

# 산불 후 개미군집의 단기변화

이철민 · 권태성\*

서울시 동대문구 회기로 57 국립산림과학원 산림생태연구과

## Short-term Changes in Ant Communities after Forest Fire

Cheol Min Lee and Tae-Sung Kwon\*

Division of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Republic of Korea

**ABSTRACT:** Forest fires disturb communities of forest-dwelling insects by killing or dispersal. Species diversity, species composition, and functional guilds of ant communities will be changed following forest fires. A survey of ants was conducted to find changes in ant communities after a large fire occurred in Goseong within Gwangwon province in South Korea in 1996. In total, 1,308 ants representing 16 species were collected; 696 ants representing 15 species were collected at the burned site, and 612 ants representing 13 species were collected at the unburned site. Contrary to the general expectation which predicts a decrease of diversity and abundance after fire, abundance, species diversity, species composition, and functional guilds of ant communities did not differ between the burned site and the unburned site. Furthermore, estimated species richness was significantly higher at the burned site than at the unburned site. However, monthly occurrences of ants (abundant species and pooled) were different between the burned site and the unburned site. Ants were more abundant at the burned sites than the unburned site just after the fire (May 1996). However, they were more abundant at the unburned site than the burned site in autumn (September and October 1996). This phenomenon might be caused by environmental change (e.g., decrease of soil moisture). In conclusion, the fire did not significantly change ant fauna, as fire in spring cannot destroy ant colonies that are wintering in deep soils.

**Key words:** Forest fire, Ant, Monthly pattern, Goseong

**조 록:** 산불은 산림에 서식하는 곤충들을 죽이거나 분산시킴으로써 그들의 군집을 교란한다. 산불 후 개미군집은 종다양성, 종구성, 기능군 구성이 달라질 것이다. 본 연구는 1996년 강원도 고성에서 발생한 대형 산불 직후 일년동안 산불지와 비산불지의 개미군집의 변화를 비교하기 위해서 수행되었다. 총 16종 1,308개체의 개미가 채집되었고, 산불지에서 15종 696개체, 비산불지에서 13종 612개체가 채집되었다. 산불 후 다양도와 풍부도가 감소될 것이라 일반적인 예상과는 달리 산불지와 비산불지는 개미군집의 풍부도, 종다양성, 종구성, 기능군 구성에서 차이가 없었고, 종 풍부도(추정치)는 산불지가 비산불지 보다 오히려 높았다. 그러나 개미의 월별 출현양상은 (풍부종과 전체) 산불지와 비산불지 간에 많이 달랐다. 산불직후인 1996년 5월에는 산불지에서 개미가 더 많았으나, 가을(1996년 9월과 10월)에는 비산불지에서 개미가 더 많았다. 이는 산불지의 환경 변화(토양건조 등)로 인해 개미개체군의 변동(개체군의 사멸 또는 이동)이 원인일 것이다. 결론적으로 봄에 발생하는 산불은 토양 깊이 월동하는 개미 군체를 파괴하지 못하기 때문에 산불은 개미상에 유의한 영향을 미치지 못했다.

**검색어:** 산불, 개미, 월별패턴, 고성

산불은 환경조건, 생물량, 종다양성과 생태계 기능에 커다란 변화를 초래한다(Moretti et al., 2006). 산불은 산림생태계에 크게 영향을 미치는 자연교란 중 하나이며, 교목층, 관목층, 초본층, 낙엽층 등을 불태우며 토양성분도 변화시키기 때문에, 산림

에 서식하는 동물상과 식물상은 크게 변화시킨다(Buddle et al., 2006; Edmonds et al., 2000; Kwon et al., 2013b; McCullough et al., 1998; Moretti et al., 2004). 산불지의 많은 곤충들은 주변 미 피해지나 산불전과 비교했을 때, 산불직후 또는 산불 후 2개월 이내에 크게 쇠퇴하는 것으로 보고되었다(Paquin and Coderre, 1997; Siemann et al., 1997; Swengel, 2001). 곤충들은 서식행태가 다양하기 때문에 산불로 인한 곤충의 영향은 다양할 것이다. 식생이나 낙엽과 같이 불이 나는 곳에 서식하는 곤충은 큰 피해

\*Corresponding author: [insectcom@korea.kr](mailto:insectcom@korea.kr)

Received April 29 2013; Revised May 31 2013

Accepted June 18 2013

를 입을 것이나, 나비나 나방과 같이 이동능력이 높거나 땅속 등에 서식하는 생물은 피해를 덜 받을 것이다(Swengel, 2001).

국내에서 산불이 생물에 미친 영향에 관한 연구는 소나무좀(Kwon et al., 2002), 딱정벌레(Kwon and Park, 2005), 토양무척추동물(Kim and Jung, 2008), 토양응애(Jung et al., 2010), 나방(Bae et al., 2011), 딱정벌레군집(Kwon et al., 2011), 나비(Kwon et al., 2013a), 절지동물(Kwon et al., 2013b) 등에서 다양하게 보고되어 있으며, 특히 Lee et al.(2012)는 거미, 딱정벌레, 반날개와 개미의 군집에 대한 산불과 조림으로 인한 교란의 영향을 비교하여 개미가 산불로 인한 교란에 대한 생물지표로 가장 유용하다고 보고하였다. 개미는 육상 서식처에 넓게 분포하고 겨울을 제외하고 일년 내내 활동하며 채집이 쉽기 때문에 산불이나 기후변화 등 다양한 환경교란에 대한 생물지표종으로 많이 이용된다(Agosti et al., 2000). 개미는 산림생태계에서 포식자, 식식자, 부식자, 종자산포자 등의 중요한 역할을 하며(de Bruyn, 1999; Hölldobler and Wilson, 1990), 벌채, 방목, 산림관리, 산불 등과 같은 산림교란에 빠르게 반응한다(Andersen, 1991; Lee et al., 2012; Maeto and Sato, 2004; Nash et al., 2004; Zettler et al., 2004), 따라서 개미는 산불에 의한 영향을 평가하기에 적당한 곤충이다.

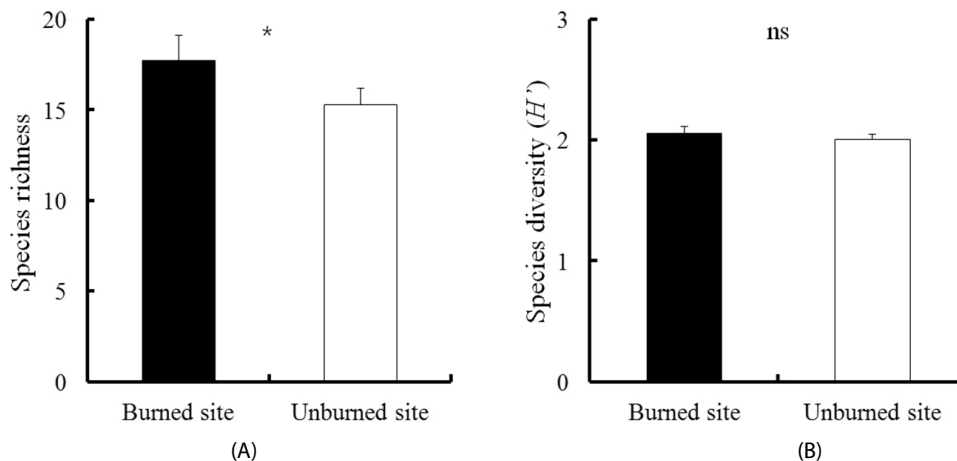
우리나라의 경우, 60-70년대의 성공적인 조림으로 황폐지가 녹화되고 산림이 성숙됨에 따라 산림에 고사가지, 고사목과 낙엽 등의 가연성 물질이 축적되어 1990년대 이후 산불의 대형화 추세가 나타나고 있다(Lee and Lee, 2006; Lim et al., 2006). 산불은 가장 빈번하게 일어나는 산림교란이므로 산불이 다양한 생물에 미치는 영향을 파악하는 것은 산림생태계 특성파악과 적절한 산림관리를 위해 필요하다. 국내의 산불영향에 대한 연

구는 대부분 산불이 발생한 일년 이후에 조사가 수행되었으며, 산불직후에 실시한 연구는 드문 편이다(예, Kwon and Park, 2005). 산불 초기에는 기존의 생물상이 파괴되고 새로운 생물상으로 대체되기 때문에 큰 변화가 일어날 것이다. 산불이나 해충피해 등의 산림 교란 후 개미군집의 구조가 변화되었는데 특히 기능군의 변화가 뚜렷하였다(Kwon et al., unpublished data; Lee et al., 2012). 산불 후 일년 이내의 초기 단계에서 개미군집의 종다양성, 종구성, 풍부도, 계절소장, 기능군 구조 등에 많은 변화가 예상된다. 본 연구는 산불 직후에 나타나는 변화들을 파악하기 위해 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 조사지 및 조사방법

고성 산불피해지역은 1996년 4월 23일부터 25일까지 3일간 약 3,762 ha에서 산불이 발생한 지역이다. 조사지역의 연평균 기온은 11.9도(섭씨), 연평균 강수량은 1,330 mm로서 기반은 편암 및 편마암류와 화강암류로 구성되며, 토양은 갈색산림토양, 적황색갈색산림토양, 적색계갈색산림토양으로 이루어져 있다. 산불에 대한 개황과 조사지의 다양한 환경요인은 Korea Forest Research Institute(1997)에서 보고되었다. 조사지는 강원도 고성군 죽왕면 오봉리에 위치하며, 산불피해를 받은 조사지는 식생이 전소한 수관화 피해지였으며(산불지: N 38° 20', E 128° 30'), 산불이 나지 않은 인접한 소나무림 1개소를 비교조사지(비산불지)로 선정하였다(Kwon and Park, 2005의 Fig. 1). 두 조사지는 폭이 좁은 시멘트 도로로 격리되어 있었으며 주변에



**Fig. 1.** Species richness (A, estimated number of species) and species diversity ( $H'$ , B) of ants at the burned site and the unburned site. Species richness was estimated using Chao 1 algorithm (Chao, 1984), and species diversity ( $H'$ ) was estimated using the Shannon diversity index (Shannon and Weaver, 1949). The estimation was conducted using a rarefaction algorithm of Estimate S (Colwell et al., 2004). Error bars indicate one standard deviation. Significance, ns: not significant, \*:  $P < 0.05$ .

는 논의 있다. 산불지는 산불발생 전에는 수령 20-30년 전후의 소나무림 이었다.

조사는 1996년 산불발생 후 1개월이 지난 5월 23일부터 1997년 5월 19일까지 겨울철을 제외(1996년 12월부터 1997년 2월 까지)하고 매월 실시하였다. 조사구별로 대략 10m 간격으로 10개의 조사목을 임의로 선정하여 비닐끈으로 표시한 후, 각 조사목 주위에 8개의 함정트랩을 조사목 주변 반경 2m안에 설치하여 1개월 후 회수하였다. 보존액은 20% 포르말린을 이용하였다.

## 개미의 분류동정과 기능군 구분

개미표본은 모두 건조표본으로 만든 후 동정하였다. 개미의 분류동정은 Kwon et al.(2012)의 종구분방법에 따랐다. 개미표본은 현재 국립산림과학원 산림생태실험실에 보관 중이다. 개미의 기능군은 Kwon et al.(2012)에 따랐는데, 다음과 같이 변형하였다. Kwon et al.(2012)은 우리나라의 산림에 서식하는 개미를 일개미들이 먹이를 구하기 위해 배회하는 장소를 기준으로 숲지표배회군(forest ground forager), 숲식생지표배회군(forest vegetation and ground forager), 토양낙엽배회군(soil and litter forager), 초지배회군(grassland forager)의 5개 기능군으로 구분하였다. 이러한 기능군의 체계는 소나무림에서 지표로부터 하층식생, 수관에 서식하는 개미에 대한 조사결과(Kwon et al., 2005), 7개 광역시의 산림과 나지에서의 개미조사(Kwon, T-S., unpublished data), 4개 권역에서 침엽수림과 활엽수림의 토양에서 서식하는 개미에 대한 14년간의 조사결과(Kwon, T-S., unpublished data), 전국 366개 산림에서 개미를 조사한 결과(Kwon et al., 2012)와 야외관찰을 토대로 만들어 졌다. 숲지표배회군(FGF)과 숲식생지표배회군은 공통적으로 함정트랩에서 흔하게 채집되나 후자의 경우 식생에서 많이 관찰되는 종들이다. 그러나 전자의 경우에도 식생에서 먹이를 구하는 활동을 어느 정도는 할 것이고, 아직 두 기능군을 구분할 만한 명확한 자료가 확보되어 있지 않기 때문에 두 기능군을 숲지표배회군(forest ground forager, FGF)으로 통합하였다. 토양낙엽배회군은 지표가 낙엽에 덮여 있기 때문에 FGF와 명확하게 구분하기가 어려우므로 토양낙엽서식군(soil and litter dweller, SLD)으로 용어를 변경하였다. 이 기능군의 개미들은 낙엽과 토양층에 서식하는 작은 절지동물들을 주로 먹고 사는 포식자이다(Kwon et al., 2012). 초지배회군은 먹이 구하기 활동이 초지에만 한정된 것은 아니고 어두운 숲 속보다는 기온이 높고 태양광이 많은 초지, 관목림, 임연부, 나지 등의 개활지(openland)를 선호하는 종들이기 때문에 개활지배회군(openland forager, OF)으로 용어를 변경하였다. 이 기능군의 개미들은 숲에서도

낮은 밀도로 채집된다. 이 기능군에 속하는 개미는 곰개미(*Formica japonica*), 주름개미(*Tetramorium caespitum*), 일본왕개미(*Camponotus japonicus*), 불개미류(불개미 *Formica yessensis*, 분개미 *F. sanguinea* 등)가 있다. 이 기능군은 숲이 파괴되었을 때 밀도가 높아지기 때문에 숲 교란을 나타낼 지표로서의 가능성이 높다.

## 분석방법

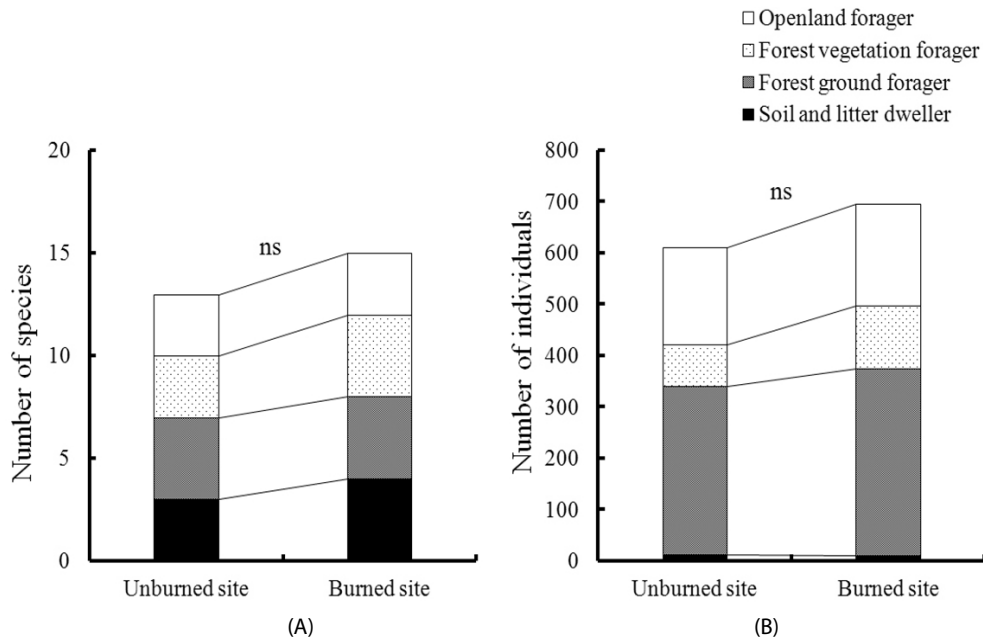
산불지와 비산불지의 종수와 다양도( $H'$ ; Shannon and Weaver, 1949)의 추정치는 Estimate S (Colwell, 2005)를 이용하였다. 종수 추정은 Chao 1(Chao, 1984) 방식을 이용하여 10회 조사 시 추정되는 종수의 평균과 표준편차 값을 이용하여 t-검정으로 두 조사지 간의 차이를 검정하였다. 다양도의 경우에도 평균과 표준편차 값을 사용하여 t-검정하였다. 개미의 종수와 개체수(전체 또는 종별)의 비교는 Fisher exact test를 이용하였다. 두 조사지는 산불 전에는 인접한 소나무림이었기 때문에 개미의 개체수, 종수, 종구성, 기능군 구조, 월별 출현패턴은 동일할 것으로 가정하였다(귀무가설). 4개 기능군의 종수와 개체수의 통계검정은 분할표로그빈도분석(log-linear frequency analysis on contingency table)을 이용하였다. 통계분석은 STATISTICA (ver. 6.1)을 이용하였다.

## 결과 및 고찰

고성 산불지와 비산불지에서 총 16종 1,308개체의 개미가 채집되었다(Table 1). 조사지 별로는 산불지가 15종 696개체, 비산불지는 13종 612개체로서 산불지의 종수와 개체수 모두 비산불지와 차이가 없었다( $P > 0.05$ ). 최우점종은 스미스개미(*P. flavipes*)였으며, 두 조사지간의 개체수 차이는 없었다( $\chi^2 = 0.08$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0.782$ ). 종별 개체수는 대다수 종이 두 조사지간에 차이가 없었으나( $P > 0.05$ ), 일본왕개미(*C. japonicus*)는 산불지에서 많았고, 주름개미(*T. caespitum*)는 비산불지에서 더 많았다( $P < 0.01$ ). 두 조사지에서 추정되는 종수는 산불지가 18종, 비산불지가 15종으로 통계적인 차이를 보였으나(Fig. 1;  $t = 2.58$ ,  $df = 18$ ,  $P = 0.019$ ), 종다양도에서는 차이가 없었다( $t = 0.17$ ,  $df = 18$ ,  $P = 0.863$ ). 또한 두 조사지에서의 개미 기능군 구조를 비교한 결과(Fig. 2), 종수( $\chi^2 = 0.13$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.989$ )와 개체수( $\chi^2 = 4.93$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.177$ )에서 차이가 없었다. 종수에서 관측치의 경우에는 유의한 차이가 없으나 추정치의 경우에는 유의한 차이가 나타났는데, 이는 전자의 경우 두 집단의 종수를 단순하게 비교하기 때문에(두 집단이 같다는 가정하에) 종수의

**Table 1.** Ants collected during May 1996 to May 1997 at the unburned site and the burned site in the Goseong area, which was burned by a large fire in April 1996. Ant functional guilds indicate as follows, FGF: forest ground forager, SLD: soil and litter dweller, OF: openland forager, FVF: forest vegetation forager. The values in parentheses are percentage of total collection. The definition for the functional guilds is given in the text

Species	Korean name	Unburned site	Burned site	Fisher exact test ( $df=1$ )		Total (%)	Functional guild
				$\chi^2$	P		
<i>Camponotus japonicus</i>	일본왕개미	86 (14.1)	157 (22.6)	10.03	0.002	243 (18.6)	OF
<i>Formica japonica</i>	곰개미	10 (1.6)	19 (2.7)	0.89	0.346	29 (2.2)	OF
<i>Tetramorium caespitum</i>	주름개미	94 (15.4)	23 (3.3)	22.49	0.000	117 (8.9)	OF
<i>Crematogaster vagula</i>	등굽은꼬리치레개미		1 (0.1)	0.19	0.665	1 (0.1)	FVF
<i>Dolichoderus itoi</i>	흰발마디개미	1 (0.2)	1 (0.1)	1.00	0.317	2 (0.2)	FVF
<i>Lasius japonicus</i>	고동털개미	20 (3.3)	26 (3.7)	0.17	0.676	46 (3.5)	FVF
<i>Myrmica carinata</i>	나도항아리뿔개미	60 (9.8)	94 (13.5)	3.37	0.067	154 (11.8)	FVF
<i>Crematogaster osakensis</i>	노랑꼬리치레개미	25 (4.1)	49 (7.0)	3.36	0.067	74 (5.7)	FGF
<i>Pachycondyla javana</i>	일본침개미	121 (19.8)	124 (17.8)	0.00	0.964	245 (18.7)	FGF
<i>Paratrechina flavipes</i>	스미스개미	165 (27.0)	156 (22.4)	0.08	0.782	321 (24.5)	FGF
<i>Pheidole fervida</i>	극동흑개미	18 (2.9)	35 (5.0)	2.20	0.138	53 (4.1)	FGF
<i>Hypoponera sauteri</i>	사우터침개미	2 (0.3)		0.00	1.000	2 (0.2)	SLD
<i>Myrmecina nipponica</i>	방패개미		6 (0.9)	1.78	0.182	6 (0.5)	SLD
<i>Ponera scabra</i>	거치른침개미	8 (1.3)	2 (0.3)	0.88	0.348	10 (0.8)	SLD
<i>Solenopsis japonica</i>	일본열마디개미	2 (0.3)	2 (0.3)	0.50	0.480	4 (0.3)	SLD
<i>Strumigenys lewisi</i>	비늘개미		1 (0.1)	0.19	0.665	1 (0.1)	SLD
Species richness		13	15	0.00	1.000	16	
Abundance		612	696	2.57	0.109	1308	



**Fig. 2.** Species richness (A, observed number of species) and abundance (B, number of individuals) of ants in four functional guilds at the burned site and the unburned site. Significance, ns: not significant.

차이가 커야 유의성이 나타나는  $\chi^2$  검정의 통계적인 특성 때문에 유의성이 나타나지 않았으나, 후자의 경우 자료의 무작위추출법(randomization)에 의한 반복을 사용하기 때문에 종수의 적은 차이에도 유의성이 나타났다. 따라서 후자의 경우가 보다 통계학적인 관점에서 신뢰성이 높은 것으로 판단된다.

일반적인 예상과는 달리 산불지에서 종수는 오히려 높아졌으며, 종다양도와 개체수에는 차이가 없었고 두 종을 제외하고는 종별 개체수에도 차이가 나타나지 않았다. 따라서, 산불은 개미군집에 큰 영향을 주지 않는 것 같다. 그러나 동해안의 3개 산불피해지에서 조사한 결과에 따르면 산불지는 비산불지에 비해 개미군집에서 명확한 차이를 보였다(Lee et al., 2012). 본 연구에서 산불이 개미군집에 미치는 영향이 미미한 것은 산불지의 산불의 식생 및 서식생물들에 대한 파괴적인 영향을 생각하면 매우 놀라운 현상이라고 할 수 있다. 개미는 불을 피해 빠르게 이동할 수는 없지만, 그들의 땅속 집이 개미를 보호해 줄 것이다(Andersen, 1991). 우리나라에서 개미들은 4월에는 대부분 토양 깊이가 월동 중이기 때문에 이 시기에 발생하는 산불로 인해 개체군이 피해를 받지 않는 것으로 여겨진다. 불이 초지에서 서식하는 절지동물에 영향을 대한 연구결과를 정리한 결과에 따라

면 토양 속에 서식하는 절지동물들이 영향을 상대적으로 적게 받는 것으로 보고되었다(Warren et al., 1987). 오스트레일리아의 산불지와 비산불지에서도 개미의 종수와 개체수는 차이가 없었으며(Andrew et al., 2000), 지속적인 약강도 산불의 영향에서는 개미의 종수와 개체수에서는 차이가 없었지만, 군집구조가 크게 바뀌었다(York, 2000). 오스트레일리아에서 산불강도와 벌목이 증가할수록 개미의 종수가 증가했다(Andersen et al., 2009). 또한, 북아메리카에서 이루어진 연구에서도 개미가 산불지에 더 많았다(McCullough et al., 1998). 반면, 남알프스에서 개미의 종수는 비산불지가 1회 산불이 발생한 지역보다 더 많았고, 개체수는 산불빈도가 증가할수록 감소했다(Moretti et al., 2004). 다른 연구결과들과 본 연구결과를 종합해서 봤을 때, 산불로 인해 개미군집의 종다양도와 개체수가 많이 줄어들지는 않는 것으로 판단된다.

본 조사에서 채집된 딱정벌레를 분석한 결과, 산불로 직접적인 피해를 받을 것으로 예상되는 딱정벌레의 경우에도 산불지와 비산불지에서 종수와 개체수, 종 구성에서 별다른 차이를 보이지 않았다(Kwon and Park, 2005). 그 이유를 비산불지에서 산불지로 딱정벌레들이 빠르게 유입되기 때문으로 추정하였다

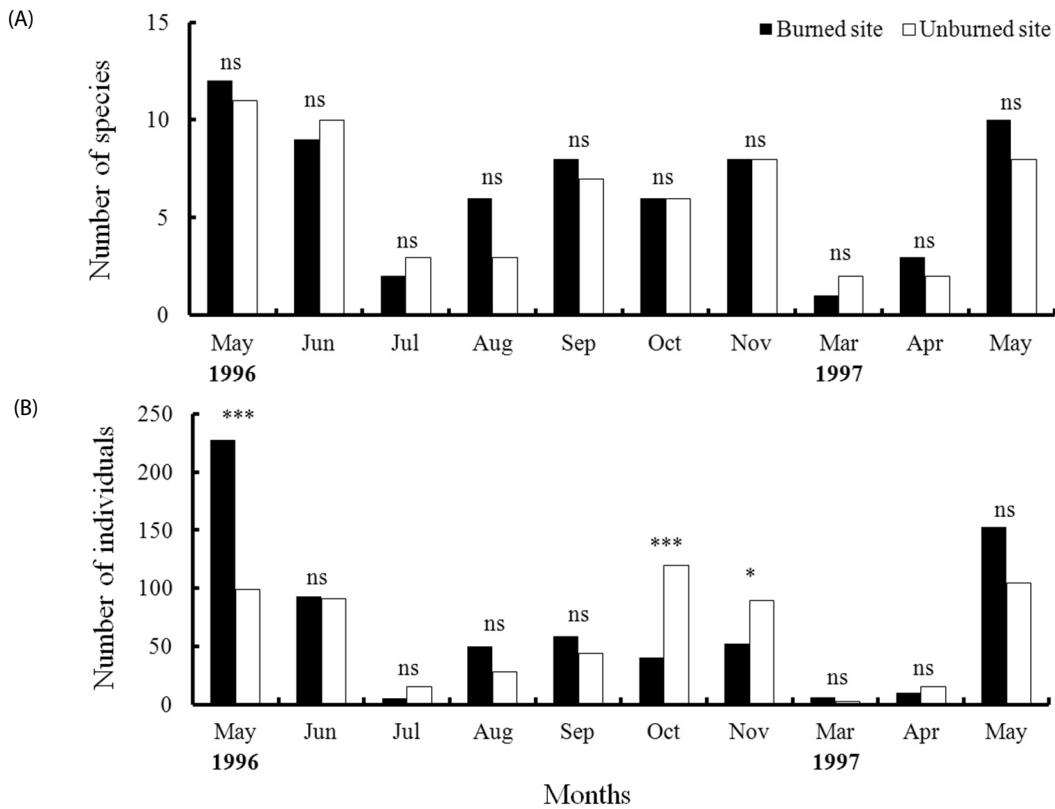


Fig. 3. Monthly occurrence of species richness (A, observed number of species) and abundance (B, number of individuals) of ants at the burned site and the unburned site. Significance, ns: not significant, \*:  $P < 0.05$ , \*\*\*:  $P < 0.001$ .

(Kwon and Park, 2005). 동해안의 3개 산불피해지역에서 산불지와 비산불지에서 개미군집을 조사한 결과에서는 개미군집의 뚜렷한 차이가 나타나(Lee et al., 2012) 본 연구와는 달랐다. 그 연구에서 산불지 개미군집에서 나타난 가장 현저한 특성은 OF 개미의 밀도 증가이다. 그러나 본 연구에서는 OF 개미 증가 현상은 종별로 상이하게 나타났다(Table 1). 본 연구가 산불직후부터 1년 동안 조사한 것인데 비해, 그 연구는 산불 후 1년, 5년, 10년이 경과된 조사지에서 실시한 결과이다. 본 연구에서 일본왕개미는 산불지에서 많았지만, 주름개미는 비산불지에서 오히려 많았다. 곰개미는 산불지에서 다소 많았지만 유의한 차이는 나타나지 않았다( $P > 0.05$ ). 광릉 숲에서는 해충과 폭우로 인해 나뭇가지가 40% 정도 떨어진 이후 개미군집의 종다양성이 감소하고 기능군 구조가 현저하게 변화하였다(Kwon et al., unpublished data). 이 경우에는 곰개미의 개체수 증가가 가장 현저한 현상이었다. 그러나 본 연구에서는 곰개미의 밀도 증가가 그다지 높지 않았다. 주름개미가 비산불지에서 많았던 것은 비산불지 내에 무덤들이 있어, 숲속 보다는 트여진 공간에서 군

체를 형성하는 주름개미들이 많이 서식하였기 때문일 것이다. 그러나 비슷한 서식지를 선택하는 일본왕개미와 곰개미는 산불지에서 더 많았다. 이것은 산불 영향이라기 보다는 산불 이전의 종별 개체군들의 분포특성(산불지, 비산불지에서의 원래 밀도)이 그대로 반영된 것이라 할 수 있다. 그러나 시간이 지나게 되면 산불지에서는 이들 OF 개미들은 증가하지만 다른 기능군 개미들은 감소하여, Lee et al.(2012)의 연구결과에서 나타난 산불지 개미군집과 비슷한 방향으로 변화될 것으로 예상된다.

개미의 월별 발생상황을 보면 종수의 경우 두 조사지 간의 차이는 없었으나, 개체수의 경우 차이가 나타났다(Fig. 3). 산불직후에 산불지에서 개미의 개체수가 비산불지에 비해 2배 정도 많았으나, 가을에는 비산불지의 개체수가 오히려 많아졌다. 우점종 6종 중 주름개미를 제외하고는 5월에 채집된 개체수가 산불지에서 많았고, 가을에는 비산불지가 많아지는 현상이 일본왕개미를 제외하고 모두 나타났다(Fig. 4). 비슷한 현상이 딱정벌레에서도 나타났다(Kwon and Park, 2005). 딱정벌레의 경우에도 5월에는 산불지에서 개체수가 많았고 8-9월에는 비산불지

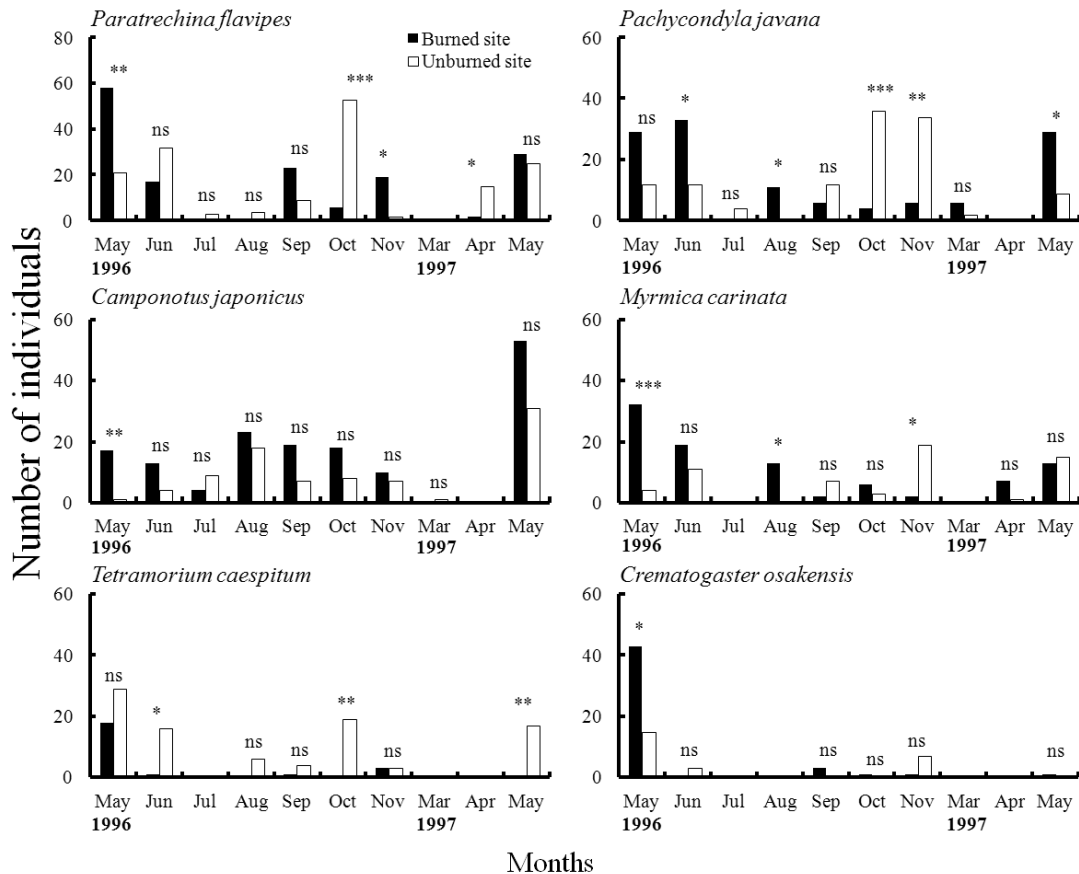


Fig. 4. Monthly occurrence of six abundant species at the burned site and the unburned site. Significance, ns: not significant, \*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.01$ , and \*\*\*:  $P < 0.001$ .

가 많았고 10월에는 두 조사지 간에 비슷해졌다. 함정트랩에 잡힌 개체수는 밀도뿐 아니라 먹이 탐색 활동을 반영한다. 즉, Figs. 3와 4에 나타난 개체수는 먹이 탐색에 나섰던 일개미의 수를 의미한다. 따라서 산불직후인 5월에 함정트랩에 포획된 개미가 많은 것은 서식처가 파괴되고 환경조건이 변함에 따라 먹이가 줄어들어 일개미들의 먹이 탐색 활동이 증가한 것을 원인으로 추정할 수 있다. 이에 반해 가을에 산불지에서 먹이탐색 활동이 상대적으로 저조한 것의 원인을 추정하기는 쉽지 않다. 일부 종들은 산불로 인해 서식환경의 악화(예, 낙엽층 소멸과 토양건조 등)로 군체가 소멸하거나 기존의 서식지를 버리고 인접한 비산불지로 군체를 이동하는 경우도 있었을 것이다.

개미의 분포는 종별로 특정범위의 기온 내에 한정되며 (Kwon et al., 2011), 먹이 탐색 활동이 기온과 상관성이 있을 것으로 예상되기 때문에, 본 연구에서 여름 보다는 가을에 개체수가 많은 현상은 주목할 필요가 있다. 이러한 현상은 겨울에 월동을 해야 하는 온대성 개미들의 생존전략과 관련되었을 가능성이 있다. 즉 개미가 기상조건(예, 여름철에 강우기간이 유난히 긴 경우) 때문에 여름철에 먹이활동이 활발하지 않았다면 월동을 위해 체내의 지방을 늘리거나 저장 먹이를 늘리기 위해 가을철에 먹이 탐색 활동을 증가시킬 가능성이 있다. 즉 여름에 강우로 먹이를 충분히 구하지 못했다면 가을에 먹이 활동을 활발하게 할 것이고, 여름철에 먹이를 충분히 구했다면 가을철의 먹이 활동은 줄어들 것이다. 우리나라 남부지역 소나무에서 월별로 조사한 결과에서는 6월에 밀도가 높고 7월에 밀도가 낮아졌다가 8월에 밀도가 다시 높아졌다가 가을철에는 밀도가 점점 낮아졌다(Kwon, 2010). 외국에서 개미의 계절별 활동에 대해 연구한 사례들을 보면, 온대지역에서는 봄부터 가을까지 개미들이 지속적으로 관찰되는 것으로 보고되고 있다(Sanders et al., 2001; Wilson and Oliver, 1970). 일개미의 먹이 탐색 활동은 당해 연도의 온도와 강우 패턴과 관련성이 높기 때문에 지역에 따른 차이가 많고 같은 지역 내에서도 연도별로 기상조건에 따라 다르게 나타날 가능성이 높다.

본 연구 결과, 개미군집은 산불로 인한 직접적인 영향을 거의 받지 않는 것으로 나타났다. 그러나 산불이 개미군집에 미치는 영향은 계절별로 다르며, 기능군에 따라서도 달라질 것으로 예상된다. 개미 군체들은 월동기 보다는 활동기에 보다 산불의 직접적인 피해를 받을 가능성이 높다. 우리나라 산림에 사는 개미의 많은 종들은 활동기에는 고사 가지에서 서식하다가 겨울철에는 토양 깊은 곳에서 월동을 한다(예, 스미스개미, 일본침개미, 빨개미류 등; Kwon T.-S., personal observation). 따라서 월동기 보다는 활동기의 산불이 개미군집에 더 큰 영향을 줄 것이다. 활동기의 산불은 FGF, FVF 개미의 군체에는 큰 영향을 주

나 SLD 개미의 군체는 상대적으로 영향을 적게 받을 것이다. 그러나 월동기의 산불은 개미군체들이 대부분 토양 속에 있기 때문에 본 연구에서 나타난 것처럼 별다른 영향을 주지 않을 것이다. 그러나 개미군집은 산불로 인한 직접적인 영향은 적게 받지만 산불로 인한 환경변화로 인해 개미군집은 점차 변하게 된다 (Lee et al., 2012). 개미는 지렁이와 더불어 토양의 생산성을 높이는 역할을 하므로 생태계 엔지니어로 불리며, 식물들의 종자를 옮겨 식물의 분포에 직접적인 영향을 준다(Folgarait, 1998). 개미는 포식자로서 다른 곤충들이나 해충들의 밀도 조절에 관여하며, 식식성 곤충(예, 진딧물, 나비류 등)과 공생을 통해 그들 곤충들의 생존과 밀접한 관계를 가진다. 우리나라 고지대에서 매우 낮은 밀도로 서식하는 큰점박이푸른부전나비(*Maculinea arionides*), 고운점박이푸른부전나비(*Maculinea teleius*), 북방점박이푸른부전나비(*Maculinea kurentzovi*)는 현재 고지대에 매우 흔한 코토쿠빨개미(*Myrmica kotokui*)와 쿠로키빨개미(*M. kurokii*) 등의 빨개미류와 공생을 하는데 기온상승으로 예상되는 빨개미류의 감소(Kwon et al., 2011)가 이들 희귀나비들의 생존에 큰 위협요인이 되고 있다(Choi and Kim, 2012). 이와 같이 개미는 산림생태계의 환경과 생물에 큰 영향을 주는 주요 생물군(keystone organism) 이기 때문에 산불지에서 점진적으로 일어나는 개미상의 변화는 산림생태계에 이차적인 변화를 일으킬 것이다.

## 사 사

본 연구는 국립산림과학원의 연구과제 ‘산불피해지 생태계 변화 모니터링 및 복구관리 기술개발(과제번호: FE 0500-1997-01)’로 수행되었다.

## Literatures Cited

- Agosti, D., Majer, J.D., Alonso, L.E., Schultz, T.R., 2000. Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution, Washington.
- Andersen, A., 1991. Responses of ground-foraging ant communities to three experimental fire regimes in a savanna forest of tropical Australia. *Biotropica* 23, 575-585.
- Andersen, A.N., Penman, T.D., Debas, N. Houadria, M., 2009. Ant community responses to experimental fire and logging in a eucalypt forest of south-eastern Australia. *For. Ecol. Manage.* 258, 188-197.
- Andrew, N., Rodgerson, L., York, A., 2000. Frequent fuel-reduction burning: the role of logs and associated leaf litter in the conservation of ant biodiversity. *Aust. Ecol.* 25, 99-107.

- Bae, Y.S., Chae, D.Y., Ju, Y.D., Bae, J.H., Kim, J.M., Ahn, N.H., Lee, C.M., 2011. Changes of species diversity on moth communities at forest fire region in Samcheok, Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 50, 7-14.
- Buddle, C.M., Langor, D.W., Pohl, G.R., Spence, J.R., 2006. Arthropod responses to harvesting and wildfire: Implications for emulation of natural disturbance in forest management. *Biol. Conserv.* 128, 346-357.
- Chao, A., 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scand. J. Statist* 11: 265-270.
- Choi, S-W., Kim, S-S., 2012. The past and current status of endangered butterflies in Korea. *Entomol. Sci.* 15, 1-12.
- Colwell, R.K., 2005. Estimate S: statistical estimation of species richness and shared species from sample. Version 7.5 User's Guide and application published at : <http://puri.ocic.org/estimates>.
- Colwell, R.K., Mao, C.X., Chang, J., 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85, 2717-2727.
- de Bruyn, L.A.L., 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agri. Ecosys. Environ.* 74, 425-441.
- Edmonds, R.L., Agee, J.A., Gara, R.I., 2000. Forest health and protection. The McGraw-Hill Companies, USA.
- Folgarait, P.J., 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodivers. Conserv.* 7, 1221-1244.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O., 1990. The ants. Harvard University Press, Massachusetts.
- Jung, C., Kim, J.W., Marquardt, T., Kaczmarek, S., 2010. Species richness of soil gamasid mites (Acari: Mesostigmata) in fire-damaged mountain sites. *J. Asia Pac. Entomol.* 13, 233-237.
- Kim, J.W., Jung, C., 2008. Abundance of soil microarthropods associated with forest fire severity in Samcheok, Korea. *J. Asia Pac. Entomol.* 11, 77-81.
- Korea Forest Research Institute, 1997. Ecological report on Goseong burned area. pp. 155.
- Kwon, T-S., 2010. Effect of the application of an organophosphate pesticide (fenitrothion) on foraging behavior of ants. *Jour. Korean For. Soc.* 99, 179-185.
- Kwon, T-S., Kim, C.S., Park, Y.S., Chae, H.M., Park, J.D., Kim, J.K., 2002. Impacts of the pine bark beetle, *Tomicus piniperda* (Coleoptera: Scolytidae), on Death of fresh shoots of pine trees in burned pine stands. *Jour. Korean For. Soc.* 91, 349-354.
- Kwon, T-S., Kim, S-S., Lee, C.M., Jung, S.J., 2013a. Changes of butterfly communities after forest fire. *J. Asia Pac. Entomol.* 16, 361-367.
- Kwon, T-S., Kim, S-S., Lee, C.M., Jung, S.J., Sung, J.H., 2012. Korean ant atlas (2006-2009). Research report 459. Korea Forest Research Institute, Seoul.
- Kwon, T-S., Park Y.K., Lim, J-H., Ryou, S.H., Lee, C.M., 2013b. Change of arthropod abundance in burned forests: different patterns according to functional guilds. *J. Asia Pac. Entomol.* 16, 321-328.
- Kwon, T-S., Park, J.K., 2005. Comparative study on beetle fauna between burned and unburned forest. *Jour. Korean For. Soc.* 94, 226-235.
- Kwon, T-S., Park, Y.K., Lee, C.M., 2011. Influences of recovery method and fire intensity on coleopteran communities in burned forest. *Korean J. Appl. Entomol.* 50, 267-278.
- Kwon, T-S., Song, M-Y., Shin, S-C., Park, Y.S., 2005. Effects of aerial insecticide sprays on ant communities to control pine wilt disease in Korean pine forests. *Appl. Entomol. Zool.* 40, 563-574.
- Lee, C.M., Kwon, T-S., Park, Y.K., Kim, B-W., 2012. Influences of disturbance intensity on community structure, species richness and abundance of arthropod predators (Araneae, Carabidae, Staphylinidae, and Formicidae) in burned-pine forest. *Jour. Korean For. Soc.* 101, 488-500.
- Lee, S.Y., Lee, H.P., 2006. Analysis of forest fire occurrence in Korea. *Kor. Ins. of Fire Sci.* 20, 54-63.
- Lim, J.H., Shin, J.H., Lee, D.K., Suh, S.J., 2006. Climate change impacts on forest ecosystems: research status and challenges in Korea. *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 8, 199-207.
- Maeto, K., Sato, S., 2004. Impacts of forestry on ant species richness and composition in warm-temperate forests of Japan. *For. Ecol. Manage.* 187, 213-223.
- McCullough, D.G., Werner, R.A., Neumann, D.N., 1998. Fire and insects in northern and boreal forest ecosystems of North America. *Annu. Rev. Entomol.* 43, 107-127.
- Moretti, M., Duelli, P., Obrist, M.K., 2006. Biodiversity and resilience of arthropod communities after fire disturbance in temperate forests. *Oecologia* 149, 312-327.
- Moretti, M., Obrist, M.K., Duelli, O.P., 2004. Arthropod biodiversity after forest fires: winners and losers in the winter fire regime of the southern Alps. *Ecography* 27, 173-186.
- Nash, M.S., Bradford, D.F., Franson, S.E., Neale, A.C., Whitford, W.G., Heggem, D.T., 2004. Livestock grazing effects on ant communities in the eastern Mojave Desert, USA. *Ecol. Indic.* 4, 199-213.
- Paquin, P., Coderre, D., 1997. Deforestation and fire impact on edaphic insect larvae and other macroarthropods. *Environ. Entomol.* 26, 21-30.
- Sanders, N., Barton, K.E., Gorton, D.M., 2001. Long-term dynamics of the distribution of the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant taxa in northern California. *Oecologia*, 127, 123-130.
- Shannon, C.E., Weaver, W., 1949. A mathematical model of communication. University of Illinois press. Urbana.
- Siemann, E., Haarstad, J., Tilman, D., 1997. Short-term and long-term effects of burning on oak savanna arthropods. *Am. Midl. Nat.* 137, 349-361.
- Swengel, A.B., 2001. A literature review of insect responses to fire, compared to other conservation managements of open habitat.



- 
- Biodivers. Conserv. 10, 1141-1169.
- Warren, S.D., Scifres C.J., Teel, P.D., 1987. Response of grasslandarthropods to burning: a review. *Agri. Ecosys. Environ.* 19, 105-130.
- Wilson, N.L., Oliver, A.D., 1970. Relationship of the imported fire ant to Nantucker pine tip moth infestations. *J. Econ. Entomol.* 63, 1250-1252.
- York, A., 2000. Long-term effects of frequent low-intensity burning on ant communities in coastal blackbutt forests of southeastern Australia. *Aust. Ecol.* 25, 83-98.
- Zettler, J.A., Taylor, M.D., Allen, C.R., Spira, T.P., 2004. Consequences of forest clear-cuts for native and nonindigenous ants (Hymenoptera: Formicidae). *Ann. Ent. Soc. America* 97, 513-518.