

환삼덩굴의 출아예측

송종석¹, 박민원, 임수현, 김도순*

Prediction of Seedling Emergence of *Humulus japonicus*

Jong-Seok Song¹, Min-Won Park, Soo-Hyun Lim and Do-Soon Kim*

ABSTRACT This experiment was conducted to investigate seedling emergence of *Humulus japonicus* in Seoul and Suwon and to predict its seedling emergence in various locations in Korea. Non-linear regression analysis to fit Gompertz model to accumulated seedling emergence of *H. japonicus* was performed to describe its seedling emergence. Parameter estimates from the non-linear regression and estimated effective accumulated temperature required for its seedling emergence were further used to predict seedling emergence of *H. japonicus* in 8 major geographical regions of Korea. Seedling emergence of *H. japonicus* versus effective accumulated temperature was well described by Gompertz model in both Seoul and Suwon. Effective accumulated temperatures required for the first seedling emergence and 50% of the maximum seedling emergence were estimated to be 56.7°C and 76.3°C, respectively. Therefore, the dates for the first seedling emergence of *H. japonicus* were predicted to be 21 and 30 March in Daegu and Daejeon, while 4 and 6 April in Suwon and Chuncheon, respectively. The dates reaching 50% of maximum seedling emergence were also predicted to be 25 March in Daegu, while 3, 8 and 9 April in Daejeon, Suwon and Chuncheon, respectively.

Key words: effective accumulated temperature; Gompertz model; *Humulus japonicus*; prediction; seedling emergence.

서 언

현재 우리나라에서는 외래종 식물의 유입뿐만 아니라 지구 온난화와 국토개발, 생태계 관리 부재, 특정 제초제의 오남용 등으로 인하여 번식 및 종자 전

파능력이 탁월하고 식물간의 경쟁력이 뛰어난 특정 식물들이 우점하는 경향이 나타나고 있다. 이러한 특정 식물의 우점화 현상은 생태계 내 식물종의 다양성 이외에도 생태계 내에 서식하는 미생물, 곤충, 동물 등 종의 다양성을 감소시킨다. 정부와 학계에서는 그

¹ 서울대학교 농업생명과학대학, 151-921 서울특별시 관악구 신림9동 산56-1(Department of Plant Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea).

* 연락저자(Corresponding author) : Phone) +82-2-880-4542, FAX) +82-2-873-2056, E-mail) dosoonkim@snu.ac.kr

(Received March 15, 2010; Examined March 16, 2010; Accepted March 19, 2010)

동안 주요 위해성 식물을 지정하고 효과적으로 방제하기 위하여 그 식물의 생리생태적인 특성에 대한 연구를 진행하였으며(문 등 2005b; 오 등 2006), 특히 외래종 식물을 대상으로 출아와 초기 생육 특성에 관한 기본적인 연구를 수행하였다(문 등 2002, 2004, 2007). 그리고 그 식물의 분포 및 방제에 대한 연구 역시 계속해서 진행되고 있으며 지속적인 모니터링 체계와 관리 방안을 모색하고 있다(길 2007; 김 2007; 오 2007).

효과적인 잡초관리를 위해서는 개별 잡초의 온도별 발육양상 및 생육에 관한 이해와 잡초의 출아 및 초기생장 예측이 필요하다. 특히 잡초의 출아에 필요한 유효적산온도를 알고 있으면 온도가 다른 기상조건에서도 출아예측이 가능하여 잡초방제 시기 결정에 매우 유용하게 사용할 수 있다. 유효적산온도는 작물과 잡초에 적용되는 것으로 대상 식물의 생리적 반응 또는 생장에 필요한 최저온도 이상의 유효온도를 누적하여 대상 반응 즉 발아, 출아 또는 개화 등의 반응의 변화가 관찰될 때까지의 유효온도의 합을 말한다. 일반적으로 식물의 발아 및 출아반응은 다른 조건보다는 온도의 영향을 크게 받기 때문에 유효적산온도를 적용할 경우 비교적 안정적으로 발아 및 출아를 예측할 수 있다. 이러한 목적으로 주요 논 잡초의 출아 및 특정 엽령에 도달하는데 필요한 유효적산온도를 산출 예측하기도 하였다(문 등 2004, 2005a). 새롭게 문제되는 위해성 식물의 효율적인 관리체계와 방제를 위해서도 그 식물의 생리 및 생태에 대한 이해를 토대로 출아를 예측하여 적기에 방제할 필요가 있다.

우리나라 전역에 분포하고 있는 환삼덩굴(*Humulus japonicus* Sieb. et Zucc.)은 삼과에 속하는 일년생 덩굴성 초본식물로서 줄기와 잎자루에 거센 갈고리 가시가 있으며 이를 이용하여 주변식물을 쉽게 감아 올라간다(농촌진흥청 1992). 환삼덩굴과 같은 덩굴성 식물은 성장속도가 빠르고 기공이 크며 식물의 밀도가 높은 특성을 가지고 있기 때문에(Putz 1983) 다양한 식물이 서식하는 공간을 단순화시킬 수 있으며 생태계에 존재하는 다른 생물의 생존을 위협할 수도 있다(오 등 2008). 환삼덩굴이 우점한 지역에서는 기존의 식생이 파괴되고 식물다양성이 단순화되며(박 등

2008) 토양침식 등으로 인하여 환경·생태적 피해가 심각하게 발생하고 있으나 일부 기초적인 생리연구(Chung 1996)나 군락구조와 서식지 특성연구(오 등 2008)가 전부로 연구가 매우 미흡한 실정이다. 환삼덩굴은 7월 초순에 생장률이 최고에 이르며 8월 말경에 최대 생장기가 되는 것으로 알려져 있다(Chung 1996). 환삼덩굴의 방제는 출아시기부터 생육초기에 이루어져야 효과적이므로 환삼덩굴의 출아에 대한 생태학적 이해와 지역별 출아예측이 필요하나 이에 대한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구는 환삼덩굴의 생태적 자연출아 특성을 파악하여 출아에 필요한 유효적산온도를 산출하고, 이를 바탕으로 환삼덩굴의 지역별 출아시기를 예측하여 지역별 환삼덩굴 방제체계 확립의 기초 자료로 활용하고자 수행되었다.

재료 및 방법

환삼덩굴의 자연출아

서울특별시 관악구에 위치한 서울대학교 농업생명과학대학 내 야외공간에 환삼덩굴을 파종한 포트를 배치하여 2008년 3월 24일부터 환삼덩굴의 출아를 관찰하였고, 경기도 수원 소재 농생대 부속 농장 내 포장에서 환삼덩굴을 파종하여 2008년 3월 22일부터 동일한 방식으로 관찰하였다.

농생대 내 야외공간에서 진행된 실험은 부속 농장 내에서 채취한 발 흙을 고르게 정선한 뒤 지름 8cm의 포트에 동일 깊이로 채우고 표면을 편평하게 한 후 환삼덩굴 건조종자를 40개씩 파종하고 0.5cm의 깊이가 되게 복토한 후 3번복으로 배치하였다. 파종 이후부터 환삼덩굴의 출아 개체수를 매일 기록하였다.

부속 농장 발 포장에 임의로 선정된 3지점에 환삼덩굴 건조종자를 40개씩 파종하여 0.5cm의 깊이가 되게 복토하였다. 파종 이후부터 환삼덩굴의 출아 개체수를 매일 기록하였다.

Gompertz 모델(Gompertz 1825)은 파종 이후부터 최대 출아율을 보일 때까지 시간에 따른 누적 출아

개체율을 설명할 수 있어서 다양한 식물 출아 연구에 이용되었다(Cussans 등 1996; Kim 등 2006). 아래의 Gompertz 모델에서 y = 누적 출아 개체율, C = 최대 누적 출아율, B = 초기 증가율, M = 최대 누적 출아율 (C)의 50%에 도달하는데 소요되는 시간을 말한다.

$$y = \frac{C}{e^{e^{-B(F-M)}}}$$

분산분석 및 비선형 회귀분석 등의 모든 통계 분석은 Genstat (Genstat 5 Committee 1997)을 이용하여 수행되었다.

환삼덩굴 출아시기 예측

환삼덩굴의 자연출아 실험 결과를 바탕으로 유효적산온도를 산출하고 이를 토대로 주요 지역의 최근 10년간(2000~2009)의 지역별 평균기온을 이용하여 환삼덩굴 출아시기를 예측하였다.

환삼덩굴의 과중 이후부터 출아실험 기간 동안 일별 유효온도(일평균기온 - 5°C; 단, 5°C 미만일 때 0)를 누적하여 유효적산온도를 산출하였다. 기준 온도 5°C는 환삼덩굴의 온도별 발아실험 결과에 입각하여 선정하였다. 일평균기온은 2008년 서울시 관악구와 경기도 수원시의 기상자료를 이용하였다. 일별 유효적산온도와 관찰된 출아율을 바탕으로 Gompertz 모델을 이용한 비선형회귀분석을 실시하였다.

환삼덩굴의 출아실험에서 최초 출아일 및 Gompertz 모델을 통해 구한 최대출아율의 50% 도달까지의 유효적산온도를 이용하여, 주요 지역(서울, 수원, 대전, 전주, 대구, 광주, 춘천, 철원)에서 환삼덩굴의 출아시기를 예측하였다. 이 때 주요 지역별 일평균기온은 최근 10년간(2000~2009)의 지역별 평균기온을 이용하였다.

결과 및 고찰

환삼덩굴의 자연 출아

환삼덩굴의 자연 출아 실험은 서울특별시 관악구에 소재한 서울대학교 농업생명과학대학과 동 대학의 실험농장이 위치한 수원의 야외에서 수행되었다. 환삼덩굴의 최초 출아에 소요된 시간은 서울의 경우 과중 후 14일차였으며(그림 1A), 수원의 경우 과중 후 16일차였다(그림 1B). 환삼덩굴의 누적 최대 출아율은 서울에서 47%, 수원에서는 83%이었으며 출아 개시 후 최대 출아율에 도달하는 기간은 지역에 상관없이 약 2주가 소요되었으며 7일 이내에 최대출아율의 90% 수준에 도달하였다. 최대 출아율에 있어서의 차이는 수원의 경우 야외 포장조건에서 비교적 양호한 토양수분 조건에서 수행되었으나 서울의 경우는

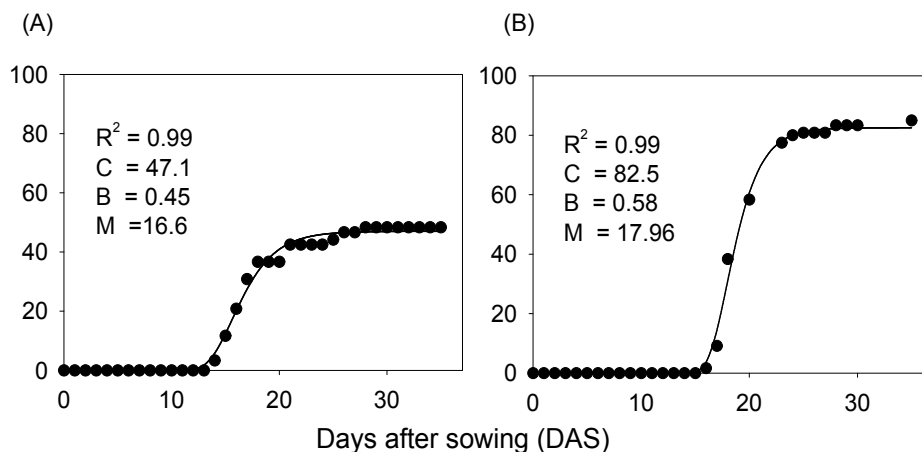


Fig. 1. Seedling emergence of *H. japonicus* by days after sowing (DAS) in Seoul (A) and Suwon (B) in Korea. The continuous line represents the fitted line with the Gompertz model and its parameter estimates. The parameters C , B , and M represent the maximum seedling emergence, the rate of increase of seedling emergence once it is initiated, and a time lag to reach 50% of the maximum seedling emergence, respectively.

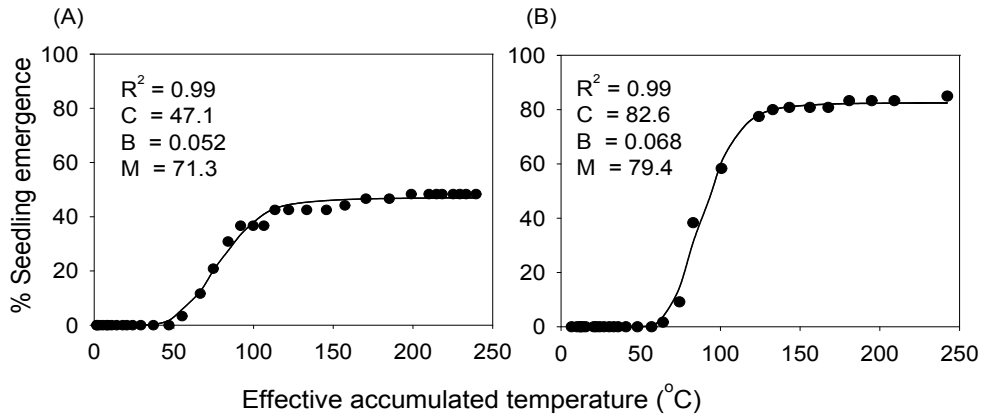


Fig. 2. Seedling emergence of *H. japonicus* by effective accumulated temperature in Seoul (A) and Suwon (B) in Korea. The continuous line represents the fitted line with the Gompertz model and its parameter estimates. The parameters C, B, and M represent the maximum seedling emergence, the rate of increase of seedling emergence once it is initiated, and the effective accumulated temperature required for 50% of the maximum seedling emergence, respectively.

비록 야외에서 수행되었으나 포트조건에서 수행되어 토양수분 관리가 잘 안되었기 때문에 판단된다.

Gompertz 모델과 일별 누적출아율을 이용하여 비선형 회귀분석을 수행한 결과 Gompertz 모델은 환삼덩굴의 출아를 지역에 상관없이 양호하게 설명하였으며 최대 출아율의 50% 도달기간은 서울에서 17일, 수원에서 18일이 소요되는 것으로 계산되었다(그림 1). Gompertz 모델은 피(Kim 등 2006), 미국좁부처꽃(Shen 등 2010) 등 잡초의 발아 및 출아를 설명하는데 광범위하게 사용된 것처럼 본 연구에서도 환삼덩굴의 자연출아를 잘 설명하였다. 특히 본 연구에서 최대출아율인 C값을 제외하고 다른 지수들인 M값과 B값이 지역간 차이가 크지 않아 동일한 Gompertz 모델로 환삼덩굴의 출아를 잘 설명함은 물론 출아의 예측이 가능할 것으로 판단된다.

유효적산온도와 환삼덩굴 출아 예측

본 출아실험 결과를 토대로 환삼덩굴의 출아를 예측하기 위해서는 유효적산온도를 이용한 모델 구축이 필요하다. 따라서 파종 후 경과일수 대신에 파종 후 일별 평균온도에서 발아 최저온도인 5°C를 차감한 온도를 누적한 유효적산온도와 Gompertz 모델을 이용하여 환삼덩굴의 출아에 대한 비선형회귀분석을

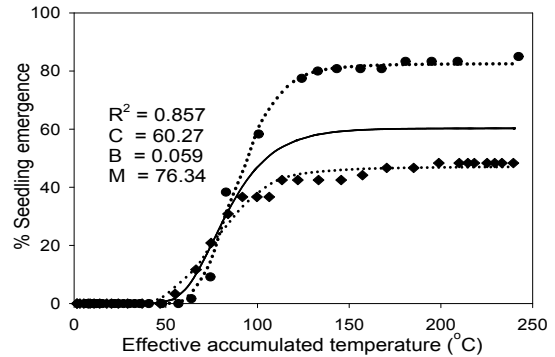


Fig. 3. Seedling emergence of *H. japonicus* by effective accumulated temperature in Seoul (◆) and Suwon (●) in Korea. The continuous line represents the fitted line with the Gompertz model and its parameter estimates. The parameters C, B, and M represent the maximum seedling emergence, the rate of increase of seedling emergence once it is initiated, and the effective accumulated temperature required for 50% of the maximum seedling emergence, respectively.

실시하였다. 서울의 경우 Gompertz 모델의 기울기인 B값이 0.052로서 수원의 0.068보다 다소 적었으며, 최대출아율의 50% 도달에 필요한 유효적산온도인 M값은 서울이 71.3°C, 수원이 79.4°C로서 서울이 다소 낮았으나 그 차이는 크지 않았다(그림 2). 비록 최

대출아율은 다르지만 출아세를 결정하는 기온기와 최대출아율의 50% 도달에 필요한 유효적산온도가 유사하므로 서울과 수원의 자료를 통합하여 비선형 회귀분석을 수행하였다. 그 결과 그림 3의 실선과 같은 Gompertz 모델을 얻을 수 있었으며 기온기는 0.059, 최대출아율의 50% 도달에 필요한 유효적산온도는 76.3°C 로 추정되었다(그림 3). 이를 바탕으로 계산한 환삼덩굴의 출아개시에 필요한 유효적산온도는 56.7°C 이었다.

환삼덩굴의 지역별 출아시기 예측

서울과 수원에서 얻어진 환삼덩굴의 출아자료를 통합하여 Gompertz 모델에 비선형회귀시켜 추정된 출아개시에 필요한 유효적산온도인 56.7°C 와 최대출아율의 50% 도달에 필요한 유효적산온도 76.3°C 를 이용하여 환삼덩굴의 지역별 출아시기를 예측하였다.

한국의 주요 지역(서울, 수원, 대전, 전주, 광주, 춘천, 철원)의 2000년부터 2009년까지 10년간의 일평균기온에서 5°C 를 제외하여 얻어진 일일 유효온도를 본 실험에서 파종한 시기보다 1개월 이전인 2월 22일 이후부터 누적한 후 환삼덩굴의 출아개시에 필요한 유효적산온도 56.7°C 에 도달하는 시기를 계산한 결과 그림 4와 그림 5와 같았다. 환삼덩굴의 최초출아는 대구가 3월 21일로 가장 빠르고 다음으로 광주(3

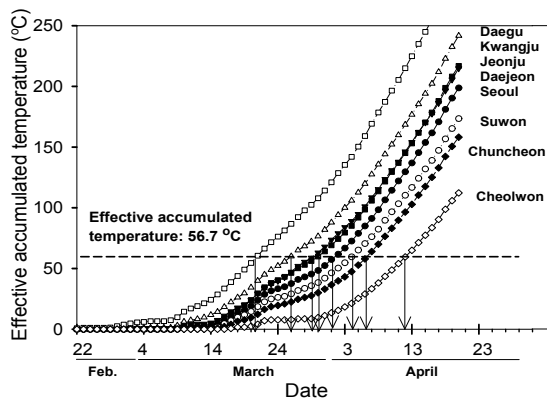


Fig. 4. Effective accumulated temperatures greater than 5°C in 8 major geographical regions in Korea and the dates reaching 56.3°C of effective accumulated temperature required for the first seedling emergence of *H. japonicus*.

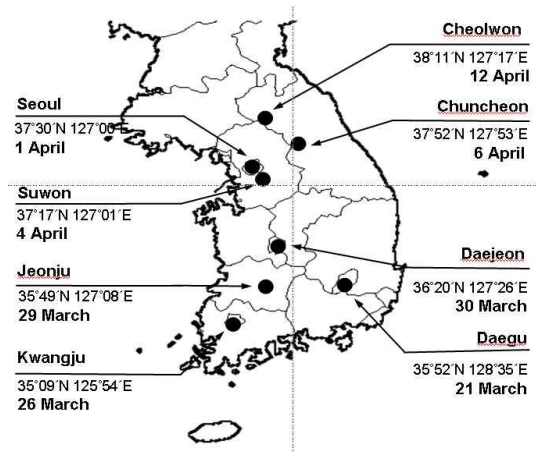


Fig. 5. Predicted dates for the first seedling emergence of *H. japonicus* calculated based on the effective accumulated temperature of 56.7°C in Korea.

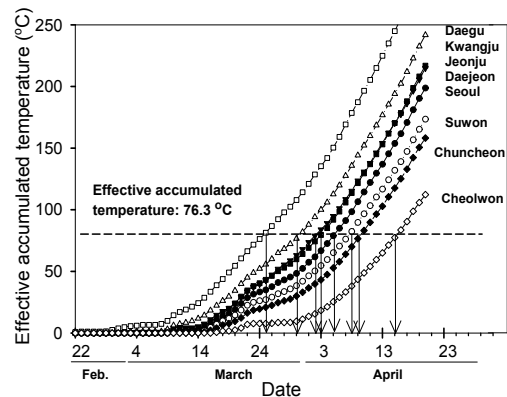


Fig. 6. Effective accumulated temperatures greater than 5°C in 8 major geographical regions in Korea and the dates reaching 76.3°C of effective accumulated temperature required for 50% of maximum seedling emergence of *H. japonicus*.

월 26일), 전주(3월 29일), 대전(3월 30일), 서울(4월 1일), 수원(4월 4일), 춘천(4월 6일), 철원(4월 12일) 순으로 예측되었다(그림 5).

최대출아율의 50% 도달에 도달하는 시기도 최초 출아시기의 예측의 경우와 같이 지난 10년간의 일평균기온을 바탕으로 계산된 일일 유효온도를 2월 22일 이후부터 누적하여 계산된 유효적산온도가 76.3°C 에 도달하는 시기를 계산한 결과 그림 6과 그림 7과 같았다. 환삼덩굴의 최대출아율의 50% 도달하는 시기는 대구가 3월 25일로 가장 빨랐고 다음으로 광주(3

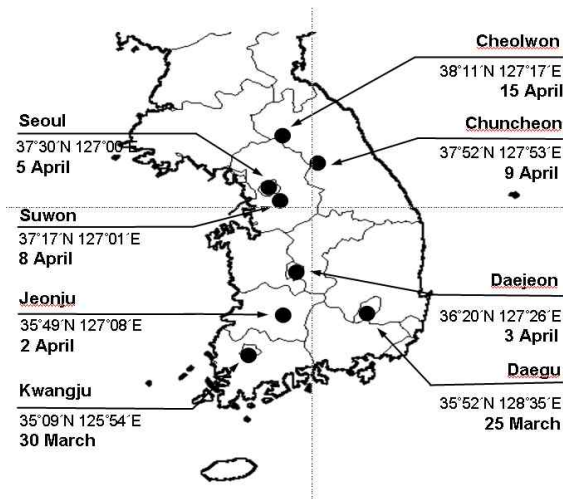


Fig. 7. Predicted dates for 50% of the maximum seedling emergence of *H. japonicus* calculated based on the effective accumulated temperature of 76.3°C in Korea.

월 30일), 전주(4월 2일), 대전(4월 3일), 서울(4월 5일), 수원(4월 8일), 춘천(4월 9일), 철원(4월 15일) 순으로 나타났다(그림 7).

이상과 같이 본 연구를 통하여 지역별로 환삼덩굴의 출아를 예측하였으나, 예측모델의 정확성을 검증하고 모델의 정확도를 향상시키기 위해서는 예측값과 각 대상지역에서의 실측값을 비교하여 보정하는 추가적인 연구가 필요하다.

환삼덩굴의 출아와 방제

이상의 연구결과를 종합하면 환삼덩굴은 남부지역에서는 3월 중하순, 중부지역에서는 3월말, 경기 강원 북부지역은 4월초에 출아하며 출아 개시 후 3-4일 이내에 출아 최성기에 도달하여 여름잡초임에도 불구하고 다른 여름잡초에 비하여 최초 출아 시기가 매우 빠름을 확인하였다. 이러한 빠른 출아와 덩굴성 생장양식은 환삼덩굴이 다른 주변식물보다 경합에 매우 우월함으로 비경작지 주변 식생을 파괴할 수 있음을 시사하고 있다.

환삼덩굴이 우점한 지역은 대부분의 식생이 파괴되어 식물종의 다양성이 현저히 저하되었으며 특히 다년생 식물의 구성비가 현저히 감소되는 것으로 알려져 있다(박 등 2008). 따라서 환삼덩굴을 제거하여

도 그 시기가 너무 늦을 경우 기존의 식생이 파괴되어 다년생 식물을 포함한 식물다양성을 회복하기 위해서는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다. 환삼덩굴의 방제를 위해 제초제를 사용할 경우 환삼덩굴만을 선택적으로 방제할 수 있는 제초제가 없어 기존의 비선택성 제초제나 광엽잡초 방제용 제초제를 사용해야하며, 이 경우 환삼덩굴 이외의 식물에 피해를 유발할 수 있으므로 주변식생이 파괴될 위험성이 매우 높아진다.

환삼덩굴은 7-8월경에 개화하는데 수꽃의 화분은 대표적인 호흡기 알레르기를 유발하는 것으로 알려져 있으며(Park 등 1999), 환삼덩굴에서 추출한 페놀화합물의 경우 세포독성이 있는 것으로 알려져 있어(Yu 등 2007) 의학적으로도 관심을 끌고 있다. 결국 환삼덩굴의 방제가 너무 늦을 경우는 방제의 어려움뿐만 아니라 화분에 의한 호흡기질환, 잎과 줄기의 가시와 접촉 시 발생하는 피부질환 등의 건강의 문제를 유발하므로 적기에 조기 방제하는 것이 필요하다. 따라서 환삼덩굴의 출아시기인 4월 초중순부터 5월 중하순까지가 환삼덩굴의 방제적기로 판단되나 환삼덩굴의 발생소장과 생장반응 등의 추가적인 연구를 통하여 방제적기를 보다 명확히 설정할 필요가 있다.

요 약

본 연구는 환삼덩굴의 생태적 자연출아를 서울과 수원의 자연포장 조건에서 평가하여 환삼덩굴의 지역별 출아시기를 예측하고자 실시하였다. 환삼덩굴의 일별 및 유효적산온도별 누적 출아율을 Gompertz 모델을 이용하여 회귀분석하였다. Gompertz 모델은 환삼덩굴의 출아를 지역에 상관없이 양호하게 설명하였으며 환삼덩굴의 최초 출아 유효적산온도는 56.7°C이며, 최대출아율 50%에 도달하는데 필요한 유효적산온도는 76.3°C로 계산되었다. 2000년부터 2009년까지 지난 10년간의 지역별 일평균기온을 바탕으로 최초 출아에 필요한 유효적산온도 56.7°C에 도달하는 시기를 예측한 결과 대구가 3월 21일로 가장 빨랐고 광주(3월 26일), 전주(3월 29일), 대전(3월 30

일), 서울(4월 1일), 수원(4월 4일), 춘천(4월 6일), 철원(4월 12일) 순이었다. 같은 방식으로 최대출아율의 50%에 도달하는 출아시기를 예측한 결과 대구가 3월 25일로 가장 빠르며 광주(3월 30일), 전주(4월 2일), 대전(4월 3일), 서울(4월 5일), 수원(4월 8일), 춘천(4월 9일), 철원(4월 15일) 순이었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 어젠다과제(과제번호 : PJ006181)를 수행하면서 얻은 결과를 바탕으로 작성되었습니다. 환삼덩굴 종자를 제공해주신 오영주 박사님께 감사드립니다.

인용문헌

- 농촌진흥청. 1992. 원색도감 한국의 밭잡초. p. 51.
- 길지현. 2007. 외래식물 분포 및 환경위해 외래식물 현황. 2007 외래잡초 심포지엄. p. 1-20.
- 김도순. 2007. 외래잡초가 생태계에 미치는 영향. 2007 외래잡초 심포지엄. p. 49-74.
- 문병철, 오세문, 김창석, 이인용, 박재읍. 2002. 도깨비가지 발생특성 및 방제효과. 한국잡초학회지 22(4):327-333.
- 문병철, 박태선, 이인용, 박재읍, 권오도, 국용인. 2004. 주요 문제잡초 온도별 발생생태 및 엽령 반응. 한국잡초학회지 24(3):206-213.
- 문병철, 박태선, 조정래, 오세문, 박재읍. 2005a. 가시박 생육특성 및 분포. 한국잡초학회지 25(별책2호):128-131.
- 문병철, 원종건, 박중수, 박태선, 오세문, 박재읍. 2005b. 유효적산온도를 이용한 피, 물달개비의 엽령반응 및 농업기후대별 예측. 한국잡초학회지 25(2): 112-118.
- 문병철, 박태선, 조정래, 오세문, 이인용, 강충길, 국용인. 2007. 가시박 출현 및 초기 생육 특성. 한국잡초학회지 27(1):36-40.
- 박민원, 송종석, 임수현, 김도순. 2008. 환삼덩굴의 식생 및 식물다양성에 미치는 영향. 한국잡초학회지 28(별책2호):87-89.
- 오영주, 류지혁, 문병철, 손수인, 오세문, 김석철. 2008. 한국 중부지방의 환삼덩굴 군락구조와 서식지 특성. 한국환경농학회지 27(1):72-79.
- 오세문, 강대성, 김창석, 문병철, 박재읍. 2006. 단풍잎돼지풀의 분포 및 발생소장 연구. 한국잡초학회지 26(별책1호):80-83.
- 오세문. 2007. 외래잡초 발생 현황과 관리 대책. 한국잡초학회지 27(2):22-25.
- Cussans, G. W., S. Raundonius, P. Brain and S. Cumberworth. 1996. Effects of depth of seed burial and soil aggregate size on seedling emergence of *Alopecures myosuroides*, *Galium aparine*, *Stellaria media* and wheat. Weed Res. 36:133-141.
- Chung, S. K. 1996. The study on the physiological activities of *Humulus japonicus*. KOSEF pp. 9-10.
- Genstat 5 Committee. 1997. Genstat 5 Release 4.1 : Reference Manual Supplement to Genstat 5 Committee (1993) Genstat 5 Reference Manual Release 3. Oxford, UK : Numerical Algorithms Group.
- Gompertz, B. 1825. On the nature of the functions expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies. Philo. Trans. 115:513-585.
- Kim, D. S., Y. W. Kwon and B. W. Lee. 2006. Mathematical description of seedling emergences of rice and *Echinochloa* species as influenced by soil burial depth. Kor. J. Crop Sci. 51: 362-368.
- Park, J. W., S. H. Ko, C. W. Kim, B. J. Jeong and C. S. Hong. 1999. Identification and characterization of the major allergen of the *Humulus japonicus* pollen. Clin Exp Allergy. 29(8): 1080-1086.

-
- Putz, F. E. 1983. Lianas biomass and leaf area of a "Terra Fime" Forest in the rio negro basin, Venezuela. *Biotopica*. 15(3):185-189.
- Shen, X., J. Y. Pyon and D. S. Kim. 2010. Germination and seedling emergence of *Ammannia coccinea* as influenced by environmental factors. *Weed Biol. Manag* (submitted).
- Yu BC, Yang MC, Lee KH, Choi SU and Lee KR. 2007. Two new phenolic constituents of *Humulusjaponicus* and their cytotoxicity test in vitro. *Arch Pharm Res*. 30(11):1471-5.