

家蚕幼虫消化器官の局所的機能差に関する研究

Ⅳ 中腸被膜組織内栄養物質の蓄積と消耗

山口定次郎*・降旗剛寛*

Sadajiro YAMAGUCHI, Yoshihiro FURIHATA: Studies on the Functional Localization of Digestive System in the Silkworm Larva, *Bombyx mori* L.

IV. On the Accumulation and Consumption of Nutrients in the Midgut Epithelium.

(昭和33年9月20日受理)

著者は蚕の中腸組織の局所的機能差について研究を続け、その酵素作用において(山口, 1955, 1957), グリコーゲン蓄積作用において(山口, 1956), 又幼虫の結紮による中腸内容物と体液の性状成分の変化等との関係についての研究において(山口, 1954), 蚕の中腸は形態上でも区別ができるように、各部位により、栄養物質の血液への通過とか、細胞内での蓄積などについて、機能的にも差異あることが認められ、特に、中腸後部には多量のグリコーゲンの蓄積や分解消失が見られること等から WIGGLESWORTH (1942) が蚊(*Aedes*)の幼虫で見ているように、この組織は中間代謝の役割をも果している部分と考えられるに至った。

本報告において著者等は、特に食桑及び絶食中の中腸被膜組織重量の増加と減少の割合を検討し、栄養質摂取蓄積及び分解消耗の有無、又局所的機能差について研究を行ったので之を報告する。

材料及び実験方法

材 料

供試蚕品種：支108号，長光×信和，日122号×支122号（以上1956），瘤蚕（コブ），欧19号，日122号×支122号（以上1957）等を用いた。

実験方法

中腸被膜組織各部の重量測定

中腸被膜組織の増加量については、5齡起蚕より食桑させたものを、48時間以内について一定時間毎に測定した。又減耗量は、3—4日食桑させ十分に栄養を摂取し

たと思われる頃の蚕児を36~48時間絶食させて一定時間毎に測定を行った。

材料蚕は、略同大に発育したものを選び、各10頭をとり、生理的食塩水中で解剖し、中腸内の食片は胃腔膜と共に除き去り、中腸被膜組織のみを蒸留水で洗い、濾紙で水の余滴を吸い取り、速かに、前、中及び後部の3部に区分し、夫々秤量瓶に容れ、できるだけ短時間内に新鮮物量を測定し、続いて70°~80°Cの乾燥器内で一定重量となる迄乾燥した。中腸の区分については、従来の方法と同様に、中腸後部とは、特に皺皺の多い部分をいい、前方の皺皺の少ない部分を切半して、前部を中腸前部、中部を中腸中部とした。

測定結果は新鮮量と乾物量とを対10頭分の実測値で示すと共に、増減の割合を同一条件で比較するために食桑又は絶食を始める前の組織重を夫々指数100とし一定時間経過後の重量を之に対する100分比をもつて表した。

実 験 結 果

(1) 食桑時における中腸被膜組織各部の重量増加

起蚕について、中腸被膜組織を前、中及び後部に3区分し、空腹時から、食桑48時間迄の増加を、新鮮量と、乾物量について測定した結果は次の図及び表の通りである。

これによれば、数品種共に組織の重量増加の状態は略同様であり、新鮮量でも乾物量でも全く同一傾向で、概して直線的増加を示す。而して36~48時間内の重量増加は、中腸後部において著しく大で、前部が之に次ぎ、中部は最小である。すなわち之によれば、栄養質の摂取又は蓄積（乾物量）については次の様な関係がみられる。

前部：中部：後部=325：286：472

* 信州大学繊維学部蚕種学研究室

〔信大繊維学部研究報告 第7号 1958〕

Table 1. Weight increase of the three divisions of midgut wall of silkworm larva in the feeding course.

	Time of feeding	Midgut epithelium					
		Anterior		Middle		Posterior	
		Fresh wt.	Dry wt.	Fresh wt.	Dry wt.	Fresh wt.	Dry wt.
Actual weight	0 hr	0.160 g	0.030 g	0.160 g	0.028 g	0.132 g	0.028 g
	2	0.190	0.035	0.220	0.030	0.139	0.032
	6	0.259	0.040	0.225	0.035	0.198	0.054
	12	0.280	0.042	0.299	0.038	0.334	0.084
	24	0.365	0.073	0.310	0.065	0.360	0.097
	36	0.392	0.093	0.358	0.080	0.616	0.112
	48	0.405	0.107	0.380	0.086	0.730	0.147
	Per cent of initial weight	0 hr	100	100	100	100	100
2		119	126	137	107	105	114
6		162	133	140	125	150	199
12		175	140	186	136	253	300
24		228	243	193	232	272	346
36		245	310	223	285	466	400
48		253	332	237	307	553	525

Note : Figures show the weight of midgut wall of every ten larvae fed since just after the fourth ecdysis, Material : silkworm variety.....Chōkō×Shinwa

Table 2. Weight increase of the three divisions of larval midgut wall in several varieties of silkworm.

Silkworm variety	Time of feeding	Fresh weight			Dry weight			
		Anterior	Middle	Posterior	Anterior	Middle	Posterior	
Chōkō × Shinwa	Act. wt.	0 hr	0.160 g	0.160 g	0.132 g	0.030 g	0.028 g	0.028 g
	%	48	0.405	0.380	0.730	0.107	0.086	0.147
C. 108	Act. wt.	0	0.150	0.195	0.126	0.015	0.025	0.025
	%	36	0.467	0.590	0.570	0.055	0.079	0.173
Kobu (Knobbed)	Act. wt.	0	0.130	0.130	0.160	0.015	0.017	0.018
	%	48	0.398	0.372	0.570	0.062	0.060	0.090
E. 19.	Act. wt.	0	0.162	0.152	0.164	0.034	0.036	0.038
	%	48	0.416	0.378	0.500	0.090	0.096	0.116
N 122 × C 122	Act. wt.	0	0.124	0.129	0.148	0.019	0.020	0.021
	%	48	0.327	0.292	0.451	0.047	0.041	0.059
	%	0	100	100	100	100	100	100
	%	48	264	226	305	257	205	282

Note : Act. wt.Actual weight.
%.....Per cent of initial weight.

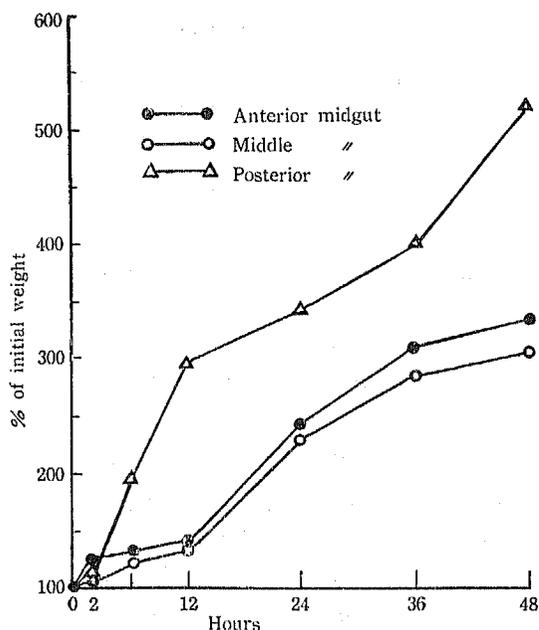


Fig. 1. Weight increase as per cent of initial weight of midgut wall in silkworm larva when fed on mulberry. (in dry weight) Material: Chōkō Shinwa

然し実験によれば、増加の状態に変わりはないが、蚕の種類によつて、後部と、前部、中部の増加量の差がかなり明かなものもあり、又あまり大差を示さぬものもみられる。尙此の場合食桑に伴い組織又は細胞自体の生長もある筈で、増加量が直ちに蓄積量を示すとは限らないけれども、従来の組織学的観察からみても、細胞の実質が1日間に3~4倍以上も生長するとは考えられないので、結局被膜組織重量の増加は、蓄積物質の増加と或程度平行するものと見做してよいと考えられる。

註・実際には数品種につき各部位毎に増加及び減少について新鮮物と乾物とを実測したが、詳細な記載を避け、表、図共にその一例のみを掲載した。

(2) 絶食に伴う中腸被膜組織各部の重量減少

実験(1)に於ては組織自体の生長も加味されているのでこの蓄積量を更に確かめるためと、又如何にして、貯蔵された物質が、そのまま又は分解により、腸壁を通過し消失するかを知るために、一度食桑して栄養質を充分に蓄積した、5齢4日目の蚕を絶食させ、前と同様に時間の経過に伴う中腸被膜の重量を、各部位について測定した。調査の結果は次の通りである。(第3、4表及び第2図)

Table 3. Weight decrease in the three divisions of midgut wall of silkworm larva in the fasting course.

	Time of fasting	Midgut epithelium					
		Anterior		Middle		Posterior	
		Fresh wt.	Dry wt.	Fresh wt.	Dry wt.	Fresh wt.	Dry wt.
Actual weight	0	0.630 g	0.132 g	0.527 g	0.095 g	0.950 g	0.175 g
	6	0.625	0.110	0.520	0.085	0.785	0.140
	12	0.560	0.095	0.500	0.080	0.733	0.130
	24	0.544	0.094	0.480	0.075	0.705	0.100
	48	0.445	0.090	0.437	0.067	0.600	0.098
Per cent of initial weight	0	100	100	100	100	100	100
	6	99	83	99	89	83	80
	12	88	72	95	84	77	74
	24	86	71	91	79	74	57
	48	76	68	83	71	63	56

Note: Figures show the weight of midgut wall of every ten larvae starved since the fourth day in the fifth instar.

Material: silkworm variety Chōkō Shinwa.

Table 4. Weight decrease of the three divisions of larval midgut wall in several varieties of silkworm.

Silkworm variety		Time of feeding	Fresh weight			Dry weight		
			Anterior	Middle	Posterior	Anterior	Middle	Posterior
Chōkō × Shinwa	Act. wt.	0 hr	0.630 g	0.527 g	0.950 g	0.132 g	0.095 g	0.175 g
		48	0.445	0.437	0.600	0.090	0.067	0.098
		0	100	100	100	100	100	100
	%	48	76	83	63	68	71	56
N. 122 × C. 122 (1)	Act. wt.	0	0.710	0.701	0.918	0.110	0.102	0.175
		48	0.440	0.510	0.515	0.065	0.062	0.080
		0	100	100	100	100	100	100
	%	48	69	73	57	59	61	46
Kobu (Knobbed)	Act. wt.	0	0.550	0.420	0.650	0.105	0.090	0.145
		48	0.290	0.245	0.325	0.064	0.062	0.077
		0	100	100	100	100	100	100
	%	48	53	58	50	61	69	53
E. 19	Act. Wt.	0	0.430	0.382	0.504	0.096	0.090	0.116
		48	0.274	0.270	0.312	0.052	0.048	0.060
		0	100	100	100	100	100	100
	%	48	64	71	61	54	53	52
N. 122 × C. 122 (2)	Act. wt.	0	0.392	0.311	0.509	0.060	0.049	0.072
		48	0.233	0.211	0.294	0.033	0.028	0.037
		0	100	100	100	100	100	100
	%	48	59	66	54	58	57	51

Note: Act. wt. Actual weight.

% Per cent of initial weight.

Chōkō×Shinwa, N. 122×C. 122(1), Kobu.....the fourth day old larvae of the fifth instar.

E. 19, N122×C122(2).....the third day old larvae of the fifth instar.

上表及び次図の結果によれば、増量の場合のように著しくはないが、5品種共に同様で新鮮量も、乾物量も、同傾向をもつて減量していく。すなわち24時間目頃迄は急減し、以後は漸減する。減少の割合を局所的に比較すると、中腸後部は常に最大で、前部之に次ぎ、中部は最も

少ない。その関係を5種類平均の組織重量の乾物量%をもつて示すと次の通りである。

前部：中部：後部=60：62：52

従つて減少の割合は後部は中部及び前部より大で、最も増量の場合の局所差と一致している。

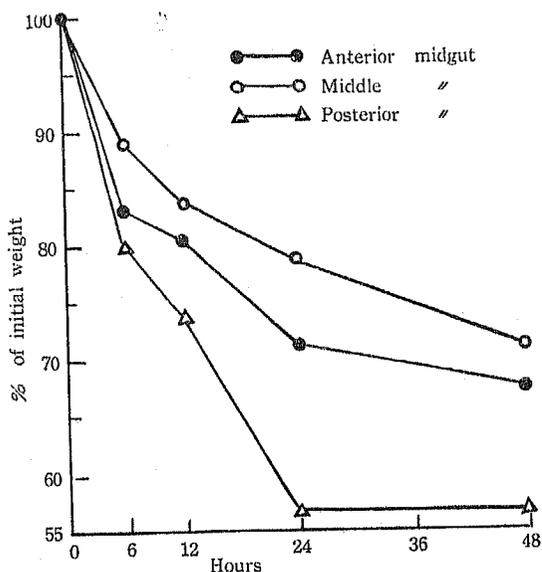


Fig. 2. Weight decrease as per cent of initial weight of midgut wall in starved silkworm larva. (in dry weight)
Material: Chōkō × Shinwa

考 察

以上食桑中と絶食中の中腸被膜の増加量及び減少量を比較した所、48時間の範囲での観察では新鮮量でも乾物量でも略同様に、後部>前部>中部の関係にあることを知った。すなわち中腸は何れの部分も消化、吸収作用はもとより、栄養質の貯蔵、分解作用にも与っており、就中中腸後部の皺襞部はその形態の複雑な如く、貯蔵や分解の機能が可也高いことが判った。

WIGGLESWORTH (1942) は蚊 (*Aedes aegypti*) の幼虫を用い種々の栄養質について研究し、中腸後半部はグリコーゲンの生成蓄積、分解の役割を果し、又前半部は脂肪の貯蔵に役立つことを指摘し、中腸が中間代謝の作用を支配しているものようであると述べている。WATERHOUSE (1955, 1957) は肉蠅の中腸について、又 WATERHOUSE and STAY (1955) は同じ昆虫の後腸について、種々の物質貯蔵の局所差を研究し、貯蔵、代謝及び排泄等に関し興味ある結果を報告している。又 POULSON and BOWEN は *Drosophila* につき、鉄、銅などの吸収を調べ、DAY and POWNING (1949) は *Blattella* の中腸のグリコーゲン含有とその機能について、夫々局所差のあることを報告している。

山口 (1955) は家蚕幼虫につき中腸壁に含まれる各種消化酵素作用につき、又岩下、山口 (1957) は Acid 及 Alkali phosphatase につき共に後部皺襞部に特に強大であることを指摘し、又山口 (1956 b, 1957) は中腸内でのグリコーゲン合成及び分解酵素の作用は特に、後部に於て大であることを見出したが、本研究における中腸被膜組織内栄養質の貯蔵蓄積 (増加) 及び分解 (減少) が中腸後部にあつて甚だ活発な事実と、極めて密接な関係にあるものと考えられる。尚又山口 (1954) は食桑中の幼虫を胴部結紮を行えば、血液屈折率が中腸前部又は中部に該当する部分において高く後部では可也低いことを指摘したが、之は本研究結果と併せ考察するに中腸前中部では消化物質 (例えばアミノ酸、糖類) の貯蔵は少く栄養質は速かに、血液側へ吸収、通過されるためであり、反対に、中腸後部該当血液の屈折率が低いのは、一つは吸収されやすい栄養質がもはや中腸後部腔内には少ないということと、もう一つはこの部分が貯蔵蓄積の作用が強く、血液への移行が前中部に比して少なく、かつ速かでないためと考えられる。

次に絶食実験において48時間内の中腸組織重の減少割合は、大略50%を示したが、板谷 (1936) の蚕の飢餓の研究では同じく48時間の範囲内で減少最大なのは、炭水化物と脂肪で、共に35%内外を減じているが、その他のものは7%内外を減ずるのみであると記している。このことは山口 (1956) の中腸内グリコーゲンの組織化学的研究においてもうかがい知ることができる。

他の動物については小泉 (1955) は飢餓中の馬の肝臓の細胞面積を組織学的に測定し31日間では飢餓前の46% (54%の縮小) を示したと報告している。すなわち、脂肪細胞又は肝臓細胞の如き中間代謝に関与する組織は、他組織に比し遙かに細胞の形態に大きい変化を示すことは明かであつてこの点からも蚕の中腸が中間代謝に係する器官であると考えて差支えないと思う。尙著者等は蚕について細胞面積を調査しているが別報に記す予定である。

摘 要

家蚕中腸の被膜組織が、吸収した栄養質につき、蓄積の作用或は中間代謝の役割を果しているか否か、もしこの機能ありとすれば、その何れの部位で行われるかを知らんとして、著者等は、数品種の5齢期の幼虫を用い食桑蚕、絶食蚕を材料とし、中腸を従来の研究に従い3区分し、新鮮物及乾物の重量変化を測定した。

1. 第5齡起蚕を食桑させた場合、中腸被膜の重量は全体として漸進的に増加するが、前部、中部に比し、後部皺襞部における増加は極めて顕著である。

2. 第5齡3, 4日目幼虫を絶食させた場合、中腸被膜組織の重量は、之も全体として漸減的であるが、中腸後部の減量割合が最も著しいこと、及びはじめ1日間位に急に減少することが目につく。

3. 中腸被膜の新鮮物及び乾物量の増加、減少は、夫夫その部位の栄養質の蓄積、消耗を示すものであることは確実であつて、蚕の幼虫の中腸、特に其の後部は、消化吸収のみならず、例えば WIGGLESWORTH (1942) が蚊 (*Aedes*) の幼虫の実験で指摘しているように、恰も中間代謝の如き、蓄積と消費の機能を有するものであると考えることは不合理ではないと思う。

本研究を行うに当つては、蒲生俊興博士、八木誠政博士及び有賀博士(東大)より懇切な御指導を賜つた。又実験は宮崎久雄、安達卓三両氏の協力による所が極めて多い。茲に併せて深謝の意を表する次第である。

引用文献

- 堀江保宏・田中元三：日蚕誌, 28 (2), 40—45 (1957)
 板谷健吾：理論実験蚕体生理学 171—173 (1936)
 岩下嘉光・山口定次郎：日蚕誌, 要旨 26 (3), (1957)
 小泉芳夫：動物, 64 (5), 145—148 (1955)
 POULSON, D. F. and V. T. BOWEN: Exptl. Cell Research, Suppl. 2, 161—179 (1952)
 山口定次郎：蚕糸学雑誌, 14 (2), (1942)
 — : 信大織報 (4), (1954)
 — : — (5), 47—52 (1955)
 — : 日蚕中部講演集Ⅻ 3 (1956a)
 — : 信大織報 (6), 45—50 (1956b)
 — : — (7), 68—72 (1957)
 WATERHOUSE, D. F. and B. STAY: Aust. J. Biol. Sci. 8(2), 253—277(1955)
 — : Aust. J. Biol. Sci. 8(4), 514—529 (1955)
 — : Ann. Rev. Entomol. 2, 1—18 (1957)
 WIGGLESWORTH, V. B.: J. Exptl. Biol., 19, 56—77 (1942)

Summary

In an attempt to prove whether the midgut

epithelium of silkworm larva, *Bomby mori* L., plays a part in accumulation, or in intermediary metabolism of the nutritive materials it absorbed, and if such are present, in which portion or portions they take place, the fresh and dry weight of three divisions of the midgut (anterior, middle and posterior) divided by cutting was measured hourly either after feeding on mulberry or after fasting. The results are summarized in the following table.

Table : Weight changes as per cent of initial weight in the three divisions of silkworm midgut after 48 hours of feeding or starvation.

Division of midgut	After feeding	After starvation
Anterior	325	60
Middle	286	62
Posterior	472	52

The midgut increases in weight progressively when fed immediately after the fourth ecdysis. It is more remarkably in the posterior than in the anterior and middle divisions. While in the starvation experiments, in which the third day old larvae of the fifth instar were used, the weight of whole midgut epithelium decreases also progressively, but most markedly in the posterior too. As it is highly probable that the gain or the loss of fresh and dry weight of the gut wall indicates respectively the storing or disappearing of the nutritive substances in that place, it may not be unreasonable to consider that the midgut epithelium of silkworm larva, especially its posterior division plays in the function of accumulation or consumption as well as intermediary metabolism of the nutritive materials beside those of digestion and absorption, for example as pointed out in mosquito larvae first by WIGGLESWORTH(1942).

(Faculty of Textile and Sericulture, Shinshu University, Ueda Japan.)