



Implementation of Monitoring System for Silkworm Breeding Environment Information Using Wireless Sensor Network Systems

Young-Seek Seok¹, Seong Wan Kim²

¹*Agricultural Product Registered Seed Station, The Province of Gangwon, Chuncheon-si, 24410.*

²*Department of Agricultural Biology, National institute of Agricultural Sciences, RDA, Wan-ju 55365*

A B S T R A C T

This study was carried out for the purpose of collecting basic data by monitoring the silkworm breeding environment for the development of an automated silkworm breeding system. Therefore, the silkworm growth characteristics according to the CO₂ concentration, the silkworm growing environment according to the temperature change, and the silkworm wet change according to the humidity change were investigated. As a result, silkworms showed low CO₂ concentration during the process of transformation from larva to moth during the pupa period. In addition, it shows the characteristic that the concentration of CO₂ is particularly high from the 3rd day of the 4th to the 5th, when the feeding activity is active. In addition, when breeding while raising the breeding density, it can be seen that the CO₂ environmental control condition is maintained at around 1,000 ppm, so that the silkworm density can be increased while being raised healthy. It was confirmed that breeding temperature management should be kept low as silkworm breeding progresses, and indoor humidity has a close influence on the feeding activity of silkworms. Therefore, the results of this study will be used as basic data for the development of an automated silkworm breeding systems and are expected to contribute to the improvement of farm household income.

© 2020 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Silkworms, ICT, Breeding systems, Wireless sensor networks, Insects

ARTICLE INFO: Received 9 October 2020, Revised 15 October 2020, Accepted 15 October 2020.

*Corresponding author is with the Department of Agricultural Biology, National institute of Agricultural

Sciences, RDA, Wan-ju 55365, KOREA.
E-mail address: tarupa@korea.kr

1. 서론

5000년 전 중국에서 처음으로 실크가 발견된 이후, 누에는 인간에 의해 수 천 년 간 사육되었으며, 섬유와 식품 및 기타 산업 소재로 사용되어 왔다. 그러나, 농가의 고령화 및 누에 사육시설의 노후화 등으로 농가의 소득이 감소하고 있다.

최근, 세계 곤충산업의 규모가 2007년 약11조원에서 2020년에는 약 38조원으로 성장할 것으로 전망되고 있다[1-3]. 또한, 가까운 미래는 식량이 무기보다도 더 무서운 무기가 될 것이라고 FAO는 경고하고 있고, 식량 대체자원 보고서에 따르면, 곤충을 미래 식량으로 지목함으로써, 전 세계의 각 나라들도 곤충 사육을 권장하고 있다[4,5]. 미래 식량으로 식용 곤충을 지목하고 권장하는 주된 이유는 2천 여 종류의 많은 개체 수, 우수한 단백질 공급원, 적은 사육 자원과 공간, 강한 번식력, 간단한 가공방법, 그리고 온실가스과 자원 비용 절감 등이라고 볼 수 있다[6,7]. 그 중에서, 누에는 대량사육이 쉽고, 인공사료에 의한 사육이 가능하며, 인간 또는 가축 간에 공통 병원균이 존재하지 않는다[8,9]. 또한, 단백질 함량은 쇠고기가 비슷하면서, 지방은 적은 고단백식품으로, 가축보다 사육비용이 저렴하고 사육공간도 작다[10,11].

따라서, 누에가 가지고 있는 영양적 가치와 산업적 가치가 증대됨에 따라서, 누에를 산업화하여 대량으로 생산할 수 있는 생태계를 조성하고, 이를 위해 ICT 기반 누에 사육할 수 있는 시스템을 설계·구현하여 산업화 할 수 있는 방안이 필요하다[12,13].

본 연구에서는 누에사육자동화시스템 개발을 위한 누에 생육환경 기초자료를 수집하기 위해 CO₂ 농도별 누에생육 특성 조사, 온도 및 습도에 따른 누에생육특성 조사를 수행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 누

에생육정보 수집을 위한 조사 방법에 대한 내용을 설명한다. 제 3장에서는 실험결과에 대한 내용을 기술하고, 제4장에서는 결론을 기술한다.

2. 누에 생육환경 조사 방법

2.1 시험품종

시험품종 대성잠은 일본종계 원종 잠125와 중국종계 원종 잠126을 교배한 F1으로 농촌진흥청 국립농업과학원에서 육성한 장려품종이다[14].



그림 1. 대성잠의 누에유충과 고치(왼쪽, 누에유충; 오른쪽, 고치)

Figure 1. Larvae and cocoons of the Daeseongjam silkworm(left, larvae; right, cocoon)

2.2 사육방법

누에 사육은 2020년 봄에 하였다. 누에 알깨기는 온도 15-26℃, 습도 75-80%, 광주기는 1일 16시간 밝게, 8시간 어둡게 하였다. 그 외 누에사육은 잠업시험연구사업 지침서(농촌진흥청, 2010)에 준하여 1-3령은 온도 25-26℃, 습도 75-80%로 방건지 덮어 키우기로 하였고, 4-5령은 온도 23-24℃, 습도 65-75%로 잠박치기를 하였다. 각령의 뽕은 1일 3회 주었다. 시험구 배치는 사육실 33㎡에서 각 2,000 마리씩 5회 반복 사육하였다[15].

2.3 누에 성장단계별 CO₂ 농도 조사

각 유충 단계별 CO₂ 농도를 무선 환경정보센서로 실내 3곳 측정하여 1일 평균값을 반영하였으며, 1일 3회 뿔값을 급이하였다. 사육 온습도는 표준사육법에 준하였고, 광주기는 L:D=16:8의 실내조건에서 5회 사육하였다.

2.4 CO₂ 농도에 따른 죽은 누에 조사

곤충스마트팜에서 200~2,500 ppm까지 500ppm씩 5구간을 나누어 CO₂ 농도별로 누에 1,000마리씩 표준누에사육법에 의거 번데기 시기까지 사육하여 누에가 죽는 비율을 조사하였다.

2.5 사육실 온도변화에 따른 누에체온변화 조사

시험구별 누에10마리씩 3반복으로 표준누에사육법에 의거 사육하여 누에 3~5령까지 온도별 누에체온을 열화상카메라로 접촉식온도계를 사용하여 조사하였다.

2.6 사육실 습도변화에 따른 누에식하량 변화 조사

누에 1000 마리를 표준누에사육법에 의거 사육하여 누에 3~5령까지 40~80% 습도 구간별로 3령에서는 1kg, 4령 3kg, 5령 20kg을 급상하여 누에가 뿔값을 먹는 양을 조사하였다.

3. 누에 생육정보 수집 분석 결과

3.1 누에 생육정보와 CO₂농도 변화 분석

누에 CO₂ 농도를 측정해 본 결과 1~2령은

403±6ppm, 3령은 412±28 ppm, 4령에는 465±11ppm, 5령에는 562±9ppm, 번데기는 391±12ppm, 나방시기에는 483±7ppm 으로 나타났으며, 측정된 결과를 <그림 2.1>과 같이 그래프로 나타내어 누에 생육정보와 비교 분석결과 CO₂ 농도 측정된 것과 일치하는 것을 볼 수 있다. 누에는 체벽이 표피로 둘러싸여 있어서 일정한 크기에 도달하면 성장을 멈춘다. 오래된 표피가 벗겨지고 새로운 표피가 만들어지는 탈피과정이 일어나는데, 누에의 성장은 포유류와 같이 연속적 과정이 아닌 단속적 과정을 보여주며, 누에 사육시 CO₂ 농도 변화와 일치함을 보여준다. 누에는 번데기에서 나방으로 바뀌는 과정에서 낮은 CO₂ 농도를 나타낸다. 먹이활동이 왕성한 4령 3일차 부터 5령기까지, 그리고 교미를 위한 활동이 활발한 나방시기에는 CO₂ 농도가 특히 높아지는 특징을 보여주고 있다. 또 곤충스마트팜에서의 누에의 체장과 체중을 분석해보면 표준사육법에 의하여 사육된 누에 생육모델과 동일한 결과를 얻을 수 있다.

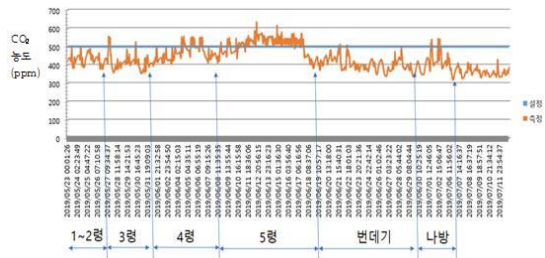


그림 2.1 누에 생육정보와 CO₂ 변화비교.

Figure 2.1 Comparison of silkworm growth information and CO₂ change

곤충에서 표피는 앞의 령을 기준으로 할 때 거의 일정한 정도로 성장하는데 이와 같이 령 사이에서 성장하는 현상을 Dyar법칙이라고 하며 성장률을 Dyar계수 또는 성장계수라고 한다. 이 법

칙은 크기를 대수로 환산한 수치와 령의 수를 나타내는 것으로 이번 실험에서 누에는 <그림 2.2>와 <그림 2.3>과 같은 그래프로 나타났고 누에 성장계수 1.91의 값으로 측정되었다. 또한 각 령의 시작 때를 기준으로 할 경우 체장 뿐만 아니라 체중도 일정한 요인에 의해 증가되므로 이 법칙을 적용할 수 있다.

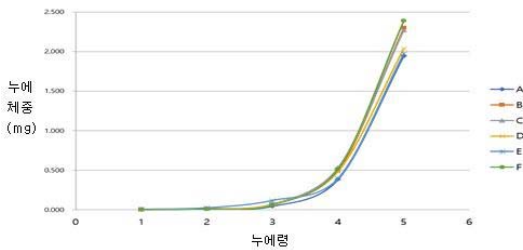


그림 2.2 누에령별 체중변화. A, 대성잠 1차사육; B, 대성잠 2차사육; C, 대성잠 3차사육; D, 대성잠 4차사육; E, 대성잠 5차사육; F, 대성잠 6차사육

Figure 2.2 Weight change by silkworm age. A, Daeseongjam 1st breeding; B, Daeseongjam 2nd breeding; C, Daeseongjam 3th breeding; D, Daeseongjam 4th breeding; E, Daeseongjam 5th breeding; F, Daeseongjam 6th breeding

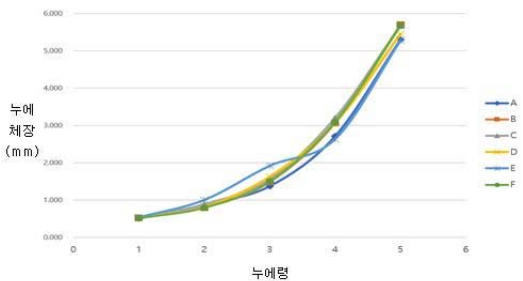


그림 2.3 누에령별 체장변화. A, 대성잠 1차사육; B, 대성잠 2차사육; C, 대성잠 3차사육; D, 대성잠 4차사육; E, 대성잠 5차사육; F, 대성잠 6차사육

Figure 2.3 Change in body length by silkworm age. A, Daeseongjam 1st breeding; B, Daeseongjam 2nd breeding; C, Daeseongjam 3th breeding; D, Daeseongjam 4th breeding; E, Daeseongjam 5th breeding; F, Daeseongjam 6th breeding

다만 이 경우 각 조건들이 일정할 때에만 적용

이 가능하고 각종 환경요인에 의해 크기와 탈피 횟수가 변하기 때문에 모든 상황에 일률적으로 적용될 수 없다. 그러나 곤충스마트팜에서는 환경요인들을 일정하게 제어가 가능하므로 수집한 사육환경 데이터값을 생육모델에 이용하여 곤충스마트팜 운영 알고리즘에 활용하는 것이 가능하다 할 수 있다.

누에 1상자(20,000마리)를 표준누에사육법에 의거 사육하여 누에령별 CO₂ 배출량을 측정하여 비교하였다. 1령에서 3령까지는 비교적 적은 양의 CO₂를 배출하였지만, 4령, 5령기에는 배출량이 급격히 상승함을 알 수 있다. 이는 4~5령 누에의 활동량 증가에 따른 CO₂ 증가로 보이며, 상자당 CO₂양으로 볼 때 일반 양잠농가가 10상자 내외로 사육할 경우 잠실 내에 형성되는 CO₂양은 상당하다 볼 수 있는데 누에를 CO₂ 농도가 높은 공간에서 사육하면 식욕이 감퇴하고 성장이 불량하게 되는 등 여러 가지 장애가 발생하게 된다. 따라서 사육중 환기는 잠실 온습도 유지에 영향을 주기도 하지만 신속한 CO₂ 배출은 누에 사육을 건강하게 하는 중요한 수단이 된다.

표 1. 누에 1상자(20,000마리)당 령별 CO₂ 누계배출량
Table 1. Cumulative amount of CO₂ emissions per 20000 silkworms

령기	CO ₂ 배출량(ppm)
1령	4.5
2령	12.6
3령	31.8
4령	98.4
5령	267.7
번데기	54.9

* 측정기간 : 1령~번데기

* Measurement period: 1st larvae ~ pupae

번데기 때도 3령보다 더 많은 CO₂ 배출량을 보이는 점에서 즉중 관리시 잠실환기는 습기배출

의 기능에서만 중요한 것이 아니라 번데기 호흡을 위한 공기순환으로서의 역할도 하기에 건강한 누에고치관리를 위해서 잠실 환기가 중요하다는 것을 <표 1>과 같이 알 수 있다.

3.2 CO₂ 농도별 죽은 누에 조사

곤충스마트팜에서 200~2,500 ppm까지 500ppm 씩 5구간을 나누어 CO₂농도별로 누에1,000마리씩 표준누에사육법에 의거 번데기 시기까지 사육하여 누에가 죽는 비율을 조사하였다. 평균 대기 중 CO₂ 농도가 340~450ppm인 것을 감안하여 실내에서 환기가 불량했을 경우 누에에게 어떤 영향을 주는것에 대한 것과 환경제어의 기본값을 알기 위하여 실험을 실시하였다.

표 2. CO₂ 농도에 따른 죽은 누에 누적수
Table 2. Accumulated number of dead silkworms according to CO₂ concentration

CO ₂ 농도(ppm)	누에사육개체	폐사량	비율 %
200~500ppm	1,000	12	1.20
500~1,000ppm	1,000	16	1.60
1,000~1,500ppm	1,000	38	3.80
1,500~2,000ppm	1,000	91	9.10
2,000~2,500ppm	1,000	201	20.1

* 측정기간 : 1령~번데기

* Measurement period: 1st larvae ~ pupae

<표 2>와 같이 CO₂ 의 농도가 올라갈수록 폐사율도 함께 올라가는 데 특히 1,500ppm이상일 경우 급격히 폐사율이 높아짐을 알 수 있었다. CO₂ 는 사육밀도와 밀접한 관련이 있는데, 누에의 사육밀도를 높일수록 일정면적당 CO₂농도도 함께 올라간다. 누에가 CO₂가 많은 공간에 사육하게 될 경우 고름병이 유발되며 특히 3령기보다 4~5령기에 많은 장애가 발생한다. 따라서 사육밀

도를 높이면서 사육할 경우 경제적 손실을 최소화하면서 사육할 수 있는 잠실 내 CO₂ 환경제어 조건은 1,000ppm내외로 환기를 관리할 경우 누에를 밀도를 높이면서 건강하게 키울 수 있다는 것을 알 수 있다.

3.3 온도변화별 누에체온변화 조사

시험구별 누에10 마리씩 3반복으로 표준누에사육법에 의거 사육하여 누에 3~5령까지 온도별 누에체온을 열화상카메라로 접촉식온도계를 사용하였을 경우 발생할 수 있는 오차를 최소화하여 측정하였고, 각 령의 2일차에 잠실 대기온도와 누에체온을 측정한 후 차이를 계산하였다.

표 3. 사육실 온도변화에 따른 누에체온변화 측정
Table 3. Measurement of changes in silkworm body temperature according to temperature change in breeding room

잠실온도 (°C)	누에 령별	누에체온 (°C)	차이 (°C)
20°C	3령	19.8	-0.2
	4령	19.7	-0.3
	5령	20.5	0.5
23°C	3령	22.6	-0.4
	4령	22.5	-0.5
	5령	23.6	0.6
26°C	3령	25.7	-0.3
	4령	25.6	-0.4
	5령	26.9	0.9
29°C	3령	28.7	-0.3
	4령	28.7	-0.3
	5령	30.1	1.1

* 측정기간 : 령별 2일차

* Measurement period: 2nd day by age

3령에서는 20°C, 23°C, 26°C, 29°C 대기온도에 비하여 각각 -0.2°C, -0.4°C, -0.3°C, -0.3°C의 편차를 보였고, 4령에서는 20°C, 23°C, 26°C, 29°C 대기온도에 비하여 각각 -0.3°C, -0.5°C, -0.4°C, -0.3°C의 편차를 보였지만, 5령에서는 20°C, 23°C,

26℃, 29℃ 대기온도에서 각각 0.5℃, 0.6℃, 0.9℃, 1.1℃의 편차를 보였다. 3~4령까지는 외부온도에 비해 0.2~0.5℃ 낮았지만, 5령에서는 오히려 0.5~1.1℃ 높은 체온을 보였다. 이는 5령에서의 왕성한 먹이활동과 소화활동에 의해서라고 볼 수 있으며, 건강하게 사육하기 위해서 령이 증가할수록 관리온도가 낮아지게 관리해야 함을 <표 3>에서 알 수 있다.

3.4 습도변화 따른 누에식하량 변화 조사

누에 1000마리를 표준누에사육법에 의거 사육하여 누에 3~5령까지 40~80% 습도 구간별로 3령에서는 1kg, 4령 3kg, 5령 20kg을 급상하여 누에가 뽕잎을 먹는 양을 조사한 다음 급상량 대비 먹은량 비율을 조사하여 최적 령별 최적습도를 파악해보았다.

표 4. 사육실 습도변화에 따른 누에식하량 측정
Table 4. Measurement of silkworm food load according to humidity change in breeding room.

잠실 습도 (%)	령별	급상량 (g)	잔량 (g)	먹은양 (g)	먹은율 (%)
40%	3령	1,000	816	184	18.4
	4령	3,000	1,934	1,066	35.5
	5령	20,000	11,486	8,514	42.6
50%	3령	1,000	795	205	20.5
	4령	3,000	1,854	1,146	38.2
	5령	20,000	10,214	9,786	48.9
60%	3령	1,000	682	318	31.8
	4령	3,000	1,623	1,377	45.9
	5령	20,000	9,835	10,165	50.8
70%	3령	1,000	582	418	41.8
	4령	3,000	1,596	1,404	46.8
	5령	20,000	8,765	11,235	56.2
80%	3령	1,000	783	217	21.7
	4령	3,000	1,684	1,316	43.9
	5령	20,000	9,832	10,168	50.8

3령에서는 습도 70%에서 먹은 비율이 41.8%로 우수했고, 4령에서는 습도 60~80%에서 먹은 비율

이 45% 내외로 비슷하였지만 5령에서는 습도 70%에서 먹은 비율이 56%로 가장 높게 나왔다. 이는 습도와 뽕잎의 수분함량과의 관계로 볼 때 뽕잎을 절단하여 주는 것과 가지뽕으로 주는 방식 등에 의해서 차이가 날 수 있다. 하지만 대체적으로 실내습도는 뽕잎의 수분함량변화에 영향을 주어 누에가 먹이 활동하는 것에 관여하는 주요 요인임을 <표 4>에서 알 수 있고, 향후 누에 자동화공정을 위한 급상방식을 표준화할 때 고려해야 할 사항이 된다.

4. 결론

본 논문에서는 우리나라 잠업 활성화를 위해 누에 생육환경을 ICT를 기반으로, 보다 효과적으로 사육시스템을 구현하기 위해 누에 생육환경을 모니터링하여 기초자료를 수집할 목적으로 수행되었다. 이를 위하여 누에 생육에 따른 CO₂ 농도 변화 조사, CO₂ 농도 증가에 따른 누에 생육특성 조사, 온도 및 습도 변환에 따른 누에 생리적 특성을 조사하였다.

그 결과, 누에는 번데기에서 나방으로 번태될 때 낮은 CO₂ 농도를 나타내었고, 먹이활동이 왕성한 4령 3일부터 5령, 그리고 나방이 될 때에는 CO₂ 농도가 높았다. 또한, 사육밀도가 높아지면 CO₂ 환경제어 조건은 1,000ppm 내외로 유지하는 것이 누에를 건강하게 키울 수 있음을 알 수 있었다. 사육시 누에체온변화는 3~4령까지 외부온도에 비해 0.2~0.5℃ 낮았지만, 5령에서는 0.5~1.1℃ 높은 체온을 보였다. 따라서, 누에 사육이 진행될수록 사육시설의 온도를 낮게 유지하여야 함을 알 수 있다. 실내습도는 3령에서 습도 70%에서 먹은 비율이 41.8%, 4령에서 습도 60~80%에서 먹은 비율이 45% 그리고 5령에서 습도 70%에서 먹은 비율이 56%로 가장 높게 나왔다. 이러한 결

과는 누에의 먹이 활동에 습도가 밀접한 영향이 있음을 확인 할 수 있다. 이상의 결과로, 누에자동화시스템 개발을 위해서는 누에사육실의 온도와 습도 조절이 누에 생육에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다.

References

- [1] M. S. Oh, *Study on the environment-friendly control of the vespa mandarina - I. group attack prevention by plant cultivation in front of beehives*, Korean Journal of Apiculture, Vol. 26, pp. 101-108, 2007.
- [2] B. S. Kim, *Early alert system of vespa attack to honeybee hive: prototype design and testing in the laboratory condition*, Journal of Apiculture, Vol. 32, No. 3, pp. 191-198, 2017.
- [3] Korea Meteorological administration, automated synoptic observing system (ASOS), data.kma.go.kr, 2018-2020.
- [4] M. B. Choi, *Ecological systematics by morphological and ecological characters of Vespine wasps (Vespidae: Hymenoptera) in Busan and its surrounding area*. MS thesis, Kosin University, p. 117, 2004.
- [5] C. Jung, *Economic value of honeybee pollination on major fruit and vegetable crops in Korea*. Korean Journal of Apiculture, Vol. 23, pp. 147-152, 2008.
- [6] C. Jung, M. S. Kang, and D. Kim. *Vespid wasps (Hymenoptera) occurring around apiaries in Andong, Korea: II. Trap catches and seasonal dynamics*. Korean Journal of Apiculture, Vol. 22, pp. 63-70, 2007.
- [7] C. Jung, D. W. Kim, H. S. Lee, and H. Baek. *Some biological characteristics of a new honeybee pest, Vespa velutina nigrithorax Buysson 1905 (Hymenoptera: Vespidae)*. Korean Journal of Apiculture, Vol. 24, pp. 61-65, 2008.
- [8] J. K. Kim, M. B. Choi, and T. Y. Moon. *Occurrence of Vespa velutina Lepeletier from Korea, and a revised key for Korean Vespa species (Hymenoptera: Vespidae)*, Entomological Research, Vol. 36, pp. 112-115, 2006.
- [9] T. J. Gunasheela, V. T. Renuka, S. N. Prathiba and A. P. Shilpa, *Implementation of sericulture farm automation using sensor network and gsm technology*, International Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol. 119, No. 14, pp. 13-20, 2018.
- [10] M. Nivaashini, R. S. Soundariya, and K. A. Dinesh, *Silkworm growth monitoring smart sericulture system based on internet of things (iot) and image processing*, International Journal of Computer Applications, Vol. 180, No. 18, pp. 29-33, 2018.
- [11] S. Vijayanand, E. I. Bright, and L. V. Anand, *Automation in sericulture farm*, Engineering and Science, Vol. 1, No. 2, pp. 17-19, 2016.
- [12] L. Liu, and K. Wang, *Automatic identification system of silkworm cocoon based on computer vision method*, Revista Científica, FVC-LUZ, Vol. 29, No. 4, pp. 785-794, 2019.
- [13] S. Y. Rho, J. H. Won, J. S. Lee, J. H. Baek, H. D. Lee, and K. S. Kwak, *Development of the insect smart farm system for controlling the environment of protaetia brevitarsis seulensis*, Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.

24, No. 12, pp. 135-141, 2019.

- [14] S. W. Kim, J. W. Park, S. B. Kim, J. H. Yu, J. W. Hong, S. K. Kang, N. S. Kim, and K. Y. Kim, *A new breed of silkworm variety, Juhwangjam, for light pink cocoon*, International Journal of Industrial Entomology, Vol. 40, No. 2, pp. 51-55, 2020.
- [15] S. W. Kim, K. Y. Kim, S. R. Kim, S. B. Kim, S. D. Ji, N. S. Kim, H. S. Kweon, Y. Y. Jo, and J. G. Kim, *Breeding of new silkworm variety, 'chilseongjam' with peculiar laval mark*, Journal of Industrial Entomology, Vol. 37, No. 2, pp. 69-72, 2018.

WSN 시스템을 사용한 누에 사육환경 정보에 대한 모니터링 시스템의 구현

석영식¹, 김성완²

¹강원도 농산물원종장, 감사곤충팀 팀장

²농촌진흥청 국립농업과학원 농업생물부 잠사양봉소재과 양잠자원이용연구실 농업연구사

요 약

본 연구는 누에사육자동화시스템 개발을 위해 누에 생육환경을 모니터링하여 기초자료를 수집할 목적으로 수행되었다. 이를 위하여 CO₂ 농도에 따른 누에 생육특성 조사, 온도 변화에 따른 누에 생육환경 조사, 습도 변화에 따른 누에습식 변화 조사를 진행하였다. 그 결과, 누에는 번데기 시기에 유충에서 나방으로 변태되는 과정에서 낮은 CO₂ 농도를 나타내었다. 그리고, 먹이활동이 왕성한 4령 3일부터 5령, 나방시기까지 CO₂ 농도가 특히 높아지는 특징을 보여주고 있다. 또한, 사육밀도를 높이면서 사육할 경우, CO₂ 환경제어 조건은 1,000ppm내외로 유지하여 누에 밀도를 높이면서도 건강하게 키울 수 있다는 것을 알 수 있다. 사육온도 관리는 누에 사육이 진행될수록 낮게 유지하여야 하며, 실내습도는 누에의 먹이 활동에 밀접한 영향이 있음을 확인하였다. 따라서, 본 연구결과

는 누에사육자동화 시스템 개발을 위한 기초 데이터로 활용 될 것이며, 농가소득 향상에도 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 농림식품기술기획평가원(과제번호: 316027055HD030)의 지원에 의해 이루어진 것임.



Yeong Seek Seok received a bachelor's degree in Department of Bio-fibers and materials Science from Kyungbuk University in 1998. From 2003 and 2020, he received a master's degree and doctorate from Kyungbuk University. From 1997 to 2020, he worked as a researcher at The Province of Gangwon, Agricultural Product Registered Seed station. From 2012 to 2020, he is the head of the Sericulture-Insect Team. His current research interests include insect smart factory farms, insect industry materials, and nano-natural electronic materials.

E-mail address: air5738@jkorea.kr



Seong Wan Kim received the bachelor's degree in the Department of Biotechnology from the Silla University in 2002. He received the M.S. degree in the the Department of natural fiber from Kyungbuk University in 2003 and 2005. His the Ph.D. degree was received in the Department of anatomy from Chungnam University in 2004 and 2009. From 2009 to 2016, he was a researcher at Rual Development Administration. He has been a agricultural researcher in the Department of

Agricultural Biology at Rual Development Administration since 2017. His current research interests include silkworm breeding and silkworm genome research.

E-mail address: tarupa@korea.kr