

红花种质资源色价及主要产量性状的聚类分析

王沛琦, 胡尊红, 胡学礼, 杨 谨, 郭丽芬, 刘旭云

(云南省农业科学院经济作物研究所, 昆明 650205)

摘要:以筛选出来的 69 份无刺红花资源为材料, 利用相关性分析及聚类分析对其花瓣色价、单株果球数、单株果球种子数、果球直径、百粒重、单株种子产量、单株花瓣产量 7 个性状进行评估。结果表明: 69 份材料间存在较大的差异, 对红花种子产量贡献最大的农艺性状是单株果球数; 对红花花瓣色价进行分析, 将 69 份红花资源分为 3 类, 色价在 6.3 ~ 14.1 之间, 其中色价极高型材料有 14 份, 平均值达到 12.38。对 7 个性状指标进行综合聚类分析, 可以将 69 份红花资源分为 5 大类群, 各类群性状变化丰富, 其中组 IV 综合表现最好, 是选育高色价、高产红花的优良材料。69 份红花资源在色价和产量指标等方面表现出多样性, 遗传较丰富, 但色价高的资源材料相对较少。红花种质资源色价及主要产量性状的综合分析, 可为红花资源的有效利用及选育高色价、高产红花新品种奠定基础。

关键词: 红花; 色价; 产量指标; 遗传多样性; 相关性分析; 聚类分析

Cluster Analysis on Color Value and Yield-related Traits of Germplasm Resources in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

WANG Pei-qi, HU Zun-hong, HU Xue-li, YANG Jin, GUO Li-fen, LIU Xu-yun

(Industrial Crop Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205)

Abstract: In this study, the phenotypic traits including color value, number of fruit per plant, number of seeds per plant, fruit ball diameter, weight per 100 seeds, yield per plant and petal yield per plant were investigated by using 69 non-thorn safflower (*Carthamus tinctorius* L.) germplasm accessions. The results showed that there were significant differences among the 69 materials and the agronomic trait that contributed the most to the safflower seed yield was the number of fruit bulbs per plant. Based on analysis of color value of the safflower petals, the 69 safflower germplasm resources were divided into 3 groups. The color value ranging from 6.3 ~ 14.1, of which 14 were very high-color value materials with an average value of 12.38. Based on cluster analysis on 7 characters, the 69 safflower germplasm resources were divided into 5 main groups, the characters of each group were different and the differences were abundant. The group-IV have the best overall performance, which were chosen as excellent resources for safflower breeding. Safflower breeding resources showed great diversity in color value and yield characters, but the resources with high color value had small proportion. The comprehensive analysis of color value and main yield traits established foundation to efficiently utilize the safflower germplasm resources in breeding for new safflower varieties with high color value and high yield.

Key words: safflower; color value units; yield index; genetic diversity; correlation analysis; cluster analysis

收稿日期: 2017-12-26 修回日期: 2018-01-15 网络出版日期: 2018-05-22

URL: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20180521.1615.003.html>

基金项目: 云南省科技计划项目 (2012BB016); 云南省重大科技专项 (2018ZF010-1)

第一作者研究方向为红花栽培与育种研究。E-mail: 954485835@qq.com

通信作者: 刘旭云, 研究方向为红花和蓖麻种质资源研究及新品种选育。E-mail: liuxuyun280@163.com

红花 (*Carthamus tinctorius* L., $2n = 24$) 属于菊科 (Compositae) 红花属 (*Carthamus* L.) 一年生草本双子叶植物, 别名为草红花、红蓝花、刺红花, 原产于大西洋东部、非洲西北的加那利群岛及地中海沿岸^[1-2]。种植区分布在 20°S 至 47°N 之间, 在我国主要分布在新疆、云南、河南及四川等地, 种植面积在 $5\text{万} \sim 6\text{万 hm}^2$ ^[2-3]。红花全身都是宝, 红花幼苗可作绿色蔬菜食用, 种子可用来榨油, 亚油酸含量高达 80%, 长期食用具有良好的保健作用, 其中最重要的是红花花瓣, 可入药, 可作染料^[4-6]。同时红花花瓣产量及色价是评价红花种质优良与否的重要指标, 掌握充足的红花种质资源, 明确现有资源的色价水平, 并对其利用价值及育种潜力进行评估, 具有重要意义。目前, 国内已经将红花的一些主要农艺性状指标作为主要的选育目标, 但对于色价这个重要的品质重视不够, 导致我国种植的红花品种色素含量参差不齐, 高色价无刺优异品种较为缺乏。

国内学者关于红花农艺性状及其遗传多样性进行了一些研究, 如郭丽芬等^[7]对 26 份红花种质资源进行灰色关联度分析, 结果表明生育期、株高及分枝数适中, 同时有效果球数多、果球着粒数多的为红花高产品种。杨玉霞等^[8]认为在选育优异红花品种时主要要考虑单株粒数及百粒重。赵昕鹏等^[9]认为在控制茎粗、单株果球数等的基础上, 提高百粒重及一级分枝数是选育红花优异品种的主要方向。近年来, 国内外对于高色价红花花瓣及红花油的需求不断加大, 这不仅要求红花高产, 还对红花色素含量有要求。为此, 本试验对 300 份红花种质资源的色价及主要产量性状进行了初步评价, 摸清这些资源的品质状况, 从中挑出 69 份无刺、综合表现好的资源进行聚类分析及进一步评价, 为红花育种及遗传改良提供参考依据。

表 1 供试材料

Table 1 The varieties tested in this study

序号 No.	种质名称 Varieties name	来源 Origin	盛花色 CFC	株高 (cm) PH	单株 果球数 NCPP	单株 果球 种子数 GNPC	果球 直径 (cm) DC	百粒 重 (g) HSW	单株 种子 产量 (g) SYPP	单株 花瓣 产量 (g) PYPP	色价 CV	炭疽 病 (%) A	枯叶 病 (%) WD	根腐 病 (%) RR	生育期 (d) GP
1	景县红花	中国河北	红	144.20	25.40	18.90	1.90	4.75	25.40	3.14	9.20	7		5	164
2	通江无刺	中国四川	红	184.60	49.20	24.70	2.11	4.81	65.10	3.94	13.20				173
3	昆山红花	中国江苏	红	162.40	32.80	25.50	2.10	5.16	39.50	2.78	8.70				184
4	XJ红-032	中国新疆	红	127.00	21.40	29.20	1.97	5.06	33.30	3.52	6.90	10		20	184

1 材料与方法

1.1 试验材料

从已收集保存的 48 个国家的 3800 余份红花种质资源中筛选出 300 份花色为红色或橘红色的种质, 通过对其色价及产量性状进行初步测定与评价, 筛选出 69 份无刺以及综合评价较好的为研究材料, 其田间考评情况及色价详见表 1。

1.2 试验设计

试验于 2014-2016 年在云南省元谋县试验农场进行。每个材料种植 4 行, 行长 1.5m, 间苗时每行留苗 8 株, 行距 40cm、株距 15cm。其他田间管理措施一致。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 红花花瓣色价 红花花瓣色价测定采用丙酮浸提法, 先水洗除去水溶性黄色素及灰分, 过滤并将红花干燥后以丙酮浸提, 然后用分光光度计测定提取液红色素最大吸收波长 (523 nm) 处的吸光度, 并与标准溶液的吸光度比较, 每份材料测 3 个重复^[10]。

1.3.2 性状调查 在整个生长发育阶段对 300 份红花种质资源的物候期及形态性状进行记载和观察, 成熟时随机选定 10 株按《红花种质资源描述规范和数据标准》^[11]上的要求对株高、单株果球数、单株果球种子数、果球直径、百粒重、单株种子产量、单株花瓣产量 7 个数量性状进行调查和记载。挑选出的 69 份材料性状调查同上。

1.4 数据处理及分析

所有的测定及考种数据先用 Microsoft Excel 2007 进行统计, 然后采用 DPS 对数据进行相关性分析及聚类分析。

表 1(续)

序号 No.	种质名称 Varieties name	来源 Origin	盛花色 CFC	株高 (cm) PH	单株 果球数 NCP	单株 果球 种子数 GNPC	果球 直径 (cm) DC	百粒 重 (g) HSW	单株 种子 产量 (g) SYPP	单株 花瓣 产量 (g) PYPP	色价 CV	炭疽 病 (%) A	枯叶 病 (%) WD	根腐 病 (%) RR	生育期 (d) GP
5	XJ红-027	中国新疆	红	141.60	34.60	20.40	2.11	5.95	27.60	2.34	7.10				185
6	XJ无刺-011-1	中国新疆	橘红	183.80	37.60	20.40	2.10	4.82	52.50	2.18	12.40			45	201
7	WHH0395	伊朗	橘红	159.20	14.80	60.80	2.46	3.88	30.60	2.98	6.80	3	27	8	183
8	XJ条纹壳-001	中国新疆	红	167.50	16.70	18.20	2.03	3.54	32.20	3.14	9.00				197
9	XJ条纹壳-002	中国新疆	橘红	155.00	48.20	22.60	1.90	4.08	52.20	2.74	7.80		12		196
10	XJ红-003	中国新疆	红	104.20	15.80	16.60	1.79	6.44	21.60	5.61	7.90	30			178
11	XJ红-025	中国新疆	橘红	214.00	43.80	22.30	2.22	4.06	41.90	2.98	8.60				198
12	WHH1319	伊朗	橘红	166.80	22.40	36.90	1.97	2.87	21.20	3.23	12.20	36	45		185
13	YN红-011	中国云南	红	154.80	38.60	22.50	2.29	5.53	50.00	5.12	8.00				164
14	YN抗锈-201	中国云南	橘红	205.60	45.60	41.00	2.34	3.81	57.20	2.29	8.80	8		30	186
15	WHH852	土耳其	红	183.00	35.00	24.30	1.43	4.78	38.80	3.05	7.70		30		183
16	YN无刺-096	中国云南	红	183.00	24.20	35.40	1.71	4.10	44.10	2.33	9.00				197
17	YN-Z049	中国云南	橘红	167.80	25.80	26.60	2.26	4.85	37.90	2.84	12.30	7	50		183
18	YN红-003	中国云南	橘红	139.40	28.80	14.50	1.65	3.82	31.00	3.86	8.70				176
19	YN抗锈-103	中国云南	红	153.00	31.20	32.70	1.72	3.72	28.80	3.50	9.00	3	30		186
20	YN条纹壳-049	中国云南	红	166.20	41.60	13.00	1.61	4.87	30.00	3.28	9.60	12	14	5	184
21	YN无刺-035	中国云南	红	171.40	27.80	24.50	1.42	6.39	30.60	3.36	8.50				193
22	YN抗锈-079	中国云南	红	219.20	34.20	25.70	2.10	5.30	34.40	1.58	11.50		30	10	201
23	YN无刺-011-1	中国云南	红	172.20	16.00	16.90	1.59	4.47	14.00	2.46	8.40	5		5	186
24	YN-Z082	中国云南	橘红	188.00	46.60	49.40	1.96	3.41	43.50	4.81	9.10	10		20	184
25	YN抗锈-042	中国云南	红	179.40	29.20	35.40	2.21	3.01	47.20	4.00	10.80	40			167
26	YN抗锈-054	中国云南	红	176.80	31.80	24.50	1.99	3.87	34.90	3.29	8.00	3	50		184
27	YN抗锈-059	中国云南	红	176.40	28.00	34.30	2.04	2.05	27.60	2.95	9.40	5		50	181
28	PI209281	以色列	红	188.80	33.60	31.10	2.64	2.55	46.30	3.69	12.50	3			186
29	PI237539	土耳其	红	202.80	31.60	30.90	2.06	3.73	26.20	3.13	9.30	41			183
30	PI250082	埃及	橘黄	154.80	30.00	29.00	1.21	4.54	34.60	2.21	7.30	12		10	193
31	PI251984	土耳其	橘红	163.20	16.20	18.20	2.06	4.87	12.80	1.22	8.70	36	60		194
32	PI253566	葡萄牙	橘红	150.40	18.40	7.28	1.91	5.54	7.02	2.29	9.50		50	20	194
33	PI254366	印度	橘红	157.60	20.40	26.90	1.89	3.54	18.70	1.58	8.90	50	80		182
34	PI254717	伊朗	橘红	172.40	15.20	28.80	2.56	4.60	19.60	1.76	10.30		80		194
35	PI255577	伊朗	橘红	189.60	41.40	54.80	2.40	3.44	45.20	3.22	8.00		80		197
36	PI258413	葡萄牙	橘红	149.40	12.80	33.30	2.51	4.74	16.00	3.20	8.30		60		194
37	PI258414	葡萄牙	橘红	145.40	41.80	18.30	1.31	4.83	35.70	2.89	9.10		20		186
38	PI258418	葡萄牙	橘红	185.00	50.00	26.00	1.69	3.14	51.10	5.32	9.70		50		194
39	PI258421	葡萄牙	橘红	149.60	18.00	20.20	1.93	3.92	16.80	1.68	10.00		30		186
40	PI262418	澳大利亚	橘红	187.00	15.40	38.20	2.61	5.31	29.40	2.18	9.50				186
41	PI304508	土耳其	橘红	156.60	27.60	14.00	1.94	7.19	45.86	2.96	14.10		40	15	198

表 1(续)

序号 No.	种质名称 Varieties name	来源 Origin	盛花色 CFC	株高 (cm) PH	单株 果球数 NCPP	单株 果球 种子数 GNPC	果球 直径 (cm) DC	百粒 重 (g) HSW	单株 种子 产量 (g) SYPP	单株 花瓣 产量 (g) PYPP	色价 CV	炭疽 病 (%) A	枯叶 病 (%) WD	根腐 病 (%) RR	生育期 (d) GP
42	PI304590	伊朗	红	147.40	22.80	14.00	1.85	7.13	23.30	2.91	7.30			10	175
43	PI304593	阿富汗	红	165.40	15.60	31.30	2.25	4.52	22.00	1.63	10.00				188
44	PI304596	阿富汗	红	149.40	11.20	33.80	2.53	4.61	11.70	2.34	8.70		40		186
45	PI340074	土耳其	橘红	170.60	19.80	39.30	2.59	4.46	32.10	1.71	9.20				198
46	PI407611-1	土耳其	橘红	150.60	19.40	32.40	2.45	5.12	32.50	1.76	6.30	35			199
47	墨西哥红花	墨西哥	红	171.20	29.20	24.30	1.77	5.08	38.40	2.02	8.30	28	50	10	196
48	泗县红花	中国安徽	橘黄	166.60	46.40	16.40	1.73	4.56	37.00	2.90	6.50		20	30	191
49	PI306828	印度	橘红	162.40	34.40	36.40	2.63	4.64	39.30	2.80	8.50		50		192
50	PI 304472	伊朗	红	143.60	13.40	22.60	1.95	6.54	20.10	1.59	12.10				178
51	YN 红-021	中国云南	红	136.40	17.40	29.40	1.85	4.42	22.80	2.69	13.60	9		10	170
52	YN 抗锈-113	中国云南	橘红	165.00	52.20	30.20	2.37	3.01	40.50	2.31	12.30		40		183
53	YN 无刺-037-2	中国云南	橘红	133.60	18.20	29.60	2.17	6.12	31.90	1.14	8.90	30			173
54	YN 抗锈-051	中国云南	橘红	168.00	20.80	26.80	1.34	4.96	26.00	1.58	7.90				186
55	YN 条纹壳-055	中国云南	橘红	120.80	18.80	7.34	1.72	4.05	9.10	3.52	6.90				167
56	XJ 无刺-018-2	中国新疆	橘红	186.40	20.40	42.80	2.25	5.37	39.10	1.35	8.20				199
57	PI407611-2	土耳其	橘红	163.20	26.80	31.80	2.00	3.83	23.60	2.43	11.30		30	10	197
58	PI 250605	埃及	橘红	147.80	13.60	36.00	2.78	4.77	22.80	5.34	7.70		30	30	196
59	811-11-4	中国新疆	红	182.20	19.00	23.50	2.27	4.47	23.60	1.12	8.50		20	8	199
60	YN 无刺-093-2	中国云南	橘红	163.20	25.00	25.20	1.84	4.05	25.70	1.11	10.20	27			196
61	YN 抗锈-190-2	中国云南	橘红	165.80	30.80	35.50	2.22	3.34	23.90	2.49	7.60		50		190
62	YN 无刺-094-2	中国云南	橘红	160.20	26.80	21.40	2.00	3.71	19.20	3.33	7.60				188
63	YN 红-018	中国云南	橘红	168.80	39.80	29.00	1.57	5.00	52.00	1.68	8.30	9			196
64	YN-Z012	中国云南	橘红	149.60	12.80	18.80	1.60	4.25	10.70	1.62	11.50				186
65	YN 抗锈-056	中国云南	橘红	137.60	31.60	17.00	1.41	4.78	29.40	2.46	8.30		40	10	186
66	PI239226	西班牙	橘红	177.20	41.40	21.10	1.71	4.79	42.90	1.85	8.80		50		170
67	PI239706	土耳其	橘红	171.20	28.20	32.00	2.35	3.78	31.30	2.24	10.50	15			184
68	PI306593	埃及	橘红	151.60	26.00	20.50	1.98	6.24	25.80	1.92	12.20				173
69	PI251291	约旦	橘红	152.60	19.40	36.70	1.80	3.03	25.70	3.31	12.10				182

CFC; Contain of flower color, PH; Plant height, NCPP; Number of cones per plant, GNPC; Grain number per cone, DC; Diameter of cones, HSW; 100-seed weight, SYPP; Seed yield per plant, PYPP; Petal yield per plant, CV; Color value, A; Anthracnose, WD; Wilt disease, RR; Root rot, GP; Growth period

2 结果与分析

2.1 红花资源主要产量性状分析

69份红花资源农艺性状分析结果如表2所示,各农艺性状在不同种质资源间的差异较大,变异丰富。其中变异系数最高的是单株果球数(38.70%),变异幅度为11.20~52.20;其次是单株

种子产量,变异系数为38.58%,变异幅度为7.02~65.10g;株高的变异系数最低(12.51%)。变异系数排序为单株果球数>单株种子产量>单株花瓣产量>单株果球种子数>百粒重>果球直径>株高。

对产量性状数据的统计分析结果表明,这些无刺红花种质资源的遗传多样性丰富。参试资源中各农艺性状相差较大,改良利用潜力高,可以为我国红

花优异新品种的选育及遗传改良提供丰富的种质基础。对某些高产、色价高且无刺的种质资源,可以直

接用于生产,对提高我国红花花瓣及籽的产量、品质以及农民收入具有重大意义。

表 2 红花资源主要产量性状分析

Table 2 Statistics of major yield-related traits in Safflower Germplasm

性状 Trait	株高 (cm) PH	单株果 球数 NCPP	单株果球 种子数 GNPC	果球直径 (cm) DC	百粒重 (g) HSW	单株种子产量 (g) SYPP	单株花瓣产量 (g) PYPP
最大值 Max.	219.20	52.20	60.80	2.78	7.19	65.10	5.61
最小值 Min.	104.20	11.20	7.28	1.21	2.05	7.02	1.11
平均值 Mean	164.17	27.84	27.24	2.01	4.52	31.61	2.72
标准差 SD	20.54	10.77	9.84	0.35	1.03	12.19	1.02
变异系数(%) CV	12.51	38.70	36.11	17.57	22.74	38.58	37.39

2.2 红花资源色价分析

对 69 份红花种质材料色价进行分析(表 3),不同色素含量的红花资源多样性丰富,色价大于 11 的材料有 14 份,所占比例最低,为 20.29%;色价大于 9 小于 11 的材料有 19 份,所占比例较低,为 27.54%;色价大于 6 小于 9 的材料有 36 份,所占比例最高,为 52.17%;说明在红花资源中色价普通的所占比例较大,变异系数也大,色价值高的所占比例较少,变异系数也较小。

表 3 红花资源色价分析

Table 3 Statistics of color value units in Safflower Germplasm

材料数 Number of varietie	所占比例 (%) Rate	极差 Range	色价区间 Interval of CV	均值 Mean	变异系数 (%) CV
14	20.29	2.8	11.3 ~ 14.1	12.38	6.38
19	27.54	1.8	9.1 ~ 10.9	9.60	5.73
36	52.17	2.6	6.3 ~ 8.9	7.98	8.95

表 4 红花资源色价及主要产量性状的相关性分析

Table 4 The correlation analysis of color value units and major yield-related traits in Safflower Germplasm

性状 Trait	单株果球数 PFBN	单株果球种子数 SNPP	果球直径 FD	百粒重 HSW	单株种子产量 SYPP	单株花瓣产量 PYPP	色价 CV
单株果球数 NCPP	1.000	-0.007	-0.169	-0.215	0.763 **	0.273 *	0.026
单株果球种子数 GNPC		1.000	0.501 **	-0.399 **	0.243 *	0.046	-0.014
果球直径 DC			1.000	-0.128	0.054	0.009	0.096
百粒重 HSW				1.000	-0.077	-0.192	-0.176
单株种子产量 SYPP					1.000	0.243 *	0.121
单株花瓣产量 PYPP						1.000	-0.076
色价 CV							1.000

* 和 ** 分别代表在 0.05 和 0.01 的显著水平

* and ** indicate significance at 5% and 1% probability levels, respectively

2.3 红花色价及主要产量性状的相关性分析

色价是评价红花红色素含量的一个指标,在选育红花高红色素品种时,如果易于田间识别的农艺性状与色价有显著相关性,可通过其对材料进行初步选择,很快的达到预期目标,减少工作量。故本研究根据上述考种及测量的数据分析得出 69 份材料各主要农艺性状间的相关系数(表 4),可以看出 7 个性状中,单株果球数与单株种子产量呈极显著正相关,与单株花瓣产量呈显著正相关,与果球直径及百粒重呈微弱负相关,与色价及单株果球种子数相关性不显著;单株果球种子数与果球直径呈极显著正相关,与单株种子产量呈显著正相关,与百粒重呈极显著负相关;单株种子产量与单株花瓣产量呈显著正相关。其中单株果球数与单株种子产量的相关系数最高达 0.763,其次是单株果球种子数与果球直径为 0.501,但色价与其他 6 个性状之间的相关性不大。因此,在选育高产品种时,可以将单株果球数和果球直径作为相关选择的重要指标,但高色价材料无法从田间直接进行筛选,还需要通过对其指标进行测定后选择。

2.4 红花产量指标的多性状聚类分析

对进行标准化处理后的 69 份红花种质材料的单株果球数、单株果球种子数、果球直径、百粒重、单株种子产量、单株花瓣产量及色价的数据进行聚类分析(图 1),以欧式距离为聚类距离,在距离为 11.80 的地方将 69 份红花材料分为 5 个类群,第 I 类群包含 24 个材料,第 II 类群包含 6 个材料,第 III 类群包含 11 个材料,第 IV 类群包含 10 个材料,第 V 类群包含 18 个材料。

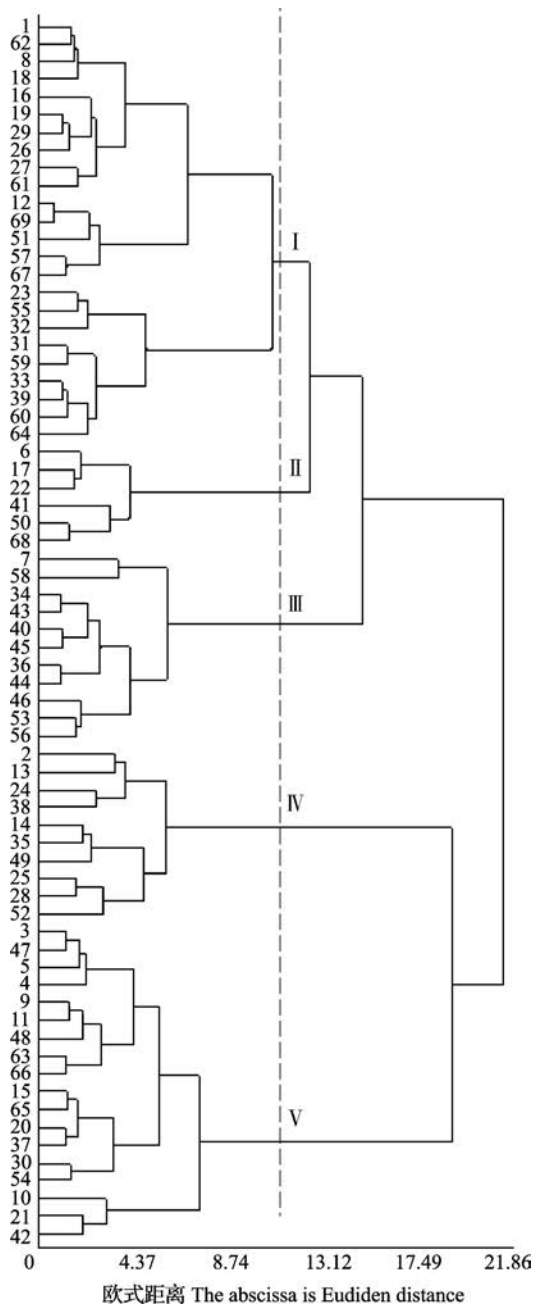


图 1 69 份红花种质资源多性状聚类图
Fig. 1 Cluster diagram of 69 Safflower germplasm accessions

从表 5 多性状的聚类结果来看,69 份红花资源被分为 5 个类群,从各组分的性状特征来看,红花单株果球数在 16.04 ~ 42.08 之间,单株果球种子数在 21.63 ~ 36.94 之间,果球直径在 1.69 ~ 2.47cm 之间,百粒重在 3.74 ~ 5.82g 之间,单株种子产量在 23.18 ~ 48.54g 之间,单株花瓣产量在 2.18 ~ 3.75g 之间,色价在 8.03 ~ 12.43 之间。各组分同一性状之间差别较大。

第 I 类群包含 24 个材料,占全部材料的 34.78%,其单株果球种子数、单株花瓣产量及色价在 5 个类群中排第 3 位,单株果球数、果球直径、百粒重在 5 个类群中排第 4 位,单株种子产量在 5 个类群中最低,综合表现较差;第 II 类群包含 6 个材料,占全部材料的 8.70%,其中百粒重及色价在 5 个类群中最高,单株种子产量排第 2 位,单株果球种子数、单株花瓣产量在类群中最低,此类材料可以与单株果球种子数多、花瓣产量高的材料进行回交转育,充分利用色价高、百粒重重的优点,其中 PI304508、XJ 无刺-011-1 两个材料不仅色价高,单株种子产量及花瓣产量也较高;第 III 类群包含 11 个材料,占全部材料的 15.94%,其单株果球种子数最高,果球直径最大,但单株种子产量与单株花瓣产量一般,单株果球数在 5 个类群中较低,综合表现一般,可以作为选育密植红花品种的亲本材料;第 IV 类群包含 10 个材料,占总材料的 14.49%,其单株果球数、单株种子产量及花瓣产量在 5 个类群中最高,单株果球种子数、色价也较高,综合表现最好,可作为选育高产、高色价红花品种的优良亲本材料,在今后的选育中应重点加以利用;第 V 类群包含 18 个材料,占全部材料的 26.09%,其色价、果球直径在 5 个类群中最低,单株种子产量、单株花瓣产量等表现一般,百粒重较重,单株果球数较多,可以作为选育大粒型品种的资源材料。

2.5 筛选出的 12 份优异材料 2 年变化趋势

通过以上相关分析,筛选出 12 份色价高、综合表现好的种质资源,对其 2 年来色价的变化值进行统计(表 6)。受种植地条件、气候等影响,可以看出同一品种 2 年间的色价有所差异,其中 YN 抗锈-103、YN 抗锈-113 的色价从 2014-2015 年度至 2015-2016 年度呈上升趋势,通江无刺、XJ 无刺-011-1、PI209281、PI239706、WHH1319、YN-Z049、YN 抗锈-059、PI304508、YN 红-021、PI251291 的色价从 2014-2015 年度至 2015-2016 年度呈下降趋势。通过 2 年综合评价,最后选出 WHH1319、YN 抗锈-103、YN 抗锈-059、PI304508、YN 红-021 为色价较高、抗性较强的优良种质材料。

表 5 69 份材料的多性状聚类结果

Table 5 Clustering analysis of 69 Safflower germplasm accessions

类群 Groups	材料数 No. of varieties	所占比例 (%) Rate	单株 果球数 NCP	单株果球 种子数 GNPC	果球直径 (cm) DC	百粒重 (g) HSW	单株种子 产量(g) SYPP	单株花瓣 产量(g) PYPP	色价 CV
I	24	34.78	23.09	24.89	1.92	3.91	23.18	2.57	9.55
II	6	8.70	27.43	21.63	2.06	5.82	36.09	2.18	12.43
III	11	15.94	16.04	36.94	2.47	4.86	26.15	2.31	8.54
IV	10	14.49	42.08	35.15	2.26	3.74	48.54	3.75	10.09
V	18	26.09	33.60	21.91	1.69	5.14	35.27	2.79	8.03

表 6 12 份优异红花资源 2 年的色价值变化

Table 6 The color unit value of 12 Safflower germplasm accessions in two years

序号 No.	种质名称 Varieties name	2014-2015		2015-2016	
		色价 CV	总体评价 Overall evaluation	色价 CV	总体评价 Overall evaluation
2	通江无刺	13.2	一般	9.8	较差
6	XJ 无刺-011-1	12.4	一般	9.1	一般
12	WHH1319	12.2	好	9.5	好
17	YN-Z049	12.3	一般	8.8	一般
19	YN 抗锈-103	9.0	好	9.9	好
27	YN 抗锈-059	9.4	好	8.7	好
28	PI209281	12.5	一般	9.5	一般
41	PI304508	14.1	好	12.4	好
51	YN 红-021	13.6	好	8.4	好
52	YN 抗锈-113	12.3	一般	13.5	一般
67	PI239706	10.5	一般	8.7	一般
69	PI251291	12.1	一般	11.5	一般

3 讨论

从红花花瓣中可以提取黄色素及红色素两类。黄色素是水溶的,在红花色素含量中所占比重较大,为 20%~30%;而红色素是脂溶的,提取工艺相对复杂,所占比例较低,仅为 0.3%~0.6%^[12]。但红色素是很有价值的食用色素、天然的抗氧化剂、药材活性成分,具有较高的药用价值、营养价值和经济价值,在食品、化妆品、染织、医药等行业具有巨大的潜力,发展前景非常广阔^[13]。

69 份红花资源色价在 6.3~14.1 之间。红花色价在不同资源之间遗传多样性程度高,其中色价大于 11 的有 14 份材料,最高可达 14.1,大于 9 小于

11 的有 19 份材料,小于 9 的有 36 份材料,色价高的育种材料资源较少,多数都是色价中等的材料。郭美丽等^[14-15]对红花干物质和色素动态积累规律进行研究,发现红花在开花后第 3 天的 6:00~8:30 之间采收效果最佳,此时是红花色素含量最高的时间;不同加工方法对红花化学成分含量影响不显著。此外,红花色素含量还会受到环境因素及栽培模式的影响。如陈友强等^[16]发现温度、降雨量对红花产量及色素含量有影响。刘超等^[17]研究表明,不同种植密度或同一密度不同株行距对干花产量以及色素含量都会产生影响。故在选育红花高色价新品种(系)的过程中,要充分考虑到环境因素及栽培模式对于其品质的影响。

对农作物的农艺性状进行初步评价最常用的方法是相关性分析,通过相关性分析可以得出主要性状与其他性状之间的关联程度^[18],本研究通过对初选出来的 69 份红花资源进行相关性分析,结果表明色价与其他 6 个农艺性状的相关性小,高色价材料无法从田间进行直接筛选,但选育高产材料时,可以将单株果球数和果球直径作为相关选择的重要指标,该结果与前人研究结果相似^[9]。

聚类分析作为重要的分析方法已经被广泛应用到资源遗传多样性及差异评价中^[19-21]。本试验通过对红花单株果球数、单株果球种子数、果球直径、百粒重、单株种子产量、单株花瓣产量及色价进行聚类分析,发现可将 69 份红花资源分为 5 个类群。通过聚类分析,明确了红花资源的不同类型,根据不同育种目标选择不同的类型,提高育种的效率。在 5 个类群中,类群 I 是单株种子产量、百粒重较低的资源,不适宜用来选育高产品种,但其中 5 份资源色价高,可考虑进行单性状利用;类群 II 在 5 类中色价最高,百粒重最重,单株种子产量也较高,可以与单株果球种子数多、花瓣产量高的材料进行回交转育,充

分利用色价高、百粒重重的优点;类群Ⅲ单株果球种子数最多、果球直径大,分枝相对较少,适合利用于筛选密植品种;类群Ⅳ色价、单株种子及花瓣产量均较高,综合表现好,是选育高色价、高产红花的优良材料,在今后的新品种选育中应重点利用。类群Ⅴ百粒重较重,单株果球数较多,适合利用于筛选大粒型品种。这与郭丽芬等^[19]以株高、茎粗、单株果球数、千粒重、叶缘等对66份云南红花种质资源划分成6大类群的结果不同。这两个结果所选的性状不同、材料不同,导致聚类结果不同,但二者都可以有效的区分红花种质资源的差异,明确种质资源间性状的相似性,更好地利用目标性状进行育种。

本研究通过对来自于不同国家的69份无刺红花资源的色价及主要产量性状进行相关性分析及聚类分析,明确了资源的色价含量及不同类型,根据育种目标直接选用资源或选择具有互补性状的资源作为亲本进行杂交,使资源得到充分利用,为尽快选育出高色价、高产、抗逆性强的红花新品种提供基础。目前红花资源主要采用农艺性状进行分析与评价,结果容易受环境、栽培措施等影响,难以分析资源的遗传背景。因此,在育种工作中,要综合考虑各方面因素;同时进一步加强分子水平的研究,更深层次的了解红花资源的遗传背景,挖掘优异目标基因促进红花的遗传改良。

参考文献

- [1] 吴应祥,黎大爵. 红花. 北京:农业出版社,1982:140-146
- [2] 王兆木. 世界红花种质资源评价与利用. 北京:中国科学技术出版社,1993:28-34
- [3] 谭美莲,严明芳,汪磊,王力军,严兴初. 世界特种油料种质资源保存概况. 植物遗传资源学报,2011,12(3):339-345
- [4] 黎大爵. 世界红花种质资源的生物多样性及可持续利用. 第三届生物多样性保护与利用高新科学技术国际研讨会论文集,2003:22-24
- [5] 张宗文. 红花遗传资源的研究与利用. 植物遗传资源科学,2000,1(1):7-10
- [6] Vijay Paul Sharma. Oilseed Production in India. India, Springer, New Delhi,2017:177-187
- [7] 郭丽芬,张跃,徐宁生,刘旭云,张锡顺,胡学礼,胡尊红,杨谨. 红花种质资源主要数量性状的灰色关联度分析. 西南农业学报,2013,26(1):328-333
- [8] 杨玉霞,吴卫,郑有良,李伟,黄春燕,刘仁建. 红花主要农艺性状与单株籽粒产量的相关和通径分析. 种子,2006,24(11):18-21
- [9] 赵昕鹏,石晓卫,董天宇,高武军,邓传良,卢龙斗. 红花主要农艺性状与单株籽粒产量的相关和通径分析. 河南师范大学学报:自然科学版,2016,44(6):140-144
- [10] 国家药典委员会. 中国药典(一部). 北京:北京化学工业出版社,2005:103-104
- [11] 杨建国,刘旭云,严兴初,杨谨. 红花种质资源描述规范和数据标准. 北京:中国农业出版社,2007,15-22
- [12] 付善全,徐晓蕾,李隆云. 川红花1号与简阳红花化学成分的比较. 中国中药杂志,1996,21(2):78-80
- [13] 刘红,钱宗耀. 红花红色素的超声提取研究. 现代食品科技,2007,23(9):32-34
- [14] 郭美丽,张芝玉. 采收期和加工方法对红花质量的影响. 第二军医大学学报,1999,20(8):535-537
- [15] 郭美丽,张芝玉. 红花干物质和化学成分含量动态变化规律研究. 中草药,1999,30(2):104-106
- [16] 陈友强,陈跃华,魏良民. 气候条件对红花产量的影响及减轻其负面影响的技术措施. 新疆农业科学,2003,40(4):214-216
- [17] 刘超,王林,赵小磊,陈蕴,安维,龚立雄,张修学. 不同种植密度对红花产量和品质的影响. 河南中医学院学报,2006,16(4):17-18
- [18] 王万兴,刘玉梅,袁素霞,方智远,杨丽梅,庄木,张扬勇,李占省,孙培田. 结球甘蓝植株相关主要农艺性状的遗传及相关性分析. 植物遗传资源学报,2014,15(1):48-55
- [19] 郭丽芬,徐宁生,张跃,张锡顺,刘旭云,胡尊红,胡学礼,杨谨. 云南红花种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析. 植物遗传资源学报,2012,13(2):219-225
- [20] 万述伟,宋风景,郝俊杰,张晓燕,李红卫,邵阳,赵爱鸿. 271份豌豆种质资源农艺性状遗传多样性分析. 植物遗传资源学报,2017,18(1):10-18
- [21] 何继红,董孔军,刘敏轩,任瑞玉,张磊,杨天育,陆平. 甘肃省新征集高粱地方品种资源的鉴定与遗传多样性评价. 植物遗传资源学报,2015,16(3):479-484