

菊花观赏性状的配合力分析

张 飞, 房伟民*, 陈发棣, 陈素梅

(南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

摘 要: 选用 3 个切花菊品种为母本, 4 个盆栽小菊为父本, 以 3×4 不完全双列杂交 (NC II) 设计衍生的 12 个家系实生苗为材料, 估算了菊花 (*Dendranthema × grandiflorum*) 7 个观赏性状的配合力和群体遗传参数。结果表明: (1) 花径、舌状花数和舌状花长主要由加性基因效应控制, 株高和叶长主要由非加性基因效应控制, 叶宽和舌状花宽可能由加性和非加性两种基因效应共同控制。(2) ‘早意红’ 在 7 个观赏性状上均具有正向的一般配合力 (GCA) 效应, 综合表现较好; 在培育重瓣性高的品种时, ‘Herby’ 可以作为重要亲本; ‘Herby’ × ‘玉满堂’, ‘青心红’ × ‘早意红’ 和 ‘红雀舌’ × ‘03-11-2’ 杂交组合在大部分性状上具有正向的特殊配合力 (SCA) 效应, 杂种后代综合表现较好。(3) 群体配合力方差及其对杂种贡献率表明, 除舌状花宽外, 其他 6 个观赏性状具有不同程度的母本效应; 7 个观赏性状广义遗传力 (h^2_B) 差异较大, 其中舌状花宽最小, 为 59.56%, 舌状花数最大, 达 80.40%; 除舌状花数的狭义遗传力 (h^2_N) 达到 80.40% 外, 其他 6 个性状的低于 50%, 说明舌状花数的遗传稳定性高, 早期世代时应增加选择压。

关键词: 菊花; 配合力; 遗传力; 不完全双列杂交; 观赏性状

中图分类号: S 682.1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 04-0589-08

Combining Ability Analysis on Ornamental Characters of Chrysanthemum

ZHANG Fei, FANG Wei-min*, CHEN Fa-di, and CHEN Su-mei

(College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: The combining ability and genetic parameters were estimated for 7 ornamental characters in F_1 progenies of 12 cross combinations of chrysanthemum (*Dendranthema × grandiflorum*) hybridized by using a 3×4 incomplete diallel cross design (NC II) with three cut-chrysanthemum cultivars as female parents and four potted chrysanthemum cultivars as male parents. The results showed that: (1) Flower diameter, ray floret number and ray floret length were controlled mainly by additive gene action, while plant height and leaf length were controlled principally by non-additive gene action. In addition, leaf width and ray floret width might be controlled both by additive and non-additive gene action. (2) ‘Zaoyihong’ had a positive general combining ability (GCA) effect for the 7 ornamental characters involved herein, and ‘Hereby’ could be used as an important parent in hybridization breeding program aiming for preferable double flowers. The three cross combinations, i.e. ‘Hereby’ × ‘Yumantang’, ‘Qingxinhong’ × ‘Zaoyihong’ and ‘Hongqueshe’ × ‘03-11-2’, performed quite well special combining ability (SCA) regarding most

收稿日期: 2009 - 09 - 26; 修回日期: 2010 - 03 - 22

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30871724); 农业部 ‘948’ 滚动项目 (2008-G3); 江苏省科技成果转化专项 (BA2007111); 江苏省科技攻关项目 (BE2007305)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: fangwm@njau.edu.cn)

of the 7 ornamental characters. (3) Variance of population combining ability and its contribution to hybrid progenies suggested that there was a maternal heredity effect for all the ornamental characters studied except ray floret width. The heritability in broad sense (h^2_B) of the 7 characters ranged from 59.56% (ray floret width) to 80.40% (ray floret number). The heritability in narrow sense (h^2_N) were lower than 50% except ray floret number amounting to 80.40%. These indicating that ray floret number belonged to high heritability characters and selection pressure should be increased for this character in earlier selection.

Key words: chrysanthemum; combining ability; heritability; incomplete diallel cross; ornamental character

目前关于菊花 (*Dendranthema × grandiflorum*) 的育种策略和亲本选择的报道 (张飞 等, 2008) 甚少, 早期的研究多数只是根据后代性状平均值的分布情况作出经验上的总结 (陈云志 等, 1991; 徐文辉 等, 2000; 陈发棣 等, 2003; 蒋甲福 等, 2003), 这在一定程度上归因于菊花复杂的遗传背景, 包括其高倍性、高度杂合性和自交不亲和等。

配合力是杂种优势利用和亲本选配的重要参考指标 (Griffing, 1956)。配合力分析方法已经广泛应用于杂合度高、以无性繁殖为主的韭菜 (马树彬 等, 2006)、甘薯 (谭文芳 等, 2005)、甘蔗 (罗俊 等, 2004; 高三基 等, 2006; 徐良年 等, 2007)、杉木 (李力 等, 2000)、蓝桉 (李淡清 等, 2002)、白桦 (李开隆 等, 2006) 等的亲本选配和育种研究中, 并且取得了良好的效果, 但在菊花育种中的应用尚未见报道。为此, 作者采用不完全双列杂交设计 (NC II), 研究了菊花 7 个观赏性状的配合力和群体遗传参数, 旨在揭示这些性状的遗传行为, 为菊花高效杂交育种提供理论依据。

1 材料与方法

试验用的 7 个菊花品种 (表 1) 均来自南京农业大学中国菊花种质资源保存中心。

表 1 7 个菊花品种观赏性状的描述性数据

Table 1 Descriptive data for the ornamental characters of the seven chrysanthemum cultivars

品种 Cultivar	花色 Flower color	瓣性 Floret type	株高 /cm Height	叶片 Leaf		花径/cm Flower diameter	舌状花 Ray floret		
				长/cm Length	宽/cm Width		数量 Number	长/cm Length	宽/cm Width
Herby	乳黄 Bisque	重瓣 Double	126	4.55	3.51	3.57	180	1.64	0.43
青心红 Qingxinghong	红 Red	重瓣 Double	86	6.50	4.54	4.93	53	1.96	0.75
红雀舌 Hongqueshe	红黄 Red yellow	单瓣 Single	76	5.31	3.45	3.71	24	1.82	0.75
早意红 Zaoyihong	红 Red	单瓣 Single	52	7.56	6.53	4.76	32	1.60	0.61
玉满堂 Yumantang	白 White	单瓣 Single	57	4.83	3.26	3.54	21	1.57	0.36
钟山紫星 Zhongshan Zixing	紫 Purple	单瓣 Single	48	4.24	2.85	2.43	27	1.76	0.41
03-11-2	黄 Yellow	单瓣 Single	30	3.73	2.67	3.46	21	1.52	0.33

2006 年 9—12 月以 ‘Herby’、‘青心红’ 和 ‘红雀舌’ 3 个小花型切花菊品种作母本, 以 ‘早意红’、‘玉满堂’、‘钟山紫星’ 和 ‘03-11-2’ 4 个盆栽小菊作父本, 按照 3×4 不完全双列杂交 (NC II) 设计配制 12 个杂交组合。2006 年 12 月底收取各杂交组合种子, 清理、风干后于 2007 年 3 月中旬采用穴盘播种 (基质以草炭: 蛭石: 珍珠岩按体积比 5: 3: 2 配制), 同时扦插亲本。5 月中旬分别从每个杂交组合中随机选取 100 株 F_1 代实生苗和亲本一起定植于中国菊花种质保存中心苗圃, 完全

随机区组设计，小区面积 1.0 m × 60 m，株行间距 20 cm × 20 cm，3 次重复。定植后常规管理。

2007 年 9—12 月，在菊花营养生长末期和盛花期，于每个小区随机抽取 10 株调查株高、花枝自顶端向下第 8 片完全叶的叶长和叶宽、花径、舌状花数以及花序外侧第 1 ~ 2 轮的舌状花长和宽等 7 个性状（李鸿渐，1993），单株重复 3 次，并计算小区平均值。

以小区平均值为单元，采用 SPSS 11.0 软件包中的 GLM 程序进行方差分析以检验不同杂交组合间的遗传差异显著性。若杂交组合效应显著，以组合平均数为单位，根据 NC II 方法进行配合力分析，按模型 I（固定模型）估算一般配合力（GCA）和特殊配合力（SCA）效应值等，按模型 II（随机模型）估算群体配合力方差和遗传力等参数（朱军，1997；向振凡 等，2007）。

2 结果与分析

2.1 菊花 7 个观赏性状方差分析和配合力方差分析

方差分析结果表明，菊花 7 个观赏性状在 12 个组合间均具有极显著差异，而区组间的差异不显著，说明这些性状在组合间存在着真实的遗传差异，因此可以进一步进行配合力分析。

从表 2 可以看出，株高、叶长、叶宽和舌状花宽的一般配合力方差均不显著，但特殊配合力方差达极显著水平，说明这 4 个性状可能主要受非加性效应控制；花径、舌状花数和舌状花长的母本一般配合力方差均达显著或极显著水平，而特殊配合力方差不显著，说明这 3 个性状可能主要受母本的加性基因效应控制。

表 2 菊花 7 个观赏性状的配合力方差分析结果
Table 2 Variance of combining ability on the seven ornamental characters of chrysanthemum

变异来源 Source of variation	自由 度 <i>df</i>	株高 Plant height	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	花径 Flower diameter	舌状花数 Ray floret number	舌状花长 Ray floret length	舌状花宽 Ray floret width
区组 Between blocks	2	208.22	0.02	0.01	0.18	141.45	0.05	0.01
组合 Between groups	11	523.18**	2.70**	1.14**	1.19**	1 118.33**	0.41**	0.05**
母本 Female	2	743.21	6.15	2.64	2.48**	5 413.96**	0.88°	0.06
父本 Male	3	525.55	0.12	1.10	1.48	19.33	0.51	0.08
父本 × 母本 Male × Female	6	415.17**	2.71**	0.56**	0.49	94.39	0.16	0.03**
误差 Error	22	62.48	0.27	0.12	0.22	108.49	0.08	0.01

注：*和**分别表示在 0.05 和 0.01 水平差异显著。
Note: *, ** indicate significant difference at 0.05 and 0.01 level, respectively.

2.2 菊花 7 个观赏性状的配合力效应分析

2.2.1 一般配合力效应分析

一般配合力（GCA）效应反映亲本在一组杂交组合中的平均表现，是衡量亲本育种潜力高低的重要尺度，其大小和符号表示加性基因作用的程度和方向（徐良年 等，2007）。从表 3 可以看出，GCA 在同一亲本各性状间及同一性状各亲本间均存在明显差异，表明不同亲本在不同性状上的一般配合力效应大小是不同的。在母本中，‘青心红’表现较好，除舌状花数的 GCA 效应值为负值外，其它 6 个性状的 GCA 效应值均为正值；在父本中，‘早意红’在 7 个观赏性状上的 GCA 效应值均为正向，说明其在这 7 个性状上具有正向的加性基因效应，在杂交试验中可以作为重点亲本研究。除舌状花数外，‘Herby’和‘玉满堂’在其他性状上的 GCA 效应值均为负，其杂交后代在重瓣性

方面的表现可能会比较好, 有望得到重瓣性比较高的株系; 而亲本‘红雀舌’和‘钟山紫星’7个观赏性状的 GCA 效应均为负值, 杂交后代群体的表现较差, 在这7个观赏性状上, ‘红雀舌’和‘钟山紫星’两个亲本的育种潜力有限。由此说明, 不同亲本的 GCA 效应差异显著, 选择 GCA 效应大的优良亲本进行杂交育种能明显提高子代的遗传增益。

表3 菊花7个观赏性状一般配合力的相对效应值

Table 3 Effective value of general combining ability (GCA) on the seven ornamental characters of chrysanthemum

亲本 Parent		株高 Plant height	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	花径 Flower diameter	舌状花数 Ray floret number	舌状花长 Ray floret length	舌状花宽 Ray floret width
母本 Female	Herby	-6.629	-4.437	-10.201	-8.567	53.167	-14.448	1.261
	青心红 Qingxinhong	7.896	13.695	13.258	14.386	-7.335	16.659	12.313
	红雀舌 Hongqueshe	-1.312	-9.451	-3.149	-5.958	-46.539	-2.301	-13.831
父本 Male	早意红 Zaoyihong	8.535	1.880	13.902	14.426	2.271	15.156	21.099
	玉满堂 Yumantang	-4.307	-0.976	-2.503	-11.477	3.578	-13.783	-20.700
	钟山紫星 Zhongshan Zixing	-7.326	-2.283	-3.705	-5.797	-3.224	-8.911	-4.856
	03-11-2	3.927	1.608	-7.311	4.209	-2.765	9.317	6.576

2.2.2 特殊配合力效应分析

特殊配合力 (SCA) 是指某些特定组合后代平均值偏离双亲 GCA 效应预计结果的参数, 也就是某一亲本在杂交后代中偏离其平均表现的情况和程度 (Falconer, 1989; 朱军, 1997)。由表4可以看出, 不同组合之间的 SCA 差异很大, 且同一亲本所配组合间的 SCA 效应差异也很大。在菊花

表4 菊花7个观赏性状特殊配合力的相对效应值

Table 4 Effective value of special combining ability (SCA) on the seven ornamental characters of chrysanthemum

杂交组合 Cross	株高 Plant height	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	花径 Flower diameter	舌状花数 Ray floret number	舌状花长 Ray floret length	舌状花宽 Ray floret width
Herby × 早意红 Herby × Zaoyihong	6.482	-0.390	-1.439	-0.719	5.483	-5.824	5.045
Herby × 玉满堂 Herby × Yumantang	1.065	-10.409	-9.202	7.861	0.295	13.639	1.901
Herby × 钟山紫星 Herby × Zhongshan Zixing	0.811	22.088	14.695	2.609	-17.138	9.561	-0.990
Herby × 03-11-2	-8.710	-12.373	-4.746	-9.718	11.827	-17.302	-6.144
青心红 × 早意红 Qingxinhong × Zaoyihong	3.516	3.456	5.219	6.839	-6.194	5.363	18.574
青心红 × 玉满堂 Qingxinhong × Yumantang	7.490	13.064	5.886	0.820	9.812	-1.252	-7.190
青心红 × 钟山紫星 Qingxinhong × Zhongshan Zixing	-4.649	-14.358	-5.056	0.748	5.620	-5.603	7.045
青心红 × 03-11-2 Qingxinhong × 03-11-2	-6.556	-3.124	-6.210	-8.045	-9.042	1.279	-17.069
红雀舌 × 早意红 Hongqueshe × Zaoyihong	-10.006	-3.023	-3.710	-6.036	0.599	0.566	-23.443
红雀舌 × 玉满堂 Hongqueshe × Yumantang	-9.112	-3.799	2.738	-8.633	-10.854	-12.100	5.864
红雀舌 × 钟山紫星 Hongqueshe × Zhongshan Zixing	3.598	-8.388	-9.842	-3.307	11.740	-4.211	-5.690
红雀舌 × 03-11-2 Hongqueshe × 03-11-2	14.678	14.641	10.644	17.109	-1.928	14.808	22.839

杂交育种中, 育种目标主要集中在花器性状上, 营养性状起参考作用, 所以理想的杂交组合首先在花器性状(如花径、舌状花数等)上应该具有较高的 SCA 效应, 这样的杂交组合有 ‘Herby’ × ‘玉满堂’, ‘青心红’ × ‘早意红’ 和 ‘红雀舌’ × ‘03-11-2’。就花径的 SCA 效应而言, 较好的杂交组合有 ‘Herby’ × ‘玉满堂’, ‘Herby’ × ‘钟山紫星’, ‘青心红’ × ‘早意红’ 和 ‘红雀舌’ × ‘03-11-2’; 就舌状花数而言, 较好的杂交组合有 ‘Herby’ × ‘早意红’, ‘Herby’ × ‘03-11-2’, ‘青心红’ × ‘玉满堂’, ‘青心红’ × ‘钟山紫星’ 和 ‘红雀舌’ × ‘钟山紫星’。

2.2.3 观赏性状的总配合力效应值分析

菊花杂种的性状表现既受亲本 GCA 效应的影响, 也受特定杂交组合 SCA 效应的制约, 将父本、母本的 GCA 效应和杂交组合的特殊配合力这 3 种配合力效应值按线性累加为总配合力效应(TCA), 可更准确判断杂交组合的优劣(罗俊 等, 2004)。由表 5 可见, ‘Herby’ × ‘早意红’, ‘青心红’ × ‘早意红’, ‘青心红’ × ‘玉满堂’, ‘红雀舌’ × ‘03-11-2’ 的 TCA 效应在大部分性状是正向效应, 组合的综合效果较好。如果确定了性状的育种目标, 就应该考察杂交组合在该特定性状上的 TCA 效应表现。例如, ‘Herby’ 作为母本的 4 个杂交组合很多性状的 TCA 效应具有较大的负向效应, 但是在舌状花数上具有显著的正向效应, 所以后代中出现舌状花数多的可能性较大, 因此针对舌状花数而言, 这 4 个杂交组合的育种优势明显。

表 5 菊花 7 个观赏性状的总配合力效应

Table 5 Effective value of total combining ability (TCA) on the seven ornamental characters of chrysanthemum

杂交组合 Cross	株高 Plant height	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	花径 Flower diameter	舌状花数 Ray floret number	舌状花长 Ray floret length	舌状花宽 Ray floret width
Herby×早意红 Herby × Zaoyihong	8.388	-2.947	2.262	5.140	60.921	-5.116	27.405
Herby×玉满堂 Herby × Yumantang	-9.871	-15.822	-21.906	-12.183	57.04	-14.592	-17.538
Herby × 钟山紫星 Herby × Zhongshan Zixing	-13.144	15.368	0.789	-11.755	32.805	-13.798	-4.585
Herby × 03-11-2	-11.412	-15.202	-22.258	-14.076	62.229	-22.433	1.693
青心红×早意红 Qingxinhong × Zaoyihong	19.947	19.031	32.379	35.691	-11.258	37.178	51.986
青心红×玉满堂 Qingxinhong × Yumantang	11.079	25.783	16.641	3.729	6.055	1.624	-15.577
青心红×钟山紫星 Qingxinhong × Zhongshan Zixing	-4.079	-2.946	4.497	9.337	-4.939	2.145	14.502
青心红×03-11-2 Qingxinhong × 03-11-2	5.267	12.179	-0.263	10.550	-19.142	27.255	1.820
红雀舌×早意红 Hongqueshe × Zaoyihong	-2.783	-10.594	7.043	2.432	-43.669	13.421	-16.175
红雀舌×玉满堂 Hongqueshe × Yumantang	-14.731	-14.226	-2.914	-26.068	-53.815	-28.184	-28.667
红雀舌×钟山紫星 Hongqueshe × Zhongshan Zixing	-5.040	-20.122	-16.696	-15.062	-38.023	-15.423	-24.377
红雀舌×03-11-2 Hongqueshe × 03-11-2	17.293	6.798	0.184	15.360	-51.232	21.824	15.584

2.3 菊花 7 个观赏性状的群体配合力方差与遗传参数的估算

2.3.1 群体配合力方差及其对杂种的贡献率

为进一步明确双亲以及互作对杂交后代的影响, 分别估算了各性状的 GCA 方差和 SCA 方差及其在总方差中的比重, 同时也估算了在 GCA 方差中父母本各自所占的分量(表 6)。从数量遗传学角度看, GCA 主要由基因加性效应决定, 遗传稳定, 而 SCA 是由基因的显性效应和上位性效应决定的(Falconer, 1989)。从表 6 可知, 除舌状花宽外, 其他 6 个性状的母本 GCA 的基因型方差 (σ_f^2) 所占

分量比父本 (σ^2_m) 大, 说明母本对杂种这些性状的遗传效应大于父本, 表现出不同程度的母本效应。花径、舌状花数和舌状花长的GCA方差 (σ^2_{f+m}) 分别是杂交组合SCA方差 (σ^2_{fm}) 的 2 倍以上, 说明这些性状主要受加性基因效应控制, 特别是舌状花数更为突出, 其特殊配合力方差为 0, 表明这一性状完全由基因的加性效应控制。在叶宽和舌状花宽两个性状上, 虽然GCA方差比杂交组合SCA方差大, 但是比值较小, 说明SCA方差在这两个性状上也起到一定的作用。从亲本对杂种的贡献上也可以看出类似的趋势, 其中花径、舌状花数和舌状花长的GCA方差占 75% 以上, 说明这 3 个性状的加性基因效应在杂种后代中起主导作用; 株高和叶长的SCA方差显著高于父母本的GCA方差, 说明这两个性状主要由非加性基因效应 (显性效应和上位效应) 控制。

表 6 菊花 7 个观赏性状的群体遗传方差与遗传力
Table 6 Estimates of heritability and population genetic variances for the seven ornamental characters of chrysanthemum

遗传参数 Genetic parameter	株高 Plant height	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width	花径 Flower diameter	舌状花数 Ray floret number	舌状花长 Ray floret length	舌状花宽 Ray floret width
σ^2_f	30.1457	0.3045	0.1766	0.1685	441.5456	0.0607	0.0026
σ^2_m	15.9523	0	0.0647	0.1135	0	0.0392	0.0057
σ^2_{f+m}	46.0980	0.3045	0.2413	0.282	441.5456	0.0999	0.0083
σ^2_{fm}	105.1301	0.7298	0.1290	0.0777	0	0.0220	0.0075
$\sigma^2_{f+m} / \sigma^2_{fm}$	0.4385	0.4172	1.8705	3.6293	/	4.5409	1.1067
$h^2_B / \%$	70.92	79.15	75.27	62.75	80.40	59.56	72.41
$h^2_N / \%$	21.62	23.30	49.05	49.15	80.40	48.82	37.91
对杂种的贡献率/% Contribution to F ₁ progenies							
母本 Female (F)	19.93	29.44	47.69	46.84	100.00	49.79	16.46
父本 Male (M)	10.55	0	17.47	31.55	0	32.16	36.08
F + M 总计 Total	30.48	29.44	65.16	78.40	100.00	81.95	52.53
F × M	69.52	70.56	34.84	21.60	0	18.05	47.47

2.3.2 遗传力估算

菊花 7 个观赏性状的广义遗传力 (h^2_B) 和狭义遗传力 (h^2_N) 差异均较大 (表 6)。其中 7 个观赏性状的广义遗传力均较大 (>50%), 除花径 (62.75%) 和舌状花长 (59.56%) 以外, 其它 5 个性状的广义遗传力均在 70% 以上, 舌状花数最大, 达 80.40%。在狭义遗传力中, 除舌状花数高达 80.40% 外, 其余 6 个性状的狭义遗传力均低于 50%。遗传力分析结果说明, 舌状花数的遗传稳定性高, 可以在早期世代选择, 其他几个性状受环境影响大, 不宜早代选择。

3 讨论

3.1 菊花 7 个观赏性状的遗传特点

研究发现, 花径、舌状花数和舌状花长主要由加性基因效应控制, 株高和叶长主要由非加性基因效应控制。另外, 叶宽和舌状花宽的 SCA 方差到达极显著水平, 而其 GCA 方差差异不显著, 本应说明这两个性状主要由非加性基因效应控制, 但是在群体配合力方差分析时发现, 这两个性状父母本的 GCA 总方差占优势, 尽管这种优势不明显。因此, 叶宽和舌状花宽这两个性状可能是由基因的加性和非加性效应共同制约, 但有待进一步研究验证。通过群体配合力方差及其对杂种的贡献

率分析发现,除舌状花宽以外,菊花的株高等其他 6 个性状表现出不同程度的母本效应,受细胞质遗传的影响。在菊花育种实践中,经验上认为,菊花的株高、花径和叶型表型为偏母性遗传(陈云志 等, 1991; 徐文辉 等, 2000; 陈发棣 等, 2003; 蒋甲福 等, 2003),本研究通过合理的遗传设计,对此给出了理论依据。本研究还发现,由于舌状花数的母本一般配合力方差达到了 441.6,而且该性状的父本一般配合力方差和杂交组合特殊配合力方差均为 0,所以舌状花数可能完全由母本的加性基因效应控制,这也与相关研究结果(张飞 等, 2008)一致。遗传力是进行选择育种的重要参数,遗传力值变幅在 0~1 之间,习惯认为,小于 0.2 为低或弱度遗传力,大于 0.5 为高度遗传力,之间为中等或中度遗传力(顾万春, 2004)。遗传力大,表明该性状由亲代传予子代的能力强,受环境的作用小,在早期选择的效果好;反之,则说明该性状易受环境的影响,对该性状进行早期选择的效果差。研究表明,菊花的舌状花数的广义遗传力和狭义遗传力均达到了 80% 以上,属高度遗传力性状,受环境影响较小,因此在有性育种工作中,可以在早期选择时适当增加选择强度。虽然其他 6 个观赏性状的广义遗传力均在 50% 以上,但是其狭义遗传力在 20%~50% 之间,属中度遗传力,受环境影响相对较大,所以在杂交育种中,早期选择时应适当降低选择强度扩大入选率。

3.2 配合力在菊花遗传育种中的应用价值

GCA 是评价亲本潜在育种能力的重要指标(Falconer, 1989)。本研究发现不同亲本在同一性状、同一亲本在不同性状上的 GCA 效应差异很大,前人在其他作物研究中也得到相似的结果(李力 等, 2000; 高三基 等, 2006; 马树彬 等, 2006)。在 7 个亲本中,‘早意红’在 7 个观赏性状上 GCA 效应均为正值,在杂交育种中可以作为重要亲本材料。另外,虽然‘Herby’大部分性状的 GCA 效应值均是负向的,但是其舌状花数的 GCA 效应达到了极显著水平。重瓣性作为菊花新品种培育的重要目标性状之一,而舌状花数与重瓣性具有显著的正相关关系。所以,在菊花有性杂交育种中,‘Herby’在培育重瓣性好的新品种方面具有潜在优势,也可以作为重要亲本加以利用,这在杂交组合的 SCA 和 TCA 效应分析时也得到了进一步证明。可见, GCA 可以有效鉴别优良亲本,指导菊花杂交亲本选配。SCA 是由基因的显性和上位性等非加性遗传效应产生的。有性繁殖情况下,这些效应会随着世代增加和基因型的纯合过程而逐渐消失(徐良年 等, 2007)。但是,菊花为无性繁殖植物,非加性效应可以通过细胞的有丝分裂而保持,因此 SCA 对于正确选配菊花亲本组合,特别是在菊花杂种优势育种中也具有十分重要的指导意义。另外,本研究发现, GCA 与 SCA 之间没有必然的相关关系,例如,‘Herby’在株高性状上的 GCA 为负值,其组配的 4 个杂交组合中有 3 个在该性状上 SCA 表现为负向效应。鉴于此,在菊花育种实践中,要均衡考虑到 GCA 和 SCA 的应用价值。

References

- Chen Fa-di, Jiang Jia-fu, Guo Wei-ming. 2003. Heredity of several flower characters in *Dendranthema grandiflora* with small inflorescences. *Acta Horticulturae Sinica*, 30 (2): 175 - 182. (in Chinese)
- 陈发棣, 蒋甲福, 郭维明. 2003. 小菊花器若干性状在 F_1 代的表现. *园艺学报*, 30 (2): 175 - 182.
- Chen Yun-zhi, Jin Bai-mou, Wu Shu-fang, He Xiao-di, Yao Guang-su. 1991. The performance of some traits of F_1 generation of chrysanthemum varietal hybridization. *Acta Horticulturae Sinica*, 18 (3): 258 - 262. (in Chinese)
- 陈云志, 金白谋, 吴淑芳, 何小弟, 苏光苏. 1991. 菊花种间杂交若干性状在 F_1 代的表现. *园艺学报*, 18 (3): 258 - 262.
- Falconer D S. 1989. Introduction to quantitative genetic. 3rd ed. UK: Longman, Essex: 275 - 276.
- Gao San-ji, Chen Ru-kai, Deng Zu-hu, Xu Liang-nian, Fu Ying-hua, Zhang Hua, Luo Jun. 2006. Genetic analysis of quality characters in sugarcane (*Saccharum officinarum*) hybrid populations. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 14 (1): 31 - 37. (in Chinese)
- 高三基, 陈如凯, 邓祖湖, 徐良年, 傅华英, 张 华, 罗 俊. 2006. 甘蔗杂交后代蔗汁品质性状的遗传分析. *热带亚热带植物学报*, 14 (1): 31 - 37.
- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*,

- 9: 463 - 493.
- Gu Wan-chun. 2004. Statistical genetics. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- 顾万春. 2004. 统计遗传学. 北京: 科学出版社.
- Jiang Jia-fu, Chen Fa-di, Guo Wei-ming. 2003. Heredity of several characters in *Dendranthema grandiflora* with small inflorescences. Journal of Nanjing Agricultural University, 26 (2): 11 - 15. (in Chinese)
- 蒋甲福, 陈发棣, 郭维明. 2003. 小菊杂种一代部分性状的遗传与变异. 南京农业大学学报, 26 (2): 11 - 15.
- Li Dan-qing, Liu Ying-ping, Zeng De-xian, Zhong Kai-peng, Fan Lin-yuan. 2002. Analysis of genetic effects for growth traits of *Eucalyptus globules* Labill. in a 6×6 diallel design. Acta Genetica Sinica, 29 (9): 835 - 840. (in Chinese)
- 李淡清, 刘永平, 曾德贤, 钟开鹏, 范林元. 2002. 蓝桉 6×6 全双列交配生长性状的遗传效应分析. 遗传学报, 29 (9): 835 - 840.
- Li Hong-jian. 1993. Chinese chrysanthemum. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. (in Chinese)
- 李鸿渐. 1993. 中国菊花. 南京: 江苏科学技术出版社.
- Li Kai-long, Jiang Jing, Jiang Ying, Xia De-an, Yang Chuan-ping, Liu gui-feng. 2006. Analysis of the genetic effects of seed and seedling traits of *Betula platyphylla* in a 5×5 complete diallel cross design. Journal of Beijing Forestry University, 28 (4): 82 - 87. (in Chinese)
- 李开隆, 姜 静, 姜 莹, 夏德安, 杨传平, 刘桂丰. 2006. 白桦 5×5 完全双列杂交种苗性状的遗传效应分析. 北京林业大学学报, 28 (4): 82 - 87.
- Li Li, Shi Ji-sen, Chen Xiao-chou, He Zhen-xiang, Yu Rong-zhuo. 2000. Combining ability analysis of parents in two-level diallel cross experiment of Chinese fir. Journal of Nanjing Forestry University, 24 (5): 9 - 13. (in Chinese)
- 李 力, 施季森, 陈孝丑, 何祯祥, 余荣卓. 2000. 杉木两水平双列杂交亲本配合力分析. 南京林业大学学报, 24 (5): 9 - 13.
- Luo Jun, Zhou Hui, Zhang Mu-qing, Chen Ru-kai, Zhang Hua. 2004. Genetic analysis of main economic and photosynthetic traits in energy sugarcane. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 10 (3): 8 - 273. (in Chinese)
- 罗 俊, 周 会, 张木清, 陈如凯, 张 华. 2004. 能源甘蔗主要经济和光合性状的配合力分析. 应用与环境生物学报, 10 (3): 8 - 273.
- Ma Shu-bin, Guo Rui-lin, Nie Yu-xia, Meng Hui-qin. 2006. Combining ability and genetic analysis of yield characters for fragrant-flowered garlic. Acta Horticulturae Sinica, 33 (1): 78 - 83. (in Chinese)
- 马树彬, 郭瑞林, 聂玉霞, 孟会琴. 2006. 韭菜产量性状配合力及其遗传分析. 园艺学报, 33 (1): 78 - 83.
- Tan Wen-fang, Wang Da-yi, Liu Li. 2005. Combining ability analysis of high starch sweetpotato parents. Rain Fed Crops, 25 (1): 19 - 23. (in Chinese)
- 谭文芳, 王大一, 刘 立. 2005. 高淀粉甘薯亲本的配合力分析. 杂粮作物, 25 (1): 19 - 23.
- Xiang Zhen-fan, Huo Shi-ping, Zhang Xing-duan, Yan Qing-jiu, Zhang Jian, Zhang Fang-kui, Yu Zhi-jiang, Peng Fang-ming, Xiong Wen-xia, Chen Ke-fu. 2007. Analysis on combining ability and its inheritance of stem quality traits in maize. Journal of Maize Sciences, 15 (1): 44 - 47. (in Chinese)
- 向振凡, 霍仕平, 张兴端, 晏庆九, 张 健, 张芳魁, 余志江, 彭方明, 熊闻霞, 陈克富. 2007. 玉米茎秆质量性状的配合力及遗传分析. 玉米科学, 15 (1): 44 - 47.
- Xu Liang-nian, Luo Jun, Chen Ru-kai, Deng Zu-hu, Zhang Mu-qing, Zhang Hua, Gao San-ji. 2007. Analysis of heritability and combining ability of main chlorophyll fluorescence characters in sugarcane hybrid populations. Chinese Journal of Tropical Crops, 27 (1): 34 - 39. (in Chinese)
- 徐良年, 罗 俊, 陈如凯, 邓祖湖, 张木清, 张 华, 高三基. 2007. 甘蔗杂交后代主要荧光性状的遗传力与配合力分析. 热带作物学报, 27 (1): 34 - 39.
- Xu Wen-hui, Gao Hai-qing, Chen Hua-jin. 2000. Some rules of *Dendranthema morifolia* character heredity. Journal of Zhejiang Forestry University, 17 (1): 37 - 14. (in Chinese)
- 徐文辉, 高海卿, 陈华进. 2000. 菊花某些性状遗传规律的初步探讨. 浙江林学院学报, 17 (1): 37 - 14.
- Zhang Fei, Fang Wei-min, Chen Fa-di, Zhao Hong-bo, Jia Wen-ke. 2008. Genetic variability patterns and correlation analysis for cut-chrysanthemum with emphasis on inflorescence traits. Journal of Zhejiang Forestry College, 25 (3): 293 - 297. (in Chinese)
- 张 飞, 房伟民, 陈发棣, 赵宏波, 贾文珂. 2008. 切花菊花器性状的遗传特性与相关性研究. 浙江林学院学报, 25 (3): 293 - 297.
- Zhu Jun. 1997. Analysis methods for genetic model. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 朱 军. 1997. 遗传模型分析方法. 北京: 中国农业出版社.