

家蠶幼蟲의 消化液 Amylase 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 Amylase activity of Digestive Juice in the Silkworm, *Bombyx mori* L.

Seoul National University, College of Agriculture
Jae Yu Moon

Summary

This study has been carried out to investigate amylase activity of digestive juice 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 diets. 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.

Amylase activity of digestive juice at the 5th day of the 5th instar was analyzed by Fuwa's method.

The results were as follows.

1. Both A and C-diets were worse than B-diet in the larval growth and development.
2. The dietary composition influencing amylase activity of digestive juice was not related to the rearing temperature during the 4th moulting period. Amylase activity was stronger in C-diet, B-diet and A-diet order.
3. It was found that amylase activity at 32°C was stronger than that at 16°C in all kinds of diets.
4. There was an inter-action in amylase activity of male larval digestive juice between the dietary composition and the rearing temperature during 4th the moulting period.

I. 緒 言

누에의 幼蟲에 있어서 Amylase 는 많은 研究者에 의 해 消化液[松村(1926, 1935)⁽¹⁷⁾(18), 平塚(1928)⁽⁷⁾, 加藤(1930)⁽¹⁵⁾, 藤井(1930), 山藤(1932)⁽²⁷⁾, 加藤(19

30)⁽³⁾, 堀江(1959)⁽⁹⁾, Ito Mukaiyama and Tanaka (1962)⁽¹²⁾, 文(1972)⁽²¹⁾, 中腸組織[Mori(1930)⁽²²⁾, 松村(1935)⁽¹⁸⁾, 堀江(1959)]⁽⁹⁾, 血液[伊藤(1953)⁽¹⁰⁾, 小池(1954)⁽¹⁶⁾, Ito Mukaiyama and Tanaka (1962),]⁽¹²⁾, 唾腺[向山(1961)]⁽²³⁾ 중에서 각각 그 存在가 인정되었

*本 論文의 一部는 日本蠶絲學會 關東支部 第23回 學術講演會(1972. 12. 1日)에서 發表하였음.

고, 그중 消化液에 存在하는 Amylase가 가장 그 活性이 强하다는 것도 알려져 있다[堀江(1959)]⁽⁹⁾,

또한 消化液 Amylase는 그 活性이 遺傳的으로 强한 것과 거의 活性이 認定되지 않는 것이 있고[松村(1935, 1951^b)⁽¹⁸⁾(20), 平田, 浦生(1969^{ab})⁽⁶⁾(8), 金勝(1972)⁽¹⁴⁾, 活性이 强한 系統의 누에는 飼料중의 starch를 어느 정도 消化 利用하고 있다고 알려져 있다[加藤(1931)⁽¹⁵⁾, 堀江(1959)⁽⁹⁾, Mukaiyama, Horie and Ito (1964)]⁽²⁴⁾.

그러나 消化液 Amylase 活性과 榮養과의 關連, 消化液 Amylase 活性과 環境과의 關連에 대하여서는 약간의 報告가 있으나[藤井(1930)⁽³⁾, 松村(1935, 1951^a)⁽¹⁸⁾(19), 浦野, 向山, 浜野(1972)⁽²⁰⁾] 아직 充分한 知見을 얻지 못하였고, 특히 消化液 Amylase 活性과 榮養과 環境과의 三者와의 關連에 대하여서는 전혀 알려진 바 없다.

著者は 누에의 準合成飼料에 의한 飼育에 있어서 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 榮養 및 環境의 影響을 알기 위하여, 榮養條件으로서 Davis (1961)⁽¹⁾, 伊藤, 田中(1962)⁽¹¹⁾, Hirano(1964)⁽⁸⁾, 向山, 石田, 神岡(1965)⁽²⁵⁾ 등에 의하여 최근 昆蟲 成育에 크게 影響을 주고 있다고 알려져 있는 飼料中の 糖과 蛋白質과의 量比와 環境條件으로서 壯蠶 屋外飼育과 같은 簡易飼育에 있어서 環境의 影響을 받기 쉽다고 생각되는 4限期의 保護溫度를 갖이고 實驗한 結果 약간의 知見을 얻었으므로 여기에 報告하는 바이다.

本文에 들어가기 앞서 本研究를 행함에 있어서 親切히 指導를 하여준 東京農工大學 農學部 養蠶學科의 有賀久雄博士 및 向山文雄博士, 協力을 하여준 諸星靜次郎農學部長 및 浜野國勝先生에게 대하여 깊은 감사를 드리는 바이다.

II. 材料 및 方法

1. 누에 품종은 大造×日106號 및 日124號×支124號를 사용하였다.

2. 사용한 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(단, 1971년 봄누에 때의 蛋白質含量 95%의 Edi-protein을 사용했음)을 사용해서 Sucrose와 Soybean meal을 합쳐서 50g로 하고 기타 組成은 一定으로 해서 표준이라고 생각되는 B飼料를 기준으로 해서 糖과 蛋白質과의 量比를 변화시켰다.

3. 4限期保護溫度는 16°C, 25°C, 32°C로 하였다.

4. 누에飼育은 恒溫蠶室에서 1日 1回의 給餌에 의하

여 30頭 2反覆 사-배飼育을 행하였다. 稚蠶期의 飼料組成 實驗에 있어서는 掃蠶부터 3齡까지를 A,B,C의 3種의 飼料로서 각각 飼育하고, 4齡부터 B飼料로서 飼育했다. 壯蠶期의 飼料組成實驗에 있어서는 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 각각 飼育했다. 全齡의 飼料組成 實驗에서는 掃蠶부터 5齡 5日까지를 A,B,C의 3種의 飼料로서 각각 飼育하였다.

5. 酵素液은 5齡 5日째 解剖法에 의하여 消化液을 採取하여 -30°C에 보존해서 필요에 따라 消化液을 여과하여 적당히 희석해서 酵素液으로 하였다.

6. 酵素活性의 測定은 Fuwa(1951)⁽⁴⁾ 방법에 준하여 행하였다.

즉, 試驗管에 0.6% Soluble starch solution 1ml과 pH 9.2의 Buffer solution 1ml를 취하여 이것을 37°C의 Constant temperature water bath에 10분간 넣어 溫度 조절후 이것에 1ml의 Enzyme solution을 첨가해서 반응시켜, 반응 25분후에 5.0ml의 0.5N Acetic acid를 가해서 반응을 정지시켰다. 이것에 5.0ml의 N/3,000 Iodine solution을 가해서 發色시켜 700nm에서 比色하였다.

7. 活性度는 Blue value로서 표시하였으며 Blue value

Table 1. Quantitative ratio between carbohydrate and protein in the composition of the diet used

Substance(g)	Rearing season			Diets		
	Spring* & autumn in 1911			Spring & autumn in 1972		
	A	B	C	A	B	C
Sucrose	15.0	10.0	5.0	20.0	10.0	0.0
Soybean meal, defatted	35.0	40.0	45.0	30.0	40.0	50.0
Potato starch	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Soybean oil, refined	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
β-Sitosterol	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Ascorbic acid	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Citric acid	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Cellulose powder	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
Agar	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Wesson's salt mixture	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Morin	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Potassium phosphate, monobasic	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Total	121.3	"	"	"	"	"
Vitamin B mixture	Added	"	"	"	"	"
Antiseptic	Added	"	"	"	"	"
Antibiotic	Added	"	"	"	"	"
Dist. water	3ml/dry diet	"	"	"	"	"

*Spring used Ed-protein-N instead of soybean meal

에 대한 有意性檢定은 ② 反覆 3×3 Factorial design 법에 의하여 행하였다.

III. 實驗結果

1. 幼蟲의 成育에 미치는 飼料中 糖과 蛋白質과의 量比의 影響.

幼蟲의 齡別 體重增加에 미치는 飼料組成의 影響은 圖 1에 표시하였다.

즉, A 飼料區에 있어서 幼蟲의 體重은 2 齡까지는 B 飼料區에 비하여 差가 거의 없었지만 3 齡起蠶부터 현저히 가볍게 되어 5 齡 5日째 體重은 B 飼料區 보다 雌雄 平均해서 47%나 가벼웠다.

C 飼料區에 있어서는 2 齡起蠶부터 B 飼料區에 비하여 무겁게 되어 4 齡起蠶體重은 B 飼料區 보다 雌雄 平均해서 28%나 무거워졌다. 그러나 5 齡起蠶 이후는 B 飼料區 보다 가볍게 되어 5 齡 5日째 體重은 B 飼料區 보다 雌雄 平均해서 23%나 가벼웠다.

또한 幼蟲의 經過와 生存率에 미치는 飼料組成의 影響은 圖 2에 표시하였다.

즉, A 飼料區에 있어서 幼蟲의 經過는 B 飼料區 보다 늦었지만 生存率은 높고, C 飼料區에 있어서는 幼蟲의 經過는 B 飼料區와 거의 差가 없었지만 生存率은 낮았다.

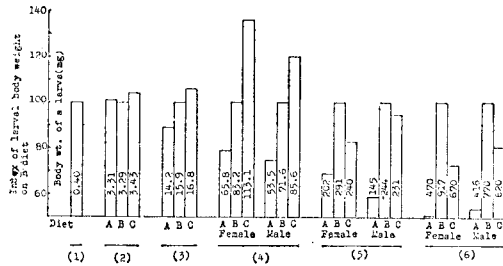


Fig. 1. Effect of dietary composition during whole larval period on larval body weight.

Silkworm race: Daizo×N106

- (1) Newly hatched larva
 - (2) Immediately after 1st moult
 - (3) Immediately after 2nd moult
 - (4) Immediately after 3rd moult
 - (5) Immediately after 4th moult
 - (6) 5th day of 5th instar
- (1)(2)(3)(4) : Average of 30 larvae, 2 replication
 (5)(6) : Average of 5 larvae
 Rearing season : Spring in 1972

2. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料中 糖과 蛋白質과의 量比의 影響.

- (1) 稚蠶期(1-3 齡)

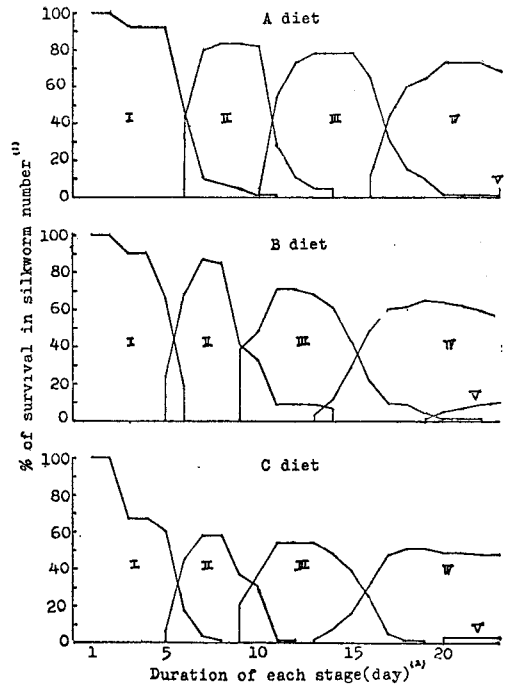


Fig. 2. Effect of dietary composition during whole larval period on % of survival in silkworm number and duration of each stage.

Silkworm race : Daizo×N106

(1)(2) : Average of 30 larvae, 2 replication

Rearing : season : Spring in 1972

5 齡 5日째 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 주는 稚蠶期에 있어서 飼料組成의 影響은 圖 3에 표시하였다.

즉, 雄의 경우 消化液 Amylase 活性은 16°C, 25°C, 32°C의 各 4眠期의 保護溫度에 있어서 대개 같은 경향으로서, C 飼料區 > B 飼料區 > A 飼料區의 順으로 그 活性은 強하였다. 또한 雌의 경우도 雄과 대개 같

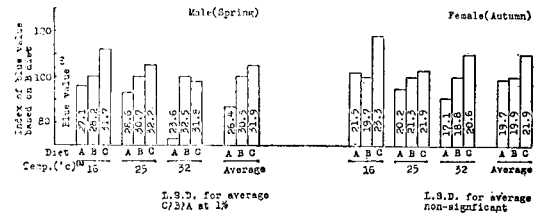


Fig. 3. Effect of dietary composition during young silkworm stage on amylase activity of digestive juice at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: Daizo×N106

- (1) Fuwa's method
 - (2) Temperature during 4th moulting period
- Rearing season: Spring & autumn in 1971

은 경향을 나타냈지만 各飼料區間에 有意性은 認定되지 않았다.

(2) 壯蠶期(4-5齡)

5齡 5日째 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 주는 壯蠶期에 있어서 飼料組成의 影響은 圖 4에 표시하였다.

즉, 雄의 경우 消化液 Amylase 活性은 16°C, 25°C, 32°C의 各 4眠期의 保護溫度에 있어서 같은 경향으로서 C飼料區 > B飼料區 > A飼料區의 順으로 그 活性은 強하였다. 또한 雌의 경우도 雄과 같은 경향을 나타냈다.

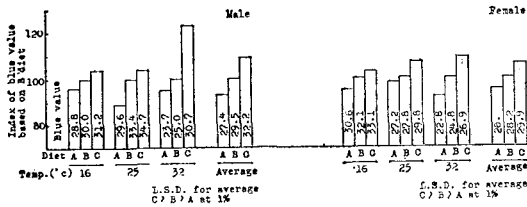


Fig. 4. Effect of dietary composition during grown silkworm stage on amylase activity of digestive juice at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: N124×C124
Rearing season: Autumn in 1972

(3) 全齡(1-5齡)

5齡 5日째 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 주는 全齡에 있어서 飼料組成의 影響은 圖 5에 표시하였다.

즉, 雄의 경우 消化液 Amylase 活性은 4眠期를 16°C로 保護한 때는 C飼料區 > B飼料區 > A飼料區의 順으로, 25°C 또는 32°C로 保護한 때는 B飼料區보다는 C飼料區에 있어서 그 活性은 強하였다.

또한 雌의 경우도 4眠期를 16°C로 保護한 때는 雌

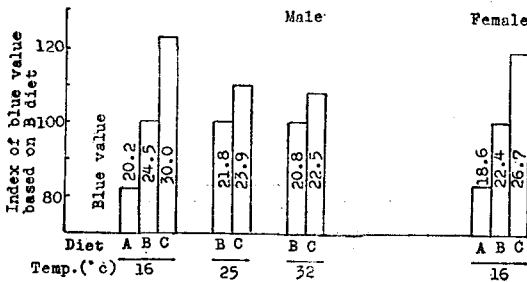


Fig. 5. Effect of dietary composition during whole larval stage on amylase activity of digestive juice at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: Daizo×N106
Rearing season: Spring in 1972

과 같은 경향으로서 C飼料區 > B飼料區 > A飼料區의 順으로 그 活性은 強하였다고 본다.

3. 5齡起蠶 및 5齡 5日째 幼蟲의 體重에 미치는 4眠期 保護溫度의 影響.

4眠期를 16°C에 48時間, 25°C에 34時間, 32°C에 24時間 各各 保護한 때에 있어서 5齡起蠶의 體重에 주는 4眠期 保護溫度의 影響은 圖 6에 표시하였다.

즉, 雄의 경우 A, B, C의 各飼料에 있어서 대개 같은 경향으로, 16°C > 25°C > 32°C의 順으로 體重은 무겁다고 본다. 그리고 雌의 경우도 雄과 같은 경향을 나타냈다.

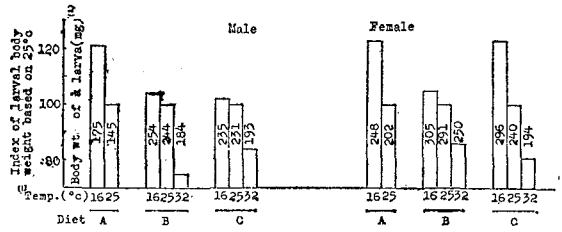


Fig. 6. Effect of rearing temperature during 4th moulting period on larval body weight immediately after 4th moult.

Silkworm race: Daizo×N 106

(1) 48 hours at 16°C, 34 hours at 25°C, 24 hours at 32°C

(2) Average of 5 larvae

Rearing season: Spring in 1972

또한 5齡 5일째 幼蟲의 體重에 주는 4眠期 保護溫度의 影響은 圖 7에 표시하였다.

즉, 5齡 5일째 幼蟲의 體重에 주는 4眠期 保護溫度의 影響은 5齡起蠶의 體重에 주는 影響과 같은 경

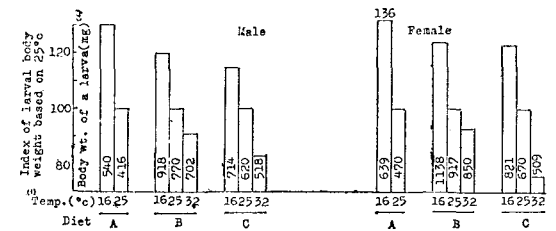


Fig. 7. Effect of rearing temperature during 4th moulting period on larval body weight at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: Daizo×N106

(1) 48 hours at 16°C, 34 hours at 25°C, 24 hours at 32°C

(2) Average of 5 larvae

Rearing season: Spring in 1972

향으로서 體重은 雌雄 다 같이 16°C > 25°C > 32°C의 順으로 모조리 다고 본다.

4. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 4眠期 保護溫度의 影響.

5齡 5日째 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 주는 4眠期 保護溫度(16°C, 25°C, 32°C)의 影響은 圖 8에 표시하였다.

즉, 雄의 경우 4眠期 保護溫度의 影響은 A, B, C의 各 飼料에 있어서 대개 같은 경향으로서, 25°C > 16°C > 32°C의 順으로 Amylase 活性은 强하였다. 그러나 雌의 경우는 雄과 약간 差異가 있어 16°C > 25°C > 32°C의 順으로 Amylase 活性은 强하였다. 그러므로 雄과 雌의 경향을 통하여 보면 32°C 보다는 16°C에 있어서 Amylase 活性은 强하였다.

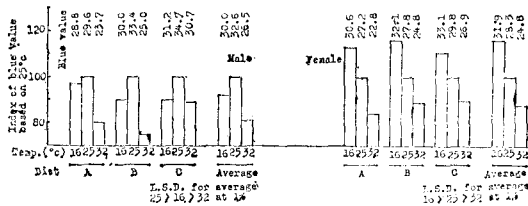


Fig. 8. Effect of rearing temperature during 4th moulting period on amylase activity of digestive juice at 5th day of 5th instar.

Silkworm race: N124×C124
Rearing season: Autumn in 1972

5. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料組成(糖과 蛋白質과의 量比)과 4眠期 保護溫度와의 交互作用.

5齡 5日째 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料組成과 4眠期 保護溫度와의 交互作用은 表 2에 표시하였다.

즉, 雄의 경우 交互作用이 認定되었으나 雌의 경우는 交互作用이 認定되지 않았다.

Table 2. Inter-action between dietary composition and rearing temperature during 4th moulting period in amylase activity of larval digestive juice

Rearing season	Level of significance	
	Male	Female
Spring & autumn in 1971	※※	None
Autumn in 1972	※※	None

※※ : 1% significant
None : non-significant

IV. 考 察

1. 桑葉粉末을 포함한 人工飼料를 사용하여 稚蠶期の 幼蟲(伊藤, 田中(1962))⁽¹¹⁾, 壯蠶期の 幼蟲(向山, 石田, 神岡(1905)⁽²⁵⁾, 神岡, 向山, 武井, 伊藤(1971))⁽¹³⁾에 대하여 最適한 成長을 갖는 飼料組成中에 糖과 蛋白質과의 量比가 報告되었지만 本實驗에 있어서는 全齡에 대하여 調査한 결과 前述의 報告와 대개 같은 경향으로 幼蟲의 成育은 圖 1 및 圖 2에서 보는 바와 같이 B飼料區에 비하여 A飼料區나 C飼料區는 다 같이 不良하였다.

그런데 糖과 蛋白質과의 量比가 約 1:2의 B飼料區와 비교해서 糖의 含量이 많은 A飼料區(따라서 蛋白質의 含量이 적음), 또는 蛋白質의 含量이 많은 C飼料區(따라서 糖의 含量이 적음)에 있어서 幼蟲의 成育이 不良한 이유로 體構成에 필요한 蛋白質 또는 에너지를 代謝에 필요한 糖의 不足이라고 高찰된다.

2. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料組成의 影響은 圖 3, 圖 4 및 圖 5에서 보는 바와 같이 16°C, 25°C, 32°C의 各 4眠期 保護溫度에 있어서 대개 같은 경향으로, C飼料區 > B飼料區 > A飼料區의 順으로 Amylase 活性이 强하였다. 따라서 消化液 Amylase 活性은 飼料中에 糖과 蛋白質과의 量比에 있어서 糖의 含量 보다는 蛋白質의 含量에 영향을 받고 있다고 高찰된다.

그리고 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料中 糖과 蛋白質과의 量比의 影響은 幼蟲의 成育에 미치는 飼料中 糖과 蛋白質과의 量比의 影響과 서로 달랐다.

3. 幼蟲의 體重變化에 미치는 4眠期 保護溫度의 影響은 A, B, C의 各 飼料에 있어서 대개 같은 경향으로서, 16°C > 25°C > 32°C의 順으로 體重은 무거웠는데, 이는 眠中에 있어서 에너지를 代謝源이 保護溫度가 높을수록 단위시간당 소비량이 많은데 [板谷(1936)]⁽²⁾ 기인 된다고 高찰된다.

4. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 4眠期 保護溫度의 影響은 A, B, C의 各飼料區에 있어서 대개 같은 경향으로서, 32°C 보다 16°C에 있어서 Amylase 活性은 强하였는데, 이는 眠中에 있어서 에너지를 代謝源이 保護溫度가 높을수록 단위시간당 소비량이 많으 것과 관련이 없는 것 같다.

5. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料組成과 4眠期 保護溫度와의 交互作用은 表 2에서 보는 바와 같이 雌雄 사이에 差異가 있었으며 따라서 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料組成의 影響이나 4眠期 保護溫度의 影響은 雌雄 사이에 약간의 경향의 차이가 있었다고 高찰된다.

V. 摘 要

누에의 消化液 Amylase 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과 的 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°C로 각각 保護한 5齡 5日째 幼蟲의 消化液 Amylase 活性을 調査하였던바 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 幼蟲의 成育은 B 飼料보다 A 飼料나 C 飼料에 있어서 多같이 不良하였다.
2. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性은 4 眠期 保護溫度와 상관하지 않고 C 飼料 > B 飼料 > A 飼料의 順으로 强하였다.
3. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性은 A, B, C의 各 飼料에 있어서 大개 같은 傾向으로서 32°C보다 16°C에 있어서 强하였다.
4. 幼蟲의 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料組成과 4 眠期 保護溫度와의 交互作用은 雌에선 인정되지 않았으나 雄에 있어서선 인정되었다.

IV. 引用文獻

1. Davis, G.R.F.(1961): Entomol. Exp. Appl., 4, 273 또는 平野千里(1971): 量的要求性と食物利用性, 昆蟲と寄主植物, 114-128, 共立出版(株).
2. 板谷健吾(1963): 溫度と蠶兒, 理論 實驗 蠶體 生理學, 420-423, 明文堂.
3. 藤井音松, 加藤清時(1930): 家蠶의 消化酵素에 就て 熊本蠶試報, 3(2), 35-69.
4. Fuwa, H.(1951): J. Biochem. 48, 583-603 또는 平田保夫, 蒲生卓磨(1969): 蠶品確における 消化液의 Amylase 型, 日蠶雜, 38, 395-400.
5. 平田保夫, 蒲生卓磨(1969^a): 蠶品確における 消化液의 Amylase 型, 日蠶雜, 38, 395-400.
6. ———, ———(1969^b): 家蠶의 消化液에 於ける Amylase 活性의 品確間差異と個體變異, 日蠶雜, 38, 401-405.
7. 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, 日本學協報告, 4, 402-408.
8. Hirano, C.(1964): Bull. Nat. Inst. Agric. Sci., C-17, 103. 또는 平野千里(1971): 昆蟲と寄主植物, 114-128, 共立出版(株).
9. 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.
10. 伊藤智夫(1953): 遺雜, 28, 35-38. 또는 金勝廉介(1972), 日蠶雜, 41, 445-451.
11. ———, 田中元三(1962): 家蠶의 榮養에 關する 研究 人工飼料에 添加する 糖と蛋白質의 量의 影響에 關하여, 蠶試報, 18, 1-34.
12. Ito, T. Mukaiyama, F. and Tanaka, M. (1962): Some properties of amylase of digestive juice and blood of larvae of the silkworm, Bombyx mori L., sericult. sci. Japan, 31, 228-234.
13. 神岡四郎, 向山文雄, 武井輝雄, 伊藤智夫(1971): 家蠶による 人工飼料의 消化と利用 特に 飼料에 大豆 シール 添加量의 多いと 飼料效率との 關係에 關하여 (英文) 日蠶雜, 40, 473-483.
14. 金勝廉介(1972): 카이ユ의 消化液 Amylase 에 關하여, 日蠶雜, 41, 445-451.
15. 加藤清時(1931): 蠶兒による 桑葉炭水化物消化에 關する 研究, 日蠶雜, 2, 226-231.
16. 小池久義(1954): 昆蟲의 炭水化物分解酵素에 關하여 (1) 數種昆蟲에 於ける 炭水化物分解酵素의 分布, 動雜 63, 228-234.
17. 松村季美(1924): 家蠶血液および 胃液에 於ける Amylase 並に 糖質ase 作用의 消長에 就て, 長野蠶試報, 1, 1-57.
18. ——— (1935): 家蠶의 消化液及 體液에 於ける Amylase 作用에 關する 遺傳學的並に 生理學的研究 長野蠶試報, 28, 1-124.
19. ——— (1951^a): 家蠶幼蟲의 健康度と 消化 Amylase 作用, 蠶試報, 13, 503-511.
20. ——— (1951^b): 家蠶의 異なる 系統의 消化 Amylase 遺傳子의 作用, 蠶試報, 13, 513-511.
21. 文在裕, 浜野國勝, 向山文雄(1972): 카이ユ의 消化液 Amylase 活性에 關하여 飼料組成及 4 眠期 保護溫度의 影響, 日本蠶絲學會關東支部 第23回 講演要旨, 42.
22. Mori, M.(1930): Bull. chem. soc. Japan, 5, 159-163. 또는 金勝廉介(1972): 日蠶雜, 41, 445-451.
23. 向山文雄(1961): 家蠶幼蟲의 唾腺에 於ける 二, 三의 消化酵素에 關하여, 日蠶雜, 30, 1-8.
24. Mukaiyama, F. Horie, Y. and ITO, T.(1964): Amylase of digestive juice and utilization of dextrin and starch in the silkworm, Bombyx mori L., J. Ins. physiol., 10, 247-254.
25. 向山文雄, 石田久基, 神岡四郎(1965): 美國

ロヒトリの發育におよぼす飼料中のタンパク質の種類
およびタンパク質と糖の量比の影響, 日蠶雜 35, 103-
109.

26. 浦野松幸, 向山文雄, 浜野國勝(1971): 家蠶の炭水

化物分解酵素に對する飼料組成の影響, 日本蠶絲學會
41回講演要旨, 31.

27. 山藤一雄(1932): 家蠶の酵素に關する研究, 日蠶雜
5, 31-311.