

연구논문

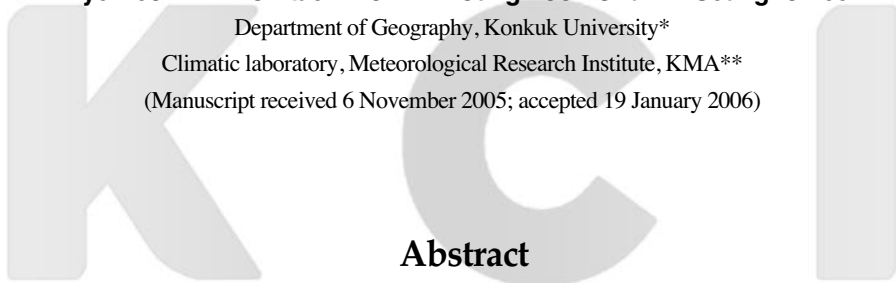
우리나라에서 기온 상승이 식생분포에 미치는 영향
- 대나무와 마늘을 중심으로 -

허인혜*,** · 권원태** · 전영문* · 이승호*
건국대학교 이과대학*, 기상청 기상연구소 기후연구실**
(2005년 11월 6일 접수, 2006년 1월 19일 승인)

The Impact of Temperature Rising on the Distribution of Plant
- in Case of Bamboos and Garlics -

Inhye Heo*,** · Won-tae Kwon** · Youngmoon Chun* · Seungho Lee*

Department of Geography, Konkuk University*
Climatic laboratory, Meteorological Research Institute, KMA**
(Manuscript received 6 November 2005; accepted 19 January 2006)

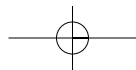


Abstract

Global warming brings about changes of diverse environmental, especially changes of plant distribution. The purpose of this paper is to examine the relationship between temperature rise and changes of northern limit of vegetation growth in Korea. Bamboos (*Phyllostachys*) and boundary between the northern type and southern type of garlic (*Allium sativum* L.) were selected. The data of the distributions of bamboos and garlic are collected by field survey and interviews. Temperature is analyzed from 1904 to 2000.

The northern limit of *Phyllostachys* moves 60-100 km northward, for about 100 years, the period of 1907-2003 and mean temperature of Korea increases about 2°C during the same period. It means that the northern limit moves 30-50 km northward, for each 1°C rising of January mean temperature. The boundary between the northern type and southern types of garlic moves northward 40-140 km from 1980s to 2000. The moving width is broad in the west coastal region while the width is narrow in the inland and mountain regions. The mean moving width is about 100 km.

Key words : global warming, distribution of bamboos and garlics, rising of January mean temperature



1. 서론

식물은 기후의 영향을 크게 받는다. 그러므로 최한월 평균기온과 최난월 평균기온, 그리고 강수량과 강수량의 계절별 분포 등의 영향으로 그 분포가 상이하다. 우리나라의 연평균 강수량은 약 1,200mm로 비교적 많은 편이며, 울릉도를 제외하면 그 계절별 분포가 크게 다르지 않기 때문에 식물의 분포는 강수량보다는 기온의 영향이 더 크게 작용한다. 특히 최한월인 1월의 기온이 식생과 작물의 분포에 미치는 영향이 크다(임양재, 1991).

최근 지구 온난화는 전 세계인의 중요한 관심사이며, 오늘날 전 지구적으로 기온의 상승 경향은 분명한 사실로 인식되고 있다. 우리나라는 지난 50년간 평균기온이 10년에 약 0.23℃정도 상승한 것으로 알려져 있으며 특히 겨울철 기온의 증가폭이 더 크다(Jung *et al.*, 2002). 이러한 기온 상승의 경향은 다양한 환경의 변화를 야기하며, 특히 식물의 분포 변화에 큰 영향을 미치고 있다. 식물은 각 지역의 기후 특성을 잘 반영하는 경관으로 기후 변화는 식물의 분포, 개화 시기, 재배 기간, 생산량, 생육 등 다양한 특성에 영향을 미친다(윤성호 외, 2001; 이승호·이경미, 2003 등).

우리나라 기후 특성에 따라 분포의 차이가 잘 나타나는 식물로는 대나무와 마늘이 대표적이다. 겨울에도 생장하는 대나무는 기온의 분포와 밀접한 관계를 갖는다. 임양재(1973)는 온량지수를 이용하여 왕대의 수직적 분포를 연구하였으며, 공우석(1985)은 대나무의 분포와 기후, 해양, 지형 등의 환경 요인을 분석하여 북한계선을 제시하였다. 마늘은 오랫동안 영양 번식에 의해 재배가 이루어져 왔기 때문에 그 지역의 자연 환경, 특히 기온 환경에 적응하여 왔다. 우리나라에서 재배되는 마늘은 비교적 겨울이 따뜻한 남부 지방에 적응한 난지형 마늘과 상대적으로 추운 중부 지방에 적응한 한지형 마늘로 구분된다(이우승, 1994). 이러한 대나무와 두 마늘 품종의 분포 변화는 기온의 변화를 이해하는데 기본이 될 수 있다.

본 연구에서는 기온의 영향이 그 분포에 잘 반영되는 것으로 알려진 대나무와 마늘을 사례로 선정하여, 왕대속 대나무류와 품종별 마늘의 분포를 파악하고 각각의 북한계와 경계를 제시하여 그 분포와 기온 상승과의 관계를 파악하고자 한다.

II. 연구 자료 및 방법

본 연구에 이용된 주요 자료는 현지답사에서 얻은 왕대속 대나무류와 품종별 마늘의 분포 자료, 그리고 대나무와 마늘의 분포와 관련된 각종 문헌 자료, 대나무와 마늘 분포 지역 주민과의 면담 자료이다. 또한 우리나라 81개 기상 관측소의 최근 30년 간(1971~2000년)의 기온 자료도 사용되었다. 그러나 장기간의 변화 특성을 파악할 필요가 있는 경우 자료의 기간을 연장하였다.

기존에 조사된 문헌 자료를 참고로 하여 대나무와 마늘의 분포를 조사한 후, 2002년 2월부터 2004년 6월까지 답사 경로를 수차례 현지 조사를 실행하여 대나무와 마늘의 실제 분포를 파악하였다(그림 1). 이

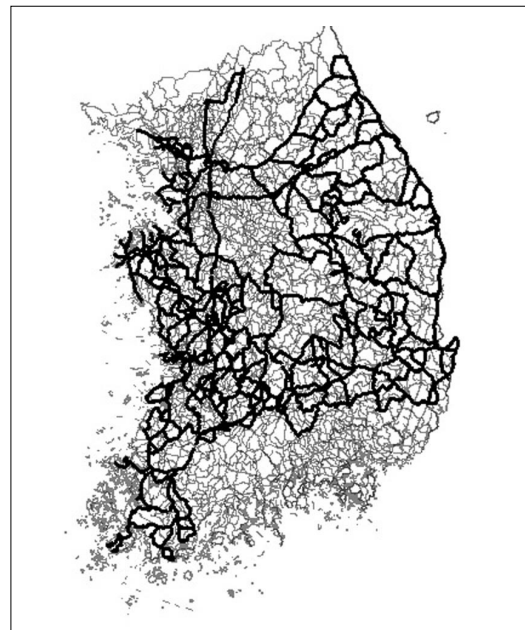


그림 1. 대나무와 마늘의 조사 경로(진한 선)



그림 2. 수세가 양호한 대나무 군락(경북 영천)

를 통하여 왕대속 대나무류와 품종별 마늘의 분포도를 작성하였다. 1:100,000 축척의 지도상에 실제 분포 지점을 상세히 표시한 후, 각각의 분포 지점을 ArcGIS 8.1을 통하여 1:250,000 축척의 수치 지도상에 지도화 하였다. 그리고 왕대속 및 마늘의 생육과 관련되는 핵심 기온 요소를 추출한 뒤, 이를 바탕으로 왕대속 대나무류 및 품종별 마늘의 분포와 기온과의 관계를 분석하였다.

분석 대상 식물로는 한반도 온대 남부 지역의 주요 표종종(植木秀幹, 1932)인 왕대속 대나무류(*Phyllostachys*)와 우리나라 안에서 기후 특성에 의해 한지형과 난지형으로 구별되는 마늘(*Allium sativum* L.)을 선정하였다. 조사 대상인 왕대속 대나무류에는 난대성 식물인 왕대(참대, *Phyllostachys bambusoides* S. et Z. = *Phyllostachys reticulata* (Rupr.) Koch)를 포함한 오죽(*Phyllostachys nigra* (Lodd.) Munro), 솜대(분죽, *Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf), 반죽(*Phyllostachys nigra* for. *punctata* (Bean) Schulle), 죽순대(*Phyllostachys heterocycla* (Carr.) Mitf. = *Phyllostachys pubescens* Mazel), 관암죽(*Phyllostachys compressa* Uyeki) 등이 포함된다. 왕대속 대나무류의 분포 지역은 수령이 30년 이상인 것으로 판단되는 군락이 있는 지점을 대상으로 하였고 주변 지역의 왕대속 대나무류의 분포와 공간적 연속성이 인정되는 것을 선정하였다. 대나무의 수령 파악은 그 지역 주민과의 면담에 기초하였다. 그림 2는 수령 30년 이

그림 3. 난지형 마늘과 한지형 마늘
(충남 서산, 왼편: 난지형, 오른편: 한지형)

상이면서 수세가 양호한 왕대속 대나무의 상태를 보여주는 것으로 굵기가 굵고 수고가 높은 것을 볼 수 있다.

마늘은 우리나라에서 겨울을 나는 월동 2년생 작물로 난지형 마늘은 월동 전에 맹아하고 한지형 마늘은 월동 후에 맹아하는 것이 서로 구별되는 점이다. 난지형은 휴면 기간이 짧고 인편 분화에 필요한 저온 요구 기간도 짧아 삭이 겨울 전에 일찍 난다. 반면에 한지형 마늘은 휴면 기간이 길고 저온 요구 기간이 길어 월동 후에 삭이 난다. 따라서 한지형을 난지에서 재배하면 저온 요구도가 불충분하여 구비대가 불량해지고 반대로 난지형을 한지에서 재배하면 동해를 받아 생육이 저조하고 수량이 감소한다(박원규 외, 2001). 품종별 마늘의 분포 조사는 주로 매해 3월부터 5월 사이에 이루어졌다. 이 기간이 육안으로 마늘의 품종별 재배 상태를 파악하기 쉬운 시기이다. 그림 3과 같이 이 시기에는 난지형 마늘은 무성하게 성장한 것을 볼 수 있으나, 한지형 마늘은 그에 비하여 성장 상태가 저조함을 볼 수 있다.

마늘의 품종 분포 지역을 결정할 때 두 품종 중 생육 상태가 더 양호한 마늘의 품종을 그 지역의 대표적인 마늘 품종으로 선정하였다. 이 경우 한지형 마늘 재배를 더 선호하는 경향이 있으므로 한지형 마늘의 분포를 더 우선시 하였다. 또한 조사된 마늘의 분포와 관련된 기후 요소의 분포도를 작성하기 위하여 마늘의 생육과 관련된 다양한 기온 관련 자료들을 추

출하고, 이를 바탕으로 마늘 품종별 분포와 기후 요소간의 관계를 고찰하였다.

III. 대나무 북한계의 변화

Lautensach(1935)는 온대 남부 지역의 특징 식생으로 대나무대(Bamboo zone)를 설정한 바 있다. 이는 대나무가 한반도 남부 지역에 특징적으로 분포하므로 중부 지역과 경계를 지을 수 있는 식생 인자로 고려될 수 있음을 의미한다. 대나무의 분포와 생육은 상대적으로 타 수종에 비하여 기온에 많은 영향을 받고 있으며, 또한 분포 지역의 기후 요소 중 특히 기온을 잘 반영하는 지표 수종이다(공우석, 1985).

대나무는 땅속 줄기로 번식하지만 식재림이 대부분이므로 자연 상태의 산림과 비교하여 기후 환경과의 관련성을 고려한다면 중요도가 미비할 수 있다. 그러나 오랜 기간동안 기후 환경에 영향을 받아 정착하여 분포하였으므로 기후 환경을 충분히 반영한 자료로서 그 중요성이 크다고 생각한다. 설령 인위적으로 대나무를 식재한다고 하더라도 기후적 최소 요구치에 이를 수 없는 지역이라면 성장하기 어렵다. 이러한 측면에서 기존에 정립된 삼림대 중 우리나라의 남부 지역과 중부 지역의 경계선으로 인식되었던 왕대속의 분포를 살펴보는 것은 의의 있는 일이다.

왕대속의 대나무류는 중국이 원산지로 고대로부터 충청도 이남에 식재하여 건축재 및 죽세공재, 농업용 자재, 관상용, 식용 및 약용, 그리고 방풍림의 용도로 이용하였다. 특히 전라남도의 담양을 중심으로 하여 제주도, 전라북도, 경상남도, 충청남도 일부 지역에 널리 분포하고 있다.

왕대속의 분포 조사는 일반적으로 분포지가 잘 알려진 곳은 확인이 필요한 지역을, 그 밖의 지역들은 대나무 분포의 북한계로 생각되는 지점들을 중심으로 하였다. 대나무 분포의 북한계와 관련하여 주로 조사된 종으로는 왕대와 솜대이며 그 밖의 죽순대, 오죽, 반죽, 관암죽 등은 식용과 관상용으로 식재되어 국지적으로 분포하고 있었다.



그림 4. 수세가 빈약한 상태의 대나무 군락(서울 광진구 화양동)

조사 지역 중 대나무 분포 북한계 지역과 인접한 곳이나 그 이북의 지역 즉, 서울과 충청남도의 천안시, 충청북도의 음성군과 괴산군, 경상북도의 예천군, 영주시, 봉화군, 청송군, 강원도의 고성군 등에서도 왕대속 대나무류가 자라고 있으나 그 일부 지역에서는 수고와 흉고 직경, 수세 등 전반적인 생육 상태가 비교적 빈약하였다(그림 4). 서울의 경우 여러 곳에서 왕대속의 대나무류가 발견되지만, 대부분은 수령 30년을 넘기지 않은 것이어서 현재로서는 그 분포 지역으로 인정하기 어렵다. 이런 경우는 왕대속 대나무류 군락이 있다고 하더라도 그 분포 지역에 포함하지 않았다.

이를 기본으로 하여 일정 규모의 군락을 형성하고 있는 왕대속 대나무류의 분포 북한계는 경기도 화성시 서신면, 평택시 포승면, 아산시, 천안시, 충청북도의 청주시, 보은군, 옥천군, 영동시, 경상북도의 상주시, 문경시, 예천군, 영주시, 안동시, 그리고 청송군에서 주왕산을 끼고 동해안을 따라 북상하여 강원도의 강릉시, 양양군, 속초시, 고성군에 이르는 지역이라고 할 수 있다(그림 5).

내륙 지역에 비하여 그 북한계가 해안에서는 더 북쪽으로 확대된다. 특히 동해안은 강원도 고성군 간성을 송죽리 지역까지이며 서해안은 경기도 화성시 서신면 전곡리 지역까지 분포하여 동해안에서 더 북쪽까지 분포함을 확인할 수 있다. 그러나 동해안의 경우는 강원도 고성군 송죽리 이북의 지역은 군사상의

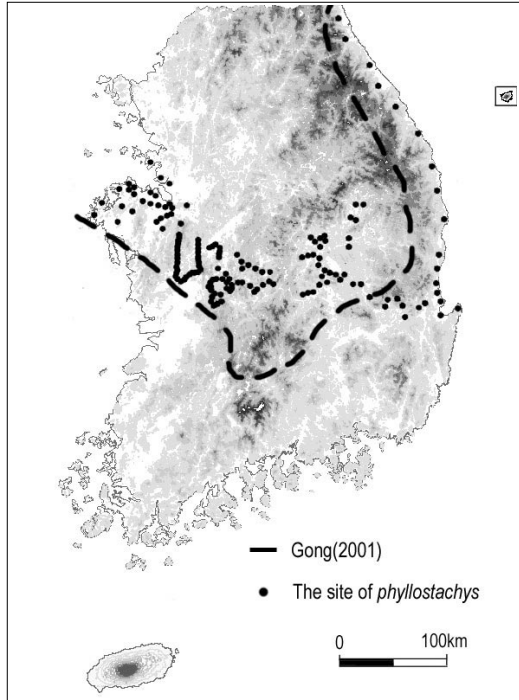


그림 5. 왕대속 대나무류의 분포 조사 지점(2003)

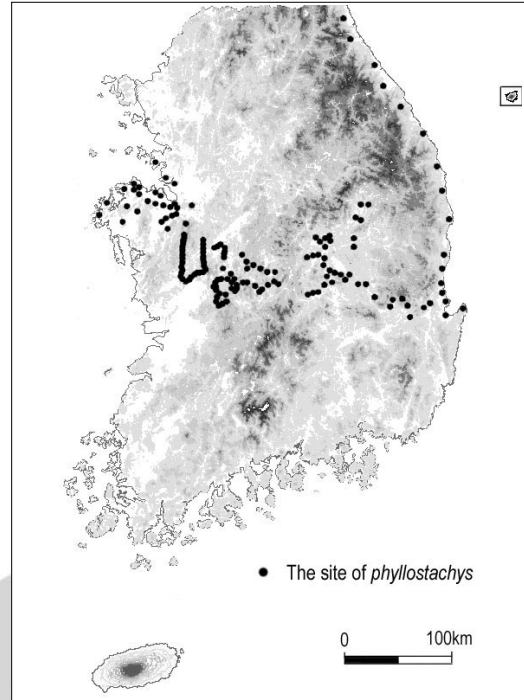


그림 6. 왕대속 대나무류의 분포 조사 지점과 공우석(2001)의 비교

이유로 확인이 불가능하여 그 한계가 더 북쪽까지 확대될 가능성이 있다. 서해안에 비하여 동해안에서 더 북쪽까지 대나무 한계가 확대되는 것은 겨울철 동해안의 기온이 서해안에서 보다 더 높기 때문이라고 할 수 있다(이승호, 2003).

공우석(2001)은 1985년도에 제시한 바 있는 왕대속의 분포 북한계를 수정하여 왕대속(참대속)에 속하는 왕대, 맹종죽, 오죽, 반죽, 솜대, 관암죽, 백죽 등의 북한계선이 충청남도 서산시 - 칠갑산 - 계룡산 - 전라북도 전주시 - 지리산 - 경상북도 금오산 - 충청북도 소백산 - 강원도 설악산 - 금강산 - 고성군 삼일포로 이어지며 동해안과 서해안의 위도 차이가 $1^{\circ} 50'$ 라고 하였다(그림 6).

본 연구에서 왕대속의 분포 북한계는 그림 6에서와 같이 기존의 연구 결과(공우석, 2001)에 비하여 서해안(경기도 화성시까지 북상)을 포함한 충청도와 경상북도의 내륙 지역에서 전반적으로 북상한 것으로 조사되었다. 또한 기존 선행 조사 결과에서 분포

범위로 설정된 경상북도 중동부에서 강원도 남동부에 이르는 태백산맥 지역이 본 조사에서는 동해안의 저지인 해안 지역을 제외하고는 왕대속 대나무류 분포 지역에 포함되지 않았다. 이와 같이 본 조사 결과는 기존의 분포 결과와 비교하여 상당한 차이를 보이며, 이는 다음의 두 가지 이유 때문이라고 생각한다.

첫째, 기존 연구와 본 연구에서 조사 방법 상의 차이에 기인한다고 할 수 있다. 즉, 기존 연구에서의 분포 범위가 주로 고문헌에 의존하여 그 분포 범위가 설정된 것이다. 공우석(2001)의 연구에서 이용된 주요 자료는 세종실록지리지(1454), 신동국여지승람(1531), 동국여지(1660), 여지도서(1760), 임원십육지(1842~1845), 대동지지(1864), 증보문헌비고(1907) 등의 문헌이라고 할 수 있다. 이들 문헌에 나타나는 왕대속의 분포지를 누적하여 그 분포 지역을 선정하였으므로 그 결과는 이용 문헌 중 가장 최근 것인 증보문헌비고 간행 시기인 1900년대 초까지의 분포 상태라고 이해할 수 있다. 이에 반하여 본 조사

에서는 전국을 대상으로 실제 답사를 행하여 비교적 오늘날의 자세한 분포지가 확인된 것이다. 그러므로 전자의 경우 대나무 분포지가 누락되었을 가능성이 있으며, 아울러 두 연구의 대상 시기 자체의 차이가 발생할 수 있다.

둘째, 대나무 북한계의 차이를 기후 변화와 관련 지어 해석할 수 있다. 즉, 과거 100여 년 동안의 기온 상승으로 왕대속 대나무류의 분포가 불가능하였던 지역이 분포 가능지역으로 편입됐을 수 있다. 최근 기후 평년 값을 보면 최한월 평균기온 -3°C 선이 크게 북상한 것을 볼 수 있으며, 이는 이러한 사실을 뒷받침해준다. 서해안 쪽의 경우 과거 최한월 평균기온 -3°C 선이 태안반도 부근을 통과하였으며, 현재는 서울을 지나고 있을 만큼 북상하였다.

대나무와 같은 식생에 영향을 미치는 기후 요소 값을 추정하기 위해서는 작물과 같이 단시간 실험을 통하여 관련 기후 적정값을 찾기가 어렵다. 그러므로 실제 왕대속의 분포를 파악하여 그것과 분포 선이 일치하는 기후 요소를 찾아 그것에 영향을 미치는 기후 요소 값을 찾아내야 한다. 난대성 식물인 대나무는 저온에 의하여 성장 피해를 입는다. 특히 최한월인 1월의 평균기온과 더불어 일정 기간의 저온 상태가 지속되는 것이 대나무 분포에 영향을 미치는 주요 요인이다(공우석, 1985). 대나무 북한계로 알려진 최한월(1월) 평균기온 -3°C 이하인 지역은 겨울철에 토양의 동결 현상이 빈번하게 발생할 수 있는 지역이며, 그 값은 쾨펜(Köppen)의 기후 구분에서 'C' 기후와 'D' 기후의 경계로 사용되었다. 서울과 인천을 포함한 수도권 지역은 과거 최한월 평균기온 -3°C 이하인 지역으로 분류되었으나(그림 7), 최근 30년간(1971~2000년)에는 최한월 평균기온이 -3°C 이상인 지역으로 바뀌었다. 또한 이 지역에서 대나무 군락의 존재도 확인되고 있다는 점을 고려한다면, 대나무 한계의 북상이 단순한 조사 누락보다는 기후 변화와 관련지어 해석할 수 있음을 보여준다.

그림 7은 최한월 평균기온 -3°C 선의 변화를 나타낸 것이다. 1961~1990년간의 선은 대체로 원산 남쪽

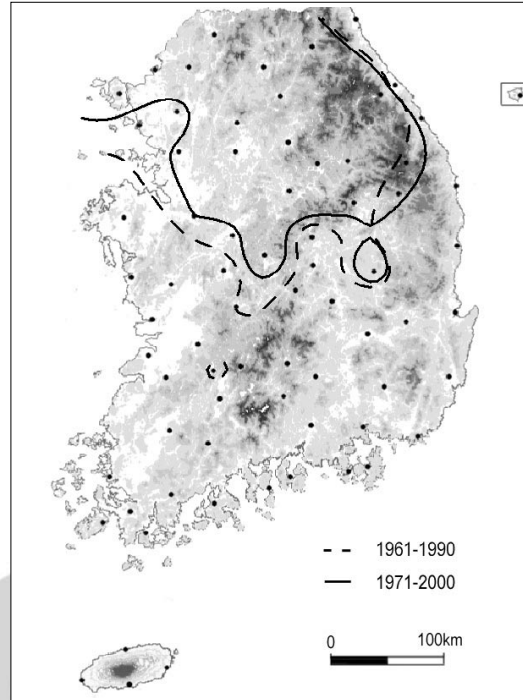


그림 7. 1월 일평균기온 -3°C 의 시기별 분포

에서 시작하여 태백산맥의 동쪽을 따라서 남하하다가 소백산맥을 따라 서쪽으로 구부러진 다음 서해안 쪽으로 북상하여 태안반도의 북쪽의 아산만을 지난다. 그러나 1971~2000년의 경우는 동해안에서부터 대전 부근까지는 1961~1990년의 선과 유사하지만, 청주의 북쪽으로 간 후 서쪽의 천안을 지나 다시 북쪽으로 이동하여 수원, 서울에 이르러 서쪽으로 향하여 강화도의 남쪽을 지난다. 두 시기의 차이를 보면, 서해안 쪽에서의 북상이 뚜렷하고, 대도시인 서울과 인천이 -3°C 선의 이남에 포함된 것이 특징적이다. 또한 소백산맥 북서쪽의 충청도 -3°C 선 이남에 포함되었다. 그리고 경상북도 내륙지방에서도 그 선이 약간 북상하였다. 이와 같은 경향은 대나무의 분포에서도 비슷한 경향으로 나타난다.

오늘날의 왕대속 대나무류의 북한계는 서울과 인천을 포함하는 경기도 서해안을 제외하면 최한월 평균기온 -3°C 선과 거의 일치한다(그림 5와 그림 7 참조). 즉 서울에서도 왕대속 군락이 관찰되고 있으나

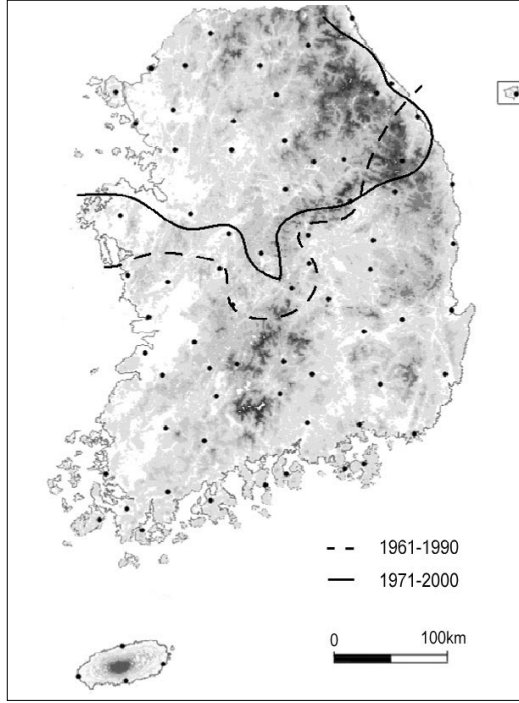


그림 8. 1월 일최고기온 0°C이하 8일수의 시기별 분포

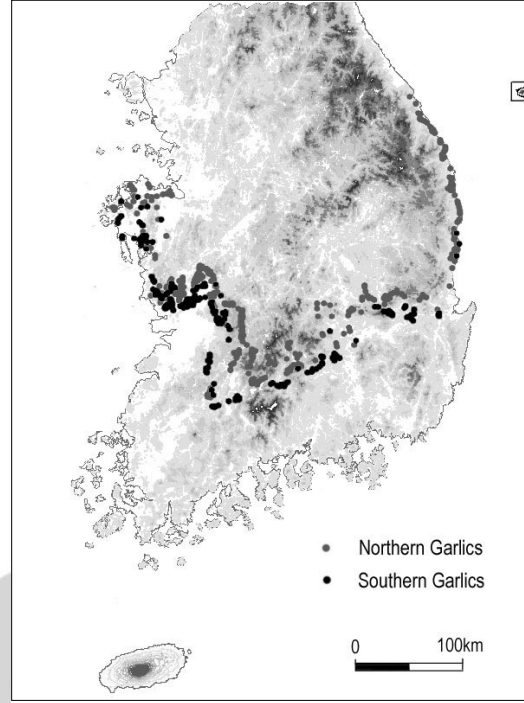


그림 9. 품종별 마늘의 분포(2003)

그 수량이 30년에 못 미쳐 분포 범위에 포함시키지 않는 점을 감안한다면, 두 개의 선은 대부분 일치한다고 할 수 있다. 또한 최근 30년의 평년값에서 최한월 평균기온 -3°C 이남에 포함된 청주시도 왕대속 대나무류 분포 범위에 포함되었다.

최한월인 1월의 일최고기온 0°C 이하 8일수의 등치선도 왕대속의 분포 한계와 거의 일치한다. 한 차례의 극한 저온 출현보다는 저온인 날이 일정 기간 지속될 때 대나무 성장 상의 피해가 커질 수 있다. 최한월 평균기온 -3°C 선의 북상과 같이 1월의 일최고기온 0°C 이하 8일선도 북상하였음을 확인할 수 있다(그림 8). 공우석(1985)은 왕대속(참대속)의 분포가 1월중 일최고기온 0°C 이하인 일수가 10일 이상일 경우를 왕대속에 해당하는 대나무류의 분포 한계선으로 추정한 바 있어, 본 연구의 0°C 이하 8일선과는 다소 차이를 보인다. 이는 실제 왕대속의 분포를 파악하여 영향을 미치는 기후 요소 값을 찾아내기 때문에 왕대속(참대속)의 분포 지역의 차이에 의한 것이라

고려된다.

IV. 품종별 마늘 분포의 변화

난지형 마늘과 한지형 마늘의 가장 큰 차이점은 월동의 여부이다. 가을에 마늘을 파종할 경우 한지형 마늘은 뿌리를 내린 후 월동 후에 싹이 나오며, 난지형 마늘은 뿌리와 함께 월동 전에 싹이 난다.

우리나라 한지형 마늘과 난지형 마늘의 경계선은 충청남도 서산시의 대신읍 - 홍성군 - 보령시 - 논산시 - 임실군 - 거창군 - 성주군 - 영천시 - 영덕군으로 이어진다(그림 9). 즉, 이 선의 북쪽은 한지형 마늘 재배 지역이며 남쪽은 난지형 마늘 재배 지역이다. 난지형 마늘 재배 지역 중 경계선 부근의 지역에서는 한지형 마늘도 재배되고 있으나 생육 상태가 불량하며 재배 면적도 협소하다. 이는 '육쪽 마늘'이라고 알려져 있는 한지형 마늘이 난지형 마늘에 비하여 맛이 좋고 저장성이 뛰어나기 때문에 생육이 불량하

더라도 난지형 마늘 재배 지역에 자급을 위한 한지형 마늘을 재배하는 경우가 있다. 조사 과정에서 이러한 지역은 난지형 마늘 재배 지역으로 간주하였다.

동해안에서도 서해안과 비슷한 위도대인 울진 남쪽까지 난지형 마늘이 재배되고 있다. 그러나 난지형 마늘은 삼척, 동해, 강릉, 양양 등의 동해안 북부 지역까지 재배가 가능하다. 난지형 마늘은 월동을 해야 하므로 겨울이 비교적 따뜻해야 하며, 한지형 마늘은 수확기인 6월경의 온도가 너무 높게 되면 생육이 불량해진다. 그러므로 태백산맥과 해양의 영향으로 겨울이 비교적 따뜻하고 오호츠크해 기단의 영향으로 초여름이 선선한 동해안 지역에서는 마늘 재배에 있어서 기후의 영향을 적게 받는다. 즉, 동해안 지역은 난지형 마늘과 한지형 마늘 모두 재배 가능한 지역이다. 지역 주민들의 증언에 의하면 두가지 품종이 재배 가능할 경우, 선호도가 더 높은 한지형 마늘을 재배하는 것이 일반적이다.

한지형 마늘은 주로 충청남도 내륙 지역과 충청북도 전 지역, 경상북도 내륙 지역과 강원도 전 지역, 경기도 지역 등 고위도 내륙 지역에서 주로 재배되고 있다. 반면 난지형 마늘은 주로 전라북도의 남부와 전라남도, 경상남도, 경상북도 남부의 일부, 제주도 등의 지역에서 주로 재배된다.

과거 서산 지역은 육쪽 마늘로 유명한 한지형 마늘 재배 지역이었다. 그러나 조사 결과 현재 서산 지역은 거의 대부분 난지형 마늘 재배 지역으로 바뀌었다. 그림 10은 기존의 연구(충청북도기술원, 2000)에서 조사된 한지형 마늘과 난지형 마늘 재배 지역 경계를 나타낸 것이다. 1980년대까지도 서산에서는 한지형 마늘을 재배하였다. 그러나 현지 조사에 의하면, 1990년대 중반 이후 난지형 재배 지역이 북상하여 현재는 서산의 대부분 지역에서 난지형 마늘을 재배하고 있다. 그림 10에서와 같이 본 연구에서 조사한 것과 1980년대 사이에 난지형 마늘의 재배 지역이 크게 북상하였음을 볼 수 있다.

이와 같은 분포 한계선의 차이도 왕대속 대나무류의 분포에서와 같이 두 가지 측면에서 생각할 수 있

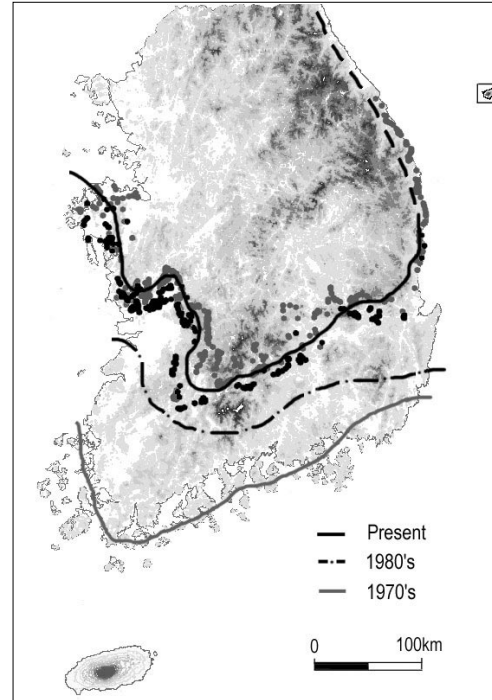


그림 10. 한지형 마늘과 난지형 마늘의 재배 경계선의 변화 (1970년대와 1980년대의 경계선은 충북기술원(2000)에 의한 것임.)

다. 첫째는 분포 조사 방법상의 문제일 수 있다. 즉, 1980년대 이전의 연구에서는 실제 현지 답사보다는 읍·면별로 작성되는 통계 등의 문헌에 의한 조사이기 때문에 오차가 발생할 수 있다. 현지 조사 과정에서 과거의 분포 한계 조사 방법은 현장 확인 조사과정을 거치지 않고, 읍·면에서 제공하는 자료 혹은 전화로 확인하여 분포도를 작성하였음을 알 수 있었다.

둘째는 재배 지역의 기후 조건 변화와의 관련이 있을 수 있다. 마늘은 월동의 여부에 따라 한지형 마늘과 난지형 마늘의 품종이 구분되므로 최한월인 1월의 기온과 밀접한 관계가 있다. 또한 마늘은 $-6\sim-5^{\circ}\text{C}$ 의 기온에서 동해 피해를 입기 시작하고 자연 식생과는 달리 생산성이 고려되는 작물이므로 겨울철 최저기온이 그 재배에 적지 않게 영향을 미친다. 따라서 마늘 품종 경계와 여러 기후 요소와의 관련성을 분석한 결과 1월 일최저기온 -5.5°C 의 등치선이 마

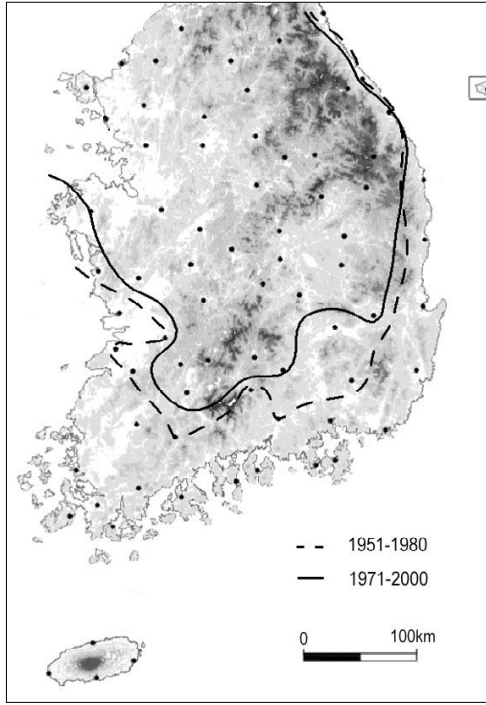
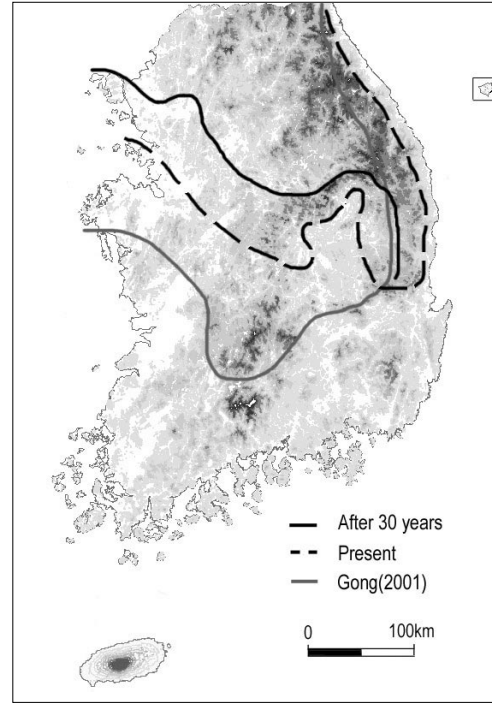
그림 11. 1월 일최저기온 -5.5°C 의 시기별 분포

그림 12. 우리나라에서의 왕대속 대나무류 분포 북한계의 변화

를 품종 경계선과 가장 유사하였다. 그림 11은 최한월인 1월 일최저기온 -5.5°C 선의 변화를 나타낸다. 즉, 1951~1980년 평균과 1971~2000년 평균값을 이용하여 그 분포 선을 나타내었다. 그림 11의 -5.5°C 등치선과 그림 10의 품종별 마늘 분포 경계선을 비교하여 보면, 1980년대의 마늘 경계선과 1951~1980년의 1월 일최저기온 -5.5°C 선과 거의 일치함을 확인할 수 있으며, 현재의 그 선은 1971~2000년의 그 선과 역시 일치하는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 마늘의 경계 즉 난지형 마늘의 북상이 기온의 상승과 관련 있으며 난지형 마늘 재배 면적의 확대는 지구 온난화로 인한 것이라고 판단할 수 있다.

V. 고찰 및 토의

우리나라의 기온 상승은 여러 연구에 의해서 확인되고 있으며 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{년}$ 정도 상승하고 있는 전구 평균기온보다 그 경향이 강한 것으로 알려져 있다(이

명인 · 강인식, 1997; 하경자 외, 2004).

대나무의 생육과 가장 관련이 깊은 최한월 1월의 기온은 최근 50년간(1951~2000년) 최저기온 약 1.2°C , 최고기온 약 0.9°C , 평균기온 1.0°C 정도 상승하였다(윤진일, 2002). 이 값에는 도시화에 의한 기온 상승 등이 포함되어 있어 지구 온난화로 인한 기온 상승 경향만을 파악하기에는 어려움이 있으나 증보 문헌비교가 편찬된 해인 1907년 이후 1월 평균기온은 2 이상의 상승률 추정이 가능하다.

그림 12는 공우석(2001)에 제시된 왕대속 대나무류의 북한계와 본 조사에서 밝혀진 왕대속의 북한계, 30년 이후 추정 가능한 왕대속 북한계를 나타낸 것이다. 공우석(2001)의 결과는 20세기 초반의 왕대속 분포로 간주하고 본 조사에서 얻어진 왕대속의 북한계는 오늘날의 분포 상황을 대표한다고 할 수 있다.

왕대속 대나무류의 북한계는 동해안과 영남의 북동부 내륙지방을 제외하고 대부분 지역에서 60~100km 북상하였다. 태백산 이남의 태백산지는

공우석(2001)의 결과와 본 조사에서 가장 큰 차이를 보이는 곳이다. 전자의 결과에서는 태백산맥에서도 태백산 이남의 산지에서는 왕대속이 분포하고 있다. 그러나 본 조사에서는 보현산 이북의 태백산지에서는 왕대속 대나무류가 발견되지 않았다. 즉 동해안을 따라서는 대부분 해발 150m 이하의 낮은 곳에서만 왕대속이 발견되었으며 그 이상의 고도에서는 거의 존재하지 않는 것으로 확인되었다. 이는 왕대속 대나무 한계가 해발고도가 낮은 곳으로 후퇴한 것이라기보다는 고문헌에 대한 해석상의 오류나 지도화 과정에서 발생한 오류 때문이라고 생각한다. 따라서 이 지역을 제외한 곳에서는 기온 상승의 영향을 고려할 수 있다.

왕대속 대나무류의 북한계는 60~100km 북상하였으므로 1월 평균기온이 1°C 상승할 경우 30~50km 북상한다고 할 수 있다. 그러므로 이와 같은 기온 상승 추세가 계속된다면, 왕대속 대나무류의 분포 한계는 향후 30년 후에는 강화도 지방과 서울, 용인, 진천, 보은에서 소백산맥과 태백산맥을 따라서 이동한 후 보현산 남쪽 부근에서 현재의 북한계선과 만나게 될 것이라 판단된다(그림 12). 소백산맥과 태백산맥으로 둘러싸인 영남 내륙지방은 전반적으로 왕대속 대나무류의 생육이 가능할 것이라고 판단된다. 또한 보현산 남쪽부터 태백산맥을 따라서 동해안의 고성에 이르는 지역은 해발고도의 영향으로 기온이 낮아서 왕대속 대나무류가 생육하기 어려운 곳이므로 앞으로도 이 지역에서는 그 분포에 큰 변화가 없을 것이라고 생각한다.

마늘의 분포 변화도 서해안 지역에서는 1980년대의 조사에 비하여 최대 140km 가까이 그 경계가 크게 북상했음을 알 수 있다. 소백산지 지역과 충청남도 서해안과 내륙의 경계가 되는 가야산(678m) 남쪽에서는 약 40km 북상하여 그 폭이 가장 좁다. 이는 산지 지역에서의 기온 상승이 다른 지역에 비해 낮음을 의미한다고 볼 수 있다. 그 밖의 동해안을 제외한 다른 지역에서는 대부분 100km 가까이 북상하였다.

그러므로 현재와 같은 기온 상승 추세가 계속된다

면 난지형 마늘과 한지형 마늘 분포의 경계선은 더욱 북상할 것이다. 향후 30년 내에 적어도 충청남도 해안지역에서는 한지형 마늘의 재배가 어려울 것이라고 판단된다. 동해안에서는 앞에서 기술한 바와 같이 현재 접근이 가능한 전 지역에서 난지형과 한지형 마늘의 재배가 모두 가능하다. 이는 다른 지역에 비하여 겨울철이 온난하므로 난지형 재배가 가능한 것이고, 오토츠크해 기단의 영향으로 난지형 마늘의 수확기 이후인 5, 6월의 기온이 다른 지역보다 낮기 때문에 한지형 마늘의 재배가 가능한 것이다. 그러므로 동해안의 마늘 재배 상태는 다른 사회·경제적 요인의 변화가 발생하지 않는 한 지금과 같은 상태가 유지될 것이라고 판단된다. 내륙지방에서도 큰 변화가 없을 것으로 판단된다. 앞에서 기술한 바와 같이 내륙지방에서 품종별 마늘 분포의 경계선의 북상이 늦은 것은 산지 등의 지형적 요인 때문이다. 즉, 산지 지역에서의 기온 상승 폭이 다른 지역에 비하여 낮을 뿐만 아니라 산지 자체가 난지형 마늘의 북상을 막고 있다. 그러므로 내륙 지방에서는 그 경계선의 변화가 크지 않을 것이라고 판단된다.

VI. 요약 및 결론

본 연구에서는 대나무와 마늘을 사례로 최근의 기온 상승이 식물 분포에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 문헌과 현지답사 등을 통하여 얻은 자료를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

왕대속 대나무류의 북한계는 1월 일평균기온 -3°C선 및 1월의 일최고기온 0°C이하일수 8일 선과 관련이 있다. 기존 연구와 비교하였을 때 왕대속 대나무류는 최근 100여 년 동안 60~100km 북상하였다. 이와 같은 결과는 지난 100년 동안 1월 일평균기온이 약 2°C상승하였다는 것을 고려한다면 1°C 상승할 경우 30~50km 북상한다고 할 수 있다. 따라서 오늘날의 기온 상승 추세가 계속된다면, 왕대속 대나무류의 분포 한계는 향후 30년에는 강화도 지방과 서울, 용인, 진천, 보은에서 소백산맥과 태백산맥을 따라서

이동한 후 보현산 남쪽 부근에서 현재의 북한계선과 만나게 될 것이다.

난지형과 한지형 마늘의 재배 경계선은 1월 일최저기온 -5.5°C 선과 거의 일치한다. 그 경계선은 1980년대에 비하여 최대 140km(서해안)까지 북상하였고, 가장 좁게는 산지를 끼고 있는 곳에서 40km정도 북상하였다. 그 외 지역에서는 대부분 100km 가까이 북상하였다. 이는 기온 상승과 관련이 있는 것으로 보이며, 현재와 같은 기온 상승이 계속될 경우 충청남도의 해안 지방은 전역에서 향후 30년 이내에 난지형 마늘이 재배될 것으로 판단된다.

겨울철은 전구적으로 지구 온난화에 의한 기온 상승 경향이 가장 큰 계절이다. 대나무와 마늘은 이러한 겨울철 기온에 민감한 식물로 겨울철 기온 상승에 의해 그 분포의 변화가 뚜렷하다. 그러나 대나무 북한계의 북상이 지구 온난화에 의한 것인가를 명확하게 밝히기 위해서는 이후 보다 심도 있는 대나무의 성장 기구 등을 밝히는 연구가 필요하다. 또한 식물의 특성에 따라서 그 분포와 생육에 영향을 미치는 계절이 다양하다. 그러므로 기후 환경 변화가 식물 생태계 환경에 미치는 영향을 종합적으로 파악하기 위해서는 계절별 기후 변화에 따른 다양한 식생과 작물의 분포 변화를 포함한 기후 변화에 관한 영향평가가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 기상연구소의 “기후 변화 협약 대응 지역기후시나리오 활용기술개발” 연구과제의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

공우석, 1985, 한반도의 대나무류 분포와 그 환경요인에 관한 식물지리학적 연구, 한국생태학회지, 8, 89-98.
_____, 2001, 대나무의 시·공간적 분포역의 변화,

대한지리학회지, 36, 444-457.
기상연구소, 2002, 기후 변화협약대응 지역기후시나리오 산출기술개발(I), 기상연구소.
문영수, 1990, 클러스터분석에 의한 한국의 강수지역 구분, 한국기상학회지, 26(4), 203-215.
박원규, 최덕규, 김영근, 2001, 마늘파종기 개발에 관한 연구(I) -마늘의 파종실태 및 물리적 특성 조사-, 한국농업기계학회지, 26(6), 495-502.
윤성호, 임정남, 이정택, 심교문, 황규홍, 2001, 기후 변화와 농업생산의 전망과 대책, 한국농림기상학회지, 3(4), 263-274.
윤진일, 2002, 우리나라의 기온상승-도시효과인가 지구온난화인가, 한국농림기상학회지, 4(1), 58-63.
이명인, 강인식, 1997, 한반도의 기온 변동성과 온난화, 한국기상학회지, 33(3), 429-443.
이승호, 2003, 우리나라의 동·서해안의 기온 차이에 관한 연구, 한국기상학회지, 39(1), 43-57.
_____, 이경미, 2003, 기온 변화에 따른 벚꽃 개화 시기의 변화 경향, 환경영향평가학회, 12(1), 85-99.
이우승, 1994, 한국의 채소, 경상북도대학교 출판부, 532pp.
임양재, 1973, 한반도 수종의 수직적 분포에 관한 기후학적 연구, 중앙대 문화 연구논집, 18, 159-170.
_____, 1991, 한국의 식생과 기후환경, 식물의 환경 적응과 생태 기술, 1991 한국식물학회 및 한국생태학회 심포지엄 및 워크샵.
충청북도기술원, 2000, 난지형 마늘 고위도 및 내륙지역 재배실태 조사, 152-521.
하경자, 하은호, 류철상, 전은희, 2004, 1909년 이후의 우리나라 4대 도시의 기온 경향과 극한 기후, 한국기상학회지, 40(1), 1-16.
植木秀幹, 1932, リギダマツの一般, 近澤出版部.

Houghton, J. T., L. G. Meira Filho, B. A. Callender, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell, 1996, Climate change 1995: The science of Climate Change. Contribution of working group I to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge University Press, Cambridge, 572pp.

_____, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson, 2001, Climate

change 2001: The Scientific basis, Intergovernmental Panel on Climate change, 881pp.

Jung, H-S, Y. Choi, J-H. Oh, and G-H. Lim, 2002, Recent trends in temperature and precipitation over South Korea, Int. J. Climatology, 22, 1327-1337.

Lautensach, H., 1988, Korea; A Geography based on the author's travels and literature, Springer-Verlag.

최종원고채택 06. 02. 13

