

不同艾种质资源叶片品质的分析与评价

陈昌婕¹, 罗丹丹¹, 苗玉焕¹, 郭兰萍², 刘大会^{1*}

(1. 湖北中医药大学 药学院, 武汉 430065;

2. 中国中医科学院 中药资源中心 道地药材国家重点实验室培育基地, 北京 100700)

〔摘要〕 目的:对100份艾种质资源的14个品质性状进行综合评价,分析不同种质艾叶的质量差异并筛选出特异种质。方法:从全国收集艾种质资源,测定各种质的艾叶出绒率和总挥发油含量,运用超高效液相色谱(UPLC)测定艾叶中12种黄酮和酚酸类成分含量,并利用相关性分析、主成分分析和聚类分析对艾叶品质进行综合评价。结果:艾种质资源具有丰富的遗传多样性,14个品质性状的变异系数在25.67%~127.34%,其中绿原酸、隐绿原酸、异夏佛塔苷、异绿原酸B和异绿原酸A的变异系数超过70%,变异较大;艾叶出绒率与9个品质性状呈负相关,艾叶总挥发油与10个品质性状呈正相关,而各黄酮和酚酸类成分多呈相互协同的作用;对12种黄酮和酚酸类成分进行主成分分析,可提取出4个主成分,以S98(浙江省杭州市),S84(湖南省邵阳市隆回县),S66(湖北省麻城市福田河镇),S35(湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡),S15(河南省安阳市汤阴县伏道乡)所对应的种质艾叶中黄酮和酚酸类成分综合得分最高;系统聚类分析表明,欧式距离为8.0可以将100份种质分为4个类群:第Ⅰ类群包含90份资源,第Ⅱ类群包含3份资源,第Ⅲ类群包含3份类群,第Ⅳ类群包含4份类群,其中第Ⅱ类群黄酮和酚酸类成分含量较高,第Ⅲ类群总挥发油含量较高,第Ⅳ类群艾叶出绒率较高。结论:不同艾种质叶片品质差异较大,该研究可为艾种质资源的品质评价和品种选育提供依据。

〔关键词〕 艾;种质资源;超高效液相色谱法;黄酮;品质;聚类分析

〔中图分类号〕 R284.2;R289;R22;R2-031 **〔文献标识码〕** A **〔文章编号〕** 1005-9903(2021)09-0129-08

〔doi〕 10.13422/j.cnki.syfjx.20210511

〔网络出版地址〕 <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3495.R.20210204.1041.001.html>

〔网络出版日期〕 2021-2-4 11:39

Analysis and Evaluation on Leaf Quality of Different *Artemisia argyi* Germplasm Resources

CHEN Chang-jie¹, LUO Dan-dan¹, MIAO Yu-huan¹, GUO Lan-ping², LIU Da-hui^{1*}

(1. Pharmacy Faculty, Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430065, China;

2. National Resource Center for Chinese Materia Medica, China Academy of Chinese Material Sciences, State Key Laboratory Breeding Base of Dao-di Herbs, Beijing 100700, China)

〔Abstract〕 **Objective:** To analyze the quality differences among different germplasm resources of *Artemisia argyi* and to screen out the specific germplasm by comprehensively evaluating 14 quality traits of 100 germplasm resources. **Method:** Germplasm resources of *A. argyi* were collected from all over the country. The output rate of moxa and the content of total volatile oil in *A. argyi* leaves were determined, and the contents of 12 flavonoids and phenolic acids in *A. argyi* leaves were detected by ultra performance liquid chromatography (UPLC). The correlation analysis, principal component analysis and clustering analysis were used to comprehensively evaluate the quality of *A. argyi*. **Result:** There was rich genetic diversity of *A. argyi* germplasm resources, and the variation coefficients of 14 quality traits ranged from 25.67% to 127.34%, among which the

〔收稿日期〕 20201224(030)

〔基金项目〕 国家重点研发计划项目(2017YFC1700704);国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2015CB554506);中央本级重大增减支项目(2060302);现代农业产业技术体系建设专项(CARS-21)

〔第一作者〕 陈昌婕,在读硕士,从事中药资源与中药质量评价研究,E-mail:1051570116@qq.com

〔通信作者〕 *刘大会,教授,博士生导师,从事中药资源与中药质量评价研究,Tel:027-68890106,E-mail:liudahui@hbtcm.edu.cn

coefficient of variation of chlorogenic acid, cryptochlorogenic acid, isoxiafotaside, isochlorogenic acid B and isochlorogenic acid A was more than 70%, with high variation. The output rate of moxa was negatively correlated with 9 quality traits, while the content of total volatile oil was positively correlated with 10 quality traits, and most of the flavonoids and phenolic acids had synergistic effects. 12 flavonoids and phenolic acids were analyzed by principal component analysis, and 4 principal components could be extracted. The highest contents of flavonoids and phenolic acids were found in S98 (Hangzhou, Zhejiang province), S84 (Longhui county, Shaoyang city, Hunan province), S66 (Futian river town, Macheng city, Hubei province), S35 (Balihu town, Qichun county, Huanggang city, Hubei province), and S15 (Fudao town, Tangyin county, Anyang city, Henan province). The systematic clustering analysis showed that the 100 germplasm could be divided into four groups when the euclidean distance was 8.0, with 90, 3, 3, 3 and 4 accessions in group I, II, III and IV, respectively. The germplasm resources in group II contained the highest content of flavonoids and phenolic acids, the group III contained the highest content of total volatile oil and the group IV contained the highest output rate of moxa. **Conclusion:** The leaf quality of different *A. argyi* germplasms is different. This study can provide the basis for the quality evaluation and variety breeding of *A. argyi* germplasm resources.

[Key words] *Artemisia argyi*; germplasm resources; ultra performance liquid chromatography; flavonoids; quality; clustering analysis

艾叶为菊科植物艾的干燥叶片^[1],是中国常用的民俗药材,有着悠久的历史。挥发油、酚酸和黄酮等成分是艾叶中发挥主要药理活性的物质,具有抗氧化、抗肿瘤、抗菌杀虫、消炎、止咳平喘等多种功效^[2]。艾叶除临床药用外,还可制成青团食用^[3];艾叶加工后制成的艾绒是艾灸疗法的主要材料^[4],制绒的副产物艾粉可作为饲料添加剂应用于畜牧及水产养殖中^[5];除此之外,还可应用于驱蚊液、足浴包、沐浴露、牙膏等日化保健品中。艾品种繁多,几遍全国,不同的生存环境孕育出了丰富的艾种资源,湖北省蕲春县的“蕲艾”,河南省汤阴县的“北艾”,河北省安国市的“祁艾”,浙江省宁波市的“海艾”是最具有代表性的品种,且不同产地的艾叶品质差异较大^[6-7]。近年来,艾叶的野生资源已不足以满足日益增长的市场需求,湖北、四川、河南、河北、湖南等地开始了大面积艾的人工驯化栽培,其中,河南省南阳市和湖北省蕲春县是艾叶种植面积、对外贸易值和加工产值最高的地区。目前,对艾叶品质的研究主要集中于不同产地艾叶中有效成分含量差异的比较^[8-10],但笔者暂未见对不同种质艾叶品质性状进行系统分析的研究报道。因此,本研究从全国各地收集了100份艾种质资源,测定了艾叶出绒率和叶片中总挥发油含量,利用超高效液相色谱法(UPLC)测定了艾叶中12种黄酮和酚酸类成分含量,并利用相关性分析、主成分分析和聚类分析对其进行综合评价,建立了不同艾种质资源叶片品质的评价与筛选方法,以期艾的品种化栽

培及专用品种选育提供参考。

1 材料

1.1 仪器 QE-100型高速粉碎机(浙江屹立工贸有限公司),ZNHW型智能恒温电热套(天津工兴实验室仪器有限公司),1260型高效液相色谱仪(美国安捷伦公司),PS-40型超声波清洗器(深圳市超艺达科技有限公司,240 W,40 kHz),WP-UP-GX型超纯水机(上海研承仪器有限公司)。

1.2 试剂 绿原酸、隐绿原酸、夏佛塔苷、新绿原酸(德斯特生物科技有限公司,批号分别为DST200822-021, DSTDY003501, DSTDX000601, DSTDX001501,纯度分别为98%, ≥98%, ≥98%, ≥98%);异绿原酸B,异绿原酸A,异绿原酸C(成都瑞芬思生物科技有限公司,批号分别为RFS-Y06911812012, RFS-Y06801911011, RFS-Y07011805016,纯度均≥98%);异夏佛塔苷、蔓荆子黄素、高车前素、异泽兰黄素、棕矢车菊素(成都普思生物科技股份有限公司,批号分别为PS001084, PS000670, PS011076, PS020254, PS001167,纯度均≥98%);异泽兰黄素(杭州草本源生物技术有限公司,批号025-83428615,纯度≥98%)。

1.3 样品 2018—2019年从全国59个艾生境采集100份样品,经湖北中医药大学刘大会教授鉴定为菊科蒿属植物艾 *Artemisia argyi*,移入湖北中医药大学药用植物园内种植保存,并于2019年12月取不同艾种质地下未出苗根状茎,截成10~15 cm,按株行距20 cm×30 cm种植于湖北中医药大学艾种质资

源圃中,试验小区长2.5 m,宽1.5 m,每个种质资源种植4行,40~60株,其余按照常规农事操作进行,见表1。2020年6月5日采收药材,各小区采收15株代表性艾植株,于荫棚悬挂晾干后脱叶保存备用。

表1 100份艾种质资源基本信息
Table 1 Information of 100 *Artemisia argyi* germplasm resources

编号	来源	编号	来源	编号	来源
S01	安徽省安庆市岳西县来榜镇	S35	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S69	湖北省十堰市房县
S02	安徽省亳州市蒙城县小辛集乡	S36	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S70	湖北省随州市广水市
S03	安徽省淮北市相山区	S37	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S71	湖北省随州市广水市
S04	安徽省六安市霍山县九资河镇	S38	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S72	湖北省随州市广水市
S05	福建省福州市闽侯县	S39	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S73	湖北省随州市随县
S06	福建省福州市闽侯县	S40	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S74	湖北省武汉市洪山区
S07	广西壮族自治区南宁市兴宁区	S41	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S75	湖北省咸宁市通城县隽水镇
S08	贵州省贵阳市乌当区	S42	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S76	湖北省襄阳市谷城县
S09	贵州省兴义市安龙县捧乍镇	S43	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S77	湖北省襄阳市谷城县
S10	贵州省兴义市安龙县捧乍镇	S44	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S78	湖北省襄阳市谷城县
S11	贵州省兴义市安龙县捧乍镇	S45	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S79	湖北省襄阳市谷城县
S12	贵州省兴义市安龙县捧乍镇	S46	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S80	湖北省襄阳市谷城县
S13	河北省安国市祁州镇	S47	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S81	湖北省孝感市大悟县东新乡
S14	河北省安国市祁州镇	S48	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S82	湖北省孝感市大悟县东新乡
S15	河南省安阳市汤阴县伏道乡	S49	湖北省黄冈市蕲春县八里湖乡	S83	湖北省宜昌市五峰县渔洋关镇
S16	河南省南阳市方城县柳河乡	S50	湖北省黄冈市蕲春县赤东镇	S84	湖南省邵阳市隆回县
S17	河南省南阳市卧龙区陆营镇	S51	湖北省黄冈市蕲春县赤东镇	S85	江苏省南京市栖霞区
S18	河南省南阳市卧龙区陆营镇	S52	湖北省黄冈市蕲春县赤东镇	S86	江苏省南通市海安县海安镇
S19	河南省南阳市卧龙区陆营镇	S53	湖北省黄冈市蕲春县漕河镇	S87	江苏省盐城市盐都区
S20	河南省南阳市卧龙区陆营镇	S54	湖北省黄冈市蕲春县刘河镇	S88	江西省抚州市崇仁县
S21	河南省南阳市社旗县大冯营镇	S55	湖北省黄冈市蕲春县蕲州镇	S89	江西省赣州市全南县小慕乡
S22	河南省南阳市社旗县大冯营镇	S56	湖北省黄冈市蕲春县蕲州镇	S90	江西省九江市柴桑区江州镇
S23	河南省南阳市桐柏县大河镇	S57	湖北省黄冈市蕲春县蕲州镇	S91	江西省九江市德安县林木镇
S24	河南省南阳市桐柏县大河镇	S58	湖北省黄冈市蕲春县蕲州镇	S92	江西省瑞金市壬田镇上稳村
S25	河南省南阳市卧龙区英庄镇	S59	湖北省黄冈市蕲春县清水河乡	S93	江西省上饶市鄱阳县
S26	河南省南阳市卧龙区英庄镇	S60	湖北省黄冈市蕲春县仙人台	S94	陕西省安康市宁陕县
S27	河南省南阳市卧龙区英庄镇	S61	湖北省黄冈市蕲春县蕲州镇	S95	陕西省商洛市
S28	河南省信阳市浉河区	S62	湖北省黄冈市团风县杜皮乡	S96	四川省巴中市
S29	黑龙江省北安市通北县	S63	湖北省黄冈市团风县杜皮乡	S97	四川省乐山市
S30	甘肃省陇南市西和县长道镇刘磨村	S64	湖北省黄冈市团风县总路咀镇	S98	浙江省杭州市
S31	湖北省恩施土家族苗族自治州巴东县	S65	湖北省黄冈市团风县方高坪镇	S99	浙江省金华市永康市
S32	湖北省黄冈市红安县城关镇	S66	湖北省麻城市福田河镇	S100	浙江省宁波市宁海县
S33	湖北省黄冈市红安县高桥镇	S67	湖北省麻城市福田河镇		
S34	湖北省黄冈市黄州区	S68	湖北省神龙架林区		

2 方法

2.1 出绒率测定 从每份样品中称取艾叶干品10 g,于高速粉碎机中粉碎30 s,将粉碎后的混合物置于1号筛中,筛净粉末后即得艾绒,计算艾绒占总

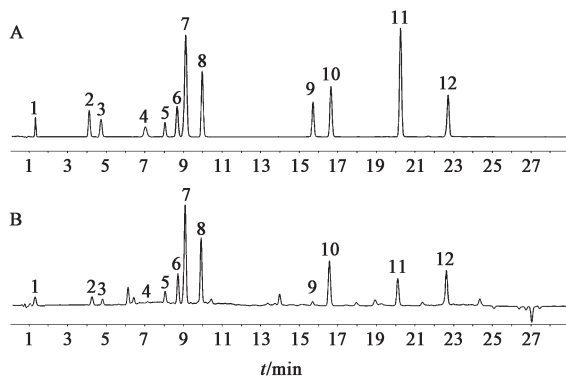
质量的比例,即为出绒率。

2.2 总挥发油含量测定 从每份样品中称取艾叶干品40 g,剪碎后置于2 000 mL圆底烧瓶瓶中,加入蒸馏水1 000 mL,浸泡过夜,参照2020年版《中华

人民共和国药典》(四部)通则2204“挥发油测定法”提取7 h,收集艾叶挥发油并测定艾叶干品中总挥发油含量。

2.3 黄酮和酚酸类成分含量测定

2.3.1 UPLC 色谱条件^[11-13] 采用 ZORBAXRRHD Eclipse Plus 95A C₁₈ 色谱柱(2.1 mm×100 mm, 1.8 μm),利用 UPLC 测定新绿原酸,绿原酸,隐绿原酸,夏佛塔苷,异夏佛塔苷,异绿原酸 B,异绿原酸 A,异绿原酸 C,高车前素,棕矢车菊素,异泽兰黄素,蔓荆子黄素的含量。色谱条件:流动相为 0.1% 甲酸水溶液(A)-乙腈(B),梯度洗脱(0~0.5 min, 98%~95%A; 0.5~7 min, 95%~75%A; 7~11 min, 75%~70%A; 11~14 min, 70%~67%A; 14~19.5 min, 67%~55%A; 19.5~20.5 min, 55%~15%A; 20.5~27 min, 15%~2%A; 27~28 min, 2%~98%A),流速 0.4 mL·min⁻¹;柱温 35℃,检测波长 330 nm;进样量 1 μL。色谱图见图 1。



1.新绿原酸;2.绿原酸;3.隐绿原酸;4.夏佛塔苷;5.异夏佛塔苷;6.异绿原酸 B;7.异绿原酸 A;8.异绿原酸 C;9.高车前素;10.棕矢车菊素;11.异泽兰黄素;12.蔓荆子黄素

图1 艾叶混合对照品溶液(A)和供试品溶液(B)的UPLC

Fig. 1 UPLC of *Artemisia argyi* mixed reference solution(A) and test solution (B)

2.3.2 混合对照品溶液的制备 精密称取各对照品适量,用甲醇配制成含新绿原酸 7.37 mg·L⁻¹,绿原酸 12.71 mg·L⁻¹,隐绿原酸 3.73 mg·L⁻¹,夏佛塔苷 101.92 mg·L⁻¹,异夏佛塔苷 106.71 mg·L⁻¹;异绿原酸 B 315.56 mg·L⁻¹,异绿原酸 A 545.00 mg·L⁻¹,异绿原酸 C 358.33 mg·L⁻¹,高车前素 18.62 mg·L⁻¹,棕矢车菊素 95.06 mg·L⁻¹,异泽兰黄素 171.50 mg·L⁻¹,蔓荆子黄素 176.40 mg·L⁻¹的混合对照液。

2.3.3 供试品溶液的制备 精密称取艾叶粉末(过1号筛)0.1 g于20 mL量瓶中,加入分析纯甲醇定容至刻度线,称定质量,放置过夜,超声处理30 min,冷却至室温后用甲醇补足减失质量,摇匀,滤过,取续

滤液过 0.22 μm 微孔滤膜,即得。

2.3.4 标准曲线的绘制 精密吸取混合对照品溶液适量,加入甲醇稀释后配制成6个质量浓度的混合对照品溶液,过 0.22 μm 微孔滤膜,进样 1 μL。以各成分的浓度为横坐标(X),峰面积积分值(Y)为纵坐标,回归方程见表2。此方法在线性范围内各成分质量浓度与峰面积呈良好的线性关系,方法灵敏度高。

表2 12种成分的回归方程、相关系数和线性范围

Table 2 Calibration curves, coefficients and linear ranges of analytes

峰号	成分	回归方程	<i>r</i>	线性范围 /mg·L ⁻¹
1	新绿原酸	$Y=4\ 198.904X+0.049$	0.999 8	0.07~7.37
2	绿原酸	$Y=3\ 975.955X-0.099$	0.999 3	0.13~12.71
3	隐绿原酸	$Y=2\ 807.421X+0.072$	0.999 4	0.04~3.73
4	夏佛塔苷	$Y=2\ 356.182X-0.051$	0.999 6	1.02~101.92
5	异夏佛塔苷	$Y=2\ 301.001X-0.487$	0.999 4	1.07~106.71
6	异绿原酸 B	$Y=3\ 134.850X+0.069$	0.999 8	3.16~315.56
7	异绿原酸 A	$Y=3\ 926.774X-0.173$	0.999 5	5.45~545.00
8	异绿原酸 C	$Y=2\ 907.070X+0.310$	0.999 1	3.58~358.33
9	高车前素	$Y=5\ 454.418X+0.178$	0.999 3	0.19~18.62
10	棕矢车菊素	$Y=3\ 442.916X-0.483$	0.999 5	0.95~95.06
11	异泽兰黄素	$Y=4\ 038.841X-1.077$	0.999 4	1.72~171.50
12	蔓荆子黄素	$Y=2\ 026.618X+0.010$	0.999 1	1.76~176.40

2.4 数据分析 采用 Excel 2010 与对数据进行统计;运用利用 SPSS 25.0 软件进行相关性分析、主成分分析和聚类分析, $P<0.05$ 表示有明显相关性。

3 结果与分析

3.1 品质性状的变异分析 对100份艾种质资源叶片出绒率、叶片中总挥发油含量和12种黄酮和酚酸类成分含量进行分析,结果见表3。参试种质艾叶出绒率在8.23%~45.33%,平均值为23.38%;总挥发油质量分数0.53%~2.55%,平均值为1.43%,艾叶出绒率和总挥发油含量的中位数和平均值差异较小,表明这2个品质性状数据较为集中。12种黄酮和酚酸类成分中平均含量较低的分别为新绿原酸、绿原酸、隐绿原酸和异夏佛塔苷,分别为0.65,0.65,0.50,0.56 mg·g⁻¹,含量较高的为异绿原酸 A,异绿原酸 C,异泽兰黄素和蔓荆子黄素,分别为6.25,4.76,3.18,3.32 mg·g⁻¹。参试种质的14个品质性状表现出不同程度的变异,变异系数在22.97%~127.34%,除艾叶出绒率与叶片中总挥发油含量的变异系数

较小之外,12种黄酮和酚酸类成分变异系数均>30%,具有丰富的遗传变异。各性状指标变异系数大小依次为绿原酸>隐绿原酸>异夏佛塔昔>异绿原酸A>异绿原酸B,其中绿原酸、隐绿原酸、异夏佛塔昔、异绿原酸B和异绿原酸A的变异系数超过70%,表明这5个指标在100个种质资源样本间存在较大差异。

3.2 品质性状的相关性分析 利用SPSS软件对14个品质性状进行相关性分析,见表4。艾叶出绒率与新绿原酸含量呈显著负相关,与棕矢车菊素含量呈显著正相关;艾叶总挥发油含量与新绿原酸含量呈显著正相关,与异泽兰黄素含量呈极显著正相关;新绿原酸含量与绿原酸,夏佛塔昔,异绿原酸B,异绿原酸A,异绿原酸C含量呈显著正相关,与蔓荆子黄素含量呈极显著负相关;绿原酸含量与隐绿原酸,异夏佛塔昔,异绿原酸B,异绿原酸A,异绿原酸C含量呈极显著正相关,与夏佛塔昔含量呈显著正相关;隐绿原酸含量与异夏佛塔昔,异绿原酸A,异绿原酸C含量呈极显著正相关;夏佛塔昔含量与异绿原酸B,异绿原酸C含量呈极显著正相关,与异绿原酸A含量呈显著正相关;异夏佛塔昔含量与异绿原酸B,异绿原酸A含量呈极显著正相关;异绿原酸B含量与异绿原酸A,异绿原酸C含量呈极显著正相关;异绿原酸A和异绿原酸C含量呈极显著正相关;高车前素与棕矢车菊素、异泽兰黄素含量呈极

表3 艾种质资源品质性状变异情况

Table 3 Variations of quality-related traits of *Artemisia argyi* germplasm resources

品质性状	最小值	最大值	中位数	平均值	标准差	变异系数/%
艾叶出绒率/%	8.23	45.33	23.12	23.38	6.28	26.87
总挥发油/%	0.53	2.55	1.46	1.43	36.68	22.97
新绿原酸/mg·g ⁻¹	0.02	1.93	0.60	0.65	31.87	48.79
绿原酸/mg·g ⁻¹	0.03	5.73	0.39	0.65	82.71	127.34
隐绿原酸/mg·g ⁻¹	0.01	3.10	0.24	0.50	62.45	124.45
夏佛塔昔/mg·g ⁻¹	0.10	4.98	1.60	1.62	91.12	56.25
异夏佛塔昔/mg·g ⁻¹	0.16	2.67	0.44	0.56	43.37	77.20
异绿原酸B/mg·g ⁻¹	0.31	11.23	1.92	2.29	163.10	71.08
异绿原酸A/mg·g ⁻¹	0.48	24.56	5.30	6.25	461.48	73.83
异绿原酸C/mg·g ⁻¹	0.41	16.05	4.22	4.76	299.75	62.96
高车前素/mg·g ⁻¹	0.01	0.74	0.20	0.23	13.72	60.90
棕矢车菊素/mg·g ⁻¹	0.09	3.25	0.93	1.00	49.60	49.62
异泽兰黄素/mg·g ⁻¹	0.34	5.40	3.17	3.18	104.23	32.74
蔓荆子黄素/mg·g ⁻¹	1.41	8.00	3.35	3.32	120.40	36.28

显著正相关;棕矢车菊素与异泽兰黄素含量呈极显著正相关。这说明14个品质性状间存在着不同程度的相关性,其中艾叶出绒率与总挥发油、黄酮和酚酸类成分间多呈相互拮抗的作用,总挥发油与黄酮和酚酸类成分、黄酮和酚酸类成分间多成相互协同的作用。

表4 艾种质资源14个品质性状的相关性分析

Table 4 Correlation coefficient between the 14 quality traits of *Artemisia argyi* germplasm resources

性状	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄
X ₁	1.000													
X ₂	-0.168	1.000												
X ₃	-0.228 ¹⁾	0.221 ¹⁾	1.000											
X ₄	-0.139	0.122	0.596 ²⁾	1.000										
X ₅	-0.042	0.051	0.163	0.504 ²⁾	1.000									
X ₆	-0.191	0.217 ¹⁾	0.497 ²⁾	0.215 ¹⁾	-0.090	1.000								
X ₇	-0.099	-0.061	0.178	0.315 ²⁾	0.431 ²⁾	-0.126	1.000							
X ₈	-0.178	0.104	0.462 ²⁾	0.287 ²⁾	0.126	0.297 ²⁾	0.289 ²⁾	1.000						
X ₉	-0.096	0.102	0.485 ²⁾	0.551 ²⁾	0.276 ²⁾	0.203 ¹⁾	0.340 ²⁾	0.383 ²⁾	1.000					
X ₁₀	-0.132	0.147	0.598 ²⁾	0.618 ²⁾	0.351 ²⁾	0.304 ²⁾	0.398 ²⁾	0.619 ²⁾	0.867 ²⁾	1.000				
X ₁₁	0.018	0.186	-0.032	-0.017	0.165	0.043	0.047	0.032	0.045	0.124	1.000			
X ₁₂	0.247 ¹⁾	0.142	-0.120	-0.117	0.044	0.052	0.003	-0.074	-0.037	-0.013	0.382 ²⁾	1.000		
X ₁₃	0.030	0.435 ²⁾	0.031	-0.049	-0.059	0.056	0.010	0.103	0.021	0.126	0.310 ²⁾	0.302 ²⁾	1.000	
X ₁₄	0.115	-0.003	-0.326 ²⁾	-0.131	0.049	-0.020	0.132	0.173	0.061	0.044	0.122	0.195	-0.059	1.000

注:X₁,艾叶出绒率;X₂,总挥发油;X₃,新绿原酸;X₄,绿原酸;X₅,隐绿原酸;X₆,夏佛塔昔;X₇,异夏佛塔昔;X₈,异绿原酸B;X₉,异绿原酸A;X₁₀,异绿原酸C;X₁₁,高车前素;X₁₂,棕矢车菊素;X₁₃,异泽兰黄素;X₁₄,蔓荆子黄素。两个品质性状相关性比较¹⁾P<0.05,²⁾P<0.01。

3.3 黄酮和酚酸类成分的主成分分析 为了更加简明的表现艾叶中12种黄酮和酚酸类成分的含量差异,对100份艾种质资源叶片中12种黄酮和酚酸类成分含量进行主成分分析,见表5。共提取4个主成分,累积贡献率为68.680%,能够基本代表12个品质性状的全部信息。其中,第1主成分中新绿原酸,绿原酸,异绿原酸B,异绿原酸A,异绿原酸C的特征值较大;第2主成分中高车前素、棕矢车菊素、异泽兰黄素的特征值较大;第3主成分中夏佛塔苷的特征值较大;第4主成分中的蔓荆子黄素的特征值较大,可利用各主成分值反映该主成分中特征值较大的性状信息。根据因子贡献率(0.456,0.217,0.186,0.14)及标准化性状数据求得4个主成分综合得分 $F=0.165X_3+0.103X_4+0.022X_5+0.200X_6+0.069X_7+0.237X_8+0.198X_9+0.249X_{10}+0.135X_{11}+0.124X_{12}+0.135X_{13}+0.118X_{14}$,其中,夏佛塔苷,异绿原酸B,异绿原酸C的系数较大,可以作为反映艾叶中黄酮和酚酸类成分综合情况的主要因子。由以上公式计算出综合得分值(F)并进行排名,得分值均值为0.489,得分值最大的5个种质分别为S98(1.134),S84(1.014),S66(0.963),S35(0.859),S15(0.833),是供试种质中黄酮和酚酸类成分综合表现最好的种质。

表5 12个黄酮和酚酸类成分的主成分分析
Table 5 Principal component analysis of 12 flavonoids and phenolic acids

性状	因子1	因子2	因子3	因子4
新绿原酸(X_3)	0.756	-0.295	0.356	-0.155
绿原酸(X_4)	0.778	-0.161	-0.14	-0.270
隐绿原酸(X_5)	0.483	0.204	-0.549	-0.343
夏佛塔苷(X_6)	0.392	-0.108	0.659	0.219
异夏佛塔苷(X_7)	0.497	0.209	-0.541	-0.007
异绿原酸B(X_8)	0.648	0.057	0.145	0.445
异绿原酸A(X_9)	0.81	0.027	-0.058	0.098
异绿原酸C(X_{10})	0.923	0.093	0.033	0.102
高车前素(X_{11})	0.09	0.721	0.165	-0.230
棕矢车菊素(X_{12})	-0.064	0.735	0.209	-0.099
异泽兰黄素(X_{13})	0.070	0.531	0.430	-0.267
蔓荆子黄素(X_{14})	-0.025	0.472	-0.281	0.740
特征值	3.756	1.789	1.535	1.161
贡献率/%	31.297	14.909	12.794	9.679
累计贡献率/%	31.297	46.207	59.000	68.680

3.4 品质性状的聚类分析 将100份艾叶种质的出绒率、总挥发油含量、综合得分值 F 导入SPSS

25.0软件,进行系统聚类分析。在欧氏距离为8.0时可将100份种质分为4类,第Ⅰ类群包含90份种质,第Ⅱ类群包含3份种质,第Ⅲ类群包含3份种质,第Ⅳ类群包含4份种质。见图2。

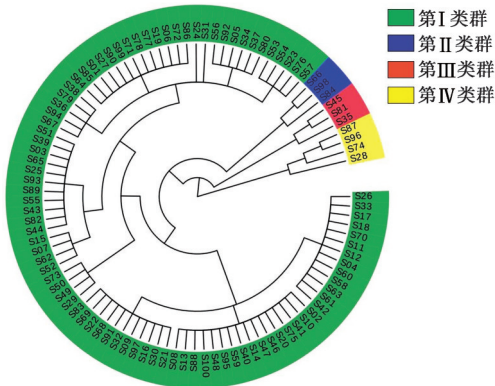


图2 艾种质资源系统聚类分析
Fig. 2 Cluster figurer of *Artemisia argyi* germplasm resources

主成分分析是一种无监督的多元统计方法,能够在不丢失太多信息的前提下反映样本信息^[14]。为验证不同类群艾种质资源的差异,利用SIMCA-P 14.1软件对各种质的艾叶出绒率、总挥发油和综合得分值进行主成分分析分析。结果显示,各个类群的种质能够进行较好的区分,可以用于验证聚类分析的结果。见图3。

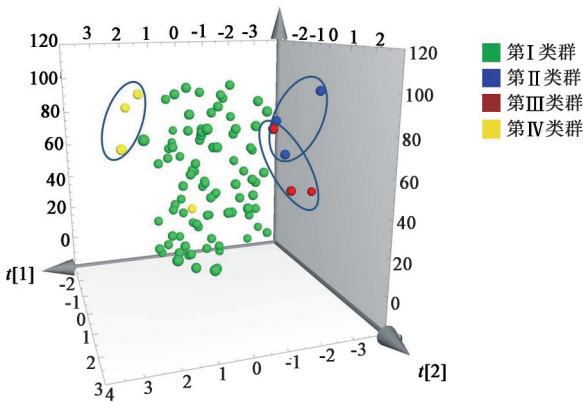


图3 艾种质资源主成分分析得分
Fig. 3 Principal component analysis score plot of *Artemisia argyi* germplasm resources

对各类群的艾叶出绒率,总挥发油,12种黄酮和酚酸类成分含量及其综合得分(F)进行统计,见表6。其中,艾叶出绒率最高的为第Ⅳ类群,总挥发油含量最高的为第Ⅲ类群,黄酮和酚酸类成分综合得分值最高的为第Ⅱ类群。对各类群12种黄酮和酚酸类成分含量的平均值做具体分析,除第Ⅰ类群的高车前素平均含量最高,第Ⅲ类群的异泽兰黄素

和蔓荆子黄素平均含量最高,第Ⅳ类群的棕矢车菊素平均含量最高外,其余8种黄酮和酚酸成分的平均含量均为第Ⅱ类群最高,与综合得分值的结果一致。由此可知,第Ⅰ类群包含了供试样本中的大多数种质,其艾叶出绒率和总挥发油含量并不突出,且黄酮和酚酸类成分的含量较低,属于中等种质;第Ⅱ类群可以作为高黄酮和酚酸品种的改良亲本材料加以利用;第Ⅲ类群可以作为高挥发油品种的改良亲本加以利用;第Ⅳ类群可以作为高出绒率的改良亲本加以利用。

表6 艾种质资源4个类群品质性状平均值的比较

Table 6 Average values of quality traits in *Artemisia argyi* germplasm resources

品质性状	第Ⅰ类群	第Ⅱ类群	第Ⅲ类群	第Ⅳ类群
艾叶出绒率/%	23.38	22.33	20.67	26.25
总挥发油/%	1.44	1.47	2.37	0.44
综合得分值 F	0.46	1.04	0.65	0.50
新绿原酸/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	0.62	1.60	0.99	0.54
绿原酸/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	0.54	3.44	1.04	0.72
隐绿原酸/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	0.48	1.44	0.39	0.35
夏佛塔苷/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	1.58	2.73	2.59	0.92
异夏佛塔苷/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	0.54	1.21	0.45	0.61
异绿原酸B/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	2.17	4.86	2.65	2.94
异绿原酸A/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	5.47	23.00	10.08	8.37
异绿原酸C/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	4.30	15.33	6.51	5.99
高车前素/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	0.23	0.21	0.16	0.17
棕矢车菊素/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	1.01	0.85	0.79	1.13
异泽兰黄素/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	3.14	2.97	4.78	3.15
蔓荆子黄素/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$	3.31	3.33	3.48	3.31

4 讨论

艾叶中富含艾绒,同时含有丰富的药用活性成分,具有广泛的药理活性。艾叶的出绒率、总挥发油含量、黄酮和酚酸类成分含量是评价其品质的主要指标。艾绒是干燥艾叶经粉碎过筛制得的细软绒状物,主要成分为非腺毛^[15],艾绒燃烧的温热效应、辐射光谱和挥发性气体能对人体产生特殊疗效^[16],可以用于炎症、肿瘤、高血脂、高血压等多种疾病^[17],艾叶出绒率越高,产生的经济效益越好。挥发油是艾叶中重要的有效成分,其化学组分复杂^[18],具有显著的抗炎、抗肿瘤、抗菌、镇咳平喘以及防治蚊虫等作用^[19];绿原酸类成分是艾叶中主要的酚酸类成分,属于苯丙素类化合物^[20],能够抑制黄嘌呤氧化酶的活性,减少体内氧自由基的产生,

具有较好的抗氧化活性^[21],包括异泽兰黄素和棕矢车菊素在内的黄酮类成分也具有良好的抗氧化、抗肿瘤、抗炎、抑菌等作用^[22]。本研究通过对收集的100份艾种质资源的艾叶出绒率,总挥发油含量,12种黄酮和酚酸类成分含量进行变异分析,变异系数范围为22.97%~127.34%,平均值为62.43%,这说明艾种质资源14个品质性状间存在不同程度的差异,具有丰富的遗传多样性,具有较大的优选潜力,其中变异系数较大的为绿原酸,隐绿原酸,异夏佛塔苷,异绿原酸B,异绿原酸A 5个品质性状,可以作为鉴定艾叶品质的优先指标。对14个品质性状进行相关性分析,结果显示各性状间影响较大,艾叶出绒率与有效成分多呈相互拮抗作用,而有效成分间多为相互协同的作用。对12种黄酮和酚酸类成分进行主成分分析,共提取出4个主成分因子,从中筛选出夏佛塔苷,异绿原酸B,异绿原酸C这3个性状,可作为反映艾叶中黄酮和酚酸类成分含量的主要指标,通过综合得分值可以更加简明地评价12种黄酮和酚酸类成分的综合表现。利用聚类分析可将100份种质分为4个类群,不同类群的种质各品质性状区别明显,第Ⅰ类群包含了供试样本中的大多数种质,其各品质性状均居于中等,除此之外,高黄酮和酚酸种质(S66, S98, S84)可聚为一类,高挥发油种质(S45, S81, S35)可聚为一类,高出绒率(S87, S96, S74, S28)种质可聚为一类,可作为提供优良品质性状的育种材料加以利用。综上所述,不同艾种质资源即使种植于同一生态条件下,其叶片品质仍呈现较大差异,根据本试验结果可以为艾种质资源品质的综合评价、开发创新以及优良品种的选育提供参考。

〔利益冲突〕 本文不存在任何利益冲突。

〔参考文献〕

- 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2020:92.
- 李真真,吕洁丽,张来宾,等. 艾叶的化学成分及药理作用研究进展[J]. 国际药学研究杂志,2016,43(6): 1059-1066.
- 孟诜. 食疗本草[M]. 北京:人民卫生出版社,1984.
- 曹玲,于丹,崔磊,等. 艾叶的化学成分、药理作用及产品开发研究进展[J]. 药物评价研究,2018,41(5): 918-923.
- 刘超齐,常娟,王平,等. 艾草的生物学功能及在畜牧生产上的应用[J]. 动物营养学报,2018,30(9):3417-3422.

- [6] 陈昌婕,张智慧,苗玉焕,等. 不同艾叶资源的出绒率及其有效成分比较研究[J]. 西南农业学报,2020,33(8):1785-1791.
- [7] 胡吉清,万定荣,蒲锐,等. 中、韩不同产地艾叶的质量评价及其道地性考察[J]. 中华中医药杂志,2019,34(2):553-556.
- [8] 刘梦菲,江汉美,肖宇硕,等. HS-SPME-GC-MS联用技术分析不同产地艾叶挥发性成分[J]. 中国实验方剂学杂志,2018,24(10):79-89.
- [9] 王哲,李晓华,李波,等. 不同产地艾叶中异泽兰黄素和棕矢车菊素含量的比较[J]. 中国医药导报,2016,13(34):30-33.
- [10] 洪宗国. 蕲艾的道地性研究[J]. 中南民族大学学报:自然科学版,2015,34(2):33-37.
- [11] 罗丹丹,彭华胜,张元,等. 基于UPLC-Q-TOF-MS分析比较宽叶山蒿与艾的化学成分[J]. 中国中药杂志,2020,45(17):4057-4064.
- [12] 王小俊,邓玉环,张丽萍,等. UPLC-DAD-MS定性和定量分析蕲艾中的酚酸和黄酮类成分[J]. 中国中药杂志,2019,44(5):983-989.
- [13] 王远敏,吴红梅,杨烨,等. 艾叶UPLC指纹图谱[J]. 中国实验方剂学杂志,2015,21(13):50-52.
- [14] 陈贤双,李科,李震宇,等. 基于SPME-GC-MS结合多元统计的不同产地黄芩挥发性成分差异分析[J]. 药学报,2020,55(5):979-986.
- [15] 武娟,万定荣,赵百孝,等. 艾绒的质量评价标准及其商品分级研究[J]. 中国药业,2019,28(24):4-7.
- [16] 兰蕾,常小荣,石佳,等. 艾灸的作用机理研究进展[J]. 中华中医药学刊,2011,29(12):2616-2620.
- [17] 兰晓燕,张元,朱龙波,等. 艾叶化学成分、药理作用及质量研究进展[J]. 中国中药杂志,2020,45(17):4017-4030.
- [18] 赵秀玲,党亚丽. 艾叶挥发油化学成分和药理作用研究进展[J]. 天然产物研究与开发,2019,31(12):2182-2188.
- [19] 郑昆,钟肖飞,张华. 艾叶挥发油类成分及其药理作用的研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2020,26(18):224-234.
- [20] JI L, JIANG P, LU B, et al. Chlorogenic acid, a dietary polyphenol, protects acetaminophen-induced liver injury and its mechanism [J]. J Nutr Biochem, 2013, 24(11):1911-1919.
- [21] 冯晗,周宏灏,欧阳冬生. 杜仲的化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国临床药理学与治疗学,2015,20(6):713-720.
- [22] 胡倩,刘大会,曹艳. 艾叶黄酮类化合物的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报,2019,10(12):3648-3653.

[责任编辑 顾雪竹]