

# 118 个枣品种表型性状多样性分析

杨磊<sup>1,2,①</sup>, 贾平平<sup>1,2,①</sup>, 靳娟<sup>2</sup>, 阿布都卡尤木·阿依麦提<sup>2</sup>,  
张雁飞<sup>2,3</sup>, 王冠玉<sup>2,3</sup>, 郝庆<sup>2</sup>, 牛建新<sup>1,②</sup>

- (1. 石河子大学农学院 新疆生产建设兵团特色果蔬栽培生理与种质资源利用重点实验室, 新疆 石河子 832003;  
2. 新疆农业科学院园艺作物研究所 农业农村部新疆地区果树科学观测实验站, 新疆 乌鲁木齐 830091;  
3. 新疆农业大学园艺学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 以农业农村部新疆地区果树科学观测实验站保存的 118 个枣 (*Ziziphus jujuba* Mill.) 品种为研究对象, 采用变异分析、相关性分析和聚类分析的方法, 对 118 个枣品种的 19 个描述型性状和 17 个数量性状进行统计分析。结果表明: 枣果实和果核 19 个描述型性状的 Simpson 指数为 0.01~0.85, Shannon-Wiener 指数为 0.62~2.85, 果实形状的多样性指数最高, 果核有无的多样性指数最低。17 个数量性状的变异系数为 7.56%~63.12%, 果实外在品质、花表型性状、叶片表型性状和果实内在品质的平均变异系数分别为 27.96%、22.66%、20.42% 和 19.92%。相关性分析结果表明: 枣叶片大小和花大小与果实大小和单果质量总体呈显著或极显著正相关, 而果实内在品质与果实外在品质相关性较小。聚类分析结果显示: 118 个品种被划分为 5 类。I 类包括 106 个品种, 可进一步被划分为 5 个亚类, 其中, 鲜食枣品种‘蜂蜜罐’(‘Fengmiguang’)、‘伏脆蜜’(‘Fucui mi’) 和‘冬枣’(‘Dongzao’) 在 I<sub>5</sub> 亚类中聚为一支; II 类包括 6 个品种; III 类包括 3 个品种, 其中, ‘乐陵无核’(‘Laoling Wuhe’) 和‘无核红’(‘Wuhehong’) 是无核枣品种选育的良好亲本材料; IV 类包括 2 个品种; V 类仅‘山东大柿饼’(‘Shandong Dashibing’) 1 个品种, 该品种可作为良好的生态林木品种继续选育。上述研究结果显示: 供试 118 个枣品种的描述型性状多样性较高, 数量性状变异类型丰富, 表型性状可以作为品种鉴别、育种目标确立和引种状态评价的重要指标。

**关键词:** 枣; 表型性状; 变异分析; 相关性分析; 聚类分析

**中图分类号:** Q944; S665.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-7895(2023)01-0050-11

**DOI:** 10.3969/j.issn.1674-7895.2023.01.06

**Analysis on phenotypic trait diversity of 118 *Ziziphus jujuba* cultivars** YANG Lei<sup>1,2,①</sup>, JIA Pingping<sup>1,2,①</sup>, JIN Juan<sup>2</sup>, Abudukayoumu AYIMAITI<sup>2</sup>, ZHANG Yanfei<sup>2,3</sup>, WANG Guanyu<sup>2,3</sup>, HAO Qing<sup>2</sup>, NIU Jianxin<sup>1,②</sup> (1. Key Laboratory of Special Fruits and Vegetables Cultivation Physiology and Germplasm Resources Utilization, Xinjiang Production and Construction Group, Agricultural College, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2. Xinjiang Fruit Tree Scientific Observation and Test Station of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute of Horticultural Crops, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi 830091, China; 3. College of Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2023, 32(1): 50-60

**Abstract:** Taking 118 *Ziziphus jujuba* Mill. cultivars stored in Xinjiang Fruit Tree Scientific Observation and Test Station of Ministry of Agriculture and Rural Affairs as research objects, 19 descriptive traits and 17 quantitative traits of 118 *Z. jujuba* cultivars were statistically analyzed by using variation analysis, correlation analysis, and cluster analysis methods. The results show that the Simpson indexes of 19

收稿日期: 2021-12-31

基金项目: 现代农业产业技术体系专项(CARS-30); 新疆红枣产业技术体系建设专项(XJCYTX-01); 中央引导地方科技发展专项

作者简介: 杨磊(1981—), 男, 新疆昌吉人, 博士研究生, 副研究员, 主要从事果树栽培与生理方面的研究。

贾平平(1998—), 男, 新疆伊犁人, 硕士研究生, 主要从事果树栽培与生理方面的研究。

① 共同第一作者

② 通信作者 E-mail: njx105@163.com

引用格式: 杨磊, 贾平平, 靳娟, 等. 118 个枣品种表型性状多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2023, 32(1): 50-60.

descriptive traits of fruit and pit of *Z. jujuba* are 0.01–0.85, the Shannon-Wiener indexes are 0.62–2.85, the diversity index of fruit shape is the highest, and that of pit existence is the lowest. The coefficients of variation of 17 quantitative traits are 7.56%–63.12%, the average coefficients of variation of fruit appearance quality, flower phenotypic traits, leaf phenotypic traits, and fruit internal quality are 27.96%, 22.66%, 20.42%, and 19.92%, respectively. The correlation analysis result shows that leaf size and flower size of *Z. jujuba* show significant or extremely significant positive correlations with fruit size and single fruit mass in general, while the correlation between fruit internal quality and fruit appearance quality is relatively small. The cluster analysis result shows that 118 cultivars are divided into 5 categories. Category I contains 106 cultivars, and are further divided into 5 subcategories, in which, fresh-eating *Z. jujuba* cultivars ‘Fengmiguang’, ‘Fucumi’, and ‘Dongzao’ are clustered into one branch in subcategory I<sub>5</sub>; category II contains 6 cultivars; category III contains 3 cultivars, in which, ‘Laoling Wuhe’ and ‘Wuhehong’ are good parent materials for breeding of seedless *Z. jujuba* cultivars; category IV contains 2 cultivars; category V only contains one cultivar namely ‘Shandong Dashibing’, and this cultivar can be used as a good ecological forest cultivar for continuous breeding. It is suggested that the diversity of descriptive traits of 118 test *Z. jujuba* cultivars is relatively high, the variation types of quantitative traits are rich, and the phenotypic traits can be used as important indicators for cultivar identification, breeding target establishment, and introduction status evaluation.

**Key words:** *Ziziphus jujuba* Mill.; phenotypic trait; variation analysis; correlation analysis; cluster analysis

枣 (*Ziziphus jujuba* Mill.) 原产于中国, 栽培历史悠久, 经济价值和生态价值较高<sup>[1]</sup>。枣在中国分布范围较广, 除黑龙江外, 其他省份均有分布, 且根据分布区域分为北方和南方 2 大区系<sup>[2]</sup>。中国枣种质资源丰富, 现有品种多达 944 个<sup>[3]</sup>。新疆作为中国重要的枣产区, 在枣产业发展中有着举足轻重的地位, 但新疆枣产业发展历史较短, 主栽品种单一, 以‘灰枣’ (‘Huizao’) 和‘骏枣’ (‘Junzao’) 为主<sup>[4]</sup>。单一的主栽品种无法满足多元化的市场需求, 因此需要新的栽培品种优化枣产品的结构, 发挥枣树抗逆性较强的特征<sup>[5]</sup>, 加强枣树在生态领域的应用。

表型性状受内在基因和外在环境的共同影响<sup>[6]</sup>, 是了解遗传变异、群体结构和品种创新的重要途径<sup>[7–10]</sup>。表型性状研究在新疆野生果树资源中早有运用, 例如: 新疆野苹果 [*Malus sieversii* (Ledeb.) Roem.]<sup>[11]</sup>、欧洲李 (*Prunus domestica* Linn.)<sup>[12]</sup> 和野杏 (*Prunus armeniaca* var. *ansu* Maxim.)<sup>[13]</sup> 等。表型性状调查在枣种质资源描述中亦有广泛应用, 王永康等<sup>[14]</sup>通过对国家枣种质资源圃内 200 个品种 60 个表型性状多样性分析发现, 不同品种间质量性状多样性差异显著, 数量性状表现出广泛的变异性。谢欢等<sup>[15]</sup>认为, 枣杂交后代果实部分表型性状表现出广泛的分离。刘金霞等<sup>[16]</sup>通过对南疆地区枣二倍体及其同源四倍体表型性状比较发现, 多倍体品种的多倍体形态特征表现稳定。陈武等<sup>[17]</sup>研究发现, 枣核心

种质资源的表型变异较为丰富, 果实纵径、裂果指数、果核指数和果形指数是造成枣核心种质表型多样性的主要因子。陆琦文等<sup>[18]</sup>对 4 个枣实生群体 251 个生长稳定单株的研究结果表明: 4 个枣实生群体的叶片颜色、叶片状态和叶基形状均与母本有不同程度的差异, 实生群体的叶片颜色、叶片状态、叶基形状、叶面积和叶柄长等性状的变异较为丰富。目前, 国内学者虽已对枣的表型性状进行了一些研究, 但研究深度仍显不足, 研究指标较为集中, 以探究部分农艺经济性状的表型与遗传关系为主, 全面性有待改进。

本研究以农业农村部新疆地区果树科学观测实验站保存的 118 个枣品种为样本, 从叶、花和果实的描述型性状及数量性状多角度出发, 对 36 个指标进行测定分析, 探究 118 个枣品种表型性状多样性, 以期对现有枣种质资源特性进行挖掘, 为多用途品种创新及枣种质资源的系统评价和保护提供数据支撑。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试材料为农业农村部新疆地区果树科学观测实验站保存的 118 个枣品种。该实验站地理坐标为东经 77°55′、北纬 38°75′, 海拔 1 765 m, 地处昆仑山北麓叶城县, 紧连塔克拉玛干沙漠, 干旱荒漠型气候。所有材料均为以酸枣 [*Ziziphus jujuba* var. *spinosa*

(Bunge) Hu ex H. F. Chow]为砧木的嫁接成年树,株距 2 m,行距 3 m,树体健壮,试验地管理一致。

## 1.2 方法

根据《枣种质资源描述规范和数据标准》<sup>[19]21-22</sup>对枣的生长发育期进行划分。

于盛花期,每个品种选择 3 株树势强壮且生长基本一致的样树,每株选择花朵生长良好且没有病害侵染的枣吊 5 个,调查每吊花序数和每花序花朵数。各品种选择枣吊中段生长基本一致的花朵 30 个,使用游标卡尺(精度 0.01 mm)测量花直径,重复测量 3 次。

于果实白熟期,每个品种选择 3 株树势强壮且生长基本一致的样树,共选取树冠上层外围东面叶片 30 枚,使用 ImageJ 软件(win64 位)的自定标尺(精度 0.01 mm)测量叶片数量性状。使用 TYS-4N 手持叶绿素测定仪(浙江托普云农科技股份有限公司)测定叶绿素相对含量,每枚叶片重复测定 3 次。

于果实脆熟期,每个品种随机选取 30 个枣吊统计果实数量,根据公式“吊果比=枣吊数/果实数”计算吊果比。

于果实完熟期,每个品种选择 3 株树体健壮且生长基本一致的样树,每株随机采 10 个大小基本一致的果实,使用千分之一电子天平称量单果质量,使用游标卡尺(精度 0.01 mm)分别测量果实的纵径和横径,每个果实重复测量 3 次。根据公式“果形指数=果实纵径/果实横径”计算果形指数。

于果实完熟期,每个品种选择 3 株树体健壮且生长基本一致的样树,每株随机采 10 个大小基本一致的果实,根据《枣种质资源描述规范和数据标准》<sup>[19]8-30</sup>观察和记录果实和果核的描述型性状。

分别使用苏州科铭生物技术有限公司生产的植物可溶性糖含量测试盒和抗坏血酸(AsA)含量测试盒测定果实可溶性糖含量和抗坏血酸(即维生素 C,以下称为  $V_c$ )含量,每个品种选择 30 个完熟且大小基本一致的果实,10 个一组,每组取果肉 0.1 g,重复测定 3 次。采用 NaOH 酸碱中和滴定法<sup>[20]</sup>测定果实可滴定酸含量,使用 PAL-BXIACID1 数显糖酸一体机(日本爱拓公司)测定果实可溶性固形物含量,每组 10 个果实,重复测定 3 次。

## 1.3 数据处理

利用 EXCEL 2020 软件进行数据统计并计算各品种数量性状的变异系数,参照李慧<sup>[21]</sup>的方法计算

Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数,利用 SPSS 26.0 统计分析软件先对相关原始数据进行 Z 标准化(STD)处理,消除不同量纲对分析产生的影响。利用标准化后的数据进行相关性分析和聚类分析,利用 Origin 2022 软件制作聚类图。

## 2 结果和分析

### 2.1 118 个枣品种表型性状统计分析

2.1.1 描述型性状 118 个枣品种果实和果核的描述型性状及统计结果见表 1, Simpson 指数( $D$ )和 Shannon-Wiener 指数( $H$ )见表 2。由表 1 可见:118 个枣品种中,果实整齐的品种有 59 个,占总品种数的 50.00%;果实不整齐的品种有 18 个,占总品种数的 15.25%。果实形状以“长圆形”为主,有 28 个品种,占总品种数的 23.73%。果肉的颜色以“浅绿”为主,粗细和汁液以“中”为主,质地以“酥脆”为主,分别占总品种数的 59.32%、63.56%、48.31%和 50.85%。果实风味以“酸甜”为主,占总品种数的 48.31%。果实颜色以“红”为主,果肩形状以“凹”为主,果顶形状以“平”为主,果面光滑度以“光滑”为主,分别占总品种数的 51.69%、63.56%、48.31%和 50.85%。果皮厚度以“厚”为主,占总品种数的 40.68%。果点密度以“密”为主,果点大小以“小”为主,分别占总品种数的 49.15%和 56.78%。梗洼的广度和深度以“中”为主,

表 1 118 个枣品种果实和果核的描述型性状及其统计结果  
Table 1 Descriptive traits and their statistical results of fruit and pit of 118 *Ziziphus jujuba* Mill. cultivars

描述型性状 Descriptive trait	记载标准 Criteria for recording	品种数(比例) Cultivar number (percentage)
果实整齐度 Fruit uniformity	整齐 Uniform	59(50.00%)
	较整齐 Relatively uniform	41(34.75%)
	不整齐 Ununiform	18(15.25%)
果实形状 Fruit shape	圆形 Round	4(3.38%)
	扁圆形 Oblate	11(9.32%)
	卵圆形 Oval	9(7.63%)
	长圆形 Long-round	28(23.73%)
	倒卵圆形 Obovate	17(14.41%)
	圆柱形 Cylindrical	24(20.34%)
	圆锥形 Conic	11(9.32%)
果肉颜色 Fruit flesh color	磨盘形 Grinding disc	1(0.85%)
	扁柱形 Flat cylindrical	13(11.02%)
	白 White	22(18.64%)
	浅绿 Light green	70(59.32%)
	绿 Green	26(22.03%)

续表 1 Table 1 (Continued)

描述型性状 Descriptive trait	记载标准 Criteria for recording	品种数(比例) Cultivar number (percentage)
果肉粗细 Fruit flesh coarseness	细 Exquisite	25(21.19%)
	中 Middle	75(63.56%)
	粗 Rough	18(15.25%)
果肉汁液 Fruit flesh juice	少 Less	44(37.29%)
	中 Middle	57(48.31%)
	多 More	17(14.40%)
果肉质地 Fruit flesh texture	疏松 Loose	20(16.95%)
	酥脆 Crispy	60(50.85%)
	较致密 Relatively compact	31(26.27%)
	致密 Compact	7(5.93%)
果实风味 Fruit flavor	甜酸 Sweet and slightly sour	22(18.64%)
	酸甜 Sour and slightly sweet	57(48.31%)
	甜 Sweet	39(33.05%)
果实颜色 Fruit color	浅红 Light red	1(0.85%)
	红 Red	61(51.69%)
	紫红 Purple red	5(4.24%)
	赭红 Ocher	51(43.22%)
果肩形状 Fruit shoulder shape	平 Flat	43(36.44%)
	凹 Concave	75(63.56%)
	凹 Concave	49(41.53%)
果顶形状 Fruit top shape	平 Flat	57(48.31%)
	尖 Tip	12(10.17%)
	薄 Thin	36(30.51%)
果皮厚度 Pericarp thickness	中 Middle	34(28.81%)
	厚 Thick	48(40.68%)
	光滑 Smooth	60(50.85%)
果面光滑度 Fruit skin lubricity	粗糙 Rough	13(11.02%)
	有隆起 With protuberance	45(38.13%)
	疏 Loose	40(33.90%)
果点密度 Fruit dot density	中 Middle	20(16.95%)
	密 Dense	58(49.15%)
	小 Small	67(56.78%)
果点大小 Fruit dot size	中 Middle	20(16.95%)
	大 Large	31(26.27%)
	狭 Narrow	44(37.29%)
梗洼广度 Stalk cavity width	中 Middle	55(46.61%)
	广 Broad	19(16.10%)
	浅 Shallow	47(39.83%)
梗洼深度 Stalk cavity depth	中 Middle	49(41.53%)
	深 Deep	22(18.64%)
	残核 Remnant pit	2(1.69%)
果核有无 Pit existence	有核 With pit	116(98.31%)
	圆形 Round	5(4.24%)
核形 Pit shape	椭圆形 Elliptic	31(26.27%)
	纺锤形 Spindle	57(48.31%)
	倒纺锤形 Inverted spindle	25(21.18%)
	无种仁 No kernel	22(18.64%)
种仁饱满度 Kernel fullness	瘪 Shriveled	13(11.02%)
	不饱满 Not full	21(17.80%)
	饱满 Full	62(52.54%)

表 2 枣果实和果核描述型性状的多样性指数

Table 2 Diversity indexes of descriptive traits of fruit and pit of *Ziziphus jujuba* Mill.

描述型性状 Descriptive trait	Simpson 指数 Simpson index	Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index
果实整齐度 Fruit uniformity	0.61	1.44
果实形状 Fruit shape	0.85	2.85
果肉颜色 Fruit flesh color	0.57	1.38
果肉粗细 Fruit flesh coarseness	0.53	1.30
果肉汁液 Fruit flesh juice	0.61	1.44
果肉质地 Fruit flesh texture	0.64	1.68
果实风味 Fruit flavor	0.62	1.49
果实颜色 Fruit color	0.55	1.26
果肩形状 Fruit shoulder shape	0.46	0.95
果顶形状 Fruit top shape	0.58	1.37
果皮厚度 Pericarp thickness	0.66	1.57
果面光滑度 Fruit skin lubricity	0.58	1.38
果点密度 Fruit dot density	0.62	1.47
果点大小 Fruit dot size	0.58	1.40
梗洼广度 Stalk cavity width	0.62	1.47
梗洼深度 Stalk cavity depth	0.63	1.51
果核有无 Pit existence	0.01	0.62
核形 Pit shape	0.65	1.68
种仁饱满度 Kernel fullness	0.68	1.28

分别占总品种数的 46.61% 和 41.53%。“有核”的品种有 116 个, 占总品种数的 98.31%; 2 个品种为残核, 分别是‘乐陵无核’(‘Laoling Wuhe’)和‘无核红’(‘Wuhehong’)。核形以“纺锤形”为主, 占总品种数的 48.31%。种仁“饱满”的品种有 62 个, 占总品种数的 52.54%。

由表 2 可见: 枣果实和果核 19 个描述型性状的 *D* 值和 *H* 值分别为 0.01~0.85 和 0.62~2.85, 均为果实形状的 *D* 值和 *H* 值最大, 果核有无的 *D* 值和 *H* 值最小。除果核有无外, 其余 18 个描述型性状的 *D* 值和 *H* 值较高, 二者的平均值分别为 0.61 和 1.50, 可以作为枣品种资源评价的指标。

2.1.2 数量性状 118 个枣品种的数量性状统计结果见表 3。由表 3 可见: ‘羊奶枣’(‘Yangnaizao’)果实纵径最大, 为 54.68 mm; ‘库尔勒小枣’(‘Korla Xiaozao’)和‘喀什小圆枣’(‘Kashi Xiaoyuanzao’)果实纵径较小, 分别为 16.05 和 16.06 mm。‘山东大柿饼’(‘Shandong Dashibing’)果实横径最大, 为 40.37 mm; ‘南京冷枣’(‘Nanjing Lengzao’)果实横径最小, 为 13.88 mm。‘羊奶枣’果形指数最大, 为 2.32; ‘山东大柿饼’果形指数最小, 为 0.59。‘韶关白枣’(‘Shaoguan Baizao’)单果质量最大, 为 34.80 g; ‘南京冷枣’单果质量最小, 为 2.86 g。‘冬枣’

表3 118个枣品种的数量性状及其变异系数<sup>1)</sup>Table 3 Quantitative traits and their coefficients of variation of 118 *Ziziphus jujuba* Mill. cultivars<sup>1)</sup>

C	FVD	FTD	FSI	SFM	SSuC	TAC	V <sub>c</sub> C	SSoC	LL	LW	LA	LSI	SPAD	INPH	FNPI	FD	H/F
Z1	32.21	31.99	1.01	13.79	165.43	0.38	2 863.58	33.73	52.91	33.68	1 196.28	1.58	39.97	13.1	5.9	5.99	0.59
Z2	24.05	17.20	1.40	4.76	142.66	0.39	2 209.09	33.07	59.72	23.75	923.18	2.54	34.20	16.7	6.9	6.24	0.11
Z3	40.23	28.06	1.43	12.51	184.94	0.68	2 116.65	28.93	59.40	24.73	953.25	2.42	43.47	21.2	3.4	7.25	0.18
Z4	35.56	24.51	1.45	10.35	231.80	0.69	2 868.16	35.50	70.76	36.99	1 846.98	1.92	41.07	15.3	5.9	7.92	0.16
Z5	18.42	17.79	1.04	3.77	176.44	0.34	2 449.97	32.33	53.92	23.00	880.39	2.35	37.27	16.9	11.0	6.22	0.13
Z6	40.95	29.95	1.37	21.45	224.09	0.36	2 938.68	38.57	79.22	39.55	2 281.73	2.00	43.70	15.2	6.6	6.89	0.24
Z7	31.27	19.78	1.58	7.04	208.03	0.46	2 129.52	38.07	59.95	26.85	1 112.65	2.24	37.97	18.0	7.0	6.90	0.24
Z8	28.60	19.83	1.44	7.06	248.90	0.42	3 178.74	37.47	60.76	30.90	1 228.79	2.03	41.23	19.2	7.5	6.69	0.16
Z9	32.15	30.05	1.07	15.29	159.07	0.40	3 073.44	37.13	67.41	31.05	1 377.16	2.18	36.67	21.6	2.6	5.97	0.29
Z10	32.74	27.28	1.20	12.25	194.61	0.49	3 455.25	37.53	63.75	27.49	1 296.00	2.33	42.17	20.7	6.0	8.24	0.16
Z11	29.67	25.99	1.14	10.91	147.75	0.30	2 844.66	33.33	70.75	35.11	1 642.59	2.02	48.57	20.1	5.9	7.24	0.16
Z12	30.29	34.15	0.89	7.75	170.98	0.37	3 386.32	30.60	59.02	28.56	1 127.19	2.08	40.57	21.2	5.6	6.80	0.23
Z13	45.28	23.93	1.89	14.55	261.77	0.29	3 341.63	35.07	62.16	24.58	1 173.79	2.54	43.03	19.0	8.8	6.47	0.31
Z14	28.68	21.44	1.34	7.15	200.77	0.40	3 013.60	32.93	55.15	24.06	937.91	2.30	41.43	15.3	8.2	6.48	0.27
Z15	33.10	28.51	1.16	14.88	211.85	0.46	3 101.48	33.10	57.04	29.01	1 267.71	1.98	43.10	13.4	5.7	7.81	0.19
Z16	34.80	26.43	1.32	11.67	170.04	0.42	2 923.47	33.60	66.41	26.77	1 247.67	2.11	43.30	16.3	2.7	7.58	0.18
Z17	37.40	29.48	1.27	16.15	231.50	0.65	2 937.86	33.87	60.27	33.59	1 444.10	1.80	41.93	15.4	9.5	7.32	0.21
Z18	35.06	21.41	1.64	9.57	226.59	0.65	3 100.72	39.20	62.02	27.90	1 155.35	2.23	37.10	14.1	6.7	7.39	0.30
Z19	32.57	30.56	1.07	13.38	245.47	0.61	2 032.93	32.73	70.49	28.23	1 360.17	2.51	37.33	15.7	7.0	6.79	0.16
Z20	45.07	22.69	1.99	12.35	237.90	0.73	2 612.08	35.77	76.34	31.56	1 760.09	2.44	39.00	17.5	12.9	5.99	0.29
Z21	31.05	25.47	1.22	10.88	200.85	0.47	2 878.01	39.07	58.99	28.20	925.35	2.11	41.63	17.1	7.8	6.63	0.15
Z22	34.77	34.46	1.01	21.30	221.52	0.26	2 756.03	32.67	74.98	39.44	2 100.91	1.91	41.97	15.2	8.2	7.49	0.30
Z23	33.22	29.78	1.12	12.39	189.07	0.51	2 037.10	30.67	58.37	29.24	1 152.62	2.00	42.07	16.2	2.3	7.41	0.22
Z24	41.55	39.10	1.06	26.47	249.76	0.34	2 073.46	38.40	64.93	33.57	1 370.59	1.94	40.90	16.1	3.4	6.91	0.24
Z25	40.93	22.09	1.85	9.67	176.67	0.23	2 009.57	36.33	56.57	22.91	830.30	2.50	40.57	16.7	4.1	6.80	0.20
Z26	29.07	23.39	1.24	9.00	192.66	0.31	2 343.89	37.77	76.83	36.00	1 744.98	2.15	33.37	16.0	8.8	7.27	0.17
Z27	31.51	28.11	1.12	11.24	189.38	0.36	2 936.33	31.63	58.93	28.08	1 841.32	2.11	40.10	18.8	2.7	6.71	0.20
Z28	34.87	26.45	1.32	11.63	170.04	0.42	3 309.80	33.60	66.15	29.73	1 496.25	2.23	43.97	14.8	5.5	7.59	0.16
Z29	35.98	29.24	1.23	15.59	223.61	0.44	3 188.58	34.81	62.10	30.27	1 387.42	2.06	43.23	15.1	6.7	7.40	0.26
Z30	42.93	34.99	1.23	24.55	226.33	0.44	3 209.80	34.83	63.09	29.03	1 323.05	2.17	40.13	16.1	6.4	6.84	0.29
Z31	28.00	19.91	1.41	7.36	251.71	0.46	3 134.04	28.97	66.96	31.48	1 414.16	2.13	40.13	13.9	7.1	7.25	0.17
Z32	36.83	27.00	1.36	12.63	187.51	0.41	3 341.61	36.07	69.90	38.72	1 925.86	1.81	40.53	12.1	9.4	7.24	0.19
Z33	32.97	23.44	1.41	10.26	210.52	0.22	3 065.11	29.97	58.29	30.57	1 298.49	1.91	41.90	16.8	9.7	7.17	0.25
Z34	26.63	22.13	1.20	7.65	256.85	0.32	2 990.88	35.06	66.14	27.19	1 193.62	2.46	39.63	14.0	7.1	6.86	0.11
Z35	54.34	32.39	1.68	21.72	263.09	0.29	3 581.02	36.23	85.50	40.77	2 440.73	2.11	37.03	16.7	7.9	7.21	0.36
Z36	37.38	29.54	1.27	16.50	222.22	0.49	2 741.63	26.90	63.49	28.04	1 396.62	2.28	41.00	15.3	8.0	7.25	0.19
Z37	20.04	17.50	1.15	3.97	306.61	0.41	3 739.34	44.93	64.22	28.51	1 291.22	2.27	40.50	14.0	8.0	7.19	0.14
Z38	24.70	20.06	1.23	6.04	147.42	0.39	3 117.39	33.89	53.94	23.40	794.47	2.31	36.27	12.3	10.4	7.30	0.25
Z39	40.63	26.46	1.54	14.09	245.47	0.34	3 222.68	36.63	61.82	28.81	1 144.59	2.16	36.20	17.4	8.6	7.19	0.19
Z40	27.35	25.79	1.06	9.83	298.02	0.58	3 996.92	42.37	53.42	24.26	866.21	2.21	38.17	16.1	6.4	6.32	0.27
Z41	27.05	27.11	1.00	11.69	355.64	0.61	3 888.58	45.03	66.97	28.92	1 399.87	2.33	43.47	13.6	8.9	6.67	0.25
Z42	32.37	31.28	1.03	15.95	237.35	0.35	2 468.15	34.50	59.11	30.76	1 284.26	1.93	40.07	16.1	1.5	6.93	0.34
Z43	27.91	24.37	1.14	9.10	211.61	0.32	2 975.72	24.57	67.98	36.56	1 787.96	1.87	42.63	15.8	5.9	7.85	0.20
Z44	32.90	22.85	1.44	7.11	246.79	0.51	2 473.74	28.27	71.63	31.48	1 523.52	2.28	40.73	14.9	4.8	7.04	0.25
Z45	34.42	24.66	1.40	14.00	249.05	0.46	2 475.74	34.53	68.83	27.32	1 380.37	2.55	38.33	17.0	5.8	6.22	0.39
Z46	29.02	31.55	0.92	13.50	185.72	0.31	2 679.51	34.87	72.68	37.55	1 833.02	1.94	38.77	13.9	6.5	6.44	0.40
Z47	32.41	23.51	1.38	8.72	171.99	0.46	2 172.67	37.27	57.37	25.68	992.69	2.24	38.63	18.1	9.1	6.17	0.31
Z48	31.27	24.55	1.27	11.74	178.85	0.43	3 015.87	34.20	69.88	33.43	1 905.51	2.11	37.57	13.4	6.5	6.13	0.55
Z49	31.04	18.91	1.64	7.04	200.46	0.63	2 599.74	38.80	81.49	40.41	2 206.37	2.03	41.27	15.0	8.2	6.15	0.26
Z50	34.49	18.34	1.88	5.25	245.15	0.25	2 499.97	37.73	71.87	33.83	1 434.08	2.14	38.23	14.8	11.6	6.12	0.27

续表3 Table 3 (Continued)

C	FVD	FTD	FSI	SFM	SSuC	TAC	V <sub>c</sub> C	SSoC	LL	LW	LA	LSI	SPAD	INPH	FNPI	FD	H/F
Z51	28.05	28.11	1.02	11.70	199.90	0.61	3 101.49	37.83	85.38	42.93	2 669.14	2.01	44.27	14.7	7.8	5.73	0.36
Z52	34.59	24.31	1.42	10.96	220.19	0.43	2 570.42	39.63	78.20	41.56	2 242.19	1.89	37.57	11.1	14.2	6.39	0.46
Z53	50.39	25.78	1.95	18.94	263.09	0.74	2 904.51	37.23	75.11	33.03	1 730.34	2.29	39.47	16.2	10.4	6.23	1.57
Z54	45.95	28.10	1.64	16.52	261.62	0.34	3 309.34	31.73	73.75	35.07	1 765.59	2.12	38.13	13.4	7.8	7.76	0.44
Z55	42.05	36.51	1.15	34.80	149.57	0.20	2 890.89	28.03	72.53	41.18	1 984.73	1.77	38.37	15.2	8.6	7.56	0.35
Z56	43.07	37.97	1.13	27.10	269.10	0.36	2 863.61	29.23	87.71	46.42	2 856.50	1.90	43.67	14.9	3.1	6.47	0.24
Z57	33.99	30.39	1.12	13.68	142.43	0.34	2 637.10	36.73	87.18	38.65	2 376.31	2.27	46.90	12.4	5.7	7.23	0.44
Z58	27.29	21.70	1.26	6.87	187.90	0.46	2 220.43	33.23	41.83	21.55	621.67	1.96	44.50	14.9	4.0	7.51	0.18
Z59	46.69	32.57	1.43	20.29	173.94	0.43	2 681.79	37.27	89.80	42.05	2 365.63	2.14	44.20	16.4	8.9	8.40	0.24
Z60	36.85	30.53	1.21	15.81	173.94	0.26	2 696.20	38.93	61.58	27.62	1 257.58	2.24	41.97	14.0	3.7	6.80	0.24
Z61	45.89	31.24	1.47	19.58	210.52	0.31	2 685.57	34.10	80.49	40.47	2 927.91	2.02	41.13	14.1	6.6	7.39	0.24
Z62	38.06	31.20	1.22	21.18	147.50	0.33	2 417.40	28.37	58.17	23.48	1 198.74	2.53	43.40	17.4	4.2	6.85	0.49
Z63	27.59	24.00	1.15	8.01	165.20	0.27	2 946.93	31.87	59.25	32.29	1 485.30	1.85	43.00	15.3	4.6	7.28	0.17
Z64	45.81	31.72	1.13	16.35	244.45	0.42	2 823.46	33.80	83.85	62.69	4 039.63	1.34	40.17	12.9	4.3	8.42	0.27
Z65	50.03	39.78	1.26	27.62	251.71	0.50	2 642.40	34.28	74.45	48.29	2 972.67	1.55	41.77	10.9	5.5	8.64	0.34
Z66	46.46	32.95	1.26	21.54	246.17	0.42	2 693.91	31.50	89.66	57.80	3 017.39	1.56	39.40	13.8	5.7	8.79	0.21
Z67	44.69	30.36	1.47	18.60	221.76	0.49	2 621.95	30.37	80.72	38.79	2 264.18	2.08	40.23	14.0	6.9	7.12	0.40
Z68	34.56	27.45	1.26	12.73	160.52	0.34	3 177.22	29.47	70.13	37.46	1 699.12	1.89	41.40	15.3	7.0	7.25	0.19
Z69	27.90	21.10	1.32	8.12	266.29	0.35	3 059.05	37.90	65.10	34.87	1 582.03	1.88	42.40	13.0	7.5	7.26	0.21
Z70	42.21	30.01	1.41	20.87	149.53	0.67	3 069.64	31.50	79.98	40.48	2 518.33	1.98	44.07	13.2	8.5	7.20	0.53
Z71	25.06	19.71	1.27	5.14	248.51	0.51	2 735.59	39.00	85.93	41.86	2 567.08	2.06	40.87	16.2	7.8	7.71	0.18
Z72	35.78	19.37	1.85	8.23	243.05	0.34	2 831.00	28.02	50.94	26.30	989.53	1.94	34.17	16.8	7.2	6.95	0.27
Z73	32.41	25.51	1.28	7.72	171.99	0.46	2 172.67	37.27	113.51	67.71	5 240.71	1.68	36.63	18.3	1.6	7.55	0.26
Z74	36.05	28.85	1.25	16.42	192.94	0.30	3 011.32	33.77	76.55	32.83	1 833.82	2.34	43.13	17.1	14.5	6.76	0.24
Z75	38.81	33.78	1.15	23.91	252.56	0.39	2 428.90	35.07	98.43	54.15	3 679.14	1.83	48.23	17.7	5.7	7.79	0.40
Z76	26.25	22.50	1.17	7.96	168.40	0.34	2 240.10	38.40	59.74	23.70	1 004.13	2.53	39.33	14.8	6.8	6.48	0.20
Z77	35.54	33.17	1.07	16.23	209.59	0.31	2 265.88	35.37	62.91	36.45	1 246.09	1.73	45.13	18.3	5.1	7.07	0.25
Z78	32.02	19.58	1.64	7.20	139.54	0.30	2 553.73	27.50	59.08	22.14	905.44	2.71	37.87	16.4	9.5	6.80	0.22
Z79	23.49	13.88	1.69	2.86	242.03	0.28	2 614.39	37.03	48.83	21.77	719.92	2.26	36.53	14.9	9.0	6.24	0.26
Z80	39.49	26.53	1.49	14.47	265.97	0.30	3 734.80	34.80	81.04	33.43	1 642.36	2.44	41.00	14.7	7.1	6.93	0.37
Z81	23.68	40.37	0.59	17.11	252.56	0.78	3 184.05	36.27	93.38	40.23	2 999.51	2.32	37.40	12.7	30.6	7.45	0.70
Z82	38.78	26.84	1.44	11.68	251.71	0.39	2 409.82	34.33	109.16	47.24	3 431.96	2.32	43.47	17.3	5.8	7.07	0.25
Z83	33.38	22.09	1.51	8.88	260.05	0.40	3 161.33	37.83	73.61	34.95	1 530.64	2.13	43.03	15.3	7.4	7.30	0.19
Z84	31.26	21.69	1.45	8.63	223.94	0.27	3 087.84	35.73	83.10	36.62	1 882.39	2.28	36.77	14.8	5.2	7.50	0.20
Z85	34.70	33.71	1.03	19.01	238.60	0.47	3 137.84	27.90	73.55	38.12	2 168.80	1.93	44.50	16.2	8.7	7.42	0.35
Z86	28.35	21.35	1.33	7.44	198.12	0.68	3 664.35	27.83	56.98	23.55	824.65	2.43	35.43	18.6	10.6	7.62	0.22
Z87	32.74	20.71	1.58	7.84	255.53	0.46	2 140.88	32.83	69.43	32.21	1 453.00	2.16	34.83	16.9	6.0	6.68	0.18
Z88	31.77	20.56	1.55	7.41	176.83	0.44	2 943.90	25.27	66.93	30.83	1 608.30	2.18	39.40	16.9	7.7	7.48	0.20
Z89	26.82	25.85	1.04	11.45	275.18	0.31	2 735.57	31.27	65.34	29.14	1 323.29	2.26	43.73	15.1	9.6	6.30	0.28
Z90	37.69	29.81	1.26	26.29	294.06	0.29	3 756.02	44.70	73.48	33.99	1 782.21	2.18	44.30	16.8	7.7	6.69	0.31
Z91	37.81	32.78	1.15	22.91	198.90	0.39	2 428.00	34.90	68.70	35.41	1 667.23	1.94	39.13	17.0	8.8	7.55	0.42
Z92	52.18	34.04	1.53	26.90	170.12	0.62	2 104.52	27.63	68.07	31.95	1 598.55	2.13	41.83	19.6	6.8	7.32	0.66
Z93	41.55	31.66	1.31	19.61	244.28	0.43	2 778.74	33.23	72.45	42.56	2 180.79	1.71	43.87	16.6	5.8	7.28	0.24
Z94	16.06	17.21	0.93	3.28	131.89	0.76	3 690.11	34.60	57.88	29.87	1 192.53	1.95	51.23	19.4	6.6	5.65	0.21
Z95	16.05	17.23	0.91	3.25	137.89	0.76	3 593.90	34.17	67.50	30.58	1 800.34	2.22	51.22	19.7	7.1	5.69	0.13
Z96	34.82	21.81	1.60	9.72	215.44	0.20	2 857.55	35.33	71.60	35.57	1 811.44	2.03	41.90	13.8	11.5	6.72	0.44
Z97	43.06	35.61	1.21	25.03	139.98	0.51	2 734.84	38.90	92.98	41.54	2 653.40	2.24	44.87	18.8	7.1	7.21	0.24
Z98	36.90	22.51	1.64	11.79	263.88	0.30	3 562.08	34.80	82.73	34.33	2 179.65	2.41	42.57	17.1	9.6	6.70	0.16
Z99	41.06	27.04	1.52	15.21	169.18	0.29	2 709.07	37.50	79.12	37.80	2 361.82	2.11	41.30	14.0	3.3	7.05	0.16
Z100	37.85	27.84	1.36	17.15	157.40	0.25	2 471.21	36.17	93.63	35.28	2 166.11	2.66	41.70	15.9	5.6	7.28	0.25
Z101	25.20	20.93	1.20	6.75	241.57	0.50	3 425.72	37.20	80.69	35.68	2 062.36	2.27	42.20	17.8	12.3	7.35	0.12

续表3 Table 3 (Continued)

C	FVD	FTD	FSI	SFM	SSuC	TAC	V <sub>c</sub> C	SSoC	LL	LW	LA	LSI	SPAD	INPH	FNPI	FD	H/F
Z102	31.52	20.65	1.53	7.08	172.61	0.62	3 661.28	36.87	74.92	34.73	1 504.40	2.18	37.77	15.3	7.4	7.31	0.57
Z103	32.63	20.87	1.56	8.57	262.97	0.43	2 899.22	38.93	74.09	34.35	1 609.94	2.17	48.10	15.2	7.0	6.45	0.19
Z104	46.64	24.42	1.91	15.17	263.80	0.79	2 646.96	37.83	68.37	27.06	1 392.76	2.54	42.37	18.2	6.8	6.70	0.38
Z105	27.21	23.78	1.14	8.88	158.57	0.44	2 912.84	30.53	72.15	35.28	1 524.59	2.05	43.93	15.1	8.1	7.52	0.05
Z106	30.98	27.56	1.12	13.94	162.71	0.59	1 899.98	37.47	63.38	31.38	1 184.86	2.05	41.30	16.1	3.5	7.56	0.37
Z107	34.38	21.13	1.63	9.06	202.72	0.46	2 908.30	33.20	72.02	27.39	1 560.55	2.63	43.03	14.9	9.0	6.49	0.22
Z108	39.25	35.21	1.11	30.36	201.94	0.45	2 238.66	35.67	62.63	33.04	1 487.06	1.90	41.53	17.6	2.8	8.16	0.20
Z109	54.68	23.54	2.32	14.58	204.98	0.64	2 336.63	43.63	98.07	41.02	2 607.21	2.41	41.27	15.2	13.4	6.68	1.12
Z110	36.41	26.47	1.38	12.57	266.84	0.49	2 258.67	34.00	70.43	30.48	1 533.83	2.35	40.03	17.0	7.4	6.79	0.35
Z111	47.02	27.68	1.70	16.20	249.37	0.41	2 538.62	35.19	76.81	31.03	1 677.86	2.48	44.27	18.9	8.5	7.11	0.46
Z112	29.19	21.86	1.33	7.35	263.33	0.41	2 438.64	35.10	59.66	26.55	1 422.86	2.26	39.87	15.6	12.2	7.05	0.12
Z113	43.84	22.70	1.81	15.51	261.61	0.89	2 668.65	37.60	57.79	28.33	1 091.57	2.06	38.43	14.7	6.7	6.84	0.27
Z114	24.45	19.35	1.26	5.22	252.33	0.48	2 438.62	33.33	85.53	32.87	1 895.51	2.62	46.03	19.0	6.6	6.58	0.53
Z115	42.28	33.30	1.57	29.30	221.09	0.47	2 643.92	29.80	95.60	45.39	2 882.90	2.12	45.07	13.3	3.4	6.95	0.32
Z116	46.45	36.92	1.26	23.22	224.17	0.46	2 739.36	31.13	86.77	38.94	2 103.53	2.23	40.53	14.2	4.7	7.51	0.38
Z117	41.96	31.32	1.34	19.23	224.17	0.47	2 629.82	30.41	88.22	41.52	2 424.83	2.12	39.60	15.3	5.4	7.35	0.42
Z118	43.64	20.22	1.35	22.02	226.64	0.46	2 629.79	30.44	82.87	39.51	2 394.56	2.10	39.13	14.4	5.9	7.39	0.32
Max.	54.68	40.37	2.32	34.80	355.64	0.89	3 996.92	45.03	113.51	67.71	5 240.71	2.71	51.23	21.6	30.6	8.79	1.57
Min.	16.05	13.88	0.59	2.86	131.89	0.20	1 899.98	24.57	41.83	21.55	621.67	1.34	33.37	10.9	1.5	5.65	0.05
R	38.63	26.49	1.73	31.94	223.75	0.69	2 096.94	20.46	71.68	46.16	4 619.04	1.37	17.86	10.7	29.1	3.14	1.52
M	34.53	26.44	1.30	12.37	220.64	0.42	2 827.23	34.80	69.66	32.95	1 547.19	2.14	41.18	15.6	7.0	7.09	0.25
$\bar{X}$	35.06	26.46	1.34	13.56	214.49	0.44	2 823.47	34.51	70.86	33.77	1 731.19	2.14	41.01	15.9	7.3	7.04	0.29
SD	7.70	5.61	0.27	6.61	43.14	0.14	452.49	3.94	12.60	7.91	720.79	0.25	3.10	2.1	3.3	0.60	0.18
CV/%	21.96	21.21	19.91	48.76	20.11	32.11	16.03	11.42	17.78	23.42	41.64	11.68	7.56	13.23	45.97	8.52	63.12

1) FVD: 果实纵径 Fruit vertical diameter (mm); FTD: 果实横径 Fruit transverse diameter (mm); FSI: 果形指数 Fruit shape index; SFM: 单果质量 Single fruit mass (g); SSuC: 果实可溶性糖含量 Soluble sugar content in fruit ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ); TAC: 果实可滴定酸含量 Titratable acid content in fruit (%); V<sub>c</sub>C: 果实 V<sub>c</sub> 含量 V<sub>c</sub> content in fruit ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ); SSoC: 果实可溶性固形物含量 Soluble solid content in fruit (%); LL: 叶片长 Leaf length (mm); LW: 叶片宽 Leaf width (mm); LA: 叶面积 Leaf area ( $\text{mm}^2$ ); LSI: 叶形指数 Leaf shape index; SPAD: 叶片叶绿素相对含量 Relative content of chlorophyll in leaf; INPH: 每吊花序数 Inflorescence number per hanging; FNPI: 每花序花朵数 Flower number per inflorescence; FD: 花直径 Flower diameter (mm); H/F: 吊果比 Hanging fruit ratio. C: 品种 Cultivar. Z1: ‘宁夏同心圆枣’ Ningxia Tongxinyuanzao; Z2: ‘姜闯3号’ ‘Jiangchuang 3’; Z3: ‘晋矮1号’ ‘Jinai 1’; Z4: ‘临黄1号’ ‘Linhuang 1’; Z5: ‘凤台小铃’ ‘Fengtai Xiaoling’; Z6: ‘平顺骏枣’ ‘Pingshun Junzao’; Z7: ‘夏店长枣’ ‘Xiadian Changzao’; Z8: ‘阜阳木头枣’ ‘Fuyang Mutouzao’; Z9: ‘直社疙瘩’ ‘Zhishe Geda’; Z10: ‘襄汾崖枣’ ‘Xiangfen Yazao’; Z11: ‘灵宝1号’ ‘Lingbao 1’; Z12: ‘郎家圆枣’ ‘Langjia Yuanzao’; Z13: ‘濮阳糖枣’ ‘Puyang Tangzao’; Z14: ‘官滩枣’ ‘Guantanzao’; Z15: ‘宁夏大红枣’ ‘Ningxia Dahongzao’; Z16: ‘北京泡泡枣’ ‘Beijing Paopaozao’; Z17: ‘大荔小墩墩’ ‘Dali Xiaodundun’; Z18: ‘永城长红’ ‘Yongcheng Changhong’; Z19: ‘洪赵十月红’ ‘Hongzhao Shiyuehong’; Z20: ‘辣椒枣’ ‘Lajiaozao’; Z21: ‘婆婆枣’ ‘Popozao’; Z22: ‘圆铃枣’ ‘Yuanlingzao’; Z23: ‘淑浦鸡蛋枣’ ‘Xupu Jidanzao’; Z24: ‘大白铃’ ‘Dabailing’; Z25: ‘新郑大鸡心’ ‘Xinzheng Dajixin’; Z26: ‘乐陵小枣’ ‘Laoling Xiaozao’; Z27: ‘临猗笨枣’ ‘Linyi Benzao’; Z28: ‘大荔龙枣’ ‘Dali Longzao’; Z29: ‘六月鲜’ ‘Liyuexian’; Z30: ‘七月鲜’ ‘Qiyuexian’; Z31: ‘马连小枣’ ‘Malian Xiaozao’; Z32: ‘大脆枣’ ‘Dacuzao’; Z33: ‘冷白玉’ ‘Lengbaiyu’; Z34: ‘早脆蜜’ ‘Zaocumi’; Z35: ‘芒果枣’ ‘Manguozao’; Z36: ‘北京鸡蛋枣’ ‘Beijing Jidanzao’; Z37: ‘蜂蜜罐’ ‘Fengmiguan’; Z38: ‘金丝蜜’ ‘Jinsimi’; Z39: ‘胎里红’ ‘Tailihong’; Z40: ‘伏脆蜜’ ‘Fucumi’; Z41: ‘冬枣’ ‘Dongzao’; Z42: ‘蓝田大枣’ ‘Lantian Dazao’; Z43: ‘扁核酸’ ‘Bianhesuan’; Z44: ‘河津条枣’ ‘Hejin Tiaozao’; Z45: ‘狗头枣’ ‘Goutouzao’; Z46: ‘磨盘枣’ ‘Mopanzao’; Z47: ‘佳县细腰枣’ ‘Jiexian Xiyaozao’; Z48: ‘葫芦枣’ ‘Huluzao’; Z49: ‘乐陵无核’ ‘Laoling Wuhe’; Z50: ‘无核红’ ‘Wuhehong’; Z51: ‘薛城冬枣’ ‘Xuecheng Dongzao’; Z52: ‘金丝1号’ ‘Jinsi 1’; Z53: ‘新郑大马牙’ ‘Xinzheng Damaya’; Z54: ‘三变红’ ‘Sanbianhong’; Z55: ‘韶关白枣’ ‘Shaoguan Baizao’; Z56: ‘临猗梨枣’ ‘Linyi Lizao’; Z57: ‘清徐圆枣’ ‘Qingxu Yuanzao’; Z58: ‘大荔圆枣’ ‘Dali Yuanzao’; Z59: ‘蛤蟆枣’ ‘Hamazao’; Z60: ‘不落酥’ ‘Buluosu’; Z61: ‘金谷大枣’ ‘Jingu Dazao’; Z62: ‘相枣’ ‘Xiangzao’; Z63: ‘稷山板枣’ ‘Jishan Banzao’; Z64: ‘赞新大枣’ ‘Zanxin Dazao’; Z65: ‘晋赞大枣’ ‘Jinzan Dazao’; Z66: ‘赞皇大枣’ ‘Zanhuang Dazao’; Z67: ‘壶瓶酸’ ‘Hupingsuan’; Z68: ‘北京坠子白’ ‘Beijing Zhuizibai’; Z69: ‘沧县金丝小枣’ ‘Cangxian Jinsixiaozao’; Z70: ‘马铃枣’ ‘Malingzao’; Z71: ‘连县糖枣’ ‘Lianxian Tangzao’; Z72: ‘德阳贵妃’ ‘Deyang Guifei’; Z73: ‘彬县水枣’ ‘Binxian Shuizao’; Z74: ‘安阳团枣’ ‘Anyang Tuanzao’; Z75: ‘苹果枣’ ‘Pingguozao’; Z76: ‘襄汾圆枣’ ‘Xiangfen Yuanzao’; Z77: ‘临泽大枣’ ‘Linze Dazao’; Z78: ‘遵义甜枣’ ‘Zunyi Tianzao’; Z79: ‘南京冷枣’ ‘Nanjing Lengzao’; Z80: ‘陕西牛奶枣’ ‘Shaanxi Niunaizao’; Z81: ‘山东大柿饼’ ‘Shandong Dashibing’; Z82: ‘枣强婆枣’ ‘Zaoqiang Pozao’; Z83: ‘平陆尖枣’ ‘Pinglu Jianzao’; Z84: ‘平顺笨枣’ ‘Pingshun Benzao’; Z85: ‘核桃纹’ ‘Hetaowen’; Z86: ‘糠头枣’ ‘Kangtouzao’; Z87: ‘槟榔枣’ ‘Binglangzao’; Z88: ‘昌云枣’ ‘Changyunzao’; Z89: ‘秋美’ ‘Qiumei’; Z90: ‘京39’ ‘Jing 39’; Z91: ‘山东梨枣’ ‘Shandong Lizao’; Z92: ‘成武冬枣’ ‘Chengwu Dongzao’; Z93: ‘抗裂赞皇’ ‘Kanglie Zanhuang’; Z94: ‘喀什小圆枣’ ‘Kashi Xiaoyuanzao’; Z95: ‘库尔勒小枣’ ‘Korla Xiaozao’; Z96: ‘灰枣’ ‘Huizao’; Z97: ‘蒲城圆梨枣’ ‘Pucheng Yuanlizao’; Z98: ‘陕西奶枣’ ‘Shaanxi Naizao’; Z99: ‘榆次牙枣’ ‘Yuci Yazao’; Z100: ‘九月寒’ ‘Jiuyuehan’; Z101: ‘天津旻枣’ ‘Tianjin Minzao’; Z102: ‘猗县绵枣’ ‘Yixian Mianzao’; Z103: ‘蚂蚁枣’ ‘Mayizao’; Z104: ‘大荔马牙’ ‘Dali Maya’; Z105: ‘大荔铃铃枣’ ‘Dali Linglingzao’; Z106: ‘临潼车轱辘’ ‘Lintong Chegulu’; Z107: ‘鲁大马枣’ ‘Luda Mazao’; Z108: ‘奉节鸡蛋枣’ ‘Fengjie Jidanzao’; Z109: ‘羊奶枣’ ‘Yangnaizao’; Z110: ‘延川跌牙枣’ ‘Yanchuan Dieyazao’; Z111: ‘晋枣’ ‘Jin枣’; Z112: ‘大丹枣’ ‘Dadanzao’; Z113: ‘兰溪马枣’ ‘Lanxi Mazao’; Z114: ‘夏县圆脆枣’ ‘Xiexian Yuancuibao’; Z115: ‘京沧1号’ ‘Jingcang 1’; Z116: ‘金昌1号’ ‘Jinchang 1’; Z117: ‘骏枣’ ‘Junzao’; Z118: ‘壶瓶枣’ ‘Hupingzao’. Max.: 最大值 Maximum; Min.: 最小值 Minimum; R: 极差 Range; M: 中位数 Median;  $\bar{X}$ : 平均值 Mean; SD: 标准差 Standard deviation; CV: 变异系数 Coefficient of variation.

(‘Dongzao’)、‘蜂蜜罐’(‘Fengmiguan’)、‘伏脆蜜’(‘Fucui mi’)、‘京 39’(‘Jing 39’)和‘秋美’(‘Qiumei’)果实可溶性糖含量较高,分别为355.64、306.61、298.02、294.06 和 275.18 mg · g<sup>-1</sup>。‘兰溪马枣’(‘Lanxi Mazao’)果实可滴定酸含量最高,为 0.89%;‘韶关白枣’果实可滴定酸含量最低,为 0.20%。‘伏脆蜜’果实 V<sub>c</sub> 含量最高,为 3 996.92 μg · g<sup>-1</sup>;‘冬枣’、‘京 39’、‘蜂蜜罐’和‘陕西牛奶枣’(‘Shaanxi Niunaizao’)果实 V<sub>c</sub> 含量也较高,分别为 3 888.58、3 756.02、3 739.34 和 3 734.80 μg · g<sup>-1</sup>。‘冬枣’、‘蜂蜜罐’、‘京 39’、‘羊奶枣’和‘伏脆蜜’果实可溶性固形物含量较高,分别为 45.03%、44.93%、44.70%、43.63%和 42.37%。

由表 3 还可见:‘彬县水枣’(‘Binxian Shuizao’)叶片最长、最宽、面积最大,分别为 113.51 mm、67.71 mm 和 5 240.71 mm<sup>2</sup>;‘大荔圆枣’(‘Dali Yuanzao’)叶片最短、最窄、面积最小,分别为 41.83 mm、21.55 mm 和 621.67 mm<sup>2</sup>。‘遵义甜枣’(‘Zunyi Tianzao’)叶形指数最大,为 2.71;‘赞新大枣’(‘Zanxin Dazao’)叶形指数最小,为 1.34。‘喀什小圆枣’和‘库尔勒小枣’叶片叶绿素相对含量较高,分别为 51.23 和 51.22。‘直社疙瘩’(‘Zhishe Geda’)每吊花

序数最多,为 21.6;‘晋赞大枣’(‘Jinzan Dazao’)每吊花序数最少,为 10.9。‘山东大柿饼’每花序花朵数最多,为 30.6,明显高于其他品种。‘赞皇大枣’(‘Zanhuang Dazao’)、‘晋赞大枣’和‘赞新大枣’花直径较大,分别为 8.79、8.64 和 8.42 mm。‘新郑大马牙’(‘Xinzheng Damaya’)吊果比最大,为 1.57;‘大荔铃铃枣’(‘Dali Linglingzao’)吊果比最小,为 0.05。

由表 3 还可见:118 个枣品种 17 个数量性状的变异系数为 7.56%~63.12%,变异系数最大的为吊果比,变异系数最小的为叶绿素相对含量。17 个数量性状的平均变异系数为 24.98%,其中,花表型性状(包括每吊花序数、每花序花朵数和花直径)的平均变异系数为 22.66%,叶片表型性状(包括叶片长、叶片宽、叶面积、叶形指数和叶绿素相对含量)的平均变异系数为 20.42%,果实外在品质(包括果实纵径、果实横径、果形指数和单果质量)的平均变异系数为 27.96%,果实内在品质(包括果实的可溶性糖含量、可滴定酸含量、V<sub>c</sub> 含量和可溶性固形物含量)的平均变异系数为 19.92%。

## 2.2 基于枣品种数量性状的相关性分析

相关性分析结果(表 4)表明:供试枣品种 17 个数量性状中,37 对呈极显著相关,其中 30 对呈极显

表 4 供试枣品种数量性状的相关性分析结果<sup>1)</sup>

Table 4 Result of correlation analysis on quantitative traits of *Ziziphus jujuba* Mill. cultivars tested<sup>1)</sup>

指标 Index	相关系数 Correlation coefficient																
	FVD	FTD	FSI	SFM	SSuC	TAC	V <sub>c</sub> C	SSoC	LL	LW	LA	LSI	SPAD	INPH	FNPI	FD	
FTD	0.540 **																
FSI	0.501 **	-0.397 **															
SFM	0.729 **	0.848 **	-0.088														
SSuC	0.153	0.000	0.181 *	0.068													
TAC	0.015	-0.059	0.068	-0.055	0.079												
V <sub>c</sub> C	-0.189 *	-0.099	-0.131	-0.116	0.222 *	0.052											
SSoC	-0.061	-0.135	0.098	-0.111	0.287 **	0.116	0.152										
LL	0.380 **	0.308 **	0.085	0.343 **	0.115	0.041	-0.055	0.117									
LW	0.372 **	0.435 **	-0.101	0.416 **	0.086	-0.015	-0.058	0.029	0.816 **								
LA	0.364 **	0.394 **	-0.055	0.384 **	0.083	0.028	-0.057	0.036	0.888 **	0.940 **							
LSI	-0.122	-0.376 **	0.317 **	-0.291 **	0.019	0.074	-0.020	0.094	-0.065	-0.599 **	-0.386 **						
SPAD	0.043	0.208 *	-0.191 *	0.190 *	-0.045	0.031	0.097	0.012	0.171	0.158	0.162	-0.110					
INPH	-0.066	-0.082	0.008	-0.099	-0.181 *	0.097	-0.069	-0.079	-0.133	-0.251 **	-0.203 *	0.268 **	0.126				
FNPI	-0.130	-0.118	0.077	-0.142	0.172	0.185 *	0.226 *	0.141	0.104	-0.059	0.014	0.226 *	-0.179	-0.178			
FD	0.310 **	0.372 **	-0.115	0.340 **	0.013	-0.068	-0.036	-0.218 *	0.221 *	0.399 **	0.323 **	-0.381 **	0.057	-0.174	-0.139		
H/F	0.406 **	0.206 *	0.276 **	0.287 **	0.063	0.272 **	-0.070	0.097	0.258 **	0.156	0.192 *	0.053	-0.040	-0.114	0.267 **	-0.152	

<sup>1)</sup> FVD: 果实纵径 Fruit vertical diameter; FTD: 果实横径 Fruit transverse diameter; FSI: 果形指数 Fruit shape index; SFM: 单果质量 Single fruit mass; SSuC: 果实可溶性糖含量 Soluble sugar content in fruit; TAC: 果实可滴定酸含量 Titratable acid content in fruit; V<sub>c</sub>C: 果实 V<sub>c</sub> 含量 V<sub>c</sub> content in fruit; SSoC: 果实可溶性固形物含量 Soluble solid content in fruit; LL: 叶片长 Leaf length; LW: 叶片宽 Leaf width; LA: 叶面积 Leaf area; LSI: 叶形指数 Leaf shape index; SPAD: 叶片叶绿素相对含量 Relative content of chlorophyll in leaf; INPH: 每吊花序数 Inflorescence number per hanging; FNPI: 每花序花朵数 Flower number per inflorescence; FD: 花直径 Flower diameter; H/F: 吊果比 Hanging fruit ratio. \*: P < 0.05; \*\*: P < 0.01.



著正相关,7对呈极显著负相关;15对呈显著相关,其中10对呈显著正相关,5对呈显著负相关。

叶片长、叶片宽和叶面积与果实纵径、果实横径、单果质量均呈极显著正相关;花直径与果实纵径、果实横径、单果质量、叶片长、叶片宽、叶面积呈显著或极显著正相关,与果实可溶性固形物含量呈显著负相关;吊果比与果实纵径、果实横径、果形指数、单果质量、叶片长、叶面积、每花序花朵数呈显著或极显著正相关。果实可溶性糖含量与果形指数、果实  $V_c$  含量、

果实可溶性固形物含量呈显著或极显著正相关,与每吊花序数呈显著负相关;果实可滴定酸含量与每花序花朵数、吊果比分别呈显著和极显著正相关;果实  $V_c$  含量与果实纵径呈显著负相关,与每花序花朵数呈显著正相关。说明果实内在品质受花和叶片的影响明显弱于果实外在品质,果实内在品质间的相关性较弱,果实外在品质与其内在品质的相关性也较弱。

### 2.3 基于枣表型性状的聚类分析

聚类分析结果(图1)显示:118个枣品种被划分



图1 基于表型性状118个枣品种的聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis on 118 *Ziziphus jujuba* Mill. cultivars based on phenotypic traits

为5类。I类包括106个品种,可进一步被划分为5个亚类。I<sub>1</sub>亚类包括5个品种,分别为‘宁夏同心圆枣’(‘Ningxia Tongxinyuanzao’)、‘姜闯3号’(‘Jiangchuang 3’)、‘直社疙瘩’、‘临猗笨枣’(‘Linyi Benzao’)和‘磨盘枣’(‘Mopanzao’); I<sub>2</sub>亚类包括92个品种,可进一步被划分为4个类群; I<sub>3</sub>亚类包括‘芒果枣’(‘Mangguozao’)和‘京39’2个品种; I<sub>4</sub>亚类仅包括‘糠头枣’(‘Kangtouzao’)1个品种; I<sub>5</sub>亚类包括6个品种,分别为‘凤台小铃’(‘Fengtai Xiaoling’)、‘喀什小圆枣’、‘库尔勒小枣’、‘蜂蜜罐’、‘伏脆蜜’和‘冬枣’。

II类包括6个品种,分别为‘赞新大枣’、‘晋赞大枣’、‘赞皇大枣’、‘苹果枣’(‘Pingguozao’)、‘京沧1号’(‘Jingcang 1’)和‘彬县水枣’。III类包括3个品种,分别为‘乐陵无核’、‘无核红’和‘延川跌牙枣’(‘Yanchuan Dieyazao’)。IV类包括‘新郑大马牙’和‘羊奶枣’2个品种。V类仅‘山东大柿饼’1个品种。

### 3 讨论和结论

118个枣品种叶片差异较大,但叶片发育正常,花序生长状况良好,能顺利的完成开花结实,在保留其多样性的同时能较好的适应引种地的引种条件。118个枣品种除“果核有无”外的18个描述型性状的Simpson指数和Shannon-Wiener指数的平均值分别为0.61和1.50,与仇倩倩等<sup>[22]</sup>在177个枣品种描述型性状生物多样性研究中得出的结果具有相似性,表明该118个品种果实与果核的描述型性状具有较高的多样性。

变异系数是衡量各表型性状离散程度的统计量,能反映表型性状在品种间的变异程度<sup>[23]</sup>,变异系数大于10%则表明样本间差异较大<sup>[24]</sup>。本研究中,118个枣品种的17个数量性状的变异系数为7.56%~63.12%,变异系数最大的是吊果比,变异系数最小的是叶片叶绿素相对含量。将这17个数量性状划分为4类,果实外在品质的平均变异系数最大(27.96%),花表型性状的平均变异系数次之(22.66%),叶片表型性状的平均变异系数再次之(20.42%),果实内在品质的平均变异系数最小(19.92%),而天山樱桃(*Prunus tianshanica* Pojark.)<sup>[25]</sup>、新疆杏(*Prunus armeniaca* Linn.)<sup>[26]</sup>和柿(*Diospyros kaki* Thunb.)<sup>[27]</sup>

的表型多样性研究结果显示叶片的变异系数大于花的变异系数。花作为生殖器官受外在环境的影响较小<sup>[28]</sup>,但枣花着生在枣吊上,枣吊长度不同则着生的花序数量也不同。同时,枣是以多朵枣花构成的聚伞型花序,这一点与以上果树也有较大区别。吊果比的变异系数过大与不同品种的每吊花序数、每花序花朵数及坐果能力存在极大差异有关。该118个品种引自全国不同地区,因长期的地理隔离导致遗传物质的交流较少,加之不同的自然选择和基因突变导致其自身坐果能力不同,加上引种后生境的改变,在引种地出现了不同程度的分化<sup>[29]</sup>。

相关性分析结果显示:枣叶片大小和花大小与果实大小和单果质量总体呈显著或极显著正相关,说明较大的花直径更有利于大果的形成,较大的叶面积可为果实发育提供充足的养分供应,但叶片大小和花大小与果实内在品质的相关性较小,说明果实风味物质的积累受其他影响因子的调控。果实内在品质与外在品质中仅果实V<sub>c</sub>含量与果实纵径呈显著负相关以及果实可溶性糖含量与果形指数呈显著正相关,说明果实内在品质受果实外在品质影响也较小,无法将枣果实外在品质作为判断果实内在品质的依据。

基于19个描述型性状和17个数量性状,118个枣品种划分为5类,I类可被划分为5个亚类,其中I<sub>5</sub>亚类中‘蜂蜜罐’、‘伏脆蜜’和‘冬枣’聚为一支,表现出较近的遗传距离,这3个品种均为市场上较为畅销的鲜食品种,在后续的鲜食枣杂交育种中具有较大潜力。III类中‘乐陵无核’和‘无核红’均为残核品种,其较近的亲缘关系或可为枣的无核化开辟蹊径。V类仅‘山东大柿饼’1个品种,与其他品种表现出较远的亲缘关系,其叶片长、叶片宽、叶面积、吊果比较大,营养生长旺盛,可以作为良好的生态林木品种继续选育。由于供试品种数量较多,聚类指标复杂导致个别品种未按照种质用途和选育关系聚为一类,推测原因可能与新疆野苹果<sup>[30]</sup>和酸枣<sup>[31]</sup>的研究结果相似:1)不同品种其原始种源地距离远近不同,基因交流程度不一,高频率基因交流可能导致其在聚类分析中无法完全分开;2)目前品种流动现象比较突出,部分品种或许并非采自种源地,品种在漂流过程中对当地环境产生了适应性或突变;3)不同种质集中栽培统一管理,降低了原始差异;4)性状测量过程中或许产生了人为误差。

由于本文仅研究了2021年118个枣品种的表型

性状,不同年份的气候条件不同,对于表型性状的影响也有差异,且本研究仅限于喀什地区叶城县,后续的研究应在不同年份针对新疆不同的枣主栽区域进行引种观察。

#### 参考文献:

- [1] 白瑞霞. AFLP 技术在枣种质资源鉴别和分类研究中的应用 [D]. 保定: 河北农业大学, 2005: 1-2.
- [2] 文亚峰, 何 钢. 适合我国南方地区栽培的枣优良品种亲缘关系研究 [J]. 果树学报, 2007, 24(5): 640-643.
- [3] 李登科, 王永康, 薛晓芳, 等. 我国枣种质资源研究利用进展 [J]. 果树资源学报, 2021, 2(1): 1-6.
- [4] 郭 玲, 周慧杰, 罗华平. 新疆红枣引种成效与其潜在性危机及防控措施 [J]. 北方园艺, 2013(11): 194-196.
- [5] 卢立娜, 高崇华, 贺晓辉, 等. 鄂尔多斯地区红枣引种及开发利用现状 [J]. 防护林科技, 2016(4): 99-101.
- [6] XIN Y H, WU Y X, QIAO B, et al. Evaluation on the phenotypic diversity of Calamansi (*Citrus microcarpa*) germplasm in Hainan Island [J]. Scientific Reports, 2022, 12: 371.
- [7] ASNA A C, MENON J S, SMITHA M S, et al. Phenotypic diversity and clustering of germplasm accessions of cashew for utilization and conservation [J]. Electronic Journal of Plant Breeding, 2021, 12(4): 1218-1226.
- [8] 杨生超, 徐绍忠, 文国松, 等. 灯盏花种质资源群体表型多样性研究 [J]. 西北植物学报, 2008, 28(8): 1573-1579.
- [9] 李因刚, 柳新红, 马俊伟, 等. 浙江楠种群表型变异 [J]. 植物生态学报, 2014, 38(12): 1315-1324.
- [10] 郭 松, 李在留, 薛建辉, 等. 不同种源掌叶木果实和种子表型性状多样性分析及综合评价 [J]. 植物资源与环境学报, 2018, 27(4): 11-20.
- [11] 闫 鹏, 韩立群, 梅 闯, 等. 新疆野苹果 (*Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem.) 植物学性状遗传多样性及相关性分析 [J]. 植物遗传资源学报, 2016, 17(4): 683-689.
- [12] 经建永, 颀刚刚, 欧阳丽婷, 等. 新疆野生欧洲李表型性状多样性分析 [J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(2): 28-37.
- [13] 董胜君, 常鸿韬, 颜 君, 等. 新疆野杏果实表型性状多样性研究 [J]. 沈阳农业大学学报, 2020, 51(5): 513-521.
- [14] 王永康, 吴国良, 赵爱玲, 等. 枣种质资源的表型遗传多样性 [J]. 林业科学, 2014, 50(10): 33-41.
- [15] 谢 欢, 王中堂, 李明玥, 等. 枣杂交后代果实性状遗传分析 [J]. 经济林研究, 2022, 40(2): 125-134.
- [16] 刘金霞, 刘 盼, 米娜瓦尔·亚森, 等. 南疆地区枣二倍体及其同源四倍体表型性状比较 [J]. 西北农业学报, 2022, 31(5): 595-602.
- [17] 陈 武, 孔德仓, 崔艳红, 等. 枣核心种质表型性状多样性及裂果相关性 [J]. 北京林业大学学报, 2017, 39(6): 78-84.
- [18] 陆琦文, 张颖霞, 王慧明, 等. 枣实生后代叶表型性状多样性分析 [J]. 塔里木大学学报, 2020, 32(1): 45-50.
- [19] 李登科, 刘孟军, 卢桂宾. 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.
- [20] 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: 28-30.
- [21] 李 慧. 重庆主城区不同植物群落组成功能多样性研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2017: 20-21.
- [22] 仇倩倩, 冯一峰, 吴翠云. 枣种质资源叶表型性状遗传多样性分析 [J]. 新疆农业科学, 2021, 58(2): 282-293.
- [23] 童跃伟, 唐 杨, 陈 红, 等. 红松种子园种群表型多样性研究 [J]. 生态学报, 2019, 39(17): 6341-6348.
- [24] 苏 上, 李振坚, 倪建伟, 等. 山桐子果穗和果实性状多样性分析 [J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(2): 35-44.
- [25] 李春侨, 周 龙, 陆 彪, 等. 天山樱桃种质资源表型多样性研究 [J]. 西北农业学报, 2018, 27(1): 91-97.
- [26] 刘 娟, 廖 康, 曼苏尔·那斯尔, 等. 新疆杏种质资源表型多样性研究 [J]. 果树学报, 2014, 31(6): 1047-1056.
- [27] 梁玉琴, 韩卫娟, 张嘉嘉, 等. 河南省柿种质资源表型多样性研究 [J]. 中国农业大学学报, 2015, 20(1): 74-85.
- [28] 王 宁, 牛立新, 张延龙, 等. 元宝枫天然居群表型多样性研究 [J]. 北方园艺, 2019(8): 90-96.
- [29] 刘远瞻, 徐 晓, 刘 浩, 等. 中国滨海盐沼互花米草和芦苇叶片功能性状的纬度梯度变异 [J]. 复旦学报(自然科学版), 2020, 59(4): 381-389.
- [30] 左力辉, 张文林, 邱 彤, 等. 新疆野苹果叶形性状变异及其与 SSR 标记关联分析 [J]. 园艺学报, 2015, 42(4): 759-768.
- [31] 张春梅, 殷 晓, 李新岗, 等. 黄河沿岸酸枣遗传多样性研究 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(12): 107-112, 119.

(责任编辑: 张明霞)