GIS와 위성영상을 이용한 소나무재선충 피해지역과 기상인자와의 시·공간적 상관분석

김준범[1], 조명희[2], 오정수[1], 이광재[2], 박성중[2], 엄향희[3]
[1]임업연구원, [2]경일대학교 도시정보지적공학과, [3]부산지방기상청

Temporal and Spatial Correlation Analysis of *Bursaphelenchus xylophililus* Damaged Area and Meteorological Factors using GIS and Satellite Images

Joon-Bum Kim[1], Myung-Hee Jo[2], Jeong-Soo Oh[1], Kwang-Jae Lee[2], Sung-Joong Park[2], and Hyang-Hee Um[3]
[1]*Korea Forest Research Institute;* [2]*Department of Urban Information Cadastral Engineering, Kyungil University;* [3] *Busan Regional Meteorological Office*
(Correspondence: jbkim99@foa.go.kr)

1. 서언

산림병해충이란 곤충 중에서 인간이 산림에서 기대하는 혜택을 직·간접으로 방해하는 것이라 정의 할 수 있는데 특히 소나무재선충이 침입한 나무는 100% 고사되기 때문에 특별한 주의가 필요하다. 소나무는 우리나라의 대표적인 수종으로 1960년대 전국 산림면적의 50%이상을 차지하고 있었으나 최근 산림생태계의 변화, 각종 병해충의 만연으로 소나무 숲의 면적이 30%내로 점차 감소되고 있다. 소나무재선충은 병원성이 매우 강하여 소나무재선충에 감염된 소나무류는 급속히 시들며 감염 당년에 80%, 이듬해 봄까지는 거의 100%가 고사한다. 소나무재선충은 스스로 이동능력은 없으며 매개곤충인 솔수염하늘소에 의하여 전파되어 감염목 내의 재선충은 하늘소의 성충이 우화탈출할 때 체내에 침입하여 매개충과 함께 탈출하며 하늘소가 소나무류의 신초를 섭식할 때 나무속으로 침입한다. 매개충 한 마리가 최대 27만마리의 재선충을 지니며 나무속에서 급속히 증식되어 나무를 말라 죽인다. 이에 의한 피해는 매우 심각한 실정으로 현재 부산지역을 중심으로 경남 함안, 진주, 통영 등으로 확산되어 발생 구역면적이 약 2,000ha에 달하고 있다. 그러나 피해지역의 파악과 피해확산방향의 예측에 어려움이 수반되기 때문에 일부 방제는 하고 있으나 충분한 효과를 거두지 못하여 피해면적이 계속 확산되고 있는 현실이다. 따라서 소나무재선충의 피해상황을 조속한 시간 내에 주기적으로 파악하고 이를 기초로 피해확산 양상을 빠른 시기에 예측하여 시기 적절한 방제 전략을 수립하기 위해서는 공간분포 특성조사에 효율적인 위성영상과 GIS와 같은 공간정보기술의 도입이 절실하다.

국내에서도 위성영상자료와 GIS를 이용한 다양한 분석 기법의 활용 가능성이 산림 병해충 분야에서도 입증되어 이 분야에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 조명희 외(2001)는 Landsat TM 영상을 이용하여 추봉도 지역의 소나무재선충 피해지역을 추출하였고 양경락(1999)은 Landsat TM 영상을 이용하여 Ratio와 Spatial Filltering 기법으로 경북 영양군의 솔잎혹파리 피해지역을 추출하였으며 서두천(1998)은 경남 남해군 일대의 침엽수림을 대상으로 Landsat TM 영상을 이용하여 감독분류기법으로 솔껍질깍지벌레 피해지역을 추출한 바 있으며 오동하(1998)는 Landsat TM 영상과 수치지도자료를 이용하여 밴드간 비연산, cosine 보정 및 Minnaert보정을 통해 강원도 홍천지역을 대상으로 솔잎혹파리 피해지역 분류 및 공간적 변화를 분석하였다.

본 연구에서는 부산시를 대상으로 GIS와 시기별 Landsat TM 영상, AWS(Automatic Weather Station) 기상자료 및 피해현황 자료를 이용하여 소나무재선충의 분포특성에 매우 영향이 높을 것으로 간주되고 있는 기상인자와의 상관분석을 통하여 재선충 피해지역의 시·공간적 분포특성을

규명하고자 한다.

2. 연구재료 및 방법

소나무재선충의 피해지역 분포현황 변화를 보다 효과적으로 규명하고자 본 연구에서는 시기별 6년간(1995-2000)의 Landsat TM(1995. 11. 20, 1996. 11. 6, 1997. 10. 8, 1998. 11. 12, 1999. 10. 30, 2000. 10. 16. 촬영) 영상, 부산시 지역의 AWS 현지기상관측자료, 1/25,000 지형도와 수치지도, 부산시 소나무재선충 피해목 발생현황 자료를 이용하였다.

부산시 지역의 구별 소나무재선충 피해목 발생현황자료를 기초로 ArcView 3.2 GIS Tool을 이용하여 단계구분도를 작성함으로서 패해목의 공간적 분포 패턴을 보다 효과적으로 파악하였다. 또한 부산시 6개 지점(동래구, 진구, 해운대구, 금정구, 북구, 기장군)의 AWS 현지기상관측자료 중에서 소나무재선충의 매개충인 솔수염하늘소의 5, 6, 7월 번식시기를 고려하여 1995년부터 2000년까지의 기상관측자료 중 최저 기온, 최고기온, 평균기온, 평균풍속, 강수량 데이터만을 획득하여 년도별, 월별, 구별 기상자료로 세분화하여 시기별 소나무재선충 패해목 현황자료(1996-2000년)와 상관분석을 실시하여 이들 기상인자와 피해 발생현황과의 시·공간적 상관성을 분석하였다. 한편 1/25,000 지형도 및 수치지도를 Arc/Info GIS Tool을 이용하여 부산시 지역의 GIS 수치주제도를 작성하였다. 시기별 소나무재선충 피해가 가장 심각하였던 금정구 지역만을 대상으로 위성영상자료를 활용한 피해현황 변화탐지를 위하여 Landsat TM(band 4/3/2)영상을 1/25,000 지형도에서 GCP(Ground Control Point)를 추출하여 ERDAS Imagine 8.4로 기하보정을 실시한 후 1/25,000 지형도 및 지역별 피해목 발생현황 자료를 이용하여 감독분류(Supervised Classification) 기법 중 Maximum Likelihood Classification 기법으로 토지피복 및 소나무재선충 피해지역을 분류하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 소나무재선충 피해현황의 공간분포도 작성

소나무재선충 피해목 발생현황 자료를 이용하여 시기별 단계구분도를 작성하여 공간분포변화를 살펴보았다. 그림 1에서 볼 수 있는바와 같이 최초발생지인 동래구에서부터 해운대구, 금정구를 거쳐 기장군에 이르기까지 점차 북부지역으로 확산되어가고 있는 것을 알 수 있다. 기장군의 경우 1997년 신규발생하여 2000년도에는 2,350 본수의 피해현황을 보이고 있어 재선충의 급격한 확산과 그 경로의 분석이 중요한 사안으로 대두되고 있으므로 이 주변 지역에 대한 정밀예찰과 철저한 방제대책이 요구된다.

3.2 시기별 Landsat TM 영상을 이용한 피해 변화 탐지

부산지역에서 가장 높은 피해현황을 보이고 있는 금정구 지역을 대상으로 시기별 Landsat TM 영상을 이용하여 소나무재선충 피해지역을 추출한 결과 피해현황 자료상의 피해목 본수의 분포특성 변화와 매우 유사한 패턴을 나타내었다(그림 2 참조).

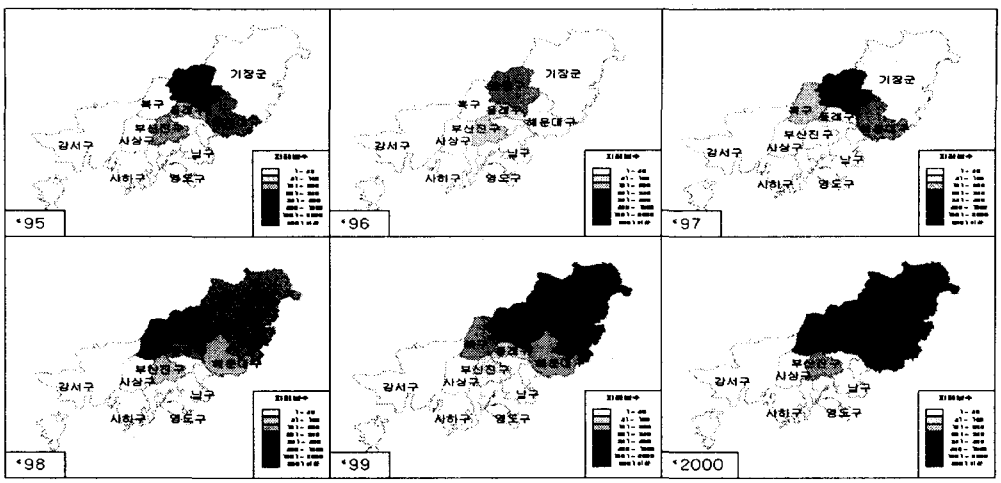

그림 1. 부산지역 소나무재선충 피해지역 년도별 공간분포 변화(1995-2000)

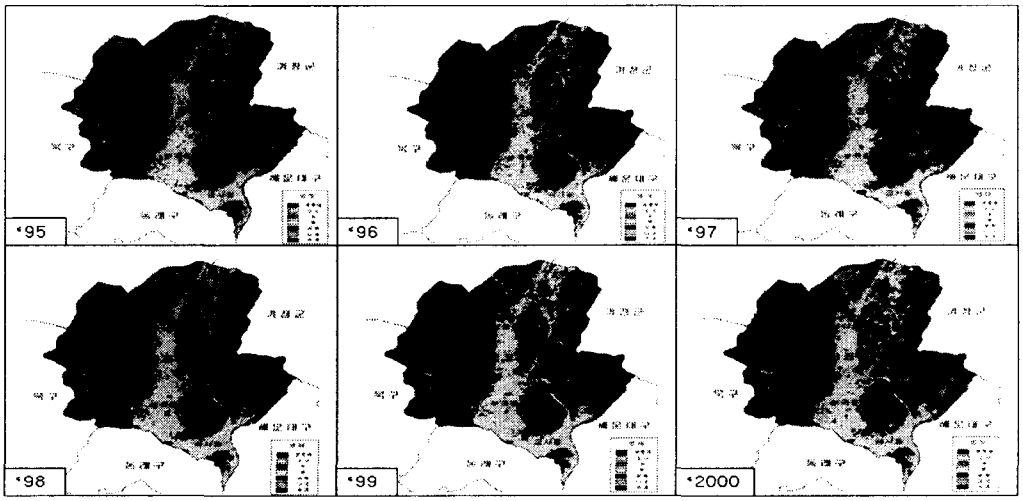

그림 2. Landsat TM 영상을 이용한 소나무재선충 피해지역 추출(부산시 금정구)

3.3 AWS 기상관측자료와 소나무재선충 피해지역과의 시·공간적 상관분석

소나무재선충의 피해지역 확산과 기상인자와의 상관성을 규명하기 위하여 매개충의 활동이 왕성한 5, 6, 7월의 AWS 자료 중에서도 재선충의 매개충 활동에 영향이 가장 클 것으로 사료되는 최저기온, 최고기온, 평균기온, 강수량, 평균풍속의 5가지 기상인자와 부산시 행정구 및 년도별 피해목 현황자료와의 상관성을 분석한 결과 아래와 같은 시·공간적 분포특성을 규명할 수 있었다.

표 1. 부산지역 소나무재선충 피해목 현황과 기상자료의 상관분석 결과(1996-2000년, 상관계수)

AWS자료 / 행정명	I	II	III	IV	V
5월	최고기온(0.48)	평균풍속(-0.45)	평균기온(0.35)	최저기온(0.25)	강수량(0.29)
6월	평균풍속(-0.66)	최저기온(0.47)	최고기온(0.45)	평균기온(-0.20)	강수량(0.18)
7월	강수량(0.94)	평균기온(-0.62)	최고기온(-0.40)	평균풍속(0.10)	최저기온(-0.01)

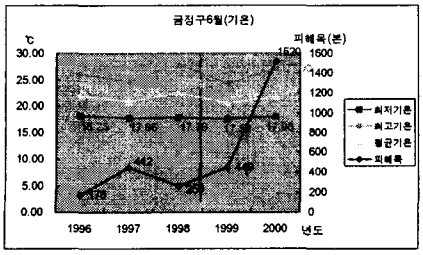

그림 3. 금정구 6월 상관분석 결과

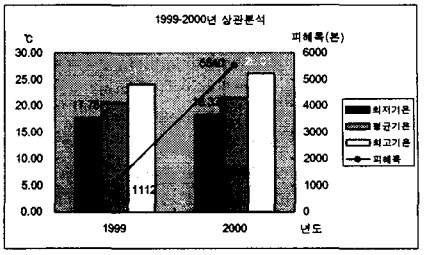

그림 4. 1999-2000년 상관분석 결과

① 부산시 전 지역의 피해목 발생과 기상인자와의 상관성

부산시 전 지역에서 발생한 각 년도별 소나무재선충 피해목 현황자료(1996-2000년)를 각 월(1995-1999년)별 5가지 기상인자와 상관분석한 결과 표 1과 같다. 5월에는 최고기온(R:0.48), 6월은 평균풍속(R:-0.66) 그리고 7월에는 강수량(R:0.94)이 피해목 발생현황 자료와 가장 상관성이 높은 것으로 나타났다.

② 금정구 지역의 피해목 현황과 기상인자와의 상관성

시기별 소나무재선충 피해목이 가장 많은 금정구를 대상으로 5, 6, 7월의 5가지 기상인자와 피해현황자료를 상관분석한 결과 5, 6월에는 평균풍속(R:-0.67, -0.75), 최고기온(R:0.59, 0.22)이 피해목 현황과 높은 상관성을 보였으며 7월에는 강수량(R:0.96), 최고기온(R:-0.70) 순으로 높은 상관성을 나타내었다(그림 3 참조).

③ 최근의 피해목 증가와 기상인자와의 상관성

소나무재선충 피해목 발생현황자료에서 급격한 피해목 증가현상을 보이기 시작한 1999년, 2000년 피해목 자료를 전년도 1998년, 1999년 6월의 5개 기상인자와 종합적인 비교·분석을 통하여 1999-2000년 피해목 증가에 대한 1998-1999년의 최저기온, 최고기온, 평균기온은 증가, 평균풍속과 강수량은 감소하였음을 알 수 있었다(그림 4 참조).

인용문헌

김준범 외, 1990, 고사목에서 분리된 선충과 곤충의 종류 및 솔수염하늘소 부위별 소나무재선충 밀도 조사, *한국응용곤충학회지*, 29(1): 14-19.

서두천, 1998, *인공위성 화상데이터를 이용한 솔껍질깍지벌레 피해지역의 추출기법에 관한 연구*, 경상대학교 석사학위논문, 65p.

오동하, 1998, *위성영상자료와 수치지도자료를 이용한 솔잎혹파리 피해지역분류 및 공간적 변화분석*, 서울대학교 박사학위논문

양경락, 1999, *LANDSAT TM DATA를 이용한 솔잎혹파리 피해지역추출에 관한 연구*, 서울대학교 석사학위논문, 51p.

조명희 외, 2001, 위성영상과 GIS를 이용한 소나무재선충 피해지역 추출 기법, *대한원격탐사학회 발표집*, pp.62-69.

조명희 외, IKONOS 영상을 이용한 소나무재선충 피해지역 선단지 추출기법, *한국지리정보학회 춘계 워크샵 및 학술논문 발표대회*, 2001.5, pp.202-211.

Hoffer, R. M., D. S. Linden and J. L. Paschke, 1995, Integrating of GIS, GPS and Remote Sensing for Inexpensive Assessment of Forest Insect Damage, *1995 ACSM/ASPRS Annual Convention & Exposition Technical Papers*, Vol. 3, pp.571-578, Charlotte, NC.