

人工飼料의 蛋白質水準이 家蠶의 營養生理에 미치는 影響에 關한 研究

薛 光 烈

農村振興廳 蠶業試驗場

Studies on the Effects of various Levels of Protein in the Artificial Diet on Nutritional Physiology of the Silkworm, *Bombyx mori*

Gwang Youl Seol

Sericultural Experiment Station, Office of Rural Development,
Suweon 170, Korea

SUMMARY

Larvae of the silkworm (*Bombyx mori* L.) were reared during the 5th instar on the four kinds of artificial diets on the basis of the different amounts of soybean meal used as the protein source.

In this experiment it was shown that the various levels of protein in the diet affected not only the growth and silk production but the digestibility of the diet, haemolymph protein and uric acid excretion.

The results obtained are summarized as follows;

1. By an increase of the level of protein in the diet the apparant digestibility was increased, but the protein digestibility was comparatively decreased.
2. Larval body weight increment was not observed by the 3rd day of the 5th instar, but was increased from the 4th day as the level of protein was increased in the diet.
3. After the 3rd day of the 5th instar, protein content in the hemolymph was increased steeply by an increase of the protein content in the diet. However, the percentage of hemolymph protein to the ingested protein was decreased from the 2nd day of the 5th instar and increased more or less after the 4th day.
4. An increase of the uric acid excretion was observed as the content of protein in the diet was increased but the pattern of the uric acid excretion was different between high and low-protein diet.

However, the percentage of the uric acid excretion to the ingested protein and to the hemolymph protein were both decreased steeply after the 2nd day of the 5th instar.

5. It was also evident that the high-protein diet increased the cocoon productivity.

6. It showed that the feed efficiency for body weight increment and silk formation was high by an increase of the level of protein in the diet, but the protein efficiency was not.

緒 言

누에의 營養에 關한 研究는 일찌기 平塚(1971)를 위
서하여 加藤(1938), 蒲生등(1951) 및 福田(1951)등에

의해서 詳細히 研究되었다.

그러나, 그 當時에는 各 營養素의 配分量이 이미 一
定하게 決定되어 있는 桑葉으로 研究 調査되었기 때문
에 各 營養素의 要求量이나 相互間의 作用을 確實하게

究明하기는 곤란하였다.

그 후, 福田 등(1960)과 伊藤·田中(1960)의 研究에 의하여 人工飼料에 의한 飼育이 可能하게 됨에 따라 飼料의 組成을 任意로 變換調整할 수 있게 되어 누에 營養要求에 對한 研究가 活潑하게 되었다.

누에는 體組成과 絹物質의 生産을 하기 위한 蛋白質과 炭水化物的 要求量이 어느 營養物質보다 그 比率이 높기 때문에 重要視되며, 따라서 飼料組成中에는 營養要求量에 의해서 量的으로 增加하여 飼料成分을 配分하고 있다. 이러한 觀點에서 이들 成分에 對한 營養要求에 關하여 많은 研究結果가 報告되어 왔고, 特히 蛋白質成分에 關해서는 絹物質의 生産이라는 重要한 要因이 있기 때문에 많은 研究들이 遂行되었다.

即, 飼料에 蛋白質源의 添加量이 많으면 反對로 그 利用率은 低下되나, 幼蟲血液蛋白質量이나 尿酸排泄量은 增加되고 繭質도 良好하게 되며 體重增加에는 큰 影響이 없다고 報告되어 있다(Ito and Mukaiyama, 1964; 伊藤·向山, 1970; 堀江 등, 1971; Kamioka et al., 1971; 文, 1974a; Horie and Inokuchi, 1978).

그러나 各 研究者의 飼料組成이 相異하고 따라서 同一飼料에 의한 綜合된 實驗結果는 아직까지 없으며 또한 飼料의 消化와 利用에는 飼料中의 各營養素의 量뿐 아니라 相互間 比率도 크게 影響(伊藤, 1967)하기 때문에 筆者는 누에의 營養要求中 特히 蛋白質要求에 對해서 보다 明確히 究明하기 위하여, 5齡期에 있어서 蛋白質水準을 달리한 4種의 飼料를 使用하여 누에의 消化와 利用에 關해서 調査하고, 幼蟲의 血中蛋白質의 經時的 變化와 尿酸排泄量의 經時的 變化를 綜合적으로 調査 檢討한 結果, 누에 人工飼料에 있어서 特히 5齡期에는 相當한 水準까지 蛋白質量을 增加시키는 것이 바람직한 것으로 推察되는 結果를 얻었기에 그 結果를 報告하는 바이다.

本 研究를 遂行함에 있어서 實驗計劃, 進行, 實驗結果의 分析 및 原稿의 完成 등에 많은 指導와 鞭撻을 해주신 指導特授 文在裕 博士님 및 金正一 兄에게 깊은 感謝를 드리며 學問的인 指導와 助言을 아끼지 않으신 朴光義 教授님과 姜錫權 教授님께도 아울러 感謝를 드린다.

研究史

昆蟲의 人工飼料가 最初로 成功된 것은 Bottger(1942)에 의한 조명나방(*Ostrinia nubilalis*)의 飼育으로서 그 후 各分野에 있어서 人工飼料에 의한 많은 研究成果가 이루어져 왔는데 特히 昆蟲의 營養要求를 把握에 있어서 이 人工飼料가 큰 몫을 차지해 왔다.

이느 昆蟲에 있어서나 飼料成分의 大部分을 차지하며 重要한 것은 炭水化物和 蛋白質로서, 糖과 蛋白質의 添加比率의 影響 및 그 至適範圍에 關해서는 많은 研究結果가 있으나 조명나방(*Pyrausta nubilalis*; Beck et al, 1949) 및 이화명충(*Chilo suppressalis*; Ishii and Hirano, 1957)의 경우 모두 添加한 兩營養素의 比率이 飼料效果에 對해 重要한 關係가 있음을 나타내고 있으며, 한편 昆蟲의 種類에 따라 量的要求가 다름도 報告되어 있다.

炭水化物和 蛋白質의 量的要求에 對해서 Beck(1956)는 *Pyrausta nubilalis*에 있어서 幼蟲成長初期에는 糖(이 경우에는 glucose)에 對한 要求가 낮으나 後期에는 要求가 높아지며, 한편 이와는 反對로 蛋白質(이 경우 Casein)에 對한 要求는 幼蟲의 初期에 높고 後期에 낮음을 보였다고 한다.

Ishii et al (1959)에 의하면 *Chilo suppressalis*는 全 飼育期를 通해 蛋白質含量이 相對적으로 높은 飼料일 때 成長이 良好하며 이 傾向은 幼蟲前半期에 있어서 後半期보다 明瞭하였다고 한다.

向山 등(1966)은 흰불나방(*Hyphantria cunea*)의 營養要求에 있어서 蛋白質과 糖의 量的 比率에 對해서 보면 두 營養素의 比率이 같을 때 成育에 最適하나 蛋白質 또는 糖 어느쪽의 比率이 多少 높아져도 成育에 支障은 없었다고 한다.

한편, 家蠶(*Bombyx mori* L.)에 있어서는 일찌기 平塚(1917)가 桑葉育으로 그 營養要求를 解明하려고 試驗하였는데, 伊藤·田中(1962)는 平塚의 研究結果를 考察함에 있어서 給與桑의 組成中 炭水化物 對 粗蛋白質의 比率이 1齡 給與桑은 12.23% : 36.35%(乾物 100% 中)이나 齡이 進前됨에 따라 炭水化物的 比率이 약간 많아지며 粗蛋白質은 特히 5齡 給與桑에 있어서는 상당히 적어져 두 營養素의 比率은 20.21% : 24.16%로 되어 이 두 營養素가 뽕나무의 生長과 密接한 關聯이 있음이 보였다고 한다.

그런데 福田 등(1960), 伊藤·田中(1960)에 의해서 누에 人工飼料育이 처음으로 成功된 以來 營養生理學分野에 人工飼料가 많이 利用되고 있는데 伊藤(1967)는 炭水化物和 蛋白質의 量的 比率이 幼蟲成長뿐만 아니라 繭生産에 對해서도 影響한다고 하였으며 Kamioka et al (1971)은 大豆粉末과 糖의 添加量이 다른 4種의 人工飼料를 使用해서 4齡 및 5齡期의 家蠶幼蟲을 飼育한 結果, 이와같은 飼料組成의 相違가 幼蟲과 繭質만이 아니라 飼料의 消化와 利用에 對해 顯著하게 影響함을 밝혔다. 또한 文(1974b)은 飼料中 炭水化物和 蛋白質含量의 多少는 幼蟲의 增體 및 繭質에 미치는 影響이

를 뿐만 아니라 飼料効率에도 크게 影響한다고 하였다 向山·伊藤(1962a)는 人工飼料의 消化率은 桑葉과 거의 같았으나 食下量과 消化量은 적었다고 하며 堀江 등(1973)은 飼料의 組成과 飼料効率에 對해 試驗한 結果, 飼料中の 窒素消化利用率은 約 60%로서 桑葉粉末 添加量에는 크게 影響을 받지 않았으며 吸收된 窒素의 大部分이 體內에 남아 그 65~70%가 糞層으로 移行하였다고 한다.

그런데 이러한 飼料効率에 影響하는 要因으로서 向山·伊藤(1962b)는 飼料에 添加하는 Cellulose粉末의 影響에 對해서 檢討한 結果, Cellulose粉末添加量이 많은 飼料에서는 누에의 成長發育이 良好하였으며 이 경우 飼料食下量은 增大하였으나 消化量에는 큰 差가 없었으며 따라서 消化率은 낮았다고 한다.

그리고 松岡·須藤(1977)는 人工飼料育蠶의 窒素留存率에 미치는 누에品種의 影響에 對해서 대체로 多絲量系가 少絲量系보다 높은 窒素留存率을 보이는 結果를 얻었다고 한다.

한편, 加藤·山田(1967)에 의하면 孵化後 人工飼料로 飼育된 누에의 血液蛋白質은 桑葉育의 경우보다도 顯著히 增加해 있다고 하였으며 井口(1970)는 飼料의 Amino酸 組成의 變動에 따라 일어나는 家蠶幼蟲血液의 生化學的 變化를 調査한 結果, 血液蛋白質濃도에 있어서, 對照飼料를 먹은 幼蟲은 經時的인 增加를 보인데 對해 Arginine欠如飼料를 먹은 幼蟲은 거의 그 增加가 認定되지 않았다고 한다.

또한 Horie and Inokuchi (1978)은 必須 Amino酸의 欠如로 蠶體內的 蛋白質合成이 阻害되어 尿酸排泄量이 顯著히 增加하는 것이 認定된다고 하였으며 渡邊·堀江(1979)은 飼料中の Amino酸 添加量이 家蠶의 成長, 體液成分 및 尿酸量에 미치는 影響에 對해서 體液蛋白質量은 飼料中の 酸性 및 非必須 Amino酸의 添加量이 增加함에 따라 增加했으나 遊離 Amino酸量은 比較의 一定值를 보였으며 尿酸排泄量은 兩 Amino酸 添加量이 200mg/g 以上에서 急激히 增加한다고 하였다.

材料 및 方法

1. 供試家蠶品種은 蠶113×蠶114를 使用하였는데 4齡 때 雌雄鑑別하여 5齡供試時에는 雄蠶(♂)만을 使用하였다.
2. 供試蛋白質源으로서는 脫脂大豆粉末 (東邦油糧(株)製品)을 使用하였는데 水分含量은 9.0%, 粗蛋白質含量은 45.56%였다.
3. 供試人工飼料은 1-4齡까지 薛·李(1980)의 飼料組成을 利用하였으며 5齡起蠶時부터는 Table 1과 같은

Table 1. Composition of the Experimental Diets

Substance	Diet			
	A	B	C	D
Mulberry leaf powder	12.5	12.5	12.5	12.5
Soybean meal, defatted	50	41.67	33.33	25
Sucrose	8.33	8.33	8.33	8.33
α-Cellulose	0	8.33	16.67	25
Corn flour	15.83	15.83	15.83	15.83
Agar	6.67	6.67	6.67	6.67
Ascorbic acid	2.5	2.5	2.5	2.5
Citric acid	1.67	1.67	1.67	1.67
Premix.*	2.5	2.5	2.5	2.5
Total	100	100	100	100
Vitamin B mix.**	Added	Added	Added	Added
Propionic acid	0.8ml	0.8ml	0.8ml	0.8ml
Water	250-225ml/100g dry diet			

*β-Sitosterol 0.2g, Sorbic acid 0.2g, CaCO₃ 1g, K₂HPO₄ 1g, FePO₄ 0.1g, MgSO₄ 0.2g, SiO₂ 0.2g, Chloramphenicol 0.1g

**Biotin 1mg, Thiamine-Hcl 10mg, Riboflavin 10mg, Pyridoxine-Hcl 20mg, Nicotinic acid 100mg, Ca-Pantothenic acid 150mg, Inositol 2g, Cholin-cl 1g/kg dry diet

Table 2. Proximate Analysis of the Experimental Diets (powder)

Diet	Moisture	crude	crude	N.F.E	crude	crude
		Protein	Fat		Fiber	Ash
	%	%	%	%	%	%
A	9.2	26.13	2.55	49.65	3.0	9.47
B	8.8	22.00	2.15	50.88	7.4	8.77
C	8.2	19.9	2.36	50.07	11.9	8.28
D	7.9	16.69	1.96	49.72	15.8	7.93

*Analyzed by A.O.A.C method

4種의 飼料를 調製供試하였는데 各 飼料의 一般成分分析結果는 Table 2와 같다.

4. 누에의 飼育은 全齡人工飼料育으로서 5齡起蠶時부터 雄蠶(♂)만을 各區 20頭씩 3反復 飼育을 하였으며 1-3齡까지는 29°C, 90% R.H., 4-5齡期에는 25°C, 75% R.H. 狀態下에서 飼育하였는데 5齡期에는 1日 1回 飼料를 給與하였다.

5. 蠶體重의 測定은 5齡起蠶時부터 每 24時間마다 上簇時까지 調査하였으며, 收繭하여 全繭重, 繭層重 및 繭層比率를 調査하였다.

6. 消化試驗은 全試料를 恒量乾燥한 後 食下量, 糞量을 調査해서 近似消化率을 算出하였으며 또한 飼料 및 蠶糞中の 粗蛋白質을 Kjeldahl法으로 定量하여 蛋白質消化率을 算出하였다.

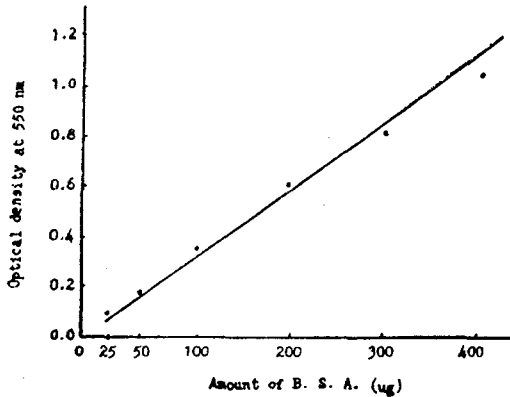


Fig. 1. Standard calibration curve for B.S.A

7. 血中蛋白質量の測定은 Lowry *et al.* (1951)의 방법에 따랐다.

가. Bovine serum albumin에 대한檢量線의作成

- (1) 0.1%의 B.S.A solution을 試驗管에 0, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5ml씩 各各 넣고 蒸溜水를 加해서 全體가 0.5ml되게 했다.
- (2) 各試驗管에 alkaline copper solution을 5ml씩 넣었다.
- (3) 다시 各試驗管에 Folin reagent (1N)을 0.5ml씩 넣고 30分間 放置하였다.
- (4) 光電比色計(Spectronic 20A)로 550nm에서 吸光度를 測定하였다.
- (5) Fig 1.과 같이 檢量線을 作成했다.

나. 血中蛋白質의 定量

- (1) 遠心管에 家畜의 血液 0.5ml를 넣고 1,500rpm에서 10分間 遠心分離하여 血球를 除去한 後 여기에 水冷한 10% TCA 水溶液을 同量 加해서 蛋白質을 沈澱시키고 3,000rpm에서 10分間 2回 遠心分離하여 沈澱蛋白質을 1N NaOH 水溶液 5ml를 넣어 溶解시켰다.
- (2) 여기에 다시 蒸溜水 45ml를 加해 稀釋한 다음 0.5ml를 取해서 試驗管에 넣고 alkaline copper solution 5ml를 加한 後 잘 混合시킨 다음 10分間 室溫에 放置시켰다.
- (3) 다시 Folin reagent (1N) 0.5ml를 넣고 즉시 攪拌은 다음 30分後에 光電比色計(Spectronic 20A)로 吸光度를 測定하여 Fig 1의 檢量線과 對照해서 血中蛋白質을 定量했다.

8. 糞中의 尿酸量의 測定은 Caraway (1953)의 方法에 따랐다.

가. 尿酸標品(和光(株)製品)에 對한 檢量線의 作成

- (1) 0.0015%의 Uric acid stock standard solution을 試

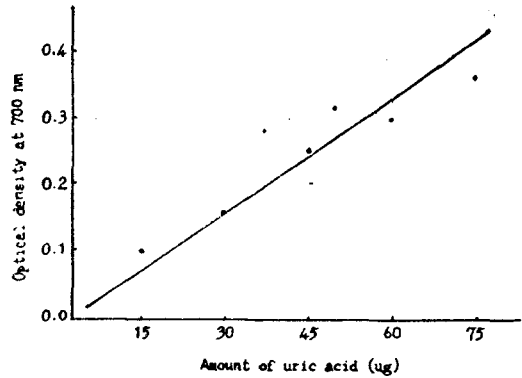


Fig. 2. Standard calibration curve for uric acid

驗管에 各各 0, 1, 2, 3, 4, 5ml씩 넣고 蒸溜水를 加해서 全體가 5ml되게 했다.

- (2) 各試驗管에 10% Na_2CO_3 solution 1ml씩을 加한 다음 10分間 放置하였다.
- (3) 다시 各試驗管에 Phosphotungstic acid 1ml씩을 加한 다음 30分間 放置하였다.
- (4) 光電比色計(Spectronic 20A)로 700nm에서 吸光度를 測定하였다.
- (5) Fig 2와 같은 檢量線을 作成했다.

나. 糞中 尿酸의 定量

- (1) 遠心管에 磨碎한 糞 0.1g을 넣고 0.6% Li_2CO_3 solution(液溫 60°C)을 5ml 加해서 5分間 攪拌은 다음 1,500rpm에서 3分間 5回 遠心分離하여 尿酸을 抽出하였다.
- (2) 上澄液中 0.5ml를 取하여 試驗管에 넣고 蒸溜水 4.5ml를 加해 稀釋한 後 10% Na_2CO_3 solution 1ml를 加해서 攪拌은 다음 10分間 室溫에 放置하였다.
- (3) 다시 Phosphotungstic acid 1ml를 加해서 즉시 攪拌은 다음 30分後에 光電比色計(Spectronic 20A)로 吸光度를 測定하여 Fig 2의 檢量線과 對照해서 糞中의 尿酸을 定量하였다.

實驗 結果

1. 누에의 消化에 미치는 影響

가. 近似 消化率

飼料의 蛋白質水準이 누에의 消化에 미치는 影響을 알아보기 위하여 近似消化率을 算出한 結果는 아래 Table 3과 같으며 Fig. 3은 日別로 나타낸 것이다.

Table 3에서 보는 바와 같이 雄蠶 20頭씩 3反復에 對하여 乾物食下量, 消化量 및 消化率을 調査한 結果,

Table 3. Utilization of the Experimental Diets.

Diet	Dry wt. of diet ingested (A)	Dry wt. of feces	Dry wt. of diet digested (B)	Apparant Digestibility (B/A)
	g	g	g	%
A	2.319±0.055	1.416±0.022	0.940±0.047	40.5±1.2
B	2.294±0.114	1.502±0.069	0.831±0.045	36.2±0.3
C	2.834±0.118	1.932±0.072	0.944±0.046	33.3±0.3
D	2.943±0.048	2.127±0.043	0.832±0.005	28.3±0.3

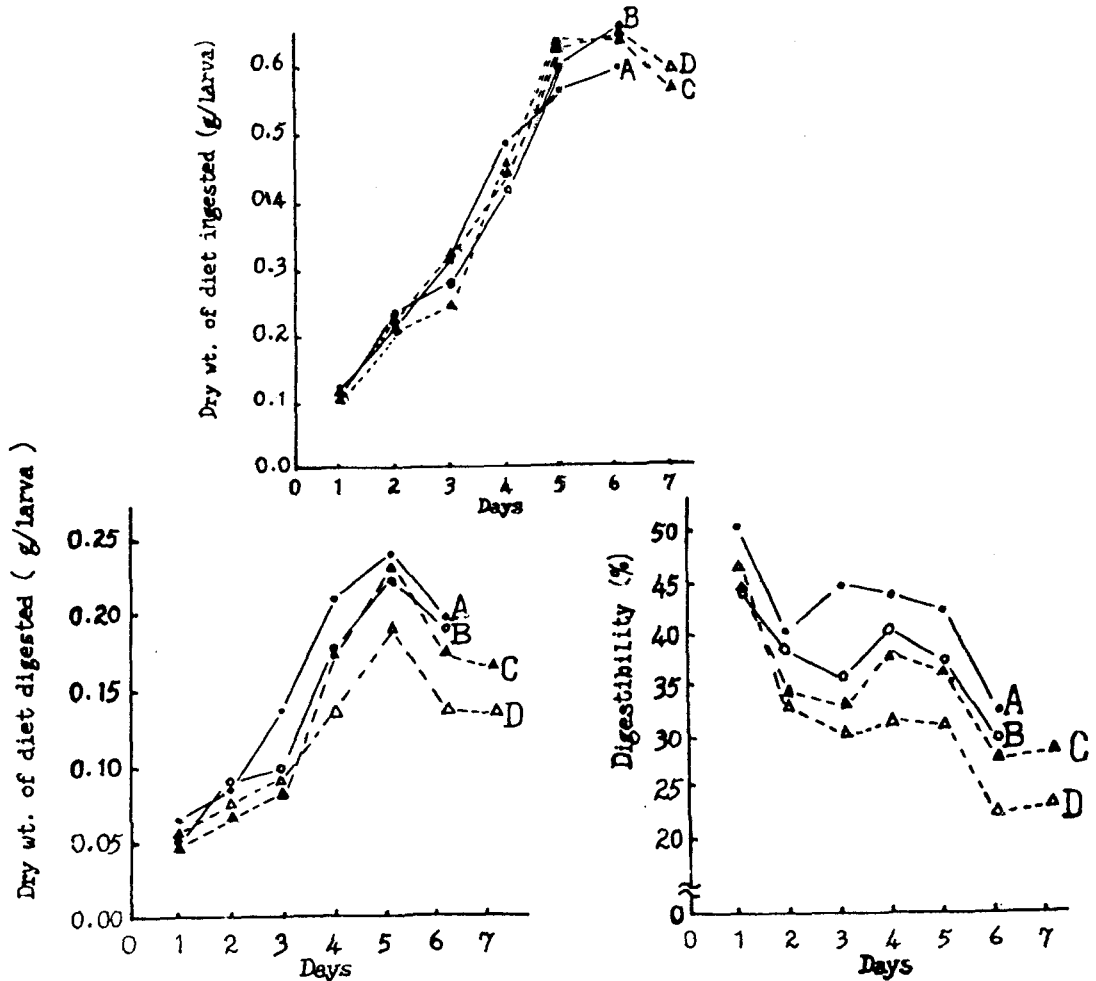


Fig. 3. Ingestion, Digestion and Apparant Digestibility of the 5th instar larva (male only), reared on Experimental Diets.

乾物食下量은 蛋白質水準이 낮은 C, D飼料區가 많았으며 乾物消化量에 있어서는 A, C飼料區가 多少 많았고 近似消化率은 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 높은 結果였다. 이들 日別로 보면 Fig. 3에 나타난 바와 같이 乾物食下量은 5齡을 經過함에 따라 대체로 增加하는 傾向이었으며 乾物消化量은 5日째까지 增加하다가 6, 7

日째에는 減少하였고, 近似 消化率은 2, 3日째에 減少하였다가 3, 4日째에는 增加하였다가 以後 다시 減少하는 傾向이었다.

나. 蛋白質 消化率

다음에 飼料 및 糞糞中の 粗蛋白質을 定量하여 蛋白質 消化率을 算出한 結果는 Table 4와 같으며 Fig. 4

Table 7. The Effect of various levels of Protein in Experimental Diets on Uric Acid Excretion. (mg/g dry feces)

Diet	Day	1	2	3	4	5	6	7
A		14.6	9.5	13.3	14.5	29.2	22.0	
B		15.6	12.3	12.7	12.7	18.2	15.3	
C		14.7	8.8	9.9	9.0	13.5	13.5	13.2
D		12.5	9.6	10.0	7.4	9.2	9.1	9.1

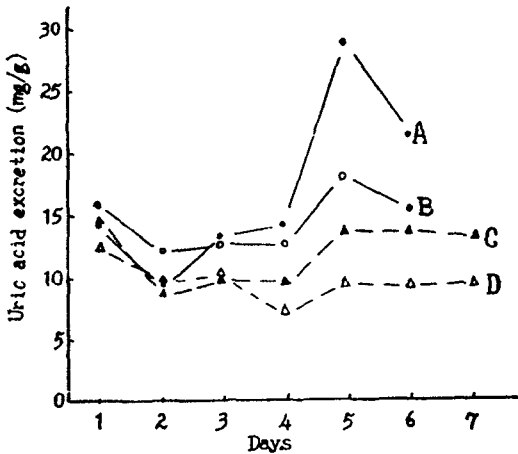


Fig. 8. Changes of Uric Acid Excretion in feces during 5th instar, reared on Experimental Diets.

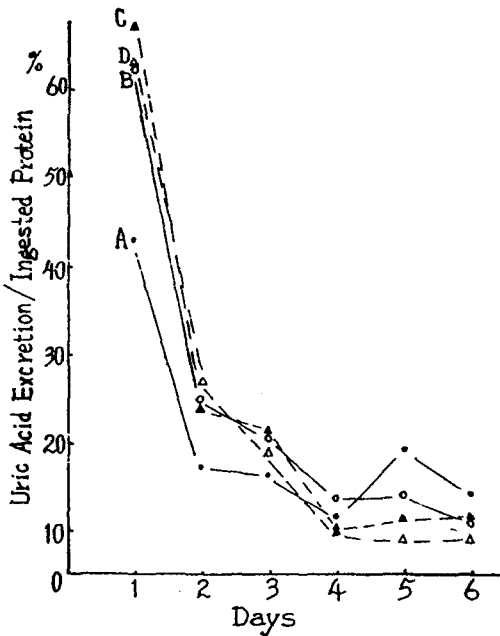


Fig. 9. Changes of Uric Acid Excretion in relation to the Ingested Protein during 5th instar, reared on Experimental Diets.

한 血中蛋白質의 經時的變化는 1日째는 各 飼料區 모두 그 比率이 높지만 2日째부터 漸次 減少하다가 5, 6日째는 다시 약간 높아지는 傾向을 보였는데 高蛋白飼料인 A, B區보다 C, D飼料區가 攝取한 蛋白質에 對한 血中蛋白質의 比率이 대체로 높은 傾向이었다.

4. 尿酸排泄量에 미치는 影響

飼料의 蛋白質水準을 달리한 경우 蠶莖中の 尿酸排泄量에 미치는 影響에 對하여 日別變化를 調査한 結果는 Table 7 및 Fig. 8과 같으며 攝取한 蛋白質에 對한 尿酸排泄量의 經時的變化를 보면 Fig. 9와 같다.

Table 7에 나타난 바와 같이 蛋白質水準을 달리한 飼料로써 5齡期를 飼育한 누에의 尿酸排泄量의 變化를 調査한 結果, 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 尿酸排泄量도 많은 傾向이었는데, 이를 日別로 보면 2日째 一端 減少하였다가 3日째부터 다시 增加하였는데 C, D飼料區는 高蛋白인 A, D飼料區와는 달리 4日째 다시 減少하였다가 5日째에는 增加해서 以後 平衡을 이루는 傾向이었다. 한편 Fig. 9에 나타난 바와 같이 蛋白質攝取量에 對한 尿酸排泄量의 經時的 變化는 各 飼料區 모두 1日째에는 그 比率이 높았으나 2日째부터는 急激히 減少하는 傾向이었는데 3日째까지는 高蛋白飼料인 A, B區가 C, D飼料區에 比해 蛋白質攝取量에 對한 尿酸排泄量이 적은 傾向이었으나 4日째 以後에는 反對로 A, B飼料區가 많은 傾向이었다.

그리고 血中蛋白質과 蛋白質代謝產物인 尿酸排泄量의 關係를 알아보기 위하여 血中蛋白質에 對한 尿酸排

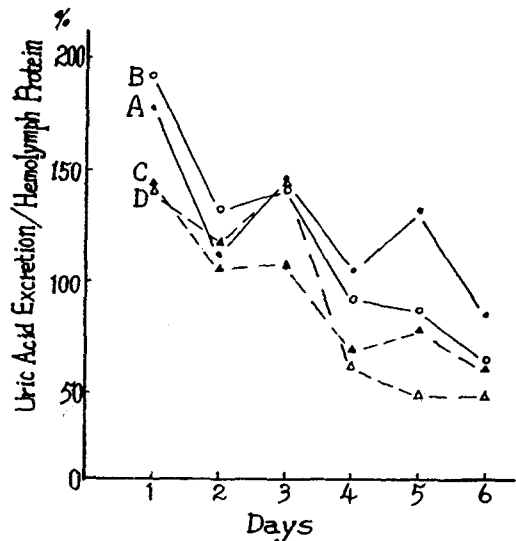


Fig. 10. Changes of Uric Acid Excretion in relation to the Hemolymph Protein during 5th instar, reared on Experimental Diets.

泄量の 經時的 變化를 살펴본 結果는 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에 나타난 바와같이 血中蛋白質에 對한 尿酸 排泄量의 經時的 變化는 隔日로 增加와 減少를 反復하는 傾向이었는데, B, D飼料區는 4日째부터 繼續 減少하는 傾向이었으며 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 血

中蛋白質에 對한 尿酸排泄量의 比率이 대체로 높은 傾向이었다.

5. 菌質에 미치는 影響

飼料의 蛋白質水準이 菌質에 미치는 影響을 調査한 結果 Table 8과 같다.

Table 8. The Effect of various levels of Protein in the Experimental Diets on Cocoon Quality.

Item	Diet			
	A	B	C	D
Mean wt. of a cocoon (g)	1.41±0.04	1.35±0.11	1.46±0.10	1.20±0.04
Mean wt. of cocoon shell (cg)	26.3±0.2	24.8±1.8	25.5±1.2	20.6±0.8
Mean ratio of cocoon shell (%)	18.7±0.6	18.5±0.5	17.5±0.4	17.2±0.1

ANOVA (I) _____ Cocoon wt.

factor	d.f	S.S	M.S	F
Total	11	0.196	—	
Treatment	3	0.121	0.04	4.44*
Error	8	0.075	0.009	

D B A C A—D*
 _____ C—D*

ANOVA (II) _____ Wt. of cocoon shell

factor	d.f	S.S	M.S	F
Total	11	6,795	—	
Treatment	3	5,725	1,908	14.24**
Error	8	1,070	134	

D B C A A—D** C—D**
 _____ B—D**

ANOVA (III) _____ Ratio of cocoon shell

factor	d.f	S.S	M.S	F
Total	11	6.53	—	
Treatment	3	4.99	1.663	8.64**
Error	8	1.54	0.193	

D C B A A—C* A—D**
 _____ B—C* B—D**

Table 9. Efficiency of Experimental Diets during 5th instar.

(1) Body weight increment efficiency

Diet	Initial body wt. g	Final body wt. g	Body weight increment (A) g	Dry wt. of diet ingested (B) g	Feed efficiency (A/B)
A	0.735	3.772	3.037	2.319	1.31
B	0.748	3.670	2.922	2.294	1.27
C	0.701	3.762	3.061	2.834	1.08
D	0.744	3.522	2.778	2.943	0.94

(2) Cocoon shell production efficiency

Diet	Cocoon shell weight (A) g	Dry wt. of diet ingested (B) g	Cocoon shell production efficiency (A/B×100) %
A	0.263	2.319	11.3
B	0.248	2.294	10.8
C	0.255	2.834	9.0
D	0.206	2.943	7.0

Table 10. Protein Efficiency of the Diets during 5th instar.

(1) Body weight increment efficiency

Diet	Body weight increment (A) mg	Ingested protein (B) mg	Efficiency (A/B)
A	3,037	606	5.01
B	2,922	505	5.79
C	3,061	544	5.63
D	2,778	491	5.66

(2) Cocoon shell production efficiency

Diet	Weight of cocoon shell (A) mg	Ingested protein (B) mg	Efficiency (A/B×100) %
A	263	606	43.4
B	248	505	49.1
C	255	544	46.9
D	206	491	42.0

Table 8에서 보는 바와 같이 全繭重 및 繭層重에 있어서 C飼料區가 多少 무거웠으나 A, B飼料區와는 有意差가 없었으며, 繭層比率에 있어서는 A와 B飼料區間, 그리고 C와 D飼料區間에는 有意差가 없어 高蛋白인 A, B飼料區가 C, D飼料區보다 繭質에 있어서 多少 良好한 結果였다.

6. 飼料効率에 미치는 影響

飼料의 蛋白質水準이 飼料効率에 미치는 影響에 對해서 調査한 結果는 Table 9 및 Table 10과 같다.

Table 9에 나타난 바와 같이 飼料의 蛋白質水準이 增體効率에 미치는 影響은 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 높았으며 繭生産効率도 같은 傾向이었다.

그러나, Table 10에서 보는 바와 같이 攝取한 蛋白質量에 對한 增體 및 繭生産効率에 있어서는 飼料의 蛋白質水準에 따른 一定한 傾向은 보이지 않고 B, C飼料區가 대체로 그 效率이 높았다.

考 察

누에 人工飼料育에 있어서 5齡期 飼料中 蛋白質量의

多少가 누에에 미치는 影響에 對해서는 이미 報告된 바 있으며(伊藤, 1967; 伊藤·田中, 1962; 伊藤·向山 1970; 文 1974 a, b), 또한 飼料中의 蛋白質水準이 5齡幼蟲의 體液成分(堀江 등, 1971) 및 尿酸排泄量(Ito and Mukaiyama, 1964; Kamioka et al., 1971)에 미치는 影響에 對해서도 알려져 있다.

本實驗은 5齡期間中 飼料의 蛋白質水準을 달리하였을 경우 누에의 消化에 미치는 影響을 中心으로 해서 누에의 血中蛋白質 및 尿酸排泄量에 미치는 影響에 對해서 檢討하고 同時에 누에의 成長 및 繭質, 그리고 飼料效率에 미치는 影響을 綜合적으로 檢討한 結果로서 먼저 近似(乾物) 消化率은 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 높은 結果(Table 3)였는데, 이러한 結果는 本實驗의 供試飼料에 있어서 Cellulose含量이 飼料의 蛋白質水準이 낮을수록 많았고(Table 1), 누에의 消化酵素中에는 Cellulase가 없기(文·林, 1978) 때문에 飼料中의 Cellulose含量이 많을수록 消化率은 낮아지게 되며(向山·伊藤, 1962b), 그러므로 本實驗飼料의 蛋白質水準이 낮을수록 近似消化率이 낮게 나타난 것은 이러한 飼料中의 Cellulose含量이 크게 作用한 結果인 것으로 생각된다. 그런데 蛋白質消化率에 있어서는 蛋白質水準이 낮은 C, D飼料區가 蛋白質水準이 높은 A, B飼料區보다 오히려 높은 結果였는데, 이것은 Kamioka et al. (1971)의 消化試驗結果와 一致하는 것으로서, 相對적으로 Cellulose含量이 많은 即, 飼料의 蛋白質水準이 낮은 飼料의 可消化營養素利用率이 더 높았기 때문인 것으로 생각되나, 이 問題에 對해서는 追後 各營養素別 消化試驗을 통해 더욱 明白해지리라 생각된다.

그리고 本實驗의 結果로서 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 누에의 血中蛋白質도 많아지는 傾向을 보였는데(Table 6), 이같은 傾向은 堀江 등(1971)이 飼料中의 蛋白質量을 增加시키에 따라 血液中의 蛋白質量도 增加하는 傾向이 認定되었다고 한 事實과 一致하는 것으로서 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 蛋白質攝取量이 많아지며(Table 4), 다음에 消化酵素와 基質과의 關係로서 攝取한 蛋白質量이 많을수록 蛋白質分解酵素의 活

性도 높아지며(文, 1973), 따라서 血中 amino酸量이 增大하게 되고 脂肪體에서 蛋白質合成이 많아져(福田, 1979), 蠶體內 蛋白質의 代謝回轉速度가 急速히 增加되므로써(井口, 1970), 血中蛋白質도 增加하는 것으로 생각된다.

이것은 또한 purine誘導體의 代謝最終產物인 尿酸의 排泄量도 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 많은 傾向을 나타낸 結果(Table 7)가 뒷받침해 주고 있는 것으로서 飼料의 蛋白質水準이 增加함에 따라 蛋白質이 消化分解되어 生成되는 NH_3 量은 增加하게 되고 다시 有機窒素化合物의 合成에 利用되고 남은 NH_3 量도 많아져(Gortner, 1953), 結局 尿酸排泄量도 많아지게 되는 것이다(Ito and Mukaiyama, 1964). 이것은 또한 渡邊(1978)가 amino酸 飼料로써 試驗한 結果와도 相應하는 것으로서, 蛋白質攝取量, 血中蛋白質 및 尿酸排泄量을 서로 關聯시켜 보았을 때 나타난 結果(Fig 7, 9, 10)와도 相應하고 있는 것이다.

한편, 藤井등(1930)에 의하면 消化液中 蛋白質分解酵素의 消長은 起蠶 때가 많고 2~3日째에는 一端 減少하나, 그 後 다시 增加해서 盛食期까지 維持하다가 熟蠶이 되면 다시 減少한다고 하였는데 이러한 事實과 血中蛋白質의 經時的 變化를 關聯시켜 보면, 本實驗에서는 蛋白質分解酵素의 消長은 調査하지 않아 그 相關關係를 導出해 내지는 못하였으나, 血中蛋白質濃度는 蛋白質分解酵素의 消長과 密接한 正의 相關이 있는 것으로 생각되며, 5齡前期(3日째까지)에는 血中蛋白質에 큰 變化가 없으나 以後 急速히 增加하는데 가장 低蛋白質인 D飼料區는 5, 6日째 繼續 增加하는 傾向을 보이지 않았던 것은 井口(1970)가 家蠶의 Amino酸 營養에 關하여 研究한 結果로 미루어 볼 때 D飼料는 絕對蛋白質(또는 Amino酸)含量이 낮기 때문에 어느 水準以上으로서는 血中蛋白質이 增加하지 않은 것으로 생각된다.

또한 A, B飼料區 보다 蛋白質水準이 낮은 C, D飼料區가 攝取한 蛋白質에 對한 血中蛋白質의 比率이 대체로 높은 傾向을 보였는데 이들 蛋白質 消化率(Table 4)과 關聯시켜보면 이러한 結果는 蛋白質水準이 높은 A, B飼料區보다 C, D飼料區가 攝取한 蛋白質을 보다 效率的으로 利用하기 때문에 나타나는 結果로 생각된다.

그런데 飼料의 蛋白質水準을 달리했을 경우 누에의 成長에 미치는 影響으로 나타난 結果로서 各 飼料區의 增體量은 統計的인 有意差가 없었으나 菌質은 高蛋白飼料(A, B)가 低蛋白飼料(C, D)보다 多少 良好한 結果였던 것은 飼料의 蛋白質이 어느 水準以上에서는 體成

長에 大部分 消耗됨으로서 體重增加는 各 飼料區間 큰 差를 나타내지 않으나 結局 絹物質이라는 蛋白質의 合成過程에서는 高蛋白飼料일수록 蛋白質攝取量 및 消化量이 많기 때문에(Table 4), 따라서 菌質도 良好하게 되는 것으로 생각되며 이 같은 結果는 伊藤등(1970), 堀江등(1971), Kamioka et al. (1971) 및 文(1974a)의 研究結果와도 잘 一致하고 있다.

또한 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 飼料 효과도 높게 나타나 Kamioka et al. (1971)의 試驗結果와 一致함을 보였으나 蛋白質攝取量에 對한 增體效率 및 菌生産效率는 蛋白質水準이 中間程度인 B, C飼料區가 대체로 높은 結果였던 것은, 飼料의 消化와 利用에는 飼料中 各 營養素의 量만이 아니라 相互間比率도 크게 影響(伊藤등; 1967)하기 때문에 나타나는 結果로 생각된다.

以上の 結果를 綜合해 볼 때 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 近似消化率은 높아지며 血中蛋白質 및 尿酸排泄量도 많아지고 따라서 菌質이 良好케 되어 飼料效率가 높아지는 結果였는데 대체로 5齡 3日째까지는 그 傾向이 各 飼料區間에 弱하게 나타나나 4日째 以後에 強하게 나타나는 것으로 볼 때 누에의 營養生理面으로서는 5齡을 前期와 後期 2期로 나누어 생각함이 바람직한 것으로 推察된다.

摘 要

家蠶의 5齡期間中 飼料의 蛋白質水準을 달리하였을 경우 幼蟲의 消化率, 體重增加, 血中蛋白質 및 尿酸排泄量에 미치는 影響의 相互關係와 菌質 및 飼料效率에 미치는 影響을 알아보기 위해서 試驗한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 飼料의 蛋白質水準이 누에의 消化率에 미치는 影響에 있어서 本實驗의 範圍內에서는, 近似消化率은 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 높았으나 蛋白質消化率은 이와는 反對로 飼料의 蛋白質水準이 낮은 쪽이 높았다.
2. 體重增加에 미치는 影響은, 5齡 3日째까지는 飼料의 蛋白質水準에 따른 增體가 認定되지 않았으나, 4日째부터는 대체로 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 體重增加도 커짐을 보였다.
3. 血中蛋白質에 미치는 影響은, 대체로 5齡 3日째 以後 急速히 增加하는 傾向을 보였으며 또한 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 血中蛋白質도 높은 傾向이었다. 한편, 蛋白質攝取量에 對한 血中蛋白質의 經時的 變化는 2日째 以後 漸次 減少하다가 5, 6日째에는 多少 增加하는 傾向이었다.
4. 尿酸排泄量에 미치는 影響은 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 尿酸排泄量도 많은 傾向이었는데 2日째는

一端減少하나 3日째부터는 増減을 反復하는데 蛋白質水準이 높은 A, B飼料區와 낮은 C, D飼料區의 尿酸排泄量의 經時的 變化樣相은 多少 달랐다.

한편, 蛋白質攝取量에 對한 尿酸排泄量의 經時的 變化는 2日째부터 急激히 減少하는 傾向이었으며 血中蛋白質에 對한 尿酸排泄量의 經時的 變化 역시 2日째以後 減少하는 傾向이었으나 A, C飼料區는 增加와 減少를 反復하는 樣相을 보였다.

5. 藪質에 미치는 影響은 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 藪質은 良好한 結果였다.

6. 飼料効率에 미치는 影響에 있어서 乾物食下量에 對한 増體 및 藪生産効率은 飼料의 蛋白質水準이 높을수록 높았으나 蛋白質攝取量에 對한 効率は 飼料의 蛋白質水準에 따른 一定한 傾向없이 B, C 飼料區가 높았다.

引用 文 獻

- Beck, S.D. (1956) The European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (Hubn.), and its principal host plant. II. The influence of nutrition factors on larval establishment and development on the corn plant. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 49: 582-588.
- Beck, S.D., J.H.Lilly, and J.F.Stauffer (1949) Nutrition of the European corn borer, *Pyrausta nubilalis* (Hubn.). I. Development of a satisfactory purified diet for larval growth. *Ann. Ent. Soc. Amer.* 42: 483-496.
- Caraway, W.T. (1953) Uric acid. In "Standard Methods of Clinical Chemistry", (M. Reiner, ed.) Vol. 4, 239-247.
- 滿生俊興, 關 博夫, 瀧澤 七郎 (1951) 家蠶の發育とビタミンとの關係 (III) 蠶による桑葉中ビタミンの攝取利用の狀況に 就いて. *日蠶雜* 20: 106-110.
- Gortner, R.A. (1953) *Outlines of Biochemistry* (3rd Ed.), 408-409. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- 平塚英吉 (1917) 家蠶の榮養に關する研究. *蠶試報* 2: 353-412.
- 堀江保宏, 渡邊喜二郎, 篠原榮 (1971) 家蠶の體重, 絹絲腺重 および 2, 3の血液成分に及ぼす飼料の影響. *蠶絲研究* 78:44-50.
- 堀江保宏, 井口民夫, 渡邊喜二郎, 中曾根正一, 柳川弘明 (1973) 家蠶人工飼料の組成と飼料効率. *蠶試彙報* 96:41-55.
- Horie, Y., and T. Inokuchi (1978) Protein synthesis and uric acid excretion in the absence of essential amino acids in the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biochem.* 8: 251-254.
- 福田紀文. 1951. 糖の増給が絹絲腺の發育に及ぼす影響に就いて. *日蠶雜* 20:444-447
- 福田紀文 (監修) (1979) 綜合蠶絲學, 200-211. 日本蠶絲學會.
- 福田紀文, 須藤光正, 樋口芳吉 (1960) 人工飼料による蠶の飼育. *日蠶雜* 29:1-3.
- 藤井音松, 加藤清時 (1930) 家蠶の消化酵素に就て. *熊本蠶試報* 3(2):35-69.
- 井口民夫 (1970) 家蠶のアミノ酸榮養に關する研究 III. 幼蟲血液の蛋白質濃度および遊離アミノ酸組成に及ぼす飼料中のアミノ酸の影響. *蠶試報* 24:389-408.
- Ishii, S., A. Azim, and C. Hirano (1959) A further experiment on the effect of dietary levels of protein and carbohydrate on the growth of the rice stem borer, *Chilo suppressalis*, larvae. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* 3:143-145.
- Ishii, S. and C. Hirano (1957) Effect of various concentrations of protein and carbohydrate in a diet on growth of the rice stem borer larva. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* 1:75-79.
- 伊藤智夫 (1967) 家蠶の榮養要求ならびに人工飼料. *日蠶雜* 36:315-319.
- 伊藤智夫, 田中元三 (1960) 人工飼料による蠶兒の飼育ならび 5眠蠶分離について. *日蠶雜* 29:191-196.
- 伊藤智夫, 田中元三 (1962) 家蠶の榮養に關する研究 IV. 人工飼料に添加する糖と蛋白質の量の影響について. *蠶試報* 18:1-34.
- Ito, T. and F. Mukaiyama (1964) Relationship between protein content of diets and xanthine oxidase activity in the silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Insect Physiol.* 10: 789-796.
- 伊藤智夫, 向山文雄 (1970) 家蠶人工飼料の蛋白含量と藪質との關係. *蠶絲研究* 77:76-81.
- Kamioka, S., F. Mukaiyama, T. Takei, and T. Ito (1971) Digestion and Utilization of artificial diet by the silkworm, *Bombyx mori*, with special references to the efficiency of the diet at varying levels of dietary soybean meal. *Jap. J. Sericult. Sci.* 40: 473-483.
- 加藤勝, 山田弘生 (1967) 人工飼料で飼育されたカイコ血液タンパクについて. *日蠶雜* 36:240.
- 加藤清時 (1938) 蠶兒による桑葉炭水化合物の消化利用

- に関する研究(V)蔗糖増給が蠶兒消化酵素作用に及ぼす影響. 日農化 14;1423-1425.
- Lowry, O.H., N. J. Rosebrough, A.L. Farr, and R. J. Randall (1951) Protein measurement with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193; 265-275
- 松岡道男, 須藤光正 (1977) 人工飼料の消化に関する研究 I. 蠶の人工飼料の窒素留存率におよぼす蠶品種の影響. 日蠶雑 46;279-282.
- 文在裕 (1973) 家蠶幼蟲の消化液 Proteinase 및 中腸組織 Sucrase의 活性에 미치는 飼料組成(糖과 蛋白質과 의 量比) 및 4眠期 保護溫度의 影響. 韓蠶雑 15 (1);9-14.
- 文在裕 (1974a) 家蠶의 消化液 Amylase活性에 미치는 人工飼料中 糖 및 蛋白質含量의 影響 I. 5齡期에 있어서 飼料中 蛋白質 含量이 幼蟲의 增體量, 飼料効率 및 消化液 Amylase活性에 미치는 影響. 韓蠶雑 16(1); 57-65.
- 文在裕 (1974b) 人工飼料의 蛋白質 및 炭水化物水準이 家蠶의 實用形質과 Amylase活性에 미치는 影響. 韓蠶雑 16(2);35-53.
- 文在裕, 林鍾聲 (1978) 家蠶解剖生理學・蠶病學, 179. 郷文社.
- 向山文雄, 伊藤智夫 (1962a) 人工飼料による蠶の消化試験. (I) 食下量, 消化量および消化率について 日蠶雑 31;317-322.
- 向山文雄, 伊藤智夫 (1962b) 人工飼料による蠶の消化試験 (II) 飼料に添加したセルロス粉末の影響. 日蠶雑 31;398-406.
- 向山文雄, 石田久基, 神岡四郎 (1966) アメリカシロヒトリの發育に及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. 日蠶雑 35;103-109.
- 薛光烈, 李相豊 (1980) 누에人工飼料組成改善에 관한 研究. II. 黄色옥수수 粉末의 飼料的 價値. 農試研報 22;77-80.
- 渡邊喜二郎, 堀江保宏 (1979) 飼料中のアミノ酸添加量が家蠶の成長, 體液成分および尿酸に及ぼす影響. 日蠶雑. 48;1-7.