

蓖麻数量性状遗传距离与杂种优势关系的研究

张锡顺, 杨建国, 杨若菡, 徐宁生, 刘旭云, 杜 刚

(云南省农业科学院经济作物研究所, 昆明 650205)

摘要: 【目的】摸索蓖麻种质资源的分类方法, 分析蓖麻数量性状影响产量的程度, 探讨数量性状遗传距离与杂种优势的关系。【方法】对 46 份蓖麻种质资源的 11 个数量性状进行了主成分分析和聚类分析, 采用作图法研究 21 份亲本间遗传距离与杂种优势指数的关系。【结果】5 个最大特征根的累积百分率为 89.74%。在影响蓖麻产量的性状中, 首先应考虑性状为主穗及一二级分枝的果穗长、蒴果数, 其次为单株有效穗, 最后为百粒重。初步提出评选蓖麻种质资源的遗传主成分标准。46 份蓖麻种质资源被分为 4 类, 地理远缘材料在遗传上不一定远缘, 而近缘材料由于选择方向不同可能成为遗传远缘。遗传距离与杂种优势指数的关系呈曲线关系。并非遗传距离越大杂种优势越强。【结论】评价资源间遗传差异时, 不能仅以地理来源和亲缘关系为依据。在亲本选配时, 应选择遗传距离中等较大的材料。

关键词: 蓖麻; 数量性状; 主成分; 遗传距离; 聚类分析; 杂种优势

Study of the Relationship Between Genetic Distance and Heterosis in Castor

ZHANG Xi-shun, YANG Jian-guo, YANG Ruo-han, XU Ning-sheng, LIU Xu-yun, DU Gang

(Economic-Crop Institute, Yunnan Academy of Agriculture Science, Kunming 650205)

Abstract: 【Objective】To grope assoeted method in castor germplasm, and analysis degree that quantitative characters influenced yield, and realize the relationship between genetic distance and heterosis in castor. 【Method】To evaluate the factors affecting seed yield of castor and categorize castor resource, 46 castor germplasm were analyzed according to the key components analysis and cluster analysis of 11 quantitative characters. Study of the relationship between genetic distance of 21 castor inbred lines and heterosis were carried out by the graphics. 【Result】The five biggest eigenvalues were chosen and their percentage of accumulative variance was 89.74%. The standard of the genetic key components had been put forward to evaluate castor germplasm. In these characters, ear length, the number of spikes and capsules of main primary and secondary branch should be selected firstly. Then the number of spike grains should be chosen and finally 100-kernel weight. 46 castor germplasm were classified into 4 groups. It was found that some varieties whose genetic distance was close were classified into geographic distant groups, and some varieties whose pedigree was close had larger genetic distance due to the different selection criteria. Genetic distance and heterosis showed a linear relationship according to F₁ generation of 21 castor inbred lines. The largest genetic distance didn't mean the best heterosis. 【Conclusion】To evaluate castor germplasm's genetic difference didn't depended on geography origin and pedigree. Selecting parents with medium genetic distance may probably gain stronger heterosis.

Key words: Castor (*Ricinus communis* L.); Quantitative character; Principle components; Genetic distance; Cluster analysis; Heterosis

0 引言

【本研究的重要意义】蓖麻(*Ricinus communis* L.) 属大戟科(*Euphorbiaceae*) 蓖麻属(*Ricinus*) 的一种

双子叶植物, 一年或多年生草本, 常异花授粉植物, 起源于非洲。中国是世界第三蓖麻生产大国。蓖麻为工业用特种油源作物, 是可能代替石油的可再生性“绿色石油”生物资源, 蓖麻油可作为航空、汽车、机械

收稿日期: 2004-12-28; 接受日期: 2006-01-05

基金项目: 云南省科技攻关项目(2001NG20)

作者简介: 张锡顺(1973-), 男, 云南曲靖人, 助理研究员, 研究方向为蓖麻和红花的栽培、育种。Tel: 0871-5896772; Tax: 0871-5893841; E-mail: zhxsh-2003@tom.com

等行业上的高级润滑油。同时,蓖麻油可制成 300 多种产品,广泛用于国防、机械、化工、医药、纺织、印染、造纸、榨糖、皮革、化纤、化妆品等行业。此外,蓖麻叶、蓖麻籽、秸秆、蓖麻饼粕的综合利用也十分丰富。总之,蓖麻的产业链极长,附加值很高,是很有发展前途的经济作物,开展本研究对合理选配亲本和配制杂交组合有重要意义。【前人研究进展】在作物杂种优势利用中,合理选配亲本是获得成功的关键。一般要求双亲具有一定的遗传差异,以增加杂种一代基因型的杂合性。蓖麻的杂种优势十分明显,杂交种比常规品种增产 30%以上,甚者为 100%以上^[1],国内外育种家着重对蓖麻雌性单株的利用研究,来生产杂交种^[1~3]。国内外的研究表明遗传距离是度量亲本遗传差异的有效参数,据之可将亲本较好的分类,亲本间遗传距离大小与杂种优势有一定的关系^[4]。一般说来,亲本间的遗传差异越大,杂种优势越强^[5]。水稻^[6]、芝麻^[7]、小麦^[8]等作物研究表明,在一定范围内杂种优势随遗传距离增加而增加。分子标记技术应用用于分子标记辅助选择育种以来,有许多研究表明,分子标记遗传距离与 F₁ 代产量和杂种优势显著相关。袁力行等^[9]发现,玉米亲本间 RFLP、SSR、AFLP 和

RAPD 标记遗传距离与 F₁ 代产量和杂种优势显著相关。沈金雄等^[10]发现甘蓝型油菜亲本间 SSR、ISSR 遗传距离与杂种单株产量极显著相关。【本研究的切入点】蓖麻上有关亲本遗传距离与杂种优势的关系的报道少,多数是关于杂种优势和配合力方面的研究^[11~13]。【拟解决的关键问题】本研究利用主成分分析和聚类分析分析了 46 份蓖麻种质资源与产量相关的 11 个数量性状,旨在明确影响蓖麻种子产量的主要因子及这些种质资源的遗传距离;并以 46 份种质资源中 21 份自交系为亲本,研究了它们的数量性状的遗传距离与 F₁ 代杂种优势的关系,旨在为蓖麻杂种优势利用合理选配亲本提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

所选的 46 份蓖麻种质资源,包括国内的 28 份和来自国外的 18 份品种,国内材料中,滇蓖麻 1 号(A007)、蓖麻 1 号(A067)、淄蓖 2 号(A086)、淄蓖 1 号(A090)、哲蓖 3 号(A091)、哲蓖 4 号(A092)为生产上推广品种,其它材料均为套袋自交,遗传稳定的自交系。其编号、来源见表 1。

表 1 供试材料

Table 1 List of the tested materials

编号 Serial No.	自交系 Inbred line	来源 Origin	编号 Serial No.	自交系 Inbred line	来源 Origin	编号 Serial No.	自交系 Inbred line	来源 Origin
A003	西昌 89 Xichang89	西昌 Xichang, China	A067	蓖麻 1 号 Bima1	黑龙江 Heilongjiang, China	A098	CSR-19.71	法国 France (1998 年)
A007	滇蓖麻 1 号 Dianbima1	西昌 Xichang, China	A068		弥渡 Midu, China	A099	CSR-63.181	法国 France (1998 年)
A019	墨江 5 Mejiang5	墨江山 Mejiangshan, China	A075(1)	文蓖 8 号 Wenbi8	文山 Wenshan, China	A100	CSR-63.286	法国 France (1998 年)
A021	保山 1 Baoshan1	保山 Baoshan, China	A075(2)	文蓖 8 号 Wenbi8	文山 Wenshan, China	A101	CSR-86.71	法国 France (1998 年)
A026	緬 2 Burma2	缅甸 Burma	A076	文蓖 14 号 Wenbi14	文山 Wenshan, China	A102	CSR-158.71	法国 France (1998 年)
A032		昆明 Kunming, China	A083	CSR-6.190	法国 France (1997 年)	A103	CSR-6.2	法国 France (1998 年)
A033		昆明 Kunming, China	A084	CSR-24.71	法国 France (1997 年)	A104	CSR-6.181	法国 France (1998 年)
A045		晋宁 Jinning, China	A085	CSR-6.181	法国 France (1997 年)	A105	CSR-6.190	法国 France (1998 年)
A048(1)		西昌 Xichang, China	A086	淄蓖 2 号 Zibi2	淄博 Zibo, China	A106	CSR-6.268	法国 France (1998 年)
A048(2)		西昌 Xichang, China	A090	淄蓖 1 号 Zibi1	淄博 Zibo, China	A107	CSR-24.71	法国 France (1998 年)
A049	红塔秆 Hongtagan	山西 Shanxi, China	A091	哲蓖 3 号 Zhebi3	内蒙 Neimeng, China	A108	CSR-24.181	法国 France (1998 年)
A052		昆明 Kunming, China	A092	哲蓖 4 号 Zhebi4	内蒙 Neimeng, China	A109	CSR-24.190	法国 France (1998 年)
A053(1)		淄博 Zibo, China	A093	内蒙青塔 Neimengqingta	内蒙 Neimeng, China	A110		昆明 Kunming, China
A058	CSR-6.2	法国 France (1995 年)	A094		西昌 Xichang, China	A111		昆明 Kunming, China
A060	CSR-63.268	法国 France (1995 年)	A096		景东 Jingdong, China			
A064		西昌 Xichang, China	A097		景东 Jingdong, China			

1.2 试验设计

46 份材料, 采用双行种植, 每行种 10 株, 每份材料进行 2 年或 3 年的套袋自交, 使其成为性状稳定的自交系, 分析数据取自交系 5 株的性状的平均数汇总。从 46 份材料中选取 17 份法国材料和 A092 作为母本, 选取综合性状较好的 A007、A045、A052 等 3 份自交系材料作为父本, 按 Griffing 方法 2 进行双列杂交试验, 1998 年组配杂交组合, 分两组进行, 得到杂交组合 30 个 (表 2)。1999 年进行杂交组合 F_1 代杂种优势鉴定。试验采用随机区组设计, 行株距为 $1\text{m} \times 1\text{m}$, 3 次重复, 每小区 20 株, 试验地肥力中等。在整个生长发育阶段对杂交组合亲本及 F_1 代记载物候期, 成熟时随机选定 5 株按《中国特油作物品种资源目录》^[14] 上的标准进行株高、主穗位高、主穗长度、主穗蒴果数、一级分枝果穗长、二级分枝果穗长、一级分枝蒴果数、二级分枝蒴果数、单株有效穗、百粒重、单株生产力等 11 个性状的调查和记载。

1.3 数据分析

1.3.1 表型性状单株产量性状为 2 年结果的平均值。杂种优势以超亲优势和中亲优势表示, 即:

$$\text{超亲优势}(\%) = [(F_1 \text{ 值} - \text{较好亲本值}) / \text{较好亲本值}] \times 100\%$$

$$\text{中亲优势}(\%) = [(F_1 \text{ 值} - \text{双亲平均值}) / \text{双亲平均值}] \times 100\%$$

表 2 两组杂交组合的供试亲本

Table 2 The parents of crosses of two groups tested

第 I 组 Group I			第 II 组 Group II		
编号 Serial No.	父本 Female	母本 Male	编号 Serial No.	父本 Female	母本 Male
1	A007	A058	19	A007	A098
2	A007	A060	20	A007	A099
3	A007	A083	21	A007	A100
4	A007	A084	22	A007	A101
5	A007	A085	23	A007	A102
6	A007	A092	24	A007	A103
7	A045	A058	25	A007	A104
8	A045	A060	26	A007	A105
9	A045	A083	27	A007	A106
10	A045	A084	28	A007	A107
11	A045	A085	29	A007	A108
12	A045	A092	30	A007	A109
13	A052	A058			
14	A052	A060			
15	A052	A083			
16	A052	A084			
17	A052	A085			
18	A052	A092			

$$\text{杂种优势指数}^{[15]}(\%) = [F_1 \text{ 值} / \text{双亲平均}] \times 100\%$$

其中: F_1 代表测交产量。

1.3.2 主成分及聚类分析 采用 DPS^[16] 软件进行分析。主成分分析, 信息保留量在 85% 以上。聚类分析采用数据标准化, 卡方距离 (D^2), 差平方和法, 按遗传距离大小逐层聚类, 计算全部在计算机上实现。

2 结果与分析

2.1 遗传主成分分析

对 46 份蓖麻种质资源进行主成分分析, 计算得到 11 个特征根和 11 个相应的特征向量, 从中选取 5 个最大特征根, 使累计率达 89.74%。入选特征根及相应的特征向量见表 3。

由表 3 可看出, 第一主成分的特征向量以主穗长度、一级分枝果穗长的值最大, 其次为二级分枝果穗长、一级分枝蒴果数、主穗蒴果数、二级分枝蒴果数、单株生产力, 再次为主穗位高, 而株高、单株有效穗、百粒重则为一定的负值, 说明供试材料中, 随主穗、一级分枝果穗长的增加其蒴果数增加, 二级分枝果穗长、蒴果数增加, 单株生产力增加, 主穗位高也有一定的增加, 但株高、单株有效穗、百粒重则有减少的趋势。基于穗长、蒴果数对第一主成分的贡献大, 故称之为库因子 I。第二主成分向量中以株高的值最大, 说明第二主成分值主要是源因子的分量提供的, 故称之为源因子 I。随着株高的增加, 单株有效穗、主穗位高增加, 主穗、一级分枝的穗和果有一定的减少, 因此不宜过分追求植株高大的材料。第三主成分值主要是主穗位高提供, 称之为源因子 II, 向量中一二级分枝果穗长、单株有效穗、单株生产力均为负值, 表明随主穗位高增加, 一二级分枝果穗长、单株有效穗、单株生产力有一定的减少, 而主穗及分枝的蒴果数和百粒重增加。第四主成分以单株有效穗的值最大, 称之为库因子 II, 随着单株有效穗增多, 一级分枝穗长及蒴果数和二级分枝穗长增加, 但是, 二级分枝蒴果数、百粒重、单株生产力下降。第五主成分以二级分枝蒴果数的值最大, 称之为库因子 III, 随着二级分枝蒴果数增多, 二级分枝果穗长、株高和蒴果数增加, 其它的都减少。

根据主成分分析结果评价资源时, 理论上是第一主成分值愈大愈好, 但在育种实际中, 此值过大伴随分枝数、百粒重减少, 因此, 此值以中等偏大为宜。第二主成分值应适中, 该值太大植株高大, 主穗位高过高, 植株生殖生长过盛, 营养生长削弱, 有效穗数、

表 3 入选的特征值及特征向量

Table 3 Eigenvalue and eigenvectors selected

特征值 λ_j	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	分量来源
Eigenvalue	4.6	2.14	1.3	1.11	0.72	Branch source
累计百分率(%)	41.83	61.26	73.10	83.17	89.74	
Percentage of cumulative						
特征向量	-0.1368	0.5436	0.1851	0.3035	0.1360	株高 Plant height
Eigenvector	0.0539	0.2203	0.7697	0.2208	-0.1280	主穗位高 Main spike bit height
	0.4165	-0.1215	0.0032	-0.0968	-0.2931	主穗长度 Main spike length
	0.3610	-0.1807	0.2861	-0.1247	-0.4029	主穗蒴果数 The number of main spike capsules
	0.4190	-0.0453	-0.1373	0.0958	-0.0426	一级分枝果穗长 Primary branch ear length
	0.3867	-0.0341	0.0933	0.2945	0.0058	一级分枝蒴果数 The number of primary branch spike capsules
	0.3991	0.0932	-0.2584	0.0985	0.2672	二级分枝果穗长 Secondary branch ear length
	0.3200	0.3237	0.0005	-0.1034	0.4897	二级分枝蒴果数 The number of secondary branch spike capsules
	-0.1148	0.3677	-0.4117	0.3568	-0.5995	单株有效穗 The number of effective spikes per plant
	-0.0498	0.3529	0.0734	-0.7526	-0.1732	百粒重 100-kernel weight
	0.2686	0.4818	-0.1488	-0.1554	-0.1198	单株生产力 Productivity per plant

蒴果数较少。太小，植株瘦小，抗性差，也影响产量。第三主成分值应以中等为好。第四主成分值以中等偏大为宜。第五主成分值较小为好。综上所述，利用主成分评价蓖麻种质资源时，第一、四主成分应中等偏大，第二、三主成分适中，第五主成分应较小。这样，在 46 份资源中入选 15 份材料：A033、A045、A067、A068、A083、A084、A091、A096、A098、A099、A101、A102、A104、A106、A107，其中有 10 个材料：A045、A083、A084、A098、A099、A101、A102、A104、A106、A107 在配制杂交组合时作为亲本，它们的杂种一代的优势表现突出（表 5）。可见，在影响蓖麻单株高产的众多性状中，首先应考虑主穗及一二级分枝的果穗较长、蒴果数多，其次为单株有效穗多，最后为百粒重适中。在实际生产中，单株有效穗、蒴果数、百粒重是获得较高产量的主要因子。

2.2 聚类分析

对 46 份蓖麻种质资源进行聚类，聚类分析结果显示（图 1），遗传距离变异幅度为 0.3176~9.7383，在遗传距离 $D^2=3.51$ 处分开，将 46 份资源材料分为 4 组（I~IV）。通过计算，类间距离大于类内距离，符合聚类原则。第 I 组有 8 个材料，来自缅甸 1 个和国内的 7 个蓖麻种质资源或品种，第 II 组有 17 个材料，来自法国 2 个和国内的 15 个蓖麻种质资源或品种，第 III 组有 16 个材料，来自法国 11 个和国内的 5 个蓖麻种质资源或品种，第 IV 组有 5 个材料，全部来自法国。

由 4 个资源类群的组成成分可以看出：（1）同一年代选育的品种因遗传差异相近被归入相同类群，如 A110 与 A111；（2）地理远缘材料（品系）有的被归

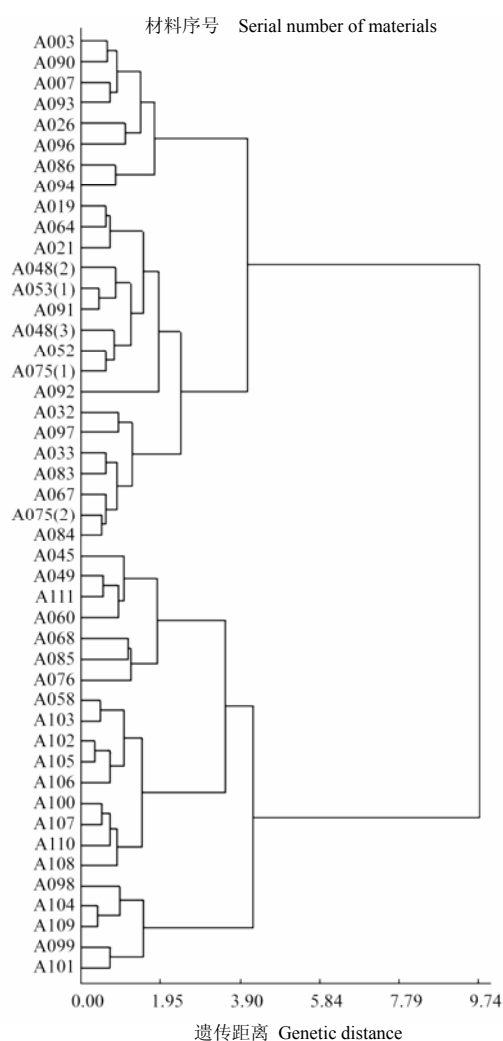


图 1 46 份蓖麻材料的聚类图

Fig. 1 Clustering diagram of 46 castor germplasms

入同一类群, 如 A094 (四川西昌) 与 A096 (云南景东) 归入第 I 组; A045 (云南晋宁)、A049 (山西)、A060 (法国) 与 A076 (云南文山) 归入第 III 组。地理近缘材料 (品系) 有的被归入同一类群, 有的被归入不同类群, 在法国材料中, 两种情况都有。这表明地理近缘并不意味着遗传近缘, 地理近缘并不意味着遗传近缘。(3) 在系统选育的材料 (品系) 中, 因选择方向不同可能与其原始群体分属不同类别, 如 A083 与 A105 是从法国材料 CSR-6.190 选育出来的, 但二者却分属第 II 和 III 组。A084 与 A107, A104 与 A085 也有类似情况。

表 4 4 组种质资源的主要性状特点

Table 4 Values of several traits in four castor germplasm groups

性状 Trait	第 I 组 Group I	第 II 组 Group II	第 III 组 Group III	第 IV 组 Group IV
株高 Plant height	278.56	241.68	187.58	107.06
主穗位高 Main spike bit height	78.44	73.03	83.91	41.14
主穗果穗长 Main spike length	18.56	9.28	43.71	33.78
主穗穗果数 The number of main spike grains	12.86	7.88	40.73	22.60
一级分枝果穗长 Primary branch ear length	26.94	11.63	40.08	32.34
一级分枝穗果数 The number of primary branch spike grains	21.76	12.13	32.68	17.58
二级分枝果穗长 Secondary branch ear length	21.93	11.44	26.24	22.28
二级分枝穗果数 The number of secondary branch spike grains	23.18	11.46	20.30	13.50
单株有效穗 The number of effective spikes per plant	8.94	10.06	7.29	5.42
百粒重 100-kernel weight	42.75	33.62	34.82	32.14
单株生产力 Productivity per plant	246.46	106.63	210.07	81.70

遗传距离分析结果在一定程度上可反映材料的亲缘关系, 但它所反映的遗传差异又不同于亲缘差异, 它是材料间表型相似或相异程度的综合反映。在评价材料间的遗传差异大小时, 不能仅仅以地理来源或亲缘关系为依据。

2.3 遗传距离与杂种优势的关系

为了研究 21 个亲本间数量性状遗传距离与其 30 个杂交组合产量杂种优势的关系, 对 21 个蓖麻自交系进行聚类分析, 亲本间遗传距离变异幅度为 0.3679~5.1943。用亲本间遗传距离 (卡方距离, 用 D^2 表示) 与 30 个组合 F_1 杂种优势指数进行了相关分析。杂种优势指数是指杂交种某一数量性状的平均值与双亲同一性状平均值的比值, 杂种优势指数较直观地反映了杂种优势的强弱^[16]。相关分析结果表明二者相关系数 (0.3529) 不显著, 说明二者间不是简单的直线关系, 为了明确它们之间的关系, 以 D^2 为横坐标, 杂种优势指数为纵坐标作二者的散点图 (图 2)。

从性状表现来看, 各组种质资源间存在较大差异 (表 4)。第 I 组资源的株高、百粒重明显高于其它组资源, 各级穗子所挂蒴果与其它组比较表现一般, 但单株有效穗较多, 故单株生产力表现最高。第 II 组资源的单株有效穗虽然最高, 但各级穗子所挂蒴果最少, 百粒重也低, 单株生产力表现一般, 第 III 组资源植株不高, 各级穗子所挂蒴果最多, 但单株有效穗不多, 百粒重不高, 单株生产力表现较高。第 IV 组资源植株较矮, 主穗位高也低, 各级穗子所挂蒴果少, 单株有效穗最少, 百粒重最低, 单株生产力表现最低。

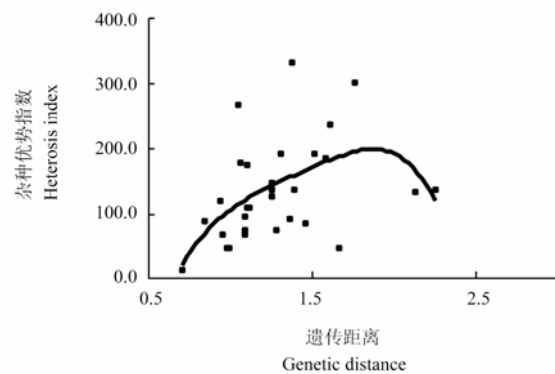


图 2 数量遗传距离与杂种优势的关系

Fig. 2 The relationship between distance and heterosis

从图 2 中可看出, 二者呈曲线关系, 在 30 个组合中, 当 $D^2 < 1.7638$ 的范围内, 随着亲本 D^2 增大, 杂种优势指数上升, 杂种优势增大, 二者呈直线关系, 二者的相关系数为 0.4941**, 但决定系数较小。在

$D^2 > 1.7638$ 的范围内, 随着亲本 D^2 增大, 杂种优势指数下降。可见, 在蓖麻上为了获得较大的产量杂种优势, 亲本间应具有一定的遗传距离, 中等偏大时, 杂

种优势明显, 但并非越大越好, 一般在 1~1.6 之间, 大多数杂交组合 F_1 代大于中亲值 MP 而表现正向杂种优势 (表 5)。

表 5 30 个杂交组合产量性状的杂种优势及其亲本间的遗传距离的表现

Table 5 Performances of productivity per plant of 30 combinations and its parents

组合 Combination	亲本间遗传距离 Genetic distance between parents	中亲优势(100%) Heterosis over mid-parent	超亲优势(100%) Heterosis over better of parents	单株生产力 Productivity per plant	杂种优势指数(100%) Index of heterosis
A058×A007	0.9462	18.42	-28.82	270.17	118.42
A060×A007	1.6705	-53.70	-67.40	123.72	46.30
A083×A007	0.7123	-85.05	-86.61	50.84	14.95
A084×A007	0.9841	-50.89	-62.89	140.86	49.11
A085×A007	1.0929	-30.02	-54.40	173.09	69.98
A092×A007	1.4672	-14.30	-44.02	212.49	85.70
A058×A045	1.1098	9.66	-69.50	115.78	109.66
A060×A045	1.0886	-24.57	-71.26	109.10	75.43
A083×A045	1.3095	89.79	8.74	412.73	189.79
A084×A045	1.3839	232.54	43.89	546.15	332.54
A085×A045	1.2528	35.52	-55.44	169.13	135.52
A092×A045	2.2612	35.98	-55.08	170.52	135.98
A058×A052	1.6178	135.32	3.10	391.32	235.32
A060×A052	2.1353	32.47	-28.33	272.04	132.47
A083×A052	1.2557	46.85	7.63	408.51	146.85
A084×A052	1.1167	8.91	-35.45	245.01	108.91
A085×A052	1.5889	85.39	-9.39	343.93	185.39
A092×A052	1.3585	-6.14	-53.98	174.68	93.86
A098×A007	1.2892	-26.33	-62.15	122.73	73.67
A099×A007	1.0657	78.80	23.60	400.73	178.80
A100×A007	1.3911	36.64	3.27	334.83	136.64
A101×A007	1.2588	26.92	-26.26	239.08	126.92
A102×A007	1.1073	72.81	-7.59	299.63	172.81
A103×A007	0.9992	-53.22	-54.93	146.12	46.78
A104×A007	0.8373	-12.52	-23.56	247.82	87.48
A105×A007	1.0898	-3.77	-27.16	236.15	96.23
A106×A007	1.0464	167.96	71.09	554.71	267.96
A107×A007	1.5139	92.16	9.93	356.41	192.16
A108×A007	1.7638	200.66	95.23	632.97	300.66
A109×A007	0.9493	-31.29	-64.57	114.86	68.71

3 讨论

本试验在通过主成分分析评价蓖麻种质资源时, 从影响蓖麻产量的 4 个主要因子: 穗数、蒴果数、百粒重、密度来考虑。选择亲本时, 在影响蓖麻单株高产的众多性状中, 首先应考虑主穗及一二级分枝的果穗较长、蒴果数多, 其次为单株有效穗多, 最后为百粒重适中。这与王芳等^[17]研究比较接近。至于这些因素影响产量的排名顺序, 结论不统一, 可能因为各地栽种的品种、气候条件、土壤情况、管理水平等造成的差异。

利用多元分析法测定的遗传距离在一定程度上反映了品种间遗传差异的大小, 分类的结果与实践和系谱关系基本相符, 它在蓖麻杂种优势利用上有一定指导作用。从各类包括的材料看, 不同地理来源的材料也可分为同一类。可见, 地理差异与遗传距离并无直接联系, 育种选配亲本时, 不能仅以双亲地理上的差异来判断双亲遗传差异的大小, 而近缘材料由于选择方向不同可能成为遗传远缘。遗传距离的研究结果表明, 亲本遗传差异与地理差异无必然联系, 不能将地理差异作为选配亲本的惟一指标^[18]。

遗传距离与杂种优势的关系是个很复杂的问题。

本研究表明, 蓖麻亲本间应具有一定的遗传距离, 中等偏大时, 杂种优势明显, 但并非越大越好。结果同许明辉等^[4]对烟草和李石开等^[19]对芥菜型油菜的研究结论相近。对于其它作物, 在分子标记技术形成后, 有的学者^[9,10]认为, 分子标记遗传距离与 F_1 产量和杂种优势显著相关, 但他们都认为相关程度还不足以预测杂种优势。有的学者认为, 分子标记遗传距离与 F_1 产量和杂种优势之间相关程度偏低。武耀廷等^[20]、吴卫等^[21]对陆地棉、小麦的研究表明它们之间相关程度偏低。说明分子标记遗传距离预测杂种优势可靠度有限。吴敏生等^[22]认为, 基于 AFLP 测定的亲本遗传距离与杂交种产量、产量杂种优势的关系在很大程度上取决于试验材料的组成。另外, 遗传距离与产量杂种优势大部分不是一一对应的, 并不是遗传距离越大产量越高, 而是适当的遗传距离才可能产生较高的产量和杂种优势。除了影响遗传距离本身的因素外, 还涉及到杂种优势的机制与表达, 以及二者之间关系的形式问题。程宁辉等^[23]研究发现, 基因表达与杂种优势有一定的关系。数量性状遗传差异反映了双亲遗传差异的一部分, 用之指导亲本选配, 避免杂交的盲目性是有益的, 一个组合能否表现杂种优势不仅与双亲遗传差异有关, 还与双亲遗传背景、所携带等位基因的类型、基因效应种类及互作、基因型与环境互作等已知和未知因素有关, 这些都有待于进一步广泛的研究探讨。

4 结论

通过本文对云南省蓖麻种质资源和部分自交系的杂种优势的研究, 利用主成分和聚类分析研究蓖麻种质资源时, 第一、四主成分应中等偏大, 第二、三主成分适中, 第五主成分应较小。在影响蓖麻单株产量的众多性状中, 要获得较高产量首先应考虑主穗及一二级分枝的果穗较长、蒴果数多, 其次为单株有效穗多, 最后为百粒重适中。46 份资源材料分为 4 组, 各组性状差异明显。在评价资源间的遗传差异大小时, 不能仅仅以地理来源或亲缘关系为依据。在蓖麻杂种优势利用时, 亲本间遗传距离与杂种优势呈曲线关系。配制杂交组合时, 选择亲本间的遗传距离中等偏大的进行组合, 杂种优势明显, 但并非越大越好。

References

[1] 朱国立, 李金琴, 吴国林, 田福东, 张春华, 李靖霞. 我国蓖麻杂优利用研究现状及展望. 中国油料作物学报, 2003, 25(2):

110-113.
 Zhu G L, Li J Q, Wu G L, Tian F D, Zhang C H, Li J X. Present status and perspectives of castor heterosis studies and utilization in China. *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2003, 25(2): 110-113. (in Chinese)
 [2] 张维锋, 梁一刚. 蓖麻拟三系配套技术研究. 作物学报, 1999, 25: 392-395.
 Zhang W F, Liang Y G. Study on technical system about the simulating three line in castor been. *Acta Agronomica Sinica*, 1999, 25: 392-395. (in Chinese)
 [3] 田清震, 郑洪源, 郭志强. 单雌蓖麻的研究与应用. 中国油料作物学报, 2001, 23(3): 69-71, 76.
 Tian X Z, Zheng H Y, Guo Z Q. Review on the study and utilization of pistillate castor (*Ricinus communis* L.). *Chinese Journal of Oil Crop Sciences*, 2001, 23(3): 69-71, 76. (in Chinese)
 [4] 许明辉. 烟草数量性状遗传距离与杂种优势关系的研究. 遗传, 1999, 21(5): 47-50.
 Xu M H. Relationship between genetic distance and heterosis in tobacco. *Hereditas*, 1999, 21(5): 47-50. (in Chinese)
 [5] Brandle J E, Mc Vetty P B E. Geographical diversity, parental selection and heterosis in oilseed rapeseed. *Canadian Journal of Plant Science*, 1990, 70: 935-940.
 [6] 徐静斐, 汪路应. 水稻杂种优势与遗传距离. 湖南农业科技, 1980, (6): 11-15.
 Xu J F, Wang L Y. Heterosis and genetic distance in paddy. *Huanan Agriculture Science and Technology*, 1980, (6): 11-15. (in Chinese)
 [7] 卫文星, 张红, 路风银, 卫双玲. 芝麻品种主成分分析和遗传距离测定及其在杂交育种中的应用. 华北农学报, 1994, 9(3): 29-33.
 Wei W X, Zhang H, Lu F Y, Wei S L. Applications of principal components analysis and genetic distance estimation in sesame breeding programme. *Acta Agricultural Boreali-Sinica*, 1994, 9(3): 29-33. (in Chinese)
 [8] 刘照辉, 于经川, 宫钦安, 王作全, 姜鸿明. 小麦种质资源数量性状遗传距离测定及其聚类分析. 莱阳农学院学报, 1994, 11(2): 91-95.
 Liu Z Y, Yu J C, Gong Q A, Wang Z Q, Jiang H M. Estimations of genetic distance and cluster analysis on quantitative characters in wheat germplasm. *Journal of Laiyang Agricultural College*, 1994, 11(2): 91-95. (in Chinese)
 [9] 袁力行, 傅骏骅, 刘新芝, 彭泽斌, 张世煌, 李新海, 李连城. 利用分子标记预测玉米杂种优势的研究. 中国农业科学, 2000, 33(6): 6-12.

- Yuan L X, Fu J H, Liu X Z, Peng Z B, Zhang S H, Li X H, Li L C. Study on prediction of heterosis in maize (*Zea mays* L.) using the molecular markers. *Scientia Agricultura Sinica*, 2000, 33(6): 6-12. (in Chinese)
- [10] 沈金雄, 傅廷栋, 杨光圣. 甘蓝型油菜 SSR、ISSR 标记的遗传多样性及其与杂种表现的关系. *中国农业科学*, 2004, 37: 477-483.
Shen J X, Fu T D, Yang G S. Relationship between hybrid performance and genetic diversity based on SSR and ISSR in *Brassica napus* L. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37: 477-483. (in Chinese)
- [11] Zimmerman L H, Smith J D. Production of F₁ seeds in castor bean by use of sex genes sensitive to environment. *Crop Sciences*, 1966, 6: 406-409.
- [12] Solanki S S, Joshi P. Combining ability analysis over environments of diverse pistillate and male parents for seed yield and other traits in castor (*Ricinus communis* L.). *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 2000, 60: 2, 201-212.
- [13] 王 芳, 田 迅, 庞晓斌, 王 云, 朱国立. 蓖麻主要数量性状的配合力分析. *中国油料*, 2001, (3): 26-29.
Wang F, Tian X, Bang X B, Wang Y, Zhu G L. Analysis of combining ability of major quantitative characters in castor. *Chinese Journal of Oil Crop Science*, 2001, (3): 26-29. (in Chinese)
- [14] 中国农科院油料作物研究所编. 中国特油作物品种资源目录. 北京: 中国环境科学出版社, 1997: 1-80.
Oil-crop Research Institute of China Academy of Agriculture Sciences. *List about Special Oil-Crop Germplasm in China*. Beijing: China Surroundings Science Press, 1997: 1-80. (in Chinese)
- [15] 潘家驹. 作物育种学总论. 北京: 中国农业出版社, 1994: 83-84.
Pan J J. *The General Principles Study of Crop Breeding*. Beijing: China Agricultural Press, 1994: 83-84. (in Chinese)
- [16] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及计算机处理平台. 北京: 中国农业出版社, 1997.
Tang Q Y, Feng M G. *Practical Statistics and Data Processing System*. Beijing: China Agricultural Press, 1997. (in Chinese)
- [17] 王 芳, 王 云, 朱国立, 刘海臣, 张云华, 庞晓斌. 蓖麻主要农艺性状及单株产量的通径分析. *内蒙古民族大学学报*, 2002, (1): 29-32.
Wang F, Wang Y, Zhu G L, Liu H C, Zhang Y H, Bang X B. The path analysis between the agricultural characters and kernels yield of per plant in castor. *Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Science)*, 2002, (1): 29-32. (in Chinese)
- [18] Moll R H, J H L, J V.F, E C.J. The relation of hererosis and genetic divergence in maize. *Crop Science*, 1962, 2: 197-199.
- [19] 李石开, 邱怀珊, 吴学英, 苏振喜, 赵庭周. 芥菜型油菜(*B.juncea*) 遗传距离与杂种优势. *西南农业学报*, 1999, 12(2): 42-46.
Li S K, Qiu H S, Wu X Y, Su Z X, Zhao T Z. The relationship between heterosis and genetic distance in mustard (*Brassica juncea*). *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 1999, 12(2): 42-46. (in Chinese)
- [20] 武耀廷, 张天真, 朱协飞, 王广明. 陆地棉遗传距离与杂种 F₁、F₂ 产量及杂种优势的相关分析. *中国农业科学*, 2002, 35(1): 22-28.
Wu Y T, Zhang T Z, Zhu X F, Wang G M. Relationship between F₁, F₂ yield, heterosis and genetic distance measured by molecular markers and parent performance in cotton. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(1): 22-28. (in Chinese)
- [21] 吴 卫, 郑有良, 魏育明, 周永红, 刘登才, 张志清. 利用 SSR 标记分析小麦强优势组合亲本遗传差异. *西南农业学报*, 2002, 15(3): 1-6.
Wu W, Zheng Y L, Wei Y M, Zhou Y H, Liu D C, Zhang Z Q. Parental diversity of the crosses with strong heterosis in wheat based on SSR markers. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2002, 15(3): 1-6. (in Chinese)
- [22] 吴敏生, 戴景瑞. AFLP 标记与玉米杂种产量、产量杂种优势的预测. *植物学报*, 2000, 42(6): 600-604.
Wu M S, Dai J R. Use of AFLP marker to predict the hybrid yield and yield heterosis in maize. *Acta Botanica Sinica*, 2000, 42(6): 600-604. (in Chinese)
- [23] 程宁辉, 杨金水, 高燕萍, 徐明良, 钱 旻, 葛扣麟. 玉米杂种一代与亲本基因表达差异的初步研究. *科学通报*, 1996, 41: 451-454.
Cheng N H, Yang J S, Gao Y P, Xu M L, Qian M, Ge K L. Studies on gene expression in maize hybrid F₁ and its parent. *Acta Botanica Sinica*, 2000, 42(6): 600-604. (in Chinese)

(责任编辑 孙雷心)