

河南红花种质资源表型性状的综合评价

许兰杰¹,梁慧珍^{1*},余永亮¹,谭政委¹,杨红旗¹,董 薇¹,芦海灵¹,司 冰²,刘诗慧²
(1.河南省农业科学院 芝麻研究中心,河南 郑州 450002; 2.河南省种子管理站,河南 郑州 450002)

摘要:采用主成分分析法和聚类分析法,对150份河南红花优质种质资源的12个表型性状开展遗传多样性研究和综合评价,旨在为选育红花新品种提供参考。结果表明:河南红花种质资源具有丰富的遗传多样性,其中,顶果球着粒数的多样性指数最高,其次是顶果球直径、千粒质量和节间长度;单株有效果球总数的变异系数最大,其次是分枝总数、顶果球着粒数、节间长度,最小的为粒长和粒宽。基于各种质间12个表型性状的遗传差异,对150份红花种质进行聚类分析,可在遗传距离为10.15处将其划分为6大类群。第Ⅰ类群以顶果球直径和顶果球着粒数均最大;第Ⅱ类群粒长最大、茎秆最粗、节间长度最短;第Ⅳ类群千粒质量最大、籽粒最宽;第Ⅴ类群株高最高,节间数、分枝总数和单株有效果球总数最多;第Ⅲ和Ⅵ类群的有益性状不明显。在主成分分析中,前4个主成分反映了12个性状的绝大部分信息,累计方差贡献率达到70.08%。第1主成分贡献率为26.07%,主要是分枝总数和单株有效果球总数的综合反映;第2主成分贡献率为17.58%,主要是顶果球着粒数和顶果球直径的综合反映;第3主成分贡献率为14.23%,主要是千粒质量、粒长及粒宽的综合反映;第4主成分贡献率为12.20%,主要是株高、第一分枝高度和节间数的综合反映。河南红花种质的表型综合值(*F*值)平均为0.36。其中,HH085的综合性状表现较好,其*F*值最高,为0.89。

关键词:河南省;红花;种质资源;表型性状;遗传多样性;主成分分析;综合评价
中图分类号: S324;S567.21⁺9;S565.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2017)10-0026-06

Analysis on Phenotypic Traits in Henan Safflowers(*Carthamus tinctorius* L.) and Its Comprehensive Assessment

XU Lanjie¹,LIANG Huizhen^{1*},YU Yongliang¹,TAN Zhengwei¹,YANG Hongqi¹,
DONG Wei¹,LU Hailing¹,SI Bing²,LIU Shihui²

(1. Sesame Research Center, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China;
2. Seed Administrative Station of Henan Province, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to offer technical references for safflower breeding, the genetic diversity and comprehensive evaluation for 12 phenotypic traits in 150 Henan safflowers were analyzed by using principal component analysis and cluster analysis. The main results showed Henan safflowers had accordingly greater genetic diversities. The diversity index of seed number of top fruit was the highest, then diameter of top fruit, the thousand seed weight, the internode length. The variation coefficient of the total fruit number per plant was the largest, then the branch number, the seed number of top fruit, internode length, but variation coefficients of seed length and seed width are smallest. Based on genetic differences of 12 phenotypic traits, cluster analysis of 150 Henan safflowers was classified as 6 groups by genetic

收稿日期:2017-04-28
基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金项目(CARS-21);国家农业科研杰出人才及其创新团队项目[农财发(2016)45号];河南省科技攻关计划项目(172102110088);河南省农业科学院自主创新基金项目(2017ZC69);河南省超级产粮大省奖励资金扶持粮油良种培育等项目;河南省财政预算项目;河南省农业科学院科研发展专项资金项目(201513110)
作者简介:许兰杰(1982-),女,河南漯河人,助理研究员,博士,主要从事红花品质分析研究。E-mail:xulanjie18@126.com
* 通讯作者:梁慧珍(1968-),女,河南永城人,研究员,博士,主要从事油料作物品质分析及育种研究。
E-mail:lianghuizhen2014@126.com

distance of 10.15. diameter and the seed number of top fruit were largest in the first group; the second group contained the longest seed length, widest stem width, shortest internode length; the forth group included highest thousand seed weight and widest seed width; the fifth group had good traits of highest plant height, largest node number, largest branch number, largest total fruits number per plant; but the third and sixth group had not significant benefit traits. The principal component analysis of 12 phenotypic traits showed that the top four traits principal components accounted for 70.08% of all principal components, the first principal component was branch number and total fruits per plant and accounted for 26.07%, the second principal component was seed number and diameter of top fruit and accounted for 17.58%, the third principal component was seed weight, seed length and seed width and accounted for 14.23%, the forth principal component was height plant, height of first lateral branch and node numbers and accounted for 12.20%. The comprehensive value (F value) of phenotypic traits of safflower collections averaged 0.36. The highest F value of 0.89 was from HH085.

Key words: Henan province; safflower; germplasm resources; phenotypic traits; genetic diversity; principal components analysis; comprehensive value of phenotypic traits

红花 (*Carthamus tinctorius* L.) 又名红蓝花、草红花、刺红花, 属菊科红兰属草本植物, 原产于大西洋东部、非洲西北的加那利群岛及地中海沿岸, 是菊科唯一栽培植物^[1-2]。红花籽油中亚油酸含量高达 85%, 素有“亚油酸之王”的美誉, 同时还含有丰富的维生素和人体必需的氨基酸, 其饼粕是高品质制品的优质原料, 红花黄色素含量约占红花质量的 0 ~ 2.89%, 是一种稀有的天然色素, 价格昂贵^[3-7]。

种质资源是育种的物质基础和利用基因资源的前提。红花种质资源丰富, 表现在形态多样性和分子遗传多样性 2 个方面。红花株高、单株产量、第一分枝高度、千粒质量、果球籽粒数、单株一级和二级分枝数等性状具有较高的遗传多样性^[8-10], 并且其遗传多样性与红花的地理分布相关; Jaradat 等^[11]对来自中东的红花种质资源的表型变异模式进行了研究, 结果表明, 同一地域内红花莲座和产量相关性状具有较丰富的遗传多样性。郭丽芬等^[12]对 66 份云南红花种质资源进行了聚类分析, 结果表明, 果球着粒数、株高、千粒质量等具有较高的遗传多样性。郭美丽等^[13]、江磊等^[14]利用 RAPD 和 SRAP 引物证明, 红花具有广泛的遗传多样性, 并且遗传多样性与地理分布之间有一定的关系。刘仁建等^[15]、邓传良等^[16]利用 A-PAGE 技术证明, 红花种子醇溶蛋白位点变异类型丰富; 张戈等^[17]利用 HPLC 技术将我国不同种质红花药材聚为 2 类, 分别为西北地区品种和中南部地区品种。

河南是我国历史上著名的红花产区, 已有 2 000 多年的历史。新乡卫红花获得农业部中华人民共和国农产品地理标志登记证书, 在国内外享有盛名。河南卫红花以量高质佳、蕊长色红、手抓油润、使劲攥不会折的质地特性享誉中外。1933 年, 在美国芝

加哥举行的博览会上, 河南卫红花作为河南质优品种参展, 受到外国药商的好评。然而, 有关河南红花种质资源遗传多样性的研究报道较少, 这严重限制了红花新品种的选育以及河南红花种植面积的推广。前人利用主成分分析法和聚类分析法对棉花、水稻、玉米和云南红花等作物种质资源的表型性状遗传多样性方面进行了研究, 证明主成分分析法和聚类分析法可以对作物农艺性状的多样性进行分析, 并且可以获得不同育种目标的种质类群^[18-21]。本研究以 150 份河南红花种质为试验材料, 采用主成分分析法和聚类分析法, 对 150 份红花种质的 12 个表型性状进行遗传多样性分析和综合性状评价, 以揭示河南红花的表型遗传规律, 筛选出较好的种质资源, 为河南红花育种和基础研究提供一定的理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料、方法

150 份红花材料的原产地均为河南。试验于 2015 年 10 月 8 日至 2016 年 7 月 15 日在河南省现代农业科技试验示范基地进行。试验采取完全随机区组设计, 重复 3 次, 每小区 4 行, 行长 2 m, 行距 0.8 m、株距 0.15 m, 常规田间管理。

1.2 性状调查

田间性状调查按照《红花种质资源描述规范和数据标准》^[22]进行, 成熟时每小区取样 10 株进行室内考种, 调查株高 (cm)、茎粗 (mm)、第一分枝高度 (cm)、分枝总数 (个)、节间长度 (cm)、节间数 (个)、单株有效果球总数 (个)、顶果球直径 (mm)、顶果球着粒数 (个)、千粒质量 (g)、粒长 (mm) 和粒宽 (mm) 12 个表型性状, 计算平均值、标准差、变异系数、极差、最大值、最小值和遗传多样性指数。

1.3 数据处理及统计分析

采用 Excel 2007 计算供试材料各指标的平均值、标准差、变异系数、极差、最大值、最小值和遗传多样性指数。

遗传多样性指数^[23]采用 Shannon – Weaver 信息多样性指数(H),计算公式: $H = - \sum P_i \ln P_i$, 表示任一组中某一性状的多样性程度,其中 P_i 为某一性状第 i 个级别的种质份数占总种质材料的百分比, \ln 表示自然对数。

在聚类过程中,种质间遗传距离为欧式距离,聚类方法采用离差平方和法,由 SPSS 19.0 数据分析软件来完成。方差分析和相关分析采用 SPSS 19.0 数据分析软件。参照核心种质的综合评价方法^[18],将 150 份红花种质的 12 个表型性状的标准化数据代入每个主成分中,计算各主成分的得分,再利用模糊隶属函数对各主成分进行归一化处理,计算出各主成分的权重系数,最后得到 150 个核心材料的综合得分,即表型综合值(F 值)。

2 结果与分析

2.1 红花种质资源表型性状的遗传多样性

2.1.1 不同红花种质间的表型性状差异 对 150 份红花的 12 个表型性状进行描述性统计,结果见表 1。

表 1 150 份河南红花种质 12 个表型性状的描述性统计及遗传多样性

性状	最小值	最大值	均值	标准差	方差	变异系数/%	多样性指数
千粒质量/g	16.91	67.43	43.56	8.92	79.56	20.48	2.00
粒长/mm	5.84	9.38	6.85	0.62	0.38	9.05	1.85
粒宽/mm	3.07	5.02	4.09	0.29	0.08	7.09	1.94
株高/cm	73	182	134.90	16.91	285.78	12.54	1.93
茎粗/mm	8.82	22.61	13.74	2.50	6.23	18.20	1.95
第一分枝高度/cm	0	123	39.28	5.66	658.42	14.41	1.69
节间数/个	25	59	39.61	5.65	31.97	14.26	1.94
分枝总数/个	5	32	13.77	4.92	24.17	35.73	1.97
节间长度/cm	0.5	6.5	3.37	1.14	1.29	33.83	2.00
单株有效果球总数/个	5	166	41.65	24.60	605.00	59.06	1.89
顶果球着粒数/个	17	91	45.38	15.86	251.69	34.95	2.06
顶果球直径/mm	15.34	36.19	27.86	3.37	11.37	12.10	2.05

2.1.2 不同红花种质表型性状的遗传多样性 采用 Shannon – Wiener 多样性指数对 150 份红花种质的 12 个表型进行遗传多样性研究分析。结果(表 1)表明,12 个红花表型性状多样性指数均较高,为 1.69 ~ 2.06,顶果球着粒数的多样性指数最高,其次是顶果球直径、节间长度和千粒质量;第一分枝高度的多样性指数最低。

2.1.3 红花种质资源表型性状的聚类分析 利用 SPSS 19.0 数据统计软件,对 150 份红花种质资源的 12 个表型性状数据进行聚类分析,在欧式距离 10.15 处可将供试材料分为 6 类,各种质类群的特征

由表 1 可见,红花第一分枝高度变幅 0 ~ 123 cm,均值为 39.28 cm;粒长变幅 5.84 ~ 9.38 mm,均值为 6.85 mm;单株有效果球总数变幅 5 ~ 166 个,均值为 41.65 个;株高变幅 73 ~ 182 cm,均值为 134.90 cm;粒宽变幅 3.07 ~ 5.02 mm,均值为 4.09 mm;节间数变幅 25 ~ 59 个,均值为 39.61 个;茎粗变幅 8.82 ~ 22.61 mm,均值为 13.74 mm;分枝总数变幅 5 ~ 32 个,均值为 13.77 个;节间长度变幅 0.5 ~ 6.5 cm,均值为 3.37 cm;千粒质量变幅 16.91 ~ 67.43 g,均值为 43.56 g;顶果球直径变幅 15.34 ~ 36.19 mm,均值为 27.86 mm;顶果球着粒数变幅 17 ~ 91 个,均值为 45.38 个。

研究表明,千粒质量、节间长度、顶果球着粒数、分枝总数和单株有效果球总数等性状的变异系数均较大,变异系数超过 20%,如 HH109 的千粒质量为 16.91 g,HH084 的千粒质量为 67.43 g;HH058 的节间长度为 0.5 cm,HH037 的节间长度为 6.5 cm;HH130 的顶果球着粒数为 17 个,HH033 的顶果球着粒数为 91 个;HH058 分枝总数为 5 个,HH085 分枝总数为 32 个;HH0105 的单株有效果球总数为 5 个,HH085 单株有效果球总数为 166 个。而粒长和粒宽的变异幅度较小,变异系数均在 10% 以下,说明供试材料中籽粒性状的变异幅度低于植株其他表型性状的变异。

见表 2。
第 I 类群包含 29 份红花材料,这一类群种质主要有 2 个有益性状,分别是顶果球着粒数和顶果球直径最大(分别为 62.3 个、30.5 mm);第 II 类群包含 2 份红花材料,这一类群种质主要有 3 个有益性状,分别为粒长最大(7.6 mm)、茎秆最粗(21.9 mm)、节间长度最短(1.5 cm);第 IV 类群包含 47 份红花材料,这一类群种质的明显特征表现为千粒质量最大(46.3 g)、籽粒最宽(4.2 mm),但是分枝高度相对最大(69.1 cm);第 V 类群包含 4 份红花材料,这一类群种质的明显特征表现为株高最高(140.3 cm),节间数、分

枝总数和单株有效果球总数最多(分别为 44.3 个、23.3 个和124.0个)。第Ⅲ类群包含 58 份红花材料,该类群种质的千粒质量较高(43.7 g)、籽粒较宽(4.1 mm);第Ⅵ类群包含 10 份红花材料,这一类群种质分枝总数、顶果球着粒数、顶果球直径相对较高,分别为 21.1 个、58.6 个、30.0 mm,但综合来看,第Ⅲ和Ⅵ类群的典型特征不明显。

表 2 150 份河南红花种质各类群性状特征及分类结果

聚类 分类	红花材料 数量/份	千粒 质量/g	粒长/ mm	粒宽/ mm	株高/ cm	茎粗/ mm	分枝高 度/cm	节间 数/个	分枝 总数/个	节间 长度/cm	单株有效果 球总数/个	顶果球着 粒数/个	顶果球 直径/mm
I	29	42.2	6.7	4.0	133.5	13.6	33.1	39.1	12.6	3.6	28.5	62.3	30.5
II	2	29.2	7.6	3.5	140.0	21.9	1.0	42.0	20.0	1.5	22.0	37.0	25.1
III	58	43.7	7.0	4.1	133.0	13.9	27.0	39.4	15.3	3.4	50.8	37.0	26.7
IV	47	46.3	6.7	4.2	139.0	12.2	69.1	39.8	9.8	3.4	23.2	44.3	27.6
V	4	38.1	7.1	3.9	140.3	17.5	6.8	44.3	23.3	2.1	124.0	24.0	24.3
VI	10	38.1	6.8	4.0	133.9	17.2	14.2	40.3	21.1	3.1	86.4	58.6	30.0

2.2 红花种质资源表型性状综合评价

2.2.1 红花表型性状的相关分析 对 12 个表型性状进行相关性分析,结果(表 3)表明,性状间存在不同程度的相关性,且绝大部分呈显著或极显著相关。千粒质量与粒长、粒宽、第一分枝高度、顶果球直径呈显著或极显著正相关,与茎粗、分枝总数、单株有效果球总数呈显著或极显著负相关;粒长与茎粗、单株有效果球总数呈极显著正相关,与顶果球着粒数呈极显著负相关;粒宽与第一分枝高度、顶果球直径呈极显著或显著正相关,与茎粗、分枝总数呈极显著或显著负相关;株高与茎

粗、第一分枝高度、节间数、节间长度、顶果球直径呈极显著或显著正相关;茎粗与节间数、分枝总数和单株有效果球总数呈极显著正相关,与第一分枝高度呈极显著负相关;第一分枝高度与节间数呈显著正相关,与分枝总数、单株有效果球总数呈极显著负相关;节间数与分枝总数、单株有效果球总数呈极显著或显著正相关;分枝总数与单株有效果球总数呈极显著正相关;节间长度与顶果球直径呈极显著正相关;单株有效果球总数与顶果球着粒数呈显著负相关;顶果球着粒数与顶果球直径呈极显著正相关。

表 3 150 份河南红花种质 12 个表型性状的相关分析

性状	千粒质量	粒长	粒宽	株高	茎粗	第一分枝 高度	节间数	分枝总数	节间长度	单株有效果 球总数
粒长	0.243 **									
粒宽	0.826 **	0.130								
株高	-0.020	0.030	0.040							
茎粗	-0.340 **	0.274 **	-0.281 **	0.300 **						
第一分枝高度	0.176 *	-0.120	0.196 *	0.414 **	-0.401 **					
节间数	-0.070	0.000	-0.020	0.594 **	0.400 **	0.161 *				
分枝总数	-0.192 *	0.150	-0.188 *	0.060	0.622 **	-0.596 **	0.302 **			
节间长度	0.120	0.060	0.140	0.216 **	-0.030	0.080	0.030	-0.100		
单株有效果球总数	-0.231 **	0.211 **	-0.150	0.060	0.544 **	-0.518 **	0.202 *	0.684 **	-0.070	
顶果球着粒数	-0.070	-0.344 **	-0.010	0.110	0.080	0.080	0.130	0.000	0.140	-0.204 *
顶果球直径	0.229 **	-0.110	0.315 **	0.179 *	0.080	0.110	0.140	-0.090	0.256 **	-0.090

注:**、* 分别表示在 0.01、0.05 水平(双侧)上显著、极显著相关。

2.2.2 红花表型性状的主成分分析 性状间存在的相关性必将影响到对红花种质的评价。为了消除此类因素的影响,选用主成分分析法对河南红花种质进行综合评价。由表 4 可知,前 4 个主成分累计贡献率为 70.08%,表明这 4 个主成分代表了核心种质表型性状 70.08% 的遗传信息量。第 1 主成分贡献率为 26.07%,其中,分枝总数和单株有效果球总数在第 1 主成分上有较大的正值,第一分枝高度的特征向量负值较大,因此,第 1 主成分主要是分枝总数和单株有效果球总数的综合反映;第 2 主成分

贡献率为 17.58%,顶果球着粒数和顶果球直径在第 2 主成分上有较大的正值,说明第 2 主成分主要反映红花的单株果球性状;第 3 主成分贡献率为 14.23%,千粒质量、粒长和粒宽在第 3 主成分上有较大的正值,说明第 3 主成分主要反映红花的籽粒性状;第 4 主成分贡献率为 12.20%,株高、第一分枝高度和节间数在第 4 主成分上有较大的正值,说明第 4 主成分主要反映植株整体的株型。

2.2.3 红花种质资源表型性状的综合评价 将 150 份红花种质的标准化数据代入上述 4 个主成分

中,得到 150 份红花种质资源 4 个主成分的分值,其中,第 1 主成分的线性方程为: $Y_{1i}=0.02x_{1i}+0.11x_{2i}+0.03x_{3i}-0.07x_{4i}+0.25x_{5i}-0.32x_{6i}+0.03x_{7i}+0.31x_{8i}+0.01x_{9i}+0.28x_{10i}+0.06x_{11i}+0.11x_{12i}$ (x_{1i} — x_{12i} 表示某个核心种质的标准化数据, Y_{1i} 表示第 1 个主成分的分值)。

利用模糊隶属函数将 4 个主成分得分进行规范化处理,计算得出 4 个主成分权重系数分别为 0.082、0.024、-0.409、-0.393,然后计算各种质材料的综合得分 F 值,并以 F 值对各种质材料进行综合评价, F 值越高,表型综合性状越好。由表 5 可知,150 份红花种质的 F 值为 0.08 ~ 0.89,平均为 0.36,其中,HH085 的 F 值最高(0.89),HH042 的 F 值最小(0.08),说明 HH085 的综合性状最好,HH042 的综合性状最差。

表 4 12 个表型性状的前 4 个主成分的主成分值、方差贡献率及累积贡献率

性状	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
千粒质量	0.02	-0.02	0.44	-0.04
粒长	0.11	-0.26	0.27	0.07
粒宽	0.03	0.01	0.43	-0.01
株高	-0.07	-0.05	0.00	0.46
茎粗	0.25	0.04	-0.03	0.15
第一分枝高度	-0.32	-0.10	-0.03	0.30
节间数	0.03	0.00	-0.01	0.38
分枝总数	0.31	0.05	0.03	-0.02
节间长度	0.01	0.09	0.12	0.11
单株有效果球总数	0.28	-0.03	0.05	-0.01
顶果球着粒数	0.06	0.44	-0.07	0.01
顶果球直径	0.11	0.39	0.14	0.04
特征值	3.39	2.28	1.85	1.59
方差贡献率	26.07	17.58	14.23	12.20
累计方差贡献率	26.07	43.65	57.88	

表 5 150 份红花种质的表型综合值 (F 值)

编号	F 值	编号	F 值	编号	F 值	编号	F 值	编号	F 值
HH001	0.71	HH031	0.13	HH061	0.38	HH091	0.40	HH121	0.19
HH002	0.20	HH032	0.20	HH062	0.31	HH092	0.56	HH122	0.76
HH003	0.49	HH033	0.39	HH063	0.25	HH093	0.19	HH123	0.37
HH004	0.60	HH034	0.34	HH064	0.28	HH094	0.39	HH124	0.22
HH005	0.48	HH035	0.32	HH065	0.30	HH095	0.46	HH125	0.48
HH006	0.53	HH036	0.41	HH066	0.39	HH096	0.45	HH126	0.60
HH007	0.24	HH037	0.42	HH067	0.34	HH097	0.37	HH127	0.14
HH008	0.21	HH038	0.22	HH068	0.39	HH098	0.88	HH128	0.26
HH009	0.40	HH039	0.25	HH069	0.42	HH099	0.43	HH129	0.66
HH010	0.50	HH040	0.48	HH070	0.36	HH100	0.43	HH130	0.42
HH011	0.28	HH041	0.24	HH071	0.23	HH101	0.42	HH131	0.58
HH012	0.62	HH042	0.08	HH072	0.27	HH102	0.27	HH132	0.60
HH013	0.31	HH043	0.18	HH073	0.28	HH103	0.51	HH133	0.54
HH014	0.35	HH044	0.28	HH074	0.27	HH104	0.43	HH134	0.37
HH015	0.50	HH045	0.21	HH075	0.48	HH105	0.47	HH135	0.23
HH016	0.14	HH046	0.38	HH076	0.43	HH106	0.59	HH136	0.22
HH017	0.13	HH047	0.19	HH077	0.32	HH107	0.32	HH137	0.42
HH018	0.12	HH048	0.21	HH078	0.32	HH108	0.19	HH138	0.34
HH019	0.33	HH049	0.14	HH079	0.18	HH109	0.53	HH139	0.45
HH020	0.33	HH050	0.18	HH080	0.17	HH110	0.47	HH140	0.31
HH021	0.24	HH051	0.23	HH081	0.33	HH111	0.64	HH141	0.20
HH022	0.29	HH052	0.23	HH082	0.39	HH112	0.18	HH142	0.18
HH023	0.21	HH053	0.23	HH083	0.30	HH113	0.26	HH143	0.41
HH024	0.28	HH054	0.42	HH084	0.71	HH114	0.35	HH144	0.27
HH025	0.41	HH055	0.36	HH085	0.89	HH115	0.31	HH145	0.27
HH026	0.25	HH056	0.25	HH086	0.43	HH116	0.09	HH146	0.56
HH027	0.24	HH057	0.29	HH087	0.32	HH117	0.40	HH147	0.29
HH028	0.20	HH058	0.83	HH088	0.33	HH118	0.40	HH148	0.38
HH029	0.28	HH059	0.82	HH089	0.53	HH119	0.44	HH149	0.17
HH030	0.28	HH060	0.34	HH090	0.43	HH120	0.33	HH150	0.35

3 结论与讨论

遗传多样性是评价作物种质资源的重要指标,为开展作物育种工作提供重要的信息^[23]。开展河南红花种质资源表型性状的综合评价,可以为培育适合河南种植的红花新品种提供重要的亲本资源。本研究采用 Shannon - Wiener 多样性指数对 150 份河南红花种质资源的 12 个表型性状进行了遗传多样性分析,结果表明,供试河南红花材料存在广泛的遗传多样

性,其中,顶果球着粒数的多样性指数最高,其次是顶果球直径、千粒质量和节间长度;单株有效果球总数的变异系数最大,其次是分枝总数、顶果球着粒数、节间长度,最小的为粒长和粒宽。本研究结果与郭丽芬等^[12]的研究结果基本一致,即云南红花的多样性指数最高的是顶果球着粒数,但是河南红花节间长度和顶果球直径的遗传多样性指数高于云南红花。红花 12 个表型性状间存在不同程度的相关性且绝大部分为显著或极显著相关,这些表型性状的相关性为红花

育种和遗传改良提供了重要的理论参考。

本研究利用 SPSS 19.0 软件从遗传关系上将 150 份红花种质资源聚为 6 个类群,使其性状相近的聚为一类,各个类群具有一定的特征,明确了河南红花种质资源的不同类型,在今后红花育种中可根据育种目标选择性状互补的亲本组合加以利用,同时可以构建遗传变异丰富的后代群体用于红花农艺性状的遗传规律研究。根据聚类结果可知,第 I 类群顶果球着粒数和顶果球直径均最大,千粒质量相对较高;第 II 类群粒长最大、茎秆最粗、节间长度最短。第 IV 类群千粒质量最高、籽粒最宽;第 IV 类群千粒质量最大(46.3 g)、籽粒最宽(4.2 mm);第 V 类群株高最高,节间数、分枝总数和单株有效果球总数最多;第 III 和 VI 类群典型特征不明显。

胡标林等^[19]结合隶属函数法与主成分分析对水稻种质资源进行了综合评价,为水稻遗传育种和解析复杂性状奠定了重要的基础。本研究亦采用主成分分析法对 150 份河南红花种质的 12 个表型性状进行了分析,结果表明,前 4 个主成分反映了 12 个表型性状的大部分信息,累计贡献率达到 70.08%,第 1 主成分主要是分枝总数和单株有效果球总数的综合反映;第 2 主成分主要是顶果球着粒数和顶果球直径的综合反映;第 3 主成分主要是千粒质量、粒长及粒宽的综合反映;第 4 主成分主要是株高、第一分枝高度和节间数的综合反映。在对红花种质 12 个表型性状进行主成分分析的基础上,通过表型性状综合值(F 值)来评价红花种质资源综合性状的优劣程度,评判结果表明,HH085 综合性状最好,HH042 综合性状最差。

本研究主要对 150 份红花种质资源的 12 个表型性状进行了分析和评价,样本量相对偏小,虽可为河南红花种质资源遗传多样性评价提供参考,但并不能完全反映所有红花种质资源的遗传多样性特点。

参考文献:

- [1] 王兆木. 世界红花种质资源评价与利用[M]. 北京:中国科学技术出版社,1993:24-37.
- [2] 袁国弼,韩孕国,黎大爵,等. 红花种质资源及其开发利用[M]. 北京:科学出版社,1989:322-326.
- [3] Feng Z M, He J, Jiang J S, et al. NMR solution structure study of the representative component hydroxy safflower yellow a and other quinochalcone c-glycosides from *Carthamus tinctorius* [J]. Journal of Natural Products, 2013, 76(2): 270-274.
- [4] Fernández-Martínez J, del Río M, de Haro A. Survey of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm for variants in fatty acid composition and other seed characters [J]. Euphytica, 1993, 69(1): 115-122.
- [5] 刘仁建. 红花种子醇溶蛋白及其含油率和脂肪酸分析[D]. 雅安:四川农业大学,2006.

- [6] Aslanov S M, Mamedov S S. Fatty acid compositions of the neutral lipids of some varieties of *Carthamus tinctorius* [J]. Chemistry of Natural Compounds, 1987, 23(2): 251-252.
- [7] 谭勇,李国玉,成玉怀,等. 不同产地红花的矿物元素及羟基红花黄色素 A 含量分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(12): 5488-5489, 5491.
- [8] Patel M Z, Reddi M V, Rana B S, et al. Genetic divergence in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) [J]. India Journal of Genetics and Plant Breeding, 1989, 49(1): 113-118.
- [9] Patil B R, Dudhe R S, Ghorpade P B, et al. Studies on genetic divergence in safflower [J]. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 1991, 16(1): 59-62.
- [10] Ghongade R A, Navale P A. Genetic divergence in safflower [J]. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 1995, 20(2): 249-251.
- [11] Jaradat A A, Shahid M. Patterns of phenotypic variation in a germplasm collection of *Carthamus tinctorius* L. from the Middle East [J]. Genetic Resources and Crop Evolution, 2006, 53(2): 225-244.
- [12] 郭丽芬,徐宁生,张跃,等. 云南红花种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(2): 219-225.
- [13] 郭美丽,姜伟,张志珍,等. 红花种质的随机扩增多态性 DNA 分子鉴定[J]. 第二军医大学学报, 2003, 24(10): 1116-1119.
- [14] 江磊,李刚,岳帅,等. 11 个红花品种遗传多样性与亲缘关系的 SRAP 分析[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(5): 546-550.
- [15] 刘仁建,吴卫,郑有良,等. 红花 (*Carthamus tinctorius* L.) 种子醇溶蛋白遗传多样性分析[J]. 中国油料作物学报, 2006, 28(2): 109-114.
- [16] 邓传良,张准超,贾彦彦,等. 中国红花种子醇溶蛋白遗传多样性研究[J]. 种子, 2010, 29(10): 28-31.
- [17] 张戈,郭美丽,张汉明,等. 不同种质红花药材的高效液相色谱指纹图谱研究[J]. 第二军医大学学报, 2006, 27(3): 280-283.
- [18] 代攀虹,孙君灵,何守朴,等. 陆地棉核心种质表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 中国农业科学, 2016, 49(19): 3694-3708.
- [19] 胡标林,万勇,李霞,等. 水稻核心种质表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 作物学报, 2012, 38(5): 829-839.
- [20] 郭数进,杨凯敏,霍瑾,等. 大豆不同性状与产量的相关性主成分分析[J]. 山西农业科学, 2015, 43(5): 505-508.
- [21] 孙敏,黎娟,周清明,等. 湖南浓香型烟叶不同类型区化学成分比较[J]. 天津农业科学, 2016, 22(5): 58-62.
- [22] 杨建国,刘旭云,严兴初,等. 红花种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2007.
- [23] Campbell D R. Using phenotypic manipulations to study multivariate selection of floral trait associations [J]. Annals of Botany, 2009, 103: 1557-1566.