

곤충 부산물 활용을 통한 양봉사료비 절감방안

노치원*/경상남도농업기술원

연구 필요성

곤충은 미래 성장 원동력으로 재조명받고 있는 친환경 산업의 한 분야이다. 최근에 곤충산업 육성법안이 제정되고 많은 분야에서 연구와 산업화가 진행 중이다. 미래 식량으로 주목받는 곤충 산업이 제자리에 서기 위해서는 제품 생산에서 소비는 물론 그 과정에 발생하는 부산물을 활용하여 에너지화할 수 있는 생태계 선순환 고리가 제대로 형성되어야 한다. 어떤 산업이나 훌륭한 제품이 있는 반면에는 그 부산물로 산업쓰레기가 발생하는 데, 곤충 산업에 당면한 문제는 곤충(거저리) 분변토의 처리이다. 곤충사육 시 많은 분변토가 생기는데, 그 성분 함량을 살펴보면 단백질 비중이 상당히 높아 사료로 활용할 가능성이 있다. 현재 국내 축산업의 당면 화두가 경영비 절감을 통한 수익개선을 말하는데, 경영비 절감의 절대적인 대상은 사료비가 차지하는 만큼 대체사료 개념으로 곤충 부산물을 사용할 수 있는 길이 열리면 곤충산업은 물론 축산농가가 상생할 수 있는 선순환 고리가 형성될 것이다.

대체 사료로서의 가치를 정립하기 위해 다양한 실험이 이루어져야 하는데, 우선 꿀벌에 적용하는 것은 우리나라가 가진 환경적 특수성에 기인한다. 1980년대 전국적으로 40만 군 정도가 사육되다가 현재는 250만 군으로 늘어난 양봉업계가 당면한 문제는 꿀벌 개체수가

* 노치원: 경상남도농업기술원 농촌지도사. 곤충산업, 축산물 가공 업무를 담당하고 있으며, 양봉농가 사료비 절감을 위해 곤충부산물을 사료로 활용하는 연구를 수행했다.

증가한 만큼 밀원은 늘어나지 못하고 오히려 최대 밀원인 아카시아 나무가 사라지는 것이다. 꿀벌의 먹이를 자연에서 충분히 구하지 못하는 상황에서 많은 꿀벌개체수를 유지·관리하기 위해서는 어쩔 수 없이 사료를 인위적으로 공급해줘야 한다.

꿀벌 사육에서 단백질 급여는 꿀벌의 수명 연장에 직접적인 영향을 준다. 통상 꿀벌들은 자연 속에서 꽃가루를 채집하여 단백질을 보충하지만, 우리나라의 여름기간은 충분한 꽃이 없는 무밀기에 속한다. 그러므로 양봉 농가는 무밀기에 단백질 급여를 인위적으로 해주어야 하고 그 비용부담이 큰 편이다. 본 연구는 양봉 농가가 사료 원료인 단백질 공급원을 쉽게 확보할 수 있는 자가 거저리 사육 기술을 개발하여 원가절감 시스템을 구축하고, 양봉에서 반드시 제공해야 하는 단백질 공급원인 대용 화분떡에 곤충부산물 속 단백질을 이용함으로써 꿀벌의 수명 연장을 도모하고 양봉 농가의 비용절감 방안을 도출하는 것을 목적으로 한다.

연구방법 및 내용

다양한 곤충 부산물 중 적합한 단백질 물질을 선정하되, 자연 꽃가루의 단백질이 21~25% 수준임을 고려하여, 최소 20% 이상 단백질을 함유한 곤충 부산물을 선택한다. 대용 화분떡 생산시점에 선택한 곤충 부산물을 다양한 배합비율로 적용해서 꿀벌에게 무밀기 때 제공하는데, 꿀벌의 실험용 대용 화분떡에 대한 기호성 반응, 군세 상태 변화, 질병 발생 여부 등을 중점적으로 분석하여 최적의 배합비율을 찾고자 했다.

1. 사료원료 확보를 위한 원가절감 시스템 구축: 갈색 거저리 사육 기술 확립

가. 갈색거저리 일반생태

(1) 생태학적 특성

- (가) 분류: 딱정벌레목(Coleoptera) 거저리과(Tenebrionidae)
- (나) 영명: Meal Worm

〈표 1〉 갈색 거저리의 일반 특징

| 구분 | 알 | 약충 | 성충 |
|-------|--------------|-----|-----------------|
| 크 기 | 1mm | 3mm | 1.5~2cm 정도 작은 편 |
| 색 상 | 투명한 백색 | 갈색 | 흑색 |
| 생 김 새 | 등근 모양 | - | - |
| 분 포 | 한국, 일본, 중국 등 | | |

(2) 생활사

(가) 1년 4세대(생활주기 평균 3개월)

(나) 완전변태: 알 → 유충 → 번데기 → 성충

(다) 생육과정: 10회 이상의 탈피가 진행된 후 번데기와 성충이 된다. 1~2주 번데기 시기를 거쳐 성충이 된 후 30~40일 정도 산다.

나. 재료 및 방법

(1) 사육 상자 전 처리

(가) 실험 전 세척하여 플라스틱 냄새를 제거한 뒤 햇빛에 1시간 이상 말린 후 사용했다.

(나) 사육 상자 내 오염원이 있다는 가정하에 70% 알콜로 상자 내부를 소독했다.

(2) 사육 형태

사육 상자에 1kg 내외의 유충(중충 구매)을 밀기울과 함께 넣었고, 사육 상자는 5상자를 층으로 쌓았다.

(3) 사료 공급

사육 상자는 바닥에서 15cm 높이에 설치했고, 사료는 밀기울을 급여했다.

(4) 사육 시설

플라스틱 재질의 사육 상자 크기는 300×460×190mm, 15ℓ 용량 10개를 준비해 거저리, 밀기울을 혼사했다.

〈그림 1〉 거저리 사육 상자



다. 결과 및 고찰

(1) 사육 환경

- (가) 사육 상자는 시중에서 판매하는 플라스틱 상자(18ℓ)로, 재질이 투명하여 내부가 잘 보여 사육 관리에 편리하였다(표 2). 단, 재질이 플라스틱이라 고온 및 저온 환경에서 변형되기 쉬운 단점이 있다.
- (나) 거저리는 어두운 곳을 좋아한다.

〈표 2〉 거저리 사육통 종류별 장·단점

| 구분 | 장점 | 단점 |
|----------|----------------------------------|--|
| 골판지 상자 | ○ 통풍이 쉬움 | ○ 관리에 불편함 ○ 유지, 보수 비용 과다 |
| 합성수지 뺑상자 | ○ 튼튼하고 이동성이 좋음 | ○ 상자의 무게가 많이 나가 관리에 인력이 많이 필요 ○ 틈새로 해충이 침입 ○ 공급한 채소가 너무 빨리 건조됨 |
| 합성수지 서랍장 | ○ 여닫기가 쉬움 ○ 닫은 상태에서도 내부 관찰 가능 | ○ 강도가 약해 장기간 사용 시 변형이 일어남 |

※ 출처: 임화선, 2011 산업곤충 거저리의 현장적용 기술개발(농업인기술개발사업 최종보고서: 사천시농업기술센터·농촌진흥청)

(2) 사육 온도

거저리 사육 최적 온도는 26~28℃로, 적정 온도를 벗어나면 갈색거저리의 활동성이 저하되고 발육이 저하되는 것을 확인했다. 거저리의 치사 임계점은 고온 40~45℃, 저온 5~10℃이다.

(3) 사육 습도

별도 수분조절장치 없이 임의로 채소 급여를 통해 사육 습도를 조절했다. 수분 보충을 위해 수박껍질, 양배추, 무, 호박 등을 공급했는데, 습도가 부족한 사육 상자에서는 성충으로 우화하지 못하고 폐사했다. 엄 등(2011)은 각 온·습도 조건하에서 증체량과 폐사율에 있어 많은 차이를 보였다고 보고했다(표 3).

농촌진흥청 식용곤충 표준사육 지침서(2014. 4)에 명시된 사육조건 습도(약 65%) 범위에서 사육해야 하며, 거저리 사육의 적합한 사육 습도는 50~65%인 것으로 생각된다.

〈표 3〉 온·습도에 따른 증체량과 폐사율

| 습도(%) | 온도(℃) | 증체량(mg) | 폐사율(%) |
|-------|-------|---------|--------|
| 50 | 6.5 | ~1 | 5 |
| 50 | 15 | 30 | 5 |
| 50 | 23 | 74 | 12 |
| 50 | 35 | 71 | 24 |

※ 출처: 엄화선, 2011 산업곤충 거저리의 현장적용 기술개발(농업인기술개발사업 최종보고서: 사천시농업기술센터·농촌진흥청)

(4) 사료 공급

(가) 밀기울 100%의 단일 사료 공급, 건조한 사료에 기호성이 증가했고 수분이 많은 채소를 다량 급여하였을 때는 배설물과 채소가 혼합되어 곰팡이가 발생하였다. 곰팡이에 감염된 사료를 먹은 거저리는 폐사했고, 폐사체는 흑색화, 황색화되었으며, 부패로 악취가 증가하였다(그림 2).

(나) 일반적인 사료를 공급하는 것 이외에도 유충이 6mm까지 성장할 때까지 적당량의 양배추, 수박껍질, 무, 호박 등 채소를 주어야 하는 것으로 파악된다. 죽이 많은 신선한 사료는 세척 후 햇볕에 반 건조하여 급여해야 부패를 예방할 수 있는 것으로

확인되었다.

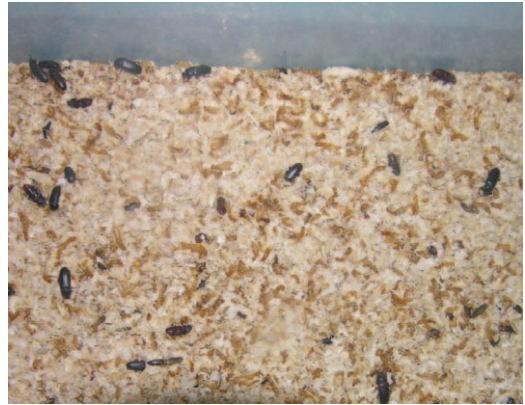
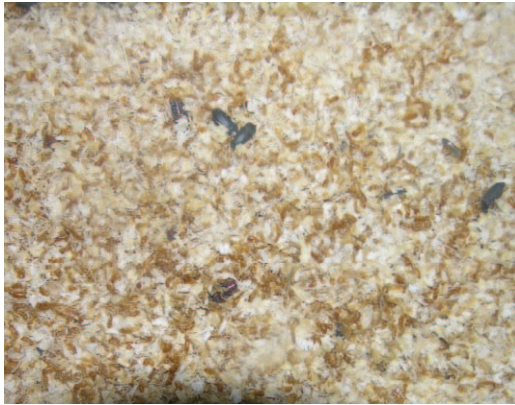
- (다) 유충은 수분이 많은 과채류를 선호하였으나 한번에 많이 급여하는 것은 사육 상자 내에서 해충의 발생 빈도를 높이는 결과를 초래했다.
- (라) 사육 상자 바닥에서 15cm 높이로 공급한 밀기울이 수분과 혼합되어 퇴적 현상이 발생하여 사료 허실량이 증가하고 곰팡이 발생 등 사육 환경이 불량했다. 따라서 밀기울을 사육 상자 바닥에서 5cm 높이로 골고루 도포해 주는 것이 쾌적한 사육 환경조건과 사료 허실 방지에 유리한 것으로 보인다. 거저리 사육을 통한 양봉사료 단백질원 충분한 확보를 위해서는 온습도 관리가 매우 중요한 요인으로 파악되었다. 공급 채소의 종류별 장·단점은 <표 4>에서 보는 바와 같다.

<표 4> 사료 공급 채소별 장·단점

| 채소류 | 장점 | 단점 |
|----------|--|--|
| 무 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 공급단가가 저렴 ○ 거저리 성장에 적당한 수분 함량 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 썰어두면 단시간 내에 건조되기 때문에 조금씩 자주 공급해야 함 |
| 배추 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 공급단가가 저렴 ○ 얇게 썰 필요가 없어서 공급 용이 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 계절에 따라 가격편차가 심함 |
| 호박 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 절단이 용이하고 보관이 쉬움 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 특정 계절에만 공급 가능 |
| 수박 껍질 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 수분함량이 높아서 적은 양으로 수분 공급이 가능 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 당도가 높은 과육(붉은 부분)이 많이 포함되면 점성이 높아서 밀기울이 거저리 주변과 사육 상자에 달라붙는 등 사육에 불편함이 있음 ○ 외피가 너무 두꺼우면 껍질 내부에서 질식해서 폐사하는 경우가 있음 ○ 특정 계절에만 공급 가능 ○ 공급 후 외피를 수거해야 함 |
| 양배추 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 얇게 절단할 필요가 없어 활용성이 좋음 ○ 잘 마르지 않아서 자주 공급할 필요가 없음 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 수분 함량이 낮음 |

※ 출처: 엄화선, 2011 산업 곤충 거저리의 현장적용 기술개발(농업인기술개발사업 최종보고서: 사천시농업기술센터·농촌진흥청)

〈그림 2〉 사육 환경에 따른 거저리의 생육상태 비교



*적정한 온도와 습도 유지로 거저리 생육이 양호했다.



*수분 많은 먹이와 배설물이 섞일 경우 곰팡이가 발생하여 사육 상태가 불량했다.



*수분 과다와 환기 불량으로 거저리가 폐사하고, 폐사체 부패로 악취가 발생했다.

(5) 배설물 수확 이용

- (가) 일반적으로 유충이 28mm까지 자라면 색깔은 황갈색에서 열게 변하며, 사료의 섭취량도 감소한다. 이는 성숙한 유충의 후기이며, 이후에 아주 빠르게 번데기 단계로 들어간다. 유충은 부화 후에 빠르게 먹이를 먹기 시작하며, 개체수의 양에 따라 다소 차이는 있으나 사료 섭취 후 대략 10일 정도 되면 배설물을 체로 걸러 수확할 수 있다. 배설물(거저리 분변토)은 유충과 분변토의 분리에 적합한 크기의 동망체를 선택적으로 활용하면 분변토를 쉽게 수확 할 수 있었다.
- (나) 배설물을 걸러 낼 때는 사료를 다 먹었는지 자세히 관찰해야 하며, 배설물과 함께 혼합된 사료를 다먹으면 다시 배설물을 걸러내야 곤충 부산물 활용을 위한 사료비 절감 단백질원으로 재활용이 가능하다. 특히, 주의할 점은 채소 잎이나 과일 껍데기를 공급하기 전에 배설물을 걸러내야 배설물이 채소 잎이나 과일 껍데기에 붙어서 부패, 변질되어 오염되는 것을 방지할 수 있다. 채소 잎과 과일 껍데기의 첨가 여부는 구체적인 먹이 상황에 따라 정하며, 일반적으로 다 먹고 남은 사료가 없을 때 공급하는 것이 좋다.

〈그림 3〉 배설물(거저리 분변토)



*사료를 먹은 후 10일 정도 지난 후 동망체에 거른다.

2. 곤충 부산물 활용을 통한 양봉 사료비 절감기술 확립

가. 고려대상 곤충 및 부산물

- (1) 거저리(배설물)의 유효 성분 중 조단백질
- (2) 고려대상: 생균제 → 유산균(바실러스 균: 소화흡수율 증가 목적)

나. 연구방법

(1) 화분떡 배합의 무밀기(7~9월) 비교

- (가) 실험대상 봉군: 30군(계상 기준, 군당 30,000마리 이상 보유)
- (나) 거저리 분말 + 유산균 + 기본재료(맥주효모, 대두분말, 자연화분) 10군
- (다) 거저리 분변토 + 유산균 + 기본재료(맥주효모, 대두분말) 10군
- (라) 기존 일반 화분떡 투입군 10군
- (마) 동시투입군: 하나의 벌통에 세 가지 실험떡을 동시 투입해서 기호성을 확인한다.
- (바) 단백질 비율은 자연화분 20%, 맥주효모 45%, 탈지대두 44%, 거저리 23%, 갈색거저리 배설물 조단백질 24%로 구성한다.

(2) 연구기간: 2013. 4. 1~2014. 6. 30

- (가) 화분떡 투입기간: 7월~9월 초순(무밀기)
- (나) 군세 및 질병 관찰: 7월~10월, 월동전 후 → 월동 후 강하게 육성된 봉군을 대상으로 실험했다. 30개 봉군으로 양봉장을 조성하고, 무밀기(7월~9월 초순)동안 화분떡을 투입하고 기호성을 관찰하였으며, 이후 월동 후(3월) 질병 발생 상황과 군세 변화를 비교 관찰하였다.

다. 화분떡 배합비 및 비용

(1) 일반 화분떡

〈표 5〉 일반 화분떡 재료 및 제조비용

| 재료 | 용량(kg) | 원가(원) | 비용(원) |
|-----------|-----------|--------------|----------------|
| 자연화분 | 20 | 6,500 | 130,000 |
| 맥주효모 | 10 | 2,200 | 22,000 |
| 탈지대두분 | 10 | 1,500 | 15,000 |
| 설탕 | 30 | 1,000 | 30,000 |
| 물 | 14 | — | — |
| 총합 | 84 | 2,345 | 197,000 |

※ 단백질 비율 : 15.4%, 비타민, 비오라신, 유산균, 공임 및 포장비 제외

〈표 6〉 일반 화분떡 영양계산표(대용화분)

| | 구분 | 혼합량 | 단백량 | 지방량 | 당비 | 수분비 |
|----|---------------------|------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 1 | 자연화분(kg) | 20.0 | 4.00 | 1.20 | 6.00 | |
| 2 | 맥주효모(kg) | 10.0 | 4.50 | 0.05 | | |
| 3 | 탈지대두분(kg) | 10.0 | 4.40 | 0.07 | | |
| 4 | 탈지분유(kg) | 0.0 | 0.00 | 0.00 | | |
| 5 | 보릿겨(미수가루)(kg) | 0.0 | 0.00 | 0.00 | | |
| 6 | 설탕(kg) | 30.0 | | | | |
| 7 | 물(kg) | 14.0 | | | | |
| 8 | 총량(kg) | 84.0 | 12.9 | 1.3 | 36.0 | 14.0 |
| 9 | 대용화분 성분비율(%) | | 15.4 | 1.6 | 42.9 | 16.7 |
| 10 | 자연화분 성분비율(%) | | 20.0 | 6.0 | 30.0 | 20.0 |
| 11 | 총량 대비 필요량(kg) | | 16.8 | 5.0 | 25.2 | 16.8 |
| 12 | 부족량(kg) | | 3.9 | 3.7 | -10.8 | 2.8 |

(2) 거저리 분말 화분떡

〈표 7〉 거저리 분말 화분떡 재료 및 제조비용

| 재료 | 용량(kg) | 원가(원) | 비용(원) |
|-----------|-------------|--------------|----------------|
| 거저리 분말 | 1.0 | 3,500 | 35,000 |
| 자연화분 | 20.0 | 6,500 | 130,000 |
| 맥주효모 | 10.0 | 2,200 | 22,000 |
| 탈지대두분 | 10.0 | 1,500 | 15,000 |
| 설탕 | 34.5 | 1,000 | 34,500 |
| 물 | 16.1 | — | — |
| 총합 | 91.6 | 2,238 | 205,000 |

※ 단백질 비율 : 14.3%, 비타민, 비오라신, 유산균, 공임 및 포장비 제외

〈표 8〉 거저리 분말 화분떡 영양계산표(대용화분)

| | 구분 | 혼합량 | 단백량 | 지방량 | 당비 | 수분비 |
|----|---------------------|------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 1 | 자연화분(kg) | 20.0 | 4.00 | 1.20 | 6.00 | |
| 2 | 맥주효모(kg) | 10.0 | 4.50 | 0.05 | | |
| 3 | 탈지 대두분(kg) | 10.0 | 4.40 | 0.07 | | |
| 4 | 탈지 분유(kg) | 0.0 | 0.00 | 0.00 | | |
| 5 | 거저리 분말(kg) | 1.0 | 0.23 | 0.10 | | |
| 6 | 설탕(kg) | 34.5 | | | | |
| 7 | 물(kg) | 16.1 | | | | |
| 8 | 총량(kg) | 91.6 | 13.1 | 1.4 | 40.5 | 16.1 |
| 9 | 대용화분 성분비율(%) | | 14.3 | 1.6 | 44.2 | 17.6 |
| 10 | 자연화분 성분비율(%) | | 20.0 | 6.0 | 30.0 | 20.0 |
| 11 | 총량대비 필요량(kg) | | 18.3 | 5.5 | 27.5 | 18.3 |
| 12 | 부족량(kg) | | 5.2 | 4.1 | -13.0 | 2.2 |

(3) 거저리 분변토 화분떡

〈표 9〉 거저리 분변토 화분떡 재료 및 제조비용

| 재료 | 용량(kg) | 원가(원) | 비용(원) |
|-----------|-----------|------------|---------------|
| 거저리 분변토 | 20 | 100 | 2,000 |
| 맥주효모 | 10 | 2,200 | 22,000 |
| 탈지 대두분 | 10 | 1,500 | 15,000 |
| 설탕 | 30 | 1,000 | 30,000 |
| 물 | 14 | — | — |
| 총합 | 84 | 821 | 69,000 |

※ 단백질 비율 : 15.4%, 비타민, 비오라신, 유산균, 공임 및 포장비 제외

〈표 10〉 거저리 분변토 화분떡 영양계산표(대용화분)

| | 구분 | 혼합량 | 단백량 | 지방량 | 당비 | 수분비 |
|----|---------------------|------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 1 | 자연화분(kg) | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 2 | 맥주효모(kg) | 10.0 | 4.50 | 0.05 | | |
| 3 | 탈지 대두분(kg) | 10.0 | 4.40 | 0.07 | | |
| 4 | 탈지 분유(kg) | 0.0 | 0.00 | 0.00 | | |
| 5 | 거저리분변토(kg) | 20.0 | 4.00 | 2.10 | | |
| 6 | 설탕(kg) | 30.0 | | | | |
| 7 | 물(kg) | 14.0 | | | | |
| 8 | 총량(kg) | 84.0 | 12.9 | 2.1 | 30.0 | 14.0 |
| 9 | 대용화분 성분비율(%) | | 15.4 | 2.5 | 35.7 | 16.7 |
| 10 | 자연화분 성분비율(%) | | 20.0 | 6.0 | 30.0 | 20.0 |
| 11 | 총량대비 필요량(kg) | | 16.8 | 5.0 | 25.2 | 16.8 |
| 12 | 부족량(kg) | | 3.9 | 2.9 | -4.8 | 2.8 |

라. 화분떡 재료의 특성 및 제조

(1) 자연화분

국내에서 생산되는 화분은 생산량이 적고 식용으로 찾는 이가 있어 비교적 고가에 거래된다. 통상적으로 사용되는 화분은 중국에서 수입된 화분을 사용하는데, 유채화분과 잠화화분으로 구분된다. 완전건조된 자연화분의 단백질 함량을 20% 전후로 보고 있지만, 시간이 지날수록 단백질 비중이 반감되어, 해마다 20% 정도 반감된다고 알려져 있다. 자연화분은 벌의 기호성이 좋은 편이므로 일반적으로 가장 많이 사용하는 기본재료이다.

(2) 맥주효모

맥주를 생산하고 남은 찌꺼기를 미세하게 분쇄한 것이 맥주 효모인데, 사료용은 물론 식용으로도 유통되고 있다. 짭짤한 맛이 강해서 벌들의 기호성은 떨어지나 식물성 단백질로는 훌륭한 사료로 평가받고 있으며 고급 효모는 단백질 성분이 45% 이상 된다. 물과 혼합했을 때 점성이 강해지는 특성이 있어 너무 많이 비중을 차지하게 되면 찹쌀떡처럼 진득 거러 화분떡 반죽하는 데 힘이 든다.

〈그림 4〉 자연화분



〈그림 5〉 맥주효모



(3) 탈지 대두분

콩기름을 짜고 난 부산물의 분말이며, 고소한 맛과 향기를 담고 있어 꿀벌들의 기호성도 좋은 편이다. 단백질은 44% 전후 함유하고 있어 꿀벌의 사료로 자주 이용한다.

(4) 거저리 분변토

가장 주목할 만한 곤충 사료로서 거저리 생산 이후 남는 부산물이다. 특히 거저리 탈피각

이 포함되어 분변토이지만 24% 수준의 조단백질이 함유되어 있어 자연화분에 버금가는 단백질 함량을 지닌 것으로 가장 기대되는 천연사료이다. 거저리 생산의 부산물이면서도 사료로 재활용되는 선순환 고리가 가능해지고 가격도 저렴해서 산업화 가능성이 크다.

〈그림 6〉 탈지 대두분



〈그림 7〉 거저리 분변토(탈피각 함유)



(5) 거저리 분말

단백질 함량 23%로 동물성 단백질 원으로 충분히 가치가 있으나, 아직은 생산량이 많지 않아 비싼 단점이 있다. 앞으로 거저리의 생산량이 증가하고 단가가 하락한다면 사료용으로서 가치가 크다.

〈그림 8〉 거저리 분말



*거저리



*거저리 분말

(6) 반죽 방법 및 완제품

실험에 사용할 화분떡은 큰 플라스틱 용기에 〈표 8〉과 〈표 10〉에 언급한 재료를 수작업으로 골고루 혼합한 후 화분떡 반죽기로 물과 혼합해 반죽을 만들었다. 생균제 투입은 이때

이루어지며 반죽기를 통해 사각으로 성형한 화분떡은 비닐로 날개 포장해서 완제품을 만들고, 저온창고에 저장하였다.

〈그림 9〉 분변토 및 거저리(밀웬) 화분떡



*거저리 분변토 화분떡



*거저리 분말 화분떡

마. 실험 및 연구사항

- (1) 해당 대용화분에 대한 각각의 기호성 측정
- (2) 균세 변화 확인
- (3) 꿀벌 관련 질병 발생 확인

연구결과 및 현장 적용사례

1. 주요 내용

최소 24% 이상 조단백질을 함유한 곤충 부산물 중에서 거저리 분변토를 선택했고, 거저리(밀웬)는 23%, 탈피각은 57% 이상 단백질을 함유하여 이를 건조 분말로 했을 경우 꿀벌의 대용화분으로 사용할 수 있어 대상으로 선정했다. 본 실험에서 긍정적인 결과가 도출될 경우 사료용으로서의 거저리 활용도 가능해져 추가 수익이 창출될 수 있다. 거저리는 현재 상당수의 곤충사육 농가에서 집중 사육되고 있어 사료용으로서 거저리 유충과 분변토의 공급에도 큰 문제가 없을 것으로 사료된다.

실험은 국내에서 무밀기로 알려진 7~8월(본 실험 9월 초순)까지 화분떡 기호에 대해 집중 관찰하였고, 7월에서 10월, 월동 이후 3월까지 산란 성적, 월동 먹이로 주고 난 이후 이듬해 봄벌 육성, 질병 발생 유무에 어떤 영향을 주는지 알아보았다.

2. 1차 실험~기호성 관찰(7월 27일~8월 5일)

〈표 11〉 대용 화분떡 배합비율

| 구 분 | 일반떡 | 거저리 분말떡 | 거저리 분변토떡 |
|-----------|------|---------|----------|
| 단백질 총량(%) | 15.4 | 14.3 | 15.4 |

가. 선행 연구

화분떡 종류별로 먹는 속도와 균세변화 및 질병유무를 육안으로 관찰하였다. 기본적으로 3그룹(일반떡, 거저리 분말떡, 거저리 분변토떡)으로 나누어 진행했고, 기호성의 확인한 차이를 보기 위해 한 통 속에 3가지 화분떡을 동시 투입했다. 급이 방법은 벌통 상단에 수평사양기를 설치해서 공급했고, 동시투입군은 많은 양을 한꺼번에 주기 위해 수평 사양기를 설치하지 않고 바로 꿀벌들의 생활공간 상단에 화분떡을 배치하고 비닐로 덮어 수분 증발을 방지했다.

(1) 1차 화분떡 투입(7월 27일)

〈그림 10〉 화분떡 투입, 소비 전



*일반떡



*거저리떡



*거저리 분변토떡



*동시투입떡

(2) 1차 화분떡 소비(8월 5일)

〈그림 11〉 화분떡 잔량



*일반떡 40% 남음



*거저리떡 30% 남음



*거저리 분변토떡 70% 남음



*동시투입떡 모습

〈그림 12〉 동시투입 화분떡 소비량 관찰(투입 후 9일째)



*거저리 분변토떡 40% 남음



*거저리 분말떡 30% 남음



*일반떡 50% 남음

나. 선행연구 관찰결과

곤충 부산물에 대한 기호성 관찰을 해본 결과 일반떡과 큰 편차를 보이지 않았다. 다만, 거저리 분변토떡만 투입한 경우 기호성이 떨어지고, 곰팡이가 많이 발생하는 것을 관찰했다. 동시투입시 분변토떡은 투입 후 9일째 40%, 거저리 분말떡은 30%, 일반떡은 50% 잔량이 확인되었으며, 소화기 질병은 관찰되지 않았다.

3. 2차 실험(기호성, 군세, 질병여부 관찰)

1차 실험에서 기호성에 대해 육안으로 관찰했고(선행 연구), 2차 실험에서는 화분떡 종류별로 무게를 측정하고 일정기간 후 얼마나 소진되는지를 알아보았다. 군세 변화에 대한 정확한 측정방법은 없기에 군세 변화는 육안으로 질병 발생 여부는 정밀 내검을 통해 확인하였다(그림 15~17).

〈표 12〉 화분떡 종류별 투입량(8월 15일 투입)

(단위: kg)

| 구 분 | 일반떡 | 거저리떡 | 분변토떡 |
|-----------|------|------|------|
| 단일 화분떡 투입 | 0.72 | 1.10 | 1.12 |
| 동시 투입한 경우 | 0.70 | 1.24 | 1.14 |

※ 기존 화분떡과 수작업 화분떡의 무게 보정없이 투입함

가. 단일 화분떡 투입군 무게 측정

〈그림 13〉 단일 투입 3종 화분떡



*일반떡

*거저리 분말떡

*거저리 분변토떡

나. 동시투입군 화분떡 무게 측정

〈그림 14〉 동시투입군 3종 화분떡



*일반떡

*거저리 분말떡

*거저리 분변토떡

〈그림 15〉 2차 화분떡 투입(8월 15일)



*일반떡



*거저리 분말떡



*거저리 분변토떡



*동시투입

〈표 13〉 화분떡 잔량 - 1차 / 2013년 8월 27일 육안 관찰

(단위: %)

| 구분 | 일반떡 | 거저리떡 | 분변토떡 |
|-----------|-----|------|------|
| 단일 화분떡 투입 | 30 | 40 | 80 |
| 동시 투입한 경우 | 30 | 20 | 10 |

*단일 화분떡과 다르게 동시투입군에서 분변토를 잘 먹음.

〈그림 16〉 화분떡 소비량 측정(2013. 8. 27, 육안 관찰)



*일반떡



*거저리 분말떡



*거저리 분변토떡



*동시투입

〈표 14〉 화분떡 잔량 - 2차 / 2013년 9월 1일 육안 관찰

(단위: %)

| 구 분 | 일반떡 | 거저리떡 | 분변토떡 |
|-----------|-----|------|------|
| 단일 화분떡 투입 | 5 | 20 | 60 |
| 동시 투입한 경우 | 10 | 5 | 0 |

*단일 화분떡 투입군 중 분변토떡의 기호성이 가장 낮았음.

〈그림 17〉 화분떡 소비량 측정(2013. 9. 1, 육안 관찰)



*일반떡



*거저리 분말떡



*거저리 분변토떡



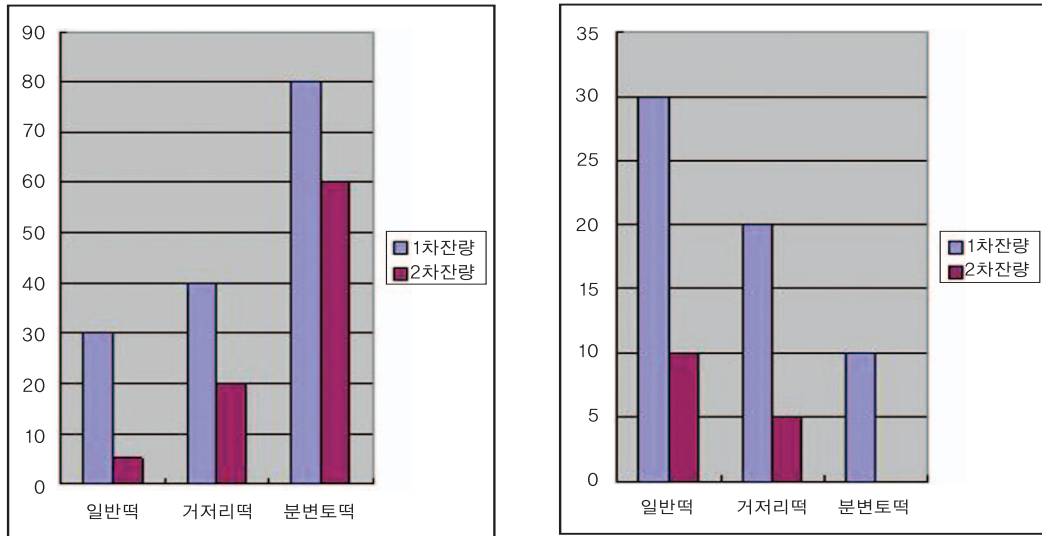
*동시투입

〈표 15〉 화분떡 잔량 1, 2차 비교

(단위: %)

| 구 분 | 일반떡 | | 거저리 분말떡 | | 거저리 분변토떡 | |
|-----------|-----|----|---------|----|----------|----|
| | 1차 | 2차 | 1차 | 2차 | 1차 | 2차 |
| 단일 화분떡 투입 | 30 | 5 | 40 | 20 | 80 | 60 |
| 동시 투입한 경우 | 30 | 10 | 20 | 5 | 10 | 0 |

〈그림 18〉 화분떡 잔량 비교 그래프



*단일화분떡 투입군

*동시투입군

4. 실험 결과

가. 기호성 결과

2차 실험 결과 단일 화분떡 투입군의 경우 분변토떡이 기호성이 많이 떨어지고, 반면 동시투입한 경우 가장 잘 먹는 것을 볼 수 있었다. 이는 분변토떡이 온도에 민감하게 반응을 한다고 판단되는데, 다시 말해서 분변토와 생균제가 배합된 상태에서 별도의 발효과정 없이 실험군에 투입한 경우 적정온도(33~35℃)가 유지될 경우 자연발효되면서 벌들이 먹기 좋은 상태로 변화가 되는 것이 아닌가 추정할 수 있다. 실제 벌통 속 육아 온도가 35℃ 전후이기 때문에 발효 온도에 근접하다고 볼 수 있으며, 단일 화분떡 투입한 분변토떡의 소비량이 적었던 이유는 먹이 공급기기(수평사양기)가 충분한 온도를 유지하기 힘든 구조이기 때문이라 생각된다. 발효가 되지 않은 분변토떡이 투입되었고, 이후 자연발효조건인 적정 온도를

유지할 수 없었고 그 때문에 미발효상태로 꿀벌들에게 노출되어 기호성이 떨어진 원인이 되었다 할 수 있다. 본 연구를 통해서 분변토의 꿀벌사료화의 가능성은 충분히 열려있다고 보며, 사전 발효 후 투입하는 방법이나 동시 투입군의 사례와 같이 여왕벌 산란권의 바로 위 소비상단에 떡을 올려놓고 비닐로 보온유지하면 적용할 수 있다고 판단했다.

나. 군세 변화 - 육안 측정(7월~10월, 월동이후 3월)

이동성이 강하고 사나운 꿀벌을 저울로 무게측정하기에는 현실적인 어려움이 있어 육안으로 측정하였으며 결과는 <표 16>과 같다(1매군 = 2,000마리).

<표 16> 월별 군세변화 관찰

| 구분 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 2014년 3월 |
|-------|----|----|-----|-----|----------|
| 일반떡 | 8 | 8 | 7 | 5.5 | 4.5 |
| 거저리떡 | 8 | 9 | 7.5 | 6.5 | 5.5 |
| 분변토떡 | 8 | 9 | 8 | 7 | 6 |
| 동시투입군 | 8 | 12 | 10 | 8 | 7 |

다. 질병 관찰 결과

일교차 급변에 따른 보온 대책을 마련했고, 저녁에 벌통 외부 보온재를 사용하여 특별관리를 하였다. 낮 기온 상승 시 보온재 제거, 대용 화분 공급을 통한 단백질의 충분한 공급, 양봉장 주위 환경 정리를 통한 오염원 제거, 일반적인 시기별 해충방제 조치 등으로 연구 기간 동안에 사료 급변이나 일교차에 따른 온도 변화에 의한 질병 발생이 <표 17>에서와 같이 뚜렷하게 관찰된 바는 없었다. 꿀벌의 과학적인 진단을 위해서는 14종의 프리머(primer)를 이용한 중합효소연쇄반응법(PCR detection)을 통한 병인체의 존재 확인, 염기서열에 의한 질병의 확인을 해야 하는데 많은 연구비가 수반되어야 하는 부담 때문에 육안적 관찰로 결론을 내렸다.

<표 17> 꿀벌에 질병을 일으키는 주요 병해충 관찰결과

| 병명 | 병원체 | 감염(발병)시기 | 대표증상 | 결과 |
|-------|---------|----------|------------|----|
| 부저병 | 세균 | 유충 | 부패 | 무 |
| 노제마병 | 곰팡이(진균) | 성충 | 설사 | 무 |
| 백목병 | 곰팡이(진균) | 유충 | 굳음 | 무 |
| 바이러스병 | 바이러스 | 전 생육기 | 마비, 기형날개 | 무 |
| 꿀벌 응애 | 응애 | 전 생육기 | 급성마비, 기형날개 | 무 |

*진단방법: 육안적 예찰(내검)에 따른 대표증상 발생 여부

따라서, 거저리 분말을 포함한 화분떡의 경우는 일반 화분떡 수준의 성적을 내었고, 잘 먹는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 거저리 분말은 가격 면에서 꿀벌 사료로 적용하기에는 양봉 농가에서 부담을 갖기 때문에 대량생산으로 가격이 적정선에 맞춰질 때 사료화의 기회가 올 것으로 판단된다.

그 밖에 군세의 변화나 질병 관련 여부를 확인했을 때, 유의한 군세 차이나 질병 발생은 없었다. 분변토떡만 먹인 실험군에서는 상대적으로 군세가 줄어든 것을 볼 수 있었지만, 비교적 건강한 모습을 보였고, 동시투입군의 경우는 실험과정에 빠른 군세 증가와 활력이 넘치는 것을 확인할 수 있었다.

라. 월동 성적 비교

꿀벌은 먹이의 질에 따라 수명이 영향을 받게 되는데, 특히 동면기인 겨울에 얼마나 혹한의 추위를 잘 견디느냐는 월동 전에 충분한 영양공급이 이루어졌느냐에 달려있다. 12월에서 1월 말까지 벌통 속의 내부온도가 5℃ 정도를 유지하는데, 이때는 꿀벌들이 벌통의 한가운데에서 봉군을 형성하고 가만히 가사상태(수면상태)로 월동을 하게 된다. 특별한 먹이활동이 없는 시기로 꿀벌은 체내에 축적된 단백질 형성 전구체를 영양분으로 최소한의 수명유지활동을 한다. 일명 'fat bees' 라고 지칭하기도 하는데 월동전 먹이 활동이 충분하고 질적 영양분이 만족할 수준이었다면 긴 겨울일지라도 벌의 몸속에 충분한 에너지가 있어 훌륭한 월동 성적을 낼 수 있다.

양봉농가에게 있어서 월동 성적은 한 해 매출과 직결되기에 무엇보다 중요하다. 많은 꿀벌 개체수가 살아남는 경우 봄벌 육성에 유리하고 꿀벌 개체수의 양적 팽창 시기도 앞당길 수 있어 대유밀기인 아카시아꽃이 만발하는 5월에 최대한 많은 봉군을 보유하게 되어 꿀 수확량을 늘릴 수 있게 된다. 그러므로 곤충을 사료화하는 실험의 마무리는 월동 성적 수준을 관찰하는 것도 중요하다.

따라서 월동 전까지 실험군마다 정해져 있는 각각의 대용 화분떡을 계속 공급하여, 꿀벌의 체내에 축적된 단백질 형성 전구체의 크기에도 영향을 미쳤을 것으로 가정하고 월동 이후 얼마나 많은 개체수가 생존했는가를 관찰했는데 그 결과는 <그림 19>~<그림 22>와 같다.

(1) 월동 이후 군세관찰 결과 (2014년 3월 3일, 한낮 기온 13도)

〈그림 19〉일반떡 투입군 월동 이후 4.5매벌(양호)



〈그림 20〉거저리분말 투입군 월동 이후 5.5매벌(양호)



〈그림 21〉거저리 분변토 화분떡 투입군 월동 이후 6매벌(양호)



〈그림 22〉동시 투입군 월동 이후 7매벌(우수)



(2) 월동 이후 관찰후기 - 군세 변화, 질병 여부

월동 이후 각각의 실험군에 대한 군세 변화를 육안 관찰한 결과 무난히 군세를 유지하고 있었으며, 초봄 육아활동에도 별 무리없음을 확인하였다. 일반 화분떡만 먹은 실험군보다는 거저리를 활용한 화분떡 투입군이 군세가 좀더 나아 보였으며 특히, 세가지떡을 월동할 때까지 계속 투입한 실험군에서는 유의하게 군세가 잘 유지되었고, 봄벌 육성에도 가장 적극적으로 볼 수 있었다. 통상 봄벌 육성을 시작할 시점에 4~5매 벌에서 군세 규모가 형성되는데, 동시투입군은 3월 초순에 6매 벌 이상 강군을 유지했던 점에 주목할 필요가 있다. 이는 충분히 발효된 분변토떡이 월동 성적에 직접적으로 기여하는 단백질 전구체 형성에 적지 않은 도움을 준 것으로 이해되며 꿀벌의 수명연장에 도움을 주었다고 판단한다.

실험기간 내내 진드기에 대한 방역활동은 유지되었고, 부저병 예방을 위한 휴미딜비 사양급이는 월동 사양 말미에 집중하였고, 월동전 모든 실험군에서 특별한 질병 발생은 볼 수

없었다. 그리고 월동 이후 봄벌 육성단계에서도 특별한 질병징후는 없었다.

5. 결과 요약

유엔 식량농업기구(FAO)에 따르면 2050년 세계 인구는 90억 명에 달하게 되며, 현재보다 2배 이상 많은 식량이 요구된다고 발표했다. 동물성 단백질을 생산하기 위해서는 지구 식량의 30%를 가축이 소비해야 하고 더불어 온실가스의 배출량 문제도 당면한 과제로 다가온다. 온실가스의 주범인 이산화탄소의 18%가 축산에서 방귀의 형태로 발생하는 만큼 그 대안으로 곤충산업 육성이 거론되는 것은 당연한 결과이다. 향후 곤충산업 규모가 커질 것은 분명하나, 생태계 선순환 고리를 만들지 못하면 그 또한 한계에 부딪칠 것으로 보인다. 그러한 이유로 본 실험은 곤충의 생체와 분변토를 양봉사료로 활용할 수 있는지의 여부를 검증하는 데 주안점을 두었다.

단백질 함량을 고려하여 거저리 분변토를 선정하였고, 더불어 거저리 분말도 양봉사료로 가능한지 검증하였다. 일반화분떡, 거저리 분말떡, 거저리 분변토떡 세가지를 준비하고 무밀기인 한여름동안 꿀벌에게 공급하며 기호성, 질병, 군세 변화를 관찰하였다. 세가지 화분떡 모두 기호성을 갖고 있고 특히, 분변토의 경우는 발효온도가 적절할 경우 매우 잘 먹고 꿀벌들도 활력이 넘치는 것을 확인했다. 실험 결과 세 그룹 모두 질병은 없었고, 군세 변화에 부정적 영향을 주지는 않았다.

월동 이후 봄벌 육성에 어떤 유의한 차이가 있는지를 확인해 본 결과 모든 실험군에서 무난한 봄벌 육성이 이루어짐을 확인할 수 있었고, 특히, 동시투입군에서는 유의한 군세 변화가 있었다. 전 실험기간동안 특별한 질병 발생은 없었고 분변토에 대한 발효 과정에 대한 세부적인 실험을 추가할 필요가 있다고 생각한다.

가. 해당 대응화분에 대한 각각의 기호성 측정 결과

- 단일 화분떡 투입군의 경우에 거저리 분변토떡은 기호성이 많이 떨어지고, 반면 동시 투입한 경우는 오히려 기호성이 가장 컸다(표 11).
 - 화분떡 기호성(잔량) 측정 결과
 - 단일 화분떡: 일반떡 5% < 거저리 분말떡 20% < 거저리 분변토떡 60%
 - 동시투입 화분떡: 거저리 분변토떡 0% < 거저리 분말떡 5% < 일반떡 10%
- ※ 기호성 증대를 위해 발효기술 접목, 양질의 화분떡 제조 생산 이용 가능

나. 군세 변화 조사결과(육안 측정: 7월~10월 / 월동 이후 3월)

- 일반떡(7월~10월): 평균 7.1 매벌 / 4.5매벌
 - 거저리 분말떡(7월~10월): 평균 7.7 매벌 / 5.5매벌
 - 거저리 분변토떡(7월~10월): 평균 8.0 매벌 / 6.0매벌
 - 동시투입군(7월~10월): 평균 9.5 매벌 / 7.0매벌
- 일반떡+거저리 분말떡+거저리 분변토떡을 1군에 동시 투입
 - ※ 동시투입군에서 강군을 유지했다.

다. 꿀벌 관련 질병 발생 확인

꿀벌에 질병을 일으키는 주요 병해충 5종에 대해 내검을 통하여 <표 14>에 제시된 병명, 병원체, 감염(발병)시기, 대표 증상을 기준으로 각각의 질병 발생 여부를 관찰한 결과 모두 이상이 없었다.

※ 꿀벌 주요 병해충: 부저병, 노제마병, 백묵병, 바이러스병, 꿀벌응애

질병에 감염된 꿀벌들은 로열젤리를 생산하는 하인두분비샘(hypopharyngeal gland)이 발달하지 않아서 애벌레에게 줄 로열젤리가 부족하면 꿀벌의 개체수가 급격히 감소하고, 질병에 감염된 여왕벌의 산란율은 건강한 봉군에 비해 약 12% 정도 감소한다. 그러나 본 연구에서는 꿀벌의 군세 변화 관찰 결과 강군을 유지했기 때문에 질병 감염이 없었음에 신뢰를 높였다.

기대효과

1. 비용절감 효과

가. 양봉농가는 무밀기에 대체(저비용 고효율) 할 수 있는 사료를 개발할 수 있다.

나. 일반 화분떡은 거저리 사육 부산물을 재활용하면 60% 이상 비용절감 효과를 볼 수 있다. 제조비용이 2,345원/kg인데 거저리 분변토떡은 821원/kg 밖에 들지 않아 곤충농가 입장에서 신 성장 산업으로 주목받는 곤충산업이 활성화될 수 있는 계기를 마련할 수 있다.

2. 산업 폐기물의 선순환 처리방식 창출 효과

거저리 사육 후의 분변토는 산업 폐기물로 분류되는데, 꿀벌 먹이로 활용할 경우 산업 폐기물 선순환 처리방법을 찾을 수 있다.

3. 사양관리 개선을 통한 고품질 벌꿀 생산으로 소비자 신뢰 확보

4. 양봉 산물(봉독 등) 생산성을 높이기 위한 지속적 관리 기능

무밀기에 거저리 분변토를 활용한 대체 사료를 개발함으로써 양봉농가의 현재 수익모델이 벌꿀 판매에 한정되어 있지만, 벌꿀, 봉독, 프로폴리스 등 다양한 양봉산물을 통해 수익을 창출할 수 있다.

[참고문헌]

1. 오동환(2004), 천연소재를 이용한 한봉(토종벌) 사료 개발에 관한 연구, 순천대학교
2. 유옥승(2011), 갈색거저리 사육과 이용기술, 농촌진흥청
3. 엄화선(2011), 산업곤충 거저리의 현장적용 기술개발, 농촌진흥청
4. 농촌진흥청(2003), 양봉(표준영농교본)
5. 농촌진흥청(2010), 양봉(표준영농교본)
6. 농촌진흥청(2011), 품목별(양봉) 농업소득 향상을 위한 운영 매뉴얼
7. 농촌진흥청(2013), 산업곤충 사육기준 및 규격(I)
8. 농림수산식품부(2012), 곤충사육매뉴얼