

王 倩,刘卫东,朱士农,等. 茄子营养品质与主要农艺性状的灰色关联分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):184-187.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.057

茄子营养品质与主要农艺性状的灰色关联分析

王 倩,刘卫东,朱士农,崔群香,张爱慧,王长义

(金陵科技学院园艺学院,江苏南京 210038)

摘要:以国内外搜集到的 15 个茄子品种为试验材料,运用灰色关联分析方法,对茄子营养品质与 9 个农艺性状的关联度进行了分析。结果表明,果肉色和心室数与花青素含量关联度较大;果肉色和果色与维生素 P 和可溶性糖含量的关联度较大;单果质量和果顶形状与可溶性蛋白含量的关联度较大。综合评价认为,果肉色、心室数、果色、果顶形状对营养品质含量的影响较大。因此,在茄子高品质育种中应着重考虑这 4 个性状,以利提高育种效率。

关键词:茄子;花青素;维生素 P;农艺性状;灰色关联分析

中图分类号: S641.103 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0184-04

茄子(*Solanum melongena* L.)别称落酥、昆仑瓜,是茄科(Solanaceae)茄属作物,起源于东南亚热带地区,古印度为其最早驯化地。中国栽培茄子的历史悠久,类型品种繁多,被认为是茄子第二起源地^[1]。茄子的营养价值高,含丰富的蛋白质、糖、维生素和多种矿质元素,同时也是含维生素 P 较高的蔬菜,因而茄子具有特殊的食疗价值^[2]。茄子不仅具有较高的营养价值,且食用方法也多种多样,是一种可以鲜食加工结合、周年供应、经济实惠的大宗蔬菜,深受广大消费者的欢迎。

由于各地生态环境及消费习惯不同,茄子栽培品种形成了不同的生态类型和市场消费区域^[3]。品质性状是影响消费者对茄子购买需求的主要因素之一,育种工作者都在积极利用新资源和新技术对茄子品质性状,尤其是营养品质性状进行选择。灰色关联分析^[4]是分析各因素关联性的一种量的测度,是灰色系统建模分析、预测、决策的基础,能缩短作物育种进程及指导农业实践。通过与参考性状的灰色关联度分析与系数计算,可有效筛选目的性状,在农作物的新品种筛选、区域试验和农艺性状相关分析方面得到越来越多的重视和利用^[5-6]。目前,使用灰色关联分析方法在棉花^[7]、玉米^[8]等作物育种上应用较多,而在茄子品种评价及相关分析等方面少见报道。本研究采用搜集到的国内外 15 个优良茄子品种为材料,采用灰色关联分析方法,分析茄子营养品质与主要农艺性状的关联度,明确各性状对茄子营养品质形成的主次关系,以期对茄子新品种选育和种质资源利用提供科学参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试的 15 个茄子品种分别为国外品种 5 个:荷兰绿龙

收稿日期:2015-09-04

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(11)1005];江苏省自然科学基金青年基金(编号:BK20130093);金陵科技学院教改项目(编号:金院字[2015]115号);江苏省农业三新工程(编号: SXGC[2014]015)。

作者简介:王 倩(1984—),女,河北邢台人,博士,讲师,主要从事蔬菜作物遗传育种与分子生物学研究。E-mail: wangqian@jlit.edu.cn。

(荷兰)、黑玛丽(日本)、万寿龙(韩国)、丽华(日本)、KALI(菲律宾);国内品种 10 个:津科 2 号圆茄(天津)、荷包茄(浙江)、杭茄一号(浙江)、苏崎茄(江苏)、白圆茄(内蒙古)、同安香白茄(福建)、超九叶圆茄(河北)、丰裕 8 号(广东)、绿衣天使和绿健(辽宁)。所有材料均定植于金陵科技学院幕府校区园艺实验站。试验采用随机区组设计,3 次重复,株距 55 cm、行距 75 cm,小高垄栽植,每小区 30 株,生长期常规管理,双秆整枝。

1.2 调查与测定

农艺性状调查标准参照《茄子种质资源描述规范和数据标准》^[1],品质性状中花青素相对含量、维生素 P 含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量等营养指标测定参考曹建康等的方法^[9-10]。

1.3 分析方法

依据灰色系统理论^[4],将 15 个茄子品种的营养品质性状及 9 个果实性状因素视为一个灰色系统,每个调查项目为该系统中的 1 个因素,其中 4 个营养指标(花青素相对含量、维生素 P 含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量)分别设为参考数列 X_0 ,9 个农艺性状设为比较数列,分别为 X_1 (首花节位)、 X_2 (果色)、 X_3 (果顶形状)、 X_4 (果纵径)、 X_5 (果横径)、 X_6 (果形)、 X_7 (果肉色)、 X_8 (心室数)、 X_9 (单果质量),各因素试验结果平均值列于表 1,其中果色、果顶形状、果形及果肉色依据《茄子种质资源描述规范和数据标准》^[1]采用标准化赋值,赋值方法详见表 2。

1.4 计算方法

将表 1 中的数据进行无量纲化处理,由于各调查性状因素量纲不一致,按 $X'_i(k) = [X_i(k) - \bar{X}_i]/S_i$ 将数据进行标准化处理,然后求参考数列 X_0 与比较数列 X_i 的差的绝对值 $\Delta X_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)| (k=1,2,\dots,15; i=1,2,\dots,9)$,再计算关联系数和关联度^[6]。

关联系数计算公式为:

$$\zeta(k) = \frac{\min_i \min_k |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_k |X_0(k) - X_i(k)|}$$

式中:分辨系数 $\rho=0.5$ 。

表 1 不同茄子品种营养品质和农艺性状

品种名称	花青素 相对含量	维生素 P 含 量 (mg/kg)	可溶性糖含 量 (mg/g)	可溶性蛋白含量 (mg/g)	首花 节位	果色	果顶 形状	果纵径 (cm)	果横径 (cm)	果形	果肉色	心室数 (个)	单果质量 (g)
荷兰绿龙	0.063	23.93	5.491	1.156	10	3	3	22.56	5.60	8	2	3	194.00
津科 2 号圆茄	12.573	19.74	3.924	0.402	8	5	1	7.42	11.97	1	2	10	353.00
荷包茄	5.270	22.37	3.835	0.514	11	6	3	23.33	8.18	8	3	8	430.00
杭茄一号	1.759	12.15	5.095	0.955	10	5	3	21.40	3.67	9	1	6	107.00
苏崎茄	2.605	20.90	3.881	0.642	8	7	3	19.93	6.68	7	3	9	237.00
白圆茄	0.332	36.03	4.414	0.300	10	8	1	16.77	5.60	8	2	9	119.72
黑玛丽	11.863	21.27	2.747	0.263	9	6	1	22.78	6.08	8	3	8	208.17
同安香白茄	0.031	17.21	6.309	1.881	9	1	3	14.76	3.12	9	1	5	77.17
万寿龙	34.548	32.67	4.031	1.435	10	7	1	17.60	4.68	8	3	9	159.66
丽华	14.069	40.74	5.406	1.114	11	8	1	25.87	5.00	11	3	9	195.06
超九叶圆茄	11.607	20.36	3.377	0.880	11	8	2	8.13	8.30	2	3	10	151.05
KALI	13.410	28.51	5.794	1.074	8	6	3	29.00	5.10	7	3	4	311.00
丰裕 8 号	2.010	20.54	3.293	1.620	9	6	2	37.03	6.85	7	3	5	390.00
绿衣天使	0.061	34.66	3.078	1.505	9	2	1	21.63	6.13	11	4	9	281.32
绿健	0.091	21.68	3.697	1.040	9	3	1	15.53	8.48	4	3	7	316.63

表 2 茄子性状赋值

性状	赋值
果色	白 = 1; 白绿 = 2; 绿 = 3; 橘红 = 4; 浅紫 = 5; 鲜紫 = 6; 紫红 = 7; 黑紫 = 8
果顶性状	凹 = 1; 平 = 2; 凸 = 3
果形	扁圆 = 1; 圆球 = 2; 高圆 = 3; 卵圆 = 4; 长卵 = 5; 短筒 = 6; 长筒 = 7; 长条 = 8; 线形 = 9; 短羊角 = 10; 长羊角 = 11
果肉色	白 = 1; 黄白 = 2; 绿白 = 3; 绿 = 4

关联度计算公式为: $r_i = \frac{1}{n} \sum \zeta_i(k)$ 。

2 结果与分析

2.1 花青素含量与农艺性状的关联度

依照关联度大的数列与参考数列的关系最密切,关联度小的数列与参考数列的关系较远的关联分析原则,在 9 个农

艺性状因素中,茄子果肉颜色与花青素含量的关联度最大, r 值为 0.807;其次是心室数, r 值为 0.780;第 3 位为果顶形状, r 值为 0.744;第 4 位为果色, r 值为 0.743。由此可见,参试茄子品种花青素含量与主要农艺性状的关联度从大到小依次顺序为:果肉色 > 心室数 > 果顶形状 > 果色 > 单果质量 > 果纵径 > 果横径 > 首花节位 > 果形。因此,在选育具有高含量花青素的茄子新品种时,首先要考虑果肉色和心室数,兼顾果顶形状和果色,然后要注意合适的单果质量,果形与花青素含量的关联度最小。

2.2 维生素 P 含量与农艺性状的关联度

从表 4 可以看出,与花青素情况类似,9 个农艺性状因素中茄子果肉颜色与维生素 P 含量的关联度最大, r 值为 0.784;其次是果色, r 值为 0.696;第 3 位为果顶形状, r 值为 0.675;第 4 位为心室数, r 值为 0.672。由此可见,参试茄子品种维生素 P 含量与主要农艺性状的关联度从大到顺序依次

表 3 茄子花青素含量与农艺性状的关联系数和关联度

品种名称	相关系数								
	首花节位	果色	果顶形状	果纵径	果横径	果形	果肉色	心室数	单果质量
荷兰绿龙	0.829	0.815	0.798	0.737	0.753	0.726	0.964	0.529	0.771
津科 2 号圆茄	0.613	0.778	0.761	0.534	0.399	0.449	0.887	0.689	0.710
荷包茄	0.517	0.967	0.597	0.877	0.687	0.959	0.835	0.970	0.452
杭茄一号	0.936	0.760	0.719	0.749	0.679	0.976	0.495	0.984	0.687
苏崎茄	0.599	0.862	0.685	0.740	0.785	0.752	0.985	0.867	0.729
白圆茄	0.844	0.759	0.855	0.822	0.766	0.738	0.985	0.973	0.801
黑玛丽	0.973	0.863	0.728	0.902	0.789	0.869	1.000	0.861	0.854
同安香白茄	0.796	0.524	0.799	0.964	0.657	0.899	0.532	0.824	0.655
万寿龙	0.354	0.376	0.405	0.340	0.381	0.334	0.352	0.375	0.374
丽华	0.643	0.745	0.838	0.980	0.931	0.682	0.851	0.996	0.795
超九叶圆茄	0.569	0.648	0.775	0.532	0.758	0.490	0.979	0.654	0.799
KALI	0.640	0.778	0.739	0.719	0.948	0.696	0.892	0.605	0.959
丰裕 8 号	0.912	0.815	0.725	0.442	0.791	0.725	0.940	0.728	0.602
绿衣天使	0.797	0.637	0.872	0.689	0.662	0.704	0.589	0.952	0.791
绿健	0.799	0.813	0.870	0.900	0.879	0.792	0.820	0.688	0.989
平均	0.721	0.743	0.744	0.729	0.724	0.719	0.807	0.780	0.731
关联序	8	4	3	6	7	9	1	2	5

表 4 维生素 P 含量与农艺性状的关联系数和关联度

品种名称	相关系数								
	首花节位	果色	果顶形状	果纵径	果横径	果形	果肉色	心室数	单果质量
荷兰绿龙	0.718	0.502	0.493	0.843	0.815	0.863	0.615	0.345	0.788
津科 2 号圆茄	0.568	0.678	0.753	0.478	0.338	0.387	0.934	0.660	0.686
荷包茄	0.460	0.967	0.549	0.921	0.659	0.977	0.859	0.963	0.392
杭茄一号	0.467	0.404	0.665	0.399	0.718	0.498	0.751	0.496	0.706
苏崎茄	0.522	0.822	0.614	0.682	0.735	0.696	0.996	0.829	0.669
白圆茄	0.516	0.804	0.690	0.504	0.475	0.460	0.586	0.580	0.747
黑玛丽	1.000	0.847	0.654	0.900	0.753	0.856	0.981	0.845	0.836
同安香白茄	0.651	0.489	0.878	0.809	0.662	0.747	0.500	0.919	0.659
万寿龙	0.669	0.788	0.996	0.605	0.816	0.579	0.660	0.781	0.779
丽华	0.635	0.536	0.483	0.433	0.409	0.590	0.387	0.426	0.371
超九叶圆茄	0.524	0.619	0.663	0.482	0.764	0.435	0.930	0.626	0.823
KALI	0.512	0.840	0.601	0.582	0.909	0.715	0.992	0.481	0.807
丰裕 8 号	0.913	0.784	0.674	0.364	0.754	0.674	0.951	0.654	0.520
绿衣天使	0.548	0.777	0.789	0.478	0.460	0.924	0.685	0.648	0.544
绿健	0.971	0.590	0.631	0.817	0.637	0.575	0.931	0.819	0.735
平均	0.645	0.696	0.675	0.620	0.660	0.665	0.784	0.672	0.671
关联序	8	2	3	9	7	6	1	4	5

为:果肉色>果色>果顶形状>心室数>单果质量>果形>果横径>首花节位>果纵径。因此,在选育具有高含量维生素 P 的茄子新品种时,首先要考虑果肉色和果色,兼顾果顶形状和心室数,然后要注意合适的单果质量,果实纵径与维生素 P 含量的关联度最小。

2.3 可溶性糖含量与农艺性状的关联度

从表 5 可以看出,参试茄子品种可溶性糖含量与农艺性状的关联顺序依次为:果肉色>果色>心室数>果顶形状>

果纵径>果形>首花节位>果横径>单果质量。果肉色与可溶性糖含量的关联度最大, r 值为 0.737;其次为果色, r 值为 0.731;第 3 位为心室数, r 值为 0.729;第 4 位为果顶形状, r 值为 0.704。因此在选育具有高含量可溶性糖的茄子新品种时,首先要考虑果肉色和果色,兼顾心室数和果顶形状,然后要注意合适的果实纵径,单果质量与可溶性糖含量的关联度最小。

表 5 可溶性糖含量与农艺性状的关联系数和关联度

品种名称	相关系数								
	首花节位	果色	果顶形状	果纵径	果横径	果形	果肉色	心室数	单果质量
荷兰绿龙	0.644	0.970	1.000	0.577	0.589	0.569	0.740	0.569	0.602
津科 2 号圆茄	0.513	0.873	0.636	0.447	0.334	0.375	0.742	0.576	0.594
荷包茄	0.518	0.878	0.615	0.989	0.735	0.886	0.950	0.876	0.442
杭茄一号	0.820	0.661	0.751	0.650	0.701	0.906	0.481	0.899	0.710
苏崎茄	0.523	0.766	0.601	0.766	0.824	0.781	0.916	0.771	0.751
白圆茄	0.739	0.511	0.562	0.761	0.828	0.870	0.643	0.650	0.533
黑玛丽	0.526	0.486	0.705	0.501	0.457	0.488	0.537	0.485	0.482
同安香白茄	0.435	0.916	0.591	0.490	0.731	0.470	0.948	0.576	0.734
万寿龙	0.809	0.698	0.601	0.910	0.680	0.968	0.820	0.702	0.704
丽华	0.728	0.894	0.947	0.793	0.725	0.789	0.667	0.772	0.625
超九叶圆茄	0.648	0.776	0.586	0.592	0.978	0.531	0.751	0.785	0.947
KALI	0.994	0.494	0.796	0.826	0.572	0.454	0.547	0.910	0.615
丰裕 8 号	0.695	0.627	0.562	0.458	0.609	0.563	0.714	0.891	0.682
绿衣天使	0.616	0.734	0.878	0.539	0.519	0.844	0.661	0.725	0.612
绿健	0.910	0.677	0.724	0.938	0.731	0.660	0.943	0.747	0.844
平均	0.674	0.731	0.704	0.682	0.667	0.677	0.737	0.729	0.659
关联序	7	2	4	5	8	6	1	3	9

2.4 可溶性蛋白含量与农艺性状的关联度

可溶性蛋白含量与农艺性状关联度大小顺序与前 3 位较为不同,在 9 个农艺性状因素中茄子单果质量与可溶性蛋白含量的关联度最大, r 值为 0.693;其次是果顶形状, r 值为 0.672;第 3 位为果肉色, r 值为 0.670;第 4 位为心室数, r 值

为 0.667(表 6)。由此可见,参试茄子品种可溶性蛋白含量与主要农艺性状的关联度从大到小依次顺序为:单果质量>果顶形状>果肉色>心室数>果色>果横径>果纵径>首花节位>果形。因此在选育具有高含量可溶性蛋白的茄子新品种时,首先要考虑单果质量和果顶形状,兼顾果肉色和心室

表 6 可溶性蛋白含量与农艺性状的关联系数和关联度

品种名称	相关系数								
	首花节位	果色	果顶形状	果纵径	果横径	果形	果肉色	心室数	单果质量
荷兰绿龙	0.858	0.563	0.551	0.961	1.001	0.936	0.713	0.370	0.962
津科 2 号圆茄	0.822	0.484	0.820	0.644	0.410	0.487	0.674	0.972	0.918
荷包茄	0.657	0.578	0.859	0.633	0.877	0.582	0.666	0.577	0.523
杭茄一号	0.681	0.890	0.472	0.914	0.449	0.624	0.334	0.628	0.453
苏崎茄	0.577	0.978	0.693	0.591	0.631	0.601	0.818	0.988	0.581
白圆茄	0.515	0.810	0.693	0.503	0.474	0.459	0.587	0.580	0.752
黑玛丽	0.479	0.441	0.657	0.455	0.413	0.443	0.490	0.440	0.437
同安香白茄	0.406	0.856	0.572	0.463	0.729	0.442	0.890	0.555	0.733
万寿龙	0.698	0.830	0.942	0.627	0.863	0.598	0.688	0.823	0.821
丽华	0.442	0.509	0.570	0.660	0.727	0.468	0.810	0.678	0.893
超九叶圆茄	0.432	0.496	0.870	0.402	0.587	0.369	0.777	0.500	0.622
KALI	0.438	0.914	0.502	0.489	0.707	0.897	0.756	0.415	0.642
丰裕 8 号	0.527	0.480	0.436	0.500	0.468	0.436	0.539	0.809	0.861
绿衣天使	0.606	0.666	0.921	0.519	0.498	0.774	0.596	0.732	0.600
绿健	0.742	0.493	0.522	0.647	0.527	0.482	0.717	0.937	0.594
平均	0.592	0.666	0.672	0.601	0.624	0.573	0.670	0.667	0.693
关联序	8	5	2	7	6	9	3	4	1

数,然后要注意合适的果色,果形与可溶性蛋白含量的关联度最小。

3 结论与讨论

综上所述,我们认为果肉色、心室数、果色和果顶形状对茄子营养品质含量的影响较大,因此在高品质茄子新品种选育中,在兼顾其他性状的同时应着重考虑这 4 个性状,以利提高育种效率。

茄子果实品质与农艺性状的关联分析对于茄子新品种选育中对性状的选择及茄子种质资源的利用和栽培管理有重要意义。前人多采用多元回归和传统的统计方法如相关分析等^[11],分析要求大量的原始数据,并且数据需要具有典型的理论概率分布,应用起来较困难。灰色关联分析方法具有计算量小、样本数据要求宽泛和变量数据不需要服从某个典型分布等优点^[6]。本研究通过对影响茄子果实品质的多因素进行灰色关联分析后,找出对营养品质形成起重要作用的关键因素,从而为茄子高品质育种实践中的性状筛选提供理论依据。

本研究结果表明,茄子果肉色和果色与花青素、维生素 P 和可溶性糖含量关联度较大,结果与前人研究结论^[10,12-13]基本一致。詹园凤等认为可溶性蛋白含量与果横径呈显著正相关^[11],本研究中果横径与可溶性蛋白含量关联度为 0.624,排序为第 6,关联度较大的为单果质量和果顶形状,可能与本研究对影响因子进一步细分有关。

本研究仅进行了花青素、维生素 P、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量等品质性状与相关农艺性状进行灰色关联分析,其他品质性状如维生素 C、可溶性固形物、矿物质含量等尚未考虑。因此,本研究结果对茄子育种中筛选高含量花青素和

维生素 P 等株系具有实践指导意义,对维生素 C、矿物质含量筛选的应用价值仍待进一步研究。

参考文献:

[1]李锡香,朱德蔚. 茄子种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:17-18.
[2]崔万俊. 茄子的营养及药用价值[J]. 中国土特产,1996(4):26.
[3]吴雪霞,查丁石. 我国茄子育种遗传研究进展[J]. 现代农业科技,2010(3):143-146.
[4]邓聚龙. 灰理论基础[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002:10-12.
[5]刘思峰,蔡 华,杨英杰,等. 灰色关联分析模型研究进展[J]. 系统工程理论与实践,2013,33(8):2041-2046.
[6]赵玉坤,高根来,王向东,等. 灰色关联分析方法在作物育种上的应用[J]. 山西农业科学,2012,40(10):1032-1034.
[7]韩永亮,路正营,李世云,等. 早熟棉主要农艺性状与产量的灰色关联分析[J]. 山东农业科学,2015,47(4):18-20,25.
[8]朱雪志. 稻田春播杂交玉米农艺性状与产量的灰色关联度分析[J]. 湖北农业科学,2009,48(5):1078-1081.
[9]曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:23-25.
[10]冯英娜,刘卫东,朱士农,等. 茄子农艺性状和品质性状的相关性及主成分分析[J]. 江苏农业科学,2015,43(1):166-168.
[11]詹园凤,党选民,孙威振,等. 茄子果实的主要性状、营养品质及其相关性分析[J]. 长江蔬菜,2010(12):52-54.
[12]姚元干,黄炎武,杨建国. 茄子果实中五种主要成分含量分析[J]. 湖南农业科学,1992(4):25-27.
[13]王佳慧. 国外茄子种质资源主要农艺性状鉴定与评价[D]. 保定:河北农业大学,2012:32-33.