

고로쇠나무 개화·결실 특성 및 결실등급에 영향을 미치는 요인에 관한 연구

김희진¹ · 김갑태^{2*}

¹강원대학교 산림경영학과, ²상지대학교 산림과학과

A Study on the Characteristics of Flowering and Fruiting and the Factors Affecting Fruiting Degree of *Acer pictum* subsp. *mono*

Hoi Jin Kim¹ and Gab Tae Kim^{2*}

¹Department of Forest Management, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

²Department of Forest Sciences, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

요약: 고로쇠나무의 개화·결실 특성과 결실에 영향을 미치는 요인들을 파악하고자, 각 지역의 천연활엽수림에 분포하는 고로쇠나무의 개화와 결실특성 및 평창군 중왕산의 성숙한 고로쇠나무 29개체의 조사목에 대하여는 흉고직경, 수고, 수광률, 인접 30 m 이내 고로쇠나무 성목의 개체수, 결실등급을 2009년부터 2014년까지 조사하였다. 고로쇠나무는 응예선숙(Protoandry: PA)과 자예선숙(Protogyny: PG)의 성형태를 가지는 이형자웅이숙(異型雌雄異熟, Heterodichogamy)하는 성형태를 가지고 있었다. 총 29개체 중 8개체는 성형태가 변화되었고, 3개체는 응예선숙에서 자예선숙으로, 5개체는 자예선숙에서 응예선숙으로 성이 전환되었다. 고로쇠나무는 애꽃벌류, 꽃등예류, 기생파리류 등이 수분한다. 어린 자방의 조기낙과는 7월 초순까지 집중적으로 발생하였다. 초기에는 수분실패에 의한 작은 시과들이 많았고, 점차 피해입은 시과가 많아졌다. 연도나 지역에 따라 조기낙하하는 시과의 수에는 변이가 있고, 낙하원인별 시과의 비율도 연도나 지역에 따라 큰 차이를 보였다. 고로쇠나무의 화서는 새 가지의 정단부에 위가 편평한 원추화서로 달리며, 결실된 새 가지에는 이듬해에 꽃눈이 발달할 수 없게 된다. 조사목 중 가장 높은 결실등급이 9.0 이고, 평균 결실등급이 3.8에 불과하였다. 2013년의 평균 결실등급이 4.55로 가장 높고, 시과가 거의 없었던 2014년에는 평균 결실등급이 0.07로 매우 낮게 나타났다. 개체목의 평균 결실등급은 개체목의 수광률과 고도의 상관·회귀가 인정되었다. 이러한 결과는 고로쇠나무 채종림에서 수광생장간벌이 종자 생산량을 제고하는 하나의 방안이 됨을 암시한다고 사료된다.

Abstracts: This study was conducted to understand the characteristics of flowering and the factors affecting fruiting grades of *Acer pictum* subsp. *mono*(APSM), We examined the characteristics of flowering and fruiting in various natural APSM forest, and investigated annual fruiting grade, DBH, tree height, number of APSM trees within 30 m on 29 selected trees in the natural broadleaved forest in Mt. Jungwang in Gangwon-do, from 2009 to 2014. APSM has heterodichogamous sexual system consist of protoandry and protogyny. Eight trees have changed their sex morphs; 3 trees change the sex morph PA to PG, and 5 trees does the sex morph PG to PA. Early fall of young ovary is concentrated until early July. Initially, the small samaras are common, and was gradually increased the samaras suffered insect damage. Most flowers of APSM are pollinated by Andrenidae sp., Syrphidae sp. and Tachinidae sp.. Number of early fall samaras and the status of fallen samaras showed a significant difference by the year and region. Corymbose panicle and young leaves developed on the top of APSM twigs. Newly grown opposite twigs of APSM did not grow sufficiently and had no floral buds. The highest fruiting grade of tree was 9.0, and the mean values was only 3.8. The highest fruiting grade of year was 4.55 in 2013, and the lowest did 0.07 in 2014. Highly significantly correlated and regressed between mean of annual fruiting rates and rates of crown under sun light. This results would imply that thinning for tree growth through improved light absorption might be a method to enhance seed production of APSM in the seed production forest.

Key words: heterodichogamy, sex morph, fruiting habit, Ratio of sunny crown

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

서 론

우리나라 천연활엽수림에는 다양한 종들이 어우러져 자라고 있어 활엽수림 천연개신의 양상은 매우 복잡하며 구명하기 힘든 실정이다. 천연림의 단풍나무류로는 복장나무, 복자기나무, 고로쇠나무, 부계꽃나무, 당단풍나무, 시닥나무, 산겨릅나무 등이 분포하는데, 고로쇠나무와 복장나무는 조림권장 수종이며 천연활엽수의 주요 수종이며, 고로쇠나무는 전통적으로 수액을 음용했기에 최근 많은 관심을 끄는 수종(Lee et al., 1995)이다. 고로쇠나무의 목재는 재질이 치밀하고 단단하여, 가구재 악기재, 건축재 등으로 이용되며, 상수리나무, 자작나무에 이어 세 번째 조림실적이 높은 나무이다. 그러나 현재 고로쇠나무 종자의 생산이 적어, 국내의 조림 수요에 미치지 못하는 실정이다(Kim, 2011). 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. Kim(2003)은 점봉산 활엽수림의 천이 경향을 분석하여 신갈나무와 음나무에 비하여 천이가 진행되면서 고로쇠나무는 상대밀도가 높아질 것이라 주장하였다. 생태계 보전을 위하여 천연개신에 대한 연구는 매우 중요하며, 천연개신에는 개화, 수분 및 결실을 포함한 활력 있는 종자생산, 발아, 정착, 성장 등의 단계가 관련되어 있다(Grubb, 1977). 북반구 수목의 종자생산 연년변이는 진화의 전략이며, 많은 관련인자의 변화에 따라 정규분포한다(Koenig and Knops, 2000). 다심피의 대부분 수목종자의 생산량은 한 해 거르는 전년도의 화아준비 등의 계획에 달려있고, 종자생산 변이는 품매수종이 층매수종보다 크다(Herrera et al., 1998). 이형자용이숙인 일본의 고로쇠나무(*Acer mono*)는 동종의 성체밀도가 높을수록 수분성공률이 높으며, 집단밀도가 높으면 종자식해와 부후종자율이 높았으며, 성형태는 수분 성공률에 영향하지 않는다(Shibata et al., 2009). 온대지방 낙엽활엽수 종실을 가해하는 곤충은 바구미류, 나무좀류가 있고, 말벌은 암꽃을 가해하고(Fukumoto and Kajimura, 2001), 고로쇠나무 낙하종자의 30% 정도가 검정진꽃바구미 피해(Kim, 2011; Kim et al., 2010)를 받는 등 충실종자 생산에 곤충들도 영향한다. 이에 본 연구는 고로쇠나무의 개화와 결실 특성, 개체목의 결실등급과 이에 영향하는 요인을 찾고자, 중왕산 천연활엽수림 등에서 고로쇠나무 개화, 결실 특성과 29개체의 고로쇠나무를 성목에 대하여 결실등급을 6년간 측정하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

연구 대상지는 강원도 평창군의 중왕산 일대로 비교적

잘 보전된 장기적인 천연활엽수림의 생태연구가 진행되는 평창국유림관리소가 관리하는 국유림이다. 이 국유림에서는 고로쇠 수액채취가 이루어지지 않아 기본적인 개화·결실 특성은 물론 고정 조사목에 대한 장기적인 결실등급 조사 등을 실시하였고, 강원도 양구군 해안면, 영월군 중동면, 경북 영양군 수비면, 광양시 옥룡면 등의 고로쇠나무가 다수 분포하는 천연림에서 2012년부터 조사목을 선정하여 부분적으로 개화·결실 특성을 조사하였다.

2. 개화·결실특성 조사

개화조사는 지역별 고로쇠나무의 개화기에 개체목당 3개 이상의 화서를 채취하여 화서당 꽃눈의 수, 꽃의 구조, 성 형태 등을 조사하였다. 고로쇠나무 개화 이후 시기별로 과수의 생장, 어린 자방의 조기낙과 등과 시기별 시과의 생장과 화서당 시과셀 수를 측정하였다. 고로쇠나무의 수분특성을 확인하기 위하여 화서가 자라기 전인 2011년 4월 하순 3개체 고로쇠나무 성목에 대나무와 망사천(tulle, mesh size 1 mm)으로 만든 봉지를 씌웠으며, 망사봉지 속의 가지에 튼튼한 소지 3개씩을 남기며 정리하여 봉지를 씌웠다(Figure 3). 7월 초순 봉지를 걷어내고 시과의 착생여부와 생육상태를 관찰하였다. 또한 개화기의 고로쇠나무 꽃을 찾아드는 화분매개충을 포충망으로 포획하거나 관찰촬영하였다.

3. 개체목의 결실등급 조사

고로쇠나무의 결실등급은 평창군 대화면과 진부면에 걸쳐 있는 중왕산 일원에 생육하는 29주의 개체목에서 시과의 형태적 생장이 완료된 7월 하순 이후 개체목당 방위별로 가지를 선정하여 6년(2009~2014) 동안 관찰 또는 채취하여 측정하였다. 가지 끝으로부터 신초를 관찰하여 과수가 달린 신초가 80% 이상이면 5, 60% 이상 80% 미만이면 4, 40% 이상 60% 미만이면 3, 20% 이상 40% 미만이면 3, 20% 미만이면 2, 없으면 0으로 등급화한다. 한편으로 과수가 달린 신초를 관찰하여 시과셀 수가 7개 이상인 과수가 80% 이상이면 5, 60% 이상 80% 미만이면 4, 40% 이상 60% 미만이면 3, 20% 이상 40% 미만이면 3, 20% 미만이면 2, 없으면 0으로 등급화한다. 개체목의 결실등급은 과수가 달린 신초의 비율과 76V의 시과가 달린 신초의 비율로 결정되는 등급의 합으로 산출하였다.

4. 결실등급과 관련인자의 상관회귀 분석

고로쇠나무의 결실량에 영향하는 인자로는 개체목의 수고, 흉고직경, 생체량, 화분수로서 인접(30 m 이내)성목의 수, 수관의 수광률 등을 이용하였다. 수고는 m단위로, 흉고직경은 cm단위로 측정하였으며, 생체량은 흉고직경² x 수고로 산출하였다. 총매하는 고로쇠나무의 수분조건을

조사목으로부터 30 m 이내에 분포하는 성목의 수로, 고로쇠나무의 물질생산력을 수광률(직사광선을 받고 있는 수관의 비율)로 수량화하였다.

개체목의 6년간 결실등급의 평균과 수고, 흉고직경, 생체량, 인접성목의 수, 수관의 수광률 간의 상관·회귀분석은 SPSS(Ver 22, SPSS inc.)프로그램을 이용하였다. 생체량은 log, 수관의 수광률은 각도수 변환한 값을 분석에 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 고로쇠나무 개화특성

지역과 해발고에 따라 고로쇠나무의 개화시기는 조금씩 다르지만 일부 개체에서는 암술은 흔적기관이고 수술만 8개인 꽃들만 먼저 피며(Figure 1A, C), 이런 개체를 응예선숙(Protoandrous)이라 한다. 다른 개체들은 암술머리가 둘로 갈라지고 8개의 수술을 가진 암꽃들이 먼저 피며(Figure 1B, D), 이런 개체를 자예선숙(Protogynous)이라 한다. 1차 개화에서 서로 다른 개체의 암술과 수술이 교배된다. 화서(Figure 1A, B)에 보이는 20개 가량의 화아들 중 개화한 것은 4-6개 정도이다. 일주일 정도 지나면 1차 개화와 다른 성형태를 갖는 꽃들이 각 개체에서 피어나 교배되어 자가수분을 피하는 전략을 갖는다. 한 개체에서 암꽃의 기능과 수꽃의 기능을 시간적으로 분리시켜 자가수분을 피하려는 것을 자웅이숙(雌雄異熟, Dichogamy)이라 하며, 고로쇠나무는 Renner(2001)와 Bai et al.(2007)이

보고한 암술과 수술을 가진 양성화이나 수술은 성숙하여 꽃가루를 분산하나 암술은 미숙상태로 기능하지 못하는 응예선숙 개체와 암술머리가 성숙하여 수분할 수 있으나 수술은 미성숙상태로 소실되는 자예선숙 개체로 나뉜 자웅이숙의 특수한 형태인 이형자웅이숙(異型雌雄異熟, Heterodichogamy)하는 성형태를 가지고 있었다. 이러한 결과는 고로쇠나무의 성형태는 *Acer pseudoplatanus*(Tal, 2009), *Acer opalus*(Gleiser et al., 2008), *Acer mono*(Shibata et al., 2008), *Acer pictum* subsp. *mono*(Kim, 2011), *Acer palmatum*(Kim and Kim, 2012), *Acer palmatum* var. *matsumurae*(Kim, 2011a), 및 *Acer japonicum*(Sato, 2002) 등과 같이, 단풍나무속에서 광범위하게 보고된 이가화로 진화하는 경로로 이형자웅이숙의 성형태를 갖는다는 보고들과 같은 결과였다.

중왕산에서 장기간 관찰한 고로쇠나무 성목 29 개체의 성형태를 Table 1에 보였다. 21개체는 조사기간 동안 성형태가 변화되지 않았으며, 응예선숙 개체가 15개체, 자예선숙 개체가 6개체였고, 8개체는 성형태가 변화되었고, 3개체는 응예선숙에서 자예선숙으로, 5개체는 자예선숙에서 응예선숙으로 성이 전환되었다. 이러한 결과는 *Acer*

Table 1. Sex morphs of 29 *Acer pictum* subsp. *mono* trees during six years observation.

Sex morph	Unchanged		Changed		Sum
	PA	PG	PA→PG	PG→PA	
No. of trees	15	6	3	5	29

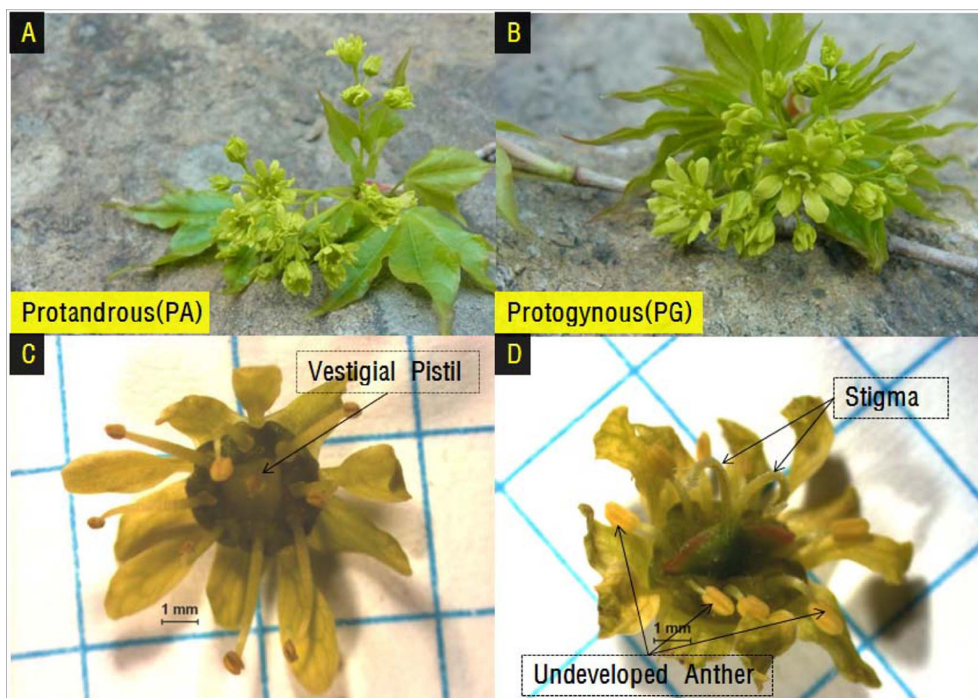


Figure 1. Flower structure and sex morph of *Acer pictum* subsp. *mono* : Protoandrous(left), Protogynous(right).

rufinerve 338개체를 5년간 관찰하여 11%가 성전환함을 밝힌 Matsui(1995)와 환경악화로 수세가 약해지면서 치수 발생에 유리한 방향인 자예선속으로 성전환이 이루어짐을 설명한 Nanami et al.(2004), *Acer palmatum*에서 7%가 성전환되었음을 밝힌 Kim and Kim(2012)의 보고와 유사한 경향이라 사료된다.

2. 개화, 수분 및 결실 특성

고로쇠나무의 개화는 전남 광양시 옥룡면 백운산에서는 4월 중·하순, 경북 영양군 수비면에서는 4월 하순, 강원 영월군 중동면 4월 하순~5월 초순, 평창군 진부면 중앙산과 양구군 해안면에서는 5월 초순부터 시작되었다. 동일 지역이라도 해발고와 수광상태에 따라 다소간 개화 시기가 다르기도 하였다. 고로쇠나무 개화시기에 꽃을 찾는 방화곤충으로는 꿀벌류, 꽃등애류, 파리류, 애꽃벌류, 꽃바구미류, 진딧물류, 총채벌레류, 모시밀들이 등이었고, 고로쇠나무의 주요 화분매개충은 애꽃벌류, 꽃등애류, 기생파리류 등이었다(Figure 2B, C, D). 개화 전에 봉지를 씌운 후 7월 초순에 풀어서 관찰하니, 봉지 내의 화서에는 어린 시과가 낙과되고 없었다(Figure 2A). 이러한 결과는 고로쇠나무가 충매수분하며, 자가수분을 회피하는 기작을 가지고 있음을 의미한다고 사료된다.

개화하고 수분이 이루어진 암꽃은 어린자방을 생장시키면서 화기 내의 수술은 더 이상 성장하지 않은 채로 소실되는 것을 확인하였고, 암술의 흔적기관을 가진 수꽃은 개화하여 꽃가루를 제공하는 기능이 끝나면 곧바로 낙화

하였다. 그리고 개화 직후부터 다수의 어린 자방(시과)들이 낙하하였으며, 연도별 지역별로 변이가 많았다. 시과의 조기낙과는 개화 이후부터 7월 초순까지 집중적으로 발생하였다. 초기에는 대부분이 시과 표면에서 흔적을 찾을 수 없는 덜 성장한 시과(Figure 3A left)로 대부분이 수분부족 또는 실패로 배가 발달하지 않은 채로 낙과되었고(Figure 3C), 낙과되지 않은 시과에서는 배가 건전하게 자라고 있었다(Figure 3B). 조금 늦게 낙과하는 조금 자란 시과(Figure 3A, right)는 흡즙 또는 벌레의 식해로 피해입은 상태였다. 개화초기에 고로쇠나무에 방화하는 단풍알락진딧물, 진사진딧물, 총채벌레, 나무이, 노린재류 등은 화서, 어린 자방, 신초 등에서 집중적으로 흡즙하여 피해를 유발한다. 개화시기가 비슷한 다른 수목들에 비하여 단물을 신초에서도 분비하는 고로쇠나무를 찾는 벌레들이 특히 많았다. 어린 자방은 흡즙피해로 인하여 2차 감염으로 부후되어 조기낙과하는 개체가 많았다. 그 밖에도 검정긴꽃바구미, 기생파리, 기생벌류 등의 산란으로 피해를 받는 어린 자방도 많았다.

고로쇠나무의 조기낙과하는 시과는 수분실패이거나 벌레의 가해로 부후 또는 피해입은 것들로 구분되었다. 고로쇠나무의 수분은 개화기의 잦은 강우나 저온으로 화분매개충의 활동이 부족하면 수분실패로 조기낙과가 다량 발생하여 결실량이 감소될 것이라 판단된다. 한편으로 고로쇠나무를 가해하는 흡즙성 곤충이나 어린 자방에 산란하는 곤충의 가해로 인한 조기낙과가 늘어나 결실량이 감소될 것이라 판단된다.



Figure 2. Pollination of *Acer pictum* subsp. *mono* : Bagging treatment(A), Pollinators; Tachinidae sp.(B), Andrenidae sp.(C), Syrphidae sp.(D).

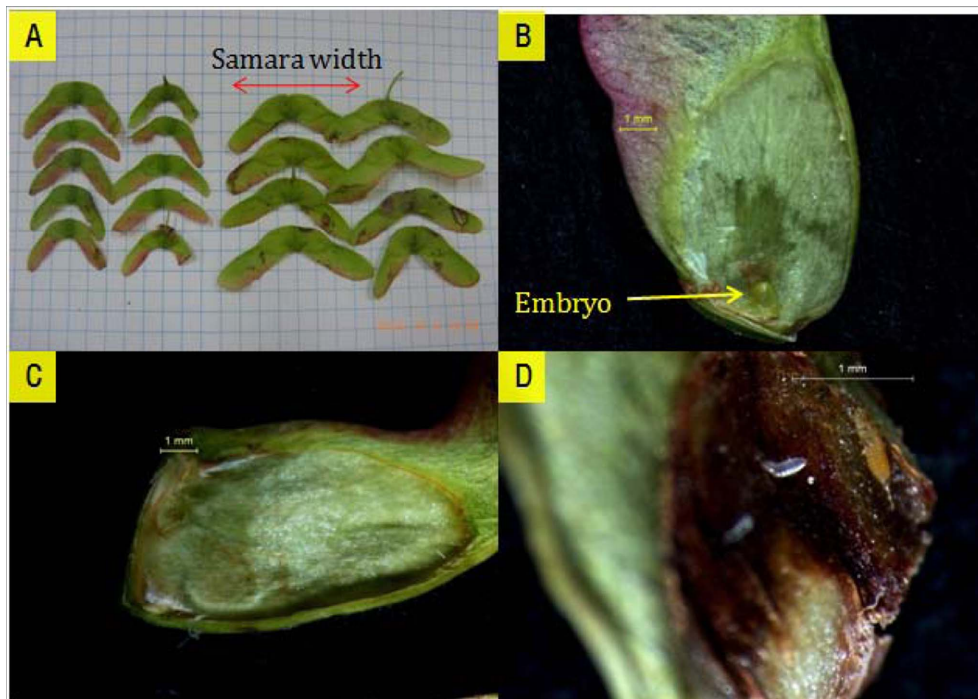


Figure 3. Fallen samaras and embryo status : A; fallen samaras, B; sound embryo, C; unpollinated empty, D; damaged embryo.

Table 2. Variations of early-fallen samaras and the ratios between undeveloped versus damaged by regions and years.

Region	Year	No. of samara/ha	Undeveloped: Damaged
Yanggu	2013	41,070	15 : 85
	2014	38,750	13 : 87
Yeongyang	2013	20,030	4 : 96
	2014	198,750	51 : 49
Gangyang	2013	44,330	15 : 85
	2014	18,125	100 : 0
Yeongwol	2014	34,167	34 : 66

지역별 연도별로 조기낙과한 시과의 개체수와 상태별 비율을 Table 2에 보였다. 연도나 지역에 따라 조기낙과하는 시과의 수에는 변이가 있고, 낙하원인별 시과의 비도 연도나 지역에 따라 큰 차이를 보였다. 지역별 연도별로 고로쇠나무의 수분조건 및 어린 시과를 가해하는 벌레무리들의 활동성에 영향을 미치는 기상 조건이 달라졌기 때문이라 추정된다. 영양군의 경우 2013년에는 총 20,030셀/ha이 조기낙과하였고, 수분실패로 인한 조기낙과는 4%에 그치고 나머지 96%는 곤충의 가해로 조기낙과 되었다. 2014년에는 총 198,750셀/ha이 조기낙과하였고, 수분실패로 인한 조기낙과는 51%, 나머지 49%는 곤충의 가해로 조기낙과 되었다. 특히 2014년 광양에서는 총 18,125셀/ha이 모두 수분실패로 조기낙과 되었다.

고로쇠나무의 화서는 새 가지의 정단부에 위가 편평한

원추형으로 발달한다. Figure 4에 당년 결과지와 전년도 결과지를 보였다. 정아가 개화하여 결실하는 동안 측아들은 시과가 싱크로 작용하여 왕성하게 성장하지 못하고 정단부에도 이듬해의 화아를 만들지 못한다. 이러한 까닭으로 결실된 가지에는 이듬해에는 개화할 수 없게 되는 것이다. 물론 한 개체목의 다른 부분에서 당년에 꽃을 피우지 않고 이듬해에 개화하는 것은 가능하다. 고로쇠나무의 생육이 왕성한 경우에는 해마다 개화결실할 수도 있으나 결실량에는 제한적일 수 있다. 이러한 결과는 Kim(2011)의 보고와 같은 경향이며, Stevenson and Shackel(1998)의 생식생장과 영양생장, 양료저장이 번갈아 수행된다는 보고처럼 종자다산해가 주기적으로 나타나는 원인이 될 수 있을 것으로 사료된다.

3. 결실등급에 영향을 미치는 인자

29주의 조사목의 수고, 흉고직경, 생체량, 인접성목의 수, 수관의 수광률, 성 형태, 6년간 결실등급에 대한 연도별 측정값과 결실등급의 평균을 Table 3에 보였다. 풍부한 결실등급이 10.0으로 표시되는 데 반하여 조사목 중 가장 높은 결실등급이 9.0인 개체가 2014년에 2개체가 최고수준이었다. 6년간 평균 결실등급은 최고값이 3.80이었다. 고로쇠나무 결실등급의 평균은 2.08로 대체로 결실량이 부족함을 나타낸다고 판단된다. 시과가 많이 달렸던 2013년의 평균 결실등급이 4.55로 가장 높고, 시과가 거의 없었던 2014년에는 평균 결실등급이 0.07로 매우 낮게 나타났다. 성형태에 따른 결실등급의 차이는 인정되지 않았다.

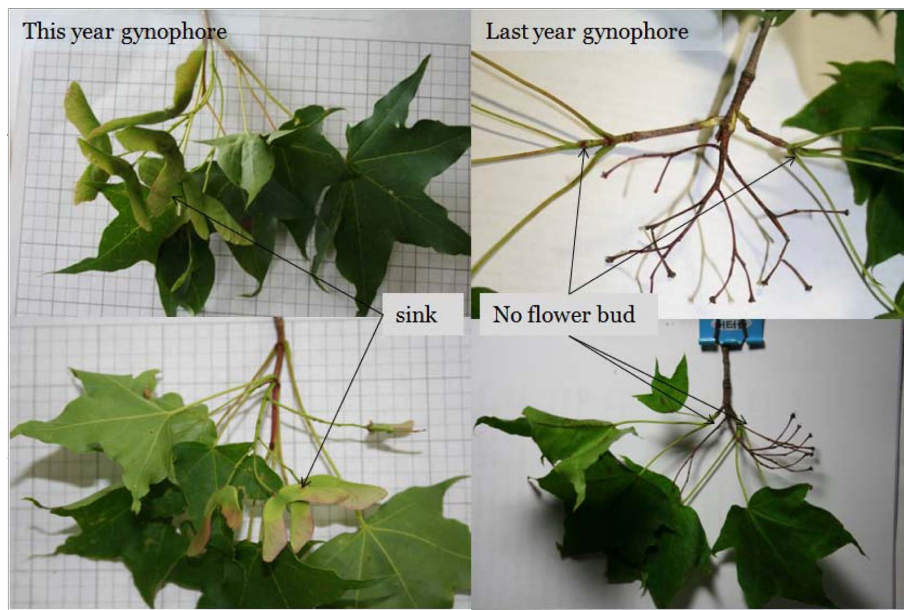


Figure 4. Fruiting habit on the new shoots of APSM.

Table 3. Fruiting grades and related variables affecting fruiting of 29 Apsm trees.

No	Fruiting grade							Ht. (m)	DBH (cm)	Bio -mass	Ntw -30 ²	RSC ³	Sex morph
	'09	'10	'11	'12	'13	'14	Mean						
1	1	2	2	4	4	0	2.17	8.7	14.5	42.8	6.0	47.9	PG→PA
2	1	0	3	1	7	0	2.00	13.2	24.5	89.0	5.0	71.6	PA
3	0	2	0	0	6	0	1.33	12.1	22.7	79.0	3.0	60.0	PA
4	5	1	0	0	9	0	2.50	8.5	14.8	43.1	4.0	56.8	PA
5	0	1	0	0	1	0	0.33	17.2	20.6	85.4	1.0	30.0	PG→PA
6	0	3	4	0	5	0	2.00	14.3	38.6	146.0	5.0	36.3	PA
7	5	1	0	5	6	0	2.83	7.5	25.5	69.8	10.0	77.1	PA
8	0	2	0	2	3	0	1.17	10.0	16.6	52.5	6.0	63.4	PG
9	3	2	5	1	6	0	2.83	95.0	11.4	111.1	5.0	63.4	PA
10	1	2	5	5	8	0	3.50	10.5	32.0	103.7	6.0	67.2	PA
11	0	3	5	6	7	0	3.50	12.1	32.0	111.3	4.0	63.4	PA
12	0	1	2	3	3	0	1.50	11.0	14.6	48.4	2.0	22.8	PA
13	- ^x	2	2	1	3	0	1.60	9.0	20.0	60.0	2.0	42.3	PG→PA
14	3	5	2	3	5	0	3.00	11.5	20.0	67.8	4.0	47.9	PG→PA
15	0	5	0	0	1	2	1.33	14.3	19.7	74.5	3.0	42.3	PA→PG
16	-	2	2	2	5	0	2.20	15.0	26.7	103.4	3.0	56.8	PA
17	-	2	5	1	7	0	3.00	15.1	26.4	102.6	7.0	63.4	PA
18	-	1	5	7	6	0	3.80	12.5	26.0	91.9	4.0	67.2	PG→PA
19	-	1	4	0	6	0	2.20	11.5	22.0	74.6	3.0	67.2	PA
20	-	5	4	6	4	0	3.80	8.5	12.0	35.0	3.0	63.4	PG
21	-	3	0	0	0	0	0.60	15.0	34.0	131.7	5.0	60.0	PA
22	-	1	0	0	0	0	0.20	13.6	20.0	73.8	4.0	45.0	PG
23	-	5	0	5	3	0	2.60	10.0	8.6	27.2	4.0	60.0	PA→PG
24	0	1	2	1	1	0	0.83	7.2	11.0	29.5	7.0	18.4	PG
25	0	1	2	0	3	0	1.00	9.8	4.8	15.0	8.0	26.6	PA
26	-	1	4	0	6	0	2.20	12.3	19.8	69.4	8.0	45.0	PA
27	0	1	5	2	9	0	2.83	13.8	30.6	113.7	7.0	60.0	PG
28	0	1	4	0	2	0	1.17	11.7	21.0	71.8	11.0	18.4	PA→PG
29	0	0	5	2	6	0	2.17	22.0	11.0	51.6	8.0	47.9	PG
Mean	.66	1.97	2.48	1.97	4.55	.07	2.08	14.93	20.74	75.02	5.10	51.44	

²Means Number of adult trees within 30 m

³Means Ratio of sunny crown

^xMeans no data available

Table 4. Correlations between all pair-wise combinations of variables affecting fruiting of 29 Apsm trees.

	Mean fruiting grade	Height (m)	DBH (cm)	Biomass	Ntw30 ^z
Height(m)	0.097				
DBH(cm)	0.178	-0.161			
Biomass	0.159	0.305	0.877**		
Ntw30 ^z	0.079	-0.023	-0.030	-0.074	
RSC ^y	0.606**	0.132	0.328	0.319	-0.066

**p<0.01

^zMeans Number of adult trees within 30 m

^yMeans Ratio of sunny crown

이러한 결과는 성형태가 수분성공율에 영향을 미치지 않는다는 Shibata et al.(2009)의 보고와 같은 경향이라 판단된다.

개체목의 결실등급 평균과 수고, 흉고직경, 생체량, 인접 성목의 수, 수광률 등의 상관분석 결과를 Table 4에 보인다. 개체목의 결실등급의 평균과 수광률간의 상관계수가 $r=0.606$ 으로 고도의 통계적 유의성($p<0.01$)이 인정되었으나, 수고, 흉고직경, 생체량, 인접 성목의 수 등과는 상관이 인정되지 않았다. 개체목의 결실등급을 반응변수(Y)로, 수광률을 설명변수(X)로 추정된 회귀방정식은 $Y=-0.013 + 0.044X$ 로 나타났으며, 회귀에 대한 고도의 통계적 유의성($p<0.01$)이 인정되었다. 이러한 결과는 개체목의 결실에 수광의 수광률이 가장 크게 영향을 미치며, 수분의 성패를 결정할 것으로 조사된 30 m 이내의 인접 성목의 수도 거의 영향을 없음을 암시한다고 사료된다. 층매수분하는 고로쇠나무는 30 m 이상 떨어진 성목으로부터도 화분이 공급되고 있다고 추정된다. 고로쇠나무의 결실촉진을 위해서는 채종림이나 채종임분에서 고로쇠나무의 수광률을 높이는 수광생장간벌이 필요함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 산림과학기술개발사업(2012-2015)의 연구비 지원에 의하여 수행한 연구이며, 곤충분류를 도와주신 상지대 곤충학실 류동표 교수님께 깊이 감사드립니다.

References

Bai, W.N., Zeng, Y.F., and Zhang, D.Y. 2007. Mating patterns and pollen dispersal in a heterodichogamous tree, *Juglans mandshurica* (Juglandaceae). *New Phytologist* 176: 699-707.

Fukumoto, H. and Kajimura, H. 2001. Guild structures of seed insects in relation to acorn development in two oak species. *Ecological Research* 16: 145-155.

Gleiser, G., Segarra-Moragues, J.G., Pannell, J.R., and M. Verdu. 2008. Siring success and paternal effects in heterodichog-

amous *Acer opalus*. *Annals of Botany* 101(7): 1017-1026.

Grubb, P.J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: The importance of the regeneration niche. *Biological Review* 52: 107-145.

Herrera, C.M., Jordano, P., Guitian, J., and Traveset, A. 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.

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. 2011. 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)

Kim, G.T., Kim, H.J., and Um, T.W. 2010. Insect damage on *Acer pictum* subsp. *mono* (Maxim.) Ohashi seeds in Korean peninsula. In pages 90-93, *Proceedings: IUFRO Seoul 2010 "Forest Insects Population Dynamics and Host Influences"*.

Kim, H.J. 2011. Effects of Sex Morph, Flowering, Fruiting and Insect Predation on Viable Seed Production of *Acer pictum* subsp. *mono* in Mt. Jungwang, Gangwon-do, Korea. M.S. thesis, Seoul Nat'l University, pp. 46.

Kim, G.T., Kim, H.J., and Lee, J.H. 2014. Studies on the Community Structure, Samara and Leaf Shape of Three Natural *Acer pictum* subsp. *mono* Forest. *Korean Journal of Environment and Ecology* 28(1): 55-61. (in Korean)

Kim, J.H. 2003. The analysis of forest successional trend by species replacement model in the natural forest, *Journal of Korean Forest Energy* 22(3): 1-10. (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.

Lee, K.J., Park, J.Y., Park, K.H., and Park, H. 1995. Chemical composition, nutritional value, and saponin content in the spring sap of *Acer mono*. *Journal of Korean Forest Society* 84(4): 415-423.

Matsui, K. 1995. Sex expression, sex change and fruiting habit in an *Acer rufinerve* population. *Ecological Research* 10: 65-74.

Nanami, S., Kawaguchi, H., and Yamakura, T. 2004. Sex change towards female in dying *Acer rufinerve* trees. *Annals of Botany* 93: 733-740.

Renner, S.S., Beenken, L., Grimm, G.W., Kocyan, A., and Ricklefs, R.E. 2007. The evolution of dioecy, heterodichogamy, and labile sex expression in *Acer*. *Evolution* 61: 2701-2719.

Renner, S.S. 2001. How common is heterodichogamy?. *Trends in Ecology & Evolution* 16(11): 595-597.

Sato, T. 2002. Phenology of sex expression and gender variation in a heterodichogamous maple, *Acer japonicum*. *Ecol-*

- ogy 83(5): 1226-1238.
- Stevenson, M.T. and Shackel, K.A. 1998. Alternative bearing in Pistachio as a masting phenomenon: construction versus vegetative growth and storage, *Journal of American Society Horticultural Science* 123(6): 1069-1075.
- 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.
- Um, T.W. and Kim, G.T. 2006. Distribution and growth characteristics of *Acer pictum* subsp. *mono* in relation to topography and soil in Mt. Joongwang, Gangwon province. *Korean Journal of Environment and Ecology* 20(2): 200-207. (in Korean)

(Received: March 2, 2015; Accepted: May 24, 2015)