农业资源与环境学报 Journal of Agricultural Resources and Environment
2014年12月·第31卷·第6期:565-569 December 2014·Vol.31·No.6:565-569

硒肥对猕猴桃果实硒含量及其营养品质的影响

刘红芹[1],陈 悦[1],方 勇[1,2],张 隽[3],宗良纲[3],孙宏杰[4],陈 曦[1],薛 梅[1],赵方杰[3],胡秋辉[1*]

(1.南京财经大学食品科学与工程学院/江苏省现代粮食流通与安全协同创新中心,江苏 南京 210023;2.南京农业大学食品科技学院,江苏 南京 210095;3.南京农业大学资源与环境科学学院,江苏 南京 210095;4.山东省淄博市博山区农业综合开发办公室,山东 淄博 255200)

摘 要:采用叶面喷施、根施及根叶并施方式对猕猴桃植株进行富硒处理。结果表明:3种施肥方式对于提高猕猴桃果实硒含量效果的顺序为叶面喷肥>根叶并施>根施,以叶面喷施0.5 kg硒肥最优,果实硒含量增加了103.5%;提高果实维生素C(Vc)含量的效果顺序为根施>根叶并施>叶面喷肥,根施0.5 kg硒肥最为显著,果实Vc含量增加了23.0%,而叶面喷肥后果实Vc含量下降;提高果实可溶性固形物含量的效果顺序为叶面喷肥>根叶并施>根施,以叶面喷施0.5 kg硒肥最优,果实可溶性固形物含量提高了37.2%。结合猕猴桃果实硒含量、营养品质、果树长势以及果园管理成本等因素,建议选用果树绽叶期根施硒肥0.5 kg·株$^{-1}$作为富硒猕猴桃果园的施肥技术。

关键词:硒;猕猴桃;维生素C;可溶性固形物;营养品质

中图分类号:S143.7 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-6819(2014)06-0565-05 **doi:** 10.13254/j.jare.2014.0256

Effects of Selenium Fertilizers on Selenium Content and Nutrient Quality of Kiwifruit

LIU Hong-qin[1], CHEN Yue[1], FANG Yong[1,2], ZHANG Jun[3], ZONG Liang-gang[3], SUN Hong-jie[4], CHEN Xi[1], XUE Mei[1], ZHAO Fang-jie[3], HU Qiu-hui[1*]

(1.College of Food Science and Engineering/Collaborative Innovation Center for Modern Grain Circulation and Safety, Nanjing University of Finance and Economics, Nanjing 210023, China; 2.College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 3.College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 4.Agricultural Comprehensive Development Office of Boshan, Zibo 25520, China)

Abstract: The effects of different fertilization methods on selenium content and nutrition quality of kiwifruits were employed for selenium fortification. The fertilization methods were root fertilization, foliar fertilization and combined fertilization on their corresponding fertilizing periods. The results demonstrated that selenium content of these three experimental groups was in the order of foliar fertilization>combined fertilization>root fertilization. Foliar fertilization with the dose of 0.5 kg was optimal, whose selenium content of kiwifruits increased by 103.5%. The vitamin C content of these three experimental groups was in the order of root fertilization>combined fertilization>foliar fertilization. Root fertilization with the dose of 0.5 kg was optimal, whose vitamin C content increased by 23%. However, the vitamin C content decreased as a result of foliar fertilization. The soluble solid content of these three experimental groups was in the order of foliar fertilization>combined fertilization>root fertilization. Foliar fertilization with the dose of 0.5 kg was optimal, whose the soluble solid content increased by 37.2%. Taking selenium content, nutrition quality, growth of plants and management costs of orchard into account, root fertilization at blossoming leaf stage with the dose of 0.5 kg selenium fertilizers was choosed as the optimal selenium fortification technology.

Keywords: selenium; kiwifruit; Vc; soluble solid; nutrition quality

猕猴桃是我国的特产优质果树品种,其种植历史悠久,产地分布广泛,且营养丰富,酸甜可口,近年来在世界范围内得到了大面积的推广种植,是21世纪最具市场潜力与经济价值的果树品种之一。我国猕猴桃品种中以中华猕猴桃最多[1],栽培与引种最为普遍。成熟的中华猕猴桃果实柔软多汁,酸甜适口,富含维生素C(Vc)、多种氨基酸及钾、钙、镁等矿质元素[2],是颐养保健的天然佳品,有"水果金矿"的美誉。随着中华猕猴桃抗氧化与预防及辅助治疗疾病[3]等功效逐渐

收稿日期:2014-09-29
基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201303106);江苏省青蓝工程和江苏省优势学科建设工程资助项目
作者简介:刘红芹(1989—),女,硕士研究生,研究方向为食品营养与化学。E-mail: lhqsunshinegirl@126.com
* **通信作者:**胡秋辉 E-mail:qiuhuihu@njue.edu.cn

得到营养及医学界的关注与认可，提高中华猕猴桃的品质，并附加其保健价值在猕猴桃栽培种植过程中显得越来越重要。

山东是猕猴桃的主要产区之一，普遍贫硒的地理环境特点[4]很大程度上制约了猕猴桃的栽培种植，也严重影响了猕猴桃的品质和营养价值。硒是动植物生长必需的微量元素，具有抗衰老、抗肿瘤、增强免疫力和预防疾病等保健功效[5]，可与维生素 E 协同发挥抗氧化的作用，预防多种动物性疾病[6-8]。合理施用硒肥，可以提高农产品的硒含量，提升农产品的营养和品质，同时附加农产品以益生保健的价值，提高经济效益。针对山东猕猴桃产区的土壤及环境特点，结合猕猴桃的生长特性，通过合理施用外源硒肥补充土壤环境中的硒元素，对猕猴桃果实的含硒水平与营养品质具有调控作用。建立硒肥施用形式、施用时间、施用剂量的标准化技术规范，对于科学指导贫硒地区猕猴桃园的建设和管理，提高猕猴桃的营养与品质，推进桃园产业化和增加经济效益十分必要。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

Mars6 微波消解仪（CEM）；AFS-8800 全自动双道原子荧光光度计（北京海光仪器公司）；1260 高效液相色谱仪（安捷伦科技有限公司）；RHB-90 手持糖度仪（上海光学仪器一厂）。

硒标液（1 000 μg·L^{-1}，国家有色金属及电子材料分析测试中心）；国家标准物质 GBW—07406 土壤标准参考样 GSS-6（地矿部物化探索测试所）；硝酸（优级纯，南京化学试剂有限公司）；抗坏血酸标品（国药集团化学试剂有限公司）；甲醇（色谱纯，南京化学试剂有限公司）；磷酸（优级纯，南京化学试剂有限公司）。供试肥料为硒矿粉（长江大学取自湖北恩施高硒地区）；亚硒酸钠（河南加力安生物科技有限公司）。

1.2 试验田情况

试验于 2013 年 3 月—9 月在山东省博山区猕猴桃种植基地进行。供试地海拔 400/288.5 m，（N 36°50′，E 117°85′），年降水量 600~700 mm，年平均气温 13.9 ℃。供试果园土壤硒背景值为（1.306±0.192）mg·kg^{-1}，pH 值为 6.8。所栽品种为自四川引种的中华猕猴桃，成熟期在每年 9—10 月份。供试果园其他管理按照常规方法进行。

1.3 硒肥的配制

（1）根施硒肥：取硒矿粉 10 kg（硒含量 223 mg·kg^{-1}）混入 20 kg 农家肥，混匀保存（硒元素最终含量为74.33 mg·kg^{-1}）。

（2）叶面硒肥：取亚硒酸钠粉末，配成硒含量为 10 g·L^{-1} 的硒肥液，用前稀释 100 倍施用。

1.4 试验设计

果园的管理及施肥方式的选择参考[9]和文献[10]。选取生长健壮、长势良好，生长势和结果量基本一致的植株作为试验对象，试验田行距 4 m，以单株猕猴桃植株作为一个小区，株距 1.8 m。试验共设计 6 个处理组与 1 个空白对照组，每个试验组做 3 个平行，共需 21 株试验猕猴桃。根施硒肥选在植株绽叶期施用，叶面施肥选在植株盛花期（植株开花率达到 90%左右）施用。桃园的其他管理同普通桃园。硒肥施用形式、生长时期及剂量见表 1。

表 1 猕猴桃施施肥方式与剂量

Table 1 Different dose and fertilization methods of kiwifruits

处理	生长期				
	绽叶期	初花期	盛花期	初果期	盛果期
对照组	喷清水，施基本肥料，按常规桃园管理				
根施Ⅰ	0.5 kg 肥料				
根施Ⅱ	1.0 kg 肥料				
根施Ⅲ	2.0 kg 肥料				
叶面肥Ⅰ			0.25 kg		
叶面肥Ⅱ			0.50 kg		
根施+叶面肥	1.0 kg 根肥		0.25 kg		

本次试验的猕猴桃于 9 月初采摘，每个处理分别采摘 20 个果实，并均分 3 份，作为 3 个重复，分别装于打有透气孔的塑料保鲜袋中低温保存。

1.5 实验方法

1.5.1 硒含量测定

将各试验组新鲜猕猴桃去外皮后，取赤道部位的果肉和果皮分别打成匀浆混合均匀，称取 0.5 g 于微波消解罐中，加入 8 mL 硝酸，放好垫片，旋紧罐盖，设置微波消解程序（表 2）。待消解罐冷却后，赶酸，定容于 25 mL 容量瓶中。硒含量的测定采用 GB 500993—2010

表 2 微波消解步骤

Table 2 Working conditions for microwave digestion system

步骤	时间 /min		温度 /℃	压力 /psi	功率 /W
	升温	保持			
1	3	4	90	300	800
2	4	4	120	300	800
3	10	15	165	300	1 000

食品中硒的测定[9]:氢化物原子荧光光谱法。

1.5.2 维生素 C 含量测定

将猕猴桃样品分别打成匀浆,超声波辅助法以75%甲醇提取后离心,3 000 g,10 min,收集上清液。取上清液 1 mL 用 75%甲醇定容到 25 mL 的容量瓶,过 45 μm 滤膜后待测。

选择 Agilent SB-C18(5 μm,4.6 mm×150 mm)色谱柱;流动相 A:甲醇,流动相 B:0.5%磷酸(体积比 8∶92);流速:1 mL·min^{-1};柱温:30 ℃;紫外检测器检测波长:254 nm;进样量:20 μL。

1.5.3 可溶性固形物含量测定

手持糖度仪测定猕猴桃匀浆样品的折光率,计算可溶性固形物的含量。

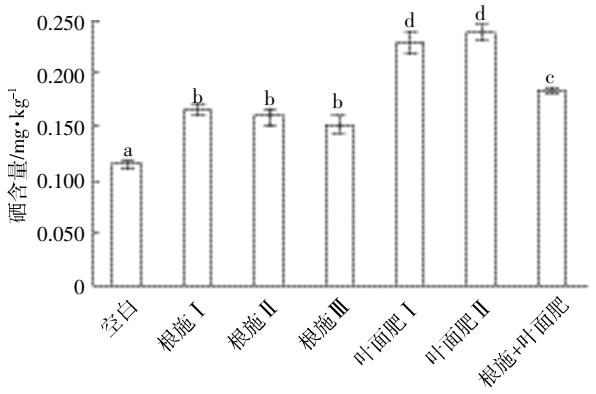
1.6 数据处理与分析

试验测得数据采用 SPSS(17.0)软件进行分析,方差分析的差异显著性采用 Duncan′s 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 硒肥对猕猴桃果实硒含量的影响

不同施肥方式与剂量对猕猴桃果实硒含量的影响如图 1 所示。由图 1 可以得出,几种施用硒肥的方式均能提高猕猴桃果实的硒含量,不同施肥方式间效果存在显著性差异,同种施肥方式不同剂量间不存在显著差异。盛花期叶面施肥组果实的硒含量增加最为显著,随着施肥剂量增加果实的硒含量分别增加了99.1%和 103.5%。这与早期陈莉华等[10]得出的叶面施肥对于猕猴桃果实富硒效果优于根施硒肥的结论一致。根施硒肥也明显增加了果实的硒含量,3 组剂量猕猴桃的硒含量分别提高了 45.2%、38.3%、32.2%。组合喷施硒肥的方式对果实硒含量的增加作用介于根施与叶面施肥之间,果实的硒含量增加了 60.9%。单就增加果实硒含量的目的来看,叶面施肥对提高果实硒含量的效果最为显著。



图中数据均为 3 次重复的平均数,图中不同小写字母表示 Duncan′s 新复极差检验差异显著(P<0.05)

Data in the figure are averages of three repeats and different small letters indicate significant difference at P<0.05 by Duncan′s test

图 1 不同施肥方式与剂量对猕猴桃果实硒含量的影响

Figure 1 Effects of different dose and fertilization methods on selenium content of kiwifruits

2.2 硒肥对猕猴桃果实 Vc 含量及可溶性固形物含量的影响

Vc 及可溶性固形物含量是猕猴桃果实重要的营养品质指标。不同施肥方式与剂量对猕猴桃果实 Vc 含量及可溶性固形物含量的影响见表 3。由表 3 可知,根施硒肥可显著提高猕猴桃果实的 Vc 含量。3 种施肥剂量作用下猕猴桃果实的 Vc 含量分别增加了23.0%、13.3%和 6.7%,增加量分别为 38.0、22.0、11.4 mg·100 g^{-1}。然而随着硒肥剂量的增加,猕猴桃果实中的 Vc 含量出现了显著的下降趋势。其他 2 种施肥方式对果实 Vc 含量无明显的影响。梁红等[11]也曾得出了相似的结论,认为高施肥水平大幅提高果树总产量的同时,会造成单果的 Vc 及果酸含量的下降。

表 3 不同施肥方式与剂量对猕猴桃果实 Vc 含量及可溶性固形物含量的影响

Table 3 Effects of different dose and fertilization methods on vitamin C and soluble solid content of kiwifruit

处理	Vc 含量 /mg·100 g^{-1}	可溶性固形物含量 /%
对照组	165.3 ± 0.6b	7.8 ± 0.8bc
根施Ⅰ	203.3 ± 1.2e	8.1 ± 0.2c
根施Ⅱ	187.3 ± 2.3d	7.1 ± 0.1b
根施Ⅲ	176.7 ± 1.0c	6.3 ± 0.6a
叶面肥Ⅰ	157.3 ± 1.5a	9.5 ± 0.3d
叶面肥Ⅱ	164.9 ± 0.9b	10.7 ± 0.6e
根施 + 叶面肥	165.0 ± 0.7b	8.5 ± 0.1c

注:表中数据均为 3 次重复的平均数,表中同列数字后不同小写字母表示 Duncan′s 新复极差检验差异显著(P<0.05)。

Note: Data in the table are averages of three repeats and different small letters in a row indicate significant difference at P<0.05 by Duncan′s test.

可溶性固形物含量是判断果实成熟期的重要指标。叶面施肥对提高可溶性固形物含量的效果最为显著,高、低两施肥水平可溶性固形物含量分别提高了21.8%和 37.2%。根施以 0.5 kg·株$^{-1}$ 处理的果实可溶性固形物的含量提高最为显著,果实可溶性固形物提高了 3.8%。组合施肥组果实的可溶性固形物含量提高了 9.0%。提高猕猴桃果实的可溶性固形物含量,也将直接提升其市场可接受度,提高产品的竞争优势。

3 讨论

博山区地处鲁中山区北部,属暖温带半湿润性季风气候,雨热同期,适宜发展山区农业。富硒猕猴桃的开发对于提高当地农产品附加值,发展特色农业经济具有重要的增产创收意义。已有研究表明:硒易被植物体吸收, 可以很快地在植物木质部转化为硒氨基酸,进而运输分布,发生生物有机化作用[12]。富硒技术对植物体补充的微量硒主要以硒蛋白、硒代氨基酸的形式在植物体中存在[13],具有生物活性的硒多为有机硒。硒代氨基酸具有预防癌症、糖尿病、心脑血管疾病等功效[14]。增施硒肥后猕猴桃果实的硒含量明显提高,其益生保健优势可作为当地产品推广的特色标志。

施肥是提高猕猴桃品质的最主要生产因素[15]。研究表明:施用硒肥可增糖减酸[16],丰富猕猴桃的氨基酸种类,赋予猕猴桃良好的营养价值和风味。果蔬中的 Vc 具有美容、预防疾病的保健作用与水溶性、易吸收的功能特点。丰富的 Vc 是猕猴桃最为突出的营养特征之一。Du 等[17]通过 DPPH、ORAC、超氧自由基清除能力等多项指标证明了猕猴桃中 Vc 突出的抗氧化作用,促多酚效用发挥的作用。成熟的猕猴桃果实中 Vc 含量胜过草莓、山楂、芒果、菠萝等常见水果[18],赋予了猕猴桃果实清甜宜人, 酸爽适口的感官品质。水果中的可溶性固形物主要是水溶性的糖类[17],随着猕猴桃果实的成熟,更多的淀粉转化为糖类并在果实中逐渐积累,果实的口感也由酸涩转为清甜。一般来说可溶性固形物含量越高水果的甜度越高, 口感更好。国际市场普遍将可溶性固形物含量达到 6.2%作为猕猴桃果实的重要采摘指标[19-20],并公认其与猕猴桃的市场、消费者接受度有着直接的相关性[20]。博山富硒猕猴桃的可溶性固形物含量均在 6.2%以上,且几种施肥方式普遍具有提高可溶性固形物的作用。

另据 Slaughter 等[21]钟彩虹等[22]的研究报道,猕猴桃果实的 Vc 以及可溶性固形物含量均是在成熟后期会出现更为明显、迅速的增加。这可能与增施硒肥促使猕猴桃提前进入了成熟期有关。微量硒元素具有促进猕猴桃果实成熟的作用, 尚需要进一步的实验和研究证明。

供试肥料成本为亚硒酸钠 1 200 元·kg^{-1},硒矿粉 0.3 元·kg^{-1},鸡粪肥 0.5 元·kg^{-1},桃园施硒人工费 200 元·667 m^{-2}。对比可知,以单位质量计算叶面施肥的成本高于根施数倍。田间考察发现,叶面喷施硒肥组猕猴桃植株普遍存在叶片卷曲,泛白,枯焦的症状,即出现了“烧叶”现象。这与温度过高日照过强以及晴天肥液蒸发较快知致使植株水分不足有关。发生“烧叶”的植株光合、蒸腾、呼吸作用受到影响,不利于正常生长。组合增施硒肥同样会造成“烧叶”,且增加了桃园管理成本,不适宜推广。而根施硒肥成本低廉、简便易行,对果树的正常生长无不利影响。根施 0.5 kg·$株^{-1}$ 处理,猕猴桃的 Vc 含量、可溶性固形物含量分别提高了 23.0%和 3.8%,较 1.0、2.0 kg·$株^{-1}$ 施肥水平提高量最为显著,且施用量小,操作简单,节约了桃园的生产管理成本。综合考虑猕猴桃果实硒含量、Vc 含量、可溶性固形物含量以及果树长势等因素,选择根施硒肥0.5 kg·$株^{-1}$ 作为供试基地猕猴桃果园的最佳施肥方式。

4 结论

富硒猕猴桃的生产,以硒矿粉混合鸡粪肥作为富硒肥料,在绽叶期按照 0.5 kg·$株^{-1}$ 根施,猕猴桃果实的硒含量达 0.167 mg·kg^{-1},Vc 含量达 203.3 mg·100 g^{-1},可溶性固形物含量达 8.1%;较对照组分别提高了 45.2%、23.0%、3.8%。根施硒肥成本低,用量少,操作简单,易于推广,并显著提高了果实硒含量与营养品质,产品优势明显,附加值高。

参考文献:

[1] 陕西省农业局科教处, 陕西省果树研究所. 猕猴桃[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1982: 4-5.
Science and Education Department, Shanxi Provincial Bureau of Agriculture, Shanxi Institute of Pomology. Kiwifruit[M]. Xi′an: Shanxi Science and Technology Press, 1982: 4-5.(in Chinese)

[2] 崔致学. 中国猕猴桃[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1993: 3-5.
CUI Zhi-xue. Chinese kiwifruit[M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1993: 3-5.(in Chinese)

[3] 唐新欣, 贺　蓉. 中国缺硒状况的调查[J]. 医药世界, 2002(6): 22-24.
TANG Xin-xin, HE Rong. Survey on the short of selenium in China[J]. *Medical World*, 2002(6): 22-24.(in Chinese)

[4] 印万芬, 李　欣, 李宗正. 猕猴桃[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 1981: 8-11.
YIN Wan-fen, LI Xin, LI Zong-zheng. Kiwifruit[M]. Beijng: China Financial and Economic Publishing House, 1981: 8-11.(in Chinese)

[5] 方　勇. 外源硒在水稻籽中的生物强化和化学形态研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010: 1-4.
FANG Yong. Studies on selenium biofortification and chemical speciation in rice grain[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010: 1-4.(in Chinese)

[6] Fatma M, El-Demerdash. Antioxidant effect of vitamin E and selenium on lipid peroxidation, enzyme activities and biochemical parameters in

rats exposed to aluminum[J]. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2004, 18: 113–121.

[7] Samah S O, Zeynab K. El–Maddawy. Protective effect of vitamin E and selenium combination on deltamethrin–induced reproductive toxicity in male rats[J]. *Experimental and Toxicologic Pathology*, 2012, 64: 813–819.

[8] 王 锦. 硒和维生素缓解肉鸡氧化应激的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012: 21–35.
WANG Jin. Dietary selenium and vitamin alleviate dex–induced oxidative stress in broilers[D]. Yangling: Northwest Agriculture and Forestry University, 2012: 21–35.(in Chinese)

[9] GB 5009.93—2010, 食品安全国家标准: 食品中硒的测定[S].
GB 5009.93—2010, National standard of food safety determination of selenium in food[S].(in Chinese)

[10] 陈莉华, 刘建福, 张永康, 等. 猕猴桃微量硒的测定和施加硒肥的比较研究[J]. 吉首大学学报(自然科学版), 1998(4): 65–67.
CHEN Li–hua, LIU Jian–fu, ZHANG Yong–kang, et al. Determination of trace selenium in fouler, leaf and fruit of kiwi and comparison study between kiwifruits with selenium fertilizer and without it[J]. *Journal of Jishou University*, 1998(4): 65–67.(in Chinese)

[11] 梁 红, 刘 文, 刘胜洪. 施肥对猕猴桃鲜果产量及品质的影响[J]. 中国园艺文摘, 2011(2): 3–5.
LIANG Hong, LIU Wen, LIU Hong–sheng. Effect of fertilization on yield and quality of kiwifruit[J].*Chinese Horticulture Abstracts*, 2011(2): 3–5.(in Chinese)

[12] 李顺望. 中华猕猴桃栽培与加工[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1987: 117–129.
LI Shun–wang. Cultivation and processing of *Actinidia Chinensis*[M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 1987: 117–129.(in Chinese)

[13] 黄宏文. 猕猴桃高效栽培[M]. 北京: 金盾出版社, 2001: 36–42.
HUANG Hong–wen. Efficient cultivation of kiwifruit[M]. Beijing: Golden Shield Press, 2001: 36–42.(in Chinese)

[14] 郑文杰, 欧阳政. 植物有机硒的化学及其医学应用[M]. 广州: 暨南大学出版社, 2001: 120–133.
ZHENG Wen–jie, OUYANG Zheng. Chemical and medical applications of plant organic selenium[M]. Guangzhou: Jinan University Press, 2001:120–133.(in Chinese)

[15] 姚春潮, 刘占德, 龙周侠. 采收期对"徐香"猕猴桃果实品质的影响[J]. 北方园艺, 2013(8): 36–38.
YAO Chun–chao, LIU Zhan–de, LONG Zhou–xia. Effect of harvest time on fruit quality of 'Xuxiang' kiwifruit[J]. *Northern Horticulture*, 2013(8): 36–38.(in Chinese)

[16] 邢 翔, 郭建秋. 硒的分布及综合利用研究[J]. 长江大学学报(自然科学版理工卷), 2008(2): 41–44.
XING Xiang, GUO Jian–qiu. Distribution and comprehensive utilization of selenium[J]. *Journal of Yangtze University*, 2008(2): 41–44.(in Chinese)

[17] DU G, LI M J, MA F W, et al. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits[J]. *Food Chemistry*, 2009, 113: 557–562.

[18] Zhang H J, Gao P F, Guo X F, et al. Simultaneous determination of selenium containing amino acids and their sulfur–analogues in green tea and *gynostemma pentaphyllum* infusion with high performance liquid chromatography based on fluorescence labeling[J]. *Microchemical Journal*, 2013, 110: 192–197.

[19] Burdona J, Lallu N, Pidakala P, et al. Soluble solids accumulation and postharvest performance of 'Hayward' kiwifruit[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 80: 1–8.

[20] Cayuela J A. Vis/NIR soluble solids prediction in intact oranges (*Citrus sinensis* L.) cv. *Valencia Late* by reflectance[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2008, 47: 75–80.

[21] Slaughter D C, Thompson J F, Tan E S. Nondestructive determination of total and soluble solids in fresh prune using near infrared spectroscopy [J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2003, 28: 437–444.

[22] 钟彩虹, 张 鹏, 姜正旺, 等. 中华猕猴桃和毛花猕猴桃果实碳水化合物及维生素 C 的动态变化研究[J]. 植物科学学报, 2011(3): 370–376.
ZHONG Cai–hong, ZHANG Peng, JIANG Zheng–wang, et al. Dynamic changes of carbohydrate and vitamin C in fruits of *actinidia Chinensis* and *A. eriantha* during growing season[J]. *Plant Science Journal*, 2011 (3): 370–376.(in Chinese)