

家蠶의 消化液 Amylase 活性에 미치는 人工飼料중 糖 및 蛋白質 含量的 影響

I. 5齡期에 있어서 飼料중 蛋白質 含量이 幼蟲의 增體量, 飼料效率
및 消化液 Amylase 活性에 미치는 影響

文 在 裕

서울大學校 農科大學

Effects of Carbohydrate and Protein Components of Artificial Diet on
Amylase Activity of Digestive Juice in the Silkworm, *Bombyx mori* L.

I. Effect of Protein Components of a Diet on the Increasing of Larval Body
weight, Diet Efficiency and Amylase Activity of Digestive Juice during
the 5th instar

Jae Yu Moon

College of Agriculture, Seoul National University

SUMMARY

This study has been carried out to investigate the effect of protein components of a diet on the increasing of larval body weight and diet efficiency, as well as the amylase activity of larval digestive juices during the 5th instar.

Depending on the amounts of soybean meal as a protein source, the six different kind of artificial diets containing mulberry leaf powder fed to the larvae.

The results obtained may be summerized as follows:

1. As the protein components of the diet were increased, the amount of increased larval body weight was also increased.
2. As the protein components of the diet were increased, both the cocoon weight and cocoon layer weight were also increased.
3. As the protein components of the diet were increased, both the amount of diet digested and coefficient of digestibility were also increased.
4. As the protein components of the diet were increased, the diet efficiency of larvae were also increased.
5. But the experimenters could not observe any correlation between the increase of protein components of a diet and the amylase activity of the digestive juices.

I. 緒 言

家蠶의 榮養에 관한 기초적 연구결과가 平塚(1917)⁽⁴⁾
에 의해서 報告된 이래, 家蠶의 榮養에 관한 많은연구

결과가 발표되어 왔다. 그러나 桑葉을 家蠶의 유일한
飼料로 해서 연구를 행하여 왔기 때문에, 家蠶의 榮養
要求를 直接的으로 解明하는 것은 불가능하였다. 그러나
1960년부터 人工飼料에 의해서 家蠶을 飼育하는 것이

成功되어⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾ ⁽¹¹⁾ 그 營養要求를 究明하는 端緒가 되어 최근에는 지금까지 不明하였던 質的 量的 要求性이 점차 解明되어 가고있는 실정에 있다.

따라서 家蠶의 기본물질인 蛋白質의 營養要求性에 관해서도 최근 많은 연구가 이루어져, 伊藤, 田中(1962)⁽⁷⁾는 飼料중 蛋白質 含量이 일정량 이하 일때에는 幼虫의 成長이 현저히 不良하여 진다고 하였으며 또 伊藤(1965)⁽⁸⁾는 飼料중 蛋白質 給源의 種類에 따라서 飼料 營養價의 차이가 생기며 牛乳 Casein, 卵白 Albumin, 大豆蛋白質은 비교적 營養價가 높지만, Gluten, Zein은 營養價가 낮다고 하였다. 또한 濱野, 向山(1970)⁽⁹⁾는 消化液 Proteinase의 最適 pH는 基質에 의해서 다소 차이가 있어, Hanmarsten casein인 경우에는 11.5, Gluten인 경우에는 11.0, Gelatin인 경우에는 9.7이라고 報告했다. 최근 文(1973)⁽¹⁰⁾ ⁽¹⁰⁾은 飼料중 많은 비율을 차지하고 있는 糖과 蛋白質과의 量比는 幼虫의 成長뿐만 아니라 幼虫의 消化液 Amylase, Proteinase 및 中腸組織 Sucrase 活性에도 큰 영향을 준다는 사실을 報告하고 있다.

그러나 5齡期에 있어서 飼料중 蛋白質含量이 幼虫의 飼料效率에 미치는 영향에 관해서는 아직 報告된 것이 거의없고⁽²⁾, 또한 飼料중 가장많은 비율을 차지하고 있는 糖과 蛋白質과의 量比에 있어서 幼虫의 消化液 Amylase 活性은 주로 飼料중 糖含量的 영향을 받는지 그렇지 않으면 蛋白質含量的 영향을 받는지에 관하여 아직 不明하고⁽⁹⁾ 특히 飼料중 蛋白質含量과 幼虫의 消化液 Amylase 活性과의 관계에 관하여 아직 전혀 報告된

바 없다.

따라서 實驗者는 5齡期에 있어서 飼料중 蛋白質 含量이 幼虫의 增體量, 飼料效率에 미치는 영향과 간접적으로 幼虫의 消化液 Amylase 活性에 미치는 영향에 관하여 調査하였던바 다소 知見을 얻었으므로 여기에 報告하는 바입니다.

本 實驗은 1973年度의 文教部 學術助成費를 지급받아 성취된 사실도 밝혀드립니다.

II. 材料 및 方法

1. 蠶品種은 韓生 1號×韓生 2號를 사용하였다.
2. 飼料는 桑葉粉末을 넣은 6種의 人工飼料를 사용하였으며 그 組成은 表 1에 표시하였다.

蛋白質 給源으로서는 Soybean meal를 사용해서 A飼料에 있어서 0g, B는飼料에 있어서 10g, C飼料에 있어서는 20g, D飼料에 있어서는 30g, E飼料에 있어서는 40g, F飼料에 있어서는 50g를 넣었다. Soybean meal 이외의 다른 成分들은 6種의 飼料에 각각이 一定量 넣었다.

3. 누에의 飼育은 다음과 같이 하였다. 場所는 서울大學校 農科大學 蠶絲學科 蠶室에서 행하였으며 飼育은 1973年 5月, 7月, 8월에 걸쳐 3回 행하였으나 실제 調査는 8月 24日 掃蠶을 하여 4齡까지를 C飼料로서 大量飼育을 하고 5齡부터 6種의 飼料로 雌雄 각각 10頭씩 2 反覆 完全任意로 배치하여 飼育한 누에를 사용하였다.

飼育은 桑葉育에 준하여 사-레飼育을 행하였으며 給-

Table 1. Composition of diets used

Substance (g)	Diet A	Diet B	Diet C	Diet D	Diet F	Diet F
Muberry leaf powder ⁽¹⁾	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Soybean meal, defatted ⁽²⁾	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
Ascorbic acid	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Cellulose powder	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Potato starch	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
Powdered agar	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
Citric acid	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Potassium phosphate	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Total	93.5	103.5	113.5	123.5	133.5	143.5
Vitamin B mixture ⁽³⁾	Added	Added	Added	Added	Added	Added
Antiseptic	Added	Added	Added	Added	Added	Added
Antibiotic	Added	Added	Added	Added	Added	Added
Dis. water(per g dry diet) ml	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7

(1) Amount of Nitrogen is 3.76%

(2) Amount of Nitrogen is 7.90%

(3) Nine Vitamins (biotin, pantothenic acid, choline chloride, forlic acid, inositol, Nicotinic acid, pyridoxine, riboflavin, and thiamine) were added.

餌는 1日 1回로 하였다.

4. 幼蟲의 增體量은 5齡 8日째 體重에서 5齡起蠶의 體重을 뺀것으로 표시하였다.

5. 酵素液은 5齡 8日째 解剖法에 의하여 消化液을 채 취하여 Freezer 에 보존하여 두었다가 필요에 따라 酵素液을 만들어 사용하였다.

6. 酵素活性의 測定은 前報⁽⁹⁾와 같이 하였으며 Blue value⁽¹²⁾ 로서 活性度를 표시하였다.

7. 實驗에 사용한 桑葉 및 桑粉末과 Soybean meal 은 Micro-kjeldahl 에 의해서⁽¹¹⁾ Nitrogen 을 定量하였다.

III. 實驗 結果

1. 5齡期에 있어서 飼料중 蛋白質含量에 따른 幼蟲의 增體量.

참고로, 5齡日數別 幼蟲의 體重을 표 2-1 및 표 2-2 에 표시하였다.

표 2-1에서 雌幼蟲의 體重은 飼料중 Soybean meal 함량이 0g, 10g인 경우를 제외하고서는 5齡 8日째에 極度에 달하였으며 5齡 9日째는 다소 감소하는 동시에 熟蠶이 出現하였다.

또한 표 2-2에서 雄幼蟲의 體重도 雌幼蟲과 대개 같은 경향을 나타내었다.

또 飼料중 Soybean meal 함량에 따른 7日間 幼蟲의 增體量을 圖 1에 표시하였다.

雌幼蟲에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 增加에 비례하여 幼蟲의 增體量도 비례하여 많았다. 또한 雄幼蟲에 있어서도 雌幼蟲과 대개같은 경향이었으나 飼料중 Soybean meal 함량과 幼蟲의 增體量간의 相關係數 r 는 有意성이 없었다.

2. 5齡齡期에 있어서 飼料중 蛋白質含量에 따른 幼蟲의 食下量, 消化量 및 消化率.

飼料중 soybean meal 함량에 따른 7日間 幼蟲의 乾物 食下量을 圖 2에 표시하였다.

雌幼蟲에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 增加와 幼蟲의 食下量간에는 一定한 相關關係가 없었으며 특히 飼料중 Soybean meal 함량이 50g 인 경우에는 食下量은 적었다. 또한 雄幼蟲에 있어서도 雌幼蟲과 같은 경향이였다.

또 飼料중 Soybean meal 함량에 따른 7日間 幼蟲의 乾物 消化量을 圖 3에 표시하였다.

雌幼蟲에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 增加에 비례하여 幼蟲의 消化量도 비례하여 많았다. 또한 雄幼蟲에 있어서도 雌幼蟲과 같은 경향이였다.

또 飼料중 Soybean meal 함량에 따른 7日間 幼蟲의 乾

Table 2-1. Body wt. of Female during 5th instar

Amount of soybean meal in dietary composition(g)	Age in days								
	0*	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.69	0.94	1.27	1.63	2.01	2.23	2.64	2.86	3.01
10	0.68	0.96	1.36	1.70	2.24	2.71	2.97	3.31	3.62
20	0.69	0.99	1.40	1.80	2.34	2.93	3.37	3.71	3.76**
30	0.72	0.10	1.51	2.04	2.54	3.16	3.59	4.16	3.94**
40	0.70	0.10	1.40	1.85	2.49	3.17	3.62	4.17	3.95**
50	0.68	0.94	1.32	2.02	2.56	3.14	3.62	3.92	3.56**

Table 2-2. Body wt. of male during 5th instar

Amount of soybean meal in dietary composition(g)	Age in days								
	0*	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.60	0.86	1.11	1.43	1.78	2.05	2.38	2.59	2.66
10	0.60	0.86	1.21	1.67	2.05	2.46	3.05	3.82	2.98**
20	0.60	0.88	1.26	1.62	2.15	2.69	3.10	3.30	3.18**
30	0.59	0.89	1.29	1.64	2.12	2.62	2.96	3.25	2.98**
40	0.58	0.87	1.25	1.73	2.23	2.76	3.11	3.29	3.08**
50	0.58	0.86	1.23	1.76	2.17	2.61	2.96	3.11	2.64**

Silkworm race; Han seng No.1×Han seng No.2

Body wt.(g); Average of 10 larvae (Body wt. of 9th day; Average of 7 larvae)

Number of replication; 2

* Immediately after 4th molting

** Matured larvae

Rearing season; Autumn in 1973.

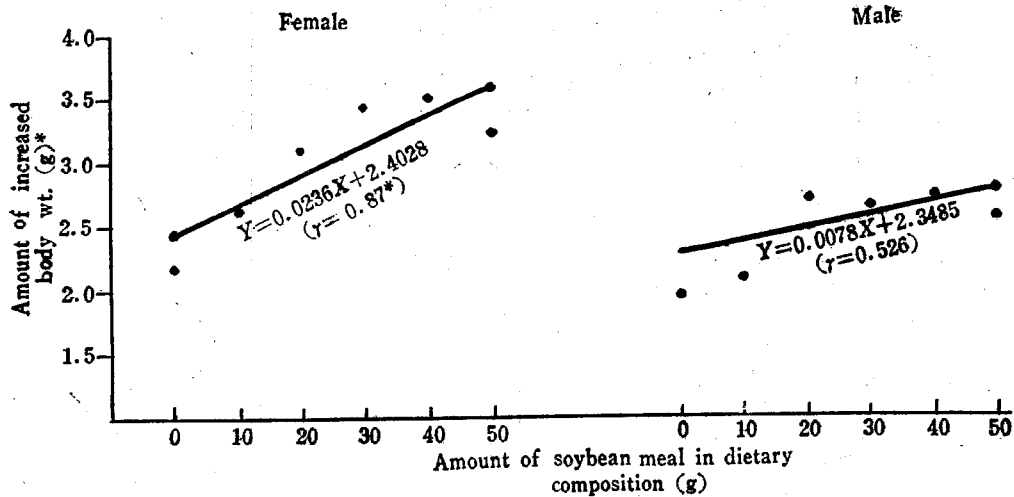


Fig. 1. Amount of increased body wt. during 7 days. (Immediately after 4th molting-8th day of 5th instar)

* Average of 10 larvae

Number of replication is two

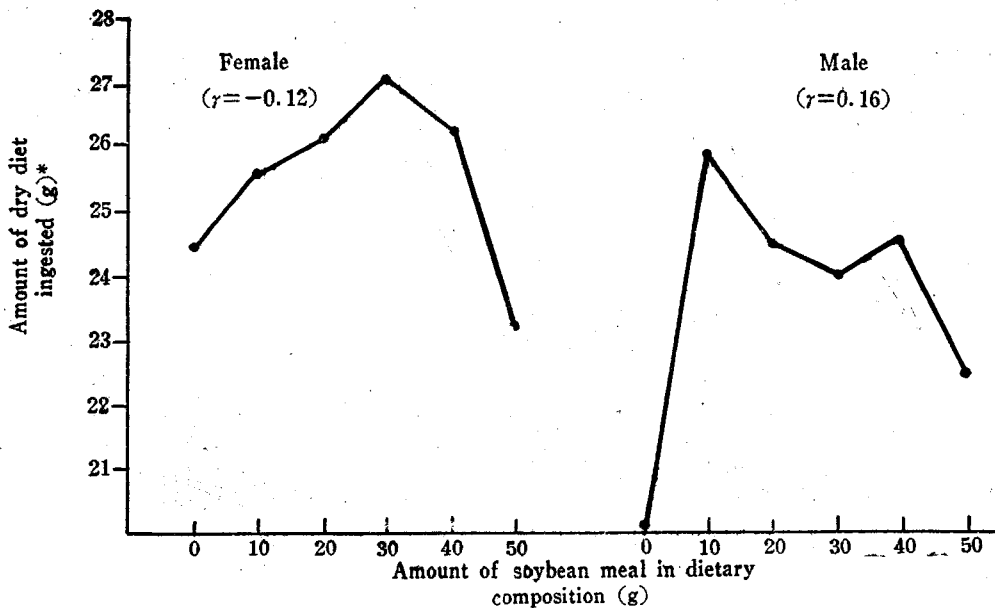


Fig. 2. Amount of diet ingested during 7 days. (Immediately after 4th molting-8th day of 5th instar)

* per 10 larvae

Number of replication is two.

物近似消化率을 圖 4에 표시하였다.

雌幼蟲에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 증가에 비례하여 幼蟲의 消化率도 비례하여 높았다. 또한 雄幼蟲에 있어서도 雌幼蟲과 같은 경향이였다.

3: 5 齡期에 있어서 飼料중 蛋白質함량에 따른 全繭重 및 繭層重.

飼料중 Soybean meal 함량에 따른 全繭重은 圖 5에 표시하였다.

雌繭에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 증가에 비례하여 全繭重도 비례하여 무겁다. 또한 雄繭에 있어서도 雌繭과 같은 경향이였다.

또 飼料중 Soybean meal 함량에 따른 繭層重은 圖 6에 표시하였다.

雌繭에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 증가에 비례하여 繭層重도 비례하여 무겁다. 또한 雄繭에 있어서도 雌繭과 같은 경향이였다.

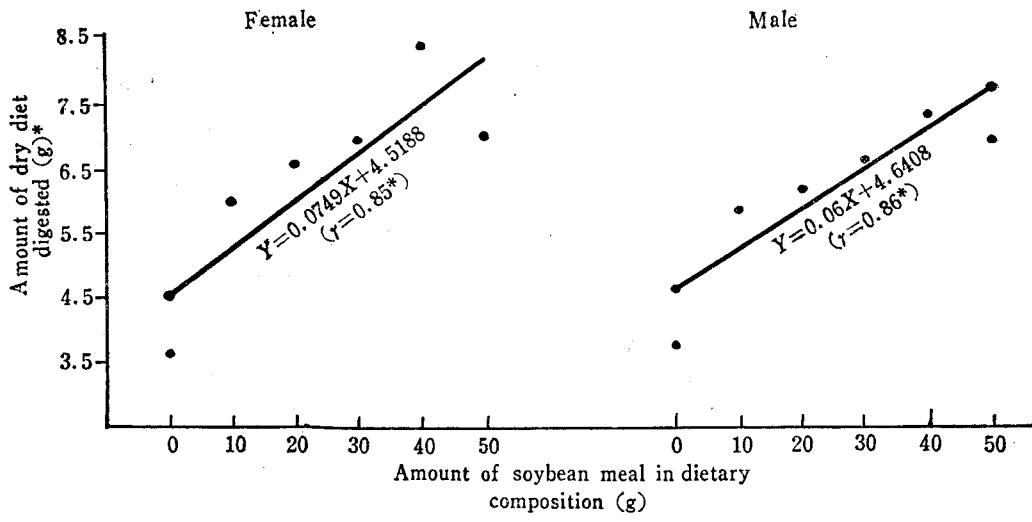


Fig. 3. Amount of diet digested during 7 days.
 (Immediately after 4th molting-8th day of 5th instar)
 * Per 10 larvae
 Number of replication is two.

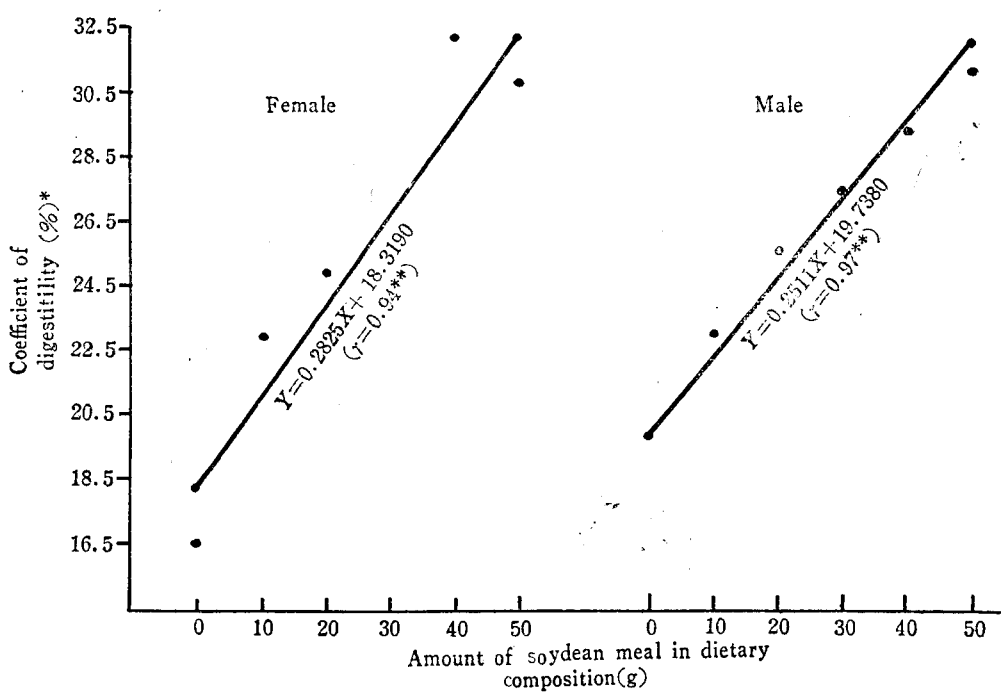


Fig. 4. Coefficient of digestibility during 7 days
 (Immediately after 4 molting-8th day of 5 th instar)
 * Per 10 larvae
 Number of replication is two.

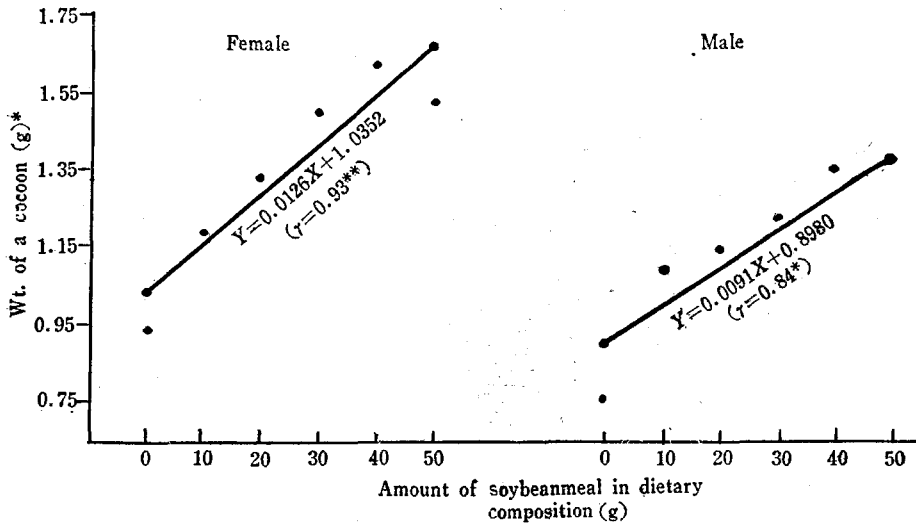


Fig. 5. Cocoon weight. * Average of 10 Cocoons

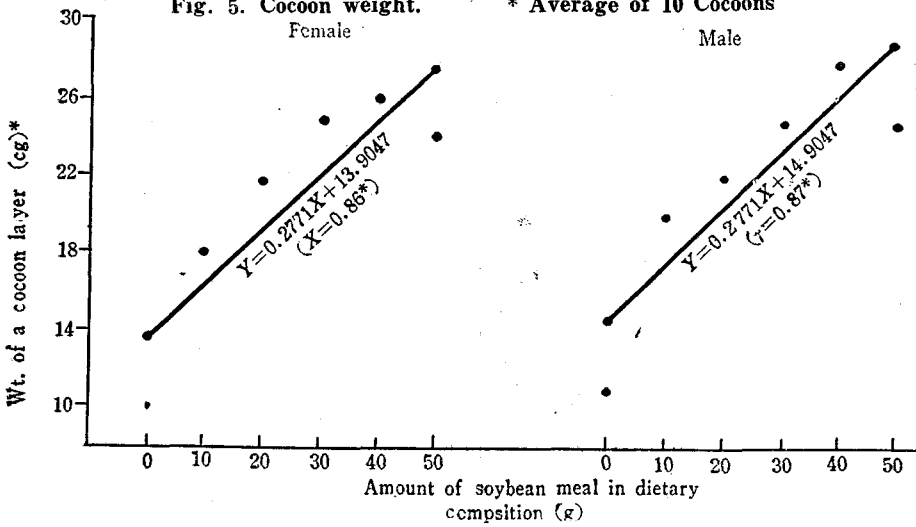


Fig. 6. wt. of Cocoon layer * Average of 10 Cocoons

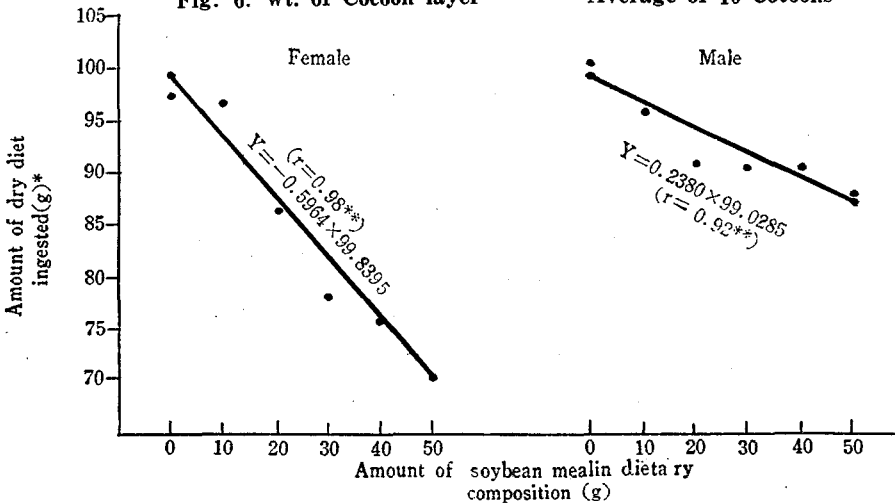


Fig. 7. Amount of dry diet ingested for gaining 100g of body wt. during 7 days. (Immediately after 4th molting-8th day of the 5th instar)

* Average 10 larvae Number of replication is two.

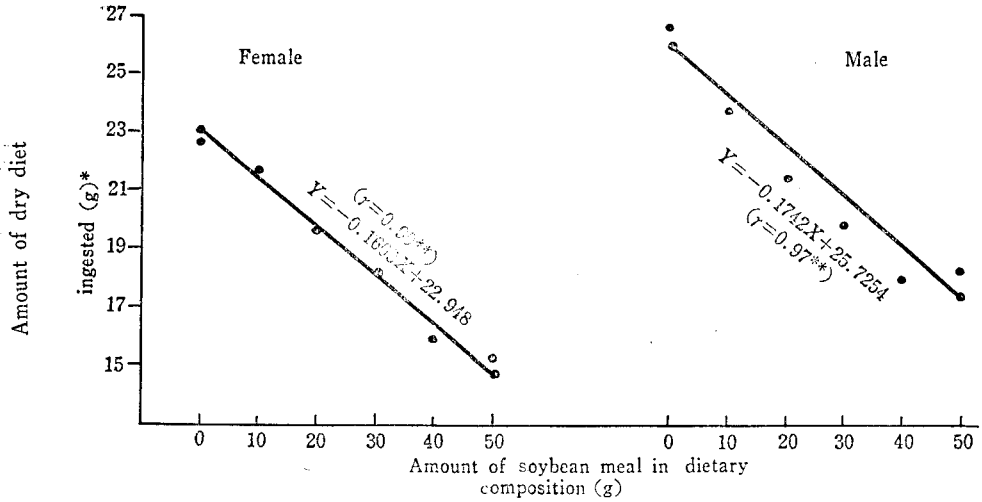


Fig. 8. Amount of dry diet ingested for producing 10g of Cocoon wt. during 5 th instar.
 * Average of 10 larvae
 Number of replication is two.

乾物食下量を 圖 8에 표시하였다.

雌幼虫에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 증가에 비례하여 乾物食下量도 비례하여 적었다.

또한 雄幼虫에 있어서도 雌幼虫과 같은 경향이였다. 또 繭層重 10g 를 生産하는데 필요한 5 齡期에 있어서 乾物食下量은 圖 9에 표시하였다.

雌幼虫에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량이 증가에 비례하여 乾物食下量도 비례하여 적었다. 또한 雄幼虫에 있어서도 雌幼虫과 같은 경향이였으나, 飼料중 Soybean meal 함량과 乾物食下量간의 相關係數 r 는 有意성이없었다.

5. 5 齡期에 있어서 飼料중 蛋白質 함량에 따른 5 齡 8 日째 幼虫의 消化液 Amylase 活性.

飼料중 soybean meal 함량에 따른 幼虫의 消化液 Amylase 活性은 圖 10에 표시하였다.

雌幼虫에 있어서 飼料중 soybean meal 함량의 증가와 Blue value 간에는 一定한 相關관계가 없었으며, 飼料중에 Soybean meal 을 0g, 10g, 50g 넣었을때 Blue value 는 높았다.

또한 雄幼虫에 있어서도 雌幼虫과 같은 경향이였다.

6. 人工飼料育蠶과 桑葉育蠶과 形質比較.

참고로, 人工飼料育蠶과 桑葉育蠶과의 形質을 비교한 것을 表 3에 표시하였다.

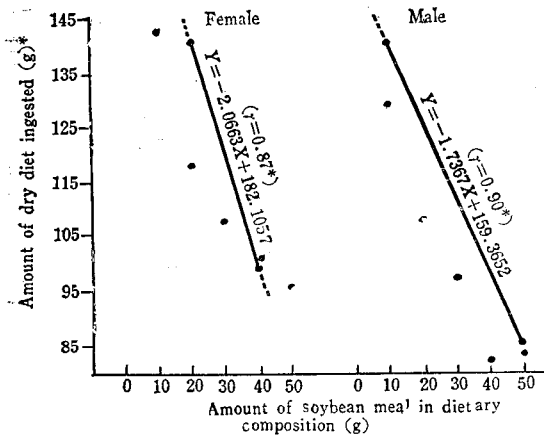


Fig. 9. Amount of dry diet ingested for producing 10g of Cocoon layer wt. during 5th instar.
 * Average of 10 larvae
 Number of replication is two.

4. 5 齡期에 있어서 飼料중 蛋白質 함량에 따른 幼虫의 飼料效率.

幼虫의 體重 100g 가 增加하는데 필요한 5 齡期에 있어서 乾物食下量을 圖 7에 표시하였다.

雌幼虫에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 증가에 비례하여 乾物食下量도 비례하여 적었다.

또한 雄幼虫에 있어서도 雌幼虫과 같은 경향이였다.

또 全繭重 10g 를 生産하는데 필요한 5 齡期에 있어서

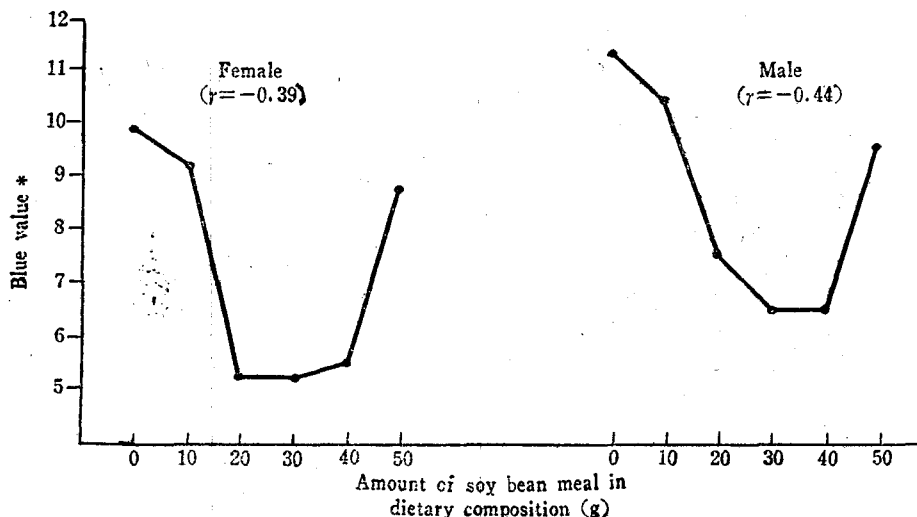


Fig. 10. Amylase activity of digestive juice at 8th day of 5th instar. Silkworm race; Hanseng No. 1×Hanseng No. 2 Enzyme solution; 20 times of digestive juice Rearing season; Autumn in 1973.

$$* \text{DB } \frac{37^{\circ}30'}{\text{mg st}} = 6 \times \frac{D_0 - D}{D_0} \times 100 \div 10$$

Table 3. Characteristics compare Artificial diet silkworm with Mulberry leaf silkworm

Characteristics	Diet E*		Mulberry leaf**	
	♀	♂	♀	♂
Increased body wt. during 5th instar(g)	3.47	2.71	2.72	2.14
Cocoon wt. (g)	1.62	1.35	1.65	1.28
Cocoon layer wt. (cg)	26	28	29	26
Cocoon layer rate (%)	16.1	20.7	17.6	20.3
Efficiency of diet				
• Amount of dry ingested for gaining 100g body wt. during 5th instar(g)	75,794	90,487	89,261	107,963
• Amount of dry diet ingested for producing 10g cocoon wt. during 5th instar(g)	16,278	18,164	14,715	18,050
• Amount of dry diet ingested for producing 10g Cocoon layer wt. during 5th instar(g)	101,423	87,579	83,721	88,862
• Amylase activity of digestive juice at 8th day of 5th instar(Blue value)	5.4	6.5	6.5	7.9

* 1st-4th instar; reared with diet C, 5th instar; reared with diet E

** 1st-4th instar; reared with diet C, 5th instar; reared with fresh mulberry leaf.

Amount of Nitrogen is 3.45%

IV. 考 察

1. 5齡期에 있어서 飼料중 Soybean meal 함량의 증가에 비례하여 幼虫의 增體量도 비례하여 많아지고 全繭重, 繭層重도 비례하여 무거워 지는 것은 幼虫의 成長과 網絲腺의 成長이 주로 5齡期에 이루어지기 때문에 이 時期에 어느 정도 多量의 蛋白質의 供給이 필요하기 때문이라고 사료된다.

2. 5齡期에 있어서 飼料중 蛋白質 함량의 증가에 비례하여 幼虫의 消化量도 비례하여 많고 또 消化率도 비

례하여 높아지는 것은 蛋白質 함량이 많은 飼料로 飼育한 幼虫일수록 消化液 Proteinase 등 蛋白質分解酵素의 活性이 強할것으로 사료되기 때문이다. (2,10)

3. 5齡期에 있어서 飼料중 蛋白質 함량의 증가에 비례하여 幼虫의 飼料效率도 비례하여 높은 것은 幼虫의 增體量도 비례하여 많아지고 全繭重, 繭層重도 비례하여 무거워졌기 때문이다.

4. 5齡期에 있어서 飼料중 蛋白質 함량의 증가와 幼虫의 消化液 Amylase 活性間에 一定한 相關관계가 없는 것으로 보아, 幼虫의 消化液 Amylase 活性은 飼料중 蛋

白質함량보다 주로 糖의 함량에 따라 영향을 받는 것으로 사료된다.⁽⁹⁾

V. 摘 要

5齡期에 있어서 飼料중 蛋白質 함량이 幼虫의 增體量, 飼料効率에 미치는 영향과 간접적으로 幼虫의 消化液 Amylase 活性에 미치는 영향을 알기 위하여 桑葉粉末을 넣은 人工飼料를 사용해서 蛋白質 給源으로 Soybean meal 함량에 따라 6種의 飼料를 만들어 누에를 飼育한 結果 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 飼料중 蛋白質 함량의 增加에 비례하여 幼虫의 增體量도 비례하여 많았다.

2. 飼料중 蛋白質 함량의 增加에 비례하여 全繭重 및 繭層重도 비례하여 무졌다.

3. 飼料중 蛋白質 함량의 增加에 비례하여 幼虫의 消化量 및 消化率도 비례하여 높았다.

4. 飼料중 蛋白質 함량의 增加에 비례하여 幼虫의 飼料効率도 비례하여 높았다.

5. 그러나 飼料중 蛋白質 함량의 增加와 幼虫의 消化液 Amylase 活性 間에는 一定한 相關관계가 없었다.

引 用 文 獻

- (1) 龜岡喧一(1971): 動物營養實驗法, 286~293, 養堅堂. 또는 東京大學農學部 農藝化學教室(1974): 實驗農藝化學 上卷, 116~119.
- (2) 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, 日蠶雜 Vol. 40, 473~483.
- (3) 濱野國勝, 向山文雄(1970): 家蠶幼虫における 消化液 蛋白質分解酵素의 二, 三의 性狀及び數種蛋白質의 分解度とその 營養價との 關連, 日蠶雜 Vol. 39, 371~376.
- (4) 平塚英吉(1917): 絹絲腺의 窒素化合物について, 蠶業新報 Vol. 298. 桑葉의 粘質物, 蠶業의 世界 Vol. 2 No. 2.
- (5) 福田紀文, 須藤光正, 樋口芳吉(1960): 人工飼料による 蠶의 飼育, 日蠶雜 Vol. 29(1), 1~3.
- (6) 伊藤智夫, 田中元三(196): 人工飼料による 蠶兒의 飼育及び 5 眠蠶分離について, 日蠶雜 Vol. 29(3), 191~196.
- (7) _____, _____ (1962): 家蠶의 營養に 關する 研究VI, 人工飼料に 添加する 糖と 蛋白質의 量의 影響, 日蠶試報 Vol. 18, 1~34.
- (8) _____ (1965): 蠶의 營養, 蠶科と技術 Vol. 5(1) 52-57.
- (9) 文在裕(1973): 家蠶幼虫의 消化液 Amylase 活性에 미치는 飼料組成 및 4 眠期 保護溫度의 響響, 韓蠶雜 Vol. 15(1), 1~7.
- (10) _____ (1973): 家蠶幼虫의 消化液 Proteinase 및 中腸組織 sucrase 의 活性에 미치는 飼料組成 및 4 眠期 保護溫度의 影響, 韓蠶雜 Vol. 15(1), 9~14.
- (11) 吉田德太郎, 松岡道男, 木村孝一(1960): 乾燥桑葉粉末을 基本とする 人工飼料による 家蠶의 飼育について, 日蠶試報 Vol. 15(10), 543~586.
- (12) 赤堀四郎(1972): 酵素研究法(2), 108~110, 朝倉書店.