

不同生态品种群桃果实糖酸及其组分含量分析

朱更瑞, 王新卫, 曹珂, 方伟超, 陈昌文, 王力荣

(中国农业科学院郑州果树研究所, 郑州 450009)

摘要:以涵盖我国6个生态品种群的118份桃地方品种为试验材料,对其糖酸组分进行全面分析,以明确不同桃区果实糖酸组分分布特性,为优异糖酸种质筛选提供依据。应用斐林试剂测定果实可溶性糖含量;应用NaOH测定果实可滴定酸含量;应用高效液相色谱(HPLC)技术测定果实糖组分,离子色谱技术测定果实酸组分。结果表明:西北高旱桃区的品种,主要以可滴定酸、柠檬酸、苹果酸、总酸表现出较高的分布水平,蔗糖、总糖、糖酸比、固酸比表现出较低的分布水平;华北平原及长江流域桃区的品种,主要以糖酸比、固酸比表现出较高的分布水平,可滴定酸、柠檬酸、苹果酸、总酸表现出较低的分布水平;云贵高原桃区的品种,主要以可溶性糖、蔗糖、总糖表现出较高的分布水平,糖酸比、固酸比表现出较低的分布水平;华南亚热带桃区的品种,主要以蔗糖、总糖、糖酸比、固酸比表现出较高的分布水平,可滴定酸、柠檬酸、苹果酸表现出较低的分布水平;东北高寒桃区的品种,主要以果糖表现出较高的分布水平,糖酸比、固酸比表现出较低的分布水平。6个生态品种群的品种,果糖所占比例以长江流域桃区最高,葡萄糖以西北高旱桃区最高,山梨醇以华南亚热带桃区最高,而东北高寒桃区最低,蔗糖所占比例在不同生态区无明显差别。柠檬酸所占比例以长江流域桃区最高,而华南亚热带桃区最低,奎宁酸所占比例以华南亚热带桃区最高,琥珀酸、苹果酸所占比例在不同生态品种群间无明显差异。

关键词:地方品种;糖组分;酸组分

Analysis of Sugars and Acid Contents and Its Compositions in Different Ecological Peach Cultivar Groups

ZHU Geng-rui, WANG Xin-wei, CAO Ke, FANG Wei-chao, CHEN Chang-wen, WANG Li-rong

(Zhengzhou Fruit research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450009)

Abstract: Studies were conducted on the distributions of sugar and acids contents of 118 peach accessions, which covered six cultivar groups in China, for providing reliable evidences of high quality peach breeding selection. In this study soluble sugar was detected by fehling reagent. Titratable acidity was detected by NaOH. Sugar compositions were detected using the high performance liquid chromatography (HPLC) method, and acid compositions were detected using ion chromatography. The results showed that cultivars derived from Northwest China high droughty peach region contain high value of acid compositions (citrate, malate), titratable acidity, total acid, with low value of sugar compositions (sucrose), total sugar, SS/TA, SSC/TA. Cultivars derived from North China plain peach region, Changjiang River Basin region contain high value of SS/TA, SSC/TA, with low value of acid compositions (citrate, malate), titratable acidity, total acid. Cultivars derived from Yunnan-Guizhou plateau peach region contain high value of soluble sugar, sucrose, total sugar, with low value of SS/TA, SSC/TA. Cultivars derived from Southern China subtropical peach region contain high value of sucrose, total sugar, SS/TA, SSC/TA, with low value of titratable acidity, citrate, malate. Cultivars derived from Northeast China high cold peach region contain high value of

收稿日期:2017-01-11 修回日期:2017-03-02 网络出版日期:2017-08-22

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20170822.1259.002.html>

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项(201303093);中国农业科学院科技创新工程专项经费项目(CAAS-ASTIP-2016-ZFRI-01)

第一作者主要从事桃种质资源研究、种质创新和新品种、新技术推广工作。E-mail: zhugengrui@126.com

通信作者:王力荣,主要从事桃种质资源与遗传育种研究。E-mail: wlirong2009@sina.com

fructose, with low value of SS/TA, SSC/TA. For sugar compositions in different cultivars, ratio of 'fructose to total sugar' is highest in Changjiang River Region cultivars, the level of 'glucose to total sugar' is high in Northwest China cultivars. The ratio of 'sorbitol to total sugar' is highest in Southern China cultivars, but lowest in Northeast China cultivars. Ratio of 'sucrose to total sugar' have no significant difference in six ecological cultivar groups. For the analysis of acid compositions, Changjiang River Region cultivars have high level of citrate, but cultivars of Southern China have a lower level with highest level of quinate. The ratios of succinic and malate acids have no significant difference in six ecological cultivar groups.

Key words: local cultivar; sugar compositions; acid compositions

糖酸是桃果实酸甜风味的重要组成部分,其含量与种质类型、果实类型、果肉类型均具有紧密联系^[1-6]。我国桃野生资源分布广泛,地方及育成品种众多,同时已引进大量国外品种,这些资源类型更是不乏各种果实类型及果肉类型。对这诸多资源果实糖酸组分进行分析,对于高糖品种的筛选及育种工作均具有重要意义。

相关研究表明,我国桃育成品种蔗糖含量最高,葡萄糖与果糖比值大多接近1,野生资源总酸含量最高,欧美品种苹果酸、柠檬酸含量最高^[1-2]。蟠桃、油蟠桃可溶性糖含量均高于油桃,油桃可滴定酸含量显著高于蟠桃和普通桃^[3]。红肉桃总糖、总酸含量均显著高于白肉与黄肉桃^[4]。早熟桃蔗糖、苹果酸含量均高于中熟及晚熟,晚熟桃葡萄糖及果糖含量均高于早熟与中熟^[5]。但不同地方品种桃糖

酸组分研究尚未见报道。

本文以涵盖我国6个生态品种群的118份桃地方品种为试验材料^[7],对其糖酸组分进行全面分析,以明确不同桃区糖酸组分分布特性,为优异糖酸种质筛选提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用118份材料均来源于中国农业科学院郑州果树研究所国家果树种质郑州桃圃(表1);每试验品种选取2株,树龄、栽培方式相同,均于2013年果实成熟期进行采摘。采摘位于树冠外围、中上部的果实,采果个数6个;果肉采取时,于果实前、后、左、右选取4个点,每个点采取果肉0.5g,封装在自封袋内,置于-70℃冰箱中保存。

表1 试验种质材料

Table 1 Accessions of peach varieties

生态品种群 Ecological cultivar groups	份数 Number	名称 Accession name
西北高旱桃区 Northwest China high droughty peach region	21	喀什黄肉李光;张白甘;张白2号;白沙;齐桃;早熟黄甘;临黄9号;临黄1号;平顶秋桃;临泽紫桃;临白3号;太白;喀什1号;喀什2号;米扬山;墨玉8号;吐-2;西教2号;西教3号;新疆黄肉;伊犁县黄肉桃
华北平原桃区 North China plain peach region	35	鸳鸯垂枝;天津水蜜;深州离核水蜜;寒露蜜;石头桃;大赵黄桃;小白桃;鸡嘴白;二接白;五月鲜;石窝水蜜;割谷;园春白;大果黑桃;肥城白里10号;红鸭嘴;大王庄黄桃;朱粉垂枝;大冬桃;廉天宝桃;小冬桃;寒山蜜;红世界;天宝蜜;六月空;尖嘴红肉;微尖红肉;一线红;冬雪蜜桃;太原水蜜;单瓣紫桃;鹰嘴;五月白;临城桃;黑布袋
长江流域桃区 Changjiang River Basin region	29	大甜桃;撒花红蟠桃;嘉庆蟠桃;红桃;长岭早玉露;龙华水蜜;白芒蟠桃;平稗子;青毛子白花桃;六月白;荆门桃(毛);大红袍;陆林水蜜;奉化蟠桃;粉寿星;小红花;万州酸桃;湖景蜜露;吴江白;温州水蜜;黄金蟠桃;上山大玉露;阳桃;江西黑桃;火珠;武汉大红袍;酥红;水白桃;长生蟠桃
云贵高原桃区 Yunnan-Guizhou plateau peach region	19	青丝;白粘胡;青桃;二早桃;安龙白桃;白核桃;火炼金丹;望漠小米桃;大金旦;白离胡;贵州黄金蜜;兴义五月桃;贵州水蜜;黄艳;黄粘胡;秋白桃;久仰青桃;兴义白花桃;桔山童桃
华南亚热带桃区 Southern China subtropical peach region	6	南山甜桃;石桃;莺歌桃;南方早熟桃;瓜桃;仙桃
东北高寒桃区 Northeast China high cold peach region	8	吉林8501;吉林8601;香蕉桃;吉林8801;早黄金;吉林8701;吉林8903;珲春桃

本试验讨论中涉及到的一些气象因子均来源于中国气象科学数据共享服务网,每类气象因子均为 4-8 月份果实发育期的平均值(表 2)。

表 2 不同生态品种群果实品质相关的气象因素

Table 2 Meteorological factors relative to fruit flavor in different ecological cultivar groups

生态品种群 Ecological cultivar groups	来源地 Origins	日照时数(h) Sunshine times	日最低温度(℃) Minimum temperature	日最高温度(℃) Maximum temperature	相对湿度(%) Relative humidity
西北高旱桃区 Northwest China high droughty peach region	新疆 甘肃	9.5 7.7	16.1 13.4	29.2 26.4	40.4 54.8
华北平原桃区 North China plain peach region	陕西 北京	6.1 7.1	18.5 17.3	29.3 27.6	61.1 59.1
长江流域桃区 Changjiang River Basin region	天津	6.8	18.1	27.7	58.5
	河北	6.5	16.5	25.7	73.2
	河南	6.4	19.6	30.0	64.4
	山东	5.8	17.0	26.6	71.3
	江苏	6.5	21.1	29.4	67.2
云贵高原桃区 Yunnan-Guizhou plateau peach region	浙江	5.3	21.3	30.0	72.3
	上海	6.3	21.3	28.8	65.2
	湖北	6.9	21.3	30.3	74.4
华南亚热带桃区 Southern China subtropical peach region	四川	5.1	20.7	30.2	69.8
	云南	6.5	17.7	27.0	66.7
东北高寒桃区 Northeast China high cold peach region	贵州 广东 广西	5.3 3.8 3.9	19.8 23.0 20.9	28.8 29.7 29.0	76.2 87.2 78.5
	吉林 辽宁	7.5 7.9	13.5 16.2	22.8 22.8	63.7 71.1

1.2 试验方法

可溶性糖采用斐林试剂测定,具体参照王轩^[8]、朱敏等^[9]的方法;可滴定酸采用 NaOH 滴定,具体参照王轩^[8]的方法。

糖组分采用高效液相色谱技术测定,参考李瑞芳等^[10]的方法并加以改进。高效液相色谱仪(Waters 公司)包括高压泵、进样器、示差检测器;液相色谱柱:Agela Technologies, Venusil XBP NH₂ (4.6 mm × 250 mm),柱温 25℃;流动相:(乙腈:水 = 82:18), 0.22 μm 的有机溶剂微孔滤膜过滤,超声脱气 30 min 后使用,流速 1.0 mL/min,进样体积 10 μL。样品制备:称取 2 g 粉末状果肉样品至 10 mL 离心管,加入 8 mL 80% 乙醇,混匀。35℃ 水浴 20 min, 4500 g 4℃ 离心 15 min,上清液转移至 25 mL 容量瓶。重复 2 次,定容至 25 mL。取 2.5 mL 提取液, 40℃ 旋转蒸干,加 1 mL 超纯水溶解,转移至 1.5 mL 离心管。过 0.22 μm 滤膜后上机。

酸组分采用离子色谱技术测定,参考庞荣丽等^[11]的方法并加以改进。仪器编号:YQ61,规格型号:861861(离子色谱)845(配液系统),色谱柱 ICSEP ICE-COREGEL,柱温为 65℃,流动相 2.5 mol/L H₂SO₄ 溶液,流速为 0.7 mL/min,进样体积 20 μL。样品制备同糖组分测定。

1.3 数据处理

糖酸原始数据、各糖酸组分等频率分布图均用 Excel 2013 进行处理及制作;数据的差异性比较用 SPSS 19.0 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同生态品种群桃果实可溶性糖、可滴定酸及可溶性固形物分析

2.1.1 分布特征分析 从图 1 可知,6 个生态品种群的品种,其可溶性糖分布特征可分为 2 类,(1)低数值分布类型。如西北高旱桃区(68% 的数据分布

在 6.25% ~ 9.25% 之间)。(2) 高数值分布类型。如华北平原桃区 (62% 的数据分布在 7.75% ~ 10.75% 之间)、长江流域桃区 (82% 的数据分布在 7.75% ~ 10.75% 之间)、云贵高原桃区 (79% 的数

据分布在 7.75% ~ 10.75% 之间)、华南亚热带桃区 (60% 的数据分布在 7.75% ~ 10.75% 之间)、东北高寒桃区 (75% 的数据分布在 6.25% ~ 10.75% 之间)。

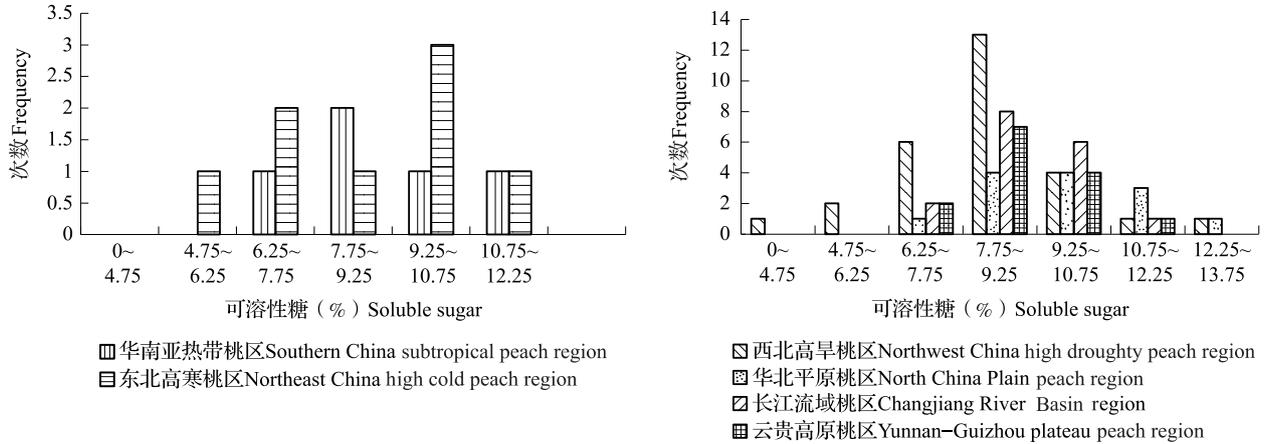


图 1 可溶性糖分布特征

Fig. 1 Distribution of soluble sugar

从图 2 可知,6 个生态品种群的品种,其可滴定酸分布特征可分为 3 类,(1) 低数值分布类型。如华北平原桃区 (83% 的数据分布在 0.14% ~ 0.46% 之间)、长江流域桃区 (73% 的数据分布在 0.14% ~ 0.46% 之间)、华南亚热带桃区 (80% 的数据分布在 0.14% ~ 0.46% 之间)。(2) 中数值分布类型。如云贵

高原桃区 (36% 的数据分布在 0.14% ~ 0.30% 之间, 43% 的数据分布在 0.62% ~ 0.94% 之间)。(3) 高数值分布类型。如西北高旱桃区 (84% 的数据分布在 0.30% ~ 0.78% 之间,其中 68% 在 0.46% ~ 0.78% 之间)、东北高寒桃区 (100% 的数据分布在 0.14% ~ 0.94% 之间,其中 63% 在 0.46% ~ 0.94% 之间)。

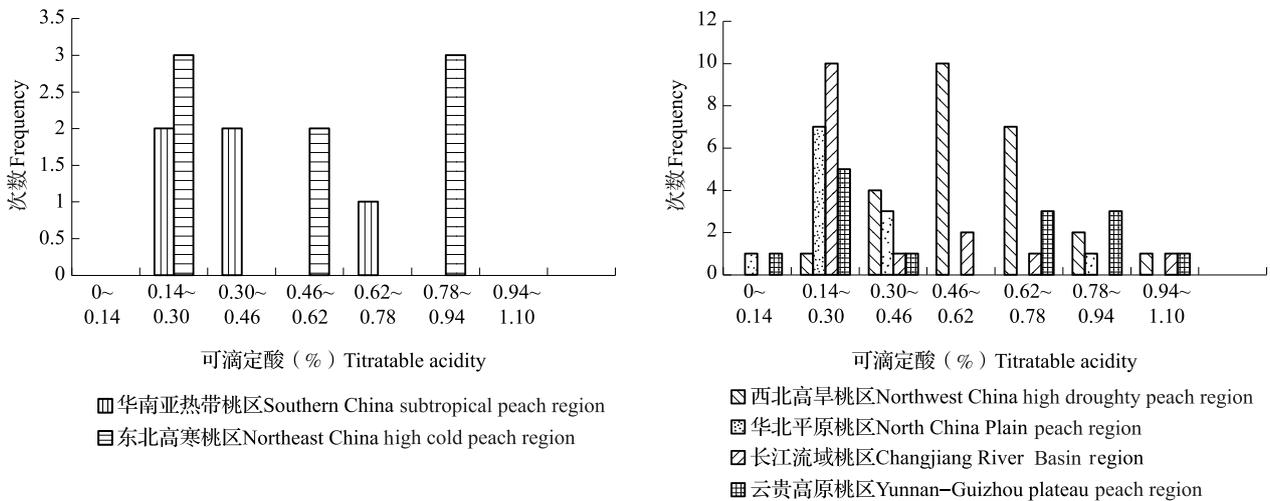


图 2 可滴定酸分布特征

Fig. 2 Distribution of titratable acidity

从图 3 可知,6 个生态品种群的品种,其可溶性固形物分布特征基本相似,如西北高旱桃区 (68% 的数据分布在 10.69% ~ 14.03% 之间)、华北平原桃区 (64% 的数据分布在 10.69% ~ 14.03% 之间)、长江流域桃区 (67% 的数据分布在 10.69% ~

14.03% 之间)、云贵高原桃区 (87% 的数据分布在 10.69% ~ 14.03% 之间)、华南亚热带桃区 (67% 的数据分布在 10.69% ~ 14.03% 之间)、东北高寒桃区 (75% 的数据分布在 9.02% ~ 14.03% 之间)。

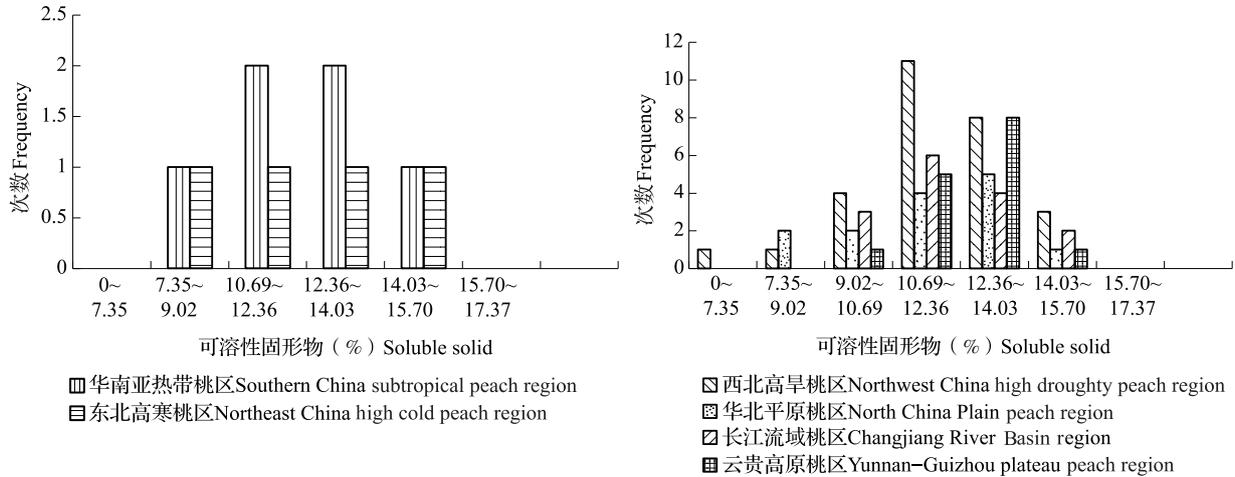


图3 可溶性固形物分布特征

Fig.3 Distribution of soluble solid

2.1.2 差异性分析 从表3可知,6个生态品种群的品种,其可溶性糖平均值可分为2类:(1)低数值类型,如西北高旱桃区、东北高寒桃区;(2)高数值类型,如华北平原桃区、长江流域桃区、云贵高原桃区、华南亚热带桃区;两种类型之间差异性不明显。

可滴定酸也可分为2类:(1)低数值类型,如华北平原桃区、长江流域桃区、华南亚热带桃区;(2)高数值类型,如西北高旱桃区、云贵高原桃区、东北高寒桃区;两种类型之间存在显著性差异。可溶性固形物在6个桃区无显著差异。

表3 不同生态品种群可溶性糖、可滴定酸、可溶性固形物含量

Table 3 Soluble sugar, titratable acidity and soluble solid contents in different ecological cultivar groups

生态品种群 Ecological cultivar groups	可溶性糖(%) Soluble sugar	可滴定酸(%) Titratable acidity	可溶性固形物(%) Soluble solid
西北高旱桃区 Northwest China high droughty peach region	8.22 ± 1.64b	0.59 ± 0.17a	12 ± 1.92a
华北平原桃区 North China plain peach region	9.80 ± 1.71a	0.34 ± 0.21b	12 ± 1.74a
长江流域桃区 Changjiang River Basin region	9.23 ± 1.06ab	0.36 ± 0.25b	12 ± 1.79a
云贵高原桃区 Yunnan-Guizhou plateau peach region	9.05 ± 1.09ab	0.52 ± 0.31a	13 ± 1.30a
华南亚热带桃区 Southern China subtropical peach region	9.08 ± 1.79ab	0.40 ± 0.20ab	12 ± 2.48a
东北高寒桃区 Northeast China high cold peach region	8.56 ± 1.78b	0.55 ± 0.28a	11 ± 2.47a

小写字母表示0.05水平的显著性,下同

The lowercase mean significance at 0.05 level, the same as below

2.2 不同生态品种群桃果实糖组分分析

2.2.1 分布特征分析 从图4可知,6个生态品种群的品种,其果糖分布特征可分为3类。(1)低数值分布类型。如西北高旱桃区(81%的数据分布在0.62~5.22mg/g·FW之间)。(2)中数值分布类型。如华北平原桃区(74%的数据分布在0.62~9.82mg/g·FW之间,其中30%在5.22~9.82mg/g·FW之间)、云贵高

原桃区(74%的数据分布在0.62~9.82mg/g·FW之间,其中32%在5.22~9.82mg/g·FW之间)、华南亚热带桃区(83%的数据分布在0.62~9.82mg/g·FW之间,其中33%在5.22~9.82mg/g·FW之间)。(3)高数值分布类型。如东北高寒桃区(75%的数据分布在5.22~19.02mg/g·FW之间)、长江流域桃区(66%的数据分布在9.82~19.02mg/g·FW之间)。

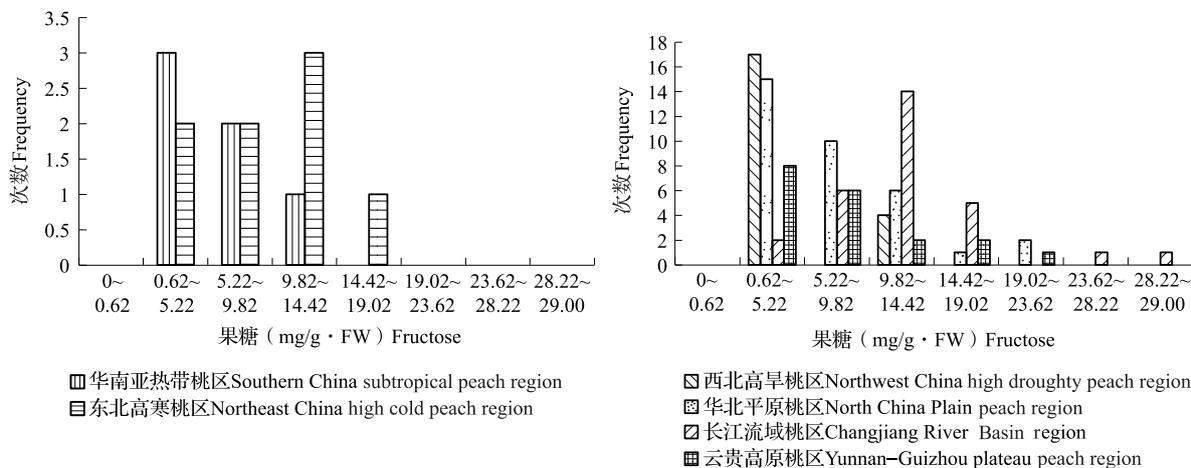


图4 果糖分布特征

Fig. 4 Distribution of fructose

从图5可知,6个生态种群品种,其葡萄糖分布特征基本相似,如西北高旱桃区(100%的数据分布在 $3.59 \sim 17.99 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、长江流域桃区(97%的数据分布在 $3.59 \sim 17.99 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、华南亚热带桃区(100%的数据分布在 $8.39 \sim 17.99 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、华北平原桃区(94%的数据分布在 $3.59 \sim$

$17.99 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、云贵高原桃区(89%的数据分布在 $3.59 \sim 17.99 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、东北高寒桃区(100%的数据分布在 $3.59 \sim 17.99 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)。

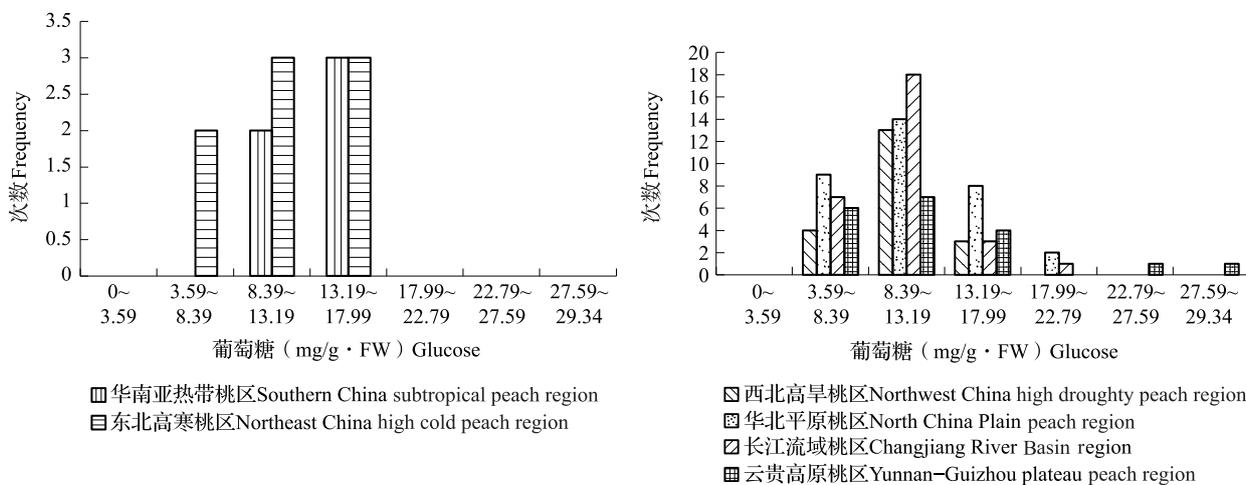


图5 葡萄糖分布特征

Fig. 5 Distribution of glucose

从图6可知,6个生态种群品种,其山梨醇分布特征可分为3类。(1)低数值分布类型。如长江流域桃区(93%的数据分布在 $1.40 \sim 11.40 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、西北高旱桃区(76%的数据分布在 $1.40 \sim 11.40 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、东北高寒桃区(100%的数据分布在 $1.40 \sim 11.40 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)。(2)中数值分布类型。如华北平原桃区(91%的数据分布在 $1.40 \sim 16.40 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间,其中47%在 $6.40 \sim 16.40 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)。(3)高数值分布类型。如云贵高原桃区(89%的数据分布在 $1.40 \sim 21.40 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间,其中50%在 $6.40 \sim$

$21.40 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、华南亚热带桃区(100%的数据分布在 $6.40 \sim 21.40 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)。

从图7可知,6个生态种群品种,其蔗糖分布特征可分为3类。(1)低数值分布类型。如西北高旱桃区(86%的数据分布在 $39.11 \sim 99.11 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间,其中67%在 $39.11 \sim 79.11 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)。(2)中数值分布类型。如华北平原桃区(97%的数据分布在 $39.11 \sim 139.11 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间,其中73%在 $59.11 \sim 119.11 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、长江流域桃区(68%的数据分布在 $59.11 \sim 119.11 \text{ mg/g} \cdot \text{FW}$ 之间)、东北高寒桃区(71%的数据分布在 $59.11 \sim$

119.11mg/g · FW 之间)。(3)高数值分布类型。如云贵高原桃区(61%的数据分布在 79.11 ~

139.11mg/g · FW 之间)、华南亚热带桃区(80%的数据分布在 99.11 ~ 159.11mg/g · FW 之间)。

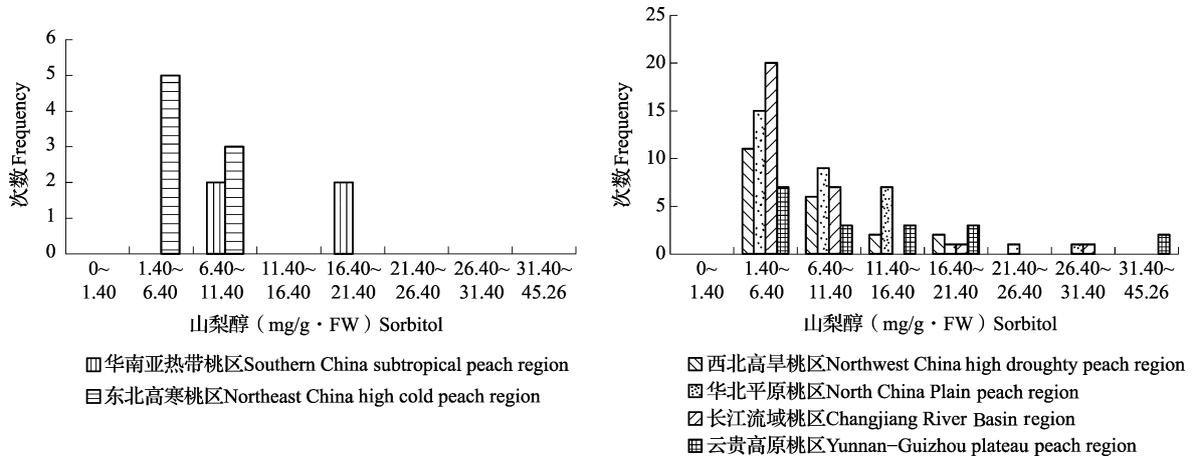


图 6 山梨醇分布特征

Fig. 6 Distribution of sorbitol

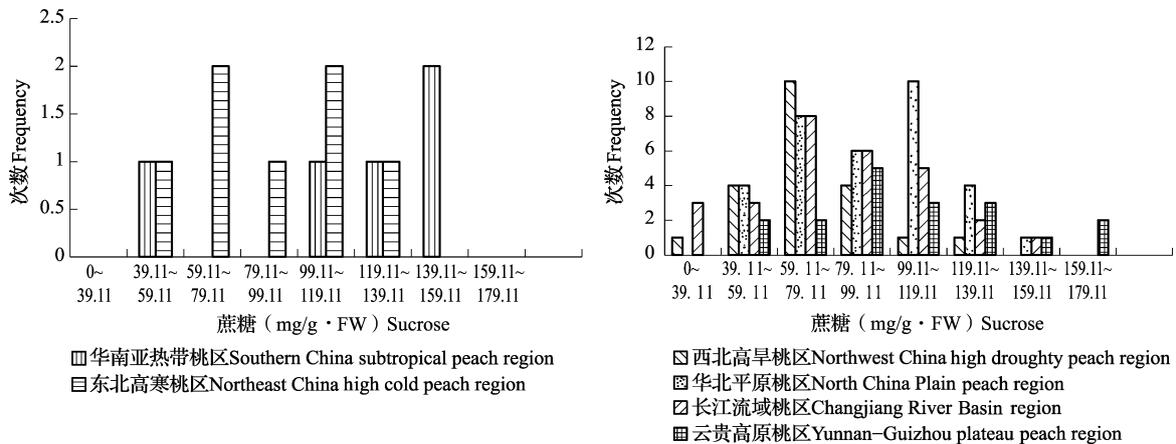


图 7 蔗糖分布特征

Fig. 7 Distribution of sucrose

从图 8 可知,6 个生态种群品种,其总糖分布特征可分为 3 类。(1)低数值分布类型。如西北高旱桃区(其 76%的数据分布在 51.63 ~ 113.14mg/g · FW 之间)。(2)中数值分布类型。如华北平原桃区(91%的数据分布在 59.50 ~ 166.78mg/g · FW 之间,其中 70%在 86.32 ~ 139.96mg/g · FW 之间)、长江流域桃区(89%的数据分布在 59.50 ~ 166.78mg/g · FW 之间,其中 75%在 59.50 ~ 139.96mg/g · FW 之间)、东北高寒桃区(71%的数据分布在 86.32 ~ 139.96mg/g · FW 之间)。(3)高数值分布类型。如云贵高原桃区(89%的数据分布在 59.50 ~ 193.60mg/g · FW 之间,其中 50%在 113.14 ~ 193.60mg/g · FW 之间)、华南亚热带桃区(75%的数据分布在 139.96 ~ 193.60mg/g · FW 之间)。

2. 2. 2 差异性分析 从表 4 可知,6 个生态种群

的品种,其果糖平均值可分为 3 类:(1)低数值类型,如西北高旱桃区;(2)中数值类型,如华北平原桃区、云贵高原桃区、华南亚热带桃区;(3)高数值类型,如长江流域桃区、东北高寒桃区;3 种类型之间均存在较大差异,其中中、低数值类型之间差异性显著。葡萄糖平均值在 6 个桃区差异性不显著。山梨醇平均值也可分为 3 类:(1)低数值类型,如长江流域桃区、东北高寒桃区;(2)中数值类型,如西北高旱桃区、华北平原桃区;(3)高数值类型,如云贵高原桃区、华南亚热带桃区;3 种类型之间存在显著性差异。蔗糖与总糖平均值同样分为 3 类:(1)低数值类型,如西北高旱桃区;(2)中数值类型,如华北平原桃区、长江流域桃区、东北高寒桃区;(3)高数值类型,如云贵高原桃区、华南亚热带桃区;3 种类型之间存在较大差异,其中高、低类型之间差异性显著。

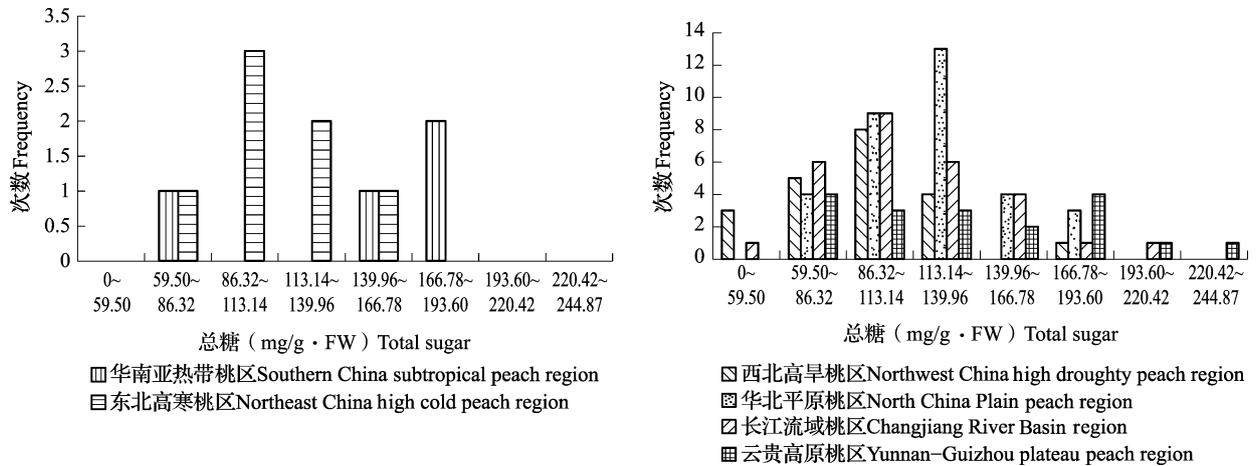


图8 总糖分布特征

Fig. 8 Distribution of total sugar

表4 不同生态品种群糖组含量

Table 4 Compositions of soluble sugar in different ecological cultivar groups

(mg/g · FW)

生态品种群 Ecological cultivar groups	果糖 Fructose	葡萄糖 Glucose	山梨醇 Sorbitol	蔗糖 Sucrose	总糖 Total Sugar
西北高旱桃区 Northwest China high droughty peach region	4.44 ± 3.76c	10.42 ± 3.05a	7.09 ± 4.88b	72.99 ± 23.50b	96.14 ± 32.34b
华北平原桃区 North China plain peach region	7.63 ± 4.67b	11.56 ± 3.86a	8.84 ± 6.25b	92.22 ± 26.24ab	120.96 ± 27.71ab
长江流域桃区 Changjiang River Basin region	12.27 ± 5.63a	10.48 ± 3.45a	5.06 ± 4.01c	81.73 ± 28.84b	110.64 ± 35.90b
云贵高原桃区 Yunnan-Guizhou plateau peach region	7.94 ± 4.98b	12.35 ± 6.02a	12.86 ± 12.02a	103.20 ± 34.32a	136.77 ± 50.37a
华南亚热带桃区 Southern China subtropical peach region	6.78 ± 4.25b	12.28 ± 2.41a	13.99 ± 6.18a	114.06 ± 42.81a	147.32 ± 51.52a
东北高寒桃区 Northeast China high cold peach region	9.24 ± 4.05ab	11.72 ± 3.63a	4.84 ± 4.15c	88.58 ± 22.42ab	113.47 ± 25.32b

2.2.3 不同糖组分所占比例分析 从表5可知,6个生态品种群的品种,果糖所占比例以长江流域桃区最高,其他桃区均相差不大;葡萄糖所占比例以西北高旱桃区最高;山梨醇所占比例以华南亚热带桃区最高,以东北高寒桃区最低;蔗糖所占比例在不同桃区相差不大,均在75%左右。

2.3 不同生态品种群桃果实酸组分分析

2.3.1 分布特征分析 从图9可知,6个生态品种群的品种,其柠檬酸分布特征可分为2类。(1)低数值分布类型。如华北平原桃区(74%的数据分布在0.11~1.50mg/g · FW之间)、长江流域桃区(83%的数据分布在0.11~1.50mg/g · FW之间)。(2)高数值分布类型。如东北高寒桃区(75%的数据分布在0.50~2.50mg/g · FW之间)、华南亚热带桃区(100%的数据分布在0.50~2.50mg/g · FW之间)、云贵高原桃区(65%的数据分布在0.50~

表5 不同糖组分所占比例

Table 5 Ratio of one sugar composition to total sugar(%)

生态品种群 Ecological cultivar groups	果糖 Fructose	葡萄糖 Glucose	山梨醇 Sorbitol	蔗糖 Sucrose
西北高旱桃区 Northwest China high droughty peach region	5	12	7	76
华北平原桃区 North China plain peach region	6	10	7	76
长江流域桃区 Changjiang River Basin region	11	9	5	74
云贵高原桃区 Yunnan-Guizhou plateau peach region	6	9	9	75
华南亚热带桃区 Southern China subtropical peach region	5	8	10	77
东北高寒桃区 Northeast China high cold peach region	8	10	4	78

2.50 mg/g · FW 之间)、西北高旱桃区(71% 的数据分布在 0.50 ~ 2.50mg/g · FW 之间)。

从图 10 可知,6 个生态品种群的品种,其奎宁酸分布特征可分为 2 类。(1)低数值分布类型。如长江流域桃区(86% 的数据分布在 0.07 ~ 0.99 mg/g · FW 之间)。(2)高数值分布类型。如东北高寒桃区(75% 的数据分布在 0.53 ~ 1.45mg/g ·

FW 之间)、华南亚热带桃区(83% 的数据分布在 0.53 ~ 1.45mg/g · FW 之间)、西北高旱桃区(67% 的数据分布在 0.53 ~ 1.45mg/g · FW 之间)、华北平原桃区(85% 的数据分布在 0.53 ~ 1.45mg/g · FW 之间)、云贵高原桃区(67% 的数据分布在 0.53 ~ 1.45mg/g · FW 之间)。

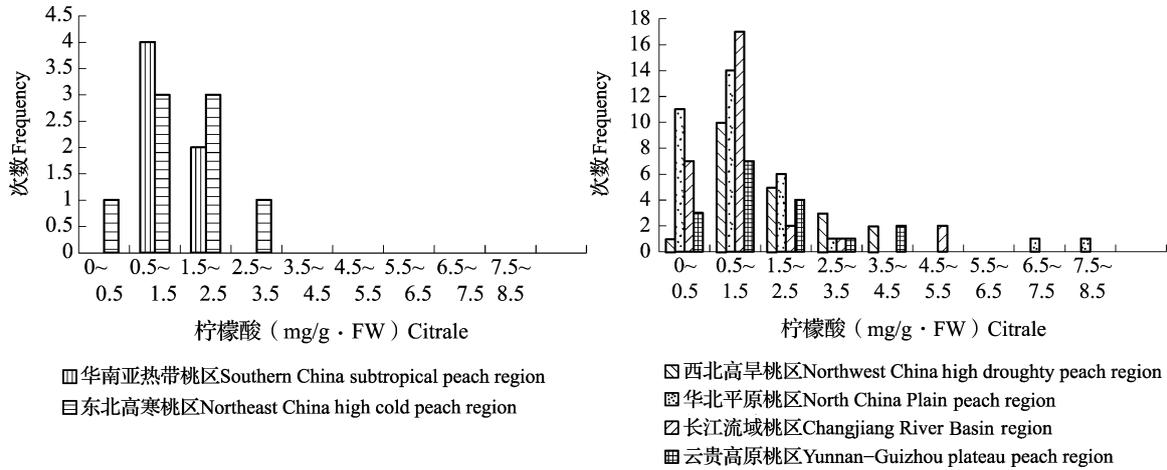


图 9 柠檬酸分布特征

Fig. 9 Distribution of citrale

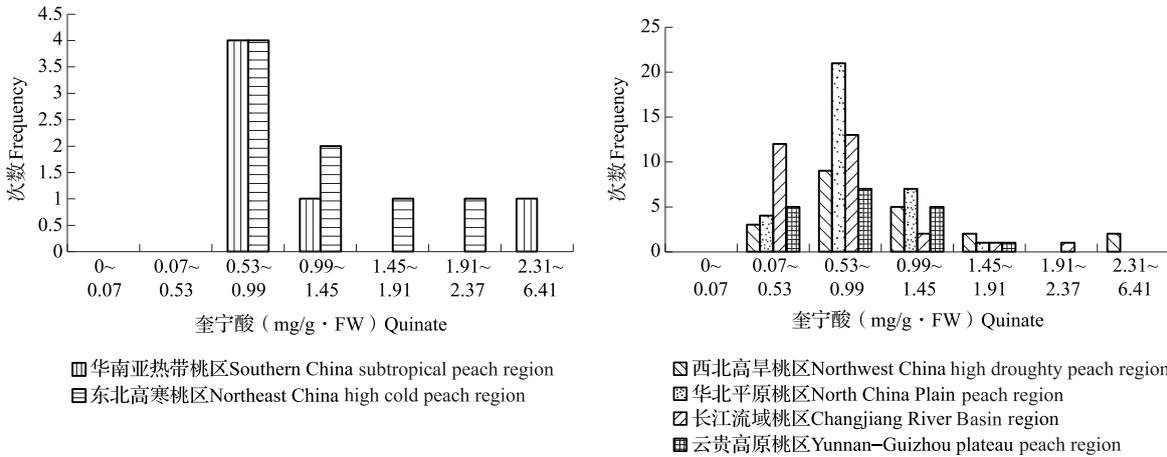


图 10 奎宁酸分布特征

Fig. 10 Distribution of quinate

从图 11 可知,6 个生态品种群的品种,其琥珀酸分布特征基本相似,如西北高旱桃区(91% 的数据分布在 0.02 ~ 0.17mg/g · FW 之间)、华北平原桃区(90% 的数据分布在 0.02 ~ 0.17mg/g · FW 之间)、长江流域桃区(83% 的数据分布在 0.02 ~ 0.17 mg/g · FW 之间)、云贵高原桃区(94% 的数据分布在 0.02 ~ 0.17mg/g · FW 之间)、华南亚热带桃区(83% 的数据分布在 0.02 ~ 0.17mg/g · FW 之间)、东北高寒桃区(75% 的数据分布在 0.02 ~ 0.17mg/g · FW 之间)。

从图 12 可知,6 个生态品种群的品种,其苹果酸分布特征可分为 3 类。(1)低数值分布类型。如华北平原桃区(85% 的数据分布在 0.20 ~ 4.20 mg/g · FW 之间)、长江流域桃区(79% 的数据分布在 0.20 ~ 4.20mg/g · FW 之间)、华南亚热带桃区(67% 的数据分布在 0.20 ~ 4.20mg/g · FW 之间)。(2)中数值分布类型。如云贵高原桃区(100% 的数据分布在 0.20 ~ 8.20mg/g · FW 之间,其中 76% 在 2.20 ~ 8.20mg/g · FW 之间)、东北高寒桃区(75%

的数据分布在 2.20 ~ 6.20mg/g · FW 之间)。(3) 高数值分布类型。如西北高旱桃区(95%的数据分

布在 2.20 ~ 8.20mg/g · FW, 其中 57% 在 4.20 ~ 8.20mg/g · FW 之间)。

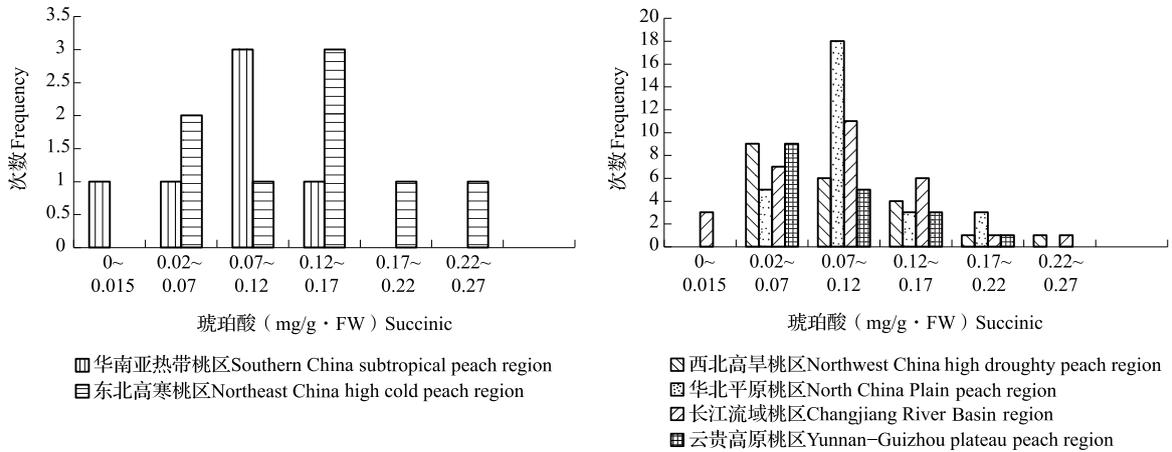


图 11 琥珀酸分布特征

Fig. 11 Distribution of succinic

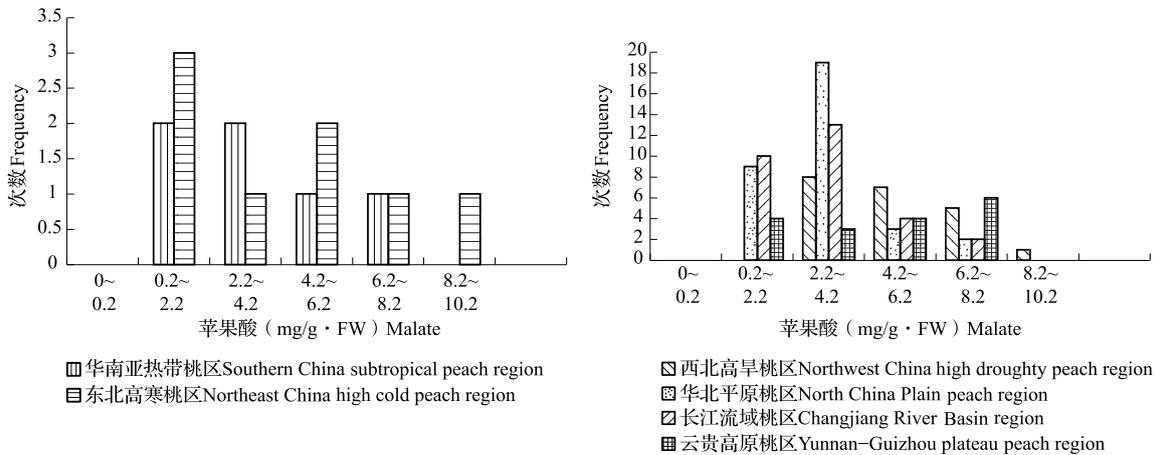


图 12 苹果酸分布特征

Fig. 12 Distribution of malate

从图 13 可知,6 个生态品种群的品种,其总酸分布特征可分为 3 类。(1)低数值分布类型。如华北平原桃区(75%的数据分布在 1.23 ~ 6.03 mg/g · FW 之间)、长江流域桃区(76%的数据分布在 1.23 ~ 6.03mg/g · FW 之间)。(2)中数值分布类型。如云贵高原桃区(41%的数据分布在 1.23 ~ 6.03mg/g · FW 之间,47%分布在 8.43 ~ 10.83 mg/g · FW 之间)、东北高寒桃区(38%的数据分布在 1.23 ~ 3.63mg/g · FW 之间,50%在 6.03 ~ 10.83mg/g · FW 之间)、华南亚热带桃区(80%的数据在 3.63 ~ 10.83mg/g · FW 之间)。(3)高数值分布类型。如西北高旱桃区(100%的数据分布在 3.63 ~ 13.23mg/g · FW 之间,其中 81%在 6.03 ~ 13.23mg/g · FW 之间)。

2.3.2 差异性分析 从表 6 可知,6 个生态品种群

的品种,其柠檬酸平均值可分为 3 类:(1)低数值类型,如华北平原桃区、长江流域桃区、华南亚热带桃区;(2)中数值类型,如东北高寒桃区;(3)高数值类型,如西北高旱桃区;云贵高原桃区;3 种类型之间不存在显著性差异。奎宁酸平均值同样可分为 3 类:(1)低数值类型,如华北平原桃区、长江流域桃区、云贵高原桃区;(2)中数值类型,如东北高寒桃区;(3)高数值类型,如华南亚热带桃区、西北高旱桃区;3 种类型之间存在较大差异,其中高、低类型之间差异性显著。琥珀酸在 6 个桃区差异性不显著。苹果酸和总酸平均值同样分为 3 类:(1)低数值类型,如华北平原桃区、长江流域桃区、华南亚热带桃区;(2)中数值类型,如云贵高原桃区、东北高寒桃区;(3)高数值类型,如西北高旱桃区;3 种类型之间存在较大差异,其中高、低类型之间差异性显著。

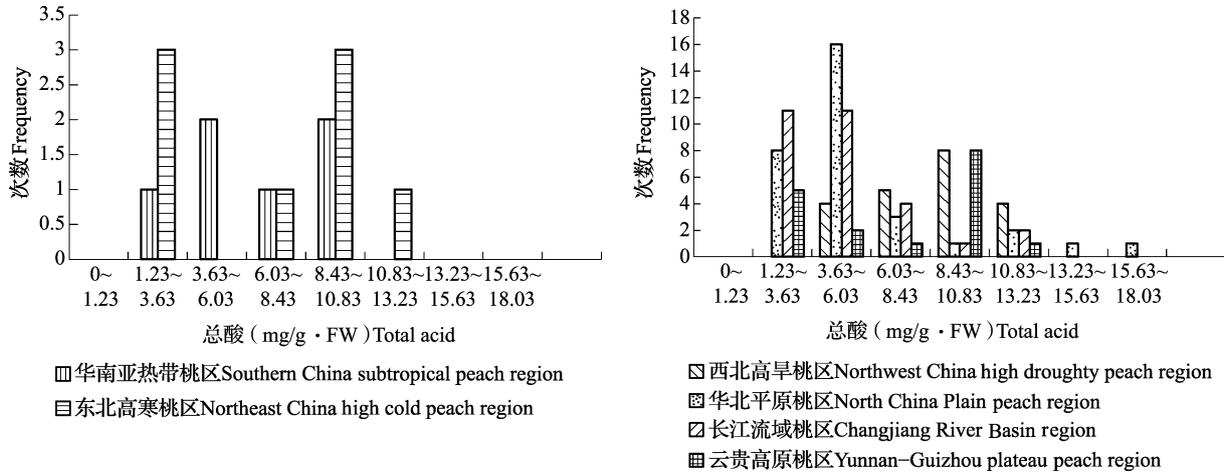


图 13 总酸分布特征

Fig. 13 Distribution of total acid

表 6 不同生态品种群酸组分含量

Table 6 Compositions of organic acid in different ecological cultivar groups

(mg/g · FW)

生态品种群 Ecological cultivar groups	柠檬酸 Citrate	奎宁酸 Quinate	琥珀酸 Succinic	苹果酸 Malate	总酸 Total Acid
西北高旱桃区 Northwest China high droughty peach region	1.77 ± 0.99a	1.37 ± 1.42a	0.098 ± 0.058a	5.13 ± 1.80a	8.40 ± 2.42a
华北平原桃区 North China plain peach region	1.31 ± 1.70a	0.84 ± 0.39b	0.089 ± 0.046a	3.28 ± 2.29b	5.74 ± 3.38b
长江流域桃区 Changjiang River Basin region	1.23 ± 1.23a	0.75 ± 0.38b	0.089 ± 0.053a	2.95 ± 1.52b	5.07 ± 2.57b
云贵高原桃区 Yunnan-Guizhou plateau peach region	1.61 ± 1.28a	0.84 ± 0.39b	0.081 ± 0.038a	4.49 ± 2.14a	7.09 ± 3.39a
华南亚热带桃区 Southern China subtropical peach region	1.23 ± 0.60a	1.35 ± 1.42a	0.082 ± 0.041a	3.80 ± 2.52ab	6.45 ± 3.06ab
东北高寒桃区 Northeast China high cold peach region	1.42 ± 0.92a	1.12 ± 0.53ab	0.108 ± 0.044a	4.37 ± 2.65a	7.15 ± 3.66a

2.3.3 不同酸组分所占比例分析 从表 7 可知,6 个生态品种群的品种,柠檬酸所占比例以长江流域桃区最高,华南亚热带桃区最低;奎宁酸所占比例以华南亚热带桃区最高,其他桃区均相差不大;琥珀酸、苹果酸所占比例在不同生态品种群间均相差不大。

2.4 不同生态品种群桃果实糖酸比、固酸比、总糖/总酸分析

2.4.1 分布特征分析 从图 14 可知,6 个生态品种群的品种,其糖酸比分布特征可分为 2 类。(1)低数值分布类型。如西北高旱桃区(96%的数据分布在 4.67 ~ 25.61 之间,其中 72%在 4.67 ~ 18.63 之间)、云贵高原桃区(64%的数据分布在 4.67 ~ 18.63 之间)、东北高寒桃区(63%的数据分布在 4.67 ~ 18.63 之间)。(2)高数值分布类型。如华北平原桃

区(64%的数据分布在 18.63 ~ 46.55 之间)、长江流域桃区(77%的数据分布在 25.61 ~ 53.53 之间)、华南亚热带桃区(60%的数据分布在 25.61 ~ 60.51 之间)。

从图 15 可知,6 个生态品种群的品种,其固酸比分布特征可分为 2 类。(1)低数值分布类型,如西北高旱桃区(82%的数据分布在 7.55 ~ 25.55 之间)、云贵高原桃区(89%的数据分布在 7.55 ~ 25.55 之间)、东北高寒桃区(71%的数据分布在 7.55 ~ 25.55 之间)。(2)高数值分布类型,如华北平原桃区(100%的数据分布在 16.55 ~ 61.55 之间,其中 63%在 34.55 ~ 61.55 之间)、长江流域桃区(100%的数据分布在 7.55 ~ 61.55 之间,其中 64%在 34.55 ~ 61.55 之间)、华南亚热带桃区(60%的数据分布在 25.55 ~ 61.55 之间)。

表 7 不同酸组分所占比例

Table 7 Ratio of one acid composition to total acid

(%)

生态品种群 Ecological cultivar groups	柠檬酸 Citrate	奎宁酸 Quinate	琥珀酸 Succinic	苹果酸 Malate
西北高旱桃区 Northwest China high droughty peach region	21	16	1	61
华北平原桃区 North China plain peach region	23	15	2	57
长江流域桃区 Changjiang River Basin region	24	15	2	58
云贵高原桃区 Yunnan-Guizhou plateau peach region	20	12	1	57
华南亚热带桃区 Southern China subtropical peach region	19	21	1	59
东北高寒桃区 Northeast China high cold peach region	20	16	2	61

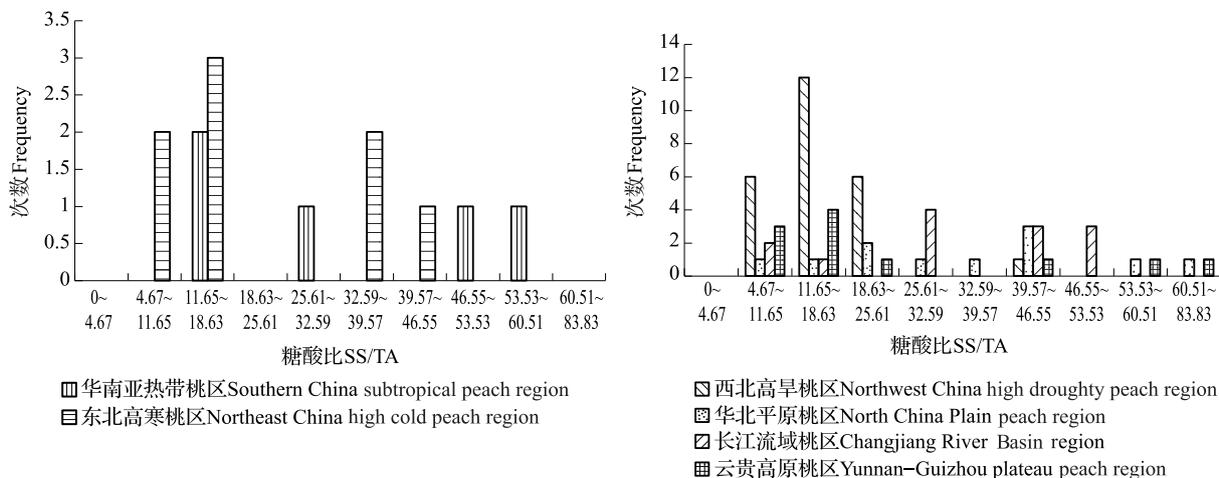


图 14 糖酸比分布特征

Fig. 14 Distribution of SS/TA

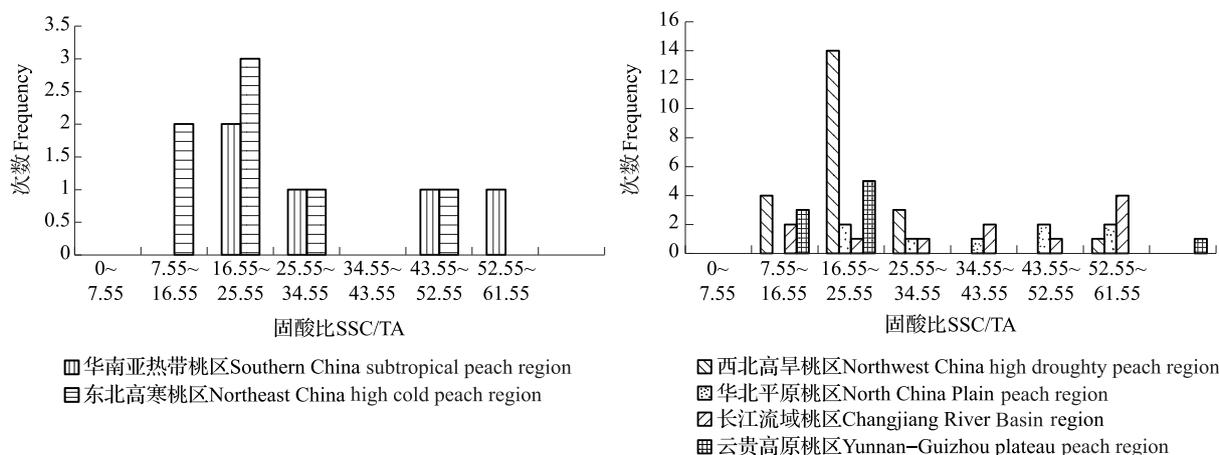


图 15 固酸比分布特征

Fig. 15 Distribution of SSC/TA

从图 16 可知,6 个生态品种群的品种,其总糖/总酸分布特征可分为 2 类。(1)低数值分布类型。如西北高旱桃区(90% 的数据分布在 2.19 ~ 18.99 之间)。(2)高数值分布类型。如华北平原桃区(81% 的数据分布在 2.19 ~ 35.79 之间,其中 55% 在 18.99 ~ 35.79 之间)、长江流域桃区(86% 数据分布在 2.19 ~ 35.79 之间,其中 61% 在 18.99 ~ 35.79 之间)、云贵高原桃区(75% 的数据分布在 10.59 ~ 35.79 之间,其中 56% 在 10.59 ~ 27.39 之间)、华南亚热带桃区(75% 数据分布在 10.59 ~ 44.19 之间)、东北高寒桃区(86% 数据分布在 10.59 ~ 35.79 之间,其中 57% 在

10.59 ~ 27.39 之间)

2.4.2 差异性分析 从表 8 可知,6 个生态品种群的品种,其糖酸比平均值可分为 2 类:(1)低数值类型,如西北高旱桃区、云贵高原桃区、东北高寒桃区;(2)高数值类型,如华北平原桃区、长江流域桃区、华南亚热带桃区;两种类型之间存在显著性差异。固酸比也可分为 2 类:(1)低数值类型,如西北高旱桃区、云贵高原桃区、东北高寒桃区;(2)高数值类型,如华北平原桃区、长江流域桃区、华南亚热带桃区;两种类型之间存在显著性差异。总糖/总酸以西北高旱桃区显著小于其他 5 个桃区。

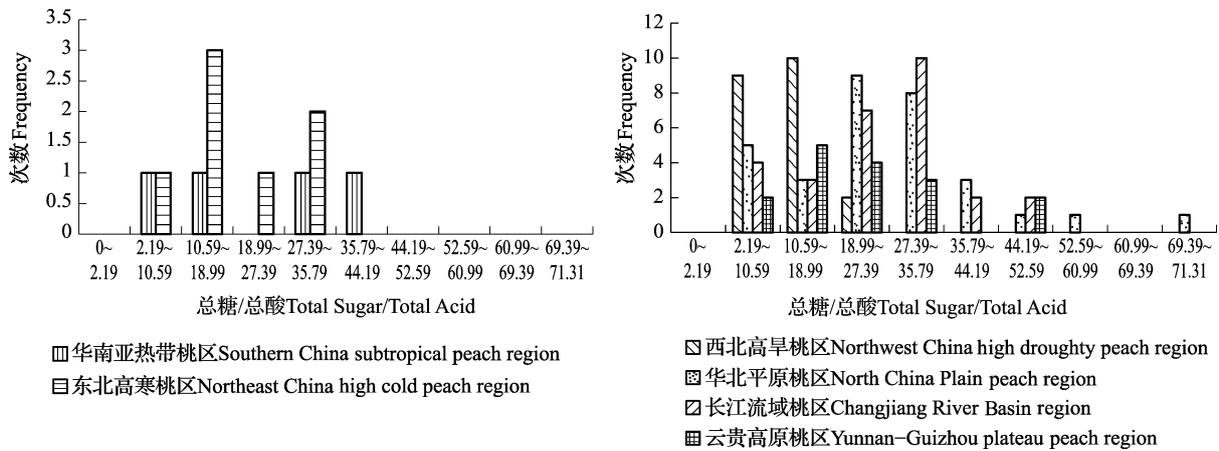


图 16 总糖/总酸分布特征

Fig. 16 Distribution of Total Sugar/Total Acid

表 8 不同生态品种群糖酸比、固酸比及总糖/总酸

Table 8 SS/TA, SSC/TA, Total Sugar/Total Acid in different ecological cultivar groups

生态品种群 Ecological cultivar groups	糖酸比 SS/TA	固酸比 SSC/TA	总糖/总酸 Total sugar/Total acid
西北高旱桃区 Northwest China high droughty peach region	15.75 ± 7.16b	21.65 ± 9.52b	12.19 ± 4.59b
华北平原桃区 North China plain peach region	36.81 ± 21.68a	41.27 ± 15.47a	26.66 ± 14.43a
长江流域桃区 Changjiang River Basin region	33.60 ± 15.15a	40.68 ± 18.71a	25.97 ± 11.26a
云贵高原桃区 Yunnan-Guizhou plateau peach region	23.54 ± 20.24b	23.59 ± 18.38b	24.52 ± 11.36a
华南亚热带桃区 Southern China subtropical peach region	33.79 ± 17.97a	33.79 ± 17.97ab	24.37 ± 14.08a
东北高寒桃区 Northeast China high cold peach region	22.14 ± 15.40b	21.49 ± 11.74b	20.75 ± 9.83a

3 讨论

桃糖酸组分在积累、转化过程中同时受到遗传、环境因素及人工选择的影响^[12-16]。能够无性繁殖的果树,在引种过程中,其遗传物质能够保持相对稳定;环境因素通常和纬度大小、海拔高低及地形特征等有关,对糖酸含量具有较大影响;人工选择主要是与消费习惯有关。本试验所采用的分布于6个桃区的地方品种,均定植在郑州地区,所受环境条件一致,糖酸组分之所以表现出明显差异,应源自于其遗传物质的差异。在本试验中,西北高旱桃区的品种,其糖含量普遍低,酸含量普遍高,风味以酸甜、酸为主,可能和以下3个原因有关。(1)选择空间小。桃地方品种是从庞大的自然实生群体中选择的优良品种,西北高旱桃区的桃品种既然表现出低糖、高酸特性,极有可能和被选择的群体多为低糖、高酸特性有关。(2)环境因素影响。该桃区具有糖组分积累的有利因素,如充足的光照时间、适宜的白昼气温、较大的昼夜温差,虽然同样具有果实低酸、高糖的遗传特性,但这诸多有利的环境因素能够提高糖酸含量,使果实风味浓郁^[13-14,17-19],可食性增加,从而增加了酸、酸甜品种被种植的可能性。(3)人工选择,西北的少数民族更趋向于高糖、高酸的品种。

华北平原及长江流域桃区的品种,其糖组分大都居中,酸组分普遍低,风味以甜为主,应主要受制于人为选择的影响。这两个桃区地处中原及江浙一带,自古以来经济繁荣,分布于此地的桃地方品种,极有可能被用作商品买卖,人工驯化的程度更好,所以甜风味的品种被种植,也是情理之中的选择。

云贵高原桃区的品种,其糖组分普遍较高,酸组分大都居中,风味以甜、酸甜为主,应主要受制于气候因素。该桃区地处云贵高原,光照充足、白天温度适中,昼夜温差大,极有利于果实糖分积累、风味提升^[13-14,17-19],从而增加了甜、酸甜品种在该地种植的可能性。

华南亚热带桃区的品种,其糖组分普遍高,酸组分大都居于中低之间,风味以甜、酸甜为主。该桃区具有糖分积累的诸多不利因素,如白昼温度高、昼夜温差小,光照时间较少,因此选择压很大,但受人工选择影响可能较小,故酸甜风味的品种也被种植。

东北高寒桃区的品种,其糖酸组分大都居中,风味以酸为主。同华南亚热带桃区一样,该桃区选择压大,同时受人工选择影响可能较小,风味偏酸的品

种也被种植。

综合上述,我们认为地方品种从南到北,从低海拔到高海拔,在当地的选育压是依次降低的,因此在以选择高糖为目标的育种时,选择更靠南、海拔较低的种质,获得高糖遗传的概率更大。桃品种上海水蜜奠定了世界桃育种的基础,就是一个典型的例子。上海地处长江下游平原沿海地域,白昼气温高、昼夜温差小,日照时间少,不利于糖组分积累,所受选择压力大,但以该品种为亲本,却衍生出了上千个欧美品种、日本品种群及含糖量高的中国育成品种群^[7]。

参考文献

- [1] 牛景,赵剑波,吴本宏,等.不同来源桃种果实糖酸组分含量特点的研究[J].园艺学报,2006,33(1):6-11
- [2] 赵剑波,姜全,郭继英,等.桃不同种质资源成熟果实葡萄糖、果糖含量比例研究[J].中国农业大学学报,2008,13(2):30-34
- [3] 王力荣.桃果实无毛和扁平基因的遗传多效性研究[D].泰安:山东农业大学,2007:33-36
- [4] 沈志军,马瑞娟,俞明亮,等.红肉桃与其他肉色类型桃碳组分比较[J].江苏农业科学,2012,28(5):1119-1124
- [5] 钱巍,严娟,马瑞娟,等.不同成熟期黄肉桃糖酸组分的测定[J].江苏农业科学,2015,43(2):287-290
- [6] 靳志飞,杨家全,陈红,等.八个贵州地方桃品种果实酸甜风味品质分析[J].中国科学学报,2015,33(1):90-97
- [7] 王力荣,朱更瑞,方伟超.中国桃遗传资源[M].北京:中国农业出版社,2012:148-149
- [8] 王轩.不同产地红富士苹果品质评价及加工适宜性研究[D].北京:中国农业科学院,2012:13-14
- [9] 朱敏,高爱平,邓穗生,等.杜果种质资源果实主要数量性状评价指标探讨[J].植物遗传资源学报,2010,11(4):418-423
- [10] 李瑞芳,何娟娟,尹广鹏,等.玉米种子中4种可溶性糖含量UPLC-ELSD测定方法的优化及其利用[J].植物遗传资源学报,2016,17(1):63-69
- [11] 庞荣丽,方金豹,郭琳琳,等.水果果实中主要有机酸提取条件的优化[J].中国农业科学,2014,47(13):2625-2633
- [12] Wu B H, Genard M, Lescourret F, et al. Influence of assimilate and water supply on seasonal variation of acids in peach (cv. Suncrest) [J]. J Sci Food Agric, 2002, 82: 1829-1836
- [13] 徐德源,李星华,王素娟,等.新疆葡萄糖酸含量与气象条件关系的研究[J].干旱区资源与环境,2003,17(6):138-143
- [14] 杨振伟.气象因子与国光苹果品质关系的研究[J].华北农学报,2000,15(S):148-152
- [15] 张晓煜,刘玉兰,张磊,等.气象条件对酿酒葡萄若干品质因子的影响[J].中国农业气象,2007,28(3):326-330
- [16] Cantin C M, Gogorcena Y, Moreno M A. Analysis of phenotypic variation of sugar profile in different peach and nectarine [*Prunus persica* (L.) Batsch] breeding progenies [J]. J Sci Food Agric, 2009, 89: 1909-1917
- [17] 余伏森,蒲永义.苹果品质与气象条件关系的研究[J].气象,1991,17(3):22-26
- [18] 陈代,李德美,战吉成,等.温度和日照时间对河北怀来霞多丽葡萄成熟度指标的影响[J].中国农业科学,2011,44(3):545-551
- [19] 李艳萍,牛建新,陈清.桃果实中糖酸物质代谢的影响因素研究进展[J].中国农学通报,2007,23(8):212-216