

물방개류 실내 사육법

김남정* · 홍성진 · 김성현 · 박해철
농촌진흥청 국립농업과학원 곤충산업과

Indoor Rearing Method of Diving Beetles: *Cybister japonicus*, *Cybister tripunctatus orientalis*, *Cybister brevis*

NamJung Kim*, Seong-Jin Hong, Seong-Hyun Kim and Hae-Chul Park

Applied Entomology Division, National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon 441-100, Republic of Korea

ABSTRACT

The aim of this study is to develop indoor-rearing methods of the diving beetles. In nature, both the adult diving beetle and its larvae are voracious aquatic predators. The larvae beetles hunt relatively bigger size of tadpoles and small fish for food source. However, due to difficulties of the food supplement for rearing diving beetles at indoor-condition further motivated us to develop new artificial food. Three separate experiments were performed. In the first experiment, adult beetles were provided with one of the several food choice treatments to self-compose their preferred foods that are affordable on the market at lower price. The second experiment was also to develop artificial diet that is possible for rearing larvae beetle under indoor condition. The larvae beetles were restricted to raw squid, artificial food source and mosquito larvae as a control at the first stadium and small fish and raw squid during second to third stadium duration. According to our result, adult beetles selected a food that made of boiled squid and dead small fish while, the young larvae consumed small fish, mosquito larvae and raw squid. Although, the larval food restriction on law squid caused noticeable decrease in survival, the result still supported the possible survival rate of keeping larvae at indoor condition. Moreover, pupation rate experiments, in which groups of larvae were placed at different mats, natural soil and fermented sawdust, showed that 80% of diving beetles pupated on the sawdust. This result indicates that female beetle preferentially selected to oviposit along soft and moist area.

Key words : Diving beetle, Rearing, *Cybister japonicus*, *Cybister tripunctatus orientalis*, *Cybister brevis*

서 론

수서곤충은 생활사의 전부 또는 일부를 수중에서 생활하는 곤충류를 총칭하는 것으로 바다에서 발견되는 몇 종을 제외하고는 모두 하천이나 호소 등 내륙의 수역에서 서식한다. 수서곤충은 다양한 방법으로 숨을 쉬는데, 물방개류는 외부에서 산소를 얻기 위해 배끝을 수면 위로 내미로 산소를 빨아드려 배의 등과 딱지날개 사이의 빈 공간에 채운 뒤 물속으로 들어가 활동한다. 물방개류는 일시적 또는 영구적으로 유지되는 정수환경(standing water)에서 자생하며, 과거에는 개체수도 많아서 흔히 발견되는 분류군이다(Larson 1985, Nilsson and Sderberg 1996). 물방개류는 영구적 수역에서 월동하고 봄에 이주하여 일시적 수역을 번식이나 발육으로 이용하는 종이다(Fernando

1958, Wiggins *et al.* 1980, Williams 1987). 농수로, 저수지, 물웅덩이 등의 정수지에 서식하는 우리나라 대표적 수서곤충인 물방개류는 모습이 아름답고 움직임이 활발하여 예로부터 많은 사랑을 받아왔던 곤충이다. 이들 종은 생태계 내에서 높은 단계의 포식자로서 역할을 한다. 따라서, 물방개류가 많이 서식한다는 것은 그 지역의 생물 다양성이 높다는 것을 간접적으로 나타내는 것이라고 할 수 있다. 최근 Kim *et al.*(2007)은 물방개류 4종(물방개, 검정물방개, 자색물방개, 알물방개)을 농업생태계에서 건전도를 평가할 수 있는 지표종으로 선발하였다. 국내에 분포하는 물방개과(Dytiscidae)는 한국곤충명집(한국곤충학회와 한국응용곤충학회, 1994)에 20속 49종, 국가생물종지식정보시스템(www.nature.go.kr)에 19속 48종이 소개되어 있고, 논의 본답과 주변의 농수로 및 둠벙을 포함한

*Corresponding author. E-mail: vastnj@korea.kr

는 생태계에는 18속 34종(Han et al. 2010)이 보고되어 있는 것으로 보아, 논 생태계에 국내 대부분의 물방개류가 서식하고 있다는 것을 알 수 있다(Han et al 2011).

그러나 산업화 진전에 따라 농수로의 콘크리트화 및 다량의 비료농약 사용 등으로 인하여 이제는 주변에서 찾아보기가 쉽지 않은 곤충이다. 일본에서도 일부 지자체에서는 물방개를 법적 보호종으로 보호관리하고 있다. 따라서 본 연구는 애완용, 학습교재, 농촌관광 등 산업적 이용 확대와 점차 희소화되는 물방개류의 유전자원 보전을 위한 서식지 내외 보전기술 개발을 위하여 실내사육을 통하여 인공증식 및 수서곤충의 생리생태파악에 관한 최초의 종합연구로 곤충연구 활성화 및 곤충산업화를 위한 곤충종의 다양화에 기여코자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 시험곤충

본 연구에 사용한 물방개(*Cybister japonicus*), 애물방개(*Cybister tripunctatus orientalis*), 검정물방개(*Cybister brevis*)는 2003년부터 전국에서 채집한 후 국립농업과학원 농업생물부 곤충자원관리연구실 사육동에서 실내 사육조건은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도는 40~60%R.H., 16L : 8D 광주기 조건하에서 사육된 것이다.

2. 물방개류 산란성 시험

먼저 인공산란매트에 대한 산란선호성을 조사하기 위하여 사육실 환경은 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 16L : 8D의 광조건에서 물방개, 애물방개, 검정물방개 각 3쌍씩 3구의 투명한 아크릴 상자(47 cm × 29 cm × 23 cm)에 넣었다. 사육상 내 산란매트로서 모래, 자갈, 돌, 수초, 인조잎 등을 넣었다. 매일 동일한 시간, 오전 11시경에 산란수를 조사하였다. 물방개류 산란양상은 물방개, 애물방개, 검정물방개 각각 1쌍씩 23구, 16구, 21구의 투명한 아크릴 상자(47 cm × 29 cm × 23 cm)에 넣어 위와 동일한 환경으로 만들어 매일 산란수를 조사하였다.

3. 물방개류의 먹이 선발

물방개류의 영양요구성을 만족하는 간편하고 구입이 쉬운 먹이를 공급하기 위해 먼저 성충 대체먹이로는 피라미(대조), 오징어, 다슬기, 참치, 미꾸라지 등을 선발하여 애물방개, 검정물방개 각 10마리씩 2구의 투명한 아크릴 상자(47 cm × 29 cm × 23 cm)에 넣고 오전 10시경에 각 먹이를 매일 7일 동안 계속 투입하여 먹는 모습을 관찰하였다. 선호도는 대상충의 먹는 마리수가 20 이상인 경우 +++, 16~19인 경우 ++, 11~15인 경우 +, 6~10인 경우 -,

전혀 먹지 않는 경우는 --로 표시하여 먹이선호도를 차별화하였다. 또한 유충의 대체먹이로는 피라미(대조), 오징어, 다슬기, 참치(참치캔안의 참치를 기름 뺀 것), 미꾸라지 등을 선발하여 애물방개, 검정물방개 각 1마리씩 20구의 사육조($\phi 90$ mm, 2~3령충은 $\phi 180$ mm, 높이는 80~100 mm)에 넣고 오전 10시경에 각 먹이를 매일 7일 동안 계속 투입하여 먹는 모습을 관찰하였다. 유충 먹이 선호성도 위와 동일한 방법으로 수행하였다.

4. 물방개류의 발육특성 조사

유충의 발육기간, 생존율, 체중, 체장은 1령까지는 선발된 대체먹이로 물방개류의 발육특성을 조사하기 위해 철망(16~21 mesh)을 이용하여 1령충은 $\phi 90$ mm, 2~3령충은 $\phi 180$ mm, 높이는 80~100 mm로 하고 밑면은 플라스틱판을 붙인 것에 사육하면서 조사하였다. 먹이로는 검정물방개, 애물방개의 경우 1령충은 모기유충(장구벌레), 날오징어 2구를 나누어 사육용기당 1마리씩 넣어 50구으로 처리하였고 매일 동일한 시간에 유충의 탈피각을 확인하여 영기를 구분하였고 또한 생존율을 조사하였다. 체중과 체장은 영기가 바뀐 첫째 날에 조사하였다. 물방개의 유충 먹이는 1령충은 장구벌레, 2~3령충은 작은물고기(피라미)를 넣어 주었고 조사는 위와 동일한 방법으로 수행하였다.

5. 물방개류 사육장치 개발

먼저 유충 사육장치 개발하고, 유충 집단개체사육장치에 따른 수질정화 장치 개발하였다. 용화매트 개발은 실내에서 수분유지가 잘 되고 부드러운 소재로 발효톱밥을 선택하였다. 선택된 발효톱밥과 천연매트인 흙과의 용화율을 조사하기 위해 두 소재에 분무기를 이용하여 수분을 충분히 공급하여 작은 용기 $\phi 90$ mm, 높이는 60 mm에 넣어 각 용화매트별에 대한 용화율을 조사하였다.

결과 및 고찰

1. 물방개류 산란성 시험

물방개류는 지금껏 수초에 알을 1개씩 산란하는 것으로 보고되고 있다(Kim 1998). 물방개류를 실내 사육하기 위해서는 간편한 알 수거법의 개발 필요성이 대두되어 다양한 산란매트를 제공하여 산란 여부를 조사하였다. 그 결과는 Fig. 1에서 조사된바와 같이, 물방개 82.6%, 애물방개 94%, 검정물방개 90%로 모두 수족관 밑면에 깔아 준 모래를 산란매트로 가장 선호하는 것으로 나타났다.

외부에서 채집하여 사육한 검정물방개, 애물방개는 5월 하순 산란을 시작하여 10월 중순까지 약 140일간 산란하였으나 물방개는 6월 하순부터 8월 중순까지 한정된 산

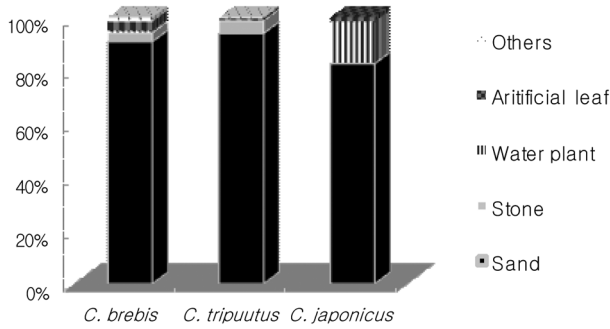


Fig. 1. Oviposition preference of diving beetles to various mats.

란양상을 보였다(Fig. 2). 물방개류의 산란성과 부화율을 조사한 결과, 암컷 1마리당 평균산란수는 물방개 3.6개,

애물방개 17.9개, 검정물방개 14.6개였다. 부화율은 물방개의 경우는 37.5%, 애물방개는 23.2%, 검정물방개는 55.5% 이었다(Table 1).

2. 물방개류 대체먹이 선발

성충의 먹이선호도를 알아보기 위한 시험결과(Table 2)는 살아 있거나 죽은 작은 물고기(피라미), 데친 오징어, 살아있는 다슬기를 선호하는 것으로 나타났다. 참치는 전혀 선호하지 않았다. 반면 유충의 먹이선호도는 살아있는 작은물고기(피라미), 생 오징어, 모기유충(장구벌레)을 선호하였으며 얼을 가한 데친 오징어는 선호도가 낮았다 (Table 3).

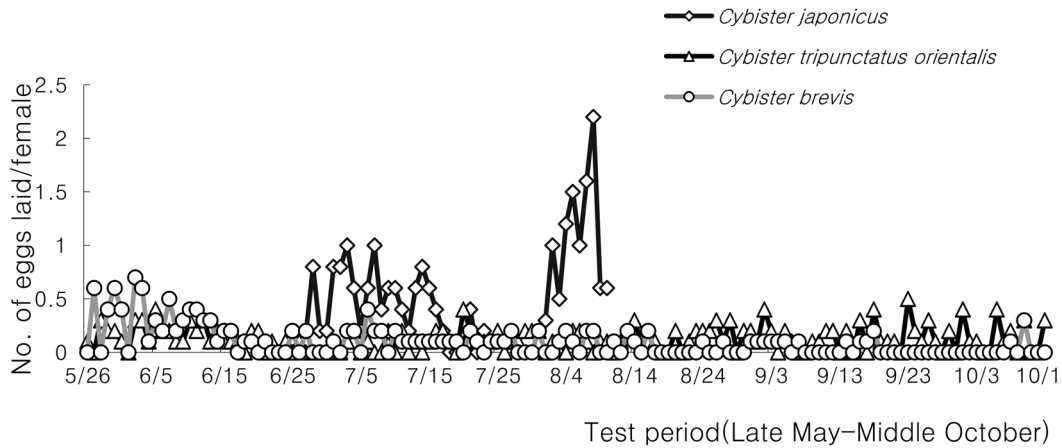


Fig. 2. Changes of oviposition of diving beetles.

Table 1. Fecundity and hatchability of diving beetles

	Sample sizes	No. eggs/female	Hatchability (%)	Egg period (day)
<i>Cybister japonicus</i>	23	3.6	37.5	9.9
<i>Cybister tripunctatus orientalis</i>	16	17.9	23.2	9.9
<i>Cybister brevis</i>	21	14.6	55.5	12.8

Table 2. Feeding preferences of diving beetle on different adult diets

	Small fish	Dead small fish	Raw squid	Boiled squid	Raw 다슬기	Tuna	Mudfish
Degree of feeding ^a	+++	+++	++	+++	+++	--	-

^a +++ 20(all), ++ 16~19(severe), +11~15(middle), - 6~10(small), -- none feeding

Table 3. Feeding preferences of diving beetle on different larva diets

	Raw squid	Boiled squid	Small fish	Mosquito larva	Frozen mosquito larva	Fly larva	Cricket
Degree of feeding ^a	+++	-	+++	+++	-	+	--

^a +++ 20(all), ++ 16~19(severe), +11~15(middle), - 6~10(small), -- none feeding

Table 4. Development characteristics of *Cybister japonicus*.

Instar	Diets	Developmental period(days)	Survival rate (%)	Body weight (mg)	Body length (mm)
		Mean ± SD			
1 st	Mosquito larva	9.7 ± 1.6	88.9	42.5 ± 1.4	26.3 ± 0.4
2 nd	Small fish	10.8 ± 1.0	75	171.1 ± 7.6	41.2 ± 2.5
3 rd	Small fish	11.3 ± 1.3	58.3	654.8 ± 27.4	53.5 ± 4.6

Table 5. Development characteristics of *Cybister tripunctatus orientalis* reared on different diets

Instar	Diets	Developmental period (days)	Survival rate (%)	Body weight (mg)	Body length (mm)
		Mean ± SD			
1 st	Mosquito larva	9.0 ± 1.6	87.1	45.5 ± 12.4	11.3 ± 1.6
	Raw squid	16.5 ± 6.5	22.2	36.0 ± 0.6	10.0 ± 2.0
2 nd	Small fish	12.1 ± 3.1	71.4	215.0 ± 167.2	15.8 ± 3.5
	Raw squid	16.9 ± 4.1	69.2	175.5 ± 39.2	8.7 ± 6.8
3 rd	Small fish	28.0 ± 8.0	55.6	412.6 ± 102.6	12.0 ± 4.5
	Raw squid	37.7 ± 3.9	41.2	294.7 ± 47.6	8.0 ± 1.6

Table 6. Development characteristics of *Cybister brevis* reared on different diets

Instar	Diets	Developmental period (days)	Survival rate (%)	Body weight (mg)	Body length (mm)
		Mean ± SD			
1 st	Mosquito larva	8.4 ± 2.5	92.0	50.7 ± 16.5	13.1 ± 8.0
	Raw squid	16.5 ± 4.5	35.7	33.6 ± 6.4	10.0 ± 3.6
2 nd	Small fish	12.8 ± 2.8	83.3	165.7 ± 96.0	11.5 ± 5.5
	Raw squid	17.0 ± 4.7	57.1	119.0 ± 37.1	11.7 ± 4.8
3 rd	Small fish	40.0 ± 4.0	41.7	543.7 ± 89.7	50.4 ± 2.7
	Raw squid	40.6 ± 6.0	28.0	408.3 ± 115.0	41.1 ± 14.1

3. 물방개류 발육특성

물방개유충 사육시험 결과(Table 4), 발육기간 1령 9.7, 2령 10.8, 3령 11.3일로 유충기간이 32일이었으며, 체중은 1령은 42.5 mg, 2령 171.1 mg, 3령충일때는 654.8 mg으로 급격히 증가하는 것을 확인하였다. 물방개류 유충의 경우는 큰턱이 있는 입을 가지고 있으며, 큰턱에서 소화액을 분비한다. 이 소화액으로 먹이의 살을 녹여서 그 즙을 빨아 먹는다. 즙을 완전히 빨아 먹힌 먹이는 뼈와 가죽만 남게 된다. 그래서 유충을 기를 때는 서로 잡아먹는 것을 방지하기 위해 한 마리씩 따로 길러야 하며 장구벌레, 작은 물고기, 깔다구류 등 살아있는 먹이를 매일 주고 찌꺼기로 더러워진 물은 곧 갈아 주어야 한다. 그래서 물방개류의 영양요구성을 만족하는 간편하고 구입이 쉬운 먹이를 공급하기 위해 다음과 같이 유충 대체먹이시험을 하였다. 물방개류 유충 먹이 사육시험으로 먼저 1령충은 장구벌레, 2~3령충은 작은물고기(피라미)를 공급한 결과, 애물방개는 발육기간 1령 9.0, 2령 12.1, 3령 28.0일로 유충

기간이 49.1일이었고 검정물방개는 발육기간 1령 8.4, 2령 12.8, 3령 40.0일로 유충기간이 61.2일이었으며 애물방개 보다는 다소 길었다. 한편 날오징어를 먹이로 공급하였을 때 애물방개, 검정물방개의 유충발육기간은 각각 71.1일, 73.5일로 자연상태의 먹이보다 길어지는 경향을 나타냈다. 생존율은 전반적으로 저조하였는데, 특히 1령충때 생존율이 더욱 저조한 경향을 관찰 할 수 있었다. 위의 결과를 종합해볼 때 물방개류 유충 먹이시험에서 자연먹이인 피라미를 급여하였을 때에 비해 발육기간은 길어졌고 생존율은 떨어졌으며 체중과 체장은 다소 저조하였으나 날오징어만 급여하여도 사육은 가능하였다(Table 5, 6).

4. 물방개류 사육장치 개발

물방개류 유충은 개체간 공식행동이 강해 사육을 위해 개체집단사육이 필요하다.

먼저 개체사육은 철망(16~21 mesh)을 이용하여 1령유충은 φ90, 2~3령충은 φ180, 높이는 80~100 mm로 하고 밀



유충 집단 개체 사육장치 내 유충 개체사육용기

유충 집단 개체사육장치

Fig. 3. The rearing equipment for diving beetles.

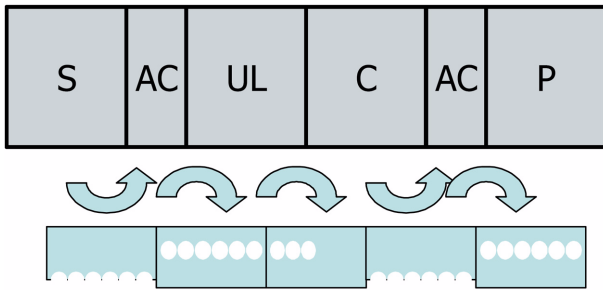


Fig. 4. Type of water quality control. S (sand), AC (artificial cotton), UL (ultraviolet light), C (charcoal), P (pump).

면은 플라스틱판을 붙인다(Fig. 3, leaf). 집단사육은 플라스틱상자(높이는 200 mm 이하)를 이용하고 밑면 50~70 mm 위치에 물 순환용으로 $\phi 10$ mm 구멍 3개를 뚫어 물 순환이 원활하게 만든다(Fig. 3, right). 본 연구에 의한 수질정화장치는 Fig. 4에 나타나 있다. 플라스틱 사각상자(645 ×

380 × 445 mm)에 모래, 인조솜, 자외선 등, 숯 및 인조솜을 이용한 5단계 수질 정화 시스템으로 관리한다. 물의 흐름을 역순환하게 하였다. 찌꺼기는 모래와 인조솜에 거의 다 걸러지게 하였고 자외선 등, 숯을 통과 시 살균되게 하였다. 상기 개발에 의한 유충사육용 집단 개체사육장치내의 수질변화(pH, BOD) 조사결과(Fig. 5), 생물학적 산소요구량은 1 ppm 이하로 유지되어 1급수 수준 유지하였으나, 사육시스템 가동후 시간이 지날수록 질산염에 의한 수질 산성화 경향이 나타났다. 그러나 이 시스템에 의해 개체사육에 의한 매일 물 관리를 해주어야 하는 노동력은 절감의 효과를 거둘 수 있었다. 또한 본 연구는 다자란 유충이 땅 위로 올라와서 땅에 구멍을 파서, 번데기 방을 만들어 번데기가 되는(용화) 특성을 고려하여 용화 매트로서 발효톱밥을 사용하였다. 발효톱밥은 부드럽고 수분 유지가 좋아서 노숙유충이 파고 들어가기가 수월하였다. Fig. 6의 결과에서 알 수 있듯이, 흙(수분율 7.5%)을

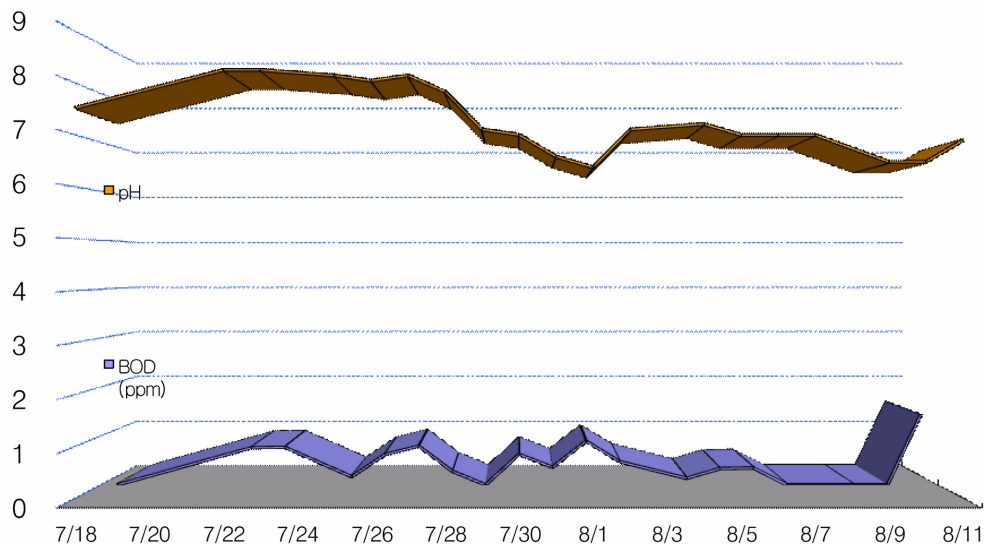


Fig. 5. Changes of chemical properties of the experimental water during one month.

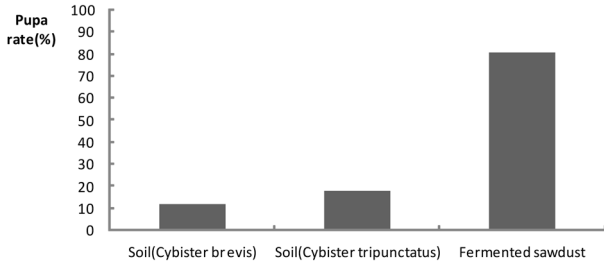


Fig. 6. Pupal preferences of diving beetles.

용화매트로 사용할 경우 표면이 쉽게 굳어 물방개유충이 파고 들어가기 힘이 들어 용화율 저조(10%내외) 및 흙 관리 강도가 높다. 그러나 발효톱밥(수분율 58.9%)을 용화매트로 사용할 경우 용화율 80%로 우수하여 용화매트로서 적합하다고 할 수 있다.

적 요

점차 최소화되는 물방개류의 서식지내 복원 및 애완곤충 등 곤충산업 소재화를 목표로 실내 사육연구를 수행하였다. 물방개류는 자연상태에서 수초 줄기에 산란하는 습성을 지니고 있어 실내에서 안정적으로 대량생산을 하기 위해서는 인공산란매트 선발이 필요하며 인공산란매트는 사육상자 밑면에 깔아준 모래가 가장 좋은 것으로 나타났다. 또한 유충기(2·3령) 사육에 적합한 먹이원은 연중 안정공급이 가능한 먹이로서 날오징어를 선발하였다. 실내 사육시 개체간 공식행동이 강한 유충 사육을 위해 개체 집단사육시스템을 개발하였다. 또한 용화매트 선발 시험을 한 결과, 흙(자연매트)을 사용할 경우 표면이 쉽게 굳어 물방개유충이 파고들어가기 힘이 들어 용화율이 12~18% 저조하였고 또한 흙 관리 강도가 높았다. 그러나 발효톱밥을 용화매트로 사용할 경우 용화율 80%로 우수하여 물방개류의 용화매트로 가능함을 확인하였다.

감사의글

본 연구는 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (No. PJ907019)의 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

참고문헌

Fernando CH (1958) The colonization of small freshwater habitats by aquatic insects. 1. General discussion, methods and colonization in the aquatic Coleoptera. Ceylon J. Sci. (Biol. Sci.) **1**, 117~154.

Han M, Kang K, Na Y, Bang H, Kim M, Jung M, Lee J, Hong H, Yoon D (2010) Aquatic invertebrate in paddy ecology of Korea. Kwang Moon Dang Press. Suwon, Korea, pp. 332~376.

Han MS, Kim MH, Bang HS, Na YE, Lee D, Kang K (2011) Geographical Distribution of Diving Beetles (Dytiscidae) in Korean Paddy Ecosystem. Korean J Environ Agric **30**(2) 209~215.

Kim J, Choi Y, Choi J, Sim H, Park H, Kim W, Park B, Lee J, Kang K, Lee D (2007) Ecological analysis and environmental evaluation of aquatic insects in agricultural ecosystem. Kor. J. Appl. Entomol. **46**(3), 335~341.

Kim J (1998) Insects' life in Korea III. The Korean Entomological Institute, Korea University. pp.24~25.

Larson D (1985) Structure in temperate predaceous diving beetle communities (Coleoptera, Dytiscidae). Holarct. Ecol. **8**, 18~32.

Nilson A, Sderberg H (1996) Abundance and species richness patterns of diving beetles (Coleoptera, Dytiscidae) from exposed and protected sites in 98 northern Swedish lakes. Hydrobiologia **321**, 83~88.

Williams D (1987) The ecology of temporary waters. Timber Press, Portland, Oregon, p. 205.

Wiggins G, Mackay R. Smith I (1980) Evolutionary and ecological strategies of animals in annual temporary pools. Arch. Hydrobiol. Suppl. **58**, 97~206.