

## 陕西茶树种质资源表型性状的遗传多样性研究

班秋艳<sup>1</sup>, 纪晓明<sup>2</sup>, 余有本<sup>3</sup>, 闫满朝<sup>4</sup>, 胡歆<sup>2</sup>, 潘宇婷<sup>1</sup>, 任华江<sup>2</sup>, 丁帅涛<sup>2</sup>, 江昌俊<sup>1\*</sup>

(1. 安徽农业大学茶与食品科技学院, 合肥 230036; 2. 陕西苍山秦茶集团有限公司, 西安 710002;

3. 西北农林科技大学茶叶研究所, 杨凌 712100; 4. 西乡县茶叶局, 西乡 723500)

**摘要:** 对陕西安康市、汉中市 12 个地点的 88 份茶树种质资源主要表型性状的遗传多样性进行研究。结果表明, 陕西茶树种质资源具有丰富的表型遗传多样性, 不同茶树种质资源表型性状的差异较大, 6 个描述型表型性状(叶片大小、叶形、叶色、叶面隆起性、叶身及叶片着生状态)的遗传多样性指数在 0.835 1~1.037 0 之间, 平均为 0.972 8, 以叶色最高, 叶形最低; 变异系数在 20.85%~48.52% 之间, 平均为 35.50%, 以叶色最大, 叶形最小。基于 6 个描述型表型性状将 88 份茶树资源聚为 4 类, 无独立组存在, 存在丰富的变异程度和遗传多样性。

**关键词:** 茶树种质资源; 表型性状; 遗传多样性; 陕西

中图分类号: S571.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2018)04-0575-05

### Genetic diversity of leaf phenotypic traits of tea germplasm resources in Shaanxi

BAN Qiuyan<sup>1</sup>, JI Xiaoming<sup>2</sup>, YU Youben<sup>3</sup>, YAN Manzhao<sup>4</sup>, HU Xin<sup>2</sup>,  
PAN Yuting<sup>1</sup>, REN Huajiang<sup>2</sup>, DING Shuaitao<sup>2</sup>, JIANG Changjun<sup>1</sup>

(1. School of Tea and Food Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036; 2. Shaanxi Cangshan Qintea Group Co.Ltd., Xi'an 710002;

3. Tea Research Institute of Northwest A&F University, Yangling 712100; 4. The Xixiang Administration of Tea, Xixiang 723500)

**Abstract:** The diversity of the main phenotypic traits of 88 tea germplasm resources in 12 locations of Ankang and Hanzhong cities, Shaanxi Province, was studied. The results showed that the tea germplasm resources in Shaanxi had rich genetic variation. Different phenotypic traits of tea germplasm resources had great differences. The diversity indexes of six description phenotypic traits (leaf size, leaf shape, leaf color, leaf upper surface, leaf cross section and leaf insertion angle) ranged from 0.835 1 to 1.037 0, with an average of 0.972 8, and the highest of the leaf color, while the lowest of the leaf shape. The coefficient of variation ranged from 20.85% to 48.52%, with an average of 35.50%, and the highest of the leaf color, while the lowest of the leaf shape. Furthermore, the 88 tea germplasm resources were clustered into 4 groups based on 6 leaf phenotypic characters, without independent group, which showed rich variation degree and genetic diversity.

**Key words:** tea germplasm resources; phenotypic characteristics; genetic diversity; Shaanxi

茶树[*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]起源于亚洲, 主要种植在热带和亚热带地区, 是世界上重要的经济作物<sup>[1-2]</sup>。在长期自然演化过程中, 形成了许多生态表现型, 其表型性状遗传变异非常大<sup>[3]</sup>。在植物的遗传多样性研究中, 统计分析花部和叶部较为稳定的遗传学性状, 能够科学地反映生物遗传变异的程度和规律<sup>[4]</sup>。目前鉴定和描述茶树叶片形态性状进行茶树种质资源调查是资源调查的基本方法和优良品种选育的最初途径<sup>[5]</sup>。

陕西省位于 31°42' ~ 39°35'N, 105°29' ~ 111°15'E 之间。陕西茶区隶属江北茶区, 北屏秦岭、南倚巴山, 栽种茶树历史悠久。唐代陆羽在《茶经》中将之划归为山南茶区, 在长期的自然演化和人工选择过程中, 形成了丰富的北亚热带和暖温带灌木中小叶型种质资源, 是我国北方茶区种质资源的重要宝库, 蕴藏着一些特异的资源<sup>[6]</sup>。到目前为止, 陕西茶树栽培品种以地方群体种为主<sup>[7-8]</sup>, 省级无性茶树品种只有陕茶 1 号。由于陕西茶区地形复杂,

收稿日期: 2018-01-17

基金项目: 陕西省农业厅、陕西省林业厅科技专项资金(陕农业发[2015]74 号)资助。

作者简介: 班秋艳, 博士研究生。E-mail: 807071355@qq.com

\* 通信作者: 江昌俊, 博士, 教授, 博士生导师。E-mail: jiangcj@ahau.edu.cn

交通不便, 相比于我国南方茶区, 茶树资源的研究远远不够系统和深入, 致使陕西茶树种质资源没有得到充分利用。

近年来, 在分子水平上对陕西茶树种质资源遗传多样性及其亲缘关系有一些报道<sup>[7,9]</sup>。由于分子标记技术不能准确地反应品种(系)的表现型, 因此开展陕西茶树种质资源表型性状遗传多样性研究是非常必要的。本课题组于2015年6月—2017年6月对陕西茶树种质资源进行普查, 以获得的表型数

据为依据分析了陕西茶树种质资源的表型遗传多样性, 为以后陕西茶树资源的利用和新品种的选育提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 野外考察和样本采集

选取10个当地群体种代表性茶园, 共采集了88份茶树资源为研究材料, 调查其当年秋梢枝干定型叶的13个表型性状。样品的基本信息见表1。

表1 陕西样品的基本信息

Table 1 The amplification information of tea germplasm resources in Shaanxi

编号 Code	调查地点 The investigation site	海拔高度/m Altitude	主要品系 Main strain	资源数 Number	茶树种质资源编号 The tea germplasm resources code
1	安康市紫阳县城关镇青中村	780~840	紫阳群体种	15	5,6,7,10,11,29,32,51,52,53,56,60,71,73,82
2	安康市紫阳县麻柳镇染房村大田湾	760~770	紫阳群体种	25	1,2,3,12,14,16,18,19,22,25,27,35,38,40,47,48,59,62,68,76,77,79,80,81,88
3	汉中市城固县董家营胥家营村	530~550		5	17,24,66,67,85
4	汉中市城固县二里镇高北村	760~820		2	21,50
5	汉中市宁强县青木川镇玉泉坝村	620~630	宁强广坪群体	12	4,8,9,13,15,20,30,31,37,49,72,87
6	汉中市西乡县大河镇石马村老房坪	1000~1080	西乡大河坝群体	20	23,24,26,28,33,34,39,41,42,43,44,45,46,55,57,61,69,70,84,86
7	汉中市洋县黄金峡镇大沟村	820~860		1	65
8	汉中市镇巴县兴隆镇大河村	760~780	紫阳群体种	1	63
9	汉中市镇巴县兴隆镇青狮村	700~740	紫阳群体种	4	58,74,78,83
10	汉中市镇巴县兴隆镇水田坝村	780~850	紫阳群体种	3	36,64,75

表2 表型性状及其编码

Table 2 The phenotypic traits and their coding

编号 Code	表型性状 Phenotypic trait	编码处理 Coding
1	叶片大小 Leaf surface	大叶(1)、中叶(2)、小叶(3)
2	叶形 Leaf shape	披针形(1)、长椭圆形(2)、椭圆形(3)、近圆形(4)
3	叶色 Leaf color	深绿(1)、绿(2)、黄绿(3)、浅绿(4)
4	叶面隆起性 Leaf upper surface	隆起(1)、微隆(2)、平直(3)
5	叶身 Leaf cross section.	内折(1)、平(2)、背卷(3)
6	叶片着生状态 Leaf insertion angle	上斜(1)、稍上斜(2)、水平(3)

### 1.2 表型性状测定指标

对当年生秋梢枝干中部成熟叶片的叶长、叶宽、叶片大小、叶形、叶色、叶面隆起性、叶面着生角度、光泽性、叶身、叶缘、叶齿、叶片厚度和叶尖等13个表型性状进行观察测量<sup>[10]</sup>。

注: 叶片大小=叶长×叶宽×0.7(系数); 叶型判断: 叶片大小>40 cm<sup>2</sup>为大叶型, 叶片大小在20~39 cm<sup>2</sup>为中叶型, 叶片大小<20 cm<sup>2</sup>为小叶型。叶形指数=叶长/叶宽。披针形: 叶形指数>4.0, 长椭圆形: 叶形指数为2.6~4.0; 椭圆形: 叶形指数

为2.0~2.5; 近圆形: 叶形指数<2.0。

### 1.3 统计分析 with 数据处理

根据88份茶树品种资源主要表型性状的差异, 选取6个有分类价值的性状进行编码处理(表2)。性状编码方法取决于性状的类型, 有序多态性状按状态的等级依次编码为1、2、3、…(表2)。采用SPSS16.0 (IBM Company, New York, USA) 进行数据统计分析、聚类分析。评价遗传多样性采用香农-维纳(Shannon-Wiener)指数( $H'$ ):

$$H' = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (1)$$

式(1)中 $P_i$ 为某性状第 $i$ 种个体数占总个体比例,  $N_i$ 表示某性状第 $i$ 种个体数目,  $n$ 为个体总数。

## 2 结果与分析

### 2.1 茶树种质资源表型性状的基本统计分析

频率分布及其多样性指数统计结果表明, 茶树资源的6个描述型表型性状表现出一定的集中性, 各性状在其描述级别上基本上均有分布(除叶形), 但不均匀(表3)。在叶片大小3种表型中, 以中叶所占比例较高; 在叶形的3种表型中, 以椭圆形所占比例较高; 在叶色的4种表型中, 以绿色所占比例较高; 在叶面隆起性的3种表型中, 以微隆和平

直所占比例较高; 在叶身的 3 种表型中, 以内折和平所占比例较高; 在叶片着生状态的 3 种表型中, 上斜和稍上斜所占比例较高。6 个描述型表型性状频率分布及其多样性指数统计分析结果表明(表 3), 不同性状的遗传多样性水平不同, 其多样性指数在 0.835 1~1.037 0 之间, 平均为 0.972 8。其中叶色的多样性指数最大, 其次为叶身、叶片着生状态、叶面隆起性、叶片大小, 最小为叶形。对 6 个描述型表型性状多样性统计分析, 结果(表 4)表明, 6 个描述型表型性状均存在不同程度的变异,

平均标准差为 0.717 0, 平均变异系数为 35.50%。其中变异系数最大的为叶色(48.52%), 其次为叶片着生状态、叶身、叶片大小和叶面隆起性, 较小的是叶形(20.85%)。

## 2.2 茶树种质资源表型性状的相关性

在 6 个描述型表型性状间的 15 对组合中有 3 对性状呈显著相关, 其中 1 对呈极显著相关(表 5)。叶形与叶面隆起性呈极显著负相关, 叶片大小与叶面隆起性呈显著正相关, 叶身与叶片着生状态呈显著负相关。

表 3 茶树种质资源 6 个描述型表型性状的频率分布及多样性指数

Table 3 The diversity index and frequency distribution of 6 characteristics in Shaanxi tea germplasm resources

表型性状 Phenotypic trait	表型级别 Phenotypic degree				多样性指数 Diversity index( $H'$ )
	1	2	3	4	
叶片大小 Leaf surface	0.227 3	0.625 0	0.147 7	0.000 0	0.913 0
叶形 Leaf shape	0.000 0	0.340 9	0.602 3	0.056 8	0.835 1
叶色 Leaf color	0.318 2	0.522 7	0.011 4	0.147 7	1.037 0
叶面隆起性 Leaf upper surface	0.136 4	0.397 7	0.465 9	0.000 0	0.994 3
叶身 Leaf cross section	0.318 2	0.488 6	0.193 2	0.000 0	1.031 9
叶片着生状态 Leaf insertion angle	0.465 9	0.363 6	0.170 5	0.000 0	1.025 3
平均值 Average	0.244 3	0.456 4	0.265 2	0.034 1	0.972 8

表 4 茶树种质资源表型多样性的基本统计数据

Table 4 The basic statistic of 88 accessions of tea plants based on morphological markers

表型性状 Phenotypic trait	平均值 Mean	最大值 Max.	最小值 Min.	标准差 S	变异系数/% CV
叶片大小 Leaf surface	1.920 5	3	1	0.610 7	31.80
叶形 Leaf shape	2.715 9	4	1	0.566 3	20.85
叶色 Leaf color	1.988 6	4	1	0.964 8	48.52
叶面隆起性 Leaf upper surface	2.329 5	3	1	0.706 6	30.33
叶身 Leaf cross section.	1.875 0	3	1	0.708 1	37.77
叶片着生状态 Leaf insertion angle	1.704 5	3	1	0.745 2	43.72
平均值 Average	2.089 0	3.3	1	0.717 0	35.50

## 2.3 茶树种质资源表型性状的聚类分析

基于欧式最远相似系数矩阵, 利用 SPSS 软件对 88 份陕西茶树资源的 6 个描述型表型性状进行聚类分析, 获得其亲缘关系树状图。在相似系数阈值为 20 时, 88 份茶树资源被分为 4 组(图 1)。

组 I 有 26 份茶树资源, 占总体的 29.55%, 其中资源 84 与 85、32 与 33、51 与 58 之间的遗传距离分别较近。以叶片大小为中叶、叶色为绿、叶身内折为主。组 I 又可以分为 3 个亚组: 第 1 亚组包括资源 84、85、52、60、86、32、33、28、51、58、82、83、23、81 和 49, 以叶片大小为中叶、叶形椭圆、叶色绿、着生角度为平、叶身内折为主; 第 2 亚组包括资源 29 和 76, 以叶形长椭圆、叶色绿、隆起、着生角度为上斜、叶身内折为主; 第 3 亚组包

括资源 57、71、9、54、4、31、65、75 和 30, 叶片大小为中叶、叶色绿、叶身平为主。

组 II 有 16 份茶树资源, 占总体的 18.18%, 叶片大小为大叶、叶形椭圆为主。组 II 又可以分为 2 个亚组: 第 1 亚组包括资源 7、19、11、15、16、61 和 20, 叶片大小为大叶、叶形椭圆、叶色绿、着生角度稍上斜、叶身平为主; 第 2 亚组包括资源 53、56、10、5、44、1、21、3 和 14, 叶片大小为大叶、叶形椭圆、微隆起、着生角度上斜、叶身内折为主。

组 III 有 33 份茶树资源, 占总体的 37.5%, 叶片大小中叶、叶色深绿、叶身背卷为主。组 III 又可以分为 3 个亚组: 第 1 亚组包括资源 78、79、24、77、47、59、22、50、35、62、2 和 27; 叶片大小中叶、

表 5 陕西茶树种质资源表型性状的相关系数

Table 5 The correlation coefficients among different phenotypic traits of 88 accessions of tea plant in Shaanxi

表型性状 Phenotypic trait		叶片大小 Leaf surface	叶形 Leaf shape	叶色 Leaf color	叶面隆起性 Leaf upper surface	叶身 Leaf cross section	叶片着生状态 Leaf insertion angle
叶片大小 Leaf surface	Pearson correlation <i>Sig.</i> (2-tailed)	1					
叶形 Leaf shape	Pearson correlation <i>Sig.</i> (2-tailed)	-0.166	1				
叶色 Leaf color	Pearson correlation <i>Sig.</i> (2-tailed)	0.076	-0.027	1			
叶面隆起性 Leaf upper surface	Pearson correlation <i>Sig.</i> (2-tailed)	0.221*	-0.280**	0.107	1		
叶身 Leaf cross section	Pearson correlation <i>Sig.</i> (2-tailed)	-0.023	-0.061	-0.137	0.129	1	
叶片着生状态 Leaf insertion angle	Pearson correlation <i>Sig.</i> (2-tailed)	-0.179	0.207	-0.053	-0.053	0.256*	1

注：“\*”表示不同表型性状间在 0.05 水平相关性显著；“\*\*”表示不同表型性状间在 0.01 水平相关性显著。

Note: “\*” shows the correlation was significant at the 0.05 level (2-tailed) among different phenotypic traits; “\*\*” shows that the correlation was significant at the 0.01 level(2-tailed) among different phenotypic traits.

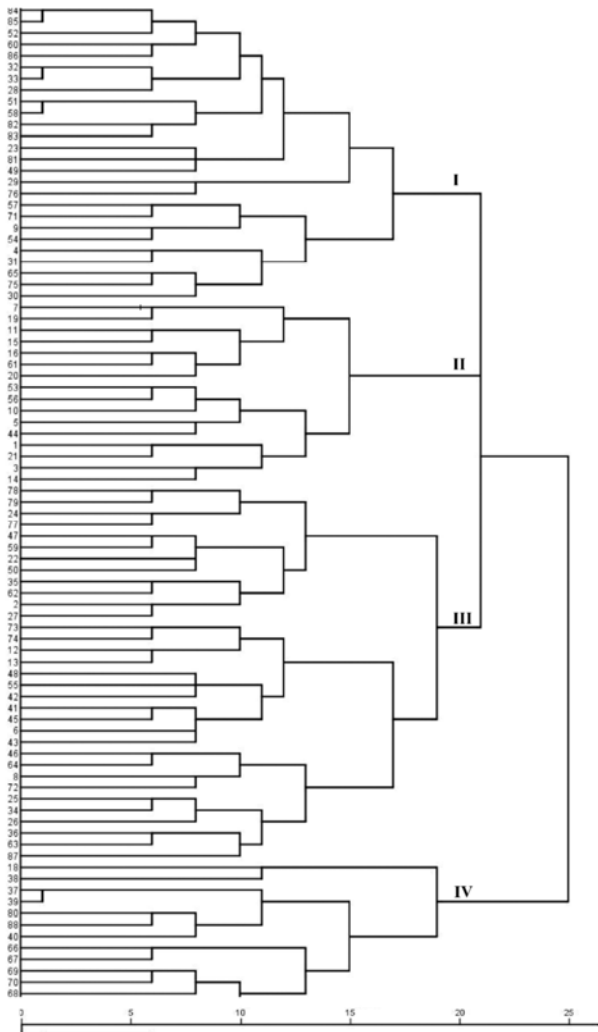


图 1 陕西茶树种质资源表型性状聚类

Figure 1 The dendrogram of tea germplasm resources in Shaanxi based on phenotypic characteristics

叶形长椭圆、叶色深绿、着生角度水平、叶身内折为主；第 2 亚组包括资源 3、74、12、13、48、55、42、41、45、6 和 43，叶片大小中叶、叶形椭圆、叶色深绿、微隆起、着生角度稍上斜、叶身背卷为主；第 3 亚组包括资源 46、64、8、72、25、34、26、36、63 和 87，叶片大小中叶、叶面隆起性平、着生角度稍上斜、叶身背卷为主。

组IV有 13 份茶树资源，占总体的 14.77%，以叶色浅绿、着生角度稍上斜、叶身内折为主，其中资源 37 与 39 之间的遗传距离分别较近。组IV又可以分为 3 个亚组：第 1 亚组包括资源 18 和 38，叶色以浅绿为主；第 2 亚组包括资源 37、39、80、88 和 40，叶形长椭圆、叶色浅绿、叶面隆起性平，着生角度稍上斜，叶身内折为主；第 3 亚组包括资源 66、67、69、70、68 和 17，叶片大小中叶、叶形椭圆、叶色浅绿、微隆起、着生角度稍上斜、叶身内折为主。

### 3 讨论与结论

本研究分析了 88 份陕西茶树资源 6 个描述型表型性状的遗传多样性，结果表明陕西茶树资源主要以中叶、椭圆形、绿色、微隆起、内折和上斜为主。陕西茶树资源表型性状上存在着不同程度的连续性变异，平均多样性指数和变异系数分别为 0.9728 和 35.5%。基于茶树种质资源表型标记遗传多样性和变异的研究结果表明，陕西茶树种质资源叶片表型多样性丰富，可为选育茶树新品种提供理论依据。

6 个描述型表型性状在 88 份陕西茶树资源中均表现出不同程度的遗传分化。叶片大小、叶形、叶

面隆起性、叶身和着生角度均有 3 种表型, 叶色有 4 种表型。除叶形无披针形外, 各性状在其描述特征上均有体现, 说明陕西茶树资源形态特征变异丰富。所测定的 88 份茶树资源的描述型性状多样性指数在 0.835 1~1.037 0 之间, 平均多样性指数为 0.972 8, 以叶色较高, 叶形较低, 略高于国内茶树资源平均值 ( $H'=0.96$ )<sup>[11]</sup>。88 份茶树资源变异系数在 20.85%~48.52% 之间, 平均值为 35.5%。近年来, 茶学研究人员在利用形态标记鉴定茶树的遗传多样性取得了一定的进展。蒋会兵等<sup>[12]</sup>分析了云南茶树地方品种的农艺性状, 结果表明云南茶树地方品种农艺性状上存在着不同程度的连续性变异, 其平均变异系数和多样性指数分别为 25.84% 和 1.94。李华锋等<sup>[5]</sup>对连南栽培型古茶树资源叶片表型性状遗传多样性分析结果表明, 66 份茶树资源的 24 个叶片表型性状的平均变异系数和遗传多样性指数分别为 31.86% 和 1.10。葛立雯等<sup>[3]</sup>对贵州姑菁野生茶树形态多样性分析结果表明, 变异系数和多样性指数平均值分别为 15.10% 和 1.62。沈程文等<sup>[13]</sup>对 517 个单株的 10 个表型性状进行遗传多样性分析结果表明, 不同供试材料之间存在很大的差异, 不同的性状在不同的材料之间表现出了不同程度的多样性。

在 6 个描述型表型性状相关性研究中, 叶形与叶面隆起性呈极显著负相关, 叶片大小与叶面隆起性呈显著正相关, 叶身与叶片着生状态呈显著负相关。从中可以看出, 叶形与叶面隆起性、叶片大小与叶面隆起性、叶身与叶片着生状态可能分属于相同的连锁基因群。沈程文<sup>[14]</sup>利用相关分析表明, 树型与树姿、叶片大小呈极显著正相关, 与叶尖呈显著负相关。

本课题组此次资源普查的目的是了解陕西茶树资源的表型类型及其多样性, 期望对因形制茶起指导作用。由于长期的自然淘汰和人工选择, 陕西茶区形成了大、中、小叶共生的丰富多样的茶树资源。在 1981—1984 年陕西茶树资源调查中, 程良斌<sup>[15]</sup>根据茶树分布的地域特点、栽培历史和组成类型, 将陕西茶树资源分为紫阳群体种、西乡大河坝群体种、南郑碑坝群体种、白河歌风群体种、苦茶群体种、宁强广坪群体种和山阳漫川群体种 7 大群体。其中紫阳群体种是全国有性系良种之一, 具有发芽早、生育快、抗寒和抗旱的特点。其中的紫阳大叶泡被认为具有浓郁熟板栗香或者香味特优性的特点<sup>[15]</sup>。根据此次茶树资源普查, 紫阳群体种亦是陕西茶树资源的主要的组成。根据其表型的多样性和生理生化特性, 应加大紫阳群体种无性系良种化的

繁育推广。陕西茶叶主要为炒青绿茶和茯砖茶, 但缺少名优绿茶, 建议加大名优绿茶的开发和推广。陕西茶区属于中小叶茶区, 但调查发现大量的大叶种的分布。鉴于夏秋茶绿茶品质比春茶低, 建议利用内涵物质丰富的大叶种夏秋茶制作红茶(如红碎茶), 增加农民收入。

依据 6 个描述型表型性状对 88 份陕西茶树资源进行鉴定评价和聚类分析, 初步了解了陕西茶树资源的形态多样性和茶树资源间的亲缘关系。但由于形态鉴定受生长状态和环境等因素的限制, 未能完全准确地反映资源的遗传本质, 所以仅仅依赖形态性状是远远不够的。但在资源群体较大和要求在短期内对资源有所了解, 对资源表型性状进行遗传多样性研究, 能简便、经济地对遗传资源做出评价。为了提高优异资源的发掘效率, 应开展多年多点的精细化鉴定, 同时结合分子标记从本质上揭示茶树遗传变异信息<sup>[11]</sup>。

## 参考文献:

- [1] WACHIRA F N, WAUGH R, POWELL W, et al. Detection of genetic diversity in tea (*Camellia sinensis*) using RAPD markers[J]. Genome, 1995, 38(2): 201-210.
- [2] FANG W P, MEINHARDT L W, TAN H W, et al. Varietal identification of tea (*Camellia sinensis*) using nanofluidic array of single nucleotide polymorphism (SNP) markers[J]. Hortic Res, 2014, 1: 14035.
- [3] 葛立雯, 郭维, 潘正康, 等. 贵州姑菁野生茶树形态多样性及相关性研究[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(3): 497-502.
- [4] 尹晓蛟, 万志能, 袁伟, 等. 麻城山茶种质资源表型遗传多样性研究[J]. 江西农业学报, 2017, 29(3): 62-65.
- [5] 李华锋, 滕杰, 杨家干, 等. 连南栽培型古茶树资源叶片表型性状遗传多样性及聚类分析[J]. 中国农学通报, 2016, 32(36):109-114.
- [6] 程良斌. 陕西省茶树品种资源调查[J]. 中国茶叶, 1992, 14(6):32-34.
- [7] 潘庆. 陕西茶树种质 RAPD 分析及珍稀茶树种质紫阳 1 号的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2007.
- [8] 李剑. 陕西茶树种质资源鉴定与评价[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2008.
- [9] 陈熙. 陕西茶树种质资源 DNA 指纹图谱构建[D]. 汉中:陕西理工学院, 2016.
- [10] 江昌俊. 茶树育种学[M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [11] 乔婷婷. 茶树资源遗传多样性及其表型性状关联 EST-SSR 位点的初步鉴定[D]. 北京: 中国农业科学院, 2010.
- [12] 蒋会兵, 田易萍, 陈林波, 等. 云南茶树地方品种农艺性状与品质性状遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(4): 634-640.
- [13] 沈程文, 黄意欢, 黄建安, 等. 湖南典型茶树地理种群遗传多样性[J]. 农业生物技术学报, 2007, 15(5): 855- 860.
- [14] 沈程文. 广东茶树种质遗传多样性的形态和分子评价及其亲缘关系研究[D]. 长沙:湖南农业大学, 2007.
- [15] 程良斌. 紫阳富硒茶研究与开发[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 2011.