

韩飞, 黄宏文, 李大卫, 张琼, 姜正旺, 刘小莉, 钟彩虹. 优质鲜食黄肉猕猴桃新品种‘金圆’的选育及特性分析[J]. 植物科学学报, 2019, 37(2): 171-180

Han F, Huang HW, Li DW, Zhang Q, Jiang ZW, Liu XL, Zhong CH. Breeding and characterization of a new high-quality yellow-fleshed kiwifruit cultivar ‘Jinyuan’ [J]. *Plant Science Journal*, 2019, 37(2): 171-180

优质鲜食黄肉猕猴桃新品种‘金圆’的选育及特性分析

韩飞^{1,2}, 黄宏文^{1,2}, 李大卫^{1,2}, 张琼^{1,2}, 姜正旺^{1,2}, 刘小莉^{1,2}, 钟彩虹^{1,2*}

(1. 中国科学院植物物种创新与特色农业重点实验室, 中国科学院武汉植物园, 武汉 430074;

2. 中国科学院种子创新研究院, 北京 100101)

摘要: ‘金圆’是以种间杂交品种‘金艳’(*Actinidia chinensis* × *A. eriantha*)为母本、中华猕猴桃(*A. chinensis* Planch.)为父本, 从回交F₁代群体中选育出的中熟黄肉猕猴桃新品种。通过对‘金圆’植物学性状、特异性、营养成分、贮藏性等进行研究, 结果显示: ‘金圆’果实为短圆形, 单果重 80 ~ 100 g, 软熟时果肉橙黄色, 质细味浓; ‘金圆’的花瓣数和花丝数与母本‘金艳’接近, 花冠直径和柱头数较‘金艳’分别增大了 9.31% 和 52%, 而花柄长度比‘金艳’短 16.75%; 萌芽率和果枝率略低于‘金艳’, 但比‘海沃德’高出 55.26% 和 43.33%; ‘金圆’的可溶性固形物、总糖和可滴定酸含量与‘金艳’相当, 但维生素 C 含量比‘金艳’高 4.63%, 是‘海沃德’的 2.2 倍; ‘金圆’矿质元素含量丰富, P 和 K 含量分别比‘金艳’高 30.86% 和 22.53%, Mg 含量比‘海沃德’高 24.86%; ‘金圆’的总氨基酸含量丰富(8 mg/g), E/N 和 E/T 值均高于‘金艳’和‘海沃德’, 更接近于理想模式; ‘金圆’在低温下(1 ~ 2℃, 相对湿度 90% ~ 95%)贮藏 150 d 时, 好果率在 80% 以上, 200 d 后, 好果率仍有 65%, 贮藏性略低于‘金艳’, 但显著高于‘海沃德’。利用 Geo7-223 分子标记扩增‘金圆’基因组得到 3 个条带, 表明其与‘金艳’和‘金桃’在分子水平上具有一定差异。本研究表明‘金圆’具有良好的农艺性状和品质特性。

关键词: 猕猴桃; ‘金圆’; 黄肉; 新品种

中图分类号: S663.4

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2019)02-0171-10

DOI: 10.11913/PSJ.2095-0837.2019.20171

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Breeding and characterization of a new high-quality yellow-fleshed kiwifruit cultivar ‘Jinyuan’

Han Fei^{1,2}, Huang Hong-Wen^{1,2}, Li Da-Wei^{1,2}, Zhang Qiong^{1,2},
Jiang Zheng-Wang^{1,2}, Liu Xiao-Li^{1,2}, Zhong Cai-Hong^{1,2*}

(1. Key Laboratory of Plant Germplasm Enhancement and Specialty Agriculture, Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, China; 2. Innovative Academy of Seed Design, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: ‘Jinyuan’ is a kiwifruit cultivar bred in 2002 by backcrossing interspecific hybrid cultivar ‘Jinyan’ (*A. chinensis* × *A. eriantha*) as the female parent and Chinese kiwifruit (*A. chinensis*) as the male parent, which produced the medium-mature yellow fruit from the F₁ group. The botanical characters, specificity, nutrient composition, and storage ability of the ‘Jinyuan’ kiwifruit were studied in this paper. Results showed that the ‘Jinyuan’ fruit had a

收稿日期: 2018-09-25, 退修日期: 2018-12-05。

基金项目: 中国科学院科技服务网络计划专项(KFJ-STZ-ZDTP-026); 农业部作物种质资源保护项目(2016NWB025); 湖北省技术创新重大专项(2016ABA109)。

This work was supported by grants from the Science and Technology Service Network Plan of the Chinese Academy of Sciences (KFJ-STZ-ZDTP-026), Crop Germplasm Conservation Project of the Ministry of Agriculture (2016NWB025), and Major Projects of Technological Innovation of Hubei (2016ABA109).

作者简介: 韩飞(1986-), 男, 工程师, 研究方向为猕猴桃育种、发育生理及栽培技术(E-mail: 317688896@qq.com)。

* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: zhongch@wbcas.cn)。

short columnar shape, with a weight of 80–100 g. The flesh of the soft ripening fruit was orange-yellow, and the number of petals and filaments were close to those of its female parent ‘Jinyan’. The corolla diameter and number of stigmas were 9.31% and 52% higher than that of ‘Jinyan’, respectively. The length of the flower stalk was 16.75% lower, and the germination and fruit branching rates were also slightly lower than that of ‘Jinyan’ but were 55.26% and 43.33% higher than the ‘Hayward’ variety, respectively. The contents of soluble solids, total sugar, and organic acids in ‘Jinyuan’ were similar to those of ‘Jinyan’, but vitamin C content was 4.63% higher than ‘Jinyan’ and 2.2 times higher than ‘Hayward’. ‘Jinyuan’ exhibited mineral element richness, with P and K content 30.86% and 22.53% higher than that of ‘Jinyan’, respectively, and with Mg content 24.86% higher than that of ‘Hayward’. ‘Jinyuan’ also demonstrated abundant amino acid content (8 mg/g), and the E/N and E/T values were higher than those of ‘Jinyan’ and ‘Hayward’, close to the ideal model. After 150 d of storage in a harsh environment (T: 1°C–2°C, RH: 90%–95%), the good fruit rate was above 80%. After 200 d of storage, the good fruit rate was still 65%. The ‘Jinyuan’ storage property was slightly lower than that of ‘Jinyan’, but significantly higher than that of ‘Hayward’. Three bands were observed after amplification by Geo7–223, which were different from those of ‘Jinyan’ and ‘Jintao’ at the molecular level, thus exhibiting specificity. Therefore, the ‘Jinyuan’ kiwifruit possessed good agronomic characteristics and quality, which provides a choice for improving yellow-fleshed kiwifruit and responding to market demand.

Key words: *Actinidia*; ‘Jinyuan’; Yellow-flesh; New cultivar

猕猴桃隶属于猕猴桃科猕猴桃属 (*Actinidia*), 为多年生木质藤本植物, 雌雄异株, 原产地在中国。目前该属有 54 种, 21 个变种, 共约 75 个分类单元, 中国是其原产地和分布中心, 种质资源极为丰富, 分布有 52 个种^[1–4]。生产上的主要栽培品种属于中华猕猴桃复合体 (*A. chinensis* Planch.) 中的中华猕猴桃原变种 (*A. chinensis* Planch. var. *chinensis*) 和美味猕猴桃变种 (*A. chinensis* Planch. var. *deliciosa*), 因其果大、风味优良、营养丰富而广受市场青睐^[4]。很多该属其他物种具有丰富的遗传变异, 如毛花猕猴桃 (*A. eriantha* Benth.) 花为粉红色, 一年 2 次开花, 具有果实维生素 C 含量高、货架期长等优点。因此, 采取远缘种间杂交或杂交子代与亲本回交的方法, 能将不同猕猴桃物种的优良性状聚合在一起, 获得双亲中间类型或亲本的显性性状, 培育出双亲中间型或双亲所不具备的新性状和变异, 这是猕猴桃新品种创制的重要手段之一。如软枣 (*A. arguta* (Sieb. & Zucc) Planch. ex Miq.) 和美味猕猴桃的杂交后代与美味猕猴桃回交, 产生一个后代优系 ‘Kiri’, 该品种果实大、平均果重 100 g, 果皮光滑可食用, 成

功地将软枣与美味猕猴桃的优良性状(果皮光滑可食、大果等)组合在一起, 但其果皮易受损, 贮藏寿命短^[5]。

中国科学院武汉植物园利用毛花猕猴桃作母本、中华猕猴桃 (*A. chinensis*) 作父本进行杂交, 经过 20 余年的初选、复选、子代鉴定和区域试验, 培育出国际上第一个远缘杂交新品种 ‘金艳’, 于 2010 年通过国家级品种审定(国 S-SV-AB-019-2010)并获得农业部的植物新品种权保护(品种权号: CNA20070118.5)^[6, 7]。因其突出的果实综合商品性和丰产的稳产性, ‘金艳’ 迅速得到推广, 自 2007 年推向生产以来, 在全国已发展到近 17 333 hm² 的商业种植规模, 成为全球种植面积最大的黄肉品种。但该品种成熟期与母本毛花猕猴桃相同, 在武汉于 10 月下旬至 11 月初成熟, 比 ‘红阳’^[8]、‘东红’^[9] 和 ‘金桃’^[10] 等品种的成熟期晚, 属于晚熟猕猴桃品种。由于 ‘金艳’ 是第一个猕猴桃生产上广泛应用的种间杂交品种, 对该品种的果实生长发育特征了解不足, 若在肥水管理不当的情况下, 会存在果实风味偏淡的情况。为了满足市场需求, 培育成熟期更早、果实风味更浓郁

的黄肉新品种, 本研究采用‘金艳’(*A. chinensis* × *A. eriantha*)作母本, 以中华猕猴桃作父本开展回交, 从其后代中选育出成熟期比‘金艳’早、风味品质优于‘金艳’的黄肉新品种‘金圆’, 以期为黄肉猕猴桃的品种改良和应对市场需求提供更多的选择。

1 材料与方法

1.1 亲本来源

以培育早熟耐贮型黄肉猕猴桃品种为选育目标, 采用极耐贮藏、风味品质好的四倍体黄肉猕猴桃‘金艳’作母本、中华猕猴桃四倍体雄株作父本进行杂交并获得实生群体。

1.2 选育过程

于2002年开展杂交试验并获得种子, 2003年2月于温室播种, 当年获得1500余株 F_1 杂交苗并建立了育种圃。2005年育种圃中有5株雌株结果, 其中编号为‘22-21’的单株果实风味佳、果形整齐、性状优良。为进一步观察性状稳定性, 2006年夏季取母株枝条在4年生猕猴桃大树上高位嫁接, 于2007–2009年结果, 果实为短圆形、果柄较短、果面浅褐色、密被短绒毛、不脱落、果喙端平或微凹、果肩方、整齐美观、果皮厚、果点较大、凸出、果形一致性好, 果肉风味比母本‘金艳’更浓郁, 果肉橙黄色, 极耐贮。2009–2013年冬季分别采集子一代枝条, 采取定植嫁接苗和大树高接的方式在湖北大悟、江苏苏州、四川彭州和贵州大方等地开展区域试验, 经过多年多点对母株和多代子代的观察, 该品系表现出稳定优良的遗传性状, 果肉橙黄色、肉质细嫩、风味浓甜、品质佳、果实极耐贮。该品种于2012年12月通过国家林木

品种审定委员会审定(国 S-SV-AV-030-2012), 2016年5月获得农业部植物新品种权(品种权号: CNA20120253.6), 定名为‘金圆’^[11](图1)。

1.3 主要农艺性状调查

参照中华人民共和国农业行业标准(NY/T 2351-2013)对新品种‘金圆’进行性状描述, 对主要农艺性状特征进行调查与记载, 测量数据采用 Pro' skit PD-151 (Electronic Type) 数显式游标卡尺进行测量。

1.4 品种特异性鉴定

按照 CTAB 法提取‘金圆’、‘金艳’、‘金桃’的 DNA 样品, 根据分子标记 Geo7-223 序列设计引物, 正向引物为: ATGGAGATGGAATCGGACTG, 反向引物为: AAAGAAGAGAGCTGGGCC-TC。吸取 990 μ L HIDI 和 10 μ L ROX500 或 LIZ500 混合物, 加入到 96 孔反应板中, 每孔 10 μ L; 将 96 孔板置于平板离心机中, 500 g 离心即停; 在 96 孔板对应的孔中加入样本 DNA, 每个样品 50 μ g; 将 96 孔板置于平板离心机中, 500 g 离心即停; 使用封板膜密封 96 孔板, 振荡, 将 96 孔板置于平板离心机中, 500 g 离心即停, 置于 PCR 仪进行反应。程序结束后立即将 96 孔板置于冰水混合物上急速冷却, 将 96 孔板置于平板离心机中, 2000 g 离心即停。使用 3730xl 序列分析仪检测扩增片段。

1.5 果实主要营养成分分析

取软熟时的‘金圆’、‘金艳’(母本)、“海沃德”(绿肉品种)果肉进行果实营养成分的测定。可溶性固形物(SSC)含量采用 Palette PR-32 型(Atago, Japan)手持数显式折光仪测定; 可溶性总糖含量采用蒽酮比色法^[12]; 可滴定酸含量采用酸碱滴定法测定^[13]; 维生素 C 采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定^[14]。



A: 花; B: 结果; C: 果实纵横切面。

A: Flower; B: Fruiting character; C: Longitudinal and transverse sections.

图1 黄肉猕猴桃新品种‘金圆’

Fig. 1 New yellow-fleshed *Actinidia* cultivar ‘Jinyuan’

1.6 果实主要矿物质及氨基酸分析

‘金圆’、‘金艳’及‘海沃德’果实全氮(N)含量用萘氏比色法测定^[15]；果实 P、K、Ca、Mg 采用原子吸收分光光度法^[16]；参照 GB/T5009.124-2003 食品中氨基酸测定方法，用日立 L-8900 全自动氨基酸分析仪测定 17 种氨基酸^[17]，果实矿质元素和氨基酸含量均为 3 个区域试验点(湖北武汉、安徽金寨、贵州大方)的均值。

1.7 果实贮藏性

选取同一生产果园的‘金圆’、‘金艳’和‘海沃德’3 个品种进行低温(1 ~ 2℃，湿度 90% ~ 95%)贮藏实验，定期检测腐烂率并清理腐烂果实，好果率为每次检测剩余好果数量与贮藏实验果实数量的比值^[18]。

1.8 数据分析

数据值均为 3 个区域试验点的均值，采用 Excel 2010 软件对数据进行统计与作图，并用 SPSS 23.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 ‘金圆’植物学性状及花部特征

观测结果显示，‘金圆’为四倍体黄肉品种，树势强旺、枝条粗壮、萌芽率高。一年生枝褐色，二年生枝红褐色，老枝深褐色；叶片大、叶色浓绿、叶厚、叶正面平展、深绿色无毛、叶背绿色、叶脉绿色，叶柄向阳面有微红色；叶基部相接，叶脉黄绿色、叶柄黄褐色；花有单花和序花，以序花

为主，三花率占 70% ~ 90%，花白色。花瓣数与对照品种差异不大，均在 6 ~ 8 枚；‘金圆’花大、花药大、黄色，花冠直径、柱头数和花丝数均与母本‘金艳’及‘海沃德’存在明显差异，花冠直径比‘海沃德’大 33.57%，但柱头数低于‘海沃德’10.8%。‘海沃德’的花丝数是‘金圆’和‘金艳’的 3 倍以上；花柄比‘金艳’和‘海沃德’短 16.70%和 8.73%(表 1)。

2.2 ‘金圆’物候期

在湖北武汉地区，‘金圆’和母本‘金艳’的萌芽期均在 3 月上旬，‘海沃德’的萌芽期要晚于‘金圆’1 周左右；萌芽率和果枝率为‘金艳’最高，‘金圆’其次，‘海沃德’最低(萌芽率仅 38%)，比‘金圆’低 21%；‘金圆’与‘金艳’的开花时间基本相同，均在 4 月下旬至 5 月初，‘海沃德’的花期晚于 2 个黄肉品种；‘金圆’的果实成熟期早于母本‘金艳’和绿肉猕猴桃‘海沃德’1 个月左右；区域试验结果表明，3 个品种的丰产性好，产量均在 2000 kg/667 m²以上(表 2)。

2.3 ‘金圆’分子生物学鉴定

利用 Geo7-223 分子标记扩增‘金圆’、‘金艳’(母本)和‘金桃’等 3 个品种序列片段的实验结果显示，‘金圆’扩增得到 3 条带，长度分别为 266、269、272 bp(图 2: A)；‘金艳’扩增得到 4 条带，分别为 266、269、275、287 bp(图 2: B)；‘金桃’扩增也得到 4 条带，分别为 266、272、275、281 bp(图 2: C)；结果表明‘金圆’在

表 1 ‘金圆’、‘金艳’及‘海沃德’的花部性状比较
Table 1 Comparison of flowering characteristics between ‘Jinyuan’, ‘Jinyan’ and ‘Hayward’

品种 Cultivar	倍性 Chromosome ploidy	花序 Inflorescence type	花色 Flower color	花瓣数 Petal count	花冠直径 (mm) Corolla diameter	花柄长 (mm) Flower stalk	柱头数 Number of stigmas	花丝数 Number of filaments
‘金圆’	4x	序花	白色	6.60 ± 0.16a	44.60 ± 0.27a	37.85 ± 0.49c	38.00 ± 0.89b	57.50 ± 0.65b
‘金艳’	4x	序花	白色	6.40 ± 0.24a	40.80 ± 0.38b	45.44 ± 0.91a	25.00 ± 1.64c	55.40 ± 2.24b
‘海沃德’	6x	单花	白色	6.80 ± 0.37a	33.39 ± 2.78c	41.47 ± 1.45b	42.60 ± 1.08a	186.40 ± 6.09a

注：同列不同小写字母表示在 5%水平上差异显著。下同。
Note: Different lowercase letters show significant differences at the 0.05 level. Same below.

表 2 ‘金圆’、‘金艳’及‘海沃德’的物候期比较
Table 2 Comparison of phenological periods of main varieties including ‘Jinyuan’, ‘Jinyan’ and ‘Hayward’

品种 Cultivar	萌芽期 Germination date	萌芽率 (%) Rate of germination	果枝率 (%) Rate of fruiting branches	初花期 Initial bloom date	果实成熟期 Mature period	丰产性 High yield
‘金圆’	3 月上旬	59	86	4 月下旬至 5 月初	9 月底至 10 月上旬	好
‘金艳’	3 月上旬	67	90~100	4 月底至 5 月上旬	10 月底至 11 月上旬	好
‘海沃德’	3 月中旬	38	60	5 月上旬	10 月中旬	好

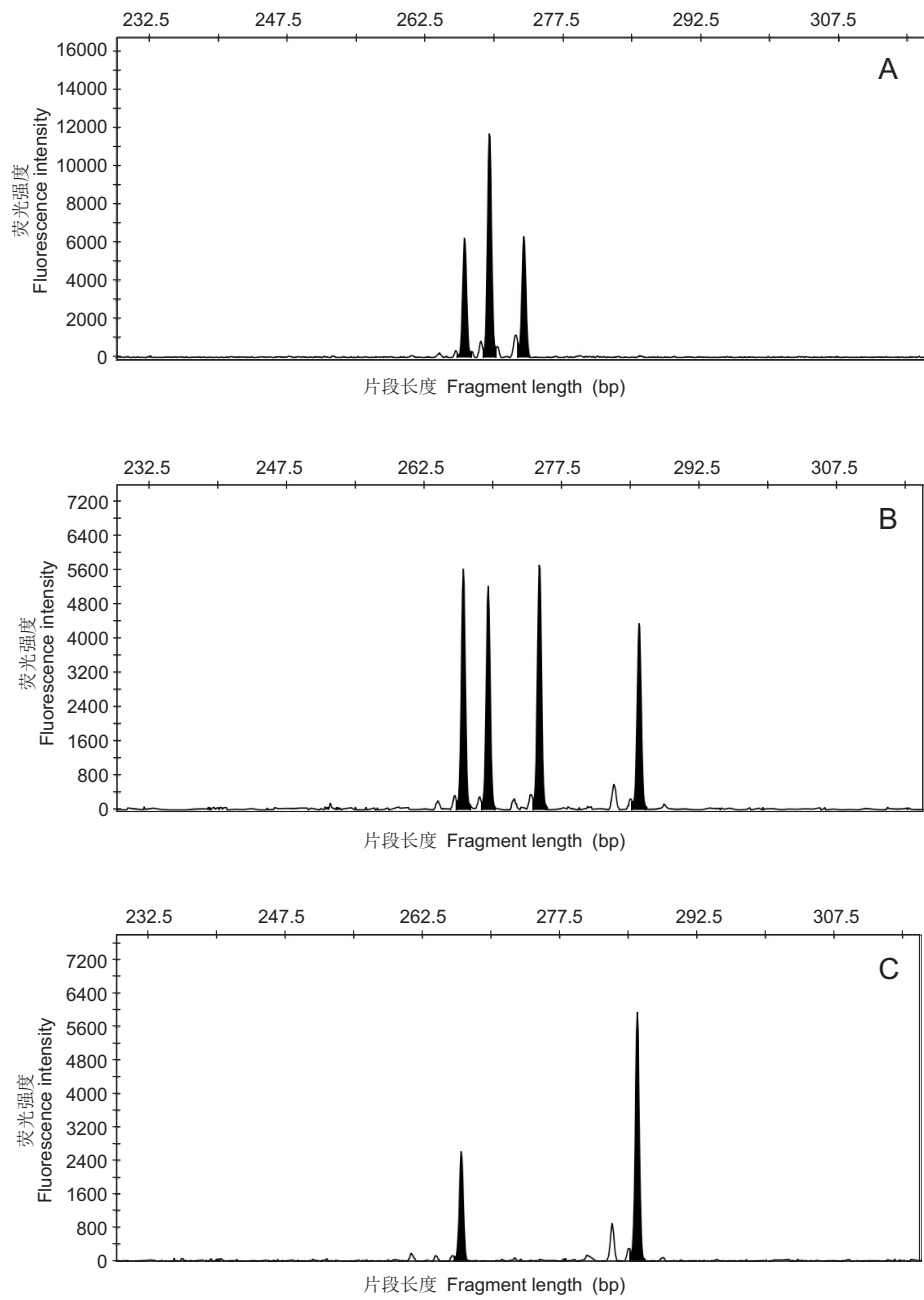


图2 ‘金圆’(A)、“金艳”(B) 和‘金桃’(C) 片段长度
Fig. 2 Fragment length of ‘Jinyuan’(A), ‘Jinyan’(B), and ‘Jintao’(C)

分子水平上有别于‘金艳’和‘金桃’，具有特异性。

2.4 ‘金圆’果实性状及品质分析

2.4.1 果实性状及主要营养指标分析

于2016–2017年，分别记录3个试验点(湖北武汉、安徽金寨、贵州大方)‘金圆’、‘金艳’、‘海沃德’3个品种的数据，结果显示(表3)：‘金圆’果实为短圆形，单果重80~100 g，‘金艳’的果实最大。‘金圆’后熟果肉为黄色或橙黄色，‘金艳’为深

黄色，‘海沃德’为中绿色；‘金圆’细嫩多汁、风味浓甜微酸，‘金艳’酸味较低、风味香甜，‘海沃德’风味酸甜。‘金圆’和母本‘金艳’的SSC含量接近，均在16.3%以上，‘海沃德’SSC含量较低(14.55%)；‘金圆’总糖和维生素C含量最高，总糖比‘金艳’和‘海沃德’分别高3.86%和3.11%，维生素C含量比‘金艳’高4.63%，是‘海沃德’的2.2倍；‘金圆’可滴定酸低于‘海沃德’，降幅为2.33%。

表 3 ‘金圆’、‘金艳’、‘海沃德’果实性状及营养成分比较
Table 3 Comparison of fruit characters and nutritional components of
main varieties including ‘Jinyuan’, ‘Jinyan’ and ‘Hayward’

品种 Cultivar	果形 Fruit shape	果肉颜色 Flesh color	果实质量 (g) Fruit mass	可溶性固形物 (%) Soluble solid content	总糖 (%) Total sugar	可滴定酸 (%) Titratable acid	维生素 C (mg/kg) Vitamin C	风味 Flavor
‘金圆’	短圆柱形	橙黄色	80~100	16.30 ± 0.19a	9.95 ± 0.12a	1.26 ± 0.003a	1237.50 ± 14.47a	酸甜适口
‘金艳’	长圆柱形	黄色	90~120	16.33 ± 0.15a	9.58 ± 0.15a	1.30 ± 0.003a	1182.75 ± 36.32a	香甜
‘海沃德’	椭圆形	绿色	80~120	14.55 ± 0.18b	9.65 ± 0.06a	1.29 ± 0.020a	562.25 ± 18.85b	甜酸

注：营养成分数据均为 3 个区域试验点均值。
Note: Nutritional component data are mean values from three test points.

表 4 ‘金圆’、‘金艳’及‘海沃德’果实矿物质含量比较
Table 4 Comparison of mineral element content in fruit of ‘Jinyuan’, ‘Jinyan’ and ‘Hayward’

品种 Cultivar	矿质元素含量 (mg/kg FW)				
	N	P	K	Ca	Mg
‘金圆’	1784.67 ± 17.37a	305.33 ± 5.92a	2166.67 ± 26.64a	363.00 ± 11.68a	144.00 ± 2.02a
‘金艳’	1660.00 ± 30.55b	233.33 ± 8.83b	1768.33 ± 15.96b	140.33 ± 9.56b	125.67 ± 5.49b
‘海沃德’	1733.67 ± 18.85ab	240.67 ± 12.12b	1778.00 ± 11.02b	337.67 ± 8.29a	115.33 ± 4.06b

2. 4. 2 果实主要矿物质分析

研究表明，‘金圆’果实 N、P、K、Ca、Mg 含量在 3 个品种中均为最高，可作为人体补充矿质元素的天然食物来源(表 4)。‘金艳’和‘海沃德’的 P、K 含量相当，差异未达到显著水平 ($P > 0.05$)，两者 P 含量分别比‘金圆’低 30.86%和 26.87%，‘金圆’K 含量丰富 (2166.67 mg/kg FW)，比其他 2 个品种分别高 22.53%和 21.86%；‘金圆’和‘海沃德’的 Ca 含量接近，‘金艳’的 Ca 含量显著低于‘金圆’；‘金圆’的 Mg 含量最高 (144 mg/kg FW)，‘金艳’和‘海沃德’含量接近。

2. 4. 3 果实氨基酸分析

研究发现，氨基酸的种类和含量决定其品质的高低，其中必需氨基酸是评价食品营养水平的重要指标^[19, 20]。‘金圆’果实中含有 17 种氨基酸，种类齐全，其中 7 种为人体必需氨基酸，分别为苏氨酸(Thr)、缬氨酸(Val)、蛋氨酸(Met)等；10 种为非必需氨基酸，分别为天冬氨酸(Asp)、丝氨酸(Ser)、谷氨酸(Glu)等，说明‘金圆’具有较高的营养保健价值(表 5)。鲜果中黄肉猕猴桃‘金圆’的氨基酸含量最高(8 mg/g)，比绿肉品种‘海沃德’高 11.11%，与母本‘金艳’的氨基酸含量(7.89 mg/g)接近。必需氨基酸也是‘金圆’含量最高(2.82 mg/g)，海沃德其次(2.42 mg/g)，‘金艳’最低(2.36 mg/g)。

‘金圆’、‘金艳’和‘海沃德’3 个品种所含氨基酸中，谷氨酸(Glu)含量最高，分别为 1.48、1.69 和 1.46 mg/g；天冬氨酸(Asp)含量其次，分别为 1.02、1.25 和 0.97 mg/g，3 个品种的谷氨酸(Glu)和天冬氨酸(Asp)含量分别占总氨基酸的 31.25%、37.26%和 33.75%。有研究表明，如果蛋白质中必需的氨基酸齐全、比例得当，接近或符合 WHO/FAO 氨基酸模式要求，则这种蛋白质适宜人体生理作用需要，营养价值高^[21]。本研究所测 3 个品种的平均必需氨基酸含量占氨基酸总含量(E/T)的百分比分别为 35.25%、29.91%和 33.61%，必需氨基酸与非必需氨基酸的比值(E/N)分别为 54.44%、42.68%和 50.63%。根据 1973 年 FAO/WHO 提出的理想模式^[22]，质量较好的蛋白质 E/T 值为 40%左右、E/N 值在 60%以上。本研究中‘金圆’E/T 和 E/N 值均最高，表明‘金圆’最接近理想模式。

2. 5 果实贮藏性

果实贮藏实验结果表明，‘金圆’在低温(1 ~ 2℃，湿度：90% ~ 95%)条件下贮藏性较好，遗传了母本‘金艳’果实的耐贮特性(表 6)。在贮藏期前(120 d)，‘金圆’和‘金艳’的好果率接近，均在 90%以上，‘海沃德’好果率只有 80.33%；150 d 之后，3 个品种的好果率差异显著 ($P < 0.05$)，‘金艳’好果率最高(92.67%)，其次是‘金圆’(84%)，

表 5 ‘金圆’与其他主栽品种果实氨基酸含量比较
Table 5 Comparison of amino acid content in fruit of ‘Jinyuan’ and other main cultivars

氨基酸种类 Amino acid type	氨基酸 Amino acid (mg/g)	‘金圆’ ‘Jinyuan’	‘金艳’ ‘Jinyan’	‘海沃德’ ‘Hayward’
必需氨基酸	苏氨酸(Thr)	0.39 ± 0.003a	0.53 ± 0.003a	0.36 ± 0.006b
	缬氨酸(Val)	0.44 ± 0.003a	0.35 ± 0.015b	0.41 ± 0.007b
	蛋氨酸(Met)	0.09 ± 0.003a	0.10 ± 0.006a	0.07 ± 0.006b
	异亮氨酸(lie)	0.38 ± 0.009a	0.23 ± 0.002b	0.35 ± 0.012a
	亮氨酸(Leu)	0.54 ± 0.009a	0.33 ± 0.001c	0.43 ± 0.007b
	苯丙氨酸(Phe)	0.39 ± 0.003a	0.28 ± 0.001c	0.32 ± 0.009c
	赖氨酸(Lys)	0.60 ± 0.009a	0.54 ± 0.002b	0.47 ± 0.009b
非必需氨基酸	天冬氨酸(Asp)	1.02 ± 0.006ab	1.25 ± 0.003a	0.97 ± 0.030b
	丝氨酸(Ser)	0.38 ± 0.009b	0.36 ± 0.002b	0.31 ± 0.007c
	谷氨酸(Glu)	1.48 ± 0.015a	1.69 ± 0.003a	1.46 ± 0.077a
	甘氨酸(Gly)	0.50 ± 0.009a	0.16 ± 0.013c	0.43 ± 0.007b
	丙氨酸(Ala)	0.42 ± 0.009b	0.64 ± 0.025a	0.41 ± 0.009b
	胱氨酸(Cys)	0.07 ± 0.006a	0.02 ± 0.003c	0.05 ± 0.006b
	酪氨酸(Tyr)	0.20 ± 0.012a	0.27 ± 0.004a	0.19 ± 0.025a
	脯氨酸(Pro)	0.28 ± 0.009a	0.16 ± 0.002b	0.20 ± 0.020b
	组氨酸(His)	0.25 ± 0.006a	0.33 ± 0.011a	0.17 ± 0.007b
	精氨酸(Arg)	0.57 ± 0.010a	0.65 ± 0.015a	0.59 ± 0.068a
必需氨基酸总量		2.82	2.36	2.42
氨基酸总量		8.00	7.89	7.20
E/N (%)		54.44	42.68	50.63
E/T (%)		35.25	29.91	33.61

注：‘T’为氨基酸总量；‘E’为必需氨基酸总量；‘N’为非必须氨基酸总量。同行不同小写字母表示在 5%水平上的差异显著。
Notes: “T” is total amount of amino acids; “E” is total amount of essential amino acids; “N” is total amount of non-essential amino acids. Different lowercase letters show significant differences at the 0.05 level.

表 6 ‘金圆’、‘金艳’及‘海沃德’低温贮藏条件下好果率比较
Table 6 Comparison of good fruit marketable rate under low temperature storage conditions of main varieties including ‘Jinyuan’, ‘Jinyan’ and ‘Hayward’

贮藏温度 (℃) Storage temperature	品种 Cultivar	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d	200 d
1~2	‘金圆’	98.67 ± 0.33a	94.00 ± 0.58a	93.00 ± 0.58a	84.00 ± 1.15b	74.33 ± 0.88b	65.67 ± 1.76b
	‘金艳’	98.33 ± 0.33a	94.67 ± 0.33a	94.33 ± 0.33a	92.67 ± 0.33a	91.00 ± 0.58a	86.33 ± 0.88a
	‘海沃德’	95.67 ± 0.33b	86.67 ± 0.88b	80.33 ± 0.88b	72.67 ± 0.88c	61.33 ± 1.20c	53.33 ± 1.20c

海沃德最低(72.67%)；贮藏 200 d 时，‘金圆’的好果率为 65.67%，高出海沃德 12.34%。研究发现，当‘金圆’果实的可溶性固形物含量为 8.5% 时，果实采后常温下 34 d 才开始软熟；在低温下果实软熟后，果实硬度长时间保持在 1 ~ 2 kg/cm²，160 d 后，果肉硬度仍保持在 1 kg/cm²左右，这种硬度正是‘金圆’果实的食用阶段，说明‘金圆’果实的货架期较长。

3 讨论

果实品质是决定果实经济价值和市场竞争力的重要因素^[23]。中国科学院武汉植物园自 1983 年

以来，以毛花猕猴桃、中华猕猴桃、美味猕猴桃、软枣猕猴桃等多个物种作亲本，开展了大量的种间杂交，其中用中华猕猴桃与毛花猕猴桃作亲本，进行正反交试验，获得了一系列种间杂交后代，并从中选育出杂交品种‘江山娇’、‘超红’、‘金艳’等观赏和鲜食品种^[24]。从遗传学角度来看，选择亲缘关系或地理位置相隔较远、各种性状差异较大的亲本进行杂交较易达到高产优质的目的^[25]。杂交亲本性状遗传不仅表现在外部形态方面，在果实营养成分方面也受亲本的影响^[26]。‘金艳’就是通过猕猴桃物种间远缘杂交获得的优良品种，由于其品质优良、贮藏性好，目前已是国内黄肉猕猴桃种植

面积最大的品种。本研究选育的品种‘金圆’遗传父母本的优良性状,尤其是在风味品质及营养成分上超过了母本‘金艳’,现已在湖北、安徽、贵州、江西等地大面积推广种植,是一个综合性状优良、在黄肉品种中具有较强市场竞争力的鲜食新品种。

猕猴桃具有较高的营养价值和药用价值,含有丰富的维生素 C、糖、酸和酚类物质等营养成分,对人体健康具有重要作用^[27]。猕猴桃以其极高的维生素 C 含量和特殊风味,成为市场上供不应求的一种高价水果^[28],而毛花猕猴桃是猕猴桃属植物中维生素 C 含量较高的种类之一,其果实中的维生素 C 含量是中华猕猴桃的 3 ~ 4 倍^[29]。本研究选育的‘金圆’和母本‘金艳’均为毛花猕猴桃的后代,很好地遗传了母本毛花猕猴桃高 Vc 的特点,‘金圆’的维生素 C 含量(1237.5 mg/kg)超过了母本‘金艳’(1182.75 mg/kg),比‘海沃德’高 2.2 倍;可溶性固形物、总糖、可滴定酸与母本‘金艳’差异不大,可溶性固形物含量显著高于‘海沃德’。

矿质营养是果树生长发育、产量形成和品质提高的基础^[30],猕猴桃果实矿质元素含量丰富^[31]。‘金圆’果实中 N、P、K、Ca 和 Mg 含量均高于‘金艳’和‘海沃德’,‘金圆’的 P、K、Ca、Mg 含量分别比‘海沃德’高 26.87%、21.86%、7.5% 和 24.86%;‘金圆’的 Ca 含量是母本‘金艳’的 2.58 倍。氨基酸是蛋白质的基本组成单位,其种类、含量、组成比例与蛋白质的营养价值密切相关,是评价食物品质的重要指标^[32]。猕猴桃果实中的氨基酸是体内合成与代谢的基础物质、营养要素和形成鲜果清香味美的重要生化成分^[33]。‘金圆’果实中含有 17 种氨基酸,其中 7 种为人体必需氨基酸,10 种为非必需氨基酸,其氨基酸总量和必需氨基酸总量均高于母本‘金艳’和绿肉品种‘海沃德’。谷氨酸具有健脑作用,能促进脑细胞进行呼吸,利于脑组织中氨的排除^[34],‘金艳’的谷氨酸含量略高于‘金圆’和‘海沃德’。研究表明,果实中所含的必需氨基酸(EAA)越接近人体必需氨基酸的比例,其品质就越优。本研究采用世界卫生组织(WHO)和联合国粮农组织(FAO)1973 年提出的评价蛋白质营养价值的必需氨基酸模式(氨基酸比值系数法)^[35]对‘金圆’等猕猴桃果实进行营养评价,结果显示‘金圆’的 E/N 值为 54.44%、

E/T 值为 35.25%,均比‘金艳’和‘海沃德’高,更接近于理想模式的 E/T 值 40%和 E/N 值 60%,说明‘金圆’果实所含氨基酸更接近于理想模式,利于人体吸收。

猕猴桃鲜果属呼吸跃变型浆果,鲜贮难度大^[36],低温贮藏能很好地延长果实保鲜时间,增加果品附加值^[37]。‘金艳’耐贮性较好,低温库中可贮存 6 个月左右^[38],若采用更好的保鲜技术,如气调库、冰温贮藏等,可延长贮藏期达 10 个月以上,基本可以做到全年供应。通过低温实验发现:‘金艳’的贮藏性最好,‘金圆’次之,‘海沃德’最差;贮藏 200 d 时,‘金艳’的好果率仍有 86.33%,‘金圆’为 65.67%,‘海沃德’只有 53.33%。

总之,‘金圆’猕猴桃在果实性状、营养成分、风味品质、贮藏性方面均优于世界上种植面积最大的绿肉品种‘海沃德’,风味品质也优于母本‘金艳’,仅在贮藏性上略差。‘金圆’的成功选育可丰富黄肉猕猴桃品种选择,为我国贫困山区种植高品质猕猴桃提供市场竞争力,促进农民增收。

致谢:徐丽云、龚俊杰、李黎、张鹏等参与了品种选育工作,在此一并表示感谢。

参考文献:

- [1] Li J, Huang HW, Shi T. Molecular phylogeny and infrageneric classification of *Actinidia* (Actinidiaceae) [J]. *Syst Bot*, 2002, 27: 408–415.
- [2] Li XW, Li JQ, Soejarto DD. New synonyms in Actinidiaceae from China [J]. *Acta Phytotaxon Sin*, 2007, 45(5): 633–660.
- [3] 李志,方金豹,齐秀娟,林苗苗,陈锦永,顾红.不同倍性雄株对软枣猕猴桃坐果及果实性状的影响[J].果树学报,2016,33(6):658–663.
Li Z, Fang JB, Qi XJ, Lin MM, Chen JY, Gu H. Effects of male plants with different ploidy on the fruit set and fruit characteristics in *Actinidia arguta* kiwifruit [J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(6): 658–663.
- [4] 黄宏文.猕猴桃驯化改良百年启示及天然居群遗传渐渗的基因发掘[J].植物学报,2009,44(2):127–142.
Huang HW. History of 100 years of domestication and improvement of kiwifruit and gene discovery from genetic introgressed populations in the wild [J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2009, 44(2): 127–142.
- [5] White A, Beatson RA. Evaluation of a New Kiwifruit Hybrid [C]. Queensland: Australasian Postharvest Horticulture Conference, 1993.

- [6] Zhong CH, Wang SM, Jiang ZW, Huang HW. ‘Jinyan’, an interspecific hybrid kiwifruit with brilliant yellow flesh and good storage quality[J]. *Hortscience*, 2012, 47: 1187–1190.
- [7] 钟彩虹, 张鹏, 韩飞, 李大卫. 猕猴桃种间杂交新品种‘金艳’的果实发育特征[J]. *果树学报*, 2015, 32(6): 1152–1160.
Zhong CH, Zhang P, Han F, Li DW. Studies on characterization of fruit development of interspecific hybrid cultivar ‘Jinyan’[J]. *Journal of Fruit Science*, 2015, 32(6): 1152–1160.
- [8] 黄宏文. 中国猕猴桃种质资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013.
- [9] 钟彩虹, 韩飞, 李大卫, 刘小莉, 张琼, 等. 红心猕猴桃新品种‘东红’的选育[J]. *果树学报*, 2016, 33(12): 1596–1599.
Zhong CH, Han F, Li DW, Liu XL, Zhang Q, *et al.* Breeding of red-fleshed kiwifruit cultivar ‘Donghong’[J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(12): 1596–1599.
- [10] 黄宏文, 王圣梅, 姜正旺, 张忠慧, 黄仁煌, 等. 黄肉猕猴桃新品种‘金桃’[J]. *园艺学报*, 2005, 32(3): 561.
Huang HW, Wang SM, Jiang ZW, Zhang ZH, Huang RH, *et al.* A new yellow-fleshed kiwifruit cultivar ‘Jintao’[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2005, 32(3): 561.
- [11] 农村农业部科技发展中心. 品种授权公告: CNA007533G [EB/OL]. (2016-05-01). http://www.nybjfjzxx.cn/p_pzbh/sub_ggxq.aspx?t=grant&an=8615.
- [12] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [13] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [14] 赵金梅, 高贵田, 薛敏, 耿鹏飞, 孙翔宇, 等. 不同品种猕猴桃果实的品质及抗氧化活性[J]. *食品科学*, 2014, 35(9): 118–122.
Zhao JM, Gao GT, Xue M, Geng PF, Sun XY, *et al.* Fruit quality and antioxidant activity of different kiwifruit varieties[J]. *Food Science*, 2014, 35(9): 118–122.
- [15] 阎永齐, 刘磊, 刘吉祥, 毛妮妮, 任俊鹏, 蒋水平. 中华猕猴桃叶果营养成分动态及其相关性[J]. *果树学报*, 2016, 33(3): 307–313.
Yan YQ, Liu L, Liu JX, Mao NN, Ren JP, Jiang SP. Dynamics of mineral elements in leaf and fruit of *Actinidia chinensis* and correlation analysis[J]. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33(3): 307–313.
- [16] 秦玉芝, 陈军, 李朝阳, 向小奇, 陈建荣. 米良1号猕猴桃营养期主要矿质元素分配、吸收特性研究[J]. *果树学报*, 2004, 21(3): 212–215.
Qin YZ, Chen J, Li CY, Xiang XQ, Chen JR. Study on distribution and absorption property of the main mineral elements in *Actinidia deliciosa* cv. Miliang-1[J]. *Journal of Fruit Science*, 2004, 21(3): 212–215.
- [17] 赵凤敏, 李树君, 张小燕, 杨炳南, 刘威, 等. 不同品种马铃薯的氨基酸营养价值评价[J]. *中国粮油学报*, 2014, 29(9): 13–18.
Zhao FM, Li SJ, Zhang XY, Yang BN, Liu W, *et al.* Nutritional evaluation of amino acids in different potato cultivars[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2014, 29(9): 13–18.
- [18] 吴彬彬, 饶景萍, 李百云, 赖勤毅, 张海燕. 采收期对猕猴桃果实品质及其耐贮性的影响[J]. *西北植物学报*, 2008, 28(4): 788–792.
Wu BB, Rao JP, Li BY, Lai QY, Zhang HY. Effect of harvest date on fruit quality and storage duration of kiwifruit[J]. *Acta Botanica Boreo-Occidentalia Sinica*, 2008, 28(4): 788–792.
- [19] 王彩理, 郭晓华, 苑德顺, 腾瑜. 不同生长阶段大菱鲆的氨基酸评价分析[J]. *现代食品科技*, 2012, 28(1): 104–107.
Wang CL, Guo XH, Fan DS, Teng Y. Analysis on *Scophthalmus maximus* amino acids at different developing stages[J]. *Modern Food Technology*, 2012, 28(1): 104–107.
- [20] 秦红艳, 张宝香, 艾军, 赵滢, 李晓艳, 等. 软枣猕猴桃鲜果、果酒和果酱中氨基酸组分分析[J]. *食品工业科技*, 2015, 36(6): 355–358.
Qin HY, Zhang BX, Ai J, Zhao Y, Li XY, *et al.* Analysis of amino acids in the fruit, fruit wine and jam of *Actinidia arguta*[J]. *Food Industry Technology*, 2015, 36(6): 355–358.
- [21] 叶发荣, 韩秀梅, 肖钧, 吕树鸣, 谭晶晶, 李秀亚. ‘红阳’猕猴桃果实氨基酸含量及组成分析[M]. *中国园艺文摘*, 2015(8): 1–3, 25.
Ye FR, Han XM, Xiao J, Lv SM, Tan JJ, Li XY. Analysis on amino acid content and the composition in the ‘Hongyang’ kiwi fruit[J]. *Chinese Horticultural Abstracts*, 2015(8): 1–3, 25.
- [22] 朱圣陶, 吴坤. 蛋白质营养价值评价: 氨基酸比值系数法[J]. *营养学报*, 1998, 10(2): 187–190.
Zhu ST, Wu K. Nutritional evaluation of protein: ratio coefficient of amino acid[J]. *Acta Nutrition Sinica*, 1998, 10(2): 187–190.
- [23] 位杰, 马建江, 陈久红, 王小兵, 任晓燕. 不同产地库尔勒香梨果实品质差异及综合评价[J]. *食品科学*, 2017, 38(19): 87–91.
Wei J, Ma JJ, Chen JH, Wang XB, Ren XY. Quality differences and comprehensive evaluation of korla fragrant pear from different habitats[J]. *Food Science*, 2017, 38(19): 87–91.
- [24] 钟彩虹, 龚俊杰, 姜正旺, 黄宏文, 王圣梅, 等. 2个猕猴桃观赏新品种选育和生物学特性[J]. *中国果树*, 2009(3):

- 5-7.
Zhong CH, Gong JJ, Jiang ZW, Huang HW, Wang SM, *et al.* Breeding and biological characteristics of 2 new ornamental *Actinidia* cultivars [J]. *China Fruits*, 2009(3): 5-7.
- [25] 唐忠厚, 张爱君, 陈晓光, 魏猛, 靳容, 李洪民. 优质鲜食型甘薯新品种‘徐薯 32’的选育及特性分析[J]. 植物科学学报, 2016, 34(5): 781-789.
Tang ZH, Zhang AJ, Chen XG, Wei M, Jin R, Li HM. Breeding and appraisal of new sweet potato cultivar ‘Xushu 32’ with high quality [J]. *Plant Science Journal*, 2016, 34(5): 781-789.
- [26] 王圣梅, 黄仁煌, 武显维, 康宁. 猕猴桃远缘杂交育种研究[J]. 果树科学, 1994, 11(1): 23-26.
Wang SM, Huang RH, Wu XW, Kang N. Studies on *Actinidia* breeding by species hybridization [J]. *Journal of Fruit Science*, 1994, 11(1): 23-26.
- [27] Du GR, Li MJ, Ma FW. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in *Actinidia* fruits [J]. *Food Chemistry*, 2009, 113: 557-562.
- [28] 马婷, 任亚梅, 张艳宜, 王涛, 张爽, 樊明涛. 1-MCP 处理对‘亚特’猕猴桃果实香气的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(2): 276-281.
Ma T, Ren YM, Zhang YY, Wang T, Zhang S, Fan MT. Effect of 1-MCP treatment on the aroma of ‘Yate’ kiwifruit [J]. *Food Science*, 2016, 37(2): 276-281.
- [29] 钟彩虹, 张鹏, 姜正旺, 王圣梅, 韩飞, 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, 29(3): 370-376.
Zhong CH, Zhang P, Jiang ZW, Wang SM, Han F, *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, 29(3): 370-376.
- [30] 徐爱春, 陈庆红, 顾霞. 不同产量猕猴桃园叶片营养状况分析[J]. 河北林果研究, 2008, 23(4): 353-356.
Xu AC, Chen QH, Gu X. Analysis of nutrition status in leaf of different yield kiwifruit orchards [J]. *Hebei Journal of Forestry and Orchard Research*, 2008, 23(4): 353-356.
- [31] 马峰旺, 李嘉瑞, 王飞, 吉爱梅. 猕猴桃果实矿质元素含量及其与贮藏性的关系[J]. 西北农业学报, 1996, 5(4): 63-65.
Ma FW, Li JR, Wang F, Ji AM. Mineral element contents in fruit of kiwifruit and their correlation to storage [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 1996, 5(4): 63-65.
- [32] 王艳, 张越, 陈姗姗, 张雪梅, 宋述尧. 食茱萸菜豆氨基酸组成与含量及其品质评价[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2014, 42(8): 155-161.
Wang Y, Zhang Y, Chen SS, Zhang XM, Song SR. Composition, content and quality, evaluation of amino acids in snap bean [J]. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2014, 42(8): 155-161.
- [33] 张甲生, 李平亚, 张家颖, 马冰如, 袁洪生, 张昌纯. 长白山特产猕猴桃果中氨基酸含量测定[J]. 氨基酸杂志, 1992(1): 51-54.
Zhang JS, Li PY, Zhang JY, Ma BR, Yuan HS, Zhang CC. Determination of amino acids contents of *Actinidia* fruit in Mt. Changbai [J]. *Journal of Amino Acids*, 1992(1): 51-54.
- [34] 张林生, 路苹, 曹让. 关于主要谷物的氨基酸组成评价[J]. 氨基酸杂志, 1989(3): 30-32.
Zhang LS, Lu P, Cao R. Evaluation of amino acid composition of major cereals [J]. *Journal of Amino Acids*, 1989(3): 30-32.
- [35] 杨芳, 兰珊珊, 严红梅, 陈锦玉, 邵金良, 等. 地涌金莲及其加工过程中氨基酸和矿质元素分析[J]. 现代食品科技, 2012, 28(11): 1569-1571, 1589.
Yang F, Lan SS, Yan HM, Chen JY, Shao JL, *et al.* Analysis of amino acids and mineral elements in the rough and finished product of *Musella lasiocarpa* (Franch.) C. Y. Wu ex H. W. Li [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2012, 28(11): 1569-1571, 1589.
- [36] 石泽亮, 傅伟昌, 麻成金, 顾仁勇. 贮藏条件和贮藏品质对猕猴桃贮藏效果的影响[J]. 吉首大学学报(自然科学版), 2000, 21(4): 10-12.
Shi ZL, Fu WC, Ma CJ, Gu RY. Influence of storage conditions and fruit quality before storage on kiwifruit storage ability [J]. *Journal of Jishou University (Natural Science Edition)*, 2000, 21(4): 10-12.
- [37] 韩飞, 陈美艳, 李昆同, 黄文俊, 闫春林, 等. 不同产地‘金圆’猕猴桃低温贮藏下的生理指标及贮藏性变化[J]. 植物科学学报, 2018, 36(3): 381-392.
Han F, Chen MY, Li KT, Huang WJ, Yan CL, *et al.* Changes in physiological indices and storage properties of ‘Jinyuan’ kiwifruit from different orchards under low temperature storage [J]. *Plant Science Journal*, 2018, 36(3): 381-392.
- [38] 严平生, 严英子. 金艳猕猴桃在陕西眉县的引种表现[J]. 西北园艺, 2013(12): 34.
Yan PS, Yan YZ. Introduction performance of golden delicious kiwifruit in Meixian county, Shaanxi [J]. *Northwest Horticulture*, 2013(12): 34.