

주왕산국립공원 주왕계곡 수달래군락 분포 특성 및 기후변화를 고려한 관리방안[†]

Distribution States and Management Planning based on the Climate Change of *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense* in Juwang Valley, Juwangsan National Park[†]

한봉호*, 김종엽**, 객정인***, 박석철****, 한정현*****

*서울시립대학교 조경학과 교수, **도시생태연구센터 센터장, ***도시생태연구센터 책임연구원,
****서울시립대학교 도시과학연구원 연구원, *****서울시립대학교 대학원 조경학과 박사과정

Han, Bong-Ho*, Kim, Jong-Yup**, Kwak, Jeong-In***, Park, Seok-Cheol****, Han, Jeong-Hyeon*****

*Professor, Dept. of Landscape Architecture, University of Seoul

**Director, Urban Ecosystem Research Center

***Senior Researcher, Urban Ecosystem Research Center

****Researcher, Institute of Urban Science, University of Seoul

*****Ph.D. Candidate, Dept. of Landscape Architecture, Graduated School, University of Seoul

Received: November 27, 2024

Revised: December 9, 2024 (1st)
December 16, 2024 (2nd)

Accepted: December 16, 2024
3인익명 심사됨

Corresponding author :

Jeong-Hyeon Han

Ph.D. Candidate,

Dept. of Landscape Architecture,
Graduated School, University of
Seoul

Seoul 02504, Korea

Tel.: +82-2-6490-5521

E-mail: gpfvm00@uos.ac.kr

국문초록

본 연구는 주왕산국립공원 특별보호구역인 수달래군락의 분포 특성과 여름철 강수량 등 기후변화가 수달래군락 생육환경에 영향을 미치는지를 파악하고자 연구를 수행하였다. 수달래군락 분포 특성을 분석하기 위해 생육기반, 수변 이격거리, 가지고사율, 수고로 구분하여 개체수를 측정하였다. 각 항목별 개체수 측정 후 생육기반과 수변 이격거리, 생육기반과 가지고사율, 생육기반과 수고, 수변 이격거리와 가지고사율, 수변 이격거리와 수고의 일원배치 분산분석 결과 분포 특성 간 유의미한 차이가 있었다. 수달래군락 주요 분포지의 하천 단면구조를 조사한 결과 수면 폭 4.8m로 넓지 않았다. 7월과 8월 집중호우로 계곡 내 불어나는 유량과 빠른 유속은 하천 단면 구조에 변화가 있을 것으로 판단되었다. 불규칙성과 비예측적 특성을 가진 기후변화는 연구대상지의 수달래 생육환경에 영향을 주고 있음이 판단되었다. 본 연구의 결과는 강수량 등 기후변화가 보전 가치가 높은 수달래 식물군락지 특별보호구역의 보전과 관리를 위한 기초자료로 활용될 것이다.

주제어: 국립공원 특별보호구역, 가지고사율, 집중호우, 보전

ABSTRACT

This study was conducted to understand the distribution characteristics of the *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense* in a special protected area of Juwangsan National Park, and whether climate change, such as precipitation in summer, affect the growing environment of the *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*. In order to analyze the distribution characteristics of the *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*, the population was measured by dividing it based on growth base, waterfront separation distance, branching rate, and labor. After measuring the population for each, there were significant differences between the distribution characteristics. As a result of the analysis of the one-way distribution of the *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*, the separation distance and branching rate, as well as the separation distance and labor of the waterfront, were discovered to be factors. As a result of investigating the river cross-sectional structure of the major distribution areas of the *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*, it was not wide, at 4.8 m. It was judged that the high flow rate in the valley due to torrential rains in July and August affects the cross-sectional structure of the river. Climate change with irregular and non-predictable characteristics was judged to affect the aquatic growth environment of the study site. The results of this study will be used as basic data for the preservation and management of the special protected area of the *Rhododendron yedoense* var. *poukhanense* plant colony, where climate change such as precipitation is of high conservational value.

Keywords: Specially Protected Area of National Park, Ratio of Withered Branch, Localized Torrential Downpours, Conservation

[†]본 연구를 위한 현장조사는 국립공원공단 주왕산국립공원 사무소의 협조를 받아 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

1. 서론

지구 온난화의 영향으로 폭염, 집중호우, 곤충 대발생 등 지구에 예기치 못한 기후변화가 발생하고 있다. 최근 우리나라 폭염일수가 예년보다 길어져 장기간의 열대야가 나타나 국민 모두가 생활 전반에서 기후변화를 체감하였다. 기후변화는 인간 뿐 아니라 농작물에도 큰 영향을 주고 있었다. 2023년 청송군과 의성군은 4월 이상기온 현상으로 서리가 내려 농작물 냉해 피해가 심각하여 특별재난지역으로 선포되었다. 최근 우리나라도 기후의 변동 폭이 불규칙하고, 예측할 수 없는 기상이 나타남에 따라 기후변화의 영향을 받는 것으로 보여진다(한정현, 2022).

세계자연보전연맹(IUCN)은 보호지역을 '생태계 서비스와 문화적 가치를 보유하고 있는 자연을 장기간 보전하기 위해 법률 또는 기타 효과적인 수단을 통하여 지정, 인지, 관리하는 지리적으로 명확하게 한정된 지역'으로 정의한다(Dudley, 2008). 그러나, 국립공원 지역은 타 지역에 비해 생물다양성이 특히 높은 보호지역이지만 기후변화에 따라 생태계 변화가 민감하게 나타날 수 있는 지역이기도 하다(김윤영 등, 2017). 주왕산국립공원 특별보호구역은 식물군락지 2개소(주왕계곡 수달래, 상의지구 가시오갈피)와 주산지 일원 동물(수달) 서식지 등 총 4개소가 지정되어 있다. 본 연구대상지인 수달래군락은 지정번호 주왕-1(2007. 12. 31), 지정 면적 39,017㎡, 지정 기한 2026년이 었다(주왕산국립공원사무소, 2022). 주왕산국립공원 주왕계곡에 분포하고 있는 산철쭉(*Rhododendron yedoense* var. *poukhanense*)을 수달래로 부르고 있다. 수달래(수단화)는 국립공원 주왕산의 주방천에 자생하고 있는 철쭉과에 속하는 화목류로서 5월 상순에 개화하며 꽃의 색은 지역에서 자생하는 진달래와 다른 산철쭉보다 색이 더 진하고 꽃잎에 검붉은 반점이 20개 정도 있는 것이 특징이다(농어촌공사, 2004). 연구대상지 범위는 수달래군락이 분포하고 있는 주왕계곡을 중심으로 기암교에서 자하고 사이 1km 구간을 선정하였다(그림 1 참조).

수달래축제는 1986년부터 2018년까지 총 32회에 걸쳐 진행되었다. 그러나, 2019년 청송군은 수달래축제 잠정 중단을 선언하였다(https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1005166762). 해마다 예측할 수 없는 개화 시기와 수달래군락 면적 감소로 인해 축제 중단 사태에 이르게 되었다. 경상북도는 2000년대 초 태풍으로 큰 피해가 발생하였다. 수달래군락 특별보호구역도 예외는 아니었다. 주왕산국립공원 사무소에 따르면 뿌리가 노출되고 도복(쓰러짐) 현상이 발생하였다. 2002년과 2003년 태풍 루사와 매미로 인하여 수달래가 유실되어 수달래 군락지가 과거의 50~60%의 수준만 남아 있어 수달래 축제를 방문하는 방문객들의 만족도 감소가 우려되고 있다(김준수 등, 2012). 수달래군락 회복을 위해 2004년 계곡 휴식년제, 2006년과 2012년 청송군농업기술센터와 수달래 증식 및 복원을 진행하였음에도 불구하고 수달래 감소는 계속 진행되었다.

주왕계곡에 대한 선행연구는 식물군집구조(이경재 등, 1995), 식물상과 식생(유주한 등, 2011), 수달래축제의 관광 가치(한상열, 2005), 수달래축제 활성화(문호성 등, 2012), 방문객 만족도 향상(김동훈 등, 2023) 등에 대한 연구가 주로 이루어졌다. 김준수 등(2012)은 방문객의 축제 만족도를 높일 수 있도록 수달래 관리 방안을 연구하였다. 국립공원에서 철쭉과 관련된 연구는 지리산 바래봉 철쭉속 복원(오현경 등, 2013), 한라산 국립공원 털진달래, 산철쭉 고사연도와 기후요소(박준희 등, 2022)가 있었다. 그러나, 지금까지 최근 20년간의 기후변화로 인한 수달래군락 생육밀도 감소에 대한 양상을 도출한 적은 없었다. 본 연구에서는 수달래군락 변화상을 분포 현황과 생육환경으로 한정하여 현장 조사를 통해 수달래의 생육기반 및 수변 이격거리를 파악한 후 기후변화에 영향을 받았는지에 대한 상관관계를 찾고자 하였다.

본 연구의 목적은 보전 가치가 높은 수달래군락 분포 특성을 기후변화와 연계하여 살펴본 후, 수달래군락 특별보호구역의 보전·관리 방안을 제안하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1 수달래 생육기반 및 분포 상관분석

2.1.1 수달래 분포 및 생육기반 현황 조사분석

수달래는 산기슭 물가 또는 고산지대에서 생육하며, 높이 1~2m로 자라고 천근성으로 잔뿌리가 많고 맹아가 강한 특성이 있다. 현황조사는 문헌조사와 현장조사로 분석하였다. 문헌자료는 환경부 국립공원 특별보호구역 지정 현황, 제1차 주왕산국립공원 보전·관리계획(2013~2022), 주왕산국립공원 자원모니터링 7차 년도, 핵심 경관자원 수달래(산철쭉) 조사 모니터링 결과보고서를 활용하였다. 현장조사는 2024년 5월 3~4일, 8월 9일 수행하였다. 수달래의 생육 및 분포 특성에 따라 현황은 생육 기반별, 가지고사율별, 수고별, 수변 이격거리별로 구분하여 개체수를 조사하였다. 생육기반은 모래자갈, 바위암반, 흙으로 구분하고, 가지고사율은 20% 미만, 21~40%, 41~60%,

61~80%, 80% 이상으로 분석하였다. 수고는 0.5m 미만, 0.5~1m, 1~2m, 2m 이상으로 구분하고, 수변 이격거리는 1m 미만, 1~4m, 4~10m, 10m 이상으로 분석하였다.

2.1.2 생육기반 및 수변 이격거리와 수달래 분포 상관분석

수달래의 개체수, 수고, 가지고사율, 생육기반, 수변 이격거리는 현지 조사를 통해 AutoCAD 2025와 Arc-View 프로그램으로 작성하여 변화를 종합하였다. 현장조사 후 Microsoft Excel 2010을 활용하였다. 생육기반과 수변 이격거리, 생육기반과 가지고사율, 생육기반과 수고, 수변 이격거리와 가지고사율, 수변 이격거리와 수고에 대한 차이에 대한 유의성을 알고자 일원배치 분산분석(ANOVA)을 실시하였다. 그룹 간 모평균의 유의성에 대해 다중비교 분석(Scheffe, Bonferroni)을 실시하고, 사후검정으로 Scheffe 분석하였다. 모든 통계분석은 Spss statistics 28.0 프로그램을 이용하여 사용하였으며, 유의수준은 0.05로 설정하였다.

2.2 기온 및 강수량 변화 분석

최근 20년간의 기온 및 강수량, 강수패턴은 기상자료 개방포털(<https://data.kma.go.kr>)의 평균 기온, 평균 강수량을 연도별로 분석하였다. 경상북도 의성군(ASOS) 1980년~2023년 평균 기온, 주왕산(AWS) 2002년~2023년 평균 기온, 주왕산(AWS) 월별 평균 기온(1~5월), 겨울철 평균 기온(12~2월)과 온량지수를 조사 분석하였다. 식물의 봄철 생육의 경우 기온 영향이 매우 중요하며, 식물 생육은 앞선 시기의 기후가 누적되어 나타난다(장정걸 등, 2020). 계절 식물은 온도와 밀접한 관련이 있다. 온대 낙엽 수목은 일정한 온도 이하가 되면 살아있으나 생육이 정지된 상태(내생휴면상태)를 위해 일정 저온이 필요하다(정재은 등, 2006).

강수량은 주왕산(AWS) 연도별 평균강수량과 월별 평균강수량(6~10월)과 최근 5년간 강수량 집중도를 조사·분석하였다. 강수패턴은 주왕산(AWS) 연도별 6~10월 최대순간풍속, 일 최대강수량, 일 최대강수량과 최대순간풍속이 동시에 일어난 일자를 조사하여 종합·분석하였다. 자연재해 피해 중 태풍으로 인한 피해가 58%로 대부분을 차지한다(양미연, 2019) (그림 1 참고).

2.3 수달래 주요 분포지 하천 단면구조

수달래 주요 분포지 3곳을 선정하여 주방계곡의 하천 단면구조 조사지에서 방형구 1, 2, 3을 선정하였다. 방형구 1은 식물군집 조사를 시행한 후 Linetransect를 통해 단면도를 작성하였다. 방형구 2와 방형구 3은 수달래군락 특성에 따라 조사구 크기를 다르게 선정하였다. 이후 수관투영도를 작성하였다. 하천 단면 구조가 강수량과 강수패턴의 영향으로 계속 변화겠지만, 본 연구는 현장 조사 시 나타난 단면구조 연구로 한정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수달래 생육기반별 분포 현황

3.1.1 수달래 생육기반과 수변 이격거리

수달래군락 특별보호구역은 제1차 주왕산국립공원 보전·관리계획(2013~2022)과 주왕산국립공원 자원모니터링

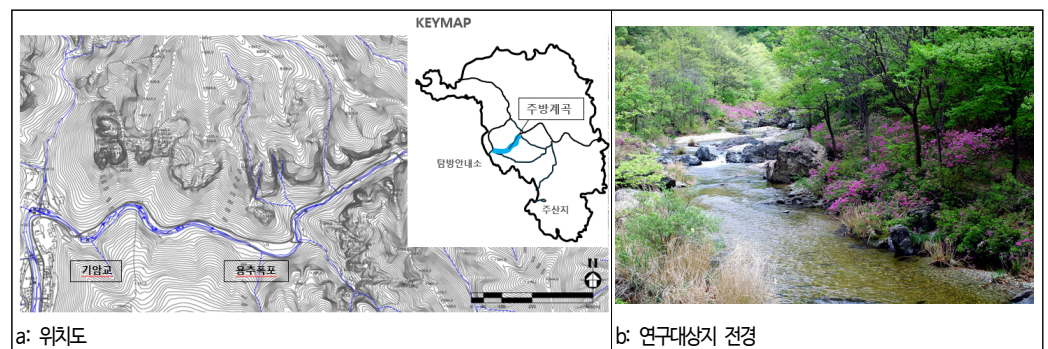


그림 1. 주왕산국립공원 주방계곡 위치도
자료: 제1차 주왕산국립공원 보전·관리계획(2013~2022)

7차년도에 면적과 개체수가 제시되어 있다. 핵심경관자원 수달래(산철쭉) 조사 모니터링 결과보고서는 개체수로만 기재되어 있었다(표 1 참조). 문헌자료에 나타난 개체수 증감은 복원으로 인한 일시적 현상으로 판단되었다. 해를 거듭할수록 수달래와 수달래군락 훼손이 계속 진행되었고, 정기적인 모니터링은 수행되지 않았다.

현장조사 결과 수달래는 총 731주이었다. 기암교-용추폭포에 분포하였고, 개체목과 군락 단위로 분포하고 있었다(그림 2 참조). 생육 상태는 대체로 불량하였다. 줄기가 훼손되어 꽃이 피지 않거나, 도복(쓰러짐) 상태로 분포하고 있었다. 수달래는 하천변 양지에 주로 분포하고, 암반노출지에 생육하고 있었다. 김준수 등(2012)은 관목층에 다른 종이 우점하면 수달래는 초본층에만 찾아볼 수 있었고 이는 수달래가 타 수종과의 경쟁에 매우 취약하다는 것을 유추해 볼 수 있다고 하였다.

생육기반은 모래자갈, 바위암반, 흙(그림 3 참조)으로 구성되어 있었고, 생육기반별 수달래 개체수는 모래자갈 29주, 바위암반 489주, 흙 213주가 생육하고 있었다. 주로 바위암반에 분포하였다(표 2 참조). 수변 이격거리별 수달래 개체수는 1m 미만은 233주, 1-4m은 301주, 4-10m은 176주, 10m 이상은 21주가 분포하였다. 수변 이격거리 1-4m에 가장 많은 수달래가 생육하였다.

생육기반 및 수변 이격거리별 개체수는 바위암반이 가장 높았고, 수변 이격거리 1m 미만은 바위암반 46.2%, 1-4m은 77.3%가 분포하고 있었다.

3.1.2 수달래 생육기반과 가지고사율

가지고사율 20% 미만은 478주이었다(그림 4 참조). 생육기반별로 가지고사율 20%에 해당하는 수달래는 모래자갈 23주, 바위암반 322주, 흙 133주로 바위암반에서 생육하는 개체수가 가장 많았다(표 3 참조).

모래자갈 기반의 수달래 가지고사율 20%의 생육환경은 평지이며 양지에 분포하고 있었다. 모래자갈에는 갯버들이 같이 생육하고 있었고 수변 이격거리는 1.5m이었다. 가지고사율 30%에서는 화양목, 쇠물푸레나무가 생육하고 있었고 수달래는 완경사, 양지에 분포하였다. 수변 이격거리는 3m이었다. 가지고사율 80% 지역에서는 버드나무가 생육, 수변 이격거리 4.5m로 멀리 떨어져 있었다.

바위암반 기반의 수달래 가지고사율 20%에서는 교목으로 쇠물푸레나무가 출현하였고 급경사, 양지에 수달래가 생육하고 있었다. 수변과의 이격거리는 2.5m이었다. 가지고사율 20-40%에서는 쇠물푸레나무가 생육하고, 급경사이며

표 1. 주왕산국립공원 주왕계곡 수달래 문헌자료

구 분	2007년	2012년	2015년	2021년
출 처	환경부	국립공원관리공단	국립공원공단 주왕산국립공원사무소	국립공원공단 주왕산국립공원사무소
문 헌	국립공원 특별보호구역	제1차 주왕산국립공원 보전관리계획(2013-2022)	주왕산국립공원 자원모니터링 7차년도	핵심경관자원 수달래(산철쭉) 조사 모니터링 결과보고서
면 적	39,017m ²	1,906m ²	820m ²	-
개체수	-	1,021주	556주	649주

자료: 국립공원 특별보호구역, 제1차 주왕산국립공원 보전·관리계획(2013-2022), 주왕산국립공원 자원모니터링 7차년도, 핵심경관자원 수달래(산철쭉)조사 모니터링 결과보고서

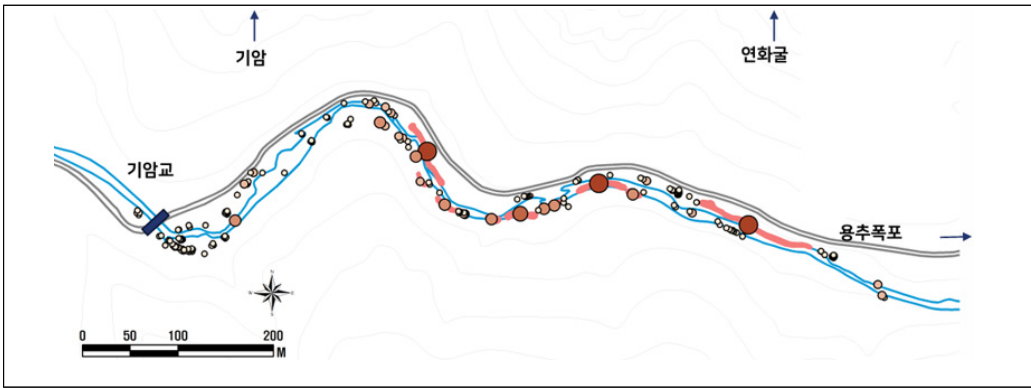


그림 2. 주왕산국립공원 주왕계곡 수달래 분포 현황도

범례: 1주 2-10주 11-30주 31-50주 51주 이상 면적 분포



그림 3. 주왕산국립공원 주방계곡 수달래 생육기반환경

표 2. 주왕산국립공원 주방계곡 수달래 생육기반 및 수변 이격거리별 개체수

생육기반	이격거리	개체수(주)	비율(%)
모래자갈	1m 미만	2	6.9
	1-4m	10	34.5
	4-10m	12	41.4
	10m 이상	5	17.2
	소계	29	100.0
바위암반	1m 미만	226	46.2
	1-4m	152	31.1
	4-10m	96	19.6
	10m 이상	15	3.1
	소계	489	100.0
흙	1m 미만	5	2.3
	1-4m	139	65.3
	4-10m	68	31.9
	10m 이상	1	0.5
	소계	213	100.0

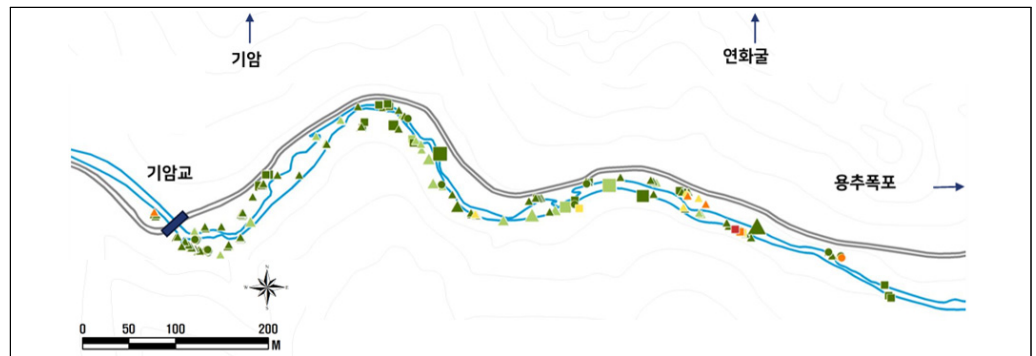


그림 4. 주왕산국립공원 주방계곡 수달래 가지고사율 현황도

범례: ● 모래자갈 ▲ 바위암반 ■ 흙 하천 등산로
20% 이하 20-40% 41-60% 61-80% 81% 이하

표 3. 주왕산국립공원 주방계곡 수달래 생육기반 및 가지고사율별 개체수

생육기반	가지고사율	개체수(주)	비율(%)
모래자갈	20% 미만	23	79.3
	21-40%	4	13.8
	41-60%	1	3.4
	61-80%	1	3.4
	소계	29	100.0

표 3. 계속

생육기반	가지고사율	개체수(주)	비율(%)
바위암반	20% 미만	322	65.8
	21-40%	160	32.7
	41-60%	4	0.8
	61-80%	3	0.6
	소계	489	100.0
흙	20% 미만	133	62.4
	21-40%	76	35.7
	41-60%	2	0.9
	61-80%	1	0.5
	80% 이상	1	0.5
	소계	213	100.0

양지에 수달래가 분포하고 있었다. 수변과의 이격거리 1m이었다. 가지고사율 70%에서는 회양목, 물푸레나무, 쇠물푸레나무, 느티나무, 노박덩굴이 분포하였고, 수변 이격거리 1m로 수면과 가까이 위치하였다. 바위암반은 강수량과 강수패턴에 영향을 받기 쉬워 다른 생육기반보다 가지고사율이 높았다.

흙 기반의 수달래 가지고사율 20%에서는 갈참나무, 회양나무, 물푸레나무가 출현, 급경사이며 반음지에 수달래가 생육하고 있었다. 수변 이격거리 8m이었다. 가지고사율 40%에서는 회양목 생육하고 있었고 수달래는 완경사, 음지에 위치하고 있었다. 수변과의 이격거리 5m이었다. 가지고사율 61%에서는 당단풍나무, 회양목 생육하고 있었고 수변 이격거리 2.5m 떨어져 위치하였다.

3.1.3 수달래 생육기반과 수고

생육기반 및 수고생장은 바위암반 생육기반에 1-2m 수고생장을 한 개체수가 가장 많았다(그림 5 참조). 수고생장 대부분은 수고 1-2m로 전체 459주로 62.8%이었다. 0.5-1m는 201주로 27.5%이었다. 그 다음은 0.5m 미만인 65주로 8.9%이었고, 2m 이상은 6주에 불과하였다.

생육기반별 가장 많은 개체수를 살펴보면 모래자갈 기반은 0.5-1m가 15주로 51.7%를 차지하였다. 바위암반 기반의 총개체수 489주에서 0.5-1m 수고는 169주로 34.6%, 1-2m는 266주로 54.4%이었다. 흙 213주에서 1-2m 185주로 86.9%를 차지하였다(표 4 참조). 수고 1m 미만인 수달래의 비율은 모래자갈 72.4%, 바위암반 44.6%, 흙 12.7%로 모래자갈 기반이 높은 비율을 차지하였다.

3.2 수달래 수변 이격거리별 분포 현황

3.2.1 수달래 수변 이격거리와 가지고사율

수변과 가까울수록 가지고사율이 높았다(표 5 참조). 수변 이격거리 1m 미만이며, 가지고사율 20% 이하가 98.3%

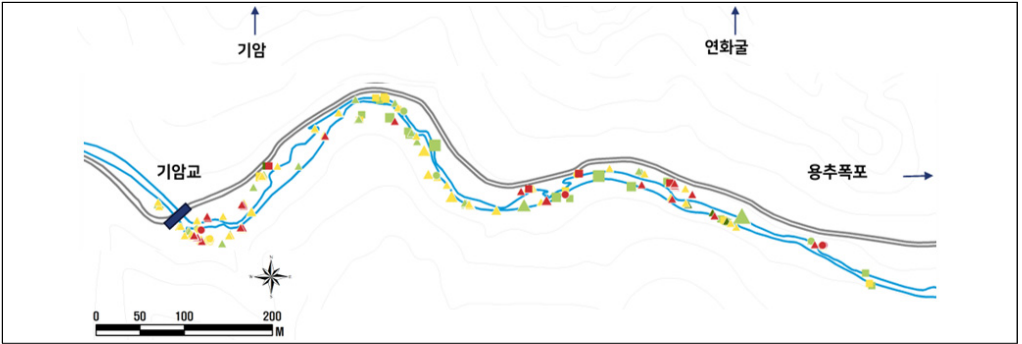


그림 5. 주왕산국립공원 주왕계곡 수달래 수고 현황도
범례: ● 모래자갈 ▲ 바위암반 ■ 흙 — 하천 — 등산로
■ 2m 이상 ■ 1-2m ■ 0.5-1m ■ 0.5m 미만

표 4. 주왕산국립공원 주방계곡 수달래 생육기반 및 수고별 개체수

생육기반	수고	개체수(주)	비율(%)
모래자갈	0.5m 미만	6	20.7
	0.5-1m	15	51.7
	1-2m	8	27.6
	소계	29	100.0
바위암반	0.5m 미만	49	10.0
	0.5-1m	169	34.6
	1-2m	266	54.4
	2m 이상	5	1.0
	소계	489	100.0
흙	0.5m 미만	10	4.7
	0.5-1m	17	8.0
	1-2m	185	86.9
	2m 이상	1	0.5
	소계	213	100.0

표 5. 주왕산국립공원 주방계곡 수달래 수변 이격거리별 가지고사율

이격거리	가지고사율	개체수(주)	비율(%)
1m 미만	20% 이하	229	98.3
	21-40%	4	1.7
	소계	233	100.0
1-4m	20% 이하	115	38.2
	21-40%	180	59.8
	41-60%	2	0.7
	61-80%	3	1.0
	81% 이상	1	0.3
	소계	301	100.0
4-10m	20% 이하	116	65.9
	21-40%	54	30.7
	41-60%	4	2.3
	61-80%	2	1.1
	소계	176	100.0
10m 이상	20% 이하	18	85.7
	21-40%	2	9.5
	41-60%	1	4.8
	소계	21	100.0

로 높은 비율을 차지하였다. 수변 이격거리 1-4m이며 가지고사율 21-40%는 59.8%, 20% 이하는 38.2%이었다. 수변 이격거리 4-10m와 10m 이상에서도 수달래 가지고사율 20% 이하가 65.9%, 85.7%를 각각 차지하였다. 가지고사율 20% 이상에서도 수변 이격거리 1-4m에서 가장 높았다. 총 301주 중 186주, 61.8%에 해당하였다.

3.2.2 수달래 수변 이격거리와 수고

수변 이격거리별 수고는 이격거리 1m 미만에서 수고 1-2m에 195개체가 분포하였고, 83.7%로 높은 비율을 차지하였다. 수변 1-4m 이격거리의 수고는 0.5-1m가 102주, 1-2m는 157주가 분포하였다. 수변 이격거리 4-10m의 수고는 1-2m가 100주를 차지하였다(표 6 참조). 수고 0.5m 미만의 수달래는 수변 이격거리 1-4m와 4-10m에서 12.6%, 13.1%로 나타났다.

표 6. 주왕산국립공원 주왕계곡 수달래 수변 이격거리별 수고

이격거리	수고	개체수(주)	비율(%)
1m 미만	0.5m 미만	2	0.9
	0.5-1.0m	36	15.5
	1-2m	195	83.7
	소계	233	100.0
1-4m	0.5m 미만	38	12.6
	0.5-1.0m	102	33.9
	1-2m	157	52.2
	2m 이상	4	1.3
	소계	301	100.0
4-10m	0.5m 미만	23	13.1
	0.5-1.0m	51	29.0
	1-2m	100	56.8
	2m 이상	2	1.1
	소계	176	100.0
10m 이상	0.5m 미만	2	9.5
	0.5-1.0m	12	57.1
	1-2m	7	33.3
	소계	21	100.0

3.3 생육기반 및 수변 이격거리와 수달래 분포 상관분석

3.3.1 생육기반과 수변 이격거리 간 상관분석

생육기반 및 수변 이격거리 간 차이를 검정하고자 생육기반과 수변 이격거리 간에 차이가 없다는 귀무가설을 세우고 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 1%로 귀무가설을 기각하고 생육기반과 수변 이격거리 간 유의성이 분석되었다(표 7 참조). 모래자갈의 이격거리가 가장 높았고, 바위암반이 가장 낮았다. 사후검정 결과 생육기반이 수변 이격거리에 따라 차이가 5%로 유의성이 인정되었다(표 8 참조). 생육기반과 수변 이격거리간 평균값 차이에 의한 Scheffe 분석결과, 조화평균 표본크기는 72.783이었다. 바위암반은 2.343%, 흙 3.182%, 모래자갈은 5.114%로 두 개의 그룹으로 분석되었다. 식물 생육에 직접적 영향은 수분에 있고 수분함량에 따라 생리적 활동에 제한을 받는데, 토양은 수분저장과 양분을 식물 뿌리에 공급하면서 생육에 영향을 준다(박지연 등, 2014)와 같이 수달래의 생태적 특성이 나타남을 알 수 있었다. 토양기반은 수목의 정상적인 성장을 위한 생육환경을 제공하며 토양 생태계의 양분 순환 경로의 발달은 수목의 건강성과 연관되어 있다(이명훈 등, 2021)는 선행연구와 유사한 결과로 확인되었다.

표 7. 생육기반 및 수변 이격거리별 수달래 분포에 따른 기술통계

구분	N	평균	표준편차	표준오차	평균의 95% 신뢰구간		최솟값	최댓값
					하한	상한		
모래자갈	29	5.114	4.4929	0.8343	3.405	6.823	0.3	16.0
바위암반	489	2.343	2.5847	0.1168	2.114	2.573	0.5	14.5
흙	213	3.182	1.9945	0.1367	2.912	3.451	0.3	12.0
전체	731	2.697	2.6039	0.0962	2.508	2.886	0.3	16.0

표 8. 생육기반 및 수변 이격거리별 수달래 분포에 따른 분산분석

구분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단-간	280.738	2	140.369	21.886	0.000
집단-내	4,675.516	729	6.411		
전체	4,956.253	731			

3.3.2 생육기반과 가지고사율 간 상관분석

생육기반 및 가지고사율 간 차이를 검정하고자 생육기반과 가지고사율 간에 차이가 없다는 귀무가설을 세우고 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 1%로 귀무가설을 기각하고 생육기반과 가지고사율 간 유의성이 분석되었다(표 9 참조). 모래자갈에서 생육하는 수달래의 개체수가 현저히 적었다. 그리고 전체 수달래 가지고사율 평균은 가장 낮았지만, 가지고사율이 40% 이상인 수달래의 비율은 가장 높았다. 사후검정 결과 생육기반이 가지고사율에 따라 차이가 5%로 유의성이 인정되었다(표 10 참조).

생육기반과 가지고사율 간 평균값 차이에 의한 Scheffe 분석결과, 조화평균 표본크기는 72.783이었다. 모래자갈은 16.55%, 바위암반은 20.68%, 흙 22.49%로 두 개의 그룹으로 분석되었다. 수목 피해는 수관변형, 가지 및 수피고사 등 수세와 수목의 활력을 통해 알 수 있는데, 토양에 대해서는 답압과 습도가 수세와 밀접한 관련성이 있기에 수목의 낮은 생육상태는 토양환경과 밀접한 관계가 있다(이수동 등, 2021)와 같이 가지고사율은 생육기반과 연관성이 있음이 확인되었다.

3.3.3 생육기반과 수고 간 상관분석

생육기반 및 수고 간 차이를 검정하고자 생육기반과 수고 간에 차이가 없다는 귀무가설을 세우고 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 1%로 귀무가설을 기각하고 생육기반과 수고 간 차이가 있는 것으로 분석되었다(표 11 참조). 모래자갈에서 생육하는 수달래의 수고 평균이 가장 낮았고, 흙이 가장 높았다. 사후검정 결과 생육기반이 수고에 따라 차이가 5%로 유의성이 인정되었다(표 12 참조). 생육기반과 수고 간 평균값 차이에 의한 Scheffe 분석결과, 조화평균 표본크기는 72.783이었다. 모래자갈은 0.76%, 바위암반은 0.99%, 흙 1.31%로 세 개의 그룹으로 분석되었다. 수목의 생육기반인 토양은 물리성, 화학성 및 비옥도 등 다양한 요인에 따라 생장이 좌우된다(김철호와 김동필, 2017)와 같이 영양분이 비옥한 생육기반에서 수고생장에 큰 역할을 준다는 기존 연구결과와 일치하였다.

3.3.4 수변 이격거리와 가지고사율 간 상관분석

수변 이격거리 및 가지고사율 간 차이를 검정하고자 수변 이격거리와 가지고사율 간에 차이가 없다는 귀무가설을 세우고 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 1%로 유의하여 귀무가설을 기각하고 수변 이격거리와 가지고사율 간

표 9. 생육기반 및 가지고사율 수달래 분포에 따른 기술통계

구분	N	평균	표준편차	표준오차	평균의 95% 신뢰구간		최솟값	최댓값
					하한	상한		
모래자갈	29	16.55	18.570	3.448	9.49	23.62	0	80
바위암반	489	20.68	9.730	0.440	19.82	21.55	0	70
흙	213	22.49	14.156	0.970	20.58	24.40	0	90
전체	731	21.05	11.668	0.431	20.20	21.89	0	90

표 10. 생육기반 및 가지고사율 수달래 분포에 따른 분산분석

구분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단-간	1,093.150	2	546.575	4.048	0.018
집단-내	98,432.362	729	135.024		
전체	99,525.512	731			

표 11. 생육기반 및 수고 수달래 분포에 따른 기술통계

구분	N	평균	표준편차	표준오차	평균의 95% 신뢰구간		최솟값	최댓값
					하한	상한		
모래자갈	29	0.76	0.421	0.078	0.60	0.92	0	2
바위암반	489	0.99	0.401	0.018	0.95	1.02	0	3
흙	213	1.31	0.430	0.029	1.25	1.37	0	3
전체	731	1.07	0.440	0.016	1.04	1.10	0	3

표 12. 생육기반 및 수고 수달래 분포에 따른 분산분석

	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단-간	18.477	2	9.239	54.796	0.000
집단-내	122.910	729	0.169		
전체	141.387	731			

차이가 나타나는 것으로 분석되었다(표 13 참조). 이격거리 1-4m에서 가지고사율 평균이 가장 높았으며, 10m 이상에서 가장 낮았다. 사후검정 결과 수변 이격거리가 가지고사율에 따라 차이가 5%로 유의성이 나타나는 것으로 분석되었다(표 14 참조). 수변 이격거리와 가지고사율 간 평균값 차이에 의한 Scheffe 분석결과, 조화평균 표본크기는 65.677이었다. 1-4m 26.44%, 1m미만 18.35%, 4-10m 16.16%, 10m 이상 14.29%로 두 개의 그룹으로 분석되었다. 예측 할 수 없는 집중호우로 생육기반이 약해져 수목의 유실과 침수는 고사의 피해로 나타나면서, 다양한 분쟁이 발생한다(유주은과 이상석, 2013)는 선행연구와 같이 주왕계곡에서도 유사한 현상들이 확인되었다.

3.3.5 수변 이격거리와 수고 간 상관분석

수변 이격거리별와 수고 간 차이를 검정하고자 수변 이격거리와 수고 간에 차이가 없다는 귀무가설을 세우고 일원배치 분산분석을 실시한 결과, 1%로 귀무가설을 기각하고 수변 이격거리와 수고 간 차이가 있는 것으로 분석되었다(표 15 참조). 이격거리 10m 이상에서 수고 평균이 가장 낮았다. 사후검정 결과 수변 이격거리와 수고에 따라 차이가 5%의 차이가 나타남으로 유의성이 분석되었다(표 16 참조). 수변 이격거리와 수고 간 평균값 차이에 의한 Scheffe 분석결과, 조화평균 표본크기는 65.677이었다. 4-10m 1.139%, 1m미만 1.098%, 1-4m 1.030%, 10m 이상 0.824%로 두 개의 그룹으로 분석되었다. 대홍수는 식생 분포면적의 78-80%를 훼손하여 나지화시켜 환경생태적 피해를 주었다. 수고가 낮은 수목에 비하여 수고가 높은 수목에 큰 피해를 주었다(이철호 등, 2021)는 선행연구와 같이 영향이 있음이 추정되었다.

표 13. 수변 이격거리 및 가지고사율 수달래 분포에 따른 기술통계

구분	N	평균	표준편차	표준오차	평균의 95% 신뢰구간		최솟값	최댓값
					하한	상한		
1m 미만	233	18.35	4.660	0.305	17.75	18.95	0	40
1-4m	301	26.44	11.777	0.678	25.11	27.77	0	90
4-10m	176	16.16	13.646	1.029	14.13	18.19	0	80
10m 이상	21	14.29	15.024	3.278	7045	21.12	0	60
전체	731	21.05	11.668	0.431	20.20	21.89	0	90

표 14. 수변 이격거리 및 가지고사율 수달래 분포에 따른 분산분석

구분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단-간	15,637.737	3	5,212.579	45.236	0.000
집단-내	83,887.776	728	115.230		
전체	99,525.512	731			

표 15. 수변 이격거리 및 수고 수달래 분포에 따른 기술통계

구분	N	평균	표준편차	표준오차	평균의 95% 신뢰구간		최솟값	최댓값
					하한	상한		
1m 미만	233	1.098	0.2356	0.0154	1.068	1.129	0.3	1.5
1-4m	301	1.030	0.4525	0.0260	0.979	1.082	0.1	2.5
4-10m	176	1.139	0.5916	0.0446	1.051	1.227	0.2	2.5
10m 이상	21	0.824	0.3780	0.0825	0.652	0.996	0.4	1.8
전체	731	1.072	0.4398	0.0163	1.040	1.104	0.1	2.5

표 16. 수변 이격거리 및 수고 수달래 분포에 따른 분산분석

구분	제곱합	자유도	평균제곱	F	유의확률
집단-간	2.770	3	0.923	4.850	0.002
집단-내	138.617	728	0.190		
전체	141.387	731			

3.4 기온 및 강수량 변화 분석

3.4.1 기온

수달래 생육환경과 기온 간의 관계를 파악하고자 경상북도와 주왕산의 기온을 종합·분석하였다. 경상북도 평균 기온은 1980년 10.2℃, 1990년 12℃, 2003년 12.4℃, 2015년 11.5℃, 2023년 11.8℃로 점차 상승하는 경향이였다. 평균 기온 간 1.6℃ 상승하였다(그림 6 참조). 온난화의 영향으로 기온 상승이 일어나고 있음이 판단되었다. 주왕산의 21년간 월별 평균 기온(1-5월)은 불확실하게 나타났다. 1-3월은 점차적인 상승하는 경향이었고, 3월에는 가파르게 증가하였다. 그러나, 4월은 급격하게 하강하였고, 5월은 점차 내려가는 경향이였다. 2023년 4월, 청송군에 서리가 내리는 이상저온 현상이 나타나 특별재난지역으로 선포되었다. 기후변화는 예측할 수 없는 불규칙성과 비예측적 특성을 가지고 있는데, 주왕산에서 이와 같은 현상이 일어나고 있음이 판단되었다.

주왕산 11월 평균 기온을 살펴보면 2002년 3℃, 2003년 8.6℃, 2011년 7.8℃, 2015년 8.3℃, 2023년 9.8.4℃로 상승하는 경향이였다(그림 7 참조). 낙엽이 지는 식물의 생리적 작용은 기온이 떨어져야 잎을 떨어뜨리고 휴면기에 들어가는데, 기온 상승은 식물의 생리적 작용에 큰 혼동을 야기할 수 있다.

온량지수는 식물이 생육하기 위한 기준 온도로 생리적 현상과 밀접한 관련이 있다. 온량지수는 2002년 94.7, 2008년 93.2, 2018년 95.1, 2023년 98.4로 점차 상승하는 경향이였다(그림 7 참조). 가장 높은 온량지수는 2003년과 2011년 103으로 온대남부림이었고 2012년 87.3로 가장 낮았다. 전반적으로 온대 중부림 식생기후대를 유지하고 있었다.

주왕산의 4월 평균 기온 하강과 11월 기온 상승의 경향은 수목의 생리적 특성 간 유의미함이 있을 것으로 판단되었다. 수달래는 봄 계절식물로 개화, 낙엽, 겨울눈 생성 시기에 발생하는 기온의 하강과 상승은 생육환경과 밀접한 관련성이 있을 것으로 판단되었다.

3.4.2 강수량과 강수패턴

우리나라는 6-8월 집중적으로 강수가 내리는 특성이였다. 주왕산(AWS에 가장 강수량이 많은 해는 2002년 1,613.5mm와 2003년 2,197.5mm로 나타났고, 강수량이 적은 해는 2008년 675mm와 2015년 576.5mm이였다. 전반적으로 강수량은 점차 감소하는 경향이였다(그림 8 참조).

월별 특징은 6-8월은 점차 감소하는 경향이 뚜렷하게 보였다. 하지만, 9월은 큰 변화가 없었고, 10월은 상승하는 경향이였다. 강수패턴도 변화였다. 2002년 94mm와 2011년 75mm가 내렸고, 2000년대 중반에 들어서며 평균

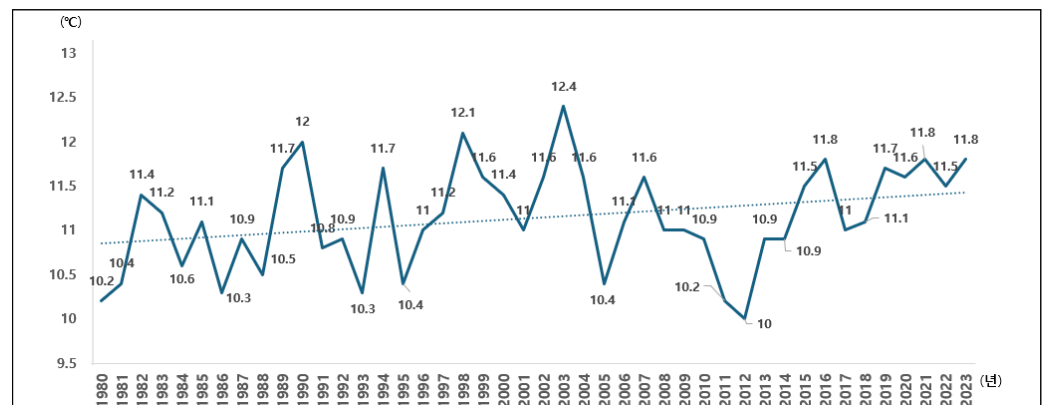


그림 6. 경상북도 1980년-2023년 평균 기온

자료: 기상자료 개방포털(<https://data.kma.go.kr>) 재구성

범례: —●— 평균 기온 추세선

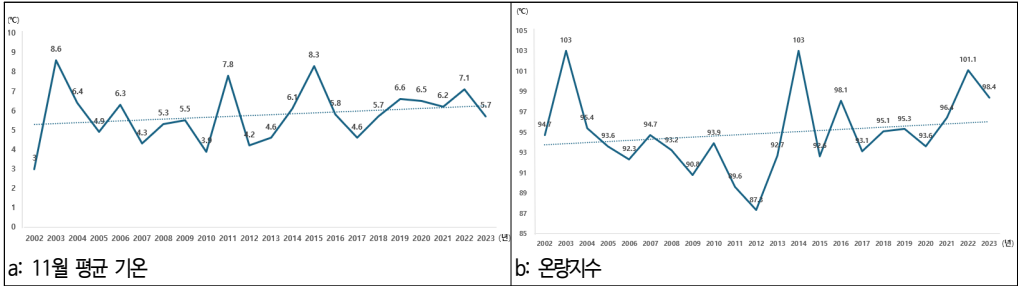


그림 7. 주왕산 2002년-2023년 평균 기온과 온량지수
자료: 기상자료 개방포털(<https://data.kma.go.kr>) 재구성
범례: —●— 평균 기온, 온량지수 추세선

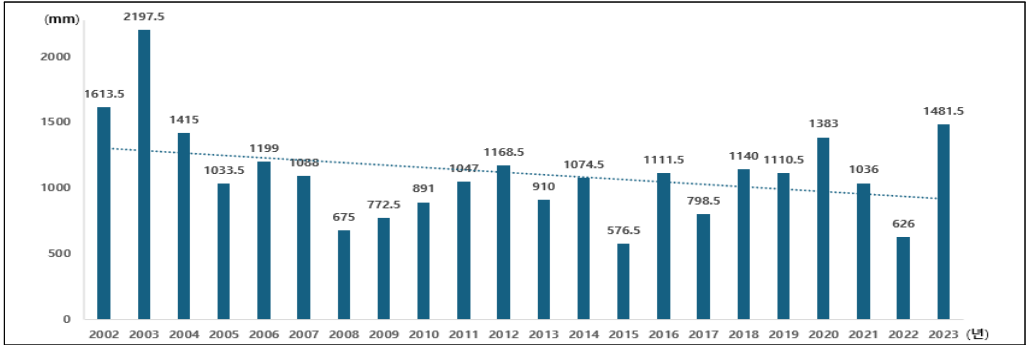


그림 8. 주왕산 2002년-2023년 평균강수량
자료: 기상자료 개방포털(<https://data.kma.go.kr>) 재구성
범례: —■— 평균강수량 추세선

강수량이 100mm 이상씩 내리는 경향을 보였다.

최근 5년간 강수량은 장마철 영향이 크게 집중되는 7월과 태풍의 영향이 시작되는 8월에 강수가 집중적으로 내리는 경향이였다. 7월의 2006년 117mm, 2023년 85.5mm였고, 8월은 2002년 279mm, 2016년 113mm, 2023년 198mm 강수가 하루에 쏟아졌다(그림 9 참조). 일 최대강수량 100mm 이상의 강우는 2000년대 후반부터 빈번하게 나타났다. 주왕산(AWS)에서 일 최대강수량이 많은 연도는 2002년 279mm, 2003년 290.5mm로 경상북도에 피해를 많이 준 태풍 루사와 매미의 날짜와 시기가 일치한다. 최근 지역이나 시간대를 예측할 수 없는 극한호우, 송곳폭우 등으로 불리는 집중호우는 기후변화로 판단된다.

또한, 최대순간풍속이 17.2m/s를 초과하는 일수가 늘어나는 경향이었고, 2002년 28.6m/s, 2003년 24.3m/s와 23.7m/s, 2005년 25.3m/s, 2012년 20.9m/s, 2020년 23.7m/s로 가장 높았다. 보버트 풍력 계급표에 따르면 최대순간풍속(17.2m/s)은 식물의 잔가지가 부러짐과 도복 등에 영향을 미친다.

집중호우와 강풍 동시 발생일은 재난적 피해에 해당하며, 주왕산 일 최대강수량과 최대순간풍속이 동시에 발생

표 17. 주왕산 강수패턴 현황

구 분	2002년	2003년	2005년	2006년	2010년	2012년	2013년	2014년	2015년	2016년	2018년	2019년	2020년	2021년	2023년
월 강수량 (mm)	789.5	379 12.5	168 222	559 177	254.5 131.5	162 280	124.5	96.5	161	129	217	129.5 189.5	404.5	181.5	407 8.5
일 최대강수량 (A) (mm)	279	290.5 5	69 105	117 70.5	48.5 36.5	61 114.5	55	70	113	59	155	67.5 92	184	37.5	198 4
최대순간풍속 (B) (m/s)	28.6	24.3 23.7	11.6 25.3	15.7 15.3	18.7 13.3	10.4 20.9	15.2	13.7	17.7	18.1	15.5	16.9 18.7	23.7	11.9	16 10.4
A, B 동시 발생 일별일자	8월 31일	9월 12일 10월 28일	7월 11일 9월 6일	7월 10일 8월 19일	8월 11일 9월 7일	7월 6일 9월 17일	10월 8일	9월 24일	8월 25일	10월 5일	10월 6일	7월 20일 9월 22일	9월 7일	7월 10일	8월 10일 10월 20일

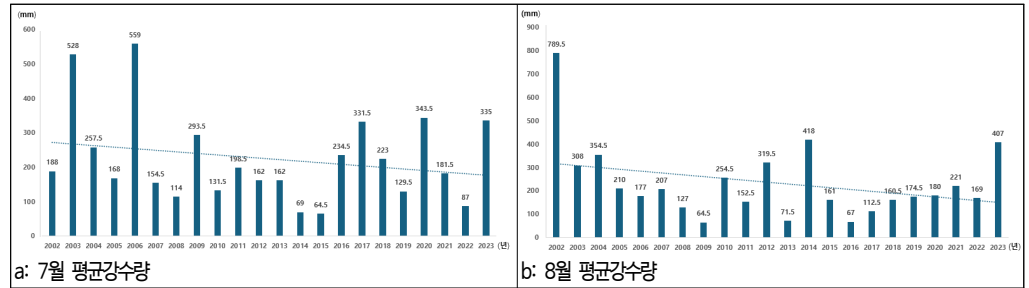


그림 9. 주왕산 2002년-2024년 평균강수량

자료: 기상자료 개방포털(<https://data.kma.go.kr>) 재구성

범례: — 월 평균강수량 추세선

한 날은 2002년 8월 31일, 2003년은 9월 12일과 10월 28일 등 21년간 22일에 해당하였다(표 17 참조). 일 최대 강수량이 쏟아지면 지형 특성상 상류에서 하류로 강우가 단시간에 모여 계곡 수량이 급격히 불어나고, 많은 양의 유량은 빠른 유속으로 쓸고 내려가며, 계곡 주변 환경이 변화 될 것으로 판단되었다. 흙과 모래 이동, 잔가지 부러짐, 도복, 뿌리뽑힘 등이 발생할 수 있었다. 수달래 생육에 직접적 영향을 주는 것은 기후변화로 인한 강수량과 강수패턴 변화가 계곡 환경에 영향을 주는 것으로 판단되었다. 그 결과 수달래의 가지 부러짐, 도복 현상이 발생하였다. 간접적 영향으로는 식물군락지 특별보호구역 뿐 아니라 주왕산국립공원 식물 생태계 전반에 변화가 나타날 것으로 판단되었다.

3.5 수달래 주요 분포지 하천 단면구조

주요 분포지에 대표 방형구를 선정하였다(그림 10 참조). 방형구 1-1에서 수달래는 교목 아래 반음지에 주로 분포하였다. 수달래 중 일부는 노란색 라벨이 부착되어 있었는데, 주왕산국립공원 사무소 자체적으로 모니터링을 수행한 조사 표식이었다. 방형구 2는 물푸레나무 주변으로 수달래가 분포하고 있었다. 관목으로 화양목, 산초나무, 버드나무 등이 출현하였다. 방형구 3은 암반으로 형성되어 있었다. 암반은 1단과 2단으로 구성되어 있었고, 수달래는 암반 2단, 양지에 주로 분포하고 있었다. 아교목은 출현하지 않았다. 관목으로 수달래, 줄딸기, 물푸레나무, 느티나무, 졸개잎나무, 보리수 등이 출현하였다. 초본은 참나리, 노루오줌, 광릉갈퀴, 오이풀, 가지여뀌 등이 출현하였다(그림 11 참조). 계곡 주변은 습윤한 토양 특성이 나타나고, 암석 등이 주로 분포하고 있다. 계곡은 자연형태를 유지하고 있으며, 달뿌리풀이 계곡 주변으로 분포하고 있고 층층나무, 물푸레나무, 쥐뚝나무, 국수나무, 고추나무, 느티나무, 가래나무 등 다양한 수종이 출현하여 생태적으로 건전한 상태로 유지하고 있다(유주한 등, 2011).

방형구 1-1, 1-2, 1-3에 해당하는 조사구는 Linetransect법으로 조사 분석하였다. 단면 구조는 소나무-굴참나무와 암반, 수면, 하천암반, 산림암반으로 되어있었다. 대부분의 수달래는 소나무-굴참나무와 하천암반에 분포하고 있었다. 경사도는 암반 5-10°, 산림 25-35°에 주로 분포하고 있었다. 소나무-굴참나무군집에 포함되는 방형구 1-1은 소나무, 갈참나무, 상수리나무, 졸참나무, 굴참나무, 물푸레나무, 굴피나무, 느티나무, 단풍나무, 신나무, 당단풍 하부 음지와 반음지에 수달래가 분포하고 있었다. 방형구 1-2와 1-3 하천암반의 수달래는 양지, 바위틈에 분포하고 있었다. 수달래는 물가를 좋아하고 천근성의 특성을 가져, 뿌리가 낮게 뻗을 수 있기에 바위틈에서도 충분히 생육할 수 있는 것으로 판단되었다.

도복 피해를 받은 수달래는 주로 바위 암반에 분포하였다. 하천 단면의 수면 폭은 4.8m로 넓지 않았다. 집중호우로 인해 불어난 수량을 계곡 폭이 감당하기 어려웠을 것으로 판단되었다. 하천 폭이 좁아 불어난 수량에 의해 유속이 빨라져 하천암반에 서식하는 수달래에 피해를 준 것으로 판단되었다. 연구대상지의 도복 현상과 가지고사율은 집중호우에 의한 수량 증가로 계곡의 폭이 좁아 수달래에 직·간접적 영향이 미친 것으로 판단되었다.

3.6 종합 및 관리방안

연구대상지 내 수달래는 총 731주가 분포하였다. 생육기반에 따라 바위암반 489주, 흙 213주, 모래자갈 29주가 분포하고 있었다. 주로 수면으로부터 1-4m 거리에 생육하고 있었다. 가지고사율은 바위암반과 흙에서 생육하는 개체에서 주로 고사하였고, 수면 이격거리 1-4m에 생육하고 있었다. 수고는 바위암반에 1-2m로 생육하는 개체수가 가장 많았다. 수달래 수면 이격거리가 생육기반에 차이가 있고, 가지고사율과 수고가 생육 기반에 따라 차이가 있

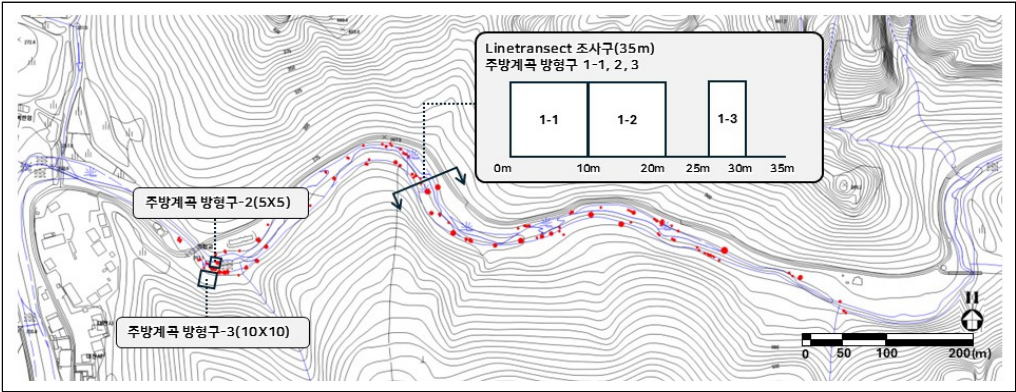


그림 10. 주왕계곡 수달래 식물군집조사 조사지 위치도

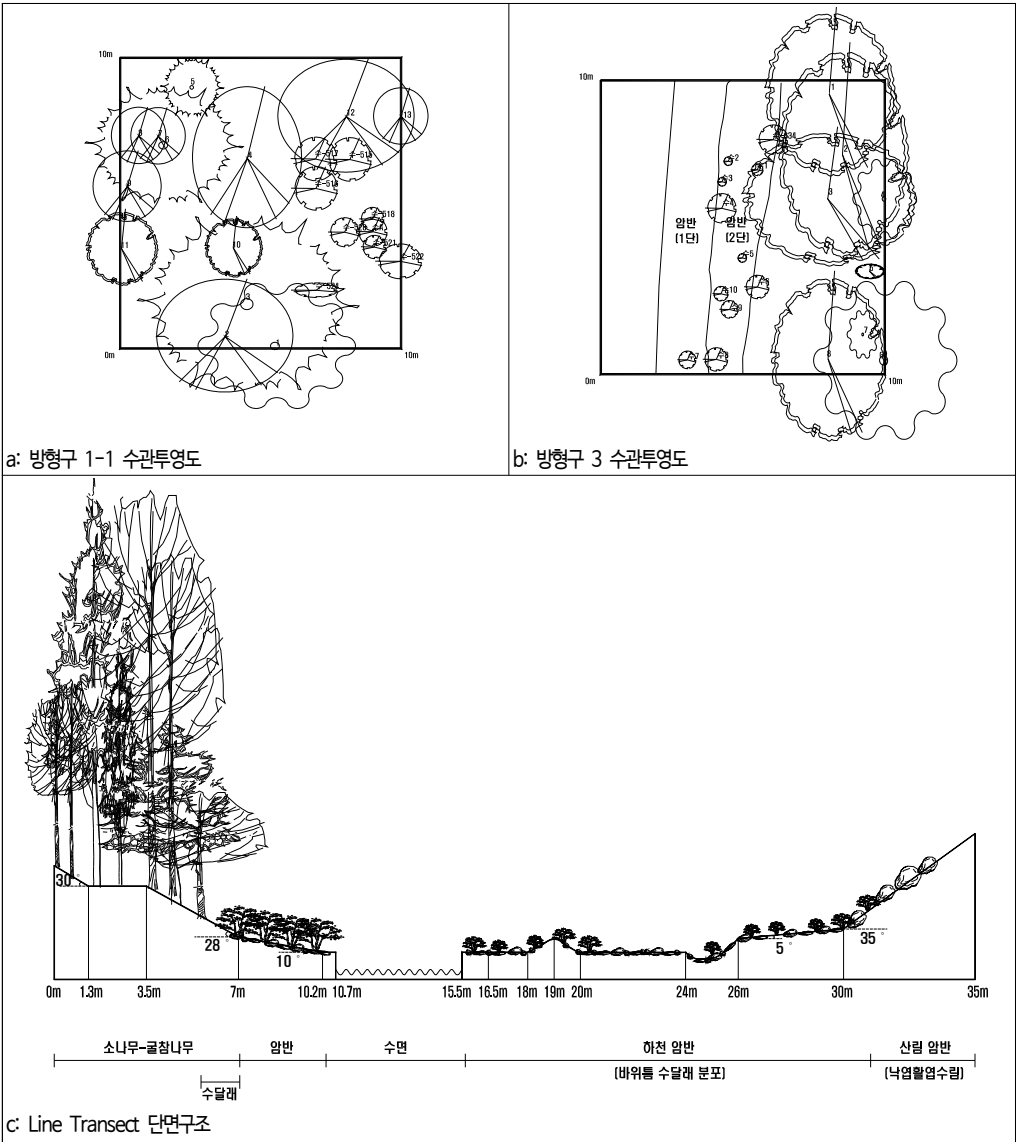


그림 11. 주왕계곡 조사구별 수관투영도와 Line Transect 단면구조

- 범례: (a) 1. 수달래 2. 소나무 3. 갈참나무 4. 상수리나무 5. 졸참나무 6. 굴참나무 7. 물푸레나무
8. 굴피나무 9. 느티나무 10. 단풍나무 11. 신나무 12. 당단풍
(b) 1. 수달래 2. 물푸레나무 3. 느티나무 4. 단풍나무 5. 사나무 6. 신나무

음이 분석되었다. 수달래 수고와 가지고사율도 수변 이격거리에 따라 차이가 있음이 분석되었다. 기후 및 기상을 분석한 결과 경상북도 기온은 44년간 점차 상승하는 경향이였다. 주왕산 1월-3월 평균 기온은 상승하는 경향이냐, 4월과 5월의 평균 기온은 하강하는 경향이였다. 이는 기후변화의 영향으로 기온의 불규칙성과 비예측성 특징이 나타나고 있었다. 청송군은 이상기온 현상으로 냉해 피해를 주어, 특별재난지역으로 지정된 바 있다. 수달래와 같이 봄철 개화하는 식물은 4월 평균 기온이 생육과 개화에 영향이 미칠 것으로 판단되었다. 또한, 11월 기온은 점차 상승 경향으로 식물에 혼동을 주어, 겨울눈 생성에 영향을 끼쳐 전년도 가지의 충분한 휴면을 하지 못하게 된다. 겨울에 충분한 휴면하지 못한 전년도 가지는 다음 해 생육에 영향을 받을 것으로 판단되었다. 현재 연구대상지의 수달래 수세는 약하고 가지고사율은 높게 나타났다. 그러나, 온량지수는 온대중부림 식생기후대를 유지되고 있어 수종 변화에는 큰 영향을 주지 않은 것으로 판단되었다.

평균강수량은 점차 줄어들고 있었고, 100mm 이상의 일 최대강수량이 자주 내렸다. 장마철 영향으로 7월 불규칙적으로 집중호우가 국지적으로 나타났고, 8월 태풍은 집중호우뿐 아니라 강풍까지 발생하였다. 집중호우 시 수량의 증가는 빠른 유속으로 계곡의 좁은 폭을 감당하기 어려울 것으로 판단되었다.

수달래 서식밀도 감소에 따른 현안을 해결하고자 국립공원관리공단 주왕산국립공원 사무소는 2012년 수달래 증식·복원을 위해 청송군농업기술센터와 업무협약을 체결하였다. 또한, 주왕산국립공원 자원모니터링 7차년도, 핵심경관자원 수달래(산철쭉) 조사도 수행하여 방법을 모색하였으나 감소 현상은 계속 되었다. 현재 주왕산은 기후변화로 인한 강수량과 강수패턴에 영향을 받고 있었다. 계곡에 집중호우가 내리면 유량이 높아지고, 유속이 증가해 바위암반에 분포하는 수달래 줄기 훼손과 가지고사에 영향을 주고 있음이 판단되었다. 상류로부터 내려오는 강수에 의한 범람으로 좁은 계곡 단면 구조에 변화가 일어날 것으로 판단되었다. 기후변화로 인해 주방계곡 수달래군락 유실 및 도복 현상과 군락지 훼손이 일어난 것으로 판단되었다.

수달래축제의 중단은 인간의 영향이 아닌 기후변화로 인한 불가피한 상황으로 판단되었다. 향후 고정조사구를 설정하여 가지고사율, 수고생장, 꽃피는 개체의 수량에 대해 지속적인 모니터링을 수행할 필요가 있다. 수달래가 암반에 주로 생육하고 있기에 집중강우 시 계곡 수량 높이 측정과 유속 변화를 실시간으로 관측할 필요가 있을 것이다. 또한, 지역의 경관·문화자원인 수달래의 지속가능성과 관리를 위해 현지 내 종 보전과 복원을 할 수 있도록 지역 산림 분야 관계부서와 긴밀한 협조를 하여 양묘 대책을 마련해야 할 것이다. 수달래 복원 시 가급적 국립공원 경계부 하천 공사지역 수변에 식재하여 자연스럽게 수달래가 복원될 수 있도록 최소한의 공사만 해야 할 것이다.

4. 결론

본 연구는 보전 가치가 높은 수달래군락 분포 특성을 조사하고, 최근 수달래 개체수 감소가 기후변화의 영향을 받은 것인지 파악하고, 그에 따른 특별보호구역의 보전·관리 방안을 제안하고자 수행하였다. 수달래의 분포 특성을 도출하고 환경 변화의 영향은 수달래 개체수, 수고, 가지고사율, 단면도, 생육기반, 수변 이격거리 변화를 보호지역의 지표로 측정하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 수달래는 끊임없이 변하는 환경의 영향을 받아 식물군락지 특별보호구역 지정 때와 달리 현재는 많은 면적이 훼손되었다. 현장 조사결과 수달래는 바위암반에 주로 분포하였고, 수변으로부터 1-4m 이격거리에 주로 생육하고 있었다. 생육기반과 수변 이격거리에 따라 개체수 분포 차이가 나타났다. 모래자갈에 비해 바위암반과 흙기반에 생육하는 수달래가 많이 나타났고, 가지고사율은 20% 미만이었다. 생육기반과 수고는 바위암반, 수고 0.5-1m와 1-2m에서 가장 많이 분포하였다. 생육기반별 가지고사율과 수고에서도 분포 차이가 나타났다.

수변 이격거리별 가지고사율은 1-10m 이격거리의 수달래가 20% 이하 가지고사율이 고르게 분포하였다. 수변에서 1-10m 거리에 생육하는 개체가 가지 훼손이 발생하여 규격이 감소될 가능성이 높았다. 규격이 감소되면 꽃 개화량이 감소하여 개체수 감소로 보일 수 있었다. 수변 이격거리별 수고는 이격거리 1-4m 사이에 수달래 개체수 수고 0.5-1m와 1-2m가 102주, 157주가 서식하고 있었다. 수변 이격거리별 가지고사율과 수고에서도 분포 차이가 뚜렷이 나타났다.

바위암반과 물가에 주로 분포하는 수달래의 생육환경을 고려하면, 월 강수량 100mm 이상 내리는 여름철 집중강우는 수달래 생육과 밀접한 관련이 있을 것으로 판단되었다. 또한, 일 최대강수량과 최대순간풍속 동시 발생일도 계속 증가하는 추세에서 좁은 계곡 폭은 하천 단면구조에 변화를 야기할 것으로 판단되었다. 기후변화로 인한 계곡의 수량과 유속 변화는 바위암반에 분포하는 수달래에 직·간접적으로 영향을 주어 식물군락지 특별보호구역 및 주왕산국립공원 식물생태 환경에 다양한 변화를 야기할 것으로 판단되었다. 본 연구는 수달래에 미치는 영향 중 다른

식물(수목)에 의한 영향을 충분히 고려하지 못한 한계가 있다. 향후 식물군락지 특별보호구역의 기후변화 대응을 위한 모니터링을 꾸준히 수행하여 종합적인 연구 결과를 토대로 체계적인 관리방안 수립에 활용해야 할 것이다.

References

1. 국립공원관리공단(2012) 제1차 주왕산국립공원 보전·관리계획(2012~2022). 국립공원관리공단.
2. 국립공원공단 주왕산국립공원사무소(2015) 주왕산국립공원 자원모니터링 7차년도. 국립공원공단 주왕산국립공원사무소.
3. 국립공원공단 주왕산국립공원사무소(2021) 핵심경관자원 수달래(산철쭉) 조사 모니터링 결과보고서. 국립공원공단 주왕산국립공원사무소.
4. 김동훈, 강희지, 하재욱, 김창휴, 한상열(2023) 주왕산국립공원 탐방객 만족도 향상을 위한 관리속성 분석. 한국산림휴양학회지 27(1): 19-37
5. 김운영, 임효선, 한세희, 지성진, 소순구(2017) 가야산국립공원 기후변화취약종의 분포 및 보전방안. 한국자원식물학회지 30(2): 167-175.
6. 김준수, 김재환, 이현주, 한상열(2012) 주왕산국립공원 수달래의 생육환경특성 및 관리방안에 관한 연구. 한국산림휴양복지학회 16(3): 87-93.
7. 김철호, 김동필(2017) 토양과 수목의 생육에 따른 관리방안 연구. 한국환경생태학회 학술대회논문집 27(2): 33-34.
8. 농어촌공사(2004) 수달래 증식기술 및 상품화 방안. 농어촌공사.
9. 문호성, 을씨짜르갈, 이상훈, 김가혜, 한상열(2012) 주왕산수달래축제의 활성화를 위한 방문객 시장세분화 분석. 한국산림휴양학회지 16(3): 19-37
10. 박지연, 김의기, 김원태, 김정호, 윤용한(2014) 식재기반 내 배수불량이 수목생육에 미치는 영향 및 개선방안 연구. 한국환경생태학회 학술대회논문집 24(1): 57-58.
11. 박준희, 최은비, 서정욱(2022) 한라산 국립공원 털단갈래, 산철쭉 고사연도 및 기후요소와의 관계. 한국목재공학 학술발표논문집 2022(1):28-28.
12. 오현경, 변무섭, 김세천(2013) 지리산 바래봉 철쭉속(Rhododendron) 복원지의 식물자원 기초연구. 한국산림휴양학회지 17(1):105-120.
13. 양미연(2019) 태풍에 따른 일 최대강수량이 한반도에 미치는 영향평가. 대구대학교 대학원 석사학위논문.
14. 유주은, 이상석(2013) 자연재해로 인한 조경수목 피해 판례. 조경학회지 41(4): 77-84.
15. 유주한, 문성주, 정철은, 설정욱(2011) 주왕산국립공원 특별보호구역의 식물상과 식생. 국립공원연구지 2(3):142-153.
16. 이경재, 조재창, 강현경(1995) 주왕산국립공원 주왕계곡의 식물군집구조. 한국환경생태학회지 8(2): 107-120.
17. 이명훈, 김정호, 윤용한(2021) 산지수목원 기반환경과 수목생육평가 관련성 규명. 한국환경생태학회 학술발표논문집 31(2):23-23.
18. 이수동, 강현경, 송광섭(2021) 생장량 분석을 기반으로 한 수변지역 식재수목의 집중관리시기 설정 연구-낙동강 수변생태벨트의 식재 소나무를 중심으로-. 한국환경생태학회지 35(2): 126-134.
19. 이철호, 이진학, 김휘래, 백동해, 김원, 김대현, 이현재, 우효섭, 조강현(2021) 2020 여름 섬진강 대홍수 하안식생과 수리 특성의 상호관계. 응용생태공학지 8(2): 79-87.
20. 주왕산국립공원사무소(2022) 제2차 주왕산국립공원 보전관리계획 2023-2032. 국립공원공단.
21. 장정걸, 유성태, 김병도, 손성원, 이명훈(2020) 기온과 봄 식물계절지수와의 관계. 한국자원식물학회지 33(2): 106-115.
22. 정재은, 서희철, 정유란, 윤진일(2006) 겨울기온 상승에 따른 낙엽과수의 휴면상태 변화. 한국농림기상학회지 8(2): 116-124.
23. 한상열(2005) 주왕산국립공원 수달래축제의 관광가치추정. 한국산림휴양학회지 9(4): 35-41.
24. 한정현(2022) 기후변화에 따른 도시하천의 생태계 변화 연구 -탄천 생태·경관보전지역을 대상으로-. 서울시립대학교 도시과학대학원 석사학위논문.
25. Dudley, N.(2008) Guidelines for Applying Protected Area Management Categories, Gland, Switzerland:

IUCN 3-35.

26. 기상자료개방포털 <https://data.kma.go.kr/general/home.html>

27. SBS뉴스 https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1005166762