

红花主要农艺性状与单株籽粒产量的相关和通径分析

赵昕鹏¹, 石晓卫², 董天宇¹, 高武军¹, 邓传良¹, 卢龙斗¹

(1. 河南师范大学 生命科学学院, 河南 新乡 453007; 2. 新乡医学院 三全学院, 河南 新乡 453003)

摘要:为了分析不同红花品种主要农艺性状与单株籽粒产量的关系,对20个红花品种的10个农艺性状进行了相关和通径分析.结果证明,9个相关性状对单株籽粒产量的影响顺序是百粒重>单株有效果球数、二级分枝数>分枝长度>一级分枝数>茎粗>顶花球直径>株高>第一分枝高.多元回归分析表明,茎粗、一级分枝数、单株有效果球数、分枝长度、第一分枝高、百粒重为影响单株籽粒重的主要因素.通径分析发现,百粒重、一级分枝数对单株籽粒产量影响最大,因此,在适当控制茎粗、分枝长度、第一分枝高、单株有效果球数的基础上,将提高百粒重、一级分枝数作为红花品种的主要选育方向.

关键词:红花;农艺性状;单株籽粒产量;相关分析;通径分析

中图分类号:Q31

文献标志码:A

红花(*Carthamus tinctorius* L.)又称作草红花,属于菊科红花属一年生草本植物^[1].红花的花是重要的中药材之一,种子油具有低饱和脂肪酸、高亚油酸的特点^[2],因此是花油兼用型植物^[3].其生产和栽培得到了世界各国的重视,在我国,汉代已有关于红花栽培和药用的记载,目前的主产区在新疆、河南、四川等地^[4],比如河南省新乡市就是卫红花的道地产区.对于红花的研究主要集中在其药用成分及药理分析^[5-9]、栽培技术及新品种选育等方面.在栽培方面,国内外一些研究者对红花的产量及一些重要农艺性状进行了相关性分析和通径分析^[10-17],一些研究者还进行了品种的稳定性参数估计^[18].但是,这些研究选用的红花品种较少且由于红花种质资源多,遗传背景不清,产地分布区域跨度大,很多种质资源的农艺性状难以进行综合比较分析.因此,本实验将在前期对红花形态解剖学鉴定^[19]、抗逆生理特性^[20-21]及遗传多样性分析^[22]的基础上对来自全国不同产区的20个红花品种在同一生长发育环境下的主要农艺性状与单株籽粒产量进行相关分析和通径分析,目的是为红花新品种的选育以及红花的栽培管理提供理论依据和参考数据.

1 材料与方法

1.1 材料来源

本研究所用红花品种材料来自安徽、河南、河北、云南、辽宁、宁夏、陕西、新疆、四川、江苏等10个省份.具体原产地见表1.

1.2 方法

1.2.1 红花栽培及农艺性状观察统计

试验于2011-2014年在河南新乡卫辉福林红花有限公司红花栽培基地进行.每个实验小区长度为5 m,宽度为3 m,每个实验小区面积15 m²,小区间距50 cm.种植以行距35 cm,株距20 cm进行,每实验小区种植3行,随机取样10个植株.分别统计株高、茎粗、一级分枝数、单株有效果球数、二级分枝数、顶花球直径、百粒重、单株籽粒产量、第一分枝高、分枝长度等10个性状,并进行统计分析.

收稿日期:2016-04-15;修回日期:2016-10-10.

基金项目:国家自然科学基金(31000165)

第1作者简介:赵昕鹏(1987-),男,河南商丘人,河南师范大学硕士研究生,从事植物种质资源研究,E-mail:550599399@qq.com.

通信作者:卢龙斗(1954-),男,教授,博导,从事植物种质资源研究,E-mail:13598644838@163.com.

表1 红花材料编号和来源

编号	品种名称	原产地	编号	品种名称	原产地
1	安徽红花	安徽亳州	11	陕西红花	陕西蒲城
2	白沙二号	河南郑州	12	商丘红花	河南商丘
3	白沙一号	河南郑州	13	石河子一号	新疆石河子
4	封丘红花	河南新乡	14	达县红花	四川达县
5	河北红花	河北邯郸	15	卫红花(白色)	河南新乡
6	江苏红花	江苏南京	16	卫红花(红色)	河南新乡
7	云南红花	云南昆明	17	卫红花(淡黄)	河南新乡
8	义县红花	辽宁义县	18	新疆红花	新疆石河子
9	南阳红花	河南南阳	19	新疆伊犁红花	新疆伊犁
10	宁夏红花	宁夏	20	延津红花	河南新乡

1.2.2 农艺性状的相关性及多元回归分析

采用 DPS 软件、Excel 和 SPSS 软件对获得的农艺性状进行相关性、农艺性状对单株籽粒产量的多元回归、单株籽粒产量性状的通径和决定系数进行分析。

2 结果与分析

2.1 农艺性状主要表现及方差分析

实验结果(表2)表明在所有供试品种中,南阳红花、江苏红花、河北红花、卫红花(红色)单株产量位居前四名,分别为 58.00 g、48.25 g、46.80 g、38.00 g,株高(109.30 cm、89.80 cm、102.10 cm、141.50 cm)和一级分枝数(15.30、12.90、14.50、11.80)适中,单株有效果球数多(50.30、48.25、46.80、38.00),百粒重较高(4.35 g、4.80 g、4.44 g、5.20 g)。其次,在所有农艺性状中,百粒重和单株籽粒产量两个性状在区组间具有极显著的差异,其他 8 个性状在区组间的差异并不明显。

进一步分析表明,各农艺性状的变异系数在 12.55%—89.15%之间,从大到小顺序为:二级分枝数>单株有效果球数>第一分枝高>一级分枝数>顶花球直径>单株籽粒产量>分枝长度>株高>茎粗>百粒重。这说明二级分枝数的变异程度最大,选择空间最大,单株有效果球数次之,而百粒重变异程度最小,其选择范围最窄。

表2 农艺性状的描述性统计

性状	F 值		变异范围	均值±标准差	变异系数/%	峰度
	区组间	处理间				
株高	1.536	85.452**	60~150	106.575±20.666	19.39	-0.571
茎粗	1.032	1.333	2.5~6.3	3.984±0.748	18.78	0.239
一级分枝数	1.738	5.223**	5~35	13±4.562	35.09	4.148
单株有效果球数	0.925	5.72**	6~176	32.49±20.48	63.04	12.229
顶花球直径	0.928	2.757**	0.1~4.0	2.127±0.740	34.79	0.533
第一分枝高	1.416	9.097**	4~95	42.6715±19.660	46.07	-0.14
二级分枝数	1.699	5.566**	0~141	20.26±18.0619	89.15	9.95
分枝长度	1.109	7.256**	7~74	41.2925±12.154	29.44	0.187
百粒重	5.505**	124.282**	3.1~5.5	4.2970±0.539	12.55	-0.723
单株籽粒产量	4.236	549.886**	14.8~61.4	33.7065±10.046	29.8	0.257

注:** $P < 0.01$ 。

2.2 农艺性状相关性分析

从对所取样植株的农艺性状相关分析结果,可以看出样品植株的其他性状与单株籽粒重的相关系数由大到小依次表示如下:百粒重>单株有效果球数、二级分枝数>分枝长度>一级分枝数>茎粗>顶花球直径>株高>第一分枝高。即百粒重与单株籽粒重的相关系数最大,第一分枝高与单株籽粒重的相关系数最小。在各性状中,百粒重与单株籽粒重呈极显著的正相关。单株有效果球数、二级分枝数与单株籽粒重均呈显著的正相关。除此之外,株高与一级分枝数、株高与第一分枝高、单株有效果球数与二级分枝数均呈极显著的正相关。茎粗与一级分枝数、一级分枝数与单株有效果球数均呈显著的正相关。一级分枝数与顶花球直径呈极显著的负相关。株高与顶花球直径呈显著的负相关。因此,在育种时,要注重单株籽粒数、百粒重、单株有效果

球数、二级分枝数的选择,弱化对株高、第一分枝高的选择.

2.3 农艺性状对单株籽粒产量的多元回归分析

以红花的9个相关农艺性状为自变量,单株籽粒产量为因变量,进行多元逐步回归分析,舍去回归系数不显著的自变量以后,得到如下回归方程:

$$Y = -56.071\ 045\ 5 + 0.689\ 015\ 426\ 5X_2 + 2.224\ 059\ 535\ 3X_3 - 0.230\ 133\ 933\ 10X_4 + 0.198\ 530\ 489\ 01X_5 - 0.278\ 142\ 707\ 68X_7 + 16.164\ 365\ 113X_9 \quad (r=0.829\ 9^{**}).$$

多元回归分析表明,茎粗(X_2)、一级分枝数(X_3)、单株有效果球数(X_4)、分枝长度(X_5)、第一分枝距地距离(X_7)、百粒重(X_9)为影响单株籽粒重的主要因素.由方程可知,茎粗每增加1 cm时,单株籽粒产量仅仅增加0.689 g,单株有效果球数每增添1个、百粒重增加1 g时,单株籽粒产量增加16.1643 g,一级分枝数每增添1个时,单株籽粒产量增加2.224 g,各性状对单株籽粒重的偏相关系数为,百粒重($r_{y,x_9}=0.716$)>分枝长度($r_{y,x_5}=0.4704$)>一级分枝数($r_{y,x_3}=0.4369$)>茎粗($r_{y,x_2}=0.0376$)>单株有效果球数($r_{y,x_4}=-0.2318$)>第一分枝高($r_{y,x_7}=-0.477$).由此表明,百粒重对红花单株籽粒产量的影响最大,而且,作用极为显著;但是,单株有效果球数以及第一分枝高度对红花单株籽粒产量的影响非常小.

表3 农艺性状的相关分析

性状	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
X_1	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—
X_2	-0.05	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—
X_3	0.61**	0.54*	1.00	—	—	—	—	—	—	—
X_4	0.22	0.08	0.52*	1.00	—	—	—	—	—	—
X_5	-0.28	-0.17	-0.09	0.36	1.00	—	—	—	—	—
X_6	-0.53*	-0.29	-0.72**	-0.28	0.24	1.00	—	—	—	—
X_7	0.60**	-0.32	0.06	-0.27	-0.15	-0.12	1.00	—	—	—
X_8	0.08	-0.08	0.26	0.91**	0.43	-0.09	-0.3	1.00	—	—
X_9	-0.03	-0.36	-0.29	0.32	0.12	0.36	-0.03	0.43	1.00	—
X_{10}	-0.08	0.1	0.16	0.51*	0.36	0.07	-0.39	0.51*	0.58**	1.00

注: X_1 :株高; X_2 :茎粗; X_3 :一级分枝数; X_4 :单株有效果球数; X_5 :分枝长度; X_6 :顶花球直径; X_7 :第一分枝高; X_8 :二级分枝数; X_9 :百粒重; X_{10} :单株籽粒产量.* $P<0.05$ **, $P<0.01$.

2.4 单株籽粒产量的通径分析

用红花的几个重要农艺性状对单株籽粒产量这一性状做通径分析,探讨不同的性状对红花单株籽粒产量的直接效应和间接效应.结果表明,茎粗、一级分枝数、单株有效果球数、分枝长度、第一分枝高、百粒重是影响单株籽粒产量的主要原因,与多元分析的结果一致.对单株籽粒产量直接效应最大的是百粒重,一级分枝数次之,即从直接效应可以明显看出,百粒重、一级分枝数是影响单株籽粒产量的重要因素,分枝长度和茎粗是影响单株籽粒产量的次要因素.虽然、百粒重对单株籽粒产量的影响直接效应达到最大,但是,通过一级分枝数、单株有效果球数、茎粗、第一分枝高度、分枝长度的间接效应比较小.一级分枝数对单株籽粒产量影响的直接效应次之,通过单株有效果球数、茎粗、分枝长度、百粒重、第一分枝高度的间接效应也比较小.分枝长度对单株籽粒产量影响的直接效应显示为0.3510,而其他一些性状对单株籽粒产量影响的间接效应均比较小.茎粗对单株籽粒产量的直接效应仅为0.0316,但通过一级分枝数的间接效应达到了0.2988.分析结果显示单株有效果球数对单株籽粒产量影响的直接效应为负值,但是,通过其他一些性状对单株籽粒产量影响的间接效应均显示为正值,从而,使这些性状与单株籽粒产量的相关系数之间达到了显著水平.结果还显示,第一分枝高度对单株籽粒产量影响的直接效应和间接效应均比较小.

2.5 决定系数大小分析

红花6个主要农艺性状对单株籽粒产量形成起的决定作用的分析结果,表明各个性状对单株籽粒产量形成起的决定作用大小不同.按照直接决定系数大小排列,次序是:百粒重、一级分枝数、第一分枝高、分枝长度、单株有效果球数、茎粗.其中,百粒重、对单株籽粒产量影响最大,决定系数为0.6000;一级分枝数对单株籽粒产量影响也比较大,决定系数为0.3092.间接作用中,一级分枝数对单株籽粒产量影响最大,这与通径分析结果基本一致.

表4 6个主要农艺性状对单株籽粒产量的通径分析

性状	直接效应	间接效应						相关系数
		X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₇	X ₉	
X ₂	0.0316	—	0.2988	-0.0214	-0.0581	0.1316	-0.2780	0.10
X ₃	0.5561	0.0170	—	-0.1338	-0.0317	-0.0239	-0.2220	0.16
X ₄	-0.2599	0.0026	0.2864	—	0.1261	0.1117	0.2480	0.51*
X ₅	0.3510	-0.0052	-0.0502	-0.0933	—	0.0611	0.0926	0.36
X ₇	-0.4069	-0.0102	0.0326	0.0713	-0.0527	—	-0.0242	-0.39
X ₉	0.7746	-0.0113	-0.1594	-0.0832	0.0419	0.0127	—	0.58**

注: X₁:株高; X₂:茎粗; X₃:一级分枝数; X₄:单株有效果球数; X₅:分枝长度; X₇:第一分高; X₉:百粒重。* P<0.05 ** P<0.01

表5 6个主要农艺性状对籽粒产量的决定系数

性状	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₇	X ₉
X ₂	<u>0.0010</u>	—	—	—	—	—
X ₃	0.0190	<u>0.3092</u>	—	—	—	—
X ₄	-0.0013	-0.1503	<u>0.0675</u>	—	—	—
X ₅	-0.0037	-0.0351	-0.0656	<u>0.1232</u>	—	—
X ₇	0.0082	-0.0271	-0.0571	0.0428	<u>0.1656</u>	—
X ₉	-0.0176	-0.2498	-0.1288	0.0652	0.0189	<u>0.6000</u>

注: X₁:株高; X₂:茎粗; X₃:一级分枝数; X₄:单株有效果球数; X₅:分枝长度; X₇:第一分枝高; X₉:百粒重。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。

3 讨论

影响产量的因素是众多的且复杂的,在植株的整个生育阶段都受众多的因素影响,如王少平等^[23]认为NaCl溶液对红花种子发芽率的影响总体上呈低浓度促进,高浓度抑制状态.于美玲等^[24]认为不同品种的红花受相同NaCl浓度的影响不同.欧行奇等^[25]认为10月5日—10月10日播种的藁城8901小麦产量较高.且不同的作物影响产量的农艺性状也存在一定的差异,申为民等^[26]认为生育期是影响大豆产量的最主要因素.赵禹凯等^[27]认为影响谷子产量的最主要因素是穗粒重.因此在品种选育中需要比较更多的农艺性状.本试验选取了20个红花品种的影响单株籽粒产量的9个性状进行分析,根据相关和通径分析可以得出,株高、第一分枝距地表距离与单株籽粒产量呈负相关.百粒重与单株籽粒产量呈极显著正相关,对单株籽粒产量形成影响的直接作用最大.结果中可以看到,单株有效果球数的多少对单株籽粒产量影响的直接效应为负值,但通过其他性状之间的相互作用后,抵消了单株有效果球数对单株籽粒产量的负向作用,这些结论,说明在红花的一些数据分析中,仅仅进行相关分析是远远不够的,仅仅靠相关分析的数据结果,往往会把我们引入歧途.因此,再加上通径分析的数据和结果,才能揭示各农艺性状对红花产量影响的实质.有的研究者对红花农艺性状对单株籽粒产量的影响研究结果有不同的看法.Pandya等研究发现,单株果球数对产量影响较大^[12].杨玉霞等人的研究指出,百粒重、单株粒数是影响红花产量的主要因素^[28].官玲亮等人的研究结果认为,单株总果球数、单株有效果球数以及百粒重对单株籽粒产量影响相对比较大^[29].本研究结果表明:百粒重、一级分枝数对单株籽粒产量影响较大.这与前人的研究结果基本一致.此外,各供试红花品种的单株籽粒产量高低不等,变化较大,南阳红花、江苏红花、河北红花、卫红花(红色)单株产量位居前四名,分别为58.00 g、48.25 g、46.80 g、38.00 g,株高(109.30 cm、89.80 cm、102.10 cm、141.50 cm)和一级分枝数(15.30、12.90、14.50、11.80)适中,单株有效果球数(50.30、48.25、46.80、38.00)多,百粒重(4.35 g、4.80 g、4.44 g、5.20 g)较高.因此,应以这4个品种为亲本,利用多种育种手段,在适当控制茎粗、分枝长度、第一分枝高、单株有效果球数的基础上,将提高百粒重、一级分枝数作为红花新品种的主要选育方向.

参 考 文 献

- [1] 谭勇,王恒,高宝博,等.不同栽培方式对红花产量和品质的影响[J].中国林副特产,2011(2):4-6.
- [2] 国家药典委员会.中华人民共和国药典(2015版一部)[M].北京:中国医药科技出版社,2015:151.
- [3] Padley F B, Gunstone F D, Harwood J L. Occurrence and characteristics of oils and fats[M]. Springer US,1986:49-170.

- [4] 王兆木. 红花[M]. 北京:中国中医药出版社,2001:148-180.
- [5] 尹宏斌,何直升,叶阳. 红花化学成分的研究[J]. 中草药,2001,32(9):776-778.
- [6] 王若菁,杨滨. 红花的化学成分及质量标准研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2007(5):65-69.
- [7] 施峰,焱文. 红花的化学成分及药理研究进展[J]. 时珍国医国药,2006(9):1666-1667.
- [8] 吴伟,金鸣. 红花总黄酮抑制血小板激活因子所致毛细血管通透性增加的研究[J]. 心肺血管病杂志,1999,18(4):281-283.
- [9] 陈梦,赵丕文,孙艳玲,等. 红花及其主要成分的药理作用研究进展[J]. 环球中医药,2012,5(7):556-560.
- [10] 闫志顺,王瑞清,丰纪凡,等. 覆膜红花单株种子产量相关性状的通径分析[J]. 中国油料作物学报,2004,26(2):35-38.
- [11] Reddy D M, Sakhare R S, Kamble T C, et al. Correlation and path analysis in safflower[J]. New agriculturist,1992,3(2):209-212.
- [12] Pandya N K, Gupta S C, Nagda A K. Path analysis of some yield contributing traits in safflower[J]. CROP RESEARCH-HISAR-, 1996,11:313-318.
- [13] Patil B R, Deshmukh S G, Deshmukh M P. Studies on correlation and path analysis in safflower[J]. Annals of plant physiology,1990, 4(1):86-91.
- [14] 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.
- [15] Mathur J R, Tikka S B, Sharma R K, et al. Genetic variability and path coefficient analysis of yield components in safflower[J]. Indian J of Heridity,1976(8):1-10.
- [16] Kubsad V S, Desai S A, Mallapur C P, et al. Path coefficient analysis in safflower[J]. Journal of Maharashtra agricultural universities, 2000,25(3):321-322.
- [17] 杨玉霞,吴卫,郑有良,等. 红花单株花产量性状的相关和通径分析[J]. 中草药,2006(1):105-111.
- [18] 逯晓萍,孙香雪. 红花品种稳定性参数的估计[J]. 内蒙古农牧学院学报,1996(2):25-29.
- [19] 高武军,沙涛,刘林,等. 不同品种红花营养器官解剖结构及孢粉特征研究[J]. 广西植物,2012,32(1):46-52.
- [20] 于美玲. 20个红花品种的耐盐生理及农艺性状的综合评价[D]. 新乡:河南师范大学,2010.
- [21] 高武军,于美玲,邓传良,等. NaCl胁迫对6种红花幼苗渗透调节物质及抗氧化系统的影响[J]. 武汉植物学研究,2010,28(5):612-617.
- [22] 闫诚,高武军,刘林,等. 基于RAPD技术的红花品种遗传多样性分析[J]. 河南师范大学学报(自然科学版),2012,40(1):133-137.
- [23] 王少平,李宏广. 盐胁迫对红花种子发芽率的影响[J]. 特产研究,2014(2):36-39.
- [24] 于美玲,邓传良,高武军,等. NaCl胁迫对河南道地红花幼苗生理特性影响[J]. 河南师范大学学报(自然科学版),2010,38(2):131-135.
- [25] 欧行奇,郭丹钊,成立群,等. 土壤质地和播期对强筋小麦藁城8901品质及产量的影响[J]. 麦类作物学报,2007(4):705-709.
- [26] 申为民,闵保峰,魏林楠. 河南大豆主要数量性状与产量的相关和通径分析[J]. 农业科技通讯,2013(5):109-111.
- [27] 赵禹凯,王显瑞,陈高勋,等. 谷子主要农艺性状的相关和通径分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版),2014(2):35-38.
- [28] 杨玉霞,吴卫,郑有良,等. 红花主要农艺性状与单株籽粒产量的相关和通径分析[J]. 种子,2005,(11):18-21.
- [29] 官玲亮,吴卫,郑有良,等. 油用型红花主要农艺性状与单株籽粒产量间的相关及通径分析[J]. 西南农业学报,2007,(3):486-491.

Correlation and Path Analysis of the Seed Yield Per Plant and Mainly Agronomic Traits in Safflower(*Carthamus tinctorius* L.)

ZHAO Xinpeng¹, SHI Xiaowei², DONG Tianyu¹, DENG Chuanliang¹, LU Longdou¹

(1. College of Life Sciences, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China;

2. SanQuan College, Xinxiang Medical University, Xinxiang 453003, China)

Abstract: 20 varieties of safflower were used to study the relationships between the seed yield per plant and mainly agronomic traits by using correlation and path analysis. The affected order of these factors to seed yield per plant was as follows; 100-seed yield, number of non-effective cones per plant, number of secondly branches, high branch, number of primary branches, stem diameter, diameter of primary head, plant high, the distance of the first primary branches from the earth's surface. Multiple regression analysis is showed that stem diameter, number of primary branches, number of non-effective cones per plant, high branch, the distance of the first primary branches from the earth's surface, 100-seed yield were the main traits affected seed yield per plant. Path analysis is showed that 100-seed yield and number of primary branches had more direct effect to the seed yield per plant. So, we must focus on how to raise 100-seed yield and number of primary branches, and keep stem diameter, high branch, the distance of the first primary branches from the earth's surface, number of non-effective cones per plant at moderate levels.

Keywords: safflower; agronomic trait; seed yield per plant; correlation analysis; path analysis