



李振勤, 李旭青, 闫笑, 王轶, 吴然, 张文亮, 姚则羊, 马丽, 刘娜, 齐春蔚, 宋涛, 赵靖, 郑一飞, 边光亚. 15个樱桃番茄品种单株产量与主要农艺性状的灰色关联分析及综合评价[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(11):63-73.

LI Zhenqin, LI Xuqing, YAN Xiao, WANG Yi, WU Ran, ZHANG Wenliang, YAO Zeyang, MA Li, LIU Na, QI Chunwei, SONG Tao, ZHAO Jing, ZHENG Yifei, BIAN Guangya. Grey correlation analysis and comprehensive evaluation of the yield per plant and main agronomic characters of 15 cherry tomato varieties [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(11):63-73.

DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.11.07

15个樱桃番茄品种单株产量与主要农艺性状的灰色关联分析及综合评价

李振勤¹ 李旭青² 闫笑¹ 王轶³ 吴然¹ 张文亮¹ 姚则羊¹ 马丽¹
刘娜¹ 齐春蔚² 宋涛⁴ 赵靖⁵ 郑一飞¹ 边光亚^{1*}

- (1. 石家庄市农林科学研究院, 石家庄 050021;
2. 富邦农业高科技有限公司, 石家庄 050021;
3. 河北农业大学 园林与旅游学院, 河北 保定 071001;
4. 河北盛祥市政园林工程有限公司, 石家庄 050021;
5. 石家庄市林木良种繁育管护中心, 石家庄 050041)

摘要 为丰富太行山冷凉区樱桃番茄品种, 提高农民种植效益, 满足夏季人们对樱桃番茄的消费需求, 对平山县太行山区引进的15个樱桃番茄品种进行植株性状和果实性状等测定, 并对主要农艺性状作变异性、相关性和灰色关联分析。结果表明: 15个樱桃番茄主要农艺性状变异系数最大的是单果重, 其次为穗结果数, 变异系数最小的是可溶性固形物含量; 各性状间存在不同程度的相关性且绝大部分为显著或极显著相关; 每个性状与单株产量存在不同程度关联, 关联度排序为果实纵径>平均单果重>果实横径>叶宽>节间长度>平均穗结果数>茎粗>叶长>可溶性固形物含量>叶片数。综合评价发现, 樱桃番茄品种‘绿翡翠’‘紫桃二号’‘中樱8号’表现较好, 适宜太行山冷凉区种植推广。研究表明, 应用灰色关联法对15个樱桃番茄品种的11个性状进行综合评价是可行的。本研究可为太行山冷凉区樱桃番茄优良品种的筛选提供参考, 同时对越夏茬口番茄推广种植具有重要意义。

关键词 太行山; 樱桃番茄; 灰色关联; 综合评价

中图分类号 S641.2 文章编号 1007-4333(2024)11-0063-11 文献标志码 A

Grey correlation analysis and comprehensive evaluation of the yield per plant and main agronomic characters of 15 cherry tomato varieties

LI Zhenqin¹, LI Xuqing², YAN Xiao¹, WANG Yi³, WU Ran¹, ZHANG Wenliang¹,
YAO Zeyang¹, MA Li¹, LIU Na¹, QI Chunwei², SONG Tao⁴, ZHAO Jing⁵,
ZHENG Yifei¹, BIAN Guangya^{1*}

- (1. Shijiazhuang Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Shijiazhuang 050021, China;
2. Fubang Agricultural High-Tech Co., Ltd., Shijiazhuang 050021, China;
3. College of Landscape Architecture and Tourism, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;
4. Hebei Shengxiang Municipal Landscape Engineering Co., Ltd., Shijiazhuang 050021, China;
5. Shijiazhuang Forest Seed Breeding Management and Protection Center, Shijiazhuang 050041, China)

收稿日期: 2024-01-31

基金项目: 河北省重点研发计划项目(20326911D); 河北省农业科技成果转化资金项目(21626903D); 河北省现代农业产业技术体系设施蔬菜创新团队项目(HBCT2023100203)

第一作者: 李振勤(ORCID:0009-0007-6641-9452), 正高级农艺师, 主要从事花卉蔬菜栽培与育种研究, E-mail: hhyjs@163.com

通讯作者: 边光亚(ORCID:0009-0003-4287-3969), 高级工程师, 主要从事花卉蔬菜栽培与育种研究, E-mail: 13315126266@163.com

Abstract Aims of this study were to enrich cherry tomato varieties in the cold area of Taihang Mountain, improve farmers' planting efficiency and meet consumers' demand for cherry tomato in summer. Fruit characters of 15 introduced cherry tomato varieties in Taihang Mountain of Pingshan County were measured, and the variability, correlation and grey correlation of main agronomic characters were analyzed. The results showed that the largest coefficient of variation among the main agronomic characters of the 15 cherry tomatoes was single fruit weight, followed by the grains number per spike, and the smallest coefficient of variation was soluble solid content. There are different degrees of correlation among the traits, and the majority of the traits displayed significant or extremely significant correlation; Each trait had different degree of correlation with yield per plant. The correlation between yield per plant and yield-related characters was ranked from high to low as follows: Longitudinal diameter, average fruit weight, transverse diameter of fruit, leaf width, internode length, average panicle number stem size, leaf length, soluble solid content and leaf number. The results of comprehensive evaluation showed that the cherry tomato varieties "Lvfeicui", "Zitao No. 2" and "Zhongying No. 8" performed well and were suitable for planting and popularizing in the cool area of Taihang Mountain. In conclusion, it is feasible to comprehensively evaluate 11 characters of 15 cherry tomato varieties by grey correlation method. This study can provide reference for the selection of excellent varieties and breeding target of cherry tomato in the cold area of Taihang Mountain, and has important production significance for the popularization of crop tomato planting over summer.

Keywords Taihang Mountain; cherry tomato; grey correlation; comprehensive assessment

樱桃番茄为茄科(Solanaceae)番茄属(*Solanum*)一年生或多年生草本植物,有红、黄、绿和粉等果色;果实小巧鲜艳,酸甜可口,不仅可作为蔬菜,也可作为水果;其营养价值高、品质优良、风味独特,深受消费者喜爱^[1-3]。其中,果实性状如单果大小和可溶性固形物含量是评价其质量的重要指标^[4]。番茄生长喜温暖、忌高温,而河北省大部分地区属于温带大陆性季风气候,四季分明,夏季高温多雨,存在越夏栽培高温障碍,并不适宜越夏茬口番茄栽培生产^[5]。河北省石家庄市平山县合河口乡,地处晋冀两省太行山冷凉区,海拔高度800~2 200 m,属于暖温带半湿润季风大陆性气候,气候凉爽、四季分明,并且该地区土壤肥沃、腐殖质丰富,昼夜温差大、光照充足,气候与环境非常适宜越夏茬口番茄种植生产^[6-7]。目前尚未发现对河北太行山冷凉区樱桃番茄品种进行评价筛选的研究报道,因此,在河北太行山冷凉区开展番茄评价筛选研究,对河北省冷凉山区夏季番茄栽培研究具有重要意义。

近年来,研究者们通过多种方法对番茄品种进行筛选和评价,但主要集中在番茄加工和品质等方面,关于番茄主要农艺性状与产量的灰色关联分析及综合评价相对较少。谭秀英等^[8-9]为丰富清镇地区番茄品种,对43个番茄和18个樱桃番茄进行引种筛选研究,筛选出适宜当地种植的番茄品种。

朱艳等^[10]应用主成分分析法对不同滴头埋深和灌水水平下加气灌溉对温室番茄产量和质量进行综合评价,发现了可兼顾节水和温室番茄高产、优质要求的灌水水平和滴头埋深的加气灌溉处理。Raigón等^[11]对传统番茄品种果实品质进行测定分析,为改良番茄品种、恢复过去风味奠定基础。李有福等^[12]采用相关性分析、主成分分析和聚类分析方法,对河西荒漠绿洲区加工番茄果实品质综合评价,筛选出3份适宜用作加工型番茄品种选育和遗传改良的亲本材料。Cheng等^[13]对71份番茄材料风味进行评价,根据DTOPSIS分析结果将71份材料分为了4类,并筛选出7种风味较好的材料。石晁坤等^[14]应用层次分析法筛选出5个优质高产番茄品种。王仁杰等^[15]应用相关性分析和主成分分析对市场上常见的10个番茄品种的营养品质和感官品质进行了综合评价。夏修新等^[16]对国内外17种水果番茄品种进行变异性分析、相关性分析和聚类分析,发现17种水果番茄品种的农艺表型性状具有多样性,且品种之间差异显著。王雪铭等^[17]对新疆11种加工番茄营养成分进行分析研究,筛选出可溶性固形物高、糖酸比适宜和番茄红素含量高的品种‘3535’和‘1015’。韩泽群等^[18]对22个加工番茄品种(系)的17项农艺性状建立加工番茄综合评价,发现主成分分析和聚类分析可以推广应用到番

茄选种、育种方面的研究。刘珮君等^[19]对收集到的 166 份番茄种质资源材料进行遗传多样性分析、相关性分析、主成分分析、聚类分析和综合评价,筛选出综合表现最佳的材料。

灰色关联度分析法是针对灰色系统以决定因素主次及其相关联程度的一种方法^[20],可较为全面地对品种选择进行综合评价,具有较强的可靠性和可比性。目前灰色关联度分析法在水稻、小麦、玉米、大豆、甘薯和芝麻等品种单株产量和相关农艺性状之间的关联程度及品种筛选中都有报道,而关于樱桃番茄灰色关联分析及综合评价的报道较少。因此,本研究拟选用灰色关联分析法对太行山冷凉区引进的樱桃番茄进行品种单株产量与主要农艺性状的灰色关联分析及综合评价,以期为太行山冷凉区越夏茬口樱桃番茄品种选择提供参考,促进太行山区番茄产业发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究以引进 15 个樱桃番茄品种为试验材料,名称和编号分别为:‘黄金果’(X₁)、‘美味千禧’(X₂)、‘紫桃二号’(X₃)、‘紫贝贝一号’(X₄)、‘绿翡翠’(X₅)、‘吡蜜’(X₆)、‘中樱 8 号’(X₇)、‘樱红 1 号’(X₈)、‘樱粉 4 号’(X₉)、‘樱黄 1 号’(X₁₀)、‘浙樱粉 1 号’(X₁₁)、‘浙樱黄 2 号’(X₁₂)、‘浙樱粉 3 号’(X₁₃)、‘橙蜜 1 号’(X₁₄)和‘橙蜜 2 号’(X₁₅)。

1.2 研究方法

试验于 2022 年 3—9 月在石家庄市平山县合河口乡常峪村塑料大棚进行,定植前安装滴灌,覆盖黑色地膜,正常栽培管理。植株于 4 月 20 日定植,株行距 40 cm×80 cm。植株 6 穗果后打顶,单干整枝,盛果期进行植株性状、果实性状和产量性状调查,每个品种调查 10 株。试验数据使用 Excel、SPSS 进行数据整理、图表制作及统计分析。

1.3 灰色关联度分析

单株产量及其构成因素用灰色关联度方法分析^[21-23]。把 15 个樱桃番茄品种单株产量和其他 10 个主要性状视为一个灰色系统,并将单株产量(Y₀)设定为参考数列,叶长(Y₁)、叶宽(Y₂)、叶片数(Y₃)、节间长度(Y₄)、茎粗(Y₅)、可溶性固形物含量(Y₆)、果实纵径(Y₇)、果实横径(Y₈)、平均穗结果数(Y₉)和平均单果重(Y₁₀)这 10 个性状设为比较数

列。按照式(1)对原始数据标准化处理后,计算各比较数列(Y_i)与参考数列(Y₀)绝对差值Δ_i(k),再根据式(2)计算单株产量与其他性状关联系数ξ_i(k)。

$$Y_i(k) = [Y_i'(k) - Y_i] / S_i \quad (1)$$

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta_i(k)_{\min} + \rho \Delta_i(k)_{\max}}{\Delta_i(k) + \rho \Delta_i(k)_{\max}} \quad (2)$$

式中:Y_i(k)为标准化处理后值;Y_i'(k)为原始数值;Y_i为同一性状平均值;S_i为同一性状标准差;ξ_i(k)为关联系数;ρ为分辨系数,取值 0.5。Δ_i(k)=|Y₀(k)-Y_i(k)|表示标准化处理后的参数与参考数列差数的绝对值。

1.4 综合评价

评价不同品种优劣时,根据刘美茹等^[24]、兰孟焦等^[25]方法,将供试品种的最优值设为理想品种X₀^[26]。方法参考 1.3,首先对原始数据进行标准化处理,即参试品种X_i(k)除以理想品种理想值X₀(k),然后计算各参试品种与理想品种各性状绝对差值Δ_i(k),再根据式(2)计算参试品种与理想品种关联系数ξ_i(k)。同一品种各性状ξ_i(k)平均值为该品种等权关联度r_i(k)。根据各性状重要程度赋予不同权重,计算加权关联度r_i'(k)。

$$\text{等权关联度: } r_i(k) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (3)$$

$$\text{加权关联度: } r_i'(k) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n W_k \xi_i(k) \quad (4)$$

式中:n为评价性状个数;k为评估的性状数;W_k为各关联系数的权重。

2 结果与分析

2.1 樱桃番茄主要农艺性状表现及变异分析

对引进樱桃番茄品种的叶长、叶宽、叶片数、节间长度、茎粗、可溶性固形物含量、果实纵径、果实横径、平均穗结果数、平均单果重和平均单株产量这 11 个性状进行描述统计分析(表 1),其变异系数分别为 16.01%、17.93%、9.27%、17.72%、15.53%、8.06%、32.57%、23.39%、59.11%、81.11% 和 44.04%。表明引进的樱桃番茄品种在植株性状和果实性状上存在丰富的多样性,其中平均单果重变异最丰富,其次是平均穗结果数和平均单株产量。‘绿翡翠’平均单果数最重为 68.07 g,平均单株产量最大为 4.25 kg;‘中樱 8 号’叶宽最大为 49.80 cm,茎粗最大为 18.51 mm,表明植株性状表现较好;‘浙

表1 不同樱桃番茄品种主要农艺性状表现
Table 1 Main agronomic characters and variation analysis of different cherry tomato varieties

品种 Cultivar	Y ₁ /cm	Y ₂ /cm	Y ₃ /个	Y ₄ /cm	Y ₅ /mm	Y ₆ /%	Y ₇ /mm	Y ₈ /mm	Y ₉ /个	Y ₁₀ /g	Y ₀ /kg
黄金果 Huangjinguo	49.64	43.52	22	7.60	16.83	7.09	40.07	27.26	19	15.72	1.80
美味千禧 Delicious qianxi	42.55	43.25	20	7.27	13.83	7.17	38.48	31.00	11	19.81	1.35
紫桃二号 Zitao No. 2	30.60	26.62	21	14.05	11.49	5.92	50.68	50.29	8	63.50	3.01
紫贝贝一号 Zibeibei No. 1	34.50	30.28	21	8.30	14.57	6.73	35.32	36.39	12	25.41	1.87
绿翡翠 Lvfeicui	44.32	48.01	22	11.07	14.66	5.78	67.68	43.00	10	68.07	4.25
吡蜜 Yami	33.69	32.62	23	9.40	11.59	7.27	28.20	29.29	15	11.67	1.05
中樱8号 Zhongying No. 8	49.05	49.80	19	10.85	18.51	6.41	42.71	36.41	15	28.49	2.50
樱红1号 Yinghong No. 1	48.50	45.75	20	11.00	18.34	7.10	29.49	29.29	23	13.36	1.86
樱粉4号 Yingfen No. 4	43.00	46.00	21	13.30	16.07	7.01	39.97	32.22	16	23.39	2.20
樱黄1号 Yinghuang No. 1	53.85	48.60	22	11.00	17.42	6.41	28.17	27.71	18	11.69	1.24
浙樱粉1号 Zheyingsfen No. 1	43.15	35.65	24	12.10	15.49	7.38	28.24	30.19	13	14.12	1.14
浙樱黄2号 Zheyingshuang No. 2	38.05	36.45	25	11.25	12.09	7.24	20.09	19.28	52	4.12	1.27
浙樱粉3号 Zheyingsfen No. 3	37.20	36.25	25	10.50	12.82	6.29	36.75	33.98	16	23.64	2.25
橙蜜1号 Chengmi No. 1	50.20	47.05	26	10.50	16.85	7.70	31.15	28.53	17	13.39	1.36
橙蜜2号 Chengmi No. 2	45.90	44.10	22	11.00	15.44	6.84	24.59	24.82	35	8.30	1.75
最小值 Minimum value	30.60	26.62	19	7.27	11.49	5.78	20.09	19.28	8	4.12	1.05
最大值 Maximum value	53.85	49.80	26	14.05	18.51	7.70	67.68	50.29	52	68.07	4.25
平均值 Average value	42.95	40.93	22	10.61	15.07	6.82	36.11	31.98	19	22.98	1.93
标准差 Standard deviation	6.87	7.34	2.04	1.88	2.34	0.55	11.76	7.48	11.23	18.64	0.85

注: Y₀, 平均单株产量; Y₁, 叶长; Y₂, 叶宽; Y₃, 叶片数; Y₄, 节间长度; Y₅, 茎粗; Y₆, 可溶性固形物含量; Y₇, 果实纵径; Y₈, 果实横径; Y₉, 平均穗结果数; Y₁₀, 平均单果重。下同。

Note: Y₀, average yield per plant; Y₁, leaf length; Y₂, leaf width; Y₃, leaf count; Y₄, internodal length; Y₅, stem thickness; Y₆, soluble solid content; Y₇, longitudinal diameter of fruit; Y₈, transverse diameter of fruit; Y₉, the number of fruits per ear; Y₁₀, average fruit weight. The same below.

樱黄2号’平均穗结果数最大为52个,但平均单果重较小为4.12 g,说明此品种在管理中应及时整穗,调整穗结果数与单果重的大小关系。

2.2 樱桃番茄各性状间的相关性分析

对樱桃番茄农艺性状进行相关分析(表2)。结果显示:叶长与叶宽、茎粗呈极显著正相关($P<0.01$),相关系数为0.901和0.884;叶宽与茎粗呈极

显著正相关($P<0.01$),相关系数为0.781;可溶性固形物含量与果实纵径、果实横径、平均单果重、平均单株产量呈极显著负相关($P<0.01$),相关系数为-0.704、-0.733、-0.788和-0.810。以上结果说明,樱桃番茄叶宽和叶长的生长受到茎粗的影响,果实纵径、果实横径、平均单果重和平均单株产量是可溶性固形物含量的限制因素。

表2 主要性状间相关性分析
Table 2 Correlation analysis of main agronomic traits

性状 Agronomic trait	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_0
Y_1	1										
Y_2	0.901**	1									
Y_3	-0.100	-0.204	1								
Y_4	-0.131	-0.082	0.079	1							
Y_5	0.884**	0.781**	-0.337	-0.060	1						
Y_6	0.189	0.050	0.349	-0.306	0.146	1					
Y_7	-0.098	0.111	-0.353	0.118	-0.044	-0.704**	1				
Y_8	-0.396	-0.280	-0.379	0.326	-0.202	-0.733**	0.822**	1			
Y_9	0.089	0.070	0.336	0.057	-0.075	0.328	-0.617*	-0.731**	1		
Y_{10}	-0.318	-0.145	-0.293	0.336	-0.237	-0.788**	0.927**	0.928**	-0.558*	1	
Y_0	-0.122	0.110	-0.307	0.324	-0.037	-0.810**	0.908**	0.766**	-0.349	0.905**	1

注:**表示极显著相关($P<0.01$);*表示显著相关($P<0.05$)。

Note: ** indicates highly significant correlation ($P<0.01$); * indicates significant correlation ($P<0.05$).

果实纵径与果实横径、平均单果重和平均单株产量呈极显著正相关($P<0.01$),相关系数为0.822、0.927和0.908;果实纵径与平均穗结果数呈显著负相关($P<0.05$),相关系数为-0.617;果实横径与平均单果重、平均单株产量呈极显著正相关($P<0.01$),相关系数为0.928和0.766;果实横径与平均穗结果数呈极显著负相关($P<0.01$),相关系数为-0.731;平均穗结果数与平均单果重呈显著负相关($P<0.05$),相关系数为-0.558;平均单果重与平均单株产量呈极显著正相关($P<0.01$),相关系数为0.905。以上结果说明果实纵径、果实横径及平均单果重影响平均单株产量,并且相互间呈极显著正相关。

2.3 樱桃番茄单株产量及主要农艺性状的灰色关联分析

将15个樱桃番茄品种各性状测定值进行标准化处理(表3),并求出初值化后 Y_0 与 Y_i 各对应点的绝对差值(表4),获得 $\Delta_i(k)_{\min}$ 和 $\Delta_i(k)_{\max}$ 分别为0.0025和4.6179。

根据关联系数计算公式,进一步得出每个性状与单株产量关联系数和关联度,结果如表5所示。单株产量与各产量相关性状关联度排序为果实纵径>平均单果重>果实横径>叶宽>节间长度>平均穗结果数>茎粗>叶长>可溶性固形物含量>叶片数。关联度反映各因子重要性差异,关联度越大表示该因子贡献作用越大,即对樱桃番茄产

表3 不同樱桃番茄品种单株产量及其各性状值标准化处理

Table 3 Yield per plant of different cherry tomato varieties and standardization of their character values

品种 Cultivar	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_0
黄金果	0.973 6	0.353 1	0.293 8	-1.602 8	0.753 3	0.482 7	0.337 2	-0.631 0	0.038 6	-0.389 7	-0.148 2
美味千禧	-0.057 7	0.316 3	-1.077 2	-1.778 3	-0.530 1	0.627 1	0.202 3	-0.130 2	-0.647 1	-0.170 1	-0.674 0
紫桃二号	-1.796 0	-1.950 9	-0.832 4	1.828 7	-1.529 7	-1.630 0	1.239 6	2.447 9	-0.958 8	2.173 8	1.276 6
紫贝贝一号	-1.228 7	-1.451 9	-0.391 7	-1.230 4	-0.214 3	-0.167 4	-0.067 2	0.589 5	-0.567 0	0.130 2	-0.061 1
绿翡翠	0.199 8	0.965 2	-0.244 8	0.243 3	-0.173 2	-1.882 8	2.686 0	1.473 4	-0.736 2	2.418 8	2.735 1
吡蜜	-1.346 5	-1.132 9	0.195 8	-0.645 2	-1.486 9	0.807 7	-0.672 1	-0.358 7	-0.326 5	-0.606 7	-1.032 9
中樱8号	0.887 8	1.209 2	-1.370 9	0.126 2	1.473 0	-0.745 2	0.561 8	0.593 0	-0.362 2	0.295 6	0.670 6
樱红1号	0.807 8	0.657 1	-1.077 2	0.206 0	1.401 1	0.500 7	-0.562 6	-0.358 7	0.403 7	-0.516 1	-0.079 1
樱粉4号	0.007 8	0.691 2	-0.538 6	1.429 7	0.428 9	0.338 2	0.328 3	0.032 0	-0.264 2	0.022 0	0.325 8
樱黄1号	1.586 0	1.045 6	-0.195 8	0.206 0	1.006 6	-0.745 2	-0.675 2	-0.570 7	-0.086 1	-0.605 5	-0.807 2
浙樱粉1号	0.029 6	-0.719 8	1.028 2	0.791 3	0.182 4	1.006 3	-0.669 0	-0.238 4	-0.469 0	-0.475 1	-0.932 6
浙樱黄2号	-0.712 3	-0.610 8	1.322 0	0.339 0	-1.274 2	0.753 5	-1.362 1	-1.697 0	2.932 8	-1.011 9	-0.768 6
浙樱粉3号	-0.835 9	-0.638 0	1.224 0	-0.060 0	-0.961 0	-0.961 9	0.054 4	0.268 3	-0.246 4	0.035 3	0.386 8
橙蜜1号	1.055 1	0.834 3	1.860 5	-0.060 0	0.763 5	1.584 1	-0.421 3	-0.461 1	-0.157 3	-0.514 3	-0.670 2
橙蜜2号	0.429 6	0.432 2	-0.097 9	0.206 0	0.159 7	0.031 2	-0.979 5	-0.957 3	1.472 3	-0.787 3	-0.203 8

表4 不同樱桃番茄品种单株产量与其他性状绝对差值

Table 4 Absolute difference between yield per plant and other agronomic traits of different cherry tomato varieties

$\Delta_i(k)$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}
Δ_1	1.121 8	0.501 3	0.145 6	1.454 6	0.901 5	0.630 9	0.485 4	0.482 8	0.186 8	0.241 5
Δ_2	0.616 3	0.990 3	0.403 2	1.104 3	0.143 9	1.301 1	0.876 3	0.543 8	0.026 9	0.503 9
Δ_3	3.072 6	3.227 5	2.109 0	0.552 1	2.806 3	2.906 6	0.037 0	1.171 3	2.235 4	0.897 2
Δ_4	1.167 6	1.390 8	0.330 6	1.169 3	0.153 2	0.106 3	0.006 1	0.650 6	0.505 9	0.191 3
Δ_5	2.535 3	1.769 9	2.979 9	2.491 8	2.908 3	4.617 9	0.049 1	1.261 7	3.471 3	0.316 3
Δ_6	0.313 6	0.100 0	1.228 7	0.387 7	0.454 0	1.840 6	0.360 8	0.674 2	0.706 4	0.426 2
Δ_7	0.217 2	0.538 6	2.041 5	0.544 4	0.802 4	1.415 8	0.108 8	0.077 6	1.032 8	0.375 0
Δ_8	0.886 9	0.736 2	0.998 1	0.285 1	1.480 2	0.579 8	0.483 5	0.279 6	0.482 8	0.437 0
Δ_9	0.318 0	0.365 4	0.864 4	1.103 9	0.103 1	0.012 4	0.002 5	0.293 8	0.590 0	0.303 8
Δ_{10}	2.393 2	1.852 8	0.611 4	1.013 2	1.813 8	0.062 0	0.132 0	0.236 5	0.721 1	0.201 7
Δ_{11}	0.962 2	0.212 8	1.960 8	1.723 9	1.115 0	1.938 9	0.263 6	0.694 2	0.463 6	0.457 5
Δ_{12}	0.056 3	0.157 8	2.090 6	1.107 6	0.505 6	1.522 1	0.593 5	0.928 4	3.701 4	0.243 3
Δ_{13}	1.222 7	1.024 8	0.837 2	0.446 8	1.347 8	1.348 7	0.332 4	0.118 5	0.633 2	0.351 5
Δ_{14}	1.725 3	1.504 5	2.530 7	0.610 2	1.433 7	2.254 3	0.248 9	0.209 1	0.512 9	0.155 9
Δ_{15}	0.633 4	0.636 0	0.105 9	0.409 8	0.363 5	0.235 0	0.775 7	0.753 5	1.676 1	0.583 5

注: $\Delta_i(k)$ 表示各比较数列(Y_i)与参考数列(Y_0)绝对差值。

Note: $\Delta_i(k)$ indicates absolute difference between each comparison series (Y_i) and the reference series (Y_0).

表 5 不同樱桃番茄品种单株产量与其他性状关联系数

Table 5 Correlation coefficients between yield per plant and other agronomic traits of different cherry tomato varieties

$\xi_i(k)$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}
ξ_1	0.673 7	0.822 5	0.941 7	0.614 2	0.720 0	0.786 2	0.827 2	0.828 0	0.926 2	0.906 3
ξ_2	0.790 2	0.700 6	0.852 3	0.677 2	0.942 4	0.640 3	0.725 7	0.810 3	0.989 6	0.821 7
ξ_3	0.429 5	0.417 5	0.523 2	0.807 9	0.451 9	0.443 2	0.985 3	0.664 2	0.508 6	0.720 9
ξ_4	0.664 9	0.624 8	0.875 7	0.664 5	0.938 8	0.957 0	0.998 4	0.781 0	0.821 2	0.924 5
ξ_5	0.477 2	0.566 7	0.437 0	0.481 5	0.443 0	0.333 7	0.980 2	0.647 3	0.399 9	0.880 5
ξ_6	0.881 4	0.959 5	0.653 4	0.857 2	0.836 6	0.557 0	0.865 8	0.774 8	0.766 6	0.845 1
ξ_7	0.915 0	0.811 7	0.531 3	0.810 1	0.742 9	0.620 6	0.956 0	0.968 5	0.691 7	0.861 2
ξ_8	0.723 3	0.759 1	0.698 9	0.891 1	0.610 0	0.800 2	0.827 7	0.893 0	0.828 0	0.841 8
ξ_9	0.879 9	0.864 3	0.728 4	0.677 3	0.958 3	0.995 7	1.000 0	0.888 1	0.797 3	0.884 7
ξ_{10}	0.491 6	0.555 4	0.791 5	0.695 8	0.560 7	0.974 9	0.946 9	0.908 1	0.762 8	0.920 7
ξ_{11}	0.706 6	0.916 6	0.541 4	0.573 2	0.675 1	0.544 1	0.898 5	0.769 7	0.833 7	0.835 5
ξ_{12}	0.977 3	0.937 0	0.525 4	0.676 5	0.821 3	0.603 3	0.796 4	0.714 0	0.384 6	0.905 7
ξ_{13}	0.654 5	0.693 3	0.734 7	0.838 8	0.632 1	0.631 9	0.875 1	0.952 2	0.785 6	0.868 8
ξ_{14}	0.573 0	0.606 1	0.477 6	0.791 8	0.617 6	0.506 5	0.903 7	0.918 0	0.819 1	0.937 8
ξ_{15}	0.785 6	0.784 9	0.957 2	0.850 2	0.864 9	0.908 6	0.749 3	0.754 8	0.580 0	0.799 1
关联度										
Relational degree	0.708 2	0.734 7	0.684 6	0.727 1	0.721 0	0.686 9	0.889 1	0.818 1	0.726 3	0.863 6
排序 Rank	8	4	10	5	7	9	1	3	6	2

注： $\xi_i(k)$ 表示不同樱桃番茄品种单株产量与其他性状关联系数。

Note: $\xi_i(k)$ indicates correlation coefficients between yield per plant and other agronomic traits of different cherry tomato.

量影响越大。研究表明：对樱桃番茄单株产量影响最大的是果实纵径，其次为平均单果重和果实横径，叶片数对其影响最小。

2.4 基于灰色关联分析樱桃番茄品种综合评价

进一步对 15 个樱桃番茄品种生产性能进行综合评价，将 15 个樱桃番茄品种各性状测定值标准化处理，计算绝对差值 $\Delta_i(k)$ ，获得 $\Delta_i(k)_{\min}$ 、 $\Delta_i(k)_{\max}$ 分别为 0 和 0.939 5。计算得到 15 个樱桃番茄品种各性状与理想品种关联系数 $\xi_i(k)$ 。根据 $\xi_i(k)$ ，计算获得参试品种与理想品种等权关联度 $r_i(k)$ ；采用赋值法确定权重系数，据此计算加权关联度 $r'_i(k)$ [27-28]。

根据表 6 进一步计算可得到不同番茄品种与理想品种的等权关联度，等权关联度越大的品种与理想品种最为接近。由等权关联度排序可知（表 7），‘绿翡翠’（0.779 6）综合评价最接近理想品种，其次为‘紫桃二号’（0.677 9）、‘中樱 8 号’（0.677 7）、‘橙蜜 1 号’（0.675 7）、‘樱粉 4 号’（0.654 9）。在实际

生产中，各性状指标的重要性不同，所以要根据实际对不同性状指标赋予不同的权重系数，进而计算加权关联度。由加权关联度排序可知（表 7），‘绿翡翠’（2.786 5）综合评价最接近理想品种，其次是‘紫桃二号’（2.365 4）、‘中樱 8 号’（2.187 7）、‘樱粉 4 号’（2.090 2）、‘樱红 1 号’（2.002 5）。

对等权关联度和加权关联度进行比较可以看出，二者最终结果相差不大，等权关联度排序前 5 名樱桃番茄品种依次为‘绿翡翠’‘紫桃二号’‘中樱 8 号’‘橙蜜 1 号’‘樱粉 4 号’，加权关联度排序前 5 名依次为‘绿翡翠’‘紫桃二号’‘中樱 8 号’‘樱粉 4 号’‘樱红 1 号’。加权处理后，由于产量方面优势更加突出，因此产量较高的‘樱粉 4 号’‘樱红 1 号’位次提前。综合评价得出，品种‘绿翡翠’的综合性状最佳，其次为‘紫桃二号’‘中樱 8 号’，‘美味千禧’‘紫贝贝一号’‘吡蜜’表现较差，其他品种表现一般。

表 6 不同樱桃番茄品种与理性品种关联系数

Table 6 Correlation coefficients between different cherry tomato varieties and rational varieties

$\xi_i(k)$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9	Y_{10}	Y_0
ξ_1	0.857 3	0.788 4	0.753 3	0.505 7	0.838 1	0.855 7	0.535 2	0.506 4	0.425 4	0.379 2	0.449 0
ξ_2	0.691 2	0.781 3	0.670 6	0.493 3	0.650 1	0.872 2	0.521 3	0.550 5	0.373 3	0.398 5	0.407 7
ξ_3	0.521 1	0.502 3	0.709 5	1.000 0	0.553 3	0.670 2	0.651 6	1.000 0	0.357 0	0.875 0	0.616 9
ξ_4	0.566 6	0.545 1	0.709 5	0.534 4	0.688 2	0.788 5	0.495 6	0.629 6	0.379 1	0.428 4	0.456 2
ξ_5	0.726 4	0.928 9	0.753 3	0.688 9	0.693 1	0.653 2	1.000 0	0.764 2	0.367 7	1.000 0	1.000 0
ξ_6	0.556 5	0.576 6	0.802 8	0.586 7	0.556 8	0.893 8	0.446 1	0.529 4	0.397 7	0.361 8	0.384 2
ξ_7	0.840 5	1.000 0	0.635 7	0.673 5	1.000 0	0.737 1	0.560 1	0.629 9	0.397 7	0.446 9	0.532 9
ξ_8	0.825 4	0.852 4	0.670 6	0.683 9	0.980 8	0.857 7	0.454 3	0.529 4	0.457 2	0.368 9	0.455 1
ξ_9	0.699 8	0.860 3	0.709 5	0.898 0	0.780 9	0.839 8	0.534 3	0.566 6	0.404 2	0.417 1	0.493 4
ξ_{10}	1.000 0	0.951 2	0.753 3	0.683 9	0.888 6	0.737 1	0.445 9	0.511 3	0.418 1	0.361 9	0.398 8
ξ_{11}	0.702 7	0.623 1	0.859 3	0.771 9	0.742 2	0.918 7	0.446 3	0.540 3	0.385 1	0.372 1	0.391 0
ξ_{12}	0.615 5	0.636 7	0.924 3	0.702 1	0.575 3	0.887 2	0.400 5	0.432 4	1.000 0	0.333 3	0.401 2
ξ_{13}	0.603 1	0.633 2	0.924 3	0.650 2	0.604 5	0.719 5	0.506 8	0.591 6	0.404 2	0.418 5	0.499 6
ξ_{14}	0.873 9	0.894 8	1.000 0	0.650 2	0.839 7	1.000 0	0.465 3	0.520 5	0.411 0	0.369 0	0.408 6
ξ_{15}	0.760 9	0.804 1	0.753 3	0.683 9	0.739 1	0.807 9	0.424 6	0.481 2	0.589 6	0.348 5	0.444 0

表 7 不同樱桃番茄品种灰色关联分析及排序

Table 7 Grey correlation analysis and ranking of different cherry tomato varieties

品种	等权关联度	排序	加权关联度	排序
Cultivar	Equal weight correlation degree	Rank	Weighted correlation degree	Rank
黄金果	0.626 7	9	1.917 7	8
美味千禧	0.582 7	13	1.819 3	13
紫桃二号	0.677 9	2	2.365 4	2
紫贝贝一号	0.565 6	14	1.781 9	14
绿翡翠	0.779 6	1	2.786 5	1
吡蜜	0.553 8	15	1.680 7	15
中樱8号	0.677 7	3	2.187 7	3
樱红1号	0.648 7	7	2.002 5	5
樱粉4号	0.654 9	5	2.090 2	4
樱黄1号	0.650 0	6	1.995 2	6
浙樱粉1号	0.613 9	11	1.846 3	12
浙樱黄2号	0.628 0	8	1.884 7	10
浙樱粉3号	0.596 0	12	1.869 1	11
橙蜜1号	0.675 7	4	1.995 1	7
橙蜜2号	0.621 6	10	1.914 4	9

3 讨 论

3.1 灰色关联法在综合评价中的应用

植株主要农艺性状与产量密切相关,研究主要农艺性状与单株产量的关系,可找出与产量相关的内在性状,为番茄栽培推广及育种研究提供参考依据。虽然目前报道的番茄品种筛选和综合评价较多,但进行品种单株产量与主要农艺性状灰色关联分析研究的甚少。灰色关联法广泛应用于品种筛选及主要农艺性状与单株产量的关系分析中,可客观对所选品种进行综合评价,且克服了层次分析法、主成分法和隶属函数法需要大量样本的局限性,计算公式简单,便于工作者掌握和应用。但在生产实际中,在不同品种和环境因素的影响下,主要性状的相对重要程度可能不同,应根据品种和栽培环境等具体情况具体分析。

3.2 樱桃番茄主要性状表现分析

通过对引进的 15 个樱桃番茄品种和 11 个性状进行变异性分析,可知平均单果重的变异系数最高,高达 81.11%,说明樱桃番茄单果重存在丰富的变异性。这与张逸鸣等^[29]对番茄自交系农艺性状的表型分析研究一致,但与贾晓军等^[30]对鲜食番茄农艺性状和产量的相关性分析结果不一致,这可能与品种间的性状差异或环境有关。本研究通过对主要性状做相关性分析,发现各性状间存在不同程度的相关性且绝大部分为显著或极显著相关,其中可溶性固形物含量与果实纵径、果实横径、平均单果重、平均单株产量呈极显著负相关,果实纵径与果实横径、平均单果重、平均单株产量呈极显著正相关,果实纵径与平均穗结果数呈显著负相关,果实横径与平均单果重、平均单株产量呈极显著正相关,果实横径与平均穗结果数呈极显著负相关,平均单果重与平均单株产量呈极显著正相关,平均穗结果数与平均单果重呈显著负相关。说明平均单果重越大,可溶性固形物含量越小,平均穗结果数越少,这与潘英杰等^[31]对基于不同品种和园区的番茄果实可溶性固形物含量对表型性状的响应研究结果一致。因此在生产中发现畸形花、畸形果应及时摘除,以免养分消耗影响单果重,同时应加大肥水管理以免因养分供应不足,影响产量和口感。

3.3 不同樱桃番茄品种灰色关联分析

对单株产量与各产量相关性状进行灰色关联

分析,发现每个性状与单株产量存在不同程度关联。其中对樱桃番茄单株产量影响最大的是果实纵径,其次为平均单果重和果实横径,叶片数对其影响最小,表明可以通过改良果实纵径、平均单果重及果实横径提高单株产量,继而提高番茄产量。进一步对 15 个樱桃番茄品种综合分析,发现等权关联度和加权关联度排序最终结果相差不大,等权关联度排序前 5 位分别是‘绿翡翠’‘紫桃二号’‘中樱 8 号’‘橙蜜 1 号’‘樱粉 4 号’,加权关联度排序前 5 位分别是‘绿翡翠’‘紫桃二号’‘中樱 8 号’‘樱粉 4 号’‘樱红 1 号’。因时间关系本研究只评价植株性状和果实性状对樱桃番茄品种单株产量的影响,未考虑品种品质、抗逆性及气象资料等关键因子对产量的影响,后续有待进一步深入研究。

4 结 论

本研究通过对引进的 15 个樱桃番茄品种和 11 个性状进行变异分析、相关性分析和灰色关联分析,发现平均单果重、平均穗结果数、平均单株产量及果实纵径的变异系数较大;各性状间存在不同程度的相关性且绝大部分为显著或极显著相关;单株产量与各产量相关性状关联度排序为果实纵径>平均单果重>果实横径>叶宽>节间长度>平均穗结果数>茎粗>叶长>可溶性固形物含量>叶片数。进一步对 15 个樱桃番茄品种综合分析,发现与理想品种关联度最大的 3 个樱桃番茄品种依次为‘绿翡翠’‘紫桃二号’‘中樱 8 号’,表明这 3 个品种综合表现较好,适宜太行山冷凉区推广种植。

参考文献 References

- [1] 张楠楠,李乐,张丽娟,高艳明,李建设.不同生长调节剂对樱桃番茄生长的控旺效果[J].江苏农业科学,2020,48(21):154-160
Zhang N N, Li Y, Zhang L J, Gao Y M, Li J S. Impacts of different growth regulators on growth of cherry tomato[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2020, 48(21): 154-160 (in Chinese)
- [2] 陈满霞,李斌,蒋润枝,庄东英,方迪,沈明晨,费月跃,顾闽峰.盐胁迫下 6 个樱桃番茄品种产量和品质特性的比较试验[J].上海蔬菜,2022(1):3-5,89
Chen M X, Li B, Jiang R Z, Zhuang D Y, Fang D, Shen M C, Fei Y Y, Gu M F. Comparative experiment on yield and quality characteristics of six cherry tomato varieties under salt stress[J]. *Shanghai Vegetables*, 2022(1): 3-5, 89 (in Chinese)
- [3] Gao Y F, Liu J K, Yang F M, Zhang G Y, Wang D, Zhang L, Ou Y B, Yao Y A. The WRKY transcription factor WRKY8 promotes resistance to pathogen infection and mediates drought and salt stress tolerance in

- Solanum lycopersicum*[J]. *Physiologia Plantarum*, 2020, 168(1):98-117
- [4] Xiang Y, Chen Q J, Su Z J, Zhang L, Chen Z H, Zhou G Z, Yao Z P, Xuan Q, Cheng Y. Deep learning and hyperspectral images based tomato soluble solids content and firmness estimation [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2022, 13:860656
- [5] 杨圆圆, 赵伟, 董晓梅, 李康, 蒋丽媛, 杨兆森. 关中东部越夏茬番茄品种筛选[J]. 陕西农业科学, 2019, 65(4): 38-40
- Yang Y Y, Zhao W, Dong X M, Li K, Jiang L Y, Yang Z S. Screening of summer tomato varieties in east of Guanzhong[J]. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 65(4): 38-40 (in Chinese)
- [6] 张剑, 刘念, 欧勇, 孟庆林. 辽宁北票设施番茄越夏栽培技术探讨[J]. 园艺与种苗, 2019, 39(8): 15-17
- Zhang J, Liu N, Ou Y, Meng Q L. Discussion on cultivation techniques of protected over-summer tomato cultivation in Beipiao County in Liaoning Province [J]. *Horticulture & Seed*, 2019, 39(8): 15-17 (in Chinese)
- [7] 边光亚, 宋涛, 吴然, 齐春蔚, 陈妍, 李旭青. 河北太行山中山高山区‘番茄9号’设施越夏高效栽培技术[J]. 北方园艺, 2020(11): 168-171
- Bian G Y, Song T, Wu R, Qi C W, Chen Y, Li X Q. Efficient cultivation techniques of ‘tomato No. 9’ in protected summer in the middle and high mountainous area of Taihang Mountain in Hebei Province [J]. *Northern Horticulture*, 2020(11): 168-171 (in Chinese)
- [8] 谭秀英, 淮莉萍, 田江伟, 周贵平, 谭明正, 向鹏程, 李文彪. 43个番茄品种(系)春夏季设施栽培引种筛选[J]. 农技服务, 2023, 40(5): 21-26
- Tan X Y, Qiao L P, Tian J W, Zhou G P, Tan M Z, Xiang P C, Li W B. Introduction and screening of 43 tomato varieties (lines) in protected cultivation in spring and summer[J]. *Agricultural Technology Service*, 2023, 40(5): 21-26 (in Chinese)
- [9] 谭秀英, 田江伟, 周贵平, 谭明正, 杨伟, 石小刚, 向鹏程, 李文彪. 清镇地区樱桃番茄品种比选[J]. 农技服务, 2023, 40(3): 22-26
- Tan X Y, Tian J W, Zhou G P, Tan M Z, Yang W, Shi X G, Xiang P C, Li W B. Variety comparison test of cherry tomato in Qingzhen area [J]. *Agricultural Technology Service*, 2023, 40(3): 22-26 (in Chinese)
- [10] 朱艳, 蔡焕杰, 宋利兵, 商子惠, 陈慧. 基于温室番茄产量和果实品质对加气灌溉处理的综合评价[J]. 中国农业科学, 2020, 53(11): 2241-2252
- Zhu Y, Cai H J, Song L B, Shang Z H, Chen H. Comprehensive evaluation of different oxygation treatments based on fruit yield and quality of greenhouse tomato [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(11): 2241-2252 (in Chinese)
- [11] Raigón M D, García-Martínez M D, Chiriác O P. Nutritional characterization of a traditional cultivar of tomato grown under organic conditions: Cv “malacaca”[J]. *Frontiers in Nutrition*, 2022, 8: 810812
- [12] 李有福, 张欢欢, 段惠敏, 万麻才郎, 马向科, 王玉萍. 河西荒漠绿洲区加工番茄果实品质综合评价[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2022, 50(10): 125-134
- Li Y F, Zhang H H, Duan H M, WanMa C L, Ma X K, Wang Y P. Comprehensive evaluation of processing tomato lines quality in Hexi desert-oasis ecosystem region[J]. *Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition*, 2022, 50(10): 125-134 (in Chinese)
- [13] Cheng G T, Chang P P, Shen Y B, Wu L T, Ahmed H. El-Sappah A, Zhang F, Liang Y. Comparing the flavor characteristics of 71 tomato (*Solanum lycopersicum*) accessions in central Shaanxi[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 586834
- [14] 石昇坤, 李衍素, 闫妍, 于贤昌, 贺超兴. 应用层次分析法的优质番茄品种综合评价研究[J]. 蔬菜, 2022(10): 9-16
- Shi A K, Li Y S, Yan Y, Yu X C, He C X. Study on comprehensive evaluation of high quality tomato cultivars by analytic hierarchy process (AHP)[J]. *Vegetables*, 2022(10): 9-16 (in Chinese)
- [15] 王仁杰, 蔡红明, 夏海波, 高珏晓, 梁增文, 梁友忠, 杨朝霞, 李美芹. 不同品种番茄的果实品质及感官评价[J]. 中国果菜, 2022, 42(7): 42-50
- Wang R J, Cai H M, Xia H B, Gao J X, Liang Z W, Liang Y Z, Yang Z X, Li M Q. Fruit quality and sensory evaluation of different tomato varieties[J]. *China Fruit & Vegetable*, 2022, 42(7): 42-50 (in Chinese)
- [16] 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[J]. 宁波大学学报: 理工版, 2023, 36(1): 10-21
- Xia X X, Yang L, Zhou C H, Chen J H, Wu S, Liu G H, Ni S. Diversity analysis of agronomic phenotypic characters of fruit tomato variety resources [J]. *Journal of Ningbo University: Natural Science & Engineering Edition*, 2023, 36(1): 10-21 (in Chinese)
- [17] 王雪铭, 刘中海, 肖莉, 张国玉, 王陈强, 马自强. 新疆11种加工番茄营养成分分析与研究[J]. 食品安全导刊, 2022(11): 73-75
- Wang X M, Liu Z H, Xiao L, Zhang G Y, Wang C Q, Ma Z Q. Analysis and study on nutritional components of 11 kinds of processed tomato in Xinjiang[J]. *China Food Safety Magazine*, 2022(11): 73-75 (in Chinese)
- [18] 韩泽群, 姜波. 加工番茄品种多性状综合评价方法研究[J]. 中国农业科学, 2014, 47(2): 357-365
- Han Z Q, Jiang B. A study on comprehensive evaluation of the processing tomato varieties multiple traits [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014, 47(2): 357-365 (in Chinese)
- [19] 刘佩君, 王晓敏, 李国花, 郑福顺, 赵宇飞, 胡新华, 付金军, 高艳明, 李建设. 166份番茄种质资源的综合评价[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2020, 42(4): 792-803
- Liu P J, Wang X M, Li G H, Zheng F S, Zhao Y F, Hu X H, Fu J J, Gao Y M, Li J S. Comprehensive evaluation of 166 tomato germplasm resources [J]. *Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition*, 2020, 42(4): 792-803 (in Chinese)
- [20] 匡立学, 聂继云, 李银萍, 程杨, 沈友明. 中国不同地区‘富士’苹果品质评价[J]. 中国农业科学, 2020, 53(11): 2253-2263
- Kuang L X, Nie J Y, Li Y P, Cheng Y, Shen Y M. Quality evaluation of ‘fuji’ Apples cultivated in different regions of China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2020, 53(11): 2253-2263 (in Chinese)
- [21] 钱建南, 丁颖, 李玉杨, 倪正斌. 14个水稻品种产量与农艺性状的灰色关联度分析[J]. 大麦与谷类科学, 2022, 39(5): 37-41
- Qian J N, Ding Y, Li Y Y, Ni Z B. Grey correlation analysis of the yield and agronomic characters of 14 rice varieties [J]. *Barley and Cereal Sciences*, 2022, 39(5): 37-41 (in Chinese)
- [22] 康蓉蓉. 23份鲜食大豆产量与主要农艺性状的关联度分析[J]. 福建农业科技, 2022, 53(1): 41-47
- Kang R R. Correlation analysis between the yield and main agronomic traits of 23 vegetable soybean samples [J]. *Fujian Agricultural Science and Technology*, 2022, 53(1): 41-47 (in Chinese)
- [23] 林昇平, 饶宝蓉, 葛名海, 刘忠辉, 陈泳和, 陈琦辉. 不同鲜食糯玉米品种主要农艺性状与籽粒产量的灰色关联度分析[J]. 热带农业科学, 2022, 42(1): 11-16
- Lin S P, Rao B R, Ge M H, Liu Z H, Chen Y H, Chen Q H. Grey relational analysis of main agronomic traits and grain yield of different fresh-edible waxy maize varieties [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2022, 42(1): 11-16 (in Chinese)
- [24] 刘美茹, 张仙美, 张权, 郑磊, 吴鹤敏, 戴晋, 李天奇, 刘立峰. 20个芝麻品种单株产量相关性状的灰色关联分析及其综合评价[J]. 山东农业科学, 2021, 53(7): 19-26
- Liu M R, Zhang X M, Zhang Q, Zheng L, Wu H M, Dai J, Li T Q, Liu

- L F. Grey correlation analysis and comprehensive evaluation of yield related characters of twenty sesame varieties[J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2021, 53(7): 19-26 (in Chinese)
- [25] 兰孟焦, 吴问胜, 肖满秋, 潘皓, 侯隆英, 葛瑞华. 江西甘薯品种资源主要农艺性状分析与综合评价[J]. 东北农业大学学报, 2021, 52(10): 1-10
Lan M J, Wu W S, Xiao M Q, Pan H, Hou L Y, Ge R H. Analysis and comprehensive evaluation of main agronomic traits of sweet potato varieties in Jiangxi Province [J]. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2021, 52(10): 1-10 (in Chinese)
- [26] 吕霞, 刘慧英, 祁乐, 祁亚琴. 基于灰色关联度的加工番茄新品系综合评价研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(11): 4770-4772, 4776
Lv X, Liu H Y, Qi L, Qi Y Q. Study on comprehensive evaluation of new strains of processing tomato based on the grey correlation analysis [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(11): 4770-4772, 4776 (in Chinese)
- [27] 王川, 谢强, 何余勇, 周应兵, 张永辉, 李世金, 董祥洲, 徐刚. 引种烤烟新品种(系)的灰色关联度综合评判[J]. 现代农业科技, 2022(9): 28-32
Wang C, Xie Q, He Y Y, Zhou Y B, Zhang Y H, Li S J, Dong X Z, Xu G. Grey correlation comprehensive evaluation on introduced new flue-cured tobacco varieties (lines) [J]. *Modern Agricultural Science and Technology*, 2022(9): 28-32 (in Chinese)
- [28] 徐东阳, 孙妍, 李伟峰, 王瑞霞, 张春花, 高树广. 13个河南白芝麻品种单株产量与相关农艺性状的灰色关联分析及综合评价[J]. 种子, 2022, 41(10): 73-77
Xu D Y, Sun Y, Li W F, Wang R X, Zhang C H, Gao S G. Comprehensive evaluation of agronomic traits and yield per plant of 13 sesame accessions in He'nan by grey correlation analysis [J]. *Seed*, 2022, 41(10): 73-77 (in Chinese)
- [29] 张逸鸣, 乔岩峰, 刘爱群, 张子君, 邹庆道, 王涛. 番茄自交系农艺性状的表型分析[J]. 土壤与作物, 2019, 8(3): 331-338
Zhang Y M, Qiao Y F, Liu A Q, Zhang Z J, Zou Q D, Wang T. Analysis of agronomic traits in tomato inbred lines [J]. *Soils and Crops*, 2019, 8(3): 331-338 (in Chinese)
- [30] 贾晓军, 陈芳, 兰创业. 鲜食番茄农艺性状和产量的相关性分析[J]. 北方园艺, 2017(5): 27-30
Jia X J, Chen F, Lan C Y. Correlation analysis on agronomic characteristics and yield of fresh tomatoes [J]. *Northern Horticulture*, 2017(5): 27-30 (in Chinese)
- [31] 潘英杰, 孙焱鑫, 李艳梅, 廖上强, 邹国元, 雷喜红, 牛曼丽, 李雅豪, 张颖, 孙娜. 基于不同品种和园区的番茄果实可溶性固形物含量对表型性状的响应[J]. 山东农业科学, 2022, 54(10): 30-36
Pan Y J, Sun Y X, Li Y M, Liao S Q, Zou G Y, Lei X H, Niu M L, Li Y H, Zhang Y, Sun N. Responsive of soluble solid content to phenotype traits in tomato fruits from various varieties and plantations [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 2022, 54(10): 30-36 (in Chinese)

责任编辑: 董金波



第一作者简介: 李振勤, 本科, 就职于石家庄市农林科学研究院, 正高级农艺师, 主要从事蔬菜花卉栽培育种研究工作。主持或参与省、市级科技项目 20 余项, 在核心期刊等各级刊物发表论文 30 余篇, 取得科技成果 1 项, 参与起草技术标准 3 项, 取得发明专利 3 项、实用新型专利 5 项。2021 年获得第十届中国花博会展品类优秀奖 3 项; 2019 年获得中国北京世界园艺博览会室内展品竞赛铜奖 2 项; 2018 年获得“河北省科学技术三等奖”(第四完成人); 2017 年获得“河北省建设行业科学技术进步三等奖”(第一完成人)、“石家庄市科学技术奖一等奖”; 2016 年获得“石家庄市专利奖一等奖”; 2015 年获得“石家庄市科学技术奖三等奖”“石家庄市山区创业奖三等奖”。2017 年被命名为“石家庄市百千人才工程”农业人才。



通讯作者简介: 边光亚, 硕士, 高级工程师, 石家庄市农林科学研究院果树花卉研究中心副主任, 河北省花卉协会副会长, 石家庄市现代农业产业技术体系花卉创新团队首席, 河北省现代农业产业技术体系设施蔬菜创新团队岗位专家。主要从事观赏植物种质资源挖掘利用、新品种筛选、遗传育种、栽培推广和景观园林工程设计施工等工作研究, 并取得了显著成绩。主持或参与国家级、省级和市级科技项目 20 余项, 获得河北省科学技术进步奖 2 项, 河北省林学会林业科技奖 3 项, 石家庄市科学技术进步奖 1 项, 石家庄市科教兴山创业奖 1 项, 河北省城市园林绿化优质工程 2 项, 第八、九、十届中国花博会展品奖金银铜奖多项, 2019 年中国北京世界园艺博览会特等奖 1 项、金奖 2 项。主持参与起草技术标准 6 项, 发表论文 20 余篇, 取得科技成果 3 项、国家发明专利 4 项、实用新型专利 13 项, 主持编写科普读物 1 本。