

2种孔径不同微创采胶频率的橡胶树胶乳生理特性及产量分析

邱彦芬^{1,2}, 杨恩山^{1,2}, 高茜^{1,2}, 胡永华^{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]以云研77-4为材料, 采用2种孔径(2 mm、3 mm)不同采胶频率(d2、d3、d4)微创采胶技术, 研究其对橡胶树的胶乳生理特性与产量的影响。结果表明:d3割制下3 mm孔径株次产量最优, 为40.03 g, 单位面积产量与常规割胶无显著差异, 且胶乳蔗糖、总固形物含量较高, 利于胶乳合成与再生;d2割制下, 2种孔径平均株次产量为27.18~29.75 g, 较d3降低18.44%, 较d4降低31.37%, 尽管该割制下单位面积产量最高, 但全年采次增加36次, 且胶乳总固形物含量最低, 无机磷含量高, 乳管代谢加快;d4割制下, 2种孔径单位面积产量无显著差异, 但均显著低于常规割胶, 其中2 mm孔径d4割制株次产量显著低于3 mm孔径d3割制, 3 mm孔径d4割制的胶乳生理参数稳定性稍差。综合来看, 微创采胶技术对云研77-4的胶乳生理及产量的影响因孔径和采胶频率而异, 胶乳生理参数明显受到季节影响。微创采胶3 mm孔径干胶产量显著高于2 mm孔径, 其中3 mm孔径+d3割制的胶乳特性和产量表现最优, 可作为云研77-4品种微创采胶技术的优选方案。

[关键词]橡胶树; 微创采胶; 胶乳; 生理参数; 产量

中图分类号: S794.101 文献标识码: A 文章编号: 1672-450X(2026)02-0094-07

Analysis of the Physiological Characteristics and Yield of *Hevea brasiliensis* Latex under Two Different Minimally Invasive Tapping Frequencies

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

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

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

Abstract: Taking Yunyan 77-4 as the material, two kinds of minimally invasive rubber tapping technologies with different pore diameters (2 mm and 3 mm) and different rubber tapping frequencies (d2, d3 and d4) were adopted to study their effects on the physiological characteristics and yield of rubber latex. The results showed that the yield per plant with 3mm aperture was the best, which was 40.03g, and the yield per unit area was not significantly different from that of conventional tapping, and the content of sucrose and total solids in latex was high, which was beneficial to latex synthesis and regeneration. Under d2 cutting system, the average yield per plant of the two pore sizes was 27.18~29.75 g, which was 18.44% lower than that of d3 and 31.37% lower than that of d4. Although the yield per unit area was the highest under d2 cutting system, the number of drills increased by 36 times throughout the year, and the total solid content of latex was the lowest, the inorganic phosphorus content was high, and the milk tube metabolism was accelerated. Under d4 cutting, there was no significant difference in yield per unit area between the two pore sizes, but both were significantly lower than that of conventional tapping, in which the yield per plant cut by d4 with 2 mm pore size was significantly lower than that cut by d3 with 3 mm pore size, and the stability of physiological parameters of latex cut by d4 with 3 mm pore size was poor. Generally speaking, the effects of minimally invasive rubber tapping technology on latex physiology and yield of vary with pore size

收稿日期: 2025-11-07

基金项目: 云南省热作所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

and rubber tapping frequency, and the physiological parameters of latex are obviously affected Yunyan 77-4 by seasons. The dry rubber yield of 3 mm aperture is significantly higher than that of 2 mm aperture, and the latex cut with 3 mm aperture and d3 has the best characteristics and yield performance, which can be used as the optimal scheme of minimally invasive rubber picking technology for Yunyan 77-4 variety.

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

天然橡胶产业是云南的特色优势产业,种植规模、干胶总产量和单位面积产量均居全国首位。长期以来,云南山地胶园生产管理机械化率普遍偏低,存在传统割胶效率不高、胶工匮乏、割胶成本占种植端成本过高(60%左右)^[1]、胶乳产量低等问题,胶园弃管弃割严重,急需发展能显著提高采胶效率的技术^[2]。

已有研究表明产量效应与众多因素有关,其中包含无性系特点、刺激剂浓度、针孔数目、采胶频率以及树龄等^[3]。橡胶树胶乳生理诊断技术通过测定割胶树胶乳中一些与产胶和排胶相关的生理参数^[4],可以了解橡胶树排胶影响面范围内乳管的生理状况,为制定最适采胶方案(如割胶制度、乙烯利刺激强度等)提供科学依据。在割胶生产过程中,割胶频率、刺激剂施用等直接影响天然橡胶的产量。为突破产业技术瓶颈中的产量问题,割胶频率已成为重点研究方向。研究表明,适当降低割胶频率可以提高胶乳的再生能力,从而增加产量^[5],减少死皮发生^[6];低频割制下的干胶含量较高,胶乳的再生能力较强^[7-8]。此外,不同割胶频率下橡胶树的生理参数差异显著,胶乳中的硫醇、无机磷、蔗糖、总固形物含量与割胶频率密切相关^[9-10]。

当前对橡胶树有节律性采胶割制的研究日趋更新,但就新的采胶技术对胶乳产量、胶乳生理参数影响的研究偏少。微创采胶技术以电雕刻笔钻孔采胶代替传统的胶刀割胶,具有技术易掌握、采胶快、安全高效、成本低等突出优点。本研究以云南省大面积种植的抗寒高产品种云研77-4为试验材料,设置2种孔径(2 mm、3 mm)3种采胶频率(d2、d3、d4)的组合,比较不同孔径、采胶频率微创采胶对云研77-4胶乳生理特性及产量的影响,结合生产实际,评价并筛选适合微创采胶技术的最佳孔径及最适采胶频率,旨在提高微

创采胶产量,为进一步使微创采胶技术获得稳产提供参考和技术支持。

1 材料和方法

1.1 材料

试验布置在云南省热带作物科学研究所科研试验基地,供试品种为云研77-4,2005年种植,定植间距为3 m×7 m。2013年开割,试前均为S/2 d3常规割制,非刺激割胶。试验地按照常规抚育管理。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

试验时间为2024年4—12月。试验设2种孔径(2 mm、3 mm)、3种采胶频率(d2、d3、d4)共6个微创采胶处理组合(Φ2d2、Φ2d3、Φ2d4、Φ3d2、Φ3d3、Φ3d4)及对照(CK),采用随机区组设计,每个处理重复3次,每个处理及对照测产15株,共315株。对照为常规割制(S/2 d3),非刺激割胶。

1.2.2 微创采胶方法

微创采胶每次钻孔数量为2个,采胶点间距2 cm。刺激剂为3%的乙烯利水剂,药盒数量为1个,均安装在防雨帽上方。刺激剂第1次用量为8 mL,后面每次5 mL。加药5 d后钻孔采胶。15 d为1个施药周期,即每月加药2次。6个微创采胶处理均为4月份开割,12月停割。

1.2.3 胶乳样品采集

取样时间为2024年4—12月,每个处理选取10株茎围和长势基本一致的橡胶树,取钻孔后第5—20 min流出的胶乳。每株树接10滴,将10株树的胶乳接入一个取样管,共100滴,混匀作为一个样品,然后用移液枪吸取1 mL胶乳样品注入装有9 mL(0.01% EDTA+2.5%三氯乙酸)缓冲液的试管中,摇匀,与剩余的胶乳样品一同放入冰桶带

回实验室。

1.2.4 测定方法

采用微波干含量仪(DH925D)测定干胶含量,标准法测定^[11]。刀次干胶产量以每刀次的干胶含量与胶乳总产量计算,以平均值计。胶乳总固形物含量(TSC)测定采用烘干称重法^[12]。胶乳生理参数的蔗糖(SUC)含量、硫醇(R-SH)含量、无机磷(Pi)含量等按常规方法测定^[13-14]。

1.3 数据处理

采用Excel 2016进行原始数据的整理和分析,SPSS Statistics 23.0软件对实验数据进行方差分析

(ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 株次产量分析

2种孔径下不同采胶频率对株次产量影响如表1所示。结果显示:6个微创采胶处理株次产量在加药刺激后第1个月(4月)均较高,6个处理平均株次产量为38.85 g,随后5—8月产量基本呈现持续下降趋势(降幅33.88%~32.82%),其间6月份进入橡胶树第二蓬叶抽发期,7月因高温进入年度低产期;9—11月产量回升,12月6个处理的平均株次产量为37.65 g,与4月产量接近。

表1 2种孔径下不同采胶频率微创采胶的株次干胶产量变化

处理	株次干胶产量/g										差异显著性 LSR _{0.05}
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	
Φ2d2	35.44	22.95	18.61	17.87	19.90	26.22	29.64	37.28	36.71	27.18	c
Φ2d3	34.74	20.42	28.57	25.00	22.67	27.33	27.92	31.26	28.67	27.40	c
Φ2d4	38.56	37.75	34.67	32.27	27.67	31.47	35.33	36.11	40.08	34.88	b
Φ3d2	32.83	29.90	24.73	23.67	25.24	33.17	36.51	33.18	28.48	29.75	c
Φ3d3	46.96	37.27	32.86	29.67	40.89	37.71	44.15	44.67	46.13	40.03	a
Φ3d4	44.48	37.05	33.47	37.50	37.07	37.07	39.62	43.78	49.17	39.91	a
CK		51.87	45.13	37.67	40.19	33.33	32.30	36.44	34.31	38.91	ab

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。因胶工原因,4月无CK产量数据。

6个处理全年平均株次产量以Φ3d3处理(40.03 g)最优,与Φ3d4处理(39.91 g)及CK(38.91 g)之间无显著差异($P > 0.05$),但显著高于其它处理($P < 0.05$);Φ2d4处理株次产量在2 mm孔径各处理中最优,与CK差异不显著,但显著低于Φ3d3和Φ3d4处理。Φ2d2、Φ2d3、Φ3d2处理全年平均株次产量处于较低水平(27.18~29.75 g),且显著低于其它处理。

在相同采胶频率条件下,孔径从Φ2增大到Φ3,平均株次干胶产量均增加;同孔径不同频率,随采胶频率的降低,Φ2d4、Φ3d3、Φ3d4的平均株次干胶产量明显增加。

2.2 单位面积干胶产量分析

本研究设置的不同采胶频率中,d2割制全年采106次,d3割制为70次,d4割制为56次,计算的单位面积产量结果如图1所示。方差分析结果表明,6个微创采胶处理及对照的单位面积产量存在差异($F = 17.070^{**}$, $P < 0.05$),其中Φ3d2处理

单位面积干胶产量最高,为1 418 kg/hm²,其次为Φ2d2处理,1 312 kg/hm²,Φ3d3处理为1 261 kg/hm²,3个处理与对照差异不显著,显著高于其余处理。Φ3d4、Φ2d3、Φ2d4处理单位面积产量较低,分别为1 005、877、878 kg/hm²,三者间无显著差异。

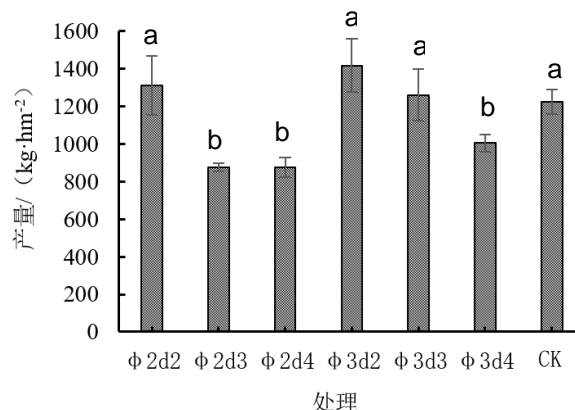


图1 6个微创采胶处理及对照的单位面积干胶产量对比

注:图中不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。

2.3 胶乳干胶含量分析

从表2可以看出,4月开割初期,6个微创采胶处理的平均干胶含量达42.16%。随着连续正常采胶,5月各处理平均干胶含量明显下降,6—

8月,各微创处理的干胶含量在32.75%~41.73%波动,9—10月干胶含量呈回升趋势,11—12月干胶含量再次呈现下降趋势,12月份干胶含量除 $\Phi 2d4$ 、 $\Phi 3d3$ 外的其它处理均降至全年较低水平。

表2 2种孔径下不同采胶频率微创采胶的干胶含量变化

处理	干胶含量/%										差异显著性 LSR _{0.05}
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	
$\Phi 2d2$	42.12	36.17	34.22	34.81	36.89	40.18	37.81	35.77	33.86	36.87	c
$\Phi 2d3$	42.59	35.31	38.72	36.24	35.60	42.50	39.90	35.68	33.04	37.73	bc
$\Phi 2d4$	43.04	37.80	36.07	41.58	37.65	42.13	41.30	35.87	36.83	39.14	ab
$\Phi 3d2$	39.74	36.55	34.68	35.12	35.93	41.52	39.65	35.41	32.87	36.83	c
$\Phi 3d3$	43.06	36.16	32.75	34.08	41.73	40.23	40.23	37.15	34.77	37.78	bc
$\Phi 3d4$	42.46	36.90	40.00	36.65	41.36	42.18	40.63	37.42	36.53	39.34	ab
CK	40.22	46.88	44.20	42.15	43.49	41.61	38.79	34.78	30.18	40.26	a

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下同。

对照干胶含量从开割至9月份保持在40%以上,10—12月持续下降,12月份降至最低,从10月38.79%降至30.18%。

全年平均干胶含量上,CK高达40.26%, $\Phi 2d4$ 、 $\Phi 3d4$ 处理次之,与对照差异不显著, $\Phi 2d2$ 、 $\Phi 3d2$ 处理最低,分别为36.87%、36.83%,与 $\Phi 2d4$ 、 $\Phi 3d4$ 处理差异显著。

随着采胶频率的增加,2种孔径微创采胶的平均干胶含量均呈现逐渐降低的趋势。

2.4 胶乳硫醇含量分析

硫醇作为胶乳的抗氧化剂,可以保护黄色体破裂和融胞,同时作用于一些关键酶提高代谢,

增加胶乳产量。硫醇含量与胶乳产量正相关,含量降低会使胶乳发生原位凝固致乳管停止排胶,从而发生死皮^[11,16]。从表3可以看出:6个微创采胶处理开割的第1个月(4月),硫醇含量处于中高水平;第2个月(5月),硫醇含量急剧上升,为全年中最高,可能与开割初期树体应激反应增强有关;6—9月,各处理硫醇含量整体呈波动下降趋势,其中9月多数处理降至全年较低水平;10月部分处理硫醇含量有所回升,其中 $\Phi 3d2$ 处理回升幅度最大(从0.354 mmol/L升至0.806 mmol/L),其余处理则呈现小幅波动。11—12月各处理硫醇含量维持中高水平。

表3 2种孔径下不同采胶频率微创采胶的硫醇含量变化

处理	硫醇含量/(mmol·L ⁻¹)										差异显著性 LSR _{0.05}
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	
$\Phi 2d2$	0.928	1.317	0.686	0.509	0.863	0.482	0.232	0.723	0.844	0.731	a
$\Phi 2d3$	0.576	1.337	0.624	0.593	0.699	0.325	0.409	0.419	0.716	0.633	a
$\Phi 2d4$	0.712	1.202	0.598	0.501	0.766	0.548	0.277	0.634	0.757	0.666	a
$\Phi 3d2$	0.970	1.190	0.675	0.598	0.842	0.354	0.806	0.726	0.870	0.781	a
$\Phi 3d3$	0.637	1.306	0.525	0.721	0.668	0.387	0.630	0.823	0.774	0.719	a
$\Phi 3d4$	0.683	1.379	0.503	0.434	0.499	0.450	0.559	0.609	0.657	0.641	a
CK	0.278	1.032	0.844	0.251	0.431	0.536	0.768	0.689	0.778	0.623	a

CK硫醇含量开割第一个月(4月)偏低,5—6月急剧上升,7—9月先降后升,10—12月随着气温逐渐下降,硫醇含量升高。

比较全年平均硫醇含量,彼此间差异不显著,2种孔径均以d2割制处理的硫醇含量最高,3 mm

孔径中 $\Phi 3d2$ 、 $\Phi 3d3$ 处理硫醇含量较高,常规割胶的硫醇含量低于其它处理。

2.5 胶乳无机磷含量分析

无机磷是反映乳管系统代谢能力的重要指标,参与糖酵解调控和ATP的生成,无机磷含量

高可以加快乳管代谢活性,与胶乳产量呈现正相关^[17-18]。分析无机磷含量变化(表4):4月微创采胶各处理无机磷含量差异较大;5月无机磷含量均降至全年最低水平(2.62~11.77 mmol/L),6—7月无机磷含量快速回升,多数处理在7月达到全年峰值,8月部分处理无机磷含量仍维持较高水平,随后9—12月整体呈波动下降趋势,10—11月有部分处理无机磷含量出现小幅回升。无机

磷含量季节性变化幅度较大,无特定规律。

CK无机磷含量4—5月为中高水平,6—11月波动上升,11—12月下降。变化趋势呈低—高一低。通过平均无机磷含量比较,2种孔径均以d2割制无机磷含量最高,Φ3d3、Φ2d4处理次之,Φ3d4较低,常规割胶的平均无机磷含量显著低于微创采胶处理。Φ3孔径平均无机磷含量随采胶频率增加呈升高趋势。

表4 2种孔径下不同采胶频率微创采胶的无机磷含量变化

处理	无机磷含量/(mmol·L ⁻¹)										差异显著性 LSR _{0.05}
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	
Φ2d2	30.21	2.62	50.04	42.97	48.30	30.33	19.82	26.89	38.91	32.23	a
Φ2d3	14.81	6.15	44.85	60.30	50.43	16.03	29.98	21.14	32.19	30.65	c
Φ2d4	25.13	6.18	30.33	42.64	43.91	25.35	24.71	44.25	38.57	31.23	bc
Φ3d2	16.63	6.09	34.22	47.40	49.26	27.49	42.13	36.22	32.36	32.42	a
Φ3d3	16.10	10.96	39.07	57.86	40.01	24.34	34.52	38.37	27.20	32.05	ab
Φ3d4	23.89	5.95	30.75	45.37	23.73	22.92	35.22	28.98	22.81	26.62	d
CK	15.23	11.77	27.47	25.05	29.64	22.86	43.74	23.91	18.01	24.19	e

2.6 胶乳蔗糖含量分析

蔗糖是橡胶烃生物合成的原料,胶乳SUC是胶树产胶潜力的重要指标。在正常割胶的健康树中,蔗糖含量高标志着蔗糖供应充足,胶树产胶潜力高^[19]。由表5可知,6个微创采胶处理蔗糖含量在开割初期(4—5月)保持较高水平;6—9月,随着气温升高,橡胶树进入第二、三蓬叶抽发

期,多数处理蔗糖含量急剧下降;10—11月气温逐渐降低,蔗糖含量明显上升,产量有所回升;12月份多数处理蔗糖含量明显下降,但仍处于较高水平。全年蔗糖含量随季节变化波动幅度较大。

对照在开割第1个月蔗糖含量较高,5—7月呈急剧下降趋势,8月份回升,10—12月逐渐升至最高水平。

表5 2种孔径下不同采胶频率微创采胶的蔗糖含量变化

处理	蔗糖含量/(mmol·L ⁻¹)										差异显著性 LSR _{0.05}
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	
Φ2d2	18.38	23.86	9.00	4.43	12.07	24.02	19.57	20.10	23.22	17.18	cd
Φ2d3	20.16	31.07	26.23	6.08	11.25	2.98	19.67	34.37	23.50	19.48	a
Φ2d4	29.85	16.89	10.69	10.37	10.58	15.68	20.62	32.49	21.68	18.76	ab
Φ3d2	25.96	18.97	13.98	15.88	9.04	11.20	23.20	24.03	19.41	17.96	bc
Φ3d3	25.69	26.31	13.28	8.99	10.02	3.40	29.81	23.86	14.12	17.28	cd
Φ3d4	14.15	30.25	12.80	10.21	4.82	8.51	22.51	32.95	11.87	16.45	d
CK	13.85	7.97	3.16	3.34	14.36	4.81	17.47	19.35	19.76	11.56	e

微创采胶处理的全年平均蔗糖含量均显著高于CK,6个处理间蔗糖含量差异相对较小,全年平均值为16.45~19.48 mmol/L,其中2 mm孔径Φ2d3、Φ2d4处理蔗糖含量较高,与其它多数处理差异显著。Φ3孔径的平均蔗糖含量随采胶频率降低呈下降趋势。

2.7 胶乳总固形物含量分析

胶乳TSC是反映排胶难易程度和胶乳再生能力的生理指标。高TSC意味着胶乳黏性大,容易造成排胶困难,缩短排胶时间,导致减产。TSC低说明胶乳再生不足,橡胶树可能进入亚健康状态^[20]。由表6可知,大多微创采胶处理TSC在

5—7月总体为先降后升,除 $\Phi 2d2$ 、 $\Phi 3d4$ 处理外,其余处理谷底(极小值)均出现在6月;随后至10月,受高温环境影响,部分处理TSC进入全年高峰区间,胶乳黏性增加导致排胶受阻,产量随之下降;11—12月,气温逐步降低,TSC均呈下降趋势,12月TSC除 $\Phi 2d4$ 、 $\Phi 3d2$ 处理外的其余处理降至全年较低水平,排胶顺畅,产量升高。

对照TSC开割的5—6月维持较高水平,8月

达到全年峰值,12月随着气温降低出现谷底值。 $\Phi 3d4$ 处理各月、全年平均总固形物含量较高。2种孔径的d3、d4割制TSC含量保持较高水平且差异不显著,表明该频率区间下胶乳的再生能力较强,随着割胶频率增至d2,胶乳的TSC降低,产胶潜力受到一定影响,且与其它差异显著,相同孔径下d4的TSC更高,产胶潜力好。随着采胶频率的降低,2种孔径TSC均呈逐渐上升趋势。

表6 2种孔径下不同采胶频率微创采胶的总固形物含量变化

处理	总固形物含量/%									差异显著性 LSR _{0.05}
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	
$\Phi 2d2$	36.50	36.83	44.93	40.00	39.63	49.71	33.94	31.58	39.14	b
$\Phi 2d3$	39.47	32.49	47.87	37.75	49.32	51.43	41.43	33.06	41.60	ab
$\Phi 2d4$	46.52	30.56	46.76	43.89	38.30	51.50	41.99	41.08	42.57	ab
$\Phi 3d2$	39.32	28.15	37.61	40.89	44.01	45.29	36.61	29.73	37.70	b
$\Phi 3d3$	43.94	40.97	40.72	43.93	45.73	45.90	42.24	32.20	41.95	ab
$\Phi 3d4$	40.07	50.53	47.92	50.75	47.55	54.19	45.17	38.49	46.83	a
CK	47.69	48.40	41.28	52.92	48.25	41.32	40.36	33.87	44.26	ab

3 讨论与结论

本研究系统探究了2种孔径(2 mm、3 mm)与3种采胶频率(d2、d3、d4)组合的微创采胶在橡胶树云研77-4上的应用表现,发现不同采胶频率和孔径的胶乳生理特性、产量存在差异,这些差异与橡胶树的代谢生理机制有着密切的关系,对指导应用新技术割胶有着重要的意义。

产量分析结果显示, $\Phi 3d3$ 处理平均株次产量最优,达40.03 g,较常规割胶提高了2.88%;而单位面积产量以 $\Phi 3d2$ 处理最高(1 418 kg/hm²)。综合来看,d2割制下单位面积产量最高,但与 $\Phi 3d3$ 割制差别不大,且全年采次增加36次,为维持相对较高的采胶频率,需承担更高的劳动强度和人工成本。从生产适用性角度分析, $\Phi 3d3$ 处理最适宜,其单位面积产量与常规割胶相当。其次为 $\Phi 3d4$ 处理,平均株次产量为39.91 g,与常规割胶差异不显著,但单位面积产量显著低于常规割胶,为1 005 kg/hm²; $\Phi 2d4$ 处理平均株次产量34.88 g,在2 mm孔径处理中最优,但单位面积产量仅为878 kg/hm²。若保持相同的采胶频率, $\Phi 3d4$ 处理能获得较高的单位面积产量。

胶乳生理参数分析表明,常规割胶的总固形

物、干胶含量较高,但胶乳黏性大,可能造成排胶时间短,同时其硫醇、无机磷、蔗糖含量偏低,增加橡胶树死皮发生风险。微创采胶处理中d4割制($\Phi 2d4$ 、 $\Phi 3d4$)的总固形物含量较高,推测与该频率下橡胶树拥有更充足的物质积累时间相关^[21-22];d3割制的总固形物含量稳定在40%以上,而d2割制的总固形物含量最低,胶乳的再生与合成受到一定的影响。蔗糖作为橡胶合成的前体物质,与产量呈正相关,2 mm孔径中 $\Phi 2d3$ 和 $\Phi 2d4$ 处理蔗糖含量最高,其中 $\Phi 2d4$ 处理蔗糖含量季节性变化幅度较小,可为橡胶的合成提供充足的底物,3 mm孔径各处理的蔗糖含量全年均值差异不大,但在7—9月高温期蔗糖含量极低。常规割制的蔗糖含量显著低于微创处理,可能是其产量提升潜力受限的重要生理原因。此外,硫醇、无机磷含量与胶乳产量呈正相关。本研究中,各处理硫醇含量差异不显著,硫醇、无机磷含量随采胶频率的增加显著升高,表明高频率采胶可维持黄色体破裂指数稳定,利于排胶,增加代谢活性, $\Phi 3d4$ 处理无机磷含量与常规割制的相当。受气候和橡胶树物候等因素的影响,生理参数的季节性变化趋势明显,这与前期研究报道

相符^[23]。4项生理指标总体表现为随温度升高,含量降低,随气温降低而升高,干胶含量与之相反。

综合来看,2种孔径不同采胶频率的微创采胶各有优劣,在相同采胶频率下,3 mm孔径单位面积产量高于2 mm孔径。d2割制虽可获得较高单位面积产量,但株次产量显著低于其它处理,全年采次高达106次,劳动强度大、人工成本高,且高频率采胶导致蔗糖及总固形物含量降低,胶乳合成与再生受到影响。d3、d4割制3 mm孔径在株次产量上的表现突出,单位面积产量与常规割胶相当。其中Φ3d4在胶乳生理参数稳定性稍差。在实际的割胶生产中,需综合考虑橡胶树品种、树龄、人工成本等多方面因素影响,进一步优化割胶方案,以实现产胶与胶树健康生长协同。

4 小结

微创采胶不同孔径、采胶频率对橡胶树云研77-4的胶乳生理、产量方面影响不同,且生理参数存在明显季节性波动。其中以3 mm孔径d3割制微创采胶胶乳生理特性和产量方面表现最优,可作为云研77-4品种微创采胶的优选技术方案。

本研究的局限性在于对采胶孔径与频率组合仅开展了单年度的生理动态观测,尚不能反映其长期特性,后续还需要进一步跟踪分析,以为制定最适采胶孔径及频率提供更科学的依据。

参考文献:

- [1] 孙向前,黎晟沅. 云南天然橡胶产业高质量发展策略与思考[J]. 橡胶工业,2023,70(6):474-479.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 李晓娟. 橡胶树单孔采胶技术胶乳生理特性研究[D]. 海口:海南大学,2021.
- [5] JACOB JL, PREVOT JC, ROUSSEL D, et al. Physiology of rubber tree latex[M]. Florida: CRC Press, 1989: 345-382.
- [6] 杨文凤,罗世巧,吴明,等. 七天一刀刺激割胶对PR107产量及生理参数的影响[J]. 热带农业科学,2020,40(3):6-12.
- [7] 邹智,杨礼富,王真辉,等. 橡胶树“死皮”及其防控策略探讨[J]. 生物技术通报,2012(9):8-15.
- [8] 范丹,廖小雪,廖双泉,等. 栽培因素对天然胶乳性质影响的研究进展[J]. 橡胶工业,2014,61(7):442-446.
- [9] 孙东华,张炼辉,赵立广,等. 不同采胶因素对天然橡胶性能的影响[J]. 热带农业科学,2021,41(10):10-16.
- [10] 王岳坤,唐朝荣,阳江华,等. 橡胶树3种割胶制度的产排胶特性变化比较[J]. 热带作物学报,2012,33(7):1230-1234.
- [11] 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.
- [12] 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].
- [13] 龙翔宇,王岳坤,秦云霞,等. 橡胶树热研2-73×PB5/51 F1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.
- [14] 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.
- [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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 廖小雪,吴翠,廖双泉,等. 割胶制度对天然橡胶胶乳成分及橡胶性能影响的研究进展[J]. 中国农学通报,2011,27(10):8-11.
- [22] 李明谦,穆红军,刘洪平,等. 橡胶树气刺微割高效割胶技术对比试验[J]. 热带农业科技,2019,42(4):9-14,44.
- [23] 王岳坤,阳江华,秦云霞,等. 橡胶树3个品系产排胶特性季节变化的比较[J]. 热带作物学报,2013,34(1):81-86.