

천연갱신과 관련된 한국산 단풍나무속 6종의 종자특성과 종자활력에 관한 연구¹

김갑태^{2*} · 김희진³

Studies on the Seed Characteristics and Viabilities of Six *Acer* Species in Relation to Natural Regeneration in Korea¹

Gab-Tae Kim^{2*}, Hoi-Jin Kim³

요 약

단풍나무류의 활력있는 종자의 공급량을 파악해 보고자, 2009년과 2010년의 초가을에 단풍속 6수종, 복장나무, 고로쇠나무, 우산고로쇠, 부계꽃나무, 당단풍 및 단풍나무 종자를 채취하여 종자특성과 종자활력을 조사하였다. 화서형태는 복장나무, 당단풍과 단풍나무는 산방화서(corymb), 고로쇠나무와 우산고로쇠는 위가 편평한 원추화서(flat-topped panicle), 부계꽃나무는 총상화서(raceme)였다. 화서당 종자셀의 개수는 부계꽃나무가 38.5개로 가장 많았고, 당단풍이 2.4개로 가장 적었다. 종자직경은 우산고로쇠가 13.5mm로 가장 크고, 당단풍이 4.7mm로 가장 작았다. 시과의 각도는 당단풍이 130.05°로 가장 크고, 부계꽃나무가 48.60°로 가장 작았다. 20 시과셀의 건조중량은 우산고로쇠가 3,900mg으로 가장 무거웠고, 부계꽃나무가 404mg으로 가장 가벼웠다. 채종한 단풍나무류 종자의 건전종자의 비율은 단풍나무는 50%, 다음으로 부계꽃나무는 43.2%로 나타났다. 나머지 4 수종은 8.6~22.2% 정도로 나타나, 낙하종자에 대한 설치류의 피식량, 건조의 피해, 낙엽층의 발아방해 등을 고려하면 고로쇠, 우산고로쇠 복장나무, 당단풍나무 등의 천연갱신이 잘 이루어지지 않는 것이 건전종자의 공급량 부족이 하나의 원인일 수 있을 것이라 사료된다. 고로쇠, 우산고로쇠, 부계꽃나무 및 당단풍나무의 종피에서 벌레에 의한 천공피해가 관찰되었으며, 고로쇠나무와 우산고로쇠의 종자에서는 검정긴꽃바구미(*Bradybatus sharpi*)가 공통적으로 관찰되었다. 단풍나무류의 천연갱신을 이해하기 위해서 종자결실과 비산전후 종자피식 문제에 대한 장기간의 연구가 필요할 것이라 사료된다.

주요어: 종자형태, 절단법, 검정긴꽃바구미, 종자피식

ABSTRACT

To examine the possibility of natural regeneration of six *Acer* species in broadleaved mixed forest in Korean peninsula, samples of six *Acer* species' samaras were collected at several seed sources from September to October 2009 and 2010, and seed morphological characteristics and viability were studied using cutting method. Inflorescence type of *Acer mandshuricum*(AM), *A. pseudosieboldianum*(APS) and *A. palmatum*(AP) is corymb, that of *A. pictum* subsp. *mono*(APSM) and *A. okamotoanum*(AO) is flat-topped panicle, and that of *A. ukurunduense*(AU) is raceme. Number of seed-set per inflorescence proves the highest value 38.5 sets in AU

1 접수 2010년 11월 22일, 수정(1차: 2011년 6월 13일), 게재확정 2011년 6월 14일

Received 22 November 2010; Revised(1st: 13 June 2011); Accepted 14 June 2011

2 상지대학교 산림과학과 Dept. of Forest Sciences, College of Life Sci. & Resour., Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea

3 서울대학교 대학원 산림과학부 Dept. of Forest Sciences, Graduate School, Seoul Natl. Univ. Seoul(151-291), Korea

* 교신저자 Corresponding author(gtkim@sangji.ac.kr)

and the lowest value 2.4 sets in APS. Diameter of the seeds proves highest value 13.5mm in AO, and the lowest value 4.7mm in APS. Angles between the wings proves the highest values 130.05° in APS, and the lowest value 48.60° in AU. Air dry weight of 20 seed-sets proves highest value 3,900mg, in AO, and the lowest value 404mg in AU. Viable seed ratio of AP proves 50%, and that of AU does 43.2%. Those of other four species ranges 8.6~22.2%. Considering postdispersal seed predators and disturbance of litter, viable seeds of APSM, AO, AM, and APS supplied in the natural forest in Korea might be insufficient for seedling establishment. This study showed that sound viable seed supply might be key factors of natural regeneration of major *Acer* species in Korea. The openings made by insect pests were observed on the seed-coat of APSM, AM, AU, and APS samara, and *Bradybatus sharpi* were observed in the samaras of APSM and AO. Further study on the seed insect fauna, pre- and post-dispersal seed viability, and annual variation on these factor should be needed.

KEY WORDS: SEED MORPHOLOGY, CUTTING METHODS, *Bradybatus sharpi*, SEED PREDATION

서론

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, regeneration niche에는 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; Renner *et al.*, 2007), Pre-dispersal seed predation(Kim and Lee, 2010; Kim *et al.*, 2010; Fukumoto and Kajimura, 2003; Tanaka, 1995)과 post-dispersal seed predation(Yasaka *et al.*, 2003; Hulme, 1998; Harmer and Gill, 1995; Myster and McCarthy, 1989; Janzen, 1971), 결실주기(Piovesan and Adams, 2001; Herrera *et al.*, 1998) 등을 포함한 활력 있는 종자의 생산과 공급(Övergaard *et al.*, 2007; Karlsson, 2001; Koenig and Knops, 2000; Schupp, 1990; Ishikawa and Ito, 1989; Crawley, 1989), 종자발아와 성장, 하층식생의 영향(Filipiak, 2002), 토양특성 등의 입지인자(Gautam *et al.*, 2007; Masaki *et al.*, 2007), 수종의 생태적 특성(Heineman *et al.*, 2002) 등 다양한 요인과 관련이 있다.

단풍나무류 천연갱신은 천연활엽수림 관리에 있어 장점이 많으나 아직 체계적인 연구가 부족하여 천연갱신을 유도하는 작업방법이 정립되지 못한 실정이다. 그리고 우리나라 천연활엽수림에는 다양한 종들이 어우러져 자라고 있어 활엽수림 천연갱신의 양상은 매우 복잡하며 구명하기 힘든

실정이다. Um and Kim(2006)은 중왕산의 고로쇠나무는 토양의 A층이 깊고 적습하고 비옥한 토양의 북동, 북, 북서향의 사면에 분포하며, 거제수나무, 복장나무, 신갈나무 및 층층나무와 함께 상층을 이루고 있음을 보고하였다. Lee *et al.*(2000)은 점봉산 활엽수림의 천이 경향을 분석하여 신갈나무와 음나무에 비하여 천이가 진행되면서 고로쇠나무는 상대밀도가 높아질 것이라 주장하였다. 우리나라의 천연림의 주요 수종 중 단풍나무류로는 복장나무, 복자기나무, 고로쇠나무, 부계꽃나무, 당단풍나무, 시닥나무, 산겨릅나무 등이 분포하는데, 고로쇠나무와 복장나무는 특용수 생산 수종으로 천연활엽수의 주요 수종이며, 고로쇠나무는 전통적으로 수액을 음용했기에 최근 많은 관심을 끄는 수종(Lee *et al.*, 1995)이다.

이에 본 연구는 성공적인 천연갱신의 결과를 얻기 위해 우선적으로 필요한 활력 있는 종자의 공급량을 파악해 보고자, 2009년과 2010년의 초가을에 단풍나무속의 6수종, 복장나무, 고로쇠나무, 우산고로쇠, 부계꽃나무, 당단풍나무 및 단풍나무 종자를 채취하여 종자의 종자활력을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 단풍나무속 6종의 종자 산지

Table 1에 이 연구에서 채종한 수종들과 종자 산지를 보였다. 복장나무와 우산고로쇠는 평창군 중왕산과 울릉도에서 각각 해마다 초가을에 채종한 시료를 이용하였고, 고로쇠나무, 부계꽃나무, 당단풍나무와 단풍나무는 여러 지역에서 채종된 종자를 시료로 활용하였다.

Table 1. List of studied species, seed sources and collected season

Species	Seed sources	Season of collection
<i>A. mandshuricum</i>	Mt. Jungwang	Sept.~ Oct., 2010
<i>A. pictum</i> subsp. <i>mono</i>	Mt. Jungwang, Baekun in Kangwon, and in Chonnam	Sept.~ Oct., 2009, 2010
<i>A. okamotoanum</i>	Ulreung island	Sept., 2009, 2010
<i>A. ukurunduense</i>	Mt. Jungwang, Odae, Baekun in Kangwon	Sept.~ Oct., 2009, 2010
<i>A. pseudosieboldianum</i>	Mt. Jungwang, Chiak, Baekun in Kangwon	Sept.~ Oct., 2009, 2010
<i>A. palmatum</i>	Seoul, Wonju, Mt. Chiak	

2. 단풍나무류 종자의 특성 측정

종자특성은 화서의 형태, 화서당 종자셀 수, 종자직경, 날개 길이, 날개의 각도 등을 25개 종자셀 × 2반복으로, 기건 중량은 20개 종자셀 × 5반복으로 측정하여 수중 간 통계 분석을 하였다.

3. 단풍나무류 종자의 활력 측정

산지별로 채종한 종자에서 임의추출한 50립을 대상으로 핀셋과 해부용 칼을 이용하여 세로로 잘라서 배를 직접 관찰하는 방법으로 건전종자, 미발육 종자, 쪽정이 종자, 부후하거나 피해입은 종자 등으로 분류하였다. 채종시기나 산지별로 2반복으로 측정하여 수중별로 다르나 4-9반복의 절단 검사 자료로 수중 간 비교를 위한 통계분석을 하였다.

결과 및 고찰

1. 단풍나무류 6종의 화서와 시과 특성

화서형태는 복장나무, 당단풍과 단풍나무는 산방화서(corymb), 고로쇠나무와 우산고로쇠는 위가 편평한 원추화서(flat-topped panicle), 부계꽃나무는 총상화서(raceme)였다(Figure 1). 화서당 종자셀의 개수는 부계꽃나무가 38.5개로 가장 많았고, 당단풍나무가 2.4개로 가장 적었다. 종자직경은 우산고로쇠가 13.5mm로 가장 크고, 당단풍나무가 4.7mm로 가장 작았다. 시과의 각도는 당단풍나무가 130.05°로 가장 크고, 부계꽃나무가 48.60°로 가장 작았다. 열매의 건조중량은 우산고로쇠가 가장 무거웠고, 부계꽃나무가 가장 가벼웠다. 측정된 단풍나무류 종자의 형태적 특성차이는 수중 간 통계적 유의성이 인정되었다(Table 2). 특히 동일종

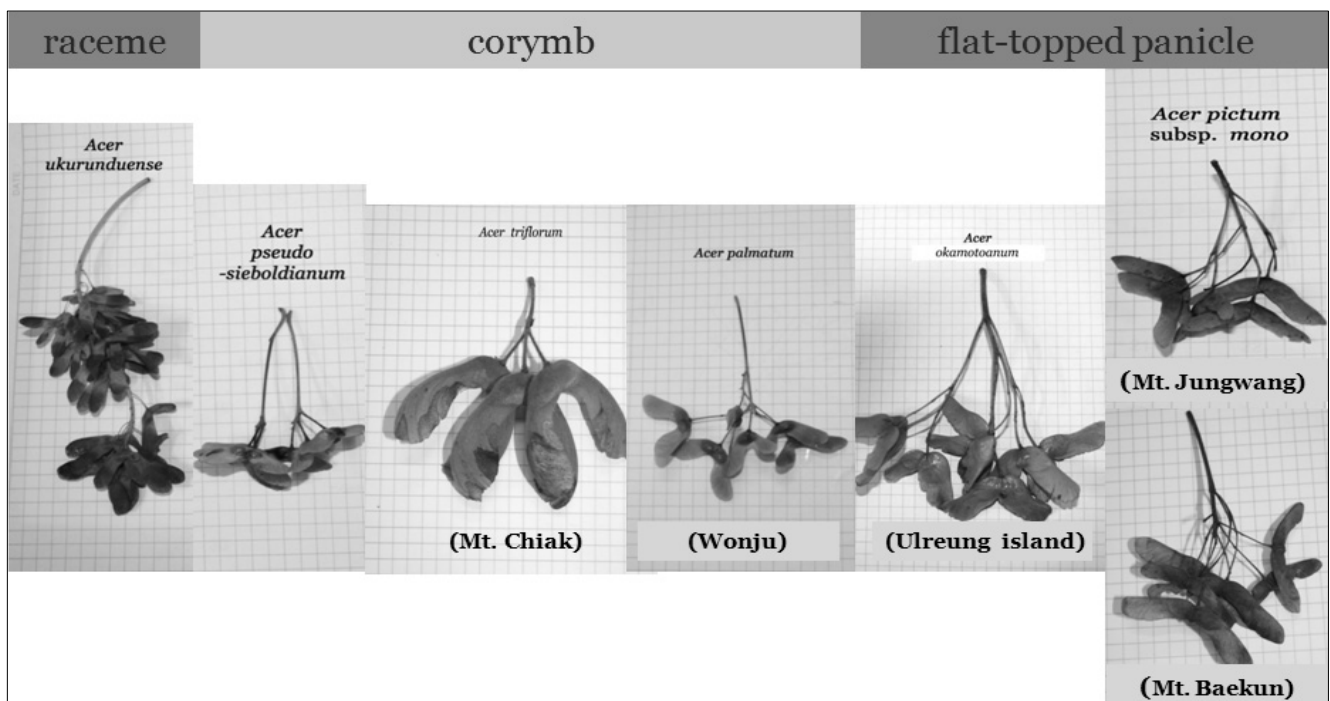
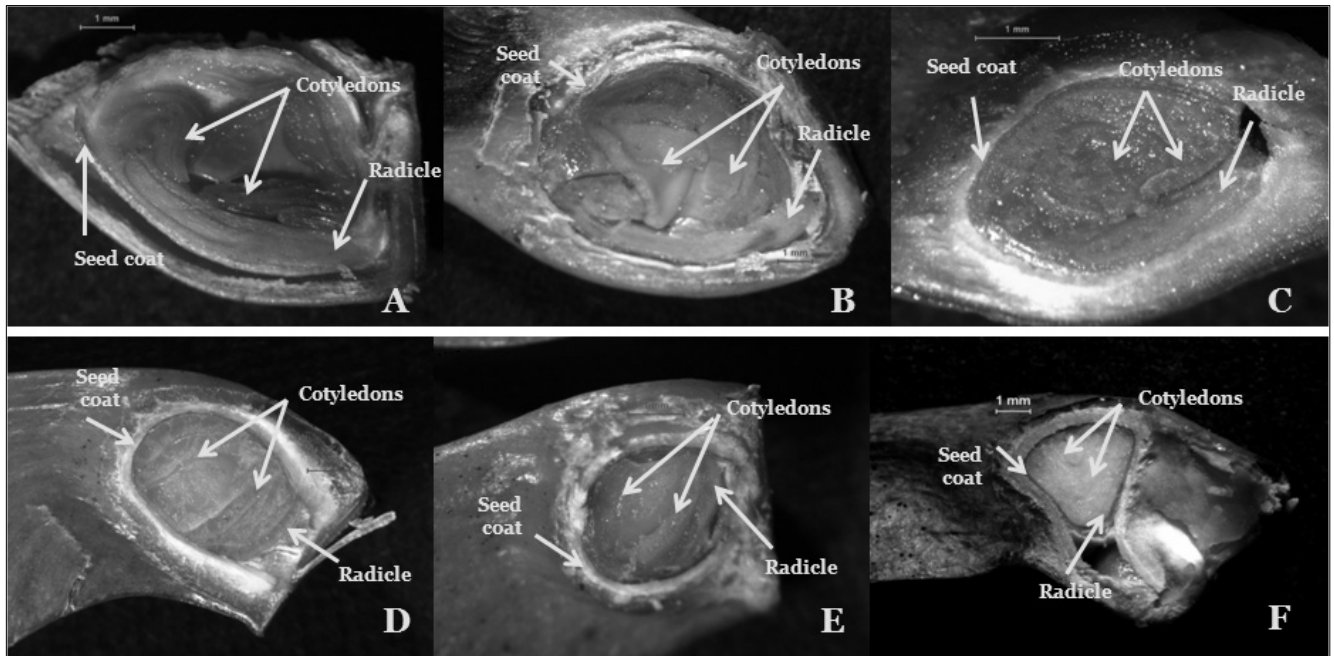


Figure 1. Inflorescence type of six *Acer* species

Table 2. Inflorescence type and samara morphological characteristics of six *Acer* species

Species	Inflorescence type	No. of seed-set/ inflorescence	Diameter of the seed (mm)	Length of the wing (mm)	Angles between the wings (O)	Air dry weights of 20 seeds (mg)
<i>Acer mandshuricum</i>	Corymb	3.1 ± 0.17 b	7.4 ± 0.23 b	24.1 ± 0.65 d	85.40 ± 1.93 b	2,756 ± 85 d
<i>A. pictum</i> subsp. <i>mono</i>	Flat-topped panicle	2.8 ± 0.27 a	7.3 ± 0.13 b	10.4 ± 0.65 a	113.45 ± 3.24 d	655 ± 43 b
<i>A. okamotoanum</i>	Flat-topped panicle	7.4 ± 0.95 b	13.5 ± 0.13 c	22.6 ± 0.65 d	87.30 ± 1.753 b	3,900 ± 96 e
<i>A. ukurunduense</i>	Raceme	38.5 ± 3.38 c	5.2 ± 0.70 a	10.7 ± 0.27 ab	48.60 ± 2.07 a	404 ± 22 a
<i>A. pseudosieboldianum</i>	Corymb	2.4 ± 0.17 a	4.7 ± 0.18 a	14.3 ± 0.56 c	130.05 ± 2.56 e	830 ± 40 c
<i>A. palmatum</i>	Corymb	3.6 ± 0.26 b	5.2 ± 0.72 a	18.5 ± 0.43 b	94.20 ± 2.65 c	762 ± 36 bc
F - values		191.64**	38.74**	96.15**	142.73**	228.39**

Differences in letters in vertical columns indicate significant difference at 5% level for Duncan test

Figure 2. Seed morphology of six *Acer* species

(A: *Acer pictum* subsp. *mono*, B: *A. okamotoanum*, C: *A. ukurunduense*, D: *A. palmatum*, E: *A. pseudosieboldianum*, F: *A. mandshuricum*)

으로 최근 이명처리한 우산고로쇠는 고로쇠나무와의 종자 특성이 매우 다름을 알 수 있었다.

단풍나무류의 종자의 내부구조를 Figure 2에 보였다. 모든 수종에서 배젖이 없고 배만 종피 내에 딱 차있는 형태였다. 복장나무에서만 특이하게 시과가 분리되는 부분에 빈공간이 만들어져 있고 그 바깥쪽에 배가 자라는 형태를 보였다.

2. 한국산 단풍나무류 6종의 종자 활력

배의 상태별 종자립수 평균과 통계처리 결과를 Table 3에 보였다. 채종시까지 활력 있는 종자의 비율은 단풍나무가 50%(25/50)로 가장 높았고, 우산고로쇠가 8.6%(4.3/50)로 가장 낮았다. 고로쇠나무의 건전종자 비율은 21%로 나타나, Kim and Lee(2010)의 고로쇠나무 낙하종자의 6.6%보다는 높게 나타났으며, Kim *et al.*(2010)의 고로쇠나무 채종종자에서 평균 30%의 종자에서 바구미 산란공이 발견되었고 평균 13%는 건전종자였음을 보고한 결과보다는 건전종자 비율이 조금 높았다. 부후되거나 피해를 입은 종자는 우산고로쇠에서 70%(35/50)로 가장 많았고, 복장나무에

Table 3. Mean seed number of six *Acer* species by seed status

Species	Seed Status (Mean ± SE)				Total
	Sound embryo	Undeveloped embryo	Empty seed	Decayed or damaged embryo	
<i>Acer mandshuricum</i>	10.5 ± 1.29 b	3.5 ± 0.95	25.0 ± 3.30 a	11.5 ± 3.11 d	50
<i>A. pictum</i> subsp. <i>mono</i>	8.4 ± 0.94 bc	4.7 ± 1.18	5.9 ± 0.77 b	31.0 ± 2.43 a	50
<i>A. okamotoanum</i>	4.3 ± 0.59 c	5.4 ± 1.04	5.3 ± 0.74 b	35.0 ± 1.68 a	50
<i>A. ukurunduense</i>	21.6 ± 3.06 a	2.9 ± 1.03	1.5 ± 0.71 c	24.0 ± 2.46 b	50
<i>A. pseudosieboldianum</i>	11.1 ± 1.52 b	2.6 ± 0.72	1.4 ± 0.42 c	34.9 ± 1.62 a	50
<i>A. palmatum</i>	25.0 ± 1.70 a	7.0 ± 1.72	0.3 ± 0.28 c	17.7 ± 2.30 c	50
F-values	20.05**	2.05NS	66.90**	10.76**	

Differences in letters in vertical columns indicate significant difference at 5% level for Duncan test

서 23%(11.5/50)로 가장 적은 편이었다.

특히 벌레에 의한 피해는 당단풍나무, 우산고로쇠, 고로쇠나무 및 부계꽃나무에서 20~30%의 천공종자가 관찰되었고, 단풍나무와 복장나무에서는 천공종자가 거의 없었다. 선행연구(Kim and Kim, 2010)에서 20~35%의 천공피해를 밝힌 것과 비슷한 경향이라 판단된다. 고로쇠나무와 우산고로쇠의 종자에서는 검정긴꽃바구미(*Bradybatus sharpi*)가 공통적으로 관찰되었으며, 구멍의 크기가 조금 작은 부계꽃나무와 당단풍나무에서는 애벌레나 성충을 관찰할 수 없었다(Figure 3). 검정긴꽃바구미는 5월부터 7월 사이에 단풍나무류에서 채집되며 겨울에는 낙엽에서 월동하고, 경기도 수리산, 강원도 계방산, 경북 봉화산, 소백산과 울릉도, 그리고 제주 수장원에서 채집된 바 있으며(Hong et al., 2000), 한국에서는 Kwon and Lee(1986)가 처음으로 보고하였고, Bae and Moon(1993)도 보고하였으며, 일본에서도

Kojima and Morimoto(1994)가 보고한 바 있다. 이 번 조사에서 강원도 백운산과 중왕산, 전남 백운산의 고로쇠나무와 울릉도의 우산고로쇠의 종자에서 채집된 검정긴꽃바구미의 확인은 의미 있는 결과라 판단된다.

Figure 4에 조사대상 6종의 단풍나무류 종자에서 상대적으로 높은 비율로 나타난 종자상태를 수종별로 보였다. 복장나무에서는 쪽정이(parthenocarpy) 종자가 50%로 많았고(Figure 4, A), 고로쇠나무, 우산고로쇠 및 당단풍나무에서는 부후종자가 62%, 70% 및 69.8%로 나타났다(Figure 4, B, C and E). 부계꽃나무와 단풍나무에서는 상대적으로 건전종자가 43.2%와 50%로 나타났다(Figure 4, D and F). 고로쇠와 우산고로쇠에서 20~30%의 검정긴꽃바구미(*Bradybatus sharpi*)의 피해를 관찰한 결과는 Tanaka(1995)가 일본의 단풍나무류에서 24~38%의 긴꽃바구미(*Bradybatus limbatus*) 피해를 보고한 것과 비슷한 경향이라 판단된다.

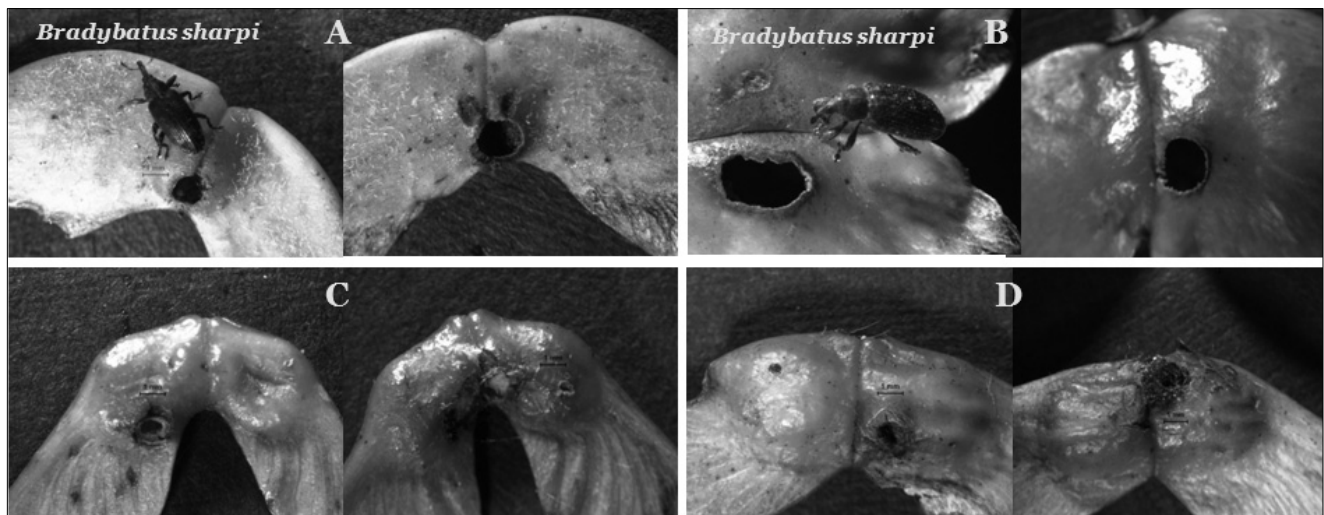


Figure 3. The openings on the seeds of four *Acer* species made by insect pests
(A: *Acer pictum* subsp. *mono*, B: *A. okamotoanum*, C: *A. ukurunduense*, D: *A. palmatum*,
E: *A. pseudosieboldianum*, F: *A. pseudosieboldianum*)

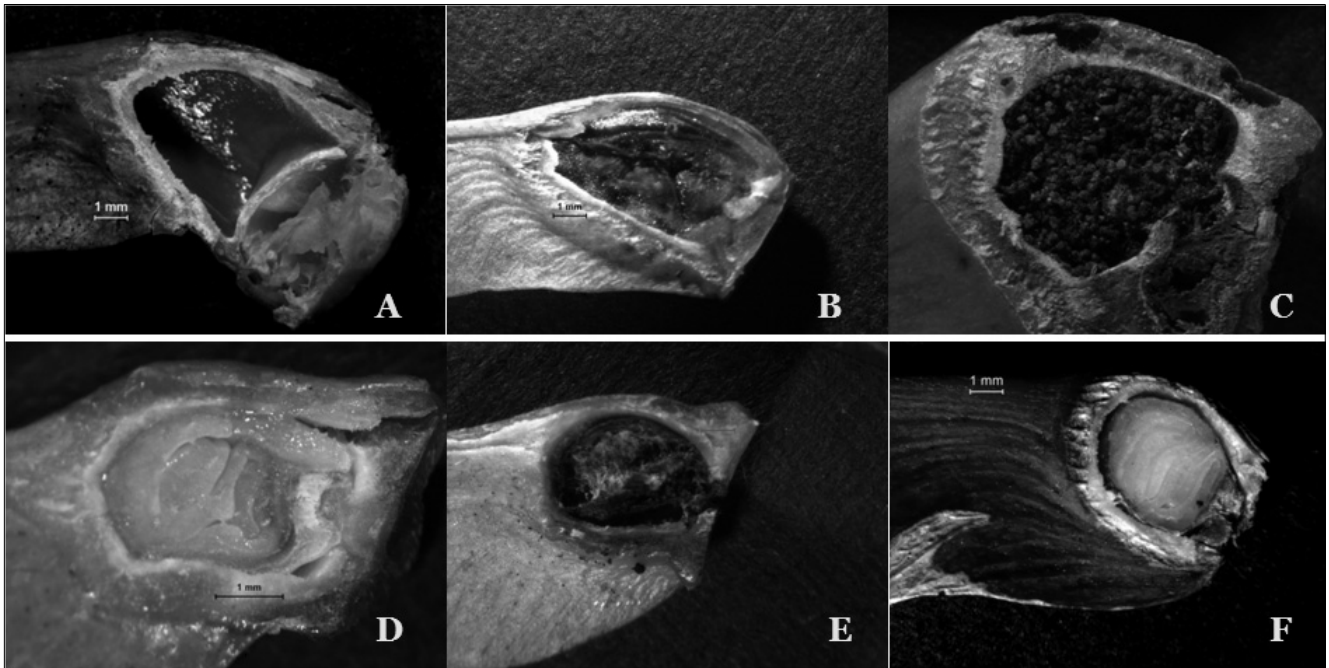


Figure 4. Most frequently observed seeds of six *Acer* species

(A: *Acer mandshuricum*, B: *Acer pictum* subsp. *mono*, C: *A. okamotoanum*, D: *A. ukurunduense*, E: *A. pseudosieboldianum*, F: *A. palmatum*)

복장나무의 단위결실하는 특성이 종자가해 해충으로부터 방어하기 위한 전략인지 이가화로의 진화하는 과정에서 수분실패가 많은 탓인지는 앞으로 더욱 연구해야 할 과제라 판단된다.

단풍나무류의 종자를 가해하는 절지동물로는 나방류 애벌레, 파리류 애벌레, 총채벌레, 단풍알락진딧물, 진사진딧물, 검정긴꽃바구미 애벌레와 성충 등이었으며, 가장 피해가 심한 것은 검정긴꽃바구미였다.

이상의 결과에서 단풍나무와 부계꽃나무는 건전종자의 생산량이 어느 정도 확보될 수 있으나, 고로쇠나무, 우산고로쇠, 당단풍나무의 경우 건전종자의 생산량이 상대적으로 부족하여 천연갱신에 부정적으로 영향할 것이라 사료된다. 아울러 단풍나무류의 천연갱신을 위해서 종자결실과 비산전후 종자피식 문제에 대한 장기간의 연구가 필요할 것이라 사료된다.

인용문헌

- Bae, S.A. and T.Y. Moon(1993) Entomofauna and their Conservation associated with Riparian Grasslands between Yangsu-ri to Chongpyung-ho, Kyounggi-do. Bulletin of the Korean Association for Conservation of Nature 12: 135-149.
- 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. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Asheville, NC: USDA, Forest Service, Southern Research Station, 622pp.
- Crawley, M.J.(1989) Insect herbivores and plant population dynamics. Ann. Rev. Entomol. 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 H. Kajimura(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., A.K. Tripathi and R.K. Manhas(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 G. Kerr(1995) Natural Regeneration of Broadleaved Trees. Research Division of the Forestry Commission, Research Information Note 275, 6pp.
- Harmer, R. and R. Grill(2000) Natural Regeneration in Broadleaved

- Woodland: Deer Browsing and the Establishment of Advance Regeneration. Information Note 35. Forestry Commission, Edinburgh, 6pp.
- Heineman, J.L., S.W. Simard and W.J. Mather(2002) Natural Regeneration of Small Patch Cuts in a Southern Interior ICH Forest. British Columbia, Ministry of Forests, Forest Science Program, Working Paper 64, 14pp.
- Herrera, C.M., P. Jordano, J. Guitian and A. Traveset(1998) Annual variability in seed production by woody plants and the masting concept: Reassessment of principals and relationship to pollination and seed dispersal. *The American Naturalist* 152(4): 576-594.
- Hong, K.J., A.B. Egorov and B.A. Korotyaev(2000) Illustrated Catalogue of Curculionidae in Korea. Junghaeng-sa, 337pp.
- 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 K. Ito(1989) The regeneration process in a mixed forest in central Hokkaido, Japan, *Vegetatio* 79: 75-84.
- Janzen, D.H.(1971) Seed predation by animals. *Annual Review of Biology and Systematics* 2: 465-492.
- 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, 44pp.
- Kim, G.T. and H.J. Kim(2010) Studies on the seed characteristics and seed viabilities of six *Acer* species in relation to natural regeneration in Korea. *Proceedings of the Korean Society of Environment and Ecology Conference* 21(1): 49-51. (in Korean)
- Kim, G.T., H.J. Kim and T.W. Um(2010) Insect damage on *Acer pictum* subsp. *mono*(Maxim.) Ohashi seeds in Korean peninsula. *The International Forestry Review* 12(5): 391-392. X X III IUFRO World Congress, Forests for the Future: Sustaining Society and the Environment, 23-28 August 2010, Seoul, Republic of Korea.
- Kim, H.J. and D.K. Lee(2010) Seed viability and amount of major fallen broadleaved tree seeds in the middle part of Korean peninsula. *The International Forestry Review* 12(5): 237. X X III IUFRO World Congress, Forests for the Future: Sustaining Society and the Environment, 23-28 August 2010, Seoul, Republic of Korea.
- Koenig, W.D. and J.M.H. Knops(2000) Patterns of annual seed production by Northern Hemisphere trees: A global perspective. *The American Naturalist* 155(1): 59-69.
- Kojima, H. and K. Morimoto(1994) Taxonomic Study of the Subfamily Anthonominae from Japan(Coleoptera: Curculionidae). *Esakia* 34: 147-186.
- Kwon, Y.J. and S.M. Lee(1986) Check list of Weevils from Korea(Coleoptera: Curculionidae) *Insecta Koreana* 6: 57-89.
- Lee, K.J., J.Y. Park, K.H. Park and H. Park(1995) Chemical composition, nutritional value, and saponin content in the spring sap of *Acer mono*. *Journal of Korean Forest Society* 84(4): 415-423.
- Lee, W.S., J.H. Kim and G.Z. Jin(2000) The Analysis of Successional Trends by Topographic Positions in the Natural Deciduous Forest of Mt. Chumbong. *Journal of Korean Forest Society* 90(3): 380-387.
- Masaki, T., K. Osumi, K. Takahashi, K. Hoshizaki, K. Matsune and W. Suzuki(2007) Effects of microenvironmental heterogeneity on the seed-to-seedling process and tree coexistence in a riparian forest. *Ecol. Res.* 22: 724-734.
- Myster, E.W. and B.C. McCarthy(1989) Effects of herbivory and competition on survival of *Carya tomentosa*(Juglandaceae) seedlings. *Oikos* 56: 145-148.
- Piovesan, G. and J.M. Adams(2001) Masting behaviour in beech: Linking reproduction and climatic variation. *Canadian Journal of Botany* 79: 1039-1047.
- Renner S.S., L. Beenken, G.W. Grimm, A. Kocyan and R.E. Ricklefs(2007) The evolution of dioecy, heterodichogamy, and labile sex expression in *Acer*. *Evolution* 61: 2701-2719.
- Schupp, E.W.(1990) Annual variation in seedfall, postdispersal predation, and recruitment of a neotropical tree. *Ecology* 71(2): 504-515.
- Shibata, M., S. Kikuchi, H. Tanaka, H. Sueyoshi, H. Yoshimaru and K. Niiyama(2009) Effects of population density, sex morph, and tree size on reproduction in heterodichogamous maple, *Acer mono*, in a temperate forest of Japan. *Ecol. Res.* 24: 1-9.
- Tal, O.(2009) *Acer pseudoplatanus*(Sapindaceae): Heterodichogamy and thrips pollination. *Plant Syst. Evol.* 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 G.T. Kim(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., K. Terazawa, H. Koyama and H. Kon(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.
- Övergaard, E.R., P. Gemmel and M. Karlsson(2007) Effects of weather conditions on mast year frequency in beech(*Fagus sylvatica* L.) in Sweden. *Forestry* 80(5): 555-565.