

## 장 · 단명 누에 품종의 체액단백질의 전기영동상

강필돈 · 윤형주 · 류강선 · 손봉희 · 손흥대 \*  
농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부  
\* 동아대학교 생명자원과학대학

### Electrophoretic Patterns of Hemolymph Proteins of Varieties with Long and Short Life Span in the Silkworm *Bombyx mori* L.

Pil Don Kang, Hyung Joo Yoon, Kang Sun Ryu, Bong Hee Sohn and Hung Dae Sohn\*

National Institute of Agricultural Science & Technology Department of Sericulture & Entomology, RDA., Suwon 441-100, Korea  
\*College of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Pusan 604-714, Korea

#### ABSTRACT

Hemolymph protein patterns of silkworms in terms of short and long life span were analyzed by native- and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) with the developmental stages. From the native-PAGE patterns of silkworm major hemolymph proteins there were varietal differences on the first day of the pupal stage and were classified into three groups MHP-a, b and c SA10, Jam109 and J037 were grouped into MHP-I, Hangang, Chunmun and Daizo(*sdi*) into MHP-II and NTZN, Sulak, Qoichuk and PR varieties into MHP-III group. It was found that the MHP in each group revealed similar patterns and changed with development of pupal stage. In the first day of adult, MHP-c was clearly detected in both female and male of the Daizo(*sdi*), but not in the J037, indicating that there was significantly varietal differences in electrophoretical protein pattern. In addition, the results of protein pattern of hemolymph by SDS-PAGE showed also varietal differences in the concentration of hemolymph protein.

Key words : Silkworm, Hemolymph protein, Insect aging

#### 서 론

누에의 체액중에는 다수의 단백질이 존재하고, 이들의 단백질은 누에의 발육 단계에 따라 양적 및 질적으로 크게 변화한다(Nakasone & Kobayashi, 1965; 江口 등, 1966; 藤井·河口, 1983; 孫, 1986). 체액 단백질 성분에 대해서는 지금까지 생리·생화학적인 측면에서 많은 연구가 되어져 있고, 그 중 몇 종류의 단백질 성분은 지방체에서 합성되어 체액 중에 분비된 후(Shigematsu, 1958), 卵母細胞內에 이행 축적되는 것으로 밝혀지고 있다(Doira & Kawaguchi, 1972; Ono *et al.*, 1975). 특히 누에 체액단백질 가운데 특정성분은 이미 분리 정제되어 그의 생리적 기능이 해

명된 바 있다(Tojo *et al.*, 1980; 加藤 등, 1982; Fujiwara & Yamashita, 1990).

이와 같이 곤충 체액중에 존재하는 단백질은 변태 및 발육단계에 따라 그 변동상이 매우 다양하여 발육 시기별 특이성을 나타내고 있다. 지금까지 보고된 나비목 곤충의 주요 체액단백질로는 유충기에서 성충기까지 존재하여 diglyceride, cholesterol, carotenoid, paraffin등의 지질성분을 운반하는 lipophorin (茅野·富野, 1985; Shapiro, 1988; Soulages & Wells, 1994), 蛹 또는 成蟲期에 존재하여 장차 卵의 주요 卵黃蛋白質이 되는 vitellogenin(Telfer, 1954; Pan *et al.*, 1969; Wyatt and Pan, 1978), 終齡 幼蟲에서 蛹初期까지 존재하여 성충화 발육과정에 관

여하는 貯藏蛋白質(storage protein 1, 2: SP<sub>1</sub>, SP<sub>2</sub>, Tojo *et al.*, 1980; 尹 등, 1987) 및 major hemolymph proteins (MHPs: Seong *et al.*, 1985; 成, 1986), 5령 초기에서 蛹後期까지 존재하여 광의의 vitellogenin으로 정의되는 少分子 lipoprotein(30K protein: Gamo, 1978; Izumi *et al.*, 1981; Hagedorn & Kunkel, 1979) 등이 있으며, 이들 대부분의 단백질은 분리·정제되어 그들의 분자적 특성, 합성경로 및 생리적 기능이 상세하게 밝혀지고 있다. 뿐만 아니라 egg specific protein(ESP), vitellogenin, neuropeptides 등 일부의 단백질은 유전자의 분리와 함께 그 구조가 밝혀지고 있으며 현재 이들 단백질의 발현기구 해석에 연구가 집중되고 있다(Sato & Yamashita, 1991; Inagaki *et al.*, 1987; Mounier & Coulon, 1991).

누에를 비롯한 수종의 나비목 곤충의 주요 체액 단백질 중 일부는 性特異性 및 계통간에 차이가 있음이 보고되고 있다. 즉 vitellogenin은 숫누에에서는 합성되지 않는 雌性特異성이 있고(Ono *et al.*, 1975), male specific serum proteins(MSSPs: 雄特異蛋白質)은 과일파리에서 나타나는 雄性特異的蛋白質이며(Katsoris *et al.*, 1990), 누에의 체액 amylase 역시 암·수간에 차이를 나타내고 있다(伴野 등, 1984). 한편 누에 성충 체액단백질에 관한 연구로는 성충 체액에 多量으로 檢出되는 成蟲 體液 主蛋白質의 特異性, 物理化學的 性狀 및 合成, 發育中의 組織內 분포 등에 관한 연구(成 등, 1988; 이, 1994)가 있다. 이상의 누에를 비롯한 곤충의 주요 체액단백질은 생화학적 방법에 의해 그의 물리·화학적 특성과 함께 각 단백질의 생리적 기능이 밝혀졌고, 또한 발육단계에 따라 組織形成, 分解, 變態, 生殖 등에 직접 관여하는 것으로 알려졌다(Kim *et al.*, 1981; Burmester & Scheller, 1992; Kim *et al.*, 1982).

Yonemura 등 (1992)은 초파리로부터 長壽系統을 선발하고 複數의 主遺傳子에 의해 조절되는 壽命蛋白質(分子量: 77kDa)을 검출하였고, 또한, 長壽系統의 蛹에서 77kDa 단백질을 추출 정제하여 성충에 미량(0.05 ng/ml)투여하면 수명이 연장된다는 사실을 보고하였다(Okano *et al.*, 1992). 초파리가 羽化한 시점은 이미 수명에 대한 分化가 완료된 시기로, 壽命遺傳子는 우화 훨씬 이전인 유충 후반기에 발현된다는 Yonemura 등(1991)의 연구에 근거해 본 연구에서도 누에의 수명 관련 단백질의 존재여부를 구명하고자, 누에의 장·단명 품종에 따른 幼蟲, 蛹, 成蟲의 단계

별 체액단백질의 변화과정을 전기영동상의 패턴에 의해 비교 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시품종

본 실험에 사용한 누에 품종은 '97년 춘잠기에 잠사곤충연구소에서 유전자원으로 보존중인 277개 품종에 대하여 성충수명을 조사하여 암수 평균수명이 14일이상인 품종을 장명품종으로, 평균수명이 5일이내인 품종을 단명품종으로 정하였다. 또한 최장명 품종은 J037로 평균수명이 16.0일, 최단명품종은 평균수명이 4.3일인 Daizo(*sdi*) 품종으로 정하였다. 장명 5품종(SA10, NTZN, 잠109, J037, 설악)과 단명 5품종[한강, 괴축, PR, 천문, Daizo(*sdi*)]을 사용하였으며(姜, 1998), 누에는 잠사곤충연구소 잠실에서 잠업시험 표준사육관리법에 준하여 사육하였다.

### 2. 체액채취

체액은 幼蟲, 蛹 및 成蟲으로부터 분석에 필요한 시기에 암·수로부터 적당량을 채취하였고, 採血時 소량의 phenylthiourea를 첨가하여 melanosis를 방지하였다. 채취한 체액은 10,000 rpm에서 저온 원심분리하여 그 상등액을 사용할 때까지 -20°C에 냉동보관 후 필요할 때마다 꺼내어 전기영동용 시료로 사용하였다.

### 3. Polyacrylamide gel 전기영동

Native-PAGE(polyacrylamide gel electrophoresis)는 Davis(1964)의 방법에 따라 slab형 polyacrylamide gel을 사용하였으며, 이때의 분리 gel의 농도는 7.5%였다. 즉, 분리 gel(acrylamide 7.316%, bis-acrylamide 0.814%, Tris 376 mM, HCl 60 mM, pH8.9, TEMED 0.03%, 과산화 암모니움 0.07%)은 80×70 mm의 glass판을 사용하여 만들고, gel의 두께는 1 mm로 하였다. 분리 gel 위에는 농축 gel(acrylamide 2.7%, bis-acrylamide 0.625%, HCl 60 mM, Tris 61.4 mM, pH6.7, riboflavin 0.5%)을 만들어 40% sucrose-buffer액에 혼합한 시료를 농축 gel내에 만들어진 폭 0.7 cm의 시료구에 일정량씩 첨가하였다.

영동은 Tris-glycine 완충액(Tris 0.5 mM, glycine 3.8 mM, pH8.3) 하에서 1.5 mA/gel(cm)의 정전류를 통하여 행하고 bromophenol blue(BPB)를 지시약으로 사용, 저온(4°C)에서 2시간 通電하였다. 영동이 완료된

gel은 7% 초산액에 용해한 0.05% coomassie brilliant blue R-250으로 1일간 염색한 후 7% 초산액으로 충분히 탈색한 후 건조 및 사진 촬영을 하였다.

**4. SDS-polyacrylamide gel 전기영동**

SDS(Sodium Dodecyl Sulfate)-PAGE는 Laemmli (1970)와 Weber and Osborn(1969)의 방법에 준하였으며, 분리 gel의 조성은 10% acrylamide, 0.375M Tris-HCl buffer(pH8.9), 0.1% SDS, 0.1% 과산화암모니움 및 0.01% TEMED이며, 농축 gel의 조성은 5% acrylamide, 0.125M Tris-HCl 완충액(pH6.8), 0.1% SDS, 0.1% TEMED였다.

시료단백질의 SDS 처리는 최종농도 1% SDS, 1% β-mercaptoethanol, 10 mM Tris-HCl 완충액(pH 6.8) 및 20% glycerol 혼합액에서 100°C에 5분동안 증탕하였다. 영동은 Tris-glycine 완충액(5 mM Tris, 38 mM glycine, pH8.3)에서 40 mA의 정전류로 5시간 행하였다. 영동이 끝난 gel은 고정액(methanol : glacial acetic acid : water=20 : 10 : 70)으로 10시간 처리 한 후 0.025% coomassie brilliant blue R-250

으로 염색하고 7% 초산액에서 탈색하였다.

**결과 및 고찰**

**1. 장명과 단명품종의 유충 체액 단백질의 전기영동상**

長命品種(SA10, NTZN, 잠109, J037 및 설악)과 短命品種[한강, 괴축, PR, 천문 및 Daizo(*sdi*)]의 유충 발육시기별로 암·수 구분하여 체액 단백질을 Native-PAGE에 의해 비교하였다. 그림 1과 그림 2는 장명과 단명품종 암·수 유충의 발육시기별 체액 단백질의 영동패턴을 나타내었다. 이들 체액 단백질은 5령 초기에 이미 많은 종류의 밴드들이 관찰되었으며, 이후 5령일수가 진행됨에 따라 體液主蛋白質(major hemolymph protein, MHP: Seong *et al.*, 1985))을 비롯한 새로운 단백질의 출현과 함께 전체적으로 단백질량의 증대가 뚜렷하였다.

**2. 장명과 단명품종의 번데기 (蛹) 체액단백질의 전기영동상**

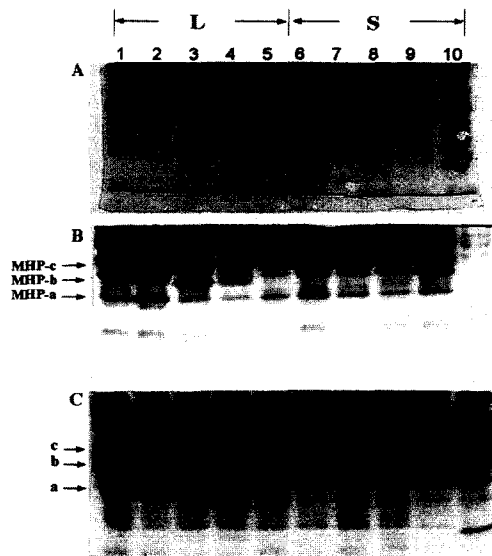


Fig. 1. Electrophoretic patterns of larval hemolymph proteins of female with long and short life span silk-worm varieties, *Bombyx mori* L.

1. SA10, 2. NTZN, 3. Jam109, 4. J037, 5. Sulak, 6. Hangang, 7. Qoichuk, 8. PR, 9. Chunmun 10. Daizo[*sdi*] A : newly ecdysed 5th instar larvae, B : 3rd day of 5th instar larvae, C : 7th day of 5th instar larvae, L : long life span variety, S : short life span variety

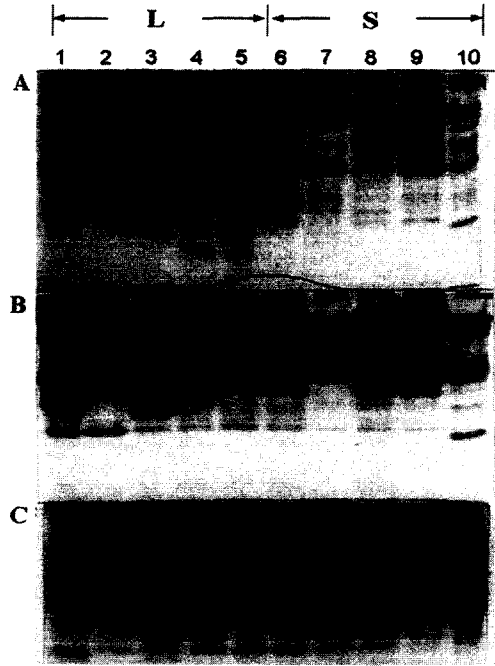


Fig. 2. Electrophoretic patterns of larval hemolymph proteins of male with long and short life span of silk-worm varieties, *Bombyx mori*. Abbreviations are the same in Fig. 1.

장명품종(SA10, NTZN, 잠109, J037 및 설악)과 단명품종[한강, 괴축, PR, 천문 및 Daizo(*sdi*)]의蛹발육시기 및 암·수별 체액 단백질을 Native-PAGE에 의해 비교하였다(그림 3, 4). 얻어진 하나의 결과로서蛹 1일째의體液蛋白質은電氣泳動像에 따라서 MHP-a, b, c 패턴에 의해 長命特異群(MHP-I group), 短命特異群(MHP-II group) 및 長·短命混合群(MHP-III group)등 3개의 단백질 유형으로 분류할 수 있었다. 그리고, 장명특이군인 MHP-I group에는 SA10, 잠109, J037이, 단명특이군인 MHP-II group에는 한강, 천문, Daizo(*sdi*)가, 장·단명혼합군인 MHP-III group에는 NTZN, 설악, 괴축 및 PR의 품종들이 각각 분포하고 있었으며, 이들 group내 소속 품종의 MHP패턴은 거의 유사하였다.

한편 이들 MHP-a, b, c는蛹의 발육에 따라 영동상의 변화를 보여蛹 1일째에서 MHP 패턴이 최장명 품종으로 분류되는 J037의蛹 7일째에 암컷의 MHP 패턴은 단명특이 그룹으로, 수컷은 장·단명혼합그룹으로 각각 변화하는 복잡한 영동패턴을 보였다.

또한 최단명품종인 Daizo(*sdi*)의 경우, 같은 단명특

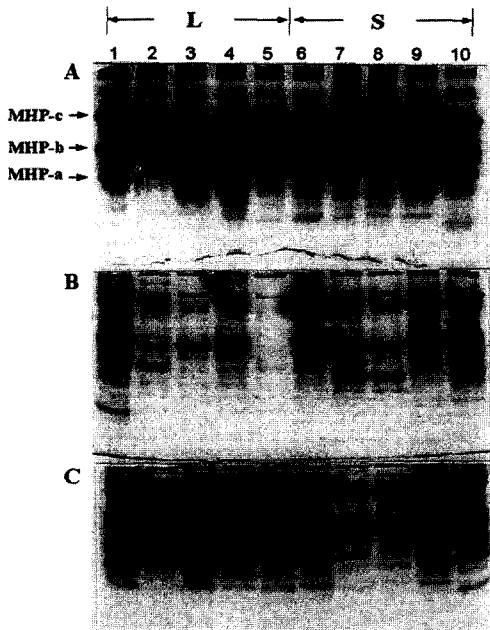


Fig. 3. Electrophoretic patterns of pupal hemolymph proteins of female between long and short life span varieties. 1) Abbreviations are the same in Fig. 1. 2) Abbreviations are as follows, A: 1st day of pupa, B: 3rd day of pupa, C: 7th day of pupa

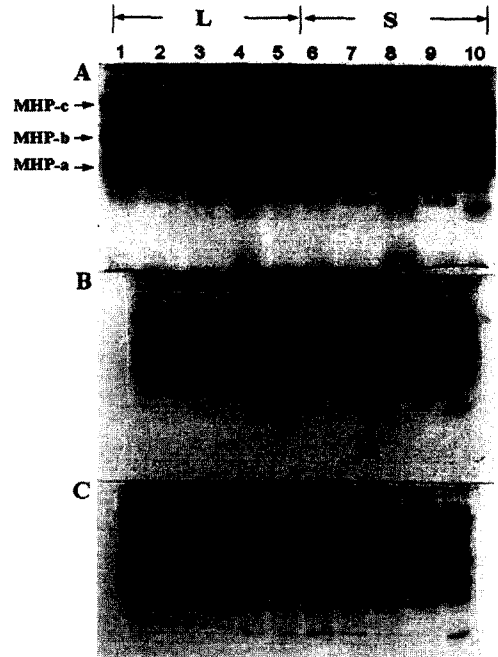


Fig. 4. Electrophoretic patterns of pupal hemolymph proteins of male between long and short life span varieties. Abbreviations are the same in Fig. 3.

이 그룹소속 품종들과 MHP의 패턴과 전반적인 체액 단백질 패턴이 유사하였으나 가장 이동도가 빠른 하나의 성분이 특이하게 검출되었다.

### 3. 최장명 J037 과 최단명 Daizo(*sdi*) 품종의蛹 체액단백질의 전기영동상

최장명품종 J037과 최단명품종 Daizo(*sdi*)蛹의成蟲化 發育에 따른 체액단백질의 패턴을 Native-PAGE로 비교하였다(그림 5). 최단명품종 Daizo(*sdi*)에서는蛹의 성충화 발육에 따라 전체적인 단백질 패턴의 변화양상이 보이지 않았으나 최장명품종인 J037에서는 암수 모두蛹 3일째에 量的인 변화를 보였고,蛹 7일째에 MHP-a의 뚜렷한 감소가 나타났다.

### 4. 최장명 J037과 최단명 Daizo(*sdi*)품종의成蟲 체액 단백질의 전기영동상

최장명품종 J037과 최단명품종 Daizo(*sdi*)의 성충 발육에 따른 체액 단백질의 패턴을 Native-PAGE로 비교하였다(그림 6). 최장명품종 J037과 최단명품종 Daizo(*sdi*) 모두成蟲化와 함께成蟲特異蛋白質(Adult specific protein, ASP)의 I(Slow mobility)과 II(Fast

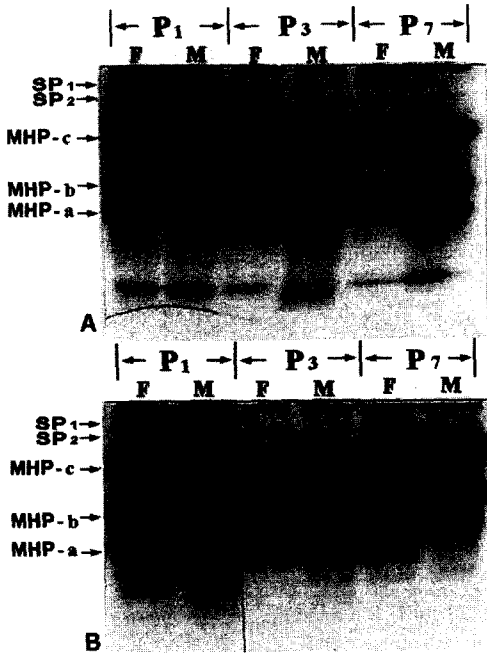


Fig. 5. Comparison of pupal hemolymph proteins between the longest life span variety J037 and the shortest life span variety *Daizo(sdi)*. P<sub>1</sub>: 1st day of pupa, P<sub>3</sub>: 3rd day of pupa, P<sub>7</sub>: 7th day of pupa, A: *Daizo(sdi)*, B: J037, F: female, M: male

mobility)가 관찰되었다. 이는 이미 보고된 成蟲(1988)의 결과와 유사하였다.

최단명품종인 *Daizo(sdi)*의 경우, 성충 1일(A<sub>0</sub>) 암컷(그림 6의 F)과 수컷(그림 6의 M) 모두 MHP-c가 뚜렷하게 존재하는 반면 최장명품종인 J037에서는 이 단백질이 관찰되지 않는 등 성충 체액 단백질 패턴에 있어서 J037과 *Daizo(sdi)*의 품종간에 뚜렷하게 차이가 인정되었다. 그러나 이들 단백질 밴드상의 차이가 수명의 장·단과 직접적인 관계가 있는 것인지 또는 수명과 관련된 특정 단백질 밴드가 존재하는지 등에 대해서는 앞으로 추구할 연구과제로 남긴다.

### 5. 최장명 J037과 최단명 *Daizo(sdi)* 품종의 발육단계별 체액 단백질의 SDS-PAGE 전기영동상

최장명 J037 품종과 최단명 *Daizo(sdi)* 품종의 체액 단백질에 대한 SDS-PAGE상의 영동패턴을 비교분석하였다(그림 7, 8). 분석결과 유충기의 암컷에서 장·단명 품종간에 단백질 패턴상의 차이는 찾아보기 힘

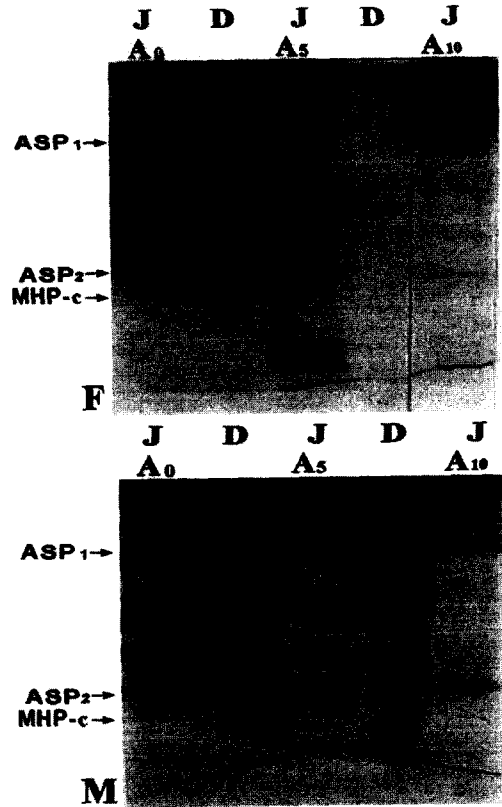


Fig. 6. Comparison of adult hemolymph proteins between the longest life span variety J037 and the shortest variety *Daizo(sdi)*. A<sub>0</sub>: 1st day of adult, A<sub>5</sub>: 5th day of adult, A<sub>10</sub>: 10th day of adult, J: J037, D: *Daizo(sdi)*, F: female, M: male

들었지만 양적인 변화는 뚜렷하게 보였다. 특히 단명 품종에서 蛹 및 成蟲期에 걸쳐 29kDa 위치에 한개의 뚜렷한 단백질 밴드가 특이하게 나타났다. 수컷의 경우 유충기에 97kDa와 66kDa 사이에서 장·단명 품종에서 2개의 밴드가 보이고, 66kDa와 45kDa 사이에 장명에서 6개의 밴드가 단명에서 3개의 밴드가 검출되었다. 그러나 蛹期 및 成蟲期에 이르면 장·단명 품종간에 단백질 패턴의 차이보다는 양적인 변화가 뚜렷하였다. 그 밖에 장명품종인 J037과 단명품종 *Daizo(sdi)*에서 모두 蛹 1일째 尹 등(1987)에 의해 보고된 vitellogenin 밴드가 뚜렷하게 합성되는 것을 알 수 있었다. 그러나 초파리의 77kDa와 같은 수명관련 단백질을 누에에서는 찾기 어려웠다.

이상의 장·단명 품종간에 나타났던 체액 단백질의 성분상의 차이가 수명의 단축 또는 연장과 관련

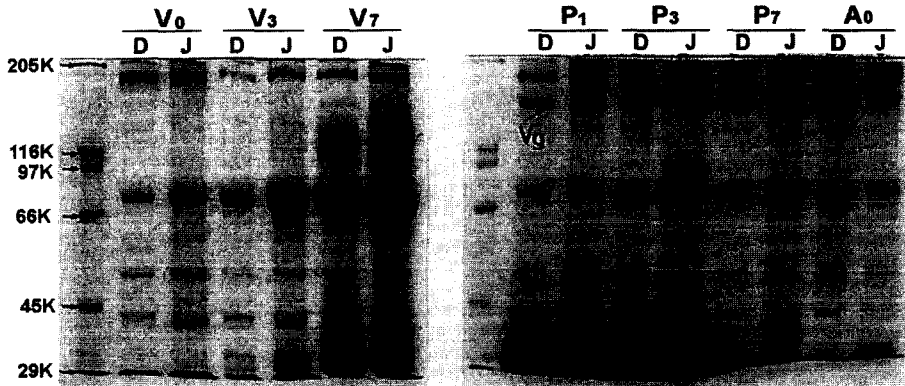


Fig. 7. SDS-Polyacrylamide gel electrophoretic patterns in larval and pupal stages of the longest life span variety J037 and the shortest life span variety Daizo(sdi) in female. V<sub>0</sub>: newly ecadysed 5th instar larvae, V<sub>3</sub>: 3rd day of 5th instar larvae, V<sub>7</sub>: 7th day of 5th instar larvae, P<sub>1</sub>: 1st day of pupa, P<sub>3</sub>: 3rd day of pupa, P<sub>7</sub>: 7th day of pupa, A<sub>0</sub>: 1st day of adult, D: Daizo(sdi), J: J037

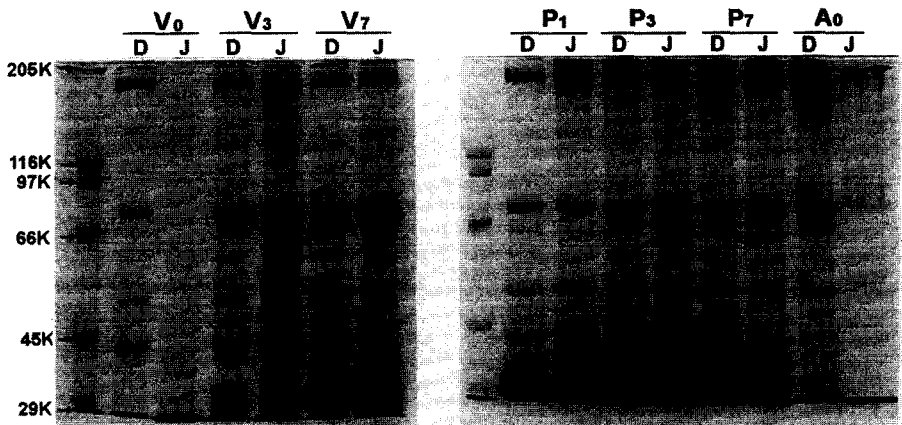


Fig. 8. SDS-Polyacrylamide gel electrophoretic patterns of larval and pupal stages of the longest life span variety J037 and the shortest life span variety Daizo(sdi) in male. Abbreviations are the same in Fig. 7.

된 일종의 유전적 요인에 의한 것인지는 초파리의 77kDa 수명단백질의 특성을 참조하며 앞으로 해결해야 할 연구과제이다.

## 적 요

장명품종(SA10, NTZN, 잠109, J037 및 설악)과 단명품종[한강, 괴축, PR, 천문 및 Daizo(sdi)]의 幼蟲, 蛹, 成蟲의 발육단계별 및 암수별 체액단백질의 변화과정을 전기영동상의 패턴에 의해 비교 분석하였다. Native 전기영동상 분석 결과로 볼 때, 蛹 1일째의 體液 蛋白質은 MHP-a, b, c 패턴에 따라 長命特異群(MHP-I group), 短命特異群(MHP-II group)

및 長·短命混合群(MHP-III group) 등 3개의 단백질 유형으로 분류할 수 있었다. MHP-I group에는 SA10, 잠109, J037이, MHP-II group에는 한강, 천문, Daizo(sdi)가, MHP-III group에는 NTZN, 설악, 괴축 및 PR의 품종들이 각각 분포하고 있었으며, 이들 group내 소속 품종의 MHP패턴은 거의 유사하였다. 그리고 이들 MHP-a, b, c는 蛹의 발육에 따라 영동상의 변화를 보였다. 최단명품종인 Daizo(sdi)의 경우, 성충 1일 암컷과 수컷 모두 MHP-c가 뚜렷하게 존재하는 반면 최장명품종인 J037에서는 이 단백질이 관찰되지 않는 등 성충 체액 단백질 패턴에 있어서 J037과 Daizo(sdi)의 품종간에 뚜렷하게 차이가 인정되었다. 그러나 이들 단백질 밴드상의 차이가 수

명의 장 · 단과 직접적인 관계가 있는 것인지 또는 수명과 관련된 특정 단백질 밴드가 존재하는지 등에 대해서는 앞으로 추구할 연구과제로 남긴다. 한편, 최장명 J037품종과 최단명 Daizo(sdi) 품종의 체액단백질에 대한 SDS-PAGE상의 영동패턴을 비교 분석 결과, 幼蟲期, 蛹期 및 成蟲期에 있어서 장 · 단명 품종 간에 단백질 패턴의 차이보다는 양적인 변화가 뚜렷하였다.

## 인용문헌

- 伴野 豊 · 河口 豊 · 土井良宏 (1984) カイコ體液アマミラ -ゼの雌雄間差異と發育に伴う 變動. 日蠶雜, **53**(4) : 335-340.
- Burmester, T. and K. Scheller (1992) Identification of binding proteins involved in the stage specific uptake of arylphorin by the fat body cells of *Calliphora vicina*. *Insect. Biochem. Molec. Biol.*, **22**(3) : 211-220.
- Davis, B. J. (1964) Disc electrophoresis-II. Method and application to human serum proteins. In gel electrophoresis. by J. F. Fredrich. Ann. New York Acad. Sci. 121-404.
- Doira, H. and Y. Kawaguchi (1972) Changes in haemolymph and egg protein by the castration and implantation of the ovary in *Bombyx mori*. *J. Fac. Agric. Kyushu. Univ.*, **17** : 117-125.
- 江口正治 · 政山 亭 · 西村九子 (1966) 家蠶の變態に伴う 組織蛋白の電氣泳動の變化. 日蠶雜, **35** : 435-443.
- Gamo, T. (1978) Low molecular weight lipoproteins in the haemolymph of the silkworm, *Bombyx mori*: Inheritance, isolation and some properties. *Insect Biochem.*, **8** : 457-470.
- 藤井 博 · 河口 豊 (1983) カイコの體液タンパク質の發育經過にともなう變化特に 主要タンパク質成分(MP5)の消長. 日蠶雜, **52**(6) : 529-536.
- Fujiwara, Y. and O. Yamashita (1990) Purification, characterization and developmental change in the titer of a new larval serum protein of the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biochem.*, **20**(7) : 751-759.
- Hagedorn, H. H. and J. G. Kunkel (1979) Vitellogenin and vitellin in insects. *Annu. Rev. Entomol.*, **24** : 475-505.
- Izumi, S., J. Fujii, S. Yamada and S. Tomino (1981) Molecular properties and biosynthesis of major plasma proteins in *Bombyx mori*. *Biochem. Biophys. Acta*, **670** : 222-229.
- Inagaki, S., K. Nahamusa, M. Kobayashi and O. Yamashita (1987) Cloning of a cDNA coding for egg specific protein of the silkworm, *Bombyx mori*, using an *Escherichia coli* expression vector. *J. Seric. Sci. Jpn.*, **56** : 394-397.
- 姜弼敦(1998) 家蠶의 成蟲 壽命에 關한 遺傳 · 生理學的研究. 東亞大學教 博士學位 論文. 1-144.
- Katsoris, P. G., M. Mavroidis and A. C. Mintzas (1990) Identification and characterization of male specific serum proteins in the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Insect Biochem.*, **20**(7) : 653-657.
- Kim, C. W., W. K. Kim and K. I. Lee (1982) Muscle attachment to the new cuticular layer at the larval moult in *Bombyx mori* L. *Korean J. Entomol.*, **12**(1) : 19-26.
- Kim, C. W., H. R. Kim and E. W. Seo (1981) A study on protein pattern of silk gland in silkworm(*Bombyx mori*) during silk formation period. *Korean J. Entomol.*, **11**(2) : 17-20.
- Laemmli, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, **227** : 685.
- 이상몽 (1994) 가잠의 성충 체액주단백질의 생리 · 생화학적 특성에 관한 연구. 서울 대학교, 박사학위 논문.
- Mounier, N. and M. Coulon (1991) Differential expression of muscle and cytoplasmic actin genes during development of *Bombyx mori*. *Insect Biochem.*, **21**(5) : 523-533.
- Nakasone, S. and M. Kobayashi (1965) Acrylamide gel electrophoresis of blood protein during the molting and metamorphosis in the silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Seric. Sci. Jpn.*, **34** : 257-262.
- Okano, A., I. Yonemura, Y. Shimizu, Y. Yanagidaira, H. Hasekura and B. Boettcher (1992) Purification and characterization of a protein associated with genetically-determined longevity difference in *Drosophila melanogaster*. *Hereditas*, **117** : 251-258.
- Ono, S., H. Nagayama and K. Shimura (1975) The occurrence and synthesis of female and egg-specific proteins in the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biochem.*, **5** : 313-329.
- Pan, M. L., W. J. Bell and W. H. Telfer (1969) Vitellogenic blood protein synthesis by insect fat body. *Science*, **165** : 393-394.
- Sato, Y. and O. Yamashita (1991) Sythesis and secretion of egg specific protein from follicle cells of the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biochem.*, **21**(2) : 233-238.
- 成洙一 (1986) 누에 體液蛋白質에 關한 生化學的研究. 韓蠶學誌, **28**(1) : 30-36.
- Seong, S. I., K. E. Park, M. Nagata and N. Yoshitake (1985) Effect of metamorphosis on the major haemolymph proteins of the silkworm. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, **2** : 91-104.

- 成洙一 · 文在裕 · 李相夢 · 尹馨珠 (1988) 鱗翅目 昆蟲의 成蟲體液蛋白質에 관한 生理生化學的 研究. 韓蠶學誌, **30**(1): 20-24.
- Shapiro, J. P. (1988) Lipid transport in insects. *Ann. Rev. Entomol.*, **33**: 297-318.
- Shigematsu, H. (1958) Synthesis of blood protein by fat body in the silkworm, *Bombyx mori* L. *Nature*, **182**: 880-882.
- 孫興大 (1986) SDS-Polyacrylamide gel 電氣泳動에 의한 누에의 發育段階別 血蛋白質의 變化. 建國大學校 大學院 論文集, 제22집 447-458.
- Soulages, J. and M. A. Wells (1994) Lipophorin: The structure of an insect lipoprotein and its role in lipid transport in insects. *Advances in protein Chemistry*, **45**: 371-415.
- Telfer, W. H. (1954) Immunological studies of insect metamorphosis II. The role of sex-limited blood protein in egg formation by the *Cecropia* silkworm. *J. Gen. Physiol.*, **37**: 539-588.
- Tojo, S., M. Nagata and M. Kobayashi (1980) Storage proteins in the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biochem.*, **10**: 289-303.
- Weber, K. and M. Osborn (1969) The reliability of molecular weight determination by sodium dodesyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis. *J. Biol. Chem.*, **244**: 4406-4412.
- Wyatt, G. R. and M. L. Pan (1978) Insect plasma proteins. *Annu. Rev. Biochem.*, **47**: 779-817.
- Yonemura, I., A. Okano, Y. Shimizu, H. Hasekura and B. Boettcher (1992) A difference in the proteins found in young adults of inbred strains of *Drosophila melanogaster* which correlates with genetically- determined, long or short life span. *Hereditas*, **117**: 241-250.
- Yonemura, I., T. Motoyama, H. Hasekura and B. Boettcher (1991) Relationship between genotypes of longevity genes and developmental speed in *Drosophila melanogaster*. *Heredity*, **66**: 143-159.
- 尹馨珠 · 李相夢 · 文在裕 (1987) 家蠶의 Vitellogenin에 관한 研究. 韓蠶學誌, **29**(1): 20-30.
- 茅野春雄 · 富野士良 (1985) 家蠶生化學, 裳華房, pp 92-129.
- 加藤靖夫 · 中山 伸 · 武内民男 (1982) 家蠶血液アルブミン畫分における糖タンパク性質. 日蠶雜, **51**: 337-340.