



Performance Evaluation of Smart Breeding Device for Edible Insect Based on Information and Communications Technology

Si-Young Rho, Jin-Ho Won, In-Chan Choi, Kang-Su Kwak*

Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural Sciences

A B S T R A C T

The insect industry has been developed continuously. However, there was no development in specification control devices for edible insects. Therefore, we developed a smart breeding device for edible insects to solve the problems of insect breeding farms. The performance of the smart breeding device for *Protaetia brevitarsis seulensis* was evaluated. We tested and compared the breeding environment control performance between the smart breeding device and ordinary insect breeding farms in items of air temperature, relative humidity and the insect growth in the breeding room. The experimental result shows that the smart breeding device was hardly affected by the external environment, and the air temperature($25\pm 1.3^{\circ}\text{C}$) and relative humidity($65\pm 9.1\%$) have been kept very stable during the experimental period(May 19~Aug. 2), therefore it provided an optimal breeding environment for the growth of *Protaetia brevitarsis seulensis*. On the other hand, the breeding devices of ordinary insect breeding farms were easily affected by the external environment, and the range of changes in air temperature($24\sim 31^{\circ}\text{C}$) and relative humidity($38\sim 90\%$) was large and unstable, therefore these environmental changes were very adverse to the growth of *Protaetia brevitarsis seulensis*. When compared with the weight change of the *Protaetia brevitarsis seulensis* larva, the weight in the smart breeding device increased sharply in the early stages of breeding, and it was about 52.3% higher than that of ordinary insect breeding farms at 2 weeks after larval standing. Even after that, it was still high at 12.4~2.3% up to 11 weeks, therefore the weight was relatively heavy. As above results, the characteristics of the smart breeding device for *Protaetia brevitarsis seulensis* are as follows, 1. Provide the optimal environment for the breeding of the insect larva. 2. Reduce disease risk, enable early harvest, increase year-round production. 3. Efficiently improve the environment for the breeding of the insect larva. 4. Reduction of labor force of farmers by providing remote control function. 5. Contribute to improving farm household income. However, it costs some budget to introduce the smart breeding device in a small insect breeding farms. Therefore, in order for farmers to actively introduce it, a government policy support by central or local governments is needed.

© 2020 KKITS All rights reserved

KEYWORDS: Smart breeding device, Edible insect, Insect farmer, Insect specification management, *Protaetia brevitarsis seulensis*

ARTICLE INFO: Received 14 November 2020, Revised 2 December 2020, Accepted 11 December 2020.

*Corresponding author is with the Division of Smart Farm Development, National Institute of Agricultural

Sciences, Jeonju, Korea.

E-mail address: addio2423@korea.kr

1. 서론

곤충은 예로부터 서민들의 훌륭한 단백질 공급원이었으며, 한약 및 민간요법의 재료 등 다양하게 사용되었다. 2016년 농촌진흥청에선 다양한 곤충들 중에서 인체 유해성이나 독성 문제가 없는 곤충을 선별하여 새로운 식품원료로 등록을 하였으며, 2017년에는 곤충 산업 육성 및 지원에 관한 법률이 시행되어 곤충 산업이 활성화되는 개기가 되었다. 또한 국가 또는 지자체의 곤충산업 육성 및 활성화 사업 등으로 곤충 생산·가공·유통 농가 및 업체가 지원받아 기존 낙후된 곤충농가를 현대화 시설로 정비하고 새로운 곤충농가를 지원하는 등 다양한 방안으로 곤충산업을 발전시키고 있다. 이러한 노력으로 <그림 1>과 같이 곤충업 사업체는 2016년 1,597개소에서 2019년 2,535개소로 증가하였고, 곤충업 종사자수도 2016년 1,821명에서 2019년 3,609명으로 증가하였다. 곤충농가의 수는 <그림 2>와 같이 2016년 818농가에서 2019년 2,576농가로 증가되었으며, 곤충 판매액은 2016년 22,514 백만원에서 2019년 40,530 백만원으로 매년 꾸준히 향상되고 있다. [1-3]

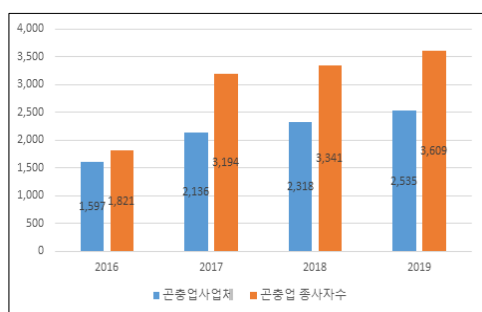


그림 1. 곤충산업체 및 종사자수 현황
Figure 1. Current status of insect industry and number of workers

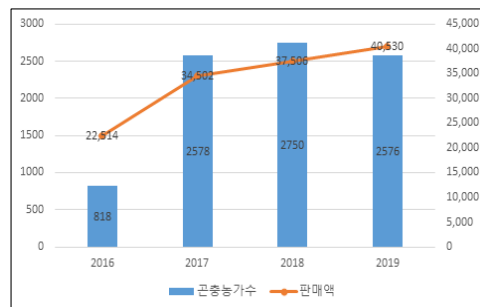


그림 2. 곤충 농가수 및 판매액 현황
Figure 2. Current Status of Insect Farm Households and Sales

이러한 곤충산업의 발전에도 식용곤충 사육에 관한 장비 및 시설에 대한 개발은 매우 저조하다. <그림 3>과 같이 국립농업과학원에서 곤충농가를 대상으로 실시한 설문에 따르면 곤충 사육 시설에 냉난방시설만 82%이고 사육의 편리 및 노동력 절감을 위한 시설에 대한 설치는 저조한 것을 알 수 있었다. [4-5]

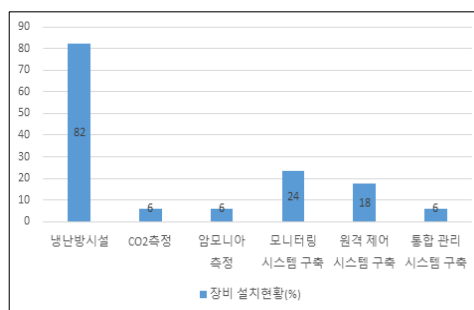


그림 3. 곤충 농가 장비 설치 현황
Figure 3. Insect Farming Equipment Installation Status

곤충 농가의 시설 투자가 저조한 이유로는 식용 곤충 사육을 전용으로 하는 장비가 없어 시설 투자에 어려움이 있기 때문이다. 이러한 곤충농가의 애로사항을 해결하기 위하여 국립농업과학원에서는 식용 곤충을 전용으로 하는 사육사에 대한 개발의 필요성이 증가하여 식용곤충 스마트 사육사

를 개발하게 되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 식용곤충 스마트 사육사 규격 및 성능에 대해서 살펴본다. 제 3장에서는 식용곤충 스마트 사육사 성능에 대한 평가를 위해 일반 곤충 농가와 사육 실험 결과를 기술하며, 제 4장에서는 결론을 기술한다.

2. 식용곤충 스마트 사육사 시스템

2.1 스마트 사육사의 규격

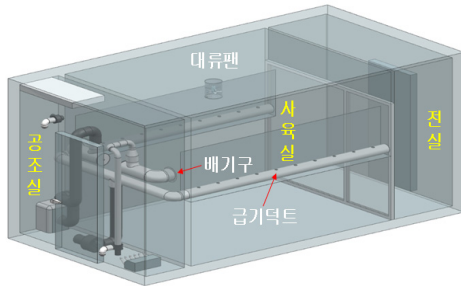


그림 4. 스마트 사육사 구성도
Figure 4. Smart Breeding Device Structure Diagram

스마트 사육사의 외부는 단열기능이 있는 우레탄 판넬을 사용하였으며, 내부는 물청소가 가능한 알루미늄 체크판을 사용하였다. 공조실을 포함한 전체 크기는 6m(길이)×2.8m(너비)×3m(높이)로 제작되었으며 식용곤충을 사육할 수 있는 사육실의 크기는 3.9m(길이)×2.55m(너비)×2.6m(높이)로 약 3평 규모이다. 스마트 사육사의 생산량은 사육상자 당 100마리 사육할 때 120박스 사육이 가능하며 1회 기준 12,000마리 사육 가능하며, 1회 사육 기간을 5주 사육을 할 때 120,000마리(개체당 2.7g) 최대 324kg 생산이 가능하다. 식용곤충 스마트 사육사 시스템은 웹 및 앱을 통하여 원격 제어

또는 사육 환경을 모니터링, 통계를 확인 할 수 있으며, 사육실 내 CCTV를 설치하여 영상으로도 확인 가능하다. [6-9]

2.2 스마트 사육사 제어 성능 실험

식용 곤충의 대표적인 곤충은 식용곤충 판매액의 56%인 흰점박이꽃무지이라 할 수 있다. 국립농업과학원에서는 흰점박이꽃무지의 최적 사육 환경이 온도 25℃, 습도 65%라고 한다. 스마트 사육사를 흰점박이꽃무지의 최적 사육환경으로 설정하였을 때 온도는 <그림 5>과 같이 평균 25.1℃, 설정 온도 25.0±1℃ 이내를 유지하였고 습도는 <그림 6>과 같이 평균 66.1%, 설정 습도 65±10% 이내로 조절되어 설정치 기준 10%의 변화폭이 발생하였으며, 외기 환경의 영향을 적게 받는 것을 확인 할 수 있었다. [10-12]

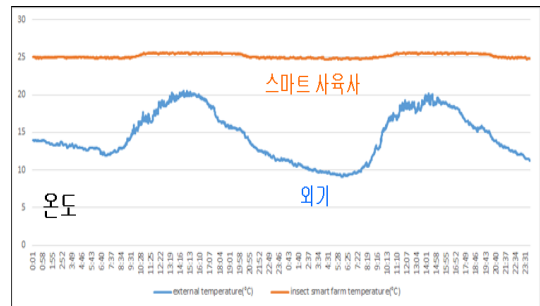


그림 5. 스마트 사육사와 외기 온도 비교
Figure 5. Comparison of Ambient Air Temperature with Smart Breeding Device

스마트 사육사는 흰점박이꽃무지 사육환경 정밀 제어가 가능하며 최적 사육환경을 제공하여 계절과 관계없이 최적의 온습도 및 CO₂ 농도 조절이 가능하다. 또한, 공기순환 방식 적용으로 에너지 효율성이 향상되었으며 사육실 내 소음은 60~70데시벨(dB) 수준이었다. [13-15]

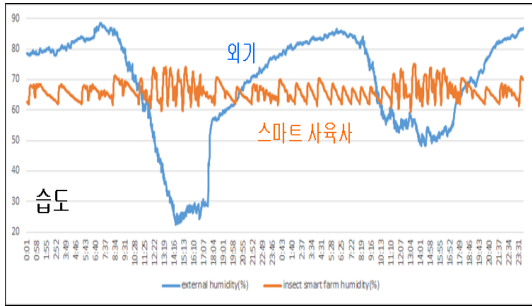


그림 6. 스마트 사육사와 외기 습도 비교
Figure 6. Comparison of Ambient Air Humidity with Smart Breeding Device

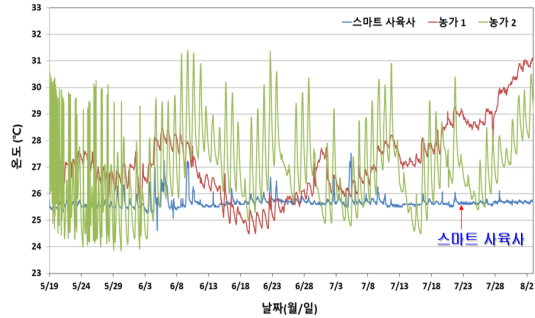


그림 7. 스마트 사육사와 곤충농가 온도 비교
Figure 7. Comparison of temperature between Smart Breeding Device and insect farmers

3. 식용곤충 스마트 사육사 성능 평가

3.1 스마트 사육사 및 일반 농가의 사육환경 온·습도 비교 실험

스마트 사육사의 식용곤충 사육능력을 평가하기 위하여 곤충 선도농가 1농가와 일반 농가 1농가를 섭외하여 사육 비교 실험을 진행하였다. 대상 곤충은 흰점박이꽃무지 유충 1령이며 사육 마리 수는 사육상자 당 100마리씩 총 300마리 3개의 사육상자로 하였다. 실험 기간은 총 12주로 진행되었으며, 조사항목으로는 사육실 내 온·습도 및 흰점박이꽃무지의 체중, 체폭, 체장 등의 유충 사육 상태를 조사하였다.

실험 결과 스마트 사육사의 온도는 $25 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ 로 매우 안정적으로 유지되었지만, 일반 사육농가는 $24 \sim 31^{\circ}\text{C}$ 로 온도 변화의 폭이 크고 불안정함을 알 수 있었으며 두 농가 모두 외기 온도의 영향을 받는 것을 확인 할 수 있었다.

스마트 사육사의 습도는 $65 \pm 9.1\%$ 로 매우 안정적으로 유지되었지만, 일반 사육농가는 $38 \sim 90\%$ 로 습도 변화의 폭이 크고 불안정함을 확인 할 수 있었다.

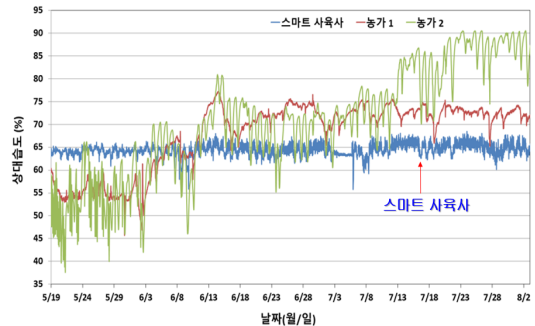


그림 8. 스마트 사육사와 곤충농가 습도 비교
Figure 8. A Comparison of Humidity between Smart Breeding Device and Insect Farmers

3.2 스마트 사육사 및 일반 농가의 유충 사육 비교 실험

스마트 사육사의 유충 체중은 사육 초기에 급격히 증가하여, 입식 2주 후에 일반농가 대비 약 52.3% 높음을 알 수 있었으며, 이후에도 11주까지 $12.4 \sim 2.3\%$ 로 여전히 높아 체중이 비교적 무거웠다.

표 1. 흰점박이꽃무지의 체중 비교
Table 1. Comparing the Weight of *Protaetia brevitarsis seulensis*

| 입식후 주수 | 체중(g/개체) | | | |
|--------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| | 스마트 사육사 | 선도 농가 | 일반 농가 | 농가 대비 |
| 1 | 0.72 | 0.54 | 0.45 | 144.4 |
| 2 | 1.45 | 0.98 | 0.92 | 152.3 |
| 3 | 2.04 | 1.91 | 1.83 | 108.9 |
| 4 | 2.71 | 2.45 | 2.37 | 112.4 |
| 5 | 2.78 | 2.71 | 2.49 | 107.0 |
| 6 | 2.81 | 2.72 | 2.66 | 104.5 |
| 7 | 2.84 | 2.79 | 2.68 | 103.9 |
| 8 | 2.94 | 2.79 | 2.72 | 106.9 |
| 9 | 2.99 | 2.83 | 2.77 | 106.7 |
| 10 | 2.87 | 2.84 | 2.78 | 102.3 |
| 11 | 2.92 | 2.81 | 2.77 | 104.6 |

표 2. 흰점박이꽃무지의 체폭 비교
Table 2. Comparing the Width of *Protaetia brevitarsis seulensis*

| 입식후 주수 | 체폭(mm) | | | |
|--------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | 스마트 사육사 | 선도 농가 | 일반 농가 | 농가 대비 |
| 1 | 6.97 | 6.95 | 6.5 | 103.5 |
| 2 | 10.46 | 9.19 | 8.9 | 115.4 |
| 3 | 11.46 | 11.36 | 11.2 | 101.7 |
| 4 | 13.00 | 12.62 | 12.4 | 104.0 |
| 5 | 12.97 | 12.80 | 13.6 | 98.3 |
| 6 | 12.99 | 13.00 | 13.5 | 98.1 |
| 7 | 12.97 | 13.06 | 13.0 | 99.4 |
| 8 | 13.29 | 13.18 | 12.8 | 102.2 |
| 9 | 13.41 | 13.04 | 13.1 | 102.6 |
| 10 | 13.14 | 13.00 | 13.0 | 101.2 |
| 11 | 13.27 | 13.00 | 13.0 | 102.2 |

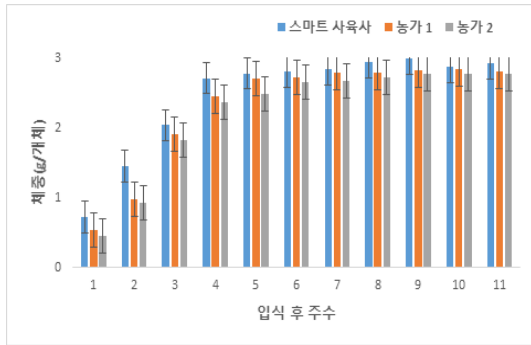


그림 9. 흰점박이꽃무지의 체중 비교
Figure 9. Comparing the Weight of *Protaetia brevitarsis seulensis*

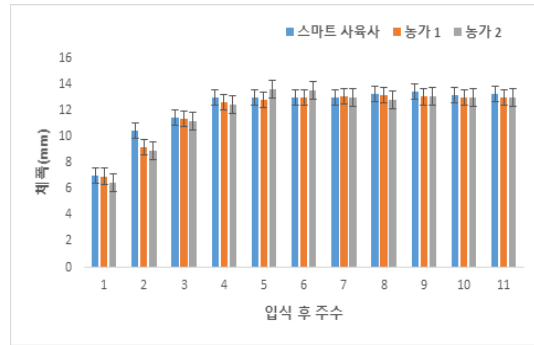


그림 10. 흰점박이꽃무지의 체폭 비교
Figure 10. Comparing the Width of *Protaetia brevitarsis seulensis*

스마트 사육사의 유충 체폭은 사육 초기에 약소하게 증가하여, 입식 4주 후에 식용곤충 상품으로 판매 가능한 체폭의 흰점박이꽃무지를 생산하는 것을 알 수 있었으며, 이후 11주까지는 두 농가와 비슷함을 확인할 수 있었다.

스마트 사육사의 유충 체장 또한 사육 초기에 약소하게 증가하였으며, 입식 4주 후에 식용곤충 상품으로 판매 가능한 체장의 흰점박이꽃무지를 생산하는 것을 알 수 있었으며, 이후 11주까지는 두 농가와 비슷함을 확인할 수 있었다.

표 3. 흰점박이꽃무지의 체장 비교
Table 3. Comparing the Length of *Protaetia brevitarsis seulensis*

| 입식후 주수 | 체장(mm) | | | |
|--------|---------|-------|-------|-------|
| | 스마트 사육사 | 선도 농가 | 일반 농가 | 농가 대비 |
| 1 | 25.3 | 23.1 | 21.7 | 113.2 |
| 2 | 34.1 | 30.6 | 29.3 | 113.9 |
| 3 | 37.9 | 38.2 | 36.5 | 101.5 |
| 4 | 41.4 | 40.3 | 40.3 | 102.8 |
| 5 | 41.8 | 40.8 | 43.2 | 99.6 |
| 6 | 43.0 | 41.7 | 44.1 | 100.3 |
| 7 | 40.9 | 42.1 | 41.8 | 97.5 |
| 8 | 43.3 | 42.1 | 41.2 | 104.1 |
| 9 | 42.6 | 42.2 | 42.2 | 101.0 |
| 10 | 42.5 | 42.2 | 42.0 | 100.9 |
| 11 | 42.4 | 41.7 | 41.7 | 101.6 |

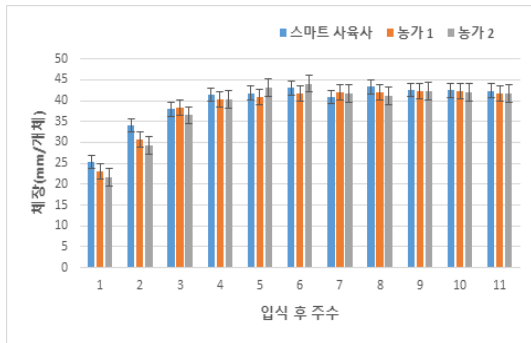


그림 11. 흰점박이꽃무지의 체장 비교
Figure 11. Comparing the Length of *Protaetia brevitarsis seulensis*

3.3 스마트 사육사 및 일반 농가 유충의 사육 비교 실험 결과

사육실 내 온·습도의 일교차가 크게 나면 식용 곤충이 온·습도 차이에 의한 스트레스로 성장 속도에 영향이 가는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서

최적의 사육 환경을 제공하여 식용곤충의 온·습도로 인한 스트레스를 최소화 하면 사육 기간이 줄어들어 식용 곤충 생산량이 증가함을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

식용곤충의 최적 사육 환경을 제공할 수 있는 식용곤충 스마트 사육사는 곤충 산업 발전에 가속을 가져 올 것이며, 곤충 농가의 식용 곤충 생산량이 증대하여 곤충 농가 소득 향상에도 도움이 될 것이라고 생각된다. 하지만 스마트 사육사를 도입하기 위한 비용은 영세한 곤충 농가에서는 부담이 될 것이며, 스마트 사육사를 개발 할 수 있는 업체가 많지 않아 곤충 농가의 부담이 늘어날 것으로 예상된다. 따라서 국가 곤충 산업 지원사업에 스마트 사육사 및 곤충 사양관리 제작업체에 대한 지원이 절실하게 필요하다. 다양한 식용곤충 사육에 대한 장비의 개발이 곤충 농가의 노동력 감소 및 사양관리 간소화 등으로 이루어 져야 보다 발전되는 곤충 산업이 될 것이라 생각된다.

References

- [1] K. S. Kwak, and S. Y. Rho, *Survey on the insect smart farm breeding farm*, The Korean Society Of Computer And Information, Vol. 28, No. 2, pp. 577-578, 2020.
- [2] Y. J. Kim, and H. S. Han, *The plan for activation of insect industry*, Korea Rural Economic Institute, 2015.
- [3] Y. J. Kim, and Y. K. Park, *Current status of insect industry and direction of fostering policy*, Korea Rural Economic Institute, 2016.

- [4] M. H. Song, M. H. Han, and S. H. Lee, *A field survey on edible insect farms in korea*, Journal of Life Science, Vol. 27, No. 6, pp. 702-707, 2017.
- [5] U. H. Yeo, and I. B. Lee, *Analysis of research trend and core technologies based on ict to materialize smart-farm*, Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 25, No. 1, pp. 30-41, 2016.
- [6] S. Y. Rho, and J. H. Won, *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.
- [7] J. H. Won, and K. S. Kwak, *Design and performance evaluation of the iot-based smart breeding system for protaetia brevitarsis seulensis*, The Korean Society Of Computer And Information, Vol. 28, No. 2, pp. 575-576, 2020.
- [8] J. H. Kwon, and H. Lee, *A study on trends and perceptions in smart factory: news network analysis*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 14, No. 6, pp. 605-614, 2019.
- [9] D. H. Kang, and K. Y. Kim, *An agricultural iot service configuration system using smart devices*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 14, No. 4, pp. 401-410, 2019.
- [10] J. M. Lee, *Manual for edible insect safety feed*, National Institute of Agricultural Sciences, 2018.
- [11] H. G. Kim, and K. H. Kang, *Bionomical characteristic of protaetia brevitarsis*, Korean Journal of Applied Entomology, Vol. 44, No. 2, pp. 139-144, 2005.
- [12] H. Y. Park, and S. S. Park, *General characteristics of the white-spotted flower chafer, protaetia brevitarsis reared in the laboratory*, Korean journal of entomology, Vol. 24, No. 1, pp. 1-5, 1994.
- [13] I. S. Cha, and M. H. Ha, *Study on the energy-saving constant temperature and humidity machine operating characteristics*, Journal of Energy Engineering, Vol. 25, No. 3, pp. 27-33, 2016.
- [14] M. S. Choi, *A study on the efficient implementation method of cloud-based smart farm control system*, The Korea Society of Digital Policy & Management, Vol. 18, No. 3, pp. 171-177, 2020.
- [15] J. H. Baek, *Research-platform design for the korean smart greenhouse based on cloud computing*, Protected Horticulture and Plant Factory, Vol. 27, No. 1, pp. 27-33, 2018.

ICT 기반 식용곤충 스마트 사육사의 성능평가

노시영¹, 원진호¹, 최인찬², 곽강수²

¹국립농업과학원 스마트팜개발과 전문연구원

²국립농업과학원 스마트팜개발과 농업연구원

요 약

나날이 발전하는 곤충산업에도 불구하고 식용곤충을 위한 사양관리 장치의 개발은 부족한 현실이다. 이러한 곤충농가 애로사항을 해결하기 위하여 식용곤충 스마트 사육사를 개발하였으며, 개발된 식용곤충 스마트 사육사의 성능을 평가하기 위하여 일반 곤충농가와 사육실 온·습도 및 사육 비교 실험을 실시하였다. 실험 결과 스마트 사육사의 온도는 $25\pm 1.3^{\circ}\text{C}$, 습도는 $65\pm 9.1\%$ 로 매우 안정적으로 유지함을 알 수 있었으며, 외기 환경에 영향이 적다는 것을 확인 하였다. 그

리고 사육 비교 실험에서 일반 곤충 농가에 비해 식용곤충 스마트 사육사에서 사육한 흰점박이꽃무지의 식용곤충 상품으로 성장까지 일반 농가 대비 1주 이상 빠른 것으로 확인되었다. 또한, 식용곤충 스마트 사육사는 웹과 앱으로 원격 제어가 가능하여 노동력을 감소할 수 있으며 사육 환경 모니터링 및 통계 기능을 통하여 식용 곤충 사양관리의 편의성이 향상되는 효과가 있다. 하지만 영세한 곤충농가에서 식용곤충 스마트 사육사를 도입하기 위해서는 도입비용으로 인한 부담을 느낄 수 있어 국가나 지자체의 곤충농가 지원 사업이 절실하게 필요하다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발 사업(과제번호: PJ0135842020, IoT 기반 흰점박이꽃무지의 안전사육 시스템 구축 연구)의 지원으로 이루어진 것임.



Si Young Rho received the bachelor's degree in the Department of Computer Engineering from the Kunsan University in 2007. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Computer Engineering from Kunsan University in 2010 and 2016, respectively. Dr. Rho joined National Institute of Agricultural Sciences, Korea, in 2018. He is currently Post Doc. in the Department of Agricultural Engineering, RDA. He is interested in smart Farm, ICT Standardization, and Forensic.

E-mail address: addio2423@korea.kr



Jin Ho Won received the B.S. and M.S. degrees in Department of Biosystems Engineering from Chungbuk National University, Korea, in 2015 and 2017. He is in a Ph.D. course in Agricultural Machinery Engineering from Chonbuk National University, Korea, since 2019. His current research interests include agricultural production facilities. He is a member of the KKITS.

E-mail address: wjh9446@korea.kr



In Chan Choi received the bachelor's degree in the Department of Physics, Electrical Engineering from the Chonnam University in 2000. He received the M.S. degree and the Ph.D. degree in the School of Electrical and Electronics Engineering from Chung-Ang University in 2003 and 2009, respectively. Dr. Choi is working in the Department of Agricultural Engineering, RDA. He is interested in Precision Agriculture, Artificial Intelligence and Growth Modeling.

E-mail address: inchchoi@korea.kr



Kang Su Kwak received the M.S. and Ph.D. degrees in Crop Science from Nagoya University, Japan, in 1993 and 1996, respectively. Dr. Kwak joined Rural Development Administration, Korea, in 1999. He is currently a senior researcher in the Department of Agricultural Engineering, RDA. He is interested in development of the smart farm of open field crop plants.

E-mail address: kskwak@korea.kr