

발 간 등 록 번 호

11-1541000-001363-01

보안과제( ), 일반과제(○)

과제번호 109032-3

동애등을 이용한 가축분뇨 대량처리 시스템 개발 및  
농가실증 시험

Development of Bio-conversion System of Livestock  
Feces Using the Black Soldier Fly(*Hermetia illucens*) and  
Demonstration of Farms

그린테크주식회사

농림수산식품부

# 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “동애등에를 이용한 가축분뇨 대량처리 시스템 개발 및 농가실증 실험”과제 (세부과제 “가축분뇨를 이용한 동애등에 증식기술 개발”, “농가현장 실증시험 및 분해산물의 퇴비화, 사료화 이용기술 개발”)의 보고서로 제출합니다.

2012 년 4 월 9 일

주관연구기관명 : 그린테크(주)

주관연구책임자 : 이 상 훈

세부연구책임자 : 이 상 훈

연 구 원 : 김 인 덕

연 구 원 : 김 주 섭

연 구 원 : 양 윤 모

연 구 원 : 김 원 종

연 구 원 : 정 로 덕

연 구 원 : 백 규 립

협동연구기관명 : 국립농업과학원

협동연구책임자 : 최 영 철

연 구 원 : 이 상 범

연 구 원 : 박 관 호

연 구 원 : 김 원 태

연 구 원 : 김 종 길

연 구 원 : 최 지 영

협동연구기관명 : 여주군농업기술센터

협동연구책임자 : 김 완 수

연 구 원 : 김 상 민

연 구 원 : 장 명 순

# 요 약 문

## I. 제 목

동애등을 이용한 가축분뇨 대량처리 시스템 개발 및 농가실증 실험

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

현재 국내 농업부문에서 축산업은 산출되고 있는 농업 총 생산액 중 큰 비중을 차지하고 있는 중요한 농산업 중 하나이다. 이에 따라 국내의 축산업형태가 전업화, 규모화 되면서 축산농가의 운영형태와 사육관련 기술이 고도로 발전되는 긍정적 효과가 나타난 반면에 단위 농장내에서의 사육두수 증가로 인한 농장내 가축분뇨의 절대량도 증가되어 그 해결문제도 심각히 대두되고 있고, 이 가축분뇨의 처리능력의 확보여부에 대한 관심이 높아지고 있는 실정이다.

2012년 가축분뇨 해양배출 금지조치는 일부 축산농가의 가축분뇨 처리능력 추가 확보요인으로 작용할 것으로 예상되며, 현재 대부분의 축산농가가 자체적인 가축분뇨 처리시설을 갖추어 축산업이 운영되고 있다.

그러나, 가축분뇨 처리시설을 구비한 농가 간에도 가축분뇨 처리능력이 다르게 나타나는 상황이 발생되고 있다. 이는 각 농가가 구비한 가축분뇨 처리시설의 형태와 운영기술이 해당농가의 실정에 잘 부합되어 있는가에 대한 문제로 연관된다.

그러므로, 현재 국내에서 생산, 보급되고 있는 시설에 대한 객관적이고 정확한 정보를 농가가 쉽게 취득하고, 활용하여 자신의 농가형태 및 가축분뇨 처리실정에 맞는 처리시설을 선정하고 적절하게 설치하여, 효율적 시설활용이 축산농가의 가축분뇨 처리능력 향상에 매우 중요한 요인으로 작용할 것으로 보여진다.

이에 따라, 동애등을 이용한 가축분뇨(돈분, 계분)의 친환경 대량 처리시스템을 개발하여 국내 가축분뇨 처리시설의 다양성과 가능성을 제시하며 가축분뇨처리 후, 동애등의 부산물(유충, 번데기, 분변토)을 활용하여 사료화 및 분변토의 퇴비화를 위한 농가 실증 시험을 통해 고부가 신 소득원을 개발하고자 한다. 따라서 가축분뇨의 효율적 처리를 위해 동애등을 이용하여 대량으로 처리할 수 있는 자동화 시스템과 그 분해산물을 효율적으로 이용할 수 있는 기술을 개발하고, 이러한 자동화 시스템을 활용한 동애등에 대량생산을 통해 친환경적 분해기술 확보와 자동처리 시스템의 농가보급을 통한 농가 실증시험(1일 1ton처리)을 수행하였다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
1차년도	2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동애등에 유충을 이용한 최적분해 시스템개발 (자동화 처리장치)</li> <li>○ 우수 동애등에 선발 및 생태적 특성 구명 (기초연구 중심)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동애등에 유충을 이용한 최적분해 시스템 개발(자동화 처리장치)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사양 : 1일 100kg처리</li> <li>- 연중사용, 유기성폐기물 자동 투입, 유충과 분변토 자동분리, 유충자동수거, 분변토자동수거</li> </ul> </li> <li>○ 동애등에 증식기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동애등에의 생태적특성 구명</li> <li>- 가축분뇨 분해 우수 동애등에 선발</li> <li>- 동애등에 알 생산 및 산란 환경조건 구명</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동애등에의 유충을 이용한 규모별 가축분뇨의 분해 시스템 개발</li> <li>○ 가축분뇨를 이용한 동애등에증식 기술 개발</li> </ul>
2차년도	2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 규모별 가축분뇨 대량분해 시스템 개발</li> <li>○ 우수 동애등에 선발 및 생태적 특성 구명 (기초연구 중심)</li> <li>○ 개발된 자동화 처리장치의 농가현장 실증시험 및 보급</li> <li>○ 분해산물의 퇴비화 및 사료화 이용기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 규모별 가축분뇨 대량분해 시스템 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동애등에 유충을 이용한 최적분해 시스템 개발</li> <li>- 사양 : 1일 500kg처리</li> <li>- 연중사용, 유기성 폐기물 자동 투입, 유충과 분변토 자동분리, 유충,분변토 자동수거</li> <li>- 악취제거시스템(가스처리시스템)개발</li> <li>- 경제성분석(1일처리량,생산 비용분석)</li> </ul> </li> <li>○ 동애등에 증식기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동애등에의 먹이조건에 따른 생리적특성 구명</li> <li>- 동애등에의 가축분뇨 분해능력 검증</li> <li>- 미생물 처리에 의한 악취 저감기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 분해산물의 퇴비화 및 사료화 이용 기술 개발                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 분해산물의 퇴비화 효과 구명</li> <li>- 노숙 동애등에의 유충 사료화 이용 및 가치 구명(양계사료)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동애등에의 유충을 이용한 규모별 가축분뇨의 분해 시스템 개발</li> <li>○ 가축분뇨를 이용한 동애등에 증식 기술 개발</li> <li>○ 자동화 처리시스템의 농가현장 실증시험 및 분해산물의 퇴비화, 사료화 이용기술 개발</li> </ul>

구분	연도	연구개발의 목표	연구개발의 내용	연구범위
3차년도	2011	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 규모별 가축분뇨 대량분해 시스템 개발</li> <li>○ 악취제거 시스템 현장 실증시험 및 적용</li>   <li>○ 우수 동애등에 선발 및 생태적 특성 구명 (기초연구 중심)</li>   <li>○ 개발된 자동화 처리 장치의 농가현장 실증 시험 및 보급</li> <li>○ 분해산물의 퇴비화 및 사료화 이용기술 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 대량 처리 시스템 개발 보급 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 규모별 분해 시스템 시작기 제작 보급</li> <li>- 사양 : 1일 1ton 처리</li> <li>- 연중사용, 유기성폐기물 자동 투입, 유충과 분변토자동분리, 유충자동수거, 분변토자동수거</li> </ul> </li> <li>○ 악취제거 시스템 현장 적용 시 발생 문제점 및 보완사항 개선</li>   <li>○ 동애등에 대량사육 기술 체계 확립 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동애등에 알 대량생산을 위한 사육시스템 개발</li> </ul> </li>   <li>○ 가축분뇨 대량처리 기술 개발 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 동애등에를 이용한 가축분뇨 분해시스템 농가 보급</li> <li>- 우수퇴비 생산 및 유충의 사료화 개발 보급</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 동애등에의 유충을 이용한 규모별 가축분뇨의 분해 시스템 개발</li>   <li>○ 가축분뇨를 이용한 동애등에 증식 기술 개발</li>   <li>○ 자동화 처리시스템의 농가현장 실증시험 및 분해산물의 퇴비화, 사료화 이용기술 개발</li> <li>○ 동애등에의 유충을 이용한 규모별 가축분뇨의 분해 시스템 개발</li>   <li>○ 가축분뇨를 이용한 동애등에 증식 기술 개발</li> </ul>

#### IV. 연구개발 결과

1. 본 연구의 결과로 동애등에를 이용한 가축분뇨를 친환경적으로 처리하여 퇴비와 사료로 자원화 할 수 있는 처리용기를 축사환경에 따라 차별적으로 개발하여 최적 분뇨처리시스템에 대해 2종을 특허출원하였으며,
2. 가축분뇨를 대량으로 처리하는 과정에서 노숙된 동애등에를 온도조절에 의해 자동으로 수거할 수 있는 장치를 개발하였으며,
3. 동애등에의 대량증식 및 사육기술을 확립하기 위해 가축분뇨를 이용한 실내 연중 알 대량 생산기술을 개발하였으며,
4. 동애등에를 이용하여 처리한 가축분뇨 분해산물을 별도의 처리 없이 퇴비화하고 노숙된 동애등에 번데기를 건조하여 가축의 보충사료로 쓰기 위한 실험을 통해 자원화함으로써 축산농가의 자가 퇴비·사료로 사용케 하였음
5. 가축분뇨의 조기 퇴비화 처리로 인한 축사 환경을 개선하는 효과 확인

## V. 연구성과 및 성과활용 계획

1. 국내 축산업의 확장으로 인해 발생하는 가축분뇨 증가의 감량을 위하여 이를 친환경적으로 분해할 수 있는 처리시설로써 가축분뇨를 먹이로 삼으면서 단기간 내에 친환경적으로 분해할 수 있는 기능이 있는 동애등에를 대량생산하여 활용할 수 있음
2. 활용 시 가축의 성장 환경에 악영향을 주지 않아야 하며, 안전시설을 갖춘 일정한 장소에서 분해처리를 거친 후 별도의 추가처리 시설 없이 퇴비화 할 수 있음
3. 친환경적으로 가축분뇨를 먹이로 하여 처리한 동애등에는 번데기가 된 후 동물성 고단백 사료화뿐만 아니라 가축분뇨 분해산물은 유기질 비료로 재활용함으로써 그 가치는 극히 높다고 볼 수 있음
4. 동애등에 유충의 소화과정에서 신속한 체열과 소화흡수에 의한 수분증발로 인해 침출수의 배출 및 악취 등에 의한 오염발생이 없음
5. 축분 및 유기성폐기물 분해를 위한 알 생산업체 조기 육성
6. 동애등에 사료의 가축 급여에 따른 유용성 확인
7. 기존의 가축분뇨처리시설과 비교하여 저비용 고효율 처리가 가능
8. 가축분뇨분해산물의 친환경 퇴비로서의 사용 가능성 확인
9. 동애등에 유충을 이용한 가축분뇨 분해 시스템 농가보급 및 조기 실용화 가능

## SUMMARY

This experiment was conducted to develop the container and the mass-rearing protocol for the Black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) that decomposes organic wastes such as livestock feces in an environmentally friendly way, and to efficiently utilize by-products.

Eco friendly handling of organic wastes, such as livestock feces is the beginning of the future industrial development and the best way of saving the nature. Except currently being operated large-scale recycling facilities, small and medium-sized processing facilities has not been operating properly by lack of technology and processing costs.

Development of livestock feces handling system using black soldier fly will attempt to make efficient use of by-product and give help farmers to improve livestock feces handling capability. So, designed suitable livestock feces treatment systems(rearing containers, automatic separation device) and tested.

Excellent species of the bio-conversion using the livestock feces were selected out of two kinds of soldier flies(*Hermetia illucens* and *Pteticus tenebrifer*). And effects of BSF on composing ability to the livestock feces were pig feces 0.5g, cattle feces 0.43g and chicken feces 0.3g per a larvae of BSF. In the examination of the ability of BSF to decompose food waste, volume of the livestock feces decreased by weight pig feces 77, cattle feces 83.62 and chicken feces 80%. Observed characteristics of BSF larvae and pupae stage were by developmental stage may be summarized as follows: size and length of larvae and pupae of BSF were higher than in pig feces and mixed sawdust treatments.

In order to develop artificial indoor rearing techniques, The pupation and emergence rate were not visible the difference but important factor of the mating and egg-laying was a sun light. And it was visible the difference in mating ratio. Mating rate of *H. illucens* by seasonal change was the highest from May to July. Mating mostly occurred between 10:00 and 12:00 during which light intensity is high. In order to decrease ammonia gas during rearing of BSF, microorganism were selected out of two kinds of yeast(*Saccharomyces*, *Issatchenkia*) and a kinds of bacteria(*Leclercia*).

To compost using of black soldier fly by-product, analysis of fertilizers was performed. the result revealed that organic matter content is 2 times higher than standard and salt concentration is less than 1%. Growth of radish in black soldier fly compost and fertilizer by-products were similar or soldier fly compost was slightly increased.

Crude protein, crude fat, crude fiber, calcium and phosphorus contents of pupae are 45.36, 32.36, 8.48, 1.71, 0.77%, respectively. Particularly high content of crude protein and crude fat can be used as feed supplements. Due to the viscosity of pig feces, sawdust used as a supplement could improve breeding environment. In addition, poultry waste has more good physical properties and nutritional conditions than pig feces to rearing black soldier fly.



# CONTENTS

Submission -----	1
Summary(KOREAN) -----	2
Summary -----	7
Contents -----	8
Contents(KOREAN) -----	9
Chapter 1. Introduction -----	12
Chapter 2. Current Situation of Related Techniques in Domestic and Oversea ----	13
Chapter 3. Contents and Results of Research and Development -----	14
Section 1. Development of Bio-conversion System of Livestock Feces using the Black Soldier Fly -----	14
Abstract(KOREAN) -----	14
Abstract -----	15
1. Introduction -----	16
2. Results of Research -----	17
Section 2. Artificial Multiplication of the the Black Soldier Fly(BSF), <i>Hermetia illucens</i> (Diptera: Stratmyidae) using the Livestock Feces -----	55
Abstract(KOREAN) -----	55
Abstract -----	56
1. Introduction -----	57
2. History -----	58
3. Materials and Methods -----	60
4. Results of Research -----	61
5. Summary -----	74
Section 3. Development of the Compost and Animal Feeds using the By-products of the Black Soldier Fly and Demonstration of FarmsA Study on the Application of Organic Wastes by Black Soldier -----	75
Abstract(KOREAN) -----	75
Abstract -----	76
1. Introduction -----	77
2. Materials and Methods -----	77

3. Results of Research	80
4. Summary	86
Chapter 4. Completion of Objective and Contribution of the Related	87
Chapter 5. Application of Research Results	88
Chapter 6. Collected Information of Science and Technology during Research in Oversea	97
Chapter 7. Reference	101

# 목 차

제출문 -----	1
요약문 -----	2
SUMMARY -----	7
CONTENTS -----	8
목 차 -----	9
제 1 장 연구개발과제의 개요 -----	12
제 2 장 국내외 기술개발 현황 -----	13
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 -----	14
제 1 절 가축분뇨 처리시스템 개발 -----	14
요약문 -----	14
Abstract -----	15
1. 서론 -----	16
2. 연구내용 및 결과 -----	17
제 2 절 가축분뇨를 이용한 동애등에 증식기술 개발 -----	55
요약문 -----	55
Abstract -----	56
1. 서론 -----	57
2. 연구사 -----	58
3. 재료 및 방법 -----	60
4. 결과 및 고찰 -----	61
5. 결과요약 -----	74
제 3 절 농가현장 실증시험 및 분해산물의 퇴비화, 사료화 이용기술 개발 -----	75
요약문 -----	75
Abstract -----	76
1. 서론 -----	77
2. 재료 및 방법 -----	77
3. 결과 및 고찰 -----	80
4. 결과요약 -----	86

제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	87
제 5 장	연구개발 성과 및 성과활용 계획 -----	88
제 6 장	연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 -----	97
제 7 장	참고문헌 -----	101

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 1. 연구개발의 필요성

가. 연구개발대상 기술의 경제적·산업적 중요성 및 연구개발의 필요성

- 가축분뇨 발생량이 해마다 지속적으로 증가함
- 매년 가축분뇨처리 공공 및 공동시설이 대폭 확대되고 있음(2012년까지 4,000억원 투자)
- 일 가축배설물 용량이 10,000톤에서 26,000톤으로 늘어나 환경보전 차원에서 심각한 문제점으로 대두되고 있음
  - 축산업형태의 전업화, 규모화로인한 농장내 가축분뇨의 절대량 증가
- 가축분뇨의 퇴·액비화의 시장 한계와 미생물을 이용한 처리의 문제점 등은 새로운 효율적 가축분뇨처리의 필요성이 발생함
- 2012년 가축분뇨 해양배출 금지로 인한 축산농가의 가축분뇨 처리능력 추가확보 필요
- 가축분뇨 처리시설은 5만8천 개소(축산농가 대비 98%)에 설치되어 있으나 인식부족, 기술부족 및 처리비용 과다소요로 제대로 운영되지 못함
- 가축분뇨 처리시설을 구비한 농가간의 가축분뇨 처리능력이 다르게 나타남
- 현재 국내에서 생산, 보급되고 있는 시설에 대한 객관적이고 정확한 정보를 농가가 쉽게 취득, 활용하여 농가형태와 가축분뇨 처리실정에 알맞은 처리시설을 선정하여 효율적인 시설활용이 축산농가의 가축분뇨 처리능력 향상에 매우 중요한 요인으로 작용할 것으로 사료됨
- 현재 가축분뇨의 처리자원화 방식으로 사용하는 건조나 미생물을 이용한 사료화, 퇴비화는 시도되고 있으나 처리과정 상에 악취로 인한 민원과 침출수에 따른 수질오염 등 문제대두
- 동애등에를 이용한 가축분뇨의 친환경 대량 처리시스템을 개발하여 국내 가축분뇨처리 시설의 다양성과 가능성을 제시하며 가축분뇨처리 후, 동애등에 부산물 즉, 유충이나 번데기 분변토를 활용하여 사료화 및 퇴비화를 위한 농가 실증 시험을 통해 고부가 신 소득원을 창출코자 함
- 동애등에 유충의 2차적인 영양적 이용 : 양어사료 첨가제, 닭사료 단백질 첨가제, 파충류먹이, 낚시미끼 등(경제적 가치 8,000~40,000 US\$/ton)

## 제 2 장    국내외 기술개발 현황

### 가. 연구개발대상 기술의 국내·외 현황

#### (1) 세계적 수준

- 현재 동애등을 유기성 폐기물 분해에 이용하는 국가는 미국, 한국, 일본, 베트남, 중국 등 여러 나라에서 수행되고 있음
- 미국에서는 음식물쓰레기나 가축분뇨를 처리할 수 있는 동애등의 사육용기를 개발 중에 있으며, 아열대지방인 베트남에서 시험 중에 있음
- 중국과 일본 등에서는 동애등의 노숙유충이나 번데기를 닭사료나 물고기 사육에 이용하는 연구를 하고 있음
- 한국에서는 동애등의 실내 대량증식 기술을 세계 최초로 성공시켜 대량증식 원천기술을 보유하고 있음

#### (2) 국내수준

- 국가적인 차원에서 검토한 사항은 없으며, 가축분뇨분해를 위해 집파리, 금파리 등에 관한 연구가 추진되었으나 아직 실용화 단계에는 미치지 못함
  - 국가 기관인 국립농업과학원에서 집파리를 이용한 가축분뇨분해 연구가 수행되었음
  - 집파리 대량생산 기술 개발 및 산물이용 연구 수행함(농촌진흥청 정책과제)
  - 사설 연구소 수준에서 생활사 및 퇴비의 효율성 검토 시작 단계
- 연두금파리를 이용한 낚시미끼용으로 유충 생산
  - 야외에서 생선쓰레기나 가금부산물을 이용하여 파리유충 생산
- 양계농가에서 유충을 이용한 폐계란, 폐양계 처리로 사용
- 동애등을 이용한 음식물쓰레기 친환경 분해 시스템 개발
- 동애등에 실내 대량증식 기술 확립

#### (3) 국내·외의 연구현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
국립농업과학원	○ 집파리 대량사육 기술 및 산물이용 연구 - 집파리 성충 사육용 대형 사육상자 개발 - 집파리 성충 먹이조성 및 급이방법 - 집파리 대량사육용 생력급수기 개발 ○ 동애등에 연중 대량증식 기술 확립	○ 집파리 사육 기술이전
목포시험장	○ 연두금파리 이용 양과 인공수분 기술 개발	○ 농가 기술이전
한국유용곤충 연구소	○ 파리의 천적 생산 및 파리류 사육 기술 개발	○ 파리천적 생산 판매
(주)SBD연구소	○ 집파리 유충을 이용한 가축분뇨분해 시스템 개발	○ 시작 단계
러시아	○ 파리를 이용한 폐기물 재활용 시스템 개발 및 우수 파리종 선발	○ 우수 파리종 보존
미국 북캐롤라이나주	○ 음식물 쓰레기, 계분, 가축분뇨 등을 자연순환 시스템에 의해 동애등을 이용한 처리 기술 개발	○ 50,000톤/일 분뇨처리 (동애등에)
일본 미야자키현	○ 파리류를 이용한 가축분뇨 자원화 및 유용 사료화 연구 ○ Field에서 가축분뇨 및 남은 음식물 처리 실용화 연구	○ 퇴비 및 사료 공급

## 제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

### 제1절 가축분뇨 처리 시스템 개발

#### 요 약 문

가축 분뇨 처리에 관한 연구 및 개발은 전 세계적으로 활발히 진행되어 지고 있는데 이중 가장 친환경적으로 자원화 할 수 있는 기술확보는 국가의 축산산업 개발 및 경쟁력을 견인할 수 있는 기술이며 또한, 자연을 살리고 깨끗한 농촌환경을 조성할 수 있는 최고의 방법이라 할 수 있다.

현재 다양한 가축분뇨 처리방법으로 운영되어지는 여러 규모의 분뇨처리 시설 및 장비들은 인식부족, 기술부족 및 처리비용 과다 등으로 인하여 효율적으로 운영되어지지 못하는 것이 현실이다.

2012년으로 예정되어 있는 가축분뇨의 해양배출이 금지되는 조치사항으로 인하여 축산농가의 가축분뇨 처리능력 추가확보가 요구되는 실정이다.

발생되는 가축분뇨는 최근에는 연료화의 연구도 진행되고 있는 실정이며, 대부분 퇴비화, 액비화시켜 처리하고 있으나 그 처리과정, 처리비용 등이 문제가 되어 왔으나 동애등에를 이용하여 친환경적으로 분해하면 그 분해산물(분변토)과 2차적 부산물(노숙유충)을 얻을 수 있으며 그 활용 가치 또한 뛰어난 것이 사실이다.

이에 가축분뇨 처리 시스템을 개발하여 분해산물의 효율적 이용과 자동화 시스템을 활용한 동애등에 대량생산을 통해 친환경적 분해기술 확보와 처리 시스템의 능가보급으로 인한 축산농가의 가축분뇨 처리능력 향상에 이바지하고자 한다.

그리하여 이에 적합한 가축분뇨 처리시스템 개발을 위해 설계 및 디자인하여 용량별로 구현하여 실험하였고, 그에 따라 가축분뇨 분해를 위한 동애등에 사육용기를 제작하였고, 동애등에 노숙 유충을 자동 분리할 수 있는 최적용기 개발에 활용하였다.

또한, 개발된 가축분뇨처리 분해시스템이 농가활용이 활성화 된다면, 축산 분뇨 처리 후 분해산물(분변토) 및 2차 부산물(번데기)을 이용하여 농업경영에 큰 소득원으로 자리매김 할 수 있을 것이다.

# Abstract

## Development of Bio-conversion System of Livestock Feces using the Black Soldier Fly

To compost using of black soldier fly by-product, analysis of fertilizers was performed. the result revealed that organic matter content is 2 times higher than standard and salt conc This study, we verified livestock feces handling capability of the device (BSF rearing device) and tested using the by-products as compost and larvae, pupae as animal feeds. entration is less than 1%.

Growth of radish in black soldier fly compost and fertilizer byproducts were similar or soldier fly compost was slightly increased.

Crude protein, crude fat, crude fiber, calcium and phosphorus contents of pupae are 45.36, 32.36, 8.48, 1.71, 0.77%, respectively. Particularly high content of crude protein and crude fat can be used as feed supplements.

When using pig feces to breeding black soldier flies, mixed with food waste would increase production of black soldier flies.

Due to the viscosity of pig feces, sawdust used as a supplement could improve breeding environment. In addition, poultry waste has more good physical properties and nutritional conditions than pig feces to rearing black soldier fly.



## 1. 서 론

국내의 가축분뇨 처리는 축산농가의 자체처리방식(퇴,액비)이 대략 80%이상 차지하고 있고, 공공(공동)처리방식이 10% 초반을 차지하며 나머지는 해양배출을 하고 있는 실정이다. 2012년부터 가축분뇨 해양배출이 전면금지 되어 앞으로는 육상에서 모두 처리해야 되었고 이에 따르는 새로운 가축분뇨 처리기술 확충이 필요하게 되었다. 따라서, 국내에서 동애등에를 이용한 유기성폐자원 분해 등의 연구가 수행되어 실용화단계에 접어들었고, 이 기술을 이용하여 친환경적인 가축분뇨 대량처리시설 개발을 목표로 개발을 진행하고 있다.

동애등에는 파리류 중에서 뛰어난 섭식성과 번식력을 가지고 있어 이를 이용하면 축산 분뇨 등을 가장 친환경적으로 바이오-전환(Bio-Conversion)시킬 수 있으므로 가장 이상적인 방법이라 할 수 있겠다.

본 연구는 국내 축산 분뇨 처리 현황 조사 후 문제점과 타당성을 점검을 시작으로 국외의 파리류를 이용한 축산분뇨 대량처리기술 등의 자료조사 후, 소규모 처리용기 설계 디자인을 통한 샘플구현 및 적용 시험, 문제점 파악 등 일련의 과정 후 소규모 처리 시스템 개발과 이를 활용한 대량처리 시스템 등의 시작기 개발을 목표로 하였다.

## 2. 연구 내용 및 결과

### 가. 시스템 개발을 위한 정보수집(국내)

동애등에를 이용한 용기 시스템 개발을 위해서는 국내 축산분뇨 처리 관련 현황 파악이 그 우선이며 그 문제점을 파악하여야 활용성 높은 용기시스템을 개발할 수 있기에 그 현황을 조사하였다.

#### (1) 축산분뇨 처리 현황

국내 축산 분뇨 발생량은 1일 142천 톤에 달하고 있으며 돼지 79(56%), 소·말 46(32%), 닭·오리 13(9%), 사슴·양 0.3(0.2%), 기타 4(2.8%)이며, 처리는 비료자원화(위탁포함) 88.6%, 정화처리 7.5%, 해양배출 3.9% 순이다.<출처 : 가축분뇨 관리·이용대책, 농림부환경부 합동, 05년 11월> 파악 된 문제점은 다음과 같다.(그림 1-1, 그림 1-2)

- (가) 비료자원화 여건 불리 : 가축분뇨를 포함한 전체비료 공급량이 토양의 양분수요를 초과(과잉공급 86%)하여 향후 비료공급 축소 불가피
- (나) 비료성분이 적고 일정치 않아 품질이 떨어지며, 살포시 많은 비용과 노동력이 필요
- (다) 가축분뇨 퇴비품질의 표준화가 미흡한 상태로 가가축분뇨 퇴비공장에서 생산되는 제품 중 약 50%가 비료관리법의 공정규격에 미달되는 것으로 나타나 가축분뇨를 이용한 유통퇴비의 품질이 표준화되어 있지 않음
- (라) 가축분뇨퇴비에 대한 작물별 적정 시용량이 확립되어있지 않음
- (마) 가축분뇨 처리시설에의 용량, 처리조건 및 시용 규모, 면적 등 미설정
- (바) 가축분뇨의 퇴비화 및 정화처리시 계절적인 제한
  - 동절기의 처리효율 저하
  - 톱밥 등의 수준조절재에 의존한 건조, 발효처리에 있어 비용소요
- (사) 화학비료와 경쟁에서 불리
  - ( 질소성분 : 화학 비료 21~46%, 가축분뇨 퇴비 0.3~1.2% )
- (아) 농가에서 분뇨관리 어려움 : 악취로 민원발생, 관리소홀로 인한 무단 방류나 부정적 처리로 환경오염 야기, 고농도 가축분뇨처리에 기술적, 경제적 어려움
- (자) 공공처리시설의 운영·관리 미흡 : 시설용량보다 처리량이 적음  
(2003, 가동율 64.5%), 고농도의 혼합분뇨 유입 및 시설의 조기부식에 따른 노후화 등으로 처리효율 저하, 소규모농가 발생분뇨 수거체계 미흡
- (차) 공공처리시설 설치도 혐오시설 입지 주민반대, 지자체의 소극적인 업무 추진 등으로 지연
- (카) 축산노, 오수 정화시설은 농가에서 이용한계를 드러냄
  - 시설 시설 운전기술이 부족하며 사육두수 증감에 따라 유입수의 오염부하량이 일정하지 못하여 방류수의 정화정도의 차이가 큼

- 슬러지의 고액분리 정화처리에 한계가 있어 고액분리에 의한 BOD제거율이 20% 미만

(타) 가축분뇨 적정량 경지환원 기술체계가 확립되어 있지 않음

- 농가의 규정용량에 맞는 크기의 액비저장시설 설치곤란

- 액비는 시용대상 경지면적이 부족할 뿐 아니라 시용시기가 한정되어 있어서 이용제한 및 악취발생

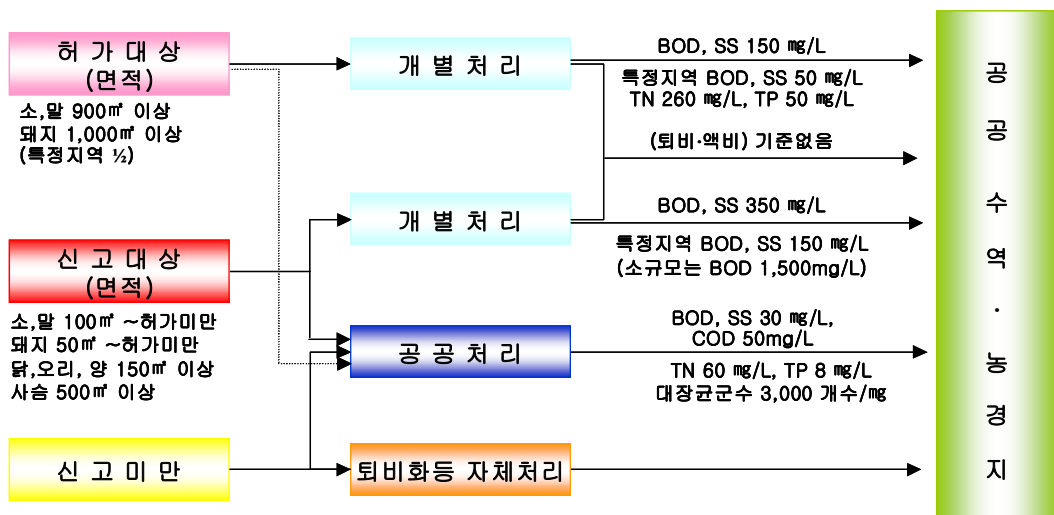
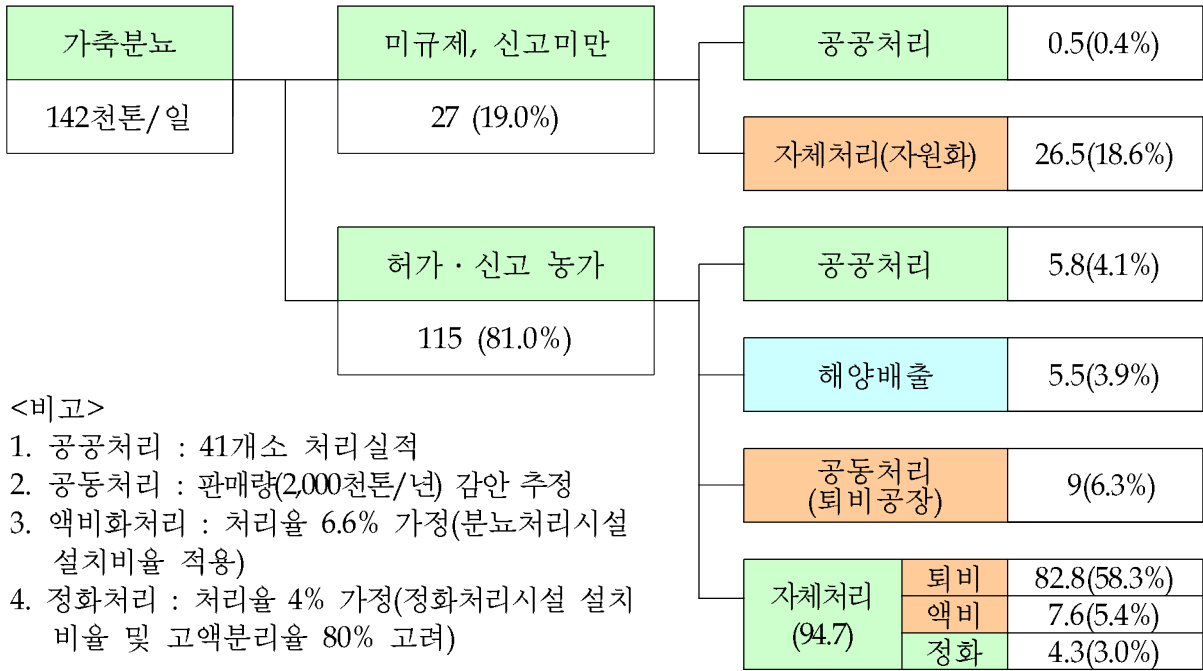


그림 1-1. 가축분뇨처리 및 축산농가 관리체계도.

(2) 축산분뇨 처리 업체 현황

제조사/판매처	제품안내		비고
오성ERS테크		ERS(Energy Reactor System) 바이오가스 저온연소열 에너지 전환	축가설치
토림환경		TL-20/TL-50 고속액비발효	축가설치
태창바이오(주)		가축분뇨급속발효퇴비화장치	축가설치
골든바이오		각종 유기성폐기물 대량 처리	처리 의뢰
제일양계기구제작소		KN-3500 KS-D 가축분뇨발효처리기	농가설치
상일테크		가축분뇨발효처리기	농가설치

나. 시스템 개발을 위한 정보수집(국의 특허 현황)

(1) 미국 등록특허 제6391620호

출원번호	2000-654826	출원일	2000.09.05
등록번호	6391620	등록일	2002.05.21
우선권번호	-	해외출원여부	PCT WO01/032586 A1
출원인	Olivier, Paul A.		
발명의 명칭	Method for bio-conversion of putrescent wastes		
요약	<p>내용 : 부패성 폐기물을 생물학적 방법에 의해 연속적으로 분해하기 위한 방법이 개시되며, 해당 방법은 부패성 폐기물을 포함할 수 있도록 마련된 처리 공간에 부패성 폐기물을 위치시키고, 해당 공간에 수용된 부패성 폐기물을 생물학적 방법으로 분해시키며, 분해와 동시에 분해되어 나온 찌꺼기를 꺼내는 단계를 포함하는 특징이 있음</p>		
대표도면	<p>The diagram, titled 'Cross Section Of Disposal Track 300', illustrates a segmented track system. It features a central track (302) with a width 'w' and height 'h'. The track is supported by a base (314) and is flanked by vertical structures (304, 306, 307, 308). The track is divided into segments (310, 317, 319) and includes a bottom layer (312, 316, 318). The diagram shows the track in a cross-sectional view, highlighting its segmented nature and the underlying support structure.</p>		
대표청구항	<p>1. A method for continuous bio-conversion of putrescent waste comprising:  depositing putrescent waste on a surface of a disposal volume, wherein at least a portion of the disposal volume is comprised of putrescent waste;  bio-converting at least a portion of the putrescent waste in the disposal volume to a living system, wherein the putrescent waste is transformed into waste residue; and  simultaneously with bio-converting at least a portion of the putrescent waste in the disposal volume, excavating at least a portion of the waste residue from the disposal volume below the surface of the disposal volume.</p>		

(2) 미국 등록특허 제6579713호

출원번호	2002-094488	출원일	2002.03.08
등록번호	6579713	등록일	2003.06.17
우선권번호	-	해외출원여부	-
출원인	Olivier, Paul A.		
발명의 명칭	Apparatus for bio-conversion of putrescent wastes		
요약	<p>내용 : 부패성 폐기물을 생물학적 방법에 의해 연속적으로 분해하기 위한 구조물이 개시되며, 해당 구조물은 부패성 폐기물을 포함할 수 있도록 마련된 처리 공간에 부패성 폐기물을 위치시키고, 해당 공간에 수용된 부패성 폐기물을 생물학적 방법으로 분해시키며, 분해와 동시에 분해되어 나온 찌꺼기를 꺼내고, 찌꺼기를 꺼내는 수단은 평평한 표면을 가진 드라이브 스프로킷을 포함하는 특징이 있음</p>		
대표도면			
대표청구항	<p>1. A device for continuous bio-conversion of putrescent waste comprising:  a disposal track having lateral side walls and floor for containing a disposal volume on which putrescent waste is deposited and which at least a portion is bio-converted to a living system wherein the putrescent waste is transformed into waste residue, an excavation gap associated with at least one of the lateral side walls, which is positioned substantially below the living system, for excavating waste material from the disposal volume; and  an excavating means for excavating at least a portion of the waste residue through the excavation gap simultaneously with bio-converting at least a portion of the putrescent waste in the disposal volume, said excavation means comprising:  a drive sprocket having a substantially planar surface, said planar surface being oriented substantially perpendicular to the lateral side walls.</p>		

(3) 일본 공개특허 제2011-143322호

출원번호	2010-003601	출원일	2010.01.12
공개번호	2011-143322	공개일	2011.07.28
우선권번호	-	해외출원여부	-
출원인	MINAMIHAIBARA KAIHATSU KK		
발명의 명칭	가축분뇨 처리 장치 및 가축분뇨 처리 장치의 흡기 부재의 권취 방법		
요약	<p>흡기 부재의 파손을 방지한 가축분뇨처리 장치를 제공한다. 가축분뇨처리 장치1은 가축분뇨를 발효시킨 발효조2와, 이 발효조2의 하부에 설치되고, 다수의 천공을 가지는 흡기 부재4와, 발효조2에 설치한 궤도에 따라 자유롭게 이동하는 주행체3과, 이 주행체3에 장착되고, 흡기 부재4를 다 감아서 꺼내는 회전체 M과, 흡기 부재4에 내재되는 것과 동시에 한 끝은 흡기 부재4에 장착되고, 다른 단은 회전체 M에 장착되는 로프 R과, 주행체3에 장착되고, 발효조2내의 흡기 부재4의 위의 상기 가축분뇨를 제거하는 제거 부재 S를 구비하는 특징이 있다.</p>		
대표도면			

대표청구항	<p>청구항 1항</p> <p>가축분뇨를 발효시킨 발효조와,  이 발효조의 하부에 설치되고, 다수의 천공을 가지는 흡기 부재와,  상기 발효조에 설치한 케도에 따라 진퇴 자유롭게 이동하는 주행체와,  이 주행체에 장착되고, 상기 흡기 부재를 다 감아서 꺼내는 회전체와,  상기 흡기 부재에 내재되는 것과 동시에, 한 끝을 상기 흡기 부재에 장착되고, 다른 단을 상기 회전체에 장착되는 로프와,  상기 주행체에 장착되고, 상기 발효조내의 상기 흡기 부재의 위의 상기 가축 분뇨를 제거하는 제거 부재와,  이 제거 부재의 내방에 설치되고, 상기 흡기 부재를 상기 회전체에 안내하는 안내부재를 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 가축분뇨처리 장치.</p>
-------	--

(4) 유럽 등록특허 제0480030호

출원번호	90906339	출원일	1990.04.18
등록번호	0480030	등록일	1994.06.01
우선권번호	-	해외출원여부	PCT9000501
출원인	INOUE, Satoshi		
발명의 명칭	METHOD AND APPARATUS FOR COMPOSTING MIXTURE OF LIVESTOCK EXCRETION AND BARN MAT		
요약	<p>내용 : 동물 가축분뇨를 혼합하여 퇴비를 만드는데 소정의 중량%를 가지는 산을 이용하는 방법이 개시됨. 본 발명은 혼합물을 산(acid)으로 처리하는 방법을 개시하며, 특히 3 내지 35% 질산으로 혼합물을 처리하여 혼합물에 포함된 리그닌과 셀룰로스를 분해하고 화학적으로 부식되도록 하는 특징이 있음</p>		
대표도면			
대표청구항	<p>청구항 1항</p> <p>A method for composting of a mixture of livestock excrements and bedding wherein said mixture is treated with an acid, characterized in that the mixture of livestock excrements and bedding is kneaded with 3 to 35 wt.% of nitric acid to decompose lignin and cellulose contained in said mixture, and is chemically humified thereby</p>		



다. 가축분뇨 분해를 위한 용기시스템 개발

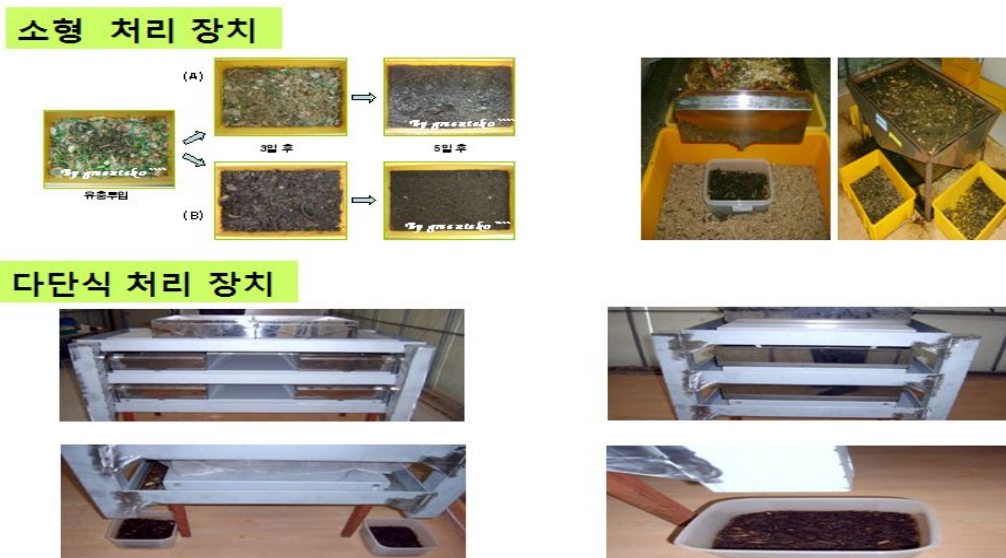
기초자료 조사를 통하여 가축분뇨의 분해, 노숙유층 수집이 가능한 컨베이어 벨트를 설계 디자인하여 제작하였고, 이를 활용하여 가축분뇨 분해시스템을 개발 완료 하였다. 개발단계는 총 4단계를 거쳐 제작되었는데, 초기시스템은 기초개발 및 1일 25kg을 처리할 수 있는 용량으로 개발되었으며, 수정 및 보완을 통해 100kg, 500kg, 최종적으로 1일 처리량이 1톤이 가능한 대량분해시스템을 개발하였다. 분해시스템에서 발생하는 악취제거 시스템을 완비하였으며, 분해시스템을 통해 수거된 유층 및 번데기의 저장고를 구비하고, 유층과 번데기의 활용을 위한 건조장치를 설치하였다. 자동시스템의 구성부품은 유기성폐기물로 인한 부식방지를 위해 사출 및 스테인레스로 구성, 제작되었다.

(1) 재료 및 방법 (용기 설계 및 디자인)

(가) 가축분뇨 분해용 자동시스템 : 컨베이어 소형(1일 처리 : 25kg)

초기 가축분뇨 분해시스템으로 기초 개발 및 1일 처리 25kg이 가능한 소형의 컨베이어 형태의 시스템으로써, 동애동에 노숙유층의 수거를 용이하게 제작되었고 분해산물을 자동 수거 할수 있도록 설계 제작하였다(그림 1-2).

①기초개발



② 1일처리25kg

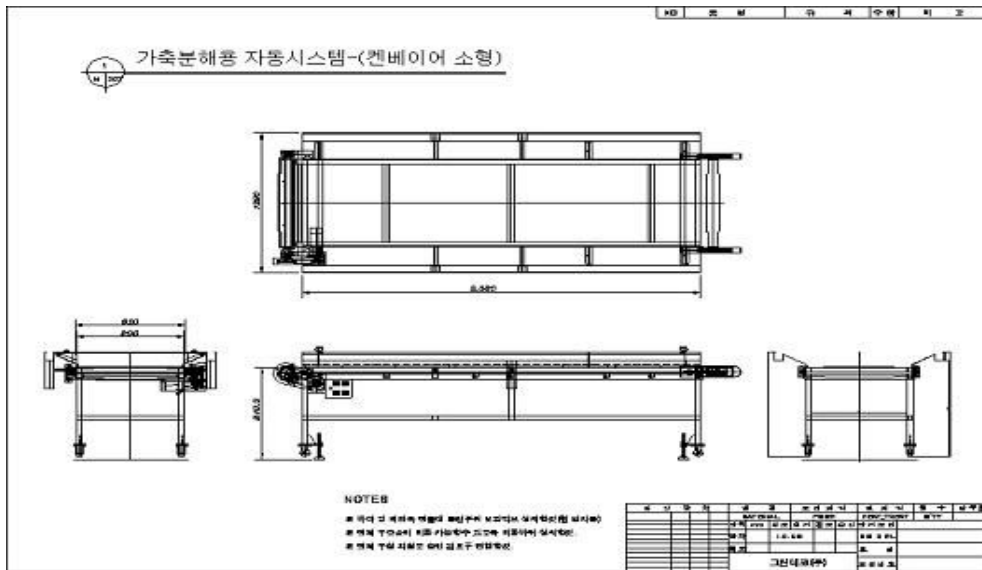


그림 1-2. 가축분뇨 분해용 자동시스템(1일 25kg처리).

<ul style="list-style-type: none"> <li>크기 : 1,200×1,280×840(H)</li> <li>제품제원 : ALL STS 2.0t와 40×40 STS 각봉으로 구성하여 전 둘레 중앙부위 휨방지용 보강리브 설치하여 이동바퀴 부착</li> <li>온도 : 27℃ , 습도 : 60%</li> </ul>												
<ul style="list-style-type: none"> <li>실험 후 유충 투입 및 번데기 및 분변토 조사</li> </ul>												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>유충 투입</th> <th>부화 4~5일</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>가축분뇨처리 경과일수</td> <td>10일</td> </tr> <tr> <td>가축분뇨 일일 평균 처리량</td> <td>25kg</td> </tr> <tr> <td>첨가물(톱밥 및 왕겨) 투입량</td> <td>1.25kg</td> </tr> <tr> <td>번데기 1일 수집량</td> <td>2.5kg</td> </tr> <tr> <td>분변토 1일 수집량</td> <td>13.75kg</td> </tr> </tbody> </table>	유충 투입	부화 4~5일	가축분뇨처리 경과일수	10일	가축분뇨 일일 평균 처리량	25kg	첨가물(톱밥 및 왕겨) 투입량	1.25kg	번데기 1일 수집량	2.5kg	분변토 1일 수집량	13.75kg
유충 투입	부화 4~5일											
가축분뇨처리 경과일수	10일											
가축분뇨 일일 평균 처리량	25kg											
첨가물(톱밥 및 왕겨) 투입량	1.25kg											
번데기 1일 수집량	2.5kg											
분변토 1일 수집량	13.75kg											

(나) 가축분뇨 분해용 자동시스템 ASS'Y(1일 처리 : 100kg)

1일 처리량이 25kg인 분해시스템의 수정, 보완형태의 자동시스템으로써 가축분뇨 분해가 100kg이 가능하게 제작되었다. 동애동에 노숙유층의 자동수거와 이동이 용이하게 제작되었고 분해산물을 자동 수거 할 수 있도록 설계 제작하였다(그림 1-3).

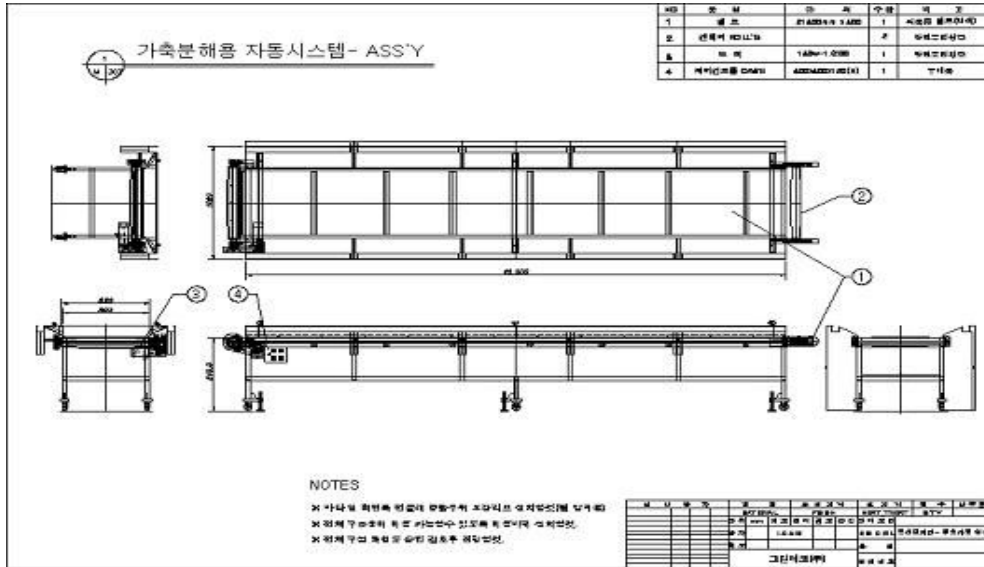


그림 1-3. 가축분뇨 분해용 자동시스템(1일 100kg처리).

- 크기 : 5,000×1,280×840(H)
- 가축분뇨 분해용 자동시스템으로
  - ① 벨트
  - ② 컨베이어 ROLL'G
  - ③ 모터부
  - ④ 제어컨트롤 CASE부로 구성되며, 전체구조물이 이동 가능할 수 있도록 이동바퀴 설치 제작
- 온도 : 27℃ , 습도 : 60%

○실험 후 유층 투입 및 번데기 및 분변토 조사

유층 투입	부화 4~5일
가축분뇨처리 경과일수	10일
가축분뇨 1일 평균 처리량	100kg
첨가물(톱밥 및 왕겨) 투입량	5kg
번데기 1일 수집량	10kg
분변토 1일 수집량	55kg



- 크기 : 10,000\*1280\*840(H)
- 가축분뇨 분해용 자동시스템
  - ① ROLL부 : 동애등에의 분변토를 분변토 수거 이동대로 보내는 부
  - ② 모터부 : 벨트부 가동을 위한 장치
  - ③ 자동투입/이동부
  - ④ 투입용기부
  - ⑤ 유충분리 및 자동수거부
  - ⑥ 분해산물 자동 수거부/벨트부 : 유기성폐기물을 제공하고 동애등에 유충을 투입하는 부
  - ⑦ 유충건조부
  - ⑧ 악취가스제거 시스템부
  - ⑨ 제어컨트롤부(CASE) : 가가축분뇨해용 자동시스템 제어부, 벨트의 속도조절 가능 (시속0~10km)
  - ⑩ 온도 : 27℃ , 습도 : 60%

② 다단형(2단)

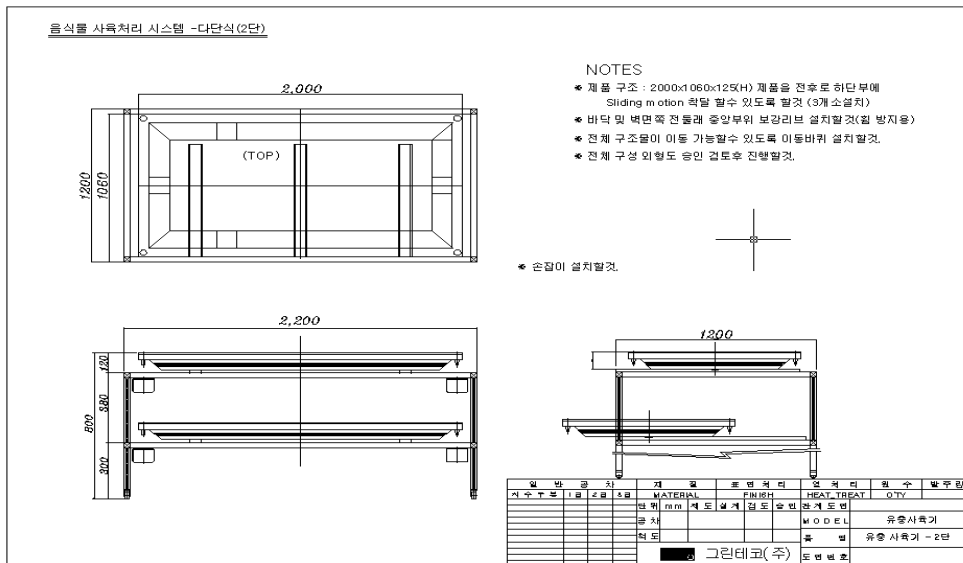


그림 1-6. 다단형시스템.







그림 1-10. 가축분뇨 분해용 자동시스템 컨베이어 ROLL부와 컨베이어벨트부.



그림 1-11. 가축분뇨 분해용 자동시스템 컨베이어 ROLL부(ALL AL).





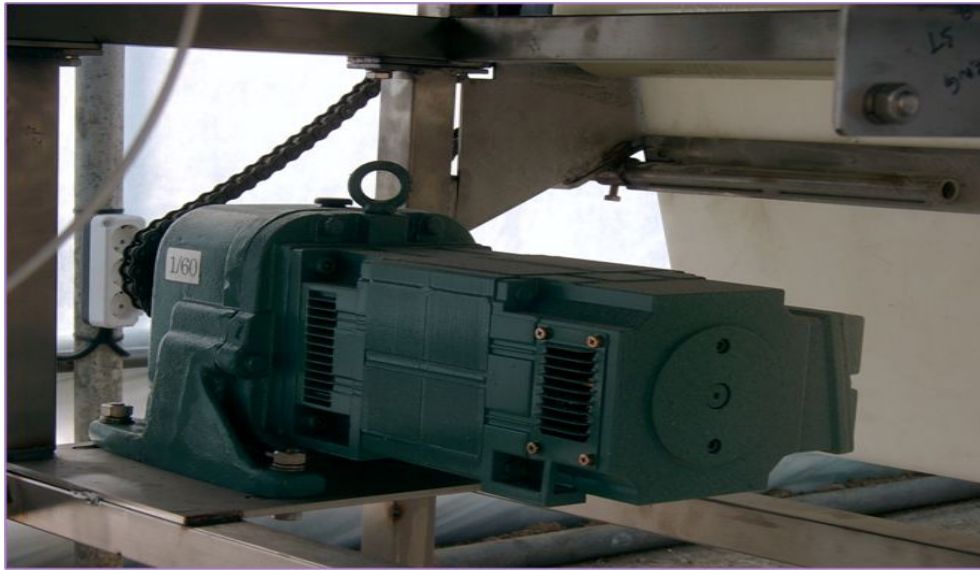


그림 1-14. 가축분뇨용 자동시스템 모터부.

(사) 가축분뇨 분해용 자동시스템 : 자동투입/이동부

가축분뇨의 자동투입이 가능한 프레임을 3단계를 거쳐 설계·제작하였으며, 프레임의 제어부가 들어있는 CASE와 모터부를 포함한다(그림 1-15~1-18).

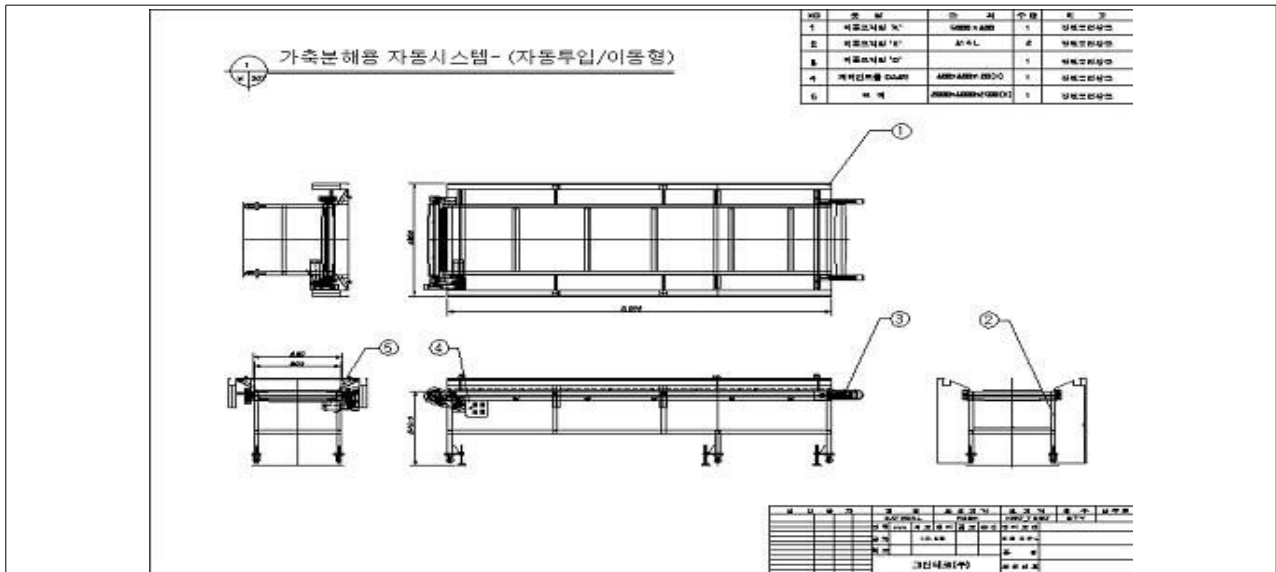


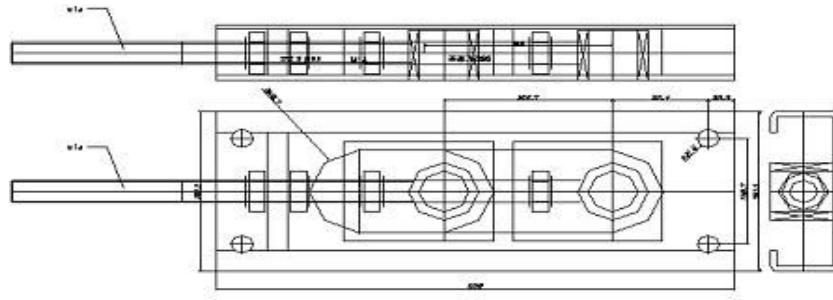
그림 1-15. 가축분뇨 분해용 자동시스템 : 자동투입/이동형.

· 자동시스템의 자동투입/이동형 구성

- ① 이동프레임 A
- ② 이동프레임 B
- ③ 이동프레임 C
- ④ 제어컨트롤 CASE
- ⑤ 모터부로 구성



③ 가축분해용 자동시스템- 이동프레임 "C"



NOTES

- ※ SHAFT 구멍 조립공차중 0.01도 함정
- ※ 베어링 조립시 억지 끼워 맞춤으로 0.01 유지할 것
- ※ 전체 구성 피팅은 습한 건조후 진행할 것.

구분	재료	수량	비고
1	부속재료	1	공정도정합소
2	지지 SHAFT 1	2개	공정도정합소
3	지지 SHAFT 2	2개	공정도정합소
4	모터	1	공정도정합소

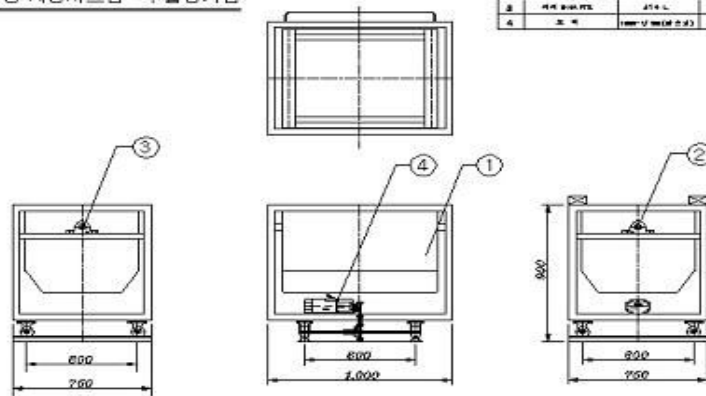
그림 1-18. 가축분뇨 분해용 자동시스템 : 이동프레임 C.

- 재질 : STS로 구성
- 베어링 조립 시 억지 끼워 맞춤으로 0.01 유지할 것

(아) 가축분뇨 분해용 자동시스템 : 투입 용기함

분해용 자동시스템에 가축분뇨를 투입하기 위한 투입/이동장치를 제작하였다(그림 1-19~1-22).

④ 가축분해용 자동시스템- 투입용기함



NOTES

- ※ 이도 도 확인후 꼭 필요할 경우 도면 변경(필수 불가)
- ※ 전체 구성은 습한 건조후 진행할 것.
- ※ 전체 구성 피팅은 습한 건조후 진행할 것.

구분	재료	수량	비고
1	부속재료	1	공정도정합소
2	지지 SHAFT 1	2개	공정도정합소
3	지지 SHAFT 2	2개	공정도정합소
4	모터	1	공정도정합소

그림 1-19. 가축분뇨 분해용 자동시스템 : 투입 용기함.

- 자동시스템 투입용기함 구성
  - ① 용기함부
  - ② 지지 SHAFT 1
  - ③ 지지 SHAFT 2
  - ④ 구동 모터부
- 재질 : ALL STS 2.0t 제작

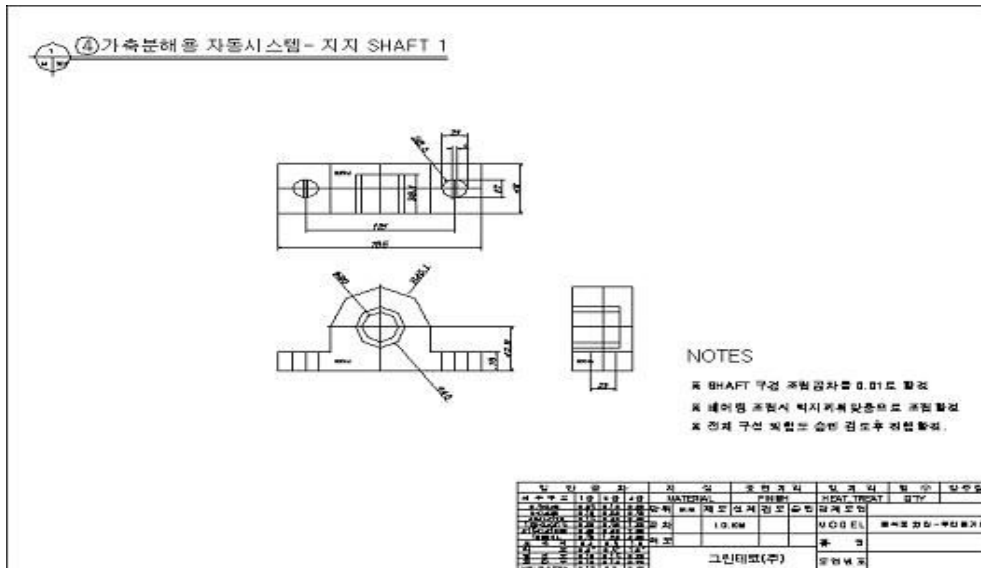


그림 1-20. 가가속분해용 자동시스템 :지지 SHAFT1.

- 우측 SHAFT 구경 조립공차 0.01로 베어링 조립 시 억지 끼워 맞춤 조립

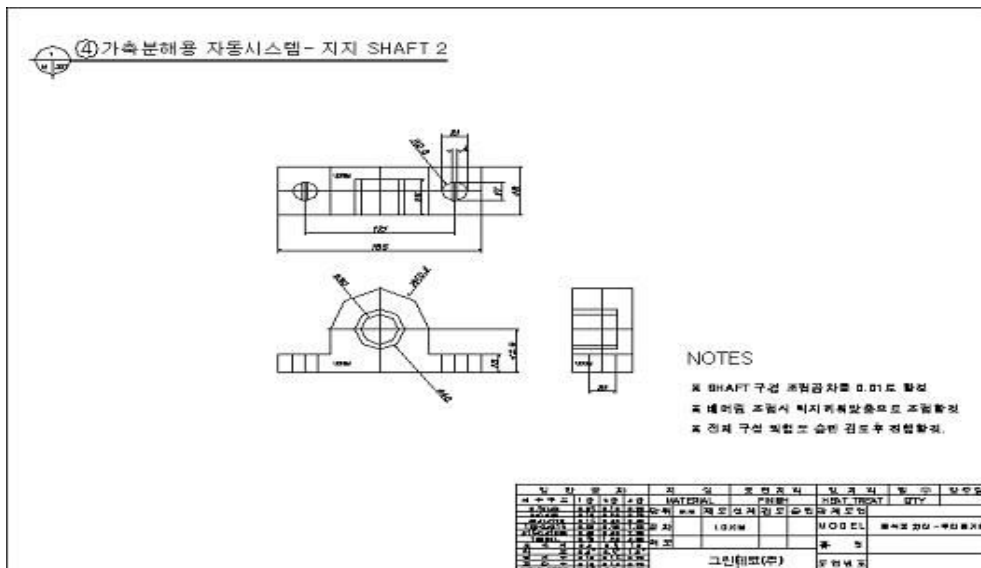


그림 1-21. 가가속분해용 자동시스템 :지지 SHAFT2.

- 좌측 SHAFT 구경 조립공차 0.01로 베어링 조립 시 억지 끼워 맞춤 조립



그림 1-22. 가축분뇨 투입 용기함.

(자) 유충분리 및 자동수거 / 스테인레스

벨트부에서 가축분뇨 분해활동을 마친 동애등에 노숙유충의 자동수거를 위해 30도의 각도를 가지는 경사판을 제작하여 수거통으로의 이동을 용이하게 하였다. 동애등에 유충 투입 후, 처리시스템에서 8일차부터 발생된 용화직전의 노숙유충을 조사하였는데, 1일 평균 노숙유충 수거량은 가축분뇨 투입량의 10%정도 수거 하는 것으로 조사되었다(그림 1-23~2-25).

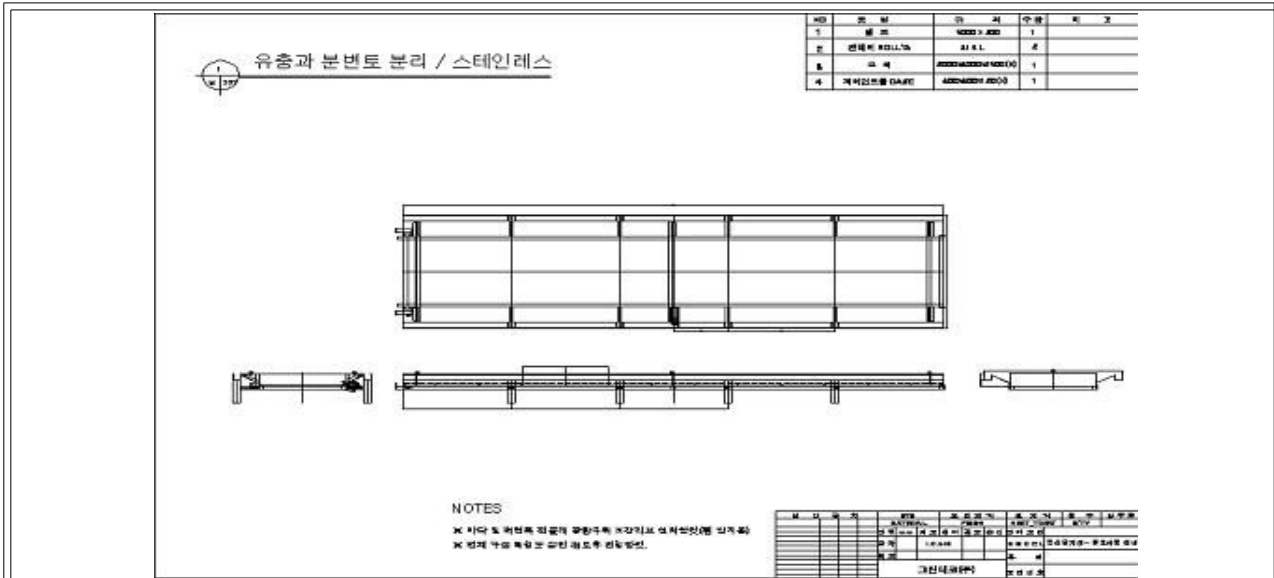


그림 1-23. 유충과 분변토 분리 / 스테인레스.

- 재질 : ALL STS 2.0t
- 중앙부위 휨방지용 보강리브 설치

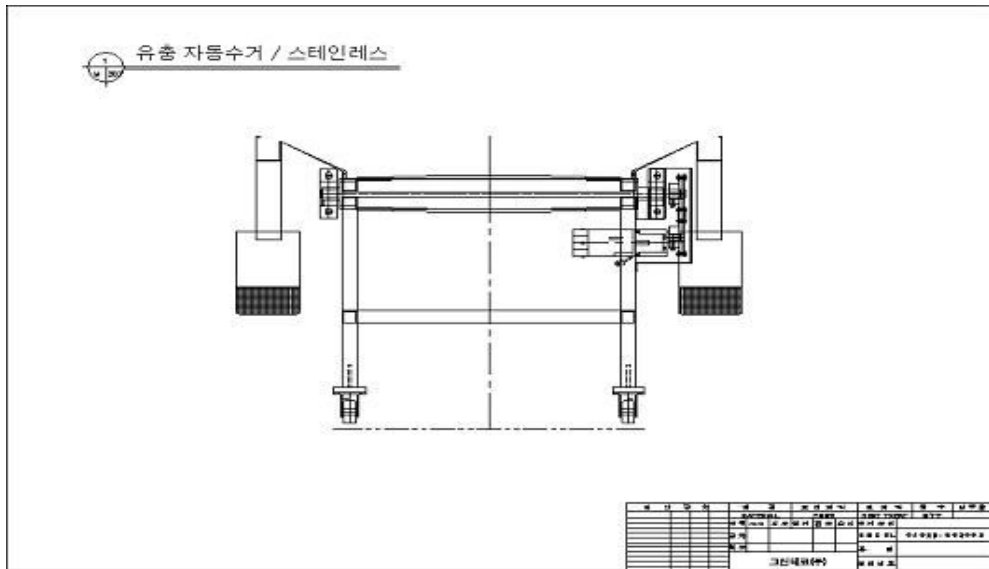


그림 1-24. 유충과 자동수거 / 스테인레스.

- 재질 : ALL STS 2.0t
- 용기 받이 고정용 리브를 알콘 용접처리







① 1차 설계제작

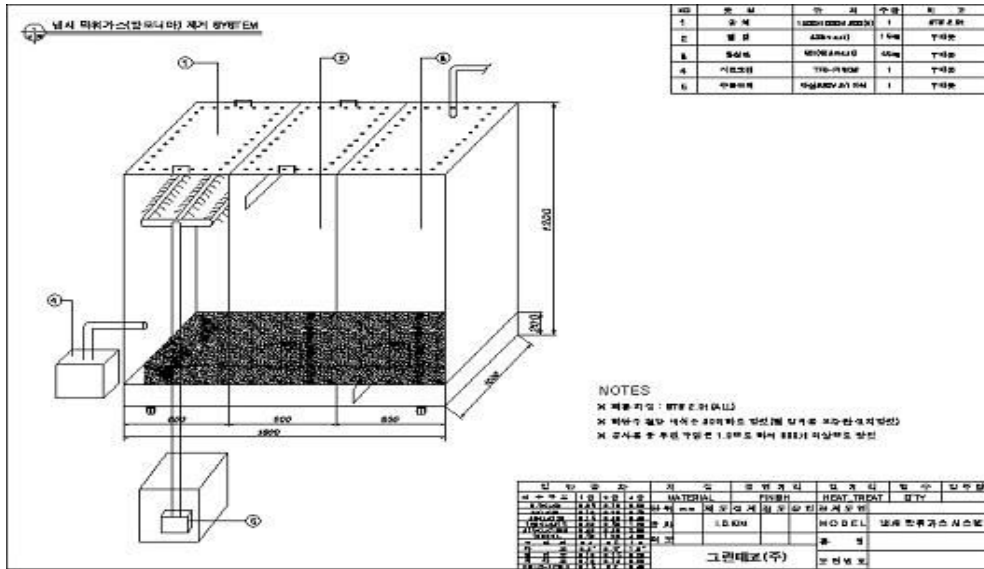


그림 1-29. 악취가스(암모니아) 제거 시스템.

- 크기 : 1800×1000×1200(H)
- 재질 : ALL STS 2.0로 알곤 용접처리
- 구성 : 펠릿(3×6mash), 활성탄(4×8mash), 시로코팬(TFB-F19DS), 수중모터(220V1/2마력)



그림 1-30. 악취가스(암모니아) 제거 시스템 설치 장면.

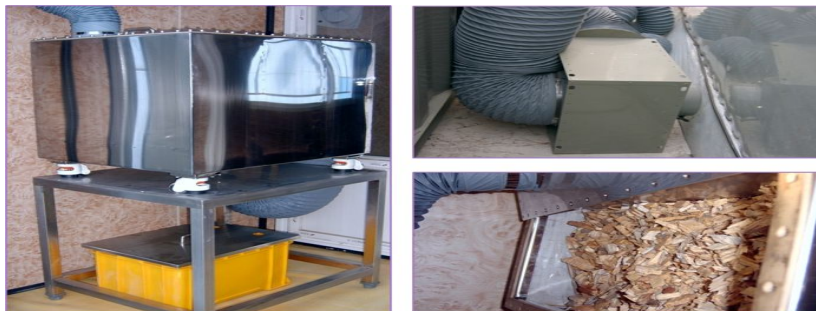
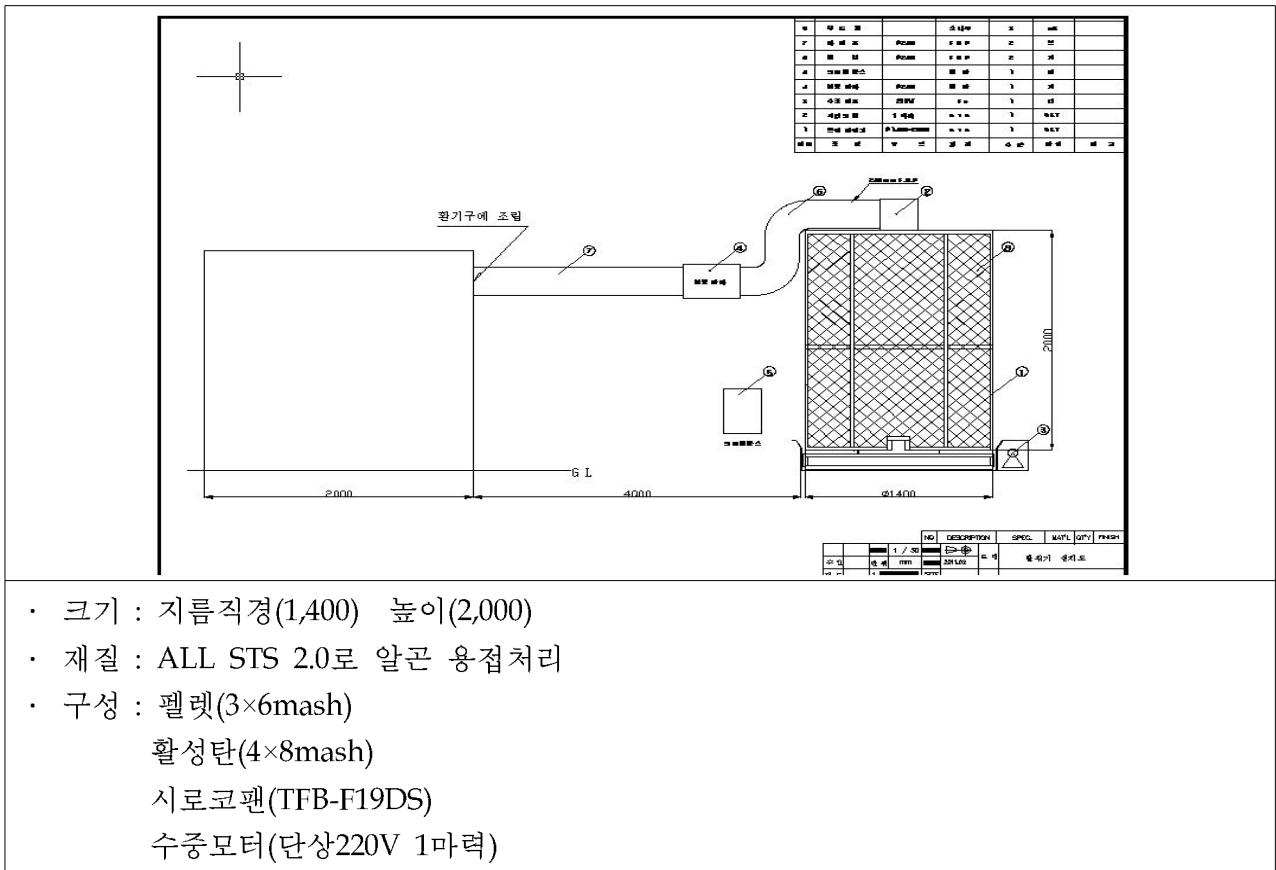


그림 1-31. 악취가스(암모니아) 제거 시스템 설치 장면.

② 2차 설계제작



- 크기 : 지름직경(1,400) 높이(2,000)
- 재질 : ALL STS 2.0로 알콘 용접처리
- 구성 : 펠릿(3×6mash)  
 활성탄(4×8mash)  
 시로코팬(TFB-F19DS)  
 수중모터(단상220V 1마력)

그림 1-32 설계도.



그림 1-33 완성된 제품.

③ 냄새 악취가스(암모니아) 제거 장치의 구조 및 성능

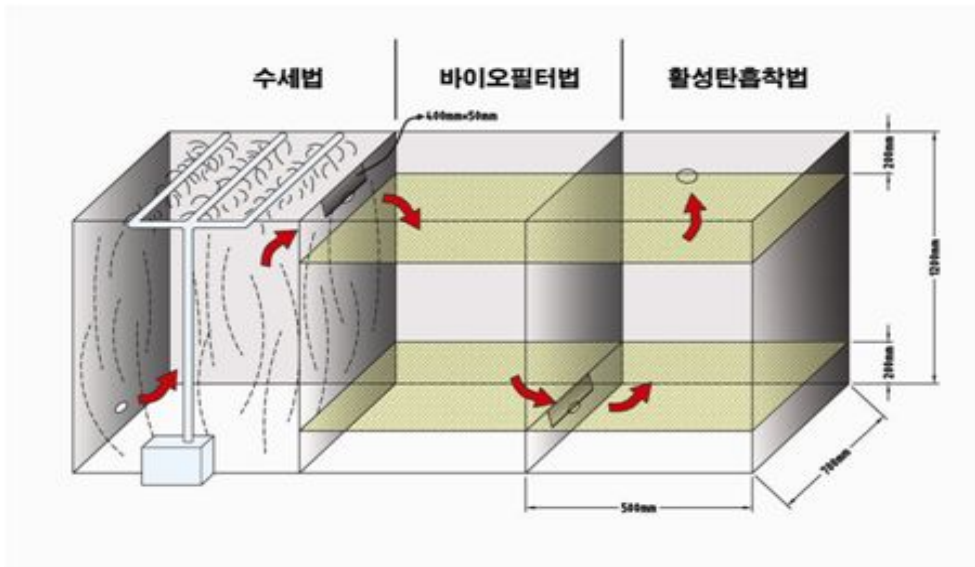


그림 1-34. 악취제거 원리.

- 1차 포집부에 의해 유입된 악취가스 중 수용성 악취 탈취를 위한 세정식 탈취부 (수세법)
- 2차 수세법에 의해 탈취된 악취가스를 우드칩을 이용해 2차 탈취(바이오필터법)
- 3차 활성탄을 이용한 악취탈취 방법(활성탄 흡착법)

④ 냄새 악취가스(암모니아) 제거 장치의 정성적 탈취효과 분석

- 복합악취를 대상으로 개발한 악취탈취 장치에 대한 정성적 평가를 실시
- 정성적 평가를 위해 폐사계와 유기성 폐기물을 동애등에 사육통에 넣고 부패되어 발생하는 악취가스를 악취가스 탈취장치로 이송한 후 탈취재료를 통과하여 대기중으로 배출되는 악취를 직접 관능법에 의해 평가 연구
- 악취가스 탈취장치를 통과하기 전의 악취농도를 후각으로 맡아 악취강도 척도를 평가한 후, 탈취 후 대기중으로 배출되는 배출구에서의 탈취공기를 후각으로 맡아 악취강도 척도를 평가
- 악취가스 탈취 전 악취도를 4~5로 평가하였으며, 탈취재료를 통과한 후 배출되는 탈취가스의 악취도를 0~1로 평가

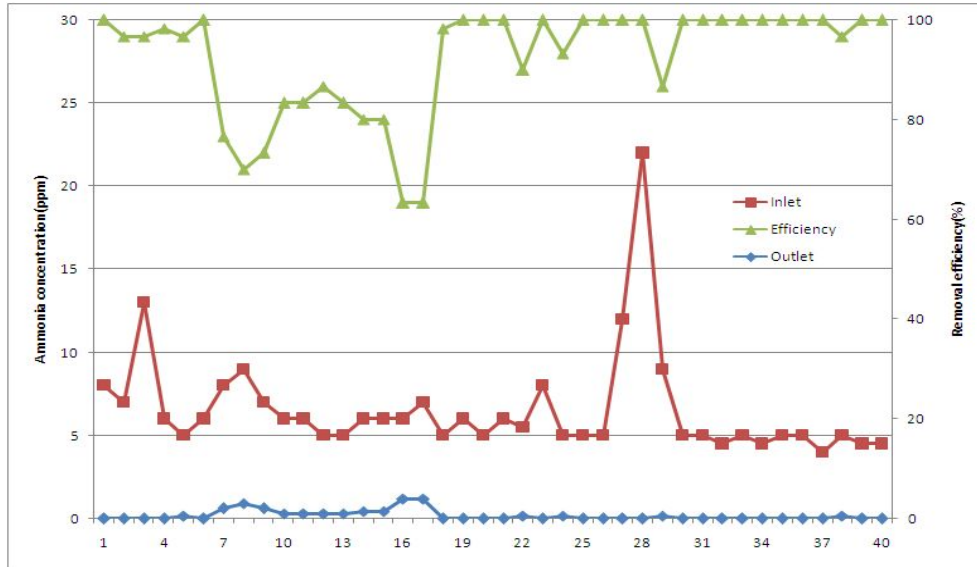


그림 1-35. 암모니아 가스 탈취효과.

가축분뇨슬러리에서 발생하는 악취가스가 탈취재료를 통과하는 시간, 즉 빈 베드 접촉시간을 각각 5초, 7초, 9초로 했을 때의 암모니아가스에 대한 탈취효율을 나타낸 것이다.

탈취재료를 공급되는 악취가스 중의 암모니아 가스농도는 시험기간 동안 평균 6.5ppm이었고, 일 평균 3ppm에서 22.4ppm까지 변화하였다. 탈취재료를 통과하여 외기로 배출되는 암모니아 가스농도는 빈 베드 접촉시간이 5초, 7초, 9초일 때 각각 평균  $0.6 \pm 0.9$ ppm,  $0.4 \pm 0.7$ ppm,  $0.4 \pm 0.6$ ppm이었다. 탈취재료를 통과하고 외기로 배출되는 암모니아 가스 농도변화는 빈 베드 접촉시간에 따라 일 평균 0~3.3ppm이었다. 우드칩을 탈취재료로 사용했을 때 탈취 효율은 빈 베드 접촉시간 5초, 7초, 9초일 때 각각 94.7%(60~100%), 95.8%(70~100%), 96.2%(73.3~100%)로 나타났다.

빈 베드 접촉시간별 탈취효율을 분석한 결과 우드칩의 경우 빈 베드 접촉시간이 클수록 탈취효율이 높아지는 것으로 판단되었으나 빈 베드 접촉시간 변화에 따른 탈취효율의 차이는 크지 않은 것으로 판단되었다. 우드칩의 경우 악취가스가 탈취재료를 통과하면서 걸리는 통기 저항은 시험 시작 시와 시험 종료 시 변함이 없이 일정한 것으로 나타났다

(과) 유충건조장치 : 노숙유충의 사료활용을 위해 건조를 하는 장치

열풍건조 방식으로 채반수량이 11개로 적은 면적에 많은 양의 유충을 건조 할 수 있다. 소비전력은 건조시 2.2kw/h 소요되며 팬모터 및 댐퍼 모터가 내장되어 있다(그림 1-36).



그림 1-36. 동애동에 노숙유충 건조장치.

(하) 유충저장고 : 건조된 노숙유충을 냉장보관하거나, 번데기의 보관을 위한 저장장치

가축분뇨를 수거에서 보관 할수 있는 장소와 번데기의 증식을 위한 보관 용도로 사용되었다. 냉장실부, 냉동부로 구성되며 콤프레샤, 콘덴샤, 수액기, 드라이어, 휠타, 웬 모터, 케이싱, 콘트룩박스, 난매충전등포함 되어 있다(그림 1-37).



그림 1-37. 노숙유충 또는 번데기의 보관 장치.

(2) 결과 및 고찰

기초자료 조사를 통하여 가축분뇨의 분해, 노숙유충 수집이 가능한 컨베이어 벨트를 설계 디자인하여 제작하였고, 이를 활용하여 가축분뇨 분해시스템을 개발 완료 하였다. 개발단계는 총 4단계를 거쳐 제작되었는데, 초기시스템은 기초개발 및 1일 25kg을 처리할 수 있는 용량으로 개발되었으며, 수정 및 보완을 통해 100kg, 500kg, 최종적으로 1일 처리량이 1톤이 가능한 대량분해시스템을 개발하였으며 장소와 규모에 잘 적용될수 있도록 컨베이어 벨트 타입과 다단형 시스템으로 개발 하였다. 분해시스템의 초기의 소량시스템부터 대량까지의 순차적개발은 환경변화에 민감한 동애등에의 변화하는 환경적응상태와 유기성폐기물의 분해능정도를 측정하기위한 개발단계로써 최종 1ton 처리에 중요한 베이스 데이터를 제공하고자 시행되었다. 분해시스템에서 발생하는 악취제거 시스템을 완비하였으며, 분해시스템을 통해 수거된 유충 및 번데기의 저장고를 구비하고, 유충과 번데기의 활용을 위한 건조장치를 설치하였다.

① 1일25kg처리

- 크기 : 1,200×1,280×840(H)
- 제품제원 : ALL STS 2.0t와 40×40 STS 각봉으로 구성하여 전 둘레 중앙부위 휨방지용 보강리브 설치하여 이동바퀴부착
- 온도 : 27℃ , 습도 : 60%
- 실험 후 유충 투입 및 번데기 및 분변토 조사

유충 투입	부화 4~5일
가축분뇨처리 경과일수	10일
가축분뇨 일일 평균 처리량	25kg
첨가물(톱밥 및 왕겨) 투입량	1.25kg
번데기 1일 수집량	2.5kg
분변토 1일 수집량	13.75kg

② 1일100kg처리(그림 1-38)

- 크기 : 5,000×1,280×840(H)
- 가축분뇨 분해용 자동시스템으로
  - ① ROLL부 : 동애등에의 분변토를 분변토 수거 이동대로 보내는 부
  - ② 모터부 : 벨트부 가동을 위한 장치
  - ③ 자동투입/이동부
  - ④ 투입용기부
  - ⑤ 유충분리 및 자동수거부
  - ⑥ 분해산물 자동 수거부/벨트부 : 유기물 폐기물을 제공하고 동애등에 유충을 투입하는 부
  - ⑦ 유충건조부
  - ⑧ 악취가스제거 시스템부
  - ⑨ 제어컨트롤부(CASE) : 가가축분뇨해용 자동시스템 제어부, 벨트의 속도조절 가능 (시속0~10km)
  - ⑩ 온도 : 27℃ , 습도 : 60%

○ 실험 후 유충 투입 및 번데기 및 분변토 조사

유충 투입	부화 4~5일
가축분뇨처리 경과일수	10일
가축분뇨 1일 평균 처리량	100kg
첨가물(톱밥 및 왕겨) 투입량	5kg
번데기 1일 수집량	10kg
분변토 1일 수집량	55kg



자동투입 / 이동형

그림 1-38. 가축분뇨 분해용 자동시스템(1일 100kg).





○ 실험 후 유충 투입 및 번데기 및 분변토 조사

유충 투입	부화 후 4~5일
가축분뇨처리 경과일수	12일
가축분뇨 1일 평균 처리량	509.1kg
첨가물 (톱밥 또는 쌀겨) 투입량	25kg
번데기 1일 평균 수거량	49.8kg
분변토 1일 평균 수거량	241kg

· 가축분뇨처리량(500kg)

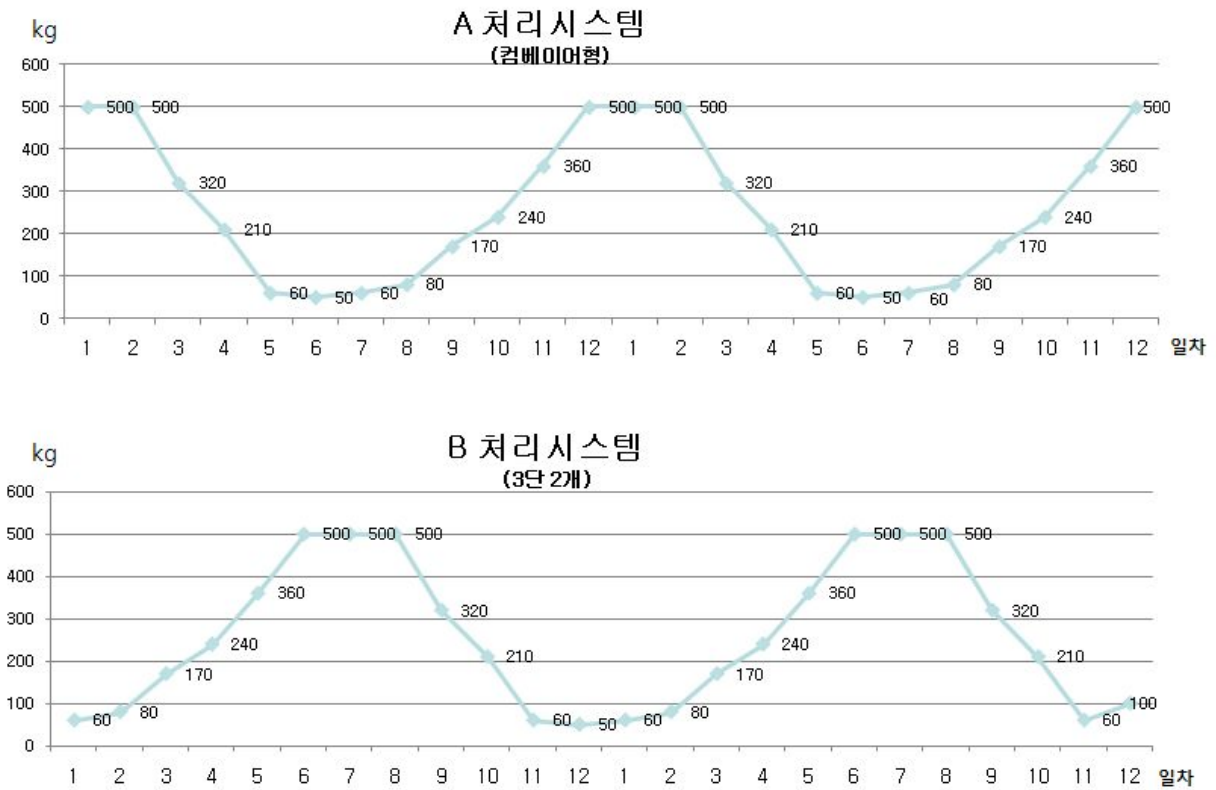


그림 1-40. 동애등에의 가축분뇨 처리량 (1일 처리 : 500kg).

· 가축분뇨처리로 산출된 총량

표 1-1. 가축분뇨의 처리량, 산출 분해산물(분변토)량, 수거된 번데기량과 총량

A 시 스 템	날짜 (일)	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
	처리량 (kg)	500	500	320	210	60	50	60	80	170	240	360	500
	분해산물 (kg)	200	190	130	52	16	13	32	38	85	104	145	200
	번데기 (kg)		13	58	85	98	45						
B 시 스 템	날짜 (일)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	처리량 (kg)	60	80	170	240	360	500	500	500	320	210	60	50
	분해산물 (kg)	32	38	85	104	145	200	200	190	130	52	16	13
	번데기 (kg)								13	58	85	98	45
합 계	처리량 (kg)	560	580	490	450	420	550	570	580	490	450	420	550
	분해산물 (kg)	232	228	215	156	161	213	232	228	215	156	161	213
	번데기 (kg)		13	58	85	98	45		13	58	85	98	45

④ 1일1,000kg처리 : 컴베이어 벨트형(처리용량 250kg)과 다단형 사육용기(750kg)

○ 가축분뇨 분해용 자동시스템 가축분뇨 처리량 조사

- 가축분뇨의 수분조절을 위한 첨가제(톱밥 또는 왕겨)를 가축분뇨:첨가제=3:1의 비율로 첨가한다.
- 가축분뇨의 급여는 동애등에의 분해상태를 고려하여 분변토 수거 후, 1~2일에 500내지 1,000kg을 제공한다.
- 동애등에의 가축분뇨처리량을 A, B 처리시스템을 7일간격으로 처리하여 조사하였다.
- 두 처리시스템(A, B)에서 1일 평균 처리량이 509.1kg으로 조사되었다.

㉔ 다단시스템 (750kg 처리) : 3단 2개 (250kg처리), 2단6개 (500kg처리)

○ 실험 후 유충 투입 및 번데기 및 분변토 조사

유충 투입	부화 4~5일
가축분뇨처리 경과일수	10일
가축분뇨 1일 평균 처리량	750kg
첨가물(톱밥 및 왕겨) 투입량	37.5kg
번데기 1일 수집량	75kg
분변토 1일 수집량	410kg

㉕ 컴베이어 벨트형(250kg 처리)

- 크기 : 10,000×1,280×840(H),
- 가축분뇨 분해용 자동시스템으로
- ① ROLL부 : 동애등에의 분변토를 분변토 수거 이동대로 보내는 부
- ② 모터부 : 벨트부 가동을 위한 장치
- ③ 자동투입/이동부
- ④ 투입용기부
- ⑤ 유충분리 및 자동수거부
- ⑥ 분해산물 자동 수거부/벨트부 : 유기물 폐기물을 제공하고 동애등에 유충을 투입하는 부
- ⑦ 유충건조부
- ⑧ 악취가스제거 시스템부
- ⑨ 제어컨트롤부(CASE) : 가가축분뇨해용 자동시스템 제어부, 벨트의 속도조절 가능 (시속 0~10km)
- ⑩ 온도 : 27℃ , 습도 : 60%

○ 실험 후 유충 투입 및 번데기 및 분변토 조사

유충 투입	부화 4~5일
가축분뇨처리 경과일수	10일
가축분뇨 1일 평균 처리량	250kg
첨가물(톱밥 및 왕겨) 투입량	15kg
번데기 1일 수집량	25kg
분변토 1일 수집량	138kg

- 가축분뇨처리량(1,000kg) :  
조건 : A처리시스템 (컴베이어 250kg, 3단2개 250kg), B처리시스템 (3단6개 500kg)

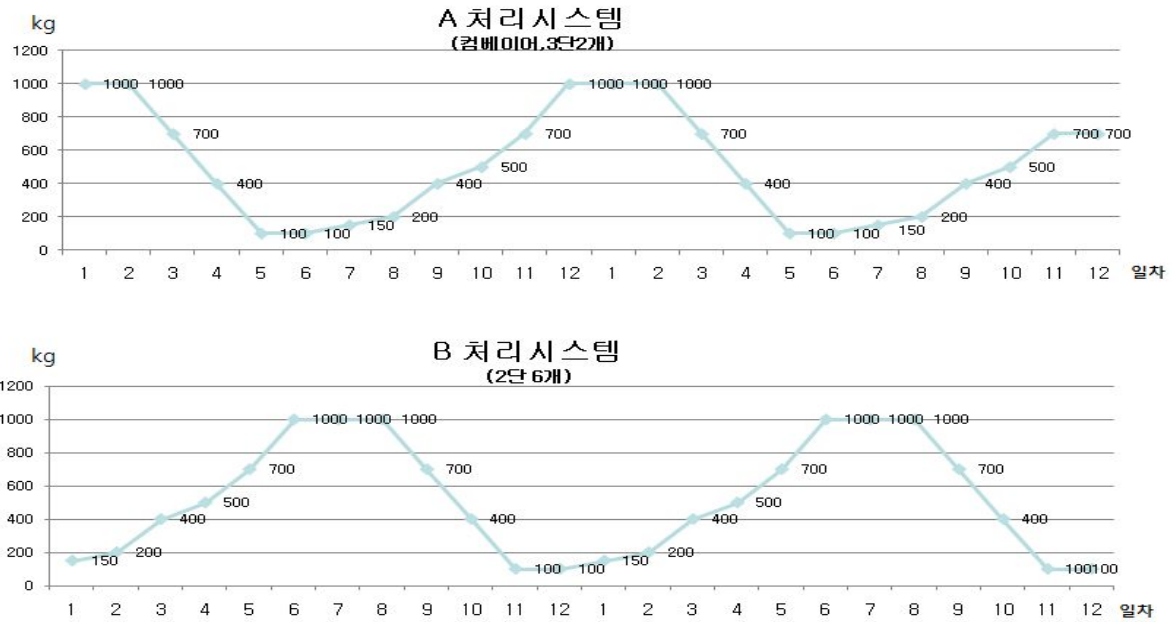


그림 1-41. 가축분뇨 투입량.

- 가축분뇨처리로 산출된 총량

표 1-2. 1ton처리 총량

A 시스템	날짜 (일)	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
	처리량 (kg)	1000	1000	650	410	160	100	120	150	350	490	490	500
	분해산물 (kg)	400	390	250	106	33	30	35	75	170	210	289	400
	번데기 (kg)		26	118	170	200	85						
B 시스템	날짜 (일)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	처리량 (kg)	120	150	330	490	720	500	500	500	650	410	110	100
	분해산물 (kg)	65	75	172	210	288	403	399	380	260	105	33	30
	번데기 (kg)								26	118	170	200	85
합계	처리량 (kg)	1120	1150	980	900	880	600	620	650	1000	900	600	600
	분해산물 (kg)	465	465	422	316	321	433	434	455	430	315	322	430
	번데기 (kg)		26	118	170	200	85		26	118	170	200	85

㉔ 시스템제작

컴베이어 벨트시스템과 다단시스템을 설계하여 제작된 시스템이다.

○ 컴베이어 시스템 제작



그림 1-42. 컴베이어 벨트 시스템.

○ 다단형 시스템 제작



그림 1-43. 동애등에 사육용기 금형및 다단시스템제작.

○ 가축분뇨 처리 시스템



그림 1-44. 동애등에 사육용기를 이용한 유충사육현장.



그림 1-45. 동애등에 사육용기를 이용한 유충사육과 수거된 번데기.

## 제2절 가축분뇨를 이용한 동애등에 증식기술 개발

### 요 약 문

본 연구는 국내 서식하는 동애등에(BSF)의 생태특성 구명 및 가축분뇨를 이용한 동애등에의 실내 인공사육을 통하여 가축분뇨나 음식물쓰레기 처리 시 대량으로 요구되는 유충생산을 위하여 실내 인공증식기술 개발하고 BSF의 가축분뇨 분해 능력을 검정하였다.

BSF는 축사를 중심으로 하는 즉 유기성 폐기물이 야적되어 있는 장소의 생태계 내에서 서식한다는 것을 확인하였으며, 축사, 퇴비사, 생활쓰레기장, 음식물쓰레기장 주변이 주 서식지임을 확인하였다. 가축분뇨 분해 우수 종은 아메리카동애등에(*Hermetia illucens*), 동애등에(*Pteticus tenebrifer*) 등 2종으로 확인되었다.

그리고 가축분뇨에 따른 BSF의 분해능은 동애등에 유충 마리당 돈분 0.5g, 우분 0.43g, 계분 0.3g순으로 돈분이 가장 우수하였다. 가축분뇨별 동애등에 유충의 분해에 따른 무게는 우분 83.62, 돈분 77, 계분 80%로 우분이 분해 후 무게 감소가 가장 컸다. 가축분뇨 분해에 따른 동애등에 유충 및 번데기 형질은 돈분이나 돈분+왕겨를 혼합하여 처리했을 때 유충이나 번데기의 길이, 무게 폭이 다른 처리구에 비해 좋았다.

또한 기존의 동애등에 유충이 5령까지 인 것으로 알려져 왔으나 조사한 바에 의하면 6령까지 있는 것으로 확인되었다. 동애등에의 구기구조는 단순히 먹이를 씹어먹는 형태가 아닌 변형된 저작형으로 굽어 먹는 구조로 확인이 되었다.

동애등에 실내 대량증식에 있어서 용화율 및 우화율에는 큰 차이를 보이지 않았으나 교미·산란에 있어서 중요한 요소인 광주조건 변화에 의한 계절적 교미율의 차이를 보였다. 계절에 따른 동애등에의 교미율을 보면 5월에서 7월까지 교미가 활발하게 이루어 졌으며, 시간대는 오전 10시부터 12시까지 가장 활발하게 교미를 하였다.

동애등에를 투입하여 음식물쓰레기 등에서 미생물을 분리한 결과 표 2-3에서 보는 바와 같이 세균 5종, 효모 3종이 분리되었다. 효모 2종(*Saccharomyces*, *Issatchenkia*), 세균 1종(*Leclercia*), 미동정 균주 1종 처리구에서 암모니아 가스 발생량 감소하였다.

인공채란을 위한 산란배지는 음식물과 송아지 사료가 가장 우수하였고, 배지 비율은 음식물쓰레기 : 톱밥 = 1 : 1 : 1(부피)로 하였다. 산란유도재료로는 플라워폼과 목재에 구멍을 뚫어 산란을 유도하였으며, 산란장소의 구멍크기는 3~5mm, 깊이 7~10mm의 크기를 가장 선호하였다.



## Abstract

### Artificial Multiplication of the Black Soldier Fly(BSF), *Hermetia illucens*(Diptera: Stratmyidae) using the Livestock Feces

This study was conducted to investigate the distribution, ecological character and life cycle of Black Soldier Fly(BSF), *Hermetia illucens*, to determine effects of BSF on composting ability to the livestock feces. The distribution of BSF was defined in all parts of the country in Korea. Its main habitat was found to be areas near cattle sheds, feces sheds, living waste dump grounds, and food waste dump grounds.

Excellent species of the bio-conversion using the livestock feces were selected out of two kinds of soldier flies(*Hermetia illucens* and *Pteticus tenebrifer*). And effects of BSF on composting ability to the livestock feces were pig feces 0.5g, cattle feces 0.43g and chicken feces 0.3g per a larvae of BSF. In the examination of the ability of BSF to decompose food waste, volume of the livestock feces decreased by weight pig feces 77, cattle feces 83.62 and chicken feces 80%. Observed characteristics of BSF larvae and pupae stage were by developmental stage may be summarized as follows: size and length of larvae and pupae of BSF were higher than in pig feces and mixed sawdust treatments.

The weight and the head capsule width of the black soldier fly larvae also confirmed that the black soldier fly was passed through 6th instars. The black soldier larvae have a mouth part that contains a sweeping apparatus that was transformed from the biting mouth part that is typical in other insects to improve the efficiency of uptake with respect to organic materials.

In order to develop artificial indoor rearing techniques, The pupation and emergence rate were not visible the difference but important factor of the mating and egg-laying was a sun light. And it was visible the difference in mating ratio. Mating rate of *H. illucens* by seasonal change was the highest from May to July. Mating mostly occurred between 10:00 and 12:00 during which light intensity is high.

In order to decrease ammonia gas during rearing of BSF, microorganism were selected out of two kinds of yeast(*Saccharomyces*, *Issatchenkia*) and a kinds of bacteria(*Leclercia*).

As the egg-laying medium for artificial egg collection, calf feed and food waste were most effective. The ratio of egg-laying medium is waste food : sawdust(1:1) in volume. For egg-laying materials, flower foam and wood with holes were used; holes sized 3~5mm in diameter, 7~10 mm in depth were most preferred for egg-laying.

# 1. 서 론

일반적으로 자연계에서 유기성 폐기물은 미생물에 의한 분해 작용 이전에 파리류 등에 의해 분해되고 있다. 가축배설물 및 음식물쓰레기 처리문제는 환경보전 차원에서 심각한 문제점으로 대두되고 있다. 그 중에서도 음식물쓰레기는 가정에서 가장 많이 배출(69%)되며, 음식점, 집단급식소, 농수산물시장 순이며, 가정과 음식점에서 전체 음식물쓰레기의 88%가 발생된다(음식물쓰레기 발생량 11,553톤/1일, '04. 2/4분기, 환경부). 이와 같이 발생하는 음식물쓰레기 처리는 환경보전 차원에서 심각한 문제점으로 대두되고 있다.

이들 문제를 해결하기 위해서 동애등을 이용하여 친환경적으로 분해할 수 있는 연구가 활발히 진행되어야 할 것으로 생각되며, 또한 이들의 분해 산물 및 동애등에 유충과 번데기를 이용한 가축의 사료화 및 퇴비화 등의 연구도 병행되어야 할 것이다.

곤충 중에는 음식물쓰레기를 비롯한 썩은 동물질과 식물질, 동물의 배설물 등의 부식성 물질을 먹이로 이용하는 종류가 매우 많다. 이들은 자연에서 항상 발생하는 썩은 물질을 분해시켜 쾌적한 환경을 유지하게 하는 분해자로서 역할을 수행한다. 이 같은 습성을 가진 곤충군 중에서 집약농업이나 인위적인 활동을 통해 발생하는 유기성 폐기물을 적극적으로 정화하거나 그 같은 활동에 투여할 수 있는 능력을 지닌 곤충을 환경정화곤충이라 한다.

그 중에서 동애등에(*Hermitia illucens*)는 파리목 동애등에과 곤충의 일종으로, 유충은 자연상태에서 부식성(腐蝕性)의 물질을 먹고 자란다. 과일, 채소, 곡물, 육류, 및 각종 가축의 분뇨 등을 포함하여 각종 신선하거나 부패한 유기성 폐기물을 먹이로 하기 때문에 사육이 간편하며, 다 자란 유충과 번데기는 단백질이 풍부하여 동물들의 먹이로 활용할 수 있는 매우 얻기 어려운 사료용 곤충 자원이다. 현재 이스라엘, 미국, 태국, 및 호주의 학자들이 적극적으로 연구하여, 그 잠재적인 이용 가치를 알아냈다. 보고에 의하면, 동애등에를 집약화 경영하는 돼지농장, 양계장의 분뇨관리시스템에 응용하여, 소화작용을 통해 대량의 가축분뇨를 처리할 수 있는 기술을 개발했다.

현재 국내의 음식물쓰레기나 가축분뇨 처리시설들은 환경위생을 고려하지 않아 악취 등 환경민원이 급증하고 있어 이를 대체할 새로운 기술의 개발이 요구되므로 동애등에를 이용한 음식물쓰레기를 친환경적으로 안정된 밀폐형 용기를 개발하여 자동화하므로 악취 문제, 침출수 문제 등 환경오염과 관련된 문제를 획기적으로 차단할 수 있을 것이다. 그러므로 동애등에를 이용한 음식물쓰레기 및 가축분뇨 처리기술은 생물적 친환경 처리방법일 뿐만 아니라 처리 후의 부산물을 고부가가치 자원화 원료로 전환함으로써 대국민 인식전환의 계기로 삼을 수 있을 것이다.

수확한 동애등에 유충은 영양가치가 매우 높은 동물 단백질 사료로 돼지, 닭, 어류, 및 식용개구리 등의 경제적인 동물 사육에 이용되고 있다. 그 영양학적 가치는 우수한 품질의 두분(콩가루) 및 어분에 버금가는 성분을 함유하고 있다. 한 마디로 말하면, 이 곤충은 남미주에서 기원되었는데, 2차대전 중 미군이 전 세계에 부식성 곤충을 전파하였다. 이 동애등에는 사람과 가축에 무해하고 청결한 환경과 동시에 굉장한 경제적 효과 때문에 지속가능한 새로운 농업분야로 날이갈수록 점점 더 많은 사람들의 주목을 받게 되었다.

따라서 이 보고서는 이전에 연구했던 토대 위에 기존 음식물쓰레기에서 다른 먹이인 가축분뇨를 먹이로 사육한 동애등에의 유충 대량증식에 대해 영향을 주는 환경 인자를 고찰하고 동애등에의 규모화 사육에 유용한 정보를 제공하고자 이 시험을 수행하였다.

## 2. 연구사

부식성 물질을 먹는 곤충인 동애등에는 대규모 사육을 통해 그 유충의 강력한 소화능력과 내성을 이용하여, 음식물 쓰레기, 부패한 과일과 야채, 식품 가공물의 남은 잔여물 및 가축 분뇨 등의 유기성 폐기물을 먹이로 하고 있다. 동애등에 유충이나 번데기를 활용하면, 동물성 단백질 사료로 이용될 수 있어, 청결하고 효과적이면서 친환경적으로 가축분뇨 등 유기성 폐기물을 처리할 수 있다.

가장 이상적인 처리 방식은 가축 분뇨 퇴비를 밭으로 되돌리는 것인데, 퇴비의 가격이 매우 저렴하기 때문에 수집과 운송에 따르는 비용 발생을 감당할 수 없는 대다수의 축산농가에서 이러한 문제를 해결할 수 있는 비교적 경제적인 방법이 될 수 있다(Teotia and Miller, 1969; Sheppard, D. C. and G. L. Newton, 2000). 지난 50년대에 과학자들은 파리를 이용해 가축의 분뇨를 처리하는 방식을 제안 하여, 상당히 세밀한 기초 응용 연구를 진행해 왔다(Miller et al., 1974; El Boushy, 1991). 이미 기술적으로 성숙 단계에 들어서 있었지만 비용 부담이 매우 높아 보급이 어려워 70년대 후기에 미국 등 대학에서 집파리 대신 동애등에를 이용 하여 가축 분뇨 처리 시스템의 이용을 생각하기 시작 했다.

아메리카동애등에(*Hermetia illucens* L.)는 Black Soldier Fly(BSF)라고도 하며, 파리목(Diptera) 동애등에과(Stratiomyidae)에 속하는 곤충으로 알려져 있다. 이 종은 한국, 일본, 중국, 대만 등 동남아시아와 미국 등지에 널리 분포되어 있다. 년 3세대 이상 발생하며, 첫 성충 출현은 6월경에 발생하여 10월경까지 나타난다. 이들은 고치 형태의 번데기를 만들지 않고 종령 유충 형태 그대로 번데기가 되어 월동한다(Sheppard et al., 1994).

우리나라에는 1998년 처음 기록되었으며(김, 1997), 이에 대한 연구는 전무한 실정이다. 동애등에과(Stratiomyidae)는 전 세계적으로 약 1,500종, 국내는 9속14종(김, 1997) 알려져 있다.

일본에서는 5월~9월에 채집된다고 한다(學研 1990). 과거 BSF를 외래 도입종으로 국내 생태계에 악영향을 미칠 것으로 보고, 해충으로 간주했었다. 하지만, 대표적 환경정화 곤충인 BSF는 유충시기에만 먹이활동을 할 뿐, 성충 시기에는 먹이활동을 하지 않는다. 이들은 사람들을 피해 숲으로 이동하며, 축사나 생활쓰레기 및 음식물쓰레기와 같은 유기성폐기물이 야적되어 있는 곳에서 생활사를 이어간다(Sheppard et al., 2002).

BSF는 동물의 배설물이나 다른 생물의 고형물과 같은 유기성 폐기물의 처리에도 유용하다. 미국의 조지아주에서는 4~11월 사이 년 3세대를 거치며, 부패하는 다양한 채소와 동물질에서 자생하고 있다(Sheppard et al., 1994; Sheppard, D. C., 1983). 집파리(*Musca domestica*)의 산란에 의한 배설물의 관리는 몇몇 연구에서 매우 성공적이었다( Teotia, J. S. and B. F. Miller, 1970a,b). 그러나 생존경쟁이 치열한 자연계에서의 신뢰성은 낮으며, 생물학적인 연구는 알과 유충의 원활하지 못한 공급으로 인해 그 한계성이 드러났다(Sheppard et al., 1994). 암컷 BSF가 배설물에 산란한다면, 추정치 60ton(55MT)의 전용이 100,000 hen caged-layer house에서 한여름에 자체 생산 될 수 있다고 한다(Sheppard et al., 1994; Booth, D. C., and C. Sheppard, 1984).

Tomberlin(2001)은 1998년 조지아주 연안 평지에 있는 한 양계장에서 6월 21일부터 30일까지 11:00~14:00에 이뤄졌다. 그 결과, BSF는 두 장소에서 많은 수가 관찰되었는데, 양계장 안과 양계장 주위의 숲에서였다. 양계장 안은 91.9%가 암컷이었고, 숲 가장자리는 91.3%가 수컷

이었다. 이는 교미와 산란을 목적으로 하는 암수의 역할 분담인 것이다. 즉 숲 가장자리에 수컷은 다른 경쟁자가 다가오면 전투를 벌이고, 암컷이 다가오면 교미를 하기 위한 행동을 하며, 교미를 마친 암컷은 세대번식을 위해 양계장 안으로 날아가 적합한 산란장소를 선정하여 산란을 하는 것이다(Alcock, J., 1990).

BSF는 닭장 또는 돼지축사 등의 배설물을 매우 쉽게 관리되었는데(Sheppard et al., 1998). 이들을 위한 별도 시설이나 장비는 필요하지 않았다. 왜냐하면 이들은 전용단계에 접어들면 성충이 되기 위해서 자연스럽게 먹이 공급원인 배설물에서 떠나야 하기 때문에 이들의 이동으로 배설물 관리는 쉽게 이뤄졌다. 이동을 마친 전용들을 수거하여 일부는 배설물을 소화시킬 충분한 유충 개체군을 확보하기 위해 성충으로 우화시켜 알을 받았고, 나머지 전용들은 사료를 위한 건조상태로 만들었다(Newton L., 2005). BSF의 번데기는 건조중량으로 필수 amino와 fatty acide를 포함한 42%의 protain, 35%의 fat으로 구성하고 있다(Hale, 1973). 번데기를 이용한 연구로 애완견 cockerels (Hale, 1973), swine (Newton et al., 1977) 그리고, 양식어 tilapia (Bondari · Sheppard, 1987)에 좋은 질소원이 된다는 것을 밝혔다. BSF를 이용한 돼지 배설물 관리를 해본 결과 배설물의 양은 42~56%가 줄어들었으며, 대부분의 구성물질과 영양소들의 농도는 40~55%가 줄어들었다(Sheppard et al., 1994).

Tingle et al.(1975)은 BSF의 교미행동에 대해 조사하였다. 수컷은 “resting” 장소에서 “calling”하는 암컷에게 유인되며, 교미는 수컷과 암컷이 서로 반대방향으로 땅 위에서 이루어졌다. 그러나 Copello(1926)는 교미가 비행 중에 일어난다고 하였다. 구애행동은 자연적인 배설물 관리를 하는데 있어 매우 중요할 수 있다.

국내에서는 아메리카애등애의 생태적 특성과 인공증식 기술(김 등, 2008), 그리고 동애등애에 의해 분해된 음식물쓰레기 분변토를 이용한 채소작물의 퇴비화 연구(Choi et al., 2009)가 수행되었으며, 현재 농촌진흥청을 중심으로 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 BSF의 탁월한 유기성 폐기물 처리 능력 특히 가축분뇨의 처리를 배가 시키고 우리에게 이익을 안겨줄 또 하나의 중요한 산물이라면 본 연구자료를 기초로 하여 가축분뇨 등 유기성폐기물 관리에 진일보할 수 있는 계기가 마련되길 기대해 본다.

### 3. 재료 및 방법

#### 가. 동애등에의 생태적 특성 조사

동애등에의 생태적 특성을 조사하기 위해 축사 주변 퇴비장, 음식물쓰레기장, 일반쓰레기장 등 유기성 폐기물이 방치된 곳을 조사였다(그림 2-1).



그림 2-1. 동애등에의 주 서식지.

#### 나. 가축분뇨 분해 우수 동애등에 선발

가축분뇨, 음식물쓰레기 등 유기성 폐기물 분해용 동애등에의 종 선발은 기존에 사용하고 있는 아메리카동애등에를 축산분뇨 분해에 사용하였다.

#### 다. 가축분뇨 종류에 따른 분해능 및 형질 조사

##### (1) 가축분뇨 분해능 조사

동애등에 유충을 이용하여 우분, 돈분, 계분을 먹이원으로 사용함으로써 가축분뇨를 분해하였다. 유충이 전용단계에 이를 때까지 가축분뇨를 투입하여 완전하게 분해된 잔류물을 산정해서 유충 1두가 처리할 수 있는 가축분뇨량을 조사하였다. 한편으로 왕겨를 사용하여 가축분뇨의 수분조절 및 물리성을 개선시켜 동애등에 유충이 활발히 활동할 수 있는 환경을 만들었다.

##### (2) 유충사육

유충사육은 플라스틱 상자(W\*D\*H=60\*40\*15cm)를 이용하였다. 사육은 상자 내 약 5,000두(2두/cm<sup>2</sup>)의 밀도로 하였다. 사육환경은 온도 27℃, 습도 60%, 장일(14L:10D) 조건으로 하였으며, 상자를 천적으로부터 보호하기 위하여 망(200 mesh)으로 씌운 채로 사육하였다.

##### (3) 유충 및 번데기 형질 조사

왕겨를 이용하여 물리성을 개선시킨 가축분뇨를 먹이원으로 하는 동애등에의 유충 및

번데기를 20두 3반복으로 하여 크기 및 형태 특성을 조사하였다.

#### 라. 유충사육과 령 구분, 구기형태 조사

동애등에 유충은  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $60\pm 1\%$  습도에서 초파리 배지를 이용하여 사육을 하며 령변화에 따른 구기 형태를 조사하였다. 령 구분은 각각의 유충이 탈피하는 것을 확인하여 구분을 하였다.

#### 마. 계절에 따른 동애등에의 용화, 우화 및 교미율 조사

동애등에 유충 및 성충을  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $60\pm 1\%$  습도에서 음식물 및 가축분뇨를 이용하여 우화 및 용화율을 조사하였다. 유리온실을 이용하여 동애등에 성충의 월별 교미율을 조사하였다.

#### 바. 가축분뇨처리에 관련된 미생물 순수분리 및 동정

동애등에류 투입 가축분뇨·음식물 쓰레기 및 퇴비로 부터의 미생물을 순수 분리하여 동정하였다. 순수 분리되어진 미생물을 이용하여 암모니아 가스분해에 효율적인 미생물을 선발하고 미생물 처리에 따른 악취가스 발생량 조사와 관능측정법으로 우수 미생물을 선발하였다.

#### 사. 아메리카동애등에의 대량 증식을 위한 알 생산기술 개발

동애등에를 대량으로 사육하기 위해서는 알 생산이 중요한데 동애등에의 성충은 교미조건이 까다롭다. 그래서 교미활동을 원활하게 하기 위해 적정공간(높이 약 2m 이상)과 온도  $27^{\circ}\text{C}$  내외, 자연광 아래에서 보호하며, 오전 10시부터 오후 2시까지 활발하게 교미활동을 하고 산란하도록 하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 가. 동애등에의 생태적 특성

서식지별 주위 경관, 유충이 생활하고 먹이원으로 유기성 폐기물이 쌓여있는 장소 등 동애등에 서식지에 대한 생태조사를 실시한 결과 총 7개의 서식지 중 축사 및 퇴비사 주변 2개소, 생활쓰레기가 야적되어 있는 곳 1개소, 음식물쓰레기장 1개소 등을 확인하였다(그림 2-2).

대부분 동애등에의 서식지는 축사를 중심으로 하는 즉 유기성 폐기물이 야적되어 있는 장소의 생태계 내에서 서식한다는 것을 확인하였다. 이들의 활동 반경은 매우 넓으며, 부패하는 유기물 주위에는 어디에서든 서식한다고 할 수 있다.

아메리카동애등에는 외국에서 도입된 종이라 해충으로 작용할 염려도 많았지만, 현재까지 해충 또는 위생곤충으로 취급되어 보고된 기록은 없다. 특히 미국에서 아메리카동애등에는 해충이 아니라고 보고 되었다(Sheppard D.C., 2002). 따라서 우리 주변에서 문제시 되고 있는 유기성 폐기물을 친환경적으로 처리하면서 그 생태를 유지하는 아메리카동애등에는 유기성 폐

기물의 분해뿐만 아니라 다양한 분야에서 이용이 기대된다.



그림 2-2. 동애등에의 서식지 생태 특성.

A: 축사 퇴비장, B: 계사 퇴비장, C: 음식물쓰레기장, D: 일반쓰레기장.

#### 나. 가축분뇨 분해 우수 동애등에 선발

가축분뇨를 분해하기 위해 활용할 수 있는 동애등에는 2종 정도이다. 아메리카동애등에(*Hermetia illucens*)를 활용하는 것이 가장 좋을 것으로 사료되며, 국내에서 자생하는 동애등에(*Pteticus tenebrifer*)도 활용 가능하다.



아메리카동애등에(*Hermetia illucens*)



동애등에(*Pteticus tenebrifer*)

그림 2-3. 우수 동애등에 선발.

## 나. 가축분뇨에 따른 동애등에 처리량 및 형질 조사

### 가) 가축분뇨 분해능 조사

#### ○ 가축분뇨에 따른 동애등에 유충의 분해량(g/마리)

동애등에를 이용하여 가축분뇨 분해능력을 조사한 결과 그림 2-4에서 보는 바와 같이 가축분뇨별 보조제를 첨가하여 물리성을 개선시킨 가축분뇨에 있어서 돈분이 유충 마리당 0.5, 우분이 0.43, 계분이 0.3g 순으로 돈분의 처리량이 가장 많았다(유충 1마리당 : 우분-0.43, 돈분-0.5, 계분-0.3). 따라서 처리가 어려운 돈분에 보조제를 첨가하여 물리성을 개선하면 동애등에를 이용하여 처리를 할 수 있는 가능성이 있다고 사료된다. 그리고 암컷 한 마리가 약 700-1,000개의 알을 산란하게 되면 성충 한 마리당 약 2~3kg의 음식물을 분해할 수 있는 능력이 있다는 것이다(김 등, 2008). 이는 BSF를 이용하여 음식물쓰레기의 친환경적으로 처리가 가능함과 동시에 현안문제로 대두되고 있는 음식물쓰레기 문제를 해결하는데 중요한 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

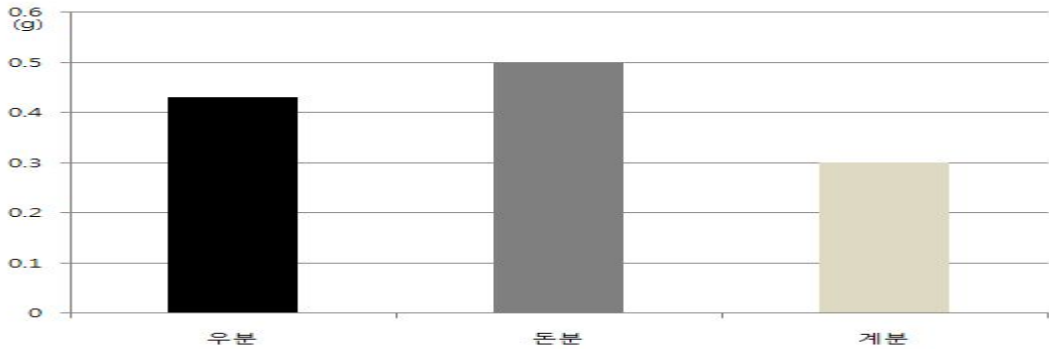


그림 2-4. 가축분뇨별 동애등에 유충의 분해 비교.

#### ○ 가축분뇨의 분해에 따른 무게량 감소 비교

가축분뇨별 동애등에 유충의 분해에 따른 무게 감소량을 비교한 결과 그림 2-5에서 보는 바와 같이 우분 83.62, 돈분 77, 계분 80%로 우분이 분해 후 무게 감소가 가장 컸다(우분-83.62, 돈분-77, 계분-80% 감소).

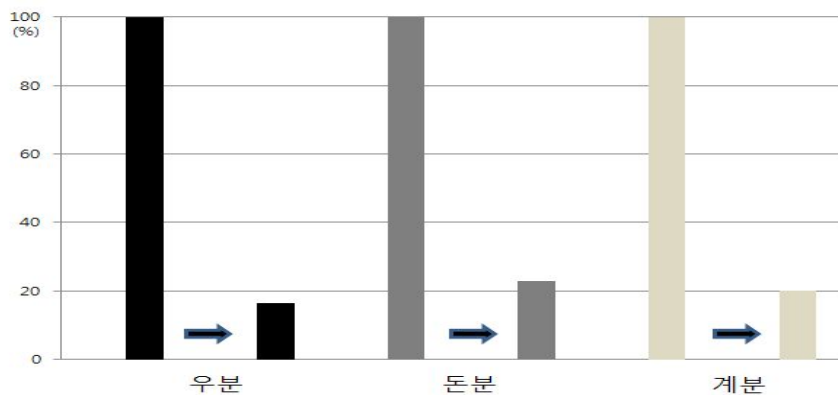


그림 2-5. 가축분뇨별 동애등에 유충의 분해량 감소.



나) 가축분뇨 분해에 따른 동애등에 유충 및 번데기 형질 조사

○ 가축분뇨에 따른 동애등에 유충 형질 비교(무게)

가축분뇨 분해에 따른 동애등에 유충의 형질을 조사한 결과 그림 2-6에서 보는 바와 같이 가축분뇨에 따른 50마리당 동애등에 투입 후 우분구는 2.64, 우분+왕겨구는 2.74, 돈분구는 4.52, 돈분+왕겨구는 4.9, 계분구는 3.31, 계분+왕겨구는 3.17g으로 돈분+왕겨구의 유충 무게가 가장 많이 나갔다.

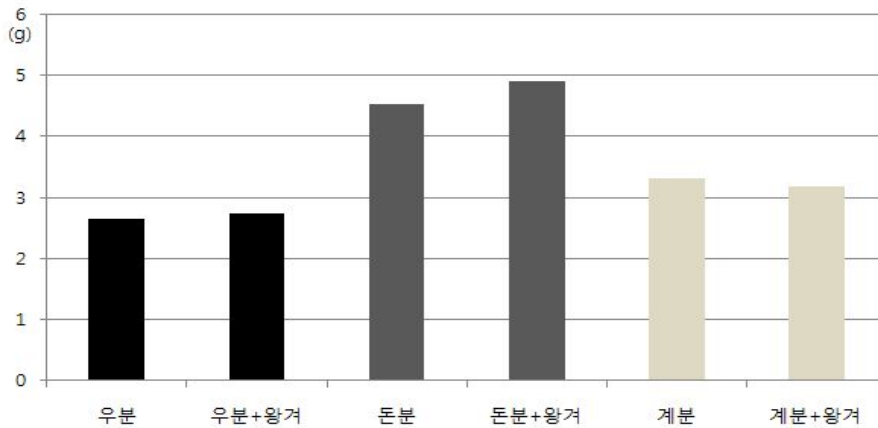


그림 2-6. 가축분뇨에 따른 동애등에 유충 형질 비교(무게).

○ 가축분뇨에 따른 동애등에 번데기 형질 비교(무게, 50마리)

가축분뇨 분해에 따른 동애등에 번데기의 형질을 조사한 결과 그림 2-7에서 보는 바와 같이 50마리당 동애등에를 투입 후 우분구는 2.13, 우분+왕겨구는 2.21, 돈분구는 3.4, 돈분+왕겨구는 4.02, 계분구는 2.21, 계분+왕겨구는 2.32g으로 돈분+왕겨구의 유충 무게가 가장 많이 나갔다.

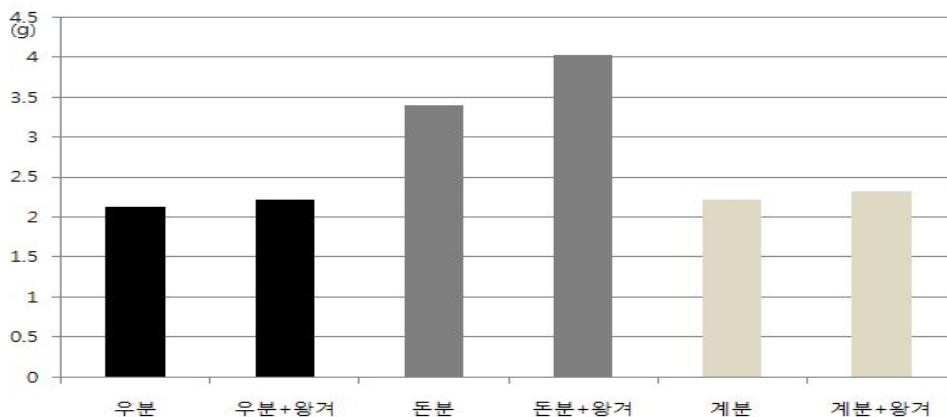


그림 2-7. 가축분뇨에 따른 동애등에 번데기 형질 비교(무게).

○ 가축분뇨에 따른 동애등에 유충 형질 비교(길이)

가축분뇨 분해에 따른 동애등에 유충의 형질(길이)을 조사한 결과 그림 2-8에서 보는

바와 같이 우분구는 12.97, 우분+왕겨구는 12.95, 돈분구는 3.4, 돈분+왕겨구는 15.49, 계분구는 13.77, 계분+왕겨구는 14.07mm로 돈분+왕겨구의 유층 길이가 가장 길었다.

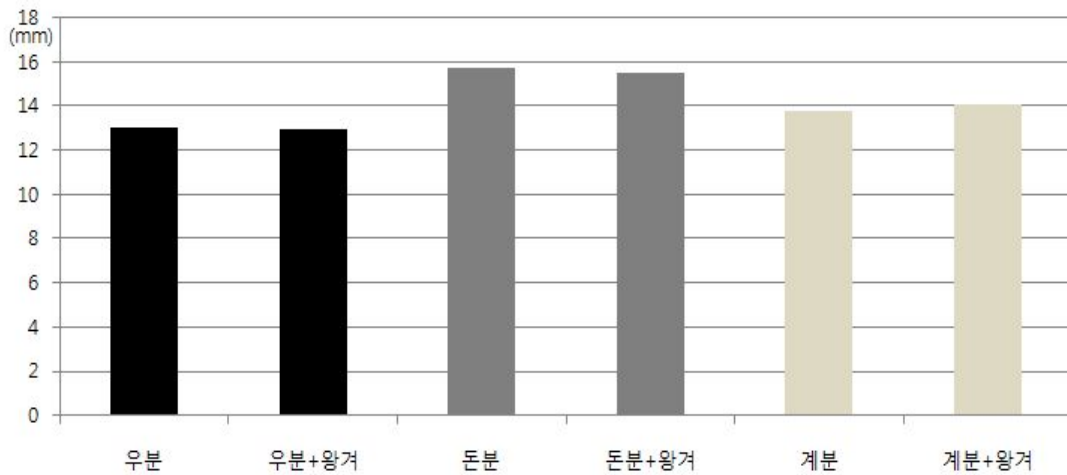


그림 2-8. 가축분뇨에 따른 동애등에 유충 형질 비교(길이).

○ 가축분뇨에 따른 동애등에 유충 형질 비교(너비)

가축분뇨 분해에 따른 동애등에 유충의 형질(너비)을 조사한 결과 그림 2-9에서 보는 바와 같이 우분구는 3.73, 우분+왕겨구는 3.66, 돈분구는 4.2, 돈분+왕겨구는 4.23, 계분구는 3.47, 계분+왕겨구는 3.50 mm로 돈분+왕겨구의 유충 너비(폭)가 가장 넓었다.

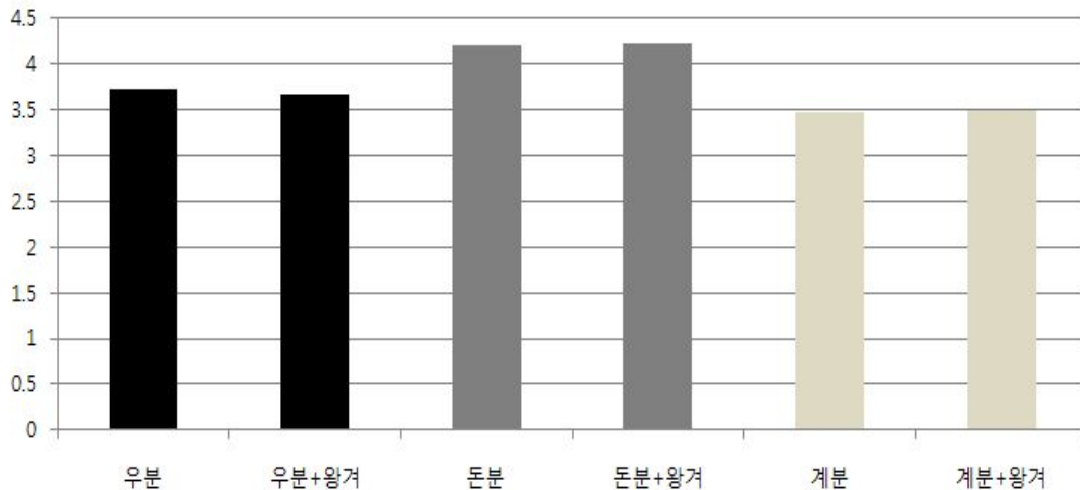


그림 2-9. 가축분뇨에 따른 동애등에 유충 형질 비교(너비).

○ 가축분뇨에 따른 동애등에 번데기 형질 비교(길이)

가축분뇨 분해에 따른 동애등에 번데기의 형질(길이)을 조사한 결과 그림 2-10에서 보

는 바와 같이 우분구는 11.87, 우분+왕겨구는 13.4, 돈분구는 14.9, 돈분+왕겨구는 16.06, 계분구는 12.10, 계분+왕겨구는 12.02mm로 돈분+왕겨구의 번데기 길이가 가장 길었다.

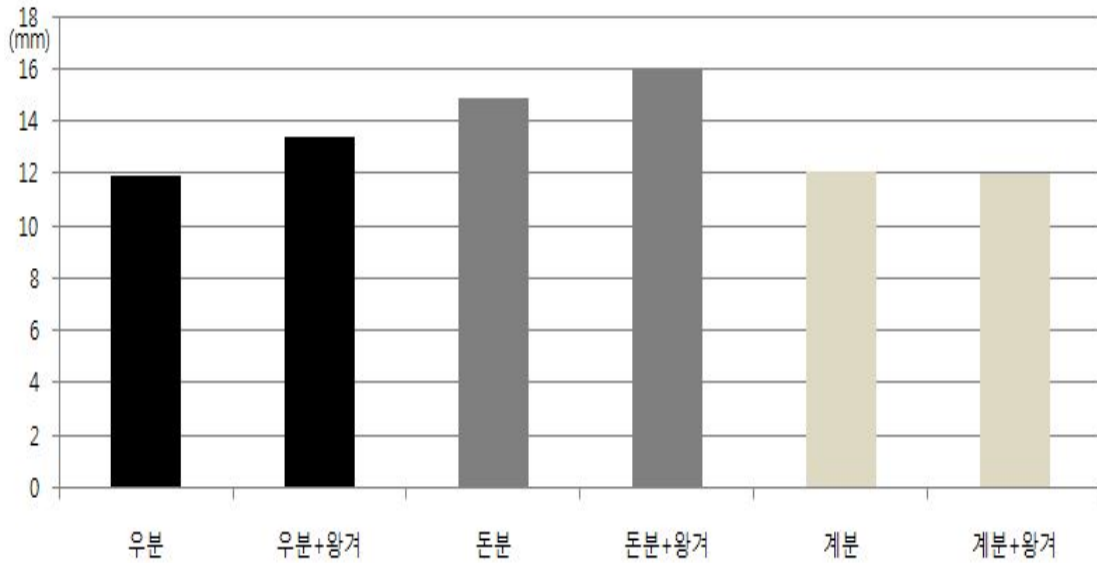


그림 2-10. 가축분뇨에 따른 동애등에 번데기 형질 비교(길이).

○ 가축분뇨에 따른 동애등에 번데기 형질 비교(너비)

가축분뇨 분해에 따른 동애등에 번데기의 형질(너비)을 조사한 결과 그림 2-11에서 보는 바와 같이 우분구는 3.59, 우분+왕겨구는 3.52, 돈분구는 4.18, 돈분+왕겨구는 4.34, 계분구는 3.32, 계분+왕겨구는 3.60 mm로 돈분+왕겨구의 번데기 너비(폭)가 가장 넓었다.

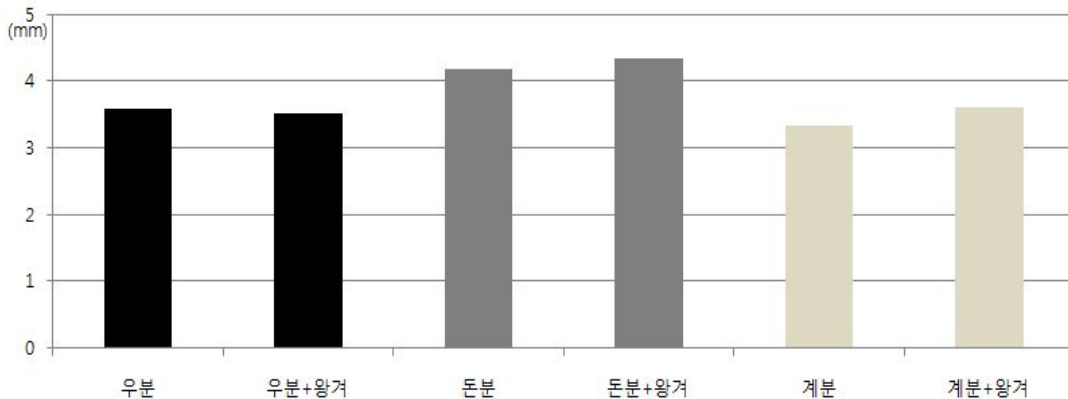


그림 2-11. 가축분뇨에 따른 동애등에 번데기 형질 비교(너비).

라. 동애등에 유충의 영변화와 구기 형태 조사

기존의 동애등에 유충이 5령까지 인 것으로 알려져 왔으나 조사한 바에 의하면 6령까지 있는 것으로 확인되었다. 동애등에의 구기구조는 단순히 먹이를 씹어먹는 형태가 아닌 변형된 저작형으로 씹어 먹는 구조로 확인이 되었다.

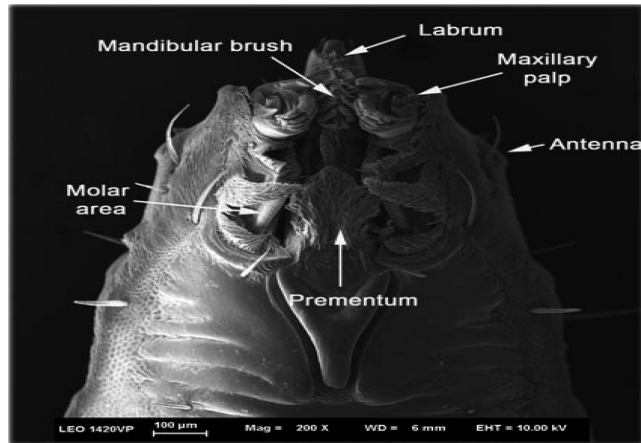









그림 2-12. 동애등에 유충의 구기 배후 부분의 모습.

표 2-1. 동애등에 유충의 령변화에 따른 구기구조 특징 변화

N = 30 (mean ± SD)	Larval instars						Pupa
	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	
Duration (days)	1 ± 1	2 ± 1	2 ± 1	5 ± 1	6 ± 1	12 ± 3	22 ± 2
Weight (mg)	NM	NM	3.9 ± 1.31 <sup>e</sup>	22.1 ± 9.61 <sup>d</sup>	66.3 ± 29.42 <sup>c</sup>	185.3 ± 33.99 <sup>a</sup>	134.5 ± 27.49 <sup>b</sup>
Head capsule width (mm)	0.1 ± 0.02 <sup>g</sup>	0.2 ± 0.04 <sup>f</sup>	0.4 ± 0.06 <sup>e</sup>	0.6 ± 0.08 <sup>d</sup>	0.9 ± 0.06 <sup>b</sup>	1.1 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.06 <sup>c</sup>
Head capsule image							

“NM” means “not measured” in the study. Different superscript letters mean significant difference (*Duncan's test*,  $\alpha = 0.05$ ). Scale bar in head capsule images indicates 0.5 mm.

마. 인공사육에 있어서 계절변화에 따른 동애등에의 용화, 우화 및 교미율 변화 동애등에 실내 대량증식에 있어서 용화율 및 우화율에는 큰 차이를 보이지 않았으나 (표 2-2), 교미·산란에 있어서 중요한 요소인 광주조건 변화에 의한 계절적 교미율의 차이를 보였다(그림 2-13). 계절에 따른 동애등에의 교미율을 보면 5월에서 7월까지 교미가 활발하게 이루어 졌으며, 시간대는 오전 10시부터 12시까지 가장 활발하게 교미를 하였다.

표 2-2. 계절변화에 따른 동애등에의 우화율 및 용화율 변화 비교

Months	N = 1000 per month (Mean ± SD)	
	Pupation (%)	Emergence (%)
Jan	99.8 ± 0.31	99.3 ± 1.42
Feb	98.9 ± 0.91	-
Mar	-	97.7 ± 2.13
Apr	98.7 ± 1.61	98.4 ± 1.04
May	97.5 ± 2.31	-
Jun	-	99.8 ± 0.31
Jul	99.5 ± 0.51	99.8 ± 0.33
Aug	99.8 ± 0.53	-
Sep	-	99.7 ± 0.31
Oct	99.3 ± 0.71	99.9 ± 0.03
Nov	99.7 ± 0.51	-
Dec	-	99.9 ± 0.07

-, Data not collected in the study.

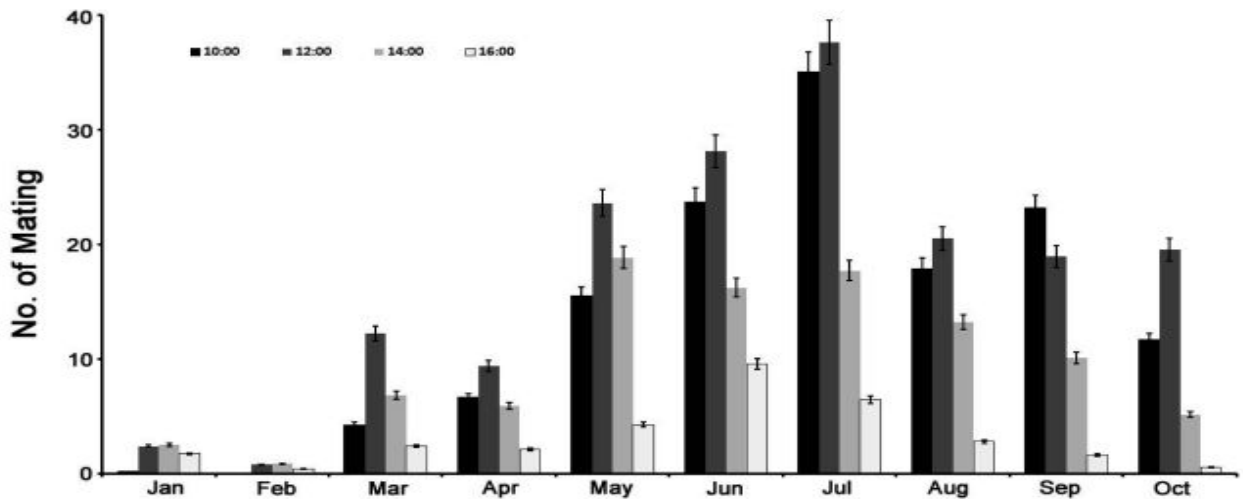


그림 2-13. 계절변화에 따른 동애등에 교미율 변화 비교.

바. 동애등에를 이용한 가축분뇨처리 관련 미생물 선발 및 이용

가) 동애등에류 투입 가축분뇨·음식물쓰레기 및 퇴비로부터 미생물 순수 분리

동애등에를 투입하여 음식물쓰레기 등에서 미생물을 분리한 결과 표 2-3에서 보는 바와 같이 세균 5종, 효모 3종이 분리되었다.

표 2-3. 동에등에류 투입 음식물쓰레기 및 퇴비로부터 미생물 순수분리 및 동정

Category	Species	Growth Condition
Bacteria	<i>Bacillus smithii</i>	NA, 35°C, odor removal
	<i>Bacillus fusiformis</i>	NA, 30°C,
	<i>Bacillus pumilus</i>	NA, 30°C,
	<i>Leclercia adecarboxylata</i>	BHI, 35°C, odor removal
	<i>Bacillus licheniformis</i>	NA, 30°C, food-waste treatment
Yeast	<i>Candida</i> sp.	GPYA, 27°C, odor removal
	<i>Issatchenkia orientalis</i>	GPYA, 30°C, odor removal
	<i>Sacchromyces</i> sp.	GPYA, 27°C, odor removal

나) 악취가스 제거에 효율적인 유기물 분해 미생물 선발

○ 미생물처리에 따른 암모니아가스(NH<sub>3</sub>) 발생량 조사

효모 2종(*Saccharomyces*, *Issatchenkia*), 세균 1종(*Leclercia*), 미동정 균주 1종 처리구에서 암모니아 가스 발생량 감소하였다.

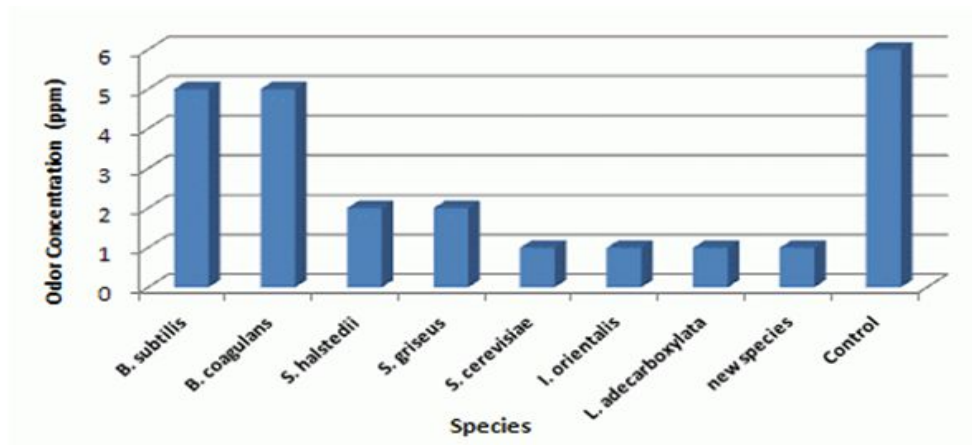


그림 2-14. 미생물처리에 따른 암모니아가스 발생량.

○ 미생물처리에 따른 침출수에서 발생하는 암모니아가스 발생량 조사

모든 미생물 처리구에서 암모니아 가스 발생량 감소하였다.

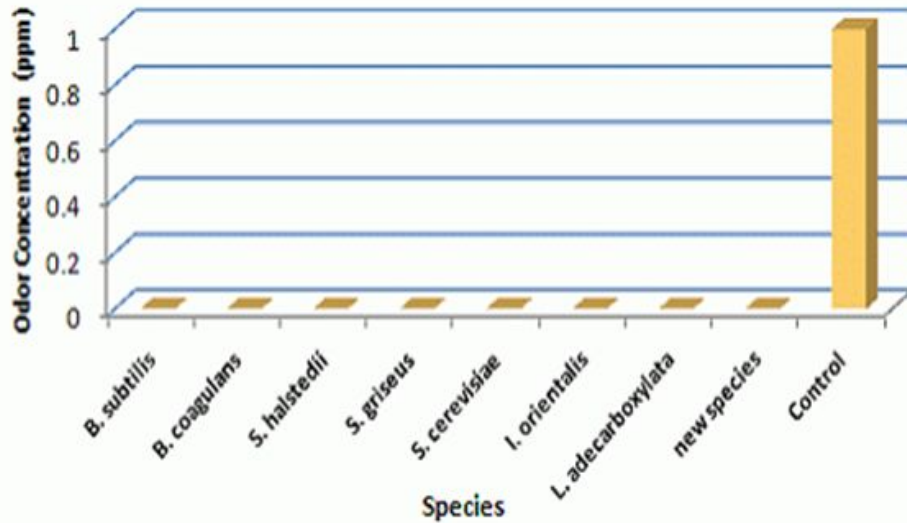


그림 2-15. 미생물처리에 따른 침출수에서 발생하는 암모니아가스 발생량.

- 관능측정법으로 악취저감기능이 우수한 유기물분해 미생물 선발  
*Issatchenkia* 효모1종과 *Leclercia* 세균 1종이 가장 우수하였다.

표 2-4. 관능측정법으로 악취저감기능이 우수한 유기물분해 미생물 선발

BSF + Microorganism	odor <sup>#</sup>	Reduction rate of food-waste (compared with control)
BSF + <i>I. orientalis</i> strain	1	346
BSF + <i>L. adecarboxylata</i> strain	1	375
only BSF	2	307
Control	4	100

# 악취감도구분(환경오염공정시험법 관능측정법 사용)  
 : 0(무취), 1(감지취기), 2(보통취기), 3(강한취기), 4(극심한취기), 5(참기어려운취기)



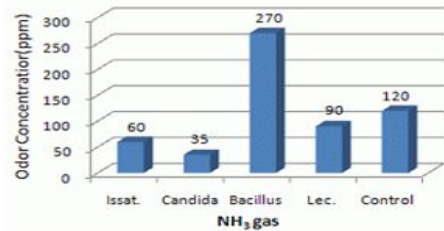
<동애등에+미생물 처리 실험>

<동애등에 무처리(좌) 처리(우)>

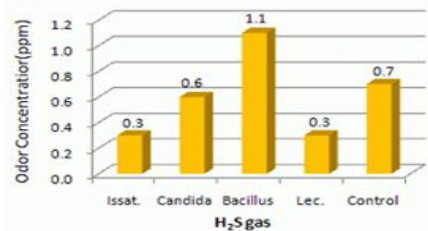
그림 2-16. 동애등에를 이용한 음식물쓰레기 미생물 처리.

- 유기물 분해미생물 처리에 따른 악취가스 발생량 조사
  - 선발된 미생물을 이용하여 음식물쓰레기에 가장 문제가 되는 4종의 악취가스 측정
  - 기존 관능법으로 선발된 종(Bacillus, Candida) 보다 우수하였다.

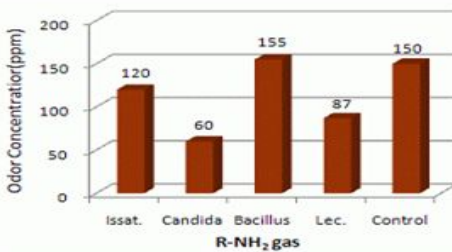
암모니아(NH<sub>3</sub>)



황화수소(H<sub>2</sub>S)



아민류(R·NH<sub>2</sub>)



멜캅탄류(R·SH)

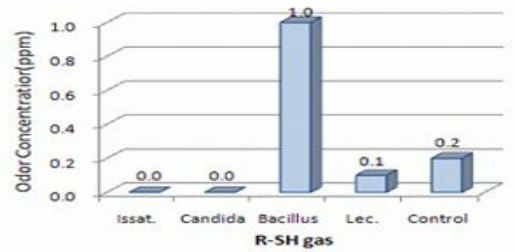


그림 2-17. 유기물 분해미생물 처리에 따른 악취가스 발생량.

사. 아메리카동애등에의 대량증식을 위한 알 생산기술 개발

가) 교미산란 조건 구명

아메리카동애등에의 교미산란은 시기(계절)에 관계없이 일정공간이 주어지고 온도, 광 조건만 맞으면 교미산란이 가능한 것으로 나타났다. 광조건에는 자연광이 반드시 필요하며, 교미산란장 수분공급이 있어야 성충의 수명 길어지는 것으로 나타났다.



< 교미산란장 >



<산란장 내 급수장치>

그림 2-18. 동애등에 교미산란장 및 시설.





그림 2-19. 아메리카동애등에의 산란 유도장치장치 및 산란장면.

- ※ 산란망 크기 : 2.0×2.9×2.5(W×D×H)m,
- ※ 산란망 mesh : 200 mesh/inch  
(초파리 등 소형종 해충 침입 방지 가능)
- ※ 성충의 수분 공급을 위해서 산란망 천정에 수분공급기 설치
- ※ 산란유도 장치(산란배지 위 나무에 구멍을 뚫어설치)
- ※ 산란통 크기 : 60×40×15(W×D×H)cm
- ※ 평균 산란량 : 737±243개/성충 1두

#### 나) 알 받기(산란) 및 관리

아메리카동애등에는 가축분뇨나 음식물쓰레기와 같은 유기물이 있는 곳에 산란을 하며, 산란장치는 직경 3~5mm, 깊이 약 7mm 구멍의 나무, 플로랄폼 등을 산란배지 위에 놓아 산란을 유도할 수 있다.

산란된 알은 온도 27℃, 습도 60%에서 보호하여 부화하는데 산란 3~4일 후 부화 여부를 확인한 뒤 산란장치에 있는 유충을 털어낸 후 장치를 제거하면 된다.

① 음식물쓰레기를 넣는다.



③ 톱밥을 위에 깔아준다.



② 톱밥을 절반 정도 섞는다.



④ 산란목을 위에 올려 놓는다.

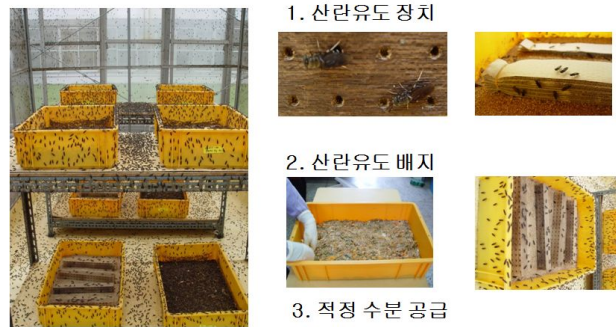


#### <알 받기 배지 만들기>

그림 2-20. 동애등에 알 받기용 배지 만들기.

아메리카동애등에의 산란 준비를 위해 산란배지를 만들어 주어야 하는데, 산란배지는 시중에서 판매되고 있는 중송아지사료를 불려서 사용한다. 배지 비율은 음식물쓰레기 : 톱밥 = 1 : 1 : 1(부피) 로 섞은 후 쥐어짜 물이 나올 정도로 물을 부은 후 톱밥 1(부피)을 평평하게 배지 위에 다시 깔아 주면 된다.

그런 다음 알을 받을 장치를 제작하는데 산란장치는 직경 3~5mm, 깊이 약 7mm 구멍의 나무, 플로랄 폼 등을 산란배지 위에 놓으면 구멍에 산란을 하게 된다. 구멍에 산란한 알을 수거하여 부화될 수 있게 보관 관리하여 부화를 유도한다.



**<알 받기 및 관리>**

그림 2-21. 동애등에 알 받기 및 관리.

## 5. 결과요약

본 연구는 국내 서식하는 동애등에(BSF)의 생태특성 구멍 및 가축분뇨를 이용한 동애등에의 실내 인공사육을 통하여 가축분뇨나 음식물쓰레기 처리 시 대량으로 요구되는 유충생산을 위하여 실내 인공증식기술 개발하고 BSF의 가축분뇨 분해 능력을 검증하였다.

1. BSF는 축사를 중심으로 하는 즉 유기성 폐기물이 야적되어 있는 장소의 생태계 내에서 서식한다는 것을 확인하였으며, 축사, 퇴비사, 생활쓰레기장, 음식물쓰레기장 주변이 주 서식지임을 확인하였다.

2. 가축분뇨 분해 우수 종은 아메리카동애등에(*Hermetia illucens*), 동애등에(*Ptecticus tenebrifer*) 등 2종으로 확인되었다.

3. 가축분뇨에 따른 BSF의 분해능은 동애등에 유충 마리당 돈분 0.5g, 우분 0.43g, 계분 0.3g 순으로 돈분이 가장 우수하였다. 가축분뇨별 동애등에 유충의 분해에 따른 무게는 우분 83.62, 돈분 77, 계분 80%로 우분이 분해 후 무게 감소가 가장 컸다.

4. 가축분뇨 분해에 따른 동애등에 유충 및 번데기 형질은 돈분이나 돈분+왕겨를 혼합하여 처리했을 때 유충이나 번데기의 길이, 무게 폭이 다른 처리구에 비해 좋았다.

5. 기존의 동애등에 유충이 5령까지 인 것으로 알려져 왔으나 조사한 바에 의하면 6령까지 있는 것으로 확인되었다. 동애등에의 구기구조는 단순히 먹이를 씹어먹는 형태가 아닌 변형된 저작형으로 굽어 먹는 구조로 확인이 되었다.

6. 동애등에 실내 대량증식에 있어서 용화율 및 우화율에는 큰 차이를 보이지 않았으나 교미·산란에 있어서 중요한 요소인 광주선 변화에 의한 계절적 교미율의 차이를 보였다. 계절에 따른 동애등에의 교미율을 보면 5월에서 7월까지 교미가 활발하게 이루어 졌으며, 시간대는 오전 10시부터 12시까지 가장 활발하게 교미를 하였다.

7. 동애등에를 투입하여 음식물쓰레기 등에서 미생물을 분리한 결과 표 2-3에서 보는 바와 같이 세균 5종, 효모 3종이 분리되었다. 효모 2종(*Saccharomyces*, *Issatchenkia*), 세균 1종(*Leclercia*), 미동정 균주 1종 처리구에서 암모니아 가스 발생량 감소하였다.

8. 인공채란을 위한 산란배지는 음식물과 송아지 사료가 가장 우수하였고, 산란실(W\*D\*H=4\*2\*2m) 내 적정 배지투입 수는 8개, 성충은 2000두 투입구가 가장 산란효율이 높았다. 산란유도재료로 플라워폼과 목재에 구멍을 뚫어 산란을 유도하였으며, 산란장소의 구멍크기는 3~5mm, 깊이 7~10mm의 크기를 가장 선호하였다. 유충은 2~4두/cm<sup>2</sup>의 밀도로 사육하는 것이 과밀도(6~10두/cm<sup>2</sup>) 보다 실용형질이 우수하였다. 번데기 적정보호조건은 매질(톱밥)을 사용하여 은신처를 제공해야하며, 톱밥의 습도는 20~40% 가 가장 좋았다. 성충은 우화 즉시 사용해야하나, 용화 후 10℃에서 10일 처리한 경우 우화율 93.3%로 우화시기를 약 10일 정도 조절이 가능하였다.

### 제3절 농가현장 실증시험 및 분해산물의 퇴비화, 사료화 이용기술 개발

#### 요 약 문

본 연구는 개발된 동애등에(BSF)의 사육장치를 이용하여 가축분뇨의 처리능력을 실증시험을 통해 확인하고 또한 분해산물을 퇴비화하고 애벌레나 번데기는 가축이나 조류 등의 사료로 활용하고자 시험을 수행하였다.

동애등에를 이용하여 가축분뇨 및 음식물쓰레기 처리 후 배설한 분변토의 퇴비화를 위하여 분석한 비료성분은 유기물 함량이 퇴비 공정 규격에 비해 약 2배 높았으며, 염분 함량도 1%미만으로 나왔다.

동애등에 분변토의 퇴비화를 위해 열무의 생육은 동애등에 분변토처리구가 부산물비료처리구와 비슷하거나 약간 증가하였고, 가장 생육이 왕성한 처리구는 동애등에분변토를 반량을 처리한 구였다.

동애등에 번데기의 조단백질, 조지방, 조섬유, 칼슘, 인의 성분분석결과 각각 45.36, 32.36, 8.48, 6.21, 1.71, 0.77%를 나타내었으며 특히 조단백질 및 조지방 함량이 높아 기존 배합사료보다 월등히 높아 에너지 및 단백질 보충사료로 활용이 가능할 것으로 사료되어진다.

가축분뇨를 대량으로 처리하기 위해 농가실증시험을 수행한 결과 돈분을 이용하여 동애등에 사육 시에는 음식물쓰레기와 혼합하여 사육할 경우 동애등에의 생산량이 높아질 것으로 사료되어진다. 또한 돈분의 점성으로 인하여 톱밥 등 보조제를 넣어 물리성을 개선하여 실험한 결과 동애등에 사육환경을 개선할 수 있었다. 그러나 계분이 돈분에 비하여 물리성, 영양성분이 높아 동애등에 사육에 적절한 사육환경임을 나타내는 것으로 향후 돈분보다는 계분을 이용하여 동애등에를 생산하는 것이 바람직할 것으로 사료되어진다.

## Abstract

### Development of the Compost and Animal Feeds using the By-products of the Black Soldier Fly and Demonstration of Farms

This study, we verified livestock feces handling capability of the device (BSF rearing device) and tested using the by-products as compost and larvae, pupae as animal feeds. To compost using of black soldier fly by-product, analysis of fertilizers was performed. the result revealed that organic matter content is 2 times higher than standard and salt concentration is less than 1%.

Growth of radish in black soldier fly compost and fertilizer byproducts were similar or soldier fly compost was slightly increased.

Crude protein, crude fat, crude fiber, calcium and phosphorus contents of pupae are 45.36, 32.36, 8.48, 1.71, 0.77%, respectively. Particularly high content of crude protein and crude fat can be used as feed supplements.

When using pig feces to breeding black soldier flies, mixed with food waste would increase production of black soldier flies.

Due to the viscosity of pig feces, sawdust used as a supplement could improve breeding environment. In addition, poultry waste has more good physical properties and nutritional conditions than pig feces to rearing black soldier fly.

# 1. 서 론

최근 축산업은 대규모 사육에 따른 가축배설물 처리에 심각한 어려움을 겪고 있으며 특히, 가축분뇨 처리의 해양투기가 금지됨에 따라 유기성폐자원의 처리문제는 농촌현장에서 시급히 해결되어야 할 문제로 대두되고 있다. 이에 따라 가축분을 재활용하는 자연순환농업은 반드시 이루어야 할 시대적 사명으로 대두되고 있는 가운데 동애등에라는 환경친화형 곤충을 활용하여 가축분을 처리하는 새로운 방법의 자연순환농업을 모색하였다. 동애등에란 환경친화적 곤충으로 최근 남은음식물을 이용한 유기성 폐자원처리에 매우 효과적인 곤충으로 많은 연구가 진행되었으나 이를 가축분뇨처리에 활용하여 퇴비화 및 사료화를 위한 실증시험으로 그 가능성을 모색코자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 동애등에의 음식물쓰레기 변환산물 퇴비 성분분석

일반 가정 및 식당에서 버려지는 음식물쓰레기 및 축산분뇨를 동애등에(*Hermetia illucens* L.) 유충이 먹고 배설한 분변토를 퇴비로 이용하고자 비료공정 규격에 적합한지를 성분분석하였다. 시료 분석은 동애등에 분변토를 일정량 채취하여 국립농업과학원 토양비료관리과에 분석 의뢰 하였다.

분석항목은 현행 비료공정 규격에 준해 유기물, 염분 등 주성분을 분석하고 비소, 카드뮴, 납 등 유해성분 7성분을 비료의 품질검사 방법 및 시료채취 기준에 의해 성분분석을 실시하였다.

### 나. 동애등에 분변토의 퇴비화 효과

#### (1) 동애등에분변토의 열무생육시험 (pot 시험)

##### (가) 공시재료

- ① 공시식물 : 열무
- ② 공시토양 : 사양토
- ③ 공시퇴비 : 동애등에분변토

표 3-1. 열무포트시험에 사용한 동애등에분변토와 부산물퇴비의 이화학성

시료명	pH	EC	Salinity	수분함량	유기물함량	NaCl	유기물 / 질소
		dS/m	(%)				
동애등에분변토	6.46	38.1	2.10	17.2	63.0	1.48	18.1
부산물퇴비	8.07	5.47	0.28	52.9	54.8	0.17	34.7

- ④ 공시비료 : 수도용 복합비료, 인산암모늄, 요소를 이용하여 열무의 시비기준량에 적합한 비율로 조성함

표 3-2. 화학비료의 유효성분 함량

(단위: %)

구분	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
수도용복합비료	21	17	17
인산암모늄	12	61	-
요소	46	-	-

(나) 처리구 설정

- ① 처리구면적 : 와그너포트 1/5000a(3반복, 난괴법)
- ② 퇴비시비량에 따른 처리구 설정

표 3-3. 열무 포트시험의 처리구 설정 및 처리구별 시비량

시비구 설정		비종별 시비기준		시비시기	
		시비기준량 (kg · 10a <sup>-1</sup> )	퇴비시비량 (kg · 10a <sup>-1</sup> )	복합비료	퇴비
CR-1	무처리구	0	0	-	-
CR-2	대조구(판매퇴비)	28-5.9-5.4	291	6/5, 7/20	6/5
CR-3	처리구1(공시비료 정량)	28-5.9-5.4	291	6/5, 7/20	6/5
CR-4	처리구2(공시비료 배량)	28-5.9-5.4	582	6/5, 7/20	6/5
CR-5	처리구3(공시비료 반량)	28-5.9-5.4	145.5	6/5, 7/20	6/5

※ 시비기준 : 무(노지재배) 설정. 시비량 : 흙살리기와 시비기술(농협중앙회)

※ 복합비료 : 2회(기비 6/5, 추비 7/20) 시비

※ 공시비료(퇴비 : 2.2-0.6-0.1)와 대조비료(부산물퇴비 : 1.6-1.1-0.2)는 1회(6/5) 기비시비

③ 포트 조성 및 관리방법

- 와그너포트에 3cm 깊이로 배수층을 조성하고 공시비료(퇴비, 화학비료)를 사양토에 혼합(전층시비)한 뒤 다짐을 함
- 포트당 일정량의 열무종자 파종하고 발아 후 생육이 양호한 작물 1주를 재배함
- 복합비료의 추비는 1.0L · m<sup>2</sup> 물에 녹여 관주하고, 관수는 건조되지 않도록 주기적으로 실시하며, 병충해 발생 시 농약을 살포하여 병충해를 방제함

(2) 작물생육조사

- ① 조사항목 : 초장, 엽수, 건물중(지상부, 지하부), 지하부 길이
- ② 조사 내용 및 시기
  - 조사내용 : 초장, 엽수, 건물중
  - 조사시기 : 시험종료 후

다. 동애등에 수집 및 성분분석

동애등에 유충을 15일 동안 축산분뇨에 투입하여 번데기가 되면 자동으로 수거될 수 있는

사육기를 이용하여 번데기를 수집하였다. 수집된 번데기를 60℃ 건조기에 말린 후 보관하였다가 분쇄하여 성분분석 시료로 사용하였다.

(1) 동애등에 난각효율개선 실증시험

점동면 처리 손성운 농가의 닭 1,500수 규모의 산란동에 건조한 동애등에 번데기를 분쇄하여 사료에 0.1% 혼합하여 2주간 급여하여 급여전·후의 난각율 개선효과를 실험하였다.

(2) 성분분석

건조 한 동애등에 번데기는 분쇄 후 가축의 사료화를 위해서 일반성분, 아미노산, 지방산, 항생제 잔류검사, 농약잔류검사, 살모넬라, 아플라톡신을 분석검정기관에 의뢰하여 성분을 분석하였다.

라. 농가실증시험

(1) 돈분처리 효과시험

동애등에 유충의 돈분처리 효과를 실험하기 위하여 북내면 장암리 원종섭 농가에 유충사육기 3대를 설치하여 8월 27일 - 9월 21일까지 3주간 동애등에 유충의 돈분처리 효과를 실증시험하였다. 돈분은 처리구 당 10kg을 7일 간격으로 2번 투입하였으며 돈분처리시 물리성을 개선하기 위하여 톱밥을 3kg을 첨가하였고 동애등에 유충은 1처리구-3일령, 2처리구-3일령+6일령 3처리구-6일령의 동애등에 1kg을 투입하여 3주 후에 유충의 돈분처리 효과를 실험하였다.

(2) 계분처리 효과시험

동애등에 유충의 계분처리 효과를 실험하기 위하여 점동면 처리 손성운 농가에 유충사육기 3대를 설치하여 10월 5일 ~ 10월 26일까지 3주간 동애등에 유충의 계분처리 효과를 실증시험하였다. 계분은 처리구 당 10kg을 7일 간격으로 2번 투입하였으며 동애등에 유충은 1처리구-3일령, 2처리구-3일령+6일령 3처리구-6일령의 동애등에 1kg을 투입하여 3주 후에 유충의 계분처리 효과를 실험하였다.



그림 3-1. 동애등에 증식 및 사육시설.



### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 동애등애의 음식물쓰레기 변환산물 퇴비 성분분석

동애등애를 이용하여 가축분뇨 및 음식물쓰레기 처리 후 배설한 분변토의 퇴비화를 위하여 비료성분을 분석한 결과 표 3-4에서 보는 바와 같이 유기물 함량이 퇴비 공정 규격에 비해 약 2배 높았으며, 염분 함량도 1%미만으로 나왔다. 그리고 유해성분을 분석한 결과 혼적 또는 미량으로 검출되어 퇴비공정규격에 적합하였으며, 추후 퇴비나 퇴비 원료로 충분히 사용가능한 것으로 나타났다. 따라서 동애등애 분변토는 직접퇴비로 사용 가능하며, 퇴비원료로 사용하는 것도 좋을 것으로 판단된다.

표 3-4. 동애등애 활용 분해산물(퇴비)의 분석결과(단위 : %)

구분	퇴비공정규격											
	유효성분 및 기타규격(%)				유해성분(mg/kg)							
성분명	유기물	유기물대질소비	염분	수분	비소	카드뮴	수은	납	크롬	구리	아연	니켈
보증	25	50이하	1이하	55이하	50	5	2	150	300	300	900	50
분석결과	49.82	37.18	0.99	44.96	혼적	혼적	혼적	혼적	혼적	28.54	86.38	혼적

#### 나. 동애등애 분변토의 퇴비화 효과

##### (1) 시험전·후 토양분석결과

시험전·후 토양분석결과, pH와 전기전도도 및 토양염류 등 대부분의 분석항목에서 시험전과 비슷하였으나 비료처리구(CR-2~5)에서 복합비료의 처리에 따른 질소와 인산함량이 증가하였고, 부산물비료처리구(CR-2)와 동애등애 분변토처리구(CR-3~5)에서는 유기물함량이 증가하였다. 부산물비료와 동애등애 분변토처리구의 시험 후 토양특성은 거의 비슷한 결과를 나타내어 처리에 따른 차이는 나타나지 않았다(표 3-5).

표 3-5. 시험 전·후 토양화학성 분석결과

Treatment	pH (1:5)	EC	Salinity	O.M	T-N	Av-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex-Cation				CEC	
							K	Ca	Mg	Na		
		dS/m	(%)			(mg/kg)				cmolc/kg		
Before	8.86	0.50	0.05	0.29	0.02	14	0.10	6.99	0.32	0.07	5.70	
After	CR-1	8.58	0.67	0.00	0.22	0.02	19	0.32	8.58	0.65	0.06	5.90
	CR-2	8.71	0.55	0.00	0.34	0.02	67	0.20	8.53	0.49	0.10	5.70
	CR-3	8.70	0.53	0.00	0.27	0.03	61	0.15	7.65	0.47	0.08	6.07
	CR-4	8.80	0.53	0.00	0.48	0.03	64	0.15	8.39	0.40	0.09	5.87
	CR-5	8.77	0.59	0.00	0.66	0.03	67	0.17	8.33	0.47	0.10	6.00

<sup>a)</sup>ND : non-detected : 불검출

(2) 작물 생육 조사

작물의 처리구별 생육조사는 엽수, 초장, 근장(최대근장, 주근장) 및 건물중(지상부, 지하부, 합계)을 조사하였다(표 3-6).

엽수는 무처리구(CR-1)보다 복합비료처리구(CR-2~5)에서 증가하였고, 부산물비료처리구(CR-2)보다 동애등에분변토처리구(CR-3, 4)에서 비슷하거나 1~15% 증가하여 통계적 유의성을 나타내었다.

초장은 무처리구(CR-1)보다 복합비료처리구(CR-2~5)에서 증가하였고, 부산물비료처리구(CR-2)와 동애등에분변토처리구(CR-3~5)에서 비슷하거나 약간 감소하였으나 통계적 유의성을 나타내지 않았다.

근장은 뿌리의 최대길이인 최대근장과 무의 주 근장을 조사하였다. 열무의 처리구별 최대근장은 15.2~16.1cm로 동애등에분변토처리구는 무처리구(CR-1)보다 4~15% 증가하였고, 부산물비료처리구(CR-2)보다 2~9% 증가하였으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 열무의 처리구별 주근장은 1.83~7.33cm로 무처리구(CR-1)보다 복합비료처리구(CR-2~5)에서 224~300% 증가하였고, 동애등에분변토처리구(CR-3~5)는 부산물비료처리구(CR-2)보다 약 24% 증가하였으며, 통계적 유의성을 나타내었다.

건물중은 열무의 지상부, 지하부 및 식물체 전체의 건물중을 조사하였다. 열무의 지상부는 0.2~10.9g/plant로 복합비료처리구(CR-2~5)에서 무처리구(CR-1)보다 8.7~12.7배 증가하였고, 동애등에분변토처리구(CR-3~5)는 부산물비료처리구(CR-2)보다 4~30% 감소하였으나 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 열무의 지하부는 0.6~16.1g/plant로 복합비료처리구(CR-2~5)에서 무처리구(CR-1)보다 24.1~57.1배 증가하였고, 동애등에분변토처리구(CR-3, 4)는 부산물비료처리구(CR-2)보다 4~117% 증가하여 통계적 유의성은 나타내었다. 지상부와 지하부의 합계량으로 식물체의 건물중 합은 복합비료처리구(CR-2~5)에서는 무처리구(CR-1)보다 13.2~26.2배 증가하였고, 동애등에분변토처리구(CR-3)는 부산물비료처리구(CR-2)보다 54% 증가하여 통계적 유의성은 나타내었다.

시험후 처리구별 열무의 생육을 조사한 결과, 동애등에분변토처리구는 부산물비료처리구와 비슷하거나 약간 증가하였고, 가장 생육이 왕성한 처리구는 동애등에분변토를 반량을 처리한 CR-3 처리구로 조사되었다.

표 3-6. 시험 종료 후 처리구별 생육조사

Item	엽수	초장	근장		건물중		
			최대근장	주근장	지상	지하	합계
Treatment	ea	(cm)		g/plant			
CR-1	4b	14.0b	15.2a	1.83b	0.42b	0.2b	0.6a
CR-2	11ab	34.1a	15.9a	5.93ab	5.39a	5.0ab	10.4ab
CR-3	13a	31.9a	17.4a	7.33a	5.20a	10.9a	16.1a
CR-4	11a	33.9a	16.1a	7.30a	4.51a	5.2ab	9.7ab
CR-5	8ab	31.8a	15.8a	7.33a	3.70ab	4.6ab	8.3ab

(3) 함유 양분 조사

열무의 지상부 중 다량원소와 미량원소의 양분함량은 표 3-7과 표 3-8과 같다. 질소는

1.31~1.82%로 부산물비료와 동애등에분변토처리구에서 약간 높게 나타났고, 인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘 및 미량원소들은 처리구별로 약간의 차이는 있으나 비슷한 결과를 나타내었다.

표 3-7. 시험 종료 후 열무의 다량원소 함유량

Nutrient Treatment	N	P	K	Ca	Mg	Na
CR-1	1.33	0.35	1.42	2.01	0.22	0.22
CR-2	1.70	0.36	2.37	2.90	0.25	0.29
CR-3	1.82	0.35	2.08	3.73	0.33	0.41
CR-4	1.40	0.34	2.29	3.70	0.25	0.39
CR-5	1.31	0.27	1.93	3.97	0.34	0.44

표 3-8. 시험 종료 후 열무의 미량원소 함유량

Nutrient Treatment	B	Fe	Mn	Cu	Zn	Mo
CR-1	ND <sup>a)</sup>	185	123	0.4	70.0	ND
CR-2	ND	132	96	0.3	33.4	ND
CR-3	ND	171	147	1.1	56.6	ND
CR-4	ND	147	122	0.3	46.5	ND
CR-5	ND	185	138	0.7	54.0	ND

<sup>a)</sup>ND : not detected(불검출)

#### 다. 동애등에 수집 및 성분분석

##### (1) 동애등에 번데기 사료화 검토

건조한 동애등에 번데기를 가축 등 동물의 사료로 활용하기 위하여 일반성분, 아미노산, 지방산, 항생제 잔류검사, 농약잔류검사, 살모넬라, 아플라톡신 분석한 결과를 표 3-9에서 표 3-13에 나타내었다. 표 9에서는 동애등에 번데기의 일반성분 분석결과를 나타내었다. 동애등에 번데기의 조단백질, 조지방, 조섬유, 칼슘, 인의 성분분석결과 각각 45.36, 32.36, 8.48, 6.21, 1.71, 0.77를 나타내었으며 특히 조단백질 및 조지방 함량이 높아 기존 배합사료보다 월등히 높아 에너지 및 단백질 보충사료로 활용이 가능할 것으로 사료되어진다. 표 3-10에서는 동애등에 번데기의 아미노산 분석결과를 나타내었으며 특히 아미노산 중 필수아미노산인 라이신(LYS)의 성분이 2.58로 높아 병아리 사료로 사용할 경우 매우 적합할 것으로 사료되며 표 3-11에서는 동애등에 번데기의 지방산분석결과를 나타내었다. 성분분석 결과 포화지방산과 불포화지방산의 비율이 1:1.38로 불포화지방산의 비율이 높아 불포화지방산을 활용한 브랜드 계란을 생산하여 일반란보다 높은 소득을 올릴수 있을 것으로 사료되어지며 표 3-12에서는 항생제 잔류검사, 농약 잔류검사, 살모넬라, 아플라톡신 등 동애등에 번데기의 안정성 및 친환경사료로서의 사용가능성을 분석하였다. 특히 항생제잔류검사 및 농약잔류검사 등 각각의 항목에서 불검출로 나타나는 무항생제사료 및 친환경 퇴비 생산도 가능할 것으로 사료되어진다.

(2) 동애등에 번데기의 난각효율개선 실증시험

건조한 동애등에 번데기를 닭 1,500수 규모의 산란동에 급여한 실증시험 결과를 표 3-13에 나타내었다. 동애등에 번데기를 급여로 급여전 채란수는 2,352개에서 급여후 2,380 채란량이 평균 28개 높아졌으며 파란수도 68개에서 45개로 감소하였다. 닭의 난각율 개선을 위해서는 칼슘의 급여를 높임으로써 난각율을 감소시킬 수 있는데 표 9에서 보는 바와 같이 동애등에 번데기의 칼슘 함량은 1.17(%)로 함유되어 있어 난각율 개선에 따른 파란율이 감소된 것으로 사료되어진다.

표 3-9. 동애등에 번데기 일반성분 분석 결과

proximate analysis	(%)
Crude protein	45.36
Crude fat	32.36
Crude fiber	8.48
Crude ash	6.21
Calcium	1.71
Phosphorus	0.77

표 3-10. 동애등에 번데기 아미노산 분석 결과

Ingredient	(%)	Ingredient	(%)
ASP(%)	4.05	PHE(%)	1.89
THR(%)	1.73	<b>LYS(%)</b>	<b>2.58</b>
SER(%)	1.77	HIS(%)	1.43
GLU(%)	4.53	ARG(%)	2.39
GLY(%)	2.61	PRO(%)	2.27
ALA(%)	2.9	<b>MET(%)</b>	<b>0.9</b>
VAL(%)	2.64	<b>CYS(%)</b>	<b>0.27</b>
ILE(%)	1.87	LEU(%)	3.28
TYR(%)	3.11		

표 3-11. 동애등에 번데기 지방산 분석 결과

Ingredient	(%)
포화 지방산(%)	13.15
불포화지방산(%)	16.90

표 3-12. 동애등에 번데기 항생제 잔류, 농약잔류 검사 결과

Ingredient	(%)
항생제 잔류검사	
테트라계	불검출
설파계	불검출
베타락탐계	불검출
농약 잔류검사	
유기인계	불검출
유기염소계	불검출
카바마이트계	불검출
병원성 미생물	
살모넬라	불검출
기타	
아플라톡신(ppd)	0.00
오클라톡신(ppd)	0.00

표 3-13. 동애등에 번데기 급여에 따른 난각율 개선효율 실증 시험 결과

feeding	채란수	파란수
before	2,352	68
after	2,380	45

라. 농가실증시험

(1) 돈분처리 효과시험

동애등에를 이용한 돈분처리 효과 실증시험 결과를 표 3-14에 나타내었다. 처리구 1에서는 성충생산량이 3.1kg, 처리구 2에서는 3.3kg, 처리구 3에서는 3.2kg으로 나타나 남은음식물 등 유기성폐자원을 급여한 동애등에 생산량보다 낮은 생산량을 나타내었다. 이는 돈분의 단백질, 에너지 등 영양성분이 남은음식물 등 유기성 폐자원에 비하여 낮아 동애등에 생육저하에 영향을 받은 것으로 사료되어지며 돈분을 이용하여 동애등에 사육시에는 남은음식물과 혼합하여 사육할 경우 동애등에의 생산량이 높아질 것으로 사료되어진다. 또한 돈분의 점성으로 인하여 톱밥 등 보조제를 넣어 물리성을 개선하여 실험한 결과 동애등에 사육환경을 개선할 수 있었다.

표 3-14. 동애등에 유충의 돈분 처리효과 실증시험 결과

일 차	성충 생산량(kg)	퇴비발생량(kg)
처리구 1	3.1	8.2
처리구 2	3.3	8.8
처리구 3	3.2	9.1



그림 3-2. 동애등에를 이용한 돈분처리 실증시험.

(2) 계분처리 효과시험

동애등에를 이용한 계분처리 효과 실증시험 결과를 표 3-15에 나타내었다. 처리구 1에서는 성충생산량이 4.8kg, 처리구 2에서는 4.7kg, 처리구 3에서는 4.52kg으로 나타나 표 14의 돈분처리효과 실증시험에 비하여 높은 성충생산량을 나타내었다. 이는 계분이 돈분에 비하여 물리성, 영양성분이 높아 동애등에 사육에 적절한 사육환경임을 나타내는 것으로 향후 돈분보다는 계분을 이용하여 동애등에를 생산하는 것이 바람직할 것으로 사료되어진다.

표 3-15. 동애등에 유충의 계분 처리효과 실증시험 결과

일 차	성충 생산량(kg)	퇴비발생량(kg)
처리구 1	4.8	10.3
처리구 2	4.7	9.9
처리구 3	4.5	9.8



그림 3-3. 동애등에를 이용한 계분처리 실증시험.

## 4. 결과 요약

본 연구는 개발된 동애등에(BSF)의 사육장치를 이용하여 가축분뇨의 처리능력을 실증시험을 통해 확인하고 또한 분해산물을 퇴비화하고 애벌레나 번데기는 가축이나 조류 등의 사료로 활용하고자 시험을 수행하였다.

1. 동애등에를 이용하여 가축분뇨 및 음식물쓰레기 처리 후 배설한 분변토의 퇴비화를 위하여 분석한 비료성분은 유기물 함량이 퇴비 공정 규격에 비해 약 2배 높았으며, 염분 함량도 1%미만으로 나왔다.

2. 동애등에 분변토의 퇴비화를 위해 열무의 생육은 동애등에 분변토처리구가 부산물비료처리구와 비슷하거나 약간 증가하였고, 가장 생육이 왕성한 처리구는 동애등에분변토를 반량을 처리한 구였다.

3. 동애등에 번데기의 조단백질, 조지방, 조섬유, 칼슘, 인의 성분분석결과 각각 45.36, 32.36, 8.48, 6.21, 1.71, 0.77%를 나타내었으며 특히 조단백질 및 조지방 함량이 높아 기존 배합사료보다 월등히 높아 에너지 및 단백질 보충사료로 활용이 가능할 것으로 사료되어진다.

4. 가축분뇨를 대량으로 처리하기 위해 농가실증시험을 수행한 결과 돈분을 이용하여 동애등에 사육 시에는 음식물쓰레기와 혼합하여 사육할 경우 동애등에의 생산량이 높아질 것으로 사료되어진다. 또한 돈분의 점성으로 인하여 톱밥 등 보조제를 넣어 물리성을 개선하여 실험한 결과 동애등에 사육환경을 개선할 수 있었다. 그러나 계분이 돈분에 비하여 물리성, 영양성분이 높아 동애등에 사육에 적절한 사육환경임을 나타내는 것으로 향후 돈분보다는 계분을 이용하여 동애등에를 생산하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

## 제 4 장    목표달성도 및 관련분야에 의 기여도

### 1. 목표달성도

구분	연도	세부연구개발 목표	달성도	평가의 착안점 및 기준
1차 년도	2009	○ 동애등에 유충을 이용한 최적분해 시스템 개발(자동화 처리장치)	100 %	○ 용기의 설계 및 디자인
		○ 우수 동애등에 선발 및 생태적 특성 규명	100 %	○ 동애등에 증식기술 개발
2차 년도	2010	○ 규모별 가축분뇨 대량분해 시스템 개발	100 %	○ 규모별 분해용기 개발 정도
		○ 우수 동애등에 선발 및 생태적 특성 규명	100 %	○ 가축분뇨 분해 우수 동애등에 선발
		○ 분해산물의 퇴비화 및 사료화 이용기술 개발	100 %	○ 분해산물의 퇴비화 및 사료화 검정 정도
3차 년도	2011	○ 규모별 가축분뇨 대량분해 시스템 개발	100 %	○ 시작기 제작 및 보급 가능성
		○ 가축분뇨를 이용한 동애등에 연중 대량증식 기술 개발	100 %	○ 대량사육 기술체계 확립 여부
		○ 분해산물의 퇴비화 및 사료화 이용기술 개발	100 %	○ 분해산물의 퇴비 및 사료의 품질

### 2. 관련분야 기여도

- 기존의 가축분뇨 처리 시설과 연계하여 동애등에를 이용한 친환경적 가축분뇨처리기술 개발 보급
- 동애등에 유충생산을 위한 곤충사육농가 육성으로 신 소득원 창출
- 가축분뇨 변환산물의 퇴비화, 유충의 가축사료화로 폐자원 재활용
- 동애등에 유래 항균물질, 의약용 소재 개발 등 고부가 산물 개발



## 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

### 1. 연구개발결과의 활용방안

- 가축분뇨 및 음식물쓰레기 분해를 위한 동애등에 알 생산업체 조기 육성(2012)
- 동애등에 유충을 이용한 가축분뇨 분해 시스템 농가보급 및 조기 실용화(2010)
- 기존 음식물쓰레기 처리시설과 연계하여 저비용 고효율 처리가 가능
- 축산분뇨 처리, 음식물 자가 처리장, 대규모 처리장 등의 유기물분해에 활용(2010)
- 유기성 폐자원내 세균 및 곰팡이 등의 미생물을 섭취 처리하거나 항생물질 분비로 안전 퇴비 생산
- 부산물 비료를 유기농 농가에 안전하게 공급 안전 농산물 생산 가능(2009)
  - ※ 미숙가축분뇨를 비료로서 유기농 농산물 생산에 사용될 경우 유기농 식료품으로 부터 E. coli: 0157감염되는 확률이 8배 높음(미 농무성)
- 지렁이, 집파리 등은 부패하는 냄새를 심하게 발산하지만 거의 동애등에는 냄새가 없음
  - 메탄, CO<sub>2</sub>가스 거의 없음
- 알코올 및 염도가 높은 음식물 쓰레기도 쉽게 분해 할 수 있음
- 지렁이로 분해가 어려운 탄수화물 및 육류 등 어떠한 유기성폐자원도 신속히 분해가능
- 축사시설 바닥에 설치하면 냄새제거 효과 및 집파리 등의 다른 생물의 우점을 억제 할 수 있을 뿐만아니라 2차적인 부산물을 얻을 수 있음
- 동애등에 유충의 2차적인 영양적 이용 : 양어사료 첨가제, 닭사료 단백질 첨가제, 파충류 먹이, 낚시미끼 등

### 2. 경제성 분석

#### 가. 시장파악

(1) 시장파악(국외) : 차별화를 통한 수출(유충먹이 차별화, 음식 또는 기능성 상품)

- 미국(Dr.Olliver 기술협외) : 3 차 방문
- 중국 생산 현장 방문 : 3개회사 방문  
(고비점시 산농생물 유한회사, 농과홍농과기유한회사)
- 일본 : 힐즈콜게이트, 유니참패트, 도기만하야시 등
- 유럽 : 시장 개척중

(2) 시장파악(국내) :

사료업체등 접촉해 본 결과 대량 공급 받을수 있는 유충 및 분해산물을 요구

- 사료업체 : 농협사료(NH바이오), 진바이오텍, 부산사료, 세화사료, 코모텍 외 10여 업체
- 계사 및 파충류 농가 : 가나안농장, 지울농가, 산두른테마마을 등
- 양식 어업자에 판매 : 대봉에프, 송라양어장, 남사양어장, 한샘양어장 등
- 변압기 절연류로 한전과 협의

나. 제품 유통경로

유충을 연중 대량 증식 할 수 있는 업체와 가축분뇨를 먹이로 유충을 사육 할 수 있는 수습에서 수천농가로 연계한 유통 경로가 필요하다

사육농가는 가축분뇨를 먹이로 대량 사육하고 2차부산물은 가공및 소비자에게 공급 할 수 있는 전문적인 업체 및 농업법인이 필요하다

(1) 유충 대량증식 업체

- 전국 시,군 농가와 생산계약
- 대량 유충공급

(2) 사육농가

- 전국 시,군 단위로 농가선정 대량사육
- 유기성 폐기물처리, 번데기생산, 분해산물 생산
- 사육농가 이익 창출

(3) 유충및 분해산물 수거 할 수 있는 농업법인 및 영농법인

- 사육농가로부터 유충수거 및 분해산물 수거
- 번데기 및 분변토 가공
- 소비자 공급 및 수출

(4) 2차부산물 소비처

- 양계농장, 양어장
- 사료유통업체
- 고품질 유기질 비료
- 기능성물질
- 변압기 절연류등

다. 전략



라. 분석

<b>STRENGTH(강점)</b>	S W O T	<b>WEAKNESS(약점)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 동해등에 대량생산 원천기술 보유</li> <li>&gt; 곤충사료시장의 선도자 역할</li> <li>&gt; 시대적, 국가적 관심 고조</li> <li>&gt; 사업다각화로 발전가능성 큼</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 초기 시장형성 과정</li> <li>&gt; 초기 지역주민의 혐오감 발생 가능성</li> </ul>
<b>OPPORTUNITY(기회)</b>		<b>THREAT(위협)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 사업분야에 경쟁자 부재</li> <li>&gt; 국가적 차원에서 지원가능</li> <li>&gt; 국내외적인 환경보호정책의 혜택</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; 단기간 수요시장 확대 가능성 불명확</li> <li>&gt; 초기 과도한 투자자금 발생</li> </ul>
<p><b>■ 약점/위협에 대한 대응방안 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 최근 다양한 언론보도로 홍보효과가 커져 수요시장에 파급영향력을 키우는 방안</li> <li>- 민원발생 생산부문을 지역에 따라 분리하여 설치하는 방안 모색</li> <li>- 이미 초기 투자자금을 안정적으로 확보하는 방안 마련</li> </ul>		

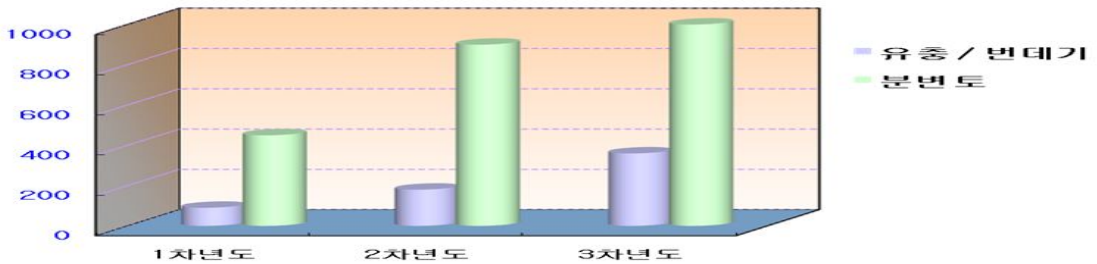
마. 경제성분석

본 개발은 가축분뇨 1ton을 분해 할 수 있는 시스템 개발 하였다.

여기에 3배 시설로 확대 하였을때 경제적으로 많은 이익을 창출 할 수 있었고 전업 사육 농가가 3ton을 처리 할 경우 3-4명의 직원으로 시설을 가동 시킬수 있었다.

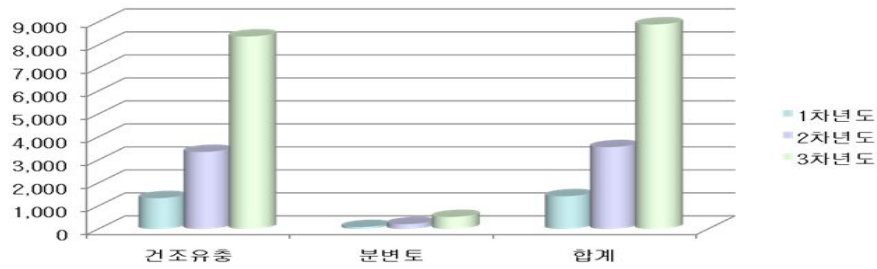
(1) 유충에 가축분뇨3ton을 먹이로 할 때 2차 부산물의 생산량

년차별 생산계획 (단위 : 톤)



구분	단위	월생산능력	1차년도	2차년도	3차년도
건조유충	T	3.7	44.6	112	280
분변토	T	46.5	558	1,395	3,488
<b>합계</b>		<b>50</b>	<b>603</b>	<b>1,507</b>	<b>3,768</b>

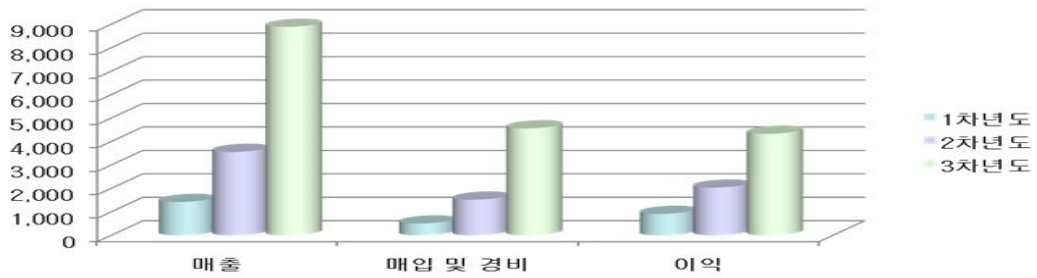
(2) 유층에 가축분뇨3ton을 먹이로 할 때 2차 부산물의 생산량



(단위:백만원)

구분	단가	월매출	1차년도	2차년도	3차년도
건조유층(g)	30	111.6	1,339	3,348	8,370
분변토(kg)	165	7	83.7	209	523
<b>합계</b>			<b>1,422</b>	<b>3,557</b>	<b>8,893</b>

(3) 유층에 가축분뇨3ton을 먹이로 할 때 2차 부산물의 매출



(단위:백만원)

구분	1차년도	2차년도	3차년도
매출	1,422	3,557	8,893
매입 및 경비	507	1,521	4,563
<b>이익</b>	<b>915</b>	<b>2,036</b>	<b>4,330</b>

바. 지식재산권

(1)특허 출원번호 :

출원번호	10-2012-0035869	출원일	2012.4.6
등록번호		등록일	
우선권번호		해외출원여부	
출원인	그린테코 주식회사		
발명의 명칭	컨베이어를 이용한 유기성 폐기물 처리 장치		
요약	<p>컨베이어를 이용한 유기성 폐기물 처리 장치가 개시된다. 내부에 유기성 폐기물을 수용하며, 상기 유기성 폐기물을 처리하는 유층이 서식할 수 있는 공간이 마련된 복수의 처리 용기; 상기 복수의 처리 용기를 상면에 신고 소정의 방향으로</p> <p>이동시키는 컨베이어부; 및 상기 컨베이어부의 상부에 위치하며, 상기 컨베이어부가 멈추어 상기 복수의 처리 용기가 정지하는 경우 상기 처리 용기에 상기 유기성 폐기물을 투입하는 배출부를 포함하는 유기성 폐기물 처리 장치는 유층을 이용하여 유기성 폐기물을 분해하는데 사용되는 복수의 처리 용기에 일정한 유유기성 폐기물을</p> <p>배급하는데 효과적이며, 단층뿐만 아니라 2층 이상의 컨베이어 벨트를 이용하여 대량의 유기성 폐기물 및 유층을 취급할 수 있는 효과가 있다.</p>		
대표도면			
대표청구항	<p><b>【청구항 1】</b>          내부에 유기성 폐기물을 수용하며, 상기 유기성 폐기물을 처리하는 유층이 서식할 수 있는 공간이 마련된 복수의 처리 용기;          상기 복수의 처리 용기를 상면에 신고 소정의 방향으로 이동시키는 컨베이어부; 및          상기 컨베이어부의 상부에 위치하며, 상기 컨베이어부가 멈추어 상기 복수의 처리 용기가 정지하는 경우 상기 처리 용기에 상기 유기성 폐기물을 투입하는 배출부를 포함하는 유기성 폐기물 처리 장치.</p> <p><b>【청구항 2】</b>          청구항 1에 있어서, 상기 컨베이어부는, 상기 복수의 제1 처리 용기를 상면에 신고 소정의 방향으로 이동시키는 제1 컨베이어부; 및          상기 제1 컨베이어부의 상부에 위치하고, 복수의 제2 처리 용기를 상면에 신고 소정의 방향으로 이동시키며, 상기 복수의 제2 처리 용기 사이에 상기 유기성 폐기물을 통과시키는 투입홀이 형성되는 제2 컨베이어부를 포함하는 유기성 폐기물 처리 장치.</p> <p><b>【청구항 3】</b>          청구항 2에 있어서,          상기 제1 컨베이어부와 상기 제2 컨베이어부는 정지시 상기 제1 처리</p>		

용기가상기 제2 컨베이어부의 투입홀에 대하여 위치하도록 정지하는 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물 처리 장치.

**【청구항 4】**

청구항 3에 있어서,

상기 배출부는 상기 제2 컨베이어부의 상부에 위치하며, 상기 제1 컨베이어부와 상기 제2 컨베이어부의 정지 시 상기 투입홀을 경유하여 상기 제1 처리 용기에 상기 유기성 폐기물을 투입하는 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물 처리 장치.

**【청구항 5】**

청구항 4에 있어서,

상기 배출부는 정지 상태에서 상기 유기성 폐기물을 상기 처리 용기에 배출하며, 상기 제2 처리 용기에 미리 설정된 배출량을 배출한 후 상기 제1 컨베이어부와 상기 제2 컨베이어부의 이동 후 상기 제1 처리 용기에 상기 미리 설정된 배출량을 배출하는 것을 특징으로 하는 유기성 폐기물 처리 장치.

**【청구항 6】**

청구항 1에 있어서,

상기 컨베이어부의 하단에 구비되며, 상기 컨베이어부의 구동시 상기 컨베이어부에 걸착한 상기 유기성 폐기물을 차단하는 차단부를 더 포함하는 유기성 폐기물 처리 장치.

**【청구항 7】**

청구항 1에 있어서,

상기 컨베이어부가 결합한 프레임의 측면에 위치하여, 상기 컨베이어부로부터 이송된 상기 처리 용기를 회전시켜서 상기 처리 용기에 수용된 상기 유기성 폐기물을 배출 용기에 배출하는 회전부를 더 포함하는 유기성 폐기물 처리 장치.

(2)특히 출원번호 :

출원번호	10-2011-0016634	출원일	2011.2.24
등록번호		등록일	
우선권번호		해외출원여부	
출원인	그린테크주식회사		
발명의 명칭	컨베이어를 이용한 동애등에 대량 사육 보호커버장치		
요약	컨베이어형 유기성 폐기물 처리 장치가 개시된다. 본 발명에 따른 내부에 유기성 폐기물을 수용하며, 컨베이어 벨트를 이용하여 처리함으로써 대량으로 유기성 폐기물을 처리할 수 있고, 다양한 분야에서 사용가능한 동애등에 유충을 대량 증식할 수 있는 효과가 있다. 본 발명은 컨베이어부 보호커버장치로 컨베이어 양단에 보호커버를 부착시킴으로써 동애등에 유충이 컨베이어 하단으로 탈출하는 것을 방지할 수 있도록 되어있다.		
대표도면			
대표청구항	<p><b>【청구항 1】</b>          내부에 동애등에 유충이 서식하며 유기성 폐기물을 수용할 수 있는 처리용기; 하나 이상의 측면에 경사면이 형성되며, 상기 경사면을 통해 동애등에 유충 이동이 가능한 본체부; 및 상기 본체부의 일면에 마련되며, 상기 유기성 폐기물을 이동시킬 수 있는 컨베이어가 구비되어 있는 컨베이어형 유기성 폐기물 처리장치.</p> <p><b>【청구항 2】</b>          제1항에 있어서, 컨베이어 벨트를 이용하여 유기성 폐기물을 처리함에 있어서, 처리용기의 양단에 보호커버가 장착되어 동애등에 유충이 컨베이어 하단으로 탈출하는 것을 방지하는 장치.</p>		

## 나. 기대성과

### (1) 기술적 측면

- 대규모 축산 농가 및 산업사회가 되어 수도권을 비롯한 대도시에서 많이 생산되고 있는 음식물 쓰레기의 감량을 위하여는 남은 음식물을 최적의 서식지로 삼으면서 단기간 내에 분해할 수 있는 기능이 있는 동애등을 대량생산하여 활용할 수 있음
- 활용 시 자연 생태계 파괴에 영향을 주지 않아야 하며, 안전시설을 갖춘 일정한 장소에서 공정의 단순화·자동화를 거친 후 감량과 변환된 자원(염분 등 제거)을 퇴비화 할 수 있음
- 음식물 쓰레기 등 유기성 폐자원으로 생산된 동애등에 유충의 낚시 미끼와 사료화, 번데기의 저온 저장으로 농가에서 필요로 할 때 가축이나 동물의 고단백 사료화와 분해산물을 유기질 비료로 재활용함으로써 그 가치는 극히 높다고 볼 수 있음
- 유충(약15일)이 번데기(약15일)를 거쳐 성충이 되기 전 자동화시스템으로 분리할 수 있으며 이는 환경문제의 소지를 제거 할 수 있다.
- 동애등에 유충이 먹이활동 시 자체 온도가 40도 정도이며, 빛을 싫어하고, 처리물 내부에서부터 분해를 시작한다. 이에 계절별 온도 조건은 문제의 소지가 되지 않으며, 단 영하의 날씨인 경우 별도의 노지에서 사육 시 약간의 가온이 필요한 정도임

### (2) 경제적·산업적 측면

- 가축분뇨 및 음식물 쓰레기의 처리에는 환경오염을 방지한다는 대명제 아래 재활용의 방향으로 추진되어야 함
- 이러한 과정에서 개발되는 기술에는 경제성이 수반되어야 하며, 현재 전량 외국으로부터 수입에 의존하고 있는 가축 배합사료 원료 중 단백질원으로 수입되는 것은 어분과 혈장 단백질로 각각 kg당 1,100원, 4,200원으로 매우 높은 가격에 수입되어, 이를 대체할 수 있는 가축분뇨나 음식물쓰레기 감량으로 증식한 유충을 건조하여 사료화함으로써 내수를 충족시킬 수 있음
  - 동애등에의 노숙유충 및 번데기를 사료로 이용할 시 수입 대체 사료로 활용하면 동애등에 사육농가에 새로운 소득원 창출
  - 동애등에에 의해 처리된 가축분뇨 변환산물은 유기농산물 생산을 위한 고품질의 퇴비 생산으로 농가 소득에 큰 역할을 할 것임
- 나아가 고질의 생체 사료 대량생산이 가능할 경우 대외 수출하여 외화획득이 가능하고 겨울철 낚시 미끼 품귀 현상이 일어나는 문제를 해결함으로써 현재 상황의 일시적 해소 차원이 아니라 21세기 국가 경쟁력 확보와 환경보존 차원에서 범국가적·범기업적·범사회적으로 추진되어야 할 중차 대안 과제임
- 현재 음식물쓰레기 처리시설들은 환경위생을 고려하지 않아 악취 등 환경민원이 급증하고 있어 이를 대체할 새로운 기술의 개발이 요구되므로 동애등을 이용한 축산분뇨 및 음식물쓰레기 감량화는 환경적으로 안정된 밀폐형 용기를 개발하여 자동화하므로 악취 문제, 침출수 문제 등 환경오염과 관련된 문제를 차단할 수 있음
  - 동애등에는 가축분뇨 및 음식물쓰레기 등을 먹을 때 지렁이나 집파리와는 달리 시노몬이라는 호르몬을 분비하면서 호기성 미생물이 함께 작용하여 악취나 가스 발생을 감량시킴



○ 동애등을 이용한 가축분뇨 및 음식물쓰레기 감량 처리기술은 폐기물로 보는 사회적 시각을 고부가치 자원화 원료로 자원을 재활용함으로써 대국민 인식전환의 계기로 삼을 수 있음

- 동애등을 이용하여 가축분뇨를 대량으로 처리하는 시스템이 개발되어 보급되면 축산농가뿐만 아니라 지자체의 대규모 음식물쓰레기 처리장에도 활용 가능하므로 수요는 엄청날 것임

## 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

### 1. 중국의 동애등에 이용

광둥성 곤충연구소

담당자 : 안신청 박사

사무실 전화 : 020-84190809, 84191709

핸드폰 : 13632 355267

E-mail : [Anxc@gdei.gd.cn](mailto:Anxc@gdei.gd.cn)

주소 : 광저우시 하이쥬취 신강시루 105호 우편 : 510260

#### 가. 동애등에의 생물학적 특성 및 영양가치

동애등에(*Hermitia illucens*), 영문명 Black soldier fly, 쌍시목 병정파리과의 일종의 곤충으로 유충은 기생성으로, 먹이의 범위가 매우 광범위하여, 음식 물 분해사슬의 주요 구성자로 농촌의 돼지우리과 닭장 부근에서 항상 볼 수 있으며, 신선한 돼지와 닭의 분뇨를 먹이로 한다. 미국 조지아대학교 지난세기 80년대에 시작되어 동애등에를 이용해 대량의 닭과 돼지의 분뇨를 처리하는 기술을 테스트했고, 아울러 수확한 유충을 사료첨가제로 가공하여, 판매하고, 한편으로는 가축의 분뇨로 인한 환경오염을 막는 동시에 농민의 수입을 증가시켜, 매우 양호한 경제적, 사회적 효과를 창출했다. 곤충의 빠른 번식과 강력한 소화기능을 이용한 분뇨처리, 중국에서도 마찬가지로 이용 전망이 매우 밝은데, 사육세대 또는 사육회사 모두 다른 정도의 환경오염 문제가 있는데, 특히 돼지 사육장 근처, 더러운 곳, 사방에 더러운 물이 가득한 곳으로 하여금 사육자의 건강과 중국 신농촌의 조화로운 사회 이미지에 심각한 영향을 준다. 본문에서는 동애등에의 생물학적 특성과 영양가치분석을 체계적으로 소개했으며, 진일보한 실제 응용을 위하여, 유익한 정보를 제공했다.

표 1. 동애등에 유충의 아미노산 함량

아미노산	함량	아미노산	함량	아미노산	함량
Met	0.9	Phe	2.2	Scr	0.1
Lys	3.4	Val	3.4	Glu	3.8
Lcu	3.5	Arg	2.2	Gly	2.9
Ilc	2.0	Thr	0.6	Ala	3.7
His	1.9	Try	0.2	Pro	3.3
Tyr	2.5	Asp	4.6	Cys	0.1

1) \*필수아미노산종류

표 2 동에등에 유층의 지방산 구성

x지방산	구성함량	x지방산	구성함량
카프린산	1.6	스테아린산	1.7
라우르산	53.2	올레인산	12.4
미리스트산	6.6	리놀산	8.8
팔미트산	8.4		

표 3. 동에등에 유층의 광물질 함량

광물질	함량	광물질	함량	광물질	함량
P	1.51%	Mn	246ppm	Al	97ppm
K	0.69%	Fe	1370ppm	Sr	53ppm
Ca	5.00%	Cu	6ppm	Ba	33ppm
Mg	0.39%	Zn	108ppm	Na	1325ppm

표 4. 다른 종류의 먹이로 사육한 동에등에 노숙유층기 아미노산 함량

아미노산종류		동에등에 위용(%)			차의폭(E)
漢文	영문약자	쌀겨+밀가루	닭분뇨	돼지분뇨	
天門冬氨酸	Asp	4.15	4.60	4.02	0.14
蘇氨酸	Thr	1.45	0.60	1.47	0.74
絲氨酸	Ser	1.17	0.10	1.11	1.35
谷氨酸	Glu	5.04	3.80	6.10	0.46
脯氨酸	Pro	2.66	3.30	3.40	0.24
胍氨酸	Gly	3.12	2.90	2.26	0.31
丙氨酸	Ala	2.90	3.70	2.37	0.44
胱氨酸	Cys	0.18	0.10	1.33	2.29
纈氨酸	Val	3.06	3.40	2.69	0.23
甲硫氨酸	Met	0.77	0.90	2.44	1.22
异亮氨酸	Ile	2.15	2.00	3.85	0.69
亮氨酸	Leu	3.39	3.50	2.27	0.40
酪氨酸	Tyr	2.87	2.50	1.75	0.47
苯丙氨酸	Phe	1.96	2.20	2.56	0.27
賴氨酸	Lys	2.83	3.40	3.38	0.18
組氨酸	His	1.01	1.90	2.03	0.62
精氨酸	Arg	2.42	2.20	2.63	0.18
아미노산 총량		41.14	41.10	45.66	
필수아미노산		20.21	20.20	24.43	

산함량

\*기본아미노산 : 데이터-C.Sheppard (1994) ; 데이터-임기훈(林啓訓)등(1999)

나. 중국의 동애등에 이용



농과 흥농과기유한회사 방문(북경:2010.8)



산농생물 유한회사방문(정 주:2010.12)



량시탕유한회사방문(지남:2011.2)



2. 미국의 동애등에 이용

□ <http://www.exotic-pets.co.uk/phoenix-worms.html> 에서 애벌레를 판매



□ 파충류, 양서류 등의 먹이로서 아메리카동애등에의 애벌레를 판매하고 있음



## 제 7 장 참 고 문 헌

1. Alcock, J. 1990. A large male competitive advantage in a lekking fly, *Hermetia comstocki* Williston (Diptera: Stratiomyidae). *Psyche* 97: 267-279.
2. Bondari, K., and Sheppard, D.C. 1987. Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, and blue tilapia, *Oreochromis aureus*(Steindachner). *Aquaculture and Fisheries Mgt.* 18:209-20.
3. Booth, D. C., and C. Sheppard. 1984. Oviposition of the black soldier fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing and site characteristics. *Environ. Entomol.* 13: 421-423.
4. Choi, Y. C., J. Y. Choi, J. G. Kim, W. T. Kim, M. S. Kim, K. H. Park and S. W. Bae. 2009. Potential usage of food waste as a natural fertilizer after digestion by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Int. J. Indust. Entomol.* 19(1) : pp. 171-174.
5. Copello, A. 1926. *Biologia de Hermetia illucens* Latr. *Rev. Sco. Entomol. Argent.* 1: 12-27.
6. 學研, 1983(90). 學研生物圖鑑, 昆蟲 III: 200, 日本
7. Hale, O. M. 1973. Dried *Hermetia illucens* larvae (Diptera: Stratiomyidae) as feed additive for poultry. *J. Ga. Entomol.*8:16-20.
8. 김진일. 1997. 韓國未記錄 外來昆蟲 2種, 韓生研誌 2: 223-226.
9. 김종길·최영철·김원태·정길상·박관호·황석조. 2008. 국내 서식하는 아메리카동애등에 (*Hermetia illucens*)의 생태특성. *한용곤지* 47(4) : 337-343.
10. Mifaff report. 2009. Development of feces Solids Conversion System Using the Black Soldier Fly(BSF). Mifaff report 506035-3 pp 94.
11. Newton, G. L., C. V. Booram, R. W. Barker, and O. M. Hale. 1997. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.* 44: 395-400.

12. Newton, G. L. Sheppard. C., Watson D. W., Burtle G. Dove R. 2005. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, As a value-added tool for the management of swine feces. Report for Mike Williams, Director of the Animal and poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC Agreements between the NC Attorney General, Smithfield Foods, and Premium Standard Farms, and Frontline Farmers.
  
13. Sheppard, D. C., Tomberlin. J. K., Joyce. J. A., Kiser. B. C., Sumner S. M. 2002. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyi- dae). J. Med. Entomol. 39: 695-698
  
14. Sheppard, D. C., 1983. House fly and lesser house fly control utilizing the black soldier fly in feces management systems for caged laying hens. Environ. Entomol. 12: 1439-1442.
  
15. Sheppard, D. C., G. L. Newton, S. A. Thompson, and S. Savage. 1994. A value added feces management system using the black soldier fly. Bio. Tech. 50: 275-279.
  
16. Sheppard, D. C., G. L. Newton, S. Thompson, J. Davis, G. Gascho, and K. Bramwell. 1998. Using soldier flies as a manur management tool for volume reduction, house fly control and reduction, house fly control and feed stuff production, pp. 51-52. *In* G-wen Roland (ed.), Sustainable Agriculture Research and Education, Southern Region, 1998. Annual Report. Sustainable Agriculture Research and Education, Southern Region, Georgia Station, Griffin, GA.
  
17. Sheppard, D. C., and G. L. Newton. 2000. Valuable by-products of a feces management system using the black soldier fly - a literature review with some current results. Proceedings, 8th International Symposium - Animal, Agricultural and Food Processing Wastes, 9-11 Octoer 2000. Des Moines, IA. American Society of Agricultural Engineering, St. Joseph, MI.
  
18. Teotia, J. S. and B. F. Miller. 1970a. Factors influencing catabolism of poultry feces with *musca domestica*. Poultry Sci. 49:1443.
  
19. Teotia, J. S. and B. F. Miller. 1970b. Nutritional value of fly pupae and digested feces. Poultry Sci. 49:1453.

20. Tingle, F. C., E. R. Mitchell, and W. W. Copeland. 1975. The soldier fly, *Hermetia illucens* in poultry houses in north central Florida. J. Ga. Entomol. Soc. 10: 179-183
21. Tomberlin, J. K., and D. C. Sheppard. 2001. Lekking behavior of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae). Fla. Entomol. 84: 729-730.



## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.