

网络出版时间:2021-04-26 14:58 DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2021.10.010
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20210425.1126.010.html

陕北基质栽培樱桃番茄品种的筛选

赵玉红^{1,2}, 孙涛^{1,2}, 朱柯钰^{1,2}, 张琪^{1,2}, 高子星^{1,2}, 胡晓辉^{1,2,3}

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2 农业农村部西北设施园艺工程重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

3 陕西省设施农业工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

[摘要] 【目的】筛选适合陕北地区基质栽培的高品质樱桃番茄品种, 解决该地区适宜基质栽培的樱桃番茄品种缺乏的问题。【方法】以 15 个樱桃番茄品种为试材, 测定各品种果实的横径、纵径、果形指数、硬度、单果质量、单株产量、糖酸比及可溶性固形物、还原糖、可滴定酸、维生素 C、番茄红素、可溶性总糖含量等 13 项指标, 比较各品种间上述指标的差异, 并对各指标的相关性进行 Pearson 分析, 运用主成分分析法、模糊隶属函数综合评价法, 对樱桃番茄各产量和品质指标进行评价, 从中筛选出适合陕北地区基质栽培的樱桃番茄品种。【结果】不同樱桃番茄品种间各指标均存在显著差异, 变异系数为 13.60%~54.15%。可溶性固形物含量与可溶性总糖、还原糖含量呈极显著正相关, 与果实纵径、横径呈极显著负相关; 维生素 C 含量与番茄红素、可滴定酸含量呈极显著正相关; 可滴定酸含量与糖酸比、果实纵径、果形指数呈极显著负相关; 单果质量与果实硬度呈显著正相关, 与可溶性固形物含量、糖酸比呈极显著负相关; 单株产量与可滴定酸含量呈显著正相关。利用主成分分析法提取出 4 个主成分, 其累积方差贡献率达 83.408%, 其中影响樱桃番茄综合品质的因子分别为质量因子(单果质量、单株产量)、果形因子(纵径、果形指数)、营养因子(维生素 C 和番茄红素含量)和口感因子(可滴定酸含量)。运用主成分分析法筛选出排名前 5 的品种为黄金贝(0.662)、浙樱粉 1 号(0.526)、红玉(0.483)、粉贝贝(0.374)和粉佳人(0.334); 运用模糊隶属函数综合评价法筛选出综合排名前 5 的品种为红玉(0.638)、粉佳人(0.587)、紫贝贝(0.551)、浙樱粉 1 号(0.539)和黄金贝(0.504)。主成分分析和模糊隶属函数综合评价结果基本一致。【结论】黄金贝、粉佳人、浙樱粉 1 号、红玉等 4 个樱桃番茄品种的综合品质优于其他品种, 适于陕北地区基质栽培。

[关键词] 樱桃番茄; 品种筛选; 主成分分析; 模糊隶属函数综合评价; 设施园艺; 陕北地区

[中图分类号] S641.224

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2021)10-0073-10

Selection of cherry tomato cultivars suitable for substrate cultivation in northern Shaanxi

ZHAO Yuhong^{1,2}, SUN Tao^{1,2}, ZHU Keyu^{1,2},
ZHANG Qi^{1,2}, GAO Zixing^{1,2}, HU Xiaohui^{1,2,3}

(1 College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Key Laboratory of Protected Horticultural Engineering in Northwestern China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3 Facility Agricultural Engineering Technology Research Center, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】High quality cherry tomato cultivars suitable for substrate cultivation in northern Shaanxi were screened to solve the problem of lacking suitable cultivars. 【Method】A total of 15 cultivars of cherry tomatoes were selected and 13 indexes including transverse diameter, longitudinal diameter,

[收稿日期] 2020-09-21

[基金项目] 陕西省农业科技创新转化项目(NYKJ-2019-YL02, NYKJ-2020-YL-09); 西北农林科技大学试验示范站(基地)科技创新与成果转化项目(TGZX2019-23); 西安市科技计划项目(201806113YF01NC09(3))

[作者简介] 赵玉红(1994—), 女, 河北张北人, 在读硕士, 主要从事设施作物栽培及生理生态研究。E-mail: z18730279628@163.com

[通信作者] 胡晓辉(1977—), 女, 河北滦县人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事设施农业理论与生产技术研究。E-mail: hxxh1977@163.com

fruit shape index, hardness, single fruit weight, yield per plant, sugar acid ratio and soluble solids, reducing sugar, titratable acid, vitamin C, lycopene and soluble total sugar content were measured. The differences between indexes were compared and evaluated based on Pearson correlation analysis, principal component analysis (PCA) and fuzzy comprehensive evaluation method of membership grade function. Then, cultivars suitable for substrate cultivation in northern Shaanxi were suggested. 【Result】 There were significant differences among different cherry tomato cultivars, and the coefficients of variation were 13.60%—54.15%. The content of soluble solids was significantly positively correlated with contents of soluble total sugars and reducing sugars, and negatively correlated with longitudinal diameter and transverse diameters of fruits. The content of vitamin C was positively correlated with contents of lycopene and titratable acid. The titratable acid content was negatively correlated with sugar acid ratio, fruit longitudinal diameter and fruit shape index. The single fruit weight was positively correlated with fruit hardness, and negatively correlated with soluble solid content and sugar acid ratio. The yield per plant was positively correlated with the titratable acid content. PCA obtained four principal components with cumulative variance contribution rate of 83.408%, and factors affecting comprehensive quality of cherry tomato were weight factors (single fruit weight and per plant yield), fruit shape factors (longitudinal diameter and fruit shape index), nutrition factors (vitamin C and lycopene content) and taste factor (titratable acid content). The top 5 cultivars by PCA were Huangjinbei (0.662), Zheyangfen No. 1 (0.526), Hongyu (0.483), Fenbeibei (0.374) and Fenjiaren (0.334). The top 5 cultivars by fuzzy membership function comprehensive evaluation method were Hongyu (0.638), Fenjiaren (0.587), Zibeibei (0.551), Zheyangfen No. 1 (0.539) and Huangjinbei (0.504). The results of PCA and fuzzy membership function were basically consistent. 【Conclusion】 Huangjinbei, Fenjiaren, Zheyangfen No. 1 and Hongyu had better comprehensive quality than other cultivars and were suitable for substrate cultivation in northern Shaanxi.

Key words: cherry tomatoes; cultivars screening; principal component analysis; comprehensive evaluation of fuzzy membership function; protected horticulture; northern Shaanxi

陕北设施农业地区的水资源承载能力低,水质硬度高^[1]。近年来,随着陕北地区设施农业的快速发展,土壤连作障碍、土传病害、土壤盐渍化等问题日益严重,设施蔬菜产量和品质不断下降^[2],大大限制了该地区设施农业的发展,因此改变蔬菜的种植模式刻不容缓^[3]。基质栽培能够使植物摆脱对土壤的依赖,较土壤栽培具有增产提质的优点,同时可以克服土壤连作障碍,减少土传病害,节水节肥^[4-8],是适合陕北地区推广的种植模式。

樱桃番茄 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 是一种高档的蔬菜水果,其香味独特,色彩鲜艳,酸甜可口,含丰富的番茄红素、维生素 C 和矿物质,具有防癌、抗衰老的保健作用,受到广大消费者的喜爱^[9-12]。目前适合陕北地区栽培的优良樱桃番茄品种较少,且适合基质栽培的品种更为缺乏,限制了基质栽培模式优势的发挥。引进优良的樱桃番茄品种不但可以提高产量,而且还可以满足消费者对高品质樱桃番茄的需求^[13],对促进设施樱桃番茄增产、提质具有重要意义。

本研究以 15 个樱桃番茄品种为试材,在延安进行基质栽培试验,利用主成分分析法和模糊隶属函数综合评价法对其产量和品质进行综合评价,以期筛选出适合陕北地区基质栽培的高品质樱桃番茄品种。

1 材料与方法

1.1 试验材料

15 个供试樱桃番茄品种分别为夏日阳光(山东寿佳种业)、黄金贝(北京瑞盛元国际种业)、甜禧(北京瑞盛元国际种业)、浙樱粉 1 号(浙江勿忘农种业)、黄珍珠(山东宏伟种业)、粉贝贝(山东北蔬农业)、紫贝贝(山东宏伟种业)、千禧(山东寿佳种业)、粉佳人(山东金鹏种业)、粉水晶(山东金鹏种业)、串红(山东金鹏种业)、金珠(山东问天种业)、黑珍珠(山东问天种业)、红珍珠(山东金鹏种业)、红玉(山东问天种业),其中粉贝贝为延安当地主栽品种。

1.2 栽培管理方法

本试验于 2020 年 2—7 月在西北农林科技大学

延安蔬菜试验示范站(北纬 36°87′,东经 109°32′,海拔 1 009.23 m)下沉式日光温室(长 110 m,宽 12 m,下沉深度 1 m)内进行。供试樱桃番茄采用基质袋栽培,基质袋大小为 80 cm×20 cm×16 cm,每袋定植 2 株。于 2020-02-22 选取生长势一致的各品种樱桃番茄幼苗定植于基质袋中,株行距 35 cm×40 cm,采用水肥一体化智能灌溉系统供应肥水,各品种管理方式相同,九穗果采收后拉秧。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 产 量 果实进入成熟期后,每个品种选取 6 株,将每次采摘的果实用电子天平(YP,上海衡际科技仪器有限公司,精度 0.001 g)称质量,最后统计单株产量。

1.3.2 果实品质 果实成熟期在植株相同的部位取 30 个果实,用于各品种果实品质指标的测定。果实纵径(果实最粗处的直径)用数显游标卡尺测量,横径(果基到果顶的长度)用数显游标卡尺测量,果形指数为果实纵径与横径之比,硬度用数显果实硬度计(FHM-5 日本)测定。可溶性固形物含量和糖酸比采用糖酸一体机(PLA-BX/ACID 日本)测定,可溶性总糖含量采用蒽酮比色法测定^[14],还原糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定^[14],维生素 C 含量采用钼蓝比色法测定^[14],番茄红素含量采用分光光度法测定^[14],可滴定酸含量采用氢氧化钠滴定法测定^[14]。

1.4 数据处理

试验数据用“平均值±标准误”表示,采用单因素(one-way ANOVA)和 Duncan’s 法($P<0.05$)进行方差分析和多重比较,各指标间的相关性采用 Pearson 相关系数进行分析,采用 SPSS 20 软件进行主成分分析,用 Microsoft Excel 2007 绘图。

变异系数的计算公式如下:

$CV=SD/AVG\times 100\%$ 。(1)

式中:CV 代表变异系数,SD 代表标准差,AVG 代表平均值。

模糊隶属函数综合评价法的计算,参照李美娟等^[15]改进的归一化方法,对 15 个樱桃番茄品种的 13 个指标构成的决策矩阵 $\mathbf{X}=(x)_{m\times n}$ 进行归一化处理。先将负向指标(可滴定酸)转化为正向指标,公式如下:

$X_{ij}'=\max X_{ij}-X_{ij}+\min X_{ij}(1\leq i\leq n)$ 。(2)

各项指标按式(3)进行归一化处理,得到新的决策矩阵 $\mathbf{Y}=(y)_{m\times n}$ 。

$Y_{ij}=\frac{X_{ij}'}{\sum_{i=1}^n X_{ij}'}$ 。(3)

正向指标隶属函数值计算公式如下:

$X_{ij}(u)=(X_{ij}'-\min X_{ij}')/(\max X_{ij}'-\min X_{ij}')$ 。(4)

平均隶属度值计算公式如下:

$X_i(u)=[\sum X_{ij}(u)/n]$ 。(5)

式中: X_{ij}' 为第 i 个品种第 j 个指标转化后的正向指标值; X_{ij} 为第 i 个品种的第 j 个测定值; $\min X_{ij}$ 为第 i 个品种第 j 个指标的最小值; $\max X_{ij}$ 为第 i 个品种第 j 个指标的最大值; $\min X_{ij}'$ 为第 i 个品种第 j 个指标转化后正向指标的最小值; $\max X_{ij}'$ 为第 i 个品种第 j 个指标转化后正向指标的最大值; $\sum X_{ij}(u)$ 表示第 i 个品种第 j 个指标的累加隶属函数值; m 表示樱桃番茄品种数, n 表示指标数,本试验中 $m=15,n=13$ 。

2 结果与分析

2.1 不同品种樱桃番茄外观品质和产量的比较

不同品种樱桃番茄外观品质和产量如表 1 所示。

表 1 不同品种樱桃番茄外观品质和产量的比较

Table 1 Comparison of appearance quality and yield of different cherry tomato cultivars

品种 Cultivar	单果质量/g Fruit weight	纵径/mm Longitudinal diameter	横径/mm Transverse diameter	果形指数 Fruit shape index	硬度/(kg·cm ⁻²) Hardness	单株产量/kg Fruit yield per plant
夏日阳光 Xiariyangguang	7.43±0.07 m	22.65±0.01 h	24.13±0.31 i	0.94±0.01 g	14.80±0.21 e	1.87±0.07 cde
黄金贝 Huangjinbei	15.22±0.27 gh	31.69±0.43 d	29.29±0.07 f	1.08±0.01 e	16.47±1.4 de	1.61±0.12 cdef
甜禧 Tianxi	15.86±0.10 g	34.48±0.32 b	29.33±0.22 f	1.18±0.02 c	21.07±0.23 bc	1.25±0.01 f
浙樱粉 1 号 Zheyinfen No. 1	8.76±0.24 l	25.41±0.11 g	25.51±0.16 h	1.00±0.01 f	20.07±0.63 bc	1.21±0.05 f
黄珍珠 Huangzhenzhu	12.60±0.13 i	27.11±0.17 f	28.19±0.11 g	0.96±0.00 fg	18.60±0.00 cd	1.82±0.05 cde
粉贝贝 Fenbeibei	21.94±0.42 c	32.84±0.30 c	34.84±0.24 c	0.94±0.00 g	16.00±1.25 e	3.61±0.20 a
紫贝贝 Zibeibei	19.32±0.18 d	32.54±0.04 cd	32.99±0.13 d	0.99±0.00 f	24.70±0.82 a	2.14±0.02 c
千禧 Qianxi	9.72±0.08 k	34.71±0.44 b	24.17±0.36 i	1.44±0.01 a	10.37±0.22 f	1.40±0.06 ef
粉佳人 Fenjiaren	12.24±0.51 i	36.01±0.12 a	25.47±0.37 h	1.41±0.02 a	19.40±0.20 c	1.44±0.12 def

表 1(续) Continued table 1

品种 Cultivar	单果质量/g Fruit weight	纵径/mm Longitudinal diameter	横径/mm Transverse diameter	果形指数 Fruit shape index	硬度/(kg·cm ⁻²) Hardness	单株产量/kg Fruit yield per plant
粉水晶 Fenshuijing	25.57±0.14 b	34.26±0.64 b	36.22±0.06 b	0.96±0.00 fg	16.37±1.02 de	3.04±0.43 b
串红 Chuanhong	37.63±0.34 a	29.70±0.45 e	41.62±0.18 a	0.71±0.01 h	22.33±1.37 b	3.05±0.17 b
金珠 Jinzhu	11.41±0.08 j	27.40±0.10 f	27.75±0.20 g	0.99±0.00 f	16.03±0.87 e	1.83±0.25 cde
黑珍珠 Heizhenzhu	14.54±0.16 h	27.78±0.18 f	28.96±0.14 f	0.96±0.00 fg	9.90±0.50 f	1.98±0.09 c
红珍珠 Hongzhenzhu	17.51±0.19 e	35.66±0.09 a	31.61±0.21 e	1.13±0.01 d	20.53±0.20 bc	1.93±0.06 cd
红玉 Hongyu	16.65±0.10 f	36.38±0.57 a	27.85±0.16 g	1.31±0.02 b	20.47±0.24 bc	1.93±0.12 cd
变异系数/% Coefficient of variation	45.59	13.60	15.98	18.02	23.47	35.91

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。表 2 同。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$). The same for Table 2.

由表 1 可知,樱桃番茄品种间各外观品质和产量指标差异显著,单果质量、纵径、横径、硬度、果形指数、单株产量的变异系数分别为 45.59%,13.60%,15.98%,23.47%,18.02%和 35.91%。单果质量最大的是串红(37.63 g),其次是粉水晶(25.57 g)、粉贝贝(21.94 g)、紫贝贝(19.32 g),最小的是夏日阳光(7.43 g)。果实纵径最大的品种是红玉(36.38 mm),最小的是夏日阳光(22.65 mm)。

果实横径最大的品种是串红(41.62 mm),最小的是夏日阳光(24.13 mm)。果实硬度最大的品种是紫贝贝(24.70 kg/cm²),最小的是黑珍珠(9.90 kg/cm²)。单株产量最高的是粉贝贝(3.61 kg),最低的是浙樱粉 1 号(1.21 kg)。

2.2 不同品种樱桃番茄营养品质的比较

不同品种樱桃番茄营养品质如表 2 所示。

表 2 不同品种樱桃番茄营养品质的比较

Table 2 Nutritional quality comparison of different cherry tomato cultivars

品种 Cultivar	可滴定酸/% Titratable acid	番茄红素/ (mg·hg ⁻¹) Lycopene	可溶性总糖/% Soluble total sugar	还原糖/% Reducing sugar	维生素 C/ (mg·hg ⁻¹) Vitamin C	可溶性固形物/% Soluble solids	糖酸比 Sugar acid ratio
夏日阳光 Xiariyangguang	3.90±0.12 bc	0.61±0.09 i	3.10±0.29 cd	2.54±0.46 bcd	0.30±0.06 gh	7.73±0.12 f	12.83±0.75 gh
黄金贝 Huangjinbei	1.91±0.10 g	14.13±0.76 g	4.83±0.02 b	3.15±0.20 ab	0.24±0.00 h	8.67±0.07 c	17.23±0.37 cd
甜禧 Tianxi	2.70±0.07 e	20.25±0.33 f	3.35±0.04 cd	2.33±0.04 bcd	0.44±0.03 f	6.47±0.03 gh	15.93±0.46 de
浙樱粉 1 号 Zheyingsfen No. 1	3.35±0.02 d	35.35±1.05 b	5.67±0.18 a	3.90±0.26 a	0.75±0.07 bcd	9.87±0.12 a	17.97±0.57 bc
黄珍珠 Huangzhenzhu	4.55±0.11 a	3.03±0.59 hi	4.80±0.09 b	2.66±0.16 bcd	0.68±0.06 cde	9.03±0.03 b	13.90±0.51 fg
粉贝贝 Fenbeibei	3.93±0.07 bc	23.48±0.66 de	4.38±0.80 b	2.91±0.62 bc	0.72±0.04 cd	6.63±0.07 g	11.87±0.37 h
紫贝贝 Zibeibei	4.22±0.26 b	33.28±1.20 b	3.96±0.12 bc	2.64±0.26 bcd	1.32±0.06 a	8.33±0.03 d	12.80±0.42 gh
千禧 Qianxi	2.51±0.02 ef	21.76±0.74 ef	2.99±0.08 de	2.16±0.15 cd	0.70±0.03 cde	6.27±0.03 h	16.77±0.23 cde
粉佳人 Fenjiaren	2.74±0.09 e	19.92±0.36 f	4.65±0.17 b	2.76±0.07 bc	0.86±0.04 b	8.63±0.03 c	19.93±0.46 a
粉水晶 Fenshuijing	4.11±0.05 b	24.61±0.58 d	2.68±0.08 de	2.15±0.29 cd	0.76±0.04 bc	6.33±0.09 h	11.53±0.30 h
串红 Chuanhong	3.09±0.13 d	28.02±1.77 c	2.16±0.05 ef	2.04±0.29 cd	0.75±0.01 bcd	5.83±0.09 i	13.30±0.55 gh
金珠 Jinzhu	3.72±0.09 c	5.12±0.14 h	4.77±0.09 b	2.61±0.06 bcd	0.59±0.00 e	8.60±0.00 c	15.30±0.38 ef
黑珍珠 Heizhenzhu	4.05±0.10 bc	16.16±0.21 g	3.46±0.44 cd	2.92±0.49 bc	0.62±0.00 de	8.00±0.00 e	13.87±0.13 fg
红珍珠 Hongzhenzhu	2.32±0.06 f	22.33±1.94 def	1.82±0.10 f	1.75±0.15 d	0.36±0.01 fg	5.20±0.20 i	16.87±1.17 cde
红玉 Hongyu	2.61±0.02 ef	38.43±0.61 a	4.56±0.10 b	2.75±0.06 bc	0.70±0.01 cde	8.30±0.06 d	19.40±0.95 ab
变异系数/% Coefficient of variation	24.54	54.15	25.02	30.29	39.95	17.63	17.93

由表 2 可以看出,不同品种樱桃番茄之间营养品质指标均存在显著差异,可滴定酸、番茄红素、可溶性总糖、还原糖、维生素 C、可溶性固形物含量及糖酸比的变异系数分别为 24.54%,54.15%,

25.02%,30.29%,39.95%,17.63%和 17.93%。可滴定酸含量最高的是黄珍珠(4.55%),含量较高的品种有紫贝贝(4.22%)、粉水晶(4.11%)、黑珍珠(4.05%),含量最低的是黄金贝(1.91%)。番茄红

素含量最高的是红玉(38.43 mg/hg),含量较高的有浙樱粉 1 号(35.35 mg/hg)、紫贝贝(33.28 mg/hg)、串红(28.02 mg/hg)等品种,含量最低的品种是夏日阳光(0.61 mg/hg)。可溶性总糖含量最高的品种是浙樱粉 1 号(5.67%),含量比较高的品种有黄金贝(4.83%)、黄珍珠(4.80%)、金珠(4.77%)等,含量最低的品种是红珍珠(1.82%)。还原糖含量最高的品种是浙樱粉 1 号(3.90%),含量比较高的品种有黄金贝(3.15%)、黑珍珠(2.92%)、粉贝贝(2.91%)等,含量最低的品种是红珍珠(1.75%)。维生素 C 含量最高的品种是紫贝贝(1.32 mg/hg),含量比较高的有粉佳人(0.86 mg/hg)、粉水晶(0.76 mg/hg)、串红(0.75 mg/hg)等品种,含量最低的品种是黄金贝(0.24 mg/hg)。可溶性固形物含量最高的品种是浙樱粉 1 号(9.87%),含量较高的有黄珍珠(9.03%)、黄金贝(8.67%)、粉佳人(8.63%)等品种,含量最低的品种是红珍珠(5.20%)。糖酸比最高的品种是粉佳人

(19.93),较高的品种有红玉(19.40)、浙樱粉 1 号(17.97)、黄金贝(17.23)等,糖酸比最低的品种是粉水晶(11.53)。

2.3 樱桃番茄各指标间的 Pearson 相关性分析

如表 3 所示,可溶性固形物含量与可溶性总糖、还原糖含量呈极显著正相关($P<0.01$),与果实纵径、横径呈极显著负相关($P<0.01$);维生素 C 含量与番茄红素、可滴定酸含量呈极显著正相关($P<0.01$);可滴定酸含量与糖酸比、果实纵径、果形指数呈极显著负相关($P<0.01$);单果质量与果实硬度呈显著正相关($P<0.05$),与可溶性固形物含量呈极显著负相关($P<0.01$),与糖酸比呈极显著负相关($P<0.01$);单株产量与可滴定酸含量呈显著正相关($P<0.05$)。直接利用这些指标提供的信息来评价樱桃番茄的综合品质,很容易导致信息的重叠,进而影响评价结果^[16];而利用单个指标无法得出樱桃番茄综合品质的优劣,因此应综合各品质和产量指标进行综合评价。

表 3 樱桃番茄各指标间的 Pearson 相关性分析
Table 3 Pearson correlation analysis on various indexes of cherry tomato

项目 Item	可溶性固形物 Soluble solids	可溶性总糖 Soluble total sugar	还原糖 Transverse diameter	维生素 C Vitamin C	番茄红素 Lycopene	单果质量 Fruit weight
可溶性总糖 Soluble total sugar	0.64**	1.00				
还原糖 Reducing sugar	0.84**	0.58**	1.00			
维生素 C Vitamin C	0.18	0.03	0.15	1.00		
番茄红素 Lycopene	-0.11	0.08	0.00	0.50**	1.00	
单果质量 Fruit weight	-0.54**	-0.32*	-0.46**	0.24	0.38**	1.00
单株产量 Fruit yield per plant	-0.42**	-0.14	-0.29	0.20	0.14	0.71**
可滴定酸 Titratable acid	0.23	0.10	0.10	0.42**	-0.24	0.04
硬度 Hardness	0.03	0.05	0.02	0.33*	0.43**	0.37*
糖酸比 Sugar acid ratio	0.31*	0.18	0.31*	-0.13	0.24	-0.40**
纵径 Longitudinal diameter	-0.45**	-0.31*	-0.22	0.19	0.50**	0.29*
横径 Transverse diameter	-0.52**	-0.31*	-0.43**	0.24	0.32*	0.96**
果形指数 Fruit shape index	0.04	-0.02	0.13	-0.01	0.16	-0.50**

项目 Item	单株产量 Fruit yield per plant	可滴定酸 Titratable acid	硬度 Hardness	糖酸比 Sugar acid ratio	纵径 Longitudinal diameter	横径 Transverse diameter
单株产量 Fruit yield per plant	1.00					
可滴定酸 Titratable acid	0.39**	1.00				
硬度 Hardness	0.04	-0.07	1.00			
糖酸比 Sugar acid ratio	-0.61**	-0.69**	0.12	1.00		
纵径 Longitudinal diameter	0.09	-0.50**	0.21	0.32*	1.00	
横径 Transverse diameter	0.76**	0.16	0.36*	-0.53**	0.21	1.00
果形指数 Fruit shape index	-0.54**	-0.56**	-0.14	0.71**	0.61**	-0.61**

注:*表示在 $P<0.05$ 水平显著相关,**表示在 $P<0.01$ 水平极显著相关。
Note:* indicates significant correlation at $P<0.05$ level,and ** indicates extremely significant correlation at $P<0.01$ level.

2.4 不同品种樱桃番茄各指标的主成分分析

对 15 个樱桃番茄品种的 13 个产量和品质指标进行主成分分析。以特征值大于 1 的原则提取主成分,共提取 4 个主成分,其累积方差贡献率达 83.408%,保留了大部分的原始信息。主成分的相关矩阵特征值及方差贡献率见表 4,各品种指标的主成分载荷矩阵见表 5。

表 4 樱桃番茄各指标的主成分分析

Table 4 Principal component analysis on various indexes of cherry tomato

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	方差贡献率/% Variance contribution	累积方差贡献率/% Cumulative variance contribution	主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	方差贡献率/% Variance contribution	累积方差贡献率/% Cumulative variance contribution
1	4.511	34.703	34.703	8	0.206	1.587	97.147
2	3.034	23.337	58.040	9	0.184	1.414	98.562
3	2.265	17.423	75.462	10	0.096	0.737	99.298
4	1.033	7.945	83.408	11	0.053	0.410	99.708
5	0.747	5.743	89.151	12	0.037	0.283	99.991
6	0.459	3.530	92.681	13	0.001	0.009	100.000
7	0.374	2.879	95.560				

表 5 樱桃番茄各指标的主成分载荷矩阵

Table 5 Principal component load matrix of various indexes of cherry tomato

指标 Index	主成分 Principal component			
	1	2	3	4
横径 Transverse diameter	0.941	0.038	0.183	−0.188
单果质量 Fruit weight	0.905	0.166	0.194	−0.205
单株产量 Fruit yield per plant	0.817	−0.193	0.088	0.060
可溶性固形物 Soluble solids	−0.679	−0.471	0.488	−0.049
糖酸比 Sugar acid ratio	−0.675	0.588	0.180	−0.193
还原糖 Transverse diameter	−0.617	−0.320	0.518	−0.030
纵径 Longitudinal diameter	0.180	0.863	0.151	0.244
可滴定酸 Titratable acid	0.279	−0.799	0.163	0.418
果形指数 Fruit shape index	−0.600	0.685	−0.031	0.351
维生素 C Vitamin C	0.236	−0.028	0.729	0.569
番茄红素 Lycopene	0.229	0.512	0.671	0.016
硬度 Hardness	0.245	0.224	0.622	−0.376
可溶性总糖 Soluble total sugar	−0.455	−0.363	0.477	−0.298

由表 4 和表 5 可知,第 1 主成分方差贡献率达 34.703%,由单果质量、单株产量、横径决定,主要包含了樱桃番茄的单果质量及产量信息,可命名为产量因子。第 2 主成分方差贡献率达 23.337%,主要由果实纵径、果形指数决定,该主成分决定着樱桃番茄的形状,可命名为果形因子。第 3 主成分方差贡献率达 17.423%,主要由维生素 C 和番茄红素含量决定,可命名为营养因子。第 4 主成分方差贡献率达 7.945%,主要由可滴定酸含量决定,可命名为口感因子。

依据林海明等^[17]的方法,以横径(X_1)、单果质量(X_2)、单株产量(X_3)、可溶性固形物含量(X_4)、糖酸比(X_5)、还原糖含量(X_6)、纵径(X_7)、可滴定酸含量(X_8)、果形指数(X_9)、维生素 C 含量(X_{10})、番茄红素含量(X_{11})、硬度(X_{12})、可溶性总糖含量(X_{13}) 13 个指标建立 4 个线性表达式,各主成分的表达式如下:

$$Y_1=0.443X_1+0.426X_2+0.385X_3-0.320X_4-0.318X_5-0.291X_6+0.085X_7+0.131X_8-0.282X_9+0.111X_{10}+0.108X_{11}+$$

$$0.115X_{12}-0.214X_{13}; \tag{6}$$

$$Y_2=0.022X_1+0.095X_2-0.111X_3-0.270X_4+0.338X_5-0.184X_6+0.495X_7-0.459X_8+0.393X_9-0.016X_{10}+0.294X_{11}+0.129X_{12}-0.208X_{13}; \tag{7}$$

$$Y_3=0.122X_1+0.129X_2+0.058X_3+0.324X_4+0.120X_5+0.344X_6+0.100X_7+0.108X_8-0.021X_9+0.484X_{10}+0.446X_{11}+0.413X_{12}+0.317X_{13}; \tag{8}$$

$$Y_4=-0.185X_1-0.202X_2+0.059X_3-0.048X_4-0.190X_5-0.030X_6+0.240X_7+0.411X_8+0.345X_9+0.560X_{10}+0.016X_{11}-0.370X_{12}-0.293X_{13}; \tag{9}$$

$$F=0.347Y_1+0.233Y_2+0.174Y_3+0.079Y_4. \tag{10}$$

根据式(6)~(9)计算每一个主成分的得分,根据式(10)计算每个樱桃番茄品种的综合得分。由于各主成分的因子在因子得分中的方差贡献率不同,因此以各主成分的方差贡献率作为权重,构建综合评价体系(式 10)。由表 6 可知,综合得分排名前 5

的樱桃番茄品种为黄金贝(0.662)、浙樱粉1号(0.334),综合得分比较靠后的樱桃番茄品种为千禧(0.526)、红玉(0.483)、粉贝贝(0.374)、粉佳人(−0.592)、夏日阳光(−0.453)、红珍珠(−0.391)。

表 6 不同品种樱桃番茄各主成分得分及排名

Table 6 Principal component scores and ranking of different cherry tomatoes cultivars										
品种 Cultivar	第 1 主成分 Primary principal component		第 2 主成分 Secondary principal component		第 3 主成分 Third principal component		第 4 主成分 Fourth principal component		综合得分 Composite scores	综合排名 Composite ranking
	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking	得分 Score	排名 Ranking		
夏日阳光 Xiariyangguang	1.019	6	−1.366	14	−3.081	15	0.615	1	−0.453	14
黄金贝 Huangjinbei	1.750	2	0.619	5	−0.231	10	−0.620	14	0.662	1
甜禧 Tianxi	−0.910	10	0.440	6	−0.099	9	−0.029	10	−0.233	10
浙樱粉 1 号 Zheyinfen No. 1	1.846	1	−0.375	10	−0.234	11	0.170	5	0.526	2
黄珍珠 Huangzhenzhu	1.484	4	−1.315	13	−0.943	14	0.551	2	0.088	7
粉贝贝 Fenbeiebi	0.313	7	0.864	4	0.468	6	−0.220	11	0.374	4
紫贝贝 Zibeibei	−1.188	12	0.159	8	1.095	3	−0.027	9	−0.186	8
千禧 Qianxi	−1.009	11	−0.841	11	0.091	7	−0.767	15	−0.592	15
粉佳人 Fenjiaren	0.233	8	−0.187	9	1.630	2	0.154	6	0.334	5
粉水晶 Fenshuijing	−1.248	13	0.427	7	0.554	5	−0.275	12	−0.259	11
串红 Chuanhong	−2.441	15	1.458	1	0.739	4	0.077	7	−0.372	12
金珠 Jinzhu	1.488	3	−0.932	12	−0.931	13	0.241	4	0.156	6
黑珍珠 Heizhenzhu	1.026	5	−1.625	15	−0.904	12	−0.335	13	−0.207	9
红珍珠 Hongzhenzhu	−2.128	14	1.347	2	−0.002	8	0.420	3	−0.391	13
红玉 Hongyu	−0.277	9	1.146	3	1.800	1	−0.020	8	0.483	3

2.5 不同品种樱桃番茄各指标的模糊隶属度函数综合评价

分别对 15 个樱桃番茄品种的 13 个指标进行模糊隶属函数综合评价,各指标隶属函数值及排名如表 7 所示,排名在前 5 的樱桃番茄品种有红玉(0.638)、粉佳人(0.587)、紫贝贝(0.551)、浙樱粉1号(0.539)、黄金贝(0.504)。而夏日阳光、黑珍珠、黄珍珠这 3 个品种排名靠后,其隶属函数值分别为 0.245,0.335 和 0.361。

表 7 不同品种樱桃番茄各指标的隶属函数值及排名

Table 7 The index membership function value and ranking of different cherry tomato cultivars								
品种 Cultivar	隶属函数值 Membership function value							
	可溶性总糖 Soluble total sugar	可滴定酸 Titratable acid	维生素 C Vitamin C	果形指数 Fruit shape index	糖酸比 Sugar acid ratio	硬度 Hardness	番茄红素 Lycopene	可溶性固形物 Soluble solids
夏日阳光 Xiariyangguang	0.334	0.247	0.062	0.312	0.621	0.331	0.000	0.543
黄金贝 Huangjinbei	0.782	1.000	0.000	0.509	0.679	0.444	0.358	0.743
甜禧 Tianxi	0.399	0.701	0.192	0.639	0.524	0.755	0.519	0.271
浙樱粉 1 号 Zheyinfen No. 1	1.000	0.453	0.473	0.391	0.766	0.687	0.919	1.000
黄珍珠 Huangzhenzhu	0.774	0.000	0.415	0.343	0.282	0.588	0.064	0.821
粉贝贝 Fenbeiebi	0.665	0.235	0.451	0.317	0.040	0.412	0.605	0.307
紫贝贝 Zibeibei	0.556	0.123	1.000	0.377	0.151	1.000	0.864	0.671
千禧 Qianxi	0.304	0.773	0.430	1.000	0.623	0.032	0.559	0.229
粉佳人 Fenjiaren	0.736	0.687	0.582	0.969	1.000	0.642	0.511	0.736
粉水晶 Fenshuijing	0.225	0.165	0.482	0.347	0.000	0.437	0.635	0.243
串红 Chuanhong	0.089	0.552	0.473	0.000	0.210	0.840	0.725	0.136
金珠 Jinzhu	0.766	0.313	0.330	0.378	0.448	0.414	0.119	0.729
黑珍珠 Heizhenzhu	0.427	0.190	0.360	0.340	0.278	0.000	0.411	0.600
红珍珠 Hongzhenzhu	0.000	0.845	0.116	0.574	0.635	0.718	0.574	0.000
红玉 Hongyu	0.713	0.736	0.432	0.820	0.937	0.714	1.000	0.664

表 7(续) Continued table 7

品种 Cultivar	隶属函数值 Membership function value						排名 Ranking
	单株产量 Fruit yield per plant	还原糖 Transverse diameter	单果质量 Fruit weight	纵径 Longitudinal diameter	横径 Transverse diameter	平均 Average	
夏日阳光 Xiariyangguang	0.275	0.370	0.000	0.000	0.090	0.245	15
黄金贝 Huangjinbei	0.169	0.655	0.258	0.658	0.294	0.504	5
甜禧 Tianxi	0.019	0.270	0.279	0.861	0.296	0.440	8
浙樱粉 1 号 Zheyinfen No. 1	0.000	1.000	0.044	0.201	0.077	0.539	4
黄珍珠 Huangzhenzhu	0.256	0.423	0.171	0.325	0.230	0.361	13
粉贝贝 Fenbeiebi	1.000	0.543	0.480	0.742	0.612	0.493	7
紫贝贝 Zibeibei	0.388	0.414	0.394	0.720	0.505	0.551	3
千禧 Qianxi	0.081	0.193	0.076	0.878	0.000	0.398	11
粉佳人 Fenjiaren	0.097	0.469	0.159	0.973	0.075	0.587	2
粉水晶 Fenshuijing	0.760	0.185	0.601	0.845	0.691	0.432	9
串红 Chuanhong	0.765	0.135	1.000	0.513	1.000	0.495	6
金珠 Jinzhu	0.261	0.401	0.132	0.345	0.205	0.372	12
黑珍珠 Heizhenzhu	0.322	0.545	0.236	0.373	0.274	0.335	14
红珍珠 Hongzhenzhu	0.300	0.000	0.334	0.948	0.426	0.421	10
红玉 Hongyu	0.302	0.465	0.305	1.000	0.211	0.638	1

3 讨 论

高品质的樱桃番茄应具备良好的外观品质(单果质量、果实形状、果实硬度等)和内在品质(可溶性固形物、可溶性糖、维生素 C、可滴定酸含量等)。张向梅等^[18]指出,果实大小对番茄品质有一定影响,本试验中浙樱粉 1 号单果质量较小,可溶性固形物和可溶性总糖含量最高,而串红单果质量最大,可溶性固形物和可溶性总糖含量很低。刘维侠等^[19]通过分析比较 315 份番茄的果实品质发现,小果形的番茄含糖量要高于大果形的番茄。表明樱桃番茄的果实大小与风味因子之间存在一定的关系,可通过控制果实的大小来控制其品质^[20]。本试验中樱桃番茄的纵径、横径与可溶性固形物含量均呈极显著负相关关系($P<0.01$),与可溶性总糖含量呈显著负相关关系($P<0.05$),这与薛俊等^[21]的研究结果一致。梁梅等^[22]也指出果形指数是影响番茄可溶性总糖含量的主要因素。

番茄果实最佳风味的形成需要较高的糖度和相对较高的酸度,糖度、酸度过高或过低都会降低番茄品质^[23]。本试验中,还原糖含量与糖酸比呈显著正相关($P<0.05$),说明还原糖、总酸含量是构成糖酸比的重要品质指标,这与杨玉珍等^[24]的研究结果一致。番茄红素是番茄营养品质的重要指标,对人体健康有益,番茄红素和可溶性固形物含量是评价樱

桃番茄品质的重要指标^[25]。本试验中红玉的番茄红素含量最高,黄果番茄黄金贝、黄珍珠、金珠、夏日阳光较红果番茄的番茄红素含量低,原因是黄果番茄中番茄红素所占比例很小^[26],这与曲瑞芳等^[27]的研究结果一致。程远等^[20]分析比较了 8 个樱桃番茄品种的品质,其中浙樱粉 1 号的可溶性固形物、可溶性总糖、有机酸含量较高,这与本试验结果一致,但其糖酸比处于较低水平,而本试验中浙樱粉 1 号的糖酸比处于较高水平,可能是基质栽培促进了樱桃番茄对水肥的吸收,提高了水肥利用率,利于果实中可溶性总糖的积累,进而提高了糖酸比。

单果质量、纵径、横径、果形指数及糖酸比、维生素 C、番茄红素、可溶性固形物、可溶性总糖、还原糖、可滴定酸含量等是评价樱桃番茄综合品质的重要指标。目前,国内外建立的多目标综合评价分析方法很多,在农业方面应用较多的有层次分析法、主成分分析法(PCA)、模糊隶属函数综合评价法、灰色关联度分析法等^[28-29]。各评价方法对评价对象的评价结果不同,这是由于评价方法本身的特点决定的^[13,25,30]。高子星等^[31]采用层次分析法对 18 个大果番茄的品质进行综合分析,结果表明适合青海乐都等高寒地区栽培的品种为德赛圣帝和德赛裕宝。张静等^[32]对 60 个樱桃番茄品种的品质进行主成分分析,将 12 个指标转换成 5 个主成分因子,累积方差贡献率达到 80.234%。王晓静等^[33]根据果

形因子、风味因子、硬度因子和营养因子对 18 份番茄种质资源进行了综合评价。由于各个指标之间存在相关性,本试验采用主成分分析法将 15 个樱桃番茄品种的 13 个指标通过降维简化成 4 个主成分因子,累积方差贡献率达到 83.408%,保留了原始数据的大部分信息。通过因子分析,确定影响樱桃番茄综合性状的因子依次为产量因子、果形因子、营养因子和口感因子,对各因子综合得分进行排序,排名前 5 的樱桃番茄品种有黄金贝、浙樱粉 1 号、红玉、粉贝贝、粉佳人。对 15 个樱桃番茄品种的 13 个指标进行模糊隶属函数综合评价,综合品质排名前 5 的品种有红玉、粉佳人、紫贝贝、浙樱粉 1 号、黄金贝。2 种评价方法的评价结果基本一致,主成分分析中粉贝贝可溶性总糖和还原糖含量较高,模糊隶属函数综合评价中紫贝贝维生素 C 和可滴定酸含量较高,可根据当地消费者需求来选择相应品种。

[参考文献]

[1] 庄妍,周维博,李云排,等.基于经济社会发展水平的延安市水资源承载力分析及预测[J].水资源与水工学报,2014,25(3):199-203.
Zhuang Y,Zhou W B,Li Y P,et al. Analysis and forecast of carrying capacity of water resources in Yan'an based on development level of economy and society [J]. Journal of Water Resources and Water Engineering,2014,25(3):199-203.

[2] 张佼,屈锋,朱玉尧,等.增施有机肥和微生物菌剂对春季杨凌设施番茄产量和品质的影响[J].西北农业学报,2019,28(5):767-773.
Zhang J,Qu F,Zhu Y Y,et al. Effects of more organic fertilizer and microbial agents on yield and quality of spring greenhouse tomato in Yangling [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica,2019,28(5):767-773.

[3] 吴雪,王坤元,牛晓丽,等.番茄综合营养品质指标构建及其对水肥供应的响应[J].农业工程学报,2014,30(7):119-127.
Wu X,Wang K Y,Niu X L,et al. Construction of comprehensive nutritional quality index for tomato and its response to water and fertilizer supply [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2014,30(7):119-127.

[4] 董邵云,曹力,张圣平,等.嫁接砧木对黄瓜外观品质及果实风味物质的影响[J].中国蔬菜,2013(22):44-51.
Dong S Y,Cao L,Zhang S P,et al. Effect of grafting on fruit appearance quality and flavor substances in cucumber [J]. China Vegetables,2013(22):44-51.

[5] Martinez-Ruiz A, Lopez-Cruz I L,Ruiz-Garcia A,et al. Uncertainty analysis of modified VegSyst model applied to a soilless culture tomato crop [J]. Acta Horticulturae,2017,1182:249-256.

[6] 郭世荣.固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J].农业工程学报,2005,21(S1):1-4.
Guo S R. Research progress, current exploitations and develop-

ping trends of solid cultivation medium [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2005,21(S1):1-4.

[7] 张佼,屈锋,杨甲甲,等.基质深度及基质袋摆放方式对春季袋培番茄产量、品质和养分吸收的影响[J].中国农业大学学报,2020,25(8):43-53.
Zhang J,Qu F,Yang J J,et al. Effects of substrate depth and substrate bag arrangement on yield, quality and nutrient absorption of bag cultured tomato in spring [J]. Journal of China Agricultural University,2020,25(8):43-53.

[8] 蒋静静,屈锋,苏春杰,等.不同肥水耦合对黄瓜产量品质及肥料偏生产力的影响[J].中国农业科学,2019,52(1):86-97.
Jiang J J,Qu F,Su C J,et al. Effects of different water and fertilizer coupling on yield and quality of cucumber and partial factor productivity of fertilizer [J]. Scientia Agricultura Sinica,2019,52(1):86-97.

[9] Beckles D M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit [J]. Postharvest Biology and Technology,2012,63(1):129-140.

[10] Liu H R,Meng F L,Miao H Y,et al. Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main health-promoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits [J]. Food Chemistry,2018,263:194-200.

[11] 张智,和志豪,洪婷婷,等.基于多层次模糊评判的樱桃番茄综合生长水肥耦合调控[J].农业机械学报,2019,50(12):278-287.
Zhang Z,He Z H,Hong T T,et al. Coupling regulation of water and fertilizer factors for comprehensive growth of cherry tomatoes based on multi-level fuzzy comprehensive evaluation [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2019,50(12):278-287.

[12] 常培培,梁燕,张静,等.5种不同果色樱桃番茄品种果实挥发性物质及品质特性分析[J].食品科学,2014,35(22):215-221.
Chang P P,Liang Y,Zhang J,et al. Volatile components and quality characteristics of cherry tomato from five color varieties [J]. Food Science,2014,35(22):215-221.

[13] 李红峥,曹红霞,郭莉杰,等.沟灌方式和灌水量对温室番茄综合品质与产量的影响[J].中国农业科学,2016,49(21):4179-4191.
Li H Z,Cao H X,Guo L J,et al. Effect of furrow irrigation pattern and irrigation amount on comprehensive quality and yield of greenhouse tomato [J]. Scientia Agricultura Sinica,2016,49(21):4179-4191.

[14] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2006.
Gao J F. Plant physiology experimental guidance [M]. Beijing: Higher Education Press,2006.

[15] 李美娟,陈国宏,陈衍泰.综合评价中指标标准化方法研究[J].中国管理科学,2004,12(10):45-48.
Li M J,Chen G H,Chen Y T. Study on target standardization method of comprehensive evaluation [J]. Management Science in China,2004,12(10):45-48.

- [16] 吴 澎,贾朝爽,范苏仪,等. 樱桃品种果实品质因子主成分分析及模糊综合评价 [J]. 农业工程学报,2018,34(17):291-300.
Wu P, Jia C S, Fan S Y, et al. Principal component analysis and fuzzy comprehensive evaluation of fruit quality in cultivars of cherry [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(17): 291-300.
- [17] 林海明,张文霖. 主成分分析与因子分析的异同和 SPSS 软件;兼与刘玉玫、卢纹岱等同志商榷 [J]. 统计研究,2005(3): 65-69.
Lin H M, Zhang W L. Similarities and differences between principal component analysis and factor analysis and SPSS software; also discussed with Liu Y M, Lu W D and other comrades [J]. Statistical Research, 2005(3): 65-69.
- [18] 张向梅,乔 凯,高艳明,等. 7 种鲜食高品质番茄果实发育与产量品质比较 [J]. 西北农业学报,2019,28(3):433-439.
Zhang X M, Qiao K, Gao Y M, et al. Comparison of fruit development, yield and quality of seven fresh and high-quality tomato varieties [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2019, 28(3): 433-439.
- [19] 刘维侠,曹振木,党选民,等. 番茄种质资源生物学性状的初步观察与评价 [J]. 植物遗传资源学报,2008(1):110-114.
Liu W X, Cao Z M, Dang X M, et al. Preliminary observation and evaluation on biological characters of tomato germplasm resources [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2008(1): 110-114.
- [20] 程 远,万红建,姚祝平,等. 不同品种樱桃番茄氨基酸组成及风味分析 [J]. 核农学报,2019,33(11):2177-2185.
Cheng Y, Wan H J, Yao Z P, et al. Comparative analysis of the amino acid constitution and flavor quality in different cherry tomato varieties [J]. Journal of Nuclear Agriculture, 2019, 33(11): 2177-2185.
- [21] 薛 俊,夏时云,张要武,等. 番茄品质性状的遗传多样性研究 [J]. 华北农学报,2004(4):7-10.
Xue J, Xia S Y, Zhang Y W, et al. Study on diversity of quality characteristics in tomato [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2004(4): 7-10.
- [22] 梁 梅,周 蓉,邹 滔,等. 番茄农艺性状与果实主要营养成分相关性分析 [J]. 西北农业学报,2013,22(5):91-100.
Liang M, Zhou R, Zou T, et al. Analysis of correlation between main nutritional compositions and agronomic traits in tomato [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2013, 22(5): 91-100.
- [23] 程 远,万红建,刘超超,等. 十六个樱桃番茄品种果实风味品质相关指标比较分析 [J]. 浙江农业学报,2018,30(11):1859-1869.
Cheng Y, Wan H J, Liu C C, et al. Comparative analysis of flavor / nutrient determination parameters in 16 different cherry tomato varieties [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2018, 30(11): 1859-1869.
- [24] 杨玉珍,孟超然,张新疆,等. 氮、钾肥用量对膜下滴灌加工番茄产量和品质的影响 [J]. 中国土壤与肥料,2017(1):61-67.
Yang Y Z, Meng C R, Zhang X J, et al. Effect of nitrogen and potassium fertilizer on yield and quality of processing tomato under drip irrigation with plastic film mulching [J]. Soils and Fertilizers Sciences in China, 2017(1): 61-67.
- [25] 李君明,徐和金,周永健. 有关番茄果实中可溶性固形物和番茄红素的研究进展 [J]. 园艺学报,2001,28(S1):661-668.
Li J M, Xu H J, Zhou Y J. The advance of the research on soluble solid and lycopene in tomato fruit [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28(S1): 661-668.
- [26] 姚建刚,张 贺,许向阳,等. 番茄果实成熟过程中色泽变化的研究进展 [J]. 中国蔬菜,2010(8):1-6.
Yao J G, Zhang H, Xu X Y, et al. Research progress on color change during tomato fruit ripening [J]. China Vegetables, 2010(8): 1-6.
- [27] 曲瑞芳,梁 燕,巩振辉,等. 番茄不同品种间番茄红素含量变化规律的研究 [J]. 西北农业学报,2006,15(3):121-123.
Qu R F, Liang Y, Gong Z H, et al. Variances of lycopene contents in different tomato varieties with fruit development [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2006, 15(3): 121-123.
- [28] 吴丽君,魏艳秀. NaCl 胁迫对番茄种子发芽和幼苗生理特性的影响 [J]. 种子,2013,32(11):3-7.
Wu L J, Wei Y X. Effect of NaCl stress on seed germination and physiological characteristics in seedlings of tomato [J]. Seed, 2013, 32(11): 3-7.
- [29] 马洪英,靳力争,李 响,等. 运用隶属函数综合评价 5 个基质培育番茄品种 [J]. 天津农业科学,2016,22(9):123-125.
Ma H Y, Jin L Z, Li X, et al. Evaluation on comprehensive characteristics of 5 substrate cultivated tomato varieties by membership function [J]. Tianjin Agricultural Sciences, 2016, 22(9): 123-125.
- [30] 韩 晓,刘凤之,王孝娣,等. 3 种综合评价法在葡萄砧穗组合环境适应性中的应用 [J]. 果树学报,2017,34(10):1349-1356.
Han X, Liu F Z, Wang X D, et al. Comparison of three comprehensive evaluation methods to evaluate the grape root-stock-scion combination environmental adaptability [J]. Journal of Fruit Science, 2017, 34(10): 1349-1356.
- [31] 高子星,马进芳,胡晓辉. 高寒地区日光温室不同番茄品种产量和品质的比较 [J]. 北方园艺,2019(15):61-68.
Gao Z X, Ma J F, Hu X H. Comparison of yield and quality of fruit tomato cultivars in solar greenhouse in high and cold area [J]. Northern Horticulture, 2019(15): 61-68.
- [32] 张 静,常培培,梁 燕,等. 樱桃番茄主要品质性状的主成分分析与综合评价 [J]. 北方园艺,2014(21):1-7.
Zhang J, Chang P P, Liang Y, et al. Principal component analysis and comprehensive evaluation of quality traits in cherry tomato [J]. Northern Horticulture, 2014(21): 1-7.
- [33] 王晓静,梁 燕,徐加新,等. 番茄品质性状的多元统计分析 [J]. 西北农业学报,2010,19(9):103-108.
Wang X J, Liang Y, Xu J X, et al. Multiple statistics analysis of the quality traits of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) [J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2010, 19(9): 103-108.