

# 昆山地区樱桃番茄新品种筛选试验及综合评价

黄婷<sup>1</sup> 周园园<sup>2</sup> 龚奕杰<sup>2</sup> 梁迎暖<sup>1</sup> 倪琳琳<sup>1</sup> 陈颖<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>江苏省昆山市玉山镇农业服务中心, 昆山 215300; <sup>2</sup>昆山市优来谷成科创中心, 江苏昆山 215300)

**摘要:**为探究不同樱桃番茄品种的综合特性, 筛选出适合昆山地区栽培的高品质樱桃番茄品种, 以 11 个不同的樱桃番茄品种为研究材料, 测定了不同樱桃番茄品种的农艺性状、品质性状等 12 项指标, 同时对各性状间的相关性进行 Pearson 分析, 利用主成分分析和模糊隶属函数分析等方法对各樱桃番茄品种进行了综合评价。结果表明, 不同樱桃番茄品种间各指标均存在显著差异, 花穗数与单株结果数呈极显著正相关, 与单株产量、可溶性固形物呈显著正相关; 单株结果数与单株产量呈极显著正相关, 与可溶性固形物呈显著正相关。利用主成分分析提取出 4 个主成分, 其累积方差贡献率达 86.337%。主成分分析法筛选出综合排名前 3 的品种为釜山 88、浙樱粉、黄妃, 与模糊隶属函数综合评价结果基本一致。因此, 可考虑在昆山地区推广栽培釜山 88、浙樱粉、黄妃。

**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

## Screening Test and Comprehensive Assessment on New Cherry Tomatoes in Kunshan Area

HUANG Ting<sup>1</sup>, ZHOU Yuanyuan<sup>2</sup>, GONG Yijie<sup>2</sup>, LIANG Yingnuan<sup>1</sup>, NI Linlin<sup>1</sup>, CHEN Ying<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Agricultural Service Center of Yushan Town, Kunshan 215300, Jiangsu ;

<sup>2</sup>Science and Innovation Center of Youlaigucheng, Kunshan 215300, Jiangsu )

樱桃番茄(*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme* A. Gray) 是茄科、番茄属栽培变种, 又称小番茄, 是一种高档的蔬菜水果, 其香味独特, 色彩鲜艳, 具有防癌、降血压、降胆固醇等保健作用, 其可溶性固形物、可溶性糖、糖酸比、维生素 C、番茄红素的平均含量均高于普通番茄<sup>[1-2]</sup>。樱桃番茄兼具高食用和高商品价值, 是联合国粮农组织优先推广的“四大蔬果”之一, 深受广大消费者喜爱<sup>[3-4]</sup>。据统计, 目前全世界樱桃番茄种植面积 100 万  $\text{hm}^2$  左右, 主要分布在欧洲的荷兰、西班牙、俄罗斯, 非洲的尼日利亚, 美洲的美国、哥伦比亚及亚洲的以色列、日本、中国等。我国樱桃番茄种植面积约 15 万  $\text{hm}^2$ , 其中近 8 万  $\text{hm}^2$  为设施樱桃番茄, 主要种植地区有山东、江

苏、广西、广东、海南等<sup>[3,5]</sup>。江苏省将设施番茄生产作为重点发展的规模化农业产业<sup>[6]</sup>, 昆山围绕现代都市农业定位, 大力实施产业赋能“百村共兴”行动, 将樱桃番茄作为设施蔬菜的主要栽培种类之一。近年来, 通过引进“三新”技术提升番茄品质, 昆山市地区樱桃番茄年种植面积约 13.33  $\text{hm}^2$  (200 余亩), 逐步形成“线上销售、线下采摘、生超配送”三位一体的销售模式, 实现产值超 1000 万元。选择适宜品种栽培是促进当地产业发展的关键, 各地通过综合评价植株生长指标、果实品质指标等展开了一系列品种筛选和对比试验。谷端银等<sup>[7]</sup>通过分析不同樱桃番茄植株和果实的生长指标、果实品质指标及果实风味品质, 筛选出适宜泰安地区栽培的 3 个品种; 孙雪蕊等<sup>[8]</sup>从 20 个樱桃番茄品种中筛选出营养品质高、风味佳和综合性好的 2 个品种作为北京地区优良樱桃番茄品种的参考; 葛立傲等<sup>[9]</sup>在上海市金山地区新引进的 9 个樱桃番茄品种中发现凤绿表现较好;

**基金项目:** 2022 年全国基层农技推广体系改革与建设补助项目; 江苏(昆山)现代农业(蔬菜)科技综合示范基地 (JATS[2022]137); 2022 年省对市县农业相关专项转移支付项目 -2022 年昆山市农作物品种种质资源收集与保护

赵玉红等<sup>[10]</sup>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,筛选出4个适宜陕北地区基质栽培的樱桃番茄;曲继松等<sup>[11]</sup>从17个日本樱桃番茄品种中筛选出5个适宜宁夏中部干旱带的设施越冬栽培樱桃番茄优异品种;布卡·欧尔娜等<sup>[12]</sup>在新疆奎屯垦区从21个樱桃番茄品种中选出综合表现较好的3个品种。主成分分析法是综合评价的一种有效方法,它可将多个有一定相关性的变量转化为几个互不相关的综合变量,其方差贡献率可作为权重构建可量化的综合评价体系<sup>[13]</sup>。王丹丹等<sup>[14]</sup>利用主成分分析方法综合评价黄瓜的21项指标,筛选出适宜石家庄地区种植黄瓜新品种,宋梦圆等<sup>[15]</sup>利用主成分分析法研究了不同中微量元素叶面肥对樱桃番茄生长、产量和品质的影响,筛选出提高冷棚樱桃番茄产量和品质的合理叶面肥喷施方案;周艳超等<sup>[16]</sup>综合运用描述性分析、主成分分析、聚类分析和判别分析对樱桃番茄进行综合评价,构建出樱桃番茄品质判别函数。

随着消费水平的提升及乡村振兴产业发展需求,常年种植的樱桃番茄品种已经无法满足消费者多元化的需求,不断更新、优化当地樱桃番茄品种,筛选出适合本地区种植,且口味佳、产量高、效益高的樱桃番茄品种,对提升当地番茄产业有着至关重要的作用<sup>[17]</sup>。昆山地区有关番茄的研究目前集中在探索栽培技术、土壤改良以及不同施肥方式等处理对番茄生长发育及土壤影响等方面<sup>[18-24]</sup>,利用综合评价方法筛选引进新品种的研究较少。为进一步促进昆山地区樱桃番茄产业的发展,辐射带动乡村农业种植、农业观光、休闲农业等产业的发展,本研究拟对11个樱桃番茄品种开展筛选试验,结合主成分分析和模糊隶属函数综合评价法对其进行综合评价,为筛选出适合昆山地区大棚栽培的高品质樱桃番茄品种提供参考,为昆山地区高效农业发展提供品种支撑。

## 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 供试樱桃番茄品种共11个(包括对照),具体品种名称及供种单位见表1。

**1.2 栽培管理方法** 本试验于2021年10月至2022年6月在江苏省昆山市玉叶蔬菜基地内进行。2021年10月25日育苗,2021年12月28日定植,选取生长状态一致的不同品种幼苗定植于排

灌方便、土壤肥沃、通风透气性好的土壤中,前茬为生菜。采用双行高畦栽培,沟宽0.5m、株行距为30cm×50cm。底肥以有机肥为主,配施平衡型三元复合肥等。田间管理与当地生产相同,定植、施肥、通风等各项农事操作在试验重复内保持一致,且在同一天内完成。

表1 供试樱桃番茄品种及来源

序号	品种	供种单位
1	JSJD15	江苏省农业科学院
2	JSJD11	江苏省农业科学院
3	JSH21S03	江苏省农业科学院
4	金陵黛玉	江苏省农业科学院
5	阳光樱桃	江苏省农业科学院
6	釜山88	潍坊百斯特种苗有限公司
7	玉金香	上海富农种业有限公司
8	珍珠1号	上海富农种业有限公司
9	黄妃	日本金子种苗株式会社
10	浙樱粉	浙江依农种业有限公司
11	红风铃(CK)	浙江美之奥种业股份有限公司

**1.3 测定指标及方法** 调查记录番茄始花期和始收期,膨果初期第一穗花高、株高、茎粗、叶片数、叶长、叶宽、花穗数、节间长、单株结果数、单果重和产量等。株高:从地面到植株最高处的高度(cm);茎粗:用游标卡尺测量植株最粗处所得数据(cm);产量指标:统计从采收开始持续2个月的产量为前期产量,同时测定平均单株结果数、单果质量和单株产量;可溶性固形物用手持式糖度计测量。

**1.4 统计分析** 采用Excel 2007、IBM SPSS 22.0软件对数据进行方差分析(ANOVA)、DUNCAN新复极差法显著性分析以及主成分分析。隶属函数值计算公式如下。

$$\mu(X_i) = \frac{(X_i - X_{\min})}{(X_{\max} - X_{\min})}; i=1, 2, 3, \dots, n \quad (1)$$

式中: $\mu$ 代表隶属函数值; $X_i$ 为第*i*个综合指标数值; $X_{\max}$ 为第*i*个综合指标的最大值; $X_{\min}$ 为第*i*个综合指标的最小值。

不同综合指标所占权重公式如下。

$$W_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; i=1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

式中: $W_i$ 表示第*i*个综合指标在所有综合指标

中的重要程度即权重;  $P_i$  为第  $i$  个综合指标贡献率。

综合评价指数 ( $D$  值) 采用以下公式进行计算。

$$D = \sum_{i=1}^n \mu_i (X_i) \cdot W_i \quad i=1, 2, 3, \dots, n \quad (3)$$

## 2 结果与分析

**2.1 不同樱桃番茄品种生育期情况** 由表 2 可知, 相同的环境及田间管理下, 不同樱桃番茄品种的始花期具有较大差别, 分布在 2022 年 2 月 13–19 日, 阳光樱桃、黄妃始花期较早, 相较于红风铃 (CK) 提前 6d, JSJD15、金陵黛玉与红风铃 (CK) 一致。各樱桃番茄品种的始收期在 4 月 12–18 日, 其中 JSJD11、JSH21S03、玉金香和黄妃的始收期最早, 比红风铃 (CK) 提前 6d, JSJD15 的始收期与红风铃 (CK) 一致。从始花期到始收期, JSH21S03、金陵黛玉历经时间最短, 为 56d, 与红风铃 (CK) 相比短 2d, 历时最长的为阳光樱桃, 比红风铃 (CK) 晚 2d。

表 2 供试樱桃番茄品种生育期

序号	品种	始花期	始收期
1	JSJD15	2月19日	4月18日
2	JSJD11	2月14日	4月12日
3	JSH21S03	2月15日	4月12日
4	金陵黛玉	2月19日	4月16日
5	阳光樱桃	2月13日	4月14日
6	釜山 88	2月15日	4月14日
7	玉金香	2月14日	4月12日
8	珍珠 1 号	2月17日	4月16日
9	黄妃	2月13日	4月12日
10	浙樱粉	2月15日	4月15日
11	红风铃 (CK)	2月19日	4月18日

**2.2 不同樱桃番茄品种植物学性状分析** 根据不同樱桃番茄品种的植物学性状调查显示 (表 3), 11 个樱桃番茄品种长势不同, 不同品种间各植物学性状差异显著。从株高来看, 各品种均显著高于红风铃 (CK), JSJD15、黄妃、金陵黛玉较高, 与红风铃 (CK) 分别相差 56.4%、49.7%、48.8%, 株高较低的品种有阳光樱桃、釜山 88, 与红风铃 (CK) 分别相差 15.8%、31.0%; 从第一穗花高来看, JSJD11、浙樱粉显著高于红风铃 (CK), 分别高 98.5%、47.0%; 从叶片数来看, 浙樱粉、黄妃、玉金香、釜山 88、JSH21S03 均显著高于红风铃 (CK), 分别多 82.4%、70.6%、64.8%、61.8%、50.0%, 阳光樱桃较红风铃 (CK) 少 5.8%; 从节间长来看, 除珍珠 1 号显著高于红风铃 (CK) 外, 其他品种与红风铃 (CK) 差异均不显著, 比红风铃 (CK) 短的品种有阳光樱桃和玉金香, 分别短 19.6%、15.7%; 从茎粗来看, JSJD11、JSH21S03、JSJD15 与红风铃 (CK) 差异显著, 分别超出 62.6%、48.4%、47.3%, 阳光樱桃、珍珠 1 号分别比红风铃 (CK) 细 14.3%、9.9%。

**2.3 不同樱桃番茄品种产量及营养品质比较** 由表 4 可知, 11 个樱桃番茄品种的产量指标差异显著。从花穗数来看, 靠前的分别是釜山 88、浙樱粉, 均与红风铃 (CK) 差异显著, 均超出 31.6%, 最少的是 JSJD15 和 JSJD11, 与红风铃 (CK) 差异显著, 均低于红风铃 (CK) 31.6%; 从单株结果数来看, 釜山 88、浙樱粉、阳光樱桃、JSH21S03、黄妃均与红风铃 (CK) 差异显著, 单株结果数较多的是釜山 88、浙樱粉和阳光樱桃, 分别超出红风铃 (CK) 106.7%、86.0%、78.0%, 最少的是 JSJD11, 低于

表 3 不同樱桃番茄品种植物学性状

序号	品种	株高 (cm)	第一穗花高 (cm)	叶片数	最大叶长 × 最大叶宽 (cm × cm)	节间长 (cm)	茎粗 (cm)
1	JSJD15	178.33a	26.67bed	11.67de	27.33 × 31.33	26.00ab	1.34ab
2	JSJD11	164.33abc	45.00a	15.33bed	33.00 × 33.33	19.00abc	1.48a
3	JSH21S03	164.67abc	19.00d	17.00abc	32.00 × 24.33	26.33ab	1.35ab
4	金陵黛玉	169.67ab	28.00bed	15.33bed	30.00 × 23.67	26.33ab	0.94cd
5	阳光樱桃	132.00d	24.67bed	10.67e	24.00 × 20.00	13.67c	0.78d
6	釜山 88	149.33c	28.33bed	18.33ab	37.67 × 42.33	28.00ab	1.07bed
7	玉金香	162.67abc	25.00bed	18.67ab	33.67 × 26.33	14.33c	1.01bed
8	珍珠 1 号	160.33bc	31.33bc	14.00cde	29.67 × 23.33	29.33a	0.82d
9	黄妃	170.67ab	28.67bc	19.33ab	36.00 × 26.33	21.00abc	1.16abcd
10	浙樱粉	163.67abc	33.33b	20.67a	32.33 × 31.67	20.33abc	1.24abc
11	红风铃 (CK)	114.00e	22.67cd	11.33de	22.67 × 20.00	17.00bc	0.91cd

表4 不同樱桃番茄品种产量

序号	品种	花穗数	单株结果数	单果重(g)	单株产量(g)	小区产量(kg)	产量较CK±(%)
1	JSJD15	4.33d	52.00def	18.33c	959.33c	230.24c	96.99
2	JSJD11	4.33d	38.00f	15.67cd	594.67c	142.72c	22.11
3	JSH21S03	7.00ab	75.00bc	12.67de	928.33c	222.80c	90.62
4	金陵黛玉	6.00bc	63.67cde	26.00b	1664.67b	399.52b	241.82
5	阳光樱桃	5.67bcd	89.00ab	10.67de	944.67c	226.72c	93.98
6	釜山88	8.33a	103.33a	33.33a	3478.33a	834.80a	614.24
7	玉金香	5.33cd	60.33cde	12.33de	736.67c	176.80c	51.27
8	珍珠1号	5.67bcd	66.67cde	10.67de	686.00c	164.64c	40.86
9	黄妃	6.00bc	69.33cd	13.33de	925.00c	222.00c	89.94
10	浙樱粉	8.33a	93.00a	20.00c	1865.00b	447.60b	282.96
11	红风铃(CK)	6.33bc	50.00ef	9.67e	487.00c	116.88c	/

红风铃(CK) 24.0%;从单果重来看,各樱桃番茄品种均高于红风铃(CK),釜山88、金陵黛玉、浙樱粉、JSJD15、JSJD11与红风铃(CK)差异显著,分别比红风铃(CK)高244.7%、168.9%、106.8%、89.6%、62.0%;从单株产量和小区产量来看,釜山88、浙樱粉、金陵黛玉显著高于红风铃(CK),单株产量分别是红风铃(CK)的7.1倍、3.8倍、3.4倍。

不同樱桃番茄品种营养品质如图1所示。釜山88、浙樱粉、黄妃、珍珠1号的可溶性固形物含量均显著高于红风铃(CK),分别超出41.0%、22.9%、15.7%、13.3%。可溶性固形物含量最高的品种是釜山88,均显著高于其他品种,最低的是JSJD11,但与JSH21S03、阳光樱桃、玉金香、红风铃(CK)差异不显著。

**2.4 樱桃番茄各指标间的相关性分析** 如表5所示,叶片数与叶长呈极显著正相关( $P<0.01$ );叶长与叶宽呈显著正相关( $P<0.05$ );叶宽与单果重呈极

显著正相关( $P<0.01$ ),与可溶性固形物、单株产量呈显著正相关( $P<0.05$ );花穗数与单株结果数呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与单株产量、可溶性固形物呈显著正相关( $P<0.05$ );单株结果数与单株产量呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与可溶性固形物呈显著正相关( $P<0.05$ );单果重与可溶性固形物、单株产量呈极显著正相关( $P<0.01$ );单株产量与可溶性固形物呈极显著正相关( $P<0.01$ )。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,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。

**2.5 不同樱桃番茄品种各指标的主成分分析** 由表6、表7可知,通过对11个樱桃番茄品种的12个指标进行主成分分析,提取特征值大于1的主成分,共提取4个主成分,其累积方差贡献率达86.337%,

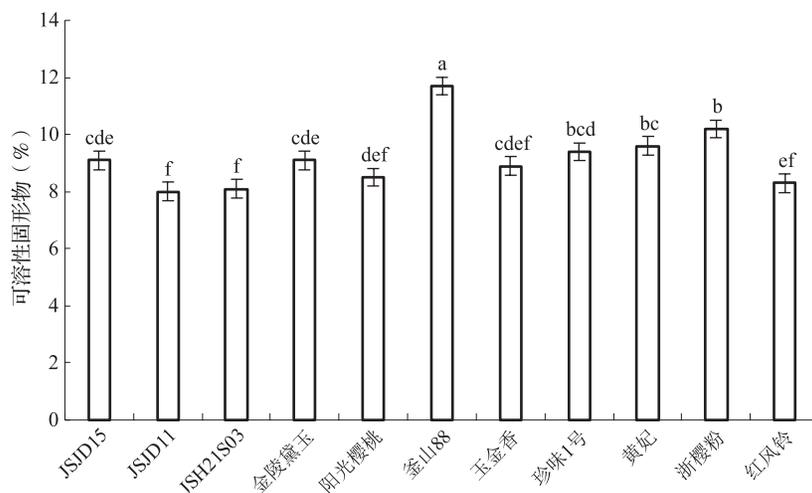


图1 不同樱桃番茄品种营养品质

表5 樱桃番茄各指标间的 Pearson 相关性分析

性状	株高	第一穗花高	叶片数	叶长	叶宽	节间长	茎粗	花穗数	单株结果数	单果重	可溶性固形物	单株产量
株高	1											
第一穗花高	0.295	1										
叶片数	0.469	0.184	1									
叶长	0.573	0.314	0.869**	1								
叶宽	0.351	0.451	0.476	0.691*	1							
节间长	0.464	-0.002	0.112	0.315	0.349	1						
茎粗	0.558	0.383	0.342	0.415	0.527	0.149	1					
花穗数	-0.212	-0.244	0.544	0.335	0.304	0.223	-0.107	1				
单株结果数	-0.121	-0.274	0.383	0.296	0.286	0.156	-0.274	0.811**	1			
单果重	0.267	0.177	0.358	0.505	0.752**	0.498	0.152	0.465	0.441	1		
可溶性固形物	0.137	0.067	0.504	0.565	0.683*	0.419	-0.114	0.648*	0.698*	0.741**	1	
单株产量	0.062	0.015	0.431	0.517	0.720*	0.416	-0.010	0.717*	0.740**	0.913**	0.875**	1

\*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

保留了樱桃番茄大部分原始信息。根据旋转后的载荷矩阵对主成分进行解释,第1主成分中,特征值为5.462,方差贡献率为45.518%,单株产量、可溶性固形物、单株结果数、花穗数、单果重的载荷均在0.727以上,其余指标载荷均在0.500以下;第2主成分特征值为2.710,方差贡献率为22.586%,决定其大小的指标主要是叶片数、叶长、株高、茎粗;第3主成分特征值为1.170,方差贡献率为9.747%,载荷较大的指标主要是第一穗花高、叶宽;第4主成分特征值为1.018,方差贡献率为8.486%,决定其大小的指标主要是节间长。

表6 旋转后的成分矩阵

性状	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4
株高	-0.176	0.691	0.177	0.576
第一穗花高	-0.099	0.182	0.859	-0.071
叶片数	0.436	0.869	0.025	-0.107
叶长	0.414	0.791	0.255	0.144
叶宽	0.549	0.329	0.660	0.249
节间长	0.247	0.098	-0.035	0.900
茎粗	-0.226	0.600	0.472	0.191
花穗数	0.851	0.182	-0.278	-0.109
单株结果数	0.863	0.073	-0.297	-0.068
单果重	0.727	0.068	0.383	0.444
单株产量	0.935	0.062	0.185	0.249
可溶性固形物	0.882	0.142	0.138	0.221

以株高( $X_1$ )、第一穗花高( $X_2$ )、叶片数( $X_3$ )、叶长( $X_4$ )、叶宽( $X_5$ )、节间长( $X_6$ )、茎粗( $X_7$ )、花穗数( $X_8$ )、单株结果数( $X_9$ )、单果重( $X_{10}$ )、单株产量( $X_{11}$ )、可溶性固形物( $X_{12}$ ) 12个指标建立4个线性表达式,各主成分的表达式如下。

$$Y_1=0.162X_1+0.081X_2+0.305X_3+0.338X_4+0.353X_5+0.215X_6+0.109X_7+0.286X_8+0.273X_9+0.361X_{10}+0.387X_{11}+0.375X_{12};$$

$$Y_2=0.435X_1+0.385X_2+0.128X_3+0.228X_4+0.191X_5+0.072X_6+0.467X_7-0.345X_8-0.384X_9-0.023X_{10}-0.195X_{11}-0.171X_{12};$$

$$Y_3=-0.043X_1-0.041X_2+0.569X_3+0.300X_4-0.128X_5-0.555X_6+0.104X_7+0.249X_8+0.163X_9-0.347X_{10}-0.170X_{11}-0.095X_{12};$$

$$Y_4=0.459X_1-0.583X_2+0.162X_3+0.104X_4-0.327X_5+0.500X_6+0.012X_7+0.063X_8+0.057X_9-0.144X_{10}-0.142X_{11}-0.085X_{12}。$$

$X_1 \sim X_{12}$ 是12个性状的数据标准化以后的变量,由以上线性表达式计算每一个主成分的得分。以各主成分方差贡献率在累积贡献率中所占的比重为权重,建立综合评价标准:  $F=0.527Y_1+0.262Y_2+0.113Y_3+0.098Y_4$ ,计算每个樱桃番茄品种的综合得分,由表8可知,综合得分排名前3位的樱桃番茄品种为釜山88、浙樱粉、黄妃。

**2.6 不同樱桃番茄品种品质综合评价** 分别对11个樱桃番茄品种的12个指标进行模糊隶属函数综合评价,根据式(1)~(3),分别计算11个品种的隶属函数值,由表9可知,对同一综合指标如第一综合指标而言,釜山88值最大,为1.000,表明釜山88在主成分1的表现最好,红风铃(CK)最差。综合D

表 7 樱桃番茄各指标间主成分分析(特征向量、特征值和贡献率)

性状	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
株高	0.162	0.435	-0.043	0.459
第一穗花高	0.081	0.385	-0.041	-0.583
叶片数	0.305	0.128	0.569	0.162
叶长	0.338	0.228	0.300	0.104
叶宽	0.353	0.191	-0.128	-0.327
节间长	0.215	0.072	-0.555	0.500
茎粗	0.109	0.467	0.104	0.012
花穗数	0.286	-0.345	0.249	0.063
单株结果数	0.273	-0.384	0.163	0.057
单果重	0.361	-0.023	-0.347	-0.144
单株产量	0.387	-0.195	-0.170	-0.142
可溶性固形物	0.375	-0.171	-0.095	-0.085
特征值	5.462	2.710	1.170	1.018
方差贡献率(%)	45.518	22.586	9.747	8.486
累积方差贡献率(%)	45.518	68.104	77.851	86.337

表 8 不同樱桃番茄品种各主成分得分及排名

序号	品种	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分	综合得分	排名
1	JSJD15	-0.636	1.579	-1.785	0.472	-0.077	7
2	JSJD11	-0.775	3.486	0.005	-1.713	0.335	4
3	JSH21S03	-0.146	0.116	0.619	1.913	0.211	5
4	金陵黛玉	0.444	-0.152	-1.160	0.608	0.123	6
5	阳光樱桃	-2.528	-2.364	0.119	-0.822	-2.018	10
6	釜山 88	5.334	-1.507	-0.767	-0.787	2.254	1
7	玉金香	-0.719	0.414	1.533	0.122	-0.086	8
8	珍珠 1 号	-0.808	-0.209	-0.897	0.733	-0.510	9
9	黄妃	0.592	0.818	1.202	0.643	0.725	3
10	浙樱粉	2.515	-0.283	1.250	-0.420	1.352	2
11	红风铃(CK)	-3.273	-1.898	-0.119	-0.751	-2.309	11

表 9 不同樱桃番茄品种隶属函数值及排名

序号	品种	$\mu(X_1)$	$\mu(X_2)$	$\mu(X_3)$	D 值	排名
1	JSJD15	0.306	0.674	0.000	0.603	8
2	JSJD11	0.290	1.000	0.539	0.000	5
3	JSH21S03	0.363	0.424	0.725	1.000	4
4	金陵黛玉	0.432	0.378	0.188	0.640	7
5	阳光樱桃	0.087	0.000	0.574	0.246	10
6	釜山 88	1.000	0.146	0.307	0.255	1
7	玉金香	0.297	0.475	1.000	0.506	6
8	珍珠 1 号	0.286	0.368	0.268	0.675	9
9	黄妃	0.449	0.544	0.900	0.650	3
10	浙樱粉	0.672	0.356	0.915	0.357	2
11	红风铃(CK)	0.000	0.080	0.502	0.265	11

值的大小反映不同樱桃番茄品种的综合品质大小, D 值越大, 越适宜在该地区种植, 从 D 值排序可得, 综合排名靠前的 3 个品种分别是釜山 88、浙樱粉、黄妃。

### 3 讨论和结论

樱桃番茄为高档蔬菜水果, 其果实品质是影响消费者选购的重要因素, 选择推广品种时应从植物学性状、产量及品质等方面进行综合考量。始花期的早晚直接影响番茄早熟性<sup>[25]</sup>, 较短的生育期能够减少种植过程的成本投入<sup>[26]</sup>, 根据熟性设置茬口, 合理布局品种, 可以获取最大经济收益。本试验中, 不同品种樱桃番茄的始花期、始收期差距在 1 周左右, 阳光樱桃、JSJD11、JSH21S03、黄妃和玉金香可以作为早期上市品种的选择。

植株株高、茎粗和叶片数等生长指标及生物量反映了不同樱桃番茄品种的植株长势差异及与种植地区的适应性<sup>[27-28]</sup>。夏秀波等<sup>[29]</sup>在研究不同处理情况下番茄的长势时, 运用番茄株高、叶面积和节间长等农艺表型性状作为植株发育的形态指标。本试验中, JSJD15、黄妃、金陵黛玉、浙樱粉、JSJD11 植株长势较旺盛, 较适宜本地环境, 在种植过程中需对种植密度进行合理控制。

番茄果实单果重属于多基因控制的数量性状, 其大小取决于细胞膨胀和细胞分裂<sup>[30]</sup>, 本研究得出单果重与单株产量呈极显著正相关关系, 与杨永政等<sup>[31]</sup>单果重对单株产量具有直接作用的研究结果一致。花穗数与单株结果数呈极显著正相关, 与单株产量呈显著正相关, 说明花开的越多, 结实率越高, 从而能实现更高单产。郑锦荣等<sup>[3]</sup>的研究表明, 樱桃番茄的株型、果数和单果重与产量关系密切, 与本研究结论一致, 因此从提高产量角度出发, 需关注花穗数、每穗的结果数和单株结果数。王明媚<sup>[32]</sup>的研究指出, 消费者对樱桃番茄品种的大小更倾向于 10~20g 之间的果实, 本研究中浙樱粉、黄妃、珍珠 1 号、玉金香、阳光樱桃、JSH21S03、JSJD11、JSJD15 单果重均处于该范围内, 是消费者可接受的品种。

可溶性固形物是糖(果糖和葡萄糖)、酸(柠檬酸和苹果酸)以及微量成分的总和, 其含量高低直接影响番茄品质及口感, 是高效表征番茄果实的整体内在品质的重要指标之一<sup>[6, 33-34]</sup>, 本研究选择的品种除

JSJD11、JSH21S03 两个品种低于红凤铃(CK)外, 其余樱桃番茄品种均表现出较高的品质。本研究中, 叶长与叶宽呈显著正相关, 与夏修新等<sup>[35]</sup>的研究结果一致。叶宽与单果重呈极显著正相关, 与单株产量呈显著正相关, 叶宽一定程度表征了叶片面积, 植物的生长和干物质的积累与光合作用密切相关, 番茄果实生长依赖于光合作用<sup>[36]</sup>, 而叶片又是光合作用的主要场所<sup>[37]</sup>。单株结果数与可溶性固形物呈显著正相关, 这与马越等<sup>[38]</sup>研究结果略有不同, 可能是由于表型性状对栽培环境和自然条件较为敏感造成的。

目前国内在农业方面进行品种筛选的综合评价的方法很多, 如层次分析法、主成分分析法、主成分聚类分析、模糊隶属函数综合评价法、灰色关联度分析法、灰色评判 DTOPSIS 法等, 应用范围较为广泛。贾东海等<sup>[39]</sup>利用灰色评判分析法筛选出适宜在新疆地区生产应用的首选品种; 王丹丹等<sup>[14]</sup>选取 21 项指标对 12 个黄瓜新品种展开主成分分析, 筛选出最适宜在石家庄地区种植的黄瓜新品种; 孙涛等<sup>[40]</sup>以 14 个薄皮甜瓜品种为试材, 应用主成分分析方法确定了陕北地区适宜有机基质栽培的 4 种甜瓜。主成分分析方法能够用少量综合指标代替原来多个指标大部分信息, 可从多个角度指导品种选择<sup>[16]</sup>, 适宜作为综合评价的依据, 同时结合隶属函数分析法也能得到综合判定。本试验中, 对 11 个樱桃番茄品种的 12 个指标进行主成分分析, 可综合成 4 个主成分, 代表了 86.337% 的原始信息, 由主成分分析结果得到 4 个主成分的函数表达式及综合评价标准:  $F=0.527Y_1+0.262Y_2+0.113Y_3+0.098Y_4$ , 由此得出 11 个樱桃番茄品种的综合得分, 釜山 88、浙樱粉、黄妃的得分排名靠前, 同时模糊隶属函数综合评价也得出同样的结果。

同一地区连续种植同一番茄品种会引发连作障碍, 伴随而来的问题是病虫害增加, 从而导致番茄产量和品质下降<sup>[41]</sup>。因此, 需要优化品种结构, 根据不同的生产目标选用不同类型的品种。综合以上分析, 适宜在昆山地区推广的番茄新品种可以考虑釜山 88、浙樱粉、黄妃。性状和品质的主成分分析为品种选择提供了理论依据, 但更需结合投入产出比和市场需求, 进一步增强樱桃番茄新品种筛选评价的准确性和可推广性。

## 参考文献

- [1] Liu H, Meng F, Miao H, Chen S, Yin T, Hu S, Shao Z, Liu Y, Gao L, Zhu C, Zhang B, Wang Q. Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main health-promoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits. *Food Chemistry*, 2018, 10 ( 263 ): 194-200
- [2] 张智, 和志豪, 洪婷婷, 朱常安, 蔡泽林, 刘建飞. 基于多层次模糊评判的樱桃番茄综合生长水肥耦合调控. *农业机械学报*, 2019, 50 ( 12 ): 278-287
- [3] 郑锦荣, 李艳红, 聂俊, 谭德龙, 谢玉明, 张长远. 设施樱桃番茄产业概况及研究进展. *广东农业科学*, 2020, 47 ( 12 ): 212-220
- [4] Tieman D, Zhu G, Resende J R M F, Lin T, Nguyen C, Bies D, Rambal J L, Beltran K S O, Taylor M, Zhang B. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. *Science*, 2017, 355 ( 6323 ): 391-394
- [5] 祖兆忠, 张波, 黄武强. 樱桃番茄设施栽培研究进展. *黑龙江农业科学*, 2017 ( 6 ): 136-140
- [6] 田永强, 高丽红. 设施番茄高品质栽培理论与技术. *中国蔬菜*, 2021 ( 2 ): 30-40
- [7] 谷端银, 常青, 王晓云, 焦娟, 赵森, 高俊杰. 日光温室秋冬茬不同品种樱桃番茄生长及品质特性研究. *北方园艺*, 2022 ( 18 ): 46-51
- [8] 孙雪蕊, 徐承瑛, 范银盈, 王楷朋, 祝晓雨, 王建立, 孙路路, 杨瑞. 北京地区设施樱桃番茄品种的比较与筛选. *北京农学院学报*, 2022, 37 ( 4 ): 52-56
- [9] 葛立傲, 陈红辉, 黄俭, 俞艳, 王连华, 刘小英, 杨学东, 张卫红. 上海地区设施栽培不同樱桃番茄性状与品质分析. *长江蔬菜*, 2023 ( 2 ): 38-41
- [10] 赵玉红, 孙涛, 朱柯钰, 张琪, 高子星, 胡晓辉. 陕北基质栽培樱桃番茄品种的筛选. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2021, 49 ( 10 ): 73-82
- [11] 曲继松, 张丽娟, 朱倩楠, 杜海东, 王瑞, 丁逸菲. 宁夏日光温室越冬茬樱桃番茄栽培适应性的比较. *北方园艺*, 2020 ( 19 ): 57-63
- [12] 布卡·欧尔娜, 宋梅, 黄敏. 新疆奎屯垦区樱桃番茄品种初步筛选及评价. *江苏农业科学*, 2020, 48 ( 17 ): 129-133
- [13] 齐连芬, 王丹丹, 牛瑞生, 李燕, 张庆银, 师建华. 基于主成分分析的温室番茄最佳有机肥与微生物菌剂配比. *北方园艺*, 2019 ( 1 ): 7-13
- [14] 王丹丹, 李燕, 张庆银, 齐连芬, 李军虎, 师建华. 基于主成分分析的黄瓜新品种引进筛选综合评价. *北方园艺*, 2022 ( 23 ): 21-28
- [15] 宋梦圆, 李佳璠, 许盟盟, 高丽红, 谢越. 中微量元素叶面肥处理对樱桃番茄生长、产量和品质的影响. *北方园艺*, 2022 ( 6 ): 24-31
- [16] 周艳超, 薛坤, 葛海燕, 陈火英, 刘杨. 基于主成分与聚类分析的樱桃番茄品质综合评价. *浙江农业学报*, 2021, 33 ( 12 ): 2320-2329
- [17] 葛芙蓉, 郭焕茹, 张维玲, 范雪莲. 宁波北仑区樱桃番茄品种比较试验. *长江蔬菜*, 2022 ( 12 ): 39-42
- [18] 陈玉林, 倪琳琳, 周园园, 龚奕杰, 王珊, 冯均科, 唐静, 陈颖. 生物刺激素在设施番茄上的应用效果研究. *上海蔬菜*, 2022 ( 1 ): 51-55
- [19] 倪琳琳, 王珊, 陈颖, 周园园, 龚奕杰, 徐如鉴. 不同氮肥处理对番茄生长发育及土壤的影响试验初报. *上海农业科技*, 2020 ( 6 ): 116-118
- [20] 沈盟, 蒋芳玲, 王珊, 唐静, 吴震. 生物质炭施用量对土壤性状和番茄产质量的影响. *土壤*, 2017, 49 ( 3 ): 534-542
- [21] 杨振, 姚科伟, 张莹. 樱桃番茄黄冠二号反季节栽培技术. *上海蔬菜*, 2018 ( 4 ): 28-29
- [22] 周园园, 倪琳琳, 龚奕杰, 王珊, 冯均科, 唐静, 陈颖, 邹品中. 不同复合有益菌对土壤改良和番茄产量及品质影响. *农业与技术*, 2021, 41 ( 20 ): 81-85
- [23] 周园园, 王珊, 陈颖, 唐静, 冯均科, 倪琳琳, 袁利荣, 龚奕杰. 设施樱桃番茄岩棉立体栽培技术. *农业与技术*, 2020, 40 ( 14 ): 92-94
- [24] 周园园, 张树华. 苏州地区早春番茄-越夏鸡毛菜-冬芹菜高效栽培模式. *北方园艺*, 2015 ( 9 ): 201-202
- [25] 程智慧. 蔬菜栽培学各论. 北京: 科学出版社, 2010
- [26] 徐厚成, 程明, 安顺伟, 孟范玉, 田雅楠, 晋彭辉. 北京地区无土栽培越冬茬番茄品种筛选. *北方园艺*, 2016 ( 15 ): 47-49
- [27] 曹华. 高端优质鲜食番茄品种及关键栽培技术. *中国蔬菜*, 2018 ( 4 ): 99-102
- [28] 唐宇, 包慧芳, 詹发强, 侯敏, 王宁, 杨蓉, 林子敬, 龙宣杞. 化肥减施条件下配施生物有机肥对番茄生长及品质的影响. *新疆农业科学*, 2019, 56 ( 5 ): 841-854
- [29] 夏秀波, 于贤昌, 高俊杰. 水分对有机基质栽培番茄生理特性、品质及产量的影响. *应用生态学报*, 2007, 18 ( 12 ): 2710-2714
- [30] Tanksley S D. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. *The Plant Cell*, 2004, 16 ( S1 ): 181-189
- [31] 杨永政, 梁燕. 樱桃番茄主要农艺性状与产量的相关及通径分析. *北方园艺*, 2006 ( 3 ): 1-2
- [32] 王明娟. 浅谈国内水果番茄市场现状. *农业工程技术*, 2020, 40 ( 31 ): 34-37
- [33] 冀胜鑫, 李敬蕊, 张斌, 宫彬彬, 吴晓蕾, 高洪波. 不同番茄品种果实品质差异初步分析. *北方园艺*, 2021 ( 1 ): 15-22
- [34] 陈阿敏, 裴芸, 徐秀红, 陆锦彪, 严飞, 张万萍. 贵州地方樱桃番茄资源产量品质比较分析. *种子*, 2021, 40 ( 12 ): 75-82
- [35] 夏修新, 杨林, 周采鸿, 陈江辉, 吴双, 刘国豪, 倪穗. 水果番茄品种资源的农艺表型性状多样性分析. *宁波大学学报: 理工版*, 2023, 36 ( 1 ): 10-21
- [36] Heuvelink E. Greenhouse tomato production. *Crop Production Science in Horticulture*. 2005, 12 ( 3 ): 394-399
- [37] Stefan H, Bernhard K. Chlorophyll breakdown in higher plants. *Biochimica et Biophysica Acta-Bioenergetics*, 2011, 1807 ( 8 ): 977-988
- [38] 马越, 李玉珊, 赵连佳, 郭雅文, 宋羽, 许红军. 15份番茄种质资源在新疆适应性综合评价. *新疆农业科学*, 2022, 59 ( 5 ): 1099-1109
- [39] 贾东海, 李强, 顾元国, 王娟, 陈跃华. 冬油菜新品种筛选及灰色综合评价. *新疆农业科学*, 2012, 49 ( 5 ): 815-819
- [40] 孙涛, 甘海玲, 周道明, 黄文献, 胡晓辉. 陕北有机基质栽培薄皮甜瓜品种筛选. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2022, 50 ( 12 ): 128-136
- [41] 王诚, 李富荣, 池帮飞. 浙南地区黄妃樱桃番茄秋冬大棚高效种植技术. *长江蔬菜*, 2019 ( 13 ): 49-51

(收稿日期: 2023-08-26)