

主要产茶国茶树资源与红茶育种研究进展

乔小燕, 王秋霜, 陈 栋

(广东省农业科学院饮用植物研究所, 广州 510640)

摘要: 茶树种质资源是茶树品种选育的材料基础。本文系统阐述了世界茶叶主产国在茶树资源收集、保存和鉴定评价方面所取得的进展, 着重对红茶化学特性、红茶育种的研究成果进行论述。同时, 对未来茶树育种的发展方向进行探讨。

关键词: 茶树; 保存; 利用; 育种; 红茶

The Progress of Tea Germplasm and Black Tea Breeding in the Major Tea-producing Countries

QIAO Xiao-yan, WANG Qiu-shuang, CHEN Dong

(Drinkable Plants Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640)

Abstract: Tea germplasm are the fundamental of the cultivar development. In this paper, the achievements and progress of tea germplasm had been systematically reviewed in collection, conservation and identification. The chemical characteristics and the cultivar achievements were elaborated of black tea. The trend of cultivar breeding was discussed and prospected.

Key words: tea; germplasm; utilization; breeding; black tea

红茶为世界主要的消费茶类, 据国际茶叶委员会(The International Tea Committee)《2014年世界茶叶年鉴》(Annual Bulletin of Statistics 2014)报告显示, 2013年全球茶叶产量为481.9万t, 其中红茶产量占59%; 世界茶叶出口贸易总量186.5万t, 红茶占出口总量的73%。世界红茶产业稳定、持续发展, 与世界各国茶树遗传育种及良种良法推广工作的努力是分不开的。本文就世界主要红茶主产国在茶树资源的收集、保存和利用等方面取得的进展进行论述, 对未来红茶育种研究的方向提出展望。

1 茶树种质资源的收集和保存现状

种质资源是品种创新、生产利用研究的材料基础。中国早在20世纪30年代已经开始茶树种质资源考察与收集工作, 80年代随着系统、全面的茶树

种质资源考察、收集与保存工作的开展, 茶树种质资源的区域性保存与利用正式被列入国家行为。1990年, 建成国家种质杭州茶树圃和勐海茶树分圃, 共保存19个省(市、区)、8个国家的野生茶树、农家品种、育成品种、引进品种、育种材料、珍稀资源和近缘植物等共3000份^[1], 近年来中国各地收集保存的种质资源约10000份^[2]。

国外主要产茶国家或地区, 如印度、日本、肯尼亚是比较早就开始茶树种质资源的收集和保存, 经过多年努力取得了很大的进展。印度到2012年共保存中国、印度本土茶树资源及其创新资源、育成新品种(系)超过3350份, 其中: 在托克莱(Tocklai)试验站保存有茶树和其他山茶科植物资源2100多份, 在南印度茶叶种植者联合会(UPASI, The United Planters' Association of Southern India)茶叶研究所保

收稿日期: 2015-01-09 修回日期: 2015-01-27 网络出版日期: 2015-10-14

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20151014.1434.038.html>

基金项目: 国家农业(茶叶)产业技术体系建设专项(CARS-23); 广东省科技计划项目(2012B060400003, 2011B050300030); 国家星火计划项目(2011GA780012)

第一作者: 主要从事茶树育种与分子生物学研究。E-mail: qiaoxiaoyan0719@163.com

通信作者: 陈栋, 主要从事茶树种质资源评价及新品种选育。E-mail: chendong1113@souhu.com

存的资源达到 1250 份,而且在形态学和遗传学上具有多样性^[3]。斯里兰卡茶树资源基本来源于中国和印度,国内并没有野生茶树,遗传多样性非常有限,其在 1986 年建立了第 1 个茶树资源圃,到 2012 年保存了约 500 份茶树资源,分布于 Talawakelle、Ratnapura、Passara 和 Galle 等地区^[4]。19 世纪中期到 20 世纪初,日本开始有计划地从中国、印度、前苏联、斯里兰卡等国家多次引进大量茶树种质资源,目前共保存了约 6800 余份茶树资源^[5]。肯尼亚保存了 250 多份茶树种质资源,主要来自日本、中国和越南^[6]。印度尼西亚主要保存了本国地方品种、育成品种和少量的引进品种约 600 余份茶树资源^[7]。目前,孟加拉国茶叶研究所保存了 386 份茶树种质资源,主要有茶、阿萨姆茶和马尼坡茶 (*Manipur*) 及它们的杂交种等^[8]。土耳其的茶树资源基本来自于格鲁吉亚,绝大多数茶园都是有性系^[9]。

2 茶树种质资源的鉴定与评价研究进展

对茶树种质资源进行品质、产量和抗逆性鉴定评价及筛选研究,是茶树育种研究的重要环节。中国和世界其余主要产茶国在种质资源收集保存的基础上,陆续开展了对茶树资源的鉴定与筛选研究,取得了可喜进展。20 世纪 80 年代开始,中国农业科学院茶叶研究所和各省茶叶研究单位纷纷开始了茶树资源的收集和保存,从遗传多样性、适制性和特色成分等方面对茶树资源进行筛选和鉴定,许多优异红茶资源和富含特色成分的茶树资源被筛选和鉴定出来。

2.1 茶树资源遗传多样性的研究

2.1.1 茶树形态学研究 茶树形态学是早期研究茶树遗传多样性的手段之一。通过研究茶树的花、果和叶片等形态特征,揭示茶树各类群间的亲缘关系,进而阐明茶树进化的趋向。

以茶树花、果和叶片的形态特征作为分类依据,张宏达^[10-11]将茶组植物进行种的划分和进化分析,陈亮等^[12]进一步将茶组植物分为大厂茶 *Camellia tachangensis* F. C. Zhang、厚轴茶 *C. crassicolumna* Chang、大理茶 *C. taliensis* (W. W. Smith) Melchior、秃房茶 *C. gymnogyna* Chang 和茶 *C. sinensis* (L.) O. Kuntze 等 5 个种,在茶下分茶 *C. sinensis* var. *sinensis*、普洱茶 *C.* (Masters) Kitamura、白毛茶 *C. sinensis* var. *pubilimba* Chang 等 3 个变种,为今后茶树种质资源遗传多样性和演化研究提供基础。茶树主要表型性状也作为研究茶树遗传多样性的指标之

一,已在云南省^[13]、广东省^[14]和浙江省坞坑^[15]茶树资源的遗传多样性研究中应用。Z. X. Wei 等^[16]对山茶属 18 个组 27 个代表种花粉的研究结果显示,山茶属植物花粉壁的纹饰特征差异较大,茶树花粉壁也具有较重要的分类学价值。茶树花粉表面纹饰是由光滑型向粗糙型演化,花粉萌发孔由沟形向梭形、椭圆形或长方形演化^[17]。茶树花粉在大小、形状、萌发器官的特点及外壁纹饰的细微结构上均表现出种(系)内丰富的遗传多样性^[18]。根据我国 13 个省(区)的 20 个茶树品种的花粉形态^[19],茶树大体上可以分成原始、较原始、进化 3 类,来自云南、四川茶树品种和湖南的江华苦茶在演化上属原始类型,贵州、湖南、安徽、浙江和河南信阳种属于进化类型。同时,茶树花粉形态表现出一定的地域性,原产地比较接近的品种(系)聚在一起^[20]。

2.1.2 茶树细胞学研究 在茶树形态学研究茶树遗传多样性的同时,利用染色体核型分析技术研究茶树起源、演化的工作也得到开展。K. Kondo^[21]及 I. D. Singh^[22]对栽培茶树染色体数目的研究显示,栽培茶树主要为二倍体,也有三倍体和四倍体的存在。我国山茶属植物 4 种 2 变种的染色体核型研究显示,大理茶、勐腊和德宏茶较为原始,苦茶和茶为进化型,参试茶树均是二倍体种,未发现多倍体^[23],这一结果同邹绮丽等^[24]、李斌等^[25-26]结果一致。但是,二倍体并不是唯一存在的,广东平远锅舌茶品种中发现 3 个三倍体细胞;在广东连南大叶种、乳源白毛茶中存在单倍体细胞。梁国鲁等^[27]以贵州大树茶 7 种 1 变种为材料,认为茶组植物的原产地位于滇、桂、黔毗邻交汇处的云贵高原,提出茶树可能是在二倍体水平上进行演化,多倍体并不是其进化的主要趋势。李斌等^[28]也认为茶树起源于我国西南地区,乔木型、大叶品种核型的对称性较高,进化上较原始。茶树从中国四川和云南起源,向东或北迁移,逐渐演化为小叶变种,向南移则演变为阿萨姆变种和掸部变种^[29],染色体核型显示云南、印度、缅甸和越南等大叶茶树具有相近的亲缘关系和共同的起源^[30]。

2.1.3 茶树同工酶研究 同工酶是基因表达的直接产物,其作为一种研究茶树起源、分析亲缘关系的手段虽得到了应用^[31-33],但利用同工酶探讨茶树演化的则不多。茶树酯酶同工酶具有稳定的遗传特性,可作为茶树遗传特性的生化指标。通过对茶树酯酶同工酶的研究显示,云南地区茶树进化程度最低,大多处于进化的原始类群,遗传变异广泛;中部和北部茶区茶树进化程度最高;江西、湖南、广西和四川等地次之^[34]。研

究茶树等位酶发现,云南大理茶和阿萨姆茶的相似系数极高,而厚轴茶与茶、阿萨姆茶、大理茶及德宏茶的遗传距离相对较远,该结果同其形态学和生物化学的研究结果一致^[35]。云南大叶种茶与川南盆沿茶树的亲缘关系较近,可能有共同的原产地及起源^[36]。

2.1.4 茶树遗传多样性的分子生物学研究 由于同工酶技术应用的局限性,分子标记技术在茶树种质鉴别、品种真实性鉴定、遗传多样性分析、遗传演化、遗传稳定性和遗传作图等研究领域得到广泛应用。

1997年,应用 AFLP 对印度和肯尼亚大叶种茶树品种进行遗传多样性分析,印度和肯尼亚 2 个地理种群均是种群内变异大于种群间变异,并认为肯尼亚茶树源自印度^[37]。F. N. Wachira 等^[38]也证明肯尼亚茶树来自印度,印度茶树资源的遗传多样性高于主产红茶的肯尼亚。南印度茶树资源主要类型为茶和阿萨姆茶,遗传多样性较低,遗传基础较窄^[39],大吉岭茶树各品系间的遗传相似性较高^[40]。应用 AFLP 技术能够很好地对无法通过形态学特征进行鉴别的来自肯尼亚和印度的茶树品种进行甄别^[37]。S. Kafkas 等^[41]对土耳其茶树资源可以清楚地划分为 4 个不同种群,以茶为主。中国茶树栽培种遗传多样性要高于日本和肯尼亚,中国东部的栽培种遗传多样性要高于中国其他地区^[42],中国广西、云南和贵州省遗传多样性最高^[43]。野生大茶树资源的收集和评价工作也得到关注,我国野生茶树资源具有较丰富的遗传多样性^[44-46]。

不同茶类适制品种之间遗传多样性的研究也有开展。W. Fang 等^[47]利用 SSR 标记对 185 个茶树栽培种的形态特征进行分类,红茶、绿茶的基因多样性比乌龙茶高很多,与王旭等^[48]研究结果相同,红茶组的遗传多样性远高于乌龙茶组。适制红茶品种(系)的遗传多样性水平最高,其次是红绿茶兼制型,适制绿茶的最低^[49]。因此,适制红茶的茶树资源遗传背景和生长的地理环境可能要比乌龙茶和绿茶复杂。

2.2 红茶品种的化学特性研究

红茶加工过程中是以茶多酚酶促氧化为中心,鲜叶中茶多酚减少,产生茶黄素、茶红素等新成分。形成红茶红汤、红叶和香甜味醇的品质特征。红茶品质成分,如茶多酚,茶黄素和茶红素等,不仅具有保健功效,而且对红茶茶树品种的筛选、品质的形成也具有重要意义^[50-52]。

1983 年程启坤^[53]开展了红茶适制品种的化学特性研究,认为茶叶中茶多酚与氨基酸的比值(简称“酚氨比”),可以用来评判茶树品种适制绿茶或适制红茶。

酚氨比较大者一般适制红茶,酚氨比较小者一般适制绿茶。唐明熙^[54]也提出氨基酸含量较低和酚氨比高,绝大多数适制红茶,反之,适制名优绿茶。杨亚军^[55]在大量实验的基础上进一步提出酚氨比值在 20~35 之间红茶品质最好,在 10~20 之间品质尚可。因此,在生产上可以把酚氨比 20~35 作为红茶品种选择指标,10~20 作为红绿兼用品种选择指标。

国外也开展了红茶品质与功能成分的研究,茶黄素总量与红茶品质的相关性显著,其中 TF-3'-monogallate 与品质的相关性极显著^[56],TF-3'-monogallate 含量可以较好的判别中非和南非红茶品质。对来自肯尼亚和马尼拉的红茶分析显示,红茶品质与简单茶黄素没有显著相关性,却与复杂茶黄素有极显著的相关性。复杂茶黄素的含量指标对来自肯尼亚和马尼拉的红茶品质都有很好的相关性。这对红茶茶树品种的选育及红茶加工工艺的改进具有指导意义^[57]。对茶树品种蒸青样中生化成分进行研究发现,EGCg、EC、GC 含量与红茶感官审评结果显著相关,高 EGCg 和低 EC 含量的茶树所制作的红茶较优,因此,茶树叶片中的 EGCg 和 EC 含量对判别肯尼亚茶树无性系品种的红茶适制性有指导意义^[58]。肯尼亚对红紫芽茶树品种加工成红茶和绿茶,并对其花青素组分测定显示:绿茶中的花青素含量要高于红茶,花青素被多酚氧化酶氧化。绿茶中儿茶素总量与总花青素呈显著负相关关系,红茶中二者的相关性不大^[59]。P. Hilton 等^[60]认为新梢中 EGC 含量与茶黄素相关性很高,鲜叶中茶多酚总量与红茶汤色的色泽、亮度和茶黄素含量呈正相关^[61]。鲜叶中的 ECG、EGCg 和咖啡碱与红茶品质呈正相关,儿茶素总量与花青素间没有明显的相关性^[59]。

3 茶树种质资源的利用与新品种选育进展

在进行茶树种质资源收集保存和鉴定评价的基础上,各茶叶主产国还先后开展了茶树种质资源的筛选和利用研究,选育出一大批产量、品质和适应性特异的茶树育种中间材料或新品系,为革命性的茶树新品种选育奠定了扎实的基础。

3.1 中国优良茶树种质筛选与种质创新利用研究

在 2002-2003 年间,中国农业科学院茶叶研究所对国家种质杭州茶树圃 200 份资源进行了农艺性状、品质、生化成分等系统鉴定和筛选。筛选出优质绿茶资源 30 份、红茶资源 39 份、乌龙茶资源 15 份^[1]。880 多份云南茶树种质资源进行了全面系统

地鉴定和评价,筛选出 50 多份优质红茶资源,感官品质都达到了我国红碎茶一套样的水平,部分红茶资源品质超过了优质肯尼亚 TRKF6/8,如凤 3、竹叶青茶、桐庐茶、乐昌白毛茶、广东大叶茶等^[62-65]。1980-2013 年广东在利用本土茶树资源的基础上,引种印度阿萨姆茶、云南大叶等大叶种茶树资源,通过杂交育种等方法选出“优选系列”超高产新品系^[66-67]、“十大香型”凤凰单丛茶特异材料 80 份^[68]、“丹霞系列”高香型红茶新品系 14 个^[69]。随着茶叶功能饮料和功能食品的开发,特色茶树资源鉴别和筛选也成为育种工作者的目标之一。高花青素^[70-71]、高 EGCG ($\geq 9.0\%$)^[72-73]、低咖啡碱 ($< 1.00\%$)^[74] 和高咖啡碱 ($> 5.00\%$)^[75] 等特色资源的筛选研究也相继开展,共筛选出特色茶树资源 50 多份。

茶树抗寒性一直受到关注,抗寒茶树资源的鉴定筛选工作也在同步进行,D. L. Sharma 等^[76]发现茶类型的抗寒性要强于阿萨姆茶。虞富莲等^[77]对国家种质杭州茶树圃 200 份茶树资源抗寒性鉴定,筛选出强抗寒资源 8 份,之后从陕西、云南、川渝两地的 120 份茶树资源中筛选出 15 份抗寒资源,其中 4 份高抗寒,为茶树抗寒性育种提供了基础材料^[78-80]。福建省在抗病抗虫资源筛选工作方面取得了一些成绩,筛选出 8 份高抗茶橙瘦螨树种质资源^[81],茶轮斑病高抗材料 1 份,根结线虫病高抗材料 5 份^[82]。

3.2 中国红茶新品种选育的主要成果

在国外主要红茶主产区进行无性系良种选育和推广的同时,我国在利用茶树资源进行良种选育工作也取得了很大的进步。我国茶树品种审定工作开始于 20 世纪 80 年代,1981 年农业部成立了全国茶树良种审定委员会。在 1984 年和 1987 年共认定 52 个国家良种。1988 年全国首轮茶树品种区试开展,共设立 10 个区试点,到 2001 年共审定 48 个国家良种。2003 年成立全国茶树品种鉴定委员会,到 2014 年底全国共审(认、鉴)定了 134 个国家级茶树良种,其中适制红茶的茶树品种有 10 多个,红绿茶兼用 30 余个;省级审(认)定茶树品种 170 多个(包括台湾省)。

云南大叶是我国 1984 年 11 月首批认定通过的 30 个国家级茶树良种之一,之后以云南大叶为母本或从云南大叶群体中选育出很多的红茶品种,如 1987 年由云南省农科院茶叶研究所选育而成无性系良种——云抗 10 号^[83]。五岭红、秀红、云大淡绿和英红 9 号等均是阿萨姆茶或者云南大叶种中选育出的红茶品种。湖南省农业科学院茶叶研究所所以云南

大叶种为母本、福鼎大白茶为父本育成湘红 1 号^[84]。

2006 年,福建武夷山利用传统正山小种红茶改制金骏眉小种红茶,此后,创新工夫红茶成为市场的新热点,国内外消费者对高档红茶的需求由强调“浓、强、鲜”向“高香清饮”红茶与调味红茶转变。与之相对应的红茶茶树品种选育目标、选育群体也随之改变。潇湘红 21-3 是从江华苦茶中选育出的红茶品种,制红茶香气浓郁,滋味浓强,冷后呈乳状,叶底红亮,红碎茶达二套样水平^[85]。从广东粤北仁化白毛茶群体中单株选育的高香型红茶和白茶兼用无性新品种丹霞 1 号、丹霞 2 号,制高档名优红茶和白茶,花香毫韵突出^[86-87]。从凤凰单丛茶群体中选育的晚生乌叶单丛茶,制乌龙茶和红茶花香突出,滋味醇厚^[88]。

3.3 国外新品种选育的主要成果

1937 年,斯里兰卡茶叶研究所利用从印度托克莱试验站引入的茶树品种,筛选出一批优良无性系品种,即 TRI2000 系列、TRI3000 系列和 TRI4000 系列。这些品种具有高产优质,抗旱性强的特点,对常见病虫害也有一定的防御能力,如 TRI2026、TRI3073、TRI4052 等抗茶饼病;TRI3025、TRI4049 等抗胀树白蚁^[4]。印度的茶树新品种选育取得更为显著的进步,到 2005 年共育成 215 个无性系品种,其中托克莱试验站 31 个 TV (Tocklai Vegetative), 153 个茶园系列品种,UPASI 释放 37 个优质高产的无性系品种(UPASI 1-28、TRF1-3)^[3]。肯尼亚利用本国和外来资源,共释放了 50 个高产优质的国家级茶树品种。TRFK 6/8 是肯尼亚的国家品种之一,也是很好的中间材料,约 60% 的释放品种均是以 TRFK 6/8 为母本的天然杂交或人工杂交后代中选育出来的^[6]。土耳其则利用引种的茶树资源选育出了 64 个有希望的无性系品种,其中 Muradiye-10、Tuglali-10 和 Derepazari-7 等 7 个品种,以产量高和适应力强,逐渐受到茶农的青睐^[9]。孟加拉国利用本国的地方品种在 1966 年育成第 1 个高产优质 BT1 无性系品种,之后孟加拉国茶叶研究所释放了 17 个无性系品种,另外还有 4 个双无性系原种 BTS1-BTS4^[8]。

4 展望

茶树作为经济作物和饮料作物,一直以来选育优质、高产、多抗的茶树良种是育种工作者共同的奋斗目标。随着茶叶附加值产品的开发和市场的需求,新的需求随之提出,进而对茶树育种者也提出了新的课题。

4.1 适合机械化耕作和采摘的新品种选育

传统的茶叶企业以人工采茶为主,劳动效率低下。近年由于生产体制的改变,副业门路的增多,农村劳动力转移,导致采茶劳动力不足,劳动力成本上升,同时茶叶加工自动化程度的提高,单纯依靠人工采摘不仅不能满足生产企业的需要,而且企业成本增加,茶叶产业的利润降低。提高茶叶采摘机械化程度成为必然趋势,与之相配套的适合机采的茶树品种也成为育种者的未来目标。

4.2 特异茶树品种的选育

现今,由于深加工技术的发展,越来越多茶饮料和茶保健品的开发,使得茶叶的价值不再仅仅体现加工制作的名优茶,深加工产品带来的附加值更是无限的。因此,具有保健功效的茶氨酸、茶多酚和EGCg被茶叶企业所期望。而选育高儿茶素、低咖啡碱、高茶氨酸和高花青素等特色茶树资源成为开发和加工保健功效茶产品的基础。许多特色茶树资源被发现并选育出来,如无咖啡碱可可茶^[89]。肯尼亚选育出的TRFK 306,是一个富含花青素的紫色芽叶品种^[6]。因此,特色茶树资源的选育也是未来茶树育种的方向。

参考文献

- [1] 陈亮,杨亚军,虞富莲. 中国茶树种质资源研究的主要进展和展望[J]. 植物遗传资源学报,2004,5(4):389-392
- [2] Chen L, Yao M Z, Wang X C, et al. Tea genetic resources in China [J]. Int J Tea Sci, 2012, 8(2):55-64
- [3] Das S C, Das S, Hazarika M. Global tea breeding: achievements, challenges and perspectives [M]//Chen L, Apostolides Z, Chen Z M, Berlin. Heidelberg: Springer-Verlag; Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012:69-124
- [4] Gunasekare M T K. Global tea breeding: achievements, challenges and perspectives [M]//Chen L, Apostolides Z, Chen Z M. Berlin. Heidelberg: Springer-Verlag; Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012:125-176
- [5] Tanaka J. Global tea breeding: achievements, challenges and perspectives [M]//Chen L, Apostolides Z, Chen Z M. Berlin. Heidelberg: Springer-Verlag; Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012:227-239
- [6] Kamunya S M, Wachira F N, Pathak R S, et al. Global tea breeding: achievements, challenges and perspectives [M]//Chen L, Apostolides Z, Chen Z M. Berlin. Heidelberg: Springer-Verlag; Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012:177-226
- [7] Sriyadi B, Suprihatini R, Khomaeni H S. Global tea breeding: achievements, challenges and perspectives [M]//Chen L, Apostolides Z, Chen Z M. Berlin. Heidelberg: Springer-Verlag; Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012:299-308
- [8] Khan A Q. Global tea breeding: achievements, challenges and perspectives [M]//Chen L, Apostolides Z, Chen Z M. Berlin. Heidelberg: Springer-Verlag; Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012:289-297
- [9] Ercisli S. Global tea breeding: achievements, challenges and perspectives [M]//Chen L, Apostolides Z, Chen Z M. Berlin. Heidelberg: Springer-Verlag; Hangzhou: Zhejiang University Press, 2012:309-321
- [10] 张宏达. 茶树的系统分类[J]. 中山大学学报:自然科学版, 1981, 30(1):89-101
- [11] 张宏达. 茶叶植物资源的订正[J]. 中山大学学报:自然科学版, 1984, 33(1):3-14
- [12] 陈亮,虞富莲,童启庆,等. 关于茶组植物分类与演化的讨论[J]. 茶叶科学, 2000, 20(2):89-94
- [13] 蒋会兵,宋维希,矣兵,等. 云南茶树种质资源的表型遗传多样性[J]. 作物学报, 2013, 39(11):2000-2008
- [14] 沈程文,宁正祥,黄建安,等. 基于表型参数及SRAP标记的广东茶树种质遗传多样性[J]. 应用生态学报, 2009, 20(7):1551-1558
- [15] 黄海涛,王风雷,王贤波,等. 鸠坑茶树资源芽叶表型性状的多样性分析[J]. 浙江农业科学, 2013(3):251-254
- [16] Wei Z X, Zavada M S, Ming T L. Pollen morphology of *Camellia* (theaceae) and its taxonomic significance [J]. Acta Botanica Yunnanica, 1992, 14(3):275-282
- [17] 束际林,陈亮. 茶树花粉形态的演化趋势[J]. 茶叶科学, 1996(2):37-40
- [18] 陈常颂,彭艾,钟秋生,等. 34份茶树种质的花粉形态特征研究[J]. 福建农业学报, 2012, 27(11):1219-1226
- [19] 陈荣冰,林汉章. 茶树不同品种花粉形态的研究[J]. 茶叶科学, 1990, 10(2):1-6
- [20] 陈亮,童启庆,庄晚芳. 茶树花粉形态及其模糊聚类研究[J]. 浙江大学学报:农业与生命科学版, 1992(2):32-39
- [21] Kondo K. Chromosome numbers in the genus *Camellia* [J]. Biotropica, 1977, 9(2):86-94
- [22] Singh I D. Nonconventional approaches in the breeding of tea in North East India [J]. Two and a Bud, 1980, 27(1):3-6
- [23] 李光涛,梁涛. 中国山茶属4种2变种核型研究[J]. 广西植物, 1990(3):189-197
- [24] 邹琦丽,覃秀菊,覃松林. 广西茶六个品种的核型分析[J]. 广西植物, 1992, 12(4):340-344
- [25] 李斌. 乳源白毛茶和台山白云茶的细胞学研究[J]. 华南农业大学学报, 1998, 19(3):13-17
- [26] 李斌,陈国本,贺利雄,等. 两广茶区10个茶树品种染色体数目研究[J]. 广西植物, 1999, 19(3):233-235
- [27] 梁国鲁,周才琼,林蒙嘉,等. 贵州大树茶的核型变异与进化[J]. 植物分类学报, 1994, 32(4):308-315
- [28] 李斌,陈兴琰,陈国本,等. 茶树染色体组型分析[J]. 茶叶科学, 1986, 6(2):7-14
- [29] 李懋学,严学成. 中国某些野生和栽培茶的核型研究[J]. 植物科学学报, 1985, 3(4):319-324
- [30] 李斌,陈国本,郑永球. 邦崴大茶树等5个大叶茶的染色体组型分析[J]. 茶叶科学, 1996, 16(2):41-46
- [31] Borthakur S, Mondal T K, Borthakur A, et al. Variation in peroxidase and esterase isoenzymes in tea leaves [J]. Two and a Bud, 1995, 42:20-23
- [32] Ikeda N, Kawada M, Takeda Y. Isozymic analysis of *Camellia sinensis* and its interspecific hybrids In: Proc [C] Int Symptom of Tea Sci, Shizuoka, Japan. 1991:26-28
- [33] Sen P, Bora U, Roy B K, et al. Isozyme characterization in *Camellia spp* [J]. Crop Res, 2000, 19(3):519-524
- [34] 鲁成银,刘维华,李名君. 茶树起源的同工酶初探[J]. 中国茶叶, 1993(4):10-11
- [35] Chen J, Wang P S, Xia Y M, et al. Genetic diversity and differentiation of *Camellia sinensis* L. (cultivated tea) and its wild relatives in Yunnan province of China, revealed by morphology, biochemistry and allozyme studies [J]. Genet Resour Crop Ev, 2005, 52:41-52
- [36] 王守生,李晓林. 四川茶树过氧化物酶同工酶分析及其亲缘关系[J]. 西南农业大学学报, 1991, 13(3):338-343
- [37] Paul S, Wachira F N, Powell W, et al. Diversity and genetic differentiation among populations of Indian and Kenyan tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) revealed by AFLP markers [J]. Theor

- Appl Genet, 1997, 94(2): 255-263
- [38] Wachira F N, Tanaka J, Takeda Y. Genetic variation and differentiation in tea (*Camellia sinensis*) germplasm revealed by RAPD and AFLP variation [J]. J Hort Sci Biotech, 2001, 76(5): 557-563
- [39] Balasaravanan T, Pius P K, Raj Kumar R, et al. Genetic diversity among south Indian tea germplasm (*Camellia sinensis*, *C. assamica* and *C. assamica* spp. *lasiocalyx*) using AFLP markers [J]. Plant Sci, 2003, 165(2): 365-372
- [40] Mishra R K, Sen-Mandi S. Genetic diversity estimates for Darjeeling tea clones based on amplified fragment length polymorphism markers [J]. J Tea Sci, 2004, 24(2): 86-92
- [41] Kafkas S, Ercili S, Doan Y, et al. Polymorphism and genetic relationships among tea genotypes from Turkey revealed by AFLP [J]. J Am Soc Hort Sci, 2009, 134(4): 428-434
- [42] Yao M Z, Chen L, Liang Y R. Genetic diversity among tea cultivars from China, Japan and Kenya revealed by ISSR markers and its implication for parental selection in tea breeding programs [J]. Plant Breeding, 2008, 127(2): 166-172
- [43] Yao M Z, Ma C L, Qiao T T, et al. Diversity distribution and population structure of tea germplasm in China revealed by EST-SSR markers [J]. Tree Genet Genomes, 2012, 8: 205-220
- [44] 周萌, 李友勇, 孙雪梅, 等. 基于 EST-SSR 标记的云南大茶树遗传多样性分析 [J]. 华北农学报, 2013(S1): 91-96
- [45] 王亨洪, 索化夷, 杨坚, 等. 川渝地区重要野生大茶树遗传多样性的 ISSR 分析 [J]. 茶叶科学, 2009, 29(2): 168-172
- [46] 刘绍杰, 迟琳, 谢文钢, 等. 古蔺牛皮茶种质资源遗传多态性 [J]. 作物学报, 2014, 40(12): 2118-2127
- [47] Fang W, Cheng H, Duan Y S, et al. Genetic diversity and relationship of clonal tea (*Camellia sinensis*) cultivars in China as revealed by SSR markers [J]. Plant Syst Evol, 2012, 298(2): 469-483
- [48] 王旭, 董丽娟, 段继华, 等. 84 个茶树品种遗传多样性及亲缘关系的 SSR 分析 [J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2011, 37(3): 261-266
- [49] 段云裳, 姜燕华, 王丽鸳, 等. 中国红、绿茶适制品种(系)遗传多样性与亲缘关系的 SSR 分析 [J]. 中国农业科学, 2011, 44(1): 99-109
- [50] Ukers W H. All about tea [M]. New York: Tea and coffee trade journal Company, 1935
- [51] Wight W, Gilchrist R. The concept of kind of tea [J]. Nature, 1961, 4783: 14-16
- [52] Takeda Y. Differences in caffeine and tannin contents between tea cultivars, and application to tea breeding [J]. Jpn Agr Res Q, 1994, 28: 117-117
- [53] 程启坤. 茶叶品种适制性的生化指标—酚氨比 [J]. 中国茶叶, 1983(1): 38
- [54] 唐明熙. 茶树鲜叶中氨基酸含量变化对茶类适制性的影响 [J]. 氨基酸和生物资源, 1996, 18(1): 41-43
- [55] 杨亚军. 茶树育种品质早期化学鉴定——I. 鲜叶的主要生化组分与红茶品质的关系 [J]. 茶叶科学, 1990, 10(2): 59-64
- [56] Wright L P, Mphangwe N I K, Nyirenda H E, et al. Analysis of the theaflavin composition in black tea (*Camellia sinensis*) for predicting the quality of tea produced in Central and Southern Africa [J]. J Sci Food Agric, 2002, 82(5): 517-525
- [57] Owuor P O, Obanda M, Nyirenda H E, et al. The relationship between some chemical parameters and sensory evaluations for plain black tea (*Camellia sinensis*) produced in Kenya and comparison with similar teas from Malawi and South Africa [J]. Food Chem, 2006, 97(4): 644-653
- [58] Owuor P O, Obanda M. The use of green tea (*Camellia sinensis*) leaf flavan-3-ol composition in predicting plain black tea quality potential [J]. Food Chem, 2007, 100(3): 873-884
- [59] Kerio L C, Wachira F N, Wanyoko J K, et al. Characterization of anthocyanins in Kenyan teas: Extraction and identification [J]. Food Chem, 2012, 131(1): 31-38
- [60] Hilton P, Palmer-Jones J R. Relationship between the flavanol composition of fresh tea shoots and the theaflavin content of manufactured tea [J]. J Sci Food Agric, 1973, 24(7): 813-818
- [61] Obanda M, Owuor P O, Njuguna C K. The impact of clonal variation of total polyphenols content and polyphenol oxidase activity of fresh tea shoots on plain black tea quality parameters [J]. Tea, 1992, 13(2): 129-133
- [62] 王新超, 许玫, 陈亮, 等. 优质红碎茶资源的鉴定与筛选 [J]. 植物遗传资源学报, 2005, 6(3): 262-265
- [63] 宋维希, 刘本英, 矣兵, 等. 云南茶树优异种质资源的鉴定评价与筛选 [J]. 茶叶科学, 2011, 31(1): 45-52
- [64] 宋维希, 马玲, 周萌, 等. 云南优质红茶种质资源的筛选 [J]. 湖南农业科学, 2014(8): 15-17
- [65] 王家金, 谢瑾, 刘本英, 等. 云南大叶茶资源的机性能物质分析及优异种质筛选 [J]. 南方农业学报, 2012, 43(7): 924-928
- [66] 李家贤, 苗爱清, 何玉娟. 茶树人工杂交新品系比较试验报告 [J]. 广东茶业, 1999(1): 40-46
- [67] 李家贤, 苗爱清, 何玉娟. 茶树人工杂交与辐射诱变新品系比较试验报告 [J]. 广东茶业, 2000(3): 8
- [68] 黄华林, 李家贤, 何玉娟, 等. 广东茶树种质资源保存与利用现状 [J]. 广东茶业, 2006(5): 3
- [69] 卓敏, 乔小燕, 操君喜, 等. 丹霞系列白毛茶新品种(系)加工白茶的感官品质比较 [J]. 广东农业科学, 2013, 40(16): 98-100
- [70] 包云秀, 夏丽飞, 李友勇, 等. 茶树新品种“紫娟” [J]. 园艺学报, 2008, 35(6): 934
- [71] 吴华玲, 何玉娟, 李家贤, 等. 11 个红紫芽茶树新品系的芽叶特性和生化成分研究 [J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(1): 42-47
- [72] 林金科, 陈荣冰, 陈常颂, 等. 高酯型儿茶素含量的茶树资源筛选研究 [J]. 茶叶科学, 2005, 25(1): 30-36
- [73] 蒋莹, 肖斌, 余有本, 等. 陕南地区高 EGCG 茶树资源筛选 [J]. 西北农业学报, 2010, 19(9): 193-197
- [74] 唐一春, 宋维希, 矣兵, 等. 低咖啡碱茶树种质资源的鉴定及评价 [J]. 西南农业学报, 2010, 23(4): 1051-1054
- [75] 杨春, 罗军武, 陈涛林, 等. 高咖啡碱含量的特异茶树种质资源的筛选 [J]. 湖南农业科学, 2013(17): 9-12
- [76] Sharma D L, Gupta A K, Pandey D P. Observations on frost tolerance of tea cultivars in Kangra Valley [J]. J Plant Crops, 2000, 28(2): 156-159
- [77] 虞富莲, 俞永明, 李名君, 等. 茶树优质资源的系统鉴定与综合评价 [J]. 茶叶科学, 1992, 12(2): 95-125
- [78] 李剑, 余有本, 周天山, 等. 陕西茶树品种的抗寒性研究 [J]. 西北农业学报, 2009, 18(1): 262-266
- [79] 侯渝嘉, 唐敏, 胡翔. 茶树种质资源的抗寒性鉴定 [J]. 西南农业学报, 2010, 23(1): 137-140
- [80] 汪云刚, 矣兵, 冉隆珣, 等. 云南茶树种质资源的抗性鉴定和评价 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(13): 86-91
- [81] 姚明哲, 郭华伟, 王新超, 等. 福建武夷山地区茶树种质的茶橙瘦螭抗性变异及高抗优质资源的发掘 [J]. 中国农学通报, 2008, 24(9): 127-131
- [82] 曾莉, 廖文波. 茶树种质资源抗病性鉴定 [J]. 生态科学, 1997, 16(2): 62-66
- [83] 李光涛. 大叶茶良种云抗 10 号 [J]. 云南农业, 2001(7): 15
- [84] 董丽娟, 张曙光. 抗寒优质红茶品种—湘红 1 号选育研究初报 [J]. 茶学通讯, 1996(2): 5-8
- [85] 李赛君, 郑红发, 罗意, 等. 优质抗寒红茶新品种——潇湘红 21-3 选育研究报告 [J]. 茶叶通讯, 2012, 39(1): 3-8
- [86] 陈栋, 李家贤, 卓敏, 等. 高香型红(白)茶兼用品种丹霞 2 号的选育 [J]. 广东农业科学, 2010, 37(11): 46-52
- [87] 陈栋, 王金焕, 吴华玲, 等. 高香型红(白)茶兼用品种丹霞 1 号的选育 [J]. 广东农业科学, 2010, 37(11): 39-45
- [88] 陈栋, 陈少平, 乔小燕, 等. 晚生茶树新品种“乌叶单从” [J]. 园艺学报, 2013, 40(8): 1627-1628
- [89] 张宏达, 叶创兴, 张润梅, 等. 中国发现新的茶叶资源——可茶 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1988, 37(3): 25