

家蚕亲本的数量性状与杂种一代 及其杂种优势*

林健荣 钟生泉

(蚕桑系)

提 要

家蚕茧质性状的杂种优势, 依杂交组合而有不同的表现, 全茧量以中 $\times$ 日 $>$ 中 $\times$ 中 $>$ 日 $\times$ 日的组配方式, 茧层量和茧层率以中 $\times$ 日 $>$ 日 $\times$ 日 $>$ 中 $\times$ 中。杂交亲本数量值的大小与 F_1 代产值多数无显著的相关性, 但 F_1 代与雌亲的相关系数大于雄亲的相关, 并多呈正相关关系。杂种优势与亲本值为负相关, 以中 $\times$ 日组配方式最显著, 中 $\times$ 中次之, 日 $\times$ 日最少。根据杂种优势与 F_1 代产值存在显著的正相关, 故可利用杂种优势来提高 F_1 代的产值。由本试验建立的 $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$ 等各种回归方程式, 可供育种工作进行预测杂种一代产值和选择杂交亲本, 提高育种效果的预见性和计划性。

关键词 家蚕数量性状; 杂种优势; 回归相关与选择

引 言

家蚕的杂交育种或组配一代杂交生产用种, 对怎样选择亲本, 提高亲本间的配合力, 提高杂种优势, 这都是育种工作者一直在探索、研究的问题。原田忠次(1949)^[6](1964)^[7]曾对家蚕实用性状进行了杂种优势的研究分析。渡部仁(1959)^[8](1961)^[9]探讨了产卵能力及体重的杂种优势。清水滋(1966)^[8]比较了雌雄间杂种优势的表现。夏建国(1981)^[4]、何克荣(1986)^[1]分析了不同系统间相互杂交的杂种优势率及其稳定性。杨明观(1982)^[2]估测了杂种优势率与亲本配合力的相关关系。然而, 对于杂交亲本中雌亲或雄亲对杂种一代不同影响的相关性估测却未见报道, 故对1983年和1985年的育种试验材料进行了分析, 探讨杂交亲本对杂种后代的遗传影响, 为家蚕能更充分地利用杂种优势提供理论依据。

*本文经唐维六教授、广东省农科院蚕业研究所陆天锡副研究员审阅, 刘才兴老师指导计算机进行统计工作, 在此谨表衷心谢意! 潘先牧、罗少薇参加了试验调查工作。

1987年12月18日收稿

材 料 和 方 法

(一) 材料

1. 1983年3月饲养中系品种广蚕三、新九、源55、799、121、793、751、7912共8个原种, 结茧调查后组配成25个中系×中系杂交种。日系品种广蚕二、武七苏、苏12、源56、7532、683、7307共7个原种。结茧调查后组配成19个日系×日系杂交种。中系和日系杂交种均于同年5月份饲养。

2. 1985年3月饲养中系种8313、8319、831、837、8315、8321、新九共7个原种, 日系种848、8412、844、846、842、7532共6个原种, 结茧调查后组配成21个中系×日系杂交种。杂种于同年8月份饲养。

(二) 饲养和调查

亲本原种和杂交种均在本系饲养。每个品种设两个重复饲养区, 各区3个单蛾混合收蚁, 五龄起蚕随机数留300头饲养至结茧。茧质调查按常规方法分雌雄各称25个茧的全茧量、茧层量, 并计算出茧层率。

(三) 统计分析方法

将试验的调查数据输入到我校的中型计算机上, 按有关公式计算出各种参数:

$$MP = \frac{P_1 + P_2}{2}, \quad d = |P_1 - P_2|, \quad \delta = F_1 - MP, \quad V \cdot R = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100\% \quad (P_1 \text{—雌亲}, P_2 \text{—雄亲}, MP \text{—两亲平均值}, d \text{—两亲本差值的绝对数}, F_1 \text{—杂种第一代}, V \cdot R \text{—杂种优势率}, \delta \text{—杂种效果})$$

。然后再算出各参数之间的简单相关和复相关系数以及回归系数等, 最后通过显著性测验把结果打印出来。

结 果 和 分 析

(一) 杂种优势

试验结果列于表1。杂种优势率, 全茧量以中×日>中×中>日×日。其标准差的大小刚好相反, 即日×日>中×中>中×日。说明了中×日组配方式中的各个品种间, 优势率较稳定和具有一致性。日×日组配方式不但优势率少, 而且各品种间的优势率大小无一致性。中×中组配方式则介乎于两者之间。茧层量和茧层率以中×日>日×日组配方式, 不同品种间的一致性也以中×日优于日×日, 中×中平均杂种优势率极小。杂种效果与优势率的表现有同一倾向。

(二) 杂交亲本与杂种一代

采用偏相关的分析法去估算亲本对杂种一代的偏相关系数列于表2。

从表2可以看到, F_1 代与雌亲 ($r_{F_1 P_1 \cdot P_2}$) 和雄亲 ($r_{F_1 P_2 \cdot P_1}$) 的相关性, 只有

表1 各组合平均的杂种优势

性 状 参 数 组 合 方 式	性 状 参 数	全 茧 量		茧 层 量		茧 层 率	
		V·R	δ	V·R	δ	V·R	δ
中×日 (21个组合)	平 均 值	10.51	0.1416	16.85	0.0472	5.53	1.1269
	标 准 差	6.92	0.0804	8.12	0.0207	4.21	0.8423
中×中 (25个组合)	平 均 值	8.65	0.1232	0.09	0.0294	0.48	0.0670
	标 准 差	7.98	0.1123	0.10	0.0308	5.89	1.2995
日×日 (19个组合)	平 均 值	4.03	0.0562	7.26	0.0202	3.02	0.5966
	标 准 差	9.37	0.1325	12.69	0.0363	4.02	0.8038

日×日组配方式的三个性状有较大的正相关系数, 茧层率的 $r_{F_1 P_1 \cdot P_2}$ 、 $r_{F_1 P_2 \cdot P_1}$ 均达到显著水平, 全茧量则显示出 F_1 代的产值跟雌亲有较大的相关而与雄亲基本无关, 反映了提高雌亲的全茧重量有增进 F_1 代全茧量的作用。此外在中×中的组配方式中, 茧层量和茧层率这两个性状, F_1 产值与亲本值均为负相关, 说明了杂交双方亲本值越大时, 对提高 F_1 代杂种值的效果越小。值得注意的是, 中×日的茧层量和茧层率, 其 F_1 代与雌亲是正相关, 而与雄亲却为负相关, 故在组配一代杂交生产用种时, 如能使配对的雌亲值大于雄亲值时, 将有利于提高 F_1 代茧丝的产量。

F_1 代与两亲平均值的相关, 三个茧质性状也是日×日方式有较大的正相关系数, 但其 F_1 代与两亲本的差值却呈负相关性, 反映出 F_1 代杂种值随两亲平均值增大而提高, 这跟原田次⁶的结论是相一致的, 但 F_1 代产值却会依两亲间的差值增大而减少。

中×日杂种 F_1 代的全茧量与MP为正相关, 而与两亲的差值为负相关, 但相关系数很小。茧层量虽然 F_1 代与两亲平均值、两亲间差值都表现正的相关关系, 但由于 F_1 与MP的相关系数大于 F_1 与两亲间差值的一倍, 故只有MP增大, 两亲差值也相对地比较大才有利于 F_1 代产值的提高, 这跟日×日方式是有差别的。茧层率则以 F_1 与两亲差值的负相关较明显, 因而要注意克服当MP增大虽有利于全茧量、茧层量的增加, 却会影响提高茧层率这种矛盾性。

在中×中方面, F_1 与两亲平均值、两亲差值的偏相关系数, 全茧量为正相关, 茧层率为负相关, 茧层量则 $r_{F_1 M P \cdot d}$ 有极小的负相关系数, $r_{F_1 d \cdot M P}$ 为正相关。

(三) 杂交亲本与杂种优势

杂交亲本与杂种优势率和杂种效果的偏相关系数列于表3。在三种交配形式上, 杂种优势率不管与雌亲、雄亲或两亲平均值的偏相关, 均表现负的相关关系, 即亲本值增大时其杂种优势率就会减少, 但负相关系数在不同交配形式上是有明显差异的。全茧

量以中×日较大,除 $r_{VRd \cdot MP}$ 以外,相关系数均达显著水平。中×中次之,日×日最小,且在日×日中,雌雄间与杂种优势率的相关系数以雄大于雌。茧层量则以中×日和
中×中的负相关性较强,日×日的相关性较弱。茧层率是中×中有较大的相关系数,相关性除 $r_{VRd \cdot MP}$ 以外均达显著水平。杂种效果与亲本的相关性基本与杂种优势表现一致的倾向。

表2 F_1 代与杂交亲本的偏相关系数*

相 关 关 系	组 配 形 式	性 状			
		$r_{F_1 P_1 \cdot P_2}$	$r_{F_1 P_2 \cdot P_1}$	$r_{F_1 MP \cdot d}$	$r_{F_1 d \cdot MP}$
全 茧 量	中×日	0.01762	0.08397	0.09268	-0.06777
	中×中	0.12698	0.18661	0.04638	0.19372
	日×日	0.40449	0.03855	0.33432	-0.11907
茧 层 量	中×日	0.31896	-0.07303	0.24223	0.12702
	中×中	-0.25641	-0.10867	-0.08818	0.28478
	日×日	0.42545	0.31063	0.42755	-0.11392
茧 层 率	中×日	0.23533	-0.17481	-0.03133	-0.27360
	中×中	-0.25353	-0.10525	-0.13485	-0.10546
	日×日	0.56776*	0.65964*	0.70840**	-0.21872

* $r_{F_1 P_1 \cdot P_2}$ 、 $r_{F_1 P_2 \cdot P_1}$ 、 $r_{F_1 MP \cdot d}$ 、 $r_{F_1 d \cdot MP}$ 分别为杂交一代(F_1)与雌亲(P_2)、两亲平均值(MP)、两亲差值绝对数(d)的偏相关关系。表内*表示0.05显著水准,**表示0.01显著水准。

(四) 杂种一代与杂种优势

杂种一代与杂种优势的相关系数见表4。茧质的三个性状,除了日×日交配形式的茧层率以外, F_1 与优势率和杂种效果的相关系数均达到显著水平,尤以中×中组合方式的最明显。

表4 F_1 代与杂种优势率和杂种效果的相关系数*

相 关 关 系	组 配 形 式	性 状		
		全茧量	茧层量	茧层率
$r_{F_1 V \cdot R}$	中×日	0.4888*	0.6150**	0.7745***
	中×中	0.7767***	0.9334***	0.7584***
	日×日	0.7472**	0.5844**	0.2886
$r_{F_1 \delta}$	中×日	0.5791**	0.7418***	0.7947***
	中×中	0.8088***	0.9392***	0.7502***
	日×日	0.7417***	0.5665*	0.3011

* $r_{F_1 V \cdot R}$ 、 $r_{F_1 \delta}$ 分别为 F_1 代与杂种优势率和杂种效果的相关,表内*0.05显著水准,**0.01显著水准,***0.001显著水准。

表8 杂种优势与杂交亲本的偏相关系数*

性状	相关关系 组合形式	$r_{V \cdot RP1 \cdot P2}$	$r_{V \cdot RP2 \cdot P1}$	$r_{V \cdot RMP \cdot d}$	$r_{V \cdot Rd \cdot MP}$	$r_{1 \cdot F2}^0$	$r_{2 \cdot 1}^0$	$r_{3 \cdot 1}^0$	$r_{4 \cdot 1}^0$	$r_{5 \cdot 1}^0$
		$r_{1 \cdot 2}^0$	$r_{1 \cdot 3}^0$	$r_{1 \cdot 4}^0$	$r_{1 \cdot 5}^0$	$r_{1 \cdot 6}^0$	$r_{2 \cdot 3}^0$	$r_{2 \cdot 4}^0$	$r_{2 \cdot 5}^0$	$r_{2 \cdot 6}^0$
全茧量	中×日	-0.6699**	-0.7001**	-0.8203**	-0.1258	-0.5818*	-0.6274*	-0.7573**	-0.0678	
	中×中	-0.4313	-0.3584	-0.4807	0.1821	-0.3904	-0.3174	-0.4498	0.1937	
	日×日	-0.1274	-0.4519	-0.3436	-0.0983	-0.1325	-0.4611	-0.3472	-0.1191	
茧层量	中×日	-0.3229	-0.4979	-0.6216*	0.1805	-0.1605	-0.4317	-0.4759	0.1270	
	中×中	-0.5760*	-0.4667	-0.4535	0.2802	-0.5622*	-0.4537	-0.4382	0.2848	
	日×日	-0.2728	-0.3794	-0.2711	-0.0830	-0.2909	-0.4001	-0.2729	-0.1139	
茧层率	中×日	-0.4113	-0.5913*	-0.6121	-0.2859	-0.3815	-0.5689*	-0.5843*	-0.2736	
	中×中	-0.7921**	-0.7264**	-0.7402**	-0.0875	-0.8021**	-0.7356**	-0.7483**	-0.1055	
	日×日	-0.4673	-0.2719	-0.3368	-0.2064	-0.4586	-0.2604	-0.3199	-0.2187	

* $r_{V \cdot RP1 \cdot F2}^0$ 、 $r_{V \cdot RP2 \cdot P1}^0$ 、 $r_{V \cdot RMP \cdot d}^0$ 、 $r_{V \cdot Rd \cdot MP}^0$ 分别为杂种优势率与雌亲(P_1)、雄亲(P_2)、两亲平均值(MP)、两亲差值对数(d)的偏相关, $r_{1 \cdot 2}^0$ 、 $r_{1 \cdot 3}^0$ 、 $r_{1 \cdot 4}^0$ 、 $r_{1 \cdot 5}^0$ 、 $r_{1 \cdot 6}^0$ 分别为杂种效果与 P_1 、 P_2 、MPd、的偏相关,表内*0.05显著水准,**0.01显著水准。

(五) 建立预测 F_1 代和杂种优势的回归方程式

家蚕茧质性状的 F_1 代及其杂种优势的表现虽受环境条件的影响,但主要由杂交亲本基因型所支配。因此, F_1 代及其杂种优势的成绩将会依杂交亲本而变化。由本试验材料建立中 $\times$ 日的回归方程式列于表5。

表5 中 $\times$ 日杂交种的回归方程式

性 状	回归关系	回 归 方 程	回归检验 F	适应范围
全 茧 量	$V \cdot R$ 依 $P_1 P_2$	$V \cdot R = 131.67302 - 46.27380P_1 - 41.40823P_2$	19.44**	$P_1 = 1.28 \sim 1.46$
	$V \cdot R$ 依 MP	$V \cdot R = 130.59706 - 86.88823MP$	40.77**	$P_2 = 1.28 \sim 1.46$
	δ 依 MP	$\delta = 1.43375 - 0.93487MP$	26.77**	$MP = 1.31 \sim 1.46$
	F_1 依 $V \cdot R$	$F_1 = 1.48518 + 0.00367V \cdot R$	5.97*	$V \cdot R = 3.10 \sim 16.70$
	F_1 依 δ	$F_1 = 1.47073 + 0.37439\delta$	9.59**	$\delta = 0.04 \sim 0.40$
茧 层 量	$V \cdot R$ 依 $P_1 P_2$	$V \cdot R = 122.50507 - 120.56055P_1 - 249.79092P_2$	6.12**	$P_1 = 0.21 \sim 0.31$
	$V \cdot R$ 依 MP	$V \cdot R = 116.58139 - 350.84399MP$	11.73**	$P_2 = 0.24 \sim 0.31$
	δ 依 MP	$\delta = 0.24297 - 0.68865MP$	5.55*	$MP = 0.22 \sim 0.30$
	F_1 依 VR	$F_1 = 0.30745 + 0.00142VR$	11.56**	$V \cdot R = 6.70 \sim 30.80$
	F_1 依 δ	$F_1 = 0.29376 + 0.67183\delta$	23.25**	$\delta = 0.02 \sim 0.08$
茧 层 率	$V \cdot R$ 依 $P_1 P_2$	$V \cdot R = 112.15962 - 1.68204P_1 - 3.48162P_2$	5.66**	$P_1 = 18.50 \sim 21.50$
	$V \cdot R$ 依 MP	$V \cdot R = 100.81311 - 4.6256MP$	8.84**	$P_2 = 19.30 \sim 21.60$
	δ 依 MP	$\delta = 19.27350 - 0.88091MP$	7.69**	$MP = 19.50 \sim 21.40$
	F_1 依 $V \cdot R$	$F_1 = 21.00188 + 0.13114VR$	28.49**	$V \cdot R = 1.60 \sim 13.80$
	F_1 依 δ	$F_1 = 20.96825 + 0.67300\delta$	32.56**	$\delta = 0.30 \sim 2.80$

*0.05显著水准 **0.01显著水准

从表5看,杂种优势率与雌亲、雄亲的回归,三个性状的杂种优势率都会随雌亲、雄亲或两亲平均值的增大而减少。杂种一代与杂种优势的回归则随杂种优势率和杂种效果的增大而提高,但杂种效果却会因两亲平均值增大而下降。

讨 论

家蚕茧质性状的杂种优势的大小,与两亲遗传基础以及生态环境条件的差异有着密切的关系。本试验结果以中 $\times$ 日的组合方式最大,中 $\times$ 中和日 $\times$ 日次之。说明了中日杂交种潜在着良好的优势能力,生产实践也充分地证明了这一点。性状间杂种优势,中 $\times$ 日组合方式以茧层量 $>$ 全茧量 $>$ 茧层率,反映了在生产上要想利用杂种优势来提高茧层率的经济效益是远比茧层量、全茧量困难。因此,在新品种的选育过程中,茧层率的选择指标不能过低,而茧层量、全层量的选择指标则可放宽一些。因为这些性状可通过本

身具有较大的杂种优势来填补。试验结果还反映了同一个性状的不同组合，杂种优势值有很大的差异，说明了各原种所具有的一般配合力或特殊配合力是不一样的。故茧丝生产要想充分地利用杂种优势就必须弄清品种间的一般配合力才会更有效地利用其特殊配合力。因为凡是具有一般配合力较高的原种进行杂交，其 F_1 代值都比较高，优势率与特殊配合力、 F_1 代产值与特殊配合力有着显著的正相关^[8]。

杂种优势与雌、雄亲本或两亲平均值的均表现负相关，这对于不断提高原种的数量值来谋求杂种的高产，并利用杂种优势来提高经济效益是矛盾的，要解决这个问题，需要我们在培育原种时，亲本必须具有较高的配合力才易在组配一代杂种时充分发挥杂种优势。杂种优势与 F_1 代产量有着显著的正相关，表明亲本组合间杂种优势越高， F_1 代的产值就会越大，其经济效益也越高。然而，由于 F_1 与亲本值的相关系数很小，而杂种优势与亲本值为负相关，故在育种工作上不能单从提高杂交亲本的数量值来提高杂种一代的产值，而更应注意如何挖掘原种潜在的优势能力。既要有高产值基因的原种，又要有高水平的杂种优势才会使杂种一代更具优势性。

据本试验资料所建立中×日的各种回归方程式，其意义在于推广一代杂种时，可利用来估测 F_1 代的产值和杂种优势或选择杂交亲本。但在利用这些公式进行估算时，杂种优势率往往易受环境条件的影响^[3]，故其估值与实际生产值是有一定的差异的。

引用文献

- [1] 何克荣、孟智启。蚕业科学，1986；12（2），82~88
- [2] 扬明观。蚕业科学，1982；8（4），193~198
- [3] 林昌麒等。蚕业科学，1986；12（4），203~207
- [4] 夏建国。蚕业科学，1981；7（2），91~94
- [5] 唐维六、林建荣。广东蚕丝通讯，1984；（2），1~5
- [6] 原田忠次。日本蚕丝学杂志，1949；18（5），328
- [7] 原田忠次等。日本蚕丝学杂志，1961；30（5），381~388
- [8] 清水滋等。日本蚕丝学杂志，1966；35（2），133~134
- [9] 渡部仁。日本蚕丝学杂志，1959；28（6），352~357、1961，（4），352~357

THE QUANTITATIVE CHARACTER OF THE PARENTAL STOCK AND THE F_1 HYBRID AS WELL AS ITS HETEROSIS

Lin Jianrong Zong Shengquan

(Department of Sericulture)

ABSTRACT

Experimental materials used were 25 hybrids (Chinese race $\times$ Chinese race), 19 hybrids (Japanese race $\times$ Japanese race), 21 hybrids (Chinese race $\times$ Japanese race) as well as their hybrid parents in order to study the hereditary influence of the parental stock on the F_1 and its heterosis.

As to the heterosis of cocoon characters, different hybrid combinations demonstrated different heterosis. The mode of combination "Chinese race $\times$ Japanese race $\times$ Chinese race $\times$ Chinese race $\times$ Japanese race $\times$ Japanese race" was for the whole cocoon weight, while "Chinese race $\times$ Japanese race $\times$ Japanese race $\times$ Japanese race $\times$ Chinese race $\times$ Chinese race" for the cocoon shell weight and cocoon shell percentage. The amount of quantitative value in hybridized parents and the correlation of F_1 's yielding value were mostly not evident, but the correlation coefficient in F_1 and female parent was greater than that in male parent. Heterosis and parent value were negative correlation, of which the combination "Chinese race $\times$ Japanese race" was most evident, "Chinese race $\times$ Chinese race," less Japanese race $\times$ Japanese race the least. Due to the positive correlation existing in both heterosis and F_1 value, the yielding value of the F_1 can be increased through raising heterosis. The regression equation $y = a + b_1x_1 + b_2x_2$ produced from the present experiment can be used to forecast heterosis and selection of hybridized parents.

key words, quantitative character of silkworm, heterosis, regression, correlation and selection