

붉가시나무의 종실 생산량 및 형질특성^{1a}

- 전라남도 완도, 진도, 해남을 중심으로 -

김소담² · 박인협^{3*}

Acorn Production and Characteristics of *Quercus acuta* Thunb^{1a}

- Focused on Wando, Jindo and Haenam in Jeollanam-do, Korea -

Sodam Kim², In-Hyeop Park^{3*}

요약

전남지역의 완도, 진도, 해남을 대상으로 난대상록활엽수림 복원 시 붉가시나무 종실 공급과 묘목 양성에 대한 정보 필요성에 따라 붉가시나무의 종실 생산량 및 종실 형질 특성을 조사 분석하였다. 조사 분석을 위해 표면적 1m²의 종자 트랩을 10개(완도 8개, 해남 1개, 진도 1개) 방형구에 방형구 당 3개씩 총 30개를 설치하였다. 2013년부터 2016년까지 매년 8월에서 12월까지 매월 말 종자 트랩 내로 낙하한 종실을 수거하였으며, 낙하 종실을 수거해 건전, 충해, 부후, ক্ষ정 등이 등으로 구분 후 종실 생산량을 산정하였다. 건전 종실의 경우 각두를 제거한 종실의 길이, 지름, 무게 등 종실 형질을 측정하였다. 조사한 종실 생산량 및 종실 형질은 연별, 임분별, 월별, 처리구별 등을 연평균 값 비교분석을 위해 Duncan의 다중검정 등을 실시하였다. 각 방형구 내 종자 트랩 낙하 종실량은 2013년에 5~350립/3m², 2014년에 17~551립/3m², 2015년에 5~454립/3m², 2016년에 14~705립/3m²로 방형구 간에 차이가 큰 것으로 나타났으며, 이는 방형구내 임목 밀도 등으로 인한 수광량의 유입차로 추정된다. 전체 연도별 종실 생산량을 ha당 산정한 결과 각각 2013년에 335,000립, 2014년에 932,000립, 2015년에 556,000립, 2016년에 1,037,000립이었으며, 2년을 주기로 다소 차이가 나타났다. 종실 생산량 증감은 임분 간 동시성을 보여 붉가시나무는 임목 개체 간 결실 풍흉 및 결실 시기의 주기성이 뚜렷한 것으로 판단된다. 9월에 가장 많은 종실이 낙하하였으나 충해종실의 피해 또한 많은 것으로 나타나 종실의 조기 낙하를 방지한다면 결실 기간을 높여 충실 종실의 대량생산이 가능할 것으로 판단된다. 지역별 연평균 종실 길이의 경우 유의성이 없었으며, 종실 지름과 종실 무게의 경우 해남 종실이 완도, 진도 종실에 비해 유의적으로 평균값이 높게 나타났다. 월별 연평균 종실 형질은 유의적 차이는 보이지 않았으며, 11월의 연평균 종실 길이, 지름, 무게가 각각 19.72mm, 12.23mm, 1.64g으로 8월~11월 중 최대치를 보였다.

주요어: 건전종자, 난대림, 산림복원, 종자 트랩

ABSTRACT

The purpose of this study is to survey and analyze acorn production and characteristics of the *Quercus acuta* Thunb. according to the need for information on seed supply and seedling cultivation during the restoration of

1 접수 2021년 8월 9일, 수정 (1차: 2021년 10월 20일), 게재확정 2021년 10월 26일

Received 9 August 2021; Revised (1st: 20 October 2021); Accepted 26 October 2021

2 국립수목원 식물자원연구과 박사후연구원 Division of Plant Resources, Korea National Arboretum, Yangpyeong, 12519, Korea (sodam0321@korea.kr)

3 국립순천대학교 산림자원·조경학부 산림자원전공 교수 Dept. of Forest Resources, Suncheon National Univ., Suncheon, 57922, Korea (inhyeop@scnu.ac.kr)

a 이 논문은 산림청 기획연구과제에 의하여 연구되었으며, Kim(2018)의 학위논문 일부가 포함되어 있음.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-61-750-3226, E-mail: inhyeop@scnu.ac.kr

warm broad-leaved forests. For the survey, a total of 30 seed traps with a surface area of 1 m² were set up, 3 in each of 10 quadrats (8 in Wando, 1 in Haenam, and 1 in Jindo). The acorns that fell in the seed trap at the end of each month were collected from August to December each year between 2013 to 2016. The collected acorns were then classified into sound, damaged, decayed, or empty grade, and the number of acorns produced was calculated. In the case of sound acorns, acorn traits, such as length, diameter and weight of acorns without cupule, were measured. Duncan's multiple tests of acorn production and characteristics were conducted for comparative analysis of the annual average values with the values by year, stand, month, and treatment plot. The annual number of acorn dropped into the seed traps in each quadrat from 2013 to 2016 was 5-350 acorns/3 m² in 2013, 17-551 acorns/3 m² in 2014, 5-454 acorns/3 m² in 2015, and 14-705 acorns/3 m² in 2016. There was a large difference in acorn production between the quadrats, presumably attributed to the difference in the amount of light received due to the density of trees in the square. Annual acorn production per area was 335,000 acorns/ha in 2013, 932,000 acorns/ha in 2014, 556,000 acorns/ha in 2015, and 1,037,000 acorns/ha in 2016. That was a sharp variation of acorn production in the two-year cycle. As the fluctuation in the production of *Q. acuta* showed simultaneity between stands, it is judged that *Quercus acuta* Thunb. had a clear cycle of fruitfulness and fruitiness between forest objects. September showed the biggest amount of fallen acorns and largest damage from insect pests, indicating that preventing early fall of acorns could increase the fruiting period and enable mass production of sound acorns. There was no significant difference between annual average acorn length in each region. In the case of the acorn diameter and weight, the average values of acorns from Haenam were significantly higher than those from Wando and Jindo. There was no significant difference in the average annual acorn characteristics by month, and the average annual acorn length, diameter, and weight in November were 19.72mm, 12.23mm, and 1.64g, respectively, the highest between August and November.

KEY WORDS: FOREST RESTORATION, SEED TRAP, SOUND SEED, WARM TEMPERATE FOREST

서론

한반도의 난대림(Warm temperate forest, 暖帶林)은 북위 35° 이남의 남해안과 도서, 제주도, 울릉도 지역을 포함하며, 특히, 연평균기온 14℃ 이상, 한랭지수 -10℃ 이상인 지역에 상록활엽수림이 발달하고 있다(Lim, 1970; Yim and Kira, 1975; Bae and Park, 2001). 한반도의 난대 상록활엽수림(Evergreen broad-leaved forest, 常綠闊葉樹林) 분포지역은 한반도 기후변화에 따라 변동이 있었을 것으로 추정되며, 지구 온난화 현상에 의하여 분포 역이 점차 확장될 것으로 전망된다(Kim, 1988; Oh and Kim, 1996). 상록활엽수림의 주요 분포지는 한반도의 남해안 일대와 동해안은 울릉도, 서해안은 백령도를 중심으로 한 대청도와 소청도에 분포하고 있으며, 특히 전남지역에 상록활엽수림이 널리 분포하고 있다. 상록활엽수림의 총면적은 약 9,850ha이며, 이중 완도지역이 1,779ha로 우리나라 난대상록활엽수림의 분포면적의 18%를 차지하고 있고, 단일면적으로 가장

규모가 크다(Korea Forest Service, 2000). 우리나라 산림생태계에서 차지하는 학술 가치가 높을 뿐만 아니라 경관에 의한 향토 경관 보존과 미래자원으로서의 잠재적 가치 등을 고려할 때, 복원이 매우 시급한 상황이다(Yeo, 2005). 최근 국가 차원의 생물유전자원 보존 등 환경에 대한 국민적 관심의 증대로 난대상록활엽수림의 복원 필요성이 대두(Kim and Park, 2019)되고 있으나, 난대상록활엽수림의 복원은 불가시나무와 같은 천이 중간단계에 침입하는 수종(Oh and Choi, 1993; Oh, 1994; Kim and Oh, 1996; Oh and Park, 2003; Yeo, 2005)으로 이뤄질 수밖에 없어 대묘(sapling, 大苗)를 식재해야 하므로 경비 및 인력이 많이 소요돼 실패한 경우가 많다(Korea Forest Service, 2001).

참나무류 종자 생산에 관한 연구는 종자의 대량 발생, 주기성, 군집 간 대량 발생의 동시성, 결실주기의 불규칙성에 관한 연구를 중심으로 이루어져 왔다(Koening *et al.*, 1994; Kelly, 1994; Ashton and Larson, 1996; Healy *et al.*, 1999; Li and Zhang, 2003). 참나무류는 일반적으로 종실에

의한 갱신, 맹아에 의한 갱신 등 두 가지 중요한 전략을 가지며, 이 2가지 전략에 대한 상대적인 선호도는 수종에 따라 다르고 종실 생산의 주기성, 치수 생존율 및 기간, 수고 성장률 등은 참나무류 갱신의 성공에 많은 영향을 끼친다(Laesen and Johnson, 1998). 따라서, 참나무류 종실 생산에 관한 연구는 종실의 대량 발생, 주기성, 군집 간 대량 발생의 동시성, 결실주기의 불규칙성에 대한 연구(Kelly, 1994; Koenig *et al.*, 1994; Ashton and Larson, 1996; Healy *et al.*, 1999; Li and Zhang, 2003)를 중심으로 이루어져 왔으나 종실에 의한 갱신의 성공 여부는 활력이 있는 종실의 공급, 종실 발아에 적합한 임상 등에 달려있다(Roe *et al.*, 1970). 참나무류의 군집 내 개체들의 종실 생산량은 개체의 크기와 생산성의 차이에 따라 변이가 크며(Sork *et al.*, 1993), 간벌과 같은 산림작업에 의해서도 종자의 생산성에 영향을 미친다(Healy *et al.*, 1999; Zhu *et al.*, 2003).

자라며, 꽃은 5월에 피고 2년 만에 결실한다(Lee, 2014). 난대수종의 분포 북한계선에 인접한 내륙이나 난대지역의 고지대에서 자랄 수 있는 수종으로 기후 온난화로 인한 난대림의 북상 시 가장 높은 위도까지 자생할 수 있는 수종으로 알려져 있으며, 난대 상록활엽수종 중 상비교적 내적박성에 강한 수종으로 보고된 바 있다(Oh, 1994; Shin *et al.*, 1999; Yeo, 2005; Park, 2012; Kim and Park, 2019). 상록의 잎과 웅장한 자태 때문에 난대지역에서 녹화수, 공원수, 정원수, 생울타리 등으로 식재되고, 목재의 색이 붉고 아름다우면서도 견고함과 보존성이 좋아 경제성이 높은 목재로 농기구재, 선박재, 건축재로 이용해 왔으며(Kim *et al.*, 1995; Shin *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 2002; Cha *et al.*, 2004), 소경재로 표고버섯재배를 위한 원목이나 신탄재로 쓰이기도 한다(Hong *et al.*, 1995). 붉가시나무에 관련한 연구는 상록활엽수림의 연구에서 일부 포함(Lee *et al.*, 1981; Kim, 1990; Kim *et al.*, 1990; Kim and Oh, 1990a; 1990b; Oh and Choi, 1993; Oh and Kim, 1998)되는 경우가 대부분이었으나 1990년대 후반에 들어와 붉가시나무 임분을 대상으로 분포, 산림구조, 동태 등에 관한 연구(Kim, 1988; Oh and Kim, 1996; Kim *et al.*, 2000; Park, 2012)가 보고되었으며, 최근에 들어 난대림 복원과 관련하여 종실 공급과 관련한 연구(Park *et al.*, 2014; Kim and Park, 2019)가 선행되었다.

이 연구는 난대 상록활엽수림 복원에 관한 연구 필요성에 따라 전남지역(완도, 진도, 해남)의 붉가시나무림을 대상으로 붉가시나무의 종실 생산량 및 형질특성 구명함으로써 향후 훼손된 난대림의 복원 기반을 구축을 위한 붉가시나무 묘목 양성 시 종실 공급과 관련한 정보제공과 시험림 조성을 통한 붉가시나무 종실 생산량 증대 및 우수형질 종실 생산을 목적으로 수행되었다.

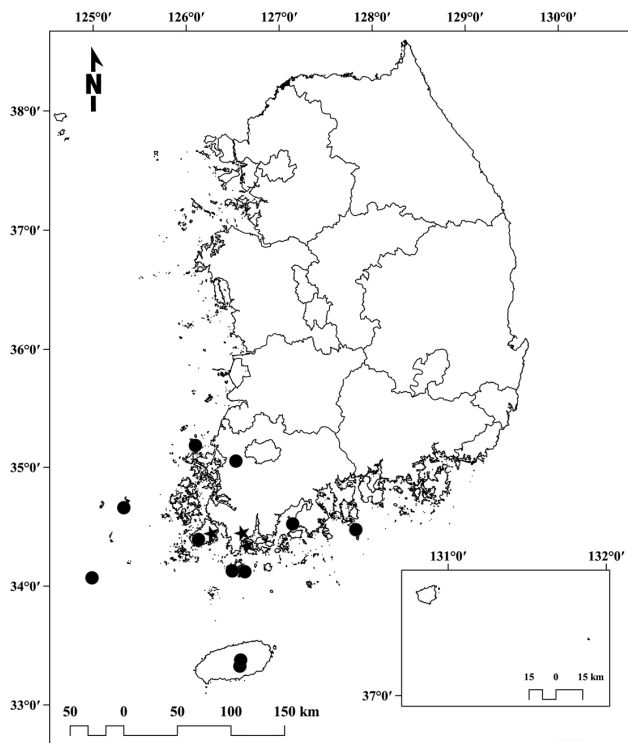


Figure 1. Distribution map of *Q. acuta* natural habitats. (●: Literature DB, ★: Study site)

붉가시나무(*Quercus acuta* Thunb.)는 상록성 참나무속(*Quercus*)으로 한반도를 비롯한 중국, 일본, 대만 등에 분포(BGIC and IUCN SSC Global Tree Specialist Group, 2019)하며, 한반도 도서해안 및 남부지방을 중심으로 분포(Figure 1)하고 있는 난대 상록활엽수를 대표하는 수종이다(Lee *et al.*, 2005; Kang, 2019). 높이 20m, 지름 60cm까지

연구방법

1. 연구대상지 개황

이 연구는 전라남도 붉가시나무림을 대상으로 수행되었으며, 붉가시나무의 분포에 대한 문헌과 표본 DB 등 연구자의 기존 정보에 의하여 대상지(완도, 진도, 해남)를 선정하였다. 완도 붉가시나무림은 군외면 대문리의 완도수목원 내 백운로에 위치해 있으며, 진도와 해남은 각각 진도군 의신면 사천리의 철찰산과 해남군 삼산면 구림리의 두륜산도립공원 내에 있다(Table 1). 시업이 가능한 완도 붉가시나무림 내에 시비 및 밀도조절 등의 시험림 조성을 위해 8개의 방형구를 설치하였고, 밀도조절 등의 시업이 허락되지 않는 진도와 해남에는 지역 간 차이 구명을 위하여 방형구 각 1개씩을 설치하였다.

Table 1. Dimension summary of tree layers for the 10 quadrats in the study *Q. acuta* forest

Site No.	Location	Quadrat ID	Alt. (m)	Aspect (°)	Density (trees/m ²)	Mean DBH (cm)	Basal area (m ² /500m ²)	GPS coordinate	
								N	E
1	Daemun-ri, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	WD 1	248	SE	51(32)	20.5	1.86	34°21'24.7"	126°40'39.0"
	Daemun-ri, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	WD 2	251	SW	46(39)	19.1	1.42	34°21'24.5"	126°40'41.1"
	Daemun-ri, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	WD 3	265	SW	84(80)	13.8	1.39	34°21'23.8"	126°40'43.7"
	Daemun-ri, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	WD 4	272	SW	86(63)	14.8	1.64	34°21'23.9"	126°40'46.1"
	Daemun-ri, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	WD 5	280	S	43(28)	21.0	1.74	34°21'23.7"	126°40'48.6"
	Daemun-ri, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	WD 6	281	SW	57(51)	21.3	2.28	34°21'24.8"	126°40'50.3"
	Daemun-ri, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	WD 7	314	SW	92(82)	16.1	2.06	34°21'23.0"	126°40'59.3"
	Daemun-ri, Gunoe-myeon, Wando-gun, Jeollanam-do	WD 8	328	NW	55(49)	18.9	1.68	34°21'32.0"	126°40'56.0"
2	Sacheon-ri, Uisin-myeon, Jindo-gun, Jeollanam-do	JD 1	184	NW	80(51)	18.2	2.37	34°27'45.0"	126°18'54.0"
3	Gurim-ri, Samsan-myeon, Haenam-gun, Jeollanam-do	HN 1	360	NW	31(15)	24.0	1.66	34°27'57.9"	126°37'39.1"

* values in parentheses are those of *Q. acuta*

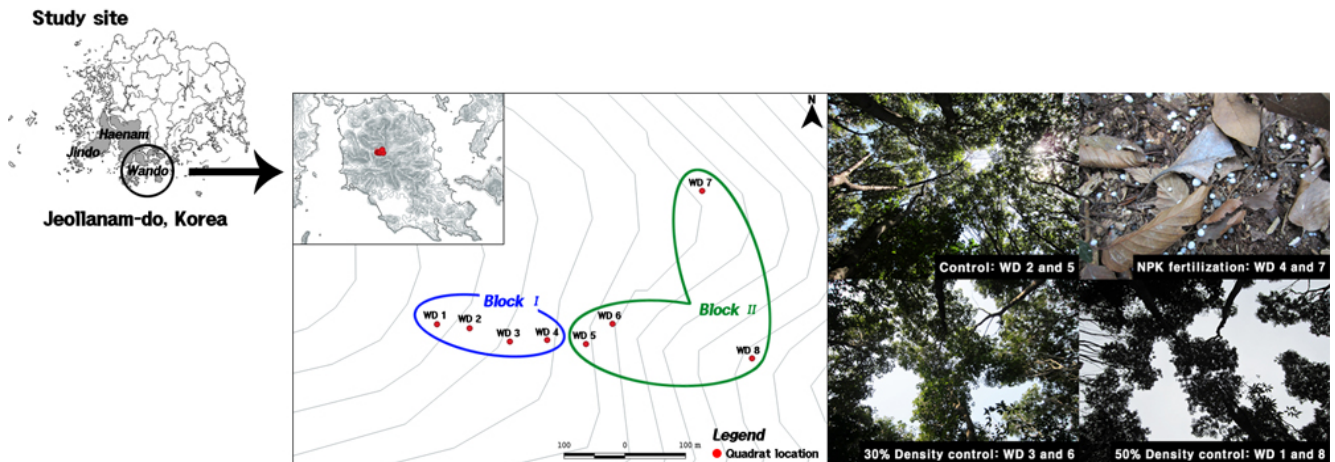


Figure 2. Experimental design of NPK fertilization treatment and density control quadrats in a *Q. acuta* stand at Wando.

방형구의 크기는 20m×25m(500m²)로 하였다. 연구대상지 조사결과 완도 붉가시나무림의 해발고는 248~328m, 방위는 남향사면이었다. 진도의 해발고는 184m, 방위는 북향사면이었으며, 해남의 해발고는 360m, 방위는 북향사면이었다. 매목조사결과 3개 지역 모두 교목층에는 붉가시나무가 우점하고 구실잣밤나무(*Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus.), 황칠나무(*Dendropanax trifidus* (Thunb.) Makino ex H.Hara), 개서어나무(*Carpinus tschonoskii* Maxim.), 산벚나무(*Prunus sargentii* Rehder) 등이 드물게 출현하였다. 방형구 내 상층임관을 이루는 교목층의 밀도는 완도 43~92개체/500m², 진도 80개체/500m², 해남 31개체/500m²이었으며, 팔호안의 숫자는 각 방형구 500m² 내의 붉가시나무 개체밀도를 말한다. 방형구별 교목층의 평균 흉고직경은 완도 13.8~21.3cm, 진도 18.2cm, 해남 24.0cm이었다.

2. 시험림 조성

붉가시나무의 시비와 교목층의 밀도조절에 의한 종실 생산량, 형질특성 등을 조사하기 위하여 완도 고정조사구를 대상으로 2014년 3월에 시험림을 조성하였다. 시험림은 처리 이외의 변이가 최소가 되도록 시험 단위를 몇 개의 집구(Block, 集區)로 나누어 배치하고, 한 집구 내에서 시험 단위를 임의 배치하는 방법인 난괴법(Randomized complete block design, RCBD)을 사용하였다(Chea *et al.*, 2012). 처리는 각각 대조 구, 시비 구, 30% 밀도조절 구, 50% 밀도조절 구 등으로 하여, 2집구 4처리하였다(Figure 2). 시비는 산림청의 성숙림 시비 기준(Park *et al.*, 2008)을 참고하여 N 112kg/ha, P 150kg/ha, K 38kg/ha(3:4:1)을 시비하였다. 사용된 비료는 동부요소(N, 46%), 용과린(P₂O₅, 20%), 염화화리(K₂O, 60%)를 혼합하여 사용하였으며, 비료의 질소, 인산, 칼륨의 비율을 고려하여 시비 구 당 동부요소는 12.25



Figure 3. Seed trap with one meter by one by one point five high.

kg/500m², 용과린은 37.5kg/500m², 염화가리는 3.15kg/500m²를 시비하였다. 밀도조절은 교목층의 흉고단면적을 기준으로 하였으며, 방형구 내 기타 수종부터 붉가시나무 순으로 벌목하였다. 한편, 30% 밀도조절 구인 방형구 WD 3과 WD 6의 벌목처리 전 흉고단면적은 각각 1.39m²/500m², 2.28m²/500m²이었으며, 벌목처리 후 흉고단면적은 각각 0.94m²/500m², 1.57m²/500m²이었다. 50% 밀도조절 구인 방형구 WD 1과 WD 8의 벌목처리 전 흉고단면적은 각각 1.86m²/500m², 1.68m²/500m²이었으며, 벌목처리 후 흉고단면적은 각각 0.91m²/500m², 0.85m²/500m²이었다.

3. 종실 생산량 및 형질특성 조사

붉가시나무 종실 생산량 및 형질특성 조사를 위하여 가로 1m, 세로 1m, 높이 1.5m로 표면적 1m²의 종자 트랩을 철근과 나일론 망사로 제작하여 2013년부터 2016년까지 매년 종자 트랩 내로 낙하한 종실을 수거하였다(Figure 3). 종자 트랩은 20m×25m(500m²) 10개 방형구 대각선상의 상, 중, 하부에 각 1개씩 즉, 방형구 당 3개씩 총 30개를 설치하였다. 붉가시나무가 상록활엽수종인 것을 고려해 낙하 초기 8월부터 말기 12월까지 매월 말에 종자 트랩에 낙하한 붉가시나무 종실을 수거해 건진, 충해, 부후, 썩정이 등으로 구분 후 종실생산량을 산정하였다. 건진 종실의 경우 각두를 제거한 종실의 길이, 지름은 소수점 둘째 자리까지 측정 가능한 디지털캘리퍼스(Mitutoyo, 150mm×0.01)를 사용하였으며, 종실 무게는 미량저울(CAS, MWII-300H)을 사용하여 소수점 둘째 자리까지 측정하였다. 조사한 종실 생산량 및 형질특성은 연별, 임분별, 월별, 처리구별 등으로 연 평균값 비교를 위하여 SPSS 프로그램(IBM SPSS Statistics 24)을 사용하여 Duncan의 다중검정 등을 실시하여 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 종실 생산량

1) 연년 종실 생산량

방형구 별 3개씩 설치한 종자 트랩에 2013년에서 2016년의 8월부터 12월까지 매년 5개월간 낙하한 붉가시나무 각 방형구 연도별 종실 생산량을 조사한 결과 2013년에 5~350립/3m², 2014년에 17~551립/3m², 2015년에 5~454립/3m², 2016년에 14~705립/3m²로 방형구 간 종자 트랩 내 낙하 종실량의 차이가 큰 것으로 나타났다(Figure 4). 이는 같은 임분 내에 방형구 간의 임목 밀도 등으로 인한 수광량의 유입차로 보여진다. 방형구 내 종자 트랩을 일괄한 완도의 연도별 종실 생산량은 각각 947립/24m², 2,326립/24m², 1,373립/24m², 2,391립/24m²이었다. 진도의 연도별 종실 생산량은 2013년에 5립/3m², 2014년에 17립/3m², 2015년에 5립/3m², 2016년에 14립/3m²이었고, 해남은 연도별 각각 52립/3m², 452립/3m², 290립/3m², 705립/3m²이었다. 완도, 해남과 비교하여 진도의 종실 생산량이 낮은 것은 진도 종자 트랩 내에 구실잣밤나무 종실이 다수 발견된 것을 미뤄볼 때, 임분 울폐에 따른 수광량 상호경쟁에서 구실잣밤나무가 붉가시나무보다 우위를 점한 것으로 추정된다. 한편, 10개 방형구 종자 트랩 30개 전체를 일괄한 연도별 종실량은 각각 2013년에 1,004립/30m², 2014년에 2,795립/30m², 2015년에 1,668립/30m², 2016년에 3,110립/30m²로 산정되었다.

10개 방형구의 30개 종자 트랩을 종합하여 전체 연도별 종실 생산량을 ha당 산정한 결과 각각 2013년에 335,000립, 2014년에 932,000립, 2015년에 556,000립, 2016년에 1,037,000립이었다(Figure 5). 각 지역 및 지역 전체를 일괄한 종실 생산량은 2년을 주기로 다소 차이가 나타났다. 2014년과 2016년의 붉가시나무 종실 생산량은 2013년과

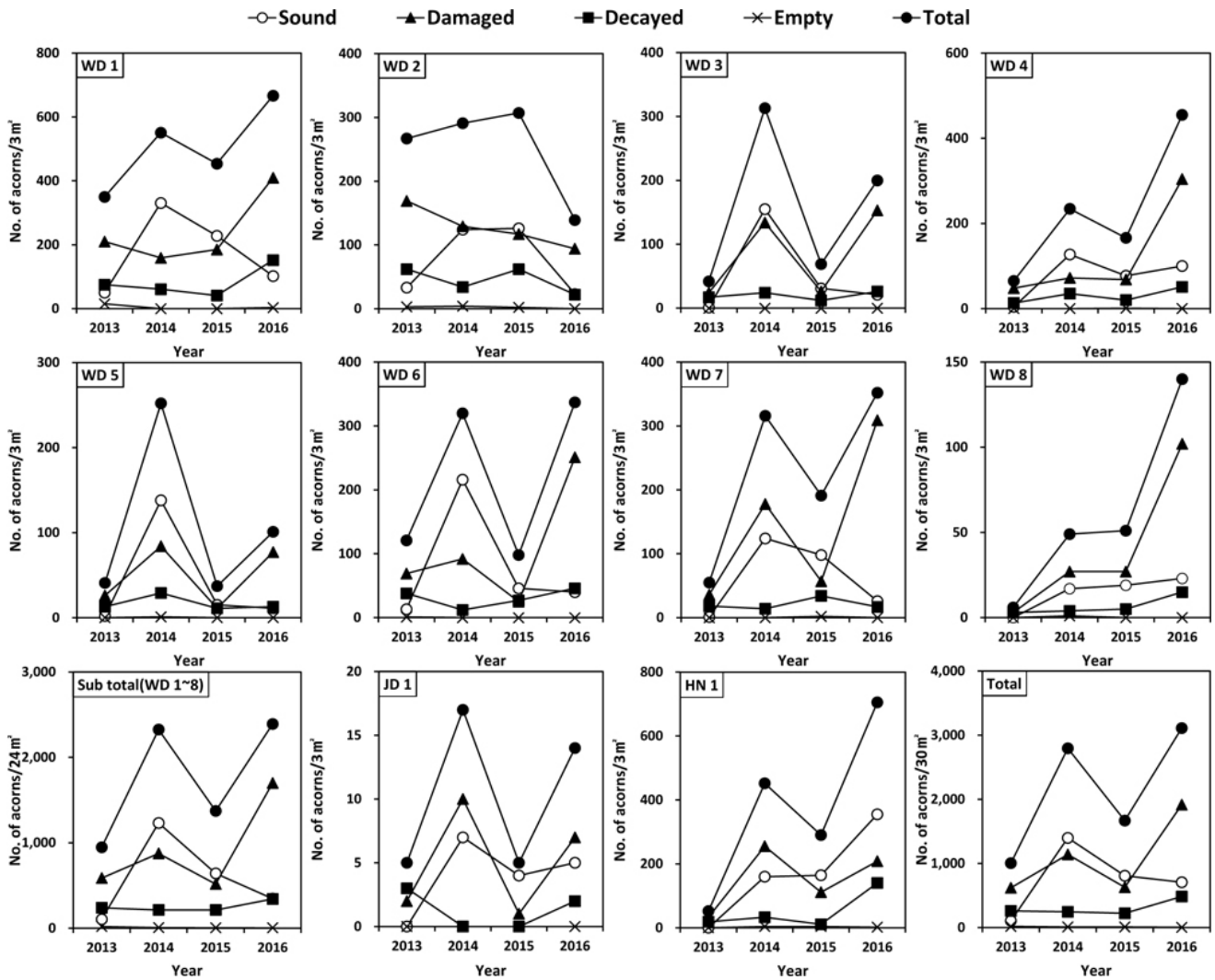


Figure 4. Annual acorn production from 2013 to 2016 at the three seed traps in each quadrats.

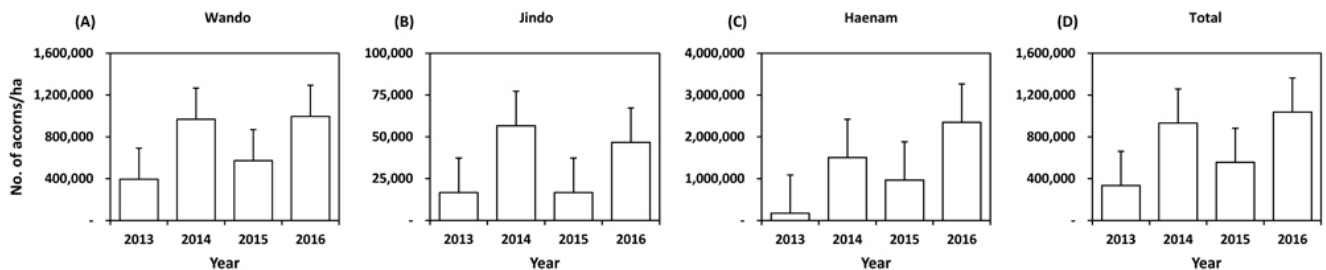


Figure 5. Annual variation in acorn production from 2013 to 2016 at the *Q. acuta* forest(A~C) and forests total(D).

2015년의 종실 생산량과 비교했을 때 뚜렷한 증가량을 보였으며, 서로 다른 지역 임분 간에 있어 종실 생산량 증감의 동시성을 보였다. 이러한 종실결실주기의 동시성은 많은 참나무류에서 흔히 발생하는 것으로 매우 큰 범위(100km 이상)에서도 나타나며, 거리가 멀어질수록 감소하게 된다

(Koeing and Knops, 2000). 붉가시나무의 결실주기가 2년 (Daisuke Hirayama *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2014)인 것을 고려할 때, 방형구 내 임목 개체 간 결실 풍흉이 확실하고, 참나무류의 군집 내 개체들의 종실생산량은 개체의 크기와 생산성의 차이에 따라 변이가 크며(Sork *et al.*, 1993), 결실

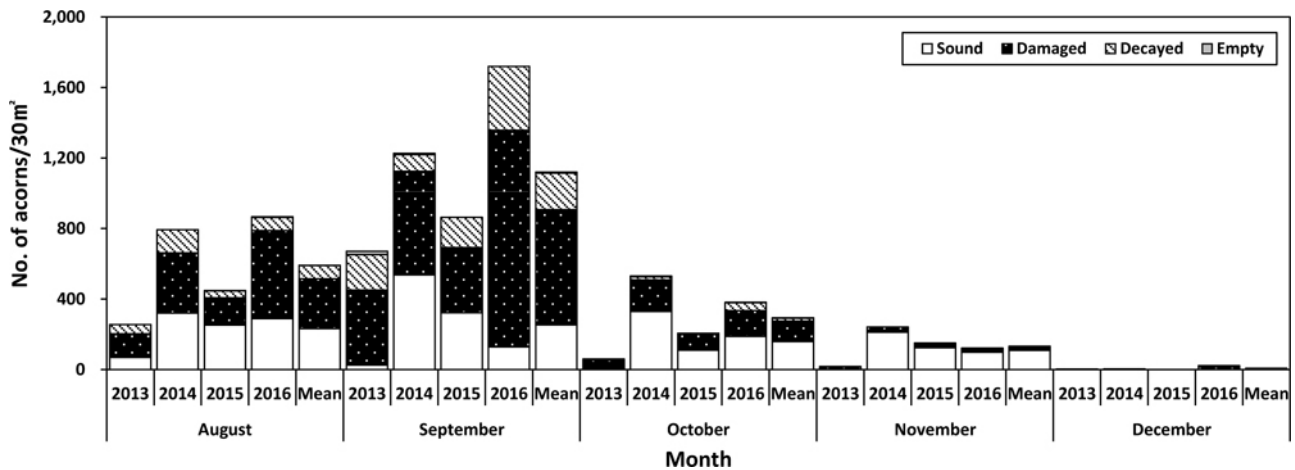


Figure 6. Monthly acorn production for total 30 seed traps from 2013 to 2016.

시기가 달라 주기성이 뚜렷하게 나타난 것으로 판단된다.

2) 월별 연년 종실생산량

월별 연년 종실 생산량 또한 2년을 주기로 결실 풍흉이 나타나 ha당 연도별 종실 생산량을 산정한 결과와 같은 경향이였다(Figure 6). 8~12월 중 9월에 가장 많은 종실이 낙하하였으며, 충해종실의 피해 역시 가장 컸다. 붉가시나무 결실 최성숙기가 10월인 것(Lee, 2010; Lee, 2014)을 고려할 때, 종실의 해충피해 구제 시 곤충에 의한 조기 낙하를 방지하고, 결실 기간을 높여 충실한 종실을 대량으로 생산이 가능한 것으로 판단된다. 따라서 붉가시나무 종실 가해 해충에 대한 정확한 종 동정 및 후속 연구를 통한 피해 대책

마련이 시급함을 시사한다.

쪽정이를 제외한 건전, 충해, 부후 종실 전체의 종실 생산량을 2집구를 일괄하여 시비 및 밀도조절 처리 별로 조사한 결과는 Table 2와 같다. 처리 전인 2013년과 처리 후인 1년 차 2014년, 2년 차 2015년, 3년 차 2016년에 종실 생산량은 일정한 경향은 보이지 않았으며, Duncan의 다중검정 검사 상에서도 평균값은 유의적 차이를 보이지 않았다. 다만 시험립 조성 후 2014년부터 2016까지의 시비 및 밀도조절구의 종실 생산량에 있어 대조 구와 비교하여 비교적 종실 생산량이 많았다. 한편, 2015년 30% 밀도조절구의 종실 생산량이 대조 구에 비해 낮은 것은 조사구 내 개체목간 결실주기의 풍흉 때문으로 추정된다. 처리구별 연년 종실 생산량은 2014년에 각각 대조 구 538립/6m², 시비 구 550립/6m², 30% 밀도조절 구 633립/6m², 50% 밀도조절 구 599립/6m²이었으며, 2015년에는 처리구별 각각 342립/6m², 354립/6m², 167립/6m², 505립/6m²이었다. 2016년의 처리구별 종실 생산량은 대조 구 240립/6m², 시비 구 807립/6m², 30% 밀도조절 구 537립/6m², 50% 밀도조절 구 804립/6m²이었다.

일반적으로 참나무류는 임분 단위로 매년 종실을 생산하고 불규칙하게 결실하는데 이러한 경향을 결실주기라 하며, 다른 수종과는 달리 매년 매우 큰 차이를 보인다(Kelly, 1994; Koenig *et al.*, 1994; Yeo; 2005). 본 연구 결과에서 붉가시나무 종실 생산량은 모든 방형구에서 연도별·월별·처리구별 생산량에 있어 2년을 주기로 뚜렷한 차이를 보여 Daisuke Hirayama 등(2012)에 의한 연구 결과와 일치하였으며, 시비 및 광 조건에 영향을 받으며, 처리 구 내 개체목의 결실 풍흉에 따라 종실 생산량이 결정되는 것으로 추정됐다.

Table 2. Acorn production(acorns/6m²) after NPK fertilization treatment and density control from 2014 to 2016

	2013*	2014	2015	2016
Control	305 (111.50)	538 (18.00)	342 (134.00)	240 (19.00)
NPK fertilization	120 (5.00)	550 (41.00)	354 (12.00)	807 (51.50)
Density control 30%	162 (39.00)	633 (3.50)	167 (14.50)	537 (68.50)
Density control 50%	341 (164.50)	599 (251.50)	505 (201.50)	804 (262.00)
F-test significant level	0.837 (ns)	0.992 (ns)	0.809 (ns)	0.496 (ns)

* No. of acorns before experimental design
 ** Values in parentheses are one standard error
 *** Means with different letters within rows are significantly different at the 5% level as determined by Duncan's Multiple Range Test.

2. 종실 형질특성

1) 임분별 연평균 종실 형질특성

2013년부터 2016년까지 낙하한 건전 종실의 임분별 연평균 종실 형질 및 Duncan의 다중검정을 실시한 결과는 Table 3과 같다. 지역별 연평균 종실 길이의 경우 유의성이 없었으며, 완도 17.24mm, 진도 18.75mm, 해남 20.97mm로 해남 임분의 종실 길이가 가장 길었다. 종실 지름은 임분별 각각 5% 유의수준에서 유의적 차이를 나타냈으며, 완도 11.28mm, 진도 10.04mm, 해남 13.19mm이었다. 종실 무게는 해남 종실이 2.01g으로 완도, 진도 종실과 비교하여 유의적으로 평균값이 매우 높게 나타났다. 이를 종합하면, 붉가시나무 종실의 형질은 임분 간에 유의적인 차이를 보이며, 해남 임분 종실 형질의 경우 평균값이 유의적으로 높게 나타나 해남이 완도와 진도 임분의 종실에 비해 종실 형질이 비교적 충실하다고 판단된다. 또한, 각 임분에 낙하한 종실 간에도 유의성이 있는 것을 시사한다.

Table 3. Annual average acorn characteristics by forests

	Length (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)
Wando	17.24 (0.78)	11.18 (0.19)b	0.95 (0.13)b
Jindo	18.75 (1.95)	10.04 (0.05)c	0.91 (0.17)b
Haenam	20.97 (0.62)	13.19 (0.19)a	2.01 (0.17)a
F-test significant level	0.144(ns)	0.000	0.002

* Values in parentheses are one standard error

** Means with different letters within rows are significantly different at the 5% level as determined by Duncan's Multiple Range Test.

2) 월별 연평균 종실 형질특성

2013년부터 2016년까지 낙하한 건전 종실의 월별 연평균 종실 형질 및 Duncan의 다중검정결과 유의수준 5%에 대한 유의적 차이는 없었다(Table 4). 종실 길이, 지름, 무게는 8월에 각각 18.15mm, 10.99mm, 1.09g이었고, 9월에 각각 19.70mm, 11.93mm, 1.43g이었다. 10월의 연평균 종실 형질은 각각 18.98mm, 11.87mm, 1.43g이었다. 11월의 연평균 종실 길이는 19.72mm, 종실 지름은 12.23mm, 종실 무게는 1.64g으로 종실 형질이 8월~11월 중 가장 높았다. 종실형질은 8월에서 11월로 갈수록 크기, 무게의 평균값이 높아졌으며, 11월에 낙하한 종실이 최대치를 보여 붉가시나무의 종실은 11월에 종실의 길이와 지름 즉, 크기와 무게에 있어 최대치를

보이는 것으로 나타났다.

Table 4. Annual average acorn characteristics by months

	Length (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)
August	18.15 (1.18)	10.99 (0.09)	1.09 (0.20)
September	19.70 (0.95)	11.93 (0.11)	1.43 (0.20)
October	18.98 (1.27)	11.87 (0.48)	1.43 (0.33)
November	19.72 (1.81)	12.23 (0.57)	1.64 (0.40)
F-test significant level	0.819(ns)	0.173(ns)	0.637(ns)

* Values in parentheses are one standard error

** Means with different letters within rows are significantly different at the 5% level as determined by Duncan's Multiple Range Test.

3) 처리구별 연평균 종실형질

시험림 조성 후 1년 차부터 3년 차까지 낙하한 건전 종실의 평균 종실 형질을 처리구별로 Duncan의 다중검정을 실시한 결과는 Table 5와 같다. 유의수준 5%에서 처리구별 평균 종실 형질에 있어 유의적인 차이는 없었다. 종실 길이의 평균은 50% 밀도조절 구, 30% 밀도조절 구, 대조 구, 시비 구 순으로 높게 나타났으며, 종실 지름과 무게의 평균

Table 5. Annual average acorn characteristics after NPK fertilization treatment and density control plots

	Length (mm)	Diameter (mm)	Weight (g)
Control	17.03 (1.07)	11.63 (0.25)	1.07 (0.16)
NPK fertilization	16.74 (0.94)	10.63 (0.22)	0.80 (0.12)
30% Density control	17.91 (1.31)	11.49 (0.31)	1.04 (0.17)
50% Density control	18.04 (1.37)	11.39 (0.30)	1.05 (0.22)
F-test significant level	0.829(ns)	0.117(ns)	0.654(ns)

* Values in parentheses are one standard error

** Means with different letters within rows are significant different at the 5% level as determined by Duncan's Multiple Range Test.

은 대조 구 각각 11.63mm, 1.07g으로 가장 높았으나 시비 구를 제외한 30% 밀도조절 구와 50% 밀도조절 구와는 큰 차이를 보이지 않았다. 따라서, 시비와 교목층의 밀도조절은 붉가시나무 종실 형질에 있어 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

3. 종합고찰

참나무류 종실의 대량 발생과 동시성은 참나무 종실의 천연갱신에 중요한 역할을 하며, 일반적으로 불규칙하게 종실을 대량 발생시키고, 연간 변이 또한 매우 심하다(Kelly, 1994; Koenig *et al.*, 1994; Yeo, 2005). 난대림의 복원 기반을 구축을 위한 붉가시나무 묘목 양성 시 종실 공급을 위해서는 임분 관리기술 개발 및 도입하여 생태적 진단과 환경인자 간 관리기술을 규명 후 지속 가능한 우수 종실 생산을 통한 안정적인 종자공급의 토대를 마련해야 한다(Korea forest Service, 2016).

본 연구는 완도를 중심으로 하여 전남지역(완도, 진도, 해남)의 붉가시나무림을 대상으로 수행하였다. 붉가시나무림의 각 지역 및 지역 전체를 일괄한 종실 생산량은 2년을 주기로 다소 차이가 나타났다. 참나무류는 임분 단위로 매년 종실을 생산하고 불규칙하게 결실하는데 이러한 경향을 결실주기라 하며, 다른 수종과는 달리 매년 매우 큰 차이를 보인다(Kelly, 1994; Koenig *et al.*, 1994; Yeo, 2005)는 연구 결과들을 고려하면 서로 다른 지역 임분 간에 있어 종실 생산량 증감의 동시성을 보여 붉가시나무의 결실주기가 2년이라는 연구 결과들(Daisuke Hirayama *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2014)과 같은 경향성을 나타냈다. 월별 종실 생산량에 있어 8~12월 중 9월에 가장 많은 종실이 낙하하였고, 충해종실의 피해 또한 많았다. 붉가시나무 결실 최성숙기는 10월(Lee, 2010; Lee, 2014)로 종실의 해충피해 구제 시조기 낙하가 방제되고, 결실 기간을 높여 충실 종실 대량생산이 가능할 것으로 추정된다. 붉가시나무 종실 생산량은 모든 방형구에서 연도별·월별·처리구별 생산량에 있어 2년을 주기로 뚜렷한 차이를 보였다. 시비 및 광 조건에 영향을 받은 것으로 추정되며, 처리 구 내 개체목의 결실 풍흉에 따라 종실 생산량이 결정되는 것으로 판단된다. 따라서 붉가시나무 결실 풍년에 성목 중 종실 생산량이 많은 개체들을 선정하여 표시하고, 충분히 수광할 수 있도록 하고, 붉가시나무의 종실량은 수관 상부에 집중하며 수관 면적과 밀접한 정의 상관관계(Park *et al.*, 2014; Kim and Park, 2019)가 있다는 연구 결과를 고려하여 종실 생산량이 많은 붉가시나무 개체들과 경쟁하거나 수광을 방해하는 나무 및 덩굴류를 제거하는 수광생장간벌을 시행하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 위의 연구 결과는 향후 붉가시나무 종실 생산량 증대

및 우수형질 종실 생산에 도움이 될 것으로 판단된다. 종실을 가해하는 병해충에 대하여 발생 시기별로 예찰을 강화해서 발생 초기에 적극적인 방제를 시행하고, 종실 가해 해충에 대한 정확한 종 동정 및 후속 연구를 통한 피해 대책 마련이 시급한 것으로 추정되며, 종실생산량과 경사·기후 등의 자연환경과의 연관성에 관련한 후속 연구가 과제로 남는다.

REFERENCES

- Ashton, M.S. and B.C. Larson(1996) Germination and seedling growth of *Quercus*(section *Erythrobalanus*) across openings in a mixed-deciduous forest of southern New England, USA. *Forest Ecology and Management* 80: 81-94.
- Bae, H.G. and M.S. Park(2001) Structure of Evergreen Broad-leaved Forest Community at Baegunbong Area in Wando. *Journal of Korean Forest Society* 90(6): 756-766. (in Korean with English abstract)
- Botanic Gardens Conservation International(BGCI) and IUCN SSC Global Tree Specialist Group(2019) *Quercus acuta*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T62005627A136776235. doi:10.2305/IUCN.UK.2019-1. RLTS.T62005627A136776235.en
- Cha, Y.J., J.W. Lee, J.H. Kim, M.H. Park and S.Y. Lee(2004) Major Components of Teas Manufactured with Leaf and Flower of Korean Native *Camellia japonica* L. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 12(3): 183-190. (in Korean with English abstract)
- Chae, Y.A., J.O. Koo, H.S. Seo, Y.M. Lee and S.G. Jeong(2012) *Basic Biostatistics*. Hyangmunsa, Seoul, 370pp. (in Korean)
- Daisuke, H., F. Toshio, N. Satoshi, I. Akira and Y. Takuo(2012) Two-year cycles of synchronous acorn and leaf production in biennial-fruited evergreen oaks of subgenus *Cyclobalanopsis* (*Quercus*, *Fagaceae*). *Ecological Research* 27: 1059-1068.
- Healy, W.M., A.M. Lewis and E.F. Boose(1999) Variation of red oak acorn production. *Forest Ecology and Management* 116: 1-11.
- Hong, S.C., S.H. Byun and S.S. Kim(1995) *Coloured Woody Plants of Korea*. Gyemyeongsa, Seoul, 310pp. (in Korean)
- Kang, H.M.(2019) Vegetation Characteristics of Evergreen Broad-Leaved Forest in the Duryunsan Provincial Park-Focusing on the Dacheungsa(Temple) Area-. *Korean J. Environ. Ecol.* 33(5): 552-564. (in Korean with English abstract)
- Kelly, D.(1994) The evolutionary ecology of mast seeding. *Trends in Ecology and Evolution* 9(12): 465-470.
- Kim, C.S. and J.G. Oh(1990a) Phytosociological Study on the Evergreen Broad-Leaved Forest in Dadohae National Marine Park-The Vegetation of Chodo Archipelago-. *Korean J. Ecol.*

- 13(3): 181-190. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.S. and J.G. Oh(1990b) Phytosociological Study on the Evergreen Broad-leaved Forests in Dadohae National Marine park-The Vegetation of Kumo Archipelago-. Korean J. Ecol. 13(4): 343-359. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.S., K.Y. Lee, J.G. Koh, K.O. Ryu and Y.J. Kang(1995) Correlations between Growth and Isozyme Variation in Open-Pollinated Progenies of *Machius thunbergii*. Res. Rep. For. Gen. Res. Inst. Korea 31: 53-60. (in Korean with English summary)
- Kim, C.S., Y.W. Park, H.S. Yang and J.G. Oh(1990) Phytosociological Study on the Evergreen Broad-leaved Forest in Dadohae National Marine Park-The Vegetation of Komun-do-. Bulletin of Institute of Littoral Biota MokPo National University 7: 1-22. (in Korean with English summary)
- Kim, C.Y., J.S. Lee, K.I. Oh, S.K. Jang and J.H. Park(2000) Community Ecological Study on the *Quercus acuta* forests in Bogildo island. Jour. Korean For. Soc. 89(5): 618-629. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H.(1988) Phytosociological Study on Evergreen Broad-Leaved Forest of Korean Peninsula. Ph. D. dissertation, Konkuk University, 115pp. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H.(1990) Study on the Vegetation of Jindo County. Korean J. Eco. 13(1): 33-50. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.D. and I.H. Park(2019) Growth and Fruiting Characteristics and No. of Acorns/tree Allometric Equations of *Quercus acuta* Thunb. in Wando Island, Korea. Korean J. Environ. Ecol. 33(4): 440-446. (in Korean with English abstract)
- Kim, S.D.(2018) Community Structure, Flowering, Fruiting and Natural Regeneration of *Quercus acuta* Thunb. Ph. D. dissertation, Univ. of Suncheon, Suncheon, 100pp.
- Kim, Y.S. and K.K. Oh(1996) Restoration Model of Evergreen Broad-Leaved Forests in Warm Temperate Region(II)-Rare, Endangered and Naturalized Plants-. Korean J. Environ. Ecol. 10(1): 128-139. (in Korean with English abstract)
- Koenig, W.D. and J.M.H. Knops(2000) Patterns of annual seed production by northern hemisphere trees: A global perspective. The American Naturalist 155:59-69.
- Koenig, W.D., R.L. Mumme, W.J. Carmen and M.T. Stanback (1994) Acorn production by oaks in central costal California: Variation within and among years. Ecology 75(1): 99-109.
- Korea Forest Service(2000) Restoration and development for bio technology in warm temperate forest(industry-academy government cooperative study II). Daejeon, Korea, 194pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2001) Restoration and development for bio technology in warm temperate forest(industry-academy government cooperative study III). Daejeon, Korea, 174pp. (in Korean)
- Korea Forest Service(2016) 2016 Forestry technology R&D final report-Development of seed stand and seed production stand selection criteria and management technology of *Acer pictum* Thunb. var. *mono*, *Quercus acutissima* Carruth. and *Quercus acuta* Thunb.-. Daejeon, Korea, 98pp. (in Korean with English summary)
- Larsen, D.R. and R.S. Johnson(1998) Linking the ecology of natural oak regeneration to silviculture. Forest Ecology and Management 106: 1-7.
- Lee, C.B.(2014) Coloured Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul, 1828pp. (in Korean)
- Lee, I.K., I.T. Kim and J.H. Kim(1981) Ecological Study on the Flora of Sogumoon Island. The Korean Journal of Ecology 4(1-2): 8-24. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.H., H.S. Lee, Y.S. Park, B. Hwang, J.H. Kim and H.Y. Lee(2002) Screening of Immune Activation Activities in the Leaves of *Dendropanax morbifera* Lev. Korean J. Medicinal Crop Sci. 10(2): 109-115. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.T., Y.M. Son, K.J. Lee, J.H. Hwang, J.C. Choi, H.C. Shin and N.C. Park(2005) Aboveground Carbon Storage of *Quercus acuta* Stands by Thinning Intensity. Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology 7(4): 282-288. (in Korean with English abstract)
- Lee, Y.N.(2010) New flora of Korea. Kyuhaksa, Seoul, 1864pp. (in Korean)
- Li, H.J. and Z.B. Zhang(2003) Effect of rodents on acorn dispersal and survival of the Liaodong oak(*Quercus liaotungensis* Koidz.). Forest Ecology and Management 176: 387-396.
- Lim, Y.J.(1970) On the Distribution of Woody Plant Species in Relation to the Climatic Conditions in Korea. The Research Journal of Incheon National University of Education 5: 315-336. (in Korean with English synopsis)
- Oh, K.K. and B.H. Kim(1998) Monitoring Restoration of Evergreen Broad-Leaved Forests in Warm Temperate Region (I). Kor. J. Env. Eco. 12(3): 279-289. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and S.G. Park(2003) Conservation Status and Restoration of Evergreen Broad-Leaved Forests in Warm Temperate Region, Korea(2)-Restoration Planning of Vegetation in a Case Study Areas-. Korean J. Environ. Ecol. 17(1): 71-82. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and S.H. Choi(1993) Vegetational Structure and Successional Sere of Warm Temperate Evergreen Forest Region, Korea. Journal of Ecology and Environment 16(4): 459-476. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K. and Y.S. Kim(1996) Restoration model of evergreen broad-leaved forests in warm temperate region(I)-Vegetational structure-. Kor. J. Env. Eco. 10(1): 87-102. (in Korean with English abstract)
- Oh, K.K.(1994) Plant community Structure of Evergreen

- broad-Leaved Forest in Mt. Turyunsan, Korea. Korean J. Environ. Ecol. 8(1): 43-57. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H.(2012) Structure and Dynamics of *Quercus acuta*, *Quercus acutissima* and *Pinus rigida* forests in Wando island. Kor. J. Env. Eco. 26(3): 406-411. (in Korean with English abstract)
- Park, I.H., S.D. Kim, J.W. Park, K.S. Chae, G.T. Kim and T.W. Um(2014) Flowering Characteristics and Acorn Production of *Quercus acuta* Thunb. in Wando Island, Korea. Korean J. Environ. Ecol. 28(3): 326-330. (in Korean with English abstract)
- Park, J.Y., C.S. Kim, J.Y. Jeong, J.K. Byun, Y.H. Son and M.J. Yi(2008) Effect of Fertilization on Litterfall Amounts in a *Quercus acutissima* stand. Jour. Korean For. Soc. 97(6): 582-588. (in Korean with English abstract)
- Roe, A.L., R.R. Alexander and M.D. Andrews(1970) Engelmann spruce regeneration practices in the Rocky Mountains. USDA Prod. Res. Pap. 115.
- Shin, H.C., N.C. Park and H.K. Song(1999) The Vegetation Structure and Community Classification of *Quercus acuta* in Warm-Temperate Region of Korean Peninsula. FRI. J. For. Sci. 60: 11-25. (in Korean with English abstract)
- Sork, V.L., J. Bramble and O. Sexton(1993) Ecology of mast-fruited in three Species of North American deciduous oaks. Ecology 74(2): 528-541.
- Yeo, U.S.(2005) Natural Regeneration Patterns and Strategies of *Quercus acuta* in Wando, Korea. Ph.D. dissertation, Seoul National University, 108pp. (in Korean with English abstract)
- Yim, Y.J. and T. Kira(1975) Distribution of forest vegetation and climate in Korean Peninsula I. Distribution of some indices of thermal climate. Japanese Journal of Ecology 25: 77-88.
- Zhu, J., T. Matsuzaki, F. Lee and Y. Gouda(2003). Effect of gap size created by thinning on seedling emergency, survival and establishment in a coastal pine forest. Forest Ecology and Management 182: 339-354.