

완도지역 붉가시나무의 성장 및 결실 특성과 종실량 상대성장식^{1a}

김소담² · 박인협^{3*}

Growth and Fruiting Characteristics and No. of Acorns/tree Allometric Equations of *Quercus acuta* Thunb. in Wando Island, Korea^{1a}

Sodam Kim², In-Hyeop Park^{3*}

요약

완도수목원내 백운로 상부의 붉가시나무림을 대상으로 난대 상록활엽수림 복원 시 붉가시나무의 성장 및 종실공급과 관련된 기초정보를 제공하는 목적으로 붉가시나무의 성장 및 결실특성을 조사하고 종실량 상대성장식을 구하였다. 성장특성은 평균흉고직경급에 속하는 실생 임목 3주의 표본목을 선정 벌목하여 수간석해하였다. 표본목의 평균치의 수령(X)에 의한 흉고직경과 수고의 성장특성(Y)의 상대성장식($Y=aX+b$)을 개발하였으며, 추정식에 의한 붉가시나무 수령에 따른 흉고직경 및 수고를 추정하였다. 결실특성은 성숙종실초기인 8월에 평균 흉고직경급에 속하는 임목을 대상으로 결실이 충실한 임목 3주의 표본목을 선정 벌목하여 조사하였다. 붉가시나무의 종실량 상대성장식을 개발하기 위하여 결실목 중 흉고직경이 고르게 10주의 표본목을 선정 벌목하였다. 벌목한 표본목은 흉고직경, 수고, 수관폭, 수관고 등의 성장특성(X)과 종실량(Y)을 조사 분석하여 종실량 상대성장식($Y=aX^b$)을 유도하였다. 표본목 평균치의 수령에 의한 상대성장식은 흉고직경 $Y=0.0506X-2.064(R^2=0.999)$, 수고 $Y=0.321X+0.689(R^2=0.992)$ 이었다. 개발된 상대성장식에 의하여 수령 10, 20, 30, 40년일 때 흉고직경은 각각 3.0cm, 8.1cm, 13.1cm, 18.2cm, 수고는 각각 3.9m, 7.1m, 10.3m, 13.5m가 되는 것으로 추정되었다. 결실특성 조사 결과 결과모지(結果母枝) 당 잎 수를 제외한 결과모지의 길이, 직경, 결과모지 당 결과지 수, 종실 수는 유의적인 차이를 보였으며, 수관 상, 중, 하부로 갈수록 감소하였다. 종실 총수의 경우 수관 상, 중, 하부 각각 1,312립, 115립, 5립이었다. 붉가시나무 표본목을 일괄하여 추정된 종실량 상대성장식의 흉고직경(D)를 독립변수로 하는 상대성장식은 $Y=0.003X^{4.260}$, 결정계수(R^2)은 0.896이었다. 흉고직경만을 독립변수로 하는 상대성장식은 흉고직경과 수고(D^2H)를 독립변수로 하는 결정계수가 다소 낮으나, 측정오차를 고려하면, 흉고직경만을 독립변수로 하는 상대성장식을 적용하는 것이 실용적이라고 판단된다.

주요어 : 흉고직경성장, 수고성장, 수관부위, 결과모지, 결과지

ABSTRACT

This study examined the growth and fruiting characteristics and the acorns biomass allometric equation of *Quercus acuta* to provide reference data related to the growth and seed supply during the restoration of evergreen forest in the warm temperate zone in Wando Island, Korea. For the growth survey, we selected and cut three

1 접수 2019년 4월 2일, 수정 (1차: 2019년 6월 14일), 게재확정 2019년 7월 3일
Received 2 April 2019; Revised (1st: 14 June 2019); Accepted 3 July 2019

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

3 순천대학교 산림자원학과 교수 Dept. of Forest Resources, Suncheon National Univ., Suncheon 57922, Korea (inhyeop@sunchon.ac.kr)

a 이 논문은 산림청 기획연구과제에 의하여 연구되었으며, Park and Kim(2015)의 한국임학회 추계학술연구발표논문을 발전시킨 것임.

* 교신저자 Corresponding author: inhyeop@sunchon.ac.kr

sample trees having a mean diameter at breast height (DBH) to investigate the growth analysis through a stem analysis. We then developed the allometric equation ($Y=aX+b$) of DBH and tree height growth characteristic (Y) according to the average tree age (X) of sampled trees and estimated the DBH and tree height according to the age of *Quercus acuta*. For the fruiting survey, we selected and cut three sample trees with full fruit in August when, they are at the early mature fruiting stage, for the analysis. To develop the acorns/tree biomass allometric equation of *Quercus acuta*, we selected and cut ten sample trees of evenly divided diameters. The acorns biomass allometric equation ($Y=aX^b$) was derived by analyzing the biomass (Y) and the growth characteristics (X), such as the DBH, tree height, crown width, and crown height. The allometric equations of average tree age according to DBH and tree height were $Y=0.0506X-2.064$ ($R^2=0.999$) and $Y=0.321X+0689$ ($R^2=0.992$), respectively. The developed allometric equations estimated that the DBH were 3.0cm, 8.1cm, 13.1cm and 18.2cm while the tree heights were 3.9m, 7.1m, 10.3m, and 13.5m when the tree ages were 10, 20, 30, and 40 years, respectively. The analysis results of fruiting characteristics showed that the length, the diameter, the number of fruits, and the number of acorns per fruiting branch had the statistically significant difference and tended to decrease from the upper part to the lower part of crown downward. The total number of acorns was 1,312 acorns/tree in the upper part, 115 acorns/tree in the middle part, and 5 acorns/tree in the lower part of the crown. The allometric equation for the amount of acorns with DBH as an independent variable was $Y=0.003X^{4.260}$ with the coefficient of determination at 0.896. Although the coefficient of determination of the allometric equation using only DBH as the independent variable was lower than that using DBH and tree height (D^2H), it would be more practical to consider only DBH as the independent variable because of measurement errors.

KEY WORDS: DIAMETER GROWTH, HEIGHT GROWTH, CROWN POSITION, MOTHER BRANCH, BEARING BRANCH

서론

우리나라 난대 상록활엽수림은 남벌, 도벌 등의 지속적인 인위적 교란으로 인해 대부분 파괴되어 현재는 인공 식재한 조림지나 곰솔림, 낙엽활엽수림으로 바뀌어가고 있다(Kim, 1988). 상록활엽수림은 낙엽활엽수림과는 다른 독특한 경관을 나타내며 환경오염 등에 대한 내성이 강하여 난대림지역의 풍치림, 환경림 조성 및 조경수 등 그 활용성이 크다(Oh and Cho, 1996). 이러한 난대상록활엽수림은 우리나라 산림생태계에서 차지하는 학술적인 가치가 클 뿐만 아니라 미래자원으로서의 잠재적인 가치가 높아 복원이 매우 시급한 상황이다. 다행히 근래에 국가 차원의 생물유전자원 보존 등 환경에 대한 국민적 관심 증대로 난대상록활엽수림의 복원의 필요성이 대두되고 있다.

붉가시나무(*Quercus acuta* Thunb.)는 우리나라를 비롯한 중국, 일본, 대만등지에 분포(BGIC And IUCN SSC Global Tree Specialist Group, 2019)하는 상록성 참나무로서 수고 20m, 직경 60cm까지 자라며, 꽃은 2가화이고 5월에 피며, 2년 만에 종자가 성숙한다(Lee, 2014). 상록의 잎과 웅장한 자태 때문에 난대지역에서 녹화수, 공원수, 정원수, 생울타리 등으로 식재되고, 목재는 붉은 색깔을 띠며 재질이 강하고 견고하여

농기구재, 선박재, 건축재로 이용되어 왔으며, 소경재는 표고버섯재배를 위한 원목이나 신탄재로 쓰이기도 한다(Hong *et al.*, 1987; Lee *et al.*, 2010). 난대성 상록활엽수종 중에서는 내한성이 비교적 강한 수종으로 난대수종의 분포 북한계선에 인접한 내륙이나 난대지역의 고산지대에서 자랄 수 있으며, 기후 온난화로 인한 난대림의 북상시 가장 높은 위도까지 분포할 수 있는 수종으로 알려져 있다(Oh and Kim, 1996; Yeo, 2005). 또한 붉가시나무는 난대지역 소나무림, 낙엽성 참나무림 등이 상록활엽수림으로 천이가 진행될 때 초기단계의 수종으로 난대 상록활엽수종 중 내척박성이 비교적 강한 수종으로 보고되었으며(Park, 2012), 격년결실 주기가 매우 뚜렷한 것으로 알려짐바 있다(Daisuke *et al.*, 2012). 이와 같이 내한성과 내척박성이 강하다는 것은 상록활엽수림 복원 시 붉가시나무가 광범위하게 사용될 수 있는 주요수종을 시사한다.

한편, 붉가시나무에 대한 분포, 삼림구조 및 동태에 관한 연구는 비교적 많이 이루어졌으나(Kim, 1988; Kim *et al.*, 2000; Oh and Kim, 1996; Park, 2012), 복원 시 묘목양성을 위한 종실 공급과 관련된 연구(Park *et al.*, 2014)는 거의 이루어지지 않고 있다. 이 연구는 완도지역 붉가시나무림을 대상으로 붉가시나무의 성장 및 결실특성과 흉고직경에 따른 종실량 상

대성장식을 유도함으로써 난대 상록활엽수림 복원 시 붉가시나무의 성장 및 종실공급과 관련된 기초정보를 제공하는데 목적이 있다.

연구방법

1. 연구대상지 개황

이 연구는 전라남도 완도군 완도수목원 내 백운로 상부에 분포하고 있는 약 10ha 면적의 붉가시나무림을 대상으로 실시

되었다. 20m×25m 방형구 8개 조사결과 해발고는 248~328m, 방위는 주로 남서향사면, 경사도는 10~20°이었다(Table 1). 방형구당 전체출현종수는 10~17종으로 조사되었다. 매목조사결과 교목층에는 붉가시나무가 우점하고 구실잣밤나무(*Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus.), 황칠나무(*Dendropanax morbiferus* H.Lév.), 개서어나무(*Carpinus tshonoskii* Maxim.), 산벚나무(*Prunus sargentii* Rehder) 등이 드물게 출현하였다. 아교목층에서는 동백나무(*Camellia japonica* L.)가 우점하고 있으며, 관목층에서는 동백나무, 녹나무(*Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl), 광나무(*Ligustrum japonicum* Thunb.) 등이 우점종이었다. 상층임관을 이루는 교목층의 밀도는 860~1,840

Table 1. General description of the physical and vegetation of the study areas

Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8
GPS coordinates	N34°21'24.7" E126°40'39.0"	N34°21'24.5" E126°40'41.1"	N34°21'23.8" E126°40'43.7"	N34°21'23.9" E126°40'46.1"	N34°21'23.7" E126°40'48.6"	N34°21'24.8" E126°40'50.3"	N34°21'23.0" E126°40'59.3"	N34°21'32.0" E126°40'56.0"
Altitude(m)	248	251	265	272	280	287	314	328
Aspect(°)	SE	SW	SW	SW	S	SW	SW	NW
Slope(°)	15	17	15	12	10	20	20	20
Number of species	19	17	17	14	13	10	11	13
Tree layer								
Main species**	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>	<i>Qa</i>
Density(trees/ha)	1,020(640)	920(780)	1,680(1,600)	1,720(1,260)	860(560)	1,140(1,020)	1,840(1,640)	1,100(980)
Mean DBH(cm)	20.5	19.1	13.8	14.8	21.0	21.3	16.1	18.9
Mean tree height(m)	12.0	15.0	12.0	15.0	16.0	16.0	16.0	15.0
Basal area(m ² /ha)	37.2	28.4	27.2	32.8	34.8	45.6	41.2	33.6
Cover rate(%)	95	90	90	95	90	95	95	80
Subtree layer								
Main species	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj, Qa</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>
Density(trees/ha)	520(60)	380(40)	380(20)	1,520(260)	1,380(480)	600(20)	1,200(60)	700(40)
Mean DBH(cm)	9.5	7.0	5.7	5.0	5.1	5.9	5.6	6.2
Mean tree height(m)	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	7.5	8.0
Basal area(m ² /ha)	4.6	1.6	1.0	3.6	3.2	1.8	3.2	2.2
Cover rate(%)	45	40	45	50	45	20	50	50
Shrub layer								
Main species	<i>Qa</i>	<i>Cj, Qa</i>	<i>Qa, Ej</i>	<i>Lj, Cj</i>	<i>Cc, Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cj</i>	<i>Cc</i>
Density(trees/ha)	9,000	8,800	5,800	2,600	5,800	3,400	4,200	3,600
Mean tree height(m)	0.8	0.8	0.8	0.5	0.8	0.5	0.8	0.8
Cover rate(%)	30	30	30	15	20	10	20	30

* values in parentheses are those of *Quercus acuta*

** *Qa* : *Quercus acuta*, *Cj* : *Camellia japonica*, *Ej* : *Eurya japonica*, *Lj* : *Ligustrum japonicum*, *Cc* : *Cinnamomum camphora*

개체/ha이었다. 붉가시나무 방형구별 교목층의 평균 흉고직경은 13.8~21.3cm으로 범위는 9.1~45.6cm이었으며, 흉고단면적은 27.2~45.6m²/ha이었다. 아교목층의 밀도는 380~1,520개체/ha로 평균 흉고직경은 5.0~9.5cm이었으며, 수고는 평균 5.0~8.0m이었다. 관목층은 방형구별 2,600~9,000개체/ha로 조사되었다. 각 층위별 식피율은 각각 교목층 80~95%, 아교목층 20~50%, 관목층 15~30%이었다.

2. 성장특성 조사

붉가시나무의 흉고직경과 수고의 성장특성을 파악하기 위하여 연구대상지에서 2013년 5월에 표본목 3주를 선정 별목하여 수간석해하였다. 표본목은 2012년 8월에 실시한 매목조사결과를 바탕으로 8개 방형구의 평균 흉고직경급에 속하는 맹아목을 제외한 실생목을 기준으로 선정하여 완도 붉가시나무림 내 평균목의 성장특성을 파악하였다. 표본목 3주는 붉가시나무의 개화특성조사(Park and Kim, 2014)대상목이다. 표본목 3주의 흉고직경은 각각 17.0cm, 18.8cm, 22.5cm이었으며, 수령은 각각 41년, 47년, 42년으로 붉가시나무 표본목 평균치의 수령(X)에 의한 흉고직경과 수고(Y)의 상대성장식($Y=aX+b$) 개발하였으며, 유도된 상대성장식에 의한 붉가시나무 수령에 따른 흉고직경 및 수고를 추정하였다(Park and Kim, 2015).

3. 결실특성 조사

수관부위별 결실량을 조사하기 위하여 연구대상지에서 성숙종실의 초기인 2014년 8월에 표본목 3주를 선정 별목하여 결실특성을 조사하였다. 표본목은 2012년도 8월에 실시한 8개 방형구의 매목조사결과를 바탕으로 붉가시나무림내 교목층에 속하는 결실이 충실한 동일 흉고직경급 임목으로 선정하였다. 표본목 3주는 각각 흉고직경 19.0cm, 22.1cm, 24.5cm, 수고 12.5m, 14.1m, 13.7m 수령 42년, 44년, 45년 이었다. 지하고는 각각 5.5m, 2.4m, 3.7m이었으며, 수관폭은 5.1m, 4.8m, 5.7m이었다. 붉가시나무 개화특성조사(2014)결과 수관 상부에서 하부로 갈수록 감소하는 경향을 보여 붉가시나무 충실종실 비율 또한 수관 상부에서 하부로 갈 것으로 추정하고, 개화특성조사방법과 마찬가지로 선정 별목된 표본목의 수관고(樹冠高, crown height)를 측정하여 상, 중, 하부의 3개 부위로 구분 후 수관부위별 결과모지의 수를 각각 전수 조사 하였다. 수관부위별 평균값비교를 위하여 전수 조사한 결과모지를 무작위로 20개씩 취하여 결과모지의 수, 길이, 직경, 결과모지 당 잎 수, 결과모지 당 결과지 수, 결과지 당 종실 수 등을 조사하였다. 여기서 결과모지(結果母枝, mother branch)는 종실이 달리는 가지의 모지로 2년생 가지를 뜻하며, 종실이 달리는 가지는 결과지(結果枝, bearing branch)로 1년생 가지를 말한

다. 결과모지의 길이는 30cm 플라스틱자를 사용하여 측정하였으며, 직경은 Mitutoyo사의 디지털캘리퍼를 사용하여 소수점 둘째자리까지 측정하였다. 임목 당 수관부위별 결과지 총수는 수관부위별 결과모지 수에 결과모지 당 결과지 수를 곱하여 산정하였으며, 수관부위별 종실 총수는 결과지 당 종실 수에 결과지 총수를 곱하여 산정하였다. 조사항목의 평균값 비교를 위하여 SPSS프로그램(IBM SPSS Statistics24)을 사용하여 Duncan의 다중검정을 실시하였다.

4. 종실량 상대성장식 추정

종실량 상대성장식 개발을 위하여 방형구 내 붉가시나무가 훼손되지 않게 방형구 주위에서 참나무류의 군집 내 개체들의 종실생산량은 개체의 크기와 생산성의 차이에 따라 변이가 큰 것(Sork *et al.*, 1993)을 근거로 하여 2012년 매목조사결과를 바탕으로 완도 붉가시나무림내 교목층의 결실목 범위 11.0~31.0cm에 해당하는 표본목의 흉고직경을 고르게 하여 10주를 선정 별목하였다. 조사최적기로 판단된 충실한 성숙종실 초기단계를 선정하기 위하여 2014년 3월부터 8월까지 종실성숙도를 조사 관찰하였다(Figure 1). 붉가시나무의 결실주기는 2년(Daisuke *et al.*, 2012)으로 2013년 5월에 수정된 암꽃은 이듬해인 2014년에 종실의 형태로 갖추기 시작했으며, 8월에 종실을 감싸고 있던 각두를 벗어나 성숙종실 초기의 형태를 보였다. 성숙종실 조사관찰결과를 바탕으로 표본목의 별목 조사시기는 병충해와 별목 시 충격에 의한 종실손실 등을 고려하여 2014년 8월 12~14일에 임목 당 전수조사를 실시하였다. 별목한 10주의 표본목은 흉고직경급 별로 고르게 11.5~31.9cm이었으며, 수고는 10.97~17.23m 이었다. 수관고는 2.31~4.69m이었고, 수관폭은 2.20~6.82m이었다. 수령은 26~53년이었다. Whittaker와 Marks(1975)의 공식을 참고하여 별목한 표본목은 흉고직경(D), 흉고단면적(Basal area), 흉고직경과 수고(D²H), 수관폭과 수관고(CW²CH)등의 성장특성 독립변수(X)와 종실량(Y)을 종속변수로 하는 두 변량사이의 4개 유형 종실량 상대성장식($Y=aX^b$)을 유도하였다.

결과 및 고찰

1. 성장특성

붉가시나무 표본목 3주를 수간석해한 결과 표본목의 평균 최대 영급은 V 영급이었으며, 완도수목원의 경우 근주부에서 분기된 맹아목의 출현빈도가 높은 것을 고려할 때, 완도의 붉가시나무 군집은 40년생 내외의 2차림인 것으로 보여 진다(Figure 2, 3). 평균 최대 영급인 V 영급까지 흉고직경과 수고는 직선적으로 증가하는 경향을 보임으로써 앞으로도 상당기간

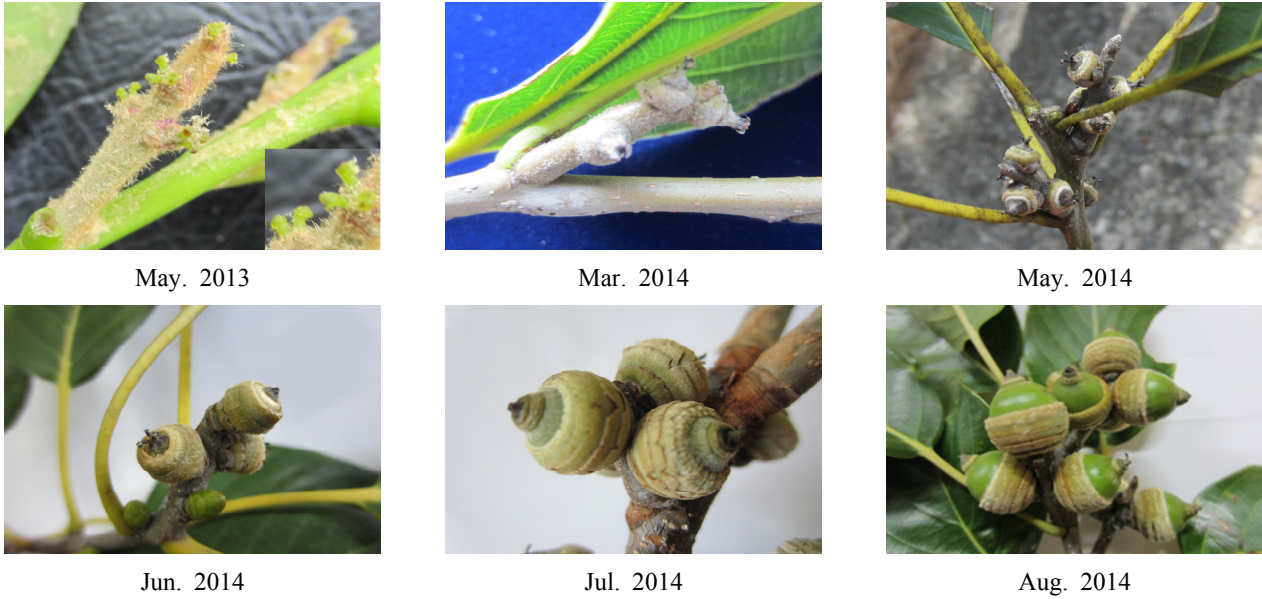


Figure 1. Process of Flowering and Fruiting *Q. acuta*.

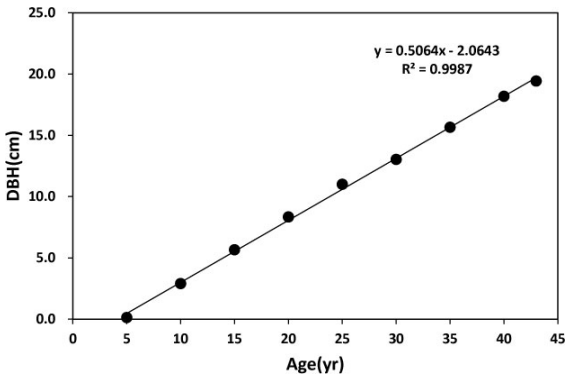


Figure 2. Mean DBH growth of the sample trees at every 5-year periods.

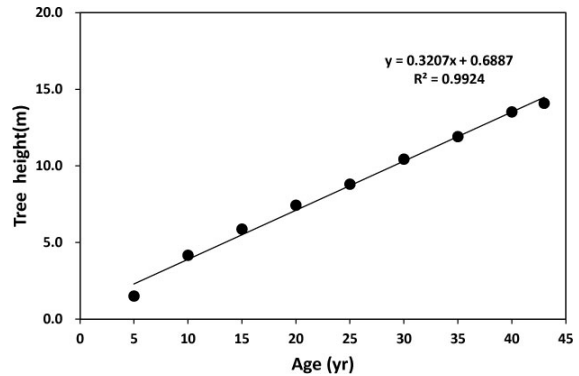


Figure 3. Mean tree height growth of the sample trees at every 5-year periods.

성장이 지속될 것으로 추정된다. 한편 붉가시나무 표본목 평균치의 수령에 의한 흉고직경 상대성장식은 $Y=0.506X-2.064$, 수고 상대성장식은 $Y=0.321X+0.689$ 으로 유도되었으며, 결정계수는 각각 0.999, 0.992로 매우 높았다. 개발한 상대성장식에 의하여 붉가시나무는 수령 10, 20, 30, 40년일 때 흉고직경은 각각 3.0cm, 8.1cm, 13.1cm, 18.2cm, 수고는 각각 3.9m, 7.1m, 10.3m, 13.5m가 되는 것으로 추정할 수 있다.

2. 결실특성

붉가시나무의 결실특성을 전수조사한 결과 각 수관부위별 수관고 범위는 상부 10.9~14.1m, 중부 9.3~10.9m, 하부는 7.7~9.3m이었다. 결과모지당 잎 수를 제외한 결과모지 수,

결과모지 길이, 결과모지 직경, 결과모지 당 결과지 수, 결과지당 종실 수의 평균값 및 분산분석과 Duncan의 다중검정 결과 높은 유의적인 차이를 보였으며, 수관 상, 중, 하부로 갈수록 감소하는 경향이였다(Table 2). 결과모지 길이의 수관부위별 평균값은 6.4~12.0cm이었고, 결과모지 직경의 수관부위별 평균값은 4.8~6.5mm이었다. 결과모지 당 평균 잎 수는 수관부위별 6.4~8.0개이었다. 결과모지 수의 수관부위별 평균값은 상, 중, 하부 각각 349개, 54개, 3개이었으며, 결과모지 당 결과지수의 수관부위별 평균값은 1.5~2.3개이었다. 결과지당 종실수의 수관부위별 평균값은 1.1~1.8립이었고, 결과지 총수는 수관부위별 평균 5~747개 이었다. 종실 총수의 경우 수관 상, 중, 하부에 각각 1,312립, 115립, 5립으로 전체 종실의 92%가 수관 상부에 집중되는 것으로 나타나 붉

Table 2. Characteristics of fruiting among crown position of *Q. acuta*

Crown position	No. of mother branch	Length of mother branch (cm)	Diameter of mother branch (mm)	No. of leaf per mother branch	No. of bearing branch per mother branch	No. of acorn per bearing branch	Total no. of bearing branch	Total no. of acorns
Upper	349 b(122.6)	12.0 b(1.0)	6.5 c(0.1)	6.4(0.5)	2.3 b(0.1)	1.8 c(0.0)	747 b(247.0)	1,312 b(422)
Middle	54 a(6.8)	9.0 a(0.5)	5.5 b(0.2)	8.0(0.4)	1.5 a(0.1)	1.5 b(0.0)	77 a(6.8)	115 a(10)
Lower	3 a(1.7)	6.4 a(0.4)	4.8 a(0.0)	7.9(0.5)	1.5 a(0.0)	1.1 a(0.0)	5 a(2.6)	5 a(3)
F-test significant level	0.027	0.010	0.001	0.098(ns)	0.006	0.000	0.019	0.016

* Values in parentheses are one standard error

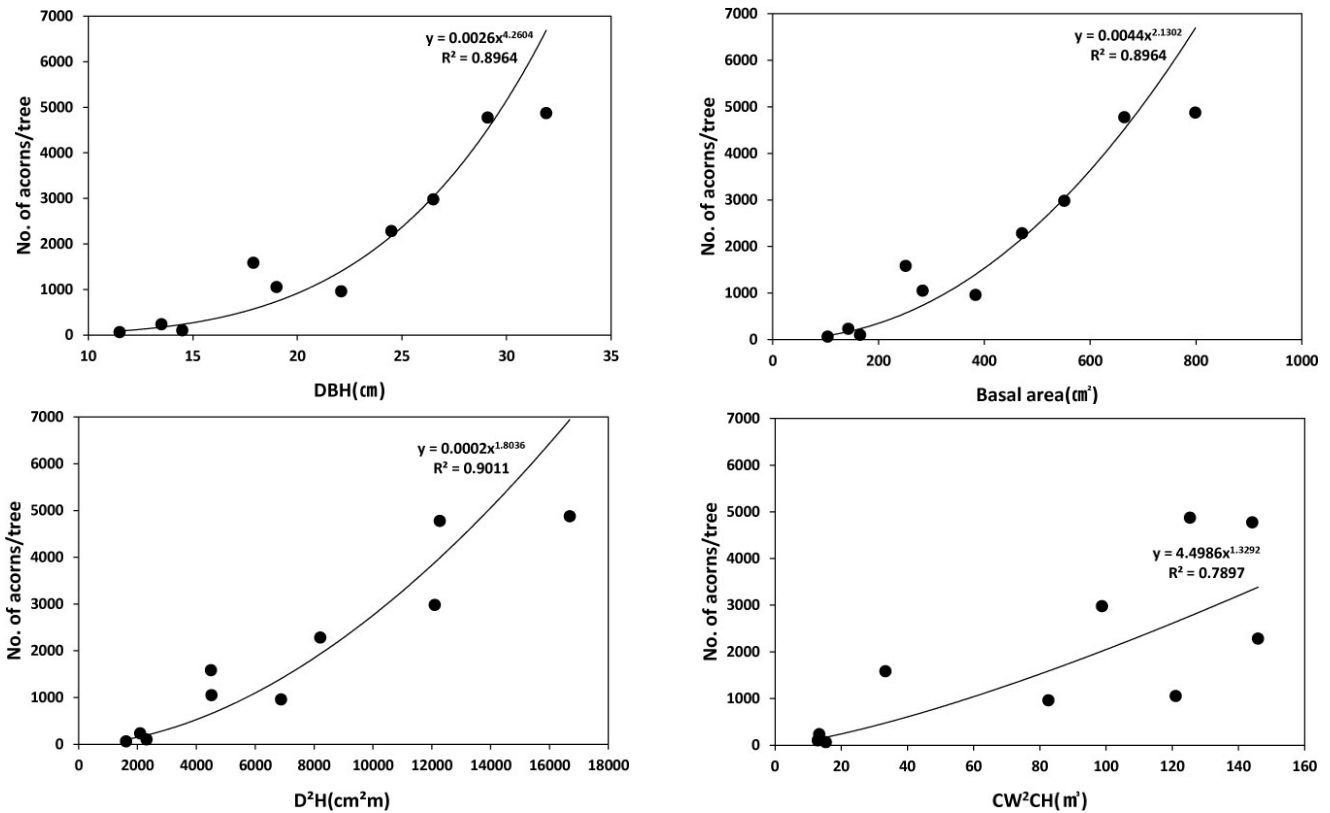


Figure 4. No. of acorns/tree(Y) allometric Equations of *Q. acuta* ($Y=aX^b$).

가시나무의 개화특성결과로써 총실 종실의 비율은 수관 상부에서 하부로 갈수록 감소 할 것이라고 추정(Park *et al.*, 2014)한 것을 논증하였다. 한편, 2014년도 개화특성 연구결과인 수관부위별 암꽃 총수와 결실특성 조사결과인 총실 총수 간 차이는 암꽃에 수꽃에 의한 수분이 이루어진 후 착과된 어린 종실이 수확이 가능한 종실로 성장하는 과정에서 수정이 제대로 되지 않았거나 유전적, 생리적인 이유로 낙과 현상(Westwood, 1993; Go *et al.*, 1999; Kim *et al.*, 2003)에 의한 것으로 추정된다.

3. 종실량 상대성장식

붉가시나무의 전체표본목을 일괄하여 4개 유형의 상대성장식($Y=aX^b$)을 유도한 결과 결정계수(R^2)값은 0.790~0.901로 큰 차이는 없었다(Figure 4). 흉고직경(D)만을 독립변수로 하는 상대성장식의 결정계수는 0.896로서 비교적 적합도가 높은 것으로 나타났다. 흉고직경과 수고(D^2H)를 독립변수로 하는 상대성장식의 경우 흉고직경만을 독립변수로 하는 상대성장식보다 결정계수가 다소 높았으나, 매목조사시 수고, 수관폭, 수

관고 등의 측정오차를 고려하면, 흉고직경만을 독립변수로 하는 상대성장식 $Y=0.0026D^{4.2604}$ 를 적용하는 것이 보다 실용적이라고 판단되며 붉가시나무 기존 임분들의 종실 생산량은 본 연구결과인 상대성장식에 의하여 추정될 수 있음을 시사한다.

이상의 연구결과를 종합하면, 표본목의 수령(X)에 의한 흉고직경 상대성장식($Y=0.506X-2.064$), 수고 상대성장식($Y=0.321X+0.689$)이 유도되어 수령 10, 20, 30, 40년일 때 흉고직경은 각각 3.0cm, 8.1cm, 13.1cm, 18.2cm, 수고는 각각 3.9m, 7.1m, 10.3m, 13.5m가 되는 것으로 추정되었다. 결실특성 조사 결과 결과모지 당 잎 수를 제외한 결과모지의 길이, 직경, 결과모지 당 결과지 수, 종실 수는 유의적인 차이를 보였으며, 수관 상, 중, 하부로 갈수록 감소하였다. 종실생산량은 수목의 수령 및 크기와 관계가 있으며, 수목의 크기가 클수록 증가하는 경향(Matthews, 1963)을 보인다. 따라서, 흉고직경 등의 매목조사 자료를 위 연구결과로 개발된 상대성장식으로 붉가시나무 종실량을 추정할 수 있다. 상대성장식은 매목조사 시 발생하는 측정오차 등을 고려하여 흉고직경을 독립변수로 하는 상대성장식이 효율적인 것으로 나타났다. 이 연구 결과는 붉가시나무의 성장 및 종실공급과 관련한 기초 정보로 활용될 수 있어 추후 조사지역과 표본목수를 확대한 연구가 이루어질 필요성이 있다.

REFERENCES

- Botanic Gardens Conservation International (BGCI) & IUCN SSC Global Tree Specialist Group(2019) *Quercus acuta*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019:e.T62005627A136776235. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T62005627A136776235.en>
- Gim, M. J., U. Lee, M.S. Hwang, S.C. Kim and M. H. Lee(2003) Blooming, Fructification and Nut Characteristics of Chestnut Cultivars Cultivated in Korea. Jour. Korean For. Soc. 92(4): 321-322. (in Korean with English abstract)
- Go, G.C., S.D. Oh, Y.J. Lim, Y.S. Yu, S.M. Kang, S.G. Kim, Y.E. Shin and G.H. Jeong(1999) Physiology in pruning fruit trees. Seowon, Seoul, 202pp. (in Korean)
- Hirayama, D., T. Fujii, S. Nanami, A. Itoh and T. Yamakura(2012) Two-year cycles of synchronous acorn and leaf production in biennial-fruited evergreen oaks of subgenus *Cyclobalanopsis* (*Quercus*, *Fagaceae*). Ecol. Res. 27: 1059-1068. Japan. (English)
- Hong, S.C., S.H. Byun and S.S. Kim(1987) Coloured Woody Plants of Korea. Gyemyeongsa, Seoul, 310pp. (in Korean)
- 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)
- Lee, C.B.(2014) Coloured Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul, 1828pp. (in Korean)
- Lee, J.S., K.H. Lee and C.J. Oh(2010) New Woody Plant Flora of Korea. Dogamnara, Seoul, 523pp. (in Korean)
- Matthews, J.D.(1963) Factor affecting the production of seed by forest trees. For. Abst. 21 : 1-13. (in English)
- Oh, K.K. and W. Cho(1996) Vegetation Structure of Warm Temperate Evergreen Forest at Ch'omch'alsan, Chimdo, Korea. Kor. J. Env. Eco. 10(1): 66-75 (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)
- Park, I.H. and S.D. Kim(2015) Stem Diameter and Height Growth of *Quercus acuta* in Wando Island. Proceedings of the 2015 Autumn Meeting of the Korean Forest Society, Damyang, pp.85. (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.. Kor. J. Env. Eco. 28(3): 326-330. (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. (in English)
- Westwood, M. N.(1993) Temperate-Zone Pomology: Physiology and Culture. Timber Press, Inc. 536pp. (in English)
- Whittaker, R.H. and P.L. Marks(1975) Methods of assessing terrestrial productivity, In H. Lieth and R. H Whittaker(ed.) primary productivity of the biosphere. Springer -Verlag, New York, pp. 55-118. (in English)
- 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)