

최 종
연구보고서

가축해충의 저공해성 종합적방제 체계 확립

(Environmentally safer integrated livestock pest control)

해충탐색 · 밀도조사 및 생태분석
저독성 살충제 선발 및 적용
천적을 이용한 생물적 방제

연 구 기 관

서울대학교 농업생명과학대학
1999-155

농림부 자료실
등록번호: 1698
등록일: 2001년 12월 18일
비고:

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 '가축해충의 저공해성 종합적 방제체계 확립' 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999. 12. 29.

주관연구기관명 : 서울대 농업생명과학대학

총괄연구책임자 : 안 용 준

세부과제책임자 : 이 준 호

세부과제책임자 : 안 용 준

협동과제책임자 : 이 종 수

연 구 원 : 김 정 립, 신 이 현

이 희 일, 이 욱 교

박 영 규, 유 효 석

요 약 문

I. 제 목

가축해충의 저공해성 종합적 방제체계 확립

II. 연구개발의 목적 및 중요성

환경보전과 인류보건에 대한 사회저변의 인식이 확대되면서 유기합성일변도의 방제방식에 대한 문제점이 심각한 사회문제로 대두되고 있으며 또한 Green Round로 인한 수출입 축산물의 잔류농약 규제가 강화되고 있는 현 상황에서 생산비 절감에 의한 고부가 가치성 무공해 축산물 생산 체계 확립이 시급한 실정에 있다. 현재 축산농가에서 발생하는 가축해충(파리, 침파리, 등에 등)의 방제는 살충제의 과다사용으로 농가 환경오염은 물론, 해충들의 살충제에 대한 저항성 발달과 인축독성 및 기존 천적들을 점차 소멸하는 제반 문제를 초래하고 있다. 그리고 파리등의 해충이 인근 농촌지역이나 도시에 침입하여 인축 공통질병 50여종을 매개하고 있어 비단 농업문제에만 국한되지 않고 국민 보건에까지 영향을 미치고 있으므로 한국산 천적자원을 이용하여 살충제 사용을 극소화 하면서 안전한 제제를 이용 파리류를 효과적으로 방제할 수 있는 종합방제 연구가 필수적인 실정이다. 이에 본 연구에서는 해충 및 천적에 대한 저독성 살충제의 선발 및 개발에 의한 합리적인 방제법 개발에 의한 생산비 절감 및 환경오염 방지대책 수립 그리고 가축해충의 기생봉 및 딱정벌레류 포식충 등의 천적 활용을 극대화하고, 축산 농가에서 해충 발생을 억제할 수 있는 물리적·환경적 방법

등을 체계적으로 구축하여 환경보전형 저공해성 종합방제(Integrated Control Program)의 체제 확립을 그 목표로 하고 있다.

오늘날 세계적으로 살충제로 인한 여러 가지 문제점 때문에 살충제의 사용이 규제 또는 금지되고 있는 시점에서 천적을 이용한 파리구제에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 파리번데기에만 필수적으로 산란하여 파리를 방제하는 천적기생벌에 대한 연구는 활발하여 실제로 응용되고 있는 실정이다. 그러나 국내에서는 이러한 생물학적 방제연구가 매우 부족한 상태로 앞으로 많은 연구가 절실히 필요하다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 해충탐색·밀도조사 및 생태분석

본 연구는 우리나라 축산장에서 발생하는 가축해충의 종합적 방제를 위한 기초 조사로서 주요 파리종의 탐색, 매월 발생하는 파리 밀도조사 그리고 각 축산장에서의 주요 발생원 조사 등이 우선적으로 요구됨으로 경기도, 강원도, 전라북도에 각각 우사, 돈사, 계사를 1장소씩 총 9개 축산장을 선정하여 조사하였다. 본 연구를 통하여 가장 파리가 많이 발생하는 축산장이 조사되었고, 또한 봄부터 가을까지 월별 파리 발생밀도와 주요 파리종 그리고 발생원의 생태환경을 조사하였다. 이러한 분석자료를 바탕으로 종합적 방제체계를 확립하기 위하여 가장 파리가 많이 발생하는 축산장만을 선정하여 대조군, 저독성 살충제를 이용한 화학적 방제 처리군, 천적을 이용한 생물적 방제 처리군, 그리고 화학적 방제와 생물적 방제를 겸한 종합적 처리군으로 나누어 저독성 살충제의 적용시기 및 살포횟수 등을 계획하였고 또한 생물적 방제를 위해 주요 해충종의 천적을 선별하고 야외 방사량과 방사시기 등을 분석하였다.

이와 같은 처리군의 방제효과를 평가하기 위하여 조사기간 동안 주 1회씩 파리 밀도조사를 실시하여 처리군의 대조군에 대한 방제율(% Reduction)을 산출 종합처리 야외평가 및 활용 방안을 제시하고자 하였다.

2. 저독성 살충제 선발 및 적용

집파리의 살충제에 대한 저항성 역사는 저항성의 발현과 발달은 폭넓고 단계적인 생물학적 과정임으로 알려져 있으며, 살충제 저항성 모니터링 연구의 주요 목적은 자료로부터 유용한 정보나 패턴을 추정하여 살충제 저항성 해충의 방제에 중요한 기초 자료를 얻는데 있다.

본 연구는 축산해충의 종합적 방제를 위한 기초자료를 조사하기 위하여 실시되었다. 축산 위생해충에 대한 효과적인 살충제를 선발하기 위해서 피레스로이드계 5여종을 비롯하여 유기인제 9종, 카바메이트계 1종, Juvenil hormone 유도체 1종 그리고 neonicotinoid 2종, 피라졸 1종, 피롤 1종 및 항생물질 1종을 선별하여 파리 성충에 대한 살충효과를 검정하였고 천적(기생봉)에 대한 저독성 약제를 선발하기 위하여 국립보건원에서 개발된 천적(기생봉)에 대한 상기 살충제 검정 및 저독성 살충제를 선발하였다.

또한 선발된 약제를 축산농가에 적용시키기 위하여 선발된 약제를 전국의 주요 축산 농가에서 실지 실험을 통하여 지도사업에 반영할 약제를 선정하였다.

3. 천적을 이용한 생물적 방제

본 연구는 국내 서식 우수 천적자원을 확인하고 지역적 분포에 따른 이용성을 제시하며, 그들의 산란능력 및 사육조건 등을 연구하여 대량사육의 기초자료를 제공하고자 한다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 해충탐색·밀도조사 및 생태분석

가축해충인 파리류등은 우사, 돈사, 계사 등의 축사주변에서 집단적으로 발생하여 인축에 여러 가지 질병의 기계적 전파를 일으키고 불쾌감, 혐오감 등의 불편을 야기 시켜 생활에 불편을 주고 있다. 그러므로 각 축산장에서는 파리 방제를 위하여 여러 가지 방법을 시도하고 있으나 만족할만한 방제 결과를 얻지 못하고 있고 환경오염 등 2차적인 피해를 초래하고 있다. 그러므로 저공해성 해충의 종합관리 기술 개발이 시급히 요구되고 있으므로 각 축산장을 중심으로 주요 해충종을 탐색하고 밀도조사와 유충 서식장소 파악 등의 생태환경을 1998년 1월부터 10월까지 조사하였다.

조사지역 전체에서 접착트랩(21×12.5cm)을 이용하여 채집된 파리 성충은 총 16종이며 평균 전체 총 개체 수는 3360.9개체였다. 퇴비나 축분 1ℓ씩을 채취하여 유충의 생태환경을 조사한 결과 총 9종이 확인되었고, 조사한 유충의 평균 총 개체 수는 5501.4개체였다. 우사에서는 총 15종의 파리가 확인되었고, 이 중 가장 많이 채집된 종은 *Musca domestica*로 399.2(67.1%)개체가 채집되었으며, 다음은 *Phaenicia sericata*로 56.5(9.5%)개체, *Muscina stabulans*는 47.6(8.0%)개체, 그리고 *Lucilia illustris*는 41.1(6.9%)개체 순으로 채집되었다.

돈사에서는 총 12종의 파리가 확인되었고, 이 중 *Musca domestica*가 1685.2개체로 88.4%를 차지했으며 *Phaenicia sericata*, *Lucilia illustris*, *Muscina stabulans*는 각각 72.1(3.8%)개체, 51.0(2.7%)개체, 49.5(2.6%)개체 순으로 조사되어 돈사에서 집파리가 차지하는 비율은 절대적이었다. 그러나 계사에서는 *Musca domestica*가 278.4개체로 32.3%를 차지하였으나, *Muscina stabulans*도 258.4개체로 30.0%를 차지하여 비슷한 밀도분포를 보였고, *Phaenicia sericata*는 186.6(21.7%)개체로 다른 축산장에 비해 비교적 높은 밀도분포를 보였다. 각

축산장별 파리의 주요 발생원은 우사의 경우 먹이통 주변의 흘려진 먹이 찌꺼기와 방치하여 부패된 먹이 그리고 파리유충의 서식밀도가 높지는 않으나 우분에서 적은 개체의 파리 유충이 서식하는 것으로 조사되었다. 돈사에서는 돈분이 파리의 주 서식장소였고, 계사에서는 죽은 닭과 깨진 계란 등을 그대로 방치하기 때문에 집파리를 비롯한 구리금파리, 연두금파리 등의 몇몇 개체가 발견되었다.

2. 저독성 살충제 선발 및 적용

공시약제 20종의 감수성 집파리에 대한 살충효과를 조사한 결과, fipronil의 LD₅₀ 값이 0.009 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 로서 가장 살충력이 높았으며, deltamethrin, DDVP, pyrethrin, chlorfenapyr, spinosad 등 5약제가 LD₅₀ 값이 <0.05 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 로서 비교적 높은 살충효과를 나타내었다. Chlorpyrifos, esfenvalerate, profenofos, fenthion, bifenthrin, ethofenprox, diazinon, furathiocarb, methomyl, pyraclofos, prothiofos, fenitrothion 등의 약제는 LD₅₀ 값이 1.0-0.1 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 로서 비교적 살충력이 낮았으며 neonicotinoid 계열의 imidacloprid와 acetamiprid는 >20 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 로서 극히 낮은 살충효과를 보였다. 본 시험에서 얻어진 deltamethrin, DDVP, pyrethrin, chlorfenapyr 등은 저독성 살충제로서 가축해충을 방제하는데 있어서 사용 가능하리라고 생각되며, 특히 chlorfenapyr는 최근에 개발된 약제로서 이용 가능성이 크다고 할 수 있다.

경기도 태안지역의 돈사, 강원도 춘천지역의 돈사 및 경남 진주지역의 돈사에서 채집한 집파리의 감수성 계통에 대한 저항성 발달 정도를 조사한 결과, diazinon과 fenitrothion의 경우 저항성비의 높았으며, prothiofos, pyrethrin, fipronil은 저항성비가 값이 5-10이었으나, chlorpyrifos, ethofenprox, deltamethrin, methomyl, profenofos, pyraclofos, fenthion, DDVP, chlorfenapyr, spinosad 등의 약제는 극히 낮은 저항성비를 보여 아직은 저항성

발달이 인정되지 않았다. Bifenthrin과 esfenvalerate는 저항성비가 각각 0.8과 0.6으로서 역상관교차저항성을 나타내었다. 이상의 결과로 부터 diazinon, fenitrothion의 사용은 주의를 요하며, 기타 약제의 경우 심각한 저항성의 발달은 관찰되지 않았으나, 야외지역의 파리를 합리적으로 방제하기 위해서는 앞에서 선발한 저독성 살충제의 교호 사용이 바람직하다고 할 수 있다.

18종 공시약제가 *Muscidifurax raptor*의 독성에 미치는 영향을 조사한 결과, pyrrole계 살충살비제인 chlorfenapyr (사충을, 52%)를 제외한 17종 약제는 이 기생봉에 대하여 독성이 높았다.

1998년 12월부터 1999년 4월까지 해충 방제 대상지역을 선정하고, 1999년 6월부터 10월까지 대조군과 저독성 살충제 deltamethrin 0.05% 처리지역, 집파리에 우수한 기주력을 나타내는 *Muscidifurax raptor*를 방사한 지역, 위의 두가지 방법을 병행 처리한 지역, 4지역에 대한 파리 밀도를 조사하여 방제율을 분석하였다. 대조군 지역의 파리 발생종은 약 5종으로 분류되었고, 발생밀도는 *Musca domestica*가 전체 파리중 99.4%를 차지하여 가장 우점종이었으며, *Lucilia & Phaenicia* sp.는 0.4%, *Sarcophaga* sp.는 0.1%, *Phormia regina*와 *Stomoxys calcitrans*는 모두 0.02%의 밀도 분포를 보였다. 화학적 처리군 농장의 처리기간 동안(4개월) 파리 발생밀도는 대조군과 비교하여 7월에 70.4% 감소되었고, 8월 67.0%, 9월 47.7% 그리고 10월 26.1%가 각각 감소되어 평균 52.8% 파리발생이 감소되었다. 생물적 처리군은 처리기간 동안 파리 발생밀도는 대조군과 비교하여 7월에 18.1% 감소되었고, 8월 55.9%, 9월 26.4%, 10월 48.2%가 각각 감소되어 평균 37.2%의 파리발생이 감소되었다. 종합처리군은 7월에 83.6% 파리발생이 감소된 것을 비롯하여 8월 83.0%, 9월 88.0% 10월에는 81.9%가 각각 감소되어 평균 84.1%의 파리발생이 감소되었다. 이상과 같이 축산장에서 발생하는 파리의 종합적 방제에 관한 야외 연구결과 21세기 우리 나라의 파리 방제산업 개발에 유용될 수 있을 것으로 기대된다.

3. 천적을 이용한 생물적 방제

한국산 파리 천적 기생벌의 국내 분포를 확인하고자 국내 16개 지역의 소 및 돼지의 썩아둔 분에서 파리 번데기를 채집하여 우화된 기생벌을 조사하였다. 확인된 종은 *Spalangia endius* Walker, *S. nigra* Latreille, *S. nigroaenea* Curtis, *S. sp.*, *Muscidifurax raptor* Girault & Sanders, *Pachycrepoideus vindemiae* (Rondani), *Nasonia vitripennis* (Walker), *Dirhinus herperidum* (Rossius), *Trichopira sp.*와 미분류된 4종 등 모두 13종이 채집되었고, 그 중 *S. nigroaenea*와 *M. raptor*가 비교적 높은 발생밀도를 나타냈고, 지역에 따라 *S. endius*도 높은 밀도를 나타내었다. 산란수는 *M. raptor* (F-7)가 1 마리 당 평균 234.9개체(male:female= 1:5.2)로 가장 많았고, *S. nigroaenea*(F-7), *P. vindemiae*(F-6) 그리고 *N. vitripennis*(F-24)가 각각 40.1, 62.2, 48.7개체로 나타났다.

상기 4종의 발육기간은 *M. raptor*와 *N. vitripennis*가 각각 14일째 되는 날 우화하기 시작하였고, *P. vindemiae*는 17일 그리고 *S. nigroaenea*는 20일째 되는 날 우화하기 시작하였다. 기생벌의 산란유도는 평균적으로 약 10일까지 실시하는 것이 적당한 것으로 나타났다.

기생벌의 사육을 위해 제공되는 집파리 번데기를 4℃에서 저장할 경우 용화된지 약 24-48시간 된 것이 가장 이용도가 높은 것으로 나타났다.

본 연구결과는 국내에서도 집파리를 효과적으로 방제하는데 이용할 수 있는 파리류 번데기에 대한 우수한 천적 기생벌을 찾아냈고, 이들에 대한 산란 수 및 발육기간 그리고 효율적인 기생벌 사육을 위한 파리번데기의 저장 기간에 대해 연구한 것이다.

본 연구개발을 통해 확인된 우수 천적 기생벌은 세계적인 분포를 하지만 우리나라의 토착종이므로 이용에 문제가 거의 없으므로 경제적인 대량생산 기법 및 공정개발이 계속적으로 연구되어야 할 것이다. 천적기생벌을 대량생산하기

위해서는 대량의 파리번데기가 필요하므로, 차후의 연구방향은 가축의 분이나 식물 폐기물 등과 같은 농업 및 산업 부산물을 파리 번데기에 의해 분해시킴으로서 환경공해를 줄이면서 경제적인 이익을 얻을 수 있는 방향으로 활용될 수 있다. 우수 천적으로 선발된 기생벌을 대량 생산하여 파리방제에 이용하게 될 경우 살충제의 양을 극소화할 수 있으며, 환경 오염의 방지는 물론 축산 농가에 상품의 질을 높일 수 있으므로 경제적인 이득을 가져다 줄 수 있다.

본 연구결과를 토대로 천적기생벌을 대량생산할 수 있는 기업이나, 기관에 대한 정부의 적극적인 지원이 필요하다.

SUMMARY

Environmentally Safer Integrated Livestock Pest Control

1. Field Investigation of Major Fly(Diptera) Pests in Livestock

Field investigation on major fly pests of livestock in seasonal occurrence of population and their larval breeding were conducted on 3 different livestock farms, cattle, hog and chicken farms in period of January through September, 1998.

Of a average total of 3360.9 adult flies, comprising 16 species, and 5501.4 immature stages of 9 common species were collected by using sticky traps(21×12.5cm)/24hrs for the adults and manure sample(1 liter) for the estimate of larval breeding.

In cattle farm, of 15 species of flies recovered, *Musca domestica* was the most predominant 399.2(67.1%) followed by *Phaenicia sericata* 56.5(9.5%), *Muscina stabulans* 47.6(8.0%), *Lucilia illustris* 41.1(6.9%) in order of magnitude.

In hog raising farm, of 12 species of flies recovered, the similar pattern of species abundance as cattle farm was shown. *Musca domestica* was the most predominant 1685.2(88.4%) followed by *Phaenicia sericata* 72.1(3.8%), *Lucilia illustris* 51.0(2.7%), *Muscina stabulans* 49.5(2.6%) in order of magnitude. However, in chicken farm, the similar population density of *Musca domestica* 278.4(32.3%) and *Muscina stabulans* 258.4(30.0%)

was the predominant, followed by *Phaenicia sericata* 186.6(21.7%).

The main breeding sources in cattle farm was spilt foods near feedlot and manure piles, in hog farm mainly from manure piles, in chicken farm mainly from discarded egg-mass and dead bodies of chickens.

2. Screening for selective insecticides against the housefly and field application

The history of resistance to insecticides in the housefly shows that the appearance and development of resistance are an inevitable and stepwise biological process. A major objective of monitoring studies is to determine if any information and pattern emerge from the data. Therefore, we assessed the susceptibility of 20 commercially available insecticides to the susceptible and three field-collected populations of the housefly, using direct contact application.

In a laboratory study with the susceptible and three field-collected populations of the housefly, marked regional variations of insecticide susceptibility exist. In a test with the susceptible housefly adults, fipronil was the most effective against the fly, whereas moderate activity was achieved in pyrethrin, DDVP, pyrethrin, chlorfenapyr, and spinosad. Weak insecticidal activity was produced from chlorpyrifos, esfenvalerate, profenofos, fenthion, bifenthrin, ethofenprox, diazinon, furathiocarb, methomyl, pyraclofos, prothiofos, and fenitrothion.

Three field-collected populations of the housefly from pig farms of different geographical areas were tested for resistance to 20 insecticides

by the direct contact application in comparison with a susceptible strain. Marked regional variations of susceptibility were observed. High resistance to diazinon and fenitrothion by eight field-collected populations was produced. Only low to moderate resistance to prothiofos, pyrethrin, fipronil, chlorpyrifos, ethofenprox, deltamethrin, methomyl, profenofos, pyraclofos, fenthion, DDVP, chlorfenapyr, and spinosad was obtained. However, bifenthrin and esfenvalerate exhibited negatively correlated cross-resistance. These results indicate that resistance mechanism(s) with different genetic or biochemical nature might be involved in insecticide susceptibility. However, every field-collected housefly used was susceptible to one or more of the insecticides examined. Therefore, careful selection of an approximate insecticide against any population of the housefly might result in satisfactory control.

Field investigation was conducted on the control effectiveness against major fly (Diptera) pests in livestock in hog raising farms by treatment with Deltamethrin (0.05%) integrated with parasite (*Muscidifurax raptor*) releases in comparison with control plots in period of June through October, 1999. In non-treated control farm, of five common species were collected, *Musca domestica* was the most predominant (99.4%) followed by *Lucilia* and *Phaenicia* sp. (0.4%), *Sarcophaga* sp. (0.1%), *Phormia regina* and *Stomoxys calcitrans* (0.02%) in order of magnitude by using sticky traps (21×12.5cm)/24 hrs for the adult flies. In chemical-treated farm, the fly population was reduced on the average of 52.8% in 4 months period compared with control: July (70.4%), August (67.0%), September (47.7%), and October (26.1%) in progress of the season. In parasite-released farm,

the fly reduction was resulted on the average of 37.2% control in 4 months period compared with control: July (18.1%), August (55.9%), September (26.4%), and October (48.2%) respectively in progress of the season. In integrated-control farm, a satisfactory level of fly reduction was achieved by producing 84.1% control in 4 months period compared with control: July (83.6%), August (83.0%), September (88.0%), and October (81.9%) respectively.

On the basis of our results, an integrated housefly control in livestock farms can be used and developed in operational fly control in years of 21 century in Korea.

3. Biological control by natural enemies

The investigation on the fly parasites was undertaken from 16 areas of the peninsula mainly collected from the cattle or pig-raising manure piles. Of a total of 13 species of fly parasites collected, nine species such as *Spalangia endius* Walker, *S. nigra* Latreille, *S. nigroaenia* Curtis, *Muscidifurax raptor* Girault et Sanders, *Pachycrepoideus vindemiae* Rodani, *Nasonia vitripennis* Walker, *Dirhinus herperidum* Rossius, *Spalangia* sp., *Trichopira* sp. and four unidentified species. Among above mentioned, *S. nigroaenia* and *M. raptor* were the predominant, followed by *S. endius* showing higher densities in certain areas.

The highest rate of oviposition was found to be 234.9 eggs per female *M. raptor* (F-7), followed by *P. vindemiae* (F-6), *N. vitripennis* (F-24) and as *S. nigroaenia* 62.2, 48.7 and 40.1 eggs/female respectively. The optimum parasitization against fly the four common parasites *M. raptor*, *N.*

vitripennis (ea. 14days), *P. vindemiae* (17 days), *S. nigroaenia* (20 days).

Mass production of fly parasites using mass-culture of fly pupae was also investigated and the basic technology was successfully established, and further effective means of storing fly pupae was at 4°C with maximum parasitization period being 24~48 hrs after the pupation started.

Field release of fly parasites in pig-raising farm from June through October, 1999 resulted in partial control (30~40%) against *Musca domestica* the main fly pest of livestock farms of our country; when overall results showed over 80% fly population reduction. It is suggested that fly parasites could be an important biological control agent to be utilized in integrated pest management program.

CONTENTS

Chapter 1. Introductory Remark

Section 1. Objectives and Scopes of Research and Development

Section 2. Contents of Research and Development

Chapter 2. Field Investigation of Major Fly (Diptera) Pests in Livestock

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and Methods

Section 3. Results and Discussion

Section 4. Literatures Cited

Chapter 3. Screening for Selective Insecticides against the Housefly and Field Application

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and Methods

Section 3. Results and Discussion

Section 4. Literatures Cited

Chapter 4. Biological Control using Natural Enemy

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and Methods

Section 3. Results

Section 4. Discussion

Section 5. Literatures Cited

목 차

제 1 장 서 론	
제 1 절 연구개발의 목적과 범위	23
제 2 절 연구개발 내용	26
제 2 장 해충탐색·밀도조사 및 생태분석	
제 1 절 서 설	30
제 2 절 재료 및 방법	31
제 3 절 결과 및 고찰	33
제 4 절 인용문헌	47
제 3 장 저독성 살충제 선발 및 적용	
제 1 절 서 설	51
제 2 절 재료 및 방법	54
제 3 절 결과 및 고찰	58
제 4 절 인용문헌	71
제 4 장 천적을 이용한 생물적 방제	
제 1 절 서 설	73
제 2 절 재료 및 방법	75
제 3 절 결 과	78
제 4 절 고 찰	100
제 5 절 인용문헌	101

표 차 례

- Table 1. Average number of files collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults on each farm type and locality from January to October in 1998. 37
- Table 2. Average number of files collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from cattle raising farm in Kyonggi-do from January to October in 1998. 38
- Table 3. Average number of files collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from hog raising farm in Kyonggi-do from January to October in 1998. 39
- Table 4. Average number of files collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from chicken raising farm in Kyonggi-do from January to October in 1998. ... 40
- Table 5. Average number of files collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from cattle raising farm in Kangwon-do from January to October in 1998. 41
- Table 6. Average number of files collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from hog raising farm in Kangwon-do from January to October in 1998. 42

Table 7. Average number of flies collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from chicken raising farm in Kangwon-do from January to October in 1998. 43

Table 8. Average number of flies collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from cattle raising farm in Chollabuk-do from January to October in 1998. ... 44

Table 9. Average number of flies collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from hog raising farm in Chollabuk-do from January to October in 1998. 45

Table 10. Average number of flies collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for larvae from chicken raising farm in Chollabuk-do from January to October in 1998.
..... 46

Table 11. Insecticides used 55

Table 12. Toxicity of insecticides to the susceptible strain of *Musca domestica* 60

Table 13. Toxicity of insecticides to *Musca domestica* adults collected from Taean, Kyunggi Province 61

Table 14. Toxicity of insecticides to <i>Musca domestica</i> adults collected from Wonju, Kwangwon Province	62
Table 15. Toxicity of insecticides to <i>Musca domestica</i> adults collected from Jinju, Kyungnam Province	63
Table 16. Average number of flies collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults from non-treated control of hog raising farm in period of Jun-October in 1999.	67
Table 17. Average number of flies collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults from chemical-treated of hog raising farm in period of June-October in 1999.	68
Table 18. Average number of flies collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults from parasite-released of hog raising farm in period of June-October in 1999.	69
Table 19. Average number of flies collected by sticky trap (21×12.5 cm)/24hrs. for adults from integrated-control of hog raising farm in period of June-October in 1999.	70
Table 20. Species and number of hymenopterous parasitoids that emerged from parasitized fly pupae collected cattle manure at sixteen localities in Korea (1997-1998)	79

Table 21. Percentage parasitism of hymenopterous parasitoids that emerged from naturally occurring fly pupae collected from cattle manure at the 16 localities in Korea (1997-1998) 80

Table 22. Mean number of progenies produced from a couple of parasitoids during entire life time of parasitoids that reared with 5% sugar solution in the insectarium ($26\pm 1^{\circ}\text{C}$, RH $70\pm 5\%$) 86

그림 차례

- Fig. 1. Map showing the approximate localities where hymenopterous parasitoids were collected. 76
- Fig. 2. Relative abundance of hymenopterous parasitoids that emerged from naturally occurring fly pupae collected from cattle manure at 16 localities in Korea (1997-1998). 81
- Fig. 3. Daily total number of progenies emerged after exposed a couple of *Muscidifurax raptor* to house fly pupae in insectarium (Temp. 26°C, RH 70%). 87
- Fig. 4. Daily total number of progenies emerged after exposed a couple of *Spalangia nigroaenea* to house fly pupae in insectarium (Temp. 26°C, RH 70%). 88
- Fig. 5. Daily total number of progenies emerged after exposed a couple of *Pachycrepoideus vindemicae* to house fly pupae in insectarium (Temp. 26°C, RH 70%). 89
- Fig. 6. Daily total number of progenies emerged after exposed a couple of *Nasonia vitripennis* to house fly pupae in insectarium (Temp. 26°C, RH 70%). 90

Fig. 7. Daily ovipositing number by counted progeny emerged when provided
30 *Musca domestica* pupae to *Muscidifurax raptor* mated female. 92

Fig. 8. Daily ovipositing number by counted progeny emerged when provided
30 *Musca domestica* pupae to *Spalangia nigroaenea* mated female. 93

Fig. 9. Daily ovipositing number by counted progeny emerged when provided
30 *Musca domestica* pupae to *Pachycrepoideus vindemicae* mated female. ... 94

Fig. 10. Daily ovipositing number by counted progeny emerged when provided
30 *Musca domestica* pupae to *Nasonia vitripennis* mated female. 95

Fig. 11. Longevity of *Spalangia nigroaenea*, *Pachycrepoieus vindemiae* and
Nasonia vitripennis when supplemented 5% sugar solution in insectarium
(Temp. 26°C, RH 70%). 98

Fig. 12. Storage condition of house fly pupae to the pupal maturation in
refrigerator adjusted to 4°C. 99

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구개발의 배경 및 목적

파리류는 우사, 돈사, 계사 등의 축사 주변에서 집단적으로 발생하여 농민의 작업활동을 저해시키거나, 주거환경의 오염 및 불쾌감 유발 등의 원인이 되며 세균성, 바이러스성, 기생충성 등 각종 질병을 기계적으로 전파시킴으로서 농민과 축사주변 거주민의 보건을 저해하는 원인이 되고 있다. 이들 가축해충의 방제를 위하여 살충제의 과다 사용으로 농가 환경오염은 물론, 해충들의 살충제에 대한 저항성 발달과 인축독성 및 기존 천적들이 점차 소멸하는 제반 문제를 초래하고 있으며, Green Round로 인하여 축산물 및 환경의 농약오염에 대한 관심이 고조되면서, 수출입 축산물중의 잔류농약 규제가 강화되고, 이러한 현 상황에서 생산비 절감에 의한 고부가가치성 무공해 축산물 생산 기술 체계 확립이 무엇보다도 시급한 실정에 있다. 그러므로 한국산 천적자원을 이용하여 인축에 피해를 주며 축사 환경을 오염시키는 파리류에 대한 종합적 방제 연구를 실시하는 것이 무엇보다 중요하며 이를 실시하기 위한 중요한 방법으로 살충제 사용을 극소화하면서 안전한 방법으로 파리류를 효과적으로 방제할 수 있는 방안이 절실히 요구되고 있다. 따라서 살충제의 과다 사용을 대체시키는 방법으로 파리에 대한 천적을 이용하는 방법에 관심이 높아지게 되었고 그 중 파리 번데기에 산란하여 그 내용물을 섭식하여 성장한 후 우화하면서 파리를 치사시키는 기생벌을 이용하는 방법이 커다란 발전을 가져왔으며, 최근에 매우 활발한 연구가 진행되고 있다. 지금까지 파리천적으로 알려진 주요 파리천적 기생벌은 표 1에서 보는 바와 같으나 우리나라에서는 최근까지 이러한 종의 서식여부 조차 확인되

지 않고 있었을 뿐만 아니라 이것을 이용한 방제연구는 거의 전무한 상태이다. 따라서 파리에 대한 우수한 천적자원을 확인하는 한편, 이들의 이용성을 판단하고 이를 파리 방제에 이용할 수 있는 방향을 제시하는 것이 절실하다.

Principal parasitoids found active on endophilous synanthropic Diptera from worldwide studies. (cited from Legner (1995))

Order, Family	Species	Order, Family	Species
Coleoptera		Hymenoptera	
Staphylinidae	<i>Aleochara</i> spp.	Pteromalidae	<i>Spalangia cameroni</i>
Hymenoptera			<i>S. drosophilae</i>
Braconidae	<i>Alysia</i> spp.		<i>S. endius</i>
	<i>Aphereta</i> spp.		<i>S. gemina</i>
Ichneumonidae	<i>Phygadeuon</i> spp.		<i>S. longepeiolata</i>
	<i>Stilpnus</i> spp.		<i>S. nigra</i>
Calcidae	<i>Dirhinus anthracia</i>		<i>S. nigripes</i>
	<i>D. bakeri</i>		<i>S. nigroaenea</i>
	<i>D. banksi</i>		<i>S. rugulosa</i>
	<i>D. himalayanus</i>		<i>Sphegigaster</i> spp.
Pteromalidae	<i>Muscidifurax raptor</i>	Cynipidae	<i>Urolepis rufipes</i>
	<i>M. raptorellus</i>	Figitidae	rare
	<i>M. raptoroides</i>	Eucoilidae	<i>Figites</i> spp.
	<i>M. uniraptor</i>	Diapriidae	<i>Hexacola (=Tribliographa)</i>
	<i>M. zaraptor</i>		<i>Coptera merceti</i>
	<i>Nasonia vitripennis</i>		<i>Trichopria</i> spp.
	<i>Pachycrepoideus vindemiae</i>		

이러한 제 방법들을 실용화하기 위해서는 여러 분야에서 다양한 연구가 선행되어야 하지만 먼저 축산농가에서 발생하는 가축해충의 주요종 탐색 및 피해상황 조사와 국내 수개 지역별 농축장에 대한 주요종의 발생밀도 및 발생원의 제반 생태요인을 파악하는 기초자료가 필요하다. 그 다음 인축 및 환경에 독성이

낮은 안전한 살충제를 선별하여, 축산 농가에 보급하고, 국내 서식 우수 천적자원을 방사·활용함으로써 무공해성 해충 방제의 기틀을 이룩하고, 더 나아가 양질의 축산물 생산향상을 통한 국내 소비 증가 및 국제 경쟁력 강화로 WTO 체제에 적극 대처코자 하며 종합적 방제(Integrated Pest Control)의 체제를 구축 적극 활용하여 축산농가의 환경보전과 국민복지향상 및 농가소득증대에 이바지하고자 한다.

2. 연구개발의 범위

본 연구과제를 수행함에 있어 다음과 같은 연구내용을 체계적으로 수행하여 파리의 생물학적 방제 및 종합방제의 모델을 정립하고자 하였다. 먼저 각 축산 농장에서 발생하는 파리의 주요 종을 탐색하고 계절별 발생밀도는 어떻게 변화하는지 조사하였다. 또한 주요 발생원을 조사하여 파리 발생의 근원지와 서식종 등을 파악하였다. 이와 같이 서식 유형별 파리 발생의 기초적 조사를 통하여 파리 방제에 대한 효과적인 처방을 계획할 수 있으며, 더 우수한 방제결과를 기대할 수 있다.

국내에 분포하고 있는 파리천적 기생벌의 종류와 자연계에서의 기생을 확인하고, 이들에 대한 산란수 및 생존능력 등에 대한 조사를 통하여 우리 나라에서 이용할 만한 우수한 천적 기생벌 선별하였다. 그리고, 선정된 기생벌의 대량 사육을 위해 일정 온도 및 습도가 유지되는 사육실에서 기생벌의 발육기간 등 일련의 사육조건을 조사하였으며, 문헌이나 여러 가지 자료를 통하여 기생벌의 야외방사 시 환경영향 등의 side-effect에 대한 검토를 하였으며, 이러한 조사 결과 및 자료를 종합 정리하여 기생벌을 이용한 집파리의 효율적 종합방제 방법을 제시하고자 하였다.

제 2 절 연구개발 내용

1. 해충탐색·밀도조사 및 생태분석

1) 수개 지역별, 축산농가별 주요 해충종 탐색

지역별 축산농가에 대한 주요 해충 탐색을 위해 경기도 태안, 강원도 원주, 전라북도 삼례에 각각 우사, 돈사, 계사를 설정하고 매월 축산농가별 주요 해충종 탐색을 실시하였다.

2) 축산장에 따른 주요 해충의 개체군 밀도조사

각 지역의 축산장에서 접착트랩(21 × 12.5cm) 6개를 축사주변 벽면에 부착시켜 사용하였으며, 24시간동안 설치하였다. 채집된 파리는 실험실에서 분류·동정하여 월별 파리 개체군 밀도를 조사하였다.

3) 돈분, 우분, 계분 및 퇴비 등 발생원의 생태요인 분석

각 지역에서 돈분, 우분, 계분을 각각 1ℓ씩을 채취하여 온도가 잘 유지된 사육실로 옮겨와 축분에 있는 파리유충과 번데기를 성충으로 우화시켰다. 우화된 성충은 실험실에서 분류·동정하였으며, 각 축사에서 죽은 동물의 시체에서 서식하는 파리유충은 일정량을 계수 한 다음 유충을 사육실로 옮겨와 성충으로 우화시켜 역시 같은 방법으로 분류·동정하여 발생원별 파리종을 파악하였다.

2. 저독성 살충제 선발 및 적용

1) 살충제 감수성

인축에 대하여 독성이 낮은 피레스로이드계 5종을 비롯하여 유기인제 9종, 카바메이트계 1종, Juvenil hormone 유도체 1종 그리고 neonicotinoid 2종, 피라졸 1종, 피롤 1종 및 항생물질 1종등 총 20종의 감수성 집파리에 대한 살충효

과를 미량국소처리법으로 조사하여 실제 야외에서의 이용 가능성을 조사하였다.

2) 살충제 저항성 모니터링

경기도 태안지역의 돈사, 강원도 춘천지역의 돈사 및 진주지역의 돈사에서 채집한 집파리의 감수성 계통에 대한 저항성 발달 정도를 미량국소처리법으로 조사하여 살충제 저항성 발달 및 방제 여부를 추정하였다.

3) 야외 종합방제 실험을 위한 지역선정

종합적 야외 방제실험에 대한 객관적인 평가를 위하여 대조군과 처리군 농가를 선정하는데 있어서 다음과 같은 사항을 고려하였다. 축산농가는 동일 종의 가축을 사육하는 곳이어야 하고, 또한 그 규모도 비슷하여야 한다. 축산장의 규모가 클수록 배설물이 많이 배출되기 때문에 발생하는 파리도 많을 것이기 때문이다. 또한 선정된 축산농가 주변 2km 이내에는 다른 축산농가가 없어야 한다. 대부분의 축산농가는 서로 단지를 이루고 있는데 돈사의 경우는 더욱 그러하다. 냄새, 파리발생 등 여러 가지 위생상 문제점이 많이 내포되어 있기 때문이다. 그러므로 장소 선정에 있어 많은 어려움이 있었다.

4) 방제군과 대조군의 파리 개체군 밀도조사

선정된 대조군과 처리군 농가에 대한 파리의 월별 발생추이를 비교하기 위하여 각 축사에 7개의 접착트랩을 설치하여 매주 같은 방법으로 조사하였다.

5) 방제군의 대조군에 대한 비교 평가

대조군과 각 처리군의 농장 규모가 비슷하다 해도 지역의 환경에 따라 파리 발생밀도는 약간의 차이가 있을 수 있다. 이를 서로 보정해주기 위해 6월 첫 달은 사전 조사로 이루어 졌고 본격적인 야외방제 실험은 7월 첫 주부터 실시하였

다. 대조군에 비해 처리군의 파리 발생 감소율은 % Reduction으로 표시하였다.

3. 천적을 이용한 생물적 방제

1) 파리 번데기 천적기생벌의 국내 서식 종 확인

우리 나라 전국 16개 지역의 가축 분에서 파리번데기를 채집하여 번데기에서 우화한 기생벌을 지역, 계절 및 기주 별로 분류하였다.

2) 우수한 천적 기생벌의 선발

우리 나라에서 채집된 기생벌에 대한 상대밀도를 산출하고, 이들에 대한 산란수 및 생존력 등을 종합 정리하여 비교적 밀도가 높으며, 산란수가 많은 종 그리고 최근 세계적으로 가장 우수한 평가를 받고 있는 공통 종을 선발하여 야외 방제 실험에 사용하였다.

3) 천적 기생벌의 사육

사육조건은 온도 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 5\%$, 광 주기는 낮과 밤을 16시간과 8시간으로 여름철 조건을 제공하였다. 먹이로는 5% 설탕물을 탈지면에 적서 제공하였다.

4) 대량사육을 위한 파리번데기의 생산과 저장조건

파리번데기를 생산하기 위해 파리를 온도 $27 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $70 \pm 5\%$ 에서 사육하면서 먹이로는 설탕, 분유, 사료를 배합하여 제공하였으며, 산란을 유도하였다. 산란된 파리알을 젖송아지용 사료를 물에 적서 반죽을 제조하여 접종한 후 발육시켜 파리번데기를 생산하였다. 생산된 파리 번데기는 생장이 거의 정지되는 약 4°C 에 파리의 성숙도에 따라 저장조건을 조사하였다.

5) 야외방제 실험을 위한 기생벌 사육

번데기가 된지 약 24-48시간 된 파리번데기를 기생벌이 들어있는 사육케이지 (50×50×50cm, 투명 아크릴)안에 약 2일 노출시켜 기생벌로 하여 산란하도록 유도하였다. 산란된 파리번데기는 사육조건, 온도 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $60\pm 5\%$ 에서 기생벌이 우화하기 직전인 약 2주간 발육시켜 야외방사를 위해 준비하였다.

제 2 장 해충탐색·밀도조사 및 생태분석

제 1 절 서 설

축사에서 발생하는 파리 등의 해충은 인근 농촌지역이나 도시에 침입하여 사람이나 가축에 약 50여종의 질병을 매개하고, 불쾌감, 혐오감을 유발하는 등 여러 가지 피해를 주고 있다. 이러한 해충을 방제하기 위해 각 축산농가에서는 여러 가지 방법으로 노력하였으나 만족할 만한 성과를 거두지 못했으며, 무분별한 살충제의 과용만 불러 일으켜 환경파괴, 해충의 천적 감소, 해충들의 살충제에 대한 저항성 발달 등 제반 문제를 초래하고 있다.

최근 세계적으로도 환경문제가 국제적인 사안으로 대두되면서 해충방제에 사용되고 있는 각종 살충제에 대한 생산규제 및 사용억제 방안으로 전환되고 있으며, 생물자원인 해충의 천적 탐색, 개발 및 활용과 생태분석에 의한 무공해성 방제를 적극 권장하고 있다. 또한 Green Round로 인하여 축산물 및 환경의 농약 오염에 대한 관심이 고조되면서 수출입 축산물중의 잔류 농약 규제가 강화되고 있으므로 생산비 절감에 의한 고부가가치성 무공해 축산물 생산기술 체계 확립이 무엇보다도 시급한 실정이다. 그러므로 해충의 저공해성 방제가 절실히 요구되나 국내에서는 축산농가에서 발생하는 파리의 주요 종 및 피해상황과 개체군 밀도조사 등 생태에 관한 연구가 체계적으로 연구되지 않고 있어, 이에 대한 기초연구가 절실히 요구되고 있다.

본 연구과제는 일선 축산농가에 해충에 대한 효과적인 종합적 방제 system을 구축하고 보급하기 위해서 축산농가별 주요 해충종과 계절적 발생밀도 그리고 발생원 등의 명확한 규명 등이 조사·연구되어야 하고, 이를 바탕으로 저공해성 또는 무공해성 종합적 방제가 이루어져야 할 것이다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 수 개 지 역 별, 축 산 농 가 별 주 요 해 충 종 탐 색

지역별 축산농가에 대한 주요 해충종 탐색을 위해 1997년 12월 경기도 태안, 강원도 원주, 전라북도 삼례 3개 지역에 출장하여 아래와 같이 우사, 돈사, 계사를 선정하고 1998년 1월부터 10월까지 축산농가별 주요 해충종 탐색을 실시하였다.

[경 기 도]

우사 : 태안읍 안녕4리 188-55, 젖소 50두

돈사 : 태안읍 횡계1리 177번지, 돼지 300두

계사 : 기흥읍 신갈리 568번지, 산란계 15,000수

[강 원 도]

우사 : 원주시 문막읍 동화3리 409-1, 한우 30두, 젖소 20두

돈사 : 원주시 호저 만종3리, 돼지 200~300두

계사 : 원주시 무실동 1-5 234번지 산란계 10,000수

[전라북도]

우사 : 익산시 왕궁면 구덕리 구봉 373번지, 한우 50두

돈사 : 익산시 왕궁면 온수리 17-38, 돼지 2,000두

계사 : 익산시 왕궁면 구덕리, 산란계 10,000수

2. 축산장에 따른 주요 해충의 개체군 밀도조사

1998년 1월부터 10월까지 각 지역의 축산장에서 접착트랩(21 × 12.5 cm) 6개를 축사주변 벽면에 24시간 동안 설치하여 파리 성충을 채집하였고, 채집된 파리는 실험실로 옮겨와 해부현미경하에서 분류·동정하였다.

3. 돈분, 우분, 계분 및 퇴비 등 발생원의 생태요인 분석

1998년 1월부터 10월까지 각 지역에서 돈분, 우분, 계분을 각각 1ℓ씩을 채취하여 온도가 잘 유지된 사육실에서 축분에 있는 파리유충과 번데기를 성충으로 우화시켰다. 우화된 성충은 실험실에서 분류·동정하였다. 각 축사에서 죽은 동물의 시체에서 서식하는 파리유충은 일정량을 계수 한 다음 유충을 사육실로 옮겨와 성충으로 우화시켜 역시 같은 방법으로 분류·동정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수개지역별, 축산농가별 주요 해충종 탐색

지역에 따라 축산농가별 주요 파리종을 1월부터 10월까지 총 발생량을 비교해보면 경기도 우사는 *Musca domestica*가 총 110.5개체로 전체 채집 개체 중 70.3%를 차지하여 가장 우점종이었고, 다음은 *Stomoxys calcitrans*로 주로 잡초로된 퇴비나 소 여물에서 많이 발생하는 종으로서 23.7(15.1%)개체가 조사되었는데 주로 가을에 높은 밀도를 보였다. 돈사는 *Musca domestica*가 절대 우점종으로 898.7개체로 전체 채집된 파리 중 92.9%를 차지하였다. 계사는 *Muscina stabulans*가 가장 우점종으로 165.4(38.4%)개체가 채집되었으며, 두 번째로는 *Phaenicia sericata*가 138.4(32.1%)개체로 주로 동물의 시체에서 많이 발생하는 종이 채집되었다(Table 2, 3, 4).

강원도 우사는 경기도와 달리 *Phaenicia sericata*와 *Musca domestica*가 비슷하게 채집되었는데, 각각 45.5(31.6%)개체와 40.8(28.3%)개체가 채집되었다. 돈사는 역시 *Musca domestica*가 313.6개체로 전체 채집 개체 중 79.6%를 나타내 우점종이었으며, 다음은 *Phaenicia sericata*로 35.2(8.9%)개체가 조사되었다. 계사는 *Musca domestica*가 76.7(80.0%)개체가 채집되었으나 다른 파리종의 밀도는 낮았다(Table 5, 6, 7).

전라북도에서도 우사와 돈사에서 *Musca domestica*가 각각 247.9(84.5%)개체, 472.9(86.8%)개체로 다른 종에 비해 높은 밀도를 차지했으나 계사에서는 *Musca domestica*가 134.0(40.0%)개체를 차지하였고, *Muscina stabulans*는 89.0(26.6%)개체, *Lucilia illustris*와 *Phaenicia sericata*는 각각 47.0(14.0%)개체와 39.4(11.8%)개체로 비슷한 밀도를 보였다(Table 8, 9, 10). 이와 같이 지역에 따라서는 전체적인 밀도의 차이는 다소 있으나, 파리종의 분포에는 큰 차이가 없었으며, 축산농가별 서식 파리종의 밀도와 분포는 다소 차이가 있었다. 3개형

의 축산장을 비교해 보면 돈사에서 가장 파리가 많이 발생 또는 서식하는 것으로 조사되었고, 주요 종은 *Musca domestica*로 확인되었다(Table 1).

2. 축산장에 따른 주요 해충의 개체군 밀도조사

경기도, 강원도, 전라북도 3개지역의 우사, 돈사, 계사에서 1월부터 10월까지 채집한 파리의 전체평균 총 개체수는 3360.9개체였으며 이 중 *Musca domestica*가 2362.8개체로 70.3%를 차지하여 가장 우점종으로 조사되었고, *Muscina stabulans*는 355.5개체로 10.6%, *Phaenicia sericata*는 315.2개체로 9.4% 순으로 조사되었다(Table 1).

3개 지역의 돈사에서만 채집된 파리의 평균 총 개체수는 1906.1개체로 전체 총 개체수 3360.9개체에 비해 56.7%를 차지하여 계사나 우사보다 2~3배정도 서식밀도가 높게 조사되었다. 이 중 *Musca domestica*가 1685.2개체로 88.4%를 차지했는데, 경기도, 강원도, 전라북도가 각각 898.7개체, 313.6개체, 472.9개체였다. *Phaenicia sericata*, *Lucilia illustris*, *Muscina stabulans*는 각각 72.1(3.8%)개체, 51.0(2.7%)개체, 49.5(2.6%)개체 순으로 조사되어 돈사에서 집 파리가 차지하는 비율은 절대적이었다(Table 1, 3, 6, 9).

3개 지역의 계사에서 채집된 파리의 평균 총 개체수는 861.7(25.6%)개체로 조사되었는데 이 중 *Musca domestica*가 278.4개체로 32.3%를 차지하였으나, *Muscina stabulans*도 258.4개체로 30.0%를 차지하여 비슷한 밀도분포를 보였다. *Phaenicia sericata*는 186.6(21.7%)개체로 다른 축산장에 비해 비교적 높은 밀도를 나타냈고, *Lucilia illustris*는 67.0(7.8%)개체의 서식밀도를 보였다(Table 1). 이러한 계사의 파리 발생 및 서식 양상은 돈사와 많은 차이를 보였다.

3개 지역 우사에서 채집된 파리의 평균 총 개체수는 594.8개체로 전체 총 개체수에 비해 17.7%의 서식밀도를 보여 돈사와 계사에 보다 낮은 밀도를 나타냈

다. 이 중 가장 많이 채집된 종은 *Musca domestica*로 399.2(67.1%)개체가 채집되었으며, 다음은 *Phaenicia sericata*로 56.5(9.5%)개체, *Muscina stabulans*는 47.6(8.0%)개체, 그리고 *Lucilia illustris*는 41.1(6.9%)개체 순으로 채집되었다.

이와 같이 돈사와 우사에서 가장 많이 서식하는 종은 *Musca domestica*로 조사되었는데 전체적인 서식밀도나 집파리의 우점율은 돈사가 월등히 높았다. 그러나 계사에서는 집파리가 절대 우점종은 아니었으며, 동물의 시체나 깨진 계란 등에서 많이 발생하는 *Muscina stabulans*와 *Phaenicia sericata*가 많이 서식하는 것으로 조사되었다(Table 1).

3. 돈분, 우분, 계분 및 퇴비 등 발생원의 생태요인 분석

각 지역에서 채취해온 돈분, 우분, 계분에서 파리성충의 우화를 확인한 결과 1월부터 3월까지의 가끔 월동중인 3령 유충 또는 번데기들이 1~2개 발견될 정도로 각종 축분에서 파리의 발생원 조사가 어려웠다. 그러나 4월부터는 본격적으로 파리들의 활동이 시작됨에 따라 5월부터는 가축분에서 파리유충의 서식을 확인할 수 있었다.

우분에서는 파리유충의 서식밀도가 높지는 않으나 *Musca domestica*와 몇몇 *Sarcophaga* spp. 종류가 2~3개체 확인되었으며, 8월중 전라북도의 우사 우분에서는 *Musca domestica*가 20.5개체/1ℓ가 채집되었다. 또한 경기도의 우사에서 맥주를 만들고난 찌꺼기(보리)를 매달 2.5t정도 소에게 먹이로 사용하고 있어 먹이통에서 흘러나온 찌꺼기(보리)에서 6월에 241.5개체/1ℓ, 그리고 8월에는 13.5개체/1ℓ, 9월에는 177.0개체/1ℓ가 각각 채집되었다(Table 2).

돈분에서는 *Musca domestica*의 절대 서식지로 생각될 만큼 5월부터 10월까지 집파리 유충의 높은 서식밀도를 보였으며, 9월중 경기도 돈사에서는 평균 1646.5개체/1ℓ까지 채집되어 돈사에서 집파리 발생은 절대적이었다. 그리고 지

역적으로 차이는 있지만 돼지 시체를 잘 관리하지 못한 곳에서는 돈분이외에 죽은돼지에서 주로 발생하는 *Phormia regina*와 같은 위생상 문제시되는 검정파리와 종류가 약간 발생하고 있었다(Table 9).

계사에서는 5월중 계분에서 *Sarcophaga peregrina*와 *Musca domestica*가 각각 4.0개체/1ℓ, 9.0개체/1ℓ가 채집되었으나 6월 이후부터는 계분에서 파리유충의 서식을 확인할 수 없었다(Table 4, 7). 이는 하절기에 지급되는 계사료에 Larvicide를 섞어서 닭에게 먹이기 때문에 계분에서 서식하는 파리유충은 찾아볼 수 없었다. 그러나 계사에서 죽은닭과 깨진 계란등을 그대로 방치하기 때문에 집파리를 비롯한 구리금파리, 연두금파리등의 몇몇 개체가 발견되었다(Table 4, 7, 10).

Table 1. Average number of files collected by Sticky trap(21×12.5cm)/24hrs. for adults on each farm type and locality from January to October in 1998.

Species	Locality	Cattle			Hog			Chicken			Total			
		KG**	KW**	CB**	Subtotal	KG**	KW**	CB**	Subtotal	KG**		KW**	CB**	Subtotal
<i>Calliphora lata</i>		1.8	3.5	1.4	6.7(1.1)*	2.5	10.9	4.6	18.0(0.9)*	19.5	2.1	2.3	23.9(2.8)*	48.6(1.4)*
<i>Muscina stabulans</i>		5.3	11.5	30.8	47.6(8.0)*	6.5	12.4	30.6	49.5(2.6)*	165.4	4.0	89.0	258.4(30.0)*	355.5(10.6)*
<i>Musca domestica</i>		110.5	40.8	247.9	399.2(67.1)*	898.7	313.6	472.9	1685.2(88.4)*	67.7	76.7	134.0	278.4(32.3)*	2362.8(70.3)*
<i>Musca hervei</i>		0	0.3	0	0.3(0.05)*	0	0	0	0(0.0)*	0	0	0	0(0.0)*	0.3(0.01)*
<i>Phaenicia sericata</i>		3.2	45.5	7.8	56.5(9.5)*	14.0	35.2	22.9	72.1(3.8)*	138.4	8.8	39.4	186.6(21.7)*	315.2(9.4)*
<i>Lucilia illustris</i>		6.1	34.5	0.5	41.1(6.9)*	31.7	18.3	1.0	51.0(2.7)*	18.8	1.2	47.0	67.0(7.8)*	159.1(4.7)*
<i>Phormia regina</i>		0	1.2	1.1	2.3(0.4)*	1.4	2.2	11.5	15.1(0.8)*	4.4	0.9	20.3	25.6(3.0)*	43.0(1.3)*
<i>Chrysomya megacephala</i>		0.2	0	0	0.2(0.03)*	0.5	0	0	0.5(0.03)*	0.8	0	0	0.8(0.09)*	1.5(0.04)*
<i>Sarcophaga peregrina</i>		2.0	2.5	0.9	5.4(0.9)*	1.6	1.4	0	3.0(0.2)*	2.0	1.3	0.8	4.1(0.5)*	12.5(0.4)*
<i>Sarcophaga melanura</i>		2.7	0.3	0.9	3.9(0.7)*	4.8	0	0	4.8(0.3)*	7.5	0	1.5	9.0(1.0)*	17.7(0.5)*
<i>Sarcophaga schuetzei</i>		0	0	0	0(0.0)*	0	0	1.1	1.1(0.06)*	1.2	0	0	1.2(0.1)*	2.3(0.07)*
<i>Sarcophaga josephi</i>		0.7	0	0	0.7(0.1)*	0	0	0	0(0.0)*	0	0	0	0(0.0)*	0.7(0.02)*
<i>Stomoxys calcitrans</i>		23.7	4.0	1.0	28.7(4.8)*	2.8	0	0	2.8(0.1)*	5.2	0.9	0	6.1(0.7)*	37.6(1.1)*
<i>Aldrichina grahami</i>		0	0	1.2	1.2(0.2)*	0	0	0	0(0.0)*	0	0	0.2	0.2(0.02)*	1.4(0.04)
<i>Morellia simplicissima</i>		1	0	0	1(0.2)	0	0	0	0(0.0)*	0	0	0	0(0.0)*	1(0.03)*
<i>Scatophaga stercoraria</i>		0.8	0	0	0.8(0.1)*	0.5	0	0	0.5(0.03)*	0	0	0.4	0.4(0.05)*	1.7(0.05)*
Total		157.2	144.1	293.5	594.8(17.7)*	967.5	394.0	544.6	1906.1(56.7)*	430.9	95.9	334.9	861.7(25.6)*	3360.9(100.0)*

() : Percentage

**KG : Kyonggi do, KW : Kangwon do, CB : Chollabuk do

Table 5. Average number of flies collected by sticky trap(21×12.5cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for the larvae from cattle raising farm in Kangwon-do from January to October in 1998.

Collecting method Months Species	No. Adults Flies / Sticky trap				Subtotal	No. Fly Larvae from Breeding sites					Subtotal								
	Jan.	Feb.	Mar.	May		Jun.	Aug.	Sep.	Oct.	Jan.		Feb.	Mar.	May	Jun.	Aug.	Sep.	Oct.	
<i>Calliphora lata</i>	0	0	0	3.3	0	0	0	0	0.2	3.5 (2.4)*	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Muscina stabulans</i>	0	0	0	9.5	1.3	0.3	0.2	0.2	0.2	11.5 (8.0)*	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Musca domestica</i>	0	0	0	7.8	21.3	0	11.2	0.5	0.5	40.8 (28.3)*	0	0	0	0	M ^a 5.0	M ^a 3.0	F ^d 38.0	0	46.0 (91.1)*
<i>Musca hervei</i>	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0.3 (0.2)*	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Phaenicia sericata</i>	0	0	0	19.0	25.5	0.7	0	0.3	0.3	45.5 (31.6)*	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Lucilia illustris</i>	0	0	0	18.8	15.5	0.2	0	0	0	34.5 (23.9)*	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Phormia regina</i>	0	0	0	1.0	0.2	0	0	0	0	1.2 (0.9)*	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Sarcophaga peregrina</i>	0	0	0	1.0	0.3	0.7	0	0.5	0.5	2.5 (1.7)*	0	0	0	0	M ^a 3.0	0	0	3.0 (5.9)*	
<i>Sarcophaga melanura</i>	0	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0.3 (0.2)*	0	M ^a 1.0	0	0	0	0	0	1.0 (2.0)*	
<i>Stomoxys calcitrans</i>	0	0	0	0	0	0.3	0.2	3.5	3.5	4.0 (2.8)*	0	0	0	0	0	0	M ^a 0.5	0	0.5 (1.0)*
Total	0	0	0	60.4	64.1	2.8	11.6	5.2	5.2	144.1 (100.0)*	0	1.0	0	0	8.0	3.0	38.5	0	50.5 (100.0)

M^a : Manure, F^d : Food
* () : Percentage

Table 7. Average number of flies collected by sticky trap(21×12.5cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for the larvae from chicken raising farm in Kangwon-do from January to October in 1998.

Collecting method Months Species	No. Adults Flies / Sticky trap					No. Fly Larvae from Breeding sites					Subtotal							
	Jan.	Feb.	Mar.	May	Jun.	Aug.	Sep.	Oct.	Subtotal	Jan.		Feb.	Mar.	May	Jun.	Aug.	Sep.	Oct.
<i>Calliphora lata</i>	0	0	0	1.7	0	0	0.2	0.2	2.1 (2.2)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*
<i>Muscina stabulans</i>	0	0	0.3	2.0	1.0	0.5	0.2	0	4.0 (4.2)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*
<i>Musca domestica</i>	0	0	0	23.8	40.8	8.6	3.5	0	76.7 (80.0)*	0	0	0	M ^a 9.0	0	E ^c 3.5	0	0	12.5 (39.9)*
<i>Phaenicia sericata</i>	0	0	0	6.0	2.0	0	0.3	0.5	8.8 (9.2)*	0	0	0	E ^c 2.0	D ^b 5.5	0	E ^c 3.5	0	11.0 (35.1)*
<i>Lucilia illustris</i>	0	0	0	0.5	0.7	0	0	0	1.2 (1.3)*	0	0	0	0	0	0	E ^c 1.0	0	1.0 (3.2)*
<i>Phormia regina</i>	0	0	0	0.3	0.2	0.2	0	0.2	0.9 (0.9)*	0	0	0	0	0	0	D ^b 6.8	0	6.8 (21.7)*
<i>Sarcophaga peregrina</i>	0	0	0	0.5	0.2	0.3	0.3	0	1.3 (1.4)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*
<i>Stomoxys calcitrans</i>	0	0	0	0	0	0.2	0	0.7	0.9 (0.9)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*
Total	0	0	0.3	34.8	44.9	9.8	4.5	1.6	95.9 (100.0)*	0	0	0	11.0	5.5	3.5	11.3	0	31.3 (100.0)*

M^a : Manure , D^b : Dead body , E^c : Egg

* () : Percentage

Table 8. Average number of flies collected by sticky trap(21×12.5cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for the larvae from cattle raising farm in Chollabuk-do from January to October in 1998.

Collecting method Months Species	No. Adults Flies / Sticky trap										Subtotal	No. Fly Larvae from Breeding sites										Subtotal				
	Jan.	Feb.	Mar.	May	Jun.	Aug.	Sep.	Oct.	Jan.	Feb.		Mar.	May	Jun.	Aug.	Sep.	Oct.									
<i>Calliphora lata</i>	0	0	0.2	7.0	0	0	0	0.5	1.4 (0.5)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Muscina stabulans</i>	0	0	1.5	25.0	2.5	0	0.3	1.5	30.8 (10.5)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Musca domestica</i>	0	0	0	2.3	44.5	71.5	75.0	54.6	247.9 (84.5)*	0	0	0	0	M ¹ 1.5	M ² 20.5	M ³ 1.8	0	23.8 (97.9)*	0	0	0	0	0	0	0	23.8 (97.9)*
<i>Phaenicia sericata</i>	0	0	0.3	3.0	4.3	0.2	0	0	7.8 (2.7)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Lucilia illustris</i>	0	0	0	0.3	0	0.2	0	0	0.5 (0.2)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Phormia regina</i>	0	0	0	0.8	0.3	0	0	0	1.1 (0.4)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Sarcophaga peregrina</i>	0	0	0	0.5	0.2	0.2	0	0	0.9 (0.3)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Sarcophaga melanura</i>	0	0	0	0.5	0.2	0	0	0.2	0.9 (0.3)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Aldrichia grahami</i>	0	0	0	0	0.2	0	0	1.0	1.2 (0.4)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*	
<i>Stomoxys calcitrans</i>	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0 (0.3)*	0	0	0	0	0	0	M ¹ 0.5	0	0.5 (2.1)*	0	0	0	0	0	0	0.5 (2.1)*	
Total	0	0	2.0	39.4	52.2	72.1	75.3	58.8	293.5 (100.0)	0	0	0	0	1.5	20.5	2.3	0	24.3 (100.0)*							24.3 (100.0)*	

M¹ : Manure
() : Percentage

Table 9. Average number of flies collected by sticky trap(21 × 12.5cm)/24hrs. for adults and manure samples per 1-liter for the larvae from hog raising farm in Chollabuk-do from January to October in 1998.

Species	Collecting method	No. Adults Flies / Sticky trap					Subtotal	No. Fly Larvae from Breeding sites					Subtotal						
		Jan.	Feb.	Mar.	May	Jun.		Aug.	Sep.	Oct.	Jan.	Feb.		Mar.	May	Jun.	Aug.	Sep.	Oct.
<i>Calliphora lata</i>		0	0.2	0.2	4.0	0	0	0.2	4.6 (0.8)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*
<i>Muscina stabulans</i>		0	0.2	0.3	22.3	3.5	0	0.5	30.6 (5.6)*	0	0	0	M ^a 1.0	0	0	0	0	0	1.0 (0.1)*
<i>Musca domestica</i>		0	0	0	84.5	237.5	17.7	78.3	472.9 (86.8)*	0	0	0	M ^a 46.0	M ^a 103.5	M ^a 74.0	M ^a 407.0	M ^a 154.5	0	785.0 (82.2)*
<i>Phaenicia sericata</i>		0	0	0	16.3	3.3	2.8	0	22.9 (4.2)*	0	0	0	0	0	0	0	D ^b 38.5	0	58.5 (6.1)*
<i>Lucilia illustris</i>		0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	1.0 (0.2)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)*
<i>Phormia regina</i>		0	0	0	10.3	0.2	0.5	0.3	11.5 (2.1)*	0	0	0	0	0	0	D ^b 38.0	D ^b 69.0	0	107 (11.2)*
<i>Sarcophaga schuetzei</i>		0	0	0	0	0	0.8	0.3	1.1 (0.2)*	0	0	0	0	0	0	0	D ^b 3.5	0	3.5 (0.4)*
Total		0	0.4	0.5	137.6	244.7	22.0	79.6	544.6 (100.0)*	0	0	0	47.0	103.5	112.0	538.0	154.5	0	955.0 (100.0)*

M^a : Manure, D^b : Dead body
 *() : Percentage

제 4 절 인용문헌

- Axtell, R. C. 1970. Integrated fly-control program for caged-poultry houses. J. Econ. Entomol. 63: 400-405.
- Black, W. C. and E. S. Krafsur. 1985. Use of sticky traps to investigate seasonal trends in the spatial distribution of house flies and stable flies (Diptera: Muscidae). J. Med. Entomol. 22: 550-557.
- Burg, J. G. and R. C. Axtell. 1984. Monitoring house fly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), Populations in caged-layer poultry houses using a baited jug-trap. Environ. Entomol. 13: 1053-1090.
- Hogsette, J. A. 1998. Development of house flies (Diptera: Muscidae) in sand containing varying amounts of manure solids and moisture. J. Econ. Entomol. 89: 940-945.
- Hogsette, J. A., R. D. Jacobs and R. W. Miller. 1993. The sticky card: device for studying the distribution of adult house fly (Diptera: Muscidae) populations in closed poultry houses. J. Econ. Entomol. 86: 450-454.
- Lysyk, T. J. 1993. Seasonal abundance of stable flies and house flies (Diptera: Muscidae) in dairies in Alberta, Canada. J. Med. Entomol. 30: 888-895.

Lysyk, T. J. and R. C. Axtell. 1985. Comparison of baited jug-trap and spot cards for sampling house fly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), populations in poultry houses. Environ. Entomol. 14: 815-819.

Lysyk, T. J. and R. C. Axtell. 1986. Field evaluation of three methods for monitoring populations of house flies (*Musca domestica*) (Diptera: Muscidae) and other filth flies in three types of poultry housing systems. J. Econ. Entomol. 79: 144-151.

Meyer, J. A. and J. J. Petersen. 1982. Sampling stable fly and house fly pupal parasites on beef feedlots and dairies in Eastern Nebraska. The Southwestern Entomologist 7: 119-123.

Park, S. H. 1977. Studies on flies in Korea III. Taxonomic studies on muscid flies (Diptera, Muscidae). Korean J. Entomol. 25: 17-43.

Park, S. H. 1977. Studies on flies in Korea I. Taxonomical studies on calliphorid (Diptera). 1977. Korean J. Entomol. 24: 189-208.

Park, S. H. 1977. Studies on flies in Korea II. Taxonomical studies on sarcophagid (Diptera). Korean J. Entomol. 24: 249-284.

Park, S. H. 1977. Studies on flies in Korea IV. Seasonal prevalences of flies surveyed at a farmhouse in Korea. Jap J. Sanit. Zool. 28: 439-447.

Park, S. H. and H. S. Son. 1998. On the flies collected in a seaside, Songna-myon, Pohang, Korea and their seasonal prevalence. Korean J. Entomol. 28: 155-161.

Park, S. H. and T. H. Jo. 1986. Studies on flies in Korea 21. On the hitherto unreported seven species (Muscidae, Sarcophagadae and Calliphoridae: Diptera) in Korea. Korean J. Entomol. 16: 13-20.

Park, S. H. and T. H. Jo. 1987. Studies of flies in Korea 22. On the flies collected from Mt. Palgong, Korea and their seasonal prevalence. Korean J. Entomol. 17: 109-122.

Park, S. H. and T. H. Jo. 1983. Studies on flies in Korea 20. On the flies collected from Mt. Gumo, Korea and their seasonal prevalence. Korean J. Entomol. 14: 25-38.

Research Stationk, Agriculture Canada, Lethbridge, Alberta, Canada T1J 4B1. 1993. Adult resting and larva developmental sites of stable flies and house flies (Diptera: Muscidae) on dairies in Alberta. J. Econ. Entomol. 86: 1746-1753.

Raybould, J. N. 1964. An improved technique for sampling the indoor density of African house fly populations. East African Institute of Malaria and Vector-Borne Diseases, Amani, Tanga, Tanganyika 57: 445-447.

Skoda, S. R., G. D. Thomas and J. B. Campbell. 1993. Abundance of immature stages of the house fly (Diptera: Muscidae) from five areas in beef cattle feedlot pens. J. Econ. Entomol. 86: 455-461.

Turner, E. C. and P. L. Ruzler. 1989. Research note: A quick and simple quantitative method to monitor house fly populations in caged layer houses. Poultry Sci. 68: 833-835.

제 3 장 저독성 살충제 선발 및 적용

제 1 절 서 설

제2차세계대전 이후, 유기합성 살충제의 출현은 인류 역사상 농업해충의 방제에 의한 농작물의 증수와 인축에 질병을 매개하는 위생해충의 구제에 의한 인간의 보건향상이라고 하는 두 가지 측면에서 획기적인 전환을 이룩하였으며, 오늘날도 농약의 시대라고 해도 과언이 아닐 정도로 농약의 사용량과 판매량은 급증하고 있다.

해충방제에 있어서 살충제의 역할의 변천은 역사적, 기술적, 경제적 및 사회적 시점에서 3시기로 구분할 수 있다(Metcalf 1980). 즉 DDT개발로 시작되어 유기합성 살충제의 이점만이 사람들의 주목을 끈 “낙관의 시대”(1946~1962), 1962년 Carson 여사가 “Silent Spring”에서 농약의 위험성에 대해 경고한 것에서 시작되는 “회의의 시대”(1962~1976) 및 Times지가 “The bug is coming”이라고 하는 특집 기사를 마련하여, 살충제의 부작용을 최대한 줄이면서 적절한 해충의 방제 대책을 피하고자하는 “종합적방제의 시기”(1976년 이래)가 그것이다. 살충제의 커다란 약점의 하나로 지적되고 있는 저항성의 발달이 농약의 남용 및 그에 수반되는 각종 부작용을 야기시켰다는 의미에서 농약의 각 시대로 이어지는 교량역할을 하였다고 생각되며, 오늘날 농약에 대한 일반적 실망으로 인하여 종합적방제에 대한 기대가 커지고 있다. 그러나 종합적방제라고 해도, 현재 그 중심적인 역할을 하고 있는 것은 역시 살충제에 의한 화학적방제이다. 증가하는 저항성 해충의 출현으로 인하여 적어도 57종 이상의 살충제가 사용할 수 없게 되어, 사용할 수 있는 살충제의 종류가 적어지고 있으며, 또한 안전성에 대한 염려 때문에 새로운 살충제의 개발속도는 점차 늦어지고 있는 실정에

서, 저항성 문제는 점차 중요성을 더해가고 있다. 또한 장래 유효한 생물적, 물리적 방제수단이 확립된다 하더라도, 그것이 곤충의 유전적 변이에 의해 대처할 수 있는 수단이 되면, 살충제와 마찬가지로 저항성이 생길 것이 예상된다. 따라서 해충 방제와 관련하여, 저항성의 본질을 구명하여 적절한 방제 대책을 수립하지 않으면 안된다.

살충제 저항성 유전자의 축적에 의한 감수성 저하를 저항성의 발달이라고 하며, 이 저항성의 진화과정은 저항성 해충의 방제라고 하는 실제적인 면에서 뿐만 아니라, 새로운 살충제의 개발이라고 하는 면에서도 대단히 중요하다. 살충제 감수성은 대상 생물의 종류, 즉 동일종인가 이종간인가에 따라 다르다. 동일종 중에서 계통간에 살충제 감수성의 차가 있을 때는 저항성(resistance), 이종간에 차가 있을 때는 무반응성(refractoriness), 또는 약제의 선택독성(selective toxicity)이라는 표현을 사용한다. 살충제 저항성의 정의로서는, 1958년 세계보건기구가 제창한 "the developed ability in a strain of insects to tolerate doses of toxicants which would prove lethal to the majority of individuals in a normal population of the same species" (Glass 1976)라는 개념이 일반적으로 사용되고 있다. 또한 유전학적 측면에서 보면 저항성이란 것은 자손에게 유전되는 특성으로, 정상 유전자에서 돌연변이된 저항성 유전자의 작용에 의해서 선천적으로 약제 감수성이 낮아진 상태를 의미하는데 이것에 대해서 환경조건이 충의 발육 상태에 양호하게 되어 충체가 크게 되었다든지, 살충제의 접촉 또는 기주식물의 성분에 의한 곤충의 일시적인 해독분해효소의 유도가 일어나는 등의 물리·화학적 스트레스에 의해 약제 감수성이 2~4배정도 저하한 상태는 내성(tolerance)이라고 하여 저항성과 구별하고 있다.

살충제 저항성의 최초 사례는 1908년 미국에서 산호제각지벌레(*Quadraspidiotus perniciosus*)의 석유유황합제에 대한 감수성의 저하로 (Melander 1914), 그 이후 38년간 11종의 해충에서 저항성의 사례가 보고되었다

(Brown 1971). 1945년 최초의 유기합성살충제 DDT가 도입되었으나 집파리의 DDT에 대한 저항성이 이미 1945년 스웨덴에서, 1946년에는 이태리에서 보고되었다 (Brown 1971). 1946~1954년에는 매년 1~2종의 저항성해충이 보고되었으나, 1954~1960년에는 매년 17종이상의 해충이 보고되어 1950년에 있어서의 저항성해충의 수는 137종에 달하였다. 1975년에 농업해충에 있어서는 225종, 위생해충에 있어서는 139종, 계 364종의 해충에서 저항성이 보고되었으며(Georghiou와 Taylor 1977), 1984년까지 447종(농업해충 264종, 위생해충 171종, 기타 12종)의 저항성 해충이 보고되어 있으며(Georghiou 1986), 덴마크 집파리의 살충제에 대한 저항성 역사는 저항성의 발현과 발달은 폭넓고 단계적인 생물학적 과정임을 나타내고 있다(Keiding 1977)..

본 연구는 축산해충의 종합적 방제를 위한 기초자료를 조사하기 위하여 실시되었다. 축산 위생해충에 대한 효과적인 살충제를 선별하기 위해서 피레스로이드제, 유기인제, 카바메이트제, Juvenil hormone 유도체 및 neonicotinoid계 살충제를 공시하여 파리 성충에 대한 살충효과를 검정하였고 천적(기생봉)에 대한 저독성약제를 선별하기 위하여 국립보건원에서 개발된 천적 기생봉에 대한 상기 살충제 검정 및 저독성 살충제를 선별하였다. 또한 선발된 약제를 축산농가에 적용시키기 위하여 선발된 약제를 전국의 주요 축산 농가에서 실지 실험을 통하여 지도사업에 반영할 약제를 선정하였다.

제 2 절 재 료 및 방 법

1. 공시충

저독성 살충제 선발을 위하여 세계보건기구 (WHO)가 추천하고 있는 살충제 감수성 SRS 계통과 경기도 태안지역의 돈사, 강원도 원주지역의 돈사 및 경남 진주지역의 돈사에서 채집한 집파리 유충을 실내에서 병아리 사료로 사육하였다. 균일한 성충집단을 얻기 위하여 유충 밀도는 유리용기 (20 x 20 x 20 cm)당 2000 마리로 유지하였으며, 성충은 설탕물을 공급하여 사육하였다.

2. 공시약제

위생해충 방제에 널리 이용되고 있거나, 최근 새로이 개발된 살충제를 선택하였다(Table 11). 공시약제로서는 유기인제 9종(chlorpyrifos, diazinon, methomyl, profenofos, pyraclofos, fenthion, prothiofos, fenitrothion, DDVP), 피레스로이드제 5종(bifenthrin, deltamethrin, esfenvalerate, ethofenprox, pyrethrin), 카바메이트제 1종(fenoxycarb), neonicotinoid (imidacloprid, acetamiprid), 피라졸제(fipronil), 피롤제(chlorfenapyr), 항생물질 (spinosad) 등 총 20종 약제의 원제를 이용하였으며, 이들 약제의 순도는 >95% 이었다.

3. 실내생물검정

우화 4-6일된 집파리 암컷 성충을 탄산가스로 마취시킨 후 공시약제를 아세톤에 녹인 소정약량의 아세톤 용액을 0.8 μ 씩 성충의 흉부배판에 미량주사기로 처리하고나서 용기에 넣어 실내 (25도, 상대습도 50-60%, 명암 16 : 8)에 방치하였다. 처리 24시간 후에 사충율을 조사하였으며 반수치사약량 (LD₅₀)은 Finney (1971)의 Probit analysis에 따라 산출하였다.

Table 11. Insecticides used

Common name	Chemical name
Organophosphate	
Chlorpyrifos	<i>O,O</i> -diethyl <i>O</i> -3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate
DDVP	2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate
Diazinon	<i>O,O</i> -diethyl <i>O</i> -2-isopropyl-6-methylpyrimidin-4-yl phosphorothioate
Fenitrothion	<i>O,O</i> -dimethyl <i>O</i> -4-nitro- <i>m</i> -tolyl phosphorothioate
Fenthion	<i>O,O</i> -dimethyl <i>O</i> -4-methylthio- <i>m</i> -tolyl phosphorothioate
Methomyl	<i>S</i> -methyl <i>N</i> -(methylcarbamoyloxy)thioacetimide
Profenofos	<i>O</i> -4-bromo-2-chlorophenyl <i>O</i> -ethyl <i>S</i> -propyl phosphorothioate
Prothiofos	<i>O</i> -2,4-dichlorophenyl <i>O</i> -ethyl <i>S</i> -propyl phosphorodithioate
Pyraclofos	(<i>RS</i>)-[<i>O</i> -1-(4-chlorophenyl)pyrazol-4-yl <i>O</i> -ethyl <i>S</i> -propyl phosphorothioate]
Pyrethroid	
Bifenthrin	2-methylbiphenyl-3-ylmethyl(<i>Z</i>)-(1 <i>RS</i> ,3 <i>RS</i>)-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate
Deltamethrin	(<i>S</i>)- α -cyano-3-phenoxybenzyl(1 <i>R</i> ,3 <i>R</i>)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate
Esfenvalerate	(<i>S</i>)- α -cyano-3-phenoxybenzyl(<i>S</i>)-2-(4-chlorophenyl)-3-methylbutyrate
Ethofenprox	2-(4-ethoxyphenyl)-2-methylpropyl 3-phenoxybenzyl ether
Pyrethrin	(<i>Z</i>)-(1 <i>S</i>)-2-methyl-4-oxo-3-(penta-2,4-dienyl)cyclopent-2-enyl(1 <i>R</i>)- <i>trans</i> -2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate
Carbamate	
Furathiocarb	butyl 2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl <i>N,N'</i> -dimethyl- <i>N,N'</i> -thiodicarbamate
Neonicotinoid	
Imidacloprid	1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)- <i>N</i> -nitroimidazolidin-2-ylideneamine
Acetamiprid	
Pyrazole	
Fipronil	(\pm)-5-amino-1-(2,6-dichloro- α, α, α -trifluoro- <i>p</i> -tolyl)-4-trifluoromethyl-sulfinylpyrazole-3-carbonitrile
Pyrrole	
Chlorfenapyr	4-bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-trifluoromethylpyrrole-3-carbonitrile
Antibiotics	
Spinosad	

처리 24시간 후에 사충율을 조사하였으며 저항성비(resistance ratio, RR)는 $RR = (\text{야외채집 계통의 반수치시약량/SRS 계통의 반수치시약량})$ 에 따라 산출하였다. 10 이하의 저항성값, 10~40, 40~160, 그리고 160 이상의 저항성 값들은 각각 낮고 보통 높고 또는 매우 높은 저항성 값으로 하였다(Fukami *et al.* 1983).

4. 야외시험.

천적 및 저독성 살충제를 이용한 종합적 야외 방제실험 비교평가를 위하여 대조군과 처리군 농가를 1998년 12월부터 1999년 4월까지 조사하여 선정하였다. 객관적인 방제효과를 평가하기 위해서 축산농가의 규모가 비슷한 장소를 선택하였고, 선정된 축산농가 주변 2 km 이내에는 다른 축산농가가 없는 장소를 선택하는데 유의하였다. 평가 대상 축산농가는 대조군을 비롯한 처리군 모두 돈사를 선택하였는데 그 이유는 전년도 조사결과에서 나타난 바와 같이 돈사의 돈분이 주 발생원이며, 여기에서 발생하는 파리는 돈사주변에서 생활하며 서식하고 다른 지역의 돈사와 비교했을 때 고른 발생 분포를 보였기 때문이다. 그러나 우사는 우분이 절대적 발생원이 아니고 지역적인 환경의 차이 즉 소 사료의 종류, 먹다 남은 사료의 관리 등에 따라 파리의 주발생원에 차이가 있었으며, 우사 주변에서 활동하는 파리 성충은 대부분이 그 축사에서 발생하는 것으로 보이고, 다른 곳에서 먹이를 찾아 유인된 것으로 생각되어 적당치 못하였다. 계사는 larvicide를 계사료에 섞어 먹이기 때문에 계분에서는 파리가 전혀 발생되지 않았고 죽은 시체에서만 약간 발생될 정도였으므로 조사대상에서 제외시켰다.

대 조 군 : 화성군 송라리 81, 100두

화학적 처리군 : 화성군 은석리, 100두

생물적 처리군 : 화성군 덕천리, 100두

종합적 처리군 : 화성군 쌍학4리 94-5, 100두

선정된 대조군과 처리군 농가에 대한 파리의 월별 발생추이를 비교하기 위하여 각 측사에 7개의 접착트랩을 설치하여 채집하였고, 1999년 6월부터 10월까지 매주 출장하여 같은 방법으로 조사하였다. 이 시기는 돈사에서 주요 파리종이 많이 발생하는 시기이며 6월 이전에는 기온이 낮아 돈사에서 발생하는 주요 파리종의 큰 활동은 없다. 주로 기온이 낮은 이른봄에는 돈사에서 직접 발생한 종으로 보기 어려운 검정파리과에 속한 야생종이 주로 채집된다. 그러므로 조사 시기를 6월부터 시작하였다.

대조군과 각 처리군의 농장 규모가 비슷하다 해도 지역의 환경에 따라 파리 발생밀도는 약간의 차이가 있을 수 있다. 이를 서로 보정해주기 위해 6월 첫 달은 사전 조사로 이루어 졌고 본격적인 야외방제 실험은 7월 첫 주부터 실시하였다. 대조군에 비해 처리군의 파리 발생 감소율(% Reduction)은 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{감소율} = [(A \times B' / A' - B) / A \times B' / A'] \times 100$$

A : 처리 후 대조군에서 채집된 파리의 평균 개체 수

B : 처리 후 처리군에서 채집된 파리의 평균 개체 수

A' : 처리 전 대조군에서 채집된 파리의 평균 개체 수

B' : 처리 전 처리군에서 채집된 파리의 평균 개체 수

5. 천적에 미치는 영향

천적을 이용하는 생물적방제는 살충제의 부작용이 심각한 오늘날 해충종합방제의 주요 수단으로서 크게 주목을 받고 있어, 파리의 천적인 기생벌 *Muscidifurax raptor*에 대한 18종 살충제의 독성을 조사하여, 실제 야외에 있어서의 사용 가능성을 탐색하였다. 처리방법은 각 약제의 권장농도로 희석한 후 충체침지법으로 생물검정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 살충제 감수성

공시약제 20종의 감수성 집파리에 대한 살충효과를 조사한 결과를 표 12에 나타내었다. Fipronil의 LD₅₀ 값이 0.009 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 로서 가장 살충력이 높았으며, deltamethrin, DDVP, pyrethrin, chlorfenapyr, spinosad 등 5약제가 LD₅₀ 값이 <0.05 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 로서 비교적 높은 살충효과를 나타내었다. Chlorpyrifos, esfenvalerate, profenofos, fenthion 등의 살충제는 LD₅₀ 값이 0.1-0.05 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 이었으나, bifenthrin, ethofenprox, diazinon, furathiocarb, methomyl, pyraclofos, prothiofos, fenitrothion 등의 약제는 LD₅₀ 값이 1.0-0.1 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 로서 비교적 살충력이 낮았다. 최근에 개발된 neonicotinoid 계열의 imidacloprid와 acetamiprid는 >20 $\mu\text{g}/\text{fly}$ 로서 극히 낮은 살충효과를 보였다.

본 시험에서 얻어진 deltamethrin, DDVP, pyrethrin, chlorfenapyr 등은 저독성 살충제로서 가축해충을 방제하는데 있어서 사용 가능하리라고 생각되며, 특히 chlorfenapyr는 최근에 개발된 약제로서 이용 가능성이 크다고 할 수 있다.

2. 살충제 저항성 모니터링

경기도 태안지역의 돈사에서 채집한 집파리의 감수성 계통에 대한 저항성 발달 정도를 조사한 결과, diazinon과 fenitrothion의 경우 저항성비의 값이 각각 17과 11.4 로서 비교적 높은 저항성비를 나타내었으며, prothiofos, pyrethrin, fipronil은 저항성비가 값이 5-10 이었다(Table 13). Chlorpyrifos, ethofenprox, deltamethrin, methomyl, profenofos, pyraclofos, fenthion, DDVP, chlorfenapyr, spinosad 등의 약제는 1-3 정도의 저항성비를 보여 아직은 저항성 발달이 인정되지 않았다. Bifenthrin과 esfenvalerate는 저항성비가 각

각 0.8과 0.6으로서 역상관교차저항성을 나타내었다.

강원도 춘천지역의 돈사에서 채집한 집파리의 감수성 계통에 대한 저항성 발달 정도를 조사한 결과(Table 14), diazinon의 경우 저항성비의 값이 11.5로서 비교적 높은 저항성비를 나타내었으며, prothiofos, pyrethrin은 저항성비가 값이 6.5 이었다(Table3). Chlorpyrifos, fenitrothion, deltamethrin, methomyl, profenofos, pyraclofos, bifenthrin, esfenvalerate, fenthion, DDVP, fipronil, chlorfenapyr 등의 약제는 1-4정도의 저항성비를 보여 아직은 저항성 발달이 인정되지 않았다. Ethofenprox와 spinosad는 저항성비가 각각 0.5와 0.9로서 역상관교차저항성을 나타내었다.

진주지역의 돈사에서 채집한 집파리의 감수성 계통에 대한 저항성 발달 정도를 조사한 결과(Table 15), diazinon, pyrethrin과 fipronil의 경우 저항성비가 5-10의 값을 나타내었으나, 나머지 약제들은 1-4정도의 저항성비를 보여 아직은 저항성 발달이 인정되지 않았다.

이상의 결과로 부터 각 지역 돈사의 경우 diazinon, fenitrothion의 사용은 주의를 요하며, 기타 약제의 경우 심각한 저항성의 발달은 관찰되자지 않았으나, 야외지역의 파리를 합리적으로 방제하기 위해서는 앞에서 선발한 저독성 살충제의 교호 사용이 바람직하다고 할 수 있다.

3. 천적에 미치는 영향

20종 공시약제가 *Muscidifurax raptor*의 독성에 미치는 영향을 조사한 결과, pyrrole계 살충살비제인 chlorfenapyr (사충을, 52%)를 제외한 17종 약제는 이 기생봉에 대하여 독성이 높았다.

Table 12. Toxicity of insecticides to the susceptible strain of *Musca domestica*

Chemical	Slope (+SE)	LD ₅₀ (µg/fly)	χ^2
Organophosphate			
Chlorpyrifos	1.77±0.38	0.072	2.680
DDVP	1.35±0.27	0.024	0.236
Diazinon	1.84±0.60	0.631	1.043
Fenitrothion	1.60±0.56	0.130	1.264
Fenthion	2.16±0.41	0.074	0.424
Methomyl	1.74±0.30	0.142	0.534
Profenofos	1.91±0.42	0.099	0.446
Prothiofos	0.81±0.36	0.117	0.969
Pyraclufos	1.58±0.30	0.117	0.751
Pyrethroid			
Bifenthrin	1.26±0.29	0.185	0.485
Deltamethrin	1.01±0.27	0.027	1.376
Esfenvalerate	1.12±0.23	0.084	2.504
Ethofenprox	0.97±0.28	0.476	0.934
Pyrethrin	1.68±0.32	0.023	0.288
Carbamate			
Furathiocarb	1.50±0.28	0.182	0.227
Neonicotinoid			
Imidacloprid		>20	
Acetamiprid		>20	
Pyrazole			
Fipronil	1.65±0.28	0.009	0.734
Pyrrole			
Chlorfenapyr	2.23±0.32	0.013	3.331
Antibiotics			
Spinosad	1.67±0.38	0.047	2.919

Table 13. Toxicity of insecticides to *Musca domestica* adults collected from Taean, Kyunggi Province

Chemical	Slope (+SE)	LD ₅₀ (μ g/fly)	χ^2	RR
Organophosphate				
Chlorpyrifos	3.17±0.48	0.267	0.643	3.7
DDVP	5.49±0.98	0.042	3.074	1.8
Diazinon	2.32±0.67	10.698	3.855	17.0
Fenitrothion	3.80±0.70	1.479	0.760	11.4
Fenthion	5.37±0.95	0.212	4.300	2.9
Methomyl	5.29±0.90	0.366	0.188	2.6
Profenofos	3.22±0.64	0.164	0.313	1.7
Prothiofos	4.67±0.89	0.912	1.341	7.8
Pyraclofos	3.99±0.73	0.245	0.360	2.1
Pyrethroid				
Bifenthrin	1.68±0.37	0.144	0.193	0.8
Deltamethrin	2.43±0.34	0.049	4.816	1.8
Esfenvalerate	1.56±0.28	0.050	0.944	0.6
Ethofenprox	2.48±0.36	1.498	0.908	3.2
Pyrethrin	2.18±0.28	0.146	3.365	6.4
Carbamate				
Furathiocarb	-	-	-	-
Neonicotinoid				
Imidacloprid		>20		-
Acetamiprid		>20		-
Pyrazole				
Fipronil	1.64±0.25	0.043	3.137	5.0
Pyrrole				
Chlorfenapyr	3.21±1.37	0.046	4.563	3.7
Antibiotics				
Spinosad	3.44±0.68	0.063	0.346	1.4

Table 14. Toxicity of insecticides to *Musca domestica* adults collected from Wonju, Kwangwon Province

Chemical	Slope (+SE)	LD ₅₀ (µg/fly)	χ^2	RR
Organophosphate				
Chlorpyrifos	1.94±0.30	0.247	0.762	3.4
DDVP	3.69±0.54	0.039	2.389	1.6
Diazinon	1.83±0.41	7.250	0.347	11.5
Fenitrothion	2.25±0.41	0.632	1.682	4.7
Fenthion	3.69±0.59	0.279	0.544	3.8
Methomyl	4.09±0.60	0.224	2.508	1.6
Profenofos	3.09±0.48	0.181	0.367	1.8
Prothiofos	3.35±0.50	0.755	2.519	6.5
Pyraclufos	2.65±0.43	0.221	0.948	1.9
Pyrethroid				
Bifenthrin	1.94±0.30	0.247	0.762	1.3
Deltamethrin	1.90±0.39	0.058	1.454	2.1
Esfenvalerate	2.34±0.41	0.099	0.113	1.2
Ethofenprox	2.48±0.42	0.228	0.587	0.5
Pyrethrin	2.02±0.32	0.150	1.040	6.5
Carbamate				
Furathiocarb	-	-	-	-
Neonicotinoid				
Imidacloprid		>20		-
Acetamiprid		>20		-
Pyrazole				
Fipronil	2.05±0.39	0.041	1.792	4.6
Pyrrole				
Chlorfenapyr	3.23±0.49	0.035	0.139	2.7
Antibiotics				
Spinosad	2.07±0.31	0.043	0.249	0.9

resistance ratio

Table 15. Toxicity of insecticides to *Musca domestica* adults collected from Jinju, Kyungnam Province

Chemical	Slope (+SE)	LD ₅₀ (μg/fly)	χ ²	RR
Organophosphate				
Chlorpyrifos	2.20±0.40	0.214	0.619	3.0
DDVP	2.10±0.54	0.077	0.670	3.2
Diazinon	2.28±0.59	6.081	0.105	9.6
Fenitrothion	2.04±0.40	0.559	1.354	4.3
Fenthion	3.08±0.64	0.189	0.244	2.6
Methomyl	2.280±0.32	0.326	0.722	2.3
Profenofos	2.82±0.62	0.178	2.061	1.8
Prothiofos	2.96±0.64	0.402	0.170	3.4
Pyraclofos	2.25±0.40	0.209	8.813	1.8
Pyrethroid				
Bifenthrin	1.80±0.38	0.228	0.257	1.2
Deltamethrin	1.90±0.39	0.058	1.454	2.1
Esfenvalerate	2.24±0.59	0.146	1.161	1.7
Ethofenprox	2.63±0.43	1.775	0.237	3.7
Pyrethrin	2.61±0.43	0.201	0.213	8.7
Carbamate				
Furathiocarb	-	-	-	-
Neonicotinoid				
Imidacloprid		>20		-
Acetamiprid		>20		-
Pyrazole				
Fipronil	2.62±0.60	0.046	0.345	5.1
Pyrrole				
Chlorfenapyr	2.72±0.44	0.036	0.432	2.8
Antibiotics				
Spinosad	2.61±0.60	0.047	8.399	1.0

resistance ratio

4. 야외 방제군의 대조군에 대한 비교 평가

1998년 12월부터 1999년 4월까지 해충 방제 대상지역을 선정하고, 1999년 6월부터 10월까지 대조군과 저독성 살충제 deltamethrin 0.05% 처리지역, 집파리에 우수한 기주력을 나타내는 *Muscidifurax raptor*를 방사한 지역, 위의 두가지 방법을 병행 처리한 지역, 4지역에 대한 파리 밀도를 조사하여 방제율을 분석하였다. 대조군의 파리 발생을 보면 파리 발생종은 약 5종으로 분류되었고 전체 총 개체수 4589.2개체 중 *Musca domestica*가 4563.3개체로 99.4%를 차지하여 가장 우점종이었으며, 이는 6월부터 발생하기 시작하여 7월에 peak를 이루고 8월에는 약간 감소하였다가 9월에 년중 가장 높은 발생을 나타냈다(Table 16). *Lucilia & Phaenicia* sp.는 0.4%, *Sarcophaga* sp.는 0.1%, *Phormia regina*와 *Stomoxys calcitrans*는 모두 0.02%의 밀도 분포를 보였다.

이와 비교해 저독성 살충제 처리군의 *Musca domestica* 평균 총 개체수는 2043.6개체로 대조군에 비해 평균 52.8% 감소되었는데 7월에 70.4%, 8월에는 67.0%, 그리고 9월에는 47.7%, 10월에는 26.1% 감소된 것으로 조사되었다(Table 17). 이와 같이 월별 파리 방제율에 차이를 보인 것은 살충제에 대한 파리의 습성적 반응이 변화하여 살충제를 기피하기 때문에 나타날 수 있으며, 또한 실제 야외에서 살충제의 잔류효과에 대한 문제점도 있을 수 있다.

기생벌 처리군의 *Musca domestica* 평균 총 개체수는 3172.7개체로 대조군에 비해 평균 37.2%의 밀도 감소를 나타냈으며, 월별 감소율은 7월에 18.1%, 8월에는 55.9%, 9월에는 26.4%, 그리고 10월에는 48.2%의 밀도 감소를 나타냈다(Table 18). 생물적 방제 역시 월별로 파리 방제율에 다소 차이를 보인 것은 환경에 대한 기생벌의 적응력과 장마와 같은 급변한 환경에서의 생존력 그리고 계절별로 야외에서의 먹이 조달 등이 고려되어야 할 것으로 보인다.

그리고 저독성 살충제와 기생벌을 같이 처리한 종합적 처리군은 *Musca domestica*의 평균 총 발생이 1263.4개체로 대조군에 비해 평균 84.1%의 밀도 감

소를 나타냈고, 월별 감소율은 7월부터 10월까지 각각 83.6%, 83.0%, 88.0%, 81.9%로 비교적 안정적이며 우수한 방제 결과를 나타냈다(Table 19). 이러한 결과는 기생벌에 안전한 살충제의 선택 그리고 살충제의 영향이 미치지 못한 곳에서 기생벌의 파리방제에 대한 역할 등이 상호보완적으로 작용되었을 것으로 생각된다.

이상과 같이 축산장에서 발생하는 파리의 종합적 방제에 관한 야외 연구결과 21세기 우리 나라의 파리 방제산업 개발에 유용될 수 있을 것으로 기대된다.

5. 종합고찰

국내에서 파리에 대한 연구는 주로 분류학적 연구만이 선행되었을 뿐 생태학적인 연구결과나 발생원 분석에 대한 연구는 미흡하여 실제 농가에서 파리에 대한 방제나 관리가 어려웠던 것이 사실이었으며, 실패의 주원인이었다. 그러나 단순한 방제목적이 아닌 종합적인 해충관리를 위해서는 무엇보다 방제 대상 해충에 대한 기초적인 조사가 이루어져야 하고, 연구되어야 한다. 본 연구에서는 각 지역별 여러 축산농가에서 파리의 계절적 발생소장 및 주요 발생원 등 여러 생태학적 연구가 분석됨으로서 다각적인 해충관리와 환경친화적인 해충관리보다 좋은 결과를 가져올 수 있을 것으로 기대되며, 이를 바탕으로 우리 실정에 맞는 우수한 방제 방안을 Modeling할 수 있을 것으로 기대된다. 앞으로 연구가 보충되어야 할 부분은 발생원은 작지만 성충의 서식밀도가 높은 경우가 있다. 대표적으로 우사와 계사가 그 예이며 이러한 경우 다른 곳에서 발생하여 먹이를 찾아 축산장으로 유인된 것으로 사려 된다. 이 때 유인된 파리의 발생지와와 평균 이동거리, 발생지 주변의 여러 요인에 의해 서식밀도를 달리하는 파리의 분산분포, 그리고 물리적 방제 즉, 환경적 방제만을 처리했을 때 파리 밀도 감소율에 관한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서와 같이 살충제 저항성 모니터링 연구의 주요 목적은 자료로부터

어떤 정보나 패턴을 알아낼 수 있는가를 추정하는 것으로, 야외에서 채집된 3개 집파리 개체군들의 실내 연구에서 살충제 감수성의 지역별 변이가 존재하고 있었으며 이들 결과는 다른 유전적 또는 생화학적 성질과 함께 저항성 메커니즘이 살충제 감수성과 관련이 있다는 것을 나타내고 있다. 그러나 야외에서 채집된 집파리는 조사된 하나 또는 그 이상의 살충제에 대하여 감수성이었다. 그러므로 집파리 개체군에 대한 적절한 살비제의 주의깊은 선택이 만족할만한 방제를 이끌어낼 수 있을 것이다.

Table 16. Average number of flies collected by Sticky trap(21×12.5cm)/24hrs. for adults from non-treated control of hog raising farm in period of Jun–October in 1999.

MONTH	Species	<i>Musca</i>	<i>Lucilia</i> &	<i>Phormia</i>	<i>Stomoxys</i>	<i>Sarcophaga</i>	Total
	Weeks	<i>domestica</i>	<i>Phaenicia</i> sp.	<i>regina</i>	<i>calcitrans</i>	sp.	
NON-TREATED CONTROL							
Jun	1st	71.5	2.2	0.0	0.0	0.8	74.5
	2nd	99.3	1.7	0.0	0.0	0.9	101.9
	3rd	206.3	0.7	0.0	0.0	1.0	208.0
	4th	163.3	1.0	0.0	0.0	1.3	165.6
	Subtotal	540.4	5.6	0.0	0.0	4.0	550.0
Jul.	1st	157.6	0.3	0.0	0.0	0.6	158.5
	2nd	171.4	0.7	0.0	0.0	0.3	172.4
	3rd	371.6	1.7	0.0	0.0	0.4	373.7
	4th	425.6	3.0	0.6	0.0	0.6	429.8
	Subtotal	1126.2	5.7	0.6	0.0	1.9	1134.4
Aug.	1st	350.4	3.3	0.0	0.1	0.0	353.8
	2nd	180.3	0.7	0.0	0.0	0.1	181.1
	3rd	233.0	0.3	0.0	0.0	0.1	233.4
	4th	265.7	0.7	0.1	0.0	0.1	266.6
	Subtotal	1029.4	5.0	0.1	0.1	0.3	1034.9
Sep.	1st	247.2	0.0	0.0	0.0	0.0	247.2
	2nd	315.3	0.5	0.2	0.0	0.0	316.0
	3rd	361.0	0.3	0.0	0.0	0.0	361.3
	4th	372.2	0.4	0.0	0.2	0.5	373.3
	Subtotal	1295.7	1.2	0.2	0.2	0.5	1297.8
Oct.	1st	256.5	0.0	0.0	0.0	0.0	256.5
	2nd	148.9	0.0	0.0	0.0	0.0	148.9
	3rd	166.3	0.3	0.0	0.6	0.4	167.6
	Subtotal	571.7	0.3	0.0	0.6	0.4	573.0
Grand total		4563.3 (99.4)'	17.8 (0.4)'	0.9 (0.02)'	0.9 (0.02)'	6.2 (0.1)'	4589.2 (100.0)'

'() Represents percent(%)

Table 17. Average number of flies collected by Sticky trap(21×12.5cm)/24hrs. for adults from chemical-treated of hog raising farm in period of Jun-October in 1999.

MONTH	Species Weeks	<i>Musca</i>	<i>Lucilia &</i>	<i>Phormia</i>	<i>Stomoxys</i>	<i>Sarcophaga</i>	Total
		<i>domestica</i>	<i>Phaenicia</i> sp.	<i>regina</i>	<i>calcitrans</i>	sp.	
Jun	1st	67.3	1.3	0.0	0.0	0.8	69.4
	2nd	83.9	1.3	0.0	0.0	0.6	85.8
	3rd	165.2	1.0	0.0	0.0	0.4	166.6
	4th	164.9	1.9	0.1	0.0	1.3	168.9
	Subtotal	481.3	5.5	0.1	0.0	3.1	490.7
POST-TREATMENT							
Jul.	1st	154.3	2.7	0.6	0.0	0.0	157.6
	2nd	69.4	2.3	0.0	0.0	0.0	71.8
	3rd	46.3	0.4	0.0	0.0	0.1	46.8
	4th	21.7	1.3	0.0	0.0	0.0	23.1
	Subtotal	291.7	6.7	0.6	0.0	0.1	299.3
	% Reduct [*]	70.9%	--	--	0.0%	93.2%	70.4%
Aug.	1st	88.0	1.9	0.0	0.0	0.0	89.9
	2nd	73.0	4.9	0.0	0.0	0.3	78.2
	3rd	58.8	0.8	0.0	0.3	0.0	59.9
	4th	73.9	0.9	0.0	0.3	0.4	75.5
	Subtotal	293.7	8.5	0.0	0.6	0.7	303.5
	% Reduct [*]	67.9%	--	--	--	--	67.0%
Sep.	1st	64.1	0.1	0.0	0.1	0.0	64.3
	2nd	214.3	0.4	0.0	0.0	0.0	214.7
	3rd	130.7	0.3	0.0	0.0	0.6	131.6
	4th	192.4	0.4	0.1	0.0	0.1	193.0
	Subtotal	601.5	1.2	0.1	0.1	0.7	603.6
	% Reduct [*]	47.8%	--	--	50.0%	--	47.7%
Oct.	1st	221.6	0.4	0.0	0.0	0.3	222.3
	2nd	98.2	0.4	0.0	0.0	0.0	98.6
	3rd	55.6	0.4	0.0	0.0	0.1	56.1
	Subtotal	375.4	1.2	0.0	0.0	0.4	377.0
	% Reduct [*]	26.2%	--	--	100.0%	--	26.1%
Grand total		2043.6	21.1	0.8	0.7	5.0	2072.1

$$* \% \text{ Reduction} = [(A \times B' / A' - B) / A \times B' / A'] \times 100$$

Whereas, A = Average No. of flies collected in control of Post-Treatment

B = Average No. of flies collected in treatment of Post-Treatment

A' = Average No. of flies collected in control of Pre-Treatment

B' = Average No. of flies collected in treatment of Pre-Treatment

** Represents values of % reduction statistically not available

Table 18. Average number of flies collected by Sticky trap(21×12.5cm)/24hrs. for adults from parasite-released of hog raising farm in period of Jun-October in 1999.

MONTH	Species Weeks	Species					Total
		<i>Musca domestica</i>	<i>Muscina stabulance</i>	<i>Lucilia & Phaenicia</i> sp.	<i>Stomoxys calcitrans</i>	<i>Sarcophaga</i> sp.	
Jun	1st	60.2	1.3	0.7	0.0	0.7	62.9
	2nd	80.3	1.6	1.0	0.0	0.7	83.6
	3rd	163.8	0.0	1.3	0.0	0.6	165.7
	4th	241.5	0.0	1.5	0.0	1.0	244.0
	Subtotal	545.8	2.9	4.5	0.0	3.0	556.2
POST-TREATMENT							
Jul.	1st	156.9	0.0	1.3	0.0	0.7	158.9
	2nd	168.1	0.0	1.0	0.0	0.3	169.4
	3rd	331.7	0.0	0.0	0.0	0.0	331.7
	4th	268.6	0.0	0.3	0.0	0.1	269.0
	Subtotal	925.3	0.0	2.6	0.0	1.1	929.0
	% Reduct [*]	17.8%	- ^{**}	43.2%	0.0%	22.8%	18.1%
Aug.	1st	89.1	0.0	0.0	0.0	0.1	89.2
	2nd	75.4	0.0	0.0	0.1	0.0	75.5
	3rd	112.0	0.0	0.0	0.3	0.9	113.2
	4th	177.7	0.0	0.0	0.0	0.4	178.1
	Subtotal	454.2	0.0	0.0	0.4	1.4	456.0
	% Reduct [*]	55.9%	- ^{**}	100.0%	- ^{**}	- ^{**}	55.9%
Sep.	1st	165.6	0.0	0.4	0.0	0.3	166.3
	2nd	262.0	0.0	0.7	0.3	0.5	263.5
	3rd	304.2	0.0	0.3	0.0	0.5	305.0
	4th	220.2	0.0	0.2	0.5	0.0	220.9
	Subtotal	952.0	0.0	1.6	0.8	1.3	955.7
	% Reduct [*]	26.5%	- ^{**}	- ^{**}	- ^{**}	- ^{**}	26.4%
Oct.	1st	178.4	0.0	0.0	0.8	0.0	179.2
	2nd	98.7	0.0	0.1	0.4	0.1	99.3
	3rd	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	18.3
	Subtotal	295.4	0.0	0.1	1.2	0.1	296.8
		% Reduct [*]	48.3%	- ^{**}	58.3%	- ^{**}	66.7%
Grand total		3172.7	2.9	8.8	2.4	6.9	3193.7

$$^* \% \text{ Reduction} = [(A \times B' / A' - B) / A \times B' / A'] \times 100$$

Whereas, A = Average No. of flies collected in control of Post-Treatment

B = Average No. of flies collected in treatment of Post-Treatment

A' = Average No. of flies collected in control of Pre-Treatment

B' = Average No. of flies collected in treatment of Pre-Treatment

^{**} Represents values of % reduction statistically not available

Table 19. Average number of flies collected by Sticky trap(21×12.5cm)/24hrs. for adults from integrated-control of hog raising farm in period of Jun-October in 1999.

MONTH	Species Weeks	<i>Musca</i>	<i>Muscina</i>	<i>Lucilia &</i>	<i>Stomoxys</i>	<i>Sarcophaga</i>	Total
		<i>domestica</i>	<i>stabulance</i>	<i>Phaenicia</i> sp.	<i>calcitrans</i>	sp.	
Jun	1st	82.8	3.0	1.2	0.0	0.3	87.3
	2nd	106.1	0.7	1.0	0.0	0.6	108.4
	3rd	208.0	0.0	0.6	0.0	0.3	208.9
	4th	195.6	0.0	0.7	0.0	0.1	196.4
	Subtotal	592.5	3.7	3.5	0.0	1.3	598.3
POST-TREATMENT							
Jul.	1st	55.9	0.0	0.8	0.0	0.4	57.1
	2nd	54.3	0.0	1.7	0.0	0.3	56.3
	3rd	46.1	0.0	1.6	0.0	0.7	48.4
	4th	42.4	0.0	0.6	0.1	0.0	43.1
	Subtotal	198.7	0.0	4.7	0.1	1.4	204.9
	% Reduct'	84.0%	--	--	--	--	83.6%
Aug.	1st	38.6	0.0	0.4	0.3	0.6	39.9
	2nd	53.1	0.0	0.1	0.1	0.4	53.7
	3rd	24.3	0.0	0.1	0.4	0.3	25.1
	4th	73.6	0.0	0.7	0.1	0.6	75.0
	Subtotal	189.6	0.0	1.3	0.9	1.9	193.7
	% Reduct'	83.3%	--	58.4%	--	--	83.0%
Sep.	1st	12.7	0.0	0.2	0.2	0.4	13.5
	2nd	40.6	0.0	0.0	0.0	0.3	40.9
	3rd	69.1	0.0	0.3	0.3	0.4	70.1
	4th	46.3	0.3	0.0	0.1	0.1	46.8
	Subtotal	168.7	0.3	0.5	0.6	1.2	171.3
	% Reduct'	88.2%	--	33.3%	--	--	88.0%
Oct.	1st	43.3	0.0	0.0	0.0	0.0	43.3
	2nd	37.2	0.0	0.1	0.0	0.0	37.3
	3rd	33.4	0.0	0.0	0.3	0.0	33.7
	Subtotal	113.9	0.0	0.1	0.3	0.0	114.3
	% Reduct'	81.9%	--	46.7%	50.0%	100.0%	81.9%
Grand total		1263.4	4.3	12.3	1.9	8.5	1282.5

$$\% \text{ Reduction} = [(A \times B' / A' - B) / A \times B' / A'] \times 100$$

Whereas, A = Average No. of flies collected in control of Post-Treatment

B = Average No. of flies collected in treatment of Post-Treatment

A' = Average No. of flies collected in control of Pre-Treatment

B' = Average No. of flies collected in treatment of Pre-Treatment

-- Represents values of % reduction statistically not available

제 4 절 인용문헌

Brown, A. W. A. 1971. Pest resistance to pesticides. pp. 457-552. *In* R. White-Stevens(ed.), *Pesticides in the environment*, Marcel Dekker, New York.

Carson, R. L. 1962. *Silent spring*. Houghton Mifflin, Boston.

Finney, D. J. 1971. *Probit analysis* (3rd ed.). Cambridge University Press, London.

Fukami, J., Y. Uesugi and K. Ishizuka. 1983. *Pest resistance to pesticides*. Soft Science, Inc., Tokyo, Japan.

Georghiou, G. P. and C. E. Taylor. 1977. Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. pp. 759-785. *In* *Proceedings, XV International Congress of Entomol.*, Washington, D. C.

Georghiou, G. P. 1986. The magnitude of resistance problem. pp. 14-43. *In* *Pesticide resistance*. National Academy Press, Washington, D. C.

Glass, E. H. 1976. Pest management : principles and philosophy. pp. 43-44. *In* J. L. Apple and R. F. Smith(ed.), *Integrated pest management*, Plenum Press, New York.

Keiding, J. 1977. Resistance in the housefly in Denmark and elsewhere. pp. 261-302. *In* D. L. Watson and A. W. Brown(ed.), Pesticide management and insecticide resistance. Academic Press, New York.

Melander, A. L. 1914. Can insects become resistant to sprays? *J. Econ. Entomol.* 7: 167-172.

Mecalf, R. E. 1980. Changing role of insecticides in crop protection. *Ann. Rev. Ent.* 25: 219-256.

제 4 장 천적을 이용한 생물적 방제

제 1 절 서 설

가축 및 인축에 가장 많은 피해를 주는 파리류는 파리목(Diptera) 환봉아목(Cyclorrhpha) 집파리과(Muscidae)에 속하는 집파리(*Musca domestica*)이다. 이들은 가축을 기르면서 생성되는 가축분, 사료찌꺼기 그리고 그 이외의 여러 가지 부패물질에서 가장 많이 발생하여 기계적 전파(mechanical transmission)에 의해 여러 가지 질병을 전파할 뿐만 아니라 사람의 주거환경에 대량으로 침범하여 불편감이나 혐오감을 주는 대표적인 뉴슨스(nuisance)이며, 가축에게는 심한 성가심을 주거나 축산 상품의 질을 저하시켜 경제적 손실을 준다. 이러한 파리를 방제하기 위해 최근에 이르기까지 주로 살충제를 이용하여 왔다. 그러나 살충제에 대한 저항성이 발달하여 살충제의 사용량을 증가시키게 되었고, 이로 인한 환경 파괴와 농축산물의 질 저하, 그리고 인간에게도 여러 가지 다양한 피해를 초래하게 되었다. 따라서 살충제의 사용을 대체시키는 방법으로 파리에 대한 천적을 이용하는 방법에 관심이 높아지게 되었으며, 그 중 파리 번데기에 산란하여 그 내용물을 섭식하여 성장한 후 우화하므로 파리를 치사시키는 기생벌을 이용하는 방법이 커다란 발전을 가져왔으며, 최근에 매우 활발한 연구가 진행되고 있다. 지금까지 파리천적으로 알려진 주요 파리천적 기생벌은 표 1-1에서 보는 바와 같으나 우리나라에서는 최근 까지 이러한 종의 서식여부 조차 확인되지 않고 있었을 뿐만 아니라 이것을 이용한 방제연구는 거의 전무한 상태이다. 따라서 파리에 대한 우수한 천적자원을 확인하는 한편, 이들의 이용성을 판단하고 이를 파리 방제에 이용할 수 있는 방향을 제시하는 것이 절실하다.

본 연구과제를 수행하게 된 목적은 파리를 방제하기 위해 세계적으로 연구되

고 있는 기생벌을 이용한 생물학적 방제 및 이를 이용한 종합적인 방제가 활발히 진행되고 있는 가운데 지금까지 우리 나라에서 이 분야에 대한 연구가 전혀 없는 현실에서 우리 나라에 서식하고 있는 우수한 천적자원을 색출하고, 주요 종의 방제능력, 즉 산란 수와 생존율 그리고 대량생산을 위한 기초자료인 발육기간 및 집파리 번데기의 온도에 따른 저장능력 등을 조사하여 기생벌을 이용한 파리 방제의 가능성을 제시하고, 종합적 방제에 이용하므로 살충제로 인한 여러 가지 문제를 극소화 하여 국민의 건강 증진과 환경오염을 극소화하고, 궁극적으로 축산시설의 환경을 향상시켜 농민의 건강과 농축산물의 품질을 높이고자 하는 것이다.

본 연구과제를 수행함에 있어 다음과 같은 연구내용을 체계적으로 수행하여 파리의 생물학적 방제 및 종합방제의 모델을 정립하고자 하였다. 우선, 국내에 분포하고 있는 파리천적 기생벌의 종류와 자연계에서의 기생을 확인하고, 이들에 대한 산란수 및 생존능력 등에 대한 조사를 통하여 우리 나라에서 이용할 만한 우수한 천적 기생벌 선발하였다. 그리고, 선정된 기생벌의 대량 사육을 위해 일정 온도 및 습도가 유지되는 사육실에서 기생벌의 발육기간 등 일련의 사육조건을 조사하였으며, 문헌이나 여러 가지 자료를 통하여 기생벌의 야외 방사시 환경영향 등의 side-effect에 대한 검토를 하였으며, 이러한 조사 결과 및 자료를 종합 정리하여 기생벌을 이용한 집파리의 효율적 종합방제 방법을 제시하고자 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 파리 번데기 천적기생벌의 채집

국내에 서식 분포하고 있는 파리 천적기생벌의 종류를 확인하고, 우수한 천적기생벌을 색출하기 위해 Figure 1에서 보는 바와 같이 강원도 홍천군과 양구군, 경기도 파주시와 여주군, 충청북도 충주시와 영동군, 충청남도 공주시와 서산시, 경상북도 영천시와 영주시, 경상남도 암안군, 김해시 그리고 부산시, 전라북도 정읍시, 전라남도 장성군, 그리고 제주도 제주시 등 우리 나라 전국 16개 지역에서 돼지와 소의 분에서 파리번데기를 채집하여 투명한 젤라틴 캡슐로 한 개체씩 봉입하여 실험실로 운반한 후 온도 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $60\pm 5\%$ 의 사육실에서 약 30일 동안 방치하며 번데기에서 기생벌을 우화시켰다. 그리고 우화한 기생벌을 지역, 계절 및 기주별로 분류하고 기생벌에 대한 상대밀도를 산출하였다.

2. 우수한 천적 기생벌의 선발

채집된 기생벌에 대한 상대밀도를 확인한 후, 주요 종에 대한 산란수 및 생존력 등을 실험한 후 종합 정리하여 비교적 밀도가 높으며, 산란수가 많은 종 그리고 최근 세계적으로 가장 우수한 평가를 받고 있는 공통 종을 선발하여 야외 방제 실험에 사용하였다.

기생벌에 대한 산란능력은 상기 기생벌 사육조건에서, 번데기가 된지 24-48시간 된 집파리 번데기를 우화한지 24시간 이내의 교미하지 않은 기생벌 암수 1쌍씩에 노출시켜 24시간 별로 번데기를 바꾸어 제공하며 암컷의 기생벌이 사망할 때까지 계속하였다. 기생벌에 의해 산란된 번데기는 투명 젤라틴캡슐로 봉입하여 기생벌이 우화할 때까지 관찰하였으며, 우화되는 기생벌을 날짜별로 암수를 구별하여 기록하여 정리하였다.

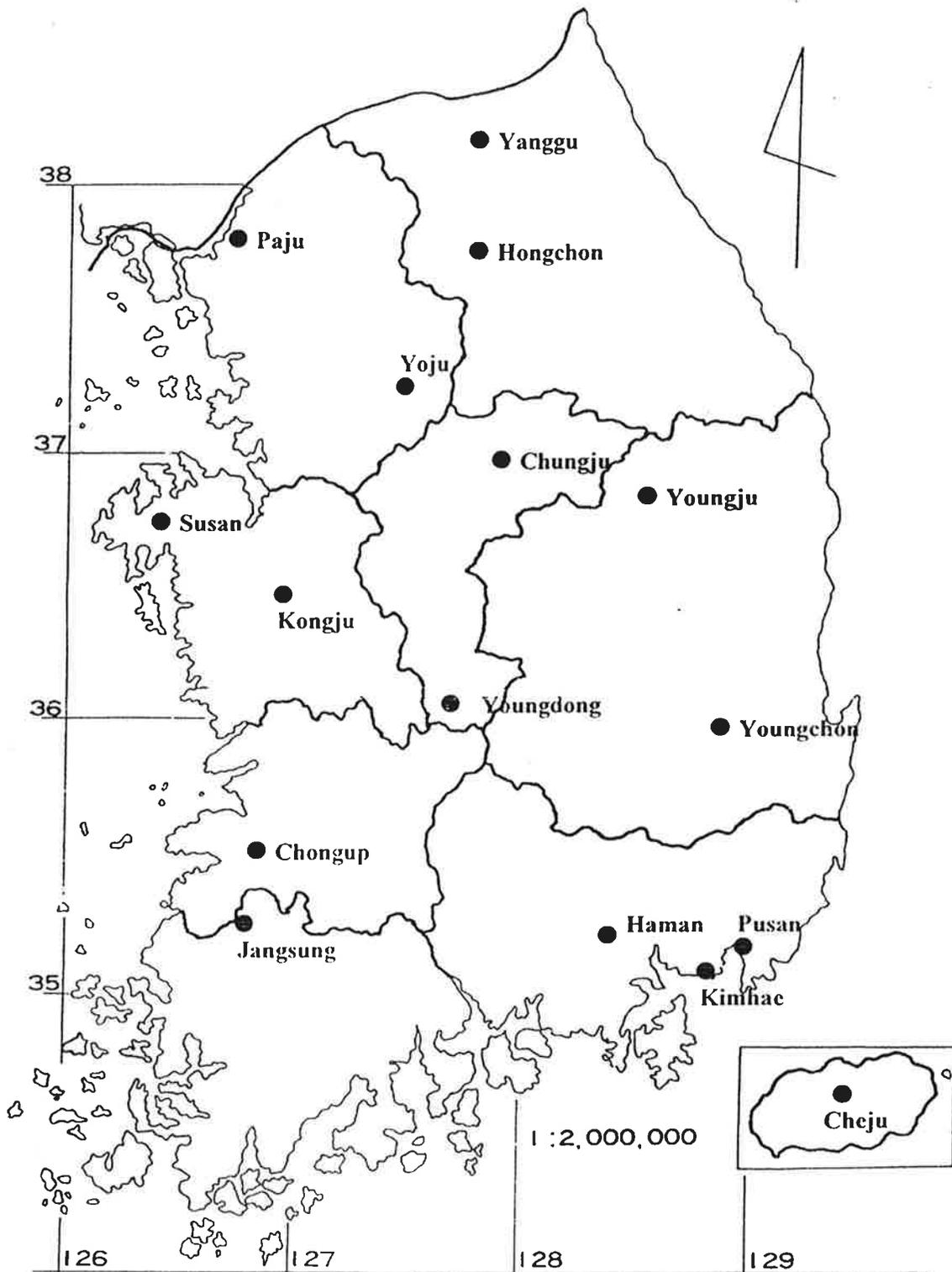


Fig. 1. Map showing the approximate localities where hymenopterous parasitoids were collected.

3. 천적 기생벌의 사육

기생벌의 계대사육 및 야외방제에 사용할 기생벌의 대량사육을 위해 사육조건은 온도 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $60\pm 5\%$, 광 주기는 낮과 밤을 16시간과 8시간으로 여름철 조건을 제공하였다. 먹이로는 5% 설탕물을 탈지면에 적서 제공하였다.

4. 대량사육을 위한 파리번데기의 생산

파리번데기를 생산하기 위해 파리를 온도 $27\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $70\pm 5\%$ 에서 사육하면서 먹이로는 설탕, 분유, 사료를 배합하여 제공하였으며, 산란을 유도하였다. 산란된 파리알을 젖송아지용 사료를 물에 적서 사육배지를 제조하여 접종한 후 발육시킨 다음 3령기 말에 배지와 파리구더기를 분리한후 파리번데기를 생산하였다.

5. 집파리 번데기의 저장 조건

기생벌의 계대사육 및 대량사육을 위해 파리번데기가 적시에 필요하므로 번데기의 저장이 매우 중요하다. 따라서 번데기가 0-24시간, 24-48시간, 48-72시간, 72-96시간별로 생장이 거의 정지되며 신선도가 가장 잘 유지되는 약 4°C 냉장고에 번데기의 성숙도에 따라 저장조건을 조사하였다.

6. 야외방제 실험을 위한 기생벌 사육

번데기가 된지 약 24-48시간 된 파리번데기를 기생벌이 들어있는 사육케이지 ($50\times 50\times 50\text{cm}$, 투명 아크릴)안에 약 2일 노출시켜 기생벌로 하여 산란하도록 유도하였다. 산란된 파리번데기는 사육조건, 온도 $26\pm 1^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $60\pm 5\%$ 에서 기생벌이 우화하기 직전인 약 2주간 발육시켜 야외방사를 위해 준비하였다.

제 3 절 결 과

1. 한국산 파리천적 기생벌의 종류

조사기간 동안 국내 16개 지역의 소 및 돼지의 쌓아둔 분에서 파리 번데기를 채집하여 기생벌을 조사하였다. Table 20에서 보는 바와 같이 조사된 파리번데기 종은 주로 집파리를 중심으로 채집되었으며 기주별로 보면, 집파리(*Musca domestica*) 27,252개체, 애기집파리(*Fania canicularis*) 41개체, 침파리(*Stomoxys calcitrans*), 그리고 쉬파리류(*Sarcophaga* sp.) 86개체로 총 27,675개체의 파리 번데기를 채집 조사하였다. 이들 번데기에서 우화하여 확인된 종은 금좀벌과(Pteromalidae)의 *Spalangia endius* Walker, *S. nigra* Latreille, *S. nigroaenea* Curtis, *S. sp.*, *Muscidifurax raptor* Girault & Sanders, *Pachycrepoides vindemiae* (Rondani), *Nasonia vitripennis* (Walker), 수중다리좀벌과(Calcididae)의 *Dirhinus herperidum* (Rossius), Diapriidae의 *Trichopira* sp.와 미분류된 4종을 포함하여 모두 13종이 채집되었다.

2. 기생벌의 발생밀도

조사기간 동안 채집된 국내 파리 천적 기생벌의 자연계에서의 기생밀도는 Table 1에서 보는 바와 같이 전체 채집된 파리 번데기에 대해 전체적으로 상대밀도가 가장 높은 종은 *S. nigroaenea*로 70%의 상대밀도를 나타내 우리 나라에서 소 및 돼지의 축변에 있는 파리번데기에 기생하는 우점종으로 나타났고, *M. raptor* 19.3%, *S. endius* 2.5%, *P. vindemiae* 약 2%의 순으로 나타났으며, 그 이외의 종들은 1%이하의 낮은 상대밀도를 나타냈다. 지역적으로 보면, Table 21과 Figure 2에서 보는 바와 같이 대부분의 지역에서 역시 *S. nigroaenea*가 가장 높은 발생밀도를 나타냈고, 지역에 따라 몇 지역에서는 *S. endius*나 *M. raptor*가 우점도를 차지하는 경우도 있었다.

Table 20. Species and number of hymenopterous parasitoids that emerged from parasitized fly pupae collected cattle manure at sixteen localities in Korea (1997-1998)

Host species Parasitoid species	<i>Musca</i> <i>domestica</i> (27,252) ^a	<i>Fania</i> <i>canicularis</i> (41)	<i>Stomoxys</i> <i>calcitrans</i> (296)	<i>Sarcophaga</i> sp. (86)	Total (27,675)	Relative parasitism (%) ^b
Pteromalidae						
<i>Spalangia endius</i>	330	0	0	4	334	7.53
<i>S. nigroaenea</i>	3,077	13	1	12	3,103	70.00
<i>S. nigra</i>	21	0	0	0	21	0.47
<i>S. sp.</i>	2	0	0	0	2	0.05
<i>Muscidifurax raptor</i>	845	0	0	3	848	19.13
<i>Nasonia vitripennis</i>	1	0	0	0	1	0.02
<i>Pachycrepoideus vindemiae</i>	85	0	0	1	86	1.94
Chalcididae						
<i>Dirhinus hesperidum</i>	26	0	0	0	26	0.59
Diapriidae						
<i>Trichopira</i> sp.	5	0	1	0	6	0.14
unidentified sp. 1	1	0	0	0	1	0.02
unidentified sp. 2	2	0	0	0	2	0.05
unidentified sp. 3	0	1	0	0	1	0.02
unidentified sp. 4	0	0	2	0	2	0.05
Total	4,395	14	4	20	4,433	100

^a No. of collected fly pupae

^b Relative abundance was calculated by dividing the number of adults by the total number of samples recovered at collection sites.

Table 21. Percentage parasitism of hymenopterous parasitoids that emerged from naturally occurring fly pupae collected from cattle manure at the 16 localities in Korea (1997-1998)

Locality	Year & month	Host ^a	No. intact puparia	% Parasitism ^b								% total parasitism	
				Mr	Se	Sno	Sna	Pv	Dh	Tsp.	others		
Yanggu	Jun. 97	Md	471	0.0	0.0	10.6	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1
	Jul.	Md	878	0.2	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9
	Aug.	Md	254	0.8	0.4	12.6	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6
	Sep.	Md	392	0.0	0.0	17.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	17.6
	Oct.	Md	66	3.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6
Chungju	Jun. 97	Md	223	0.0	0.0	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
	Jul.	Md	516	2.5	0.0	12.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.6
	Aug.	Md	369	1.4	0.0	13.3	0.0	0.3	0.3	1.1	0.0	0.0	16.3
	Sep.	Md	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Oct.	Md	221	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Youngdong	Jun. 97	Md	593	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
	Jul.	Md	705	0.3	0.0	12.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8
	Aug.	Md	944	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
	Sep.	Md	700	0.1	0.0	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6
	Oct.	Md	521	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Susan	Jun. 97	Md	347	0.3	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
	Jul.	Md	709	9.2	1.7	22.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.6
	Aug.	Md	709	0.3	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3
	Sep.	Md	608	10.4	0.7	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.4
	Oct.	Md	481	30.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.8
Youngchon	Jun. 97	Md	463	6.7	0.0	6.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0
	Jul.	Md	856	12.0	0.8	7.6	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	21.5
	Aug.	Md	704	0.0	0.0	49.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.9
	Sep.	Md	1349	0.1	3.5	21.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8
	Oct.	Md	1300	0.8	0.2	0.6	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
Jangsung	Jun. 97	Md	296	0.3	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
	Jul.	Md	681	0.3	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
	Aug.	Md	609	2.1	0.2	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1
	Sep.	Md	182	0.0	1.6	19.8	0.0	0.5	1.1	0.0	0.0	0.0	23.1
	Oct.	Md	810	9.4	9.6	4.5	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.2	15.1
Haman	Jun. 97	Md	509	0.2	0.2	18.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.7
	Jul.	Md	565	0.4	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3
	Aug.	Md	583	0.0	1.7	43.2	0.0	0.3	3.1	0.0	0.0	0.0	48.4
	Sep.	Md	370	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
	Oct.	Md	356	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	5.1
Cheju	Jun. 97	Md	973	0.8	1.2	11.9	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.1
	Aug.	Md	720	6.8	1.8	44.4	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	53.2
	Oct.	Md	679	3.4	0.1	2.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
Hongchon	Jul. 98	Md	374	0.0	0.0	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.6
	Sep.	Md	12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		Sc	178	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1
Paju	Jul. 98	Md	298	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
	Sep.	Md	185	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.1
		Sc	99	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.0
Yoju	Jul. 98	Md	331	6.3	0.0	31.7	1.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	39.9
		Ssp	12	8.3	0.0	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0
	Aug.	Md	219	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.1
		Ssp	3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sep.	Md	671	4.9	0.7	26.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	31.9
Youngju	Jul. 98	Md	277	0.0	0.0	13.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7
	Sep.	Md	361	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Pusan	Jul. 98	Md	20	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0
		Fe	41	0.0	0.0	31.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	34.1
Kimbae	Sep. 98	Md	733	1.5	7.6	0.1	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.1	11.8
		Ssp	3	0.0	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3
Kongju	Jul. 98	Md	252	7.1	0.0	12.7	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	20.2
		Ssp	6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Sep.	Md	797	16.7	13.0	2.9	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.3	36.3
	Ssp	10	30.0	10.0	10.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	
Chongup	Jul. 98	Md	314	0.3	11.0	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.5
		Sc	19	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
	Sep.	Md	376	0.0	2.9	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.9
	Ssp	52	0.0	3.8	9.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.5	

^a Md, *Musca domestica*; Fe, *Fania canicularis*; Sc, *Stomoxys calcitrans*; Ssp, *Sarcophaga* sp.

^b Percent parasitism was calculated from number of emerged adult parasitoids divided by the number of collected intact fly pupae at each localities. Mr, *Muscfurax raptor*; Se, *Spalangia endius*; Sno, *Spalangia nigroaenea*; Sna, *Spalangia nigra*; Pv, *Pachycrepoides vindemiae*; Dh, *Dirhinus hesperidum*; Tsp, *Trichopira* sp.; others, *Nasonia vitripennis* plus four unidentified species.

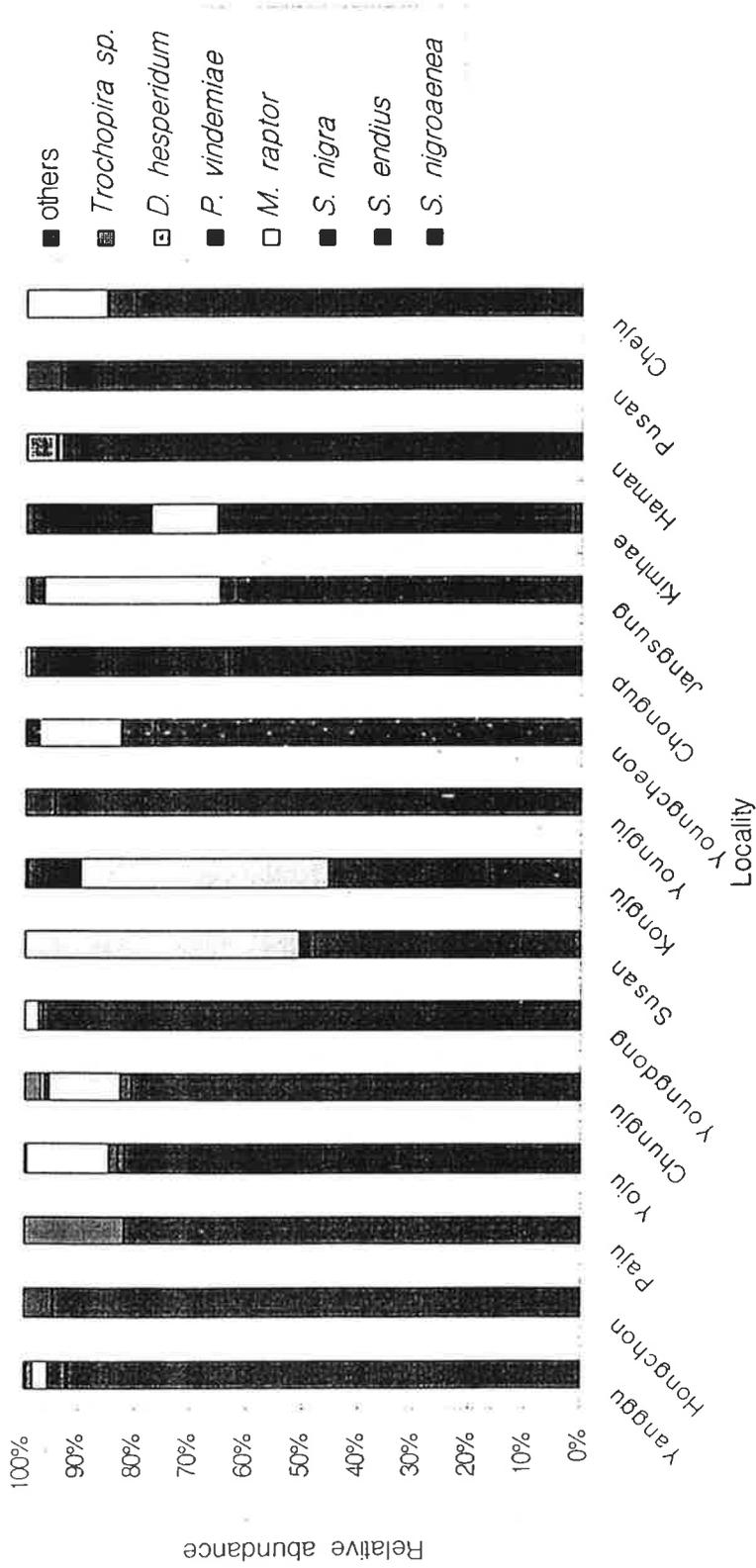


Fig. 2. Relative abundance of hymenopterous parasitoids that emerged from naturally occurring fly pupae collected from cattle manure at 16 localities in Korea (1997-1998).

1) 강원도

양구군에서 소의 분에서 채집한 집파리 번데기에서 5종의 기생벌이 채집되었는데 *S. nigroaenea*, *S. nigra*와 *M. raptor*가 각각 91.9%, 3.3%와 2.8%의 상대 밀도를 나타냈고, *P. vindemiae* 0.9% 그리고 *S. endius* 0.5%의 상대밀도를 나타냈다. 계절적으로는 9월에 전체 채집된 파리번데기에 대해 17.6%의 가장 높은 자연 기생율을 나타냈다. 홍천군에서도 *S. nigroaenea*가 94.7%의 상대밀도를 나타냈고, 기타 종은 5.3%에 불과하였다.

2) 경기도

파주시의 소의 축변에서 채집된 파리번데기에서는 *S. nigroaenea*와 *Trichopira* sp. 두 종만이 채집되었으며 상대밀도는 각각 81.8%와 18.2%로 *S. nigroaenea*가 매우 높았다. 여주군에서는 5종의 기생벌이 채집되었고 역시 *S. nigroaenea*가 82.7%로 가장 높은 상대밀도를 나타냈고, *M. raptor* 14.8%, *S. nigra*와 *S. endius*가 각각 1.3%, *P. vindemiae*가 0.5%의 순으로 나타났다.

3) 충청북도

충주시에서는 *S. nigroaenea*가 80.7%의 가장 높은 상대밀도를 나타냈고 *M. raptor* 12.9%, *S. nigra* 2.1%, *Trichopira* sp. 2.9% 그리고 *P. vindemiae* 와 *D. hesperidum*가 각각 0.7%로 나타났다. 계절적인 자연 기생율은 7월에 증가하기 시작하여 8월에 가장 높았으며 9월과 10월에는 기생벌이 채집되지 않았다. 영동군에서는 돼지의 축변에서 3종류의 기생벌이 채집되었고, *S. nigroaenea*가 96.9%로 조사지역 중 가장 높은 상대밀도를 나타냈고 *M. raptor*는 2.6% 그리고 *S. nigra*는 0.5%로 낮은 밀도를 보였다. 계절적으로는 7월이 12.8%로 가장 높았다.

4) 충청남도

서산시의 돼지 축변에서는 채집된 집파리 번데기에서 3종류의 기생벌이 채집되었고, 그 중 *M. raptor*가 49.3%로 가장 높은 상대밀도를 나타내 *S. nigroaenea*가 상대적으로 월등히 많았던 다른 지역과 다른 양상을 나타냈다. 그리고 *S. nigroaenea*는 47.9%, *S. endius*는 2.8%로 나타났다. 계절적으로는 7월이 33.6%로 가장 높은 발생밀도를 나타냈다. 공주시에서도 상대밀도에 있어서 *M. raptor*가 44.3%로 가장 높았고 반면 *S. endius*가 29.6%로 서산시에 비해 높았으며, *S. nigroaenea* 16.2%, *P. vindemiae* 9.3% 기타 종이 0.6%의 순으로 나타났다.

5) 경상북도

영천시에서는 소의 축변에서 채집된 파리번데기에서 *S. nigroaenea*가 76.7%로 가장 높은 상대밀도를 나타냈고, *M. raptor* 15.1% 와 *S. endius* 5.9%의 상대밀도를 나타냈다. 계절적으로는 6월에 13%의 자연 기생율을 보이며, 8월에 49.9%로 가장 높은 발생밀도를 나타냈다. 영주시의 경우도 *S. nigroaenea*가 94.9%로 가장 높은 상대밀도를 나타냈고, *M. raptor*와 *S. endius*는 채집되지 않았으며 *S. nigra*가 5.1% 상대밀도를 나타냈다.

6) 경상남도

함안군에서 소의 축변에서 채집된 파리번데기로부터 5종의 기생벌이 채집되었다. 그 중 *S. nigroaenea*가 91.2%로 가장 높은 상대밀도를 나타냈고, *D. hesperidum* 5.1%, *S. endius* 2.4%, *M. raptor* 0.9% 그리고 *P. vindemiae* 0.4%의 순으로 상대밀도를 나타냈다. 계절적으로는 8월에 48.4%의 가장 높은 자연 기생율을 나타냈다. 김해시의 경우는 다른 지역과는 매우 다른 현상을 보였는데, *S. endius*가 64.4%로 가장 높은 상대밀도를 보였고, *P. vindemiae*도 다른 지역에

비해 비교적 높았으며 *M. raptor* 12.2%, 그리고 다른 지역에서는 가장 높은 상대밀도를 보였던 *S. nigroaenea*는 1.1%로 매우 낮은 현상을 보였다. 부산시의 경우에는 역시 *S. nigroaenea*가 94.1%로 가장 높은 상대밀도를 나타냈고 기타 종이 5.9%였다.

7) 전라북도

정읍시에서 채집된 기생벌은 *S. nigroaenea*가 63.8%로 다소 낮으나 본 지역에서의 상대밀도로는 가장 높았으며, *S. endius*가 35.5%로 다른 지역에 비해 비교적 높은 상대밀도를 나타냈다. *M. raptor*의 경우는 0.7%의 매우 낮은 밀도를 보였다.

8) 전라남도

장성군에서는 소의 축변에서 채집한 파리번데기로부터 6종의 기생벌이 확인되었다. 그 중 *S. nigroaenea*가 62.2%로 가장 높은 상대밀도를 나타냈고, *M. raptor* 31.6%, *S. endius* 3.1%, *P. vindemiae* 1.7% 그리고 *D. hesperidum* 0.7%의 순으로 나타났다. 계절적 발생밀도는 6월에 2.7%에서 9월에 23.1%로 가장 높았다가 10월에는 15.1%로 감소하였다.

9) 제주도

조사지역 중 가장 남단에 위치한 제주의 경우 *S. nigroaenea*가 80.6%의 높은 상대밀도를 나타내 전체적인 측면에서 거의 비슷한 현상을 보였고, *M. raptor* 14.1%, *S. endius* 4.6%, *S. nigra* 0.5% 그리고 *P. vindemiae* 0.2%의 상대밀도를 보였다. 계절적으로는 8월에 53.2%의 높은 자연 기생율을 보이며 높은 발생밀도를 보였다.

3. 주요 기생벌의 개체 생산 수

본 과제 수행 중 조사된 파리 천적 기생벌 중 *M. raptor*, *S. nigroaenea*, *P. vindemiae*와 조사기간 동안 매우 낮은 발생밀도를 나타냈으나 번식력이 매우 좋은 종인 *N. vitripennis* 등 4종에 대한 산란수를 조사한 결과는 Table 22에서 보는 바와 같다. 조사된 종들 중 가장 생산 개체수가 많았던 종은 *M. raptor*로서 암컷 1마리 당 암컷 189.4개체, 수컷 45.5개체로 총 234.9개체였으며, *S. nigroaenea*는 평균 40.1개체(암:수=29.0:11.1), *P. vindemiae*는 평균 62.2(암:수=48.6:13.6) 그리고 *N. vitripennis*는 평균 48.7(암:수=42.3:6.7)였다.

4. 주요 기생벌의 일별 산란율

기생벌 암컷이 생존기간 동안 하루 당 산란하는 개체수를 발육하여 생산된 개체를 중심으로 측정한 일별 산란율을 보면 다음과 같다.

*M. raptor*는 Figure 3에서와 같이 최대 25일까지 산란활동을 나타냈으며, 생산된 암컷을 보면 10일이 경과할 때 까지 10개체 이상의 높은 산란율을 보였으며 3일째, 6일째, 8일째 peak를 보였는데 이것은 기생벌이 난을 발육하는 주기인 것으로 사려된다. 수컷은 생존기간 동안 낮은 수준으로 지속적인 산란율을 나타냈다. *S. nigroaenea*는 Figure 4에 나타냈는데, 산란을 유도한지 첫날과 6일째 되는 날에 peak를 이루었고 최대 19일까지 산란활동을 보였다. *P. vindemiae*는 Figure 5에서 보는 바와 같이, 첫째날, 4일째, 6일째, 8일째 되는 날에 peak를 보였고, 평균적으로 12일째까지 비교적 높은 산란활동을 보였다. 그리고 최대 30일까지 산란활동을 보였다. *N. vitripennis*는 Figure 6에서와 같이 최대 10일까지 산란활동을 보이면서, 4일까지 높은 산란활동을 보였고, 7일째 되는 날 비교적 높은 산란활동을 나타내는 현상을 보였다.

Table 22. Mean number of progenies produced from a couple of parasitoids during entire life time of parasitoids that reared with 5% sugar solution in the insectarium ($26 \pm 1^\circ\text{C}$, $\text{RH}70 \pm 5\%$)

Species	Generation	No. of emerged progeny		Total no. of progeny	Sex ratio (male:female)
		female	male		
<i>Muscidifurax raptor</i>	F-7	189.4	45.5	234.9	1:5.2
<i>Spalangia nigroaenea</i>	F-7	29.0	11.1	40.1	1:3.6
<i>Pachycrepoideus vindemiae</i>	F-6	48.6	13.6	62.2	1:4.6
<i>Nasonia vitripennis</i>	F-24	42.3	6.7	48.7	1:7.3

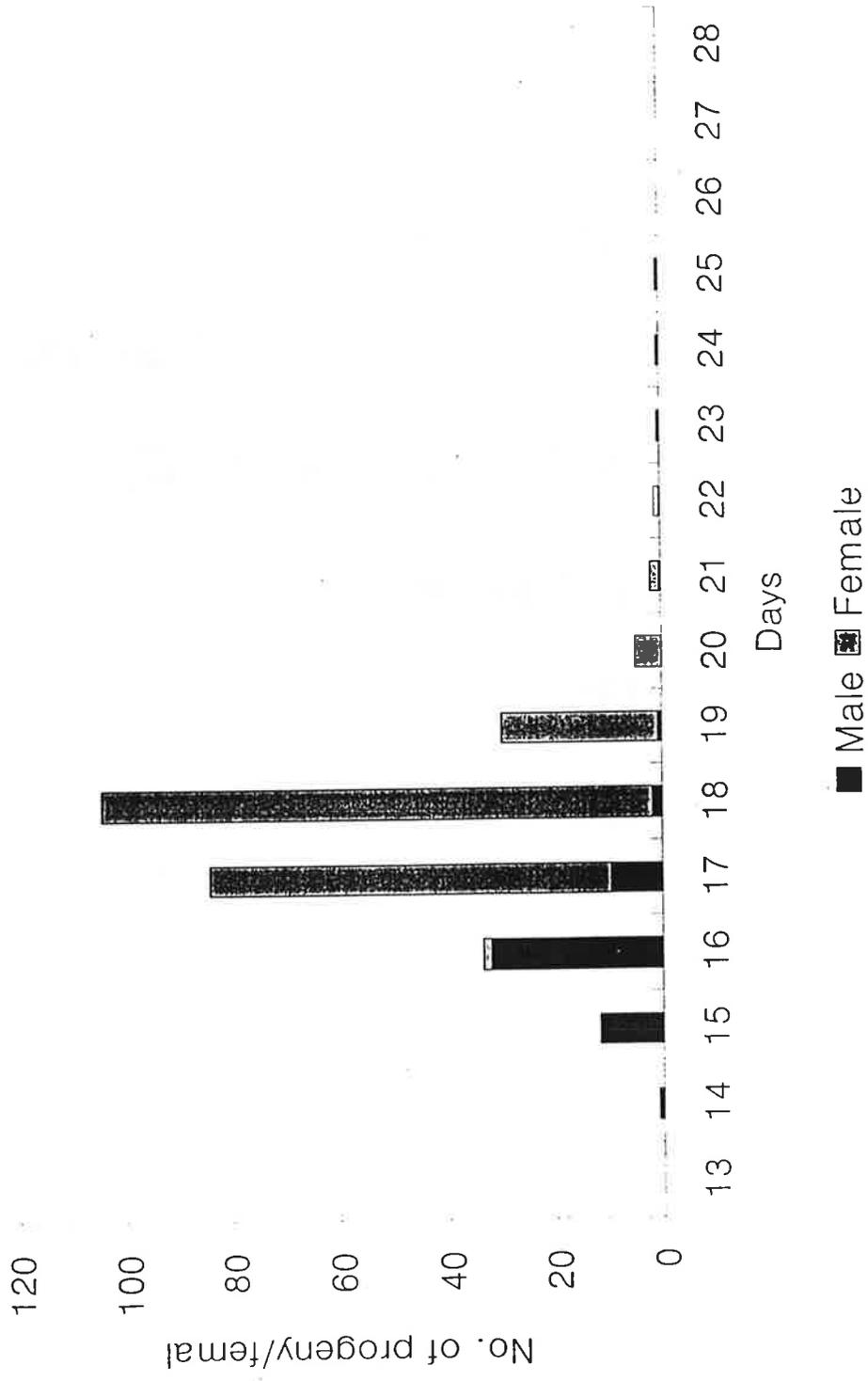


Fig. 3 Daily total number of progenies emerged after exposed a couple of *Muscidifurax raptor* to house fly pupae in insectarium (Temp.26°C, RH70%).

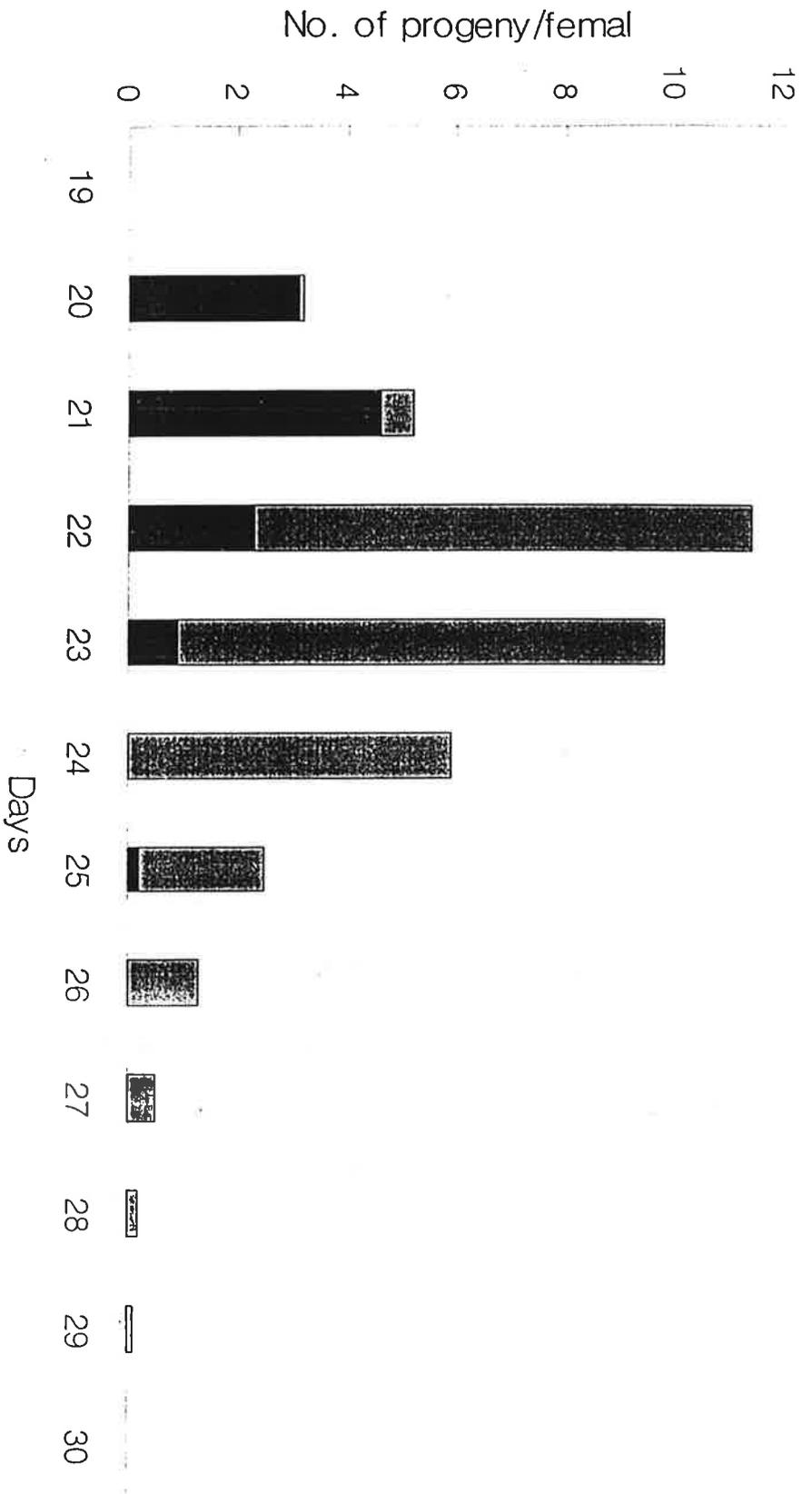


Fig. 4. Daily total number of progenies emerged after exposed a couple of *Spalangia nigroaenea* to house fly pupae in insectarium (Temp.26°C, RH70%).

25

20

15

10

5

0

No. of progeny/femal

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

Days

■ Male ■ Female

Fig. 5. Daily total number of progenies emerged after exposed a couple of *Pachycrepoides vindemiae* to house fly pupae in insectarium (Temp.26°C, RH70%).

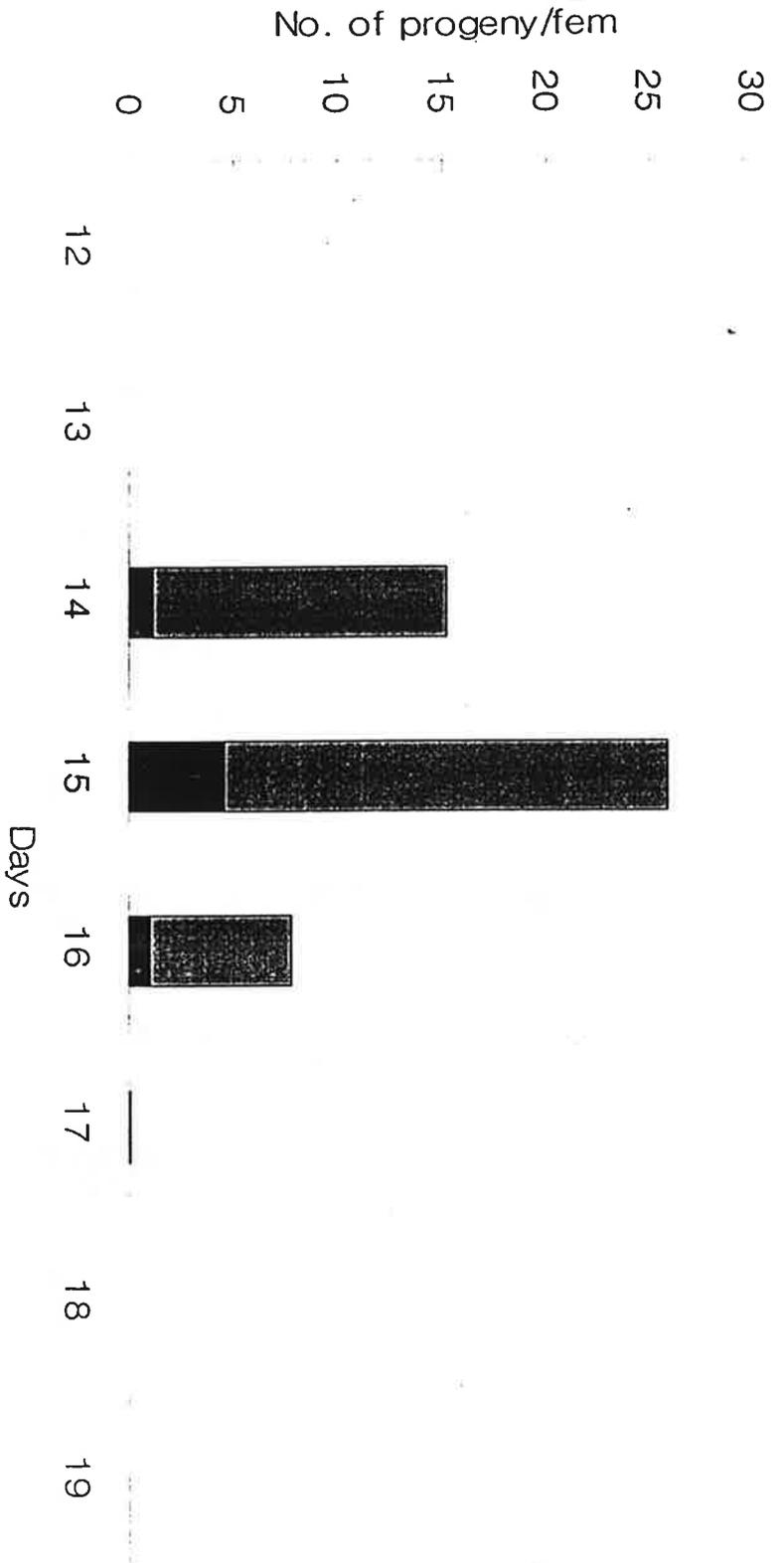


Fig. 6. Daily total number of progenies emerged after exposed a couple of *Nasonia vitripennis* to house fly pupae in insectarium (Temp.26°C, RH70%).

5. 주요 기생벌의 발육기간

조사된 기생벌 중 상기 4종의 산란 후 우화하기까지 발육기간을 보면, Figure 7에서와 같이 *M. raptor*의 경우 산란한지 14일째 되는 날 수컷이 먼저 발생하여 초기에는 수컷이 주로 우화하였고 수컷이 가장 많이 우화한 16일째 되는 날 암컷이 처음 우화하여 증가하면서 18일째 되는 날 100개체 이상의 최대 우화수를 보였다. 발육에 소요되는 최대 기간은 25일로 나타났다. *S. nigroaenea*의 경우에는 Figure 8에서와 같이 산란한지 20일째 되는 날 수컷을 중심으로 소수의 암컷과 더불어 우화하기 시작하여 21일째 되는 날 수컷이 최대 peak를 나타냈고, 암컷의 경우에는 22일째 되는날 가장 높은 우화수를 나타냈고, 점차로 감소하였다. 그리고 최대 발육기간은 29일까지 였다. *P. vindemiae*는 Figure 9에서 보는 바와 같이 산란을 유도한지 17일째 되는 날 수컷을 중심으로 소수의 암컷이 발생하기 시작하여 수컷의 경우 19일째 되는 날 peak를 나타냈고, 암컷은 점차로 증가하여 20일째 되는 날 가장 많이 우화하였으며, 최대 25일의 발육기간을 보였다. *N. vitripennis*는 Figure 10에서와 같이 산란이후 14일에서 17일 사이인 약 4일 동안에 일시적인 우화를 보였고, 암컷과 수컷의 우화율이 개체수의 차이는 있으나, 비슷한 양상을 나타내며, 14일째 되는 날 우화하기 시작하여 15일째 최대 우화 수를 나타냈다.

6. 주요 기생벌의 생존율

천적의 이용 가치는 이용하고자 하는 천적의 방제 대상곤충에 대한 특이성과 더불어 산란능력 그리고 이와 관련된 천적의 수명과 깊은 관계가 있다. 국내 주요 종에 대한 주어진 일정한 조건(먹이: 5%설탕물, 온도 $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 5\%$)하에서의 수명을 조사한 결과 Figure 11에서 보는 바와 같다. 가장 오랫동안 생존한 종은 *P. vindemiae*로 암컷의 경우 최대 41일까지 생존하였으며 7일까지는 100%의 생존율을 나타냈고, 점차로 감소하였다. 수컷의 경우도 최대 38까

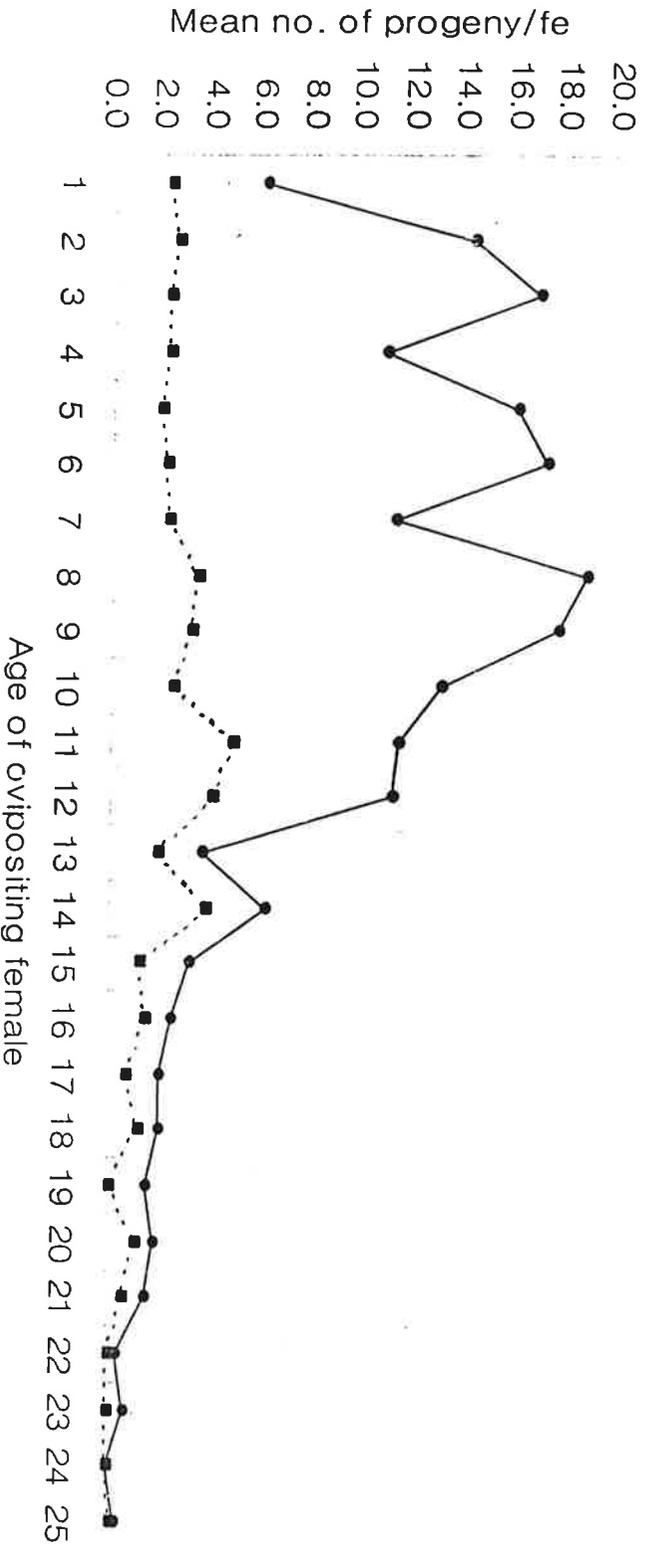


Fig. 7. Daily ovipositing number by counted progeny emerged when provided 30 *Musca domestica* pupae to *Muscidifurax raptor* mated female.

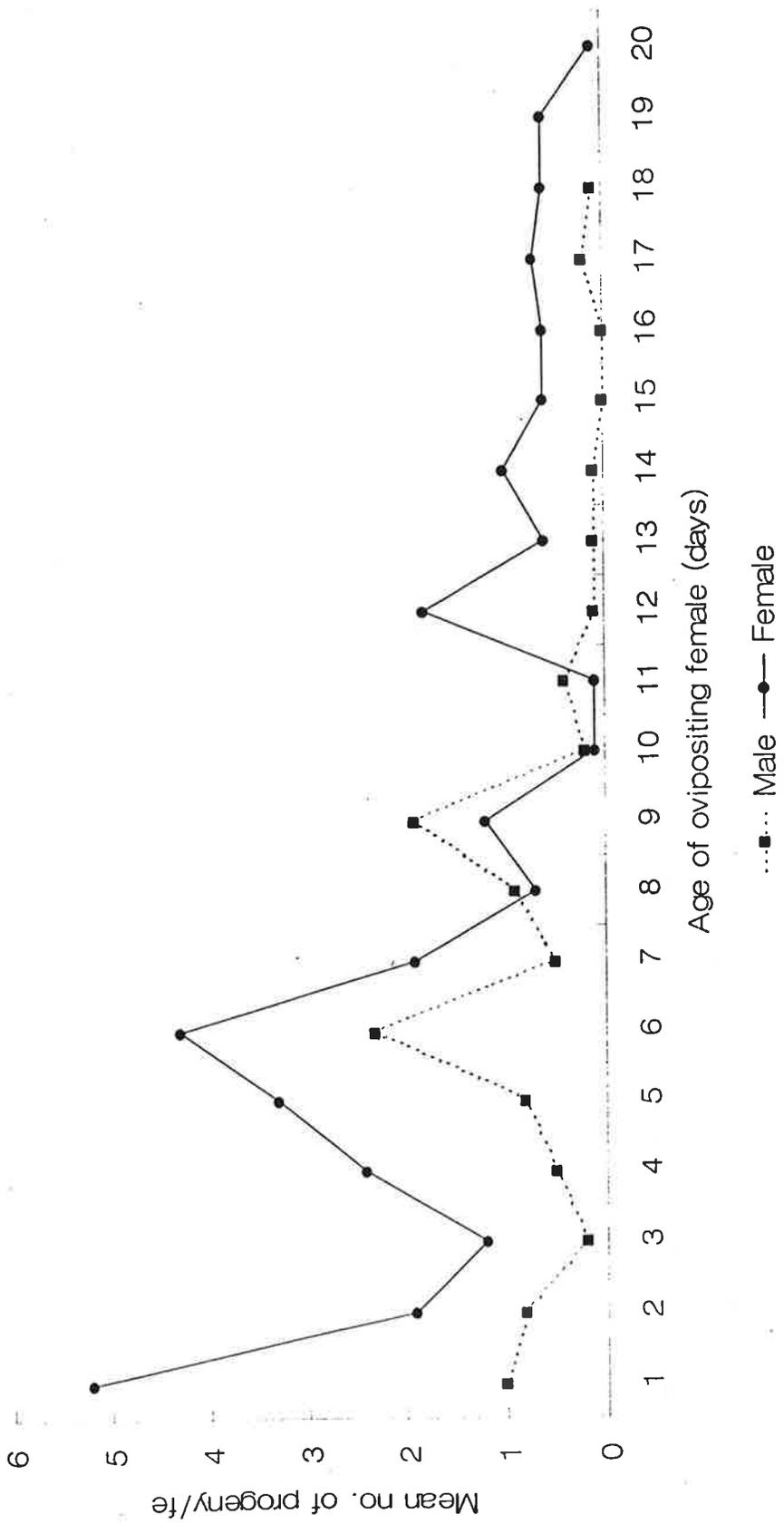


Fig. 8. Daily ovipositing number by counted progeny emerged when provided 30 *Musca domestica* pupae to *Spalangia nigroaenea* mated female.

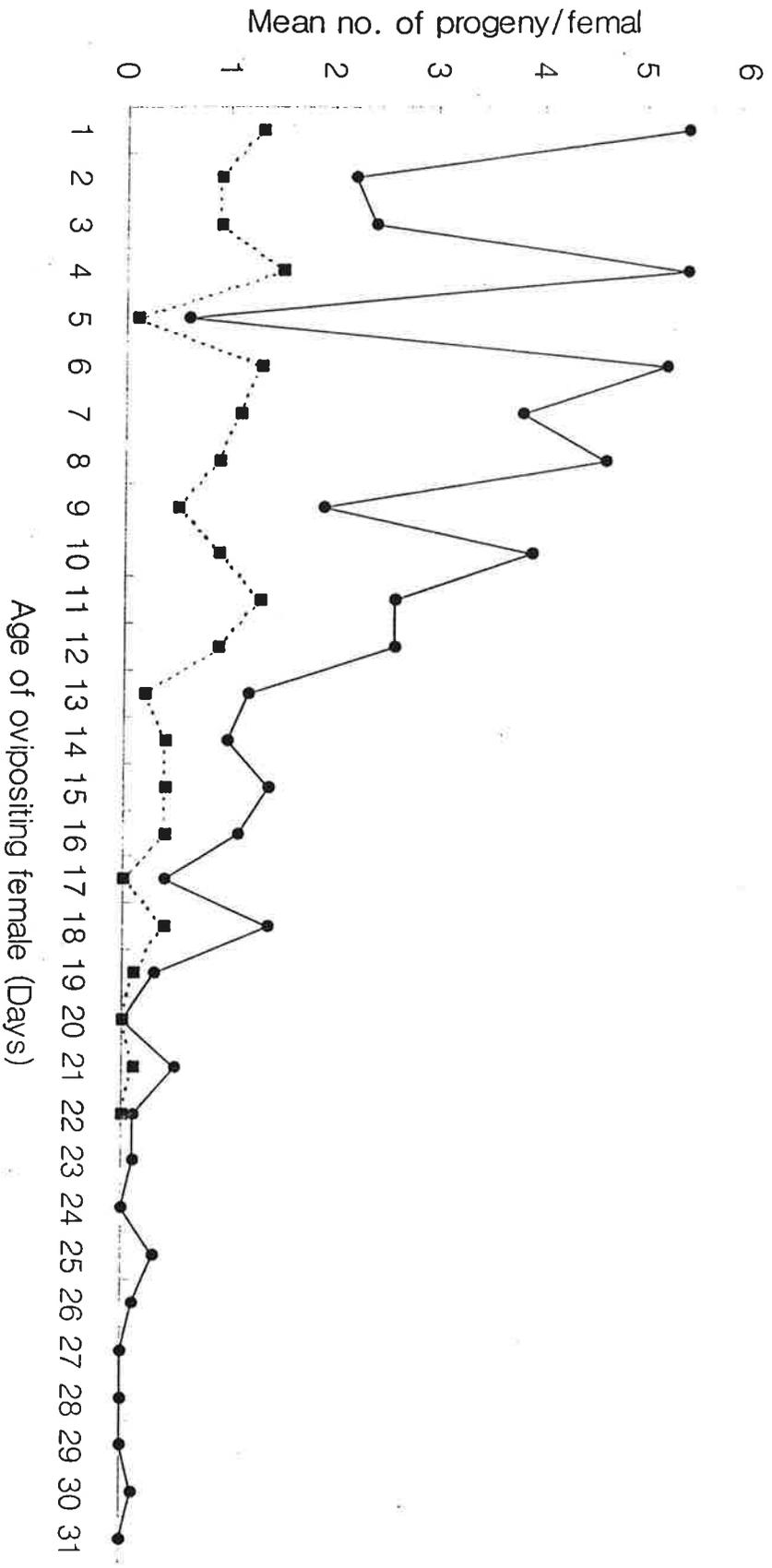


Fig. 9. Daily ovipositing number by counted progeny emerged when provided 30 *Musca domestica* pupae to *Pachycerpoideus vindemiae* mated female.

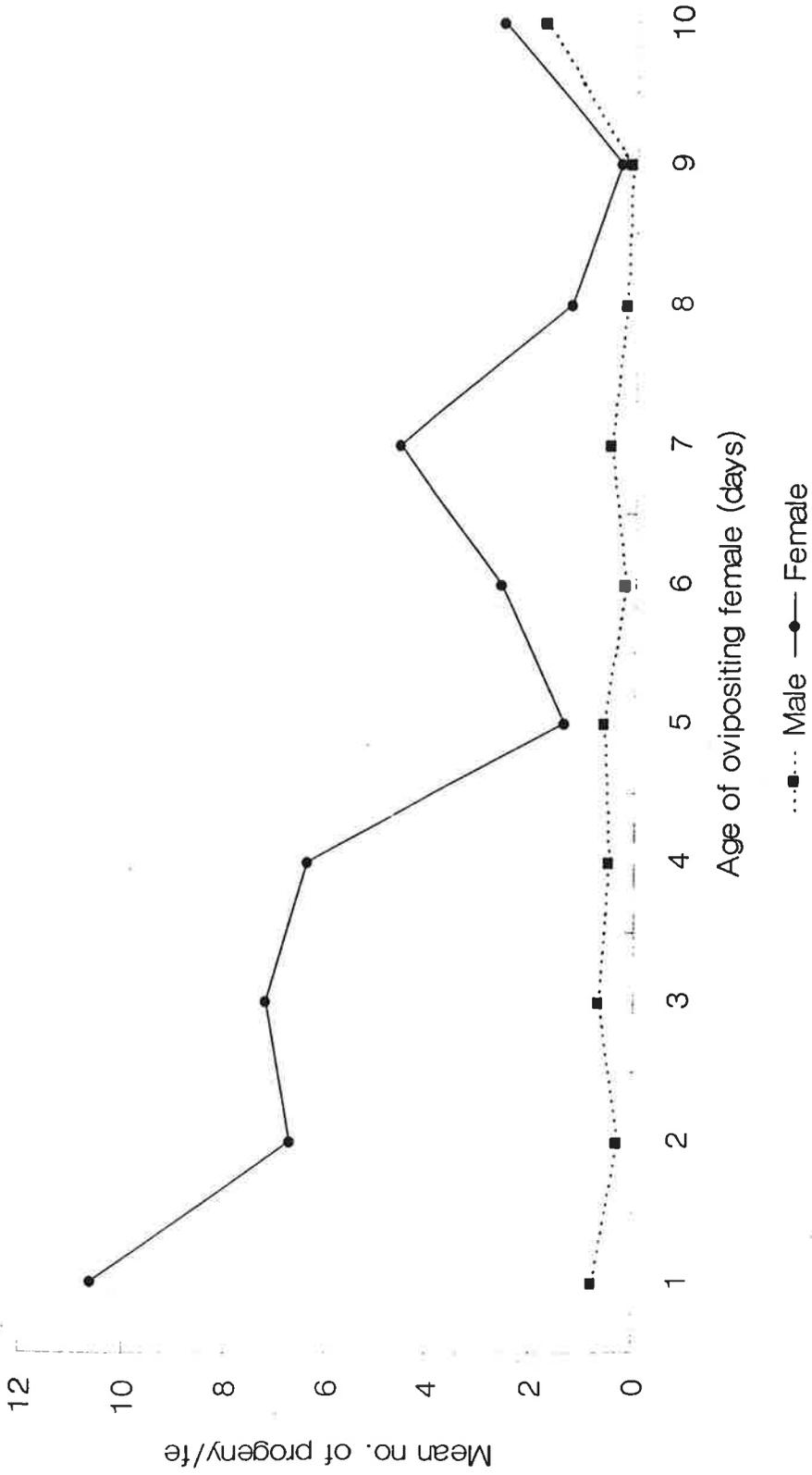


Fig. 10. Daily ovipositing number by counted progeny emerged when provided 30 *Musca domestica* pupae to *Nasonia vitripennis* mated female.

지 생존하였으나 암컷에 비해 생존율이 낮았다. *M. raptor*는 9일까지 100%의 생존율을 나타내 완전한 생존기간이 가장 길었으며, 최대 26일까지 생존하였다. *S. nigroaenea*도 7일까지는 100%의 생존율을 나타냈으나 *M. raptor*에 비해 다소 급격한 사망률을 나타냈으며, 최대 20일의 생존기간을 보였다. *N. vitripennis*는 5일까지 100%의 생존율을 나타내었으나 급격한 사망률을 나타내며, 전체적으로 다른 종에 비해 가장 낮은 생존율을 나타냈다.

7. 생물학적 및 종합방제에 이용할 기생벌의 선정

우수한 천적의 조건은 방제 대상곤충에 대해 특이성이 있어야하고, 산란능력이 우수하며 수명이 길어야 한다. 또한 살충제 및 기타 외적인 제한요소에 강해야 할 것이다. 따라서, 본 조사연구를 통해 확인된 한국산 파리 천적 기생벌에 대한 조사결과를 종합하여 볼 때, *P. vindemiae*는 생존력이 매우 강하나, 산란수에 있어 다소 적으며, 파리 번데기에서는 비교적 높지 않은 발생을 하고, *S. nigroaenea*는 국내에 서식하는 종 중 매우 높은 발생밀도를 나타내지만 산란수가 적은 단점이 있다. 반면 *M. raptor*의 경우는 산란수에 있어 다른 종에 비해 월등하며, 사육에 필요한 생존율도 비교적 높으며, 자연계에서도 적지 않은 발생을 하고 있어, 아직까지 면밀한 연구가 뒷받침 되어야 하지만 본 종이 국내에서 파리에 이용할 가치가 매우 높은 것으로 사려된다. 그러나 *S. nigroaenea*도 몇 가지 단점은 있으나 국내에서 가장 잘 적응한 종으로 사려되어 대량생산을 위한 여러 가지 조건이 충족된다면 이용할 만한 가치가 매우 높다고 사려된다.

8. 집파리 번데기의 저장조건

기생벌의 계대사육 및 대량생산을 필요시 신선한 번데기가 적시에 제공 되어 하므로 저장조건은 매우 중요하다. 생체의 신선도를 가장 효과적으로 유지시켜 주는 4℃에서 번데기의 성숙도에 따라 생명을 유지하며 저장되는 정도를 확인하

였다. 번데기가 된지 24시간이내, 24-48시간, 48-72시간 그리고 72-96시간 된 번데기를 4℃ 냉장고에 보관하여 일별로 꺼내어 파리의 우화수를 관찰한 결과, 가장 저장능력이 강한 것은 24-48시간동안 성숙된 번데기로 8일이 경과할 때까지 80%이상의 생존율을 보였고, 최대 약 2주까지 저장되었다. 다음으로는 48-72시간, 72-96시간 그리고 0-24시간 순으로 나타났다. 0-24시간동안 성숙된 번데기는 이시기에 발생학적으로 매우 중요한 단계로 저온에 매우 민감한 것으로 생각된다. 따라서 파리의 사육조건 하에서 24-48시간 된 번데기를 저장하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났고, 또한 24-48시간 된 번데기는 기생벌이 산란하여 발육하는 시간적으로 거의 문제가 없는 조건이다.

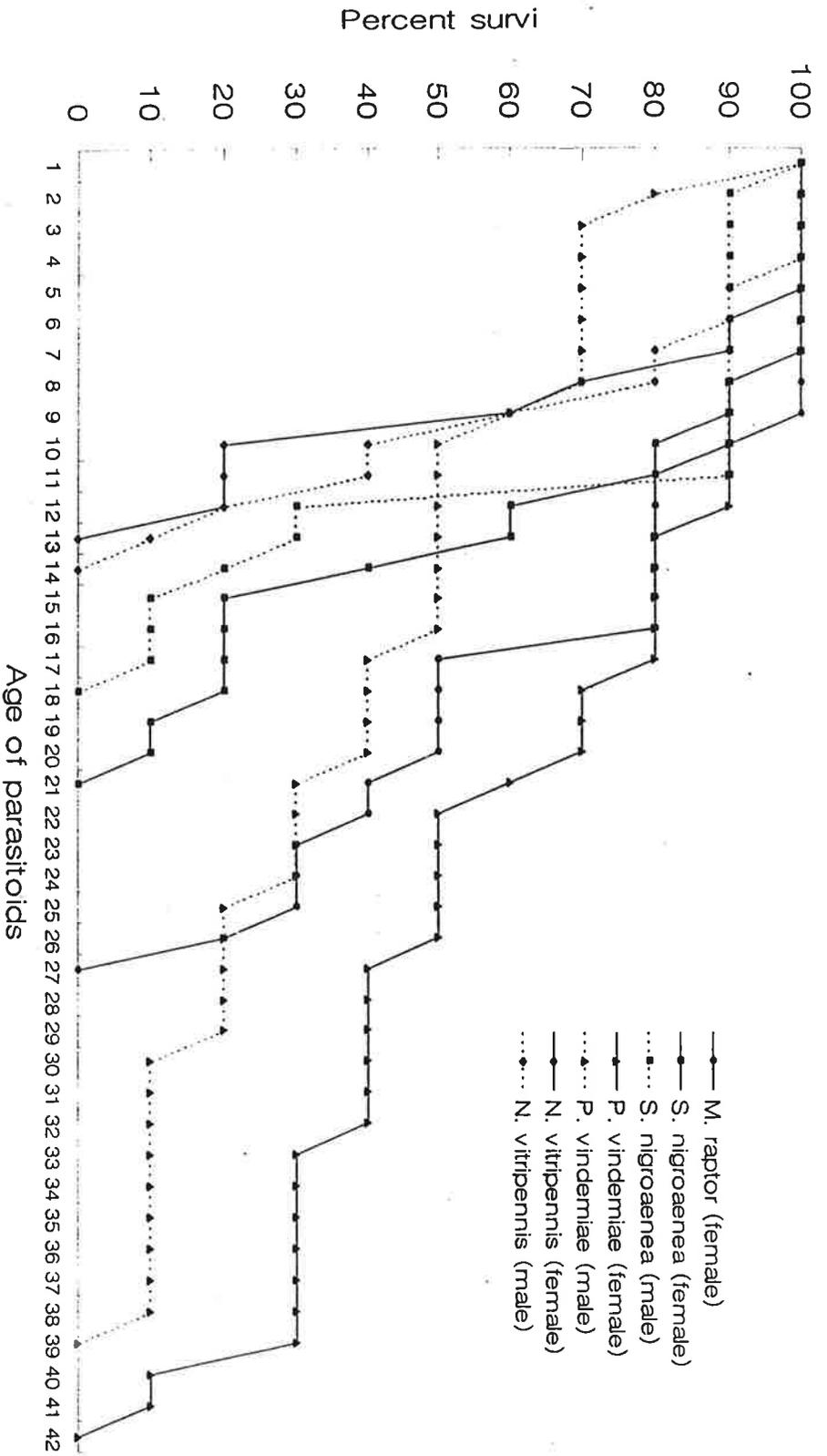


Fig. 11. Longevity of *Spalangia nigroaenea*, *Pachycrepoides vindemiae* and *Nasonia vitripennis* when supplemented 5% sugar solution in insectarium (Temp.26°C, RH70%).



Fig. 12. Storage condition of house fly pupae to the pupal maturation in refrigerator adjusted to 4°C.

제 4 절 고 찰

기생벌을 이용한 파리류에 대한 생물학적 방제 연구가 거의 없는 우리의 현실을 생각할 때 본 연구의 수행은 매우 중요한 의미를 갖는다고 생각한다. 본 조사연구 결과 우리 나라에도 파리 방제를 위한 매우 우수한 천적자원이 서식하고 있음을 확인할 수 있었고, 특히 본 종들은 우리 나라의 풍토에 오랫동안 적응하여 서식하고 있던 종으로 본 종들을 생물학적 방제에 이용할 경우 새로운 종의 도입에 따른 생태환경 변화 등의 문제점들이 전혀 없기 때문에 매우 유용하다고 할 수 있다. 특히, *M. raptor*와 *S. nigroaenica*의 경우 세계적으로도 그 이용가치를 인정받고 있는 종이므로 매우 유용하다 할 수 있다. 본 연구는 이러한 천적자원의 색출은 물론 앞으로 진행될 기생벌의 대량사육에 필요한 산란율, 생존율, 파리의 저장조건 등 제반 사항에 대해 연구되었으므로, 이러한 결과를 토대로 앞으로 파리류에 대한 생물학적 방제에 매우 유용하게 적용되리라 사려된다. 그러나 앞으로 기생벌의 살포시기 및 살포량 등 다각적인 연구가 뒤따라야 하며, 파리의 대량생산을 위한 효율적인 공정 등에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

제 5 절 인용문헌

Cabrales, G., R. Figueroa, F. Uribe and C. I. Trochez. 1985. Evaluation del efecto del DEL parasitismo por *Spalangia endius* W. (Hym. Pteromalidae) sobre la dinamica de poblacion de *Musca domestica* L. en galpones para aves (LA Florida-Risaralda). Acta Agron. 35: 93-105.

Geden, C. J., D. A. Rutz, R. W. Miller and D. C. Steinkraus. 1992. Suppression of house flies (Diptera: Muscidae) on New York and Maryland dairies using releases of *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae) in an integrated management program. Environ. Entomol. 21: 1419-1226.

Legner, E. F., B. B. Sugerman, H. S. Yu and H. Lum. 1974. Biological and integrated Kwajalein Atoll, Marshall Islands. Bull. Soc. Vector Ecol. 1: 1-14.

Legner, E. F., W. D. McKeen and R. W. Warkentin. 1990. Inoculation of three pteromalid wasp species (Hymenoptera: Pteromalidae) increases parasitism and mortality of *Musca domestica* L. pupae in poultry manure. Bull. Soc. Vector Ecol. 15: 149-155.

Legner, E. F. 1995. Biological control of diptera of medical and veterinary importance. J. Vector Ecol. 20: 59-120.

Legner, E. F. and E. J. Dietrik. 1972. Inundation with parasitic insects

to control filth breeding flies in California. pp. 129-130. In *Proceedings, 40th Ann. Conf. California Mosq. Control Assn.*, 1972, Stockton, CA.

Meyer, J. A., B. A. Mullens, T. L. Cyr and C. Stokes. 1990. Commercial and naturally occurring fly parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) as biological control agents of stable flies and house flies (Diptera: Muscidae) on California dairies. *J. Econ. Entomol.* 83: 799-806.

Miller, R. W., D. A. Rutz, L. G. Pickens and C. J. Geden. 1993. Evaluation of traps and the parasitoid *Muscidifurax raptor* Girault and Sadlers to manage house flies and stable flies on dairy farms. *J. Agric. Entomol.* 10: 9-19.

Morgan, P. B. and R. S. Patterson. 1977. Sustained releases of *Spalangia endius* to parasitize field populations of three species of filth breeding flies. *J. Econ. Entomol.* 70: 450-452.

Morgan, P. B., R. S. Patterson, G. C. LaBrecque, D. E. Weidhaas, A. Benton and T. Whitfield. 1975. *Environ. Entomol.* 4: 609-611.

Mourier, H. 1972. Release of native pupal parasitoids of houseflies on Danish farms. *Vidensk. Meddr dansk naturh. Foren.* 135: 129-137.

Olton, G. S. and E. F. Legner. Winter inoculative releases of parasitoids

to reduce houseflies in poultry manure. J. Econ. Entomol. 68: 35-38.

Petersen, J. J. and B. M. Pawson. 1988. Early season dispersal of *Muscidifurax zarapteo* (Hymenoptera: Pteromalidae) utilizing freeze-killed housefly pupae as hosts. Med. Vet. Entomol. 2: 137-140.

Petersen, J. J., D. W. Watson and J. K. Cawthra. 1995. Comparative effectiveness of three release rates for a pteromalid parasitoid (Hymenoptera) of house flies (Diptera) in beef cattle feedlots. Biol. Control 5: 561-565.

Petersen, J. J. and J. A. Meyer, D. A. Stage and P. B. Morgan. 1983. Evaluation of sequential releases of *Spalangia endius* (Hymenoptera: Pteromalidae) for control of house flies and stable flies (Diptera: Muscidae) associated with confined livestock in eastern Nebraska. J. Econ. Entomol. 76: 283-286.

Petersen, J. J. and J. K. Cawthra. 1994. Release of a gregarious *Muscidifurax* species (Hymenoptera: Pteromalidae) for the control of filth flies associated with onfined beef cattle. Biol. Control 5: 279-284.

Pickens, L. G. and R. W. Miller. 1978. Using frozen host to increase the efficiecy of a parasite-release program. Fl. Entomol. 61: 153-158

Pimentel, D. and R. A. Hafidh. 1965. Ecological control of a parsite

populaion by genetic evolution in the parasite-host system. Ann. Entomol. Soc. Amer. 58: 1-6.

Rueda, L. M. and R. C. Axtell 1985. Guide to common species of pupal parasites (Hymenoptera: Pteromalidea) of the house fly and other muscoid flies associated with poultry and livestock manure. USDA Tech. Bull. 278.

Rueda, L. M., P. U. Rho and J. L. Ryu, 1997. Pupal parasitoids (Hymenoptera: Pteromalidae) of filth flies (Diptera: Muscidae, Calliphoridae) breeding in refuse and poultry and livestock manure in South Korea. J. Med. Entomol. 34: 82-85.

Rutz, D. A. and R. C. Axtell. 1979. Sustained releases of *Muscidifurax raptor* (Hymenoptera: Pteromalidae) for house fly (*Musca domestica*) control in two types of caged-layer poultry houses. Environ. Entomol. 8: 1105-1110.

Rutz, D. A. and R. C. Axtell. 1981. House fly (*Musca domestica*) control in broiler-breeder poultry houses by pupal parasites (Hymenoptera: Pteromalidae): indigenous parasite species and releases of *Muscidifurax rapter*. Environ. Entomol. 10: 343-345.

Seymour, R. C. and J. B. Campbell, 1993. Predators and parasitoids of house flies and stable flies (Diptera: Muscidae) in cattle confinements in west central Nebraska. Environ. Entomol. 22: 212-219.

Sheppard, D. C. and N. C. Hinkle, 1989. Resistance in constant exposure livestock insect control systems: a partial review with some original findings on cyromazine resistance in house flies. Fla. Entomol. 72: 360-369.

Shim, J. C., Y. H. Yoon, Y. B. Cho, J. Y. Lee, E-H. Shin, C.E. Park and H.K. Hong, 1995. Development of natural enemies of Diptera - Studies on parasitic wasps of house flies *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). Rept. NIH 32: 182-187.

Weidhaas, D. E. and P. B. Morgan, 1977. Augmentation of natural enemies for control of insect pests of man and animals in the United States. In *Biological Control by Augmentation of Natural Enemies*, eds. R. L. Ridgway and S. B. Vinson. Plenum, New York, pp. 417-428.