

도시 근교 조림지인 리기다소나무림과 이차림인 신갈나무림에서 곤충 군집 구조 비교

Comparison of Insect Community Structures of a *Pinus rigida* Plantation and a *Quercus mongolica* Secondary Forest in the Suburban Area, Korea

정윤경¹ · 이은선¹ · 원희진¹ · 김현정² · 이훈복^{1,2*}

¹서울여자대학교 생명환경공학과, ²서울여자대학교 대학원 생물학과

Un-Kyung Jung¹, Eun-Sun Lee¹, Hee-Jin Won¹, Hyun-Jung Kim² and Hoonbok Yi^{1,2*}

¹Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University, Seoul 01797, Korea

²Department of Biology, Seoul Women's University, Seoul 01797, Korea

Received 30 November 2015, revised 7 December 2015, accepted 20 December 2015, published online 31 December 2015

ABSTRACT: The insect community structures between a plantation of *Pinus rigida* and a secondary forest of *Quercus mongolica* were compared to find out one of the ecological roles of a forest planted in 1960s in a suburban area of Seoul, Korea. We collected the insect samples biweekly from September to November in 2014 by using 5 pitfall traps in both forests. The results of analyzing the community structure index of insects in both forests of *P. rigida* and *Q. Mongolica* showed that the species richness was a little higher and species evenness was a little lower in *P. rigida* plantation, and species diversity and dominance were similar in the two forests. The analysis results of insect community structure at the two forests did not show any significant difference. We conclude that the plantation of *P. rigida* over 40-50 years could sufficiently perform an ecological function as an insect habitat.

KEYWORDS: Insects, *Pinus rigida*, Plantation, *Quercus mongolica*, Secondary forest

요 약: 본 연구에서는 서울 근교 산림에서 1960년대 조림한 조림지의 생태적 기능을 파악하기 위하여, 리기다소나무 (*Pinus rigida*) 조림지와 신갈나무 (*Quercus mongolica*) 이차림에서 곤충 군집 구조를 비교하였다. 2014년 9월 2일부터 11월 6일까지 약 3개월 동안 리기다소나무림과 신갈나무림에서 5개의 함정 트랩 (pitfall trap)을 이용하여 격주로 곤충을 채집하였다. 리기다소나무림과 신갈나무림에서 곤충 군집 구조를 분석한 결과에 따르면, 종풍부도는 리기다소나무림에서 약간 높았고 종균등도는 신갈나무림에서 더 높았으며 종풍부도와 종다양도는 두 산림에서 비슷하였다. 두 지역의 곤충에 대한 군집 분석 결과에서 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러므로 조림 후 40-50년이 경과한 리기다소나무 조림지는 곤충 서식지로서의 생태적 기능을 충분히 수행하고 있는 것으로 판단되었다.

핵심어: 곤충, 리기다소나무림, 조림지, 신갈나무림, 이차림

*Corresponding author: yih@swu.ac.kr

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

조림은 대규모의 산불과 산림 채벌 등으로 인해 훼손된 산림을 빠른 시간 내에 복원하거나 복구하기 위한 효과적인 방법으로 이용되고 있다 (Koonkhumthod et al. 2007). 목재 생산뿐만 아니라 야생종 및 비상업적 식물들을 위한 서식 환경 제공, 종 다양성 보존, 천이를 촉진하는 역할을 하고 있다 (Nagaike 2000, Hartley 2002). 우리나라의 산림은 일제 강점기와 한국전쟁을 거치며 크게 훼손되었으며, 도시화와 산업화로 훼손의 정도가 점점 심각해졌고, 이러한 훼손된 산림을 복구하기 위해 정부 수준에서 대규모 조림사업을 진행하였다 (KFS 2000). 산림청에서 시행한 우리나라 조림 수종은 주로 낙엽송과 리기다소나무로 이 두 종은 국내 조림지의 약 60% (낙엽송 424,668 ha, 리기다소나무 386,991 ha)를 차지하며, 이 중 리기다소나무는 전체 조림지의 약 48%를 차지한다 (KFS 2012a). 조림 시에 그 지역의 본래 고유 임상을 고려한 수종을 식재하여야 함에도 불구하고, 리기다소나무, 편백나무, 삼나무, 아까시나무 등 생장이 빠르거나 척박한 지역에서도 생존이 가능한 타 지역 수종을 위주로 조림을 실시한 부분은 국내 조림의 문제점으로 지적 받고 있지만, 훼손된 지역을 빠른 시간 내에 숲으로 회복하고자 하는 것이 그 시대의 현안이었다고 볼 수 있으며, 이러한 조림사업을 통해 1900년대초 약 100 m³/ha이던 훼손된 산림의 평균 면적이 60년 후인 1960년에는 10.6 m³/ha로 감소되었고, 1959년부터 1999년까지 40년간의 대규모 조림사업의 시행으로 크게 훼손되었던 산림은 97%까지 복구되었다 (KFS 2000).

주 조림수종이었던 리기다소나무는 1960년대부터 산지 녹화사업을 위하여 식재되었으나, 산림경제 측면에서 별채 시기의 경과에 따른 성장량 감소와 상대적으로 좋지 않은 목질 등의 이유로 주된 갱신 대상 수종이 되었고 연간 20,000 ha의 조림 사업 중 30%인 6,000 ha 가량이 조림이 이미 이뤄진 리기다소나무림을 대상으로 이루어지고 있으며, 경제적 가치가 높은 다른 수종을 심는 대규모 별채 사업이 진행되고 있다 (KFS 2012a, b, 2013).

본 연구는 과거 산림녹화사업의 주요 수종이었던 리기다소나무가 산림생태계 내에서 다른 생물들에게

준 긍정적인 역할과 산림생태계 내에서의 역할을 알아보고자 하였다. 이를 위해 조림지인 리기다소나무림이 자연적으로 생겨난 이차림인 신갈나무림에 있는 곤충류의 종조성과 종다양성 비교를 통해 리기다소나무 조림지와 자연적 천이를 통해 조성된 이차림인 신갈나무림의 곤충 군집 차이를 확인하기 위해서 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구의 조사지역은 서울시 노원구에 위치한 불암산과 이어진 서울여대 내 리기다소나무림 (*Pinus rigida*)과 신갈나무림 (*Quercus mongolica*)이며, 조사구 (10 m × 10 m)를 하나씩 각각 정하여, 2014년 9월 초부터 11월 말까지 함정 트랩 (pitfall trap)을 이용하여 곤충류를 조사하였다 (Fig. 1).

함정 트랩의 컵 (195 mL) 속에 에틸렌글리콜을 넣어 트랩에 채집된 곤충이 상하지 않도록 하였으며, 트랩은 조사구의 정중앙을 기준으로 1 m 간격의 사방의 십자모양으로 5개의 트랩을 15 cm 깊이의 땅에 묻은 후, 2주 간격으로 수거하였다. 채집된 샘플은 분류를 수행하였고, 과 또는 목 수준으로 동정하여 데이터를 작성하였다. 동정이 끝난 샘플은 80% 에틸알코올이 담긴 바이알 (vial)에 담아 실험실에 보관하였다.

군집분석을 위해 작성된 곤충류 데이터를 바탕으로 종 풍부도 (species richness index, R), 우점도 (dominance index, D), 균등도 (evenness index, E),

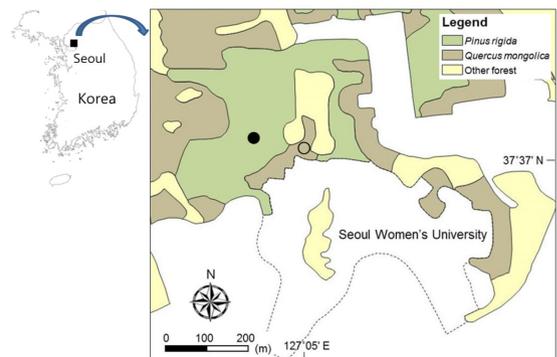


Fig. 1. A map showing the study area near Seoul Women's University, Seoul, South Korea. The closed circle indicates the study site of the *Pinus rigida* plantation and the open circle that of the *Quercus mongolica* secondary forest (vegetation map from <http://fgis.forest.go.kr>).

다양도 (Shannon's diversity index, H')를 지수 산출식을 사용하여 구하였다 (Colwell 2013). 리기다소나무림과 신갈나무림 두 군집의 구성에 차이가 있는지 알기 위해 분산분석 (ANOVA)을 수행하였다. 또한 두 산림에서 곤충 군집구조를 비교하기 위해 PC-ORD v5.2를 이용하여 다변량 분석인 다차원 척도법 (non-parametric multi-dimensional scaling, NMS)을 적용하였다 (McCune and Mefford 1999).

3. 결과 및 논의

서울 근교인 서울여자대학교 인근에 위치한 리기다소나무림과 신갈나무림의 조사지점에서 총 9목 35과 89종 634개체의 곤충이 채집되었다. 리기다소나무림과 신갈나무림 모두에서 파리목 (Diptera)이 각각 25종과 26종으로 종수가 가장 많았다 (Fig. 2). 그밖에 출현종을 살펴보면, 리기다소나무림에서는 벌목 (Hymenoptera)과 딱정벌레목 (Coleoptera)이 각각 16종, 8종으로 많았고 노린재목 (Hemiptera), 메뚜기목 (Orthoptera) 등이 발견되었다. 한편 신갈나무림에서는 벌목 (Hymenoptera)이 11종, 딱정벌레목 (Coleoptera)이 10종으로 많았고, 노린재목 (Hemiptera)이 3종으로 그 뒤를 이었다. 이와 같이 목별 출현종수는 리기다소나무림과 신갈나무림이 유사한 양상을 보였다 (Fig. 2). 또한 목 별 개체수를

비교한 결과 파리목은 신갈나무림에서 349개체로 아우점하였고, 리기다소나무림에서는 295개체로 우점하였다. 토기목은 신갈나무림에서 436개체로 우점하였고, 리기다소나무림에서는 207개체로 아우점하였다 (Fig. 3).

이처럼 두 숲에서 파리목과 톱토기목이 우점, 혹은 아우점하는 것은 두 산림 모두 축축하고 그늘진 하부 식생으로 이뤄져 비행성인 파리목과 토양곤충인 톱토기목의 서식에 적합하기 때문인 것으로 생각된다 (Kang and Lee 1997). 파리목의 개체수가 두 산림 간에 큰 차이가 없는 것은 파리목에 속한 여러 종의 특성이 다양하기에 두 산림 중 특별히 더 선호하는 특징이 없는 것으로 해석할 수 있다. 반면 톱토기목의 개체수가 두 산림에서 상이한 것은 신갈나무림의 낙엽이 리기다소나무림의 낙엽보다 분해가 잘 이뤄지므로, 톱토기가 서식하기에 상대적으로 선호될만한 낙엽층이었기 때문으로 보여진다. 그 밖에 벌목, 메뚜기목, 딱정벌레목, 노린재목의 개체수가 리기다소나무림보다 신갈나무림에서 더 많기는 하였으나 두 조사지에서 발견된 전체 목의 개체수 분포는 유사하였다.

두 조사지에서 채집된 곤충류의 트랩 별 평균 종수는 리기다소나무림에서 25.0±1.6종 (평균±표준편차, n=5), 신갈나무림에서 20.1±1.3종이었고, 평균 개체수는 리기다소나무림에서 86.3±1.6개체, 신갈나무림에서 62.7±1.3개체이었다. 종수와 개체수는 두 조사

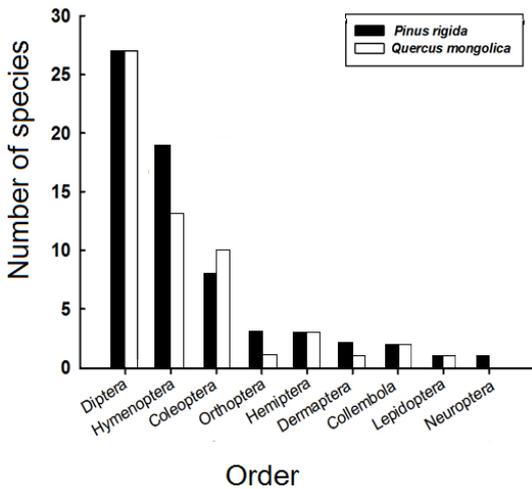


Fig. 2. The species numbers of each insect order in the *Pinus rigida* plantation and *Quercus mongolica* secondary forests from 2 September to 6 November 2014.

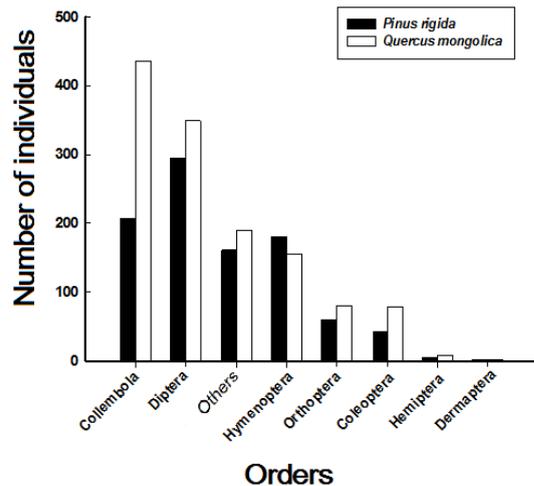


Fig. 3. The numbers of individuals at each insect order in the *Pinus rigida* plantation and *Quercus mongolica* secondary forests from 2 September to 6 November 2014.

지에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p > 0.05$). 두 조사지에서 조사시기별 곤충 군집 구조를 분석하기 위하여 비모수적다차원척도법 (NMS)을 적용한 결과 축 1과 축 2가 총변이의 59.1%과 24.4%를 설명하였다 (Fig. 4). 이 결과에 의하면 리기다소나무림과 신갈나무림에서 격주 마다 조사한 곤충 군집이 서로 섞여서 구분되지 않았다.

평균 종풍부도 (R)와 종다양도 (H')는 리기다소나무림에서 신갈나무림의 수치와 비교하여 더 높게 나타났지만 통계적인 유의성은 없었다 (Table 1). 평균 우점도 (D)는 리기다소나무림과 신갈나무림에서 유

사하게 나타났으며, 평균 균등도 (E)는 리기다소나무림에 비하여 신갈나무림에서 조금 더 높은 수치를 보였다. 분산분석 결과 리기다소나무림과 신갈나무림의 군집분석 지수는 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$). 이는 소나무와 신갈나무 숲에서 곤충상을 비교한 Kim et al. (2013)의 결과와 유사하였다.

이상의 결과를 종합하면 두 산림에서 생물종 다양도와 풍부도 측면에서 볼 때 조림지인 리기다소나무림의 총 종수와 개체수가 이차림인 신갈나무림보다 다소 높았지만 통계적 유의한 차이는 없었다. 결국 1960년대에 조림한 리기다소나무림이 50여 년이 경과한 현재 생태적 구조가 이차림과 크게 다르지 않음을 알 수 있었다. 비록 그 지역의 환경에 적합한 수종을 심지 못한 문제점이 있었지만, 과거에 민둥산이라 불릴 만큼 황폐한 국내의 숲 환경에 도입된 리기다소나무림이 조성됨으로써, 외국 수종 또는 타 지역 수종을 도입하여 조성된 조림지가 토양과 자생식물이 들어오기에 적절한 환경을 만들어 자생식물의 회복을 도와주었다는 Lugo (1997) 연구에서 논의한 바를 뒷받침할 수 있었다. 또한 조림 후 시간이 경과함에 따라서 주변의 이차림과 비슷한 종 조성을 나타내고, 종 다양성도 유사한 정도로 늘어나는 경향이 있다는 연구와 일치하는 결과를 보였다 (Godefroid et al. 2005, Nagaike et al. 2006).

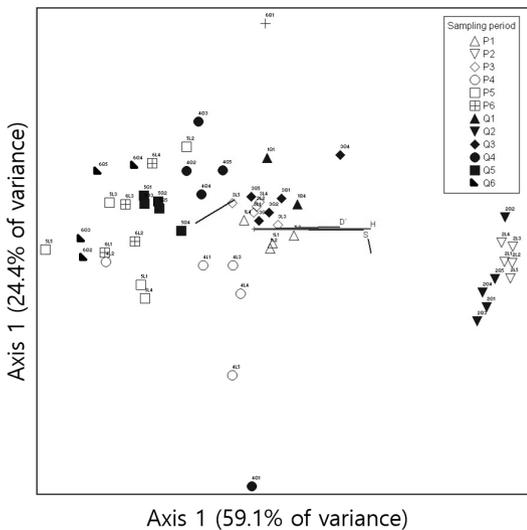


Fig. 4. Results of non-parametric multi-dimensional scaling (NMS) using data on insect community in the *Pinus rigida* plantation and *Quercus mongolica* secondary forests. Open shapes (P1 ~ P6) indicate the sampling sites of *Pinus rigida*, and closed shapes (Q1 ~ Q6) those of *Quercus mongolica*. Numerals with P and Q indicate the collecting time from September to November 2014. Species richness (S), species diversity (H'), dominance (D) and evenness (E) are on the graph.

Table 1. Comparison of community indices of insects between *Pinus rigida* plantation and *Quercus mongolica* secondary forest (mean±SD, n=5).

Species index	Forest		p-value
	<i>Pinus rigida</i>	<i>Quercus mongolica</i>	
Richness	19.33±2.60	17.33±2.33	$p = 0.26$
Diversity	4.48±0.51	4.28±0.34	$p = 0.23$
Dominance	0.66±0.05	0.66±0.07	$p = 0.28$
Evenness	0.61±0.05	0.64±0.07	$p = 0.73$

4. 결론

본 연구에서 1960 년대 국가 차원에서 전국적으로 이뤄진 리기다소나무 조림 사업 후 50여 년이 지난 현재 불암산과 서울여대의 경계지역의 곤충상 군집분석 결과는 이차림인 신갈나무림의 결과 값과 비교하여 통계적으로 차이가 없었음을 알 수 있었다. 이는 리기다소나무림이 곤충 서식지로서의 산림 생태계 기능을 충분히 수행하고 있는 것으로 판단되며, 전국 단위의 조림지역에서 이러한 연구가 지속적으로 이뤄져서 조림지의 역할을 좀 더 명확히 규명하고, 조림지 관리에 필요한 정보로 이용 될 수 있기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 서울여자대학교 교내학술연구비를 지원 받아 수행되었습니다.

References

- Colwell, R.K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's guide and application. <http://purl.oclc.org/estimates>. Assessed 01 November 2015.
- Godefroid, S., Massant, W. and Koedam, N. 2005. Variation in the herb species response and the humus quality across a 200-year chronosequence of beech and oak plantations in Belgium. *Ecography* 28: 223-235.
- Hartley, M.J. 2002. Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forests. *Forest Ecology and Management* 155: 81-95.
- Kang, B.H. and Lee, J.-H. 1997. Soil microarthropod fauna at Mt. Jumbong, nature reserve area. *Korean Journal of Ecology* 20: 329-337. (in Korean)
- KFS. 2000. The Chronological List of Forest. Korean Forest Service, Daejeon, Korea. (in Korean)
- KFS. 2012a. Statistical Yearbook of Forestry. Korea Forest Service, Daejeon, Korea. (in Korean)
- KFS. 2012b. Annual Action Plan of Forest Resources. Korea Forest Service, Daejeon, Korea.
- KFS. 2013. Business Plan for the Field of Forest Resources. Korean Forest Service, Daejeon, Korea. (in Korean)
- Kim, H.J., Nam, J.W. and Yi, H. 2013. The community structures of the coniferous and deciduous dead wood-dwelling arthropods in Korea. *Entomological Research* 43: 288-298.
- Koonkhunthod, N., Sakurai, K. and Tanaka, S. 2007. Composition and diversity of woody regeneration in a 37-year-old teak (*Tectona grandis* L.) plantation in Northern Thailand. *Forest Ecology and Management* 247: 246-254.
- Lugo, A.E. 1997. Maintaining an open mind on exotic species. In, Meffe, G.K. and Carroll, C.R. (eds.), *Principles of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland, MA, USA. pp. 245-247.
- McCune, B. and Mefford, M.J. 1999. PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data. MjM Software Design.
- Nagaike, T. 2000. A review of ecological studies on plant species diversity in plantation ecosystems. *Journal of the Japanese Forestry Society* 82: 407-416. (in Japanese)
- Nagaike, T., Hayashi, A., Kubo, M., Takahashi, K., Abe, M. and Arai, N. 2006. Changes in plant species diversity over 5 years in *Larix kaempferi* plantations and abandoned coppice forests in central Japan. *Forest Ecology and Management* 236: 278-285.