

# 加工番茄农艺性状与番茄红素的灰色关联分析

庞胜群, 郑 群, 辛建华, 吉雪花, 李 新, 刘 颖

(石河子大学 农学院 新疆 石河子 832003)

**摘 要:** 运用灰色关联度分析法分析了加工番茄 19 个品种或杂交组合的 10 个农艺性状对番茄红素的影响。结果表明: 各性状对番茄红素影响的大小依次为, 干物质含量>可溶性固形物>总酸>总糖>果形指数>果实横径>单株产量>果实纵径>单果重>果肉厚。干物质、可溶性固形物、总酸、总糖等性状是影响番茄红素含量的主要因素, 在选育高色素加工番茄品种时应关注这些性状。

**关键词:** 加工番茄; 农艺性状; 番茄红素; 灰色关联分析

**中图分类号:** S 641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)04-0012-03

番茄果实中含有将近 20 多种类胡萝卜素成分, 其主要色素为番茄红素。番茄红素含量的高低是衡量番茄品种和番茄制品优劣的重要指标之一<sup>[1]</sup>。近几年我国番茄加工制品开始从单一的番茄酱向番茄红素提取、番茄汁、番茄丁、去皮整番茄等多类型过渡, 番茄制品花色品种增多和规模的不断扩大, 与加工工艺对口专用品种的供需矛盾日益突出, 高番茄红素也成为育种工作者重点关注的育种目标之一。番茄红素与多种性状之间存在复杂的关系, 各性状对番茄红素的重要性具有主次之分, 研究各性状与番茄红素的关联程度, 对于提高育种效率具有重要意义。灰色关联度分析是一种简便有效的分析方法, 近年来, 随着灰色系统理论的发展及其在农业领域应用的不断深入, 灰色关联分析法已运用于一些农作物品种的综合评判和亲本的筛选<sup>[2]</sup>, 番茄、甜瓜、辣椒、鲜食大豆、长豇豆、紫苏等的灰色关联分析已在育种实践中加以应用<sup>[3,7]</sup>。该研究应用灰色关联分析法对加工番茄的农艺性状和番茄红素之间的关联度进行分析, 以期选育高色素加工番茄新品种提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试品种和杂交组合共 19 个, 分别为 T59×JW9 (1)、T59×FM002 (2)、T59×20040805 (3)、T60×JW9 (4)、T60×FM002 (5)、T60×20040805 (6)、JW9×T59 (7)、FM002×T59 (8)、20040805×T59 (9)、FM002×T60 (10)、20040805×T60 (11)、20040812 (12)、FM51×JW9

(13)、87-5×20040809 (14)、FM001×FM007 (15)、FM007×JW16 (16)、JW9 (17)、GVS5136 (18)、里格尔 87-5 (19), 均为石河子大学农学院园艺系提供, 其中 1~11 杂交组合中的亲本 T59、T60 为深绿色突变体, 幼果期果实为深绿色, 成熟后果色深红、果实极硬, 番茄红素含量比普通基因型番茄高 50% 左右。

### 1.2 试验方法

于 2009 年在新疆石河子大学农学院试验站进行, 供试材料 4 月中旬直播于露地, 覆膜栽培, 株行距 35 cm×60 cm, 采用随机区组设计, 3 次重复, 小区面积 9.6 m<sup>2</sup>, 每小区 58 株苗, 共 57 个小区, 两侧设保护行。8 月初果实完全成熟后, 每个小区随机取 10 个果调查果实横径、纵径、果形指数、果肉厚; 随机取 15 个果实混合打浆室内测定可溶性固形物、总酸、总糖、干物质、番茄红素含量; 随机取 5 株测定单株产量及单果重。以番茄红素为参考数列、其它 10 个性状为比较数列。

### 1.3 分析方法

参考《作物灰色育种法》关联分析方法<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 确定参考数列及比较数列

按照灰色系统理论将 19 个品种的 11 个性状视为一个整体, 即灰色系统, 将番茄红素作为参考数列, 记作  $X_0$ , 其他 10 个农艺性状为比较数列, 记作  $X_i$  ( $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ )。原始数据见表 1。

### 2.2 数据无量纲化处理

因各性状因素量纲不一, 需对原始数据进行无量纲化处理, 该试验采用标准化均值进行处理, 公式为:  $X_i(\kappa) = (X_i(\kappa) - X_i) / S_i$ , 其中  $X_i(\kappa)$  为第  $i$  个性状第  $\kappa$  个品种的标准化的均值;  $X_i(\kappa)$  为第  $i$  个性状第  $\kappa$  个品种的原始数据;  $X_i$  为第  $i$  个性状的平均值;  $S_i$  为第  $i$  个性状值的标准差。

第一作者简介: 庞胜群(1970-), 女, 硕士, 副教授, 现主要从事蔬菜育种及本科教学工作。E-mail: pangshqok@sina.com。

基金项目: 石河子大学高层次人才科研启动专项资金资助项目(RCZX 200608)。

收稿日期: 2009-12-20

表 1 各农艺性状平均值

The manifestation value of each agronomic character											
品种	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>0</sub>
Cultivars	Fruit	Transverse	Vertical	Fruit shape	Fruit pulp	Insoluble	Total	Total	Dry matter	Yield per	Lycopene
	weight/g	diameter/cm	diameter/ cm	index	thickness/ cm	solids/ %	acid/ %	sugar/ %	content/ %	plant/kg	/mg · ( 100g) <sup>-1</sup> FW
T59×JW9	45.6	3.95	5.15	1.31	0.75	5.0	0.55	3.64	7.85	1.555	12.64
T59×FM002	58.2	4.82	5.02	1.04	0.78	4.6	0.45	3.36	6.89	2.063	12.26
T59×20040805	44.6	4.12	5.15	1.25	0.83	4.5	0.44	3.37	7.36	1.724	10.82
T60×JW9	38.7	3.93	5.04	1.28	0.81	5.5	0.57	3.75	8.53	1.453	14.17
T60×FM002	49.8	4.48	4.82	1.08	0.89	5.1	0.60	4.09	7.97	1.762	12.25
T60×20040805	52.6	4.31	5.46	1.27	0.86	4.8	0.45	4.03	8.06	1.745	12.40
JW9×T59	50.8	4.43	4.44	1.00	0.76	5.1	0.46	3.72	7.54	1.664	11.25
FM002×T59	43.2	3.83	4.83	1.26	0.81	5.5	0.48	3.10	8.54	1.556	12.50
20040805×T59	47.8	4.20	4.15	0.99	0.74	5.0	0.50	3.89	7.24	1.767	12.27
FM002×T60	57.7	4.26	4.51	1.06	0.76	4.5	0.44	3.64	7.53	1.955	12.59
20040805×T60	44.8	3.95	4.71	1.19	0.75	4.0	0.50	3.17	7.56	1.683	12.63
20040812	74.3	4.61	5.53	1.19	0.92	3.2	0.33	2.47	5.05	2.230	10.33
FM51×JW9	79.1	5.22	5.74	1.08	0.94	3.0	0.38	2.46	5.17	2.106	9.97
87-5×20040809	79.4	5.5	6.44	1.28	0.91	3.0	0.36	2.54	5.59	2.048	10.65
FM001×FM007	74.5	4.26	7.45	1.76	0.96	3.4	0.35	2.50	5.92	1.952	9.79
FM007×JW16	71.9	5.10	5.91	1.15	0.84	3.2	0.40	2.66	6.19	1.717	9.70
JW9	66.2	4.87	5.58	1.16	0.92	3.5	0.43	2.55	6.35	1.712	12.17
GVS5136	88.0	4.73	5.70	1.21	0.96	4.2	0.40	2.70	6.95	1.646	11.58
里格尔87-5	79.6	5.32	6.20	1.16	0.92	3.0	0.38	4.33	5.37	1.584	12.00

2.3 估算参考数列与比较数列的绝对值△

根据灰色系统理论, 求出每个品种 X<sub>0</sub>与 X<sub>i</sub>对应点的绝对差值, 公式为:  $\Delta_i(\kappa)=|X_0(k)-X_i(\kappa)|$ , X<sub>i</sub>( $\kappa$ )是无量纲化后的第 i 个性状第  $\kappa$  个品种的值。

从中找出二级最大差  $\max_i\max_k\Delta_i(\kappa)=4.92616$ , 二级最小差  $\min_i\min_k\Delta_i(\kappa)=0.0021$ 。

2.4 计算关联系数及关联度

根据公式  $\xi_i(k)=(\min_i\min_k\Delta_i(\kappa)+\max_i\max_k\Delta_i(\kappa)\cdot\rho)/(\Delta_i(\kappa)+\max_i\max_k\Delta_i(\kappa)\cdot\rho)$  计算关联系数, 式中  $\rho$  为分辨系数, 通常取  $\rho=0.5$ 。利用公式  $r=1/n\sum_{\kappa=1}^k\xi_i(k)$  计算参考数列与比较数列的关联度, 按其大小排列关联序(表 2)。

表 2 番茄红素与各性状的关联系数、关联度和排序

Correlation coefficient, correlation degree and sorting among the lycopene and each characet										
品种 Cultivars	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>
T59×JW9	0.5863	0.5631	0.7010	0.9573	0.5467	0.9670	0.8031	0.9297	0.9871	0.5693
T59×FM002	0.8018	0.9546	0.7326	0.6390	0.6475	0.9835	0.8563	0.8871	0.8299	0.7490
T59×20040805	0.8952	0.9756	0.8428	0.7021	0.8327	0.7029	0.7920	0.7332	0.6896	0.8492
T60×JW9	0.4161	0.4331	0.5000	0.6122	0.4918	0.7970	0.8610	0.6572	0.7964	0.4053
T60×FM002	0.6831	0.8199	0.6829	0.6824	0.9705	0.8257	0.6067	0.7441	0.8416	0.8119
T60×20040805	0.6628	0.6784	0.7975	0.8871	0.8049	0.9605	0.7797	0.8424	0.9069	0.7235
JW9×T59	0.9092	0.9291	0.7566	0.7577	0.7649	0.6456	0.8156	0.6926	0.7298	0.9259
FM002×T59	0.5810	0.5480	0.6478	0.8949	0.6807	0.7647	0.9208	0.7269	0.7631	0.5857
20040805×T59	0.6566	0.6893	0.5509	0.5923	0.5694	0.8627	0.9102	0.8275	0.9247	0.8137
FM002×T60	0.7290	0.6619	0.5752	0.6141	0.5682	0.8521	0.7499	0.9446	0.9222	0.9819
20040805×T60	0.5803	0.5641	0.6063	0.7521	0.5478	0.7076	0.9792	0.7275	0.9199	0.6622
20040812	0.5480	0.6530	0.6463	0.6917	0.5449	1.000	0.8566	0.9543	0.8196	0.4340
FM51×JW9	0.4825	0.4670	0.5628	0.7674	0.4852	0.9698	0.8170	0.9384	0.9479	0.4565
87-5×20040809	0.5404	0.4682	0.5245	0.6436	0.5970	0.8355	0.8988	0.9001	0.8831	0.5404
FM001×FM007	0.4969	0.6976	0.3682	0.3336	0.4492	0.7856	0.8913	0.8679	0.7836	0.5106
FM007×JW16	0.5064	0.4680	0.5114	0.6400	0.6130	0.8245	0.7023	0.7779	0.7121	0.6483
JW9	0.9929	0.8944	0.9556	0.8024	0.8239	0.6738	0.8026	0.6181	0.7298	0.7695
GVS5136	0.5676	0.8298	0.8249	0.9333	0.6167	0.9707	0.8268	0.7563	0.9571	0.8159
里格尔87-5	0.7144	0.6511	0.7534	0.8412	0.7867	0.6050	0.6849	0.6318	0.5995	0.6733
关联度	0.6500	0.6814	0.6600	0.7234	0.6496	0.8281	0.8187	0.7978	0.8286	0.6803
排序	9	6	8	5	10	2	3	4	1	7

由表 2 可知, 番茄红素与农艺性状的关联度大小依次为干物质含量>可溶性固形物>总酸>总糖>果形指数>果实横径>单株产量>果实纵径>单果重>果肉厚。按照关联分析原则, 关联度大的数列与参考数列的关系最为密切, 即关联度越大, 因素间的相似程度就越高, 反之则低。干物质含量与番茄红素的关联度最大,  $r=0.8266$ , 可溶性固形物、总酸、总糖与番茄红素的关联度也较高, 说明这 4 个农艺性状与番茄红素的关系较为密切, 对提高果实的番茄红素含量起着重要作用。果肉厚的关联度最小( $r=0.6496$ ), 单果重、果实纵径的关联度与果肉厚近似, 表明这 3 个性状与番茄红素的关系相对疏远; 总糖、果形指数、果实总糖含量与番茄红素的关系一般。

### 3 结论与讨论

干物质含量、可溶性固形物含量、总酸含量、总糖含量是加工番茄的重要品质性状。通过灰色关联度分析表明, 这 4 个农艺性状与番茄红素含量关联度大, 说明在提高番茄红素含量的选育过程中, 也应注重干物质、可溶性固形物、总酸、总糖含量的选择。通过育种、栽培等手段提高这些农艺性状的水平可增加番茄红素含量, 这与曲瑞芳等<sup>[9]</sup>研究认为提高果实固形物含量可提高番茄红素含量一致。

果实性状指标如单果重、果实纵径、果肉厚与番茄红素的关系相对疏远, 曲瑞芳等<sup>[9]</sup>的研究表明, 降低单果重可提高番茄红素含量, 但单果重是产量的重要构成因素之一, 降低果重会影响产量, 因此在选择高番茄红

素品种时, 应兼顾单果重不能太小, 以确保丰产基础。

灰色关联分析法克服了以往常用的多元回归分析、主成分分析、相关和通径分析等方法需要大量样本和典型概率分布的局限性, 将主要性状视为灰色系统, 对发展变化的系统进行发展动态量化比较, 避免了量化结果与定性分析不相符合的现象, 且计算公式简单, 便于育种工作者掌握和应用, 但在实际应用中应注意不同品种类型、不同生态条件下品种各性状的相对重要程度可能会有差别, 因此应根据当地的生态环境和栽培时期具体问题具体分析。

### 参考文献

- [1] 叶兴乾. 番茄贮藏保鲜与加工[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [2] 林碧英, 高山, 林峰, 等. 甜瓜产量相关性状的灰关联综合分析研究[J]. 福建农业学报, 2008, 23(2): 178-181.
- [3] 陈贤, 杨荣萍, 杨德, 等. AHP 法和灰色关联法在小果型番茄果实商品性状评价上的应用[J]. 河南农业科学, 2008(11): 107-110.
- [4] 周焘, 刘志敏, 戴雄泽, 等. 辣椒果实品质的评估及相关分析[J]. 中国蔬菜, 2006(6): 4-6.
- [5] 缪亚梅, 王学军, 汪凯华, 等. 鲜食大豆农艺性状与鲜荚产量的灰色关联分析[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(36): 15809-15810.
- [6] 谢大森. 豆角有关性状的灰关联分析[J]. 江西农业大学学报, 2000(2): 279-281.
- [7] 赵玉昌, 裴建文, 孙万仓, 等. 紫苏 12 个农艺性状与产量的灰色关联分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2008(2): 56-59.
- [8] 郭瑞林. 作物灰色育种法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [9] 曲瑞芳. 番茄果实中番茄红素的遗传分析及与农艺性状的相关性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006.

## Gray Correlation Analysis between the Agronomic Character and the Lycopene of Processing Tomato

PANG Sheng-qun, ZHENG Qun, XIN Jian-hua, JI Xue-hua, LI Xin, LIU Ying  
(Agricultural College of Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003)

**Abstract:** The effect of ten agronomic character 19 cultivars or crossing combinations of processing tomato on the lycopene were used for conducting the gray correlation analysis were analysed. The results showed that the correlation degree of the agronomic trait and the lycopene was: dry matter content>insoluble solids>total acid>total sugar>fruit shape index>transverse diameter>yield per plant>vertical diameter>fruit weight>fruit pulp thickness. Dry matter content, insoluble solids, total acid and total sugar were main factors which influenced the lycopene of processing tomato and can be major characters for breeding new processing tomato cultivars with high lycopene.

**Key words:** processing tomato; agronomic characters; lycopene; gray correlation analysis