

# 토양조성에 따른 옥상녹화용 섬기린초 성장모형 연구

강태호\* · 이 홍\*\* · 조홍하\*\*

\*동국대학교 조경학과 · \*\*동국대학교 대학원 조경학과

## A Study on the Growth Models of *Sedum takevimensense* as Affected by Difference of Soil Mixture Ratio in the Green Roof System

Kang, Tai-Ho\* · Li, Hong\*\* · Zhao, Hong-Xia\*\*

\*Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University

\*\*Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Dongguk University

### ABSTRACT

In order to study the growth models between the growth of *Sedum takevimensense* and growth rate in soil with three types of mix ratios, this experiment was carried out on April 3rd, 2011. A nonlinearity regression analysis was performed using the Logistic and Gompertz models by SPSS. According to the study of growth models of *Sedum takevimensense*, the process of growth and management methods after over-wintering were explicitly determined.

According to the measured values, the growth in the soil of  $P_1P_2V_1$  and  $P_2P_1V_1$  was better than that of  $P_1$ . Particularly, the average length of *Sedum takevimensense* in the soil of  $P_1P_2V_1$  was about twice as great as that in the  $P_1$ . The fitness test of the two growth models was: The predicted value and measured value were separately compared and analysed, the average fitting precision  $R^2$  of the Logistic models was 0.995, but the average  $R^2$  of the Gompertz models was below 0.978, which showed that the Logistic models were better than the Gompertz models. The growth models also showed that the growth time of *Sedum takevimensense* was divided into three: rapid, most rapid and slow. When managed in the rapid and the most rapid time, it will grow better.

*Key Words: Growth, The Ratio of Soil, Logistic, Gompertz*

### 국문초록

본 연구는 2010년 4월 3일부터 3가지 토양 조성에 따른 섬기린초의 월동 후 생육상태를 측정하였고, 초고-성장시간 성장모형을 개발하고자 하였다. 이를 위해 함수식(Logistic식과 Gompertz식)을 사용하였고, SPSS를 이용하여 비선형 회귀분석을 진행하였다. 섬기린초의 초고-성장시간 성장모형을 통하여 섬기린초 월동 후의 성장과정과 관리방법을 명확하게 파악할 수 있다.

섬기린초의 생육상태 측정치에 의하면, 펄라이트( $P_1$ )보다는 혼합한 토양( $P_2P_1V_1$ ,  $P_1P_2V_1$ )의 생육상태가 더 양호하고,

**Corresponding author:** Hong Li, Dept. of Landscape Architecture, Graduate School, Dongguk University, Gyeongju 780-714, Korea, Tel.: +82-10-2257-6669, E-mail: lihong@dongguk.ac.kr

평균초고는 최대 약 2배 정도의 차이가 나타났다. 그리고 섬기린초의 Logistic성장모형과 Gompertz성장모형의 평균결정계수( $R^2$ )는 0.995, 0.978 순으로 나타났으며, Logistic성장모형의 적합성은 Gompertz성장모형보다 높은 것으로 확인되었다. 또한 섬기린초의 성장모형을 통하여 월동 후의 성장 기간은 3기간으로 나눌 수 있으며, 성장형태는 “비교적 빠른 성장기간---아주 빠른 성장기간---느린 성장기간”으로 구분할 수 있다. 옥상녹화용 섬기린초를 관리할 때 빠른 성장기간에서만 관리하면 섬기린초의 생육상태는 많이 좋아질 것으로 판단된다.

주제어: 초고, 토양 배합비, 로지스틱, 고펜츠

## I. 서론

도시의 발달로 인한 도시의 수직적·수평적으로 확장으로 한정된 도시에서의 환경오염, 도시생태계의 악화, 도시 미기후의 변화 등은 부족한 녹지로 인해서 생성되는 문제점이다(김병진, 2010). 도시의 생태적 문제를 야기, 악화시키는 근본적 원인은 녹지공간의 감소라고 할 수 있다. 그러나 대도시내에서 자연녹지의 확보는 현실적으로 매우 어려운 문제이다. 최근에는 도시 내 녹지확보를 위한 현실적인 대안으로 옥상녹화가 부각되고 있고 이에 대한 관심은 도시의 생태적 문제에 대한 인식의 제고와 함께 현저히 달라지고 있다(이춘우, 2008). 뿐만 아니라 옥상녹화는 도시의 환경오염과 생태계의 균형과, 열섬 현상 완화, 에너지 절약 등 문제를 동시에 해결할 수 있는 현실적, 종합적 대안으로 연구의 필요성이 증대하고 있다(김수봉 등, 2003; 최희선과 안동만, 2004; 이동근 등, 2005a; 2005b).

현재 우리나라는 옥상녹화 등 인공지반녹화와 관련한 많은 연구들이 진행되어 왔으며, 식물생육과 식재기반에 미치는 영향을 규명하는 다양한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그리고 옥상녹화용 식물에 대해 연구들은 주로 식물생육과 토양조성, 토심, 비료종류의 관계를 연구하였다(심경구, 2009). 토양, 토심과 관수주기가 식물 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실험을 실시하였으며, 애기기린초를 옥상녹화에 가장 적합한 수종으로 선정하였다(김명희 등, 2003). 또한 세덤속 식물의 초장, 초폭을 측정하였으며, 그 중 섬기린초는 관상 가치가 높은 식물로 선정되었다(김유선과 이정식, 2005). 이 분야의 연구들은 토양조성, 토심에 따른 식물생장과의 관계만을 파악하였으나, 식물의 성장과정과 관리의 관계에 대해 구체적으로 연구하지 못하고 있다.

성장모형이 생태계 및 사회과학 분야에 이용된 후 1990년대 초반부터 임목 성장패턴 추정에 널리 이용되고 있다(Huang and Titus, 2000; Peng *et al.*, 2001). 이들 성장모형의 특징인 비선형(S자형) 곡선의 도출은 임목의 성장패턴과 같은 성향을 보이고 있어, 비선형 곡선을 이용한 임목 성장추정은 보다 현실적인 방법이라 할 수 있다(Avery and Burkhart, 2002; Lee *et al.*, 2009). 성장모형에 대한 연구들은 주로 Gompertz모형을 통

하여 굴참나무 직경과 수고를 대상으로 예측하였다(이상현 등, 2001). 수고-흉고직경 성장패턴에 관한 연구로는 강원도 지역의 소나무림에 대한 연구(이우균, 1996), 잣나무와 신갈나무에 대한 연구(손영모 등, 1997), 곰솔임분에 대한 연구(박명숙과 정영관, 1999) 등 수고 및 직경성장 추정에 대한 연구가 진행되었으나, 옥상녹화용 식물들에 대한 성장모형 연구는 매우 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 옥상녹화용 식물재료 중 관상 가치가 높고 적응력이 강한 섬기린초를 대상으로 토양 조성에 따른 생육상태를 측정하였다. 그리고 성장모형 중 대표성을 가지고 있는 2개 함수식(Logistic식과 Gompertz식)을 사용하였고, SPSS를 이용하여 비선형 회귀분석을 진행하였다. 이를 통해 섬기린초의 초고-성장시간 성장모형을 개발하고, 그의 성장과정과 특성, 토양 조성에 따른 생육에 미치는 영향을 파악하였다. 또한 연구는 섬기린초의 성장에 잘 예측할 수 있는 모형을 통해 섬기린초의 성장시간에 따라 정확한 관리방법을 규명하는데 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 장소 및 재료

#### 1) 실험 장소 개황

이 연구는 2010년 12월부터 동국대학교 경주캠퍼스 자연과학관 옥상에 실험구를 설치하여 진행하였다. 연구 대상지는 북위 $35^{\circ}39' \sim 36^{\circ}04'$ , 동경 $128^{\circ}58' \sim 129^{\circ}31'$ 에 있으며, 사계절의 변화가 뚜렷하며 기후는 대륙성기후의 영향으로 한서의 차가 매우 크게 나타나고 있으며, 내륙지역은 분지인 관계로 해안지역보다 더위가 심한 편이다. 연평균 기온은  $12.5^{\circ}\text{C}$ , 강우량은 1,157 mm로 여름에는 태풍이 연평균 3~4회 내습하고 있다.

#### 2) 기반조성

옥상녹화시스템은 H사의 세덤블록을 이용하여 실험구를 조성하였다(그림 1 참조). 세덤블록 내부에 인공화산석을 8cm 채우고, 그 위에 부직포를 다시 포설한 후 인공토양을 8cm 살포하여 식재하였다.

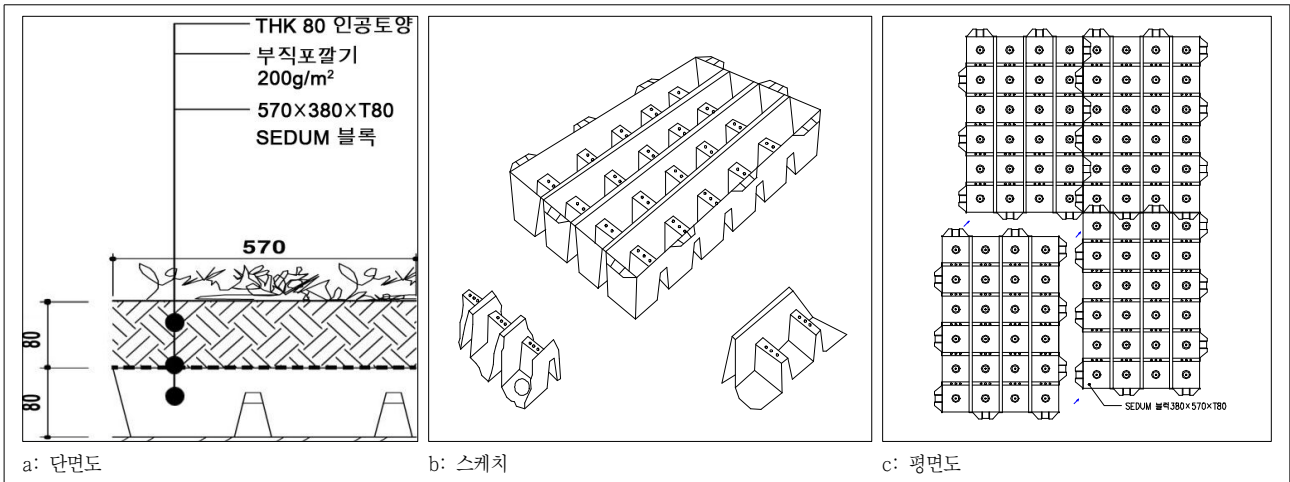


그림 1. 옥상녹화시스템

3) 토양 재료

토양은 옥상녹화의 하중과 식물생육 적합한 조건을 고려하여 토양개량재료로 널리 사용하고 있는 육성용 펄라이트(Perlite)와 버미큘라이트(VermiCulite), 피트모스(Peatmoss)를 선정하였다. 실험구는 토양 조성에 따른 펄라이트:피토모스:버미큘라이트=1:2:1(v/v/v, 이하 P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub>), 펄라이트:피토모스:버미큘라이트=2:1:1(v/v/v, 이하 P<sub>2</sub>P<sub>1</sub>V<sub>1</sub>), 펄라이트=1(v, 이하 P<sub>1</sub>) 3개 구역으로 조성하였다(표 1 참조).

4) 식물 재료

현재 저관리경량형 옥상녹화의 식물 재료는 척박한 환경에 적응력이 강한 세덤속(*Sedum* spp.) 많이 쓰고 있다. 옥상녹화

용 세덤속 식물 중에서 짧은 기간내 생육 상태 가장 좋고 관상 가치가 높은 섬기린초(*Sedum takevimensense* Nakai) 대상으로 실험을 실시하였다(그림 2 참조). 섬기린초는 돌나무과에 속하는 다년생 초본식물이며, 울릉도에서 자라는 특산식물이다. 꽃은 7월경에 피고 황색이며 지름은 13mm이고, 산방화서에 23~30개씩 달린다(이창복, 2003).

2. 실험 방법

1) 식물 생육측정

토양조성에 따른 각각 실험구에서 식물을 9주씩 3반복으로 식재하여 실험을 실시하였다. 생육조사는 섬기린초의 생육상태를 파악하기 위해 2011년 4월부터 6월 말까지 매주 1회씩 총 13회를 실시하였다. 초고는 식물 한 개체 당 높이를 측정하였으며, 같은 토양조성구의 값을 각각 산출하였다(표 2 참조).

2) 성장모형의 구축

섬기린초의 초고-성장시간 적용된 2가지 비선형 함수식을 이용하였으며, 모형식은 다음과 같은 기본 형태를 취한다.

Logistic:  $Y = K/[1+a*exp(-b*x)]$  식 1

Gompertz:  $Y = K*exp[-a*exp(-b*x)]$  식 2

여기서, Y = 측정의 초고,

X = 성장시간,

K, a, b, c = 예측한 파라미터(model parameters to be estimated).

변수 Y는 초고, 성장시간, 예측한 파라미터 등을 구성하는 어떠한 요소라도 변수로 사용 가능하며, 성장추정에 가장 적합한 모형을 도출하기 위해 사용된 통계분석 프로그램은 SPSS18.0

표 1. 성장모형 측정을 위한 토양조성

| 항목    | 토양 조성  | 토양산도(pH)                             |      |
|-------|--|--------------------------------------|------|
| 토양 조성 | P <sub>1</sub> P <sub>2</sub> V <sub>1</sub> | Perlite:Peat moss:VermiCulite =1:2:1 | 6.38 |
|       | P <sub>2</sub> P <sub>1</sub> V <sub>1</sub> | Perlite:Peat moss:VermiCulite =2:1:1 | 6.57 |
|       | P <sub>1</sub>                               | Perlite=1                            | 6.42 |

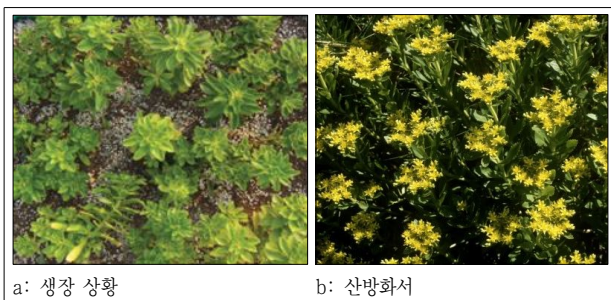


그림 2. 섬기린초

표 2. 섬기린초의 생육측정

| 생장 시간 (days) | P <sub>1</sub> P <sub>2</sub> V <sub>1</sub> |       |       | P <sub>2</sub> P <sub>1</sub> V <sub>1</sub> |      |      | P <sub>1</sub> |      |      |
|--------------|--|-------|-------|--|------|------|----------------|------|------|
|              | 측정치(cm)                                      |       |       | 측정치(cm)                                      |      |      | 측정치(cm)        |      |      |
| 7            | 1.58   | 1.51  | 1.50  | 1.54   | 1.51 | 1.51 | 1.53           | 1.53 | 1.50 |
| 14           | 2.23   | 2.20  | 2.20  | 2.35   | 2.31 | 2.30 | 2.20           | 2.21 | 2.25 |
| 21           | 3.04   | 3.03  | 3.02  | 2.68   | 2.72 | 2.73 | 2.54           | 2.53 | 2.52 |
| 28           | 4.57   | 4.53  | 4.52  | 3.67   | 3.66 | 3.62 | 3.16           | 3.15 | 3.11 |
| 35           | 5.63   | 5.69  | 5.69  | 4.55   | 4.56 | 4.54 | 4.07           | 4.04 | 4.04 |
| 42           | 6.84   | 6.82  | 6.80  | 5.57   | 5.53 | 5.55 | 4.75           | 4.75 | 4.72 |
| 49           | 8.14   | 8.13  | 8.12  | 6.04   | 6.05 | 6.03 | 5.66           | 5.62 | 5.61 |
| 56           | 8.87   | 8.82  | 8.83  | 6.94   | 6.89 | 6.90 | 6.25           | 6.28 | 6.28 |
| 63           | 9.66   | 9.65  | 9.64  | 7.35   | 7.34 | 7.30 | 6.43           | 6.42 | 6.44 |
| 70           | 9.93   | 9.97  | 9.98  | 7.50   | 7.51 | 7.55 | 6.67           | 6.62 | 6.63 |
| 77           | 10.54  | 10.53 | 10.52 | 7.52   | 7.54 | 7.56 | 7.00           | 7.02 | 7.01 |
| 84           | 10.58  | 10.63 | 10.62 | 7.89   | 7.94 | 7.96 | 7.01           | 7.05 | 7.03 |
| 91           | 10.73  | 10.72 | 10.71 | 8.05   | 8.04 | 8.06 | 7.03           | 7.08 | 7.07 |

(IBM SPSS, 2009)로 비선형 회귀분석을 사용하여 추정하였다. 회귀모형을 데이터에 접합시킬 때 종속변수와 독립변수 관계가 생물학적 및 수학적으로 현실적이고, 성장관계를 나타내는 후보 성장 함수식의 적절한 표현형이 유지되도록 하면서 회귀계수 추정에 편의(bias)가 없는 접합이 이루어지도록 하였다 (Lee et al., 2009).

성장추정에 더 적합한 모형을 도출하기 위한 주된 통계 방법은 모형의 추정편의(estimation bias of model), 정도(precision), 실측치에 대한 추정치의 잔차평균제곱(mean square error), 모형의 타당성 검증을 위한 도식화 잔차패턴 분석 그리고 평균편차 등이며, 비선형 회귀분석을 통하여 잔차통계량도 참조하였다(Lee et al., 2009).

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 토양 조성에 따른 실험구 식물 초고

토양 조성에 따른 식물생육은 그림 3과 같다. 실험 결과에 의하면, 토양 조성에 따른 식물생육은 초고에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 초고의 변화는 P<sub>1</sub>보다 혼합한 토양에서(P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>P<sub>1</sub>V<sub>1</sub>) 초고가 긴 것으로 나타났다. 초고는 토양 조성의 차이로 인해 P<sub>1</sub> 처리구보다 P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 처리구에서 약 2배 정도의 성장량으로 나타났다. P<sub>1</sub> 보다 P<sub>2</sub>P<sub>1</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양에서 초고도 긴 것으로 나타났으며, P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양보다 짧은 것으로 나타났다.

2010년 4월 3일부터 4월 10일까지 토양 조성에 따른 섬기린초의 초고 차이는 나타나지 않았다. 그러나 4월 17일부터 초고

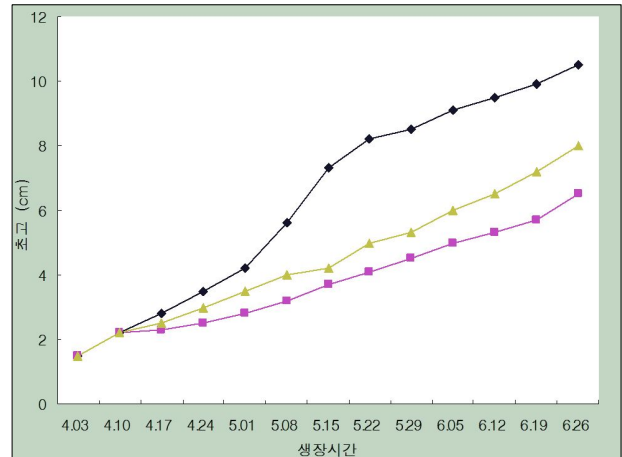


그림 3. 토양 조성에 따른 실험구 식물 초고

범례: P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> P<sub>2</sub>P<sub>1</sub>V<sub>1</sub> P<sub>1</sub>

표 3. 토양 조성에 따른 초고의 차이

| 토양 조성                                | 평균(cm) | 표준편차 | 유의확률   |
|--------------------------------------|--------|------|--------|
| Perlite:Peat moss:VermiCulite =1:2:1 | 6.44   | 1.32 | 0.000* |
| Perlite:Peat moss:VermiCulite =2:1:1 | 4.52   | 1.67 |        |
| Perlite=1                            | 3.83   | 1.48 |        |

\*p<.01

의 변화는 P<sub>1</sub>보다 P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양에서 성장량이 더 큰 것으로 나타났다. 특히 5월 22일에 P<sub>1</sub> 토양보다 P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양에서 초고가 2배 정도의 차이가 나타났다. P<sub>1</sub>보다는 P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양에서 평균적으로 식물생육이 활발한 것으로 나타났다. 이는 피트모스와 버미큘라이트의 유기질 성분에서 기인한 것으로 판단된다. 또한 혼합한 토양에서 영양물질 함량이 높기 때문에 식물 생육 상태에 있어 더 양호한 결과로 나타났다.

표 3에서 보는 바와 같이 2010년 4월 3일부터 6월 26일까지 토양 조성에 따른 차이는 초고의 경우 유의성이 인정되었다. 초고는 토양 조성에 따른 영향으로 식물생육 변화는 P<sub>1</sub> 토양과 P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양비교 결과, P<sub>1</sub> 토양의 경우 평균 6.44cm, P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양의 경우 3.83cm 생육한 것으로 나타났다.

#### 2. 토양 조성에 따른 모형 적합성 및 타당성

##### 1) 토양조성에 따른 모형 적합성

초고와 성장시간의 관계를 파악하기 위해서 Logistic모형과 Gompertz모형을 사용하였다(표 4 참조). 토양조성에 따른 Logistic 모형의 결정계수(R<sup>2</sup>) 값은 0.994 이상으로 나타났고, Gompertz 모형은 0.985 이하로 나타났다. 결정계수(R<sup>2</sup>) 값에 따르면 Logistic

표 4. 두 모형을 예측한 파라미터

| 토양조성   | 모형(Model) | 예측한 파라미터<br>(Parameter value and fitting precision) |       |      |                |
|--|-----------|---|-------|------|----------------|
|  |           | k   | a     | b    | R <sup>2</sup> |
| P <sub>1</sub> P <sub>2</sub> V <sub>1</sub> | Logistic  | 10.98   | 10.24 | 0.07 | 0.995          |
|  | Gompertz  | 11.24   | 10.48 | 0.09 | 0.977          |
| P <sub>2</sub> P <sub>1</sub> V <sub>1</sub> | Logistic  | 8.03  | 7.48  | 0.07 | 0.996          |
|  | Gompertz  | 8.23  | 7.56  | 0.07 | 0.985          |
| P <sub>1</sub>                               | Logistic  | 7.08  | 6.95  | 0.07 | 0.994          |
|  | Gompertz  | 7.12  | 6.73  | 0.07 | 0.973          |

성장모형의 적합성은 Gompertz성장모형보다 높은 것으로 확인되었다. 2개 모형 중에서 적합도가 낮은 Gompertz모형 역시 초고가 작은 때는(생육 초기) 과소추정을 보였고, 초고의 증가에(생육 후기) 따라 과대추정을 보였다.

2) 토양 조성에 따른 모형 타당성

그림 4, 5, 6에서 보는 바와 같이 Logistic모형곡선 경사도에 따라서 섬기린초의 성장기간은 3기간으로 나눌 수 있으며, 성장형태는 “비교적 빠른 성장기간---아주 빠른 성장기간---느린 성장기간”으로 구분할 수 있다. P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양의 경우

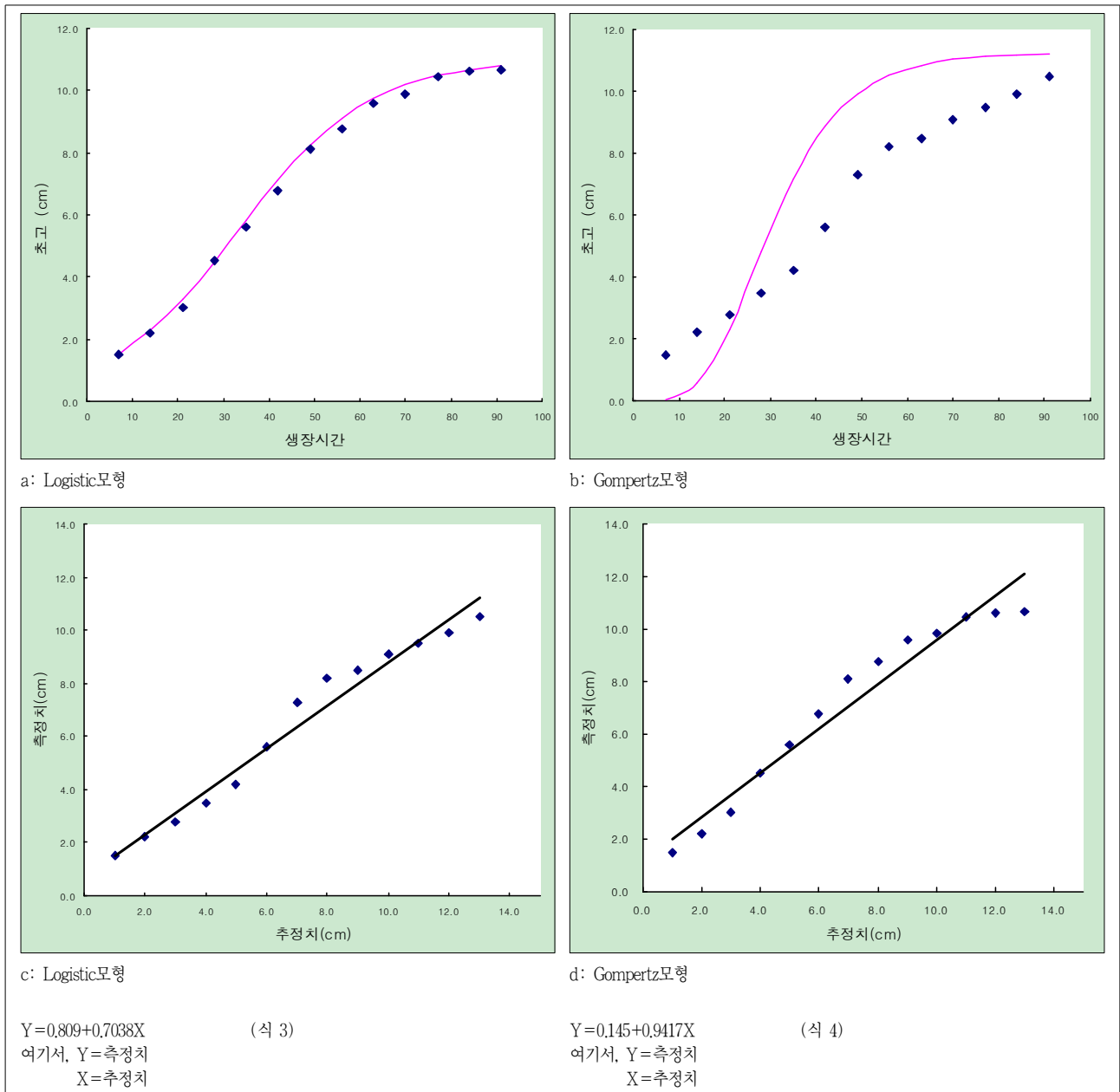


그림 4. 두 모형 측정치와 추정치 간의 관계(P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub>)

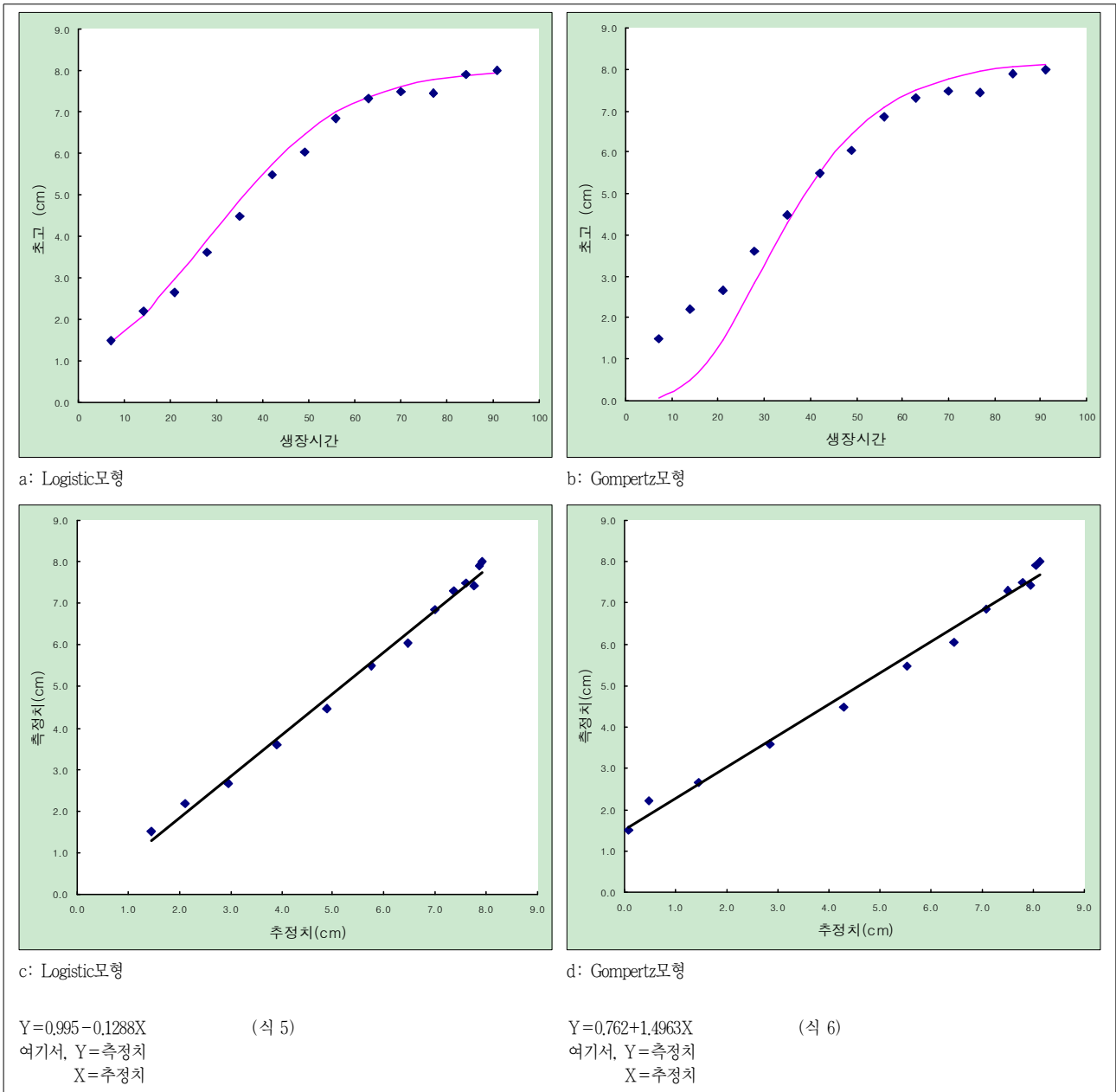


그림 5. 두 모형 측정치와 추정치 간의 관계(P<sub>2</sub>P<sub>1</sub>V<sub>1</sub>)

섬기린초의 비교적 빠른 성장기간이 0~30일, 아주 빠른 성장기간이 40~60일, 느린 성장기간이 60일 후를 나타내었고, P<sub>2</sub>P<sub>1</sub>V<sub>1</sub>의 경우 섬기린초의 비교적 빠른 성장기간이 0~40일, 아주 빠른 성장기간이 40~60일, 느린 성장기간이 60일 후를 보였으며, P<sub>1</sub>의 경우 섬기린초의 비교적 빠른 성장기간이 0~20일, 아주 빠른 성장기간이 30~50일, 느린 성장기간이 60일 후를 나타냈다. 실험 결과, 토양조성에 따른 성장모형을 통하여 섬기린초의 성장특성을 파악할 수 있다.

측정치(Y)와 이에 영향을 미치는 추정치(X)와의 관계에서 식 3~식 8의 모형식이 도출되었다. 측정치와 추정치의 관계는

선형 상관을 나타냈다. 평균편의는 추정치에서 측정치의 차이를 나타낸 것으로 0에 가까울수록 오차가 작다고 할 수 있다. P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양의 경우 Logistic모형에서는 섬기린초의 성장기간이 28~42일 때 평균편의가 가장 작게 나타났고, 56~70일 때 약간의 차이를 나타냈다. P<sub>2</sub>P<sub>1</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양의 경우 Logistic모형에서는 섬기린초의 성장기간이 10~20일 때, 50~70일 때 평균편의가 가장 작았고, 20~50일 때 약간의 차이를 나타냈다. P<sub>1</sub> 토양의 경우 Logistic모형에서는 섬기린초의 성장기간이 50~70일 때 평균편의가 가장 작게 나타났고, 20~40일 때 약간의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

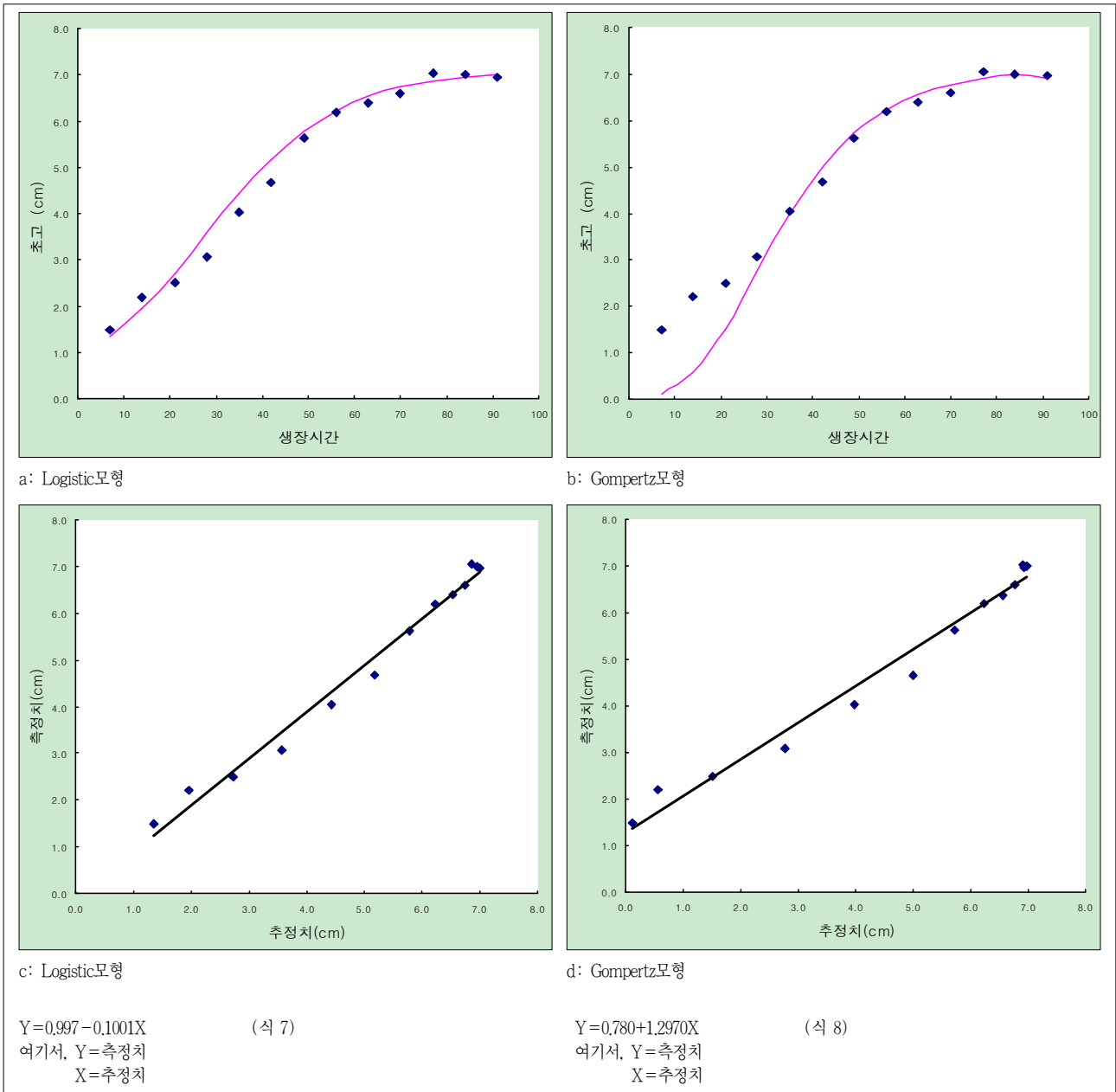


그림 6. 두 모형 측정치와 추정치 간의 관계(P<sub>1</sub>)

Logistic모형에 비해 Gompertz모형은 큰 평균 편의를 나타냈다. P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub>의 경우 Gompertz모형에서는 섬기린초는 28일 때 다소 작은 평균편의를 나타냈으며, 나머지 기간일 때 평균편의가 큰 것으로 나타났다. 특히 이 모형에서는 섬기린초의 성장초기는(10일 때) 측정치가 1.5cm를 나타낸 반면, 추정치가 0.07cm를 나타냈다. P<sub>2</sub>P<sub>1</sub>V<sub>1</sub>의 경우 Gompertz모형에서는 섬기린초는 40~80일 때 다소 작았고, 다른 일 때(초기) 평균편의가 큰 것으로 나타났다. P<sub>1</sub>의 경우 Gompertz모형에서는 섬기린초는 35~100일 때 다소 작은 평균편의를 나타냈으며, 다른 일 때(초기) 평균편의가 큰 것으로 나타났다. 따라서 Gompertz모형은 섬기

린초의 초기 성장형태를 적합하지 않는 것으로 생각된다.

총괄적으로 말하면, 섬기린초가 P<sub>1</sub>P<sub>2</sub>V<sub>1</sub> 혼합한 토양에 생육이 원활하고 Logistic모형에서 양호한 설명력은 가지고 있다. Logistic 모형에 따른 유지관리를 통해 섬기린초는 더 잘 성장할 수 있고 척박한 옥상환경에 적합한 녹화재료가 될 수 있을 것이다.

#### IV. 결론

본 연구는 토양 구성에 따른 옥상녹화용 섬기린초를 이용하여 Logistic모형과 Gompertz모형으로 성장모형의 변화를 분석



하며 정도가 높은 성장모형 구축의 가능성 여부를 판단하였다. 즉, 기본적으로 추정된 모형에 각 토양 조성의 성장시간을 독립 변수로 도입하여 모형의 정도를 향상시킬 수 있었다. 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

3가지 토양 조성에 따른 2개 성장모형의 결정계수( $R^2$ ) 값은 모두 0.954 이상의 높은 값을 나타냈으나, Logistic모형의 결정계수( $R^2$ ) 값은 0.994 이상으로 나타났고, Gompertz모형은 0.985 이하로 나타났다. 구체적으로  $P_1P_2V_1$  혼합한 토양의 경우 Logistic 성장모형의 결정계수는 0.995, Gompertz모형은 0.977로 나타냈으며,  $P_2P_1V_1$  혼합한 토양의 경우 Logistic모형은 0.996, Gompertz모형은 0.985로 나타냈고, 대조구 토양  $P_1$ 의 경우 Logistic모형은 0.994, Gompertz모형은 0.973으로 나타났다. 이 결과에 의하면 Logistic성장모형의 적합성은 Gompertz성장모형보다 높은 것으로 확인될 수 있다.

섬기린초의 초고-성장시간 성장모형을 통하여 섬기린초의 성장과정과 관리방법을 명확하게 파악하였다. 섬기린초의 성장기간은 3기간으로 나눌 수 있으며, 성장형태는 “비교적 빠른 성장기간---아주 빠른 성장기간---느린 성장기간”으로 나타났다. 구체적으로  $P_1P_2V_1$  혼합한 토양의 경우 섬기린초는 40~60일, 초고 7~10cm 때,  $P_2P_1V_1$  혼합한 토양의 경우 섬기린초는 40~60일, 초고 5~8cm 때,  $P_1$  토양의 경우 섬기린초는 30~50일, 초고 3~8cm 성장하였을 때, 시비와 관계를 하면 생육상태가 더 좋아질 수 있다.

이 연구는 초고-성장시간 성장모형을 개발하기 위하여 세덤속 섬기린초를 위주로 연구하였다. 섬기린초와 더불어 옥상녹화용으로 많이 쓰이고 있는 세덤속 식물 종류를 몇 종 추가하여 비교분석하지 못한 점은 본 연구의 한계라 할 수 있을 것이다. 이러한 미흡한 점은 후속연구를 통해 보완될 수 있을 것으로 생각한다.

인용문헌

1. 김명희, 방광자, 주진희, 한승원(2003) 옥상조경용 경량 토양의 혼합비와 토심이 3가지 자생초화류의 생육에 미치는 영향. 한국조경학회지 31(1): 101-107.
2. 김병진(2010) 저관리 경량형 옥상녹화에 적합한 식물선정을 위한 연구. 계명대학교 대학원 석사학위논문.
3. 김수봉, 심근정, 이홍대, 권진오(2003) 옥상녹화 활성화 방안에 관한 연구. 한국정원학회지 21(3): 54-62.
4. 김유선, 이정식(2005) 저관리 경량형 옥상녹화에 적합한 *Sedum*속 식물 선발. 한국화훼연구회지 13(1): 14-20.
5. 박명숙, 정연관(1999) 곰솔임분의 직경 및 수고성장 추정에 관한 연구. 한국임학회지 88(1): 47-54.
6. 손영모, 이경학, 정영교(1997) 비선형 성장함수를 이용한 임분성장 추정. 한국임학회지 86(2): 135-145.
7. 심경구(2009) 그린타운 개발사업 III. 한국건설기술연구원.
8. 이동근, 윤소원, 오승환, 장성완(2005) 옥상녹화조성에 따른 온도저감효과에 관한 연구: 서울대학교 실험구를 중심으로. 한국환경복원기술학회지 8(6): 34-44.
9. 이동근, 윤소원, 오승환, 장성완(2005) 옥상녹화 조성지역의 현황평가 및 이용객 만족도 연구. 한국환경복원기술학회지 8(6): 45-58.
10. 이상현, 서병수, 박우진(2001) 변산반도 굴참나무 직경 및 수고 성장모형의 개발. 산림경제연구 9(2): 63-68.
11. 이우균(1996) 강원도지역 소나무의 임분 및 일반 수고-흉고직경곡선 모델. 산림경제연구 4(2): 66-78.
12. 이창복(2003) 원색대한식물도감(상). 서울: 향문사.
13. 이춘우(2008) 옥상녹화 활성화를 위한 녹화유형별 기온저감효과 및 시민의식 분석. 계명대학교 대학원 석사학위논문.
14. 최희선, 안동만(2004) 옥상녹화 식재기법에 따른 식생변화: 이엽식물을 중심으로. 한국환경복원녹화기술학회지 7(3): 35-47.
15. Avery, T. E. and H. E. Burkhart(2002) Forest Measurements, 5th edition McGraw-Hill Inc., New York, p. 406.
16. Huang, S., D. Price and S. J. Titus(2000) Development of ecoregion-based height-diameter models for white spruce in Boreal forests. Forest Ecology and Management 129: 125-141.
17. Lee, Y. J., D. W. Coble, S. H. Kim, W. K. Lee and J. K. Choi (2009) A mixed-effects height-diameter model for *Pinus densiflora* trees in Gangwon province of Korea. Journal of Korean Forest Society 98(2): 178-182.
18. Peng, C. H., L. Zhang and J. Liu (2001a). Developing and validation nonlinear height-diameter models for major tree species of Ontario's Boreal forests. Northern Journal of Applied Forestry 18(3): 87-94.

원 고 접 수 일: 2011년 11월 18일  
 심 사 일: 2011년 12월 5일(1차)  
 2011년 12월 14일(2차)  
 개 재 확 정 일: 2011년 12월 17일  
 3 인 의 명 심 사 필