

家蠶幼蟲中胃消化液の分泌竝に消化物質の吸収に 關する實驗的觀察

山口 定次郎

Sadajirō YAMAGUCHI: An experimental observation on the mid-intestinal secretion of gastric juice and absorption of nutrients in the larva of silkworm, *Bombyx mori* L.

緒 言

蠶兒の中胃は一般には全體として消化液を分泌し、消化作用を營むと共に營養分の吸收作用に與るものと見做されてゐる。然るに近時中胃はその部位により機能的に分化してゐるもの如くであること考へられるに到つた。けれども消化液の分泌乃至消化物質の吸収に就ては組織細胞學的の研究が行はれて居り、或は一元説を又或は二元説を提唱されてはゐるが、その生理作用に關しては未だ直接的證明が爲されてゐない。

著者は茲に於て中胃皮膜細胞面のpHを測定し、又色素及び他の物質の吸着吸收に就て實驗的觀察を行ひ、消化吸收機能の一面を明にし得たこと信ずるので茲に報告する。

本研究を行ふに當り、工藤榮次氏及び堀江平三氏は、特に實驗に對し多大なる助力を與へられた。茲に深謝の意を表する次第である。

I. 實驗材料及び方法

供試材料及び方法に就ては各實驗に於て示す。

II. 實 驗

A. 消化液の分泌に關する實驗觀察

消化液分泌に關する從來の多くの研究は、前中及び後胃につき若くはその各胃の各部につき何れも胃腔内容物の性質を調査してゐるが、元來胃腔内では食物と胃壁細胞面の中間には圍食膜が存在するので、此の事を考慮に入れる必要があると思ふので、著者は先づ細胞面の性質より之を觀察することとした。

(1) 中胃の中性赤生體染色

太田氏は中性赤の添食又は注射により蠶兒の生體染色を行ひ、中胃が前部及び後部に於て染色状態に著しい差異あるを指摘し、生體染色は機能的研究に役立つべしと述べてゐる。然し中性赤の着色差異に就ては更に言及してゐない。

著者は日110號、支106號及び歐19號(1938~1940)其他多數の蠶兒、主に4、5齡に就て色素中性赤を桑葉と共に食下せしめ生體染色を行ひ、25°Cにて約3時間を経て着色囊を排出するに到つて蠶兒を採り、之を湯殺し直ちに中胃を解剖し胃壁内面を切り開き、圍食膜と共に食物を除去し、蒸溜水中でスライド硝子上に展延し靜かに胃壁細胞面を洗ひ、後既に生體のまま染められた色調を觀察した。

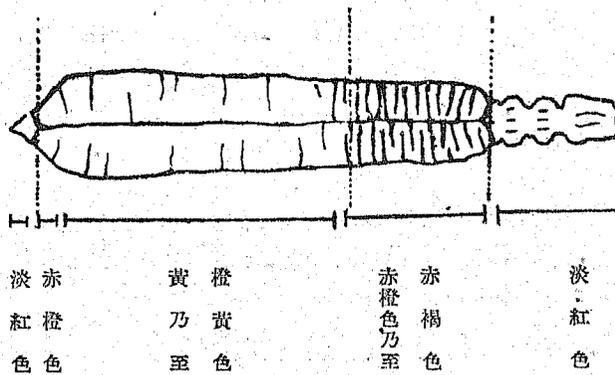
觀 察 結 果

添食長時間に亙るもの、熟蠶に近きもの、湯殺後長時間を経たるもの等を除いては、多くの場合次の如き色調の變化を観た。(第1表及び第1圖)

第1表 中性赤による消化管内壁染色状態

	前 胃	中 胃			後 胃
		最前極小部	前 2/3 部	後 1/3 部	
對 照 蠶	白 色	微 綠 色	黃 白 色	微 綠 色	白 色
中性赤添食蠶	淡 紅 色	赤 橙 色	黃~橙黃色	赤橙~赤褐色	淡 紅 色

第1圖 中性赤に仍る胃壁内面の染色状態



即ち消化管の中、前胃部は淡紅色乃至白色、中胃最前端僅小の部分は赤橙色、又中胃後部1/3 即ち特に皺襞多き部分は赤橙乃至赤褐色を呈するが、中胃前部2/3は大部分黄色乃至淡橙黄色で恰も無着色又は淡着色の感がある。太田氏は之を染色度の相違み見做した。然し茲に中性赤の性質として中性 (pH7.0) に於て赤橙色を呈し、之よりアルカリ性強き側に於て橙色より更に黄色に變じ、酸性強き側に於て赤色に變じ、更に赤紫、藍色に變化するものである事は既知の事實であるので、此の場合の色調の差異がPHの變化に基くものたる事も亦容易に想像し得られる。そこで之を検證する爲に稀鹽酸 (pH 5.0内外) を切開胃壁面に滴下した處、豫想の如く黄乃至橙黄色の部は忽ちにして橙赤色に變化した。同様の變化は蠶兒の體液 (pH 6.5内外) を注下するこみによつても見られた。即ち此の部分も他の部分も同様に中性赤によつて染色されてゐたのではあるが胃液の強アルカリの爲に變色し、恰も無染色又は淡着色の如くに見えたのである事が明白である。換言すれば此の中胃前2/3部はアルカリ性強き消化液の分泌に與つてゐることが考へられる。

因に中性赤の色調と pH 價の關係は次の通りである。

色 調	橙	赤 橙	赤	赤 藍	藍
pH 價	8.0 以上	7.0	7.0以下	6.6~4.0	3.0

(2) 中胃の解剖直後中性赤染色及び其他の色素に依る比色的 pH 價の測定

同様な材料蠶 (5 齡 4 日目頃迄) を湯殺し、直後に胃壁細胞面を先の如くにして露出せしめ、

中性赤其他 2.3 の pH 價比色指示藥たる色素液を注下、染色を試みた處、瞬時にして前の生體染色の場合と殆ど同様に夫々の色調を示した。そこで此の簡易法により多數個體につき調査したが、その色調から推定し讀取つた胃壁細胞面の近似 pH 價を各部位に就て見るに次表に示す如くである。(第 2 表)

第 2 表 中胃の各部位の pH 價

pH 指示藥	中 胃		前胃部及後胃
	前 部 2/3	後 部 1/3	
中 性 赤	8.0 <	7.0~7.0 >	6.8 >
フェノールレッド	8.0 <	7.0~6.8	6.8 >
ブローム、チモールブルー	7.6 <	6.8~6.6	6.8 >
チモール、ブルー	8.0~8.2	7.0 >	6.8 >

之によれば中胃前部 2/3 の細胞面は pH 8.0 以上、後部 1/3 の皺襞部は 7.0 以下 6.6 の近くであることが知られる。尙此の前後部の境界は可也劃然と區別せられる。

斯様な pH の變化は最早云ふまでもなく、中胃の皮膜細胞(圓筒細胞並に盃狀細胞)が含有する細胞液又は分泌液の性質を示すものであるが、湯殺解剖の直後に於ても猶是等の液が滲出又は漏出しつゝあることが明である。

(3) 強制的に胃液を吐出せしめた場合

電氣刺戟(100 volts)をもつて強制的に消化液を急激に吐出せしめた蠶兒につき解剖後、中性赤染色の結果、多くの場合中胃前部 2/3 は普通蠶の夫に比し稍々赤色調を増すことを觀たが、之はその部のアルカリ物質の減少を語るものではないかと思はれる。

(4) 中胃皮膜細胞 pH 價の時期的變化

4 齡末期より 5 齡熟蠶期に到る迄、毎日の蠶兒につき pH 指示藥クレゾール赤、其他 2.3 を用ひ、中胃細胞組織各部を切り取り試験管中に於て、その色調の變化を觀、pH の近似値を讀み取つた。(第 3 表)

第 3 表 4 齡乃至 5 齡蠶兒中胃各部の pH 價

蠶 齡	前 部 1/3	中 部 1/3	後 部 1/3
4 齡 4 日目	8.5	8.0	7.2
〃 5 日目	8.4	8.8	7.6
第 4 眠 中	7.8	7.2	7.2
5 齡 起 蠶	8.8	8.6	7.2
〃 2 日目	8.4	8.4	7.6
〃 3 日目	8.8	8.8	8.0
〃 4 日目	8.2	8.0	7.4
〃 5 日目	8.8	8.4	7.2
〃 6 日目	8.8	8.4	7.2
〃 7 日目 (熟蠶に近し)	8.0	7.4	7.0

之に依れば各部共 pH 價は眠中に低下する。5 齡中變化は起蠶より 3 日目迄高く、4 日目に低い成長極度に到る迄可成高い。熟蠶になるに再び低下する。尙此の場合も時期的如何を問

はず中胃前部 1/3 は pH 最大、中部之に亞ぎ後部は劇然と常に最も低位を示してゐる。

アルカリ性消化液分泌に関する考察

以上實驗 A に於て中性赤に依る生體染色、湯殺解剖後の染色、其他 pH 指示薬に仍る pH 價の部分的變化、又幼蟲期毎日及び絶食中の狀態等の實驗觀察を行つたが、之により蠶兒中胃の細胞は全體として強アルカリ乃至中性に近き値を示すが、之を部分的に觀るに相違がある。即ち中胃前部 2/3 はアルカリ性消化液の分泌に與り後部は之に與るこが少い。

曩に蒲生、山口、永井氏⁽¹⁰⁾は蠶兒の前部の氣門を閉鎖すれば體液の pH 價が上昇することを認め、之が原因は呼吸障害に伴ふ胃壁細胞の透過性の昂進の結果胃液が血液内に滲透して來るからであるとしたが、此の場合を見ても特に中胃の前部がアルカリ性の強いこが認められ、結局中胃前部 2/3 は pH の高い消化液を分泌するものであると見るこが出来る。尙先に松村博士⁽¹¹⁾は消化組織内酵素作用につき研究せられ、Amylase 及び Invertase の作用は消化管の部位により異り、中胃に於ては後部に到るに従ひ作用が強いこを認め、又炭水化物消化吸收と同傾向であらうと述べてゐるが、之は酵素作用を中心とした見方であり、又圍食膜内の現象であるので、著者の場合の如く pH に關し胃壁の細胞面に就て見た場合は比較が難しいが少くも消化吸收機能に分化があるこは明であると思ふ。

又中胃後部の機能に關しては Alkali 性が低いからといつて之のみで消化液を分泌してゐないこも云へぬし、だからといつて直ちに吸収作用に關與してゐるこも勿論出来ない。何故ならば蠶では Amylase や Protease の最適 pH は 9.5 であるが Ereptase や Sacharase の最適 pH は中性又は之に近いこはれてゐるからである。尙 Bodine や Swingle も消化管内容の pH 價につき述べてゐるが、特に Swingle は或種昆蟲の幼蟲及び成蟲の場合につき消化管の部位的 pH 變化を調べて居り、之によればアルカリ度の割合は、前胃 33.4、中胃 44.5、後胃 26.5 で中胃が最高であり、更に中胃の中では中部及び後部が pH の高いこを指摘して居り、蠶兒の場合は稍々趣を異にしてゐる。然し内容物の場合はその中に於ける移動も考へられるので、中胃皮膜組織の調査の場合は自ら相違するこもあると考へられる。尙硬化病又は軟化病等の病菌繁殖は此の消化管の pH 價と何等かの關係を有つてゐるものではあるまいか。

B. 消化物質の吸収に関する實驗觀察

前掲の實驗のみでは中胃後部の作用に關しては全く明でないが、豫想されるが如く營養物質の吸着乃至は吸収に與りはしないかの考へから次の如き實驗觀察を行つた。

(1) カーミン添食と中胃吸収作用

桑葉と共に色素カーミンを 4.5 齡蠶兒に食下せしめつゝ 3.4 時間後先の實驗と同様に解剖を行ひ、胃壁内面を觀察した。その結果、中胃後部 1/3 の部分のみにターミンの吸着が見られるが、中胃前部は殆ど着色されぬか又は淡着色である。尤も中胃最前端微かに淡赤色を呈する。尙前胃及び後胃は赤染せられない。然し色素添食長時間に亙る場合は中胃が一様に赤染されるこが多いが、その程度は後部濃赤色、前部淡色である。因みにカーミンは pH の相違によつて變色するものではない。

(2) 生體に於ける鹽化第 2 鐵添食實驗

初めに鹽化第 2 鐵 (Fe_2Cl_6) の濃厚水溶液を桑葉に塗抹食下せしめ、一定時間後中胃を先のカーミンの場合の如く切開し、鐵鹽の吸収部位を黃血鹽による呈色反應(黒褐色化)をもつて檢出せんを試みた。即ち先づ 5% 鐵鹽を 3~4 時間食下せしめた後解剖を行つた處、胃壁内面は意外にも黃血鹽を注加する以前に既にその後部 1/3 は黒綠色に變色し、前部は殆ど着色してゐないか、又は極めて淡暗綠に着色してゐるのみである事を見出した。之は豫想外の事實であ

つた。そこで更に之に黄血鹽の2%溶液を注加したが前部は僅かに淡暗綠色に、後部は前よりも稍々暗緑の度を増して來ることを認めた。

(3) 湯殺解剖後鐵鹽呈色反應

先の實驗に於ては生體に於て既に鐵鹽添食の中胃が暗綠色を呈するを見たが、今度は普通蠶兒を湯殺解剖しその中胃につき、5%の鹽化第2鐵溶液を滴下した處生體食下の場合と殆ど大差なく、後部1/3のみは暗綠色に着色した。此の着色は水洗しても消失するものではない。

而して以上(2)及び(3)の場合共に着色部に鹽酸を加へると脱色し、苛性曹達水溶液を加へると赤褐色に變色(複色)するを見た。

(4) 眠中蠶及び熟蠶の鐵鹽反應

第4眠中蠶兒及び熟蠶に就て、(3)の場合と同様にして鐵鹽反應を試みたが、中胃に於ける呈色反應は全く見られなかつた。

(5) 鹽化第2鐵により暗綠色に變色する物質の本體に就て

(2)、(3)及び(4)の實驗觀察から中胃に於て暗綠色に變化する物質は桑葉に由來するところが考へられたので桑葉につき實驗を行ひ、次の事實を確認した。

- 桑葉の切斷面又は負傷部に鐵鹽を接觸させるると桑はその部から暗綠色に變ずる。
- 鐵鹽添食の場合は中胃内の食片が既に暗綠色に變じてゐる。
- 桑葉片を熱殺後アルコールで葉綠素を脱出せしめ、白色にしたものに鐵鹽液を作用させると暗綠色に着色する。
- a.b及びc.に於て夫々變色した桑葉に鹽酸を加へると脱色し、苛性曹達を加へると赤褐色に變ずる。

如上の實驗觀察から鹽化第2鐵により暗綠色化する物質は明かに桑葉の1成分である事が明になつた。

而して桑葉の諸成分中(1)鹽化第2鐵と結合して暗綠色を呈し、(2)此の着色が鹽酸により脱色し、(3)苛性曹達により赤褐色に變色する物質は、タンニン酸以外に無いと考へられる。

(6) タンニン酸の胃壁面吸着作用

前記實驗から中胃後部暗綠色に着色するのは、桑葉中に存在するタンニン酸がこゝに吸着されるからであることが判明した。

消化物質の吸着並に吸収機能に關する考察

實驗の結果からカーミンなる1物質の吸着乃至吸収は、主に中胃後部に於て良く行はれることがわかつた。而してカーミンはその性質上アルカリ水には稍コロイド狀を呈し、溶解し易く酸性には溶けにくく沈澱を生ずる。従つて蠶兒中胃内に於てカーミン色素は強アルカリの胃液により溶解せられ、圍食膜を透して胃壁細胞面に先づ吸着されるであらうが、然し中胃の前部では吸着が少く、中胃後部中性に近き部に於ては最も良く吸着され易い。而して此のものはやがて更に消化酵素により消化吸収せられるのであらう。

次に鐵鹽の食下又は解剖後の反應に於て暗綠色を呈し、或は眠中、熟蠶等では此の反應なきこと、又桑葉に於ける試藥反應により桑葉の1成分たるタンニン酸が斯くの如く中胃後部の胃壁面に存在すること等の事實から見ても、他の桑葉中の成分も亦、中胃後部に特に顯著に吸着吸収せられるべきものなることが思惟せられる。

尙中胃後部が⁽¹¹⁾吸収作用に特に關係深いであらうことは、著者が囊に行つたX線透視による中胃の蠕動運動より見ても容易に想像し得る處である。

結 論

著者は家蠶幼蟲に於て中胃の皮膜組織のpH價を測定し、又吸着物質の存在を實驗的に觀察し、消化液の分泌及び消化物質の吸収に關する考察を行ひ次の如き結論を得た。

中性赤又は他のpH指示薬食下による生體染色及び解剖後の中胃染色により、家蠶兒胃壁細胞のpH價は局部的に變異あるこゝを見出した。即ち之によりpH價8.0以上の高き消化液は、中胃の前部2/3に於て分泌せられるこゝ、中胃後部1/3はpH7.0に近き價を示してゐるこゝが知られた。尤もpH7.0に於て作用する消化液が分泌してゐるかも知れぬが、之に就てはこの實驗では明でない。

更にカーミン添食及び鹽化第2鐵鹽添食竝に注加による實驗結果から、中胃後部に於てカーミンや桑葉中のタンニン酸が多量に吸着せられるこゝが明かになつたが、之により他の桑葉諸成分も此の部分に吸着吸収せられるべきものであらうこゝが考へられる。

(於上田蠶絲專門學校)

文 獻

1. Bodine J.H. (1925) Physiology of the orthoptera. Hydrogen ion concentration of the blood and alimentary tract of certain orthoptera. Biol. Bull. 48: 78~82
2. Osamu Shinoda (1926) Midintestinal secretion of lepidoptera. The memo. of the coll. of Sci. Kyoto Imp. Univ. Ser. B. Vol. II.
3. 篠田 統 (1930) 比較消化生理
4. 川口 榮作 (1930) 蠶の消食管の組織學的研究、特に中腸の皮膜細胞二型に就て、動物學雜誌 42.—503 352~354
5. 太 田 籐 (1930) 蠶の生體染色に就て、應用動物學雜誌、2—2 81~90.
6. Eisaku Kawaguchi (1931) Über den Dimorphismus der Epithelzellen im Mitteldarm der Seidenraupe (*Bombyx mori* L)
7. Swingle M.C. (1931) Hydrogen-ion concentration within the digestive tract of certain insects. Ann. of the Ent. Soc. of Amer. 24.
8. 山 羽 儀 兵 (1932) 透過性と生體染色
9. 町 田 次 郎 (1933) 蠶兒中腸皮膜組織に就て、蠶業試驗場報告 8—7 337~358. 動物學雜誌 45, 532~3 71~72
10. 蒲生俊興、山口定次郎、永井覺 (1933) 蠶兒呼吸障害に關する研究(第3) 呼吸障害に伴ふ中胃皮膜細胞の透過性變化に就て、蠶絲學雜誌 5.—3 1~14.
11. 山口定次郎 (1935) 蠶兒中胃の構造竝に消化運動に就て、日本蠶絲學雜誌 6—1 66~68.
12. 山口定次郎 (1935) 蠶兒消化管の紫外線發光に就て、蠶絲學雜誌 7—3 191~192.
13. 松 村 季 美 (1935) 遺傳的アミラーゼ四型に關する研究(第3報) 日本蠶絲學雜誌 6—1 69~70.

受理 昭和17年4月10日