

누에人工飼料의 飼料效率增進에 關한 研究

金 周 洵

忠北大學校 農科大學

Studies on the Efficiency of the Artificial Diet for the Silkworm, *Bombyx mori* L.

Joo Up Kim

College of Agriculture, Chungbuk National University

Summary

Silkworm(*Bombyx mori*) were reared with modified artificial diets which were mixed with, as additives, leaf powders of *Erigeron canadensis* L., *Cassia tora* L., *Cyperus anuricus* Var. Laxus and *Vigna Sinensis* NEDL. The effects of additives on silkworm characteristics such as haemolymph, intestine, silk gland and electrophoretic zymogram and chemical characteristic of tested plants were summarized as follows.

1. About 2~5% addition on dry weight base of leaf powders of *E. canadensis*, *C. tora*, *C. anuricus* or *V. sinensis* to the basic artificial diet promoted feeding response and digestion and resulted in good practical silkworm characteristics. The addition of *V. sinensis* and *C. anuricus* showed especially good effects.
2. The synergistic effect between different plant species was not recognized based on the feeding response and digestion of silkworm reared with various combinations of 2~4 different plant additives.
3. Electrophoretic zymograms of esterase, protease and phosphatase on haemolymph, intestine and silk gland were significantly different among treatments. In general, 1 or 2 more electrophoretic bands were detected when feeding response and digestion were promoted.
4. Contents of starch, crude fat, crude protein and inorganic base were apparently higher in the tested plants than in mulberry leaves. However, no volatile ingredient which is directly related with feeding response was identified.

緒 言

누에의 人工飼料育은 1960年代初 Yoshita(1960) Ito(1960)等에 의해서 試圖된 以來 三好(1965) 飯塚(1969) 浜村(1975)等 여러 研究者에 의해서 究明된 누에의 攝食 機構와 榮養要求性을 바탕으로하여 누에人工飼料 研究가 活潑히 進拓되어서 最近에는 桑葉育과 對等한 飼育 成績을 얻고 있으나 實用的인 面에서 本래 研究解決되

어야 할 여러가지 課題를 內包하고 있다.

實用性있는 人工飼料가 開發되어 經濟效率을 滿足시킬 수 있는 누에의 人工飼料育이 普及된다면 蠶絲業 發展에 있어 劃期的 轉換點을 이룩하게 될 것이다. 누에人工飼料의 開發에서 惹起되는 여러가지 問題中 가장 重要하다고 생각되는 것은 누에는 다른 鱗翅目昆蟲과는 달리 甁잎만을 食下하는 單食性昆蟲이라는 點과 甁잎의 理化學的 條件을 滿足시킬수있는 完全한 人工飼料를 調製해야 하는 일 그리고 甁잎과 對等한 人工

飼料가 開發되었다 하더라도 實用化過程에서 經濟性的 充足與否等を 列擧할 수 있다.

現在까지 開發된 누에人工飼料는 攝食性 營養要求性 飼料質의 保全等에 重點을 두고 開發해 왔기 때문에 人工飼料育을 實際 養蠶經營에 導入하는데는 飼料價格이 비싸서 經濟性이 없는 것으로 分析評價되고 있다. 그런데 近來 우리나라와 日本에서는 稚蠶期에만 人工飼料育을 導入하고 있는바 稚蠶은 飼料食下量이 少量인데다가 飼育管理勞動力을 80%가량 輕減시키므로써 經濟性を 提高할 수 있기 때문에 實用化 段階에 접어 들게 되었다. 따라서 壯蠶飼育도 飼料代만 節減시킨다면 實用化가 可能할 것으로 期待된다.

飼料價格의 節減方案은 값싼 飼料資源을 開發하는 것과 飼料效率를 增進시키는 두가지 方向으로 集約할 수 있다.

飼料資源에 있어서는 現在의 人工飼料組成은 大豆, 小麥, 옥수수, 감자粉末等을 主體로 하고 있는 바 이들 飼料源을 보다 低廉한 것으로 代替시켜야 한다. 石川(1966)는 30餘種의 植物生葉과 乾燥粉末을 混入한 寒天飼料로 飼育試驗을 行한 結果 몇가지 植物에서 同一植物의 生葉과 粉末로 만든 寒天飼料와는 攝食狀態에 커다란 差異가 있음을 發見하였다. 即 生葉은 잘食下하였으나 寒天飼料는 전혀 食下하지 않는 경우와 이와 正反對의 양상을 觀察했는데 이것은 人工飼料資源으로 利用可能한 植物의 存在를 示唆하고 있는 것이다.

嶋等(1973)은 家畜飼料의 原料를 누에 人工飼料組成分으로 代替한 飼育試驗에서 大豆 및 감자粉末을 主體로 한 飼料와 對比하여 別差異가 없었고 그 飼料에 대한 忌避性도 나타나지 않았으므로 主要營養素源을 값싼飼料資源으로 代替할 수 있는 可能性을 보여 주었다. 飼料效率의 增進은 飼料給與量에 대한 最大의 生産物을 얻어 내는 過程이므로 飼料의 攝食性 提高로 殘餌量을 最少化시키고 給餌量을 制限하거나 食下量에 대한 消化率을 높임으로써 그 效率를 向上시킬 수 있을 것이다. 따라서 飼料組成의 改善, 飼料의 合理的 給餌方法 및 飼育方法의 改良等과 併行하여 飼料效率向上을 꾀하는 것이 重要할 것으로 생각된다.

누에의 人工飼料攝食性, 消化와 吸收 그리고 飼料效率에 대해서는 向山, 伊藤(1962), 堀江, 渡邊(1969), KAMIOKA et al(1971), 關(1971), 村越(1972), 堀江等(1973), 金(1981), 住岡(1982), 山本 藤卷(1982) 등의 報告가 있으며 또한 桑葉育과의 比較도 遂行한바 있다. 同一人工飼料에 대한 攝食性은 蠶品種, 蠶齡, 飼育環境等에 따라 差異가 있으며 消化 吸收는 飼料組

成 飼育溫濕度 蠶品種에 따라 많은 差異가 있다는 것이다.(堀江等 1973, 山本 藤卷 1982)

筆者는 1974년부터 누에人工飼料 研究에 着手하여 飼料組成分中の Cellulose, 炭水化物, 飼料造形劑 그리고 飼料資源에 대한 研究를 계속하던 중 數種植物에 누에의 攝食과 消化를 助長하는 物質의 存在를 認識하게 되었다. 따라서 本研究에서는 누에의 攝食과 消化에 關與하는 物質이 含有된 것으로 推測되는 4種의 植物葉粉末을 基本人工飼料(東邦油糧社製品)에 여러가지 比率과 組合으로 混合調製한 飼料로 飼育試驗을 遂行하면서 누에의 實用形質을 調査 比較하였고 飼料效率 增進에 關與하는 物質을 探索하기 위하여 供試植物의 成分分析과 아울러 누에의 體液, 中腸, 絹絲腺의 Esterase, Protease 및 Phosphatase의 活性을 電氣泳動을 통해서 調査分析한 內容을 綜合하여 報告하는 바이다.

本研究를 위해 研究費를 支援해 주신 韓國科學財團의 厚意에 感謝를 드린다.

材料 및 方法

供試蠶品種은 1985年 春期에 採種한 一代交雜種 장춘잠(잠 119×잠 120)을 冷蔵浸酸法으로 孵化하여 使用하였고 基本人工飼料는 東邦油糧會社製品(稚蠶用)을 供試하였다. 누에의 攝食과 消化를 助長한 것으로 推察된 4種植物 即 동부(Vigna sinensis ENDL), 방동산이(Cyperus anuricus Var. Laxus), 결명차(Cassia tora L.) 망초(Erigeron canadensis L.)의 生葉을 80°C에서 4時間 乾燥시킨 후 100mesh程度로 分碎하여 使用하였다.

試驗區 設置는 4種의 供試植物葉粉末混入比率를 各 各 2%, 5%, 8%, 11%씩 基本飼料에 添加한 것과 4種供試植物을 2~4種씩 11個 組合을 만들어 各 0.5%, 1%, 1.5%, 2%區를 設置하였으며 供試蠶數는 區當 50마리씩 3反覆으로 完全任意配置하였다.

人工飼料調製는 供試植物葉粉末을 處理別로 混入하여 믹서로 고루 混合한 후 乾物飼料 100g當 물 277ml, 비타민 B 복합물 3ml, 프로피온산 3ml을 加하여 充分히 반죽한 후 스텐레스 도시락통에 담아서 蒸氣器에 넣고 60分間 蒸氣하여 冷却시킨 후 5°C 冷蔵庫에 保管해 두고 使用하였다.

누에의 飼育은 溫濕度自動調節이 可能한 飼育箱속에서 飼育溫度는 稚蠶期間 29°C, 壯蠶期間 26°C로, 飼育濕度는 稚蠶期間 90~95%, 壯蠶期間 70~75%로 調節하였으며 飼育用器는 稚蠶期는 사아래, 壯蠶期는 푸

라스틱製 밧드를 使用하였다. 給餌回數는 1~2齡期는 齡中 1回, 3齡期는 2日 1回, 4~5齡期는 1日 1回로 하였다.

調査項目은 各齡起蠶體重, 食下量, 排糞量, 消化量 및 누에의 各種實用形質을 調査하였다.

電氣泳動은 各處理別로 飼育한 누에를 4~5齡期에 解剖하여 體液, 中腸 및 絹絲腺을 摘出하여 小型磨碎裝置로 磨碎한 후 그 上澄液을 Agaros gel 電氣泳動試料로 供試하여 Esterase, Profease 및 Phosphatase의 泳動帶를 檢出하고 그 活性을 調査하여 各 供試植物의 攝食性과 消化率을 連關시켜서 分析 檢討하였다.

한편 供試植物의 成分分析은 農村振興廳 綜合分析室에 依頼하여 實施하였으며 各成分中 누에의 攝食과 消化에 어떤 成分이 關與하고 있는가를 追跡하였다.

結果 및 考察

1. 處理別 누에人工飼料育試驗

4種의 植物葉粉末을 여러가지 水準으로 混入하여 調製한 飼料로 누에를 飼育한 結果는 表 1~4와 같다.

표 1에서 蠶體重은 Cy 및 Vi區가 比較的 무거운 傾

向이며 最盛蠶體重에 있어서는 Cy-2%, 5%區와 Vi-2%, 5% 및 8%區는 모두 4.7g 以上으로 對照區 4.2g에 比해 0.5g 以上이 더 무거웠고 Er-5%區와 Ca-2%區도 對照區보다 조금 더 무거운 傾向을 나타내었는데 眞浦(1983)가 原種과 交雜種密度飼育試驗에서 얻은 成績과는 비슷하지만 松岡, 須藤(1973)가 報告한 蠶體重보다는 가벼운 편이었다. 이것은 稚蠶用 人工飼料로 全齡期間을 飼育한데 基因하는 것으로 推察된다. 對照區보다 體重에 더 무거운 各區에 있어서는 毛率率도 높고 攝食狀態도 좋은 傾向을 보였는데 이는 누에의 宿主選擇性을 決定하는 誘引性物質을 含有하고 있음을 意味하는 것이다. (上北等 1971)

蠶體重的 增加는 蟻蠶에 比해 對照區는 10,150倍, Cy 및 Vi區는 11,300倍 가량으로 상당히 높은 成長率을 보여 주고 있다. 供試植物은 누에의 攝食性을 높이고 消化助長機能을 가지고 있는 것으로 推測할 수 있으나 本實驗에서는 그 機作을 說明하기가 곤란하다.

幼蟲經過日數는 大體로 25~26日로서 各區間에 有意性은 없으나 對照區 24.8日이 가장 짧고 體重大이 무거웠던 Cy 및 Vi區는 25~25.2日로서 0.2~0.4日 더 긴 편이였으며 Er 및 Ca區는 이 보다 조금 더 延長되는

Table 1. Effects of additive Plant on larvae weight and cocoon characteristics.

Addi. Plant	Addi. Ratio (%)	Moulted larvae weight(mg/larvae)					Whole mortality (%)	Dupation ratio (%)	Ratio of cocoon layer (%)
		Instar 2	3	4	5	Fully grown larvae			
Er	2	3.3	28.1	142.6	618.8	4.296	14	86	20.6
	5	4.3	30.2	147.7	645.2	4.421	10	90	20.8
	8	4.4	24.5	138.4	526.3	4.046	18	80	16.3
	11	4.2	22.8	130.5	503.2	3.765	36	62	16.6
Ca	2	3.8	26.9	146.9	628.3	4.270	16	80	20.8
	5	4.2	26.4	144.7	582.6	4.024	16	78	18.1
	8	4.1	23.8	112.3	546.3	3.931	22	73	17.4
	11	3.3	20.6	86.4	416.6	3.216	38	42	16.0
Cy	2	4.1	27.8	140.5	688.1	4.740	12	88	21.2
	5	4.4	32.4	153.6	712.3	4.822	12	92	21.3
	8	4.2	30.3	147.5	690.2	4.653	16	80	20.5
	11	3.8	26.6	132.6	537.7	3.625	30	64	17.4
Vi	2	4.3	29.0	165.3	732.9	4.770	10	89	21.3
	5	4.3	28.5	166.7	745.1	4.796	12	90	23.4
	8	4.0	28.0	142.3	718.8	4.702	16	83	20.2
	11	3.9	26.7	129.6	632.7	4.026	20	77	17.7
Cont.		4.4	26.7	133.1	622.4	4.263	18	82	20.2

note Er: Erigeron canadensis L(망초)
Ca: Cassia tora L(결명차)

Cy: Cyperus anuricus Var. Laxus(방동산이)
Vi: Vigna sinensis ENDL(동부)

Table 2. Effects of feed additives and mixing ratio on the amounts of feed and excrement.

Addi. Plent	Item	Addi. ratio	Amounts of feed(mg/larve)					Dry Wt. of excrement(mg/larvae)					
			Inster 1	2	3	4	5	All inster	Inster 1	2	3	4	5
Er	2	3.6	13.3	52.2	223.2	3,134	3,426.3	0.8	4.9	27.2	121.3	1,845	1,999.2
	5	3.8	16.4	56.0	241.5	3,215	3,532.7	0.8	4.7	27.8	133.6	1,876	2,042.9
	8	3.2	11.2	54.1	212.6	2,876	3,157.1	0.8	4.4	28.6	116.8	1,708	1,856.6
	11	2.7	10.8	49.6	184.8	2,484	2,731.9	0.7	4.0	26.8	107.4	1,486	1,624.9
Ca	2	3.9	14.9	53.9	236.6	3,113	3,422.3	0.8	4.6	28.1	128.8	1,830	1,992.3
	5	3.7	14.4	52.6	225.3	3,025	3,321.0	0.8	4.4	27.5	123.2	1,783	1,938.9
	8	3.1	13.1	48.7	202.7	2,743	3,010.6	0.9	4.2	26.3	115.4	1,762	1,908.8
	11	2.4	11.2	43.3	199.4	2,396	2,652.3	0.8	3.7	25.8	111.9	1,636	1,778.2
Cy	2	3.4	14.5	59.5	273.1	3,226	3,576.5	0.7	4.3	29.3	140.7	1,860	2,035.0
	5	3.5	16.2	62.6	265.0	3,338	3,685.4	0.7	5.4	30.6	136.6	1,905	2,078.3
	8	3.2	15.7	60.6	239.2	3,072	3,390.7	0.7	5.0	29.7	126.1	1,807	1,968.5
	11	2.9	13.8	51.2	218.8	2,623	2,919.7	0.6	4.2	28.8	120.3	1,581	1,734.9
Vi	2	4.0	16.3	61.3	271.0	3,238	3,590.6	0.8	5.1	29.4	143.5	1,855	2,033.8
	5	3.7	16.8	63.6	288.3	3,468	3,840.4	0.8	5.5	30.9	148.2	1,914	2,099.4
	8	3.7	16.5	62.5	280.1	3,180	3,542.8	0.8	6.1	29.7	145.4	1,836	2,018.0
	11	3.3	13.6	53.7	225.4	2,746	3,042.0	0.7	4.4	28.7	122.6	1,665	1,821.4
Cont.		3.3	13.5	51.3	236.0	2,998	3,302.1	0.8	4.8	27.6	132.4	1,828	1,993.6

傾向을 나타내었다.

化蛹比率는 各區 共히 混合比率의 相異에 따라 많은 差異를 認定할 수 있는데 Cy-2%, 5%區 및 Vi-2%, 5%區는 거의 90%로 人工飼料育에서는 흔히 볼 수 없는 높은 比率를 나타내었으며 對照區 82%보다 6~10%가량 더 높은 傾向으로 미루어 볼때 供試植物葉 成分中에는 生理活性 調節物質이 含有되어 있는 것으로 推察할 수 있다. 아마도 調節物質은 桑葉中에 含有된 것 보다 種類도 多樣하고 含有率도 훨씬 높은 無機鹽類의 作用이라고 생각된다.

繭層比率는 處理間에 顯著한 差異가 認定되었는데 Vi-2%區는 23.4%로 가장 높고 Er-2%, 5%區 Ca-2%區, Cy-2%, 5%, 8%區 및 Vi-2%, 8%區는 모두 20%以上으로 對照區보다 높은 편이지만 桑葉育에는 미치지 못하고 있다. 누에 人工飼料育에서 가장 問題視되는 事項이 바로 繭層比率이다. 人工飼料育에서 누에의 生體重이나 繭重은 桑葉育의 그것과 對等하여도 繭層比率는 훨씬 떨어지는 傾向을 보이는 것은 蛹體만 肥滿하고 相對的으로 絹物質 生産이 低調하여 繭層重이 가벼운데에 基因하는 것이다. 이것은 絹絲腺의 絹蛋白質 合成能力과 關連하게 되는데 絹物質 合成能力이 弱화되는 것은 酵素活性의 影響이라고 解釋할 수 있으므로 아마도 人工飼料調製時의 蒸餾가 그러한 連關物質의

活性을 低下시키기 때문이라고 說明할 수 있다.

누에의 食下量, 排糞量 및 消化率은 표2 및 3과 같다.

표 2에서 누에 1마리당 食下乾物量은 處理間에 相當한 差異가 있다. 食下量이 가장 많은 區는 Vi-5%區 3,840.4mg이며 Cy-5%區 3,685.4mg, Vi-2%區 3,590.6mg, Cy-2%區 3,576.5mg의 順으로 많고 對照區 3,302.1mg보다 大部分의 區가 乾物食下量이 많다. 5齡期 蠶體重 1g增加當 乾物食下量은 對照區 823mg이며 食下量이 많았던 Vi-%區 856mg, Er-2%區 852mg, Cy-5%區 812mg, Vi-2%區 802mg로서 堀江等(1973)이 報告한 乾物食下量 720~900mg 범위와 비슷한 傾向을 나타내고 있다.

供試植物葉粉末의 混入比率는 5%水準까지는 食下量이 增加하다가 8%以上에서는 顯著히 減少하고 있는데 攝食狀態는 食餌가 消化管內에 殘留하는 量과 時間에 따라 差異가 생기므로 葉粉末 混入量이 많아지면 Cellulose量이 消化管內에 增加하는 殘留時間이 길어지기 때문에 누에의 攝食活動이 低調해 지고 消化에도 影響을 미칠 것으로 생각된다. 各齡別 食下乾物量比率는 1齡 0.1%, 2齡 0.5%, 3齡 1.7%, 4齡 7.7%, 5齡 90%로 나타났다.

누에 1마리당 排糞乾物量은 食下乾物量과 거의 比例

Table 3. Effects of feed additives and mixing ratio on the Digestive ratio and number of excrements.

Addi. Plant	Addi. ratio %	Digestive ratio(%)						Number of excrement					
		Instar 1	2	3	4	5	All inster	Instar 1	2	3	4	5	All instar
Er	2	77.7	63.1	47.6	45.6	41.1	41.6	35.0	53.8	70.2	128.9	279.3	567.2
	5	78.9	71.3	50.3	44.6	41.6	42.1	33.7	61.1	65.6	125.0	302.4	587.8
	8	75.0	60.7	50.8	45.0	49.6	41.1	31.6	54.2	67.1	106.3	275.6	534.8
	11	74.0	62.5	45.9	41.8	40.1	40.5	29.8	46.7	60.3	95.4	264.7	479.9
Ca	2	79.4	69.1	47.8	45.5	41.2	41.7	34.7	53.4	74.9	133.7	263.8	560.5
	5	78.3	69.4	47.7	45.3	41.0	41.6	34.3	50.4	64.1	121.8	260.6	531.2
	8	70.9	67.9	45.9	43.0	35.7	36.5	32.6	46.7	65.3	101.6	261.7	507.9
	11	66.6	66.9	40.4	43.8	31.7	32.9	30.2	41.9	52.9	88.5	232.5	446.0
Cy	2	79.4	70.3	50.7	48.4	42.3	43.1	40.1	53.9	78.0	124.3	312.8	609.1
	5	80.0	66.6	51.1	48.4	42.9	43.6	42.7	58.1	93.2	141.0	296.9	631.6
	8	78.1	68.1	49.2	47.2	41.1	41.9	40.2	64.0	71.7	132.5	316.8	625.2
	11	79.3	69.5	43.7	45.0	39.7	40.3	37.4	46.3	65.4	114.6	291.5	555.2
Vi	2	80.0	68.7	52.0	47.0	42.7	43.3	40.0	69.4	101.1	129.1	320.0	659.5
	5	78.3	67.2	51.4	48.5	44.8	45.3	40.9	65.7	103.7	136.6	346.1	693.0
	8	78.3	63.0	52.4	48.0	42.2	43.0	40.7	60.6	74.4	127.8	332.9	636.4
	11	78.7	67.6	46.5	45.6	39.3	40.1	36.2	52.8	71.6	108.9	287.5	557.0
Cont.		78.7	64.4	46.1	43.8	39.0	39.6	40.3	58.0	87.5	109.5	276.9	572.2

의인 傾向을 보이고 있다. 即 食下量이 많은 區는 排糞量도 많고 食下量이 減少함에 따라 排糞量도 줄어들었다. 그러나 食下乾物量 對 排糞乾物量의 比는 對照區 3,302.1mg : 1,993.6mg(排糞率 60.3%)인데 比해서 Vi-5%區는 3,840.4 : 2,099.4mg, Cy-5%區는 3,675.3 : 2,078.3mg로서 排糞率은 各各 54.6%, 56.5%로서 對照區보다 4~5% 낮은 편이다. 이것은 攝食을 잘 하는 飼料는 消化도 더 잘 된다는 것을 示唆해 주고 있다. (松岡, 須藤 1973)

各齡別 消化率은 표 3과 같다. 大體로 1齡期는 70~80% 범위이고 齡이 進行됨에 따라 漸減하여 5齡期에는 40~45% 범위이다.

松岡, 須藤(1973)은 飼料組成成分別 消化率測定方法을 開發하여 그 方法에 따라 桑葉粉末, 脫脂大豆粉末 및 寒天에 대한 5齡期 消化率은 各各 38%, 60%, 5%라고 報告하였는데 組成分全體의 消化率은 44%內外로서 筆者의 試驗值 40~44%와 거의 같은 數値를 나타내었으며 山本, 藤卷(1982)이 日本種 6品種, 中國種 6品種, 歐州種 4品種에 대하여 人工飼料效率을 調査 報告한 바에 따르면 5齡期間의 食下乾物量, 消化量 및 消化率은 各平均 1.73, 0.81g 및 47.3%범위라고 하였고 堀江等(1973)은 人工飼料에 添加하는 桑葉粉末量의 差異에 따라 消化率에 현저한 差異가 있음을 밝혔는데

桑葉粉末 10%添加區는 54.7%, 30%添加區는 49.4%, 50% 添加區는 39.1%로 添加量이 增加함에 따라 消化率이 낮아지는 傾向이라고 하였다. 筆者의 消化率試驗值보다 조금 더 높은 傾向을 보이고 있는데 이러한 範圍의 差異는 蠶品種, 飼育溫濕度, 人工飼料組成의 相異等에서 오는 普遍的인 結果라고 생각할 수 있다.

누에의 排糞數는 蠶齡이 進行됨에 따라 增加하고 있으며 食下量이 많은 區에서 排糞數도 많은 傾向을 보였는데 各區間의 全齡排糞數를 比較해 보면 食下量과 消化率에 높은 區는 600~900個, 낮은 區에서는 500~600個 範圍이다. 上田等(1971)은 누에의 排糞數와 糞重을 調査하기 위하여 3齡明부터 桑葉育을 實施한 結果 各齡期別 排糞數 및 排糞乾物重은 各各 3齡期 140.3個. 53.2mg, 4齡期 145.3個. 230mg, 5齡期 460.2個. 2,303mg였다고 報告하였는데 筆者의 試驗值보다 상당히 높게 나타난 것은 桑葉은 人工飼料보다 可消化物質이 훨씬 적고 纖維素가 많기 때문에 排糞數와 排糞重이 현저히 많아진 것으로 생각된다.

표 4는 4種의 供試植物葉粉末을 2~4種씩 11組合을 만들고 各植物別 混入比率을 0.5%, 1%, 1.5%, 2%로 調節하여 만든 人工飼料로 누에를 飼育한 成績이다. 各處理別 實用形質을 比較해 보면 減蠶比率, 最盛蠶體重, 繭層比率 및 消化率이 良好한 區는 E.+V.區, C,

Table 4. Effects of feed additives and their mixing combinations on the Characteristics of larvae and Cocoon.

Mixing combinations	Addi. ratio (%)	Larval Period (day)	Wt. of fully grown larvae(mg)	Mortality (%)	Ratio of cocoon layer (%)	During a lifetime			
						Amo. of feed (mg)	Digestive Ratio (%)	Amo. of excrement (mg)	No. of excrement
Er+Ca	1	26.2	4.28	10	22.72	2,356.1	41.0	13,881.1	438.6
	2	26.5	3.72	14	19.52	1,667.1	31.3	1,144.8	406.1
E4+Cy	1	25.7	4.46	16	20.6	2,136.4	39.3	1,296.0	514.2
	2	25.7	4.07	14	21.3	1,765.8	29.0	1,237.5	472.6
Er+Vi	1	25.3	4.65	6	21.8	2,852.5	49.1	1,451.6	531.3
	2	25.2	4.63	8	21.6	2,849.3	47.8	1,486.9	533.7
Ca+Cy	1	26.5	3.82	32	19.8	1,954.2	32.1	1,326.8	506.5
	2	26.5	3.65	26	18.7	1,578.6	37.7	982.7	436.7
Ca+Vi	1	25.0	4.72	4	23.2	2,975.2	40.8	1,759.4	545.4
	2	25.2	4.65	2	22.3	2,238.7	22.7	1,482.6	457.8
Cy+Vi	1	25.7	4.38	8	21.6	2,995.5	48.5	1,539.7	603.3
	2	25.5	4.06	6	19.9	2,515.5	39.7	1,766.2	543.4
Er+Ca+Cy	0.5	26.5	3.92	26	18.8	1,869.4	39.7	1,126.6	482.4
	1.0	26.3	3.98	24	19.2	2,016.5	39.2	1,224.1	512.6
	1.5	26.4	3.76	26	18.3	1,696.0	39.1	1,032.2	471.3
Er+Ca+Vi	0.5	26.0	4.06	8	22.2	3,042.9	39.9	1,828.2	565.5
	1.0	25.8	4.19	6	22.0	3,019.3	39.0	1,840.5	521.8
	1.5	25.8	4.23	2	22.0	2,812.1	41.9	1,633.0	479.3
Er+Cy+Vi	0.5	26.2	4.12	20	20.3	2,156.2	34.5	1,412.2	516.7
	1.0	26.5	4.05	20	19.6	2,014.6	29.7	1,416.1	507.8
	1.5	26.7	3.96	28	18.8	1,769.4	31.4	1,212.5	496.2
Ca+Cy+Vi	0.5	25.2	4.49	6	23.1	2,736.7	41.6	1,596.5	457.1
	1.0	25.0	4.65	2	22.2	2,657.0	41.6	1,551.0	472.7
	1.5	25.0	4.67	4	22.6	2,778.5	38.1	717.6	510.6
Er+Ca+Cy+Vi	0.5	25.4	4.82	2	22.0	2,667.2	40.0	1,597.9	523.0
	1.0	25.4	4.72	8	22.2	2,665.2	39.9	1,599.5	502.0
	1.5	25.3	4.37	6	21.8	2,557.0	40.1	1,530.9	523.3
Control		24.8	4.31	18	20.4	2,752.1	40.7	1,688.6	543.2

+Vi區, Er+Ca+Vi區 및 Ca+Cy+Vi區로서 減蠶比率 2~8%, 最盛蠶體重 4.2~4.8g, 繭層比率 21~23%, 消化率 41~49% 범위이다.

이들 各成績은 對照區보다 良好하며 特히 減蠶比率 이 현저하게 낮은 것은 供試植物에 누에의 強健性에 關與하는 物質이 含有되어 있을 可能性을 排除할수 없음을 示唆하고 있는데 食餌를 통한 強健性의 發現은 無機鹽類의 種類와 含量이 많은 影響을 미치는 것으로 밝혀져 있다. (Nakaizawa 1973)

표 1~3의 飼育成績과 표 4의 그것을 比較하면 거의

類似的한 傾向이며 食下量과 消化率이 높은 植物葉粉末을 混入한 組合은 역시 같은 傾向을 보였으나 各植物成分間의 相乘作用은 認定할 수 없었다.

2. 누에의 體液 中腸 및 絹絲腺의 電氣泳動

近來 電氣泳動法の 改良에 따라 各種 酵素의 檢出이 容易해 졌으며 酵素의 量的 檢定뿐 아니라 質의 差異即 Isozyme(異性酵素, 同位酵素)의 檢出도 可能하게 되었다.

本實驗에서는 供試植物葉粉末을 混入한 飼料로 各各 飼育한 누에의 Esterase, Protease 및 Phosphatase의 活

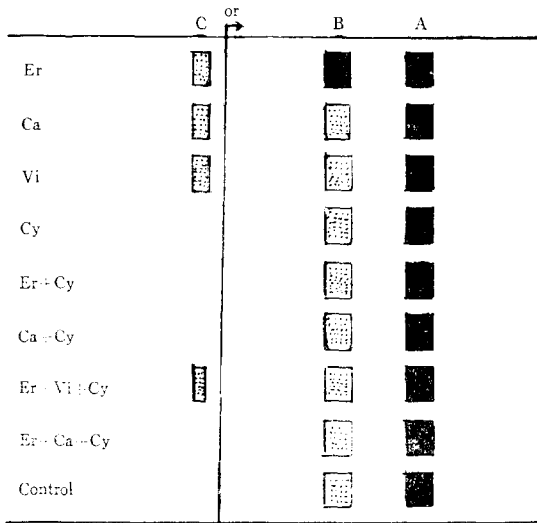


Fig. 1. Diagrammatic representation of esterase zymograms on the silkworm hemolymph.

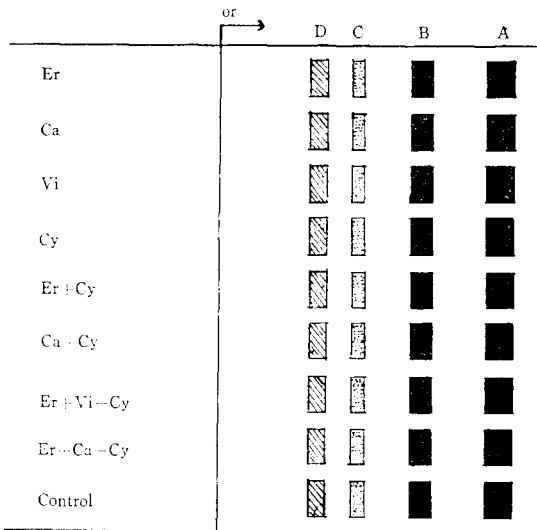


Fig. 2. Diagrammatic representation of esterase zymograms on the silkworm intestine.

성과 패턴을 究明하기 위하여 누에의 體液, 中腸 및 絹絲腺에 대하여 Agarose gel 電氣泳動法으로 泳動帶를 檢出 比較하였다. Agarose支持體는 Acrylamide支持體보다 解像力은 떨어지지만 한꺼번에 많은 試料를 處理할 수 있고 泳動型의 分類가 容易하며 泳動像의 永久標本을 쉽게 얻을수 있는 利點이 있으므로 이 方法을 擇하였다.

그림 1, 2, 3을 보면 體液 中腸 및 絹絲腺의 Esterase 泳動像은 各各 다른 패턴을 나타내고 있다. 體液에 있어서는 陽極쪽으로 移動도가 현저히 다른 A, B 2個

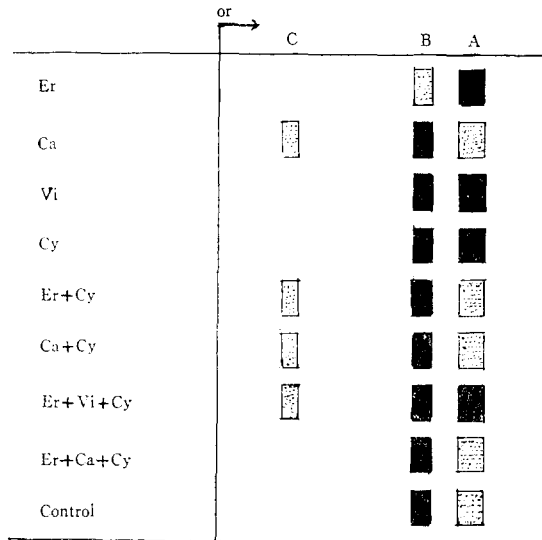


Fig. 3. Diagrammatic representation of esterase zymograms on the silkworm gland.

泳動帶가 나타났는데 B帶는 A帶에 비해 染色程度가 아주 弱한 편이나 Er區만은 A帶와 같이 뚜렷하게 나타났다. 吉武, 江口(1965)는 原種 151品種에 대하여 幼蟲體液 esterase型을 調査한 結果 1個活性帶를 檢出했는데 그 活性帶는 品種에 따라 移動性이 相異한 3型과 活性帶가 檢出되지 않는 型으로 分類할 수 있었다고 報告하였으며 金(1982)은 中15號의 體液 Esterase 泳動帶는 1個만 檢出되었다고 밝혔는데 上記 兩實驗은 一致性이 認定된다. 그러나 筆者의 實驗에서 2個泳動帶가 檢出된 것은 供試蠶品種이 一代交雜種이기 때문에 原種과 泳動像이 相異한 경우가 흔히 나타나고 있으므로(金, 1982) 人工飼料組合成分の 相異에 따른 差異라고는 볼수 없을 것이다. 다만 E區 B帶가 다른區보다 뚜렷하게 나타난 것은 飼料의 影響으로 解釋하는 것이 옳을 것으로 생각된다.

中腸의 Esterase泳動像은 A, B, C, D의 4個泳動帶가 各區 同一하게 나타났다.(金 1982) 이것은 飼料組合成分の 相異에 따른 影響은 認定되지 않음을 意味하는 것이다.

絹絲腺의 Esterase 泳動像은 區에 따라 매우 相異한 패턴을 나타내고 있다. 大體로 移動性이 다른 A, B, C 3個活性帶가 檢出되었는데 A帶에서는 E, Vi, C, 및 E+Vi+C,區는 뚜렷하게 額他區는 強하게 나타났으며 B帶에서는 全區가 뚜렷한데 E區만 희미하게, 그리고 C帶에서는 Ca, Er+C, Ca+C, 및 E+Vi+C, 區에 희미하게 나타나고 있다. 이것은 絹絲腺의 液狀 絹生成에 飼料組合成分の 影響을 미치는 것으로 考察

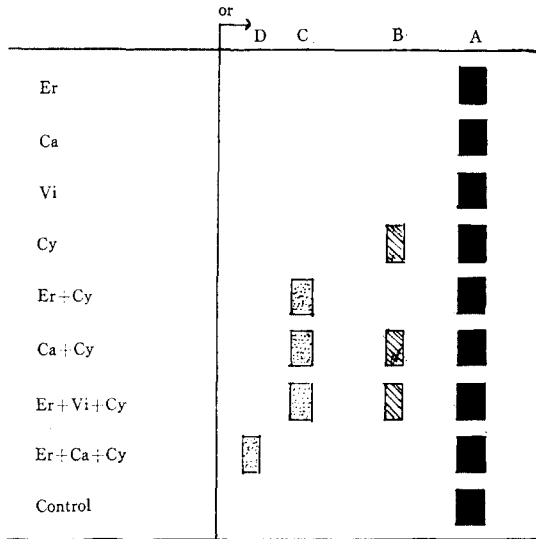


Fig. 4. Diagrammatic representation of protease zymograms on the silkworm hemolymph.

되는데 A帶에서 活性帶가 뚜렷한 區는 藻層比率이 他 區보다 매우 더 높은 傾向을 認定할 수 있기 때문이다.

그림 4, 5에서 體液의 Protease泳動像은 5型으로 나눌 수 있다. 小原. 渡部(1969)는 3個泳動帶를 檢出하였으며 移動度는 누에系統間에 多少 差異가 있다고 하였다. 各區 共히 뚜렷하게 나타난 A帶과 C₁區는 A, B帶, E_r+C₁區는 A, C帶, E_r+C₂+C₃區는 A, D帶 그리고 C₂+C₃區 및 E_r+V_i+C₁區는 各各 A, B, C帶가 認定되었다.

누에에 있어 protease는 飼料蛋白質의 分解 利用이라는

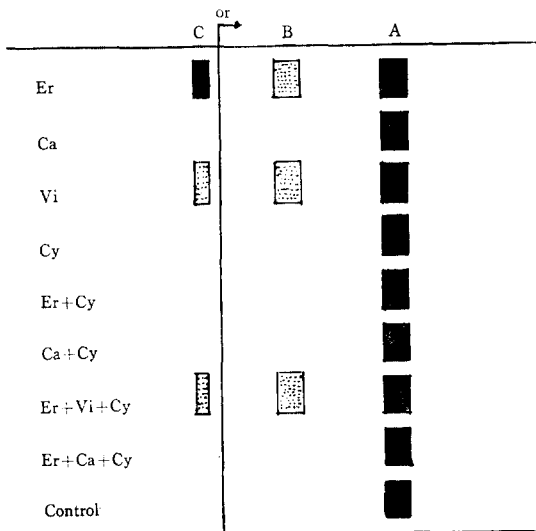


Fig. 6. Diagrammatic representation of phosphatase zymograms on the silkworm hemolymph.

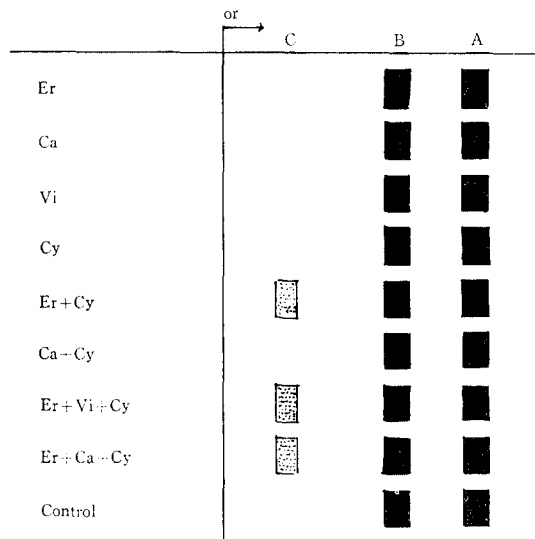


Fig. 5. Diagrammatic representation of protease zymograms on the silkworm intestine.

重要的 役割을 담당하고 있다. 누에의 消化管은 單純한 管狀器官으로서 그 內腔에 分泌되는 消化液에는 數種의 protease가 包含되어서 機能의 分擔이 이루어져 效率 높은 消化作用이 進行되는 것이다. 따라서 體液의 protease 活性는 飼料組成分에 따라 相當한 差異가 생길 수 있으며 蛋白質의 性狀에 따라 여러가지 Isozyme 이 作用하게 될 것으로 생각된다.

中腸의 protease泳動像은 各區에 共히 강한 A, B 2個 活性帶가 나타났고 E_r+C₁, E_r+V_i+C₁ 및 E_r+C₂+C₃區에 各各 C帶가 檢出되었다. C帶는 攝食과 消化

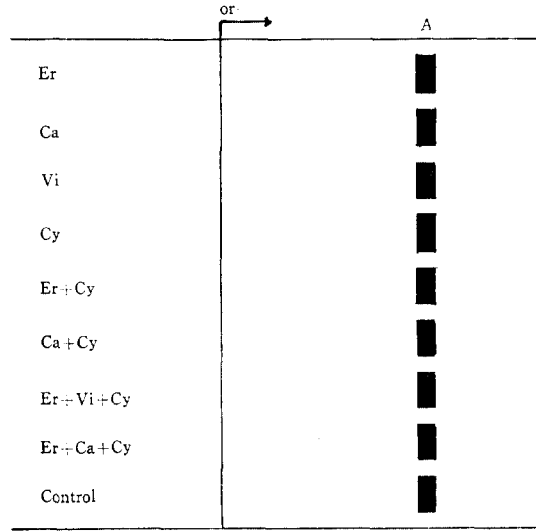


Fig. 7. Diagrammatic representation of phosphatase zymograms on the silkworm intestine.

Table 5. Chemical characteristics of plants used as feed additives.

Ingredient Plant	T-N (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)	P ₂ O ₅ (%)	R-S (%)	T-S (%)	T-C (%)	Starch (%)	C-Fat (%)	C- protein (%)
Ca (결명차)	3.89	1.652	2.165	0.649	0.337	52.6	947.0	571.4	1.55	4.91	10.1	23.0	22.9	2.5	24.31
Cy (방동산이)	3.67	6.200	0.951	0.541	1.596	99.7	127.8	635.7	1.86	5.49	7.5	—	5.2	1.5	22.94
Er (망초)	3.30	6.520	1.973	0.519	0.188	91.4	909.5	657.1	2.63	5.84	9.6	14.4	7.2	2.2	20.63
Vi (동부)	5.78	2.949	2.267	0.905	0.299	89.7	1383.5	635.7	1.33	5.15	12.4	6.6	1.6	2.1	36.13

가 比較의 良好한 區에서 發見되는 것으로 미루어 볼 때 C帶는 이러한 現象과 連關이 있을 것으로 推測할 수도 있었지만 이는 매우 애매하다.

그림 6, 7은 體液와 絹絲腺의 Phosphatase 泳動像이다. 이 泳動像은 2型으로 區分할 수 있는데 各各 共通인 A帶와 E_r, V_i 및 E_r+V_i+C_y區에서만 B, C帶가 檢出되었다. 金(1982)은 中15號 幼蟲體液의 Phosphatase 電氣泳動에서 3齡期에는 單一泳動帶만 檢出되었고 4齡期에는 3個泳動帶를 찾아 볼수 있다고 하였으며 江口, 澤木(1971)는 中105號에서 2個泳動帶를 檢出하였다고 報告하였다. 이와같은 差異가 생기는 것은 蠶品種 蠶齡 飼料組成成分 등의 相異에 緣由하는 것으로 생각된다.

絹絲腺의 Phosphatase 泳動像은 各區 共히 單一泳動帶만 認定되었고 移動도도 同一하여 處理間에 差異點을 發見할 수 없었다.

3. 供試植物의 成分分析

植物成分分析은 農村振興廳에 依賴하여 分析하였는데 그 內容은 표 5와 같다. 표 5에서 全素素 澱粉 粗脂肪 粗蛋白質 無機鹽類 등을 桑葉成分과 比較해 보면 全素素는 桑葉이 1.15%인데 比較 4種供試植物은 3.3~5.78%로 3倍以上이 含有되었으며 澱粉은 桑葉 11.3%에 比較 C_a는 22.9%로서 2배가량이며 額他는 桑葉 含量보다 훨씬 적은 편이다. 粗脂肪에 있어서는 桑葉 1.02%에 比較 C_y 1.5%로 1.5배, 나머지는 2%以上으로 2배程度의 含有量을 나타내었으며 粗蛋白質은 桑葉 7.17%에 比較 V_i 36.1%로 約 5배, 餘他區는 3배程度 더 많이 含有되어 있다. 無機鹽類는 10餘種으로 分離定量되었는데 이들을 合해서 比較하면 桑葉 2.3%에 對해 C_a 및 V_i區는 7%以上으로 約 3배, C_y 및 E_r區는 11%以上으로 5배가량 더 많이 含有되어 있다.

표 5를 概觀하면 供試植物葉의 各成分含量은 桑葉보다 훨씬 많은 편인데 이들 成分이 누에의 攝食과 消化에 어떻게 關連하는가를 살펴 보면 澱粉은 人工飼料中에 5~25% 添加範圍에서는 含量이 많을수록 良好한 飼育成績을 나타내었다. 澱粉의 一部는 榮食으로 利用되었다고 생각할 수 있으나 그의 主된 役割은 飼料의 物理的 性狀에 關係하고 있는 것으로 생각된다. (伊藤

等 1961) 따라서 供試植物添加區의 飼育成績이 無處理區보다 良好한 것은 澱粉含量의 差異에서 오는 영향은 아닐 것으로 본다.

脂肪과 蛋白質은 누에의 成長發育에 必要할 뿐만 아니라 攝食性에도 直接 影響을 미치게 된다. 그러나 本飼育試驗에 供試한 基本飼料에 混入된 脂肪 및 蛋白質量은 누에의 攝食誘發에 必要한 充分한 量이 含有되어 있으므로 供試植物葉粉末 混入으로 因해서 攝食이 助長되었으리라고는 생각되지 않으나 對照區보다 그 含量이 많으므로해서 蠶重繭 重等이 더 무거운 것으로 推察할 수도 있을 것이다.

無機鹽類는 代謝調節에 關係가 깊은 物質인데 供試植物混入區의 飼育成績이 對照區보다 良好한 傾向을 보이는 것은 無機鹽類의 役割이 主要한 要因으로 作用했을 것으로 본다. 그러나 本成分分析에서 찾아 내지 못한 揮發性物質이나 그 外의 要因도 크게 影響을 주었으리라는 생각도 排除할 수 없다. 앞으로 各成分別 내지 各成分의 組合를 作成하여 飼育試驗을 實施하면 攝食과 消化를 助하는 物質을 찾아 낼수 있을 것으로 期待된다.

摘 要

누에人工飼料에 망초, 결명차, 방동산이 및 동부의 葉粉末을 混入하여 調製한 飼料로 누에를 飼育한 結果와 그 누에의 體液 中腸 絹絲腺 등의 電氣泳動像 및 供試植物의 成分分析內容을 다음과 같이 要約한다.

1. 基本누에人工飼料에 망초, 결명차, 방동산이, 동부의 葉粉末을 乾物重으로 2~5%程度 混入한 區에서 攝食과 消化가 助長되었으며 누에의 各種 實用形質도 良好한 傾向이 있었으며 특히 동부와 방동산이는 添加效果가 두드러지게 나타났다.

2. 4種의 供試植物葉粉末을 2~4種씩 여러組合으로 混入한 飼料로 누에를 飼育한 結果 누에의 攝食과 消化에 對한 各植物成分間의 相乘效果는 認定되지 아니하였다.

3. 누에의 體液, 中腸 및 絹絲腺의 Esterase Protease

Phosphatase의 電氣泳動像은 處理間에 多少 差異가 認定되었다. 一般的으로 섭식과 소화가 良好한 區에서는 1~2個의 泳動帶가 더 檢出되는 傾向이 있었다.

4. 供試植物成分은 桑葉에 比해서 澱粉粗脂肪粗蛋白質 無機鹽類等的 含有率이 현저히 높았으며 攝食에 直接 關與하는 揮發性成分은 찾아내지 못하였다.

引用文獻

- 江口正治. 澤木正彦家(1971)蠶中腸의 アルカリ性フオスファタゼ의 多型 I. 種々の方法による分離. 日蠶雜 47(6), 463-467.
- 平尾常男(1969)家蠶의 食性に 關する研究(II)において 食性. 日蠶雜38(2), 147-156.
- 堀江保宏. 井口尼夫. 渡邊喜二郎. 中曾根正一. 柳川弘明(1973)家蠶人工飼料의 組成と飼料效率. 日蠶試彙報 96, 41-55.
- 伊藤督夫. 堀江保宏. 田中元三(1961)家蠶의 榮養に 關係する研究. II. 攝食と榮養とに 影響する 人工飼料의 條件. 日蠶試報 16(5), 349-369.
- 巖本章子. 江口正治(1978)家蠶消化液プロテアーゼ의 成分의 酵素學的 性質. 日蠶雜 47(4), 285-291.
- 金周沔(1982)家蠶의 人工飼料資源과 攝食性에 關한 研究. 韓蠶誌 23(2), 11-36.
- 金周沔(1977)家蠶의 人工飼料의 組成改善과 攝食性에 關한 研究. 忠北大 論文集 12, 241-248.
- Kamioka, S. Fo Mukaiyama. To Takeit and To 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. *J. Sericult. Sci. Japan* 40, 473-483.
- 小原隆三. 渡部 仁(1969)カイコ體液蛋白質のアガロース電氣泳動. 日蠶雜 38(5), 386-394.
- 松岡道男. 須藤光正(1973)人工飼料의 消化に 關する 研究. I. 人工飼料의 組成成分의 消化率測定および人工消化試驗. 日蠶試彙報 96, 57-65.
- 眞浦正徳(1983)人工飼料育における 5齡期の食下異および消化量と蠶體重との關係. 日蠶雜 52(4), 317-323.
- 向山文雄. 伊藤智夫(1962)人工飼料による蠶の消化試驗. 日蠶雜31(6), 398-406.
- Nakaizawa Kenji, Yukio Morohashi and Makoto Nakajima (1979) Changes in Respiratory Activity and Utilization of Reserves During the Pharate Fifth Larval Instar of the Silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Sericult. Sci. Japan* 48(1), 24-30.
- 新村正純(1972)發育に伴う嗜好性の變化を利用した蠶の人工飼育法. 日蠶雜 41(5), 375-382.
- 住岡秀司. 黒田 秧. 吉武成美(1982)給餌量制限した家蠶の實用形質の發現と飼料效率. 日蠶雜 51(5), 415-419.
- 上北圭子. 有賀洋子. 石田和子. 二村京子(1971)カイコの食草選擇性因子に 關する研究 I. 葉の糖質について. 日京都女大研究報文.
- 上田 悟. 鈴木 清. 朴光駿(1971)蠶における食下量, 排糞數および排糞重量の相互關係. 日蠶雜 40(6), 452-458.
- 山本俊雄. 藤卷忠彦(1982)人工飼料育蠶における飼料效率の品種間差異. 日蠶雜 51(4), 312-315.
- 吉武成美. 江口正治(1965)カイコの幼蟲血液におけるエステラーゼ型の品種間差異について. 日蠶雜 34(2), 95-97.