

옥수수 유묘를 이용한 흑명나방 사육체계

박흥현* · 박창규 · 박형만 · 엄기백

농촌진흥청 농업과학기술원 농업생물부 농업해충과

Rearing system for rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae) using corn seedlings

Hong-Hyun Park*, Chang-Gu Park, Hyung-Man Park and Ki-Baik Uhm

Applied Entomology division, Department of Agricultural Biology, National Institute of Agricultural Science and Technology, Rural Development Administration, Suwon, Korea

ABSTRACT : This paper reports a simple rearing system for *Cnaphalocrocis medinalis* based on corn seedlings diet. *C. medinalis* population under this system has been maintained by four stages (egg, young larva-1st to 3rd instar, old larva-4th to prepupa, and adult) at 25±2℃, 40±10% RH, and 16L:8D photoperiod in a laboratory. We have elaborated a new egg collection method using a polystyrene container (top Ø11.3 x bottom Ø9 x H8cm) which has made a great contribution in easy collection of eggs and storage of them for long period. Under this system, pupation and adult emergence rate, and pupal weight of *C. medinalis* population were close to the other reports by corn seedling diet, and superior to those by artificial diets. Therefore, this rearing system would be useful in obtaining *C. medinalis* population suitable to each specific needs.

KEY WORDS : Rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis*, Rearing system, Corn seedlings

초 록 : 본 논문에서는 옥수수 유묘를 이용한 간단한 흑명나방 사육체계를 보고하고자 한다. 본 사육 체계는 온도 25±2℃, 상대습도 40±10%, 광주기 16L:8D의 실험실 조건에서 알, 어린유충(1-3령), 큰 유충(4령-전용), 번데기단계로 흑명나방 개체군을 나누어서 보호, 유지하였다. 본 사육체계에서는 특히 폴리스티렌 용기(위 Ø11.3 x 아래 Ø9x H8cm)를 이용하여 채란법을 새롭게 개선시켜 쉽게 알을 보관하고 장기간 저장이 가능하도록 하였다. 본 사육체계에서 누대 사육된 집단의 용화율, 우화율, 번데기무게는 기존의 옥수수 유묘를 이용한 시험결과와 대등하였으며, 인공사료를 이용한 사육결과 보다는 우수하였다. 따라서 본 사육체계는 시험에 필요한 흑명나방 공시충을 확보하는데 보다 유용할 것으로 판단되었다.

검색어 : 흑명나방, 사육체계, 옥수수 유묘

흑명나방은 벼멸구, 흰등멸구와 같은 비래해충으로 2003년에 전국적으로 발생하여 큰 피해를 주었던 벼의 주요 해충이다(Uhm *et al.*, 1991; Anonymous, 2003). 유충이 잎을 먹고, 그 속에서 잎 조직을 섭식함으로써 벼의 광합성을 저해시켜 궁극적으로 수량과 품질에 영향을 주기 때문에 정밀예찰에 의한 적기 방제가 요구되는 해충이다

(Baustista *et al.*, 1984; Miyashita, 1985; Lee *et al.*, 2004).

흑명나방의 기초 생태연구나 페로몬트랩 개발, 저항성 품종 검정, 신 살충제의 효과검정(Wada and Kobayashi, 1980; Ye *et al.*, 2003; Kawazu *et al.*, 2004; Senthil Nathan *et al.*, 2006) 등을 위해서는 안정적으로 공시충이 확보되어야 한다. 지금까지 벼나 옥수수와 같은 기주들

*Corresponding author. E-mail: hhpark@rda.go.kr

이용한 방법 (Waldbauer and Marciano, 1979; Fujiyoshi *et al.*, 1980; Shono and Hirano, 1989)과 누에 인공사료에 버니 옥수수 분말을 섞어서 만든 인공사료를 이용한 방법들이 보고되어 있다(Ohmura *et al.*, 2000; Tusda *et al.*, 2005).

우리나라에서는 최근 흑명나방 대발생에 따른 농약대체 방제제의 개발연구의 증가로 관련기업, 대학, 연구소에서 공시충의 수요가 증가하였으나, 아직까지 사육체계가 확립되어 있지 않아 공시충 확보에 어려움이 있어 왔다. 여기서 소개하는 사육체계는 Shono and Hirano(1989)와 같이 옥수수 유묘를 이용한 사육법이지만, 새로운 채란법을 개발하여 기존 사육체계를 크게 개선시켰다. 2004년 후반에 현재의 사육체계를 확립하였고, 지금까지 농업과 학기기술원 사육실에서 쉽고 안정적인 사육체계를 유지하고 있어 본 흑명나방 사육체계에 대해 소개하고자 한다.

재료 및 방법

공시충

현재 사육하고 있는 충은 2005년 7월 수원시 당수동 소재 농업과학기술원 시험포장에서 채집한 성충들에서 채란하여 얻은 것들로 옥수수 유묘를 이용하여 누대사육한 것을 공시하였다.

사육 체계

흑명나방의 누대사육은 광주기 16L:8D, 온도 $25 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $40 \pm 10\%$ 의 실내조건에서 이루어졌다. 이러한 조건에서 흑명나방은 알기간이 3일, 어린유충(1-3령) 기간이 10일, 큰 유충(4령-전용) 기간이 12일, 번데기기간이 7일 정도 소요되는데, 사육체계는 이러한 발육단계별 기간들을 고려하여 구축하였다.

옥수수 유묘준비

햇별이 잘 드는 온실에서 바닥에 작은 구멍을 15-20개 뚫은 사각 스티로폼 상자(20 x 29 x 5.5cm)에 상토(바로커®, 서울농자재)를 3cm 높이로 채운 다음 옥수수 씨앗(품종: NC+7117, Nebraska crop improvement association) 370개 정도를 파종하고 그 위에 상토를 1cm 덮고, 철제 스테인리스 바트(32 x 36.5 x 5cm)를 스티로폼 판 밑에 놓아서 수분이 충분히 공급되도록 해주었다. 본 시험에서 옥수수 씨앗의 발아율은 평균 75% 정도로 약 280개의 유묘가

한 개의 옥수수판에서 확보되었다. 유묘가 자라서 초장이 10cm 된 것은 1-3령 유충먹이로, 15cm 된 것은 4령 이상의 유충먹이로 사용하였는데, 10cm 크기까지 유묘가 자라기 위해서는 계절에 따라 5-10일 정도 소요되었다.

채란

채란을 위해서 뚜껑에 촘촘한 망사처리(Ø4cm, 200 esh)가 된 투명한 사다리꼴 원통형 폴리스틸렌 용기(위 Ø11.3 x 아래 Ø9 x H8cm, SPL Life sciences)의 밑바닥에 증류수 14ml를 적신 솜(Ø7.5 x H0.5cm)을 깔고, 그 위에 10% 설탕물(백설탕®, 삼양사)을 적신 솜(Ø4.8cm)을 담은 소형 페트리접시(Ø5cm)를 준비하였다. 번데기에서 성충으로 우화하면 건전지식 흡충기(흡입병 Ø2.5 x H5cm, DC 1.5V x 2, 신일사이언스)를 이용하여 압, 수 성충 5쌍을 채란 용기에 넣고, 뚜껑을 닫은 다음 접종일을 기록한 라벨을 산란용기에 붙였다(Fig. 1A). 본 사육조건에서 암컷 성충은 3일 정도 경과하면 용기벽면에 산란하는데, 산란이 개시되면 2일 정도 산란케 하고, 성충들을 새로운 용기로 옮겨주었다. 옮기는 동안 성충의 탈출을 방지하기 위해서 건전지식 흡충기를 이용하여 망사(W37 x L52.5cm) 내에 채란용기를 넣고 작업을 수행하였다.

부화충 옮기기

산란 후 채란용기에서 1령충이 부화하는 시점(산란 후 3일)에, 10cm 정도 크기의 옥수수잎 1~3개를 넣어준 뒤 3~4시간 후에 잎을 수거하여 1-3령 유충의 먹이로 쓸 옥수수 판에 옮겨주었다(Fig. 1B, 1C). 만약 채란 용기에 옮겨가지 못한 1령충이 남아 있을 때는 용기를 옥수수판 위에 얹어 놓아 자연적으로 옮겨가도록 하였다. 1-3령을 경과하는 옥수수판에는 접종일과 예상 종료일을 적은 라벨을 붙였다.

유묘교체

1-3령 유충이 있는 옥수수판이 10일 정도 경과하면 옥수수 잎을 잘라서 15cm 이상 자란 새 옥수수판으로 옮기는데, 이때 윗부분이 그물망으로 열개가 있는 스테인리스틀(25 x 30 x 22cm)을 새 옥수수판 위에 얹고 그 위에 자른 옥수수들을 옮겨놓아 유충들이 아래로 이동하도록 하였다(Fig. 1D). 4령-전용을 경과하는 옥수수판에는 접종일과 예상 종료일을 기입한 라벨을 붙였다(Fig. 1E).

우화

4령-전용 옥수수판에서 열흘 정도 지나 전용, 번데기 단계에 들어가면 이들을 잘라 키친타월을 한 겹 깔 채란용

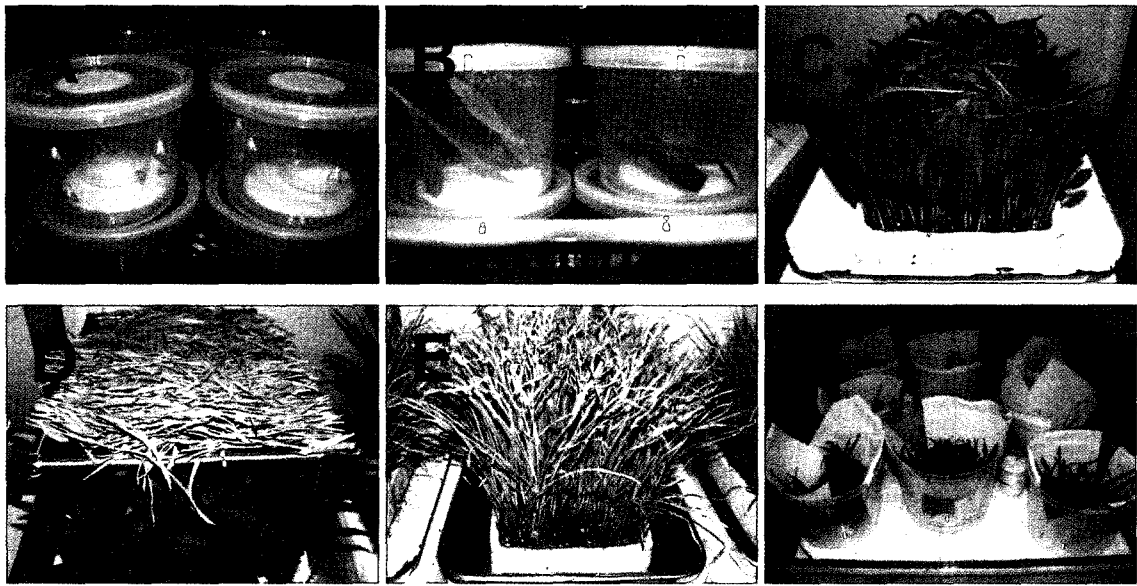


Fig. 1. Rearing system for *C. medinalis* (Guenée) on corn seedling. A: egg collection, B: transferring hatched larva on corn seedling, C: 1st instar placement on corn seedling plate, D: Corn seedling replacement, E: Corn seedlings before pupae removal. F: Adult emergence cages

기에 넣고, 이 용기를 우화 사육상(37.8 x 41.5 x 44.7cm)에 보관하면서 성충의 우화를 기다렸다(Fig. 1F).

사육체계 검정

사육체계의 검정을 위해 1령 300마리를 1-3령 옥수수판에 접종하여, 위에서 소개한 사육체계와 동일한 방법으로 3반복 수행하면서 4령이 되는 유충수를 조사하였고, 이들을 4령-전용 옥수수 판에 접종하여 번데기수를 조사하였으며, 번데기를 수거하여 우화되는 성충수를 조사하였다. 번데기무게는 2005년 12월부터 2006년 2월까지 총 12회에 걸쳐 매번 암, 수 번데기 각 15마리에 대해 정밀저울(BP221S®, Sartorius)을 이용하여 생체무게를 측정하였다.

결과 및 고찰

흑명나방을 사육하는 먹이로 옥수수를 이용하는 것이 벼를 이용하는 것보다 먹이 준비에 있어서나 충의 발육에 있어 유리하다(Shono and Hirano 1989, Ohmura *et al.*, 2000).

본 사육체계는 채란, 어린유충(1-3령), 큰 유충(4령-전용), 우화단계로 구성되어 있어 주요 발육단계별로 필요한 공시충을 확보할 수 있도록 되어 있다(Fig. 1). 기존의

사육체계에 비해 큰 변화는 채란하는 방법에 있다. 기존에 소개된 채란법은 폴리에틸렌 주머니(폭 30cm, 길이 45cm, 두께 0.03mm)를 이용하여 그 속에 신 성충을 집단으로 방사하여 표면에 산란케 하는 방법이었다(Nakayama and Kojima, 1978; Shono and Hirano, 1989; Ohmura *et al.*, 2000; Tsuda *et al.*, 2005). 유묘를 이용할 경우에는 산란된 폴리에틸렌 비닐을 2 내지 3등분으로 잘라 유묘 위에 얹고, 다시 넓은 비닐로 유묘 전체를 감싸서 부화가 이루어지는 동안 습도가 유지되는 방법을 이용하였다(Shono and Hirano, 1989). 따라서 2003년, 2004년에 같은 방법으로 수회에 걸쳐 채란을 시도해 본 결과, 많은 성충을 비닐 주머니 속에 투입하더라도 산란이 잘 이루어지지 않았고, 내부의 습도조절이 잘 이루어지지 않아 채란하는데 실패하였으며, 일부 채란이 되더라도 부화유충을 얻는데 실패하였다.

본 사육체계에서는 이러한 기존의 채란법의 문제점을 극복하고자 시판하는 폴리스티렌 사육용기를 이용하였다(Fig. 1A). 이 용기는 부피가 작아 좁은 공간에 많은 채란용기를 유지할 수 있고, 습도 조절과 설탕물을 안정적으로 공급해 줄 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 채란법을 도입한 결과 흑명나방 성충들은 용기 벽면에 충분히 산란하였고, 산란된 알의 부화율도 매우 높았다. 또한 저온에 장기저장도 가능하였으며, 흑명나방 개체군의 온도별 산란특징을 규명하는 시험법에도 적합하였다. 그리고 용기

Table 1. Result of mass rearing of *C. medinalis* with corn seedlings

1st instar	No. of insects			Pupal weight(mg)	
	4th instar	Pupae	Adult	Male	Female
300.0±0.0	141.7±19.9 (47.2) ^c	110.0±19.1 (36.7) ^d	76.3±29.7 (25.4) ^c	19.6±2.0	18.5±1.4

^a Three replications

^b Fifteen individuals for both male and female pupa were weighed on twelve occasions from Dec. 2005 to Feb. 2006

^{c,d,e} Survival rate(%) in each developmental stages.

내에서 부화된 유충은 용기에 옥수수 유묘를 잘라서 넣어 주면 유묘 위로 옮겨와서 유충들을 어린유충(1-3령) 옥수수판 위로 손쉽게 옮길 수 있었다(Fig. 1B).

본 사육체계를 검정해본 결과, 1령에서 3령 유충시기에 사망률이 높게 나타났고, 이후 노숙유충, 번데기 단계에서는 사망률이 다소 낮았는데(Table 1), 1-3령 유충시기의 높은 사망률은 흑명나방의 개체 사육시에도 마찬가지였다. 성충으로 우화를 측면에서 기존의 보고와 비교해보면, 본 사육체계에서 300마리의 1령을 접종시 25.4%가 성충으로 우화하였는데, 이것은 인공사료를 이용하여 150마리, 200마리 접종시 19.5%, 10.7%의 우화율을 보인 Tsuda *et al.*(2005)의 사육결과보다 높은 우화율이었다. 그리고 번데기로 용화되는 비율에서는 300마리 접종시 36.7%의 용화율을 얻었는데, 이것은 Shono and Hirano(1989)가 1령 유충 150마리를 옥수수 유묘에 접종했을 때 38.7%의 용화율을 얻은 결과와 비슷한 수준이었고, 2배의 밀도로 접종하였을 때에도 높은 용화율을 얻었으며, 인공사료를 이용해서 Tsuda *et al.*(2005)이 150마리, 200마리 접종시의 22.4%, 12.7% 보다는 훨씬 높은 수준이었다. 본 연구에서 이용한 옥수수판(20 x 29cm)에는 280개 가량의 옥수수 유묘가 자랄 수 있는데, 1령 유충을 300마리 이내 수준에서 접종되도록 하는 것이 효율적이라고 판단된다.

3개월 동안 암, 수 번데기무게를 12회 측정한 결과, 평균 암컷 18.5±1.4mg, 수컷 19.6±2.0mg였는데 이 결과는 Shono and Hirano(1989)의 암컷 17.9±0.4mg, 수컷 19.7±0.4mg과 비슷한 수준이었고, 인공사료를 이용한 Tsuda *et al.*(2005)의 암컷 14.9~16.9mg, 수컷 15.7~18.3mg보다는 무거웠다. 이러한 결과로 볼 때 옥수수를 기주로 사용한 경우 인공사료보다 번데기무게가 높은 개체를 확보하는데 유리한 것으로 판단되며, 따라서 암컷의 번데기무게와 산란수는 정의 상관관계를 가진다는 보고(Shono and Hirano, 1989)로 볼 때 기주를 사용하는 것이 실내세대 사육개체군 증식과 유지에 유리한 것으로 판단된다.

흑명나방 개체군은 22.5~30℃ 사이에서 안정된 발육을 보이며 온도가 상승함에 따라 빠른 발육을 한다(Wada and Kobayashi, 1980; Park *et al.*, unpublished observation). 사육실내 평균온도가 본 사육체계의 25℃보다 2~3℃ 상승할 때는 1-3령, 4령-전용, 번데기기간이 각각 2일 정도 단축되기 때문에 사육단계에서 이러한 점을 고려하여 사육단계별 교체시기를 조정해야 한다. 흑명나방이 32℃ 이상의 고온에 노출될 때는 전용과 번데기 단계에서 사망률이 크게 높아지고, 우화율, 산란수 등이 급감하게 되며, 20℃ 이하에서는 어린 유충의 사망률이 높고, 산란수 역시 크게 감소하기 때문에, 사육실 온도가 적온의 범위에서 유지되도록 주의해야 한다.

본 연구에서 개발한 사육체계는 사육재료 구입이 용이하고, 기술 습득이 쉬우며, 간단한 사육절차를 갖는다는 장점이 있다. 기주작물을 재배하는 단점이 있지만 벼와는 달리 옥수수 유묘를 이용한 본 사육 체계는 기주식물을 준비하는 데 노력과 시간의 요구가 많지 않다. 따라서 본 사육체계를 이용하면 흑명나방 개체군을 효과적으로 관리하기 위한 연구들에 필요한 공시충 확보에는 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다.

Literature cited

- Anonymous. 2003. Extension report for forecasting and control of diseases and insect pests. pp. 367~384. In 2003 Annual report for rural extension project edited by Kim, J. K., 718pp. RDA (In Korean)
- Fujiyoshi, N., M. Noda, and H. Sakai. 1980. Simple mass-rearing method of grass leaf roller *Cnaphalocrocis medinalis* GUENÉE on young rice. *Jap. J. Appl. Ent. Zool.* 24: 194~196 (In Japanese)
- Kawazu, K. T. Kamimuro, H. Kamiwad, K. Nagata, T. Matsunaga, H. Sugie, T. Fukumoto, T. Adati, and S. Tatsuki. 2004. Effective pheromone lures for monitoring the rice leaf folder moth, *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Crambidae). *Crop Protection* 23: 589~593.

- Lee, G. H., C. H. Paik, M. Y. Choi, and J. D. Kim. 2004. Control threshold for *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) in rice paddy. pp. 279~282. In 2004 Report for construction of diseases, insect pests and weeds monitoring system. 369pp. NIAST, RDA. (In Korean)
- Miyashita, T. 1985. Estimation of the economic injury level in the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). 1. Relation between yield loss and injury of rice leaves at heading or in the grain filling period. Appl. Ent. Zool. 29: 7~76.
- Nakayama, I. and L. Kojima. 1978. A method for obtaining eggs of some lepidopterous insects on polyethylene bag. Jap. J. Appl. Ent. Zool. 22: 126~128. (In Japanese)
- Ohmura, H., K. Tsuda, H. Kamiwada, and K. Kusigemati. 2000. Rearing of rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae), on artificial diets. Jpn. J. Appl. Ent. Zool. 44: 119~123. (In Japanese with English abstract)
- Senthil Nathan, S., K. Kalaivani, P. G. Chung, K. Murugan. 2006. Effect of neem limonoids on lactate dehydrogenase (LDH) of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). Chemosphere 62: 1388~1393.
- Shono, Y. and M. Hirano. 1989. Improved mass-rearing of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* GUENÉE (Lepidoptera : Pyralidae) using corn seedlings. Appl. Ent. Zool. 24: 258~263.
- Tsuda, K. H. Ohmura, Y. Sakamaki, H. Kamiwada and K. Kusigemati. 2005. Mass rearing of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenée) (Lepidoptera: Pyralidae), on an artificial diet. Appl. Ent. Zool. 49: 215~221. (In Japanese with English abstract)
- Uhm, K. B., K. M. Choi, and J. S. Hyun. 1991. Integrated control of rice pests. pp. 16-65. In Applied entomology collection of treatises in celebration of Professor Hyun, J. S., eds. J. S. Hyun, M. H. Lee and K. S. Boo. 558pp. Agricultural Biology Alumni Association, Seoul National University, Korea. (in Korean)
- Wada, T. and M. Kobayashi. 1980. Effects of temperature on development of the rice leaf roller, *Cnaphalocrocis medinalis* GUENÉE (Lepidoptera: Pyralidae). Appl. Ent. Zool. 15: 207~214.
- Waldbauer, G. P. and A. P. Marciano. 1979. Mass rearing of the rice leaffolder, *Cnaphalocrocis medinalis* GUENÉE (Lepidoptera: Pyralidae) under green-house condition. J. Ent. Res. 3: 1~8.

(Received for publication 27 March 2006;
accepted 18 April 2006)