

橡胶树品种热试 11-107 比较试验初报

张晓飞^{1,2,3}, 黄肖^{1,2,3}, 张源源^{1,2,3}, 李维国^{1,2,3*}

1. 中国热带农业科学院橡胶研究所, 海南海口 571101; 2. 热带作物生物育种全国重点实验室, 海南三亚 572024; 3. 国家橡胶树育种中心, 海南儋州 571737

摘要: 国外品种的引进和适应性评价在推动我国橡胶树发展上发挥重要作用。本研究以引进印度尼西亚橡胶树品种热试 11-107 为材料, 参照育种技术规程布置品种比较试验, 并对其茎围生长量、干胶产量、产排胶特性、天然橡胶质量等进行综合评价。结果表明: 热试 11-107 开割前年均茎围增粗 7.6 cm, 开割后年均增粗 3.0 cm, 速生特性明显; 开割前 5 年平均刀次干胶产量为 58.41 g, 干胶含量为 33.37%, 均显著优于对照品种 RRIM600; 热试 11-107 品种树皮中乳管列数多, 排胶初速度快, 堵塞指数低, 硫醇含量显著高于对照, 蔗糖含量与对照相当, 具有良好的产排胶特性, 产胶潜力大, 且寒害适用能力较好。热试 11-107 天然橡胶分子量大, 灰分含量高, 塑性初值高, 硫化胶的拉伸强度大, 撕裂强度大, 物理机械性能好。因此, 热试 11-107 综合性状较好, 适应我国植胶环境, 可在 I 类植胶区扩大试种。

关键词: 橡胶树; 引进品种; 比较试验; 评价; 适应性

中图分类号: S794.1 文献标志码: A

Trail Test Report of *Hevea brasiliensis* Clone Reshi11-107

ZHANG Xiaofei^{1,2,3}, HUANG Xiao^{1,2,3}, ZHANG Yuanyuan^{1,2,3}, LI Weiguo^{1,2,3*}

1. Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou, Hainan 571101, China; 2. National Key Laboratory for Tropical Crop Breeding, Sanya, Hainan 572024, China; 3. State Center for Rubber Tree Breeding, Danzhou, Hainan 571737, China

Abstract: The introduction and evaluation of foreign clones play an important role in promoting the development of rubber trees in China. In order to evaluate the adaptability of Indonesian rubber tree clone Reshi 11-107, the stem circumference growth, dry rubber yield, rubber production and discharge characteristics, and natural rubber quality were examined in the clone trail test, which was arranged according to the breeding technical regulations. The average annual stem girth of Reshi 11-107 increased by 7.6 cm before tapping, and increased by 3.0 cm after tapping, and the fast-growing characteristics were obvious. The average yield was 58.41 g and the dry gum content was 33.37% in the first 5 tapping years, which were significantly better than that of the control clone RRIM600. Reshi 11-107 has a large number of laticifers in the bark, the initial flow rate of rubber discharge is fast, the plug index is low, the thiol content is significantly higher than that of the control, and the sucrose content is equivalent to that of the control. It has good characteristics of rubber production and discharge, better potential for rubber production, and good adaptability to cold damage. Reshi 11-107 natural rubber has large molecular weight, high ash content, high initial plasticity value, high tensile strength, high tear strength and good physical and mechanical properties. In conclusion, the comprehensive characters of Reshi 11-107 are better, which could adapt to the planting environment in China, and could be expanded in the type I planting area.

Keywords: *Hevea brasiliensis*; introduced clone; clone trail test; evaluation; adaptability

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.11.009

收稿日期 2024-05-10; 修回日期 2024-06-28

基金项目 国家重点研发计划项目 (No. 2022YFD2301201); 现代农业产业技术体系-国家天然橡胶产业技术体系项目 (No. CARS-33-YZ2)。

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

巴西橡胶树 (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) 原产于巴西亚马孙河流域, 是天然橡胶的主要来源, 1876 年由英国人魏克汉引种到东南亚并大规模种植。巴西橡胶树人工栽培后, 以产量提升为主要目标的品种选育工作在各植胶国相继开展, 经过一个多世纪的发展, 先后选育和推广了系列优良品种, 如马来西亚的 PB 系列、RRIM 系列, 印度尼西亚的 PR 系列、IRR 系列, 越南的 RRIV 系列, 斯里兰卡的 RRIC 系列, 在推动世界天然橡胶产业发展方面发挥了重要作用^[1-2]。天然橡胶产量从未经选择的实生树的不足 400 kg/hm² 提升至 1400 kg/hm² 以上, 其中, 越南和印度的天然橡胶产量超过 1600 kg/hm²。在个别品种上, 印度尼西亚新品种 IRR104、IRR112、IRR118 和 IRR220 等产量超过 2000 kg/hm², 马来西亚新品种 RRIM3001 的产量接近 3000 kg/hm²。

我国植胶区地处热带北缘, 寒潮、台风天气频发, 通过宜胶地选择、环境类型区划与耐寒抗风栽培技术集成应用, 在北纬 18° 以北的国际植胶禁区上建立自己的植胶基地, 实现产业从无到有^[2]; 通过引种试种, 筛选出 RRIM600、PR107 等优良无性系并在生产中推广应用, 推动产业快速发展^[3]。在“引种和自主选育相结合”的育种策略下, 利用国外优良品种进行种质创新, 结合我国植胶环境特点, 经过几代人的努力, 选育出了热研 7-33-97^[4]、文昌 11、大丰 95^[5]和云研 77-4^[6]等一批适合中国不同植胶环境的耐寒抗风高产新品种, 其中, 超高产品种热研 8-79 达到国际最高产量水平^[7], 育成新品种的大面积推广应用, 为产业发展提供基础保障。

本研究以引进品种热试 11-107 (试验编号) 为材料, 通过对该品种在比较试验阶段的多年系统鉴定, 评价其在我国植胶环境下的适应性, 为创新利用和示范推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

热试 11-107 为印度尼西亚橡胶研究所选育, 亲本为 BPM101×FX2784, 资料显示, 开割前茎围年均增粗 10.8 cm, 生长 4~5 a 即达到开割标准。开割后茎围年均增粗 3.8 cm, 10 a 树龄单株木材积为 0.60 m³, 旺产期刀次株产干胶 58.3 g, 年株产干胶 6.5 kg, 且具有良好的抗风害、抗病性和不易死皮的特性。该品种 2009 年引入我国后即

进行增殖扩繁, 2011 年在中国热带农业科学院试验场四队布置品种比较试验, 2019 年开割, 采用 S/2 d3 非刺激割制。

1.2 方法

1.2.1 试验区布置 比较试验以品种 RRIM600 为对照, 3 次重复, 每小区 60 株, 定植株行距为 3.0 m×7.0 m; 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, 2019 年 6 月定植, 以品种 93-114 为对照, 3 次重复, 每小区 5 株, 株行距 1.0 m×1.0 m。

1.2.2 茎围生长量测定 每年年末用软尺逐株测量距地面 100 cm 处茎围增粗情况。

1.2.3 干胶产量测定 试验材料开割投产后, 参照橡胶树育种技术规程进行干胶产量测定^[8]。

1.2.4 产排胶特性测定 2020 年 11 月, 选择 15 株生长、排胶均正常的树进行胶乳生理指标测定, 统计割胶后 0~5 min 所排胶乳量计算排胶初速度, 以排胶初速度与总产量之比乘以 100 计算堵塞指数; 收集 5~20 min 流出的胶乳样品, 冰浴后带回实验室测定蔗糖、硫醇、无机磷及镁离子含量^[9]。同月采集树干树皮, 采用石蜡切片法观测石细胞数量和乳管列数^[10]。

1.2.5 天然橡胶质量测定 采集试验品种胶乳, 按照天然生胶加工要求制作干胶样品, 进行天然橡胶生胶特性和硫化胶物理机械性能的测定分析。其中, 含氮量测定方法参照 GB/T 8088—2008 天然生胶和天然胶乳氮含量的测定^[11], 塑性保持率参照 GB/T 3517—2014 天然生胶塑性保持率 (PRI) 的测定^[12], 门尼黏度参照 GB/T 1232.1—2016 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^[13], 硫化胶定伸应力参照 GB/T 528—2009 硫化橡胶或热塑性橡胶拉伸应力应变性能的测定^[14], 硫化胶撕裂强度参照 GB/T 529—2008 硫化橡胶和热塑性橡胶撕裂强度的测定^[15]。

1.2.6 抗寒性测定 分别以田间调查和室内低温模拟评价形式进行。在抗寒前哨试验点自然低温发生后调查受害情况; 室内模拟寒害在人工气候室内完成, 选择 30 株生长状况相对一致的 2 蓬叶袋苗, 分 2 组在 4 °C 的人工气候室内分别处理 3 d 和 5 d, 随后移至室外, 30 d 后观测恢复生长情况。

1.2.7 植物学形态特征 观测苗期标准叶蓬, 即选取已经长出四蓬叶的苗期植株, 其顶蓬叶的下一蓬即为标准叶蓬进行观测, 相关特征描述参照

橡胶树种质资源描述规范^[16]。

1.3 数据处理

采用 Excel 软件对数据进行统计分析和作图。

2 结果与分析

2.1 植物学形态特征

叶蓬半球形，大叶柄弓形，呈平伸姿态，三小叶显著分离，侧小叶基部内斜；叶色绿，有一定光泽度，叶缘具大波浪，叶片菱形，叶顶部渐尖，基部渐尖，叶痕半圆形或马蹄形，芽眼与叶痕距离远；胶乳白色。

2.2 茎围生长量

试验结果表明，热试 11-107 开割前较 RRIM600 茎围增长更快（表 1），平均茎围为 53.4 cm，年均增粗 7.64 cm，RRIM600 平均茎围为 46.5 cm，年均增粗 6.64 cm；热试 11-107 开割后第 1~5 割年茎围平均增粗 3.0 cm，比 RRIM600（3.2 cm）低 0.2 cm，差异均不显著。

表 1 热试 11-107 品种比较试验区年均茎围增长

Tab. 1 Average stem girth growth of Reshi 11-107 in clone trail test

品种 Clone	开割前 Before tapping/cm	开割后 After tapping/cm					平均 Mean
		1 a	2 a	3 a	4 a	5 a	
热试 11-107	7.64±0.57	2.9	3.2	3.2	2.7	3.0	3.0
RRIM600	6.64±0.25	3.4	3.7	2.3	3.1	3.3	3.2

2.3 干胶产量

试验区 1~5 割年干胶产量鉴定结果表明（表 2），热试 11-107 较 RRIM600 产量表现更优，且能较早进入高产期，平均刀次干胶产量为 58.41 g，极显著高于 RRIM600（44.76 g）（ $P<0.01$ ）；平均干胶含量为 33.37%，比 RRIM600 高 1.05 个百分点，差异显著（ $P<0.05$ ）。但在第 5 割年，试验所在地 4—7 月干旱、9—10 月持续阴雨，产量受一定影响。鉴于该品种早熟，建议加强胶园抚管，保障胶树的产排胶能力。

2.4 产排胶特性

胶乳诊断法能较好地评价胶树的产排胶特性，进而为指导生产提供依据^[17-21]。胶乳生理指标测定分析结果表明，热试 11-107 有较高的排胶初速度、硫醇含量、无机磷含量和蔗糖含量，较低的堵塞指数，具有高产品种的优良产排胶特性。由表 3 可知，排胶初速度为 3.23 mL/min，硫醇含量为

0.58 mmol/L，均显著高于 RRIM600，堵塞指数为 1.29%，显著低于 RRIM600（1.72%），无机磷、镁离子和蔗糖含量与 RRIM600 相当（图 1）。

表 2 热试 11-107 品种比较试验区年均干胶产量

Tab. 2 Average rubber yield of Reshi 11-107 in clone trail test

品种 Clone	测定参数 Parameters	割胶年份 Tapping year					平均 Mean
		1 a	2 a	3 a	4 a	5 a	
热试 11-107	刀次干胶/g	39.81	61.94	67.67	63.17	59.48	58.41**
	干胶含量/%	25.75	30.13	35.55	35.98	39.42	33.37*
RRIM600	刀次干胶/g	28.85	44.63	50.95	56.18	43.20	44.76
	干胶含量/%	25.62	28.85	35.03	34.22	37.90	32.32

注：*表示差异显著（ $P<0.05$ ）；**表示差异极显著（ $P<0.01$ ）。
Note: * indicates significant difference ($P<0.05$); ** indicates extremely significant difference ($P<0.01$).

表 3 热试 11-107 胶乳生理特性

Tab. 3 Latex physiological characteristics of Reshi 11-107

品种 Clone	排胶初速度 Initial flow rate/(mL·min ⁻¹)	堵塞指数 Plug in- dex/%	硫醇含量 Thiol con- tent/(mmol·L ⁻¹)
热试 11-107	3.23±0.44*	1.29±0.12	0.58±0.10*
RRIM600	2.72±0.34	1.72±0.31*	0.48±0.04

注：*表示差异显著（ $P<0.05$ ）。
Note: * indicates significant difference ($P<0.05$).

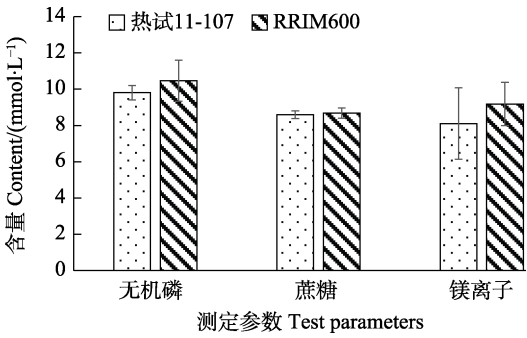


图 1 热试 11-107 胶乳无机磷、蔗糖和镁离子含量
Fig. 1 Latex physiological characteristics of Reshi 11-107

乳管是天然橡胶合成和贮存的场所，树干树皮中的乳管数量是决定天然橡胶产量的关键因素之一。割胶树的树皮厚度达 0.7 cm 左右时，才能保证有足够符合标准的树皮供割胶，使树皮的消耗和再生维持平衡。通过对树干树皮石蜡切片统计分析结果看，热试 11-107 在开割时有较好的树皮厚度，乳管数量平均 16.3 列，多于 RRIM600（13.7 列），且有相对较少的石细胞（表 4，图 2），是保障品种产量的重要支撑。

表 4 热试 11-107 树皮厚度及乳管特征
Tab. 4 Bark thickness and laticifer characteristics
of Reshi 11-107

品种 Clone	原生皮厚度 Native bark thick- ness/mm	乳管列数 Laticifer number	石细胞数量 Stone cell number
热试 11-107	8.3	16.3	30.7
RRIM600	7.3	13.7	34.4

2.5 天然橡胶质量

对热试 11-107 所产天然橡胶进行性能测定，结果表明（表 5），生胶各项质量指标均符合橡胶

标准 GB/T 8081—2008 要求，在分子量、氮含量、塑性初值和门尼粘度方面均高于 RRIM600，其中重均分子量超过 200 万 Da。

通过对硫化胶的物理机械性能测试分析，可对割胶管理和调控橡胶加工质量有一定的指导意义。试验结果表明（表 6），热试 11-107 的拉伸强度为 27.8 MPa，撕裂强度为 51.4 kN/m，这与生胶测定中其较大的分子量有关，分子量越大，分子链交联密度越大，橡胶的弹性和强力就越大。

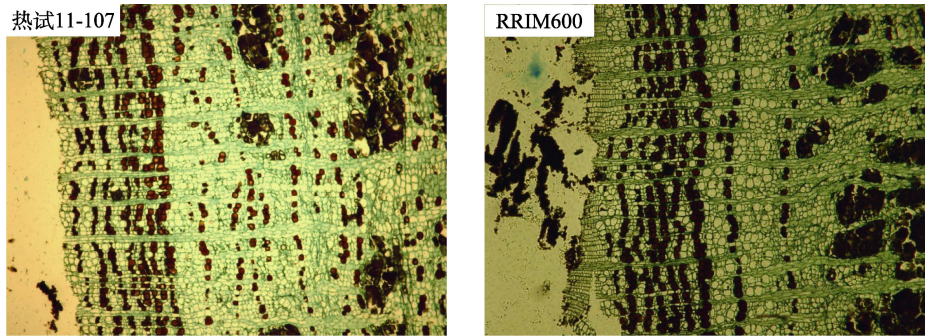


图 2 热试 11-107 和 RRIM600 的树皮横切面
Fig. 2 Cross sections of barks of Reshi 11-107 and RRIM600

表 5 热试 11-107 的生胶性能
Tab. 5 Raw rubber performance of Reshi 11-107

品种 Clone	数均分子量 $\bar{M}_n$	重均分子量 $\bar{M}_w$	分布系数 $\bar{M}_w / \bar{M}_n$	灰分含量 Ash con- tent/%	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 11-107	23.28×10 ⁴	20.85×10 ⁵	8.96	0.23	0.601	42	103	68.8
RRIM600	20.30×10 ⁴	16.92×10 ⁵	8.34	0.19	0.592	30	130	52.5

表 6 热试 11-107 硫化胶的物理机械性能
Tab. 6 Physical and mechanical properties of preserved
vulcanized rubber in Reshi 11-107

品种 Clone	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 11-107	27.8	13.4	502	51.4
RRIM600	28.1	13.8	491	54.5

2.6 抗寒性

室内模拟试验结果表明（表 7），热试 11-107 在 4℃处理 3 d 后叶部受害，恢复常温后经历叶片脱落、顶芽萌动的过程，无茎干受害和植株死亡情况；处理 5 d 后叶部明显受害，叶片干枯且长时间在茎干上不脱落，30 d 后仅有 1 株茎干受害且死亡，其余植株均恢复生长，与对照 93-114

情况相同。抗寒前哨试验点所在地区 2020—2021 年冬春，有明显的降温过程，在 2020 年 12 月有 2 次 5℃的低温，2021 年 1 月也有 3 个降温过程，最低温度出现在 1 月 2 日，为 2.5℃，田间调查结果显示，热试 11-107 平均寒害级别为 0.33，对照 93-114 无寒害发生。

表 7 热试 11-107 耐寒性表现
Tab. 7 Cold resistance performance of Reshi 11-107

品种 Clone	室内低温模拟 low temperature simulate experiments		抗寒前哨 Cold-resistant outpost
	4℃处理 3 d 植株死亡率 Death rate at 4℃ for 3 days	4℃处理 5 d 植株死亡率 Death rate at 4℃ for 5 days	平均寒害等级 Grade of cold injury
热试 11-107	0.00	6.67	0.33
93-114	0.00	0.00	0.00

3 讨论

橡胶树是典型的热带作物, 在以产量为橡胶树选育种主要目标下, 通过优良亲本杂交-初级比较试验-品种比较试验-品种区域试验的常规育种程序, 马来西亚、印度尼西亚、斯里兰卡等传统植胶国选育和推广的橡胶树新品种, 推动了世界橡胶树产业的快速发展。而我国植胶区地处热带北缘, 光热条件不足, 严重制约着橡胶树的生长、发育和产胶^[2]。因此, 我国橡胶树品种选育要兼顾产量和抗性, 尤其是抗寒特性, 通过大量实验研究, 创新了抗寒前哨试验、室内模拟鉴定等我国特有的橡胶树耐寒早期鉴定技术, 筛选创制了 GTI、天任 31-45、湛试 327-13 等抗寒高产种质和新品种^[22]。本研究通过引进品种热试 11-107 在比较试验阶段的多年综合鉴定和耐寒性评价, 其产量及生长性状与资料数据相当, 同时具有一定的抗寒能力, 在我国表现较好的适应性。

研究表明, 树干树皮中的乳管数量与天然橡胶产量呈正相关^[23-25], 采用石蜡切片法观察统计树皮结构和乳管列数, 是从发育的角度分析品种间产量差异最直接有效的方法。另一方面, 胶乳生理指标可解析橡胶树的产排胶特性及潜力, 国内外相关研究结果表明, 蔗糖、硫醇及无机磷含量为主要指标。其中, 蔗糖是天然橡胶生物合成的原料, 硫醇可以提高胶乳再生能力, 优良品种具有乳管列数多, 排胶速度快、堵塞指数低、干胶含量高、硫醇含量和蔗糖含量高等特性。本研究中, 热试 11-107 原生皮厚度适中, 10 龄树树皮中乳管列数多、石细胞数量少, 有较好的产胶基础。在胶乳生理指标诊断方面, 其排胶初速度大, 堵塞指数低, 硫醇含量高, 表现出较好的产排胶特性。

胶乳中除橡胶烃和水以外的非胶物质对橡胶性能有明显影响, 与品种、季节、气候、土壤、割胶制度等有密切关系。研究表明, 分子量大小及分布、氮含量及拉伸强度等指标在不同品种间存在明显差异, 进而影响到加工性能^[26-29]。对品种天然橡胶质量的检测评价, 能更利于橡胶制品的选材, 进而提升经济效益。本研究中, 热试 11-107 的天然橡胶重均分子量超过 200 万 Da, 硫化胶的拉伸强度大, 表现出较好的物理机械性能, 希望在其扩大种植后, 通过进一步的试验深入研究其天然橡胶质量, 为针对性的加工利用提供指导。

本研究对象为国外引进优良品种, 按照我国育种程序, 对其开展比较试验研究, 通过多年的综合鉴定评价, 其在茎围生长、干胶产量、抗寒性和天然橡胶品质等重要特性方面均有较好表现。本研究具体实施地位于海南省儋州市, 在植胶环境上属 I 类区, 受台风和低温影响均相对较小。适宜该区域的品种可在海南和云南 I 类地区扩大试种和推广, 对丰富种植品种和降低单一品种风险上具有重要意义。

参考文献

- [1] 中国天然橡胶协会. 天然橡胶产业发展情况和面临的形势[J]. 世界热带农业信息, 2009(12): 3-8.
China Natural Rubber Association. Development and situation of natural rubber industry[J]. World Tropical Agriculture Information, 2009(12): 3-8. (in Chinese)
- [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.
HE K, HUANG Z D. Rubber tree cultivation in northern tropical margin[M]. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1987. (in Chinese)
- [3] 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)
- [4] 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)
- [5] 刘作基, 马伟, 谭振强, 覃冬梅, 陈桂莲. 橡胶树大规模推广级无性系大丰 95 的研究[J]. 热带作物学报, 1996, 17(2): 19-24.
LIU Z J, MA W, TAN Z Q, QIN D M, CHEN G L. Dafeng95: a *Hevea* clone recommended for commercial planting[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 1996, 17(2): 19-24. (in Chinese)
- [6] 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)
- [7] 李维国, 高新生, 张伟算, 方家林, 黄华孙. 橡胶树优良

- 品种热研 8-79 的选育[J]. 热带作物学报, 2009, 30(10): 1389-1393.
- LI W G, GAO X S, ZHANG W S, FANG J L, HUANG H S. Breeding and selection of desirable rubber clone Reyan 8-79[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2009, 30(10): 1389-1393. (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] 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)
- [10] 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)
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 天然生胶和天然胶乳、氮含量的测定: GB/T 8088—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- State Administration for Market Regulation. Rubber, raw natural and rubber latex, natural. Determination of nitrogen content GB/T 8088—2008[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing Press, 2008. (in Chinese)
- [12] 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.
- State Administration for Market Regulation. Rubber, raw natural-determination of plasticity retention index(PRI): GB/T 3517—2014[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing Press, 2014. (in Chinese)
- [13] 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.
- State Administration for Market Regulation. 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)
- [14] 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.
- State Administration for Market Regulation. Rubber, vulcanized or thermoplastic-determination of stress-strain properties: GB/T 528—2009[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing Press, 2009. (in Chinese)
- [15] 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.
- State Administration for Market Regulation. Rubber, vulcanized or thermoplastic-determination of tear strength: GB/T 529—2008[S]. Beijing: China Quality and Standards Publishing Press, 2008. (in Chinese)
- [16] 中华人民共和国农业农村部. 橡胶树种质资源描述规范: NY/T 2944—2016[S]. 北京: 中国农业出版社, 2016.
- Ministry Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Descriptors for rubber tree germplasm resources: NY/T 2944—2016[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2016. (in Chinese)
- [17] 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)
- [18] 黄德宝, 秦云霞, 唐朝荣. 橡胶树三个品系(热研 8-79、热研 7-33-97 和 PR107)胶乳生理参数的比较研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(2): 170-175.
- HUANG D B, QIN Y X, TANG C R. Physiological characters of latex from three *Hevea* clones (Reyan8-79, Reyan7-33-97 and PR 107)[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2010, 18(2): 170-175. (in Chinese)
- [19] 杨文凤, 吴明, 校现周, 魏小弟, 刘实忠, 罗世巧. 橡胶树胶木兼优品种热垦 525 生理特性研究[J]. 热带农业科学, 2015, 35(6): 1-4, 17.
- YANG W F, WU M, XIAO X Z, WEI X D, LIU S Z, LUO S Q. Physiological characteristics of latex/timber rubber clone Reken 525[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2015, 35(6): 1-4, 17. (in Chinese)
- [20] 张晓飞, 黄肖, 左如斌, 李琛, 李维国. 3 个橡胶树引进品种的胶乳生理特性研究[J]. 热带作物学报, 2021, 42(10): 2869-2874.
- ZHANG X F, HUANG X, ZUO R B, LI S, LI W G. Latex physiological characteristics of three introduced clones in *Hevea brasiliensis*[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(10): 2869-2874. (in Chinese)
- [21] 肖再云, 校现周. 巴西橡胶树胶乳生理诊断的研究与应用[J]. 热带农业科技, 2009, 32(2): 46-50.
- XIAO Z Y, XIAO X Z. Physiology basis for latex diagnosis of *Hevea brasiliensis*[J]. Tropical Agricultural Science Technology, 2009, 32(2): 46-50. (in Chinese)
- [22] 位明明, 李维国, 高新生, 王祥军, 张晓飞, 张源源, 黄肖.

- 中国热带作物抗寒育种研究进展与展望[J]. 热带作物学报, 2015, 36(4): 821-828.
- WEI M M, LI W G, GAO X S, WANG X J, ZHANG X F, ZHANG Y Y, HUANG X. The research progress and prospect of cold resistant breeding of tropical crops in China[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2015, 36(4): 821-828. (in Chinese)
- [23] 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)
- [24] 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.
- [25] 张晓飞, 黄肖, 高新生, 陈月昇, 李维国. 橡胶树胶木兼优无性系杂交利用初报[J]. 热带作物学报, 2015, 36(11): 1921-1925.
- ZHANG X F, HUANG X, GAO X S, CHEN Y Y, LI W G. Utilization of timber/latex clone in *Hevea brasiliensis*[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2015, 36(11): 1921-1925. (in Chinese)
- [26] 覃怀德, 康桂娟, 聂智毅, 位明明, 曾日中. 橡胶树热垦 525 不同月份生胶质量分析[J]. 热带农业科学, 2022, 42(7): 99-103.
- QIN H D, KANG G J, NIE Z Y, WEI M M, ZENG R Z. Natural rubber quality properties of *Hevea brasiliensis* clones Reken 525 in different months[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 2022, 42(7): 99-103. (in Chinese)
- [27] 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(增刊 1): 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(Suppl. 1): 478-480. (in Chinese)
- [28] 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)
- [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)