

4 个引进橡胶树胶木兼优品种比较试验

张晓飞^{1,2}, 黄肖^{1,2}, 李维国^{1,2*}

1. 中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南海口 571101; 2. 国家橡胶树育种中心, 海南儋州 571737

摘要: 为了能够客观地筛选出适合我国植胶环境的橡胶树胶木兼优新品种, 基于品种比较试验对 4 个国外引进品种‘热试 09-5’‘热试 09-6’‘热试 09-7’和‘热试 09-10’的产量及副性状进行综合评价。结果表明, 4 个参试品种中, ‘热试 09-7’表现出速生性状, 4 个参试品种的产量特性不明显, 仅‘热试 09-5’在开割第 1 年与对照相当, 其他年份均低于对照。胶乳生理参数分析结果表明, ‘热试 09-5’的干胶产量、排胶初速度与对照差异不显著, 而蔗糖含量低, 硫醇含量高, 认为该品种产胶潜力大, 胶乳稳定性好, 排胶快, 糖利用率高。‘热试 09-6’原生皮厚度较厚, 树皮中乳管列数多, 与‘RRIM600’相比, 干胶含量、堵塞指数高, 排胶初速度和蔗糖含量差异不显著, 认为该品种有较好的产胶潜力, 但胶乳代谢强度低, 可考虑通过刺激提高代谢强度, 达到增产的目的; 各参试品种的生胶性能、硫化胶的物理机械性能及分子量和分子量分布差异分析结果表明, 不同指标参数在品种间存在差异, ‘热试 09-5’的塑性初值最低, 塑性保持率最大, ‘热试 09-6’门尼粘度最高, ‘热试 09-5’最低, ‘热试 09-7’有较大的重均分子量, 呈现出较好的物理机械性能。在抗逆性表现方面, ‘热试 09-5’的风害断倒率最小, ‘热试 09-10’最高; 抗寒前哨数据结果表明, 在对照品种‘93-114’无寒害发生的情况下, ‘热试 09-5’寒害等级为 1.00, ‘热试 09-7’为 0.17。综合分析表明, 4 个引进品种的速生性状明显, ‘热试 09-6’有较好的产胶潜力, ‘热试 09-5’的抗风性优于对照, ‘热试 09-7’的寒害适应能力较好。综上所述‘热试 09-6’综合性状较好, 适合在海南中西部轻风区生产性试种。

关键词: 橡胶树; 引进品种; 产胶特性; 干胶产量; 适应性

中图分类号: S794.1 文献标识码: A

Comparison Experiment of Four Introduced Timber / Latex Clones in *Hevea brasiliensis*

ZHANG Xiaofei^{1,2}, HUANG Xiao^{1,2}, LI Weiguo^{1,2*}

1. Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China; 2. State Center for Rubber Tree Breeding, Danzhou, Hainan 571737, China

Abstract: In order to objectively select new rubber tree clones suitable for China's rubber planting environment, the yield and secondary characters of four introduced clones ‘Reshi 09-5’ ‘Reshi 09-6’ ‘Reshi 09-7’ and ‘Reshi 09-10’ were systematically identified and evaluated. The results showed that among the four clones, just ‘Reshi 09-7’ showed fast-growing, not yet in yield. Only ‘Reshi 09-5’ was close to the control in the first taping year and was lower in other years. The results of latex physiological characteristics showed that, according to good latex stability, fast latex discharge and high sugar utilization rate, ‘Reshi 09-5’ showed good rubber production potential, had higher thiol content and lower sucrose content than that of ‘RRIM600’, and there was no significant difference in dry rubber yield and initial speed of latex discharge between them. ‘Reshi 09-6’ had higher dry rubber content and plugging index, thicker original bark and more latex tubes number than ‘RRIM600’, and there was no significantly differences in initial flow rate and sucrose content between them. It was considered that the variety had good rubber production potential, but the metabolic intensity of latex was low. It had better potential in latex production, but a low metabolic intensity, so the production

收稿日期 2022-05-10; 修回日期 2022-06-27

基金项目 国家天然橡胶产业技术体系项目 (No. CARS-33-YZ2); 海南省重点研发计划项目 (No. ZDYF2019079)。

作者简介 张晓飞 (1981—), 男, 硕士, 副研究员, 研究方向: 橡胶树遗传育种。*通信作者 (Corresponding author): 李维国 (LI Weiguo), E-mail: leewg23@163.com。

could be increased by stimulated tapping. The results of raw rubber properties, physical and mechanical properties, molecular weight and molecular weight distribution of vulcanizates of different varieties showed that there were some differences among the four clones. 'Reshi 09-5' showed the lowest in plastic initial value and Mooney viscosity, but the highest plastic retention rate. 'Reshi 09-6' showed the highest Mooney viscosity. According to larger weight-average molecular weight, 'Reshi 09-7' showed good physical and mechanical properties. In terms of stress resistance performance, 'Reshi 09-5' had the lowest wind damage collapse rate and 'Reshi 09-10' had the highest. The results of cold-resistant outpost data showed that under the condition of no cold injury in the control clone '93-114', the cold injury grade of 'Reshi 09-5' was 1.00, and that of 'Reshi 09-7' was 0.17. The comprehensive analysis results showed that the fast-growing traits of the four introduced clones were obvious. 'Reshi 09-6' had good rubber production potential. 'Reshi 09-5' had better wind resistance than 'RRIM600', 'Reshi 09-7' had good adaptability in cold damage. Among the four clones, 'Reshi 09-6' showed better performance in yield, girth growth, latex physiological characteristics and latex quality, and suitable to popularize and cultivate in same condition.

Keywords: *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.; introduced clone; latex production characteristic; dry rubber yield; adaptability

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.03.009

天然橡胶是重要的战略物资和工业原料,在全世界 2500 种以上的产胶植物中,巴西橡胶树 (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) 是目前商品天然橡胶的唯一来源,其具有胶乳产量高、质量好,经济寿命长、采胶容易、胶乳再生快等优点。为打破帝国主义对新中国的封锁,我国的天然橡胶产业是在解放初期,在党中央和各级领导的重视和支持下,通过国外品种引种试种和大面积推广种植发展起来的,在社会主义建设和国民经济发展中发挥重要作用,已成为热区的重要支柱产业之一。为提高单位面积产量,选育适合我国特殊环境的橡胶树新品种,育种工作者不断总结经验,在引进国外品种试验的基础上,通过杂交创制,育成了‘热研 73397’‘热研 879’‘云研 77-2’‘文昌 11’等高产抗逆新品种,在产量和抗性方面较国外引进品种均有显著提升,为我国天然橡胶产业的可持续发展提供了重要保障^[1-4]。

产量育种一直是国际橡胶树育种的首要目标,我国属非传统植胶区,橡胶树新品种的选育在产量选择的同时,还要兼顾抗风和抗寒性状。另外,随着橡胶木材防腐技术的成熟和改性橡胶木在家具制造业中的良好性能以及全球性的木材紧缺,橡胶木材的加工利用得到迅猛发展,胶木兼优品种的选育成为国际橡胶树育种新趋势。20 世纪末,在植胶条件较好的马来西亚和印度尼西亚等植胶大国,相继育成胶木兼优品种,引领世界橡胶树选育种的新方向。其中,马来西亚的 RRIM2000 和 RRIM3000 系列,印度尼西亚的 IRR400 系列成为胶木兼优新品种的代表,这些品种在不损失产量的条件下,树木茎围增粗较快

且枝下高较高,可较常规品种提早 2~3 a 达到开割标准,并在木材蓄积量上有明显增加。因此,选育和推广橡胶树胶木兼优新品种,不仅可以改变我国天然橡胶业单一产品结构,增强对市场环境的适应能力,保证我国国民经济和国防工业发展对天然橡胶的需求,还可以缓解木材供应的紧张局面,提高产业的经济效益。

我国在胶木兼优品种的选育研究起步较晚,于 1996 年开始进行种质材料收集,1998 年进行了第一次以选育胶木兼优品种为目的的杂交授粉,2000 年前后从马来西亚引种试种,成功选育出‘热垦 628’‘热垦 525’‘热垦 523’等 3 个胶木兼优品种^[5-7],目前仅‘热垦 628’的综合特性较好,适合在我国植胶区大面积推广种植,但是其总体水平仍与马来西亚、印度尼西亚等国家的胶木兼优品种存在较大差距。为加快我国胶木兼优品种的选育和推广进程,2008 年又通过相关渠道引进一批国外优良胶木兼优品种,参照橡胶树育种技术规程,2009 年选取 4 个品种在中国热带农业科学院试验场橡胶树育种基地进行品种比较试验。本研究重点对这 4 个橡胶树品种的茎围生长、抗逆性、产量及胶乳生理特性等进行多年的综合评价,为下一步橡胶树品种的登记和扩大应用提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材料

参试品种为‘热试 09-5’‘热试 09-6’‘热试 09-7’和‘热试 09-10’。

品种比较试验设在海南省儋州市中国热带农

业科学院试验场,属热带季风气候,年平均气温 23.7℃,≥10℃的年活动积温 8430~8690℃,年平均降雨量 1700 mm 以上。试验地为<5°缓坡,土壤类型为砖红壤,橡胶树种植限制因子为台风。

抗寒前哨试验设在广西龙州广西南亚热带农业科学研究所基地,属南亚热带季风气候,年平均气温 20.8~22.4℃,最冷月份低温可达 0℃,年降雨量 1200 mm 以上。试验地为平地,土壤微沙壤土,肥力中等。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 品种比较试验于 2009 年 7 月定植,以‘RRIM600’为对照,改良对比法设计,每个品种 3 个小区,每重复(小区)60 株,定植株行距 3.0 m×7.0 m。

抗寒前哨试验于 2019 年 6 月定植,以‘93-114’为对照,随机区组设计,每个品种 3 次重复,每小区 5 株,株行距 1.0 m×1.0 m。

1.2.2 综合性状测定 (1)茎围生长量测定。定植后,每年年末用软尺逐株测量距地面 100 cm 处茎围。

(2)干胶产量测定。参照《橡胶树育种技术规程》^[8]和《橡胶树割胶技术规程》^[9],测定参试品种的株次干胶产量。

(3)抗风性统计。参照《橡胶树栽培技术规程》^[10],在试验区遭遇风灾后调查受害情况。

(4)胶乳生理参数的测定。参照肖再云等^[11-12]的方法,在田间测定排胶初速度和胶乳产量,并计算堵塞指数;采集胶乳样品,测定蔗糖、硫醇及无机磷含量。

(5)树皮显微结构观察。开割后第 2 年,每个参试品种采集 3 株树干树皮,采用石蜡切片法观测树皮中石细胞数量、次生乳管列数等性状^[13]。

(6)胶乳加工性能的测定。采集参试品种胶乳,按照天然生胶加工要求处理样品^[14-15],将最后得到的 1000 g 干胶送检测机构,测定灰分、总氮、分子量及分布、塑性初值、塑性保持率、门尼粘度等生胶指标。样品硫化后,测定 300%定伸应力、拉伸强度、断裂伸长率、撕裂强度等指标,各品种的胶乳性能按照相应国家标准进行测试^[16-20]。

(7)抗寒性评价鉴定。参照《橡胶树栽培技术规程》,统计抗寒前哨点幼龄植株在寒害发生后的受害情况。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 和 SPSS 软件对试验数据进行统计,并进行差异显著性分析及相关性分析。

2 结果与分析

2.1 引进品种的生长及适应性

2.1.1 茎围生长 茎围生长是评价橡胶树的重要性状之一,也是胶园开割的主要参考依据。在我国植胶区,同林段内,芽接树离地 100 cm 处树围达到 50 cm 即可达到开割标准。由表 1 可知,引进品种‘热试 09-6’‘热试 09-7’在 2016 年末即达到开割标准,其他 2 个品种在 2017 年末相继达标。其中,‘热试 09-7’的年均茎围增粗显著快于对照。开割后,各品种茎围生长均有所减缓,但仍快于对照‘RRIM600’,‘热试 09-10’与对照呈显著差异。

表 1 2016—2021 年不同橡胶树品种的茎围生长量

Tab. 1 Stem girth growth of different rubber tree varieties from 2016 to 2021

cm

品种 Varity	2016	2017	2018	开割前年均增粗 Average girth growth before tapping			开割后年均增粗 Average girth growth after tapping		
				2019	2020	2021			
热试 09-5	49.8 ^a	53.2 ^{ab}	57.7 ^{ab}	6.4 ^{ab}	60.4 ^{ab}	63.0 ^{ab}	65.8 ^{ab}	2.7 ^b	
热试 09-6	50.7 ^a	55.2 ^a	59.3 ^{ab}	6.6 ^{ab}	62.3 ^a	64.0 ^a	66.6 ^{ab}	2.4 ^b	
热试 09-7	51.3 ^a	55.0 ^a	59.9 ^a	6.7 ^a	62.1 ^a	63.8 ^a	66.8 ^{ab}	2.3 ^b	
热试 09-10	46.9 ^{ab}	51.6 ^{ab}	56.6 ^{ab}	6.3 ^{ab}	62.3 ^a	65.6 ^a	69.4 ^a	4.3 ^a	
RRIM600	44.3 ^b	48.8 ^b	54.5 ^b	6.0 ^b	56.7 ^b	58.3 ^b	61.6 ^b	2.3 ^b	

注: 同列不同小写字母表示品种间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between varieties ($P<0.05$).

2.1.2 抗风性 2016 年 10 月 18 日第 21 号台风“莎莉嘉”在海南省万宁市和乐镇沿海登陆,中心附近最大风力 14 级 (45 m/s),给海南带来较

强的风雨灾害,中西部植胶区也受到相当程度的影响。试验区各品种受损情况调查结果表明(表 2),受害较轻的品种为‘热试 09-5’,‘热试 09-10’

受害严重，断倒率达到了 35.09%。

2.1.3 抗寒性 前哨点 2020 年 12 月 1 日—2021 年 2 月 28 日气象站监测数据表明，自 2020 年 12 月起即有大幅降温，且在上旬和中旬均出现一个明显的降温过程，2 次的最低温度均在 5℃左右；在 2021 年 1 月有 3 个降温过程，最低温度出现在 1 月 2 日为 2.5℃；2021 年 2 月，气温开始回暖，未出现低于 10℃的极端天气。从这 3 个月温度的变化趋势看，降温频次较多，但致命性灾害气温的持续

时间不长，易造成辐射型寒害，但对通风透气性好的试验地影响较小。相对湿度在 83%左右，几个相对湿度较低时间段集中出现在 2021 年 1 月(图 1)。

从寒害调查统计结果看，除对照品种‘93-114’外，其他品种均有寒害发生，但总体寒害表现相对较轻。其中，‘热试 09-5’受害最重，其平均寒害级别为 1.00，‘热试 09-10’为 0.50，‘热试 09-7’受害较轻为 0.17，‘热试 09-10’最轻为 0.10。

表 2 不同橡胶树品种风害比较
Tab. 2 Comparison of wind damage of different rubber tree varieties

品种 Variety	4 级株数 Number of level 4	5 级株数 Number of level 5	6 级株数 Number of level 6	半倒株数 Number of half down	全倒株数 Number of all down	断倒率 Breaking rate/%
热试 09-5	0	0	0	0	0	0.00
热试 09-6	5	4	0	0	6	7.89
热试 09-7	2	5	0	0	0	4.40
热试 09-10	4	5	0	4	31	35.09
RRIM600	8	2	0	1	3	2.31

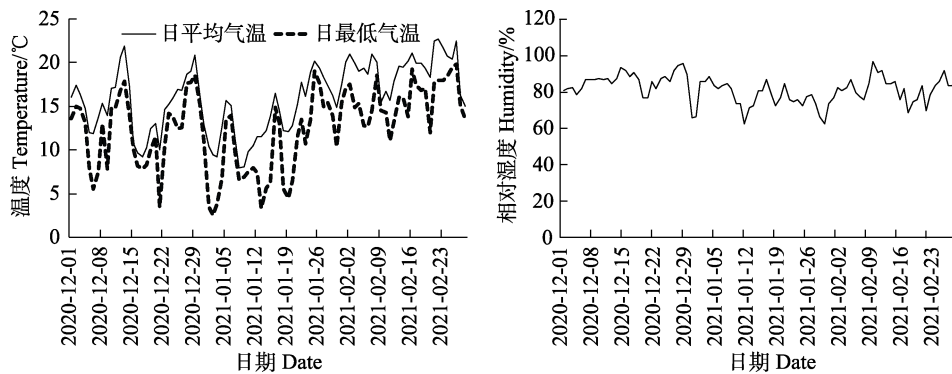


图 1 2020—2021 年广西龙州冬春温度和湿度变化情况

Fig. 1 Changes of temperature and relative humidity in winter and spring from 2020 to 2021 in Longzhou, Guangxi

2.2 引进品种产排胶特性

2.2.1 干胶产量 试验区 2019 年开割，采用 S/2 D3 割制。从 3 a 的产量看，在干胶含量上，引进品种普遍较高，其中‘热试 09-10’在第 1 割年和第 2 割年显著高于对照‘RRIM600’，‘热试 09-6’与对照相当。在干胶产量上，引进品种均表现较差，均低于对照品种，如‘热试 09-10’产量水平持续低且增产幅度不大，‘热试 09-5’在第 1 割年刀次干胶 37.07 g，与对照相当，但是随着割龄增加反而产量降低，‘热试 09-6’在第 2 割年后，显著低于对照，但显著高于其他品种，且产量稳定(表 3)。

2.2.2 胶乳生理指标 对‘热试 09-5’‘热试 09-6’

‘热试 09-7’和‘RRIM600’进行胶乳生理指标测定，结果表明，‘热试 09-5’‘热试 09-6’胶乳排胶初速度与‘RRIM600’相当，‘热试 09-7’显著低于对照。胶乳堵塞指数在引进品种间差异不显著，但‘热试 09-5’和‘热试 09-6’均显著高于‘RRIM600’。‘热试 09-6’的蔗糖含量最高为 10.30 mmol/L，显著高于‘热试 09-5’，与‘热试 09-7’和对照间差异不显著；‘热试 09-5’胶乳中硫醇含量为 1.25 mmol/L，显著高于‘热试 09-7’和对照，与‘热试 09-6’差异不显著；引进品种的胶乳无机磷含量均显著低于对照(表 4)。

2.2.3 树皮结构 通过石蜡切片法，观测不同品种间树皮厚度、树皮中乳管列数和石细胞数量的

表 3 不同橡胶树品种干胶含量和产量
Tab. 3 Dry rubber content and yield of different rubber tree varieties

品种 Variety	第 1 割年 First tapping year		第 2 割年 Second tapping year		第 3 割年 Third tapping year	
	干胶含量 Dry rubber content/%	刀次干胶 Yield per tapping/g	干胶含量 Dry rubber content/%	刀次干胶 Yield per tapping/g	干胶含量 Dry rubber content/%	刀次干胶 Yield per tapping/g
热试 09-5	28.12 ^c	37.07 ^a	33.01 ^{ab}	33.23 ^c	29.52 ^c	30.91 ^c
热试 09-6	30.18 ^b	25.96 ^b	33.17 ^{ab}	42.30 ^b	37.69 ^a	39.50 ^b
热试 09-7	32.72 ^a	14.22 ^d	31.97 ^{ab}	32.72 ^c	34.96 ^b	32.80 ^c
热试 09-10	32.97 ^a	22.82 ^c	33.72 ^a	26.72 ^d	35.65 ^b	23.13 ^d
RRIM600	28.89 ^{bc}	37.83 ^a	31.80 ^b	53.83 ^a	35.83 ^b	51.41 ^a

注：同列不同小写字母表示品种间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between varieties ($P<0.05$).

表 4 不同橡胶树品种胶乳生理参数
Tab. 4 Latex physiological characteristics of different rubber tree varieties

品种 Variety	排胶初速度 Initial flow rate/(mL·min ⁻¹)	堵塞指数 Plug index/%	蔗糖含量 Sucrose content/(mmol·L ⁻¹)	硫醇含量 Thiol content/(mmol·L ⁻¹)	无机磷含量 Phosphorus content/(mmol·L ⁻¹)
热试 09-5	2.62±0.18 ^a	1.54±0.18 ^a	5.34±2.00 ^b	1.25±0.14 ^a	8.73±0.95 ^b
热试 09-6	2.29±0.40 ^a	1.64±0.03 ^a	10.30±0.81 ^a	1.03±0.09 ^{ab}	5.64±0.72 ^c
热试 09-7	1.05±0.28 ^b	1.47±0.16 ^{ab}	7.65±1.14 ^{ab}	0.99±0.10 ^b	6.64±0.16 ^c
RRIM600	2.44±0.19 ^a	1.20±0.12 ^b	8.42±1.70 ^a	0.96±0.15 ^b	10.93±0.98 ^a

注：同列不同小写字母表示品种间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between varieties ($P<0.05$).

差异,结果表明,‘热试 09-6’树皮厚度为 8.3 mm,树皮中乳管平均列数为 18.9 列,石细胞平均数量 50.8 个,这 3 项指标均显著高于其他引进品种和对照;‘热试 09-10’则相反,树皮平均厚度 5.1 mm,乳管平均列数 5.1 列,石细胞平均数量 24.6 个,均显著低于其他品种(表 5)。

2.3 引进品种干胶特性

对 4 个引进品种和对照品种所得胶乳制成生胶,检测生胶性能。结果表明(表 6),5 个品种所得生胶各项质量指标均符合标准橡胶的规格(GB/T 8081—2008),在品种间存在差异。‘热试 09-6’灰分含量高,在总氮含量方面,几个参试品

表 5 不同橡胶树品种树皮厚度及乳管特征
Tab. 5 Bark thickness and laticifer characteristics of different rubber tree varieties

品种 Variety	原生皮厚度 Original bark thickness/mm	乳管列数 Number of laticifer	石细胞数量 Number of stone cell
热试 09-5	6.0 ^c	11.7 ^d	30.4 ^d
热试 09-6	8.3 ^a	18.9 ^a	50.8 ^a
热试 09-7	7.4 ^b	16.3 ^b	40.5 ^b
热试 09-10	5.1 ^d	5.1 ^e	24.6 ^e
RRIM600	7.2 ^b	14.2 ^c	34.4 ^c

注：同列不同小写字母表示品种间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significant differences between varieties ($P<0.05$).

表 6 不同橡胶树品种的生胶性能
Tab. 6 Raw rubber performance of different rubber tree varieties

品种 Variety	灰分 Ash content/%	总氮 Total nitrogen/[g·(100 g) ⁻¹]	塑性初值 Initial plasticity value/%	塑性保持率 Plasticity retention index/%	门尼粘度 Mooney viscosity
热试 09-5	0.17	0.490	27	172	48.4
热试 09-6	0.24	0.472	39	101	63.4
热试 09-7	0.11	0.468	37	115	59.6
热试 09-10	0.16	0.437	32	133	54.8
RRIM600	0.19	0.592	30	130	52.5

种的总氮含量接近。‘热试 09-5’的塑性初值最低,但塑性保持率最大,这与它们的氮含量有关,蛋白质含量高的橡胶生胶生热性能大,动态性能差。各品种间的门尼粘度之间也存在较大差异,‘热试 09-6’最高,‘热试 09-5’最低,其他品种均高于对照。

通过对不同品种硫化胶的物理机械性能进行

测试分析,对割胶管理和调控橡胶加工质量有一定的指导意义。‘热试 09-6’‘热试 09-7’的拉伸强度最大,‘热试 09-10’的拉伸强度最小,‘热试 09-5’撕裂强度最大(表7)。

一般认为,胶乳的物理机械性能和分子量成正比^[21],从测试结果看,‘热试 09-7’有较大的重均分子量,呈现出较好的物理机械性能(表8)。

表7 不同橡胶树品种硫化胶的物理机械性能

Tab. 7 Physical and mechanical properties of preserved vulcanized rubber of different rubber tree varieties

品种 Variety	拉伸强度 Tensile strength/MPa	300%定伸应力 Modulus at 300%/MPa	断裂伸长率 Elongation at break/%	撕裂强度 Tear strength/(kN·m ⁻¹)
热试 09-5	28.2	12.9	516	59.8
热试 09-6	28.9	13.1	514	54.2
热试 09-7	28.9	11.9	530	56.2
热试 09-10	26.8	12.2	500	54.8
RRIM600	28.1	13.8	491	54.5

表8 不同橡胶树品种分子量及分子量分布

Tab. 8 Molecular weight and distribution of different rubber tree varieties

品种 Variety	数均分子量 Mn	重均分子量 Mw	分布系数 Mw/Mn
热试 09-5	19.82×10 ⁴	16.54×10 ⁵	8.35
热试 09-6	28.40×10 ⁴	20.31×10 ⁵	7.15
热试 09-7	27.31×10 ⁴	20.68×10 ⁵	7.57
热试 09-10	24.85×10 ⁴	18.91×10 ⁵	7.61
RRIM600	20.30×10 ⁴	16.92×10 ⁵	8.34

2.4 综合评级

本研究围绕4个引进品种的干胶产量、生长量、产排胶潜力、胶乳性能及抗风性和抗寒性早期预测开展系列工作,从初步分析的结果看,各测定性状在品种间均存在差异,不同品种表现出不同的品种特性。

参照 NY/T 688—2018《橡胶树品种类型》,引进品种的茎围生长均比对照‘RRIM600’快,其中‘热试 09-6’‘热试 09-7’的年均茎围生长均比对照高10%或以上,达到速生品种要求;在干胶产量上,引进品种均低于对照,仅‘热试 09-6’表现相对较好,但显著低于对照,但从胶乳生理及树皮结构分析,该品种有较好的产排胶潜力。通过干胶特性分析,各品种间存在差异,可为下游制品的特殊需求提供参考依据。在其他副性状上,因国外品种不考虑抗风和抗寒因素,在引进试种方面无参考依据,其育成品种的此类特性存在偶然性,从试验结果看,‘热试 09-5’风害适应

性较好,‘热试 09-6’表现出较好的寒害适应性。在我国,胶木兼优品种以产量与对照相当,茎围生长较对照高10%为主要指标,与以此为标准选出的‘热垦 525’‘热垦 628’相比^[6-7],引进品种均未达到胶木兼优的选育标准。但因橡胶树产量获取是多年的,也有一些品种存在晚熟现象,从已鉴定的结果看,‘热试 09-6’有进一步扩大试验的价值,其他品种可作为亲本材料,利用其速生特性,与国内选育的高产品种杂交,以期获得速生高产的优异子代材料。

3 讨论

提高产量仍是我国橡胶树新品种选育的主要目标之一。天然橡胶是通过切断橡胶树乳管获得,大量研究表明,树皮中次生乳管数量、2次割胶间的胶乳再生和排胶持续时间是影响胶树产量的3个重要因素,也是橡胶树品种的遗传特性。橡胶树的乳管是天然橡胶合成和贮存场所,是决定天然橡胶产量的最重要的结构成分。采用石蜡切片法分析参试品种橡胶树的乳管列数,从树皮结构与发育上分析不同品种产量差异的遗传因素。树干树皮中的乳管数量是决定天然橡胶产量的最重要结构因子,且与天然橡胶产量呈正相关^[22-24]。本研究中,各参试品种间乳管数量存在显著差异,干胶产量之间也存在显著差异,乳管数量最多的‘热试 09-6’表现出最高的干胶产量,乳管列数较少的‘热试 09-10’产量最低,但也存在乳管数量相

当的品种间产量差别较大的现象。因此,仅测定乳管数量这一指标,不能如实反映不同品种的产量情况。

从胶乳生理指标入手,解析不同品种的产排胶特性及潜力,可能进一步说明不同的产量差异。已有研究表明,国内外学者一致认为,蔗糖、硫醇及无机磷含量为主要决定因素。其中,蔗糖是天然橡胶生物合成的原料,其含量是产胶潜力的重要指标之一^[25]。当蔗糖的生产率是橡胶合成的限制因子时,与产量之间呈正相关,而当蔗糖代谢利用率低于累积时,与产量呈负相关^[25-28]。本研究中,‘热试 09-6’的蔗糖含量与对照相当,‘热试 09-5’的蔗糖含量最低,干胶产量较低的‘热试 09-7’与对照相当。

国内外学者在不同橡胶树种质和品种分子量大小及分布、生胶组分、加工性能方面展开了大量研究,结果均显示这些指标与品种关系密切^[29-34]。本研究中,各参试品种的生胶性能、硫化胶的物理机械性能及分子量和分子量分布在品种间也存在一定差异,这也为下游不同产品的加工要求提供基础材料。其中,‘热试 09-6’分子量大,门尼粘度高,同时也表现出较好的拉伸强度。

本研究对象为从育种先进国家引进的胶木兼优新品种,在有效拓宽我国橡胶树育种资源的同时,也加速我国此类品种的育种进程和种质创新;分析引自国外的橡胶树优良品种的特性,评价其在国内的适应性,有助于拓展其推广应用,可有效改善我国植胶业的品种结构。本研究具体实施地位于海南省儋州市,该地区属 I 类植胶区,主要环境气候类型为轻风区,受台风影响相对较小,害寒影响较小,偶发重风。适宜该区域的品种可扩大试种于屯昌县、澄迈县、临高县、白沙县、琼中县、五指山市等中西部市(县),在改良品种结构和降低单一品种风险上具有重要意义。

参考文献

- [1] 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.
HE K, HUANG Z D. Rubber tree cultivation in northern tropical margin[M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1987. (in Chinese)
- [2] 黄华孙,梁茂寰,吴云通,黎德舜,何进威. 中规模推广级橡胶树优良品种热研 7-33-97 的选育[J]. 热带作物学报, 1994, 15(2): 1-6.
HUANG H S, LIANG M H, WU Y T, LI D S, HE J W. Selection and breeding of a moderate scale clone SCATC 7-33-97[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 1994, 15(2): 1-6. (in Chinese)
- [3] 敖硕昌,和丽岗,肖桂秀,陈建白,何长贵. 橡胶树高产抗寒材料云研 77-2、云研 77-4 的选育[J]. 云南热作科技, 1998, 21(2): 3-8.
AO S C, HE L G, XIAO G X, CHEN J B, HE C G. Selection of rubber cold fast and high-yield strains, Yunyan 77-2 and Yunyan 77-4[J]. Journal of Yunnan Tropical Crops Science & Technology, 1998, 21(2): 3-8. (in Chinese)
- [4] 黄华孙. 中国橡胶树育种五十年[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
HUANG H S. Fifty years of rubber tree breeding in China[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2005. (in Chinese)
- [5] 高新生,李维国,张晓飞,吴春太,张伟算,方加林,黄华孙. 速生高产品种‘热垦 523’的试种研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(11): 2001-2006.
GAO X S, LI W G, ZHANG X F, WU C T, ZHANG W S, FANG J L, HUANG H S. Trial planting of fast-growing and high-yield rubber clone Reken 523[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2011, 32(11): 2001-2006. (in Chinese)
- [6] 李维国,高新生,张伟算,张晓飞,吴春太,方加林,黄华孙. 橡胶树胶木兼优品种热垦 525 适应性试种研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32(10): 1793-1798.
LI W G, GAO X S, ZHANG W S, ZHANG X F, WU C T, FANG J L, HUANG H S. Trial planting of timber/latex clone Reken 525 *Hevea brasiliensis*[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2011, 32(10): 1793-1798. (in Chinese)
- [7] 高新生,黄华孙,张晓飞,吴春太,王祥军,黄肖,张伟算,方家林,李维国. 胶木兼优品种热垦 628 品种比较试验报告[J]. 热带作物学报, 2013, 34(10): 1853-1858.
GAO X S, HUANG H S, ZHANG X F, WU C T, WANG X J, HUANG X, ZHANG W S, FANG J L, LI W G. Report on clone comparative trial for timber/latex clone Reken 628 in *Hevea brasiliensis*[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2013, 34(10): 1853-1858. (in Chinese)
- [8] 中华人民共和国农业农村部. 橡胶树育种技术规程: NY/T 607—2018[S]. 北京: 中国农业出版社, 2018.
Ministry Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Rubber tree breeding technology regulation: NY/T 607—2018[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2018. (in Chinese)
- [9] 中华人民共和国农业农村部. 橡胶树割胶技术规程: NY/T 1088—2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
Ministry Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Technical regulations for exploitation of

- rubber tree: NY/T 1088—2006[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2006. (in Chinese)
- [10] 中华人民共和国农业农村部. 橡胶树栽培技术规程: NY/T 221—2006[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
Ministry Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Technical regulations for cultivation of rubber tree: NY/T 221—2006[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2006. (in Chinese)
- [11] 肖再云. 橡胶树胶乳生理微诊断测定方法[J]. 热带农业科学, 2005, 25(6): 29-31.
XIAO Z Y. Physiological micro diagnostic method for latex of *Hevea brasiliensis*[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2005, 25(6): 29-31. (in Chinese)
- [12] 杨少琼, 何宝玲. 橡胶树乳管系统功能的胶乳诊断- I. 硫醇含量的测定[J]. 热带作物研究, 1989(1): 65-68.
YANG S Q, HE B L. The functioning of the laticiferous system for latex diagnosis in rubber tree-determination of mercaptan content[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 1989(1): 65-68. (in Chinese)
- [13] 赵修谦. 巴西橡胶制片法[J]. 植物学报, 1980, 22(1): 101-102.
ZHAO X Q. New methods for preparing the slides of *Hevea brasiliensis*[J]. Acta Botanica Sinica, 1980, 22(1): 101-102. (in Chinese)
- [14] 何映平. 天然橡胶加工学[M]. 海口: 海南出版社, 2007.
HE Y P. Natural rubber processing[M]. Haikou: Hainan Press, 2007. (in Chinese)
- [15] 李志君. 天然橡胶的分析与试验[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.
LI Z J. Analysis and test of natural rubber[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2007. (in Chinese)
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定: GB/T 528—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Rubber, vulcanized or thermoplastic-determination of stress-strain properties: GB/T 528—2009[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing press, 2009. (in Chinese)
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 硫化橡胶和热塑性橡胶撕裂强度的测定: GB/T 529—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Rubber, vulcanized or thermoplastic-determination of tear strength: GB/T 529—2008[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing press, 2008. (in Chinese)
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 未硫化橡胶塑性的测定 快速塑性计法: GB/T 3510—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Rubber, unvulcanized -determination of plasticity rapid plastimeter method: GB/T 3510—2006[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing Press, 2006. (in Chinese)
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 天然生胶塑性保持率(PRI)的测定: GB/T 3517—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Rubber, raw natural-determination of plasticity retention index (PRI): GB/T 3517—2014[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing Press, 2014. (in Chinese)
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 未硫化橡胶用圆盘剪切黏度计进行测定 第1部分: 门尼黏度的测定: GB/T 1232.1—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Rubber, unvulcanized-determinations using a shearing-disc viscometer part1: determination of mooney viscosity: GB/T 1232.1—2016[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing Press, 2016. (in Chinese)
- [21] 廖小雪, 吴翠, 廖双泉, 廖新荣, 刘日. 不同品系天然橡胶胶乳的性能研究[J]. 广东化工, 2011, 38(3): 45-46.
LIAO X X, WU C, LIAO S Q, LIAO X R, LIU R. Research on properties of natural rubber latex of different strains[J]. Guangdong Chemical Industry, 2011, 38(3): 45-46. (in Chinese)
- [22] 田维敏, 史敏晶, 谭海燕, 吴继林, 郝秉中. 橡胶树树皮结构与发育[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
TIAN W M, SHI M J, TAN H Y, WU J L, HAO B Z. Bark structure and development of *Hevea brasiliensis*[M]. Beijing: Science Press, 2015. (in Chinese)
- [23] SILVA C C, MANTELLO C C, CAMPOS T. Leaf-, panel- and latex-expressed sequenced tags from the rubber tree (*Hevea brasiliensis*) under cold-stressed and suboptimal growing conditions: the development of gene-targeted functional markers for stress response[J]. Molecular Breeding, 2014, 34(3): 1035-1053.
- [24] 张世鑫, 刘宁涛, 杨曙光, 陈月昇, 晁金泉, 田维敏. 巴西橡胶树次生乳管分化能力的早期评价方法研究[J]. 热带作物学报, 2018, 39(7): 1266-1275.
ZHANG S X, LIU N T, YANG S G, CHEN Y Y, CHAO J Q, TIAN W M. Early evaluation method of secondary laticifer differentiation ability in *Hevea brasiliensis*[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(7): 1266-1275. (in Chinese)

- nese)
- [25] 杨少琼, 范思伟. 胶乳诊断及其初步应用(一)[J]. 热带作物科技, 1993(4): 14-17.
YANG S Q, FAN S W. The latex diagnosis and development[J]. Technology of Tropical Crops, 1993(4): 14-17. (in Chinese)
- [26] JACOB J L, ESCHBACH J M, PREVOT J C, ROUSSEL D, LACROTTE R, CHRESTIN H, AUZAC J D. Physiology basis for latex diagnosis of the functioning of the laticiferous system in rubber trees[C]. International Rubber Conference, Kuala Lumpur, 1985.
- [27] 校现周, 徐闻献. RRIM600 刺激割胶制度及生理状况的研究[J]. 热带作物学报, 1991, 12(2): 1-8.
XIAO X Z, XU W X. Stimulated tapping system for clone RRIM600 and its physiological status[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 1991, 12(2): 1-8. (in Chinese)
- [28] 莫业勇, 杨少琼, 黎瑜. 橡胶无性系 PR170 胶乳生理参数的季节性变化[J]. 热带作物学报, 1999, 20(3): 12-15.
MO Y Y, YANG S Q, LI Y. Seasonal variation of latex physiological parameters in *Hevea* clone PR107[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 1999, 20(3): 12-15. (in Chinese)
- [29] 宁家胜, 黎燕飞, 潘俊任, 蒋一帆. 3种不同品系天然生胶的性能研究[J]. 热带农业工程, 2019, 43(2): 62-65.
NING J S, LI Y F, PAN J R, JIANG Y F. Study on the properties of natural rubber of three different strains[J]. Tropical Agricultural Engineering, 2019, 43(2): 62-65. (in Chinese)
- [30] 陈海芳, 张华平, 陈旭国. 天然橡胶分子量、分子量分布及其性能的研究[J]. 广西热带农业, 2008(3): 9-12.
CHEN H F, ZHANG H P, CHEN X G. Study on molecular weight distribution and properties of natural rubber[J]. Guangxi Tropical agriculture, 2008(3): 9-12. (in Chinese)
- [31] 曾宗强, 黄茂芳, 陈美. 不同品系天然橡胶硫化胶耐老化性能的研究[J]. 材料导报, 2009, 23(S1): 478-480.
ZENG Z Q, HUANG M F, CHEN M. Aging resistances of natural rubber vulcanizates from different clones of rubber trees[J]. Materials Reports, 2009, 23(S1): 478-480. (in Chinese)
- [32] 吴翠, 廖小雪, 廖双泉, 谭海生, 刘日, 廖新荣. 不同品系橡胶树的组份及生胶性能研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(16): 7-10.
WU C, LIAO X X, LIAO S Q, TAN H S, LIU R, LIAO X R. Study on components and raw rubber performance of different strains rubber tree[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2011, 27(16): 7-10 (in Chinese)
- [33] 吕明哲, 黄茂芳, 方蕾, 王开典, 杨春亮. 不同新品系天然生胶加工性能分析[J]. 广东农业科学, 2013, 40(15): 113-116.
LYU M Z, HUANG M F, FANG L, WANG K D, YANG C L. Study on processability of raw natural rubbers from different new clones[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2013, 40(15): 113-116. (in Chinese)
- [34] 王开典, 杨春亮, 吕明哲, 曾宗强, 梁志雄, 黄茂芳. 不同品系天然橡胶性能的研究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(11): 5029-5031.
WANG K D, YANG C L, LYU M Z, ZENG Z Q, LIANG Z X, HUANG M F. Research on properties of natural rubber of different strains[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2013, 41(11): 5029 -5031. (in Chinese)