

5 个毛叶枣种质在福建漳州的引种表现及评价

陈心怡¹, 符喜喜¹, 张冬敏², 黄婉莉², 张朝坤², 郑诚乐¹

1 福建农林大学园艺学院, 福州, 350002; 2 漳州市农业科学研究所, 福建漳州, 363005

摘 要 为筛选出适宜福建地区推广种植的优良毛叶枣种质, 以漳州市农业科学研究所引种的“台农 13 号”“台农 11 号”“桃蜜”“青龙”“柿子枣”5 个毛叶枣种质为试材, 对其物候期、植物学特征和果实品质等指标进行观测, 并利用主成分分析法进行综合评价。结果表明, 引种的 5 个毛叶枣种质在物候期、生长结果习性、果实品质等方面存在差异。通过主成分分析, 提取 4 个主成分, 其累计方差贡献率达到 85.699%, 综合排名从高到低依次为“青龙”“台农 13 号”“台农 11 号”“桃蜜”“柿子枣”。“青龙”综合得分最高, 果实综合品质较好, 适宜在福建省漳州市推广种植。

关键词 毛叶枣; 滇刺枣; 种质; 漳州; 引种; 主成分分析

毛叶枣 *Ziziphus mauritiana* Lamk. 为鼠李科 (Rhamnaceae) 枣属植物, 源于印度、缅甸及我国云南等地, 故又名印度枣、缅甸枣、滇刺枣等。毛叶枣可分为野生型和栽培品种, 野生毛叶枣的果实较小, 口感酸涩, 难以满足市场需求。20 世纪 40 年代, 印度和泰国毛叶枣被引入我国台湾后, 经育种专家多代改良选育, 逐渐发展成为当地重要的经济栽培果树, 通称“台湾青枣”, 之后迅速在我国广东、云南、广西、海南等省(区)推广种植^[1]。毛叶枣具有速生、丰产、适应性强等特性, 果实成熟期恰逢冬春水果淡季, 具有较好的经济效益。毛叶枣果实富含多种营养物质, 可食率达 95% 以上, 口感清甜, 具有特殊风味, 有“热带小苹果”和“维生素丸”的美誉^[2]。毛叶枣的根、茎、叶、果实和种子均可作为药物, 是一种优质的药食两用水果^[3]。毛叶枣除了鲜食和药用外, 还可加工利用, 制成果脯、果酱和果酒等多种产品^[4-6], 经济价值较高。

福建省毛叶枣种植产区主要集中在漳州市, 根据漳州市统计局数据, 截至 2022 年底, 漳州市毛叶枣种植面积已达到 3 653.2 hm², 占全市水果种植面积的 2.85%, 2022 年产量达到 151 248 t, 占全市水果总产量的 3.65%^[7]。然而, 福建省毛叶枣产业发展基于台湾引进的品种, 品种和栽培技术相对滞后。另外, 多数品种农户自发引进, 品种良莠不齐, 易造成经济损失^[8]。因此, 引进和筛选适宜福建地区毛叶枣主栽品种, 满足消费者对毛叶枣品种多样化的需求, 促进福建省毛叶枣产业健康发展具有重要意义。本文观测分析引种的 5 个毛叶枣种质的农艺性状、植物特征、果实品质等, 以期筛选出适合福建地区推广种植的毛叶枣优良种质。

1 材料与方法

1.1 试验地概况及材料

在漳州市农业科学研究所毛叶枣种质资源圃开展试验, 试验圃面积 1.0 hm², 北纬 24°32′47″, 东经 117°41′49″, 属亚热带季风性湿润气候, 年均温 20~28℃, 年降雨量约 1 500 mm, 无霜期超过 330 d; 土壤砂壤土, pH 值 6.93, 肥沃且排灌便利, 有机质含量 2.06%, 碱解氮 90.70 mg/kg, 速效磷 50.99 mg/kg, 全钾 14 366.11 mg/kg, 交换性钙 186.27 mg/kg, 交换性镁 53.88 mg/kg, 有效钠含量 80.95 mg/kg。漳州市农业科学研究所毛叶枣种质资源圃收集和保存的 5 个毛叶枣种质供试, 即“台农 13 号”“台农 11 号”“桃蜜”“青龙”“柿子枣”。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 5 个毛叶枣种质均于 2022 年引进, 同年春季嫁接保存于漳州市农业科学研究所毛叶枣种质资源圃中, 嫁接苗于 2022 年 3 月挖穴定植, 每个种质定植 6 株, 株行距 5 m×5 m。试验采用随机区组排列, 试验地统一肥水管理, 试验于 2023 年 3 月开始, 连续观察 2 年。

1.2.2 测定方法 参考毛叶枣 DUS 测试指南^[9] 观察相关性状及指标, 包括物候期、生长习性、植物学特征、

收稿日期: 2024-07-15; 修回日期: 2024-08-16

基金项目: 农业引导性项目(2023N0053)资助。

第一作者: 陈心怡(2000—), 女, 硕士研究生, 主要从事毛叶枣栽培研究。E-mail: 1255899394@qq.com

通信作者: 郑诚乐(1963—), 男, 博士, 教授, 主要从事果树栽培等方面研究。E-mail: 471811732@qq.com

果实品质等。在毛叶枣果实盛花期,随机采集当年结果枝中部位置叶片,每个种质采摘叶片20片,调查叶片颜色、形状,叶基、叶尖、叶缘形状等质量性状,利用直尺测量叶片长度和宽度。在果实成熟期,随机在果树东南西北4个方向各摘取生长发育正常果实5个,共观测果实20个。观察并记录果实对称性、果实形状、果面颜色、果顶形状等外观性状,果实单果质量及果实横纵径分别用电子天平和游标卡尺测量,并计算果形指数(果实纵径/横径)和可食率。可食率(%)=(单果质量-果核质量)/单果质量 $\times$ 100。果实可溶性固形物含量采用手持折光仪,可溶性糖含量采用3,5-二硝基水杨酸比色法,可滴定酸含量采用酸碱滴定法,果糖和维生素C含量采用高效液相色谱法测定。在果实成熟期,利用分层随机抽样法将树冠分为上中下3层,每层随机标记结果枝5个统计结果数。株产(kg)=标记枝结果数/标记枝数 $\times$ 全株结果枝数 $\times$ 平均单果质量。

1.2.3 数据分析 利用软件Excel 2010和SPSS 26.0统计和处理数据,进行单因素ANOVA检验、沃勒—邓肯(Waller-Duncan)比较、主成分分析。所有数值均以平均值 $\pm$ 标准差表示。

2 结果与分析

2.1 物候期及适应性

由表1可知,5个毛叶枣种质的物候期存在差异。所有种质均在下午开花,最早于8月下旬初现花蕾,至9月下旬进入盛花期,此阶段花朵大量开放,着果数量多,表现为花果同期。果实成熟期集中在1月下旬至3月中旬,成熟所需时间约120~180 d,其中“台农13号”和“柿子枣”的成熟期明显早于其他种质。所有种质均于2月中旬开始抽生新梢。

经过2年的试栽观察,5个毛叶枣种质在福建省漳州地区均表现出良好的适应性和较强的抗逆性。在生长习性方面,多数种质树冠呈开张形生长,仅“桃蜜”表现为半开张形。在抗逆性表现上,试栽期间供试种质日灼发生程度均较轻,表明其对当地光照和温度条件具有较好的耐受能力。常见病害为白粉病,害虫主要有红蜘蛛和果实蝇等。相较于其他种质,“青龙”树势较弱,“台农11号”因果皮较薄,抗裂果性相对较差。

表1 5个毛叶枣种质物候期及生长特性比较

种质	生长习性	现蕾期	盛花期	开花习性	着果期	成熟期	发育时间/d	抽梢期
台农13号	开张	8月下旬	9月下旬	下午	9月下旬	1月下旬	123	2月中旬
台农11号	开张	9月上旬	9月下旬	下午	9月下旬	3月中旬	178	2月中旬
桃蜜	半开张	8月下旬	9月下旬	下午	9月下旬	3月中旬	174	2月中旬
青龙	开张	9月上旬	9月下旬	下午	9月下旬	2月中旬	147	2月中旬
柿子枣	开张	8月下旬	9月下旬	下午	9月下旬	1月下旬	124	2月中旬

2.2 叶片性状

由表2和图1可知,供试种质叶片形状差异显著,叶形多为椭圆形和圆形,仅“桃蜜”叶形为卵圆形。叶面颜色以绿色居多,其中“台农13号”和“柿子枣”分别为深绿色和浅绿色。“青龙”叶基部为圆形,其他种质叶基部均偏斜。除“台农13号”和“青龙”叶尖圆形外,其他种质叶尖钝尖。5个毛叶枣种质叶片背面均为浅黄色,密被短茸毛,叶缘粗锯齿,叶面平展无皱褶。

不同毛叶枣种质的叶片大小差异显著。“台农13号”叶片最长,平均叶长10.46 cm,与“桃蜜”和“台农11号”叶长差异不显著;其他种质叶长均显著短于“台农11号”,“柿子枣”叶长最短,平均叶长仅8.91 cm。“台农13号”叶宽最宽,平均叶宽9.63 cm,与“青龙”叶宽不存在显著性差异;其他种质叶宽显著小于前两者,“台农11号”与“桃蜜”叶宽差异不显著,与“柿子枣”差异显著,“柿子枣”叶宽最小,平均叶宽6.96 cm。

表2 福建省漳州市引种的5个毛叶枣种质叶片性状比较

种质	叶长/cm	叶宽/cm	叶面颜色	叶背颜色	叶片形状	叶基形状	叶尖形状	叶缘形状	叶背被毛	叶皱褶
台农13号	10.46 $\pm$ 0.88a	9.63 $\pm$ 0.86a	深绿	浅黄	圆	偏斜	圆	粗齿	有	无
台农11号	10.19 $\pm$ 0.25a	7.94 $\pm$ 0.58b	绿	浅黄	椭圆	偏斜	钝尖	粗齿	有	无
桃蜜	10.33 $\pm$ 0.63a	7.94 $\pm$ 0.61b	绿	浅黄	卵圆	偏斜	钝尖	粗齿	有	无
青龙	9.51 $\pm$ 0.54b	9.44 $\pm$ 0.80a	绿	浅黄	圆	圆	圆	粗齿	有	无
柿子枣	8.91 $\pm$ 0.44c	6.96 $\pm$ 0.61c	浅绿	浅黄	椭圆	偏斜	钝尖	粗齿	有	无

注:同列不同小写字母表示差异显著($p<0.05$),表4和表5同。



图 1 福建省漳州市引种的 5 个毛叶枣种质叶片比较

2.3 果实性状

由表 3 和图 2 可知,5 个毛叶枣种质果实形状多样,有圆形、纺锤形、椭圆形、扁圆形 4 种,其中“台农 13 号”与“台农 11 号”果实圆形,“桃蜜”果实纺锤形,“青龙”果实椭圆形,“柿子枣”果实扁圆形。除“台农 11 号”和“桃蜜”外,其他种质果实对称。果面颜色存在一定差异,其中“台农 13 号”果面黄色,“青龙”果面绿色,其他种质果面均为黄绿色。“桃蜜”果顶为凸形,“青龙”果顶为圆形,其他种质果顶均为凹形。果肉颜色多为白色,仅“青龙”果肉乳白色。“台农 13 号”和“台农 11 号”果蒂周围有褶皱,其余种质无皱褶。多数种质具有果肉腔,仅“台农 13 号”没有。5 个毛叶枣种质果面光滑无果点,果实不开裂。

表 3 福建省漳州市引种的 5 个毛叶枣种质果实外观比较

种质	果实对称性	果实形状	果面质地	果面果点	果面颜色	果顶形状	果实梗洼皱褶	裂果性	果肉腔	果肉颜色
台农 13 号	对称	圆	光滑	无	黄	凹	中	无	无	白
台农 11 号	不对称	圆	光滑	无	黄绿	凹	多	无	近果梗端	白
桃蜜	不对称	纺锤	光滑	无	黄绿	凸	无	无	两端	白
青龙	对称	椭圆	光滑	无	绿	圆	无	无	两端	乳白
柿子枣	对称	扁圆	光滑	无	黄绿	凹	无	无	近果梗端	白

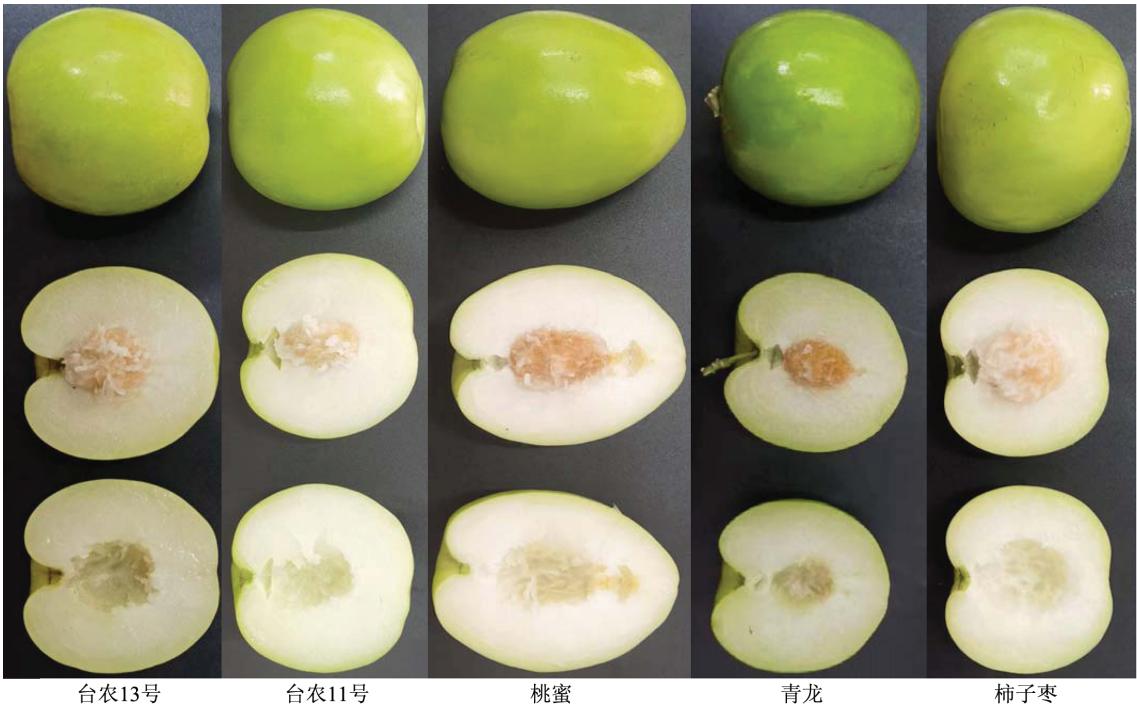


图 2 福建省漳州市引种的 5 个毛叶枣种质果实比较

由表4可知,不同毛叶枣种质的单果质量、果实纵横径、果形指数和株产存在显著性差异。“青龙”单果质量最大,平均单果质量127.08 g,其他种质单果质量均显著小于“青龙”;其中“柿子枣”单果质量最小,平均单果质量66.81 g,其余3个种质之间单果质量不存在显著性差异。较“青龙”果实纵径大的仅“桃蜜”,两者之间不存在显著性差异,其余种质果实纵径显著小于“青龙”,“台农13号”和“台农11号”果实纵径差异不显著,与“柿子枣”差异显著;“柿子枣”果实纵径最小,为4.44 cm。“青龙”果实横径最大,平均果实横径5.82 cm,与“台农13号”和“台农11号”差异不显著;“桃蜜”和“柿子枣”的果实横径均显著小于“台农11号”,“柿子枣”果实横径最小,平均果实横径5.01 cm。5个毛叶枣种质的果形指数多数大于1.00。“青龙”株产最高,其次是“台农11号”,株产超过80 kg,两者不存在显著性差异;“柿子枣”株产最低,平均株产较“青龙”低28.83 kg,两者差异显著。

表4 福建省漳州市引种的5个毛叶枣种质果实外观性状及产量比较

种质	单果质量/g	纵径/cm	横径/cm	果形指数	株产/kg
台农13号	95.48±15.45b	5.51±0.28b	5.40±0.30ab	1.02±0.04bc	76.38±12.36ab
台农11号	100.87±18.30b	5.45±0.30b	5.66±0.36a	0.96±0.02cd	80.69±14.64a
桃蜜	91.42±7.94b	6.41±0.54a	5.12±0.15b	1.25±0.10a	73.13±6.36ab
青龙	127.08±27.67a	6.24±0.47a	5.82±0.64a	1.08±0.09b	88.96±19.37a
柿子枣	66.81±8.46c	4.44±0.18c	5.01±0.25b	0.89±0.03d	60.13±7.62b

由表5可知,5个毛叶枣种质可食率均达到95%以上,其中“台农13号”和“柿子枣”可食率显著低于其他种质,两者之间不存在显著性差异。5个毛叶枣种质果实风味均为甜。不同种类的糖对果实甜味的贡献度不同,贡献度从高到低依次为果糖>蔗糖>葡萄糖^[10],说明较高的果糖含量可增加果实甜味。从果糖含量来看,“台农13号”的果糖含量最高,是“青龙”的两倍,两者之间差异显著,其他种质果糖含量均低于“青龙”;其中“桃蜜”的果糖含量最低,仅4.30%。可溶性糖与果实甜度有较高的相关性,是反映果实甜度的适宜指标^[11]。从可溶性糖含量来看,“台农11号”的可溶性糖含量最高,其次是“柿子枣”,再次是“青龙”,可溶性糖含量分别为11.86%、10.92%和9.88%,其中“台农11号”和“青龙”差异显著;“台农13号”“桃蜜”的可溶性糖含量均低于“青龙”,其中“台农13号”的可溶性糖含量最低,为8.78%。

酸不仅是果实的重要营养成分,也是构成果实风味的重要物质,通常用可滴定酸表示果实含酸量^[12-14]。从可滴定酸含量来看,“台农13号”含量最高,为0.23%,其次是“台农11号”,为0.20%,两者之间差异显著;其余种质可滴定酸含量不存在显著性差异,其中“桃蜜”可滴定酸含量最低,为0.10%。可溶性固形物含量是衡量果实品质的重要指标。从可溶性固形物含量来看,5个毛叶枣种质果实可溶性固形物含量均较高,达到12.00%以上;其中,“青龙”可溶性固形物含量最高,为14.35%，“台农13号”最低,为12.03%。

维生素C是一种具有多功能的代谢物质,人体不能自身合成,须从食物中获取,因此维生素C含量已成为衡量果实品质和影响人们选购果品的重要指标^[15]。5个毛叶枣种质维生素C含量存在显著性差异,“台农13号”的维生素C含量最高,为15.20 mg/100 g,其次是“柿子枣”,为14.30 mg/100 g,两者维生素C含量是“青龙”的1.8倍以上,“台农11号”和“桃蜜”含量居中,“青龙”最低,仅7.67 mg/100 g。

表5 福建省漳州市引种的5个毛叶枣种质果实内在品质及可食率比较

种质	可溶性固形物/%	可溶性糖/%	果糖/%	维生素C/mg·(100 g) ⁻¹	可滴定酸/%	可食率/%
台农13号	12.03±1.10b	8.78±0.39c	10.60±0.65a	15.20±0.35a	0.23±0.04a	96.09±1.12bc
台农11号	12.48±1.53ab	11.86±1.38a	4.60±0.54bc	12.30±1.43b	0.20±0.03b	96.76±0.61ab
桃蜜	12.22±1.83ab	9.12±1.52c	4.30±0.72c	10.50±1.76c	0.10±0.01c	96.97±0.47ab
青龙	14.35±0.82a	9.88±0.34bc	5.10±0.14b	7.67±0.24d	0.13±0.00c	97.18±0.76a
柿子枣	12.92±1.88ab	10.92±0.42ab	4.50±0.17bc	14.30±0.55a	0.13±0.01bc	95.35±0.56c

2.4 综合品质主成分分析

采用主成分分析法对5个毛叶枣种质的综合性状进行分析,以特征值>1为标准,可以提取4个主成分,累计方差贡献率达到85.699%,说明这4个主成分能够综合反映5个毛叶枣果实的外观和内在品质的绝大部分信息,具有一定的代表性。

由表6可知,第1主成分反映了果实大小和产量,方差贡献率为38.714%,主要决定因素是单果质量、

果实纵径、果实横径、可食率、株产;第 2 主成分反映了果实酸甜度、营养价值和叶片大小,方差贡献率为 22.500%,主要决定因素是可滴定酸、果糖、维生素 C、叶宽和叶长;第 3 主成分反映了果实形状和甜度,方差贡献率为 15.794%,主要决定因素是果形指数和可溶性糖;第 4 主成分反映了果实风味,方差贡献率为 8.691%,主要决定因素是可溶性固形物。由表 6 可计算得出不同毛叶枣果实品质性状相关矩阵的特征向量,将特征向量与各指标的数值标准化后可以得出 4 个主成分得分的函数表达式分别为: $F_1=0.254X_1+0.138X_2+0.411X_3+0.324X_4+0.407X_5+0.237X_6-0.014X_7-0.159X_8+0.003X_9-0.301X_{10}-0.039X_{11}+0.390X_{12}+0.389X_{13}$, $F_2=0.352X_1+0.323X_2+0.034X_3+0.108X_4-0.082X_5-0.161X_6-0.180X_7-0.077X_8+0.512X_9+0.358X_{10}+0.537X_{11}-0.064X_{12}+0.066X_{13}$, $F_3=-0.072X_1-0.285X_2+0.237X_3+0.417X_4-0.212X_5-0.511X_6+0.184X_7+0.489X_8-0.113X_9+0.026X_{10}+0.128X_{11}+0.054X_{12}+0.270X_{13}$, $F_4=0.385X_1-0.083X_2+0.061X_3-0.088X_4-0.053X_5-0.003X_6+0.808X_7-0.113X_8+0.246X_9-0.193X_{10}-0.064X_{11}-0.230X_{12}-0.100X_{13}$,式中 X_1-X_{13} 分别为叶宽、叶长、单果质量、果实横径、果实纵径、果形指数、可溶性固形物含量、可溶性糖含量、果糖含量、维生素 C 含量、可滴定酸含量、可食率、株产, F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 分别表示第 1、2、3、4 主成分。以各主成分对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重,可得出毛叶枣果实品质综合评价模型表达式为: $F=0.387F_1+0.255F_2+0.158F_3+0.087F_4$ 。

表 6 福建省漳州市引种的 5 个毛叶枣种质综合性状的主成分方差贡献率及载荷矩阵

指标	向量载荷系数				特征向量			
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4
叶宽	0.570	0.602	-0.103	0.409	0.254	0.352	-0.072	0.385
叶长	0.309	0.553	-0.408	-0.088	0.138	0.323	-0.285	-0.083
单果质量	0.923	0.059	0.340	0.065	0.411	0.034	0.237	0.061
果实横径	0.726	0.185	0.597	-0.094	0.324	0.108	0.417	-0.088
果实纵径	0.913	-0.141	-0.304	-0.056	0.407	-0.082	-0.212	-0.053
果形指数	0.532	-0.276	-0.732	-0.003	0.237	-0.161	-0.511	-0.003
可溶性固形物	-0.032	-0.307	0.264	0.859	-0.014	-0.180	0.184	0.808
可溶性糖	-0.357	-0.131	0.700	-0.120	-0.159	-0.077	0.489	-0.113
果糖	0.007	0.875	-0.162	0.261	0.003	0.512	-0.113	0.246
维生素 C	-0.675	0.613	0.037	-0.205	-0.301	0.358	0.026	-0.193
可滴定酸	-0.087	0.919	0.184	-0.068	-0.039	0.537	0.128	-0.064
可食率	0.875	-0.110	0.077	-0.245	0.390	-0.064	0.054	-0.230
株产	0.872	0.113	0.387	-0.106	0.389	0.066	0.270	-0.100
特征值	5.033	2.925	2.053	1.130	5.033	2.925	2.053	1.130
方差贡献率/%	38.714	22.500	15.794	8.691	38.714	22.500	15.794	8.691
累计方差贡献率/%	38.714	61.214	77.009	85.699	38.714	61.214	77.009	85.699

5 个毛叶枣种质综合性状指标的各主成分得分和综合得分见表 7,“青龙”的综合得分最高,“柿子枣”综合得分最低。在各主成分因子得分中,第一主成分因子“青龙”和“桃蜜”表现突出;第二主成分“台农 13 号”表现突出;第三主成分“台农 11 号”“青龙”“柿子枣”表现突出;第四主成分“青龙”表现突出。

3 讨论与结论

经调查,引进的 5 个毛叶枣种质在福建漳州均能正常开花结果,不同种质物候期存在差异。其中,不同种质花期差异较小,主要集中于 8 月下旬至 9 月下旬;而果实成熟期差异较为显著,集中在 1 月下旬至 3 月中旬,果实发育期为 120~180 d。按果实生

表 7 5 个毛叶枣种质综合性状的主成分得分及综合得分

种质	主成分因子得分				F	排序
	F1	F2	F3	F4		
台农 13 号	-0.080	2.963	-0.768	0.339	0.544	2
台农 11 号	-0.016	0.327	1.316	-0.792	0.207	3
桃蜜	0.924	-1.333	-1.941	-0.516	-0.294	4
青龙	2.439	-0.926	0.711	1.139	0.947	1
柿子枣	-3.268	-1.031	0.681	-0.170	-1.404	5

育期分为 3 类:“台农 13 号”和“柿子枣”为早熟种质,果实发育时间 ≤ 130 d;“青龙”为中熟种质,果实发育时间 130~150 d;“台农 11 号”和“桃蜜”为晚熟种质,果实发育时间 ≥ 150 d。从叶片特征来看,5 个毛叶枣种质

叶长 8.50~10.50 cm,叶宽 6.50~10.00 cm。

水果品质包括果实外观品质和内在品质,直接影响市场竞争力和经济效益^[16]。水果优良品种引进不仅要适应当地生长环境,还需要评估引种地的果实品质^[17]。依据毛叶枣的 DUS 测试标准^[9],5 个毛叶枣种质主要单果质量 90~120 g,为大果形,其中“青龙”大于 120 g,为极大果形,“柿子枣”小于 90 g,为中果形。5 个毛叶枣种质果实横径集中在 5.00~6.00 cm,果实纵径集中在 4.00~6.50 cm,除“台农 11 号”和“柿子枣”外,其他种质果形指数均大于 1.00。固酸比是评价水果风味的常用指标^[18-20]。5 个毛叶枣种质的固酸比 52.30~122.20,其中“桃蜜”固酸比最高,“台农 13 号”最低。5 个种质果实平均维生素 C 含量 11.99 mg/100 g,其中“台农 13 号”最高,“青龙”最低。

综上所述,相较于“桃蜜”性状表现优良的种质有“青龙”和“台农 13 号”,性状表现一般的种质为“台农 11 号”,性状表现较差的种质为“柿子枣”。“青龙”叶面积较大,大果,单果质量显著大于“桃蜜”,果实可溶性固形物、可溶性糖和果糖含量显著高于“桃蜜”,维生素 C 含量较低,可滴定酸含量适中,风味甜,果实生育期适中,具有一定的市场需求,有较高的发展潜力。“台农 13 号”叶面积较大,果实大小适中,果实果糖、维生素 C 和可滴定酸含量显著高于“桃蜜”,但可溶性固形物和可溶性糖含量较低,果实生育期较短,可错开集中产期,避免供需失衡。“台农 11 号”叶面积较小,果实较小,单果质量仅次于“青龙”,果实可溶性固形物和果糖含量中等,可溶性糖、维生素 C 和可滴定酸含量显著高于“桃蜜”,果实生育期较长,对市场需求能起到一定的补充作用。“柿子枣”叶面积和果实最小,单果质量最小,果实生育期较短,果实可溶性固形物、可溶性糖含量显著高于“桃蜜”,维生素 C 含量较高,果糖含量和可滴定酸含量适中。

主成分分析法是通过降维将多个指标转化为数量较少的综合指标进行分析的方法,可以综合分析参试农艺性状在各品种中的位置和权重,直观评估品种适应性,筛选出综合评价高的优质品种^[21]。本研究发现,影响果实品质的主要指标有单果质量、果实横纵径、可食率、株产、维生素 C 含量、可滴定酸含量、果糖含量、可溶性糖含量、可溶性固形物含量。本研究结果与申才蕊等^[22]、薛晓芳等^[23]、曹格等^[24]对枣果实品质评价指标筛选结果相似,说明单果质量、果实横纵径、产量,可溶性固形物、可滴定酸和可溶性糖含量等指标可作为衡量毛叶枣果实品质的主要指标。采用主成分分析将指标进行简化,得到 5 个毛叶枣种质的果实品质综合评分从高到低依次为“青龙”“台农 13 号”“台农 11 号”“桃蜜”“柿子枣”,综合评价结果与种质的实际表现基本一致。

综上所述,引种栽培的 5 个毛叶枣种质均能较好地适应试验地环境条件,种质性状表现良好,能够丰富福建地区毛叶枣栽培品种,具有一定的发展潜力。其中“青龙”的综合得分值最高,果实综合品质较好,适宜在福建漳州推广种植。

参 考 文 献

- [1] 徐小艳,吴锦铸.台湾青枣的营养成分分析与利用[J].食品科技,2009,34(10):32-34
- [2] 陈树发.台湾青枣高产优质栽培技术[J].东南园艺,2015,3(5):50-52
- [3] SISHU N K, DAS U, SELVARAJ C I. Indian jujube a potential fruit tree to improve the livelihood[J]. Saudi Journal of Biological Sciences, 2023, 30(9): 103769
- [4] 张亚宁,王孝荣,罗佳丽,等.台湾青枣果酒酿造工艺优化及其香气成分分析[J].食品与发酵工业,2013,39(11):134-141
- [5] 卢琨.毛叶枣的生产与研究概况[J].世界热带农业信息,2007(8):4-7
- [6] 连文伟.台湾青枣加工金丝蜜枣的研制[J].热带农业工程,2002(3):23-24
- [7] 马姝雯,许雪松.无添加糖青枣果脯的工艺研究[J].农产品加工(学刊),2012(11):115-118
- [8] 原璐,李桂峰,燕妮,等.青枣果酒酿造工艺优化及其香气成分分析[J].食品研究与开发,2020,41(17):102-108
- [9] 燕妮.青枣果醋发酵工艺优化及抗氧化降血脂功能的研究[D].太原:山西师范大学,2021
- [10] 林同池,喻武东.漳州统计年鉴 2023[M].北京:中国统计出版社,2023
- [11] 张朝坤,方捷生,吴振强,等.台湾果树良种在漳州生产现状及发展建议[J].东南园艺,2013,1(1):41-44
- [12] 梁天.毛叶枣 DUS 测试指南编制及遗传多样性研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2019
- [13] PANGBORN R M. Relative taste intensities of selected sugars and organic acids[J]. Journal of Food Science, 1963, 28(6): 726-733
- [14] 李文生,杨媛,石磊,等.水果中蔗糖、还原糖、可溶性糖与甜度相关性的研究[J].北方园艺,2012(1):58-60
- [15] 袁野,胡兰,刘平,等.‘蜂蜜罐’枣实生后代果实性状变异分析与评价[J].植物遗传资源学报,2018,19(3):539-545
- [16] 卢孟飞,陈瞳晖,莫双凤,等.拐枣主栽品种果实经济性状和营养成分分析及综合评价[J].经济林研究,2024,42(2):112-121
- [17] 吴硕,贾彦丽,智福军,等.31 份枣资源 19 个性状的多元统计分析[J].河北农业科学,2020,24(5):56-62
- [18] 赵洪涛,陆珍,李果果,等.沃柑混倍体新种质的鉴定及评价[J].果树学报,2024,41(7):1265-1274

(下转第 105 页)

- [36] 张世林,高润红,高明龙,等.气候变化背景下中国樟子松潜在分布预测[J].浙江农林大学学报,2023,40(3):560-568
- [37] 张瀚曰,胡斌,包维楷,等.攀枝花市芒果园产量及施肥管理问题诊断[J].中国土壤与肥料,2021(5):260-267
- [38] 薛浩博,刘米利,李林山,等.基于 MaxEnt 模型的甘草潜在适生区预测[J].陕西林业科技,2024,52(3):19-25
- [39] 黄君玥,朱报著,张卫华,等.基于 MaxEnt 和 ArcGIS 的美丽异木棉适生区与主导环境因子分析[J].林业与环境科学,2024,40(1):1-8

Prediction of suitable growth areas of *Durio zibethinus* Murr. in China based on MaxEnt model

HUANG Weikang¹, QIN Weihong², JIA Jingjing¹, JI Xuncong¹, LIN Zhufeng¹, FENG Xuejie³, FENG Qing¹

¹ Institute of Plant Protection, Hainan Academy of Agricultural Sciences / Research Center of Quality, Safety and Standards for Agricultural products, Hainan Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Plant Diseases and Pest Control of Hainan Province / Haikou Scientific Observation and Experiment Station of Crop Pests, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Haikou, Hainan, 571100, China; ² Research Institute of Tropical Agricultural Economics and Rural Development, Hainan academy of Agricultural Sciences, Haikou, Hainan, 571100, China; ³ Sanya Institute, Hainan Academy of Agricultural Sciences, Sanya, Hainan, 572000, China

Abstract *Durio zibethinus* Murr. is an economically important tropical fruit. In order to study the suitable distribution areas of durian in China and its main limiting environmental factors, so as to provide theoretical basis for the trial and expansion of durian, MaxEnt model was used to predict the potential suitable survival areas of durian in China, and optimize the model by removing auto-correlation of distribution points and screening climatic factors, evaluate the climatic factors affecting the distribution of durian by means of the knife-cut method and the response curve of environmental variables, hence, the suitable area was determined. The results showed that the main climatic factor affecting durian distribution in China was the seasonal variation coefficient of temperature, which contributed 47.67%, followed by the annual precipitation, which contributed 19.44%, with the least contribution of precipitation in the hottest season of only 3.68%. Durian was not suitable for planting in 99.54% of the areas of China. 0.40% of the areas in China were lowly suitable for durian growth, mainly distributed in the central area of Hainan Island, the coastal area of Fujian Province and the eastern coastal area of Taiwan Island, with a total area of 38,000 km². 0.06% of the areas in China was moderately suitable for durian growth, mainly distributed in Sanya, Lingshui, Ledong and Baoting counties of Hainan, with a total area of 5,000 km². Only 0.001% of the areas in China was highly suitable for durian growth, mainly distributed in some islands of Hainan, with a total area of only 100 km².

Key words *Durio zibethinus* Murr.; MaxEnt model; suitable areas; climate factors; Hainan

(责任编辑:肖田)

(上接第 99 页)

- [19] ZHANG C M,HAO Y J. Advances in genomic, transcriptomic, and metabolomic analyses of fruit quality in fruit crops[J]. Horticultural Plant Journal, 2020, 6(6): 361-371
- [20] 庞一波,潘仙鹏,刘守平,等.台州地区猕猴桃不同品种的果实品质表现[J].江苏农业科学,2019,47(17):169-172
- [21] 薛晓芳,赵爱玲,焦文丽,等.枣品种资源果实的糖酸含量特征分析[J].植物遗传资源学报,2024,25(1):60-71
- [22] 申才蕊,林敏娟,吴翠云,等.16 株枣实生优株生物学特性比较及其果实品质评价[J].经济林研究,2023,41(2):171-181
- [23] 薛晓芳,赵爱玲,王永康,等.不同枣品种果实品质分析及综合评价[J].中国果树,2016(3):11-15
- [24] 曹格,姚入玉,贺璇,等.‘伏脆蜜’枣实生后代果实性状变异分析[J].北方果树,2022(3):7-11

Introduction performance and evaluation of five *Zizyphus mauritiana* germplasms in Zhangzhou, Fujian

CHEN Xinyi¹, FU Xixi¹, ZHANG Dongmin², HUANG Wanli², ZHANG Chaokun², ZHENG Chengle¹

¹ College of Horticulture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian, 350002, China; ² Zhangzhou Institute of Agricultural Sciences, Zhangzhou, Fujian, 363005, China

Abstract In order to screen out the excellent germplasms of *Zizyphus mauritiana* suitable for planting in Fujian area, five Indian jujube varieties introduced by Zhangzhou Institute of Agricultural Sciences, including Tainong No. 13, Tainong No. 11, Taomi, Qinglong, Shizizao, were used as test materials to observe and measure their phenological period, botanical characteristics and fruit quality, and principal component analysis was used for comprehensive evaluation. The results showed that phenological period, growth and fruiting habits, and fruit quality of five *Z. mauritiana* germplasms were different. Four principal components were obtained through principal component analysis, whose cumulative variance contribution rate reached 85.699%. The composite score of five germplasms, in descending order, was Qinglong, Tainong No. 13, Tainong No. 11, Taomi, Shizizao. The Qinglong variety had the highest overall score and is therefore suitable for promotion as a cultivar in Zhangzhou, Fujian.

Key words *Zizyphus mauritiana*; Indian jujube; germplasm resources; Zhangzhou; introduction experiment; principal component analysis

(责任编辑:肖田)