

산불지 복원방법과 산불강도가 딱정벌레군집에 미치는 영향

권태성 · 박영규¹ · 이철민*

국립산림과학원 산림생태연구과, ¹한국유용곤충연구소

Influences of Recovery Method and Fire Intensity on Coleopteran Communities in Burned Forests

Tae-Sung Kwon, Young Kyu Park¹ and Cheol Min Lee*

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

¹Korea Beneficial Insects Laboratory, Jangam-ri, Iljuk-myeon Anseong-si, Gyeonggi-do 456-913, Republic of Korea

ABSTRACT: This study was conducted to estimate the effects of fire intensity and recovery methods on coleopteran communities in three burned forests, Goseong, Gangneung, and Samcheok in Gangwon province, Korea. Four sampling sites were selected in each study area according to disturbance degree (DD) caused by fire intensity and recovery methods. DD in the study sites were categorized as 0 (no fire), 1 (weak fire), 2 (strong fire), and 3 (strong fire followed by human disturbance). Beetles collected by pitfall traps were classified into 3 functional guilds: detritivore, herbivore, and carnivore. Diversity and abundance were slightly higher in the burned sites (DD = 1-3) than in the unburned sites (DD = 0), although there was no statistical significance. Coleopteran communities differed according to fire intensity and recovery method. This suggests that recovery of burned forests using both natural recovery and reforestation may increase the diversity of coleopteran communities.

Key words: Forest fire, Coleoptera, Recovery method, Litter, Disturbance intensity

초 록: 본 연구는 강원도 고성, 강릉, 삼척의 3개의 산불지에서 딱정벌레군집에 대한 산불강도와 복원방법의 영향을 평가하기 위해서 수행되었다. 4개의 조사지는 산불강도와 복원방법에 의해서 야기된 교란강도(Disturbance Degree, DD)에 따라 각 조사지역에서 선정되었다. 조사지의 교란강도는 미피해지 (DD = 0), 지표화피해지 (DD = 1), 수관화피해지 (DD = 2), 수관화피해 후 인공복원 (DD = 3)로 구분하였다. 함정트랩법으로 채집된 딱정벌레류는 부식자, 식식자와 포식자의 3개 기능군으로 분류되었다. 딱정벌레류의 종수와 풍부도는 통계적으로 유의한 차이는 없었지만, 비산불지(DD = 0)보다 산불지(DD = 1-3)에서 다소 높았다. 딱정벌레군집은 산불의 강도나 복원방법에 따라 차이가 나타났다. 인공복원과 자연복원 두 방법을 사용한 산불지의 복원은 산불지역에서 딱정벌레군집의 다양성을 증가시키는 것으로 판단된다.

검색어: 산불, 딱정벌레류, 복원방법, 낙엽, 교란강도

기후변화에 의하여 전세계적으로 대형산불이 증가하고 있다 (Beverly and Martell, 2005). 그리스, 보스와나, 오스트레일리아, 러시아, 이스라엘 등 세계 곳곳에서 초대형 산불로 인하여 많은 피해를 입고 있으며(Williams *et al.*, 2011), 한국에서도 1990년 중반 이후 대형산불이 자주 일어나고 있다(Lim *et al.*, 2006). 한국의 산림은 산림녹화의 성공에 따라, 가연성 물질이 산림내

에 축적되어 산불의 위험성이 높아지고 기후변화와 맞물려 산불이 대형화 되는 추세가 나타나고 있다. 1996년 강원도 고성지역에서 3,762 ha의 대면적에서 산불이 발생한 데 이어(Korea Forest Research Institute, 1997), 2000년에는 강원도 고성, 강릉, 삼척과 경북 울진에 이르는 영동지역에서 23,794 ha에 달하는 역사상 최대의 산불이 발생하여 극심한 생태계 교란과 경제적 피해를 주었다(Ro *et al.*, 2000).

산불에 의한 산림교란은 산불강도에 따라 생태계에 미치는 영향이 확연히 다르다. 하층식생 만 피해가 발생하는 지표화(surface fire)와 모든 식생이 전소하는 수관화(crown fire)는 생

*Corresponding author: kr-chulmin@hanmail.net

Received July 15 2011; Revised October 27 2011;

Accepted November 21 2011

태계에 미치는 영향이 현저하게 다르다(Whelan, 1995). 또한, 산불은 식생, 낙엽 등을 태우고 토양성분도 변화시키기 때문에 산림에 서식하는 많은 종에 심각한 피해를 입힌다 (Whelan, 1995; Henig-Sever *et al.*, 2001; Kim and Jung, 2008). 토양절지동물(Soil microarthropods)은 산불에 의한 직접적인 타격보다 환경의 파괴에 의하여 더 큰 영향을 받는 것이 알려져 있다(Choi, 1996). 그러나, 산불에 의해 야기된 산림식생의 종구성의 변화는 생물다양성과 이질성을 증가시키고(Bengtsson *et al.*, 2000; Gandhi *et al.*, 2001), 산불이 종구성에 긍정적인 영향을 주는 경우도 알려져 있다. Moretti *et al.* (2004)의 연구에 의하면, 남부 알프스 지역에서 딱정벌레와 거미는 산불빈도가 높을수록 종수가 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 산불에 의한 교란강도(Disturbance Degree)에 따라 부식성 절족동물은 줄어들지만 식식성 절족동물은 증가했다(Kwon *et al.*, unpublished observation).

우리나라에서는 2000년 산불 직후 피해를 벌채후 조림하던 전통적인 인공복원방법에 반대하여 자연의 복원력에 의존하여 식생을 회복시키는 방안이 강하게 대두되어, 산불지의 인공복원과 자연복원을 둘러싼 치열한 논쟁이 이어졌다(Choung *et al.*, 2004). 이러한 논쟁의 결과로 2000년 산불을 계기로 산불지의 복원시 인공복원과 더불어 산불강도나 입지환경을 고려하여 자연복원도 사용하게 되었다. 인공복원시에는 조림하기 전에 피해목을 벌채하고 하층에서 자라는 관목류를 제거하게 되는데, 이는 교란의 관점에서 바라보면, 산불로 인한 교란에 추가되는 인위적인 교란으로 볼 수 있다.

딱정벌레류(Coleoptera)는 종수와 개체수가 많고(Triplehorn and Johnson, 2005) 생태적으로 부식자, 식식자, 포식자, 화분매개자, 균식자 등의 다양한 기능을 수행하며(Lee and An, 2001; Hayashi, 2004; Triplehorn and Johnson, 2005), 온도와 습도 등의 환경변화에 민감하게 반응한다(Maleque *et al.*, 2009). 딱정벌레류 중 딱정벌레과(Carabidae)(Niemelä *et al.*, 2002; Magura *et al.*, 2004)나 반날개과(Staphylinidae)(Gandhi *et al.*, 2001), 하늘소과(Cerambycidae), 바구미과(Curculionidae), 방아벌레과(Elateridae), 잎벌레과(Chrysomelidae)(Ohsawa, 2007)는 산불, 조림, 산림관리, 도시화 등 다양한 환경교란의 영향을 파악하기 위한 환경지표생물로서 널리 이용되고 있다. 국내에서는 Kwon and Park(2005)에 의해서 산불 후 딱정벌레군집의 변화를 조사한 결과가 보고 되었으나, 산불강도와 산불지 조림으로 인한 딱정벌레군집에 대한 영향을 밝힌 연구는 국내는 물론 다른 나라에서도 수행되지 않았다. 따라서 본 연구는 산불강도와 복구방법이 딱정벌레군집에 미치는 영향을 평가하기 위해 실시되었다.

재료 및 방법

조사지와 교란강도(Disturbance Degree, DD)

산불강도나 인위적인 교란에 근거하여 DD에 따라 고성, 강릉, 삼척에서 조사지를 선정하여 조사를 수행했다(Fig. 1). 이 지역은 주로 소나무림으로 구성되어 있고 봄철에 건조한 늦새바람 때문에 과거로부터 산불피해가 남한에서 가장 심한 곳이다(Lee, 1994). 고성에서는 1996년 4월 23~25일에 산불이 발생하여 약 3,672 ha의 산림이 피해를 받았다(Korea Forest Research Institute, 1997). 삼척의 조사지역은 2000년의 대형 산불피해를 받은 곳이다. 이 산불은 2000년 4월 5~7일에 발생하여 고성, 강릉, 삼척 지역에서 약 23,794 ha의 산림을 태웠다. 이 산불은 역사상 가장 큰 산불로서 우리나라 전체 산림의 0.37%에 피해를 주었다. 강릉은 2004년 4월에 약 430 ha의 피해를 받은 중형 산불지역이다.

각 조사지 내에서 산불강도나 인위적인 교란에 근거하여 DD에 따라 4개의 조사지로 나누어 조사하였다. 산불피해지에 인접한 소나무림은 외관상 교란이 없었기 때문에 DD를 0으로 산정하였다. 지표와 하층식생은 탔지만 교목층에는 큰 피해가 없는 지표화(ground fire, 약한 산불)의 피해를 받은 곳의 DD는 1로 산정하였다. 교목을 포함한 모든 식생이 불타는 수관화(crown fire, 강한 산불)의 피해지는 DD를 2로 산정하였다. 우리나라에서는 강한 산불 피해를 받은 피해지는 피해목을 제거하고 조림을 한다. 조림 과정에서 고사목과 고사가지의 제거, 하층식생의 벌채, 낙엽층의 감소와 같은 추가적인 교란이 일어난다. 따라서 이처럼 조림이 실시되는 곳의 교란은 가장 높은 것으로 판단되어 DD를 3으로 판정하였다.

조사가 실시되었던 2005년의 연평균기온과 평균강우량은 고성, 강릉, 삼척이 각각 11.9°C, 12.9°C, 12.1°C와 1,349 mm, 1,650 mm, 1,433 mm였다(Korea Meteorological Administration, 2005). 조사지는 해안으로부터 약 1~12 km 떨어져 있었고, 고도는 20~192 m였다. 고성의 조사지는 N38°18~20', E128°27~30'에 위치했으며, 강릉은 N37°35~36', E129°01'이며, 삼척은 N37°14~20', E129°14~18'에 위치했다. 조사지의 경사는 대부분 3~30°였고, 삼척의 DD 2와 3는 약 50°로 급경사였다. 조사지의 토양은 화강암으로부터 유래되었고 토성(soil textures)은 미사질 양토(silt loam), 양토(loam) 또는 사질 양토(sand loam)였다. DD가 0 또는 1인 조사지는 약 30~40년생의 소나무(*Pinus densiflora* Siebold and Zucc.)가 우점했다. 관목과 초본은 소나무 밑에서 적당히 자라고 있었고 DD 2 또는 3의 조사지에서는 소나무가 거의 발견되지 않았지만, 관목과 초본은 하층식생에

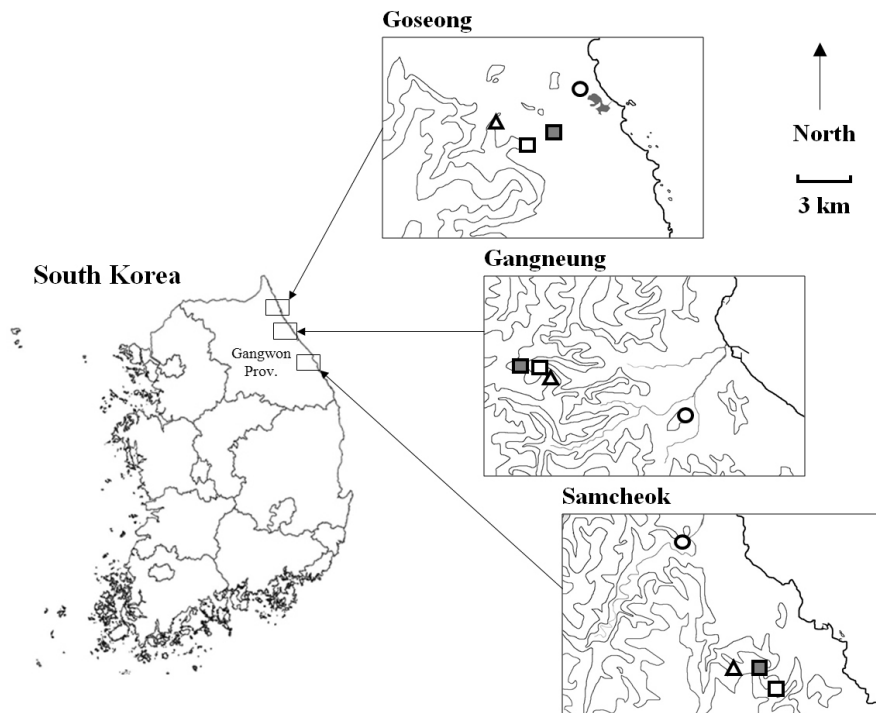


Fig. 1. Study sites. Circle: unburned site in pine forest (Disturbance Degree, DD = 0), triangle: site in pine forest burned by surface fire (DD = 1), open rectangle: site burned by crown fire (DD = 2), and dark rectangle: site burned by crown fire and reforested afterward (DD = 3). Estimation logic for DD is shown in text.

서 잘 자라고 있었다.

식생의 층위별 피복율과 낙엽층 조사

함정트랩이 설치된 약 450 m²(폭 10 m, 길이 45 m)의 조사구 내에서 식물종수(plant species richness), 교목층(tree layer), 관목층(shrub layer), 초본층(herb layer)과 고사목(dead wood)의 피복율(%)을 산정하였다. 낙엽층(Litter)의 깊이는 한 조사구에서 함정트랩이 설치된 10곳에서 가급적 인접한 곳에서 측정하였고, 그 평균치를 분석에 사용하였다.

딱정벌레류 조사 및 분류동정

딱정벌레류는 플라스틱컵(깊이 6.3 cm, 입구직경 8 cm, 바닥 직경 6 cm)을 이용한 함정트랩법으로 채집하였다. 각 조사지마다 20개의 트랩을 2열로 10개씩 문었다. 트랩 사이의 간격은 5 m, 열사이의 간격은 10 m 이며, 보존액으로 증발이 잘되지 않으면서 곤충유인효과가 거의 없는 자동차부동액인 폴리에틸렌글리콜을 사용하였는데 설치된 트랩의 30%를 채웠다. 함정트랩은 2005년 5월말에 설치한 후 10일 뒤에 회수하였다. 채집된 딱정벌레류를 분리한 후 실체현미경하에 종 수준으로 동정하였

다. 명명체계는 최근에 발행된 한국곤충목록(Paek *et al.*, 2010)에 따랐다. 종 수준까지 동정이 어려운 종들은 형태종으로 구분하여 종 번호에 의해 종을 구별하였다. 본 연구에 사용된 표본은 국립수목원의 곤충표본실에 보관되어 있다.

딱정벌레류의 기능군

딱정벌레류의 먹이습성은 포식자(Carnivore), 식식자(Herbivore), 부식자(Detritivore)의 3가지로 구분하였다. 포식자는 살아있는 동물을 먹는 것으로 식식자는 살아있는 식물을 먹는 것으로 정의하였으며, 포식자와 식식자에 포함되지 않는 나머지를 부식자로 규정하였다. 먹이습성의 구분은 Tanaka(1956), Matsumoto(1961), Cho(1969), Habu and Sadanaga(1963, 1965), Hayashi *et al.*(1984), Kurosawa *et al.*(1985), Ueno *et al.*(1985), Ohbayashi *et al.*(1992), Kobayasi and Taketani(1994), Lee and Chung(1997), Cho and Ahn(2001), Hong *et al.*(2001), Lee and An(2001), Hayashi(2004)와 Triplehorn and Johnson(2005)에 기재되어 있는 먹이습성 정보를 이용하였다. 단, 종 또는 속 수준에서 먹이 습성이 확실하지 않은 종들은 과(Family)의 대표적인 먹이습성을 이용하였다.

통계분석

딱정벌레군집을 비교하기 위해서 종수, 개체수, Shannon and Weaver(1949)의 다양도지수(H')를 이용했다. 종다양도(H')는 다음 식으로 산출했다.

$$H' = - \sum ((ni/N) \log_2 (ni/N))$$

ni 는 i 번째의 종의 개체수, N 은 군집내의 총개체수

딱정벌레류의 트랩당 풍부도(평균 개체수)를 로그변환($\ln(N+1)$)을 한 후 분석에 이용하였다. DD에 따른 딱정벌레류의 종수, 풍부도와 길드의 풍부도 비교를 위해 ANOVA 검정을 수행하였고, 각 DD 간의 차이를 비교하기 위해서 Tukey-Kramer's HSD 다중비교를 실시하였다. 낙엽층의 두께는 DD와 선형적인 관계가 나타나 이를 DD를 나타내는 지표로서 사용가능성이 높았다. 회귀분석을 이용하여 딱정벌레류 기능군과 낙엽층의 관계를 분석하였다.

딱정벌레군집에 대한 분석은 다변량분석법인 다차원척도법(Non-metric Multidimensional scaling; NMS)를 이용하였다. 로그변환된 개체수를 이용하여 처리구간의 Sørensen distance를 구하고 이를 이용하여 이차원 NMS 분석을 실시하였다. 한 조사지에서만 채집된 종(singleton species)은 NMS 분석에서 제외하였다. NMS는 PC-ORD (ver. 5.17, MJM)를 이용하여 수행했고(McCune and Mefford, 1999), 그 이외의 분석은 STATISTICA (Statsoft, 2004)를 이용하였다.

결과

본 연구에서 딱정벌레류는 29과 121종 2,024개체가 채집되었다(Appendix 1). 조사지역별로 보면 고성이 62종 381개체, 강릉이 69종 1,185개체, 삼척이 61종 458개체로서 고성과 삼척은 종수와 개체수가 서로 비슷하였으나, 강릉은 두 지역에 비해 종수도 많았고, 개체수도 두 지역에 비해 월등히 많았다. 종다양도는 고성이 4.59로 가장 높고 삼척이 3.94, 강릉이 3.53으로 가장 낮았다. DD별로 비교해 보면, DD가 0인 조사지에서는 56종 231개체, DD 1에서는 57종 663개체, DD 2에서는 64종 632개체, DD 3에서는 62종 498개체가 채집되었다.

과별로 종수를 비교해 보면, 바구미과(Curculionidae)가 20종(17%)로 가장 많았으며, 딱정벌레과(Carabidae)가 17종(14%), 반날개과(Staphylinidae)가 12종(10%), 잎벌레과(Chrysomelidae)가 10종(8%), 거저리과(Tenebrionidae)가 7종(6%)으로 우점하는 5과가 전체 55%(66종)를 차지했다. 개체수는 반날개과가

622개체(31%)로 가장 많았으며, 바구미과가 322개체(15%), 밑빠진벌레과(Nitidulidae)가 312개체(12%), 딱정벌레과가 240개체(12%), 풍뎅이과(Scarabaeidae)가 142개체(7%)로 전체 81%(1,638개체)를 차지했다. 개체수가 가장 많았던 종은 노랑개미반날개(*Sunius debilicornis*)가 577개체로 전체의 29%를 차지했고, 검정넓적밑빠진벌레(*Carpophilus chalybeus*)가 269개체(13%), 느티나무벼룩바구미(*Rhynchaenus sanguinipes*)가 197개체(10%)로 이 3종이 전체 개체수의 52%를 차지했다. 노랑개미반날개와 검정넓적밑빠진벌레와 같은 종은 산불 후에 증가했지만, 모가슴소풍뎅이(*Onthophagus fodiens*)와 습지먼지벌레(*Archipatrobus flavipes*)와 같은 종은 산불지에서 줄어들었다. 반면, 콩잎벌레(*Pagria signata*)와 같은 종은 산불이나 교란에 뚜렷한 증감을 보이지 않았다.

DD에 따른 교목층, 관목층, 초본층, 고사목의 피복율, 식물종수와 낙엽층의 차이를 비교하였다(Fig. 2). 교목층 피복율($F_{3,8} = 23.2, P = 0.0002$, Fig. 2a), 낙엽층($F_{3,8} = 6.93, p = 0.013$, Fig. 2f)에서 차이가 났으며 관목층 피복율($F_{3,8} = 3.60, P = 0.065$, Fig. 2b), 초본층 피복율($F_{3,8} = 2.50, P = 0.134$, Fig. 2c), 고사목 피복율($F_{3,8} = 1.86, P = 0.215$, Fig. 2d)과 식물종수($F_{3,8} = 2.31, P = 0.153$, Fig. 2e)는 차이가 없었다. 교목층은 DD 0-1과 DD 2-3 간에 차이가 나타났고(Fig. 2a), 낙엽층은 DD가 강해짐에 따라 줄어드는 현상이 뚜렷하였다(Fig. 2f). 종수($F_{3,8} = 0.19, P = 0.903$)와 풍부도($F_{3,8} = 1.17, P = 0.38$)는 DD간의 유의한 차이가 나타나지 않았다(Fig. 3). 딱정벌레류를 유충기의 식성에 따라 부식자, 식식자, 포식자로 나누어 DD에 따라 비교한 결과, 부식자의 종수($F_{3,8} = 0.49, P = 0.70$)와 풍부도($F_{3,8} = 2.17, P = 0.169$), 식식자의 종수($F_{3,8} = 0.30, P = 0.822$)와 풍부도($F_{3,8} = 1.54, P = 0.278$), 포식자의 종수($F_{3,8} = 0.17, P = 0.915$)와 풍부도($F_{3,8} = 0.69, P = 0.582$)에서 모두 차이가 없었다(Fig. 4).

각 기능군들의 산림교란에 대한 반응을 파악하기 위해 부식자, 식식자, 포식자의 종수와 풍부도를 낙엽층의 두께와 회귀분석한 결과, 낙엽층의 두께와 부식자의 풍부도는 부의 상관관계를 나타냈고($r^2 = 0.57, P = 0.005$), 식식자나 포식자의 종수와 풍부도는 관계가 없었다(Fig. 5).

NMS 분석으로 12개 조사지의 딱정벌레군집과 환경요인들을 이차원 배열하여 종합적으로 정리하였다(Fig. 6). NMS 분석에서 axis 1과 2는 전체변이의 52%를 설명하였다. 분석결과 군집들이 DD에 따라 axis 2에 따라 배열되는 현상이 나타난다. 교란이 없었거나 경미한 DD 0과 1의 군집들은 axis 2의 상단에 배열되고 DD 2는 좀더 하단에 위치하며, 교란이 가장 심한 DD 3은 최하단에 분포하였다. 각 기능군별 NMS의 분석결과는 Fig. 7과 같다. Axis 1과 2의 설명력이 식식자가 32%, 부식자 23%, 포식

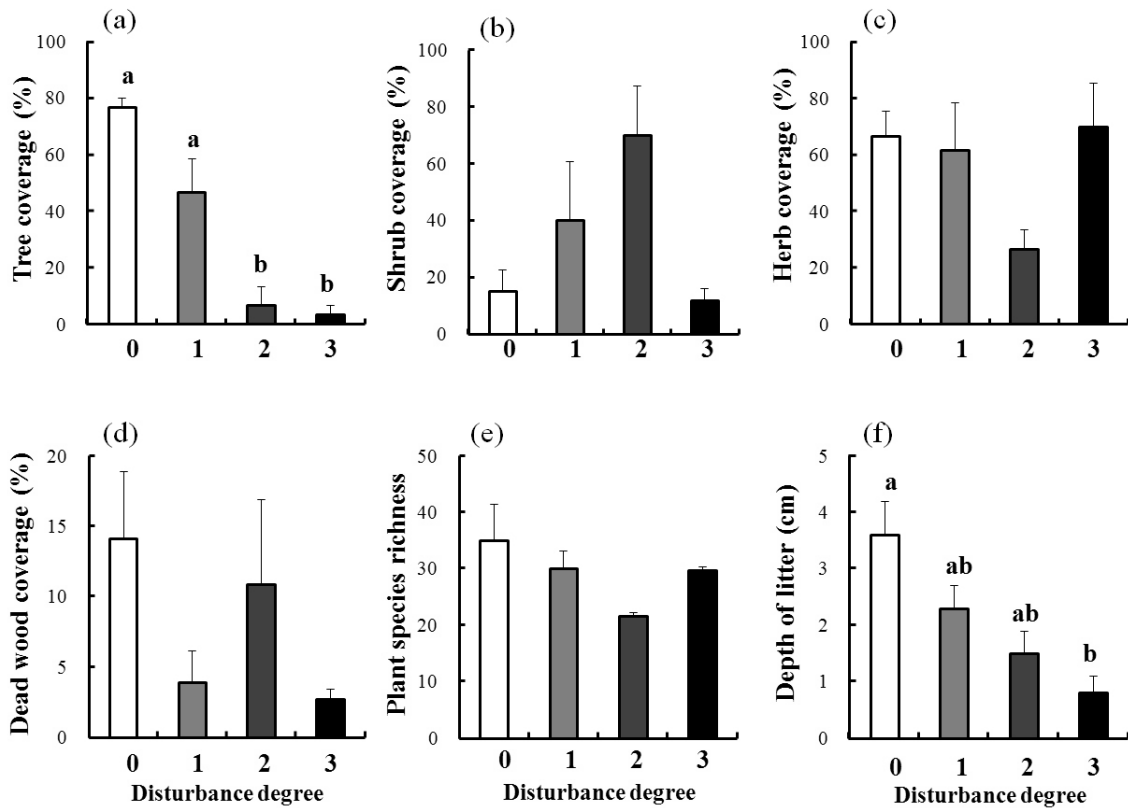


Fig. 2. Coverage (%) of tree (a), shrub (b), herb (c), dead wood (d), plant species richness (e), and depth of litter (f) according to four different disturbance degrees. The error bars indicate one SE. Different letters on the bars indicate significant difference among four DD groups using Tukey-Kramer's HSD test ($p < 0.05$).

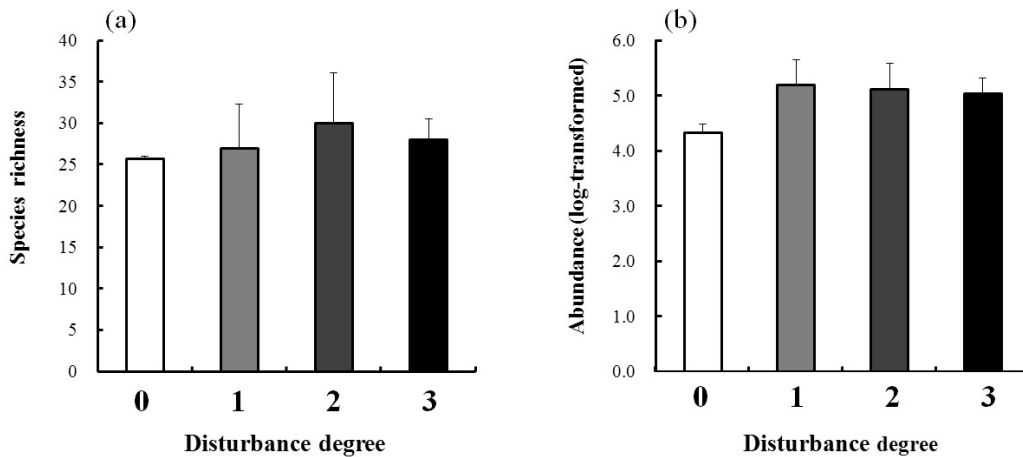


Fig. 3. Species richness (a, number of species) and abundance (b, log-transformed number of individuals) of beetles collected in pitfall traps in four types of disturbance degree. The error bars indicate one SE.

자가 21%로 딱정벌레 전체를 대상으로 분석한 NMS에 비해 낮았다. 군집배열에서 부식자는 딱정벌레 전체와 유사한 결과를 보였으나, 식식자와 포식자에서는 DD와 관련한 군집배열에서 어떤 정형화된 패턴이 나타나지 않았다.

고찰

Kwon and Park(2005)은 1996년에 발생한 고성산불 직후부터 1년간 산불지와 인접한 소나무림을 월별로 조사한 결과에서

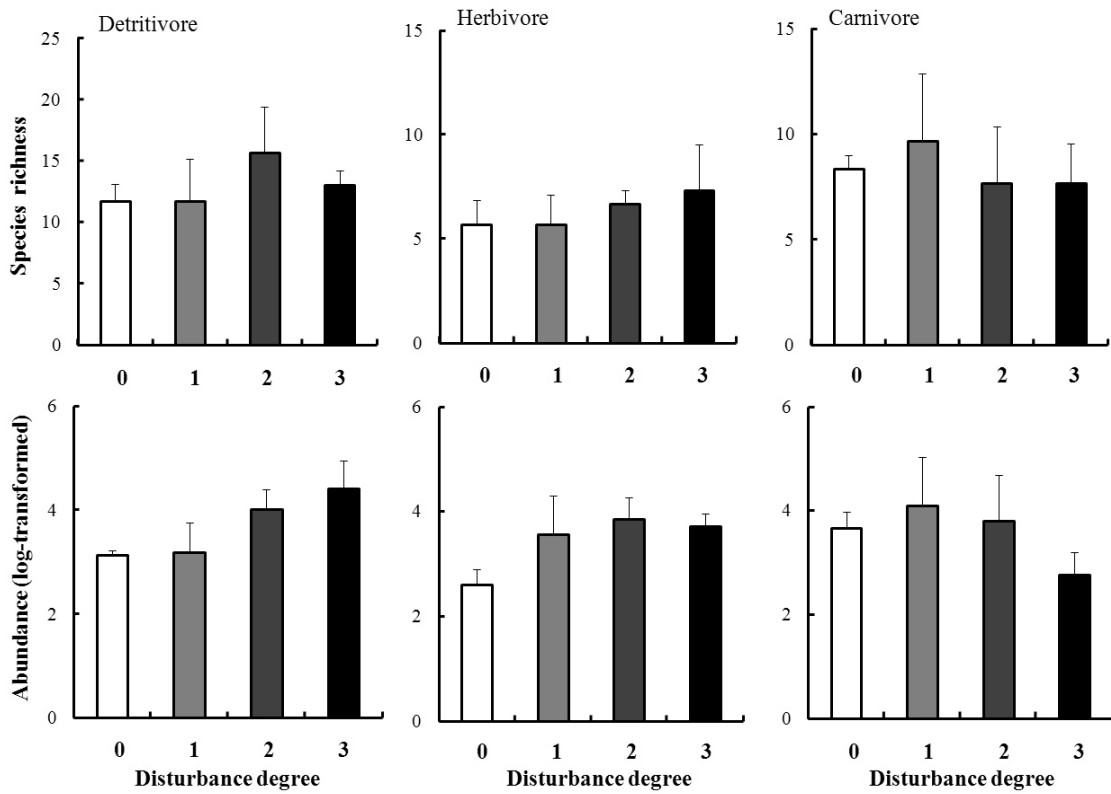


Fig. 4. Species richness (number of species) and abundance (log-transformed number of individuals) of three coleopteran guilds (detritivore, herbivore, and carnivore) in four types of disturbance degree. The error bars indicate one SE.

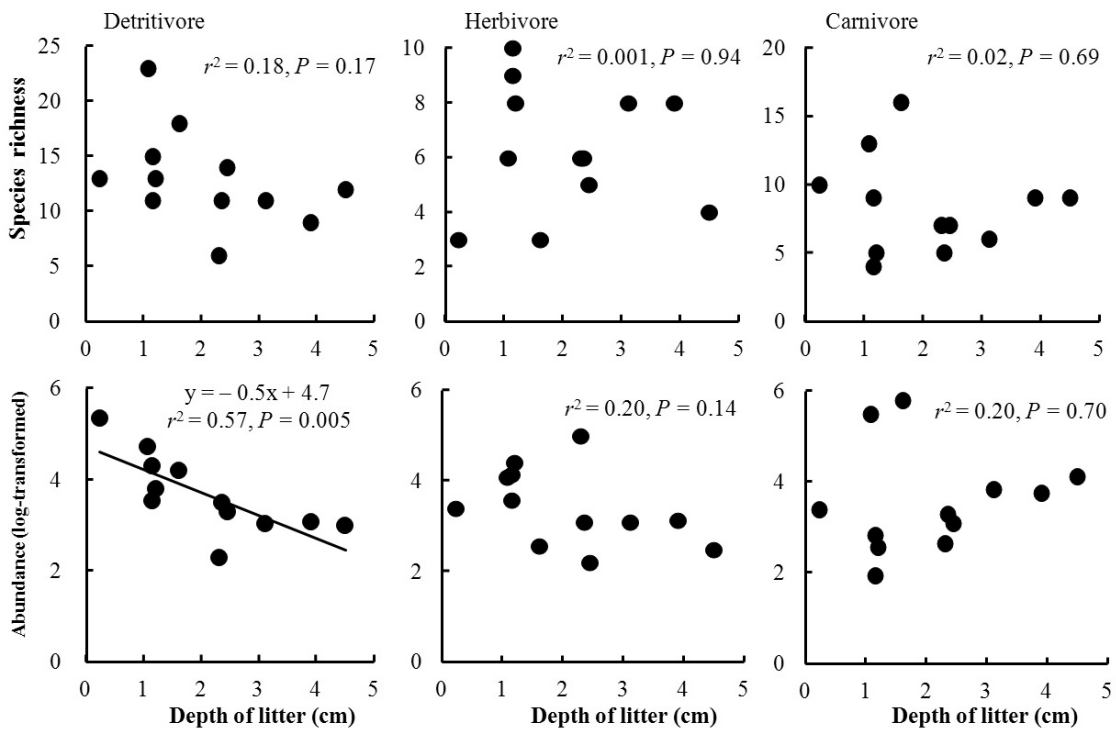


Fig. 5. Species richness (number of species) and abundance (log-transformed number of individuals) of three coleopteran guilds (detritivore, herbivore, and carnivore) according to litter depth of sampling sites.

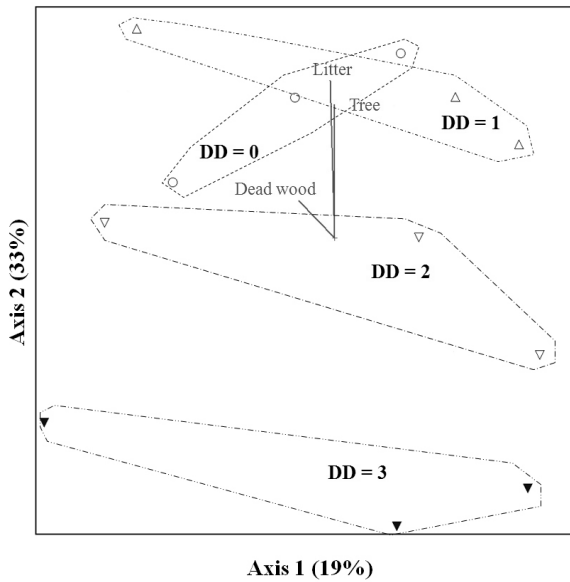


Fig. 6. NMS ordination of coleopteran communities according to disturbance degree (DD). The communities at the sampling sites are represented as follows: circle: unburned site in pine forest (DD = 0), open triangle: site in pine forest burned by surface fire (DD = 1), reversed triangle: site burned by crown fire (DD = 2), and dark reversed triangle: site burned by crown fire and reforested afterward (DD = 3). Singleton species (collected only at a sampling site) were not used for ordination. Lines of environmental factors indicate significant contribution to the ordination.

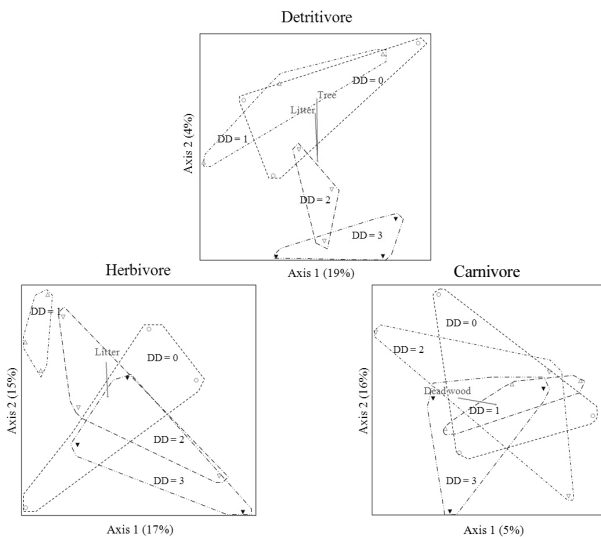


Fig. 7. NMS ordination of coleopteran community guilds (detritivore, herbivore, and carnivore) according to disturbance degree (DD). The communities at the sampling sites are represented as follows: circle: unburned site in pine forest (DD = 0), open triangle: site in pine forest burned by surface fire (DD = 1), reversed triangle: site burned by crown fire (DD = 2), and dark reversed triangle: site burned by crown fire and reforested afterward (DD = 3). Singleton species (collected only at a sampling site) were not used for ordination. Lines of environmental factors indicate significant contribution to the ordination.

딱정벌레는 종수, 풍부도, 종구성에서 별다른 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다. 산불지는 식생이 완전히 전소된 곳이기 때문에 조사에서 발견되었던 딱정벌레는 주변 소나무림에서 이입되었다고 볼 수 밖에 없다(Kwon and Park, 2005). 따라서 산불로 곤충상이 파괴되면, 그 주변의 산림에서 이입한 곤충들이 빈 서식처를 급속히 메우는 것으로 판단된다. 본 연구에서 산불지와 비산불지를 비교하여 딱정벌레류의 종수와 풍부도가 차이를 보이지 않은 것은 산불 후의 활발한 딱정벌레의 이입과 산불로 더 다양해진 서식처와 식생때문일 것이다. 뒷날개가 발달한 딱정벌레과의 일부 종들은 뒷날개가 퇴화된 대형종보다 이동능력이 뛰어나 교란지에 보다 빠르게 적응하는 것으로 알려져 있다(Muona and Rutanen, 1994; Saint-Germain *et al.*, 2005). 또한, 교란에서 살아남은 생물은 군집의 회복에 중요한 역할을 할 것이다. Gandhi *et al.* (2001)에 의하면, 반날개과와 딱정벌레과가 산불피해지에 재진입하기 위해서는 산불에 의해 자연적으로 남겨진 산불잔존지(fire residuals)가 매우 중요하다고 지적했다. 본 연구에서 쌍무늬먼지벌레(*Chaenius naeviger*), 검은머리먼지벌레(*Harpalus corporosus*)와 노랑개미반날개는 모두 DD 1에서 개체수가 가장 많아 산불이나 교란에 빠르게 반응하는 종이라고 판단된다.

산림에서 낙엽층은 생태계 내에서 물질의 재순환, 지표면 미환경의 조절, 토사나 토양양분의 유출억제, 토양미생물과 토양절족동물의 서식에 큰 영향을 미친다(Lee *et al.*, 2004). 본 조사에서 채집된 절족동물 전체를 분석한 결과에서는 부식자의 개체수가 낙엽층의 두께가 줄어들수록 선형적으로 감소하였다(Kwon *et al.*, unpublished observation). 낙엽층은 부식자의 주요 먹이원이자 서식처이기 때문에 낙엽층이 줄어들면 감소하는 것이 당연할 것이다. 그러나 본 연구에서 딱정벌레목의 부식자는 반대 현상을 보였다. 이것은 부식자로 분류된 바구미과, 거저리과, 하늘소과에 속하는 많이 종들이 낙엽 보다는 고사목을 이용하는 종류가 많았기 때문일 것이다. 산불지에서 고사목은 증가하나 낙엽층은 감소하는데 이런 현상 때문에 부식자와 낙엽층의 부의 상관관계가 나타난 것으로 생각된다.

딱정벌레류 식식자의 종수와 풍부도는 DD에 따라 뚜렷한 증감을 보이지 않았다. 그러나 삼척 산불지에서 2006년부터 2009년까지 미피해지(DD 0), 지표화 피해지(DD 1), 수관화 피해지(DD 2)에서 나방류를 조사한 결과, 종수와 개체수가 미피해지에서 가장 높고 지표화 피해지, 수관화 피해지 순으로 낮아졌다(Bae *et al.*, 2011). 이러한 차이의 원인은 뚜렷하지 않지만, 본 연구는 다양한 조사지에서 조사되었지만 단 1회 조사한 반면, Bae *et al.* (2011)의 연구는 소수의 조사지에서 장기간 조사된 것인 만큼 조사자료의 성격이 많이 다르기 때문일 것이다. 따라서, 산

불에 의한 식식자의 밀도변동에 대한 보다 일반적인 패턴을 파악하기 위해서는 다수의 조사지에서 이루어진 장기적인 조사자료가 필요하다. 또한, 식식자내에서도 초본류, 관목류, 교목류 등의 특정층위의 식물을 먹는 각각의 식식자들은 환경교란으로 인한 식생구조의 변화에 다르게 반응할 것이다. 초본류나 관목류를 먹는 식식자는 환경교란으로 증가하나 교본류를 먹는 식식자는 감소할 것으로 예상되나, 식생이 회복됨에 따라 교본류를 먹는 식식자는 증가할 것이다. Bae *et al.* (2011)은 수관화 피해지에서 목본류를 먹는 나방류가 시간이 지남에 따라 점차 증가하는 것으로 보고하였다.

딱정벌레류 포식자의 경우 대부분 섭식범위가 넓기 때문에 산불 후 줄어드는 종을 대신하여 증가하는 종을 섭식할 가능성이 높다. 따라서, 포식자는 다른 기능군에 비해 영향을 적게 받을 것이다. 반면, 산불은 딱정벌레류 포식자의 먹이원이라고 생각되는 토양절지동물체를 크게 감소시킨다(Malmström, 2010). 특히, 응애나 톱토기가 크게 감소한다(Choi, 1996; Kim and Jung, 2008). 화재에 의한 토양동물 밀도감소는 화열에 의한 직접적인 타격보다는 서식환경의 파괴에 의하여 더 큰 영향을 받는다(Choi, 1996). 이들은 딱정벌레류 포식자의 잠재적인 먹이원의 기능을 하기 때문에 산림생태계에서 중요하다. 산불직후에는 포식자의 밀도가 낮기 때문에 토양 미소절지동물의 밀도가 크게 증가할 것이다. 따라서 이들을 섭식하기 위해서 반날개 및 딱정벌레와 같은 포식자가 미피해지에서 이입되어 많아 질 것이다. 본 연구에서도 반날개과와 딱정벌레과에 속하는 종이 전체의 43%로 비교적 높은 비율을 차지하고 있었다. 다른 기능군과는 달리 중수와 풍부도도 모두 지표화피해지에서 포식자가 높았는데 이는 경미한 교란으로 인한 환경변화가 포식자에게는 서식조건을 유리하게 작용하는 것으로 판단된다.

캐나다에서 이루어진 산불지와 벌채지에 비교연구에서는, 딱정벌레는 산불지보다 벌채지에서 채집율이 더 높았고, 특히, forest generalist가 우점했다(Sain-Germain *et al.*, 2005). 스페인의 유럽곰솔림(*P. nigra* Arnold)의 수관화 산불지에서는 딱정벌레류의 풍부도가 증가했지만, 중수, 다양도, 우점도는 산불에 영향을 받지 않았다(Rodrigo *et al.*, 2008). 반면, 여러 연구에서 적당한 교란은 생물다양성을 높인다고 보고했다(Shea *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2011). 예를 들면, Moretti *et al.* (2004)는 남알프스 지역에서 딱정벌레와 거미는 산불빈도가 높을수록 중수가 증가하는 것으로 보고했다. 본 연구에서도 통계적인 유의성은 없었으나 산불지에서 중수가 다소 증가하는 현상은 나타났다. 생존전략과 관련하여 교란이 일어난 곳에서 먹이범위가 넓고 이동성이 높은 generalists가 많아지는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서 채집된 대다수 종에 대한 생태적인 정보가 거의 없

는 상태이기 때문에 이런 관점에서 분석은 하지 못했다. NMS를 이용한 군집분석에서 딱정벌레류 전체에서는 DD에 따른 정형화된 패턴이 나타났으나, 딱정벌레류를 기능군별로 분리 했을 때는 이런 패턴이 부식자에서만 약하게 나타났고 다른 기능군에서 보이지 않았다. 이것은 본 연구가 단 1회의 조사결과를 토대로 한 것이기 때문에 조사시기에 출현하는 일부 종들만 채집되어 군집의 반응특성이 기능군별로 완전하게 나타내지 않아 자료를 합쳤을 때 일정한 패턴이 나타나는 것으로 사료된다. 따라서 산불이 기능군별로 미치는 영향을 보다 정확하게 파악하기 위해서는 다양한 시기에 이루어지는 반복조사가 필요한 것으로 여겨진다.

본 연구에서 중수와 풍부도에서 자연복원지(DD 2)와 인공복원지(DD 3) 간에 뚜렷한 차이를 발견하지는 못했다. 그러나 NMS를 이용한 군집분석에서는 복원방법에 따라 군집구조가 확연히 달라지는 것을 확인할 수 있었다. 환경요인에 대한 분석에서도 식생구조나 낙엽층에서 뚜렷한 차이를 보였다. 산림교란의 지표로 생각되는 낙엽층의 두께가 인공복원지에서 더 얇아지는 것은 자연복원 때 보다는 인공복원 때 교란이 더 심해진다는 의미가 되겠다. 본 연구에서는 산불지를 벌채하고 조립한 지역은 방치한 산불지에 비해 딱정벌레군집이 다르게 형성되는 것으로 나타났다. 따라서 산불지내에 인공복원지와 자연복원지를 적절하게 혼합하면 딱정벌레군집이 보다 다양화 될 것으로 판단된다.

사 사

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

Literatures Cited

- Bae, Y.S., D.Y. Chae, Y.D. Ju, J.H. Bae, J.M. Kim, N.H. Ahn and C.M. Lee. 2011. Changes of species diversity on moth communities at forest fire region in Samcheok, Korea. *Kor. J. Appl. Entomol.* 50: 7-14.
- Bengtsson, J., S.G. Nilsson, A. Franc and P. Menozzi. 2000. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *For. Ecol. Manage.* 132: 39-50.
- Beverly, J.L. and D.L. Martell. 2005. Characterizing extreme fire and weather events in the Boreal shield ecozone of Ontario. *Agric. For. Meteorol.* 133: 5-16.
- Cho, P.S. 1969. *Illustrated encyclopedia of fauna and flora of*

- Korea. Vol. 10 Insecta (II). Ministry of education republic of Korea. 970 pp.
- Cho, Y.B. and K.J. Ahn. 2001. Family Silphidae and Staphylinidae. Economic Insects of Korea 11. Ins. Koreana Suppl. 18, 169 pp.
- Choi, S.S. 1996. Influence of forest fire on soil microarthropod fauna. Korean J. Ecol. 19: 251-260.
- Choung, Y.S., B.C. Lee, J.H. Cho, K.S. Lee, I.S. Sang, S.H. Kim, S.K. Hong, H.C. Jung and H.L. Choung. 2004. Forest responses to the large-scale east coast fires in Korea. Ecol. Res. 19: 43-54.
- Gandhi, K.J.K., J.R. Spence, D.W. Langor and L.E. Morgantini. 2001. Fire residuals as habitat reserves for epigeic beetles (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae). Biol. Conserv. 102: 131-141.
- Habu, A. and K. Sadanaga. 1963. Illustrations of identification of larvae of the Carabidae found in cultivated fields and paddy-fields (II). Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Ser. C., No. 16: 151-179.
- Habu, A. and K. Sadanaga. 1965. Illustrations of identification of larvae of the Carabidae found in cultivated fields and paddy-fields (III). Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. Ser. C., No. 19: 81-216.
- Hayashi, M., K. Morimoto and S. Kimoto. 1984. The Coleoptera of Japan in Color Vol. IV. Hoikusha Publishing Co., Ltd. 438 pp.
- Hayashi, N. 2004. Encyclopedia of Insect II. Sekaibunka-sya. 399 pp.
- Henig-Sever, N., D. Poliakov and M. Broza. 2001. A novel method for estimation of wild fire intensity based on ash pH and soil microarthropod community. Pedobiologia 45: 98-106.
- Hong, K.J., S.W. Park and K.S. Woo. 2001. Superfamily Curculionoidea (excepting Family curculionidae). Economic Insects of Korea 13. Ins. Koreana Suppl. 20, 181 pp.
- Kim, J.W. and C.E. Jung. 2008. Abundance of soil microarthropods associated with forest fire severity in Samcheok, Korea. J. Asia Pac. Entomol. 11: 77-81.
- Kobayasi, F. and A. Taketani. 1994. Forest Insect. Yokendo Ltd. 567 pp. (in Japanese).
- Korea Forest Research Institute. 1997. Second year report on ecological study on forest-fired area in Goseong, p. 155. (in Korean)
- Korea Meteorological Administration. 2005. Weather database. [Online] <http://www.kma.go.kr>.
- Kurosawa, Y., S. Hisamatsu and H. Sasaji. 1985, The Coleoptera of Japan in Color Vol. III. Hoikusha Publishing Co., Ltd. 500 pp.
- Kwon, T.S. and J.K. Park. 2005. Comparative study on Beetle fauna between burned and unburned forest. J. Korean For. Soc. 94: 226-235.
- Lee, B.Y. and Y.J. Chung. 1997. Insect pests of trees and shrubs in Korea. Seong An Dang Publishing Co. 459 pp.
- Lee, H.Y. 1994. The Nopsae, a Foehn Type wind over the Young Suh region of Central Korea. Korean J. Geo. Soc. 29: 266-280.
- Lee, J.E. and S.L. An. 2001. Family Chrysomelidae. Economic Insects of Korea 14. Ins. Koreana Suppl. 21, 231 pp.
- Lee, K.M., S.Y. Lee and R.M. Connolly. 2011. Short-term response of estuarine sandflat trophodynamics to pulse anthropogenic physical disturbance: Support for the Intermediate Disturbance Hypothesis. Estuarine, Coastal and Shelf Science 92: 639-648.
- Lee, K.S., Y. Choung, S.C. Kim, S.S. Shin, C.H. Ro and S.D. Park. 2004. Development of vegetation structure after forest fire in the east coastal region, Korea. Kor. J. Ecol. 27: 99-106.
- Lim, J.H., J.H. Shin, D.K. Lee and S.J. Suh. 2006. Climate change impacts on forest ecosystems: research status and challenges in Korea. Korean J. Agric. For. Meteorol. 8: 199-207.
- Magura, T., B. Tóthmérész and T. Molnár. 2004. Changes in carabid assemblages along an urbanization gradient in the city of Debrecen, Hungary. Landscape Ecol. 19: 747-759.
- Maleque, M.A., K. Maeto and H.T. Ishii. 2009. Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. Appl. Entomol. 44: 1-11.
- Malmström, A. 2010. The importance of measuring fire severity – Evidence from microarthropod studies. For. Ecol. Manage. 260: 62-70.
- Matsumoto, Y. 1961. The food plant list of the vegetable weevil, *Listroderes costirostris obliquus* Klug. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 5: 245-253.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, Version 4.0. MjM Software Design, Gleneden Beach.
- Moretti, M., M.K. Obrist and P. Duelli. 2004. Arthropod biodiversity after forest fires: winners and losers in the winter fire regime of the southern Alps. Ecography 27: 173-186.
- Muona, J. and I. Rutanen. 1994. The short-term impact of fire on the beetle fauna in boreal coniferous forest. Ann. Zool. Fennici 31: 109-121.
- Niemelä, J., J.D. Kotze, S. Venn, L. Penev, I. Stoyanov, J. Spence, D. Hartley and E.M. de Oca. 2002. Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison. Landscape Ecol. 17: 387-401.
- Ohbayashi, N., M. Sato and K. Kojima. 1992. An illustrated guide to identification of longicorn beetles of Japan. Tokai university press. 696 pp.
- Ohsawa, M. 2007. The role of isolated old oak trees in maintaining beetle diversity within larch plantations in the central mountainous region of Japan. For. Ecol. Manage. 250: 215-226.
- Paek, M.K., J.M. Hwang, K.S. Jung, T.W. Kim, M.C. Kim, Y.J. Lee, Y.B. Cho, S.W. Park, H.S. Lee, D.S. Ku, J.C. Jeong, K.G. Kim, D.S. Choi, E.H. Shin, J.H. Hwang, J.S. Lee, S.S. Kim and Y.S. Bae. 2010. Checklist of Korean Insects. Nature and Ecology, Seoul. 598 pp.
- Ro, D.K., J.S. Gong, S.H. Lee, C.M. Kim, C.J. Kim, S.A. Seo, J.H. Paek, S.H. Kim, W.B. Sim, Y.M. Son and W.K. Lee. 2000. Damage of forests in the east coast fires. In Report of the east coast fires in 2000 (I). The joint association for the investigation of the east coast fires, Seoul. (in Korean)
- Rodrigo, A., F. Sardà-Palomera, J. Bosch and J. Retana. 2008. Changes of dominant ground beetles in black pine forests with fire

- severity and successional age. *Écoscience* 15: 442-452.
- Saint-Germain, M., M. Larrivière, P. Drapeau, L. Fahrig and C.M. Buddle. 2005. Short-term response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to fire and logging in a spruce-dominated boreal landscape. *For. Ecol. Manage.* 212: 118-126.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. *A Mathematical Model of Communication*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
- Shea, K., S.H. Roxburgh and E.S.J. Rauschert. 2004. Moving from pattern to process: coexistence mechanisms under intermediate disturbance regimes. *Ecol. Lett.* 7: 491-508.
- StatSoft, Inc. 2004. *Statistica for Windows*. Version 6. Tulsa.
- Tanaka, K. 1956. Biology of some species of *Chlaenius* (Carabidae, Col.). *Kontyu.* 24: 87-96.
- Triplehorn, C.A. and N.F. Johnson. 2005. *Borror and delong's introduction to the study of insects*. Thomson Brooks/Cole. Belmont, USA. 864 pp.
- Ueno, S.I., Y. Kurosawa and M. Sato. 1985. *The Coleoptera of Japan in Color Vol. II*. Hoikusha Publishing Co., Ltd. 514 pp.
- Whelan, R.J. 1995. *The ecology of fire*. Cambridge University Press, Cambridge, 343 pp.
- Williams, J., D. Albright, A.A. Hoffmann, A. Eritsov, P.F. Moore, J.C.M. de Morais, M. Leonard, J.S. Miguel-Ayanz, G. Xanthopoulos and P. van Lierop. 2011. 5th International wildland fire conference Sun city, South Africa (9-13 May 2011).

Appendix 1. Number of individuals of beetles collected in pitfall traps in three study areas and four different disturbance degrees. Guild, D: detritivore, H: herbivore, and C: carnivore

Family	Species	Study area			Disturbance degree				Total	%	Guild	
		Goseong	Gangneung	Samcheok	0	1	2	3				
Carabidae	<i>Cicindela chinensis</i>		2				1	1	2	0.10	C	
	<i>Calosoma maximowiczi</i>		1			1			1	0.05	C	
	<i>Eucarabus sternbergi</i>	1	6	1	3	4	1		8	0.40	C	
	<i>Chaenius naeviger</i>	32	43	5	17	46	15	2	80	3.95	C	
	<i>Chlaenius hamifer</i>	1					1		1	0.05	C	
	<i>Colpodes</i> sp. 1	1	8	1	1	9			10	0.49	C	
	<i>Cymindis vaporariorum immaculatus</i>		2					2	2	0.10	C	
	<i>Coptolabrus smaragdus</i>	5	12	4	9	4	5	3	21	1.04	C	
	<i>Haplochlaenius costiger</i>		9				1	7	1	9	0.44	C
	<i>Oxycentrus argutoroides</i>		21	3	6	10	8		24	1.19	C	
	<i>Archipatrobis flavipes</i>	4	7	8	10	5	2	2	19	0.94	C	
	<i>Planetes puncticeps</i>		6	1			4	2	1	7	0.35	C
	<i>Amara ussuriensis</i>		2					2	2	0.10	H	
	<i>Harpalus corporosus</i>	5	13		2	11	3	2	18	0.89	H	
	<i>Amara</i> sp. 1		5					5	5	0.25	H	
	<i>Synuchus</i> sp. 1	1	3	1	1	1	2	1	5	0.25	C	
<i>Synuchus</i> sp. 2	9	13	4	3	15	7	1	26	1.28	C		
Dytiscidae	<i>Agabus browni</i>			4				4	4	0.20	C	
Silphidae	<i>Ptomascopus morio</i>			1	1				1	0.05	D	
Staphylinidae	<i>Domene crassicornis</i>	1	1	1		1	1	1	3	0.15	C	
	<i>Ocypus gloriosus</i>	1	3		1	1	2		4	0.20	C	
	<i>Ocypus weisei</i>		6	7	5	7	1		13	0.64	C	
	<i>Philonthus didciodeus</i>		5		5				5	0.25	C	
	<i>Philonthus spinipes</i>	1					1		1	0.05	C	
	<i>Rugilus ceylanensis</i>		1	4	1			4	5	0.25	C	
	<i>Sunius debilicornis</i>	25	506	46	60	271	225	21	577	28.51	C	
	<i>Tachinus sibiricus</i>		4				2	2	4	0.20	C	
	<i>Tachyporus hypnorum</i>		1	3			4		4	0.20	C	
	<i>Velleius dilatatus</i>			2			2		2	0.10	C	
	<i>Stenus</i> sp. 1	1					1		1	0.05	C	
<i>Pselaphinae</i> sp. 1	1	1	1	1			2	3	0.15	C		
Geotrupidae	<i>Chromogeotrupes auratus</i>	1					1	1	0.05	D		

Appendix 1. Number of individuals of beetles collected in pitfall traps in three study areas and four different disturbance degrees. Guild, D: detritivore, H: herbivore, and P: carnivore (Continued)

Family	Species	Study area			Disturbance degree				Total	%	Guild
		Goseong	Gangneung	Samcheok	0	1	2	3			
Scarabaeidae	<i>Onthophagus fodiens</i>	9	3	11	11	7	4	1	23	1.14	D
	<i>Onthophagus olsoufieffi</i>	3	7		1	6	3		10	0.49	D
	<i>Onthophagus</i> sp. 1		14			3	7	4	14	0.69	D
	<i>Onthophagus</i> sp. 2	19	17	25	13	7	30	11	61	3.01	D
	<i>Onthophagus</i> sp. 3	15	10	9	6	12	12	4	34	1.68	D
Aphodiidae	<i>Saprosites formosensis</i>	1			1				1	0.05	D
Melolonthidae	<i>Holotrichia parallela</i>			1		1			1	0.05	H
	<i>Maladera gibbiventris</i>			1				1	1	0.05	H
	<i>Maladera verticalis</i>	4		2	1	1	2	2	6	0.30	H
	<i>Maladera</i> sp. 1	10	3	5	2	6	7	3	18	0.89	H
	<i>Maladera</i> sp. 2	1				1			1	0.05	H
Cetoniidae	<i>Gametis jucunda</i>		2	1				3	3	0.15	D
	<i>Glycyphana fulvitemma</i>	16					10	6	16	0.79	D
	<i>Protactia orientalis submarmorea</i>	1	1				1	1	2	0.10	D
Buprestidae	<i>Chrysobothris succedanea</i>		5			1	1	3	5	0.25	D
	<i>Coraebus iriei</i>			1		1			1	0.05	D
	<i>Agrilus</i> sp. 1		3					3	3	0.15	D
	<i>Coraebus</i> sp. 1		1		1				1	0.05	D
	<i>Trachys</i> sp. 1	2					2		2	0.10	D
Elateridae	<i>Ampedus</i> sp. 1			2	1			1	2	0.10	H
	<i>Cardiophorus</i> sp. 1	5		7		1	6	5	12	0.59	H
	<i>Corymbitodea</i> sp. 1			1		1			1	0.05	H
	<i>Melanotus</i> sp. 1	1	1	1	2			1	3	0.15	H
	<i>Melanotus</i> sp. 2	1					1		1	0.05	H
	<i>Paracardiophorus</i> sp. 1	47		5			23	29	52	2.57	H
Dermestidae	<i>Attagenus unicolor</i>	1		1	1	1			2	0.10	D
	<i>Thaumaglossa ovivora</i>			1				1	1	0.05	C
Ptinidae	<i>Ptinus japonicus</i>	1			1				1	0.05	D
Melyridae	<i>Anhomodactylus</i> sp. 1	1			1				1	0.05	C
Nitidulidae	<i>Carpophilus chalybeus</i>	24	195	50	2	1	46	220	269	13.29	D
	<i>Physoronia hilleri</i>	5		1	2	1	3		6	0.30	D
	<i>Meligethes</i> sp. 1		31		1	15	15		31	1.53	D
	Catopinae sp. 1		5		1		4		5	0.25	D
	Catopinae sp. 2			1			1		1	0.05	D
Cucujidae	<i>Cucujidae</i> sp. 1		1		1				1	0.05	D
Cryptophagidae	<i>Cryptophagus cellaris</i>	1	7	2	2	1	7	10	0.49	D	
Languriidae	<i>Tetralarguria fryi</i>	1				1			1	0.05	H
Endomychidae	<i>Ancylopus pictus</i>		1				1		1	0.05	D
	<i>Lycoperdina</i> sp. 1	1			1				1	0.05	D
Coccinellidae	<i>Coccinella septempunctata</i>		2				2	2	0.10	C	
Mordellidae	<i>Mordella brachyura</i>	56	8	13	2		32	43	77	3.80	H
Oedemeridae	<i>Anoncodina sambucea</i>			2	2				2	0.10	H
	Oedemeridae sp. 1	2	1		2	1			3	0.15	H
Erotylidae	Erotylidae sp. 1	1			1				1	0.05	D

Appendix 1. Number of individuals of beetles collected in pitfall traps in three study areas and four different disturbance degrees. Guild, D: detritivore, H: herbivore, and P: carnivore (Continued)

Family	Species	Study area			Disturbance degree				Total	%	Guild
		Goseong	Gangneung	Samcheok	0	1	2	3			
Tenebrionidae	<i>Byrsax niponicus</i>	1				1			1	0.05	D
	<i>Pedinus strigosus</i>			5			1	4	5	0.25	D
	<i>Uloma bonzica</i>	1					1		1	0.05	D
	<i>Misolampidius</i> sp. 1	3	1	1		1	2	2	5	0.25	D
	<i>Pedinus</i> sp. 1			1					1	0.05	D
	<i>Promethis</i> sp. 2	3					3		3	0.15	D
	<i>Tenebrio</i> sp. 1	2					1	1	2	0.10	D
Cerambycidae	<i>Asemum striatum</i>		3			2	1		3	0.15	D
	<i>Chlorophorus motschulskyi</i>	1	1	5		1	1	5	7	0.35	D
	<i>Cyrtoclytus capra</i>		9	1			1	9	10	0.49	D
	<i>Leptura arcuata</i>	1						1	1	0.05	D
	<i>Xylotrechus rufilius</i>			1				1	1	0.05	D
Chrysomelidae	<i>Altica latericosta</i>			1				1	1	0.05	H
	<i>Dermotina modesta</i>		70	1	4		43	24	71	3.51	H
	<i>Lema diversa</i>	1	1		1			1	2	0.10	H
	<i>Oomorphoides cupreatus</i>	1						1	1	0.05	H
	<i>Pagria signata</i>	4	5	8	5	8	3	1	17	0.84	H
	<i>Philoctena morimotoi</i>			1	1				1	0.05	H
	<i>Phyllotreta striolata</i>	1				1			1	0.05	H
	<i>Clytra</i> sp. 1			1					1	0.05	H
	<i>Donacia</i> sp. 1	1							1	0.05	H
	<i>Orsodacne</i> sp. 1			5	3		1	1	5	0.25	H
Attelabidae	<i>Byctiscus rugosus</i>	1					1		1	0.05	H
Curculionidae	<i>Curculio roelofsi</i>		1			1			1	0.05	D
	<i>Enaptorrhinus granulatus</i>	4	27		3	5	8	15	31	1.53	D
	<i>Hylobitelus haroldi</i>		33	8	7	17	10	7	41	2.03	D
	<i>Listroderes costirostris</i>		1				1		1	0.05	H
	<i>Myllocerus fumosus</i>		1			1			1	0.05	D
	<i>Myllocerus griseus</i>		2			2			2	0.10	D
	<i>Myllocerus nipponensis</i>		1			1			1	0.05	D
	<i>Pseudocneorhius setosus</i>	3	1	3	1	2	1	3	7	0.35	D
	<i>Rhynchaenus sanguinipes</i>	30		167	12	147	30	8	197	9.73	H
	<i>Shirahoshizo rufescens</i>	1	6	2	1		6	2	9	0.44	D
	<i>Sipalinus gigas</i>	1	12	3	3	2	3	8	16	0.79	D
	<i>Lissorhoptus oryzophilus</i>			1	1				1	0.05	H
	<i>Baris</i> sp. 1			1					1	0.05	D
	<i>Blosyrus</i> sp. 1		3			2	1		3	0.15	D
	<i>Ceutorhynchus</i> sp. 1	1			1				1	0.05	D
	<i>Myllocerus</i> sp. 1		3						3	0.15	D
	<i>Pseudocneorhius</i> sp. 1		1			1			1	0.05	D
	<i>Rhynchaenus</i> sp. 1		1		1				1	0.05	D
	<i>Shirahoshizo</i> sp. 1	1	2		1		1	1	3	0.15	D
	Curculionidae sp. 1			1					1	0.05	D
Scolytidae	<i>Hylastes parallelus</i>		1				1		1	0.05	D
	<i>Xylenoborus rubricollis</i>			1	1				1	0.05	D
Species richness		62	69	61	56	57	64	62	121		
Abundance		381	1185	458	231	663	632	498	2024	100.00	
Species diversity (<i>H'</i>)		4.59	3.53	3.94	4.60	3.31	4.09	3.71	4.43		