

## 세리신잠( $Nd-s \cdot Nd^{II}$ )의 발육 특성

김수연\* · 손해룡<sup>1</sup>

경상북도농업기술원, <sup>1</sup>경북대학교 농업생명과학대학

### The Developmental Characterization of the Sericin jam(*Bombyx mori*), a Mutant in the Synthesis and Secretion of Fibroin

Soo Yeon Kim and Hae Ryong Sohn<sup>1</sup>

Division of Technology Dissemination Kyungpook Agricultural Technology Administration, Daegu 702-708, Korea  
<sup>1</sup>Department of Natural Fiber Science, College of Agriculture, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

#### ABSTRACT

This experiment was done to know developmental characteristics of Sericin jam. Incubation periods were 10 day 2 hr, and 10 day 1 hr, 11 day 1 hr for  $Nd-s$  jam,  $Nd^{II}$  jam, and Baegok jam, respectively. Hatching rates were 83.9, 83.3 and 96.0% for  $Nd-s$  jam,  $Nd^{II}$  jam, and Baegok jam. Larval periods were, 20 days 1 hr for  $Nd-s$  jam, 20 days 5 hrs for  $Nd^{II}$  jam, and 22 days 12 hrs for Baegok jam. Death rate of larvae was highest in  $Nd^{II}$  jam, followed by  $Nd-s$  jam and Baegok jam. Pupation rate was highest in Baegok jam followed by  $Nd-s$  jam and that of  $Nd^{II}$  jam was the lowest among the three. Cocoon weight was 1.39, 1.08, and 2.01 g for  $Nd-s$  jam,  $Nd^{II}$  jam, and Baegok jam, respectively. Shell weight were 13, 3, and 48 cg for  $Nd-s$  jam,  $Nd^{II}$  jam, and Baegok jam. Cocoon shell ratios were 9.0% for  $Nd-s$  jam, 2.8% for  $Nd^{II}$  jam, and 23.9% for Baegok jam. Cocoon sizes were 30.6×15.8 mm for  $Nd-s$  jam, 24.7×14.9 mm for  $Nd^{II}$  jam and 35.8×20.5 mm (l×w) for Baegok jam.

**Key words :** Silk worm, Sericin jam, Naked pupa

#### 서 론

1933년에 Nakano가 피브로인이 없고 세리신만으로 된 얇은 고치를 짓거나 나용이 되는 특징을 지닌 자연 돌연변이 누에(세리신잠)를 발견하였다고 처음 보고한 이후 세리신잠에 대한 연구는 계속 되어져 왔으나, 의류용 견사를 생산하는 실용 형질면에서는 이용할 수 없는 누에이기 때문에 일본에서는 주로 생리·유전학적인 측면에서의 기초연구 수행에 국한 되어왔다. 한편, 세리신잠의 실용형질에 관한 연구로서는 Kim(1999)은  $Nd-s$ 잠이 일반잠보다 부화율이 낮고, 유충경과일수는 짧았으며, 감잠비율은 높고, 견층이 아주 얇아서 번데기가 보일 정도이며 크기는 일반잠 크기의 절반밖에 되지 않는다고 보고하였다.

Watanabe(1959a)는  $Nd$ 잠을 유전적으로 헤테로인 정상잠과 세리신잠으로 분리한 후 두종류 누에의 유충형태와 화학적 특성을 연구한 결과 세리신잠은 정상잠과 외관상 차이가 없었지만 중부견사선은 큰 차이가 없었으나 후부견사선은 길이가 짧고, 작으며, 굴곡이 적었다고 보고하

였다. 우리나라에서는 최근에 동충하초 생산 시 영견 후 절전에 소요되는 노력을 절감할 수 있는 품종 육성의 소재로서 관심이 집중되고 있으나 아직 연구가 미미한 수준이다.

세리신잠은 견단백질 합성에 이상을 나타내는 돌연변이 누에로서 열탕 처리시 가용성인 얇은 고치를 짓거나 고치를 잘 짓지 못하는 특징이 있으며(高稿, 1960; Banno *et al.* 1995; Gamo, 1980), 이와 유사한 돌연변이 유전자로는 후부사선의 피브로인 기능이 저하되어서 견층이 극단적으로 얇은 박피견( $flc$ , 3-49.0), 피브로인 L쇄가 합성되지 않고 세리신만으로 고치를 만드는 세리신견( $Nd-s$ , 14-19.2, 堀内 등, 1964), 피브로인이 분비되지 않고 세리신만으로 된 얇은 고치를 만드는 나용견( $Nd$ , 25-0.0), 세리신견과 유사한  $Nd^{II}$ (25-0.0), 견사선이 퇴화되어 약 50%가 나용(Naked pupa)으로 되는 나용 b( $Ndb$ , -),  $Nd$  염색체와 23염색체간의 전좌로 나타나는 나용( $ND-t$ , T23; 25)(江口 등, 1986), DES(diethylstilbestrol)처리에 의해 유발된 세리신견( $Nd-s^D$ , 14-?) (Banno *et al.*, 1995; Gamo, 1980) 등이 있다. 그 중에서  $Nd^{II}$ 는  $Nd$ 와 대립관계에 있으며,  $Nd-s^D$ 는  $Nd-s$ 와 대

\*Corresponding author. E-mail: sykim23@gba.go.kr

립관계에 있다고 하였다(Gamo & Sato, 1985).

한편, 실용화에 관한 국내 연구는 대단히 미흡한 실정이며, 정확한 사육방법도 확립되어 있지 못하다. 따라서 세리신잠 가운데 우선  $Nd-s$ 잠과  $Nd^H$ 잠을 대상으로 이들의 발육, 생리적 특성, 강건성 등 기본적인 성상에 대하여 조사한 결과를 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

공시품종은 농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부에서 개대 보존종인  $Nd-s$ 잠과  $Nd^H$ 잠 및 백옥잠을 분양 받아 표준사육법에 준하여 농업기술원 항온항습 잠실에서 사육하였다.

최청 온도는 25°C로 하였고, 습도는 75~90%으로 하여 각 처리당 300두 3반복으로 사육하였다.

실용부화비율은 개미누에가 부화되는 기간 중에서 가장 많이 부화된 연속 2일간의 누에수를 수정란 총수에 대해 백분율로 하였고, 그밖에 품종별로 각령기의 유충경과일수, 감잠비율 및 화용비율도 조사하였다.

누에 5령 7일째 익은 누에를 섰에 올려 화용 7일에 수견하였고, 수견 후 온도 25°C, 습도 70%의 항온 항습실에서 보관하였다. 세리신잠의 형질조사는 고치 25개의 단결중, 견충중, 견충비율, 고치굵기를 조사하여 그의 평균을 산출하였다. 고치 사진 촬영은  $Nd-s$ 잠과  $Nd^H$ 잠 및 백옥잠의 고치를 디지털 카메라(RICOH RDC-i700, Nikon Co. Japan)로 촬영하였고, 고치의 굵기 측정은 micro calipers (Mitutuyo Co. Japan)로 조사하여 평균 길이를 측정하였다.

통계처리는 누에의 발육 및 고치의 성적을 던컨의 다중검정식의 SAS통계프로그램을 사용하여 분석하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 세리신잠의 발육 특성과 고치의 성상

$Nd-s$ 잠 및  $Nd^H$ 잠은 백옥잠에 대해 최청기간 및 실용 부화비율상의 차이가 인정되었으나, 양 세리신잠 간 최청기간은 큰 차이가 없었다(표 1). 세리신잠의 최청기간이 보통누에에 비하여 짧은 것은  $Nd$ 형질의 특이적인 배 발육 특성을 반영하는 것으로 생각된다.

누에부화비율은  $Nd-s$ 잠과  $Nd^H$ 잠간에는 큰 차이가 없었으나, 백옥잠에 비하여는 13%정도 낮았다. 이는 Kim(1999)

**Table 1.** Incubation periods and useful hatchabilities of three silkworm varieties

Silkworm variety	Incubation period(day · rs)	Useful hatchability(%)
Baegok jam	11.01a	96.0a
$Nd-s$ jam	10.02b	83.9b
$Nd^H$ jam	10.01b	83.3b

Mean followed by the same letters are not significantly different at the 5% level according to DMRT.

의 보고와 같은 결과로  $Nd-s$ 잠과  $Nd^H$ 잠의 부화율이 매우 저조하였다.

따라서, 부화율을 높이기 위한 최청 및 침산처리방법 등의 개선 및 저조한 부화율에 대한 원인규명이 해결할 과제로 남는다.

유충경과일수는 표 2에서 보는 바와 같이 1령 경과는  $Nd-s$ 잠과  $Nd^H$ 잠 간의 차이는 없었으나, 백옥잠에 비하여는 짧았다.

$Nd-s$ 잠과  $Nd^H$ 잠의 경과일수가 백옥잠보다 특히 1, 2령과 5령 기간의 계통간의 차이로 두드러졌다. 이러한 결과로 전령경과일수는 대조품종 보다 2일 이상의 긴 결과로 나타났다. 이는 Kim(1993)의 보고와 같은 것으로 배 발육기간이 짧을 뿐 아니라, 배 후 발육기간도 짧은 것은  $Nd$ 계통누에의 특이한 형질로 보여진다. 정상누에의 일반적인 분비생리 기능상 정상 견단백질 합성을 위한 체내 대사과정에 시간이 소요되지만,  $Nd$ 계통누에는 견단백질 분비량이 소량이므로 그 시간이 단축된 것으로 생각할 수 있다(Nakano, 1951).

감잠비율은 4령기까지는 큰 차이가 없었으나, 특히 5령기에는 대조의 3.3%에 비해  $Nd^H$  잠은 8.0%,  $Nd-s$ 잠은 13.7%로서 매우 높았다(표 3).

이것은,  $Nd$ 잠 계통은 후부실샘의 발달이 없거나 미약하여 분비 및 대사 이상이 일어났으며(Kim, 1999) 그 정도가 심한 개체는 결국 나용화하는 특성으로 생각된다.

탈피 불능잠의 발생은 주요한 생리 현상으로 보통누에에서는 발생이 전혀 없던 점으로 미루어 유전, 영양대사 또는 탈피샘의 분비 기능을 연구하면 그 기작을 해명할 수 있을 것으로 사료된다.

화용비율도  $Nd^H$ 잠이 가장 낮고,  $Nd-s$ 잠은 그 다음이며, 백옥잠은 92.3%로 높았다(표 4). 최근  $Nd$ 계통누에의 특이

**Table 2.** Larval periods of three silkworm varieties

Silkworm variety	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	whole instar
Baegok jam (control)	3 · 22a	3 · 03a	3 · 11b	4 · 10a	7 · 14a	22 · 12a
$Nd-s$ jam	3 · 12b	2 · 15c	3 · 09c	4 · 00c	6 · 13b	20 · 01c
$Nd^H$ jam	3 · 12b	2 · 17b	3 · 18a	4 · 03b	6 · 03c	20 · 05b

Mean followed by the same letters are not significantly different at the 5% level according to DMRT.

**Table 3.** Missing larvae percentages of the three silkworm varieties

Silkworm variety	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	whole instar(%)
Baegok jam (control)	0	0	0a	2.0a	3.3c	5.3c
<i>Nd-s</i> jam	0	0	1.3a	2.7a	8.0b	12.0b
<i>Nd<sup>II</sup></i> jam	0	0	2.0a	3.0a	13.7a	18.7a

Mean followed by the same letters are not significantly different at the 5% level according to DMRT.

**Table 4.** Pupation percentages of the three silkworm varieties

Silkworm variety	Pupation percentage(%)
Baegok jam(control)	92.3a
<i>Nd-s</i> jam	83.0b
<i>Nd<sup>II</sup></i> jam	76.3c

Mean followed by the same letters are not significantly different at the 5% level according to DMRT.

형질을 더욱 섬세하게 분리 고정하여 새로운 특수 품종을 육성하려는 시도가 있으며(한 등, 1998), 그와 같은 연구가 성공 할 경우 누에의 강건성 해명에 도움이 될 것이다.

고치의 주요 형질에 있어서는 단견종은 백옥잠 2.01 g, *Nd-s*잠은 1.39 g, *Nd<sup>II</sup>*잠은 1.08 g순 이었으며 견층중 및 견층비율도 같은 경향이였다(표 5). 본 실험에서는 전견중 1.39 g, 견층중 13 cg, 견층비율 9.01%로서 藤森·田中(1980)가 발표한 *Nd*견의 전견중 1.07 g, 견층중 21.4 cg, 견층비율 20%의 성적에 비하여 훨씬 낮았다. 우리나라의 세리신 견 보다 개량되었을 경우도 있으나 순계분리 육성의 정도, 내용비율을 감안한 수견량 등을 종합적으로 고려 할 필요가 있다. *Nd* 계통의 누에는 속이 다 들여다 보일 정도로 얇게 고치를 짓는 것과 고치를 잘 짓지 못하고 내용이 되는 형질 등을 복합적으로 가지고 있어 이들 형질상의 특성을 유익한 방향으로 분리 육성할 필요가 있다(한 등, 1998). 나아가서는 전통적인 잡종강세를 이용한 강건성의 제고, 수용성의 증대에 유리한 형질의 도입용 등의 방향으로 전개되어야 할 것이다.

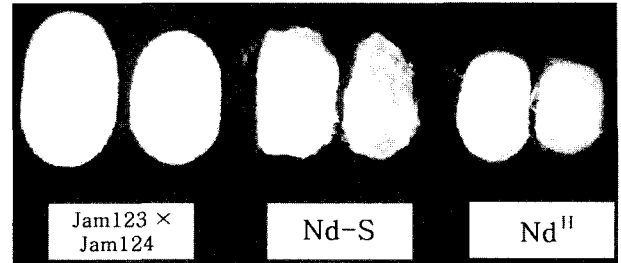
그림 1에서 보는 바와 같이, *Nd-s*잠과 *Nd<sup>II</sup>*잠은 고치의 모양이 매우 달랐으며 부정 땅콩 모양과 부정 타원 모양 이었고, 견층이 얇아 고치 안의 번데기가 어렴풋이 보였다. *Nd-s*잠은 박피견 고치를 짓거나 바로 내용이 되는 것이 있었고, 박피견 비율은 36.9%이었다.

이와 같은 현상은 *Nd-s*잠이 *Nd*(25-0.0) 선발된 돌연변이종이었기 때문에 내용이 출현하였고, 내용 비율도 높은

**Table 5.** Cocoon characteristics of three silkworm varieties

Silkworm variety	Single cocoon weight (g)	Cocoon shell weight (cg)	Cocoon shell ratio (%)
Baegok jam (control)	2.01a	48a	23.89a
<i>Nd-s</i> jam	1.39b	13b	9.01b
<i>Nd<sup>II</sup></i> jam	1.08c	3c	2.84c

Mean followed by the same letters are not significantly different at the 5% level according to DMRT.



**Fig. 1.** Difference of cocoon shape in three silkworm varieties.

것으로 생각된다. 고치를 지은 개체나 내용상태의 개체의 우화율에는 차이가 없었다. *Nd<sup>II</sup>*잠도 *Nd-s*잠과 같이 고치를 짓거나 내용이 되는 2가지가 있었다. 고치를 짓는 비율은 19.7% 이었으며, *Nd<sup>II</sup>*잠은 *Nd-s*잠보다 내용비율이 17.2% 더 높았고, 우화는 *Nd-s*잠과 같은 경향이였다. 돌연변이체인 *Nd<sup>II</sup>*잠은 *Nd*형질에 유래하는 Hasimoto내용이므로 내용비율이 높은 것은 당연하다.

따라서, 누에 동충하초 생산에 이용한다면 절전 할 필요가 없기 때문에 생산비용이 절감될 것으로 생각되나, 생산성 면에서는 번데기의 크기와 무게 및 강건성 등이 고려된 보다 종합적인 연구가 필요한 것으로 생각된다.

표 6은 각 품종의 고치 장경과 단경으로서, *Nd-s* 고치는 장경 30.5 mm, 단경 15.8 mm, *Nd<sup>II</sup>* 고치는 장경 24.6 mm, 단경 14.8 mm, 백옥잠 고치의 장경 35.8 mm, 단경은 20.5 mm 이었다. *Nd-s*와 *Nd<sup>II</sup>* 고치의 장경이 단경에 비해 훨씬 길

**Table 6.** Cocoon sizes of three silkworm varieties

Silkworm variety	Major axis (mm)	Minor axis (mm)
Baegok jam (control)	35.8a	20.5a
<i>Nd-s</i> jam	30.5b	15.8b
<i>Nd<sup>II</sup></i> jam	24.6c	14.8c

Mean followed by the same letters are not significantly different at the 5% level according to DMRT.

어 땅콩형에 가까운 것이 많은 것으로 보아 일본종 계통에서 유래된 것으로 생각 된다.

### 적 요

세리신잠의 성장발육과 실용형질 등 세리신잠의 특성을 알아보기 위하여  $Nd-s$ 잠과  $Nd^H$  잠을 대상으로 조사하여 얻은 실험결과는 다음과 같았다.

1. 최청기간은  $Nd-s$ 잠 10일 2시간,  $Nd^H$  잠 10일 1시간, 백옥잠은 11일 1시간이었다. 실용부화율에 있어서  $Nd-s$ 잠과  $Nd^H$ 잠은 83.9%와 83.3%였고, 백옥잠은 96%였다. 전령경과일수는  $Nd-s$ 잠 20일 1시간  $Nd^H$  잠 20일 5시간, 백옥잠 22일 12시간 이었다.
2. 감잠비율은  $Nd-s$ 잠 12.0%,  $Nd^H$  잠 18.7%, 백옥잠 5.3%이었으며, 화용비율은  $Nd-s$ 잠 83.0%,  $Nd^H$  잠 76.3%, 백옥잠 92.3%였다.
3. 단견중은  $Nd-s$ 잠 1.39 g,  $Nd^H$  잠 1.08 g, 백옥잠 2.01 g, 전견중은  $Nd-s$ 잠 13 cg,  $Nd^H$  잠 3 cg, 백옥잠 48 cg이었으며, 견층비율은  $Nd-s$ 잠 9.0%,  $Nd^H$  잠 2.8%, 백옥잠 23.9%였다.
4. 고치의 크기는  $Nd-s$ 잠 장경 30.6 mm, 단경 15.8 mm,  $Nd^H$  잠 장경 24.7 mm, 단경 14.9 mm, 백옥잠 장경 35.8 mm, 단경 20.5 mm이었다.

### 인용문헌

Banno, Y., Y. Kawaguchi, K. koga. and H. Doira (1995) Pos-

treductional meiosis revealed in male of the mutant with chromosomal aberration "T(23;25)Nd" of the silkworm, *Bombyx mori*. J. Seric. Sci. Japan. **64**: 410-414.

江口正治・大井秀夫・坂口文吾・土井良 宏・中島 誠・長島榮一・村上昭雄・山本俊雄・吉武成美 (1986) 카이코における遺傳子の名称と記号. 日蚕雜. **55**(2): 95-111.

藤森胡友・田中教夫 (1980) 由來の異なる2種の裸蛹系統の絹糸腺および繭層について. 蚕系研究. **115**: 63-70.

Gamo, T. (1980) Variations of silk proteins in the silkworm(*Bombyx mori* L.) and their genetic control. In "Silk Structure suppl." Shinshoo Univ. Press, Ueda, Japan. 53-69.

Gamo, T. and S. Sato (1985) Ultrastructural study of the posterior silk gland in the  $Nd$ ,  $Nd-s$  and  $Nd-s^D$  mutants with a defect of fibroin synthesis. J. Seric. Sci. Japan. **54**(5): 412-419.

한명세・이인전・여주홍・한상미・윤은영・이창태・박근식・이진근・추재원・박현로 (1998) 고급 견소재 개발을 위한 원료견의 분광학적 특성 연구. 농림부. 9~180.

堀内彬明・波島千恵子・中村晃三 (1964) Thangpre(セリシン蛹)の遺伝並に絹糸腺の形態. 日蚕雜 **33**(3): 251

Kim, J. H. (1999) The development properties of  $Nd-s$  Jam and composition of amino acid in haemolymph. Kyungpook National University. Ms. thesis. 5-18.

Kim, S. Y. (1993) Effect of the bristling time to economic characters in the silkworm, *Bombyx mori*, reared on artificial diet. Kyungpook National University. Ms. thesis. 7-19.

Nakano, Y. (1951) Physiological anatomical and genetical studies on the "Naked" silk worm pupa. J. Seric. Sci. Japan. **20**(4): 232-248.

高橋幸吉 (1960) 裸蛹の一生因なる絹糸腺の畸形に就て. 農林省蠶絲試験場. p 157-163.

Watanabe, T. (1959) Studies on the sericine cocoon(I) Chemical properties of the domestic silkworm spinning sericin cocoon. Fac. Agri, Kyunshu univ. Fukuoka. 251-256.