

산림 벌채가 산림의 수관 및 지표 절지동물 군집에 미치는 영향

박영석* · 박영규¹ · 양희문²

경희대학교 생물학과 & 나노의약생명과학과, ¹한국유용곤충연구소, ²국립산림과학원 산림생태과

Effects of Clear-cutting on Forest Arthropod Communities at Two Different Vertical Levels (Crown and Ground Surface). Park, Young-Seuk* (0000-0001-7025-8945), Young Kyu Park¹ (0000-0001-6426-0467) and Hee Moon Yang² (0000-0002-6965-4497) (Department of Life and Nanopharmaceutical Sciences and Department of Biology, Kyung Hee University, Dongdaemun, Seoul 02447, Republic of Korea; ¹Korea Beneficial Insects Lab., Gokseong, Jeollanamdo 57507, Republic of Korea; ²Division of Forest Ecology, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Republic of Korea)

Abstract Forest clear-cutting operations influence biodiversity through habitat changes and food resource availability for inhabitant species. This study examined the effects of clear-cutting on forest arthropod communities. Arthropods were collected from two different forest treatment areas (clear-cut and control) in summer and autumn. In each treatment area, arthropods were sampled from both crown and ground surfaces using sweeping and pitfall trap methods, respectively. Then, the taxonomic order of the collected arthropod specimens was easily identified. Results indicate that arthropod abundance and number of taxa present were higher at ground surface than at crown levels in both clear-cut and control areas. At crown level, more homopteran species were present in clear-cut areas than in control areas in summer. At ground surface, populations of Isopoda and Opiliones were higher in control areas than in clear-cut areas, whereas numbers of Araneae, Orthoptera, and Hymenoptera were greater in clear-cut areas. Cluster analysis and principal component analysis showed distinct differences between clear-cut and control communities at crown level in summer and at ground surface in autumn. Thus, our results indicate that clear-cutting significantly influences arthropod communities, and higher taxa are valuable for conducting rapid biological assessments of ecosystem disturbances.

Key words: forest insects, species diversity, forest management, forest arthropods, multivariate analysis

서 론

절지동물은 종다양성이 가장 높은 동물군으로 생물다양성뿐만 아니라 산림생태계에서 중요한 구조적, 기능적 위치를 차지하고 있어 산림생태계 관리에 중요하다(Maleque *et al.*, 2009). 또한 이들은 환경변화에 민감하게 반응하기

때문에 산림생태계 평가에 적합한 특성을 갖고 있다. 산림토양 및 지표에 서식하는 절지동물들은 부식질 유기물의 분해자로서 물질순환에 중요한 역할을 한다. 그리고 관목 및 교목에는 살아있는 식물체를 섭식하는 초식자뿐만 아니라 부식자, 포식자 등 다양한 절지동물이 서식하여 높은 생물 다양성을 보인다(Price, 1997). 생물다양성은 서식지변화에 의해 크게 영향을 받으며, 이는 생태계의 구조와 기능에 영향을 미친다(Bengtsson *et al.*, 2000).

가리왕산은 강원도 내륙에 위치한 고산지역으로 신갈나무가 우점하는 활엽수림이 넓게 분포하고, 낙엽송이 비

Manuscript received 28 October 2016, revised 7 November 2016, revision accepted 9 November 2016
* Corresponding author: Tel: +82-2-961-0946, Fax: +82-2-961-0244, E-mail: parkys@khu.ac.kr

교적 많이 조림되어 있다 (Kim and Um, 1997; Lee *et al.*, 2014). 그리고 산림청에서 가리왕산의 일부 지역(2,462 ha)을 산림유전자원 보호구역으로 지정하여 보호하고 있으며, 다른 일부 지역에서는 지속가능한 산림관리 기술 개발을 위하여 임도 조성, 조림, 간벌, 산벌림, 택벌림, 낙엽송의 천연림 유도사업 등 다양한 산림시업을 실시하고 있다 (Lee *et al.*, 2014).

벌채는 산림에 서식하는 생물들의 서식공간과 먹이자원에 영향을 주어 생물다양성에 영향을 준다. Lee *et al.* (2014)은 가리왕산 산림사업지에서 딱정벌레 군집의 기능군에 대한 분석을 하였으며, Kwon *et al.* (2010)은 잣나무 조림지에서 간벌이 절지동물 풍부도와 군집구조에 미치는 영향에 대한 연구를 보고하였다. 한편 국외에서는 간벌 등이 곤충 군집 다양성에 미치는 영향에 대한 많은 연구가 있었다 (Lenski, 1982; Atlegrim and Sjoberg, 1996, 2004; Atlegrim *et al.*, 1997; Sugar, 2000; Torras and Saura, 2008).

산림은 지표면에서의 수평적 공간과 식물의 높이에 따른 수직적 분포를 갖는 3차원적 공간 특성이 있다. 수직적 분포는 토양, 지표면, 관목층, 교목 층으로 구분될 수 있으며, 각 층에는 다양하게 적응·진화된 종들이 서식한다. 따라서 산림시업을 효과적으로 평가하기 위해서는 어느 특정 수직층에 서식하는 생물만을 조사하기보다는 다수 층에서 생물상을 조사하고 평가하는 것이 보다 효율적이다.

따라서 본 연구에서는 가리왕산 벌채지에서 지표서식

절지동물뿐만 아니라 초본 및 관목의 수관서식 절지동물을 조사하여 산림사업이 절지동물 다양성에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사지역

본 연구는 가리왕산 및 주왕산이 있는 강원도 평창군 대화면에 위치한 평창국유림관리소 관내 국유림에서 실시하였다 (Table 1). 이곳은 임도가 잘 개설되어 있으며, 신갈나무가 우점하는 활엽수림과 낙엽송 조림지가 발달되어 있다. 조사는 낙엽송 벌채지에서 3개소(지점 1~3), 활엽수림 5개소(지점 6~10)로 구분하여 조사하였다. 조사지역은 고도 800~900 m에 분포하였다. 그리고 지점 1~3은 낙엽송 벌채(개벌) 후 1년이 경과된 곳으로 키가 50 cm 이내인 초본 식생이 발달하였다. 조사지점의 환경 특성은 Table 1에 요약하였다.

2. 조사방법

절지동물은 각 조사지점별로 지표서식 절지동물 및 수관서식 절지동물로 구분하여 각각 함정트랩(pitfall trap) 및 쓸어잡기법(sweeping)으로 채집하였다. 채집은 2015년

Table 1. Environmental characteristics of sampling sites.

Site	Location	Altitude (m)	Vegetation	Clear-cutting	Tree height (cm)
1	37.25.47.9N 128.28.23.2E	800	<i>Lespedeza bicolor</i> <i>Artemisia princeps</i> <i>Vitis coignetiae</i>	Yes	< 50
2	37.25.42.8N 128.28.22.9E	829	<i>Rubus crataegifolius</i> <i>Lespedeza bicolor</i>	Yes	< 50
3	37.25.49.6N 128.28.21.7E	820	<i>R. crataegifolius</i> <i>L. bicolor</i>	Yes	< 50
6	37.25.61.3N 128.28.39.4E	920	<i>Cornus controversa</i> <i>Magnolia sieboldii</i> <i>Platycarya strobilacea</i>	No	1000
7	37.35.43.7N 128.29.0.3E	918	<i>Quercus mongolica</i> <i>C. controversa</i> <i>A. palmatum</i>	No	1000
8	37.25.38.2N 128.29.15.4E	945	<i>Q. mongolica</i> <i>M. sieboldii</i> <i>A. palmatum</i>	No	1200
9	37.25.46.2N 128.29.37.4E	970	<i>Q. mongolica</i> <i>A. palmatum</i> <i>M. sieboldii</i>	No	1200
10	37.25.30.5N 128.29.52.9E	910	<i>Q. mongolica</i> <i>M. sieboldii</i> <i>Sasa borealis</i>	No	1200

여름(6월)과 가을(9월)에 2회 실시하였다. 함정트랩은 각 조사지점별로 5 m 간격으로 10개를 설치하여 10일 후 채집물을 수거하여 조사하였다(Kwon *et al.*, 2010). 함정트랩은 상단부가 지표층과 일치하도록 묻은 후, 자동차 부동액(100% 원액, 프로필렌글리콜)을 용기의 20% 가량 채워놓으며, 비를 막기 위한 뚜껑은 설치하지 않는다. 수거된 트랩은 각 조사구의 번호와 표본번호를 기재한 뚜껑을 덮어 실험실로 가져와, 망사 천을 이용하여, 샘플내의 액체를 쏟아낸 후 80% 알코올을 채워 넣어 임시 보존하였다. 트랩은 야외도시락의 국통으로 이용되는 플라스틱 용기(길이 6.3 cm, 상단 직경 8 cm, 바닥 직경 6 cm)를 사용하였다. 이 용기는 크기도 채집에 적합할 뿐 아니라, 채집된 샘플을 다른 용기로 옮길 필요 없이 임시보관 용기로서 사용이 가능하기 때문에 절지동물 조사에 편리하게 사용될 수 있다.

쓸어잡기는 쓸어잡기망(직경: 38 cm, 대 길이 1 m)을 이용하여 조사구역 내에서 걸어서 이동하면서 초본, 관목과 교목층의 수관을 무작위적으로 60회 쓸어잡기 채집하였다. 채집된 내용물을 비닐백에 넣은 후 실험실에 가져와 분류·동정하였다(Lee *et al.*, 2014). 채집된 표본은 오류 없이 쉽고 짧은 기간 내에 분류 동정할 수 있는 목 수준에서 하였다.

3. 군집분석

채집된 분류군의 수 및 개체수를 벌채 유무와 조사 시기(계절)에 따라 비교하였다. 이를 위하여 이원분산분석(Two-way ANOVA)을 실시하였다. 채집된 분류군을 종합하여 조사지점별 군집특성을 분석하기 위하여 다변량분석법인 cluster analysis (CA)와 principal component analysis

(PCA)을 실시하였다. CA 및 PCA에는 각 분류군의 개체수의 변이가 심하지 않기 때문에 로그 변환 없이 개체수를 사용하였다. CA는 Sorensen 거리를 이용하여 Ward's method에 따라 분석하였으며, PCA는 Cross-products Matrix로 variance/covariance를 사용하였다. CA 및 PCA는 PC-ORD (McCune and Mefford, 2006)를 이용하였다. 이원분산분석은 통계프로그램 Statistica (StatSoft, 2004)를 이용하였다.

결 과

1. 군집구성

쓸어잡기법에 의해 수관부에서 총 2강 11목이 채집되었다(Table 2). 그 중 파리목(Diptera)의 개체수가 가장 많았다. 매미목(Homoptera)은 벌채지에서 여름에 많이 발생하였는데 이는 벌채지의 초본류를 섭식하는 종들이 많기 때문이었다. 가을에는 대조구 및 벌채지 모두 여름에 비해 개체수가 감소하였다.

함정트랩을 이용하여 채집된 지표 절지동물은 5강 24목이었으며(Table 3), 그중에서 곤충강이 가장 많은 목수 및 개체수를 보였다. 곤충강 중에서는 파리목(Diptera), 딱정벌레목(Coleoptera), 벌목(Hymenoptera) 등이 많았으며, 거미강의 거미목(Araneae) 또한 높은 값을 보였다. 종다양성은 계절에 따라 대조구 및 벌채지에서 뚜렷한 차이를 보였다. 여름에는 대조구에서 20목 788개체로 벌채지보다 높았으나 가을에는 벌채지에서 21목, 1039개체로 더 높았다. 등각목(Isopoda), 장님거미목(Opiliones)은 벌채지보다는 대조구에서, 거미목(Araneae), 매뚜기목(Orthoptera), 벌

Table 2. Number of individuals/site collected using sweeping methods during different seasons in different treatment areas (control and clear-cut).

Class	Order	Acronym	Summer		Autumn	
			Control	Clear-cutting	Control	Clear-cutting
Arachnida	Araneae	Ara	5	4	7	11
	Opiliones	Opi	0	0	0	2
Insecta	Lepidoptera	Lep	1	1	2	1
	Hemiptera	Hem	1	2	1	7
	Phasmatodea	Pha	0	4	0	0
	Coleoptera	Col	1	4	3	4
	Homoptera	Hom	5	21	6	5
	Orthoptera	Ort	1	5	0	2
	Hymenoptera	Hym	18	10	7	5
	Diptera	Dip	20	18	16	14
Neuroptera	Neu	0	1	0	0	
Total			52	70	41	51
Number of order			8	10	7	9

Table 3. Number of individuals/site collected at ground surface using pitfall traps during different seasons in different treatment areas (control and clear-cut).

Class	Order	Acronym	Summer		Autumn	
			Control	Clear-cutting	Control	Clear-cutting
Crustacea	Isopoda	Iso	38	9	23	7
Arachnida	Araneae	Ara	55	73	28	188
	Acarina	Aca	19	3	71	12
	Opiliones	Opi	115	60	21	10
Insecta	Notoptera	Not	1	0	0	0
	Unidentified insect	Ins	0	2	0	1
	Lepidoptera	Lep	18	2	2	8
	Hemiptera	Hem	2	6	2	12
	Psocoptera	Pso	1	0	0	1
	Archaeognatha	Arc	2	1	1	0
	Coleoptera	Col	285	62	115	217
	Homoptera	Hom	5	5	1	18
	Orthoptera	Ort	23	29	32	61
	Mecoptera	Mec	1	0	0	1
	Hymenoptera	Hym	88	118	120	164
	Dermaptera	Der	2	0	0	1
	Entomobryomorpha	Ent	20	45	65	37
	Diptera	Dip	101	44	185	280
	Neuroptera	Neu	0	0	0	1
Diplopoda	Julida	Jul	6	5	11	9
	Polydesmida	Pol	2	2	5	6
Chilopoda	Scutigera	Scu	0	1	0	0
	Lithobiomorpha	Lit	2	5	2	4
	Scolopendromorpha	Sco	0	2	1	1
Total			788	468	687	1039
Number of Order			20	19	17	21

Table 4. Two-way ANOVA (seasons * treatments) for both crown and ground surface habitats.

Variable	Degree of freedom (Df)	Sum of square (SS)	Mean square (MS)	F	p
Habitat: crown					
Treatment	1	573.50	573.50	1.8146	0.203
Season	1	932.20	932.20	2.9495	0.112
Treatment*Season	1	78.20	78.20	0.2474	0.628
Error	12	3792.67	316.06		
Total	15	5299.94			
Habitat: ground					
Treatment	1	1170.4	1170.4	2.9624	0.111
Season	1	236.0	236.0	0.5974	0.455
Treatment*Season	1	3315.3	3315.3	8.3912	0.013
Error	12	4741.1	395.1		
Total	15	9227.8			

목(Hymenoptera)은 벌채지에서 여름 및 가을 모두 높았다. 반면 딱정벌레목(Coleoptera)과 파리목(Diptera)은 여름에는 대조구에서 높았으나 가을에는 벌채지에서 높았다. 벌목의 대부분은 개미였다.

수관 및 지표 절지동물에 대해 대조구 및 벌채지에서 계

절별 개체수를 비교한 결과, 벌채의 유무에 따라 전체 절지동물의 개체수는 차이가 없었다(Two-way ANOVA $p > 0.1$) (Table 4). 그러나 지표 절지동물은 벌채유무 및 계절에 따른 상호작용이 통계적으로 유의하게 나타났다($p = 0.013$).

2. 군집분석

수관 절지동물 군집을 CA 결과, 여름에는 벌채지 군집 (1FJ, 2FJ, 3FJ)이 대조구 군집과 명확하게 구분되었으나, 가을에는 군집이 서로 혼재하였다(Fig. 1a, b). 한편 지표 절지동물 군집을 CA 결과, 여름에는 벌채지 군집이 하위 그룹에서는 같이 묶였으나 상위 그룹에서 대조구와 혼합되는 경향을 보였다(Fig. 1c). 가을에는 벌채지 군집과 대조구 군집이 명확하게 분리되었다(Fig. 1d).

PCA 결과 또한 CA 결과를 반영해 주었다. 수관 절지동물의 PCA 결과, 여름에는 대조구 및 벌채지 군집이 명확하게 구분되었으며, 벌목(Hym), 파리목(Dip) 등이 대조구에 많았다(Fig. 2a). 그러나 가을에는 서로 섞여서 분포하였다(Fig. 2b). 여름에 조사된 지표 절지동물군집에 대한 PCA 결과, 벌채지(1FJ, 2FJ)는 가까이 위치하였으며, 대조구는 폭넓게 흩어져서 지점 간 변이가 크다는 것을 보였다(Fig. 2c). 가을 자료에 대한 PCA 결과, 벌채지는 왼쪽에, 대조구는 오른쪽 상하로 분포하여 명확한 차이를 보였다(Fig. 2d). 가을에 벌채지에서는 거미목(Ara)이 벌채지와 가까이 위치하였다. 가을에 벌채지에서는 대조구에 비해 거미목, 딱정벌레목, 파리목 등이 상대적으로 많이 채집되었다(Table 3).

토의 및 결론

산림시업으로서 벌채 등은 기존의 숲을 부분 또는 전체를 제거함으로써 그곳에 서식하고 있던 다양한 생물들에게는 서식지와 먹이자원의 변화를 가져오게 함으로서 동물다양성 변화 등 다양한 생태계 변화를 유발한다. 특히 숲은 수평분포뿐만 아니라 수직분포를 갖는 3차원 공간으로 서식지 변화의 영향이 보다 역동적으로 나타날 수 있다. 따라서 본 연구에서는 벌채가 수관 및 지표에 서식하는 절지동물의 분포에 미치는 영향을 평가하였다. 수관의 경우 벌채지에서는 매미목, 메뚜기목 등 초본류를 섭식하는 분류군이 여름에 많이 채집되어 서식지의 특성을 반영해 주었다(Table 2). 반면 가을에는 거미 등 포식자가 증가하였다. 한편 수관에서는 서식지 유형 및 계절에 따른 절지동물의 차이가 다소 관찰이 되었지만 채집된 개체수가 적기 때문에 이에 근거하여 개체수 및 분류군수의 차이가 있다고 판단하기는 어렵다. 그러나 이러한 차이는 다변량 분석 결과 계절에 따라 벌채의 영향이 뚜렷하게 나타났다(Fig. 2).

한편 벌채지의 지표 서식지에서 등각목(Isopoda), 장님거미목(Opiliones)은 대조구에 비해 감소한 반면, 거미목

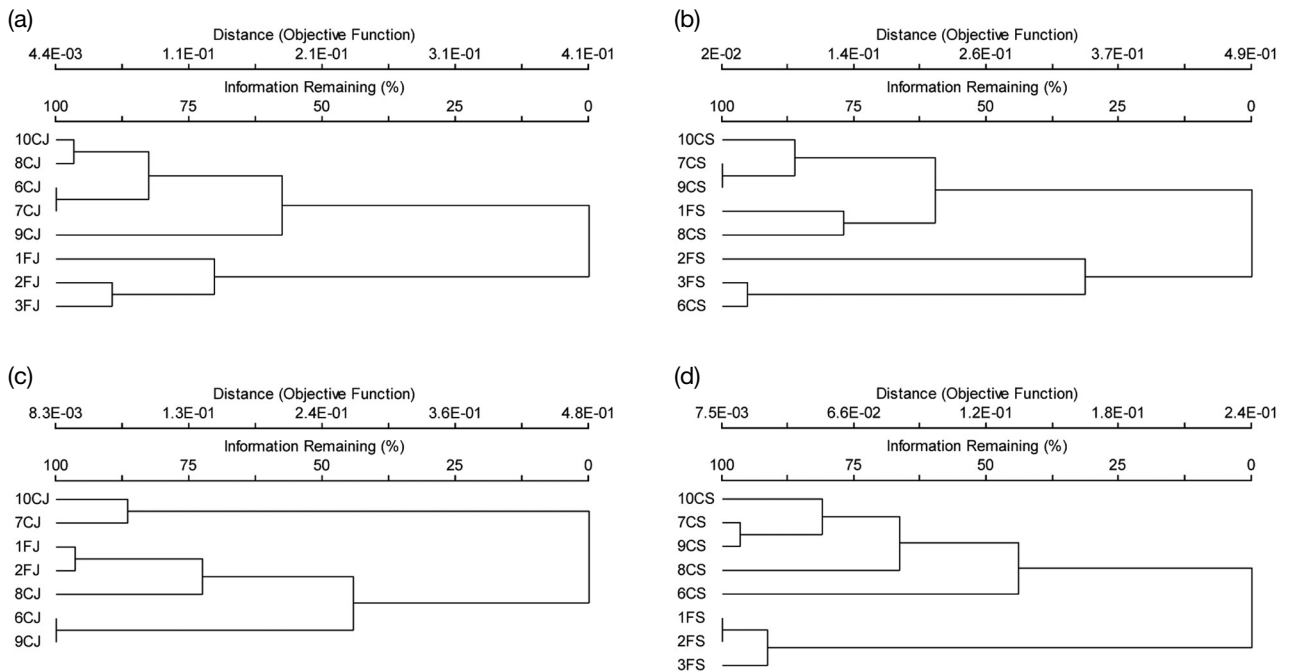


Fig. 1. Cluster analyses of arthropod communities collected from study sites (control and clear-cut) using sweeping (a and b) and pitfall trap methods (c and d) in summer (a and c) and autumn (b and d). Sample naming conventions are derived as follows: leading numbers indicate site sampled; second character indicates forest condition with regard to clear-cutting treatment within the study areas (C: control/no clear-cut; F: clear-cut); final character indicates sampling month (J: June; S: September). No pitfall trap samples were collected from site #3 in summer.

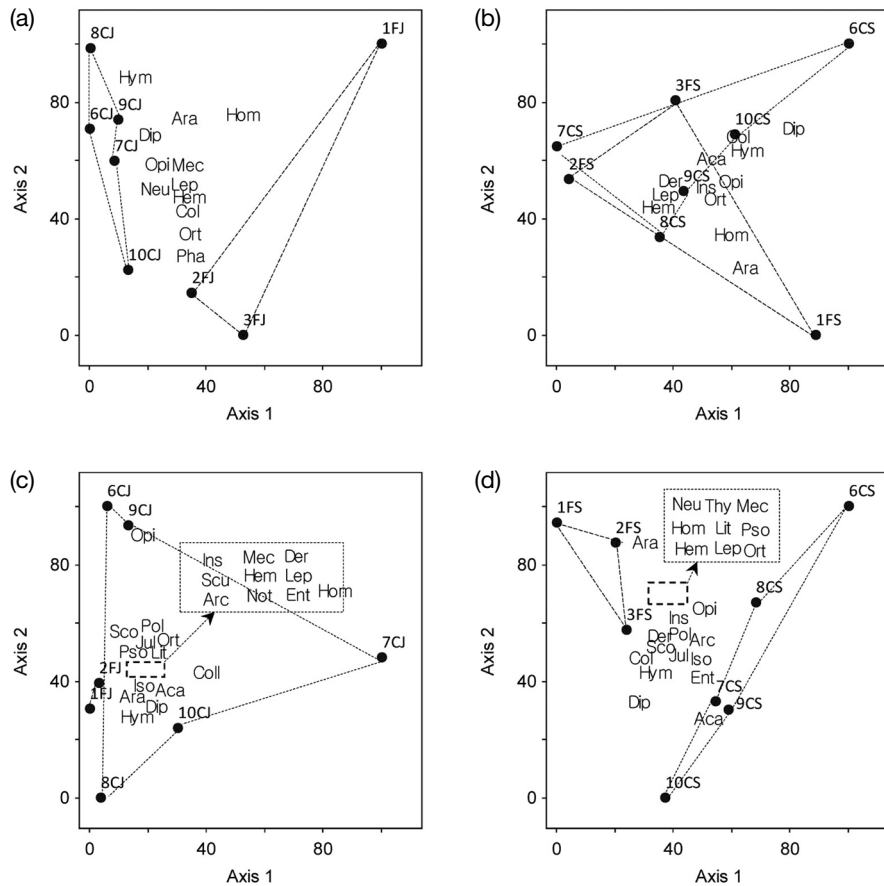


Fig. 2. Ordination of principal component analysis (PCA) of arthropod communities collected from study sites (control and clear-cut) at crown level using sweeping methods (a and b) and at ground surface using pitfall trap methods (c and d) in summer (a and c) and autumn (b and d). Sample names are explained in Fig. 1. Sample sites located within the same forest treatment condition (control and clear-cut) are connected with dotted lines. Eigenvalues and variance percentage for each PCA are indicated as follows - a: axis 1 (eigenvalue: 979.40, variance percentage: 63.24%) and axis 2 (210.71, 13.61%); b: axis 1 (592.04, 44.43%) and axis 2 (436.36, 32.74%); c: axis 1 (445625.7, 88.2%) and axis 2 (37487.6, 7.4%); d: axis 1 (136846, 65.86%) and axis 2 (41746, 20.09%). Acronyms for described taxa are shown in Tables 2 and 3.

(Araneae), 메뚜기목 (Orthoptera), 벌목 (Hymenoptera)은 크게 증가하였다. 딱정벌레목과 파리목은 계절에 따라 벌채지와 대조구에서 개체수가 크게 차이가 났다. 딱정벌레는 기능군으로 구분하였을 때 벌채 후에 초기에 지표성 일 반종이 증가하고, 산림성 종은 감소하는 것으로 알려져 있다 (Niemelä *et al.*, 1993, Werner and Raffa, 2000, Lee *et al.*, 2014). 본 연구에서는 여름에는 지표성 딱정벌레목 및 파리목이 대조구에서 높았으나, 가을에는 벌채지에서 훨씬 높은 개체수를 보였다. 이러한 차이는 계절별 종 구성의 차이에 기인하는 것으로 보인다. Lenski (1982)는 벌채가 지표딱정벌레의 다양성에 미치는 영향에 대한 연구에서 벌채는 종들 사이의 먹이 경쟁에 영향을 미치게 되어 군집의 변화를 유발한다고 하였다. 한편 Huber *et al.* (2007)은 접시거미과 (Linyphiidae), 비탈거미과 (Amaurobiidae), 가

게거미과 (Agelenidae), 염낭거미과 (Clubionidae) 등의 거미류는 벌채 후에 2년 이내에 밀도가 크게 감소하였으나, 지표에서 서식하는 늑대거미과 (Lycosidae)가 우점하게 되었다는 보고를 하였다. 이러한 결과는 서식지의 변화에 따른 생물상의 변화를 잘 반영해 주는 것이다.

한편 다변량분석 결과, 수관 절지동물군집은 여름에는 벌채지와 대조구가 명확하게 구분되었으나, 가을에는 군집이 서로 혼재된 반면, 지표 절지동물군집은 여름에는 벌채의 영향이 명확하지 않았으나 가을에 벌채지 군집과 대조구 군집이 명확하게 분리되었다 (Fig. 2). 이러한 차이는 앞서 논의된 각 서식지의 군집 구성을 잘 반영해 주는 것이다. 즉 수관부에서는 여름에 대조구에서 벌목, 파리목이 많았으며, 가을에 벌채지에서 거미목, 딱정벌레목 등이 밀도가 높았기 때문이다 (Table 2). 그리고 지표면 서식 거미목,

딱정벌레목, 파리목이 벌채지에서 여름 및 가을 모두 높은 밀도를 보였다(Table 3). 이러한 결과는 벌채가 생물다양성에 미치는 영향을 평가할 때 단일 서식지를 평가하기보다는 다수의 수직분포 서식지를 평가하는 것이 필요하다는 것을 제시해 준다.

본 연구에서는 상위 분류군의 정보가 생태계 변화를 효율적으로 반영해 줄 수 있음을 제시하였다. 서식지 변화 등 환경교란은 종다양성에 다양한 영향을 미친다. 이를 정밀하게 평가하기 위해서는 군집의 변화를 종수준에서 분류 동정하여 분석하여야 한다. 그러나 이를 위해서는 많은 시간과 비용이 소요된다. 또한 현실적으로 대부분의 연구자들은 특정 분류군의 분류·동정은 정확하게 할 수 있지만 다른 분류군의 분류동정은 한계가 있다. 이에 따라 많은 연구에서는 절지동물군집 전체를 연구하기보다는 특정분류군을 종수준으로 분류·동정하여 분석한다. 그러나 한편으로는 특정분류군을 정밀하게 보는 것도 필요하지만 절지동물 모두를 포함하면서 과, 목 등 상위분류군을 이용한 평가가 유용하다. 상위분류군의 자료는 종수준에서 일어나는 세세한 변화를 잘 반영해 주지 못할 수 있으나 교란에 대해 보다 명확한 정보를 나타낼 수도 있다(Kwon *et al.*, 2013, 2016). Kwon *et al.* (2016)은 토양절지동물을 10년간 조사하고 목 수준에서 결과를 정리하여 생태계의 변화를 효율적으로 평가하였으며, 여러 연구결과들이 종다양성 평가 연구에서 상위 분류군이 유용하게 사용될 수 있다는 것을 보고하였다(Ricotta *et al.*, 2002; Baldi, 2003; Cardoso *et al.*, 2004). 그러나 상위분류군 사용의 위험성 및 무용론 또한 제시되었다(Rosser and Eggleton, 2012). 종 단위로 분류 동정을 위해서는 오랜 시간이 필요하다. 이를 극복하기 위해 최근에는 빠른 생물학적 평가(rapid biological assessment) 기법이 개발되고 있다. 이러한 측면에서 상위 분류군을 이용한 생태계 평가는 의미 있는 대안이 될 수 있을 것이다(Akutsu *et al.*, 2007, Kwon *et al.*, 2016).

벌채는 숲에 서식하는 생물들에게는 중요한 교란원으로 작용하는 것으로서 교란의 정도에 따라 생물다양성의 변화가 다르게 나타날 수 있다. Torras and Saura (2008)은 밀도에 따른 벌채의 차이가 생물다양성에 미치는 영향을 분석한 결과 중간 정도의 벌채일 때 종다양성이 가장 높다고 하여 “중간교란가설 (Connell, 1978)”을 지지하였다. 그러나 우리 연구에서는 벌채 밀도를 달리하는 다양한 산림사업이 수행되지 못하여 이에 대한 결과를 뒷받침 할 수 없으나 생물다양성을 높게 유지하면서 산림사업을 할 수 있는 방법을 찾기 위해서는 다양한 벌채 밀도 조건에서 생물다양성의 변화에 대한 연구가 필요하다.

이 연구에서는 벌채가 산림의 수관 및 지표에 서식하는

절지동물에 미치는 영향을 평가하였다. 그 결과 수관 및 지표 절지동물군집 구성은 벌채로 인해 명확하게 변화됨을 보였다. 또한 상위분류군을 이용한 생태계 교란 평가가 유용하게 사용될 수 있음을 보였다. 그러나 벌채로 인한 구체적인 종 구성의 변화 등에 대한 연구는 채집된 생물을 종수준으로 분류 동정하여 정밀한 연구가 필요하다.

사 사

이 연구는 국립산림과학원 지원 연구과제로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Akutsu, K., C.V. Khen and M.J. Toda. 2007. Assessment of higher insect taxa as bioindicators for different logging-disturbance regimes in lowland tropical rain forest in Sabah, Malaysia. *Ecological Research* **22**: 542-550.
- Atlegrim, O. and K. Sjöberg. 1996. Effects of clear-cutting and single-tree selection harvests on herbivorous insect larvae feeding on bilberry (*Vaccinium myrtillus*) in uneven-aged boreal *Picea abies* forests. *Forest Ecology and Management* **87**: 139-148.
- Atlegrim, O. and K. Sjöberg. 2004. Selective felling as a potential tool for maintaining biodiversity in managed forests. *Biodiversity & Conservation* **13**: 1123-1133.
- Atlegrim, O., K. Sjöberg and J.P. Ball. 1997. Forestry effects on a ground beetle community in spring: Selective logging and clear-cutting compared. *Entomologica Fennica* **8**: 19-26.
- Báldi, A. 2003. Using higher taxa as surrogates of species richness: a study based on 3700 Coleoptera, Diptera and Acari species in Central-Hungarian reserves. *Basic and Applied Ecology* **4**: 589-593.
- Bengtsson, J., S.G. Nilsson, A. Franc and P. Menozzi. 2000. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management* **132**: 39-50.
- Cardoso, P., I. Silva, N.G. de Oliveira and A.R.M. Serrano. 2004. Higher taxa surrogates of spider (Araneae) diversity and their efficiency in conservation. *Biological Conservation* **117**: 453-459.
- Connell, J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* **199**(4335): 1302-1310.
- Kim, T.G. and T.W. Um. 1997. A Study on the distribution of wild edible herb species in MT. Kariwang. *Journal of Korean Forest Society* **86**: 422-429.
- Kwon, T.-S., H.M. Yang, J.H. Shin, S.-K. Kim and H. Yi. 2010.

- Effects of thinning on abundance and community structure of arthropods in a *Pinus koraiensis* plantation. *Korean Journal of Applied Entomology* **49**: 187-198.
- Kwon, T.-S., Y.K. Park, J.-H. Lim, S.H. Ryou and C.M. Lee. 2013. Change of arthropod abundance in burned forest: different patterns according to functional guilds. *Journal of Asia-Pacific Entomology* **16**: 321-328.
- Lee, C.M., T.-S. Kwon, Y.G. Park, S.S. Kim, J.H. Sung and Y.G. Lee. 2014. Effects of Forest Management on Diversity and Abundance of Beetles (Coleoptera) in Mt. Gariwang-San. Korea Forest Research Institute, Seoul.
- Lenski, R.E. 1982. Effects of forest cutting on two *Carabus* species: evidence for competition for food (*Carabus limbatus/sylvosus*). *Ecology* **63**(5), 1211-1217.
- Maleque, M.A., K. Maeto and H.T. Ishii. 2009. Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. *Applied Entomology and Zoology* **44**: 1-11.
- McCune, B. and M.J. Mefford. 2006. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 5.31. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Niemelä, J., D. Langor and J.R. Spence. 1993. Effects of clear-cut harvesting on boreal ground-beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in Western Canada. *Conservation Biology* **7**: 551-561.
- Oh, K.-I., H.-D. Cho, K.-W. An, S.-K. Jang, J.-C. Chung, C.-S. Kim. 2001. A study on distribution of soil microarthropods in *Pinus rigida* plantations following strip-cutting. *Journal of Korean Forestry Society* **90**(3): 257-265.
- Price, P.W. 1997. *Insect Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Ricotta, C., M. Ferrari and G. Avena 2002. Using the scaling behavior of higher taxa for the assessment of species richness. *Biological Conservation* **107**: 131-133.
- Rosser, N. and P. Eggleton. 2012. Can higher taxa be used as a surrogate for species-level data in biodiversity surveys of litter/soil insects? *Journal of Insect Conservation* **16**: 87-92.
- StatSoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. <http://www.statsoft.com>.
- Sugar, A. 2000. The long-term impacts of clear-cut logging on insect communities in the boreal mixedwood forests of northeastern Ontario. MSc thesis. University of Toronto, Toronto, Canada.
- Torras, O. and S. Saura. 2008. Effects of silvicultural treatments on forest biodiversity indicators in the Mediterranean. *Forest Ecology and Management* **255**: 3322-3330.
- Werner, S.M. and K.F. Raffa. 2000. Effects of forest management practices on the diversity of ground-occurring beetles in mixed northern hardwood forests of the Great Lakes Region. *Forest Ecology and Management* **139**: 135-155.