

집누에(*Bombyx mori*)와 멧누에(*Bombyx mandarina*)의 種間交雜에 있어서 卵殼構造 및 Chorion 蛋白質

金 鍾 吉 · 盧 時 甲

農村振興廳 蠶業試驗場, *慶北大學校 農科大學

Morphological and Biochemical Characterization of the Chorion in Interspecific Hybrid Between *Bombyx mori* and *Bombyx mandarina*

Jong-Gill Kim and *Si-Kab Nho

Sericulture Experiment Station, R.D.A. Suwon, Korea

*College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu, Korea

Abstract

Chorion(egg-shell) morphology of the F_1 hybrid between *Bombyx mori* and *Bombyx mandarina* has been observed by scanning electron microscope and chorion protein was analyzed by electrophoresis. The chorion surface structure of F_1 hybrids in the lateral (flat) region was similar to that of maternal line. The F_1 hybrids chorion was found to have basically a three layer structure. The middle and inner layer were very much like those of the *Bombyx mandarina* and *Bombyx mori*. There were many conic pillar structures in the outer layer of the F_1 hybrid, which was similar to *Bombyx mandarina*. This conic pillar structure had a thin cover layer was more clear in the dorsal and ventral side of the F_1 hybrid chorion. The conic pillar structure of *Bombyx mandarina* was found to be dominant in F_1 hybrid chorion irrespective of their maternal line. Major components of chorion protein were analyzed by two-dimensional electrophoresis and found to have isoelectric points in the range of pH 4.0-6.5 and molecular weight 10 to 50 kd. F_1 hybrid chorion protein components related directly to those of the maternal line. The conic pillar structure was dominant characteristic and it was present in all F_1 hybrid.

Key words : Silkworm, *Bombyx mori*, wild silkworm, *Bombyx mandarina*, chorion

緒 論

멧누에나방(*Bombyx mandarina*)은 집누에나방(*Bombyx mori*)과 同一屬의 絹絲蟲으로서 우리나라 全域에 分布하고 있다. 이 멧누에나방의 幼蟲은 뽕나무만을 寄主植物로 하는 單食性이며 完全變態하는 野生昆蟲으로 幼蟲은 멧누에 特有의 斑紋(moricaud)을 나타낸다. 野生하고 있는 멧누에는 그 形態 및 生態가 집누에와 類似하지만 染色體數는 다른 것으로 밝혀졌다. 即 멧누에가 $2n=54$, 집누에가 $2n=56$ 로서 두 種間의 雜種에서는 집누에 染色體 2個와 멧누에

染色體 1個가 接合된다고 하였다(川口 1923, Murakami, 1974). 한편 Astaurov(1959)는 中國 東北部에 棲息하는 멧누에의 染色體數가 $2n=56$ 이라는 사실을 밝혔으며 집누에의 先祖는 $2n=54$ 型的 멧누에 보다는 $2n=56$ 型이 더욱 유력하다고 하였다. 또한 吉武(1967)는 집누에와 멧누에는 共通된 先祖로부터 分化되었으며 멧누에에 대한 人爲的인 淘汰와 選拔에 의해 生産性이 높은 집누에로 되었을 것으로 推定하였다. 이와 같은 事實로 미루어 멧누에는 집누에의 가장 가까운 近緣昆蟲이며 집누에의 唯一한 先祖型 혹은 野生型으로 推定되고 있다(吉武, 1968, 1984).

따라서 멧누에는 집누에의 起源과 種分化를 研究하는데 있어서는 물론 染色體數의 分布地域에 따른 變異에 의해 地理的分化 및 地域適應性 등에 關한 研究의 有用한 研究資料가 되고 있다(Maekawa et al., 1988). 또한 집누에의 生理 및 遺傳學的 研究에 있어서도 매우 重要한 比較對象이 될 뿐 아니라 새로운 遺傳子를 供與할 수 있는 遺傳資源으로서도 매우 價値있는 것으로 알려져 있다.

한편 昆蟲의 卵殼(chorion)은 多數의 構造蛋白質에 의한 것으로서 構造적으로는 cuticle層과 類似하지만 化學的 助成은 glycine, leucine, cystein 등이 多量으로 含有된 蛋白質로 構成되어 있다(Kawasaki, 1971, 1972). 또한 卵殼은 卵 內容物을 保護하는 機能과 함께 gas 交換 및 精子의 流入등과 같은 選擇的 透過性을 나타내는 重要한 組織 中의 하나이다.

卵殼의 形成은 卵形成의 最終段階에서 이루어지는데 卵殼構造蛋白質(chorion protein)은 卵管内의 胞卵皮膜細胞로 부터 合成·分泌되며 또한 構築되어 特有의 卵形 및 卵殼構造를 나타내게 된다. 집누에 卵殼의 경우 部位에 따라 特異的인 表面構造가 認定되며(大槻, 1977), 斷面構造에 있어서도 內·中·外層의 3個의 層으로 區分된다(松崎, 1968). 또한 산누에나방과의 一 種인 *Antheraea polyphemus* 卵의 crown region(Regier et al., 1980)이나 멧누에나방 卵殼의 圓錐狀突起構造(盧 1990)와 같은 매우 特異한 部位特異的 卵殼構造가 認定된다. 이와 같은 部位特異的 卵殼構造는 chorion遺傳子의 特定部位로 부터 合成된 組織特異蛋白質에 의해 그 構造가 決定된다고 하였다(Sander et al., 1985).

한편 멧누에가 집누에의 唯一한 野生型으로 推定되고 멧누에로부터 집누에가 馴化되어 왔다면 그 變異過程은 흥미 깊은 事實이 아닐 수 없다. 특히 멧누에의 卵殼構造가 집누에의 그것에 비해 매우 特異的인 構造를 나타내는 점으로 미루어 볼때 卵殼構造의 變異過程은 멧누에와 집누에의 類緣關係를 解明할 수 있는 하나의 指標가 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 이들 두 種間의 種間交雜에서의 形質發現은 生物體의 變異와 地域適應, 나아가서는 進化課程을 研究하는데 있어서도 매우 有用한 資料가 될 수 있을 것으로 思料된다.

따라서 本 研究에서는 멧누에와 집누에의 種間交雜에서 나타나는 形質의 變異, 특히 卵殼構造와 chorion蛋白質에 대한 分析을 實施했다.

材料 및 方法

1. 멧누에와 집누에의 種間交雜

멧누에의 卵殼構造 및 成分變異를 調査하기 위하여 멧누에와 집누에의 種間交雜을 實施하였다. 멧누에를 母體로 한 系統과 집누에를 母體로 한 系統을 實驗에 利用했으며 交雜에 使用한 집누에는 慶北大學校 保存品種 中 姬蠶系統인 Kc15이다. 飼育은 집누에와 同一한 方法으로 實施하였다.

2. 卵殼構造 觀察

兩 種間交雜種의 卵나방을 0.75% 生理食鹽水 中에서 解剖한 後 卵管의 基部로부터 完成卵만을 採取하여 蒸溜水로 2-3回 씻은 後 -20°C Carnoy 溶液에서 24시간 固定하여 Alcohol系에서 脫水한 後 Hitachi HCP-2 臨界點 乾燥裝置에서 乾燥했다. 卵의 表面 및 斷面을 gold coating시킨 後 Hitachi S-2300 走査型 電子顯微鏡으로 加速電壓 25 kV, 100-5000배로 觀察했다.

3. Chorion 蛋白質의 分析

卵管으로부터 完成卵을 採取하여 卵 內容物을 완전히 제거한 다음 電氣泳動用 試料로 사용했다. 卵殼은 8 M Urea, 0.07 M, DTT 0.05M Tris-HCl(pH 8.9), 1.5 mM EDTA(2Na), 1.5 mM Lisine의 Lysate Buffer를 사용하여 實溫에서 2時間 정도 溶解시켰다. Sample液量의 50%(V/V)가 되도록 0.42M Iodoacetamide를 첨가한 후 약 30분간 차광상태에서 반응시켰다. 여기에 2-Mercaptoethanol을 最終濃度 3%가 되도록 添加하여 電氣泳動用 試料로 使用하였다.

電氣泳動은 2次元 電氣泳動法(Goldsmith et al., 1980; Nadel and Kafatos, 1980)을 利用했다. 即 2% carrier ampholine(4-6.5 Pharmacia)을 含有한 5% Acrylamide gel을 支持體로 한 等電點 電氣泳動을 1次元 電氣泳動으로, 6.5M Urea, 0.5% SDS를 含有한 10% acrylamide gel에 의한 SDS-PAGE를 2次元 電氣泳動으로 하였다. 等電點 電氣泳動後 2次元 電氣泳動用 gel은 -20°C의 冷凍庫에 보관하였다가 使用했고, 나머지 gel은 10% TCA에 固定한 後 0.01% CCB(G 250)으로 染色하였다.

SDS-PAGE 2次元 電氣泳動은 O'Farrell(1975)의 方法에 準했으며 泳動이 끝난 gel은 20% TCA에 固定하고 0.25% CBB(R-250)으로 染色한 後 7.5% acetic acid 溶液으로 脫色하였다.

結 果

1. 멧누에와 집누에의 種間交雜

種間交雜에는 멧누에를 母體로 한 것과 집누에를 母體로 한 것등 2 種類의 種間交雜種을 만들었다. 이들

Table 1. Yields of F_1 hybrid between *B. miri* and *B. mandarina*

Strain	Egg color	Egg size (mm)	No. of egg laying	Hatchability (%)	Larval duration (days)
<i>B. mandarina</i> (♀) × <i>B. mori</i> (♂)	dark gray	*L 1.3±0.5 **W1.0±0.3	400±50	68.9	17±3
<i>B. mori</i> (♀) × <i>B. mandarina</i> (♂)	dark gray	L 1.2±0.5 W 1.0±0.3	550±50	85.7	18±3

* L, Length of eggs; W, Width of eggs.

種間交雜種의 卵形質 및 飼育 結果를 표 1에 나타냈다. 交雜種에서의 卵色은 母體에 關係없이 暗灰色을 나타내었으며 이 색은 멧누에卵의 色과 거의 類似했다. 卵의 크기는 兩 雜種間에 큰 差異가 없었으며 產卵數는 母體의 影響을 받는 것으로 나타났다.

幼蟲斑紋은 交雜形式에 關係없이 멧누에斑紋(moricaud)을 나타내었으며 全 幼蟲期間은 14-20日 정도로서 멧누에와 집누에 어느쪽보다도 짧았다.

고치의 모양은 母體와 비슷하였으며 크기는 交雜形式에 關係없이 멧누에와 집누에의 中間이 되었다. 그러나 靑色에 있어서는 有色이 優性으로 나타났다.

한편 交雜種의 蛹기간 및 羽化傾向은 집누에와 거의 비슷하였으며 羽化後 產卵 및 孵化習性은 母體의 特性을 따르는 것으로 나타났다.

2. 卵殼構造

1) 卵殼의 表面構造

멧누에와 집누에卵의 表面構造를 그림 1에 나타냈다. 멧누에(그림 1-1a)와 집누에(그림 1-2a)의 卵은 크기나 모양에 있어서 兩 種間에 거의 비슷하였으며 精孔部(그림 1-1b, 2b)에 있어서도 그 構造의 差異는 거의 認定할 수 없었다.

卵의 側面部(그림 1-1c)에서는 집누에의 경우 胞卵皮膜細胞가 接하는 境界部가 다소 隆起되어 形成된 그물상 構造를 나타냈다. 이 構造에 의해 둘러싸인 區劃內에는 形態와 크기가 不規則한 3-8個의 小塊가 觀察되었다.

멧누에는 3개의 胞卵皮膜細胞가 만나는 部位가 卵 表面으로부터 隆起되어 있으며 집누에와 같은 그물상 構造는 認定할 수 없었다.

交雜種의 卵 側面部의 觀察像을 그림 2에 나타냈다. 집누에 母體의 交雜種(그림 2-a)의 경우 그물상 構造를 나타내는 隆起된 境界部位가 집누에보다 넓어졌으며 그물상 區劃內의 小塊는 1個 혹은 거의 없었다. 멧누에 母體의 交雜種(그림 2-b)의 경우 胞卵皮膜細胞의 境

界部가 더욱 隆起되어 明確한 그물상 構造를 나타냈으며 멧누에에서는 보이지 않았던 氣孔開口部가 觀察되었다. 그러나 집누에 母體의 交雜種과 멧누에 母體의 交雜種이 卵 側面部 表面構造는 大體的으로 兩 種이 類似하면서 各各의 交雜母體쪽의 表面構造와도 비슷하였다.

2) 卵殼의 斷面構造

멧누에와 집누에 및 交雜種의 卵殼斷面構造를 그림 3에서 나타냈다. 집누에의 卵殼은 內層, 中層 및 外層의 3層으로 區分되는데 內層은 1 μm內外의 얇은 海綿狀構造로 되어 있으며 中層은 두께 10-12 μm으로 30-35個의 lamella層이 規則的으로 配列되었으며 外層은 中층보다 치밀한 lamella層으로 되어 있다.

멧누에의 경우 內層 및 中層은 집누에와 類似했으나 外層은 크기와 形態가 不規則한 圓錐狀의 突起構造를 나타내며 最外層에는 組織이 緻密하지 못한 玢개層이 觀察되었다.

交雜種의 경우 집누에 母體(그림 3-c)인 것과 멧누에 母體(그림 3-d)인 것 모두 內層, 中層 및 外層의 3層으로 區分되었으며 內層과 中層의 구조는 서로 類似했다. 外層에 있어서는 멧누에의 그것 보다는 다소 扁平한 圓錐狀의 突起構造가 觀察되었다. 또한 突起構造를 둘러 싸고 있는 玢개層도 觀察되었다. 그러나 圓錐狀의 突起構造는 멧누에가 卵의 全部에서 觀察되나 側面中央部에서는 그 構造가 다소 不分明하며 痕迹만 남아 있는 것도 있었다. 특히 圓錐狀의 突起構造와 玢개層構造는 卵의 주변부로 갈수록 그 構造가 더욱 뚜렷하게 나타났다.

한편 집누에 母體의 交雜種과 멧누에 母體의 交雜種은 卵殼斷面構造에 있어서 거의 差異를 認定할 수 없었으며 交雜形式에 關係없이 멧누에쪽의 卵殼構造를 닮는 것으로 나타났다.

3) Chorion 蛋白質의 電氣泳動

2次元 電氣泳動에 의한 멧누에, 집누에 및 交雜種의

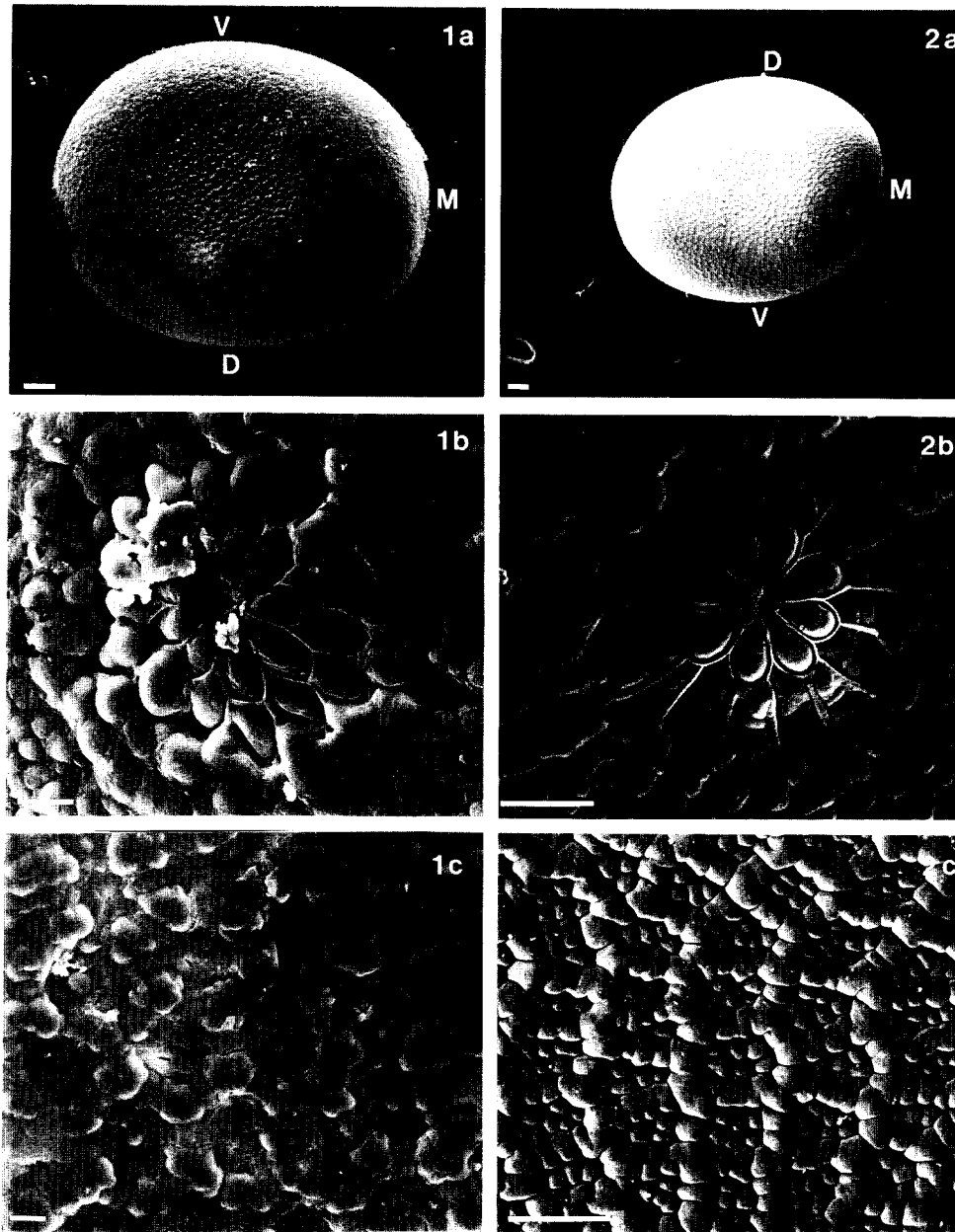


Fig. 1. Scanning electron micrographs of the outer surface of a mature egg-shell. 1(a-c), *Bombyx mori*; 2(a-c), *Bombyx mandarina*; a, whole view; b, micropyle region; c, lateral/flat region. V, ventral region; D, dorsal region; M, micropyle region. 1a scale bar=100 μm , 1(b-c)=10 μm , 2a=50 μm , 2(b-c)=20 μm .

chorion 蛋白質 分析結果를 그림 4에 나타냈다. Chorion 蛋白質은 10여개의 主要成分과 40여개의 微量成分으로 分離되었으며 等電點 4.0~6.5, 分子量 10~50 kd에 大部分의 成分이 檢出되었다.

먼저 집누에(그림 4A)와 멧누에(그림 4B)의 경

우를 보면 chorion 蛋白質의 電氣泳動分離 pattern, 成分數, 分子量 및 等電點 등에서는 매우 類似하였으나 그림 4A와 그림 4B의 화살표(◀)로 표시한 成分들이 집누에와 멧누에의 卵殼에서 各各 特異적으로 檢出되었다.

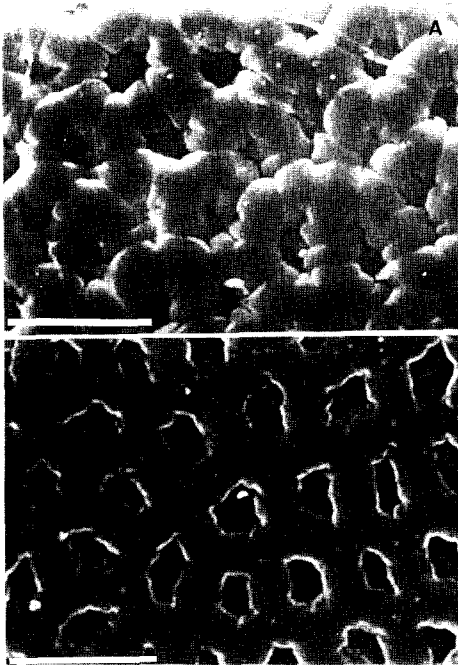


Fig. 2. Scanning electron micrographs of the outer surface of laterla (flat) region in a mature egg-shell. A, *B. mori* x *B. mandarina*; B, *B. mandarina* x *B. mori*. Scale bar = 50 μ m.

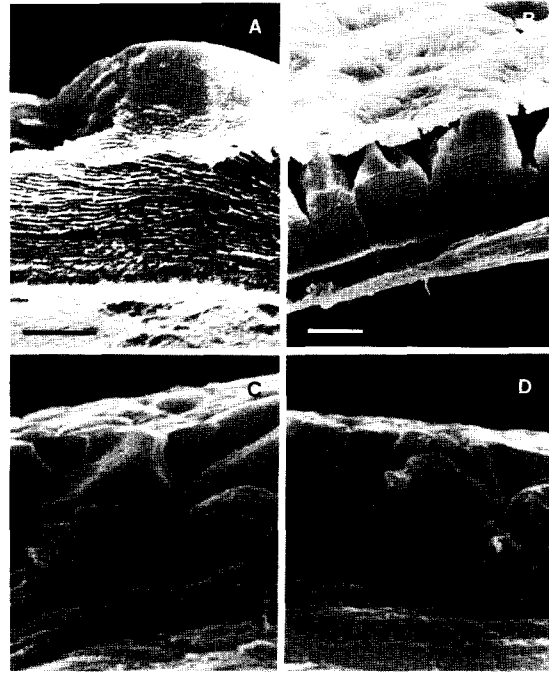


Fig. 3. Scanning electron micrographs of chorions vertically ripped at lateral (flat) region of mature eggs. A, *Bombyx mori*; B, *Bombyx*; C, *B. mori* x *B. mandarina*; D, *B. mandarina* x *B. mori*. Scale bar = 10 μ m.

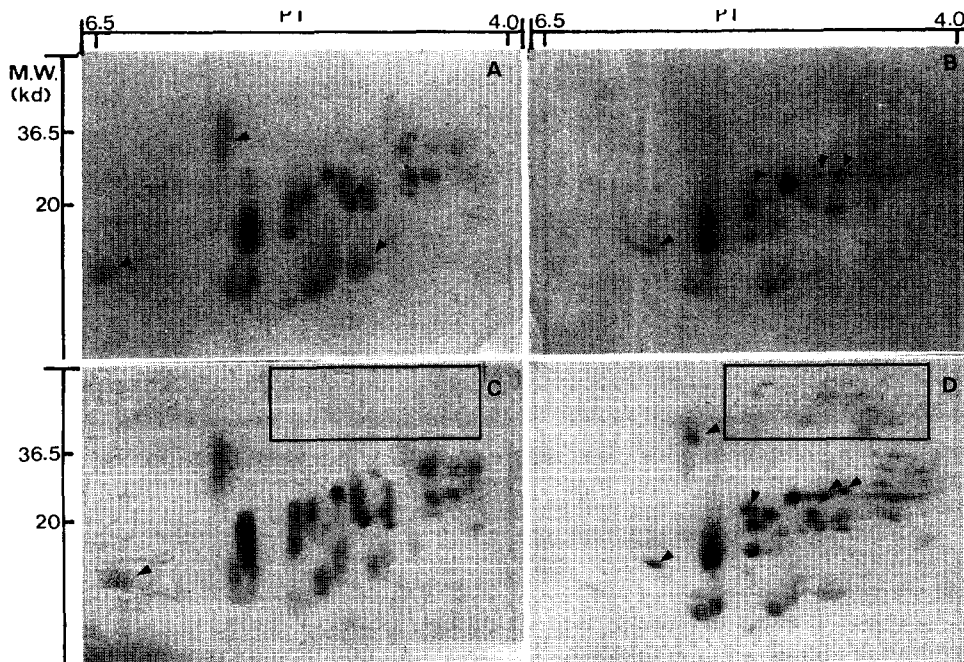


Fig. 4. Two-dimensional electrophoresis of chorion proteins of *Bombyx mori*, *Bombyx mandarina* and their *F*₁ hybrids. A, *Bombyx mori*; B, *Bombyx mandarina*; C, *B. mori* x *B. mandarina*; D, *B. mandarina* x *B. mori*.

交雜種의 경우 집누에를 母體(그림 4C)로 한 것은 집누에와, 멧누에를 母體(그림 4D)로 한 것은 멧누에와 매우 類似했으며 交雜種에서 만이 特異的으로 檢出되는 成分은 거의 認定할 수 없었다.

한편 交雜種의 경우 그림 4C와 그림 4D의 化學分析 成分들에 있어서는 집누에 母體의 交雜種과 멧누에 母體의 交雜種에서 각각 特異的으로 檢出된 것이며 이들 成分은 멧누에와 집누에의 chorion 蛋白質의 경우와 매우 類似했다. 한편 멧누에를 母體(그림 4D)로한 交雜種의 chorion 蛋白質에서 四角으로 표시한 부분의 成分들이 微量이지만 멧누에 母體의 交雜種에서 特異的으로 檢出되었다.

考 察

現在の 집누에가 멧누에로 부터 選抜·固定 되었다면 그 變異過程은 대단히 흥미있는 사실이라고 할 수 있으나 馴化過程에서의 멧누에 形質의 變異를 파악하는 것은 現段階로서는 무리라고 할 수 있다. 따라서 本實驗에서는 間接的인 方法의 하나로 멧누에와 집누에 間의 種間交雜에 대하여 調査를 하였다. 種間交雜에 있어서는 幼蟲經過日數, 繭重 등이 雜種強勢 現象을 나타냈으며 產卵性 및 孵化習성은 交雜한 母體의 影響을 받고 幼蟲斑紋, 繭色 등은 交雜形式에 관계없이 멧누에의 特性을 따랐다.

이 사실들은 멧누에가 人類에 의해 選抜·馴化되는 過程에서 產卵性, 幼蟲의 成長發育 및 繭質 등의 主要的인 形質에 대한 選抜이 行해졌을 것이고 그 結果 一部形質은 優秀하게 된 반면 人間에 의해 만들어진 人爲的인 環境에 適應하면서 野生성은 점차 弱화되었을 것이라는 推測을 하게 한다. 따라서 집누에가 野生의 멧누에로 부터 選抜·馴化되어 現在の 집누에로 되었다고 한 吉武(1967)의 주장은 상당히 妥當한 것으로 思料된다.

한편 卵形成의 最終段階에서 形成되는 卵殼(chorion)은 卵黃膜을 덮고 있는 堅固하고 彈力性있는 膜으로서 部位特異的인 構造와 複雜한 生理作用을 가진다(Sander et al., 1985). 멧누에卵과 집누에卵은 基本的인 卵殼構造에 있어서는 類似하지만 細部構造에서는 種 特異的인 構造가 認定되고 있다. 따라서 兩種의 卵殼構造는 멧누에와 집누에의 類緣關係와 馴化過程을 解明할 수 있는 좋은 素材가 될 수 있을 것으로 생각된다.

멧누에와 집누에의 種間交雜 F₁ 卵의 側面構造가 各各의 交雜母體와 비슷한 것은 卵形成過程에서 母體의 影響이 큰 것처럼 보이나 交雜種 둘 간에 있어서는

類似한 것으로 보아 이 部位의 卵殼構造는 構造的인 變異가 意外로 쉽게 일어날 수 있다는 것을 示唆한 뿐만 아니라 人爲的인 環境條件에 의해서도 影響을 받을 수 있다고 생각된다. 即 멧누에의 卵殼表面에는 氣孔開口部가 없으며 卵殼의 全部位로 부터 gas 交換이 이루어질 것이라고 했는데(廣, 1990) 交雜種에서는 모두 氣孔開口部가 觀察되었다. 집누에와 野生 멧누에의 種間交雜이 집누에쪽의 構造的인 氣孔開口部를 卵殼 表面構造에 나타낸다면 人爲的인 環境條件에서 馴化된 形質은 比較的인 流動性이 있는 形質인 同時에 次代에 優性的으로 作用할 수 있다는 사실을 暗示한다고 하겠다.

또한 交雜種의 卵殼斷面 構造는 交雜形成에 관계 없이 멧누에 및 집누에와 마찬가지로 3層으로 區分되며 外層에는 圓錐狀의 突起構造와 덮개층 構造가 觀察되었다. 그러나 圓錐狀의 突起構造는 원추의 모양이 멧누에의 그것에 비해 다소 편평하며 난의 全部分에서 원추모양의 發見이 상당히 鈍化되어 있었다.

이와 같은 사실은 멧누에의 突起構造層이 집누에로 馴化되는 過程에서 집누에의 外層構造로 變異되었다는 것을 짐작케 한다. 即 집누에 卵殼外層部의 緻密한 lamellae 構造가 멧누에 突起構造層의 層狀構造와 類似하며 外層部의 卵殼構造가 表面構造의 凹凸에 따라 사다리꼴의 形態를 나타내는 점 등으로 볼 때 집누에 卵의 外層部構造는 멧누에의 突起構造層으로부터 變異된 것이라고 推測할 수 있다.

한편 chorion 蛋白質의 成分分析에서 電氣泳動 pattern, 成分數, 分子量 및 等電點 등에 있어서 交雜種은 交雜한 母體의 chorion 蛋白質成分과 類似하였다.

이것은 집누에와 멧누에의 卵殼構造가 基本的으로 類似하다는 것과 멧누에의 突起構造層과 집누에의 外層構造가 實際的으로는 構造的으로 비슷한 점이 많다는 것 등과도 密接한 關係가 있다고 생각된다. 또한 交雜種에 나타나는 멧누에型의 特異的인 卵殼構造는 chorion 蛋白質의 成分變異나 혹은 새로운 成分의 合成에 의한 特異構造라고 하기 보다는 卵殼構造가 構築되는 過程에서 包卵皮膜細胞의 機能的인 特性이 強하게 作用한 結果라고 생각된다.

摘 要

집누에와 멧누에의 種間交雜에 의한 卵殼構造 및 chorion 蛋白質의 變異와 兩 種間의 類緣關係를 檢討했다.

1. 交雜種 卵의 側面部의 卵殼表面構造는 兩 種이

모두 집누에와 類似한 그물상構造를 나타내지만 各 各의 交雜 母體쪽의 構造와 類似했다.

2. 交雜種에서의 卵殼斷面構造는 뱃누에의 構造와 類似했으며 最外層인 ด้개층은 側面部에서 周邊部로 갈수록 더욱 뚜렷이 觀察되었다.

3. Chorion 蛋白質의 成分分析 結果 等電點이 4.0-6.5, 分子量 10-50 kd 사이에 大部分의 成分이 檢出되었으며 交雜種이 chorion 蛋白質成分은 泳動 pattern, 成分數, 等電點 및 分子量 등에 있어서 交雜母體의 chorion 蛋白質과 類似했다.

引 用 文 獻

- Astaurov, B. L., M. D. Garisheba and I. S. Radinskaya (1959) Chromosome complex of Ussuri geographical race of *Bombyx mandarina* M. with special reference to the problem of the origin of the domesticated silkworm, *Bombyx mori* L. Cytology I 327-332.
- Goldsmith, M. R., E. C. Rattner, M. D. Koehler, S. R. Balikov and S. C. Bock (1980) Two dimensional electrophoresis of small molecular weight proteins, Anal. Bioch. 99 : 33-40.
- 川口 榮作 (1923) 家蠶と野蠶との雜種における細胞學的研究(豫報), 日動雜 35 : 408-411.
- Kawasaki, H., H. Sato, and M. Suzuki (1970) Structural proteins in the silkworm egg-shells, Insect Biochem. 1 : 130-148.
- Kawasaki, H., H. Sato, and M. Suzuki (1972) Structural proteins in the egg-shells, of silkworms, *Bombyx mandarina* and *Antheraea mylita*., Insect Biochem. 2 : 53-57
- 松崎 守夫 (1968) 家蠶卵의 卵殼形成에 關する 電子顯微鏡的研究, 日蠶雜 37 : 483-490
- Maekawa, H., K. Mikitani and O. Ninaki (1988) Nucleous organizers in the wild silkworm *Bombyx mandarina* and the domesticated silkworm *Bombyx mori*, Chromosoma(berl) 96 : 263-269.
- Murakami, A. and H. Imai (1974) Cytological evidence for holocentric chromosomes of silkworm, *Bombyx mori* and *Bombyx mandarina*, Chromosoma 47 : 167-178.
- Nadel, M. R. and F. C. Kafatos (1980) Specific protein synthesis in cellular differentiation. (4) The chorion proteins of *Bombyx mori* and their program of synthesis, Dev. Biol. 75 : 26-40
- 盧時甲 (1990) 韓國產 뱃누에(*Bombyx mandarina*)에 있어서 卵殼遺傳子의 形質發現. I. 卵殼構造의 特異性과 chorion 蛋白質, 韓應昆誌 29 : 157-164.
- O · Farrell, P. H. (1975) High resolution two dimensional electrophoresis of proteins, J. Biol. Chem. 250 : 4007-4021.
- 大木規 良樹 · 神田 俊男 · 松村 初太郎 (1977) 家蠶의 卵殼의 表面構造. II. 卵의 部位による 特異性, 日蠶雜 48 : 45-50.
- Regier, J. C., G. D. Mazur, and F. C. Kafatos (1980) The silkworm chorion V Morphological and biological characterization of four surface regions, Dev. Biol. 76 : 286-304.
- Sander, K. H., O. Gutzeit and H. Jackel (1985) Insect embryogenesis, morphology, physiology, genetical and molecular aspects, in "Comprehensive insect Physiol. Biochem. and Phayamacology". Vol. 1 : 321-385.
- 吉武 成美 (1967) 品種의 概念 : 카이코의 品種について, 實驗動物 16(3) : 10-15.
- 吉武 成美 (1968) 日本産クワコの エステラーゼ "およひホスハタ-セ" 型의 地域的差異, 日蠶雜 37(3) : 195-200
- 吉武 成美 (1984) 家蠶生化學, 伊藤智夫 編著, 裳華房 (東京) : pp. 1-19.