.20 \pm 1.02	2 814.1 \pm 177.4 ^{**}	14.67 \pm 2.15	8.42 \pm 0.96 ^{**}	0.149 \pm 0.075
Heping Hongyang	对照 Control	15.29 \pm 1.23	17.99 \pm 1.35	2 216.1 \pm 167.6	13.11 \pm 2.02	6.93 \pm 0.77	0.132 \pm 0.034
武植 3号	槲皮素 Quercetin	16.10 \pm 2.01 [*]	20.86 \pm 1.76	4 020.0 \pm 234.3 ^{**}	14.17 \pm 2.73 [*]	7.61 \pm 0.79 ^{**}	0.110 \pm 0.025
Wuzhi 3	对照 Control	15.05 \pm 1.96	21.27 \pm 2.01	3 417.0 \pm 212.2	11.76 \pm 2.12	6.19 \pm 0.75	0.108 \pm 0.009

* 检验比对照差异显著; ** 检验比对照差异极显著。

* Significantly different from the control according to *t* test; ** Very significantly different from the control according to *t* test

2.4 槲皮素对猕猴桃光合作用的影响

2007年 9月 26日中午 (气温 31~33) 在温室中测定处理组与对照组叶片光合作用 (图 2)。可以看出,在较低的光照强度下,‘武植 3号’处理组和对照组的表观光合速率非常接近,但光强度在 $500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上时,处理组均较明显地高于对照组;处理组的光饱和点在 $1000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,略高于对照组 ($800 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右)。
‘和平红阳’处理组与对照组的表观光合速率与‘武植 3号’相似,但处理组与对照组之间的差异更加明显,且在较低的光照强度下 ($80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上) 就可以表现出差异。

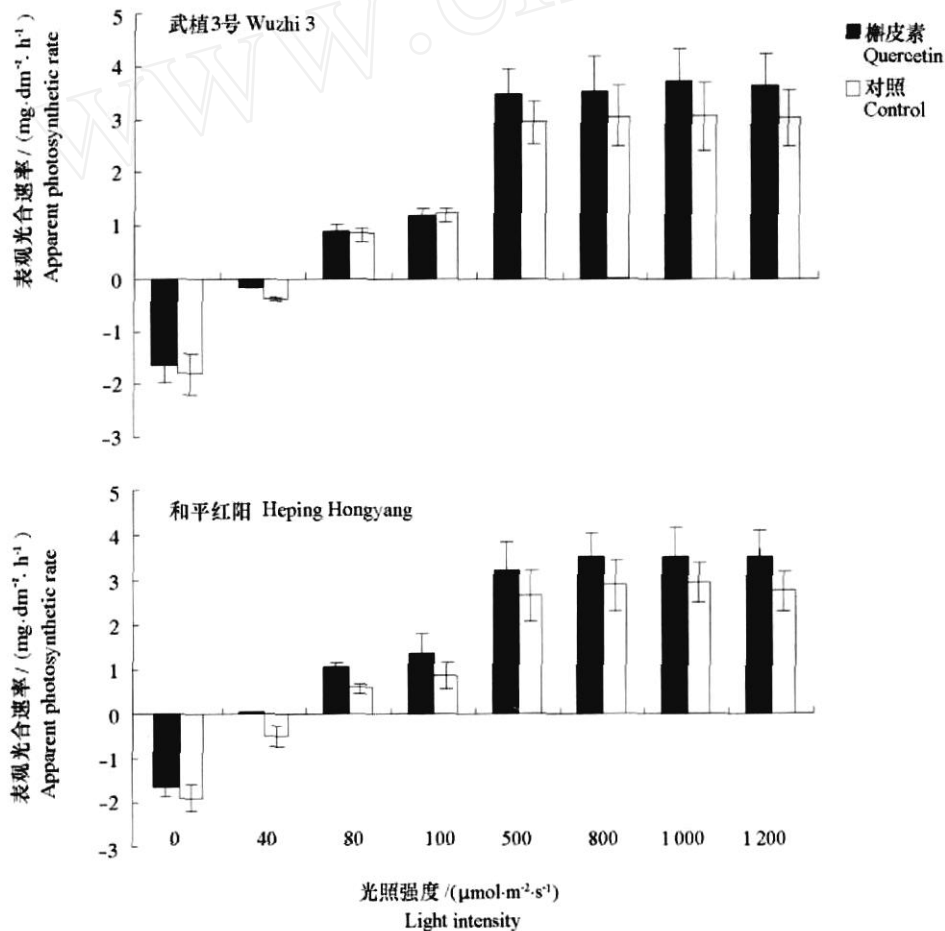


图 2 ‘武植 3号’和‘和平红阳’猕猴桃的表观光合速率

Fig. 2 Apparent photosynthetic rate of *A. chinensis* ‘Wuzhi 3’ and ‘Heping Hongyang’

3 讨论

当光强度超过光合作用饱和之所需时, 会导致植物光合器的氧化损伤和光合作用能力下降, 这种现象称为光抑制 (Michel & Klaus, 2001)。从本试验的结果可以看出, 槲皮素处理组猕猴桃的光饱和点略高于对照组, 当光强度超过 $1\ 000\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 对照组已开始出现光抑制, 但槲皮素制剂处理可在一定程度上缓解光抑制, 提高强光下的光合速率, 这可能是基于槲皮素有强烈消除自由基的作用和抗氧化性 (Joyeux et al, 1995; Bergman et al, 2003; Liang et al, 2005) 而对光合器起到一定保护作用。试验结果说明, 槲皮素处理能改善猕猴桃的生长发育及其果实内在品质, 可作为优质猕猴桃鲜果生产的一项技术措施。

猕猴桃喜温暖湿润气候, 要求年日照时数为 1 300 h 以上 (李瑞高等, 1998)。但是, 猕猴桃叶片和果实又怕强光直射, 久晴高温和干旱对猕猴桃的生长发育不利, 出现落叶、落果、枯梢、叶缘乃至整个叶片逐渐枯干, 特别是高温条件下的强光辐射可造成暴露于枝叶之外的果实表面细胞及皮下部果肉细胞受到伤害, 严重地影响果实产量和品质。一般来说, 当气温超过 30 ℃ 时, 其枝、叶、果的生长量均显著下降; 强光照射易使果实阳面发生日灼, 形成褐到黑色干疤。高温条件下使植物呼吸作用加强和光合作用减弱, 导致其体内有机营养积累减少, 生长衰弱, 花芽分化不良, 产量降低 (竺元琦, 1999; 蒋迎春和何伟玲, 2000; 刘良式, 2003; Buchanan et al, 2004; 江冰和郭书普, 2006)。槲皮素及其衍生物是植物体内存在的一类重要黄酮类化合物。由于黄酮类化合物的抗氧化作用和清除自由基作用可以缓解强光高温对猕猴桃的伤害, 从而对猕猴桃植株起到一定的保护作用。黄酮类化合物具有广泛的生物活性, 对植物体抵御强光高温逆境的作用已有广泛的报道 (Verhoyen et al, 2002; Liang et al, 2005), 本试验的结果可作为黄酮类化合物对植物生理效应的一个新佐证。在生产上可考虑使用富含槲皮素等黄酮类物质的银杏叶提取物 (梁红等, 1999; 王英强等, 2001) 代替槲皮素, 以降低成本。

References

- Bergman M, Perelman A, Dubinsky Z. 2003. Scavenging of reactive oxygen species by a novel glucuronated flavonoid antioxidant isolated and purified from spinach. *Phytochemistry*, 62: 753 - 762.
- Buchanan Bob B, Gruissem Wilhelm, Jones Russell L. 2004. *Biochemistry & molecular biology of plants*. Qu Li-jia, Gu Hong-ya, Bai Shu-nong, Zhao Jin-dong, Chen Zhang-liang, trans. Beijing: Science Press: 462 - 588. (in Chinese)
- B B 布坎南, 格鲁依森姆, R L 琼斯. 2004. *植物生物化学与分子生物学*. 瞿礼嘉, 顾红雅, 白书农, 赵进东, 陈章良, 译. 北京: 科学出版社: 462 - 588.
- Cong Feng-song. 2005. *Biochemical experiment*. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press. (in Chinese)
- 丛峰松. 2005. *生物化学试验*. 上海: 上海交通大学出版社.
- Hang Li-xing, Li Ming. 2008. *Standardized cultivation techniques of kiwifruit production*. Beijing: Jindun Publishing House: 145 - 150. (in Chinese)
- 韩礼星, 李明. 2008. *猕猴桃标准化生产技术*. 北京: 金盾出版社: 145 - 150.
- Hao Jian-jun, Kang Zong-li, Yu Yang. 2007. *Experimental techniques of plant physiology*. Beijing: Chemical Industry Press: 73 - 84. (in Chinese)
- 郝建军, 康宗利, 于洋. 2007. *植物生理学实验技术*. 北京: 化学工业出版社: 73 - 84.
- He Li-hong, He Li-jing, Liang Hong, Shi You-mei, Lin Yue-bing. 2006. Primary studies on flavonoid protection of photo-inhibition in shade plants. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 22 (5): 246 - 249. (in Chinese)
- 贺立红, 贺立静, 梁红, 石有梅, 林越炳. 2006. 黄酮对荫生植物光抑制的保护作用初探. *中国农学通报*, 22 (5): 246 - 249.
- Huang Xiao-yu, Liu Lin-wei. 2002. *Comprehensive experiment in food chemistry*. Beijing: China Agricultural University Press: 164 - 171. (in Chinese)
- 黄晓钰, 刘邻渭. 2002. *食品化学综合实验*. 北京: 中国农业大学出版社: 164 - 171.

- Jiang Bing, Guo Shu-pu. 2006. Good cultivars and key cultivation techniques of kiwifruit. Beijing: China Sanxia Press: 1 - 8. (in Chinese)
江冰, 郭书普. 2006. 猕猴桃良种及栽培关键技术. 北京: 中国三峡出版社: 1 - 8.
- Jiang Ying-chun, He Wei-ling. 2000. Studies on high temperature stress and drought stress of kiwifruit. Huang Hong-wen. *Advances in Actinidia research*. Beijing: Science Press: 141 - 144. (in Chinese)
蒋迎春, 何伟玲. 2000. 猕猴桃高温干旱抗性研究. 黄宏文. 猕猴桃研究进展. 北京: 科学出版社: 141 - 144.
- Joyeux M, Lobstein A, Anton R, Mortier F. 1995. Comparative antilipoperoxidant, antinecrotic and scavenging properties of terpenes and biflavones from ginkgo and some flavonoids. *Planta Medica*, 61 (2): 126 - 129.
- Li Rui-gao, Liang Mu-yuan, Li Jie-wei. 1998. High production cultivation techniques of kiwifruit. Nanning: Guangxi Science & Technology Press: 13 - 30. (in Chinese)
李瑞高, 梁木源, 李洁维. 1998. 猕猴桃高产栽培技术. 南宁: 广西科学技术出版社: 13 - 30.
- Liang Hong, Pan Weiming, Zhang Wei-feng. 1999. The technique of flavonoid of *Ginkgo biloba* L. leaves. *Journal of Plant Resources and Environment*, 8 (3): 12 - 17. (in Chinese)
梁红, 潘伟明, 张伟锋. 1999. 银杏叶黄酮提取方法比较. 植物资源与环境, 8 (3): 12 - 17.
- Liang Hong, Yoneo Sagawa, Li Qing-xiao. 2005. Effects of rutin on vegetative growth of mung bean (*Vigna radiata*) seedling and its interaction with indoleacetic acid. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology (Beijing)*, 11 (4): 361 - 368.
- Liang Hong, Tang Chao-wen, Zeng Zhi-cheng, Ke Hui-peng. 2007. Production of mung bean sprout vegetable enriched flavonoid by exogenous ginkgo flavonoids treatments. *Food Sciences*, 28 (10): 214 - 218. (in Chinese)
梁红, 唐超文, 曾志成, 柯辉鹏. 2007. 银杏黄酮处理绿豆黄化幼苗生产保健芽菜的工艺研究. 食品科学, 28 (10): 214 - 218.
- Liu Liang-shi. 2003. *Plant molecular genetics*. Beijing: Science Press: 490 - 509. (in Chinese)
刘良式. 2003. 植物分子遗传学. 北京: 科学出版社: 490 - 509.
- Michel H, Klaus K. 2001. The protective functions of carotenoid and flavonoid pigments against excess visible radiation at chilling temperature investigated in *Arabidopsis npq* and *tt* mutants. *Planta*, 213: 953 - 966.
- Pan Weiming, Liang Hong, Hong Mei. 2002. Effects of ginkgo flavonoid on the growth of rice seedlings. *Agr Technol*, 22: 1 - 5. (in Chinese)
潘伟明, 梁红, 洪梅. 2002. 银杏黄酮对水稻幼苗生长的效应. 农业与技术, 22: 1 - 5.
- Verhoeven M E, Bovy A, Gollins G. 2002. Increasing antioxidant levels in tomatoes through modification of the flavonoid biosynthetic pathway. *Exp Bot*, 53: 2099 - 2106.
- Wang Ying-qiang, Liang Hong, Feng Ying-zhu. 2001. Change of flavonoid content in ginkgo leaves produced in Guangdong. *Journal of Chinese Medical Materials*, 24 (4): 247 - 248. (in Chinese)
王英强, 梁红, 冯颖竹. 2001. 广东产银杏叶总黄酮含量变化. 中药材, 24 (4): 247 - 248.
- Yuan Fei-rong, Wang Zhong-yan, Bu Fan-wen. 2005. Effects of controlling high temperature and intensive sunlight by shady wet in summer. *South China Fruits*, 34 (6): 54 - 56. (in Chinese)
袁飞荣, 王中炎, 卜范文. 2005. 夏季遮阴调控高温强光对猕猴桃生长与结果的影响. 中国南方果树, 34 (6): 54 - 56.
- Zou Qi. 1995. *Experimental manual of plant physiology and biochemistry*. Beijing: China Agriculture Press: 53 - 72. (in Chinese)
邹琦. 1995. 植物生理生化实验指导. 北京: 中国农业出版社: 53 - 72.
- Zhu Yuan-qi. 1999. Studies on high temperature stress and drought stress of kiwifruit. *Hubei Forestry Science and Technology*, (4): 14 - 15. (in Chinese)
竺元琦. 1999. 猕猴桃高温干旱抗性研究. 湖北林业科技, (4): 14 - 15.