



2020. 10. 19.(월)

문의 : 담당자 연락처(02-880-7774)
연구책임자 김재근 교수(02-880-7896) / 교신저자
연구진 남보은 연구원(02-880-7774) / 공동 제1저자

서울대 김재근 교수 연구팀

기후변화에 따른 봄철 개화 기간 단축 규명

□ 서울대학교 사범대학 김재근 교수(교신저자), 남보은 박사과정(주저자) 연구팀은 온실 식물 생육실험을 통하여 기후변화에 의한 온도 상승과 봄철 강수량 감소가 온대림 지역 초본식물의 개화 시기를 앞당길 뿐만 아니라, 개화 종료 시기 또한 앞당겨져 전반적인 개화 기간이 단축되는 결과를 초래함을 최초로 밝혔다. 이러한 결과는 온대림 지역 식물군집 차원에서의 개화 기간 단축 가능성을 보여주는 첫 사례이다. 본 연구 결과는 Nature Publishing Group의 종합과학저널인 Scientific Reports에 2020년 10월 15일(목) 온라인으로 발표되었다.

□ 전 세계적 기후변화는 생물 개체의 대사활동부터 개체군·군집 수준의 변화까지 다양한 범위에서 생태계의 변화를 가져오고 있다. 이는 식물의 형태적인 가소성뿐만 아니라 시간적 변화, 즉 생물계절학적 변화 또한 가져올 것으로 예상된다. 생물계절학적 현상의 적정 시기는 식물의 생장과 번식, 그리고 종간 상호작용에 있어 매우 중요하다. 봄철 개화하는 초본식물의 경우 산림 생태계에서 땅이 녹기 시작할 때부터 임관이 형성되기 전까지의 이른 봄에 개화하며 하부 식생을 형성하여 산림생태계의 생물다양성에 기여한다.

이러한 봄철 개화 초본식물의 생활사는 매우 짧은 수밖에 없으므로 기후변화의 위협에 노출되어 있다. 한편 기후변화에 의한 봄철 초본식물의 생물계절학과 관련된 선행연구는 주로 툰드라, 고산지대 등 극한 기후 환경에서 주로 진행되었다.

□ 기후변화에 의한 개화의 생물계절학적 변화에 관한 기존 연구는 주로 생물계절학적 현상의 ‘개시’ 시기 변화에 초점이 맞춰져 왔다. 개화 ‘종료’ 시기는 개화의 지속 시기와 관련이 있으므로 생물계절학적 변화 연구에 있어 함께 고려되어야 한다. 또한 기후변화에 의한 식물의 생물계절학적 변화는 식물 종마다 다르게 나타날 수 있다. 종별로 다르게 나타나는 생물계절학적 변화는 군집 수준에서의 개화 시기에도 영향을 미칠 수 있다.

본 연구진은 온대림에서 봄철 개화하는 초본식물 4종(복수초, 노루귀, 서울제비꽃, 할미꽃)을 이용한 온실 실험을 통하여 기후변화에 의한 기온 상승과 강우량 감소가 종 수준과 봄철 개화 초본식물 군집 수준의 개화 시기에 미치는 영향을 알아보았다. 독립된 온실에서 평년 기온과 기온 상승 조건을 조성하였으며, 평년 수준의 강수량 혹은 평년 절반 수준의 강수량만큼의 물을 관수하여 강수 환경을 조성하였다.

□ 개화율은 강우량 감소에 의하여 감소하는 경향을 보였다. 또한 꽃대 생장의 표현형 가소성은 주로 기온 상승의 영향을 받았지만, 평년 기온 조건에서는 강우량 감소의 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 기온 상승은 개화 시기와 관련하여 모든 종에서 이를 앞당기고 꽃대 성장 또한 빠르게 이뤄지게 하는 경향을 나타냈다. 강우량 감소는 가장 개화 시기가 늦은 종(할미꽃)의 개화 종료 시기만을 앞당기는 효과가 있었다. 기온과 강우량의 상호작용 효과 역시 개화 시기가 늦은 두 종(서울제비꽃, 할미꽃)에서 나타났다.

결과적으로 가장 이른 개화 식물 종의 개화 개시부터 가장 늦은 개화 식물 종의 개화 종료까지로 유추할 수 있는 전체 개화 기간은 평년 기온 하에서 강우량 감소에 의해 평균 37.7일에서 34.1일로 단축되었고, 기온 상승 시에는 39.6일에서 32.8일로 일주일 가량 단축되는 결과를 나타냈다.

□ 온대림의 경우 기후변화에 의한 임관 형성 또한 빨라질 것으로 예상되어, 종별로 다르게 나타나는 생물계절학적 변화는 각 종의 생존에도 영향을 미칠 수 있다. 또한 개화 시기가 늦은 종의 이른 개화 종료로 인한 군집 수준에서의 개화 시기 단축은 수분매개자와의 동조화에도 영향을 미쳐 하부 식생의 생물 다양성 또한 영향을 받을 것으로 예상되었다.

[붙임] 1. 연구결과 2. 용어설명 3. 그림설명



OPEN Flowering season of vernal herbs is shortened at elevated temperatures with reduced precipitation in early spring

Bo Eun Nam¹ & Jae Geun Kim^{1,2*}

Vernal herbs are exposed to the risk of climate change under spring frost and canopy closure. Although vernal herbs contribute to the biodiversity of the understorey layer in temperate forests, few studies assessed the effect of climate change on the phenology of the herbs. To examine phenological shifts in flowering seasons of vernal herb species caused by climate change, a greenhouse experiment was conducted using four species (*Adonis amurensis*, *Hepatica nobilis* var. *japonica*, *Viola phalacrocarpa*, and *Pulsatilla cernua*) under two temperature conditions (ambient or elevated temperature) and two precipitation conditions (convective or reduced precipitation). Experimental warming advanced overall aspects of the flowering timing including the first and last day of flowering. The growth of flowering stalk was also promoted by elevated temperature. Effects of decreased precipitation varied among species, which advanced the last day of the flowering of the later flowering species. Consequently, a decrease in overall flowering period length was observed. These results indicate that overall, climate change results in a shortening of the flowering season of vernal herb species, specifically at a higher temperature and under conditions of less precipitation.

Flowering season of vernal herbs is shortened at elevated temperatures with reduced precipitation in early spring

Bo Eun Nam¹, Jae Geun Kim^{1,2,*}

¹Seoul National University, Department of Biology Education, Seoul, 08826, Republic of Korea

²Seoul National University, Center for Education Research, Seoul, 08826, Republic of Korea

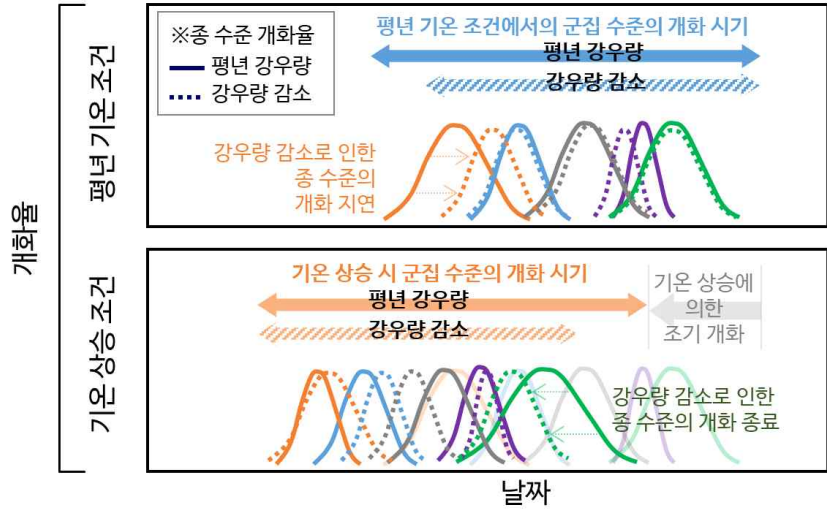
봄철 개화하는 초본식물은 봄철 한파와 인근 목본의 수관 형성 사이에서 기후변화의 위협에 노출되어 있다. 온대림 지역에서 봄철 초본식물은 하부 식생의 다양성에 큰 기여를 하고 있음에도 불구하고 기후변화가 봄철 초본식물의 생물계절학적 반응에 미치는 영향에 관한 연구는 거의 되어 있지 않다. 기후변화에 의한 봄철 초본식물 개화 시기의 생물계절학적 변화를 알아보기 위하여 온실에서 두 가지 기온 조건(평년 기온과 상승 기온)과 더불어 두 가지 강수량 조건(평년 강수량과 감소한 강수량)을 조성하여 네 가지 봄철 초본식물(복수초, 노루귀, 서울제비꽃, 할미꽃)의 개화시기를 조사하였다. 기온이 상승한 온난 조건에서 모든 종의 개화 시작시기와 종료시기가 앞당겨졌다. 꽃대의 생장 역시 기온 상승에 따라 빨라진 경향을 보였다. 강수량 감소의 영향은 종에 따라 다르게 나타났는데, 주로 개화 시기가 늦은 종에서 개화 종료를 앞당기는 형태로 나타났다. 결과적으로 종 전체 차원에서의 개화 시기의 길이는 단축되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기후변화로 인하여 기온 상승과 더불어 강수량 감소가 수반될 경우 봄철 초본식물의 전반적인 개화 시기의 길이가 단축될 수 있음을 시사한다.

용 어 설 명

1. **생물계절학(phenology)**: 생물의 생활사에서 주기적으로 나타나는 현상들에 대한 연구. 예시: 식물의 경우 잎과 꽃의 출현, 나비의 첫 비행, 철새의 이주 등.
2. **생물계절학적 변화(phenological shift)**: 생물계절학적 현상의 시기가 변화하는 현상.
3. **표현형 가소성(phenotypic plasticity)**: 특정 환경 변화에 대한 개체의 행동, 형태 혹은 생리학적 변화.
4. **임관(canopy)**: (숲의 나뭇가지들이) 지붕 모양으로 우거진 것. 낙엽수에서 봄에 잎이 나오기 시작하면 임관은 두터워지고, 숲 바닥으로 내려오는 빛의 양은 감소.

그림 설명

기온과 강수량 변화에 의한 봄 개화 초본 식물의 개화시기 변화



기온 상승은 개화 시기가 앞당겨지며, 봄철 강수량 감소는 개화 종료를 더욱 앞당긴다. 이로 인해 봄철 강수량 감소를 동반하는 온난화는 개화 시기를 앞당기고 개화 기간을 단축시킨다.