

张晓飞, 黄肖, 李琛, 左如斌, 李维国. 6个国外引进橡胶树品种产排胶特性研究 [J]. 广东农业科学, 2021, 48(4): 23–28.

6个国外引进橡胶树品种产排胶特性研究

张晓飞^{1,2}, 黄肖^{1,2}, 李琛³, 左如斌³, 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; 3. 云南农业大学热带作物学院, 云南 普洱 665099)

摘要:【目的】分析6个国外引进橡胶树品种的产排胶特性,为丰富橡胶树产排胶理论和品种的扩大种植提供依据。【方法】以国外引进的6个橡胶树品种为研究对象,RRIM600为对照种,测定树皮次生乳管数量、刀次胶乳产量、干胶含量、排胶初速度及蔗糖、无机磷、镁离子和硫醇等参数指标。【结果】热试11-107平均株次干胶产量73.9 g,树皮次生乳管平均16.3列,蔗糖含量8.58 mmol/L,同时有较高的硫醇含量、排胶初速度和较低的堵塞指数;热试11-9平均株次干胶产量14.5 g,为所有品种中最低,蔗糖含量15.32 mmol/L,显著高于其他品种,硫醇含量和排胶初速度均显著低于其他品种;热试11-39各测定参数分析结果与热试11-9相近;热试11-1、热试11-2和热试11-3株次干胶产量与对照种相当,硫醇含量0.64~0.70 mmol/L,显著高于对照种,蔗糖含量4.37~5.17 mmol/L,显著低于对照种。【结论】热试11-107具有较好的产排胶特性,产胶潜力大;热试11-9和热试11-39胶乳再生不足;热试11-1、热试11-2和热试11-3胶乳稳定性良好,排胶顺畅,糖的利用效率高,但产胶潜力一般。

关键词:巴西橡胶树;引进品种;次生乳管;胶乳生理;干胶产量

中图分类号: S794.1

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X(2021)04-0023-06

Study on the Latex Physiological Characteristics of Six Introduced *Hevea brasiliensis* Varieties

ZHANG Xiaofei^{1,2}, HUANG Xiao^{1,2}, LI Chen³, ZUO Rubin³, LI Weiguo^{1,2}

(1.Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101,China;

2.State Center for Rubber Tree Breeding, Danzhou 571737,China;

3.Tropical Crops College, Yunnan Agricultural University, Pu'er 665099, China)

Abstract:【Objective】The latex physiological characteristics of six introduced *Hevea brasiliensis* varieties were analyzed to provide a basis for the enrichment of latex production and flow theory and expanding the planting of *H. brasiliensis*.【Method】With RRIM600 as the control, the number of secondary laticifer and the latex parameters of six introduced *H. brasiliensis* varieties, such as latex yield, dry rubber content, initial flow rate, content of sucrose, phosphorus, Mg²⁺ and thiol were measured.【Result】The dry rubber yield of Reshi11-107 was 73.9 g per plant, the average number of secondary laticifer was 16.3, the content of sucrose was 8.58 mmol/L, with higher thiol content and initial flow rate and lower plugging index. The dry rubber yield of Reshi11-9 was 14.5 g per plant (the lowest among the 6 varieties), and the sucrose content was 15.32 mmol/L, which was significantly higher than that of the other varieties, while the thiol content and initial flow rate were significantly lower than those of the other varieties. The determined parameters of Reshi11-39 were similar to those of Reshi11-9. The thiol content was 0.64–0.70 mmol/L in Reshi11-1, Reshi11-2 and Reshi11-3, significantly

收稿日期: 2021-02-20

基金项目: 海南省重点研发计划项目(ZDYF2019079);国家现代农业(天然橡胶)产业技术体系建设专项资金(CARS-33-YZ2)

作者简介: 张晓飞(1981—),男,硕士,副研究员,研究方向为橡胶树引种与品种改良,E-mail: xjszhxf@163.com

通信作者: 李维国(1968—),男,博士,研究员,研究方向为橡胶树遗传育种,E-mail: leewg23@163.com

higher than that of the control, while the sucrose content was 4.37 – 5.17 mmol/L, significantly lower than that of the control. Compared to the control, there was no significant difference in dry rubber content.【Conclusion】Reshi11–107 had better latex physiological characteristics and good potential in latex production. The regeneration of latex in Reshi11–9 and Reshi11–39 was insufficient. There were better latex stability, smooth latex flow, high sugar utilization efficiency, and general latex production potential in Reshi11–1, Reshi11–2 and Reshi11–3.

Key words: *Hevea brasiliensis*; introduced variety; secondary laticifer; latex physiology; dry rubber yield

【研究意义】天然橡胶是重要的工业原料，来源于巴西橡胶树、银胶菊、杜仲树等植物，其中98%来自巴西橡胶树(*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.)。巴西橡胶树在我国属外来物种，中国天然橡胶业是在国外学者认为不能种植橡胶的地区发展起来的，通过对大量国外品种的引种试种，筛选出RRIM600、PR107、GT1和PB86等大规模推广品种，突破了橡胶种植规模化。育种工作者利用国外品种积极开展杂交育种工作，选育并推广了适合我国特殊环境的热研73397、文昌11、云研77-2、云研77-4和大丰95等优良自育品种，实现了非传统植胶区的大面积高产稳产植胶，干胶产量较未经选择的实生树提高5倍以上。因此，国外引进品种对丰富我国品种资源和作为杂交亲本选育适合我国种植的品种具有重要意义。

【前人研究进展】天然橡胶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、两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，且是橡胶树品种的遗传特性。干胶含量、胶乳蔗糖含量、无机磷含量、硫醇含量、堵塞指数等是反映胶乳排出和再生能力的重要生理参数。胶乳诊断是由法国Jacob等提出的使用一些直接或间接地控制产胶量的生理参数来分析和判断胶树产胶与健康状况的方法。随后，国际橡胶大会秘书长Allen归纳了破裂指数、胶乳离心和蔗糖含量等15个指标，首次形成了“橡胶树生理生化测试目录”。为在生产上操作简单，且能便捷、快速反映胶树的生理状况，20世纪90年代初期，法国学者Gohet确定了总固形物含量或干物质含量、蔗糖含量、无机磷含量、硫醇含量等4项生理参数作为指导采胶生产的指标，认为这4项生理参数与产量的关系简明并可反映胶树90%的生理信息，一直用于指导生产^[1-9]。同时还作为评价品种及资源产胶特性的指标，为品种推广指导生产、资源评价及利用等提供依据^[10-14]。

【本研究切入点】本试验涉及的6个橡胶品种为我国首次引进，在引入我国后，按照育种技

术规程布置品种比较试验，以对其在我国的适应性进行初步综合评价。原产国对其胶乳生理特性研究未见报道，因此开展相关研究，对品种的扩大种植具有重要意义。【拟解决的关键问题】采用胶乳诊断法比较分析6个国外引进品种的生理状况，初步了解其产排胶特性，为品种创新利用和推广提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料来自中国热带农业科学院试验场四队2011年7月定植的橡胶树品种比较试验区，含热试11-1、热试11-2、热试11-3、热试11-9、热试11-39和热试11-107等6个品种。试验区按改良对比法设计，以RRIM600为对照种，每个处理3次重复，每个重复约60株，定植株行距为3.0 m×7.0 m。试验地管理措施按常规抚育管理进行，2019年开割，前2个割年S/2 d3割制非刺激割胶。

1.2 试验方法

2020年11月，采用完全随机试验设计，每个品种选择15株生长及排胶正常的树，3次重复，每个重复5株，在正常割胶情况下连续测定3刀。

每次割胶后，测量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，将同小区的5株树收集到的胶乳混合作为一个样品，冰浴后带回实验室进行生理参数的测定，蔗糖含量、硫醇含量、无机磷含量、镁离子含量等参照肖再云等^[15-16]方法测定；待胶树停排后单株测量每割次胶乳总产量，以品种为单位，采用标准法测定干胶含量；以每割次的干胶含量与胶乳总产量计算株次干胶产量，以平均值计。

同月采集6个试验橡胶树品种的树干树皮，采用石蜡切片法观测树皮次生乳管数量^[17]。

试验数据采用Excel和Spss软件进行统计和显著性分析。

2 结果与分析

2.1 6个引进橡胶品种株次干胶产量和干胶含量

从各试验橡胶品种的株次干胶产量(表1)看,6个橡胶品种间存在差异,热试11-107平均产量为73.9 g,极显著高于对照种和其他参试品种,热试11-9和热试11-39平均产量较低,显著低于对照种。在干胶含量上,热试11-39最高,试验品种中除热试11-9外均显著高于对照种。

表1 6个引进橡胶品种株次干胶产量与干胶含量比较

Table 1 Comparison of dry rubber yields and contents of six introduced *Hevea brasiliensis* varieties

品种 Variety	干胶产量 Dry rubber yield (g)	干胶含量 Dry rubber content (%)
热试11-1 Reshi11-1	50.2 ± 4.8b	30.78 ± 0.35b
热试11-2 Reshi11-2	41.3 ± 3.8c	30.44 ± 0.53b
热试11-3 Reshi11-3	44.3 ± 1.9bc	30.00 ± 0.67b
热试11-9 Reshi11-9	14.5 ± 1.1e	26.56 ± 0.81d
热试11-107 Reshi11-107	73.9 ± 2.1a	29.58 ± 1.07bc
热试11-39 Reshi11-39	29.5 ± 1.1d	32.37 ± 0.31a
RRIM600	45.7 ± 5.0bc	28.60 ± 0.36c

注:同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。

Note: Different lowercase letters after data in the same column represent significant differences.

2.2 6个引进橡胶品种树干树皮次生乳管数量

橡胶树的乳管是天然橡胶合成和贮存的地方,是决定天然橡胶产量最重要的结构成分。从图1可以看出,橡胶品种间次生乳管数量存在显著差异。热试11-107次生乳管数量平均16.3列,显著高于其他品种,其干胶产量也最高。热试11-9和热试11-39的次生乳管数量均为10列左右,但产量上存在一定差异。热试11-1、热试11-2、热试11-3和对照种的乳管数量均在13列左右,其产量也较接近。

2.3 6个引进橡胶品种胶乳排胶初速度与堵塞指数

排胶初速度的大小对产量有重要影响,一般高产量品种均具有高的排胶初速度,堵塞指数则反映排胶受阻、流速下降的程度,低产量品种则往往表现出堵塞指数偏高。从图2可以看出,热试11-107的排胶初速度3.2 mL/min,与其他品种间存在显著差异。热试11-2次之,热试11-9仅为0.91 mL/min,显著低于其他品种。热试11-3堵塞指数为1.28%,热试11-107堵塞指数为

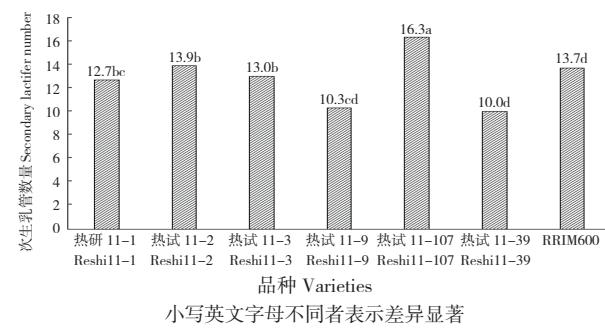


图1 6个引进橡胶品种树皮次生乳管数量比较

Fig. 1 Comparison of the number of Secondary laticifer of six introduced *Hevea brasiliensis* varieties

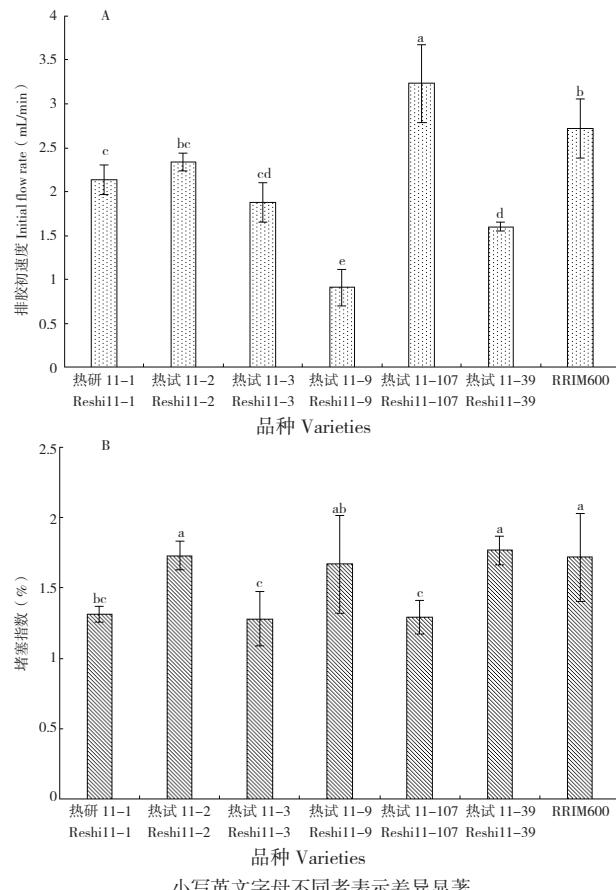


图2 6个引进橡胶品种胶乳排胶初速度(A)及堵塞指数(B)比较

Fig. 2 Comparison of latex initial flow rates and plugging indexes of six introduced *Hevea brasiliensis* varieties

1.29%,均显著低于其他品种。

2.4 6个引进橡胶品种胶乳中硫醇、无机磷、镁离子及蔗糖含量

胶乳中的硫醇是细胞质膜的保护剂,可以提高胶乳再生能力,高产品种通常表现出较高的硫醇含量。表2结果显示,热试11-1、热试11-2、

热试 11-3 硫醇含量为 0.64~0.70 mmol/L, 显著高于其他品种, 热试 11-107 稍低、为 0.58 mmol/L, 但仍与对照种存在显著差异, 而热试 11-9 和热试 11-39 硫醇含量均显著低于对照种。

无机磷与能量代谢密切相关, 含量高可以增强胶乳代谢活性, 有利于胶乳再生。镁离子存在于胶乳黄色体中, 有利于胶乳稳定。从表 2 可以看出, 各试验品种间无机磷和镁离子含量差异均不显著, 热试 11-9 无机磷含量为 0.57 mmol/L, 与对照种存在显著差异。热试 11-9 和热试 11-39 镁离子含量稍高于 5 mmol/L, 与其他品种存在显著差异。

蔗糖是橡胶生物合成的原料, 其含量是产胶量的限制因素, 是产胶潜力大小的重要指标, 与胶乳产量呈正相关或负相关。从表 2 可以看出, 热试 11-9 蔗糖含量为 15.32 mmol/L, 极显著高于其他品种。热试 11-107 蔗糖含量为 8.58 mmol/L,

与对照种相当, 认为其蔗糖贮备丰富、排胶顺畅也是其保持高产的重要原因。热试 11-1、热试 11-2 和热试 11-3 3 个橡胶品种的蔗糖含量则相对较低, 在 4.37~5.17 mmol/L 之间, 但产量相对较高, 说明其蔗糖代谢较好, 排胶顺畅。

2.5 各测定参数与干胶产量相关性分析

各测定参数间的相关性统计分析结果(表 3)表明, 干胶产量与次生乳管列数极显著正相关, 与排胶初速度极显著正相关, 与干胶含量、硫醇、无机磷、镁离子含量等生理参数均呈正相关, 与堵塞指数和蔗糖含量负相关, 但相关性均不显著; 硫醇含量与镁离子含量显著正相关, 与蔗糖含量极显著负相关; 乳管列数与排胶初速度极显著正相关, 与镁离子含量显著正相关。

3 讨论

在胶乳生理参数与产量间相关性研究方面,

表 2 6 个引进橡胶品种胶乳无机磷、镁离子和蔗糖含量

Table 2 Contents of inorganic phosphorus, Mg^{2+} and sucrose in latex of six introduced *Hevea brasiliensis* varieties

品种 Variety	硫醇含量 Thiol content (mmol/L)	无机磷含量 Inorganic phosphorus content (mmol/L)	镁离子含量 Mg^{2+} content (mmol/L)	蔗糖含量 Sucrose content (mmol/L)
热试 11-1 Reshi11-1	0.64 ± 0.07ab	9.64 ± 0.08ab	8.57 ± 0.44a	4.37 ± 0.27c
热试 11-2 Reshi11-2	0.68 ± 0.04ab	10.20 ± 0.73a	8.39 ± 0.35a	5.17 ± 0.17c
热试 11-3 Reshi11-3	0.70 ± 0.05a	10.91 ± 1.07a	8.40 ± 0.29a	4.52 ± 0.05c
热试 11-9 Reshi11-9	0.29 ± 0.05d	8.51 ± 0.57b	5.18 ± 0.48b	15.32 ± 1.85a
热试 11-107 Reshi11-107	0.58 ± 0.10b	9.80 ± 0.40ab	8.10 ± 1.97a	8.58 ± 0.21b
热试 11-39 Reshi11-39	0.36 ± 0.01d	11.18 ± 1.11a	5.23 ± 0.85b	9.69 ± 0.35b
RRIM600	0.48 ± 0.04c	10.46 ± 1.13a	9.18 ± 1.19a	8.68 ± 0.29b

注: 同列数据后小写英文字母不同者表示差异显著。

Note: Different lowercase letters after data in the same column represent significant differences.

表 3 各测定参数与干胶产量相关性

Table 3 Correlation between various determined parameters and dry rubber yields

测定参数 Parameters	干胶产量 Dry rubber yield	干胶含量 Dry rubber content	排胶初速度 Initial flow rate	堵塞指数 Plugging Index	硫醇含量 Thiol content	无机磷含量 Inorganic phosphorus content	镁离子含量 Mg^{2+} content	蔗糖含量 Sucrose content
干胶含量 Dry rubber content	0.267							
排胶初速度 Initial flow rate	0.925**	0.208						
堵塞指数 Plugging Index	-0.643	-0.054	-0.329					
硫醇含量 Thiol content	0.640	0.364	0.545	-0.590				
无机磷含量 Inorganic phosphorus content	0.203	0.749	0.262	0.074	0.317			
镁离子含量 Mg^{2+} content	0.701	0.075	0.754	-0.424	0.803*	0.226		
蔗糖含量 Sucrose content	-0.557	-0.619	-0.484	0.464	-0.926**	-0.538	-0.750	
次生乳管列数 Secondary lactifer number	0.909**	-0.012	0.922**	-0.496	0.662	0.046	0.778*	-0.470

注: *、** 分别表示差异显著和差异极显著。

Note: * represents significant difference, and ** represents extremely significant difference.

杨少琼等^[18]总结国外研究进展，并进行了验证、补充及完善。认为蔗糖含量与橡胶产量之间呈直接相关，蔗糖含量高通常表现为两个方面：一是生产效率与产量呈正相关，二是蔗糖利用率与产量呈负相关；硫醇含量和产量呈显著正相关，低的硫醇含量对产量有一定限制；无机磷与能量代谢密切相关，乳管代谢较弱的胶乳无机磷含量较少，使用激活乳管代谢的刺激剂时会明显增加；镁是胶乳中ATP酶、转移酶等的激活剂，也是转化酶和酸性磷酸酶的抑制剂，可能激活也可能降低代谢活性，作用方式比无机磷复杂；干胶含量和干胶产量呈正相关，高的干胶含量反映胶乳的再生良好，但同时也可能引起排胶不畅，从而影响产量。一般通过刺激使排胶顺畅，干物质含量低是乳管系统不平衡的征兆，表明在两次割胶之间胶乳再生不足。过度割胶或过度刺激常引起参数明显降低，这也是生产上指导割胶的重要指标^[19]。本试验中，试验品种在干胶含量、硫醇含量、无机磷含量、蔗糖含量、排胶初速度及堵塞指数间存在显著差异，干胶产量与排胶初速度呈极显著正相关，与硫醇含量、无机磷含量、镁离子含量和干胶含量呈正相关，与蔗糖含量和堵塞指数呈负相关，对照种RRIM600的各项生理参数与已有研究结果相似^[4,20]。在所有测试指标中，试验品种在蔗糖含量上表现出两种形式，热试11-107蔗糖含量与干胶产量呈正相关，而热试11-9与干胶产量呈负相关，表现出一定的品种特性。

树干树皮中的乳管数量是决定天然橡胶产量最重要的结构因子，且与天然橡胶产量高度呈正相关^[21-22]。通过机械伤害、割胶和茉莉酸能诱导橡胶树分化出次生乳管，其分化能力在种质间存在差异，主要是由遗传因素决定的，是产量早期预测的有效方法^[23]。本试验中，各试验品种间乳管数量存在显著差异，导致产量之间差异较大，乳管数量最多的热试11-107表现出最高的干胶产量，但也存在乳管数量相当的品种间产量差别较大的现象，乳管数量只是反映胶乳产量的重要指标之一。

橡胶树产量是遗传性状，同时受种植环境影响。对引进品种进行适应性试种和评价，可有效降低大面积生产性种植的风险，在适应性种植阶段开展品种的产排胶特性研究，对引进品种的合理利用和生产指导具有重要意义。

4 结论

在6个引进品种中，热试11-107平均株次

干胶产量为73.9 g，硫醇含量为0.58 mmol/L，均显著高于对照种，树皮中次生乳管平均为16.3列，显著高于其他品种，蔗糖含量为8.58 mmol/L，与对照种相当，同时表现出较高的排胶初速度和较低的堵塞指数，认为其产排胶特性良好，有较大的产胶潜力；热试11-9株次干胶产量为14.5 g，硫醇含量为0.29 mmol/L，均显著低于其他品种，但其蔗糖含量为15.32 mmol/L，显著高于其他品种，同时表现出较低的排胶初速度和较高的堵塞指数，初步认为其蔗糖利用率低，胶乳再生不足，产胶潜力差，热试11-39各项生理参数与热试11-9类似；热试11-1、热试11-2和热试11-3这3个品种株次干胶产量与对照种相当，硫醇含量0.64~0.70 mmol/L，显著高于对照种，但是蔗糖含量4.37~5.17 mmol/L，显著低于对照种，镁离子和无机磷含量与对照种相当，初步认为其排胶良好，但产胶潜力一般。

参考文献 (References) :

- [1] JACOB J L,ESCHBACH J M,PREVOT J L,ROUSSEL D,LACROITTE R,CHRESTIN H, D' AUZAC J. Physiology basis for latex diagnosis of the functioning of the laticiferous system in rubber trees [C]. International Rubber Conference, Kuala Lumpur,1985.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 肖再云,刘实忠,校现周.橡胶树PR107气刺微割排胶影响面胶乳生理分析 [J].林业科学,2010,46(9):65-72.
XIAO Z Y,LIU S Z,XIAO X Z.Analysis on physiological parameters of latex in flow area on rubber tree (*Hevea brasiliensis*) Clone PR107 by Minicut with Gaseous Stimulation [J].*Scientia silvae sinice*,2010,46(9):65-72.
- [6] 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,Reyan7-33-97and PR107) [J].*Journal of Tropical and Subtropical Botany*,2010,18(2):170-175.

- [7] 仇键,杨文凤,吴明,魏芳,校现周,罗世巧.橡胶树PR107不同乙烯浓度气刺微割的产量和生理效应[J].广东农业科学,2014,41(8):74-77. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2014.08.040.
- QIU J,YANG W F,WU M,WEI F,XIAO X Z,LUO S Q. Effects of micro-tapping with different concentration of ethylene on yield and physiological features of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) clone PR107 [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*,2014,41 (8):74-77. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2014.08.040.
- [8] 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研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.
- [9] 仇键,校现周,高宏华,杨文凤,魏芳,吴明,罗世巧.六天一刀割制对热研7-33-97幼龄开割橡胶树产量、胶乳生理及死皮病发生的影响[J].南方农业学报,2020,51(1):133-139. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2020.01.017.
- QIU J,XIAO X Z,GAO H H,YANG W F,WEI F,WU M,LUO S Q. Effects of tapping per six days system on the yield, latex physiology and tapping panel dryness of young tapped *Hevea brasiliensis* var. Reyan 7-33-97 [J]. *Journal of Southern Agriculture*,2020,51 (1):133-139. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2020.01.017.
- [10] 谭德冠,姚庆收,张伟算,程汉,黄华孙.10个橡胶树新品系幼龄试割期间生理参数的分析与比较[J].热带农业科学,2004,24(1):1-6. TAN D G,YAO Q S,ZHANG W S,CHENG H,HUANG H S.Comparison and evaluation of latex physiology of ten new rubber clones during the test tapping period [J]. *Chinese journal of tropical agriculture*,2004,24 (1):1-6.
- [11] 高新生,李维国,黄华孙,张伟算.4个胶木兼优品系生长量、初期产量与排胶生理特性[J].热带农业科学,2007,27(3):1-4. GAO X S,LI W G,HUANG H S,ZHANG W S. Growth and yield of four latex/timber clones at early production phase and their physiological characteristics [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*,2007,27 (3):1-4.
- [12] 胡彦师,程汉,曾霞,安泽伟,方家林,黄华孙.13份橡胶树新种质对已烯利刺激割制的生理反应[J].中国农学通报,2009,25(17):282-288. HU Y S,CHENG H,ZENG X,AN Z W,FANG J L,HUANG H S. Physiological of thirteen new amazon hevea germplasm to stimulation tapping system [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*,2009,25 (17):282-288.
- [13] 龙翔宇,王岳坤,秦云霞,高新生,唐朝荣.橡胶树热研2-73×PB5/51F₁群体胶乳生理参数的比较及聚类分析[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42 (2):65-71. DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.038. LONG X Y,WANG Y K,QIN Y X,GAO X S,TANG C R. Comparison and cluster analysis of latex physiological parameters in F₁ group Reyan2-73×PB5/51 of *Hevea brasiliensis* [J]. *Journal of Northwest A&F University (Nat. Sci. Ed.)*,2014,42 (2):65-71. DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.038.
- [14] 杨滔,赵祺,李小琴,张凤良,毛常丽,胡永华,吴裕.橡胶树魏克汉种质资源的胶乳产量与生理性状变异分析[J].热带作物学报,2020,41 (5):893-900. DOI:10.3969/j.issn.1000-2561.2020.05.008. YANG T,ZHAO Q,LI X Q,ZHANG F L,MAO C L,HU Y H,WU Y. Variations analysis of latex yield and physiological traits in *Hevea brasiliensis* wickham germplasm resources [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*,2020,41 (5):893-900. DOI:10.3969/j.issn.1000-2561.2020.05.008.
- [15] 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.
- [16] 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(热带农业科学),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.
- [17] 赵修谦.巴西橡胶制片法[J].植物学报,1980,22 (1):101-102. Chao Hsiao-chien. New methods for preparing the slides of *Hevea brasiliensis* [J]. *Acta botanica sinica*,1980,22 (1):101-102.
- [18] 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.
- [19] 郭秀丽,孙亮,胡义钰,刘进平,王真辉,袁坤.巴西橡胶树不同死皮程度植株的胶乳生理参数分析[J].南方农业学报,2016,47 (9):1553-1557. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2016.09.1553. GUO X L,SUN L,HU Y Y,LIU J P,WANG Z H,YUAN K.Analysis on latex physiological parameters of *Hevea brasiliensis* plants at different tapping panel dryness extents [J]. *Journal of Southern Agriculture*,2016,47 (9):1553-1557. DOI:10.3969/j.issn.2095-1191.2016.09.1553.
- [20] 魏芳,校现周.巴西橡胶树热研7-33-97、PR107、RRIM600生理特性比较[J].安徽农业科学,2008,36 (18):7561-7563. WEI F,XIAO X Z.Comparison on the physiological characters of three clones Reyan7-33-97,PR107,RRIM600 of Brazil *Hevea brasiliensis* [J]. *Journal of Anhui Agriculture Sciences*,2008,36 (18):7561-7563.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 张世鑫,刘宁涛,杨署光,陈月异,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. DOI:10.3969/j.issn.1000-2561.2018.07.002. 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. DOI:10.3969/j.issn.1000-2561.2018.07.002.