

Research Paper

## 기후변화 시나리오 앙상블을 통한 오미자의 재배적지 변화 예측

이슬애\* · 이상혁\*\* · 지승용\* · 최재용\*

충남대학교 산림환경자원학과\*, 충남대학교 농업과학연구소\*\*

### Predicting change of suitable plantation of *Schisandra chinensis* with ensemble of climate change scenario

Sol Ae Lee\* · Sang-Hyuk Lee\*\* · Seung-Yong Ji\* · Jaeyong Choi\*

Department of Environment & Forest Resources, Chungnam National University\*  
Institute of Agricultural Science, Chungnam National University\*\*

**요약** : 단기소득임산물 중 재배기간이 비교적 긴 오미자는 기후변화 영향에 대응하기 위해 재배적지의 변화 양상을 파악할 필요가 있다. 이에 RCP 4.5 및 RCP 8.5 두 가지 시나리오에 대해 IPCC 5차보고서에 사용된 기후모델 중 5가지를 앙상블하여 2050년대와 2070년대의 오미자 분포를 예측하였다. 분석결과 RCP 4.5를 기준으로 하였을 때 현재 재배적지의 43%정도가 감소할 것으로 예측되었으며 2070년대에는 57%정도 감소할 것으로 나타났다. RCP 8.5시나리오에서는 2050년대에 55%정도가 감소할 것으로 나타났으며, 2070년대에 현재의 86%까지 감소할 것으로 나타났다. 기후변화 취약지역 분석결과 강원도와 경상북도 일부를 제외한 지역들이 모두 기후변화 취약지역으로 분류되어 기후변화 영향 최소화를 위해서는 강원도와 경상북도 북부지역에서 재배하는 것이 효과적일 것으로 판단되었다.

**주요어** : CMIP5, RCP, 중분포모델, Maxent, 단기소득임산물

**Abstract** : Predicting possible distributed area of *Schisandra chinensis* which has long term cultivation period among non-timber forest products is needed to be studied to deal with climate change. Hence, distribution of *Schisandra chinensis* in the 2050s and 2070s was predicted under two scenario, RCP 4.5 and RCP 8.5, with ensemble of 5 climate models used in IPCC AR5. According to estimation using RCP 4.5, distribution of *Schisandra chinensis* in 2050s appeared to decrease 43% of current area and appeared to decrease 57% in 2070s respectively. Moreover, According to estimation using RCP

Fist Author: Sol Ae Lee, Dep. of Environment and Forest Resources, Chungnam National Univ, Daejeon 34134, Korea, Tel:+82-42-821-7835, E-mail: solae2@cnu.ac.kr

Corresponding Author: Jaeyong Choi, Dep. of Environment and Forest Resources, Chungnam National Univ, Daejeon 34134, Korea, Tel:+82-42-821-5750, E-mail: jaychoi@cnu.ac.kr

Co-Authors: Sang-Hyuk Lee, Institute of Agricultural Science, Chungnam National Univ, Daejeon 34134, Korea, Tel:+82-42-821-7835, E-mail: forestout@gmail.com

Seung-Yong Ji, Dep. of Environment and Forest Resources, Chungnam National Univ, Daejeon 34134, Korea, Tel:+82-42-821-7835, E-mail: seungyongji@naver.com

Received: 18 January, 2016. Revised: 22 February, 2016. Accepted: 22 February, 2016.

8.5, distribution of *Schisandra chinensis* in 2050s appeared to decrease 55% of current area and appeared to decrease 85% in 2070s. As a final outcome, *Schisandra chinensis* was estimated to extinct in the future except Gangwon-do and Gyeongsangbuk-do when analyzing change between current distributed area and future distributed area. As a result, those areas were classified as vulnerable areas to climate change. Therefore, Gangwon-do and Gyeongsangbuk-do were thought to be ideal for growing *Schisandra chinensis*. The result from this study can be used to provide basic information for selecting proper area of *Schisandra chinensis* considering climate change effect.

Keywords : CMIP5, RCP, SDM, Maxent, Non-timber forest Products

## I. 서론

IPCC 제 5차 평가보고서(AR5)에 따르면 지구온난화는 지난 30년간 지속적으로 심화되어 최근 온실가스 배출량은 관측 이래 최고 수준으로 기록되었다고 보고하였다. 지구 온난화는 동물과 식물의 지리적 범위, 이주 패턴, 개체 수 등에 영향을 주며 작물 수확량에도 상당히 부정적 영향을 끼쳐 인간과 자연에 상당한 영향을 미치는 것으로 평가되었다(IPCC 2014).

이에 대응하기 위해 2010년, 우리나라 각 정부 부처에서는 국가 기후변화 적응 대책을 수립하였으며, 국토의 약 64%가 산림인 우리나라는 산림분야의 기후변화 적응에 대해 다양한 대책을 수립하였다. 그 중 기상요소 변화로 인한 산림 취약성 평가의 필요성을 역설하였으며 단기임산물에 대한 영향을 예측하는 것은 임업경제적 측면에서 매우 중요하다고 보고하였다(Relevant ministries 2010).

국내에서는 기후변화로 인한 산림생태의 영향에 대응하기 위하여 여러 가지 연구가 이루어졌다. 국내 주요 산림을 중심으로 식물계절현상을 분석하고 기후변화와 관련된 미래의 생물행동변화를 예측하기도 하였으며(Ministry of Environment 2007), 기후변화 취약식물종이나 보전가치가 높은 고유종을 대상으로 식물계절의 변화를 분석하기도 하였다(Kim et al, 2011; Lee et al, 2012). 또한 기후변화에 따른 산림의 분포변화를 예측하는 연구도 다수 진행되었으며(Lee et al, 2011; Yun 2011), 식생의 구조 및 수직적 분포, 환경조건과 식생구조간의 상관관계를 분석하는 연구도 진행되었다(Lee & Jung 2011). 이렇듯

우리나라 주요 수목과 자생식물에 대한 기후변화 연구는 활발하게 이루어지고 있으나 임산물을 대상으로 한 연구는 미진한 편으로 기후변화가 임산물에 미치는 영향에 관한 연구가 요구되고 있는 실정이다.

단기소득 임산물은 수실류, 버섯류, 산채류, 약초류, 약용류 등으로 나뉘며 그 중 약용식물은 수실류 다음으로 가장 많은 생산액을 차지하고 있다. 약용식물의 경우 뿌리 순, 줄기, 열매, 진액 등을 약재로 사용하거나 식용으로 사용하기 때문에 생산기간이 다른 작물들에 비해 상당히 길다(Korean Forestry Promotion Institute 2013a). 이러한 생산기간이 긴 작물들은 기후변화에 대응하기 위하여 장기적인 관점에서 적지를 파악할 필요가 있으며 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 단기소득임산물 중 재배기간이 비교적 긴 약용수실에 속하는 오미자(*Schisandra chinensis*)를 대상으로 하여 기후변화의 영향을 파악하고자 하였다.

지난 5년간 오미자 생산량은 점점 증가하는 추세에 있으며 2013년 우리나라 전국 오미자 생산량은 약 9,600톤 정도로 생산액은 약 1,200억 원에 달하는 것으로 조사되어 오미자에 대한 수요가 상당한 것으로 나타났다(Statistic Korea 2015). 특용작물생산현황조사(2010~2013)에 따르면 2013년 오미자의 재배면적은 경작지(52ha)에서보다 임야(2,337ha)에서 45배가량 많은 것으로 조사되어 자생지를 바탕으로 한 재배적지 연구가 필요한 것으로 판단하였다(Ministry of Agriculture 2013). 이에 따라 본 연구에서는 기후변화에 따른 오미자 자생가능기역의 변

화 추정으로 기후변화 취약지역을 판별하고, 이를 향후 오미자 재배지선정 시 기초자료로 활용할 수 있도록 정보를 제공하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 연구 대상 및 범위

본 연구에서는 단기소득임산물 중 약용수실에 속하는 오미자(*Schisandra chinensis*)를 대상으로 하여 기후변화의 영향을 파악하고자 하였다.

본 연구의 공간적인 범위는 중요한 환경변수 중 하나인 토양자료의 적용을 위해 한반도의 남한으로 설정하였다. 기후변화의 영향으로 인한 오미자의 분포 변화를 예측하기 위하여 1950~2000년의 관측 자료를 현재기후로 설정하였고 2050년대(2041~2060)와 2070년대(2061~2080)를 각각 가까운 미래와 먼 미래로 설정하여 기후변화에 따른 영향을 예측하였다.

### 2. 재배 적지의 구분

작물의 재배적지를 구분하는 방법은 FAO에서 사용하는 최대저해인자법, 재배인자별로 점수를 부여하고 합계를 이용하는 방식, 가중치를 적용하여 점수를 합산하는 방식, 다변량통계분석을 이용하는 방식 등 다양하다(Hyun et al, 2010). 그러나 오미자의 재배는 경작지에서의 재배보다 임야의 자생지를 바탕으로 이루어지는 바, 본 연구에서는 자생지를 바탕으로 한 재배적지를 구분하기 위하여 종 분포 모델링을 통해 산출된 출현지역을 재배적지로 구분하였다. 오미자의 분포 예측에는 출현자료를 바탕으로 하는 Maxent모형을 이용하였다. 우리나라의 경우 비출현 자료의 수집한계로 인하여 주로 출현자료만으로 모

델링을 수행하게 되는데, 그 중 Maxent는 출현자료만을 사용하는 모델들 중 예측정확도가 가장 높은 것으로 알려져 있다(Elith et al, 2006; Gibson et al, 2007; Seo et al, 2008).

### 3. 입력변수 선정 및 자료수집

Maxent를 구동하기 위한 입력변수로는 문헌고찰을 통해 오미자의 분포에 중요하게 작용할 것으로 판단되는 기후와 환경적 요소들을 선정하였다.

#### 1) 환경변수의 선정

연구대상인 오미자는 낙엽활엽성의 덩굴성 다년생 식물로 중국 및 우리나라 태백산, 지리산 등의 깊은 산속에서 자생하고 있다(Korean Forest Service 2008; Korean Forestry Promotion Institute 2013b). 오미자는 내한성이 강하지만 고온에 약하여 주로 고온에 의한 피해가 적은 중부이북의 고랭지에서 잘 자라는 것으로 알려져 있다(Korean Forest Service 2012; Korean Forestry Promotion Institute 2013b). 또한 고온의 피해가 적은 고도 500~700m의 준산간지 서북향이나 북향에 자생하고 있는 것으로 조사되었으며(Korean Forest Service 2008; Lim et al, 2010; Korean Forestry Promotion Institute 2013b), 경사도는 17.6~36.4% 정도의 낮은 경사도에서 생육이 좋은 것으로 알려져 있다(Lim et al, 2010; Korean Forest Service 2012; Korean Forestry Promotion Institute 2013b). 토양은 공극이 많고 배수가 잘 되는 지반이 적합한 것으로 조사되었다(Korean Forest Service 2008; Lim et al, 2010; Korean Forestry Promotion Institute 2013b). 이와 같이 오미자의 자생환경 특성이 고도, 경사도, 경

Table 1. List of environmental variables used for the prediction of suitable habitat

Division	Variables	Data type	Source
Soil	Drainage	Categorical	Forest soil digital map of Korea Forest Service
	Soil depth	Continuous	
	Soil characteristics	Categorical	
Topography	Altitude	Continuous	Digital Elevation Model of National Geographic Information Institute
	Slope	Continuous	
	Aspect	Continuous	

사방향, 토양 등과 관계있는 것으로 확인되어 본 연구에서는 이를 적용하기 위해 산림청 산림입지토양도의 토양배수, 유효토심, 토성 자료를 추출하여 사용하였으며, 지리적 변수로는 국토지리정보원의 수치표고모델(DEM)로부터 고도, 경사도, 경사방향을 추출하여 사용하였다(Table 1).

## 2) 기후변수의 선정

기후자료는 WorldClim에서 30"의 해상도로 downscale하여 제공하는 BIOCLIM자료를 다운로드하여 사용하였다. BIOCLIM은 생물학적으로 의미있는 변수를 생성하기 위해 온도 및 월간 강우량으로부터 도출된 변수이다. 19개의 BIOCLIM변수는 공선성(collinearity)이 발생할 가능성이 있으므로(Watling et al. 2012) 상관분석과 주성분분석(Principal Component Analysis, PCA)을 통하여(Dormann et al. 2007; Syfert et al. 2013) 등온성(BIO3), 최한월의 최저기온(BIO6), 강수량의 계절성(BIO15), 최고 강수분기의 강수량(BIO16)을 선정하여 사용하였다.

미래의 불확실성을 고려하기 위하여 RCP 4.5와 RCP 8.5 두 가지 시나리오를 이용하였으며 기후모델로는 IPCC5차 보고서에 사용된 기후모델 중 중 북사강제력 변화에 중요한 영향을 미치는 에어로졸의 영향을 충분히 반영한 5개의 모델을 선정하고 2050년대(2041~2060년 평균)와 2070년대(2061~2080년 평균)의 기후자료로 활용하였다. 사용된 모델의 리스트는 Table 2와 같다.

불확실성을 감소시키기 위하여 5개의 모델에 대한 앙상블을 수행하였다. 앙상블 방법으로는 하나의 모델을 사용하지 않고 초기조건을 달리하여 조합하는

Single-Model Ensemble(SME), 여러 모델결과를 조합하는 모델 간 앙상블(Multi-Model Ensemble, MME)이 있다. 이 중 모델 간 앙상블 방식에는 기후모델의 값을 평균하는 방법, 전지구모형의 정확성에 따라 가중치를 부여하여 결합하는 Reliability Ensemble Average방법, 모델별 중앙값(median)을 이용하는 방법 등이 있으며, 기후모형별로 모형을 구동하여 값을 종합하는 방법도 사용하고 있다(Byun et al. 2002; Kim 2010; Korea Meteorological Administration 2012). 본 연구에서는 기후모형별로 모형을 구동하고 산출된 결과값을 평균내어 값을 종합하는 방식을 택하였다. 평균값을 적용하여 도출한 결과물은 단순 평균값이 제공할 수 있는 의미에는 한계가 있으나, 과대추정이나 과소추정을 방지한다는 점에서는 효과가 있다.

## 3) 대상종의 위치자료

종속변수인 대상종의 위치는 5차 국가산림자원조사(National Forest Inventory; NFI) 데이터를 활용하였다. 이는 4km 간격으로 배치된 표본점에서 조사한 식생자료로 2006년부터 2010년까지 조사된 자료를 종합하고 중복된 집락을 제외하여 총 203개소의 위치자료를 연구에 사용하였다.

## 4. 종분포모형 적용

선정된 기후 및 환경변수들을 입력하여 기후변화에 따른 오미자의 분포 변화를 예측하기 위해 Maxent를 구동하였다. 입력변수들은 DEM과 동일하게 100m 격자 크기로 통일시켜 사용하였다. Maxent는 모형의 정확성 향상을 위하여 10회 반복측정 하였으

Table 2. List of Climate models used in this study

Model	Country	Institute
ACCESS1.0	Australia	CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia), and BOM (Bureau of Meteorology, Australia)
GISS-E2-R	USA	NASA Goddard Institute for Space Studies
HadGEM2-CC	UK	National Institute of Meteorological Research/Korea Meteorological Administration
MIROC5	Japan	Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology
NorESM1-M	Norway	Norwegian Climate Centre

(IPCC 2013)

며 모형의 정확도는 ROC(Receiver-Operating Characteristic)곡선의 AUC(Area Under the ROC Curve)값으로 측정하였다. 출현지역과 비출현지역을 구분하기 위한 임계치(threshold)는 민감도(sensitivity)와 특이도(specificity)가 같아지는 지점의 값(Equal Training Sensitivity and Specificity logistic threshold)으로 설정하여 면적을 산출하였다(Cantor et al. 1999; Manel et al. 2001; Cantor et al. 1999).

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 오미자 분포 환경

오미자의 현재 분포위치자료로부터 각 환경변수의 값을 추출하여 분포 환경을 분석하였다. 오미자는 연평균기온 7~9℃, 연강수량 1,400~1,500mm인 곳에 주로 분포하고 있는 것으로 나타났다. 지형적으로는 고도 500~800m, 경사도 12~22°인 지역에 분포하는 것으로 나타났으며, 남사면보다는 북사면인 곳에

에 더 많이 분포하는 것으로 나타났다(Figure 1).

#### 2. 모형의 정확도 검증 및 변수 기여도 평가

10회 반복 측정된 오미자 잠재 서식지 모형의 정확도(10k-fold AUC value of ROC)는 0.802로 비교적 높게 측정되었다. 구축된 모형에 기반하여 각 변수가 종의 분포를 예측하는데 어느 정도 기여를 하는지 나타내주는 변수별 기여도는 최한일의 최저온도(BIO6)가 25.8%로 가장 중요한 기후변수로 평가되었으며, 강수량의 경우 최고 강수분기의 강수량(BIO16)이 6.1%로 오미자의 분포를 예측하는데 큰 기여를 한 것으로 나타났다. 기타 환경변수로는 고도의 영향이 가장 큰 것으로 판단되었다(Figure 2).

변수의 기여도를 토대로 오미자의 분포환경을 살펴보면 오미자는 겨울철 최저온도가 -10~-13℃인 곳에 주로 분포하여 내한성이 강하다는 선행연구와 일치하게 나타났다. 또한 최고 강수분기의 강수량의 경우 750~800mm인 지역에 주로 분포하고 있는 것

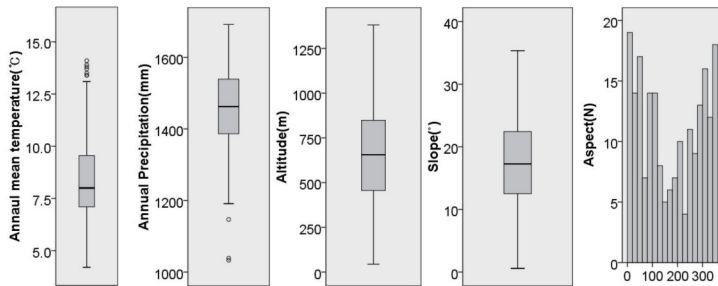


Figure 1. Environmental attributes of *Schisandra chinensis* in South Korea

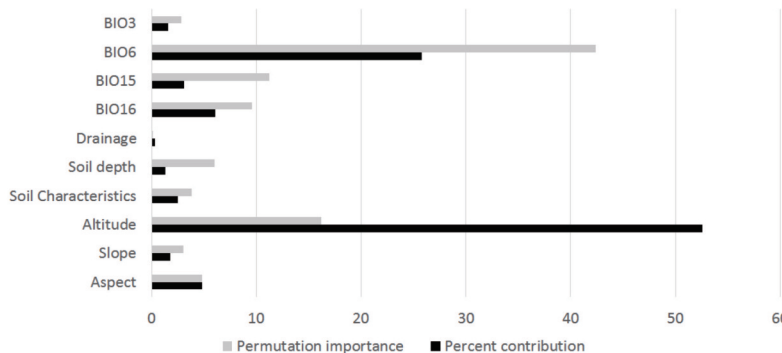
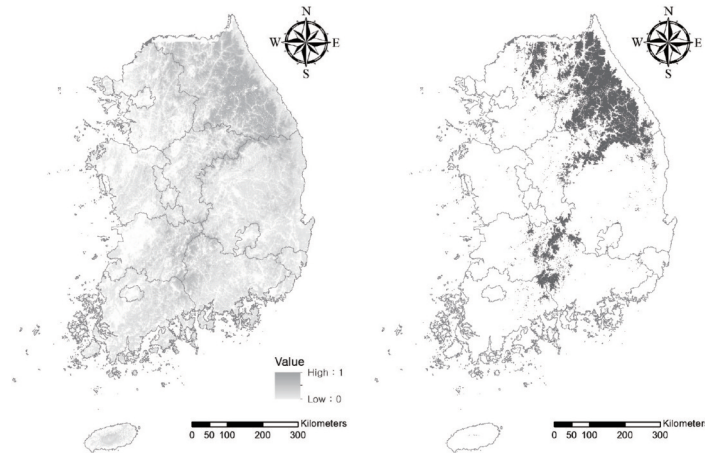


Figure 2. Contribution of environment variables in the estimation of the distribution of suitable habitat by Maxent model



Figure 3. SDM results of *Schisandra chinensis*(left) and SDM results applying threshold(right)Table 3. Comparison of cultivated area and potential area of *Schisandra chinensis*

AD*	ADA**(km <sup>2</sup> )	Cultivated area(km <sup>2</sup> )	Simulated area(km <sup>2</sup> )	Prop.***(%)
GW	16,826	0.54	7,844	46.6
GG	10,173	0.07	499	4.9
GN	10,538	0.4	752	7.1
GB	19,029	0.73	1,250	6.6
GJ	501	-	3	0.6
DG	884	-	11	1.2
DJ	539	-	2	0.4
BS	770	-	0	0
SU	605	-	0	0
SJ	465	-	0	0
US	1,061	-	7	0.7
IC	1,048	-	0	0
JN	12,309	0.38	172	1.4
JB	8,067	0.19	698	8.7
JJ	1,849	0.19	3	0.2
CN	8,214	0.47	20	0.2
CB	7,407	0.43	854	11.5
Sum	100,284	1.66	12,117	12.1

\* Administrative district acronym: GW; Gangwon-do, GG; Gyeonggi-do, GN; Gyeongsangnam-do, GB; Gyeongsangbuk-do, GJ; Gwangju, DG; Daegu, DJ; Daejeon, BS; Busan, SU; Seoul, SJ; Sejong, US; Ulsan, IC; Incheon, JN; Jeollanam-do, JB; Jeollabuk-do, JJ; Jeju-do, CN; Chungcheongnam-do, CB; Chungcheongbuk-do

\*\* Administrative District Area

\*\*\* proportion of simulated area to Administrative district area

으로 나타났으며, 고도 500~800m인 지역에서 높은 출현확률을 나타내었다. 이는 오미자가 고온에 약하기 때문인 것으로 사료되며 온도가 오미자의 재배에서 가장 중요하게 작용하고 있음을 알 수 있다.

### 3. 오미자의 잠재 서식지 예측결과

2013년 오미자의 재배면적은 경상북도(0.73km<sup>2</sup>), 강원도(0.53km<sup>2</sup>), 충청남도(0.47km<sup>2</sup>)순인 것으로 조사되었다(Statistic Korea 2013). 종 분포모형을 통해 분석한 오미자의 출현 가능성은 강원도 전역과

소백산맥을 따라 높게 측정되었다(Figure 3). 분석결과로 나온 임계치(threshold)인 0.3502를 적용하여 산출한 면적은 강원도(7,844km<sup>2</sup>), 경상북도(1,250km<sup>2</sup>), 충청북도(854km<sup>2</sup>)순으로 넓게 나타났으며, 행정구역 면적대비 출현면적은 강원도(46.6%), 충청북도(11.5%), 전라북도(8.7%)순으로 높게 나타났다. 실제 재배 면적과 분포 가능지역 면적간의 차이는 상당한 것으로 나타났는데(Table 3), 이는 Maxent 분석을 통하여 산정한 면적은 기후와 환경적인 요소만으로 재배 가능한 면적을 나타낸 것이기 때문이다. 실제 재배면적과의 차이를 최소화하기 위해서는 절벽이나 도심지역 등의 재배가 불가능한 면적을 제외시켜야 하며, 도로와의 거리 등을 고려하여 실현 불가능한 지역들을 제외시켜야한다. 또한 실제 재배지는 오미

자의 경제성, 수요 및 생산비 등에 따라 크게 좌우되므로 기후환경적 요소만으로 추정된 Maxent의 결과물과 비교하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 사료된다. 그러나 모델링을 통하여 분포 가능할 것으로 나타난 지역은 오미자가 잘 재배될 수 있는 여건을 갖추었다고 판단되므로 향후 오미자 재배지 고려 시 재배적으로 활용 가능할 것으로 사료된다.

#### 4. 미래 서식지 예측결과

미래 분포 예상 면적은 RCP 4.5시나리오와 8.5시나리오에서 모두 큰 폭으로 감소할 것으로 나타났으며, 강원도와 경상북도 일부지방을 제외하고는 모두 부적합 것으로 예측되었다(Figure 4). 이러한 결과는 기온이 상승함에 따라 오미자가 기온이 상대적으로

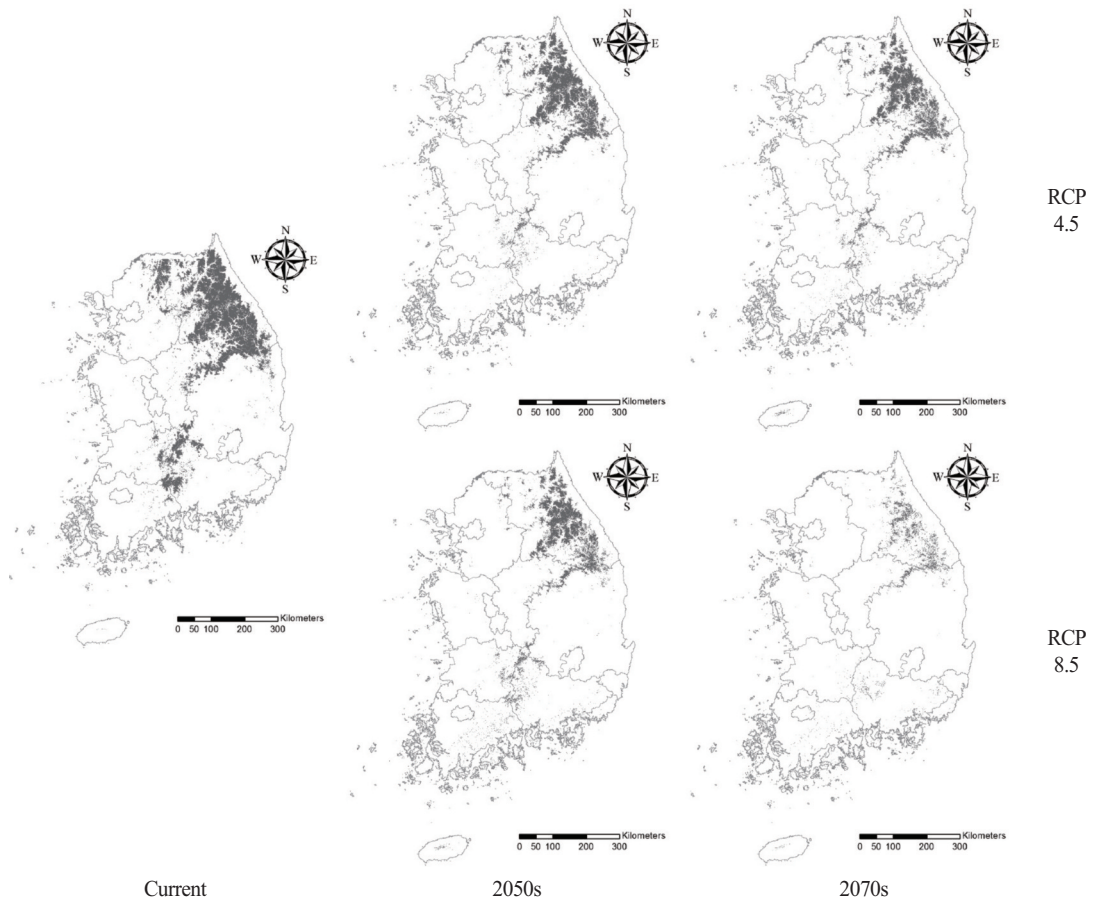


Figure 4 . Potential distributions of *Schisandra chinensis* under climate change scenarios and time

Table 4. Predicted area of *Schisandra chinensis* by administrative district(km<sup>2</sup>)

AD*	ADA**	Current	RCP 4.5		RCP 8.5	
			2050s	2070s	2050s	2070s
GW	16,826	7,844	5,422	4,249	3,922	1,243
GG	10,173	499	122	71	39	9
GN	10,538	752	176	203	301	125
GB	19,029	1,250	527	501	391	167
GJ	501	3	1	2	3	3
DG	884	11	2	2	4	0
DJ	539	2	2	1	2	1
BS	770	0	1	3	3	2
SU	605	0	0	0	0	0
SJ	465	0	0	0	0	0
US	1,061	7	1	2	2	2
IC	1,048	0	0	0	0	0
JN	12,309	172	31	81	169	54
JB	8,067	698	216	203	275	28
JJ	1,849	3	10	34	23	10
CN	8,214	20	5	3	4	1
CB	7,407	854	411	322	268	95
Sum	100,284	12,117	6,926	5,677	5,407	1,741

\* Administrative district acronym: GW; Gangwon-do, GG; Gyeonggi-do, GN; Gyeongsangnam-do, GB; Gyeongsangbuk-do, GJ; Gwangju, DG; Daegu, DJ; Daejeon, BS; Busan, SU; Seoul, SJ; Sejong, US; Ulsan, IC; Incheon, JN; Jeollanam-do, JB; Jeollabuk-do, JJ; Jeju-do, CN; Chungcheongnam-do, CB; Chungcheongbuk-do

\*\* Administrative District Area

낮은 고산지대로 이동할 가능성이 높기 때문인 것으로 판단되며, RCP 8.5에 따른 2070년대에 대면적이 소멸하는 것은 고온에 약한 오미자가 높은 평균기온으로 인해 고사하기 때문인 것으로 사료된다. RCP 4.5에 따라 예측한 서식지 면적 변화는 2050년대에 43% 감소하여 6,926km<sup>2</sup>정도 일 것으로 예측되었으며 2070년대에는 현재의 절반정도 감소하여 5,677km<sup>2</sup>정도일 것으로 나타났다. 또한 RCP 8.5시

나리오에 따르면 2050년대의 오미자 분포는 55% 감소하여 5,407km<sup>2</sup>정도일 것으로 나타났으며, 2070년대에는 현재의 86%까지 감소하여 1,740km<sup>2</sup>정도의 면적에서만 자생 가능할 것으로 나타났다(Table 4).

## 5. 모델별 예측결과

기후모델에 따라 예측한 2050년대와 2070년대의 오미자의 분포 예상 면적은 모델별로 상이하게 나타

Table 5. Comparison of predicted area between 5 models used in IPCC AR5(km<sup>2</sup>)

Models	RCP 4.5		RCP 8.5	
	2050s	2070s	2050s	2070s
ACCESS1.0	6,793	<b>2,299</b>	<b>1,250</b>	<b>801</b>
GISS-E2-R	6,175	6,640	<b>9,447</b>	4,513
HadGEM2-CC	<b>5,706</b>	5,296	5,763	996
MIROC5	<b>10,087</b>	<b>9,249</b>	7,060	<b>6,628</b>
NorESM1-M	7,232	6,764	7,441	1,811
Average	6,926	5,677	5,407	1,741

Bold: Maximum and minimum predicted area



났다. 전체적으로는 ACCESS1.0모형을 사용하였을 때 가장 적은 면적이 도출되었으며 MIROC5 모델에서 가장 넓은 면적이 예측되었으나 모든 결과에서 이러한 양상이 나타나지는 않았다. RCP 4.5에 따라 추정된 2050년대의 오미자 면적은 HadGEM2-CC 모델에서 5,706km<sup>2</sup>로 가장 좁게 예측되었으며 RCP 8.5에 따른 2050년대 오미자 면적은 GISS-E2-R모델이 가장 넓게 예측되었다(Table 5).

#### IV. 결론

본 연구에서는 IPCC 5차 보고서에 사용된 5가지 기후모델을 앙상블하여 오미자의 분포 가능 면적을 예측하였다. 연구결과 오미자는 RCP 4.5와 RCP 8.5 시나리오에서 모두 크게 감소하는 양상을 나타내었다. RCP 4.5에 따라 예측한 결과 2050년대에는 현재의 43%정도가 감소할 것으로 예측되었으며 2070년대에는 절반정도 감소할 것으로 나타났다. RCP 8.5시나리오 또한 2050년대에는 절반정도가 감소할 것으로 나타났으며, 2070년대에는 현재 대비 약 86%까지 감소하여 1,740km<sup>2</sup>정도의 면적에서만 자생 가능할 것으로 나타났다.

현재 분포지와 미래분포지간의 변화를 분석하여 기후변화 취약지역을 판별한 결과 강원도와 경상북도 일부를 제외한 지역들은 모두 기후변화 취약지역으로 분류되었다. 따라서 기후변화 영향을 최소화하기 위해서는 강원도 및 경상북도 북부지역에서 재배하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

본 연구에 사용된 기후자료는 down-scaling 된 GCM자료로 남한의 기후를 상세하게 모사하였다고 보기에는 부족함이 있다. 그러나 IPCC 5차 보고서에 사용된 다양한 기후모델들을 앙상블하여 불확실성을 줄이고자 하였으며, 모델에 따른 분포지 예측 양상을 비교하였다는 데에 의의가 있다. 추후 연구에는 regional scale의 기후자료 사용으로 예측 정확도를 향상시킬 필요가 있다.

또한 본 연구의 대상수종인 오미자는 북방계식물이나 북한지역의 서식지 정보 및 토양환경정보의 누락으로 인하여 연구대상지를 남한에 한정지어 수행

할 수밖에 없었다. 이로 인하여 모델링을 수행하기 위해 분석된 환경특성이 오미자 환경특성의 일부만 반영되었다는 한계가 있다.

기후변화의 영향으로 인한 임가의 피해를 최소화하기 위해서는 각 임산물에 대한 기후변화 모델링이 요구되어진다. 임업분야에서는 다양한 임산물의 모델링을 통하여 기후변화에 대한 영향정도를 파악해야 할 뿐만 아니라 재배 적지의 변화를 예측하여 추후 재배지 선택 시 정보를 제공할 수 있도록 준비하여야 한다. 따라서 본 연구의 결과는 기후변화를 고려한 오미자 재배지 선정 등에 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의글

본 연구는 2015년도 충남대학교 학술진흥연구비에 의해 지원되었습니다.

#### References

- Byun YH, Park JK, Jung HS. 2002. A comparison of ensemble method between models in prediction of season. *J Meteorological Society*. 12(1): 1-3. [Korean Literature]
- Cantor SB, Sun CC, Tortolero-Luna G, Richard-Kortum R, Follen M. 1999. A comparison of C/B ratios from studies using receiver operating characteristic curve analysis. *J Clinical Epidemiology*. 52: 885-892.
- Dormann CF. 2007. Effects of incorporating spatial autocorrelation into the analysis of species distribution data. *Global Ecology and Biogeography*. 16(2): 129-138.
- Elith J, Graham CH, Anderson RP, Dudik M, Ferrier S, Guisan A, Hijmans RJ, Huettmann F, Leathwick JR, Lehmann A, Li J, Lohmann LG, Loiselle BA, Manion G, Moritz C, Nakamura M, Nakazawa Y,

- Overton J McC, Peterson AT, Phillips SJ, Richardson KS, Scachetti-Pereira R, Schapire RE, Soberon J, Williams S, Wisz MS, Zimmermann NE. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*. 29: 129-151.
- Gibson L, Barrett B, Burbidge A. 2007. Dealing with uncertain absences in habitat modelling: a case study of a rare ground-dwelling parrot. *Diversity and Distributions*. 13(6): 704-713.
- Hyun BK, Jung SJ, Sonn YK, Park CW, Zhang YS, Song KC, Kim LH, Choi EY, Hong SY, Kwon SI, Jang BC. 2010. *J Soil Science and Fertilizer*. 43(5): 696-704. [Korean Literature]
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer. Geneva, Switzerland.
- Kim HJ, Hong JK, Kim SC, Oh SH, Kim JH. 2011. Plant Phenology of Threatened species for Climate change in Sub-alpine zone of Korea - Especially on the Summit Area of Mt. Deogyusan -. *J plant resources*. 24(5): 549-556. [Korean Literature]
- Kim YD. 2010. New trend of research in reduction of uncertainty in effect assessment of climate change. *J Water Resources Association*. 43(9): 32-36. [Korean Literature]
- Korea Meteorological Administration. 2012. *Catchable Forecasting Technology*. [Korean Literature]
- Korean Forestry Promotion Institute. 2013a. *Manual of Standard Income Process of Non-timber Forest Products*. [Korean Literature]
- Korean Forestry Promotion Institute. 2013b. *Easy Omija*. [Korean Literature]
- Korean Forest Service. 2008. *Specialized Items Technical Dissemination Book⑥. Special Tree Cultivation*. [Korean Literature]
- Korean Forest service. 2012. *Standard Forest Products Cultivation Manual for Good Agricultural Practices(GAP)*. [Korean Literature]
- Lee SC, Choi SH, Lee WK, Byun JG. 2011. The Effect of Climate Data Applying Temperature Lapse Rate on Prediction of Potential Forest Distribution. *J Society for GeoSpatial Information System*. 19(2): 19-27. [Korean Literature]
- Lee SH, Jung HC, Choi JY. 2012. Projecting Climate Change Impact on the Potential Distribution of Endemic Plants (*Megaleranthis saniculifolia*) in Korea. *J Society of Environmental Restoration Technology*. 15(3): 75-84. [Korean Literature]
- Lee SJ, Ahn YH. 2011. Influences of Global Warming and Succession Possibility through Vertical Distribution of Communities in Ecotone. Wolchulsan National Park. *J environmental sciences*. 20(12): 1561-1584. [Korean Literature]
- Lim SJ, Lee KS, Jung HR, Kim YG, Song MS, Cho JY. 2010. Soil and Environmental Characteristics of *Schizandra Chinensis* Baillon Habitat Located in Jangsu-gun, Jeollabuk-do. *J Soil Science and Fertilizer*. 43(6): 771-775. [Korean Literature]
- Manel S, Dias JM, Ormerod SJ. 1999. Comparing discriminant analysis, neural networks and logistic regression for predicting species

- distributions: a case study with a Himalayan river bird. *Ecological Modelling*. 120: 337-347.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2013. Current State of Production of Special Crops. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2007. National Long-term Research Project of Ecology. [Korean Literature]
- Relevant ministries. 2010. National Climate Change Adaptation Measures(2011~2015). [Korean Literature]
- Seo CW, Park YR, Choi YS. 2008. Comparison of Species Distribution Models According to Location Data. *J Society for GeoSpatial Information System*. 16(4): 59-64. [Korean Literature]
- Statistic Korea. National statistic portal (<http://kosis.kr>)
- Syfert MM, Smith MJ, Coomes DA. 2013. The Effects of Sampling Bias and Model Complexity on the Predictive Performance of MaxEnt Species Distribution Models. *PLoS ONE*. 8(2): e55158.
- Watling JI, Romaach SS, Bucklin DN, Speroterra C, Brandt LA, Pearlstine LG, Mazzotti FJ. 2012. Do bioclimate variables improve performance of climate envelope models?. *Ecological Modelling*. 246(10): 79-85.
- Yun JH, Kim JH, Oh KH, Lee BY. 2011. Distributional Change and Climate Condition of Warm-temperate Evergreen Broad-leaved Trees in Korea. *J Environ and ecology*. 25(1): 47-56. [Korean Literature]