

## 家蚕の血液浸透圧及び卵汁の浸透圧に及ぼす飼料の影響

誌名	日本蠶絲學雜誌
ISSN	00372455
著者	北沢, 敏男 大槻, 良樹
巻/号	57巻6号
掲載ページ	p. 500-505
発行年月	1988年12月

## 家蚕の血液浸透圧及び卵汁の浸透圧に及ぼす飼料の影響

北沢敏男・大槻良樹

茨城県つくば市・農林水産省蚕糸試験場 (〒305)  
(1988年7月11日 受領)

TOSHIO KITAZAWA and YOSHIKI OHTSUKI: Effects of diets on osmotic pressure of hemolymph and egg juice in the silkworm, *Bombyx mori*

Effect of dietary condition on the osmotic pressure of hemolymph during larval-pupal and pupal-adult transformation was investigated. The effect on the osmotic pressure of egg juice was also examined. The hemolymph osmotic pressure of mature larvae was 250-260 mOsm/kg and little difference existed between the mulberry-fed larvae and artificial diet-fed larvae. In the larvae reared on mulberry leaves, it rose during the spinning and prepupal stages, reaching to about 300 mOsm/kg at pupation. Then, the pressure was kept at an approximately constant level (290-300 mOsm/kg) to adult emergence. On the other hand, the osmotic pressure of the individuals reared on an artificial diet was always 30-40 mOsm/kg higher than those of individuals reared on mulberry leaves during the course of prepupal and pupal stages. Moreover, the osmotic pressure of egg juice from artificial diet-fed individuals was 30-40 mOsm/kg higher than that of mulberry-fed ones. To know the reason why such differences are induced, combination experiments of mulberry leaves and artificial diets have been done. When larvae reared on an artificial diet were subsequently given mulberry leaves for only three days before maturing, osmotic pressure of pupal hemolymph and egg juice fell clearly to the almost same level as in the individuals reared on mulberry leaves throughout the larval stages. Difference in composition of artificial diets (especially content of mulberry leave powder) had no effect on the osmotic pressure of hemolymph and egg juice. (Sericultural Experiment Station, Tsukuba, Ibaraki 305)

家蚕幼虫期の飼料条件が、熟蚕期以降化蛾に至るまでの血液浸透圧、並びに卵汁の浸透圧に及ぼす影響について検討した。熟蚕の血液浸透圧は 250~260 mOsm/kg で、桑育蚕と人工飼料育蚕との間ではほとんど差がみられなかった。その後、桑育のカイコの血液浸透圧は吐糸及び前蛹期に上昇して蛹化時に約 300 mOsm/kg に達し、蛹化から羽化まではほぼ一定のレベル(290~300 mOsm/kg)で推移した。一方、人工飼料育したカイコの血液浸透圧は、前蛹期及び蛹期を通じて桑育したものより常に 30~40 mOsm/kg 高い値を示した。さらに、人工飼料育蚕の卵汁の浸透圧も桑育したものより高かった。こうした違いが生じる原因を追究するため桑葉と人工飼料の組合せ実験を行ったところ、人工飼料育したカイコの5齢後半に3日間だけ桑葉を与えると、蛹の血液及び卵汁の浸透圧が全齢桑育したものと同程度まで低下することが明らかになった。人工飼料中の桑葉粉末の含量の違いは、血液及び卵汁の浸透圧に何ら影響を及ぼさなかった。

カイコの血液の浸透圧については、Polimante (1915), 八木 (1924) 及び Jenniaux *et al.*, (1961) の報告があるが、最近の蚕品種についての詳細な測定例は知られていない。著者らは、現行蚕品種を供試し、予備的に5齢期における血液浸透圧を調査したところ、桑育蚕と人工飼料育蚕とでは、特に5齢中期に顕著な差異のあることを見出し、一部は既に報告した(北沢・大槻, 1982; 塚田ら, 1986)。こうした現象は、人工飼料育蚕の生理的特異性を解明する上でも、また人工飼料育蚕の産卵性向上を図る上でも注目に値する現象と考えられる。

そこで今回は、幼虫期の飼料条件が上蔭後化蛾に至るまでの変態期における血液浸透圧並びに卵汁の浸透圧に及ぼす影響を調べたところ、人工飼料育によって得られた蚕卵でみられる浸酸抵抗性など、生理的特異性の成因を検討する上で有用と考えられる知見が得られたので報告する。

本文に入るに先立ち、有益な示唆をいただいた蚕糸試験場蚕種第一研究室長・木口憲爾博士に深謝する。

## 材 料 と 方 法

蚕品種としては、日138号、日139号、支138号、日138号×日139号、支138号×支139号等の原種及び交雑種、並びに交雑種の日140号×支145号、支135号×日134号、8・9×8・9(中母)を供試した。全齢を桑葉あるいは人工飼料で飼育すると共に、目的に応じて、途中で桑から人工飼料に切り変えたり、人工飼料の組成(特に桑葉粉末含量)を変えて飼育した。飼育温度は稚蚕期約28°C、湿度85% RH、壮蚕期約25°C、75% RHで、蛹期の保護温度は約25°Cとした。供試した人工飼料の組成はTable 1に示すとおりである。なお、人工飼料への水分添加量は常法(堀江ら, 1973)に従い、粉体100gあたり稚蚕用300ml、壮蚕用220mlとして調製した。

血液浸透圧の測定にはオスモメーター3DII型(アドバンス社)を用い、所定の発育時期に1頭毎に0.2ml採血し、直ちに温度20°Cの恒温室で測定した。卵汁の浸透圧の測定に当たっては、未交尾の蛾から卵巣卵を1蛾毎に取り出し、水洗・風乾後、小

Table 1. Composition of artificial diets

Substances	1st-4th instar		5th instar	
	LP-25	LP-0	LP-25	LP-50
Mulberry leaf powder	25	0	25	50
Defatted soybean meal	36	60	30	30
Glucose	0	12	0	7.5
Saccharose	8	0	6	0
Agar	7.5	5	4	3.7
Potato starch	7.5	16	10	11
Cellulose powder	20.8	4	13.6	3.7
Soybean oil	1.5	3	2	2.3
—Sitosterol	0.2	0.5	0.2	0.15
Citric acid	4	0.5	4	3
Ascorbic acid	2	2	2	1.5
Sorbic acid	0.2	0.2	0.2	0.15
Salt mixture	3	2	3	2.3
Total	115.7	105.2	100.0	115.3

Distilled water was added with a vitamine B mixture and a antiseptic (chloramphenicol) to the dry diet at a rate of 3ml/g (1st-4th instar) or 2.2ml/g (5th instar).

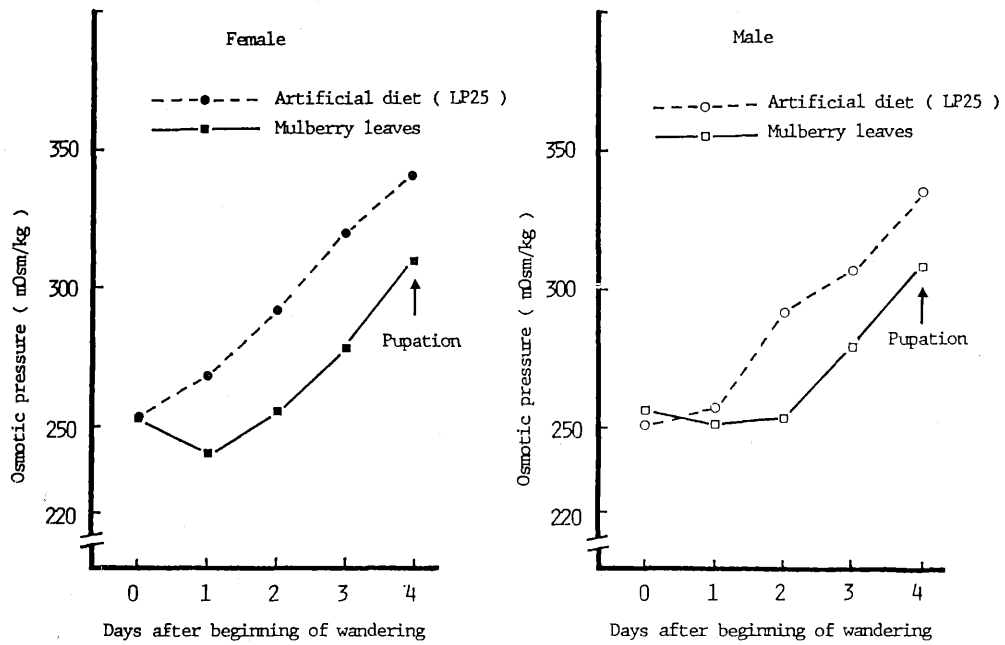


Fig. 1. Changes in hemolymph osmotic pressure during the wandering and prepupal stage in the silkworm (N. 138×N. 139) reared on an artificial diet (LP25) or on fresh mulberry leaves.

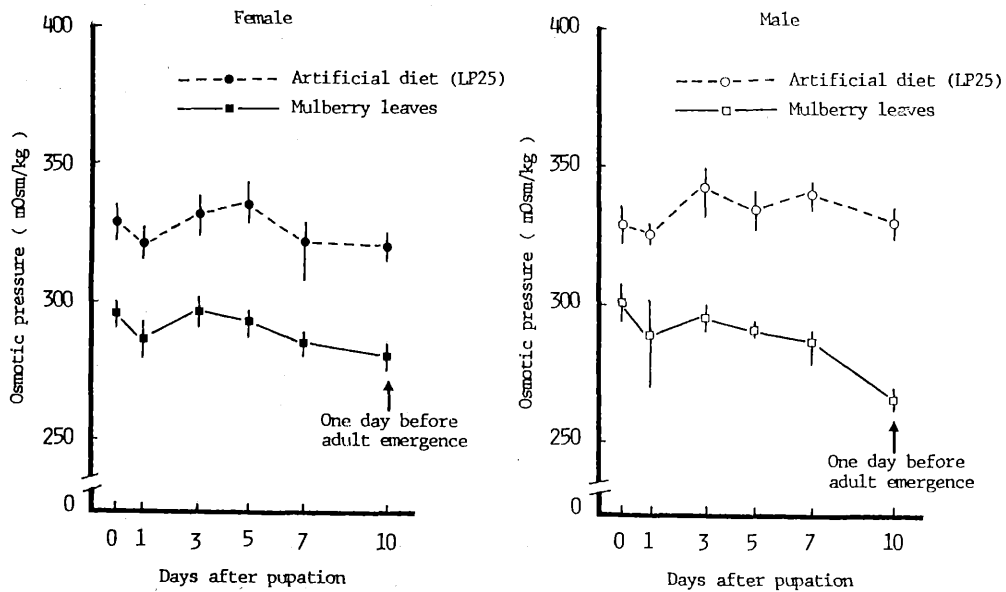


Fig. 2. Changes in hemolymph osmotic pressure during the pupal stage in the silkworm (C. 135×N. 134) reared on an artificial diet (LP25) or on fresh mulberry leaves.

型圧搾器を用いて卵汁を採取し測定した。なお、血液浸透圧については、雌雄別に10個体を目標にして測定し、その平均値を求めた。また卵汁については、5検体の測定値の平均値を求め、それぞれ相互に比較した。

結 果

1. 吐糸・前蛹期及び蛹期における血液浸透圧の変化

全齢を桑育した個体及び人工飼料 (LP 25) 育した個体について、雌雄別に経時的に浸透圧を測定し、その結果を Fig. 1 及び Fig. 2 に示した。熟蚕期の血液浸透圧は桑育区、人工飼料育区共に約 250~260 mOsm/kg で両者に大きな差異は認められなかった (Fig. 1)。その後、人工飼料育区では吐糸・前蛹期にかけて一様に上昇し、蛹化直後には約 340 mOsm に達した。一方、桑育区では上簇1日後に一旦やや低下し、その後上昇したが、蛹化直後の値は 300 mOsm にとどまり、両者間で約 40 mOsm の差があった。こうした傾向に雌雄差はみられなかった。

以上の結果は日138号×日139号について得られた値であるが、日138号、日139号、支135号×日134号、支138号×支139号について行った測定の結果もほぼ同様であった。

Fig. 2 に蛹期における血液浸透圧の変化を示した。Fig. 1 と Fig. 2 とでは供試蚕品種が異なるが、蛹期の測定結果も人工飼料育区が桑育区に比べて高かった。すなわち、前者は全蛹期間を通して 330~340 mOsm で推移したのに対し、後者は 290~300 mOsm で経過し、全蛹期間を通して両者間に約 30~40 mOsm の差がみられた。

2. 飼料条件と蛹血液の浸透圧

上述したように、蛹血液の浸透圧は全期間を通じてほぼ同水準で推移する。そこで、蛹化5日目の測定値を相互に比較することによって、幼虫期の飼料条件が蛹期の血液浸透圧に及ぼす影響を検討した (Table 2)。その結果、全齢を桑育したものは雌 300, 雄 305 mOsm であり、一方全齢人工飼料育区では雌 339, 雄 350 mOsm で、やはり桑育した個体に比べて著しく高い浸透圧を示すことが分った。これに対して、1~4 齢期に人工飼料 (LP 25) 育し、

Table 2. Dietary condition and the osmotic pressure (mOsm/Kg) of pupal hemolymph

Silkworm races used	Diets		Female			Male					
	1-4th instar	First half of 5th instar	Last half of 5th instar	No. of individuals used	Maximum	Minimum	Average	No. of individuals used	Maximum	Minimum	Average
N. 89	LP 25*	LP 25	LP 25	10	347	332	338	10	358	340	346
	LP 25	M**	M	11	301	287	294	11	305	292	297
C. 138	LP 25	LP 25	LP 25	5	344	329	339	5	359	338	350
	LP 52	LP 25	M	5	318	307	313	5	313	305	311
	LP 25	M	M	6	311	302	308	6	312	306	310
	M	M	M	6	307	292	300	6	309	300	305

Osmotic pressure was measured 5 days after pupation. \* Artificial diets. \*\* Mulberry leaves.

5 齡期のみを桑育したものでは、全齡桑育区と同程度の低い値を示した。また 5 齡後半の 3 日間のみを桑育した区においても、血液浸透圧の著しい低下がみられた。

### 3. 飼料条件と卵汁の浸透圧

飼料の条件が蛹血液の浸透圧に大きな影響を及ぼすことが判明したので、次に、形成される卵の性状にまで影響が及ぶかどうか検討する目的で、卵汁の浸透圧を測定した (Table 3)。その結果、全齡人工飼料育蚕の卵汁の浸透圧は、全齡桑育した蚕の卵汁よりかなり高く、前者は 332~343、後者は 303~311 mOsm/kg であった。発育の途中で人工飼料 (LP25) 育から桑育へ切りかえたものでは、全齡桑育区とほぼ同様の低い値を示した (303~311 mOsm/kg)。

人工飼料中の桑葉粉末含量の違いが卵汁の浸透圧に影響するか否かについても検討したが、5 齡期を桑葉粉末をまったく含まない LP0 飼料で飼育した区と、50%の桑葉粉末を含む LP50 飼料で飼育した区との間ではほとんど差がみられなかった。

## 考 察

人工飼料育したカイコは、幾つかの点で桑育した個体と異なる生理的特異性のあることが知られている。たとえば、両者の間で光や温度に対する感受性 (高宮・中村, 1973; 高宮, 1974) や、血液及び産下卵内の尿素含量 (井口ら, 1983; 山田ら, 1983)、産下卵の浸酸感受性 (北沢・大槻, 1978; 北沢, 1979; 新野ら, 1982, 1984) 並びに単為発生能 (北沢・木口, 1987) 等に顕著な違いが認められている。

これらの知見に加え、今回の実験から、蛹血液の浸透圧にも顕著な差異が生じ、さらに卵汁の浸透圧にも影響が及ぶことが明らかになった。すなわち、桑育したカイコの蛹血液の浸透圧は 290~300 mOsm/kg 程度で推移するのに対し、人工飼料育蚕ではそれより 30~40 mOsm/kg 高い水準で経過する。また卵汁の浸透圧は、蛹血液の浸透圧と同程度であり、両者の間には密接な関係のあることがうかがわれる。

血液浸透圧に及ぼす要因としては、一般に血液蛋

Table 3. Dietary condition and the osmotic pressure of egg juice

Silkworm races used	Diets*			Osmotic pressure of egg juice (mOsm/Kg)			
	1-4th instar	First half of 5th instar	Last half of 5th instar	No. of moths examined	Maximum	Minimum	Average
N. 89	LP25	LP0	LP0	5	346	340	343
	LP25	LP50	LP50	5	343	336	341
	LP25	LP25	M	5	315	307	311
	LP25	M	M	5	308	296	303
	M	M	M	5	313	297	303
C. 89	LP25	LP0	LP0	5	347	328	337
	LP25	LP50	LP50	5	337	328	332
	LP25	LP25	M	5	312	298	304
	LP25	M	M	5	313	307	310
	M	M	M	5	314	306	311
C. 89 × N. 89	LP25	LP25	LP25	5	341	325	332
	LP25	LP25	M	5	317	302	311
	LP25	M	M	5	307	302	304
	M	M	M	5	315	313	309

Egg juice was prepared by squeezing the unfertilized eggs dissected out from a female moth.

\*: LP50, LP25, and LP0 represent the artificial diets containing mulberry leaf powder at 50%, 25% and 0%, respectively, and M is mulberry leaves.

白質, アミノ酸, 糖, 有機酸, 無機イオン等が考えられる。人工飼料育と桑育のカイコの間で血液成分に差を認めた例としては, ①遊離アミノ酸 (堀江ら, 1971; 井口, 1971), ②体液蛋白質及び尿酸 (堀江ら, 1971; 渡辺・堀江, 1979), ③核酸関連物質 (新村ら, 1977, 1978), ④尿素 (山田ら, 1983; 井口ら, 1983) 等がある。また桑葉及び人工飼料中の水分量の違いによって体水分量及び血液量にも多少の差がみられている (堀江ら, 1971)。5 齢期の血液浸透圧が桑育より人工飼料育のカイコで高い理由について, 塚田ら (1986) は, 先に絹糸蛋白の合成との関連を重視し血中遊離アミノ酸に起因する可能性が高いと述べている。しかし, 血中の全遊離アミノ酸量は, 人工飼料育蚕と桑育蚕とで差のない場合や, むしろ人工飼料育蚕の方が低い場合も報告されており (井口, 1971; 新村ら, 1977), その理由についてはより複雑な系を考える必要がある。5 齢後半に桑葉を給餌すると蛹血液及び卵汁の浸透圧が顕著に低下することからみて, 桑葉中に含まれる何らかの成分が浸透圧の調節に関与していることは疑いない。人工飼料中の桑葉粉末や無機塩の含量の違いが考えられる要因の一つであるが, 本実験 (Table 3) 及び現在予備的に行っている実験の結果から判断するといずれも否定的であった。

飼料条件の血液浸透圧に及ぼす影響はすでに 5 齢期にもみられる (北沢・大槻, 1982; 塚田ら, 1986)。しかしながら, 熟蚕時には人工飼料育と桑育のカイコとでほとんど差がなくなり (Fig. 1), その後約 1 日の間に約 30~40 mOsm/kg の差が生じ, 結果としてこの時生じた差が蛹血液並びに卵汁の浸透圧の差として維持されるものと思われる。この差の生じる時期は, ガットパーズ及び吐糸前期にあたる。この時期は多量の水分, 各種無機成分及び窒素異化代謝物等が, 糞尿としてあるいは絹糸腺中に排泄される時期である (赤尾, 1943; 福田, 1951; 木口ら, 1985)。従ってガットパーズ及び吐糸に伴う水分及び無機成分等の挙動が血液浸透圧の調節と密接に関連している可能性が高く, この面からの追究も今後必要と思われる。

いずれにしても, 人工飼料育と桑育したカイコの

間でみられるいろいろな生理的特性の違いは, 現象的には一見別々であっても相互に関連している可能性が高い。浸透圧にみられる特異性の追究は, 今後原蚕の全齢人工飼料による安定的蚕種製造技術を確立する上で有効な手掛りになるものと期待される。

## 文 献

- 赤尾 晃 (1943): 蚕試報, 11, 295-309.  
 福田紀文 (1951): 蚕試報, 13, 557-563.  
 堀江保宏・渡辺喜二郎・篠原栄子 (1971): 蚕糸研究, (78), 44-50.  
 堀江保宏・井口民夫・渡辺喜二郎・中曾根正一・柳川弘明 (1973): 蚕試彙報, 96, 41-55.  
 井口民夫 (1971): 日蚕雑, 40, 281-287.  
 井口民夫・山田政枝・中村晃三 (1983): 応動昆, 27, 99-105.  
 JEUNIAUX, Ch., DUCHATEAU-BOSSON, Gh. and FLORKIN, M. (1961): Arch. Int. Physiol. Biochim., 69, 617-627.  
 木口憲爾・神田俊男・江口良橋・呉 玉澄・村山穰助 (1985): 日蚕講要, (55), 60.  
 北沢敏男・大槻良樹 (1978): 日蚕関東第29回講要, 31.  
 北沢敏男 (1979): 日蚕講要, (49), 55.  
 北沢敏男・大槻良樹 (1982): 日蚕関東第33回講要, 34.  
 北沢敏男・木口憲爾 (1987): 日蚕関東第38回講要, 25.  
 小松計一 (1986): 日蚕雑, 55, 64-67.  
 新村正純・橋本重文・桐村二郎 (1977): 日蚕雑, 46, 469-474.  
 新村正純・橋本重文・桐村二郎 (1978): 日蚕雑, 47, 1-8.  
 新野孝男・笹原重雄・水沢久成 (1982): 蚕試彙報, 115, 1-14.  
 新野孝男・笹原重雄・小野寺ナミ子 (1984): 蚕糸研究, (131), 35-43.  
 POLIMANTI, O. (1915): Biochem. Zeitsch., 70, 74-92.  
 高宮邦夫・中村正雄 (1973): 蚕試彙報, 96, 129-141.  
 高宮邦夫 (1974): 日蚕雄, 43, 35-40.  
 塚田益裕・早坂昭二・大槻良樹・北沢敏男・小松計一 (1986): 日蚕雑, 55, 64-67.  
 渡辺喜二郎・堀江保宏 (1979): 日蚕雑, 48, 1-7.  
 八木誠政 (1924): 動雑, 36, 319-328.  
 山田政枝・中村晃三・井口民夫 (1983): 応動昆, 27, 92-98.