



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

仇 键, 校现周, 高宏华, 杨文凤, 魏 芳, 吴 明, 罗世巧*

(农业农村部橡胶树生物学与遗传资源利用重点实验室/省部共建国家重点实验室培育基地—海南省热带作物栽培生理学重点实验室/中国热带农业科学院橡胶研究所, 海口 571101)

摘要:【目的】探讨六天一刀(d6)割制下不同割胶耗皮厚度、乙烯利涂施时间和强度对热研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,为d6割制关键技术的完善提供参考依据。【方法】设5个割胶耗皮厚度(0.16、0.18、0.20、0.22和0.24 cm)和5个乙烯利涂施时间(割胶前1、2、3、4和5 d涂施)处理,比较d6割制下不同技术参数处理的幼龄热研7-33-97橡胶树胶乳产量;以四天一刀(d4)割制(不涂施乙烯利)为对照,设不同乙烯利浓度(2刀涂施1次0.5%、1.0%和1.5%乙烯利)和不同涂药周期(1、2和3刀涂施1次1.5%乙烯利)5种刺激强度的d6割制处理,分析不同处理的单株干胶产量、胶乳生理及死皮病发生情况。【结果】在d6割制下,割胶耗皮厚度0.20、0.22 cm和割胶前2、3 d涂施乙烯利刺激的热研7-33-97幼龄胶树的单株平均胶乳产量较高,分别为相应处理中最低胶乳产量的1.37和1.23倍、1.25和1.35倍。较高强度刺激(涂施1.0%~1.5%乙烯利)可充分调动胶树产胶潜力,获得理想产量,且胶乳生理状况良好,死皮病发生率(1.6%~8.3%)低于d4割制。刺激强度(涂施乙烯利浓度和刺激频率)越高,d6割制的单株干胶产量越高,胶乳生理代谢越旺盛,但强刺激(1刀涂施1.5%乙烯利)的死皮病发生率(8.3%)和死皮指数(0.23)明显升高,同时影响高产期的产胶潜力。对刀次产量的全年变化分析结果表明,d6割制具有高产期(9—12月)更高产的特点,高产期刀次产量占全年产量的3.50%~5.50%。【结论】热研7-33-97幼龄开割橡胶树进行d6割胶,需增加割胶耗皮厚度、并适度施用乙烯利,同时确保高产期的割胶刀数,能获得较高的胶乳产量,并延长产胶经济寿命,可在生产上推广应用。

关键词: 橡胶树; 热研7-33-97; 六天一刀(d6)割制; 刺激技术; 刺激强度

中图分类号: S794.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2020)01-0133-07

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

QIU Jian, XIAO Xian-zhou, GAO Hong-hua, YANG Wen-feng, WEI Fang, WU Ming, LUO Shi-qiao*

(Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Rubber Tree, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/State Key Laboratory Incubation Base for Cultivation & Physiology of Tropical Crops/Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Haikou 571101, China)

Abstract: 【Objective】The effects on the yield, latex physiology and tapping panel dryness (TPD) of the tapping per six days (d6) system were studied under the different bark consumption, ethephon stimulate times and intensities in the young tapped *Hevea brasiliensis* var. Reyan 7-33-97, so as to provide the theoretical basis for the establishment of the key technologies of the d6 tapping system. 【Method】Five treatments for bark consumptions (0.16, 0.18, 0.20, 0.22 and 0.24 cm) and five stimulate times (1, 2, 3, 4 and 5 d before tapping) were used, and the effects of the above treatment on the latex yield of young tapped Reyan 7-33-97 tree under the d6 tapping system were analyzed. Taken tapping per four days (d4) system (without ethephon stimulation) as the control, the different treatments of the situational concentrations (stimulated by ethephon with the concentration of 0.5%, 1.0%, and 1.5% at 2 tapping intervals) and the frequencies (stimulated by ethephon with the concentration of 1.5% at 1, 2 and 3 tapping intervals) were employed. The dry rubber yield per

收稿日期: 2019-07-05

基金项目: 海南省重点研发计划项目 (ZDYF2018034)

作者简介: *为通讯作者, 罗世巧 (1962-), 研究员, 主要从事橡胶树采胶技术研究工作, E-mail: abc6712@163.com。仇键 (1981-), 副研究员, 主要从事橡胶树采胶技术研究工作, E-mail: qiujian_online@sina.com

plant, latex physiology and the occurrence of TPD were analyzed. [Result] The optimal average latex yield per plant was obtained when the bark consumptions were 0.20 and 0.22 cm and the stimulation times were 2 and 3 d before tapping under the d6 tapping system. Their mean yields were as 1.37 and 1.23 times, 1.25 and 1.35 times as that of the lowest yield of the corresponding treatment respectively. Compared with the d4 tapping system, the treatment for high intensity stimulation (stimulated by 1.0%-1.5% ethephon) suggested a higher yield, better physiological characteristics of latex, and lower incidence of TPD (1.6%-8.3%), which suggested there were activated and good latex metabolism in those rubber tree. The greater stimulation intensity (including ethephon concentration and stimulation frequency) was applied, the higher dry rubber yield per plant and the more vigorous latex metabolism were observed in various treatments of d6 tapping system. However, the incidence (8.3%) and index (0.23) of TPD increased under strong intensity (1.5% ethephon per tapping), and the yield potential at high yield period was affected. Annual variation of the individual dry rubber yield per tapping showed that d6 tapping system had an obvious appearance of higher yield in high-yielding period and the mean individual dry rubber yield per tapping in high-yielding months accounted for 3.50%-5.50% of the annual production. [Conclusion] When applying d6 tapping system to young tapped Reyan 7-33-97, it is needed to increase the bark consumption, and moderately use ethephon, while ensuring the tapping during the high yield period. It can obtain higher latex output and prolong the economic life of rubber production. This system can be popularized and applied in its production.

Key words: *Hevea brasiliensis*; Reyan 7-33-97; tapping per six days (d6) system; stimulation technology; stimulation intensity

Foundation item: Hainan Key Research and Development Project (ZDYF2018034)

0 引言

【研究意义】巴西橡胶树是重要的热带经济作物,也是天然橡胶的主要来源。与其他作物不同,橡胶树采用连续且有节律割胶收获,割胶劳动力投入占天然橡胶生产成本的60%~70%(施晓佳等,2018),割胶效率直接关系到橡胶树种植业的整体效益。基于乙烯利刺激的低频采胶是国内外橡胶树高效采胶的主流技术,而我国现行技术主要为四天一刀(d4)割制。近年来,橡胶价格持续低迷,割胶劳动力成本不断提高,现行的d4割制效益低,无法维持橡胶产业健康发展。橡胶树六天一刀(d6)割制是一种超低频割胶技术(许闻献等,2000),在不增加胶工每天割胶强度的基础上,胶工的承载割株较d4割制增加50%左右,可大幅节省割胶用工,提高采胶效率(谢黎黎等,2016;黄学全和蒋超,2018)。因此,探讨d6割制下不同割胶耗皮厚度、乙烯利涂施时间和强度对热研7-33-97幼龄开割橡胶树产量及生理状况的影响,对研发和应用橡胶树超低频割制解决当前天然橡胶产业困境具有重要意义。【前人研究进展】热研7-33-97作为我国自主选育的高产橡胶树品种(黄华孙等,1994),是更新胶园的主栽新品种(谢黎黎等,2017)。为挖掘热研7-33-97产胶潜力和构建高效割胶制度,相关学者对其生理特性和配套割胶技术已开展了大量研究工作。吴明等(2000)、罗世巧等(2005)研究热研7-33-97幼龄开割树对低频刺激割制的适应性,为其低频采胶制度的建立提供了参考依据。杨文凤等(2005)比较不同割胶间隔时间的热研7-33-97胶乳生理指标,揭示了其产胶与排胶

的生理变化规律。黄德宝等(2010)、魏芳等(2014)的胶乳生理研究认为热研7-33-97排胶顺畅,胶乳再生能力适中,蔗糖供给不足是影响其产胶潜力的主要原因。张全琪等(2015)、谢黎黎等(2017)报道,在超低频割制下,新开割热研7-33-97的干胶产量减幅在30%左右,但劳动效率和人均产胶量均得到明显提升,可延长橡胶树的经济寿命,能有效解决劳动用工荒的问题。【本研究切入点】目前,国内关于橡胶树超低频割胶技术的研究主要集中于生产性对比试验,缺乏系统性,尚未形成完善的技术方案,而针对热研7-33-97幼龄开割橡胶树d6割制的技术参数研究也鲜见报道。【拟解决的关键问题】以热研7-33-97为研究对象,比较分析d6割制下不同割胶耗皮厚度、涂药时间和割胶强度对其幼龄开割橡胶树产量、胶乳生理及死皮病发生的影响,为建立热研7-33-97幼龄开割橡胶树d6割制的技术体系提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于2016年5月—2018年12月在中国热带农业科学院试验场胶园进行。供试材料为中国热带农业科学院试验场11队于2007年定植、2016年开割的热研7-33-97橡胶树。乙烯利为40%水剂,购自浙江东湖化工有限公司。

1.2 试验设计

1.2.1 橡胶树d6割制适用割胶耗皮厚度筛选 选取100株健康的胶树,按照S/2 d4割制(1/2树周割线,每4 d割胶1次)、单刀耗皮厚度0.16 cm割胶3刀,测定单株胶乳产量。将胶树分为连续的5组(每组20株

胶树),分别按0.16、0.18、0.20、0.22和0.24 cm单刀耗皮厚度进行S/2 d6(1/2树周割线,每6 d割胶1次)割胶5刀,测定5刀的单株胶乳产量及总耗皮厚度。

1.2.2 橡胶树d6割制适用涂药时间(割胶—涂药间隔)筛选 橡胶树d6割制的两割次间隔为5 d,考虑到乙烯利的吸收和药效持续性,比较不同涂药时间对胶乳的增产效果。将60株健康胶树分为6组(每组10株胶树),对照组(CK)采用S/2 d4割制。其他5个处理组按S/2 d6 0.5% ET(12 d)割制(1/2树围、每6 d割1刀,每12 d涂施1次0.5%乙烯利)割胶分别在刺激周期第1刀的前第1、第2、第3、第4和第5 d上午9:00涂施乙烯利。测定单株胶乳产量以评价刺激效果。

1.2.3 橡胶树d6割制适用刺激浓度及周期筛选 试前所有参试胶树均采用S/2 d4割制割胶4刀,测定

单株胶乳产量。将360株健康胶树分成产量一致的18个小区,每小区20株树。采用完全随机区组设计将18个小区分为6个区组(每个区组3个小区,即3次重复)。对照区组(CG)采用S/2 d4割制,不涂施乙烯利。T1~T5处理为不同乙烯利的浓度及刺激周期的试验设计,不同处理的乙烯利剂量均每株次2.0 g,实际割胶刀数和刺激情况见表1。记录各小区每刀次的胶乳产量和干胶含量,计算单株干胶产量、单株刀次产和净增产率。

单株干胶产量(kg)=胶乳产量×干胶含量/割胶株数

单株刀次产量(kg)=单株干胶产量/割胶刀数

净增产率(%)=(处理试后干胶产量-处理试前干胶产量)/(对照试后干胶产量-对照试前干胶产量)×100-100

表 1 各处理的割胶刀数和刺激情况

Table 1 Number of tapping and stimulation of each treatment

区组 Block	处理 Treatment	试前刀数(次) Tapping number of pre-trial(tapping)	试后刀数(次) Tapping number during trial(tapping)	涂药次数(次) Stimulation number(stimulation)	乙烯利浓度(%) Ethephon concentration	刺激周期 Stimulation frequency
CG	S/2 d4	4	45	0	-	
T1	S/2 d6 0.5% ET(12 d)	4	30	13	0.5	每2刀1次
T2	S/2 d6 1.0% ET(12 d)	4	30	13	1.0	每2刀1次
T3	S/2 d6 1.5% ET(12 d)	4	30	13	1.5	每2刀1次
T4	S/2 d6 1.5% ET(6 d)	4	30	26	1.5	每1刀1次
T5	S/2 d6 1.5% ET(18 d)	4	30	13	1.5	每3刀1次

1.3 胶乳生理参数测定

于2018年10月连续采集3刀的胶乳样品,收集5~30 min流出的胶乳,将同一小区胶树的胶乳混合为一个样品,冰浴并带回实验室测定各项生理参数。胶乳中的硫醇、蔗糖、无机磷和镁离子含量分别采用DTNB试剂法、蒽酮试剂法、钼酸铵比色法和EDTA滴定法进行测定;干胶含量和总固含量均采用称重法测定,具体操作参考She等(2013)的研究方法。

1.4 橡胶树死皮调查

试验开始前(2018年6月5日)和停割前(12月5日)对6个区组的胶树逐株进行2次死皮调查。随胶工割胶标记死皮割线,测量割线和死皮长度,参照橡胶树死皮病分级标准确定各株胶树的死皮级别,并计算死皮病和四五级死皮病的发生率及死皮指数。

死皮病发生率(%)=发病株数/调查株数×100

四五级死皮病发生率(%)=四级死皮发病株数+
五级死皮发病株数/
调查株数×100

死皮指数=Σ(各级别×该级别株数)/(最高病
级值×调查总株数)

1.5 统计分析

试验数据采用SPSS 17.0进行统计分析。割胶

耗皮厚度和涂药时间筛选试验采用协方差分析对不同组间胶乳产量调整后的均值进行比较。乙烯利浓度和涂施周期筛选试验采用LSD法对组间干胶产量协方差进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同割胶耗皮厚度对d6割制胶乳产量的影响

从图1可看出,热研7-33-97幼龄开割橡胶树采用5种割胶耗皮厚度(0.16~0.24 cm)进行d6割胶,获得的胶乳产量存在明显差异。采用0.20和0.22 cm耗皮厚度割胶的胶乳产量较高,其单株每割次的平均胶乳产量分别为350.7和316.0 mL,其中0.20 cm割胶耗皮处理的产量显著高于另外3个处理($P<0.05$,下同),而0.22 cm耗皮割胶的胶乳产量与0.18、0.24和0.20 cm耗皮割胶的胶乳产量差异不显著($P>0.05$,下同),但显著高于0.16 cm耗皮割胶的胶乳产量;同时,二者分别为0.16 cm耗皮割胶胶乳产量(256.4 mL)的1.37和1.23倍。说明热研7-33-97幼龄开割橡胶树采用0.20~0.22 cm的单刀耗皮厚度可获得较高的胶乳产量。

2.2 不同涂药刺激间隔时间割胶对胶乳产量的影响

从图2可看出,除割胶前1 d刺激外,其他处理割

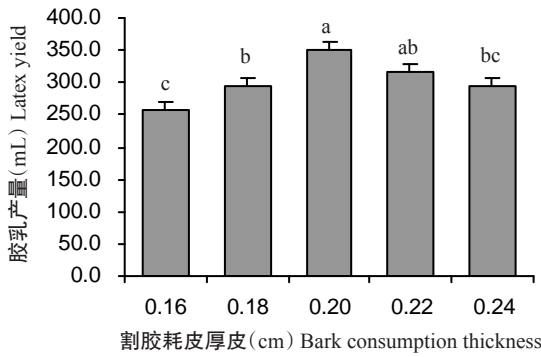


图 1 不同耗皮厚度割胶的胶乳产量
Fig.1 Latex yield of tapping at different bark consumption thickness

图柱上不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。图2同
Different lowercase letters on the bar represented significant difference ($P<0.05$). The same was applied in Fig.2

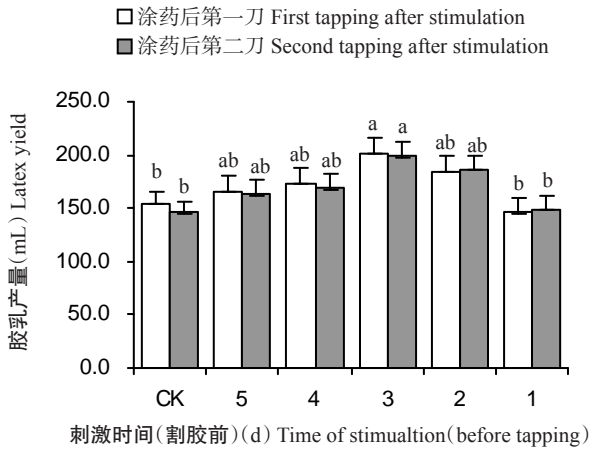


图 2 不同涂药刺激间隔时间割胶的胶乳产量
Fig.2 Latex yield of tapping after different interval times of stimulation

胶的胶乳产量均高于CK。不同处理胶乳产量排序为割胶前3 d刺激>前2 d刺激>前4 d刺激>前5 d刺激>前1 d刺激。前3 d和前2 d刺激的两割次胶乳产量均明显高于前1 d刺激割胶,二者的两割次胶乳产量分别为前1 d刺激割胶产量的1.35和1.25倍,其中前3 d刺激割胶胶乳增产达显著水平。说明热研7-33-97幼龄开割橡胶树采用割胶前2~3 d刺激进行

表 2 各处理的单株干胶产量和干胶含量比较

Table 2 Dry rubber yield per tree and cumulative dry rubber contents of each treatment

处理 Treatment	试前单株干胶产量(kg) Dry rubber yield of pre-trial per tree	试后单株干胶产量(kg) Dry rubber yield per tree during the trial	全年单株干胶产量(kg) Annual dry rubber yield per tree	单株刀次产量(kg) Yield per tree per tapping	干胶含量(%) Cumulative dry rubber content	净增产率(%) Net increase rate
CG	0.162	3.203ab	3.365	0.071c	33.7c	-
T1	0.172	2.986b	3.158	0.100b	38.1a	-12.2
T2	0.167	2.995b	3.162	0.100b	36.4ab	-9.3
T3	0.166	3.201ab	3.367	0.107ab	36.0b	-2.5
T4	0.162	3.292a	3.454	0.110a	34.7c	2.8
T5	0.163	3.126ab	3.289	0.104ab	37.0ab	-3.0

同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。表3同

Different lowercase letters in the same column represented significant difference among the treatments($P<0.05$). The same was applied in Table 3

d6割胶,可获得较高的胶乳产量。

2.3 不同乙烯利刺激浓度和涂施频率处理对干胶产量的影响

由表2可知,除T4处理外,其他d6割制处理获得的试后单株干胶产量均低于CG,净增产率均为负值,表现出减产效应;T4处理的净增产率为2.8%,表现出增产效应,但其试后单株干胶产量与CG无显著差异。由于割胶刀次较CG减少15刀(表1),各d6割制处理的单株刀次产量均显著高于CG,且增幅均在40.0%以上;除T4处理外,其他处理干胶含量均显著高于CG,增幅均在6.8%以上,T4处理的干胶含量较CG提高3.0%(绝对值),但差异不显著。比较T1~T3处理(0.5%、1.0%和1.5%乙烯利刺激)的单株干胶产量和干胶含量,结果显示,在d6割制2刀涂药周期下,试后单株干胶产量和单株刀次产量随乙烯利浓度的增加呈升高趋势,T3处理单株干胶产量增幅较大,但各处理间无显著差异;干胶含量随乙烯利浓度增加而下降,其中T3处理的干胶含量显著低于T1处理。以1.5%乙烯利为刺激浓度,进一步比较3个不同刺激频率(1刀、2刀和3刀刺激周期)对d6割制产量的影响。随着刺激频率的升高(依次为T5、T3、T4处理),试后单株干胶产量和刀次产量均呈增加趋势,干胶含量下降,T4处理的干胶含量显著低于T5和T3处理,即3刀和2刀刺激周期的干胶含量显著高于1刀。上述结果表明,在一定刺激强度范围内,刺激强度(乙烯利刺激浓度和涂施频率)的提升可持续降低胶乳的干胶含量,促进胶树增产。

2.4 不同刺激浓度和频率对胶乳生理参数的影响

由表3可知,采用较强刺激的T2~T4处理的胶乳硫醇含量与CG无显著差异,但低浓度刺激(T1处理)和低频刺激(T5处理)的胶乳硫醇含量显著低于强刺激(T2~T4处理)及CG。各d6割制处理的蔗糖含量均显著高于CG,而高浓度刺激处理(T3~T5处理)的胶乳蔗糖含量高于低浓度刺激处理(T1和T2处理)。强刺激中T4处理的胶乳蔗糖含量较高,显著高于

CG、T1和T2处理。说明乙烯利刺激有利于蔗糖向胶乳管的转运,促进胶乳再生。各d6割制处理的无机磷含量均较CG低,其中T1、T2、T4和T5处理显著低于CG;T3和T4处理的刺激强度较高,其无机磷含量也高于其他d6割制处理,T5处理采用3刀刺激周期,无机磷含量显著低于其他处理。说明d6割制的胶乳代谢水平随刺激强度增加而升高,但仍低于CG。各d6割制处理的胶乳镁离子含量均显著高于CG,高浓度乙烯利处理组(T3~T5处理)的镁离子含量均高于低浓度的处理组(T1和T2处理)。总体来看,d6割制的刺激手段促进了胶乳蔗糖、无机磷和镁离子的积累,在一定程度上提升了胶乳树的产胶潜力和代谢水平。

2.5 不同刺激浓度和频率对胶树死皮病发生的影响

从表3还可看出,各d6割制处理和CG均发生不同程度的乳管内缩和死皮病,以CG的死皮病发生率和发生程度最高,其死皮病发生率、四五级死皮病发生率及死皮指数分别为18.3%、3.2%和0.33;各d6割制处理的死皮病发生率和死皮程度均明显低于CG。T4处理刺激强度最高,其死皮病发生率、四五级死皮病发生率及死皮指数分别为8.3%、1.6%和0.23,其他d6割制处理仅发现低等级的内缩死皮病。说明d6割制诱发胶树死皮病发生的风险低于d4割制,且与d6割制的刺激强度密切相关;高强度刺激后热研7-33-

97幼龄开割橡胶树的死皮病发生风险明显增加。

2.6 不同处理的刀次产量年周期变化分析

从表4可看出,各d6割制处理的试前(5月)单株刀次产量与CG相当,均在0.040 kg左右,单株刀次产量约占全年产量的1.12%~1.39%。试后6—8月期间,各d6割制处理的单株刀次产量均高于CG,高浓度乙烯利处理组(T3~T5处理)的单株刀次产量明显增加,其中T4处理的单株刀次产量为0.057~0.096 kg,是CG的1.5~1.8倍,占全年产量的1.57%~2.65%。试后9月期间,各d6割制处理和CG的单株刀次产量均明显提升,其中CG达0.083 kg,各d6割制处理在0.115~0.139 kg,均超过其相应的年平均刀次产量(表2),其中,T4处理的单株刀次产量最高,为0.139 kg,占全年产量的3.84%。各d6割制处理全年单株刀次产量的高峰期均在10月,期间T3和T1处理的单株刀次产量较高,达0.179和0.173 kg,分别占全年产量的5.46%和4.91%,约为CG的1.8和1.7倍。T3和T5处理在11和12月仍能维持较高的单株刀次产量,在0.138~0.161 kg,占全年产量的3.99%~4.55%;而T4处理后2个月的单株刀次产量逐渐下降,低于T3和T5处理。可见,两种割制的产量均存在季节性的分布不均,通常9—12月进入高产期,而d6割制具有更明显的高产期特点;高强度刺激处理可使d6割制的高产期提前,但后期产量提升不明显。

表3 不同刺激强度d6割制胶乳生理参数和死皮病发生率的比较

Table 3 Comparison of physiological parameters of latex and incidence of tapping panel dryness (TPD) under d6 tapping system with different stimulation intensities

处理 Treatment	硫醇含量 (mmol/L) Thiol content	蔗糖含量 (mmol/L) Sucrose content	无机磷含量(mmol/L) Inorganic phosphorus content	镁离子含量(mmol/L) Magnesium ions content	死皮病 发生率(%) TPD rate	四五级死皮病发生率(%) TPD rate of level 4 and 5	死皮指数 TPD index
CG	1.268a	3.869c	13.239a	21.600c	18.3	3.2	0.33
T1	1.160b	5.112b	9.653b	23.467b	3.3	0.0	0.08
T2	1.245a	4.528b	9.525bc	23.822b	1.6	0.0	0.04
T3	1.265a	5.351ab	12.251ab	25.378ab	8.3	0.0	0.15
T4	1.254a	6.044a	11.143b	24.444b	8.3	1.6	0.23
T5	1.143b	6.436a	8.983c	26.955a	3.3	0.0	0.07

表4 各处理不同月份单株刀次产量的比较

Table 4 Comparison on the monthly average yield of single tree per tapping in different months in each treatment

处理 Treatment	5月 May		6月 June		7月 July		8月 August		9月 September		10月 October		11月 November		12月 December	
	平均 产量 (kg) Mean yield	占比 (%) Percen- tage	平均 产量 (kg) Mean yield	占比 (%) Percen- tage	平均 产量 (kg) Mean yield	占比 (%) Percen- tage	平均 产量 (kg) Mean yield	占比 (%) Percen- tage	平均 产量 (kg) Mean yield	占比 (%) Percen- tage	平均 产量 (kg) Mean yield	占比 (%) Percen- tage	平均 产量 (kg) Mean yield	占比 (%) Percen- tage	平均 产量 (kg) Mean yield	占比 (%) Percen- tage
CG	0.038	1.08	0.033	0.94	0.038	1.09	0.053	1.51	0.083	2.36	0.099	2.81	0.094	2.68	0.103	2.92
T1	0.043	1.39	0.041	1.30	0.044	1.40	0.054	1.71	0.115	3.63	0.173	4.91	0.122	3.84	0.127	4.01
T2	0.042	1.34	0.044	1.38	0.047	1.50	0.061	1.94	0.129	4.06	0.154	4.87	0.117	3.70	0.123	3.88
T3	0.041	1.13	0.058	1.59	0.045	1.25	0.071	1.96	0.130	3.57	0.179	5.46	0.161	4.43	0.148	4.07
T4	0.041	1.12	0.064	1.78	0.057	1.57	0.096	2.65	0.139	3.84	0.165	4.57	0.144	3.98	0.124	3.44
T5	0.041	1.18	0.051	1.49	0.050	1.46	0.079	2.28	0.123	3.56	0.161	4.66	0.157	4.55	0.138	3.99

“占比”指该月单株平均刀次产量占全年产量的百分比

The percentage were percentage ratio of the monthly average yield of single tree per tapping to annual yield

3 讨论

割胶耗皮厚度是一项重要的割胶技术指标,适当的耗皮厚度以割去乳管胶塞和收缩部分为准,既可保证割胶产量,又有利于延长胶树经济寿命(汝绍锋等,2018)。正常天气情况下,三天一刀(d3)割制的阳刀割胶耗皮厚度为0.14 cm,但两次割胶间隔延长,易引起割线水分流失和回枯增加,需要更厚的割胶耗皮厚度以切除乳管胶塞,如五天一刀(d5)割制的阳刀割胶耗皮厚度需达0.17 cm才能获得理想产量(校现周等,2004)。本研究发现d6割制的耗皮厚度太小或太大均不能获得理想单株割次产量,割胶耗皮厚度为0.20~0.22 cm时,胶乳产量相对较高,表明d6割制的割胶耗皮厚度低于0.20 cm,不足以切除割线回枯增厚的乳管胶塞,但割胶耗皮厚度太大,推测胶工割胶深度控制困难,反而影响产量。

涂药时间筛选研究发现,割胶前2~3 d涂药的刺激增产效果最佳,尤其是刺激后第1刀产量提升明显,与魏芳等(2014)的研究结果相似,表明胶树响应外源乙烯或乙烯利产生排胶相关生理反应的高峰期在24~96 h。割胶前1 d涂药的刺激效果最差,究其原因:一是涂药距上一次割胶间隔长,割线干枯不利于乙烯利吸收;二是胶树对乙烯利的生理反应时间不足。采用较早涂药,如上一刀割胶后1~2 d内涂施,由于割线组织湿润,易于药物吸收,但药效持续性较差,也未达最佳刺激效果。

比较不同刺激强度下的产量、胶乳生理参数和死皮病发生情况发现,在一定范围内提升d6割制的刺激强度(乙烯利刺激浓度和涂施频率)可使胶树持续增产,促进胶乳蔗糖和无机磷积累,表明合理刺激能促使胶乳代谢旺盛,提升胶树的产排胶水平,符合乙烯利刺激增产的理论(位明明等,2016)。热研7-33-97幼龄开割橡胶树在高强度刺激(1刀涂施1.5%乙烯利)下的死皮病发生率和死皮程度显著升高,暗示该强度已超过d6割制的安全刺激范围,过度刺激导致橡胶树胶乳生理失衡,乳管内缩和死皮病发生(杨文凤等,2017;何晶等,2018)。此前生产性试验报道,d6割制胶园的单位面积产量大幅下降(谢黎黎等,2017;黄学全和蒋超,2018),其原因可能是刺激强度不足,产排胶潜力未充分调动。本研究通过合理刺激(1.0%~1.5%乙烯利处理,2~3刀周期)进行d6割胶,提升了胶乳蔗糖含量和无机磷含量,有效调动胶树产排胶潜力,为d6割制刺激技术的构建提供了实践参考;同时d6割制较d4割制死皮病发生明显下降,表明其更安全。

对刀次产量的年变化分析发现,两种割制均在9—12月出现高产期,与王岳坤等(2013)的研究结果一致,主要原因是此时的胶树已进入物候稳定期,而晨时气温逐渐下降,促进了胶树的排胶。与d4割制不同,d6割制具有高产期更高产的特点,期间的刀次产量占全年产量的3.50%~5.50%,推测与d6割制的割胶强度小,胶树养分积累充足,割次间割长,胶乳再生良好等有关。高强度刺激(1刀涂施1.5%乙烯利)可提高d6割制的早期产量,但高产期的刀次产量增产趋势不明显,可能是强刺激带来的负面效果。因此,确保高产期的割胶刀数是保证d6割制产量的关键,同时建议在高产期适当降低刺激浓度或频率。

4 结论

综合产量、胶乳生理和死皮发生情况,热研7-33-97幼龄开割橡胶树d6割制采用0.20~0.22 cm割胶耗皮厚度、割胶前2~3 d涂施1.0%~1.5%乙烯利、割胶前期采用1~2刀周期涂药及高产期改2~3刀周期涂药的技术措施,同时确保高产期的割胶刀数,能获得较高的胶乳产量,并延长产胶经济寿命,可在生产上推广应用。

参考文献:

- 何晶,冯成天,郭秀丽,胡义钰,孙亮,王真辉,袁坤. 2018. 高浓度乙烯利刺激诱导橡胶树死皮发生过程中的胶乳生理研究[J]. 西北林学院学报, 33(2): 123-128. [He J, Feng C T, Guo X L, Hu Y Y, Sun L, Wang Z H, Yuan K. 2018. Latex physiological characteristics during tapping panel dryness (TPD) occurrence induced by high-concentration ethrel stimulation in *Hevea brasiliensis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 33(2): 123-128.]
- 黄德宝,秦云霞,唐朝荣. 2010. 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, 18(2): 170-175. [Huang D B, Qin Y X, Tang C R. 2010. Physiological characters of latex from three *Hevea* clones (Reyan8-79, Reyan7-33-97 and PR107) [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 18(2): 170-175.]
- 黄华孙,梁茂寰,吴云通,黎德舜,何进威. 1994. 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, 15(2): 1-6. [Huang H S, Liang M H, Wu Y T, Li D S, He J W. 1994. Selection and breeding of a moderate scale clone SCATC 7-33-97 [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 15(2): 1-6.]
- 黄学全,蒋超. 2018. 海南垦区橡胶树超低频六天一刀割制研究[J]. 橡胶科技, 281(5): 22-27. [Huang X Q, Jiang C. 2018. Study on ultra-low frequency tapping system of rubber trees in Hainan planting area [J]. Rubber Science and Technology, 281(5): 22-27.]

- 罗世巧, 校现周, 魏小弟, 刘实忠, 吴明. 2005. 热研7-33-97幼龄开割树对低频刺激割制的适应性研究初报[J]. 热带作物学报, 26(4): 28-33. [Luo S Q, Xiao X Z, Wei X D, Liu S Z, Wu M. 2005. Adaptability of young tapped *Hevea brasiliensis* var. SCATC 7-33-97 to lower frequency tapping system with stimulants[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 26(4): 28-33.]
- 汝绍锋, 李梓豪, 梁栋, 翁绍捷. 2018. 天然橡胶树割胶技术的研究及进展[J]. 中国农机化学报, 39(2): 27-31. [Ru S F, Li Z H, Liang D, Weng S J. 2018. Progress in the research of tapping technology of natural rubber tree[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 39(2): 27-31.]
- 施晓佳, 梁栋, 汝绍锋, 张燕, 赵乃澳. 2018. 中国天然橡胶割胶产业的发展与探索[J]. 价值工程, 37(30): 275-277. [Shi X J, Liang D, Ru S F, Zhang Y, Zhao N A. 2018. Development and exploration of China's natural rubber tapping industry[J]. Value Engineering, 37(30): 275-277.]
- 王岳坤, 阳江华, 秦云霞, 戚继艳, 龙翔宇, 唐朝荣. 2013. 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, 34(1): 81-86. [Wang Y K, Yang J H, Qin Y X, Qi J Y, Long X Y, Tang C R. 2013. Comparative study on the seasonal variation of latex physiological characters from three *Hevea* clone[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 34(1): 81-86.]
- 魏芳, 吴明, 罗世巧, 杨文凤, 郑乾坤, 仇键, 校现周. 2014. 乙烯利刺激对橡胶树热研7-33-97幼龄开割树的乳胶生理影响[J]. 西部林业科学, 43(3): 93-98. [Wei F, Wu M, Luo S Q, Yang W F, Zheng Q K, Qiu J, Xiao X Z. 2014. Analysis of physiological characteristics effected by ethrel stimulation on clone Reyan 7-33-97 of young tapped rubber tree[J]. Journal of West China Forestry Science, 43(3): 93-98.]
- 位明明, 李维国, 高新生, 黄肖. 2016. 巴西橡胶树响应乙烯利刺激的生理及其分子调控机制研究进展[J]. 生物技术通报, 32(3): 1-11. [Wei M M, Li W G, Gao X S, Huang X. 2016. Research progress of the physiological and molecular regulation mechanism of *Hevea brasiliensis* in response to ethephon stimulation[J]. Biotechnology Bulletin, 32(3): 1-11.]
- 吴明, 罗世巧, 校现周. 2000. 橡胶树新品种热研7-33-97早刺激产量和生理效应研究初报[J]. 云南热作科技, 23(3): 1-4. [Wu M, Luo S Q, Xiao X Z. 2000. Study on yield and physiological effect of stimulation in the early stage on new rubber clone, Reyan 7-33-97[J]. Journal of Yunnan Tropical Crops Science & Technology, 23(3): 1-4.]
- 校现周, 魏小弟, 罗世巧, 948割制改革协作组. 2004. 《橡胶树五天一刀割制技术要点》(试行)已编写完成[J]. 热带农业科学, 24(1): 71-72. [Xiao X Z, Wei X D, Luo S Q, 948 Cooperative Group. 2004. Key points of five-day tapping technology for rubber trees (Trial) completed[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 24(1): 71-72.]
- 谢黎黎, 黄志, 邓槐彪, 杨文凤, 校现周. 2017. 热研7-33-97新开割树对超低频割胶制度的适应性研究初报[J]. 中国热带农业, (4): 53-56. [Xie L L, Huang Z, Deng H B, Yang W F, Xiao X Z. 2017. Preliminary study on the adaptability of ultra-low frequency tapping system in juvenile rubber tree Reyan 7-33-97[J]. China Tropical Agriculture, (4): 53-56.]
- 谢黎黎, 姜泽海, 黄志. 2016. 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, 36(11): 15-19. [Xie L L, Jiang Z H, Huang Z. 2016. Development course of rubber tapping system in China and suggestions to solve the shortage of tapper[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 36(11): 15-19.]
- 许闻献, 曾庆, 黄文成. 2000. 中国橡胶树割制改革30年[J]. 热带农业科学, (6): 57-71. [Xu W X, Zeng Q, Huang W C. 2000. The reform of tapping system for rubber tree during the 30 years[J]. Chinese Journal of Tropical Agriculture, (6): 57-71.]
- 杨文凤, 刘汉文, 吴明, 骆明华, 罗世巧, 魏芳, 仇键, 高宏华, 校现周. 2017. 不同浓度乙烯利刺激割胶对大丰95产量及生理参数的影响[J]. 南方农业学报, 48(11): 2052-2057. [Yang W F, Liu H W, Wu M, Luo M H, Luo S Q, Wei F, Qiu J, Gao H H, Xiao X Z. 2017. Effects of ethrel stimulation with different concentrations on yield and physiological parameters of rubber tree Dafeng 95[J]. Journal of Southern Agriculture, 48(11): 2052-2057.]
- 杨文凤, 刘实忠, 罗世巧. 2005. 割胶间隔时间对热研7-33-97胶乳生理参数的影响[J]. 安徽农业科学, 37(13): 6229-6231. [Yang W F, Liu S Z, Luo S Q. 2005. Effects of the tapping time intervals on latex physiological parameters of *Hevea brasiliensis* clone Reyan 7-33-97[J]. Journal of Anhui Agriculture Sciences, 37(13): 6229-6231.]
- 张全琪, 高承文, 倪燕妹, 校现周, 黄志. 2015. 新开割橡胶树热研7-33-97超低频割胶技术研究[J]. 中国热带农业, (4): 66-68. [Zhang Q Q, Gao C W, Ni Y M, Xiao X Z, Huang Z. 2015. Research on ultra-low frequency tapping system of juvenile rubber tree (Reyan 7-33-97)[J]. China Tropical Agriculture, (4): 66-68.]
- She F H, Zhu D M, Kong L X, Wang J, An F, Lin W F. 2013. Ultrasound-assisted tapping of latex from Para rubber tree *Hevea brasiliensis* [J]. Industrial Crops & Products. doi:10.1016/j.indcrop.2013.08.065.

(责任编辑 邓慧灵)