

저온저장이 기생성 천적인 콜레마니진디벌과 예쁜가는배고치벌의 기생 및 생존에 미치는 영향

서미자 · 김정환 · 서보윤 · 박흥현 · 지창우 · 박부용 · 이상구 · 조점래*

농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 작물보호과

Effect of Cold Storage on Parasitism and Survival of *Aphidius colemani* and *Meteorus pulchricornis*

Meeja Seo, Jeong Hwan Kim, Bo Yoon Seo, Hong Hyun Park, Chang Woo Ji, Bueyong Park, Sang Gu Lee and Jum Rae Cho*

Crop Protection Division, Departments of Agro-food Safety and Crop Protection, National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

ABSTRACT: When *Aphidius colemani* mummies were stored at four different temperatures (6, 8, 10 and 12 ± 1°C), they could be stored at 8°C for 10 days with over 50% adult emergence. A number of mummies of *Rhopalosiphum padi* parasitized by *A. colemani* adults emerged from mummies after 8°C storage clearly reduced with increasing duration of storage and especially declined with storage longer than 13 days showing < 20% parasitism. However, there were no differences in aphid parasitisms by *A. colemani* on 3 to 10 days after storage. Over 3 day storage at 8°C was adversely affected on survival of *A. colemani* adults. Therefore, cold storage of *A. colemani* adults is considered as an unsuitable method for mass production of biological control agent. When 2-day-old *Meteorus pulchricornis* cocoons were stored at 6, 8 and 10 ± 1°C, it was possible to be stored up to 63 days at 8°C, showing the highest emergence. With increasing of cold storage duration at 8°C, parasitism on 2nd and 3rd larval instar of *Spodoptera litura* by stored *M. pulchricornis* significantly reduced. However, parasitic rate by *M. pulchricornis* stored for 2 weeks was similar to that by 1 week stored ones. Therefore, *M. pulchricornis* cocoons could be stored up to 2 weeks at 8°C for stockpiling before release.

Key words: Cold storage, Biological control, Fecundity, *Aphidius colemani*, *Meteorus pulchricornis*

조 록: 콜레마니진디벌 머미는 처리한 온도조건(6, 8, 10 및 12 ± 1°C) 중, 8°C에서 저장 10일 까지 50% 이상의 우화율을 보였다. 머미 우화율이 가장 높았던 8°C에서 콜레마니진디벌 머미의 저장기간에 따른 기생된 기장테두리진딧물 머미 수를 조사한 결과, 저장 후 진딧물 기생율이 급격히 떨어지는 것이 확인되었으며, 13일 이상의 저장할 경우 평균 기생율이 20%를 넘지 못하였다. 머미 상태로 저장기간 3일부터 10일까지는 기생율의 차이를 보이지 않았다. 콜레마니진디벌 성충은 3일 이상의 저장은 생존율이 급격히 감소하는 경향을 보여 성충태로의 저온저장은 불가능할 것으로 판단되었다. 고치 형성 후 2일차 된 예쁜가는배고치벌 고치를 6, 8 및 10 ± 1°C 에서의 저장 기간에 따른 우화율을 조사한 결과, 8°C에서 가장 높은 우화율을 나타냈으며 최대 63일까지 저장이 가능하였다. 8°C 조건에서 저장기간이 길어질수록 산란기주인 담배거세미나방 2, 3령 유충의 치사율과 고치 형성 수가 급격히 감소하는 경향이었으며, 최적 저장기간은 2주 정도인 것으로 판단되었다.

검색어: 저온저장, 생물학적 방제, 산란력, 콜레마니진디벌, 예쁜가는배고치벌

해충방제를 위해 이용하고 있는 기생성 천적인 진딧물 기생 천적인 콜레마니진디벌을 포함하여 목화검정진디벌(*Ephedrus plagiator*), 어비진디벌(*Aphidius ervi*), 진디면충좀벌(*Aphelinus*

asychis) 및 목화면충좀벌(*Aphelinus varupes*) 등 10여종 이상이 알려져 있으며, 명충알벌(*Trichogramma chilonis*)이나 쌀좀알벌(*T. evanescens*)과 같이 *Trichogramma*속에 속하는 나방류 알 기생봉도 이용되고 있다(Rathee and Ram, 2018). 이러한 기생성 천적들은 대량확보를 위해 저온에서 저장하는데, 성충이나 약충태로도 저온저장하지만, 주로 알 또는 번데기나 고

*Corresponding author: jrcho82@korea.kr

Received September 27 2019; Revised November 6 2019

Accepted November 19 2019

치 형태로 저장하여 이용하고 있다. 이 중에서도 가장 많이 이용되고 있는 기생성 천적인 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani* Vierck)은 기주내에서 완전 성장이 가능한 단독 내부기생자로 복숭아혹진딧물이나 목화진딧물 방제에 효과적인 천적으로 잘 알려져 있으며(Saiki and Wada, 2006), 진딧물 발생 직후 또는 시설오이의 경우에는 발생 전 방사하는 것이 방제효과를 극대화 할 수 있다고 보고되어 있다(Kim et al., 2006). 콜레마니진디벌은 온도가 높아질수록 성충의 수명이 단축되는 경향을 보이기 때문에 여름철 시설내 진딧물 방제를 위해 사용하기에는 부적절 하지만, 방사 후 즉시 분산하여 하루 동안 방사지점으로부터 16미터까지 이동하는 것으로 알려져 있어(Langhof et al., 2005), 벵커플랜트에도 넓은 시설재배지 내 진딧물 방제에 효과적으로 이용 가능한 것이 장점이다(Colinet et al., 2006).

예쁜가는배고치벌(*Meteorus pulchricornis*)은 광범위한 기주범위를 가진 것으로 알려진 기생봉으로 11개 과에 속하는 나비목 유충을 공격하는 것으로 보고되어 있다(Liu and Li, 2006). 1996년에 뉴질랜드에서 처음 발견되면서 빠르게 확산되어 토마토 왕담배나방의 중합적 해충관리를 위해 이미 도입되어 정착된 다른 기생봉들을 위협할 만큼 기생능력이 뛰어난 새로운 천적으로 관심을 받았었다(Walker et al., 2016). 동남아시아에서는 매미나방이나 왕담배나방, 파밤나방에 기생하는 것으로 알려져 있으나, 중국에서는 담배겨세미나방에 산란하는 것을 선호하는 것으로 알려져 있다(Liu and Li, 2006). 예쁜가는배고치벌의 먹이로 꿀물 또는 sucrose 수용액을 먹이로 제공한 것이 트레할로스나 글루코스 등과 같은 당류보다 산란력이 증가하는 것이 확인되었다(Sheng et al., 2019).

기생성 천적의 효과적인 저장방법을 개발하는 것이 대량 생산 과정에 있어 중요한 단계이며, 살아있는 기생봉의 장기간 저장은 대량 방사시 필요한 개체수를 충분히 확보할 수 있는 효과적인 방법이다(Bayram et al., 2005). 저온에 장기간 노출된 곤충은 발육, 수명, 우화율, 포식 및 기생율에 있어 변화를 보이기 때문에(Chown and Nicolson, 2004; Tezze and Botto, 2004), 저온저장을 통해 천적을 대량 확보하기 위해서는 저장 후의 생물학적 특성의 변화 여부를 반드시 검토하여야 하며, 대량 생산된 천적의 품질을 최적으로 유지할 수 있는 저온저장 조건을 구명하여야 한다(Rudolf, 1993; DeClercq and Degheele, 1993). 천적의 저장기술은 알이나 번데기 상태로의 저온저장 연구에 집중되어 있으며(Chen et al., 2011), 저온저장 온도 및 기간에 따른 우화율이나 우화 후 성충의 산란율 및 기생율을 조사한 연구결과들이 주를 이루고 있다(Farghaly and Ragab, 1993). *Trichogramma*에 속하는 기생성 곤충 일부 종은 저온저장 후에 발육, 산란력, 비행능력, 수명 및 우화율이 감소한다는 보고가

있지만(Chang et al., 2000; Cerutti and Bigler, 1995), 이러한 현상이 일시적으로 나타났다가 다시 회복되는 경향을 보인다고 밝히고 있다(Pompanon and Bouletreau, 1997). *Trichogrammatoidea bactrae* 번데기는 7°C 에서 3일간 저장하였음에도 성충으로 전혀 우화하지 않은 반면(Krishnamoorthy and Mani, 1999), *Trichogramma nerudai* 번데기는 저온저장 이후에도 다음 세대의 생존율, 우화율 및 기생율에 전혀 영향을 주지 않는 것으로 확인되어 천적 종에 따른 저온저장 가능성을 반드시 검토하여야 한다(Tezze and Botto, 2004).

따라서 본 연구에서는 진딧물류와 나방류 유충의 우수한 기생성 천적인 콜레마니진디벌과 예쁜가는배고치벌 두 종의 실내사육 개체의 대량 확보를 위한 효과적인 저온저장 조건을 구명하기 위해 머미와 성충의 저온저장 온도 및 기간에 따른 생존율과 기생율을 조사하였다.

재료 및 방법

시험곤충

콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*)은 천적회사인 (주)세실에서 구입하여 보리를 기주로 사육한 기장테두리진딧물(*Rhopalosiphum padi*)을 산란기주로 제공하여 온도 25 ± 1°C 및 광주기 16L : 8D 조건인 사육실에서 누대사육한 개체를 이용하였다.

예쁜가는배고치벌(*Meteorus pulchricornis*)은 2008년 충남 공주시 하우스 재배 토마토에 발생하는 나방류에 기생한 번데기를 채집하여 실내 사육실에서 누대 사육하였다. 실내 누대사육은 인공사료로 사육하는 담배겨세미나방 1령 유충을 콩 유묘에 접종하여 2, 3령까지 발육시킨 후 고치벌 성충을 방사하여 담배겨세미나방 유충에 산란하게 한 다음, 번데기를 형성하고 나면 수거하여 우화시키는 방법으로 하였다.

저온저장 온도와 기간이 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*) 머미 및 성충의 생존과 산란에 미치는 영향

콜레마니진디벌 성충을 기장테두리진딧물에 접종하여 8일 정도 경과하면 기생된 기장테두리진딧물은 검은색의 머미(mummy)로 변하게 된다. 이렇게 기생된 머미는 앞에서 직접 떼어내지 않고 보리 잎을 잘라 안전하게 수거하였으며, 수거한 머미는 곤충사육용기(직경 9 cm, 높이 7 cm)에 필터페이퍼를 바닥에 깔고 수분유지를 위해 증류수를 흘려내리지 않을 정도로 넣은 후 그 위에 50개체씩 넣었다. 저온저장에 의한 급격한 온도차의 충격을 완화하기 위해 사육온도인 25°C 부터 4시간 간격으로

5°C 씩 낮춘 향온기로 옮겨가며 최종 실험 저장온도에 처리하였다. 온도는 6, 8, 10 및 12 ± 1°C 조건으로 24시간 암조건하에서 저장하였다. 저온처리 개체는 50개체씩 13개의 용기로 총 650개의 머미가 사용되었으며, 저장 후 3, 4일 간격으로 1개의 용기씩 꺼내어 25°C 향온기에 넣고 매일 우화수를 조사하였다.

콜레마니진디벌 성충의 저온저장은 머미에서 우화한지 1일된 성충 한 마리를 에펜도르프튜브에 넣고 뚜껑 부분에 망을 씌워 환기구를 만들어 준 뒤 머미의 저장 조건과 같은 6, 8, 10 및 12 ± 1°C 온도로 처리한 후, 생존여부를 조사하였다. 각 온도별 100마리의 성충을 이용하였다.

저장온도 중 가장 생존율이 높았던 8°C 에서 저장한 머미를 3~4일 간격으로 약 150~200개체씩 꺼내어 25°C 향온기에서 우화시킨 후 콜레마니진디벌 암컷 1마리와 수컷 2마리를 아크릴케이지(18 × 18 × 30 cm)에 넣었다. 저장기간에 따른 콜레마니진디벌의 진딧물 기생율 차이를 확인하기 위해 콜레마니진디벌 방사 전 아크릴케이지에 기장테두리진딧물 200~400마리를 접종하고 2~3일 정도 정착시킨 파종 후 2주된 보리 유묘 포트(직경 8 cm)를 넣어주었다. 아크릴케이지는 온도 25 ± 1°C, 상대습도 70 ± 10% 및 광주기 16L : 8D의 향온기에 넣고 15일 경과 후 보리 유묘 포트를 꺼내 콜레마니진디벌에 의해 기생된 머미 수를 조사하였다. 무처리를 포함하여 저장기간별 7개 포트씩 총 3~5반복 수행하였다.

저온저장 온도와 기간이 예쁜가논배고치벌(*Meteorus pulchricornis*)의 생존과 산란에 미치는 영향

고치 형성시기에 따른 저온저장 적정시기를 구명하기 위하여 고치 형성 후 1, 2, 3, 4 및 5일 경과한 예쁜가논배고치벌 고치 30개를 원형의 투명 플라스틱 용기(직경 6 cm, 높이 1.5 cm)에 필터페이퍼를 바닥에 깔고 넣은 후 온도 10 ± 1°C, 상대습도 70 ± 10% 및 암조건의 향온기에서 7일간 저장한 후 꺼내어 25°C 조건에서 우화한 개체수를 조사하였다. 각각의 고치 형성 후 경과일수에 따라 3반복씩 수행되었다.

우화 후 2일차 개체가 저온저장 후 가장 높은 우화율을 나타내어, 우화 후 2일차 된 예쁜가논배고치벌 번데기를 이용하여 저온저장 실험을 수행하였다. 원형 투명 플라스틱 용기(직경 6 cm, 높이 1.5 cm)에 필터페이퍼를 깔고 용기 당 번데기 30개씩 넣어 6, 8 및 10 ± 1°C 온도 조건에 저장하였다. 총 600개의 예쁜가논배고치벌 고치를 이용하였으며, 상대습도는 70 ± 10%, 암조건에서 수행하였다. 저장 후 1주일 간격으로 각 온도별로 30마리씩 꺼내어 25°C의 향온기에 넣고 우화한 성충 수를 매일 확인하였다.

아크릴케이지(55 × 30 × 55 cm)에 파종 후 1주일이 경과한

콩 유묘를 넣고 담배겨세미나방 2, 3령 유충 50마리를 접종한 후 8 ± 1°C 에 저장한 예쁜가논배고치벌 고치를 1주일 간격으로 꺼내어 25°C 향온기에 넣어 우화시킨 후, 아크릴케이지에 방사하였다. 방사 후 15일이 경과하여 담배겨세미나방 유충에 산란하여 형성된 예쁜가논배고치벌 고치를 수거하여 투명 플라스틱 용기(직경 8 cm, 높이 12 cm)에 필터페이퍼를 바닥에 깔고 넣은 후 매일 우화여부를 육안으로 확인하였다.

통계분석

두 종 천적의 저온저장 온도 및 기간에 따른 우화율과 저장 후 기주에 산란하여 형성한 머미 수와 고치 수의 차이는 평균값을 일원배치분산분석 후 사후검정방법으로 Tukey HSD(Honest significant difference) test를 5% 유의수준에서 비교하였다. 모든 통계분석은 IBM SPSS statistics 25를 이용하였다.

결 과

저온저장 온도와 기간이 콜레마니진디벌(*Aphidius colemani*) 머미 및 성충의 생존과 산란에 미치는 영향

콜레마니진디벌 머미와 성충을 6, 8, 10 및 12 ± 1°C 온도에 저장하여 우화율과 생존율을 조사한 결과 성충보다 머미가 더

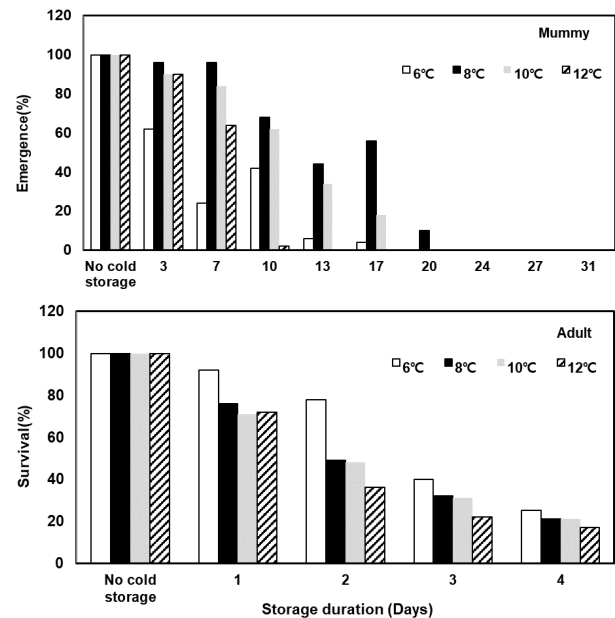


Fig. 1. Emergence and survival rates of *A. colemani* mummies and adults on different storage durations at different temperatures. No cold storage means that samples were kept at 25 ± 1°C.

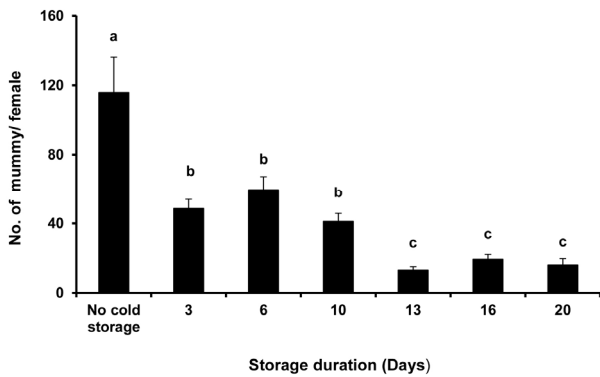


Fig. 2. Aphid parasitization of *A. colemani* adults emerged from mummies on different storage durations at 8°C ($F_{6,269} = 19.088$, $p < 0.001$, One way ANOVA by Tukey HSD).

오랜기간 저장할 수 있었다. 콜레마니진디벌 머미는 8°C에서 가장 높은 우화율을 나타내었으며, 저장 10일 까지 50% 이상의 우화율을 보였다(Fig. 1, Mummy). 콜레마니진디벌 성충은 생존율이 높았던 6°C에서조차 70%의 생존율을 보이며 2일 정도만 저장이 가능하였다. 3일 이상의 저장은 생존율이 급격히 감소하는 경향을 보여 성충태로의 장기간 저온저장은 불가능할 것으로 판단되었다(Fig. 1, Adult).

머미 우화율이 가장 높았던 8°C에서의 콜레마니진디벌 머미의 저장기간별 기장테두리진딧물 머미수를 조사한 결과, 저장 3일차에도 기생율이 급격히 떨어졌으며, 13일 이상 저장했을 때 평균 기생율이 20% 이하로 낮아져 저장효율 측면에서 머미로 10일까지 저장하는 것이 적절한 것으로 판단되었다($F_{6,269} = 19.088$, $P < 0.001$)(Fig. 2).

저온저장 온도와 기간이 예쁜가는데고치벌(*Meteorus pulchricornis*)의 생존과 산란에 미치는 영향

예쁜가는데고치벌의 고치 형성 후 경과일수에 따른 우화율을 조사한 결과, 고치 형성 후 2일차 고치의 저온저장 후 우화율이 평균 83.3%로 가장 높게 나타났으나, 용화 후 1일차 고치의 우화율과 통계적으로 유의한 차이는 없었다($F_{4,10} = 4.767$, $p = 0.021$)(Fig. 3). 이후 저장온도에 따른 우화율 조사를 위한 실험 시 고치 형성 후 2일차 고치를 이용하였다.

고치 형성 후 2일된 예쁜가는데고치벌 고치를 6, 8 및 10°C에서 저장 일수별 우화율을 조사한 결과, 8°C에서 가장 높은 우화율을 나타내었으며, 최대 9주까지 저장이 가능하였으나 저장 4주 이후부터 우화율이 급격히 낮아지는 경향을 보였다. 10°C에서의 저장한 고치는 4주까지 80% 이상의 우화율을 보였

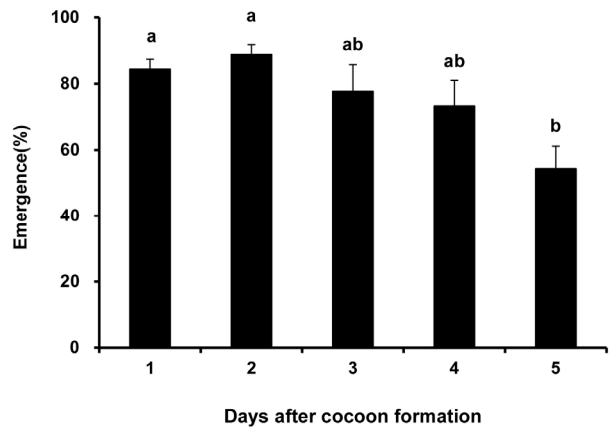


Fig. 3. Emergence rates of *M. pulchricornis* cocoons on different time of cocoon formation after storage at 10°C for 7 days ($F_{4,10} = 4.767$, $p = 0.021$, One way ANOVA by Tukey HSD).

으며, 이 기간까지 모든 개체가 우화 하였다 (Table 1).

8°C에서 예쁜가는데고치벌 고치의 저장기간에 따른 산란력을 확인하기 위해 처리 후 우화한 성충의 담배겨세미나방 2, 3령 유충 기주에 산란하여 형성한 고치 수와 치사한 담배겨세미나방 유충의 비율을 조사하였다. 1주일 간의 저장은 산란에 의한 유충 기생율에 있어 차이를 보이지 않았지만($F_{3,36} = 12.102$, $p < 0.001$), 기생된 담배겨세미나방 유충에서 형성된 고치 수는 저장에 의해 급격히 감소하여 저장기간이 3 주 이상 계속될 경우, 예쁜가는데고치벌의 대량확보는 어려울 것으로 판단되었다($F_{3,36} = 35.794$, $p < 0.001$)(Fig. 4).

고찰

진딧물 기생봉의 저온저장은 종에 따라 차이는 있지만 일반적으로 0도에서 7도 사이의 온도조건을 이용하고 있는데(Archer et al., 1973; Rigaux et al., 2000), 일반적으로 저장 온도가 낮아질수록 사망률이 높아지는 경향을 보인다(Ballal et al., 1989; Bernardo et al., 2008). 본 연구에서 조사한 콜레마니진디벌은 이미 상업화에 성공하였지만 저온 노출에 의해 총체 크기나 총체 내 지방 저장 또는 아미노산 생성의 변화가 초래될 수 있다는 연구결과만 보고되어 있을 뿐, 정확한 저온 저장 가능 기간이나 온도에 관한 정보가 미흡하다(Colinet et al., 2007a; Colinet et al., 2007b). 따라서 이들 천적을 효과적으로 이용하기 위해서 콜레마니진디벌 머미 및 성충의 저온 저장에 따른 우화율이나 진딧물류의 기생율에 대한 정확한 정보가 필요하다. 본 연구에서는 6~12°C까지의 온도에서 콜레마니진디벌 성충과 머미를 각각 저장한 후 생존율, 우화율을 조사 하였을 때,

Table 1. Emergence rates of *M. pulchricornis* cocoon after different storage durations at different temperatures

Storage durations (Weeks)	Storage temperature (°C)				df	F	P ^c
	6	8	10	25 ^a			
0				100.0 ± 0.0			
1	86.7 ± 6.7a(a)	93.3 ± 3.3a(a)	90.0 ± 0.0a(a)	-	3,8	2.333	0.150
2	66.7 ± 3.3b(b)	90.0 ± 5.8a(a)	96.7 ± 3.3a(a)	-	3,8	16.267	0.001
3	23.3 ± 3.3c(b)	96.7 ± 3.3a(a)	96.7 ± 3.3a(a)	-	3,8	166.556	0.000
4	3.3 ± 3.3d(c)	83.3 ± 3.3a(b)	93.3 ± 3.3a(ab)	-	3,8	242.667	0.000
5	0.0 ± 0.0d	53.3 ± 3.3b	-	-			
6	0.0 ± 0.0d	53.3 ± 3.3b	-	-			
7	0.0 ± 0.0d	16.7 ± 3.3c	-	-			
8	-	13.3 ± 3.3c	-	-			
9	-	3.3 ± 3.3c	-	-			
df	9,20	9,20	4,10				
F	209.59	116.86	2.167				
P ^b	0.000	0.000	0.147				

^a No cold storage means that samples were kept at 25 ± 1 °C

^{b,c} The groups followed by the same letters are not significantly different among different storage durations within a column (Tukey HSD test, P = 0.05). Different letters in parentheses indicate the significant differences among different storage temperatures within a row (Tukey HSD test, P = 0.05).

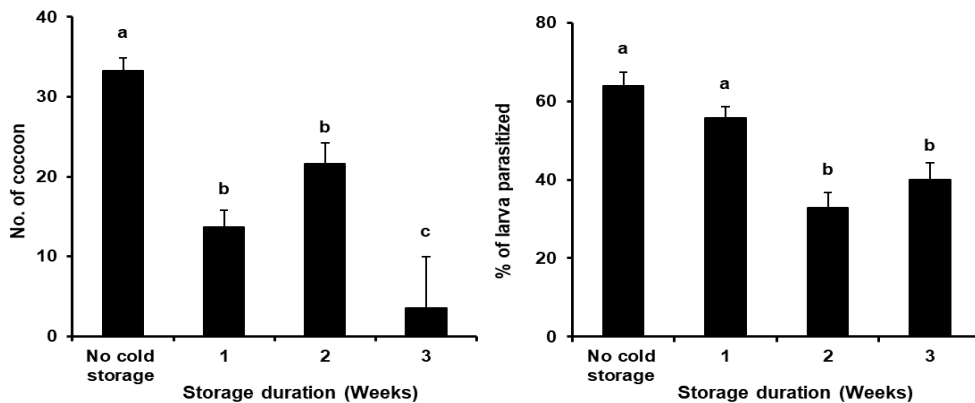


Fig. 4. Parasitism of *M. pulchricornis* on different storage durations at 8°C (No. of cocoon : F_{3,36} = 35.794, p < 0.001; Host larvae parasitized : F_{3,36} = 12.102, p < 0.001, One way ANOVA by Tukey HSD).

8°C 조건에서 머미의 우화율이나 성충의 생존율이 높게 나타났다. Hofsvang and Hagvar (1977)이 복숭아혹진딧물을 기주로 하여 콜레마니진딧벌 머미를 4°C와 10°C에 조건에서 22주 까지 저장을 시도한 바 있지만, 저장 후 우화성충의 기생율에 대해 언급하지 않았다. 본 연구를 통해 8°C에서 13일 이상 저장 하였을 때 진딧물 기생율이 20%를 넘지 못하는 것으로 나타나 저온저장에 안전한 머미 상태일지라도 10일 이상의 저장은 효율적이지 않은 것으로 판단되었다. 2°C나 4°C에서 콜레마니진딧벌 머미의 저장기간이 길어질수록 사망률이 높아지고 수

명이 짧아질 뿐만 아니라 저장기간 동안 체내 지질을 소모함으로써 체중이 감소하는 생리학적인 변화가 나타난다(Colinet et al., 2006)는 연구결과가 우리의 이러한 연구결과를 뒷받침해 줄 수 있다고 본다.

나방류 유충의 기생성 천적인 예쁜가슴배고치벌은 기주의 영기에 따라 산란율에 차이를 보인다고 알려져 있는데, 파밤나방은 4령을, 담배나방은 3령 유충을 기주로 하였을 때 가장 높은 기생율을 보인다(Liu and Li, 2006). 본 연구에서는 담배거세미나방 2, 3령 유충 기주에 산란하여 형성한 고치를 저온 저

장한 후 우화율을 조사하여 저장 가능성을 검토하였다. 예쁜가는배고치별 고치는 8°C 에서 저장하였을 때, 6°C 나 10°C 에 저장한 고치보다 높은 우화율을 보였는데, 40일 이상 저장하였을 때도 50% 이상 우화하였다. *Diaeretiella rapae* 머미도 5°C 에서 24일간 저장한 후에 83% 이상이 우화하였다(Silva et al., 2013). 이러한 결과는 *Trichogramma nerudai*를 5°C 에서 50일 까지 저장한 결과와 유사하다(Tezze and Botto, 2004). Tezze and Botto(2004)의 연구결과에 따르면, *T. cacoeciae* 번데기를 4°C 와 8°C 에 저장한 후에도 기생율에는 큰 변화가 없는 것으로 보고 되었지만, 예쁜가는배고치별 고치나 콜레마니진디별 머미 모두 3주 이상의 저온 저장은 기생율을 급격하게 감소시켰다. 또한 저장온도와 관계없이 저장기간이 길어질수록 우화율도 감소하였다. 이러한 원인은 저온 노출에 따른 근육성 기능장애로(Yocum et al., 1994), 좀벌상과에 속하는 *Euchalcidia caryobori*도 저온 노출 시 알 성숙이 지연되고 기형 현상이 나타나다고 보고되어 있다(Hanna, 1935). 이러한 저온 저장 스트레스는 저장된 개체 뿐만 아니라 자손 세대의 생존율, 발육, 수명, 우화율 및 포식, 기생능력과 같은 중요한 생물학적 특성에 부정적인 영향을 끼친다(Chown and Nicolson, 2004). 하지만 기생성 천적의 고치나 번데기를 저온저장하여 천적이 필요한 시기에 충분한 개체를 이용할 수 있는 개체를 확보하는 방법이 현재까지 가장 효과적인 방법임에는 틀림없다(Hackermann et al., 2008).

본 연구에서 조사한 진딧물 기생성 천적인 콜레마니진디별과 나방류 유충의 기생성 천적인 예쁜가는배고치별 2종 모두 번데기 상태인 머미나 고치를 8°C 저장을 통해 보관 가능하였지만, 각각 2주 또는 2주 이상의 저장은 기생율에 부정적인 영향을 주어 생물학적 방제인자로서 사용하기에 적합하지 않을 것으로 판단되었으며, 단기간의 저온저장을 통해 확보된 개체는 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 본다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 기관고유사업(과제 번호 : PJ010945)으로 지원되었습니다.

Literature Cited

- Archer, T.L., Murray, C.L., Eikenbary, R.D., Starks, K.J., Morrison, R.D., 1973. Cold storage of *Lysiphlebus testaceipes* mummies. *Environ. Entomol.* 2, 1104-1108.
- Ballal, C., Singh, S., Jalali, S., Kumar, P., 1989. Cold tolerance of cocoons of *Allorhogas pyralophagus* (Hymenoptera: Braconidae). *Biol. Control.* 34, 463-468.
- Bayram, A., Ozcan, H., Kornosor, S., 2005. Effect of cold storage on the performance of *Telenomus busseolae* Gahan (Hymenoptera: Scelionidae), an egg parasitoid of *Sesamia nonagrioides* (Lefebvre) (Lepidoptera: Noctuidae). *Biol. Control.* 35, 68-77.
- Bernardo, U., Iodice, L., Sasso, R., Pedata, P.A., 2008. Effects of cold storage on *Thripobius javae* (= *T. semiluteus*) (Hym.: Eulophidae). *Biocontrol Sci. Technol.* 18, 921-933.
- Cerutti, F., Bigler, F., 1995. Quality assessment of *Trichogramma brassicae* in the laboratory. *Entomol. Exp. Appl.* 75, 19-26.
- Chang, Y.F., Tauber, M.J., Tauber, C.A., Nyrop, T.P., 2000. Interpopulation variation in *Chrysoperla carnea* reproduction: Implication for mass rearing and storage. *Entomol. Exp. Appl.* 95, 293-302.
- Chen, H.C., Opit, P., Sheng, P., Zhang, H., 2011. Maternal and progeny quality of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) after cold storage. *Biol. Control.* 58, 255-261.
- Chown, S.L., Nicolson, S.W., 2004. *Insect physiological ecology: Mechanisms and patterns.* Oxford: Oxford University Press.
- Colinet, H., Hance, T., Vernon, P., 2006. Water relations, fat reserves, survival, and longevity of a cold exposed parasitic wasp, *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae). *Environ. Entomol.* 35, 228-236.
- Colinet, H., Vernon, P., Hance, T., 2007a. Does thermal-related plasticity in size and fat reserves influence supercooling abilities and cold-tolerance in *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae) mummies? *J. Thermal Biol.* 32, 374-382.
- Colinet, H., Hance, T., Vernon, P., Bouchereau, A., Renault, D., 2007b. Does fluctuating thermal regime trigger free amino acid production in the parasitic wasp *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiinae)? *Com. Biochem. Physiol. Part A* 147, 484-492.
- DeClercq, P., Degheele, D., 1993. Cold storage of the predatory bugs *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus sagitta* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae). *Parasitica* 49, 27-41.
- Farghaly, H.T., Ragab, Z.A., 1993. Effect of low-temperature storage on pupae of *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae). *Bull. Fac. Agric. Univ. Cairo.* 44, 697-706.
- Hackermann, J., Rott, A.S., Tschudi-Rein, K., Dorn, S., 2008. Cold storage ectoparasitoid of *Cydia* fruit moths released under different temperature regimes. *BioControl.* 53, 857-867.
- Hanna, A.D., 1935. Fertility and tolerance of low temperature in *Euchalcidia caryobori* Hanna (Hymenoptera: Chalcididae). *Bull. Entomol. Res.* 26, 315-322.
- Hofsvang, T., Hagvar, E.B., 1977. Cold storage tolerance and supercooling points of mummies of *Ephedrus cerasicola* Stary and *Aphidius colemani* Vierck (Hymenoptera: Aphididae), Norwegian J. *Entomol.* 55, 729-740.
- Kim, J.H., Byeon, Y.W., Kim, Y.H., Park, C.G., 2006. Biological control of thrips with *Orius stricollis* (Poppius)(Hemiptera:

- Anthocoridae) and *Amblyseius cucumeris* (Oudemans)(Acari: Phytoseiidae) on greenhouse green pepper, sweet pepper and cucumber. Kor. J. Appl. Entomol. 47, 421-428.
- Krishnamoorthy, A., Mani, M., 1999. Effect of low temperatures on the development and survival of *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja. Insect Environment. 5, 78.
- Langhof, M., Meyhöfer, R., Poehling, H.M., Gathmann, A., 2005. Measuring the field dispersal of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Braconidae). Agri. Ecosys. Environ. 107, 137-143.
- Liu, Y., Li, B., 2006. Developmental interactions between *Spodoptera exigua* (Noctuidae: Lepidoptera) and its uniparental endoparasitoid, *Meteorus pulchricornis* (Braconidae: Hymenoptera). Biol. Control. 38, 264-269.
- Pompanon, F., Bouletreau, M., 1997. Effect of diapause and developmental host species on the circadian locomotor activity rhythm of *Trichogramma brassicae* females. Entomol. Exp. Appl. 82, 290-298.
- Rathee, M., Ram, P., 2018. Impact of cold storage on the performance of entomophagous insects: an overview. Phytoparasitica. 46, 421-449.
- Rigaux, M., Vernon, P., Hance, T. 2000. Relationship between acclimation of *Aphidius rhopalosiphii* (De Stefani-Peres) in autumn and its cold tolerance (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent. 65, 253-263.
- Saiki, Y., Wada, T., 2006. Biological control in strawberry in Japan. Bull. OILB/SROP. 28, 213-216.
- Rudolf, E., Malausa, J.C., Millot, P., Pralavorio, R., 1993. Influence of cold temperature on biological characteristics of *Orius laevigatus* and *Orius majusculus* (Het.: Anthocoridae). Entomophaga. 38, 317-325.
- Sheng, S., Zhang, X., Yu, Z., Wang, J., Yu, Zhou, Liao, C., Wang J., Wu, F.A., 2019. Effect of six sugars on the longevity, oviposition performance and nutrition accumulation in an endoparasitoid, *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae). J. Asia-Pac. Entomol. 22, 263-268.
- Silva, G.V., Cividanes, F.J., Pedroso, E.C., Barbosa, J.C., Matta, D.H., Correia, E.T., Otuka, A.K., 2013. Effect of low temperature storage on *Diaeretiella rapae* (McIntosh)(Hymenoptera: Braconidae). Neotrop. Entomol. 42, 527-533.
- Tezze, A.A., Botto, E.N., 2004. Effect of cold storage on the quality of *Trichogramma nerudai* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Biol. Control. 30, 11-16.
- Walker, G.P., MacDonald, F.H., Wallace, A.R., Cameron, P.J., 2016. Interspecific competition among *Cotesia kazak*, *Microplitis croceipes*, and *Meteorus pulchricornis* (Hymenoptera: Braconidae), larval parasitoids of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in New Zealand. Biol. Control. 93, 65-71.
- Yocum, G.D., Zdarek, J., Joplin, K.H., Lee Jr., R.E., Smith, D.C., Manter, K.D., Denlinger, D.L., 1994. Alteration of the eclosion rhythm and eclosion behavior in the flesh fly, *Sarcophaga crassipalpis*, by low and high temperature stress. J. Insect Physiol. 40, 13-21.