

8个橡胶树品种微创采胶的胶乳生理特性分析

邱彦芬^{1,2}, 孙小龙^{1,2}, 杨恩山^{1,2}, 胡永华^{1,2}, 高茜^{1,2}, 肖再云^{1,2*}

(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]以2009年建立的橡胶树高产抗寒新品种试验区8个橡胶树品种为材料,通过测定钻次胶乳产量、干胶含量、排胶初速度、堵塞指数及总固形物(TSC)、蔗糖(SUC)、无机磷(Pi)、硫醇(RSH)含量等参数指标,分析微创采胶后各品种的产排胶特性,以为获得微创采胶技术稳产的生理机理提供参考。结果表明:热研879综合表现突出,株次干胶产量101.6 g,且硫醇、蔗糖及无机磷含量均显著高于其它多数品种($P < 0.05$),TSC含量却维持较低水平,在5.00 mL/min排胶初速度下的单位面积产量为2 286 kg;热研73397虽具有最高无机磷含量,但因TSC含量过高(乳管堵塞指数达10.99%),在相近的排胶初速度下的单位面积产量仅为热研879的45.14%;热垦628、湛试327-13、云研73-46及云研77-4的干胶产量、硫醇与无机磷含量保持中等水平;热垦525和IAN873的干胶产量及生理指标均显著低于其它品种。相关性分析揭示,排胶初速度与干胶产量呈显著正相关($P < 0.05$),与其它指标无显著相关性。研究显示:微创采胶下胶乳硫醇、无机磷、蔗糖、总固形物含量处于正常生理区间,单位面积产量为593~2 286 kg,该结果可为优化抗寒高产品种的采胶策略提供生理学依据。

[关键词]橡胶树;微创采胶;胶乳生理参数

中图分类号:S794.108 文献标识码:A 文章编号:1672-450X(2026)01-0088-07

Analysis of Latex Physiological Characteristics of Minimally Invasive Rubber Picking in Eight Rubber Tree Varieties

QIU Yanfen^{1,2}, SUN Xiaolong^{1,2}, YANG Enshan^{1,2}, HU Yonghua^{1,2}, GAO Qian^{1,2}, XIAO Zaiyun^{1,2*}

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

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

Abstract: Eight rubber tree varieties in the experimental area of high-yield and cold-resistant new rubber tree varieties established in 2009 were used as materials. By measuring the latex yield, dry rubber content, initial rubber discharge speed, plugging index, the total solid content (TSC), sucrose (SUC), inorganic phosphorus (Pi), mercaptan (RSH) and other parameters, the rubber production and discharge characteristics of each variety were analyzed, which provided physiological reference for the stable production mechanism of this technology. The results showed that: the comprehensive performance of Reyan 879 was outstanding, the yield of dry rubber was 101.6 g, and the content of mercaptan, sucrose and inorganic phosphorus was significantly higher than that of most other varieties ($P < 0.05$), but the content of TSC remained low, and the yield per unit area was 2 286 kg at the initial rate of 5.00 mL/min; Reyan 73397 had the highest content of inorganic phosphorus, but due to the high content of TSC (latex clogging index up to 10.99%), the yield per unit area under the similar initial rate of glue discharge was only 45.14% of that of Reyan 879; the dry rubber yield, mercaptan and inorganic phosphorus content of Reken 628, Zhan test 327-13, Yunyan 73-46 and Yunyan 77-4 maintained a medium level. The dry rubber yield and physiological indexes of Reken 525 and IAN873 were significantly lower than those of other varieties; the correlation analysis revealed that the initial rate of rubber discharge was significantly positively correlated with dry rubber yield ($P <$

收稿日期:2025-09-22

基金项目:云南省热带作物科技创新专项资金(RF2025-9);国家自然科学基金项目(32260082)

作者简介:邱彦芬(1987—),女,农艺师,硕士,研究方向为橡胶树采胶生理。E-mail:794205904@qq.com

*通信作者:肖再云(1968—),男,研究员,博士,研究方向为橡胶树采胶技术及生理。E-mail:jhxiaoziyun@163.com

0.05), but not significantly correlated with other indicators. Studies show that under minimally invasive rubber extraction, the thiol, inorganic phosphorus, sucrose and total solids in the normal physiological range, the unit area yield was 593~286 kg. The results provide physiological basis for optimizing the rubber extraction strategy of cold-resistant and high-yielding varieties.

Key words: *Hevea brasiliensis*; minimally invasive rubber tapping; physiological parameters of latex

作为橡胶生产的核心环节,割胶环节的劳动力投入约占整体生产成本的70%^[1],然而,近年来国际橡胶价格持续低迷已引发胶工流失率攀升,弃割率激增^[2]。研发对割胶技术要求低、易操作的高效省工采胶技术成为目前亟待解决的问题。国际上对橡胶树低频率采胶进行了研究,印度尼西亚、马来西亚的研究所经过多年的试验和生产实践,证明只要合理调节刺激浓度和周期,低频割胶是可行的^[3-4]。我国近年推广的低频、超低频(6 d 1刀、7 d 1刀)、低割胶强度及短线采胶显著降低人工成本,同时保证了橡胶树的健康、稳产^[5-6]。

橡胶树胶乳生理诊断技术通过测定胶乳的生理生化指标来判断橡胶树的健康状况,其中胶乳的总固形物(TSC)、蔗糖(SUC)、无机磷(Pi)、硫醇(RSH)含量4项指标可以反映橡胶树胶乳90%以上的生理信息,可用于指导割胶生产^[7-9]。总固形物含量反映了胶乳再生橡胶的能力,过高或过低都会影响胶乳产量^[10]。蔗糖供应不足时(如刺激或强割引发的代谢紊乱),易导致胶乳再生受阻,甚至诱发死皮^[11]。无机磷是乳管系统代谢能力的重要标志物,通过参与糖酵解调控及ATP生成,直接影响胶乳代谢活性,研究表明高无机磷含量可增强胶乳稳定性,为橡胶合成提供能量基础^[12],作为橡胶合成初始底物,其含量直接决定胶乳合成效率;硫醇是细胞中重要的还原剂,能保护胞器膜免受活性氧攻击,同时也是橡胶合成途径中一些关键酶(如转氨酶、丙酮酸激酶等)的激活子^[5];三者的供给能力影响胶乳再生,与干胶产量呈正相关。正常橡胶树中硫醇、无机磷、蔗糖含量保持稳定,割胶和刺激浓度适度时,硫醇含量升高,黄色体破裂指数平稳,利于排胶,橡胶树能量充足,代谢旺盛,蔗糖供应充足。反之,过度采胶或刺激会导致硫醇含量下

降,引发死皮^[13]。采割胶过程中若出现上述生理指标不稳定或者骤增骤减,常与采胶技术的刺激强度和割胶制度相关,高强度刺激和过度采胶会引起橡胶树死皮的发生^[14]。目前有关橡胶树胶乳生理的研究主要集中在不同割制和刺激剂对胶乳生理参数的影响,以及通过胶乳生理特性评价与辅助选育品种、比较健康树和死皮树的生理参数差异等方面^[15-18]。

云南省热带作物科学研究所橡胶树生理及采胶技术团队研发的微创采胶技术以电雕刻笔钻孔替代传统的人工割胶,配合高效的化学刺激剂,1采次钻2孔排胶,可将胶工的日采胶株数由以往的300株提高到1000株,显著提高采胶效率,若能大面积推广该项技术,可有效缓解当前天然橡胶产业面临的胶工短缺问题。尽管该微创采胶技术展现出良好的应用前景,但关于微创采胶的胶乳生理特性尚不清楚。本研究以橡胶树抗寒高产区域性试验种植的8个橡胶树品种为材料,系统分析微创采胶下各品种的胶乳生理特性,意在为获得微创采胶技术稳产机理提供生理参考。

1 材料和方法

1.1 材料

以云南省热带作物科学研究所江北试验地2009年定植的橡胶树抗寒高产区域性试验区6割龄的植株为材料,参试品种基本信息见表1。橡胶树定植间距3 m×7 m,试验地总面积13.93 hm²,按照常规抚育管理。2019年开割,前5个割年采用S/2 d3割制非刺激割胶。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

于2024年4月开展试验,每个品种选择30株生长状态及产胶性能正常的橡胶树,设置3个重

复,每个重复10株,进行为期一整年的微创采胶。微创采胶技术参数具体设置如下:每次钻孔数量为2个,钻孔直径为2 mm,间距2 cm;采胶频率为4 d采1次;刺激剂为3%的复方乙烯利水剂,加注于刺激药盒内,药盒数量为2个,上下各一个,垂直距离为50 cm;15 d为一个施药周期,即每月加药2次,以确保刺激剂能够发挥作用。

表1 8个高产抗寒橡胶树新品种基本信息

| 品种 | 亲本 | 来源 |
|-----------|----------------|--------------------|
| 热垦 525 | IAN873×RRIM803 | 马来西亚 |
| 热垦 628 | IAN873×PB235 | 马来西亚 |
| 热研 73397 | RRIM600×PR107 | 中国热带农业科学院橡胶研究所 |
| 热研 879 | 热研 8813×热研 217 | 中国热带农业科学院橡胶研究所 |
| 云研 73-46 | GT1×PR107 | 云南省热带作物科学研究所 |
| 云研 77-4 | GT1×PR107 | 云南省热带作物科学研究所 |
| 湛试 327-13 | 93-114×PR107 | 中国热带农业科学院南亚热带作物研究所 |
| IAN873 | PB86×FA1717 | 巴西 |

1.2.2 样品采集

用电钻钻孔后,收集第5—25 min流出的胶乳作为样品。将同一重复10株橡胶树的胶乳样品混合作为1个样品,冰浴带回实验室进行胶乳生理参数的测定,停排后称量每割次的胶乳产量。

1.2.3 排胶初速度、堵塞指数

用电钻钻孔后,收集称量0—5 min流出的胶乳量,计算排胶初速度和堵塞指数。堵塞指数=(排胶初速度/总产量)×100

1.2.4 干胶含量测定

每次钻孔采胶后,取50 mL胶乳样品冰浴带回实验室,用微波干含量仪(型号DH925D)测定干胶含量,采用标准法测定^[19]。

1.2.5 计算干胶产量

以每割次的干胶含量与胶乳总产量计算株次干胶产量,株次产量=年干胶总产量/有效割株,年单位面积干胶产量(kg/hm²)=年干胶总产量/667 m²×15,以平均值计。

1.2.6 胶乳生理参数测定

胶乳中总固形物、蔗糖、硫醇、无机磷等含量按常规方法测定^[20-21]。

1.3 数据处理

采用Excel 2016整理和分析试验数据,用SPSS 20.0的Duncan(D)检验进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 株次干胶产量和干胶含量

在微创技术采胶下,不同橡胶树品种株次干胶产量存在差异(表2)。热研879株次产量为101.60 g,显著高于其它品种($P < 0.05$),云研73-46(55.81 g)及热垦628(49.66 g)的表现次之,显著高于其它5个品种,两者间差异不显著,热垦525和IAN873株次干胶产量最低,分别为26.38、26.48 g,显著低于其它品种,分别仅为热研879的25.96%和26.06%。8个品种之间平均干胶含量均在30%以上,品种间差异不显著。

表2 微创采胶各品种株次干胶产量与干胶含量比较

| 品种 | 株次干胶产量/g | 干胶含量/% |
|-----------|---------------|-------------|
| 热垦 525 | 26.38±5.03e | 38.85±2.12a |
| 热垦 628 | 49.66±5.34bc | 38.34±3.02a |
| 热研 73397 | 45.87±12.22cd | 36.91±3.24a |
| 热研 879 | 101.60±12.34a | 36.00±4.21a |
| 云研 73-46 | 55.81±7.12b | 35.74±1.83a |
| 云研 77-4 | 42.43±2.78cd | 36.58±2.82a |
| 湛试 327-13 | 47.80±3.81c | 38.83±2.44a |
| IAN873 | 26.48±5.86e | 36.38±3.09a |

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

2.2 单位面积干胶产量

由图1可知,8个橡胶树品种之间单位面积产量存在差异($F=89.388^{**}$, $P < 0.05$),其中热研879单位面积干胶产量2286 kg/hm²,显著高于其它品种,其次为云研73-46(1255 kg/hm²)、热垦628(1117 kg/hm²),二者差异不显著。湛试327-13(1075 kg/hm²)、热研73397(1032 kg/hm²)、云研77-4(954 kg/hm²)这3个品种干胶产量相近,且彼此间无显著差异。热垦525(593 kg/hm²)、IAN873(595 kg/hm²)单位面积干胶产量最低,两者显著低于其它品种。

2.3 排胶初速度和堵塞指数

排胶初速度和堵塞指数是影响橡胶树产胶性能的重要指标,其数值大小与胶乳产量显著相关。高产胶品种通常具有较高的排胶初速度和较低的堵塞指数,而低产胶品种则相反^[22]。从图

2可以看出,参试各橡胶树品种的排胶初速度存在差异,热研 879 的排胶初速度最高,达到 5.00 mL/min,热研 73397 (4.67 mL/min) 和云研 73-46 (3.00 mL/min) 次之,与其它品种间存在显著差异。热垦 628 排胶初速度仅为 0.67 mL/min,显著低于其它品种(热垦 525 除外)。在堵塞指数方面,各品种之间的差异同样明显。其中热研 73397 堵塞指数最高,为 10.99%,云研 73-46 (6.92%)、IAN873 (5.89%) 次之,显著高于其它品种,热垦 628 堵塞指数仅为 1.71%,显著低于其它品种。

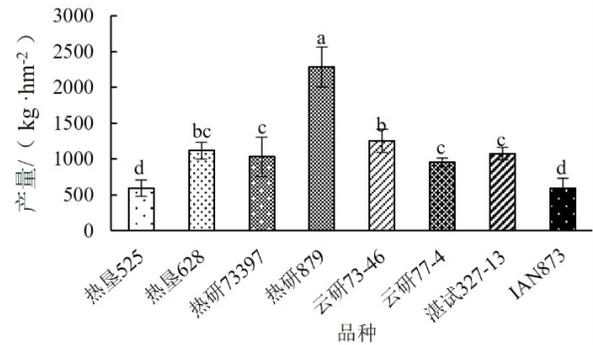


图1 微创采胶各品种单位面积产量

注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

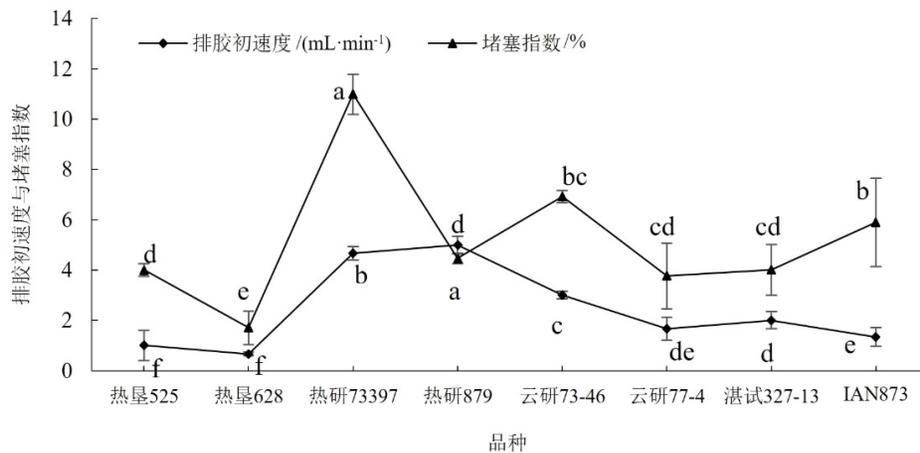


图2 微创采胶各品种胶乳排胶初速度及堵塞指数

2.4 胶乳生理参数分析

硫醇是胶乳中的非酶促还原系统,具有清除活性氧、保护细胞器膜结构以及促进橡胶生物合成的作用^[23]。硫醇含量与胶乳产量呈正相关关系,当含量下降时,可能使胶乳发生原位凝固致乳管停止排胶,最终引发橡胶树割面死皮。测定结果(表3)显示,热研 73397 (0.66 mmol/L)、热研 879 (0.62 mmol/L) 硫醇含量显著高于其它品种(云研 73-46 除外),两者之间差异不显著,云研 73-46、热垦 525、热垦 628、湛试 327-13、云研 77-4 等 5 个品种硫醇含量在 0.39 ~ 0.52 mmol/L 区间,差异不显著,而 IAN873 品种的硫醇含量最低。

无机磷作为胶乳代谢的重要调控因子,对改善乳管系统代谢能力具有重要作用,其含量与胶乳产量呈显著正相关。如表 3 所示,热研 73397 (34.20 mmol/L) 和热研 879 (32.78 mmol/L) 无机磷

含量最高,与其它品种差异显著;其余 6 个品种的无机磷含量集中在 20 ~ 25 mmol/L,整体差异不大。

蔗糖是橡胶烃合成底物,在胶乳再生中发挥着关键作用,其供给能力与胶乳产量正相关。由表 3 可知,云研 73-46、热研 879 蔗糖含量表现最优,分别为 15.10、14.50 mmol/L,与其余品种(云研 77-4 除外)存在显著差异,热垦 628、湛试 327-13、热研 73397、IAN873、云研 77-4 等 5 个品种蔗糖含量为 7.38 ~ 10.99 mmol/L,之间差异不显著,热垦 525 蔗糖含量最低,仅为 6.79 mmol/L。

胶乳总固形物含量是评估胶乳再生能力和粘性的综合指标,其含量高低对胶乳产量具有重要影响。由表 4 可知,IAN873 总固形物含量高达 46.36%,云研 73-46 表现出较低的总固形物含量,显著低于其它品种,其它品种总固形物含量基本在 40% 以上,彼此间差异不显著。将 8 个品种生理参数与 RRIM600 标准参考值中的适中

值^[24](蔗糖含量 6.5 mmol/L、硫醇含量 0.3 mmol/L、无机磷含量 20.5 mmol/L、TSC 34.1%) 比对,发现 8

个品种的总固形物、硫醇、无机磷、蔗糖含量均保持在正常范围内。

表 3 微创采胶各品种硫醇、蔗糖、无机磷、总固形物含量比较

| 品种 | 总固形物含量/% | 硫醇含量/(mmol·L ⁻¹) | 无机磷含量/(mmol·L ⁻¹) | 蔗糖含量/(mmol·L ⁻¹) |
|-----------|---------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 热垦 525 | 44.84±3.90abc | 0.47±0.16cd | 25.45±8.41b | 6.79±5.00c |
| 热垦 628 | 43.89±4.06abc | 0.39±0.20cd | 24.91±8.14b | 7.38±7.18bc |
| 热研 73397 | 40.40±5.76bc | 0.66±0.18a | 34.20±9.59a | 8.98±3.29bc |
| 热研 879 | 39.58±7.23c | 0.62±0.26ab | 32.78±7.69a | 14.50±7.65a |
| 云研 73-46 | 34.12±4.03d | 0.52±0.19bc | 24.01±3.80b | 15.10±7.83a |
| 云研 77-4 | 43.00±3.74abc | 0.47±0.16cd | 22.52±4.38b | 10.99±9.71abc |
| 湛试 327-13 | 45.79±2.54ab | 0.42±0.21cd | 25.05±9.90b | 7.93±2.55bc |
| IAN873 | 46.36±5.87a | 0.37±0.12d | 21.65±4.70b | 9.91±4.62bc |

2.5 干胶产量与测定参数之间的相关性分析

统计分析测定的生理参数与干胶产量之间的相关性(表 4),从中可以看出,株次干胶产量与排胶初速度呈显著正相关,相关系数为 0.711,与干胶含量、堵塞指数、总固形物含量呈负相关,与硫醇、无机磷、蔗糖含量呈正相关,但相关性均未达

到显著水平。干胶含量与蔗糖含量呈极显著负相关,相关系数-0.882,排胶初速度与硫醇、无机磷含量极显著正相关,相关系数为 0.924、0.846,蔗糖含量与总固形物含量显著负相关,相关系数-0.783,硫醇含量与无机磷含量显著正相关,相关系数为 0.882。

表 4 生理参数与干胶产量的相关性

| 测定参数 | 干胶产量 | 干胶含量 | 排胶初速度 | 堵塞指数 | 硫醇含量 | 蔗糖含量 | 无机磷含量 | 总固形物含量 |
|--------|--------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
| 干胶产量 | 1 | | | | | | | |
| 干胶含量 | -0.422 | 1 | | | | | | |
| 排胶初速度 | 0.711* | -0.561 | 1 | | | | | |
| 堵塞指数 | -0.055 | -0.434 | 0.643 | 1 | | | | |
| 硫醇含量 | 0.584 | -0.428 | 0.924** | 0.646 | 1 | | | |
| 蔗糖含量 | 0.659 | -0.882** | 0.594 | 0.218 | 0.451 | 1 | | |
| 无机磷含量 | 0.589 | -0.135 | 0.846** | 0.515 | 0.882** | 0.145 | 1 | |
| 总固形物含量 | -0.515 | 0.652 | -0.626 | -0.450 | -0.655 | -0.783* | -0.354 | 1 |

注: *表示显著相关 (P<0.05), **表示极显著相关 (P<0.01)。

3 讨论与结论

杨文凤、牛静明等^[25-26]研究指出,4 d 1 刀低频微割可获得稳产结果,本研究以 4 d 1 刀低频采胶频率为基础,分析使用微创技术后的胶乳生理特性。结果显示:在微创采胶 4 d 1 钻(全年 50 次)采胶周期下,不同品种表现出明显的产量差异,热研 879 单株和单位面积干胶产量最高,在 5.00 mL/min 高排胶初速度(堵塞指数仅 3.12%)下,产量达 2 286 kg/hm²;云研 73-46、热垦 628、湛试 327-13、热研 73397、云研 77-4 株次产量均在 40 g 以上,单位面积干胶产量为 945~1 110

kg/hm²,产胶潜力中等;热垦 525、IAN873 株次产量显著低于其它品种,属于微创采胶中的低产品种。

有研究表明无机磷含量高、蔗糖含量低的品种属于代谢缓慢型,而排胶速度大、堵塞指数低,蔗糖、硫醇含量高的品种多数为优良品种^[22]。本研究中,热研 879 有较高的硫醇含量(0.62 mmol/L)、无机磷含量(32.78 mmol/L)、蔗糖含量(14.50 mmol/L),同时排胶初速度较高、堵塞指数较低,总固形物含量较低,表明糖分供应充足,胶乳的再生能力强,在丰富的胶乳稳定剂硫醇的保护下排胶顺畅,胶乳产量高,是代谢活性与产胶

潜力最优的品种。云研 73-46 蔗糖含量高达 15.10 mmol/L, 无机磷、硫醇含量中等 (24.01 mmol/L、0.52 mmol/L), 总固形物含量最低 (34.12%), 排胶初速度一般, 堵塞指数较高, 说明蔗糖供应充足, 但代谢活性不足, 排胶过程受阻; 热研 73397 硫醇含量 (0.66 mmol/L)、无机磷含量 (34.20 mmol/L) 显著高于其它品种, 但蔗糖含量低, 胶乳黏度大, 导致排胶堵塞、产胶潜力受限与底物供应不足, 与其产量表现相符; 热垦 628、湛试 327-13、云研 77-4 硫醇含量中等, 总固形物含量较高, 胶乳黏性大, 无机磷含量差异不显著, 其中热垦 628、湛试 327-13 蔗糖含量低, 胶乳再生能力较弱, 排胶初速度和堵塞指数较低; 热垦 525、IAN873 因硫醇、无机磷、蔗糖含量较低, 胶乳黏度大 (总固形物含量最高), 导致胶乳再生能力不足, 排胶不畅, 产量最低。

相关性分析表明, 微创采胶下与干胶产量显著正相关的参数为排胶初速度, 这与张晓飞^[15]等研究结果一致, 而排胶初速度与硫醇、无机磷含量显著正相关。

根据微创技术下不同橡胶树品种的生理响应及产量表现, 提出如下针对性的采胶策略: 对于热研 879、热研 73397 可维持现有的割胶频率, 降低刺激剂浓度, 以充分发挥高产潜力; 热垦 628、湛试 327-13、云研 73-46、云研 77-4 这 4 个品种需保持刺激浓度和割胶频率来增强代谢活性, 以确保胶乳合成, 使产量不受影响; 热垦 525、IAN873 可适当降低刺激浓度, 以避免发生死皮。

本试验中微创采胶单位面积产量为 593 ~ 2 286 kg, 胶乳生理参数处于正常生理区间。本研究存在一定局限性, 首先, 8 个品种未建立各自胶乳生理诊断标准参考值, 参照了 RRIM600 的标准值; 其次, 观测周期仅覆盖单一年度, 未能充分阐明长期应用对生理代谢及产胶性能影响机制, 后续需延长观测周期, 开展多年度跟踪分析, 为精准制定采胶制度提供更科学的依据。

参考文献:

- [1] 魏小弟. 我国割胶生产技术现状和建议[J]. 中国热带农业, 2010(2): 5-7.
- [2] 校现周. 对天然橡胶产业面临困境的思考[J]. 中国热带农业, 2016(1): 4-5.
- [3] SOUMAHINE F, OBOUAYEBA S, ANNO PA. Low tapping frequency with hormonal stimulation on *Hevea brasiliensis* clone PB 217 reduces tapping manpower requirement [J]. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 2009, 2(3): 109-117.
- [4] MEN X, WANG F, CHEN G, et al. Biosynthesis of natural rubber: current state and perspectives[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2019, 20(1): 50.
- [5] 魏芳, 罗世巧, 高宏华, 等. 橡胶树‘热研 7-20-59’气刺短线采胶技术试验初报[J]. 中国热带农业, 2022(1): 39-43.
- [6] 仇键, 校现周, 高宏华, 等. 中龄 PR107 和热研 73397 橡胶树“6 天 1 刀”割制的刺激技术及适应性研究初报[J]. 热带作物学报, 2020, 41(3): 474-481.
- [7] 许成文. 西非推行的割胶制度[J]. 云南热作科技, 1993(2): 37-41.
- [8] CAVALOC E. Effect of panel management on bark necrosis of two clones with different laticiferous metabolisms [C]. Kottayam, Kerala, India: International Workshop on Tapping Panel Dryness, RRII, 2005.
- [9] USHA NAIR N. Latex diagnosis as a crop harvest management technology for small hold in [C]. India: International Natural Rubber Conference, 2005.
- [10] 朱德明, 王进, 孔令学, 等. 茶树油处理割线对天然橡胶产量及胶乳生理的影响[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(4): 546-550.
- [11] 黄德宝, 秦云霞, 唐朝荣. 橡胶树三个品系 (热研 879、热研 73397 和 PR107) 胶乳生理参数的比较研究[J]. 热带亚热带植物学报, 2010(2): 170-175.
- [12] 谭德冠, 姚庆收, 张伟, 等. 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(1): 1-6, 14.
- [13] 郭秀丽, 孙亮, 胡义钰, 等. 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.
- [14] 范思伟, 杨少琼. 强割和排胶过度引起的死皮是一种特殊的局部衰老病害[J]. 热带作物学报, 1995(2): 15-22.
- [15] 张晓飞, 黄肖, 左如斌, 等. 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.
- [16] 李维国, 黄华孙, 张伟算. 4 个胶木兼优品种生长量、初产期产量与排胶生理特性[J]. 热带农业科学, 2007, 27(3): 1-4.

- [17] 胡彦师,程汉,曾霞,等. 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.
- [18] 杨焱,赵祺,李小琴,等. 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.
- [19] 全国橡胶与橡胶制品标准化技术委员会天然橡胶分技术委员会. 浓缩天然胶乳—干胶含量的测定: GB/T8299—2008[S].
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 张晓飞,黄肖,李琛,等. 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.
- [23] 杨焱,赵祺,吴裕,等. 6个橡胶树优树无性系产量与胶乳生理年内变化分析[J]. 热带农业科技,2025,48(3):81-86.
- [24] 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.
- [25] 杨文凤,牛静明,罗世巧,等. 橡胶树气刺割胶中不同割线长度生理效应研究[J]. 热带作物学报,2012,33(11):1971-1975.
- [26] 牛静明,校现周,杨文凤,等. 巴西橡胶树气刺割胶中不同刺激位置的生理效应[J]. 热带作物学报,2011,32(7):1191-1195.