

일본잎갈나무(*Larix kaempferi*) 조림지의 간벌 후 시간경과에 따른 서식환경과 소형 설치류 개체군 특성

전중훈¹ · 김한규² · 김준수¹ · 이우신¹ · 김종우^{1*}

¹서울대학교 산림과학부, ²오레곤주립대학교 산림과학대학

Differences in Habitat Environment and Characteristics of Small Rodent Populations with Time Elapse Among Thinned Forest Stands in Japanese larch (*Larix kaempferi*) Plantations

Jonghoon Jeon¹, Hankyu Kim², Junsoo Kim¹, Woo-Shin Lee¹ and Jong-U Kim^{1*}

¹Department of Forest Sciences, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

²Department of Forest Ecosystems and Society, Oregon State University, Corvallis, OR 97331, USA

요약: 본 연구는 경상북도 봉화군 장군봉 일대의 일본잎갈나무 조림지에서 간벌 후 시간경과에 따른 서식환경과 소형 설치류 개체군 특성의 변화를 파악하기 위해 실시되었다. 간벌지와 대조구의 서식환경은 교목 수와 관목 수, 상층 피도, 중층 피도, 암석 피도, 수목잔존물 수에서 임분 간 유의한 차이를 보였다. 소형 설치류의 포획 결과, 등줄쥐와 흰넓적다리붉은쥐, 대륙밭쥐, 다람쥐 등 4종이 포획되었으며, 대조구보다 간벌지에서 더 많은 개체수가 포획되었다. 이 중 등줄쥐와 흰넓적다리붉은쥐의 성비와 연령비를 분석한 결과, 두 종 모두 수컷의 비율은 간벌 3년차 임분에서 가장 높았으며 성숙개체와 미성숙개체의 비율은 임분 간 차이가 크지 않았다. 이와 같은 차이는 간벌지와 대조구의 서식환경과 밀접한 관련이 있는 것으로 생각되며, 일본잎갈나무 조림지의 간벌은 하층 식생의 발달과 수목잔존물의 증가로 소형 설치류에 더 적합한 서식환경을 제공하는 것으로 판단된다. 따라서 간벌 이후 수목잔존물의 존치와 중층 및 하층 식생의 유도를 통한 산림관리는 소형 설치류의 다양성 유지에 필요할 것으로 생각된다.

Abstract: This study aimed to investigate the differences in habitat environment and characteristics of small rodent populations with time elapse after thinning in Japanese larch (*Larix kaempferi*) plantations, Mt. Janggun, Gyeongbuk Province, South Korea. We found that there were significant differences in habitat environment, number of tree, shrub stems, coverage of overstory, midstory, rock and number of coarse woody debris (CWD) between thinned and unthinned forest stands. We captured four small rodent species. Total number of captured small rodent were higher in thinned stands. Male-to-female ratio of *Apodemus agrarius*, and *A. peninsulae* were both the highest in forest stand 3 year after thinning. The differences in number of captured and sex ratio of small rodents might be related to habitat environment between thinned and unthinned stands. Thus, thinning can provide good habitat for small rodents by developing understory vegetation and increasing CWD in Japanese larch plantations. These results suggest that forest management through maintenance of CWD and induction of midstory and understory vegetation after thinning is necessary to maintain small rodents diversity.

Key words: coarse woody debris, forest management, small rodents, thinning, understory vegetation

서론

간벌은 퇴행천이(setting back succession)를 일으키는 대표적인 교란으로 서식지의 환경과 가용자원을 변화시키는 등 동·식물의 생존과 서식지 이용에 영향을 미치게 된다(Yahner, 2000; Smucker et al., 2005). 간벌 후 증가한 광량은 임분 내 산림하층의 초본과 관목층의 식생을

* Corresponding author

E-mail: jw820313@gmail.com

ORCID

Jong-U Kim  https://orcid.org/0000-0001-7790-1817

발달시키고(Hayes et al., 1997; Sullivan et al., 2001) 가지의 생장을 증가시켜 수관비율이 증가하는(Varmola and Salminen, 2004) 등 동령림의 수직적 구조를 변화시킨다(Hunter, 1990; Oliver and Larson, 1990). 이후 임분의 열려있던 수관층이 다시 닫히고 증가한 하층 식생이 감소하는 등 산림환경의 점진적인 변화가 일어난다(Pearson, 2000; Suzuki and Hayes, 2003).

이러한 산림의 상층 및 하층 구조의 변화는 그 공간에서 식하고 있는 소형 설치류(Homyack et al., 2005), 침서류(Mengak and Guynn, 2003), 토끼류(Homyack et al., 2007), 우제류(Gill et al., 1996), 조류(Schieck and Song, 2006) 등 야생동물의 서식에 영향을 미치게 된다. 이중 소형 설치류는 산림생태계의 1, 2차 소비자 역할을 할뿐만 아니라, 종자(Li and Zhang, 2003, 2007; Moore et al., 2007)와 균근 곰팡이(Maser et al., 1978)를 산포하는 중요한 구성요소이다. 또한, 소형 설치류는 생활사가 짧고 번식률이 높아 환경변화에 민감하여 교란에 대한 반응연구에 많이 이용되었다(Kawamichi, 1996).

산림 천이에 따른 소형 설치류 개체군 변화와 관련한 연구는 과거에는 산림시업 전후로 달라지는 소형 설치류의 서식 현황에 대한 비교 연구가 주를 이루었으며, 이후 시간경과에 따른 산림환경의 변화와 소형 설치류 군집 혹은 개체군의 변화를 장기 모니터링 하여 천이에 대한 연구가 진행되었다(Fuller et al., 2004; Converse et al., 2006; Sullivan et al., 2009). 이를 바탕으로 최근에는 천이가 야생동물에 미치는 영향에 대한 메타분석연구가 활발히 이루어지고 있다(Sullivan et al., 2013; Michal and Rafal, 2014). 그러나 국내에서는 아직까지 산림 시업과 소형 설치류에 관한 연구는 시업의 전후 비교에 대한 연구가 중점적으로 진행되어(Rhim and Lee, 2001; Kang et al., 2013), 시업 이후 시간경과에 따른 산림환경의 변화와 소형 설치류 개체군의 변화에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 일본잎갈나무(*Larix kaempferi*) 조림지에서 간벌 시기가 다른 임분의 산림환경과 소형 설

치류 개체군의 특성을 파악하고 비교함으로써 간벌 후 서식지 관리 방안의 기초를 마련하기 위해 실시되었다.

재료 및 방법

연구 대상 지역은 봉화군 소천면 및 재산면에 걸쳐 위치하고 있으며(동경 129° 02' 59.47", 북위 36° 51' 59.47"), 총 면적은 8,376 ha로 37개의 임반으로 구성되어 있다. 이 지역의 일본잎갈나무 조림지 내, 대조구(미간벌지), 간벌1년차(2014년 간벌), 간벌3년차(2012년 간벌), 간벌7년차(2008년 간벌) 임분에서 각각 3개의 조사구(100 × 100 m)를 선정하여 총 12개의 조사구를 설정하였다. 각 조사구의 상층 식생은 일본잎갈나무가 우점하고 있었으며, 그 외에 신갈나무(*Quercus mongolica*), 소나무(*Pinus densiflora*) 등이 생육하고 있었다. 또한 쇠물푸레나무(*Fraxinus sieboldiana*)와 생강나무(*Lindera obtusiloba*), 철쭉꽃(*Rhododendron schlippenbachii*), 쪽동백나무(*Styrax obassia*) 등이 중층 및 하층 식생을 형성하고 있었다(Table 1).

간벌 이후 시간경과에 따른 서식환경의 변화를 파악하기 위해 12개 조사구에서 2015년 8월에 서식환경 특성을 조사하였다. 서식환경은 9개의 환경요인으로 구분하여 조사를 실시하였다(Table 2). 각 조사구에서 교목 수는 3개(20×20 m), 관목 수는 9개(5×5 m), 초본 수는 9개(1×1 m)의 하위조사구를 설정하여 조사하였다(Kent 2012). 수목잔존물 수와 엽층별 피도량(하층, 중층, 중상층, 상층), 암석 피도량은 관목 수를 조사한 하위 조사구(5×5 m) 내에서 수집하였으며, 피도가 0 %인 경우에는 0, 1~20 %인 경우 1, 21~40 %인 경우 2, 41~60 %인 경우 3, 61~80 %인 경우 4, 81~100 %인 경우에는 5로 정하여 피도를 일정한 간격 척도로 수치화하였다(Rhim and Lee, 2001; Kent, 2012).

소형 설치류 포획 조사는 2015년 6월부터 2015년 8월까지 12개의 조사구에서 각각 10일 연속으로 포획을 실시하였다. 각 조사구 내에서는 가로, 세로 20 m 간격으로

Table 1. The description of study plots in unthinned and three thinned stands at the Bonghwa, Gyeongbuk Province, South Korea.

Factors	Stands	Control			1 year after thinning			3 years after thinning			7 years after thinning		
		plot 1	plot 2	plot 3	plot 1	plot 2	plot 3	plot 1	plot 2	plot 3	plot 1	plot 2	plot 3
Altitude (m)		550	671	397	511	537	720	752	898	655	504	503	590
Inclination (°)		27	23	10	26	29	22	27	28	25	29	20	23
Dominant tree species		<i>Larix kaempferi</i> <i>Quercus mongolica</i>			<i>Larix kaempferi</i> <i>Pinus densiflora</i>			<i>Larix kaempferi</i>			<i>Larix kaempferi</i> <i>Pinus densiflora</i>		
Dominant shrub species		<i>Fraxinus sieboldiana</i> <i>Lindera obtusiloba</i> <i>Rhododendron schlippenbachii</i>			<i>Styrax obassia</i> <i>Lindera obtusiloba</i>			<i>Aralia elata</i> <i>Lespedeza maximowiczii</i> <i>Rubus crataegifolius</i>			<i>Fraxinus sieboldiana</i> <i>Lindera obtusiloba</i>		

Table 2. Description of the environmental variables measured in this study.

Variables	Description
Tree stems	Number of tree stems (DBH ^y >4 cm and height>4 m)
Shrub stems	Number of shrub stems (DBH<4 cm and 1-2 m height)
Herbaceous plant stems	Number of herbaceous plant stems (height<1 m)
CWD ^z	Number of CWD
Understory coverage	Coverage under 1 m from ground on scale 0-5
Midstory coverage	Coverage between 1-2 m from ground on scale 0-5
Suboverstory coverage	Coverage between 2-8 m from ground on scale 0-5
Overstory coverage	Coverage over 8 m from ground on scale 0-5
Rock coverage	Coverage for rock on scale 0-5

^y DBH: diameter at breast height, ^z CWD: coarse woody debris

Table 3. Differences in the environmental variables among unthinned and three thinned stands at the Bonghwa, Gyeongbuk Province, South Korea (Kruskal-Wallis test).

Variables	Control	1 year after thinning	3 years after thinning	7 years after thinning	χ^2	P
Tree stems (no./ha)	1044.44±81.84 ^a	486.11±103.90 ^{ab}	347.22±40.92 ^b	705.56±49.14 ^{ab}	9.15	0.027
Shrub stems (no./ha)	2192.59±514.05 ^b	2177.78±950.46 ^b	7762.96±629.76 ^a	4666.67±247.46 ^{ab}	9.36	0.025
Herbaceous plant stems (no./m ²)	17.33±5.71	32.56±10.47	33.52±1.41	16.22±4.77	6.33	0.097
CWD (no./ha)	548.15±199.31 ^b	3362.96±526.08 ^a	2237.04±417.19 ^{ab}	2088.89±302.53 ^{ab}	8.13	0.043
Understory coverage (0-5)	1.48±0.33	2.81±0.68	3.39±0.39	3.15±0.27	5.72	0.126
Midstory coverage (0-5)	1.70±0.61 ^{ab}	1.31±0.54 ^b	3.82±0.23 ^a	3.37±0.42 ^{ab}	8.08	0.044
Suboverstory coverage (0-5)	1.93±0.92	0.41±0.26	0.72±0.33	0.41±0.41	4.66	0.199
Overstory coverage (0-5)	4.30±0.30 ^a	3.37±0.43 ^{ab}	2.32±0.38 ^b	4.63±0.13 ^a	8.61	0.035
Rock coverage (0-5)	0.11±0.06 ^b	0.46±0.02 ^a	0.61±0.12 ^a	0.00±0.00 ^b	9.24	0.026

^z Mean±SE. Different letters in each row indicate significant difference among stands (p<0.05).

총 36개의 생체포획용 덫(Sherman collapsible live trap)을 설치하였다. 다음날 오전에 포획된 개체에 대해 포획된 위치, 종, 성별, 성숙도, 무게 등을 기록하였다. 그리고 포획된 개체에 대한 개체 인식을 위해 순번을 매겨 귀에 구멍을 뚫고(ear-punching) 포획된 위치에서 놓아 준 후, 다시 포획하는 포획-재포획법(capture-mark and release method)을 사용하였다(Lee et al., 2008). 총 12개의 조사구에서 포획된 모든 개체는 임분 간 개체군 특성의 비교를 위해 각 종을 성별 및 성숙정도로 구분하여 성비와 연령비를 파악하였다. 개체의 성숙정도는 고환 및 유두의 발달정도와 성장 상태 등을 바탕으로 구분하였으며, 포획 개체수에 대해 Kruskal Wallis test를 실시하였다.

결과 및 고찰

간벌 후 경과년도에 따른 서식환경의 변화를 파악하고

자 임분별 총 9개의 환경요인에 관한 조사를 실시하였다. 그 결과 교목 수(Kruskal Wallis test, $\chi^2=9.15$, $p=0.027$)와 관목 수($\chi^2=9.36$, $p=0.025$), 상층 피도($\chi^2=8.61$, $p=0.035$), 중층 피도($\chi^2=8.08$, $p=0.044$), 암석 피도($\chi^2=9.24$, $p=0.026$), 수목잔존물 수($\chi^2=8.13$, $p=0.043$)에서 임분 간 유의한 차이를 보였다(Table 3). 간벌지에서 관목 수와 수목잔존물 수는 대조구보다 많은 것으로 확인되었으며, 중층 피도 또한 높게 나타났다. 상층 피도는 대조구와 간벌 7년차 임분에서 가장 높은 값을 보였다. 간벌은 교목 밀도 및 수관면적을 감소시키고 광량을 증가시켜 일정 시간경과에 따라 하층과 중층의 생육 환경을 개선시킨다(Kabakoff and Chazdon, 1996). 간벌지 중 간벌 1년차 임분과 간벌 3, 7년차 임분의 서식환경을 비교한 결과 관목 수와 중층 피도는 간벌 1년차 임분보다 간벌 3년차 임분에서 높게 나타났다. 그러나 간벌 7년차 임분에서는 간벌 3년차 임분보다 관목 수와 중층 피도가 낮은 것으로 확인되었다.

Table 4. Differences in captured number of small rodents among unthinned and three thinned stands at the Bonghwa, Gyeongbuk Province, South Korea (Kruskal-Wallis test).

Species	Control	1 year after thinning	3 years after thinning	7 years after thinning	χ^2	<i>P</i>
<i>Apodemus agrarius</i>	3.20±0.50 ^a	2.97±0.44 ^a	9.17±1.27 ^b	5.30±0.69 ^{ab}	20.52	<0.001
<i>Apodemus peninsulae</i>	0.30±0.11 ^b	2.87±0.41 ^a	2.13±0.47 ^a	1.37±0.24 ^a	34.66	<0.001
<i>Myodes regulus</i>	0.17±0.08 ^b	1.20±0.27 ^a	0.23±0.08 ^b	0.33±0.14 ^b	17.16	0.001
Total	3.67±0.58 ^b	7.03±0.66 ^a	11.53±1.24 ^a	7.00±0.74 ^a	28.41	<0.001

^a Mean±SE. Different letters in each row indicate significant difference among stands ($p < 0.05$).

Table 5. Differences in sex (male : female) and age (adult : juvenile) ratios of *A. agrarius* and *A. peninsulae* among unthinned and three thinned stands at the Bonghwa, Gyeongbuk Province, South Korea.

Species	Control		1 year after thinning		3 years after thinning		7 years after thinning	
	sex ratio	age ratio	sex ratio	age ratio	sex ratio	age ratio	sex ratio	age ratio
<i>Apodemus agrarius</i>	1.24:1	1.53:1	0.7:1	1.79:1	1.53:1	1.25:1	1.03:1	1.36:1
<i>Apodemus peninsulae</i>	2:1	1:1	1:1	0.75:1	3.33:1	1.6:1	1.5:1	1.22:1

간벌 후 시간경과에 따른 교목의 생장으로 인해 수관층 피도는 증가하고 산림 내부로 도달하는 광량은 감소하며 중층 및 하층 식생의 생육이 저하된다(Ottman and Welch, 1989; Forcella et al., 1992). 일본잎갈나무 조림지에서 수행된 연구결과, 광량 지수와 관목 밀도는 간벌 4년차 임분이 미간벌지와 간벌 7년차 임분보다 높은 값을 보였다(Son et al., 2004a, 2004b). 따라서 간벌은 서식환경을 점진적으로 변화시키며, 일본잎갈나무 조림지의 하층 식생 밀도는 간벌 후 3~7년 사이에 가장 높은 것으로 판단된다. 수목잔존물의 수는 간벌 1년차 임분에서 가장 높았으며 간벌 3, 7년차 임분에서는 다소 낮았다. 이는 간벌 이후 시간경과에 따라 목재 부후에 의해 수목잔존물의 수와 부피가 감소한 것으로 생각된다(Fraver et al., 2002; Homyack et al., 2004).

간벌지와 대조구에서 포획된 소형 설치류는 등줄쥐(*Apodemus agrarius*)와 흰넓적다리붉은쥐(*Apodemus peninsulae*), 대륙밭쥐(*Myodes regulus*), 다람쥐(*Tamias sibiricus*) 등 4종이었다. 이 중 다람쥐는 포획 개체수가 적어 분석에서 제외하였다. 소형 설치류의 포획 개체수는 간벌지에서 많은 것으로 나타났다($\chi^2=28.41$, $p < 0.001$). 종별 포획 개체수 분석 결과, 대륙밭쥐는 간벌 1년차 임분에서 높았으며($\chi^2=17.16$, $p=0.001$), 등줄쥐는 간벌 3년차 임분에서 가장 많은 것으로 확인되었다($\chi^2=20.52$, $p < 0.001$). 흰넓적다리붉은쥐의 경우 특히 간벌지에서 포획 개체수가 높은 것으로 나타났으며, 간벌 1년차 임분에서 가장 많은 것으로 나타났다($\chi^2=34.66$, $p < 0.001$, Table 4). 이는 간벌 후 수관층 개방에 따른 중층 및 하층 식생의 증가에 의한 먹이원 증가와 소형 설치류가

포식자로부터 회피할 수 있는 커버로 이용 가능한 수목잔존물의 증가에 따른 것으로 판단된다(Suzuki and Hayes, 2003; Lee et al., 2008). 소형 설치류 개체군의 성비와 연령비는 포획 개체수가 적은 대륙밭쥐와 다람쥐를 제외하고 분석하였다. 그 결과, 등줄쥐와 흰넓적다리붉은쥐의 수컷 비율은 간벌 3년차 임분에서 가장 높게 나타났으며 성숙개체와 미성숙개체의 비율은 두 종 모두 임분 간 차이가 크지 않은 것으로 나타났다(Table 5). 서식지의 질이 높을수록 소형 설치류 개체군 내 수컷의 비율이 높으며(Trivers and Willard, 1973), 이와 같은 결과는 간벌지가 개활성의 환경을 선호하는 등줄쥐와 수목잔존물이 많은 서식지를 이용하는 흰넓적다리붉은쥐에 좋은 서식환경을 제공한 것으로 판단된다(Rhim and Lee, 1999; Lee et al., 2008, 2012).

본 연구결과 간벌 이후 일본잎갈나무 조림지에서 교목 밀도와 수관층 피도는 감소하고 수목잔존물과 관목층 식생의 양과 피도는 증가하였다. 소형 설치류의 포획 개체수와 수컷의 비율은 간벌지에서 높았으며 간벌 이후 시간경과에 따라 변화하는 것으로 확인되었다. 따라서 일본잎갈나무 조림지의 간벌은 하층 식생과 수목잔존물을 증가시켜 소형 설치류의 개체군 크기와 성장에 긍정적이며 간벌 후 시간경과에 따라 서식환경은 지속적으로 변화하고 이는 소형 설치류 개체군 특성에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 향후, 일본잎갈나무 조림지에서 간벌 이후 장기 모니터링을 통하여 서식환경과 소형 설치류의 개체군 특성 변화에 대해 지속적으로 비교할 필요성이 있을 것으로 생각된다. 또한, 간벌과 개벌 등의 산림사업 시 소형 설치류 및 야생동물의 다양성을 고려하여 수목

잔존물의 존치와 증충, 하층 식생의 생육 고려가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) 산림과학기술 연구개발사업(2013069C10-1919-AA03)의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

References

- Converse, S.J., Block, W.M. and White, G.C. 2006. Small mammal population and habitat responses to forest thinning and prescribed fire. *Forest Ecology and Management* 228: 263-273.
- Forcella, F., Westgate, M.E. and Warnes, D.D. 1992. Effect of row width on herbicide and cultivation requirements in row crops. *American Journal of Alternative Agriculture* 7: 161-167.
- Fraver, S., Wagner, R.G. and Day, M. 2002. Dynamics of coarse woody debris following gap harvesting in the Acadian forest of central Maine, USA. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 2094-2105.
- Fuller, A.K., Harrison, D.J. and Lachowski, H.J. 2004. Stand scale effects of partial harvesting and clearcutting on small mammals and forest structure. *Forest Ecology and Management* 191: 373-386.
- Gill, R.M.A., Johnson, A.L., Francis, A., Hiscocks, K. and Peace, A. 1996. Changes in roe deer (*Capreolus capreolus* L.) population density in response to forest habitat succession. *Forest Ecology and Management* 88: 31-41.
- Hayes, J.P., Chan, S.S., Emmingham, W.H., Tappeiner, J.C., Kellogg, L.D. and Bailey, J.D. 1997. Wildlife response to thinning young forests in the Pacific Northwest. *Journal of Forestry* 95: 28-33.
- Homyack, J.A., Harrison, D.J. and Krohn, W.B. 2004. Structural differences between precommercially thinned and unthinned conifer stands. *Forest ecology and management* 194: 131-143.
- Homyack, J.A., Harrison, D.J. and Krohn, W.B. 2005. Long-term effects of precommercial thinning on small mammals in northern Maine. *Forest Ecology and Management* 205: 43-57.
- Homyack, J.A., Harrison, D.J. and Krohn, W.B. 2007. Effects of precommercial thinning on snowshoe hares in Maine. *The Journal of Wildlife Management* 71: 4-13.
- Hunter, M.L. 1990. *Wildlife, forests, and forestry: principles of managing forests for biological diversity*. Pearson Prentice Hall. Englewood Cliff, U.S.A. pp. 227-229.
- Kabakoff, R.P. and Chazdon, R.L. 1996. Effects of canopy species dominance on understorey light availability in low-elevation secondary forest stands in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 12: 779-788.
- Kang, J.H., Son, S.H., Kim, K.J., Hwang, H.S. and Rhim, S.J. 2013. Characteristics of small mammal populations in thinned and clearcut stands in Japanese larch (*Larix leptolepis*) plantations. *Forest Science and Technology* 9: 151-155.
- Kawamichi, T. 1996. *The encyclopedia of animals in Japan*. vol. 1. Mammals I. Heibonsha Limited Publishers. Tokyo, Japan. pp. 156.
- Kent, M. 2012. *Vegetation description and data analysis: a practical approach*, 2nd Ed. Wiley-Blackwell. Chichester, U.K. pp. 61-66.
- Lee, E.J., Lee, W.S. and Rhim, S.J. 2008. Characteristics of small rodent populations in post-fire silvicultural management stands within pine forest. *Forest Ecology and Management* 255: 1418-1422.
- Lee, E.J., Rhim, S.J., Son, S.H. and Lee, W.S. 2012. Differences in small-mammal and stand structures between unburned and burned pine stands subjected to two different post-fire silvicultural management practices. *Annales Zoologici Fennici* 49: 129-139.
- Li, H.J. and Zhang, Z.B. 2003. Effect of rodents on acorn dispersal and survival of the Liaodong oak (*Quercus liaotungensis* Koidz.). *Forest Ecology and Management* 176: 387-396.
- Li, H.J. and Zhang, Z.B. 2007. Effects of mast seeding and rodent abundance on seed predation and dispersal by rodents in *Prunus armeniaca* (Rosaceae). *Forest Ecology and Management* 242: 511-517.
- Maser, C., Trappe, J.M. and Nussbaum, R.A. 1978. Fungal-small mammal interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forests. *Ecology* 59: 799-809.
- Mengak, M.T. and Gynnn, D.C. 2003. Small mammal microhabitat use on young loblolly pine regeneration areas. *Forest Ecology and Management* 173: 309-317.
- Michal, B. and Rafal, Z. 2014. Responses of small mammals to clear-cutting in temperate and boreal forests of Europe: a meta-analysis and review. *European Journal of Forest Research* 133: 1-11.
- Moore, J.E., McEuen, A.B., Swihart, R.K., Contreras, T.A. and Steele, M.A. 2007. Determinants of seed removal distance by scatter-hoarding rodents in deciduous forests. *Ecology* 88: 2529-2540.
- Oliver, C.D. and Larson, B.C. 1990. *Forest stand dynamics*. McGraw-Hill. New York, U.S.A. pp. 224.

- Ottman, M.J. and Welch, L.F. 1989. Planting patterns and radiation interception, plant nutrient concentration, and yield in maize. *Agronomy Journal* 81: 167-174.
- Pearson, D.E. 2000. Small mammals of the Bitterroot National Forest: Ecological significance and guidelines for management. pp.45-47. In: Smith, H.Y. (Ed.). *The Bitterroot Ecosystem Management Research Project: What we have learned* (Symposium proceedings RMRS-P-17). USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Ogden, U.S.A.
- Rhim, S.J. and Lee, W.S. 1999. Differences in small mammal populations due to different habitat structure in natural deciduous forest. *Journal of Korean Forestry Society* 88: 179-184.
- Rhim, S.J. and Lee, W.S. 2001. Habitat preference of small rodents in deciduous forests of north-eastern South Korea. *Mammal Study* 26: 1-8.
- Schieck, J. and Song, S.J. 2006. Changes in bird communities throughout succession following fire and harvest in boreal forests of western North America: literature review and meta-analyses. *Canadian Journal of Forest Research* 36: 1299-1318.
- Smucker, K.M., Hutto, R.L. and Steele, B.M. 2005. Changes in bird abundance after wildfire: importance of fire severity and time since fire. *Ecological Applications* 15: 1535-1549.
- Son, Y.W., Lee, Y.Y., Kim, R.H., Seo, K.W., Ban, J.Y., Seo, K.Y., Koo, J.W., Kyung, J.H. and Noh, N.J. 2004a. Changes in understory vegetation of a thinned Japanese larch (*Larix leptolepis*) plantation in Yangpyeong, Korea. *The Korean Journal of Ecology* 27: 363-367.
- Son, Y.W., Lee, Y.Y., Jun, Y.C. and Kim, Z.S. 2004b. Light availability and understory vegetation four years after thinning in a *Larix leptolepis* plantation of central Korea. *Journal of forest research* 9: 133-139.
- Sullivan, T.P., Sullivan, D.S. and Lindgren, P.M. 2001. Stand structure and small mammals in young lodgepole pine forest: 10-year results after thinning. *Ecological Applications* 11: 1151-1173.
- Sullivan, T.P., Sullivan, D.S., Lindgren, P.M. and Ransome, D.B. 2009. Stand structure and the abundance and diversity of plants and small mammals in natural and intensively managed forests. *Forest Ecology and Management* 258: S127-S141.
- Sullivan, T.P., Sullivan, D.S., Lindgren, P.M. and Ransome, D.B. 2013. Stand structure and small mammals in intensively managed forests: scale, time, and testing extremes. *Forest Ecology and Management* 310: 1071-1087.
- Suzuki, N. and Hayes, J.P. 2003. Effects of thinning on small mammals in Oregon coastal forests. *The Journal of Wildlife Management* 67: 352-371.
- Trivers, R.L. and Willard, D.E. 1973. Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring. *Science* 179: 90-92.
- Varmola, M. and Salminen, H. 2004. Timing and intensity of precommercial thinning in *Pinus sylvestris* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19: 142-151.
- Yahner, R.H. 2000. *Eastern deciduous forest: ecology and wildlife conservation*. 2nd edition. University of Minnesota Press. Minneapolis, USA. pp. 99-100.

Manuscript Received : October 30, 2018

First Revision : November 26, 2018

Accepted : December 31, 2018