

家蚕数量性状遗传力遗传相关和 预期遗传进度的研究*

林健荣

(蚕桑系)

提 要

家蚕各数量性状的遗传力大小是互不相同的。以过氧化氢酶、茧宽、茧长、茧层率、茧层量有较高的遗传力,全茧量、蛹重、五龄期经过,全龄期经过的遗传力较低。雌雄之间的遗传力大小亦各有不同,多数性状是雌大于雄。性状间的相关程度;遗传相关一般高于表现型相关,且两者的相关趋势一致。全茧量与蛹重、茧层量、茧长,茧层量与茧层率有较强的正相关。预期遗传进度以茧层量、产卵数较高,茧宽和茧层率居中,蛹重、全茧量和茧长较低。遗传力、遗传相关系数非恒定值,因不同杂交组合,不同环境条件和不同计算方法而有差异。

前 言

家蚕绝大多数的经济性状都属于数量性状,因此在选育种工作中,是很有必要了解这些数量性状的遗传规律来指导选拔或选择的。

家蚕数量性状的遗传研究,陆星垣等^[1]、蒋同庆^[3]、土屋精三、仓岛秀雄^[4]、山本俊雄、蒲生卓磨^[5]等均曾报道遗传力的研究。但对于遗传相关和遗传进度的研究则较少,在国内尚未见有报道。本试验就家蚕主要的经济性状进行了遗传力、遗传相关和预期遗传进度的估算,为提高家蚕育种的选择效果提供理论依据。

材 料 和 方 法

(一) 应用方差、协方差分析法估测家蚕性状的广义遗传力和相关系数

供试种: 11个二化性品种(新九、东34系、苏蚕一、广蚕一、原新、东7、苏12、683、广蚕二、滇14、7532)。

* 本文是研究生毕业论文的一部分,在导师唐维六教授、郑庭杏副教授指导下完成的。承蒙陆星垣教授指导和审阅;吴显华、卢永根副教授、陈翰英、易文仲副研究员、杨明观讲师审阅,一并表示感谢。

随机区组设计, 三次重复。各区蚁量均为单蛾育, 结茧后调查雌雄各40个。在本系和南海县养蚕。

计算公式:

$$\begin{aligned} \text{广义遗传力 } (h_B^2) &= \frac{\delta_g^2}{\delta_g^2 + \delta_e^2} & \text{遗传相关 } (\gamma_{g_{xy}}) &= \frac{\text{COV}_{g_{xy}}}{\sqrt{\delta_{g_x}^2 \cdot \delta_{g_y}^2}} \\ \text{表现型相关 } (\gamma_{p_{xy}}) &= \frac{\text{COV}_{p_{xy}}}{\sqrt{\delta_{p_x}^2 \cdot \delta_{p_y}^2}} & \text{环境相关 } (\gamma_{e_{xy}}) &= \frac{\text{COV}_{e_{xy}}}{\sqrt{\delta_{e_x}^2 \cdot \delta_{e_y}^2}} \end{aligned}$$

(二) 从 F_2 群体及 F_1 回交两亲后代群体(简称回交法)估算狭义遗传力、相对预期遗传进度

供试种: I. 107×683 II. $107 \times \text{农}51$ III. $137 \times \text{新}9$

收蚁时各组合均收2蛾圈蚁蚕, 五龄响食后留300头左右饲养到熟, 各群体方差(V_{F_2} 、 V_{B_1} 、 V_{B_2} 、 $V_{B_1'}$ 、 $V_{B_2'}$)的检查个数为100个左右。

计算公式:

$$\text{狭义遗传力 } (h_N^2) = \frac{2V_{F_2} - \frac{1}{2}(V_{B_1} + V_{B_2} + V_{B_1'} + V_{B_2'})}{V_{F_2}}$$

$$\text{预期遗传进度 } (\Delta G') = K \cdot \delta_A / \bar{x} \cdot \sqrt{h_N^2}$$

K为选择强度, δ_A 为加性效应标准差, $\bar{x}$ 为 F_2 代群体的平均值。

(三) 估测家蚕血液中过氧化氢酶活性的广义遗传力及估算它与茧质性状的表现型相关

供试种: 新九、东34系、683、广蚕二、107。

随机区组设计, 三次重复, 于1981年4月(第2造)养蚕。茧质性状每区调查雌雄各40个。五龄期遗传力计算按裂区试验方法估计出 δ_g^2 和 δ_e^2 。

试验结果与分析

(一) 遗传力

1. 应用方差分析估算广义遗传力: 按方差分析法估算出各性状的遗传力结果见表1和表2。从表1可知, 各性状遗传力大小, 三次重复平均依次为茧宽>茧长>茧层率>茧层量>全茧量>蛹重>五龄经过 $\approx$ 全龄经过。雌雄间遗传力大小差异不大, 但造别不同, 雌雄遗传力的大小则有所差别。这说明不同造别的环境条件也会影响雌雄蚕的基因效应的表达作用, 从而使雌雄间遗传力的大小在不同造别而有所差异。同时, 遗传力估值即使同是七造, 也因不同地点饲养条件差异而不同。

再从表2看, 过氧化氢酶活性的遗传力是相当高的, 说明它是高度遗传的, 不易受环境条件所左右它的遗传性。

表1 从新九等十一个原种用方差分析法估算的各种方差和广义遗传力(%)

性状 方差及遗传力	全茧量		茧层量		茧层率		蛹重		茧长		茧宽		全龄期五龄期	
别	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄
第二造	37.0220	28.3470	4.1059	6.3479	3.1936	6.7088	25.7560	14.7445					0.2496	0.2368
	33.3439	18.4305	2.3842	2.0469	1.1452	1.0357	20.3593	9.2069					0.1483	0.0902
	52.61	60.60	63.26	75.62	73.61	86.63	55.85	61.56					62.73	72.42
第七造	27.8680	14.2766	2.6014	1.9798	2.8366	4.4330	16.9925	7.7380	45.8726	44.9462	40.6458	39.9748	0.1564	0.0426
	15.2513	9.1597	0.4825	0.6950	0.3816	0.7284	9.5558	6.7377	18.8270	14.9276	5.6978	7.6623	0.3135	0.2712
	64.63	60.92	84.35	74.02	88.14	85.89	64.01	53.46	70.90	75.07	87.71	83.92	33.28	13.58
第七造	27.2505	13.2094	1.5932	1.2664	1.5273	1.8063	14.8740	7.6439	71.1429	59.5478	46.0623	44.2705	0.1725	0.2307
	10.4825	4.5869	0.8064	0.4095	0.7076	1.0866	7.2087	2.8923	7.0012	7.9043	6.7274	4.2253	0.9167	0.5870
	72.22	74.23	66.39	75.57	68.34	62.44	67.36	72.55	91.04	88.28	87.26	91.29	15.84	28.21
各造遗传力平均	63.15	65.25	71.33	75.07	76.70	78.34	62.41	62.52	80.97	81.68	87.49	87.61	37.28	38.07
各造雌雄遗传力平均	64.20		73.20		77.51		62.47		81.33		87.55		37.28	38.07

* 养蚕在南海县水产蚕桑研究所进行

2. 从 F_2 群体及 F_1 回交亲本后代群体估算狭义遗传力

表3表明,三个不同杂交组合的同一性状,遗传力是不同的,这说明各组合的遗传效应不是一样的。同一杂交组合的同一性状,在不同造别,环境条件不同的时候,遗传力估值也有一定的差异,这与大塚雍雄等〔6〕、齐尾乾二郎等〔8〕的研究是相一致的。但受环境条件影响较小的性状,

如茧层率在造别间的估值差异较少,受环境条件较大的性状,如蛹重的差异程度较大。各性状遗传力大小的趋势以茧宽>茧层率≈茧层量>茧长>全茧量>蛹重。

(二) 相关分析

1. 应用方差协方差分析估测遗传相关、表现型相关和环境相关:从表4的结果可见,全茧量与蛹重、茧层量、茧长之间的遗传相关都达到强的正相关,茧层量除与茧层率有较高的正相关系数外,与蛹重和茧宽也有较强的正相关。蛹重与茧层率的相关性很弱,与茧长的相关性较强。茧长与茧宽为弱的负相关。而且遗传相关系数一般高于表现型相关系数和环境相关系数。遗传相关与表现型相关的趋势基本一致,在雌雄间大体相同。但与环境相关趋势的一致性较差。如茧长与茧宽,遗传相关是负相关,环境相关则是正相关。雌雄间的环境相关系数,其正负号也较不一致,如蛹重与茧层率的环境相关系数,在雌雄间的相关方向就不相同。这可能因雌雄蚕对环境条件的适应性不一样所造成的原因。

2. 蚕血液中过氧化氢酶活性与主要茧质性状的相关:表5的数值说明,过氧化氢酶活性与全茧量,茧层量都有极显著的正相关系数,即酶活性愈强,全茧量和茧层量、蛹重就愈重,但茧层率将会降低。

(三) 预期遗传进度

从表6的计算结果可知,当选择强度以5%进行时,K值为2.06,(107×683)组合的预期遗传进度以产卵数>茧层量>茧层率>茧宽>全茧量>蛹重>茧长。(107×农51)组合是茧层量>茧层率>茧宽>全茧量>蛹重>茧长。(137×新九)组合是产卵数>茧层量>蛹重>茧宽>全茧量>茧长>茧层率。综合3个组合的情况看,若在 F_2 代各性状都以相同的选择比例来留种,则预期在 F_3 代以茧层量、产卵数的遗传进展较大,选择的效果较高。

表2 五龄期和五龄各天分别估测血液过氧化氢酶活性的广义遗传力

发育经过	遗传方差	环境方差	遗传力(%)
五龄一天	7.5471	0.1333	98.26
五龄二天	0.5662	0.0429	92.96
五龄三天	0.9293	0.0361	96.26
五龄四天	1.1823	0.1119	91.35
五龄五天	1.9564	0.0803	96.06
五龄期	1.6127	0.0779	95.39

表 3 三个家蚕杂交组合用回交法估算的狭义遗传力 (%)

性 状 交 组 合		全 茧 量		茧 层 量		茧 层 率		蛹 重		茧 长		茧 宽		产卵数
		雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	
107×683	三 造	23.80	5.95	44.63	55.97	80.78	39.14	23.30	8.43	42.78	10.42	44.09	40.50	58.98
	四 造	55.24	28.84	52.52	36.74	60.95	49.11	38.35	29.26	32.88	62.78	87.06	23.29	67.98
	平 均	39.52	17.40	48.58	46.36	70.87	44.13	30.83	18.85	37.83	36.60	65.58	31.90	63.48
	雌雄平均	28.46		47.47		57.50		24.84		37.22		48.74		
107×衣51	三 造	34.88	58.82	54.32	92.50	47.10	79.39	17.50	43.85	46.53	21.94	78.19	53.36	
	四 造	18.69	40.86	31.50	72.32	45.00	58.10	34.46	25.52	49.60	35.89	82.74	14.47	
	平 均	26.79	49.84	42.91	82.41	46.05	68.75	25.98	34.69	48.07	28.92	80.47	33.92	
	雌雄平均	38.32		62.66		57.40		30.34		38.49		57.79		
37×新九	三 造	72.74	2.35	89.45	19.35	50.54	17.87	82.40	10.62	64.50	54.07	83.09	69.15	47.02
	四 造	49.92	-44.26	30.93	22.81	41.66	38.49	46.12	-117.59	88.69	57.18	62.05	47.00	69.41
	平 均	61.33	-20.96	60.19	21.08	46.10	28.18	64.26	-53.49	76.60	55.63	72.57	58.08	58.22
	雌雄平均	20.19		40.64		37.14		5.39		66.11		65.32		
组 合 平 均		42.55	15.43	50.56	49.95	54.34	46.82	40.37	0.02	54.17	40.38	72.87	41.30	60.85
组合雌雄平均		28.99		50.26		50.58		20.20		47.27		57.09		

* 显著 ** 极显著

表 4 全茧量、茧层量等六个性状间的遗传相关, 表现型相关和环境相关系数*

相 关 系 数 性 状	雌			雄		
	茧层量	茧层率	蛹重	茧长	茧宽	
全 茧 量	0.8509	0.3669	0.9850	0.6880	0.4436	
	0.8160	0.1848	0.9770	0.6457	0.4175	0.8260 0.3864 0.9822 0.7428 0.3142
	0.7980	-0.1588	0.9627	0.5610	0.4003	0.8496 0.3586 0.9621 0.6867 0.2448
茧 层 量						0.9256 0.3366 0.9416 0.5907 0.0802
		0.7975	0.7443	0.4461	0.6424	0.8380 0.6832 0.4480 0.6012
		0.7286	0.7260	0.0329	0.5848	0.7949 0.7302 0.4825 0.5008
茧 层 率		0.3004	0.3513	0.5597	0.2326	0.6617 0.8639 0.5837 0.1318
			0.1975	0.0459	0.6513	0.5271 0.0141 0.6838
			0.1248	0.0677	0.5542	0.4300 0.0719 0.6215
蛹 重			-0.1141	0.1690	-0.1601	0.2842 0.3229 0.2720
				0.7518	0.3106	0.8658 0.1614
				0.7023	0.3290	0.7118 0.1224
茧 长				0.6052	0.4577	0.4795 0.0525
				-0.3638		-0.2974
				-0.1969		-0.2148
				0.4757		0.1063

* 格内自上而下分别为遗传相关, 表现型相关和环境相关系数。1981年第四造在南海水产蚕桑研究所养蚕。

表 5 全茧量、茧层量等六个性状间的遗传相关和环境相关系数*

性 状 相 关 系 数	雌			雄		
性 状	茧层量	茧层率	蛹重	茧长	茧宽	茧重
全 茧 量	0.8955 0.8866 0.8721	0.2579 0.2663 0.2868	0.9835 0.9798 0.9757	0.7685 0.5730 -0.3177	0.5392 0.4764 0.2571	0.8968 0.8518 0.7179
茧 层 量	0.6609 0.6788 0.7161	0.8892 0.8272 0.9012	0.7056 0.5257 -0.1312	0.5044 0.4915 0.5200	0.7668 0.7152 0.6221	0.7835 0.7123 0.5105
茧 层 率	0.0729 0.1657 0.3615	0.2304 0.2176 0.2126	0.1843 0.2699 0.6350	0.3085 0.1739 -0.2658	0.2025 0.0273 -0.3396	0.4844 0.4762 0.6106
蛹 重	0.8099 0.5753 -0.3446	0.4482 0.4208 0.3782	0.7095 0.6311 0.3531	0.3188 0.2810 0.1393	0.7095 0.6311 0.3531	0.3188 0.2810 0.1393
茧 长	-0.1725 -0.1321 0.2027	-0.1787 -0.1294 0.3078				

* 格内自上而下分别为遗传相关, 表现型相关和环境相关系数。1981年7选在本系养蚕。

表 6 家蚕F₂群体在5%选择强度条件下的预期遗传进度(%)

性 状 △G·		全 茧 量		茧 层 量		茧 层 率		蛹 重		茧 长		宽		产 卵 数
		雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	
杂交组合 107×683	3 造	5.560	0.909	13.123	11.701	11.018	3.755	5.523	1.263	5.256	1.019	6.350	4.384	21.181
	4 造	13.262	4.740	14.194	7.967	7.622	5.362	8.570	4.879	4.039	6.775	12.650	2.561	26.090
	平 均	9.411	2.825	13.659	9.834	9.320	4.559	7.047	3.071	4.648	3.897	9.500	3.473	23.636
	雌雄平均	6.118		11.747		6.940		5.059		4.273		6.487		
107×农51	3 造	5.674	10.660	16.286	28.939	8.919	13.040	2.420	6.888	4.989	2.205	11.403	7.433	
	4 造	3.040	6.521	8.744	21.006	8.184	9.300	5.592	3.697	4.610	3.215	12.360	1.550	
	平 均	4.357	8.591	12.515	24.973	8.552	11.170	4.006	5.293	4.800	2.710	11.882	4.492	
	雌雄平均	6.474		18.744		9.861		4.650		3.755		8.187		
137×新九	3 造	19.536	0.356	28.222	3.480	6.440	1.650	23.150	1.700	7.372	6.094	12.076	8.768	14.000
	4 造	13.360	—	9.270	5.007	5.569	4.530	12.160	—	10.492	6.242	8.684	5.909	22.732
	平 均	16.448	0.356	18.746	4.244	6.005	3.090	17.655	1.700	8.932	6.168	10.380	7.339	18.366
	雌雄平均	8.403		11.495		4.547		0.678		7.550		8.859		
组 合 平 均	3 造	10.072	3.924	14.973	13.017	7.959	6.273	9.569	3.355	6.127	4.258	10.587	5.101	21.001
	雌雄平均	6.998		13.995		7.116		6.462		5.192		7.844		

表 5 过氧化氢酶活性与主要茧质性状的相关

性 状 相关系数 性 状	全 茧 量	茧 层 量	茧 层 率	蛹 重
过氧化氢酶活性	0.7806**	0.6422**	0.3204	0.8045**

* * 极显著

讨 论

(一) 遗传力与选择

综合试验的结果表明, 家蚕各性状遗传的大小是互不相同的。以茧宽、茧长、茧层率、茧层量、过氧化氢酶有较高的遗传力, 全茧量、蛹重、发育经过的遗传力是较低的。因此在杂交育种的后代选择上, 对茧层量、茧层率、茧形这些遗传力较高的经济性状, 在 $F_2 - F_3$ 代就能进行个体选择, 并可根据各性状预期遗传进度的大小, 加大选择压力, 缩小当选比例来提高选择效果。全茧量、发育经过等遗传力较低的性状, 表明该性状易受环境条件的影响, 变异性大, 因而早期世代应严加考察, 待世代数增加, 显性效应减少, 遗传力增大, 到 $F_4 - F_7$ 代进行蛾区或家系选择来提高选择效果。

从试验的多次结果证明, 遗传力估值因不同材料、不同计算方法以及养蚕条件的差异而有所变化。所以, 如果参照遗传力大小来确定性状的选择时期, 也要考虑到这几方面的因素。遗传力大小在雌雄间所不同的原因, 这可能跟伴性影响以及父母本的遗传稳定性有关, 虽然母体效应会有一定影响, 但它并不是造成雌的遗传力大于雄的主要原因, 这是有待今后去探明的。

(二) 性状相关与选择

根据试验的分析结果, 全茧量与蛹重, 全茧量与茧层量, 茧层量与茧层率有强的相关关系。在选择时, 若向全茧量大的方向选择, 蛹重、茧层量都会增重, 但由于蛹重的增加幅度往往大于茧层量增加的比例, 因而茧层率将会下降。若向茧层率高的方向进行选择, 则茧层量增加, 全茧量下降, 产卵数将会减少。因而在选择的过程中, 我们可以把握住茧层量这一性状, 根据它有较高的遗传力, 通过适当控制全茧重的办法, 可望在育种早期选出茧层量高值的个体达到间接选择出茧层率高, 产丝量大的优良性状。且在实际选择工作中, 还须注意一性状的选择对其它性状的影响。据仓泽一二三^[7]的研究表明, 如果向茧层量重、茧层率高的方向选择时, 则茧层含胶率就会增加, 茧层微茸分数下降。故在选择的过程中, 对各性状应加以综合考虑。为更好地提高选择效果, 我们还可以通过选择茧形去间接地选择其它性状, 一般向茧长的方向选择, 茧宽就会减少, 而全茧量将会增加。根据过氧化氢酶活性与茧质的相关关系, 在幼虫期就可以通过测定某些生理生化性状, 依其与其它经济性状的相关关系, 在蚕期就可进行间接选择。

参 考 文 献

- [1] 陆星垣、李大楠、杨明观,1963,家蚕茧层量茧长阔率的遗传研究,《蚕业科学》1(3): 156—158。
- [2] 浙江省农业科学院蚕桑研究所蚕种研究室,1977,桑蚕几项数量性状的遗传力和选择的研究,《遗传学报》4(1): 72—76。
- [3] 蒋同庆,1980,家蚕茧计量形质广义遗传力与狭义遗传力的研究,《四川蚕业》(1): 1—14。
- [4] 土屋精三、仓岛秀雄,1957—1959,家蚕における計量のHeritabilityに関する研究,《日本蚕糸学雑誌》26(1): 84—88; 26(5): 317—322; 27(4): 252—256; 28(5): 311—316。
- [5] 山本俊雄、蒲生卓磨,1976,カイコにおける飼料効率の向上に関する育種学的研究,Ⅱ. 選抜初期世代における食下量消化量および消化率の遺伝率,《日本蚕糸学雑誌》45(2): 111—114。
- [6] 大塚雅雄、中島文人,1968,カイコの育種に関する統計遺伝学的研究,Ⅰ. 雑種集団初期世代の遺伝率,《蚕糸研究》66: 28—49。
- [7] 倉沢一二三,1968,家蚕における計量形質の選抜,《日本蚕糸学雑誌》37(1): 51—56。
- [8] 斎尾乾二郎、堀江正樹、畑村又好、伊藤綾子,1967,水稻、大豆および蚕における遺伝力の推定値,Ⅳ. 蚕について,《日本育種学雑誌》17: 65—74。

STUDIES ON HERITABILITY, GENETIC CORRELATION AND PROSPECTIVE
GENETIC ADVANCE OF SEVERAL QUANTITATIVE
CHARACTERS OF SILKWORM (*bombyx mori* L.)

Lin Jianrong

(Department of Sericultural)

ABSTRACT

The heritabilities, correlation coefficients and prospective genetic advance were estimated by means of the analysis of variance and the calculation of population of F_2 and the back crossing population of F_1 with the parent in 1981—1982.

1. The heritabilities of the quantitative characters were various in the silkworms. Those which had higher estimated value in the broad sense heritability were catalase activation, cocoon width, and cocoon length; those which had lower value were weight of the whole cocoon, pupal weight, duration of the fifth instar and duration of the all instars; and those which had a moderate value were the cocoon layer ratio, the weight of cocoon layer. The narrow sense heritabilities were higher in the females' cocoon width, and

cocoon layer ratio, they were lower in their weight of the whole cocoon, and pupal weight, and they were moderate in number of eggs laid, cocoon length, and cocoon layer weight. As to the male silkworm, the weight of cocoon layer had a higher value, cocoon length, cocoon width, and cocoon layer ratio had a moderate value, while the weight of the whole cocoon and pupal weight had a lower value.

2. As to the heritabilities of the same character of the silkworm, they were different in accordance with the male and female. For the combination of two hybrids obtained from the crossing of one polyvoltine to another bivoltine, the female heritabilities were higher than those of the male's. But for the cross of 107 × Nong 51 (both were polyvoltine lavicties), with the exception of cocoon length and cocoon width, the male heritabilities were higher than the female's. This may be due to the genetic conservative character, sex-linked inheritance and maternal effect of the stock of the crossing (parental effect) and also due to the influence of the environmental conditions.

3. The degree of correlation between the silkworm characters varied with different combinations, generally, the genotypic correlation were higher than and phenotypic ones, but both correlations had the same tendency. There were higher positive correlations between weight of the whole cocoon and pupal weight, weight of the cocoon layer, cocoon length, and also between weight of the cocoon layer and the cocoon layer ratio.

4. As to the prospective genetic advance, it was comparatively high in weight of the cocoon layer and the number of eggs laid, moderate in cocoon width and cocoon layer ratio, and lower in weight of the whole cocoon, pupal weight and cocoon length.

5. The heritability and genetic correlation coefficient were by far, not a constant value, they varied with the different environmental conditions, different combination of hybridization, and different calculation methods.