

橡胶树不同胶乳产量种质资源胶乳生理性状比较

杨 湑^{1,2}, 吴 裕^{1,2*}, 李小琴^{1,2}, 张凤良^{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]为探究橡胶树不同胶乳产量种质资源胶乳生理性状的差异,从120份开割的橡胶树魏克汉种质资源群体中,依据年均刀次产筛选出差异达到极显著的高产种质(15份)、中产种质(15份)、低产种质(11份),系统比较其胶乳生理性状。结果表明:无机磷含量表现为高产组>中产组>低产组,蔗糖含量表现为高产组<低产组<中产组;干胶、总固形物含量表现为高产组<中产组<低产组;高、中产组硫醇含量显著高于低产组。方差分析显示:高产组与低产组之间硫醇、无机磷、干胶、总固形物含量差异显著,三组间蔗糖含量差异不显著。相关性分析表明:年均刀次产与10月、12月的平均刀次产及平均硫醇含量极显著正相关,与无机磷含量均显著正相关,而与蔗糖、干胶含量、总固形物含量无显著相关性。综合分析得出:橡胶树高产种质具有高无机磷、高硫醇,低蔗糖、低干胶及低总固形物含量的胶乳生理特征,低产种质则呈现相反趋势。

[关键词]橡胶树;种质资源;产量;胶乳生理

中图分类号:S794.101 文献标识码:A 文章编号:1672-450X(2025)04-0081-05

Analysis Comparison of Latex Physiological Traits of Different Latex Yield Germplasm Resources of *Hevea brasiliensis*

YANG Tian^{1,2}, WU Yu^{1,2*}, LI Xiaoqin^{1,2}, ZHANG Fengliang^{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: In order to explore the differences in latex physiological traits of different latex yield germplasm resources of rubber tree, high-yield germplasm (15), medium-yield germplasm (15) and low-yield germplasm (11) were screened out from 120 Wickham germplasm resources of rubber tree according to the average annual latex yield, and their latex physiological traits were systematically compared and analyzed. The results showed that the inorganic phosphorus content was high-yield group > middle-yield group > low-yield group, and the sucrose content was high-yield group < low-yield group < middle-yield group. The content of dry rubber and total solids showed high yield group < middle yield group < low yield group. The thiol content in the high and middle yield groups was significantly higher than that in the low yield group. Analysis of variance showed that the contents of thiol, inorganic phosphorus, dry gum and total solids were significantly different between the high-yield group and the low-yield group, but there was no significant difference in sucrose content among the three groups. The correlation analysis showed that the average annual knife yield was significantly positively correlated with the average knife yield and the average thiol content in October and December, and significantly positively correlated with the inorganic phosphorus content. There was no significant correlation with sucrose, dry rubber content and total solid content. The comprehensive analysis showed that the high-yield germplasm of rubber tree had the physiological characteristics of latex with high inorganic phosphorus, high thiol, low sucrose, low dry rubber and total solid content, while the low-yield germplasm showed the opposite trend.

Key words: *Hevea brasiliensis*; germplasm resources; yield; latex physiology

收稿日期:2025-02-13

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(RF2024-1-2);云南省现代农业橡胶树产业技术体系建设育种与繁育研究室(2024KJTX12-2);农业部热作种质资源保护项目(21240124)

作者简介:杨湑(1988—),女,副研究员,硕士,研究方向为橡胶树遗传育种。E-mail:853299710@qq.com

*通信作者:吴裕(1972—),男,研究员,硕士,研究方向为植物种质资源保护和遗传育种。E-mail:hhyw20030105@126.com

橡胶树种质资源蕴藏着丰富的遗传多样性,是橡胶树遗传改良的物质基础。对橡胶树种质资源的收集、保存、鉴定和评价,可以有效筛选出具有优良性状的种质材料,为橡胶树育种提供丰富的基因资源^[1-3]。农业部景洪橡胶树种质资源圃内保存了560多份魏克汉种质资源,其遗传资源丰富、表型多样,目前已对圃内保存的橡胶树种质资源开展过植物学鉴定、分子标记分析、胶乳产量跟踪测定、胶乳生理性状测定评价等方面的基础研究^[4-11]。本团队前期通过K-均值聚类分析魏克汉种质的胶乳产量,发现高产种质茎围较大,蔗糖含量较低^[12]。基于上述特征,本研究从120份魏克汉种质资源中依据年均刀次产筛选出差异达到极显著的高产种质(15份)、中产种质(15份)、低产种质(11份),系统比较3类种质胶乳中蔗糖、硫醇、无机磷等关键指标,旨在解析不同胶乳产量橡胶树种质的胶乳生理特征及代谢特征差异,为后续开展橡胶树幼龄胶乳生理评价及产胶潜力预判奠定基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料为2008年6—7月定植于云南省热带作物科学研究所内的农业部景洪橡胶树种质资源圃的魏克汉种质资源^[10]。于2019年5月开割,12月初停割,割制为S/2 d/7(1/2树围,7 d割1刀),无刺激。每份种质选2~3株割胶,每月测量1次胶乳产量,于10月中旬和12月初测定了2次胶乳生理指标。

1.2 样品采集与处理

选择天气晴朗的早晨6:00割胶,7:30开始取样。每份种质选择正常割胶的植株2株,每株取3 mL新鲜胶乳,置于已称重的离心管中冰浴带回实验室用于胶乳生理性状测定和总固形物含量测定,同时取约30 mL胶乳,带回实验室测定胶乳中的干胶含量。

1.3 测定方法

在2 mL离心管中先加入1.8 mL缓冲液,后加入0.2 mL新鲜胶乳样品,使其充分混合。经4℃

下离心5 min(8 000 r/min)后把样品清液转移出来,用于蔗糖、无机磷、硫醇含量的测定^[11],每个胶乳样品做3次重复。

无机磷含量采用钼酸铵法测定^[13];蔗糖含量采用蒽酮试剂法测定^[13];硫醇含量采用DTNB法测定^[13];总固形物(TSC)含量采用烘干法测定^[12];干胶含量采用DH925D型微波胶乳测试仪测定。

1.4 胶乳产量测定

胶乳自然停流后,用1 L的量筒测量所产胶乳的体积,记为胶乳产量。每月测量1次胶乳产量,全年共测量6次。根据全年的胶乳总产量和割胶刀数计算出平均刀次胶乳产量,简称为“年均刀次产”。

1.5 数据处理与统计

采用Excel 2016软件进行试验数据统计,采用SPSS 17.0软件进行变异系数计算、方差分析、多重比较、相关性分析。

2 结果与分析

2.1 橡胶树种质资源胶乳产量的比较

橡胶树种质资源不同胶乳产量分组的基本信息及产量统计(表1、表2),高产组年均刀次产为283.42 mL,变幅237.8~333.6 mL;中产组年均刀次产为141.68 mL,变幅123.9~157.3 mL;低产组年均刀次产为14.48 mL,变幅7.40~30.60 mL。3组种质资源间年均刀次产差异极显著($P < 0.01$)。

2.2 橡胶树种质资源胶乳生理性状比较

3组橡胶树种质资源的胶乳生理指标分析结果见表3。10月:硫醇、无机磷含量表现为高产组>中产组>低产组,高产组与低产组差异显著;干胶、总固形物含量表现为高产组低于中、低产组且差异显著($P < 0.05$)。而蔗糖含量3组之间差异不显著。从胶乳生理指标变异系数来看,蔗糖含量变异系数均最大,干胶含量变异系数均最小;硫醇含量变异系数在3组间无显著差异;无机磷含量变异系数表现为高、中产组较小,低产组较大;总固形物含量变异系数高产组比中、低产组小。12月:硫醇含量表现为中产组>高产组>低产组,无

表 1 橡胶树种质资源的分组情况

分组	序号	种质编号	割胶株数	年均刀次产/mL	标准差/mL
高产组	1	436	3	333.60	45.97
	2	116	3	332.80	101.77
	3	251	2	322.05	121.98
	4	446	2	311.67	15.32
	5	483	3	300.00	51.99
	6	462	3	294.43	177.06
	7	459	3	288.90	29.38
	8	298	2	285.45	30.05
	9	471	3	279.70	154.75
	10	221	3	259.73	114.20
	11	39	2	259.00	57.98
	12	509	3	256.67	139.53
	13	386	3	248.33	17.31
	14	84	3	241.10	84.71
	15	402	3	237.80	39.02
中产组	16	508	2	157.30	43.84
	17	511	3	151.37	1.72
	18	119	3	150.57	85.46
	19	152	3	145.40	49.82
	20	205	3	154.43	23.42
	21	468	3	148.63	18.30
	22	445	3	148.00	54.15
	23	466	3	139.17	36.43
	24	137	2	138.35	34.15
	25	479	2	137.10	4.10
	26	503	3	135.57	51.77
	27	107	3	133.60	5.35
	28	77	2	132.50	3.54
	29	507	3	129.20	43.68
	30	537	3	123.90	9.15
低产组	31	76	3	30.57	35.62
	32	246	2	26.50	30.41
	33	184	2	21.25	19.45
	34	80	2	13.90	7.21
	35	272	5	11.52	2.05
	36	374	3	10.43	4.01
	37	176	2	10.05	1.77
	38	376	3	10.00	0.00
	39	69	2	8.80	0.00
	40	73	2	8.75	1.77
	41	347	2	7.35	0.92

表 2 三组橡胶树种质资源胶乳产量统计

分组	种质数	株数	年均刀次产/mL	年均刀次产变幅/mL	标准差/mL
高产组	15	41	283.42A	237.8~333.6	32.37
中产组	15	41	141.68B	123.9~157.3	9.92
低产组	11	28	14.48C	7.40~30.6	7.94

注: 同列不同大写字母表示差异极显著 ($P<0.01$)。

机磷含量表现为高产组 > 中产组 > 低产组, 蔗糖、总固形物含量表现为高产组 < 低产组 < 中产组, 干胶含量表现为高产组 < 中产组 < 低产组。高产组硫醇、无机磷、干胶含量与低产组差异显著, 3 组间蔗糖、总固形物含量差异不显著。从胶乳生理指标变异系数来看, 蔗糖含量变异系数均最大; 干胶含量变异系数均最小, 其中低产组变异系数最小; 高产组无机磷含量变异系数最大; 总固形物含量变异系数为高产组 > 中产组 > 低产组。因此, 10 月、12 月 3 组种质资源的蔗糖含量变异系数均最大, 干胶含量变异系数均最小。

从不同胶乳产量分组来看(表 4), 无机磷含量表现为高产组 > 中产组 > 低产组, 蔗糖含量表现为高产组 < 低产组 < 中产组, 干胶、总固形物含量表现为高产组 < 中产组 < 低产组。硫醇、无机磷、干胶、总固形物含量均表现为高产种质与低产种质差异显著, 而蔗糖含量组间差异不显著。

2.3 橡胶树种质资源胶乳产量与胶乳生理性状的相关性分析

参试的高产、中产、低产 3 组种质资源, 共 110 株橡胶树, 年均刀次产变幅 7.35 ~ 333.6 mL, 均值为 160.24 mL。将其年均刀次产与 10 月、12 月的平均刀次产、平均胶乳生理指标进行相关性分析(表 5), 年均刀次产与两月的平均刀次产、平均硫醇含量极显著正相关, 与无机磷含量显著正相关, 与蔗糖、干胶、总固形物含量相关性均较弱。10 月、12 月两月的平均刀次产与两月的平均硫醇、无机磷含量也呈极显著正相关关系, 与蔗糖、干胶、总固形物含量相关性也较弱。

3 讨论与结论

本研究以农业部景洪橡胶树种质资源圃内的魏克汉种质资源为试验材料, 在生长环境、管理水平、树龄、割制、割胶刀数、取样时间一致的条件下, 根据年均刀次产从群体中筛选出胶乳产量差异达到极显著的高产、中产、低产共 3 组橡胶树种质, 对其胶乳生理指标进行比较分析。无机磷能反映胶乳产量高低, 胶乳中无机磷含量与胶乳产量呈极显著正相关^[14]。10 月和 12 月的测定无机磷含量均表现为高产组 > 中产组 > 低产组, 高

表 3 橡胶树种质不同分组胶乳生理指标测定结果

月份	分组	测定指标	均值±标准差	变幅	变异系数/%
10 月	高产组	硫醇/ (mmol · L ⁻¹)	0.58±0.13a	0.36~0.81	22.83
		无机磷/ (mmol · L ⁻¹)	21.53±4.39a	13.98~29.58	20.39
		蔗糖/ (mmol · L ⁻¹)	10.41±4.62a	4.73~20.99	44.38
		干胶含量/%	33.57±2.15b	29.05~36.15	6.40
		总固形物/%	33.46±3.84b	25.29~41.35	11.46
	中产组	硫醇/ (mmol · L ⁻¹)	0.54±0.11ab	0.38~0.71	20.06
		无机磷/ (mmol · L ⁻¹)	19.56±2.98a	14.77~25.21	15.23
		蔗糖/ (mmol · L ⁻¹)	13.25±6.15a	3.36~21.15	46.38
		干胶含量/%	35.64±2.28a	32.18~39.74	6.39
		总固形物/%	32.53±6.24a	25.46~50.00	19.18
	低产组	硫醇/ (mmol · L ⁻¹)	0.47±0.10b	0.26~0.59	22.32
		无机磷/ (mmol · L ⁻¹)	13.06±6.10b	3.78~25.21	46.70
		蔗糖/ (mmol · L ⁻¹)	11.31±4.21a	3.55~19.45	37.19
		干胶含量/%	35.70±2.41a	32.61~39.02	6.75
		总固形物/%	38.42±7.29a	26.67~46.86	18.97
12 月	高产组	硫醇/ (mmol · L ⁻¹)	0.88±0.11a	0.67~1.10	13.34
		无机磷/ (mmol · L ⁻¹)	22.30±7.64a	8.72~40.72	34.26
		蔗糖/ (mmol · L ⁻¹)	13.42±5.18a	5.96~22.08	38.60
		干胶含量/%	31.82±3.26b	24.00~35.76	10.25
		总固形物/%	34.39±6.59a	21.19~53.61	19.08
	中产组	硫醇/ (mmol · L ⁻¹)	0.94±0.19a	0.61~1.30	20.56
		无机磷/ (mmol · L ⁻¹)	19.82±5.03ab	10.42~28.04	25.42
		蔗糖/ (mmol · L ⁻¹)	16.34±6.25a	7.84~26.99	38.23
		干胶含量/%	33.16±2.53ab	26.5~36.55	7.63
		总固形物/%	37.05±7.00a	30.01~58.71	18.89
	低产组	硫醇/ (mmol · L ⁻¹)	0.69±0.09b	0.55~0.78	14.19
		无机磷/ (mmol · L ⁻¹)	13.44±4.93b	8.72~40.72	26.27
		蔗糖/ (mmol · L ⁻¹)	12.57±4.20a	5.24~26.99	40.75
		干胶含量/%	35.75±1.94a	24.00~38.18	5.18
		总固形物/%	38.40±6.62a	21.19~58.71	16.12

注：表中同列不同小写字母表示差异显著，下同。

表 4 橡胶树种质不同分组间和月份胶乳生理指标的比较

项目		种质数	硫醇/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	无机磷/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	蔗糖/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	干胶含量/%	总固形物/%
分组	高产组	15	$0.73 \pm 0.09\text{a}$	$21.91 \pm 5.5\text{a}$	$11.92 \pm 4.14\text{a}$	$32.69 \pm 2.33\text{b}$	$33.93 \pm 4.07\text{b}$
	中产组	15	$0.74 \pm 0.11\text{a}$	$19.69 \pm 3.32\text{a}$	$14.80 \pm 6.01\text{a}$	$34.39 \pm 2.1\text{ab}$	$34.79 \pm 4.9\text{ab}$
	低产组	11	$0.52 \pm 0.11\text{b}$	$13.44 \pm 4.93\text{b}$	$12.57 \pm 4.20\text{a}$	$35.75 \pm 1.94\text{a}$	$38.40 \pm 6.62\text{a}$
时间	10 月	41	$0.54 \pm 0.12\text{b}$	$18.54 \pm 5.58\text{a}$	$11.69 \pm 5.16\text{b}$	$34.81 \pm 2.42\text{a}$	$34.45 \pm 6.18\text{a}$
	12 月	41	$0.87 \pm 0.17\text{a}$	$20.14 \pm 6.45\text{a}$	$14.81 \pm 5.76\text{a}$	$32.99 \pm 3.00\text{b}$	$35.73 \pm 6.57\text{a}$

表 5 橡胶树种质胶乳产量与胶乳生理指标的相关性系数

	年均刀次产	平均刀次产	平均硫醇含量	平均无机磷含量	平均蔗糖含量	平均干胶含量	平均总固形物含量
年均刀次产	1.000						
平均刀次产	0.813**	1.000					
平均硫醇含量	0.375**	0.451**	1.000				
平均无机磷含量	0.216*	0.276**	0.516**	1.000			
平均蔗糖含量	-0.037	0.024	0.214*	0.203	1.000		
平均干胶含量	-0.009	0.031	0.085	0.079	-0.155	1.000	
平均总固形物含量	0.051	0.080	-0.055	0.038	-0.119	0.684**	1.000

注：**表示 0.01 水平（双侧）显著相关，*表示 0.05 水平（双侧）显著相关。

产组与低产组差异显著;相关性分析显示,年均刀次产及两月的平均刀次产分别与两月的平均无机磷含量极显著和显著正相关,表明高产种质资源乳管代谢能力强,胶乳稳定性好^[15-16]。蔗糖是合成天然橡胶的最初原料,胶乳中蔗糖含量高,说明橡胶树蔗糖供应活跃,或者是蔗糖利用不足,胶树还有增产的潜力,可以提高采胶强度,达到增产目的^[13]。10月、12月测定的蔗糖含量均表现为高产组<低产组<中产组,3组差异不显著,由上可知:高产种质蔗糖含量最低,但无机磷含量高,说明高产种质代谢旺盛,蔗糖利用率高;而中产种质蔗糖含量高,无机磷含量低于高产种质,说明中产种质代谢能力弱于高产种质,蔗糖利用率不高,可以通过增加采胶强度或涂抹乙烯利,以提高代谢,增加胶乳产量^[13]。硫醇含量高可以延长排胶时间,增加胶乳产量,硫醇含量低则细胞质膜保护能力弱,会导致死皮^[17]。10月、12月时高产、中产组的硫醇含量均大于低产组,高产组与低产组差异显著,表明高、中产种质的流胶顺畅程度要比低产种质好,同时在大田胶乳产量测定时也观察到低产种质死皮率更高的现象。干胶含量、总固形物含量是反映排胶难易程度的指标,含量高则排胶难,含量太低则易死皮^[18]。10月和12月两月的平均干胶含量和总固形物含量均表现为高产组<中产组<低产组,高产组与低产组差异显著,表明高产种质排胶比中、低产种质更顺畅。

综上所述,橡胶树高产种质具有高无机磷、高硫醇,低蔗糖、低干胶及低总固形物含量的胶乳生理特征。其代谢能力强,蔗糖转化效率高,排胶阻力小,排胶顺畅。相比之下,低产种质的胶乳生理及代谢特征呈相反趋势。

参考文献:

- [1] 李国华. 植物种质资源圃规划建设的方法[J]. 热带农业科技, 2009, 32(4): 37-39.
- [2] 吴裕. 橡胶树种质资源收集的新视野[J]. 热带农业科技, 2009, 32(1): 46-48.
- [3] 曾霞, 黄华孙. 国内外橡胶树种质资源收集保存及其研究进展[J]. 热带农业科技, 2004, 27(1): 24-29.
- [4] 倪书邦, 毛常丽, 吴裕, 等. 云南保存橡胶树部分种质资源叶表型变异分析[J]. 东北林业大学学报, 2012, 40(3): 32-35.
- [5] 倪书邦, 毛常丽, 吴裕. 橡胶树部分种质资源的荧光 AFLP 分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2012, 34(2): 53-58.
- [6] 毛常丽, 吴裕, 张凤良, 等. 云南保存橡胶树魏克汉种质资源亲子系谱分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(6): 1206-1213.
- [7] 毛常丽, 张凤良, 李小琴, 等. 橡胶树优异种质的 AFLP 初步分析[J]. 热带农业科技, 2016, 39(4): 1-4, 18.
- [8] 张凤良, 毛常丽, 胡永华, 等. 云南保存橡胶树部分种质资源干形及分枝变异分析[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(3): 534-539.
- [9] 张凤良, 李小琴, 胡永华, 等. 橡胶树魏克汉种质资源生长与形质性状变异分析[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(1): 65-75.
- [10] 杨洁, 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, 2021, 41(4): 49-55.
- [11] 杨洁, 赵祺, 张凤良, 等. 旱季橡胶树魏克汉种质资源胶乳生理参数分析[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(2): 114-118.
- [12] 杨洁, 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.
- [13] 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.
- [14] 许闻献, 潘衍庆. 橡胶树产胶生理的研究进展[J]. 热带农业科学, 1990(1): 82-84.
- [15] 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.
- [16] 杨文凤, 吴明, 校现周, 等. 橡胶树胶木兼优品种热垦525生理特性研究[J]. 热带农业科学, 2015, 35(6): 1-4, 17.
- [17] 吴明, 杨文凤, 校现周, 等. 橡胶树胶木兼优品种热垦523生理特性研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(3): 1052-1056.
- [18] 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.