

## 강원도 중왕산 지역에서 부계꽃나무의 개화, 결실, 종자낙하량 및 종자활력

김갑태<sup>1\*</sup> · 김희진<sup>2</sup>

<sup>1</sup>상지대학교 산림과학과, <sup>2</sup>국립산림품종관리센터 종묘관리과

## Flowering, Fruiting, Seed Fall and Seed Viability of *Acer ukurunduense* in Mt. Jungwang, Gangwondo

Gab Tae Kim<sup>1\*</sup> and Hoi Jin Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Sciences, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

<sup>2</sup>Department of Seed & Seedling Management, Korea Forest Seed & Variety Center,  
Chungju 380-941, Korea

**요 약:** 천연활엽수림의 천연갱신 가능성을 파악하고자, 부계꽃나무(*Acer ukurunduense* Trautv. & C.A. Mey.)의 개화·결실, 종자낙하, 종자활력을 강원도 평창군 중왕산 지역에서 2009년부터 2013년까지 조사하였다. 부계꽃나무 꽃은 총상화서(드물게 원추화서)에 양성화와 음성화가 많이 달렸으며, 꽃의 배열은 화서마다 서로 달랐다. 화서 내에서 성형태간 개화시기가 달랐다. 양성화로 암술이 수분되어 자라기 시작한 꽃에서는 수술은 더 이상 성숙하지 않고 소실되었으며, 수술이 발달한 꽃에는 암술은 흔적으로만 존재하였다. 부계꽃나무는 꿀벌, 깔둥이창나방, 하늘소류, 애꽃벌류, 대모각다귀류 등이 수분하며, 자가수분을 회피하는 기작을 가지고 있다고 사료된다. 화서당 꽃의 수는 6월 8일에 189개였다가, 6월 21에는 과수당 시과셀의 수는 41.2개였으며, 9월 5일에는 과수당 33.4개로 줄어들었다. 시과낙하량은 670~17,930 ea/ha의 범위로 평균은 6,720 ea/ha이었다. 건전배를 가진 것이 43.2%로 가장 많았고, 다음으로 피해·부후인 것이 41.8%, 미발육 10.2%, 쪽정이배 4.8%로 나타났다. 건전종자 생산량을 좌우하는 요인은 개화기인 6월 초순에 화분매개충의 활동과 어린 자방이 자라는 6월 초·중순 흡즙성 해충의 밀도와 활동성이 가장 중요한 요인이라 사료된다. 부계꽃나무의 천연갱신은 종자다산해에 발아와 생장에 유리한 조건을 갖춘 갭에서 이루어질 것으로 사료된다. 단풍나무류의 천연갱신을 이해하기 위해서 종자결실과 비산전·후 종자피식 문제에 대한 장기간의 연구가 필요할 것이라 사료된다.

**Abstract:** To examine the natural regeneration in the natural mixed-broadlived forest, flowering, fruiting, seed-fall, and seed viabilities of *Acer ukurunduense* Trautv. & C.A. Mey. (AU) were investigated in Mt. Jungwang, Gangwon-do, from 2009 to 2013. The flower of AU consisted many male and bisexual flowers on the raceme (unusual panicle) and the arrangement of two sex morphs are differed for each inflorescence. Flowering dates are differed between sex morph in the same inflorescence. Stamens are stop growing and disappeared after pollinated pistil begin to grow in bisexual flowers, and male flowers have vestial pistil. The flowers of AU might be pollinated by *Apis mellifera*, *Thyrus fenestrella seoulensis*, Cerambycidae sp., Andrenidae sp. and *Ctenophora* sp., and had some mechanism to prevent feom self pollination. The number of flower buds per inflorescence is 189 on June 8, and that of young samaras per inflorescence is 41.2 on June 21. At last ripened samaras per inflorescence is reduced 33.4 on September 5. Mean annual seedfall of AU was 6,720 ea/ha (ranged 670~17,930). Rates of sound seeds are highest 43.2%, and those of damaged or decayed seeds are 41.8%,. Those of undeveloped and empty seeds are 10.2% and 4.8%, respectively. Successful regeneration of AU might be in masting year and on the gap sites with proper conditions to germinate and grow. To understand the natural regeneration of the species, Genus *Acer*, further study on the fruiting habit, pre- and post-dispersal seed viability, and annual variation on these factor should be needed.

**Key words:** natural regeneration, cutting method, sex moroh, sound seed

\*Corresponding author  
E-mail: gtkim@sangji.ac.kr

### 서론

최근 숲에 대한 패러다임이 변화하여 산림자원의 관리에서 지속가능성을 강조하는 것이 세계적 추세이며, 이의 실천을 위하여 산림생태태의 건강성과 활력도 유지를 우선시하는 정책으로 바뀌었다. 이러한 변화에 적합한 천연갱신에 대한 관심도 높아지고 있다. 천연갱신은 식재조림보다 경제적(Clason, 2002)이며 지역의 유전자원의 유지보전 및 숲의 다층적 구조를 유지하는 장점(Harmer and Gill, 2000; Harmer and Kerr, 1995)이 있으며, 자연보전을 목적으로 침엽수 인공조림지를 천연활엽수림으로 복원하는 데 천연갱신 과정을 통하여 에너지 저소비, 최소비용으로 할 수 있어(Zerbe, 2002) 선호된다. Grubb(1977)은 생태계 보전을 위하여 천연갱신에 대한 연구는 매우 중요하며, *regereration niche*에는 개화, 수분 및 결실을 포함한 활력 있는 종자생산, 발아, 정착, 성장 등의 단계가 관련되어 있음을 주장하였다. 천연갱신의 성공 여부는 개화결실의 특성(Tal, 2009; Shibata et al., 2009), Pre-dispersal seed predation (Kim and Lee, 2010; Fukumoto and Kajimura, 2003; Tanaka, 1995)과 post-dispersal seed predation (Yasaka et al., 2003; Hulme, 1998; Harmer and Gill, 1995; Janzen, 1971), 결실주기(Herrera et al., 1998) 등을 포함한 활력있는 종자의 생산과 공급(Karlsson, 2001; Koenig and Knops, 2000; Ishikawa and Ito, 1989; Crawley, 1989), 종자발아와 성장, 하층식생의 영향(Filipiak, 2002), 토양특성 등의 입지인자(Gautam et al., 2007), 수종의 생태적 특성 (Heineman et al., 2002) 등 다양한 요인과 관련이 있다.

부계꽃나무(*Acer ukurunduense* Trautv. & C.A. Mey.)는 일본 북부지방(Kubota and Hara, 1995,1996), 중국 흑룡강성 Xiaoxingán mountain (Jin et al., 2006), 장백산 (Jin et al., 2005; Liu, 1997), 극동러시아 우수리(Ishikawa

and Krestov, 1999)에 분포함이 보고되었으며, 국내에서는 설악산(Lee, 2003), 계방산(Ko, 2013), 설악산과 함백산(Kim, 2006), 강원도 백운산(Kim and Kim, 2011)에서 보고되는 등, 주로 백두대간을 중심으로 한 고산지대에 분포하는 낙엽활엽 소교목이며, 수고 14 m까지 자란다 (Nature.go.kr). Kim(2009)은 연구 대상지인 중왕산에서 부계꽃나무의 상대우점치가 7.3%, 극동 러시아 남부 알린산에서는 4.9%임을, Moon(2001)은 덕유산 아고산대에서 부계꽃나무가 상층 6.5%, 중층 10.3% 분포함을, Cho et al.(2005)은 태백산 당골계곡에서 부계꽃나무가 상층 4.2%, 중층 33.6%, 하층 4.2%중층 평균상대우점치가 14% 정도 분포함을 보고한 바 있다. Kim(2010)은 부계꽃나무의 수피에서 추출한 Oleanolic acid의 apoptosis효과를 보고하였다.

이에 이 연구는 우리나라의 천연활엽수림의 천연갱신 가능성을 파악하고자, 부계꽃나무의 개화·결실 특성, 종자낙하량, 종자활력을 강원도 평창군 중왕산 지역에서 2009년부터 2013년까지 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 연구 대상지

연구 대상지는 1990년부터 천연활엽수림의 장기생태연구가 진행되고 있는 국유림으로 강원도 평창군 진부면 장전리의 중왕산 일대로 해발 1,000~1,1376 m 범위이며, 대체로 북향인 인위적 간섭을 덜 받은 천연활엽수림 지역이었다(Figure 1). 이 지역의 연평균 기온은 5.8°C, 7월 최고기온은 27~30°C, 1월 최저기온은 -13°C였으며, 토양은 역질계 산성갈색 산림토양이며, 표토는 농암갈색의 자갈이 많은 미사질 양토이고, 심토는 황갈색 자갈이 많은 양토였다. 연구대상지 천연활엽수림의 주요 우점수종은 신갈나무, 층층나무, 거제수나무, 들메나무, 물푸레나무, 난티나무, 느릅나

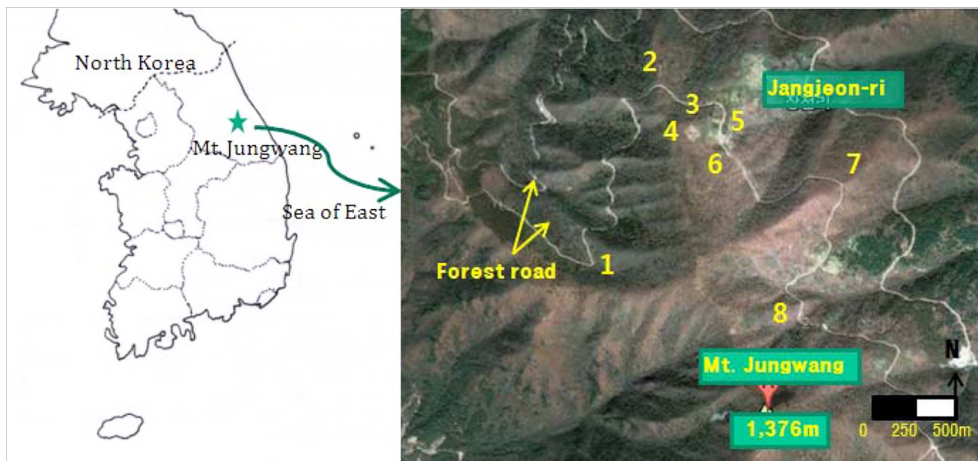


Figure 1. Location map of study sites.



Figure 2. Seed trap setting.

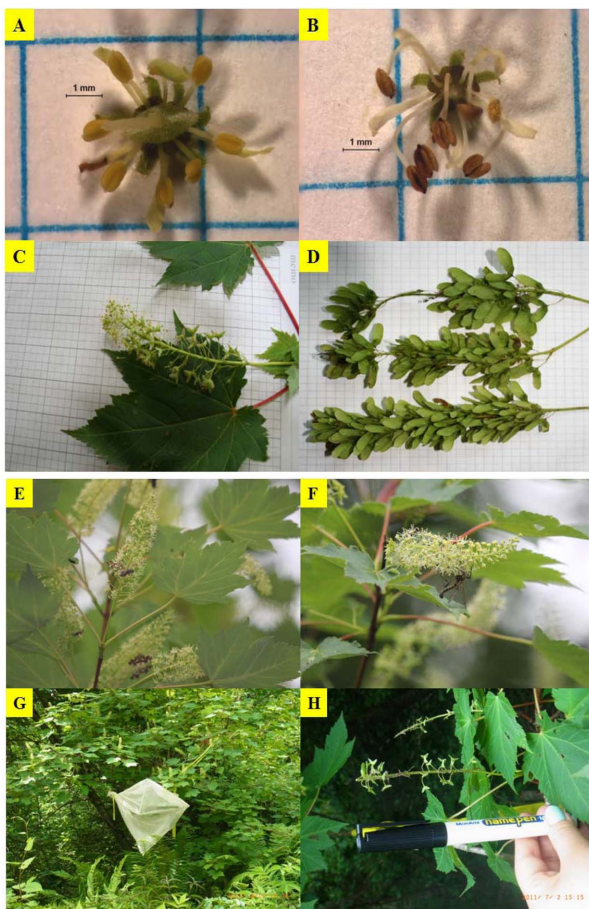


Figure 3. *Acer ukurunduense* flowering.: female flower(A), male flower(B), inflorescence(C, D), pollinators(E, F), bagging treatment(G, H).

무, 고로쇠나무, 복장나무, 음나무, 피나무, 팔배나무, 산벚나무, 개벚나무 등이었으며, 당단풍나무, 다릅나무, 부게꽃나무, 시닥나무, 산겨릅나무, 마가목, 귀룽나무 등이 상대 밀도는 낮으나 혼재하는 숲이었다(Lee et al., 2009).

## 2. 개화 및 수분시스템 조사

강원도 평창군 중왕산 지역에 생육 중인 부게꽃나무의



Figure 4. Viability of *Acer ukurunduense* samara.: sound embryo(A), undeveloped embryo(B), empty samara(C), damaged or decayed samara.

개화와 수분을 매년 5월 하순부터 6월 하순까지 화서당 꽃수, 성형태, 과수당 시과셀 수를 조사하였다. 화서가 자라기 전인 2011년 5월 25일 3 개체목에 대나무와 망사천(tulle, mesh size 1 mm)으로 만든 봉지를 씌웠으며, 망사봉지 속의 가지에 튼튼한 소지 3개씩을 남기며 정리하여 봉지를 씌웠다(Figure 3). 7월 2일 봉지를 걷어내고 시과의 착생여부와 생육상태를 관찰하였다. 또한 개화기의 부게꽃나무 꽃을 찾아드는 화분매개충을 관찰·촬영하였다.

## 3. 종자활력 조사

부게꽃나무 시과를 10월 초순에 채종하여 임의추출한 50립씩의 종자에 대하여 3반복으로 절단법에 의하여 종자활력을 측정하였다. 필요한 경우 배의 구조를 10-80x 실체현미경 하에서 관찰하고 필요한 사진을 촬영하였다. 배의 활력은 건전한 배, 미발육 배, 쪽정(무배) 및 피해·부후된 배 등의 4수준으로 분류하였다(Figure 4). 종자활력 조사는 2009년부터 2013년까지 실시하였으며, 2012년에는 결실량이 적어서 종자활력을 조사할 수 없었다.

## 4. 종자 낙하량

종자 낙하량을 파악하고자 조사 대상지에 8곳(Figure 1)에 seed trap을 4개씩 총 32개를 8월 하순부터 11월 초순까지 설치하고 주기적으로 낙하종자를 수집하였다. seed trap은 2009년부터 2013년까지 설치, 조사하였다(Figure 2). 수집된 종자량으로 ha당 종자낙하량을 산출하였다.

## 5. 통계 분석

종자활력 측정치 등의 평균비교와 유의성 검증은 SPSS(Ver 19.1)를 이용하여 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 화기구조, 수분시스템 및 성형태

중왕산에서 부게꽃나무는 6월 초순부터 개화하며, 총상 화서로 아래로부터 개화하여 점차 위로 올라가면서 꽃을 피웠다. 꽃은 응성화와 양성화로 구성되었으며, 양성화와 응성화가 총상화서에 위치를 달리하며 집중적으로 많이 달렸으며, 꽃의 배열은 화서마다 서로 달랐다(Figure 3, C, D). 화서 내에서 성형태간 개화시기가 달랐다. 양성화로 암술이 수분되어 자라기 시작한 꽃(Figure 3, A)에서는 수술은 더 이상 성숙하지 않았고 수술이 발달한 꽃에는 암술은 흔적으로만 존재하였다(Figure 3, B). 이러한 결과는 화기구조의 성형태로서는 동일속의 고로쇠나무(Kim, 2011b), 단풍나무(Kim and Kim, 2012), 뜰단풍(Kim, 2011a)과 차이가 없는 것으로 사료된다.

화서 내의 성형태 배열이나 동일 화서 내에서 성형태간 개화시기의 차이로 자가수분을 피하는 전략은 응예선숙과 자예선숙의 이형자용이숙을 하는 단풍나무 속의 고로쇠나무(Kim, 2011b), 단풍나무(Kim and Kim, 2012), 뜰단풍(Kim, 2011a), *Acer mono*(Shibata et al., 1999)의 자가수분 회피전략과 조금 다른 형태라 사료된다.

부게꽃나무 개화시기에 꽃을 찾는 화분매개충으로는 꿀벌류, 나방류, 파리류, 밀빠진 벌레류, 애꽃벌레, 모시밀들이 등이 관찰되었다(Figure 3, E, F). 개화 전에 봉지를 씌운 후 7월 2일경에 풀어서 관찰하니, 어린 시과는 대조구의 그것보다 크기도 작았고, 화서당 시과 수도 매우 적었다(Figure 3, G, H). 이후로도 관찰하였으나 모두 탈락하고 성숙한 시과는 남아있지 않았다. 이러한 결과는 부게꽃나

무가 총매수분하며, 자가수분을 회피하는 기작을 가지고 있음을 의미한다고 사료된다.

화서당 꽃과 시과 수를 2011년 시기별로 조사한 결과를 Table 1에 보였다. 화서당 꽃의 수는 6월 8일에 189개였다가, 6월 21에는 과수당 시과셀의 수는 41.2개였으며, 9월 5일에는 과수당 33.4개로 줄어들었다. 개화 초기인 6월 8일 화서당 평균 189개의 화아가 달려 있었으나, 6월 21일 화서에 달린 시과셀은 평균 41.2개로 줄어들었다. 이러한 감소는 응성화와 수분부족으로 탈락한 양성화 때문이라 사료되며, 그 이후에도 어린 자방을 흡즙하는 해충들의 흡즙으로 인한 피해로 시과셀이 탈락하여 9월 5일에는 화서당 33.4개의 시과셀만 남은 것이라 추정된다.

### 2. 결실 특성 및 종자 활력

2009년부터 2013년까지 부게꽃나무의 시과 낙하량과 종자활력 측정치에 대한 통계분석 결과를 Table 2에 보였다. 시과낙하량은 670~17,930 ea/ha의 범위로 평균은 6,720 ea/ha이었다. 연변동이 있으며, 최고치가 최저치의 26배 가량이었다. 부게꽃나무의 종자낙하량이 상대적으로 적은 것은 연구대상지에서 상대우점치가 7.4%임을 보고한 Kim(2009)의 결과와 같이 상대적으로 낮은 밀도를 보이는 중층수종이기 때문이라 사료된다. 해마다 배의 형태에 따른 종자량 간에 고도의 통계적 유의성이 인정되었다. 배의 형태별 시과수의 연도 간에도 고도의 유의성이 인정되었다. 낙하종자 중 건전배를 가진 종자의 수는 종자 낙하량과는 무관하고 피해·부후, 미발육 및 빈 종자가 감소하는 것과 관련됨을 확인할 수 있었다.

부게꽃나무 시과를 10월 초순에 채종하여 임의추출한 50립씩의 종자에 대하여 3반복으로 절단법에 의하여 종자활력을 측정된 결과를 Figure 4와 Table 2에 보였다. 배의 상태에 따른 시과의 분류로는 건전배를 가진 것(Figure 4, D)이 43.2%(21.6/50)로 가장 많았고, 다음으로 피해·부후인 것이 41.8%(20.9/50)로 많았으며, 미발육 10.2%, 쪽정이배 4.8%호 상대적으로 적게 나타났다. 이러한 결과는 여러 산지에서 조사·보고(Kim and Kim, 2011)한 부게꽃

**Table 1. Number of flower buds and samara sets of *Acer ukurunduense* on each date.**

	No. of flower buds per inflorescence (Jun. 8)	No. of samara sets per inflorescence (Jun. 21)	No. of samara sets per inflorescence (Sep. 5)
Range	108~285	32~59	22~52
mean ± sd	189 ± 52.8	41.2 ± 10.5	33.4 ± 8.4

**Table 2. Mean annual seed viabilities by year.**

Year	Fallen samara (ea/ha)	Sound	Un-developed	Empty	Decayed or damaged	Sum	F-value
2009	11,900	10.0 ± 1.0	10.0 ± 1.0	4.7 ± 0.6	25.3 ± 1.2	50	260.24**
2010	1,250	20.7 ± 2.1	7.3 ± 2.1	0.3 ± 0.3	21.7 ± 3.5	50	61.02*
2011	1,870	38.6 ± 4.6	2.0 ± 2.0	2.7 ± 1.2	6.7 ± 3.1	50	102.85**
2012	670	-*	-	-	-	-	-
2013	17,930	17.0 ± 2.6	1.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	30.0 ± 2.6	50	162.57**
mean	6,724	21.6	5.1	2.4	20.9	50	
F-values		53.21**	23.75*	19.28*	40.75**		

\* means no data available due to insufficient fruiting

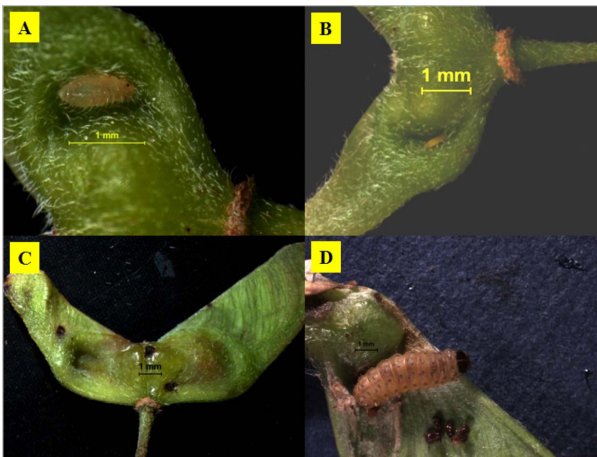


Figure 5. Damaged samara and insect pests.; Chermidae sp.(A); Plaeothripidae sp.(B); young samaras with the openings by insect pests(C); Larva of *Bradybatus sharpi*(D).



Figure 6. Natural seedling of *Acer ukurunduense* in the forest.

나무 건전배 43.2%와는 같은 경향이며, 복장나무 20.1%, 고로쇠나무 16.8%, 우산고로쇠 8.6%, 당단풍나무 22.2% 보다는 높은 값이었다. 단풍나무 건전배 46.6%(Kim and Kim, 2012)와는 비슷한 경향이며, 뜰단풍 56%(Kim, 2011a)보다는 조금 낮은 편이었다.

부후 또는 피해입은 시과가 평균 60%에 달하는 것은 봄철 어린 시과를 흡즙하는 나무이(Figure 5, A), 총채벌레(Figure 5, B), 진딧물류 등의 흡즙성 곤충들에 의한 어린 자방의 흡즙피해와 2차적인 진균이나 세균의 감염으로 인한 부후로 추정된다. 부계꽃나무의 배가 다른 단풍나무류에 비하여 작아 매우 드물지만 고로쇠나무(Kim, 2011b)와 우산고로쇠(Kim and Kim, 2011)의 시과를 가해하는 검정긴꽃바구미가 가해하기도 한다는 사실을 확인하였다(Figure 5, D).

이러한 결과로 볼 때 연구 대상지에서 부계꽃나무의 건전종자 생산량을 좌우하는 요인은 개화기인 6월 초순에 화분매개충의 활동과 어린 자방이 자라는 6월 초·중순 흡즙성 해충의 밀도와 활동성이 가장 중요한 요인이라 사료된다. 낙하종자에 대한 설치류의 피식, 건조의 피해, 낙

엽층의 발아방해 등을 고려하면 부계꽃나무 등의 천연갱신이 잘 이루어지지 않는 것이 건전종자의 공급량 부족이 하나의 원인일 수 있을 것이라 사료된다. 부계꽃나무의 천연갱신은 종자다산해에 발아와 생장에 유리한 조건을 갖춘 겹에서 이루어질 것으로 사료된다(Figure 6).

### 감사의 글

이 연구는 산림과학기술개발사업(2012-2015)의 연구비 지원에 의하여 수행한 연구임.

곤충류의 동정을 도와주신 상지대학교 류동표 교수님과 오랜 기간 조사를 함께한 상지대학교 ‘늘푸른솔’ 회원들의 노고에 감사드립니다.

### References

- Cho, H.S., Kim, G.T. and Choo, G.C. 2005. Studies on the structure of forest community at the Danggol Valley in Taebaeksan area, the Baekdudaegan. Korean Journal of Environment and Ecology 19(1): 55-62.
- Clason, T.R. 2002. Cost effectiveness of natural regeneration for sustaining production continuity in commercial pine plantations. Pages 287-290 in Outcall, Kenneth W., ed. Proceedings of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. General Technical Report SRS-48. Asheville, NC: USDA, Forest Service, Southern Research Station, pp. 622.
- Crawley, M. J. 1989. Insect herbivores and plant population dynamics. Annual Review of Entomology 34: 531-564.
- Filipiak, M. 2002. Age structure of natural regeneration of European silver-fir (*Abies alba* Mill.) the Sudety Mts. Dendrobiology 48: 9-14.
- Fukumoto, H. and Kajimura, H. 2003. Seed-Insect Fauna in Pre-Dispersal Acorns of *Quercus variabilis* and *Q. serrata* and Its Impact on Acorn Production. In pages 90-93, Proceedings: IUFRO Kanazawa 2003 “Forest Insects Population Dynamics and Host Influences”.
- Gautam, M.K., Tripathi, A.K., and Manhas, R.K. 2007. Indicator species for the natural regeneration of *Shorea robusta* Gaertn. f.(sal). Current Science 91(10): 1359-1361.
- Grubb, P.J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: The importance of the regeneration niche. Biological Review 52: 107-145.
- Harmer, R. and Kerr, G. 1995. Natural Regeneration of Broadleaved Trees. Research Division of the Forestry Commission, Research Information Note 275, pp. 6.
- Harmer, R. and Grill, R. 2000. Natural Regeneration in Broadleaved Woodland: Deer Browsing and the Establishment of Advance Regeneration. Information Note 35. Forestry Commission, Edinburgh, pp. 6.
- Heineman, J.L., Simard, S.W. and Mather, W.J. 2002. Natural Regeneration of Small Patch Cuts in a Southern Inte-

- rior ICH Forest. British Columbia, Ministry of Forests, Forest Science Program, Working Paper 64, pp. 14.
- Hulme, P.E. 1998. Post-dispersal seed predation: consequences for plant demography and evolution. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 1(1): 32-46.
- Ishikawa, Y. and Ito, K. 1989. The regeneration process in a mixed forest in central Hokkaido, Japan. *Vegetatio* 79: 75-84.
- Ishikawa, Y. and Krestov, P.V. 1999. Disturbance history and tree establishment in old-growth *Pinus koraiensis*-hardwood forests in the Russian Far East. *Journal of Vegetation* 10: 439-448.
- Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Biology and Systematics* 2: 465-492.
- Jin, G., Xie, X., Tian, Y., and Kim, J.H. 2006. The Pattern of Seed Rain in the Broadleaved-Korean Pine Mixed Forest of Xiaoxing an Mountains, China. *Journal of Korean Forestry Society* 95(5): 621-627.
- Jin, Y.H., Lee, D.K., and Kang, H.S. 2005. Natural regeneration characteristics of *Pinus koraiensis*-Broadleaved forests after selective cutting in Mt. Changbai. *Journal of Korean Forestry Society* 94(1): 6-10.
- Karlsson, M. 2001. Natural Regeneration of Broadleaved Tree Species in Southern Sweden -Effects of silvicultural treatments and seed dispersal from surrounding stands-. Doctoral thesis, Swedish Univ. of Agricultural Sciences, pp. 44.
- Kim, D.S. 2010. Apoptotic effect of oleanolic acid from stem bark extracts of *Acer ukurunduense* Trautv. et Meyer on rat C6 glioma cells. A MS Thesis Graduate School, Kookmin University. pp. 41.
- Kim, G.T. 2011a. Sex morph, fruiting characteristics, and seed viability of *Acer palmatum* var. *matsumurae*(Koidz.) Makino. *Journal of Korean Forest Society* 100(2): 131-135 (in Korean with English abstract).
- Kim, H.J. 2011b. Effects of Sex Morph, Flowering, Fruiting and Insect Predation on Viable Seed Production of *Acer pictum* subsp. *mono* in Mt. Jungwang, Gangwon-do, Korea. MS Thesis, Seoul National University, pp. 46 (in Korean).
- Kim, G.T. and Kim, H.J. 2012. Sex morph, fruiting habit, and seed viability of *Acer palmatum*. *Journal of Korean Forest Society* 101(1): 91-95 (in Korean).
- Kim, G.T. and Kim, H.J. 2011. Studies on the seed characteristics and seed viabilities of six *Acer* species in relation to natural regeneration in Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology Society* 25(3): 358-364 (in Korean).
- Kim, W.S. 2009. Effects of different Seedbeds on Natural Regeneration of *Abies nephrolepis* Maxim. in the Southern Sichote-Alin Mountains, Primorsky Kari, Far East Russia and Mt. Jungwang, Gangwon-do, Republic of Korea. MS thesis, Graduate School, Kangwon National University, pp. 41.
- Kim, Y.S. 2006. A Study of Morphological Variation and Habitat of the *Oplopanax elatus*. MS thesis, Graduate School, Kangwon National University, pp. 41 (in Korean).
- Ko, S.Y. 2013. Stand Structure and Disturbance Regime of the *Picea jezoensis* in Mt. Gyeongsan. Ms thesis, Graduate School, Kongju National University, pp. 87 (in Korean).
- Koenig, W.D. and Knops, J.M.H. 2000. Patterns of annual seed production by Northern Hemisphere trees: A global perspective. *The American Naturalist* 155(1): 59-69.
- Kubota, Y. and Hara, T. 1995. Tree competition and species coexistence in a sub-boreal forest, northern Japan. *Annals of Botany* 78: 741-748.
- Kubota, Y. and Hara, T. 1996. Recruitment Processes and Species Coexistence in a Sub-boreal Forest in Northern Japan. *Annals of Botany* 78: 741-748.
- Lee, D.K., Shin, M.Y., Kim, G.T., Kwon, K.W., Kim, J.H., and Park, P.S. 2009. Practical Application Research on Eco-friendly Silvicultural Techniques and Development of Sustainable Forest Management Techniques in Natural Hardwood Forests. Korea Forest Service. Research Report, pp. 337 (in Korean).
- Lee, I.Y. 2003. Temporal Changes in the Vegetation and Microenvironmental Factors Affecting the Vegetation Distribution in Mt. Sorak. Ms thesis, Graduate School, Catholic University, pp. 74.
- Liu, Q.J. 1997. Structure and dynamics of the subalpine coniferous forest on Changbai mountain, China. *Plant Ecology* 132: 97-105.
- Moon, H.S. 2001. Studies on the forest vegetation structure in subalpine zone of Mt. Deokyu National Park. *Journal of Agriculture and Life Sciences* 35(2): 47-54 (in Korean).
- Shibata, M., Kikuchi, S., Tanaka, H., Sueyoshi, H., Yoshimaru, H., and Niiyama, K. 2009. Effects of population density, sex morph, and tree size on reproduction in heterodichogamous maple, *Acer mono*, in a temperate forest of Japan. *Ecological Research* 24: 1-9.
- Tal, O. 2009. *Acer pseudoplatanus* (Sapindaceae): Heterodichogamy and thrips pollination. *Plant Systematics and Evolution* 278: 211-221.
- Tanaka, H. 1995. Seed demography of three co-occurring *Acer* species in a Japanese temperate deciduous forest. *Journal of Vegetation Science* 6: 887-896.
- Um, T.W. and Kim, G.T. 2006. Distribution and Growth Characteristics of *Acer pictum* var. *mono* in Relation to Topography and Soil in Mt. Joongwang, Gangwon Province. *Korean Society of Environment and Ecology* 20(2): 200-207 (in Korean).
- Yasaka, M., Terazawa, K., Koyama H., and Kon, H. 2003. Masting behaviour of *Fagus crenata*: spatial synchrony and pre-dispersal seed predation. *Forest Ecology and Management* 184: 277-284.
- Zerbe, S. 2002. Restoration of natural broad-leaved woodland in Central Europe on sites with coniferous forest plantation. *Forest Ecology and Management* 167: 27-42.