

석사학위논문

실내사육을 통하여 본 땅강아지(*Gryllotalpa
orientalis* Burmeister) 발생에 미치는
인공사료의 효율 비교



제주대학교 대학원

생명과학과

이 가 은

2008년 8월

실내사육을 통하여 본 땅강아지(*Gryllotalpa orientalis* Burmeister) 발생에 미치는
인공사료의 효율 비교

지도교수 김 원 택

이 가 은

이 논문을 이학 석사학위 논문으로 제출함

2008년 8월

이가은의 이학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 _____

위 원 _____

위 원 _____

제주대학교 대학원

2008년 8월

Comparative Efficiency of Artificial Diets
on the Developmental Stages of
Gryllotalpa orientalis Burmeister
(Orthoptera: Gryllotalpidae) Reared Indoor

Ga-Eun Lee

(Supervised by Professor Won-Taek Kim)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the
degree of Master of Philosophy

August, 2008

This thesis has been examined and approved.

Thesis director, Se-Jae Kim, Prof. of Life Science

(Name and signature)

Department of Life Science
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

List of Tables	i
List of Figures	ii
Summary	iii
I. 서 론	1
II. 재료 및 방법	3
III. 결과 및 고찰	6
1. 산실의 크기와 평균 산란 수	6
2. 발육단계별 특성과 두폭, 흉폭, 장폭의 변화	9
3. 사료원에 따른 특성	17
IV. 요약	21
참고문헌	23

List of Tables

Table 1. Composition of the artificial diets used for rearing <i>G. orientalis</i>	5
Table 2. Size of the egg cells made in the laboratory by the wild females	7
Table 3. Number of the eggs per egg cell of <i>G. orientalis</i> in the laboratory and the field	8
Table 4. The egg size of <i>G. orientalis</i>	9
Table 5. Difference of appearance of the last instar (%) feed on diet A and B	12
Table 6. Comparison of the head width of the nymphs reared on diet A	16
Table 7. Number of the survivals for rearing period	17
Table 8. Number of adult and nymph reared on diet A and B	17
Table 9. Number of eclosion reared on the artificial diets	18
Table 10. Sex percentage of <i>G. orientalis</i> reared on diet A and B	18
Table 11. The period of nymph reared on diet A and B	19
Table 12. Developmental periods of <i>G. orientalis</i> nymphs	20

List of Figures

Figure 1. Photographs of the egg cells of <i>G. orientalis</i>	6
Figure 2. Microphotograph of an egg.	9
Figure 3. Microphotographs of the first instar nymph.	10
Figure 4. Microphotographs of the different nymphal stages.	11
Figure 5. Microphotographs of the male and female adults.	13
Figure 6. Growing change of the head width during development.	15
Figure 7. Growing change of the thorax width during development. ...	15
Figure 8. Growing change of the body length during development.	16

Summary

This study was conducted to develop an efficient artificial diet for rearing *Gryllotalpa orientalis*, commonly known as the mole cricket. To accomplish this, the effects of diets composed of wheat germ and fish meal (diet A), rice brain and casein (diet B) and potatoes and casein (diet C) on the survival and development of *G. orientalis* were evaluated. In addition, the size of the egg cells, numbers of eggs, growth characteristics were investigated.

The length of egg cells oviposited in the laboratory was 39.75 ± 1.58 mm. The width of the egg cells was 29.01 ± 1.05 mm from the outside, and 23.8 ± 0.54 , 13.62 ± 0.21 mm from the inside. The average number of eggs produced by *G. orientalis* collected in the field was 55.22 ± 2.38 , whereas the average number of eggs produced by *G. orientalis* reared in the laboratory was 55.44 ± 2.54 .

The average size of the eggs immediately after oviposition was 2.54 mm \times 1.44 mm, and the shape of the eggs at this time was oval. The average size of the eggs immediately prior to hatching was 3.21 mm \times 1.98 mm.

The final *G. orientalis* nymphs observed were the 8th, 9th and 10th instar. In addition, the percentage of each instar was 22.2%, 73.0% and 4.8% in *G. orientalis* provided with diet A. For *G. orientalis* reared on diet B, the percentage of each instar was 38.0%, 54.0% and 8.0%. The percentage of the 9th instar was the highest in *G. orientalis* reared on diet A and diet B.

There were more males than females when *G. orientalis* were reared on diets A and B. Specifically, the sex percentage was 53.1% (male) to 46.9% (female) for *G. orientalis* reared on diet A and 53.3% (male) to

46.7% (female) for those reared on diet B. In addition, all adults observed in this study were short winged with hindwings that did not cover the abdomen.

The number of *G. orientalis* that survived on diets A, B and C was 39, 35 and 0 respectively. The results of a *t*-test revealed that the survival of *G. orientalis* fed diet A and B did not differ significantly ($P=0.668>0.05$). However, the survival of adults reared on diets A and B was significantly different from that of adults reared on diet C ($P=0.03<0.05$). The length of time that *G. orientalis* reared on diet A remained in the nymph stage was 206.95 ± 12.12 , which was significantly lower than that of *G. orientalis* reared on diet B (265.14 ± 14.78 days; Mann-Whitney *U* test, $P=0.018<0.05$).

The numbers of adults was highest and the period of instar was shorter for *G. orientalis* reared on diet A than for those reared on the other diets evaluated in this study. Therefore, diet A was more efficient for artificial rearing of *G. orientalis*.

Key words: Mole cricket (*Gryllotalpa orientalis*), Artificial diet, Indoor rearing

I. 서론

땅강아지(*Gryllotalpa orientalis*)는 곤충綱(Insecta) 메뚜기목(Orthoptera) 땅강아지과(Gryllotalpidae)에 속하는 곤충이다(한국곤충명집, 1994). 땅강아지과의 종들은 세계적으로 약 50여종이 분포하며 한국에는 1종만이 알려져 있다(김, 2002). 이 종은 일본, 중국, 타이완에 걸쳐서도 넓게 분포하고 있으며, 한국과 일본에서는 오랫동안 *G. africana*로 오동정 되어 왔으나 현재는 *G. orientalis*로 분류되었다(Townsend, 1983; 김, 2003).

땅강아지과는 전 세계적으로 잔디밭, 골프장, 어린 묘목 재배지에 피해를 입히는 해충으로 인식되어 왔으며(김, 2003), 특히 우리나라에서는 오래전부터 인삼의 주요해충으로 기록되어 90년대 초반까지 그 방제를 위한 개체군 연령 분포의 계절적 변화와 성충의 산란기, 우화기 및 비산활동 등이 연구되어 왔다(김 등, 1989; 김, 1992; 김, 1995). 그러나 근래에 들어 도시화와 같은 환경의 변화, 화학비료나 각종 농약의 과도한 사용 등으로 인해 보기 힘들어졌으며 현재 서울시에서 지정한 보호곤충 중의 하나가 되었다(김, 2003).

땅강아지는 예로부터 약용으로 이용되어 왔는데, 성충의 날개를 떼어 버리고 불에 구어 말린 것을 루고(虻蛄)라 하여 목병, 편도선, 갑상선 등의 염증치료 및 결석, 불면증, 혈액순환 등에 사용하였고 약리적으로는 항히스타민 작용이 있다고 보고되어 있다(고, 2004). 따라서 최근에는 항산화 유전자 분리 및 이용기술에 대한 연구가 진행되기도 하였다(김 등, 2006).

이처럼 땅강아지는 현재 해충으로의 방제대상이기보다는 보호곤충과 약용곤충으로서의 가치가 더욱 높아졌다고 할 수 있다. 또한 다른 메뚜기목 곤충과는 다른 특이한 생김새와 생활사로 인해 최근 부각되고 있는 애완곤충이나 교육용 재료로 이용할 수 있는 가능성 또한 크다고 판단된다.

유용한 곤충자원으로서의 가치 개발을 위해서는 기본적으로 충분한 개체수의 확보와 사육에 관한 연구가 필요하지만 이와 관련된 기초 자료가 국내에서는 거의 전무하다고 할 수 있다.

국내 땅강아지의 실내사육에 대한 기록은 1995년 수원지방에서 발생하는 약충의 발육단계와 령기의 판정 기준을 얻고자 수행한 결과가 유일하다. 富澤(1959)과 野口와 谷本(1976)의 사육 방법을 참고하여 직경 4 cm, 높이 7 cm의 플라스틱병과 직경 10 cm의 플라스틱 샐레에 10메쉬 체를 통과한 퇴비, 식양토, 모래 중 한가지, 또는 빈 용기에 1마리씩 넣고 볶은 쌀겨나 번데기 가루, 벼 묘의 뿌리 등을 주었는데 부화 약충이 2령 이후 모두 폐사하였고 그 원인을 찾지 못하였다고 보고하였다(김, 1995). 따라서 선행 연구를 비추어 볼 때 땅강아지 실내사육의 안정화를 위해서는 영양요구성을 충족시켜 줄 수 있으며 연중 일정하게 공급할 수 있는 사료의 개발이 무엇보다 우선시 되어야 한다고 판단된다.

현재 우리나라에서는 바퀴목, 메뚜기목, 노린재목, 딱정벌레목, 나비목 등의 다양한 곤충을 대부분 실험용, 유전자원보존, 생태·분류연구, 해충방제 등의 목적으로 사육하고 있다. 천연의 먹이를 사용하여 곤충을 사육하려면 아무리 식성이 넓은 곤충일지라도 질적인 문제, 대량 확보, 신선도의 유지 등 많은 어려움이 따르게 되는데 이를 해결하기 위하여 대체사료와 인공사료가 사용되기도 한다. 곤충을 사육하기 위한 인공사료를 개발하는 데는 각 영양성분의 질적 수준이나 균형이 중요하며 이들이 충족되지 못할 경우 정상적으로 성장하고 활동할 수 없게 된다(설 등, 2005). 곤충에 있어 탄수화물은 주된 에너지원이 되며 단백질은 조직을 구성하는 데 필수적이고 대사 작용에 관여하는 비타민, 탈피호르몬을 합성하는 데 필수적인 콜레스테롤, 세포활동에 안정적인 이온균형을 이뤄주는 무기이온 등도 곤충생장에 요구된다(부 등, 2005).

본 연구는 탄수화물원과 단백질원의 구성을 달리한 세 가지 인공사료를 이용하여 땅강아지를 실내사육하고 각 사료의 효율을 비교하였다. 이를 통해 국내에서 사육에 대한 보고가 미흡한 땅강아지를 성충까지 사육하고 실내에서 안정적으로 공급할 수 있는 사료의 개발을 그 목적으로 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 곤충

야외에서 땅강아지 암컷 30마리를 채집하여 실내에서 알을 받고 온도 $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $65 \pm 5\%$, 광주기 16L:8D 조건하에서 2007년 6월부터 2008년 6월까지 사육하였다. 알에서부터 부화한 약충은 공기가 통하는 직경 10cm, 높이 4cm의 사육용기에 한 마리씩 접종하고 체로 쳐 고압멸균한 흙을 넣어주었다. 부화와 탈피 유무를 매일 확인하였으며 흙이 마르지 않도록 분무기로 수분을 공급하였다.

2. 산실의 크기와 평균 산란 수 조사

매일 산실(Egg cell)의 유무를 확인하여 내부와 외부의 장폭(Length)과 단폭(Width)을 버니어캘리퍼스(Mitutoyo 530-101 N15)로 측정하였고, 야외에서 채집한 산실과 암컷이 실내에서 산란한 산실 당 평균 산란수를 조사하였다.

3. 발육단계별 특성과 두폭, 흉폭, 장폭의 변화

땅강아지의 발육단계별 특성을 알고자 알, 약충, 성충 세 단계로 나누어 관찰하였다. 그리고 두폭, 흉폭, 장폭의 변화는 먹이조건 중 사료 A를 택하여 부화 또는 탈피 직후, 령기 중반, 령기 후반의 세부분으로 나누어 무작위로 30마리씩 실체현미경(Leica DE/MZ 16)하에서 측정하였다. 두폭과 흉폭은 각 부위에서 가장 넓은 부분을 기준으로 하였으며, 장폭은 미모(Cerci)를 제외하여 측정하였다. 野口와 谷本(1976)은 땅강아지 약충의 두폭(Head width)과 흉폭(Thorax width)으로, Hudson (1987)은 흉폭으로, 김(1995)은 두폭으로 령기를 판정하였

는데(김, 1995), 본 연구에서는 두쪽으로 령기를 구분하고자 하였으며 이를 선행연구와 비교하였다.

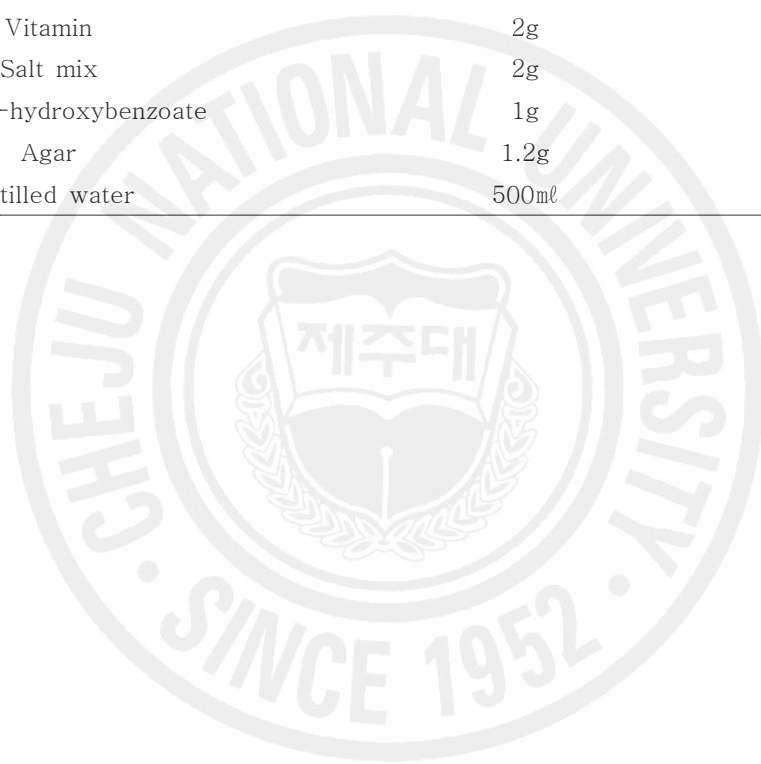
4. 사료원에 따른 특성

땅강아지는 인공사료로 사육하였으며 탄수화물원과 단백질원의 차이에 따라 A, B, C로 나누었다. 땅강아지와 마찬가지로 귀뚜라미상과(Grylloidea)에 속하는 왕귀뚜라미(*Teleogryllus emma*)의 대량사육 시 약충 4~9령용 먹이로 밀기울에 어분 40%를 첨가하여 제공하였다는 보고(김 등, 2005)를 참고하여 밀기울 대신 밀배아(Wheat germ)와 어분을 탄수화물원과 단백질원으로 하여 사료A를 조성하였다. 또한 김(1993)과 김(1995)은 땅강아지의 사육방법으로 볶은 쌀겨를 제공하였다고 하였는데, 이를 참고로 쌀겨(Rice bran)와 카제인(Casein)으로 사료 B를 조성하였다. 카제인은 다른 단백질에 비해 순도가 높고 곤충이 필수로 하는 아미노산 균형이 비교적 좋다고 알려져 있다(설 등, 2005). 그리고 땅강아지가 벼, 맥류, 두류, 감자, 수수, 마, 채소 등을 가해하는 것으로 보고되어 있으므로(김, 1992) 탄수화물원으로 적당하다고 판단되는 감자에 카제인을 혼합하여 사료C를 조성하였다. 탄수화물원과 단백질을 제외한 기타 성분들은 사료 간에 모두 동일하게 하였다. 인공사료의 조성분은 Table 1과 같으며, 일정한 크기로 잘라 2~3일에 한번 씩 교체해 주었다.

총 300마리의 약충을 공시하여 각 사료별로 20마리 씩 5개의 집단으로 나누어 사육 하였으며 사료간의 차이를 알아보기 위하여 SPSS (Statistical Package for Social Science) 프로그램 (ver. 10.0)으로 분석하고 유의도 수준은 $P < 0.05$ 로 하였다. 생존한 개체수와 우화 수, 그리고 생존 개체의 발육일수에 대하여 t -test와 Mann-Whitney U test를 하여 유의성을 판별하였다.

Table 1. Composition of artificial diets used for rearing *G. orientalis*

Ingredient	Amounts of diets		
	A	B	C
Wheat germ	100g	-	-
Fish meal	40g	-	-
Rice bran	-	100g	-
Casein	-	40g	40g
Potato powder	-	-	100g
Ascorbic acid		1g	
Cholesterol		2g	
Sorbic acid		1g	
Vitamin		2g	
Salt mix		2g	
Methyl p-hydroxybenzoate		1g	
Agar		1.2g	
Distilled water		500ml	



Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 산실의 크기와 평균 산란 수

채집한 암컷은 사육상자의 벽면이나 바닥의 단단한 곳을 의지하여 흙으로 다진 덩어리 모양의 산실을 하나씩 만들었다(Fig. 1A). 산실은 타원형으로, 내부에는 속이 빈 공간이 있어 알들이 뭉쳐있었다(Fig. 1B). 산란을 마치면 그 입구를 막아 알이 공기와 접촉하지 않도록 하였고 이는 갓 산란한 알이 건조에 약하기 때문인 것으로 보인다. 땅강아지는 본래 습기를 좋아하여 야외에서도 배수로나 저지대에 산란하며(김, 1991), 습한 곳이나 지하에 산란되는 곤충의 알의 경우 건조에 매우 약하여 상대습도가 낮아지면 배자발생이 불가능하거나 죽게 된다고 보고되어 있다(부 등, 2005). 본 연구에서도 알의 개수 측정을 위해 산실을 깨면 외부에 노출된 알이 점차 쭈그러지거나, 부화를 하더라도 생존율이 낮은 것을 관찰할 수 있었다.

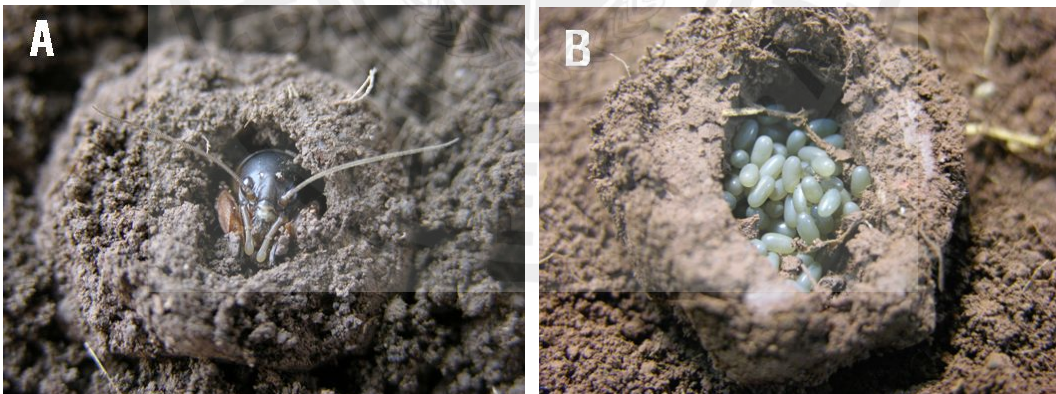


Figure 1. Photographs of the egg cells of *G. orientalis*. A: A ovipositing female in an egg cell, B: Eggs in the cell.

채집한 야외의 암컷이 실험실에서 산란한 산실은 외부의 장폭과 단폭이 각각 39.75 ± 1.58 , 29.01 ± 1.05 mm였으며, 내부 빈 공간은 각 23.8 ± 0.54 , 13.62 ± 0.21

mm였다(Table 2). 외부와 내부 모두 장폭이 단폭보다 약 10mm정도 더 길었고, 내부 공간의 크기는 땅강아지가 길이 25mm, 폭 15mm 정도의 타원형 산실 안에 알을 낳는다는 보고(김, 1993)와도 어느 정도 일치하였다. 산실은 알이 뭉쳐있는 내부 공간을 둘러싸고 약 8mm 가량 일정하게 흙을 다져 두텁게 만든 형태였는데 이는 건조에 약한 알을 보호하기 위한 구조물로 사료된다.

Table 2. Size of the egg cells made in the laboratory by the wild females

Condition	Part	No. of egg cells	Mean±SE (mm)
Outside	Length	16	39.75±1.58
	Width	16	29.01±1.05
Inside	Length	30	23.8±0.54
	Width	30	13.62±0.21

본 연구에서 조사한 산실 당 평균 알의 개수는 야외에서 채집한 것과 실내에서 산란한 것이 거의 차이를 보이지 않았다(Table 3). 선행 연구에서는 5~7월 사이 야외에서 채집한 산실의 알 개수가 평균 47.68 ± 4.35 개, 10월에 채집한 야외의 암컷이 이듬 해 2~7월 간 실내에서 산란한 산실의 알 개수가 36.00 ± 2.84 개로 야외의 산란수가 많다고 보고하였는데(김, 1995), 본 연구에서는 야외와 실내 모두 평균 55개 정도로 같았으며, 선행 연구보다 더 많은 알을 관찰하였다. 이는 땅강아지의 산란시기가 5~7월이라고 보고된 것으로 볼 때(김, 1991) 본 실험에서는 비교적 산란이 많이 이루어지는 5월말~6월초에 집중적으로 산실을 채집했기 때문인 것으로 보인다. 또한 실내에서 산란한 산실의 차이가 큰 것은 암컷의 채집시기가 달랐기 때문으로 판단되며 6월에 채집한 암컷은 실험실로 가져오자마자 산란하였고 실내에서 장기간 사육하지 않았으므로 앞선 연구보다 더 많은 알을 확인할 수 있었던 것으로 사료된다.

Table 3. Number of the eggs per egg cell of *G. orientalis* in the laboratory and the field

Condition	No. of egg cells	No. of eggs/egg cell Mean±SE (n)
Laboratory	32	55.22±2.38
Field	18	55.44±2.54



2. 발육단계별 특성과 두폭, 흉폭, 장폭의 변화

1) 알

알은 연한 갈색을 띠는 타원형으로 시간이 경과할수록 크기가 커졌으며 산란 직후와 부화 직전으로 나누어 장폭과 단폭을 측정하였다. 산란 직후 알의 장폭은 $2.54 \pm 0.02 \text{ mm}$, 단폭은 $1.44 \pm 0.02 \text{ mm}$ 였으며, 부화 직전에는 각각 $3.21 \pm 0.04 \text{ mm}$, $1.98 \pm 0.01 \text{ mm}$ 로 장폭의 경우 0.67 mm , 단폭은 0.54 mm 가 더 커졌다(Table 4). 부화가 가까워오면 눈과 큰 턱, 앞다리의 모양이 뚜렷이 나타났다(Fig. 2).

Table 4. The egg size of *G. orientalis*

Condition	Part	No. of egg cells	Mean \pm SE (mm)
Right after oviposition	Length	30	2.54 ± 0.02
	Width	30	1.44 ± 0.02
Just before hatching	Length	30	3.21 ± 0.04
	Width	30	1.98 ± 0.01

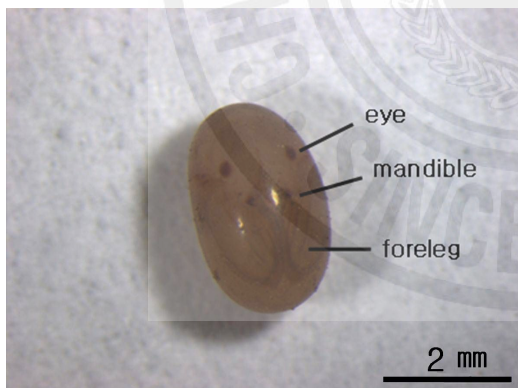


Figure 2. Microphotograph of an egg.

2) 약충

알에서 갓 부화한 1령충은 몸 전체가 흰 색을 띠었으며 시간이 지나면서 점차 색이 진하게 변하였다(Fig. 3). 부화한 1령충은 귀뚜라미와 같이 도약력이 매우 뛰어나 먹이교체 시 어려움이 있었다. 2령으로 탈피한 후에도 잘 뛰었으나

점차 다음 령기로 진행할수록 도약력이 점점 약해지는 것을 관찰할 수 있었다. 체색 또한 어린 령기일수록 검은색에 가깝게 짙었으나 탈피횟수가 거듭될수록 성충과 가까운 갈색을 띠었다.

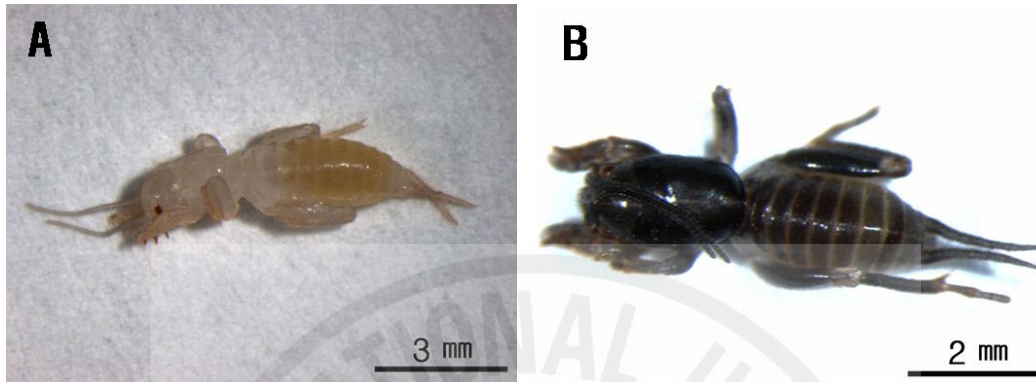


Figure 3. Microphotographs of the first instar nymph. A : Right after hatching, B : One day after of hatching.

탈피의 유무는 매일 탈피각을 확인하여 판단하였으며 탈피각을 섭취해버린 경우에는 체색의 차이로 구분하였다. 탈피직후에는 몸 전체가 흰색을 띠지만 점차 회백색으로 변하였으며 이는 하루나 이틀정도까지 유지되다가 점차 갈색으로 변하였다.

일본에서의 땅강아지 생활사 연구에 따르면 7령이 되기 전까지는 시아(翅芽, wing bud)가 발달하지 않는다고 하였으나(Endo, 2006) 본 연구에서는 현미경으로 관찰 시 5~6령에서도 아주 작은 날개가 있음을 확인하였다(Fig. 4A). 그러나 육안으로 구분하기는 힘들었고 7~8령이 되었을 때 비로소 뚜렷이 날개 모양이 나타났다(Fig. 4B). 8~9령 때에는 작은 날개가 훨씬 더 커졌으며(Fig. 4C) 종령 말기가 되어 우화일이 가까워지면 날개는 두꺼워지고(Fig. 4D) 먹이섭식을 거의 하지 않았다. 날개가 두꺼워지기 시작한 후 일주일 이내로 모두 성충으로 우화하였다.

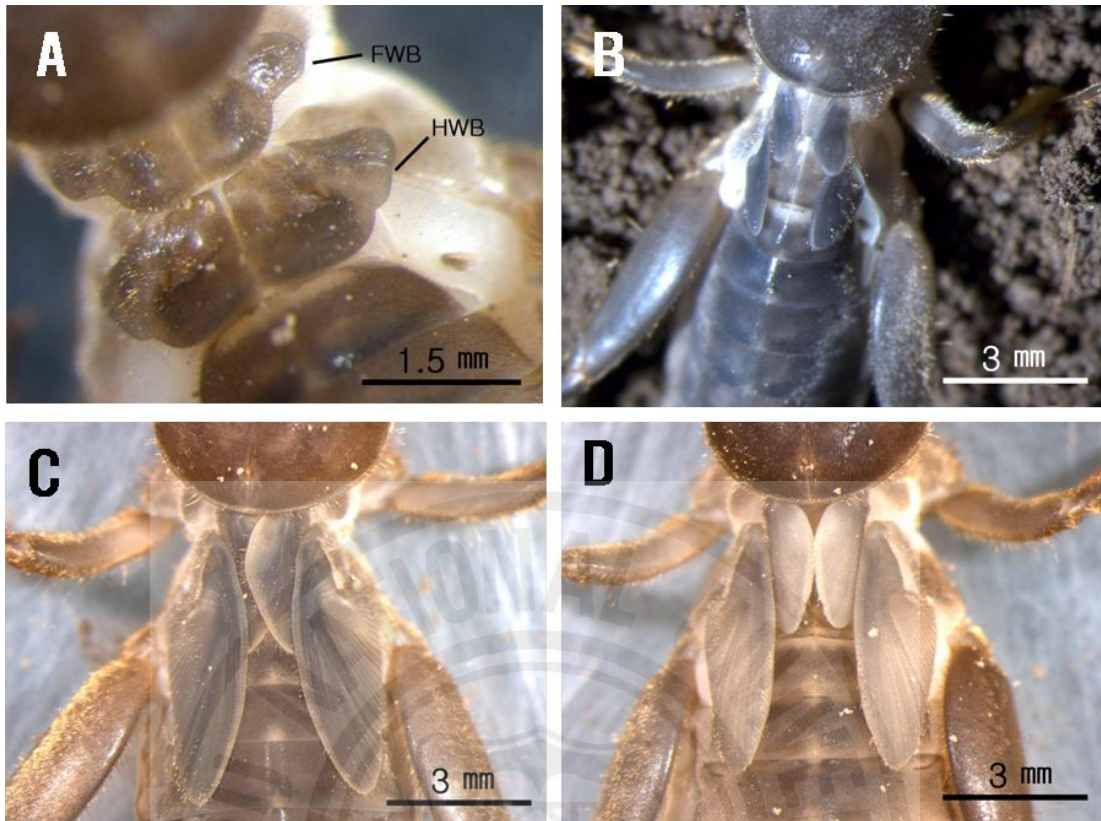


Figure 4. Microphotographs of the different nymphal stages. A: Appearance of the wing buds of the sixth instar nymph, B: Protruding of forewing and hindwing buds of the seventh-eighth instar nymph, C: Much growing forewing and hindwing buds of the eighth-ninth instar nymph, D: Thick wings of the eighth-ninth instar nymph. FWB: forewing bud and HWB: hindwing bud.

땅강아지의 령기에 대하여 金子와 小野는 6령을, 櫻井 등 및 野口와 谷本은 7령을, 富澤은 8~9령을 종령으로 보고하였다(金子 등, 1951; 櫻井 등, 1955; 野口 등, 1976; 富澤, 1962). 또한 플로리다와 미국 남동부에 분포하고 있는 땅강아지과의 한 종인 *Scapteriscus acletus*에서는 8~10령이 보고되었다(Hudson, 1987). 본 연구에서는 Fig. 4C와 같은 큰 시아가 나타난 약충이 다음 탈피 시 성충으로 우화하였으므로 그 시기를 종령으로 보았고, 대부분의 약충이 8령과 9령을 종령으로 보내고 일부 10령을 보내는 개체들을 관찰하여 같은 종은 아니었

으나 Hudson(1987)의 연구와 동일한 결과를 보였다.

종령까지 생존한 개체들을 대상으로 령기를 조사하였으며 그 비율은 사료 A에서 8령, 9령, 10령이 각각 22.2, 73.0, 4.8%였으며 사료 B에서는 38.0, 54.0, 8.0%로 A와 B 사료에서 모두 9령까지 발육하는 개체의 비율이 훨씬 높았다 (Table 5).

Table 5. Difference of appearance of the last instar (%) feed on diet A and B

Diets	Total nymphs(n) [*]	Last instar		
		8th	9th	10th
		%(n)	%(n)	%(n)
A	63	22.2(14)	73.0(46)	4.8(3)
B	50	38.0(19)	54.0(27)	8.0(4)

* Individual number

3) 성충

곤충의 분산다형성(Dispersal polymorphism)에서 시 다형성(Wing polymorphism)이란 날개의 길이에 여러 가지 차가 있는 경우를 말하며 이동의 필요성이 상대적으로 적은 안정된 영속성서식처에서는 단시형화가 진행된다(현, 2003).

또한 많은 유시아강 곤충에서 집단밀도가 낮고 먹이와 짝짓기 경쟁이 심하지 않을 때 개체들은 단시형이 되거나 날개가 없는 형태가 된다고 하였으며 땅강아지(*G. orientalis*)에서의 계절적인 날개 이형성이 보고되었다. 땅강아지의 장시형과 단시형은 월동형태와 관련이 있는데 산란기인 4~6월 중 일찍 부화한 약충들은 겨울이 되기 전까지 단시형 성충이 될 가능성이 크며 늦게 부화한 약충들은 충분한 먹이를 구하지 못하여 겨울 전에 성충이 되지 못하고 다음 해에 장시형 성충이 된다고 보고되어 있다. 이는 서식지의 안정성과 길이 각 형태의 적응도에 영향을 미친 것으로 약충으로 겨울을 보낸 개체들은 다음해에 좋은 서식처로 흩어지기 위하여 장시형 성충이 되는 것이라고 하였다(Endo, 2006).

본 연구에서는 사육한 모든 개체가 뒷날개가 배 끝을 넘어서지 않는 단시형으로 우화하였는데(Fig. 5A) 이는 추위나 먹이의 부족함과 같은 서식 환경의 질적 악화가 일어나지 않았고 개체사육으로 인해 집단 밀도가 높지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

암수는 앞날개 시맥의 차이로 구분하였으며 암컷의 경우 앞날개 시맥이 세로로 길게 이어진 형태이고(Fig. 5B), 수컷은 앞날개 한 쌍 모두의 중앙에 역삼각형 모양의 빈 공간이 있었다(Fig. 5C).

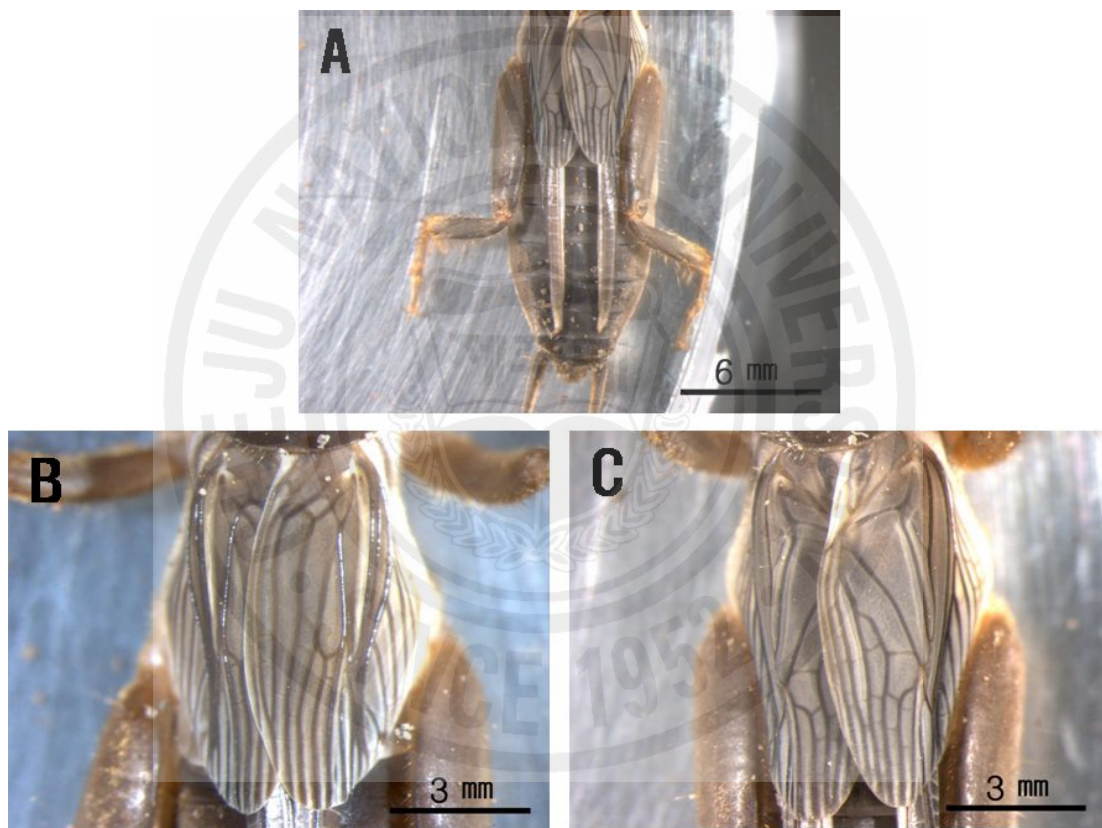


Figure 5. Microphotographs of the male and female adults. A: Short winged morph of the male mole cricket, B: Forewings of the female, C: Forewings of the male.

4) 두폭, 흉폭, 장폭의 변화

사료A에서의 땅강아지 두폭과 흉폭, 장폭의 변화는 Fig. 6,7,8로 나타내었다. 두폭과 흉폭의 변화는 동일한 령기 안에서도 시간이 지남에 따라 점차 자라났으

나 령기가 바뀌면서는 급격하게 성장하는 일정한 패턴을 보였다(Fig. 6,7). 그러나 장폭은 령기 초반에서 중반으로 갈수록 급격히 성장하였는데(Fig. 8), 이는 탈피 후 두폭과 흉폭이 증가한 후에야 체장이 서서히 증가함을 보여준다. 두폭과 흉폭의 경우 1, 2령 시기에는 크기 차이가 미미하였으나 3령 이후부터는 령기가 증가할수록 변화폭이 눈에 띄게 커짐을 알 수 있었다(Fig. 6,7).

선행 연구에서는 7월에서 10월까지 517마리의 야외 채집 개체를 대상으로 두폭을 측정된 결과를 보고하였다(김, 1995). 이와 비교하여 볼 때 1령의 두폭은 거의 일치하였으나 2령부터는 본 실험의 3령과, 그리고 3령은 본 실험의 4령과 좀 더 유사하였다(Table 6). 이는 실내사육으로 보았을 때 1령과 2령의 두폭 차이가 거의 미미하였으므로 야외 채집 개체로는 이를 판별하기가 힘들기 때문이었을 것으로 판단된다. 4령 이후부터는 본 실험에서 측정한 두폭의 크기보다 훨씬 큰 값을 나타내었는데, 이는 실내에서 한정된 먹이만을 공급하며 사육한 개체보다 좋은 야외 조건에서 서식하는 개체의 크기가 더 컸기 때문인 것으로 사료되며 먹이나 환경의 차이에 의한 두폭의 크기 차이가 있을 수 있음을 보여준다.

본 연구에서 측정한 두폭의 범위는 령기의 뚜렷한 구분 기준이 되지 못하고 중복되는 값을 나타내었다(Table 6). 동일한 령기 안에서도 크기가 변화했으며 개체 간의 차이 또한 컸기 때문에 단순히 두폭의 크기만으로는 땅강아지 령기의 판별 기준이 되지 못할 것으로 사료된다.

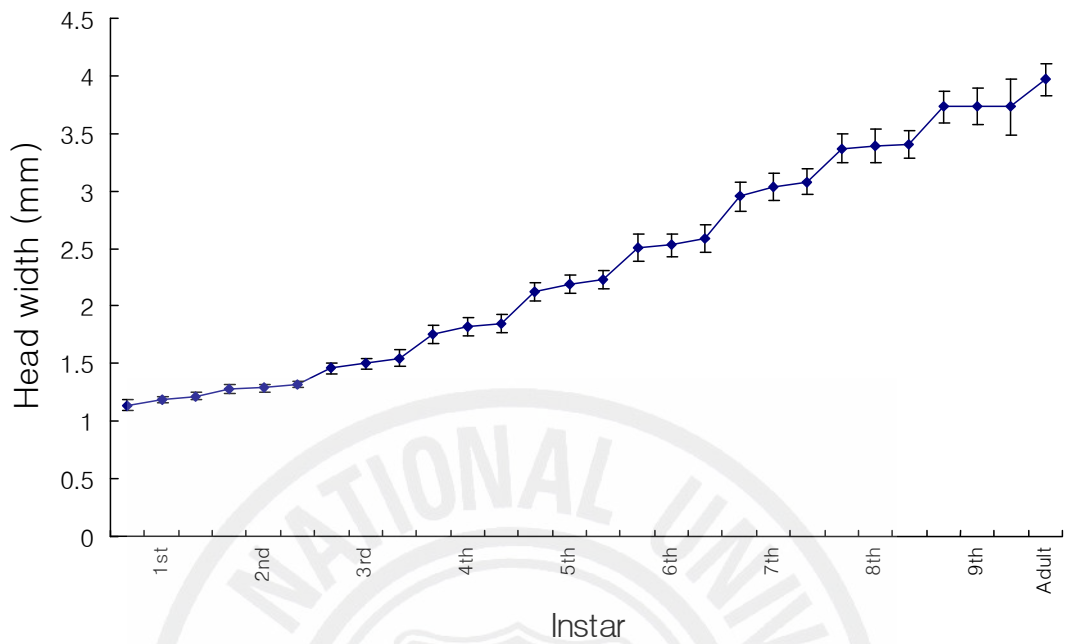


Figure 6. Growing change of the head width during development.

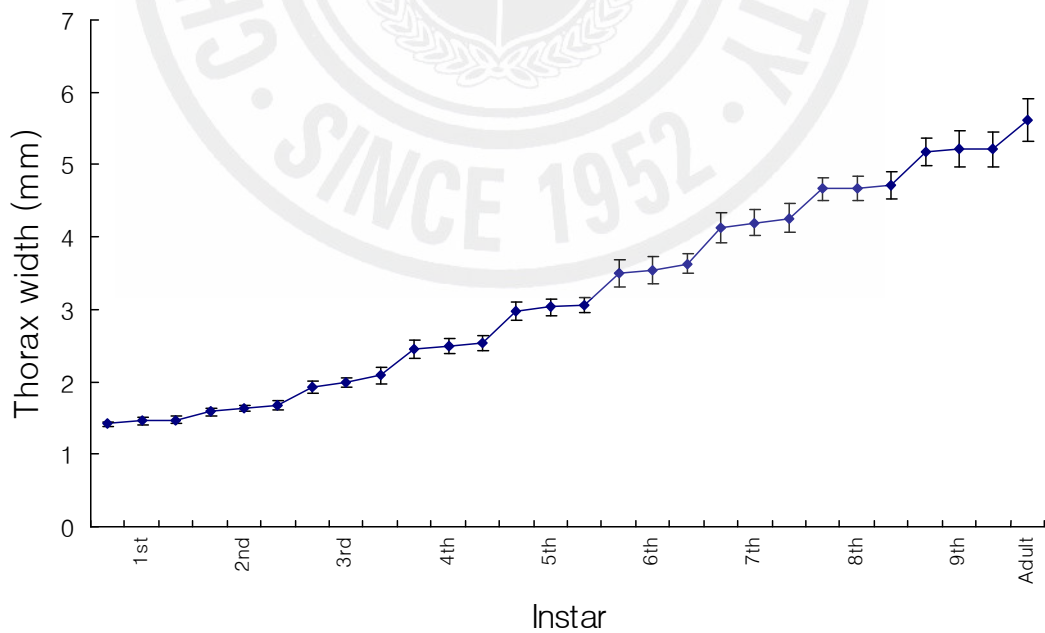


Figure 7. Growing change of the thorax width during development.

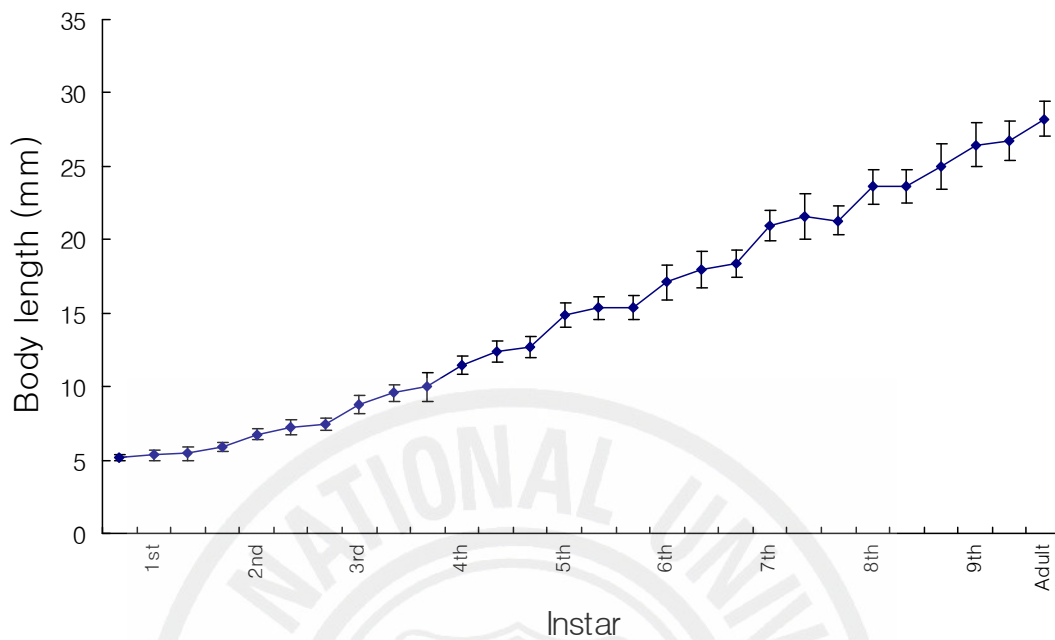


Figure 8. Growing change of the body length during development.

Table 6. Comparison of the head width of the nymphs reared on diet A

	Range of head width (mean±SD)(mm)	
	This study	Kim(1995)
1st	1.03~1.28(1.18±0.05)	1.1~1.3(1.02±0.07)
2nd	1.20~1.37(1.30±0.04)	1.4~1.6(1.52±0.07)
3rd	1.30~1.67(1.50±0.07)	1.8~2.2(1.93±0.14)
4th	1.59~1.97(1.81±0.09)	2.3~2.7(2.50±0.11)
5th	1.92~2.35(2.18±0.09)	2.8~3.2(3.00±0.12)
6th	2.23~2.80(2.54±0.12)	3.3~3.7(3.51±0.12)
7th	2.70~3.26(3.02±0.13)	3.8~4.2(4.00±0.09)
8th	3.13~3.75(3.38±0.14)	4.3~4.6(4.47±0.10)
9th	3.40~4.15(3.73±0.17)	-

3. 사료원에 따른 특성

본 연구기간동안 최종적으로 생존한 총 개체 수는 A사료가 39마리, B사료 35마리, C사료 0마리이다(Table 7). A사료에서는 성충 32마리, 약충 7마리, B사료에서는 성충 15마리, 약충 20마리가 각각 생존하였으며 C사료에서는 모든 개체가 폐사하였다(Table 8).

각 사료별로 20마리 씩 5개의 집단으로 나누어 생존수를 조사한 결과 A사료에서는 평균 7.80 ± 1.24 마리가, B사료에서는 7.00 ± 1.30 마리가 각각 생존하였으며 생존한 개체 수의 차이에 대한 *t*-test 결과 $P=0.668 > 0.05$ 로 A와 B 사료 간 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 7).

감자를 탄수화물원으로 한 사료 C의 개체들은 4령 이후 모두 폐사하였는데 그 원인으로서는 감자를 분말로 만드는 과정에서 발생한 2차적인 오염이나 성분변화 등 여러 가지가 있을 수 있다고 판단되지만 본 실험만으로는 확인할 수 없었으며 좀 더 정확한 원인을 알기 위해서는 추후 보완적인 실험이 뒤따를 필요가 있다고 사료된다.

Table 7. Number of the survivals for rearing period

Diets	Number of the survivals (mean±SE)	df	<i>P</i>
A	7.80 ± 1.24	8	0.668
B	7.00 ± 1.30		

Table 8. Number of adult and nymph reared on diet A and B

Diets	No. of survival	No. of Imago	No. of nymph
A	39	32	7
B	35	15	20

성충으로 우화한 개체의 수는 사료 A가 평균 6.40 ± 1.08 마리, 사료 B가 3.00 ± 0.71 마리로 A사료가 B사료보다 두 배 이상 많았다. 사료 간 성충으로 우화한 개체수의 *t*-test 결과 $P=0.030 < 0.05$ 로 유의한 차이가 있었다(Table 9).

Table 9. Number of eclosion reared on the artificial diets

Diets	Number of eclosion (mean \pm SE)	df	<i>P</i>
A	6.40 ± 1.08	8	0.030
B	3.00 ± 0.71		

우화한 성충의 암수 비율은 사료 A에서 수컷이 53.1%, 암컷 46.9%였고 사료 B에서는 수컷 53.3%, 암컷 46.7%로 두 사료 간 암수 우화비율은 거의 같았으며 수컷이 암컷보다 6%가량 더 많았다(Table 10).

Table 10. Sex percentage of *G. orientalis* reared on diet A and B

Diets	No. of imago	Male%(n)	Female%(n)
A	32	53.1(17)	46.9(15)
B	15	53.3(8)	46.7(7)

사료 A의 약충 기간은 평균 206.95 ± 12.12 일, 사료 B는 265.14 ± 14.78 일이었고 Mann-Whitney 검정 결과 $P=0.018 < 0.05$ 로 나타나 사료 간 유의한 차이가 있었으며 사료 A가 B보다 평균 60일 가량 단축되었다(Table 11).

결과적으로 보면 A와 B 사료 간에 생존한 개체수의 차이는 없었으나 우화 개체수와 약충 기간에는 차이를 보였고, A사료에서는 B에서보다 우화 개체수가 두 배 이상 많았으며 발육일수 또한 단축되었다. 이는 A사료에서 공급된 동물성 단백질인 어분이 그 원인이라 사료되는데, 김(2003)은 동물성 먹이가 잡식성 곤충에게 일반적으로 요구되며 왕귀뚜라미의 사육 시 4령 이후에 동물성 먹이를 40% 첨가할 경우 발육이 양호하다고 보고하였다. 이는 왕귀뚜라미와 마찬가지로

로 잡식성인 땅강아지가 발육하는 데에 동물성 먹이원의 첨가가 영향을 미친 것이라 판단된다. 어분은 필수아미노산의 공급능력이 우수하고 기호성이 높고 비타민 B군과 칼슘 및 P의 함량이 높다는 점에서 대표적인 동물성단백질사료로 이용된다고도 보고되어 있다(한, 1987).

밀배아의 성분에는 100g 당 에너지 426 kcal, 탄수화물 48.3 g, 단백질 32.0 g, 지질 11.6 g이 포함되었다고 하였으며(농촌진흥청, 2006) 쌀겨는 에너지 286 kcal, 탄수화물 38.3 g, 단백질 13.2 g, 지질 18.3 g이 함유되어 있다고 알려져 있다(과학기술청자문조사회, 1982). 사료에 사용된 다른 성분을 제외하고도 영양면에서 밀배아가 쌀겨보다 높으므로 이 또한 땅강아지의 생육에 어느 정도 영향을 미칠 수 있었을 것이라 판단된다.

Table 11. Period of nymph reared on diet A and B

Diets	Period of nymph(mean±SE)	Z	P
A	206.95±12.12	-2.360	0.018
B	265.14±14.78		

야외에서의 땅강아지에 대한 연구에 따르면 6월 중순 이전에 부화된 개체는 9월 하순~ 10월 하순경에 성충이 되고 6월 중순 이후에 부화된 것은 약충으로 그 해 겨울을 넘기고 이듬해 8월 중순~9월 상순경에 성충이 된다고 하였다(장, 2000). 따라서 일정한 고온조건이 주어질 경우 4~5개월가량의 약충 기간을 예상하였으나 본 연구에서는 월동의 필요성이 없는 실내의 안정적인 조건임에도 불구하고 생육 기간이 지나치게 길어졌다. 특히 7령까지는 A와 B사료 간 소요 일수가 비슷했으나 이후 8~10령의 종령 시기에는 그 차가 두드러졌으며 개체간의 편차도 컸다(Table 12).

또한 실험에 사용한 총 300마리의 개체 중 성충으로 우화한 수가 47마리로 약충기간의 폐사율 또한 높았다.

곤충이 인공사료를 먹고 정상적으로 발육하고 성장하여 산란 한 후 세대를 거듭하려면 영양소의 충분한 존재와 균일성, 필요한 섭식자격물질의 존재, 섭식

기피물질이 없고 소화와 흡수 또는 대사에 대한 저해 및 길항물질이 없는 등 4가지의 조건이 필요하다(김, 1993). 따라서 본 실험에 사용한 인공사료에서 어떤 성분의 첨삭이 땅강아지 발육에 영향을 미쳤는지에 대한 추가적인 연구가 뒤따라야 할 것이라고 사료된다. 나비목이나 메뚜기목 중 일부 곤충은 C₁₈의 고도 불포화지방산이 결핍되면 생육이나 산란이 나빠지거나 정상적인 우화가 이루어지지 않는다고 보고되어 있는데(설 등, 2005) 땅강아지 생장에 요구되는 필수성분에 대한 연구 또한 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서 인공사료를 이용하여 땅강아지를 사육한 결과 약충단계의 폐사율이 높고 발육기간이 길어지는 단점이 있었으나 국내에서의 땅강아지 사육에 대한 연구로는 최초로 성충을 얻을 수 있었다는 점에서 후속 연구의 기초자료가 될 수 있을 것이라 사료된다. 인공사료 간의 효율성을 비교했을 때 가장 우수했던 A사료를 개선하고 추후 다양한 성분 비교실험 등이 뒤따른다면 성공적으로 안정적인 땅강아지 사육을 할 수 있으리라 기대된다.

Table 12. Developmental periods of *G. orientalis* nymphs

Stage	Diets		
	A	B	C
Egg	16.4±1.1	16.3±0.8	16.8±1.3
1st	20.5±3.3	19.9±5.1	23.0±6.3
2nd	11.9±3.1	15.1±2.8	15.3±6.2
3rd	12.6±2.7	15.3±3.5	23.5±4.8
4th	12.8±2.1	14.1±2.4	-
5th	15.0±4.0	15.3±3.8	-
6th	20.9±17.5	17.1±10.2	-
7th	26.1±18.2	26.6±24.3	-
8th	51.3±37.3	73.3±64.0	-
9th	84.3±53.8	106.7±59.9	-
10th	102.7±27.6	162.0±14.8	-

IV. 요약

본 연구는 땅강아지를 사육하기 위한 인공사료를 개발하고자 수행하였다. 이를 위해 사료 A는 밀배아와 어분으로, 사료 B는 쌀겨와 카제인, 사료 C는 감자와 카제인을 주요 영양원으로 조성하였으며 땅강아지의 생존과 발달에 미치는 효율을 비교하였다. 그리고 채집한 암컷이 산란한 산실의 크기, 평균 산란 수, 발육단계별 특징을 조사하였다.

암컷이 실험실에서 산란한 산실의 크기는 외부의 장폭과 단폭이 각각 39.75 ± 1.58 , 29.01 ± 1.05 mm였으며, 내부 공간은 각 23.8 ± 0.54 , 13.62 ± 0.21 mm였다. 야외에서 채집한 산실 당 평균 산란수는 55.22 ± 2.38 개였으며 실내에서 산란한 산실은 평균 55.44 ± 2.54 개로 차이가 거의 없었다.

알의 크기는 산란 직후 2.54×1.44 mm로 타원형이었고 시간이 지나면서 크기가 커져 부화 직전에는 3.21×1.98 mm였다.

땅강아지의 종령은 8령, 9령, 10령을 관찰하였다. 사료 A에서 각 령의 비율은 22.2, 73.0, 4.8%였으며 사료 B에서는 38.0, 54.0, 8.0%로 두 사료 모두 9령까지 발육하는 개체의 비율이 훨씬 높았다.

우화한 성충의 암수 비율은 사료 A에서 수컷이 53.1%, 암컷 46.9%였고, 사료 B에서는 수컷 53.3%, 암컷 46.7%로 수컷의 비율이 더 높았으며 우화한 모든 성충은 뒷날개가 배 끝을 넘어서지 않는 단시형이었다.

연구기간 중 총 생존 개체 수는 A사료가 39마리, B사료 35마리, C사료 0마리로 A와 B사료에 대한 *t*-test 결과 유의한 차이를 보이지 않았다 ($P=0.668 > 0.05$). 그러나 성충으로 생존한 개체는 A와 B사료 간에 유의한 차이를 보였다 ($P=0.03 < 0.05$). 약충 기간은 사료 A가 평균 206.95 ± 12.12 일, 사료 B는 265.14 ± 14.78 일이었으며 Mann-Whitney *U* test 결과 유의한 차이를 보였다 ($P=0.018 < 0.05$).

본 연구에서는 사료 A로 사육한 개체들이 다른 사료에 비해 성충으로 우화한 개체가 가장 많고 약충 기간 또한 단축되었다. 따라서 사료 A가 땅강아지의 인

공사육을 위해 가장 효율적이었다.

주요어: 땅강아지(*Gryllotalpa orientalis*), 인공사료, 실내사육



참 고 문 헌

- ENDO, CHIHIRO. 2006. Seasonal sing dimorphism and life cycle of the mole cricket *Gryllotalpa orientalis* (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Eur. J. Entomol.*, **103**: 743~750
- HUDSON, W. G. 1987. Variability on development of *scapteriscus acletus*(Orthoptera: Gryllotalpidae). *Florida Entomologist*, **70**: 403~404
- De GRAAF, J., A. S. SCHOEMAN, R. L. BRANDENBURG. 2004. Sesonal development of *Gryllotalpa africana* (Orthoptera: Gryllotalpidae) on turfgrass in south africa. *Florida Entomologist*, **87**: 130~135
- TOWNSEND, B. C. 1983. A revision of the Afrotropical mole-crickets (Orthoptera: Gryllotalpidae). *Bull. Brit. Mus. Nat. His. (Entomology)*, **46**: 175~203
- 金子和夫, 小野塚 清. 1951. けらの生態(第三報)卵, 幼蟲, 成蟲について 新潟縣農事試験場速報 **12**: 11~14
- 野口義弘, 谷本溫暉. 1976. 케라幼蟲의發育と各種殺蟲劑 に對す る感受性. 四國植防. **11**: 23~28
- 櫻井 清, 堤 正明, 堀田 豊. 1955. 馬鈴薯を害するケラとその防除法. 北農. **22**: 21~31
- 富澤純士. 1962. 케라의生態と防除. 植物防疫. **16**: 10~12
- 고순구. 2004. 동물성 동약의 성분과 이용. 일월서각, pp. 132~133

과학기술청자원조사회편. 1982. 일본 식품 표준 성분표(제2판 4개정).

김기황, 김상석, 손준수. 1989. 인삼 해충, 땅강아지(*Gryllotalpa africana* Palisot de Beauvois) 성충의 산란기, 우화기 및 비산활동. 고려인삼학회지, **13**: 119~122

김기황. 1991. 땅강아지와 달팽이류 - 인삼해충의 효율적인 방제(Ⅱ). 한국농약 공업협회, **12**: 104~111

김기황. 1992. 땅강아지에 의한 인삼의 피해. 한국응용곤충학회, **31**: 379~385

김기황. 1993. 땅강아지의 주음성에 관한 연구. 한국응용곤충학회지, **32**: 76~82

김기황. 1994. 인삼포장에서 발생하는 해충의 종류와 피해 양상. 한국응용곤충학회지, **33**: 237~241

김기황. 1995. 수원지방에서의 땅강아지 개체군 연령 분포의 계절적 변화와 산란수. 한국응용곤충학회, **34**: 70~74

김남정, 홍성진, 설광열, 권오석, 김성현. 2005. 왕귀뚜라미(*Teleogryllus emma*) 알의 실내 인공 채란 및 저장. 한국응용곤충학회지, **44**: 61~65

김남정, 홍성진, 설광열, 권오석, 김성현. 2003. 왕귀뚜라미(*Teleogryllus emma*)의 대량사육을 위한 인공먹이 개발. 한국응용곤충학회, pp. 68~68

김익수, 황재삼, 안미영, 이평재, 진병래. 2006. 땅강아지로부터 항산화 유전자 분리 및 이용기술 개발. 농업과학기술원, pp. 393~412

김진일. 2002. 우리가 정말 알아야 할 우리 곤충 백가지. 현암사, pp. 157~161

- 김창효. 1993. 곤충의 사육법. 경상대학교 출판부, pp. 4~17
- 김태우. 2003. 함께 사는 길. 환경운동연합, pp. 30~31
- 농촌진흥청. 2006. 식품성분표(제 7개정판).
- 부경생, 김용균, 박계청, 최만연. 2005. 곤충의 호르몬과 생리학. 서울대학교출판부, pp. 622~624
- 설광열, 최병열, 김홍선. 2005. 곤충사육법. 한림원, pp. 11~34
- 장병선. 2000. 인삼포에 발생하는 주요 병·해충의 생태와 방제. 충남대학교 농과대학 논문집, 6: 295~320
- 한국곤충학회, 한국응용곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 건국대학교 출판부, pp. 48~50
- 한인규, 채병조. 1987. 국산 어분의 사료적 가치에 관한 연구. 한국축산학회지, 29: 93~99
- 현재선. 2003. 곤충의 분산다형성-그의 다양성과 생태학적 의의. 한국응용곤충학회, 42: 367~381

감사의 글

제가 걸어가야 할 길 위에서 이제야 겨우 한 발을 내딛었다는 생각이 듭니다. 그동안 저의 소중한 인연이 되어 주고 도움 주신 많은 분들에게 이 자리를 빌어 감사의 인사를 드리고 싶습니다.

우선 학부시절부터 대학원까지 실험실 생활을 하는 동안 관심과 격려로 지도 해주신 김원택 교수님께 진심으로 감사드립니다. 바쁜 시간을 내어 부족한 논문을 살펴주신 김세재 교수님과 이선령 교수님, 그리고 생명과학과의 오문유 교수님, 이용필 교수님, 오덕철 교수님, 김문홍 교수님, 이화자 교수님, 고석찬 교수님께도 감사의 인사를 드립니다.

실험기기를 빌려주시고 아낌없이 지원해주신 제주생물종다양성의 정용환 박사님, 잘 알지도 못하는 저에게 사육실을 쓸 수 있도록 허락해주시고 많은 조언 주신 난지농업연구소의 최경산 연구사님께 감사드립니다.

그리고 논문이 나오기까지 많은 도움 주시고 실험실 생활하는 데 있어 힘이 되어 주신 고영민 선생님, 정상배 선생님, 김병수 선생님, 김상범 선생님, 장민호 선생님께 감사드리며 좋은 일 곳은 일 늘 함께 했던 경식오빠, 성운오빠, 민희에게도 감사의 마음을 전합니다.

바쁜 업무 중에도 제주도에 오고 갈 수 있도록 허락해주신 곤충생태관의 이상현 사장님, 지치고 힘들 때마다 격려해주시고 논문을 다듬어주신 김세권 실장님, 저의 빈자리 때문에 혼자 고생했을 인섭씨, 늘 밝고 따뜻한 여사님들과 아저씨에게도 감사드립니다.

좋은 인연으로 저에게 와 준 고마운 은영언니, 은지언니, 은아언니, 익준이, 그리고 내 학창시절의 모든 의미가 되어 주었던 사랑하는 친구 종미와 소영이, 돌아갈 곳에 변함없이 있어 줄 형식오빠, 고맙습니다.

마지막으로 늘 저에게 힘이 되어 주시는 부모님과 내게만은 언제까지나 어린 동생인 승룡이와 승학이에게 감사의 마음을 전합니다. 무엇보다 세상을 살아가는 데 있어 든든한 후원자이자 버팀목이 되어 주시는 사랑하는 어머니, 정말 감사합니다.