

## 온량지수에 따른 느티나무군락의 다층구조 식재모델\*

공석준<sup>1)</sup> · 신진호<sup>2)</sup> · 양금철<sup>3)</sup>

<sup>1) 2)</sup> 공주대학교 대학원 · <sup>3)</sup> 공주대학교 건설환경공학부

## Multi Layered Planting Models of *Zelkova serrata* Community according to Warmth Index\*

Kong, Seok Jun<sup>1)</sup> · Shin, Jin Ho<sup>2)</sup> and Yang, Keum Chul<sup>3)</sup>

<sup>1) 2)</sup> Graduate School, Kongju National University,

<sup>3)</sup> Dept. of Civil & Environmental Eng. Kongju National University.

### ABSTRACT

This study suggested the planting model of *Zelkova serrata* communities in the areas with the warmth index of both 80~100 and 100~120°C · month. Warmth index was calculated with 449 weather points using inverse distance weighted interpolation method. The planting species were selected by correlation analysis between *Z. serrata* and each species of four or more frequency among the 36 relevé surveyed for this study. The result of this study is summarized as follows :

Warmth index of *Z. serrata* communities was among 74~118°C · month. Results of the correlation analysis between *Z. serrata* and each species observed that the *Z. serrata* belongs to the tree layer with warmth index of 80~100 and 100~120°C · month. On the other hand, the species of *Carpinus laxiflora*, *Quercus serrata*, *Prunus sargentii* and *Platycarya strobilacea* appeared only in the tree layer with warmth index of 80~100°C · month. *Z. serrata* and *Styrax japonica* appeared in the subtree layer with the warmth index of 80~100 and 100~120°C · month, while *Acer pseudosieboldianum*, *Lindera erythrocarpa*, *Acer mono*, *Quercus serrata*, etc. appeared in the subtree layer with the warmth index of 80~100°C · month. *Z. serrata*, *Ligustrum obtusifolium*, *Lindera obtusiloba*, *Callicarpa japonica* and

\* 본 연구는 환경부 2011 차세대에코이노베이션기술 개발사업의 지원으로 수행되었음.

**First author** : Kong, Seok Jun, Graduate School, Kongju National University,

Tel : +82-41-521-9311, E-mail : chaos008@kongju.ac.kr

**Corresponding author** : Yang, Keum Chul, Dept. of Civil & Environmental Eng. Kongju National University,

Tel : +82-41-521-9311, E-mail : yangkc@kongju.ac.kr

**Received** : 8 February, 2012. **Revised** : 5 March, 2012. **Accepted** : 4 April, 2012.

*Zanthoxylum schinifolium* all appeared in the shrub layer with the warmth index of 80~100 and 100~120°C · month. *Lindera erythrocarpa*, *Orixa japonica*, *Staphylea bumalda*, *Akebia quinata* and *Sorbus alnifolia* appeared in the shrub layer with the warmth index of 80~100°C · month and *Styrax japonica* and *Stephanandra incisa* appeared in the shrub layer with the warmth index of 100~120°C · month. The numbers of each species planted in a 100m<sup>2</sup> area of the *Z. serrata* community were suggested as follows : five in tree layer, five in subtree layer and nine in shrub layer. The average area of canopy are suggested to be about 86m<sup>2</sup> for tree layer, 34m<sup>2</sup> for subtree layer and 34m<sup>2</sup> for shrub layer.

Key Words : Canopy, Inverse distance weighted interpolation, Weather points.

## I. 서 론

1992년 UN 환경개발회의에서 세계적인 환경 위기에 맞서 제시된 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발개념(Environmentally Sound and Sustainable Development; ESSD)에 국제적인 관심도가 집중되면서 친환경적인 도시성장의 필요성이 대두되고 있다. 이러한 연장선상에서 특히, 21세기는 지속가능한 도시생태계의 복원을 통한 계획의 제시가 요구되고 있다(김귀곤, 1998). 이는 도시 개발이나 환경오염의 악화에 따라 도시민들에게 도시녹지에 대한 필요성과 이용욕구가 높아지게 되면서 훼손된 도시녹지의 복원 및 자연친화적인 계획요소를 부가한 생태도시로서의 자리매김을 하고 있는 것이다.

현재 도시 녹지는 인간의 교란에 따른 파편화, 고립화 등으로 서식지로서의 가치보다는 개발의 논리가 앞서서 훼손되거나 소멸된 곳들이 많다(김귀곤 등, 2000). 또한 도시내부 기온상승에 따른 도시열섬화, 건조화 및 식재, 벌목 등의 인간 간섭에 의하여 도시녹지의 형태가 자연림과는 전혀 다른 종조성을 나타내게 되었다. 특히, 환경오염 및 도시화의 가속화에 따른 도시 산림생태계 내 자생식물군집의 파괴로 인하여 생물종다양성이 낮아지고, 식생구조의 불균형을 초래하였으며 단일수종에 의하여 우점하는 현상을 나타내고 있다. 이러한 현상은 산림생태계내 목본식물 및 민

감성이 높은 초본식물에서 환경오염에 의한 쇠퇴 후의 심각성이 표면화되면서 자연성 회복을 위한 구체적인 복원모델의 제시가 요구되고 있다(강현경 · 방광자, 2000).

1990년대 이후 도시산림에 대한 복원의 접근 방법이 생태적 다양성, 생물다양성, 원식생의 복원 등으로 구분되어 연구들이 진행되고 있다(Rydberg and Falck, 2000). 특히, 도시녹지의 생태적 안정성을 고려한 도시녹지 조성 및 관리 기법의 개발이 요구됨에 따라 이경재 등(1993; 1994)은 서울을 중심으로 한 훼손된 생태계의 식생복원에 대한 연구를 통해 도시지역의 녹지복원용 수종선발, 녹지내 식생의 생태적 층위구조를 고려한 식생도입방안 및 녹지조성방안을 제시하였다. 따라서 도시녹지를 안정상태로 유지하기 위해서는 우선 종다양성이 높은 자연림으로 변화하도록 유도하거나, 훼손이전의 상태로 복원을 하는 것으로, 교란되지 않은 자연생태계의 특성을 파악한 후 복원계획이 이루어져야 할 것이다.

느티나무는 일반적으로 직경 3m, 수고 26m까지 자라고 우리나라 전역에 걸쳐 분포하는 것으로 알려져 있는데(이창복, 1986), 2006년 이전까지 전체 조림면적의 2.5%를 차지하였으며(산림청, 2009) 2007년과 2008년에 식재면적이 증가하였다. 지금까지 느티나무의 생장특성에 관한 연구로는 매립지 느티나무의 연륜생장특성 및 매립지의 토양환경이 느티나무의 생육에 미치는 영향

(김도균 등, 2000; 김도균, 2006), 노거수나 천연 기념물 또는 보호수로 지정된 느티나무의 생육환경과 수령 및 활력도 측정(이선·배상원, 2005; 하태주·방광자, 2005); 김현정 등, 2007; 박봉주 등, 2007), 조경수로서 느티나무의 크기예측(김남춘 등, 1988)에 관한 연구 등이 있다. 그러나 이러한 연구들은 대부분 단독이나 군상으로 생육하는 느티나무를 대상으로 하였기 때문에 임지에서 경쟁과정을 거치며 성장하는 느티나무의 성장특성과는 차이가 있다.

따라서 본 연구는 도시녹지의 복원을 위해 전국에 분포하는 느티나무를 대상으로 온량지수를 이용하여 온량지수 분포별로 적합한 느티나무 다층복원식재모델에 대해 연구하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 식생조사 및 분석

느티나무에 대한 조사는 경기도 성남시 남한산성 지역과 경남 거제시 지역의 느티나무군락을 대상으로 2011년에 현장조사를 실시하였으며, 온량지수에 따른 느티나무의 생태적인 종조성을 파악하기 위해 제2차 전국자연환경조사의 느티나무 식생군락 및 식생조사표 결과를 이용하였다 (Figure 1). 방형구의 크기가 10×10m인 식생조사표는 총 36개소 자료를 분석에 사용하였다.

느티나무군락에 대한 분석은 식생조사 자료에 의하여 Curtis and McIntosh (1951)의 중요치 (Importance Value; I.V.)를 통합하여 백분율로 나타낸 상대우점치(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였으며, 상대우점치(Importance Percentage : I.P.)는 상대밀도, 상대빈도, 상대피도를 더한 값을 3으로 나누어 계산하였다.

### 2. 온량지수에 의한 산림식생도

Yim and Kira (1975)와 양금철(2002)에 의해 기후대의 구분은 온량지수(Warmth Index; WI)와 한랭지수(Coldness Index; CI)를 이용하여 난온대

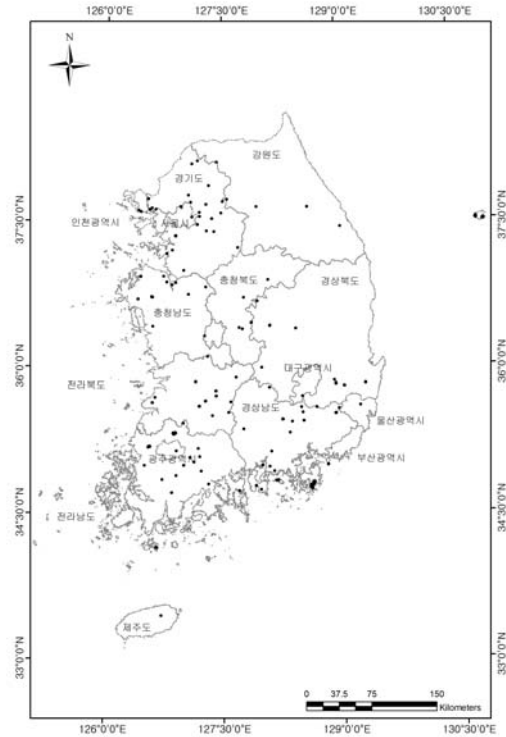


Figure 1. Distribution of *Zelkova serrata*.

림, 냉온대 남부림, 냉온대 중부림, 냉온대 북부림, 아한대림으로 구분하였으나 본 연구에서는 온량지수를 5등급(WI < 60, 60~80, 80~100, 100~120, 120 < WI)으로 구분하여 나타내었다 (Figure 2).

온량지수는 월별 평균기온이 해발고도 100m씩 상승함에 따라 0.65°C씩 감소하는 기온감율을 적용하여 고도에 따른 남한의 온량지수 분포를 산출하였다. 449지점의 기상대 자료 및 자동측정망(AWS)자료를 이용하고, 각 월별로 남한지역에 대해 ArcGIS를 이용하여 보간을 실시하였다. 보간법은 거리역가중법(IDW)을 이용하였으며, 월별로 보간 후 고도에 따른 기온감율을 적용하여 격자별 온도를 구한 후 온량지수를 산출하였다.

고도의 적용을 위해 남한전체에 대한 DEM (Digital Elevation Model; 수치표고모델)을 1 : 25,000수치지도를 이용하여 10×10m격자크기로 제작한 후 100×100m로 재표본하여 사용하였다.

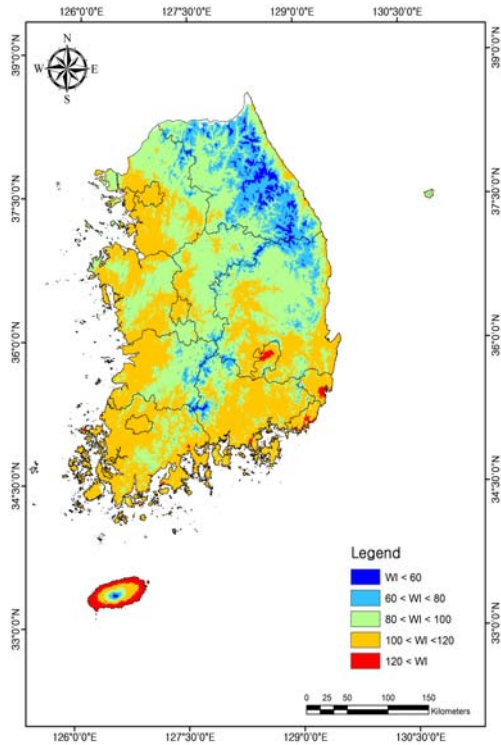


Figure 2. WI distribution of S. Korea.

### III. 연구결과 및 고찰

#### 1. 느티나무군락의 온량지수 분포

전국 느티나무의 온량지수 분포는 74~118°C·month로 나타났으며, 60~80°C·month에 속하는 느티나무가 5.0%, 80~100°C·month 범위에서 47.5%, 100~120°C·month이 47.5%를 차지하는 것으로 나타났다(Figure 3). 한편 식생조사표를 분석한 결과 온량지수 분포는 80~117°C·month로 나타났으며, 온량지수 범위별로 살펴보면 80~100°C·month의 범위에서 64%, 100~120°C·month이 36% 차지하는 것으로 나타났다.

#### 2. 온량지수에 따른 느티나무군락의 중요치 분석

온량지수 80~100°C·month 범위의 느티나무군락의 중요치는 교목층의 경우 느티나무(I.P. : 49.0%)가 우점하며, 굴피나무(I.P. : 4.6%), 서어나무(I.P. : 4.4%) 등이 동반출현하고 있었으며,

아교목층에서 느티나무(I.P. : 16.3%)가 우점하며, 당단풍(I.P. : 8.3%), 비목나무(I.P. : 6.9), 고로쇠나무(I.P. : 6.5%) 등이 나타났으며, 관목층에서 느티나무(I.P. : 5.7%), 비목나무(I.P. : 5.1%), 쥐똥나무(I.P. : 4.3%)등이 출현하였다.

온량지수 100~120°C·month의 범위의 느티나무군락 중요치는 교목층에서 느티나무(I.P. : 46.0%)가 우점하였으며, 아교목층에서는 느티나무(I.P. : 21.6%)와 때죽나무(I.P. : 16.4%)가 주요 출현종이었으며, 관목층에서는 쥐똥나무(I.P. : 8.7%), 느티나무(I.P. : 8.2%), 작살나무(I.P. : 8.0%)가 주요종으로 출현하였다(Table 1).

#### 3. 온량지수에 따른 느티나무군락의 층위별 구성 수종

느티나무의 식재모델을 위한 수종은 느티나무군락에서 출현하는 전체수종 중에서 자생수종으로 생태적 천이단계상 도태가능성이 있는 수종과 덩굴성 수종을 제외한 종으로 선정하였다.

느티나무의 온량지수 80~100°C·month범위에서 선정된 수종으로는 교목층에는 느티나무가 우점종으로 나타났으며, 굴피나무, 서어나무, 졸참나무, 산벚나무 등이 출현하며, 아교목층은 느티나무, 졸참나무, 산벚나무, 당단풍, 비목나무, 고로쇠나무, 때죽나무, 단풍나무 등, 관목층은 느티나무, 비목나무, 쥐똥나무, 생강나무, 고추나무, 작살나무, 상산, 으름덩굴, 팔배나무, 산초나무, 등이 주요 출현종으로 나타났다.

온량지수 100~120°C·month범위에서 선정된 수종으로는 교목층은 느티나무가 우점하였으며, 아교목층에는 때죽나무, 느티나무, 당단풍, 팽나무, 층층나무 등이 출현하며, 관목층에서는 쥐똥나무, 느티나무, 작살나무, 때죽나무, 생강나무, 산초나무, 국수나무 등이 주요 출현종으로 나타났다.

#### 4. 온량지수에 따른 느티나무 식재 모델

생태적복원을 위한 식재모델에 관하여 동반출현종을 파악하기 위해 상관분석을 하였으며, 느

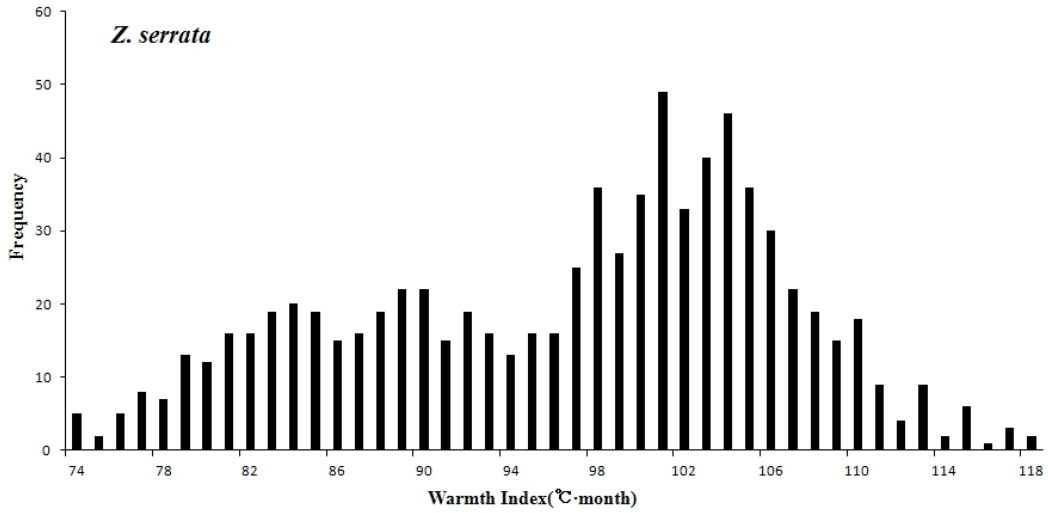


Figure 3. WI distribution of *Z. serrata*.

Table 1. Important percentage of major species by tree layer in climate forest.

Specific name	Layer	Cool temperate forest, central zone			Cool temperate forest, southern zone		
		T1	T2	S	T1	T2	S
<i>Zelkova serrata</i>		49.0	16.3	5.7	46.0	21.6	8.2
<i>Platycarya strobilacea</i>		4.6					
<i>Carpinus laxiflora</i>		4.4					
<i>Quercus serrata</i>		4.1	4.2				
<i>Prunus sargentii</i>		3.4	3.8				
<i>Acer pseudosieboldianum</i>			8.3				
<i>Lindera erythrocarpa</i>			6.9	5.1			
<i>Acer mono</i>			6.5				
<i>Styrax japonica</i>			6.4			16.4	4.7
<i>Acer palmatum</i>			6.2				
<i>Ligustrum obtusifolium</i>				4.3			8.7
<i>Lindera obtusiloba</i>				3.3			4.3
<i>Staphylea bumalda</i>				3.4			
<i>Callicarpa japonica</i>				3.1			8.0
<i>Orixa japonica</i>				4.2			
<i>Akebia quinata</i>				2.6			
<i>Sorbus alnifolia</i>				2.0			
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>				1.7			3.2
<i>Stephanandra incisa</i>							3.2

티나무와 동반출현종을 파악하여 적정 식재수종을 선정하여 조성가능한 식생모델을 제시하였다.

느티나무의 식재모델에서는 단위면적 100m<sup>2</sup>에 대해 목본층의 평균 개체수는 교목층 5개체,

아교목층 5개체, 관목층 9개체이며, 수관투영면적은 교목층 86m<sup>2</sup>, 아교목층 34m<sup>2</sup>, 관목층 34m<sup>2</sup>로 산정되었다. 느티나무의 식재모형의 단위면적 100m<sup>2</sup>에 대한 초본층의 식피율은 평균 43%로

산정되었다.

온량지수 80~100°C·month 지역의 경우 느티나무 식재모델의 수관투영도 및 층위구조는 교목층에서 느티나무가 주로 수관을 형성하고 서어나무, 굴피나무 등이 부수종으로 수관을 이루고 있으며, 아교목층에서 때죽나무, 당단풍, 비목나무, 산벚나무 등이 분포하며, 관목층에서는 쥐똥나무, 생강나무, 작살나무, 고추나무 등이 출현하였다. 이 지역에서 분석된 식생조사표는 모두 23개소이며, 이 중 4개소 이상에서 나타나는 18수종을 상관분석한 결과 느티나무를 식재할 경우 교목층에는 굴피나무, 졸참나무, 서어나무, 산벚나무 등이 함께 식재될 수 있으며, 아교목층에는 졸참나무, 산벚나무, 당단풍, 비목나무, 고로쇠나무, 때죽나무, 단풍나무 등이 함께 식재되면 적절할 것으로 판단된다(Figure 4). 온량지수 100~120°C·month 지역의 교목층 우점종은 느티나무가 주로 수관을 형성하며 다른 수종은 교목층에서 출현하지 않았다. 아교목층에서는 느티나무와 때죽나무, 관목층에서는 상산, 쥐똥나무, 생강나무, 산초나무, 국수나무 등이 출현하였다. 이 지역에서 분석된 식생조사표는 모두 13개소이며, 이 중 4개소 이상에서 나타나는 7수종을 상관분석한 결과 느티나무를 식재할 경우 교목층에는 느티나무가 단독으로 우점하며, 아교목층에는 느티나무와 때

죽나무가 함께 식재되면 적절할 것으로 판단된다 (Table 2).

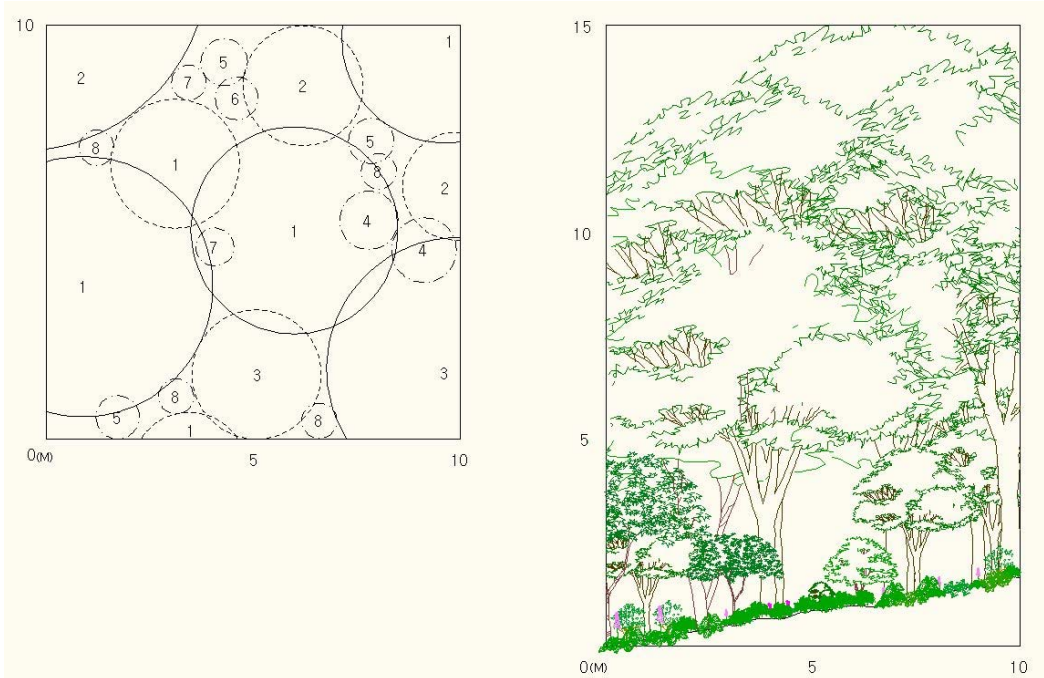
#### IV. 결 론

본 연구는 온량지수와 제2차 전국자연환경조사 자료, 식생조사표자료를 이용하여 느티나무의 식재모델을 제시하고자 하였다.

연구결과 느티나무 식재모델의 수관투영도 및 층위구조는 온량지수 80~100°C·month 지역의 경우 교목층에는 굴피나무, 졸참나무, 서어나무, 산벚나무 등이 함께 식재될 수 있으며, 아교목층에는 졸참나무, 산벚나무, 당단풍, 비목나무, 고로쇠나무, 때죽나무, 단풍나무 등이 함께 식재되면 적절할 것으로 판단된다. 온량지수 100~120°C·month 지역의 교목층은 느티나무가 단독으로 우점하며, 아교목층에는 느티나무와 때죽나무, 관목층에서는 느티나무, 때죽나무, 쥐똥나무, 생강나무, 작살나무, 산초나무, 국수나무 등의 구성종을 갖는 다층구조로 식재할 수 있다. 느티나무의 식재모델에서는 단위면적 100m<sup>2</sup>에 대해 목본층의 평균 개체수는 교목층 5개체, 아교목층 5개체, 관목층 9개체이며, 수관투영면적은 교목층 86m<sup>2</sup>, 아교목층 34m<sup>2</sup>, 관목층 34m<sup>2</sup>로 산정되었다. 느티나무의 식재모형의 단위면적 100m<sup>2</sup>에 대한 초본

Table 2. Proper species of plantation model of *Z. serrata* community.

Classification	80 < WI < 100	100 < WI < 120
Tree layer	<i>Zelkova serrata</i> , <i>Carpinus laxiflora</i> , <i>Platycarya strobilacea</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Prunus sargentii</i>	<i>Zelkova serrata</i>
Subtree layer	<i>Zelkova serrata</i> , <i>Quercus serrata</i> , <i>Prunus sargentii</i> , <i>Acer plamatum</i> , <i>Acer mono</i> , <i>Acer pseudosieboldianum</i> , <i>Styrax japonica</i> , <i>Lindera erythrocarpa</i>	<i>Zelkova serrata</i> , <i>Styrax japonica</i>
Shrub layer	<i>Zelkova serrata</i> , <i>Orixa japonica</i> , <i>Lindera erythrocarpa</i> , <i>Zanthoxylum schinifolium</i> , <i>Lindera obtusiloba</i> , <i>Akebia quinata</i> , <i>Callicarpa japonica</i> , <i>Ligustrum obtusifolium</i> , <i>Sorbus alnifolia</i>	<i>Zelkova serrata</i> , <i>Styrax japonica</i> , <i>Ligustrum obtusifolium</i> , <i>Lindera obtusiloba</i> , <i>Callicarpa japonica</i> , <i>Zanthoxylum schinifolium</i> , <i>Stephanandra incisa</i>



1. *Z. serrata*; 2. *C. laxiflora*; 3. *P. sagentii*; 4. *A. mono*; 5. *A. pseudosieboldianum*; 6. *S. japonica*; 7. *L. obtusiloba*; 8. *S. alnifolia*

**Figure 4.** Canopy projection and layer structure of planting model of *Z. serrata* community with WI 80~100°C · month.

층의 식피율은 평균 43%로 산정되었다. 본 연구에서는 군락의 분포 요인 중 온량지수를 이용하여 전국적으로 분포하는 느티나무에 대해 다층구조식재 시 활용가능한 수종과 모델에 대해 제안한 것이며, 온량지수 이외의 분포요인들 즉 토양수분함량, 경사, 방위 등 다른 환경조건에 따른 식재모델의 연구가 필요할 것으로 판단된다. 더불어 지역에 적합한 수종을 이용하여 복원할 시 지역의 환경을 고려한 연구가 추가되어야 할 것으로 판단된다.

**인 용 문 헌**

강현경 · 방광자. 2001. 수도권 지역의 신갈나무 군집 복원모형. 한국조경학회지 28(6) : 1-15.  
 김귀곤. 1998. 도시생태 네트워크 구축과 자연환경 복원. 한국환경복원녹화기술학회 심포지

움 논문집. pp. 17-33.  
 김귀곤 · 조동길 · 김남춘 · 민병미. 2000. 도시림 복원 및 관리 기술의 개발에 관한 연구. 한국환경복원노고하기술학회 3(1) : 27-37.  
 김남춘 · 최준수 · 문석기. 1988. 주요조경수목의 크기예측 모델에 관한 연구 : 느티나무, 스트로브잣나무, 백목련을 대상으로. 한국조경학회지 16(1) : 27-35.  
 김도균 · 장병문 · 김용식. 2000. 임해매립지의 토양환경이 곰솔과 느티나무의 생육에 미치는 영향. 한국조경학회지 28(4) : 9-20.  
 김도균. 2006. 광양만 임해 매립지 느티나무 이식 이후의 연륜생장 특성. 한국조경학회지 33(6) : 40-50.  
 김현정 · 윤용한 · 박봉주 · 김원대. 2007. 서울시 보호수의 생육환경 및 관리실태 조사 연구 -느티나무(*Zelkova serrata*)를 중심으로-. 한

- 국전통조경학회지 25(2) : 127-140.
- 박봉주 · 윤용한 · 김원태 · 이원호. 2007. 충주시 느티나무 보호수의 생육환경 분석. 한국전통조경학회지 25(1) : 60-71.
- 산림청. 2009. 임업통계연보 제 39호. 산림청 보고서.
- 양금철. 2002. 한반도의 기후와 지형적 특성에 근거한 생태공간의 분류. 중앙대학교 박사학위논문.
- 이경재외 17인. 1993. 도시 및 공업단지 주변의 Green 복원 기술 개발(I). 환경처 · 과학기술처.
- 이경재외 19인. 1994. 도시 및 공업단지 주변의 Green 복원 기술 개발(II). 환경처.
- 이선 · 배상원. 2005. 창덕궁 노거수의 수령 측정 및 생육 환경에 관한 연구. 한국전통조경학회지 23(2) : 19-35.
- 이창복. 1986. 수목학. 향문사. p. 331.
- 하태주 · 방광자. 2005. 천연기념물 노거수 활력도 측정에 관한 연구-경상도 천연기념물 느티나무를 중심으로-. 한국환경복원녹화기술학회지 8(1) : 100-107.
- Brower R. and J. H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Iowa, Wm, c. Brown company Publ.
- Curitis J. T. and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. Ecology 32 : 476-496.
- Rydberg D. and J. Falck. 2000. Urban forestry in Sweden from a silviculture perspective : a review. Landscape and Urban Planning. 47 : 1-18.
- Yim Y. J. and T. Kira. 1975. Distribution of forest vegetation and climate in the Korean Peninsula. I. Distribution of some indices of thermal climate. Jap. J. Ecol 25 : 77-88.