



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.

江西引种无性系茶树良种的 灰色关联度评价

王治会,李文金,杨普香*,彭华,江新风,李延升,岳翠男,李琛

(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:【目的】为探究江西省引种省外无性系茶树良种的适应性与特征特性,从中筛选出适宜推广种植的茶树良种。【方法】以25份省外引进无性系茶树良种为材料,测定其农艺性状、化学成分含量、抗逆性和制茶品质等15项性状指标,采用因子分析性状指标的贡献度与相关性,最终利用灰色关联度法对引种品种进行综合分析和评价。【结果】15项性状指标的变异系数范围为5.08%~57.20%,其中13项在10%以上,表明所引进的无性系茶树良种在江西省的适应性差异性较大,其中生长势、EGC、耐旱性、耐旱性最大,发芽密度、一芽二叶百芽质量、一芽一叶期、总游离氨基酸、EC、ECG、EGCG次之,水浸出物和绿茶品质得分最小;因子分析提取的5个主因子能够解释引种品种适应性的79.19%的信息,各性状对主因子均有相应的贡献,性状指标中生长势、发芽密度、耐寒性和耐旱性之间相关性较大,水浸出物、茶多酚、EGCG、EGC和一芽二叶百芽质量之间相关性较大,EGC、EC、咖啡碱和一芽一叶期之间相关性较大;灰色关联度综合评价显示有11个品种的加权关联度在0.7以上,综合评价最好,依次为浙农117、福鼎大白茶、浙农113、鄂茶1号、迎霜、湘波绿2号、浙农902、白毫早、名山白毫、玉笋和春雨1号,这些品种的制茶品质优良,生长势较强、产量较大,物候期早,化学成分含量优异和抗逆性较强;11份品种评价为中等;3份评价较差。【结论】灰色关联度法可应用于茶树引种品种的适应性评价,综合评价最好的11份茶树良种可以在实际生产中进一步推广种植,也可以作为茶树品种选育时的遗传亲本材料,评价中等和较差的应谨慎引种。

关键词:茶树良种;引种;因子分析;灰色关联度;综合评价

中图分类号:S794.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-2286(2021)04-0731-09

Evaluation of Grey Correlation Degree of Introduced Clone Tea Varieties in Jiangxi Province

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

(Jiangxi Sericulture and Tea Research Institute Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control in Jiangxi Province, Nanchang 330202, China)

收稿日期:2020-05-24 **修回日期:**2020-11-12

基金项目:国家现代产业技术体系(CARS-19)、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(20192BCD40007)和江西省重点研发计划项目(20202BBF63004)

Project supported by National Modern Tea Industry Technology System(CARS-19), Jiangxi Province Modern Agricultural Industry Technology System Construction Project(JXARS-02), Key Laboratory of Tea Quality and Safety Control in Jiangxi Province(20192BCD40007) 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及推广, orcid.org/0000-0002-5420-1727, jxypx@163.com。

Abstract: [Objective] To explore the adaptability and characteristics of introduced tea varieties from other provinces in Jiangxi Province, and select excellent varieties of tea plant suitable for popularizing and planting. [Method] 15 indexes of agronomic characters, chemical components, stress resistance, tea quality, etc., of 25 introduced varieties were measured, factor analysis was used to analyze the contribution and correlation of characteristics. Finally, comprehensive analysis and evaluation were carried out by using the method of grey correlation degree. [Result] The coefficient of variation of the 15 character indexes ranged from 5.08% to 57.20%, 13 of them were more than 10%, which indicated that the adaptability of the introduced superior varieties of tea plant from other provinces was quite different in Jiangxi Province, among them, growth potential, EGC, drought tolerance and drought tolerance were the highest, germination density, weight of one bud and two leaves, one bud and one leaf stage, total free amino acids, EC, ECG and EGCG were the second, and water extract and green tea quality score were the lowest. The five main factors were extracted by factor analysis, which explained 79.19% of the adaptability information of the introduced varieties, and each character had corresponding contribution to the main factor. The correlation among growth potential, germination density, cold tolerance and drought tolerance was significant, that among water extract, tea polyphenol, EGCG, EGC and weights of 100 one bud and two leaves, that among EGC, EC, caffeine and one bud and one leaf stage were also significant. The comprehensive evaluation of grey correlation degree showed that the weighted correlation degree of 11 varieties was more than 0.7, and the comprehensive evaluation was the best, which was in the order of Zhenong 117, Fudingdabai, Zhenong 113, Echa 1, Yingshuang, Xiangbolu 2, Zhenong 902, Baihaozao, Mingshanbaihao, Yushun and Chunyu 1. These varieties had good quality, strong growth potential, high yield, early phenophase, excellent chemical composition and strong stress resistance; 11 varieties were evaluated as medium and 3 as poor. [Conclusion] The method of grey correlation degree could be applied to the adaptability evaluation of introduced varieties. The 11 introduced tea varieties with good comprehensive evaluation could be further popularized and planted in practical production, and could also be used as genetic parent materials for tea variety breeding. Those with medium or poor evaluation of introduced tea varieties should be introduced carefully.

Keywords: excellent tea varieties; introduction; factor analysis; grey correlation degree; comprehensive evaluation

【研究意义】茶树品种决定了茶叶自然品质的优劣^[1],无性系良种是从大量种质中挖掘出的优异种质,往往具备产量大、抗性强、制茶品质优异的特征,是茶叶优质、高产、高效的基础,世界主要产茶国均以发展无性系良种作为茶树种植的主体^[2]。目前国内培育出一大批优良茶树品种^[3],因我国各区域气候、土壤等差异性大,各品种的适应能力不同,所以在进行茶树品种引种时,需按照先试后引的原则进行,从中筛选出适应本区域的茶树良种,因此客观的对引进品种进行有效的综合评价具有重要意义。【前人研究进展】传统的茶树品种适应性评价主要以个别指标为主,如萌芽期早、产量大、制茶品质好、抗逆性强等,所以筛选出的品种会出现单一性状极强,而其他性状较弱的情况^[4]。近些年已有相关学者采用多元统计方法进行综合评价,如黄海涛等^[5]采用主成分分析、聚类分析和层次性分析法有效的对15个茶树品种的龙井茶适制性进行了综合评价,武艳等^[6]采用主成分结合隶属函数法有效的对29份茶树种质的抗旱性进行了评价。【本研究切入点】植物品种评价的发展逐渐由定性到定量、由单一指标到多指标的综合评价过渡^[7],目前所采用的综合评价方法众多,如主成分分析法、层次性分析法、模糊数学法、隶属函数法、灰色关联度法等^[8]。其中灰色关联度法能够有效的解决一些包含未知因素的问题,它可以根据已有的信息,挖掘更多未知的因素,能够有效的解决数据少、信息匮乏等不确定性问题,从而构建出简单方便的综合评价方法^[9]。目前该方法广泛的应用在农作物品种的综合评价上,如棉花品种^[10]、小麦新品系^[11]、当归新品种^[12]、苎麻种质^[13]等。在综合评价时取得较好的效果。【拟解决的关键问题】拟对2009—2014年从省外引种到江西省的25份无性系茶树品种的适应性及特征特性进行综合评价,测定其农艺性状、化学成分含量、抗逆性和制作绿茶品质等15项性状指标,采用因子分析明确其解释度以及各性状之间的关

系,运用灰色关联度对其进行综合评价,筛选出适宜引种的无性系茶树良种,旨在为江西茶产业发展提供源源不断的品种资源信息,为茶园建设选种提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试的茶树品种是2009—2014年从浙江、湖南、四川、湖北、福建、云南、台湾等7个省内收集到的25份无性系良种,详情见表1。均种植于江西省蚕桑茶叶研究所茶叶试验基地内(N28°22'20",E116°0'6"),树龄均在5年以上,种植土壤为红壤,土层深度约110 cm,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,各品种的修剪和肥培等茶园管理方式完全一致。

表1 供试茶树品种及来源
Tab.1 Varieties and sources of tested tea plants

编号 Number	品种 Varieties	来源 Source	编号 Number	品种 Varieties	来源 Source	编号 Number	品种 Varieties	来源 Source
1	浙农113	浙江	10	迎霜	浙江	18	川茶2号	四川
2	浙农117	浙江	11	黄金茶	湖南	19	名山白毫	四川
3	浙农902	浙江	12	湘波绿2号	湖南	20	鄂茶1号	湖北
4	春雨2号	浙江	13	玉笋	湖南	21	春闰	福建
5	春雨1号	浙江	14	香妃翠	湖南	22	福鼎大白茶	福建
6	天台黄	浙江	15	白毫早	湖南	23	黄旦	福建
7	越黄1号	浙江	16	马边绿	四川	24	紫鹃	云南
8	黄魁	浙江	17	川茶3号	四川	25	金宣	台湾
9	黄金芽	浙江	—	—	—	—	—	—

1.2 试验方法

1.2.1 农艺性状测定 2017—2019年连续3年对参试品种的农艺性状进行测定,方法参考《农作物种质资源鉴定技术规程 茶树》与《茶树种质资源描述规范与数据标准》进行。生长势:采用群体目测法,以标准品种龙井瓜子(弱)、龙井43(强)、云抗10号(极强)为对照对茶树资源生长势进行测定。发芽密度:春茶鱼叶期观察计数33 cm×33 cm蓬面内已萌发第一轮越冬芽数,重复3次,取平均值。一芽二叶百芽质量:当春梢进入一芽二叶时,采摘100个测定质量,重复3次,取平均值。一芽一叶期:春季固定观察不修剪茶树越冬顶芽,记录三分之一越冬芽达到一芽一叶时的日期,以福鼎大白茶为对照,比福鼎大白茶一芽一叶期早10 d以上的品种为特早生种,早10 d以内的为早生种,晚5 d以内的为中生种,晚5 d以上的为晚生种。

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。水浸出物含量测定:采用GB/T 8305—2013方法;茶多酚含量测定:采用GB/T 8313—2018方法;总游离氨基酸含量测定:采用GB/T 8314—2013方法;儿茶素组分(EGCG、EC、EGC、ECG)、咖啡碱含量测定:采用高效液相色谱(HPLC)法,色谱柱采用Hypersil BDS C18(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。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年对各茶树资源的耐寒性、耐旱性进行测定。耐寒性在每年12月至次年2月茶树受到冻害之后调查其叶片受害百分率,耐旱性在每年6—8月高温干旱之后调查其叶片受害百分率,每份资源调查10个单株,取其均值,叶片受害率0%~5%为抗逆性极强,叶片受害率5%~25%为较强,叶片受害率25%~50%为强,叶片受害率50%~75%为较弱,叶片受害率75%~100%为较弱。

1.2.4 绿茶样品制作与审评 2018—2019年连续2年春季采摘各品种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,审评人员为3名具备评茶

资格的茶学专业人员,审评方法采用GB/T23776—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

1.3.1 统计分析方法 在进行数据分析之前对农艺性状中描述型性状进行赋值,生长势赋值为弱(0)、较弱(1)、强(2)、较强(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);耐寒性、耐旱性赋值为弱(0)、较弱(1)、强(2)、较强(3)、极强(4)。采用Excel 2013计算平均值和变异系数。使用SPSS19.0对各茶树资源的性状指标进行描述统计分析和因子分析。

1.3.2 加权关联度计算 根据灰色关联度的理论体系^[14],关联系数的计算公式如下:

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i \min_k \Delta i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta i(k)}{\Delta i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta i(k)} \quad (1)$$

式(1)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。

$$\theta_i = \sum_{k=1}^n \omega_k \xi_i(k) \quad (2)$$

式(2)中 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 引进品种性状的描述性统计

2.1.1 各性状的变异系数分析 25份引进无性系茶树良种的性状结果见表2。从各性状的变异系数上来看,有13个性状的变异系数在10%以上,其中变异系数最大的是生长势(57.20%),生长势代表的是茶树植株或器官在一定时期内的生长强弱程度^[15],生长势强的茶树更具备引种价值,其变异系数大,说明供试茶树的生长强弱存在较大差异,存在引种区域不适应的品种;其次为EGC(55.28%),是一种简单儿茶素,对茶叶的苦涩味有贡献,前人研究表明简单儿茶素含量高的说明茶树在进化程度上更接近于原始型^[16],EGC的变异系数大,也从侧面说明了引种的茶树品种中存在进化程度上较为原始的类型;抗逆性中耐寒性(42.79%)、耐旱性(45.55%)的变异系数也较大,说明引种茶树抵御自然灾害的能力差异性大;发芽密度、一芽二叶百芽质量、一芽一叶期、总游离氨基酸、EC、ECG、EGCG的变异系数均在20%~40%,茶多酚和咖啡碱的变异系数在10%~14%,变异系数较小的为水浸出物(6.32%)和绿茶品质得分(5.08%),但也均在5%,由此说明所引进的无性系茶树良种在江西省的适应性差异性大,存在表现较好的,也存在表现较差的品种。

2.1.2 农艺性状分析 生长势的变化范围为0~4,其中名山白毫、浙农113、浙农117、湘波绿2号、白毫早、福鼎大白茶、鄂茶1号达到了极强,这几个茶树品种的生长势极强,黄魁和黄金芽为弱,这两个为黄化品种,长势较差。一芽一叶期代表茶树萌芽早晚,萌芽早的茶树在持嫩性方面更长,一般采摘时间更久,且和春茶上市时间极显著相关,本次引进的茶树品种中中川茶3号、浙农902、春雨1号为特早生茶树品种,黄魁和春闰为晚生品种。发芽密度和一芽二叶百芽质量是产量相关性状,两者越大,说明产量潜力越大,发芽密度和一芽二叶百芽质量均较大的为玉笋、福鼎大白茶、浙农117。

2.1.3 化学成分含量分析 水浸出物的含量范围为34.76%~45.72%,其代表茶叶内含成分的丰富程度,对茶汤滋味的浓厚有重要贡献^[17],较大的为白毫早和鄂茶1号。总游离氨基酸对茶汤鲜爽味有重要贡献,也是茶叶加工过程中各种香气形成的前体物质^[18],含量范围为1.86%~5.24%,含量较高的为越黄1号、天台黄、黄魁、黄金芽等4个黄化品种。茶多酚是茶树重要的次生代谢物质之一,对茶树的抗虫性、抗病性、茶汤的色泽和滋味均有重要影响^[19],含量范围为13.30%~21.30%,较大的为鄂茶1号、黄金茶和春闰,较小的湘妃翠和春雨1号。咖啡碱对茶汤的苦味有重要贡献^[20],对茶树防御敌害也有重要作用,目前关于其对茶树的生理作用尚不清楚,因其是核酸的组成成分,所以相关学者推测茶树积累咖啡碱的一个作用是用来储存核酸,从而延续功能基因,其含量范围为2.88%~4.41%,含量较大的为天台黄和白毫早。4种儿茶素对茶汤的苦、涩味有重要贡献,也对茶树抗逆性有重要影响^[20],含量较大的为金萱、鄂茶1号、黄金茶和春闰。

表 2 各茶树品种性状指标的平均值及描述性统计
Tab.2 The average value and descriptive statistics of character indexes of various tea varieties

品种 Varieties	生长势 Growth potential	发芽密度/ (个·1 089 cm ⁻²) 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	EGC/%	EC/%	EGCG/%	耐寒性	耐旱性	绿茶品质得分 Score of green tea quality	
												Cold resistance	Drought tolerance		
浙农 113 Zhenong 113	4	110	22.6	3	39.59	3.05	18.58	3.76	1.68	0.79	2.62	10.56	4	4	92.10
川茶 3 号 Chuancha 3	2	105	15.3	1	38.66	2.39	17.79	3.60	1.49	0.35	2.02	10.42	2	1	90.05
浙农 117 Zhenong 117	4	115	28.2	2	40.45	2.72	17.99	3.87	0.47	0.70	2.90	9.55	4	4	89.50
浙农 902 Zhenong 902	3	117	19.0	1	41.64	2.95	18.22	2.88	1.60	0.69	2.11	8.49	2	3	89.10
马边绿 Mabianlv	2	98	21.4	2	40.31	3.04	15.46	3.57	0.70	0.37	2.82	9.00	2	1	90.70
春雨 2 号 Chunyu 2	3	83	19.7	2	36.80	2.44	13.79	4.00	0.38	0.97	1.70	6.79	2	2	92.70
春雨 1 号 Chunyu 1	3	88	15.1	1	36.91	3.25	14.10	3.06	1.09	0.50	1.49	5.47	2	2	89.50
天台黄 Tiantaihuang	1	82	16.5	3	41.20	4.75	14.59	4.41	1.34	0.71	1.10	4.33	1	1	91.05
越黄 1 号 Yuehuang 1	2	80	12.3	3	38.32	5.24	17.22	4.04	1.01	0.73	1.52	5.76	2	3	94.55
川茶 2 号 Chuancha 2	2	85	14.2	2	39.39	3.49	14.01	3.17	0.63	0.35	2.63	6.47	1	1	93.05
黄魁 Huangkui	0	57	10.1	4	41.65	4.64	18.86	3.44	1.87	0.80	1.31	6.83	1	1	92.55
黄金芽 Huangjinya	0	83	13.2	3	39.82	4.55	17.39	3.88	1.02	0.66	1.68	6.04	1	1	93.60
迎霜 Yingshuang	3	109	26.7	2	40.82	3.11	16.29	3.18	2.74	0.77	0.88	7.29	4	3	91.40
黄金茶 Huangjinchai	1	74	20.0	2	43.68	2.70	20.52	3.74	2.87	1.22	2.75	11.29	2	2	89.70
湘波绿 2 号 Xiangbolv 2	4	104	25.0	2	44.32	2.53	19.86	3.39	0.91	0.66	2.83	9.86	4	3	88.50
玉笋 Yushun	3	116	30.2	2	40.93	2.91	17.87	3.74	0.90	0.52	2.95	8.66	3	3	89.25
名山白毫 Mingshanbaihao	4	95	21.8	3	34.76	2.03	15.70	3.27	1.63	0.52	2.39	8.85	3	4	92.00
湘妃翠 Xiangfeicui	2	95	26.4	3	39.66	2.96	13.30	3.80	2.39	1.03	1.10	4.11	2	2	92.35
白毫早 Bathaozao	4	110	26.2	2	45.72	3.37	20.02	4.05	2.44	0.82	1.26	9.39	3	2	91.50
春闽 Chungui	1	88	29.7	4	41.35	2.21	20.14	3.95	0.72	0.46	3.56	10.83	2	2	94.30
福鼎大白茶 Fudingdabaicha	4	109	27.3	3	43.34	2.70	19.80	4.28	0.40	1.30	2.63	11.20	4	4	91.70
黄旦 Huangdan	1	103	19.2	2	39.79	1.97	18.51	3.75	2.30	0.88	2.42	10.40	2	2	89.55
鄂茶 1 号 Echa 1	4	110	20.1	3	44.40	1.99	21.30	3.61	1.88	0.54	2.69	11.63	4	4	93.05
紫鹃 Zijuan	1	57	30.2	4	43.46	4.54	19.28	4.01	2.29	0.93	2.08	5.42	2	2	83.20
金宣 Jinxuan	1	36	27.9	3	40.42	1.86	18.74	3.48	0.43	0.37	1.84	11.69	2	2	85.25
变异系数/% Coefficient of variation	57.20	22.30	28.21	35.16	6.32	30.86	13.24	10.31	55.28	36.47	33.55	28.31	42.79	45.55	5.08

2.2 引进品种性状指标的因子分析

对25份引进无性系茶树良种的15个性状进行因子分析,结果见表3和图1,一般选择初始特征值大于1的因子作为主因子^[21],从表3中可以看出,前5个因子的初始特征值大于1,所以选择前5个因子来代替各性状进行分析,其累积方差贡献率为79.19%,从图1中可以看出各性状对所选择的主因子均有相应的贡献,说明本研究所选择的15个性状可以解释引进品种在江西茶区适应性的79.19%的信息,使用这些性状指标可以对引进品种的适应性进行评价。

在因子分析的载荷图中,性状之间距离越接近,说明两者之间的相关性越大,在图1中3个圈内的性状距离较近,说明生长势、发芽密度、耐寒性和耐旱性之间相关性较大,生长势极强的茶树说明营养生长较为旺盛,分枝较多,根系较为发达,所以发芽密度较大、耐寒性和耐旱性较强^[22];水浸出物、茶多酚、EGCG、EGC和一芽二叶百芽质量之间相关性较大,EGCG、EGC为酯型儿茶素,是茶多酚的主要成分,茶多酚是水浸出物的主要成分,所以三者之间有较大相关性^[20],一芽二叶百芽质量较大说明茶叶芽头壮硕,从侧面说明茶树碳代谢较强,儿茶素类次生代谢物质是碳代谢的进一步产物^[4],所以这5者之间具有较大相关性;EGC、EC、咖啡碱和一芽一叶期之间相关性较大,物候期与化学成分之间的相关性目前尚不清楚,有待进一步研究。

2.3 引进品种的灰色关联度评价

为了准确的对引进品种的适应性进行评价,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^[14],测定的15个性状指标为比较数列(X_i),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^[20,22],分别取比较数列中的最大值,茶多酚、咖啡碱、EGC、EC、EGCG等对茶叶品质的苦、涩味有重要贡献^[19-20],属于负相关指标,在适宜范围内均取最小值,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。最终构建出理想品种见表4,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^[11]。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,最终结果见表4。

根据公式(1)计算出各性状的关联系数,之后利用公式(2)计算出各品种的加权关联度,结果见表5。结果中的加权关联度越大,说明该品种的综合评价越好^[14]。其中加权关联度在0.7以上的有11个品种,综合评价最好,依次为浙农117、福鼎大白茶、浙农113、鄂茶1号、迎霜、湘波绿2号、浙农902、白毫早、名山白毫、玉笋、春雨1号。这11个品种的制茶品质优良,生长势较强、产量较大,物候期早,化学成分含量优异,抗逆性较强,可进一步进行推广种植。加权关联度在0.6~0.7的有11个品种,这11个品种的综合评价为中等,此11个品种在各性状指标中有明显的优势性状,也存在部分弱势性状,如天台黄、马边绿、川茶2号、川茶3号的制茶品质优异,但耐寒性、耐旱性、生长势较弱,春围、湘妃翠的制茶品质好,但一芽一叶期和产量性状较差,紫鹃和金萱的化学成分含量优异,但制作绿茶品质较差,可根据优势性状选择性引种;加权关联度在0.6以下的有3个品种,分别是黄金芽、黄金茶和黄魁,综合评价较差,该3个品种生长势弱,抗逆性差,产量性状低,引种成活率低,引种难度较大。

3 结论与讨论

从省外引进到江西省的25份无性系茶树良种的适应性存在较大的差异性,在各单一性状指标中均

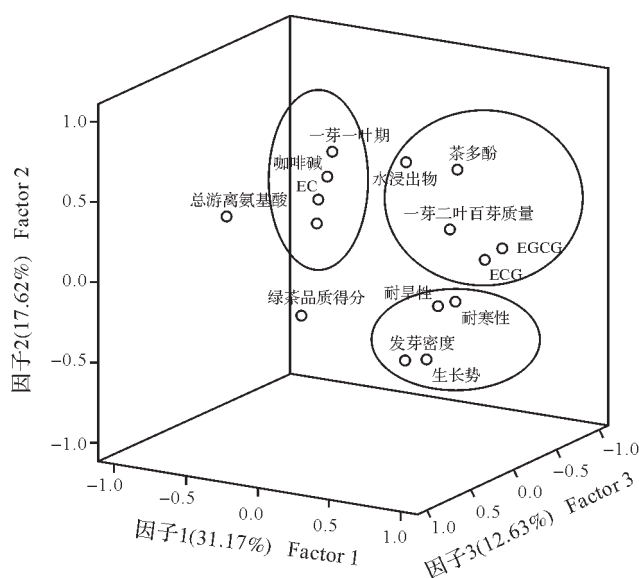


图1 各性状在因子分析的载荷图

Fig.1 Load graph of each character in factor analysis

有表现优异的品种,所测定的15项性状指标中生长势、发芽密度、耐寒性和耐旱性之间相关性较大,水浸出物、茶多酚、EGCG、EGC和一芽二叶百芽质量之间相关性较大,EGC、EC、咖啡碱和一芽一叶期之间相关性较大。使用灰色关联度综合评价最终筛选出了11份综合评价最好的品种,依次为浙农117、福鼎大白茶、浙农113、鄂茶1号、迎霜、湘波绿2号、浙农902、白毫早、名山白毫、玉笋和春雨1号,其中浙农117、福鼎大白茶、浙农113、迎霜、白毫早等在江西省内婺源县、浮梁县、修水县、遂川县和上犹县均有大范围引种,浙农117、福鼎大白茶、浙农113、白毫早在实际生产中为制作针形绿茶较好的品种,迎霜为制作卷曲形较好的品种。这几个良种在综合评价中排序均在前几位,也进一步说明了该评价体系效果较好。鄂茶1号、湘波绿2号、浙农902、名山白毫、玉笋和春雨1号在江西引种较少,其综合评价也较好,在实际茶树良种化推广过程中,可以作为备选目标。评价较差的有3个品种,其中黄金茶为湖南省的高氨基酸品种,该品种引种到湖北和四川之后,其氨基酸含量均有不同程度的降低,但在这两个省份的综合表现尚可^[23-24],江西省蚕桑茶叶研究所两次尝试引种黄金茶,其引种成活率均在50%以下,生长势和产量相比于其他良种较差,氨基酸含量也未达到高氨基酸水平,茶树与环境是辩证的统一体,其成活与性状发育都由遗传物质和环境条件所决定,当茶树引种到与其产地存在差异的新环境时,就促使茶树的性状产生变异,以适应新的环境,因此推测其原因可能是赣中红壤与气候条件不适宜黄金茶种植,有待进一步研究。值得一提的是4份黄化品种的综合评价均在中等以下,其中越黄1号最好、其次为天台黄、黄金芽,黄魁最差,黄化品种与其他品种相比,很明显的优势在于制作绿茶品质极好,但整体生长势、抗逆性和产量性状均较差,此结果与湖北^[24]、四川^[25]等引种表现相似,因此在实际引种时可作为特异品种小范围种植。省外良种的引种有助于丰富江西省茶树种质资源,这些省外良种不仅可以直接推广种植,也可以作为遗传亲本的杂交材料。因此,进一步的应用研究将集中在利用具备优异性状的良种和本地原生种质开展杂交育种,选育出具备自主知识产权的区域化专用茶树新品种。

参考文献 References:

- [1] WU C, XU H R, HÉRITIER J, et al. Determination of catechins and flavonol glycosides in Chinese tea varieties [J]. Food chemistry, 2012, 132(1): 144-149.
- [2] BANDYOPADHYAY T. Molecular marker technology in genetic improvement of tea [J]. International journal of plant breeding and genetics, 2011, 5(1): 23-33.
- [3] 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. 40 years of tea genetic breeding in China [J]. China tea, 2019, 41(5): 1-6.
- [4] 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 germplasms in Jiangxi province [J]. Jiangsu journal of agricultural sciences, 2020, 36(1): 172-179.
- [5] 黄海涛, 敖存, 毛宇骁, 等. 龙井茶适制茶树品种多性状综合评价—基于多元统计分析 [J]. 中国农学通报, 2020, 36(4): 76-82.
HANG H T, AO C, MAO Y X, et al. Comprehensive evaluation of multiple characters of suitable tea varieties of Longjing tea based on multivariate statistical analysis [J]. China agronomy bulletin, 2020, 36(4): 76-82.
- [6] 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 Shaanxi [J]. Chinese journal of tropical crops, 2012, 33(5): 792-798.
- [7] LAW J R, ANDERSON S R, JONES E S, et al. Approaches to improve the determination of eligibility for plant variety protection: I. Evaluation of morphological characteristics [J]. Maydica, 2011, 56(2): 113-129.
- [8] DEBASHAN L E, HERNANDEZ J P, BASHAN Y. The potential contribution of plant growth-promoting bacteria to reduce environmental degradation: a comprehensive evaluation [J]. Applied soil ecology, 2012, 61: 171-189.
- [9] SUN X, HU Z, LI M, et al. Optimization of pollutant reduction system for controlling agricultural non-point-source pollution based on grey relational analysis combined with analytic hierarchy process [J]. Journal of environmental management, 2019, 243: 370-380.
- [10] 马辉, 戴路, 阿布都艾尼·阿布都维力, 等. 灰色关联度法在优质棉品种综合评价中的应用 [J]. 中国棉花, 2018, 45(4): 19-21.

- MA H, DAI L, ABUDUAN A, et al. Application of gray relational analysis in the comprehensive evaluation of high quality cotton varieties[J]. China cotton, 2018, 45(4): 19-21.
- [11] 丁明亮, 赵红, 浦秋红, 等. 应用灰色关联度分析法对远缘杂交选育的小麦新品系评价[J]. 西南农业学报, 2018, 31(2): 217-222.
- DING M L, ZHAO H, PU X H, et al. Multi-factorial evaluation of new wheat lines from distant hybridization by grey relational analysis method[J]. Southwest China journal of agricultural sciences, 2018, 31(2): 217-222.
- [12] 李硕, 李成义, 杨秀娟, 等. 离子辐射选育当归新品种安全性评价[J]. 中草药, 2018, 49(11): 2662-2670.
- LI S, LI C Y, YANG X J, et al. Safety evaluation of new angelica sinensis varieties cultivated with ionizing radiation[J]. Chinese traditional and herbal drugs, 2018, 49(11): 2662-2670.
- [13] 白玉超, 黄敏升, 李林林, 等. 94份苧麻种质资源主要农艺性状关联分析与综合评价[J]. 中国麻业科学, 2017, 39(4): 161-171.
- BAI Y C, HUANG M S, LI L L, et al. Correlation analysis and evaluation of the main agronomic traits of 94 ramie varieties[J]. Plant fiber sciences in China, 2017, 39(4): 161-171.
- [14] 邓健康, 刘璇, 吴昕烨, 等. 基于层次分析和灰色关联度法的苹果(等外果)汁品质评价[J]. 中国食品学报, 2017, 17(4): 197-208.
- DENG J K, LIU X, WU X Y, et al. Quality Evaluation of apple(substandard) juice from different cultivars based on analytic hierarchy process and grey interconnect degree analysis[J]. Journal of Chinese institute of food science and technology, 2017, 17(4): 197-208.
- [15] YING Y, MA Q P, ZHU Z X, et al. Functional analysis of CsCBF3 transcription factor in tea plant (*Camellia sinensis*) under cold stress[J]. Plant growth regulation, 2016, 80: 335-343.
- [16] CHEN J, WANG P, XIA Y, 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]. Genetic resources and crop evolution, 2005, 52(1): 41-52.
- [17] GAO X, HO C T, LI X, et al. Phytochemicals, Anti-Inflammatory, antiproliferative, and methylglyoxal trapping properties of Zijuan Tea[J]. Journal of food science, 2018, 83: 517-524.
- [18] 岳翠男, 王治会, 石旭平, 等. 光质对茶叶香气代谢物的影响研究进展[J]. 食品科学, 2020, 41(5): 299-305.
- YUE C N, WANG Z H, SHI X P, et al. Research progress in the effect of light quality on tea aroma metabolites[J]. Food science, 2020, 41(5): 299-305.
- [19] 王治会, 岳翠男, 毛世红, 等. 黄茶主要滋味化学成分与感官滋味接受性研究[J]. 食品与发酵工业, 2018, 44(3): 77-83.
- WANG Z H, YUE C N, MAO S H, et al. Study on main flavoring compounds and taste acceptability of yellow tea[J]. Food and fermentation industries, 2018, 44(3): 77-83.
- [20] 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.
- [21] HO C L, KUO S L. Atmosphere distribution assessment of volatile organic compounds concentration using factor analysis in a refinery plant[J]. Journal of computational and theoretical nanoscience, 2019, 16(7): 2736-2741.
- [22] 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): 134-142.
- WANG Z H, PENG H, JIANG X F, et al. Analysis on the phenotypic diversity of buds and leaves of tea germplasm resources in Jiangxi Province[J]. Jiangsu agricultural sciences, 2020, 48(1): 134-142.
- [23] 杨纯婧, 许燕, 包婷婷, 等. 高氨基酸保靖黄金茶1号的生化特性及绿茶适制性研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(13): 126-132.
- YANG C J, XU Y, BAO T T, et al. Study of biochemical characteristic and green tea suitability for high amino acid of Baojing Huangjin 1[J]. Science and technology of food industry, 2015, 36(13): 126-132.
- [24] 马林龙, 金孝芳, 曹丹, 等. 湖北引种黄金茶1号主要生化特性及绿茶适制性分析[J]. 茶叶学报, 2016, 57(1): 34-41.
- MA L L, JIN X F, CAO D, et al. Analysis of biochemical characteristics and green tea suitability of Huangjincha 1 (*Camellia Sinensis*) for introduction in Hubei Province[J]. Tea science and technology, 2016, 57(1): 34-41.
- [25] 夏功敏, 唐茜, 张淑娟, 等. 黄金芽等五个引进特色茶树品种春梢生化品质特性初探[J]. 西南农业学报, 2014, 27(3): 978-983.
- XIA G M, TANG Q, ZHANG S J, et al. Biochemical components in shoots of five varieties introduced by western Sichuan tea plantation[J]. Southwest China journal of agricultural sciences, 2014, 27(3): 978-983.