

天蠶竝に柞蠶體液の理學的性狀に就いて

(I) 特に電氣傳導度・滲透壓及び水素イオン濃度

倉澤美徳
金澤勇

Yoshinori Kurusawa and Isami Kanazawa :— On the physico chemical properties of the body fluid of the *Antheraea yamamai* Guerin and *A. pernyi* G.

(I) Electric conductivity, osmotic pressure and hydrogen-ion concentration.

緒言

生物體液の電氣傳導度、滲透壓、水素イオン濃度等が其の生活機能上に顯著なる影響を有するは一般生理學の論ずる處である。而して昆蟲體液の理學的性狀に關する研究は、既に家蠶に就いては八木博士(1924)の電氣傳導度、滲透壓及び粘性の研究ありて、昆蟲齡に生理的2期あることを報告し、蒲生博士等(1927)は低溫接觸による障害を與へたる蠶兒が第5齡中毎日の體液の電氣傳導度及び滲透壓に如何なる變異を及ぼすかを示し、尙之が障害の程度及び時期等に就きての研究あり、尙蠶兒血液に就いては金子博士、勝又氏、尾藤氏等の研究報告がある。然れども天蠶、柞蠶に就いては未だ之有るを聞かない。

著者等は天蠶及び柞蠶の5齡期に於ける體液の理學的性狀、即ち電氣傳導度、滲透壓、水素イオン濃度等に就き測定し、家蠶との相違、發育時期別、又柞及び蒿柳葉の飼料的差異等によりて如何なる影響を受くるかを研究したので、茲に其の成績の概要を報告する次第である。

本實驗を行ふに當り、懇篤なる御援助を賜つた蒲生博士に對し、茲に謹んで感謝の意を表する次第である。

I. 實驗材料及び實驗方法

實驗材料は昭和12年5月～6月に於て上田蠶絲専門學校天、柞蠶飼育林に飼育したもので、試験區は柞葉飼育天蠶區、柞葉飼育柞蠶區、蒿柳葉飼育天蠶區、蒿柳葉飼育柞蠶區の4區である。而して柞葉飼育の天、柞蠶は4眠中より5齡營繭まで毎日午後實驗測定せるもので、蒿柳葉飼育の天、柞蠶に就いては實驗材料少數のため5齡中隔日に行つた。天、柞蠶は家蠶の發育に比し著しく不齊なるため、4眠中のものを同一場所に集め起蠶さなつたものを順次一定の飼育場所に放養し、出来る限り發育經過を一齊ならしめて供試した。

體液の採集は5～6頭の蠶兒の腹脚又は尾角を切斷し、蛹體にありては翅の下腹部を切斷して體液の變質を避けるため溶けつゝある水の中に挿入しある遠心分離管に集め、上層に少しく流動パラフィンを置き、之を直ちに電氣遠心分離器により、1分間2000回の速度にて5分間回轉し、血球及び固形物を分離し、血漿の1c.c.を取り、之に9c.c.の蒸溜水を加へ10倍に稀釋して實驗に供した。尙此の場合電氣傳導度、滲透壓、水素イオン濃度等に就き、夫々稀釋の影響を正確に檢した。即ち電氣傳導度及び滲透壓は稀釋度に比例することを知つたので、其の數値の算出の時10倍にした。水素イオン濃度は稀釋液にても、その緩衝作用により原液と同一の値を示した。

電氣傳導度の測定は受話器附のWheatstone bridge及びArrhenius氏抵抗管を使用した。本實驗に於ける抵抗管の抵抗容量は0.321678で、電氣抵抗(R)の測定は、前記供試體液10c.c.を25°Cの恆溫槽中で之を行ひ、次式によりて傳導度(K)を算出した。

$$K = \frac{0.321678}{R} \times 10$$

次に滲透壓の測定には Beckmann 氏の結氷點降下度測定装置を用ひ、前記の採取體液 10c.c. を試験管に取りて結氷點を測定した。此の場合同時に蒸溜水の結氷點を求め、其の差を10倍にして供試液の結氷點降下度(Δ)とし、次式により氣壓を表示せる滲透壓(P)を算出した。

$$P = \frac{\Delta}{1.85} \times 22.4 \quad (\text{氣壓})$$

水素イオン濃度の測定には板野氏 Quinhidron 式水素イオン濃度測定装置を用ひた。

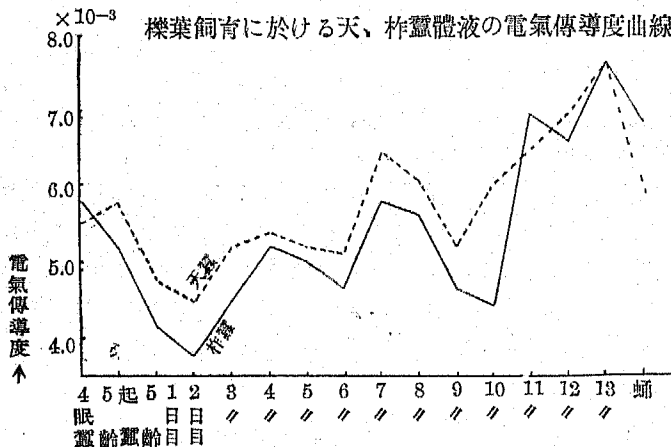
天蠶及び柞蠶は家蠶と異なり、其の發育出來得る限り同一發育階梯のものを撰ぶも、尙生長度の不齊あるを免ぬかれない。且つ雌雄の蠶兒を混合して測定したことは、實驗材料の關係上已むを得なかつた。

II. 實 驗 成 績

(1) 電 氣 傳 導 度

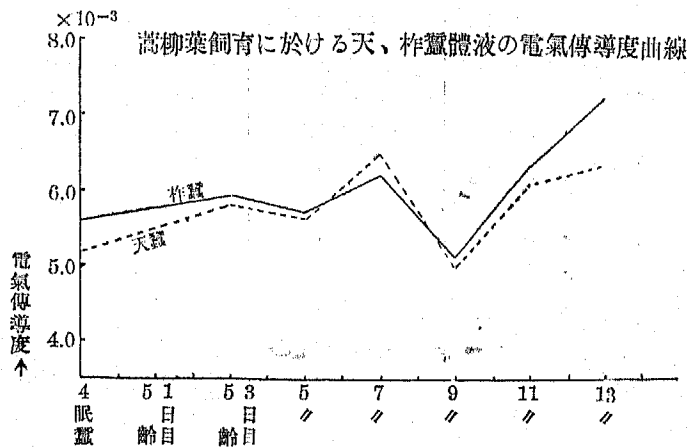
柞葉飼育に於ける天、柞蠶體液の電氣傳導度

日 順	品 種 別	天 蠶	柞 蠶
		$K = 5.51 \times 10^{-3}$	$K = 5.79 \times 10^{-3}$
4	眠 蠶	5.79×10^{-3}	5.19×10^{-3}
5	齡 起 蠶	4.74×10^{-3}	4.13×10^{-3}
5 齡 第 1 日 目		4.45×10^{-3}	3.75×10^{-3}
2		5.19×10^{-3}	4.45×10^{-3}
3		5.86×10^{-3}	5.19×10^{-3}
4		5.19×10^{-3}	4.99×10^{-3}
5		5.07×10^{-3}	4.61×10^{-3}
6		6.45×10^{-3}	5.79×10^{-3}
7		6.05×10^{-3}	5.56×10^{-3}
8		5.16×10^{-3}	4.61×10^{-3}
9		5.99×10^{-3}	4.38×10^{-3}
10		6.45×10^{-3}	6.91×10^{-3}
11		6.91×10^{-3}	6.58×10^{-3}
12		7.62×10^{-3}	7.62×10^{-3}
13			
平 均	蠶 體	6.61×10^{-3}	6.12×10^{-3}
蛹		5.79×10^{-3}	6.81×10^{-3}



蒿柳飼育に於ける天、柞蠶體液の電氣傳導度

日 順	品 種 別	天 蠶		柞 蠶	
		K =		K =	
4	眠 蠶		5.19×10^{-3}		5.56×10^{-3}
5	齡 1 日 目		5.46×10^{-3}		—
	3		5.79×10^{-3}		5.90×10^{-3}
	5		5.56×10^{-3}		5.67×10^{-3}
	7		6.45×10^{-3}		6.16×10^{-3}
	9		4.99×10^{-3}		5.07×10^{-3}
	11		6.05×10^{-3}		6.29×10^{-3}
	13		6.29×10^{-3}		7.22×10^{-3}
平	均		5.72×10^{-3}		5.78×10^{-3}



以上の成績に依れば樂飼育に於ける天蠶の電氣傳導度は $4.45 \sim 7.62 \times 10^{-3}$ にして、4眠中より5齡熟蠶までを平均するに 6.61×10^{-3} である。柞蠶に於ける電氣傳導度は $3.75 \sim 7.63 \times 10^{-3}$ で、4眠中より5齡熟蠶までを平均するに 6.12×10^{-3} である。4眠中の電氣傳導度は一般に高く、5齡起蠶1日目、2日目となりて低下する。然し食桑と共に漸次増加して、7日目に至つて第1回目の最高點に達し、7日以後再び少しく低下するが、9日目、10日目頃より漸次上昇し初めて、13日目に至りて第2回目の最高點に達し、蛹となりて低下する。

蒿柳にて飼育せる天蠶の電氣傳導度は、 $4.99 \sim 6.45 \times 10^{-3}$ にして、4眠中より5齡熟蠶までを平均 5.72×10^{-3} である。柞蠶は $5.07 \sim 7.22 \times 10^{-3}$ にして、平均 5.78×10^{-3} である。

此の天、柞蠶の電氣傳導度が4眠中に於ては比較的高く、5齡起蠶となりて低下し、日數の加はるに従つて次第に増加して、7日目頃に第1回の最高點に達し、再び低下して11日目頃より早きものは營繭にかゝるが、其の時期より再び増加し初めて、13日目となりて第2回目の最高點に至る。而して蛹體となりて再び低下する。此の傾向は八木博士が蠶に於て血液の理學的性狀を研究して生理的2期あるを説明せるものと一致する。

たゞ此の電氣傳導度が天、柞蠶に於ては7日目に第1回目の最高點に達するに對し、家蠶に於ては3日目頃に来り、其の間多少期間の長短があるのみである。斯く7日目の盛食期を経て以後一進一退の値を示す。かくして10日目頃より來るべき營繭、變態のため盛んに食桑し、13日目に至りて再び最高點に達する。家蠶に於ては此の時期は春蠶に於て6日目頃に来る。

此の時期に於ける體液の急激なる變化に對する組織の不平衡より來る抵抗力の減退は、家蠶

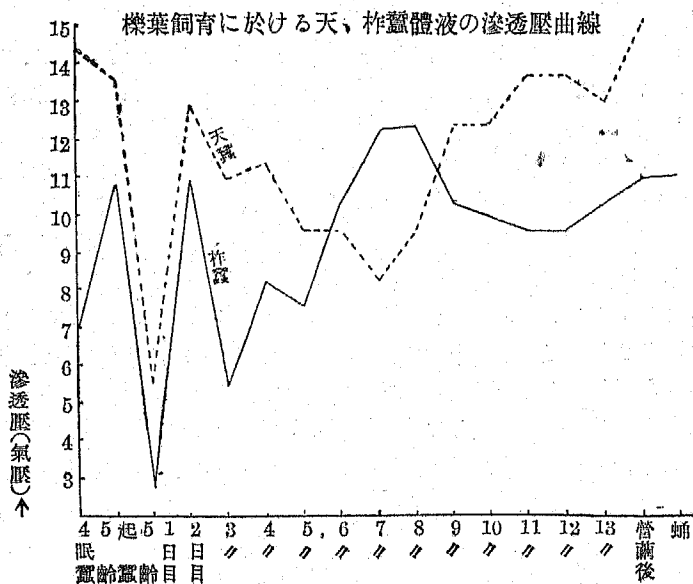
の5齡5日目病、6日目病の根源をなすと言はるるが天、柞蠶に於ても同様に此の時期に沓病の最も多く發する時期にして、飼育上注意を要する時である。

天蠶と柞蠶の電気傳導度を比較すれば、柞飼育に於ては天蠶は柞蠶より少し高い値を示せども、蒿柳飼育にては天蠶、柞蠶の差は殆んどなかつた。

(2) 滲透壓の實驗成績を示せば次の如くである。

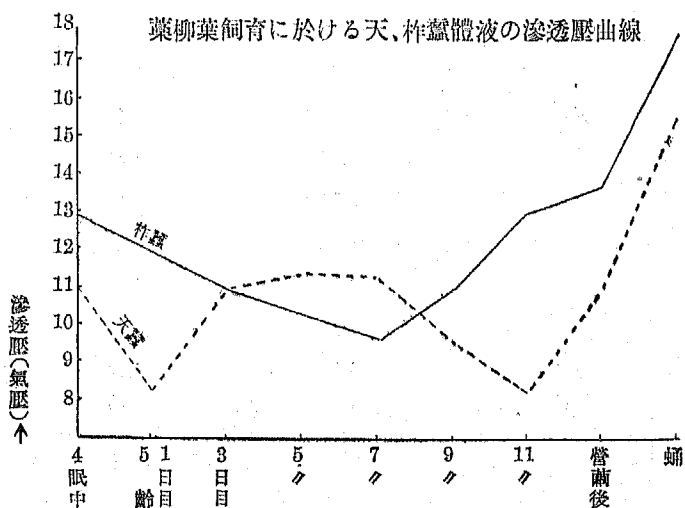
柞葉飼育に於ける天、柞蠶體液の水點降下度及滲透壓

日 順	品 種 別 項 目	天 蠶		柞 蠶	
		水 點 降 下 度	滲 透 壓	水 點 降 下 度	滲 透 壓
4	眠 蠶	(Δ) -1.05°C	(P) 14.36 (氣壓)	(Δ) -0.50°C	(P) 6.81 (氣壓)
5	齡 起 蠶	-1.00	13.68	-0.80	13.94
5	齡 1 日 目	-0.40	5.47	-0.20	2.74
	2	-0.75	12.99	-0.80	10.94
	3	-0.80	10.94	-0.40	5.47
	4	-0.83	11.35	-0.60	8.21
	5	-0.70	9.57	-0.55	7.52
	6	-0.70	9.57	-0.75	10.26
	7	-0.60	8.21	-0.88	12.04
	8	-0.70	9.57	-0.90	12.31
	9	-0.90	12.31	-0.75	10.26
	10	-0.90	12.31	—	—
	11	-1.00	13.68	-0.70	9.57
	12	-1.00	13.68	-0.70	9.57
	平 均	-0.81	9.80	-0.66	7.99
	13日目(管繭後)	-0.95	12.99	-0.80	10.94
	14日目(蛹)	-1.10	15.05	-1.50	11.05



蒿柳葉飼育に於ける天、柞蠶體液の氷點降下度及び滲透壓に就いて

日 順	品 種 別 項 別	天		柞	
		氷 點 降 下 度	滲 透 壓	氷 點 降 下 度	滲 透 壓
4	眠 蠶	(Δ) -0.80°C	(P) 10.94 (氣壓)	(Δ) -0.94°C	(P) 12.88 (氣壓)
5	齡 1 日 目	-0.60	8.20	—	—
	3	-0.80	10.94	-0.80	10.94
	5	-0.83	11.35	-0.75	10.26
	7	-0.82	11.22	-0.70	9.57
	9	-0.70	9.57	-0.80	10.94
	11	-0.60	8.21	-0.95	12.99
	平 均	-0.74	8.96	-0.82	9.90
	營 繭 後	-0.80	10.94	-1.00	13.68
	蛹	-1.10	15.05	-1.30	17.78



以上の成績によれば、柞葉飼育に於ける天蠶の滲透壓は $\Delta = -0.4 \sim -1.00^{\circ}\text{C}$ (5.47~13.68氣壓)にして、4眠中より熟蠶までの平均は -0.81°C (9.80氣壓)である。營繭後は上昇して 1.10°C (15.05氣壓)となる。柞蠶では $-0.20 \sim -0.90^{\circ}\text{C}$ (2.74~12.31氣壓)で、4眠中より熟蠶までの平均は -0.66°C (7.99氣壓)である。蒿柳飼育の天蠶に於ては $-0.60 \sim -0.83^{\circ}\text{C}$ (8.21~11.35氣壓)にして、4眠中より熟蠶までの平均は -0.74°C (8.96氣壓)であり、營繭後上昇して、化蛹せるものは -1.1°C (15.05氣壓)を示してゐる。柞蠶にては $-0.70 \sim -0.95^{\circ}\text{C}$ (9.50~12.99氣壓)にして、4眠中より熟蠶までの平均は -0.82°C (9.90氣壓)である。而して營繭化蛹となりて上昇して、化蛹せるものは -1.30°C (10.78氣壓)を示してゐる。

此の滲透壓の一般的の傾向をみるに5齡起蠶前、柞區、蒿柳區共に天、柞蠶體液は $\Delta = -0.80 \sim -1.05^{\circ}\text{C}$ (10~14氣壓)の高滲透壓を示し、何れも起蠶第1日目に急激に低下し最低の滲透壓を示し、起蠶2日目~3日目に及び再び上昇して殆んど起蠶前と同程度まで上昇する。第2日目以後第7日目~8日目頃までは柞飼育柞蠶を除いては、すべて漸次低下の傾向を示す。而し

て7日目～8日目以後に於ては次第に上昇して化蛹前に最高に達する。然るに家蠶にあつてはそれは反對に低下の傾向を示して居る。

櫟飼育と藁柳飼育の天、柞蠶を比較すれば、櫟飼育の方が藁柳飼育よりも其の高低甚だしきを認めた。

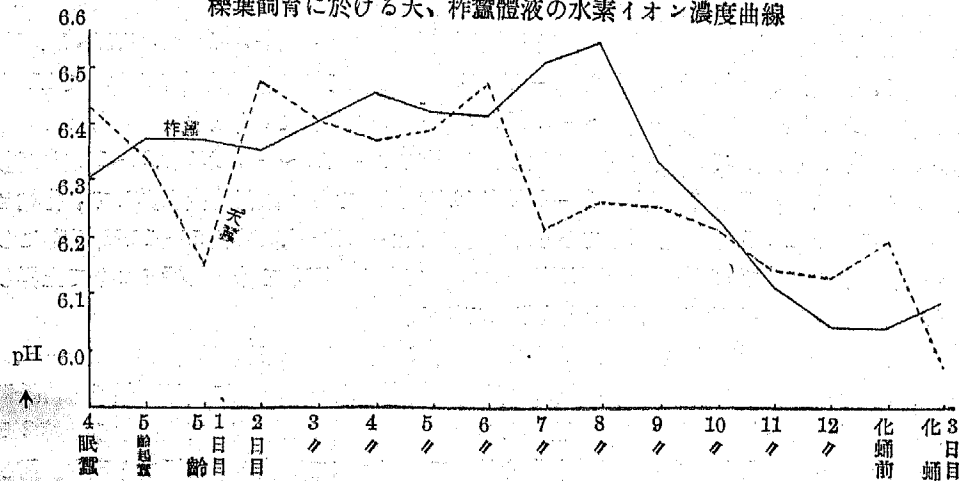
尙家蠶の滲透壓に比すれば天、柞蠶の方が一般に高い。

(3) 水素イオン濃度の實驗成績を示せば次の如し。

櫟葉飼育に於ける天、柞蠶體液の水素イオン濃度

日 順	品種別	天 蠶	柞 蠶
4	眠 蠶	6.43	6.30
5	齡 起 蠶	6.34	6.37
5	齡 1 日 目	6.15	6.37
	2	6.48	6.36
	3	6.41	6.41
	4	6.37	6.46
	5	6.30	6.43
	6	6.48	6.41
	7	6.22	6.51
	8	6.27	6.55
	9	6.25	6.34
	10	6.22	6.23
	11	6.15	6.11
	平 均	6.32	6.37
	12日目(營養開始)	6.13	6.04
	化 蛹 前	6.20	6.04
	化 蛹 後 3 日 目	5.97	6.10

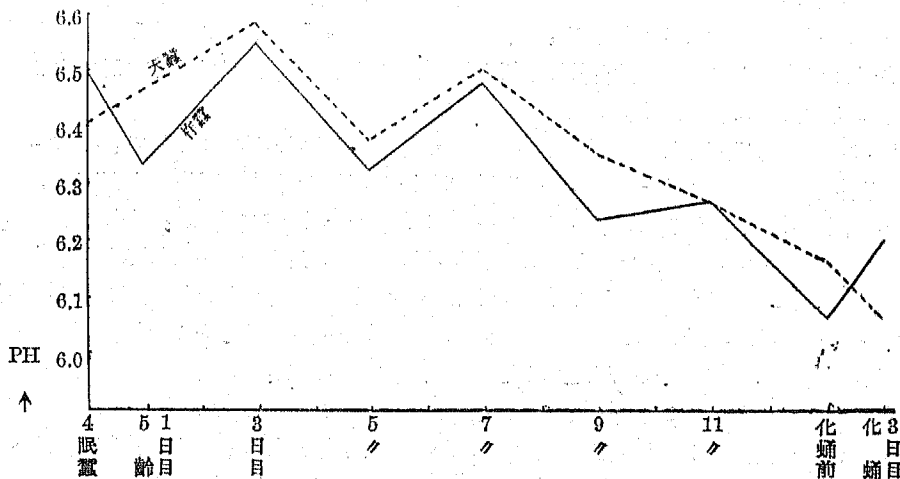
櫟葉飼育に於ける天、柞蠶體液の水素イオン濃度曲線



蒿柳飼育に於ける天、柞蠶體液の水素イオン濃度

日 順	品 種 別	天 蠶	
		天	柞
4	眠 蠶	6.50	6.41
5	齡 1 日 目	6.34	—
	3	6.55	6.58
	5	6.32	6.37
	7	6.48	6.50
	9	6.23	6.30
	11(營前開始)	6.27	6.27
	平 均	6.38	6.41
	化 蛹 前	6.16	6.06
	化 蛹 後 3 日 目	6.06	6.20

蒿柳葉飼育に於ける天、柞蠶體液の水素イオン濃度曲線



以上の成績によれば、水素イオン濃度は柞飼育に於ては天蠶 pH6.15~6.48にして、4眠中より熟蠶までの平均は 6.32 である。柞蠶に於ては 6.11~6.55 にして、同様平均は 6.37 である。蒿柳飼育に於ては天蠶は 6.27~6.55 にして、4眠中より熟蠶までの平均は 6.38 である。柞蠶は 6.27~6.58 にて同様平均は 6.41 である。

柞飼育の天蠶に於て5齡1日目及び7日目に於て著しく低下を示したが、大體に於て天、柞蠶共に同一の傾向である。而して3日目~8日目位の範圍に於ては高度を示し、6.2~6.5位なるも9日目頃より低下し、柞蠶に於ては化蛹3日目に於て少しく上昇を示してゐる。是れ家蠶に於て八木博士、金子博士等のpHを測定せるに、4日目~5日目に於て最高を示したれど天、柞蠶に於ては家蠶の如く明瞭に高點は判明しないが、然し大體3日目~8日目位の範圍が高い傾向は認められる。

尙此の天、柞蠶に於ては家蠶に於て言はれてゐる如き、熟蠶に近づくに従つて上昇の傾向があるといふ點は判然とは認められなかつた。

尙本實驗の範圍内に於ては天、柞蠶の發育に従つて變化するが、天蠶はその増減急激にして

柞蠶は之に比し緩漫である。而して天、柞蠶共に同一の傾向を有する。天、柞蠶の pH 價は概して 6.0~6.5 附近にして、八木博士、蒲生博士、金子博士の測定せる家蠶體液 pH 價に比し低く、尾藤氏のものより稍高い結果を示してゐる。

天蠶及び柞蠶は家蠶と異なり、其の發育出來得る限り同一發育階梯のものを選ぶも、尙多少の不齊あるを免れない。其のため家蠶の成績に比し正鵠を缺く憂が多い。尙天、柞蠶は野外昆蟲なるため天候の影響を直接蒙るこゝ非常に大なるものがある。即ち晴天に乾いた葉の飼料を食せるものゝ、雨天に濡れた葉を食せるものゝ血液の水分量等はかなりの變化がある。そのため以上の結果が天候に左右されてをる事も想像される。尙是等の點は他日正確なる調査を進めてみたいと思ふ。

總 括

- (1) 本實驗は櫟葉飼育の天、柞蠶及び蒿柳葉飼育の天、柞蠶の體液に就き、電氣傳導度、滲透壓、水素イオン濃度を測定せるもので、4 眠中より蛹までの變化を測定せる結果である。
- (2) 電氣傳導度は櫟飼育の天蠶は $4.45 \sim 7.2 \times 10^{-3}$ で、4 眠より 5 齡熟蠶までの平均は 6.61×10^{-3} にして、柞蠶は $3.75 \sim 7.63 \times 10^{-3}$ で平均 6.12×10^{-3} である。
蒿柳にて飼育せるものは、天蠶は $4.99 \sim 6.45 \times 10^{-3}$ で、平均 5.72×10^{-3} にして、柞蠶は $5.07 \sim 7.22 \times 10^{-3}$ で、平均 5.78×10^{-3} である。而して 4 眠中は比較的高く $5.5 \sim 5.7 \times 10^{-3}$ 位にして、起蠶 1 日目~2 日目頃には低下して、後再び上昇し初め、7 日目頃には第 1 回目の上昇を來し $6.4 \sim 5.7 \times 10^{-3}$ となり、再び低下して 13 日目頃第 2 回目の上昇をなし 7.6×10^{-3} 位となる。蛹となりてはそれより低下する。
- (3) 滲透壓は櫟にて飼育せる天蠶は $\Delta = -0.4 \sim -1.0^{\circ}\text{C}$ (5.47~13.68 氣壓) で、平均 -0.81°C (9.80 氣壓) である。柞蠶は $-0.20 \sim -0.90^{\circ}\text{C}$ (2.74~12.31 氣壓) で、平均 -0.66°C (7.99 氣壓) である。蒿柳にて飼育せる天蠶は $-0.60 \sim -0.83^{\circ}\text{C}$ (8.21~11.35 氣壓) で、平均 -0.74°C (8.96 氣壓) である。柞蠶は $-0.70 \sim -0.95^{\circ}\text{C}$ (9.57~12.99 氣壓) で、平均 -0.82°C (9.90 氣壓) である。而して 4 眠中は高く $-1.05 \sim -0.8^{\circ}\text{C}$ (14.36~10.94 氣壓) で、5 齡 1 日目に於ては著しく低下し $-0.4 \sim -0.6^{\circ}\text{C}$ (5.47~8.20 氣壓) にして、其の後は一進一退で -0.7°C (9.57 氣壓) 位を上下し、熟蠶となるに及び -1.10°C (15.05 氣壓) 位に上昇する。
- (4) 水素イオン濃度は櫟にて飼育せる天蠶は pH 6.15~6.48 で平均 6.32、柞蠶は 6.11~6.55 で、平均 6.37 である。蒿柳にて飼育せる天蠶は 6.27~6.55 で、平均 6.38 である。柞蠶は 6.27~6.58 で、平均 6.41 である。齡中著しき上下は無くして、大體 6.3~6.5 であるが熟蠶、蛹となるに共に低下して 6.1~6.0 位に減ずる。

附 記

本實驗は主として本校生徒中西全、佐藤祐三、松吉博隆の諸氏の熱誠なる盡力に依りて行つたもので、茲に記して特に深甚なる謝意を表する次第である。

(於上田蠶絲專門學校昆蟲學教室)

文 獻

- 川瀬惣次郎 } (1921) 家蠶血液に関する研究 上田蠶絲専門學校同窓會報 No.7
 須田圭格 }
 齋藤 格 }
 井上柳 梧 } (1921) 家蠶の生理に従ひ其の血液成分の變化及び天、柶蠶の血液の組成に就て
 岩岡末 梧彦 }
 平澤 勝 }
 W. T. V. Osterhaut (1922) Injury, Recovery, and Death, in Relation to Conductivity and Permeability
 八木誠政 (1924) 血液の電氣傳導度及び滲透壓の變化に基く昆蟲齡の生理的二期に就て 動物
 學雜誌 Vol. 36. No. 433
 足立美佐男 (1925) 蠶兒の電氣傳導度及び滲透壓其他に就き八木氏に質す 蠶業新報 No. 379
 蒲生俊興 } (1927) 蠶兒體液の水素イオン濃度竈に酸中和能力に就て 蠶業新報 No. 411
 山口定次郎 }
 尾藤省三 (1927) 家蠶の體液に関する研究(第1報) 日本農藝化學會誌 Vol. 3. No. 4
 蒲生俊興 } (1927) 蠶兒體液理學的性狀の變化に及ぼす冷蔵障害の影響に就て 農學會報
 山口定次郎 } No. 295
 勝又藤夫 (1928) 家蠶の體液及び消化液の水素イオン濃度に関する研究 蠶絲學雜誌 Vol. 1.
 No. 1
 金山英雄 } (1929) 蠶兒の發育に伴ふ血液の理化學的性狀の變化 日本農藝化學會報 Vol. 3.
 山下 忠雄 } No. 52

(受理 昭和13年8月31日)