

近年来国内外橡胶树育种研究新进展

吴春太^{1,2,3}, 李维国^{1,2,3}, 黄华孙^{1,2,3}

(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)

摘 要: 从常规育种、高产育种和抗性育种方面综述近年来国外橡胶树育种研究的新进展,并结合我国橡胶树育种现状,提出我国橡胶树育种的方向,以期为我国橡胶树产量性状、遗传改良和抗逆性育种等提供借鉴。

关键词: 橡胶树; 常规育种; 高产育种; 抗性育种

中图分类号: Q943 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2012)06-0860-07

New advance on *Hevea* breeding of recent years at home and abroad

WU Chun-Tai^{1,2,3}, LI Wei-Guo^{1,2,3}, HUANG Hua-Sun^{1,2,3}

(1. Rubber Research Institute, Chinese Academy of Tropical Agriculture Sciences, Danzhou 571737, China; 2. State Center for Rubber Breeding, Danzhou 571737, China; 3. Key Laboratory of Biology and Genetic Resources of Rubber Tree, Ministry of Agriculture, Danzhou 571737, China)

Abstract: This paper reviewed the advance in rubber tree breeding, including conventional breeding, high yield breeding, resistance breeding research abroad in recent years, and pointed out the breeding direction in the future according to the current situation of *Hevea* breeding in China. The purpose of this review was to provide references for the genetic improvement of yield characters and adverse resistance breeding of *Hevea* in China.

Key words: rubber tree; conventional breeding; high yield breeding; resistance breeding

橡胶树(*Hevea* spp.)是大戟科(Euphorbiaceae)橡胶树属(*Hevea*)多年生异花授粉乔木,原分布于温暖、潮湿、多雨的亚马逊河流域的巴西、圭亚那、委内瑞拉、哥伦比亚、秘鲁、玻利维亚等地。自魏克汉成功引种以来,先后在东南亚各植胶国种植均获成功,现今广泛种植于 40 多个国家的热带地区,年生产总量超过一千万吨,尤其是天然橡胶生产国联合会(ANRPC)成员国,2010 年的天然橡胶产量达 949.1 万吨,占全世界年总产量的 92%,产区达 700.3 万公顷,平均年产量为 1 355 kg/hm²。各成员国天然橡胶供应状况差异明显,在整个 ANRPC 中,泰国年总产量居首位,占 34.3%;印度尼西亚位居第二,占 28.9%;随后是马来西亚、印度、越南、中国,分别占 9.9%、9.0%、8.0%、6.8%;最后是斯里

兰卡、菲律宾、柬埔寨、巴布亚新几内亚,分别占 1.6%、1.0%、0.4%、0.1%。很显然,天然橡胶生产主要集中在泰国、印度尼西亚、马来西亚、印度、越南、中国 6 个国家,但这些主要产胶的国家由于适宜气候区十分有限,因此为增加橡胶产量,除了通过提高单产外,还要开拓次适宜橡胶生长的新区域。

近年来,随着国际天然橡胶价格持续走高和进口橡胶资源的难度不断加大,橡胶树种植不断朝着非传统植胶区方向发展,对橡胶树品种抗逆性提出了更高的要求,培育高产多抗橡胶树良种成为解决全球天然橡胶供需矛盾的重要途径之一,因此各产胶国乃至非产胶国都非常重视橡胶树新品种的选育工作。由于橡胶树为热带木本经济作物,而且高度杂合与单株不稔,其育种方式与其它作物不同,常规

收稿日期: 2012-02-30 修回日期: 2012-05-04

基金项目: 国家天然橡胶产业体系项目(nyhyzx07-033-1)[Supported by the National Natural Rubber Industrial System of China (nyhyzx07-033-1)]

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,(E-mail)chuntaiwu@163.com。

繁殖十分困难,育种周期长、环节多,从生产大国引进的优良栽培品种或自主选择的有性单株接穗要建立各种级别系比区,可种植面积有限,自然灾害频繁发生。为了提高橡胶树育种效率,育种者们充分发挥当地的土地和材料资源以及技术优势,积极开展创新程度高并卓有成效的研究。

1 常规育种

1.1 杂交育种

杂交育种是培育橡胶树新品种的重要手段,杂交主要有种内有性杂交和种间有性杂交。通过有性杂交培育新品种迄今仍是最常用和有效的方法,产胶国都非常重视常规杂交育种研究,有目的地开展有性杂交育种工作,近几年,在橡胶树的杂交育种方面取得了一定进展。印度尼西亚 Woelan 等人 2011 年通过对橡胶亲本无性系 RRIM 600×PN 1546 品种间杂交结果遗传变异的分析表明,高变异率是 RRIM 600×PN 1546 间杂交产生的效果,在基因型分离中被检出,可从性状变异系数值看出,如产量指数(100.18%)、冠层材积(84.51%)、胶乳产量(83.46%)、橡胶粒子数目(65.63%)、总材积(62.98%)、游离枝材积(62.47%)等。基于茎围、树皮厚度、橡胶粒子数目、乳管列数、乳管直径、堵塞指数、排胶速率等 13 个性状的种群模型有标准曲线,表明性状值是正态分布;胶乳产量、产量指数和总材积为正模型,表明大多数基因型存在低值;茎围、树皮厚度、乳管列数和直径、产量指数、排胶速率性状与胶乳产量有显著相关性,而堵塞指数、硫醇、无机磷、蔗糖含量与胶乳产量成负相关。

为了可持续性发展,印度 Gireesh 等人 2011 年面向育种开展了遗传进化各异橡胶无性系的多系杂交,29 个有前景的橡胶高产无性系来自马来西亚和印度地区的 8 个亲本,其中 12 个无性系为显著高产橡胶生产者,超过高产对照无性系 RRII 105 20%,这些无性系显示橡胶产量变化幅度从计算出的每割次株产 55.26~81.34 g 到估计的年产量为 2 210~3 254 kg/hm²;37 个无性系表现出有前景的木材产量潜力,无性系 PB 28/83、Ch 26、RRII 105、PB 215、PB 252、PB 217、PB 242 和 PB 5/51 为多系杂交育种中一般配合力高的亲本材料,9 个胶木兼优无性系和 9 个胶乳高产无性系来源于 6 个不同亲本,5 个木胶兼优无性系来源于 4 个亲本,4 个木材

高产无性系源于 3 个亲本。

1.2 早期预测选育

育种周期漫长是橡胶树常规育种面临的主要问题,为缩短育种年限,进行早期选择,但选择效率的高低取决于早期鉴定方法,为提高选择的准确度,各产胶国都积极探索有效的早期预测技术。从 2003 年开始,越南橡胶所 Tuy 等(2010)对小规模无性系比区幼龄期、成熟期间表现,以及与优良橡胶树无性系选择的相互关系进行了研究。结果表明小规模测试的幼龄期与成熟期间存在显著相关性,认为割制产量可很好地预测成熟期产量。基于早期表现,获得小规模系比区的成熟期几年的产量数据后,有潜力的无性系可以扩大到大规模系比和小区种植的适当数量。试验发现高产无性系多样化是基于应用无性系胶乳生理参数具有不同类型的新陈代谢,也表明无性系多轮选择可以避免丢弃后期表现好和耐刺激的无性系。

Costa 等(2010)对种植于巴西南马托格罗索州橡胶树后代的株高、直径、橡胶产量和生产力遗传参数进行研究,用 28 个处理在一个完全随机区组建立半同胞子代,鉴定 3 年生子代的直径、橡胶产量和生产力。结果显示株高、直径和单位面积产量的个体遗传力系数显著,分别为 0.33、0.24 和 0.51,但橡胶产量的个体遗传力系数较低(9%)。在选择之后,家系平均水平的遗传力估计值将上升到 68%,预测育种值相对于实际值的准确性,株高、直径、橡胶产量和生产力依次达到 0.80、0.76、0.62、0.86。

Mercykutty 等人 2011 年对大规模系比区几个本地和国外橡胶树无性系早期表现的研究表明,在评估的 12 个无性系中,3 个无性系表现出较高的产量,86/44 记录的产量显著优于 RRII 105;在引进的无性系中,RRIM 712 为最好,产量表现与 RRII 105 相当;至于产量和茎围,86/120 为有前景的无性系;基于产量和其它副性状,86/44 包括在多点评估试验的下一个阶段中,现状调查表明橡胶产量存在进一步增益的可能性。

1.3 优良无性系选育与鉴定

无性系选育是林木育种的主要方式之一,也是正确评价品种的主要特征和特性必不可少的环节,新品种育成将为橡胶树作为重要工业原料的产业化持续健康发展奠定基础,各产胶国十分重视橡胶树无性系的选育与鉴定工作。截至 2007 年,柬埔寨橡胶研究所(站)大规模无性系比区中一些有前景的无

性系最初 5 年结果表明,无性系 IRCA130 在割胶期间表现出缓慢生长,但它的产量在供试无性系中为最高,对绯腐病和干旱具有良好的抗性;无性系 PB235、PB330、IRCA111 以早熟而著称,其胶乳细胞新陈代谢很活跃,PB235 和 PB330 产量紧跟 IRCA130,前二者兼有茎围和产量的优点;PB260 未表现出大于 GT1 的茎围,但产量比 GT1 高,与 IRCA18 相同;RRIM600 在割胶期间有良好的茎围且产量高于 GT1,这一无性系产量很稳定,从第 1 年增加到第 5 年,但产量低于 IRCA130、PB235、PB330 和 IRCA111;PR107 经证实是晚熟无性系,最初 5 割年的产量低。来自 2 个系比区最初 5 年割胶结果进一步证实,开割时期具有良好活力的无性系有 PB235、PB330、IRCA111、IRCA130、IRCA18、RIM600、PB260 和 PB280;割胶第 15 年时活力良好的为 PB330、PB235、PB280、IRCA111 和 PR303;高产的无性系有 IRCA130、PB235、PB330、IRCA111、RRIC101、PB260、PB280、IRCA18、RRIM600 和 PR303;对割面干涸病高度敏感的是 PB330、IRCA111、PB235;对绯腐病高度敏感的是 IRCA18、IRCA111、PB280;这 2 个系比区的所有供试无性系中,IRCA130、PB330、IRCA111、IRCA230、PB260 或 PB280 被认为是最有意义的无性系。这些数据对评价上述无性系仍是不够的,学者们将继续进行观测(Chetha 等,2007)。

法国木本作物系统 Castillo 等(2008)在危地马拉北部小规模系比区对 25 个巴西橡胶树无性系进行 3 a 鉴定的结果初步表明,茎围最大的无性系为 GU 无性系。在割胶时期 GU 7186、GU 7833 和 RRIC 132 无性系茎围增长表现最好,也是系比区产量最低的无性系;GU 7839、GU 7793 和 GU 7139 不仅茎围增长良好,同时高产;GU 6439 的产量中等,但其茎围增长和蔗糖含量良好。在茎围生长显示良好的无性系中,GU 7793 和 GU 7839 高产无性系还具有高蔗糖含量,而一些低产无性系如同 GU 7790 具有较高的蔗糖含量和良好的茎围生长。其它无性系尽管其茎围较小,有些却表现出有意义的产量和高蔗糖,如 GU 7839、IRCA 523、IRCA 840、RRIM 600;有些为高蔗糖、高产量,如 GU 7793、IRCA 523。GU 7839、GU 6439、GU 6285、GU 7790 和 GU 6407 无性系有意义的是具有高蔗糖、低磷含量和相对较低产量,因为在这个系比区未采用乙烯利刺激。高产、蔗糖和磷含量中等的 GU 7815 也是

令人感兴趣的研究材料。为了实现有效的无性系选择,在给入选无性系推荐割胶制度前,需要增进了解胶乳合成、树木生长和产量间的关系。有趣的是在大规模无性系比区鉴定下列无性系:高产、蔗糖含量中等、高磷、茎围增长缓慢的无性系 IRCA 523;高产、蔗糖和磷含量中等、茎围增长缓慢的无性系 GU 7815;中产、蔗糖含量中等以上、磷含量和茎围增长中等的无性系,如 GU 7839、GU 7793、GU 6439、GU 7790;产量低、蔗糖含量高、磷偏低的无性系,如 GU 6285、GU 6407、GU 7795。自 2007 年以来,GU 7790、GU 7839、7809 和 GU 7815 处于大规模无性系比区。

印度尼西亚研究所从 1917 年以来一直在进行 IRR 系列优良橡胶树选择和系比研究,并取得进展。可将未成熟时期从 6~7 年减少到 4 年,年产量从 500 增加到 2 500 kg/hm²,截至 2010 年,已培养出 4 代命名为 IRR 的无性系,包括 2010~2014 年推荐的一些无性系,其中 IRR 104 和 IRR 220 为胶乳无性系;IRR 5、IRR 39、IRR 42、IRR 107、IRR 112、IRR 118、IRR 119 为胶木兼优无性系。同时也鉴定了其它 IRR 系列无性系,如适应性或进一步试验的 IRR 100、IRR 200 系列;小区升级试验的 IRR 200、IRR 300 系列;初级评比试验的 IRR 300、400、500、600、700 系列;实生苗评估试验的 IRR 800、900 候选系列(Suhendry 等,2010)。

Sosof 等人 2011 年在危地马拉南部小规模系比区若干巴西橡胶树无性系鉴定试验。结果显示:发现至少有 12 个无性系表现出产量高于对照,若干无性系产量低但糖含量高,因此它们有增产的潜力;生物学指标研究允许学者们根据无性系产量类型对这些无性系分类,18 个无性系的糖含量高于对照,高糖无性系对大规模系比区今后采用刺激试验来说具有意义;新无性系表现出巨大潜力;无性系选择和推荐是通过统计试验研究新无性系的一个步骤,为实现有效无性系选择全过程必须完成,作任何选择或推荐前,需要以大规模研究这些无性系来增加认识。

Tuy 等(2011)对来源于 1994 年人工授粉计划由越南橡胶研究所选育的优异无性系的表现进行了研究,其中 5 个来源于 1994 年人工授粉程序的 RRIV 200 系列优异无性系,即 RRIV 205、RRIV 206、RRIV 207、RRIV 208 和 RRIV 209 在传统区域的割胶初年表现出显著特性。在小规模无性系比区,割胶最初 2 年的平均产量,RRIV 205 推测的年

产量在莱其每年可达 2.7 t/hm^2 ；在 AnLoc 每年达 2.1 t/hm^2 ；RRIV 208 在小规模无性系比区和晋级小区表现出非常高的产量，如在莱其最初 2 年割胶推测的平均年产量值均能达 2.2 t/hm^2 ，晋级小区第一年达 2 t/hm^2 ，越南橡胶集团 2011~2015 年Ⅲ类种植推荐包括这些有前景的无性系。

Aidi-Daslin 等人 2011 年在印度尼西亚，对有前景的 IRR 200 系列橡胶无性系的潜力开展进一步试验研究，结果表明 IRR 211 为速生无性系且具良好的树皮厚度，橡胶高产 IRR 200 系列无性系包括 IRR 208、IRR 211 和 IRR 220，采用非乙烯利刺激的半树围两天一刀 ($s/2 \cdot d/2$) 和 2.5% 乙烯利刺激的半树围三天一刀 ($s/2 \cdot d/3 + \text{ET}2.5\%$) 割胶，8 割年以上的年产量为 $2.7 \sim 2.9 \text{ t/hm}^2$ ，并从中抗到抗炭疽菌、白粉病和棒孢霉落叶病对所有参试无性系进行分类。

1.4 品系区域试验

初选无性系有待于在不同生态地区进一步试验观察与鉴定，即将已选择出的一些优良品系散发到各地作为区域试验进行较系统的观察比较，为橡胶树品种审定及开发利用提供依据。自 1994 年起，越南橡胶研究所 Tuy 等人 2008 年对越南北部地区高纬度非传统地域橡胶树无性系的适应性进行了研究，试验发现入选材料对越南北部地区橡胶树无性系的选择具有巨大的潜力。时至 2008 年，获得一批最有前景的无性系，其中引进的无性系有 LAN 873、GATAS 88-13、RRIM712 和 RRIC 121，越南橡胶研究所选育的无性系有 RRIV 1 和 LH 83/29。

2006~2008 年，印度橡胶研究所 Meenakumari 等(2010)通过对 10 个无性系和 3 个试验点进行了现代橡胶树无性系产量基因型与环境互作研究，认为 AMMI 分析适合于橡胶树基因型与环境互作；还认为 RR11 105 和 RR11 430 适用于传统植胶区种植；RR11 429、RR11 422 和 RR11 417 适用于非传统植胶区域，比Ⅰ类无性系 RRIM 600 表现更好；RR11 429 在非传统植胶区高产，但较高的相互作用表明其稳定性相对较低；RRIM 600 是适应性最广的无性系；现代无性系中 RR11 430 结合了高产和广泛适应性特点。

泰国橡胶研究所 Kinnaret 等人 2011 年对传统与非传统区 RRIT 251 的表现进行了鉴定，结果表明就传统与非传统区的长势和产量而言，RRIT 251 有良好表现，最初 2 年和第 3~10 年的产量表现良

好，它开割前的副性状长势和开割期间的树皮厚度均表现为平均值；对刺激的反应为均值以下和较差的越冬萧条；主要叶、茎病害和无性系病情变化范围从均值以下至良好。5 年期间 RRIT 251 橡胶栽培呈上升趋势，2007~2011 年期间袋装植株生产数据在传统与非传统区呈增加趋势。RRIT 251 胶乳无性系存在的发展机遇与橡胶种植户要求趋势是一致的，高产无性系补植成功的程度依赖于天然橡胶价格和政府政策的支持。

科特迪瓦农艺研究国家中心 ELABO 等人 2011 年对巴西橡胶树无性系在科特迪瓦边缘区域适应性进行了研究，结果表明橡胶树可以种植于边缘地区。为了优化边缘地区的发展和产量，必须采取下列措施：最好在少山坡地带营建胶园；建立防火道，进行防白蚁处理，以启动生长的种植材料（两篷稳定叶）建立胶园；建立速生和早熟无性系；在水分亏缺不超过 5 个月的地区营建胶园，避免连续 3 个月降雨量低于 50 mm 的地区；有关橡胶树无性系对科特迪瓦边缘区域适应性的研究允许从南部至中心增加栽培面积，但其它地区必须是征服的且要测试更多的无性系。

通过柬埔寨 2011 年大规模无性系的试验结果，基于橡胶种植地区的具体目标和生态条件，Phearun 等人 2011 年为橡胶种植者提供了他们自己研究选择出的要素。必须强调的是，目前的结果出自柬埔寨磅湛地区，只要这些结果扩展到其它地区的可能性未确定，在那些新区无性系多样化高水平是必须的，因为橡胶无性系选择时期很长，7 年割胶结果仍是不足以明确推荐未来最好的无性系，但种植者却不能等待。为了当前推荐种植绝对释放无性系，本试验结果将有助于为种植者推荐无性系。

2 重要性状育种

2.1 高产育种

高产一直是橡胶树育种的首要目标，近年来，全球天然橡胶生产面积和总供应量呈上升态势，平均产量记录不断刷新，这些结果展示了橡胶树高产育种研究的美好前景。2007 年法国木本作物系统针对巴西橡胶树无性系产量潜力研究的结果，形成了若干思考；Lacote 等(2007)相关研究认为，胶乳细胞代谢与直接关系到产量的无机磷含量呈显著性相关。在一般情况下，产量增加与蔗糖含量降低、无机

磷升高密切相关,这些供试无性系产量变化(ΔP)是不同的,通过无刺激采胶获得的平均产量(P_0)为最低值无性系得到的无机磷却最高,其具较低的胶乳细胞代谢,产量变化(ΔP)与无刺激的平均产量(P_0)呈负相关,与无刺激采胶蔗糖含量($SucP_0$)呈正相关。

在长期刺激下,通过消耗糖(ΔSuc)来产生更多的橡胶,是要依赖于胶乳细胞内糖的可用性($SucP_0$)。这说明通过增加代谢活动来提高产量,如果胶乳细胞内糖含量足够高是仅有可能的。对超过 7 a 的长期刺激做出的反应要依赖于无性系胶乳生理,各个无性系胶乳的增益与胶乳的生理特性有关,其可用于确定每个无性系的产量潜力。产量潜力与初始蔗糖含量有关,优先任何刺激,对于蔗糖含量较高的无性系,刺激的使用范围可以扩大,显然重要的是对于乙烯利刺激,确定的新无性系的胶乳细胞功能类型是提高橡胶产量的基本途径,高含量蔗糖承载能力选择是提高胶园产量潜力的方法之一。

2.2 抗性育种

橡胶树作为多年生的热带木本作物,生育期会受到各种病虫和不良气候的侵袭,因此橡胶树的抗性育种主要集中在抗病性、抗寒性、抗风性等方面。在抗逆性育种研究方面,各国高度重视利用橡胶树自身的遗传物质来抵御环境胁迫,将高产育种与抗性育种目标结合起来,即在保持高产育种是橡胶树育种主旋律的前提下,提高综合抗性,并开展大量的相关研究工作,以培育出更具商业竞争力的橡胶树新品种。

2.2.1 抗病育种 橡胶树易发生南美叶疫病、棒孢霉落叶病、白粉病、炭疽菌病、季风性落叶病、维腐病、割面干涸病等真菌病害。据估计,每年因病害造成的干胶产量损失为 10%~15%,因此病害为世界橡胶种植业最重要的限制因子,橡胶树无性系抗病性选择尤为重要。为了评价 18 个橡胶树种对南美叶疫病抗性和用作芽接树冠的表现,最初 Moraes VH de F & Moraes LAC(2008)以 8 个少花橡胶×圭亚那橡胶变种杂交无性系,8 个少花橡胶×硬叶橡胶杂交无性系和 2 个少花橡胶无性系,作为树冠芽接到 CNS AM 7905 上,得到初选的巴西橡胶树,将其栽培于巴西亚马逊河流域玛瑙斯黄色铁铝土中,并对其树干茎围、营养状态和橡胶生产力进行了鉴定。该研究认为少花橡胶×圭亚那橡胶变种杂交无性系芽接树冠导致最大速率地增加树干茎围,连

同非生产期减少;少花橡胶杂种对南美叶疫病菌表现出的高度抗性,证明为了进一步杂交而引进该种其它基因型是正确的。CPAA C 01、06、13、15、16 和 45 无性系在热带亚马逊河流域气候和旱地土壤条件下显示了很好的干胶产量潜力。

越南橡胶研究所 Lam 等(2007)以该所 2000~2003 年人工授粉试验产生的后代为材料,对参与橡胶树白粉病抗性育种的 IRRDB'81 基因型进行了评价,一些作为母本产生后代的 IRRDB'81 基因型,具有对粉孢子较低感染和表现出疾病易感性一般配合力低的特性。属于 RO 44 类群的亚马逊河基因型(RO/CM/10)经证实是白粉病抗性育种中最好的亲本,即 RO 44/268、RO 44/71 和 RO 44/160。而前期研究认为,为此目的 RO 44/529 和 RO 44/745 是最佳组合产物。就白粉病而言,评价 IRRDB'81 与魏克汉杂交,测定疾病易感性一般配合力效应可能均有助于 IRRDB'81 种质在白粉病抗性育种方案中利用的定向和拓宽橡胶树遗传基础。白粉病抗性育种中潜在的 IRRDB'81 基因型来源于 RO 44(RO/CM/10)类群。

缅甸橡胶种植园主和生产者协会的 Myint (2007)依照茎围、产量和对季风性落叶病的抗性,从 2 个无性系比区的结果中获得了有商业化种植前景的橡胶树无性系。2 个无性系比区中共有 5 个潜力无性系,系列 1 无性系比区的 2 个无性系是 PB 260 和 PB 235,系列 2 无性系比区的 3 个无性系是 BPM 24、RRIC 100 和 RRIM 717。这 5 个无性系适合于在高降雨量和季风性落叶病严重的地区推荐商业化种植。

2.2.2 抗虫(螨)育种 橡胶树虫害一直是影响天然橡胶产量的重要因素之一,培育抗虫(螨)品种是一条减少橡胶树害虫和有害动物引起橡胶减产的根本途径,因此橡胶树抗虫(螨)育种一直受到育种者的普遍关注。木本橡胶作物可能会受到瘿螨科橡胶树瘿螨(*Calacarus heveae*)和细须螨科橡胶树细须螨(*Tenuipalpus heveae* Bake)两种螨攻击,使用抗性遗传材料是防治方式中一种很好的选择。巴西 Silva 等(2011)开展了对这些螨显示抗性无性系的鉴定,因此有助于这些害虫治理对策的建立。试验在圣保罗州沃图波兰加某地区进行,种植采用随机区组设计,重复 4 次,为计数螨每月收集无性系 IAC 15、IAC 35、IAC 40、IAC 300、IAN 3156、IRCA 111、PB 260、PB 330、PB 28/59 和 RRIM 600 的叶

片,每个小区以 8 张小叶进行计数,在每张小叶 1 cm² 的两区域,上表面对橡胶树瘿螨计数,下表面对橡胶树细须螨计数,观测到的脱叶水平用 0 (无落叶)~4 (75%以上)的分级标准评价,RRIM 600 无性系作为标准易感基因型。基于 1 cm² 螨平均数目和脱叶等级值,研究者们认为 IAC 15、IAC 40、IAC 300、IAN 3156 和 PB 28/59 无性系是通过橡胶树瘿螨和橡胶树细须螨回避或抗生作用表现抗性,IR-CA 111 无性系对橡胶树瘿螨表现出耐受性。

防治橡胶树网蝥方法是化学防控,但在技术应用和评价产品及剂量效果相关因素的橡胶树领域没有什么进展。Costa 等(2011)为评估以 3 个剂量组应用在植株底部和土壤中噻虫嗪的移位,观察哪个剂量组对橡胶树网蝥有更好的控制,在巴西马托格罗索州伊蒂基拉 E. Michelin 有限公司的胶园进行了试验。变量包括应用模式和不同剂量的应用,其中应用模式有 4 种,即土壤中的颗粒、土壤上的溶解颗粒、树干上喷洒和溶解在面板上的颗粒。不同剂量的应用是每株橡胶树的有效成分为 0.5、0.75 和 1.0 g,试验表明土壤中的颗粒按每株 1.0 g 有效成分剂量应用是提供最有效控制网蝥若虫的处理;对防治橡胶树网蝥成虫的最好的处理是以每株 0.75 和 1.0 g 有效成分剂量粒化于土壤里,按每株 0.50 和 0.75 g 有效成分剂量在面上涂刷。通过按每株 0.5 g 有效成分剂量涂刷的处理在网蝥成虫评价过程中效果较好、频率最高,在土壤和涂刷面上应用颗粒的模式是防治网蝥成虫和若虫最适合的处理。

2.2.3 抗寒育种 橡胶树是热带作物,低温寒害是限制其高产和稳产的另一主要因子,因此橡胶树耐冷性机制和抗寒育种也是各国橡胶树育种者关注的重要课题。自从橡胶生产延伸至次适宜环境以来,评价橡胶树对低温的耐受性是法国的研究目标之一。Mai 等(2009)选择 PB260 无性系为材料,分析其叶片经 10℃ 冷冻 96 h 的反应以及在 28℃ 的恢复状况,利用一些关键参数评估光合装置的功能、膜损伤(电导率)和氧化应激。结果表明短期反应与长期反应被记录,当气孔关闭有效时,两种反应间的边界为 24 h,处理 1 h 后,净光合速率明显降低,但最大光化学量子产量受影响不大;在 4~7 h 间非光化学猝灭达到高峰;48~96 h 间观测到脂质过氧化和膜溶解,随着抗氧化基因表达的诱导,抗氧化酶活性升高;最后当复回 28℃ 时,植株能够恢复净光合速率、光化效率和抗氧化酶活性,表明 PB260 能耐受

长期的低温。

2.2.4 抗风育种 橡胶树是高大乔木,材质脆弱,易折断,一旦受台风袭击,轻则停割减产,重则断干或倒伏死亡,不同橡胶树品种遭受的破坏范围和程度存在较大差异。为研究橡胶树无性系的抗风害能力,尼日利亚的 Mokwunye 等(2007)选择以抗飓风水平不同的 6 个该国研制的 NIG 800 系列品种和 GT 1、RRIM 707、PR 107 3 个无性系的 6 龄树为研究对象,2006 年 8~9 月,对其在飓风逆境下的树枝损害、树干折断和树根倒伏进行了测定,计算风害指数,方差分析结果表明,总风害和冠层风害(枝折断)间存在显著性差异。这些无性系普遍抗风害,最大的风害率为 8.05%,其中 GT1 和 PR 107 两个无性系通常以抗风著称,保持相对低的风害率;NIG 804 表现出最高的风害水平(8.05%),RRIM 707 水平则最低(2.23%)。在 NIG 系列中,NIG 800 风害程度最低,为 3.5%,就冠层损害来说,NIG 804 创下记录最高水平(87.83%)。值得注意的是,在 NIG 800 系列无性系中 NIG 804 胶乳产量最高,其林冠损害程度也相对很高,被推荐进行恰当的修枝,可减少冠层负荷。总之,无性系存在显著的风害变化,可能是遗传效应和选择的原因,下一步的研究将对其进行调查。印度 Gireesh 等学者 2011 年尝试发展巴西橡胶树紧缩树冠无性系,研究表明就紧缩树冠而言,半压缩和中间类型是有前景的,为达到高产,这些品系能在进一步育种计划中被利用,入选的形态型可用作发展适宜种植制度和抗风性研究。

2.2.5 抗旱育种 水分是影响干旱地区橡胶树生长的最重要因素,对产量造成的损失严重,已成为制约干旱地区发展天然橡胶生产的又一障碍因子,抗旱育种也成为了橡胶树抗性育种的重要内容。为保障橡胶树在干旱条件下能高产或旱季不减产,最根本的途径是提高橡胶树自身的抗旱性,以形态性状、生长发育和产量构成因子为选择指标来选育抗旱的品种。菲律宾干旱地区种植橡胶的经验告诉我们,水分是不可缺少的,橡胶种苗对水分的需求较高,如在菲律宾干旱地区建立一个苗圃,因为在干旱月份,日常浇水是必要的。用于发芽橡胶的催芽床遮阴必须达到仅允许 25% 的光渗透。9、10 月的热环境是橡胶种子自然掉落与播种的月份,遮阴苗床可提高发芽率。只要水分供应充足,在晴热环境下,橡胶幼苗茁壮生长,这意味着每日应该浇水,使营养钵中的土介质浸透。在持续的高温日,尽管每日浇水和施用

尿素,橡胶幼苗叶片也会遭受发黄脱落。在干旱月份还观察到,温度变化幅度为 33~40℃时,橡胶树芽接期间的芽死亡率非常高(90%~95%)。此外由于水稻、玉米、蔬菜、果树等作物收入低,在受短雨季和长旱季影响的农民中间,有些农民饲养许多反刍动物作为切实可行的替代生计,他们为自己的动物连挖带运牧草,或者到处放养动物,田间几乎到处都有山羊、母牛和水牛等,加剧了橡胶树的毁灭,这也是为什么要在干旱地区种植橡胶的原因,以及在干旱地区种植橡胶的科学与实践含义。

3 我国橡胶树育种现状及发展方向

3.1 加强橡胶树种质资源研究,拓宽育种遗传基础

我国现保存的橡胶树种质资源丰富,所有种质在苗圃以植株形式进行实地保存,因受土地供应限制,仅有一部分种植于大田圃。为满足育种和生产需求,在国家橡胶树种质资源圃建设过程中加强了对大田圃种质材料目标性状的系统鉴定,并为种质利用作出评价。目前暂无种质是经大田圃鉴定后直接在生产上推荐应用的品种,利用种质材料作为授粉亲本的杂交后代也还处于有性系比阶段。因此要加速对优异橡胶树种质资源的发掘和利用进程,在有条件的情况下可考虑从巴西、秘鲁等橡胶树起源地引种部分野生种资源,以完善种质资源圃除巴西橡胶以外的其它种或变种,并利用远缘杂交和原生质体融合技术手段,达到充分利用野生种质资源、拓宽橡胶树的遗传背景、提高杂交优势的效果。

3.2 加强抗逆育种

由于我国植胶区地处热带北缘至亚热带地区,部分地区又属于热带季风气候,温度偏低,位于近海地区的海南和广东植胶区每年都受到不同程度的台风侵袭,所以我国的橡胶树育种工作要始终把抗逆性育种放在首位。目前橡胶树的抗寒、抗风育种在引种试种和常规育种方面取得了较大成就,选育的橡胶树抗寒良种 GT1、IAN873、93-114、化 59-2、湛试 327-13、云研 77-2 和云研 77-4 已在实际生产中创造出巨大的生态、经济和社会效益,抗风良种 PR107、海垦 1、海垦 2、文昌 217、文昌 11 在生产中也已取得了重大的效益。近几年来橡胶树发生了较为严重的台风、寒流气象灾害,橡胶树多抗性育种将成为育种的主要目标。但是,我国橡胶树高产品种抗性改良的步伐还很缓慢,现有的速生丰产无性系

又多不耐低温或风力,已不能完全满足现代农业对品种更新换代的需求。因此,需要进一步加快橡胶树良种化进程,满足天然橡胶生产的需要,育种工作者应努力寻求新技术、新思路来解决高产品种抗性方面存在的问题。

3.3 开展死皮和品质改良育种

育种的目的在于生产天然橡胶,而生产出的橡胶是用作橡胶制品加工的原材料,自上世纪 70 年代乙烯利刺激割胶技术推广以来,死皮是导致有效割株减少、橡胶减产的重要剖面病害,给橡胶种植业带来严重的危害。此外,天然胶乳的性能也会大大影响它的应用领域,而低蛋白天然胶乳有助于解决浓缩天然橡胶不利于制造绝缘制品、易使制品发霉、易使接触者产生过敏反应等问题。因此,橡胶树育种要由过去的速生、高产、高抗向高产、多抗、优质的方向发展,即由过去的单纯通过提高单产满足我国对橡胶日益增长的需求,转向产量和品质协同提高,把品质作为评价选择无性系的重要目标性状。

致谢 中国热带农业科学院橡胶研究所周建南副书记、科研办公室王丹华分别提供第四届国际天然橡胶生产国联合会(ANRPC)产业发展大会、部分国际橡胶研究与发展委员会(IRRDB)国际天然橡胶会议的资料,生理生化与分子生物学研究室田维敏教授提供文献资料,特此感谢。

参考文献:

- Chetha P, Bunthun H, Chan C, et al. 2007. First five years results of some promising clones from large scale clone trials in cambodian rubber research station[C]// International Natural Rubber Conference. Cambodia; Siem Reap; 253-264
- Costa LL, Romani G de N, Ferreira M da C. 2011. Technology of application used in the control of the rubber tree lacebug[J]. *Revista de Agric (Piracicaba)*, **86**(1): 14-23
- Costa RB da; Resende MDV de, Gonçalves P de S, et al. 2010. Genetic parameters and values prediction for growth and latex production traits in rubber tree progenies[J]. *Bragantia*, **69**(1): 49-56
- Lacote R, Gabla O, Obouayeba S, et al. 2007. Some considerations concerning the yield potential of some clones (*Hevea brasiliensis*) [C]// International Natural Rubber Conference. Cambodia; Siem Reap; 272-286
- Lam LV, Tuy LM, Anh LHN, et al. 2007. Early selection of IRRDB'81 x W clones for resistance to Oidium leaf disease [C]// International Natural Rubber Conference. Cambodia; Siem Reap; 265-271
- Mai J, Herbet S, Vandame M, et al. 2009. Effect of chilling on photosynthesis and antioxidant enzymes in *Hevea brasiliensis*

(下转第 844 页 Continue on page 844)

- Determination of water-soluble sugars in tobacco by High Performance Liquid Chromatography with prevail carbohydrate column and Evaporative Light Scattering Detector (Prevail 糖柱-HPLC-ELSD 法测定烟草中水溶性糖)[J]. *Tobacco Chem*(烟草科技), **3**:32-37
- EL-Sharkawy MA. 2003. Cassava biology and physiology[J]. *Plant Mol Biol*, **53**:621-641
- Frommer WB, Sonnewald U. 1995. Molecular analysis of carbon partitioning in solanaceous species[J]. *J Exp Bot*, **46**:587-607
- Gibon Y, Blasing OE, Palacios-Rojas N, et al. 2004. Adjustment of diurnal starch turnover to short days; depletion of sugar during the night leads to a temporary inhibition of carbohydrate utilization, accumulation of sugars and post-translational activation of ADP-glucose pyrophosphorylase in the following light period [J]. *Plant J*, **39**:847-862
- Ge TDC(葛体达), Tang DM(唐冬梅), Lu B(芦波), et al. 2008. Influence of organic and inorganic nitrogen supply on the composition of tomato seedling root exudates, xylem and phloem sap grown in hydroponic culture(番茄根系分泌物、木质部和韧皮部汁液组分对矿质氮和有机氮营养的响应)[J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报), **35**(1):39-46
- Ge TDC(葛体达), Jiang W(姜武), Song SW(宋世威), et al. 2009. Influence of inorganic and amino acid nitrogen on mineral nutrient contents in xylem and phloem sap of different tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivars(无机氮和氨基酸态氮处理对番茄幼苗木质部和韧皮部中矿质养分的影响)[J]. *Acta Horti Sin*(园艺学报), **36**(3):347-354
- Jansson C, Westerbergh A, Zhang JM, et al. 2009. Cassava, a potential biofuel crop in (the) People's Republic of China [J]. *Appl Energy*, **86**:95-99
- Loescher WH. 1987. Physiology and metabolism of sugar alcohols in higher plants[J]. *Physiol Plant*, **70**:553-557
- King RW, Zeevaert JAD. 1974. Enhancement of phloem exudation from cut petioles by chelating agents[J]. *Plant Physiol*, **53**:96-103
- Luo J(罗进), Xia M(夏敏), Ye NS(叶能胜), et al. 2010. Simultaneous HPLC determination with ELSD of five sugars in foods (HPLC-ELSD 同时测定食品中 5 种糖含量)[J]. *Food Sci*(食品科学), **31**(8):226-229
- Patrick JW, Offler CE. 1996. Post-sieve element transport of photoassimilates in sink regions[J]. *J Exp Bot*, **47**:165-177
- Patrick JW. 1997. Phloem unloading; sieve element unloading and post sieve element [J]. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, **48**:191-222
- Tiessen A, Hendriks JHM, Stitt M, et al. 2002. Starch synthesis in potato tubers is regulated by post-translational redox-modification of ADP-glucose pyrophosphorylase; a novel regulatory mechanism linking starch synthesis to the sucrose supply[J]. *Plant Cell*, **14**:219-223
- Tiessen A, Prescha K, Branscheid A, et al. 2003. Evidence that SNF1-related kinase and hexokinase are involved in separate sugar-signalling pathways modulating post-translational redox activation of ADP-glucose pyrophosphorylase in potato tubers [J]. *Plant J*, **35**:490-500
- Turgeon R. 1996. Phloem loading and plasmodesmata[J]. *Trends Plant Sci*, **1**:418-423
- Turgeon R, Wolf S. 2009. Phloem transport: cellular pathways and molecular trafficking[J]. *Ann Rev Plant Biol*, **60**:207-227
- Xin XL(辛秀兰), Li XP(李小平), Ma Y(马越), et al. 2009. Determination of water-soluble sugars in red raspberry by High Performance Liquid Chromatography with Evaporative Light Scattering Detector (HPLC-ELSD) (HPLC-ELSD 法测定红树莓果实中水溶性糖含量)[J]. *J Jilin Agric Univ*(吉林农业大学学报), **31**(5):624-627

(上接第 866 页 Continue from page 866)

- Muell. Arg[J]. *Trees-Structure and Function*, **23**(4):863-874
- Meenakumari T, Soman TA, Dey SK, et al. 2010. Genotype x environment interaction for yield of modern hevea clones in India [C]// Abstracts of International Natural Rubber Conference. Sanya, China:369-370
- Mokwunye MUB, Omokhale KO, Omorusi VI, et al. 2007. Hevea clonal resistance to wind damage[C]// International Natural Rubber Conference. Cambodia; Siem Reap:507-512
- Moraes VH de F, Moraes LAC. 2008. Performance of rubber tree crown clones resistant to South American leaf blight [J]. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **43**(11):1495-1500
- Myint H. 2007. The Role of Myanmar Rubber Planters and Producers Association (MRPPA) in Natural Rubber Development and its Recent Activities[C]// International Natural Rubber Conference. Cambodia; Siem Reap:19-27
- Silva HA de S da, Vieira MR, Valério Filho WV, et al. 2011. Rubber tree clones with resistance to mites[J]. *Bragantia*, **70**(2):383-388
- Suhendry I, Pasaribu SA, Karyudi, et al. 2010. Progress in selection and trial of superior rubber clones of IRR series[C]// International Natural Rubber Conference. Sanya, China:335-354
- Tuy LM, Thuy KT, Vinh LD et al. 2010. Correlation among juvenile and mature performances and selection of elite rubber clones in the small scale clonal trial[C]// International Natural Rubber Conference. Sanya, China:371-382