

家蚕の絹物質生成に関する生物特性について

誌名	日本蠶絲學雜誌
ISSN	00372455
著者	竹下, 弘夫 ほか5名,
巻/号	44巻3号
掲載ページ	p. 183-189
発行年月	1975年6月

家蚕の絹物質生成に關与する生物特性について

竹下 弘夫・須藤 光正・倉田 啓而

坂手 栄・松岡 道男・重松 孟

杉並区和田・蚕糸試験場 (〒166)

(1974年7月17日 受理)

家蚕が生産しうる繭糸の量は、長いあいだの淘汰育成により、いちじるしく増大しており、遺伝性 (Heritability) が高い (大塚・中島, 1966; 佐藤ら, 1963; 畑村ら, 1963)。それゆえにその遺伝学的、育種学的研究の蓄積が多いが、繭糸生成を支配する要因の実体的な中味についてはじゅうぶんに整理され明らかになっているとはいえない。一方、絹たんぱく質、とくにフィブロインの生合成に関する生化学的研究は急速にすすみ、最近になって、フィブロインの伝令 RNA (mRNA) が単離された (SUZUKI BROWN, 1972) ことによって、フィブロイン形成の遺伝子を DNA のレベルでとらえうる可能性が生まれた。この段階でこれまで断片的に調査研究の行なわれた繭糸生成に關与すると思われるいくつかの生物特性を整理しながら、その關与のあり方を明らかにする必要が生じた。

本報では、少糸量系と多糸量系のもつこれらの特性の比較に重点をおいて記述する。調査項目は、絹糸腺細胞数、絹糸腺を中心とした体の成長、桑の食下吸収、生成繭の性質である。

材料と方法

試供品種：農林省蚕糸試験場において保存あるいは淘汰された日本種の又昔、赤熟、日1号、大草、日106号、日124号、支那種の湖北、610、支108号 (旧)、支124号、欧州種の Giallo Ascoli、欧16号、010の13品種であった。飼育は桑葉普通育で春蚕期に行なった。

絹糸腺細胞数の調査：各品種30頭を対象に3齢幼虫をスライドガラスの上で解剖し、絹糸腺をピンセットで引き出し、顕微鏡下(100~150倍)で、中部および後部絹糸腺の細胞数を計測した。

5 齢幼虫の成長調査：雄の幼虫の5 齢1日目 (餉食後)、3日目、6日目、9日目および熟蚕について各品種5頭を用いて、生体重、中部および後部絹糸腺、脂肪組織重の測定を行なった。

桑葉食下量、消化量および飼料効率の調査：雌雄80頭について、5 齢起蚕から、熟蚕までの食下桑葉 (乾物) を食下量とし、食下量から排糞の乾物重を差引いた値を消化量とした。生体への飼料効率は5 齢起蚕から熟蚕までの体重の増加分 (乾物量) を食下量で除して求め、繭層への飼料効率は繭層重を食下量で除した値を用いた。

繭形質調査：雌雄各100粒の繭について全繭重、繭層重、繭層歩合を調べた。

結 果

絹糸腺細胞数

結果を第1表に示す。少糸量系と多糸量系とのあいだには細胞数で糸量差を説明しうる差異は見られず、清水・堀内 (1952) の指摘と同じであった。一方、品種の系統によるちがいは認められ、欧州種が中部絹糸腺、後部絹糸腺とも日本種、支那種より多かった。この傾向は、用いた品種のちがいはあるが小野 (1942) の結果と同じであった。第1表に示された分散分析を行なうと品種間の差異の存在を認めることができる。その生物学的意義を知るため、著者らが提起した解析の方法 (重松・竹下, 1968) を用いて 2^n で表わされる細胞分裂の回数求めた。なお、分裂回数は整数で、表わされるべきであるので、期待される回数を想定し (1本の絹糸腺について; 中部 $n=8$, 後部 $n=9$)、実測値とのちがいを分裂の欠落頻度で表わした (第2表)。その結果から、細胞数にみられる品種間のちがいは分裂回数で

第1表 糸量を異にする家蚕品種の絹糸腺細胞数*

糸量系	品 種	系 統	化 性	細 胞 数	
				中部絹糸腺	後部絹糸腺
少 糸 量 系	又 昔	日 本	1 化	110.1±1.0	201.6±2.3
	赤 熟	日 本	1 化	116.3±0.9	222.2±1.6
	日 1	日 本	1 化	114.1±0.9	229.9±2.4
	大 草	日 本	2 化	109.9±0.8	234.2±2.2
	日 106	日 本	2 化	116.3±0.8	223.0±2.7
	湖 北	支 那	1 化	121.0±1.2	217.2±2.2
	Giallo Ascoli	欧 州	1 化	138.9±0.9	274.3±2.3
多 糸 量 系	日 124	日 本	2 化	122.2±1.0	211.8±3.3
	610	支 那	1 化	122.3±0.9	248.2±2.4
	支 108 (旧)	支 那	2 化	113.9±1.0	228.2±1.9
	支 124	支 那	2 化	110.0±1.2	194.5±2.8
	欧 16	欧 州	1 化	136.8±1.7	261.3±2.8
	010	欧 州	1 化	141.7±1.7	267.1±4.0

* この値は一本の絹糸腺の片側について計測したものである。

第2表 2n で計算した絹糸腺細胞の分裂回数 (n) と分裂欠落頻度 (f. d.)

品種	中部絹糸腺		後部絹糸腺	
	n	f. d. (n=8)*	n	f. d. (n=9)*
又 昔	7.81	1.85	8.69	2.6
赤 熟	7.89	1.2	8.83	1.55
日 1	7.86	1.5	8.88	1.2
大 草	7.81	1.9	8.89	0.8
日 106	7.89	1.2	8.84	1.5
湖 北	7.95	0.7	8.79	1.8
Giallo Ascoli	8.15	-1.0	9.13	-0.75
日 124	7.96	0.6	8.76	2.1
610	7.96	0.55	8.99	0.35
支 108	7.83	1.45	8.86	1.25
支 124	7.81	1.9	8.63	3.0
欧 16	8.12	-0.85	9.06	-0.25
010	8.17	-1.3	9.09	-0.45

* n = a としたときの分裂欠落頻度を%で表わす負の値は超過分裂の頻度となる。

は表わすことができず、分裂の欠落頻度の大きさで表わされることがわかった。しかも、その欠落頻度は生物的欠落の範囲におさまるとみてよい。この点はガンマ線照射による分裂の欠損(重松・竹下, 1968)とは様子を異にする。

5 齢幼虫の体重および絹糸腺重

用いた13品種について5 齢幼虫の体重と絹糸腺重を調べた。あわせて比較として、脂肪組織重も調べた。結果を第3表に示す。5 齢6 日目のそれぞれの値を少糸量系と多糸量系について平均値で示すと、体重, 3.367 : 4.450 g (1 : 1.32); 中部絹糸腺, 528 : 709 mg (1 : 1.24); 後部絹糸腺, 288 : 434mg (1 : 1.54); 脂肪組織, 203 : 186 mg (1 : 0.92) である。絹糸腺は中部も後部も体重における少糸量系と多糸量系の差に比例して多糸量系が重くなっていた。ところが、熟蚕時で比較すると中部絹糸腺重は572 : 1451 mg (1 : 2.54) となり、多糸量系では体重増をはるかに越して中部絹糸腺は重くなっていた。一方、熟蚕時の後部絹糸腺重は227 : 356 mg (1 : 1.57) で5 齢6 日目における関係と変わりなかった。脂肪組織は熟蚕時には167 : 225 mg (1 : 1.35) となり体重増と比例して多糸量系の場合多くなっていた。5 齢後半の中部糸腺重の大部分は腺腔内の液状絹に依存することから、多糸量系における腺重の著増は絹糸の生成の大きな活性を反映しているといえよう。多糸量系のうちでも日124, 610, 支124, 欧16, 010 は5 齢の経過を延ばして(少糸量系が6 日にたいして8~10日)糸量をつけたとも考えられるが、支108のようにその経過は少糸量系と同じであ

第3表 5齡幼虫の体重および絹糸腺重(生重)

品種	体 重 (g)						絹 糸 腺 (mg)						脂 肪 組 織 (mg)							
	中 部			後 部			中 部			後 部			中 部			後 部				
	1日目	3日目	6日目	9日目	熟蚕	1日目	3日目	6日目	9日目	熟蚕	1日目	3日目	6日目	9日目	熟蚕	1日目	3日目	6日目	9日目	熟蚕
又昔	0.692	1.16	3.22	—	1.716	11.4	80	411	—	458	13.8	82	218	—	199	15.8	67	188	—	148
赤熟	0.682	1.62	3.06	—	2.11	8	63	446	—	671	9.8	84	291	—	273	18.6	56	161	—	135
日1	0.712	1.962	3.826	—	2.394	14.6	124	588	—	695	14.4	124	292	—	248	21.4	83	221	—	213
大草	0.806	1.868	2.954	—	1.71	7.6	74	495	—	494	6.8	106	303	—	221	23	47	163	—	162
日106	1.074	2.40	4.096	—	1.926	16.6	136	604	—	526	23.6	173	386	—	270	39	65	273	—	184
湖北	0.786	1.864	3.138	—	1.866	16.8	106	530	—	559	23.8	87	227	—	166	23	76	204	—	172
Giallo Ascoli	0.786	1.862	3.274	—	2.076	12.6	102	625	—	598	10.6	92	301	—	214	14.2	72	212	—	153
日124	0.972	2.166	3.918	3.764	3.066	23	137	738	1404	1306	26.6	156	413	460	400	29	53	153	217	218
610	1.408	2.79	5.604	5.77	4.112	40.8	198	989	2001	2210	51.4	246	529	605	482	38	96	222	284	265
支108	1.072	2.902	4.712	—	3.176	30.8	218	892	—	1338	56.4	219	446	—	416	26	64	220	—	226
支124	0.822	1.808	3.25	—	2.50	14.4	111	716	—	1039	9.6	118	398	—	220	20.8	50	146	—	183
歐16	1.138	2.132	4.522	—	2.942	23.2	117	741	—	1208	20.6	124	397	—	244	22.6	60	165	—	246
010	1.296	2.788	4.696	5.29	4.112	27	158	888	1402	1616	25	150	420	416	372	28.8	77	208	230	212

竹下ら：絹物質生成に関する生物特性

第4表 5 齡期の桑葉食下, 消化量および消化率 (対1頭)

品種	食下量 (乾物, g)	消化量 (乾物, g)	消化率 (%)
又昔	2.326	0.850	36.6
赤熟	2.717	0.930	34.2
日1	2.575	0.934	36.3
大草	2.396	0.924	38.6
日106	2.550	0.942	36.9
湖北	2.466	0.894	36.3
Giallo Ascoli	2.640	0.878	33.3
日124	4.108	1.373	33.4
610	4.812	1.745	36.3
支108	3.743	1.297	34.7
欧16	4.291	1.506	35.1
010	4.393	1.500	34.1

第5表 5 齡期の桑葉の飼料効率 (乾物表示)

品種	蚕体 (%)	繭層 (%)
又昔	16.0	7.1
赤熟	15.8	8.1
日1	17.6	8.8
大草	16.1	8.0
日106	17.8	8.6
湖北	17.6	7.9
Giallo Ascoli	16.6	7.8
日124	16.1	11.6
610	15.9	12.6
支108	16.4	11.3
欧16	15.9	11.5
010	14.7	11.7

第6表 繭の形質

品種	全繭重 (g)			繭層重 (mg)			繭層歩合 (%)
	♀	♂	平均	♀	♂	平均	
又昔	1.42	1.23	1.35	173	163	168	12.4
赤熟	1.507	1.227	1.367	186	182	184	13.5
日1	1.703	1.326	1.515	237	226	232	15.3
大草	1.613	1.328	1.470	192	192	192	13.1
日106	1.834	1.395	1.615	260	203	232	14.4
湖北	1.568	1.232	1.400	187	178	183	13.1
Gillo Ascoli	1.77	1.40	1.58	193	186	189	12.0
日124	2.212	1.748	1.980	464	446	455	23.0
610	2.701	2.127	2.414	571	570	571	23.7
支108	2.220	1.801	2.011	438	419	429	21.3
支124	1.980	1.870	1.925	400	370	385	20.0
欧16	2.32	1.87	2.09	446	401	423	20.2
010	2.68	2.27	2.481	591	595	593	23.9

っても糸量を他の5品種と同じようにつけている点からみると、多糸量系における糸量の増大は体重をふやす要因のほかに別の要因が関与しているとみられる。後部絹糸腺はフィブロイン合成の場であり、また、フィブロインは繭糸の8割近くを占める点から、繭糸生成量の大小は後部絹糸腺の大きさと関係があると期待されるが、実体は生体重のふえる以上には大きくなっていないかった。

5 齡幼虫の桑葉食下および消化量

支124を除く12品種について5齡期間の桑葉食下量と消化量を調べ、消化率を計算した結果を第4表に示す。食下量、消化量とも多糸量系の品種は少糸

量系の品種より値が大きい。ところが、消化率には品種間の差を認めることができなかった。すなわち食下された桑葉は飼料の条件が変わらないかぎり、どの品種も同じ比率で、消化されることを示している。消化された桑葉成分がどのように分配されるかを体全体と繭層について調べ、その結果を飼料効率として第5表に示す。蚕体への飼料効率はどの品種もほぼ等しい。ということは、食下した桑葉の量に比例して体重が増加していることを示している。これに対して、繭層への飼料効率は多糸量系と少糸量系とは明らかに異なり、前者のほうが効率がよいことを示している。

第7表 少糸量系と多糸量系についての調査項目のあいだの関係

系 統	中部絹糸腺 (熟 蚕)	後部絹糸腺 (6 日目)	脂肪組織 (6 日目)	繭 重	繭層重	繭 層 重	繭 層 重
	体 重 (6 日目) (mg/g)	体 重 (6 日目) (mg/g)	体 重 (6 日目) (mg/g)	体 重 (6 日目) (g/g)	体 重 (6 日目) (mg/g)	中部絹糸腺 (熟蚕) (mg/mg)	後部絹糸腺 (6 日目) (mg/mg)
少糸量系	172±29	85±13	60±5	0.441±0.040	58.9±3.4	0.350±0.054	0.685±0.091
多糸量系	324±45	99±13	41±4	0.491±0.063	107.4±14.0	0.338±0.055	1.100±0.169
有意差	有	無	有	無	有	無	有

繭形質および繭糸生成量

13品種の繭の調査結果を第6表に示す。多糸量系は少糸量系より繭層歩合が高いのは、繭糸の生成効率を高める方向に淘汰された実績を示している。5齢6日目において少糸量系の平均の0.9倍(支124)から1.7倍(610)の体重を示す多糸量系は繭糸を2倍(支124)から3倍(610)生成している。これは熟蚕時における多糸量系の中部絹糸腺重が少糸量系の平均の約2倍(支124)から4倍(610)を示しているのとはほぼ比例している。

第3および6表から繭糸生成に関係のある調査項目のあいだの関係を少糸量系(7品種)と多糸量系(6品種)との比較で表示したものが第7表である。5齢6日目の体重を基数として各調査項目の大きさを見ると、繭層重と熟蚕の中部絹糸腺重では多糸量系と少糸量系とのあいだに有意差が認められ、ともに前者のほうが後者の約2倍であった。一方、後部絹糸腺重と繭重については差がなかった。5齢6日目の脂肪組織は多糸量系のほうが少糸量系より小さいが、熟蚕の脂肪組織では両系統のあいだに差がなくなる。繭層重と中部絹糸腺重との関係は当然のことながら直接的であった。ところが繭層重と後部絹糸腺重との比率をみると、多糸量系のほうが少糸量系よりはるかに高かった。

考 察

家蚕の繭糸量を支配する遺伝的要因については前報(倉田ら, 1974)において論じたが、品種のあいだで繭糸の生成量が異なるという現象が蚕体のどの部分に現われるのかを明らかにしようとした。本報でとりあげた調査項目は、繭糸生産の場である絹糸腺と、体の成長にかかわるものであった。はじめに、絹糸腺の細胞数を問題にしたが、細胞数は家蚕

においては同一レベルの固定した数をもち、繭糸生成の遺伝的多寡とは無関係であった。このことは絹糸腺細胞あたりの機能に大小があることを示している。この機能差がなにによってもたらされるかが問題となる。明らかに多糸量系の品種は少糸量系より体全体が大きい。これは、桑葉の食下量に比例する。この食下量によってもたされる体の成長の枠をはるかにはみ出して多糸量系では繭糸を生成する。つまり、少糸量系から多糸量系へ家蚕が育成される段階で、体成長の増大よりも繭糸生成の効率のいちじるしい増大が図られた、といえる。少糸量系から多糸量系への効率の増大は後部絹糸腺の成長量の増大よりはるかに大きい。このことはこの絹糸腺における絹たんぱく生成の効率が高まっていることを示している。その効率が後部絹糸腺の核酸量で示されることは前報(倉田ら, 1974)で論じた。

家蚕が生理的障害を受けた場合、繭糸の生成能が絹糸腺細胞数に規制される場合(重松・竹下, 1968)、とくに熟蚕以後のプールの大きさに規制される場合(重松・竹下, 1967; SHIGEMATSU・TAKESHITA, 1968; NOGUCHIら, 1974)がある。そして、いずれも量として表示しうが、本報のように正常な条件下で家蚕が生育している場合は障害を受けた場合にみられるような規制要因は存在しえないといえる。

一方で、繭生産はあくまでも体の成長を前提とすることはいうまでもないことで、このことは成長の能力を規制する要因の一つとして窒素の供給、分配の問題の詳細な検討を必要としている。

摘 要

家蚕の繭糸の生成量を支配する生物学的要因として、これに、直接かかわる絹糸腺と体の成長について、少糸量系および多糸量系の13品種を用いて比較

調査した。

絹糸腺の細胞数については実数として、日本種および支那種と欧州種とのあいだに差が認められるが細胞分裂の回数からみるといずれの品種も同じでちがいがなかった。それゆえに、絹糸腺の細胞数と繭糸量との対応関係はない。

中部絹糸腺はその腺腔に大量に生成された液状絹を貯留するために多糸量系は少糸量系に比べ2~4倍の重さを示すが、後部絹糸腺は体重差(多糸量系は少糸量系の1.2~1.7倍)の範囲内でしか差は認められなかった。

桑葉の消化率ほどの品種も同じであることから体の成長量は桑葉の食下量に比例しているといえる。ところが生成繭の繭層は多糸量系が少糸量系の2~3倍となっており、このことは多糸量系の繭糸生成効率が少糸量系より高まっており、その機能としての根源は絹糸腺自体にあることを考察した。

文 献

畑村又好・齋尾乾二郎・大塚雍雄(1963): 日蚕雑,

32, 194.

倉田啓而・竹下弘夫・重松 孟・坂手 栄(1974): 日蚕雑, 43, 296-303.

NOGUCHI, A., H. TAKESHITA and H. SHIGEMATSU (1974): J. Insect Physiol., 20, 783-794.

小野正武(1942): 鹿児島高農学報, 14, 123-156.

大塚雍雄・中島文人(1966): 育雑, 16, 62.

佐藤正市・寺島和市・谷口義雄(1963): 日蚕雑, 32, 194-195.

重松 孟・竹下弘夫(1967): 蚕糸研究, No. 65, 125-128.

重松 孟・竹下弘夫(1968): 蚕試報, 23, 121-148.

SHIGEMATSU, H. and H. TAKESHITA (1968): J. Insect Physiol., 14, 1013-1024.

清水 滋・堀内彬明(1952): 日蚕雑, 21, 37-38.

SUZUKI, Y. and D. D. BROWN (1972): J. Mol. Biol., 63, 409-429.

Summary**Biological characteristics of factors concerning silk formation
in the silkworm, *Bombyx mori*, L.**

By

Hiro TAKESHITA, Mitsumasa SUTO, Keiji KURATA, Sakae SAKATE,
Michio MATSUOKA and Hajime SHIGEMATSU

The silkworm has high heritability in the silk formation and has been bred for a long time to give the efficient varieties. In the present experiments, We compared some biological factors of 13 varieties producing different amount of silk. The varieties were as follows. Japanese varieties, Matamukashi, Akajuku, Nichi 1, Okusa, Nichi 106 and Nichi 124; Chinese varieties, Kohoku, 610, Shi 108 and Shi 124; European varieties, Giallo Ascoli, \bar{O} 16 and 010.

Cell numbers of the silk gland were fundamentally the same among all varieties and did not directly correlate with the ability of silk formation. The size of silk gland increased in proportion to the body weight in the varieties which produce a larger amount of silk. An increase of the ability of silk formation in those varieties was far higher than the increase in the body weight in the course from the smaller to the larger silkworms. The increase of body weight during the fifth instar was accompanied by the amount of mulberry leaves fed by the larva. The varieties of larger silkworms were superior to the smaller silkworms 0.9 to 1.7 times in body weight at the sixth day of fifth instar, 2 to 4 times in weight of the middle division of silk gland at the matured period, and 2 to 3 times in cocoon silk. These results may indicate that the high efficiency in the silk formation achieved by the varieties which produce a larger amount of silk is due to the large function of the silk gland.

(The Sericultural Experiment Station, Tokyo 〒166)