

云南红花种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析

郭丽芬¹, 徐宁生¹, 张跃², 张锡顺³, 刘旭云¹, 胡尊红¹, 胡学礼¹, 杨谨¹

(¹ 云南省农业科学院经济作物研究所, 昆明 650205; ² 昆明市盘龙区人民政府双龙街道办事处, 昆明 650224;

³ 云南省农业科学院农业经济与信息研究所, 昆明 650205)

摘要: 为加强红花种质资源的研究利用, 对筛选出的 66 份云南红花优异种质资源 16 个形态性状进行聚类分析与主成分分析。结果表明: 云南红花种质资源具有丰富的遗传多样性, 多样性指数最高的是果球着粒数, 其次是株高、最末分枝高度和千粒重; 性状变异系数最大的是分枝总数, 其次分别是单株有效果球数和第一分枝高度, 最小的为顶果球直径; 基于各种质间形态性状的遗传差异, 把 66 份红花种质聚类并划分为 6 大类群。第 I 类群可作为有增产潜力的亲本材料, 第 III 类群可作为高产目标选育的亲本, 第 IV 类群可作为大粒型选育亲本, 第 V 类群可作为高含油量选育目标亲本, 第 VI 类群既是大粒型又是高含油量双重选育目标亲本。11 个数量性状的主成分分析结果表明, 前 4 个主成分累计贡献率达 82.59%, 第一主成分反映植株高度, 第二主成分反映产量构成因子, 第三、第四主成分分别反映千粒重和果球着粒数。研究结果表明云南红花地方种质资源的变异较大, 遗传较丰富。

关键词: 云南; 红花; 种质资源; 遗传多样性; 聚类分析; 主成分分析

Genetic Diversity Analysis of Safflower(*Carthamus tinctorius* L.) Germplasm Resources from Yunnan Province

GUO Li-fen¹, XU Ning-sheng¹, ZHANG Yue², ZHANG Xi-shun³, LIU Xu-yun¹,

HU Zun-hong¹, HU Xue-li¹, YANG Jin¹

(¹ Industrial Crop Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205;

² Shuanglong Sub-district office, Panlong District, Kunming 650224;

³ Agricultural Economics and Information Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205)

Abstract: To assess genetic diversity of germplasm resource is very important for breeding of new varieties. We assessed 16 traits of 66 native safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties by both the cluster analysis and the principal components analysis. The results showed that there are abundant genetic diversity in native safflower varieties from Yunnan. The diversity index of the number of seed per fruit is highest, then plant height, the height of top branch, and 1000 seeds weight. The coefficient variation (CV) of the height of first branch is third highest, after the branches number and the fruits number per plant, while the diameter of top fruit is lowest. By data obtained, 66 native varieties can be divided into 6 groups. The first group can be parents of progenies with high yield potential, the third one can be the parents of progenies with high yield, the fourth group can be parents of progenies with big seeds, the fifth group can be parents of progenies with high oil content, the sixth can be parents of progenies with both high oil content and high yield. The principal components analysis of 11 traits showed the top four traits principal components account for 82.59% of all principal components, the first one is plant height, the second is seed yield components, the third is 1000 seeds weight, the fourth is the number of seed per fruit. The germplasm resources from Yunnan is useful for breeding of new varieties with abundant diversity.

Key words: Yunnan; Safflower(*Carthamus tinctorius* L.); Germplasm resources; Genetic diversity; Cluster analysis; Principal components analysis

收稿日期: 2011-05-26 修回日期: 2011-11-25

基金项目: 中央财政农业科技推广项目

作者简介: 郭丽芬, 实验师, 主要从事红花和蓖麻种质资源研究及新品种选育。E-mail: GUOLIFEN2008@126.com

通讯作者: 刘旭云, 研究员, 硕士, 主要从事红花和蓖麻种质资源研究及新品种选育。E-mail: liuxuyun280@yahoo.com.cn

红花(*Carthamus tinctorius* L., $2n = 24$) 属菊科红花属, 为一年生草本双子叶植物。是一种集药材、油料、染料和饲料为一体的特种经济作物^[1]。联合国粮农组织于 1973 年开始将红花作为油料作物正式列入《联合国粮农组织(FAO) 生产年鉴》的统计项目内。红花的原产地为大西洋东部、非洲西北部的加那利群岛及地中海沿岸。目前全世界红花种植面积每年约 116.8 万 hm^2 , 子粒产量约 89 万 t。主要生产国为印度, 年种植面积约 76 万 hm^2 , 子粒产量约 46 万 t, 占世界总面积和产量的一半以上。红花在长期的栽培中形成了丰富多彩的生态类型, 我国红花栽培历史悠久, 主要集中在新疆, 其次为四川、云南、河南、河北、山东、浙江、江苏等省。我国红花种植面积约 6.6 万 hm^2 , 主要是药用, 部分油药兼用^[1-3]。目前, 有关云南红花种质资源遗传多样性的研究报道较少, 应用主成分分析法和聚类分析法是遗传育种和品种资源研究中普遍应用的两种方法^[4], 已在燕麦^[5]、大豆^[6]、黍稷^[7]、油菜^[8]、小麦^[9]等多种种质资源研究中得到广泛应用。本研究利用云南丰富的红花种质资源优势, 以主成分分析和聚类分析两种方法相结合, 综合分析红花种质资源主要农艺性状的遗传多样性, 对于鉴别特异种质, 确定核心亲本, 提高本省红花的产量、品质、抗逆性等具有现实意义。旨在为有目的地选配杂交组合, 通过现代生物技术和传统育种技术, 为新品种选育提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

从已收集保存的 3000 多份红花种质资源中, 结合多年田间试验筛选出 66 份优异种质为材料(原产地均为云南), 于 2002 年 10 月 19 日至 2003 年 4 月 30 日在云南省元谋县热区生态农业研究所进行试验, 供试材料编号、名称见表 1。

1.2 试验设计

试验在云南省元谋县热区生态农业研究所进行, 海拔 1118.4 m, $101^{\circ}52'E$, $25^{\circ}44'N$; 年均气温 21.9°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 7786°C , 持续天数 350d, 终年基本无霜, 试验地为沙壤土, 肥力中等, 该区光热资源丰富, 年日照时数 2670h, 日照百分率 62%, 全年太阳总辐射量 $641.8\text{kJ}/\text{cm}^2$ ^[10]。年降雨量 615.1mm, 雨量占年降水量的 90% 以上^[11]。试验采用随机区组设计, 3 次重复; 每小区 4 行, 行长 1.5m, 行距 40cm, 株距 10cm。其他田间管理措施一致。

表 1 供试材料编号、名称

Table 1 The safflower varieties tested

编号 Code	种质名称 Varieties name	编号 Code	种质名称 Varieties name
1	YN 黄花-009	34	YN-Z010
2	YN 无刺-004	35	YN 无刺-071
3	YN 抗锈-052	36	YN 亚油酸-002
4	YN 无刺-058	37	YN 抗锈-063
5	YN-Z071	38	YN-Z043
6	YN 亚油酸-011	39	YN 抗锈-012
7	YN 抗锈-068	40	YN 条纹壳-044
8	YN-Z058	41	YN 抗锈-023
9	YN-Z062	42	YN 无刺-036
10	YN 早-016	43	YN 抗锈-043
11	YN 无刺-053	44	YN 红-012
12	YN-Z090	45	YN-Z027
13	YN-Z051	46	YN 黄花-033
14	YN 无刺-018	47	YN 早-002
15	YN 抗锈-029	48	YN 无刺-006
16	YN 抗锈-153	49	YN 无刺-045
17	YN-Z065	50	YN 白花-004
18	YN-Z084	51	YN 条纹壳-078
19	YN 大粒-009	52	YN 大粒-033
20	YN-Z064	53	YN 大粒-036
21	YN 黄花-019	54	YN 大粒-034
22	YN 早-015	55	YN 条纹壳-063
23	YN-Z089	56	YN 条纹壳-064
24	YN-Z080	57	YN 条纹壳-030
25	YN 早-009	58	YN 无刺-066
26	YN 抗锈-001	59	YN-Z011
27	YN 抗锈-080	60	YN 条纹壳-028
28	YN 大粒-001	61	YN 大粒-027
29	YN 抗锈-073	62	YN 大粒-042
30	YN 抗锈-147	63	YN 黄花-028
31	YN 抗锈-004	64	YN-Z013
32	YN-Z035	65	YN 亚油酸-013
33	YN-Z028	66	YN 抗锈-197

1.3 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》^[12] 进行, 田间目测观察叶形、叶缘、花色等; 成熟时每小区取样 10 株室内考种, 调查株高、茎粗、第一分枝高度、最末分枝高度、分枝长度、分枝总数、单株有效果球数、顶果球直径、果球着粒数、千粒重、单株生产力、种子形状、种子壳型等。统计分析的性状分为两类: 第 1 类是质量性状, 包括叶形、叶缘、花色、种子形状、种子壳型等 5 个性状, 分析各性状的频率分布和遗传多样性指数; 第 2 类是数量性状, 包括株高、茎粗、第一分枝高度、最末分枝高度、

分枝长度、分枝总数、单株有效果球数、顶果球直径、果球着粒数、千粒重、单株生产力等 11 个性状, 计算平均值、最大值、最小值、标准差、极差、变异系数和遗传多样性指数。

1.4 数据处理及统计分析

试验数据采用 Excel 2003 计算供试材料数量性状的总体平均数(\bar{X})、标准差(s)。根据计算结果将所有材料划分为 10 个等级, 按第 1 级 [$X_i < (\bar{X} - 2s)$] 到第 10 级 [$X_i > (\bar{X} + 2s)$], 每 0.5s 为 1 级, 每 1 级的相对频率(P_i) 用于计算多样性指数。多样性指数即 Shannon-Weiner index (H') 的计算公式^[13] 如下: $H' = -\sum P_i \times \ln P_i$ 。式中 P_i 为某性状第 i 级别内材料份数占总份数的百分比, X_i 为第 i 级中的数据。主成分和聚类分析采用 DPS7.0 软件, 在聚类过程中, 为便于数量化和统计分析, 数值首先进行标准化转换, 将质量性状予以赋值。种质间遗

传距离为欧氏距离, 聚类方法采用离差平方和法。

2 结果与分析

2.1 红花种质资源形态多样性分析

对 66 份红花种质资源的 16 个性状进行分析, 结果表明, 不同材料之间存在很大差异, 不同性状在不同材料间表现出不同程度的多样性。由表 2 可知, 供试材料的 5 个质量性状中, 叶形以椭圆和长椭圆形为主, 卵形、披针形较少; 叶缘以锯齿为主, 全缘、浅裂、深裂均较少; 花色以橘红色为主, 橘黄色和黄色次之, 白色较少; 种子形状以椭圆形为主, 月牙形较少; 种子壳型以普通为主, 条纹壳较少。5 个质量性状中遗传多样性指数最高的是叶形为 1.136, 花色次之为 0.963; 叶缘的频率最高为 95.45, 种子形状和种子壳型次之, 分别为 92.42 和 90.91, 详见表 2。

表 2 红花种质资源 5 个质量性状的遗传多样性分析

Table 2 Assessment on genetic diversity of 5 qualitative traits of safflower germplasm resources

性状 Trait	遗传多样性指数 <i>H'</i>	频率分布 Distribution of frequency						
		1	2	3	4	5	6	7
叶形 Leaf shape	1.136	9.09	0	36.36	46.97	7.58	0	–
叶缘 Leaf margin	0.235	1.52	95.45	1.52	1.52	–	–	–
花色 Flower color	0.963	3.03	0	28.79	60.61	7.58	0	0
种子形状 Seed shape	0.268	92.42	0	7.58	–	–	–	–
种子壳形 Seed hull type	0.305	90.91	9.09	0	0	0	–	–

叶形: 1 = 卵形 2 = 矩圆形 3 = 椭圆形 4 = 长椭圆形 5 = 披针形 6 = 条形; 叶缘: 1 = 全缘 2 = 锯齿 3 = 浅裂 4 = 深裂; 花色: 1 = 白色, 2 = 浅黄色 3 = 黄色 4 = 橘黄色 5 = 橘红色 6 = 红色 7 = 紫色; 种子形状: 1 = 椭圆 2 = 圆锥 3 = 月牙形; 种子壳型: 1 = 普通 2 = 条纹 3 = 少壳 4 = 薄壳 5 = 部分壳

Leaf shape: 1 = oval 2 = oblong 3 = ellipse 4 = long ellipse 5 = lanceolate 6 = linear; Leaf margin: 1 = smooth 2 = sawtooth 3 = lobed 4 = drastic crack; Flower color: 1 = white 2 = buff 3 = yellow 4 = croci 5 = jacinth 6 = red 7 = purple; Seed shape: 1 = ellipse 2 = cone 3 = crescent; Seed hull type: 1 = normal 2 = stripe 3 = few hull 4 = thin hull 5 = partly hull

通过遗传多样性分析结果表明, 供试材料 11 个数量性状的多样性指数以果球着粒数最高为 2.06, 其次是株高、最末分枝高度和千粒重, 均为 2.01; 其后依次是顶果球直径 > 第一分枝高度 > 分枝长度 > 茎粗 > 单株有效果球数 > 分枝总数 > 单株生产力(表 3)。

不同材料间变异系数存在很大差异, 分枝总数的变异系数最大为 49.83%, 变幅为 9.2 ~ 79.0 个; 其次为单株有效果球数, 其变异系数为 46.80%, 变幅为 10.4 ~ 79.0 个; 第一分枝高度变异系数为 27.92%, 变幅为 17.0 ~ 99.2cm; 单株生产力和千粒重变异系数分别为 24.32% 和 21.49%, 变幅分别为 17.0 ~ 42.0g 和 26.5 ~ 69.0g; 最末分枝高度和分枝

长度的变异系数分别为 21.16% 和 15.31%, 变幅为 42.8 ~ 110.8cm 和 25.0 ~ 78.6cm; 果球着粒数和茎粗的变异系数分别为 15.20% 和 15.13%, 变幅为 18.0 ~ 33.0 粒和 0.9 ~ 1.7cm; 株高的变异系数为 14.91%, 变幅为 92.4 ~ 165.2cm; 顶果球直径的变异系数最小为 10.17%, 变幅为 2.0 ~ 3.2cm。试验结果表明供试材料中不同类型的红花种质间各性状差异较大, 不同性状在不同材料间表现出不同程度的多样性, 综合以上各性状的平均值、最大值、最小值、标准差、极差、变异系数和遗传多样性指数可见, 供试材料的遗传改良利用潜力较大, 对提高本省红花的产量、品质、抗性具有实际意义。

表 3 红花种质资源 11 个数量性状的遗传多样性分析

Table 3 Assessment on genetic diversity of 11 quantitative traits of safflower germplasm resources

性状 Trait	平均值 Average	最小值 Min	最大值 Max	标准差 <i>s</i>	极差 Range	变异系数(%) <i>CV</i>	遗传多样性指数 <i>H'</i>
株高(cm)	122. 97	92. 40	165. 20	18. 33	72. 80	14. 91	2. 01
茎粗(cm)	1. 19	0. 89	1. 70	0. 18	0. 81	15. 13	1. 91
第一分枝高度(cm)	58. 49	17. 00	99. 20	16. 33	82. 20	27. 92	1. 98
最末分枝高度(cm)	77. 60	42. 80	110. 80	16. 42	68. 00	21. 16	2. 01
分枝长度(cm)	52. 38	25. 00	78. 60	8. 02	53. 60	15. 31	1. 94
分枝总数(个)	18. 81	9. 20	79. 00	9. 37	69. 80	49. 83	1. 54
单株有效果球数(个)	19. 92	10. 40	79. 00	9. 32	68. 60	46. 80	1. 56
顶果球直径(cm)	2. 38	1. 98	3. 19	0. 24	1. 21	10. 17	2. 00
果球着粒数(粒)	26. 59	18. 00	33. 00	4. 04	15. 00	15. 20	2. 06
千粒重(g)	43. 00	26. 50	69. 00	9. 24	42. 50	21. 49	2. 01
单株生产力(g)	21. 70	17. 00	42. 00	5. 28	25. 00	24. 32	1. 47

2. 2 红花种质资源的聚类分析

利用 DPS7.0 软件 根据 16 个性状在 66 份红花种质资源间的不同表现 ,以欧氏距离为遗传距离 聚类分析采用离差平方和法 ,在遗传距离 13.5 处将供试材料聚为 6 大类群(图 1) ,各种质类群的特征见表 4。

第 I 类群包含 23 份材料 ,其主要特征是叶缘均为锯齿; 花色以橘红色居多 ,橘黄色和黄色次之; 种子形状和种子壳型均为椭圆和普通; 叶形多为长椭圆形 ,椭圆形和披针形较少。株高适中 ,株高变异系数为 9.42% ,分枝总数变异系数最大为 32.98% ,单株有效果球数变异系数次之为 31.43% ;单株生产力和顶果球直径变异系数分别为 24.43% 和 10.66% ,均为 6 个种质群中变异系数最大的; 千粒重中等变异系数为 18.03% ,第一分枝高度、分枝长度中等; 果球着粒数较多 ,平均值为 27.43 粒; 最末分枝高度和茎粗变异系数较小。另外 ,产量构成因素如分枝总数、单株有效果球数和单株生产力平均值较高 ,在同一性状的 6 个种质群中处于第 2 位 ,说明此类材料在增产上具有一定的潜力 ,育种工作中可选择性的作为有增产潜力的亲本材料利用。

第 II 类群包含 12 份材料 ,这一类材料特征是叶形多为长椭圆形和椭圆形 ,披针形较少; 种子形状和种子壳型为椭圆和普通; 花色多为橘黄色和黄色 ,橘红色较少; 叶缘为锯齿。株高、第一分枝高度、最末分枝高度、分枝总数和单株有效果球数均为几个种质群中变异系数最小的; 千粒重和单株生产力平均值最低 ,分别为 37.53g 和 19.53g;

果球着粒数、分枝长度都为中等; 顶果球直径和茎粗变异系数分别为 9.84% 和 12.31% 。所以此类群为丰产性差材料。

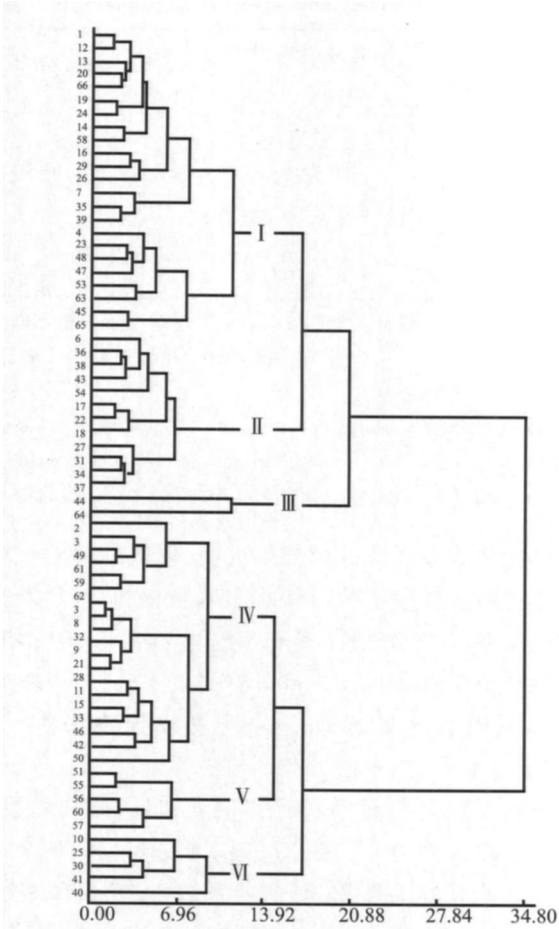


图 1 红花种质资源基于 16 个性状的聚类图

Fig.1 Cluster figure of safflower germplasm resources by analysis of 16 traits

表 4 红花种质资源各类群形态性状特征表

Table 4 Assessment on genetic diversity of 6 groups of safflower germplasm resources

性状 Trait	项目 Item	种质群 Germplasms groups					
		I	II	III	IV	V	VI
株高(cm)	\bar{x}	124. 80	149. 35	130. 30	108. 02	111. 04	117. 04
	CV	9. 42	5. 74	23. 12	9. 05	7. 93	15. 97
茎粗(cm)	\bar{x}	1. 20	1. 32	1. 65	1. 08	1. 15	1. 16
	CV	11. 57	12. 31	4. 29	11. 21	17. 59	12. 94
第一分枝高度(cm)	\bar{x}	58. 19	83. 52	48. 30	48. 59	46. 68	53. 28
	CV	16. 49	11. 31	91. 65	17. 45	16. 08	19. 35
最末分枝高度(cm)	\bar{x}	78. 98	103. 35	84. 60	64. 01	62. 80	73. 08
	CV	9. 45	5. 60	37. 78	14. 39	12. 26	12. 78
分枝长度(cm)	\bar{x}	54. 90	51. 28	64. 00	49. 20	55. 20	48. 08
	CV	13. 64	15. 26	15. 47	10. 65	10. 43	29. 31
分枝总数(个)	\bar{x}	19. 29	18. 01	57. 90	15. 48	16. 88	17. 50
	CV	32. 98	22. 67	51. 54	26. 73	22. 83	24. 32
单株有效果球数(粒)	\bar{x}	20. 43	19. 15	58. 40	16. 64	17. 88	18. 50
	CV	31. 43	21. 52	49. 88	27. 04	21. 55	23. 00
顶果球直径(cm)	\bar{x}	2. 49	2. 49	2. 26	2. 25	2. 23	2. 32
	CV	10. 66	9. 84	10. 64	6. 32	7. 12	8. 08
果球着粒数(粒)	\bar{x}	27. 43	26. 42	31. 00	25. 21	26. 80	26. 40
	CV	13. 54	15. 01	9. 12	14. 76	20. 67	20. 15
千粒重(g)	\bar{x}	39. 40	37. 53	44. 05	47. 98	46. 76	49. 58
	CV	18. 03	16. 84	45. 11	16. 42	20. 31	26. 84
单株生产力(g)	\bar{x}	23. 07	19. 53	39. 60	19. 79	22. 30	20. 06
	CV	24. 43	11. 50	8. 57	11. 47	23. 52	10. 26
叶形		长椭圆、椭圆、 披针	长椭圆、椭圆、 披针	长椭圆	椭圆、卵形、 长椭圆、披针	椭圆	长椭圆、椭圆、 披针
叶缘		锯齿	锯齿	锯齿、深裂	锯齿、全缘	锯齿	锯齿、浅裂
花色		橘红、橘黄、黄	橘黄、黄、橘红	橘黄	黄、橘红、橘黄、白	橘黄、黄	橘黄、橘红、白、黄、
种子形状		椭圆	椭圆	椭圆	椭圆	椭圆	月牙形
种子壳型		普通	普通	普通	普通	条纹	普通、条纹

第Ⅲ类群包含的 2 份材料为 44 和 64; 这 2 份材料叶形为长椭圆形; 花色为橘黄色; 叶缘分别为锯齿和深裂; 种子形状和种子壳型均为椭圆和普通。千粒重、顶果球直径中等; 株高适中; 分枝总数、单株有效果球数、果球着粒数和单株生产力平均值在 6 个类群中为最高。第一分枝高度变异系数为 91. 65%; 最末分枝高度和分枝长度变异系数分别为 37. 78% 和 15. 47%; 茎粗在 6 个类群中变异系数最小为 4. 29%。这一类材料表现为分枝多、单株有效果球多、果球着粒数多和单株生产力高, 此类群材料可作为选育高产的目标亲本加以利用。

第Ⅳ类群包含 19 份材料, 此类群叶形多为椭圆形、卵形次之、长椭圆形和披针形较少; 叶缘以锯齿居多, 全缘较少; 花色以黄色较多, 橘红色和橘黄色次之、白色较少; 种子形状为椭圆; 种子壳型普通。株高矮平均为 108. 02cm, 变异系数中等为 9. 05%; 分枝总数、单株有效果球数、果球着粒数偏低; 茎粗、

最末分枝高度和第一分枝高度变异系数分别为 11. 21%、14. 39% 和 17. 45%; 顶果球直径变异系数最低, 为 6. 32%; 分枝长度平均为 49. 20 cm; 单株生产力变异系数是 11. 47%; 千粒重较高, 平均 47. 98g。此类群材料可根据育种目标作为大粒型杂交亲本利用。

第Ⅴ类群包含 5 份材料, 此类材料明显特征是种子壳型全部为条纹壳(条纹壳为高含油量材料); 叶形为椭圆形; 叶缘锯齿; 花色多为橘黄色, 黄色较少; 种子形状均为椭圆。株高、第一分枝高度、分枝长度、分枝总数、单株有效果球数和顶果球直径变异系数较小; 最末分枝高度平均为 62. 80cm, 果球着粒数和茎粗变异系数最大, 分别为 20. 67% 和 17. 59%; 千粒重、单株生产力中等。这一类群的材料可作为高含油量目标选育亲本加以利用。

第Ⅵ类群包含 5 份材料, 这一类材料的明显特

征是种子形状均为月牙形;叶形多为长椭圆形,椭圆形和披针形较少;叶缘锯齿居多,浅裂较少;花色较丰富为橘黄色、橘红色、白色和黄色均有,以橘黄色居多;种子壳型有普通、条纹两种,但以普通居多。千粒重较高平均为 49.58g,是 6 大类群中千粒重最高的;分枝长度变异系数最大,为 29.31%;果球着粒数、单株生产力、最末分枝高度和顶果球直径均属中等;株高和茎粗变异系数分别为 15.97% 和 12.94%;分枝总数和单株有效果球数变异系数分别为 24.32% 和 23.00%。这一类群中编号为 40 的材料千粒重在所有参试材料中最高为 69.0 g,而且种子壳型为条纹,花白色,叶缘浅裂,在育种工作中可作为大粒型高含油量目标选育的杂交亲本利用。

2.3 红花主要农艺性状的主成分分析

对红花 11 个主要农艺性状采用 DPS7.0 软件进行主成分分析,结果表明,前 4 个主成分累计贡献

率达 82.59%。在所有主成分构成中,包含了农艺性状的绝大部分信息(表 5),主成分一贡献率最大,为 34.59%,其次为主成分二、三、四,贡献率分别为 30.22%、9.27%、8.51%。

由表 5 可知,第一主成分特征值为 3.80,贡献率为 34.59%。在第一主成分的特征向量中,载荷较高且符号为正的农艺性状有株高、最末分枝高度、茎粗、第一分枝高度、单株生产力、单株有效果球数、分枝总数和果球着粒数,其特征向量值分别为 0.4356、0.4212、0.3812、0.3382、0.2508、0.2423、0.2403 和 0.2319。此类性状均与产量有关;符号为负的农艺性状只有千粒重,其载荷数值为中等。由各载荷数值可看出,在一定范围内,随着株高的增加产量也会提高,但若株高过高,则会直接影响分枝总数、单株有效果球数,反而导致产量下降。表明在育种工作中,应注意株高的选择,第一主成分值不能过高。

表 5 红花种质资源主要农艺性状的主成分分析

Table 5 The principal components analysis of safflower germplasm resources by analysis main traits

性状 Trait	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 3 Factor 3	因子 4 Factor 4
株高 Height of plant	0.4356	-0.2182	0.2751	0.0375
茎粗 Diameter of stem	0.3812	0.1583	0.2298	-0.2057
第一分枝高度 The first branch height	0.3382	-0.3673	0.1444	-0.1087
最末分枝高度 The end branch height	0.4212	-0.2614	0.0816	-0.1798
分枝长度 Length of branch	0.1978	0.1848	0.4703	0.5236
分枝总数 Branch number	0.2403	0.4469	-0.0903	-0.2561
单株有效果球数 Number of effective cones per plant	0.2423	0.4480	-0.0861	-0.2505
顶果球直径 Diameter of the top cones	0.2306	-0.2650	-0.3676	0.2713
果球着粒数 Grain number per cone	0.2319	0.1138	-0.3260	0.6235
千粒重 1000-grain weight	-0.2185	0.2211	0.5571	0.1883
单株生产力 Total grain number per plant	0.2508	0.3969	-0.2354	0.1085
特征值 Characteristic value	3.80	3.32	1.02	0.94
贡献率(%) Contribution rate	34.59	30.22	9.27	8.51
累计贡献率(%) Accumulative contribution rate	34.59	64.81	74.08	82.59

第二主成分特征值为 3.32,贡献率为 30.22%。第二主成分的特征向量中,载荷较高且符号为正的农艺性状有单株有效果球数、分枝总数、单株生产力、千粒重、分枝长度、茎粗和果球着粒数,此类性状为产量构成因子;符号为负的农艺性状有第一分枝高度、顶果球直径、最末分枝高度和株高,说明株高、第一分枝高度、顶果球直径要适中,否则株高过矮、果球太小会直接影响产量;第二主成分中单株有效果球数、分枝总数、单株生产力、千粒重、果球着粒数应该越大越好,在高产育种工作中可进行独立选择。

第三主成分特征值为 1.02,贡献率为 9.27%。从载荷数值的大小看,第三主成分主要反映千粒重,由各载荷数值可看出,千粒重过高是影响产量的重要因素,如追求过高的千粒重,会直接导致顶果球直径、果球着粒数、单株生产力、分枝总数和单株有效果球数的降低,不利于产量的提高。因此,在育种过程中,应注意千粒重的选择。

第四主成分特征值为 0.94,贡献率为 8.51%。由各载荷数值可看出,第四主成分主要反映果球着粒数,从载荷数值的大小可知,顶果球直径增大,果

球着粒数便增多,但是子粒小,千粒重明显下降;株高过矮,导致分枝总数较少、单株有效果球数少、单株生产力降低,从而影响产量。所以,在育种过程中,植株高度应适中。

3 讨论

种质资源的拥有和开发利用程度已成为衡量一个国家综合国力和可持续发展能力的重要指标之一。种质资源的遗传多样性是育种工作的基础,在红花育种中的实践证明,新品种选育有赖于优良基因的发现和利用,因此,红花品种改良的关键是种质资源的有效利用。但是农艺性状的鉴定和描述仍然是种质资源研究的最基本的方法和途径^[14]。从研究结果可以看出,红花种质的不同性状在不同的材料之间表现出了不同程度的多样性。通过对 66 份红花优异种质资源 16 个形态性状的分析,说明形态性状的表现是遗传因素与环境因素共同作用的结果,在栽培种植条件一致和材料数较多的情况下,可真实地表现资源间的遗传多样性^[15]。结果表明供试的红花种质资源存在丰富的遗传多样性,其中多样性指数最高的是果球着粒数,其次为株高、最末分枝高度和千粒重,多样性指数越高,表明以上性状遗传多样性越丰富,而丰富的多样性为作物育种和遗传改良奠定了基础。研究结果表明对红花产量起决定作用的果球着粒数和千粒重的遗传指数较高,表明利用已有种质资源,对提高红花产量有较大的潜力。通过对红花形态性状的研究,云南红花资源较丰富,既有大粒材料,又有高产类型材料,还有高含油量材料,类型多种多样,可筛选出类型差异较大的不同种质材料,这些不同性状差异的红花资源为育种工作提供了丰富的原始材料。本文利用 DPS7.0 软件从遗传关系上将 66 份红花种质资源聚为 6 大类群,使其性状相近的聚为一类,各个类群具有一定的形态学特征。克服了仅以个别性状进行直观、经验性分类的弊端。通过聚类分析,明确了红花种质资源的不同类型,根据育种目标可以选择性状互补的亲本配制组合,使红花育种中亲本的选配更趋合理化。通过聚类结果可知,第Ⅰ类群为有增产潜力的亲本材料,第Ⅱ类群的有益性状不明显,第Ⅲ类群为高产型育种目标亲本材料,第Ⅳ类群可作为大粒型目标亲本,第Ⅴ类是高含油量育种目标亲本,第Ⅵ类群为大粒高含油量双重目标亲本材料,从而为各类育种目标提供了一定的亲本材料。

根据对 66 份云南红花种质资源的主成分分析,前 4 个主成分反映了 11 个性状的全部信息,累计贡献率达 82.59%,各主成分包含的性状信息具有一定的相关性,而且不同主成分包含性状类型的差异较大。不同性状在 4 个主成分具有明显不同的载荷值,表明主成分分析结果与参试资源和性状指标的选择均有关系^[16]。

在育种工作中,选配亲本材料应依据主成分的排序,具体分析,与全面评价每个亲本材料综合指标的优劣,依据红花育种目标,结合聚类分析,合理地选配组合,以便尽快育出高产、品质优良、抗逆性强的红花新品种以满足生产需求。本研究仅针对云南省红花种质资源的主要农艺性状进行分析评价,但农艺性状的表现受环境条件影响较大。因此,为深入了解红花种质资源,还需要进一步进行品质分析、抗逆性鉴定以及分子水平的研究,这样才能更加全面、准确地对云南省红花种质资源进行客观评价。

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] 吴应祥, 黎大爵. 红花[M]. 北京: 农业出版社, 1982: 146
- [3] 赵钢, 王安虎. 红花的资源及药用价值[J]. 中国野生植物资源, 2004, 23(3): 24-25
- [4] 裴鑫德. 多元统计分析及其应用[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1990: 213-235
- [5] 张向前, 刘景辉, 齐冰洁, 等. 燕麦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, 2010, 11(2): 168-174
- [6] 张逸鸣, 李英慧, 郑桂萍, 等. 吉林省大豆育成品种的遗传多样性特点分析[J]. 植物遗传资源学报, 2007, 8(4): 456-463
- [7] 胡兴雨, 陆平, 贺建波, 等. 黍稷农艺性状的主成分分析与聚类分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(4): 492-496
- [8] 段利云, 王通强, 阳标仁, 等. 甘蓝型油菜主要农艺性状的主成分和聚类分析[J]. 山地农业生物学报, 2007, 26(5): 381-385
- [9] 庄萍萍, 李伟, 魏育明, 等. 波斯小麦农艺性状相关性主成分分析[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(4): 11-14
- [10] 何毓荣, 徐建忠, 黄成敏, 等. 金沙江干热河谷区变土的特征及系统分类[J]. 土壤学报, 1995, 32(5): 102-103
- [11] 张建平. 元谋干热河谷区蒸发量减少原因的灰色关联分析[J]. 云南地理环境研究, 1994, 6(2): 68-74
- [12] 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
- [13] 董玉琛, 曹永生, 张学勇, 等. 中国普通小麦初选核心种质的产生[J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(1): 1-8
- [14] 孙亚东, 梁燕, 吴江敏, 等. 番茄种质资源的遗传多样性和聚类分析[J]. 西北农业学报, 2009, 18(5): 297-301
- [15] 王俊娥, 王赞, 王运琦, 等. 山羊豆种质资源形态多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(2): 201-205
- [16] 刘玉皎, 宗绪晓. 青海蚕豆种质资源形态多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(1): 79-83