果 树 学 报 2025,42(12):2865-2873
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20250186

甜樱桃早、中熟品种生物学特性及果实性状综合评价

程 亮[1],黄泰山[2],赵雅琦[2],张文远[2],邓建军[2*]

([1]天水市果树研究所,甘肃天水 741000;[2]蔬菜生物育种全国重点实验室·中国农业科学院蔬菜花卉研究所,北京 100081)

摘 要:【目的】明确天水地区引种的甜樱桃品种生长特性与品质特点,筛选适宜当地栽培的优良品种。**【方法】**本研究通过调查黑珍珠、秦林、鲁玉、斯帕克里、瑞德、布鲁克斯、乌梅极早、彩玉和含香9个甜樱桃品种的物候期、树体及叶片形态特征,分析其果实形态及生理品质,并结合主要经济性状分析进行综合评价。**【结果】**甜樱桃不同品种形态特征、生物学特性、外观品质、功能营养成分含量、果形指数和单果质量均存在差异。秦林、斯帕克里、瑞德、布鲁克斯和含香的平均单果质量在10.21~11.63 g,瑞德、含香和秦林的总糖含量最高,乌梅极早和含香的酚类物质和维生素C含量最高。**【结论】**秦林、斯帕克里、瑞德、布鲁克斯和含香的果实个大、色美、酸甜可口、可食率高、果实营养品质良好,具有潜在的经济价值,适宜天水地区种植。

关键词:甜樱桃;引种表现;品质特性;果实营养;天水地区

中图分类号:S662.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-9980(2025)12-2865-09

Comprehensive evaluation of biological characteristics and fruit traits in early and mid-ripening sweet cherry varieties

CHENG Liang[1], HUANG Taishan[2], ZHAO Yaqi[2], ZHANG Wenyuan[2], DENG Jianjun[2*]

([1]Tianshui Institute of Pomology, Tianshui 741000, Gansu, China; [2]State Key Laboratory of Vegetable Biobreeding/Institute of Vegetable and Flower/Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract:【Objective**】** Sweet cherry (*Prunus avium* L.) is a popular fruit tree known for its unique flavor and rich nutrition. However, with the development of logistics cold chain transportation and the rise of e-commerce, the sales of sweet cherries have expanded to all parts of the country. The existing main varieties can no longer meet the needs of the national market development. The market demand is shifting towards bright fruit color, high hardness, excellent flavor, high quality, and storage and transportation resistance. Tianshui area has unique natural environmental conditions suitable for planting sweet cherry. In this study, the growth characteristics and quality features of different cultivars planted in this area were investigated in order to screen the excellent sweet cherry cultivars suitable for local planting. **【**Methods**】** Under the same planting management mode, the phenology of 8-year-old and early- or mid-season sweet cherry trees of Heizhenzhu, Chelan, Luyu, Sparkle, Glenred, Brooks, Скороспелка, Caiyu and Hanxiang growin Tianshui area were investigated. Periods of budding, the beginning of flowering, full bloom, the end of flowering, fruit ripening and defoliation were recorded according to the Specification and Data Standards for Cherry Germplasm Resources Description. Leaf morphological characteristics including color, shape, tip, base, edge, hairiness on lower side, and gland shape, color, number and size were also observed. Fruit flesh firmness was measured using a fruit hardness tester (probe diameter: 6.0 mm), while peel firmness was determined using a texture analyzer at three points on each fruit surface. A colorimeter was used to measure the *L**, *a**, and *b** values at three locations on each

收稿日期:2025-04-07 **接受日期:**2025-05-21

基金项目:甘肃省现代农业科技支撑体系区域创新中心重点科技项目(2022GAAS03);甘肃省技术创新引导计划项目(23CXNE0021);天水市科技支撑计划项目(TS-STK-2024A-241)

作者简介:程亮,男,副研究员,研究方向为果树栽培与种质资源利用。E-mail:276339627@qq.com

***通信作者** Author for correspondence. E-mail:dengjianjun@caas.cn

fruit surface. A handheld refractometer was employed to determine the soluble solids content. The titratable acid content was measured following the method in GB/T 12456—2008. The membrane leakage or relative electrical conductivity, total sugar, total phenol, and vitamin C contents of each sweet cherry cultivar were also determined.【Results】Morphological characteristics, biological features, appearance quality, functional nutrient content, fruit shape index and single fruit quality varied among cultivars. The tree types of the test cultivars were all common, and the tree bodies of Chelan, Luyu, Glenred and Скороспелка were open, and Heizhenzhu and Brooks were semi-open, while Sparkle, Caiyu and Hanxiang were upright. Sparkle, Brooks, and Caiyu had relatively stronger growth potential; Chelan and Скороспелка had relatively weaker growth potential. The skin color of the branches of Brooks was light brown, and that of the rest was brown. The leaf color of most sweet cherry cultivars was rich green, and the color and shape of the leaf glands was red and reniform, respectively. However, Caiyu had green leaf glands and Hanxiang had circular leaf glands. The fruit shape of Sparkle, Glenred and Brooks was reniform, while that of the rest cultivars was heart-shaped. Brooks and Hanxiang had the highest single-fruit weight; Glenred had the heaviest pit weight and lowest flesh recovery, while Chelan had the lightest pit weight and highest flesh recovery. The sweet cherries were all brightly colored. The peel color of Heizhenzhu and Glenred was purple red; that of Chelan and Hanxiang black purple; Luyu and Caiyu had a yellow background with a reddish hue; and the others were red. In contrast to the red flesh of most cultivars, Caiyu had a milky white flesh color. All the cultivars were sour-sweet and tasty and rich in nutrients. Glenred and Hanxiang had the highest titratable acid and total sugar and relatively high soluble solids; Скороспелка and Hanxiang had the highest phenolic and vitamin C contents; Brooklyn had the lowest vitamin C content; and Скороспелка had very low total sugar and soluble solids.【Conclusion】There are differences in tree and fruit morphological characteristics, leaf traits, appearance quality, functional nutrient content, fruit shape index, and single fruit quality among the 9 tested sweet cherry varieties. In the shallow mountains of Tianshui area about 1200 m above sea level, Chelan, Sparkle, Glenred, Brooks and Hanxiang with large fruit, beautiful color, delicious taste, high flesh recovery, and good nutritional quality, have a great potential economic value and are suitable for the development of planting. Among the yellow varieties, Luyu has a better overall performance and can be developed appropriately in areas with few yellow varieties in the market. Although Caiyu is more distinctive, with its yellow skin and milky white flesh, its overall performance is average in Tianshui area. Like Heizhenzhu and Скороспелка, it is not recommended for large scale planting.

Key words: Sweet cherry; Introduction performance; Quality characteristics; Fruit nutrition; Tianshui area

甜樱桃（*Prunus avium* L.），又名大樱桃，属蔷薇科（Rosaceae）李亚科（Prunoideae）樱桃亚属樱属（*Cerasus* Mill.）落叶乔木果树，原产于亚洲西部和欧洲东南部[1-3]。甜樱桃早在4000~5000 a（年）前就开始被栽培驯化，其果实素有“宝石水果”之称，因其丰富的营养价值和良好的经济效益被美国农民称为‘黄金种植业’，具有广阔的发展前景[4-7]。甜樱桃喜温喜光，对种植地区的气候和环境条件要求很高。天水市位于甘肃省东南部，属于暖温带半湿润半干旱气候，横跨黄河和长江两大水系，境内土层深厚、光照充足、气候温润、昼夜温差大等自然条件匹配合理，是落叶果树的最适产区，同时也是西北地区为数不多的适宜发展甜樱桃产业的地区[8-9]。从20世纪80年代开始引进种植甜樱桃，截止到2020年，天水市大樱桃种植面积约4300 hm^2，结果面积60%以上，年产量2.11万t，年产值4亿元以上[10]。随着物流冷链运输的发展和电商行业的兴起，甜樱桃销售遍布全国各地。但现有主栽品种已满足不了全国市场发展的需求，市场需求向果实颜色艳丽、硬度高、风味优、品质高、耐贮运等方面转变[11]。因此开展甜樱桃

果实的表型性状分析及综合评价、推动甜樱桃种质保存创新利用和优异种质资源筛选具有重要的意义[12]。2015年，笔者引进了黑珍珠、秦林、鲁玉、斯帕克里、瑞德、布鲁克斯、乌梅极早、彩玉和含香9个甜樱桃品种在天水地区进行栽培试验，观察了其物候期、植物学特征、生物学特性及果实品质性状。

1　材料和方法

1.1　材料与试剂

试验材料于2015年3月20日定植于天水市果树研究所甜樱桃品种园，砧木为大青叶，试验地海拔为1 272.4 m，极端最低气温−15.2 ℃（2022年12月），极端最高气温36.5 ℃（2022年7月），年平均气温10.66 ℃，年降水量494.8~634.6 mm，土壤pH值为8.2~8.59，年日照时数范围在1651~1790 h。所调查甜樱桃品种植株树势、大小基本一致，土壤为壤砂土，有机质含量（w，后同）28.24 g·kg^{-1}（深度20~40 cm）。

浓硫酸、盐酸、磷酸、甲醇（均为分析纯），天津光复精细化工研究所；氢氧化钠、无水乙醇、维生素C、蒽酮、蔗糖（均为分析纯），广东光华科技股份有限公司；三氯化铁（分析纯），上海阿拉丁生化科技股份有限公司；4,7-二苯基-1,10-菲咯啉（4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline bathophenanthroline，BP）（分析纯），美国Sigma公司。

1.2　仪器与设备

350-8519型万分之一分析天平瑞士Precisa公司；EPS-3001便携式电子天平，长沙湘平科技发展有限公司；EZ-SZ500N型物性分析仪、UV-1240型紫外-可见分光光度计，日本岛津公司；FT-327型水果硬度计，意大利Turoni公司；CR-10型色差仪，日本Konica Minolta公司；WYT-4型手持折光计，上海精密仪器仪表有限公司；FE30型电导率仪，瑞士Mettler Toledo公司；H1850型高速离心机，湖南湘仪实验室仪器开发有限公司；UHH-S4型恒温水浴锅，北京科伟永兴仪器有限公司；DGG-9140A型电热恒温鼓风干燥箱，上海森信实验仪器有限公司；ISS110-230型真空浓缩仪，美国Thermo Fisher Scientific公司。

1.3　方法

1.3.1　*生物学特性调查*　2022—2024年，通过观察各品种甜樱桃萌芽、开花、成熟、落叶各个时期，并参照《樱桃种质资源描述规范和数据标准》[13]对花芽萌动期、始花期、盛花期、末花期、果实成熟期、落叶期、果实生育期进行调查与记录，表1中数据为3年平均值。

1.3.2　*树体及叶片形态特征*　每个甜樱桃品种选择树体大小一致、结果正常的5株进行调查，观察树体类型、树姿、生长势、1年生枝条皮色，用游标卡尺测量节间长度（极短：≤1.5 cm，短：＞1.5~3.0 cm，中：＞3.0~4.5 cm，长：＞4.5~6.0 cm，极长：＞6.0 cm）；叶片形态特征包括观察叶片春嫩叶色、叶色、叶形、叶尖形状、叶基形状、叶缘形状、叶背被毛、叶腺形状、叶腺颜色、叶腺数量、叶腺大小。

1.3.3　*果实形态及生理品质分析*　2024年6月，选取不同甜樱桃品种果实成熟期（全树50%果实成熟）鲜果果实30个，用游标卡尺测量果实纵径、横径、果柄；用电子秤（200 g/0.01 g）测定平均单果质量，沿果实缝合线切开，取出果核称量，并按式（1）计算可食率；使用水果硬度计（探头直径6.0 mm）测定果肉硬度，在每个果实表面选3个点测定；使用色差仪在每个果实表面选取3个部位测量色值L*、a*、b*；使用手持折光计测定可溶性固形物含量[14]；参照GB/T 12456—2008的方法[15]测定可滴定酸含量；参照曹建康等[16]方法测定相对电导率及总糖、总酚和维生素C含量。

$$可食率/\% = \frac{A_1}{A_2} \times 100 。 \quad (1)$$

式（1）中，A_1果肉质量；A_2果实单果质量。

1.4　数据分析

试验数据使用WPS Office、SPSS 25.0软件进行统计分析，果实形态及品质指标结果均采用单因素方差分析（one-way ANOVA）的最小显著差异（least-significant difference，LSD）进行差异显著性检验（P＜0.05）。

2　结果与分析

2.1　物候期

表1为物候期观测记录表，可以发现，所有供试甜樱桃品种在3月下旬萌动，4月初进入花期，整个花期在6~9 d之间并持续到4月中下旬。秦林果实在所有品种中成熟期最早，在6月1日成熟；黑珍珠成熟期最晚，在6月12日成熟。乌梅极早果实在所有品种中生育期最短，仅需44 d；而布鲁克斯果实生育期最长，长达56 d。所有供试甜樱桃品种的落叶期均在11月中旬。秦林果实的营养生长期在所有

表 1 物候期观测

Table 1 Observations of the phenological periods

品种 Cultivar	萌动期 Germination stage	始花期 Early flowering stage	盛花期 Blooming stage	末花期 Final flowering stage	花期 Florescence/d	果实成熟期 Fruit ripening period	果实生育期 Fruit growth period/d	落叶期 Deciduous period	营养生长期 Vegetative growth phase/d
黑珍珠 Heizhenzhu	3月25日 March 25th	4月13日 April 13th	4月17日 April 17th	4月22日 April 22nd	9	6月12日 June 12th	51	11月11日 November 11th	229
秦林 Chelan	3月23日 March 23rd	4月7日 April 7th	4月10日 April 10th	4月15日 April 15th	8	6月1日 June 1st	46	11月18日 November 18th	240
鲁玉 Luyu	3月24日 March 24th	4月10日 April 10th	4月12日 April 12th	4月16日 April 16th	6	6月6日 June 6th	50	11月14日 November 14th	235
斯帕克里 Sparkle	3月26日 March 26th	4月10日 April 10th	4月13日 April 13th	4月17日 April 17th	7	6月3日 June 3rd	47	11月16日 November 16th	235
瑞德 Glenred	3月23日 March 23rd	4月8日 April 8th	4月10日 April 10th	4月17日 April 17th	9	6月5日 June 5th	49	11月11日 November 11th	233
布鲁克斯 Brooks	3月22日 March 22nd	4月8日 April 8th	4月10日 April 10th	4月15日 April 15th	7	6月10日 June 10th	56	11月16日 November 16th	238
乌梅极早 Скороспелка	3月23日 March 23rd	4月10日 April 10th	4月12日 April 12th	4月22日 April 22nd	7	6月5日 June 5th	44	11月11日 November 11th	233
彩玉 Caiyu	3月23日 March 23rd	4月10日 April 10th	4月14日 April 14th	4月18日 April 18th	8	6月10日 June 10th	53	11月14日 November 14th	236
含香 Hanxiang	3月25日 March 25th	4月8日 April 8th	4月13日 April 13th	4月17日 April 17th	9	6月6日 June 6th	50	11月16日 November 16th	238

品种中最长，黑珍珠果实的营养生长期最短，分别为240 d和229 d。

2.2 树体形态特征与叶片性状

由表2可以看出，供试品种树体类型均为普通型。秦林、鲁玉、瑞德和乌梅极早树体树姿开张；黑珍珠和布鲁克斯树姿半开张；斯帕克里、彩玉和含香树姿直立。斯帕克里、布鲁克斯和彩玉生长势相对较强；秦林和乌梅极早的生长势相对较弱；黑珍珠、鲁玉和含香居中。从枝条皮色看，布鲁克斯1年生枝条皮色为浅褐色，其余品种为褐色。1年生枝条节间长度秦林为短，为2.34 cm，其余供试品种为节间长度居中。

表 2 不同品种甜樱桃树体形态特征比较

Table 2 Comparison of tree morphological characteristics of different sweet cherry cultivars

品种 Cultivar	树体类型 Tree type	树姿 Tree posture	生长势 Growth potential	1年生枝条皮色 Skin color of annual branches	节间长度 Internode length/cm
黑珍珠 Heizhenzhu	普通型 Normal	开张 Open-branching	中 Medium	褐色 Brown	4.38（中 Medium）
秦林 Chelan	普通型 Normal	开张 Open-branching	弱 Weak	褐色 Brown	2.34（短 Short）
鲁玉 Luyu	普通型 Normal	半开张 Semi-open-branching	中 Medium	褐色 Brown	3.21（中 Medium）
斯帕克里 Sparkle	普通型 Normal	直立 Erect	强 Strong	褐色 Brown	3.64（中 Medium）
瑞德 Glenred	普通型 Normal	开张 Open-branching	中 Medium	褐色 Brown	3.58（中 Medium）
布鲁克斯 Brooks	普通型 Normal	半开张 Semi-open-branching	强 Strong	浅褐色 Light brown	4.38（中 Medium）
乌梅极早 Скороспелка	普通型 Normal	开张 Open-branching	弱 Weak	褐色 Brown	3.44（中 Medium）
彩玉 Caiyu	普通型 Normal	直立 Erect	强 Strong	褐色 Brown	4.28（中 Medium）
含香 Hanxiang	普通型 Normal	半开张 Semi-open-branching	中 Medium	褐色 Brown	3.86（中 Medium）

2.3 叶片性状

由表3可以看出，鲁玉和乌梅极早甜樱桃叶片的春嫩叶色为绿色，其余供试品种为微红色。鲁玉、斯帕克里和乌梅极早三个甜樱桃品种叶片的叶色为绿色，其余供试品种为浓绿色。斯帕克里甜樱桃叶片的叶形为长倒卵圆形，鲁玉和瑞德为长椭圆形，其余供试品种为长卵圆形。布鲁克斯甜樱桃叶片的叶尖形状为渐尖，黑珍珠、鲁玉、斯帕克里和彩玉为急尾尖，其余品种为渐尾尖。斯帕克里、布鲁克斯和乌梅极早甜樱桃叶片的叶基形状为楔形，鲁

表3　不同品种甜樱桃叶片性状比较

Table 3　Comparison of leaf traits among sweet cherry cultivars

品种 Cultivar	春嫩叶色 Spring tender leaf color	叶色 Leaf color	叶形 Leaf shape	叶尖 Tip	叶基 Leaf base	叶缘 Leaf edge	叶背被毛 Hairiness at the lower leaf side	叶腺形状 Leaf gland shape	叶腺颜色 Leaf gland color	叶腺数量 Leaf gland number	叶腺大小 Leaf gland size
黑珍珠 Heizhenzhu	微红 Light glenred	浓绿 Dark green	长卵圆 Ovoid-lanceolate	急尾尖 Acute/caudate	广楔形 Wide wedge	钝重锯齿 Blunt heavy serration	稀疏 Sparse	肾形 Reniform	紫红 Purplish glenred	2	中 Medium
秦林 Chelan	微红 Light glenred	浓绿 Dark green	长卵圆 Ovoid-lanceolate	渐尾尖 Acuminate/caudate	广楔形 Wide wedge	粗重锯齿 Coarse heavy serration	中等 Medium	肾形 Reniform	红 Glenred	2~3	大 Big
鲁玉 Luyu	绿 Green	绿 Green	长椭圆 Long ellipsoid	急尾尖 Acute/caudate	广圆形 Wide circular	钝重锯齿 Blunt heavy serration	稀疏 Sparse	肾形 Reniform	红 Glenred	2	大 Big
斯帕克里 Sparkle	微红 Light glenred	绿 Green	长倒卵圆 Long obovoid	急尾尖 Acute/caudate	楔形 Wedge	钝重锯齿 Blunt heavy serration	稀疏 Sparse	肾形 Reniform	紫红 Purplish glenred	2	小 Small
瑞德 Glenred	微红 Light glenred	浓绿 Dark green	长椭圆 Long ellipsoid	渐尾尖 Acuminate/caudate	楔形 Wedge	钝重锯齿 Blunt heavy serration	稀疏 Sparse	肾形 Reniform	红 Glenred	2	中 Medium
布鲁克斯 Brooks	微红 Light glenred	浓绿 Dark green	长卵圆 Long ellipsoid	渐尖 Acuminate	广圆形 Wide circular	粗重锯齿 Coarse heavy serration	稀疏 Sparse	肾形 Reniform	紫红 Purplish glenred	2	中 Medium
乌梅极早 Скороспелка	绿 Green	绿 Green	长卵圆 Long ellipsoid	渐尾尖 Acuminate/caudate	楔形 Wedge	粗重锯齿 Coarse heavy serration	密 Dense	肾形 Reniform	红 Glenred	2	小 Small
彩玉 Caiyu	微红 Light glenred	浓绿 Dark green	长卵圆 Long ellipsoid	急尾尖 Acute/caudate	广圆形 Wide circular	钝重锯齿 Blunt heavy serration	稀疏 Sparse	肾形 Reniform	绿 Green	2	大 Big
含香 Hanxiang	微红 Light Glenred	浓绿 Dark green	长卵圆 Long ellipsoid	渐尾尖 Acuminate/caudate	广楔形 Wide wedge	细重锯齿 Fine heavy serration	中等 Medium	圆形 Circular	红 Glenred	2	中 Medium

玉、布鲁克斯和彩玉为广圆形，其余为广楔形。含香甜樱桃叶片的叶缘形状为细重锯齿，秦林、布鲁克斯和乌梅极早为粗重锯齿。乌梅极早甜樱桃叶片的叶背被毛密，秦林和含香中等。含香甜樱桃叶片的叶腺形状为圆形，其余品种均为肾形。叶腺颜色只有彩玉甜樱桃为绿色，黑珍珠、斯帕克里和布鲁克斯为紫红色，其余品种为红色。秦林甜樱桃叶片叶腺数量为2~3个，其余品种均为2个。斯帕克里和乌梅极早叶片的叶腺最小，秦林、鲁玉和彩玉的最大。

2.4　果实形态

由表4可以看出，所有调查品种中斯帕克里、瑞德和布鲁克斯甜樱桃果实的果形为肾形，其余品种果形为心脏形。彩玉果实果顶形状为平，其余品种为凹。乌梅极早和含香缝合线为凸，其余品种为平。斯帕克里、布鲁克斯和乌梅极早果实的果皮色泽为红色，黑珍珠和瑞德为紫红色，秦林和含香为黑紫色，鲁玉和彩玉为黄底色红晕。彩玉果实着色程度相对较少，鲁玉较多，其余品种着色程度全面。彩玉果肉颜色为乳白色，秦林、鲁玉和含香为淡红色，黑珍珠、瑞德和布鲁克斯为紫红色。黑珍珠果实与果柄分离程度为相对中等，其余供试品种果与柄难分离。关于果实的风味，秦林、鲁玉、乌梅极早和彩玉品种果实风味酸，其余品种为甜酸。

由表5可知，含香果柄最长，斯帕克里、瑞德和布鲁克斯果柄最短显著低于其他品种。含香、彩玉和黑珍珠果形指数最高，瑞德、斯帕克里、布鲁克斯和鲁玉果形指数较低，相对其他果实果肩更宽。含香、鲁玉和布鲁克斯果实的单果质量高于乌梅极早和彩玉。在所有供试品种中，瑞德果实的鲜核质量最重且可食率最低，秦林果实的鲜核质量最轻且可食率最高。

2.5　果实品质

由图1-A可以看出，彩玉、黑珍珠和含香3个甜樱桃品种果实的果肉和果皮硬度最高，其次是鲁玉和彩玉。由果实色泽可看出，彩玉甜樱桃果实色泽

表 4 不同品种甜樱桃果实外观比较

Table 4 Comparison of fruit appearance among sweet cherry cultivars

品种 Cultivar	果形 Fruit shape	果顶性状 Fruit tip character	缝合线 Sutural line	果皮色泽 Pericarp color	着色程度 Coloring degree	果肉颜色 Flesh color	果与柄分离程度 Difficulty in separation of fruit and stalk	风味 Flavour
黑珍珠 Heizhenzhu	心脏形 Heart-shaped	凹 Concave	平 Flat	紫红 Purple red	全面 Fully	紫红 Purple red	中 Moderation	甜酸 Sweet sour
秦林 Chelan	心脏形 Heart-shaped	凹 Concave	平 Flat	黑紫 Black purple	全面 Fully	淡红 Pale red	难 Difficult	酸 Sour
鲁玉 Luyu	心脏形 Heart-shaped	凹 Concave	平 Flat	黄底色红晕 Yellow background red	多 More	淡红 Pale red	难 Difficult	酸 Sour
斯帕克里 Sparkle	肾形 Reniform	凹 Concave	平 Flat	红 Red	全面 Fully	淡红 Pale red	难 Difficult	甜酸 Sweet sour
瑞德 Glenred	肾形 Reniform	凹 Concave	平 Flat	紫红 Purple red	全面 Fully	紫红 Purple red	难 Difficult	甜酸 Sweet sour
布鲁克斯 Brooks	肾形 Reniform	凹 Concave	平 Flat	红 Red	全面 Fully	紫红 Purple red	难 Difficult	甜酸 Sweet sour
乌梅极早 Скороспелка	心脏形 Heart-shaped	凹 Concave	凸 Convex	红 Red	全面 Fully	红 Red	难 Difficult	酸 Sour
彩玉 Caiyu	心脏形 Heart-shaped	平 Flat	平 Flat	黄底色红晕 Yellow background red	少 Less	乳白 Milky white	难 Difficult	酸 Sour
含香 Hanxiang	心脏形 Heart-shaped	凹 Concave	凸 Convex	黑紫 Black purple	全面 Fully	淡红 Pale red	难 Difficult	甜酸 Sweet sour

表 5 不同品种甜樱桃果实形态指标

Table 5 Comparison of fruit morphology among sweet cherry cultivars

品种 Cultivar	果柄长度 Shank length/mm	果实纵径 Fruit longitudinal diameter/mm	果实横径 Transverse diameter of fruit/mm	果形指数 Fruit shape index	单果质量 Single fruit mass/g	鲜核质量 Fresh fruit pit mass/g	可食率/ Edible rate%
黑珍珠 Heizhenzhu	41.17±1.36 ab	24.80±0.38 bc	26.82 ±0.27 d	0.93± 0.01 a	10.02±0.49 bc	0.52±0.01 abc	94.72±0.12 de
秦林 Chelan	36.51±1.16 d	25.77±0.70 ab	29.18 ±0.4 bc	0.88± 0.03 ab	10.21±0.43 bc	0.45±0.02 e	95.63±0.07 a
鲁玉 Luyu	33.91±1.5 cd	24.57±0.56 bc	29.91 ±0.63 ab	0.81± 0.02 bc	10.57±0.41 ab	0.51±0.02 bcd	95.14±0.09 bc
斯帕克里 Sparkle	24.56±1.39 e	22.78±0.59 d	28.82 ±0.50 bc	0.79± 0.02 c	10.32±0.49 abc	0.48±0.02 cde	95.36±0.12 ab
瑞德 Glenred	27.87±1.21 e	24.46±0.47 bcd	31.00 ±0.40 a	0.79±0.02 c	10.39±0.40 abc	0.58±0.02 a	94.43±0.08 e
布鲁克斯 Brooks	27.7±1.21 e	24.96±0.57 bc	30.36 ±0.50 ab	0.81±0.02 bc	11.36±0.46 ab	0.53±0.02 abc	95.30±0.06 b
乌梅极早 Скороспелка	38.8±1.68 bc	23.91±0.49 cd	27.19 ±0.61 d	0.88±0.02 ab	9.16±0.38 c	0.46±0.01 de	94.97±0.07 cd
彩玉 Caiyu	41.71±1.25 ab	25.44±0.78 bc	27.77 ±0.53 cd	0.93±0.03 a	9.03±0.39 c	0.48±0.02 cde	94.70±0.15 cde
含香 Hanxiang	44.47±1.39 a	27.35±0.55 a	29.53 ±0.44 ab	0.92±0.03 a	11.63±0.50 a	0.55±0.02 ab	95.30±0.09 b

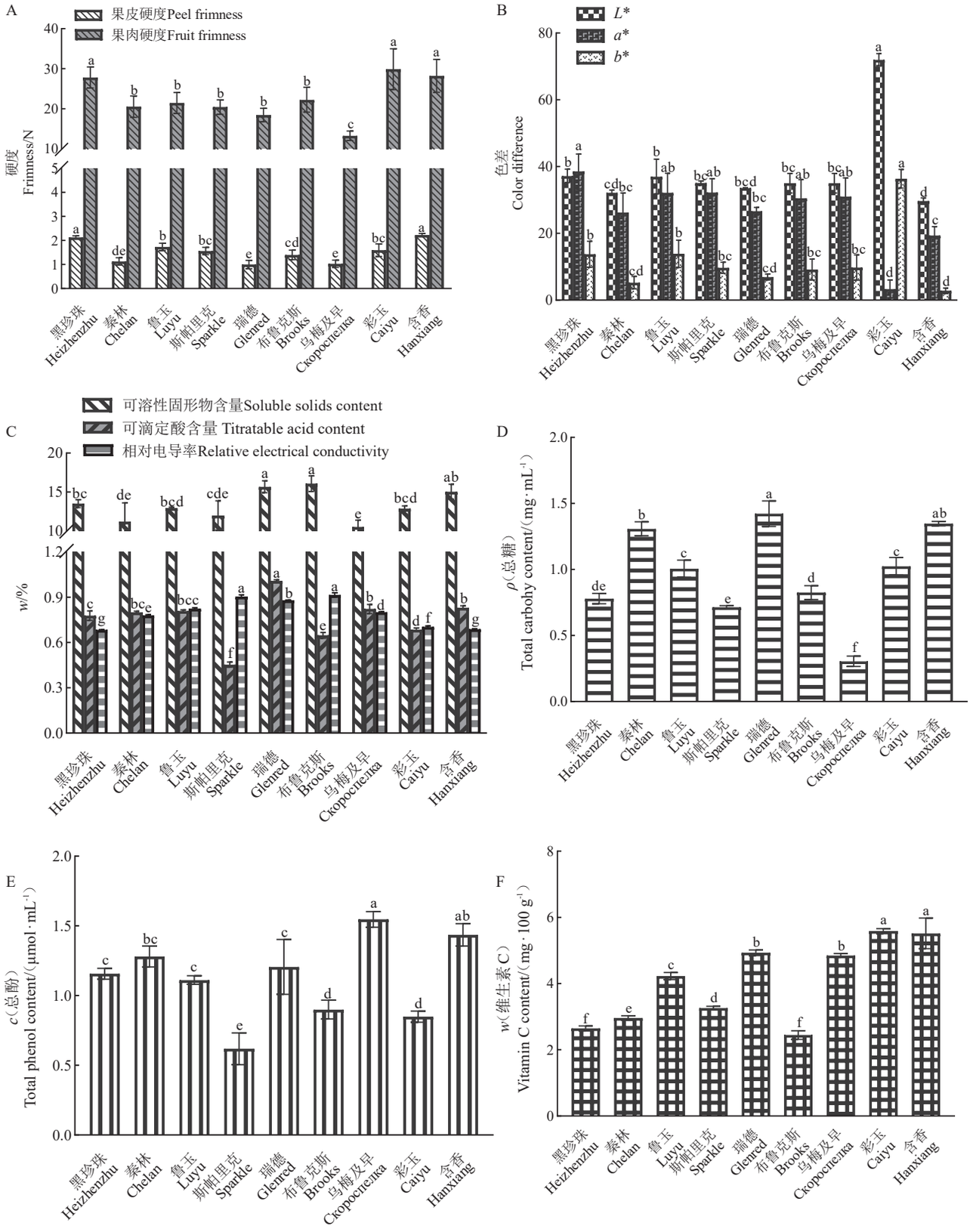
注：同列不同小写字母表示在 $P<0.05$ 差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$. The same below.

偏亮、偏黄，与其他供试甜樱桃品种的色值差异较大，与感官观察一致，其次是黑珍珠的颜色最偏向红色饱和，秦林、瑞德和含香的红色饱和度相对最低（图1-B）。

由图1-C可以看出，9个供试甜樱桃品种中，大部分品种果实内的可溶性固形物含量（*w*，后同）都在10%以上，其中布鲁克斯、瑞德和含香的可溶性固形物含量最高。各个品种间的可滴定酸含量存在显著差异，瑞德的可滴定酸含量最高，斯帕克里最低，彩玉和布鲁克斯的可滴定酸含量较为接近，鲁玉、黑珍珠、乌梅极早和含香的可滴定酸含量比较接近。各供试品种的相对电导率差异显著，斯帕克里、布鲁克林、瑞德和乌梅极早的相对电导率相对较高，黑珍珠、彩玉和含香的相对电导率较低。

由图1-D~F可以看出，9个供试甜樱桃品种中，瑞德、含香和秦林的总糖含量最高，同时这三个品种也含有较高的酚类物质；此外乌梅极早甜樱桃的总糖含量最低，但总酚含量最高。彩玉维生素C含量最高，含香次之，布鲁克林最低。综合来看，瑞德和含香的总糖、总酚和维生素C含量都比较丰富。



A. 果皮硬度和果肉硬度；B. 色差值 *L**、*a** 和 *b**；C. 可溶性固形物、可滴定酸含量和相对电导率；D. 总糖含量；E. 总酚含量；F. 维生素 C 含量。不同小写字母表示在 $P<0.05$ 差异显著。下同。

A. Peel firmness and fruit firmness; B. Color difference values *L**, *a** and *b**; C. Soluble solids, titratable acid content and relative conductivity; D. Total sugar content; E. Total phenol content; F. Vitamin C content. Different small letters indicate significant difference at $P<0.05$. The same below.

图 1　9 个甜樱桃品种果实品质指标

Fig. 1　Fruit quality indexes of nine sweet cherry cultivars

3 讨 论

天水地区自然资源优势突出，所产甜樱桃品质佳、效益高，深受国内客商和消费者青睐。甜樱桃产业是天水市近年来培育和发展起来的新型特色果品产业之一，天水市甜樱桃种植面积和产量都位居全省第一，在促进农业产业结构转型升级和推动农村经济发展等方面起到了积极的作用[17]。影响果树生长、果实产量和品质的因素很多，如气候及生长环境、自然灾害、虫害防治等[18-19]。试验观察结果显示，在天水地区，9个供试甜樱桃品种中布鲁克斯花芽萌动较早，斯帕克里花芽萌动最晚；黑珍珠盛花期最晚；瑞德与乌梅极早、鲁玉与含香果实成熟期相同，黑珍珠成熟期最晚。9个供试品种均为早、中熟品种，成熟期在6月上旬；所有品种均在11月中旬进入落叶期，这与天水市气候早霜的发生有关。

9个供试甜樱桃品种的树体、果实形态特征、叶片性状、外观品质、功能营养成分含量、果形指数和单果质量均存在差异，并且各具特色。大部分甜樱桃品种树姿表现为开张或半开张生长习性。9个供试品种中斯帕克里、布鲁克斯和彩玉具有较强的生长势。在果园管理时可根据树体生长势和枝条开张角度的不同调整管理方式。品种生长势弱，枝条开张，应加强水肥管理，修剪时注意保留强旺枝，轻剪。品种生长势强，枝条开张角度直立或半开张，在修剪时要及时疏除竞争枝、旺枝，留弱枝，水肥管理适当，避免引起徒长、旺长。从商业角度来看，水果的外观和果肉颜色是重要的特征，甜樱桃的外观品质对其经济价值有很大的影响[20]。9个供试甜樱桃品种中大多数甜樱桃品种的果形呈心脏形，果皮颜色以红色居多，紫红色次之。而彩玉果皮色泽呈黄底色带红晕，果肉乳白，是为数不多的黄色甜樱桃品种。除了外观品质外，口感脆甜也是大多数消费者喜欢的品质。甜樱桃品种的果肉硬度越高口感越脆也越耐贮运，甜樱桃品种含香和黑珍珠果皮硬度和果肉硬度最高，同时果形指数也较高，具有较好卖相的同时也非常适合进行远距离运输销售。黑珍珠果实与果柄分离程度相对较弱，这种现象是否与该品种特性有关还需进一步观察。糖类物质不仅影响果实的风味和品质，并且作为一种信号因子，在果实发育和成熟软化过程中起重要作用[21-22]。甜樱桃不同品种果实成熟后果实色泽差异显著，在生产上不同品种的果实成熟度可通过其果实色泽来判断是否可进行采摘，也可在自动选果机上根据选用品种的果实色泽数据来进行准确的数值调整应用。甜樱桃果实富含维生素C、酚类物质及花青素等生物活性成分，它们能够清除氧自由基，保护细胞免受氧化损伤[23]，是果实重要的营养成分，其含量高的品种，具有潜在的商品价值和加工价值。天水市地形复杂，小气候环境多样。种植者应根据果园管理水平、地理气候环境、水肥条件以及销售目标客户，针对果实色泽、风味、营养成分、贮藏性、上市时间等，选择适合自身条件和市场预期的品种进行种植。

4 结 论

在天水市海拔1200 m左右的浅山种植情况下，秦林、斯帕克里、瑞德、布鲁克斯和含香果实个大、色美、酸甜可口、可食率高、果实营养品质良好，具有潜在的经济价值。鲁玉的引种表现较好，在考虑市场黄色品种较少的情况下可适当发展。黑珍珠、乌梅极早和彩玉果实品质较其他供试品种相对电导率低、果个小、口感酸、果肉硬度低等，在天水地区果实综合表现一般，但根据果实品质特点与不同市场及消费需求，可作为授粉、加工品种适量发展。

参考文献 References：

[1] MARIETTE S，LEFRANC M，LEGRAND P，TANEYHILL D，FRASCARIA-LACOSTE N，MACHON N. Genetic variability in wild cherry populations in France. Effects of colonizing processes[J]. Theoretical and Applied Genetics，1997，94(6)：904-908.

[2] HANELT P. Mansfeld’s encyclopedia of agricultural and horticultural crops (except ornamentals) [M]. Berlin，Heidelberg：Springer，2001.

[3] 王浩，黄智林，陈涛，张静，王燕，陈清，汤浩茹，王小蓉 . 基于ITS序列的中国樱桃、欧洲甜樱桃和毛樱桃种内遗传多样性及种间关系分析[J]. 园艺学报，2018，45(1)：126-138.
WANG Hao，HUANG Zhilin，CHEN Tao，ZHANG Jing，WANG Yan，CHEN Qing，TANG Haoru，WANG Xiaorong. Genetic diversity and relationship analysis among *Cerasus pseudocerasus*，*C. avium*，and *C. tomentosa* based on internal transcribed spacer (ITS) sequences[J]. Acta Horticulturae Sinica，2018，45(1)：126-138.

[4] MEYER R S，PURUGGANAN M D. Evolution of crop species：Genetics of domestication and diversification[J]. Nature Reviews Genetics，2013，14(12)：840-852.

[5] KELLEY D S，ADKINS Y，LAUGERO K D. A review of the health benefits of cherries[J]. Nutrients，2018，10(3)：368.

[6] 孙玉刚，秦志华，安淼 . 甜樱桃生产现状与发展对策[J]. 山东农业科学，2009，41(7)：118-121.
SUN Yugang，QIN Zhihua，AN Miao. Current situation of sweet cherry production and development countermeasures[J]. Shandong Agricultural Sciences，2009，41(7)：118-121.

[7] 畅功民，聂国伟，李凯，田永强，张晓萍，候璇，尹凯花 . 甜樱桃绿枝扦插技术[J]. 果树资源学报，2023，4(6)：55-56.
CHANG Gongmin，NIE Guowei，LI Kai，TIAN Yongqiang，ZHANG Xiaoping，HOU Xuan，YIN Kaihua. Green branch cutting propagation technique of sweet cherry[J]. Journal of Fruit Resources，2023，4(6)：55-56.

[8] 赵英，张开春，张晓明，张春山 . 乌鲁木齐县萨尔达坂乡甜樱桃引种小气候分析[J]. 北方园艺，2011(15)：54-56.
ZHAO Ying，ZHANG Kaichun，ZHANG Xiaoming，ZHANG Chunshan. Introduction of sweet cherry and micro-climate analysis in Saar Daban town of Urumqi County[J]. Northern Horticulture，2011(15)：54-56.

[9] 汪旦旦 . 天水市欧洲甜樱桃栽培中常见问题及其解决措施[J]. 南方农业，2023，17(2)：19-21.
WANG Dandan. Common problems and solutions of *Prunus avium* cultivation in Tianshui city[J]. South China Agriculture，2023，17(2)：19-21.

[10] 赵永强，程亮 . 甜樱桃新品种在天水地区的引种表现[J]. 甘肃农业科技，2022，53(9)：33-36.
ZHAO Yongqiang，CHENG Liang. Study on the introduction performance of sweet new cherry cultivars in Tianshui[J]. Gansu Agricultural Science and Technology，2022，53(9)：33-36.

[11] 杨焕昱，杨映红 . 天水市大樱桃产业现状及发展对策[J]. 甘肃农业科技，2022，53(1)：17-22.
YANG Huanyu，YANG Yinghong. The current situation and development countermeasures of Tianshui big cherry industry[J]. Gansu Agricultural Science and Technology，2022，53(1)：17-22.

[12] 候璇，尹凯花，聂国伟，李凯，张亚楠，张晓萍，田永强 . 山西地区 39 份甜樱桃种质果实品质分析与综合评价[J]. 果树学报，2025，42(4)：752-764.
HOU Xuan，YIN Kaihua，NIE Guowei，LI Kai，ZHANG Yanan，ZHANG Xiaoping，TIAN Yongqiang. Analysis and comprehensive evaluation of fruit quality of 39 sweet cherry accessions in Shanxi region[J]. Journal of Fruit Science，2025，42(4)：752-764.

[13] 赵改荣，李明 . 樱桃种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2011.
ZHAO Gairong，LI Ming. Descriptors and data standard for cherry (*Cerasus* Juss)[M]. Beijing：China Agricultural Science and Technology Press，2011.

[14] 李檐堂，霍宇航，孟瑶瑶，鲁周民 . 陕西安康地区 10 个日本引种枇杷果实品质比较[J]. 食品科学，2019，40(5)：70-76.
LI Yantang，HUO Yuhang，MENG Yaoyao，LU Zhoumin. Quality comparison of 10 Japanese loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) cultivars introduced in Ankang，Shannxi，China[J]. Food Science，2019，40(5)：70-76.

[15] 国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会 . 食品中总酸的测定：GB/T 12456—2008[S]. 北京：中国标准出版社，2009.
General Administration of Quality Supervision、Inspection and Quarantine of the People's Republic of China，Standardization Administration of the People's Republic of China. Determination of total acid in foods：GB/T 12456—2008[S]. Beijing：Standards Press of China，2009.

[16] 曹建康，姜微波，赵玉梅 . 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京：中国轻工业出版社，2007.
CAO Jiankang，JIANG Weibo，ZHAO Yumei. Experimental guidance of postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables[M]. Beijing：China Light Industry Press，2007.

[17] 赵敏娜，侯攻科 . 天水市秦州区大樱桃丰产栽培管理技术[J]. 农业科技与信息，2022(22)：76-79.
ZHAO Minna，HOU Gongke. Cultivation and management technology of large cherry with high yield in Qinzhou district，Tianshui city，China[J]. Agricultural Science-Technology and Information，2022(22)：76-79.

[18] 木永青，和加卫，郭淼，杨正松，吴永斌，苏泽春，王朝文 . 5 个甜樱桃品种在云南丽江的引种表现[J]. 江西农业学报，2022，34(5)：29-33.
MU Yongqing，HE Jiawei，GUO Miao，YANG Zhengsong，WU Yongbin，SU Zechun，WANG Chaowen. Introduction performance of five sweet cherry varieties in Lijiang of Yunnan province[J]. Acta Agriculturae Jiangxi，2022，34(5)：29-33.

[19] 张新强 . 天水大樱桃园杂草种类及优势种群调查[J]. 农业技术与装备，2023(3)：10-12.
ZHANG Xinqiang. Investigation on weed species and dominant population of *Cerasus pseudocerasus* orchard in Tianshui City[J]. Agricultural Technology & Equipment，2023(3)：10-12.

[20] LÓPEZ-ORTEGA G，GARCÍA-MONTIEL F，BAYO-CANHA A，FRUTOS-RUIZ C，FRUTOS-TOMÁS D. Rootstock effects on the growth，yield and fruit quality of sweet cherry cv. 'Newstar' in the growing conditions of the Region of Murcia[J]. Scientia Horticulturae，2016，198：326-335.

[21] GERARDI C，BLANDO F，SANTINO A，ZACHEO G. Purification and characterisation of a *β*-glucosidase abundantly expressed in ripe sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit[J]. Plant Science，2001，160(5)：795-805.

[22] WIND J，SMEEKENS S，HANSON J. Sucrose：Metabolite and signaling molecule[J]. Phytochemistry，2010，71(14/15)：1610-1614.

[23] PODSĘDEK A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of *Brassica* vegetables：A review[J]. LWT-Food Science and Technology，2007，40(1)：1-11.