

· 药材与资源 ·

红花单株花产量性状的相关和通径分析

杨玉霞, 吴 卫*, 郑有良, 黄春燕, 刘仁建, 陈 黎

(四川农业大学农学院, 四川 雅安 625014)

摘要: 目的 研究红花主要农艺性状间及与单株花产量和红花黄色素 A 间相关关系, 为花用红花育种和高产栽培提供理论依据和参考。方法 对来自世界各地的 48 份栽培红花品种(系)的单株花产量性状进行相关和通径分析; 采用高效液相色谱法测定红花中红花黄色素 A, 并进行统计分析。结果 10 个主要农艺性状对单株花产量影响的顺序: 单株有效花球数> 单株花球数> 单株总分枝数> 顶花球直径> 分枝高> 一级分枝数> 出苗到盛花期天数> 平均每果粒数> 单株无效花球数> 株高。逐步回归分析表明, 分枝高(X_2)、一级分枝数(X_4)、单株有效花球数(X_6)、单株无效花球数(X_7)、平均每果粒数(X_9)、顶花球直径(X_{10})是影响单株花产量(Y)的主要因素, 回归方程: $Y = -3.0370 + 0.0027X_2 + 0.0459X_4 + 0.0745X_6 + 0.0432X_7 + 0.0230X_9 + 1.1482X_{10}$ ($F = 21.84^{**}$)。单株有效花球数对单株花产量的直接效应最大, 其次为顶花球直径。不同品种(系)的单株花产量及红花黄色素 A 的量存在显著差异。红花黄色素 A 的量与单株花产量相关不显著。结论 花用红花育种中, 可兼顾高产与优质。单株有效花球数、顶花球直径是花用红花品种选育的主要目标性状和高产栽培的主攻方向。单株花高产株型应是单株有效花球数、单株花球数、单株总分枝数、一级分枝数较多, 顶花球直径较大, 株高、分枝高、单株无效花球数适中者。PI 239226、PI 253540、PI 367833、简阳红花综合性状较好, 表现突出, 适宜在四川种植。

关键词: 红花; 单株花产量; 相关分析; 通径分析; 红花黄色素 A; HPLC

中图分类号: R 282.21

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2006)01-0105-07

Correlation and path analysis on characters related to flower yield per plant of *Carthamus tinctorius*

YANG Yu-xia, WU Wei, ZHENG You-liang, HUANG Chun-yan, LIU Ren-jian, CHEN Li

(Agronomy College, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract: **Objective** To study the relationship between the main agronomic characters with the flower yield per plant and the safflower yellow A content of safflower species, and provide a basis for breeding and high-yield cultivation of safflower. **Methods** Correlation and path analysis on characters related to flower yield per plant in 48 species of safflower came from all over the world were analyzed. The safflower yellow A content which tested by HPLC was analyzed by statistical analysis. **Results** The affecting order of these factors to flower yield per plant was number of effective cones per plant> number of cones per plant> number of branches> diameter of primary head> branch height from base> number of primary branches> the days from seedling emergence to 50% flowering> number of grains per cone> number of ineffective cones per plant> plant height. Multiple regression analysis showed that branch height from base (X_2), number of primary branches (X_4), number of effective cones per plant (X_6), number of ineffective cones per plant (X_7), number of grains per cone (X_9), and diameter of primary head (X_{10}) were the main factors affecting flower yield (Y) per plant. Multiple regression equation of flower yield per plant and six characters was $Y = -3.0370 + 0.0027X_2 + 0.0459X_4 + 0.0745X_6 + 0.0432X_7 + 0.0230X_9 + 1.1482X_{10}$ ($F = 21.84^{**}$). The direct effect of number of effective cones per plant was the strongest, followed by diameter of primary head. There were significant differences within the flower yield per plant and the safflower yellow A content of different species. The correlation between the safflower yellow A content and the flower yield per plant was insignificant. **Conclusion** High-yield and high-quality are compatible in breeding of safflower which is used as herbal medicine. Number of effective cones per plant and diameter of primary head are focused on the high yield breeding and cultivation of safflower species. The plant type of

* 收稿日期: 2005-03-21

基金项目: 四川省青年科技基金 (05ZQ 026-011)

作者简介: 杨玉霞(1980—), 女, 四川乐山人, 硕士在读, 主要从事特用植物遗传育种研究。

* 通讯作者 吴 卫 Tel&Fax: (0835) 2882108 E-mail: ewuwei@sicau.edu.cn

higher flower yield safflower species should have more effective cone numbers, more number of cones, number of branches, number of primary branches, bigger diameter of primary head, moderate plant height, branch height from base, and ineffective cones per plant. Of all accessions, PI 239226, PI 253540, PI 367833, and Jianyang Honghua are outstanding and optimal for cultivating in Sichuan Province.

Key words: safflower; flower yield per plant; correlation analysis; path analysis; safflor yellow A; HPLC

红花 *Carthamus tinctorius* L. 集药用、食用、染料、油料和饲料于一身,有着广泛的用途。红花中主要含黄酮类化合物、色素、挥发油、多快等成分,此外,富含铬、锰、锌、钼等微量元素,还含多糖、腺苷等物质^[1]。黄酮类化合物具有保护心血管、抗炎作用。黄、红色素不仅是理想的食品添加剂,还是高档化妆品、纺织品的理想着色剂,对人体有抗癌、防腐、健脾、杀菌、解毒、降压及护肤的功效^[2]。红花中的微量元素可增强心血管机能、防治糖尿病^[3]。红花多糖有免疫活性。目前,红花的生产和利用受到了世界各国的普遍重视^[4,5]。近年来对红花的研究表明,红花黄色素(safflor yellow)是红花药理功效的有效水溶性部位^[6,7]。而红花黄色素 A(safflor yellow A)是红花水溶性有效部位中活血化瘀的主要有效成分,可抑制血小板激活因子诱发的血小板聚集与释放^[8,9]。

红花育种的重要任务之一是提高花产量。国内外学者曾对红花的产量性状进行了相关、通径分析^[10~22],遗传力、遗传相关分析^[23~25],品种稳定性参数评估等^[26]。但由于所考察性状、研究材料、栽培环境等有所差异,各自的结论不尽相同。本试验对引自世界各地的 48 份红花品种(系)的 10 个主要农艺性状与单株花产量进行相关和通径分析,对其红花黄色素 A 进行测定,旨在筛选出一些高产、优质、适宜四川种植的花用红花品种,并通过相关分析等为红花育种和高产栽培提供更多理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料: 48 份栽培红花 *C. tinctorius* L., 原产于 32 个国家(表 1)。其中 42 份材料由美国种质资源库(germplasm resources information network, GRIN)的 Vicki Bradley 博士提供。新红 1 号、新红 4 号、UC 26 由新疆农业科学院韩新年先生提供,川红一号、简阳红花由雅安三九药业唐莉女士提供,重庆南川红花采自南川药物所标本园。

1.2 农艺性状考察: 试验于 2003—2004 年在四川农业大学农场试验地进行, 试验地前作玉米, 砂质中壤土、肥力中等。随机区组设计, 重复 3 次, 宽窄行播

表 1 供试材料编号及来源
Table 1 Accession numbers and their sources of tested materials

编号	保存号	原产地	编号	保存号	原产地
1	PI 253909	阿富汗	25	PI 253511	德国
2	PI 369842	亚美尼亚	26	PI 253540	匈牙利
3	PI 367833	阿根廷	27	PI 312275	匈牙利
4	PI 613517	澳大利亚	28	PI 306821	印度
5	PI 253518	奥地利	29	PI 306829	印度
6	PI 301472	孟加拉国	30	PI 250009	伊朗
7	PI 401474	孟加拉国	31	PI 613520	伊朗
8	PI 401479	孟加拉国	32	PI 253758	伊拉克
9	PI 253531	保加利亚	33	PI 613454	以色列
10	PI 305539	保加利亚	34	PI 209300	肯尼亚
11	PI 559909	加拿大	35	PI 576992	朝鲜
12	PI 572544	加拿大	36	PI 286199	科威特
13	简阳红花	中国	37	W6 18120	蒙古
14	川红一号	中国	38	PI 195895	摩洛哥
15	新红 1 号	中国	39	PI 248620	巴基斯坦
16	新红 4 号	中国	40	PI 248628	巴基斯坦
17	重庆南川红花	中国	41	PI 613534	葡萄牙
18	PI 250610	埃及	42	PI 209287	罗马尼亚
19	PI 250081	埃及	43	PI 239226	西班牙
20	PI 286385	厄立特里亚	44	PI 181866	叙利亚
21	PI 286386	厄立特里亚	45	PI 613526	土耳其
22	PI 343930	埃塞俄比亚	46	PI 304499	土耳其
23	PI 253529	法国	47	W6 908	美国
24	PI 254976	希腊	48	UC 26	美国

种,宽行 60 cm,窄行 20 cm,穴距 20 cm,每小区种 2 行,行长 2 m。2003 年 10 月 8 日播种,12 月 1 日定苗,每穴定苗 2 株。每小区随机取样 10 株,考察株高、分枝高、单株总分枝数、一级分枝数、单株花球数、单株有效花球数、单株无效花球数、出苗到盛花期天数、平均每果粒数、顶花球直径、单株花产量 11 个性状^[3],并以平均值进行统计分析,数据处理采用 DPS 软件^[27]和 Excel 软件。

1.3 红花黄色素 A 的 HPLC 分析

1.3.1 仪器与试剂: Agilent 公司 1100 型高效液相色谱仪(含脱气机、四元梯度泵、自动进样器、柱温箱、DAD 检测器),Sartorius 公司 BP211D 型电子天平,Millipope 公司 MilliQ 型纯水仪,Auto-science 公司溶剂过滤器,上海精科雷磁公司 PHS—2C 型酸度计。红花黄色素 A 对照品购自四川省药品检验所。甲醇、乙腈为色谱纯,由 TEDIA 公司提

供,其他试剂均为分析纯。

1.3.2 色 谱 条 件: 色 谱 柱: Hypersil ODS (250 mm×4.0 mm, 5 μm); 流动相: 甲醇-乙腈-0.7% 磷酸水溶液 (26 2 72), pH 4.0; 体 积 流 量: 1.0 mL/min; 柱温: 30 ; 检测波长: 403 nm。

1.3.3 对 照 品 溶 液 的 制 备: 精 密 称 取 经 硅 胶 干 燥 24 h 的 红 花 黄 色 素 A 对 照 品 适 量, 加 70% 乙 醇 制 成 质 量 浓 度 为 0.178 mg/mL 的 溶 液, 摇 匀, 即 得。

1.3.4 样 品 溶 液 的 制 备: 将 不 同 来 源 的 红 花 材 料 的 干 燥 花 粉 碎, 过 40 目 筛, 置 硅 胶 干 燥 器 内 干 燥 24 h, 精 密 称 取 0.5 g, 置 具 塞 三 角 瓶 中。精 密 加 70% 乙 醇 15 mL, 超 声 处 理 40 min, 滤 过, 70% 乙 醇 多 次 洗 涤 药 渣 数 次 至 药 渣 无 色, 合 并 滤 液, 定 容 至 25 mL 容 量 瓶。混 匀, 用 0.45 μm 纤 维 素 滤 膜 滤 过, 作 为 样 品 溶 液。

1.3.5 线 性 关 系 考 察: 分 别 精 密 吸 取 对 照 品 溶 液 0.5、1.0、1.5、2.0 μL 及 稀 释 25 倍 的 对 照 品 溶 液 1.0、5.0 μL, 注 入 高 效 液 相 色 谱 仪, 按 色 谱 条 件 进 行 测 定。以 红 花 黄 色 素 A 吸 收 峰 面 积 (Y) 为 纵 坐 标, 进 样 质 量 浓 度 (X) 为 横 坐 标, 得 到 回 归 方 程。

1.3.6 测 定 方 法 和 数 据 处 理: 分 别 吸 取 上 述 对 照 品 溶 液 和 样 品 溶 液 各 1 μL, 注 入 高 效 液 相 色 谱 仪, 每 份 材 料 连 续 进 样 3 次。测 定 红 花 黄 色 素 A 的 峰 面 积, 以 外 标 法 计 算 样 品 质 量 浓 度。所 有 数 据 分 析 均 在 DPS 软 件^[27] 和 Excel 软 件 下 进 行。

2 结 果 与 分 析

2.1 主 要 农 艺 性 状 表 现 及 方 差 分 析: 各 农 艺 性 状 表 现 及 变 异 分 析 结 果 见 表 2。从 表 中 可 以 看 出, 红 花 不 同 品 种 间 各 个 性 状 的 变 异 幅 度 较 大, 存 在 极 显 著 的 差 异。各 个 性 状 的 峰 度 均 小 于 1, 分 布 频 率 大 致 接 近 正 态 分 布, 表 明 可 对 这 10 个 相 关 性 状 进 行 通 径 分 析。

进 一 步 分 析 表 明, 10 个 性 状 的 相 对 标 准 偏 差 顺 序: 单 株 无 效 花 球 数> 单 株 有 效 花 球 数> 分 枝 高> 平 均 每 果 粒 数> 单 株 花 球 数> 单 株 总 分 枝 数> 一 级

表 2 红 花 主 要 农 艺 性 状 的 表 现 及 方 差 分 析

Table 2 Performance and variance analysis of main agronomic characters of safflower						
性 状	F 值	变异范围	均值	RSD/ %	峰度	
株高(X ₁)	13.35 ^{* *}	100.8~182.0	150.5	13.63	-0.01	
分枝高(X ₂)	5.95 ^{* *}	66.3~96.9	66.3	32.21	-0.15	
单株总分枝高(X ₃)	3.79 ^{* *}	16.5~68.7	41.2	27.33	-0.04	
一级分枝数(X ₄)	6.08 ^{* *}	5.9~20.7	13.1	27.09	-0.47	
单株花球数(X ₅)	5.08 ^{* *}	13.4~54.9	33.2	29.17	-0.72	
单株有效花球数(X ₆)	4.93 ^{* *}	9.0~45.1	25.4	34.18	-0.59	
单株无效花球数(X ₇)	116.60 ^{* *}	0.6~14.4	7.3	52.40	-0.96	
出苗到盛花期天数(X ₈)	24.82 ^{* *}	206.0~239.0	226.0	3.70	-0.43	
平均每果粒数(X ₉)	5.02 ^{* *}	7.8~29.2	16.9	31.95	-0.56	
顶花球直径(X ₁₀)	14.14 ^{* *}	1.7~2.8	2.3	10.06	0.51	
单株花产量(Y)	2.56	1.4~5.0	3.1	26.29	-0.31	

、 * 分别表示 5% 和 1% 显著水平, 下表同

、 * indicated significant level at 5% and 1%, respectively, following tables are same

分枝数> 单株花产量> 株高> 顶花球直径> 出苗到盛花期天数。这说明单株无效花球数的变异程度最大、选择范围最宽, 其次是单株有效花球数, 而顶花球直径的差异最小、选择范围最窄。

2.2 单株花产量性状的相关和多元回归分析: 相关分析表明(表 3), 其他性状与单株花产量的相关系数绝对值由大到小依次为: 单株有效花球数> 单株花球数> 单株总分枝数> 顶花球直径> 分枝高> 一级分枝数> 出苗到盛花期天数> 平均每果粒数> 单株无效花球数> 株高。在各性状中, 单株总分枝数、单株花球数、单株有效花球数、顶花球直径与单株花产量呈显著或极显著的正相关。分枝高与出苗到盛花期天数、株高呈极显著正相关, 但与单株总分枝数、单株花球数、单株有效花球数、一级分枝数呈显著或极显著负相关。平均每果粒数与顶花球直径、单株花球数与单株有效花球数、单株无效花球数均呈极显著正相关。出苗到盛花期天数与单株有效花球数呈显著负相关, 而与单株无效花球数呈显著正相关。

采用逐步回归法, 建立红花单株花产量的多元

表 3 红 花 主 要 农 艺 性 状 间 的 相 关 分 析

Table 3 Correlation analysis on main agronomic characters of safflower										
性状	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
X ₂	0.839 3 ^{* *}									
X ₃	-0.088 8	-0.384 8 ^{* *}								
X ₄	-0.028 5	-0.312 4 [*]	0.194 2							
X ₅	-0.263 6	-0.498 8 ^{* *}	0.888 5 ^{* *}	0.117 6						
X ₆	-0.249 5	-0.426 4 ^{* *}	0.843 4 ^{* *}	0.103 0	0.849 4 ^{* *}					
X ₇	0.005 9	-0.197 8	0.409 7 ^{* *}	0.074 2	0.487 7 ^{* *}	0.011 7				
X ₈	0.564 1 ^{* *}	0.460 6 ^{* *}	-0.007 4	-0.138 5	-0.103 1	-0.333 4 [*]	0.356 9 [*]			
X ₉	0.107 0	0.253 5	-0.400 0 [*]	-0.105 5	-0.278 2	-0.076 0	-0.520 5 ^{* *}	-0.232 8		
X ₁₀	0.264 5	0.293 5 [*]	-0.223 0	-0.085 8	-0.142 3	-0.125 1	-0.111 1	0.166 2	0.399 4 ^{* *}	
Y	-0.057 1	-0.228 1	0.603 4 ^{* *}	0.227 7	0.665 0 ^{* *}	0.738 0 ^{* *}	0.075 3	-0.226 6	0.159 4	0.286 6 [*]

回归方程: $Y = -3.0370 + 0.0027X_2 + 0.0459X_4 + 0.0745X_6 + 0.0432X_7 + 0.0230X_9 + 1.1482X_{10}$ ($F = 21.84^{**}$)。多元回归分析表明,分枝高(X_2)、一级分枝数(X_4)、单株有效花球数(X_6)、单株无效花球数(X_7)、平均每果粒数(X_9)、顶花球直径(X_{10})是影响单株花产量的主要因素。由回归方程可知,当本试验中的其他性状维持在平均水平时,分枝高、一级分枝数、单株有效花球数、单株无效花球数、平均每果粒数、顶花球直径每增加 1 个单位(分别为 1 cm、1 个、1 个、1 个、1 粒、1 cm),单株花产量可分别提高 0.002 7、0.045 9、0.074 5、0.043 2、0.023 0、1.148 2 g。即在上述 6 个性状中,顶花球直径对单株花产量的贡献最大,其次为单株有效花球数,分枝高的贡献较小。但顶花球直径在 2.3 cm 的平均水平上增加 1 cm 相对比较困难,而单株有效花球数在 25.4 个的平均水平上增加 1 个则切实可行。各性状对单株花产量的偏相关系数大小顺序为:单株有效花球数($r_{Y6} = 0.8283^{**}$) > 顶花球直径($r_{Y10} = 0.5091^{**}$) > 一级分枝数($r_{Y4} = 0.3640^*$) > 单株无效花球数($r_{Y7} = 0.3333^*$) > 平均每果粒数($r_{Y9} = 0.3045^*$) > 分枝高($r_{Y2} = 0.1173$)。表明单株有效花球数对单株花产量的影响最大,顶花球直径次之,

表 4 红花 6 个主要农艺性状对单株花产量的通径分析

Table 4 Path analysis on six main agronomic characters to flower yield per plant in safflower

性状	直接效应	间接效应							<i>r</i>
		$X_2 \rightarrow Y$	$X_4 \rightarrow Y$	$X_6 \rightarrow Y$	$X_7 \rightarrow Y$	$X_9 \rightarrow Y$	$X_{10} \rightarrow Y$	总和	
X_2	0.070 4		- 0.062 8	- 0.341 6	- 0.040 6	0.050 8	0.095 7	- 0.298 5	- 0.228 1
X_4	0.201 1	- 0.022 0		0.082 5	0.015 2	- 0.021 1	- 0.028 0	0.026 6	0.227 7
X_6	0.801 0	- 0.030 0	0.020 7		0.002 4	- 0.015 2	- 0.040 8	- 0.062 9	0.738 0 ^{**}
X_7	0.205 4	- 0.013 9	0.014 9	0.009 4		- 0.104 3	- 0.036 2	- 0.130 1	0.075 3
X_9	0.200 3	0.017 9	- 0.021 2	- 0.060 9	- 0.106 9		0.130 3	0.066 1	0.159 4
X_{10}	0.326 2	0.020 7	- 0.017 3	- 0.100 2	- 0.022 8	0.080 0		- 0.039 6	0.286 6 [*]

2.4 单株花产量性状的决定系数分析:分析 6 个性状对单株花产量形成所起的决定作用(表 5),结果表明,21 个决定系数绝对值按大小顺序依次排列为: $X_6 > X_{10} > X_{6,10} > X_{9,10} \dots > X_{2,9} > X_{4,7} > X_{2,7}$ 。即单一性状对单株花产量的影响以单株有效花球数(X_6)为最大,顶花球直径(X_{10})次之,分枝高(X_2)、一级分枝数(X_4)分居第 3、4 位。两两性状互作对单株花产量的影响以顶花球直径与单株有效花球数间($X_{6,10}$)为最大,顶花球直径与平均每果粒数间($X_{9,10}$)次之。6 个性状对红花单株花产量的决定作用达 76.17%,说明这 6 个性状对红花单株花产量的影响占重要地位,育种中应予以特别注意。

2.5 线性关系及红花药材色谱图:在本试验的色谱

两者作用均达极显著水平,一级分枝数、单株无效花球数、平均每果粒数的作用达显著水平,而分枝高的影响相对较小,这进一步表明在红花育种中可依靠单株有效花球数和一级分枝数的增加、顶花球直径的增大来提高单株花产量。

2.3 单株花产量性状的通径分析:通径分析结果表明(表 4),单株有效花球数对单株花产量的直接效应最大,顶花球直径次之,分枝高最小。单株有效花球数对单株花产量的影响最大,而其通过分枝高、平均每果粒数、顶花球直径的间接负作用较小。顶花球直径对单株花产量的直接作用居第二位,通过一级分枝数、单株有效花球数、单株无效花球数的间接负作用亦较小。单株无效花球数对单株花产量的直接作用为第三,主要为直接效应及通过平均每果粒数的间接负效应共同影响单株花产量。平均每果粒数对单株花产量的影响,主要亦以直接效应起作用。分枝高对单株花产量的影响直接作用为正,而其通过单株有效花球数有较大的间接负效应,因而导致最终和单株花产量的相关为负。本试验剩余通径系数为 0.488 2,表明除分枝高、一级分枝数、单株有效花球数、单株无效花球数、平均每果粒数、顶花球直径外,还有其他因素影响单株花产量。

表 5 红花 6 个主要农艺性状对单株花产量的决定系数

Table 5 Determination coefficient of six main agronomic characters to flower yield per plant in safflower

性状	X_2	X_4	X_6	X_7	X_9	X_{10}
X_2	<u>0.052 0</u>					
X_4	- 0.008 8	<u>0.051 8</u>				
X_6	- 0.048 1	0.033 2	<u>0.544 6</u>			
X_7	- 0.005 7	0.006 1	0.003 8	<u>0.005 7</u>		
X_9	0.007 1	- 0.008 5	- 0.024 4	- 0.042 8	<u>0.025 4</u>	
X_{10}	0.013 5	- 0.011 3	- 0.065 4	- 0.014 9	0.052 2	<u>0.082 1</u>

划线数字为单一性状决定系数,其余为两两性状共同决定系数

Numbers underlined were determination coefficient of single trait, others were determination coefficient of two traits interacted

条件下,样品中红花黄色素 A 峰与其他组分峰能完全分离,峰形窄而对称。本试验得到的回归方程为:

$Y = 3.129 \times 10^3 X - 12.094$, $r = 0.999\ 9$, 红花黄色素 A 在 $7.12 \sim 356.00\ \mu\text{g/mL}$ 内线性关系良好。对照品溶液与样品溶液的色谱图见图 1。

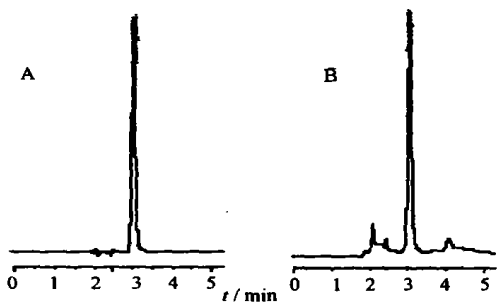


图 1 对照品(A)与样品(B)的 HPLC 图谱

Fig. 1 HPLC Chromatograms of reference substance (A) and sample (B)

2. 6 不同来源红花的单株花产量、红花黄色素 A 量的综合评价: 不同来源红花的单株花产量、红花黄色素 A 的量见表 6。从表 6 可以看出, 红花黄色素 A 与单株花产量的变化趋势不尽相同。相关分析结果表明, 红花黄色素 A 与单株花产量相关不显著 ($r = 0.144\ 9$)。

单株花产量在不同品种间差异达到极显著, 见表 6 不同红花材料中单株花产量、红花黄色素 A 质量分数

Table 6 Flower yield per plant and safflor yellow A content in different accession safflowers					
编号*	单株花产量/	红花黄色素 A/	编号*	单株花产量/	红花黄色素 A/
	g	($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)		g	($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)
1	4.09	5.71	25	3.43	11.45
2	4.48	10.05	26	3.67	15.01
3	3.82	10.91	27	3.53	10.47
4	1.88	6.01	28	4.19	9.21
5	3.07	11.09	29	3.11	9.37
6	1.72	9.67	30	2.53	10.59
7	3.24	12.64	31	2.59	8.09
8	4.20	11.51	32	2.51	11.65
9	4.30	10.10	33	4.29	11.05
10	4.20	10.28	34	2.77	11.30
11	3.29	6.60	35	3.33	10.07
12	2.20	0.39	36	2.91	12.47
13	3.37	14.64	37	2.68	12.39
14	2.02	14.53	38	3.44	11.01
15	2.64	9.95	39	2.75	9.15
16	1.42	10.52	40	2.52	7.68
17	2.84	14.23	41	2.71	14.58
18	1.72	11.11	42	3.46	10.44
19	2.68	8.39	43	4.99	12.59
20	3.26	10.12	44	2.44	9.70
21	2.65	11.16	45	3.24	10.19
22	2.75	10.63	46	1.55	12.56
23	3.37	10.63	47	3.74	11.78
24	2.90	9.55	48	2.92	12.51

* 编号顺序同表 1
* Numbers are same as Table 1

幅为 $1.42 \sim 4.99\ \text{g}$, 平均值为 $3.07\ \text{g}$ 。PI 239226、PI 401479、PI 305539 等 8 份材料的单株花产量在 $4\ \text{g}$ 以上, 为单株花产量较高的品种(系)。而 PI 613517、PI 304499、新红 4 号等 5 份材料的单株花产量很低, 均在 $2\ \text{g}$ 以下, 不太适宜作为花用红花。比较国产和引进红花单株花产量发现, 国产红花中简阳红花单株花产量最高, 而新红 4 号的单株花产量最低; 引进红花品种(系)单株花产量普遍比国产红花的高。

从表 6 还可以看出, 不同来源红花中红花黄色素 A 的质量分数相差也较大, 变幅为 $0.39 \sim 15.01\ \text{mg/g}$, 相差近 40 倍, 平均为 $10.53\ \text{mg/g}$ 。PI 253540 中红花黄色素 A 的量最高, 其次是简阳红花, PI 572544 的最低。同时, 还不难发现, 来源于同一国家(地区)的材料中, 红花黄色素 A 的量比较接近, 如保加利亚的 PI 253511、PI 305539, 中国的简阳红花、川红一号、重庆南川红花, 印度的 PI 306821、PI 306829, 美国的 W6 908、UC 26 等。比较国产和引进红花黄色素 A 的量发现, 国产红花中红花黄色素 A 的量简阳红花最高, 新红 1 号最低; 引进红花品种(系)红花黄色素 A 的量普遍低于国产红花中红花黄色素 A 的量, 但也有 PI 253540、PI 613534 等红花黄色素 A 量较高的品种(系)。

综合上述两项指标, PI 239226、PI 253540、PI 367833、简阳红花这 4 份材料综合性状较好, 表现突出, 适宜在四川种植。其中 PI 239226 表现最优, 其顶花球直径 ($2.41\ \text{g}$) 和单株总分枝数 (59.1 个) 较高, 单株有效花球数 (45.1 个) 多, 单株无效花球数 (3.8 个) 少, 一级分枝数 (12.8 个)、株高 ($152.0\ \text{cm}$)、分枝高 ($77.1\ \text{cm}$) 适中, 单株花球数 (51.9 个)、单株花产量 ($4.99\ \text{g}$) 最高, 红花黄色素 A 量 $12.59\ \text{mg/g}$, 属比较理想的花用品种。

3 结语与讨论

3.1 各供试红花品种(系)的单株花产量性状变化较大, 在所有的供试品种(系)中, PI 239226 表现最优, 其顶花球直径、单株花球数和总分枝数均较高, 单株有效花球数多, 单株无效花球数少, 一级分枝数、株高、分枝高适中, 单株花产量最高, 在四川雅安多雨环境下, 是很理想的花用型红花。聂征等^[24]的研究表明, 单株花产量的遗传力较高, 因此在育种中, 一方面考虑对 PI 239226 直接加以利用外, 还可考虑将其作为一个重要亲本与一些其他品种(系)进行杂交, 进一步选育优良品种。本试验是通过各农艺性状对单株花产量的分析结果, 对于群体产量结

果如何, 还值得进一步探讨。

3.2 相关和通径分析结果均表明, 某些性状如单株有效花球数、一级分枝数、单株无效花球数等与单株花产量的相关分析及通径分析结果一致, 而另一些性状如一级分枝数的分析结果不尽相同。这说明在选择过程、性状之间表型及遗传关系复杂, 不能仅凭相关系数大小作为选育依据, 还必须进行通径分析。通径系数更有利于解释其复杂的表型关系, 更能揭示各性状对单株产量的作用实质。

3.3 本研究表明, 出苗到盛花期天数与单株花产量呈负相关, 这可能是由于秋播红花一般 5、6 月开花, 若开花期延迟, 将遇雨季, 引起花霉烂, 以致减产。因此, 在育种中, 可选育开花期早的品种(系), 确保花的质量; 而在栽培上应适当提早播期, 避开多雨季节, 以确保及时采花, 保证花的产量与质量。聂征等^[24]研究表明, 单株花产量与单株有效花球数间的环境相关为极显著的正相关。Patil 等^[14]和逯晓萍等^[25]的研究表明, 分枝高、株高、平均每果粒数、单株花产量有很高的遗传力, 而本研究表明平均每果粒数与单株花产量有较大的直接正向效应, 分枝高与单株花产量呈负相关。因此, 在育种中, 可通过对分枝高、株高、平均每果粒数的早期时代的选择, 间接筛选出矮秆而高产的花用型红花品种。

3.4 多元回归分析表明, 分枝高、一级分枝数、单株有效花球数、单株无效花球数、平均每果粒数、顶花球直径是影响单株花产量的主要因素。利用这 6 个因素与产量构成的指数方程式进行选择, 将大大提高对产量的选择效果。这一结果与聂征等^[28]的研究结果相似。

3.5 平均每果粒数对单株花产量的直接效应较大, 这可能与红花自身的生长发育特点有关。由于平均每果粒数从某种程度上反映了平均花球的小花数, 而后者恰是单株花产量的直接构成因子, 所以平均每果粒数对单株花产量的直接效应较大。

3.6 由于产量因素是受多因素影响的复杂性状, 而花在整个生育阶段既作为“库”; 又作为“源”, 影响因素多而复杂, 所以需考虑的因素甚多。本试验着重考察了影响单株花产量的 10 个性状, 得到的剩余通径系数为 0.488 2, 表明影响单株花产量的主要因素均已包括在内, 至于其他因素, 将在今后的研究中做进一步的分析。

3.7 本试验的结果表明, 大量引进品种的单株花产量均比国产红花的高, 个别品种的红花黄色素 A 量也比国产红花的高, 这为丰富我国红花品种资源提

供了很好的物质基础。相关分析结果表明, 不同来源的红花黄色素 A 量与单株花产量相关不显著。这表明在红花育种中是可以兼顾高产与优质的。同时, 笔者还发现来源于同一(国家)地区的材料多数红花黄色素 A 质量分数基本一致, 但也有不一致的。如来源于中国的 5 份材料中, 新红 1 号和新红 4 号株形相似, 红花黄色素 A 量接近; 而重庆南川红花、川红一号和简阳红花株形相似, 红花黄色素 A 量接近, 这与付善全等^[29]的研究结果基本一致。彼此间的亲缘关系可能是造成差异的主要原因。新红 1 号、新红 4 号均含 AC-1 的血缘, 川红一号系简阳红花系选而来, 南川红花最早也采自简阳。也许正是由于这些品种(系)间各自彼此有较近的亲缘关系, 可能导致它们各自从外部形态到内部的化学成分组成及量上均较为相似。实质上, 笔者已采用 ISSR 分子标记检测到新红 1 号和新红 4 号间, 重庆南川红花、川红一号和简阳红花间有很高的遗传相似性(另文报道)。至于花中其他主要药用成分如黄酮类化合物、多糖、腺苷等在不同品种(系)间的情况, 还将做进一步分析。

References:

- [1] Xiao P G. *Modern Chinese Materia Medica* (新编中药志) [M]. Vol . Beijing: Chemical Industry Press, 2002.
- [2] Wang Z M. *Safflower* (红花) [M]. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 2001.
- [3] Yan S M, Wu J B, Xu D Y. *Introduction of Microelement* (微量元素导论) [M]. Shanghai: Tongji University Press, 1992.
- [4] Yuan G B, Han R G, Li D J, *et al.* *Safflower* (*Carthamus tinctorius* L.) *Germplasm and Its Utilization* (红花种质资源及其开发利用) [M]. Beijing: Science Press, 1989.
- [5] Wang Z M. *Evaluation and Utilization of Safflower* (*Carthamus tinctorius* L.) *from World Collection of Safflower Germplasm* (世界红花种质资源评价与利用) [M]. Beijing: Science Press, 1993.
- [6] Takahasi Y, Miyasaka N, Tasaka S H, *et al.* Constitution of *Carthamus tinctorius* L. [J]. *Tetrahedron Lett*, 1982, 23 (49): 5163-5166.
- [7] An X Q, Li Y H, Chen J, *et al.* Isolation and identification of safflower yellow and carthamin from safflower [J]. *Chin Tradit Herb Drugs* (中草药), 1990, 21(4): 44-45.
- [8] Zang B X, Jin M, Si N, *et al.* Antagonistic effect of hydroxysafflor yellow A on the platelet activating factor receptor [J]. *Acta Pharm Sin* (药学报), 2002, 37(9): 696-699.
- [9] Jin M, Wu W, Chen W M, *et al.* Inhibition of safflor yellow against the binding of platelet activating factor to its receptor in vitro [J]. *Chin Pharm J* (中国药杂志), 2001, 36(3): 167-169.
- [10] Lu X P, Li Y Q. Correlation and path analysis on several agronomic characters in safflower [J]. *Inner Mongolia Agric Sci Technol* (内蒙古农业科技), 1997 (6): 9-10.
- [11] Nie Z H, Chen F T, Wang Y C, *et al.* Path analysis of flower yield per plant and correlated characters in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) [J]. *J Ningxia Agric Coll* (宁夏农学院学报), 1996, 17(4): 1-5.
- [12] Nie Z, Chen F T, Shi X C. Path analysis of characters related to seed yield in safflower [J]. *Oil Crops China* (中国油

料), 1993 (3): 26-29.

- [13] Reddy D M, Sakhare R S, Kamble T C. Correlation and path analysis in safflower [J]. *New Agric*, 1992, 3(2): 209-212.
- [14] Patil H P. Yield component analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) [J]. *Annals Agric Res*, 1997, 18(3): 332-336.
- [15] Pandya N K, Gupta S C, Nagda A K. Path analysis of some yield contributing traits in safflower [J]. *Crop Res Hisar*, 1996, 11(3): 313-318.
- [16] Patil B R, Deshmukh S G, Deshmukh M P. Studies on correlation and path analysis in safflower [J]. *Annals Plant Physiol*, 1990, 4(1): 86-91.
- [17] Malleshappa C, Goud J V, Patil S S. Path analysis for seed yield in safflower [J]. *J Maharashtra Agric Univ*, 1989, 14(2): 231-232.
- [18] Mathur J R, Tikka S B S, Sharma R K, et al. Genetic variability and path coefficient analysis of yield components in safflower [J]. *Indian J Heredity*, 1976, 8: 3-4.
- [19] Kubsad V S, Desai S A, Mallapur C P. Path coefficient analysis in safflower [J]. *J Maharashtra Agric Univ*, 2001, 25(3): 321-322.
- [20] Thombre M V, Joshi B P. Correlation and path analysis in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) varieties [J]. *J Maharashtra Agric Univ*, 1981, 6(3): 191-193.
- [21] Patil H S. Genetic variability, association and path analysis in safflower [J]. *Indian J Agric Res*, 1998, 32(1): 46-50.
- [22] Yan Z S, Wang R Q, Feng J F, et al. Path-analysis of characters related to yield per plant in mulching safflower [J]. *Chin J Oil Crop Sci* (中国油料作物学报), 2004, 26(2): 35-38.
- [23] Lu X P, Li X W, Mi F G, et al. The genetic potential and genetic correlation of principal economic characters of safflower [J]. *J Inner Mongolia Inst Agric Animal Husband* (内蒙古农牧学院学报), 1996, 17(3): 67-70.
- [24] Nie Z, Shi X C, Chen P T, et al. A study on the heritability genetic advance and genetic correlation of main agronomic characters in safflower [J]. *Oil Crops China* (中国油料), 1987(2): 18-22.
- [25] Lu X P, L X L, Zhang Z, et al. Multi-genetic analysis of quantitative characters in safflower [J]. *Chin J Oil Crop Sci* (中国油料作物学报), 2004, 26(2): 39-42.
- [26] Lu X P, Sun X X, Li X W. Estimation of stability parameters for safflower varieties [J]. *J Inner Mongolia Inst Agric Animal Husband* (内蒙古农牧学院学报), 1996, 17(2): 25-29.
- [27] Tang Q Y, Feng M G. *DPS Data Processing System for Practical Statistics* (实用统计分析及其 DPS 数据处理系统) [M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [28] Nie Z, Chen F T, Shi X C. Study on the selection indices of yield of flower per plant in safflower [J]. *Hereditas* (遗传), 1992, 14(5): 34-36.
- [29] Fu S Q, Xu X L, Li L Y. Comparison on the chemical constituents of Chuanhonghua with Jianyang Honghua [J]. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 1996, 21(2): 78-79.

霍山石斛及相似种的位点特异性 PCR 鉴别

刘石泉^{2,1}, 李小军², 余庆波², 周根余^{2*}

(1. 湖南城市学院 化学与环境工程系, 湖南 益阳 413000; 2. 上海师范大学生命与环境科学学院
生物系遗传学实验室, 上海 200234)

摘要: 目的 设计出霍山石斛的位点特异性鉴别引物, 仅通过 PCR 就能对霍山石斛的真伪进行准确鉴别。方法 利用石斛属植物基因库中 rDNA ITS 序列数据库进行同源性比较, 在与霍山石斛差异较大的区段设计 1 对特异性引物, 然后对 19 份石斛属植物 DNA 模板进行 PCR 扩增, 阳性者即为霍山石斛正品。结果 发现在退火温度为 60 时, 该引物能把霍山石斛的模板从 19 份石斛属植物中扩增出来, 而其他的石斛属植物均为阴性。结论 运用位点特异性鉴别引物成功地对霍山石斛进行 PCR 鉴别, 该鉴别反应重现性好, 能在霍山石斛鉴别时发挥重要的作用, 与形态学、DNA 测序等鉴别方法相比, 该方法具有高效、准确、简便、省时等优点。

关键词: 霍山石斛; 位点特异性 PCR; 鉴别

中图分类号: R 282. 21

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2006)01-0111-05

Allele-specific diagnostic PCR authentication of *Dendrobium huoshanense* and its allied species of *Dendrobium* Sw.

LIU Shi-quan^{2,1}, LI Xiao-jun², YU Qing-bo², ZHOU Gen-yu²

(1. Department of Chemistry and Environment Engineering, Hunan City University, Yiyang 413000, China;

2. Genetics Laboratory, Department of Biology, College of Life and Environment Science,

Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China)

Abstract: Objective To design a pair of allele-specific diagnostic primer for authenticating *Dendrobi-*

* 收稿日期: 2005-05-10

基金项目: 上海市高等学校科学技术发展基金项目 (03pz02)

作者简介: 刘石泉(1969—), 男, 湖南益阳人, 讲师, 硕士, 研究方向为植物组织培养及分子检测。E-mail: lsq205@tom.com

* 通讯作者 周根余 Tel: (021) 64323698 E-mail: zhougennyu@sina.com