

## 橡胶 RRIM600 的产量与产量构成因素的通径分析

吴春太<sup>1,2,3</sup>, 马征宇<sup>4</sup>, 刘汉文<sup>4</sup>, 李维国<sup>1,2,3</sup>, 黄华孙<sup>1,2,3\*</sup>

(1.中国热带农业科学院橡胶研究所,海南 儋州 571737; 2.国家橡胶树育种中心,海南 儋州 571737; 3.农业部橡胶树生物学与遗传资源利用重点实验室,海南 儋州 571737; 4.海南天然橡胶产业集团阳江分公司,海南 琼中 572900)

**摘要:**为进一步发挥巴西橡胶品种 RRIM600 的增产潜力,利用相关、通径和逐步回归分析方法,分析了不同割龄(9、15、17、18、19、20、21、23、29、33 年)下,RRIM600 作为长期作物栽培的割株数、每割次株产干胶量、割胶刀数等产量构成因素对产量的影响。结果表明:RRIM600 不同割龄的干胶产量存在较大差异,其中以 17 年割龄的产量为最高,达 1 273.94 kg/hm<sup>2</sup>,18 年的产量最低,仅为 471.06 kg/hm<sup>2</sup>;5 个产量性状中,对产量的直接贡献由大到小的性状依次为每公顷有效割株数、年均割次株产干胶量、存树率、年割胶刀数、在割率,提高每公顷有效割株数可最有效提高 RRIM600 的产量,其次是提高年均割次株产干胶量;不同割龄间,每公顷有效割株数的变异系数最大(25.71%),其次为年均割次株产干胶量的(23.45%),年割胶刀数的变异系数最小(9.67%)。综合上述结果,海南省植胶地区应在适宜的年割胶刀数基础上,以增加每公顷有效割株数和年均割次株产干胶量为突破口,充分协调三者的关系,力争实现产量和效益最大化。

**关键词:**巴西橡胶;RRIM600;产量构成;通径分析;变异系数

中图分类号:S794.104

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2014)05-0476-05

## Path coefficient analysis between yield components and yield of RRIM600 of *Hevea brasiliensis*

WU Chun-tai<sup>1,2,3</sup>, MA Zheng-yu<sup>4</sup>, LIU Han-wen<sup>4</sup>, LI Wei-guo<sup>1,2,3</sup>, HUANG Hua-sun<sup>1,2,3</sup>

(1.Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Danzhou, Hainan 571737, China; 2.State Center for Rubber Breeding, Danzhou, Hainan 571737, China; 3.Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Rubber Tree, Ministry of Agriculture, the People's Republican of China, Danzhou, Hainan 571737, China; Yangjiang Branch of Hainan Natural Rubber Industry (Group) Corporation Limited, Qiongzong, Hainan 572900, China)

**Abstract:** To further exploit the yield increasing potential of *Hevea brasiliensis* clone RRIM600, correlation, path coefficient and stepwise regression analyses were conducted to analyze the constitutions including the number of tappable trees, dry rubber yield per tree per tap and the number of tapping etc. of RRIM600 which is a season-long crop under tapping ages of 9, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 29 and 33 years. The result indicated that there was big difference in dry rubber yield of RRIM600 among the ten ages of tapping, among which the highest yield was in tapping age of 17 years (1 273.94 kg/hm<sup>2</sup>), while the lowest yield was in tapping age of 18 years (471.06 kg/hm<sup>2</sup>). Among the 5 yield traits, the number of tappable trees per hectare showed the biggest contribution to yield, followed by mean dry rubber yield gram per tree per tapping, survival rate of trees, the number of tapping per year, and tapping tree percentage; Increasing the number of tappable trees per hectare is the most effective way to increase the yield of RRIM600, followed by increasing the mean dry rubber yield gram per tree per tapping and the number of tapping per year. The variation coefficient of the number of tappable trees per hectare during different tapping ages was the highest (25.71%), followed by mean dry rubber yield gram per tree per tapping (23.45%); the number of tapping per year showed the lowest (9.67%)

收稿日期:2014-03-23

基金项目:“十二·五”现代农业产业技术体系——国家天然橡胶产业技术体系专项(CARS-34)

作者简介:吴春太(1972—),男,江西弋阳人,博士,副研究员,主要从事橡胶树遗传育种研究, chuntaiwu@163.com; \*通信作者, xjshhs@163.com

variation coefficient. In conclusion, to achieve the maximum yield and benefit, the breakthrough should be increasing the number of tappable trees per hectare and mean dry rubber yield gram per tree per tapping based on the optimum number of tapping per year, and fully coordinating the relationship among the three indexes.

**Key words:** *Hevea brasiliensis*; RRIM600; yield components; path analysis; variation coefficient

巴西橡胶(*Hevea brasiliensis*)是世界重要的军事、交通和民用工业原料作物。2010年,巴西橡胶被列为海南省主要农作物之一<sup>[1]</sup>。据天然橡胶生产国协会(ANRPC)2014年3月9日公布的数据显示,2013年全球天然橡胶产量为1 115 万t。产量是橡胶种植中的首要追求目标<sup>[2]</sup>。产量的构成因素有年均割次株产干胶量、年割胶刀数、每公顷有效割株数。从产量计算公式(树位年产干胶量=年均割次株产干胶量×年割胶刀数×每公顷有效割株数)看,产量均应与公式中各因素成正比关系,三因素中任一因素的增加都会引起产量的提高。但各因素在发挥各自作用的过程中并不是孤立存在的,而是相互联系,彼此影响。随着农作物产量因子与产量关系研究<sup>[3-4]</sup>的发展,国外有关橡胶树产量性状和产量的相关性的研究已有不少报道<sup>[5-7]</sup>,而中国在这方面的研究报道较少,如何实现橡胶增产是海南地区橡胶栽培的重要研究课题。

RRIM600是马来西亚橡胶研究院于1938年在Tjir1×PB86的杂交苗中选育成的次生代无性系;1961年推荐为试验规模种植;1963年提升为中等规模推广;1967年晋升为大规模推广。中国于1955年引进,首先在海南南田农场侨福作业区种植。已有研究<sup>[8]</sup>表明,该品种在海南、云南生长较快,产量较高,树皮软,易切割,但抗风、抗寒力较差,不耐刺激,易死皮,胶乳机械稳定度低。1990年,该品种参加全国橡胶树优良品种汇报评比,晋升为大规模推广级品种。本研究以2008年海南省国营大丰农场生产试验的不同割龄橡胶树高产品种RRIM600为研究对象,对其5个主要产量性状与产量进行途径分析,解析各产量性状对提高产量的效应,明确各性状对产量的相对重要性,以期RRIM600高产栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试橡胶树的概况

试验材料为不同种植年份的中老龄橡胶树RRIM600,种植规格7 m×3 m,种植密度476株/hm<sup>2</sup>,

田间管理同常规胶园。种植8年后开割,涵盖10个开割年份,分别是1974、1979、1985、1987、1988、1989、1990、1991、1993、1999年。各个割龄的岗位割株数为587.33~766.00株,平均642.48株;树位面积33.65~95.70 hm<sup>2</sup>,平均面积50.36 hm<sup>2</sup>。每种割龄设置3次重复。

### 1.2 测定指标及方法

采用复方乙烯利刺激的半树围、4 d一刀割制采胶。以有效割株统收、统测的方式对树位进行测产:于室内称鲜胶乳质量,用干胶含量杯于胶桶内取混合样,利用DH925A型微波胶乳测试仪(北京大华无线电仪器厂)测定干胶含量,并根据常用干胶含量对照表计算干胶质量。统计当次有效割株数,记录全年割胶刀数,停产后按树位面积计算单位面积年产量。

月干胶总产量=∑(月割各刀次胶乳产量×干胶含量);年公顷产干胶量=各月干胶总产量之和(kg)/测产实际面积(hm<sup>2</sup>)。

### 1.3 统计分析

查阅大丰农场2009年橡胶开割林段清点苗木汇总表,采用9~33年割龄树的原定株数、现有株数和开割株、在割株的数据,分别统计存树率(试区现有胶树占原定植株数的百分比)和在割率(试区在割胶树占开割株数的百分比)。利用树位每割次干胶量及其有效割株统计量计算每割次株产干胶量,并利用年割胶刀数求出年株产干胶量,再用树位面积计算年公顷产干胶量。各组数据均以平均数表示。

采用SAS8.0对原始数据进行多重比较、简单相关、偏相关、复相关、多元回归分析,通过Excel2003计算出途径系数和决策系数,并对直接途径系数和决策系数进行统计检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同割龄的橡胶树的产量及产量构成性状的变异

从表1可以看出,产量由高到低的割龄依次为17、21、9、23、20、29、19、33、15、18年,其

中17年割龄的产量为最高,达1 273.94 kg/hm<sup>2</sup>, 18年的产量最低,仅为471.06 kg/hm<sup>2</sup>; 17、21年的年公顷产干胶量显著高于15、18、33年的,RRIM600其他各割龄间的产量差异均无统计学意义。

对产量构成性状的差异性分析结果表明,RRIM600不同割龄的产量性状有较大的差异,33年的年均割次株产干胶量极显著高于9、15、18、19、20、21年的,显著高于23、29年的,17、23年的年均割次株产干胶量显著高于15年的;21年的年割胶刀数极显著高于18年的,9、15、17、19、20、21、23、29、33年的年割胶刀数显著高于18年的;21年的存树率极显著高于33年的,9、17、18、20、23年的存树率显著高于33年的;9年的在割率极显著高于18、19、21、23年,显著高于15、17、20年,33年的在割率显著高于15、17、18、19、20、21、

23年的;21年的每公顷有效割株数极显著高于33年的,显著高于29年的,9、17、20年的每公顷有效割株数显著高于33年的;其余各割龄间的产量性状差异均无统计学意义。由表1可见,所测的5个性状观测值变异幅度为9.67%~25.71%,变异系数由大到小的性状依次为每公顷有效割株数(25.71%)、年均割次株产干胶量(23.45%)、存树率(22.47%)、在割率(14.47%)、年割胶刀数(9.67%)。从排序结果可知,在不同的割龄间,产量性状最不稳定的是每公顷有效割株数,其次是年均割次株产干胶量,最稳定的是年割胶刀数,说明每公顷有效割株数对丰产的潜力最大。如果在年均割次株产干胶量和年割胶刀数稳定的情况下,增加每公顷有效割株数,产量则会有较大的突破。

表1 不同割龄RRIM600产量及其构成性状指标

割龄/年	年均割次株产干胶量/g	年割胶刀数	存树率/%	在割率/%	每公顷有效割株数/株	年公顷产干胶量/kg
9	68.36 bcB	63.30 aBA	67.05 aBA	74.95 aA	229.80 baBA	994.35 ba
15	48.06 cB	59.00 aBA	58.48 baBA	56.47 bcBA	193.78 bacBA	549.46 b
17	83.34 baBA	61.90 aBA	71.08 aBA	59.71 bcBA	247.16 baBA	1 273.94 a
18	54.42 bcB	44.65 bB	69.40 aBA	51.09 cB	204.44 bacBA	471.06 b
19	65.89 bcB	58.33 aBA	62.25 baBA	50.93 cB	189.94 bacBA	727.21 ba
20	63.28 bcB	59.94 aBA	69.62 aBA	58.25 bcBA	245.04 baBA	942.66 ba
21	63.92 bcB	65.40 aA	83.22 aA	48.40 cB	303.51 aA	1 256.05 a
23	76.98 bBA	59.73 aBA	73.94 aBA	50.98 cB	215.74 bacBA	969.84 ba
29	73.70 bcBA	63.77 aBA	56.93 baBA	61.55 bacBA	178.72 bcBA	816.32 ba
33	107.40 aA	62.00 aBA	29.39 bB	67.43 baBA	96.39 cB	641.88 b
平均±标准差	70.53±16.54	59.80±5.78	64.14±14.41	57.98±8.39	210.45±54.12	864.28±274.83
变异系数/%	23.45	9.67	22.47	14.47	25.71	31.80

同一列数据后标记的不同大小写字母分别表示差异达0.01和0.05显著水平。

## 2.2 产量性状与产量的相关性分析

从表2可以看出,RRIM600各割龄的产量构成性状与产量(年公顷产干胶量)的简单相关系数均为正相关,其中每公顷有效割株数和年割胶刀数与产量呈显著正相关,而年均割次株产干胶量、存树率和在割率与产量相关不显著,这表明每公顷有效割株数对产量起主要作用,年均割次株产干胶量、存树率和在割率对产量影响较小。从表2还可以看出,5个产量构成性状之间,除存树率与每公顷有效割株数呈极显著正相关外,其余相互间均表现为相关不显著,这说明在目前的生产水平下,提高每公顷有效割株数并不会导致年均割次株产干胶量、年割

胶刀数、存树率和在割率的明显下降,因此,生产的主攻方向是提高每公顷有效割株数,充分发挥其产量效应,从而达到丰产的目的。

各产量构成因素及年公顷干胶产量的偏相关分析结果表明,年均割次株产干胶量、年割胶刀数、存树率、在割率和每公顷有效割株数与产量的偏相关均为正效应,其中年均割次株产干胶量与产量呈显著相关,而年割胶刀数、存树率、在割率和每公顷有效割株数与产量相关不显著,表明年均割次株产干胶量对促进产量的形成有积极作用;除存树率与每公顷有效割株数呈正相关外,其他各构成性状之间的偏相关均为负效应,但均未达显著水平。

表2 产量及其不同性状间的相关系数

Table 2 Correlation coefficients among yield and its different traits

因子	相关系数					
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$Y$
$X_1$	1.000	0.399	-0.593	0.432	-0.514	0.200
$X_2$	-0.746	1.000	-0.061	0.368	0.152	0.646*
$X_3$	-0.530	-0.659	1.000	-0.512	0.943**	0.567
$X_4$	-0.358	-0.252	-0.481	1.000	-0.369	0.015
$X_5$	-0.789	-0.487	0.045	-0.185	1.000	0.707*
$Y$	0.957*	0.849	0.547	0.387	0.792	1.000

$X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$ 和 $Y$ 分别表示年均割次株产干胶量、年割胶刀数、存树率、在割率、每公顷有效割株数和年公顷产干胶量；主对角线右上方为简单相关系数， $R_{0.05} = 0.632$ ， $R_{0.01} = 0.765$ ， $df = n - 2 = 8$ ；对角线左下方为偏相关系数， $R_{0.05} = 0.942$ ， $R_{0.01} = 0.975$ 。

### 2.3 产量构成性状与产量的通径分析

为探明各产量性状与产量间的相关原因，并揭示各个性状对因变量的相对重要性，对RRIM600的产量与产量构成性状进行通径分析。从表3可知，决定系数 $R^2 = 0.98368$ ，剩余通径系数 $P_e = 0.12775$ ，表明所分析的5个主要性状决定了RRIM600产量变异的98.37%。各产量性状对年公顷产干胶量的直接贡献均为正效应，且有1个主要因子达到极显著水平，1个因子达到显著水平，对产量的贡献由大到小的性状依次为每公顷有效割株数、年均割次株产

干胶量、存树率、年割胶刀数、在割率。每公顷有效割株数与产量之间的正相关主要由于直接作用所致，但这种效应会因为年均割次株产干胶量和在割率的负向影响而降低，而年均割次株产干胶量又会因存树率和每公顷有效割株数的负向影响而下降；因此，在生产上应充分调节各因素间的关系，使其每公顷有效割株数、年均割次株产干胶量尽可能达到最大值，通过增加每公顷有效割株数、年均割次株产干胶量来实现总体产量的提高。

表3 RRIM600产量构成性状的通径系数

Table 3 Path coefficients among yield components in RRIM600

因子	直接通径系数	间接通径系数					总和	决策系数 $R^2_{(i)}$
		$X_1 \rightarrow Y$	$X_2 \rightarrow Y$	$X_3 \rightarrow Y$	$X_4 \rightarrow Y$	$X_5 \rightarrow Y$		
年均割次株产干胶量( $X_1$ )	0.59829**		0.12012	-0.20381	0.03001	-0.34470	0.19990	-0.11875
年割胶刀数( $X_2$ )	0.30114*	0.23864		-0.02094	0.02561	0.10190	0.64635	0.29860
存树率( $X_3$ )	0.34353	-0.35496	-0.01836		-0.03561	0.63222	0.56683	0.27143
在割率( $X_4$ )	0.06954	0.25818	0.11090	-0.17589		-0.24737	0.01536	-0.00270
每公顷有效割株数( $X_5$ )	0.67023	-0.30770	0.04579	0.32405	-0.02567		0.70669	0.49808**

$R^2 = 0.98368$ ； $P_e = 0.12775$ 。

对决策系数进行 $t$ 检验，各变量的决策系数对应的 $t$ 统计量表明， $R^2_{(5)}$ 极显著， $R^2_{(1)}$ 、 $R^2_{(2)}$ 、 $R^2_{(3)}$ 和 $R^2_{(4)}$ 不显著。决策系数按大到小排序依次为 $R^2_{(5)}$ 、 $R^2_{(2)}$ 、 $R^2_{(3)}$ 、 $R^2_{(4)}$ 、 $R^2_{(1)}$ ，且 $R^2_{(1)}$ 和 $R^2_{(4)}$ 均小于0。由此可知， $X_5$ 的直接作用最大，且 $X_5$ 的间接作用总和为正效应， $X_5$ 为主要决策变量。在5个产量构成性状中，增加每公顷有效割株数的增产效率明显高于其他4个因素。增加每公顷有效割株数是RRIM600栽培的主攻方向。

### 2.4 产量构成因素与产量的多元回归分析

为了明确干胶产量构成因素及其影响产量的关系，通过逐步回归分析，筛选出与产量较为密切的3个性状，即年均割次株产干胶量( $X_1$ )、年割胶刀数( $X_2$ )和每公顷有效割株数( $X_5$ )，建立最优回归

方程：

$Y = -1615.93916 + 9.92822X_1 + 12.34800X_2 + 4.94885X_5$ 。对此回归关系进行显著性检验， $F = 81.47$ ，达到极显著水平( $P < 0.01$ )。对回归方程中各偏回归系数进行 $t$ 检验，年均割次株产干胶量和每公顷有效割株数达到极显著水平( $P < 0.01$ )，年割胶刀数达到显著水平( $P < 0.05$ )。该方程的决定系数 $R^2 = 0.9760$ ，表明年均割次株产干胶量、年割胶刀数和每公顷有效割株数这3个产量构成因素与产量有密切关系，并可通过方程预测RRIM600的产量。

### 3 小结与讨论

海南省大丰农场地处黎母山下，土壤为砖红壤，生态条件较为特殊，光能充足，热量丰富，雨

量充沛,受热带季风气候的影响,夏、秋季间有台风侵袭,冬季偶有低温影响,为适宜气候区,大多数外引品种(PR107、RRIM600,GT1和PB86等)能适应本地特殊的气候条件<sup>[9]</sup>。Priyadarshan等<sup>[10]</sup>对橡胶无性系在非传统植胶区的产量潜力的研究表明,无性系RRIM600最能适应各种环境,且在所涉及的非传统植胶区的产量为中等水平。本试验发现,RRIM600不同割龄间的产量变异较大。在该植胶区要使RRIM600高产、稳产,应以年均割次株产干胶量、年割胶刀数为基础,充分提高每公顷有效割株数,从而在产量上取得突破。

通径分析表明,RRIM600的5个产量因子与产量的直接通径系数以 $X_5$ 的最大,其次是 $X_1$ ,这说明提高每公顷有效割株数和年均割次株产干胶量可直接提高橡胶产量,即这2项产量因子对产量的提高有绝对的效果。从间接通径系数排序可知, $X_3$ 通过 $X_5$ 对产量的间接作用最大(0.632 22),这与相关分析的结果相同,既体现了每公顷有效割株数对产量提高的重要作用,又表明了存树率对产量的总影响较大,因此,提高存树率可有效提高产量。从通径分析的决策系数可以看出,显著地提高RRIM600的每公顷有效割株数,可以达到提高橡胶产量的目的。由此可见,不同产量性状对产量的贡献大小不一,主要是因为产量由年均割次株产干胶量、年割胶刀数、每公顷有效割株数三因素构成,其中又以每公顷有效割株数贡献最大,可能是受橡胶树为多年生高大乔木,有效的经济寿命长达30~40年,植胶区地处热带北缘,海南岛四面环海,台风频繁,还常有死皮发生等限制因子影响。

回归分析结果表明,适当提高年均割次株产干胶量、年割胶刀数和每公顷有效割株数可提高产量,这与实际生产需要相接近,但与该品种的生产实际有一定矛盾。由于RRIM600抗风能力差<sup>[11]</sup>,在海南岛,RRIM600死皮现象相当严重<sup>[12]</sup>。这就要求把握好这3个性状,协调品种特性与实际需求的差距,因此,需要分别通过浅割和低频割胶来适度降低年均割次株产干胶量和年割胶刀数,以增强植株抵抗台风的能力<sup>[13]</sup>,有利于保持在割率和存树率。何振革等<sup>[14]</sup>研究发现,不是单株产量越高,单位面积产量就越高,单位面积产量很大程度上还取决于单位面积有效割株数。以上分析启示,若要提高RRIM600的产量,必须提高每公顷有效割株数,限制年均割次株产干胶量和在割率,基本保持年割胶

刀数和存树率。

海南天然橡胶产业集团阳江分公司大丰管理区骆明华、谭振强、覃冬梅提供品种基本信息及相关生产资料,特此感谢!

#### 参考文献:

- [1] 邢民. 坚定不移地发展好橡胶这一低碳产业——农业部批准橡胶为海南主要农作物的思考[J]. 世界热带农业信息, 2010(6): 7-8.
- [2] 吴春太, 李维国, 黄华孙. 近年来国内外橡胶树育种研究新进展[J]. 广西植物, 2012, 32(6): 860-866.
- [3] 刘建丰, 袁隆平. 超高产杂交稻产量性状研究[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2002, 28(6): 453-456.
- [4] 官春云, 谭太龙, 王国槐, 等. 湖南高产油菜的产量构成特点及主要栽培措施[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2011, 37(4): 351-355.
- [5] Vinod K K, Pothen J, Chaudhuri D, et al. Variation and trend of yield and related traits of *Hevea brasiliensis* Muell Arg in Tripura[J]. Indian Journal of Natural Rubber Research, 2000, 13(1): 69-78.
- [6] Omokhafa K O, Alike J E. Correlation and path coefficients of seed and juvenile characters with respect to latex yield in *Hevea brasiliensis* Muell Arg[J]. Tropicicultura, 2003, 21(4): 173-178.
- [7] Gouvêa L R L, Chiorato A F, Gonçalves P de S. Divergence and genetic variability among superior rubber tree genotypes[J]. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 2010, 45(2): 163-170.
- [8] 广东省农垦总局, 海南省农垦总局. 橡胶树良种选育与推广[M]. 广州: 广东科学技术出版社, 1994: 171-172.
- [9] 黄华孙. 中国橡胶树育种五十年[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 169-174.
- [10] Priyadarshan P M, Hoa T T T, Huasun H, et al. Yielding potential of rubber (*Hevea brasiliensis*) in sub-optimal environments[J]. Journal of Crop Improvement, 2005, 14(1/2): 221-247.
- [11] 吴春太, 黄华孙, 高新生, 等. 21个橡胶树无性系抗风性比较研究[J]. 福建林学院学报, 2012, 32(3): 257-262.
- [12] 杨少琼, 莫业勇, 黎瑜, 等. 橡胶树快速全线干涸的发生发展及其生理表现[J]. 热带作物学报, 2000, 21(1): 1-7.
- [13] 林位夫. 橡胶树抗风减灾栽培措施改进的探讨[J]. 中国热带农业, 2007(3): 7-9.
- [14] 何振革, 蒋菊生, 郑定华. 橡胶种植密度、形式与生长及产量效益的关系[J]. 现代农业科技, 2008(7): 5-7.

责任编辑: 苏爱华

英文编辑: 罗维