

양파 국산 품종의 안정적 보급을 위한 수분 매개충 금파리류 사육기술 개발

황보인식* / 해남군농업기술센터 지도사

연구 필요성

1. 양파 채종산업 및 현황

우리나라 양파 재배면적은 2002년부터 꾸준히 증가하여 2010년 20,000ha를 상회하였으며, 2014년에는 23,911ha로 역대 최대면적에 달하였다. 양파 재배면적 증가와 함께 종자소요량도 꾸준히 증가하여 2005년 42.9톤에서 2013년 88.7톤에 이르렀으며 2015년 양파종자 매출액은 276억으로 양파농가의 종자구입비는 10a당 115천 원이었다.

연도별 양파종자 생산은 1992년부터 국외 채종이 시작된 이후 국내 채종 생산량은 감소하는 반면 국외 채종 생산량은 매년 증가하는 추세로 2011년 이후에는 국외 채종 생산량이 총생산량의 80~85%를 차지한다.

국외 채종 생산량이 증가하게 된 원인은 다음과 같다.

첫째, 우리나라 양파의 결실기는 6월 중하순~7월로, 장마철 잦은 비로 채종 생산량에 많은 영향을 미친다. 양파는 충매화로 개화기 벌, 나비 등의 방화가 많아야 결실율이 높아지는데 장마철 잦은 비로 방화 횟수가 줄어들 뿐만 아니라 양파 꽃의 생육 상태가 불량해져 채종 생산량이 현저히 감소하고 있다.

* 황보인식: 해남군농업기술센터에서 근무하면서 해남군의 주요 특산물인 미니밤호박 등의 소득작목을 개발·보급하였다. 국내 양파 안정적 채종을 위해 수분 매개충으로 이용하는 연두금 파리 사육기술을 연구하였다.

둘째, 국외 채종이 이루어지고 있는 중국, 페루 등은 국내보다 채종비가 저렴하고 개화 결실기에 강우량이 적어 종자가 충실하고 품질이 좋은 채종 적지로 종자를 생산하기에 유리한 조건을 갖추고 있다.

<표 1> 연도별 양파 종자 생산 실적

연도	국내채종		국외채종		계(kg)
	생산량(kg)	비율(%)	생산량(kg)	비율(%)	
2005	5,244	12	37,704	88	42,948
2011	8,768	16	45,017	84	53,785
2012	14,646	22	50,622	78	65,268
2013	14,664	17	73,067	83	87,731
2014	10,946	15	60,083	85	71,029
2015	11,671	17	55,606	83	67,277

출처: 한국종자협회

그러나 국내 채종 면적이 꾸준히 증가하면서 종자생산량이 2005년 5.2톤에서 2013년 14.6톤으로 증가하였다. 국내 양파 채종 생산량 중 약 80%를 해남지역에서 생산하고 있다. 그 이유는 첫째, 국외 채종은 비가 적게 오는 지역인 중국, 페루, 이탈리아에서 노지채종이 이루어지는데, 최근 지구 기후변화로 채종지역에 심한 가뭄이 자주 발생하여 채종 생산량이 불안정하고, 둘째, 채종과정에서 하이브리드 품종의 유전자원이 유출되는 등의 문제가 발생하고 있으며, 셋째, 농림축산식품부의 골든시드프로젝트(GSP, Golden Seed Project)로 양파종자 생산업체를 지원해 국내 양파 채종 면적이 증가하고 있기 때문이다.

우리나라는 주로 비닐하우스 내에서 양파 채종을 하고 있어서 안정적으로 채종할 수 있는 여건을 갖추고 있다. 국내 채종 종자는 양파 재배지와 같은 환경에서 채종되므로 국외 종자보다 각종 생리장해가 적고, 품종성능이 우수한 종자를 생산할 수 있다.

2. 양파 채종방법

가. 모구 이용법

해남지역 양파 채종은 추파재배로 하고 있으며, 9월 양파종자를 파종하여 채종용 모구를

생산·정식한 후 이듬해 2년 차에 개화시켜 종자를 채종하고 있다. 모구 이용 종자 생산방법은 종자에서 직접 얻어진 작은 식물체의 춘화요구도가 만족스럽지 못하거나 많은 개체의 개화 유도가 어려운 단점이 있지만 장점으로서는 다음 세대에서 종자를 생산하기 전에 저장 모구 내에서 1차적인 선발이 이루어질 수 있다.

나. 종자 이용법

종자 이용법은 기본식물이나 순계의 대량생산에 유리하다. 이 방법에서는 형성된 구가 없어서 개화 전에 엽초와 구색으로만 선발할 수 있다. 1대 잡종 종자 생산 시 모본과 부분간의 개화를 자극하는 것이 결여되기 때문에 파종 시기를 다르게 하면 약간의 보상은 받을 수 있다.

종자 이용법은 모구 이용법보다 까다롭고, 상이한 춘화 온도에서 처리가 불가능하여 재식 일자의 범위가 더 제한을 받는다. 따라서 종자이용법은 일장이 긴 고위도지역에서 적용되는데, 미국 남부 캘리포니아주에서는 가을에 재식하여 6월에 채종하고, 반대로 오리건주에서는 6월에 재식하여 다음해 8월에 채종한다.

다. 고정종 육성 및 종자생산

고정종이란 단일계통을 증식하여 품종으로 사용하는 것이다. 양파는 생리적으로 자가수정이 되지 않고 타가수분이 되는 응예선속식물로 자연 교잡율이 노지에서 73~100%, 온실에서 29~82% 정도이다.

고정종 양파 품종은 100% 동형 접합적(homozygous) 유전자가 아니라 이형 접합적(heterozygous) 유전자들이 많이 포함되어 있다. 그러므로 특성이 우수한 고정종을 도입하여 숙기, 내병성, 내한성, 수량성 등 특정한 나라의 기후와 토질에 적응이 잘 되는 개체 또는 집단을 선발하고 그것을 증식하면 기존의 품종에서 한 걸음 뛰어난 새로운 계통 또는 품종을 얻을 수 있다. 육성한 신품종은 매년 원종생산을 하고 있다.

원종은 2~3만구 중에서 200구 정도 엄선된 모구를 사용하여야 되나 종자 생산 농가에서는 엄선된 구 중 일부를 원종용 모구로 하고 차선의 모구를 선발하여 일반채종용 모구로 사용하고 있다.

라. 혼식 자연수분에 의한 1대 잡종 생산

불임계 모본의 채종은 망실 내에서 웅성불임성 모구와 유지친 모구를 혼식해서 채종한다. 이렇게 얻어진 불임계 원종의 모구와 타 품종의 모구를 혼식해서 1대 잡종을 채종하는데, 이 경우 부분의 화분 양, 매개곤충 수 등에 의해서 불임주와 화분주의 비율을 4:1로 하는 것이 보통이다.

3. 양파채종 수분매개곤충으로 연두금파리 이용 채종

양파 꽃은 화분이 끈적끈적한 특성이 있고 수분매개체로 바람보다는 곤충이 더 중요한 요인으로 작용한다. 양파 꽃을 찾는 곤충의 종류는 대략 267여 종이고, 그들 중 중요한 수분매개체는 꿀벌과 파리 종류다.

양파와 파를 포함한 파속류 작물을 대규모 종자 채종시 수분매개충으로 빨가위벌 일종(*Osmia rufa*), 꿀벌(*Apis mellifera*), 꿀벌 일종(*Apis dorsata*), 꽃등에(*Eristalis tenax*), 집파리(*Musca domestica*), 금파리류(*Calliphroa* sp. and *Lucilia* sp.) 및 모기류(Mosquito veils)가 이용된다. 양파 꽃의 꿀에는 K^+ 함량(3,600~13,000ppm)이 다른 작물보다 높아 꿀벌의 활동에 제한을 주고, 온도가 상승함에 따라 꿀의 액성이 증가하여 꿀벌이 용이하게 섭취하는 것이 곤란해 정상적인 꿀벌의 활동이 어렵다. 따라서 격리된 장소의 환경조건에서 수분매개충으로 꿀벌보다는 파리를 이용하는 것이 효과적이다. 종래에는 인공교배 및 동종교배(inbreed) 계통의 교잡에 야생의 집파리, 쉬파리, 금파리, 연두금파리 등을 포집하여 활용했으나, 계통이나 조합이 늘어나 규모가 확대되면서 파리를 포집하는 방법으로는 적기에 필요량을 공급하는 것이 곤란하여 최근에는 연두금파리를 대량으로 사육하는 방법을 이용하고 있다.

4. 양파채종을 위한 연두금파리 사육 시 문제점

연두금파리 먹이로 주로 돼지허파를 이용하고 있다. 양파 채종 농가 대부분은 비닐하우스 주변에 돼지허파를 방치하여 자연 상태로 연두금파리를 유인하는 번식 방법을 활용하고 있다. 때문에 인근 주민들에게 혐오감을 주고, 연두금파리 번식과정에서 돼지허파의 부

때로 심한 악취와 파리 떼가 인근 농가나 축사로 유입되어 민원이 발생한다.

특히 파리증식은 양파 개화기인 5월 하순~6월 중순에 이루어져 기온 상승으로 악취 발생이 더욱 심해지고, 자연 방사하는 파리의 밀도가 증가하면서 인근농가 및 축사로 파리 떼가 옮겨가 민원 발생으로 양파 채종사업 농가들의 어려움 또한 가중되고 있는 실정이다. 또한 연두금파리 투입 시 먹이(돼지허파)에 유충을 발생시켜 비닐하우스 내 투입하는 방법은 하우스 내 악취 발생으로 양파채종 농업인의 건강을 위협하고, 힘든 노동과 경영비 증가로 양파채종 사업이 위축될 상황에 처해있다. 그러므로 연두금파리류를 양파 수분매개충으로 활용하기 위해서는 돼지허파를 대체할 수 있는 재료 선별, 악취발생을 최소화할 수 있는 사료 개발, 위생적으로 사육할 수 있는 사육장 시설, 먹이와 파리의 유충을 분리하여 투입할 수 있는 기술, 사육 시 발생하는 냄새를 제거할 수 있는 기술이 요구된다.



[그림 1] 연두금파리 농가 사육 현황

연구방법 및 내용

1. 연두금파리 일반 생태

가. 생태학적 특성

- 분류 : 곤충류 파리목 검정파리과
- 학명 : *Lucilia illustris*(Meigen)분류

나. 일반적 특성

연두금파리는 몸의 색깔이 진한 녹색 또는 연두색으로 금빛 광택이 나 눈으로 쉽게 구별되며, 몸길이는 5~9mm 정도이다. 겹눈은 흑갈색이고 이마는 검은색을 띠며 얼굴에 흰 가루가 많다. 짧은 흑갈색 더듬이가 있고, 머리에 길이가 짧은 검은색 털이 약간 나 있다. 가슴과 배는 녹색으로 광택이 나고, 다리는 검은색이며, 날개는 갈색으로 맥이 뚜렷하게 보인다. 성충은 들이나 집 주위의 동물 사체나 배설물에 잘 모여들어 쉽게 관찰할 수 있다.

다. 생활사

- 1년 4세대
- 완전변태: 알 → 유충 → 번데기 → 성충
- 생육과정: 1~2주 번데기를 거쳐 성충이 된 후 30~40일 정도 산다.



[그림 2] 연두금파리의 생태

2. 연두금파리 사육사, 번식사 시설 및 시험방법

가. 연두금파리 사육사

본시험은 가로 6m, 세로 3m, 높이 2.4m의 이동식 컨테이너를 연구사로 이용하고, 컨테이너 내부에 시험사육용 선반을 가로 180cm, 세로 45cm, 높이 150cm에 3단의 조립식 선반을 제작하여 시험대로 사용하였다. 선반의 앞, 뒤, 양 측면은 비닐로 밀봉하고 환풍기를 설치하여 냄새를 제거하였다.



[그림 3] 연구용 사육사 외부(좌), 내부(우)

나. 연두금파리 번식사 시설

연두금파리 번식과정에서 생산된 파리 일부가 인근 농가 또는 축사 등으로 날아가 피해를 주는 것을 방지하기 위하여 연두금파리 번식사를 설치했다.

폭 7m, 길이 10m, 높이 3.2m 규모로 농업용 파이프를 이용하여 망실하우스를 만들었다. 증식을 위한 연두금파리 성충은 자연에서 서식중인 개체를 돼지허파를 이용하여 망실하우스 내부로 유인하였다. 번식사 내부로는 자연광을 충분히 투과할 수 있게 하였으며, 잡초를 자라게 하여 휴식공간을 제공함으로써 연두금파리 성충이 활발하게 교미하여 산란할 수 있는 환경을 조성하였다. 연두금파리 유충 및 성충이 탈출하지 못하도록 지상부는 100mesh 규격의 방충망을 씌우고, 번식사 가장자리는 땅속 20cm까지 비닐을 설치하였다. 망실하우스 내부에 산란 배지 설치용으로 폭 4.5m, 길이 7m의 비닐하우스를 설치하여 산란용 배지(돼지허파)를 놓아두었다.

연두금파리는 돼지허파 구멍 및 배지 사이의 틈에 집중적으로 산란하는 습성을 가지고 있어 비치된 산란용 배지에 알 덩어리가 형성되면 이때 알을 채취하여 활용하였다.



[그림 4] 연두금파리 번식사(좌) 및 연두금파리 알(우)

다. 연두금파리 사육 시험 방법

2015년 5월 1일부터 6월 30일까지 시험하였고, 시험방법은 플라스틱 용기(240mm×205mm×250mm)에 시험재료별 300g과 연두금파리알 0.3g을 투입하고, 농가의 사양관리와 비슷한 조건 온도와 습도를 유지·관리하면서 생산된 번데기 양을 조사하였다. 모든 시험은 2회 반복 시행하였다.



[그림 5] 연두금파리 시험용 사육상자 내부(좌), 외부(우)

3. 연두금파리 사료용 재료 선발 시험

돼지허파를 대체할 수 있는 연두금파리 사료용 재료로는 연두금파리의 생장에 필요한 영양이 충분히 함유되어 있으면서도 가격이 저렴하고 주위에서 쉽게 구할 수 있는 재료를 이용하였다. 재료를 선택하여 동물성, 식물성, 동식물혼합 사료로 구분하여 시험했다.

- 동물성사료: 광어, 청어, 보리멸, 참치어분, 광어어분, 육계분, 수지분, 우모분
- 식물성사료: 쌀겨, 대두박, 아마박, 케이폭박
- 동식물혼합사료: 햄, 어묵, 개사료



[그림 6] 사료용 재료 선발과정

수분 함량이 높은 광어, 청어, 보리멸, 햄, 어묵 등은 원재료를 그대로 사용하였고, 참치어분, 육계분, 수지분, 우모분, 쌀겨, 대두박, 아마박, 케이폭박, 개사료 등은 물과 혼합하여 연두금파리 유충 먹이로 적당하게 수분 함량을 70~80%로 조절한 후 먹이로 공급하였다. 각 시험구당 시험재료 300g과 연두금파리알 0.3g을 투입하여 시험재료별 번데기 생산량을 조사하였다.

4. 발효사료 개발 시험

가. 동물성과 식물성 재료의 혼합 비율별 번데기 생산량 조사

연두금파리 사육 먹이로 활용하는 동물성 재료는 사육과정에서 부패로 인한 악취가 발생했고 번데기 생산성이 떨어졌다. 연구과정에서 동물성 재료(청어 등)에 식물성 재료(밀기울 등)를 혼합하면 발효가 진행되면서 부패가 억제되어 악취발생이 줄고 생산성이 높아진다는 것을 알 수 있었다. 악취 발생이 없으면서 생산성이 가장 높은 청어와 밀기울의 혼합비율 구명을 위해 밀기울의 비율을 50%, 25%, 12%, 5% 혼합하여 번데기 생산량을 조사하였다.

나. 식물성 재료별 번데기 생산량 조사

식물성 재료인 밀기울, 쌀겨, 대두박을 동물성재료(청어)에 각각 12%씩 혼합하여 연두금파리를 사육한 다음 각각 번데기 생산량을 조사하였다.

5. 연두금파리 사육기 개발

연두금파리 사육기를 개발한 동기는 첫째, 연두금파리를 하우스 내 투입 시 어린 유충과 먹이를 함께 투입해야 하는 작업이 힘들고, 둘째, 비닐하우스 주변의 심한 악취 발생 등의 문제 해결을 위한 것이다. 연두금파리 투입의 힘든 작업과 악취 발생 문제 해결을 위해 연두금파리를 번데기로 성장시킨 후 비닐하우스 내에 투입할 수 있도록 연두금파리 사육기를 개발하게 되었다.

사육기 재료는 구하기 쉽고 특별한 기술이 없이도 쉽게 만들 수 있으며, 사용이 편리하도록 하였다. 사육기는 본체와 유충 모음통으로 구성하였다. 본체는 먹이통을 설치, 사료를 공급하고 유충이 자랄 수 있는 공간을 만들고, 유충 모음통은 유충의 번데기 용화에 좋은 환경으로 설계하였다. 개발된 사육기의 성능시험은 발효사료에 연두금파리 알을 투입한 후 번데기 생산량을 조사하였다.

6. 악취 제거제 선발 및 간이 악취 제거기 개발

가. 악취 제거제 선발시험

연두금파리 사육과정에서 발생하는 악취는 사료의 부패가 원인이며, 악취 발생 원인물질은 대부분 암모니아, 황화합물질이다. 악취 제거제는 시판되는 화학제품인 D제(액상이산화염소), P제, M제와 해남군농업기술센터 생산 종합유용미생물(바실러스+유산균+질화균+광합성균), 천연추출물인 시판되는 목초액을 이용하여 시험하였다.

시험기간은 4월 23일부터 5월 8일까지 추진하였다. 악취 생성을 위한 재료로 돼지허파를 사용하였다. 돼지허파 200g을 담은 플라스틱 용기(240mm×205mm×250mm)를 비닐봉지로 완전히 밀봉한 다음 48시간 상온에서 부패시켜 악취물질을 발생시킨 후 복합측정기를 이용, 암모니아와 황화수소를 측정하였다.

냄새효과 측정방법은 플라스틱용기 비닐봉지에 10mm 구멍을 만들고 복합측정기의 흡입호스를 넣어 측정하였다.

악취 제거제별 시험방법은 D제품, P제품, M제품, 목초액은 증류수 500cc에 각각 10cc씩 혼합하여 이용하였다. 유용미생물은 증류수 500cc에 광합성균 10cc, 바실러스균 10cc, 유산균 10cc, 질화균 10cc, 효모 10cc를 혼합하여 이용하였다.

악취 제거제 사용은 냄새가 발생한 플라스틱 상자에 각각의 제품별 희석액을 10cc씩 소형분무기를 이용하여 살포한 다음 1시간 후 복합측정기를 이용하여 암모니아와 황화수소를 측정하였다.



[그림 7] 악취 제거제 선발시험

나. 간이 악취 제거기 개발

연두금파리 사육 중 발생하는 냄새는 계속해서 공기 중으로 방출된다. 냄새가 발생하는 곳 전체에 계속 탈취제 살포가 현실적으로 어려워서 냄새물질을 한 곳으로 모아 냄새를 제거할 수 있는 냄새 제거기를 개발하였다. 간이 악취 제거기는 농가에서 쉽게 제작 활용 가능하도록 설계하였다. 제작 원리는 발생하는 악취 물질을 팬(fan)을 이용하여 플라스틱 탱크에 채운 다음 악취 제거 물질을 분무하여 냄새를 제거하도록 설계했고, 악취 제거 물질은 순환 이용하도록 했다. 조사내용은 흡입구, 배출구의 암모니아, 황화수소 농도이며, 복합계 측기를 이용하여 조사하였다.

연구결과

1. 연두금파리 사료용 재료 선발 시험

가. 사료용 재료 선발 시험 결과

본 시험은 연두금파리의 사료를 선발하기 위해 재료별로 2회 반복 시행했다. 사육시험 기간은 5월 1일~6월 30일까지, 평균 온도 21°C 조건에서 실시하였다. 사육 상자(200mm×300mm×180mm)는 10ℓ의 밀폐 용기를 이용하고 용기의 뚜껑에는 가스 배출을 위해 나일론 섬유를 부착하였으며, 사육 상자 내부에 사료 용기(80mm×120mm×70mm)를 설치하였다.

번데기 번태에 적합한 환경 조성을 위해 톱밥과 가는 모래를 1:1로 혼합하여 수분을 70%로 맞추고 400g을 사료 용기의 바닥에 넣어주었다. 각각의 사료용 재료 300g에 알 0.3g을 사료 용기에 넣고 관찰한 결과, 알 투입 후 13~29시간 지나 알에서 부화한 유충은 알껍데기만 남긴 채 먹이 속에서 활발히 활동하는 것을 알 수 있었다.

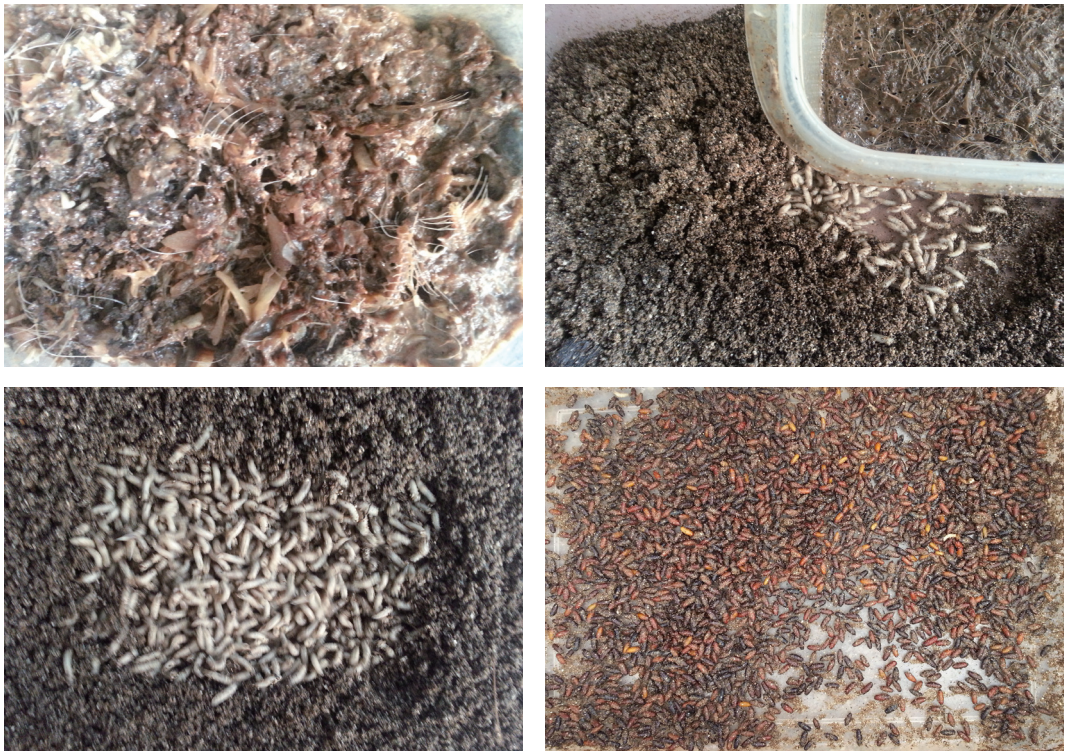
시간이 경과하면서 재료별 성장 속도의 차이가 확연히 나타나기 시작하였는데 [그림 8]과 같이 돼지허파, 청어, 보리멸치, 혼합 햄에서 알 투입 4일째 유충의 크기는 0.8cm 내외로 자라 활발한 활동을 하였다. 6일째가 되면서 크기는 1.5cm 내외로 3령충 이상 자란 유충은 백색에서 황백색으로 변하면서 사료 용기에서 탈출하여 바닥, 벽면, 뚜껑 등 6면으로 방향 없이 이동하는 것을 관찰할 수 있었다. 3령충이 되면서 번데기로 번태를 준비하기 위해 사육 상자 바닥에 넣어둔 흙 속으로 들어갔으며 10일째에 유충의 95% 정도가 번데기로 변

태하였다.

그러나 광어어분, 참치어분, 육계분, 수지분, 식물성재료인 대두박, 아마박, 케이폭박, 어묵 등은 알 투입 2일째까지는 부화한 유충이 활발히 활동하였지만 더 자라지 못하였다.

<표 2>에서 보는 바와 같이 사료용 재료별 번데기 생산량은 돼지허파>청어>보리멸>혼합 햄 순으로 생산되었고, 다른 사료에서는 번데기가 나오지 않았다.

일부 생육이 부진한 10% 정도의 개체는 다른 개체가 번데기로 완전히 변태할 때까지도 유충 상태로 머물러 있어 영양 조건에 따라 성장속도의 차이가 큰 것을 볼 수 있었다.



[그림 8] 유충의 성장과정

돼지허파, 보리멸, 청어 등은 사료로 투입된 지 2일이 지나면서 심한 악취가 발생하였다. 이들은 원재료의 수분함량이 70~80%로, 사육 후 먹이 잔여량 대부분이 물로 이루어져 있기 때문에 더딘 성장으로 용기에서 탈출하지 못한 유충은 물속에서 질식사하기도 했으며, 남은 물에서 심한 악취가 발생해 사료용 재료로 이용 시 수분함량 조절이 필수적으로 선행되어야 한다고 판단했다. 시험결과에 따라 연두금 파리 사료 재료로는 돼지허파, 보리멸,

청어, 혼합햄을 선발했다.

<표 2> 각 재료별 연두금파리 생산량

구분	재료	생산량(g)	먹이잔량 (분변포함)
동물성	돼지허파	59	132
	청어	57	123
	보리멸	55	180
	광어어분	-	295
	참치어분	-	291
	육계분	-	295
	우모분	-	296
	수지분	-	294
식물성	대두박	-	295
	밀기울	-	296
	쌀겨	-	295
식물성+동물성 혼합	개사료	-	292
	혼합햄	51	264
	어묵	-	290

나. 선발 재료의 영양성분 분석 결과

연두금파리의 생육, 발육, 산란 등 성장을 위한 사료의 조건으로 충분한 영양과 섭식자극 물질이 있어야 하고, 섭식기피물질을 함유되지 않아야 한다.

<표 3>과 <표 4>에서 재료별 영양소를 살펴보면 특히 단백질과 필수아미노산이 풍부한 사료를 선택하는 것이 중요하다고 판단했다.

<표 3> 재료의 100g당 영양소 함량

재료	열량(kcal)	수분(%)	단백질(g)	지방(g)	탄수화물(g)
보리멸	93	78.1	19.5	1.1	0
돼지허파	85	79.5	14.1	2.7	0
청어	213	66.3	16.3	15.1	0
밀기울	216	9.9	15.6	4.8	64.5
쌀겨	316	6.1	13.4	20.9	49.7

출처: 식품의약품안전처 식품영양성분데이터베이스

<표 4> 재료의 필수아미노산 함량

(단위: mg)

재료	필수아미노산									
	아르 기닌	히스 티딘	이소 류신	류신	라이신	메타 오닌	페닐 알라닌	트레 오닌	트립 토판	발린
보리밀	1,200	490	950	1,600	1,900	640	770	830	220	1,000
돼지허파	732	356	536	1,093	1,027	228	586	496	124	836
청어	-	-	846	1,421	157	566	745	729	228	961
밀기울	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-
쌀겨	-	-	-	-	34	-	-	-	-	-

출처: 식품의약품안전처 식품영양성분데이터베이스

재료 선발 시험결과 효율성이 높은 보리밀, 돼지허파, 청어 등의 동물성 재료는 <표 3>, <표 4>에서 보는 바와 같이 허파와 단백질 함량은 비슷하지만 식물성 재료인 밀기울과 쌀겨에는 곤충사육에 필요한 필수아미노산이 거의 함유되지 않은 것으로 나타났다. 보리밀, 돼지허파, 청어 등에는 탄수화물이 함유되지 않은 것으로 볼 때 연두금파리 사육에 필요한 영양소에는 탄수화물이 거의 필요치 않은 것으로 판단된다. 동물성 단백질이 충분한 어분, 육계분, 우모분, 수지분 등에는 뼈, 털, 비늘 등이 함께 분쇄되어 연두금파리가 흡수, 소화하는데 저해되어 섭식을 못 하는 것으로 판단된다.

2. 발효사료 개발

동물성 재료의 단백질 부패로 인한 암모니아, 황화화합물 가스 생성으로 악취가 발생함에 따라 단백질 부패를 방지할 방법을 찾고자 발효사료 개발 시험을 시행하였다.

가. 동물성 재료(청어)와 식물성 재료(밀기울)의 적정 혼합비율 시험결과

동물성 사료는 수분함량이 70~80%로 유충 먹이 잔량의 80%가 물로 이루어져, 유충이 물속에서 익사하거나 먹이 활동을 못 하여 생산성이 떨어진다. 그러나 동물성 재료에 식물성 재료(수분함량 8% 내외)를 혼합하면 먹이 활동에 적합한 수분함량을 유지할 수 있고 소화흡수율을 높여 생산성을 높일 수 있다. 또한 사료가 발효되는 과정에서 부패가 억제되어 잔량에서도 심한 악취의 발생을 막을 수 있다. 동물성 재료와 식물성 재료의 혼합비율은 식

물성 재료 첨가량이 많을 때 냄새가 현저히 줄어드는 것을 확인했고 연두금파리 성장 후 잔여량의 수분 함량도 적은 것을 알 수 있다. 그러나 동물성 재료의 함량이 낮을수록 번데기의 생산량은 적어져 동물성과 식물성 재료의 적정 혼합 비율을 찾아야 할 것으로 보인다.

<표 5>

식물성 재료 5% 첨가에서는 먹이 잔량의 수분함량이 높아 생산성이 떨어지고 냄새 발생량도 많은 반면 식물성 재료 12% 첨가 조건에서는 냄새 발생도 적고 생산성도 높은 것을 알 수 있다.

<표 5> 주재료(청어)와 부재료(밀기울) 배합비율에 따른 번데기 생산량

부재료의 비율(%)	재료별(g)			번데기 생산량(g)	먹이잔량 (분변포함)(g)	비고
	청어	밀기울	계			
50	150	150	300	35	225	
25	225	75	300	57	215	알 0.3g
12	265	35	300	71	140	투입
5	285	15	300	55	178	

나. 동물성 재료 청어에 식물성 재료 쌀겨, 밀기울, 대두박 혼합에 따른 생산성 시험
 식물성 재료별 번데기 생산성은 대두박이 가장 높았으나 시중에서 구하기 어렵고 가격이 비싸다는 단점이 있다. 쌀겨는 발효가 가장 빨라 발효열 발생으로 생산성이 다소 떨어지는 단점이 있다. 반면 밀기울은 구하기가 쉽고 가격이 낮아 농가에서 활용이 용이하다.

<표 6> 식물성 재료별 번데기 생산량

(단위: g)

부재료 청어	재료별(g)			계	번데기 생산량	잔량 (분변도 등)	비고
	밀기울	대두박	쌀겨				
265	35			300	73	136	
265		35		300	77	118	부재료 12%에 알 0.3g 투입
265			35	300	70	136	

주: 단가(원/kg)=밀기울 320 < 쌀겨 330 < 대두박 900

다. 주재료 청어의 가공(분쇄) 부재료 혼합 시 번데기 생산량

사료의 성형화(펠릿)를 위하여 주재료인 청어를 분쇄하여 부재료인 밀기울과 혼합하여 투입하였으나 성장속도가 늦고 생산성이 낮아졌으며, 뼈, 비늘 등이 분쇄된 미세한 입자를 소화하지 못하여 생산성이 낮아진 것으로 판단된다.

<표 7> 주재료 청어의 가공(분쇄) 부재료 혼합 시 번데기 생산량

(단위: g)

재료별			번데기 생산량	잔량 (분변토 등)	비고
청어분쇄	밀기울	계			
265	35	300	45	225	부재료 함량 12%

라. 혼합재료의 냄새 물질 발생량 조사결과

발효사료의 냄새 물질 발생량 측정을 위하여 밀폐용기에 넣고 2일이 지난 다음 복합계측기를 이용하여 암모니아와 황화수소를 측정하였다. 돼지허파와 청어는 암모니아와 황화수소가 검출되었지만 발효사료에서는 냄새물질이 측정되지 않았다.

<표 8> 혼합재료의 냄새물질 발생량

재료별	암모니아(ppm)	황화수소(ppm)
돼지허파(200g)	29	14
청어(200g)	39	15
발효사료(청어 265g + 밀기울 35g)	0	0

3. 사육기 및 사육틀 개발

가. 사육기 설계 및 제작

사육기는 본체와 유충 모음통으로 구성하였다. 본체는 시중에서 쉽게 구할 수 있는 플라스틱 밀폐용기를 사용하였다. 밀폐용기 뚜껑에는 환기구를 설치하여 공기가 통하게 했고, 환기구는 나일론 천으로 막아 유충이 빠져 나오지 못하게 하였다. 본체에는 유충 성장용 사료를 공급할 수 있도록 먹이통을 설치했다. 본체의 바닥에서 10cm 높이에 받침대를 놓고 먹이통을 설치하여 유충의 이동이 용이하게 했다. 본체의 하단에는 유충 이동소켓을 설치하

여 유충 먹이통으로 유충이 이동하도록 하였다. 유충 먹이통은 마사와 톱밥을 1:1로 혼합하고 수분을 70% 내외로 하여 유충이 번데기로 변태하는 데 알맞은 환경을 조성하였다. 사육기 형태는 내부구조에 따라 3가지 형태로 개발하였다.

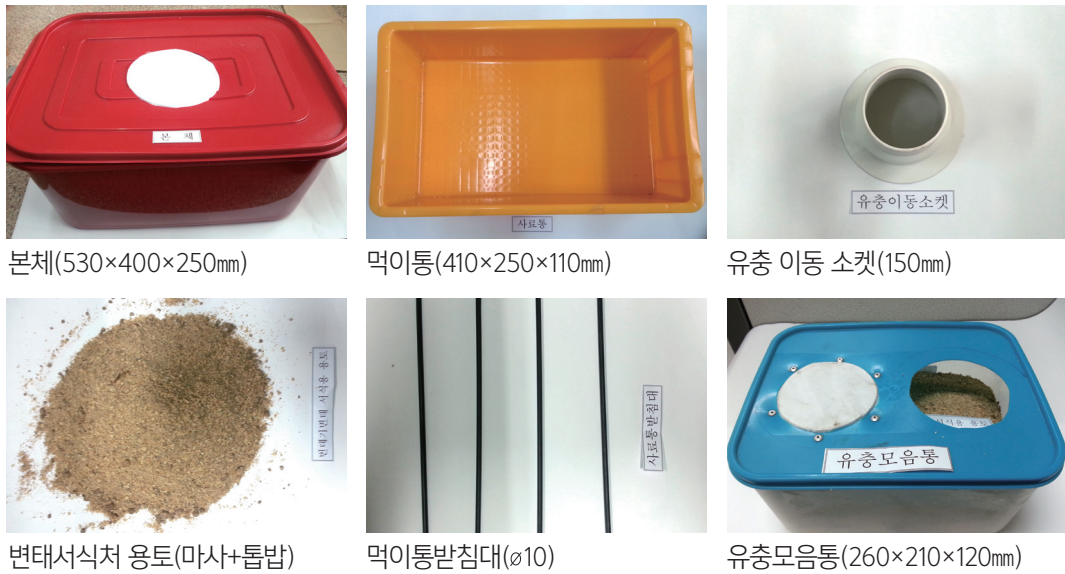
사육기 형태별(A, B, C형) 생산량은 유의미한 차이는 없었으나 B형이 사용하기 편리하여 농가보급형으로 선정하였다.

유형 A	
설계도	(단위: mm)
제작품	
특징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 제작과정이 간편함 ○ 분변 및 남은 먹이 처리가 번거로움

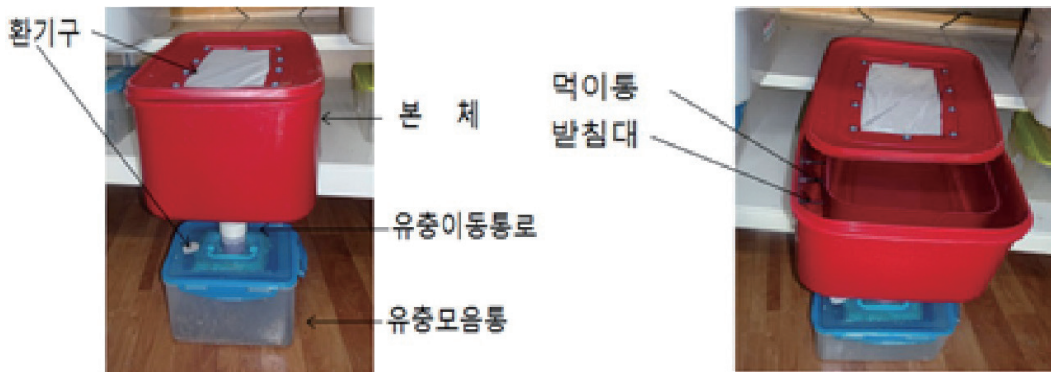
유형 B	
설계도	(단위: mm)
제작품	
특징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유충의 먹이통 이동시간이 많이 소요 ○ 별도의 먹이 용기 설치 ○ 분변 및 남은 먹이 처리가 용이

유형 C	
설계도	(단위: mm)
제작품	
특징	<ul style="list-style-type: none"> ○ 유충의 먹이통 이동이 쉬움 ○ 제작이 복잡 ○ 분변 및 남은 먹이 처리 어려움

[그림 9] 형태별 사육기 완성도



[그림 10] 연두금파리 사육기 구성



[그림 11] 완성한 연두금파리 사육기 외부(좌), 내부(우)

나. 사육기 성능 실험

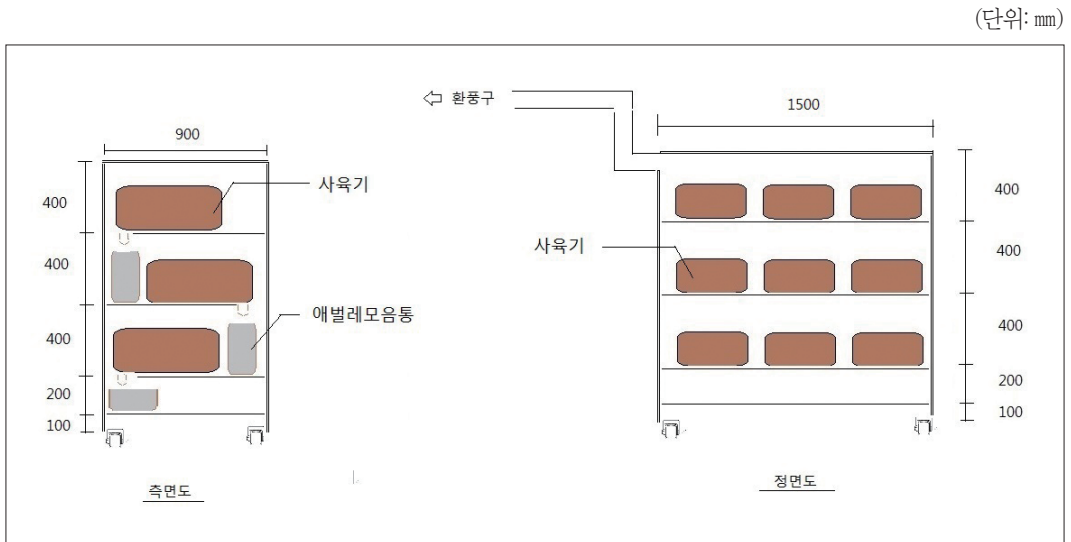
사육기 먹이통에 발효사료 5kg과 알 5g을 투입하였다. 알 투입 후 1~2일 후 부화하여 4~5일째부터 유충은 사육기 내의 먹이통에서 밖으로 나오는 것이 보였고, 6일째부터 유충 모음통으로 들어오기 시작하여 8일째 90%의 유충이 완전히 유충 모음통으로 들어왔다. 유충 모음통에 들어온 유충은 변태 서식처로 넣어 둔 용토 속으로 들어가 10일째 90% 이상 변태하여 사육기 1회 1,080g (약 30,000마리) 번데기를 생산하였다. 번데기는 유충 모음통 그

대로 양파 채종 하우스 내에 투입하였다. 투입된 번데기를 우화시켜 연두금파리 성충으로 생산하기 위해서는 건조하지 않도록 상대습도 70~80%를 유지하였다. 양파 채종 하우스 내에 투입된 연두금파리 번데기는 4~6일 후 용화되어 수분활동을 시작하였다. 먹이통에 남아있는 잔여 사료와 분변은 퇴비로 활용하면 된다.

다. 사육틀 제작

연두금파리 사육기의 효율성을 높이기 위해 1,500mm×900mm×1,500mm 크기의 3단 조립식 선반을 이용하여 <그림 12>와 같이 제작하였다. 1개의 사육 틀에 9개의 사육기를 활용토록 하였다. 하단에는 이동이 쉽도록 바퀴를 설치하여 공간 이동이 쉽게 하였다.

사육 틀은 6면을 막고 발생한 악취는 환풍기를 이용하여 간이 냄새제거기로 연결, 탈취시킬 수 있도록 하였다. 사육 시험장소로 활용하고 있는 6m×3m×2.5m 크기의 컨테이너에 사육 틀 5개를 설치하면 사육기 45개 이용할 수 있다. 45개의 연두금파리 사육기에서 1회당 연두금파리 약 1,350,000마리를 생산할 수 있다.



[그림 12] 사육 틀 설계도



[그림 13] 연두금파리 사육틀 외부(좌), 내부(우)

4. 약취 제거제 선발

가. 첨가제별 약취 제거 효과

연두금파리 사육과정에서 발생하는 약취 제거효과는 목초액, M제품, P제품이 높고, 황화수소 제거효과는 M제품이 높았다. 시중에서 탈취제로 판매되는 P제품, M제품은 가격이 비싸 일반농가 사용이 어렵다. 그러므로 가격이 싸고 쉽게 구할 수 있는 목초액을 이용하는 것이 경제적이다. 목초액은 pH 2~3 강산성, 수분 80~90%, 산(acid), 알코올, 크레졸류, 페놀류 등 유기화합물로 구성되어 암모니아 등의 중화반응에 의해 탈취 효과가 우수한 것으로 알려져 있다.

<표 9> 첨가제별 처리전후 약취량 조사

재료	암모니아(ppm)			황화수소(ppm)		
	처리전(A)	처리후(B)	처리효과(%)(A-B)/A*100	처리전(A)	처리후(B)	처리효과(%)(A-B)/A*100
D제품	20	8	60	11	8	27
P제품	19	4	79	14	13	7
목초액	20	4	80	12	10	16
유용미생물	20	8	60	14	13	8
수산화나트륨	20	21	-	12	9	25
M제품	20	4	80	12	7	42

나. 간이 악취 제거기 설계 및 제작

(1) 설계 및 제작

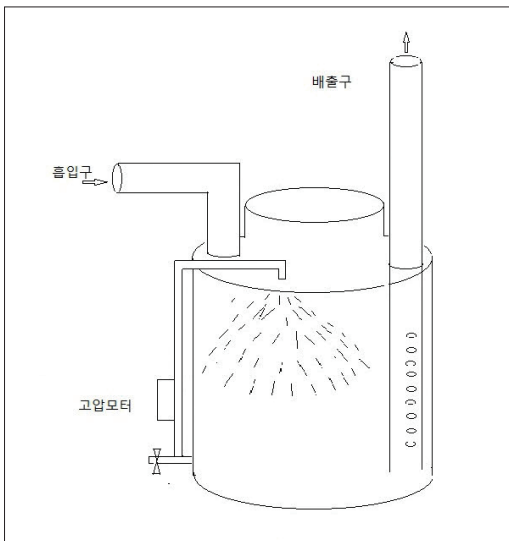
간이 냄새제거기는 600ℓ 플라스틱 물탱크에 냄새흡입구와 배출구를 만들고, 고압모터를 이용해 안개를 분무하도록 설계하였다. 하단에는 배출 밸브를 설치해서 악취제거 물질을 교환할 수 있도록 하였다. 흡입구와 배출구는 PVC 100mm 관을 설치하였다.

배출구는 흡입구의 반대쪽에 만들어 [그림 14] 작은 구멍을 여러 개 만들고, 면적은 흡입구의 1/2이 되도록 하여 냄새물질이 탱크 내에서 체류하는 시간을 길게 하여 냄새제거 효과를 높이도록 하였다.

탱크에는 냄새억제물질(목초액 100배액)을 탱크의 1/4까지(150ℓ) 넣고 분무기를 이용해 탱크 내에 분사하도록 설계하였다. 분사된 목초액은 다시 이용하는 순환 식으로 하였다.

(2) 성능 실험

간이 악취제거기에 냄새를 흡입시키고 분무기를 작동하여 복합계측기로 암모니아가스와 황화수소가스를 측정하였다. 측정결과 흡입구에서 암모니아가스 농도 6ppm, 황화수소가스 1ppm이 검출되었으나 배출구에서는 검출되지 않았다.



간이 악취제거기 설계

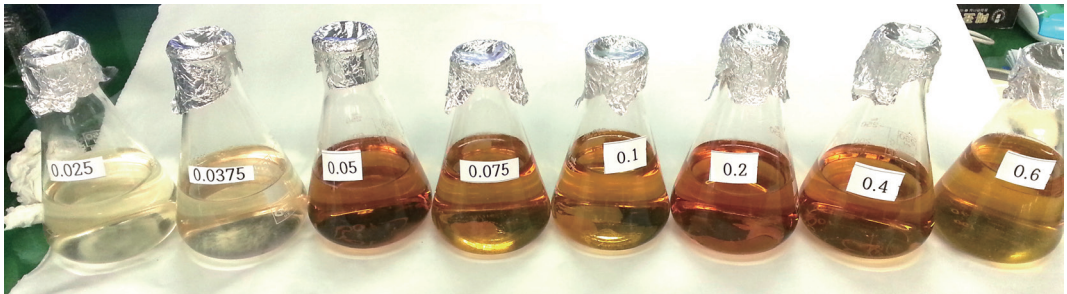


간이 악취제거기 완성

[그림 14] 간이 악취제거기

(3) 목초액 교체주기 시험

간이 약취제거기에 사용되는 목초액은 시간이 경과함에 따라서 갈색으로 변화하고 pH가 상승하면서 냄새 제거 효과가 떨어졌다. 그 원인은 간이 냄새제거기 공기에 포함된 암모니아(NH₃⁺)는 물에 녹아 암모늄(NH₄⁺)으로 변하고 수산이온(OH⁻)이 발생하여 pH가 상승된 것으로 생각된다.



[그림 15] NH₃⁺농도에 따른 목초액 희석액의 색 변화

<표 10> 암모니아(NH₃⁺) 농도에 따른 pH 변화

(기준: 목초액 100배액)

NH ₃ ⁺ 농도 (ppm)	250	375	500	750	1000	2000	4000	6000
pH	4.61	5.38	8.59	9.56	9.65	9.85	10.63	10.93

탈취효과를 높이기 위해서는 암모니아 농도가 500ppm(pH 8.59) 이상일 때 목초액을 교체하는 것이 좋다. 또한 목초액 희석농도를 높이면 탈취효과를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

5. 기대효과

○ 양파 채종 농가에 연두금파리 번식사 보급을 통해 양파 채종 하우스 주변에서 방임적

으로 생산된 연두금파리 일부가 축사 및 농가에 피해를 주는 것을 막을 수 있다. 번식사는 땅사를 씌우고 충분한 햇빛과 식물을 심은 휴식공간을 제공하여 연두금파리의 번식 활동에 적합한 환경을 조성하고 산란에 적합한 배지를 제공함으로써 효율적인 채란을 할 수 있는 동시에 번식과정에서의 탈출을 막아 인근 농가 피해를 예방할 수 있다.

○ 돼지허파를 대체할 수 있는 연두금파리 사료 재료 선발 시험 결과 청어, 보리멸, 햄 부산물이 구입이 쉽고 가격도 돼지허파와 비슷하여 양파 채종농가에서 활용이 가능할 것으로 기대된다.

○ 발효사료 시험결과 연두금파리 사육과정에서 발생하는 사료의 부패를 막아 사료의 효율성을 높이고 생산성을 향상하는 것으로 나타났다. 돼지허파, 청어 등 동물성 재료에 밀기울 등 식물성 재료를 혼용하면 발효가 이루어지는데, 위와 같은 동물성 재료에 밀기울, 쌀겨, 대두박 등 식물성 재료를 12% 혼용하면 발효가 적절히 진행되어 암모니아, 황화수소 가스의 발생이 억제되고, 연두금파리 번데기 생산량도 증가시킬 수 있었다.

○ 개발된 연두금파리 사육기 활용 시 사료의 효율성을 높이고 노동력을 절감할 수 있다. 사육기 제작은 시중에서 쉽게 구할 수 있는 자재로 농가에서 제작할 수 있도록 설계되었다. 기존에는 연두금파리 유충 상태에서 먹이와 함께 하우스 내 투입하는 작업으로 힘이 들고 악취 발생이 많았으나, 사육기를 이용하면 번데기로 공급하기 때문에 노동력 절감과 악취 발생 문제를 해결할 수 있다. 또한 번데기로 공급하므로 성충의 발생 시기가 빨라 수정률을 향상할 수 있으며, 사육기 1대에서 1회당 1,080g(약 30,000마리)의 번데기를 생산할 수 있다.

○ 연두금파리 사육과정에서 발생한 악취 제거를 위한 실험결과 목초액, P제, M제 등이 탈취 효과는 높았으나 가격이 저렴하고 쉽게 구할 수 있는 목초액을 탈취제로 이용하는 것이 좋다. 또한 냄새물질을 한곳으로 모아 냄새를 제거할 수 있는 냄새제거기를 개발하였으며 농가에서 저렴한 비용으로 쉽게 만들고 효율적으로 악취를 제거할 수 있게 되었다. 간이 악취제거기의 탈취제는 목초액을 이용하고 주기적으로 교체하여 사용하면 된다.

6. 현장 적용 사례

가. 현장 평가회

- (1) 일 시: 2015. 7. 25. 10:00
- (2) 장 소: 계곡면 강절리 양파채종하우스
- (3) 인 원: 45명(해남군 양파 채종 농가)
- (4) 내 용:
 - 연두금파리 번식사 설치방법
 - 허파대체 연두금파리 사료 선택
 - 연두금파리 발효사료 제조 방법 및 사육기 성능 평가

나. 연구과제 발표회

- (1) 일 시: 2016. 2. 29. 14:00
- (2) 장 소: 해남군농업기술센터
- (3) 인 원: 66명(해남군수, 행정공무원 3, 지도공무원 30, 양파채종농가 30 등)
- (4) 내 용: 연구필요성, 연구방법, 연구결과, 금후계획 등 발표



현장 평가회



연구결과 발표회

[그림 16] 현장 평가 및 연구결과 발표

다. 현장 적용 기술

- (1) 주요 지역: 해남군 옥천면, 계곡면 15농가

(2) 주요 적용 기술

- 연두금파리 성충 번식사 15개소를 설치하여 연두금파리의 인근 농가 및 축사 유입 방지
- 연두금파리 사육기 600개를 제작 활용하여 생력화 및 양과 수정률을 향상함
- 냄새발생 시 목초액 100배액 희석액을 사육기 주변 및 번식사에 살포



연두금파리 사육기



연두금파리 번식 및 사육시설

[그림 17] 번식장 및 사육기 활용

라. 신문보도

‘해남농업기술센터 연두금파리 생산기술개발’(아시아경제 2016. 3. 15.) 등 5건



신문보도(아시아경제)



신문보도(무등일보)

[그림 18] 신문보도 자료

[참고문헌]

1. 농촌진흥청. 2014. 『곤충산업: 농업기술길잡이 195』.
2. 농촌진흥청 호남농업시험장. 2002. 『양파채종재배』.
3. 박정호·전기일·전창훈. 2003 “축산농가에서 목초액을 이용한 암모니아 가스의 제거 특성에 관한 연구”. 『한국환경과학회지』 12(12): 1309-1313.
4. 식품의약품안전처. 2015. 『식품영양성분데이터베이스』.
5. 장영석·현동윤·김철우·이을태·조상균·최인후·정병춘. 2002. “양파 수분매개충 연두금파리 인공사육법개발”. 『원예과학기술지』 18(5): 694.
6. 한국종자협회. 2005~2015. 『채소종자 작물별 생산 및 수출입 현황』.