

## 食性異常蠶에 관한 研究

### 1. 광식성계통 Fb잠의 由來와 性狀

盧時甲 · 金京兒

慶北大學校 絹纖維學科

## Studies on Food Habit Mutation in the Silkworm

### (I). The Origin and Characteristics of Polyphagous Strain Fb in *Bombyx mori*.

Si-Kab Nho, Kyung A Kim

College of Agriculture, Kyungpook National University Taegu, Korea

### Abstract

Studies were carried out to report breeding procedure and characteristics of Fb, a strain of silkworm with abnormal food habit, polyphagous. Selection was continued up to the 14th generation toward higher incidence of cabbage leaves feeding variants. In the autumn of 1992(7th generaton), selected strain were subjected to severe selection by feeding them on artificial diet that did not contain mulberry leaf powder. The results were clearly positive and reached to higher than 95% of cabbage feeding in the 14th generation. This strain was first discovered by feeding cabbage leaves, but later they were observed to eat some kind of plants like lettuce, Chinese cabbage, radish, beet, apple, persimmon, pear, etc. As described above the procedure, cabbage feeding trait was clearly heritable. The strain responsible for this traits was named Fb.

Key words : Non-preference mutant, wide food range strain, origne and characteristics of strain.

### 緒 論

누에는 代表的인 單食性 昆蟲으로서 먹이의 選擇 範圍가 매우 좁은 것으로 알려져 있다(鳥居.森井 1948, 伊藤1959). 飼育이 가능한 植物로는 뽕나무를 비롯하여 數種의 植物이 있으나 뽕잎을 제외하고는 거의 실용성이 없다(堀内.清水 1962, 堀内 等 1965, 森 1981). 따라서 누에의 飼料는 絶對적으로 桑葉에 依存될 수 밖에 없으며, 누에의 먹이에 대한 이같은 特異성은 오래 전부터 연구의 對象이 되었다(清水 等 1964, 横山 1970). 또한 누에 人工飼料育 技術의 開發과 함께 누에의 食性は 더욱 重要한 부분으로 認

識되게 되었다(伊藤 等 1974, 松野.清水 1977, 中村 1985, 清水.松野 1975). 특히 人工飼料育의 경우, 누에 個體間의 發育差異가 飼料에 대한 攝食性的 差異에서부터 起因하며, 이것이 發育經過가 不均一하게 되는 하나의 原因이 된다는 사실이 알려졌다(中村 1973). 현재 蠶作安定과 勞動力節減 技術로서 人工飼料育이 實施되고는 있지만 누에系統이나 個體間에 飼料에 대한 攝食성이 다르다는 것과 高價의 飼料에 의한 生産費負擔의 加重등이 문제가 되고있다(柳川.眞野 1989). 한편 田島(1984)는 누에에 X-線을 照射하여 맛을 느낄 수 없는 食性異常 突然變異系統을 育成하였으며(田島.大沼 1985), 누에의 食성과 관련된 多數

의 研究結果를 報告하고있다(田島,大沼 1986, 1987a, 田島 等 1987b, 1989).

누에의 人工飼料에 대한 攝食性を 改善하기 위한 研究의 一環으로, 橫山등에 의해 먹이의 選擇範圍가 매우 넓은 廣食性系統이 育成되었으며(橫山,小林 1968, 橫山 1975), 廣食性 蠶品種의 育種素材로 널리 利用되고 있다(眞野 1990, 神田,田村 1991, 加藤 等 1991). 이와같은 研究의 結果, 最近 日本에서는 人工飼料에 대한 섭식성이 매우 높은 廣食性 蠶品種을 育成하여 實用品種으로 보급하기에 이르렀다(眞野 等 1991, 水澤 等 1991).

本 研究는 누에 食性에 관한 연구의 일환으로 廣食性 品種育成을 위한 育種素材開發이라는 측면에서 먹이의 選擇範圍가 매우 넓은 廣食性系統의 選抜을 시도하였다. 본 논문에서는 選抜方法과 過程, 形質固定 및 選抜系統의 性狀등에 대한 현재까지의 結果를 報告하는 바이다.

材料 및 方法

1991年 春蠶期에 3齡까지 桑葉育을 한 保存品種들에 대해서 4齡 脫皮後 24-36時間동안 絶食시킨 뒤 上치잎(Lactuca sativa)을 給與하였다. 給與後 30分程度 經過되어 攝食이 明確하게 인정되는 개체만을 選抜하여 系統에 關係없이 混合한 후 慣行에 따라 桑葉育을 하였다. 4齡동안 桑葉育한 選抜個體가 5齡 起蠶이 되었을 때 양배추(Brassica oleracea)를 給與하고 攝食이 명확히 인정되는 個體만을 選抜하여 慣行에 따라 桑葉育을 실시하고 上簇하여 採種하였다.

1991年과 1992年은 年間 4回, 1993年과 1994年은 年間 3회에 걸쳐서 攝食異常系統의 選抜과 繼代를 실시하였다. 選抜繼代 2代제부터는 3齡까지 慣行 桑葉育을 실시하고 4齡 起蠶 脫皮後 盧,金(1994)의 方法에 의해 양배추를 給與하여 섭식이 認定되는 개체만을 選抜하였다. 선발된 개체는 혼합하여 桑葉育을 하였으며 이와같은 方法으로 6世代까지 繼代하였다. 第7世代인 1992年 秋蠶期에 표 1에 나타난 組成의 合成飼料에 의해 5齡 起蠶부터 人工飼料育을 실시하였다. 人工飼料育에 의해 사육된 누에로부터 採種한 系統을 다음 飼育期에 混合하여 4령 起蠶때에 양배추에 대한 섭식개체를 선발하였다. 以後 每 飼育期마다 같은 方法으로 選抜과 繼代를 계속하였다.

Table 1. Composition of synthetic artificial diet used in the experiment, modified by Nimura (1973)

Material	Contents(%) in dry matter
Corn starch	59.0
Defatted soybean powder	35.0
Mineral salt	1.0
Soybean sterin	0.3
Vitamin C	2.0
Citric acid	1.0
Vitamin B complex	0.4
Propionic acid	1.5
Antiseptic	0.01

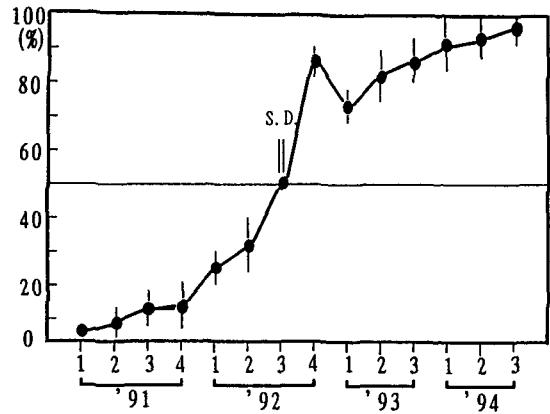


Fig. 1. Records of selection experiments in abnormal feeding habit towards higher incidence of cabbage feeding  
S.D. - synthetic artificial diet rearing during the 5th instar

結果

1991년 5월 春蠶期에 실시한 攝食性 조사 결과, 保存 蠶品種 中 上치잎에 대해 섭식이 認定되는 系統과 品種들을 표 2에 나타냈다. 攝食性 調査는 各品種別로 2蠶區씩 조사하였으며 蠶區當 無作爲로 50頭을 선발하여 사용하였다. 4齡 脫皮後 24-36時間이 경과된 때에 上치잎을 給與하여 攝食이 明確하게 인정되는 個體를 選抜하고 選抜된 개체의 數를 攝食率로 換算하였다. 日本種 9品種, 中國種 9品種, 유럽種 10品種에서 표 2에 나타난 바와같은 攝食率이 인정되었다. 日本種, 中國種, 유럽種등의 各 地域適應型 系統間에는 큰 差異가 없었으며 오히려 品種間에 있어서 큰 差異를 나타냈다. 日本種의 경우 春月, 日134, 蠶123이, 中國種의 경우 蠶120이, 유럽種의 경우 歐

27등이 比較的 높은 攝食率을 나타냈다. 상처있 攝食個體를 選抜하여 混合 桑葉育을 하였으며, 이렇게 飼育한 개체들에 대해 5齡 脫皮 後, 양배추에 대한 攝食 與否를 조사하였다. 양배추를 급여하여 20-30分 정도 경과된 後 攝食이 明確하게 認定되는 개체만을 선발하고 선발된 개체들은 慣行에 따라 桑葉育을 하였다. 5齡 起蠶의 양배추에 대한 攝食率은 전체 785頭中에서 72頭만이 섭식성을 나타내어 約 9%정도로 매우 낮은 攝食率을 나타냈다. 이렇게하여 1次로 選抜된 것을 食性異常 變異系統의 選抜 및 固定실험의 供試系統으로 사용하였다.

1991년 春蠶期(1世代)부터 선발을 실시한 本系統의 양배추에 대한 攝食率의 변화를 그림 1에 나타냈다. 第6世代까지 양배추 섭식성에 의한 選抜을 계속한 結果  $32 \pm 8\%$ 의 섭식률을 나타냈다. 7世代인 1992년 秋蠶期 攝食率이 50%를 넘어선 시점에서 선발된 개체들에 대해 5령 餉食을 桑葉粉末을 전혀 함유하지 않은 合成飼料(표 1의 飼料組成 參照)에 의해 실시하고 이어서 上簇까지 同一한 飼料로 人工飼料育을 실시하였다. 5齡 全期間을 人工飼料育을 한 系統에 대해 1992년 晚秋蠶期(8世代)에 양배추 攝食性을 조사한 結果  $88 \pm 2\%$ 의 높은 攝食率을 나타내게 되었다(그림 1). 以後 每 飼育期마다 양배추에 대한 섭식성을 조사하여 攝食個體만을 選抜하여 繼代하였다. 그림 1에 나타난 바와같이 1994년 秋蠶期(14世代)까지의 選抜 結果, 攝食率은  $97 \pm 3\%$ 로서 蛾區間的 偏差도 減少되었을 뿐만 아니라 양배추에 대한 攝食性도 상당한 수준까지 向上되었다.

표 3에 本 食性異常系統과 몇가지 交雜原種의 桑葉人工飼料와 合成飼料(표 1)에 대한 攝食性(2齡 起蠶率)을 調査하였다. 이 實驗에는 8世代(1992년 晚秋蠶期)까지 선발 계대한 계통을 재료로 사용하였다. 食性異常系統 中에서 Fb(sd)는 第7世代에서 合成飼料育에 의해 선발된 계통이며, Fb(ca)는 양배추에 대한 攝食 만을 基準으로하여 선발한 계통이다. 桑葉人工飼料育의 경우 2齡 起蠶率은 Fb(sd)가 87.7%, Fb(ca)가 83.2%로 가장 높았고 蠶113이 74.0%로 비교적 높았다. 蠶114와 蠶124는 각각 55.4%와 52.6%로 나타났다. 桑葉人工飼料나 合成飼料의 어느 경우에 있어서도 Fb(sd)系統이 가장 높은 2齡 起蠶率을 나타냈다.

이상과 같은 選抜과 繼代를 하여온 食性異常系統에

대하여 몇가지 菜蔬類와 과일에 대한 攝食 與否를 조사하였다(표 4). 5齡 脫皮 後 24時間 정도 絶食시킨 뒤 蛾區當 50頭씩 2反覆 調査하고 各 處理區別로 平均値를 나타냈다. 菜蔬類 中에서 상처있이 100%, 양배추 98.5%, 배추 58.3%, 무우 90.5%, 근대 50.5%등으로 종류에 따라 多少間의 差異는 있으나 상당한 수준의 攝食性을 나타냈으며 또한 과일의 경우에도 사과가 97.1%, 감 96.7%, 배 86.2%등으로 높은 섭식성이 인정되었다. 따라서 本 食性異常系統은 양배추 뿐 만 아니라 여러가지 植物에 대해서도 상당히 높은 수준의 攝食性이 인정되었다.

以上과 같이 選抜 繼代하여온 食性異常系統의 性狀을 整理한 것을 표 5에 나타냈다. 化性은 1化性이며 4眠蠶이고, 斑紋은 形蠶紋, 姬蠶紋 및 虎蠶紋등이다. 繭色은 白色과 黃色이 있으며 繭形은 橢圓形과 땅콩形이 섞여있다. 繭의 크기는 單徑이  $23 \pm 3$  mm 長徑이  $37 \pm 4$  mm이며, 繭重은 平均 2.2g이었다. 攝食이 認定되는 植物로서는 콩잎을 비롯하여 상치, 양배추, 배추, 근대, 사과, 무우, 감, 배 등이었다.

### 考 察

人爲的으로 누에의 食性을 변화시킨다든지 食性異常 變異體를 選抜한다든지 하는 研究는 이미 오래 전부터 시작되었다(石川, 平尾 1966). 누에 人工飼料育에서 飼料에 대한 攝食性이 누에계통에 따라서는 물론 個體間에 있어서도 差異가 있다는 것이 알려지면서 人工飼料育 技術의 確立에는 누에의 食性이 매우 重要한 事實임을 알게 되었다(長島 1968, 中村 1973, 1985). 최근 日本에서는 人工飼料育에 適合한 廣食性 蠶品種을 育成하여 實用品種으로 指定하였을뿐만 아니라 人工飼料의 飼料價를 低廉化하기 위하여 超低廉 飼料原料에 의한 低cost人工飼料育이 시도되고 있는 실정이다(堀江 1993). 이와같은 革新的인 양잠기술개발에 가장 문제가 되는 것이 蠶品種이라고 할 수 있다. 즉 超低廉 人工飼料育에 適合한 누에품종이 없이는 누에고치 生産費節減을 위한 飼料의 低廉化는 곤란하다는 것이다(柳川 1989). 따라서 먹이의 選擇範圍가 매우 넓고 또한 攝食이 활발한 누에품종이 필요하게 되는데 이것이 소위 廣食性系統의 누에이다.

本 研究는 누에의 食性에 關한 基礎研究로서 食

**Table 2.** Percentage of detected variants concerning feeding ability by lettuce leaves among several geographical silkworm breeds

	Name of breed	% Variants
Japanese race	J134	52
	J137	22
	Jam 113	7
	Jam 119	27
	Jam 123	46
	Chunwol	73
	Jangsajang	24
	Dongyoung	30
	Kumkwangju	6
	Chinese race	C134
Jam 108		32
Jam 114		28
Jam 120		54
Jam 124		36
Jeolgang		34
Jungjong		26
Kyunsaeckjeok		35
C-keabaeknan		31
European race	Hukjam	2
	Ku 27	58
	Abenarig	2
	Hukah	24
	Ascoli	16
	Bagdad	21
	Novi	12
	Romogua	24
Hojam	36	
Ku 16sin	10	

性異常系統의 누에를 選拔하고 이 形質을 固定하기 위하여 실시되었다. 選拔方法은 양배추에 대한 攝食有無를 基準로 하였다. 保存 蠶品種中에서 4齡 起 蠶 때 상처잎에 대해 攝食이 認定되는 品種은 日本種 9品種, 中國種 9品種, 유럽種 10品種이었으며 전체적인 攝食率은 日本種과 中國種이 비슷했으며 유럽種이 조금 낮았다. 그러나 각 品種間에 있어서의 攝食率에는 상당한 差異를 나타냈으며 同一 地域適應型 品種間에는 일정한 傾向을 認定할 수 없었다. 즉 누에의 상처잎에 대한 攝食性은 각 品種別로 明確한 差異가 있음을 알 수 있으며, 특히 日本種 春月(73%)은 상당한 수준의 高攝食性을 나타냈으며 유럽種 歐 27(58%)과 中國種 蠶120(54%)도 비교적 높은 攝食性을 나타냈다. 이들 各 品種들에 대한 양배추 攝食性은 조사하지 않았지만 品種間에 상당한 差異가 있

**Table 3.** Comparison of survival rates on mulberry artificial diet and synthetic artificial diet rearing

Strain	Mulberry artificial diet		Synthetic diet			
			(%)		(%)	
Fb(sd) <sup>a</sup>	1727 <sup>c</sup>	1515 <sup>d</sup>	87.7 <sup>e</sup>	1799 <sup>c</sup>	326 <sup>d</sup>	18.1 <sup>e</sup>
Fb(ca) <sup>b</sup>	9120 <sup>c</sup>	7588 <sup>d</sup>	83.2 <sup>e</sup>	8993 <sup>c</sup>	1376 <sup>d</sup>	15.3 <sup>e</sup>
Jam 113	2056	1521	74.0	2117	0	0
Jam 114	1687	934	55.4	1602	140	8.7
Jam 124	2148	1130	62.6	1019	26	2.6

a : Abnormal feeding habit, which selected by cabbage leaves and synthetic artificial diet, b; Abnormal feeding habit, which selected by cabbage leaves only, c; Number of total larvae for treatment, d; Number of 2nd instar larvae, e; Percent of 2nd instar larvae determined 5 days after hatching

**Table 4.** Food habit in abnormal feeding habit in relation to the use of fresh fruits and leaves of several plants as food

Plants	Percent of feeding(%)
Apple	97.1
Persimmon	96.7
Pear	86.2
Radish	90.5
Chinese cabbage	58.3
Beet	50.5
Lettuce	100
Cabbage	98.5

**Table 5.** Characteristics of abnormal feeding habit selected by cabbage leaves and synthetic artificial diet

Item	Characteristics
Voltinism	univoltine
Moltinism	tetramolting
Larval marking	normal, plain and zebra
Cocoon color	white and yellow
Cocoon shape	ellipsoid and peanut shape
Cocoon size	23 ± 3 mm, 37 ± 4 mm
Cocoon weight	2.2 ± 0.5 g
Food habit	mulberry, cabbage, lettuce, radish, chinese cabbage, beet, apple, persimmon, pear etc.

을 것으로 推測된다.

選拔 第1世代에서는 4齡에서 상처잎을 섭食하는 攝食個體를 選拔하고 선발된 개체들에 대해서 5齡때 양배추에 대한 攝食性을 조사하였다. 5齡 양배추 攝食個體 選拔에서 조사個體의 9%程度만이 양배추에 대한 攝食이 認定된 것을 볼 때 두가지 植物 모두를

攝食하는 個體는 매우 낮은 比率인 것을 알 수 있다. 初期選抜이 계속되는 동안 즉 選抜 5, 6世代까지는 양배추 攝食率의 增加가 매우 완만하다가 第7世代에서 攝食率이 50%를 超過하였다. 이 시점에서 桑葉粉末을 전혀 함유하지않은 人工飼料를 使用하여 5齡全期間 동안을 人工飼料育하였으며 化蛹後 發蛾까지 성공한 個體는 암.수 합하여 모두 數마리에 불과하였다. 즉 여기서 選抜된 個體는 合成飼料 攝食 與否에 의한 強淘汰가 이루어진 것으로 생각되며 이와같은 사실은 第8世代(1992년 晩晩秋蠶期)에 양배추 攝食率이 88%까지 상승했다는 사실로도 잘 알 수 있다. 현재 14世代까지 選抜되었으나 9世代부터는 완만한 증가를 나타내며 蛾區間 攝食率의 差異도 어느 정도 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 向後 지속적인 選抜과 淘汰를 실시할 경우 攝食率의 增加는 물론 蛾區間の 差異도 상당히 감소할 것으로 생각된다.

한편, 양배추 攝食성에 의해 選抜 固定시켜온 本系統의 性狀을 살펴보면 桑葉 人工飼料育은 물론 合成飼料育에 있어서도 기존의 蠶品種(原種)들보다 월등히 높은 飼料 攝食성을 나타냈으며(표 3) 특히 數種의 채소와 과일류들에 대한 攝食率도 상당히 높았다. 이상으로 本 食性異常系統은 양배추 뿐 만 아니라 다른 植物에 대해서도 높은 攝食성을 나타내는 것으로(표 4) 소위 廣食性 攝食因子를 상당량 保有하고 있을 것으로 생각된다. 따라서 本 食性異常 系統은 廣食性系統이라고 할 수 있을 것이며 이시점에서 系統名을 [Fb蠶]으로 命名하였다.

本 廣食性系統 Fb蠶의 繭形, 繭의 크기 및 繭重등의 繭形質(표 5)을 볼 때 實用蠶品種으로의 形質導入도 可能할 것으로 생각될 뿐 만 아니라 向後 廣食性系統의 品種育成에 좋은 育種素材로 사용될 수 있을 것으로 思料된다.

### 摘 要

廣食性系統 Fb蠶은 1991年 春蠶期부터 양배추에 대한 攝食성을 基準으로 選抜되었다. 選抜 7世代째에 桑葉粉末을 전혀 함유하지 않은 合成飼料에 의해 人工飼料育을 실시하였으며 그 결과 양배추에 대한 攝食率은 급격히 增加하였다. 1994年 秋 期까지 14世代 동안 選抜을 계속한 結果 95%以上の 양배추 攝食率을 나타냈다. 이 系統은 一般 人工飼料뿐 만 아니라

數種의 菜蔬類와 과일類에 대해서도 높은 攝食率을 나타냈으며, 繭形質面에 있어서도 상당히 우수하였다.

### 引用文獻

鳥居 一南·森井 謙介 (1948) 兒의食性に關する研究. 蚕研彙報, 2: 3-12.  
 森 正明 (1981) イチジク(*Ficus carica* L.)生葉中のカイコに對する毒性成分, 日蚕雜, 50: 320-328.  
 堀江 保宏 (1993) 革新養蠶のための技術戰略, 日本 薩新聞社, 東京, p.47  
 堀内 明·清水 滋 (1962) ノニレによる 兒の飼育について. 日蚕雜, 31: 50-53.  
 堀内 明·清水 滋·波島千惠子 (1965) アキニレによる 兒の飼育について. 日蚕雜, 34: 111-114.  
 石川 誠男·平尾 常男 (1966) 家の食性に關する研究 (I) 宿主植物選擇性に攝食抑制機構の 分析, 蚕試報, 20: 291-321  
 伊藤 智夫 (1959) 兒の食性について, 日蚕雜, 28: 52-57.  
 伊藤 智夫·堀江 保宏·渡辺喜二郎·高宮 那夫·古山 三夫·宮林 滿雄·山本 一雄·長島 政喜 (1974) 準合成飼料による家蠶の全齡飼育について. 農化, 48: 403-407.  
 加藤 正雄·永易 健一·平田 保夫·涉川 明郎 (1991) 低コスト人工飼料による廣食性 系統の選抜と選抜效果, 蚕系昆蟲研報, 3: 17-30  
 神田 俊男·田村 俊樹 (1991) 廣食性 品種の育種素材の作出, 蚕系昆蟲研報, 3: 7-16  
 眞野 保久 (1990) 廣食性 品種の育成, 蚕系技術, 139: 33-37  
 眞野 保久·朝岡 潔·井原 音重·中川 浩·平林 隆·村上 井子·永易 健一 (1991) 廣食性多絲量 品種(あざざり)の育成, 蚕系昆蟲研報, 3: 31-56  
 松野 道雄·清水久仁光 (1977) 家の人工飼料攝食性の選抜とそれに伴う諸形質の變化について. 蚕系研究, 104: 71-82.  
 水澤 久成·小境 泰典·若林巴喜雄·丸山 長治 (1991) 廣食性 の飼育および上簇法, 蚕系昆蟲研報, 3: 77-88  
 長島 政喜 (1968) 人工飼料に對する 品種の適合性, 蚕試報, 92: 1-20  
 中村 正雄 (1973) 人工飼料に適する 品種の適合性調査, 蚕試彙報, 96: 159-165.  
 中村 正雄 (1985) 組成の異なる人工飼料に對する攝食性の 品種間差異, 蚕系研究, 134: 129-135.  
 新村 正純 (1973) 畜産飼料原料および畜産飼料のカイコの人工飼料への適用, 農化, 47: 251-257.  
 盧時甲·金京兒 (1994) 누에 食性に 관한 研究 II. 各齡別 攝食性 및 絶食時間에 따른 攝食性의 差異, 韓國蠶絲學會 秋季學術研究發表資料, p.25.  
 清水 滋·内 彬明·島千惠子 (1964) ノニレに對する 品種別の食性, 日蚕雜, 33: 68-69.  
 清水 久仁光·小林 義彦 (1975) 保存 品種の蠶の人工飼料攝食性, 蚕系研究, 97: 9-24.

- 田島 太郎・小林 義彦・小澤 民治・町田 勇 (1984) の食性突然變異(Np)の研究, 蚕研彙報, **32**: 7-30
- 田島 太郎・大沼 昭夫 (1985) の食性突然變異に関する研究, 第2部 第1報 新しい突然變異の研究, 蚕研彙報, **33**: 1-19
- 田島 太郎・大沼 昭夫 (1986) の食性突然變異に関する研究, 第2部 第2報 各種食性突然變異系統の後代追跡と系統間の相互關係, 蚕研彙報, **34**: 1-16
- 田島 太郎・大沼 昭夫 (1987) の食性突然變異に関する研究, 第2部 第4報 細胞質因子により支配される食性異常變異の1系統, 蚕研彙報, **35**: 1-6
- 田島 太郎・大沼 昭夫・田中 幸夫 (1987) の食性突然變異に関する研究, 第2部 第5報 食性異常に関する修飾遺傳子について, 蚕研彙報, **35**: 7-16
- 田島 太郎・大沼 昭夫・田中 幸夫 (1989) の食性突然變異に関する研究, 第2部 第8報 の各種食性變異系統の合成飼料に對する反應と特性, 蚕研彙報, **37**: 1-12
- 田村 俊樹 (1988) 數種の植物に對する保存品種の攝食性とその遺傳, 蚕試彙報, **131**: 79-94.
- 柳川 弘明・眞野 保久 (1989) 低コスト人工飼料の開発と廣食性蠶品種, 蚕系科學と技術, **28**: 24-31
- 柳川 弘明・渡 喜二郎・中村 利 (1989) 廣食性 利用による人工飼料への家畜用飼料素材の導入, 日蚕雜, **58**: 401-406.
- 横山 忠雄・小林悦夫 (1968) の食性に関する研究(XI) 突然變異の特性と食性との検討, 蚕研彙報, **24**: 27-30
- 横山 忠雄 (1970) 食性異常の品種別分布とその人工飼料に對する反應について, 蚕研彙報 **18**: 16-23.
- 横山 忠雄 (1975) の食性に関する研究(XI) 食性異常 澤Jの由來と性質, 蚕研彙報, **24**: 27-30.