J. Korean For. Soc. Vol. 104, No. 4, pp. 536~542 (2015)
http://dx.doi.org/10.14578/jkfs.2015.104.4.536

한국임학회지
JOURNAL OF KOREAN FOREST SOCIETY
ISSN 0445-4650(Print), ISSN 2289-0904(Online)
http://e-journal.kfs21.or.kr

붉가시나무림의 솎아베기 강도에 따른 생장 반응 효과

정수영[1] · 주남규[1] · 이광수[1] · 유병오[1] · 박용배[1] · 유석봉[2] · 박준형[1]*
[1]국립산림과학원 남부산림자원연구소, [2]전라남도 산림자원연구소

Thinning Intensity and Growth Response in a *Quercus acuta* Stand

Su Young Jung[1], Nam Gyu Ju[1], Kwang Soo Lee[1], Byung Oh Yoo[1], Yong Bae Park[1], Seok Bong Yoo[2] and Joon Hyung Park[1]*
[1]*Southern Forest Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Jinju 52817, Korea*
[2]*Forest Resources Research Institute of Jeollanam-do, Naju 58213, Korea*

요 약: 본 연구는 전남 완도 붉가시나무림의 솎아베기 강도 처리에 따른 임분의 생장반응 특성을 비교 분석하였다. 1999년 솎아베기 후 연년 직경 생장량과 연년 재적 생장량에서 강도구의 효과가 가장 큰 것으로 나타났고, 약도구 또한 비슷한 수준의 효과가 있었다. H/D율은 DBH 생장량의 증가로 인해 약 80%까지 임목 형질 개선효과가 나타났다. 솎아베기 이후 강도구와 약도구의 임분 흉고단면적 총 생장량이 증가하는 경향으로 나타났으나, 간벌구의 손실로 말미암아 임분 흉고단면적은 대조구의 생장량 수준까지 장차 회복하기는 어려울 것으로 예측되었다.

Abstract: This study was examined for the growth response of tree diameter and volume to thinning treatments from different thinning intensities using three long-term thinning trials for Japanese Evergreen Oak (*Quercus acuta* Thunb.) stands in Wando island, Korea. After thinning in 1999, annual tree growth of diameter and volume was highest in heavy thinned stands for individual tree and this growth pattern of thinning response showed similar tendency to the individual tree growth response in light thinned stands. By increasing diameter growth, the value of H/D ratio (HDR) as an indicator of stem form was properly decreased and improved up to 80%. Although there is significant growth response of basal area in both heavily and lightly thinned stands, the growth potential both of heavily and lightly thinned stands in total stand volume is not likely to reach at the level of unthinned stands because of basal area growth loss associated with both light and heavy thinnings.

Key words: *thinning intensity, diameter growth, H/D ratio, growth response,* Quercus acuta, *evergreen broad-leaved forest*

서 론

최근 지구 온난화로 인한 남부지역 난대림의 생육분포 범위가 내륙으로 더욱 확대되고 있으며, 1990년대 후반부터 난대상록활엽수림의 복원 및 보전관리의 필요성이 대두되어 생태·환경적인 중요성을 재평가 하게 되었다. 또한 난대상록활엽수(Evergreen Broad-Leaved Tree; EBLT)의 각 수종특성별 다양한 쓰임새와 효용에 대한 관심도 증가하고 있는 추세이다. 그 중 붉가시나무는 목재가 붉은색을 띄며 재질이 강하고 견고하여 농기구, 선박재, 건축재로 이용되어 왔으며, 소경재는 표고버섯재배를 위한 원목이나 신탄재로도 사용 가능하고, 종실은 식 · 약용작물로써 큰 활용성을 지니는 등(Hong et al., 1987) 그 가치가 높다.

서부지방산림청 및 지자체에서는 1997년부터 현재까지 난대상록활엽수에 대한 양묘 및 조림사업을 활발히 수행하여 보성양묘사업소에서 7,455천 본의 묘목을 공급하였으며, 조림면적은 이미 약 200 ha를 넘어서 지속적으로 증가하는 추세이다(Western Korea Forest Service, 2007). 또한 우리나라에 현존하는 붉가시나무림의 총 임목축적은 약 202,437 m^3로 추정되고 있으며, 분포면적은 약 1,824 ha에 분포하는 것으로 추정된다(Korea Forest Research Institute, 2014). 이러한 난대상록활엽수림에 대한 생육환경 및 시대적 여건이 변화하고 있지만, 관리방안이 체계화 되어 있지 않아 그 지침 마련이 요구되고 있다(Western Korea Forest Service & Korea Forest Research Institute, 2014).

우리나라 남부지역에 분포하는 붉가시나무림의 주요 상

*Corresponding author
E-mail: asd747@naver.com

층 수종은 붉가시나무를 비롯하여 구실잣밤나무, 참가시나무, 곰솔 등이며, 하층에는 동백나무와 광나무, 붉가시나무, 사스레피나무 등이 우점하는 것으로 보고된 바가 있다(Kim et al., 2000; Kim et al., 2002). 또한 높은 임분밀도로 인해 양분 순환이 효율적으로 이루어지지 못하고, 일반 산림토양에 비해 현저히 낮은 양분상태를 보이며(Hwang et al., 2006), 지상부 탄소고정량은 유사한 임분밀도와 경급분포일 때, 굴참나무나 신갈나무와 비슷한 수준으로 보고된바가 있다(Lee et al., 2005; Lee et al., 2007). 최근에는 제주지역 붉가시나무의 Kozak식을 이용하여 수간형태와 곡선식 추정이 이루어졌으며(Chung et al., 2010), 개화특성 및 종실생산에 관한 연구가 수행되는 등(Park et al., 2014) 과거에 비해 다방면으로 진행되고 있지만 체계적인 관리방안 마련을 위해서는 더욱 많은 자료가 필요한 실정이다.

현존하는 대부분의 붉가시나무림은 임분밀도가 높고, 다간 형태의 입목이 다수 분포하며, 또한 수간의 굴곡이 심한 형질 불량 임목의 비율이 높은 경우가 많아 체계적인 관리가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 난대상록활엽수림의 자원화 및 고부가가치화를 위하여 최적 임분 관리기술 개발이 필요하며 이를 위해서 현존 임분에 대한 시업처리효과 분석 및 이에 대한 지속적인 모니터링이 우선 이루어져야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 붉가시나무 임분의 솎아베기 후 처리강도에 따른 임목생장의 변화를 비교하고, 이를 통해 임분의 생육특성에 따른 적정 임분밀도의 유지 및 최적 임분 관리기법 마련을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황

전라남도 완도군 군외면 대문리에 위치한 완도 수목원은 총 관리면적 2,050 ha에 구실잣밤나무, 붉가시나무, 동백나무 등 난대상록활엽수를 포함한 난대성 식물과 소나무, 굴참나무 등 온대성식물까지 다양한 식생분포를 보이고 있다. 그 중 본 연구 대상지는 붉가시나무가 우점한 임분으로 해발고는 300~400 m지점에 분포하고 있으며, 경사는 15~20°, 사면향은 남서사면으로 유효토심 23 cm의 토양배수가 양호한 지역이다. 완도 지역 평균기온의 30년 평년값은 14.1°C이며, 최저기온은 10.8°C, 연 강수량은 1532.7 mm이다(Korea Meteorological Administration, 2015).

2. 시험구 조성 및 조사

솎아베기 시험지 조성은 1999년에 실시하였다. 솎아베기 전 대상임지는 영급의 맹아목 위주로 구성된 붉가시나무 단순림이었으며, 다간형태의 임목이 밀집해 있는 ha당 3,000본 이상의 과밀 임분으로 나타났다. 또한 평균 DBH가 9.1~10.3 cm사이에 분포하였으며, 평균수고가 약 11.5 m로 DBH 크기에 비해 아주 세장한 형태로 나타났다. 하지만 당시 난대상록활엽수림에 대한 솎아베기 기준이 마련되어 있지 않았으므로, 장기적인 임분관리계획과 참나무류의 평균흉고직경급별 간벌 후 잔존본수 기준, 임내 재적, 본수, 개체목 형질, 임목간 거리 등을 고려하여 처리별 솎아베기 강도를 결정하였다. 또한 임분 내 다간형태의 형질이 매우 불량한 임목들로 인해 선목 과정에서 다간 형태의 맹아목과 형질불량목, 열세목, 피압목 등을 모두 고려한 하층 솎아베기를 실시하였다. 이 때 솎아베기 처리는 강도구(ha당 800본), 약도구(ha당 1,150본), 대조구(ha당 3,000본) 3처리로, ha당 본수 대비 제거율은 강도구 약 75%, 약도구 약 68%가 제거되었다.

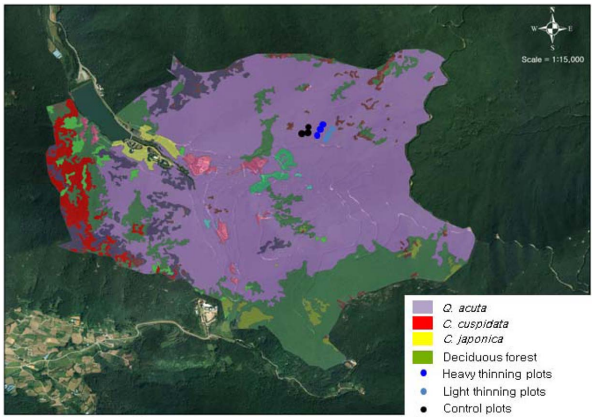

Figure 1. Plot location map in thinned *Q. acuta* stands and Evergreen Broad-Leaved Tree (EBLT) species distributions in Wando islands.

처리별 표준지 크기 20×20 m^2(0.04 ha)의 각 3반복에 대해 1999년 6월, 2013년 9월에 시험성적 조사를 실시하였으며, 2013년 조사에서 개체목 생장의 정밀분석을 위해 각 처리구별로 산술평균직경법(Kim, 1998)에 의해 표준목을 5본씩 선정하고 이를 벌채하여 수간석해를 실시하였다. 이 때, 선정된 표준목에 대해 지상 0.2 m 이하 지점을 벌채점으로 하여 시료의 채취에 신중을 기하였다. 원판 채취는 0.2 m, 1.2 m, 3.2 m, 5.2 m 등과 같이 처음은 1 m간격으로 절단 후 1.2 m 이후로는 2 m 결정간을 두고 채취하였으며, 최후의 것은 1 m가 되도록 하였다. 연륜 폭의 측정은 채취한 원판의 4방향에 대해 심각등분법에 의해 이루어졌다(Kim, 1998).

3. 처리별 임분 생장

1999년과 2013년에 조사된 자료를 이용하여 시기별 솎아베기에 따른 시험구 내 임분 의 생육특성 및 생장 차이를 비교 하였다. 분석 대상은 DBH(Diameter at Breast Height; DBH), 수고(Height), H/D율(Total Height/DBH

Figure 2. Interior view and canopy closure of thinned and unthinned *Q. acuta* stands, in 2013.

Ritio; HDR), 흉고단면적(Basal Area; BA), 재적(Stand volume), 임분밀도(Stand density)에 대해 조사 시기별로 처리 간 평균치를 비교하였으며, 분산분석(ANOVA)과 사후검정(Duncan Test)을 통해 통계적인 차이를 검증하였다.

4. 처리별 수간 형상 변화

솎아베기 처리에 따른 수간 형상의 변화를 비교하기 위해 수간곡선을 추정하여 비교하는 방법을 사용하였다. 이 방법은 Doug and Lanteigne(2008)가 솎아베기에 따른 DBH와 수고생장의 효과를 비교하기 위해 사용한 방법으로 수간곡선식에 처리별 H/D율(HDR)을 적용하여 DBH와 수고를 고정했을 때 형상의 차이를 비교하였다. 이를 위해 5년 단위로 측정한 표준목의 수간석해 자료를 이용하여 수간곡선을 추정하였으며, 각 처리별 H/D율을 이용하여 솎아베기 강도별 수간형상의 차이를 비교하였다. 이 때, 사용된 수간곡선 추정모형은 변량지수식(Variable exponent taper equation, or K2 equation)으로 명명된 Kozak이 개발한 모형이며(Kozak, 1998), 수식은 아래와 같다.

$$\hat{d}_i = a_0 DBH^{a_1} a_2^{DBH} X_i^{\left[b_1 Z_i^2 + b_2 \ln(Z_i + 0.001) + b_3 \sqrt{Z_i} + b_4 e^{Z_i} + b_5 (DB(H/H))\right]}$$

Where $\hat{d}_i$ = stem inside bark diameter at h_i(cm)
DBH = diameter at beast height(cm)
h_i = height above ground level along stem(m)
H = total tree height(m)
Z_i = relative height(h_i/H) above ground
X_i = $[1-(h_i/H^{1/2})(1-p^{1/2})]$
(p = relative height constraint)
a_i, b_i = regression coefficients

Kozak식은 미국, 캐나다 등에서 많은 사용 빈도를 보이고 있으며(Gal and Bella, 1994), 국립산림과학원에서도 주요 11개 수종의 입목재적표를 개발하기 위해 이를 이용한 바 있으므로(Korea Forest Research Institute, 2012), 이 식을 본 연구의 분석에 활용하였다. 수식 추정에 사용된 변곡점(Inflection point)은 완도지역 붉가시나무의 변곡점을 0.25로 보고(Son et al., 2007)한 바가 있어 이를 활용하여 추정하였다.

5. 처리별 개체목 및 임분 단위 생장 변화 비교

시간의 흐름에 따른 솎아베기 이후 강도별 임목생장의 변화 과정은 수간석해를 통해 취득한 자료를 이용하여 개체목 단위와 임분 단위로 각각 구분하여 비교하였다. 개체목단위의 생장은 1999년부터 매년 DBH와 수고, 개체목 재적의 연년생장량(Current Annual Increment; CAI)과 H/D율의 연년 변화량을 ANOVA분석을 실시하여 처리별 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 솎아베기 처리강도에 따른 생장반응

붉가시나무림의 솎아베기 후 임분 특성의 시기별 변화는 Table 1에 나타나 있다. 솎아베기 직후, 임내 개체목의 수고의 변화는 크지 않았으나, 임분밀도의 감소에 따라 임분 재적은 강도구가 34.2 m^3/ha, 약도구 46.7 m^3/ha로 감소하였으며, 대조구의 재적은 129.7 m^3/ha가 잔존하였다. 한편, 강도구의 경우 하층 솎아베기를 적용하였음에도 불구하고 평균흉고직경의 변화 폭이 약도구에 비해 적은 것으로 나타났으며, 이는 형질이 불량한 맹아목 위주의 불규칙적인 임내 상황으로 인해 나타난 현상으로 볼 수 있다.

2013년 조사 결과(Table 2), 강도구 직경생장이 평균 18.6 cm로 가장 큰 값이 나타났으며, 대조구의 경우 평균 15.3 cm로 직경생장이 가장 저조한 것으로 조사되어 유의적인 차이가 발생하였다($p<0.01$). 하지만 임분재적의 경우 대조구의 임분재적이 211.8 m^3로 가장 높게 나타났으며($p<0.01$), 강도와 약도 처리구 간에는 유의적인 차이가 없었다. 임분 흉고단면적은 강도구와 대조구의 차이는 인정되었으나($p<0.01$), 강도구와 약도구, 약도구와 대조구 사이의 차이는 인정되지 않았다. 수고의 경우 처리간 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

2. 수간 형상 비교

수간곡선을 이용한 처리구별 수간형상을 비교한 결과는 Figure 3과 같다. 1999년 평균 임령 30년생의 붉가시나무 임분 솎아베기 후 각 시험 처리구는 입목밀도의 변화에 따라 생장 특성이 다르게 나타났으며, 이에 따라 수간의 형상 또한 차이가 나타났다(Figure 3). 각 처리별 수간형상을 비교해 본 결과, DBH가 유사한 수준일 경우 대조구의 수고생장이 가장 우수한 반면, 강도구의 수고생장은 가장 저조한 것으로 나타났다. 수고가 유사한 수준일 경우, 강도구의 DBH생장이 가장 우수하였으나, 대조구에서는 가장 저조한 것으로 나타났다. 이는 솎아베기 처리 후 수간 하부의 직경생장량이 증대된 결과이며, 각 간벌 강도 처리 수준에 따라 수간 하부의 직경생장 차이가 발생하였음을 알 수 있었다. 이러한 결과를 볼 때 솎아베기가 수간 하부의 직경생장 차이를 나타내어 초살도를 증가시키기도 하며(Lee, 1993), 동일한 DBH일 때 임분밀도가 높을수록 수고생장이 우수하고, 동일한 수고에서 흉고 직경 생장은 임분밀도가 낮을수록 우수하다는 Pitt and Lanteigne(2008)의 결과와 유사한 것으로 나타났다.

3. 개체목단위의 생장 변화 특성

개체목 단위의 연년 DBH생장량과 연년 수고생장량, 연년 재적생장량, H/D율의 변화를 비교한 결과는 Figure 4와 같다. 1999년 솎아베기 이후 강도구와 약도구의 연년 DBH 생장량은 2000년부터 대조구와의 차이를 보이며 지속적으로 증가하여($p<0.05$), 약도구는 2003년, 강도구는 2005년에 최대 생장에 도달 한 후 점차 감소하는 추세를 보이고 있다. 반면 대조구에서는 연년 DBH 생장량의 변화량은 크지 않았다. 수고생장의 경우 2004년부터 2006년

Table 1. Stand growth characteristics before and after thinning treatment in a *Q. acuta* stand.

Survey (year)	Thinning intensity	Stand density (tree/ha)	DBH (cm)	Height (m)	Basal area (m^3/ha)	Volume (m^3/ha)
1999 (Before thinning)	Heavy	3,216±954[z]	10.3±2.8	11.5±1.1	25.8±3.1	135.4±19.5
	Light	3,708±970	9.3±2.7	11.5±0.7	24.2±3.2	126.6±16.5
	Control	3,006±508	9.1±3.0	11.4±1.7	24.0±2.9	129.7±14.2
1999 (After thinning)	Heavy	800±0	10.5±2.1	11.6±0.7	7.1±1.0	34.2±9.3
	Light	1,150±0	10.7±2.2	11.6±0.6	9.1±0.3	46.7±2.5
	Control	3,006±508	9.1±3.0	11.4±1.7	24.0±2.9	129.7±14.2

[z]Mean±S.D.

Table 2. Stand growth characteristics after 15 years from thinning treatments in a *Q. acuta* stand.

Thinning intensity	Stand density (trees/ha)	DBH (cm)	Height (m)	Basal area (m^2/ha)	Volume (m^3/ha)
Heavy	733±29[z] a	18.6±2.0 a	13.1±0.6	20.0±3.4 b	96.3±16.3 b
Light	1033±95 b	17.6±0.8ab	12.7±0.5	25.0±1.2 b	117.4±9.8 b
Control	2300±189 c	15.3±0.3 b	13.3±1.0	42.1±5.0 a	211.8±29.3 a
F	137.028	5.953	0.515	31.766	27.801
p	0.001	0.038	0.622	0.001	0.001

[z]Mean±S.D. Means within columns followed by same letters are not significantly different at the 5% levels by Duncan's multiple range test.

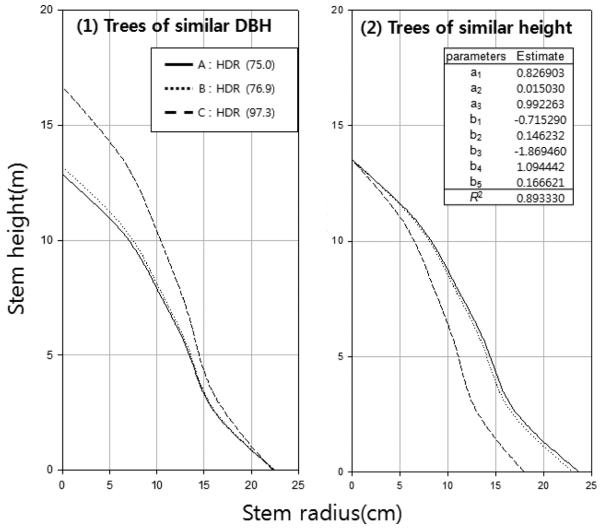

Figure 3. Predictions for stem profile from Kozak model under treatment-specific mean values for HDR(Total Height/ DBH ratio) for trees with the same class of (1) DBH and (2) total tree height, respectively. These curves illustrate thinning effects on stem taper observed from stem analysis of a stratified sample of 15 trees (A : heavy thinning, B: Light thinning, and C: Control).

사이에 유의적인 차이가 인정되었으나(p<0.05), 대체로 수고생장차이는 나타나지 않았다.

개체목의 재적생장량은 DBH 생장량과 다르게 솎아베기 4년 후인 2003년부터 유의적인 차이가 나타나기 시작하였으며(p<0.05), 강도구와 약도구의 차이는 나타나지 않았고, 대조구의 재적연년생장량과의 차이는 명확히 나타났다. 일반적으로 솎아베기를 시행하게 되면, 상층 수관이 개방되어 임내 투과되는 광량이 증가하며, 이에 따라 하층식생의 생육조건이 개선된다(Donald, 1963; Horn, 1971). 또한 이러한 하층식생 발달에 따라 토양유기물함량은 증가하며(Hwang et al., 2006), 입목들의 공간경쟁이 완화되는 것과 동시에 양분 확보가 양호해져서 생장에 유리한 조건이 조성된다. 이는 솎아베기 후 잔존목들의 생장량 증가로 이어져 강도구와 약도구, 대조구의 개체목 생장량 차이까지 연결되는 것으로 사료된다.

H/D율의 경우 DBH 생장량이 활발하게 일어나면서 2002년부터 강도구와 약도구에서 유의적인 차이를 보이며 감소하기 시작하여, 2013년에는 강도구와 약도구에서 약 80% 이하까지 감소하였으나, 대조구의 경우 100%가 넘는 값을 유지하고 있었다(p<0.05). 임분밀도 조절에 의한 H/D율의 개선효과는 이미 입증 된바가 있으며(Pitt and Lanteigne, 2008), 이들이 제시한 이용 간벌 시 적합한 생산목재의 기준인 H/D율 80%이하에 대비해 볼 때, 본 대상 시험지는 바람직한 방향으로 개선되고 있음을 알 수 있다.

4. 임분단위의 생장 변화

붉가시나무 임분의 솎아베기에 따른 임분 생장 변화 효과를 알아보기 위해 솎아베기 전후의 임분 흉고단면적의 총생장량(Figure 5)과 연년생장량(Figure 6)의 변화를 분석하였다. 총 생장량의 경우 1999년 솎아베기 이후 강도구와 약도구에서 각각 크게 감소한 이후 점차 증가하는 경향이 나타났다. 임분 흉고단면적 연년생장량은 솎아베기에 따른 감소 이후 점차 증가하여 대조구의 연년생장량에 도달한 시점부터 생장 증가가 정체하여 함께 감소하는 추세가 나타났다. 솎아베기 효과 중 생장이 최대가 되는 시점은 50년생 이전에 가장 높으며, 이 시점을 넘어서게

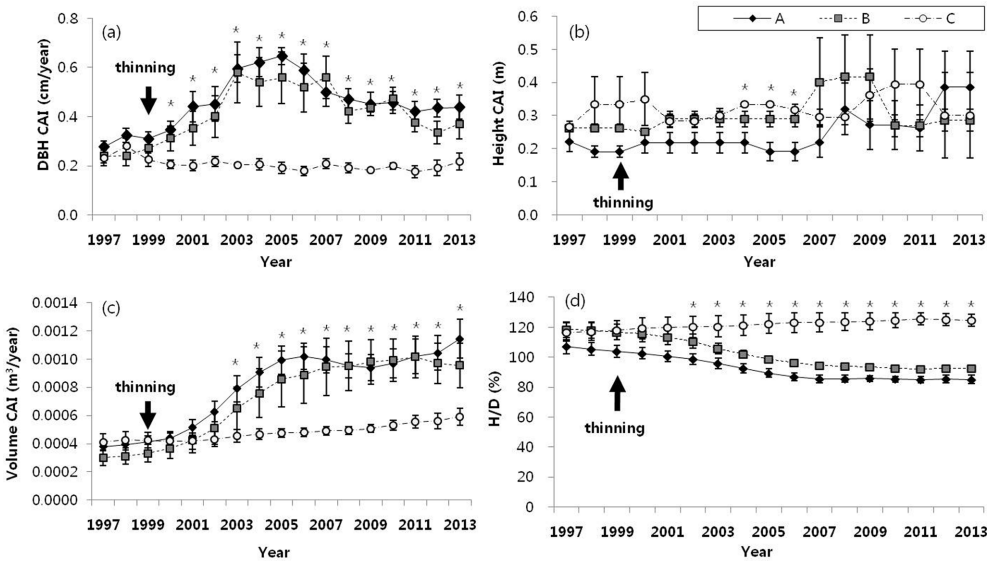

Figure 4. Comparison of the growth pattern by annual DBH growth(a), annual height growth(b), annual volume growth(c), and HDR(d) of individual tree after thinning. Vertical bars show standard error of mean. Each asterisk shows significant differences between treatments (p<0.05).

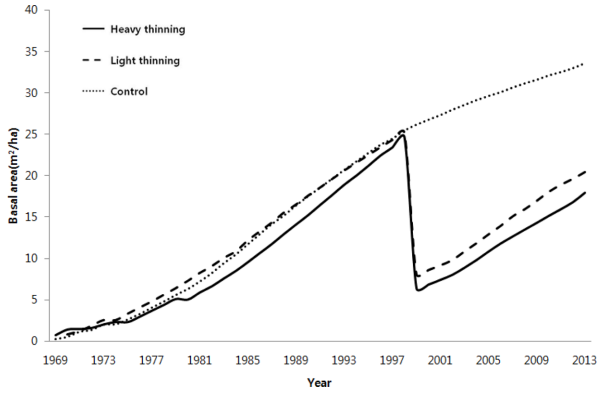

Figure 5. Time sequential patterns of stand volume in each thinning treatment block.

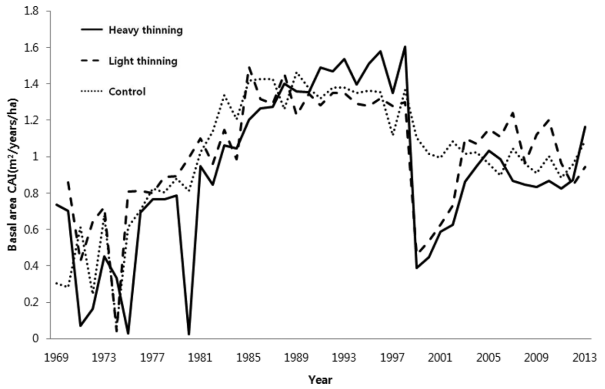

Figure 6. Development of CAI(current annual increment) of basal area on *Q. acuta* stand.

되면 그 처리효과가 급격하게 줄어든다는 연구 보고(Tappeiner et al., 1997)와 비슷한 경향을 나타내었다. 현재 본 대상지 내 임령은 약 40년 이상이 되며, 이러한 경향으로 볼 때, 강도구와 약도구의 임분 흉고단면적 총 생장량은 대조구의 수준에 도달하기 위해서는 많은 시간이 소요 될 것으로 판단된다. 우리나라 남부지역에 분포하고 있는 붉가시나무 현실림의 임령에 따른 생육특성을 고려해 볼 때 이들의 총생산량을 높이기 위해서 솎아베기를 실시할 경우 그 생장량의 회복 추이가 다소 기대에 미치지 못할 것으로 예측된다. 하지만 임분 내 개체목의 형질 개선의 관점으로 볼 때, 적정 수준의 솎아베기가 반드시 필요하며, 현 대상임지의 솎아베기보다 많은 본수를 잔존시킬 수 있도록 유령기 이후 1차 간벌시점을 조정하여야 하며, 또한 1차 간벌시점을 놓친 현실임분에 대해서는 솎아베기 횟수를 증가시켜 그 형질 및 임분구조를 점차적으로 개선하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

결 론

붉가시나무림의 솎아베기 강도 수준에 따른 그 생육 반응효과를 각 시험처리구별로 비교분석한 결과, 강도구에서의 연년 직경 생장량과 연년 재적 생장량이 가장 높게 나타났으며, 약도구 또한 비슷한 경향으로 나타났다. 흉고단면적과 재적의 변화추이를 개체목 단위에서 볼 때 강도구에서 그 효과가 가장 큰 것으로 판명되었으나, 임분 단위에서는 대조구의 각 생장량에 미치지 못하고 있는 것으로 나타났다. 솎아베기 당시 대상임분이 대부분 다간형태의 맹아목으로 구성되어 있어서 적정 임목간 거리를 조절하기 위해 형질이 우수한 수간만 남겨놓은 것이 과도한 임분밀도 조절로 이어졌고, 이로 인해 강도구와 약도구의 임분 흉고단면적 생장량이 저조하게 나타난 것으로 사료된다. 전반적으로 H/D율은 DBH 생장량의 증가로 인해 약 80%까지 낮아져 솎아베기에 의한 임목 형질 개선 효과가 유의적으로 발생하였다.

본 연구의 결과를 볼 때, 바이오매스 생산의 측면에서는 솎아베기를 하지 않는 것이 효과적인 방법이 될 것이다. 하지만 본 연구에서는 솎아베기를 통해 형질의 개선 효과에 대한 가능성을 확인하였으며, 만약 유년기부터 체계적으로 적정 임분밀도 관리를 할 경우, 임분 생산량 또한 현 결과보다 향상될 수 있는 여지가 있다. 솎아베기의 다양한 효과들에 대한 구명은 많은 시간이 소요되므로, 향후 장기적인 관점에서 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

Chung, Y.G., Kim, D.H., and Kim, C.M. 2010. Development of stem profile and Taper Equation for *Quercus acuta* in Jeju Experiment Forests. Journal of Korean Forest Society 99(1): 57-61.

Donald, C.M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Academic press INC. pp 415.

Doug, Pitt and Lanteigne, Len. 2008. Long-term outcome of precommercial thinning in northwestern new brunswick: growth and uield of balsam fir and red spruce. Canadian Jounal of Forest Research 38: 582-610.

Gal, J. and Bella, I.E. 1994. New stem taper functions for 12 Saskatchewan timber species. Natural Resources canada, canadian Forest Service, Northwest Region, Northern Forestry Centre, Information Report Nor-x-338.

Hong, S.C., Byun, S.H., and Kim, S.S. 1987. Illustrated Guide to Korean trees. Keimyung Publishing Company. pp. 310.

Horn, H.S. 1971. The adaptive geometry of trees. Princeton University Press. pp. 123.

Hwang, J.H., Lee, S.T., Park, N.C., Choi, J.C., Shin, H.C., Lee, K.J., and Lee, K.S. 2006. Changes in Soil Chemical Properties after Thinning in *Quercus acuta* strand. Journal of Korean Forest Society 95(6): 657-662.

Tappeiner John C., David Huffman, David Marshall, Thomas

A. Spies, and John D. Bailey. 1997. Density, ages, and growth rates in old-growth and young-growth forests in coastal Oregon. Canadian Journal Forest Research 27: 638-648.

Kim, K.D. 1998. Forest Mensuration. Hyang Mun Sa. p. 282.

Kim, J.Y., Lee, J.S., Oh, K.I., Jang, S.K., and Park, J.H. 2000. Community Ecological Study on the *Quercus acuta* Forests in Bogildo-Island. Journal of Korean Forest Society 89(5): 618-629.

Kim, S.O., Chin, S.C., and Oh, C.J. 2002. The Community Structure of *Quercus acuta* Forest at Wando Warm-Temperate Forest Arboretum. Journal of Korean Forest Society 91(6): 781-792.

Korea Forest Research Institute. 2014. Stock biomass and distribution for Major Species of Warm temperate in Southern Korea. pp. 23.

Korea meteorological Administration. 2015. Climatological data. http://www.kma.go.kr/weather/climate/average_south.jsp. (2015. 7. 17.).

Kozak, A. 1998. Effects of upper stem measurements on the predictive ability of a variable-exponent taper equation. Canadian Journal of Forest Research. 28: 1078-1083.

Lee, S.T., Hwang, J.H., Lee, K.J., Shin, H.C., Kim, B.B., Park, M.S., Jun, K.S., and Cho, H.S. 2007. Biomass Expansion Factors(BBFs) for *Quercus acuta* According to Age Classes. Journal of Korean Society of Environment Ecology 21(6): 554-558.

Lee, S.T., Son, Y.M., Lee, K.J., Hwang, J.H., Choi, J.C., Shin, H.C., and Park, N.C. 2005. Aboveground Carbon Storage of *Quercus Acuta* Stands by Thinning Intensity. Korea Journal of Agricultural and Forest Meteorology 7(4): 282-288.

Park, I.H., Kim, S.D., Park, J.W., Chae, K.S., Kim, G.T., and Um, T.W. 2014. Flowering Characteristics and Acorn Production of *Quercus auta* Thunb. in Wando Island, Korea. Journal of Korean Forest Society 28(3): 326-330.

Son, Y.M., Lee, K.H., Kim, R.H., and Seo, J.H. 2007. Development of stem profile and taper equation for *Quercus acuta* in Wando. Korean Journal of Forest Measure 10: 1-6.

Western Korea Forest Service. 2007. Results report of monitoring in plantation of warm forest trees. pp. 45.

Western Regional Office of the Korea Forest Service (WROK), Korea Forest Research Institute (KFRI). 2014. Experimental Research Project for the Establishment of Evergreen Broad-Leaved Forest Resources by Development of Tailoring Sivicultural Systems, 2011~2013. pp. 130. Seoul, WROK & KFRI.

(Received: August 14, 2015; Accepted: October 17, 2015)