

家蠶幼蟲의 消化液 Proteinase 및 中腸組織 Sucrase 의 活性에 미치는 飼料組成(糖과 蛋白質과의 量比) 및 4眠 期保護溫度의 影響

文 在 裕

(서울대학교 農科大學)

Effect of the Dietary Composition (quantitative ratio between carbohydrate and protein) and the Rearing Temperature during the 4th Moulting Period on Proteinase Activity of Digestive Juice and Sucrase Activity of Midgut Tissue in the Silkworm, *Bombyx mori* L.

(Seoul National University, college of Agriculture)

Jae Yu Moon

SUMMARY

This study has been carried out to investigate proteinase activity of digestive juice and sucrase activity of midgut tissue in the 5th day of the 5th instar influenced by the dietary composition (quantitative ratio between carbohydrate and protein) and the rearing temperature during the 4th moulting period.

The larvae grew on three kinds of semi-synthetic diet. The A-diet has more carbohydrate than the others, the B-diet has carbohydrate in 1 : 2 with protein, and the C-diet has more protein than the others. All the diets were kept at 16°C, 25°C and 32°C during the 4th moulting period.

Proteinase activity of digestive juice at the 5th day of the 5th instar was analyzed by Anson's hemoglobin method. Sucrase activity of midgut tissue at the 5th day of 5th instar was analyzed by Somogyi-Nelson's method.

The results were as follows.

1. The dietary composition influencing contents of blood sugar was not related to the rearing temperature during the 4th moulting period. The contents of blood sugar appeared to increase in A-diet, B-diet and C-diet order, while proteinase and sucrase activity were stronger in C-diet, B-diet and A-diet order.
2. All kinds of diets showed almost the same fact that proteinase activity at 16°C was stronger than that at 32°C.
3. It was found that sucrase activity became gradually stronger at 32°C, 25°C and 16°C in order in all kinds of diets.

4. There was an interaction in proteinase activity between the dietary composition and the rearing temperature in male larval digestive juice during the 4th moulting period.

On the other hand, there was an interaction in sucrase activity between the dietary composition and the rearing temperature in both female and male larval midgut tissue during the 4th moulting period.

I. 緒 言

누에의 幼蟲에 있어서 proteinase 에 관한 研究는 藤井(1930)⁽²⁾, 山藤(1932)⁽¹⁵⁾, 伊藤(1959)⁽⁷⁾, 文(1973)^{a(10)}에 의하여 消化液中에서 그 活性이 인정되었고 消化液外에 中腸組織(山口 1955)⁽¹⁶⁾, 伊藤(1959)⁽⁷⁾, 血液(山藤 1933)⁽¹⁵⁾에서도 認定되고 있는데 그 중에서 消化液에 存在하는 proteinase 의 活性이 가장 強하다고 報告되고 있다[伊藤(1959)]⁽⁷⁾.

또한 酵素의 重要한 性質인 最適 pH에 대하여 消化液[藤井(1930)⁽²⁾, 山藤(1932)⁽¹⁵⁾, 伊藤(1959)⁽⁷⁾]에서는 11.0—11.5, 中腸組織[伊藤(1959)]⁽⁷⁾에서도 11.0—11.5 라고 알려지고 있지만, 최근 浜野, 向山(1970)⁽³⁾의 研究에 의하면 消化液 proteinase 의 最適 pH는 基質에 의해서 다소 차이가 있어, Hanmarsten casein 인 경우에는 11.5, Gluten 인 경우에는 11.0, Gelatin 인 경우에는 9.7 이라고 報告되고 있다.

또한 酵素와 遺傳의 基礎와의 關聯에 대하여, 消化液 proteinase 活性은 蠶品種 사이에 거의 差가 없다고 생각되어 왔지만 [藤井(1930)]⁽²⁾, 최근 林屋, 西田(1969)⁽⁴⁾의 研究에 의하면 Amylase 와 같이 蠶品種 사이에 差가 있다고 報告되고 있다.

그리고 누에의 幼蟲에 있어서 sucrase 에 관한 研究에 있어서는 平塚(1928)⁽⁵⁾, 松村(1942)⁽⁶⁾, 堀江(1958)⁽⁶⁾, 文(1973)^{a(10)}에 의하여 中腸組織 중에서 그 活性이 인정되었고, 中腸組織外에 血液[小池(1954)⁽⁸⁾, 堀江(1959)⁽⁶⁾, 唾腺[向山(1961)]⁽¹²⁾ 등에서도 認定되고 있다.

以上과 같이, 누에의 幼蟲에 있어서 proteinase 및 sucrase 에 關하여 酵素의 存在, 酵素의 性狀, 酵素와 遺傳의 基礎 문제와의 關聯 등에 대하여 대개 알려지고 있지만, 酵素와 榮養, 環境과의 關聯에 대하여서는 약간의 報告가 있는 정도로서[藤井, 加藤(1930)⁽²⁾, 浦野, 向山, 浜野(1972)⁽¹⁴⁾, 大沢, 向山, 浜野(1972)]⁽¹³⁾ 아직 충분히 알려지지 않은 것이 現狀이다.

著者は 누에의 消化液 proteinase 및 中腸組織 sucrase 의 活性에 미치는 榮養 및 環境의 影響을 알기 위하여 糖과 蛋白質과의 量比가 다른 A,B,C의 3種의 準合成飼料를 사용해서 幼蟲을 飼育하고, 4 眠期를 16°, 25°, 32°C

에서 각각 保護한 5齡 5日째 幼蟲에 대하여 消化液 proteinase 및 中腸組織 sucrase 의 活性을 調査한 結果若干의 知見을 얻었으므로 여기에 報告하는 바이다.

II. 材料 및 方法

1. 供試蠶品種은 日124號×支124號를 사용하였다.
2. 使用한 準合成飼料의 組成은 表 1에 표시하였다. 糖의 給源으로서 sucrose, 蛋白質의 給源으로서 soybean meal 을 사용하여, sucrose 와 soybean meal 의 合計를 50g로 하고 其他 組成은 一定으로 해서 標準이라고 생각되는 B飼料를 基準으로 하여 糖과 蛋白質과의 量比를 變化시켰다.

3. 4眠期의 保護溫度는 16°C, 25°C, 32°C 로 하였다.

4. 누에의 飼育은 恒溫蠶室에서 1日 1回의 給餌에 의하여 30頭 2反覆으로 紗一례飼育을 행하였으며, 掃蠶부터 3齡까지를 B飼料로서 飼育하고 4齡부터는 A,B,C의 3種의 飼料로서 各各 飼育하였다.

5. 酵素液은 5齡 5日째 解剖法에 의하여 消化液 및 中腸組織을 採取하여 -30°C 에 보존하고 필요에 따라 消化液은 濾過해서 中腸組織은 Homogenate 해서 酵素液을 만들어 사용하였다.

6. 消化液 proteinase 의 活性測定은 Anson 의 Hemoglobin 方法에 準하여 행하였다.

즉, 遠心管에 1% Hanmarsten casein 1ml (pH 11.5) 을 취하여, 이것을 constant temperature water bath 에 10分間 넣어 溫度를 조절후, 이것에 1ml의 Enzyme solution 을 넣어 반응을 시켜, 반응 30分後에 3ml의 5% Trichloroacetic acid solution 을 첨가시켜 반응을 정지시키는 동시에 蛋白質을 沈澱시켰다. 잠간 방치후 3,000 rpm 에서 20分間 遠心해서 그 上清液 2.5ml 을 취하고 5ml의 0.5M Na₂CO₃ 와 phenol reagent 1.5ml 을 가해서 發色시켜 650nm 에서 比色하였다.

또한 中腸組織 sucrase 의 活性測定은 Somogyi-Nelson 方法에 準하여 행하였다. 즉, 試驗管에 0.05M Sucrose 1ml 과 pH 6.4 의 Buffer solution 2ml 를 취하여, 이것을 37°C 의 Constant temperature water bath 에 10分間 넣어 溫度를 조절 후, 이것에 1ml의 Enzyme solution 을 넣어 반응을 시켜, 반응 15分後에 1ml의 Somogyi solution 을 가해서 沸騰水浴中에서 10分間 加熱, 즉시 冷

수에 담가 冷却시킨 後(亞酸化銅의 赤色침전이 생긴), 다시 Nelson solution 2ml을 첨가해서 가만히 混和(亞酸化銅의 침전이 용해될)하여 靑色을 發現시켜서 (發色과 동시에 CO₂ gas가 발생함), 700nm에서 比色하였다.

7. 酵素의 活性度는 一定時間에 增加된 optical density로서 표시 하였으며 消化液 Proteinase의 Trypsin單位는 Tyrosine의 Calibration curve와 照合해서 算出하였다.

8. 血糖量은 다음과 같이 행하였다. 遠心管에 血液 0.5ml을 취하여, 이것에 perchloric acid 4.5ml를 가해서 靜止後 3,000rpm에서 遠心分離시키고 이것을 濾過해서 上清液 0.2ml을 試驗管에 취하여, 이것에 蒸溜水를 가해서 2ml로 만든 後, 80% phenol solution 0.05ml와 conc. H₂SO₄ 5ml를 가해서 發色시켜 自然放置冷却後 490nm에서 比色하였다.

이상과 같이 하여 測定된 optical density를 Glucose의 Calibration curve와 對照해서 血糖量을 算出하였다.

9. 有意性 檢定은 2反覆, 3×3 Factorial design法에 의해서 행하였다.

Table 1. Quantitative ratio between carbohydrate and protein in the composition of the diet used (Autumn in 1972)

substance(g)	Diets		
	A	B	C
Sucrose	20.0	10.0	0.0
Soybean meal, defatted	30.0	40.0	50.0
Potato starch	10.0	10.0	10.0
Soybean oil, refined	3.0	3.0	3.0
β-sitosterol	0.5	0.5	0.5
Ascorbic acid	2.0	2.0	2.0
Citric acid	2.0	2.0	2.0
Cellulose power	34.0	34.0	34.0
Agar	15.0	15.0	15.0
Wesson's salt mixture	3.5	3.5	3.5
Morin	0.3	0.3	0.3
Potassium phosphate, Monobasic	1.0	1.0	1.0
Total	121.3	121.3	121.3
Vitamin B mixture	Added	Added	Added
Antiseptic	Added	Added	Added
Antibiotic	Added	Added	Added
Dist. water	3ml/dry diet (g)		

Ⅲ. 實驗結果

1. 飼料組成(糖과 蛋白質과의 量比)의 影響

(1) 幼蟲의 血糖量

5齡 5日째 幼蟲의 血糖量에 주는 飼料組成의 影響

은 圖1에 표시하였다. 즉, 雄의 경우 血糖量은 16°C, 25°C, 32°C의 各 4眼期 保護溫度에 있어서 같은 경향으로서 A 飼料 > B 飼料 > C 飼料의 順으로 많았다. 또한 雌의 경우도 雄과 같은 경향이었다.

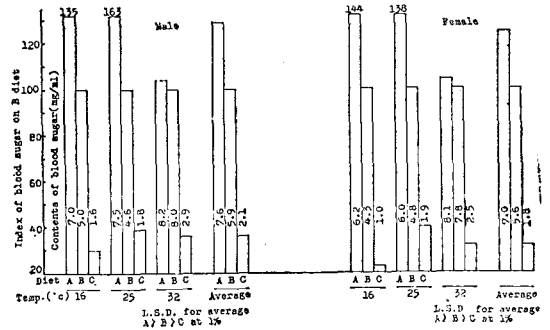


Fig. 1. Effect of dietary composition during grown silkworm stage on blood sugar at 5th day of 5th instar.

silkworm race: N 124×C 124

Rearing season: Autumn in 1972

(2) 幼蟲의 消化液 proteinase 活性.

5齡 5日째 幼蟲의 消化液 proteinase 活性에 주는 飼料組成의 影響은 圖 2에 표시하였다.

즉, 雌의 경우 消化液 proteinase 活性은 16°C, 25°C, 32°C의 各 4眼期 保護溫度에 있어서 같은 경향으로, C 飼料 > B 飼料 > A 飼料의 順으로 強하였다. 雄의 경우도 雌와 대개 같은 경향이었지만 B 飼料과 A 飼料의 사이에 有意性은 없었다.

또한 消化液 proteinase의 Trypsin單位를 表 2에 표시하였다.

消化液 proteinase의 Trypsin單位도 消化液 proteinase 活性과 같은 경향으로서, 雌雄 함께 C 飼料 > B 飼料 > A 飼料의 順으로 Trypsin單位는 높았다고 사료된다.

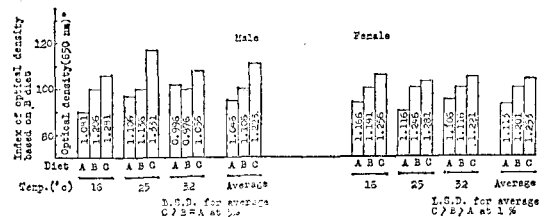


Fig. 2. Effect of dietary composition during grown silkworm stage on proteinase activity of digestive juice at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: N124 C124

*Anson's hemoglobin method

Rearing season: Autumn in 1972

Table 2. Trypsin unit for proteinase of digestive juice at 5th day of 5th instar

Kind of diet	Sex	
	Male	Female
	(TU) ^{cas}	(TU) ^{cas}
A diet*	1.588×10^{-3} <small>μg</small>	1.691×10^{-3} <small>μg</small>
B diet*	1.680×10^{-3}	1.823×10^{-3}
C diet*	1.860×10^{-3}	1.906×10^{-3}

*Average of 16°C block, 25°C block and 32°C block

(3) 幼蟲의 中腸組織 Sucrase 活性

5齡 5日째 幼蟲의 中腸組織 Sucrase 活性에 주는 飼料組成의 影響은 圖 3에 표시하였다.

즉, 雌의 경우 中腸組織 Sucrase 活性은 16°C, 25°C, 32°C의 各 4眠期 保護溫度에 있어서 같은 傾向으로, C飼料 > B飼料 > A飼料의 順으로 强하였다. 雄의 경우도 雌와 같은 傾向이었지만 C飼料와 B飼料의 사이에 有意性은 없었다.

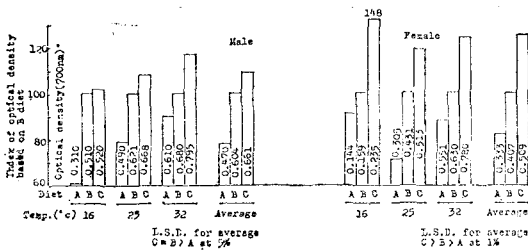


Fig. 3. Effect of dietary composition during grown silkworm stage on sucrose activity of midgut tissue at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: N124×C124

*Somogyi-Nelson's method

Rearing season: Autumn in 1972

2. 4眠期 保護溫度의 影響

(1) 幼蟲의 血糖量

5齡 5日째 幼蟲의 血糖量에 주는 4眠期 保護溫度의 影響은 圖 4에 표시하였다.

즉, 雌의 경우 血糖量은 A,B,C의 各 飼料에 있어서 같은 傾向으로서, 32°C > 25°C > 16°C의 順으로 많았다. 그러나 雄의 경우는 雌과 A飼料 및 C飼料에 있어서 같은 傾向이었으나 B飼料에 있어 약간 傾向의 차이 가 있어, 결국 25°C와 16°C 사이에 血糖量의 차이 是 없었다.

(2) 幼蟲의 消化液 proteinase 活性

5齡 5日째 幼蟲의 消化液 proteinase 活性에 주는 4眠期 保護溫度의 影響은 圖 5에 표시하였다.

즉, 雄의 경우 消化液 proteinase 活性은 A,B,C의 各

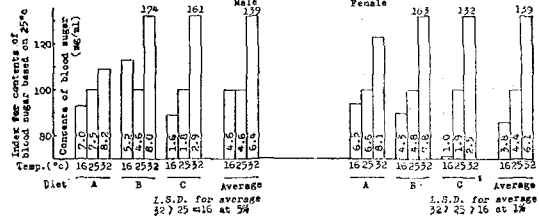


Fig. 4. Effect of rearing temperature during 4th moulting period on blood sugar at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: N 124×C 124

Rearing season: Autumn in 1972

飼料에 있어서 대개 같은 傾向으로, 25°C > 16°C > 32°C의 順으로 强하였으나 25°C와 16°C의 사이에는 有意性은 인정되지 않았고 25°C와 32°C 사이에는 有意性이 인정되었다. 雌의 경우도 雄과 같은 傾向이 었다.

또한 消化液 Proteinase의 Trypsin單位를 表 3에 표시하였다.

消化液 proteinase의 Trypsin單位도 消化液 proteinase 活性과 같은 傾向으로서 雌雄 함께 25°C > 16°C > 32°C의 順으로 Trypsin單位는 높았다고 사료된다.

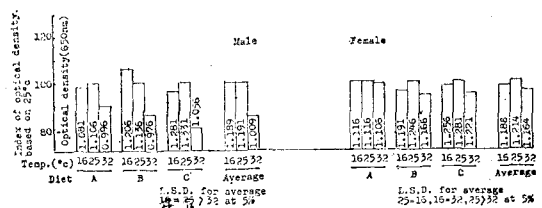


Fig. 5. Effect of rearing temperature during 4th moulting period on proteinase activity of digestive juice at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: N 124×C 124

Rearing season: Autumn in 1972

Table 3. trypsin unit for proteinase of digestive juice at 5th day of 5th instar

Rearing temperature during 4th moulting period	Male	Female
	(TU) ^{cas}	(TU) ^{cas}
16°C block*	1.808×10^{-3} <small>μg</small>	1.806×10^{-3} <small>μg</small>
25°C block*	1.811×10^{-3}	1.846×10^{-3}
32°C block*	1.531×10^{-3}	1.769×10^{-3}

*Average of A diet block, B diet block and C diet block

(3) 幼蟲의 中腸組織 Sucrase 活性

5齡 5日째 幼蟲의 中腸組織 Sucrase 活性에 주는 4眼期 保護溫度의 影響은 圖 6에 표시하였다.

즉, 雄의 경우 消化液 Sucrase 活性은 A,B,C의 各 飼料에 있어서 같은 傾向으로, 32°C > 25°C > 16°C의 順으로 强하였다. 또한 雌의 경우도 雄과 같은 傾向이 었다.

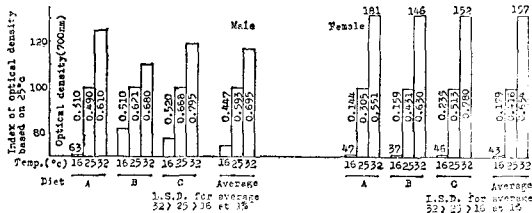


Fig. 6. Effect of rearing temperature during 4th moulting period on sucrose activity of midgut tissue at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: N 124×C 124
Rearing season: Autumn in 1972

3. 飼料組成(糖과 蛋白質과의 量比)과 4眼期 保護溫度와의 交互作用

5齡 5日째 幼蟲의 消化液 proteinase 및 中腸組織 sucrose 活性에 주는 飼料組成과 4眼期 保護溫度와의 交互作用은 表 4에 표시하였다.

즉, 消化液 proteinase 活性에 주는 飼料組成과 4眼期 保護溫度와의 交互作用은 雄에서만 있었고, 中腸組織 sucrose 活性에 주는 飼料組成과 4眼期 保護溫度와의 交互作用은 雌雌에 있어서 다같이 있었다.

Table 4. Inter-action between dietary composition and rearing temperature during 4th moulting period.

Digestive enzyme	Level of significance	
	Male	Female
Proteinase activity of digestive juice	※※	None
Sucrase activity of midgut tissue	※※	※※

※※ 1% significant

None: non-significant

Silkworm race: N124×C124

Rearing season: Autumn in 1972.

IV. 考 察

1. 누에의 血糖은 주로 Trehalose로서, 血糖이 過剩되면은 脂肪組織에 Glycogen으로 저장되고 不足할때는 축적된 Glycogen이 다시 Trehalose 형태로써 血液中에 방출되어 利用된다고 생각된다(堀江(1959))⁽⁶⁾.

本 實驗에 있어서 5齡 5日째 幼蟲의 血糖量은 16°C,

25°C, 32°C의 各 4眼期 保護溫度에 있어서 같은 傾向으로 A 飼料 > B 飼料 > C 飼料의 順으로 많았는데, 이것은 飼料中の 糖含量과 비례하였다고 고찰된다.

2. 5齡 5日째 幼蟲의 消化液 proteinase 活性에 주는 飼料組成의 影響은 前報[文(1973)]^{b(11)}의 消化液 Amylase 活性과 같이 16°C, 25°C, 32°C의 各 4眼期 保護溫度에 있어서 같은 傾向으로 C 飼料 > B 飼料 > A 飼料의 順으로 proteinase 活性은 强하였지만 幼蟲의 血糖量에 주는 飼料組成의 影響과는 相反되는 傾向이었다. 또한 消化液 proteinase의 Trypsin 單位도 C 飼料 > B 飼料 > A 飼料의 順으로 높았지만, 伊藤(1959)⁽⁷⁾, 浜野, 向山(1970)⁽⁸⁾가 求한 桑葉育蠶보다 낮은 值를 나타냈다.

3. 5齡 5日째 幼蟲의 中腸組織 Sucrase 活性에 주는 飼料組成의 影響도 前報[文(1973)]^{b(11)}의 消化液 Amylase 活性과 같이, 16°C, 25°C, 32°C의 各 4眼期 保護溫度에 있어서 같은 傾向으로 C 飼料 > B 飼料 > A 飼料의 順으로 Sucrase 活性은 强하였지만, 幼蟲의 血糖量에 주는 飼料組成의 影響과는 相反되는 傾向이었다.

4. 5齡 5日째 幼蟲의 血糖量에 주는 4眼期 保護溫度의 影響은 A, B, C의 各 飼料에 있어서 대개 같은 傾向으로, 32°C의 경우가 16°C의 경우 보다 血糖量은 많았는데, 이는 眼中에 있어서 에네르기 代謝源이 保護溫度가 높을수록 단위시간당 소비량이 많은데[板谷(1936)]⁽⁴⁾ 기인 된다고 고찰된다.

4. 5齡 5日째 幼蟲의 消化液 proteinase 活性에 주는 4眼期 保護溫度의 影響은 A, B, C의 各 飼料에 있어서 대개 같은 傾向으로, 16°C의 경우가 32°C의 경우 보다 Proteinase 活性은 强하였는데, 이는 幼蟲의 血糖量에 주는 4眼期 保護溫度의 影響과 相反되는 傾向이었다.

5. 5齡 5日째 幼蟲의 中腸組織 Sucrase 活性에 주는 4眼期 保護溫度의 影響은 A, B, C의 各 飼料에 있어서 같은 傾向으로, 32°C > 25°C > 16°C의 順으로 Sucrase 活性은 强하였는데, 이는 幼蟲의 血糖量에 주는 4眼期 保護溫度의 影響과 대개 같은 傾向이었다.

6. 幼蟲의 消化液 proteinase 活性에 미치는 飼料組成과 4眼期 保護溫度와의 交互作用은 表 4에서 보는 바와 같이 雌雄사이에 差異가 있었으나, 中腸組織 Sucrase 活性에 미치는 飼料組成과 4眼期 保護溫度와의 交互作用은 雌雄사이에 差異가 없었다.

따라서 消化液 proteinase 活性에 미치는 飼料組成의 影響이나 4眼期 保護溫度의 影響은 雌雄사이에 약간의 傾向의 차이가 있었다고 고찰된다.

V. 摘要

누에의 소화액 proteinase 및 中腸組織 Sucrase 의 活性에 미치는 榮養 및 環境의 影響을 알기 위하여, 飼料組成中에 糖의 含量이 많은 A 飼料(따라서 蛋白質의 含量은 적음), 糖과 蛋白質과의 量比가 약 1:2로 적당하다고 생각되는 B 飼料, 蛋白質의 含量이 많은 C 飼料(따라서 糖의 含量이 적음)의 3種의 準合成飼料를 사용하여 幼蟲을 飼育하고, 4 眠期를 16°C, 25°C, 32°C 로 각각 保護한 5 齡 5 日째 幼蟲의 消化液 proteinase 및 中腸組織 Sucrase 의 活性을 調査하였던바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 幼蟲의 血糖量은 4 眠期保護溫度와 상관하지 않고 A 飼料 > B 飼料 > C 飼料의 順으로 많았으나 消化液 proteinase 및 中腸組織 Sucrase 의 活性은 C 飼料 > B 飼料 < A 飼料의 順으로 强하였다.

2. 幼蟲의 消化液 proteinase 活性은 A, B, C 의 各 飼料에 있어서 대개 같은 傾向으로, 32°C 보다 16°C 에 있어서 强하였으나 血糖量의 變化와는 相反되는 傾向이 없다.

3. 幼蟲의 消化液 Sucrase 活性은 A, B, C 의 各 飼料에 있어서 같은 傾向으로, 32°C > 25°C < 16°C 의 順으로 强하였으며 또한 血糖量의 變化와 같은 傾向이었다.

4. 幼蟲의 消化液 proteinase 活性은 飼料組成과 4 眠期保護溫度와의 交互作用이 雄에서만 인정되었으나 中腸組織 Sucrase 活性은 交互作用이 雌雄 다같이 인정되었다.

IV. 引用文獻

1. 板谷健吾(1936): 溫度와 蠶兒, 理論實驗, 蠶體生理學, 420-423, 明文堂.
2. 藤井音松, 加藤清時(1930): 家蠶의 消化酵素에 就て 熊木蠶試報, 3(2), 35-69.

3. 浜野國勝, 向山文雄(1970): 家蠶幼蟲における 消化液蛋白質分解酵素の二, 三の性狀および數種蛋白質の分解度とその榮養價との關連, 日蠶雜, 39, 371-376.
4. 林屋慶三, 西田順(1969): 家蠶의 消化酵素에 關する 研究(講要), 日蠶雜, 37, 247.
5. 平塚英吉(1928): 家蠶による 桑葉含水炭素의 消化利用에 關する 研究, 日木學協報告, 4, 402-408.
6. 堀江保宏(1959): 家蠶消化管의 生理學的研究 II, 消化液および中腸組織의 炭水化物分解酵素, 蠶試報, 15, 365-382.
7. 伊藤智夫(1959): 家蠶의 消化液及中腸의 蛋白質分解酵素(講要), 日蠶雜, 28, 188
8. 小池久義(1954): 昆蟲의 炭水化物分解酵素について 動雜, 63, 228-234.
9. 松村季美(1942): 家蠶消化管組織의 Invertase 作用에 就て, 日蠶雜, 13, 168-174.
10. 文在裕(1973^a): カイテ의 消化酵素活性에 由ぼす 飼料組成(糖と蛋白質との量比)と 4 眠期保護溫度との 影響, 東京農工大學大學院學位論文, 1-64.
11. 文在裕(1973^b): 家蠶幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料組成 및 4 眠期保護溫度의 영향, 韓雜誌. 15(1), 1-7.
12. 向山文雄(1961): 家蠶幼蟲의 唾腺における二, 三의 消化酵素について, 日蠶雜, 30, 1-8.
13. 大沢光男, 向山文雄, 浜野國勝(1971): 家蠶의 蛋白質分解酵素에 對する 飼料組成의 影響, 日木蠶絲學會 41 回 講要, 31.
14. 浦野松幸, 向山文雄, 浜野國勝(1971): 家蠶의 炭水化物分解酵素에 對する 飼料組成의 影響, 日木蠶絲學會 41 回 講要, 31.
15. 山藤一雄(1932): 家蠶의 酵素에 關する 研究, 日蠶雜 5, 310-311.
16. 山口定次郎(1955): 家蠶幼蟲消化管의 局所的機能差에 關する 研究, 信大纖維研究報, 5, 47-52.