

家蚕の水分代謝に関する研究 (第1報)

宮 坂 義 三

緒 言

桑葉の飼料的価値即ち桑の葉質が蚕に適合しているということは桑葉の化学的成分や理学的性質が蚕の生長によく適合していることを意味する。これらの研究については古くから多くの報告があるが、その中でも水分の問題を取扱つたものは比較的少ない。1945年以前のものについては山口・竹内(1)の総説があり、またそれ以後には有間(2)(3)稲神・須藤(4)のかなり総合的に行われた研究成績がみられる。著者は葉質問題を蚕の生理の面から追究する際、従来成績例えば中島(5)の硬葉給与の場合に体液水分が最大となるという成績、また山口(1)の体液率小なる場合は滲透圧が大となるという成績等に興味をもち、更に多くの研究者が唱えているように蚕の健康度と水分問題の重要性に着目し、以下主として桑葉水分と体液水分との関連並に桑葉水分が蚕体の器官及び組織の水分率に及ぼす影響等について実験を行ない知見を得たので報告する。

I 桑葉質を異にした場合の体液濃度の変化と強健性との関係

桑葉は葉位によりその理化学的性質を異にする。従つてある不適当な葉位の桑葉をもつて飼育する場合は、ある適当な葉位の桑葉をもつて飼育した蚕にくらべ健康度や収繭成績において劣ることも多くの実験成績が示している。ここにおいて葉位の差異即ち葉質の差異と蚕との関係を水分の面から考究するにさいし、一応次の事項を考慮した。

1) 蚕は自然に放飼いされているときには好きな葉を選択する自由があるが、摘葉したものを与えられた場合には葉質の異つた種々の葉を食べざるを得なくなる。従つて水分の摂取量がかたよる場合が生じ得る。この点については中島(5)、有間(2)、稲神(4)、増井(6)、蒲生(7)、山口(1)、佐藤(8)、笠井(9)、酒井(10)等の報告があり、中島は体液水分は桑葉組成と一致しないことを述べているが、その他の研究者は硬葉で飼育すると体水分率は低下し、軟葉飼育において高くなることを報じている。これらのことから体液濃度を支配する因子は摂取した桑葉水分のみではないことが想像される。

2) 水分率を異にした桑葉を蚕が食下した場合、水分吸収率に差異を生ずるものかどうか。この点については平塚(11)、富(12)(13)、有間(3)等の詳細な研究があり、水分の多い葉と少ない葉の間には吸収率の差異は少なく、また給与桑の熟度の如何によつても差異ない(12)ものとしている。従つて蚕では吸収率による水分調節作用はあまり強くないことが想像される。

3) 蚕の飼育環境条件、主として湿度との関係であるが、この点については山口(1)、

佐藤(8)、松村(15)(16)、吉田(17)、笠井(9)、稻神(4)等の業績があり、一定の傾向が出ているのでここでは触れないことにした。

4) 従来の研究の多くは蚕の水分生理を蚕体水分含量で検討しているが、中島、増井、稻神等は体液濃度についても調査している。この点酒井(10)が述べているように蚕体水分は消食管内容物の水分をも合せて測定されるので測定時期によつて値が大きく変動する。従つて蚕体水分率を調査するだけでは適当でないものと思われる。

以上のことから蚕の水分代謝については未だ不明の点があるので特に1)の事項を究明するため桑葉水分が体液水分の変化に及ぼす影響を詳細に検討した。

材 料 と 方 法

試験は1957年春、初秋(5令期)および晩秋(1~2令期)の3蚕期について実施し、夫々の供試桑、供試蚕は下記のとおりである。

春、初秋は5令起蚕飼食時から夫々の供試桑葉を継続給与し、日を追つて体液を調査した。晩秋は1~2令期間のみ夫々の供試桑葉を給与し、以後普通桑で飼育し、5令期において体液を調査した。給与桑は給桑の都度摘葉採取し、よく混合してその一部を蚕に与え、一部は葉柄を取除いて水分率を測定した。体液は常法により秤量管中に集め直ちに秤量し、恒量に至るまで105°Cで乾燥し水分率を求めた。なお晩秋蚕には5令期の減蚕歩合も調査した。

(1) 春蚕期(5令期各区 200頭)

供試桑品種・改良鼠返

軟葉区(1~3葉目)

中葉区(5~7葉目)

硬葉区(9~11葉目)

供試蚕品種・日122号×支122号(♀)

温度23~24°C、湿度70~75%

温湿度は各区同一の下で飼育した。

(2) 初秋蚕期(5令期各区 200頭)

供試桑品種・一の瀬

軟葉区(1~3葉目)

中葉区(9~14葉目)

硬葉区(20~23葉目)

供試蚕品種・銀嶺×秋花(♀)

温度24~25°C、湿度73~75%

温湿度は各区同一の下で飼育した。

(3) 晩秋蚕期(1~2令期各区 500頭)

供試桑品種・改良鼠返

軟葉区(1~3葉目)

中葉区(9~14葉目)

硬葉区(20~23葉目)

全芽区

供試蚕品種・支115号×日122号(♀♂)

温度27~28°C、湿度85~90%

1~2令を上記温湿度(各区同一)で飼育、3~5令は普通育、5令期に体液を調査した。

結 果

1、5令期における摂取桑葉水分と体液水分との関係

春および初秋の成績を表1および2に示した。これによると体液水分率の変化は春と初秋で異つた傾向を示している。即ち春は摂取桑葉水分率が低くなるとそれに伴つて体液水分率も低下するが、初秋の場合には中葉区に対し、軟葉区、硬葉区とも体液水分率が高くなつている。

春では中葉区、硬葉区の桑葉水分率の差が接近し、むしろ硬葉区の方が水分率が高いときさえあり、この点新梢は先端部の軟葉を除けば一般に葉位による水分率の差が小さく、従つて体液水分率においても、平衡関係を示している。初秋において硬葉区の体液水分率が高くなる現象は顕著であり、むしろ軟葉区より高い傾向さえみられ、この点初秋は春より体液濃度の変動が著しい。

表1 5令期における摂取桑葉水分率と体液水分率との関係
(春蚕期・日122号×支122号・♀)

測定日	桑葉水分率(%)			体液水分率(%)			備 考
	軟葉区	中葉区	硬葉区	軟葉区	中葉区	硬葉区	
Ⅴ令起蚕	77.9	73.3	73.3	94.71	94.71	94.71	体液水分率は餉食前に測定
2日目	81.4	75.9	75.9	93.95	93.92	93.91	
3日目	80.7	75.7	75.2	93.63	93.37	93.36	
4日目	79.9	75.5	74.9	92.77	92.50	92.31	
5日目	77.9	73.5	73.9	90.95	89.38	89.21	
6日目	76.4	71.8	72.0	89.09	87.75	87.77	
7日目				86.64	85.70	85.71	熟蚕

表2 5令期における摂取桑葉水分率と体液水分率との関係
(初秋蚕期・銀嶺×秋花・♀)

測定日	桑葉水分率(%)			体液水分率(%)			備 考
	軟葉区	中葉区	硬葉区	軟葉区	中葉区	硬葉区	
Ⅴ令起蚕	78.6	72.8	70.8	94.49	94.49	94.49	体液水分率は餉食前に測定
2日目	79.2	71.8	71.6	94.42	94.02	94.62	
3日目	78.2	71.2	70.2	93.44	92.45	93.89	
4日目	78.8	72.2	69.4	92.42	91.18	92.06	
5日目	82.4	73.4	68.6	90.24	88.19	90.35	
6日目	81.2	72.0	71.4	89.13	87.26	89.26	
7日目	81.2	71.2	70.8	86.73	84.51	87.01	
8日目				86.32	85.31	85.66	熟蚕

2、 1～2令期における摂取桑葉水分と5令期体液水分との関係

晩秋の成績を表3に示した。これによると体液水分率は各区間に著明な傾向の差はみられないが、硬葉区は他区に比しやゝ体液水分率が高い傾向を示している。

表3 1～2令期における摂取桑葉水分率が5令期体液水分率に及ぼす影響 (晩秋蚕期・支115号×日122号・♀)

試験区	桑葉水分率 (%)		体液水分率 (%)			備 考
	1令用桑	2令用桑	5令起蚕	5令2日目	5令7日目	
軟葉区	76.6	80.0	93.78	93.02	87.37	3～5令は各区同一桑葉で飼育。 該桑葉水分率は略々66～70%の範囲内にあつた。
中葉区	69.8	73.8	93.74	93.45	86.59	
硬葉区	68.0	70.2	94.14	93.79	87.09	
全芽区	75.8	76.6	93.82	93.53	86.00	

3、 1～2令用桑の硬軟が5令期減蚕歩合に及ぼす影響 (晩秋蚕期)

2における供試蚕を5令起蚕において各区200頭に整理して上簇まで普通育を行ない減蚕歩合を調査した結果を表4に示した。これによつて明かなように硬葉区に発病蚕が最も多く、ついで中葉区となり、軟葉区が最も少ない。即ち稚蚕期における極端な硬葉の弊害が5令期になつてはつきりあらわれた。

表4 1～2令用桑の硬軟が5令期減蚕歩合に及ぼす影響 (晩秋蚕期・支115号×日122号・♀)

	軟葉区	中葉区	硬葉区	全芽区	備 考
供試頭数	200	200	200	200	5令起蚕
病蚕頭数	8	60	76	15	多角体病、軟化病混合頭数
全上率%	4	30	38	8	

Ⅱ 桑葉質を異にした場合の蚕体の器官 および組織の水分率に及ぼす影響

従来報告で葉質を異にして飼育した場合に蚕体の器官および組織の水分率に及ぼす影響を調査したものは酒井(10)の消食管と其他組織に区分して検討した成績がみられるだけである。著者はⅠの実験において硬葉区の体液水分率が軟葉区のそれより高い(初秋蚕期)ことの原因を探る一環として桑葉水分率が蚕体の器官および組織の水分率の変異に及ぼす影響を調査した。

材 料 と 方 法

試験は1958年、春、初秋、晩秋の3蚕期について行ない、試験区は軟葉区、中葉区、硬葉区の3区とし、5令起蚕飼育より夫々の供試桑葉を連続給与し(1日4回給桑普通育)5令5日目乃至8日目に2回宛生体重、蚕体水分率、体液水分率、消食管(内容物を含む)水分率、絹糸腺(前部、中部、後部の全体)水分率、体皮組織(体液、消食管、絹糸腺を除いた残部)水分率、体液量を調査した。各器官および組織は解剖後直ちに軽く水洗し附着水分は濾紙で充分に除き、直ちに秤量管に入れて秤量、105°Cで恒量にいたるまで乾燥して水分率を求めた。体液率は体液量/生体重×100から算出した(1)。

結 果

これらの成績を表5~7に示した。これによると各蚕期を通じて生体重は軟葉区、中葉区に大差なく、硬葉区は軽い。蚕体水分率は春は軟葉区>硬葉区>中葉区、初秋は軟葉区>中葉区>硬葉区、晩秋は硬葉区>中葉区>軟葉区の関係を示した。体液水分率は各蚕期とも軟葉区>硬葉区>中葉区の関係を示し体全体のそれとの傾向を比較すると春は一致しているが、他は一致していない。初秋における体液水分率はⅠの実験とほぼ同じ傾向である。また消食管の水分率は桑葉の水分率と同一傾向にあり、絹糸腺水分率は一般に硬葉区、中葉区に比し、軟葉区が低い。体皮組織の水分率は体全体のそれとほぼ同じ傾向である。

一方体液量および体液率は軟葉区>中葉区>硬葉区の関係が極めて明瞭であるが、晩秋の体液率のみ硬葉区が中葉区よりやゝ高い値を示した。なお晩秋の硬葉は葉質がかなり劣化(黄化葉を含む)していた。

このように蚕期による葉質の差異が主として蚕体水分率、体液水分率、絹糸腺水分率等の変異に微妙に影響を及ぼしていることが知られる。

表5 春蚕期における桑葉水分が蚕体の器官および組織
の水分率に及ぼす影響

温度 23~24°C 湿度 70~75%

桑品種・改良鼠返 蚕品種・日122号×支122号

調査1例 5令7日目(♀) 2例 5令8日目(♀)

	調査例	軟葉区	中葉区	硬葉区
生 体 重 ^g	1	4.8387	4.9013	4.8383
	2	5.7165	5.7250	4.7645
蚕 体 水 分 率 [%]	1	82.85	79.44	80.68
	2	78.97	77.58	77.73
体 液 水 分 率 [%]	1	87.92	86.62	87.31
	2	87.30	85.79	86.41
消 食 管 水 分 率 [%]	1	88.34	86.48	86.29
	2	88.73	86.80	86.04
絹 糸 腺 水 分 率 [%]	1	75.72	74.69	74.17
	2	70.57	71.35	72.01
体 皮 組 織 水 分 率 [%]	1	68.93	68.38	66.69
	2	63.47	60.25	61.24
体 液 量 ^g	1	1.5183	1.2116	0.9218
	2	1.5708	1.2660	0.9265
体 液 率 [%]	1	31.4	24.7	19.1
	2	27.5	22.1	19.4
桑 葉 水 分 率 [%]		77 ~ 80	72 ~ 75	72 ~ 75

表6 初秋蚕期における桑葉水分が蚕体の器官および組織の水分率に及ぼす影響

温度 24~25°C 湿度 73~75%

桑品種・一の瀬 蚕品種・支115号×日122号

調査1例 5令5日目(♀) 2例 5令6日目(♀)

	調査例	軟葉区	中葉区	硬葉区
生体重 ^g	1	4.2778	4.2998	3.2917
	2	5.1416	4.9795	4.2214
蚕体水分率 [%]	1	85.32	82.01	81.64
	2	81.02	80.13	79.92
体液水分率 [%]	1	91.12	89.76	89.77
	2	90.04	89.28	89.54
消食管水分率 [%]	1	88.63	87.82	86.72
	2	88.76	87.23	86.18
絹糸腺水分率 [%]	1	74.67	74.37	76.26
	2	72.31	72.48	73.42
体皮組織水分率 [%]	1	70.16	67.69	67.71
	2	66.14	64.53	64.51
体液量 ^g	1	1.4656	1.0524	0.6053
	2	1.2843	1.0005	0.7987
体液率 [%]	1	34.3	24.5	18.4
	2	25.0	20.1	18.9
桑葉水分率 [%]		75 ~ 80	70 ~ 73	68 ~ 70

表7 晩秋蚕期における桑葉水分が蚕体の器官および組織の水分率に及ぼす影響

温度 23~24°C 湿度 70~75%

桑品種・改良鼠返 蚕品種・支115号×日122号

調査1例 5令7日目(♀) 2例 5令8日目(♂)

	調査例	軟葉区	中葉区	硬葉区
生 体 重 g	1	4.8068	4.0322	3.4235
	2	4.3663	4.4070	3.2235
蚕 体 水 分 率 %	1	79.56	77.40	80.93
	2	76.31	73.79	78.83
体 液 水 分 率 %	1	88.39	86.71	88.03
	2	90.17	88.87	89.07
消 食 管 水 分 率 %	1	87.41	86.86	86.37
	2	87.17	87.37	86.81
絹 糸 腺 水 分 率 %	1	73.27	74.76	74.43
	2	70.56	70.65	72.92
体 皮 組 織 水 分 率 %	1	66.60	65.16	66.74
	2	60.70	59.07	62.71
体 液 量 g	1	1.0044	0.7176	0.6235
	2	0.8694	0.7592	0.5825
体 液 率 %	1	20.9	17.8	18.2
	2	19.9	17.2	18.1
桑 葉 水 分 率 %		77 ~ 81	69 ~ 75	69 ~ 74

考 察

蚕の水分摂取は食下する桑葉の水分のみによつてまかなわれており、その桑葉の含有水分量の多少によつて蚕体水分率並に体液水分率に差異を生じた。このことは桑葉水分の多少にかゝらず蚕の水分吸収率の差が少ないためであり、既に平塚によつて明らかにされていることである。しかし結果をみると各蚕期を通じ一般に軟葉給与は体液水分率を高め、中葉は低下する傾向がみられるが、硬葉給与では必ずしもこの平衡関係を示さない(表2)。これは蚕期による葉質の差異によつて多少変動することはあつても、硬葉ならば一方的に体液水分率が低下するという事はなかつた。この点中島は硬葉給与の場合に体液水分が最大になることを示し、その他の研究者は軟葉給与で体液はうすくなり、硬葉では濃くすることを報じている。これについて考察を進めてみると、従来報告では試験区の設定において軟葉、硬葉2区のものが多く、中葉をとつて段階的に桑葉水分と体液水分との関係を検討したものが少ない。従つてそれらの試験の硬葉は水分率において本実験の中葉に相当する場合が多く、それより水分の少ない桑葉を連続給与して体液水分の消長を検討したものが無いので一概に硬葉は体液を濃厚にするということは結論づけられない。このように極端な硬葉給与がかえつて体液濃度を低下させることは摂取した桑葉水分のみでなく他の要因がより支配的なのかも知れない。門平は硬葉は軟葉より食下量少ないことを述べ、富は蚕の桑葉水分吸収率は蚕品種によつて差異があり、硬葉育においては吸収率を増す。また食下量少い時は多い時より吸収率が大きいこと等を示した。本実験においても硬葉給与は排糞中の水分率を極度に低下する(表8)ことから吸収率を高めることが推定され、また蚕期間の体液濃度の変異も蚕品種の相違がある程度影響しているのかも知れない。

表8 桑葉の硬軟と蚕糞水分率
初秋期・5令7日目
支115号×日122号・♀・1958

		糞水分率%
軟	葉	81.27
中	葉	72.71
硬	葉	65.19

これらのことから蚕はある範囲において水分調節を維持するものであるが、桑葉水分の多少によつてはこの平衡がくずれの場合も生ずることが窺われる。

一方山口は硬葉飼育は軟葉飼育に比し体液率が小さく滲透圧が大きいことは体液内栄養物質の多少とも関係すると述べている。本実験においても葉質の差異からくる体液性状の変化の中では体液率の差が著しい。即ち滲透

圧の変動が最も大きいことになる(1)(4)。これは令期中の蚕の生長に伴つて変動する値(1)より葉質の差異からくる値の変動が大きい。桑葉水分が適当な範囲にあり蚕が健康状態の場合にはこの滲透圧が平衡を保っているが、体液率がある範囲を超えて高くなり、あるいは低くなると滲透圧が急激に変動し、体内の水分平衡がくずれ、その結果各器官および組織の水分率にも変調を来たして(表5~7)体液濃度は低下し代謝の不均衡を生じ蚕は異常を呈してくるものと思われる。このことは特に初秋期における軟葉区、硬葉区に病蚕の発生が多く、硬葉区では膿病のほか萎縮蚕様症状を呈するものが観察されたこと等からも窺われる。また稚蚕期において極端な硬葉を与えた場合にもその弊害は5令期まで持越すことが観察された(表3~4)。

なお葉質を異にした場合の蚕体の器官および組織の水分率の変化についてみると（表5～7）初晩秋の体液水分率と体全体のそれとの傾向が一致していないことは興味ある点である。このことは春蚕より初秋蚕の方が桑葉水分の影響を受け、体液濃度の変動が著しい（4）ことと一致する。また絹糸腺水分率は一般に軟葉給与によつて低下する。このことは水を添食すると絹糸腺水分率が低下する（18）ことと同じ意義をもつものと思われる。

このように蚕の体液濃度並に蚕体の器官および組織の水分率は桑葉水分の多少のみでなく総合的な葉質の差異も関係するものであり、前述のように特に体液率が体液濃度の大小（糖類、塩類等栄養物質の多少）によつても異なるものであるから、水分のみによつて支配されるものではないにしても生体を占める水分の割合が大きい点からみて桑葉水分——体液濃度（滲透圧）——体液率は蚕の生理機能に重要な意義をもつものと考えられる。

摘 要

春、初秋、晩秋の3蚕期について1～2令期（晩秋）および5令期に葉質を異にして飼育した場合の5令期体液水分率の変化並に蚕体の器官および組織の水分率の変化に及ぼす影響を調査し次のことを知つた。

- 1) 蚕の体液水分率は一般に軟葉給与によつて高くなり、中葉では低くなるが、硬葉（水分率70%附近以下と思われる）では高くなる事実が判明した。
- 2) 稚蚕期の極端な硬葉給与は5令期体液濃度の変調を来たし、減蚕歩合を多くした。
- 3) 食下する桑葉の含有水分量の多少は蚕体の器官および組織の水分率をも左右し、その間に水分平衡の関係が存在することを推定した。
- 4) 葉質の差異により体液率に明かな差がみられ、桑葉水分——体液濃度——体液率は健康度と密接な関連が存在することを推定した。

終りに臨み本研究を行うに当り種々ご指導を頂き、かつ本稿のご校閲を賜つた大島利通場長、並に有力な助言と実験の便宜を与えられた引地栄一、石亀英徳両部長に厚く感謝する。

なお本研究の大要は蚕糸学会東北支部研究発表会（1957・58年）において発表した。