

‘蜂蜜罐’枣实生后代果实性状变异分析与评价

袁野^{1,2}, 胡兰^{1,2}, 刘平^{1,2}, 刘孟军^{1,2}

(¹河北农业大学中国枣研究中心, 保定 071001; ²河北省枣产业技术研究院, 保定 071001)

摘要:以优良鲜食枣品种‘蜂蜜罐’的 131 个实生后代为试材, 对其果实描述型性状和数值型性状进行了观测。结果表明: 变异系数最大的 3 个性状为裂果率、单株产量和可滴定酸含量; 变异系数最小的 3 个性状为含水量、可食率和果实硬度。实生后代中, 小于 50% 的后代在果实颜色、果皮厚度、果肉颜色、果肉汁液量和果实风味与母本表现相同或相似。对果实硬度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量等 8 个性状进行了相关性分析, 发现可滴定酸含量与含水量呈极显著正相关, 与可溶性糖含量呈极显著负相关; 维生素 C 含量与可溶性固形物含量呈极显著负相关。运用灰色关联分析和分值累计法筛选出综合性状优良的种质 3 个, 另外筛选出富含可溶性总糖的种质 2 个、富含可滴定酸的种质 5 个及富含维生素 C 的种质 5 个。

关键词:枣; 鲜食品种; 实生后代; 变异分析; 评价

Evaluation of Fruit Character in Naturally-pollinated Progeny of *Ziziphus jujuba* Mill. ‘Fengmiguang’

YUAN Ye^{1,2}, HU Lan^{1,2}, LIU Ping^{1,2}, LIU Meng-jun^{1,2}

(¹Research Center of Chinese Jujube, Hebei Agricultural University, Baoding 071000;

²Institute of Jujube Industry Technology of Hebei, Baoding 071001)

Abstract: By employment of 131 progenies from natural pollination of jujube cultivar ‘Fengmiguang’ (*Ziziphus jujuba* Mill.), we investigated the variation of descriptive and numeric characters of fruit. The results showed that the variation coefficients of fruit cracking rate, yield per tree and titratable acid content were the largest, while those of water content, edible rate and fruit rigidity were the lowest. Only less than 50% progeny seedlings shared the same or similar phenotype with maternal plant in fruit color, pericarp thickness, flesh color and juicy, fruit flavor. Correlation analyses among 8 characters including fruit rigidity, soluble solid content, titratable acid content etc. showed that titratable acid content had significant positive correlation with water content and had significant negative correlation with soluble sugar content. Vc content had significant negative correlation with soluble solid content. At last, 3 seedlings with excellent comprehensive characters were screened out through grey correlation analysis and synthetical weighted mark method. In addition, 2 seedlings with high soluble sugar content, 5 seedlings with high titratable acids content and 5 seedlings with high Vc content were identified.

Key words: Chinese jujube; table cultivar; seedlings; variation analysis; evaluation

枣树(*Ziziphus jujuba* Mill.) 是我国最为古老同时也是改革开放后发展最快的果树之一, 现有栽培

面积已达约 200 万 $\text{hm}^{2[1]}$ 。其中, 鲜食枣果肉脆、汁液多、味甜或酸甜, 经济效益突出, 发展前景广

收稿日期: 2017-09-10 修回日期: 2017-11-12 网络出版日期: 2018-04-17

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180417.1419.038.html>

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2013BAD14B03); 河北省科学技术研究与发展计划项目(14226307D-3); 河北省科技条件建设项目(16967645D, 169676408G); 农业科研杰出人才培养计划(2016-2020)

第一作者研究方向为干果种质资源与分子辅助育种, E-mail: jujubeyuan123456@126.com。胡兰为共同第一作者

通信作者: 刘孟军, 研究方向为干果种质资源与分子辅助育种, E-mail: lmj1234567@aliyun.com

刘平, 研究方向为干果种质资源与分子辅助育种, E-mail: yyjp@hebau.edu.cn

阔^[2]。目前,我国鲜食枣优良品种比较缺乏,且枣树杂交育种非常困难^[3]。因此,在自然授粉情况下,收集母本的种子,再从其实生后代中选择综合性状优良的新品种,成为枣树育种的重要途径。‘蜂蜜罐’是一个果实较小,但鲜食品质非常优良的地方珍稀品种,并具有早熟、抗裂果和缩果病、含仁率高等特点,适合作为实生选种的母本^[4]。本研究以‘蜂蜜罐’为母本进行了实生选种,并对其实生子代的果实进行了系统测定评价,旨在筛选出品质优良的鲜食枣新种质,同时探索自然授粉条件下实生后代的果实性状分离特点和规律。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2009年,于新疆图木舒克市一枣园(主栽枣品种为‘蜂蜜罐’,其他品种包括赞皇大枣、骏枣、无核小枣和灰枣),采集‘蜂蜜罐’成熟果实,取饱满种仁;2010年播种于河北农业大学标本园,得到实生苗211株(编号为F1~F211);2011年,将实生苗接穗高接到河北农业大学-献县枣树试验站,砧木为4年生枣树,管理水平中等;2014-2015年进入盛果期,采集结果稳定的131个单株的果实进行调查,以同年高接于同一枣园的‘蜂蜜罐’为对照。

1.2 生物学性状测定

根据《枣种质资源描述规范和数据标准》^[5],于脆熟期调查统计单株产量、裂果率及缩果率;观察记录果实颜色、形状,果肉颜色,果核形状,果皮厚度,果肉质地、汁液多少、粗细,果实风味;采用烘干法测定果实含水量。

单果重、单核重:使用电子天平随机称重30个果实,并计算平均值。

$$\text{可食率}(\%) = (\text{果实重量} - \text{核重量}) / \text{果实重量} \times 100\%$$

$$\text{含仁率}(\%) = \text{含仁果实数} / \text{果实总数} \times 100\%$$

$$\text{含水量}(\%) = \text{果实干重} / \text{果实鲜重} \times 100\%$$

1.3 果实营养含量测定

每个供试单株每次取5个成熟果实,用刀片将果肉取出、混合,利用挤汁装置将枣汁挤出,用手持折光仪测定可溶性固形物含量,重复5次,求平均值。每个供试单株取30个成熟果实,采用蒽酮比色法测定可溶性总糖含量^[6],酸碱中和法测定可滴定酸含量^[7],高效液相色谱法测定维生素C含量^[8],重复3次,求平均值。

1.4 数据处理方法

1.4.1 正态分布检验

使用SPSS 22.0软件中单

样本K-S检验进行正态分布检测,K-S值为检验统计量,Sig.值为渐进显著性值,当渐进显著性大于0.05时,不能拒绝零假设,认为服从正态分布。

1.4.2 综合评价方法 本试验采用等权及加权灰色关联分析法和分值累计法对后代进行综合分析,筛选综合性状优良的单株,评价中各性状的权重值见表1。

2 结果与分析

2.1 自然实生后代数值型性状的变异

变异系数在一定程度上反映了性状遗传变异的大小。‘蜂蜜罐’实生后代各个数值型性状的最大值、最小值、平均值、标准差和变异系数见表2。变异系数最大的3个性状为裂果率、单株产量和可滴定酸含量,分别为3.21、0.95和0.58;变异系数最小的3个性状为含水量、可食率和果实硬度,分别为0.04、0.05和0.07。与母本相比,‘蜂蜜罐’实生后代平均值明显大于母本的性状有裂果率、可滴定酸含量、维生素C含量和含仁率。

2.2 正态分布检测

使用SPSS 22.0软件对‘蜂蜜罐’自然实生后代果实的16个数值型性状进行K-S正态分布检测,结果表明(表3),单株产量、单果重、果实纵径、含仁率、果形指数和裂果率6个性状的数值分布不符合正态分布,其余性状均符合正态分布。

2.3 ‘蜂蜜罐’实生后代描述型性状的变异

‘蜂蜜罐’自然实生后代各描述型性状与母本相差较大(表4)。在各性状中,仅果实形状、果肉粗细及果核形状3个性状有60%以上的子代与母本表现一致,而果实颜色、果皮厚度等6个性状只有50%以下的子代与母本表现一致。

2.4 ‘蜂蜜罐’实生后代果实主要数值型性状间的相关性分析

以全部131个实生后代为试材,对8个主要的果实数值型性状进行相关性分析,并对相关系数进行显著性测验。结果显示(表5),可溶性糖含量与单果重、可溶性固形物含量呈极显著正相关;可滴定酸含量与单果重、可溶性糖含量呈极显著负相关;果实含水量与单果重、可溶性糖含量呈极显著负相关,与可滴定酸含量呈极显著正相关;维生素C含量与可溶性固形物含量、可溶性糖含量呈极显著负相关,与果实硬度呈显著负相关,与含水量呈显著正相关;可食率与单果重呈极显著正相关,与可滴定酸含量和含水量呈极显著负相关,与可溶性糖含量呈显著正相关。

表 1 综合评价性状的权重值

Table 1 The weight values of comprehensive evaluation characters

| 一级性状 Characters | 权重值 Weight value | 二级性状 Secondary characters | 权重值 Weight value | 描述 Description | 评分 Score |
|--|---------------------|------------------------------|---------------------|---|---|
| 口感综合评价 Comprehensive evaluation of taste | 40 | 果肉质地 | 30 | 有无残渣、 酥脆度、致密度 | 酥脆:30,疏松:10, 较致密:5,致密:0 |
| | | 汁液 | 30 | 多少 | 多:30,中:15, 少:0 |
| | | 果皮厚度 | 20 | 厚、中、薄 | 薄:20,中:10, 厚:0 |
| | | 果肉粗细 | 20 | 细腻度 | 细:20,中:10, 粗:0 |
| 可溶性糖含量 Soluble sugar con- tent | 20 | | | 高(≥28%) 中(25%~28%) 低(17%~24%) | 高:20 中:10 低:0 |
| 可滴定酸含量 Titratable acid content | 10 | | | 极高(≥1.4%) 高(1%~1.4%) 中(0.5%~0.9%) 低(≤0.5%) | 极高:0 高:5 中:10 低:5 |
| 裂果率 Fruit cracking rate (FCR) | 10 | | | FCR < 30% 30% ≤ FCR < 50% 50% ≤ FCR < 70% 70% ≤ FCR < 90% FCR ≥ 90% | 极抗裂:10 抗裂:8 中抗:5 易裂:2 极易裂:0 |
| 单株产量 Yield per tree | 10 | | | 高(≥6 kg) 中(3~6 kg) 低(≤3 kg) | 高:10 中:5 低:0 |
| 维生素 C 含量 Vc content | 5 | | | 高(≥600 mg/100 g·FW) 中(400~600 mg/100 g·FW) 低(≤400 mg/100 g·FW) | 高:5 中:3 低:1 |
| 单果重 Fruit weight | 5 | | | 高(≥10 g) 中(5~10 g) 低(≤5 g) | 高:5 中:2 低:0 |
| 总计 Total | 100 | | | | |

表 2 ‘蜂蜜罐’实生后代 16 个数值型性状的变异情况

Table 2 Variations of 16 quantitative characters of ‘Fengmiguan’ seedlings

| 性状 Character | 最小值 Min. | 最大值 Max. | 平均值 Mean | 标准差 SD | 母本值 Female parent | 大于母本个数 > Female parent number | 变异系数 Variation coefficient |
|--|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 裂果率(%) Fruit cracking rate | 0.00 | 100.0 | 8.20 | 26.32 | 0.00 | 116 | 3.21 |
| 单株产量(kg) Yield per tree | 0.06 | 10.40 | 1.58 | 1.50 | 1.56 | 50 | 0.95 |
| 可滴定酸含量(%) Titratable acid content | 0.18 | 2.65 | 0.81 | 0.47 | 0.32 | 117 | 0.58 |
| 单果重(g) Fruit weight | 1.10 | 15.10 | 5.14 | 2.77 | 5.19 | 42 | 0.54 |
| 果实整齐度 Fruit uniformity | 1.28 | 10.90 | 4.62 | 2.07 | 5.00 | 49 | 0.45 |
| 维生素 C 含量(mg/100 g·FW) Vc content | 106.70 | 915.00 | 390.78 | 155.89 | 280.10 | 91 | 0.40 |
| 含仁率(%) Ratio of kernel | 0.00 | 100.00 | 75.70 | 29.89 | 66.70 | 58 | 0.39 |
| 单核重(g) Stone weight | 0.14 | 0.78 | 0.39 | 0.11 | 0.39 | 54 | 0.27 |
| 果实纵径(cm) Fruit vertical length | 1.32 | 4.81 | 2.19 | 5.59 | 2.11 | 45 | 0.26 |
| 果实横径(cm) Fruit cross diameter | 1.25 | 2.97 | 2.04 | 3.34 | 2.12 | 30 | 0.16 |
| 果形指数 Fruit shape index | 0.78 | 2.19 | 1.07 | 0.18 | 0.97 | 95 | 0.16 |
| 可溶性糖含量(%) Soluble sugar content | 17.00 | 31.20 | 23.78 | 2.63 | 24.50 | 47 | 0.11 |
| 可溶性固形物含量(%) Soluble solid matter content | 17.70 | 34.00 | 25.69 | 2.63 | 25.10 | 76 | 0.10 |
| 果实硬度(×10 ⁵ pa) Fruit rigidity | 11.20 | > 15.00 | 12.58 | 0.86 | 12.60 | 66 | 0.07 |
| 可食率(%) Edible ratio | 57.10 | 98.00 | 90.57 | 4.53 | 95.10 | 13 | 0.05 |
| 含水量(%) Water content | 62.40 | 78.90 | 72.12 | 3.23 | 73.70 | 39 | 0.04 |

表 3 ‘蜂蜜罐’实生后代数值型性状的科尔莫哥洛夫-斯米诺夫(K-S)正态性检验

Table 3 K-S normal test on quantitative characters of ‘Fengmiguan’ seedlings

| 数量性状 Quantitative characters | 极差 Extreme differences | | | K-S 值 K-S value | Sig. 值 Sig. value |
|---------------------------------------|------------------------|----------|----------|--------------------|----------------------|
| | 极差绝对值 | 正极差 | 负极差 | | |
| | Absolute | Positive | Negative | | |
| 可溶性固形物含量 Soluble solid matter content | 0.028 | 0.027 | -0.028 | 0.320 | 1.000 |
| 可滴定酸含量 Titratable acid content | 0.093 | 0.093 | -0.089 | 1.060 | 0.874 |
| 可溶性糖含量 Soluble sugar content | 0.058 | 0.058 | -0.042 | -0.664 | 0.770 |
| 果实整齐度 Fruit uniformity | 0.070 | 0.070 | -0.054 | 0.802 | 0.542 |
| 单核重 Stone weight | 0.071 | 0.071 | -0.047 | 0.810 | 0.528 |
| 维生素 C 含量 Vc content | 0.076 | 0.076 | -0.050 | 0.874 | 0.429 |
| 果实横径 Fruit cross diameter | 0.098 | 0.098 | -0.059 | 1.123 | 0.160 |
| 含水量 Water content | 0.111 | 0.050 | -0.111 | 1.273 | 0.078 |
| 果实硬度 Fruit rigidity | 0.120 | 0.120 | -0.076 | 1.336 | 0.056 |
| 可食率 Edible ratio | 0.118 | 0.071 | -0.118 | 1.347 | 0.053 |
| 果形指数 Fruit shape index | 0.129 | 0.129 | -0.087 | 1.471 | 0.026 |
| 单株产量 Yield per tree | 0.157 | 0.149 | -0.157 | 1.801 | 0.003 |
| 单果重 Fruit weight | 0.203 | 0.203 | -0.114 | 2.325 | 0.000 |
| 果实纵径 Fruit vertical length | 0.189 | 0.189 | -0.113 | 2.165 | 0.000 |
| 含仁率 Ratio of kernel | 0.234 | 0.209 | -0.234 | 2.675 | 0.000 |
| 裂果率 Fruit cracking rate | 0.508 | 0.508 | -0.378 | 5.813 | 0.000 |

表 4 ‘蜂蜜罐’自然实生后代描述型性状的变异

Table 4 Variations of qualitative characters of ‘Fengmiguan’ seedlings

| 性状 Characters | 类别 Types | 植株株数 Plant number | 所占比例 (%) Percentage | 母本性状 Female parent characters | 性状 Characters | 类别 Types | 植株株数 Plant number | 所占比例 (%) Percentage | 母本性状 Female parent characters |
|----------------------------|-------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------|----------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 果实形状 Fruit shape | 圆形 | 83 | 63.4 | 圆形 | 果肉质地 Texture of flesh | 酥脆 | 65 | 49.6 | 酥脆 |
| | 长圆形 | 30 | 22.9 | | | 疏松 | 34 | 26.0 | |
| | 扁圆形 | 5 | 3.8 | | | 致密 | 18 | 13.7 | |
| | 倒卵圆形 | 5 | 3.8 | | | 较致密 | 14 | 10.7 | |
| | 卵圆形 | 3 | 2.3 | | 果肉粗细 Pulp thickness | 细 | 99 | 75.6 | 细 |
| | 圆锥形 | 3 | 2.3 | | | 粗 | 25 | 19.1 | |
| | 圆柱形 | 2 | 1.5 | | | 中 | 7 | 5.3 | |
| 果实颜色 Fruit color | 浅红色 | 3 | 2.3 | 红色 | 果肉汁液 Juice of flesh | 多 | 56 | 42.7 | 多 |
| | 红色 | 59 | 45.0 | | | 中 | 38 | 29.0 | |
| | 紫红色 | 52 | 39.7 | | | 少 | 37 | 28.3 | |
| 果皮厚度 Pericarp thickness | 厚 | 62 | 47.3 | 薄 | 果实风味 Fruit flavor | 甜 | 51 | 39.0 | 甜 |
| | 中 | 23 | 17.6 | | | 酸 | 34 | 26.0 | |
| | 薄 | 46 | 35.1 | | | 甜酸 | 28 | 21.3 | |
| 果肉颜色 Pulp color | 绿色 | 72 | 55.0 | 浅绿 | 酸甜 | 16 | 12.2 | | |
| | 浅绿 | 52 | 39.7 | | 极酸 | 2 | 1.5 | | |
| | 白色 | 7 | 5.3 | | 果核形状 Stone shape | 椭圆形 | 102 | 77.9 | 椭圆形 |
| | | | 纺锤形 | 19 | | 14.5 | | | |
| | | | | | 圆形 | 10 | 7.6 | | |

表 5 ‘蜂蜜罐’实生后代果实主要数值型性状的相关性分析

Table 5 Correlation analysis between the main quantitative characters of ‘Fengmiguang’ seedlings

| 性状 Characters | 单果重 Fruit weight | 可溶性 固形物含量 Soluble solid matter content | 果实硬度 Fruit rigidity | 可溶性糖 含量 Soluble sugar content | 可滴定酸 含量 Titratable acid content | 含水量 Water content | 维生素 C 含量 Vc content | 可食率 Edible ratio |
|---------------------------------------|---------------------|--|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|
| 单果重 Fruit weight | 1 | | | | | | | |
| 可溶性固形物含量 Soluble solid matter content | 0.166 | 1 | | | | | | |
| 果实硬度 Fruit rigidity | 0.093 | 0.141 | 1 | | | | | |
| 可溶性糖含量 Soluble sugar content | 0.253 ** | 0.663 ** | 0.044 | 1 | | | | |
| 可滴定酸含量 Titratable acid content | -0.474 ** | -0.247 | -0.134 | -0.338 ** | 1 | | | |
| 含水量 Water content | -0.335 ** | -0.157 | -0.094 | -0.375 ** | 0.579 ** | 1 | | |
| 维生素 C 含量 Vc content | -0.117 | -0.341 ** | -0.182 * | -0.244 ** | 0.029 | 0.182 * | 1 | |
| 可食率 Edible ratio | 0.666 ** | 0.169 | -0.040 | 0.217 * | -0.403 ** | -0.414 ** | -0.104 | 1 |

** :极显著相关; * :显著相关

** :Correlation is significant at the 0.01 level, * :Correlation is significant at the 0.05 level

2.5 优良单株的筛选

2.5.1 综合性状优良单株的筛选

2.5.1.1 分值积累法 本研究中,由于各实生后代间缩果率差异不明显,因此选择了可溶性糖含量、可滴定酸含量、综合口感、单株产量、单果重、裂果率和维生素 C 含量 7 个重要性状为评价指标,并在马庆华等^[9]、许杉杉^[10]的基础上,结合育种实践经验,对各项指标赋予权重值,评价标准见表 1。依照此标准,对‘蜂蜜罐’实生后代进行评分综合评价,得分最高的为 F37(89 分),此外 F140、F135、F50、F96 及 F139 评分均在 80 分以上。

2.5.1.2 灰色关联分析法 仍以上述 7 个性状为评价指标,采用等权及加权灰色关联分析法对全部‘蜂蜜罐’自然实生后代进行分析评价。在进行无量纲化时,对可溶性糖含量、综合口感、单株产量、单

果重、裂果率和维生素 C 含量采用上限性测度,可滴定酸采用适中性测度,裂果率采用下限性测度。计算加权关联度时,对可溶性糖含量、可滴定酸含量、综合口感、单株产量、单果重、裂果率和维生素 C 含量 7 个性状,按照各性状的重要程度分别给予不同的权重,权重依次为 0.2、0.2、0.2、0.1、0.1、0.1 和 0.1,其中综合口感包括果皮厚度、果肉质地、果肉汁液和果肉粗细,按照表 1 的评分标准打分,以相对应的小数表示,不超过 1。

分析结果表明,有 7 株子代在两种方法中均得到了较高分数:F37、F49、F96、F135、F140、F152 和 F157。再结合分值积累法,在 3 种分析方法中均取得较高分数的优株共有 3 个,分别是 F37、F140 和 F96。优株的 7 个重要性状情况、果实成熟期(脆熟期)及依据分值积累法所得分数见表 6。

表 6 初选优株和‘蜂蜜罐’的基本情况

Table 6 Introduction of the 3 primary selected excellent progenies and ‘Fengmiguang’

| 优株 Excellent tree | 成熟期 Date of crisp mature | 单株产量 (kg) Yield per tree | 单果重(g) Fruit weight | 可溶性 糖含量(%) Soluble sugar content | 可滴定 酸含量(%) Titratable acid content | 维生素 C 含量 (mg/100 g · FW) Vc content | 口感 Taste | 裂果率(%) Fruit cracking rate | 分值 Score |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---|---|--|-------------|-------------------------------------|-------------|
| F37 | 9 月上旬 | 2.18 | 6.3 | 30.0 | 0.98 | 336.4 | 味甜酸,多汁,酥脆 | 0 | 89 |
| F96 | 9 月上旬 | 2.27 | 10.5 | 26.4 | 0.37 | 208.3 | 味甜,多汁,酥脆 | 0 | 81 |
| F140 | 9 月下旬 | 0.66 | 11.2 | 27.1 | 0.34 | 422.9 | 味甜,多汁,酥脆 | 0 | 84 |
| ‘蜂蜜罐’ ‘Fengmiguang’ | 9 月上旬 | 1.56 | 5.19 | 24.5 | 0.32 | 280.1 | 味甜,多汁,酥脆 | 0 | 68 |

2.5.2 特色资源的筛选 董玉慧^[11]通过对248个枣品种多年观察数据的分析,提出了枣特色资源的标准:枣中可溶性总糖含量大于30%的为高糖资源,可滴定酸含量大于1.4%的为高酸资源,维生素C含量大于591 mg/100 g·FW的为高维生素C资源。依据此标准,本研究筛选出高糖资源2份:F154、F37,含量分别为31.2%、30.0%;高酸资源5份:F40、F15、F63、

F165和F156,含量分别为2.65%、2.55%、2.26%、1.80%和1.76%;高维生素C资源5份:F15、F165、F171、F63和F13,含量分别为915.3 mg/100 g·FW、876.7 mg/100 g·FW、815.0 mg/100 g·FW、742.4 mg/100 g·FW、695.2 mg/100 g·FW(表7)。此外,由于‘蜂蜜罐’本身含仁率高,其实生后代中含仁率为100%的资源达到58份。

表7 筛选出的特色资源

Table 7 Selected germplasm with excellent characters

| 种质类型 Germplasm | 标准 Standard | 种质名称 Germplasm ID | 综合 口感 Taste | 其他特点 Other characters | | | | | | |
|--|--------------------------------|-------------------------|-------------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| | | | | 可溶性糖 含量(%) Soluble sugar content | 可滴定 酸含量(%) Titratable acid content | 裂果率 (%) Fruit cracking rate | 单果重(g) Fruit weight | 维生素C含量 (mg/100 g·FW) Vc content | 含仁率 (%) Ratio of kernel | 单株产量 (kg) Yield per tree |
| 高糖 High soluble sugar content | 可溶性 糖含量≥30% | F154 | 38 | 31.2 | 0.29 | 0 | 7.9 | 292.4 | 100.0 | 0.95 |
| | | F37 | 80 | 30.0 | 0.98 | 0 | 3.3 | 336.4 | 90.9 | 2.18 |
| 高酸 High Titratable acid content | 可滴定酸 含量>1.4% | F40 | 56 | 25.2 | 2.65 | 0 | 3.9 | 171.1 | 80.0 | 1.39 |
| | | F15 | 28 | 22.1 | 2.55 | 0 | 3.3 | 915.3 | 3.5 | 1.80 |
| | | F63 | 34 | 22.3 | 2.26 | 0 | 3.3 | 742.2 | 25.0 | 1.50 |
| | | F165 | 16 | 21.2 | 1.80 | 0 | 3.8 | 876.7 | 78.6 | 0.18 |
| | | F156 | 44 | 23.0 | 1.76 | 0 | 4.4 | 659.5 | 100.0 | 3.04 |
| 高维生素C High vitamin C content | 维生素C含 量>591 mg/ 100 g·FW | F15 | 28 | 22.1 | 2.55 | 0 | 3.3 | 915.3 | 3.5 | 1.80 |
| | | F165 | 16 | 21.2 | 1.80 | 0 | 3.8 | 876.7 | 78.6 | 0.18 |
| | | F171 | 24 | 23.6 | 1.23 | 0 | 4.5 | 815.0 | 100.0 | 0.77 |
| | | F63 | 34 | 22.3 | 2.26 | 0 | 3.3 | 742.4 | 25.0 | 1.50 |
| | | F13 | 40 | 27.1 | 1.07 | 0 | 6.8 | 695.2 | 60.0 | 0.98 |

3 讨论

3.1 ‘蜂蜜罐’实生后代果实性状的分布规律和分离特点

一般认为,果树数量性状的次数分布多遵从正态分布。但近年来人们在枣^[12]、酸枣、李属植物^[13]等上发现有些性状的次数分布柱形图并非正态。本研究中,‘蜂蜜罐’自然实生后代中可食率、可溶性总糖含量、可滴定酸含量、维生素C含量等多数量性状符合正态分布,而单果重、单株产量、果实纵径、果形指数、含仁率和裂果率6个性状不符合正态分布。实生后代的裂果率、单株产量和可滴定酸含量变异系数较大,而含水量、可食率和果实硬度的变异系数较小。‘蜂蜜罐’实生后代中,可滴定酸含量和维生素C含量都出现了“超亲”现象。如131个实生后代中,可滴定酸的含量范围为0.18%~

2.65%,平均值达0.81%,而‘蜂蜜罐’可滴定酸含量为0.32%,89.3%的实生后代果实可滴定酸含量高于母本。实生后代中,维生素C的含量范围为106.7~915.0 mg/100 g·FW,平均值达390.78 mg/100 g·FW,而‘蜂蜜罐’维生素C含量为280.1 mg/100 g·FW,69.5%的实生后代果实维生素C含量高于母本。‘蜂蜜罐’本身含仁率较高,达66.7%,其44.3%的实生后代果实含仁率高于母本。本研究还发现,其他品种的实生后代一般也具有较高的含仁率,这可能与后代是由种子发育而来,而非常见的无性繁殖如嫁接、高接等有关。裂果是枣树常见的生理病害,也是育种者高度关注的性状,‘蜂蜜罐’是抗裂果的品种,一般年份基本不裂果,但88.5%的实生后代有裂果发生。‘蜂蜜罐’实生后代果实表现的分离特点一方面受到多个父本的影响,同时还受到树龄、栽培技术等的影响,如幼龄树、花期不开甲的树含仁率高。

3.2 不同评价方法对选优结果的影响

目前,常用的果实品质综合评价方法有:主成分分析法^[14]、因子分析法^[15]、层次分析法^[16]、分值累积法^[10]、灰色关联分析法^[17]、隶属函数法^[18]等。灰色关联分析法已广泛应用在苹果^[19]、樱桃^[20]、葡萄^[21]等多种果树上。武媛林^[22]应用灰色关联分析法对酸枣种质进行筛选并取得了较好效果。许杉杉^[10]则用分值累积法完成了短枝型冬枣实生后代优株的初选。在灰色关联分析法中,影响分析结果准确性的主要因素是“理想类型”的确定及参与分析的各个性状权重系数的确定。本研究中,选取参试类型的最高值作为大多数性状的“理想类型”构造数据,但为了达到选优的目的,裂果率的“理想类型”是根据最小值来确定的,可滴定酸含量的“理想类型”是以中等值来确定的。根据育种实践的需要,又对其性状分别赋予不同的权值,以选出符合需要的优株。而在分值累积法中,通过对不同指标的评分,可以互相弥补性状间的优劣,最后综合各性状选出优系。根据枣树鲜食品种的育种目标,本研究分别采用灰色关联分析法和分值累积法,对‘蜂蜜罐’自然实生后代的 7 个重要性状(可溶性糖含量、可滴定酸含量、维生素 C 含量、裂果率、单株产量、单果重、综合口感)进行了分析,从中选出了 3 个综合性状优良的适合鲜食的优良单株,分别为 F37、F96 和 F140。

4 结论

‘蜂蜜罐’自然实生后代中,裂果率变异最大,果实含水量、可食率和果实硬度变异最小;单株产量、单果重、果实纵径、含仁率、裂果率和果形指数不符合正态分布。

‘蜂蜜罐’自然实生后代中,70%以上单株的可滴定酸、维生素 C 含量超过母本。可滴定酸含量与单果重、可溶性糖含量呈极显著负相关、与果实含水量呈极显著正相关;维生素 C 含量与可溶性固形物含量、可溶性糖含量极显著负相关,与果实硬度显著负相关,与含水量显著正相关。

筛选综合性状优良的优株 3 个,分别是 F37、F96 和 F140;富含可溶性总糖、可滴定酸或维生素 C

的特色资源 12 份;胚高度可育的资源 58 份。

参考文献

- [1] 刘孟军,王玖瑞,刘平,等. 中国枣生产与科研成就及前沿进展[J]. 园艺学报,2015,42(9):1683-1698
- [2] 陈文涛,袁德义,张日清,等. 鲜食枣品质的综合评价[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2014,40(1):32-36
- [3] 刘玲,王玖瑞,刘孟军,等. 枣不同品种花粉量和花粉萌发率的研究[J]. 植物遗传资源学报,2006,7(3):338-341
- [4] 王长柱,高文海,李新刚. 鲜食枣新品种——蜜罐新 1 号的选育[J]. 果树学报,2010,27(2):314-315
- [5] 李登科. 枣种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:21-47
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:195-197
- [7] 张志良,瞿伟菁,李小方. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2009:262-264
- [8] 赵爱玲,李登科,王永康,等. 枣品种资源的营养特性评价与种质筛选[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(6):811-816
- [9] 马庆华,续九如,王贵禧,等. 河北和山东冬枣果实品质评价及 AFLP 分子标记的研究[J]. 林业科学研究,2009,22(1):48-54
- [10] 许杉杉. 枣实生后代短枝型筛选及初选优株主要性状的研究[D]. 保定:河北农业大学,2014:28-30
- [11] 董玉慧. 枣树农艺性状遗传多样性评价与核心种质构建[D]. 保定:河北农业大学,2008:68-70
- [12] 刘平,刘孟军,周俊义,等. 枣树数量性状的分布类型及其概率率分级指标体系[J]. 林业科学,2003,39(6):77-82
- [13] 孙升. 李属资源若干数量性状评价标准探讨[J]. 园艺学报,1999,26(1):7-12
- [14] Parinet B, Lhote A, Legube B. Principal component analysis: an appropriate tool for water quality evaluation and management—application to a tropical lake system[J]. Ecological Modelling, 2004, 178(3):295-311
- [15] Kurtanjek Ž, Horvat D, Magdic' D, et al. Factor analysis and modelling for rapid quality assessment of Croatian wheat cultivars with different gluten characteristics[J]. Food Technol Biotechnol, 2008, 46(3):270-277
- [16] 陈仲芳,张霖,尚富德. 利用层次分析法综合评价湖北省部分桂花品种[J]. 园艺学报,2004,34(6):825-828
- [17] 王虹,师尚礼,刘正璟. 优质、速生、抗虫紫花苜蓿多元杂交后代优良株系的性状分离与评价筛选[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(6):1330-1337
- [18] 王琪,刘建鑫,张建军,等. 水分胁迫对芍药生长和生理生化特性影响的研究[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(6):1270-1277
- [19] 王轩. 不同产地红富士苹果品质的灰色关联度分析[J]. 食品科学,2013,34(23):88-91
- [20] 杨军,孙怡. 中国樱桃品种经济性状的综合评判[J]. 生物数学学报,1998,13(3):334-337
- [21] 弓成林,郭爱民,汪小伟,等. 灰色关联度和层次分析法在葡萄品质评价上的应用[J]. 西南农业学报,2002,15(1):79-82
- [22] 武媛林. 酸枣种质资源的评价及选优[D]. 保定:河北农业大学,2008:41-42