

2021년도 시민과학풀씨 2기
최종 결과보고서

시민과학을 주제로 한
기후변화지표종 나비의 모니터링

2021.11.

[나비효과]

추헌철(서울시 동부공원녹지사업소),
이정빈(충우곤충박물관), 박종세(다락원)

시민과학을 주제로 한 기후변화지표종 나비의 모니터링

[나비효과]

추헌철(서울시 동부공원녹지사업소), 이정빈(충우곤충박물관), 박종세(다락원)

1. 서론

1) 연구 배경 및 연구의 필요성

기후변화에 대한 사회적인 관심이 높아지며, 최근에는 “기후위기”라는 표현까지 등장하며 기후변화에 대한 경각심이 나날이 높아지고 있다. 특히 지구 온난화는 인간의 생활 뿐 아니라 생물 및 생태계에도 다양한 영향을 미칠 것으로 예측되고 있다. 2010년 국립생물자원관에서는 온난화의 영향으로 봄철 파종 시기가 빨라지고, 병해충의 확산으로 산림 생태계에 교란 및 변화를 가져오고 있다고 밝혔다. 또한, 2018년 기상과학원이 발간한 <한반도 100년의 기후변화> 보고서에 따르면 20세기 동안 한반도는 평균 기온이 약 1.4℃ 상승하였으며, 여름은 19일이 증가하고, 겨울은 18일이 감소하였다 한다.

2010년, 환경부 산하 국립생물자원관에서는 기후변화가 한반도 생물종 분포에 미치는 영향 및 취약성에 대한 효율적인 감시와 예측 방법을 마련하고자 국가 기후변화생물 지표 100종을 선정하여 발표하였다. 2017년 한 차례 개정하여 기후변화 예측에 유리한 이동성이 큰 곤충과 생물 계절이 뚜렷한 종을 반영해 기후변화지표종 100종과 후보종 30종을 지정하였다. 기후변화 지표종 지정 이후 관련기관과 학자들에 의해 다양한 연구가 이루어지고 있으며, 모니터링 또한 활발히 이루어지고 있다.

이러한 정책적 관심과 활발한 연구들로 인해 기후 변화에 대한 지식과 정보는 쉽게 접할 수 있게 되었지만, 일반 대중들에게 기후 변화에 대한 체감은 아직 막연한 위기 의식에 머물러 있는 실정이다.(2020.Ko) 이에, 대중들에게 기후변화에 대한 정보와 기후변화지표종 지정의 의미를 전달하기 위한 시민과학자 양성 교육의 필요성을 절감하였다.

기존의 생태 학습과 체험 교육은 전문가의 강의 및 해설로 진행되어 지식의 전달 방향이 일방적이고, 체험 학습도 수동적으로 이루어졌다. 근래에는 포털 사이트 및 유튜브 등 대중 매체의 발달로 일반 시민들도 원하는 정보를 검색을 통해 언제든지 쉽게 접할 수 있는 시대가 되어 일반 시민들의 지식 수준 또한 크게 향상되었다. 이제 생태와 환경에 관심이 있는 사람이라면 누구나 자발적으로 사회 참여 활동을 하며 원하는 정보와 경험을 얻을 수 있는 시대가 도래하였다. 또한, 최근의 코로나19 팬데믹 사태로 인해 대면 행사로 이루어지던 기존의 생태 체험 프로그램은 한계에 봉착하게 되었다. 이에 따라, 생태 체험 교육 방식도 대면에서 온라인 비대면 학습으로 전환되며 생태 교육의 패러다임이 급격히 변모하고 있다.

최근 시민과학의 개념이 주목을 받으며, 전공자와 연구자의 영역이라 여겨온 과학 활동이 시민들의 사회 참여 활동에 대한 열망에 부응하며 탐구 활동 뿐 아니라 건전한 여가 활동의 일환으로 저변을 넓혀가고 있다. 초기 시민과학은 동호인과 아마추어 연구가의 여가 활동 중 한 형태로 분류되어 “과학자”와 “시민”의 경계가 명백히 나뉘어 있었고 역할과 주체 또한 구분되어 있었으나, 최근의 시민과학 경향은 점차 그 경계가 모호해지고 있다.(2018.김)

기후변화지표종 지정 이후 한반도의 나비 분포상 변화에 관한 연구는 꾸준히 이루어지고 있으나, 현재까지 나온 연구 결과물들은 과거 기록에 근거한 것으로 최근 중 분포 연구 경향인 GIS정보를 기반으로 한 중 분포 변화 모델링 프로그램을 활용하기에는 어려움이 많다. 때문에 현대 모니터링 연구에 맞는 데이터를 재수집해야 할 필요성이 있다. 기후변화지표종 분포 모니터링과 같은 조사 방법은 광범위한 지역에서 다수의 동시간대 기록이 필요한 센서스 방식으로, 다양한 지역의 다수가 참여할 수 있는 시민과학의 주제로 적합하다. 때문에 시민과학자들이 흥미를 가지고 쉽게 따라

할 수 있는 모니터링 방식의 정립 또한 필요하다.

또한, 시민과학자들의 참여와 호응을 위해 기존 종 조사모니터링의 형식과 절차를 간소화하여, 일반인의 눈높이에 맞춰 순화할 필요성이 있다. 시민들의 종 조사 모니터링 참여 시 생태 교육과 체험학습 등 흥미와 관심을 끌 수 있는 요소를 접목한다면 모니터링 대상에 대한 인식 또한 높아질 것으로 기대한다. 아울러, 탐사 결과 공유 플랫폼을 활용해 시민과학자와 전문가가 소통할 수 있는 기회가 많아지면, 보다 많은 시민 과학자들이 참여할 수 있을 것으로 전망한다.

2) 연구의 목적

본 연구는 대중들에게 친근한 이미지를 가진 나비를 주제로 시민과학 커리큘럼을 기획하여, 실제 모니터링 방식에 적용하는 것을 목적으로 한다. 특히, 기후변화지표종 나비를 중점적으로 모니터링하며 교육 및 체험 활동을 통해 시민과 전문 연구자가 소통을 통해 서로 윈윈할 수 있는 시민 과학적인 방법을 모색하고자 한다. 교육을 통해 시민과학자들에게 나비에 대한 흥미를 유발하고 기후변화와 기후변화지표종에 대한 지식과 정보를 전달하며, 누구나 쉽게 모니터링을 시도할 수 있는 동기를 부여해 시민과학자의 저변이 확대되기를 기대한다. 또한, 기후변화지표종이라는 뚜렷한 목표를 제시하여 나비 관찰 시 자연스럽게 기후변화와 기후변화지표종에 대한 이해도를 높이고, 탐사 기록 시 목표 의식을 부여해 연구의 집중도를 높일 수 있다.

이를 위해 기후변화지표종 나비 모니터링에 필요한 기초 데이터를 수집하고, 커리큘럼 구성에 필요한 자료를 조사하여 시민과학자들의 눈높이에 맞도록 순화하는 과정이 필요하다. 이 과정을 거쳐 체험 교육 및 수행 평가 형식으로 모니터링 방안을 구성해 어린이 과학동아 지구사랑 탐사대 및 시민과학 풀씨 프로젝트 참가팀을 대상으로 실제 적용해 자료의 가치와 효용성을 입증하고자 한다.

시민과학 풀씨프로젝트를 통하여 프로젝트 수행 팀과 시민과학자 팀 간 소통을 통해 연구자와 아마추어 연구가, 대중들과의 격차를 줄이고, 누구나 쉽게 수행할 수 있도록 생태 모니터링에 관한 진입 장벽을 낮출 수 있도록 유도하며, 전문 연구자들에게도 도움이 될 수 있는 시민과학 모니터링 방안을 확립하여 정착하기를 기대한다.

2. 본론

2010년 환경부 산하 국립생물자원관은 최근의 기후변화가 한반도 생물종 분포에 미치는 영향 및 취약성에 대한 효율적인 감시 및 예측 방법을 마련하고자 국가 기후변화 생물지표 100종을 선정하여 발표하였다. 이 후 2017년 12월 한차례 개정하여 현재 100종의 지표종과 30종의 후보종이 지정되어 있다. 이 중, 나비류는 7종으로 지표종 5종과 후보종 2종이 포함된다.

지정된 종 모두 남방계열 나비로 지표종은 남방노랑나비(*Eurema mandarina*, (de l'Orza, 1869)), 먹그림나비(*Dichorragia nesimachus*, Boisduval, 1836), 푸른큰수리팔랑나비(*Choaspes benjaminii*, (Guérin-Méneville, 1843)), 무늬박이제비나비(*Papilio helenus*, Linnaeus, 1758), 물결부전나비(*Lampides boeticus*, (Linnaeus, 1767)), 후보종으로는 뽕족부전나비(*Curetis acuta*, Moore, 1877)와 소철꼬리부전나비(*Chilades pandava*, (Horsfield, 1829)) 7종이 등재되어 있다.

이들 종을 포함하는 남방계 나비류는 60년간 북방한계선이 95km 북상하여 연간 1.6km 씩 북상했다고 한다. 이는 국내 기온 증가속도와 거의 일치하는 것으로 나타났으며, 유럽에서 알려진 곤충의 북상 속도(연/1.4km)와 비슷한 결과였다.(Kwon. 2015) Jeon(2013)의 연구에 따르면 Kwon et al.(2013)의 연구 결과를 바탕으로 기후적 요소를 적용하여 1938년부터 2011년까지의 나비 분포상 변화를 분석하여 남방계열 나비가 모든 위도에서 서식지 수가 증가했고, 특히 37°이상 고위도의 서식지가 가장 많이 증가했다는 연구 결과를 발표한 바 있다.



먹그림나비
Dichorragia nesimachus,
Boisduval, 1836



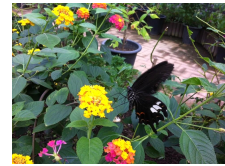
푸른큰수리팔랑나비
Choaspes benjaminii,
(Guérin-Méneville, 1843)



물결부전나비
Lampides boeticus,
(Linnaeus, 1767)



남방노랑나비
Eurema mandarina,
(de l'Orza, 1869)



무늬박이제비나비
Papilio helenus, Linnaeus,
1758

기후변화지표종



뽕족부전나비
Curetis acuta, Moore, 1877



소철꼬리부전나비
Chilades pandava
(Horsfield, 1829)

기후변화지표 후보종

Fig.1 기후변화지표종 및 후보종 지정 현황

본 연구는 나비효과 팀 현장탐사, 지구사랑탐사대 9기 나비 탐사, 시민과학풀씨 프로젝트 참여팀 과제 수행의 세 가지 방향으로 진행하였으며 연구 목적에 따라 각자 역할을 구분하였다.

시민과학풀씨 프로젝트 수행 팀이자 전문 연구팀 “나비효과” 팀은 기존 연구 자료를 조사하여 기후변화지표종 나비 7종의 최근 국내 분포 현황을 분석하였다. 또한, 기존 연구 결과의 재현성을 확인하고 새로운 분포지를 발견하기 위한 탐사를 진행했다.

한편, 시민과학자의 시각에서 모니터링 시 탐사 성향과 나비에 대한 인식 수준을 파악하기 위하여 어린이과학동아 지구사랑탐사대 9기 나비 탐사 기록 2021년 3월부터 10월까지의 기록을 취합하고 분석하였다. 사전 교육을 통하여 나비 탐사 및 모니터링 요령에 관한 지식을 전달하고, 도심지 및 거주지의 나비상을 조사하도록 유도하였으며, 탐사 시 기후변화지표종 탐색도 병행할 수 있도록 하였다. 올해로 2년 차인 시민과학 중심의 나비 탐사 기록 및 기후변화지표종 나비 모니터링 기록을 전년도 기록과 비교 분석하여 성과를 검증하였다.

지구사랑탐사대원 중 희망자에 한해 시민과학풀씨 프로젝트 참가자를 모집하였는데, 이들에게는 주변의 나비 모니터링 수행을 병행하는 한편, 나비의 흡밀 식물과 기후변화지표종 남방노랑나비의 먹이 식물을 지원하여 나비를 유인하고 기후변화지표종 비래 여부를 파악하는 모니터링을 수행하는 심화 과제를 부여하였다.

1) 나비효과 팀 현장 탐사

(1) 탐사 개요

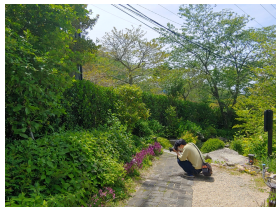
나비효과 팀은 전국 각지를 탐사하여 2021년 5월 1일부터 10월 13일까지 총 22회 탐사를 수행했다. 1회 탐사 시 1~6 개소를 조사하며 총 51개소를 조사하였고, 그 결과 기후변화지표종 7종을 확인할 수 있었다. 조사 방법은 선조사법 (Line transect census)¹⁾ 방식으로 진행하였으며, 스마트폰과 카메라로 사진을 촬영하여 기록하였다. 촬영이 어려운 경우, 포충망을 사용하여 채집 후 종동정이 가능하도록 근접 촬영한 뒤 방사하였다. 나비의 성충 및 알, 유충을 찾아 기록하여 장소에

1) 동물 개체군을 조사할 때 일정한 조사 경로를 따라 출현하는 동물을 조사경로 상의 위치와 조사경로상과 수직적인 거리로 표현하여 상대적인 위치를 나타내어 일정 면적의 동물 개체군 밀도를 파악하는 방법

따른 시기 별 발생 현황을 조사하였으며, 탐사 결과는 야장에 기재하였다.

Table.1 탐사 개요표

회차	날짜	장소	종수	증명	비고
1	5.3	영흥도 국사봉 일대	1	푸른큰수리팔랑나비	다수 정상부에서 점유행동
2	5.7~8	경남 창원시 진해구	1	남방노랑나비	
3	5.8	영흥도 국사봉 일대	1	푸른큰수리팔랑나비, 먹그림나비	다수 정상부에서 점유행동
4	5.28~29	제주도 일대 (제주시, 중문동)	1	남방노랑나비	3개소 조사
5	6.5~6.6	경남 거제도 일대	2	남방노랑나비, 먹그림나비	4개소 조사
6	7.3	경남 창원시 마산합포구 의림사 일대	2	남방노랑나비, 먹그림나비	
7	7.18	충남 태안군 일대	0	발견못함	3개소 조사
8	7.24~25	제주도 일대 (조천읍, 구좌읍)	2	남방노랑나비, 소철꼬리부전나비	4개소 조사
9	7.27	강원도 동해시 무릉계곡	1	남방노랑나비	
10	8.5	강원도 인제군 서화리	1	남방노랑나비	2개소 조사
11	8.7~8.8	해남 삼산면 두륜산, 완도군 군 의면	5	남방노랑나비, 먹그림나비, 푸른큰수리팔랑나비, 무늬박이제비나비, 뽕족부전나비	2개소 조사
12	8.13~8.15	전남 여수 일대	4	남방노랑나비, 먹그림나비, 물결부전나비, 뽕족부전나비	3개소 조사
13	8.16	경남 창원시 문화동 만날고개	2	남방노랑나비, 뽕족부전나비, 물결부전나비	
14	8.28	경남 거제도 일대	5	남방노랑나비, 먹그림나비, 물결부전나비, 뽕족부전나비, 푸른큰수리팔랑나비	3개소 조사
15	8.28~8.29	강원도 강릉, 동해,삼척 일대	1	남방노랑나비	4개소 조사
16	9.3~9.4	경남 창원시 여좌동 일대	2	남방노랑나비, 뽕족부전나비	1개소 조사
17	9.10~12	제주도 일대 (제주시, 조천읍, 남원읍, 안덕면 일대)	4	남방노랑나비, 뽕족부전나비, 물결부전나비, 소철꼬리부전나비	6개소 조사
18	9.19	경남 창원시 마산회원구 봉암동	1	남방노랑나비, 먹그림나비	
19	9.22	서울시 영등포구 양평동 안양천 일대	1	물결부전나비	
20	9.26	강원도 고성군, 속초시	1	물결부전나비	3개소 조사
21	10.2	전남 임실군, 광양시 일대	3	남방노랑나비, 물결부전나비, 먹그림나비	3개소 조사
22	10.13	서울 동작구 대방동 보라매공원 영등포구 셋강생태공원	1	물결부전나비	2개소
합계	33일	16지역	7종		51개소



2021.5.8. 창원 진해구



2021.8.28. 삼척 미로면



2021.9.12. 미접 남색물결부전나비 (Jamides bochus) 발견



야장 양식

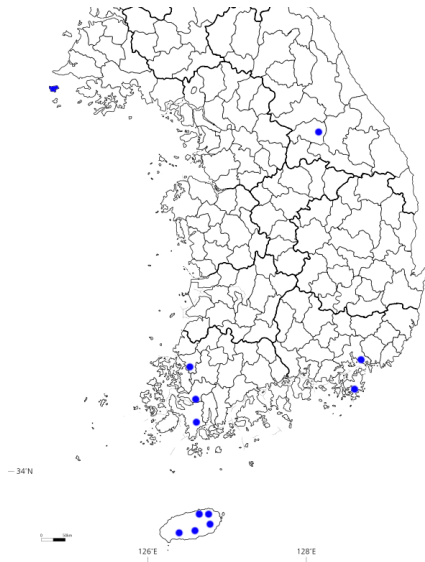


Fig2. 2020 탐사지역

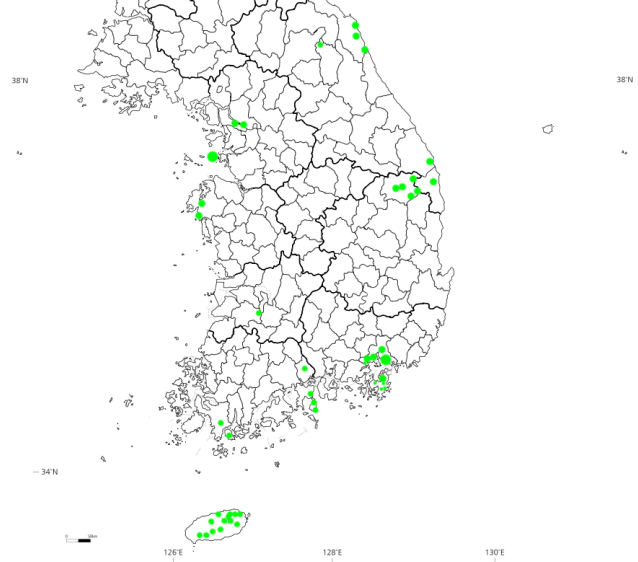


Fig.3 2021 탐사지역

(2) 전년도 비교분석

전년도에 비해 탐사 횟수를 늘려 좀 더 다양한 지역을 모니터링하였다. 그 결과 전년도 6종에서 7종을 기록하였다. 추가 기록한 종은 무늬박이제비나비로 올해 해남 두륜산에서 8월 7일 관찰하였다. 또한, 미집 남색물결부전나비(*Jamides Bochus*(Stoll, 1782))를 제주도 서귀포시 안덕면에서 9월 12일 발견하여 기록하였으며, 최근 몇 년 간 매년 발견되고 발견 기록이 점차 늘어나는 것으로 보아 서식지 확대 및 정착 여부를 주목해 모니터링해야 할 것으로 판단된다.

Table.2 전문 연구팀 성과 비교

2020년도 1년 차	2021년도 2년차
8회 16개소 탐사 6종 확인	22회 51개소 탐사 7종 확인

(3) 종별 중점 조사 사항

① 먹그림나비(*D. nesimachus*)

먹그림나비는 남부 지방을 중심으로 경기도 서해안 지역까지 분포하는 종으로 4월말~5월 경 월동한 번데기에서 우화된 봄형 성충이 발생하고, 8월 경 2번째 우화된 여름형을 볼 수 있다. 내륙지방 기록으로는 서울 신림동(Jang, 2006)에 채집 기록이 있다.²⁾ 먹이식물은 나도밤나무(*Meliosma myriantha* Siebold & Zucc.)와 합다리나무(*Meliosma oldhamii* Maxim.)로 남부지역 산지 계곡가에서 쉽게 볼 수 있으며, 서해 해안가 산지에 널리 분포해있다. 먹이식물인 나도밤나무의 최북단 분포지역은 백령도이다.(2013. Ki m) 본 종은 연 2회 발생한다고 알려져 있지만, 연구팀의 탐사 결과 남부지방 각지에서는 5월부터 9월 초 까지 성충이 꾸준히 관찰되었고, 유충도 한 조사 지점에서 다양한령별로 발견되었다. 때문에, 지역별 월동기 이후 성충 발생과 연 발생횟수를 모니터링하고 서해안 북부지역에서는 월동기에 임박해 용화하는 시기 및 월동 여부도 조사해야 할 것으로 판단된다.

2) 2010. 한반도의 나비. 자연과생태

Table.3 월별 기록 집계

월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
발견 기록	1	1	1	3	1	1	0	8개소
발견 지역	경기도 용진군 영흥도	경남 거제도 일대	경남 창원시 의림사 일대	해남 삼산면 두류산 전남 여수 일대 경남 거제도 일대	경남 창원시 마산합포구 봉암동	전남 광양시 백운산		4지역
상태	성충	알, 유충, 성충	알, 유충	알, 유충, 성충	유충	유충	-	

당해 조사에서는 경기도 용진군 영흥도, 경남 거제도 일대, 전남 해남, 광양, 여수 등 4개 지역 8개소에서 서식을 확인하였다. 5월 첫 발생기와 8월 2회 발생기에 성충이 발견되었으며, 알과 유충은 8월까지, 9월 이후에는 유충만 발견되었다.

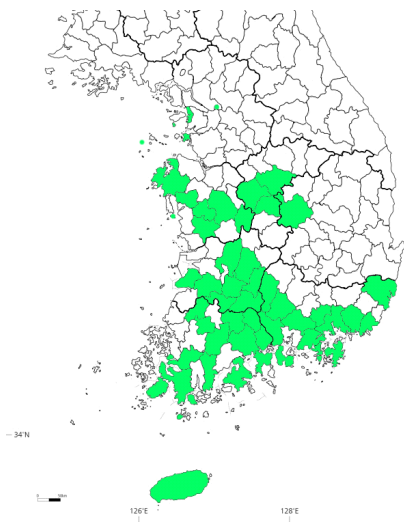


Fig.4 기존 먹그림나비의 분포지

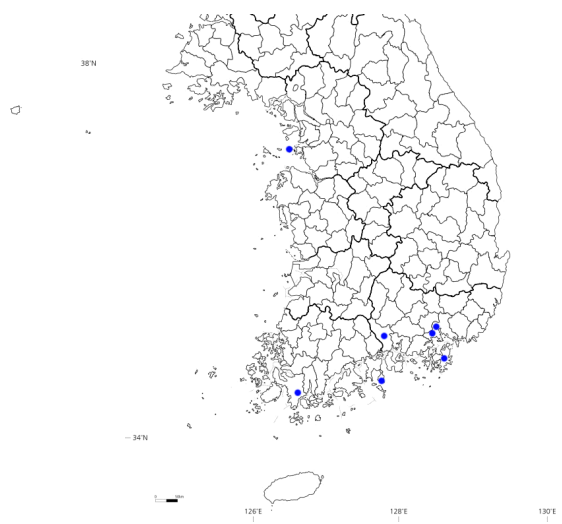


Fig.5 2021년도 먹그림나비의 발견 지역

② 푸른큰수리팔랑나비(*C. benjamini*)

먹이식물이 나도밤나무(*M. myriantha*)와 합다리나무(*Meliosma oldhamii*)로 먹그림나비와 같다. 성충 발생 시기도 4월 말~5월 경 봄형, 7~8월 경 여름형으로 먹그림나비와 생태가 비슷해 함께 모니터링 할 수 있다. 주로 서남부 해안가 산지에 분포하며, 경기도 연천, 파주 광탄면, 양평 서종면, 용진군 백령도까지 기록이 있다. 푸른큰수리팔랑나비도 연 2회 발생되는 것으로 알려져 있는데, 성충 출현 시기가 먹그림나비보다 1~2주 정도 빠르고 수명이 상대적으로 짧아 먹그림나비와 발생 시기에 차이가 날 것으로 추정된다. 본 종 역시 먹그림나비와 마찬가지로 지역별 성충 발생 시기와, 연 발생 횟수, 월동기에 임박해 용화하는 시기 및 월동 여부를 중점적으로 조사해야 할 것이다.

Table.4 월별 기록 집계

월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
발견 기록	1	-	-	2	-	-	-	3개소
발견 지역	경기도 용진군 영흥도	-	-	전남 해남군 삼산면 경남 거제도	-	-	-	3지역
상태	성충	-	-	성충, 유충	-	-	-	

탐사 시 3개 지역 3개소에서 본 종을 확인하였으며, 5월 봄형은 경기도 용진군 영흥도에서, 여름형 성충

및 유충을 전남 해남군 삼산면, 경남 거제도에서 기록하였다. 8월 28일 종령 유충을 발견하여, 성충 활동기가 9월까지 이어진다는 것을 알 수 있었다.

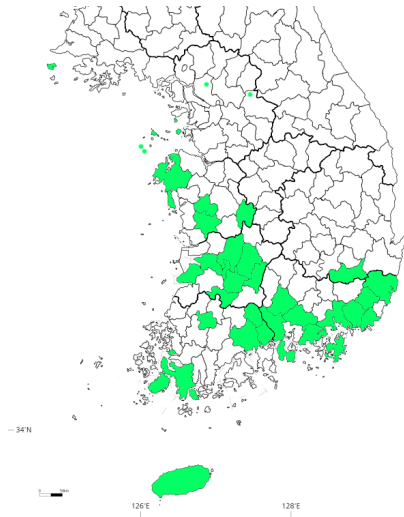


Fig.6 기존 푸른큰수리팔랑나비의 분포지

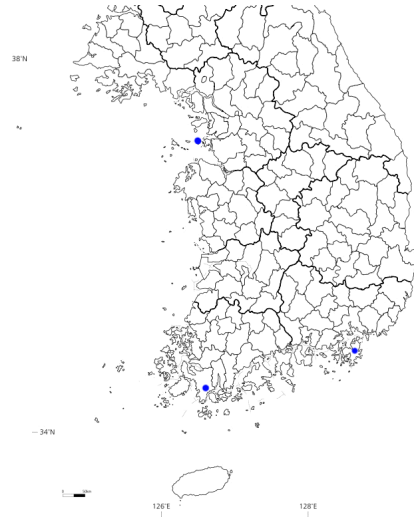


Fig.7 2021년도 푸른큰수리팔랑나비의 발견 지역

③ 남방노랑나비(*E. mandarina*)

남방노랑나비는 성충으로 월동하는 나비로, 이른 봄 기온이 올라가면 활동하여 우리나라 나비 중 가장 일찍 활동을 시작하는 종 중 하나이다. 주로 남부지방에 분포하나, 기온이 올라갈수록 중부 내륙지역, 동해, 서해 해안가를 따라 북상하는 경향이 있다. 유충의 먹이식물은 콩과 식물에 속하는 다양한 종을 섭식하기 때문에 식물의 분포에 따른 제약이 없어 국내 전역을 대상으로 이동 경로, 북상 한계선 및 도래 시기를 중점 모니터링하였다. 또한, 월동 후 첫 활동기, 월동을 준비하기 위해 월동형으로 우화하는 시기도 함께 모니터링하며 월동 가능한 지역의 북상 한계선도 중점적으로 모니터링해야 할 것으로 사료된다.

Table.5 월별 기록 집계

월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
발견 기록	4	4	6	15	4	3	0	36개소
발견 지역	경남 창원시 진해구 제주도 서귀포시 중문동	경남 거제도 일대	경남 창원시 의령사 일대 제주도 일대 강원도 동해시	해남 삼산면 두문산 전남 여수 일대 경남 거제도 일대 경남 창원시 문화동 강원도 강릉 동해 삼척 인제군 서화리	경남 창원시 마산합포구 봉암동 창원시 여좌동 제주도 일대	전남 광양시 백운산		11지역
상태	성충	알, 유충, 성충	알, 유충	알, 유충, 성충	알, 유충, 성충	알, 유충, 성충	-	

본 조사 시 가장 흔하게 본 종이었으며, 월동 후 첫 성충 발생기인 5월을 제외하고 6월부터 10월까지 모든 지역에서 알에서 성충까지 모든 생활사를 관찰하였다. 지역 별로는 경상남도, 전라남도, 제주도 강원도 동해, 삼척시, 인제군 등 11개 지역 36개소에서 확인하였다. 월동 후 발생 시기인 5월에는 성충만 발견되었으나 6월부터 10월까지는 모든 생활사를 관찰하였으며 10월 이후 월동형 개체가 관찰된 것으로 보아 10월까지 꾸준히 생활사가 지속되는 것으로 판단된다. 특이할만한 점으로, 7월 말 경부터 동해안가에서 관찰되기 시작하여, 8월 하순 경에는 삼척 미로면을 거쳐 태백산맥 줄기를 넘어 하장면까지 내륙으로 비산하는 많은 수의 개체를 목격했다. 간헐적으로 강원 내륙지방 및 동해안 북부에서 발견된 과거 기록은 이렇게 해안가를 따라 비산하다 북상하거나 내륙으로 진출한 개체를 발견한 것으로 추정된다.

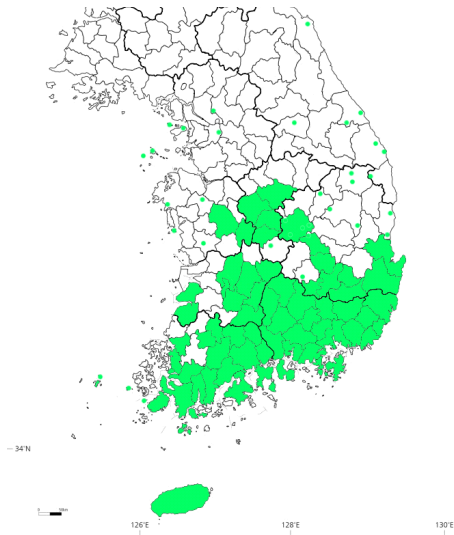


Fig.8 기존 남방노랑나비의 분포지

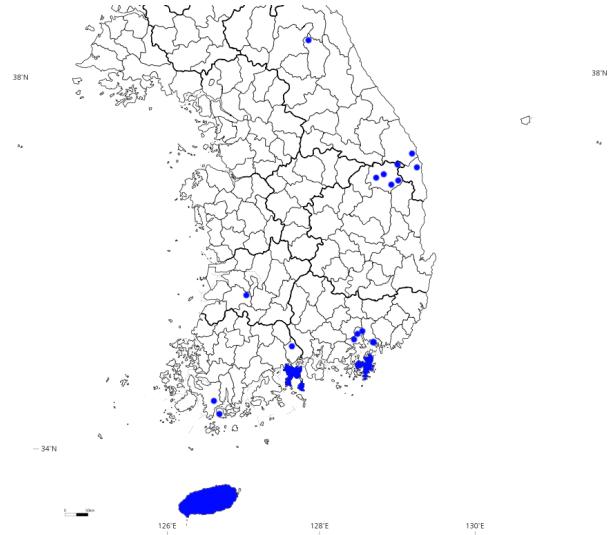


Fig.9 2021년도 남방노랑나비의 발견 지역

④ 물결부전나비(*L. boeticus*)

미접으로 알려져 있다가 2006년 영암에서 유충이 월동함을 확인하며 2010년 기후변화지표종으로 지정되었다. 주로 제주도 및 남부 해안가 지방에서 발견되나, 기온이 올라감에 따라 북상하며 내륙 지방, 서해, 동해 해안가를 따라 북상하는 경향이 있다. 이동성이 강해 고위도 지역과 강원도 내륙지역에도 기록이 있어 북상 한계선 및 도래시기, 이동 경로를 중점적으로 모니터링하였다. 6월, 8월 경 기록이 있으나 주로 9월~11월 경 발견 기록이 많고 늦게는 12월 초에도 기록이 있는 것으로 보아 9~11월이 모니터링의 적기로 판단된다. 이동성이 강하고 생활사가 19~21일로 짧아³⁾ 지역별 당해 첫 성충 목격 시기와 도래 이후 발생 횟수를 관찰해 정착 여부와 월동 가능 여부를 모니터링해야 할 것으로 판단된다.

Table.6 월별 기록 집계

월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
발견 기록	-	-	-	3	5	3	-	11개소
발견 지역	-	-	-	전남 여수시 돌산면 경남 창원시문화동 경남 거제시	제주도 서귀포시 서울 영등포구 양평동 강원도 고성군, 속초시	전남 광양시 백운산 서울 동작구 보라매공원 서울 영등포구 셋강생태공원	-	9지역
상태	-	-	-	성충	유충, 성충	유충, 성충	-	

본 조사에서는 9지역 11개소에서 확인하였다. 7월까지 관찰되지 않다 8월 14일 여수군 돌산면에 처음으로 기록하였다. 9월 제주도, 서울 영등포구 양평동 안양천변, 강원도 동해안 지역은 속초시, 고성군, 통일전망대까지 기록된 것으로 보아 그 이상으로 북상하는 것으로 보인다. 10월에는 서울 동작구 대방동 보라매공원, 여의도 셋강생태공원 일대에서도 관찰하였다. 새팔, 여우팔의 꽃봉오리에 산란하며 유충이 발생한 것도 확인하였는데, 이렇게 번식해가며 개체수가 늘어나 북상하는 것으로 추정된다. 올해는 특히 물결부전나비의 중부지방 관찰이 유독 많이 기록되었는데, 주목할만한 점으로 9월~11월 경 한강 변을 따라 양평 서종면까지 진출한 것이 기록되었다.⁴⁾

3) 2015, Kowser Miah et al.

4) Naturing.(www.naturing.net)

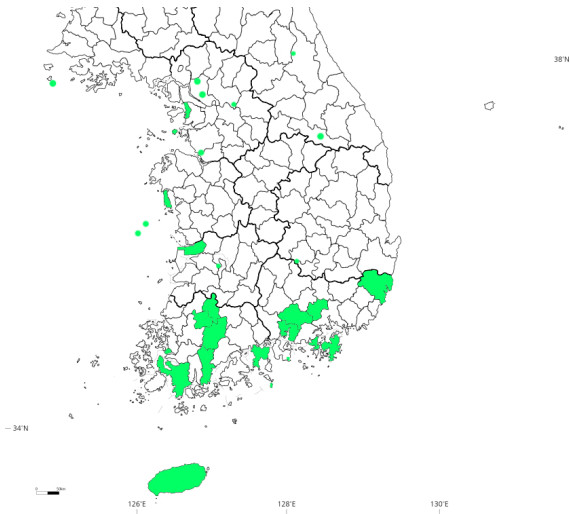


Fig.10 기존 물결부전나비의 분포지

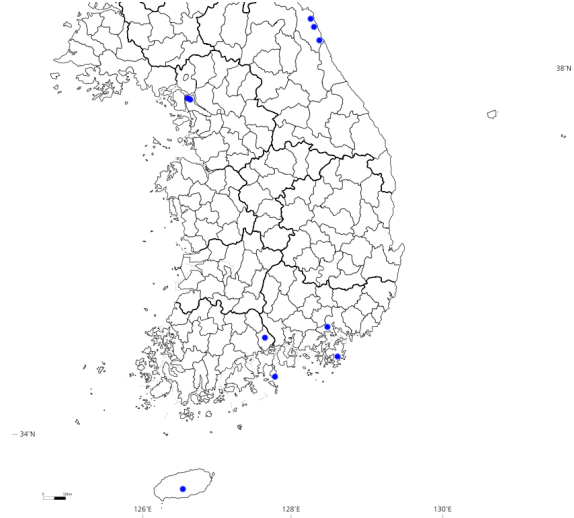


Fig.11 2021년도 물결부전나비의 발견 지역

⑤ 무늬박이제비나비(*P. helenus*)

무늬박이제비나비는 2000년대 초반 국내 서식 여부가 알려져 아직 분포지 기록이 많지 않다. 하지만, 남부지방 곳곳에서 발견되고 있으며 거제도 지역에서는 봄에도 발견되는 것으로 보아 월동하여 정착한 것으로 판단된다. 연 3~4회 발생한다고 알려져 있으며, 산지성을 띠고 개체수가 많지 않아 모니터링이 어려운 종류이다. 이른 봄, 봄형 성충 출현 시기와 출현 횟수, 새로운 서식지의 발견 및 서식지 복상 여부를 모니터링하며 자료를 축적해야 할 중이다. 본 조사에서는 전남 해남군 삼산면 두륜산에서 몇 개체를 관찰하는 것에 그쳤다.

Table.7 월별 기록 집계

월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
발견 기록	-	-	-	1	-	-	-	1개소
발견 지역	-	-	-	전남 해남군 삼산면	-	-	-	1지역
상태	-	-	-	성충	-	-	-	

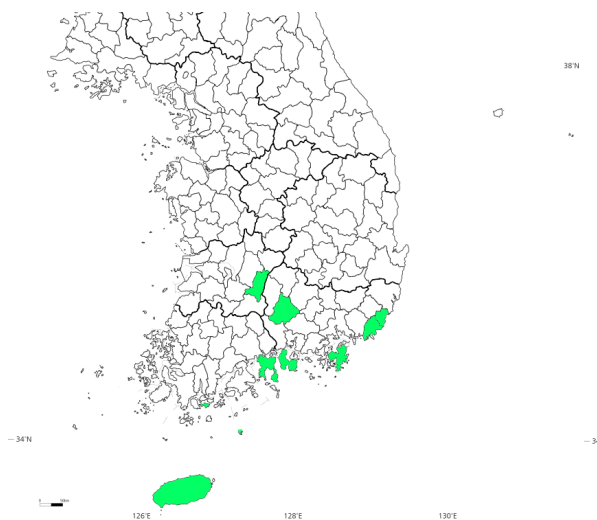


Fig.12 기존 무늬박이제비나비의 분포지

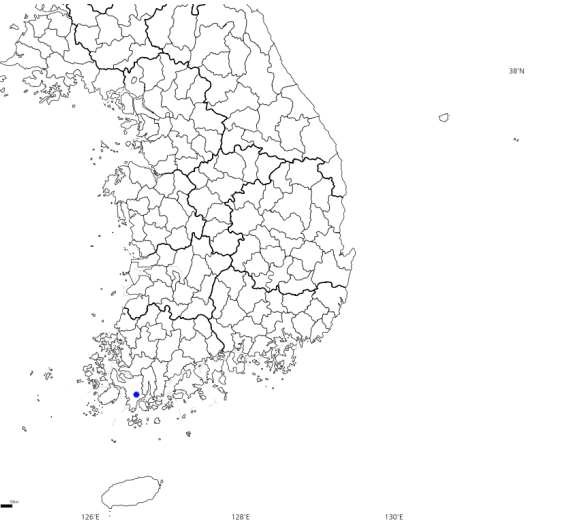


Fig.13 2021년도 무늬박이제비나비의 발견 지역

⑥ 소철꼬리부전나비 (*C. Pandava*)

소철꼬리부전나비는 2006년 제주도 애월읍에서 첫 발견되었으며, 제주도에서는 매년 꾸준히 발견되고 있다. 9월~10월 경 개체수가 증가하여 제주도 전역에서 흔히 볼 수 있을 정도로 번성하고, 종종 남부 해안가 지방에서 간헐적으로 발견되고 있다. 유충의 먹이식물인 소철(*Cycas revoluta* Thunb.)이 흔한 제주도에서는 정착이 의심되고 있으나 내륙 지방에서는 일시적으로 비래하는 것으로 추정된다. 제주도에서는 첫 성충 출현 시기 및 소철에서 유충의 발생 시기, 동절기 월동 여부를 중점적으로 모니터링해야 할 것이다. 내륙에서는 새로운 지역의 발견 여부와 비래 가능한 지역의 소철 집단 식재지를 중심으로 정착 여부를 모니터링해야 할 것으로 판단된다.

Table.8 월별 기록 집계

월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
발견 기록	-	-	1	-	6	-	-	7개소
발견 지역	-	-	제주시 조천군 조천읍	-	제주시 건입동조천군 선흘리, 교래리, 구좌읍 평태리 서귀포시 남원읍, 안덕면	-	-	1지역
상태	-	-	유충	-	알, 유충, 성충	-	-	

5월 28일 작년도 관찰지 중 하나인 제주도 중문의 소철 식재지를 조사하였으나 관찰하지는 못하였다. 7월 중순 지구사랑탐사대원의 관찰 기록을 보고 바로 제주도를 탐사하여 유충과 갓 우화한 성충들을 관찰하였다. 9월 10일 3차 조사 시 제주도 전역에서 많은 개체가 발생하여 7월 이후 개체수가 급증하여 9~10월 경 번성하는 것으로 판단된다. 겨울이 되면 대부분 사멸하여 소수가 월동에 성공하거나, 혹은 이동성이 강한 습성 상 하절기 무렵 다시 열대지방 서식지에서 비래하는 것으로 추정된다.

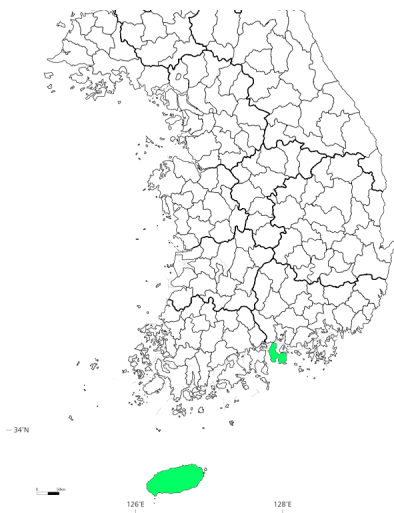


Fig.14 기존 소철꼬리부전나비의 분포지

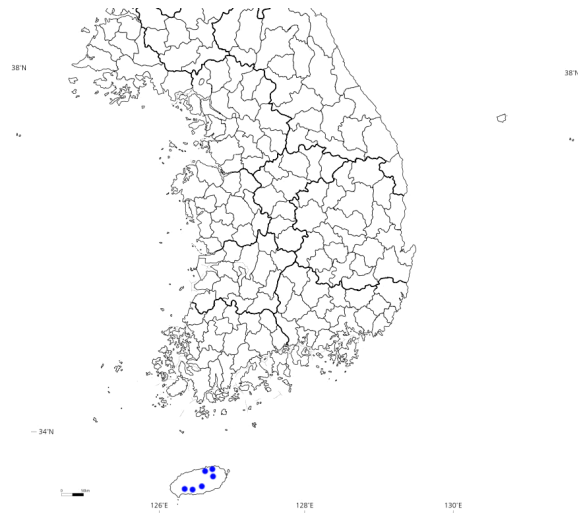


Fig.15 2021년도 소철꼬리부전나비의 발견 지역

⑦ 뽕족부전나비 (*C. acuta*)

미접으로 알려져 있다 2000년대 초반 거제도와 부산 해안가에서 몇 개체가 발견된 후 점차 분포지가 확대되고 있는 중이다. 유충은 콩과 식물의 꽃을 먹는 것으로 알려져 있으며, 주로 7월 이후부터 칙꽃 주변에서 활동하는 것을 볼 수 있다. 성충으로 월동하며, 난대 수종인 상록활엽수의 잎 뒤에 숨어 휴면을 하는 것으로 알려져 있다. 외국에서는 아까시나무, 등나무, 회화나무의 꽃을 먹는 것으로 알려져 있어 월동을 한 개체가 이듬해 봄, 이들 식물의 꽃에 산란하여 번식하는 것으로 추정된다. 분포지 북상 속도가 빠른 종으로 현재 최북단 관찰지로 경북 영주 지역까지 발견되었다.5) 북상 한계점과 월동 가능 여부, 서식지에서는

당해 최초 활동 기록, 연간 성충 출현 횟수, 월동기 직전 월동형 개체의 발생 시기 등을 모니터링해야 할 것으로 판단된다.

Table.9 월별 기록 집계

월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
발견 기록	-	-	-	3	2	-	-	7개소
발견 지역	-	-	-	전남 완도군 군외면 전남 여수시 자산동 경남 창원시 문화동 경남 거제도	경남 창원시 여좌동 제주도 서귀포시 남원읍	-	-	1지역
상태	-	-	-	알, 유충, 성충	성충	-	-	

현장 탐사 시 6지역 6개소에서 관찰하였으며, 칩 군락 주변에서 활동하는 모습, 성충, 알과 유충이 함께 활동하는 모습을 관찰할 수 있었다.

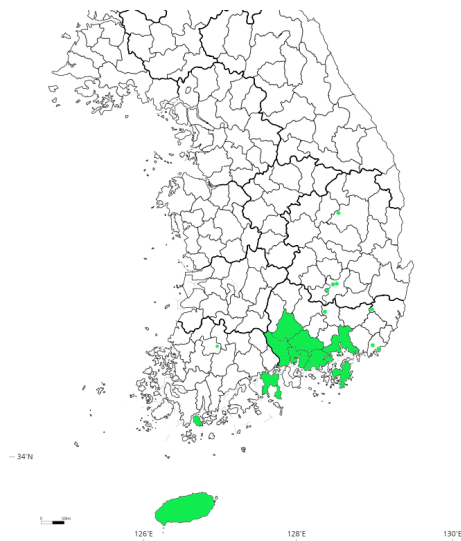


Fig.16 기존 뽕족부진나비의 분포지⁶⁾

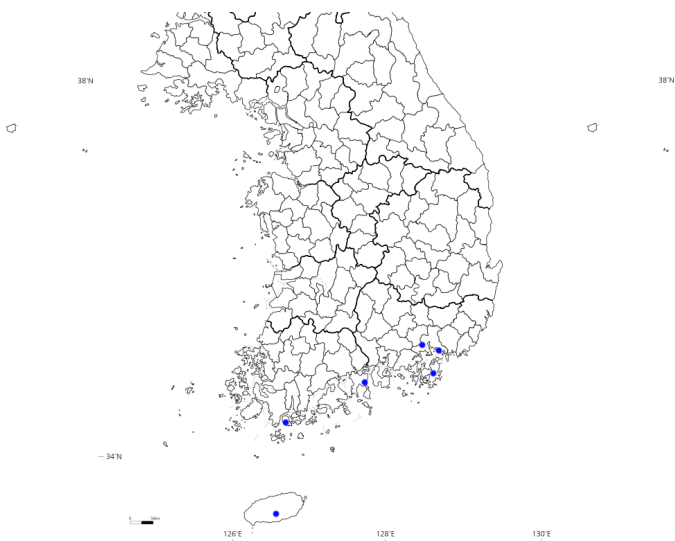


Fig.17 2021년도 뽕족부진나비의 발견 지역

2) 지구사랑탐사대 나비 관찰 기록 결과

(1) 개요

지구사랑탐사대 9기 탐사기록 개설 시점인 3월 24일부터 10월 31일까지 222일 동안 180개 팀이 참여하여 총 75종 1598 유효기록(총 게시물 수 1608건)을 집계하였다. 이 중, GIS정보 부재, 사진 부재, 동정(Identification) 불가능한 게시물 등으로 자료화할 수 없는 기록이나 나비 이외의 곤충류 기록 70건을 제외한 관찰 수는 1528건을 기록했다. 이 중, 기후변화지표종 나비 기록은 지표종 4종, 후보종 2종으로 총 6종이 집계되었고, 관찰수는 총 64건이다. 2020년도는 데이터 수집을 11월 31일까지 적용, 금년도는 10월 31일 기록까지 반영하여 데이터 수집 기간이 한달 단축되었다. 그럼에도 불구하고 전년도 대비 총 관찰 수는 608건 증가하였고, 유효 기록은 598건 증가하였다. 총 관찰종은 전년도 대비 67종에서 75종으로 8종 증가하였다.

5)Naturing.(www.naturing.net)

6)Naturing (www.naturing.net), 국립생물자원관 한반도의생물다양성(www.species.nibr.go.kr), 네이버 나비 사진 동호회“풍계나무숲” (cafe.naver.com/nabiforest)

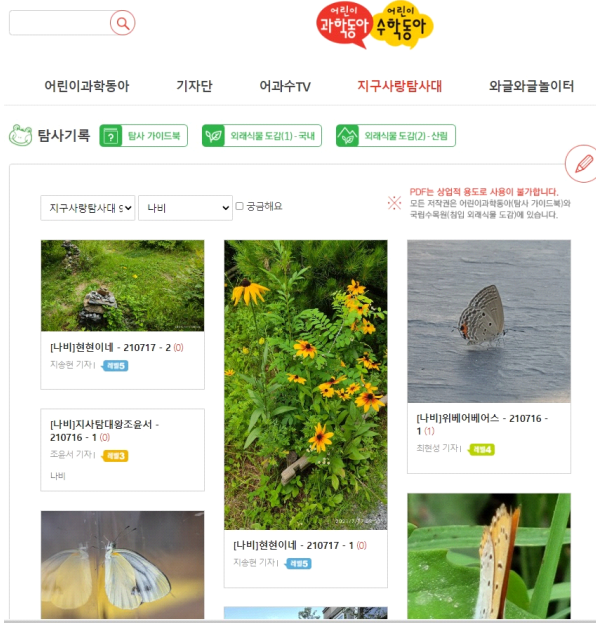


Fig.18 지구사랑탐사대 나비탐사 기록 활동

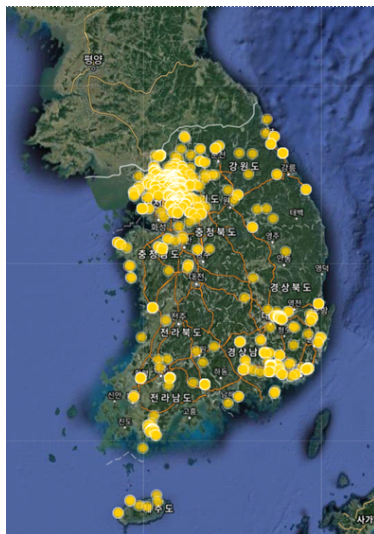


Fig.19 2020년도 지구사랑탐사대 나비탐사기록

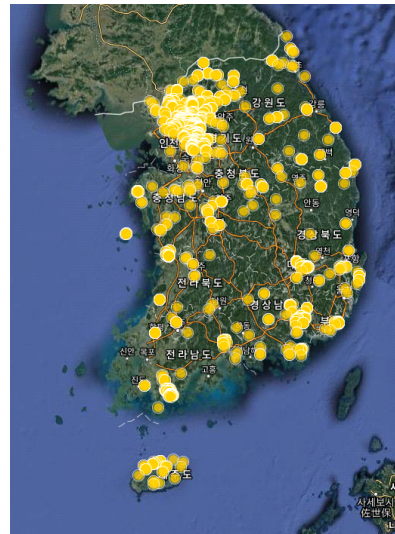


Fig.20 2021년도 지구사랑탐사대 나비탐사기록

Table.10 전년도 대비 성과율

분류군	2020		2021		전년대비 증가 수		증가율(%)
	종	기록	종	기록	종	기록	
호랑나비과 Papilionidae	10	61	10	205	0	144	236 %
흰나비과 Pieridae	8	393	9	560	1	167	42.5 %
네발나비과 Nymphalidae	31	243	35	431	4	188	77.3 %
부전나비과 Lycaenidae	11	205	12	277	1	72	34.1 %
팔랑나비과 Hesperidae	7	49	9	55	2	6	12.2 %
기타	-	49	-	70	-	21	42.8 %
합계	67종	1000건	75종	1598건	8종	598건	59.8%

과 별로는 호랑나비과가 61건에서 205건으로 전년도 대비 236건 증가하였고, 흰나비과는 363건에서 560건으로 42.5%가 증가했다. 네발나비과는 243건에서 431건으로 77.3%, 부전나비과는 205건에서 277건으로 34.1%가 증가했다. 팔랑나비과는 49건에서 55건으로 12.2%가 증가하였다. 부전나비과와 팔랑나비과의 증가폭이 상대적으로 적었는데, 이들 분류군은 대체로 나비의 크기가 작고 눈에 잘 띄지 않아 비교적 흔한 나비 위주로 기록했기 때문으로 추정된다.

관찰건수에 비해 종수는 크게 증가하지 않았다. 이는 탐사대원들의 탐사 성향이 주로 도심지와 그 인근 지역인 거주지 주변이었기 때문에 새로운 종을 만날 기회가 적었기 때문으로 판단되며, 추가된 종들 대부분은 거주지 외 지역으로 탐사를 가거나 도심지 환경에서 만날 확률이 적은 종을 우연히 도래한 것을 포착한 경우였다. 각각의 다양도 지수⁷⁾를 분석해본 결과, 2020년도 (1.373602)보다 2021년도가 (1.423593)으로 높게 나타났다.

Table.11 지구사랑탐사대 나비탐사기록 관찰종 목록 집계

과명	팔랑나비과		호랑나비과		흰나비과		네발나비과		부전나비과	
종명	줄점팔랑나비	24	호랑나비	90	배추흰나비	336	네발나비	166	남방부전나비	134
	왕자팔랑나비	11	제비나비	29	대만흰나비	89	암갈색은표범나비	66	암떡부전나비	46
	멧팔랑나비	10	산제비나비	5	큰줄흰나비	32	큰흰줄표범나비	6	푸른부전나비	23
	제주꼬마팔랑나비	4	남방제비나비	18	노랑나비	43	큰멋쟁이나비	11	큰주홍부전나비	38
	<u>산줄점팔랑나비</u>	1	긴꼬리제비나비	31	<u>남방노랑나비</u>	48	애기세줄나비	28	작은주홍부전나비	6
	<u>지리산팔랑나비</u>	2	모시나비	6	갈구리나비	8	부처사촌나비	9	떡부전나비	13
	<u>흰줄점팔랑나비</u>	1	산호랑나비	3	줄흰나비	2	작은멋쟁이나비	17	부전나비	2
	<u>줄꼬마팔랑나비</u>	1	사향제비나비	5	풀흰나비	1	뿔나비	12	범부전나비	2
	<u>푸른큰수리팔랑나비</u>	1	꼬리명주나비	3	<u>북방기생나비</u>	1	황오색나비	7	<u>소철꼬리부전나비</u>	1
			<u>청띠제비나비</u>	15			제이줄나비	5	<u>백족부전나비</u>	4
							홍집알락나비	11	<u>물결부전나비</u>	7
							물결나비	13	<u>바독돌부전나비</u>	1
							부치나비	7		
							세줄나비	2		
							흑백알락나비	4		
							제일줄나비	1		
							별박이세줄나비	8		
							먹그늘나비	3		
							흰줄표범나비	1		
							거꾸로여덟팔나비	1		
							굴뚝나비	1		
							은관나비	4		
							대왕나비	1		
							암갈색은표범나비	3		
							<u>참세줄나비</u>	1		
							<u>굵은줄나비</u>	1		
							<u>먹그림나비</u>	3		
							<u>애물결나비</u>	7		
							<u>작은은점선표범나비</u>	1		
							<u>눈많은그늘나비</u>	1		
							<u>석물결나비</u>	1		
							<u>청띠신선나비</u>	26		
							<u>제삼줄나비</u>	1		
							<u>줄나비</u>	1		
							<u>뽕눈그늘나비</u>	1		
합계	9종	55	10종	205	9종	560	35종	431	12종	277
	75종 1528 기록									

● 밑줄진 종은 당해 새로 발견된 종

7) 샤논-위너 지수(Shannon-Wiener index)

전년도에 기록되었지만 당 해 관찰되지 않은 종은 13종이었으며, 새로 관찰된 종이 19종 추가되었다. 이 종들은 대부분 산림성 나비로 주로 거주지 인근을 탐사하며 장거리 야외 탐사의 빈도가 적은 지구사랑탐사대원들의 성향 상 우연히 관찰된 경우가 많았다.

Table.12 2020년도에 발견하였으나 2021년도에 발견하지 못한 종

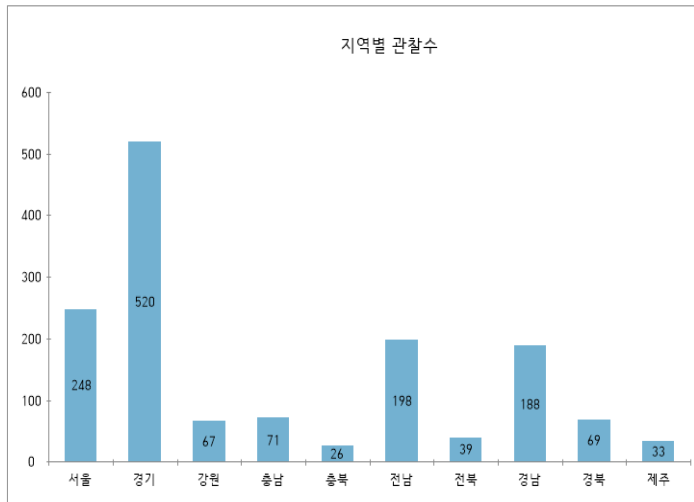
과명	팔랑나비과	호랑나비과	흰나비과	네발나비과	부전나비과
종명	왕팔랑나비 꽃팔랑나비 큰줄점팔랑나비(산팔랑나비)	애호랑나비		은점표범나비 긴은점표범나비 황새줄나비 높은산새줄나비 왕새줄나비 먹그늘나비붙이 흰뺨눈나비	굴뚝부전나비 첫뚝부전나비
	3종	1종		7종	2종

Table.13 월별 관찰기록

	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
관찰수	9	149	173	234	164	518	239	101	0	1598
종수	5	23	34	32	28	48	40	16	0	75종

월별 기록은 여름 휴가철인 8월에 가장 많은 기록 수를 보였으며, 6월, 9월의 기록이 비슷한 수치를 보였다. 6월은 연중 한반도에 서식하는 나비의 종 다양도 및 개체수가 가장 많은 시기라 기록수도 증가했을 것으로 추정하며, 7월의 경우, 코로나 3차 유행으로인하여 기록수가 일시 줄어들었다. 9월은 남방계 나비의 개체수가 많아지고 다화성 나비류⁸⁾의 마지막 우화시기이므로 기록수가 증가하였을 것으로 사료된다.

Table.14 지역별 기록수



지역	기록 수	백분율
서울	248	17%
경기	520	35.6%
강원	67	4.6%
충남	71	4.9%
충북	26	1.8%
전남	198	13.6%
전북	39	2.7%
경남	188	13%
경북	69	4.7%
제주	33	2.3%
합계	1459	100%

Fig.21 지역별 관찰 수

지역 별로는 수도권이 가장 많았으며 전남, 경남이 각기 3, 4순위를 차지하였다. 모니터링 기록은 탐사대원의 지역 편차가 심해 실제 한반도 나비의 분포 현황을 나타낸다고 볼 수는 없지만, 도심지와 거주지 환경에서의 나비 분포 상을 개략적으로 파악할 수 있는 자료로 활용할 수는 있을 것으로 판단된다. 유효기록 수와 지역별 관찰 수에 편차가 나타난 것은, 나비 탐사 기록 등재 시 GIS 데이

8) 연중 여러번 생활사를 지속하여 성충 우화하는 나비류

터가 기록되지 않은 게시물과 나비류 이외의 곤충에 대한 기록들은 집계에서 제외했기 때문이다.

(2) 기후변화지표종 기록 집계

기후변화지표종의 발견 건수도 비약적으로 증가하였다. 전년도에 비해 종수는 3배, 관찰 건수는 5배 이상 증가하였다. 이는 모니터링 2년 차로 지속적인 연구 소개 및 강의로 인해 지구사랑탐사대 대원들의 기후변화지표종에 대한 인식이 증가하였기 때문으로 판단된다.

Table.15 기후변화지표종 관찰기록

2020년도 1년 차	2021년도 2년차
2종 12기록	6종 64기록

최다 관찰종은 남방노랑나비(*E. mandarina*)로, 이동성이 강하고 도심지에서도 비교적 쉽게 볼 수 있는 종이라 관찰이 용이하기 때문이다. 다음으로 많이 관찰된 종은 물결부전나비(*L. boeticus*)였다. 역시 이동성이 강하고 번식력이 강해 도심지의 화단이나 콩과 식물이 자라는 곳에서 발견되었다.

Table.16 기후변화지표종 기록수

종명	기록수	기록비 (%)
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	48	75
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	7	11
소철꼬리부전나비 <i>D. nesimachus</i>	1	1.5
먹그림나비 <i>C. benjamini</i>	3	4.6
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjamini</i>	1	1.6
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	0	0
뽕족부전나비 <i>C. acuta</i>	4	6.3
합계	64	100%

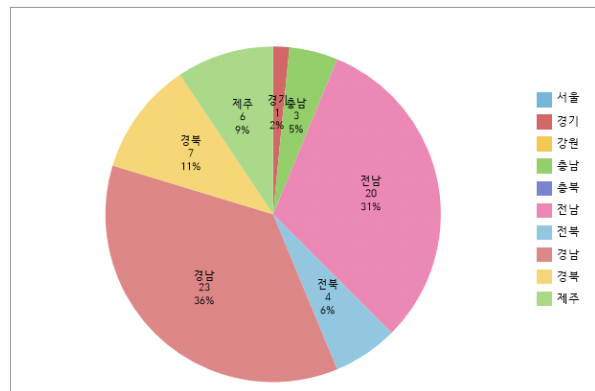


Fig.22 지역별 기록비율

지역적으로는 경남, 전남 지방이 발견 기록의 67%를 차지했으며, 두 지역 모두 4종으로 가장 많은 수가 관찰되었다. 최북단 기록으로는 용진군 소청도에서 물결부전나비가 1건, 남방노랑나비는 충남 연기군에서 1건이 기록되었다.

Table.17 기후변화지표종 지역별 기록

지역	지역별 관찰종	남방노랑나비	물결부전나비	먹그림나비	푸른큰수리 팔랑나비	무늬박이 제비나비	뽕족 부전나비	소철꼬리 부전나비	총 기록
서울	-	0	0	0	0	0	0	0	0
경기	-	0	1	0	0	0	0	0	1
강원	-	0	0	0	0	0	0	0	0
충남	1종	3	0	0	0	0	0	0	3
충북	-	0	0	0	0	0	0	0	0
전남	4종	15	3	1	0	1	0	0	20
전북	2종	3	1	0	0	0	0	0	4
경남	4종	15	2	2	1	0	3	0	23
경북	1종	7	0	0	0	0	0	0	7
제주	2종	5	0	0	0	0	0	1	6
합계	6종	48	7	3	1	0	4	1	64

기후변화지표종은 8, 9월에 가장 많은 기록을 보였는데, 남방계 나비인 기후변화지표종과 후보종의

생태 특성 상 8월부터 9월까지 개체수가 급증하기 때문에 관찰 건수도 증가한 것으로 판단된다. 전년도에 비해 종 수는 3배, 관찰 건수는 5배 이상 증가하였다. 이는 기후변화지표종에 대한 지구사랑탐사대 대원들의 인식도가 증가하였기 때문으로 판단된다.

Table.18 월별 기후변화지표종 및 후보종 관찰기록

종명	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	합계
남방노랑나비 <i>E. mandarina</i>	-	-	-	-	3	3	20	20	2	-	48
물결부전나비 <i>L. boeticus</i>	-	-	-	-	-	-	1	4	2	-	7
먹그림나비 <i>D. nesimachus</i>	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	3
푸른큰수리팔랑나비 <i>C. benjaminii</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
무늬박이제비나비 <i>P. helenus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
소철꼬리부전나비 <i>C. pandava</i>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
뽕족부전나비 <i>C. acuta</i>	-	-	-	-	-	-	1	2	1	-	4
기후변화지표종 기록 Total				1	3	5	23	27	5		64
월별 발견 종 수				1	1	3	4	4	3		

(3) 라이브 강연 및 비대면 현장 탐사

① 라이브강연

2021년 5월 25일 (화) 20시부터 20시 20분까지 지구사랑탐사대 9기 대원을 대상으로 20분간 전체 강연을 하였다. 화상회의 앱을 이용한 심화 강연도 진행하였다. 한편, 6월 9일 (수) 20시부터 21시 20분까지 1시간 20분간 시민과학 풀씨프로젝트 참가 희망자 대상 17팀을 대상으로 화상회의 앱을 이용한 심화 강연을 진행하였다. 심화 강연 이후 기후변화지표종 나비의 시민과학 모니터링 참여 팀 12팀을 선정하였다.



Fig.23 지구사랑탐사대 9기 라이브 강연

② 비대면 현장 탐방

10월 11일(월) 14:30분부터 15:00까지 불암산 나비정원에서 지구사랑탐사대원을 대상으로 비대면 현장탐사를 시행하였다. 인스타그램 라이브 방송 형식으로 진행하였으며, 사전에 불암산 나비정원의 협조를 얻어 나비정원 내 사육하고 있는 나비들을 관찰하고 설명하는 방식으로 진행하였다. 현장탐방을 통해 나비를 쉽게 관찰할 수 있는 나비정원에 대해 소개하고, 나비정원의 주요 사육종이자 기후변화 지표종인 남방노랑나비의 생태를 생생히 알리며 모니터링의 중요성을 강조하였다. 또한, 우리나라에는 미접으로 알려진 남방오색나비(*Hypolimnys bolina* (Linnaeus, 1758))를 국내에서 채집해 대량 사육이 성공하면서, 열대지방의 나비의 생생한 모습을 보여 주어 기후변화에 따른 한반도의 나비 상 변화에 관한 이야기도 자연스럽게 현장 교육으로 풀어내었다.



Fig.24 지구사랑탐사대 현장 탐사 라이브9)

3) 시민과학풀씨 프로젝트 참여팀

(1) 개요

시민과학풀씨 프로젝트 “기후변화지표종 나비 모니터링” 연구에 시민과학자 참여 팀은 총 12팀으로 지난 해에 비해 많은 수가 지원하였다. 또한, 참여 팀은 지역을 안배하여 선정하였으며, 수도권이 7팀으로 서울 4팀, 경기도 3팀으로 전체 참여팀의 58%를 차지하였다. 남부 지역 참여 팀으로는 경상남도 2팀, 전라남도 2팀, 대구광역시 1팀으로 남부 지역 비율이 42%였다. 이 중 10팀이 활동하여 유의미한 결과를 내었다.

기후변화지표종 모니터링만 수행했던 전년도와 달리 당해 시민과학풀씨 참가 팀은 두 가지 과제를 주어 수행토록 하였다.

첫 번째로 나비 탐사 시 기후변화지표종을 중점적으로 탐사하여 지구사랑탐사대 나비 탐사 활동에 기록하고, 두 번째로는 나비의 흡밀식물 “붓들레아”와 기후변화지표종 남방노랑나비의 먹이식물인 “비수리”를 지원하여 흡밀하러 오는 나비와 남방노랑나비가 비래하고 산란하는지 여부를 모니터링 하도록 하였다. 지원받은 식물은 7월 30일 경 식재 완료하여 8월부터 모니터링을 수행하였다.

시민과학풀씨 탐사기록에 등록된 기후변화지표종 나비 모니터링 관련 게시글은 총 89건으로 그 중 프로젝트 참여 팀의 관찰기록은 67건이 집계되었다. 나머지 22건은 참가팀 외의 기록이거나 기후변화지표종과 관련없는 게시글이다. 첫 번째 과제인 기후변화지표종 관찰기록은 총 6종 43건, 두 번째 과제인 먹이식물 관찰기록은 24건이었다. 먹이 식물 식재 후 나비 방문 관찰 기록은 흡밀 식물이 4건(1건 시민과학 풀씨 탐사기록 기록, 3건 나비탐사기록), 먹이식물 23건이 집계되었다.

(2) 기후변화지표종 모니터링 집계 및 분석

지구사랑탐사대 9기 나비탐사 기록 중 시민과학풀씨 프로젝트 참가 팀의 기록은 1598건 중 총

9) 동아사이언스 “어린이과학동아” 기사

460건으로 총 기록수의 28.9%를 차지하였다. 풀씨 프로젝트 참가팀이 관찰한 종수는 53종으로 총 관찰종의 71%에 달하는 종 수를 기록하였다. 나비 탐사기록에 업로드 된 기후변화지표종 관찰 기록 중 풀씨 프로젝트 참가 팀의 관찰 기록 수는 총 43건으로, 전체 기후변화지표종 관찰 수의 71%에 달했다.

Table.19 시민과학풀씨 프로젝트 참여 팀 9기 나비 탐사기록 집계

팀명	거주지역	남방노랑나비	물결부전나비	먹그림나비	푸른큰수리팔랑나비	무늬박이제비나비	소철꼬리부전나비	뾰족부전나비	기후변화지표종	관찰종	총 관찰수
루아로즈	경기도 파주시	-	-	-	-	-	-	-	-	5	12
에코스토리	서울 송파	-	-	-	-	-	-	-	-	4	9
1초의유레카	서울 양천	-	-	-	-	-	-	-	-	7	10
가고파패밀리	경남 창원시	7	1	-	-	-	-	2	3	12	80
조아조아	대구 수성구	1	-	-	-	-	-	-	1	14	35
완도생물탐사대	전남 완도	11	2	-	-	-	-	1	3	27	116
환경사랑지구사랑	경기도 고양시	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
위베어베어스	서울 강서구	2	-	-	-	-	1	-	-	16	29
생물탐사	서울 구로구	1	2	-	-	-	-	-	2	14	41
곤충박사	전남 순천시	2	1	1	-	-	-	-	3	23	64
낭낭탐험대	경기도 부천시	-	-	-	-	-	-	-	0	13	38
Yerielam	경남 거제도	4	-	2	1	-	-	1	4	15	26
		28	6	3	1	0	1	4	6	53	460

경남, 전남지역의 탐사 팀은 기후변화지표종 관찰에 유리해 많은 수의 관찰을 기록하였으나 수도권 및 기타 내륙지방의 관찰 기록은 거의 없었다. 수도권의 경우 기후변화지표종의 비래 확률이 적고 물결부전나비의 경우 식별이 어려워 중 동정 시 숙련도가 필요하기 때문으로 판단된다. 수도권 지역 참가팀은 지역 내 관찰은 없지만 여행 시 탐사를 병행하여 최남단 제주도에서 남방노랑나비 2건과 후보종 소철꼬리부전나비를 기록하였다. (2021. 7.16 위베어베어스팀) 또한, 용진군 소청도에서 물결부전나비를 기록하여 최북단 기록을 추가하였다.(2021. 10.11 생물탐사팀)

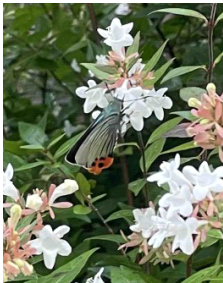
Table.20 시민과학풀씨 프로젝트 참여 팀 9기 나비탐사기록 성과 집계

총 관찰기록	지구사랑탐사대 9기 전체		풀씨프로젝트 참가팀 기후변화지표종 기록	
	총 집계	기후변화지표종 집계	총 집계	기후변화지표종 집계
1608기록 75종				
1598 유효기록	1138기록 75종	1138기록 2종 18건	460기록 53종	43기록 6종

전년도에 비해 프로젝트 참여 팀은 2배 증가하였다. 풀씨 프로젝트 내 관찰 수는 지난해보다 줄어들었는데, 이는 나비 탐사기록과 별개로 시민과학 풀씨 프로젝트 기록 게시판에 따로 기후변화지표종 탐색 및 수행 과제를 기록했기 때문이다. 특히, 2020년도는 나비 탐사기록 및 기후변화지표종 모니터링 1년 차로 기후변화지표종은 발견하지 못했지만 올해는 무늬박이제비나비를 제외한 6종을 발견하였다. 2년 간 프로젝트를 진행하며 지구사랑탐사대 대원들의 나비와 기후변화지표종에 대한 관심과 인지도가 상승하였기 때문으로 판단된다.

Table.21 풀씨프로젝트 참여팀 기록 비교

2020년도 1년 차	2021년도 2년차
6팀 69관찰	12팀 43관찰 기후변화지표종
기후변화지표종 발견 못함	6종 집계



7.14 푸른큰수리팔랑나비
Yerilfam (거제도)



8.17 먹그림나비
Yerilfam (거제도)



9.22 물결부전나비
곤충박사 (전남 순천)



8.8 남방노랑나비
가고파패밀리 (경남 창원)



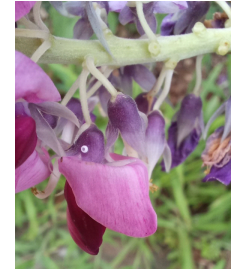
7.16 소철꼬리부전나비
위베어베어스 (서귀포)



10.23 뽕족부전나비
가고파패밀리 (경남 창원)



9.16 물결부전나비 유충
완도생물탐사대 (전남 완도군)



8.16 뽕족부전나비 알
완도생물탐사대(전남 완도군)

Fig.25~32 풀씨프로젝트 탐사대원들이 발견한 기후변화지표종

(3) 식물식재 모니터링 성과 비교

① 식물 식재 실험 개요

프로젝트 참여 팀에게 각각 나비의 흡밀식물 붓들레아(*Buddleja davidii* Linne, 1753)와, 남방노랑나비 먹이식물 비수리(*Lespedeza cuneata*(Dumont-Cours.G.don))를 지원하였다. 붓들레아는 영명이 Butterfly bush로 불리울 정도로 나비가 좋아하는 흡밀식물이며, 비수리는 남방노랑나비의 먹이식물 중 선호도가 높은 편이고, 초본이라 성장속도가 빠르기 때문에 단기 모니터링 용으로 적합할 것으로 판단하였다. 각 팀 별로 1포기씩 지원하였으며, 식재 후 단체 채팅방을 통해 식물 관리 및 모니터링 방법 등을 설명하였다.

식물을 지원받은 팀은 각자 모니터링하기 편한 지역을 선정해 식물을 관리하며 나비가 날아오는 지 확인하고 흡밀식물은 방문하는 나비의 종수와 방문 횟수를 기록하도록 하였으며, 먹이식물은 남방노랑나비의 방문 및 산란 여부, 발생 주기를 기록하도록 하였다.



비수리에 산란중인 남방노랑나비



붓들레아 꽃을 흡밀하는 푸른큰수리팔랑나비

Fig.33~34 식물 실험에 활용한 비수리(*L. cuneata*)와 붓들레아(*B. davidii* Linne)

Table.22 시민과학 풀씨 프로젝트 기록 집계

팀이름	거주지역	총 관찰수	기후변화지표종 관찰 수	비수리 (번식 확인)	붓들레아 (흡밀식물 유인)
루아로즈	과주시	-	-	-	-
에코스토리	서울 송파	-	-	-	-
1초의유레카	서울 양천	-	-	-	-
가고파패밀리	경남 마산	16	3	1	-
조아조아	대구 수성구	1	1	-	-
완도생물탐사대	완도생물탐사대	30	2	11	4
환경사랑지구사랑	경기도 고양시	-	-	-	-
위베어베어스	서울 강서구	-	-	-	-
생물탐사	서울 구로구	-	-	-	-
곤충박사	전남 순천	16	3	11	1
낭낭탐협대	경기도 부천시	-	-	-	-
Yeriefam	경남 거제도	4	3	-	-
12팀		67	12	23	5

지구사랑탐사대 나비탐사 기록과 구별하여 개설된 시민과학풀씨 프로젝트 기록을 집계한 결과, 12팀 중 5팀이 기후변화지표종을 기록하였다. 이중 2팀은 단순 발견 기록이고, 3팀이 식물 식재 실험 관련 기록을 업로드하였다. 모두 남부 지방에 거주하는 팀으로 사육에 많은 관심을 가지고 있어 비수리에서 성장하는 남방노랑나비의 생활사를 꾸준히 기록하였다. 관찰 기록은 탐사기록 게시판 이외에 단체 채팅방을 통해 상시 공유하였으며, 따로 야장을 만들어 기록하도록 하였다. 붓들레아의 경우 식물이 너무 어려 꽃 상태가 좋지 않아 새로운 꽃을 피워낼 때까지 관리해 주어야 했기에, 흡밀식물 기록은 2팀 5건으로 저조했다.



2021.7.30. Yerielfam
경남 거제
택배 배송 직후



2021.9.7. 곤충박사
(전남 순천)
관찰 장소에 식재



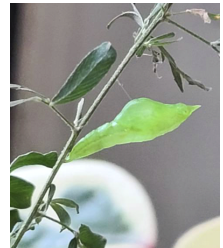
2021.7.30. 완도생물탐사대
(전남 완도)
배송 직후 비수리 성장 상태



2021.9.13. 완도생물탐사대
(전남 완도)
남방노랑나비 산란 확인



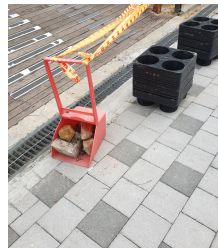
2021.9.7.가고파패밀리
(경남 창원)
비수리를 섭취하는
남방노랑나비 유충



2021.9.22.곤충박사
(전남 순천)
남방노랑나비 용화



2021.9.15. 가고파패밀리
(경남 창원)
남방노랑나비 우화



2021.8.17. 위베어베어스
(경기 부천)
장제 칠거된 관찰용 식물

Fig.35~42 먹이식물, 흡밀식물 식재 후 관찰 모습

② 식물 식재 실험 성과

식물 식재에 대한 성과는 지구사랑탐사대 나비탐사기록, 시민과학풀씨 탐사기록과 설문조사를 통해 집계하였다. 설문조사는 프로젝트 참여팀 12팀 중 10팀이 답변하였다. 먹이 식물에 나비가 비래한 것을 확인한 팀은 서울 2팀, 경기 1팀, 경남 2팀으로 12팀 중 총 7팀이었다. 관찰 횟수는 매일 관찰한 탐사대원이 4팀, 그 외 월 1회 2팀, 주 1회 2팀, 2~3일 주기 2팀으로 나타났다. 탐사기록 상으로는 흡밀식물 4건, 비수리를 관찰한 기록은 23건으로 먹이식물 관찰 기록이 많았다.

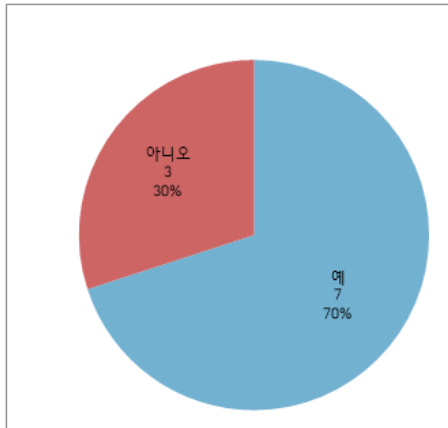


Fig.43 식물에 유인된 나비 관찰여부

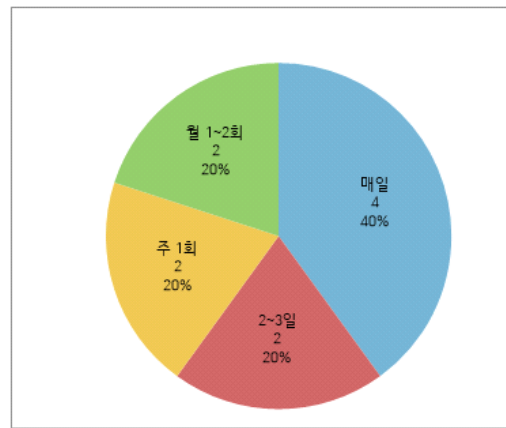


Fig.44 관찰 주기

③ 흡밀식물 붓들레아(*B. davidii.*) 관찰

흡밀식물의 관찰기록은 9월 이후부터 기록되었는데, 이는 배송 당시 너무 어린 식물이 배송되어 개화할 때까지 키우는 기간이 소요되었기 때문으로 판단된다. 나비 탐사 기록 상으로는 4건 1팀이었으나, 설문을 통하여 조사한 결과 다른 참가팀들도 흡밀식물을 꾸준히 관찰한 것으로 나타났다. 흡밀을 위해 방문하는 나비의 종수는 1~5종으로, 방문 횟수는 매일 오는 경우가 2건, 일주일에 2~3회 방문하는 경우가 4건, 불규칙적으로 방문하는 경우가 4건으로 나타났다. 장소와 날씨의 변수가 있고 기록 수가 적어 나비의 비래 수를 정량적으로 특정할 수는 없으나 모니터링 목적으로 흡밀 식물을 설치하였을 때, 나비를 유인하는 효과가 있음을 확인하였다. 흡밀 식물을 방문한 나비 종으로는 남방노랑나비, 노랑나비, 네발나비, 암끝검은표범나비, 큰흰줄표범나비, 큰멋쟁이나비, 팔랑나비류가 방문하였다. 주로 평지에 서식하는 나비류로, 도심지에서도 흔히 볼 수 있는 종들이다. 남방노랑나비의 경우 남부지방에서만 발견되었으며 비수리에 산란을 하러 왔다가 흡밀 식물도 방문한 것이 사진 기록으로 확인되었다.

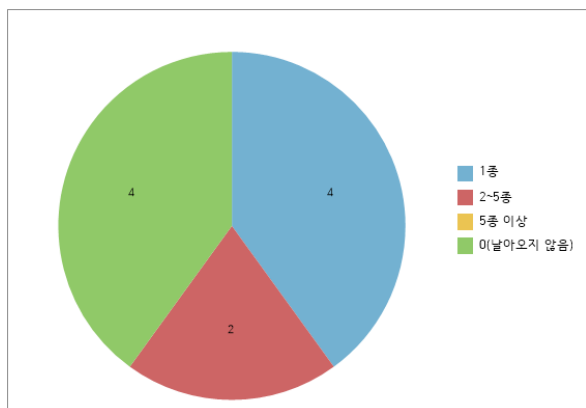


Fig.45 흡밀식물 나비 비래 종수

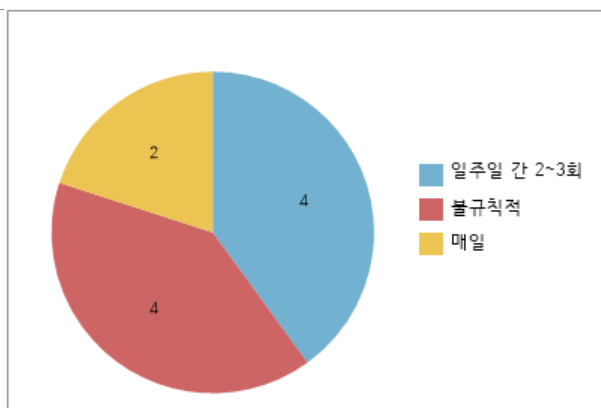


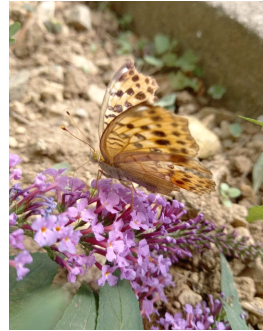
Fig.46 흡밀식물 나비 방문 횟수



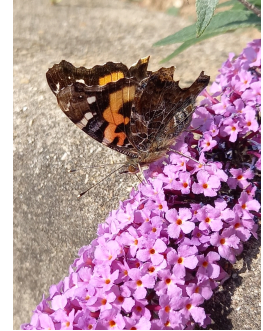
2021.9.25. 남방노랑나비
완도생물탐사대 (완도)



2021.10.28. 암끝검은표범나비
완도생물탐사대 (완도)



2021.9.25. 큰흰줄표범나비
완도생물탐사대 (완도)



2021.10.28. 큰멋쟁이나비
완도생물탐사대 (완도)

Fig.47~50 흡밀식물 (붓들레아)에 찾아온 나비 기록

④ 남방노랑나비 먹이식물 비수리(*L. cuneata*) 관찰

먹이식물인 비수리에서는 경상남도, 전라남도 지역 탐사팀 3팀이 비수리의 산란 및 번식 장면을 확인하여 기록하였다. 남방노랑나비의 비래 확률이 적은 수도권에서는 방문 기록이 없었다.

Table.23 먹이식물 방문 지역

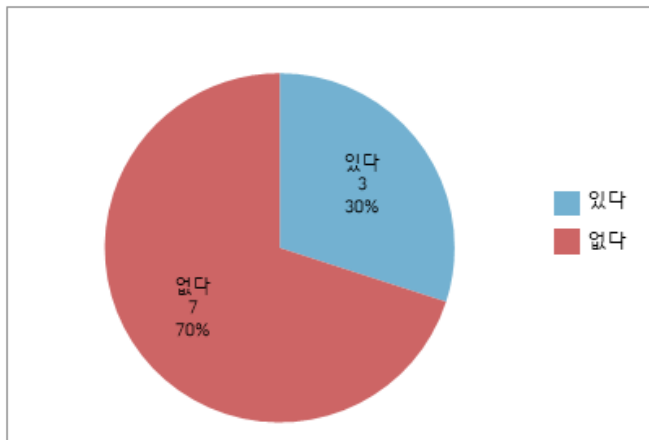


Fig.51 남방노랑나비 산란 확인

관찰지역	답변
서울	0
경기	0
경남 (거제)	1
전남(완도, 순천)	2

산란을 위해 비수리에 방문한 시기는 식재 직후인 8월부터 기록되었다. 완도군 기록으로 섬 전체에 남방노랑나비의 개체수가 많기 때문으로 판단된다. 산란 횟수는 관찰기간 내 누대 횟수가 아닌 단순 산란장면 관찰 횟수를 나타낸다. 본래 노지 사육 방식으로 관찰하며 누대 횟수를 기록하는 것이 목적이었으나, 지원한 비수리의 크기와 수량이 작고, 일반 시민과학자가 나비를 누대 사육하기에는 어려울 것으로 판단하여 산란장면 관찰 횟수 기록으로 대체하였다. 향후 모니터링 참여자의 숙련도나 역량에 따라 누대 횟수를 판별하여 기록하는 것도 시도해 볼 만 하다.

먹이식물 식재실험을 통해 남방노랑나비의 생활사 주기가 앞에서 성충 우화까지 약 21~23일이 소요되는 것으로 나타났다. 또한, 9월 말부터 10월 이후에 우화한 개체는 모두 월동형(열대지방에서는 건기형)으로 밝혀졌다. 월동형 개체는 이듬해 봄이 될 때까지 번식 활동을 중지하므로 남부 지방에서는 당해 기후에 따라 생활사 주기 상 연간 최대 7회까지 생활사가 이어질 수 있을 것으로 이론 상 추정이 가능하다.

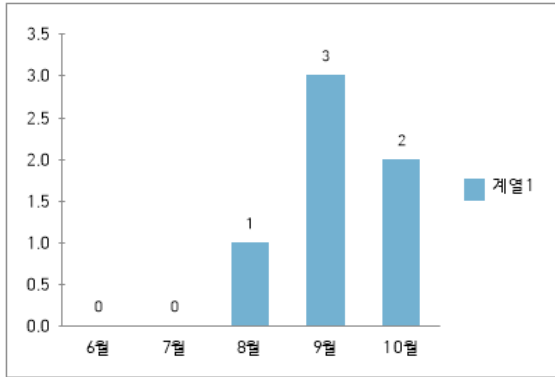


Fig.52 산란시기

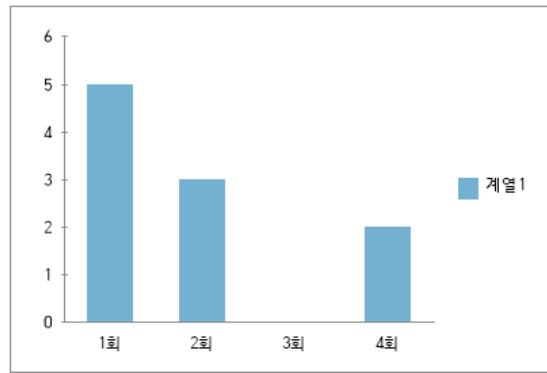


Fig.53 산란 횟수



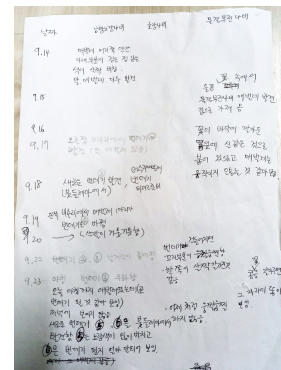
2021.8.18. 산란확인
가고파패밀리 (경남 마산)



2021.9.25 유충 확인
완도생물탐사대 (전남 완도군)



2021.9.28. 우화 확인
곤충탐사 (전남 순천)



관찰 야장 기록
©완도생물탐사대

Fig.54~57 남방노랑나비의 산란 및 성장 모습 기록

⑤ 실험 참여팀 소감 및 설문 분석

기후변화지표종 모니터링 수행 과제 시 어려웠던 점 중 가장 많은 의견은 역시 기후변화지표종을 찾는 것이 어렵다는 의견이었다. 답변자의 50%를 차지하였으며 다양한 지역에서 나온 의견인 것으로 보아 기후변화지표종을 표적 탐색하는 과정이 일반 시민에게는 쉽지 않은 도전 과제였다는 것을 반증한다. 두 번째로 식물 관리와 모니터링 장소를 선정하는 것이 어렵다는 의견이 각 20%로 동률을 이루었다. 식물을 지원받았을 때 너무 어려 크기가 작고 흙밑식물은 꽃이 적어 어느 정도 키운 후 모니터링 작업에 투입하여야 했다. 이 과정에서 매일 돌보기 힘들어 식물이 고사 직전까지 간 탐사팀도 있었고, 관찰 장소를 관리하는 인력에 의해 식물 화분이 철거된 경우도 있었다.

장소 섭외 시 도심지에서 시민들이 생태 모니터링을 할 경우, 사전에 장소를 섭외하고 모니터링이 원활히 이루어질 수 있도록 주변에 홍보를 하고 이해를 구하는 일이 수반되어야 할 것이다. 나비의 종을 구분하는 일도 초심자의 눈높이에서는 쉽지 않다는 의견도 있었다. 이는 연구자와 소통을 통해 종을 동정(Identification)받거나 연구자가 배포한 교육 자료 및 도감 등을 활용해 나비에 대한 공부를 하며 극복할 수 있을 것이다. 풀씨프로젝트 참여 팀원들의 건의사항으로, 시민과학풀씨 기록을 올릴 때 원하는 기록만 볼 수 있도록 프로젝트 별로 탐사 기록의 분리가 필요한 점, 모니터링에 필요한 식물 지원 시 식물의 성장도에 대한 불만 사항 등이 건의되었다. 프로젝트 참여에 관한 만족도는 90%가 만족한다는 의견을 밝혔다.

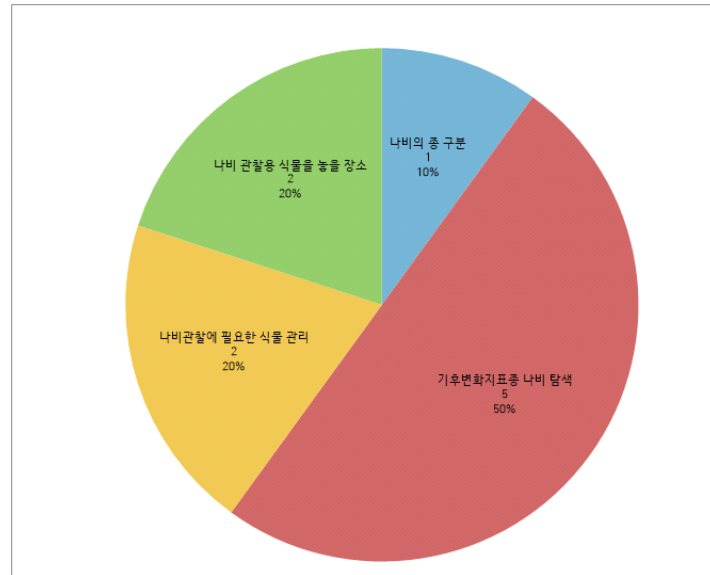


Fig.58

3. 결론 및 고찰

시민과학풀씨 프로젝트를 통해 시민과학이 주도하는 기후변화지표종 나비 모니터링 방안을 구상하여 실제로 적용한 결과, 시민과학의 수준에서도 충분히 전문 연구자들이 원하는 결과를 낼 수 있음을 알 수 있었다.

연구팀은 전국을 대상으로 탐사를 진행하여 기존 연구 자료에 대한 재현성을 필드에서 재확인하였으며, 기후변화지표종 나비의 새로운 기록을 추가하였다. 또한, 이동성이 강한 남방노랑나비와 물결부전나비의 분포 패턴을 통해 북상 시기에 내륙으로 비산할 때, 어느 정도 일정한 경로를 통해 북상한다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 시민과학자들은 주위의 나비 모니터링을 통해 거주지 및 도심지의 나비상을 조사하고, 기후변화지표종을 탐색하는 역할을 수행했다. 단체 채팅 및 화상회의 앱을 통해 연구자-시민과학자 간 탐사 결과를 상시 공유하며 연구팀의 탐사만으로는 불가능한 전국 각지의 나비상에 대한 정보와 기후변화지표종 분포 자료를 얻을 수 있었다. 또한, 먹이식물 및 흡밀식물 식재 실험을 통해 식물 식재를 통한 나비 모니터링도 효과가 있음을 입증하였으며, 남방노랑나비의 생활사 관찰을 통해 연간 발생 횟수를 간접적으로 추정해볼 수 있었다.

본 연구의 모든 활동은 장기적인 코로나19 팬데믹 사태로 인해 비대면으로 이루어 졌다. 대면 활동 없이도 모니터링 수행이 가능하며, 연구자-시민과학자 간 소통을 통해 충분히 연구자가 원하는 정보와 기록을 만들어 낼 수 있음을 본 연구를 통해 입증하였다. 향후, 모니터링 방안을 좀 더 체계적으로 개선하여 지속적으로 모니터링을 진행한다면 좀 더 가치있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

4. 개선안 및 제안

시민과학자들을 대상으로 연구 진행 시 각 팀의 역량과 탐사 수행 능력, 성과에 큰 편차가 나타나 연구를 진행함에 있어 큰 변수로 작용하였다. 프로젝트 진행자가 시민과학자에게 자신의 연구 목적이나 방향에 대해 시민과학자들에게 충분히 이해시키지 못한다면 원하는 결과를 내기 어렵기 때문이다. 또한, 시민과학자들의 정제되지 않은 결과물들을 선별하고 해석하여 정량화하기 위해서는 프로젝트 진행자의 역량 강화도 필수적으로 수반되어야 할 것이다.

또한, 남방계 나비들로 지정된 기후변화지표종의 분포 특성 상 대부분의 기록이 남부 지방에 편중되었다. 지역에 따라 모니터링 관점에 차별화가 필요할 것으로 판단된다. 남부지방에서는 성충 최초 발생시기, 연내 최후 활동기 등 활동기와 발생 주기를 중점으로 할 필요가 있으며 중부, 내륙 지방에서는 북상 시기 및 북상 한계선, 월동 가능 여부를 중점적으로 모니터링 해야 할 것으로 사료된다. 종 별로는 남부지방에서는 남방노랑나비, 중부지방에서는 물결부전나비를 모니터링 하는 것을 추천한다.

올해는 프로젝트 종료 시점이 전년도보다 이른 탓에 늦은 시기까지 활동하는 기후변화지표종에 대한 데이터를 충분히 확보하지 못하였다. 기후변화지표종 나비의 생태적인 특성 상 조사 기간 이외의 시기에 대한 기록이 꾸준하게 이루어져야 할 것이며, 가능하다면 동절기에도 모니터링이 지속되어야 할 필요성이 있다.

설문조사 결과 지구사랑탐사대 기록 방식이 불편하다는 의견이 있었다. 시민과학 풀씨 프로젝트 기록관이 프로젝트 별로 나뉘어 있지 않아 자료 검색이 용이하지 않았다는 의견이었으며, 연구자의 입장에서 데이터 추출 시 불편을 겪었다. 시민과학자가 활동하고 전문연구자와 소통하는 플랫폼이니만큼 이에 대한 개선이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 이제 2년 차로 아직 지구 온난화에 따른 기후변화지표종 나비의 분포 변화에 대한 분석에 필요한 데이터가 아직 충분하지 않다. 최근의 종 분포 연구 경향인 모델링 프로그램을 활용하기 위해서 향후, 꾸준한 데이터 수집이 필요할 것으로 판단된다.

5. 향후 연구 과제

- 1) 시민 참여를 통한 자투리땅 가드닝으로 도심지의 나비 상 및 기후변화지표종 모니터링.
- 2) 이동성이 강한 남방노랑나비와 물결부전나비의 이동 시기 및 이동 경로 분석.
- 3) 발견 횟수가 잦아지는 미접의 모니터링과 정착 가능성 연구.
- 4) 장기 모니터링 이후 누적된 데이터를 통해 기계 학습을 기반으로 한 종 분포 모델링 기법을 적용하여 기후변화지표종 나비 7종에 대한 한반도 분포 변화 분석.
- 5) 기후변화지표종 나비의 활동기 및 북상 시기에 영향을 끼치는 요인 분석

참고문헌

- 고계경 외 2020 『기후변화 적응을 위한 시민과학 활용 방안 연구』 경기연구원 보고서
- 권태성 2013 『한국나비의 분포변화』 국립산림과학원 한국산림휴양학회 P. 81 - P. 81
- 권태성, 이철민 2015 『한국 나비상의 변화: 식생변화와 기후변화 영향의 검토』 2015 한국응용곤충학회 임시총회 및 추계학술발표회 P.128-128
- 권태성 2017년 『한국나비 분포변화분석』 국립산림과학원 보고서
- 국립공원연구원 2014년 『기후변화가 생태계에 미치는 영향 모니터링 체계 구축(4차년)』 국립공원연구원 발간자료
- 국립기상과학원 2018년 『한반도 100년의 기후변화』 국립기상과학원 보고서
- 국립생물자원관 2019년 『우리 주변 생활 속 기후변화 생물지표종』 국립생물자원관 P.82-86, 142-143
- 김성수, 이철민, 권태성, 주홍재, 성주한 2012 『한국나비분포도감』 국립산림과학원 발간자료
- 김소이 외 3명 2016 『기후변화 수업이 초등학생의 환경 태도와 과학에 대한 흥미에 미치는 영향 - 2015 개정 교육과정 분석 결과를 바탕으로 -』 에너지기후변화교육 6권 2호
- 김수진 외 4명 2013 『기후변화가 평강강 금강모치의 생태서식 환경에 미치는 영향 평가』 한국습지학회
- 박선옥 외 2명 2019 『산호능력을 고려한 기후변화 생물지표종의 미래 분포 변화 예측』 한국기후변화학회
- 박성준 외 4인 2015 『도시 녹지공간의 곤충다양성』 한국환경생태학회지 P.374-390
- 백문기·신유향 2010 『한반도의 나비』 자연과생태
- 백문기·신유향 2014 『한반도 나비도감』 자연과생태
- 송인주 2013 『시민참여형 기후변화 생물지표종 모니터링 시스템 구축』 서울연구원 보고서
- 윤종학 외 7명 2011 『기후변화에 따른 한반도 후박나무의 잠재 생육지 및 변화예측』 한국환경생태학회지 P.903-910
- 이상훈 외 2명 2018 『완도 나비 군집의 시간적 변화 및 다양성 연구』 한국도서학회 P.211-223
- 임철희 외 1명 2020 『기계학습 기반 최근 기후변화에 따른 지표수종의 서식처 변화 규명』 -Journal of Climate, 2020, P.798-8-5
- 전혜영 2014년 『한반도 기후변화에 따른 나비분포 변화에 대한 연구』 이화여자대학교 환경공학과 대학원 석사학위 청구논문
- 정종철 2012 『곤충(나비류)을 활용한 기후변화 민감성 평가』 응용곤충학회 학술대회 논문집 P.14
- 주홍재 외 5명 2021 『한반도의 나비』 지오북
- 추현철 외 1명 2020 『기후변화지표종 나비의 모니터링을 통한 한반도 기후변화 추이 분석 - 기후변화지표종 나비 종을 주제로 한 시민 참여형 모니터링』 - 재단법인 숲과나눔 시민과학 풀씨1기 최종결과보고서
- 최세웅 2019 『우리나라 농촌경관에 서식하는 나비 모니터링 조사 방법 비교 연구』 한국환경생태학회지 P.82-87
- 홍성유 외 5인 2011 『지구 및 지역기후 모델 결과에 근거한 동아시아 및 한반도 지역기후 변화 전망 연구 소개 및 고찰』 한국기후변화학회 Vol.2 No.42011.12 P.269 - 281
- Chris van Swaay, Alexander Harpke, Arco J. Van Strien, Benoit Fontaine 2010 『The impact of climate change on butterfly communities 1990-2009』 Butterfly Conservation Europe De Vlinderstichting
- Dina L. Kountoupes 2008 『Citizen Science and Youth Audiences: Educational Outcomes of the Monarch Larva Monitoring Project』 Journal of Community Engagement and Scholarship.
- Gerard Talavera 외 4명 2018 『Round-trip across the Sahara: Afrotropical Painted Lady butterflies recolonize the Mediterranean in early spring』 Biology letters The Royal society publishing.
- Harinath Palem et al. 2015 『Eco Biology and Life Cycle of the Pea Blue Butterfly, Lampides boeticus (Linnaeus) (Lepidoptera: Rhopalocera: Lycaenidae) from Southern Andhra Pradesh, India』 South Asian Journal of Life Sciences P14-21
- 네이처링 “www.naturing.net”
- 네이버 나비사진 동호회 풍계나무숲 “https://cafe.naver.com/nabiforest”
- 어린이과학동아 “https://kids.dongascience.com/”