

## 橡胶树杂交 F<sub>1</sub>代群体生长与叶片性状的遗传变异分析

张凤良<sup>1,2</sup>, 李小琴<sup>1,2\*</sup>, 杨 潘<sup>1,2</sup>, 桂明春<sup>1,2</sup>, 吴 裕<sup>1,2</sup>

(1. 云南省天然橡胶可持续利用研究重点实验室, 云南景洪 666100;

2. 云南省热带作物科学研究所, 云南景洪 666100)

**[摘要]**为探索橡胶树野生种质资源的生长及叶片性状在杂交亲本与子代间的遗传传递规律, 以3份橡胶树速生种质资源(父本)与引进优良品种GT1(母本)进行人工杂交授粉, 通过测定3个杂交组合的265个子代单株的生长及叶片性状指标, 系统评估杂交子代性状遗传变异特征。研究结果表明: 3个杂交组合后代的生长和叶片性状变异系数介于3.07%~32.41%, 其中叶长、叶面积、长宽比及比叶面积等性状变异系数较大, 但其对应的表型遗传多样性指数(Shannon指数)相对较低; 杂交子代各性状表型多样性指数普遍较高(1.743~2.086, 均值为1.879), 且生长性状的多样性指数高于叶片性状。杂种优势分析显示, F<sub>1</sub>代在叶长、叶宽、叶面积及叶脉数上表现出较强的杂种优势, 遗传传递力分别为119.92%、137.82%、159.29%和116.15%, 但生长性状未呈现显著的杂种优势。综上, 所测杂交F<sub>1</sub>代植株变异较大, 生长和叶片表型多样性丰富, 不同杂交组合间差异明显, 可为橡胶树野生种质资源的杂交育种提供优良材料。

**[关键词]**橡胶树; 81'IRRDB种质; 杂交; 表型; 遗传分析

中图分类号:S794.104 文献标识码:A 文章编号:1672-450X(2025)04-0071-06

### Genetic Variation in Growth and Leaf Traits within F<sub>1</sub> Hybrid Population of *Hevea brasiliensis*

ZHANG Fengliang<sup>1,2</sup>, LI Xiaoqin<sup>1,2\*</sup>, YANG Tian<sup>1,2</sup>, GUI Mingchun<sup>1,2</sup>, WU Yu<sup>1,2</sup>

1. Yunnan Key Laboratory of Sustainable Utilization Research on Rubber Tree, Jinghong 666100, China;

2. Yunnan Institute of Tropical Crops, Jinghong 666100, China

**Abstract:** To investigate the genetic transmission patterns of growth and leaf traits between hybrid parents and offspring in wild germplasm resources of *Hevea brasiliensis*, artificial hybridization was conducted using three fast-growing rubber tree germplasms as paternal parents and the introduced superior variety GT1 as the maternal parent. By measuring growth and leaf trait indices of 265 progeny individuals from three hybrid combinations, we systematically evaluated the genetic variation characteristics of hybrid progeny traits. The results showed that the coefficients of variation for growth and leaf traits in the hybrid progeny ranged from 3.07% to 32.41%, with leaf length, leaf area, length-to-width ratio, and specific leaf area showing higher coefficients of variation, while their corresponding phenotypic genetic diversity indices (Shannon index) remained relatively low. The phenotypic diversity indices of all traits in hybrid progeny were generally high, ranging from 1.743 to 2.086 with a mean of 1.879, and the diversity indices for growth traits were higher than those for leaf traits. Heterosis analysis revealed strong hybrid vigor in F<sub>1</sub> generation for leaf length, leaf width, leaf area, and vein number, with genetic transmission abilities of 119.92%, 137.82%, 159.29%, and 116.15%, respectively. However, no significant heterosis was observed in growth traits. In conclusion, the hybrid F<sub>1</sub> progeny displayed substantial variation and rich phenotypic diversity in growth and leaf traits, with distinct differences among hybrid combinations, providing excellent materials for hybrid breeding of wild germplasm resources of *H. brasiliensis*.

**Key words:** *Hevea brasiliensis*; 81' IRRDB germplasm; hybridization; phenotype; genetic analysis

收稿日期:2025-04-11

基金项目: 云南省热带作物科技创新体系建设专项资金项目(RF2025);

云南省现代农业橡胶产业技术体系建设育种与繁育研究室(2024KJTX008-02)

作者简介: 张凤良(1984—), 男, 副研究员, 硕士, 研究方向为橡胶树种质资源评价及遗传育种。E-mail: 278540721@qq.com

\*通信作者: 李小琴(1987—), 女, 副研究员, 硕士, 研究方向为橡胶树遗传育种。E-mail: 512504431@qq.com

橡胶树(*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.)在南亚属于外来物种,根据引种经历,习惯将其种质资源分为“魏克汉种质资源”和“81'IRRDB种质资源”两大类。橡胶树的栽培品种主要由“魏克汉种质资源”逐代杂交繁衍而来<sup>[1-2]</sup>。杂交是林木和果树育种的重要途径,其通过不同基因型配子的重新配对,增加基因组合数量,使得后代具有双亲优良性状或超亲性状<sup>[3-4]</sup>。当前通过人工杂交授粉后选择出优良单株进行无性系比较试验是橡胶树常规育种的基本方法,而随着选择的深入和杂交世代的增加,“魏克汉种质资源”因遗传基础的狭窄导致相关橡胶树杂交育种成效越来越低,在此背景下,不断挖掘橡胶树的育种材料是解决这一问题的有效手段。

“81'IRRDB种质资源”为国际橡胶研究与发展委员会(IRRDB)于1981年从巴西亚马逊河流域采集橡胶树种子和芽条繁殖获得的种质<sup>[5]</sup>,我国从马来西亚国际橡胶树种质保存中心引入相继建成了“农业农村部儋州橡胶树种质资源圃”和“农业农村部景洪橡胶树种质资源圃”。为探索和利用这些野生种质资源,前人已开展了一些基础研究工作。如张凤良等<sup>[6]</sup>对1 904份“81'IRRDB种质资源”的干型、分枝形态、胸径生长量等表型进行了分析,发现野生种质资源中存在着丰富的遗传变异可供利用;曾霞等<sup>[7]</sup>鉴定出一批速生、抗风和乳管分化能力较强的野生种质;李维国等<sup>[8]</sup>对3份橡胶树野生种质杂交后代进行早期鉴定,发现野生种质的速生性状能够较好地遗传给子代,且存在培育高产子代的潜力。

本研究以3份速生的橡胶树野生“81'IRRDB种质资源”作为父本,以雄性不育优良品种GT1作为母本进行人工杂交授粉,建立各杂交组合的有性系比区进行早期观测,对3个杂交组合子代的生长和叶片性状等进行分析讨论,以期探讨野生种质资源杂交子代的表型多样性及选择潜力,为后续育种提供更多的物质基础和理论参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试材料为以主栽品种GT1为母本,以野生

种质‘新782’‘新1985’及‘新3436’为父本,杂交产生F1代群体,3种杂交组合的子代株数分别为85、100、80株,共计265株。均为2019年人工杂交,2020年播种,2021年定植。株行距2 m×2 m,常规抚育管理,生长良好。

### 1.2 试验地概况

试验地位于云南省热带作物科学研究所橡胶试验基地(100° 46' ~ 100° 48' E, 22° 00' ~ 22° 02' N),海拔550~600 m,全年无霜,年平均气温23.3 °C,干湿季分明,其中80%~90%的雨量集中在5—10月,年平均降雨量1 200 mm,年平均湿度77%。土壤为酸性红土,pH值5.5~6.5,土层深厚。

### 1.3 试验方法

生长性状测定于2023年11月底进行,株高用塔尺测量,茎粗用游标卡尺测量距地面1 m处茎干直径。

叶片性状于2023年9月下旬测定,采集植株自上而下第2个和第3个叶蓬中部且复叶的中叶,每株采10片叶,测定指标及方法见表1。采集的叶片及时称鲜重,测定完相应指标后放入烘箱,先以105 °C杀青20 min,再于80 °C烘干至恒重后称干重,并计算叶片含水量。

表1 橡胶树叶片性状指标与测量方法

指标	测量方法
叶长	YMJ-D型叶面积测量仪测量
叶宽	YMJ-D型叶面积测量仪测量
叶面积	YMJ-D型叶面积测量仪测量
长宽比	叶长/叶宽
叶厚	3个叶片叠加测量取平均值,游标卡尺测量
宽基距	用直尺测量叶最宽处到叶基的距离
叶脉数	叶片基部和顶端密集叶脉除外,叶面朝下数出右侧叶脉数
比叶面积	叶面积/叶干重
叶片含水量	(鲜重-干重)/鲜重×100
SPAD值	SPAD-502型便携式叶绿素仪测量

### 1.4 数据统计

数量性状变异特征值包括均值( $X$ )、标准差( $S$ )、变异系数( $C_v$ )、亲中值(MP)、遗传传递力(Ta)、优势率(H)、超高亲度(Uhd)、超低亲值

(Uld)及遗传多样性指数( $H'$ )，各遗传参数计算公式<sup>[9]</sup>如下：

$$\text{变异系数} (C_v, \%) = S/F \times 100;$$

$$\text{遗传传递力} (Ta, \%) = F/MP \times 100;$$

$$\text{优势率} (H, \%) = (F-MP)/MP \times 100;$$

$$\text{超高亲度} (Uhd, \%) = (F-HP)/HP \times 100;$$

$$\text{超低亲度} (Uld, \%) = (LP-F)/LP \times 100。$$

其中， $F$ 为后代均值， $MP$ 为亲中值， $HP$ 为高亲表型值， $LP$ 为低亲表型值。

利用Shannon-Weaver遗传多样性指数来衡量群体表型遗传多样性大小。本文涉及到的性状均为数量性状，根据平均值、标准差将供试材料分为10级，从第1级 $X_1 < (X-2S)$ 到第10级 $X_{10} \geq (X+2S)$ ，每 $0.5S$ 为1级，每一组的相对频率( $P_i$ )用于计算多样性指数( $H'$ )。计算公式 $H' = -\sum_i^m P_{ij} \ln P_{ij}$ ，其中 $P_{ij}$ 为 $j$ 性状在第 $i$ 个级别出现的频率， $\ln$ 为自然对数<sup>[10-11]</sup>。

采用Excel 2007软件进行数据整理，用SPSS 23.0统计软件进行变异参数及相关性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 杂交F<sub>1</sub>代生长与叶片性状遗传与变异分析

橡胶树3个杂交组合F<sub>1</sub>代的生长和叶片性状的变异情况见表2。各杂交组合的茎粗、长宽比、比叶面积、含水量及SPAD值的均值都小于亲中值；株高、叶长、叶宽、叶面积、宽基距、叶脉数及叶厚的均值都大于亲中值。各杂交组合后代的生长和叶片性状变异系数为3.07%~32.41%；其中叶长、叶面积、长宽比及比叶面积等4个性状变异系数较大，均超过15%，具有较高的遗传多样性；变异系数最大的是叶面积，总体均值为25.87%，说明叶面积在群体内离散程度最高，杂交后代个体之间存在较大差异；而叶厚、含水量及SPAD值等3个性状的变异系数较小，均在10%以下，表明性状变异程度较低，性状相对稳定。

橡胶树3个杂交组合F<sub>1</sub>代中茎粗、长宽比、宽基距、比叶面积、含水量及SPAD值等6个指标的超高亲度均为负值，表明后代未出现超高亲优

势；而株高、叶长、叶宽、叶面积、叶脉数及叶厚的均值都高于亲中值，亲中优势率均为正值，可以推测杂交后代个体存在超亲分离现象。3个杂交组合中所测定的生长与叶片性状的遗传传递力为71.19%~168.22%，其中叶长、叶宽、叶面积及叶脉数等性状具有较高的遗传传递力。杂交组合GT1×新3436和GT1×新782的叶片大小相关性状(叶长、叶宽、叶面积)的遗传传递力明显大于GT1×新1985杂交组合，说明这3个性状受父本影响较大，其余性状在3个杂交组合中遗传传递力相当。

### 2.2 杂交F<sub>1</sub>代生长与叶片性状遗传多样性指数

由表3可知，杂交子代生长及叶片等12个表型性状的遗传多样性指数为1.743~2.086，均值为1.879，说明所测定的表型性状均存在较为广泛的遗传变异。其中，生长性状和SPAD值的遗传多样性指数大于各叶片性状，表明杂交后代的生长性状遗传多样性更加丰富。而代表叶片大小的叶面积、叶长、叶宽和叶厚指标的遗传多样性指数又比代表叶形的长宽比和宽基距均略大，多样性更丰富。

### 2.3 杂交F<sub>1</sub>代各性状相关性分析

由表4可知，叶面积与所测定性状间均呈显著或极显著相关(含水量除外)，且只与宽基距呈极显著负相关，其余均为正相关。茎粗只与叶片性状中的叶面积和叶宽呈显著正相关，推测叶片形状相关指标与茎粗生长相关性不显著。株高与叶长、叶面积、长宽比、叶厚呈显著正相关，与宽基距呈极显著负相关。

## 3 讨论与结论

橡胶树为多年生高大乔木，基因型高度杂合，杂交育种是快速获得新型材料和目标新品种的一个有效办法。国内目前利用橡胶树野生种质资源进行杂交亲本的研究相对较少<sup>[15-16]</sup>。本研究以3个野生种质资源作为父本，优良品种GT1作为母本，分析了3个杂交组合F<sub>1</sub>代的叶片性状和生长性状的变异情况及表型遗传多样性指数，结果显示其杂交后代各性状的变异系数为3.07%~

表 2 橡胶树杂交 F1 代生长与叶片性状的遗传变异情况

性状	杂交组合	母本	父本	亲中值	F <sub>1</sub>	变异系数/ % 均值	遗传 传递力/%	优势率/ % %	超高亲度/ % %	超低亲度/ % %
					均值					
株高/cm	GT1×新 1985	3.76	4.15	3.96	4.07	15.64	102.89	2.89	-1.95	-8.22
	GT1×新 3436	3.76	3.95	3.86	3.91	14.49	101.40	1.40	-1.04	-3.97
	GT1×新 782	3.76	3.89	3.83	3.97	17.06	103.70	3.70	1.97	-5.50
	平均	3.76	4.00	3.88	3.98	15.73	102.66	2.66	-0.38	-5.90
茎粗/mm	GT1×新 1985	11.10	14.30	12.70	9.96	12.30	78.41	-21.59	-30.36	10.28
	GT1×新 3436	11.10	13.80	12.45	10.11	14.33	81.17	-18.83	-26.77	8.95
	GT1×新 782	11.10	15.30	13.20	9.97	17.25	75.51	-24.49	-34.86	10.21
	平均	11.10	14.47	12.78	10.01	14.63	78.31	-21.69	-30.80	9.82
叶长/cm	GT1×新 1985	11.98	12.50	12.24	13.91	20.39	113.67	13.67	11.28	-16.17
	GT1×新 3436	11.98	13.75	12.86	15.64	16.99	121.59	21.59	13.74	-30.60
	GT1×新 782	11.98	12.69	12.33	15.34	15.15	124.36	24.36	20.86	-28.08
	平均	11.98	12.98	12.48	14.97	17.51	119.92	19.92	15.27	-24.95
叶宽/cm	GT1×新 1985	5.62	8.36	6.99	9.00	13.73	128.79	28.79	7.69	-60.16
	GT1×新 3436	5.62	7.01	6.32	9.03	11.39	143.04	43.04	28.87	-60.71
	GT1×新 782	5.62	6.65	6.14	8.76	10.04	142.74	42.74	31.69	-55.82
	平均	5.62	7.34	6.48	8.93	11.72	137.82	37.82	21.68	-58.90
叶面积/cm <sup>2</sup>	GT1×新 1985	44.21	68.11	56.16	85.30	20.60	146.66	46.66	18.29	-92.95
	GT1×新 3436	44.21	72.16	58.18	97.88	24.59	168.22	68.22	35.64	-121.40
	GT1×新 782	44.21	59.20	51.70	81.32	32.41	157.28	57.28	37.37	-83.95
	平均	44.21	66.49	55.35	88.17	25.87	157.40	57.40	30.00	-99.43
长宽比	GT1×新 1985	2.13	1.50	1.81	1.47	16.18	81.36	-18.64	-30.68	1.53
	GT1×新 3436	2.13	1.96	2.04	1.72	16.43	84.18	-15.82	-19.16	12.19
	GT1×新 782	2.13	1.90	2.01	1.76	16.65	87.34	-12.66	-17.34	7.42
	平均	2.13	1.79	1.96	1.65	16.42	84.39	-15.61	-26.69	7.52
宽基距/cm	GT1×新 1985	0.84	0.91	0.87	0.88	11.35	100.66	0.66	-3.23	-4.87
	GT1×新 3436	0.84	0.78	0.81	0.83	12.15	102.91	2.91	-0.55	-6.62
	GT1×新 782	0.84	0.80	0.82	0.76	15.18	93.28	-6.72	-8.72	8.72
	平均	0.84	0.83	0.83	0.82	12.89	98.97	-1.03	-1.47	0.59
叶脉数	GT1×新 1985	15.86	16.00	15.93	19.01	11.74	119.34	19.34	18.81	-19.88
	GT1×新 3436	15.86	23.54	19.70	21.51	10.44	109.19	9.19	-8.63	-35.65
	GT1×新 782	15.86	19.30	17.58	21.28	11.84	121.07	21.07	10.28	-34.20
	平均	15.86	19.61	17.73	20.60	11.34	116.15	16.15	5.03	-29.91
叶厚/mm	GT1×新 1985	0.19	0.15	0.17	0.18	7.54	106.03	6.03	-5.83	-21.32
	GT1×新 3436	0.19	0.17	0.18	0.19	6.51	105.56	5.56	-1.27	-13.41
	GT1×新 782	0.19	0.18	0.19	0.20	8.01	106.90	6.90	5.17	-9.68
	平均	0.19	0.17	0.18	0.18	7.35	106.18	6.18	-0.64	-14.01
比叶面积/(cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )	GT1×新 1985	103.19	115.90	109.54	87.55	20.29	79.93	-20.07	-24.46	15.15
	GT1×新 3436	103.19	126.70	114.94	88.75	19.95	77.21	-22.79	-29.95	13.99
	GT1×新 782	103.19	108.76	105.97	75.44	21.78	71.19	-28.81	-30.64	26.89
	平均	103.19	117.12	110.15	83.91	20.67	76.18	-23.82	-28.35	18.68
含水量/%	GT1×新 1985	59.86	64.65	62.25	60.50	4.09	97.19	-2.81	-6.41	-1.08
	GT1×新 3436	59.86	62.33	61.09	60.91	3.07	99.70	-0.30	-2.28	-1.76
	GT1×新 782	59.86	59.35	59.60	58.56	6.41	98.24	-1.76	-2.17	1.34
	平均	59.86	62.11	60.98	59.99	4.53	98.37	-1.63	-3.42	-0.23
SPAD 值	GT1×新 1985	63.50	61.69	62.60	59.79	7.23	95.52	-4.48	-5.84	3.08
	GT1×新 3436	63.50	64.56	64.03	64.01	7.68	99.97	-0.03	-0.85	-0.80
	GT1×新 782	63.50	65.38	64.44	63.16	5.78	98.01	-1.99	-3.39	0.53
	平均	63.50	63.88	63.69	62.32	6.90	97.85	-2.15	-2.44	1.86

32.41%, 表型遗传多样性指数为1.752~2.086, 具有丰富的表型多样性, 多数性状杂交亲本基因型高度杂合, 此结果与李文秀等<sup>[12]</sup>和张晓飞等<sup>[17]</sup>观测的农艺性状具有丰富形态多样性的结果较为一致。变异系数反映群体的离散程度, 表型遗传多样性指数反映性状分组数目和组内性状分布的均匀程度<sup>[18]</sup>。本研究结果表明, 各性状的变异

系数与表型遗传多样性指数的变化趋势不一致, 如叶面积、比叶面积、叶长等的变异系数均超过均值, 而遗传多样性指数却远远小于均值, 进一步说明变异系数和表型遗传多样性指数所反映的内容不一样, 这与潘存祥等<sup>[18]</sup>和累进生等<sup>[19]</sup>的研究结果相一致。

表3 橡胶树杂交后代生长与叶片性状的频率分布及遗传多样性指数

性状	遗传多样性 指数 ( $H$ )	性状分布频率									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
株高	2.086	0.012	0.061	0.114	0.110	0.171	0.180	0.184	0.090	0.065	0.012
茎粗	2.033	0.033	0.033	0.110	0.127	0.269	0.094	0.196	0.078	0.024	0.037
叶长	1.820		0.006	0.075	0.208	0.272	0.202	0.133	0.069	0.023	0.012
叶宽	1.796	0.006	0.006	0.064	0.208	0.260	0.173	0.185	0.075	0.012	0.012
叶面积	1.798		0.006	0.064	0.197	0.301	0.214	0.110	0.069	0.029	0.012
长宽比	1.772		0.000	0.069	0.185	0.306	0.208	0.127	0.069	0.023	0.012
宽基距	1.743		0.012	0.064	0.168	0.208	0.277	0.168	0.104	0.000	
叶脉数	1.820		0.017	0.075	0.162	0.277	0.214	0.168	0.064	0.017	0.006
叶厚	1.961	0.023	0.029	0.040	0.162	0.208	0.214	0.202	0.075	0.029	0.017
比叶面积	1.752		0.006	0.040	0.225	0.272	0.214	0.110	0.110	0.023	
含水量	1.912	0.035	0.023	0.075	0.098	0.191	0.277	0.179	0.104	0.017	
SPAD 值	2.075	0.008	0.049	0.078	0.106	0.180	0.233	0.155	0.078	0.082	0.033
均值	1.881										

表4 橡胶树杂交后代12个性状的相关性

指标	叶长	叶宽	叶面积	长宽比	宽基距	叶脉数	叶厚	比叶面积	含水量	株高	茎粗
叶宽	0.402**										
叶面积	0.912**	0.706**									
长宽比	0.787**	-0.209**	0.494**								
宽基距	-0.619**	0.047	-0.461**	-0.707**							
叶脉数	0.216**	0.021	0.160*	0.168*	0.211**						
叶厚	0.093	0.221**	0.154*	-0.019	-0.028	-0.127					
比叶面积	0.498**	-0.057	0.410**	0.594**	-0.730**	-0.135	-0.171*				
含水量	0.005	0.104	0.087	-0.080	0.180*	0.098	-0.027	0.244**			
株高	0.200**	0.106	0.188*	0.167*	-0.213**	-0.061	0.153*	0.145	-0.030		
茎粗	0.129	0.164*	0.178*	0.001	-0.090	0.102	0.049	0.072	0.083	0.637**	
SPAD 值	0.052	0.079	0.093	0.007	0.081	0.187*	0.068	-0.001	0.192*	0.096	0.217**

注: \*表示相关性显著 ( $P<0.05$ ), \*\*表示相关性极显著 ( $P<0.01$ )。

本研究中各杂交组合F<sub>1</sub>代的茎粗、长宽比及比叶面积3个性状的均值远低于亲中值, 说明这些性状遗传存在着负向的非加性效应, 出现了超低亲现象, 表现出明显的性状退化。杂交F<sub>1</sub>代叶长、叶宽、叶面积和叶脉数的均值远超亲中值, 表现出明显的超高亲优势, 具有很强的杂种优势。遗传传递力的高低反映性状传递给子代能力的

大小。研究结果显示, 橡胶树3个杂交组合中所测定的生长与叶片性状的遗传传递力为71.19%~168.22%, 优势率为-28.81%~68.22%, 其中叶片大小相关性状(叶长、叶宽及叶面积)具有较高的遗传传递力, 说明叶片大小的遗传受加性效应(育种值)的影响最大, 具有杂种优势。不同杂交组合间的叶长、叶宽、叶面积及叶脉密度的

遗传传递力差异较大,杂交组合GT1×新3436和GT1×新782中叶长、叶宽及叶面积等性状的遗传传递力明显大于GT1×新1985杂交组合。叶片是大多数植物利用光能的基础,特别是叶面积直接影响光合作用能力,是植物遗传改良早期选择的重要内容<sup>[20]</sup>。本研究中叶片大小相关指标如叶面积等具有较高的遗传传递力,表明通过遗传育种可较稳定地选育出叶片性状优良的橡胶树品种系。

前人研究表明,以野生种质资源作为亲本的杂交子代的胶乳产量远低于魏克汉优良栽培种之间杂交子代,因而野生种质资源不适宜直接作为橡胶树良种选育的材料,而更合适作为一些副性状(如速生、抗逆等)育种的中间材料,再结合育种目标进行遗传改良<sup>[8]</sup>。本研究试验时间跨度较短,所测性状也相对偏少,未涉及到胶乳产量及品质等性状的观察,且参试的野生种质亲本的数量较少,后续还需要更多的试验研究以进一步分析讨论。

## 参考文献:

- [1] WEBSTER CC, BAULKWILL W. Rubber[M]. Singapore: Singapore Longman Publishers(Pte)Limited, 1989: 1-124.
- [2] 何康,黄宗道. 热带北缘橡胶树栽培[M]. 广州:广东科技出版社,1987.
- [3] 徐艺格,王丽娟. 草莓品质育种研究进展[J]. 北方园艺,2020(18):152-157.
- [4] 韩飞,赵婷婷,刘小莉,等. 山梨猕猴桃与中华猕猴桃种间杂交后代果实性状的遗传倾向分析[J]. 植物科学学报,2022,40(4):505-512.
- [5] SETHURAJ MR, MATHEW NM. Natural rubber: biology, cultivation and technology[M]. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1992:88-115.
- [6] 张凤良,毛常丽,胡永华,等. 云南保存橡胶树部分种质资源干形及分枝变异分析[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(3):534-539.
- [7] 曾霞,胡彦师,方家林,等. 橡胶树1981'IRRDB野生种质主要性状鉴定——1986—1994年大田鉴定区[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(1):35-40.
- [8] 李维国,张晓飞,黄肖,等. 3份橡胶树野生种质杂交子代早期鉴定初报[J]. 热带作物学报,2014,35(10): 1879-1883.
- [9] 刘春燕,秦改花,黎积誉,等. 石榴籽粒大小遗传多样性及遗传倾向研究[J]. 中国果树,2021(7):29-32,44.
- [10] 董玉琛,曹永生,张学勇,等. 中国普通小麦初选核心种质的产生[J]. 植物遗传资源学报,2003,4(1):1-8.
- [11] 代攀虹,孙君灵,何守朴,等. 陆地棉核心种质表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 中国农业科学,2016, 49(19):3694-3708.
- [12] 李文秀,贺军军,张华林,等. 橡胶树杂交子代遗传特性及遗传多样性分析[J]. 西南农业学报,2022,35(5): 981-990.
- [13] 李周岐,王章荣. 林木杂交育种研究新进展[J]. 西北林学院学报,2001,16(4):93-96.
- [14] 杨军贺,傅爱平,钟永达,等. 亚美马褂木无性系幼林生长性状变异及选择研究[J]. 西部林业科学,2022(51): 70-76.
- [15] 李维国,张晓飞,黄肖,等. 3份橡胶树野生种质杂交子代早期鉴定初报[J]. 热带作物学报,2014,35(10): 1879-1883.
- [16] 方家林,张晓飞,李维国,等. 橡胶树野生种质59号杂交子代早期鉴定初报[J]. 热带农业科学,2013,33(8): 20-23.
- [17] 张晓飞,黄肖,高新生,等. 橡胶树栽培种质农艺性状的相关性和聚类分析[J]. 植物遗传资源学报,2016,17(5):877-882.
- [18] 潘存祥,许勇,纪海波,等. 西瓜种质资源表型多样性及聚类分析[J]. 植物遗传资源学报,2015,16(1):59-63.
- [19] 累进生. 观赏辣椒种质资源遗传多样性研究[D]. 武汉:华中农业大学,2005.
- [20] 刘巍,蒋胜军,彭儒胜,等. 美洲黑杨与小青杨杂交子代苗期性状评价[J]. 西部林业科学,2022(51):96-102.