

家蠶의 人工飼料育에 있어서 多角體 바이러스에 對한 品種別 抵抗性 및 組織學的 觀察

姜錫宇 · 林鍾聲 · 孫海龍
慶北大學校 農科大學

Histological Observations and Comparison of the Resistance to Polyhedrosis Viruses
in Various Varieties of the Silkworm, *Bombyx mori* L., fed on Artificial Diet

Seok Woo Kang, Jong Seong Lim and Hae Ryong Sohn
College of Agriculture, Kyungpook National University

Summary

This study was carried out to investigate the histological changes after the infection of nuclear and cytoplasmic polyhedrosis viruses (NPV, CPV) and the resistance to the viruses in various varieties of the silkworm fed on artificial diet.

The results obtained were as follows; Among four varieties of silkworm tested, Jam 107×Jam 108 was more resistant than the other varieties tested and Jam 119×Jam 120 was the most resistant to CPV.

In case of peroral infection with NPV, Jam 107×Jam 108 showed lower mortality than the remained varieties in low concentration (10^4 /ml). However, all varieties showed high mortality as the concentration of viruses was increased.

With infection of CPV, the varieties showed high mortality at the concentration of 10^7 and 10^8 /ml, while Jam 119×Jam 120 showed the lowest mortality at virus concentration of 10^4 /ml.

The fat bodies, epidermal cells and tracheal epithelial cells showed high susceptibility to NPV to break the cells completely and liberate the debris to the body cavity.

The CPV infected only the cylindrical cells of mid-gut and formed polyhedrons. In some cells, CPV was liberated to gastral cavity.

In the electrophoretic pattern of hemolymph protein of silkworm larvae infected with NPV, bands were dimmed and disappeared as symptom aggravated after infection.

Electrophoretic pattern of hemolymph proteins of silkworm larvae infected with CPV showed no numerical difference at the later stage of infection, and one or two bands was observed along with lowering the concentrations.

緒 論

家蠶의 核多角體病 바이러스(Nuclear Polyhedrosis Virus, 以下 NPV라 함)의 核酸은 2重 螺旋構造의 DNA 이며, $40 \times 280m\mu$ 의 桿狀形을 나타내는데(Kozlov and

Alexeenko, 1967) 주로 脂肪組織, 眞皮細胞, 血球, 氣管皮膜 等の 細胞의 核에 侵入, 增殖하여 多角體를 形成한다(保坂等 1979). 한편 家蠶의 中腸 圓筒細胞質에 侵入하여 多角體를 形成하는 細胞質多角體病 바이러스(Cytoplasmic Polyhedrosis Virus, 以下 CPV라 함)는 2重 螺旋構造의 RNA로 되어 있으며 $60 \sim 70m\mu$ 의 球狀

型을 나타낸다(Smith, 1967).

이러한 家蠶의 NPV 및 CPV에 對한 抵抗力은 品種, 發育段階, 飼育條件 等에 따라서 差異를 나타내는데, 有賀(1958)는 春蠶期에 比하여 夏蠶期, 晩秋蠶期 順으로 NPV 發病率이 높아진다고 하였으며 鮎澤(1961)는 NPV를 經皮接種하였을 境遇 品種에 따라서 感受性이 다르다고 하였다. 朴·姜(1969)은 家蠶의 NPV 및 CPV에 對한 抵抗力은 日本種系統이 가장 強하였으며 中國種, 歐洲種系統 順으로 弱하게 나타났다고 하였다. 한편, 小原(1967), 宮島(1971), 林·金(1976)에 依하면 家蠶의 CPV에 對한 感染抵抗力은 發育이 進展됨에 따라서 높아진다고 하였으며, 松原(1969), 林屋(1975)은 桑葉育蠶이 人工飼料育蠶보다 NPV에 對한 抵抗力이 높은 理由는 消化液에 바이러스 不活化物質인 赤色 螢光蛋白質이 存在하기 때문이라고 하였다. 國見·森田(1979)는 家蠶의 CPV에 對한 抵抗力은 桑葉育區보다 人工飼料育區가 낮다고 하였으며 또한, 金等(1979)은 누에의 人工飼料育蠶에 있어서 NPV에 對한 抵抗力은 高濃度($10^7 \sim 10^8$ /ml)에서는 品種에 關係없이 높은 致死率을 보였으나 低濃度($10^3 \sim 10^5$ /ml)에서는 多少 致死率에 差異를 보인다고 하였다.

한편, NPV 및 CPV 感染後 일어나는 家蠶 體液蛋白質의 變化에 對한 電氣泳動의 觀察에서 渡部等(1968)은 Agarose Gel을 支持體로 하는 電氣泳動을 실시하였던 바 正常蠶의 體液蛋白質은 3個의 主要 bands를 包含해서 7個의 bands가 觀察되었지만, NPV 罹病蠶의 境遇, 病勢가 進展됨에 따라 移動도가 낮은 band부터 높은 band順으로 漸次 減少한다고 하였으며, 또한, 金等(1971)에 依하면 5齡 6日, 7日에는 移動도가 낮은 3個의 bands가 增加되었으며, 8日째에는 移動도가 높은 2個의 bands와 中間 程度의 2個의 bands가 消失되는 傾向이 있다고 報告하였다. 또한 渡部·小原(1971)은 CPV 感染後 體液蛋白質의 變化는 感染初期부터 末期까지 正常蠶과 거의 差異가 없었으나 各 蛋白質 分割은 量的으로 減少한다고 하였다.

本 實驗은 人工飼料育蠶에 있어서 NPV 및 CPV에 對한 品種別 感染抵抗力을 比較하고 아울러 組織學的 觀察과 Acrylamide Gel 電氣泳動法에 依한 體液蛋白質의 變化를 比較, 分析하여 獎勵蠶品種의 抵抗性的 特徵을 把握코자 實施하였다.

材料 및 方法

1. 供試蠶品種 및 供試頭數

蠶107×蠶108, 蠶108×蠶107, 蠶119×蠶120, 蠶120×

蠶119 等 4個 品種을 供試하였으며 供試頭數는 區當 30頭씩 2反覆으로 하였다.

2. 飼育方法

東邦油糧(株) 製品의 人工飼料로 恒溫器에서 사래育으로 하였다. 飼育溫溫度는 1齡에서는 29°C , 相對濕度 90%, 2齡은 28°C , 85%에 飼育한 後 3齡起蠶에 病原體를 接種하여 27°C , 80%로 維持하였으며 4, 5齡은 $25 \sim 26^{\circ}\text{C}$, 70~75%에서 飼育하였다.

3. 病原體的 調製 및 接種

84年 秋蠶飼育時 NPV 및 CPV에 感染, 致死한 누에를 磨碎하여 여러겹의 gauze에 濾過한 後 10分間 3,000rpm으로 遠心分離하였으며 이러한 過程을 數回 反覆한 後 沈澱物의 浮遊液을 hemocytometer로 測定하여 0.7×10^8 /ml를 最高濃度로 하여 10-fold dilution으로 0.7×10^7 /ml, 0.7×10^6 /ml, 0.7×10^5 /ml, 0.7×10^4 /ml의 稀釋液을 各各 만들었으며 接種方法은 3齡起蠶에 頭當 0.02ml씩 各 濃度別로 $2\text{cm} \times 2\text{cm} \times 0.2\text{cm}$ 의 切片에 滴下한 後 24時間 添食시켰다(古田, 鮎澤 1972, 崔 1983).

4. 누에 品種別 抵抗性的의 比較

致死率로 부터 LD_{50} 를 算出하였으며 (Reed and Muench, 1938), Probit 檢定을 위하여 病原體 濃度의 Logarithm을 求하고(Berkson, 1958), 致死率로 부터 probit mortality를 求한 다음(Fisher and Yates, 1953), 接種病原體의 log concentration을 X로 하고 probit mortality를 Y로 한 方程式

$$Y = \bar{y} + \frac{\sum(X - \bar{x})(Y - \bar{y})}{\sum(X - \bar{x})^2} \times (X - \bar{x})$$
에 依해 probit line을 求하였다(趙, 張, 1966).

各 濃度別로 品種間의 有意性을 檢定하기 위하여 分散分析을 하여 各 品種의 平均值의 差에 對한 最小有意差 檢定을 하였다.

5. 組織學的 觀察

組織學的 觀察을 爲한 paraffin-embedding 過程은 Drury and Wallington (1967), Ann Preece (1965)의 方法에 準하였으며 Rotary microtome을 使用하여 $5 \sim 7 \mu\text{m}$ 로 切片한 後 Feulgen 染色(Ann Preece, 1965)과 Azan染色(Mallory, 1938)을 한 다음 Olympus ECE-1型 顯微鏡에 附着된 PM-6 Camera로 撮影하였다.

6. 電氣泳動像

Acrylamide Gel을 支持體로 하는 Disc 電氣泳動을 荻田·中村(1963)의 方法에 準하였으며 供試體液은 3齡起蠶에 NPV 및 CPV를 接種한 後 1~7日째의 누에 體液을 各各 $5 \mu\text{l}$ 씩 採取하여 使用하였다. 電氣泳動時 column當 2mA로 2時間 通電하였으며 染色은 Coomassie Brilliant Blue R.로 1時間 處理하였다. Destaining 및

Storing Gels을 위한 洗滌液은 7% Acetic Acid를 使用하였다.

結果 및 考察

1. NPV에 對한 品種別 抵抗力 比較

家蠶 品種別로 3齡起蠶에 NPV를 經口接種한 境遇의 致死率과 LD₅₀는 品種에 따라 다르게 나타났으며 특히 0.7×10⁴/ml의 濃度에서는 蠶107×蠶108이, 10⁵/ml의 濃度에서는 蠶107×蠶108과 蠶108×蠶107이 다른 品種에 比하여 낮은 致死率을 보이고 있으나, 10⁶, 10⁷, 10⁸의 濃度에서는 品種間 致死率에 큰 差異가 없었다(Table 1). 特異한 것은 0.7×10⁴/ml의 濃度에서 日母體인 蠶107×蠶108이 中母體인 蠶108×蠶107보다 낮은 致死率을 보이는 現象인데 이는 日本種系統이 中國種系統보다 NPV에 對한 抵抗力이 높다고 한 報告(朴, 姜, 1969)와 NPV에 對한 抵抗力이 큰 原種을 母體로 한 交雜種이 弱한 原種을 母體로 한 交雜種보다 抵抗力이 높다고 한 報告(荒武, 1973)와 잘 一致하고

Table 1. The percent mortality of NPV to 3rd instar larvae.

Silkworm variety	Conc. of virus					
	0.7×10 ⁴	0.7×10 ⁵	0.7×10 ⁶	0.7×10 ⁷	0.7×10 ⁸	LD ₅₀
Jam 107×Jam 108	3.3	16.7	43.3	68.4	88.4	2.4×10 ⁶
Jam 108×Jam 107	11.7	21.7	45.0	68.4	90.0	2.1×10 ⁶
Jam 119×Jam 120	13.4*	25.0*	45.0	71.7	91.7	1.9×10 ⁶
Jam 120×Jam 119	13.4*	28.4*	46.7	70.0	93.3	1.7×10 ⁵

* : significant at 5% level.

Table 2. Statistical analysis of mortality in 4 silkworm varieties and 5 concentrations after NPV inoculation to 1st day of 3rd instar.

Factor	d.f	S.S	M.S	F
Main block				
Replicates	1	13.69	13.69	4.32
Variety	3	234.43	78.14	24.65*
Error(A)	3	9.52	3.17	
Sub block				
Treatment	4	34,811.11	8,702.78	1686.59**
V×T	12	97.31	8.11	1.57
Error(B)	16	82.58	5.16	
Total	39	35,248.64		

* : significant at 5% level.

** : significant at 1% level.

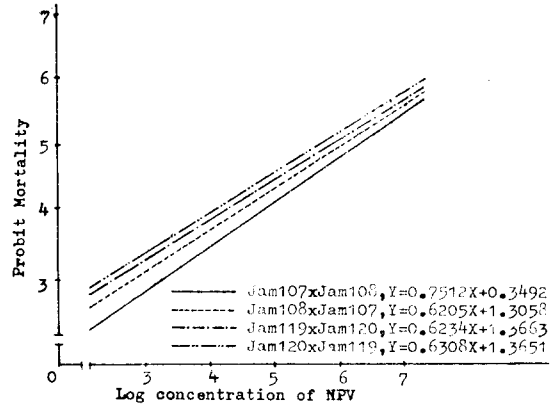


Fig. 1. Dose-mortality responses (probit) of NPV to 3rd instar larvae.

있다. 따라서 本實驗에 있어서도 日本種系統을 母體로 한 경우 抵抗力이 높게 나타나는 것으로 보아 感染 抵抗力은 母體의 영향이 크고 또한 優性因子로 作用하는 것이 아닌가 생각되며 앞으로 이에 對한 研究가 더

이루어지야 할 것으로 생각된다. Fig. 1.은 이를 probit line으로 分析한 것으로써 蠶107×蠶108이 濃度에 關係없이 다른 品種에 比하여 낮은 致死率을 나타냄으로써 多少 抵抗力이 강한 品種으로 나타났다. 한편, Table 2에서 보는 바와 같이 品種과 處理에서는 有意性이 있었으나 品種과 處理의 相互作用은 없었다.

以上の 結果에서 NPV에 對한 品種別 感染 抵抗力은 低濃度에 (10⁴/ml)서는 蠶107×蠶108이 다른 品種에 比하여 높게 나타났으나 濃度가 增加함에 따라(10⁶, 10⁷, 10⁸/ml) 品種에 關係없이 높은 致死率을 나타냄으로써 抵抗力의 差異는 없었다. 이는 金等(1979)의 報告와 一致하는 傾向이다.

2. CPV에 對한 品種別 抵抗力 檢定

Table 3에서 보면 CPV에 對한 蠶品種別 致死率과 LD₅₀는 다르게 나타났으며 蠶119×蠶120이 다른 品種에 比하여 3.5×10⁸/ml에서 높은 LD₅₀值를 나타내고

Table 3. The percent mortality of CPV to 3rd instar larvae.

Silkworm variety	Conc. of virus					
	0.7×10^4	0.7×10^5	0.7×10^6	0.7×10^7	0.7×10^8	LD ₅₀
Jam 107 × Jam 108	10.0*	26.7*	40.0	65.0	88.4	3.0×10^6
Jam 108 × Jam 107	11.4*	28.4*	41.7	65.0	86.7	2.9×10^6
Jam 119 × Jam 120	5.0	21.4	36.7	66.7	85.0	3.5×10^6
Jam 120 × Jam 119	8.4*	25.0	38.4	65.0	88.4	3.4×10^6

* : significant at 5% level.

Table 4. Statistical analysis of mortality in 4 silkworm varieties and 5 concentrations after CPV inoculation to 1st day of 3rd instar.

Factor	d.f	S.S	M.S	F
Main block				
Replicates	1	9.60	9.60	3.54
Variety	3	78.46	26.15	9.65*
Error(A)	3	8.14	2.71	
Sub block				
Treatment	4	31,364.89	7,841.22	2,074.40**
V × T	12	66.10	5.51	1.46
Error(B)	16	60.50	3.78	
Total	39	31,587.69		

* : significant at 5% level.

** : significant at 1% level.

있으며 또한 0.7×10^4 /ml의 농도에서는 蠶119 × 蠶120이, 0.7×10^5 /ml에서는 蠶119 × 蠶120과 蠶120 × 蠶119이 다른品種에 比하여 낮은 致死率을 나타내고 있으나, 10^6 , 10^7 , 10^8 의 농도에서는 品種間 致死率에 큰

差異가 없었다.

특히 0.7×10^4 /ml의 농도에서 日母體인 蠶119 × 蠶120이 中母體인 蠶120 × 蠶119보다 낮은 致死率을 보이는 것은 興味있는 現象이며 이는 CPV에 對한 抵抗性이 큰 系統의 抵抗性은 優性의 主遺傳子에 依해서 支配된다(渡部, 1966)는 事實로 보아 日本種系統의 抵抗性 形質은 母體에 依한 影響이 크며 또한 이 形質은 優性遺傳子에 依해 遺傳되는 것으로 생각된다. Fig. 2는 이들 probit line으로 比較하여 보아서도 蠶119 × 蠶120이 농도에 關係없이 다른 品種에 比하여 낮은 致死率을 나타냄으로써 强健한 品種으로 나타났다. 한편 Table 5.에서 보는 바와 같이 致死率에 있어서 品種과 處理에서는 有意性이 있었으나, 品種과 處理의 相互作用은 없었다.

以上の 結果에서 CPV에 對한 抵抗性은 3.5×10^6 /ml를 나타내는 蠶119 × 蠶120이 가장 높게 나타났으며 高濃度(10^7 , 10^8 /ml)에서는 品種에 關係없이 높은 致死率을 나타냈다.

3. NPV 및 CPV 罹病蠶의 組織學的 觀察

NPV에 經口感染된 家蠶은 脂肪組織의 核內로 Virion이 侵入, 增殖함에 따라 染色質이 核의 中央에 凝集하며 小形의 多角體가 形成되고(Fig. 3) 多角體가 成熟

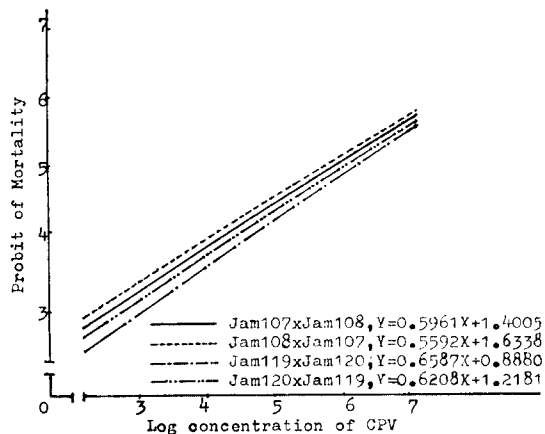


Fig. 2. Dose-mortality response (probit) of CPV to 3rd instar larvae.



Fig. 3. Small polyhedra are observed in fat body on the 3rd day after NPV inoculation, sp : small polyhedra

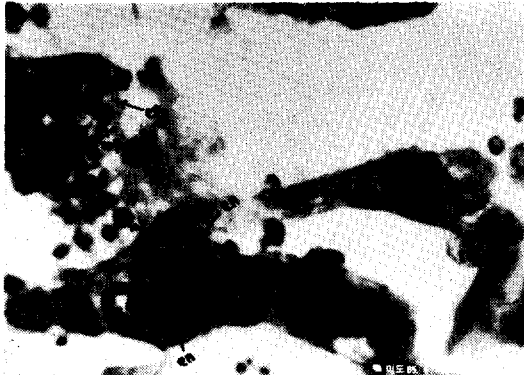


Fig. 4. Nuclei of fat bodies are enlarged by maturity of polyhedra on the 4th day after NPV inoculation.
en : enlarged nucleus, mp : mature polyhedra

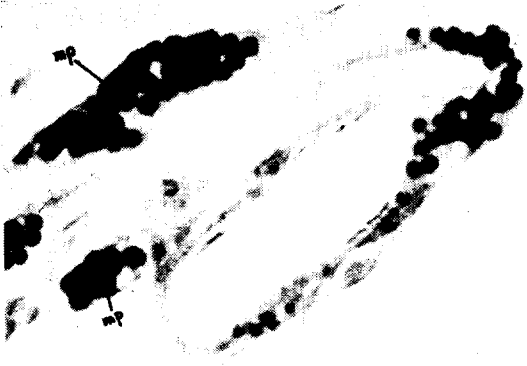


Fig. 5. Mature polyhedra are seen in the tracheal epithelial cell on the 6th day after NPV inoculation. mp : mature polyhedra

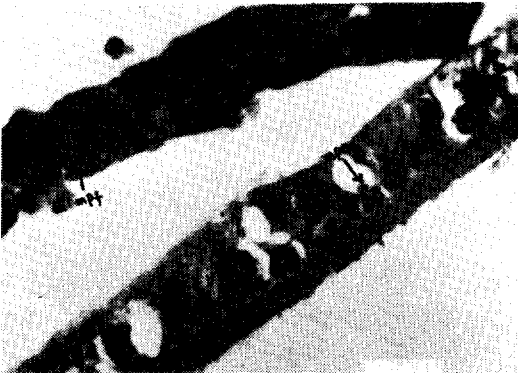


Fig. 6. Mature polyhedra are observed in the fat body (mpf) and epidermis cell (mpe) on the 6th day after NPV inoculation.

함에 따라서 핵이 肥大해진다(Fig. 4). 이와 마찬가지로 眞皮細胞와 氣管皮膜細胞의 핵에서도 多角體가 形成되어 成熟한다(Fig. 5, 6). 病勢가 進展됨에 따라 眞

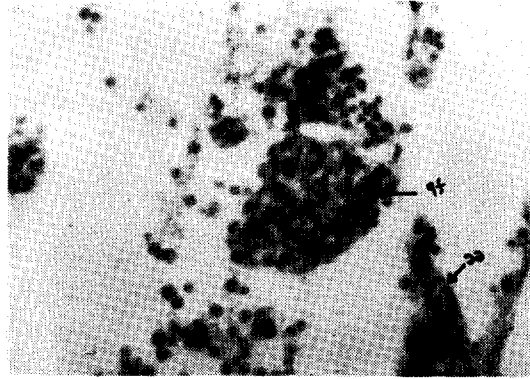


Fig. 7. Fat body (fb) and epidermis cell (ec) are breaking on the 7th day after NPV inoculation.

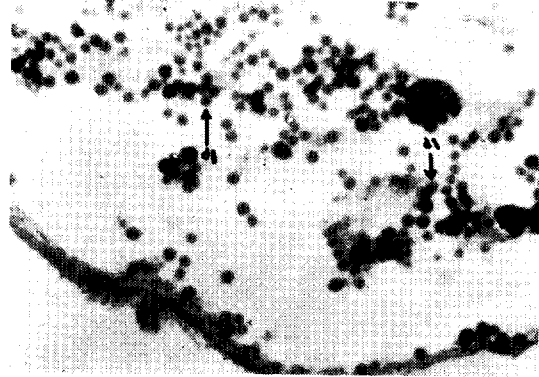


Fig. 8. Broken fat body and epidermis cell are liberated to the body cavity on the 8,9th day after NPV inoculation.
lp : liberated polyhedra.



Fig. 9. The shape of mid-gut epithelium on the 2nd day after CPV inoculation. cr : cromatin

皮細胞와 脂肪組織細胞의 핵의 肥大와 함께 細胞自體도 膨大化되면서 서서히 破壞되기 시작하여(Fig. 7) 致死 直前에는 眞皮細胞와 脂肪組織이 完全히 破壞되면



Fig. 10. The shape of mid-gut epithelium on the 7th day after CPV inoculation.
mp : mature polyhedra.

서 體腔中으로 遊離하게 된다(Fig. 8). 한편 中腸 圓筒細胞質에 侵入한 CPV는 感染初期에는 核内の 染色質이 中央에 凝集하기 始作하며(Fig. 9), 病勢가 進展됨에 따라 microvilli 近處에서 最初로 多角體가 形成되면서 漸次 圓筒細胞質 全體가 多角體로 充滿되고 一部 細胞質은 胃腔中으로 離脫한다(Fig. 10).

4. NPV 罹病蠶의 品種別 體液蛋白質의 電氣泳動像

4個 供試 蠶品種에 NPV를 經口接種한 後 經過日數別로 採取한 家蠶의 體液蛋白質 變化를 觀察한 結果 品種間의 差異는 없었으며 接種後 1~2日째에는 體液蛋白質의 變化는 있었으나, 接種 3日째 부터는 移動度가 낮은 bands가 減少하기 始作하면서 6,7日頃에는 많은 bands가 消失되거나 희미해졌다(Fig. 11).

이는 渡部(1968)의 報告와 一致하는 傾向으로써 특히 感染 6~7日頃에 많은 bands가 消失되는 것은 體液蛋白質의 合成 中心部인 脂肪組織이 完全히 破壞되었기 때문이 아닌가 思料된다.

5. CPV 罹病蠶의 品種別 體液蛋白質의 電氣泳動像

家蠶 品種別로 CPV를 接種한 後 1~7日째까지 體液蛋白質의 變化를 調査한 結果 品種間의 差異는 없었다(Fig. 12). 또한, 對照區에 比하여 感染 6,7日頃에서도 band의 數의인 變化는 없었으며 단지 희미해진 1~3個의 band를 觀察할 수 있었는데 이는 CPV가 中腸圓筒細胞質에 만 侵入하고, 體液蛋白質의 合成 中心部인 脂肪組織에는 影響을 미치지 않았기 때문이라고 한 渡部·小原(1971)의 報告로부터 CPV 罹病蠶의 生理的

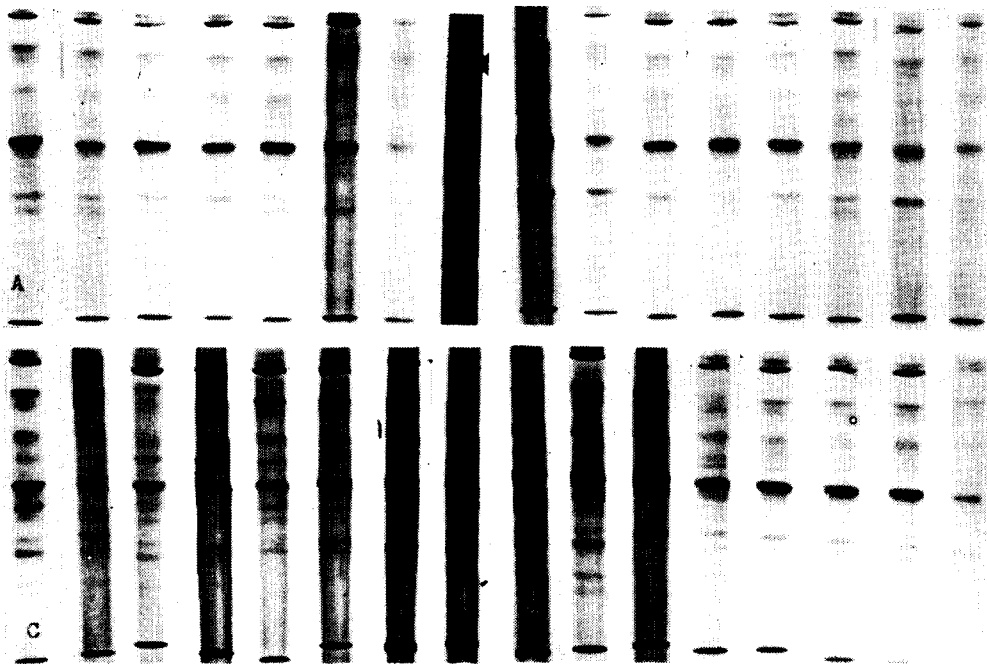


Fig. 11. Acrylamide gel electrophoretic pattern of hemolymph proteins from control and diseased larvae on 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th, 6th and 7th day after NPV inoculation of 1st day of 3rd instar. A: Jam 107×Jam 108, B: Jam 108×Jam 107, C: Jam 119×Jam 120, D: Jam 120×Jam 119,

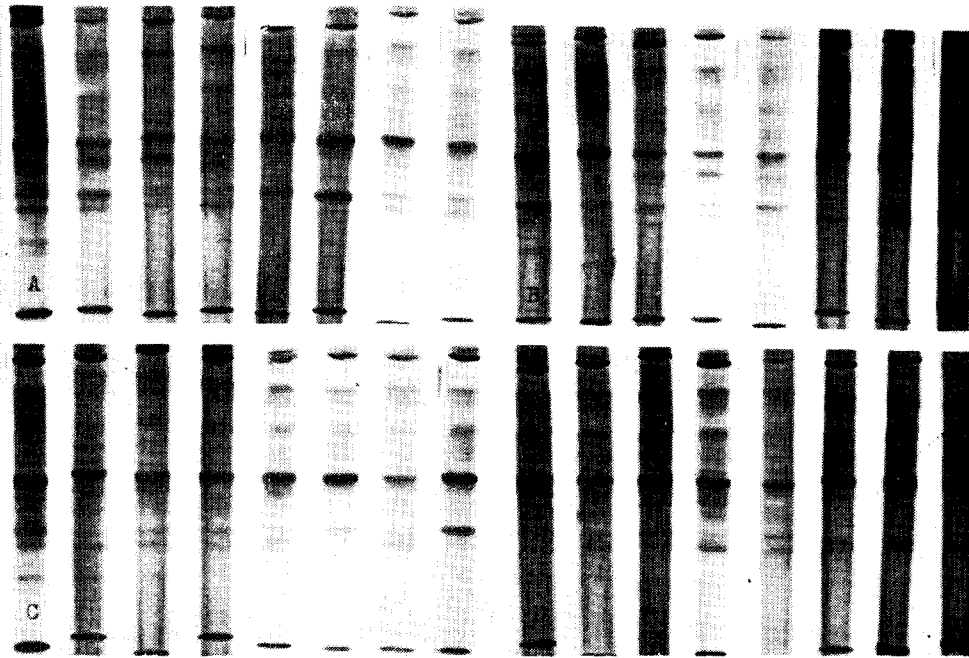


Fig. 12. Acrylamide gel electrophoretic pattern of hemolymph proteins from control and diseased larvae on 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th, 6th and 7th day after CPV inoculation of 1st day of 3rd instar. A: Jam 107×Jam 108, B: Jam 108×Jam 107, C: Jam 119×Jam 120, D: Jam 120×Jam 119.

變化로 인한 脂肪組織의 蛋白質 合成에 異常을 招來하지 않았나 생각된다. 앞으로 이에 對한 研究가 期待된다.

摘 要

家蠶의 人工飼料育에 있어서 核多角體바이러스 및 細胞質多角體바이러스에 對한 品種別 抵抗性을 比較하고 罹病蠶의 各組織에 있어서의 變化와 電氣泳動에 의한 體液蛋白質의 變化를 比較, 分析하였던 바 다음과 같은 結果를 얻었다.

供試 蠶品種中 NPV에 比較的 抵抗性이 높은 品種은 蠶107×蠶108 이었으며 CPV에 對한 抵抗性 蠶品種은 蠶119×蠶120이었다.

NPV를 經口接種 하였을때 低濃度(10^4 , 10^5 /ml)에서는 蠶107×蠶108이 다른 品種에 比하여 낮은 致死率을 보였으나, 濃도가 增加함에 따라 品種에 關係없이 높은 致死率을 보였다.

CPV를 經口接種 하였을 境遇 低濃度(10^4 , 10^5 /ml)에서는 蠶119×蠶120이 다른 品種에 比하여 낮은 致死率을 보였으나, $10^7 \sim 10^8$ /ml의 濃度에서는 品種에 關係

없이 높은 致死率을 보였다.

NPV에 感受性이 높은 組織은 脂肪組織眞皮細胞, 氣管皮膜細胞等이며 感染末期에는 眞皮細胞와 脂肪組織이 完全히 破壞되어 體腔中에 遊離되어 있었다.

CPV의 境遇는 中腸의 圓筒細胞質에만 感染되어 多角體를 形成하였으며, 一部 細胞는 胃腔中으로 離脫하였다.

NPV 罹病蠶의 體液蛋白質 變化는 品種에 關係없이 病勢의 進展에 따라 bands가 消失되거나 희미해졌다.

CPV의 境遇 品種에 關係없이 感染末期에도 bands의 數的인 變化는 없었으며 濃도가 떨어진 1~2個의 band를 觀察할 수 있었다.

引 用 文 獻

- Ann Preece, H.T.(1965) A manual for histological technicians. J. and A. Churchill Ltd., 21-159, 232-234.
- 荒武義信(1973) カイコの核多角體病抵抗性における品種的差異 日蠶雜, 42(3), 230-238.
- 有賀久雄(1958) 家蠶についてウイルス病抵抗性の機構

- 日蠶雜, 27(1), 14-17.
- 鮎澤千尋(1961) 家蠶の核型多角體病に對する感染抵抗力について. 日本蠶絲學雜誌, 30(5), 413-419.
- Berkson, J. (1958) Tables for use in estimating the normal distribution by normit analysis biometrika. The Amer. J. of Hygiene, 44, 411-435.
- 趙載英・張權烈(1966) 實驗統計分析法. 郷文社, 57-61, 177-183.
- 崔鍾九(1983) 人工飼料育과 桑葉育에 있어서 核多角體 바이러스에 對한 누에 品種別 抵抗性의 比較. 慶北大 學位論文
- Drury, R.A.B. and Wallington, E.A.(1967) Carleton's histological technique. Oxford University Press Nell and Co., 44-47.
- Fisher, R.A. and Yates, F. (1953) Statistical tables for biological, agricultural and medical research. 60-62.
- 古田要二. 鮎澤千尋(1972) 蠶におけるウイルス接種時間および回数と感染價. 日本蠶絲學雜誌, 41(5), 371-374.
- 林屋慶三(1975) カイコの人工飼料育への道. みすず書房, 71-107.
- 保坂康弘・川瀬茂實松・井千秋(1979) ウイルス圖鑑. 講談社, 337.
- 金洛禎・姜錫權・金正一(1971) 健康蠶 및 核多角體 罹病蠶의 體液蛋白質의 電氣泳動像. 韓國蠶絲學會誌, 13(2), 141-143.
- 金潤植・南重熙・林鍾聲・李仁鎰・孫海龍(1979) 누에 人工飼料育에 있어서 누에病 防除에 관한 研究. 産學協同, 79(3), 1-19.
- 小原隆三. 有賀久雄. 渡部仁(1967) 家蠶における細胞質多角體病ウイルスに對する感染抵抗力の發育時期による變動. 日本蠶絲學雜誌, 36(3), 165-168.
- 國見裕久・森田芳昭(1979) 飼育條件を異にしたカイコ幼蟲の發育時期と細胞質多角體病ウイルスに對する感染抵抗力との關係. 日本蠶絲學雜誌, 48(4), 332-336.
- Kozlov, E.A. and Alexeenko, I.P. (1967) Electron-microscope investigation of the structure of the nuclear-polyhedrosis virus of the silkworm, *Bombyx mori* L. “ウイルスと昆蟲”, 南江堂, 38-39.
- 林鍾聲・金權榮(1976) 家蠶의 品種別 細胞質多角體 바이러스에 對한 抵抗性 및 異型 바이러스 添食에 依한 誘發에 관한 研究. 韓國蠶絲學會誌, 18(2), 83-88.
- Mallory, F.B. (1938) Pathological technique. W.B. Saunders Co., 154.
- 松原藤好(1969) 人工飼料育蠶の核多角體病ウイルスに對する感染抵抗力. 日本蠶絲學雜誌, 38(1), 43-48.
- 宮島成壽(1971) 發育時期をにした家蠶幼蟲の細胞質多角體病ウイルスに對する感受性の變化. 日本蠶絲學雜誌, 40(3), 227-230.
- 秋田善一・中村正二郎(1963) 電氣泳動實驗法. 文光堂, 167-213.
- 朴光義・姜錫權(1969) 家蠶 Virus에 관한 研究. 韓國蠶絲學雜誌, 18(2), 83-88.
- Reed, L.J. and Muench, H. (1938) A simple method of estimating fifty percent end points. Amer. J. Hygiene, 27, 493-497.
- Smith, K.M. (1967) Insect virology. Academic Press, 55.
- 渡部仁(1966) 家蠶における細胞質多角體病ウイルスに對する感染抵抗力の遺傳様式. 日本蠶絲學雜誌, 35(1), 27-31.
- 渡部仁・小原隆三(1971) 核多角體病および細胞質多角體病ウイルスに感染したカイコ幼蟲の體液蛋白質合成 日本應用動物昆蟲學會誌, 15(4), 198-302.
- 渡部仁・小原康三・保坂政子(1968) 核多角體病ウイルスに感染した家蠶體液蛋白の電氣泳動. 日本蠶絲學雜誌, 37(4), 319-322.