

## 산림 입지토양 환경요인에 의한 상수리나무와 신갈나무의 적지추정

이승우\* · 원형규 · 신만용<sup>1</sup> · 손영모 · 이윤영

국립산림과학원, <sup>1</sup>국민대학교

### Estimation of Forest Productive Area of *Quercus acutissima* and *Quercus mongolica* Using Site Environmental Variables

Seung-Woo Lee,\* Hyung-Kyu Won, Man-Yong Shin<sup>1</sup>, Young-Mo Son, and Yoon-Young Lee

<sup>1</sup>Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

<sup>2</sup>Department of Forst Resources, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

This study was conducted to estimate site productivity of *Quercus acutissima* and *Quercus mongolica* by four forest climatic zones. We used site environmental variables (28 geographical and pedological factors) and site index as a site productivity indicator from nation-wide 23,315 stands. Based on multiple regression analysis between site index and major environmental variables, the best-fit multivariate models were made by each species and forest climatic zone. Most of site index prediction models by species were regressed with seven to eight factors, including altitude, relief, soil depth, and soil moisture etc. For those models, three evaluation statistics such as mean difference, standard deviation of difference, and standard error of difference were applied to the test data set for the validation of the results. According to the evaluation statistics, it was found that the models by climatic zones and species fitted well to the test data set with relatively low bias and variation. Also having above middle of site index range, total area of productive sites for the two *Quercus* spp. estimated by those models would be about 6% of total forest area. Northern temperate forest zone and central temperate forest zone had more productive area than southern temperate forest zone and warm temperate forest zone. As a result, it was concluded that the regressive prediction with site environmental variables by climatic zones and species had enough estimation capability of forest site productivity.

**Key words** : Site productivity, *Quercus* spp. Prediction model, Site index, Forest soil factors

## 서 론

우리나라 산지는 복잡한 지형과 다양한 모암 분포로 인해 입지생산력의 지역간 차이가 크다. 또한 산림 기후대별로도 식생 발달이나 동일 수종의 생육상황도 다르게 나타난다. 입지생산력(forest site productivity)은 지력, 기후, 종조성 등 산림생태계를 구성하는 여러 내·외적인 요인들에 의해 발휘되는 산림의 총체적 잠재 생산력을 의미한다.

일반적으로 입지생산력에 영향을 미치는 생물학적 요인은 크게 기후, 지형, 모암으로 나눌 수 있으며(Stendahl *et al.*, 2001), 이들 요인별 영향력을 구분할 수는 없으나 요인간의 복합적인 작용이 결국 입지조

건을 반영한다. 이처럼 자연적인 입지 및 토양환경 조건에 따라 결정되는 입지생산력을 산림경영적 목표에 부합시키기 위해서는 이들 환경조건에 맞는 적지적수 조립만큼 효과적인 것이 없을 것이다.

참나무류에 속하는 상수리나무와 신갈나무는 우리나라의 대표적인 자생 활엽수종이며, 국내 총 임목축적량의 약 27%를 차지하는 귀중한 자원 수종이다. 특히 제단, 버섯재배 자목 등 용재로서 잠재적 효용성이 높은 수종이므로 참나무류에 대한 생장 및 생태 특성을 반영하는 입지생산력을 체계적으로 파악하여 관리 방안을 수립할 필요가 있다.

입지생산력을 추정하는 가장 보편적인 방법은 지위지수를 이용하는 것인데, 수종별 지위지수는 임목생장량을 추정하는데 매우 유용한 정보를 제공한다(Kim, 1973; Kim *et al.*, 1991; Kim and Lee, 1967; Yun, 1972). 이러한 임목생장은 지형 및 토양인자를 포함하

접수 : 2007. 7. 3 수리 : 2007. 8. 28

\*연락처 : Phone: ++8229612638,

E-mail: soilloverlee@foa.go.kr

는 여러 입지환경 인자에 의해 영향을 받게 되므로 (Jeong *et al.*, 1994; Kim *et al.*, 1991), 지위지수로 표현되는 입지생산력을 입지환경 인자로 추정할 수 있다면 조림적지 또는 적수 선정 등에 보다 효과적으로 활용할 수 있을 것이다(Kang *et al.*, 1996; 1997; Koo *et al.*, 2003).

본 연구는 산림의 입지토양 환경인자를 이용하여 상수리나무와 신갈나무의 입지생산력 지표인 지위지수를 기후대별 및 수종별로 추정함으로써 이들 참나무류의 적지면적을 산출하기 위해 수행하였다. 본 연

구를 통해 얻어지는 결과는 기후대별 주요 참나무류의 적지적수 판정은 물론 보다 정확한 입지생산력을 평가하는데 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

## 재료 및 방법

**연구대상지** 전국의 산림을 대상으로 1995년부터 2004년까지 조사한 산림입지 조사 결과를 중심으로 분석하였다. 임목의 생육환경과 입지조건을 고려하여 정밀한 지위지수 추정식을 개발하기 위하여 전국의 산림을 기후대에 따라 온대북부, 온대중부, 온대남부,

**Table 1. Site environmental factors and its code description for estimating site index by species.**

Variables	Variable Name	Code Description
X <sub>1</sub>	Topography	1: flatness, gentle hill, top of mountain 2: middle of mountain 3: foot of mountain
X <sub>2</sub>	Climatic Zone	1: northern temperate zone 2: central temperate zone 3: southern temperate zone 4: sub-tropical zone
X <sub>3</sub>	Parent Rock	1: sedimentary rock 2: igneous rock 3: metamorphic rock
X <sub>4</sub>	Soil Drainage	0: poor 1: common 2: good 3: very good
X <sub>5</sub>	Slope	1: more than 30° 2: 15-30° 3: less than 15°
X <sub>6</sub>	Altitude	1: higher than 1000m 2: 700-1000m 3: 400-700m 4: 200-400m 5: lower than 200m
X <sub>7</sub>	Sedimentary Type	1: residual deposit 2: creeping 3: colluvial
X <sub>8</sub>	Erosion State	1: severe 2: exist 3: not exist
X <sub>9</sub>	Relief	1: concave 2: flat 3: convex
X <sub>10</sub>	Aspect	1: south, southwest 2: east, southeast 3: north, northeast, northwest, west
X <sub>11</sub>	Available Soil Depth	1: less than 10cm 2: 10-30cm 3: more than 30cm
X <sub>12</sub>	Rock Exposure	1: more than 30% 2: less than 30%
X <sub>13</sub>	Ratio of Valley to Hill	1: more than 7 2: 4-7 3: less than 4
X <sub>14</sub>	Wind Exposure	1: exposure 2: medium 3: protected
X <sub>15</sub>	Weathering Degree	1: low 2: medium 3: high
X <sub>16</sub>	Soil Type	coded from 0 to 4
X <sub>17</sub>	Soil Depth in Horizon A	1. less than 30cm 2: more than 30cm
X <sub>18</sub>	Soil Depth in Horizon B	1. less than 30cm 2: 30-60cm 3: 60-90cm 4: more than 90cm
X <sub>19</sub>	Soil Color in Horizon A	coded with 98 different numbers from 1 to 4
X <sub>20</sub>	Soil Color in Horizon B	coded with 98 different numbers from 1 to 4
X <sub>21</sub>	Organic Matters in Horizon A	1: 0-2% 2: 2-4% 3: 4-6% 4: more than 6%
X <sub>22</sub>	Organic Matters in Horizon B	1: 0-2% 2: 2-4% 3: 4-6% 4: more than 6%
X <sub>23</sub>	Soil Texture in Horizon A	1: clay, loamy sand, sand 2: silt clay loam, silt clay, clay loam 3: sandy loam, loam, silt loam, sandy clay loam
X <sub>24</sub>	Soil Texture in Horizon B	1: clay, loamy sand, sand 2: silt clay loam, silt clay, clay loam 3: sandy loam, loam, silt loam, sandy clay loam
X <sub>25</sub>	Soil Moisture in Horizon A	1: humid, dry 2: slight dry, slight humid 3: moderate
X <sub>26</sub>	Soil Moisture in Horizon B	1: humid, dry 2: slight dry, slight humid 3: moderate
X <sub>27</sub>	Soil Consistency in Horizon A	1: very hard 2: soft, hard 3: very crumbly, crumbly
X <sub>28</sub>	Soil Consistency in Horizon B	1: very hard 2: soft, hard 3: very crumbly, crumbly

그리고 난대의 4개 지역으로 나누어 연구대상지를 구분하였다.

**산림입지 조사자료의 정리** 본 연구에서 사용된 자료는 전국 산림입지조사에서 얻어진 23,315개 상수리나무와 신갈나무 임분에 대한 입지환경 인자와 지위지수 자료를 근간으로 하였다. 표고, 경사도, 경사형태, 퇴적양식 등의 입지환경 인자와 토양형, 토심, 토성, 토색, 견밀도 등의 토양환경 인자로 구성된 총 28개 입지토양인자는 코드화하여 통계분석에 이용되었다(Table 1).

기후대별 지위지수 추정식을 도출하기 위한 대상수종은 최소 표준지의 수가 200개 이상(Meyer, 1947)이 되는 상수리나무와 신갈나무로 하였으며, 이를 위해 수종별 임목생장 및 산림입지 요인을 추출하였다.

임령과 수고 자료에 근거하여 기준임령을 30년으로 하는 수종별 지위지수를 추정하기 위해 Chapman-Richards의 모델(Clutter *et al.*, 1983)을 이용하였으며, 각 수종별 지위지수 추정 모델의 모수 추정치는 Table 2와 같다.

**자료의 분류** 입지토양환경 인자를 이용하여 지위지수로 표현되는 입지생산력을 추정하는데 사용된 기초 자료는 종속변수인 기준 임령을 30년으로 하는 지위지수(SI)와 독립변수인 28개 입지토양환경 요인이었다. 각 독립변수에 속한 인자는 X<sub>1</sub>~X<sub>28</sub>까지 코드를

지정하고 분석을 위해 기후대별 및 수종별로 데이터 베이스화하였다.

이와 같이 얻어진 자료는 7:3의 비율로 추정자료(fit data)와 검증자료(test data)로 무작위 분류하였다(Table 3). 추정자료는 다중회귀기법에 의해 기후대별 수종별 지위지수 추정식을 도출하기 위한 자료이며, 검증자료는 추정자료에 기초하여 얻어진 추정식의 통계적 검증에 사용된 자료이다(Snee, 1977; Song, 2003).

**산림 입지토양환경 요인에 의한 지위지수 추정식**

**조제** 입지토양환경 요인을 이용하여 기후대별 수종별 최적 지위지수 추정식을 도출하기 위해 중회귀분석의 단계별 회귀기법(stepwise regression)을 사용하였다. 이 과정에서 선택된 독립변수간의 내부상관이 있는지를 다양한 방법에 의하여 검증함으로써(Belsley *et al.*, 1980; Judge *et al.*, 1988; Myers, 1986), 내부상관의 문제를 제거하면서 최적 변수의 조합에 의하여 결정계수가 높은 지위지수 추정식이 도출되도록 하였다. 단 신갈나무는 온대남부와 난대에 분포하지 않은 특성으로 인해 온대북부와 온대중부에 한해 지위지수 추정식을 도출하였다.

이상과 같은 방법으로 조제된 기후대별 수종별 지위지수 추정식의 적합성을 검증하기 위한 검증 통계량은 모형의 추정편의, 모형의 정도, 그리고 이 두 가지를 고려한 측정치에 대한 오차의 평균평방화인 모

**Table 2. Parameter estimates of site index model for two *Quercus* spp.**

Site Index Model	Species	Parameter Estimates	
		<i>b</i>	<i>c</i>
Chapman-Richards model $SI = H_D \left[ \frac{1 - e^{-bt_i}}{1 - e^{-bt_j}} \right]^c$	<i>Quercus acutissima</i>	0.0039	0.4459
Schumacher model $SI = \exp(\log(H_D) - c \times (\frac{1}{t_i} - \frac{1}{t_j}))$ ( <i>SI</i> =site index, <i>H<sub>D</sub></i> =height of dominant trees, <i>t</i> =stand age, <i>t<sub>i</sub></i> =index age(30), <i>b</i> , <i>c</i> =regression coefficients to be estimated)	<i>Quercus mongolica</i>	0.0342	0.9241

**Table 3. Data set for regression models developed for the site index estimation of two *Quercus* spp.**

Species	Climatic Zone	Total	Fit Data	Test Data
<i>Q. acutissima</i>	Northern Temperate	1,391	964	427
	Central Temperate	13,052	9,102	3,950
	Southern Temperate	1,694	1,178	516
	Warm Temperate	1,332	906	426
<i>Q. mongolica</i>	Northern Temperate	2,536	1,764	772
	Central Temperate	3,310	2,279	1,031

형의 표준오차 등 3가지를 사용하였다(Arabatzis and Burkhart, 1992; Shin, 1990).

본 연구에서는 최종적으로 추정자료와 검증자료를 합친 통합자료에 근거하여 최종 지위지수 추정식을 조제하였다. 즉 추정자료만을 이용하여 조제된 기후대별 수종별 지위지수 추정식이 일종의 독립자료로 간주되는 검증자료에 의해 통계적 검증에 문제가 없는 것으로 판정된 경우, 최종 임지생산력 추정식은 전체 추정자료와 검증자료를 통합하여 조제하였다.

**적지 산정** 수종별 적지 산정은 기준임령을 30년으로 하는 수종별 지위지수 분류 곡선식(손 등, 2003)에 근거하여 지위지수 '중' 이상을 기준으로 하였다. 지위지수 '중' 이상의 경우 동일 임령의 임목 수고분포가 평균치 이상 됨을 의미하는 것으로 이 기준 이상에서 상대적으로 높은 임지생산력을 예측할 수 있다. 이를 근거로 상수리나무와 신갈나무의 적지 기준은 각각 지위지수 18과 16 이상으로 하였다. 이후 이러한 적지판정 기준에 해당하는 수치산림입지도 상의 개체(polygon)를 대상으로 기후대별, 수종별 적지 면적을 산출하였다.

**결과 및 고찰**

**기후대별 · 수종별 지위지수 추정식** 전국을 4개 기후대로 구분하여 입지토양 환경 요인을 이용한 기후대별 및 수종별로 기준임령을 30년으로 하는 최적의 지위지수 추정식을 조제하였다(Table 4). 기후대와 수종별로 차이는 있었으나 주로 7-8개의 인자의 조합에 의해 지위지수가 결정되었는데 주로 표고, 경사형태, 토심, 건습도 등이 주요 인자였다.

이와 관련하여 미 남부지역의 미국참나무(*Q. alba*)와 흑참나무(*Q. velutina*)의 경우, 지위지수(수고)에

토심, 풍노출도, 국소지형이 주요 인자로 작용하였다고 보고된 바 있다(Kabrick et al., 2004). 또한 침엽수종이지만 미송(*Pseudotsuga menziesii*)의 지위지수 추정식(수정 결정계수 R<sup>2</sup>=0.40)에 영향을 주는 주요 입지환경 인자 중에서 능선대비계곡비(40%), 표고(39%), 방위(34%), 경사면(30%), 토양수분저장능력(29%), 토양양분상태(25%) 순으로 높은 영향력을 보였다는 연구결과도 있다(Curt et al., 2001).

한편 전체 다중회귀식의 결정계수는 0.17-0.36의 범위로 기후대별 및 수종별로 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 이처럼 지위지수 추정식의 설명력이 낮기는 했지만 몇 가지 입지환경 인자만으로 수종별 지위지수를 추정할 수 있는 것으로 나타났다(Kim et al., 1991). 이를 이용하면 기 구축된 입지환경 자료를 수종별 임지생산력 판단 및 적지적수 판정을 위한 지위지수 사정에 있어 비용과 시간을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

**지위지수 추정식의 검증** Table 5는 기후대별 참나무 3개 수종의 지위지수 추정식에 대한 실용성을 검증하기 위해 검증자료를 기초로 평가 통계량인 모형의 평균편의(MD), 모형의 정도(SDD), 그리고 모형의 표준오차(SED)를 분석한 결과이다. 이는 각 기후대의 수종별 최적 지위지수 추정식을 무작위로 해당 지역의 표준지에 적용하였을 경우 얻어지는 지위지수 추정치와 실측치를 비교하여 조제된 지위지수 추정식의 적합성을 검증한 결과이다.

전체 지위지수 추정식을 검증한 결과, 평균 편의(MD)는 -0.078~0.216m의 범위로 매우 낮은 결과를 보여 이들 지위지수 추정식의 정도(精度)가 높음을 의미한다. 다른 평가 통계량인 모형의 정도와 표준오차의 경우에는 수종 간에 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

**Table 4. Regression equation developed for the site index estimation of two *Quercus* spp.**

Species	Climatic Zone	Site Index Equations	R <sup>2</sup>
<i>Q. acutissima</i>	Northern Temperate	SI = 8.1867-0.3463*X1+0.4842*X5-0.1661*X6 +1.0601*X9+0.8020*X22+0.6162*X24+0.5141*X26	0.24
	Central Temperate	SI = 9.1839-1.0838*X4+0.3416*X6+0.2794*X9 +1.3224*X11-0.4072*X18+0.2735*X21+0.7201*X26	0.18
	Southern Temperate	SI = 4.4045+0.8358*X3+0.2487*X6+0.4411*X7 +1.0451*X11+0.9088*X17-0.6154*X22+0.7998*X25	0.17
	Warm Temperate	SI = -1.6375+1.2610*X3+1.0846*X5+0.4529*X6 -0.8782*X13+0.4907*X18+0.3892*X23+1.4307*X26+0.9644*X28	0.36
<i>Q. mongolica</i>	Northern Temperate	SI = 10.9655+0.6235*X1+0.1752*X3 -0.2842*X12 +0.3931*X16+0.1852*X18-0.1657*X24+0.3787*X25	0.30
	Central Temperate	SI = 12.0547-0.3068*X4-0.3197*X6-0.7501*X9 +0.7611*X13+1.5618*X16-0.4793*X20+0.1927*X21	0.25

전체적으로 기후대와 관계없이 사용된 추정식의 정도 및 적합성을 나타내는 SDD와 SED는 수종별로 큰 차이를 보이지 않아 이들 기후별 수종별 지위지수 추정식의 정도 및 적합성에는 문제가 없는 것으로 평가된다. 또한 전술한 추정식의 실용성을 검증하는 과정에서 검증자료에 평가 통계량을 적용하여 통계분석을 실시하였기 때문에 본 연구에서 제시하는 최종 지위지수 추정식은 자료의 통합을 통해 보다 효율성이 높은 식으로 개선된 것으로 판단되었다.

**비설명 인자에 대한 고찰** 본 연구에서 조제된 최종 기후대별, 수종별 지위지수 추정식의 결정계수는 대부분 0.4 이하이다(Table 4). 이는 전체 자료가 갖는 지위지수의 변이 중에서 선정된 추정식에 의해 설명되어지는 부분이 40% 미만인 것을 의미한다. 통계모형을 이용하여 추정식을 개발할 경우 가능하면 설명력이 높은 추정식을 개발하는 것이 바람직하다. 하지만 본 연구의 경우 다양한 요인이 작용하는 입지생산력을 몇 가지 입지토양환경 요인으로 추정 가능한 회귀식을 개발하는 것이 목표이기 때문에 높은 결정계수를 얻는 것은 한계가 있는 것으로 판단되었다.

이미 여러 나라에서 입지생산력을 추정하는데 지위지수 추정식을 이용해왔다(Corona *et al.*, 1998; Curt *et al.*, 2001; Kabrick *et al.*, 2004). 이러한 지위지수 추정식이 실제 지위지수를 추정함에 있어 높은 설명력을 보이지 못하는 것은 수목의 생육에 다양한 입지조건과 생물환경 인자들이 복합적으로 작용하기 때문이다(Corona *et al.*, 1998). 실제로 Monserud(1987)는 토양인자를 이용하여 미국 몬타나와 아이다호의 미송(Douglas-fir)의 지위지수를 추정하였지만 그 설명력은 16%에 불과하였고, 또한 강수량 및 지형요인 그

리고 위도 등과 같은 다양한 환경인자를 이용한 지위지수 추정에서는 42%의 설명력만을 보인 바 있다. 또한 이탈리아에서는 미송의 지위지수 추정에 있어서 토양 및 기상인자를 이용한 지위지수 추정식을 조제하였는데, 그 설명력이 39%였음에도 불구하고 수목의 생장에 복합적 입지토양환경인자가 작용하는 산림생태계 내에서는 적절한 추정식으로 판명한 바 있다(Corona *et al.*, 1998).

본 연구에서 얻어진 기후대별 수종별 지위지수 추정식의 결정계수가 낮은 이유는 지위지수 추정식의 독립변수로 사용된 28가지 입지토양환경 인자가 범주형 자료로 0~5의 카테고리로 분류되어 있다. 또한 종속변수인 지위지수도 정수의 형태로 구성되어 있으며, 이러한 자료의 특성으로 볼 때 오차의 제곱을 최소화할 때의 회귀계수를 추정하는 회귀식은 모형의 설명력이 낮은 것이 일반적이다. 그밖에도 지위지수 추정식에 산림 내 개체목 상호간의 영향이 적용되지 않은 점, 그리고 사용된 수치지도의 축척(scale)과 관련된 문제 등이 복합적으로 작용한 것으로 추정된다.

**기후대별·수종별 적지판정** 수종별 적지판정 기준에 따라 기후대별·수종별 최종 지위지수 추정식(Table 4)을 전체 산림입지토양 조사자료에 적용하여 적지면적을 산출하였다. 이와 같은 방법에 의해 적지로 판정된 수종별 면적에 전국 산림면적을 고려한 기후대별 보정계수를 적용하여 최종 기후대별·수종별 적지면적을 산출하였다(Table 6).

상수리나무와 신갈나무의 적지면적을 산출한 결과 각각 96,350ha와 264,570ha이었으며, 이들 참나무류의 총 적지 면적은 약 36만ha로 전체 산림면적의 약 6%를 차지하였다.

**Table 5. Evaluation result of the estimation ability for site index equation by species and climatic zones based on test data set.**

Species	Climatic Zone	n	MD	SDD	SED
----- m -----					
<i>Q. acutissima</i>	Northern Temperate	427	-0.0782	2.0539	2.0553
	Central Temperate	3,950	0.0090	2.5137	2.5137
	Southern Temperate	516	0.0299	2.7541	2.7542
	Warm Temperate	426	-0.0683	2.2496	2.2506
<i>Q. mongolica</i>	Northern Temperate	772	0.0003	1.5983	1.5983
	Central Temperate	1,031	-0.0482	2.2605	2.2610

**Table 6. Estimation of productive area by climatic zone based on site index.**

Species	Productive Area by climatic zone (ha)					Percent (%)
	Northern Temperate zone	Central Temperate zone	Southern Temperate zone	Sub-tropical zone	Total	
<i>Q. acutissima</i>	32,245	55,997	6,788	1,320	96,350	1.6
<i>Q. mongolica</i>	42,072	222,498	-	-	264,570	4.5

이상의 수종별 적지면적은 각 수종에 대한 독립적인 적지 분석결과로 동일한 지역에 다수의 수종이 적지로 판정되더라도 이를 각각 분리하여 표시한 것이다. 물론 이상의 적지 분석 결과는 임지생산력에 영향을 주는 전술한 28개 입지토양환경 인자에 기초한 자료로써 이들 인자 이외의 산림내 미기후 등 기타 물리적 환경인자의 영향은 고려치 못한 부분이 있다. 따라서 이러한 점들을 고려하여 보다 정도 높은 결과를 도출할 수 있도록 다양한 임목성장 영향인자를 적용한 수종별 적지면적 산출방법의 개발이 요구된다.

## 인 용 문 헌

- 손영모, 이경학, 권순덕, 이우균. 2003. 주요 수종의 임목자원 평가 및 예측시스템. 임업연구보고 04-01, 49-52pp.
- Arabatzi, A. A. and H. E. Burkhart. 1992. An evaluation of sampling methods and model forms for estimating height-diameter relationships in loblolly pine plantation. *Forest Science* 38(1):192-198.
- Belsley, D. A., E. Kuh, and R. E. Welsch. 1980. *Regression diagnostics*. John Wiley & Sons, New York, 292pp.
- Clutter, J.L., J.C. Fortson, L.V. Pienaar, G.H. Brister, and R.L. Bailey. 1983. *Timber management: A quantitative approach*. Krieger Publishing Company, 333pp.
- Corona, P., R. Scotti, and N. Tarchani. 1998. Relationship between environmental factors and site index in Douglas-fir plantation in central Italy. *Forest Ecology and Management* 110:195-207.
- Curt, T., Bouchaud, M., Agrech, G. 2001. Predicting site index of Douglas-fir plantations from ecological variables in the Massif Central area of France. *Forest Ecology and Management* 149:61-74.
- Jeong, J. H., K. S. Koo, and C. H. Lee. 1994. Characteristics and tree growth of gray forest soil type by forest soil classification in Korea. *Journal of Japanese Soil and Fertilization* 5:483-492.
- Judge, G. G., R. C. Hill, W. E. Griffiths, H. Lutdepohl, and T. Lee. 1988. *Introduction to the theory and practice of econometrics*. John Wiley & sons. New York, 1024pp.
- Kabrick, J.M., R. S.R. Shifley, R.G. Jensen, D.R. Larsen, and J.K. Grabner. 2004. Oak forest composition, site quality, and dynamics in relation to site factors in the southeastern Missouri ozarks. 94-101. In: Spetich, Martin A., ed. *Upland Oak Ecology Symposium: history, current conditions, and sustainability*. Gen. Tech. Rep. SRS-73. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 311 p.
- Kang, Y. H., J. H. Chung, Y. K. Kim, and Y. K. Lee. 1996. Mapping of the right tree on right site by use of terrain analysis at northern temperate forest in Korea. *Forestry Research Institute, J. For. Sci.* 54:94-103.
- Kang, Y. H., J. H. Jeong, Y. K. Kim, and J. W. Park. 1997. Mapping of the righteous tree selection for a given site using digital terrain analysis on a central temperate forest. *Journal of Korean Forestry Society* 86(2):241-250.
- Kim, D. C. 1973. Preparation of stand volume tables by using multiple regression analysis method. *The Research Reports of the Forestry Research Institute* 20:248-255.
- Kim, T. H., J. H. Chung, C. H. Lee, K. S. Koo, W. K. Lee, I. A. Kang, and S. I. Kim. 1991. Studies on the growth of major tree species by forest soil types. *The Research Reports of the Forestry Research Institute* 42:91-106.
- Kim, D. C. and H. K. Lee. 1967. A study on preparation of yield table for main species. *The Research Reports of the Forestry Research Institute* 14:36-54.
- Koo, K. S., I. H. Kim, J. H. Jeong, H. K. Won, and M. Y. Shin. 2003. Estimation of site index by species in Gyungi and Chungcheong provinces using a digital forest site map. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 5(4):247-254.
- Monserud, R. A. 1987. Variations on a theme of site index. *Proceedings of IUFRO Forest Growth Modeling and Prediction Conference*. Minneapolis, 419-427.
- Meyer, H. A. 1987. The structure and growth of rirgin beech-birch maple hemlock forest in Northern Pennsylvania. *Journal of Agricultural Research* 12p.
- Myers, R. H. 1986. *Classical and modern regression with applications*. Duxbury Press, 395pp.
- Snee, R. D. 1977. Validation of regression models : Methods and examples. *Technometrics* 19:415-428.
- Song, M.H. 2003. Development of regional site index equations for main tree species based on environmental factors. Kookmin University Master's Degree Thesis, 11p.
- Stendahl, J., S. Snall, M.T. Olsson, and P. Holmgren. 2001. Influence of soil mineralogy and chemistry on site quality within geological regions in Sweden. *Forest Ecology and Management* 170: 75-88.
- Yun, J. W. 1972. Studies on tree growth by multiple regression analysis. Gangwon National University. *Research Bull. of the Experimental Forests* 1:3-55.