

# 한국산 참나무류 6종 종자의 주요 영양염류 농도의 계절적 변화<sup>1</sup>

홍용식<sup>2</sup> · 유영한<sup>2</sup> · 이훈복<sup>3\*</sup>

## Seasonal Change of Macro Nutrients Concentration in Acorns of Six Oak Species in Korea<sup>1</sup>

Yong-Sik Hong<sup>2</sup>, Young-Han You<sup>2</sup>, Hoon-Bok Yi<sup>3\*</sup>

### 요 약

참나무류는 한반도 산림식생의 우점종으로 그 열매인 도토리는 야생동물의 중요한 먹이원이다. 본 연구는 계절에 따라 도토리의 영양염류 함량을 상수리나무, 갈참나무, 신갈나무, 굴참나무, 떡갈나무, 졸참나무가 어떻게 변화되는지를 알아보기 위하여 계절별로 채집해 그 함량을 분석했다. 질소 함량은 갈참나무에서 계절에 관계없이 일정했고, 떡갈나무는 계절의 변화에 따라 뚜렷한 차이가 나타났다. 상수리나무는 계절의 변화에 따라 여름과 가을에 높았으나, 신갈나무는 봄과 여름에 높았고, 가을에 낮아지는 경향성을 보였다. 졸참나무는 가을에 가장 높았고, 굴참나무는 가을에 가장 낮았다. 인 함량은 6종 모두에서 여름에 가장 낮고, 봄과 여름에는 높은 경향성을 보였다. 칼슘과 마그네슘 함량은 계절에 따라 신갈나무에서는 증가하였으나, 나머지 5종은 감소하는 경향을 보였다. 나트륨 함량은 갈참나무, 떡갈나무 그리고 졸참나무에서 계절에 관계없이 일정했고, 신갈나무는 계절에 따라 증가하는 경향을 보였고, 굴참나무에서는 가을에 가장 높았으며, 상수리나무는 가을에 가장 낮았다. 이상으로 볼 때, 도토리의 영양염류 함량은 계절과 종에 따라 매우 다양했다.

주요어: 도토리, 야생동물, 먹이원, 계절변화, 영양소

### ABSTRACT

Native oak tree species dominate the deciduous forests of South Korea. Although the acorns of these oak trees represent the main food source for many wildlife species, information pertaining to their nutrient composition and associated seasonal changes is limited. Thus, the objective of this study was to describe the seasonal changes in the acorn nutrient composition of six oak species in terms of nitrogen (N), phosphorus (P), calcium (Ca), magnesium (Mg), and sodium (Na) concentrations, *Quercus acutissima*, *Q. aliena*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*, *Q. dentata*, and *Q. serrata*. The results indicated that N concentrations of *Q. aliena* acorns were constant, whereas those of *Q. dentata* changed over the seasons. Those of *Q. acutissima* acorns were higher in summer and autumn but *Q. mongolica* acorns were higher in spring and summer. *Q. serrata* acorns were highest in autumn but *Q. variabilis* acorns were found to be the lowest in N concentration. P concentrations of acorns of six species tended to decline in the summer but increased in the spring and autumn. Ca and Mg concentrations showed an obvious trend of decline over the seasons for all species except *Q. mongolica*. Na concentrations of *Q. aliena*, *Q. dentata*, and *Q. serrata* acorns were constant over the seasons whereas those of *Q. dentata* tended

1 접수 2010년 3월 2일, 수정(1차: 2010년 4월 19일, 2차: 2010년 5월 3일), 게재확정 2010년 5월 4일

Received 2 March 2010; Revised(1st: 19 April 2010, 2nd: 3 May 2010); Accepted 4 May 2010

2 공주대학교 생물학과 Department of Biology, Kongju National University(314-701), Korea

3 서울여자대학교 환경생명과학부 Division of Environmental and Life Science, Seoul Women's University(139-774), Korea

\* 교신저자 Corresponding author(yih@swu.ac.kr)

to increase. *Q. variabilis* acorns were highest in autumn but *Q. acutissima* acorns were lowest in Na concentration. Overall, these results showed that acorn nutrient composition varies by season, and that the nature of the variability is largely species dependent.

**KEY WORDS: QUERCUS, WILDLIFE, FOOD, SEASON, NUTRIENT**

## 서론

낙엽성 참나무류는 온대 지방에 주로 분포하는 수종이다. 우리나라에서 낙엽성 참나무는 상수리나무(*Quercus acutissima*), 굴참나무(*Quercus variabilis*), 갈참나무(*Quercus aliena*), 졸참나무(*Quercus serrata*), 떡갈나무(*Quercus dentata*), 신갈나무(*Quercus mongolica*)의 6종이 기본종으로 분포한다(Lee, 1961a; Lee, 1961b; Kim et al., 1981).

우리나라 국토의 약 65%는 산악지역이다. 그 중 참나무림은 전 국토의 13.6%(산림면적 20.3%)로 넓게 분포한다(Lee et al., 2006). 이 참나무림의 물질생산을 바탕으로 산림생태계의 먹이그물이 시작되고 기능이 작동된다(Korea forest research institute, 1988).

최근 10년 동안 전국의 도토리 생산량은 평균 112만kg(최대 생산량 2002년 116만kg, 최소 생산량 2008년 68만kg)으로 나타났다(Korea forest service, 2004; Korea forest service, 2008). 요르단의 경우는 참나무류 한 그루당 평균 10kg의 열매 생산을 기초로 보고 있다(Al-Jassim et al., 1998).

참나무의 열매인 도토리는 곤충, 어치, 원앙, 하늘다람쥐, 멧돼지, 그리고 반달곰 등을 포함한 수많은 야생동물들에게 매우 가치 있는 먹이원이다(Darley-Hill and Johnson, 1981; Gibson, 1982; Korea forest research institute, 1988).

세계적으로 도토리의 먹이로써의 가치는 여러 해 동안 연구가 수행되었다. 흰꼬리사슴(*Odocoileus virginianus*) (Wentworth et al., 1992), 다람쥐(*Sciurus* spp.) (Nixon et al., 1975), 흑곰(*Ursus americanus*) (Eiler et al., 1989), 아시아흑곰(*Ursus thibetanus*) (Hashimoto, 2002), 빨강머리 딱따구리(*Melanerpes erythrocephalus*) (Koenig and Mumme, 1987; Smith and Scarlett, 1987), 검은눈방울새(*Junco hyemalis*) (Clotfelter et al., 2007), 흰 발생쥐(*Peromyscus leucopus*) (Wolff, 1996; Clotfelter et al., 2007), 사슴쥐(*Peromyscus maniculatus*) (Clotfelter et al., 2007) 그리고 매미나방(*Lymantria dispar*) (Elkinton et al., 1996)의 생존과 개체수 유지에 도토리의 생산량이 결정적이라고 보고된 바 있다. 이처럼 도토리가 야생동물들에게 중요한 먹이원임에도 불구하고, 계절의 변화에 따른 영양염

류의 함량(Callaway and Nadkarni, 1991)에 대한 연구는 거의 없다.

우리나라에서 도토리에 대한 연구는 지역 및 품종, 저장 방법에 따른 성분분석(Chae et al., 1973; Lee et al., 1992), 도토리의 생리학적 영양 효과(Ko 1982; Ko and Choe, 1983; Ko et al., 1984), 도토리 전분 및 도토리묵의 성질 분석(Kim and Lee, 1976; Kim and Lee, 1985; Kim and Lee, 1987; Lee and Lee, 1990; Lee and Lee, 1991; Kim, 1992), 도토리의 떫은 맛 성분인 tannin에 대한 분석(Chae and Yu, 1973; Chae et al., 1983; Park and Koo, 1984; Chae, 1986) 등이 있다.

본 연구는 도토리에서 계절별로 영양소가 어떻게 변하는지를 알아보기 위해, 낙엽성 참나무류 6종 도토리의 영양염류 함량을 계절적으로 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

실험에 사용한 도토리는 국내에서 자생하는 목본인 상수리나무(*Quercus acutissima*), 굴참나무(*Q. variabilis*), 갈참나무(*Q. aliena*), 졸참나무(*Q. serrata*), 떡갈나무(*Q. dentata*), 신갈나무(*Q. mongolica*)의 종자이다. 종자는 관악산의 해발고 150m 정도로, 참나무류 6종이 분포하고 있는 반경 100m의 지역에서 채집하였다. 계절의 변화에 따라 채집은 2006년 5월부터 9월까지 봄(5월 중순), 여름(7월 중순), 가을(9월 초순)에 실시하였다. 봄과 여름엔 종자의 크기가 작고 가지에 달려있어서 10개 이상을 직접 나무에서 채집하였으며, 가을은 성숙하여 떨어진 것을 이용하였다. 종자의 채집은 각 종에서 세 개체, 세 가지에서 9개체씩 반복 실시하였으며, 채집한 도토리는 풍건하고 micro mill(UBM-100S)로 분쇄하여 분말시료로 사용하였다.

### 2. 영양염류 분석

영양염류는 생물체에서 단백질원으로 중요한 질소(N)와 종자의 발아 등 생리작용에 조인자로 작용하는 인(P), 칼슘

(Ca), 마그네슘(Mg) 그리고 나트륨(Na)의 함량을 분석하였다. Kjeldahl에 분말시료 0.2g과 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.5g, CuSO<sub>4</sub> 0.125g를 넣어준 후, Block digester(JP/DIK-5100)에서 습식 분해시켰다(Moore and Chapman, 1986). 그 다음 증류수를 이용하여 50ml로 정용하였다.

질소의 함량은 LAB Quest(Vernier Korea)의 질소센서를 활용하여 정량하였다. 그 외 인, 칼슘, 마그네슘, 나트륨의 함량은 ICP-OES(Optima-2000DV)로 정량하였다(Allen *et al.*, 1974). 질소를 제외한 모든 분석은 공주대학교 산학협력단의 공동실험실습관을 이용하였다.

3. 통계처리

계절의 변화에 따른 영양염류 함량의 경향성을 밝히기 위하여 Fisher의 최소유의차 법(ANOVA)으로 5% 유의수준에서 차이를 검정하였고, 이때 통계분석은 Statistica(Hill and Lewicki, 2007)를 사용하였다(No and Jeong, 2002).

결과 및 고찰

질소의 함량은 갈참나무의 경우 계절에 관계없이 일정하였다(Figure 1). 그러나 떡갈나무는 여름이 가장 높게 나타났으며, 그 외 봄, 가을 순으로 낮았다. 신갈나무는 봄과 여름에 높았으나 가을에 감소하는 경향성을 보였다. 반면에 상수리나무는 봄에 가장 낮았으나 여름과 가을에 증가하는 경향성을 보였다. 굴참나무는 여름에 가장 높았고 가을에 가장 낮았으며, 봄은 그 중간이었다. 졸참나무는 가을에 가장 높았고 여름에 가장 낮았으며, 여름은 그 중간이었다. 전체적인 N의 함량은 그 외 4종류(P, Ca, Mg, Na)의 함량보다 월등히 높았으며, 계절이 변하는 동안 상당량을 일정하

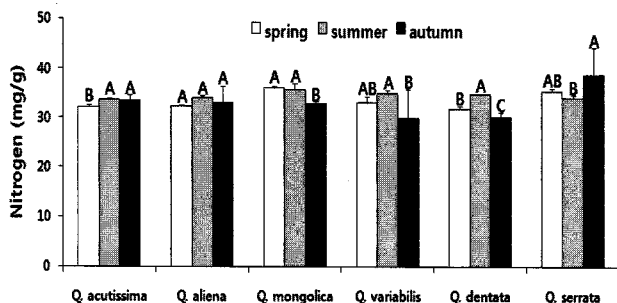


Figure 1. Seasonal change of nitrogen contents of acorn of *Q. acutissima*, *Q. aliena*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*, *Q. dentata*, *Q. serrata*. Bars with different letters are statistically significant difference at P<0.05 among the seasons within the same species

게 함유하고 있었다. 이 결과는 8월에 N의 함량이 급격히 증가하여 10월 말 최고조를 이룬 후 11월에 다시 급격히 감소한 Callaway and Nadkarni(1991)의 결과와 달랐다. 이러한 차이는 본 연구에서 사용한 종과 서식환경이 전술한 연구자와 달리 국내의 온대기후에서 분포하는 낙엽성 참나무류를 사용하였기 때문이라고 생각된다.

인의 함량은 상수리나무에서 가을에 가장 높게 나타났으며, 봄, 여름은 낮았다(Figure 2). 졸참나무도 가을에 가장 높았고 여름에 가장 낮았으나, 봄은 그 중간이었다. 갈참나무, 떡갈나무는 봄이 가장 높게 나타났으며, 그 외 가을, 여름 순으로 낮았다. 신갈나무, 굴참나무는 가을이 가장 높게 나타났으며, 그 외 봄, 여름 순으로 낮았다. 계절의 변화에 따른 P의 함량은 상수리나무, 신갈나무, 굴참나무, 졸참나무에서 가을에 가장 높은 경향성을 보였으며, 갈참나무, 떡갈나무에선 봄에 가장 높은 경향성을 보였다. 그리고 갈참나무, 신갈나무, 굴참나무, 떡갈나무, 졸참나무는 여름에 가장 낮은 경향성을 보였다. 계절별 인의 함량은 가을이 가장 높게 나타났으며, 그 외 봄, 여름 순으로 낮았다. 이 결과 역시 8월에 질소의 함량이 급격히 증가하여 10월 말 최고조를 이룬 후 11월에 다시 급격히 감소한 Callaway and Nadkarni(1991)의 결과와 달랐다. 이러한 차이는 질소의 경우와 동일하다고 생각된다.

칼슘의 함량은 상수리나무, 갈참나무, 굴참나무 그리고 떡갈나무에서 봄에 가장 높게 나타났으며, 그 외 여름, 가을 순으로 낮았다(Figure 3). 신갈나무는 가을이 가장 높았고 봄, 여름은 낮았으며, 졸참나무는 봄, 여름이 가장 높았고 가을이 낮았다. 계절별 칼슘의 함량은 봄에 가장 높게 나타났으며, 그 외 여름, 가을 순으로 낮았다. 계절의 변화에 따라 칼슘의 함량은 상수리나무, 갈참나무, 굴참나무, 떡갈나무 그리고 졸참나무에서 뚜렷하게 감소하는 경향성을 보

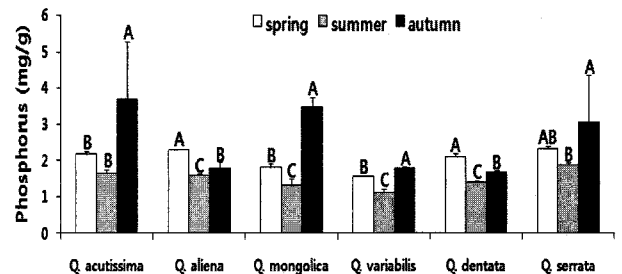


Figure 2. Seasonal change of phosphorus contents of acorn of *Q. acutissima*, *Q. aliena*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*, *Q. dentata*, *Q. serrata*. Bars with different letters are statistically significant difference at P<0.05 among the seasons within the same species

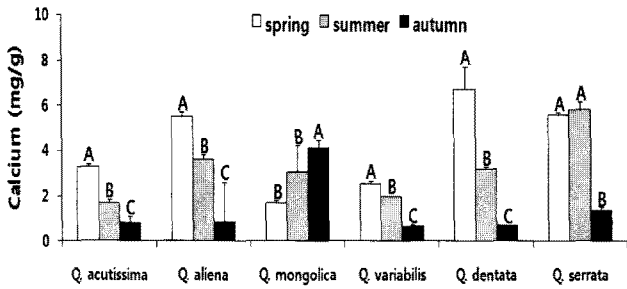


Figure 3. Seasonal change of calcium contents of acorn of *Q. acutissima*, *Q. aliena*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*, *Q. dentata*, *Q. serrata*. Bars with different letters are statistically significant difference at  $P < 0.05$  among the seasons within the same species

인 반면에 신갈나무는 증가하는 경향성을 보였다.

마그네슘의 함량은 상수리나무에서 계절에 관계없이 일정하였다(Figure 4). 신갈나무는 가을에 가장 높았고, 봄, 여름이 낮았다. 반면에 굴참나무는 봄이 가장 높았고, 여름, 가을이 낮았다. 갈참나무, 떡갈나무, 졸참나무는 봄이 가장 높게 나타났으며, 그 외 여름, 가을 순으로 낮았다. 계절별 마그네슘의 함량은 봄에 가장 높게 나타났으며, 그 외 여름, 가을 순으로 낮았다. 계절의 변화에 따른 마그네슘의 함량은 갈참나무, 굴참나무, 떡갈나무 그리고 졸참나무에서 뚜렷하게 감소하는 경향성을 보인 반면에 신갈나무는 증가하는 경향성을 보였다.

나트륨의 함량은 갈참나무, 떡갈나무 그리고 졸참나무에서 계절에 관계없이 일정하였다(Figure 5). 상수리나무는 봄, 여름에 높았고, 가을에 가장 낮았다. 반면에 신갈나무, 굴참나무는 가을에 가장 높았고, 봄, 여름은 낮았다. 계절의

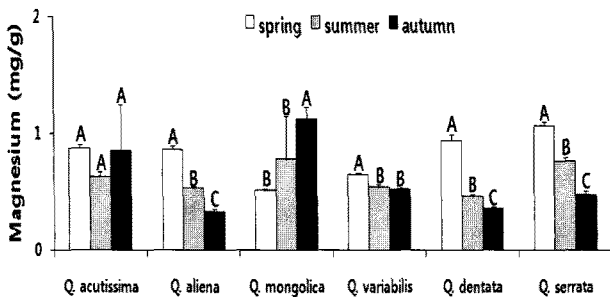


Figure 4. Seasonal change of magnesium contents of acorn *Q. acutissima*, *Q. aliena*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*, *Q. dentata*, *Q. serrata*. Bars with different letters are statistically significant difference at  $P < 0.05$  among the seasons within the same species

변화에 따라 나트륨의 함량은 상수리나무에서 감소하는 경향성을 보였으며, 신갈나무와 굴참나무는 증가하는 경향성을 보였다.

본 연구의 결과로 참나무류 6종에 대한 도토리 영양염류 함량은 나트륨 함량이 가장 높게 나타났으며, 그 외 칼슘(Ca), 인(P), 나트륨(Na), 마그네슘(Mg) 순으로 낮았다. 이는 1987~1988년 동안의 도토리의 영양염류 함량을 분석한 보고(Callaway and Nadkarni, 1991)와 같았다. N이 가장 높게 나타났고, 그 외 인(P), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na) 순으로 낮아진 연구를 보고한 Sim *et al.*(2004)과는 달랐다.

종자의 저장조직은 야생동물들에게 영양소와 에너지의 원천이 되고, 계절의 변화에 따라 종자의 화학적 성분은 다양하다(Fenner, 1992). 도토리의 성분은 환경의 영향을 크게 받으며, 이들 환경요인의 상호작용이 종자의 화학적 조성에 주는 변화를 구명하는 일은 쉬운 일이 아니다. 종자의 화학 성분은 온도, 강수량, 토양의 수분조건과 영양조건 등에 따라 크게 변화된다(Hong *et al.*, 2006). XU and UZI(2003)는 후추 종자의 무기물 함량이 성장기간 동안에 온도와 수분 스트레스의 영향을 받는다고 보고하였으며, White(1978)는 강수량의 차이가 초식동물들이 섭취하는 먹이원의 양과 영양적 가치에 가장 큰 영향을 준다고 밝힌 바 있다. Clotfelter *et al.*(2007)은 연간 도토리 생산량이 날씨의 변화에 큰 영향을 받는다고 보고했다.

질소는 종자의 단백질 함량에 가장 큰 영향을 주며, 동물의 조직, 젖, 알 그리고 털의 생산에 필수적이다(Klaas and Van der Hoek, 1998; Hong *et al.*, 2006). 그러나 초식동물은 영양소가 충분치 못한 먹이원을 섭취하기 때문에(White, 1978), N의 함량이 높은 식물체로부터 이득을 취한다. 그 결과, 질소 함량이 높은 식물체는 야생동물들이 직면한 영

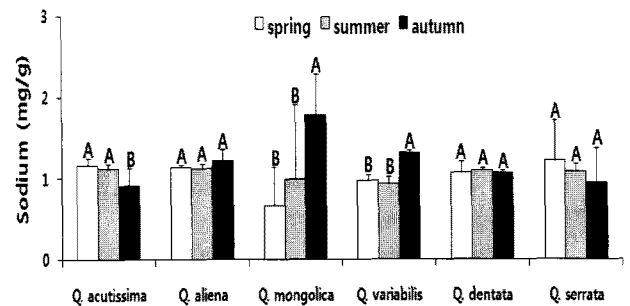


Figure 5. Seasonal change of sodium contents of acorn of *Q. acutissima*, *Q. aliena*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*, *Q. dentata*, *Q. serrata*. Bars with different letters are statistically significant difference at  $P < 0.05$  among the seasons within the same species

양학적인 불균형을 완화시켜 줄 수 있다(Pennings and Simpson, 2008).

질소는 초식동물의 먹이선택과 개체수 변화에도 가장 중요한 역할을 한다(Mattson 1980; Sterner and Elser, 2002). 유제류는 질소의 함량이 높은 먹이원을 선택적으로 섭취하고(Lauckhart, 1962; Bell, 1970), 이는 Sinclair's(1974a; 1974b; 1974c)가 동아프리카 물소의 개체군에 관한 연구를 통해 먹이원이 함유한 질소의 함량이 물소의 개체수를 제한시키는 가장 중요한 자연환경의 구성요소라 보고했다.

인은 물리적인 환경의 변화에 민감하며, 인의 결핍은 식물체의 주요 생산량을 제한시킨다. Atkinson (1973)은 인이 결핍되면 식물체의 뿌리와 새순의 성장률에 영향을 미치고, 초기 성장 시기의 심각한 결핍은 종자의 크기를 결정짓는 중요한 요인이라고 보고했다.

자연환경에서 야생동물의 수를 제한시키는 가장 직접적인 요인은 먹이원의 부족이다. White(1978)가 발표한 질소가설에서 먹이원의 부족이야말로 야생동물의 개체수를 제한하는데 가장 중요한 영향력을 행사하며, 질소를 충분히 함유하지 못한 먹이원을 섭취하는 동물들은 원활한 성장을 할 수 없다고 주장했다. 또한 먹이원의 부족은 야생동물들이 태어난 첫 해의 생존에 가장 중요한 영향을 미친다(Caughley, 1970; Wegge, 1975; Thorne *et al.*, 1976).

도토리는 동물들의 먹이원으로 경제적, 환경적인 이익을 가져온다(Klaas and Van der Hoek, 1998). 이미 새끼양의 대체 먹이원으로 도토리는 경제적이며, 질소는 소화력을 상승시키는데 높은 가치를 지닌다고 보고되었다(Al-Jassim, 1998). Shimada(2001)는 겨울철 설치류가 은닉처에 묻어놓은 도토리를 시간의 변화에 따라 영양소 함량을 측정해 본 결과 영양소의 차이는 없었다. 이는 도토리가 먹이원이 부족한 겨울철에도 야생동물들에게 지속적인 영양소를 제공해 줄 수 있음을 보여준다.

## 감사의 글

본 연구는 환경부의 2009년 장기생태연구(LTER), 국토해양부의 자연과 함께하는 Eco-River(2008-2009)의 사업의 일환으로 수행되었습니다.

## 인용문헌

- Al Jassim, R.A.M., K.I. Ereifej., R.A. Shibli and A. Abudabos(1998) Utilization of concentrate diets containing acorn(*Quercus aegilops* and *Quercus coccifera*) and urea by growing Awassi lambs. *Small Ruminant Res.* 29: 289-293.
- Allen, S.E., H.M. Grimshaw., J.A. Parkinson and C. Quarmby(1974) *Chemical analysis of ecological materials.* Blackwell. Oxford.
- Atkinson, D.(1973) Some general effects of phosphorus deficiency on growth and development. *New Phytol.* 72(1): 101-111.
- Bell, R.H.V.(1970) The use of the herb layer by grazing ungulates in the Serengeti. *Symp. Brit. Ecol. Soc.* 10: 111-124.
- Callaway, R.M. and N.M. Nadkarni(1991) Seasonal patterns of nutrient deposition in a *Quercus douglasii* woodland in central California. *Plant and Soil* 137: 209-222.
- Caughley, G.(1970) Eruption of ungulate populations, whit emphasis on Himalayan Thar in New Zealand. *Ecol.* 51(1): 53-72.
- Chae, S.K. and T.J. Yu(1973) Studies on the hydrolysis of tannin in food by fungal tannase. *Korean J. Food Sci. Tech.* 5(4): 258.
- Chae, S.K.(1986) Studies on the acorn tannin utilizing yeast. *Ann. Bull. Seoul Health Junior College* 6: 61-66.
- Chae, S.K., T.J. Yu and B.M. Kim(1983) Purification of acorn tannin hydrolyzing enzyme of aspergillus sp. AN-11 and physicochemical properties of it. *Korean J. Food Sci. Tech.* 15(4): 333.
- Clotfelter, E.D., A.B. Pedersen., J.A. Cranford., N. Ram., E.A. Snajdr., V.Jr. Nolan and E.D. Ketterson(2007) Acorn mast drives long-term dynamics of rodent and songbird populations. *Oecologia* 154: 493-503.
- Darley-Hill, S. and W.C. Johnson(1981) Acorn dispersal by blue jay(*Cyanocitta cristata*). *Oecologia* 50: 231-232.
- Eiler, J.H., W.G. Wathen and M.R. Pelton(1989) Reproduction in black bears in the southern Appalachian mountains. *J. Wild. Manage.* 53(2): 353-360.
- Elkinton, J.S., W.M. Healy., J.P. Buonaccorsi., G.H. Boettner., A.M. Hazzard., H.R. Smith and A.M. Liebhold(1996) Interactions among gypsy moths, white-footed mice, and acorns. *Ecol.* 77(8): 2332-2342.
- Fenner, M.(1992) Environmental influences on seed size and composition. In *Horticultural*, 189pp.
- Gibson, L.P.(1982) Insects that damage northern red oak acorns. United States Department of Agriculture. Northeastern forest experiment station, Research paper NE-492.
- Hashimoto, Y.(2002) Seasonal food habits of the Asiatic black bear(*Ursus thibetanus*) in the Chichibu Mountains, Japan. *Mammal Study* 27: 65-72.
- Hill, T. and P. Lewicki(2007) *STATISTICS Methods and Applications.* StatSoft, Tulsa, OK.
- Hong, B.H., B.H. Choe., K.H. Kang., J.G. Kim, S.H. Kim and T.G. Min(2006) *Seed Science II. Composition of seed.* Hyangmun Press, 56pp.
- Kim, J.O. and M.J. Lee(1976) Studies on Some Physico-Chemical Properties of the Acorn Starch. *Korean J. Food Sci. Tech.* 8(4): 230.

- Kim, Y.A. and H.S. Lee(1985) Texture Profile Analysis of Acorn Flour Gels. Korean J. Food Sci. Tech. 17(5): 345.
- Kim, Y.A. and H.S. Lee(1987) Physicochemical Properties of Acorn Crude Starch and Acorn Refined Starch. Korean Soc. Food Cook. Sci. 3(1): 14.
- Kim, Y.A.(1992) The Morphological Properties of Acorn Starch Granules and Starch Gels. Korean Soc. Food Cook. Sci. 8(1): 9.
- Kim, Y.S., S.C. Ko and B.U. Oh(1981) Distribution Atlas of Plants in Korea. (V)Atlas of Quercus. Korea Uni. J. pp. 93-199.
- Klaas, W. and Van der Hoek(1998) Nitrogen efficiency in global animal production. Env. Pol. 108(S1): 127-132.
- Ko, J.B. and J.J. Choe(1983) A Study on Digestion and Absorption when Acorn Starch Added. Busan Women's University Press 14: 483.
- Ko, J.B.(1982) A Study on dietary effect of the acorn starch. Busan Women's University Press 13: 367.
- Ko, J.B., J.Y. Kim and J.J. Choe(1984) Effect of Acorn Starch on Lipid Metabolism in Growing Rats. Busan Women's University Press 16: 435.
- Koenig, W.D. and R.L. Mumme(1987) Population ecology of the cooperatively breeding Acorn Woodpecker. Monogr. Pop. Biol. 23. Princeton University Press.
- Korea Forest Research Institute(1988) The research about use development of the Oak resource. Ministry of Science and Technology, 226pp.
- Korea Forest Service(2004) Production of forest products. Korea Forest Service, 269pp.
- Korea Forest Service(2008) Production of forest products. IV. Forest product market. Korea Forest Service, 307pp.
- Lauckhart, J.B.(1962) Wildlife population fundamentals. 27th N. Am. Wild. Con. 27: 233-242.
- Lee, C.B.(1961a) Phylogenetic study of the subgenus *Lepidobalanus* of the genus *Quercus* in Korea(1). Korean Agr. Soc. pp. 87-108.
- Lee, C.B.(1961b) Phylogenetic study of the subgenus *Lepidobalanus* of the genus *Quercus* in Korea(2). Seoul Uni. J. 10: 97-141.
- Lee, C.S., W.K. Lee., J.H. Yoon and C.C. Song(2006) Distribution Pattern of *Pinus densiflora* and *Quercus* spp. Stand in Korea Using Spatial Statistics and GIS. J. Korean For. Soc. 95(6): 663-671.
- Lee, M.H., J.H. Jeong and M.J. Oh(1992) Antioxidative Activity of Gallic Acid in Acorn Extract. Korean Soc. Food Sci. Nut. 21(6): 693.
- Lee, Y.S. and Y.S. Lee(1990) Physicochemical Properties of Acorn and Chestnut Starches. Korean Soc. Food Cook. Sci. 6(3): 1.
- Lee, Y.S. and Y.S. Lee(1991) A Comparison Study on Acorn and Chestnut Starch Gels. Korean Soc. Food Cook. Sci. 7(1): 11.
- Mattson, W.J. Jr(1980) Herbivory in relation to plant nitrogen content. Annu. Rev. Ecol. Syst. 11: 119-161.
- Moore, P.D. and S.B. Chapman(1986) Methods in Plant Ecology. Blackwell Scientific Publications, 303pp.
- Nixon, C.M., M.W. McClain and R.W. Donohoe(1975) Effects of hunting and mast crops on a squirrel population. J. Wild. Manage. 39(1): 1-25.
- No, H.J. and H.Y. Jeong(2002) Statistica. Hyungseul press, pp. 336-353.
- Park, J.Y. and S.J. Koo(1984) A Study on the Tannin Components and Physical Properties of Acorn Starch-Gallic Acid Contents and Viscosity. Korean J. Nutr. 17(1): 41.
- Pennings, S.C. and J.C. Simpson(2008) Like herbivores, parasitic plants are limited by host nitrogen content. Plant Ecol. 196: 245-250.
- Shim, T.H., Y.S. Kim., J.H. Sa, I.C. Shin, M.H. Wang and S.I. Heo(2004) Studies for component analysis and antioxidative evaluation in acorn powders. Korean J. Food Sci. Technol. 36(5): 800-803.
- Shimada, T.(2001) Nutrient compositions of acorns and horse chestnuts in relation to seed-hoarding. Ecol. Res. 16: 803-808.
- Sinclair, A.R.E.(1974a) The natural regulation of buffalo populations in East Africa. I. Introduction and resource requirements. E. Afr. Wild. J. 12: 135-154.
- Sinclair, A.R.E.(1974b) The natural regulation of buffalo populations in East Africa. II. Reproduction, recruitment and growth. E. Afr. Wild. J. 12: 169-183.
- Sinclair, A.R.E.(1974c) The natural regulation of buffalo populations in East Africa. IV. The food supply as a regulating factor, and competition. E. Afr. Wild. J. 12: 291-311.
- Smith, K.G. and T. Scarlett(1987) Mast production and winter populations of red-headed woodpeckers and blue jays. J. Wild. Manage. 51(2): 459-467.
- Sterner R.W. and J.J. Elser(2002) Ecological stoichiometry. Princeton university press.
- Thorne, E.T., R.E. Dean and W.G. Hepworth(1976) Nutrition during gestation in relation to successful reproduction in Elk. J. Wild. Manage. 40(2): 330-335.
- Wegge, P.(1975) Reproduction and early calf mortality in Norwegian Red Deer. J. Wild. Manage. 39(1): 92-100.
- Wentworth, J.M., A.S. Johnson and P.E. Hale(1992) Relationships of acorn abundance and deer herd characteristics in the southern Appalachians. S. J. Appl. For. 16: 5-8.
- White, T.C.R.(1978) The importance of a relative shortage of food in animal ecology. Oecologia 33:71-86.
- Wolff, J.O.(1996) Population fluctuations of mast-eating rodents

are correlated with production of acorns. *J. Mammal* 77: 850-856.

Xu, G. and K. Uzi(2003) Seasonal differences in mineral content,

distribution and leakage of sweet pepper seeds. *Ann. Appl. Biol.* 143: 45-52.