

网络出版时间:2014-01-02 15:56

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.038

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.038.html

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

龙翔宇,王岳坤,秦云霞,高新生,唐朝荣

(中国热带农业科学院 橡胶研究所,海南 儋州 571737)

[摘要] 【目的】揭示橡胶树胶乳主要生理参数与产量的相关性,从橡胶树群体后代中筛选具有高产潜力的优异种质材料。【方法】测定橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体的胶乳生理参数,采用方差分析、相关分析、主成分分析、聚类分析和判别分析等方法,对橡胶树群体的胶乳生理参数进行分析。【结果】热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体中 37 个单株间的干胶产量(DRY)、胶乳产量(LY)、总固形物含量(TSC)、C-乳清蛋白含量(PC)、转化酶活性(IA)和蔗糖浓度(SC)差异均达极显著水平;DRY、LY 与 IA、PC 呈显著正相关。选出 2 个主成分进行分析,2 个主成分的分差累计贡献率达 67.10%;对 DRY、LY、TSC、PC、IA 和 SC 6 个生理指标的聚类结果显示,可将 37 个橡胶树品种聚为 A、B、C 3 类,并对应建立了 3 个判别能力较高的模型,其中 A 类的 10 株橡胶树为高干胶产量、高胶乳产量、高转化酶活性及高 C-乳清蛋白含量类型,极具进一步选育的价值。【结论】橡胶树产量与转化酶活性密切相关,同时筛选到了 10 株具有高产潜力的优异种质材料。

[关键词] 橡胶树;胶乳生理参数;数值分类;聚类分析

[中图分类号] S794.101

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2014)02-0065-07

Comparison and cluster analysis of latex physiological parameters in F₁ group Reyan2-73×PB5/51 of *Hevea brasiliensis*

LONG Xiang-yu, WANG Yue-kun, QIN Yun-xia, GAO Xin-sheng, TANG Chao-rong

(Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Danzhou, Hainan 571737, China)

Abstract: 【Objective】 This work revealed correlation between latex physiological parameters and yield, aiming to improve the selection of elite germplasms. 【Method】 The physiological parameters in F₁ group Reyan 2-73×PB5/51 of *Hevea brasiliensis* were measured and analyzed by variance, correlation, principal component, cluster and discrimination analyses. 【Result】 There were significant differences ($P < 0.01$) in dry rubber yield (DRY), latex yield (LY), total solids content (TSC), invertase activity (IA), sucrose content (SC) and protein content (PC) among the tested trees. DRY and LY were positive-significantly correlated with IA and PC. Two principal components were analyzed and their cumulative contributions to variance were up to 67.10%. Thirty seven trees were clustered into three groups based on DRY, LY, TSC, IA, SC and PC, and three discrimination models with high distinguishing ability were established. The group A including 10 trees with high DRY, LY, IA and PC could be used for further selection of rubber trees. 【Conclusion】 The yield had a correlation with IA, and 10 trees were selected as elite germ-

[收稿日期] 2013-03-13

[基金项目] 国家自然科学基金项目(31170630);海南省自然科学基金项目(312029, 310094);国家天然橡胶产业技术体系育种岗项目(CARS-34)

[作者简介] 龙翔宇(1983—),男,辽宁义县人,助理研究员,博士,主要从事橡胶树产排胶机理研究。

[通信作者] 唐朝荣(1973—),男,河南内乡人,研究员,博士,主要从事橡胶树产排胶机理研究。

plasms.

Key words: *Hevea brasiliensis*; physiological parameter; numerical classification; cluster analysis

橡胶树 (*Hevea brasiliensis*) 又名巴西橡胶树、三叶橡胶树, 原产于南美洲亚马逊河流域, 属于大戟科三叶橡胶树属。在 2 000 多种产胶植物中, 橡胶树所合成的橡胶特性好、产量高, 是重要的工业原料及战略物资, 其产量占世界天然橡胶产量的 90% 以上^[1]。通过杂交育种方式筛选优良橡胶树后代周期很长, 早期筛选指标的建立、完善与应用, 将会加速杂交后代的筛选与利用进程。橡胶树产胶是依赖于树体的乳管系统实现的, 胶乳是乳管的细胞质, 通过测定胶乳的生理生化参数可以了解及评价橡胶树产排胶系统的特性^[2-4]。我国橡胶树栽培品种主要由魏克汉种质驯化而来, 遗传背景相对狭隘, 对橡胶树品种及后代种质资源的胶乳生理生化特性进行评价, 有助于橡胶树优良品种的选育^[5-6]。近些年, 数值分类作为一种比较常用、成熟的分析方法, 在植物分类中得到了广泛的应用, 如在小麦、大麦、玉米、甘蔗和茶树等多种作物种质资源的农艺性状分类研究中均有应用^[7-11]。前人的研究表明, 虽然橡胶树胶乳的生理参数与其产量密切相关, 但由于所选试验材料相对单一, 目前尚未见采用群体综合评价胶乳生理参数与产量关系的相关报道。为此, 本研究采用数值分类方法, 对橡胶树热研 2-73×PB5/51 杂交组合 F₁ 群体所产胶乳的主要生理参数进行系统聚类分析, 以期在后代群体中筛选一批具有继续选育价值的橡胶树个体, 并为橡胶树高产品种选育及早期鉴别生理指标的确立及应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材 料

以热研 2-73×PB5/51 杂交组合 F₁ 群体中径围和生长势基本一致的健康橡胶树共 37 株为供试材料, 对照品种为 RRIM600。该批材料栽植于中国热带农业科学院试验场红城队, 2000 年定植, 2007 年开割, 割制为 1/2 树围, 2 d 1 刀。

1.2 胶乳采集与处理

于 2011-11 月中旬进行 3 次重复采样。割胶 5 min 后, 采用 50 mL 离心管冰浴下收集胶乳并在冰浴条件下带回实验室进行生理参数测定, 每个单株收集 20 mL。胶乳停止排胶后, 测定各单株的胶乳产量(LY, mL)。

取 1 g 胶乳与 9 g 25 g/L 三氯乙酸混合, 4 ℃下

10 000 g 离心 10 min, 取上清液用于蔗糖浓度的测定。另取 3 mL 胶乳用于胶乳总固形物含量的测定。取 10 mL 胶乳于 4 ℃、18 000 g 离心 3 h, 取澄清的 C-乳清用于蛋白含量及蔗糖转化酶活性的测定。

1.3 胶乳生理参数的测定

1.3.1 总固形物含量(TSC, %) 取 1 mL 新鲜胶乳, 装入预先称质量(W₁)的小烧杯中, 称质量(W₂)后置于烘箱中, 80 ℃烘至恒质量(W₃), 共 3 次重复。TSC=(W₃-W₁)/(W₂-W₁)×100%。

1.3.2 干胶产量(DRY, g) 计算干胶产量, 采用干胶产量划分橡胶树产量类型。DRY=LY×TSC×0.9。

1.3.3 蔗糖浓度(SC, mmol/L) 胶乳蔗糖浓度采用蒽酮试剂法测定^[12]。

1.3.4 C-乳清蛋白含量(PC, mg/mL) 胶乳 C-乳清蛋白含量采用 Bradford 法测定^[13], 以牛血清蛋白为标准样品, 取适量 C-乳清测定。

1.3.5 转化酶活性(IA, U/mL) 胶乳转化酶酶促反应体系及反应条件参照 Tupy^[14]的方法并略有改动。取 10 μL C-乳清、25 μL 蔗糖(0.4 mol/L)-氟化钠(0.2 mol/L)混合液和 25 μL 磷酸-柠檬酸缓冲液(pH 7.2), 蒸馏水 40 μL, 反应体系总体积为 100 μL, 45 ℃下反应 1 h, 采用 3,5-二硝基水杨酸(DNS)法测定还原糖浓度。酶活力单位(U)定义为: 在上述反应体系与反应条件下, 每 min 催化产生 1 μmol 还原糖为 1 个酶活力单位(U)。样品的转化酶活性计为每 mL C-乳清所具有的酶活力单位(U), 即“U/mL”。

1.4 数据处理与统计方法

采用 SPSS 16.0 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体胶乳生理参数的差异

方差分析结果(表 1)表明, 橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体 37 个单株间干胶产量(DRY)、胶乳产量(LY)、总固形物含量(TSC)、C-乳清蛋白含量(PC)、转化酶活性(IA)和蔗糖浓度(SC)差异均达极显著水平, 其中蔗糖浓度、胶乳产量及干胶产量的变异系数较大(48.85%, 39.19%, 37.85%), 变幅倍数值高达 6 倍。

表 1 橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体个体间胶乳生理参数的差异
Table 1 Variance of latex parameters among Reyan 2-73×PB5/51 F₁ group

生理参数 Parameter	自由度 <i>df</i>	平方和 SS	均方 MS	<i>F</i> 值 <i>F</i> -value	<i>P</i> 值 <i>P</i> -value	平均值 Mean	变异系数/% CV	变幅 Range
DRY	36	70 322.97	1 953.42	20.46	0.000 1	67.41±25.52	37.85	18.19~119.82
LY	36	741 853.48	20 607.04	25.68	0.000 1	211.45±82.87	39.19	60.00~378.33
TSC	36	2 130.43	59.18	11.24	0.000 1	35.89±4.44	12.37	28.06~47.11
PC	36	223.51	6.21	4.17	0.000 1	12.30±1.44	11.7	6.95~14.93
IA	36	1 283.73	35.66	3.30	0.000 1	13.25±3.51	26.49	3.67~19.35
SC	36	1 928.44	53.57	32.58	0.000 1	8.66±4.23	48.85	2.44~17.87

注: $P<0.01$ 表示差异达极显著水平。
Note: $P<0.01$ indicates extremely significant difference.

橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体胶乳生理参 数的聚类结果见表 2。

表 2 橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体胶乳生理参数的聚类结果
Table 2 Cluster analysis of latex parameters among Reyan 2-73×PB5/51 F₁ group

生理参数 Parameter	类群 Cluster	个体代号 Code of progenies	品种个数 Number of progenies	频率/% Frequency	类平均 Mean	变幅 Range
DRY	I	2,28,39,57,126,176,184	7	18.92	108.97±7.10 A	98.76~119.82
	II	15,29,30,36,44,46,55,63,84,127, 134,138,159,161,168,177,185	17	45.95	69.52±7.15 B	87.83~81.72
	III	8,111,112,119,121,144,165,175,179	9	21.62	49.55±4.99 C	41.94~55.26
	IV	26,133,139,167	4	10.81	25.88±7.93 D	18.19~34.33
LY	I	2,15,28,30,39,57,126,134,176,184	10	27.03	318.36±40.67 A	271.67~378.33
	II	29,44,46,84,138,159,168,177,185	9	24.32	227.59±17.36 B	205.00~250.00
	III	8,36,55,63,111,112,119,121, 127,144,161,165,175,179	14	37.84	162.14±27.19 C	118.33~195.00
	IV	26,133,139,167	4	10.81	80.42±18.28 D	60.00~96.67
TSC	I	175	1	2.70	47.11±0.00 A	47.11~47.11
	II	8,36,55,57,112,121,126,127,133,138, 161,165,167,176,177,179,184	17	45.95	39.36±1.53 B	37.21~42.11
	III	2,28,29,39,63,84,111,139, 144,159,168,185,	12	32.43	33.60±1.11 C	32.38~35.64
	IV	15,26,30,44,46,119,134	7	18.92	29.81±1.08 D	28.06~31.11
PC	I	2,29,39,46,55,63,84,134,159,185	10	27.03	14.08±0.58 A	13.35~14.93
	II	15,28,30,36,44,111,112,119,126,127,133, 138,144,161,175,176,177,179,184	19	51.35	12.21±0.43 B	11.57~13.14
	III	26,57,121,139,165,167,168	7	18.92	10.28±0.82 C	9.15~11.07
	IV	8	1	2.70	6.95±0.00 D	6.95~6.95
IA	I	29,36,46,55,63,84,127,134,184	9	24.32	17.39±1.09 A	16.11~19.35
	II	2,15,28,30,39,44,111,119,126,138, 159,167,168,175,177,179,185	17	45.95	13.84±0.80 B	12.86~15.42
	III	57,112,121,133,144,165,176	7	18.92	10.48±0.99 C	9.12~11.60
	IV	8,26,139,161	4	10.81	6.31±1.96 D	3.67~5.99
SC	I	2,29,39,121,133,139,161,185	8	21.62	14.87±1.70 A	13.22~17.87
	II	8,15,28,36,44,55,84,134,144,167,175	11	29.73	10.10±1.39 B	8.42~12.09
	III	26,46,63,112,119,126,159, 168,176,177,184	11	29.73	5.99±0.82 C	4.87~7.24
	IV	30,57,111,127,138,165,179	7	18.92	3.52±0.56 D	2.44~4.07

注:同列数据后标不同大写字母者表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。
Note:Different uppercase letters in the same column indicate significantly different at the $P<0.01$. The same below.

表 2 显示,采用干胶产量对橡胶树产量类型进行划分,按照每刀次干胶产量(DRY)可将 37 株橡胶树分为 4 类:I 类为橡胶树高产型,共 7 株,其中 57 号单株干胶产量最高,达 119.82 g;II 类为橡胶树较高产型,共 17 株,该类型所含橡胶树个体最多;III 类为橡胶树中产型,该类所含橡胶树个体 9 株;IV 类为橡胶树低产型,共 4 株,干胶产量均低于 40 g,最低胶乳产量仅 18.19 g。按照每刀次胶乳产量(LY)可将 37 株橡胶树分为 4 类,I 类为高产胶乳型,共 10 株,其中 2 号及 28 号单株胶乳产量最高,均为 378.33 mL;II 类为较高产胶乳型,共 9 株;III 类为中等产胶乳型,该类所含橡胶树个体最多,达 14 株;IV 类为低产胶乳型,共 4 株,胶乳产量均低于 100.00 mL,最低胶乳产量仅 60.00 mL。按照胶乳

总固形物含量(TSC)分类,Ⅰ类为高总固形物含量型,只包含 175 号单株,总固形物含量为 47.11%;Ⅱ类为较高总固形物含量型,该类所含橡胶树个体占供试个体的 45.95%,共 17 株;Ⅲ类为中等总固形物含量型,共 12 株;Ⅳ类为低总固形物含量型,共 7 株,其中 26 号单株总固形物含量最低,仅为 28.06%。按照胶乳 C-乳清蛋白含量(PC)分类,Ⅰ类为高 C-乳清蛋白含量型,共 10 株,2 号单株 C-乳清蛋白含量最高,达14.93 mg/mL;Ⅱ类为较高C-乳清蛋白含量型,共 19 株,占供试个体的 51.35%;Ⅲ类为中等 C-乳清蛋白含量型,共 7 株;Ⅳ类为低 C-乳清蛋白含量型,该类只包含 8 号单株,其 C-乳清蛋白含量最低,仅6.95 mg/mL。按照胶乳转化酶活性(IA)分类,Ⅰ类为高转化酶活性型,共 9 株,63 号单株转化酶活性最高,为 19.35 U/mL;Ⅱ类为较高转化酶活性型,共 17 株,占总供试个体的45.95%;Ⅲ类为中等转化酶活性型,共 7 株;Ⅳ类为低转化酶

活性型,共 4 株,139 号单株转化酶活性最低,仅 3.67 U/mL。按照胶乳蔗糖浓度(SC)分类,Ⅰ类为高蔗糖浓度型,共 8 株,占供试个体的21.62%,其中 185 号蔗糖浓度最高,为 17.87 mmol/L;Ⅱ类为较高蔗糖浓度型,共 11 株;Ⅲ类为中等蔗糖浓度型,共 11 株;Ⅳ类为低蔗糖浓度型,共 7 株,其中 57 号单株蔗糖浓度最低,仅 2.44 mmol/L。

2.2 橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体胶乳生理参数间的相关分析与主成分分析

橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体胶乳生理参数间的相关分析结果(表 3)表明,干胶产量与胶乳产量呈极显著正相关,与转化酶活性及 C-乳清蛋白含量呈显著相关;胶乳产量与 C-乳清蛋白含量呈极显著正相关,与转化酶活性呈显著正相关;C-乳清蛋白含量与转化酶活性呈极显著正相关,与蔗糖浓度呈显著正相关。

表 3 橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体胶乳生理参数间的相关系数
Table 3 Correlation coefficients of latex parameters among Reyan 2-73×PB5/51 F₁ group

性状 Trait	DRY	LY	IA	SC	PC	TSC
DRY	1	0.950**	0.367*	−0.033	0.368*	0.027
LY		1	0.411*	0.039	0.472**	−0.265
IA			1	−0.124	0.671**	−0.129
SC				1	0.408*	−0.112
PC					1	−0.291
TSC						1

注:“*”表示显著相关($P<0.05$),“**”表示极显著相关($P<0.01$)。
Note:“*” indicates correlation is significant at $P<0.05$ level,while“**” indicates correlation is extremely significant at $P<0.01$ level.

对橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体的 6 个胶乳生理参数进行因子分析,结果(表 4)显示,前 2 个因子的特征根均大于 1,且 2 个主成分的分

化酶活性对第 1 主成分有较强的正向负荷,为第 1 主成分的主导因子;第 2 主成分的贡献率为 21.90%,干胶产量、蔗糖浓度及总固形物含量对其有较大的正向负荷,为第 2 主成分的主导因子。

表 4 基于主成分分析的橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体胶乳生理参数的特征向量和特征根

Table 4 Eigenvectors and eigenvalues in principal component analysis of latex parameters among Reyan 2-73×PB5/51 F₁ group

性状 Trait	主成分 Principal component		性状 Trait	主成分 Principal component	
	第 1 主成分 Prin 1	第 2 主成分 Prin 2		第 1 主成分 Prin 1	第 2 主成分 Prin 2
LY	0.89	0.26	SC	−0.32	0.49
DRY	0.81	0.46	特征根 Eigenvalue	2.71	1.31
PC	0.79	−0.44	贡献率/% Contribution	45.20	21.90
IA	0.71	0.04	方差累计贡献率/% Accumulation	45.20	67.10
TSC	−0.32	0.49			

2.3 橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体胶乳生理参数的聚类分析及判别式分析

利用干胶产量、胶乳产量、总固形物含量、C-乳

清蛋白含量、转化酶活性及蔗糖浓度 6 个胶乳生理参数对 37 株橡胶树进行聚类分析,结果(表 5)表明,可将 37 株橡胶树聚为 3 类,各类间的干胶产量、

胶乳产量、转化酶活性和 C-乳清蛋白含量差异均达极显著水平,而蔗糖浓度及总固形物含量差异不显著。在 3 个类群中,A 类为高干胶产量、高胶乳产量、高转化酶活性及高 C-乳清蛋白含量型,共 10 株;B 类为中干胶产量、中胶乳产量、高 C-乳清蛋白含量、高转化酶活性型,共 18 株;C 类为低干胶产量、低胶乳产量、低 C-乳清蛋白含量、低转化酶活性型,共 9 株,占供试个体的 24.32%。利用聚类结果进行判别式分析,以 6 个胶乳生理参数作为变量分别建立 3 个判别式函数:A 类. $F = -6.30\text{DRY} + 2.11\text{LY} - 3.66\text{IA} - 3.07\text{SC} + 12.54\text{PC} +$

$13.16\text{TSC} - 292.45$; B 类. $F = -6.48\text{DRY} + 2.04\text{LY} - 3.80\text{IA} - 3.12\text{SC} + 13.97\text{PC} + 13.56\text{TSC} - 289.29$; C 类. $F = -7.28\text{DRY} + 2.20\text{LY} - 3.92\text{IA} - 2.66\text{SC} + 11.30\text{PC} + 15.14\text{TSC} - 301.68$ 。采用建立的 3 个判别式函数对原分类重新归类,未出现误判结果,误判率为 0,因此认为本研究建立的 3 个判别式函数的判别能力较高。利用 3 个判别式函数对对照品种 RRIM600 的 6 个胶乳生理参数进行分析,结果显示,RRIM600 被划为 A 类,即为高干胶产量、高胶乳产量、高转化酶活性及高 C-乳清蛋白含量型。

表 5 橡胶树热研 2-73×PB5/51 F₁ 群体乳生理参数的聚类分析

Table 5 Cluster for latex parameters among Reyan 2-73×PB5/51 F₁ group

类群 Cluster	个体代号 Code of cultivars	品种个数 Number of cultivars	类平均 Mean of cluster					
			DRY/(g·株 ⁻¹)	LY/(mL·株 ⁻¹)	IA/ (U·mL ⁻¹)	SC/ (mmol·L ⁻¹)	PC/ (mg·mL ⁻¹)	TSC/%
A	2,15,28,30,39,57, 126,134,176,184	10	99.37±16.75 A	318.37±40.67 A	14.07±2.16 A	8.55±4.76 a	12.57±1.30 A	34.70±4.50 a
B	29,36,44,46,55,63, 84,111,112,119,127, 138,144,158,161, 168,177,185	18	64.34±9.07 B	203.80±28.51 B	14.54±3.07 A	8.46±4.21 a	12.93±1.07 A	35.27±3.73 a
C	8,26,121,133,139, 165,167,175,179	9	38.02±13.03 C	107.96±29.22 C	9.78±3.48 B	9.20±4.10 a	10.75±1.13 B	38.46±5.14 a

注:同列数据后标相同小写字母者表示差异不显著($P<0.05$)。
Note:Same lowercase letters in the same column indicate no insignificant difference ($P<0.05$).

3 讨 论

3.1 橡胶树胶乳生理参数相关分析

橡胶树的产胶过程是在一种特化的乳管系统中完成的,乳管是天然橡胶的合成及贮存场所,胶乳生理生化特性可以充分反映乳管系统的代谢状况和品系特征。天然橡胶的生物合成以蔗糖为原料。光合作用产生的蔗糖,在蔗糖转运蛋白介导下经过韧皮部的长途运输到达乳管,然后在乳管中利用转化酶进行降解,进而完成一系列后续的橡胶合成代谢,乳管中蔗糖的供给及利用是影响橡胶合成的重要因素^[15]。因此,本研究以一个橡胶树 F₁ 群体为试验材料,对胶乳中蔗糖浓度及转化酶活性等主要生理参数进行了测定。该 F₁ 群体的父母本分别为热研 2-73 和 PB5/51,均为速生高产兼具一定抗性的试种级品系,且热研 2-73 产量高于 PB5/51。Tupy 等^[15-18]对橡胶树多年的生理生化研究结果表明,转化酶是橡胶树胶乳代谢的限速酶,是决定橡胶产量的关键酶。2010 年,黄德宝等^[19]分析了转化酶在橡胶品种热研 8-79、热研 7-33-97 和 PR107 中的活性,结果表明,转化酶活性与胶乳产量呈显著正相关,而蔗糖浓度与胶乳产量相关性较低。

本试验对橡胶树 F₁ 群体中 37 个单株的相关分析结果显示,胶乳转化酶活性与橡胶树干胶产量及胶乳产量呈显著正相关,但胶乳蔗糖浓度与干胶产量及胶乳产量相关性不大。进一步验证了转化酶是胶乳中碳水化合物代谢速率的决定因素,与橡胶树产量密切相关,是橡胶生物合成的一个限制因子。由于蔗糖浓度在胶乳中处于一个动态平衡状态,其浓度受多种因素影响,不能直接反映与产量之间的关系,因此很多研究结果均表明胶乳蔗糖浓度与产量相关性较低。而杨少琼等^[20-21]认为,还原糖为蔗糖降解的产物,其水平可能反映乳管细胞代谢的速率,推测与产量有一定相关性。本试验的相关分析结果显示,胶乳 C-乳清中总蛋白含量与胶乳产量呈极显著正相关,C-乳清中包含了大量的不同种类的可溶性蛋白,这类蛋白在乳管细胞代谢中起着十分重要的作用,与橡胶生物合成代谢密切相关,但有关这类蛋白种类及功能的报道不多,有待于后续试验进一步发掘与验证^[22-24]。

3.2 橡胶树胶乳生理参数聚类及判别式分析

本研究中,橡胶树 F₁ 群体个体间胶乳生理参数方差分析结果表明,37 个单株间的干胶产量(DRY)、胶乳产量(LY)、总固形物含量(TSC)、C-乳

清蛋白含量(PC)、转化酶活性(IA)和蔗糖浓度(SC)差异达极显著水平,其中蔗糖浓度、胶乳产量及干胶产量的变异系数较大(48.85%,39.19%,37.85%),变幅倍数值高达6倍。由于橡胶树是异花授粉植物,属于高度杂合个体,杂交后代 F_1 个体间性状常常存在较大差异,这有利于在 F_1 群体中选择良株系进行进一步利用研究^[25-26]。本研究采用数值分类的方法,对橡胶树 F_1 群体胶乳主要生理参数进行了聚类分析,将37株橡胶树分为3类,其中A类与B类的转化酶活性和C-乳清蛋白含量均较高,但二者之间的干胶产量及胶乳产量存在极显著差异;另外,B类橡胶树个体中蔗糖浓度偏低,蔗糖的供给能力相对较弱,而总固形物含量较高,因此引起排胶困难,从而影响了橡胶树的产量。综合众多因素可知,A类为高产型橡胶树,更具有高产潜力。C类为干胶产量、胶乳产量、转化酶活性及C-乳清蛋白含量均较低的橡胶树群体,由于该类橡胶树个体转化酶活性偏低,直接影响了橡胶树胶乳中蔗糖的利用率,限制了橡胶树的产量。同时,利用本研究建立的判别式函数分析了对照橡胶树品种RRIM600的胶乳生理参数,并将其划入A类,即属于高干胶产量、高胶乳产量、高转化酶活性及高C-乳清蛋白含量型,分析其蔗糖浓度发现,其蔗糖浓度较低,这可能与转化酶活性过高、蔗糖利用率过快有关,因此增加蔗糖的供给能力,将有望进一步提高对照品种RRIM600的产胶能力,这与魏芳等^[27]的报道相一致。综合分析来看,A类橡胶树个体为具高产潜力的优良株,建议进行芽接繁殖,进入初级甚至高级系比区进行进一步鉴定。

本研究对橡胶树 F_1 群体胶乳主要生理参数进行了测定分析,结果显示,干胶产量、胶乳产量与转化酶活性及C-乳清蛋白含量呈显著正相关,筛选到了一类具高产潜力的优异种质材料,建立了一套以数值分类为手段的分析方法,但本研究仍存在一定的局限性,如采用的橡胶树群体杂交组合相对单一、群体个数相对较少及采样次数相对集中等,因此本试验结果仍需在更多群体中进行验证,并进一步完善分析方法。

4 结 论

橡胶树热研2-73×PB5/51 F_1 群体个体间的干胶产量(DRY)、胶乳产量(LY)、总固形物含量(TSC)、C-乳清蛋白含量(PC)、转化酶活性(IA)和蔗糖浓度(SC)6个生理参数性状差异极显著,转化

酶活性与干胶产量及胶乳产量呈显著正相关。采用数值分类分析了胶乳的6个生理参数,并将37个单株分为3类,建立了3个判别能力较高的模型,其中A类为高干胶产量、高胶乳产量、高转化酶活性、高C-乳清蛋白含量型,共有10株,为具高产潜力的优异种质材料,应加以扩繁进入初级甚至高级系比区进行进一步鉴定。

[参考文献]

- [1] Priyadarshan P M, Goncalves P S. Hevea gene pool for breeding [J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2003, 50: 101-114.
- [2] 高新生, 黄华孙, 张伟算, 等. 4个引种试种胶木兼优品系适应性初步研究 [J]. 热带作物学报, 2009, 30(10): 1394-1398.
Gao X S, Huang H S, Zhang W S, et al. Adaptability of four timber/latex clones introduced for trial planting [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2009, 30(10): 1394-1398. (in Chinese)
- [3] 胡彦师, 曾 霞, 程 汉, 等. 橡胶树新种质产排胶特性的初步研究 [J]. 热带作物学报, 2009, 30(1): 31-36.
Hu Y S, Zeng X, Cheng H, et al. The characteristics of latex regeneration and latex flow of new amazon *Hevea* germplasm [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2009, 30(1): 31-36. (in Chinese)
- [4] 王 军, 刘子凡, 林位夫. 不同产量水平橡胶树砧木胶乳养分的差异 [J]. 热带作物学报, 2011, 32(7): 1196-1200.
Wang J, Liu Z F, Lin W F. The change of main latex nutrients of rootstock in different yield rubber tree [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2011, 32(7): 1196-1200. (in Chinese)
- [5] 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.
Wu Y. A new scopes of germplasm collection for *Hevea brasiliensis* [J]. Tropical Agricultural Science & Technology, 2009, 32(1): 46-48. (in Chinese)
- [6] 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.
Zeng X, Huang H S. The collection, conservation and research advance of rubber tree germplasm resources [J]. Tropical Agricultural Science & Technology, 2004, 27(1): 24-29. (in Chinese)
- [7] 陈华萍, 王照丽, 魏育明, 等. 四川小麦地方品种农艺性状与品质性状的聚类分析 [J]. 麦类作物学报, 2006, 26(6): 29-34.
Chen H P, Wang Z L, Wei Y M, et al. Cluster analysis of agronomic and quality characters in sichuan wheat landraces [J]. Journal of Triticeae Crops, 2006, 26(6): 29-34. (in Chinese)
- [8] 莫惠栋, 顾世梁. 江浙沪大麦品种农艺性状的聚类分析 [J]. 中国农业科学, 1987, 20(3): 28-38.
Mo H D, Gu S L. Cluster analysis for agronomic characters of barley varieties in Jiangsu-Zhejiang-Shanghai area [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1987, 20(3): 28-38. (in Chinese)
- [9] 赵 明, 王树安, 李少昆, 等. 我国常用玉米自交系光合特性的

- 聚类分析[J].作物学报,1999,25(6):733-741.
- Zhao M, Li S K, Wang S A, et al. Cluster analysis for photosynthetic characters of inbred lines of maize in China [J]. Acta Agronomica Sinica, 1999, 25(6): 733-741. (in Chinese)
- [10] 罗俊, 张华, 徐良年, 等. 甘蔗不同品种光合特性比较及其聚类分析[J]. 中国农业科学, 2005, 38(8): 1562-1569.
- Luo J, Zhang H, Xu L N, et al. Comparison and cluster analysis of photosynthetic characters of different sugarcane varieties [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(8): 1562-1569. (in Chinese)
- [11] 郭春芳, 孙云, 陈常颂, 等. 茶树品种光合与水分利用特性比较及聚类分析[J]. 作物学报, 2008, 34(10): 1797-1840.
- Guo C F, Sun Y, Chen C S, et al. Comparison and cluster analysis of photosynthetic characters and water use efficiency in tea (*Camellia sinensis*) cultivars [J]. Acta Agronomica Sinica, 2008, 34(10): 1797-1840. (in Chinese)
- [12] Ashwell G. Colorimetric analysis of sugars [J]. Meth Enzymol, 1957(3): 73-105.
- [13] Bradford M N. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding [J]. Anal Biochem, 1976, 72: 248-254.
- [14] Tupy J. Stimulatory effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and of 1-naphthylacetic acid on sucrose level, invertase activity and sucrose utilization in the latex of *Hevea brasiliensis* [J]. Planta, 1969, 88: 144-153.
- [15] Tupy J. Sucrose supply and utilization for latex production [M]// D'Azua J, Chrestin H. Physiology of rubber tree latex. Boca Raton: C R C Press, 1988.
- [16] Tupy J, Peimot L. Control of carbohydrate metabolism by ethylene in latex vessels of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg in relation to rubber production [J]. Biologia Plantarum, 1976, 18(5): 373-383.
- [17] Tupy J. The regulation of invertase activity in the latex of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg: The effects of growth regulators bark wounding, and latex tapping [J]. J Exp Bot, 1973, 24(3): 516-524.
- [18] Tupy J. Some aspects of sucrose transport and utilization in latex producing bark of *Hevea brasiliensis* Muell. Arg [J]. Biologia Plantarum, 1985, 27(1): 51-64.
- [19] 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.
- Huang D B, Qin Y X, Tang C R. Physiological characters of latex from three *Hevea* clones (Reyan 8-79, Reyan 7-33-97 and PR107) [J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2010, 18(2): 170-175. (in Chinese)
- [20] 杨少琼, 何宝玲. 橡胶树胶乳糖分变化的有关问题[J]. 热带作物研究, 1988(2): 50-53.
- Yang S Q, He B L. The problem of sugar change in *Hevea brasiliensis* latex [J]. Tropical Crops Research, 1988(2): 50-53. (in Chinese)
- [21] 杨少琼, 何宝玲, 熊涓涓. 割制和乙烯利刺激强度对无性系 PR107 胶乳蔗糖和还原糖的影响[J]. 热带农业科学, 1989(2): 17-21.
- Yang S Q, He B L, Xiong J J. Influence of sugar and reducing sugar of PR107 latex by cutting and ethephon stimulation [J]. Tropical Crops Research, 1989(2): 17-21. (in Chinese)
- [22] 肖再云, 刘实忠, 校现周. 不同采胶强度下橡胶树胶乳 C-血清蛋白的双向电泳初析[J]. 热带作物学报, 2009, 30(7): 897-901.
- Xiao Z Y, Liu S Z, Xiao X Z. Two-dimensional gel electrophoresis of C-serum proteins from *Hevea* latex [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2009, 30(7): 897-901. (in Chinese)
- [23] 闫洁, 陈守才, 夏志辉. 橡胶树死皮病胶乳 C-血清差异表达蛋白质的筛选与鉴定[J]. 中国生物工程杂志, 2008, 28(6): 28-36.
- Yan J, Chen S C, Xia Z H. Screening and identification of differential expressed proteins in C-serum on latex of tapping panel dryness (TPD) in rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) [J]. China Biotechnology, 2008, 28(6): 28-36. (in Chinese)
- [24] 周雪梅, 杨礼富, 王真辉, 等. 橡胶树胶乳 C-血清死皮相关蛋白的鉴定及分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2012, 36(5): 37-41.
- Zhou X M, Yang L F, Wang Z H, et al. Identification and analysis of proteins in the latex C-serum related to the tapping panel dryness in *Hevea brasiliensis* [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Science Edition, 2012, 36(5): 37-41. (in Chinese)
- [25] 田郎. 生物技术在巴西橡胶树遗传改良中的应用综述[J]. 陕西林业科技, 2010(6): 105-118.
- Tian L. A review on application of biotechnology in genetic improvement of *Hevea brasiliensis* [J]. Shanxi Forest Science and Technology, 2010(6): 105-118. (in Chinese)
- [26] 龙青娥, 华玉伟, 高战, 等. 利用 EST-SSRs 标记分析巴西橡胶树魏克汉种质的遗传多样性及遗传分化[J]. 热带作物学报, 2010, 31(6): 873-880.
- Long Q Y, Hua Y W, Gao Z, et al. Genetic diversity and differentiation analysis of rubber tree Wickham germplasm (*Hevea brasiliensis*) with EST-SSRs [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2010, 31(6): 873-880. (in Chinese)
- [27] 魏芳, 校现周. 巴西橡胶树热研 7-33-97 × PR107 × RRIM600 生理特性比较[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(18): 7561-7563.
- Wei F, Xiao X Z. Comparison on the physiological characters of three clones Reyan 7-33-97, PR107, RRIM600 of Brazil *Hevea brasiliensis* [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2008, 36(18): 7561-7563. (in Chinese)