

입지환경인자를 이용한 강원도 지역의 수종별 지위지수 추정

신만용¹ · 원형규² · 구교상² · 정진현² · 이천용² · 김인호³

¹국민대학교 산림자원학과, ²임업연구원 임지보전과, ³산림청 임업정책과

Estimation of Site Index by Species in Gangwon Province Using Environmental Factors

Man Yong Shin¹, Hyung-kyu Won², Kyo-Sang Koo², Jin-Hyun Jeong², Chun-Yong Lee², In-Ho Kim³

¹Department of Forest Resources, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

²Division of Forest Soil Conservation, KFRI, Seoul, 130-012, Korea

³Department of Forest Policy, Korea Forest Service, DaeJeon, 302-701, Korea

(Correspondence : yong@kookmin.ac.kr)

1. 서언

산림생산력을 추정할 수 있는 방법은 매우 다양하다. 그러나 토지의 생산력을 추정하는 보편적이며 세계적인 추정법은 지위지수이다. 특히 지위지수는 지력뿐만 아니라 임목 생장을 함께 추정할 수 있으므로 연구자는 물론 산림 종사자에게도 매우 편리한 추정법으로서 이용되고 있다. 우리나라는 지위를 추정하는 방법으로 수령과 수고의 비로 나타내는 지위지수 분류곡선식을 조제하여 사용하고 있으며, 지위추정 방법과 추정의 정확도가 높아 범용되고 있다.

이와 같이 지위지수는 수령과 수고의 관계로 규명할 수 있지만 수고생장에 영향을 미치는 인자가 매우 다양하며 상호 복합적으로 작용하고 있는 것이 사실이다. 특히 지형 및 토양인자를 포함하는 입지환경인자는 임목생장에 결정적으로 영향을 주는 것으로 알려져 있어, 이들 인자 상호간의 작용을 분석하는 것은 매우 중요하고 의미 있다. 또한 다양하게 작용하고 있는 이러한 인자를 임목생장에 영향을 미치는 순위로 결정하여 단순화시키는 것은 산주 및 산림관계자에게 크게 도움이 되리라 생각한다. 본 연구는 임목생장에 영향을 주는 입지환경인자를 다변량 해석 기법을 통하여 주요 인자를 선정하여 지역과 수종별 지위지수 추정식을 조제하고, 적지적수도 작성에 필요한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

우리나라는 전국의 산림을 대상으로 1995년부터 2002년까지 입지환경인자에 대한 산림입지조사를 실시하였다. 이 조사에는 입지와 관련된 변수는 해발고, 경사도 및 경사형태, 퇴적양식, 토양형 등 16 개이며, 토양과 관련된 인자는 토심, 토성, 층계 및 층위, 토색, 견밀도, 토양구조 등 12 개 인자로 구성되어 있다(표 1). 특히 산림입지조사는 최소조사 면적을 3ha로 하였으며, 조사항목과 조사방법은 임업연구원 예규를 따랐다.

이와 같이 얻어진 산림입지조사 결과를 바탕으로 수치 산림입지도를 작성하였는데, 본 연구에서는 수치 산림입지도로부터 강원도 지역의 속성정보(입지환경 및 토양환경인자)를 검색하여 이용

하였다. 또한 조사구내 해당 수종의 지위지수는 강원도소나무, 잣나무, 낙엽송, 상수리나무, 그리고 해송 임분의 조사구별로 우세목 5본을 선정하여 수고, 흉고직경 및 수령을 각각 측정하였으며, 임업연구원에서 수종별로 조제한 지위지수 분류곡선식에 대입하여 추정하였다.

Table 1. Environmental variables and its code description used in this study to estimate site index by species

Variables	Variable Name	Code Description
X ₁	Topography	1: flatness 2: gentle hill 3: foot of mountain 4: middle of mountain 5: top of mountain
X ₂	Climatic Zone	1: the north temperate zone 2: the middle temperate zone 3: the south temperate zone 4: warm temperate zone
X ₃	Parent Rock	1: igneous rock 2: sedimentary rock 3: metamorphic rock
X ₄	Soil Drainage	1: poor 2: common 3: good 4: very good
A ₅	Slope	1: less than 15° 2: 15~20° 3: 20~25° 4: 25~30° 5: more than 30°
X ₆	Altitude	1: lower than 100m 2: 100~200m 3: 200~300m 4: 300~400m 5: 400~500m 6: 500~600m 7: higher than 600m
X ₇	Sedimentary Type	1: residual deposit 2: creeping 3: colluvial
X ₈	Erosion State	1: not exist 2: exist 3: severe
X ₉	Relief	1: concave 2: flat 3: convex
X ₁₀	Aspect	1: east 2: west 3: south 4: north 5: northeast 6: northwest 7: southeast 8: southwest
X ₁₁	Available Soil Depth	real measured values
X ₁₂	Rock Exposure	1: less than 10% 2: 10~30% 3: 30~50% 4: 50~70%
X ₁₃	Ratio of Valley to Hill	real measured values
X ₁₄	Wind Exposure	1: exposure 2: medium 3: protected
X ₁₅	Weathering Degree	1: high 2: medium 3: low
X ₁₆	Soil Type	coded from 1(B ₁) to 29(Va-4)
X ₁₇	Soil Depth in Horizon A	1. less than 50cm 2: 50~70cm 3: 70~90cm 4: more than 90cm
X ₁₈	Soil Depth in Horizon B	1. less than 50cm 2: 50~70cm 3: 70~90cm 4: more than 90cm
X ₁₉	Soil Color in Horizon A	coded with 98 different numbers from 101 to 421
X ₂₀	Soil Color in Horizon B	coded with 98 different numbers from 101 to 421
X ₂₁	Organic Matters in Horizon A	1: 0~2% 2: 2~4% 3: 4~6% 4: more than 6%
X ₂₂	Organic Matters in Horizon B	1: 0~2% 2: 2~4% 3: 4~6% 4: more than 6%
X ₂₃	Soil Texture in Horizon A	1: sandy loam 2: loam 3: silt loam 4: silt clay loam 5: sandy clay loam 6: silt clay 7: clay loam 8: clay 9: loamy sand 10: sand
X ₂₄	Soil Texture in Horizon B	1: sandy loam 2: loam 3: silt loam 4: silt clay loam 5: sandy clay loam 6: silt clay 7: clay loam 8: clay 9: loamy sand 10: sand
X ₂₅	Soil Moisture in Horizon A	1: moderate 2: slight dry 3: slight humid 3: humid 5: dry
X ₂₆	Soil Moisture in Horizon B	1: moderate 2: slight dry 3: slight humid 3: humid 5: dry
X ₂₇	Soil Consistency in Horizon A	1: very crumbly 2: crumbly 3: soft 4: hard 5: very hard
X ₂₈	Soil Consistency in Horizon B	1: very crumbly 2: crumbly 3: soft 4: hard 5: very hard

2.2 분석방법

환경요인에 의한 수종별 최적 지위지수 추정식을 도출하기 위해 먼저 표 1의 28개 환경요인간의 상관분석을 실시하였다. 이는 일차적으로 수종별로 비교적 상관이 높은 변수를 먼저 선택하여 회귀분석에 사용하기 위한 것이다.

이상과 같이 수종별 지위지수와 상관이 비교적 높은 변수를 먼저 선택한 후, 이들 변수 중에서 중회귀분석의 단계별 회귀기법(stepwise regression)의 no intercept option에 의하여 지위지수 추정에 필요한 최적 변수의 조합을 선택하였다. 이 과정에서 선택된 변수간의 내부상관이 있는지를 다양한 방법을 통하여 검증함으로써(Belsley *et al*, 1980; Myers, 1986; Judge *et al.*, 1988), 내부상관의 문제를 제거하면서 최적 변수의 조합이 선택되도록 하였다.

또한 최종적으로 얻어진 지위지수 추정식의 적합성을 판정하기 위해 3가지 평가통계량을 사용하였는데, 모형의 평균편의(MD:Mean Difference), 모형의 정도(SDD:Standard Deviation of Difference), 그리고 모형의 표준오차(SED:Standard Error of Difference)(Arabatzis and Burkhardt, 1992)를 사용하였다. 모형의 평균편의는 계산된 지위지수 추정치와 실측 지위지수간의 차이에 대한 평균으로, 편의(bias)를 계산하는 통계량이다. 한편, 모형의 정도(SDD)는 최종적인 지위지수 추정식이 얼마만큼의 정도(精度)를 가지고 있는지에 대하여 평가할 수 있는 통계량으로 실측치와 추정치와의 차이인 편의에 대한 표준편차에 의해서 계산된다. 그리고 모형의 표준오차는 일반적으로 모형의 적합성을 나타내는 지표로 사용되며(Avey and Burkhardt, 1983), 각각의 측정치와 추정치간의 오차에 대한 평균평방화(MSE)는 사용된 자료에 적용한 모형의 추정 편의와 정도의 두 통계량을 함께 고려하여 계산한다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수종별 최적 지위지수 추정식의 개발

표 2는 수종별 최적 지위지수 추정식을 나타낸 것이다. 낙엽송, 잣나무, 강원도소나무, 상수리나무의 4가지 수종 모두 동일한 입지환경인자에 의하여 지위지수가 잘 추정되는 것으로 나타났다. 즉, 지형과 경사형태의 2가지 입지환경인자와 풍노출도와 B층 토심의 2가지 토양환경인자가 지위에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한 수종별 지위지수식은 모두 결정계수가 0.97 이상으로 매우 높아, 지위는 비교적 적은 인자만으로도 추정이 가능한 것으로 나타났다(김태훈 등, 1991).

수종별로 보면 낙엽송은 풍노출도가 가장 영향을 미치며 잣나무, 강원도소나무, 그리고 상수리나무는 다른 변수보다는 경사형태가 지위에 미치는 영향이 가장 높았다. 낙엽송과 상수리나무는 B층 토심이 비교적 지위에 영향을 많이 미치지만 잣나무와 강원도소나무의 경우에는 그 영향이 다른 변수에 비하여 적은 것으로 분석되었다(김태훈 등, 1991; 정진현 등, 1994).

Table 2. Regression coefficients of site parameters to environmental variables by species

Tree Species	Regression Equations	R ²
<i>Larix leptolepis</i>	SI=1.48*X ₁ +1.38*X ₉ +1.65*X ₁₄ +1.12*X ₁₈	0.98
<i>Pinus koraiensis</i>	SI=1.50*X ₁ +2.10*X ₉ +1.25*X ₁₄ +0.51*X ₁₈	0.99
<i>Pinus densiflora</i> grown in Kangwon province	SI=0.73*X ₁ +2.03*X ₉ +0.83*X ₁₄ +0.67*X ₁₈	0.98
<i>Quercus acutissima</i>	SI=1.64*X ₁ +1.82*X ₉ +1.18*X ₁₄ +1.65*X ₁₈	0.97

3.2 평가 통계량에 의한 지위지수 추정식의 검증

표 3은 강원도 지역의 수종별 최적 지위지수식에 의하여 얻어진 지위지수 추정치와 실측치를 사용하여 본 연구에서 개발된 지위지수 추정식의 적합성을 검증한 결과이다.

본 연구로부터 얻어진 지위지수 추정식의 편의를 나타내는 MD의 경우 낙엽송을 제외하고는 모두 0.1m 이하로 매우 높은 추정능력을 보이고 있다. 낙엽송의 경우에도 평균편의가 0.11m에 불과하여 모든 수종의 지위지수 추정식은 편의가 낮은 것으로 판명되었다. 또한 사용된 추정식의 정도 및 적합성을 나타내는 SDD와 SED의 경우에는 상수리나무가 상대적으로 다소 높았지만 전반적으로 낮은 것으로 분석되어, 본 연구에서 몇 가지 환경인자를 이용하여 도출한 수종별 지위지수 추정식은 활용가치가 높은 것으로 판단된다.

Table 3. Evaluation results for the estimation ability of site index equation by species

Tree Species	n	MD	SDD	SED
<i>Larix leptolepis</i>	1,784	0.11	1.82	1.83
<i>Pinus koraiensis</i>	732	0.08	1.37	1.38
<i>Pinus densiflora</i> grown in Kangwon province	8,190	0.07	1.36	1.36
<i>Quercus acutissima</i>	2,728	0.07	2.45	2.45

인용문헌

- 김태훈, 정진현, 구교상, 1988: 산림토양분류에 관한 연구. 임업연구원 연구보고 37, 19-34.
- 김태훈, 이충화, 구교상, 정진현, 1991: 토양형별 주요수종의 성장. 임업연구원 연구보고 42, 91-106.
- 정진현, 구교상, 이충화, 1994: 韓國の森林土壤分類および褐色森林土壤群の性質と林木生長. 日本土壤肥料學會誌, 5, 483-492.
- Arbatzis, A.A., and H.E. Burkhardt, 1992: An evaluation of sampling methods and model forms for estimating height-diameter relationships in loblolly pine plantations. *Forest Science*, 38(1), 192-198.
- Avery, T. E., and H. E. Burkhaet, 1983: Forest measurements. McGraw-Hill Book Co. 331 pp.
- Belsley, D.A., E. Kuh, and R.E. Welsch, 1980: Regression diagnostics. John Wiley & Sons, New York, 292 p.
- Judge, G.G., R.C. Hill, W.E. Griffiths, H. Lutkepohl, and T. Lee, 1988: Introduction to the theory and practice of econometrics. John Wiley & Sons, New York, 1024 p.
- Myers, R.H, 1986: Classical and modern regression with applications. Duxbury Press, 359 p.