



王治会, 彭华, 杨普香, 等. 基于多元统计法的赣育茶树新品系评价[J]. 江西农业大学学报, 2022, 44(3): 540–548.
WANG Z H, PENG H, YANG P X, et al. Evaluating new tea strains in Jiangxi Province based on multivariate statistical method[J].
Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2022, 44(3): 540–548.

基于多元统计法的赣育茶树新品系评价

王治会, 彭 华, 杨普香*, 李文金, 李 琛, 岳翠男, 江新风, 李延升

(江西省经济作物研究所/江西省茶叶质量与安全控制重点实验室, 江西 南昌 330202)

摘要:【目的】探究江西省选育茶树新品系的特征特性和综合评价方法, 从中筛选出适宜推广种植的区域化茶树新品种。【方法】对新选育出的19份茶树新品系的农艺性状、化学成分、抗逆性和制作绿茶品质等性状进行了鉴定, 并采用隶属函数法、灰色关联度法和主成分分析法进行综合评价。【结果】赣育茶树新品系的各性状指标差异性较大, 变异系数为7.98%~65.46%, 变异系数较大的为耐寒性、耐旱性、EGC、生长势、一芽一叶期、EC、ECG和总游离氨基酸, 其中FZ-1为高发芽密度品系、YB-2为特早生品系、XS-H1和SC-1为高水浸出物品系、FZ-2为高氨基酸品系、WY-15为高EGCG品系。3种综合评价方法中灰色关联度法和主成分分析法的评价结果较为一致, 可作为茶树新品系的综合评价方法。最终筛选出FZ-1、FZ-2、XS-1、FL-1、CC-4、XS-2和WY-14等7份综合评价优于对照的新品系。此7份可进行非主要农作物品种登记, 也可以作为遗传亲本材料。【结论】灰色关联度法和主成分分析法可有效评价茶树品系, 筛选出的7份优良新品系可进一步推广应用。

关键词: 茶树; 新品系; 隶属函数法; 主成分分析法; 灰色关联度法; 评价

中图分类号: S571.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286(2022)03-0540-09

Evaluating New Tea Strains of Jiangxi Province Based on Multivariate Statistical Method

WANG Zhihui, Peng Hua, YANG Puxiang*, LI Wenjin, LI Chen,
YUE Cuinan, JIANG Xinfeng, LI Yansheng

(Jiangxi Cash Crops Research Institute/Jiangxi Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control, Nanchang 330202, China)

Abstract: [Objective] This study aims to explore the characteristics and comprehensive evaluation method of select the new varieties of regional tea suitable for planting in Jiangxi Province. [Methods] In this study, the agronomic characteristics, chemical compositions, resistance to adversity and quality of green tea of 19 new tea strains were identified, and the membership function method, gray correlation method and principal component analysis were used to evaluate them comprehensively. [Results] There were large differences in each characteristic index of new strains in Jiangxi province, the range of variation coefficient was from 7.98% to 65.46%, the indexes with higher variation coefficients were cold tolerance, drought tolerance, EGC, growth vigor, one

收稿日期: 2021-12-21 **修回日期:** 2022-02-25

基金项目: 国家现代产业技术体系(CARS-19)和江西省重点研发计划项目(20202BBF63004)

Project supported by National Modern Tea Industry Technology System (CARS-19) and Key R & D Projects in Jiangxi Province(20202BBF63004)

作者简介: 王治会, orcid.org/0000-0001-7815-3857, 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, orcid.org/0000-0002-5420-1727, jxypx@163.com。

bud and one leaf stage, EC, ECG and total free amino acids. FZ-1 was the strain with high germination density, YB-2 was the one with extremely-early growth, XS-H1 and SC-1 were the ones with high water leaching, FZ-2 was the one with high amino acid, and WY-15 was the one with high EGCG. Among the three comprehensive evaluation methods, gray correlation method and principal component analysis method had the same evaluation results, which could be used as the comprehensive evaluation methods of new tea strains. As a result, seven strains with better comprehensive evaluation outcomes were screened out, namely, FZ-1, FZ-2, XS-1, FL-1, CC-4, XS-2, WY-14. These 7 strains could be registered as non-main crop strains, and also as genetic parent materials. **[Conclusion]** Gray correlation analysis and principal component analysis could effectively evaluate tea strains, and 7 high-quality new strains could be further promoted.

Keywords: tea plant; new varieties; membership function method; principal component analysis; grey correlation method; evaluate

【研究意义】茶树品种是茶叶产量、功能、品质和抗性等方面的重要影响因素,也是茶产品开发的关键^[1-2]。江西省是传统名优茶的产茶大省,历来重视茶树品种选育^[3]。目前,江西省已选育出的国家级茶树良种有大面白、上梅州、宁州2号、赣茶1号和赣茶2号等,省级良种有78-35和赣茶3号等^[4]。这些良种中只有上梅州和赣茶2号在省内尚有少量种植,现在茶园良种化基本以福鼎大白茶、浙农117、浙农113、迎霜、楮叶齐、白毫早和乌牛早等省外国家级茶树良种为主,但制作江西传统名优茶“四绿一红”的最佳品种为各区域的群体种,省外良种制作的茶叶品质改变了其传统风味特征^[5]。所以急需从江西本省资源中筛选新品种,来进一步推进茶园良种化。江西省蚕桑茶叶研究所科研人员对省内各区域茶树种质资源进行了多年的收集与保存,建立了高海拔和低海拔茶树种质资源圃,利用系统育种、杂交育种和诱变育种等不同品种选育方式进行茶树新品种选育,力求培育出适宜江西茶区栽培的茶树新品种,因此系统地选育出的茶树新品系进行性状鉴定和综合评价对江西茶产业发展具有重要意义。【前人研究进展】在进行茶树品系评价时涉及性状较多,传统评价方式主要以个别重要性状为主,如以物候期、产量性状、制茶品质等^[6]。因此所培育品种往往个别性状突出,而其他性状较弱。随着多元统计综合评价方法(灰色关联度、主成分分析、隶属函数法、模糊数学法、AHP、DTOPSIS等)在多种作物品种评价过程中的有效运用^[7-9]。【本研究切入点】目前已有相关学者采用多元统计方法进行茶树品种评价,取得了不错的效果。如雷雨等^[10]采用灰色关联度对30个茶树优株进行评价,发现该评判方法结果与大田实际情况较相符。杨如兴等^[11]采用灰色关联度对10个茶树品种的生态适应性进行了有效评价。武艳等^[12]采用主成分分析和隶属函数法对陕西茶树资源的抗寒性进行了有效评价。前人的研究说明灰色关联度、主成分分析法和隶属函数法在茶树资源的评价中具有一定的可行性。【拟解决的关键问题】本研究拟对新选育出的19份新品系的14项性状指标和制作绿茶品质进行鉴定,之后利用灰色关联度、主成分分析和隶属函数法进行综合评价,找到适宜的综合评价方法,筛选适宜制作绿茶的优良茶树新品系,为江西茶产业提供源源不断的品种材料。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试材料为江西省蚕桑茶叶研究所采用系统选育、杂交选育、诱变选育和单株选育等方法优选出的19份茶树新品系,新品系名称、亲本名称与选育方法等信息见表1,该新品系目前种植于江西省蚕桑茶叶研究所茶叶试验基地内,土壤为典型红壤,土层深度1 m以上,树龄均在5年以上。种植区域能够保证植株正常生长与性状正常表达,每个品种的种植长度为9 m,种植密度为1.5 m×0.3 m单行双株种植,茶园管理方式按照当地常规茶园管理进行。因福鼎大白茶在江西茶区适应性极强,制作绿茶品质优异,且是目前省内种植范围最广泛的国家级茶树良种,所以以福鼎大白茶为对照。

表 1 各茶树新品系名称及来源
Tab.1 Names and sources of new tea strains

编号 Number	名称 Name	亲本名称 Parent name	选育方法 Breeding method
1	CC-4	福鼎大白茶×黄叶早	杂交育种
2	CC-1	福鼎大白茶群体种	单株选育
3	WY-14	婺源群体种	单株选育
4	WY-15	婺源群体种	单株选育
5	WY-3	婺源群体种	单株选育
6	FZ-1	抚州群体种	单株选育
7	FZ-2	抚州群体种	单株选育
8	YB-1	迎霜穗条	秋水仙素诱变育种
9	YB-2	福鼎大白茶穗条	秋水仙素诱变育种
10	YB-3	金春穗条	秋水仙素诱变育种
11	XS-1	福鼎大毫茶群体种	单株选育
12	XS-2	政和大白茶群体种	单株选育
13	XS-H1	宁州种	单株选育
14	YX-6	永修群体种	单株选育
15	YX-7	永修群体种	单株选育
16	YX-8	永修群体种	单株选育
17	SC-1	狗牯脑种	系统选育
18	YS-1	铅山野生单株	单株选育
19	FL-1	浮梁群体种	单株选育
20	福鼎大白茶(CK)	—	—

1.2 试验方法

1.2.1 农艺性状测定 2017—2019年连续3年测定选育新品系的农艺性状,生长势、一芽一叶期、发芽密度和一芽二叶百芽质量测试方法参考《农作物种质资源鉴定技术规程 茶树》与《NY/T 2422—2013 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 茶树》进行。生长势赋值为弱(0)、较弱(1)、较强(2)、强(3)、极强(4);一芽一叶期赋值为特早生(1)、早生(2)、中生(3)、晚生(4)。

1.2.2 化学成分测定 2018—2019年连续2年春季采摘各品种一芽二叶鲜叶进行微波杀青,之后 80 ℃烘干固样,用于生化成分测定。儿茶素组分(ECG、EC、EGCG、EGC)、咖啡碱含量测定:采用高效液相色谱(HPLC)法,采用 Hypersil BDS C18 色谱柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm);流动相 A:3‰冰乙酸水溶液;流动相 B:乙腈。流动相 A 的梯度变化:0~5 min 为 95%~92%,5~15 min 为 92%~88%,15~30 min 为 88%~80%,30~31 min 为 88%~0%,31~35 min 为 0%;流动相 B 的梯度与 A 对应;进样量:10 μL;柱温:35 ℃;流速:1 mL/min;检测波长:278 nm。水浸出物含量测定:采用 GB/T 8305—2013 方法;总游离氨基酸含量测定:采用 GB/T 8314—2013 方法;茶多酚含量测定:采用 GB/T 8313—2018 方法;各个化学成分测定每个茶样重复 3 次。

1.2.3 抗逆性测定 2017—2019年连续3年对各茶树品系的耐寒性、耐旱性进行测定。抗寒性和抗旱性测试方法参考《农作物种质资源鉴定技术规程 茶树》和《农作物优异种质资源评价规范 茶树》,抗寒性和抗旱性赋值为弱(0)、较弱(1)、较强(2)、强(3)、极强(4)。

1.2.4 绿茶样品制作与审评 2018—2019年连续2年春季采摘各新品系一芽一叶鲜叶制作绿茶样品,加工工序为摊放—杀青—揉捻—理条—干燥。之后对制作绿茶样品进行感官审评,审评方法采用 GB/T 23776—2018 进行。茶叶审评总得分=外形得分×25%+汤色得分×10%+香气得分×25%+滋味得分×30%+叶底得分×10%。

1.3 数据处理

采用软件 Origin 2018 进行雷达图制作与主成分分析。隶属函数法综合评价计算公式如下:

$$\text{指标正相关: } Q_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \quad (1)$$

$$\text{指标负相关: } Q_{ij} = 1 - \frac{X_{ij} - x_{j\min}}{X_{j\max} - X_{j\min}} \quad (2)$$

式(1)(2)中: Q_{ij} 表示*i*品系*j*指标的隶属函数值;*i*表示某个品系;*j*表示某个性状; X_{ij} 表示*i*品系*j*指标的测定值; $X_{j\min}$ 表示所有品系*j*指标的最小值; $X_{j\max}$ 表示所有品系*j*指标的最大值。

根据灰色关联度的理论体系^[13],关联系数的计算公式如下:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta i(k)}{\Delta i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta i(k)} \quad (3)$$

$$\theta_i = \sum_{k=1}^N \omega_k \xi_i(k) \quad (4)$$

式(3)(4)中 $\xi_i(k)$ 为关联系数, $\Delta i(k)$ 为理想数列与参试数列的绝对差值, ρ 为分辨系数,取值0.5, θ_i 为加权关联度, ω 为指标权重值, $\xi_i(k)$ 为关联系数。

2 结果与分析

2.1 各茶树新品系性状的描述性统计

2.1.1 各新品系性状的差异性 对各新品系的性状指标进行描述性统计,结果见表2,各性状指标的变异系数为7.98%~65.46%,说明所选育出的新品系在测定的14项性状指标上的差异性大,主要的原因是新品系的材料来源多样性较丰富,包括良种杂交后代选育、江西省内各区域群体种系统选育、秋水仙素诱变选育以及野生单株选育等多种不同方式。变异系数较大的为耐寒性、耐旱性、EGC、生长势、一芽一叶期、EC、ECG、总游离氨基酸,均为30%以上,说明新品系在抗性、长势、物候期、简单儿茶素和总游离氨基酸上的改良潜力最大。变异系数中等的为发芽密度、一芽二叶百芽质量、咖啡碱、EGCG,变异系数较小的为水浸出物和茶多酚,但均在5%以上。

2.1.2 各新品系的农艺性状 与对照福鼎大白茶相比,有11份新品系的生长势达到较强,秋水仙素诱变出的3份新品系和永修群体选育出的3份新品系的生长势较弱。发芽密度较大的为FZ-1、FZ-2和XS-1等3份品系,其中FZ-1为高发芽密度品系,比对照福鼎大白茶高出54.3%;一芽二叶百芽质量较大的为CC-4、WY-14、YB-2和FZ-2等4份新品系,发芽密度和一芽二叶百芽质量为产量性状,也从侧面说明这几个品系的产量潜力会更大。一芽一叶期和春茶上市时间密切相关,是茶树品种选育中的重要性状^[14]。比福鼎大白茶早10 d的为特早生品种^[15],本次选育出的新品系中YB-2为特早生品系,8份为早生种,7份为中生种,3份为晚生种。发芽早为茶树品种选育所追求的目标,原因在于早生品种春茶上市时间早,且持嫩性更强,往往也具备更长的采摘时间^[16]。但在品种选育时,也不能一味的追求早生,如具备品质和性状优良的中晚生种,能够和早生种搭配种植,能够有效的调解春茶采摘的洪峰期,让茶叶产生更大的经济效益。

2.1.3 各新品系的化学成分 水浸出物对茶汤的浓度具有决定性作用,其含量在50%以上的为高水浸出物品种^[17],新品系中含量较高的为SC-1、YS-1和黄化品系XS-H1等3个品系,其中XS-H1和SC-1属于高水浸出物品系;总游离氨基酸对茶汤鲜爽味具有决定性作用^[18],其含量在5%以上的为高氨基酸品种^[15],新品系中FZ-2、SC-1、FL-1等3个品系最高,其中FZ-2属于高氨基酸茶树品系;茶多酚和儿茶素组分对茶汤的苦涩味有重要贡献,同时也对茶树的抗虫性、抗病性等有重要影响,属于茶树重要的特征次生代谢物^[19]。但对于适合制作绿茶的品种来说,在合适的范围内一般选择含量较低的品种,YB-1、FZ-2、YX-7、YX-8等4份品种的含量较低;EGCG含量在13%以上的为高EGCG品种^[20],WY-15属于高EGCG茶树品系。咖啡碱对茶汤的苦味有贡献,也对茶树防御敌害有重要影响^[16],含量较低的为FZ-1、CC-4等2份品系。

2.1.4 各新品系的抗性 能够应对频繁自然灾害是当前茶树品种选育的要求,本次选育出的品系中耐寒性达到极强的有7份,6份为强,YB-2、YB-3等2份诱变品系为弱。耐旱性达到极强的有10份,4份为强,2份诱变品系为弱。选育品系中3份诱变品系在抗逆性方面均较差,尤其YB-2在2019年夏季长时间高温干旱期间,死亡率为100%。后续在进行诱变育种过程中,需更加注重对其抗逆性进行鉴定。

表 2 各茶树新品系(种)性状的描述性统计结果
Tab.2 Descriptive statistical results of characters of new tea strains (varieties)

品种 Varieties	生长势 Growth potential	1 089 cm ² 发芽 密度/个 Germination density	一芽二叶百芽质量/g Weights of 100 one bud and two leaves	一芽一叶期 One bud one leaf stage	水浸出物/% Water extract	总游离 氨基酸/% Total free amino acids	茶多酚/% Tea polyphenols	咖啡碱/% Caffeine	EGCG/%	EC/%	ECG/%	EGCG/%	耐寒性 Cold resistance	耐旱性 Drought tolerance
CC-4	极强	89	34.7	中生	41.75	3.36	19.73	3.29	0.53	0.82	2.57	11.28	极强	极强
CC-1	强	78	24.4	中生	45.09	4.14	19.12	4.55	2.11	1.06	1.84	7.35	强	强
WY-14	极强	67	34.8	中生	46.41	3.52	18.34	3.87	2.15	0.97	1.62	8.94	极强	极强
WY-15	较强	60	24.5	早生	47.11	2.00	20.52	3.66	1.13	0.74	2.26	13.03	强	强
WY-3	强	102	23.8	早生	42.85	4.03	21.22	4.45	1.59	0.85	1.55	8.12	强	极强
FZ-1	极强	145	25.2	早生	41.89	2.61	19.14	3.23	0.95	0.84	4.04	9.29	极强	极强
FZ-2	极强	117	33.2	早生	46.68	5.09	18.81	3.65	1.70	0.82	1.89	7.14	极强	极强
YB-1	较弱	88	17.5	早生	40.28	3.20	16.40	3.55	0.73	0.46	1.55	8.34	较弱	较弱
YB-2	弱	86	30.2	特早生	39.99	2.74	20.28	3.80	0.36	1.46	2.95	11.63	弱	弱
YB-3	较弱	100	15.1	早生	40.86	2.59	18.65	3.48	1.04	0.51	1.96	10.41	弱	弱
XS-1	极强	114	21.5	早生	43.48	2.54	19.34	3.52	0.79	0.26	3.06	11.53	极强	极强
XS-2	极强	101	26.5	早生	43.95	2.20	19.34	3.71	0.39	1.36	2.40	10.50	极强	极强
XS-H1	强	105	11.9	晚生	51.49	3.33	20.64	4.79	1.49	0.81	2.12	12.03	强	极强
YS-1	强	95	20.1	中生	47.38	4.17	20.02	3.98	2.47	0.96	1.55	8.48	强	强
YX-6	较弱	89	24.4	中生	39.51	2.05	18.71	3.85	0.42	1.22	1.92	9.96	较弱	较强
YX-7	较弱	83	26.1	晚生	40.48	2.12	17.80	3.59	0.39	1.34	2.15	8.52	较弱	较强
YX-8	较弱	91	22.8	晚生	40.49	1.94	17.90	3.48	2.46	1.38	2.24	8.51	较弱	较强
FL-1	极强	73	20.4	中生	46.45	4.70	23.97	3.79	0.33	1.70	3.75	11.99	极强	极强
SC-1	较强	95	21.3	中生	50.35	4.80	21.93	4.17	2.20	1.14	1.49	12.12	强	强
福鼎大白茶 Fuding dabaicha	极强	94	27.3	早生	43.34	2.70	19.80	4.28	0.40	1.30	2.63	11.20	极强	极强
变异系数/% Coefficient of variation	52.34	20.00	24.75	30.68	7.98	31.50	8.34	11.02	65.46	36.66	31.62	17.75	53.89	45.97

2.1.5 各新品系的制茶感官评价 各茶树品系制作绿茶感官评价得分见图 1,综合得分为 85.20~92.70,有 5 份新品系的得分比对照福鼎大白茶高,分别为 FL-1、WY-3、FZ-1、WY-15、CC-1,制作绿茶品质最好的 2 份分别是 FL-1 和 WY-3。

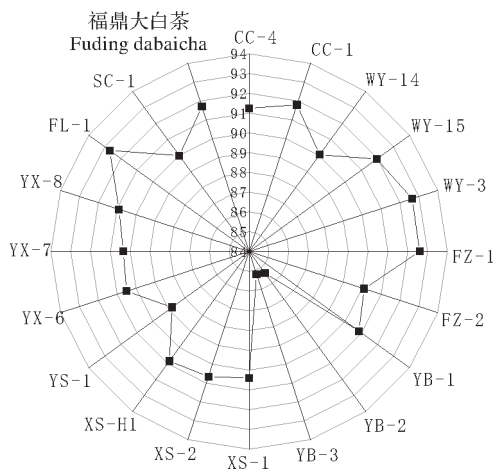


图 1 各品系制茶品质综合得分

Fig.1 Comprehensive score of tea quality of different strains

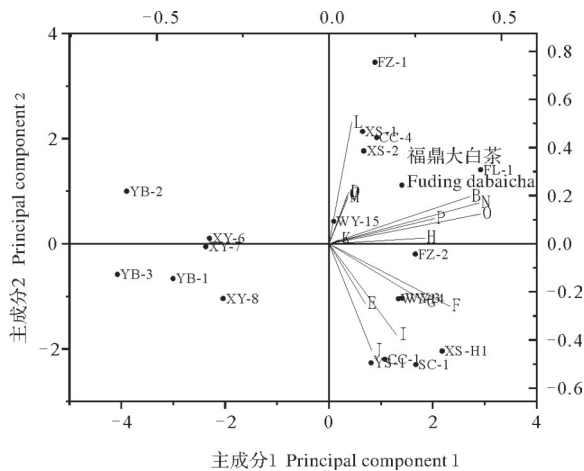


图 2 主成分分析的双标图

Fig.2 Biplot graph of principal component analysis

2.2 各茶树新品系的综合评价

2.2.1 隶属函数法评价 茶树资源的评价指标较多,为了更好地消除单个指标的片面性,采用隶属函数法对选育的新品系进行综合评价。在进行隶属函数分析之前,先确定性状指标对茶树品系的正负相关情况,根据茶产业实际生产经验和前人研究结果进行判断,生长势、发芽密度、一芽二叶百芽质量、水浸出物、总游离氨基酸、耐寒性、耐旱性、绿茶品质得分在适宜范围内属于正相关^[21],隶属函数值计算依据公式(1)进行,茶多酚、咖啡碱、EGC、EC、ECG、EGCG 等对茶叶品质的苦、涩味有重要贡献^[18],在适宜范围内属于负相关,根据茶树选种目标一芽一叶期越早越好,从本研究赋值情况来看,在适宜范围内属于负相关,隶属函数值计算依据公式(2)进行。隶属函数法对新品系综合评价的结果见表 3,比对照福鼎大白茶综合评价较好的有 7 个品系,依次为 FZ-2、FZ-1、CC-4、XS-1、WY-14、XS-2、WY-3。

2.2.2 灰色关联度评价 为了准确的对选育新品系进行评价,根据灰色关联度理论和分析方法的要求,需要构建出理想品种即理想数列(X_0)进行比较,测定的各指标为比较数列(X_i)^[22]。根据茶产业实际生产经验和前人研究结果进行理想品种的构建,生长势、发芽密度、一芽二叶百芽质量、水浸出物、总游离氨基酸、耐寒性、耐旱性、绿茶品质得分在适宜范围内属于指标值越大越好^[19],取比较数列中的最大值,分别为 4、145 个/1 109 cm²、34.8 g、51.49%、5.09%、4、4;茶多酚、咖啡碱、EGC、EC、ECG、EGCG 等对茶叶品质的苦、涩味有重要贡献,属于负相关指标^[19],在适宜范围内均取最小值,分别为 16.40%、3.23%、0.33%、0.26%、1.49%、7.14 %;根据绿茶选种目标一芽一叶期越早越好,在适宜范围内取最小值,取值 1。之后将原始数据进行无量纲化处理,对性状值越大越好的,用 X_i 数值除以相应的 X_0 数值;对性状值越小越好的,用 X_0 数值除以相应的 X_i 数值,构建出无单位的新数列^[23]。各性状的权重值由 3 位从事多年茶树品种选育的工作人员根据性状的贡献度进行赋值,分别为生长势(0.09)、发芽密度(0.08)、一芽二叶百芽质量(0.08)、一芽一叶期(0.10)、水浸出物(0.06)、总游离氨基酸(0.07)、茶多酚(0.06)、咖啡碱(0.04)、EGC(0.02)、EC(0.02)、ECG(0.03)、EGCG(0.03)、耐寒性(0.06)、耐旱性(0.06)、绿茶品质得分(0.20)。根据公式(3)计算出各性状的关联系数,之后利用公式(4)计算出各品种的加权关联度,结果见表 3。结果中的加权关联度越大,说明该品种的综合评价越好。比对照福鼎大白茶综合评价较好的有 7 个品系,依次为 FZ-2、FZ-1、WY-14、CC-4、XS-1、FL-1、XS-2。

2.2.3 主成分分析评价 对选育新品系的性状指标进行主成分分析,在进行主成分分析之前,需对性状指标的正负贡献进行数据标准化转换,之后进行分析^[24]。结果见图 2,前 5 个主成分的特征值大于 1,累积方差贡献率达到 80.82%,说明所提取的 5 个主成分可以解释新品系性状总变异的 80.867% 的信息,可以对其进行综合评价。使用各主成分中性状的载荷值除以对应主成分初始特征值的算术平方根,得出

各个主成分中性状的特征向量,依据特征向量构建线性方程模型,再以 5 个主成分所对应的初始特征值除以 5 个主成分初始特征值之和作为权重^[25],最终建立出茶树资源的综合评价指数模型 $Y=0.37\times PC1+0.22\times PC2+0.17\times PC3+0.13\times PC4+0.1\times PC5$ 。评价结果见表 3,比对照福鼎大白茶综合评价较好的有 7 个品系,依次为 FZ-1、FZ-2、XS-1、FL-1、CC-4、XS-2、WY-14。

2.2.4 3 种综合评价方法的比较 将 3 种综合评价方法进行比较,结果见表 3。与对照福鼎大白茶进行比较分析,3 种评价方法均有 7 份品系比对照的综合评价好,灰色关联度法和主成分分析法的结果完全相同,但在排序上存在一定差别,出现此种情况的原因在于 2 种评价方法所使用的性状权重值不同,灰色关联度法采用的权重为根据品种选育专家的生产实际进行的赋值,而主成分分析法的权重采用的为数据统计中各主成分的初始特征值占比,因此出现排序差别,但在进行品种评价时,目的在于筛选出优于对照的品系,而不是对品系进行排序。隶属函数法所得到的结果与另外 2 种方法存在部分差别,在隶属函数法中 WY-3 比对照福鼎大白茶好,但在另外 2 种方法中均比对照福鼎大白茶差,主要的原因在于隶属函数法在评价时利用的是各性状的隶属函数值,没有对性状赋予权重,但茶树的各性状对茶树品种选育的重要程度存在差别,所以此种方法在评价时会出现偏差,在使用隶属函数法评价时,可考虑加入性状权重进行评价。因此,综合各方面来看,灰色关联度法和主成分分析法可以作为茶树新品系的综合评价方法。且最终筛选出 FZ-1、FZ-2、XS-1、FL-1、CC-4、XS-2 和 WY-14 等 7 份优于对照的新品系,可进一步进行推广示范种植。

表 3 3 种综合评价结果比较
Tab.3 Comparison of three comprehensive evaluation results

隶属函数法 Membership function method			灰色关联度法 Grey correlation method			主成分分析法 Principal component analysis		
品系名称 Variety name	隶属值 Membership value	排序 Sort	品系名称 Variety name	加权关联系数 Weighted correlation coefficient	排序 Sort	品系名称 Variety name	综合评价指数 Comprehensive evaluation index	排序 Sort
FZ-2	0.784	1	FZ-2	0.849	1	FZ-1	1.125	1
FZ-1	0.682	2	FZ-1	0.808	2	FZ-2	1.118	2
CC-4	0.669	3	WY-14	0.796	3	XS-1	1.034	3
XS-1	0.653	4	CC-4	0.794	4	FL-1	1.000	4
WY-14	0.652	5	XS-1	0.774	5	CC-4	0.988	5
XS-2	0.637	6	FL-1	0.773	6	XS-2	0.922	6
WY-3	0.634	7	XS-2	0.771	7	WY-14	0.898	7
福鼎大白茶(CK) Fuding dabaicha	0.588	8	福鼎大白茶(CK) Fuding dabaicha	0.760	8	福鼎大白茶(CK) Fuding dabaicha	0.895	8
CC-1	0.575	9	WY-3	0.738	9	WY-3	0.878	9
YS-1	0.567	10	CC-1	0.707	10	XS-H1	0.759	10
YB-1	0.563	11	YS-1	0.701	11	YS-1	0.748	11
FL-1	0.550	12	SC-1	0.699	12	SC-1	0.742	12
WY-15	0.530	13	XS-H1	0.698	13	CC-1	0.734	13
SC-1	0.529	14	WY-15	0.668	14	WY-15	0.694	14
XS-H1	0.511	15	YB-2	0.659	15	YB-1	0.402	15
YX-7	0.468	16	YB-1	0.658	16	YX-6	0.358	16
YX-6	0.461	17	XY-7	0.640	17	YX-7	0.319	17
YB-3	0.410	18	XY-6	0.632	18	YX-8	0.318	18
YX-8	0.401	19	XY-8	0.631	19	YB-2	0.271	19
YB-2	0.357	20	YB-3	0.603	20	YB-3	0.263	20

3 结论与讨论

本研究对江西省选育出的 19 份新品系的 14 项性状指标和制作绿茶品质进行了鉴定,通过描述统计分析显示各品系的性状之间差异性较大,变异系数为 7.98%~65.46%,其中耐寒性、耐旱性、EGC、生长势、一芽一叶期、EC、ECG、总游离氨基酸等最大,说明其改良潜力最大。在进行茶树遗传改良时,要充分利

用地方茶树资源的遗传多样性,江西省原生茶树种质资源多样性丰富,其表型多样性指数平均值达到1.95^[26],化学成分多样性指数平均值达到1.91^[3],与云南、四川、陕西和广西相近^[3,26],有效的利用与发挥出其遗传多样性的优势,对江西茶产业的发展至关重要。

以满足供给侧结构性改革为重点的多元化产品为目标的特异茶树品种选育和区域化品种选育是现在工作的重点^[6],如湖南省选育的高氨基酸品种‘黄金茶1号’和‘黄金茶2号’等^[27],浙江省选育的黄化系列‘黄金芽’和‘中黄1号’等^[28],对于地方茶产业的发展具有重要作用。本研究选育新品系中FZ-1为高发芽密度品系、YB-2为特早生品系、XS-H1和SC-1为高水浸出物品系、FZ-2为高氨基酸品系、WY-15为高EGCG品系,这些特异品系的功能利用有待进一步研究。FL-1和WY-3为制作绿茶品质最好的品系,这两个品系分别选自于浮梁种和婺源种,‘浮梁种’和‘婺源种’为我国早期鉴定的优良地方品种,且婺源和浮梁是我国历史名茶产区,有针对性地选育优良群体种(宁州种、狗牯脑种、铅山群体种、崇义苦茶、宁都岩茶等)中筛选适宜当地种植和推广的良种,能够有效地发挥出当地品种的特色优势,制作具备传统风味的名优茶。采用此种区域化的品种选育方法,将有助于进一步推进江西省茶产业良种化进程。

3种综合评价方法中灰色关联度法和主成分分析法的一致性较高,可以作为茶树新品系综合评价的新方法,但在使用主成分分析法评价时需先依据性状的正负贡献进行数据标准化转化,之后再行综合评价。最终筛选出了FZ-1、FZ-2、XS-1、FL-1、CC-4、XS-2和WY-14等7份综合评价优于对照的新品系,此7份新品系可进行DUS测试,进行新品种登记,进一步进行推广示范种植。茶树资源的性状涉及较多,本研究仅对部分关键性状进行了鉴定评价,且制茶品质仅以绿茶为代表,需进一步扩大性状鉴定,应用更全面的指标体系建立判断矩阵,以提高评价的准确度与科学性。

致谢:江西省现代农业产业技术体系建设专项(JXARS-02)江西省茶叶质量与安全控制重点实验室项目(20192BCD40007)同时对本研究给予了资助,谨致谢意!

参考文献 References:

- [1] WU C, XU H, HERITIER J, et al. Determination of catechins and flavonol glycosides in Chinese tea varieties[J]. Food chemistry, 2012, 132(1): 144-149.
- [2] LIN J, ZHANG P, PAN Z, et al. Discrimination of Oolong tea (*Camellia sinensis*) varieties based on feature extraction and selection from aromatic profiles analysed by HS-SPME/ GC-MS[J]. Food chemistry, 2013, 141(1): 259-265.
- [3] 王治会, 岳翠男, 李琛, 等. 江西省茶树种质化学特性多样性分析与鉴定评价[J]. 江苏农业学报, 2020, 36(1): 172-179. WANG Z H, YUE C N, LI C, et al. Diversity analysis and evaluation of chemical characteristics of tea germ-plasms in Jiangxi province[J]. Jiangsu journal of agricultural sciences, 2020, 36(1): 172-179.
- [4] 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. JIANG X F, LI W J, YANG P X. Research progress of tea germplasm resources in Jiangxi Province [J]. Sericulture tea communication, 2016(5): 29-31.
- [5] 李文金, 杨普香, 李道和. 江西省茶产业发展概况及“十三五”发展对策[J]. 江西农业学报, 2016, 28(12): 119-122. LI W J, YANG P X, LI D H. Developmental situation and countermeasures of Jiangxi provincial tea industry in 13th five-year [J]. Jiangxi agricultural journal, 2016, 28(12): 119-122.
- [6] 王新超, 王璐, 郝心愿, 等. 中国茶树遗传育种40年[J]. 中国茶叶, 2019, 41(5): 1-6. WANG X C, WANG L, HAO X Y, et al. Forty years of tea genetic breeding in China[J]. China tea, 2019, 41(5): 1-6.
- [7] GE F H, WANG N, HU S, et al. Evaluation of germination response and the resistance of main plant species seedling to drought stress in the hill-gullied Loess Plateau region of northern Shaanxi[J]. Pratacultural science, 2018, 35(2): 348-356.
- [8] SCHAAD N W, ABRAMS J, MADDEN L V, et al. An assessment model for rating high-threat crop pathogens[J]. Phytopathology, 2006, 96(6): 616-621.
- [9] 王治会, 李文金, 杨普香, 等. 江西引种无性系茶树良种的灰色关联度评价[J]. 江西农业大学学报, 2021, 43(4): 731-739. WANG Z H, LI W J, YANG P X, et al. Evaluation of grey correlation degree of introduced clone tea varieties in Jiangxi Province[J]. Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis, 2021, 43(4): 731-739.
- [10] 雷雨, 段继华, 黄飞毅, 等. 灰色综合评判在茶树育种中的应用[J]. 分子植物育种, 2021, 19(5): 1724-1730. LEI Y, DUAN J H, HUANG F Y, et al. Application of grey comprehensive evaluation in tea breeding[J]. Molecular plant breeding, 2021, 19(5): 1724-1730.
- [11] 杨如兴, 张文锦, 廖剑秋. 灰色关联分析在茶树品种研究中的应用[J]. 福建茶叶, 2000, 4: 17-18. YANG R X, ZHANG W J, LIAO J Q. Application of grey connection analysis to the study on tea species[J]. Tea in Fujian,

- 2000,4:17-18.
- [12] 武艳,肖斌,游新才,等.陕西茶树种质资源抗寒性综合评价[J].热带作物学报,2012,33(5):792-798.
WU Y, XIAO B, YOU X C, et al. Comprehensive evaluation on the cold resistance of 29 *Camellia sinensis* (L.) Kuntze germplasm resources in Shanxi [J]. Chinese journal of tropical crops, 2012, 33(5): 792-798.
- [13] WANG S S, LI B, GAO S P, et al. Research on the scheduling decision in fuzzy multi-resource emergency systems [J]. Auk, 2008, 4(4): 110-112.
- [14] 蔡烈伟,龚永新,黄啟亮,等.三峡库区主要茶树栽培品种比较研究[J].作物杂志,2006,4:59-61.
CAI L W, GONG Y X, HUANG Q L, et al. Comparative study on main tea cultivars in Three Gorges Reservoir Area [J]. Crops, 2006, 4: 59-61.
- [15] 中华人民共和国农业部种植业管理司.农作物优异种质资源评价规范茶树:NY/T 2031—2011[S].北京:中华人民共和国农业部,2011.
Department of Crop Management, Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Evaluating standards for elite and rare germplasm resources: tea plant (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze): NY/T 2031—2011 [S]. Beijing: Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, 2011.
- [16] 余有本,王衍成,纪昌中,等.优良茶树新品种陕茶1号的选育[J].西北农业学报,2013,22(7):169-173.
YU Y B, WANG Y C, JI C Z, et al. Development of new improved *Camellia sinensis* cv. Shaancha 1 [J]. Acta agriculturae boreali-occidentalis Sinica, 2013, 22(7): 169-173.
- [17] 李慧,宋维希,周萌,等.云南省野生茶树资源的鉴定评价与筛选[J].湖南农业科学,2013(10):14-16.
LI H, SONG W X, ZHOU M, et al. Identification, evaluation and screening of wild tea resources in Yunnan Province [J]. Hunan agricultural sciences, 2013(10): 14-16.
- [18] 岳翠男,王治会,毛世红,等.茶叶主要滋味物质研究进展[J].食品研究与开发,2017,38(1):219-224.
YUE C N, WANG Z H, MAO S H, et al. The main taste substances in tea research progress [J]. Food research and development, 2017, 38(1): 219-224.
- [19] 岳翠男.绿茶滋味物质研究及审评参考物模型的建立[D].重庆:西南大学,2017.
YUE C N. Study on taste substances of green tea and establishment of reference material model for evaluation [D]. Chongqing: Southwest University, 2017.
- [20] 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(1):30-36.
LIN J K, CHEN R B, CHEN C S, et al. A study on screening germplasm resources of tea plant with high ester-catechin content [J]. Journal of tea science, 2005(1): 30-36.
- [21] 王治会,彭华,江新风,等.茶树资源的芽叶性状分析与优异资源初选[J].蚕桑茶叶通讯,2019(1):12-16.
WANG Z H, PENG H, JIANG X F, et al. Analysis of bud and leaf characters and primary selection of excellent tea resources [J]. Newsletter of sericulture and tea, 2019(1): 12-16.
- [22] WANG J, PAN X, WANG L, et al. Method of spare parts prediction models evaluation based on grey comprehensive correlation degree and association rules mining: a case study in aviation [J]. Mathematical problems in engineering, 2018, 9: 1-10.
- [23] KONG L J, GAO L X, DU Y B, et al. Effect of coarse aggregate on the interfacial transition zone of concrete based on grey correlation [J]. Magazine of concrete research, 2014, 66(7): 339-347.
- [24] DANIEL C, KERSTEN T, KEHRAUS S, et al. Metabolomic fingerprinting of medicinal plants using 1H NMR and HPLC/ELSD in combination with PCA [J]. Planta medica, 2007, 73(9): 280.
- [25] 岳翠男,王治会,毛世红,等.不同闷黄时间的黄茶干茶色泽与汤色综合评价模型构建[J].食品工业科技,2016,37(21):130-134.
YUE C N, WANG Z H, MAO S H, et al. Modeling for the dry tea and soup color comprehensive evaluation of yellow tea at the different yellowing time [J]. Science and technology of food industry, 2016, 37(21): 130-134.
- [26] 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.
WANG Z H, PENG H, JIANG X F, et al. Phenotypic diversity of tea germplasms in Jiangxi Province [J]. Jiangsu agricultural sciences, 2020, 48(1): 134-138.
- [27] 徐美志,徐尚德.‘黄金茶1号’茶树的引种与配套栽培管理关键技术[J].茶业通报,2020,42(2):77-80.
XU M Z, XU S D. Key techniques of introduction and cultivation management of ‘Huangjinchá 1’ [J]. Journal of tea business, 2020, 42(2): 77-80.
- [28] 郑生宏,柴红玲,邵静娜,等.不同白黄化茶树品种的香茶适制性研究[J].江苏农业科学,2020,48(18):136-139.
ZHENG S H, CAI H L, SHAO J N, et al. Study on the suitability of fragrant tea of different white yellow tea varieties [J]. Jiangsu agricultural sciences, 2020, 48(18): 136-139.