

橡胶树割胶新技术采胶效果比较

高 茜^{1,2}, 王文兵³, 胡永华^{1,2}, 李树生³, 邱彦芬^{1,2}, 杨恩山^{1,2}, 刘忠亮^{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; 3. 勐腊县农垦集团有限责任公司, 云南勐腊 666300)

[摘要]传统人工割胶存在技术要求高、割胶效率低、死皮率偏高等缺点,探索高效采胶新技术与机械化、智能化采胶是实现天然橡胶产业高质量发展的必经之路。研究以人工割胶为对照,对固定式割胶机、电动割胶刀、微创采胶3种采胶方式开展比较试验,收集胶乳产量、干胶含量数据,并于年底停采后调查橡胶树死皮情况。结果表明,固定式割胶机与电动割胶刀的年干胶产量相差不大,均低于人工割胶,分别为人工割胶的76.35%和81.57%,微创采胶的年干胶产量略高于人工割胶,为人工割胶的108.20%。干胶产量的月度变化上,人工割胶波动小,固定式割胶机波动较大,微创采胶和电动割胶刀有一定波动。死皮情况调查发现,微创采胶树位的死皮率最低,固定式割胶机割胶树位的死皮率是人工割胶的3.6倍,电动割胶刀树位的死皮率与人工割胶树位的相近。

[关键词]橡胶树;割胶技术;微创采胶;机械割胶;干胶产量

中图分类号: S794.108 文献标识码: A 文章编号: 1672-450X(2026)01-0095-05

Comparison of Latex Yield from Novel Rubber Tree Tapping Techniques

GAO Qian^{1,2}, WANG Wenbing³, HU Yonghua^{1,2}, LI Shusheng³, QIU Yanfen^{1,2}, YANG Enshan^{1,2}, LIU Zhongliang^{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;

3. Mengla County Agricultural Reclamation Group Co., Ltd, Mengla 666300, China

Abstract: Currently, traditional manual rubber tapping suffers from drawbacks such as high technical requirements, low efficiency, and a relatively high incidence of tapping panel dryness (TPD). Exploring efficient new tapping technologies and mechanized, intelligent tapping machines is essential for achieving high-quality development in the natural rubber industry. This study used traditional manual tapping as the control and conducted experiments on three tapping methods: fixed tapping machines, electric tapping knives, and micro-tapping. Data on latex yield and dry rubber content for each method were collected, and a TPD survey was conducted after tapping ceased at year-end. The results showed that the annual dry rubber yield from fixed tapping machines and electric tapping knives was similar but lower than manual tapping, at 76.35% and 81.57% of the manual yield, respectively. Micro-tapping yielded slightly more dry rubber than manual tapping, at 108.20%. For monthly dry rubber output variation: manual tapping fluctuates slightly, fixed tapping machines greatly, and micro-tapping as well as electric tapping knives moderately. TPD surveys revealed that micro-tapping tree positions had the lowest dryness rate. The dryness rate for fixed-position tapping machines was 3.6 times that of manual tapping. The dryness rate for electric tapping knives was similar to that of manual tapping.

Key words: *Hevea brasiliensis*; tapping techniques; micro-tapping; mechanical rubber tapping; dry-rubber yield

收稿日期: 2025-06-11

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(RF2025-9);

云南省现代农业橡胶产业技术体系采胶技术研究岗(2025KJTX-12-6)

作者简介: 高茜(1996-),女,助理研究员,硕士,研究方向为植物生理与分子生物学。E-mail: zy18487177436@163.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学。E-mail: jhxiaoziyun@163.com

天然橡胶是重要的战略物资和工业原料,割胶作为天然橡胶生产的关键环节,其成本占生产总成本的60%以上^[1],且割胶技术的优劣直接影响胶乳产量与树体健康。理想的割胶技术要求精准控制割胶的深度、耗皮量、速度和角度,在最小化损伤树皮的同时达到最大化乳胶释放效率^[2]。传统人工割胶不仅工作劳动强度大,且对割胶技能要求极高,培养一名熟练胶工需投入大量培训成本^[2-3]。近年来受天然橡胶市场价格波动等因素影响,割胶工人流失与老龄化现象日益严重^[1,4],导致熟练胶工短期内难以补充。由此引发的用工短缺与高技能依赖性加剧了“割胶成本高企”与“天然橡胶价格低迷”之间的矛盾,致使许多橡胶种植单位经营困难,甚至出现弃割弃管现象^[5],割胶工人短缺已成为制约天然橡胶产业可持续发展的瓶颈之一^[4,6]。

发展高效机械化采胶技术是解决上述难题的关键路径。近年来广东、海南、云南等植胶区已陆续开展机械化采胶新技术研究,其中电动机械化采胶机主要包括电动针采机和电动割胶机两大类^[7]。在云南植胶区,机械采胶应用尚未形成规模,山地胶园机械化率普遍偏低^[8],主要为依托项目进行的大田试验,目前参与比较试验的代表性设备来自宁波中创瀚维科技^[9-10]、海南海胶智造科技^[11]、东莞市翊顺智能科技^[12]等企业生产的全自动割胶机。

为解决割胶问题,云南省热带作物科学研究所橡胶树生理及采胶技术团队开发了橡胶树微创采胶技术^[13-15],采用基于橡胶树乳管解剖结构的电动微创钻孔技术进行采胶,并以树体定点安装刺激药盒替代割面涂抹乙烯刺激剂,实现采胶方式的革新。本研究聚焦云南植胶区(特别是山地胶园),以传统人工割胶为对照,分析比较固定式割胶机、电动割胶刀、微创采胶等3种采胶方式在干胶产量、干胶含量和橡胶树死皮率等关键指标上的差异。研究旨在筛选适合当地条件、高效可持续的割胶技术,为机械化割胶新技术的优化研发与推广应用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验于2024年在云南省西双版纳州勐腊县农垦集团有限责任公司勐腊农场二分场五队(101°58' E, 21°43' N)的云南省天然橡胶标准化建设示范园进行。该示范园种植面积为15.91 hm²,海拔623.46 m,属热带季风气候,年平均气温18~26 °C,全年无霜,干湿季分明。

1.2 试验材料及方法

研究对象为2015年种植,2023年开割的橡胶树品种热垦628,割龄1 a。选择生长健壮、茎围基本一致[平均茎围(54.23±1.86) cm]、无严重病虫害的正常割胶树位。微创采胶的割制为S/2 d/3+3%ET(2周),即二分之一割线,3 d割1刀并添加3%的乙烯利刺激,2周添加1次,割胶株数100株。固定式割胶机、电动割胶刀、人工割胶(CK)的割制为S/2 d/3,即二分之一割线割胶,3 d割1刀,割胶株数均为300株。2024年4—10月割胶,有效割胶刀次48刀。

1.3 割胶工具及性能参数

固定式割胶机:宁波中创瀚维科技有限公司生产,型号ZCHW-2Pro。电动割胶刀:中国热带农业科学院橡胶研究所与浙江三锋实业股份有限公司联合生产,型号4CJX-303B。微创采胶电钻:上海艺朗贸易有限公司生产,型号为百旗200 mm×26 mm。割胶工具性能参数如表1所示^[1,8,16]。

1.4 数据收集与测定指标

在试验过程中,依据既定的试验岗位由专人收集相应的割胶生产数据,测定不同处理的干胶产量^[17]和干胶含量^[18]。年底停割后进行死皮调查,统计死皮发生率^[19]。

1.5 数据处理与分析

采用Excel 2010对试验数据进行统计,SPSS 20.0进行方差分析,Graphpad Pism 8.0.1作图。

2 结果与分析

2.1 干胶产量比较

固定式割胶机与电动割胶刀的年干胶产量相差不大,均低于人工割胶,分别为人工割胶的

76.35%和81.57%,微创采胶的年干胶产量略高于人工割胶,为人工割胶的108.20%(按相同株数折算)。单株产量和株次产量均以微创采胶树位的

最高,分别为1 967 g/株和40.98 g;固定式割胶机与电动割胶刀的单株产量和株次产量均低于人工割胶(表2)。

表1 4种割胶工具技术参数比较

割胶工具	质量/g	动力来源	电源类型	电压/V	续航能力	刀片修磨次数
固定式割胶机	2 000~3 000	电机	锂电池	7.4	6~7个月	300
电动割胶刀	500~900	电机	锂电池	18.0	3.5~4.5 h	≥2 000
微创采胶钻	100~600	电机	锂电池	3.7	3.0~4.0 h	
人工割胶刀	150~250	人力				300

割胶工具	机械振动/($m \cdot s^{-2}$)	空载转速/($r \cdot min^{-1}$)	网关通讯方式	机器通讯方式	割胶株数/(株 $\cdot h^{-1}$)
固定式割胶机	≤3.0		互联网(4G)	无线电	同时作业
电动割胶刀	≤2.6	1 000			140~160
微创采胶钻	≤2.0	18 000			700~900
人工割胶刀					120~150

表2 不同割胶方法的干胶产量比较

割胶处理	株数	刀次	年总产/g	平均株产/g	株次产/g
固定式割胶机	300	48	416 400	1 388	28.92
电动割胶刀	300	48	444 900	1 483	30.90
微创采胶钻	100	48	196 700	1 967	40.98
人工割胶	300	48	545 400	1 818	37.88

2.2 逐月干胶产量差异比较

微创采胶的树位有5个月(4、5、8、9、10月)的干胶产量高于其他割胶方法,固定式割胶机树位有3个月(4、5、8月)的干胶产量低于其他割胶方法。4月,固定式割胶机的干胶产量显著低于其他3种割胶技术($P < 0.05$),电动割胶刀、微创采胶和人工割胶的干胶产量无显著差异。5

月,微创采胶的干胶产量(50.29 g/株)和其他3种割胶技术的干胶产量有显著差异;固定式割胶机和电动割胶刀的干胶产量显著低于人工割胶,分别是人工割胶(41.10 g/株)的49.59%和57.13%。6月,人工割胶的干胶产量(43.19 g/株)最高,但与微创采胶和固定式割胶机的无显著差异,电动割胶刀的干胶产量最低(28.10 g/株),是人工割胶的65.06%(差异显著)。7月和9月,4种割胶技术的干胶产量无显著差异。8月,微创采胶和人工割胶的干胶产量无显著差异,和固定式割胶机、电动割胶刀的相比差异显著。10月,微创采胶和其它3种割胶技术的干胶产量差异显著,人工割胶和固定式割胶机、电动割胶刀的干胶产量无显著差异(图1A)。

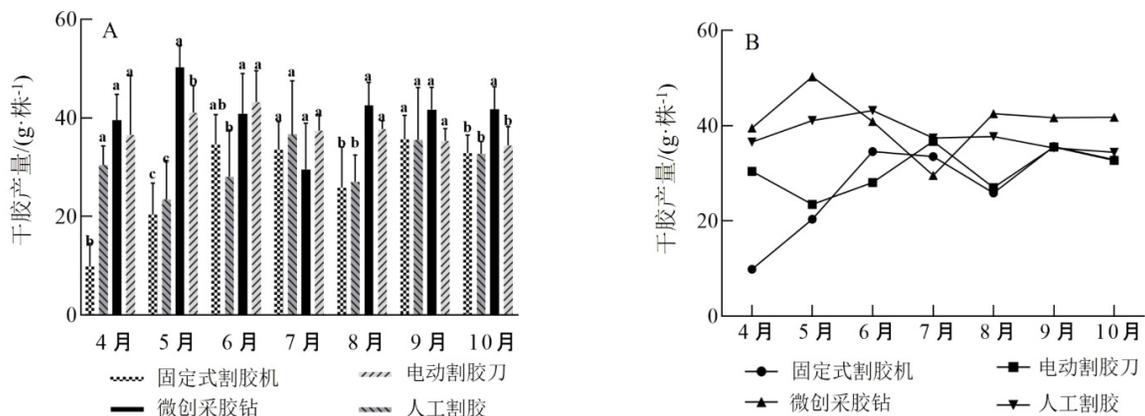


图1 不同割胶方法的干胶产量差异比较

注: 图中不同小写英文字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 下同。

人工割胶的干胶产量月变化相对较小,4—6月升高,其后小幅下降,10月下降了20.31%。微创采胶钻4—5月和8—10月的干胶产量较高,5月、7月产量为最高和最低,表现出双峰特征。固定式割胶机的干胶产量4月最低,5—6月走高,8月降低,至9—10月与6、7月持平。电动割胶刀的干胶产量在5月最低,6—7月走高,8月降至次低点,9—10月回升(图1B)。

2.3 逐月干胶含量差异比较

4—6月,4种割胶处理的干胶含量无显著差异。8—10月,人工割胶的干胶含量和3种新型

割胶处理的差异显著,固定式割胶机和电动割胶刀的干胶含量无显著差异。7月仅微创采胶处理的干胶含量显著高于人工割胶。8月和10月,微创采胶和其他3种割胶处理的干胶含量均差异显著(图2A)。4—5月,各割胶处理的干胶含量较高;6—10月,人工割胶的干胶含量变化小,其他3种割胶处理的干胶含量有波动。干胶含量微创采胶全年的变幅为29.93%~38.98%,固定式割胶机的变幅为28.45%~39.10%,电动割胶刀的变幅为28.06%~38.05%,人工割胶的变幅为25.49%~38.60%(图2B)。

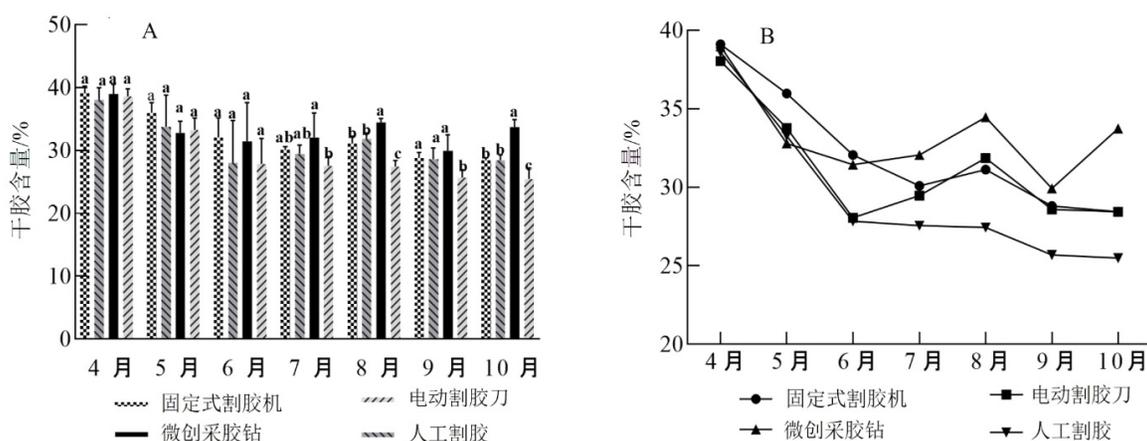


图2 不同割胶方法的干胶含量差异比较

2.4 死皮情况调查

不同割胶处理的橡胶树死皮情况如表3所示,开割前均为未死皮的树位。微创采胶的100株橡胶树中,死皮株数为0,死皮率最低;固定式割胶机的死皮率最高,为13.3%,是人工割胶的3.6倍;电动割胶刀的死皮率为4.3%,稍高于人工割胶。

表3 不同割胶方法的死皮情况比较

割胶处理	株数	死皮株数	死皮率/%
固定式割胶机	300	40	13.3
电动割胶刀	300	13	4.3
微创采胶钻	100	0	0.0
人工割胶	300	11	3.7

3 讨论与结论

橡胶树胶乳产量和干胶含量是体现橡胶树产

胶能力的两个重要参数^[20],本研究割胶时长共7个月,3种割胶新技术和人工割胶相比较,微创采胶的单株产量和株次产量均是最高,这与采用乙烯刺激橡胶树可延长排胶时间有关,固定式割胶机与电动割胶刀的单株产量和株次产量均低于人工割胶。总体来说,各月份干胶产量以微创采胶相对较高,固定式割胶机的较低且月度波动较大,微创采胶和电动割胶刀的月度干胶产量有一定波动。橡胶树胶乳年干胶含量一般随月份呈现逐渐递减的趋势,割胶前期干胶含量最高,割胶末期干胶含量最低^[21],本研究的人工割胶年干胶含量的变化趋势与此一致。谢黎黎等^[22]用4CJX-303B型电动割胶刀对3割龄的热研73397进行割胶(S/2 d/4+ET),发现干胶含量高于人工割胶,本研究中1割龄热垦628的研究结果与此一致。死皮情况调查发现,微创采胶树位的死皮

率为0,固定式割胶机树位的死皮率为13.3%,是人工割胶的3.6倍,电动割胶刀树位的死皮率为4.3%,与人工割胶树位的相近。微创采胶对树皮的损伤较小,但本研究时间仅为1割年,今后的试验还需继续调查死皮情况。后期研究可采集鲜胶乳进行生理诊断,以了解新型割胶技术对橡胶树健康的影响;取不同割胶技术处理树位的树皮,通过树皮解剖实验,分析机械化割胶新技术对橡胶树乳管发育的影响。

生产机械化、自动化是天然橡胶产业发展的趋势,机械化割胶新技术不仅能提高采胶效率,而且极大降低了人工成本,有助于推动采胶工作由劳动密集型向技术密集型转变,保障天然橡胶产业健康发展^[16]。固定式割胶机能同时作业,作业劳动强度为0,但树皮消耗量(15~30 cm/a)较高,伤树率约为3%^[11],死皮率过高,且机器成本(约400元/台)超过胶农的承受范围。电动割胶刀具有操作简单,易掌握和手持轻巧省力的特点,树皮消耗量(11~13 cm/a)和人工割胶一致,伤树率约为3%,胶乳产量和死皮率表现居中,但劳动强度为人工割胶的一半^[16]。微创采胶的树皮消耗量可忽略,劳动强度为人工割胶的1/3,伤树率约为1%,具有易掌握、采胶快、安全性高、创伤小、耗皮少、成本低等突出优点,综合效率(计入胶工行走和放置胶碗等时间)提高3倍,可将单位胶工的日采胶株数由传统的300株提高到1000株,减少人工成本2/3(示范地数据,未发表),与其它采胶技术相比具有一定的优势,建议可开展更多、更大范围的试验研究,为推广应用奠定基础。

参考文献:

- [1] 肖苏伟,张以山,曹建华,等. 天然橡胶全自动采胶系统技术理论研究[J]. 中国农机化学报,2020,41(9):143-148.
- [2] 汝绍锋,李梓豪,梁栋,等. 天然橡胶树割胶技术的研究及进展[J]. 中国农机化学报,2018,39(2):27-31.
- [3] 谢黎黎,姜泽海,黄志. 中国割胶制度的发展历程及解决胶工短缺建议[J]. 热带农业科学,2016,36(11):15-19.
- [4] 林位夫,周珺,王军. 中国植胶业发展趋势与策略研究[J]. 热带农业科学,2016,36(6):81-84.
- [5] 陈娃容,邓祥丰,王玲玲,等. 4GXJ型电动割胶刀在天然橡胶收获中的应用研究[J]. 热带农业科技,2021,44(3):14-18.
- [6] 杨文凤,黄学全,校现周. 从割胶技术方面解决胶工短缺的探讨[J]. 中国热带农业,2015(5):7-10.
- [7] 曹建华,张以山,王玲玲,等. 天然橡胶便携式采胶机械研究[J]. 中国农机化学报,2020,41(8):20-27.
- [8] 王玲玲,陈娃容,吴思浩,等. 农机农艺融合的高效割胶技术优化设计与应用[J]. 中国农机化学报,2024,45(5):22-28.
- [9] 周洁,王建勇,苏定波,等. 一种割胶装置:CN222322370U[P]. 2025-01-10.
- [10] 许振昆,王建勇,张兴明. 一种自动割胶设备:CN218736363U[P]. 2023-03-28.
- [11] 熊建明,余以刚,漆楚云. 一种自动割胶机:CN118805650A[P]. 2024-10-22.
- [12] 熊建明,余以刚,漆楚云,等. 自动割胶机:CN220831165U[P]. 2024-04-26.
- [13] 肖再云. 一种根据橡胶树乳管走向来进行乙稀利刺激和采胶的方法:CN114431028B[P]. 2022-10-21.
- [14] 刘忠亮,穆洪军,何海宁,等. 一种新型可移弹压式用于橡胶树上加注乙稀利的装置:CN217850312U[P]. 2022-11-22.
- [15] 李研,肖再云,唐世祥,等. 一种橡胶树微创采胶器:CN220044409U[P]. 2023-11-21.
- [16] 郑颖颖,陈耿新,徐其航. 旋切式便携型电动采胶机在橡胶农场中的应用[J]. 机械工程与自动化,2025,54(1):212-214.
- [17] 杨焱,邱彦芬,赵祺,等. 橡胶树无性系不同季节胶乳生理参数的变化研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2021,41(4):49-55.
- [18] 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/T 8299—2008[S].
- [19] 王梦月,康立,赵平娟,等. 剖面铝处理对橡胶树胶乳产量及生理参数的影响[J]. 热带生物学报,2025-02-28. <https://doi.org/10.15886/j.cnki.rdswwxb.20240185>.
- [20] 张豪,张华,黎晓思,等. 冬季低温割胶对橡胶树热研879产胶及其质量的影响[J]. 热带农业科学,2025,45(9):1-9.
- [21] 廖小雪. 橡胶树品系、树龄及割胶方式对天然橡胶性能影响的研究[D]. 海口:海南大学,2022.
- [22] 谢黎黎,马启铭,潘媛,等. 广东农垦茂名垦区4CJX-303B旋切式采胶机的生产应用研究[J]. 中国热带农业,2024(5):33-41.