

사체의 유기장소별 부패진행에 따른 발생 파리류 비교

임채석 · 조태호¹ · 이동운² · 추영무³ · 추호렬^{4*}

금남고등학교, ¹진주교육대학교 과학교육과, ²경북대학교 생태환경관광학부 생물응용전공,

³Department of Entomology, University of California, Davis, CA 95616, USA, ⁴경상대학교 응용생물학과, 농업생명과학연구원

Dipteran Comparison on Carcasses by Decomposition at Different Abandoned Site

Chae Seak Lim, Tae Ho Jo¹, Dong Woon Lee², Young Moo Choo³ and Ho Yul Choo^{4*}

Kuemnam Senior High School, Hadong, Gyeongnam, 667-923

¹Department of Science Education, Chinju National University of Education, Jinju, Gyeongnam, 660-756

²Major of Applied Biology, School of Ecological Environment and Tourism, Kyungpook National University, Sangju, Gyeongbuk, 742-711

³Department of Entomology, University of California, Davis, CA 95616, USA

⁴Department of Applied Biology, Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang National University, Jinju, Gyeongnam, 660-701

ABSTRACT: Because insect visitors was different depending on decomposition stage, dipterans occurred on chicken carcasses depending on postmortem intervals were compared by abandoned sites and decomposition from a serial study on arthropod occurrence from carcasses as forensic indicator. Species occurrence and decomposition of carcasses were different depending on abandoned sites (forest hill, open field, stream, greenhouse and roof), seasons (spring, summer, fall and winter), and situation (burying and non-burying). Development of carcass decomposition was faster at all sites in summer, carcass in greenhouse in winter, and unburied carcasses. Although visiting time of blow flies (Calliphoridae) (*Phaenicia sericata*, *Lucilia illustris*, *Lucilia sp.*, *Chrysomyia pinguis*, and *Chrysomyia megacephala*) was different depending on abandoned season, their adults were generally collected from carcasses within 2 days. However, there were no visited flies at fresh stage of buried carcasses. The flesh flies (Sarcophagidae) were collected from all sites and seasons, and much faster from unburied carcasses than buried carcasses. Those were collected earlier from carcasses in greenhouse than other sites and occurrence was also shorter. In greenhouse, occurrence time of flesh flies were different depending on season; spring and summer - from fresh to active decay stage, fall - fresh to active decay stage, and winter - advanced decay to remains stage. *Calliphora lata*, *Tricerotopyga calliphoroides*, and *Aldrichana grahami* were dominant species and occurrences were different from other flies. These flies were active mainly from fresh to active stage. Larvae of sarcophagid flies were occurred earlier than those of calliphorid flies on buried carcasses.

Key words: Forensic entomology, Dipterans, Fresh stage, Bloated stage, Active decay stage, Advanced decay stage, Remains stage

초 록: 사체의 부패단계에 따라 발생하는 곤충은 차이가 있다. 본 결과는 사체의 유기조건에 따라 발생하는 절족동물의 종류를 법의학적으로 활용하고자 유기 가능성이 높은 여러 장소에서 수행한 일련의 연구 중 부패단계를 용이하게 구분할 수 있었던 몇몇 장소에서 사체의 부패단계에 따라 발생하였던 파리류를 비교·분석한 것이다. 부패단계에 따라 발생한 파리류는 유기장소(야산, 들판, 하천, 온실, 옥상)와 유기계절(봄, 여름, 가을, 겨울) 및 사체의 매장 유무에 따라 부패의 진행에 차이가 있음에 따라 차이가 있었다. 사체의 부패는 여름에 가장 빨리 진행되었으며 겨울철 온실에서 유기한 사체는 다른 장소에 비하여 빨리 진행되었다. 그리고 매장한 사체에 비하여 노출되었던 사체의 부패가 빨리 진행되었다. 모든 유기장소에서 노출처리된 사체의 부패 초기 단계인 신선기(fresh stage)에 발생한 파리류는 구리금파리(*Phaenicia sericata*)와 연두금파리(*Lucilia illustris*), *Lucilia sp.*, 큰검정뺨금파리(*Chrysomyia pinguis*), 검정뺨금파리(*C. megacephala*) 등 검정파리과(Calliphoridae)로 계절에 따라 차이가 있기는 하였지만 대체로 2일 이내에 성충이 사체를 찾아 들었다. 반면 매장처리에서는 신선기에 사체를 찾아드는 파리가 없었다. 쉬파리과(Sarcophagidae) 파리들은 유기 장소와 시기에 관계없이 사체에 유인되었으나 매장처리에 비하여 노출처리에 빨리 유인되었다. 또한 쉬파리과 파리는 온실에 유기한 사체에 더 빨리 유인되었으며 발생하는 시간도 짧았다. 온실에서 봄과 여름에는 신선기(fresh)에서 부패활성기(active decay) 사이에 유인되었으나 가을에는 신선기에서 부패진전기(advanced decay) 사이에 유인되었고, 겨울에는 부패진전

*Corresponding author: hychoo@gnu.ac.kr

Received December 20 2011; Revised February 2 2012

Accepted June 1 2012

기(advanced decay)와 유지기(remains) 사이에 유인되어 계절에 따른 부패단계에서도 발생하는 시기에 차이가 있었다. 큰검정파리와 두꺼리검정파리, 털검정파리는 봄과 겨울에 유기한 사체에 발생하는 우점종으로 fresh~active decay 단계에 주로 발생하여 활동시기가 다른 종과는 차이를 보였다. 매장된 사체에서는 검정파리와 유충보다는 쉬파리와 유충들이 먼저 출현하였다.

검색어: 법의학 곤충, 파리류, 신선기, 팽창기, 부패 활성화기, 부패 진전기, 유지기

지구상에서 가장 많은 종 및 공간 다양성을 가진 곤충은 여러 가지 생태적 역할과 기능을 하고 있다(Park *et al.*, 2001). 그 중 시식성 곤충은 소비자와 분해자의 역할을 하고 있으며 다양한 종류들이 사체를 유기한 직 후부터 부패가 끝날 때까지 발견된다. 이들 곤충은 특정한 환경 하에서의 성장률 등을 바탕으로 여러 가지 사건해결의 단서가 된다(Benecke, 1998). 예를 들면 범죄 현장근처에 서식하는 곤충에 물린 자국으로 용의자가 현장에 있었다는 사실과 연결시킬 수 있고(Prichard *et al.*, 1986; Webb *et al.*, 1983), 사체가 심하게 부패하거나 뼈만 남아 있더라도 후에 발견되는 곤충을 분석하여 증거를 얻을 수도 있다(Nuorteva, 1977; Lord *et al.*, 1994; Beyer *et al.*, 1980). 그 중 법의학 곤충학자들이 중요하게 취급하는 종류는 파리류이다. 그리고 사체의 부패속도는 지역과 계절, 장소에 따라 다르다(Keh, 1985; Early and Goff, 1986). Robert *et al.* (1990)은 사체의 부패속도에 영향을 미치는 요소로 온도, 습도, 건조상태, 강수량, 토양산도, 사체의 외상, 곤충들의 접근 용이성, 매장의 깊이, 육식동물과 설치동물의 활동, 사체의 크기와 무게, 사체가 놓여진 곳의 표면상태, 의복, 방부처리 등을 들고 있다.

법의학 곤충과 관련하여 여러 나라에서 많은 논문이 발표되었다(Vincent *et al.*, 1985). 그러나 우리나라에서는 Moon (1994, 1996), Moon & Kajii (1997) 등의 단편적인 연구들만 있을 뿐 다양한 유기조건에 적용할 수 있는 자료는 절대 부족한 실정이다.

본 논문은 사체유기와 관련하여 발생하는 절족동물들의 종류를 알아보기 위하여 수행한 연구의 일부이다. 즉, 기존에 발표한 사체 유기 전후에 발생하는 파리류의 종 구성 비교(Lim *et al.*, 2009)와 비곤충 절지동물의 종 구성 비교(Lim *et al.*, 2011)에 이은 3번째 논문으로 사체의 유기장소, 유기시기, 유기방법 등에서 차이를 보이고 있는 사체의 부패 단계에 따라 발생하는 파리의 종류들을 비교·분석한 논문이다.

재료 및 방법

Lim *et al.* (2009, 2011)이 조사를 수행하였던 여러 장소들 중 야산, 들판, 하천, 온실, 옥상 등에 유기한 사체의 부패단계에 따라 발생한 파리류를 조사·비교하였다. 2009년과 2011년의 Lim *et al.*의 논문에서는 각각 사체를 유기한 장소에서 유기전과 후

에 발생하였던 파리의 종류와 절족동물들을 비교·분석하였던 반면, 본 논문에서는 법의학에서 중요한 정보를 제공할 수 있는 사체의 부패단계에 따라 발생 파리의 종류를 비교·분석하였다.

사체의 유기장소와 유기방법 및 조사 시기

실험에 사용한 닭(*Gallus domesticus*)은 브로일러(Broiler)계통이었고 무게는 0.8~2 kg이었다. 그리고 칼로 목만 벤 후 사람의 피부와 유사하게 하기 위해 원형 그대로 깃털만 뽑아 사용하였다.

야산과 들판에서는 매장과 비매장(노출) 처리로 구분하여 수행하였다. 그리고 유기한 계절에 관계없이 파리가 찾아오지 않을 때까지 조사하였다.

사체의 노출과 매장유기 처리에서 노출그룹은 땅을 가로 50 × 세로 40 cm 직사각형으로 고른 후 사체를 놓고는 고양이 등 다른 동물에 의한 피해를 막기 위하여 가로 40 × 세로 32 cm의 철망을 덮었으며 말뚝으로 고정시켰다. 매장은 노출로부터 수평방향으로 약 15 m 떨어진 곳에 가로 50 × 세로 40 × 깊이 40 cm에 사체를 묻었으며 위와 같이 가로 40 × 세로 32 cm의 철망을 덮고는 말뚝으로 고정시켰다. 그리고 가을부터 조사를 실시하였다.

가을 유기사체에서의 조사는 사체를 9월 28일 유기한 다음 노출 처리는 12월 23일까지, 매장 처리에서는 다음 해 3월 8일까지 조사하였다.

겨울 유기사체에서의 조사는 노출 처리에서는 사체를 1월 13일 유기한 다음 5월 17일까지 하였으며, 매장 처리에서는 12월 22일 처리 한 다음 이듬해 5월 17일까지 조사하였다.

봄철 유기사체에서의 조사는 사체를 5월 17일 유기한 다음 7월 19일까지 하였으며, 여름 유기사체에서의 조사는 사체를 7월 23일 유기한 다음 9월 27일까지 하였다.

들판에서의 조사도 야산에서의 조사와 같은 방법으로 같은 시기에 수행하였다.

하천에서의 조사는 사체를 잡초가 무성한 하천 가장자리에 유기한 후 노출그룹만 가을부터 수행하였다. 처리 및 조사 시기는 야산 조사의 노출 처리 시기와 동일하게 수행하였다.

온실에서의 조사도 야산과 들판의 노출그룹처럼 가로 50 × 세로 40 cm로 땅을 고른 후 다른 동물에 의한 손실을 막기 위해

가로 40 × 세로 32 cm의 철망을 덮고는 말뚝으로 고정시켰다. 노출그룹만 두고 가을부터 조사를 수행하였다. 조사기간은 다른 지역의 노출 처리와 같은 기간이었다.

옥상에서의 조사는 노출그룹만 두었고, 가을부터 조사하였으며 조사기간은 다른 지역의 노출 처리와 같은 기간이었다.

부패단계에 따른 조사

사체의 부패는 계절이나 지역, 장소, 매장 조건 등에 따라 다르게 진행된다. 그리고 몇 단계로 구분할 수 있다. 즉, Fresh 단계는 형태학적으로 변화가 없고(Spitz and Fisher, 1973) 악취도 나지 않는다(Burton, 1977; Schleyer, 1963). Bloating 단계는 가스가 축적되어 팽창(Smith, 1986)되면서 심한 악취가 나며 사체가 수축하면서 끝나게 된다(Payne, 1965). Active decay 단계는 많은 유충의 활동으로 강한 악취가 나고 부패로 인해 축축한 상태가 되며(Anderson and Van Laerhoven, 1996), 유충의 활동으로 피부에 구멍이 뚫리면서 색깔도 약간 검게 변하게 된다. 본 연구에서는 Centeno *et al.* (2002)이 구분한 5단계를 우리나라 실정에 맞게 일부만 변형시켜 적용하였다. 즉, 부패단계를 (1) fresh stage(신선기), (2) bloated stage(팽창기), (3) active decay stage(부패 활성화기), (4) advanced decay stage(부패 진전기), (5) remains stage(유지기)로 나누었고, 부패단계에 따라 채

집된 파리는 계절과 장소 및 매장 조건과 노출에 따라 구분하였다.

사체에 유인된 파리의 조사는 부패단계에 따라 그 횟수를 달리하여 조사하였다. 즉, 사체가 신선한 상태로 팽창하는 단계(fresh, bloated stage) 때는 1일에 2회, 가스가 빠지고 부패가 왕성한 단계(active decay stage) 때는 1일에 1회, 일부의 살과 껍질이 남는 단계(advanced decay stage) 때는 2일에 1회, 껍질이나 뼈만 남는 단계(remains stage) 때는 3~4일에 1회씩 조사하였다. 노출 사체에 유인된 파리를 조사할 때는 가로 50 × 세로 40 cm 직사각형 안에서만 사체 내 또는 밑, 흙 속에 있던 종만 채집하였고 주위에 있던 종들은 무시하였다. 유충이나 번데기는 살균수를 적신 여과지(Whatman #2) 두 장이 깔린 직경 9 cm의 페트리 디쉬에 넣어 25°C 항온기에 보관하면서 성충으로 우화시켰다. 채집된 종들은 건조표본을 만들어 각종 도감류와 논문, 전문가의 도움을 받아 분류·동정하였다.

결과 및 고찰

야산에 유기한 사체의 부패단계에 따른 발생 파리류

야산 등 조사지역에 유기한 사체에서 발견된 파리류는 Table 1과 같았으며 야산에 유기한 사체에서 계절과 사체의 부패단계에 따라 채집된 파리류는 Fig. 1과 같았다.

Table 1. Dipterans occurred on chicken carcasses depending on abandoned sites

Scientific name	Korean name	Site*				
		Forest	Field	Bank	Greenhouse	Roof
Family Calliphoridae	검정파리과					
<i>Phaenicia sericata</i>	구리금파리	+	+	+	+	+
<i>Lucilia illustris</i>	연두금파리	+	+	+	+	+
<i>Lucilia caesar</i>	금파리	+	-	-	-	-
<i>Lucilia ampullacea</i>	푸른등금파리	+	-	-	-	-
<i>Lucilia sp.</i>	금파리속	+	+	+	+	+
<i>Calliphora lata</i>	큰검정파리	+	+	+	+	+
<i>Calliphora vicina</i>	붉은뺨검정파리	-	-	-	-	+
<i>Triceratopyga calliphoroides</i>	두꼬리검정파리	+	+	+	+	-
<i>Aldrichuna grahami</i>	털검정파리	+	+	+	+	+
<i>Chrysomya pinguis</i>	큰검정뺨금파리	+	+	+	+	+
<i>Chrysomya megacephala</i>	검정뺨금파리	+	+	+	+	+
Family Muscidae	집파리과					
<i>Ophyra leucostoma</i>	털감장파리	+	+	-	+	+
<i>Ophyra nigra</i>	산감장파리	-	+	+	-	+
<i>Hydrotaea dentipes</i>	흑다리꽃파리	-	+	+	+	+
<i>Muscina pascuorum</i>	왕큰집파리	+	-	-	-	-
<i>Muscina stabulans</i>	큰집파리	-	+	+	+	+
<i>Muscina angustifrons</i>	붉은종아리큰집파리	+	+	+	-	-
<i>Musca domestica</i>	집파리	+	+	+	+	+

Table 1. Dipterans occurred on chicken carcasses depending on abandoned sites (Continued)

Scientific name	Korean name	Site*				
		Forest	Field	Bank	Greenhouse	Roof
<i>Limophora</i> sp.		-	+	+	+	-
<i>Fannia prisca</i>	검정팔집파리	+	-	-	-	-
<i>Fannia</i> sp.		+	-	-	-	-
<i>Lispe orientalis</i>	물파리	-	-	+	-	-
Family Sarcophagidae	쉬파리과					
<i>Parasarcophaga similis</i>	곱슬털쉬파리	+	+	+	-	+
<i>Parasarcophaga albiceps</i>	흰목털미쉬파리	+	-	+	+	-
<i>Parasarcophaga harpax</i>	풀쉬파리	-	+	-	+	+
<i>Parasarcophaga crassipalpis</i>	붉은불기쉬파리	-	-	-	-	+
<i>Helicophagella melanura</i>	검정불기쉬파리	-	+	-	+	-
<i>Boettcherisca peregrina</i>	떠돌이쉬파리	+	+	+	+	+
<i>Pierretia kayaensis</i>	가야쉬파리	+	-	-	-	-
<i>Takanoa hakusana</i>	관음쉬파리	-	-	-	-	+
Family Anthomyiidae	꽃파리과					
<i>Anthomyia illocata</i>	검정띠꽃파리	+	-	-	-	+
Family Tachinidae	기생파리과					
Unidentified**		+	-	-	-	-
Family Phoridae	벼룩파리과					
<i>Megaselia scalaris</i> ^u		+	-	+	-	-
Family Heleomyzidae	가시날개파리과					
Unidentified		+	+	+	-	-
Family Sciaridae	검정날개버섯파리과					
<i>Sciara</i> sp.		-	-	+	-	+
Family Bibionidae	털파리과					
<i>Biblio</i> sp.		+	-	-	+	-
Family Sepsidae	꼭지파리과					
Unidentified		+	+	+	+	-
Family Drosophilidae	초파리과					
<i>Drosophila</i> sp.		+	+	+	+	+
Family Stratiomyidae	동애등애과					
<i>Hermetia illucens</i>		+	-	-	-	-
<i>Ptecticus tenebrifer</i>	동애등애	+	+	+	+	-
Family Sphaeroceridae	애기똥파리과					
<i>Copromyza</i> sp.		+	+	+	+	-
<i>Leptocera</i> sp.		+	+	+	+	+
Family Chironomidae	깔따구과					
Unidentified		-	-	-	-	+
Family Culicidae	모기과					
Unidentified		+	-	-	+	-
Family Tipulidae	각다귀과					
Unidentified		-	+	+	+	-
Family Piophilidae						
<i>Piophila casei</i> **		-	-	-	+	-
Family Asilidae	파리매과					
<i>Promachus yesonicus</i>	파리매	-	-	-	+	-
Total species/families		33/13	27/10	28/11	28/12	24/9

^u; Unrecorded species, *Forest; Forest hill, Field; Open field, S; Stream bank, **Larvae. This table was reformed from Lim *et al.* (2009).

가을에 유기한 사체에서의 fresh 단계에서부터 remains 단계 까지 노출처리에서는 87일 동안, 매장처리에서는 162일 동안 조사하였다(Fig. 1A). 노출된 사체에 유인된 파리들 중 구리금파리(*Phaenicia sericata*)와 *Lucilia* sp., 연두금파리(*Lucilia illustris*), 큰검정뺨금파리(*Chrysomya pinguis*), 검정뺨금파리(*C. megacephala*)의 성충들은 1~7일째 fresh~active decay 단계에서 채집되었는데, 이들은 사체를 유기한지 약 5분 만에 찾아들었고 1일 이내에 성충들이 채집되었다. 그러나 알과 유충은 관찰되지 않았다. 사체 유기 2일 후에는 목 부위와 날개 밑 부분에서 다량의 알과 갓 부화한 유충들이 발견되었다. 유충들은 처음에 사체에서 섭식활동을 하다가 3령충이 되고서는 사체를 탈출하여 흙 속으로 들어갔다. 그리고 흙 속 30 cm 깊이와 사체로부터 90 cm 떨어진 지점의 흙 속에서도 관찰되었다. 사체 유기 12일 후 사체에서는 번데기를 관찰할 수 없었으나 사체 아래의 흙에서는 발견되었다. 그리고 우화 후에도 토양 속에서 계속 발견되었다. 특히, 사체 유기 30일 후 채집된 번데기를 사육한 결과, 구리금파리였다. 사체 유기 18일 후에는 큰검정뺨금파리 성충이 처음으로 현장에서 우화하였고, 우화는 30일째까지 계속되었다.

집파리류 성충은 현장에서 직접 채집할 수 없었으나 털감장

파리의 유충은 사체 유기 30일에서 150일까지, 번데기는 190일까지 채집되었다. 미동정된 쉬파리과 1마리가 첫날에 유인되었으나 검정파리류에 비해서는 늦게 나타났다. 떠돌이쉬파리 성충은 4~7일 of bloated 단계 말부터 active decay 단계까지 채집되었는데, 8일째의 유충을 현장에서 채집하여 24°C의 항온기에서 사육한 결과, 8일 후 번데기가 되었고 용화 5일 만에 우화하여 유충에서 성충까지는 약 13일이 소요되었다. 그리고 미동정 *Drosophila* sp. 초파리 1종은 1~7일째 fresh~active decay 단계에서 채집이 되었다. 반면 각다귀과 성충은 다른 종에 비해 훨씬 늦은 50~53일째까지 remains 단계에서만 채집되었고, 모기류(Culicidae)는 사체를 유기한지 몇 시간이 지나지 않아 1마리가 사체의 몸통에 붙어 있었다.

매장 처리에서는 노출에 비해 유인되는 파리의 성충 수가 적었다. *Lucilia* sp.와 구리금파리 유충을 현장에서 각각 19일과 22일째 active decay 단계에서 채집하여 24°C의 항온기에서 사육한 결과, 우화까지 8일이 소요되었다. 큰검정뺨금파리 성충은 사체 유기 8일째 발생하였다. 털감장파리(*Ophyra leucostoma*)와 왕큰집파리(*Muscina pascuorum*) 성충은 각각 17일과 50일째 active~advanced decay 단계까지 채집되었는데, 50일째에 채집된 성충은 우화한 성충이었거나 다시 유인되어 산란한 알

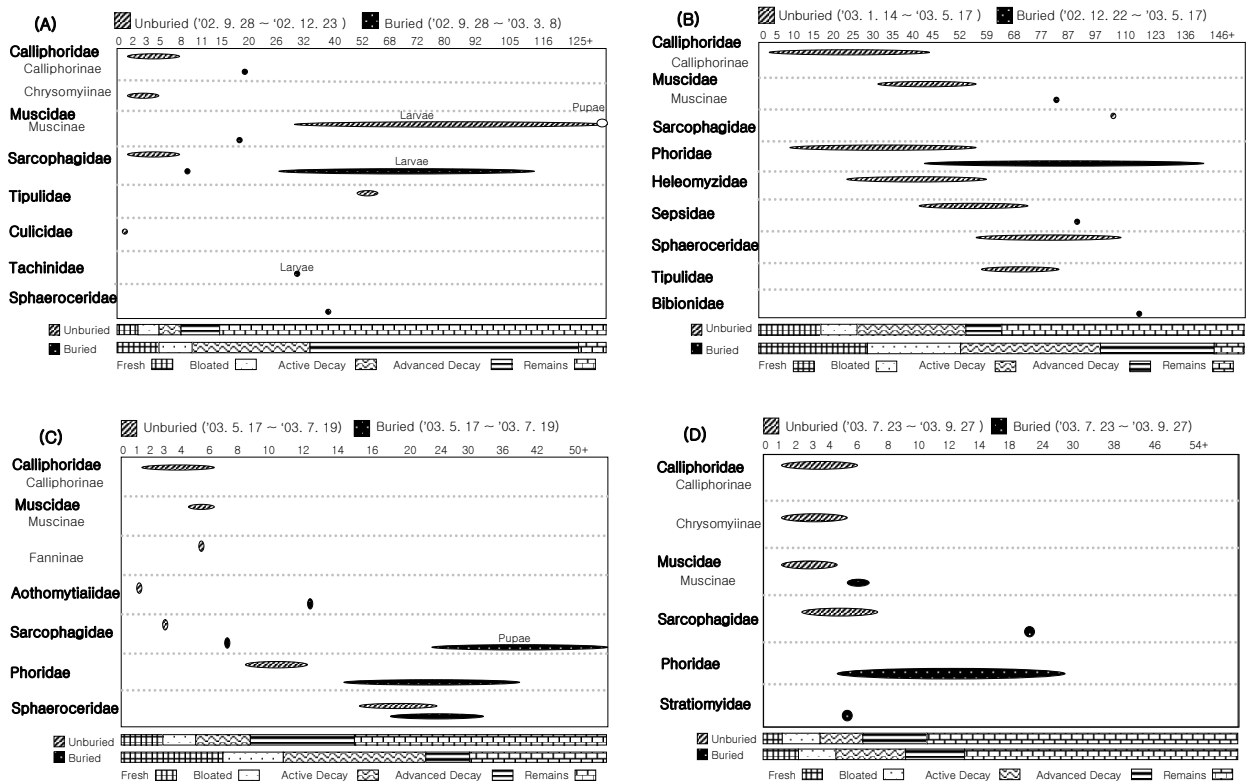


Fig. 1. Successional pattern of forensic flies on chicken carcasses in forest hill in fall (A), winter (B), spring (C), and summer (D).

에서 발생한 성충으로 추정된다.

목 부위가 진흙색을 띠는 8일째의 bloated 단계에서 떠돌이 쉬파리(*Boettcherisca peregrina*) 유충을 채집하여 24°C의 항온기에서 사육한 결과, 16일째는 번데기가 되었고, 21일째에는 우화하였다. 현장에서는 쉬파리류 번데기들이 22일에서 110일째까지 계속 관찰되었다.

기생파리과 유충들은 사체가 있던 토양 속에서 30일째의 active decay 단계와 110~128일째의 advanced decay 단계, 그리고 remains 단계에 채집되었다. 애기똥파리과의 *Leptocera* sp. 성충은 36일째에 관찰되었는데, 노출처리에서는 전혀 발견되지 않았다.

겨울에 유기한 사체에서 노출은 125일 동안, 매장은 147일 동안 조사한 결과는 Fig. 1B와 같았다.

겨울철에 유기한 사체는 다른 계절에 비해 부패 속도가 늦었고, 파리류가 찾아오는 시기도 늦었다. 흥미로운 것은 가을철에 유기된 닭의 사체에서 볼 수 없었던 큰검정파리(*Calliphora lata*) 성충이 5~43일째의 fresh~active decay 단계의 노출에서만 발생하였다. 그리고 active decay 단계인 28일과 33일째는 현장에서 알이 관찰되었다. 현장에서 28일째의 알은 부화하지 못하였다. 33일째에는 큰검정파리와 털검정파리(*Aldrichina grahmi*)의 알이 관찰되었는데, 41일째는 현장에서 이들이 부화되어 알에서 유충까지 9일이 소요됨을 알 수 있었으며 다른 계절에 비해 시간이 많이 소요되었다. 붉은종아리큰집파리(*Muscina angustifrons*) 성충은 노출에서 30~56일째의 active~advanced decay 단계까지, 매장에서는 이보다 늦은 81일째의 advanced decay 단계에서 채집되어 이들은 active~advanced decay 단계까지 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 유충은 113일째의 advanced decay 단계에 관찰되었다. 그리고 쉬파리류 성충은 105일째, 유충은 127일째 현장에서 채집되었다. 83일째에는 가야쉬파리(*Pierretia kayaensis*) 성충이 채집되었다.

벼룩파리과는 노출에서 8~56일째의 fresh~advanced decay 단계까지 채집되었고, 매장에서는 43~239일째의 bloated~remains 단계까지 채집되었다. 검정날개버섯파리과의 *Sciara* sp.는 노출에서 24~58일째의 bloated~advanced decay 단계, 꼭지파리과(Sepsidae)는 노출에서 40~71일째의 active decay~remains 단계까지 채집되었고, 매장에서는 91일째에 채집되었다. 애기똥파리과의 *Copromyza* sp.는 노출에서 56~107일째까지의 advanced decay~remains 단계까지 채집되었다. 각다귀류는 노출에서 58~80일째까지 계속 채집되었다. 반면, 털파리과의 *Bibio* sp.는 매장에서만 115일째에 채집되었다.

봄철에 야산에 사체를 유기한 후 노출과 매장에서의 fresh~remains 단계까지 64일 동안 조사한 결과는 Fig. 1C와 같았다.

봄철에 유기한 사체에서는 겨울철 조사에서 볼 수 없었던 구리금파리와 연두금파리, 푸른등금파리(*Lucilia ampullacea*), *Lucilia* sp., 털검정파리, 큰검정파리 등 검정파리류 성충이 1~6일째의 fresh~active decay 단계까지 채집되었지만 큰검정파리는 2일째에 채집이 되었다. 알은 1~2일째 좌측 날개 밑과 목, 다리사이 등 다양한 부위에서 발견되었고, 2일째는 날개 밑에서 부화한 유충이 발견되었다. 집파리류의 털감장파리, 붉은종아리큰집파리, 검정말집파리(*Fannia prisca*) 성충은 4~6일째의 bloated~active decay 단계에서 채집되었고, 꽃파리과의 검정머꽃파리(*Anthomyia illocata*) 성충은 노출에서 1일째, 매장에서는 12일 후에 관찰되어 유인되는 시기가 조건에 따라 달랐다.

노출에서 곱슬털쉬파리(*Parasarcophaga similis*) 성충은 3일째 bloated 단계에서 채집되었다. 매장에서는 흰목털미쉬파리(*P. albiceps*)와 떠돌이쉬파리 성충이 12일째 active decay 단계에서, 유충은 8일째, 번데기는 23일째와 64일째에 관찰되는 등 불규칙하였다. 벼룩파리과 성충은 노출에서 8~12일째 active~advanced decay 단계, 매장에서는 14~37일째 active decay~remains 단계까지 채집되었다. 그리고 애기똥파리과의 *Leptocera* sp. 성충은 노출에서 15~23일째에, 매장에서는 17~31일째까지 연속해서 발생하였다.

여름철에 유기한 사체의 fresh~remains 단계까지 67일 동안 조사한 결과는 Fig. 1D와 같았다. 다른 계절에 비해 부패속도가 빨랐던 여름철은 노출에서 구리금파리와 푸른등금파리, *Lucilia* sp., 큰검정뺨금파리 성충이 1~6일째 fresh~active decay 단계까지 발생하였다. 알은 1~2일째 사체 아래에서 관찰되었고, 유충은 2일째에 처음 부화하여 4일째는 몸 색깔이 약간 황색을 띠면서 행동이 둔해지다가 7일째 첫 번데기가 흙속에서 채집되었다. 우화성충은 12일째 현장에서 관찰되어 알에서 번데기까지 12일이 소요되었다. 그리고 7일 이후에도 번데기들은 계속 관찰되었는데, 15일째와 20일째 번데기를 채집하여 30°C에서 사육한 결과 연두금파리와 금파리 성충이었다.

매장에서는 6일째에 처음 파리의 유충이 관찰된 후, 12일째에는 첫 번데기가 관찰되었다. 집파리(*Musca domestica*) 성충은 매장에서 5~6일째 active decay 단계에 채집되었고, 곱슬털쉬파리 성충은 노출에서 7일째, 매장에서는 22일째 active decay 단계에 채집된 반면, 떠돌이쉬파리 성충은 노출에서 2~3일째 날 bloated 단계에서만 채집되었다. 매장에서 채집된 벼룩파리과는 4~28일째 bloated~remains 단계, 그리고 다른 계절에는 채집되지 않았던 동애등애과의 *Hermetia illucens*와 동애등애(*Ptecticus tenebrifer*) 성충이 5일째에 채집되었다.

들판에 유기한 사체의 부패단계에 따른 발생 파리류

가을철 들판에 유기한 사체에서 fresh~remains 단계까지 (노출에서는 87일, 매장에서는 162일) 조사한 파리류는 Fig. 2A와 같았다.

노출처리에서 검정파리류의 구리금파리와 연두금파리, *Lucilia* sp., 큰검정뺨금파리, 검정뺨금파리 성충 등이 1~6일째 fresh~active decay 단계에 몸통과 목 부위, 사체 밑 부분에서 채집되었다. 알과 유충은 2일째에 목과 날개 밑에서 관찰되었고, 6일째에는 다리부분을 제외하고는 1~2령충이 몸 전체에서 발견되었다. 9일째에는 첫 번데기가 관찰되었다. 사체 유기 16일째 큰검정뺨금파리가 현장에서 우화하여 23일까지 계속 관찰되었다. 일반적으로 파리의 발육은 여름에 비해 4일이 더 소요되었다. 그리고 16일째 흙 속에서 채집된 번데기를 사육한 결과 큰검정뺨금파리였다.

털감장파리와 집파리 성충은 6일째 active decay 단계에서 발견되었는데, 털감장파리 유충은 22일 후 채집되었다. 떠돌이 쉬파리 성충은 노출에서 2~8일째 fresh~advanced decay 단계까지 채집된 반면, 매장에서는 가스가 차고 악취가 심한 8일째에 사체가 묻힌 흙 위에 앉아 있는 것이 채집되었다. 그리고

16~17일째 다시 발생하여 59일까지 발견되었다. 또한 곱슬털 쉬파리 성충이 16일째 active decay 단계에 채집되어 이들 쉬파리류 성충은 fresh~active decay 단계에 출현하는 것으로 확인되었다. 초파리과의 *Drosophila* sp. 성충은 노출에서 fresh~remains 단계인 2~22일째까지, 애기똥파리과의 *Copromyza* sp. 성충은 노출에서 71~87일째에 발생하였지만 매장에서는 발견되지 않았다. 애기똥파리과의 *Leptocera* sp. 성충이 30~47일째의 advanced decay 단계에서 채집되었다.

겨울철에 사체를 들판에 유기한 후 fresh~remains 단계까지(노출은 135일, 매장은 147일) 조사한 결과는 Fig. 2B와 같았다. 사체 유기 시 주위에 얼음이 있었으나 햇빛을 차단시키는 주변 장애물이 없어 다른 장소에 비해 따뜻한 편이었고, 20일째는 눈이 내렸다. 알은 52일째와 58일째 두 번 관찰되었고, 53일째 유충이 처음으로 발견되었는데, 길이는 약 1.60 mm 였다. 79일째 첫 번데기가 출현하여 107일째 우화하였다. 85일째 현장에서 번데기를 채집하여 사육한 결과, 큰검정파리였다. 현장에서 검정파리류 성충 중 가장 먼저 유인된 종은 큰검정파리로 38~45일째 bloated 단계에 채집되었고, 두꼬리검정파리 (*Triceratopyga calliphoroides*) 성충은 45일째, *Lucilia* sp. 성충은 109~127일째 remains 단계에서 채집되었다. 겨울철에

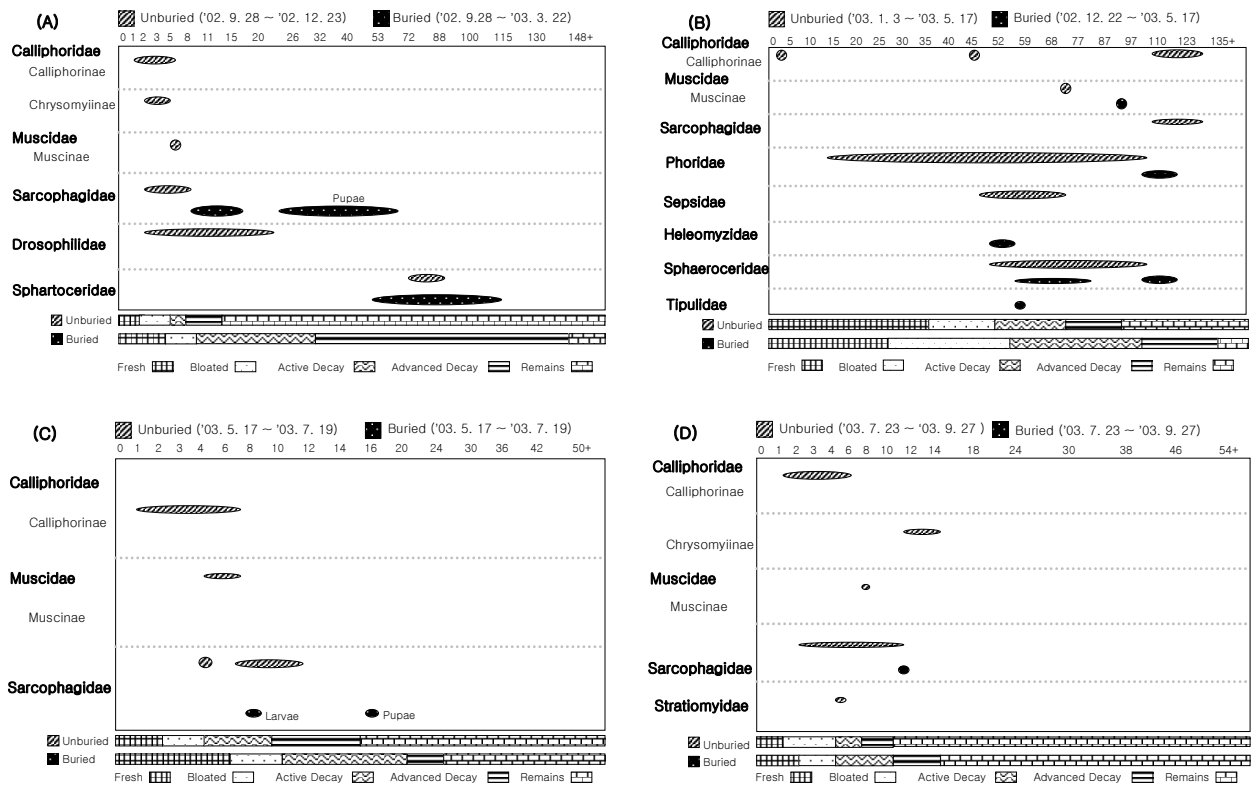


Fig. 2. Successional pattern of forensic flies on chicken carcasses in open field in fall (A), winter (B), spring (C), and summer (D).

활동하지 않는 종이 채집된 것은 사체를 유기하였던 계절은 겨울이었지만 이들이 채집된 시기는 4월말부터 5월초 이었으므로 부패단계보다는 계절적인 영향 때문으로 생각된다. 매장은 28일째 약간의 부패액과 악취가 조금 났고, 눈이 녹아 사체가 물에 장기간 잠겨 있었기 때문에 유충은 관찰할 수 없었다. 붉은종아리큰집파리 성충은 노출에서 69일째에, 매장에서는 93일째 active decay 단계에 발생하였고, 쉬파리 성충은 노출에서 109일째 처음 발견되었으며, 127일째에는 검정볼기쉬파리 (*Helicophagella melanura*) 성충이 채집되었다.

벼룩파리와 성충은 노출에서 13~107일째 fresh~remains 단계, 매장에서는 이보다 늦은 100~117일째 active~advanced decay 단계에 채집되었고, 가시날개파리와 성충은 매장에서 50~57일째 bloated 단계 초기, 꼭지파리와 성충은 노출에서만 46~73일째 bloated~active decay 단계에 채집되었다. 애기똥파리과의 *Copromyza* sp.는 노출에서 49~103일째 bloated~remains 단계에, 매장에서는 57~79일 active decay 단계에 채집되었고, *Leptocera* sp.는 노출에서 107일째, 매장에서는 101~117일째 active~advanced decay 단계, 각다귀는 매장에서 57일째에 채집되었다.

봄철에 사체를 들판에 유기한 후 64일 동안 fresh~remains 단계까지 조사한 파리류는 Fig. 2C와 같았다.

노출에서 구리금파리와 연두금파리, *Lucilia* sp., 큰검정파리, 털검정파리 성충이 1~7일째 fresh~active decay 단계에 채집되었다. 1~2일째에 구리금파리와 연두금파리의 알과 유충이 날개 밑과 목에서 발견되었고, 5일째는 팽창된 몸통이 가라앉으면서 검게 변색되었다. 25일째 번데기가 발견되었으나 우화한 검정파리는 이보다 이틀 전에 먼저 발견되어 번데기의 첫 출현 시기는 23일째 이전에 이미 형성되었음을 추정할 수 있었다. 흑다리꽃파리(*Hydrotaea dentipes*)와 산깜장파리(*Ophyra nigra*), 큰집파리(*Muscina stabulans*) 등의 성충은 3~7일째 bloated~active decay 단계, 검정말집파리 성충은 이보다 늦은 12일째 advanced decay 단계에서 채집되었다. 매장에서는 검정파리류와 집파리류가 채집되지 않았다.

노출에서 검정볼기쉬파리 성충이 4일째, 떠돌이쉬파리 성충은 6~11일째 active~advanced decay 단계에 채집되었고, 유충은 매장에서 곱슬털쉬파리와 풀쉬파리(*P. harpax*), 떠돌이쉬파리가 8일째 bloated 단계에서 채집되었다. 떠돌이쉬파리와 곱슬털쉬파리의 번데기는 각각 16일째와 19일째 채집되었고, 그 후 22일부터 85일째까지 계속 번데기가 채집되었다.

여름철에 사체를 들판에 유기한 후 67일 동안 fresh~remains 단계까지 조사한 파리류는 Fig. 2D와 같았다.

노출에서 구리금파리, 연두금파리, 금파리, *Lucilia* sp.의 성

충이 1~6일째 fresh~active decay 단계에서 채집되었다. *Lucilia* sp.와 연두금파리의 알과 유충은 2~3일째 배와 목, 날개 밑에서 발견되었고, 4일째는 재산란한 것이 관찰되었다. 7일째는 번데기가 목격되었고, 11~14일째는 우화한 것이 현장에서 관찰되었지만 15일째에도 *Lucilia* sp.의 번데기가 채집되었다. 집파리과의 털깜장파리 성충은 8일째 advanced decay 단계에서, 유충은 22일째에 채집되었다.

노출에서 검정볼기쉬파리 성충은 2~7일째 bloated~active decay 단계, 곱슬털쉬파리 성충은 5~11일째 active decay~remains 단계에 채집되었다. 떠돌이쉬파리 성충은 매장에서 11일째, 번데기는 15일째에 채집되었다. 동애등에 성충은 5일째 active decay 단계와 25일째 채집되었다. 25일째의 성충은 우화한 것으로 추정되었다.

하천에 유기한 사체의 부패단계에 따른 발생 파리류

가을철에 사체를 하천에 유기하여 노출 조건에서만 87일 동안 fresh~remains 단계까지 조사한 파리류는 Fig. 3A와 같았다.

구리금파리, 연두금파리, *Lucilia* sp., 큰검정똥파리, 검정똥파리 성충은 2~7일째 fresh~active decay 단계에서 채집되었고, 2일째는 목 부위와 날개 밑에서 알과 유충이 많이 발견되었다. 4일째에도 새로운 알이 산란되어 있었다. 11일째 사체는 색깔이 검게 변하고 거의 껍질만 남았으며 사체 밑은 진물과 함께 유충들이 많이 있었는데 번데기도 있었다. 16일째 첫 파리 성충이 현장에서 발견되어 21~29일째까지 *Lucilia* sp.와 큰검정똥파리 성충이 발생하였다. 그리고 집파리 성충은 5일째, 떠돌이쉬파리 성충은 3일째 발생하였고, 초파리과 성충은 2~7일째 bloated~active decay 단계, 애기똥파리과 *Leptocera* sp. 성충은 71~155일째, 각다귀과 성충은 50~53일째 사체에서 계속 발견되었다.

겨울에 유기한 사체에서 fresh~remains 단계의 147일 동안 발생한 파리류는 다른 계절에 비해 늦게까지 발견되었다(Fig. 3B). 이 시기에는 검정파리류의 성충들이 규칙적으로 발견되었다. 이들 중 털검정파리 성충은 65일째 active decay 단계에서 처음 발생하여 121~133일째 advanced decay 단계까지 계속 채집되었다. 알은 좌측 날개 윗부분에서 1일째 처음 발견되었고, 113일째는 연두금파리 번데기가 관찰되었다. 그리고 구리금파리와 *Lucilia* sp., 두꼬리검정파리 성충들은 119~141일째 advanced decay 단계까지 채집되었다. 큰집파리 성충은 141일째 채집되었고, 곱슬털쉬파리 성충은 현장의 사체에 121일째 유인되어 149일째에는 유충이 발견되었다. 벼룩파리과 성충은 10~84일째 fresh~active decay 단계에서 채집되었다.

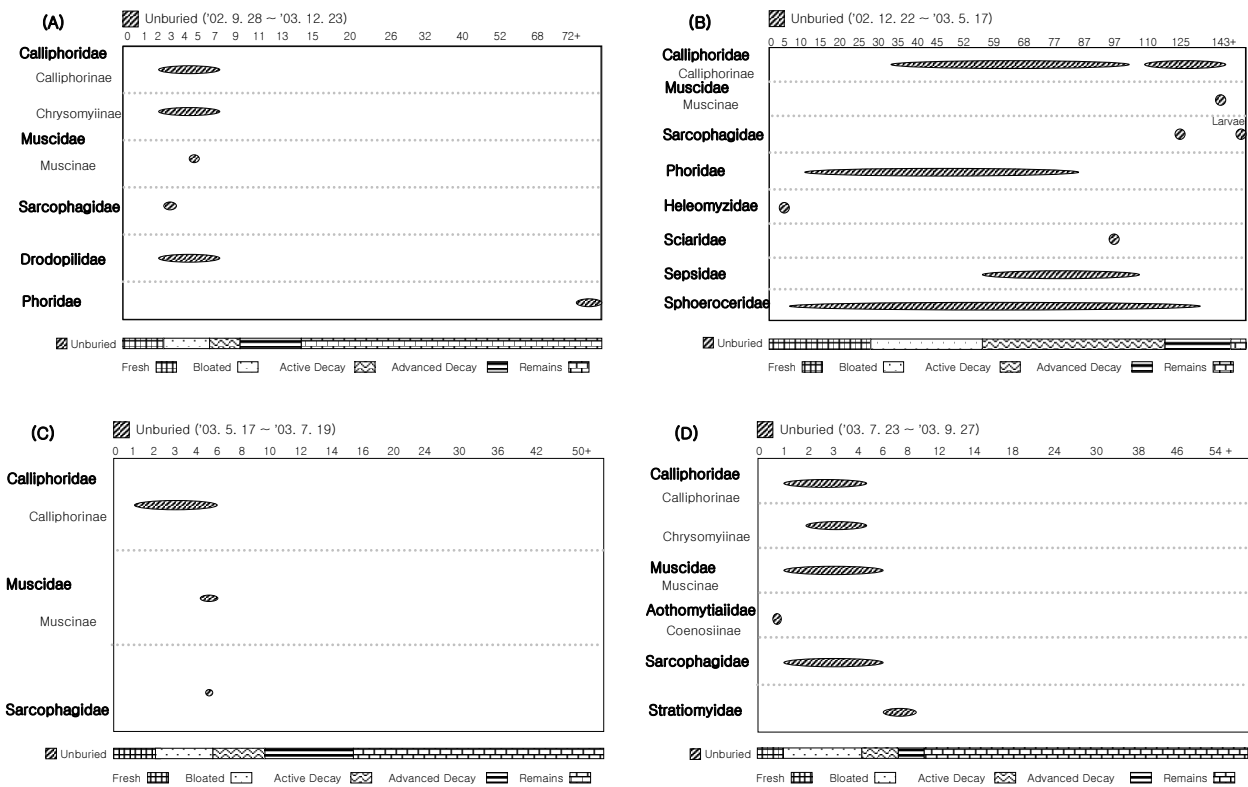


Fig. 3. Successional pattern of forensic flies on chicken carcasses in stream bank in fall (A), winter (B), spring (C), and summer (D).

가시날개파리와 성충은 사체에 일찍 찾아오는 종으로 2~3일째 채집되었다. 검정날개버섯파리와 꼭지파리과는 각각 95일째와 56~103일째 active decay 단계, 애기똥파리와 *Copromyza* sp. 성충은 95~129일째 active~advanced decay 단계, 각다귀과 성충은 58~80일째까지 발견되었다.

봄철에 유기한 사체의 fresh~remains 단계 64일 동안 발생한 파리류는 Fig. 3C와 같았다. 구리금파리와 연두금파리, *Lucilia* sp., 큰검정파리, 털검정파리 성충은 주로 fresh~active decay 단계인 1~6일째에 발견되었고, 1~2일째에는 연두금파리와 구리금파리의 알이 발견되었으며 2일째에는 유충이 관찰되었다. 현장에서 첫 우화된 파리는 23일째에 채집되었다. 산감장파리와 흑다리꽃파리, 큰집파리, 붉은종아리큰집파리, *Limophora* sp.의 성충 등 집파리류들은 4~6일 bloated~active decay 단계에 발생하였고, 떠돌이쉬파리 성충은 5~6일째 채집되었다.

fresh~remains 단계 67일 동안 여름에 유기한 사체에 발생한 파리류는 구리금파리, 연두금파리, *Lucilia* sp., 큰검정뺨금파리, 검정뺨금파리 등이었다. 검정파리류 성충들은 1~5일째 fresh~active decay 단계에서 채집되었고, 알은 2~3일째, 유충은 2일째부터 목과 날개, 머리 부분에서 관찰할 수 있었다

(Fig. 3D). 번데기는 7일째 사체가 놓여진 흙 속에서 발견되어 12일째는 현장에서 우화하였다. 집파리와 *Limophora* sp., 물파리(*Lispe orientalis*) 등 집파리류 성충들은 1~6일째 fresh~active decay 단계에 채집되었고, 쉬파리 성충은 1~6일째 fresh~active decay 단계에, 떠돌이쉬파리와 곱슬털쉬파리, 흰목털미쉬파리 성충이 채집되었다. 그리고 동애등애 성충은 6~9일째 active~advanced decay 단계에 채집되었다.

온실에 유기한 사체의 부패단계에 따른 발생 파리류

가을철 온실에 유기한 사체에서 관찰된 파리류는 Fig. 4A와 같았다. 구리금파리와 연두금파리, *Lucilia* sp., 큰검정뺨금파리, 검정뺨금파리 성충은 2~8일째 fresh~active decay 단계에 발견되었다. 알은 2~5일째 날개 밑에서 관찰되었고, 4일째는 부화유충이 출현하였다. 12일째는 번데기가 발견되었고, 22~27일째는 현장에서 성충들이 우화하였다. 그리고 이들 유충과 번데기들은 110일이 지난 후에도 발견되었다. 특히, 온실의 사체는 뼈만 남을 때까지 부패되지 않았고, 껍질과 약간의 수분이 남아 있는 미라가 되어 간장냄새를 풍겼다. 그리고 집파리 성충은 8일째, 떠돌이쉬파리 성충은 2~6일째 fresh~

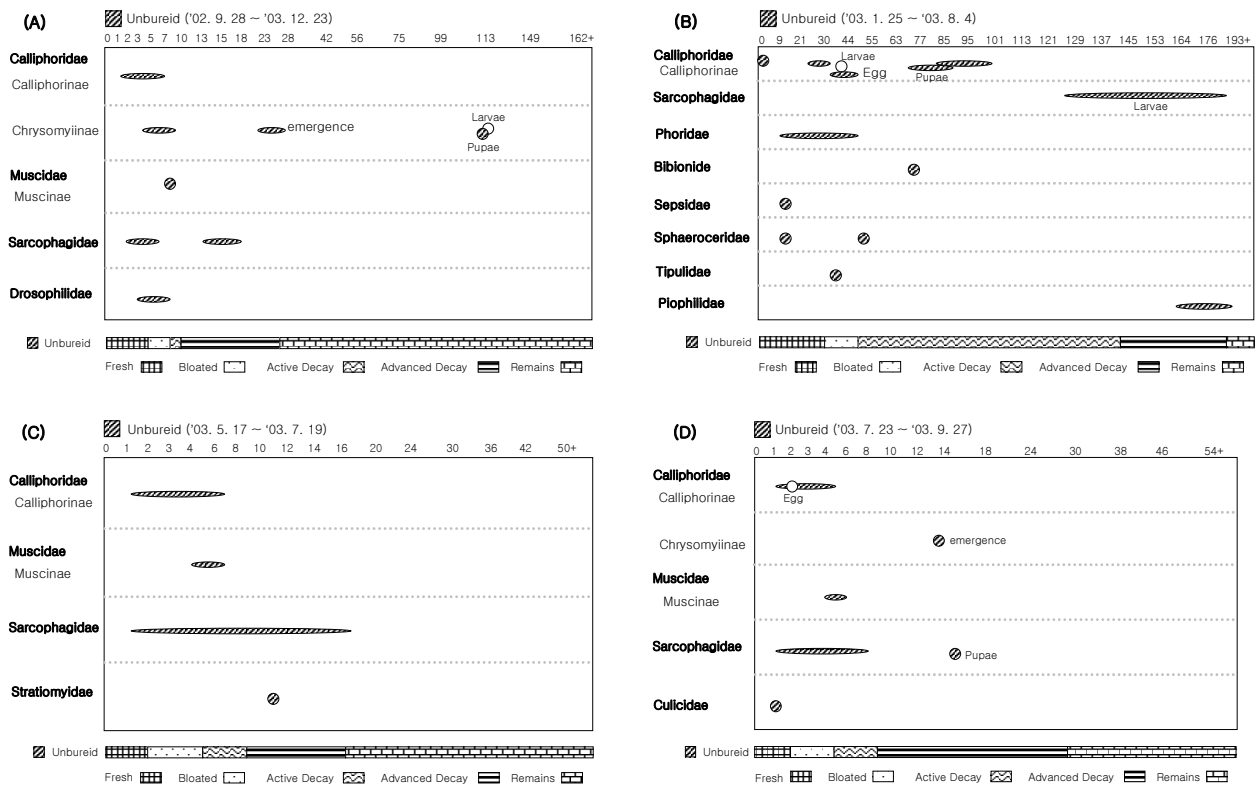


Fig. 4. Successional pattern of forensic flies on chicken carcasses in greenhouse in fall (A), winter (B), spring (C), and summer (D).

bloated 단계에 처음 채집된 후 13~18일째 advanced decay 단계까지 발생하였다. 그리고 95일째 관음쉬파리(*Takanoa hakusana*) 성충이 채집되었는데, 이는 번데기에서 우화된 파리로 추정된다. 초파리과의 *Drosophila* sp. 성충은 3~8일째까지 발생하였다.

겨울에 유기한 사체는 192일 동안 fresh~remains 단계까지 다른 장소와 달리 부패 속도가 느리게 진행되었고, 바깥 날씨의 영향은 크게 받지 않았다(Fig. 4B).

검정파리류 중에서 가장 먼저 찾아온 파리는 큰검정파리 성충으로 26~31일 fresh~bloated 단계에 유인되어 34~37일째는 다리 사이와 날개, 꼬리 부분에서 알이 관찰되었다. 44일째는 큰검정파리의 알이 다시 관찰되었다. 유충들은 36일째 처음 관찰되었다. 그리고 39~44일째 현장에서 유충을 채집하여 24°C에서 사육하였더니 큰검정파리였다. 파리의 번데기는 71일째 사체 주위의 흙 속에서 발견되었고, 87일째에는 연두금파리 성충, 89일째에는 구리금파리 성충, 101일째에는 털검정파리 성충이 채집되었다. 쉬파리과 성충은 93일째 처음 발견되었고, 95일째에는 관음쉬파리 성충이 채집되었으며 149일째에는 곱슬털쉬파리 유충과 쉬파리류의 우화된 성충이 발견되었다.

벼룩파리과 성충은 9~49일째 fresh~bloated 단계에 채집되었고, 애기똥파리과의 *Copromyza* sp. 성충은 50~51일째,

Leptocera sp.와 꼭지파리과 성충은 11일째 발생하였다. 그리고 각다귀류 성충은 36일째에 채집되었고, 털파리과의 *Bibio* sp. 성충은 73일째 채집되었다. Piophilidae과의 *Piophilidae*의 *Piophila casei* 성충은 161~193일째 advanced decay 단계에 채집되었다.

봄에 유기한 사체에 발생한 파리류는 Fig. 4C와 같았다. 구리금파리와 연두금파리, *Lucilia* sp. 성충은 1~7일째 fresh~active decay 단계에서 채집되었는데, 알은 1~2일째 목과 우측 날개 밑에서 발견되었고 유충은 2일째 발견되었다. 4일째에는 가스가 차서 사체가 부풀어 오르고 악취가 났으며, 8일째 사체는 검은색으로 변하고 진물로 인한 악취가 매우 심하였다. 그리고 많은 유충들이 섭식하고 있었다. 우화된 성충은 15일째 현장에서 발견되었으며 알에서 성충까지 15일이 소요되었다. 집파리류의 털감장파리와 큰집파리, *Limophora* sp. 성충은 4~7일째 bloated~active decay 단계에 관찰되었고, 우화된 파리는 22일째 현장에서 관찰되었다. 그리고 쉬파리류의 검정불기쉬파리는 1~17일째 fresh~remains의 모든 단계에 걸쳐 발견되었지만 풀쉬파리는 11일째, 떠돌이쉬파리는 8일째와 15~17일째에 각각 채집되었다. 후에 관찰된 것은 우화된 것으로 추정되었다. 동애등에 성충은 11일째에 유인되었다.

여름에 유기한 사체에서는 검정파리류의 구리금파리와 연

두금파리, *Lucilia* sp. 성충들이 1~5일째 fresh~bloating 단계에 채집되었고, 2일째에는 연두금파리와 *Lucilia* sp.의 알과 유충이 발견되었다(Fig. 4D). 번데기는 7일째 사체의 주위와 흡속에서 발견되었고, 13~14일째는 현장에서 채집되지 않았던 검정뺨금파리 성충이 우화하였다. 본 성충은 검정파리류와 같은 시기에 사체에 유인되었으나 채집 당시에 발견하지 못한 것으로 생각된다. 집파리류의 성충은 검정파리류보다 조금 늦은 4일째 흑다리꽃파리, 6일째 집파리 성충이 채집되었고, 쉬파리류 성충은 1~8일째 fresh~active decay 단계에 걸쳐 발견되었다. 이들 성충들 중 검정불기쉬파리는 1~5일째, 흰목덜미쉬파리는 2~4일째, 풀쉬파리는 4일째, 떠돌이쉬파리는 5~6일째에 채집되었다. 번데기는 15일째 현장에서 발견되었지만 우화한 파리는 관찰할 수 없었다.

옥상에 유기한 사체의 부패단계에 따른 발생 파리류

가을에 옥상에 유기한 사체에서 283일 동안 fresh~remains 단계까지 발생한 파리류를 조사한 결과는 Fig. 5A와 같았다. 구리금파리, 연두금파리, *Lucilia* sp., 검정뺨금파리 등 검정파리류 성충들은 2~6일째 fresh~bloating 단계에 대부분 채집되었

지만, 구리금파리 성충은 15일째에도 유인되었다. 사체 유기 후 3일째 목 부분에서 알이 관찰되었고, 4일째는 유충, 21일째는 번데기가 관찰되었다. 특히, 구리금파리 유충은 15일째에 채집되었고, 63일째는 유충과 번데기가 함께 채집되었다. 옥상에 유기한 사체는 온실과 마찬가지로 미라가 되어 부패단계가 장기화됨으로써 파리류도 오랫동안 채집되었다. 검정뺨꽃파리(*Anthomyia illocata*) 성충은 280일째 remains 단계까지 채집되었다. 쉬파리과 파리들은 불규칙적인 발생을 나타내었다. 떠돌이쉬파리 성충은 2~4일째 fresh 단계에 유인되어 15일째 유충이 채집되었고, 이후 257~274일째까지 채집되었다. 번데기는 63일째 채집되었지만 사체 주위에서 우화한 흔적이 있었다. 그러나 정확한 용화시기는 알 수 없었다. 그리고 203일째 풀쉬파리 유충이 채집되었다.

겨울에 유기한 사체에서 217일 동안 fresh~remains 단계까지 조사한 결과는 Fig. 5B와 같았다. 다른 장소와 마찬가지로 파리류가 유인되는 시기가 늦었다. 알은 관찰할 수 없었지만 구리금파리 성충은 95일과 131일째 active decay 단계에서 채집되었고, 큰검정파리와 두꼬리검정파리 유충은 114일째, 구리금파리 유충은 132일째 채집되었다. 119일째에는 큰검정파리의 번데기가 처음으로 발견되었다. 쉬파리류의 떠돌이쉬파리

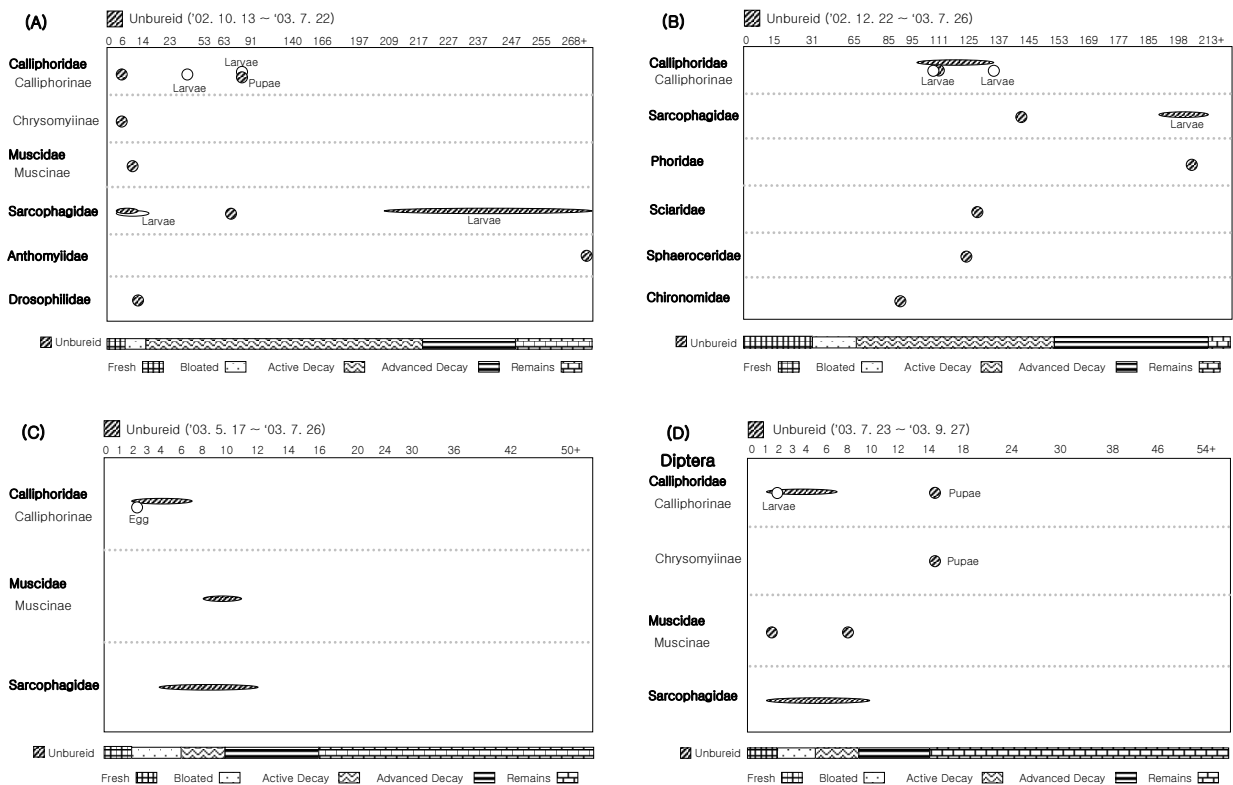


Fig. 5. Successional pattern of forensic flies on chicken carcasses on roof in fall (A), winter (B), spring (C), and summer (D).

성충은 143일과 163일째에 채집되었고, 187~189일째 현장에서 유충을 채집하여 24℃의 항온기에서 사육한 결과, 24일 후에 성충이 되었다. 곱슬털쉬파리 유충은 198~204일째까지 계속해서 발견되었다. 벼룩파리와 성충은 201~204일째, 검정날개벼섯파리와 성충은 127일째, 애기똥파리과의 *Leptocera* sp. 성충은 121일째, 깔따구류 성충은 87~91일째 active decay 단계에서 채집되었다.

봄에 유기한 사체에서 fresh~remains 단계인 71일 동안 발생한 파리류는 Fig. 5C와 같았다. 검정파리류의 구리금파리, *Lucilia* sp., 털검정파리, 큰검정파리, 붉은뺨검정파리 성충들은 2~10일째 fresh~active decay 단계에 채집되었다. 이들 중 *Lucilia* sp.와 구리금파리 성충이 2일째 처음으로 유인되었고, 4일째 털검정파리, 5일째 붉은뺨검정파리, 6일째 큰검정파리 순으로 발견되었다. 2일째 구리금파리의 알이 날개 밑과 목, 몸체에서 관찰되었고, 23일째 현장에서 구리금파리가 우화하였다. 따라서 구리금파리는 알에서 우화까지 약 21일 정도 걸리는 것으로 생각된다. 집파리류 성충은 7~10일째 발생하였으며 8일째 큰집파리, 10일째 산갓장파리 등이 active decay 단계에 채집되었다. 쉬파리 성충들은 4~18일째까지 유인되었다. 떠돌이쉬파리는 5~13일째 bloated~advanced decay 단계에서, 풀쉬파리와 관음쉬파리 성충은 11일째 advanced decay 단계에 채집되었다.

여름에 옥상에 유기한 사체에서 발견된 파리류는 Fig. 5D와 같았다. 검정파리류 성충들은 1~7일째 fresh~active decay 단계에 채집되었고, 처음 유인된 파리는 1일째 *Lucilia* sp.와 구리금파리 성충이었다. 큰검정뺨금파리 성충은 3일째에 채집되었다. 알은 2일째, 유충은 3일째, 번데기는 8일째, 우화성충은 13일째 발견되어 알에서 우화까지 13일이 걸리는 것으로 추정되었다. 그리고 13일째 구리금파리와 큰검정뺨금파리의 번데기를 현장에서 채집하여 30℃의 항온기에서 사육한 결과 4일이 걸렸다. 집파리류 성충은 집파리가 1~2일째와 8일째, 흑다리꽃파리가 8일째 active decay 단계에서 채집되었다. 쉬파리류 성충은 1~12일째 fresh~advanced decay 단계에서 채집되었고, 떠돌이쉬파리는 1일째와 8~12일째, 붉은불기쉬파리는 4~9일째 bloated~active decay 단계, 곱슬털쉬파리는 10일째 advanced decay 단계에 출현하였고, 번데기는 15일째 remains 단계에 발견되었다.

사체의 부패속도는 지역과 계절, 장소에 따라 다르다(Robert *et al.*, 1990). 즉, 부패는 사체 유기 장소의 환경적 요인이나 물리적 조건 또는 사체의 상태에 따라 차이가 있다. 본 연구는 사체를 유기할 가능성이 높은 장소에서 계절과 유기방법을 달리 하여 부패의 진행에 따라 발생하는 파리류를 알아보기 위하여

수행한 것으로 사체의 부패단계에 따라 발생하는 파리류는 유기장소와 계절에 따라 유인되는 시기가 동일하거나 차이를 보이는 종들이 많았다. Moon(1996)도 동일한 지역이라도 계절에 따라 발생하는 종류에 많은 차이를 보인다고 하였다.

파리류는 fresh 단계부터 active decay 단계에서 많이 유인되었다. 거의 모든 장소의 노출된 사체에서 파리류 성충들은 대체로 2일 이내에 유인되었고, 빠른 것은 사체를 유기한지 5분 만에 찾아들었다.

Erzincliglu(1989)는 검정파리과 성충들이 사체에 맨 처음 찾아오는 종이라고 하였는데, 본 조사에서도 겨울에 유기한 사체와 매장치리를 제외하고는 검정파리과의 *Lucilia* sp.와 구리금파리, 연두금파리, 큰검정뺨금파리, 검정뺨금파리 등이 2일 이내에 유인되어 active decay 단계까지 발생하였다. 한편 Smith(1975)와 Fuller(1934), Lord & Burger(1984) 등이 보고한 사체의 신선한 단계에서 가장 먼저 찾아오는 종은 연두금파리 1종이라는 것과는 차이를 보였는데, 이는 지리적 차이와 환경적 차이에 의해 분포하는 파리의 종류가 달랐기 때문으로 생각된다.

푸른등금파리와 금파리, 붉은뺨검정파리는 주로 3~5일째 bloated~active decay 단계에 채집되었는데, 겨울철에는 채집되지 않았다. 이들 종들은 난지성으로(Jo and Jung, 2001) 겨울에 유기한 사체의 부패단계보다는 계절적 영향으로 생각된다.

큰검정파리와 두꼬리검정파리, 털검정파리는 봄과 겨울에 유기한 사체에서 발견되는 우점종으로 fresh~active decay 단계에 주로 발생하여 활동시기가 다른 종과는 차이를 보였다.

집파리과는 *Limophora* sp.를 제외하고는 bloated~active decay 단계에 채집되었으나 어떤 종은 advanced decay 단계에도 관찰되었다. Park *et al.*(2001)은 사체에서 가스가 방출된 후 부패가 일어나면 검정파리과와 집파리과 성충들이 모여든다고 하였다. Smith(1986)와 Catts & Goff(1992)는 남부 이탈리아에서 검정파리과와 쉬파리과의 짧은 발육주기는 사망 후 3~4주의 사후 경과시간을 추정하는데 유용하다고 하였다. 그리고 Utsumi(1958)는 사망시간과 환경을 조사할 필요가 있을 때, 주로 이용되는 파리는 검정파리과와 쉬파리과, 집파리과에 속하는 파리들이라고 하였다.

기타 모기류는 사체를 유기하고 얼마 지나지 않아 몸체에 붙어 흡혈을 하고 있었다. 이는 사체의 혈액이 응고되기 전 흡혈을 하기 위해 모여든 것으로 생각된다. 동애등애과의 *Hermetia illucens* 성충은 5일째 active decay 단계에, 유충은 26~44일째 remains 단계에 발생하였지만, Byrd & Castner(2001)의 조사에서는 advanced decay~remains 단계에 발생하여 지리적인 차이를 보였다. 반면 동애등애 성충은 active~advanced

decay 단계에 채집되어 성충들의 첫 출현시기는 동일하였다. 애기똥파리과의 *Copromyza* sp.와 *Leptocera* sp. 성충들은 하천 독에 유기한 사체를 제외하고는 active decay ~ remains 단계에 채집되었고, 벼룩파리과와 꼭지파리과, 초파리과, 각다귀과 성충들은 모든 단계에서 발생하였다.

한편, Piophilidae과 유충은 Anderson & Van Laerhoven(1996)의 조사에서는 사후 167일 이후까지 채집되었지만 Johnson(1975)의 조사에서는 전혀 채집되지 않았다. 그리고 영국에서는 죽은 여우 사체에서 사후 30일째 발생하였고(Smith, 1975), 하와이의 인간사체에서는 사후 26일째 유충이 채집되었다(Anderson, 1995). 그러나 본 조사에서는 겨울에 유기한 온실의 사체에서 161일째 advanced decay 단계에 발생하여 지리적인 차이를 나타내었다.

예상한대로 사체를 매장한 곳에서는 계절과 부패단계에 관계없이 출현하는 종이 몇 종에 불과하였다. 이들 중 꽃파리과의 검정머꽃파리는 봄에 유기한 노출과 매장에서 각각 1일과 12일째에 발견되어 첫 유인되는 시기에 많은 차이를 보였다.

파리류는 사체조직을 직접 먹고 사는 종들이 많기 때문에 이들의 발생시기는 사후 경과시간을 추정하는데 아주 중요하다(Marchenko, 1980; Nainis *et al.*, 1982). 산란시기와 발육과정은 사체의 유기장소와 조건 및 계절에 따라 차이가 있었지만 매장처리와 겨울철을 제외하고는 대부분의 장소에서 성충의 출현과 같은 시기에 주로 혈액이 남아 있는 목이나 날개 밑, 몸체 등에 2~3일 동안 산란을 하였다. 이는 Catts and Goff(1992)이나 Erzinclioglu (1989)의 조사와도 일치하였다. 그러나 Centeno *et al.*(2002)은 첫 검정파리과의 알은 신선한 단계에서만 항상 발견된다고 하였지만, 본 조사에서는 bloated 단계와 active decay 단계에서도 관찰되어 차이가 있었다. 즉, 겨울에 유기한 사체에서는 큰검정파리의 알이 22~33일째 active decay 단계에서도 관찰되어 다른 계절에 비해 상당히 늦게 발견되었다. 부화한 유충은 active decay 단계에서 가장 많은 수가 발견되었다. 사체는 급격히 변하여 Moon & Kajii(1997)가 연구한 토끼 사체의 무게와 부피가 줄어드는 현상과 같았다. 특히, 어떤 장소에서는 전날에는 전혀 알이 관찰되지 않다가 다음날 알과 유충이 동시에 관찰되어 알에서 부화까지는 적어도 24시간 이내라는 것을 추정할 수 있어 Moon(1987)과 Moon(1994)의 산란 후 대개 10~14시간 내와 10~24시간 내의 부화보고와 일치하였다.

우천 시에는 성충들이 거의 관찰되지 않았다. 이는 Moon(1994)의 조사와 일치하였고, 유충들은 사체가 놓여진 현장 인근의 흙 속이나 나무둥지 위로 기어오르던 것이 관찰되었다. 용화는 사체가 놓여진 바로 밑에서 되는 경우도 있었지만, 대체로 사체 밑 흙 속과 90cm 떨어진 토양 속에서도 관찰되어 사후 경과

시간은 주변의 상태를 모두 고려하여 결정하여야 한다는 것을 알 수 있었다. Goff & Catts(1990)도 유충들은 흙 속에 자신을 묻거나 숨을 곳을 찾아 번데기가 되고 종종 우화하기 전 흙 속에서 나온다고 하였다. Smith(1986)는 이때 번데기의 나이가 사후 경과시간을 추정하는데 중요한 요소가 된다고 하였다. 봄과 가을에 유기된 사체에서 검정파리과의 첫 번데기는 8~9일째 출현하여 16일째 우화하였고, 여름에 유기한 사체에서는 7~8일째 첫 번데기가 관찰되면서 12일째 현장에서 우화 성충이 발견되어 온도가 높은 여름에 빨리 발육됨을 알 수 있었다. Moon(1987)의 조사에서도 유충에서 번데기까지 8~14일, 우화까지는 12~14일 관찰되어 본 조사와 큰 차이가 없었다. 반면 겨울의 노출된 사체에서는 유충에서 번데기까지 약 16일 정도 소요되었다. 그리고 매장된 사체에서는 검정파리과 유충보다는 쉬파리과 유충들이 먼저 출현하였는데, 이는 쉬파리과 암컷들은 알을 낳지 않고 냄새를 맡고 유인되어 사체가 매장된 토양 위에 쉬(유충)를 낳기 때문이다(Kim *et al.*, 1984). 사체가 유기된 현장에서는 성충이 우화한 후에도 토양 속에는 유충과 번데기가 발견되었는데, 이것은 성충들이 다시 찾아와 산란하였기 때문으로 생각된다.

본 연구는 야산과 들판, 하천, 온실, 건물 옥상 등 사체를 유기할 수 있는 여러 장소를 고려하여 매장과 노출 등 차이를 두고 계절에 따른 부패의 진행과 그에 따른 파리의 발생을 비교함으로써 법의학적 기초증거자료를 제공하기 위하여 수행하였는데, 계절이나 매장유무, 장소에 따라 부패의 진행과 출현하는 파리들에서 차이가 있었다.

검정파리류들은 모든 장소의 노출처리에서 fresh 단계에 사체를 방문하였으나 야산과 들판의 매장 처리에서는 fresh나 bloated 단계에 방문하는 종류는 없었다. 따라서 매장된 사체에 만일 검정파리류가 발견된다면 사후 일정기간 노출된 상태에 있었다는 것을 의미한다. 한편 겨울철은 발생하는 파리의 종류가 모든 장소에서 적었고, 발생 시기도 늦었다. 그러나 온실의 사체는 부패진행도 빨랐고 유인되는 파리에서도 차이가 있었다.

쉬파리과의 경우 겨울철에 다른 장소에서는 발생하지 않았으나 온실에서는 발생하였다. 그러나 발생 시기에서는 많은 차이를 보여 가을에는 fresh단계와 advanced decay 단계인 2-18일째 발생하였으나 겨울에는 93-149일째 advanced decay 단계부터 remains 단계까지 발생하였다. 봄에는 fresh에서 active decay 단계인 1-17일째 발생하였으며, 여름에는 1-8일째에 발생하였다. 따라서 쉬파리 유충이 겨울철 사체에서 발견된다면 사체가 쉬파리가 발생할 수 있는 따뜻한 곳에 있었음을 짐작할 수 있을 것이다.

본 조사결과에 검정파리과나 쉬파리과 파리에 대한 온·습도

등 다양한 환경조건에서의 생활사 연구까지 진행된다면 법의학적 측면에서 크게 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

Literature Cited

- Anderson, G. S. 1995. The use of insects in death investigations: an analysis of forensic entomology cases in British Columbia over a five year period. *Can J. Forensic Sci.* 28: 277-292.
- Anderson, G. S. and S. L. Van Laerhoven. 1996. Initial studies on insect succession on carrion in southwestern British Columbia, J. *Forensic Sci.* 41: 617-625.
- Benecke, M. 1998. Six forensic entomology cases: description and commentary. *J. Foren. Sci.* 43: 797-805.
- Beyer, J. C., W. F. Enos and M. Stajic. 1980. Drug identification through analysis of maggots. *J. Forensic. Sci.* 25: 411-412.
- Burton, J. F. 1977. The estimated time of death. pp.31-35.
- Byrd, J. H and J. L. Castner. 2001. *Forensic entomology*. CRC Press. 417pp.
- Catts, E.P. and M.L. Goff 1992. Forensic entomology in criminal investigations. *Ann. Rev. Entomol.* 37: 253-272.
- Centeno, N. M., M. Maldonado and A. Oliva. 2002. Seasonal patterns of arthropods occurring on sheltered and unsheltered pig carcasses in Buenos Aires Province (Argentina). *Forensic Science International* 126: 63-70.
- Early, M. and M. L. Goff. 1986. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu, Hawaiian islands, USA. *J. Med. Entomol.* 23: 520-531.
- Erzincioglu, Y. Z. 1989. Entomology and the forensic scientist: how insects can solve crimes. *J. Biol. Edu.* 23: 300-302.
- Fuller, M. E. 1934. The insect in habitants of carrion: a study in animal ecology. *CSIRO Bulletin.* 82: 5-61.
- Goff, M. L. and E. P. Catts. 1990. Arthropod basics-structure and biology. pp.46-47. *In: Entomology and death: a procedural guide*, eds. by E. P. Catts and N. H. Haskell. Joyce's Print Shop, Clemson, South Carolina. 182pp.
- Jo, T. H. and Y. J. Jung. 2001. On the flies collected from Mt. Geonheung and landfill, Geochang-gun, Gyeongnam, Korea and their seasonal prevalence. *Kor. J. Entomol.* 31: 207-220.
- Johnson, M. D. 1975. Season and microseral variations in insect population on carrion. *Am Midl. Nat.* 93: 79-90.
- Keh, B. 1985. Scope and applications of forensic entomology. *Ann. Rev. Entomol.* 30: 137-154.
- Kim, C. H., H. Y. Kim, Y. T. Rho, S. H. Park, Y. H. Shin, I. B. Yun, G. N. Lee and H. P. Lee. 1984. *General entomology*. Bepmunsa. Seoul. 373pp.
- Lim, C. S., S. T. Kim, W. K. Lee, D. H. Kwon, D. W. Lee and H. Y. Choo. 2011. Arthropoda (Arachnida, Crustacea and Chilopoda) succession in chicken carcasses depending on sites and seasons of abandonment in Gyeongnam province, Korea. *Kor. J. Soil Zool.* 15: 5-13.
- Lim, C. S., T. H. Jo, D. W. Lee, S. M. Lee, C. G. Park and H. Y. Choo. 2009. Dipterans associated with chicken carcasses and their role as forensic indicators in Gyeongnam province, Korea, during different seasons. *J. of Agriculture & Life Science.* 43: 21-31.
- Lord, W. D. and J. F. Burger. 1984. Arthropods associated with herring gull (*Larus argentatus*) and great black-backed gulls (*Larus marinus*) carrion on islands in the gulf of Maine. *Environ Entomol.* 13: 1261-1268.
- Lord, W. D., M. L. Goff, T. R. Adkins, and N. H. Haskell. 1994. The black soldier fly *Hermetia illuscens* (Diptera: Stratiomyidae) as a potential measure of human postmortem interval: observations and case histories. *J. Forensic. Sci.* 39: 215-222.
- Marchenko, M. I. 1980. Classifying of cadaveric entomofauna. Flies' biology: the forensic medical role. *Sud. Med. Ekspert.* 23: 17-20.
- Moon, K. J. 1987. *Forensic autopsy*. Chunggrim Press. Seoul. 604pp.
- Moon, T. Y. 1994. Cadaver entomofauna as forensic indicators. *Proceeding of Forensic Medicine* 22: 33-39.
- Moon, T. Y. 1996. Systematics and forensic potentials of cadaver insects associated with fishes and birds by opportunistic samplings in Pusan. *Entomol. Res. Bull.* 22: 67-72
- Moon, T. Y. and E. Kajii. 1997. Forensic implication of predominant insects on rabbit carrion at the islet Youngdo in Pusan. *Entomol. Res. Bull.* 23: 29-36.
- Nainis, I. V. J., M. I. Marchenko, and A.N. Kazak 1982. A calculation method for estimating by entomofauna the period during which the body had remained in the place where it was found. *Sud. Med. Ekspert.* 25: 21-23.
- Nuorteva, P. 1977. Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. pp.1072-1095. *In: Forensic medicine: A study in trauma and environmental hazards*, eds. by C. G. Tedeschi, W. G. Eckert and L. G. Tedeschi. W. B. Saunders Co. Philadelphia. 1689pp.
- Park, K. T., Y. J. Kweon, J. H. Kim, T. H. Kim, H. C. Park, H. Y. Park, Y. S. Bae, G. S. Bu, G. Y. Sul, Y. H. Song and B. R. Jin. 2001. *Industrial entomology*. Academic Press. Seoul. 334pp.
- Payne, J. A. 1965. A summer study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology* 46: 592-602.
- Pritchard, J. G., P. D. Kossoris, R. A. Leibovitch, L. D. Robertson, and W. F. Lovell. 1986. Implications of trombiculid mite bites: report of a case and submission of evidence in a murder trial. *J. Forensic. Sci.* 31: 301-306.
- Robert W. M., A. Mann, M. W. Bass and L. Meadows. 1990. Time since death and decomposition of the human body: variables and observations in case and experimental field studies. *J Forensic Sci.* 35: 103-111.
- Schleyer, F. 1963. Determination of the time of death in the early postmortem interval. pp.253-293. *In: Methods of forensic*

-
- science. ed. by F. Lundquist. Wiley-Interscience, New York. 659pp.
- Smith, K. G. V. 1975. The faunal succession of insects and other invertebrates on a dead fox. *Entomological Gazette* 26: 277
- Smith, K. G. V. 1986. A manual of forensic entomology. Trustees of the British Museum. Natural History. London and Cornell University Press. 205pp.
- Spitz, W. U. and R. S. Fisher. 1973. *Medicolegal investigation of death*. Charles C Thomas Publishers. Springfield, Illinois. 1325pp.
- Utsumi, K. 1958. Studies on arthropods congregate to animal carcasses, with regard to the estimation of postmortem interval, *J. Ochanomizu Med. J.* 7: 202-203.
- Vincent, C., D. K. McE Kevan, M. Leclercq and C. L. Meek. 1985. A bibliography of forensic entomology. *J. Med. Entomol.* 22: 212-219.
- Webb, J. P. Jr., R. B. Loomis, M. B. Madon, S. G. Bennett, and G. E. Green. 1983. The chigger species *Eutrombicula belkini* Gould (Acari: Trombiculidae) as a forensic tool in a homicide investigation in Ventura County, California. *Bull. Soc. Vector Ecol.* 8: 141-146.