

# 광, 수분, 영양소에 따른 졸참나무와 갈참나무 유식물의 생육 차이

임 훈\* / 김 해 란\*\* / 유 영 한\*\*\*

## Growth Difference between the Seedlings of *Quercus serrata* and *Q. aliena* under light, moisture and nutrient Gradients

Hoon Lim\* / Hae-Ran Kim\*\* / Young-Han You\*\*\*

**요약** : 우리나라 하천변 잠재 자연식생인 졸참나무와 갈참나무의 생태학적 특성을 규명하기 위하여, 실내에서 유식물에 주요 환경요인 중 광, 수분과 영양소를 각각 4조건으로 처리하여 그 생육반응을 관찰하고, 분석하였다. 그 결과, 광이 줄어들면 두 종은 모두 생육이 감소하였고 갈참나무가 졸참나무보다 감소의 정도가 컸다. 수분 처리 환경의 모든 조건에서 졸참나무와 갈참나무의 생장량에는 차이가 없었지만, 지상부는 갈참나무가 졸참나무보다 적은 수분 조건에서 잘 자랐다. 그리고 영양소가 적은 조건에서 갈참나무는 졸참나무보다 잘 자랐다. 이상으로 볼 때, 졸참나무가 내음성이 커 광이 부족한 환경에서는 갈참나무보다 생장에 유리하고 졸참나무는 갈참나무에 비해 영양소가 비교적 많은 환경에 적응된 것으로 판단된다. 그리고 두 종의 참나무는 수분에 의해서 영향을 크게 받지 않지만, 수분이 부족한 환경에서는 갈참나무가 졸참나무보다 생장에 일부 유리한 것으로 판단된다. 따라서 하천생태계는 광이 강한 열린 공간이기 때문에 두 종 모두 생장에 유리할 것이고, 수분 환경의 영향을 받아 졸참나무가 갈참나무보다 저지대에서 생육할 것이다. 또한 두 종 모두 많은 영양소를 필요로 하는데 이때, 하천으로의 여분 영양소 유입을 막기 위해서는 초본 식생대의 보전이 중요하다.

**핵심용어** : 잠재 자연식생, 생물량, 참나무, 하천변

**Abstract** : In order to determine the ecological characteristics of *Quercus serrata* and *Q. aliena*, which are potential natural vegetation of riverine in Korea, we cultivated the seedlings of two oak species under light, soil moisture and nutrient gradients from April to October in glasshouse. Then, we measured aboveground, belowground and total plant biomass and analyzed the differences in growth between two oak species. The two oak species showed decreasing growth with lower light intensity, but reduction in growth of *Q. aliena* was greater than that of *Q. serrata*. *Q. serrata* and *Q. aliena* had a constant growth state under soil moisture gradients, but *Q. aliena* grew well more than *Q. serrata* in lower soil moisture gradient. As soil nutrient availability decreased, the growth of *Q. aliena* was greater than *Q. serrata*. These results mean that the growth of two oak species is not affected by soil moisture, but the part of growth in *Q. serrata* may be positively affected in lower soil moisture condition. Also, *Q. serrata* has strong shade tolerance and the ability to adapt high nutrient condition relative to *Q. aliena*. Thus, *Q. serrata* and *Q. aliena* will be advantageous for the growth in stream ecosystem due to high light availability, but *Q. serrata* will be distributed near the lowlands by the water environment. Also, because the two oak species need high soil nutrient, it is important to preserve herbaceous vegetation to prevent nutrients that flowed in the streams.

**Keywords** : Potential natural vegetation, Biomass, Oak, Riverine

+ Corresponding author : youeco21@kongju.ac.kr

\* 공주대학교 생물학과 Graduate School Dept. of Biology, Kongju National University, kongju, South Korea

\*\* 공주대학교 생물학과 Graduate School Dept. of Biology, Kongju National University, kongju, South Korea

\*\*\* 공주대학교 생물학과 Graduate School Dept. of Biology, Kongju National University, kongju, South Korea

## 1. 서 론

줄참나무와 갈참나무는 자연형 하천변에서 잠재자연식생이고(김혜주 등, 2008), 습한 저지대의 토양적 극상종으로 보고되고 있다(송민섭 2007; 이미정 2007). 또한 광릉과 같은 숲에서는 우점 군락으로 두 종이 인접하여 함께 출현한다(유영한 등, 1995).

자연형 하천변의 식생 중 수목은 중요한 구성 요소이며 수변림의 경우 지하수위보다 아래쪽으로 뿌리를 뻗는 연목대와 지하수위보다 위쪽으로 뿌리를 뻗는 경목대가 있다. 그 중 줄참나무와 갈참나무는 경목대에 생육하는 종으로서 우리나라 잠재자연하천 식생의 교목층에 높은 빈도로 분포하고 있는 중요 구성 요소이다(김성봉 2008).

우리나라에서 자생하는 낙엽성 참나무류(Genus *Quercus*)는 6분류군과 자연교잡종 16분류군이 있다. 그 중 한반도 주요 우점종은 상수리나무(*Quercus acutissima*), 굴참나무(*Q. variabilis*), 신갈나무(*Q. mongolica*), 떡갈나무(*Q. dentata*), 줄참나무(*Q. serrata*), 갈참나무(*Q. aliena*) 등이다(박진희 등 2005). 그 물질생산을 바탕으로 한반도에서 산림생태계의 먹이 그물이 시작되고 그 기능이 작동된다고 할 수 있다(홍용식 등 2010).

줄참나무는 남부지방에서 숲 천이의 극상종으로 인식이 되고 있다(박흥준 1984; 김정연 등, 2000; 심주석과 한산섭 2003; 송민섭 2007; 이미정 2007). 그러나 본 종은 남부지방에 주로 분포함에도 불구하고 냉온대림을 대표하는 수종으로 언급되고 있다. 갈참나무는 줄참나무의 폭넓은 우점식생과는 달리, 한반도 저지대 2차림의 하층식생을 구성하고(송민섭 2007), 비원, 창덕궁과 같은 오래된 고궁의 숲이나 백제시대로부터 존재한 공간성 같이 문화적으로 오래된 곳에 부분적으로 남아있는 잔존식생(relict vegetation)이다.

그런데 이 두 종은 생육지의 수분 조건에 대하여 갈참나무가 더 적응한 종으로, 혹은 줄참나무가 더 적응된 종(한승주 등, 2009)으로 연구자에 따라서 각기 다르게 보고되고 있는 실정이다. 이

상의 결과와 같이 두 종이 야외에서 나타나는 분포적 차이와 공통적인 특성을 이해하기 위해서는 야외조건을 고려한 통제된 환경에서 얻은 실험적 자료와 이를 기반으로 분석하는 생태학적 지위규명이 필수적이다(Grime *et al.*, 1998).

국내에서 참나무류의 생육에 관한 연구는 상수리나무, 굴참나무와 신갈나무의 환경경사 처리에 따른 반응(정현모 등, 2009), 지구온난화에 따른 상수리나무와 굴참나무의 생태학적 반응(정중규 등, 2010), 참나무 4종의 종자 크기에 따른 발아율, 초기 생장율과 생존율 변화(신정훈과 유영한 2011)등이 있다. 그러나 현재까지 이 두 종에 대한 환경요인 처리에 의한 실내실험은 광처리(하사현 1989), 건조처리(Kim and Kim 1994), 침수처리(한승주 등, 2009)등에 관한 소수의 연구만이 진행되어있어 두 종을 이해하는데 기본적인 정보가 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 잠재자연하천 식생의 교목층에 높은 빈도로 분포하는 줄참나무와 갈참나무의 생태적 특성을 이해하고 습지생태계의 기능을 보전하기 위하여, 식물의 생육에 결정적으로 중요하다고 알려진 광, 수분, 영양소 등 3가지 환경조건을 통제된 실내에서 참나무 유식물에 각각 환경 경사별로 조합 처리하여 이에 대한 두 종의 생육반응의 차이를 관찰하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험재료 및 기간

본 실험에 사용한 유식물은 국내에서 자생하는 줄참나무(*Q. serrata*)와 갈참나무(*Q. aliena*)이다. 그 종자를 서울특별시 관악산에서 2008년 10월에 채집한 뒤 4°C에서 냉장 보관하였다. 이듬해인 2009년 4월에 크기가 유사한 종자를 선별하여 발아시킨 후, 2009년 11월까지 8개월 동안 처리한 후 수확하였다. 이때 종자는 지름 24cm, 높이 23.5cm인 화분에 3~4개씩 파종하였고, 각 경사 수준당 4개씩 총 96개의 화분을 사용하였다.

## 2.2. 환경요인처리

식물군락 발달과 관련하여 영향을 미치는 주요한 환경인자로는 광도와 수분, 토양 환경인자 등 여러 요인들이 있다(Walter 1973). 그러한 환경요인들 중 식물의 분포에 일반적으로 가장 중요하다고 알려진 광, 수분과 영양소(Barbour *et al.*, 1987)를 4조건으로 처리하였다.

광 처리는 유리온실에 입사되는 전 일광 100%(처리 4, L4,  $787.75 \pm 77.76 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )를 기준으로 차광막을 이용하여 두었다. 처리 1(10%, L1,  $76.8 \pm 2.16 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), 처리 2(20%, L2,  $156.2 \pm 29.15 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )와 처리 3(50%, L3,  $389 \pm 45.66 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ )은 차광막의 두께를 조절하여 만들었다. 이때 광 처리는 광합성측정기(LCi Ultra Compact Photosynthesis System, ADC 2005)를 이용하여 측정하였다.

수분 환경은 4조건으로 나누어 100mL(M1), 300mL(M2), 500mL(M3), 700mL(M4)씩 물을 공급하여 유지시켰다. 이러한 양은 토양을 채운 화분에 물을 주면서 화분 밑으로 물이 새어나가기 직전까지의 물의 양인 포장용수량(carrying capacity) 700mL (M4)을 기준으로 한 것이다. 수분의 공급주기는 증발이 빠른 여름철에는 2~3일 간격으로, 그 외 기간에는 4~5일 간격이었다.

토양의 영양소 처리는 건조 모래(100%)를 기준으로 하여 상토의 비율을 0.5%(N1), 2%(N2), 5%(N3)와 10%(N4)가 되게 배합하여 만들었다. 이때 사용한 상토는  $\text{NH}_4^+$  80-100(mg/L),  $\text{NO}_3$  150-200(mg/L),  $\text{P}_2\text{O}_5$  230-330(mg/L)와  $\text{K}_2\text{O}$  80-120(mg/L)인 홍농 바이오 상토(주, 몬산토 코리아)이었다.

## 2.3. 수확 및 측정

이와 같이 처리한 화분을 2009년 4월부터 11월까지 8개월 동안 온실에서 키운 뒤 수확하여 지하부는 물로 세척하여 흙을 완전히 제거하였으며, 지상부는 잎과 줄기 등을 구분한 뒤 70°C 건

조기에서 48시간 건조시켜 건중량을 측정하였다(여천생태연구회 2005). 식물 무게의 건중량은 지상부 무게(aboveground biomass : 줄기 무게+ 잎 무게), 지하부 무게(belowground biomass : 뿌리 무게), 식물체 무게(plant biomass : 지상부 무게+ 지하부 무게)로 구분하였다.

## 2.4. 통계처리

환경 처리에 따른 동일 종 내 경사 간 비교와 경사 내 중간 차이를 밝히기 위하여 각 경사에 따른 반응의 평균치를 이용하여 Statistica 통계패키지(Statsoft Co. 2006)의 일원분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였다. 일원분산분석의 경사별 차이 유의성은 Post-hoc 검정에 의해 Fisher의 최소유의차 법으로 5% 유의수준에서 검정하였다(노형진과 정한열 2002).

## 3. 결과 및 고찰

광 처리환경에서 줄참나무는 지상부 무게, 지하부 무게, 식물체 무게 모두 광이 70% 이상이 되면 잘 자라는 경향을 보였다(Fig. 1a~3a). 지상부 무게는 광이 강할 때(L3, L4)와 광이 가장 약할 때(L1)의 성장량 차이가 있었지만 중간일 때(L2)는 차이가 없었다. 지하부 무게와 식물체 무게는 광이 강할 때(L3, L4)와 광이 약할 때(L1, L2)에서 성장량 차이가 있었다. 이에 반해 갈참나무는 지상부 무게, 지하부 무게, 식물체 무게 모두 광이 100%가 되어야 잘 자라는 경향이 있었다. 지상부 무게는 광이 가장 강할 때(L4)와 나머지 광 처리환경(L1, L2, L3)에서 성장량 차이가 있었다. 지하부 무게와 식물체 무게는 광이 가장 강할 때(L4), 광이 강할 때(L3), 광이 약할 때(L1, L2)에서 성장량 차이를 보였다(Fig. 1a~3a).

수분 처리환경의 줄참나무는 지상부 무게를 보면 수분의 양이 중간(M2, M3)일 때 잘 자랐다. 그러나 지하부 무게, 식물체 무게는 수분환경의 4 경사(M1, M2, M3, M4)에서 차이가 없었다. 갈참

나무는 지상부 무게를 볼 때 수분의 양이 적을 때 (M1, M2) 잘 자랐고, 지하부 무게와 식물체 무게는 졸참나무와 마찬가지로 수분환경의 4조건(M1, M2, M3, M4)에서 차이가 없었다(Fig. 1b~3b).

영양소 처리환경의 졸참나무는 지상부 무게, 지하부 무게, 식물체 무게 모두 영양소가 많을 때 (N3, N4) 잘 자라는 경향이 있었다. 갈참나무는 지상부 무게, 지하부 무게, 식물체 무게 결과에서 영양소 함량이 가장 낮을 때(N1)만을 제외하고 나머지 영양소 환경(N2, N3, N4)에서 모두 잘 자랐다(Fig. 1c~3c).

종내 비교 결과(Fig. 3a)를 보면 광 처리환경에서 졸참나무는 광이 가장 강할 때(100%)와 가장 약할 때(10%)의 성장량 차이가 약 2.4배이었고 갈참나무는 약 6배이었다. 또한 졸참나무는 약한 광도에서도 생육이 크게 감소하지 않았지만, 갈참나무는 피음에 의한 감소 정도가 컸다. 하사헌(1989)의 연구에서 전체식물체의 건중량을 측정 한 결과, 광 100%에서 광 10%로 감소할 때, 졸참나무는 약 3.5배의 성장량 차이가 있었고 갈참나무는 약 6배의 성장량 차이를 보였다. 이 결과는 본 연구 결과와 정도의 차이는 있었지만 그 경향성이 동일하였다. 이것으로 볼 때, 졸참나무가 갈참나무보다 내음성이 커 광이 부족한 환경에서는 졸참나무가 갈참나무보다 생장에 유리한 것으로 판단된다.

수분 처리환경 결과, 수분환경의 4조건에서 졸참나무와 갈참나무의 성장량에는 차이가 없었고 (Fig. 3b) 졸참나무는 중간일 때(300~500mL), 갈참나무는 적을 때(100~300mL)에서 지상부 만이 잘 자랐을 뿐이었다(Fig. 1b). 따라서 두 종 참나무는 적습한 수분환경에서 잘 자라는 것으로 판단할 수 있다. 이 결과는 졸참나무와 갈참나무를 중성생육지종으로 분류함으로써 참나무속 식물의 건조에 대한 전략을 설명한 Kim and Kim(1994)과 일치하는 것이다.

영양소 처리환경에서 졸참나무는 지상부 무게, 지하부 무게, 식물체 무게 모두 영양소가 많을 때

(N3, N4) 잘 자라는 경향이 있었다(Fig. 1c~3c). 갈참나무의 지상부 무게, 지하부 무게, 식물체 무게는 영양소 함량이 가장 적을 때(N1)만을 제외하고 나머지 영양소 환경(N2, N3, N4)에서 모두 잘 자랐다(Fig. 1c~3c). 이 결과로 졸참나무가 갈참나무에 비해 높은 영양소에 적응되었음을 알 수 있다.

본 연구 결과를 종합해보면 졸참나무가 내음성이 커 광이 부족한 환경에서는 갈참나무보다 생장에 유리하고, 졸참나무는 갈참나무에 비해 영양소량이 비교적 많은 환경에 적응된 것으로 판단된다. 그리고 두 종의 참나무는 수분에 의해서 영향을 크게 받지 않지만, 수분이 부족한 환경에서는 갈참나무가 졸참나무보다 생장에 일부 유리한 것으로 판단된다.

광 처리에 따른 실험결과 두 종 모두 강할수록 생물량이 높았기 때문에 하천변과 같이 광이 그대로 입사되는 열린 공간에서 잘 자랄 것이다. 수분 처리에 따른 생물량의 경우, 졸참나무가 갈참나무에 비해 수분이 좀 더 많은 환경에서 잘 자라고, 수분이 부족한 조건일 때 갈참나무의 졸참나무보다 상대적으로 생육감소가 적게 일어나는 것을 알 수 있다. 따라서 하천 변에 이 두 종을 식재할 때에는 수분이 좀 더 많은 저수부위에는 졸참나무를, 평수기 때 수분이 부족한 고수부위에는 갈참나무는 각각 심는 것이 생태적 특성을 반영하는 것이라 할 수 있다고 판단된다. 또한 영양소에 따른 생물량은 두 종 모두 많을 때 높았기 때문에 식재 후 영양소를 주어야하는데 이때 시비한 영양소는 하천으로 유입이 될 수 있기 때문에 이 두 종의 식재 주변지에는 밀도가 높은 초본식생대등을 두어 영양소의 유출을 막을 수 있는 장치가 필요하다.

그러나 본 연구만으로 졸참나무와 갈참나무의 생육에 적합한 환경조건을 단정하기는 어렵다. 따라서 두 종 참나무의 생태적 특성을 자세히 알기 위해서는 더 다양한 요인을 고려한 처리환경에 대한 연구가 필요할 것이다.

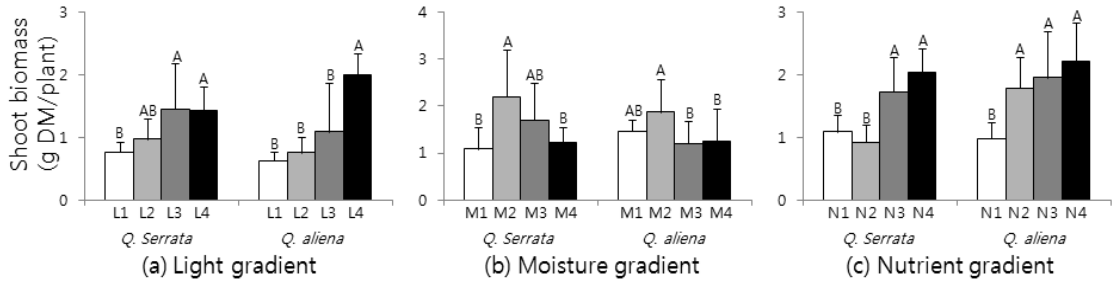


Fig. 1. Intraspecific comparison of shoot biomass of the seedlings of *Quercus serrata* and *Q. aliena* under three environmental gradient treatments light (a), moisture (b) and nutrient (c). Alphabets on the bars mean significant difference among gradient levels within each species(Fisher's least significant difference,  $p < 0.05$ ).

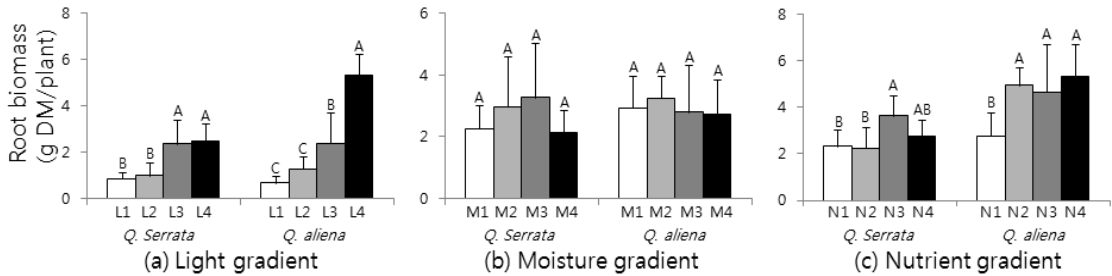


Fig. 2. Intraspecific comparison of root biomass of the seedlings of *Quercus serrata* and *Q. aliena* under three environmental gradient treatments light (a), moisture (b) and nutrient (c). Alphabets on the bars mean significant difference among gradient levels within each species(Fisher's least significant difference,  $p < 0.05$ ).

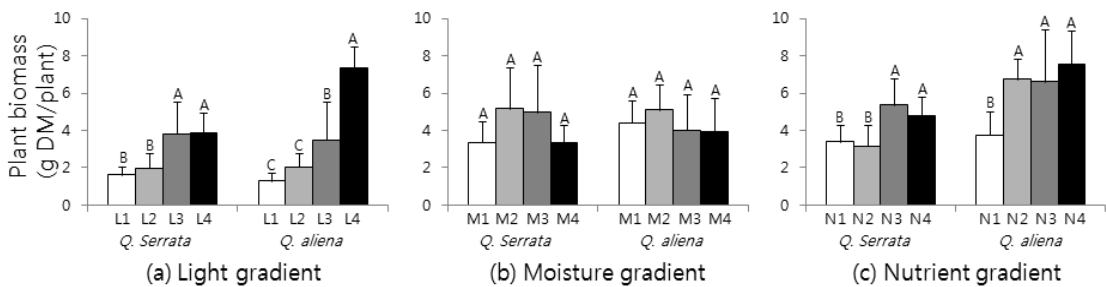


Fig. 3. Intraspecific comparison of plant biomass of the seedlings of *Quercus serrata* and *Q. aliena* under three environmental gradient treatments light (a), moisture (b) and nutrient (c). Alphabets on the bars mean significant difference among gradient levels within each species(Fisher's least significant difference,  $p < 0.05$ ).

## 감사의 글

본 논문은 한국연구재단의 신진교수 지원 사업 (과제번호 2010-0006494)에 대하여 수행되었음에 감사를 드립니다.

## 참고 문헌

김정언, 길봉섭. 2000. 한국의 신갈나무 숲-그의 환경. 식생과 생활 pp. 118-139.

김혜주, 신범균, 유영한, 김창환. 2008. 홍수터 복원을 위한 국내 현재잠재자연하천 식생에 관한 연구. 한국환경생태학회지 22(5):564-594.

김성봉. 2008. 습지와 환경자원. 월인출판사 pp. 61-83.

노형진, 정한열. 2002. STATISTICA에 의한 알기 쉬운 통계분석. 형설출판사 pp. 535-556.

박진희, 정명기, 선병윤, 김기중, 박재홍, 박종욱. 2005. 한국산 참나무속 참나무과속(너도밤나무과)의 수리분류학적 분석. 식물분류학회지 35(1):57-80.

박홍준. 1984. 온대중부지역에 있어서 주요 참나무류(*Quercus* spp.)의 수직분포와 생태적 특성에 관한 연구 : 계룡산, 속리산, 덕유산, 지리산 지역에서. 충남대학교 석사학위논문 56p.

심주석, 한산섭. 2003. 낙엽성 참나무류의 생리·생태적 특성-광도변화에 대한 잎의 광합성 반응. 한국임학회지 92:208-214.

신정훈, 유영한. 2011. 종자크기에 따른 참나무 4종의 발아율, 초기 성장률과 생존율 변화. 한국환경생물학회지 29(4):274-279.

송민섭. 2007. 한국 상수리나무(*Quercus acutissima*)림의 분포와 군집구조 분석. 창원대학교 생물학과 이학박사청구논문 pp. 105-110

여천생태연구회. 2005. 현대생태학실험. 교문사 pp. 267-268

유영한, 지광재, 한동욱, 광영세, 김준호. 1995. 광릉내 용암산 식물군집의 천이와 이질성. 한

국생태학회지 18(1):89-97.

이미정. 2007. 우리나라 주요 참나무림의 군락구조분석 및 생태적 식재모델연구. 충남대학교 박사학위논문 188p.

정현모, 김해란, 유영한. 2009. 환경경사치리에 따른 상수리나무, 굴참나무와 신갈나무의 생육 차이. 한국환경생물학회지 27(1):82-87.

정중규, 김해란, 유영한. 2010. 지구온난화에 따른 상수리나무와 굴참나무의 생육반응에 관한 연구. 한국환경생태학회지 24(6):648-656.

하사현. 1989. 상위한 광 강도 하에서 자란 참나무속 유식물의 성장과 광합성, 서울대학교 대학원 석사학위논문 61p.

한승주, 김혜주, 유영한. 2009. 홍수터 복원을 위한 침수 내성 참나무 수종 선발. 한국습지학회지 11(2): 1-7.

홍용식, 유영한, 이훈복. 2010. 한국산 참나무류 6종 종자의 주요 영양염류 농도의 계절적 변화. 한국환경생태학회지 24(3):286-292.

Barbour MG, JH Burk, WD Pitts. 1987. Terrestrial plant ecology. 2nd ed. The Benjamin/Cummings Publishing Company. Inc. California 634p.

Grime JP, Hodgson JG, Hunt R. 1998. Comparative plant ecology. London unwin hyman 742p.

Kim JW and JH Kim. 1994. Stomatal control and strategy segregation to drought stress in young trees of several oak species. Korean Journal of Ecology 17(3):241-249.

Walter H. 1973. Vegetation of the Earth: In relation to climate and the Eco-physiological Condition. Springer-Verlag. New York 237p.

- 논문접수일 : 2012년 03월 29일
- 심사의뢰일 : 2012년 04월 03일
- 심사완료일 : 2012년 05월 23일