

경상도 지역 삼나무의 지위지수 곡선 개발 및 비교 검토

박희정¹ · 최석원¹ · 고병준¹ · 이상현^{2*}

¹전북대학교 임학과, ²전북대학교 산림환경과학과

Development of Site Index Curves and Comparison with National Scale for *Cryptomeria japonica* in Gyeongsang-do

Hee-Jung Park¹, Suk-Won Choi¹, Byung-Jun Ko¹ and Sang-Hyun Lee^{2*}

¹Department of Forestry, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

²Department of Forest Environment Science, Jeonbuk National University, Jeonju 54896, Korea

요약: 본 연구는 경상도 지역에 생육하는 삼나무의 지위지수 곡선을 개발하고, 국가수준 삼나무 지위지수 곡선, 전라도 지역 삼나무 지위지수 곡선과의 비교 검토를 통하여 경상도 지역의 지역적 특성을 반영한 정도 높은 지위지수 곡선을 개발함에 목적이 있다. 경상도 지역에 생육하는 삼나무 552본을 대상으로 Chapman-Richards 식, Schumacher 식, Gompertz 식으로 수고성장모델을 개발한 뒤 가장 적합한 모델인 Gompertz 식으로 지위지수 곡선을 개발하였으며, 비교 검토는 유의수준 5%에서 F 검정과 그래프를 이용하여 분석하였다. 검토 결과, 국가수준 삼나무, 기준임령 이전 전라도 지역 삼나무와의 비교는 p-value가 0.05 이상으로, 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었으며, 기준임령 이후 전라도 지역 삼나무와의 비교는 p-value가 0.05 이상으로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다. 따라서, 경상도 지역 삼나무를 국가수준 삼나무, 기준임령 이전 전라도 지역 삼나무 지위지수 곡선에 준용하는 것은 가능하며, 기준임령 이후 전라도 지역 삼나무 지위지수 곡선에 적용하는 것은 불가능한 것으로 분석되었다. 본 연구를 통해 개발한 경상도 지역 삼나무 지위지수를 활용하여, 경상도 지역의 삼나무 임분에 대한 산림경영체계의 기초자료 제공 및 지역적 특성을 반영한 정도 높은 현장 적용력을 통한 경영자의 목적에 맞는 체계적·합리적인 경영이 가능하다고 판단된다.

Abstract: This study aimed to develop accurate status site index curves for *C. japonica* in Gyeongsang-do that reflect the regional characteristics. The development of high-growth models in Chapman-Richards, Schumacher, and Gompertz for 552 *C. japonica* growing in Gyeongsang-do. The Gompertz growth function is the most suitable for developing site index curves. The comparative test was analyzed using the F test at a significance level of 5% and the graph. As a result, compared with the national site index curves and site index curves under base age in Jeolla-do, the p-value was 0.05 or higher, and there was no statistically significant difference. The p-value was 0.05 or lower compared with site index curves over stand age in Jeolla-do, indicating a statistically significant difference. Therefore, it was determined that site index curves for *C. japonica* in Gyeongsang-do can be applied to the national site index curves and site index curves under base age in Jeolla-do, but not to site index curves over base age in Jeolla-do. Hence, based on the results of the study, it is possible to provide basic data on the forest management system for *C. japonica* in Gyeongsang-do and systematic and reasonable management through high field application reflecting regional characteristics.

Key words: site index curves, *C. japonica*, Gyeongsang-do, Gompertz, height growth model

서론


산림경영에서는 산림생장에 영향을 미치는 인자로 임

령, 임지생산력, 밀도 등을 주요 인자로 취급하여왔으며, 이들 영향 임지와 산림생장 간에는 연관성이 있는 것으로 간주하고 있다. 그리고 이들 주요인자의 변화에 따른 산림생장의 변화를 일정한 규칙을 가지는 함수식으로 표현하여 산림관리에 활용하고 있다(Woo et al., 2017).

지위(Site quality)는 임지가 가지고 있는 잠재적 생산능력을 평가하는 기준으로 토양뿐만 아니라 기후요소 등도

* Corresponding author
E-mail: leesh@jbnu.ac.kr

ORCID

Sang-Hyun Lee  <https://orcid.org/0000-0003-1158-9976>


Hee-Jung Park  <https://orcid.org/0000-0003-0450-0291>

Table 1. Status of Species stands.

Species	Number of plots	Number of trees	Ages (years)	Height (m)
<i>C. japonica</i>	110	552	$\frac{29}{10-58}$	$\frac{15.45}{8.70-28.75}$

포함한 입지의 양부로서 생산능력의 등급을 말한다. 즉, 지위는 토지가 가지고 있는 생산능력을 표준으로 하는 것이다. 따라서 지위는 산림경영을 수립하는 과정에서 매우 중요한 요소이다(Kang, 2016).

지위의 추정방법은 다양하지만 가장 높은 이용도를 보이는 것은 지위지수(Site index)가 있으며, 생장 및 수확 산정, 입지의 생산력 예측 및 관리 방법의 결정 등 여러 방면에서 활용되고 있다(Pyo et al., 2009). 지위지수는 기준 임령(base age)에서 우세목(dominant tree) 혹은 준우세목(co-dominant tree)의 수고로 정의된다(Clutter et al., 1983; Philip, 1994; Laar and Akça, 1997; Avery and Burkhart, 2002; Husch et al., 2003).

이에 우리나라에서도 강원지방 소나무와 잣나무, 일본 앞갈나무 등 12개 수종에 대해 30년을 기준 임령으로 지위지수 추정 모델을 임분수확표에 수록하여 산림경영 기초 정보를 제공하고 있다(National Institute of Forest Science, 2018).

삼나무(*Cryptomeria japonica*)는 1900년대 초 편백과 함께 일본에서 도입된 이후 남부지방의 대표적인 수종으로, 수간이 통직하고 재질이 우수하며 생장이 빨라 용재로서의 가치가 높아 일본 및 대만 등에서 주요 조림수종으로 알려져 있다((Hong et al., 1998). 우리나라에서는 남서부 지방과 제주도 등지에 주로 생육하며, 가구재, 건축재, 장식재 등으로 이용되고 있다(Son, 2004).

이러한 삼나무에 대한 지위지수 연구는 남부지방 고창 지역의 삼나무 인공림을 대상으로 우세목의 수간석해 데이터를 이용한 Gompertz 다형 방정식으로 지위지수를 개발한 연구(Lee, 2003)와 제주특별자치도와 남부지역을 중심으로 삼나무와 편백의 지위지수 추정 및 적적판정을 한 연구가 있다(Kang, 2016). 또한, 전라도 지역의 삼나무의 지위지수 곡선 개발 및 검증에 관한 연구도 있다(Choi, 2020). 그러나, 경상도 지역만을 대상으로 한 삼나무 지위지수 곡선이 개발되어 있지 않아 남서부지방에 주로 자생하는 삼나무의 지역적 생육특성에 따른 지위지수 개발 필요성이 있다.

따라서 본 연구에서는 경상도 지역의 삼나무(*C. japonica*) 임분을 대상으로 수고생장모형을 개발한 뒤 가장 적합한 모델을 기반으로 경상도 지역의 환경적 특성에 맞는 지위지수 곡선을 개발하고, 남서부지방에 생육하는 삼나무

의 지역적 차이의 유무를 분석하고자 하였다. 이를 통해 경상도 지역의 삼나무 임분에 대한 산림경영체계의 기초 자료 제공 및 지역적 특성을 반영한 정도 높은 현장 적용력을 통한 경영자의 목적에 맞는 체계적·합리적인 경영을 유도할 목적으로 수행하였다.

재료 및 방법

1. 연구자료

본 연구는 1:5,000 맞춤형조림지도 제작 사업의 데이터 중 경상도 지역에 생육하는 삼나무(*C. japonica*) 임분의 110 plots에서 우세목 552본의 수고와 연령을 측정한 데이터를 이용하여 기초자료를 생성하였다(Table 1).

2. 우세목 수고생장모형 및 지위지수 곡선 개발

본 연구에서는 임령만을 매개변수로 비선형 동형 차분 방정식인 Chapman-Richards 식, Schumacher 식, Gompertz 식을 이용하여 SAS ver. 9.4에서 수고생장모형을 개발하고 검증하였다.

우세목 수고 곡선에서 임령 대신 기준임령을 대입하여 지위지수식을 유도한 뒤, 유도된 지위지수식을 유도된 우세목 곡선식으로 나누어 지위지수 추정식을 유도하였다. 유도된 지위지수 추정식을 우세목의 수고를 기준으로 이항하여 정리하면 기준임령, 임령, 지위지수에 대한 다양한 우세목의 수고를 추정할 수 있다.

지위지수 추정을 위한 기준임령(base age)은 30년을 사용하였으며, 비선형최소자승회귀 분석 결과를 바탕으로 가장 적합한 모델을 선정한 뒤, 유도곡선법(guide curve method)를 통하여 본 연구에서는 임령만을 매개변수로 비선형 동형 차분 방정식인 Chapman-Richards 식, Schumacher 식, Gompertz 식을 이용하여 SAS ver. 9.4에서 수고생장모형을 개발하고 검증하였다(Table 2).

Table 2. General forms of projection equations applied to data.

Equation name	Equation Forms
Chapman-Richards	$H = \alpha(1 - \exp(-\beta \cdot age))^{\gamma}$
Schumacher	$H = \alpha \cdot age^{\beta} \cdot \exp(\gamma/age)$
Gompertz	$H = \alpha \cdot \exp(-\beta \cdot \exp(-\gamma \cdot age))$

3. 비교 검정

본 연구에서는 경상도 지역에 생육하는 삼나무(*C. japonica*)의 지위지수 곡선과 국가수준에서 사용하는 삼나무 지위지수 곡선을 비교하였으며, 또한 지역별 삼나무의 생육차이를 보기 위하여 경상도 지역에 생육하는 삼나무의 지위지수 곡선과 전라도 지역에 생육하는 삼나무의 지위지수 곡선을 비교 검정하였다.

국가수준에서 사용하는 삼나무 지위지수곡선은 최근 국립산림과학원에서 발행된 임목재적·바이오매스 및 임분수확표(2018)에는 존재하지 않지만, 국립산림과학원에서 2016년도에 발행된 현실림 임분수확표에 삼나무의 지위지수가 존재하여 본 연구에서 개발한 지위지수 곡선과 비교 검정하였다.

비교 검정은 F-test 방법으로 검정하였으며, 유의수준을 5%($\alpha=0.05$)에서 분석하였다. 또한, 그래프 비교를 통하여 두 그래프 간의 수고 차이를 비교하였다.

F-test 방법은 두 집단의 표본에 대해 검정할 때 사용하며, 분산의 동일성 여부를 검정하는 방법으로, 귀무가설인 $\delta_1 - \delta_2 = 0$ 을 검정하는 방법으로 그 절차는 다음과 같다.

$$\text{귀무가설}(H_0) : \delta_1 = \delta_2 \tag{1}$$

$$\text{대립가설}(H_A) : \delta_1 \neq \delta_2 \tag{2}$$

$$F = \frac{\text{larger of } S_1^2, S_2^2}{\text{smaller of } S_1^2, S_2^2} \tag{3}$$

식 3과 같이 표본분산 S_1^2, S_2^2 을 비교한 후, 검정통계량의 값이 기각역에 포함되면 귀무가설 H_0 을 기각하고 아니면 채택한다(Woo et al., 2000).

결과 및 고찰

1. 수고성장모델

본 연구에서는 Chapman-Richards 식, Schumacher 식, Gompertz 식을 이용하여 SAS ver. 9.4에서 모수값을 찾아 수고성장모델을 개발하고 검증하였으며, 경상도 지역 삼나무의 수고성장모델 분석 결과는 Table 3과 같다.

Champan-Richards 식을 이용한 비선형 동형 차분 방정식 분석결과, MSE 값이 11.9249로 높게 나타났고, α, β, γ 의 95% 신뢰수준의 한계구간이 0을 포함하고 있는 범위로 나타났으며, 특히 α 의 경우 표준오차량이 20907.7로 높게 분석되어 통계적 유의성이 낮은 것으로 분석되었다.

Schumacher 식을 이용한 비선형 동형 차분 방정식 분석결과, MSE 값은 2.5151로 낮게 나타났고, t-value의 값이 <.0001로 모델의 적합성이 높은 것으로 분석되었다. 그러나, γ 의 95% 신뢰수준의 한계구간이 0을 포함하고 있어, 통계적 유의성이 낮은 것으로 분석되었다.

Gompertz 식을 이용한 비선형 동형 차분 방정식 분석결과, MSE 값은 2.5016으로 낮게 나타났고, t-value의 값이 <.0001로 모델의 적합성이 높은 것으로 분석되었다. 또한, 각 계수값의 95% 신뢰수준의 한계구간이 0을 포함하지 않고, 표준오차량이 낮게 나타나 통계적 유의성이 있고 모델의 효율성이 높은 것으로 분석되었다.

따라서, 경상도 지역 삼나무의 수고성장모델은 각 계수값의 95% 신뢰수준의 한계구간이 0을 포함하지 않고, MSE 값이 가장 낮게 분석된 Gompertz 식을 선정하였다.

2. 지위지수 곡선

본 연구에서 선정된 Gompertz 식을 이용하여, 경상도 지역 삼나무의 수고성장모델을 통한 지위지수 곡선 개발 결과는 Figure 1과 같다.

Table 3. Non-linear squares summary statistic to height growth models for *C. japonica*.

Models	Parameter	Estimate	Approx Std Error	95% Confidence limits		MSE
				Lower	Upper	
Chapman-Richards	α	215.8	20907.7	-40853.1	41284.8	11.9249
	β	0.000216	0.0380	-0.0745	0.0749	
	γ	0.5625	0.3246	-0.0751	1.2001	
Schumacher	α	1.0633	0.4878	0.1052	2.0214	2.5151
	β	0.7445	0.1057	0.5368	0.9521	
	γ	4.8016	2.9364	-0.9664	10.5695	
Gompertz	α	30.3152	4.6720	21.1380	39.4925	2.5016
	β	1.6178	0.0651	1.4900	1.7456	
	γ	0.0301	0.00717	0.0160	0.0442	

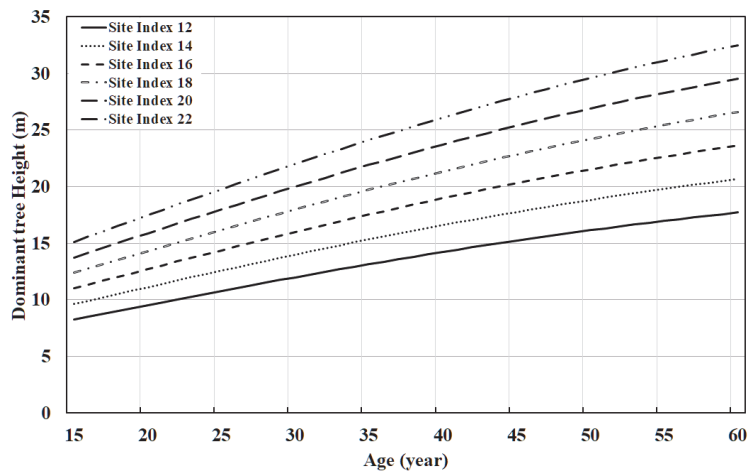


Figure 1. Site index curves for *C. japonica*.

본 연구에서 개발한 경상도 지역 삼나무의 지위지수는 12, 14, 16, 18, 20, 22의 범위로 총 6개의 곡선이며, 삼나무의 지위지수는 임령이 증가함에 따라 연년생장량이 점차 완만해지는 시그모이드(Sigmoid) 곡선으로 나타났다. 양수인 삼나무 특성상 생장 초기 도태를 피하기 위한 광량 요구도가 높아 초기에는 비대생장에 비해 수고생장을 중점으로 생장하고, 점점 수고생장량이 감소하는 것이라고 예상된다.

그러나, 개발된 삼나무의 지위지수곡선은 시그모이드 형태는 나타내고 있지만, 연령의 증가에 따른 점근경향이 미약한 것으로 나타났다. 이는, 조사 데이터가 노령 임분을 많이 포함하지 않은 것으로 인한 경향으로 여겨지며, 시간의 흐름에 따른 생장이 이루어져 노령임분 우세목의 수고 데이터 수가 많아진다면 점근선의 문제는 해결될 수 있을 것으로 판단된다.

3. 지위지수 곡선 비교 검증

1) 국가수준 지위지수와 비교 검증

국가수준 삼나무 지위지수 곡선과의 비교 검정을 위해 국립산림과학원에서 2016년도에 발행된 현실림 입분수확 표에서 연구된 지위지수와 본 연구에서 개발한 지위지수 곡선과 비교 검증하였다.

국가수준 삼나무 지위지수 곡선의 범위는 10, 12, 14, 16으로, 본 연구에서 개발한 삼나무의 지위지수 곡선 12, 14, 16, 18, 20, 22의 범위 중 중첩범위인 12, 14, 16의 범위와 비교하였다. 또한, 국가수준의 삼나무 지위지수 곡선의 경우 5년 단위로 개발되어 있어, 본 연구에서 개발한 지위지수도 5년 단위로 F 검정을 실시하였다.

본 연구에서 개발한 삼나무의 지위지수 곡선과 국가수준의 삼나무 지위지수 곡선을 F 검정한 결과는 Table 4, 그래프로 비교한 결과는 Figure 2와 같다.

F 검정 결과, 지위지수 12, 14, 16 모두 p-value가 0.05이

Table 4. Statistic of the F-test summary of site index curves for *C. japonica* and national site index curves for *C. japonica*.

Site Index range	Mean*		Variance*		F-value	P-value
	α	β	α	β		
Site Index 12	13.40	12.97	10.37	8.31	1.2475	0.3736
Site Index 14	15.64	15.12	14.11	11.25	1.2549	0.3704
Site Index 16	17.87	17.28	18.43	14.83	1.2427	0.3757
Site Index 12 under stand age	9.52	9.40	1.61	2.11	0.7607	0.4320
Site Index 14 under stand age	11.11	10.97	2.18	2.90	0.7527	0.4294
Site Index 16 under stand age	12.70	12.50	2.85	3.81	0.7489	0.4282
Site Index 12 over stand age	15.58	14.92	2.94	1.73	1.6955	0.2882
Site Index 14 over stand age	18.17	17.38	4.00	2.33	1.7144	0.2843
Site Index 16 over stand age	20.77	19.88	5.23	3.01	1.7386	0.2793

* Note: α is Gyeongsang-do and β is national scale.

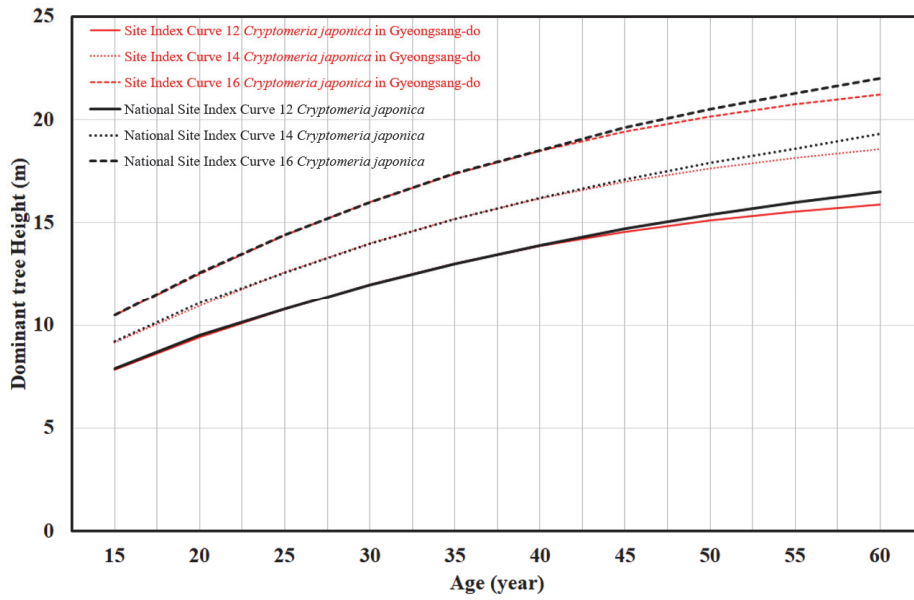


Figure 2. The comparison of site index curves for *C. japonica* and national site index curves for *C. japonica*.

상으로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각할 수 없으므로 분석되었다. 따라서 본 연구에서 개발된 삼나무의 지위지수 곡선과 국가수준의 삼나무 지위지수 곡선의 집단간 분산분포는 등분산성(homoscedasticity)을 나타내며, 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다. 특히 기준임령 30년 이전에는 p-value가 0.4320으로 기준임령 이후 p-value인 0.2882와 비교해보았을 때, 기준임령 이전이 이후보다 유의한 차이가 더 적은 것으로 분석되어 기준임령 이전이 적용력이 더 높은 것으로 나타났다.

또한, 그래프 비교 결과, 약 40년생 이전까지는 거의 동일한 수고를 보이다가 40년생 이후 본 연구에서 개발한 삼나무 지위지수 곡선이 국가수준 삼나무의 지위지수 곡

선에 비해 우세목의 수고가 낮게 나타났다.

위와 같은 결과는 국가수준 삼나무의 지위지수와 본 연구에서 개발된 삼나무의 지위지수가 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 분석되어, 국가수준 삼나무의 지위지수를 경상도 지역 삼나무 임분에 준용할 수 있다고 판단된다.

2) 전라도 지역 삼나무 지위지수와 비교 검증

삼나무는 경상남도, 전라남도 이남 및 제주도 등에서 분포하는 특성을 보이고 있어(Korea National Arboretum, 2016), 지역별 특성에 따른 삼나무의 생육차이를 규명하기 위하여 선행연구에서 개발된 전라도 지역 삼나무 지위지수곡선(Choi, 2020)과 비교 검증하였다.

Table 5. Statistic of the F-test summary of site index curves for *C. japonica* in Gyeongsang-do and site index curves for *C. japonica* in Jeolla-do.

Site Index range	Mean*		Variance*		F-value	P-value
	α	β	α	β		
Site Index 12	13.44	12.90	8.19	3.82		
Site Index 14	15.68	15.05	11.14	5.20	2.1420	0.0060
Site Index 16	17.92	17.20	14.56	6.80		
Site Index 12 under stand age	10.03	10.54	1.26	0.73		
Site Index 14 under stand age	11.70	12.29	1.72	0.99	1.7266	0.1592
Site Index 16 under stand age	13.37	14.05	2.24	1.30		
Site Index 12 over stand age	15.20	14.11	2.79	1.14		
Site Index 14 over stand age	17.73	16.47	3.80	1.55	2.4571	0.0091
Site Index 16 over stand age	20.27	18.82	4.96	2.02		

* Note: α is Gyeongsang-do and β is Jeolla-do.

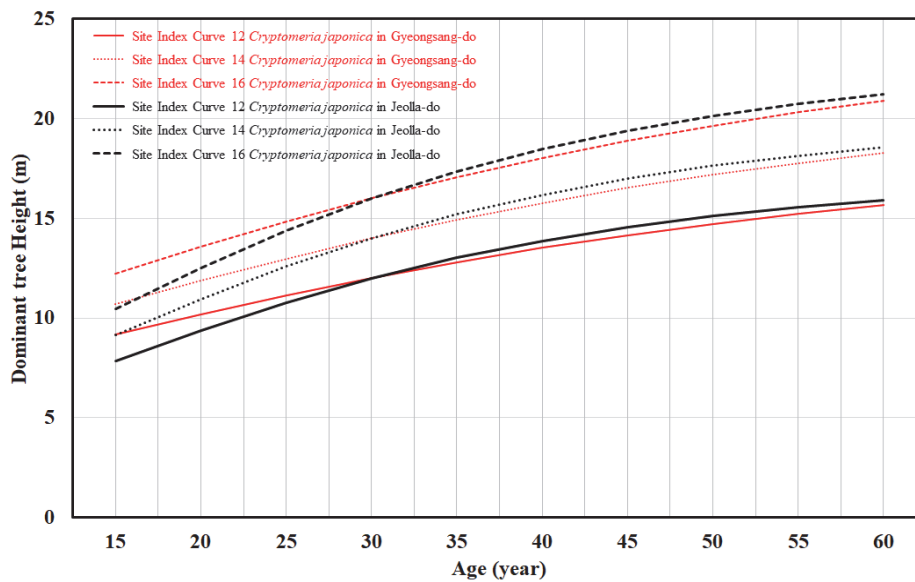


Figure 3. The comparison of site index curves for *C. japonica* in Gyeongsang-do and site index curves for *C. japonica* in Jeolla-do.

본 연구에서 개발한 경상도 지역 삼나무의 지위지수 곡선과 선행연구의 전라도 지역 삼나무의 지위지수 곡선을 F 검정한 결과는 Table 5, 그래프로 비교한 결과는 Figure 3과 같다. 또한, 정밀한 분석을 위해 전라도 지역 삼나무 지위지수 곡선과 본 연구에서 개발한 경상도 지역 삼나무 지위지수 곡선을 1년 단위로 F 검정하였다.

F 검정 결과, 전체 비교의 경우 p-value가 0.006으로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각하는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서 개발된 경상도 지역 삼나무의 지위지수 곡선과 전라도 지역 삼나무 지위지수 곡선의 집단간 분산분포는 이분산성(heteroscedasticity)을 나타내며, 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

그러나, 기준임령에 따라 분류하여 분석한 결과 기준임령 30년 이전의 경우 p-value가 0.1592로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 분석되었으며, 기준임령 이후의 경우 p-value가 0.0091으로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각하는 것으로 분석되었다.

또한, 그래프 비교 결과, 기준임령 이전에는 점점 차이가 줄어드는 경향을 나타냈지만, 기준임령 이후 차이가 점점 커져 말기에는 3 m 이상 차이를 보였으며, 지위가 높아질수록 차이도 크게 나타났다. 또한, 기준임령 이전에는 본 연구에서 개발한 경상도 지역 삼나무의 지위지수 곡선이 선행연구에서 개발된 전라도 지역 삼나무 지위지수 곡선보다 우세목의 수고가 낮게 나타났으며, 기준임령 이후에는 본 연구에서 개발한 경상도 지역 삼나무의 우세목 수고가 높게 나타났다.

따라서, 경상도 지역의 삼나무 지위지수 곡선은 기준임

령 30년 이전에는 통계적으로 유의한 차이가 없어 전라도 지역에 적용이 가능하지만, 기준임령 이후에는 통계적으로 유의한 차이를 보여 적용이 어려운 것으로 나타났다.

많은 국가에서 재적표는 데이터의 수집 장소에 따라 광범위한 구역에서 자료를 수집하여 만든 일반적 재적표와 자료수집 구역을 한 지방에서만 획득한 자료를 이용하여 제작한 지방적 재적표를 제작하여 필요한 목적에 따라 사용하고 있는 것과 같이, 우리나라에서 현재는 전국에서 수집한 데이터를 바탕으로 수종별 지위지수곡선을 제작하고 있으나, 각 지방의 정도 높은 지위의 추정을 위해서는 각 지역별 수종의 지위지수 곡선 개발이 필요할 것으로 판단된다.

결론

본 연구에서 개발한 경상도 지역 삼나무의 지위지수는 12, 14, 16, 18, 20, 22의 범위로 총 6개의 곡선이며, 현재 국가수준에서 사용하는 삼나무의 지위지수의 범위인 10, 12, 14, 16 에 비해 다양하고 정밀한 추정이 가능하다.

본 연구에서 개발된 삼나무의 지위지수 곡선과 국가수준의 삼나무 지위지수 곡선의 F 검정 결과, p-value가 0.05 이상으로 유의수준 5%에서 유의성이 없는 것으로 분석되었다.

그래프 분석 결과, 약 40년생 이전까지는 본 연구에서 개발한 삼나무의 지위지수 곡선과 국가수준의 삼나무 지위지수 곡선이 거의 동일한 수고를 보이다가 40년생 이후 본 연구에서 개발한 삼나무 지위지수 곡선이 국가수준 삼나무

의 지위지수 곡선에 비해 우세목의 수고가 낮게 나타났다.

위와 같은 결과는 경상남도, 전라남도 이남 및 제주도 등에서 분포하는 삼나무의 생육 특성상 전국을 대상으로 개발한 국가수준의 삼나무 데이터의 대부분이 경상도와 전라도 지역에서 조사된 데이터이기 때문인 것으로 보인다.

따라서, 국가수준 삼나무의 지위지수와 본 연구에서 개발된 삼나무의 지위지수가 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 분석되어, 국가수준 삼나무의 지위지수를 경상도 지역 삼나무 임분에 준용할 수 있다고 판단된다.

본 연구에서 개발된 삼나무의 지위지수 곡선과 전라도 지역의 삼나무 지위지수 곡선의 F 검정 결과, p-value가 0.05 이하로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각하는 것으로 분석되었다.

그러나, 기준임령에 따라 분류하여 분석한 결과 기준임령 이전의 경우 p-value가 0.1592로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 분석되었으며, 기준임령 이후의 경우 p-value가 0.0091으로 유의수준 5%에서 귀무가설을 기각하는 것으로 분석되었다.

그래프 분석 결과, 기준임령 이전에는 본 연구에서 개발한 경상도 지역 삼나무의 지위지수 곡선이 선행연구에서 개발된 전라도 지역 삼나무 지위지수 곡선에 비해 우세목의 수고가 낮게 나타났으며, 기준임령 이후에는 본 연구에서 개발한 경상도 지역 삼나무의 우세목 수고가 높게 나타났다.

따라서, 경상도 지역의 삼나무 지위지수 곡선은 기준임령 이전에는 통계적으로 유의한 차이가 없어 전라도 지역에 적용이 가능하지만, 기준임령 이후에는 통계적으로 유의한 차이를 보여 적용이 어려운 것으로 판단되며, 정도 높은 지위의 추정을 위해서는 각 지역별 삼나무의 지위지수 곡선 개발이 필요하다고 판단된다.

본 연구에서 개발한 경상도 지역의 지위지수 곡선은 국가수준에서 사용하는 삼나무의 지위지수에 비해 다양하고 정밀한 추정이 가능하며, 경상도 지역의 지리적·환경적 요소를 반영한 다양하고 정도 높은 지위지수 곡선이라는 점에서 의미가 있다. 또한, 본 연구를 통해 개발한 경상도 지역 삼나무 지위지수를 활용하여, 경상도 지역의 삼나무 임분에 대한 산림경영체계의 기초자료 제공 및 지역적 특성을 반영한 정도 높은 현장 적용력을 통한 경영자의 목적에 맞는 체계적·합리적인 경영이 가능할 것으로 판단된다.

ation for *C. japonica* · *Pinus koraiensis*·*Liriodendron tulipifera*·*Betula platyphylla*: Focused on Jeolla-do. Jeonju. Jeonbuk National University.

Clutter, J.L., Fortson, J.C.L. Pienaar, V., Brister, G.H. and Bailey, R.L. 1983. Timber management: A quantitative approach. John Wiley and Sons. pp. 31-58.

Hong, S.C., Byun, H.S. and Kim, S.S. 1998. Colored illustrations of trees & shrubs in Korea. Book publication of Gyemyeongsa. Seoul. pp. 310.

Husch, B., Beers, T.W. and Kershaw, J.A. 2003. Forest mensuration. Kohn Wiley and Sons, INC. pp. 162-201.

Kang, S.P. 2016. Estimation of site quality and site suitability analysis using environmental factors for major tree species in warm-temperate zone. Gwangju. Chonnam National University.

Korea National Arboretum. 2016. *Cryptomeria japonica*. <http://www.nature.go.kr/main/Main.do> (2009.10.19.)

Laar, A.V. and Akça, A. 1997. Forest mensuration. Cuvillier Verlag Göttingen. pp. 229-235.

Lee, S.H. 2003. Development of site index equation and curves for *Cryptomeria japonica*. Journal of Korean Forest Society 92(2): 152-159.

National Institute of Forest Science. 2016. Present stand yield table. pp. 133-170. Seoul, Korea.

National Institute of Forest Science. 2018. Stumpage volume · biomass & stand yield table. pp. 133-170. Seoul, Korea.

Philip, M.S. 1994. Measuring trees and forests. Cab International. pp. 28-35.

Pyo, J.K., Lee, Y.J., Son, Y.M., Lee, K.H. and Moon, H.S. 2009. Estimation of site index equation for *Pinus densiflora* at Mt. Osu region using schnute growth Function. Journal of Agriculture & Life Science 43(4): 9-14.

Son, Y.M., Lee, K.H., Chung, Y.G., Jung, S.G., Kim, J.J., Yoon, E.Y., Seo, J.W. and Kwon, S.D. 2004. Stem profile models for *Cryptomeria japonica* plantation in Jeju. Proceedings of the 2004. Annual Meeting of the Korean Forest Society 2004: 463-464.

Woo, J.C., Lee, S.H., Kim, S.B., Kim, H.H., Park, J.W., Song, B.M., Ahn, K.W., Lee, Y.J., Lee, J.S., Lee, W.K., Lee, J.H., Choi, S.I. and Choi, J.K. 2017. Forest management. Hyangmunsa. Seoul. pp. 339.

Woo, Y.G., Kim, I.S., Yoo, C.J. and Jang, O.B. 2000. Understanding statistics. Hacmonsa. Seoul. pp. 554.

References

Avery, T.E. and Burkhart, H.E. 2002. Forest measurements. 5th Edition. McGraw-Hill, INC. pp. 321-347.

Choi, S.W. 2020. Development of site index curves and vali-

Manuscript Received : June 15, 2021

First Revision : July 5, 2021

Second Revision : October 7, 2021

Third Revision : October 15, 2021

Accepted : October 26, 2021