

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.04.014

邓立宝, 何新华, 徐炯志 等. 广西柿种质资源果实性状多样性分析与模糊综合评价[J]. 广西植物, 2013, 33(4): 508-515

Deng LB, He XH, Xu JZ et al. Diversity analysis of fruit traits and fuzzy comprehensive evaluation of persimmon germplasm resources in Guangxi [J]. *Guihaia*, 2013, 33(4): 508-515

广西柿种质资源果实性状多样性分析与模糊综合评价

邓立宝^{1 3}, 何新华^{1*}, 徐炯志¹, 李冬波², 孙宁静¹, 覃振师⁴

(1. 广西大学 农学院, 南宁 530004; 2. 广西农业科学院, 南宁 530007; 3. 广西百色国家农业科技园区
管理委员会, 广西 百色 533612; 4. 广西亚热带作物研究所试验站, 广西 崇左 532415)

摘要: 为进一步揭示广西柿种质资源信息, 运用多样性分析和模糊综合评价法对不同生态气候区的柿种质资源果实性状进行研究和评价。结果表明: 不同柿种质的果实性状存在丰富的多样性。86 份柿种质的模糊综合评价指数 FCI 值在 1.849~3.947 之间, 平均 2.835。根据 FCI 取值范围将所调查的柿种质分成 5 个等级, FCI 值最高的第 5 级种质数量最少, 占所调查种质的 3.49%; FCI 值最低的第 1 级种质数量最多, 占所调查种质的 48.84%。月柿、牛心柿、大方柿、京柿、鸡心柿、小方柿和火柿等柿品种及一些实生单株的模糊综合评价指数较高, 它们的果实综合性状表现较优, 建议作为优良品种和单株加以开发和利用。部分单个性状比较优良的实生单株虽不适合于直接推广种植, 但可作为柿品种改良的资源加以利用。

关键词: 柿; 种质资源; 多样性; 模糊综合评价

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2013)04-0508-08

Diversity analysis of fruit traits and fuzzy comprehensive evaluation of persimmon germplasm resources in Guangxi

DENG Li-Bao^{1 3}, HE Xin-Hua^{1*}, XU Jiong-Zhi¹, LI Dong-Bo²,
SUN Ning-Jing¹, QIN Zhen-Shi⁴

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China; 2. Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, China; 3. Administration Committee of Guangxi Baise National Agricultural Science and Technology Zone, Baise 533612, China; 4. Experiment Station of Guangxi Subtropical Crop Research Institute, Chongzuo 532415, China)

Abstract: The diversity of fruit traits and fuzzy comprehensive evaluation of the persimmon germplasm resources which collected from different climatic regions were studied in order to further reveal the information of persimmon germplasm resources in Guangxi Zhuang Autonomous Region. The results indicated that there were ample diversities in the fruit traits of different genotypes about the persimmon germplasm resources. The fuzzy comprehensive evaluation index FCI of the 86 accessions of persimmon germplasms was 1.849 to 3.947 with an average of 2.835. The persimmon germplasms could be divided into five grades according to the FCI range. The number of germplasms in the fifth grade which had the highest FCI value was the fewest, accounting for 3.49% of the total collected germplasms. The number of germplasms in the first grade which had the lowest FCI value was the most, accounting for 48.84%. The FCI value of persimmon cultivars Yueshi, Niuxinshi, Dafangshi, Jingshi, Jixinshi, Xiaofangshi, Huoshi and some seedlings were high, their

收稿日期: 2012-11-17 修回日期: 2013-03-15

基金项目: 自治区直属公益性基本科研项目基金(Rzz200901)

作者简介: 邓立宝(1981-) 男(壮族) 广西南宁人, 博士, 研究方向为果树种质资源与种质创新 (E-mail) denglibao2000@126.com。

* 通讯作者: 何新华, 教授, 主要从事果树资源的保存、开发利用及新品种选育 (E-mail) honest66222@163.com。

comprehensive fruit traits were excellent and were highly recommended to be used in the development and utilization. Some seedlings with excellent individual trait were not suitable for growing and promotion directly, but they were very useful in the improvement of persimmon varieties.

Key words: persimmon (*Diospyros kaki*); germplasm resources; diversity; fuzzy comprehensive evaluation

中国是柿属(*Diospyros*)植物的分布中心和原产中心,拥有57种6变种1变型(吴征悦,1987)。除了黑龙江、吉林、内蒙古、宁夏、青海、新疆、西藏等地外,其它省区均有柿资源分布(罗正荣,1996;杨勇等,2005)。广西是中国最大的柿产区之一,自2001年以来柿种植面积和产量均居全国前列。由于广西柿种质资源调查和评价研究基础薄弱,开发利用和保护工作进展缓慢,很多具有明显地方特色的柿种质资源相继流失或消失,因此,开展广西柿种质资源调查与评价显得十分重要。模糊综合评价法是目前多指标综合评价实践中应用最广的方法之一,被应用于多种果树的果实品质和种质资源评价中(陈在新等,2000;赵玉环等,2002;陈秀萍,2010;李冬波等,2011)。本文在分析不同柿种质资源果实重要性状多样性的基础上进行模糊综合评价,试图揭示

广西现有柿种质资源信息,为柿种质资源选择利用和遗传育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2010年9月~2011年5月在广西大学农学院科研实验平台进行。供试材料为从广西桂林市、百色市、河池市、贵港市、钦州市、南宁市、贺州市和宜州市等不同地方收集到的86份柿种质资源,包括栽培品种、农家种和野生种质。经形态学和分子生物学鉴定,这些种质被分别归为柿、油柿和野柿三个种类。其中,月柿、鸡心柿、大方柿、小方柿、牛心柿、火柿和京柿为已报道的品种,其它种质是未知名的实生单株(表1)。

表1 不同柿种质果实性状测定及评分结果

Table 1 Rating and determination results of fruit traits of different persimmon genotypes

种或变种 Variety	种质 Germplasm	采集地 Locality	果实外观 Fruit appearance	果肉褐斑 Fruit rust speckle	核数 Seed No.		成熟期 Maturity (date)		单果重 Single fruit weight (g)		可溶性固形物含量 Content of soluble solid (%)	
					测定值	分值	测定值	分值	测定值	分值	测定值	分值
<i>Diospyros kaki</i>	鸡心柿	隆林县	86	100	0.0	100	10.01	80	36.87	67	18.52	82
	LL2	隆林县	86	100	0.0	100	10.01	80	35.28	67	18.20	81
	LL3	隆林县	86	100	1.0	96	10.01	80	44.20	69	18.60	83
	LY4	乐业县	92	100	2.0	91	10.05	77	83.24	77	17.52	79
	HZ	乐业县	86	100	2.0	91	10.20	67	77.14	76	18.01	80
	LY1	乐业县	92	100	0.0	100	10.10	74	59.30	73	18.50	82
	LY2	乐业县	92	100	0.0	100	10.10	74	31.35	66	18.10	81
	LY3	乐业县	90	100	0.0	100	10.15	71	130.62	86	16.83	76
	小方柿	乐业县	92	100	0.0	100	10.15	71	37.37	67	18.64	83
	大方柿	乐业县	90	100	0.0	100	10.20	67	222.96	95	18.52	82
	牛心柿	平乐县	92	100	0.0	100	10.01	80	107.09	82	18.60	83
	月柿	恭城县	93	100	0.0	100	10.05	77	115.75	84	19.52	85
	GN1	港南区	90	100	0.0	100	10.25	64	148.56	90	16.16	74
	GN2	港南区	92	100	0.0	100	10.05	77	70.31	75	17.49	78
	GN3	港南区	92	100	0.0	100	10.05	77	75.62	76	16.57	76
	GN4	港南区	90	75	4.8	77	11.05	63	79.43	76	16.81	76
	火柿	平乐县	90	100	0.0	100	10.15	71	94.46	79	17.08	77
	GB1	港北区	85	100	5.0	76	10.25	64	54.55	72	16.60	76
	GB2	港北区	90	100	1.0	96	10.20	67	176.98	93	12.32	61
GB3	港北区	90	100	0.0	100	10.05	77	50.80	71	16.83	76	
GB4	港北区	90	90	2.4	89	11.05	63	33.24	66	17.05	77	
GB5	港北区	90	100	2.0	91	11.01	60	72.71	75	17.42	78	
GB6	港北区	90	100	0.0	100	10.01	80	89.59	78	15.63	73	
京柿	良庆区	90	100	0.0	100	10.05	77	97.09	79	17.07	77	
LQ1	良庆区	90	100	3.2	85	10.15	71	43.00	68	19.50	85	
<i>D. oleifera</i>	YZ11	宜州县	92	78	5.0	76	11.05	63	32.98	66	21.50	92
	LY5	乐业县	82	70	3.2	85	11.05	63	52.61	71	14.51	68
	LY6	乐业县	75	100	1.0	96	10.25	64	38.08	67	14.52	68

续表1

种或变种 Variety	种质 Germplasm	采集地 Locality	果实外观 Fruit appearance	果肉褐斑 Fruit rust speckle	核数 Seed No.		成熟期 Maturity (date)		单果重 Single fruit weight (g)		可溶性固形物含量 Content of soluble solid (%)	
					测定值	分值	测定值	分值	测定值	分值	测定值	分值
	GC1	恭城县	78	78	7.6	62	10.20	67	62.13	73	14.8	69
	GC2	恭城县	78	75	6.0	71	11.01	60	44.63	69	12.30	61
	GC3	恭城县	68	75	2.0	91	11.10	66	53.29	71	13.21	64
	PL1	平乐县	68	100	8.0	60	10.25	64	45.69	69	13.62	65
	JCJ	金城江	75	78	7.0	65	10.20	67	62.01	73	14.20	67
	PL2	平乐县	78	100	6.0	71	10.20	67	63.77	73	17.08	77
	YZ5	宜州县	82	75	6.7	67	10.05	77	75.61	76	13.52	65
	YZ6	宜州县	82	82	6.0	71	10.25	64	48.50	70	14.60	69
	YZ7	宜州县	78	68	7.0	65	10.25	64	30.09	66	14.50	68
	QZ9	全州县	78	100	5.1	75	11.01	60	79.66	76	14.31	68
	QZ10	全州县	65	68	7.6	62	11.10	66	122.44	85	17.05	77
	QZ1	全州县	75	80	3.2	85	10.15	71	41.11	68	16.55	75
	QZ2	全州县	75	65	4.0	81	10.05	77	42.75	68	13.60	65
	QZ3	全州县	78	78	3.3	84	10.15	71	26.48	65	14.21	67
	QZ4	全州县	75	78	3.0	86	10.10	74	20.41	63	13.80	66
	QZ5	全州县	68	70	3.0	86	10.20	67	39.29	68	13.82	66
	QZ6	全州县	78	85	4.8	77	10.20	67	23.25	64	15.09	71
	QZ7	全州县	80	90	1.0	96	11.01	60	57.46	72	14.20	67
	QZ8	全州县	78	70	2.0	91	11.01	60	53.18	71	14.80	69
	YZ8	宜州县	72	68	6.0	71	10.05	77	59.90	73	16.82	76
	YZ9	宜州县	75	78	5.8	72	10.15	71	79.71	76	15.57	72
	QB1	钦北区	68	100	3.0	86	11.25	77	93.57	79	15.24	71
	QB2	钦北区	68	100	2.0	91	11.20	74	171.50	92	15.20	71
	QB3	钦北区	68	85	3.2	85	12.01	81	89.61	78	15.21	71
	QB4	钦北区	68	85	5.0	76	11.20	74	145.60	89	16.03	74
	GB7	港北区	75	100	1.0	96	11.10	66	126.44	86	12.60	62
	GB8	港北区	65	100	0.0	100	10.01	80	77.17	76	17.18	77
	YZ1	宜州县	68	80	4.0	81	12.10	87	154.69	91	18.24	81
	YZ2	宜州县	66	90	5.0	76	11.05	63	55.68	72	13.70	66
	YZ3	宜州县	66	90	5.0	76	11.05	63	109.97	83	14.71	69
	YZ4	宜州县	65	95	2.0	91	11.05	63	131.36	87	13.20	64
	LY7	乐业县	78	75	3.0	86	10.25	64	75.26	75	16.70	76
	LY8	乐业县	68	90	5.2	75	10.15	71	87.27	78	14.04	67
	LY9	乐业县	64	100	2.0	91	10.15	71	60.22	73	12.62	62
	XL1	西林县	68	90	5.0	76	10.05	77	61.45	73	16.53	75
	XL2	西林县	68	100	0.0	100	10.15	71	72.00	75	15.23	71
	XL3	西林县	72	68	0.0	100	10.25	64	57.07	72	16.72	76
	XL4	西林县	65	100	3.2	85	10.15	71	99.00	80	13.03	63
	XL5	西林县	65	100	6.0	71	10.20	67	99.41	80	13.02	63
	XL6	西林县	72	78	4.0	81	11.01	60	97.46	80	15.70	73
	XL7	西林县	75	90	2.0	91	10.15	71	70.51	75	18.73	83
	XL8	西林县	78	90	6.2	69	10.15	71	40.42	68	15.14	71
	XL9	西林县	85	85	2.0	91	10.20	67	49.21	70	15.52	72
	XL10	西林县	65	100	1.0	96	10.20	67	54.77	72	21.02	91
	XL11	西林县	72	95	5.0	76	10.10	74	98.14	80	12.23	61
	TL1	田林县	68	80	7.0	65	11.01	60	77.74	76	17.02	77
	TL2	田林县	68	95	0.0	100	11.01	60	135.80	87	18.20	81
	TL3	田林县	68	100	8.0	60	11.10	66	163.8	92	16.74	76
	LL1	隆林县	72	86	1.2	95	10.15	71	81.02	77	15.54	72
	YZ10	宜州县	68	95	6.0	71	11.10	66	90.77	80	18.23	81
野柿 <i>D. kaki</i> var. <i>silvestris</i>	TL4	田林县	75	90	1.0	96	11.25	77	113.90	83	18.72	83
	野柿 1	平乐县	92	85	3.0	86	10.15	71	21.48	64	20.03	87
	野柿 2	平乐县	92	68	1.3	94	10.15	71	23.94	64	19.50	85
	野柿 3	环江县	93	90	8.0	60	11.10	66	12.50	62	25.50	95
	野柿 4	覃塘区	93	78	3.0	86	11.10	66	19.66	63	25.52	95
	野柿 5	田林县	93	90	1.0	96	10.10	74	24.56	64	19.50	85
	野柿 6	乐业县	92	100	7.0	65	10.25	64	8.76	61	16.83	76
	野柿 7	田林县	92	90	0.0	100	11.15	70	10.48	61	21.50	92

1.2 试验方法

1.2.1 性状指标测定方法 参照《柿种质资源描述规范和数据标准》(杨勇 2005),每份种质取 10~20 个果实(视果实大小而定),在果实生理成熟期(表现出品种应有的外观和风味)对柿果实的各项指标进行观察和测定。采用目测法观测果形、果皮颜色、果面锈斑、果肉褐斑和核数;用电子天平称量法测定单果重;通过询问当地农民和观察果实外形及内部特征确定果实成熟期;采用手持式折光仪测定果实可溶性固形物含量,2,6-二氯靛酚滴定法测定维生素 C 含量,氢氧化钠滴定法测定可滴定酸含量,葱酮比色法测定可溶性糖含量(曹建康等 2007),考

马撕亮蓝法测定可溶性蛋白(汤章成 1999),高锰酸钾滴定法测定可溶性单宁含量(杜苏英 2002),每个样品重复测定 3 次后取平均值。

1.2.2 模糊综合评价方法 按照食品感官评价指标体系建立的一般原则和方法(朱建华 2007;李冬波 2011)综合果树专家和有经验的柿种植、销售人员意见,选择能客观反映柿果实品质性状优劣的果实外观、单果重、成熟期、果肉褐斑、核数和可溶性固形物含量 6 个因素作为评价因素。根据评分值和实测值范围将其分为 5 个评价等级,即 $V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$,其对应分数值分别为 60、70、80、90、100(表 2)。根据生产上对柿果实性状要求和广西生态

表 2 柿果实品质性状评分标准

Table 2 Rating criteria for persimmon fruit quality traits

性状 Trait	标准 Standard	分值 Score	性状 Trait	标准 Standard	分值 Score
果实外观 Fruit appearance	优(着色良好,色泽新鲜洁净)	91~100	单果重(g) Single fruit weight	较重(>150)	91~100
	中(着色一般,光泽较少)	81~90		中等(101~150)	81~90
	较差(着色较差,有少量锈斑或黑色物质)	71~80		较轻(51~100)	71~80
	差(着色差,有较多锈斑或黑色物质)	60~70		轻(5~50)	60~70
成熟期 Maturity	特早熟(9月15日以前)	91~100	核数(粒) Seed No.	无或少(0~2.0)	91~100
	早熟(9月15日~9月30日)	81~90		较少(2.1~4.0)	81~90
	中早熟(10月1日~10月15日)	71~80		较多(4.1~6.0)	71~80
	中熟(10月16日~11月15日)	60~70		多(>6.0)	60~70
	中晚熟(11月16日~11月30日)	71~80			
	晚熟(12月1日~12月15日)	81~90			
	特晚熟(12月15日以后)	91~100	可溶性固形物含量 Content of soluble solid(%)	高(>21.0)	91~100
果肉褐斑 Fruit rust speckle	褐斑很少或无	91~100		较高(18.1~21.0)	81~90
	褐斑较少	81~90		中(15.1~18.0)	71~80
	褐斑中等	71~80		低(\leq 15.0)	60~70
	褐斑多	60~70			

注:每份种质取 10 个果实统计平均单果核数;成熟期以果实达到生理成熟、适合作脆柿鲜食的时间计。

Note: Ten fruits are used to count the average number of seeds per fruit for each accession. The maturity is the time when the fruits are matured and can be eaten crisply.

条件,在专家评判基础上,制定柿果实各评价因素的权重分配,且使权重满足归一化要求,结果为可溶性固形物 0.24、果实外观 0.20、核数 0.18、单果质量 0.13、成熟期 0.15、果肉褐斑 0.10。运用模糊分布中间型表达式、隶属函数 $\{U_i\}$ 和果实性状的评分值计算每份种质各评价因素值对各等级的隶属度 r_{ij} ,从而建立模糊评价矩阵 R (李鸿吉 2005;李冬波等,2011)。通过公式 $B=A * R$ 和 $FCI=BS$ 得到模糊评价结果,其中 A 为权重向量, S 为等级标准向量(于平福 2005)。

2 结果与分析

2.1 果实重要性状多样性

2.1.1 果实表型性状多样性 不同基因型柿种质在果实大小、形状、颜色、果面锈斑、成熟期、果肉褐斑和果实核数等表型性状上多样性丰富(表 3)。

不同柿种质平均单果重的变异范围为 8.76~222.96 g,平均 72.87 g,变异系数为 0.575。其中,平均单果重分布在 51~100 g 范围的柿种质最多,占所调查种质的 48.84%,平均单果重在 201 g 以上的种质只占 1.16%。在不同柿种类中,野柿的平均单果重仅 17.34 g,远小于柿和油柿类的平均单果重。果实形状有圆形、椭圆形、卵圆形、圆锥形、心脏形、扁圆形、扁方形、方锥形

和番茄形。其中果实形状为圆形的种质最多,占所调查种质的 58.14%;果实形状为方锥形和番茄形的种质很少,各占 1.16%。从总体上看,柿

和油柿种类的果实形状变异较大;野柿的果实形状变异较小,主要为圆形或心形。

柿果实成熟后果皮颜色主要为淡黄、橙黄、橙红

表 3 果实表型性状多样性
Table 3 Diversity of fruit phenotypic characters

性状 Trait	范围 Range	数量 Number	%	性状 Traits	范围 Range	数量 Number	%
果实颜色 Colour of fruit	淡黄	12	13.95	果面锈斑 Fruit surface rust speckle	无	33	38.37
	橙黄	43	50.00		少	10	11.63
	橙红	15	17.44		中	16	18.60
	深橙红	16	18.60		多	27	31.40
果肉褐斑 Fruit rust speckle	无	25	29.07	核数 Seed No.	0	21	24.42
	少	32	37.21		1.0~2.0	20	23.26
	中	14	16.28		2.1~4.0	16	18.60
	多	15	17.44		4.1~6.0	18	20.93
			>6.0		11	12.79	
果实形状 Fruit shape	圆形	50	58.14	单果重 (g) Single fruit weight	≤20	5	5.81
	椭圆形	3	3.49		21~50	23	26.74
	卵圆形	4	4.65		51~100	42	48.84
	圆锥形	7	8.14		101~200	15	17.44
	心脏形	7	8.14		201~300	1	1.16
	扁圆形	8	9.30	成熟期 Maturity	9月15日~10月1日	6	6.98
	扁方形	5	5.81		10月2日~10月15日	31	36.05
	方锥形	1	1.16		10月16日~11月15日	43	50.00
	番茄	1	1.16		11月16日~12月1日	5	5.81
				12月1日以后	1	1.16	

和深橙红色,其中果实为橙黄色的种质最多,占所调查种质的 50.00%,果实呈淡黄色的种质最少,占 13.95%。柿和野柿成熟后果皮颜色主要是橙红和深橙红色,油柿果皮颜色则以淡黄和橙黄色为主。

很多柿种质由于表皮细胞和角质层破裂露出表面而形成褐色锈斑,影响果实商品品质。在所调查的柿种质当中,有 61.63% 的种质果实表面有不规则形的锈斑,以油柿类为主。其中,果面锈斑较多的种质占 31.40%,果面锈斑较少的种质占 11.63%。柿和野柿的果实表面一般无锈斑或锈斑比较少。

不同柿种质的成熟期跨度在 10 月 1 日~12 月 10 日之间,主要为中早熟、中熟和晚熟品种,未发现特早熟和特晚熟种质。成熟期在 10 月 2 日~11 月 15 日的种质最多,占所调查种质的 86.05%。12 月 1 日以后成熟的种质最少,只占 2.33%。

很多柿种质的果肉中由于单宁细胞凝聚而产生大小、多少不一的黑褐色斑点,在一定程度上影响果实的商品品质。从表 4 可以看出,所收集的柿种质中,70.93% 种质果肉中有褐斑。其中,果肉褐斑多的种质占 17.44%,且以油柿和野柿类为主。

不同柿种质果实核数相差较大,无核的种质占所调查种质的 24.42%;核数范围在 1.0~2.0 粒的

种质占 23.26%,核数范围大于 6.0 粒的种质占 12.79%。总体上看,柿种的核数比较少,月柿、牛心柿、京柿、火柿、大方柿、小方柿和鸡心柿等栽培品种都表现为无核;油柿和野柿的核数较多,平均核数分别为 3.93 粒和 3.33 粒。

2.1.2 果实内含物多样性 不同基因型柿种质的果实可溶性固形物、可滴定酸、可溶性糖、可溶性单宁、可溶性蛋白和 Vc 等内含物含量具丰富多样性(表 4)。

不同柿种质果实可溶性固形物含量在 12.23%~25.52% 之间,平均 16.45%,变异系数 0.159。可溶性固形物含量小于或等于 15.00% 的种质最多,占所调查种质的 31.40%;可溶性固形物含量大于 21.00% 的种只占 5.81%。在不同柿种类中,野柿的平均可溶性固形物含量为 21.20%,柿和油柿的平均可溶性固形物含量分别为 17.60% 和 15.26%。

果实可滴定酸含量在 0.055%~1.477% 之间,平均 0.239%,变异系数 0.848。果实可滴定酸含量小于或等于 0.20% 的种质最多,占所调查种质的 47.67%;果实可滴定酸含量分布 0.21%~0.40% 范围的种质次之,占 39.53%;果实可滴定酸含量大于 0.80% 的种质仅占 2.33%。其中,油柿的平

均可滴定酸含量为 0.269% ,柿和野柿平均可滴定酸含量为 0.192% 和 0.181% 。

果实可溶性糖含量在 2.298% ~ 8.677% 之间, 平均 5.31% ,变异系数 0.283。果实可溶性糖含量

分布在 6.01% ~ 7.00% 的种质最多 ,占所调查种质的 29.07% ;果实可溶性糖含量大于 7.00% 的种质占 8.14% 。其中,柿的平均可溶性糖含量为 6.275% ,

表 4 果实内含物含量多样性
Table 4 Diversity of fruit inclusion contents

性状 Trait	范围 Range	数量 Number	%	性状 Trait	范围 Range	数量 Number	%
可溶性固形物 (%)	≤15.00	27	31.40	可滴定酸 (%)	≤0.20	41	47.67
Soluble solid	15.01 ~ 17.00	25	29.07	Titrate acid	0.21 ~ 0.40	34	39.53
	17.01 ~ 19.00	24	27.91		0.41 ~ 0.60	8	9.30
	19.01 ~ 21.00	5	5.81		0.61 ~ 0.80	1	1.16
	>21.00	5	5.81		>0.80	2	2.33
可溶性糖 (%)	≤4.00	23	26.74	可溶性单宁 (mg · kg ⁻¹)	≤0.20	4	4.65
Soluble sugar	4.01 ~ 5.00	13	15.12	Soluble tannin	0.21 ~ 0.40	58	67.44
	5.01 ~ 6.00	18	20.93		0.41 ~ 0.60	10	11.63
	6.01 ~ 7.00	25	29.07		0.61 ~ 0.80	3	3.49
	≥7.00	7	8.14		>0.80	11	12.79
Vc (mg · 100 g ⁻¹)	≤30.00	26	30.23	可溶性蛋白 (mg · g ⁻¹)	≤0.20	33	38.37
	30.01 ~ 50.00	33	38.37	Soluble protein	0.21 ~ 0.40	32	37.21
	50.01 ~ 80.00	20	23.26		0.41 ~ 0.80	16	18.60
	80.01 ~ 100.00	5	5.81		0.81 ~ 1.20	3	3.49
	>100.00	2	2.33		>1.20	2	2.33

野柿和油柿种质的平均可溶性糖含量分别为 6.611% 和 4.659% 。

果实可溶性单宁含量在 0.152 ~ 1.580mg · kg⁻¹ 之间,平均 0.431 mg · kg⁻¹ ,变异系数 0.753。果实可溶性单宁含量分布在 0.21 ~ 0.40mg · kg⁻¹ 的种质最多,占所调查种质的 67.44% ;果实可溶性单宁含量大于 0.80 mg · kg⁻¹ 的种质占 12.79% 。不同柿种类中,野柿的平均可溶性单宁含量为 0.673 mg · kg⁻¹ ,柿和油柿的平均可溶性单宁含量分别为 0.359% 和 0.434% 。

果实可溶性 Vc 含量在 21.00 ~ 112.320 mg · 100 g⁻¹ 之间,平均为 44.66 mg · 100 g⁻¹ ,变异系数 0.464。果实可溶性 Vc 含量分布在 30.01 ~ 50.00 mg · 100 g⁻¹ 的种质最多,占所调查种质的 38.37% ;果实可溶性 Vc 含量大于 100.00 mg · 100 g⁻¹ 的种质仅占 2.33% 。其中,野柿种质的平均可溶性 Vc 含量含为 71.76 mg · kg⁻¹ ,高于野柿和油柿的 28.69 mg · kg⁻¹ 和 48.92 mg · kg⁻¹ 。

不同柿种质果实可溶性蛋白含量在 0.058 ~ 1.393 mg · g⁻¹ 之间,平均为 0.323 mg · g⁻¹ ,变异系数为 0.78。可溶性蛋白含量小于或等于 0.20 mg · g⁻¹ 的种质最多,占所调查种质的 38.37% ;可溶性蛋白含量大于 1.20 mg · g⁻¹ 的种质最少,只占 2.

33% 。不同柿种类中,柿的平均可溶性蛋白含量为 0.399 mg · g⁻¹ ,油柿和野柿的平均可溶性蛋白含量分别为 0.293 mg · g⁻¹ 和 0.264 mg · g⁻¹ 。

2.2 柿种质资源模糊综合评价

通过计算得出 86 份柿种质资源的模糊综合评价指数 FCI(表 5),依据 FCI 值的大小对评判结果排序,FCI 值越大,样品综合评价越高。由表 5 可看出 86 份柿种质果实综合性状的 FCI 值在 1.849 ~ 3.947 之间,平均为 2.835。月柿的综合评价指数最高,其次为牛心柿、大方柿、LY1、GN2、京柿、LY3、GN3、野柿 7、小方柿、GB6、鸡心柿、LY2 和火柿,它们的果实综合性状表现较好。根据模糊综合评价指数 FCI 取值范围,将柿种质资源果实性状综合评价分为 5 个等级(表 6)。分布在第 1 个等级的种质最多,占所调查种质的 48.84% ;分布在第 4 个等级的种质次之,占所调查种质的 18.60% ;分布在第五个等级的种质最少,占所调查种质的 3.49% 。

3 结论与讨论

表型多样性研究主要集中在变异稳定的繁殖器官性状、形态性状、生理生化性状及经济生产率性状等方面(顾万春 2004;童敏 2008)。受环境因素影

响较大的果实外观、内含物含量等性状因可直接体现果实品质和资源开发利用的潜力和价值,在种质研究中是极其重要的部分。在本研究中,不同柿种质的果实形状、果实大小、果实外观、果实核数等表型性状和可溶性蛋白、可溶性固形物、可溶性糖、可

滴定酸、维生素 C 等果实内含物含量存在丰富的多样性。这不仅为柿良种选育、结构调整提供较大的选择空间,也为品种改良提供丰富的资源和方向。在不同柿种类中,野柿的果实很小,果面光滑,外观评价较好,其平均可溶性固形物含量、可溶性糖含

表 5 柿种质资源模糊综合评价

Table 5 Fuzzy comprehensive evaluation of persimmon germplasm resources

种质 Germplasm	FCI	种质 Germplasm	FCI	种质 Germplasm	FCI	种质 Germplasm	FCI
月柿	3.947	野柿 4	3.277	GN4	2.693	XL8	2.355
牛心柿	3.898	HZ	3.271	LY6	2.691	野柿 6	2.347
大方柿	3.808	野柿 1	3.223	QB3	2.673	QZ4	2.341
LY1	3.667	GB2	3.206	QZ7	2.672	QZ6	2.337
GN2	3.642	GB5	3.185	XL3	2.64	YZ8	2.326
京柿	3.63	XL10	3.153	PL2	2.64	LY8	2.297
LY3	3.607	野柿 2	3.149	QB4	2.621	YZ3	2.268
GN3	3.607	GB8	3.136	LY7	2.617	YZ6	2.264
野柿 7	3.591	TL2	3.085	QZ1	2.579	QZ2	2.207
小方柿	3.568	XL7	3.07	YZ10	2.562	GC3	2.197
GB6	3.566	YZ1	3.05	XL1	2.532	XL5	2.135
鸡心柿	3.559	野柿 3	3.016	YZ4	2.5	QZ5	2.081
LY2	3.552	QB2	3.008	TL3	2.45	TL1	2.068
火柿	3.54	YZ11	2.999	XL4	2.447	GC1	2.066
LL3	3.537	GB4	2.953	QZ9	2.43	YZ2	2.053
LL2	3.535	XL2	2.904	LY9	2.42	QZ10	2.039
LY4	3.53	XL9	2.831	QZ8	2.377	JCJ	2.012
GN1	3.506	GB7	2.824	XL11	2.372	YZ7	1.86
GB3	3.502	LL1	2.804	XL6	2.37	PL1	1.857
野柿 5	3.47	YZ5	2.799	LY5	2.37	GC2	1.849
TL4	3.354	QB1	2.794	QZ3	2.37		
LQ1	3.319	GB1	2.788	YZ9	2.357		

表 6 评价等级与模糊综合评价指数对照

Table 6 Contrast between evaluation class and FCI

评价等级 Evaluation class	1	2	3	4	5
FCI 取值范围 Limits of FCI	<2.7	2.7~3.0	3.1~3.4	3.5~3.8	>3.8
单株个数 No. of single plant	42	14	11	16	3
各单株所占比例 Proportion of single plant (%)	48.84	16.28	12.79	18.60	3.49

量、可溶性单宁含量和可溶性 Vc 含量高于柿和油柿类。柿品种及实生单株通常果实中等大小或偏大,外表光滑,色泽鲜艳,外观品质较好,无核或少核,商业价值较高。大部分油柿果实有核,果表有锈斑,果肉有褐斑,外观和食用品质较差。由于油柿种子较多且受人为影响较大,种子较易传播和繁殖,经过长期的遗传变异和积累过程,基因型和表现型都较丰富。

模糊综合评价方法已在柑橘、龙眼、枇杷、苹果等果树种质评价中得到应用,较为客观、准确地比较各品种的优劣(汤卫东,2005;陈在新,2006;李冬

波,2011;沈庆庆,2011)。根据目前柿果生产的实际情况,我们认为模糊综合评价指数在 3.1 以下的种质不适合用于直接栽培利用;模糊综合评价指数在 3.1~3.4 范围的种质可用于局部种植,但果实综合性状不优,不适宜大面积推广。模糊综合评价指数在 3.5 以上且果实综合性状表现较优的种质可考虑大面积推广应用。本研究中,月柿、牛心柿、大方柿、京柿、鸡心柿、小方柿和火柿等品种及 LY1、GN2、LY3、GN3、GB6、LY2、LL3、LL2、LY4、GN1、GB3 等柿实生单株的模糊综合评价指数较高,它们的果实综合性状表现较优,可选择作为优良品种和单株

加以开发和利用。实生单株野柿 7 的模糊综合评价指数为 3.591, 其果实外观较好, 可溶性固形物含量较高, 无核, 但果实很小, 丰产性不高。建议作为特殊优良单株加以保存和利用, 而不直接推广种植。相反, 实生单株野柿 3、野柿 4、GC2、LL3、XL8、LY9 等一些模糊综合评价指数较低的种质因可溶性固形物、可滴定酸、可溶性糖、可溶性单宁、Vc、可溶性蛋白等内含物中的一种或几种含量较高, 也可被选择作为特殊优良单株加以保存和利用。

从广西目前柿生产和分布情况看, 80% 以上种植的柿品种为月柿和牛心柿, 其它柿品种如大方柿、京柿、鸡心柿、小方柿和火柿等在局部地区有规模种植, 油柿零星分布于房前屋后和田间地头, 野柿主要分布在深山野林之中。本研究结果表明, 具规模种植的柿品种和一些优良材料的模糊综合评价指数较高, 尤以月柿和牛心柿的模糊综合评价指数最高; 零星栽培或处于无人管理状态的种质模糊综合评价指数较低, 综合性状表现较差, 与实际情况较为相符。对于柿优良品种和单株的利用, 还应考虑高产、稳产、抗病等因素, 根据实际情况进行推广种植, 促进柿种植结构调整和丰富柿商业化品种的多样性。

柿种质资源果实性状模糊综合评价结果对柿新品种选育、生产推广及其前景预测具有重要的指导意义。在实际研究中, 评价因素和各因素的权重分配都可以根据实际情况进行适当的调整, 设计的隶属函数必须在实际效果中进行检验, 并不断修改, 使它能更好地反映育种材料的客观实际。

参考文献:

- 李鸿吉. 2005. 模糊数学基础及实用算法[M]. 北京: 科学出版社: 82-137
- 杜苏英. 2002. 食品分析与检验[M]. 北京: 高等教育出版社: 158
- 汤章成. 1999. 现代植物生理学试验指南[M]. 科学出版社: 303-305
- 杨勇, 王仁梓. 2006. 柿种质资源描述规程和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社: 26-39
- 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 2007. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社: 152-156
- 董敏. 2007. 浙江省柿树遗传多样性与种质鉴定研究[D]. 宁波: 浙江林学院: 5-6
- 顾万春. 2004. 统计遗传学[M]. 北京: 科学出版社: 28-35
- Chen XP(陈秀萍), Jiang F(姜帆), Huang AP(黄爱萍). 2010. Evaluation on the fielding ability of little seedlings among loquat

- germplasm and its fuzzy comprehensive estimation(枇杷种质资源幼龄树丰产性鉴定及模糊综合评判)[J]. *Chin J Trop Crops*(热带作物学报) **31**(12): 2104-2110
- Chen ZX(陈在新), Wang YX(王宜雄), Li JQ(李金秋) et al. 2006. Analysis of fruit quality and fuzzy comprehensive evaluation of orange(湖北公安县柑橘果实品质分析与模糊综合评判)[J]. *J Anhui Agric Sci*(安徽农业科学) **34**(18): 4518-4519
- Chen ZX(陈在新), Lei ZX(雷泽湘), Liu HN(刘会宁) et al. 2000. Analysis of chestnut kernel nutrient ingredients and its integrated quality evaluation(板栗营养成分分析及其品质的模糊综合评判)[J]. *J Fruit Sci*(果树科学) **17**(4): 286-289
- Dong XH(董新海), Zhang BS(张宝善), Su BY(苏百究). 2008. Research briefing of composition of persimmon tannin and the biological properties(柿果单宁组成及其生物学特性的研究状况)[J]. *For Prod & Spec Chin*(中国林副特产) **1**(1): 91-93
- Luo ZR(罗正荣), Cai LH(蔡礼鸿), Hu CG(胡春根). 1996. Research on the germplasm resources and utilization of persimmon(柿属植物种质资源及其利用研究现状)[J]. *Huazhong Agric Univ J*(华中农业大学学报) **15**(4): 381-388
- Li DB(李冬波), Zhu JH(朱建华), Peng HX(彭宏祥) et al. 2011. Fuzzy synthetic method for evaluate different longan varieties in processing longan dry flesh(龙眼品种和实生单株加工桂圆肉性状的模糊综合评价)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农学通报) **27**(7): 428-433
- Shen QQ(沈庆庆), Zhu JJ(朱建华), Peng HX(彭宏祥) et al. 2011. Fuzzy comprehensive evaluation of fruit characteristics in early mature seedling litchi resource of southwestern Guangxi(桂西南早熟荔枝实生资源果实性状的模糊综合评价)[J]. *Southwest Chin J Agric Sci*(湖南农业学报) **24**(7): 1417-1424
- Tang WD(汤卫东), Liu JM(刘杰明), Chen JH(陈吉洪). 2005. Application of fuzzy synthetic evaluation to organoleptic quality evaluation of apple(苹果品质的模糊综合评价)[J]. *Food & Drug* **7**(9): 61-63
- Tong M(童敏), Kang ZX(康志雄), Cheng SM(程诗明) et al. 2008. Research progress on the persimmon genetic resources(柿树遗传资源学研究进展)[J]. *Hubei Agric Sci*(湖北农业科学) **47**(8): 960-963
- Yang Y(杨勇), Ruan XF(阮小凤), Wang RZ(王仁梓) et al. 2005. Advances in research of germplasm resources and breeding of *Dispyros kaki*(柿种质资源及育种研究进展)[J]. *J Northwest For Univ*(西北林学院学报) **20**: 133-137
- Yu PF(于平福), Huang FZ(黄凤珠), Peng HX(彭宏祥). 2005. Application on the evaluation of southern China grape new varieties with a four-element connection number coefficient posture arrangement(四元联系数多因素态势排序法在葡萄新品种评价中的应用)[J]. *Southwest Chin J Agric Sci*(西南农业学报) **18**(6): 806-809
- Zhu JH(朱建华), Lu GF(陆贵峰), Yu PF(于平福) et al. 2007. Comprehensive evaluation for the characters of different longan varieties processing longan's flesh dry in Guangxi(广西龙眼品种(单株)加工桂圆肉性状的综合评价)[J]. *Chin J Trop Crops*(热带作物学报) **28**(1): 97-100