高艳娜,牛华琳,李 营,等. 基于主成分分析和聚类分析对不同番茄品种的综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(12):106 - 113.
doi:10.15889/j.issn.1002 - 1302.2023.12.015

基于主成分分析和聚类分析对不同番茄品种的综合评价

高艳娜[1], 牛华琳[1], 李 营[1], 李 艳[2], 薛东齐[1]
(1. 河南农业大学园艺学院,河南郑州 450002; 2. 驻马店市农业科学院,河南驻马店 463000)

摘要:为了筛选出适宜在河南省内黄县种植的番茄品种,以 19 份(F01 ~ F19)番茄种质为材料,对其主要品质性状进行比较分析,运用主成分分析和聚类分析法对样本数据进行处理,并对番茄主要品质性状进行综合分析。结果表明,17 个品质性状的平均变异系数为 24.31%,单花序花数的变异系数最大,为 50.21%,播种至收获时间的变异系数最小,仅为 1.38%;运用主成分分析将 17 个品质性状综合成为 4 个主成分因子,主要反映果横径、果纵径、单果质量、病毒病抗性、硬度、播种至收获时间等几个主要性状,其累计贡献率达到 83.460%;聚类分析将 19 份番茄品种划分为 3 类,各类群之间有明显的差异性,与主成分分析得到的最终排名较一致。F13(大粉 3 号)、F09(粉黛 321)、F04(丰满 128)在果实品质、丰产性、耐贮运、抗病性等方面均具有优势,综合性状表现较好,适宜在内黄县及周边地区塑料大棚种植及推广。

关键词:番茄;品种;品质性状;变异系数;主成分分析;聚类分析;综合评价
中图分类号:S641.203.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1002 - 1302(2023)12 - 0106 - 07

番茄(*Lycopersicon esculentum*)别称西红柿、洋柿子、柿子等,为茄科番茄属 1 年生草本植物,如果条件适宜,可作多年栽培。番茄营养丰富、用途广泛,可鲜食、熟食、加工、药用等,由于其适应性广,已在世界范围内普遍栽培。目前我国已成为世界上番茄种植面积最大、产量最高的国家之一,其中山东、河北、河南 3 省番茄种植规模最大。随着生活水平的不断提高,人们对番茄的需求已不仅仅局限于量的增长,更需要对其质地、口感、营养、鲜度、存放期等全方位的综合质量要求。现有的番茄种类、品种繁多,同一品种在不同生态地区的表现可能不同。有些种植户由于盲目引种,导致不同番茄品种间的品质差异大、适应性弱、抗病性差、产量低等,这不仅造成了经济损失,还产生了巨大的浪费[1]。中国地域广阔,气候条件、地理位置、土壤成分等因素各不相同。通过对不同品种的比较,鉴定其在本地区的适应性、产量及经济价值,并进行综合评估,从中选出适合该地区推广的品种,以加速番茄育种新成果的应用,对促进番茄生产及增加农民收入等具有重要意义[1-2]。近年来,国内各地的农业研究者对番茄进行了大量的品种比较和评价工作,以筛选出适宜当地种植的优质番茄品种。在对番茄进行综合评价时,应用较多的主要有灰色关联度法、DTOPSIS 法、隶属函数法、主成分分析法等[3-6]。利用主成分分析与聚类分析相结合的综合评价方法,已在许多农作物中得到应用。冯勇利用主成分分析和聚类分析法,对 9 种猕猴桃的 15 个品质指标进行分析,为选择营养丰富、口感优良、品质高的猕猴桃品种提供参考依据[7]。广西壮族自治区崇左地区对马铃薯的生长有天然优势,何文等为筛选出此地区综合性状优良的马铃薯品种,对 22 份马铃薯种质资源主要农艺性状进行了主成分分析和聚类分析[8]。李伟明等采用主成分分析和聚类分析法筛选出适合江苏省南京地区设施无土栽培的辣椒品种苏椒 1614,为实现设施蔬菜高效栽培提供参考依据[9]。刘珮君等分别对番茄主要农艺性状进行主成分分析和聚类分析,全面评价其综合品质,并筛选出性状优良的番茄品种,进而为番茄品种鉴定、改良、品质育种提供重要参考[10-12]。河南省内黄县是闻名遐迩的瓜果蔬菜之乡,其耕地种植面积约 7.2 万 hm^2,蔬菜种植面积约 4 万 hm^2,这些已成为内黄县的支柱产业,这里近 3/5 的农民从事瓜果蔬菜业,农民纯收入的近 3/5 来自瓜果蔬菜经营。因

收稿日期:2022 - 09 - 15
基金项目:国家自然科学基金(编号:NSFC31801880);河南省重点研发与推广专项(编号:222102110407、222102110257)。
作者简介:高艳娜(1988—),女,河南濮阳人,博士,讲师,主要从事蔬菜遗传育种研究。E - mail:gaoyanna@henau.edu.cn。
通信作者:薛东齐,博士,讲师,主要从事蔬菜遗传育种研究。E - mail:xuedongqi2009@hotmail.com。

此,种植适宜的品种就显的尤为重要。本试验以来自不同育种单位的 19 个番茄品种为材料,在该地区的双拱连栋塑料大棚春茬栽培条件下,对其品质指标进行测定分析并进行综合评价,从而选出最适宜在该地区种植推广的番茄品种。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试材料来自不同育种单位的 19 个番茄品种(表 1)。

表 1　19 个参试番茄品种信息

编号	品种	主要特性	来源
F01	新粉巴顿	无限生长,粉红果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F02	粉都 308	无限生长,粉红果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F03	粉都 518	无限生长,粉红果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F04	丰满 128	无限生长,粉红果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F05	粉都 33	无限生长,粉红果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F06	粉都春旺 17 号	无限生长,粉红果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F07	粉都春旺 18 号	无限生长,粉红果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F08	粉黛 19	有限生长,粉红果	创世农业发展有限公司
F09	粉黛 321	无限生长,粉红果	创世农业发展有限公司
F10	粉黛 787	无限生长,粉红果	创世农业发展有限公司
F11	大粉 5 号	无限生长,粉红果	创世农业发展有限公司
F12	大粉 4 号	无限生长,粉红果	创世农业发展有限公司
F13	大粉 3 号	无限生长,粉红果	创世农业发展有限公司
F14	吉利斯	无限生长,粉红果	武汉楚为生物科技有限公司
F15	吉诺比利	无限生长,粉红果	武汉楚为生物科技有限公司
F16	楚粉 8A03	无限生长,粉红果	武汉楚为生物科技有限公司
F17	青春之歌	无限生长,黄果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F18	卷珠帘	无限生长,橙红果	河南豫艺种业科技发展有限公司
F19	巧克力	无限生长,红绿相间果	河南豫艺种业科技发展有限公司

1.2　试验方法

试验设在河南省内黄县现代农业园(马上)基地,该地前茬作物是娃娃菜,土壤为偏碱黏土,水质微碱。参试品种于 2021 年 2 月 26 日在日光温室中播种、育苗,同时在大棚中精细整地做畦,有机肥、复合肥、过磷酸钙分别撒施 30 000、750 750 kg/hm^2。2021 年 4 月 7 日选取壮苗定植于 60 m×80 m 的双拱连栋塑料大棚内,采用随机区组排列,4 次重复,每个小区面积 2.55 m^2,畦宽 70 cm,单行种植,每小区定植 5 株,株距 30 cm,行距 100 cm。在栽培管理过程中,参试番茄品种均采用单干整枝,且不进行催熟处理,滴灌栽培,其他管理都按照当地的传统种植方式进行。在 6 月 15 日统一进行封顶处理。

1.3　观察记载项目及标准

对不同品种进行品质性状的调查记录,具体参考《番茄种质资源描述规范和数据标准》[13]。2021 年 3—7 月于田间统计其生长习性、叶片类型、叶片形状、成熟果色,测量其数量性状时首花节位采用读数法,单花序花数、单花序果数、单株穗数采用统计法,节间长度、果柄长采用直尺测量法,果肉厚、果横径、果纵径采用数显示游标卡尺测量法,单果质量采用称质量法。

1.4　数据处理

通过 Excel 2019 对试验数据结果进行统计处理,利用 SPSS 进行主成分分析和聚类分析。

2　结果与分析

2.1　不同品种番茄品质性状分析

由表 2 可知,F04、F07、F09、F12、F13、F15 表现为近圆形(0.86 < 果形指数 ≤ 1.00),F17、F18、F19 为高圆形(1.00 < 果形指数 ≤ 1.50),其余品种为扁圆形(0.70 < 果形指数 ≤ 0.86)。从播种至收获的时间来看,各品种之间相差不大。F17、F19 的单花序花数和单花序果数相同,坐果率较高。F06、F09、F17、F18 的节间长度较长,总体来看显著大于其余

品种。各品种的首花节位相差较小,都在 6 ~ 9 之间。F06、F09、F13、F14 单果质量显著大于对照,F13 单果质量为 211.85 g,为最大。果肉厚分布在 2.71 ~ 8.32 mm,其中 F01、F04、F08、F10、F13 果肉厚显著大于对照。F13 果横径和果纵径都显著大于对照。F15、F17、F18、F19 的可溶性固形物含量显著大于对照,其中最大的是 F18,为 7.60%。除 F03、F04、F05、F07、F09、F13 硬度与对照无显著差异外,其余均显著小于对照。除 F03、F05、F06、F07、F10、F11、F19 外,其余品种的病毒病抗性均达到 90% 以上。各个品种的产量相差较大,最大的 F13 达到 76 525.2 kg/hm^2,最小的为 F19,仅为 13 406.70 kg/hm^2。

表 2　参试品种的主要品质性状

编号	叶片类型	叶片形状	播种至收获时间(d)	单花序花数(朵)	单花序果数(个)	单株穗数(个)	节间长度(mm)	首花节位	果柄长(mm)	单果质量(g)
F01	普通叶形	羽状复叶	117	6.00	4.00	5.00	55.00HIJK	9.00	9.72DEFG	122.48EFGH
F02	普通叶形	羽状复叶	116	6.00	4.00	4.00	63.25EFG	8.00	10.01DEF	117.43FGH
F03	普通叶形	羽状复叶	118	6.00	4.00	5.00	58.50HIJ	8.00	11.45B	129.48DEFGH
F04	普通叶形	羽状复叶	118	6.00	4.00	5.00	71.00EF	9.00	10.28CD	143.95DEF
F05	普通叶形	羽状复叶	117	5.00	4.00	5.00	68.75EFG	9.00	10.29CD	162.95BCD
F06	普通叶形	羽状复叶	117	6.00	3.00	5.00	90.00AB	8.00	12.88AA	186.03AB
F07	普通叶形	羽状复叶	117	7.00	4.00	5.00	71.50DE	8.00	9.53EFG	146.43CDEF
F08	薯叶形	羽状复叶	114	5.00	3.00	4.00	53.75IJK	9.00	10.20DE	129.50DEFGH
F09	普通叶形	羽状复叶	117	5.00	3.00	5.00	84.25ABC	9.00	6.94I	198.60A
F10	普通叶形	羽状复叶	117	5.00	4.00	5.00	52.25GK	9.00	10.95BC	124.45EFGH
F11	普通叶形	羽状复叶	119	5.00	4.00	6.00	79.75CD	6.00	9.22G	156.10BCDE
F12	普通叶形	羽状复叶	116	5.00	4.00	5.00	68.00EFG	7.00	8.34H	108.15GH
F13	普通叶形	羽状复叶	113	5.00	4.00	5.00	69.75EFG	9.00	10.38CD	211.85A
F14	普通叶形	羽状复叶	119	6.00	3.00	4.00	62.00GHI	9.00	9.39FG	180.78ABC
F15	普通叶形	羽状复叶	119	6.00	4.00	4.00	79.75CD	9.00	9.94DEFG	102.03H
F16(CK)	普通叶形	羽状复叶	119	6.00	4.00	4.00	63.00FGH	9.00	9.77DEFG	141.73DEFG
F17	普通叶形	羽状复叶	117	10.00	10.00	8.00	92.25A	9.00	5.36J	14.83I
F18	薯叶形	羽状复叶	116	11.00	10.00	8.00	83.50BC	8.00	7.87H	11.70I
F19	普通叶形	羽状复叶	118	10.00	10.00	8.00	49.75K	8.00	5.05J	11.35I

编号	果肉厚(mm)	果横径(mm)	果纵径(mm)	果形指数	坐果率(%)	可溶性固形物含量(%)	硬度(N)	产量(kg/hm^2)	病毒病抗性(%)
F01	7.21ABC	64.08DE	54.40CDE	0.85	66.67	3.83G	19.65EFGHI	62 014.65	97.50
F02	6.78BCDE	63.23DEF	47.79FG	0.76	66.67	5.30DE	13.35I	43 464.90	90.67
F03	5.85EF	63.33DEF	51.68DEF	0.82	66.67	4.13FG	26.10BCDEF	50 299.65	85.06
F04	7.02BCD	63.96DE	56.63C	0.89	66.67	4.65DEFG	34.65A	67 488.00	97.47
F05	5.85EF	68.08BCD	54.25CDE	0.80	80.00	4.05FG	30.35ABCD	69 067.20	88.24
F06	6.10CDEF	71.72AB	57.09B	0.80	50.00	4.13FG	18.60EFGHI	71 437.65	75.31
F07	5.77EF	61.99EF	55.42CD	0.89	57.14	4.45EFG	26.55ABCDE	65 055.45	77.91
F08	8.32A	64.99CDE	49.69EFG	0.76	60.00	4.03FG	15.25HI	32 981.25	93.44
F09	6.70BCDEF	70.23BC	61.62B	0.88	60.00	4.73DEFG	30.85ABC	54 645.00	93.65
F10	7.29AB	65.47CDE	52.52CDEF	0.80	80.00	4.78DEF	22.40DEFGH	62 505.15	82.14
F11	6.04DEF	68.33BCD	51.05DEF	0.75	80.00	4.75DEF	20.60EFGHI	60 277.20	71.43
F12	5.59F	58.34F	51.45DEF	0.88	80.00	5.48CD	24.45CDEFG	48 073.05	97.53
F13	7.18ABCD	76.38A	67.91A	0.88	80.00	4.55EFG	33.75AB	76 525.20	98.82
F14	5.77EF	70.87B	53.71CDE	0.76	50.00	4.83DEF	24.00CDEFG	46 881.00	95.29
F15	4.37G	52.24G	45.47G	0.87	66.67	6.33BC	18.05FGHI	34 561.05	96.39
F16(CK)	5.84EF	66.92BCDE	52.38CDEF	0.78	66.67	4.83DEF	33.55AB	48 659.55	94.12
F17	3.40GH	25.51H	26.91I	1.06	100.00	6.33BC	15.38HI	19 303.80	95.24
F18	3.22GH	22.81H	33.24H	1.46	90.90	7.60A	17.45GHI	13 532.25	95.35
F19	2.71H	24.48H	30.96HI	1.26	100.00	6.70AB	19.75EFGHI	13 406.70	85.07

由表 3 可知,由于遗传的多样性,19 份番茄种质资源在不同性状上变异各不相同。单花序果数变异系数为 50.21%,是差异最大的性状指标。单果质量的最大值为 211.85 g,最小值为 11.35 g,其变异幅度较大,变异系数为 46.50%,可见这 19 份番茄材料中包括大果、小果,性状差异较大。单花序花数、单株穗数、果柄长、果肉厚、果横径、果纵径、硬度、可溶性固形物含量、坐果率、果形指数这些性状的变异系数都在 20% ~30%。番茄的首花节位和病毒病抗性的变异系数较小,分别为 9.98%、9.20%,离散程度小。而播种至收获的时间变异系数非常小,仅为 1.38%,品种间几乎不存在差异。

表 3　番茄理化品质的描述性统计

指标	最大值	最小值	极差	平均值	标准差	变异系数(%)
播种至收获的时间(d)	119.00	113.00	6.00	117.05	1.61	1.38
单花序花数(朵)	11.00	5.00	6.00	6.37	1.86	29.20
单花序果数(个)	10.00	3.00	7.00	4.74	2.38	50.21
单株穗数(个)	8.00	4.00	4.00	5.26	1.33	25.29
节间长度(mm)	92.25	49.75	42.50	69.26	12.85	18.55
首花节位	9.00	6.00	3.00	8.42	0.84	9.98
果柄长(mm)	12.88	5.05	7.83	9.35	1.94	20.75
单果质量(g)	211.85	11.35	200.50	126.31	58.73	46.50
果肉厚(mm)	8.32	2.71	5.61	5.84	1.49	25.51
果横径(mm)	76.38	22.81	53.57	59.10	16.34	27.65
果纵径(mm)	67.91	26.91	41.00	50.22	10.14	20.19
果形指数(%)	1.46	0.75	0.71	0.89	0.18	20.22
坐果率(%)	100.00	50.00	50.00	72.00	14.71	20.43
可溶性固形物含量(%)	7.60	3.83	3.77	5.03	1.03	20.48
硬度(N)	34.65	13.35	21.30	23.41	6.73	28.75
产量(kg/hm^2)	76 525.20	13 406.70	63 118.50	49 483.09	1 284.22	2.60
病毒病抗性(%)	98.82	71.43	27.39 百分点	90.03	8.28	9.20

2.2　番茄品质性状相关性分析

表 4 反映了不同品种番茄品质性状的相关性,且部分品质指标之间呈显著或极显著相关。播种至收获的时间、节间长度、首花节位与其他指标之间的相关性基本不显著。单花序花数、单花序果数、单株穗数、果形指数、坐果率、可溶性固形物含量相互之间呈极显著正相关。单花序花数、单花序果数分别与果柄长、单果质量、果肉厚、果横径、果纵径、产量呈极显著负相关。果柄长、单果质量、果肉厚、果横径、果纵径、产量相互之间呈极显著正相关,且分别与果形指数、坐果率、可溶性固形物含量呈显著或极显著负相关。

2.3　番茄品质性状的主成分分析

2.3.1　主成分分析的适宜性检验　做 KMO 检验和 Bartlett 球形度检验,KMO 值为 0.681,Bartlett 球形度检验得出的概率小于显著性水平 0.05(表 5),说明变量间存在很强的关联性,适合做主成分分析。

2.3.2　主成分因子的选择　碎石图用来展现因子涵盖变量信息数量,一般是先陡后缓,第 1 个因子涵盖信息最多,而后依次减少,以特征值为纵轴,成分为横轴,一般选取碎石图的曲线上由陡峭变为平稳的结点前的结点为主成分(图 1)。

由图 1 可知,前 4 个成分就已包含大部分信息。由表 6 可知,主成分 1 的特征值是 9.808,方差贡献率为 57.695%,可以代表 57.695% 的全部性状信息,主要反映果横径、果纵径、单果质量、果肉厚、产量性状;主成分 2 的特征值是 1.902,方差贡献率为 11.189%,主要反映病毒病抗性、首花节位性状;主成分 3 的特征值是 1.319,方差贡献率为 7.758%,主要反映硬度性状;主成分 4 的特征值是 1.159,方差贡献率为 6.818%,主要反映播种至收获的时间性状。在所有指标中,前 4 个主成分的累计贡献率为 83.460%,可以代表全部指标信息的 83.460%,17 个性状指标的大多数信息都能反映出来。因此,

表 4　番茄各品质性状间相关性分析

性状	相关系数																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1.000																
2	-0.279	1.000															
3	0.074	0.086	1.000														
4	0.101	0.004	0.939**	1.000													
5	-0.110	-0.007	0.836**	0.922**	1.000												
6	-0.076	0.064	0.222	0.170	0.287	1.000											
7	0.574*	-0.140	-0.034	-0.081	-0.255	-0.154	1.000										
8	-0.251	-0.076	-0.635**	-0.731**	-0.691**	-0.131	0.057	1.000									
9	-0.135	-0.090	-0.846**	-0.890**	-0.737**	0.008	0.116	0.633**	1.000								
10	0.009	-0.358	-0.833**	-0.828**	-0.739**	-0.326	0.202	0.642**	0.749**	1.000							
11	-0.141	-0.075	-0.930**	-0.956**	-0.838**	-0.163	0.085	0.726**	0.960**	0.852**	1.000						
12	-0.033	-0.200	-0.844**	-0.873**	-0.726**	-0.099	0.132	0.650**	0.953**	0.796**	0.937**	1.000					
13	0.181	-0.094	0.891**	0.892**	0.845**	0.199	-0.068	-0.632**	-0.767**	-0.760**	-0.878**	-0.683**	1.000				
14	0.093	-0.116	0.583**	0.822**	0.805**	0.034	-0.177	-0.644**	-0.718**	-0.603**	-0.729**	-0.662**	0.653**	1.000			
15	0.230	0.109	0.783**	0.810**	0.658**	0.280	-0.144	-0.659**	-0.797**	-0.833**	-0.865**	-0.786**	0.814**	0.637**	1.000		
16	0.169	0.069	-0.387	-0.351	-0.267	-0.054	0.246	0.168	0.556*	0.275	0.471*	0.630**	-0.215	-0.166	-0.383	1.000	
17	-0.252	-0.085	-0.754**	-0.754**	-0.554*	-0.008	0.035	0.684**	0.858**	0.700**	0.860**	0.895**	-0.670**	-0.501*	-0.806**	0.585**	1.000

注：*、** 分别表示显著相关（$P<0.05$）、极显著相关（$P<0.01$）。1 表示病毒病抗性；2 表示播种至收获的时间；3 表示单花序花数；4 表示单花序果数；5 表示单株穗数；6 表示节间长度；7 表示首花节位；8 表示果柄长；9 表示单果质量；10 表示果肉厚；11 表示果横径；12 表示果纵径；13 表示果形指数；14 表示坐果率；15 表示可溶性固形物含量；16 表示硬度；17 表示产量。

表 5　番茄各品质性状的 KMO 检验和 Bartlett 球形度检验

检验类型	指标	数值
KMO 检验	KMO 值	0.681
Bartlett 球形度检验	近似卡方	417.434
	df	136
	P 值	0.000

选择前 4 个主成分作为综合指标确定主成分因子。

2.3.3　番茄品质性状的综合评价　用 Z_1、Z_2、Z_3、Z_4 分别代表这 4 个主成分，X_1、X_2、X_3、…、X_{10}、X_{11}、X_{12}分别代表 17 个品质指标，根据表 7 番茄品质性状相关矩阵的特征向量，得出 4 个主成分的线性组合，分别是：

$$Z_1 = -0.009X_1 - 0.095X_2 - 0.099X_3 - 0.089X_4 - 0.020X_5 + 0.015X_6 + 0.078X_7 + 0.095X_8 + 0.089X_9 + 0.101X_{10} + 0.095X_{11} - 0.090X_{12} - 0.078X_{13} - 0.091X_{14} + 0.047X_{15} + 0.087X_{16} - 0.012X_{17};$$

$$Z_2 = -0.247X_1 + 0.009X_2 + 0.030X_3 - 0.074X_4 - 0.149X_5 + 0.413X_6 - 0.085X_7 - 0.019X_8 + 0.097X_9 - 0.024X_{10} + 0.044X_{11} + 0.073X_{12} + 0.038X_{13} + 0.023X_{14} + 0.139X_{15} - 0.067X_{16} + 0.463X_{17};$$

$$Z_3 = 0.021X_1 + 0.044X_2 + 0.077X_3 + 0.216X_4 + 0.434X_5 - 0.005X_6 - 0.122X_7 + 0.196X_8 - 0.138X_9 + 0.039X_{10} + 0.210X_{11} + 0.169X_{12} + 0.131X_{13} + 0.036X_{14} + 0.525X_{15} + 0.271X_{16} + 0.024X_{17};$$

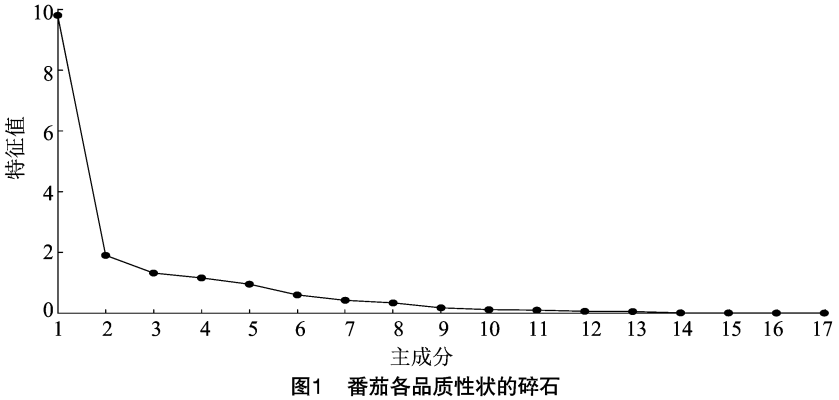

图1　番茄各品质性状的碎石

表 6　番茄各品质性状主成分分析的方差贡献率

主成分	特征值	方差贡献率（%）	累计贡献率（%）
1	9.808	57.695	57.695
2	1.902	11.189	68.884
3	1.319	7.758	76.642
4	1.159	6.818	83.460
5	0.952	5.603	89.063
6	0.597	3.513	92.576
7	0.420	2.473	95.049
8	0.336	1.975	97.024
9	0.174	1.021	98.045
10	0.113	0.668	98.712
11	0.097	0.570	99.282
12	0.058	0.341	99.623
13	0.050	0.295	99.918
14	0.008	0.045	99.963
15	0.005	0.029	99.991
16	0.001	0.007	99.998
17	0.000	0.002	100.000

表 7　番茄各品质性状的得分矩阵

指标	得分			
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
播种至收获的时间	-0.009	-0.247	0.021	0.706
单花序花数	-0.095	0.009	0.044	0.043
单花序果数	-0.099	0.030	0.077	-0.087
单株穗数	-0.089	-0.074	0.216	-0.218
节间长度	-0.020	-0.149	0.434	0.076
首花节位	0.015	0.413	-0.005	0.272
果柄长	0.078	-0.085	-0.122	-0.053
单果质量	0.095	-0.019	0.196	0.000
果肉厚	0.089	0.097	-0.138	-0.234
果横径	0.101	-0.024	0.039	-0.016
果纵径	0.095	0.044	0.210	-0.090
果形指数	-0.090	0.073	0.169	-0.106
坐果率	-0.078	0.038	0.131	-0.285
可溶性固形物	-0.091	0.023	0.036	0.106
硬度	0.047	0.139	0.525	0.135
产量	0.087	-0.067	0.271	-0.136
病毒病抗性	-0.012	0.463	0.024	0.149

$$Z_4 = 0.706X_1 + 0.043X_2 - 0.087X_3 - 0.218X_4 + 0.076X_5 + 0.272X_6 - 0.053X_7 - 0.234X_9 - 0.016X_{10} - 0.090X_{11} - 0.106X_{12} - 0.285X_{13} + 0.106X_{14} + 0.135X_{15} - 0.136X_{16} + 0.149X_{17}。$$

用主成分 1、2、3、4 对应的方差贡献率 a_1、a_2、a_3、a_4 作为权数，构建出 $Z = a_1Z_1 + a_2Z_2 + a_3Z_3 + a_4Z_4$ 的总评价模型。

将 19 个番茄品种中的 17 个品质指标试验数据代入对应的表达式中，得到各品种的综合得分值（Z 值）和排序（表 8）。根据上述综合评价模型计算出各番茄品种的综合评价分值，得分越高则品质越好。综合结果显示，F13、F09、F04 主成分综合分数最高，品质表现最好。

表 8　番茄各品质性状主成分的得分以及综合得分

编号	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z	排序
F01	0.435	0.786	-0.849	-0.150	26.266	8
F02	0.184	-0.111	-1.679	-0.494	-7.044	14
F03	0.374	-0.605	-0.444	0.211	12.789	11
F04	0.508	0.737	1.117	0.700	50.987	3
F05	0.549	0.187	0.811	-0.104	39.359	6
F06	0.794	-1.708	0.298	-0.278	27.114	7
F07	0.348	-0.937	0.477	-0.139	12.357	12
F08	0.578	1.059	-2.253	-1.192	19.566	9
F09	0.560	0.573	1.482	0.535	53.858	2
F10	0.452	-0.014	-0.797	-0.576	15.811	10
F11	0.208	-2.849	0.395	-0.611	-20.969	16
F12	-0.064	-0.015	0.062	-0.769	-8.626	15
F13	0.870	1.580	1.622	-1.977	66.983	1
F14	0.561	0.293	-0.508	1.834	44.238	4
F15	-0.263	0.104	-0.591	1.954	-5.281	13
F16	0.416	0.472	0.295	1.621	42.613	5
F17	-2.072	0.357	0.430	0.115	-111.444	17
F18	-2.266	0.267	0.537	-0.609	-127.754	18
F19	-2.170	-0.177	-0.407	-0.073	-130.820	19

2.4　番茄品质性状的聚类分析

对 19 个番茄品种的品质性状采用组间连接法进行聚类分析，聚类采用欧式距离（图 2）。在欧氏距离为 7 左右时，将 19 份番茄材料分为 3 个类群。第一类群为 F01、F04、F05、F06、F07、F09、F10、F11、F13 等 9 个品种，粉红大果，硬度大，耐储运，单果质量较高，产量高，各项性状都较突出，在主成分分析中综合评价得分普遍较高，果实品质较好。第二类群为 F02、F03、F08、F12、F14、F15、F16 等 7 个品种，单果质量偏低，可溶性固形物含量高，产量低，各项指标表现一般，在主成分分析中综合评价得分较低，果实品质相对不高。第三类群为 F17、F18、F19 等 3 个品种，是小果型的樱桃番茄，颜色艳丽，单花序花数、单花序果数、单株穗数较多，坐果率高，可溶性固形物含量最高，口感较好，但其产量偏低。

3　讨论

作物农艺性状间往往存在着错综复杂的关系。相关性分析是对2个具备相关关系的变量进行分

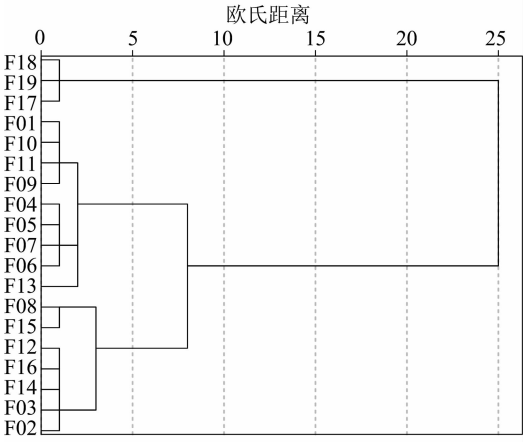

图2　不同番茄品种的聚类谱系

析,并衡量 2 个变量之间的关联程度。通过对一种性状的选择达到改良另一种性状的效果,这对于不容易鉴定的数量性状显得尤为重要,为开展多个数量性状综合选择提供依据[14-15]。相关研究结果表明,某些性状的相关性结果与以往的研究结果有一定的关联性,但也有一些与前人的研究结果有一定的出入,这可能与试验条件和分析方法的不同有关。如芮文婧等发现,果形指数与果横径呈极显著正相关,相关系数为 0.654[16]。但本研究研究结果显示二者极显著负相关,何润铭等的研究结果也显示相同结果[17]。

在多样品多指标的综合品质分析中,主成分分析与聚类分析得到了广泛的应用。主成分分析力求在保证资料损失最小的前提下,克服信息的重叠性和指标之间的关联性,对多变量进行最佳综合简化,即对高维变量的空间进行降维[18-20]。在进行主成分分析之前,由于所选样本的指标往往具有不可加性,故数据的无量纲化处理很有必要,还可以克服无量纲化数据提出主成分时“忽略变量的差异”的缺陷,这因为标准化后数据的方差都为 1。通过主成分分析,将 19 个番茄的 17 个品质性状指标转化为 4 个主成分,而主成分载荷矩阵反映各个性状对主成分负荷的相对强度和作用方向,即该性状对主成分量的影响程度[21]。这 4 个主成分的累计贡献率为 83.460%,可以代表全部指标信息的 83.460%。17 个性状指标的大多数信息都能反映出来,主要包含果横径、果纵径、单果质量、果肉厚、产量、播种至收获的时间、硬度等多个方面,较客观地反映番茄的种质特点。利用番茄性状相关矩阵的特征向量建立 4 个主成分的线性方程,得到各个品种的综合得分,按得分大小排序,其中 F13、F09、F04 品种排在前 3 位,综合性状表现较稳定。聚类分析根据样品品质特性进行分类,相似性大的优先归为同类,类别间重要性是等同的,参与聚类的指标越多,越能反映品种的综合性状[22]。聚类分析将 19 份番茄材料分为 3 个类群,各类群之间有明显的差异性,与主成分分析得到的最终排名较一致。

4　结论

本研究通过对不同品种番茄的各品质指标进行性状分析与差异分析,发现 19 个品种番茄的品质性状之间存在不同程度的性状差异,除播种至收获的时间和首花节位的变异系数小于 10.00%,其余指标均大于 10.00%,说明指标间差异明显。采用主成分分析法对 19 个番茄品种 17 个指标进行分析,提取 4 个主成分,累计贡献率达到 81.715%,最终筛选出 F13(大粉 3 号)、F09(粉黛 321)、F04(丰满 128)等 3 个综合品质最好的品种,这也是最适宜在河南省内黄地区塑料大棚种植和推广的番茄品种。

参考文献:

[1]李岳雁. 97 份番茄种质资源初步分析与评价[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2021.

[2]张　洋. 日光温室番茄品种比较与综合评价[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2017.

[3]王　佼,苏秀敏,韩文清,等. 基于隶属函数法对 15 种旱地番茄品质的综合评价[J]. 浙江农业科学,2020,61(12):2586-2589.

[4]闫丽娟,庞胜群,靳　曲,等. 灰色关联度法综合评价加工番茄品种性状[J]. 长江蔬菜,2013(2):13-15.

[5]岳　冬,鲁　博,刘娜,等. 基于主成分分析法的番茄内在品质评价指标的选择[J]. 上海农业学报,2017,33(1):88-92.

[6]赵云霞,颜秀娟,裴红霞,等. 基于 DTOPSIS 法的日光温室大果番茄组合比较分析与评价[J]. 蔬菜,2022(2):13-18.

[7]冯　勇. 基于主成分和聚类分析的不同品种猕猴桃品质指标综合评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(22):180-185.

[8]何　文,张秀芬,郭素云,等. 基于主成分分析和聚类分析对 22 份马铃薯种质的综合评价[J]. 种子,2021,40(3):80-86.

[9]李伟明,吴旭东,胡卫丛,等. 基于主成分分析和聚类分析的不同品种辣椒综合评价[J]. 北方园艺,2022(9):55-60.

[10]刘珮君,王晓敏,李国花,等. 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.

[11]袁东升,王晓敏,赵宇飞,等. 100 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. 西北农业学报,2019,28(4):594-601.

[12]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.

[13]李锡香,杜永臣. 番茄种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:51-67.

杨婉莹,王文晓,熊超明,等. 植物生长抑制剂对草莓花芽分化、产量及品质的影响[J]. 江苏农业科学,2023,51(12):113 – 120.
doi:10.15889/j.issn.1002 – 1302.2023.12.016

植物生长抑制剂对草莓花芽分化、产量及品质的影响

杨婉莹[1], 王文晓[1], 熊超明[1], 孙齐宇[1], 李　慧[2], 孙文喜[1]
(1.河南省农业科学院长垣分院,河南长垣 453400; 2.河南省长垣市农业农村局,河南长垣 453400)

摘要:为研究生长抑制剂对草莓花芽分化、产量及品质的影响,以短日晚熟品种艳丽为材料,以清水为对照,通过苗期根施 5 mL 不同浓度调环酸钙(50、100、200 mg/L)、拿敌稳(100、200、400 mg/L),测定草莓苗期生长指标,后续进行花芽分化形态学观察并结合物候期,分析生长抑制剂对花芽分化的影响,最终运用主成分法进行果实产量及品质分析。结果表明,在苗期生长阶段,生长抑制剂处理对草莓子苗株高、叶面积、叶柄长及冠径影响显著,各处理均显著低于 CK,且随抑制剂浓度的升高,抑制效果越明显;T3、T6 的壮苗指数显著高于 CK,叶绿素 a + b 含量仅 T6 显著增加。综合来看,T6 植株形态与叶片颜色都显著优于 CK。花芽分化方面,生长抑制剂处理不同程度提前了花芽分化的进程。与 CK 比较,T1 ~ T6 分别提前 5、2、2、1、7、5 d 进入二分割期,并且物候期明显提前,其中 T6 表现最为突出。产量方面,T1、T2、T4、T5、T6 的年前单株产量显著高于 CK,但年后单株产量仅 T2、T6 显著高于 CK,其余处理差异不显著甚至低于 CK,T6 的综合产量排首位。品质方面,生长抑制剂处理显著增加了草莓果实维生素 C 含量、可溶性糖含量和糖酸比,优化了草莓风味。T6 的品质综合排名也是首位。总而言之,苗期根施适宜浓度的生长抑制剂可以培育壮苗,促进花芽分化,提前上市,提高果实产量和品质,本试验中,T6 处理(400 mg/L 拿敌稳)对花芽分化、产量、品质的效果最好。

关键词:草莓;植物生长抑制剂;花芽分化;产量;品质
中图分类号:S668.401　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1002 – 1302(2023)12 – 0113 – 08

草莓(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)属于蔷薇科草莓属植物,是世界范围内广泛栽培的浆果之一。草莓作为一种适应性强、易栽培、营养价值高的都市型经济作物,深受消费者和种植户的喜爱。伴随着经济的迅速发展和国民消费水平的不断提高,促进草莓花芽分化,提前并延长草莓的供应期,是目前生产中亟待解决的问题。

花芽分化指植物茎生长点由分生出叶片、腋芽转变为分化出花序或花朵的过程,也是植物由营养生长向生殖生长转化的过程[1]。光周期、温度、营养物质和激素是影响草莓花芽分化的主要因素。

收稿日期:2022 – 08 – 22
基金项目:河南省农业科学院院县共建现代农业科技综合示范县项目(编号:豫农科【2020】59 号)。
作者简介:杨婉莹(1993—),女,河南获嘉人,硕士研究生,研究实习员,主要从事草莓栽培生理研究。E – mail:360904967@qq.com。
通信作者:孙文喜,副研究员,主要从事作物栽培研究。E – mail:wenxisun@126.com。

[14]刘子记,申龙斌,杨　衍,等. 甜椒核心种质遗传多样性与亲缘关系分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):199 – 202.
[15]王瑞清,闫志顺,刘　英. 冬小麦品种数量性状的典型相关分析[J]. 种子,2004,23(11):56 – 58.
[16]芮文婧,张倩男,王晓敏,等. 47 份大果番茄种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):92 – 95.
[17]何润铭,黎振兴,郭汉权,等. 基于表型性状的番茄品种遗传多样性分析[J]. 湖北农业科学,2021,60(18):115 – 120.
[18]庄萍萍,李　伟,魏育明,等. 波斯小麦农艺性状相关性及主成分分析[J]. 麦类作物学报,2006,26(4):11 – 14.
[19]Guillén – Casla V, Rosales – Conrado N, León – González M E, et al. Principal component analysis (PCA) and multiple linear regression (MLR) statistical tools to evaluate the effect of *E* – beam irradiation on ready – to – eat food[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2011, 24(3):456 – 464.
[20]Vainionpää J, Smolander M, Alakomi H L, et al. Comparison of different analytical methods in the monitoring of the quality of modified atmosphere packaged broiler chicken cuts using principal component analysis[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 65(2):273 – 280.
[21]王益民,张　珂,许飞华,等. 不同品种枸杞子营养成分分析及评价[J]. 食品科学,2014,35(1):34 – 38.
[22]Yoder P S, St – Pierre N R, Weiss W P. A statistical filtering procedure to improve the accuracy of estimating population parameters in feed composition databases[J]. Journal of Dairy Science, 2014, 97(9):5645 – 5656.