

수량화이론 I방법에 의한 아까시나무 임분의 적지 환경인자 도출

김소라¹ · 송정은¹ · 박천희¹ · 민수희¹ · 홍성희¹ · 임종수² · 손영모^{1*}

¹한국산지보전협회, ²국립산림과학원 산림ICT연구센터

Derivation of Suitable-Site Environmental Factors in *Robinia pseudoacacia* Stands Using Type I Quantification Theory

Sora Kim¹, Jungeun Song¹, Chunhee Park¹, Suhui Min¹,

Sunghee Hong¹, Jongsoo Lim² and Yeongmo Son^{1*}

¹Korea Forest Conservation Association, Daejeon 35262, Korea


²Forest ICT Research Center, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

요약: 본 연구는 밀원식물인 아까시나무의 적지적수 조립을 위해 임지생산력을 나타내는 지위지수를 도출하고, 지위지수에 어떠한 입지환경인자가 영향을 미치는 지를 수량화이론 I방법으로 구명하고자 수행되었다. 분석에 사용된 자료는 6차 국가산림자원조사와 1/5,000 산림입지토양도 상의 임령, 우세목 수고 및 각종 입지환경인자였다. 6차 국가산림자원조사에 의한 우리나라 아까시나무 임분의 지위지수는 평균 14였으며, 범위는 8에서 18 사이에 있는 것으로 분석되었다. 그리고 지위지수에 영향하는 입지환경인자는 모암, 기후대, 토양성질, 국소지형과 해발고였으며, 수량화이론 I방법을 적용한 추정모델의 적합도는 33%였다. 이 추정모델의 적합도는 낮으나 1% 수준에서 유의성이 인정되어 지위지수와 입지환경인자 간의 상호 연관성을 설명할 수 있었다. 지위지수와 입지환경인자 간의 수량화 분석 결과, 모암은 변성암, 화성암이, 기후대는 온대중부지역 이상에서, 토성은 식양토, 미사질양토가, 국소지형은 산복 지역에서 높은 점수를 갖는 것으로 나타났다. 임지생산력(지위지수)에 영향하는 입지환경인자 각각의 편상관을 분석한 결과, 산림 내 토양의 성질과 해당 입지의 해발고에 대한 편상관계수가 0.4129, 0.4023으로 각각 나타나, 이들이 가장 영향력이 높은 인자임을 알 수 있었다.

Abstract: This study was conducted to derive the site index of forest productivity of *Robinia pseudoacacia* (honey plant) to characterize suitable planting sites and to investigate the effect of the site environmental factors on the site index using the quantification theory I method. The data used in the analysis were growth factors (stand age, dominant height, etc.) of the 6th national forest resources survey and various site environmental factors of a forest soil map (1:5,000). The average site index value of the *R. pseudoacacia* stand in Korea was 14 (range, 8 to 18). The environmental factors affecting the site index were parent rock, climatic zone, soil texture, local topography, and altitude. The accuracy of the estimation model using quantification theory I was only 33%. However, the correlation between the site index and the site environmental factors was statistically significant at the 1% level. Results of quantification analysis between site index and site environmental factors revealed that metamorphic and igneous rocks received high grades as parent rocks, climate zones received higher grades than central temperate zone, clay loam and silt loam received high grades in soil texture, and hillside received a high grade in local topography. Analysis of the partial correlation between site topographical factors and forest productivity (site index) found that soil class and altitude were partially correlated to x by 0.4129 and 0.4023, respectively, indicating that these factors are the most influential variables.

Key words: honey plants, quantification theory, *Robinia pseudoacacia*, site index, site environmental factors, suitable site

서론

* Corresponding author
E-mail: pine21c@kfca.re.kr
ORCID
Yeongmo Son  <https://orcid.org/0000-0002-9346-4351>

임목의 적지판정은 조립에 대한 성공여부를 판단할 수 있고, 또한 조립 후의 성장과 수확에 큰 영향을 미치므로, 오래전부터 적지적수(suitable tree on the site)는 학문적으

로, 현장 산림경영적 측면에서 중요한 화두였다. 현재까지 적지판정에 가장 많은 사용 빈도를 보이는 것은 기준임령과 우세목의 수고로서 결정되는 지위지수(site index)이며, 이를 반응변수로 하여 산림 내 지형, 지리학적 인자, 토양의 이화학적 성질, 기상인자 등을 연계시켜 회귀분석 처리함이 일반적인 방법이다.

산림은 입지, 토양, 기상 등의 다양성으로 인하여 조림 및 생육적지를 하나의 특정인자로 판단하기는 매우 어려우며, 수목 자체의 유전적 본질로 인해서도 더욱욱 적지적수 판정의 어려움이 존재한다. 따라서 현존하는 많은 관계생장인자들 중에서 어떻게 인자들을 조합하여 최대한 적지판정의 정확성과 보편성을 이끌어 내느냐가 가장 중요한 문제이다.

산림에서의 성장모델의 시작은 1700년대 유럽에서의 성장 및 수확량을 구명하기 위해 시험지를 구축한 데서 시작한다고 볼 수 있다(Yoon et al., 2021). 그리고 여기서 논하는 지위는 1910년 후반에 이르러 이의 개념을 정의하였으며, 1930년도에 들면서 지위지수 곡선이 도출되었다(Weiskittel, 2011).

국내에서는 일본인 Hayashi(1937)가 낙엽송림에 대하여 임령 5~30년까지 지위지수별, 주·부림목별로 수확표를 작성하고, 동시에 임분밀도 분류곡선표와 지위지수 분류곡선도를 작성한 것이 우리나라에서는 이런 연구의 시초라고 볼 수 있다. 이후, Kim et al.(1963~1977)은 1960년대에 들어 강원도산소나무, 중부지방소나무, 낙엽송, 잣나무, 리기다소나무, 참나무, 이태리포플러, 삼나무, 편백 등 9개 수종에 대하여 임령 50년까지 5년 간격으로 지위지수별, 주·부림목별 수확표를 작성하여 산림경영의 지침으로 활용하게 되었다. 또한, Lee와 Yoo(1985~1987)는 곰솔, 상수리, 신갈나무림에 대한 수확표를 임령 70년까지로 확대하여 조제하기도 하였다. 최근에 국립산림과학원에서는 Weibull 직경분포모델 등의 최신 분석기법을 도입하여 소나무, 잣나무, 일본잎갈나무 등 우리나라 주요 10여개 수종에 대하여 지위지수, 임분밀도, 우세목수고, 흉고직경 및 단면적 등을 추정할 수 있는 성장 추정식을 도출한 바 있다(National Institute of Forest Science, 2018).

산림 내는 다양한 생육 환경인자가 존재하는데, 이를 수치적으로 표현할 수 있는 인자도 있지만, 지형, 경사형태, 모암, 토양성질 등 수치로 표현되지 않는 질적인 인자들도 많이 존재한다. 따라서 이들이 임목 성장에 영향을 분석하기 위해서는 일반적인 회귀방정식이 아닌 질적 범주형 방정식을 도출하여야 하는데, 이의 적정한 방법이 수량화이론(quantification theory)을 접목하는 것이다.

수량화 이론의 개발과 적용은 1950년대 초반에 일본의

Hayashi(1954)가 개발하였다. 수량화 방법은 수량화 I, II, III, IV로 분류되며, I 방법은 연속형 종속변량인 경우, II 방법은 범주형 외적기준인 경우, III & IV 방법은 다변량 자료가 외적기준을 포함하지 않는 경우에 적용할 수 있는 방법이다. 본 연구에 적용하게 될 수량화 I방법은 일반적 통계모형에서는 선형모형(linear model)과 일치한다고 볼 수 있다(Huh, 1998; Huh, 2006; Noh, 1990; Noh, 2007). 일반적인 회귀분석이 설명변수가 반응변수에 어느 정도 영향을 미치는지에 대한 정보를 단순하게 제공함에 비해, 수량화 I방법을 적용하면 그 설명변수 내부적으로 범주화(category)된 구간에 대해서 다시 구분된 영향 정도를 제공하기 때문에 유용한 분석기법이라고 볼 수 있다.

우리나라에서는 Yoon(1972), Ma(1974), Jeong(1980), Noh(1988), Chung(1994) 등이 산림의 입지환경인자, 토양의 이화학적 성질 및 기상인자 등을 이용하여 적지판정을 위해 다변량 수량화 분석기법을 적용시킨 바 있다.

본 연구에서 다루게 될 밀원식물인 아까시나무는 국내에 1978년말까지 약 32만ha에 조림이 이루어진 것으로 통계에 잡혔으나, 2014년 연구에 의하면 26,770 ha로 보고되어 10배 이상 감소되고 있는데, 이는 양봉산업에 있어서는 치명적이라 할 수 있다(Kim, 1993; Son et al., 2014). 따라서 국가산림자원조사(6차) 자료 중 아까시나무가 대표수종으로 나타나는 표본점에서의 임령과 우세목의 수고로서 지위지수를 추정하고, 이에 관계하는 환경 입지인자를 도출함으로써, 향후 우리나라 주요 밀원식물인 아까시나무 조림 시 적지적수 판정에 기준을 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 공시재료

1) 공시 재료

(1) 제6차 국가산림자원조사 자료

Korea Forest Service(2017)에서 수행하여 발표한 6차 국가산림자원조사(2013~2017년) 자료 중 표본점 내 아까시나무의 임분흉고단면적이 50% 이상 점유하는 곳에 대한 자료를 추출하여, 이를 아까시나무 임분이라 판단하였으며, 이를 분석에 이용하였다. 표본점 조사항목 중 수량화 분석 시 반응변수로 사용할 지위지수 도출을 위하여, 표본점 내 경급별로 추출한 목편으로 수령을 파악하고 이의 평균을 임령으로, 그리고 표본점 내 정상적인 생육을 하는 개체목 중 우세한 수고(5본)를 평균하여 우세목 수고로 산정하였다. 반응변수인 지위지수에 영향이 예상되는 환경인자로 조림학적 기후대, 지형, 해발고, 방위, 경사도, 지리, 수관밀도 등을 국가산림자원조사 표본점 임황조사

Table 1. General characteristic in *Robinia pseudoacacia* sample plots.

No. of plots	Age (year)	Trees/ha (no.)	DBH (cm)	Height (m)
181	$\frac{3-0}{5-45}$	$\frac{970}{25-2,675}$	$\frac{20.0}{6.0-36.4}$	$\frac{13.3}{5.0-20.7}$

자료에서 추출하였다. 추출된 표본점의 생장인자에 대한 개황은 다음 Table 1과 같다.

181개 표본점 자료 중 위치가 암석지, 병해충 피해지, 인위적·자연적 훼손지 등에 위치하고 있어, ha당 입목본수, 축적 등이 다른 표본점과 상이하게 이상치가 나타나는 자료를 제외하고, 실제 분석에 사용된 표본점 수는 154개 소였다.

(2) 1/5,000 산림입지도양도 수치화 자료

국가산림자원조사 표본점 조사지의 공간좌표와 최근에 발표된 1/5,000 대축적 산림입지도양도(Korea Forest Service, 2022) 상 좌표 위치가 일치하는 곳을 찾아, 임지생산력(지위지수)에 영향을 미칠 것으로 예상되는 입지환경인자를 추가 도출하였다. 입지도양도 상에서 도출된 인자는 모암, 기후대, 국소지형, 경사형(상승, 하강사면 등), 토심, 토성 등의 자료였다. 본 연구에 이용된 입지도양도의 인자에 대한 설명, 선택 과정, 범주화 등에 대한 보다 상세한 정보는 산림청의 산림입지도양도(Korea Forest Service, 2022) 발표 시에 제공된 자료에 자세히 수록되어 있다.

2) 분석 방법

(1) 지위지수 도출

생장에 관계하는 입지환경인자의 반응변수로 임지생산력을 나타내는 지위지수를 선택하기 위하여 표본점의 임령과 우세목 수고를 이용하여, Kim et al.(2022)이 제시한 추정식(식 1)을 적용하여 아까시나무 임분의 지위지수를 도출하였다. 국립산림과학원에서는 우리나라 주요 수종인 소나무, 잣나무, 낙엽송, 굴참나무, 신갈나무 등에 대한 법정림 및 현실림의 지위지수를 14개 수종으로 구분하여 각각 제시한 바 있으며(National Institute of Forest Science, 2021), 이를 산림청 국유림경영정보시스템 등에 적용시키고 있다. 이들 14개 수종의 지위지수에는 아까시나무가 빠져 있었기 때문에, 본 분석에서는 Kim et al.(2022)이 선행 연구에서 제시한 지위지수 추정식을 그대로 원용한 것이다.

$$SI = H_D \left[\frac{1 - e^{-0.051038 \times age}}{1 - e^{-0.051038 \times 30}} \right]^{0.759639} \quad (1)$$

(SI : site index, HD : dominant tree height, age : stand age)

(2) 수량화 I방법 적용

① 수량화 I 방법 적용 필요성

수량화 I방법 적용은 질적인 설명변수가 양적인 반응변수에 어느 정도 관계하는 가를 상호간 선형 결합을 찾는 일이다. 이 방법은 전통적인 선형모형과 외형상 일치하나, 각 설명변수를 수량화한다는 점에서 다양한 가설의 유의성 검정에 주안점을 두는 전통적인 선형모형과는 일부 관점 상 차이가 있다(Huh, 2006). 그리고 이 방법의 가장 큰 장점은 질적 변수 내에서 세부 변수별로 중요도 즉 기여도를 수치화하여 이를 활용할 수 있다는 점이다(Huh, 1998). 일반 회귀분석에서는 반응변수에 기여하는 하나의 변수에 대한 정도를 알 수 있지만, 그 변수 내부의 기여도까지는 파악하기는 어렵다는 점이다. 예를 들어, 아까시나무 지위지수에 여러 변수 중 표고가 관계함은 회귀분석에서 나타날 수 있지만, 표고 내에서도 일정 범위별(200 m, 300 m, 400 m, ...)로 어느 정도 기여함을 수치화할 수 없기 때문에, 이를 해결하기 위해서는 수량화 I 방법을 적용함이 바람직하다 볼 수 있다.

② 환경인자에 의한 지위지수 추정식 개발

본 분석에서는 질적 설명변수인 모암(화성암, 변성암, 퇴적암), 기후대(난대, 온대남부, 온대중부, 온대북부), 국소지형(하강사면, 평행사면, 상승사면), 토심(천 30 cm 미만, 경 30~60 cm, 심 61 cm 이상), 토양성질(미사질식양토, 미사질양토, 사양토, 사질식양토, 식양토, 양질사토, 양토), 국소지형(완구릉지, 산록, 산복, 산정), 표고(100 m 이하, 101~200 m, 201~300 m, 301~400 m, 401~500 m, 500 m 이상), 방위(8방위), 경사도(완 15° 미만, 중 15°~30°, 급 31° 이상) 등으로 구분하여, 각 범주 간 선형결합이 반응변수인 지위지수(Y)에 어떻게 영향을 미치는지, 이를 통해 선형회귀방정식을 도출하고자 하였다. 설명변수 중 표고, 경사도 등은 수치화된 양적인 변수이나, 본 분석 결과에 대한 활용성을 고려하여 범주화된 변수로 처리하였다. 즉, 표고와 경사도 등의 분석 결과가 임업인에게 활용될 때는 범위(범주화)를 주는 것이 현지 적용 상 편리하기 때문이며, 또한 이들 범주화한 구간 중에서도 반응변수에 영향하는 바가 모두 다르므로, 가장 적합한 구간(범주화)을 찾아 제공함이 현장 활용성을 높일 수 있기 때문이다.

그러나 설명변수 중 반응변수인 지위지수를 설명하는 능력이 거의 없거나, 극히 미미한 변수(상관관계 10% 이하)와, 분석 시 내부상관이 일어나는 변수를 기각하고, 실제 분석에 사용된 설명변수는 모암, 기후대, 토양성질, 지세, 해발고 등 5개 변수였다.

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_i X_i + \epsilon \quad (2)$$

(여기에서, Y : site index, α : constant, X_i : independent variables, β_i : parameters, ϵ : error)

수량화 I방법의 해는 최소제곱법(least squares method)을 적용하여 얻을 수 있다. 이는 통계분석 프로그램의 General Linear Model solution을 통해 가변수로 변환하지 않고 매개변수의 최소제곱추정치를 쉽게 도출할 수 있다 (Huh, 1998).

③ 환경인자 간 편상관계수 도출

단순선형회귀 또는 다중회귀 분석 시, 각각의 설명변수들은 상호 간 내부적인 상관관계(inner-correlation)가 생길 수 있기 때문에, 피어슨 상관계수(pearson correlation coefficients) 등으로 그 인자가 반응변수에 절대적으로 영향을 한다고 판단함은 통계 해석상 큰 오류를 가져올 수 있다. 따라서 아까시나무 임분에 있어 각각의 설명변수(입지 환경인자)와 반응변수(지위지수)와의 직접적인 상관관계를 파악하기 위해서는, 다른 변수의 간섭을 배제한 1개 변수 자체가 반응변수에 영향을 미치는 편상관계수(partial correlation coefficients)를 도출하여 해석함이 타당하다(Huh, 1998).

결과 및 고찰

1. 아까시나무 임분의 지위지수 도출

6차 국가산림자원조사에 따른 아까시나무 임분의 지위지수 분포는 Figure 1과 같이 도출되었다. 지위지수 분포의 범위는 8~18 정도 내에 있으며, 평균적으로 14인 것으로 나타났다. 즉, 현재 우리나라 아까시나무 임분이 30년 생일 때 평균적으로 우세목의 수고는 14m 정도에 달하고 있음을 알 수 있었다.

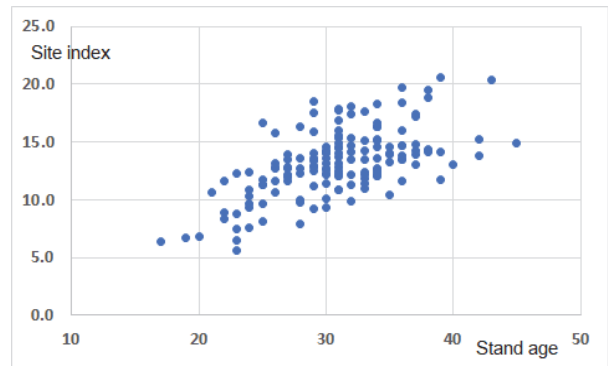


Figure 1. Distribution of site index in *Robinia pseudoacacia* stand.

Kim et al.(2022)이 5차 국가산림자원조사를 활용하여 아까시나무 지위지수를 추정된 결과 최대 범위가 22까지 나타난 것에 비해서, 이번 6차 국가산림자원조사 자료의 결과는 이 보다는 약간 떨어짐을 알 수 있었다. 이 같은 결과는 아까시나무 잎의 황화현상, 지속적인 맹아갱신에 따른 지력 손실과 생장 쇠퇴, 70~80년대 조림목의 고사 발생, 산지 개발에 의한 인위적인 훼손 등에 따라 그간의 우량 입목들이 손실되어 평균적인 지위지수가 떨어진 것이라 추측되나, 이에 대해서는 추후 추가적인 원인구명이 요구된다(Park, 2008; Shin et al., 2006).

그리고 본 연구에서 아까시나무 표본점(국가산림자원조사)이 20년 이하와 50년 이상인 것이 거의 없었기 때문에, 분석에 따라 도출된 지위지수 정보가 유효기와 장년·노령기 임분에 실질적으로 적용하기는 한계가 존재한다는 점이 문제라 볼 수 있다. 물론 외삽(extrapolation)에 의해 추정선을 연장할 수는 있으나, 여기에는 불확도가 존재한다는 단점이 있다.

2. 수량화 분석

1) 입지환경인자에 의한 지위지수 추정 적합도

모암, 토성 등 5개의 입지환경인자, 24개 범주(category)로 나눈 설명변수가 지위지수를 추정할 모델의 유의성과 적합성은 Table 2와 같다.

입지환경인자로서 지위지수를 추정할 수 있는 적합도는 0.33으로 나타났다. 이 적합도는 수치 상 다른 단순 상관 또는 회귀식 도출 연구에 비하여 높다고는 볼 수 없는데,

Table 2. Fitness of site index model using general linear procedure.

Source	DF	Sum of squares	F-value	Pr.>F	R ²
Model	19	422.307			
Error	134	854.326	3.49	0.0001	0.3308
Corrected total	153	1276.634			

Table 3. Score table by each category for site topographical factors.

Constant	Variables	Category	Score	Variables	Category	Score
13.4421	① Parent rock	I	1.0537	③ Soil texture	LS	-5.5146
		M	1.6759		L	0.0000
		S	0.0000	Bz	-1.5532	
	② Climate zone	Wt	-0.3657	④ Topography	Fm	-0.5959
		St	-0.2624		Hs	0.7185
		Ct	1.1964		Ht	0.0000
		Nt	0.0000		A1	-3.5892
	③ Soil texture	SiCL	0.6803	A2	-1.5932	
		SiL	1.2485	A3	-0.9850	
		SL	-1.0830	A4	-0.5493	
		SCL	-1.5770	A5	-0.1839	
		CL	5.8589	A6	0.0000	

Note: ①Parent rock; I(igneous rock eruptive), M(metamorphic rock), S(sedimentary rock), ②Climate zone; Wt(Warm temperate zone), St(Southern temperate zone), Ct(Central temperate zone), Nt(Northern temperate zone), ③Soil texture; SiCL(silty clay loam), SiL(silt loam), SL(sandy loam), SCL(sandy clay loam), CL(clay loam), LS(loamy sand), L(loam), ④Topography; Bz(basal zone), Fm(foot of mountain), Hs(hillside), Ht(hill top), ⑤Altitude; A1(<100m), A2(101m~200m), A3(201m~300m), A4(301m~400m), A5(401m~500m), A6(500m<).

이러한 것은 자연적인 임목 성장에는 무수히 다양한 인자가 관여하기 때문에 단순히 몇 개의 인자만으로 추정식의 적합도를 높일 수가 없기 때문이다. 본 분석에서 적합도 수치는 낮지만 이 추정모델은 통계적 유의성 검증에 있어 1% 수준에서 유의성이 인정되므로, 지위지수와 5개 입지 환경인자 간의 관계를 설명할 수 있는 가능성을 보여주었다고 판단된다.

2) 입지환경인자별 지위지수 추정 정도

입지환경인자가 모두 각각 범주화되어 있으므로, 세부 범주별로 어느 정도의 영향을 미치는 지 파악이 필요하다. 이들의 영향정도를 나타낸 것이 Table 3이다.

지위지수의 상승에 모암은 변성암, 화성암이 퇴적암에 비해 상대적 영향력이 있으며, 기후대는 온대중부지역 이상, 토성은 식양토, 미사질양토, 국소적인 지형은 산복 지역이 영향력을 행사하는 것으로 나타났다. 아까시나무가 위치한 해발고는 오히려 낮은 지역이 생장이 떨어짐을 보여 주었는데, 이는 민가 주변 또는 지리적 접근이 좋은 지역에서는 아까시나무 보다는 다른 유용 수종으로 대체 식재한 관계로 현재 생육 분포도가 떨어짐으로써 오는 결과라 보여진다. 또한, 해발고가 낮은 지역에서는 그동안 아까시나무의 연료로서의 지속적 사용, 쓸데없는 나무로 인식되어 훼손, 남벌 등에 따른 맹아경신 회복력이 거의 없어짐에서 오는 원인일 수도 있을 것이다(Park, 2008).

Table 3에 나타난 점수표를 이용하여 입지환경인자에

의한 지위지수를 사례를 들어 추정해 보면, 해당 아까시나무 임분(또는 아까시나무 조림 예정지)이, 산복(M)에 위치하고, 기후대가 온대 중부(Ct)이며, 토성이 식양토(SL), 해당 임지가 산복(Hs), 그리고 해발고가 250 m(A3)로 조사되었을 시, 이 지역의 임지생산력(지위지수) 즉, 조림지 또는 조림 예정지의 생육적지로서의 가능성은, $13.4421(\text{constant})+1.6759+1.1964-1.0830+0.7185-0.9850 = 14.96$ 으로 계산된다. 따라서 이 지역의 지위지수는 14.96이며, 일반적으로 표시하는 2 m 괄약 기준으로는 지위지수 14로서, Kim et al.(2022)이 제시한 바 있는 지위지수 분류표에 따르면, 아까시나무 조림지의 평균적인 임지생산력을 갖는 곳이라 볼 수 있다.

3) 임지생산력에 관계하는 입지환경인자의 편상관 도출

Table 4는 아까시나무 임분의 지위지수에 관계하는 설명변수들에 대한 편상관계수를 도출한 결과이다.

아까시나무 임분의 지위지수 추정 즉, 임지생산력 제고에 가장 높은 영향력을 갖는 인자는 산림 내 토양의 성질과 해당 임지의 해발고로서 유의수준 1%에서 유의성이 인정되었으며, 산정, 산복 등 국소지형도 그 다음으로 영향하고 있음을 알 수 있었다.

이같은 결과는 Schutz(1990)의 patura 소나무 성장 연구에서 해발고, 지형, 경사위치 등이 성장에 관여한다고 한 바 있어 일치하는 경향이며, 국내에서는 Lee et al.(1987)이 리기테다소나무 성장에 표고, 토양습도, 지형, 경사 등이,

Table 4. Partial correlation coefficients and significance by site topographical factors.

	Parent rock	Climate zone	Soil texture	Topography	Altitude
Partial correlation coefficients	0.1485	0.2404*	0.4129**	0.3014**	0.4023**
Significant level	0.1623	0.0225	0.0001	0.0039	0.0001

그리고 Kang et al.(2014)이 후박나무 생장에 국소지형, 토양경밀도, 경사, 표고 등이 영향한다고 하여, 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다.

따라서 향후 아까시나무 임분을 조성할 시, 그 지역의 토성, 지형, 해발고 등의 인자를 주의깊게 고려하여 식재지를 찾을 필요가 있으며, 각 환경인자별로 범주화된 세부 특성(Table 3)도 충분히 고려하여야 할 것이다.

결론

아까시나무의 활용성은 다양하나, 현재에 이르러 아까시나무 무용론과 산지의 황폐화를 초래한다는 일부의 의견들로 인하여, 그간 국민들의 관심 사항 밖이였으며, 아까시나무의 시업관리 역시 제대로 이루어지지 않았다. 또한, 1970년대 조립된 우리나라 대부분의 아까시나무 임분은 계속 맹아갱신된 관계로 이제는 번식능력이 한계치에 도달하여 임분생장력이 쇠퇴기에 접어들었다고 볼 수 있다. 그러나 산지 활용 상 경제적인 측면에서 아까시나무에서 나오는 꿀은 임업인과 양봉업자에게는 주요한 수입원이 되고 있으므로, 그 소재원인 아까시나무 숲은 향후에도 지속적으로 존재해야 할 것이라 판단된다. 따라서 향후 아까시나무 조립지 구성에 있어 실패를 줄이기 위한 일환으로 본 연구가 수행되었다고 볼 수 있다.

밀원단지를 조성함에 있어 가장 중요한 것은 본 연구에서 언급한 바와 같이 적지적수의 개념을 적극 도입하는 것이 될 것이며, 그중 기후대별로 온대 중부권역 이상, 토성은 식양토, 미사질양토, 지형이나 해발고를 봤을 때는 산복 이상에 해당되는 지점을 선택하여 밀원단지를 조성함이 이외의 다른 지역보다 임목의 생존률을 높이고 임지생산력을 높이는데 기여할 수 있을 것이다.

또한, 아까시나무의 조립 뿐만아니라 일반 가정이나 단체, 행정기관에서 해당 나무를 심고, 숲을 조성할 때는 심어서 10년, 20년 후의 숲 형태도 볼 수 있는 중장기적인 계획을 세워야 할 것이다. 이의 길잡이가 되는 것이 적지적수이며, 이 바탕에는 수종별 지위지수가 있다. 이 지위지수를 최대로 높일 수 있는 환경인자를 찾는 것이 성공한 조림이 될 것이다.

앞으로 우리나라 유용 수종에 대한 임지생산력을 높일 수 있는 기준인 이러한 적지적수표가 최근의 현실 산림정보를 반영한 기반 하에, 다양하고 심도있는 연구를 통해 더 많이 나오기를 기대한다.

감사의 글

본 연구는 산림청(한국임업진흥원) ‘산림과학기술 연구개발사업(FTIS 2021362D10-2223-BD01)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

References

- Chung, Y.G. and Son, Y.M. 1994. The effects of the topographical, soil and meteorological factors on the tree height growth in the *Pinus thunbergii* stands. Journal of Korean Forest Society 83(3): 380-390.
- Hayashi, C. 1954. Theory and example of quantification (1). Annals of the Institute of Statistical Mathematics 2(1): 11-30.
- Hayashi, T. 1937. Stem volume table and breast-height form factor table in Kangwondo. etc. Forest Experiment Research Report 10, 24, 31.
- Huh, M.H. 1998. Quantification methods I, II, III and IV – A Path to the Multivariate analysis of qualitative data. Freedom Academy. Seoul, pp. 111.
- Huh, M.H. 2006. Quantification methods for multivariate data. Freedom Academy. Seoul. pp. 124.
- Jeong, I.G. 1980. Studies on the morphological, physical and chemical properties of the Korean forest soil in relation to the growth of Korean white pine and Japanese larch. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer 12(4): 189-213.
- Kang, J.T., Son, Y.M., Kim, H.J. and Park, H. 2014. Developing optimal site prediction model for evergreen broad leaved trees, *Machilus thunbergii* in warm temperate zone of the Korean Peninsula. Journal of Agriculture & Life Science 48(6): 39-54.
- Kim, D.C. et al. 1963-1977. A study on the growth and yield

- in *Pinus koraiensis*. etc. Forest Experiment Research Report 10, 17, 24. Journal of Korean Forest Society 3, 5, 19.
- Kim, J.W. 1993. Silviculture technique of *Robinia pseudoacacia*. The 7th Honeybee industry lesson. Korea Research Society of *Robinia pseudoacacia*. pp. 56-64.
- Kim, S.R., Park, C.H., Min, S.H., Hong, S.H., Yun, J.H., and Son, Y.M. 2022. Development of diameter distribution change and standard of suitable-site evaluation in *Robinia pseudoacacia* stand, major honey plants. Journal of Korean Forest Society (in the process of submitting a manuscript).
- Korea Forest Service. 2017. The 6th National forest inventory.
- Korea Forest Service. 2022. Forest Soil Map (<http://fgis.forest.go.kr>).
- Lee, C.Y., Lee, W.G, Park, S.G., Kim, G.S. and Oh, M.Y. 1987. A study on the suitable site of silviculture in *Pinus rigida*. Journal of Korean Forest Society 76(3): 200-205.
- Lee, H.K and Yoo, J.W. 1969-1990. A study on the growth and yield in *Pinus rigida*. etc. Forest Experiment Research Report 11, 20, 32. Journal of Korean Forest Society 41, 43.
- Ma, S.G. 1974. A study on the yield and growth using quantification of environmental factors in *Pinus koraiensis*. Korea Forest Experiment Research Report 21: 41-79.
- National Institute of Forest Science. 2018. Stem volume, biomass and stand yield table. National Institute of Forest Science, Research book. Seoul, pp. 221.
- National Institute of Forest Science. 2021. 2021 Stem volume, biomass and stand yield table. National Institute of Forest Science, Research book. Seoul, pp. 373.
- Noh, E.R. 1988. Studies on the growth range and optimum site determination of the tree species using climatological factors in Korea. Journal of Korean Forest Society 62(1): 1-18.
- Noh, H.J. 1990. Multivariate analysis - Quantification of qualitative data. Seok Jeong Press. Seoul, pp. 321.
- Noh, H.J. 2007. Categorical data analysis with SPSS. Hyosan. Seoul, pp. 11-117.
- Park Y.G. 2008. *Robinia pseudoacacia*. Yoo Han Co. pp. 326.
- Schutz, C.J. 1990. Site relationships for *Pinus patura* in the eastern transvaal experment area. Thesis, Univ. of Natural South Africa. pp. 333.
- Shin, J.H. et al. 2006. A study on the causes of leaf-yellowing damage and its management method in *Robinia pseudoacacia* stand. Research of National Institute of Forest Science 06-16, pp. 150.
- Son, Y.M., Kim, S.W., Lee, S.J. and Kim, J.S. 2014. Estimation of stand yield and carbon stock for *Robinia pseudoacacia* stands in Korea. Journal of Korean Forest Society 103(2): 264-269.
- Weiskittel, A.R. et al. 2011. Forest growth and yield modeling. Wiley-Blackwell. UK, pp. 415.
- Yoon, J.H. 1972. A study on the forest growth using multivariate analysis. The Experiment Forest Research in Kangwon University 1: 3-55.
- Yoon, J.H., Bae, E.J. and Son, Y.M. 2021. Growth curve estimation of stand volume by major species and forest type on actual forest in Korea. Journal of Korean Forest Society 110(4): 648-657.

Manuscript Received : April 28, 2022

First Revision : May 27, 2022

Second Revision : June 28, 2022

Accepted : July 8, 2022