

In Vivo Artificial Parthenogenetic Treatments on Live Silkworm Moth, *Bombyx mori* Can Induce Higher Parthenogenesis

Hee Eun Bae¹, Yoon Kyung Lee¹, So Hyun Park¹, Seul-bi Lee² and Sang Mong Lee^{1*}

¹Department of Life Science & Environmental Biochemistry, College of Pusan National University, Miryang 650463, Korea

²Gyeongsangnamdo Agriculture Research & Extension Services, Daesin-ro, Jinju-si, Gyeongsangnam-do 52733, Korea

Received January 17, 2019 / Revised February 12, 2019 / Accepted February 14, 2019

The silkworm performs sexual reproduction for the production of its healthy offsprings from generations to generations. Parthenogenesis in the silkworm, *Bombyx mori* acquires immense use in the development of outstanding homozygous lines with higher viability, hybrid vigour, combining ability and less phenotypic variability, and it can serve as a powerful tool in controlling sex of the offsprings as well as a useful tool in selection of breeding schemes [13]. However, naturally occurring parthenogenesis in silkworm could not be found so far. Fortunately, artificial induction of parthenogenesis is possible in silkworm. So, it is very important to find out novel methods for induction of parthenogenesis. We investigated to attempt to get a novel parthenogenetic method. Accordingly, parthenogenetic studies on between unfertilized *in vivo* ovarian eggs of live silkworm moth (novel) and unfertilized *in vitro* ovarian eggs (conventional) taken out from live silkworm moth were investigated by hot water (46°C), hot air (46°C) and low temperature (0°C and -20°C) treatments. The best ratio of parthenogenetic eggs was obtained with *in vivo* ovarian eggs of live silkworm moth rather than with *in vitro* ovarian eggs taken out from live silkworm moth in all the treatments. The optimum exposure time absolutely depended upon the temperatures of treatments and the forms of *in vivo* or *in vitro* ovarian eggs. From these results, we expect that *in vivo* artificial parthenogenetic treatments on live silkworm moth will be useful for the higher induction of parthenogenesis in the silkworm, *B. mori*.

Key words : *B. mori*, heat treatment, *in vivo* artificial parthenogenetic treatments, live silkworm moth, silkworm

서 론

단위 발생(parthenogenesis)은 몇몇 척추 동물을 포함하여 대부분의 동물군에서 자연 발생적으로 나타나는 일반적인 현상으로 정자에 의한 수정없이 난자로 부터 개체에 이르기까지 발육하는 것을 의미한다. 특히 곤충의 경우 잠자리목(Odonata) 등 몇몇 곤충을 제외하고는 거의 모든 목(Order)에서 자연 발생적으로 관찰된다[21].

따라서, 단위 발생은 몇 종류의 도마뱀을 포함한 동물 종과 곤충 중에서는 정상적인 생식 방법이다. 그러나, 중요 산업 곤충인 누에에 있어서는 정상적인 생식 방법은 아니다. 다만 이러한 단위 발생 처리법은 누에의 유전·육종면에서 중요한 의미를 갖고 있을 뿐만 아니라, 수많은 보존 누에 품종 또는 계통들의 고유 난소들의 액체질소(LN2)에 초저온 보존(-196

°C) 후, 대리모에의 이식 및 뒤이은 생체 발육 후에 이루어지는 난소란의 단위 발생에 의한 누에 유전 자원의 반영구적 보존 방법에 사용 가능함 때문에 많은 연구자들에 의해 연구·보고 되었다[6-11, 13, 16-18, 22, 25-29, 31].

누에는 그 발생지가 중국으로 한국·일본, 유럽 등지로 전파되어져 실크를 생산하는 산업 곤충으로서 그 중요성을 가지고 있다. 산업 곤충으로서 특성이 있는 누에, 즉, 보다 실용 형질이 우수하고, 유전적으로 변이가 적은 누에 품종 육성, 또한, 멸종 위기에 처한 누에 이외의 종이 전혀 다른 곤충의 난소를 누에로의 이종 장기 이식에 의한 해당 곤충의 반영구적 계대 기술 개발 등의 과정에도 단위 발생 기술이 응용될 수 있다.

하지만, 누에의 단위 발생은 자연 조건하에서는 거의 발생하지 않으므로 인위적인 단위 발생 유발 처리에 의해 단위 발생 알 및 그 알로부터 건전한 개체를 획득해야만 한다[18]. 즉, 열처리, 방사선조사, 이산화탄소 등의 물리·화학적 방법에 의해 단위 발생 누에를 얻는 것이 가능하다[2, 12, 19, 30, 32-35].

이들 연구 결과 중 누에의 단위 발생 유발법으로서 러시아 과학자인 Astaurov [2]에 의해 개발된 난소란의 온탕처리법이 거의 표준방법으로 여겨지고 있다.

이 방법은 암컷 누에 나방으로부터 체내에 들어 있는 난소란을 해부학적인 방법으로 꼬집어 내어 46°C의 온탕에 18분

*Corresponding author

Tel : +82-55-350-5546, Fax : +82-55-350-5549

E-mail : serilsm@pusan.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

정도 침지처리하는 방법이다[5].

누에를 제외한 일반 동물의 경우 단위 발생 유발용 처리 물질은 염도가 다른 바닷물, 여러 종류의 염(Chlorides of potassium, sodium, calcium and magnesium), 여러 종류의 유기산(butyric acid, lactic acid, oleic acid), 여러 종류의 지질 용매(toluene, ether, alcohol, benzene, acetone, urea), 자외선, X-선, 레이저 등이 사용된다[5].

몇몇 동물의 종 별로 주요 단위 발생 유발 물질을 보면 돼지는 protein kinase inhibition에 의해, 쥐는 progesterone에 의해, 그리고 사람의 경우 1,2-propandiol에 의해 미수정란으로부터 단위 발생이 가능하다는 연구가 진행되었다[14, 15, 20]. 누에를 대상으로 한 단위 발생 유발 연구를 요약하면 1886년 러시아의 과학자인 Tichomivov가 처음으로 다양한 종류의 산, 알칼리, 전기자극, 온탕(45℃)에 의한 실험을 시행한 바 미수정 난소란이 착색[누에에 있어 알색이 노란색(통상 미수정 또는 불수정란임)에서 비수정(unfertilization)등의 방법에 의해 흑갈색 등의 누에 품종 고유의 색깔로 변색되는 것을 착색이라 하고 이 알을 단위 발생란이라 함]은 되었으나, 비정상적인 배 발생으로 인해 단위 발생란으로부터 개체 발생은 보이지 않았다[4]. 그 이후 일본의 과학자 Sato가 1925년~1930년 사이에 단위 발생란으로부터 개체 발생에 성공하였으며[23, 24], 1936년~1940년 사이에 쏘련 연방의 Astaurov가 누에 단위 발생 처리법의 표준이라 할 만한 방법 즉 상기에 언급한 것으로 누에 나방으로부터 해부적 방법으로 채취한 미수정 난소란을 46℃의 온탕에 18분간 침지함으로써 단위 발생란 및 단위 발생 개체 획득에 성공하였다[1].

이와 같이 누에 단위 발생 처리법은 '화아(adult emergence)된 누에나방 체내의 미수정 난소란을 해부적 방법으로 꺼집어 내어' 46℃의 온탕에 18분간 처리하는 것이다. 이 과정에서 본 연구자들은 온탕 처리에 의한 단위 발생 처리법에 있어 '온도' 외에는 단위 발생에 미치는 영향은 없을까? 라고 생각하여 미수정 난소란을 가지고 있는 누에 나방 생체 그 자체에 대해 몇 가지 온도에 처리하면 단위 발생은 어떻게 될까 의문을 가지고 실험한 바 '생체' 상태로 온탕, 건열, 저온 처리하면 해부 채취 난소란 보다 단위 발생란 유발율이 양호하여 그 결과를 본 학회에 보고한다.

재료 및 방법

공시곤충

본 연구의 인위적 단위 발생 유발을 위해 사용된 누에나방(*B. mori*)은 나비목(Lepidoptera) 누에나방과(Bombycidae)에 속하는 '골든실크누에'이며 휴면 각성 및 개체 부화를 위해서는 백옥잠(잠123 × 잠124) 품종을 공시하였다. 본 품종은 경상남도 농업기술원 환경농업연구과에서 실험 및 보존중인 누에 품종이다.

난소란의 채취

난소란은 누에 나방의 체내에 발육 중인 8개의 난소 소관에 있는 미산란된 미수정란을 말하는 것으로 누에 나방이 화아한 후 나방으로 부터 해부학적으로 피부를 절개한 후 실험 접시에서 증류수로 혈액, 혈구, 지방체 및 포란 피막등을 제거한 후 수집 채취하여 본 실험에 공시하였다.

생체 암나방의 채취

실험에 사용할 암나방은 화아 2일째에 누에 번데기로 부터 발아한 나방[보통 화아 2일 째에 다수의 번데기로 부터 많은 나방이 나오므로 이때 실험에 필요한 동일령의 암나방 획득이 가능하므로 화아 2일째 수아(나방을 모으는 작업)함을 생체 그대로 수거하여 25℃ 실온에 일정시간 보호한 후 실험에 공시하였다.

살아있는 암나방 및 채취난소란에 대한 단위발생유도를 위한 처리

온탕 처리에 의한 생체 누에 나방 및 해부 채취 난소란의 단위 발생 유발

항온 수조를 이용하여 미리 수온을 46℃로 맞춰 각각의 소형의 스테인리스 철망 용기에 3 마리의 살아있는 나방 또는 3 나방 분의 해부 난소란을 넣어 6분, 12분, 18분, 24분, 30분, 36분간씩 6분 간격으로 온탕에 침지, 처리하였다. 46℃ 온탕 처리 후 생체 암나방은 곧 해부하여 난소란을 꺼집어 낸 후 채취하여 25℃ 항온기에서 보호하면서 단위 발생란(색소 침착란)을 조사하였다. 온탕 처리가 끝난 난소란은 흐르는 약 15℃의 수도물에서 안정화 후 역시 25℃ 항온기에서 보호하면서 단위 발생란 여부를 조사하였다.

건열 처리에 의한 생체 누에나방 및 해부 채취 난소란의 단위 발생 유발

미리 46℃로 조정된 건열 항온기에 처리별 3마리의 생체 누에 나방 및 3마리분의 해부 채취 난소란을 각각 6분, 12분, 18분, 24분, 30분, 36분, 42분, 48분간 노출시킨 후 25℃의 항온기에 옮겨 보호 경과에 따른 단위 발생란 여부를 조사하였다.

저온 처리에 의한 생체 누에 나방 및 해부 채취 난소란의 단위 발생 유발

생체 누에 나방 및 해부 채취 난소란은 0℃ 및 -20℃로 조정된 냉장고에 각각 1시간, 2시간, 3시간, 4시간, 5시간 및 6시간 동안 저온·냉동 처리 후 생체 암나방은 실온에서 해부하여 체내의 미수정 난소란을 채취 후 25℃의 항온기에서 보호하면서 단위 발생란 여부를 조사하였고, 해부 채취 난소란은 실온에서 일정시간(생체 암나방의 난소란의 추출 시간과 동일한 시간) 경과 후 25℃의 항온기에서 보호하면서 단위 발생란 여부를 조사하였다.

단위 발생란의 휴면 타파를 위한 침산 처리

표준적인 단위 발생 유발 방법에 준하는 46℃ 18분간의 온탕 처리가 완료된 해부 채취 난소란(백옥잠 공시)에 대해 즉시 침산법에 준하여 침산하였다. 침산조건은 염산 액온 15℃, 비중 1.075인 염산을 46℃로 가온하여 비중 1.065의 조건에서 5분간 침산한 후 흐르는 수도물에 7분간 탈산 후 송풍 건조하였다. 건조가 끝난 난소란은 25℃ 항온기에서 보호하면서 단위 발생란 여부를 조사하였다.

단위발생란의 판정기준

온탕, 건열, 저온 처리에 의한 미수정란의 단위 발생 여부의 판정 기준은 처리 후 최정 과정 중 또는 부화되기 전에 미수정란(또는 불수정란)의 특징인 황색란이 품종 또는 계통 특유의 난색(수정란일 경우 착색됨)으로 착색되면 이를 단위발생란으로 판정하는 것이다. 여기서 착색란이란 의미는 곧 수정란 상태와 마찬가지로 배 발생이 시작되었음을 말하는 것이다(Fig. 1). 처리된 총 알수에 대한 단위 발생란수의 백분율을 계산한 것이 단위 발생란 비율인 것이다.

결 과

온탕 처리에 의한 생체 누에 나방 유래 난소란 및 해부 채취 난소란의 단위발생란 비율 추이

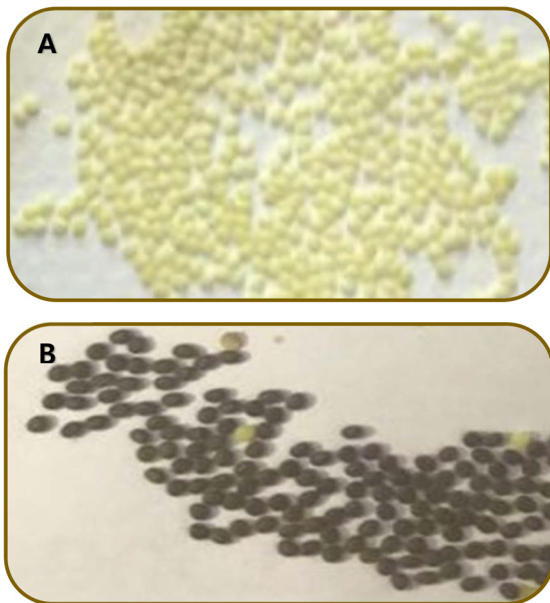


Fig. 1. Representative egg colours of unfertilized ovarian eggs (upper panel a : yellow eggs), and fertilized(lower panel b : dark eggs) or parthenogenetic eggs(lower panel b : dark eggs) in the silkworm, *B. mori*. The length, width and thickness of the eggs in the present photos will be ranged to 1.3 mm-1.4 mm, 1.0 mm-1.2 mm and 0.5mm-0.6mm, respectively.

온탕처리(46℃ 열수에서 정해진 시간 별로 침지 처리)에 의한 생체 누에 나방의 체내 난소란(이하 '생체란'으로 약칭함) 및 생체 누에 나방으로부터 단위 발생 처리전에 나방을 해부하여 체내 난소란을 체외로 꺼집어 낸 해부 채취 난소란(이하 '해부란'으로 약칭함)의 단위 발생란 비율은 생체란의 경우, 6, 12, 18, 24, 30, 36분 별로 7.3%, 71.6%, 63.2%, 1.8%, 5.7%, 19.9%로 12분 처리가 71.6%로 가장 높았으며, 그 다음이 18분 처리로 63.2%였고, 해부란의 경우, 6분부터 시간 처리별로 8.4%, 11.6%, 13.0%, 8.8%, 8.6%, 7.6%로 18분 처리가 13.0%로 가장 높았으며, 그 다음이 12분 처리로 11.6%였다(Fig. 2).

건열 처리에 의한 생체 누에 나방 유래 난소란 및 해부 채취 난소란의 단위 발생란 비율 추이

건열 처리(46℃ 건열 항온기에서 정해진 시간 별로 온도에 노출 처리)에 의한 생체란 및 해부란의 단위 발생란 비율은 생체란의 경우, 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 분 처리별로 2.1%, 1.7%, 1.7%, 4.8%, 30.7%, 36.3%, 33.3%로 42분 처리가 36.3%로 가장 높았으며, 그 다음이 48분 처리로 33.2%였고, 해부란의 경우, 6분 부터 시간 처리별로 2.9%, 3.1%, 3.4%, 3.5%, 5.5%, 7.0%, 16.6%, 10.0%로 42분 처리가 16.6%로 가장 높았으며, 그 다음이 48분 처리로 10.0%였다(Fig. 3).

저온 처리에 의한 생체 누에 나방 유래 난소란 및 해부 채취 난소란의 단위 발생란 비율 추이

저온 처리(0℃ 또는 -20℃의 냉장고에서 정해진 시간 별로 온도에 노출 처리)에 의한 생체란 및 해부란의 단위 발생란 비율은 0℃의 경우, 생체란은 1, 2, 3, 4, 5, 6시간 처리 별로

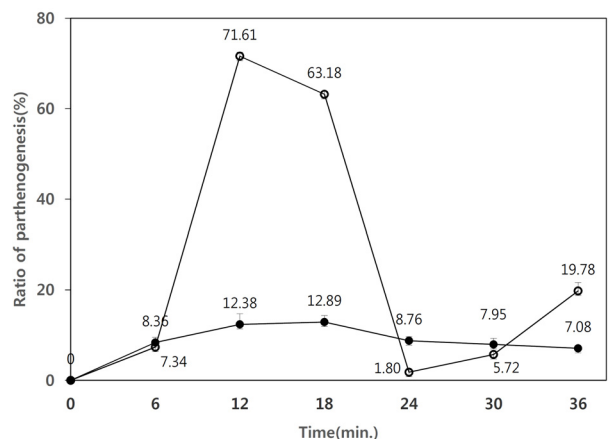


Fig. 2. The ratios of parthenogenetic eggs on between unfertilized *in vivo* ovarian eggs of live silkworm moth and unfertilized *in vitro* ovarian eggs taken out from live silkworm moth, *B. mori*, according to exposure time in hot water (46℃) treatment. -○-, unfertilized *in vivo* ovarian eggs ; -●- unfertilized *in vitro* ovarian eggs. Data indicate the mean ± S.D. with three separate experiments.

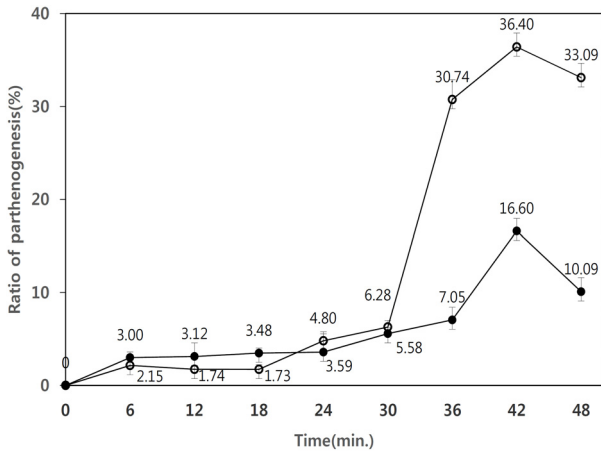


Fig. 3. The ratios of parthenogenetic eggs on between unfertilized *in vivo* ovarian eggs of live silkworm moth and unfertilized *in vitro* ovarian eggs taken out from live silkworm moth, *B. mori* according to exposure time in hot air (46°C) treatment. See Fig. 2 for further legends.

5.4%, 5.7%, 6.3%, 6.6%, 13.6%, 36.3%, 47.3%로 6시간 처리가 47.3%로 가장 높았으며, 그 다음이 5시간 처리로 13.6%였고, 해부란은 1시간 부터 시간 처리 별로 4.5%, 23.6%, 13.8%, 7.6%, 3.3%, 2.1%로 2시간 처리가 23.6%로 가장 높았으며, 그 다음이 3시간 처리로 13.8%였다(Fig. 4).

-20°C 저온 처리 경우, 생체란은 1, 2, 3, 4, 5, 6시간 처리 별로 7.0%, 8.4%, 12.2%, 14.1%, 25.4%, 26.8%로 6시간 처리가 26.8%로 가장 높았으며, 그 다음이 5시간 처리로 25.4%였고, 해부란은 1시간부터 시간 처리 별로 13.7%, 18.9%, 42.8%, 20.9%, 16.4%, 7.2%로 3시간 처리가 42.8%로 가장 높았으며, 그 다음이 4시간 처리로 20.9%였다(Fig. 5).

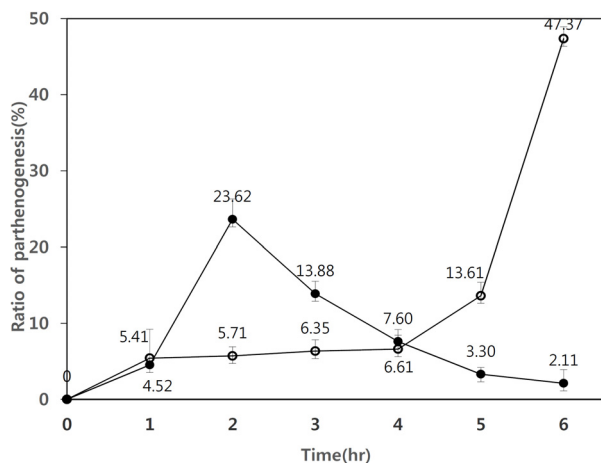


Fig. 4. The ratios of parthenogenetic eggs on between unfertilized *in vivo* ovarian eggs of live silkworm moth and unfertilized *in vitro* ovarian eggs taken out from live silkworm moth, *B. mori*, according to exposure time in low temperature (0°C) treatment. See Fig. 2 for further legends.

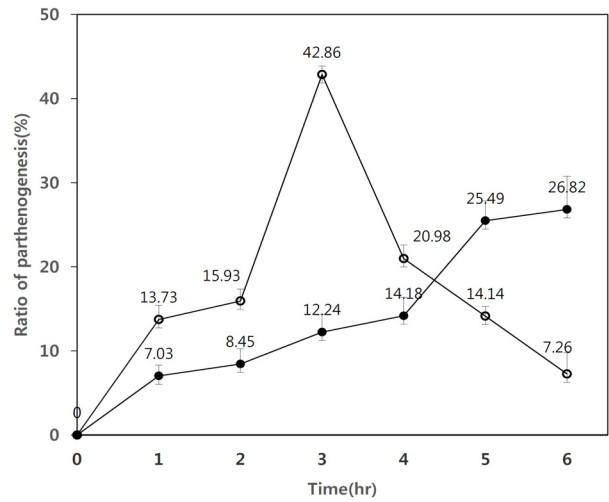


Fig. 5. The ratios of parthenogenetic eggs on between unfertilized *in vivo* ovarian eggs of live silkworm moth and unfertilized *in vitro* ovarian eggs taken out from live silkworm moth, *B. mori* according to exposure time in low temperature (-20°C) treatment. See Fig. 1 and Fig. 2 for further legends.

단위발생란에 대한 침산 처리로 부화 유도

표준 단위 발생 유도 처리 방법에 준하는 46°C 온탕 처리법 [29]에 의하여 유발된 단위 발생란의 휴면 각성에 의한 개체 발생 유도를 위해 즉시 침산을 행하였다. 한국의 장려 잠품종의 하나인 백옥잠(잠123 x 잠 124)의 단위 발생란에 대한 즉시 침산을 실행한 바 부화한 개미 누에 개체는 처리구당 1-2두에 불과하였다(Fig. 6).

고 찰

누에에 있어서 살아있는 누에나방으로 부터 해부학적 방법에 의해 생체로부터 꺼집어 낸 미수정 난소란에 대한 단위



Fig. 6. Newly hatched larvae (circle) from the parthenogenetic eggs of F1 hybrid, *Baek Jam*(*Jam 123 x Jam 124*) by hydrochloric acid treatment. See Fig. 1 for further legends.

발생 처리 조건에 대하여는 Astaurov [13, 26]의 보고에 상세히 기술되어 있는데, 이 보고에 의하면 46°C의 온탕에 18분간 처리가 가장 효과적인 단위 발생처리법으로 보고되었다[3]. 본 연구에 있어서도 지금까지 보고된 방법 중 누에의 표준적 단위 발생 처리법으로 여겨지는 온탕 처리법을 기본적 단위 발생 처리법으로 간주하여 비교 실험하였다.

Astaurov [2-4]법은 암나방의 복부로 부터 추출한 미수정 난소란에 대해 '열에 의한 활성화(heat activation)'를 주요인으로 하는 단위 발생 처리법으로 효과적인 온도 영역은 40°C 이상이며, 40°C~43°C의 온도는 아주 약한 단위 발생 유발 효과를 보이고, 가장 뛰어난 효과는 46°C, 18분간의 온탕처리에서 얻어질 수 있다. 본 실험의 46°C 온탕처리에서도 해부 난소란의 경우, 6분~36분간의 처리시간 범위에서 어느 시간 별 처리도 단위 발생 유발 효과를 보였으나 18분 처리에서 가장 좋은 결과를 보인 것은 Astaurov의 결과와 동일하다. 하지만 누에나방 생체란의 경우, 12분 처리가 해부란 18분 처리의 단위 발생비율 13.0% 보다 훨씬 높은 71.6%를 보인 것은 특기할 만한 결과이다. 하지만 Astaurov의 해부란에서 가장 좋은 결과로도 출된 18분간 처리 생체란도 해부란의 18분 처리구 보다 매우 높은 63.2%를 보인 것은 상당히 흥미롭다. 이러한 결과에 대한 원인은 정확히 알 수는 없으나, 단위 발생 유발에는 단순히 46°C라는 온도 외에도 나방 체내의 어떤 요인 즉 혈액 및 혈액내의 구성요소, 피부 등의 생체적 요인이 단위 발생 과정에 어떤 역할을 할 가능성을 배제할 수 없는 점이 추찰 된다. 즉, 이러한 요인들은 '단위 발생 유발 과정에 있어 일종의 생체적 완충재로서의 역할을 하지 않을까' 하고 생각 되어진다. 하지만 온탕 처리시 46°C의 열을 가진 "물"의 효과도 단위 발생 유발과 관계가 있는 것으로 보이거나 어떠한 관련이 있는지는 알기 어렵다.

46°C 건열 처리의 경우 6분 간격으로 48분까지 생체란 및 해부란의 단위 발생 비율은 양자 모두 42분의 처리에서 가장 높은 값을 보였으나, 그 값은 생체란이 36.3%로 해부란의 16.6%보다 약 2.2배 이상 높았다. 즉, 주어진 6분에서 48분까지의 처리 범위에서는 단위 발생 유발 경향은 비슷하나 그 결과치는 사뭇 다르다는 것을 보여 주었다. 생체란이 해부란보다 건열 온도 처리에서도 높은 단위 발생 효과를 보인 것은 온탕 처리의 결과와 유사하다. 하지만 가장 높은 단위 발생을 보인 처리 시간이 다른 주목할 만하나 그 이유는 불명확하다. 생체내의 난소란이 '생체'라는 일종의 보호 환경 속에서 열처리를 받음으로 생체내의 난소란이 받게 될 직접적이고 부정적인 열처리 충격에 대한 완충재로서의 긍정적 효과 때문이 아닐까 추찰 된다.

0°C의 저온 처리의 경우, 단위 발생 유발 경향이 매우 달랐는데, 1시간 간격으로 6시간까지의 처리에서 해부란은 2시간째, 생체란은 6시간째 가장 높은 값을 보였다(Fig. 4). 0°C의 경우, 해부란은 최고점이 2시간 처리이나, 생체란의 경우 6시

간 처리에서 최고치를 보여, 이는 7시간 처리 이후에 대해서는 본 연구에서 실험이 진행되지 않았으므로 다른 처리 시간에 최고치를 보일 가능성도 있어 최고치 관찰 시간에 대해서는 결론 유도가 어렵다. 단지 0°C의 경우 해부란과 생체란의 처리 시간 별 단위 발생 유발 경향이 매우 다름이 본 실험에서 관찰되었다.

-20°C의 저온 처리 경우 1시간 간격으로 6시간까지의 처리 범위에서 해부란은 3시간 처리시 최고치인 42.8%, 생체란은 6시간처리시 최고치인 26.8%를 보여 0°C 처리에서와 같이 생체란 보다는 해부란에서 최고치 도달시간이 훨씬 빠름을 알 수 있고, 이런 결과는 해부란이 생체란보다 훨씬 일찍 저온 충격을 감수하고 있다는 것을 알 수 있다(Fig. 5).

단위 발생란에 대한 휴면 각성 및 개체 발생 유도를 위해 즉시 침산을 실행했는데 부화한 개미누에(알에서 갓 부화한 누에를 말함)는 1~2두에 그치어 그 결과가 극히 저조했다(Fig. 6). 이 같이 부화잡 수가 극히 저조한 것은 Kosegawa [18]의 일본의 208개 보존 누에 계통의 단위 발생잠의 평균 부화율인 1.64%~2.51%와도 큰 차이가 있으나 본 연구의 1개 장려 잠품종의 결과와 직접 비교하는 것은 무리가 아닐까? 생각한다. 단지 본 연구의 저조한 단위 발생란의 부화율은 단위 발생란에 대한 최적의 침산 방법에 대한 연구가 필요하며, 또 많은 수의 계통을 대상으로 계통 고유의 단위 발생란의 부화 비율을 실험적으로 획득할 필요성이 있음을 의미한다. 본 연구에서 획득한 단위 발생란으로 부터의 극소수이지만 개체가 발생한 것은 적절한 휴면 각성 처리에 의해 미수정 난소란으로 부터 단위 발생이 가능하며, 단위 발생란으로 부터도 개체 발생이 충분히 가능하다는 점을 시사하고 있다.

이상의 결과에서 46°C 온탕 처리 경우, 생체란 또는 해부란에 따라 공시한 시간 경과 별 단위 발생 유발 경향이 매우 다르며, 가장 좋은 단위 발생 유발 처리 시간도 서로 다를 수 있다. 46°C 건열 처리 경우 생체란 또는 해부란인가에 따라 처리 시간대별 단위 발생 유발 경향은 유사하나, 유발 비율은 상당히 차이가 있음이 관찰되었다. 0°C 또는 -20°C의 저온 처리의 경우, 해부란 또는 생체란인가에 따라 단위 발생 유발 경향 및 그 결과값도 매우 다름이 관찰되었다.

이상의 결과에서 생체란이 해부란 보다 단위 발생 유발이라는 측면에서 기존 온탕 처리법보다 보다 좋은 단위 발생 유발 효과를 얻을 수 있는 방법으로 생각되며, 금후 그 원인과 생체란의 표준적 단위 발생 처리법 확립을 위한 보다 자세한 연구가 필요하며 그 결과는 매우 흥미로울 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

References

1. Astaurov, B. L. 1940. *Artificial parthenogenesis in the silkworm (Bombyx mori L.) (Experimental study)*. Accademia delle Scienze Dell'urss. pp. 221-240 (In Russian with English summary).
2. Astaurov, B. L. 1940. *Artificial Parthenogenesis in the silkworm (Bombyx mori)*. An experimental study. 221-240, U. S. S. R. Acad. Press, Moscow.
3. Astaurov, B. L. 1967. Artificial parthenogenesis and experimental polyploidy in silkworm. *J. Sericult. Sci. Japan* **36**, 227-285.
4. Astaurov, B. L. 1957. High temperature as a tool for controlling development and sex determination: A review of studies in artificial parthenogenesis, androgenesis and elimination of embryonic diapause in the silkworm, *Bombyx mori L.* *Proc. Zool. Soc. Calcutta*, **1**, 29-56.
5. Balinsky, B. I. 1981. *An Introduction to Embryology*. 5 ed. pp. 124-126, Holt-Saunders, Japan Ltd.
6. Chapman, R. F. 1992. *Unusual types of development: in the Insects : structure and Function*. 3rd ed. pp. 442-446. Hodder and Stoughton, London.
7. Chowdhury, S. N. 1989. Parthenogenesis, gynogenesis and androgenesis in silkworm, *Bombyx mori L.*: A review. *Indian J. Seric.* **28**, 284-292.
8. Clement, L. M. 1982. Parthenogenesis, homozygosity and cloning in mammals. *J. Hered.* **73**, 390-397.
9. Clement, L. M. and Jr Seidel, G. E. 1981. Parthenogenesis, identical twins and cloning in mammals; in *New Technologies in Animal Breeding*. Brackett, B. G., Jr. Seidel, G. F. and Seidel, S. M. (eds.), pp. 181-200, Academic Press, London.
10. Cuellar, O. 1977. Animal parthenogenesis. *Science* **197**, 837-843.
11. Darevskii, I. S. and Kurikova, W. N. 1961. Naturlilche parthenogene in der polymorphen gruppe der kaukasischen fieldidechese (*Lacerta saxicola* Enversmann). *Zool. Syst.* **89**, 119-176.
12. Fang, A., Xu, A. Y., Chen, S. Q. and Huang, J. T. 1989. Studies on the chromosome engineering and its application in *Bombyx mori*. IV. Study on the parthenogenesis in the silkworm, *Bombyx mori L.* *Acta Sericologica Sinica* **5**, 202-206.
13. Gangopadhyay, D., Singh, R., Kariappa, B. K. and Dandin, S. B. 2005. Parthenogenesis in silkworm, *Bombyx mori L.* *Int. J. Indust. Entomol.* **10**, 1-10.
14. Gook, D. A., Osborn, S. M. and Johnston, W. I. H. 1995. Parthenogenetic activation of human oocytes following cryopreservation using 1, 2-propanediol. *Hum. Reprod.* **10**, 654-656.
15. Imahie, H., Sato, E. and Toyoda, Y. 1995. Parthenogenetic activation induced by progesterone in cultured mouse oocytes. *J. Reprod. Develop.* **4**, 7-14.
16. Kim, S. E., Seong, S. I. and Lee, S. M. 1992. Long-term preservation of *Bombyx mori* stocks by frozen gonad storage. *Kor. J. Serc. Sci.* **34**, 1-7.
17. Klimenko, V. V. 2001. Parthenogenesis and cloning in the silkworm, *Bombyx mori L.* problems and prospects. *J. Insect Biotech. Seric.* **70**, 155-165.
18. Kosegawa, E., Misawa, T., Kobayashi, H. and Izumi, S. 2012. Hatchability associated with artificial parthenogenesis in stocked strains of silkworm, *Bombyx mori L.* *J. Biotech. Seric.* **81**, 37-44.
19. Lu, J. Y. 1994. Studies on silkworm paarthenogenesis and its generation using the method of freezing ovary. *Acta Sericologica Sinica* **20**, 243-244.
20. Mayes, M. A., Stogsdill, P. L. and Prather, S. 1995. Parthenogenetic activation of pig oocytes by protein kinase inhibition. *Biol. Reprod.* **53**, 270-275.
21. Mittwoch, U. 1978. Parthenogenesis. *J. Med. Genet.* **15**. 165-181.
22. Ravindra, S., Ahsan, M. M. and Datta, R. K. 1997. Artificial parthenogenesis in the silkworm, *Bombyx mori L.*: A review. *Indian J. Seric.* **36**, 87-91.
23. Sato, H. 1925. On the artificial parthenogenesis in the silkworm. *J. Sci. Agr. Soc. Jpn.* **274**, 232-238.
24. Sato, H. 1931. Untersuchungen uber die Kunstliche Parthenogene des Seidenspinners *Bombyx mori L.* *Biol. Zbl.* **51**, 382-394.
25. Singh, R., Rao, D. R., Kariappa, B. K. and Jayaswal, K. P. 2001. Androgenesis in mulberry silkworm *Bombyx mori L.*: a review. *Int. J. Indust. Entomol.* **3**, 109-112.
26. Strunnikov, V. A. 1975. Sex control in silkworms. *Nature* **225**, 111-113.
27. Suomalainen, E. 1962. Significance of parthenogenesis in the evolution of insects. *Ann. Rev. Entomol.* **7**, 349-366.
28. Tazima, Y. 1964. *The Genetics of the Silkworm*. Logos Press London.
29. Vershinina, A. O. and Kuznetsova, V. G. 2016. Parthenogenesis in hexapoda : entognatha and non-holometabolous insects. *J. Zoolog Syst. Evol. Res.* **54**, 257-268.
30. Wang, Y. Q., Xia, J. G., Yao, L. S. and Xu, M. K. 1998. Study on the optimum conditions of silkworm parthenogenesis induced by hot water treatment. *Sericul. Bull.* **29**, 30-31.
31. Xu, A. Y., Li, M. W., Sun, P. J., Zhang, Y. H. and Hou, C. X. 2004. Review on silkworm (*Bombyx mori*) sex control in China. *Int. J. Indust. Entomol.* **8**, 123-127.
32. Zhang, G. 1950. Rearing course of the first generation of artificial parthenogenesis silkworm. *Chinese Sci. Bull.* **1**, 20-21.
33. Zhang, G. 1951. Continuous report of artificial parthenogenesis silkworm. *Chinese Sci. Bull.* **2**, 635-636.
34. Zhang, G. 1950. Rearing course of the first generation of artificial parthenogenesis silkworm. *Chinese Sci. Bull.* **1**, 20-21.
35. Zhu, Y. and Xiang, Z. H. 1989. Experiment of parthenogenesis in silkworm. *Newslett. Seri. Sci.* **9**, 7-9.

초록 : 살아있는 누에 나방(*Bombyx mori*)에 대한 인공적 단위 발생 처리의 단위 발생란 유발 촉진 효과

배희은¹ · 이윤경¹ · 박소현¹ · 이슬비² · 이상몽^{1*}

(¹부산대학교 생명자원과학대학 생명환경화학과, ²경상남도 농업기술원 환경농업연구과)

본 연구는 누에나방에 있어서 몇가지 단위 발생 처리에 의해 미수정란의 단위 발생란 유발 촉진 효과에 대해 실험하였다. 암누에 생체 나방(난소란을 가지고 있는 암나방 생체)과 암나방으로 부터 해부학적으로 채취한 난소란에 대해 각각 온탕 처리(46℃), 건열 처리(46℃) 및 저온 처리(0℃ 및 -20℃)를 행하여 단위 발생란 유발을 시도한 바, 생체 암나방 처리구가 해부 채취 난소란 처리구보다 모든 처리구에서 우수한 단위 발생 유발을 보였다. 처리 별 최고의 단위 발생율을 보인 조건은 처리마다 달랐으며 그 주요인은 처리 시간이었다. 이상의 결과에서 생체 누에 나방에 대한 단위 발생 처리가 기존의 표준 방법으로 간주되는 해부 채취 난소란에 하는 것보다 단위 발생 유발 효과가 우수함이 입증된 것이다.