

王治会, 彭 华, 江新风, 等. 江西茶树种质资源芽叶表型多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(1): 134-138, 142.

doi: 10. 15889/j. issn. 1002-1302. 2020. 01. 024

江西茶树种质资源芽叶表型多样性分析

王治会, 彭 华, 江新风, 杨普香

(江西省蚕桑茶叶研究所/江西省茶叶质量与安全控制重点实验室, 江西南昌 330202)

摘要:以江西省茶树种质资源圃 35 份茶树种质资源为材料, 对其 21 个芽叶表型性状进行多样性研究, 结果显示, 35 份茶树资源芽叶表型性状多样性丰富, 描述型性状变异系数均值为 35.32%, 多样性指数均值为 0.90, 其多样性程度依次为芽叶颜色 > 叶色 > 叶质 > 叶面隆起 > 叶齿形态 > 芽叶茸毛; 数量型性状变异系数均值为 23.57%, 多样性指数均值为 1.95, 其多样性程度依次为叶长 > 叶宽 = 叶面积 > 一芽二叶百芽质量 > 一芽二叶长 = 叶脉对数 > 叶厚 > 发芽密度。通过主成分分析可将 21 个性状简化为 7 个主成分, 其累计贡献率为 76.785%。聚类分析将茶树种质资源分为 6 类, 各类均具有特异性状特点。综合各份种质资源的芽叶表型性状特点, 为深入研究和利用江西区域内茶树种质资源提供参考。

关键词:茶树资源; 芽叶; 表型性状; 多样性

中图分类号: S571.102.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)01-0134-05

形态学方法是植物遗传多样性研究最直观、最基础的方法, 通过形态学性状遗传多样性研究, 能从整体了解资源的丰富度, 为研究者提供重要信息^[1-3]。形态性状能较真实地表现物种的综合性状, 为研究物种进化和选择育种材料提供客观依据, 现已广泛应用于包括茶树在内的多种生物种质资源的分类研究^[4-5]。对茶树芽叶形态性状的鉴定和描述是开展茶树种质资源调查、分类研究的基本方法, 也是优良品种选育的最初途径^[6]。在江西境内, 茶树经过长期的自然演化、人工栽培与引种驯化等因素的影响, 形成了丰富的茶树资源, 这为茶树良种选育提供了物质基础^[7]。因此, 系统评价江西区域内茶树资源, 对提高当地优异茶树资源的利用率具有重要意义。本研究以保存在江西省蚕桑茶叶研究所茶树种质资源圃的 35 份茶树资源为对象, 调查分析其成熟叶片、新梢芽叶的 21 个表型性

状, 探讨保存茶树种质资源的芽叶表型性状遗传多样性, 为深入研究和利用江西区域内茶树种质资源提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以江西省蚕桑茶叶研究所茶树种质资源圃保存的 35 份茶树资源为供试材料, 其中江西省内种质资源 18 份, 其中 N-1 ~ N-13 为新资源, 从省外引进的茶树种质资源 17 份, 资源名目见表 1。

1.2 试验方法

选取 21 个芽叶表型性状进行调查统计, 包含 8 个数量型性状和 13 个描述型性状。2018 年 3—5 月调查各份资源的芽叶性状, 2018 年 6—8 月调查各份资源的叶片性状, 所有描述型性状和数量型性状均按照陈亮等编著的《茶树种质资源描述规范和数据标准》^[8]观测和测定。对每份材料的描述型性状(叶形、叶色、叶基、叶身、叶尖、叶面隆起、叶缘、叶背茸毛、叶质、叶齿形态、叶片大小、芽叶颜色、芽叶茸毛)重复观测 10 次, 对数量型性状(叶长、叶宽、叶面积、叶厚、叶脉对数、发芽密度、一芽二叶长、一芽二叶百芽质量)重复测量 3 次, 取平均值。

1.3 数据统计分析

35 份茶树资源的 21 个芽叶表型性状中数量型性状分析采用原数值数据, 对描述型性状采用赋值后的数据来进行统计分析。Shannon - Weave 多样

收稿日期: 2018-10-16

基金项目: 国家现代农业产业技术体系项目(编号: CARS-19); 江西茶树种质资源遗传多样性鉴定与创新利用项目(编号: 20143ACF60006); 江西省现代农业产业技术体系建设专项(编号: JXARS-02); 江西省茶叶质量与安全控制重点实验室项目(编号: 20192BCD40007)。

作者简介: 王治会(1992—), 男, 河南驻马店人, 硕士, 主要从事茶树资源开发利用研究。E-mail: 1246900265@qq.com。

通信作者: 杨普香, 研究员, 主要从事茶产业生产技术研究及推广。E-mail: 1185812469@qq.com。

表1 试验材料及来源

编号	品种名称	来源	编号	品种名称	来源	编号	品种名称	来源
1	N-1	江西	13	N-13	江西	25	马边绿	四川
2	N-2	江西	14	78-35	江西	26	川茶3号	四川
3	N-3	江西	15	黄金菊	江西	27	川茶2号	四川
4	N-4	江西	16	江茶3号	江西	28	浙农113	浙江
5	N-5	江西	17	江茶97号	江西	29	浙农117	浙江
6	N-6	江西	18	婺茶7号	江西	30	春雨2号	浙江
7	N-7	江西	19	黄金茶1号	湖南	31	春雨1号	浙江
8	N-8	江西	20	湘波绿2号	湖南	32	浙农902	浙江
9	N-9	江西	21	玉笋	湖南	33	天台黄	浙江
10	N-10	江西	22	福鼎大白茶	福建	34	鄂茶1号	湖北
11	N-11	江西	23	308	福建	35	金宣	台湾
12	N-12	江西	24	名山白毫	四川			

性指数,即 $H' = -\sum(P_i \ln P_i)$, P_i 为某性状第 i 级出现的频率。每个性状的观察值(x)分为 10 级,1 级为 $x < \bar{x} - 2\sigma$, 10 级为 $x \geq \bar{x} + 2\sigma$, 中间每级相差 0.5σ , σ 为标准差。计算 Shannon-Weaver 多样性指数前先对数量型性状进行质量化处理,再进行计算。使用 SPSS 19.0 做主成分分析与聚类分析。

2 结果与分析

2.1 描述型性状的变异及多样性

对 35 份茶树资源的 13 个描述型性状统计分析的结果见表 2。从表 2 中可以看出,供试材料的描述型性状在其描述级别上都有不同程度的呈现,其中叶形有 3 种,椭圆占比最高,为 68.57%,说明样本的叶形以椭圆为主;叶色有 4 种,深绿占比最高,为 48.57%,黄绿最低,为 2.86%;叶基有 2 种,楔形占比为 71.43%;叶身有 3 种,内折占比最高,为 82.86%;叶尖有 4 种,渐尖占比最高,为 60.00%;叶面隆起有 3 种类型,平和微隆起占比较大;叶背茸毛有 2 种类型,两者相差不大;叶质有 3 种类型,三者相差不大;芽叶茸毛有 3 种类型,少和中占比较大;叶缘有 3 种,以微波、平为主;叶齿形态以少齿形为主;叶片大小以中小叶为主;芽叶颜色以黄绿为主,浅绿、绿、紫绿占比相近。可见茶树资源的 13 个描述型性状存在一定的集中性,不同性状的遗传多样性水平不同。描述型性状变异系数的变化范围为 24.14%~51.71%,均值为 35.32%,整体变异系数大于 20%,其中叶身、叶齿形态、叶面隆起、叶缘、叶质等 5 个性状的变异系数明显高于平均值,说明这 5 个描述型性状在各个样本之间的变异较大。多样性指数的范围为 0.51~1.28,均值为 0.90,其中

芽叶颜色、叶色、芽叶茸毛、叶质、叶齿形态、叶面隆起等 6 个性状的多样性指数明显高于平均值,说明这 6 个性状在样本中的多样性较丰富,其多样性程度依次为芽叶颜色 > 叶色 > 叶质 > 叶面隆起 > 叶齿形态 > 芽叶茸毛。从供试材料的变异系数与多样性指数可以看出 35 份茶树资源的描述型性状遗传多样性丰富、筛选出优异资源的潜力较大。

2.2 数量型性状的变异及多样性

对 35 份茶树资源的 8 个数量型性状统计分析结果见表 3,从数量型性状的极大值和极小值之间的范围可以看出,数量性状之间的跨度较大。变异系数范围为 12.78%~39.06%,均值为 23.57%,其中叶面积变异系数最大,为 39.06%,变异系数超过平均值的有叶面积、一芽二叶百芽质量、发芽密度等 3 个性状,说明这些性状的遗传变异较大。多样性指数变化范围为 1.87~2.05,均值为 1.95。样本整体的多样性指数较大,说明供试样本在数量型性状上的遗传多样性丰富。多样性程度依次为叶长 > 叶宽 = 叶面积 > 一芽二叶百芽质量 > 一芽二叶长 = 叶脉对数 > 叶厚 > 发芽密度。

2.3 茶树资源芽叶表型性状的主成分分析

主成分分析是将多个指标简化为少量的综合指标的一种统计分析方法,用少数变量尽可能多地反映原来变量的信息^[9]。为了能够更充分地反应各因素中起主导作用的性状指标,对 21 个芽叶表型性状进行主成分分析,结果见表 4,根据初始特征值 ≥ 1 ,累计方差贡献率表 $\geq 75\%$ 的标准^[10],有 7 个主成分能够概括茶树资源的叶片表型性状的绝大部分信息,其累计方差贡献率为 76.785%。

从表 4 中可知,PC1 中叶长、叶宽、叶面积、叶脉

表 2 茶树资源描述性状分析

性状	表型	样本数	所占比例 (%)	变异系数 (%)	多样性指数
叶形	椭圆	24	68.57	24.14	0.77
	长椭圆	9	25.71		
	近圆形	2	5.71		
叶色	深绿	17	48.57	26.13	1.12
	绿	11	31.43		
	浅绿	6	17.14		
	黄绿	1	2.86		
叶基	楔形	25	71.43	35.50	0.60
	近圆形	10	28.57		
叶身	内折	29	82.86	51.71	0.51
	平	2	5.71		
	稍背卷	4	11.43		
叶尖	急尖	4	11.43	30.77	0.86
	渐尖	21	60.00		
	钝尖	9	25.71		
	圆尖	1	2.86		
叶面隆起	微隆起	13	37.14	42.90	1.08
	平	14	40.00		
	隆起	8	22.86		
叶缘	微波	15	42.86	40.25	0.92
	平	17	48.57		
	波	3	8.57		
叶背茸毛	少	17	48.57	34.03	0.69
	无	18	51.43		
叶质	硬	13	37.14	39.14	1.09
	中	12	34.29		
	柔软	10	28.57		
叶齿形态	重锯齿形	9	25.71	46.28	1.06
	锯齿形	9	25.71		
	少齿形	17	48.57		
叶片大小	中叶	18	51.43	33.58	0.69
	小叶	17	48.57		
芽叶颜色	浅绿色	5	14.29	29.09	1.28
	黄色	2	5.72		
	黄绿色	16	45.71		
	绿	7	20.00		
	紫绿色	5	14.29		
芽叶茸毛	少	12	34.29	25.63	1.05
	中	16	45.71		
	多	7	20.00		
均值	—	—	—	35.32	0.90

对数、叶片大小的载荷量较大,为主要贡献指标;PC2 中叶基、叶形、叶质为主要指标;PC3 中一芽二叶百芽质量、芽叶颜色为主要指标;PC4 中叶尖、叶身为主要指标;PC5 中发芽密度为主要指标;PC6 中叶背茸毛为主要指标;PC7 中一芽二叶长为主要指标。综上可知,PC1 主要与叶面积指标高度相关,PC2、PC4、PC6 主要与叶片状态指标高度相关,PC3、PC5、PC7 主要与产量潜力和芽叶状态指标高度相关,在利用这些资源选育品系时,可依据各个性状

在主成分中的贡献来构建评价体系,达到定向育种的目标和需求。

2.4 茶树资源芽叶表型性状的聚类分析

依据组间联接法计算茶树资源间的欧式距离,聚类分析结果见图 1,从图 1 中可以看出,将 35 份茶树资源分为 6 类,第 1 类共 5 份资源,分别为编号 12、27、31、8、16,主要表现为叶宽、叶面积、叶厚、叶脉对数、一芽二叶长、一芽二叶百芽质量均为 6 类里面最小的,发芽密度中等,叶身均为内折,叶片大小

表 3 茶树资源数量性状分析

性状	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数 (%)	多样性指数
叶长 (cm)	4.40	11.30	8.11	1.69	20.88	2.05
叶宽 (cm)	1.80	5.23	3.60	0.78	21.70	2.02
叶面积 (cm ²)	5.54	39.81	21.23	8.29	39.06	2.02
叶厚 (cm)	0.02	0.04	0.03	0.00	12.78	1.88
叶脉对数 (对)	6	13	8	1.46	17.83	1.89
发芽密度 (个/1 089 cm ²)	36	145	93	24.16	26.00	1.87
一芽二叶长 (cm)	2.05	6.80	4.27	0.89	20.84	1.89
一芽二叶百芽质量 (g)	12.10	45.27	23.25	6.86	29.50	1.96
均值	—	—	—	—	23.57	1.95

表 4 主成分分析各主成分载荷矩阵

性状	载荷						
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
叶长	0.933	0.003	-0.147	-0.195	0.032	-0.164	-0.042
叶宽	0.886	-0.295	0.051	-0.197	0.055	-0.114	-0.029
叶面积	0.933	-0.115	-0.023	-0.205	0.027	-0.117	-0.056
叶厚	0.509	0.496	0.307	-0.148	0.171	0.12	-0.177
叶脉对数	0.754	-0.188	-0.148	-0.178	-0.334	0.017	0.151
发芽密度	-0.055	0.482	-0.414	0.014	0.584	0.016	0.096
一芽二叶长	0.319	0.111	0.471	0.132	0.259	-0.145	0.553
一芽二叶百芽质量	0.067	-0.208	0.669	-0.026	0.146	-0.359	-0.343
叶形	0.074	0.613	-0.417	0.063	-0.201	-0.179	0.076
叶色	0.005	0.586	0.556	-0.15	-0.111	-0.112	0.126
叶基	-0.241	-0.693	-0.04	-0.302	-0.167	0.124	0.007
叶身	0.192	0.088	-0.08	0.598	0.134	-0.555	-0.202
叶尖	0.083	-0.454	0.259	0.552	0.015	0.386	-0.042
叶面隆起	0.528	0.245	0.11	0.44	-0.345	0.194	-0.291
叶缘	0.118	0.583	-0.403	0.245	-0.304	0.243	-0.085
叶背茸毛	0.338	-0.05	0.075	0.002	0.569	0.511	-0.339
叶质	-0.131	0.652	0.476	-0.269	-0.013	0.104	-0.195
叶齿形态	0.677	0.209	-0.049	-0.17	0.013	0.34	0.287
叶片大小	0.856	-0.128	-0.037	0.166	-0.203	-0.053	-0.101
芽叶颜色	-0.055	0.074	0.675	0.215	-0.325	0.166	0.255
芽叶茸毛	0.385	-0.15	-0.024	0.435	0.312	0.037	0.371
初始特征值	5.334	2.997	2.405	1.588	1.453	1.251	1.097
方差贡献率 (%)	25.401	14.272	11.452	7.561	6.919	5.959	5.222
累积贡献率 (%)	25.401	39.672	51.124	58.685	65.605	71.564	76.785

均为小叶。第 2 类共 9 份资源,分别为编号 2、17、18、20、22、21、29、32、1,主要表现为叶长、叶宽、叶面积、叶厚都是 6 类中最大的,发芽密度中等,一芽二叶长较长、一芽二叶百芽质量较大,叶基以楔形为主,叶背茸毛以少为主,叶片以中叶为主。第 3 类共 5 份资源,分别为编号 19、24、30、34、4,主要表现为叶宽、叶脉对数为 6 类中最大的,叶厚为 6 类中最小的,叶长、叶面积、一芽二叶长较大、发芽密度较低,叶背茸毛均为无,叶质以柔软为主,叶片大小均为中叶,芽叶茸毛为中、多,叶面隆起以微隆起为主。第 4 类共 11 份资源,分别为编号 3、7、25、28、5、14、

6、33、9、11、10,主要表现为叶长为 6 类中最小的,叶宽、叶面积较小,发芽密度较低,一芽二叶长为 6 类中最长的,叶形以椭圆为主,叶色以绿色为主,叶齿形态以少齿为主,叶片大小以小叶为主,芽叶茸毛以少为主。第 5 类共 2 份资源,分别为编号 13、26,发芽密度为 6 类中最大,主要表现为叶形均为椭圆、叶尖均为渐尖、叶质均为中、芽叶茸毛均为中。第 6 类共 3 份资源,分别为编号 23、35、15,主要表现为叶厚在 6 类中最大,发芽密度在 6 类中最低,一芽二叶百芽质量在 6 类中最大,叶基均为近圆形、叶身均为内折、叶缘均为平。

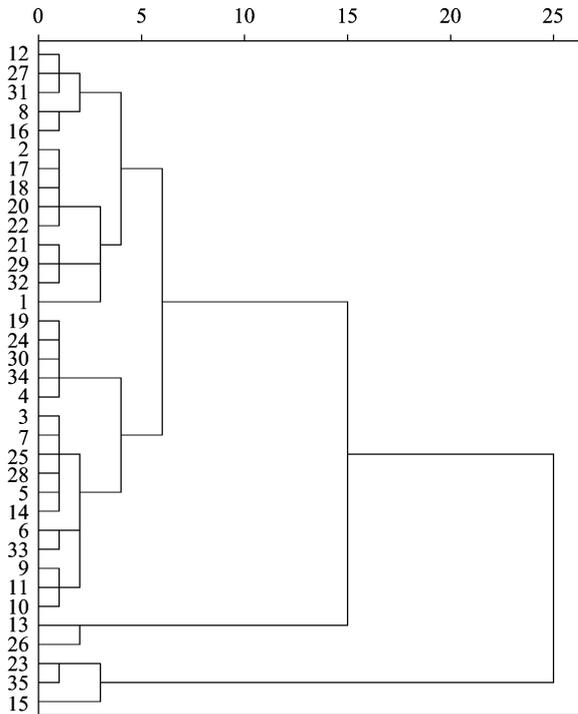


图1 聚类分析系谱

福鼎大白茶、浙农 113、浙农 117、玉笋、黄金茶、名山白毫是福建、浙江、湖南等省培育的优良品种,在江西均有较长时间的引种历史,具有适应性强和适制性广的特征。对比 35 份资源中 13 份本区域特色资源与引进的省外良种资源聚类分析结果可以看出, N-1、N-2、江茶 97 号、婺茶 7 号与福鼎大白茶、玉笋、浙农 117 等良种聚为一类, N-3、N-7、N-5、N-6、N-9、N-10、N-11 与浙农 113 等良种聚为一类, N-4 与名山白毫、黄金茶等良种聚为一类,这 10 份资源分别与引进省外良种的芽叶表型性状相似,说明这些资源具备培育优良品种的潜力。而 N-12、N-8、N-13 与引进省外良种的遗传距离较远,但叶的表型性状特异,有望培育出特异性茶树资源。

3 结论与讨论

表型多样性是遗传多样性重要组成部分,是遗传多样性与环境多样性的综合体现^[11-13]。芽叶是茶树的主要利用对象,也是光合器官,为茶树生长发育储备能量,直接与外界环境接触,容易受环境的影响而发生各种变异,因此芽叶性状是评价茶树遗传多样性最为直观和简单易行的指标之一^[14]。本研究对 35 份茶树资源的 21 个芽叶表型性状遗传多样性进行分析,结果表明,描述型性状变异系数

均值为 35.32%,多样性指数均值为 0.90;数量型性状变异系数均值为 23.57%,多样性指数均值为 1.95。这个结果与国内茶树资源遗传多样性指数平均值(0.96)来比较^[15],描述型性状的多样性指数均值相近,数量型性状的多样性指数较高,且变异系数与云南^[16]、四川^[17]、陕西^[18]、广西^[19]等地的多样性结果相近,表明供试茶树资源的叶片表型性状多样性丰富。其中芽叶颜色、叶色、叶质、叶面隆起、叶齿形态、芽叶茸毛、叶长、叶宽、叶面积、一芽二叶百芽质量、一芽二叶长、叶脉对数、叶厚、发芽密度等性状的变异系数与多样性指数较大,说明它们具有较大的改良潜力,这为今后优良品种的选育提供基础。

主成分分析将 21 个性状简化为 7 个主成分,累计解释 76.785% 的变异,其中每个主成分内的贡献指标各不相同,PC1 主要与叶面积指标高度相关,PC2、PC4、PC6 主要与叶片状态指标高度相关因子,PC3、PC5、PC7 主要与产量潜力和芽叶状态指标高度相关,在利用这些资源选育品系时,可依据各个性状在主成分中的贡献来构建评价体系,达到定向育种的目标和需求。在此基础之上,将 35 份茶树资源分为 6 类,性状较为接近的资源聚类在一起,第 1 类为小叶性、叶面积最小;第 2 类为中叶性、叶面积最大;第 3 类叶宽最大;第 4 类一芽二叶长最长,第 5 类发芽密度最大;第 6 类叶厚、一芽二叶百芽质量最大,通过聚类分析明确了种质资源的类型,根据各资源的性状特点,可更好地利用江西茶树种质资源。

参考文献:

- [1] Adjebeng D J, Gracen V E, Offei S K, et al. Agronomic performance and genotypic diversity for morphological traits among cassava genotypes in the guinea savannah ecology of Ghana[J]. Journal of Crop Science and Biotechnology, 2016, 19(1): 99-108.
- [2] Sallaku G, Nasto T, Balliu A. A glance on the phenotypic diversity among pea (*Pisum sativum*) local genotypes in Albania[J]. Acta Horticulturae, 2016, 1142: 227-232.
- [3] Qin Q, Wang N N, Li J H, et al. Diversity and cluster analysis on phenotypic traits and SSR of olive cultivars[J]. Forest Research, 2016, 29(5): 676-681.
- [4] Livianos I, Lazaridi E, Bebeli P J. Assessment of phenotypic diversity in bitter vetch [*Vicia ervilia* (L.) Willd.] populations[J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2018, 65(1): 355-371.
- [5] Wang R, He Z, Fang X, et al. Analysis of phenotypic diversity of *Paeonia lactiflora* cultivars in Yangzhou[J]. Plant Science Journal, 2016, 34(6): 901-908.

Zn 元素对其他蓝莓矿质营养的吸收起到一定的拮抗作用,尤其 Zn 元素对其他元素的拮抗作用更为明显,从原始数据也可以看出奥尼尔品种蓝莓对 N、Zn 元素吸收较多,从而影响了整体吸收率,使蓝莓对矿质营养的吸收下降。因此,在今后蓝莓施肥过程中,应少施含 N、Zn 元素的肥料,避免大量混施,减少拮抗作用效果。同时,在蓝莓种植选址过程中,应充分考虑气候条件,针对土壤中 N、Zn 元素含量较多的区域,优先推荐雷戈西、都克、蓝丰和北陆等品种,避免种植奥尼尔和密斯蒂 2 个品种。综上所述,该评价方法评价结果与实际相符合,初步验证了该方法的科学合理性,今后将进一步对该评价模型进行优化,为蓝莓产业精准施肥、优化品种的选择奠定理论基础。

参考文献:

[1] 吴林. 中国蓝莓 35 年——科学研究与产业发展[J]. 吉林农业大学学报,2016,38(1):1-11.

[2] 阳翠,董顺文,陈昌琳,等. 盆栽蓝莓栽培技术研究[J]. 现代农业科技,2018(8):70-71,76.

[3] 黄学虹. 南陵县蓝莓产业发展情况调研[J]. 现代农业科技,2018(8):108-109.

[4] 刘鑫,朱丹,牛广财,等. 蓝莓酵素发酵工艺优化[J]. 中国酿造,2018(3):171-175.

(上接第 138 页)

[6] 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.

[7] 江新风,李文金,杨普香. 江西省茶树种质资源研究进展[J]. 蚕桑茶叶通讯,2016(5):29-31.

[8] 陈亮,杨亚军,虞富莲. 茶树种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2005:7-64.

[9] Liang W Y, Chen W J, Wu L F, et al. Quality evaluation and chemical markers screening of *Salvia miltiorrhiza* Bge. (Danshen) based on HPLC fingerprints and HPLC-MSⁿ coupled with chemometrics[J]. *Molecules*,2017,22(3):478.

[10] Jiang Y Y, Zhong G C, Wang L, et al. The use of principal component analyses and hierarchical cluster analyses in the quality evaluation of *Salvia miltiorrhiza* Bunge[J]. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*,2014,6(4):445-451.

[11] Han Z C, Pan X J, An H M, et al. Genetic diversity of local persimmon in Guizhou based on phenotypic traits[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*,2014,34(6):1152-1163.

[12] Last L, Luescher G, Widmer F, et al. Indicators for genetic and phenotypic diversity of *Dactylis glomerata* in Swiss permanent

[5] 谢国芳,杨飞艳,陈欢欢,等. 采前喷施糖醋螯合钙对蓝莓外观及品质的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2018,44(2):167-170.

[6] 龚辉. 超声处理对蓝莓花色苷稳定性的影响[D]. 杭州:浙江大学,2018.

[7] 冉隆俊. 夏萝卜施沼肥试验效果探讨[J]. 农业科技与信息,2010(13):35.

[8] 白永超,卫旭芳,陈露,等. 笃斯越橘果实、叶片矿质元素和土壤肥力因子与果实品质的多元分析[J]. 中国农业科学,2018,51(1):170-181.

[9] 胡志全,俞宵丽. 光谱在土壤元素测定中的应用[J]. 工业,2015(20):59-60.

[10] 赵东兴,李春,李芹,等. 微波消解-原子吸收分光光度法测定沉香叶中的矿物元素[J]. 微量元素与健康研究,2016,33(6):26-29.

[11] 林海明,杜子芳. 主成分分析综合评价应该注意的问题[J]. 统计研究,2013,30(8):25-31.

[12] 张朋,张静佳,杨玉良,等. 12 种饮用干花中微量元素主成分的分析[J]. 武汉工程大学学报,2015,37(10):1-4.

[13] 多本加. 四种补益药中微量元素含量的主成分分析[J]. 武汉工程大学学报,2015,37(7):30-33.

[14] 匡立学,聂继云,李志霞,等. 不同苹果品种果实矿质元素含量的因子分析和聚类分析[J]. 中国农业科学,2017,50(14):2807-2815.

[15] 杨春宁,孙志蓉,曲继旭,等. 基于主成分分析的天麻矿质元素综合评价研究[J]. 中医药导报,2016,22(20):52-54,61.

grassland[J]. *Ecological Indicators*,2014,38(3):181-191.

[13] Wang X, Wang X A, Zhu Y Y, et al. Phenotypic diversity in artificial sapling populations of *Pinus tabulaeformis* in Ziwuling Mountain[J]. *Chinese Journal of Ecology*,2015,34(11):3050-3056.

[14] Nguyen H P, Pongnak W, Soyong K, et al. Diversity of tea (*Camellia sinensis*) grown in Vietnam based on morphological characteristics and inter-primer binding sites (iPBS) marker[J]. *International Journal of Agriculture and Biology*,2016,18(2):385-392.

[15] 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]. 杭州:中国农业科学院,2010.

[16] 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.

[17] 王小萍,唐晓波,王迎春,等. 52 份茶树资源生化组分的表型多样性分析[J]. 茶叶科学,2012,32(2):129-134.

[18] 李瑞,肖斌,宋红霞,等. 50 份茶树种质资源农艺性状及其聚类分析[J]. 西北农业学报,2011,20(10):107-111.

[19] 王新超,陈亮,杨亚军. 广西茶树资源生化成分多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(3):309-314,319.