

突然變異 不眠蠶(*nmⁿ*)의 不眠形質의 發顯

柳賢珠 · 盧時甲
慶北大學校 農科大學

Phenotypic Expression of the Non Molting Gene in The 'Non-molting of Nho' of *Bombyx mori*

Hyun Joo Ryou and Si Kab Nho

College of Agriculture, Kyungpook National Univ. Taegu, Korea

Abstract

Studies were carried out to investigate physiological and biochemical analysis of recessive lethal mutant "*nm*" and to observe the cuticle formation and dermal gland. All *nm* homozygous larvae continued to eat a few mulberry leaves, and died without entering into molt. In case of artificial hatching, eggs had a higher *nm* individual segregation ratio than in hibernating eggs. The percentage of *nm* individuals with the hatching days was alike during 3 days period. As a result of histological observation, *nm* mutant's dermal gland was different from normal dermal gland in form and size. Normal was formed new cuticle in the middle of the molting, but not in *nm* mutant. Total protein content in haemolymph of the normal larva was more than that of *nm* mutant and there was a difference between normal and *nm* mutant protein components.

Key words : Non-molting, gene, phenotypic expression, silkworm

緒 論

누에에는 현재까지 多數의 致死遺傳자가 알려져 있는데 이들의 대부분은 胚子期에 致死作用을 나타내며 幼蟲期에 致死形質이 發見되는 것은 소수에 불과하다(Doira, 1978). 그 중에서 孵化後 2~3일째부터 발육이 遲延되기 시작하여 1주일에서 10일 정도 경과하여도 잠에 들지 못하고 致死하는 不眠蠶으로 總稱되는 一部の 變異體들이 알려져 있다. 지금까지 밝혀진 不眠蠶으로는 1령 幼蟲 상태로 약 2주간 生存하다 致死하는 *nm* 不眠蠶(梅谷, 唐澤, 1930), 皮膚가 透明하게 되고 眠에 드는 일이 없이 5~6일 정도 후 致死하는 *nm-d* 不眠蠶(土井良, 1984), 即時浸酸을 했을 때는 1령 幼蟲인채로 致死하지만 越年을 했을 때는 催靑死卵으로 되는 *nm-m* 不眠蠶(清水等, 1983) 그리고 일부 幼蟲은 2령기까지 발육하지만 眠에 들지

못하고 致死하는 *nm-g* 不眠蠶(清水, 1983) 등이 있으나 聯關群檢索 및 遺傳子座位 결정 등의 遺傳學的 연구가 이들 變異體에 대한 연구의 대부분이며 不眠形質의 成因이나 상세한 形質發現構成에 대한 연구는 극소수에 불과하다.

瀧澤(1966)는 *nm* 不眠蠶系統의 脫皮腺을 組織學的으로 觀察하여 不眠蠶의 脫皮腺은 分泌細胞의 細胞質에 少數의 巨大한 空胞가 보이는 특징을 나타낸다고 하였다. 또한 Nagata 등(1987)은 *nm-g* 不眠蠶의 2령 幼蟲에 ecdysone을 微量 注射하여 脫皮를 誘導하였으나 계속적인 幼蟲脫皮는 認定되지 않았다고 하였다.

本大學의 保存 蠶品種中 日本種의 한 系統에서 不眠蠶이 發生한 1구를 發見하였다. 이 不眠蠶 系統은 1령 2일째까지는 正常누에와 外觀上 識別이 곤란하지만 3일째가 되면 正常蠶은 胸部가 흰색을 腹部는 갈색을 나타내는데 비해 不眠蠶은 전체가 암갈색으로

前日과 거의 같은 상태로 있었다. 日數가 경과함에 따라 皮膚가 광택을 내며 극히 소량의 食桑은 계속 하지만 孵化 後 7~8일경이 되면 대부분이 致死하였다(盧, 金, 1989).

盧, 土井良(1991)의 遺傳子 分析 및 聯關檢索 結果 本 不眠蠶은 제 11 聯關群의 K遺傳子(11-23.2)와 聯關되어 있고 前述의 nm 遺傳子(11-11.6, 清水 等, 1980)와 對立關係에 있다는 事實을 確認하였다. 따라서 本 不眠蠶 系統의 遺傳子 記號를 nm"으로 命名하였다.

本 研究는 不眠 致死遺傳子(nm")의 形質發現構造를 詳明하기 위한 一環으로 生理 形質의인 性狀의 調查와 함께 幼蟲 脫皮와 밀접한 關係가 있을 것으로 생각되는 皮膚 및 脫皮筊을 細胞組織學的으로 觀察하였다. 또한 不眠蠶의 成因을 밝히기 위한 實驗의 하나로 稚蠶期 幼蟲의 體液 蛋白質에 대한 分析을 實施하였다.

材料 및 方法

供試材料

不眠蠶 系統은 慶北大學校 絹織維學科 保存의 日本種 K24系統으로부터 發見된 自然突然變異體이다. 聯關分析 結果, 遺傳子 記號는 nm"으로 命名되었으므로 nm" 遺傳子를 hetero로 갖는 +/nm" 개체를 相互 交配하여 얻어진 차대에서 正常蠶과 不眠蠶이 약 3 : 1의 比率로 分離되었다. 따라서 本 實驗에서는 不眠蠶이 分離된 區의 正常蠶과 不眠蠶을 各各의 供試材料로 使用하였다.

2. 實驗方法

1) 不眠蠶의 發現比率

(1) 孵化日數에 따른 不眠蠶의 發現比率

孵化日數에 따른 不眠蠶의 發現比率은 孵化 3일동안 孵化한 幼蟲頭數에 대한 不眠蠶의 出現頭數를 날 別 比率로 나타냈다.

(2) 蠶種 보호조건에 따른 不眠蠶의 發現比率

越年卵과 人工孵化卵(即浸卵, 冷浸卵) 各 20~30蛾 區에 대하여 全孵化頭數에 대한 不眠蠶의 出現頭數를 比率로 나타냈다.

2) 不眠蠶의 生存比率

正常蠶과 不眠蠶의 구별이 가능한 孵化 3일부터 9일까지 매일 致死하는 不眠蠶의 頭數를 調査하여 比率로 나타냈다.

3) 蠶體重의 變化

1령 1일부터 3령 1일까지 正常蠶과 不眠蠶을 各各

50頭씩 3反復하여 體重을 測定하였다.

4) 組織學的 觀察

孵化 2일부터 4일까지의 正常蠶과 不眠蠶을 各各 -20℃ Carnoy 固定液(ethyl alcohol 6 : chloroform 3 : acetic acid 1)에 약 24시간 固定하여 alcohol系에서 脫水한 후 paraffin에 封入하였다. 5~7 μm의 두께로 paraffin切片을 만든 후 Delafield의 方法에 의해 hematoxylin과 eosin에 二重染色하여 光學顯微鏡下에서 觀察하였다.

5) 生化學的 分析

(1) 體液蛋白質의 定量

正常蠶과 不眠蠶의 體液蛋白質의 濃度 測定은 Lowry(1959)의 方法에 準하였으며 720 nm에서의 吸光度를 測定하여 bovine serum albumin에 의해 作成한 標準曲線을 利用하여 實際濃度로 換算하였다.

(2) 體液蛋白質의 電氣泳動

體液蛋白質의 電氣泳動은 Davis(1964)의 方法에 準하였으며 6.4%의 polyacrylamide를 支持體로 한 native column 電氣泳動을 實施하였다. 泳動은 20 mA에서 약 2시간동안 하였으며 泳動이 끝난 gel은 0.1%의 coomassie brilliant blue R-250으로 染色한 후 7.5% acetic acid, 5% methyl alcohol 溶液으로 脫色하였다.

結 果

1. 孵化日數에 따른 不眠蠶의 發現比率

보통의 누에는 대략 3일동안 孵化를 하는데 孵化하는 날짜에 따른 不眠蠶의 發現比率을 표 1에 나타냈다. 孵化頭數에 대한 不眠蠶의 發現比率은 1일째에는 9.5%, 2일째에는 11.6%, 3일째에는 11.3%로 不眠蠶이 發現하는 比率은 孵化日數에 관계없이 거의 一定했다.

2. 蠶種의 보호조건에 따른 不眠蠶의 發現比率

越年卵과 人工孵化卵에 있어서 不眠蠶의 發現比率을 표 2에 나타냈다. 표에 나타난 바와 같이 同一한 不眠蠶系統임에도 불구하고 蠶種의 보호조건별로 큰 差異를 보였는데 越年卵 3.5%, 即浸卵 13.6%, 冷浸卵 10.4%로 越年卵에 비해 人工孵化卵에서 높게 나타났으며 특히 即浸卵의 경우에 가장 높게 나타났다. 또한 孵化比率이 높을 때에 不眠蠶의 發現比率도 높았다.

3. 不眠蠶의 生存比率

不眠蠶은 孵化 後 3日頃부터 나타나기 시작하여 8日頃이 되면 대부분 致死한다. 그림 1은 日數의 經

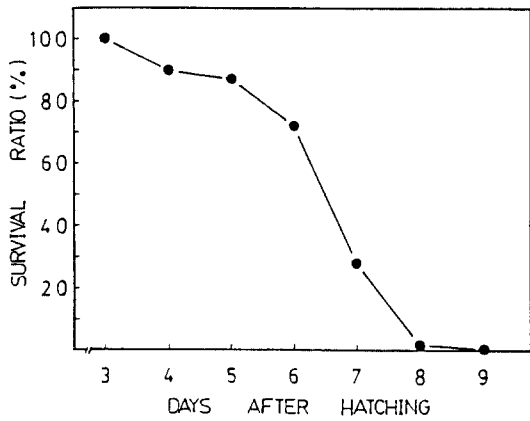


Fig. 1. Changes in survival ratio of *nmⁿ* mutant during early larval period.

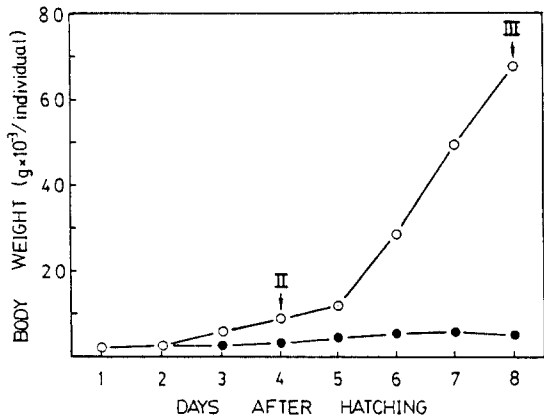


Fig. 2. Changes of body weight of normal and *nmⁿ* mutant during early larval stage. Open circles, normal; Closed circles, *nmⁿ* mutant. Roman numerals in the figure indicate the developing stages of larvae.

過에 따라서 致死하는 不眠蠶의 頭數를 調査한 後 남아있는 不眠蠶을 比率로 나타낸 것이다. 孵化後 4일째에는 90%, 6일째부터 8일째에 대부분의 不眠蠶은 致死했다.

4. 不眠蠶體重의 變化

孵化後 1일부터 8일까지의 正常蠶과 不眠蠶의 體重을 測定한 結果는 그림 2와 같다. 正常蠶의 경우 孵化後 4일까지는 서서히 增加하다가 5일 이후부터는 급격히 增加하는데 비해 不眠蠶의 경우 外觀上 區別이 가능한 孵化 3일부터 體重은 거의 變化가 없으며 致死 直前인 8일경에는 오히려 減少하는 傾向이었다.

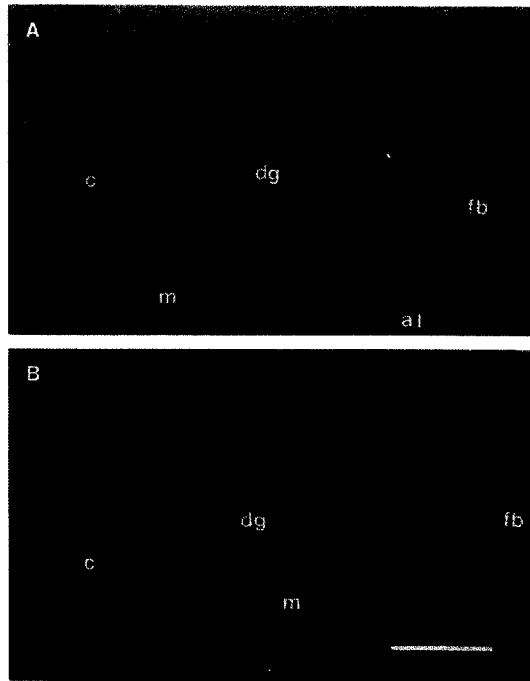


Fig. 3(I). Light micrographs of the dermal gland from the 1st segment in normal (a) and *nmⁿ* mutant (b) on time before 1st molt. c, cuticle; dg, dermal gland; m, muscle; fb, fat body; al, alimentary canal; Scale bar=50 μ m.

5. 組織學的 觀察

正常蠶의 1령 眠前, 眠中 및 2령 起蠶 때의 正常蠶과 不眠蠶의 表皮 및 脫皮腺組織 觀察像을 그림 3에 나타냈다.

1眠前(催眠期)의 正常蠶(그림 3(I(a))) 第1體節 部位의 脫皮腺은 가늘고 편평한 원반형을 나타내며 그 크기는 長徑 100 μ m, 短徑 20 μ m 정도이었으나 分泌細胞의 발달은 아직 微弱하였다. 不眠蠶의 경우(그림 3(I(b))) 일정한 모양의 脫皮腺이 形成되어 있지 않으며 分泌細胞의 모양이나 크기가 대단히 불규칙할 뿐만 아니라 細胞의 數에 있어서도 顯著히 적었다. 사진에서 나타난 바와 같이 1眠 催眠期가 되면 正常蠶의 경우 아직 완전한 分化는 되지 않았지만 新포피의 形成이 認定되었다. 1眠中 正常蠶의 脫皮腺 組織을 보면(그림 3(II(a))), 腺組織은 더욱 발달하여 長橢圓型을 나타내며 腺體內에는 空胞型 分泌細胞들로 가득차게 된다. 그림 3(I)과 同一한 部位임에도 불구하고 脫皮腺의 크기는 長徑 95 μ m, 短徑, 55 μ m로 발달했다. 不眠蠶의 경우(그림 3(II(b))) 脫皮腺은 形

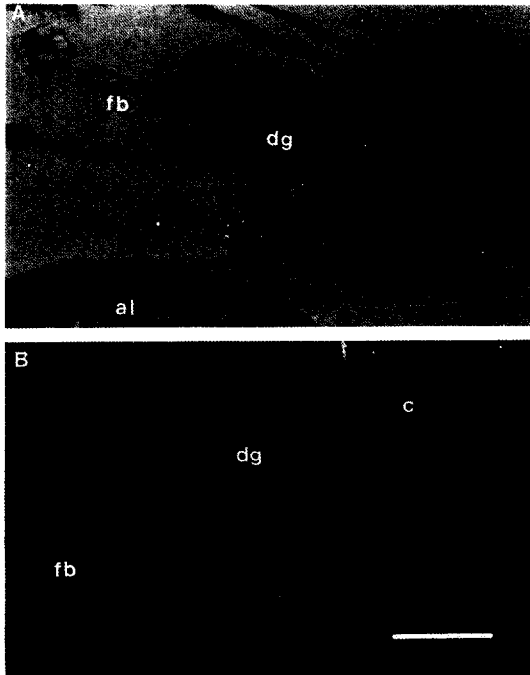


Fig. 3(II). Light micrographs of the dermal from the 1st segment in normal (a) in the middle of the 1st molting. Symbols are the same as those in Fig. 3(I).

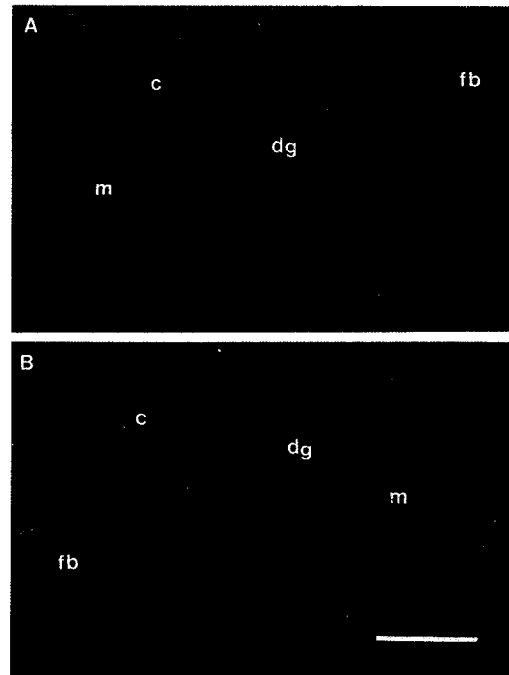


Fig. 3(III). Light micrographs of the dermal gland from the 1st segment in normal (a) and *nm*^m mutant (b) on time after 1st ecdysis. Symbols are the same as those in Fig. 3(I).

성되어 있으나 그 크기가 長徑 45 μ m, 短徑 20 μ m로서 正常蠶의 약 1/2에 지나지 않았다. 또한 매우 불규칙한 分泌細胞들이 1層의 細胞層을 形成하고는 있지만 거의 발달되어 있지 않았다.

眠中의 正常蠶은 新皮膚가 完成되어 있을 뿐만 아니라 이미 新皮는 舊皮로부터 완전히 遊離된 상태였다(그림 3(II(a))의 화살표). 그러나 不眠蠶의 경우 新皮膚의 形成은 전혀 認定되지 않으며 오히려 表皮層이 점차 얇아지는 傾向을 나타냈다.

1眠 脫皮後 脫皮腺 組織의 觀察像을 그림 3(III)에 나타냈다. 脫皮가 끝난 正常蠶의 경우(그림 3(III(a))) 脫皮腺의 크기에 있어서는 眠中과 거의 同一하지만 腺體內 細胞質의 대부분은 空胞 狀態로 存在하였다. 한편 不眠蠶의 경우(그림 3(III(b))) 脫皮腺의 크기에 있어서는 前日과 비교해서 거의 變化가 없으며 腺內에는 크기와 모양이 불규칙한 分泌細胞들이 密集되어 있는 것으로 나타났다.

6. 體液蛋白質의 濃도와 成分의 經時的 變化
 孵化後 2일부터 7일까지의 正常蠶과 不眠蠶에 있

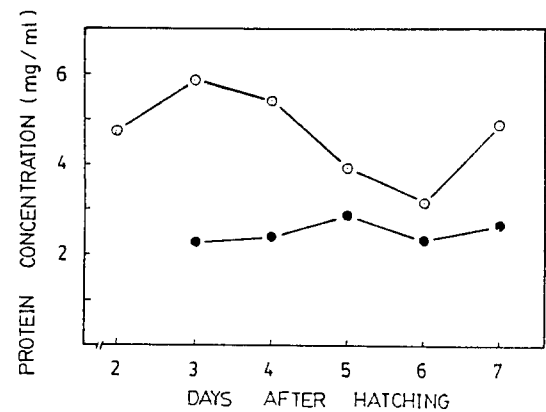


Fig. 4. Changes in haemolymph protein concentration during the early larval period. Open circles, normal; Closed circles, *nm*^m mutant.

어서 體液蛋白質의 濃度變化를 그림 4에 나타냈다. 正常蠶의 體液蛋白質量은 眠前에 약 6 mg/ml으로 1령중 最高值를 나타내지만 이후 2령 初期까지 減少

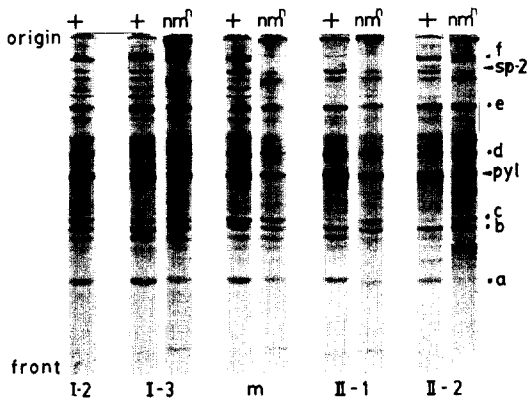


Fig. 5. Electrophoretic patterns of haemolymph protein of the normal and the *nm*ⁿ mutant during early larval period. I-2~II-2, the developing stages after hatching; *pyl*, young larval protein; *sp-2*, storage protein 2; *a, b, c, d, e, f*, the major protein components of haemolymph.

하다가 2령 末期에 다시 增加하여 孵化後 7日頃에는 5 mg/ml를 나타냈다.

여기에 비해 不眠蠶의 경우는 孵化 3일째에 2.2 mg/ml를 나타냈으며 日數가 經過함에 따라 多少 增減은 있지만 큰 差異는 認定할 수 없었다.

1령 2일부터 2령 2일까지의 正常蠶과 不眠蠶의 體液蛋白質 組成을 電氣泳動法에 의해 分析하였다(그림 5). 正常蠶의 1, 2령기 體液蛋白質은 8개의 主要成分과 10數個의 微量成分으로 分離되었다. 幼蟲이 成長함에 따라서 主要成分들의 濃度增加는 認定되지만 각 령기에 다른 特異的인 成分의 變化는 認定할 수 없었다. 한편, 不眠蠶의 경우 檢出된 蛋白質 成分은 全 調査 期間을 통해 거의 變化가 없었으며 1령 3일째 나타났던 助成이 致死할 때까지 큰 變化없이 維持되었다. 1, 2령기 血液蛋白質 成分中 대표적 成分인 若齡幼蟲蛋白質 *pyl*을 살펴보면 正常蠶의 20~30% 정도의 濃度를 나타냈으며 특히 貯藏蛋白質 *sp-2*의 경우 거의 消失되거나 微量成分으로 밖에 存在하지 않았다. *pyl*과 *sp-2*를 제외한 主要成分 *a, b, c, d, e, f*성분의 경우 發育에 따른 正常蠶과의 차이는 거의 認定할 수

없었다.

考 察

누에에 있어서 不眠蠶이라 함은 飼育環境이나 營養的인 原因에 의한 生理的 不眠蠶과 遺傳子에 의해 發現하는 遺傳的 不眠蠶으로 나눌 수 있다. 本 實驗에 사용된 不眠蠶은 本 大學 保存 蠶品種中 日本種 1化成 系統으로부터 발견된 自然突然變異 不眠蠶系統이다 (盧, 金, 1989). 遺傳子 分析 및 聯關檢索의 결과 1개의 劣性遺傳子에 의해 發現되며 *nm* 遺傳子和 對立關係에 있다는 사실이 밝혀졌다(盧, 土井良, 1991). 현재 까지 발견된 不眠蠶은 6種으로서 이들 모두는 각각 다른 染色體上에 座位하고 있으나 本 實驗에 사용된 *nm*ⁿ 遺傳子是 既存의 *nm* 遺傳子(11-11.6)의 對立遺傳子라는 사실에 의해 不眠蠶遺傳子の 復對立遺傳子 群으로서의 存在 可能性을 示唆하며 또한 각각 다른 染色體에 散在하고 있는 多數의 不眠蠶遺傳子の 存在로 인해 이 遺傳子들이 幼蟲의 成長發育과 密接한 關係가 있는 遺傳子일 可能性이 있는 것으로 생각된다.

*nm*ⁿ 不眠蠶은 孵化後 3日頃부터 正常蠶과 구별이 가능하여 전체적으로 암갈색을 띠며 皮膚는 光澤을 내므로서 전형적인 不眠蠶의 性狀을 나타낸다. 극히 少量의 食桑은 계속하지만 體重 增加는 거의 認定할 수 없으며(그림 2) 孵化後 6, 7일경에 대부분의 不眠蠶은 致死하였다(그림 1). 한편 부화날짜별 不眠蠶의 發現比率은 3일동안 거의 비슷했지만 同一 蛾區內에서 첫날 孵化한 幼蟲이나 2, 3일째에 孵化한 幼蟲에서나 不眠蠶의 發現比率은 비슷하였다(표 1). 따라서 不眠蠶의 發現은 卵齡과는 無關하며 正常蠶과 不眠蠶이 胚子期 동안에는 비슷한 發育經過를 나타내는 것으로 생각된다.

越年卵과 人工孵化卵으로부터 孵化한 幼蟲의 不眠蠶 發現比率은 顯著的한 차이를 나타내었는데 人工孵化卵 즉 即浸卵과 冷浸卵의 경우가 越年卵에 비하여 不眠蠶 發現比率이 높았다(표 2). 이 사실은 *nm-d* 不眠蠶(土井良 等, 1983)과 *nm-m* 不眠蠶(清水 等, 1983) 등과도 매우 類似한 것으로서 孵化하지 못한

표 1. Number of *nm*ⁿ individuals with the hatching periods

	1st day of hatching	2nd day of hatching	3rd day of hatching	Total
Number of hatching larvae (A)	3833	2777	646	7256
Number of <i>nm</i> ⁿ individuals (B)	366	321	73	760
<i>nm</i> ⁿ percentage (B/A)	9.5	11.6	11.3	10.4

표 2. Segregation ratio nm^n individuals in hibernating eggs and artificial hatching eggs.

	Hibernating eggs	Artificial hatching eggs	
		Acid-treatment soon after oviposition	Acid-treatment after chilling
Number of eggs (A)	3343	9191	7876
Number of hatched larvae (B)	2156	8064	7285
Hatching percentage (B/A)	64.5	87.7	92.5
Number of nm^n individuals (C)	76	1093	760
nm^n percentage (C/B)	3.5	13.6	10.4

알의 대부분이 催靑死卵으로 된 점으로 보아 不眠蠶으로 될 胚子들의 대부분이 催靑死卵이 되었을 것으로 推測된다. 이와 같은 사실은 不眠蠶의 일반적인 性狀으로는 생각할 수 없으며 長期間의 低溫保護가 原因이 되어 不眠蠶으로 될 胚子の 孵化能力이 低下된 것이라고 생각된다.

한편 脫皮腺은 食桑期에 分泌物을 造成하여 脫皮直前이 되면 新舊兩外皮 사이로 이 分泌物을 放出하는 것으로 알려져 있다(小林, 1951). 不眠蠶의 脫皮不能의 成因中 하나로 새로운 皮膚의 形成과 脫皮腺과의 關係를 생각할 수 있다. 正常蠶의 경우 脫皮腺은 1眠前까지 發育하여(그림 3(I)) 眠中에 가장 팽대했으며 이에 따라 分泌細胞의 크기 또한 증대했다(그림 3(II)). 그러나 脫皮後의 分泌細胞는 脫皮時 分泌物의 放出로 인하여 分泌細胞의 細胞質이 顯著하게 收縮되어 있었다(그림 3(III)). 小林(1951)은 脫皮腺의 中央에 위치하는 核이 脫皮時 分泌物을 放出하는 通路라고 하였는데 齡의 初期에는 비교적 넓게 위치하다가 眠中에는 면적이 많이 줄어들었고 脫皮後에 다시 넓어지는 것이 觀察되었다. 이것은 眠中の 核이 팽대해진 分泌細胞에 의해 壓力을 받았기 때문이라고 推測된다. 여기에 비해 不眠蠶의 脫皮腺은 日數의 經過에 따른 발달이 매우 微弱했으며 核에 있어서도 큰 變化가 없었다. 또한 眠中の 正常蠶에서는 새로운 皮膚가 觀察되는데 비해 不眠蠶에서도 新皮形成이 認定되지 않았다.

不眠蠶의 體液蛋白質은 正常蠶의 그것에 비해 量的 및 質的으로 큰 차이를 나타냈다. 正常蠶의 경우 眠中에는 體液蛋白質이 減少하다가 2齡이 되면 增加했으나 不眠蠶의 경우에는 變化를 거의 認定할 수 없었다(그림 4). 이와 같은 사실은 正常蠶에서는 體液蛋白質의 상당부분이 眠과 脫皮에 이용되었을 것으로 생각되어지며 不眠蠶의 경우는 生成된 體液蛋白質이 거의 이용되지 못하고 體内に 蓄積되기 때문이거나 혹은 生命維持를 위한 最少限의 蛋白質이 生成 利用

되기 때문에 量的으로 거의 變化가 없는 것으로 추정된다.

正常蠶의 稚蠶期 體液蛋白質은 8개의 主要成分과 10여개의 微量成分으로 分離되었다. 특히 稚蠶期 體液蛋白質의 대부분을 차지하는 sp-2(貯藏蛋白質-2)와 pyl(若齡幼蟲型蛋白質)에 있어서는 正常蠶과 不眠蠶간에 큰 차이를 나타냈다. 不眠蠶의 경우 pyl 成分과 sp-2成分은 正常蠶의 20~30% 수준으로 幼蟲經過에 따라서 거의 變化가 없었다. 특히 sp-2성분의 경우 1齡 3日째 이후부터는 극히 미량성분으로 밖에 檢出되지 않았다. 따라서 不眠蠶의 體液蛋白質은 不眠形質이 나타나는 1齡 3日째 이후부터 量과 成分이 거의 變化가 없이 既存의 상태로 유지되는 것으로 생각된다. 이와 같은 사실로 미루어보아 不眠蠶은 體液蛋白質의 持續的인 生成이 이루어지지 못할 뿐만 아니라 生成된 蛋白質도 거의 이용하지 못하는 것으로 생각되며 따라서 體内の 生長代謝가 거의 停止되어 있기 때문에 결국 致死하는 것이라고 推察된다.

摘 要

새로운 突然變異 不眠蠶 nm^n 에 대한 組織學的 觀察 및 生理 生化學的 分析 結果를 要約하면 다음과 같다.

孵化 3일째가 되면 正常蠶은 胸部가 흰색을 腹部는 갈색을 나타내는데 비해 不眠蠶는 전체적으로 암갈색을 띠며 孵化 7, 8日頃이 되면 대부분이 致死한다. 蠶期別 發現比率은 越年卵에 비해 人工孵化卵에서 顯著하게 높았으며 孵化날짜별 不眠蠶의 發現比率은 3일동안 거의 비슷했다.

組織學的 觀察結果 不眠蠶의 脫皮腺은 正常蠶의 그것에 비해 形態나 크기에 있어서 큰 차이를 나타냈으며 正常蠶이 眠中에 새로운 皮膚가 形成되는데에 비해 不眠蠶에서는 新皮形成이 認定되지 않았다.

幼蟲血液中的 總蛋白質은 正常蠶이 不眠蠶에 비해 훨씬 많았을 뿐만 아니라 質的으로도 數種의 蛋白質

成分에서 차이가 있는 것으로 나타났다.

引用文獻

- 伴野豊・河子豊・土井良 宏 (1985) N-メチル-N-ニトロソウレア誘發突然變異, b不眠蠶の遺傳學的 研究. 日蠶雜 54 : 227-231.
- 伴野豊・土井良 宏・河子豊 (1985) k不眠蠶の遺傳. 九州蠶絲 16 : 58.
- Davis, B. J. (1964) Method and application to human serum proteins 'Gel electrophoresis', Sci. 121 : 404.
- 土井良 宏・木原始・伴野豊 (1984) 矮小不眠蠶の遺傳學的 研究. 日蠶雜 53 : 427-431.
- Doira, H. (1978) The Silkworm: An important laboratory tool (Tazima, Y. ed), Kodansha, Tokyo, pp. 53-81.
- 小林 勝利 (1951) 家蠶脫皮腺の細胞組織學的 研究(I). 日蠶雜 20 : 226-231.
- 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.
- 森精 (1986) カイコによる新生物實驗. 筑波書院, 東京, pp. 38-39.
- Nagata, M., K. Tsuchida, K. Shimizu, and N. Yoshitake (1987) Physiological aspects of nm-g mutant: An ecdysteroid-deficient mutant of the silkworm, *Bombyx mori*. *J. Insect Physiol.* 33 : 723-727.
- 盧時甲・土井良 宏 (1989) 새로운 突然變異 不眠蠶의 遺傳學的 研究. 韓蠶誌 33 : 72-74.
- 盧時甲・金種吉 (1989) 새로운 遺傳的 不眠蠶에 대하여. 韓國蠶絲學會 學術研究發表資料 25.
- 清水 久仁光・島守利・藤卷 忠彦・藤森 胡友・松野 道雄 (1983) 新突然變異 "松野不眠蠶"의 遺傳. 日蠶雜 52 : 348-353.
- 清水 久仁光・田中 教夫・松野 道雄 (1980) 遺傳的 不眠蠶의 關係と效率的保存法について. 日蠶雜. 49 : 7-12.
- 瀧澤寬三 (1966) 遺傳的 不眠蠶における 脫皮腺의 形態について. 日蠶雜 35 : 343-348.
- 梅谷 興七郎・唐澤 侑衛 (1930) 發育抑制因子お有する 家蠶について. 遺傳學雜誌 6 : 188-194.