발간등록번호
11-1360620-000229-10

꽃가루 관측망 운영자를 위한 기술노트 (2021)

2021

재해기상연구부

국립기상과학원

발간등록번호
11-1360620-000229-10

꽃가루 관측망 운영자를 위한 기술노트 (2021)

2021

재해기상연구부

국립기상과학원

기 술 노 트

1. 제　　목 : 꽃가루 관측망 운영자를 위한 기술노트 (2021)

2. 발행 부서 : 국립기상과학원 재해기상연구부

3. 참 여 자 : 한 영 종　　한 매 자　　김 규 랑
홍 성 은　　심 재 관　　이 용 희

목차

목차 ····· i
표 목차 ····· ii
그림 목차 ····· iii

제 1 장 서론 ····· 1
제 1 절 꽃가루와 계절 ····· 1
제 2 절 보건기상과 꽃가루 (꽃가루와 알레르기 환자) ····· 3

제 2 장 꽃가루 관측망 ····· 4
제 1 절 꽃가루 관측망 운영상황 및 관리 ····· 4
제 2 절 꽃가루 관측기 관리 (정도 검사) ····· 18

제 3 장 꽃가루 채집 및 동정 ····· 19
제 1 절 꽃가루 수동관측 채집 방법 ····· 19
제 2 절 꽃가루 수동관측 드럼, 채집 테이프 교체 및 필름 염색 방법 ····· 19
제 3 절 꽃가루 수동관측 분석 방법 (꽃가루 검경 및 동정) ····· 22
제 4 절 꽃가루 관측 및 동정 대상 종류 ····· 23
제 5 절 보건기상(꽃가루) 서비스 현황 ····· 48

제 4 장 꽃가루 자동 분석기 ····· 51
제 1 절 꽃가루 관측기 현황 ····· 51
제 2 절 꽃가루 자동 분석기 종류 ····· 52

제 5 장 꽃가루 자동 분석기 'Pollensense' 시범 설치 및 운영 ····· 54
제 1 절 꽃가루 자동 분석기 설치 준비 ····· 54
제 2 절 꽃가루 자동 분석기 설치방법 ····· 57

제 6 장 요약 및 결론 ····· 63

제 7 장 참고문헌 ····· 64

부록
부록 1. Toupview 사용방법 (광학현미경 디지털 모니터) ····· 66
부록 2. 수동, 자동 비교관측 ····· 69
부록 3. 서울지역 10년간 꽃가루 정보 (2009~2018) ····· 70

표 목차

Table 1 2021년 꽃가루 관측망 운영 현황 ····· 5
Table 2 꽃가루 채집 테이프 도포용 접착제 ····· 22
Table 3 현재 운영중인 꽃가루 관측망 분석 대상 식물 목록 ····· 24
Table 4 전 세계 꽃가루 관측지점 ····· 52
Table 5 꽃가루 자동관측기 분석 방법 종류 ····· 53
Table 6 꽃가루 자동관측기 'Pollensense' 기본 사항 ····· 54
Table S1 서울의 10년간 종류별 꽃가루 년도별 총량 [grains·m^{-3}] 변화 ····· 70
Table S2 서울의 10년 평균 꽃가루 계절 시작일, 끝일, 기간 ····· 71

그림 목차

Fig. 1. 꽃가루의 다양한 생리적 형태 모양 ····· 1
Fig. 2. 전국 꽃가루 분포 비율 (2020년) ····· 2
Fig. 3. 서울의 최근 10년간 꽃가루 비산시기 (A: 목본류, B: 잡초류, C: 잔디류) ····· 3
Fig. 4. 성인과 청소년의 알레르기 비염 진단율 변화 추세 (보건복지부, 2018) ····· 3
Fig. 5. 꽃가루 관측기 (Burkard trap) ····· 4
Fig. 6. 기상청 본청(서울)에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 6
Fig. 7. 서울기상관측소(송월동)에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 7
Fig. 8. 수도권기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 8
Fig. 9. 대전지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 9
Fig. 10. 청주기상지청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 10
Fig. 11. 대구지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 11
Fig. 12. 광주지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 12
Fig. 13. 전주기상지청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 13
Fig. 14. 부산지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 (2021) ····· 14
Fig. 15. 강원지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 15
Fig. 16. 제주지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 16
Fig. 17. 국립기상과학원(서귀포)에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 ····· 17
Fig. 18. 꽃가루 관측기 정도 검사 과정 ····· 18
Fig. 19. 꽃가루 수동관측의 전반적인 과정 ····· 19
Fig. 20. 꽃가루 수동관측기 드럼 교체 순서 ····· 20
Fig. 21. 꽃가루 수동관측기 채집 테이프 교체 순서 ····· 21
Fig. 22. 꽃가루 수동관측 검경을 위한 관측 테이프 염색 과정 ····· 22
Fig. 23. 꽃가루 검경을 위한 광학현미경, 검경 순서 ····· 23
Fig. 24. 관측지별, 분류명에 따른 꽃가루 동정 원천 데이터 기록 및 정리 ····· 25
Fig. 25. 오리나무 꽃가루 표본 ····· 26
Fig. 26. 자작나무 꽃가루 표본 ····· 27
Fig. 27. 개암나무 꽃가루 표본 ····· 28
Fig. 28. 측백나무과 꽃가루 표본 (A,B: 아쉐향나무, C,D: 삼나무) ····· 29
Fig. 29. 밤나무 꽃가루 표본 ····· 30
Fig. 30. 참나무속 꽃가루 표본 (A,B: 상수리, C,D: 떡갈, E: 길참, F: 신갈나무) ····· 31
Fig. 31. 은행나무 꽃가루 표본 ····· 32
Fig. 32. 가래나무속 꽃가루 표본 (A: 가래나무, B: 호두나무) ····· 33
Fig. 33. 소나무 꽃가루 표본 ····· 34
Fig. 34. 양버들 꽃가루 표본 ····· 35

Fig. 35. 호랑버들 꽃가루 표본 ····· 36
Fig. 36. 팽나무 꽃가루 표본 ····· 37
Fig. 37. 미국느릅나무 꽃가루 표본 ····· 38
Fig. 38. 잔디류 꽃가루 표본 (A,B: 우산잔디, C,D: 오리새, E,F: 큰조아재비) ····· 40
Fig. 39. 털비름 꽃가루 표본 ····· 41
Fig. 40. 돼지풀 꽃가루 표본 ····· 42
Fig. 41. 쑥 꽃가루 표본 ····· 43
Fig. 42. 환삼덩굴 꽃가루 표본 ····· 44
Fig. 43. 명아주 꽃가루 표본 ····· 45
Fig. 44. 창질경이 꽃가루 표본 ····· 46
Fig. 45. 애기수영 꽃가루 표본 ····· 47
Fig. 46. 국립기상과학원 홈페이지 꽃가루 달력 정보 제공 ····· 48
Fig. 47. 국립기상과학원 홈페이지 오늘의 꽃가루 정보 제공 ····· 49
Fig. 48. 기상청 날씨누리 홈페이지 꽃가루농도위험지수 정보 제공 ····· 50
Fig. 49. 꽃가루 관측지점 'Worldwide map' (eaaci.org) ····· 51
Fig. 50. 꽃가루 자동관측기 모델별 설치 사진 ····· 52
Fig. 51. 꽃가루 자동관측기 'Pollensense' 설치 유의거리 ····· 55
Fig. 52. 꽃가루 자동관측기 'Pollensense' 제품의 주요 구성 부품 ····· 55
Fig. 53. 꽃가루 수동 및 자동 비교관측을 위한 시범 설치 (강원지방기상청 관측장소) ····· 56
Fig. 54. 지지대 매립 ····· 57
Fig. 55. 자동관측기 설치 배선작업 ····· 58
Fig. 56. 자동관측기 본체 고정작업 ····· 59
Fig. 57. 자동관측기 전원 및 통신 배선 설치작업 ····· 60
Fig. 58. 자동관측기 설치 마무리 작업 ····· 61
Fig. 59. 꽃가루 자동관측기 설치 후 데이터 전송 확인 작업 ····· 62
Fig. S1. Toupview 프로그램 설치 전 작업 및 설치작업 ····· 66
Fig. S2. Toupview 프로그램 설정 및 이미지 생성 방법 ····· 67
Fig. S3. Toupview 프로그램을 이용한 동영상 제작 방법 ····· 67
Fig. S4. Toupview 프로그램을 이용한 스케일바 생성 및 꽃가루 직경 측정 방법 ····· 68
Fig. S5. 수동, 자동관측기 소나무(6월), 초본류(8~9월) 시계열 자료 및 상관분석 ····· 69
Fig. S6. 서울의 10년 평균 일별 꽃가루 발생 농도 (수목류) ····· 70
Fig. S7. 서울의 10년 평균 일별 꽃가루 발생 농도 (잡초류) ····· 71
Fig. S8. 서울의 10년 평균 일별 수목류, 초본류, 잔디류 꽃가루 총량 발생 농도 ····· 71
Fig. S9. 서울의 10년간 주요 식물별 꽃가루 계절 시작일 경향 ····· 72

제 1 장 서론

생태계에서 꽃가루의 발생은 식물생리학적으로 생존과 번식의 필수적인 부분이다. 하지만, 생활에서 꽃가루는 민감한 사람에게 생리적 반응을 발생시킬 수 있으며, 이를 꽃가루 알레르기라고 한다.

꽃가루 알레르기를 일으키는 원인은 기상조건과도 밀접한 관계가 있다. 지구 온난화와 같은 기후 변화로 인해 꽃이 피는 시기와 기간에 변동이 생기고, 이에 따라 꽃가루 계절 예측을 하기 어렵다. 많은 연구자는 지구 온난화에 따른 생태계의 변화가 식물의 식생 분포에 영향을 미치고, 식물의 생리적 활동 결과인 꽃가루의 총 농도와 특성에 영향을 미친다고 하였으며, 온난화로 인해 알레르기성 물질이 증가하여, 알레르기 반응 질환이 급증하고 있다고 하였다. 따라서, 이에 대한 연관성을 규명하기 위해 다양한 연구가 진행 중이다.

유럽 외 여러 국가에서는 다양한 종류의 대기 중 실시간 꽃가루 정보를 제공하며, 꽃가루 종류별 농도 예측을 통해 보건기상 정보서비스를 제공한다. 대기 중 꽃가루 농도에 대한 지속적인 관측을 통해 축적한 장기 데이터는 꽃가루 달력을 만드는 기반이 된다. 또한, 실시간 꽃가루 종류별 농도 관측은 보건기상 서비스 정확도 향상을 위해 필요한 정보이다.

본 기술노트는 급격한 환경변화에 따라 꽃가루 알레르기 질환이 급격히 증가하고 있으며, 꽃가루 농도와 종류는 날씨 및 주변 환경변화에 따라 지속해서 변화할 수 있으므로, 꽃가루의 정의, 꽃가루의 비산시기, 계절별 주요 꽃가루 및 꽃가루 알레르기를 설명하고, 국립기상과학원에서 제공하고 있는 꽃가루와 관련된 대국민 보건기상 서비스에 대한 정보를 담고 있다. 이어서 꽃가루 수동 관측방법의 전반적인 과정을 소개하며, 실시간 꽃가루 정보 제공을 위한 자동관측에 관한 기술과 설치방법 등을 기술한다. 이를 통해 대한민국에서 알레르기를 유발하는 꽃가루에 대한 정보를 꽃가루 관측 운영자들이 쉽게 이해하는 데 도움이 되기를 바란다.

제 1 절 꽃가루와 계절

꽃가루는 식물의 번식을 하기 위한 필수 수단으로 꽃의 수술 꽃밥에서 만들어지며, 바람, 곤충 등을 통해 식물의 암술머리에 닿은 후 화분관을 내려 수정을 하게 된다. 이처럼 수분 방법에 따라 풍매화와 충매화로 나뉘며, 풍매와의 꽃가루 크기(15~45㎛)가 충매화의 크기(15-200㎛)보다 상대적으로 작다. 자연계에서 꽃가루는 대부분 단립이며, 일부는 이립, 사립, 다립 그리고 화분괴의 형태를 가지고 있는 것도 있다. 꽃가루 분류에서 인지하기 쉬운 것은 발아구의 모양이다. 발아구는 화분 벽의 얇은 부위로서, 화분관이 나오는 곳이며, 식물의 종류에 따라 그 형태가 구형, 공형, 공구형 등이 있으며, 일부 발아구가 없는 무구형과 여러 개의 공형이 존재하는 산공형의 형태를 가지고 있다 (Fig. 1).



Fig. 1. 꽃가루의 다양한 생리적 형태 모양

꽃가루의 종류별 농도는 지역마다 다른 특징이 있으며 (Fig. 2), 크게 수목류, 잡초류 그리고 잔디류로 분류된다. 비산시기는 꽃의 개화에 따라 결정된다. 수목류 꽃가루(삼나무, 오리나무, 개암나무, 자작나무, 느릅나무, 참나무, 소나무, 은행나무, 밤나무 등)는 주로 봄철, 잡초류(돼지풀, 쑥, 환삼덩굴, 명아주-비름 등)는 가을철, 잔디류는 봄철부터 가을철까지 비산을 주로 한다 (Fig. 3). 수목류와 잡초류는 종 또는 속 단위로 분류할 수 있으며, 잔디류는 현재 광학현미경 상에서 속 단위의 형태 구분이 어려워 잔디류(벼과)로 묶어 동정한다.

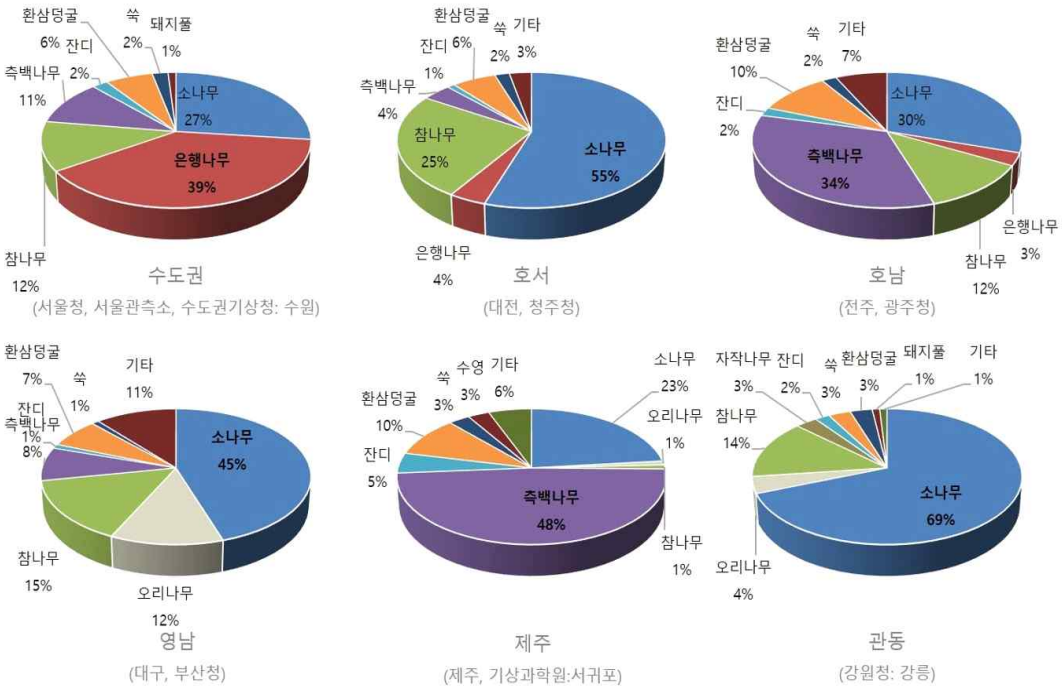


Fig. 2. 전국 꽃가루 분포 비율 (2020년)

지구 온난화 등 생태계의 환경변화가 식물 식생 분포에 영향을 미치고, 그에 따른 생리적 활동의 결과, 꽃가루의 농도와 특성에 영향을 미친다. 특히, 도시화와 산업화로 인한 지역별 오염 물질 축적과 국소지역의 기후 변화는 꽃가루 농도에 큰 영향을 미칠 수 있다. 즉, 꽃가루 농도와 시즌은 해당 지역의 식생에 따라 다르며, 이는 기상학적 요인과 밀접한 관련이 있다. 따라서, 보건기상의 정확한 예측을 위해서 기상요인과 꽃가루 발생에 관한 연구가 더욱 필요하다.

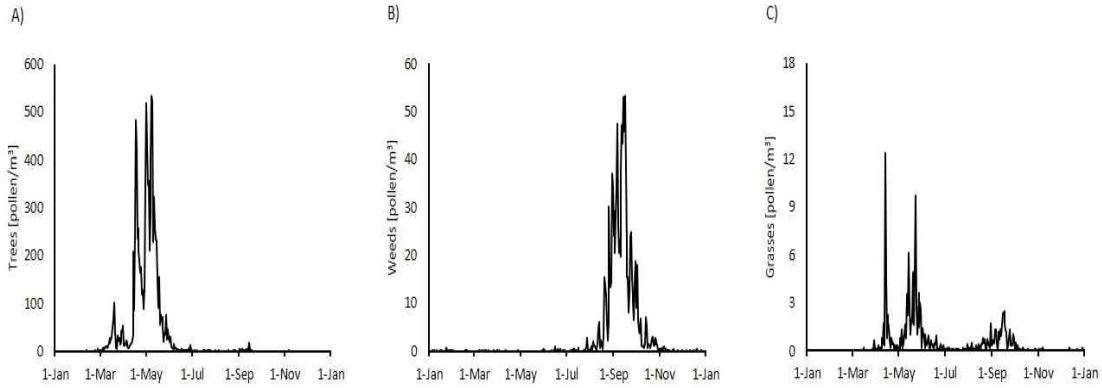


Fig. 3. 서울의 최근 10년간 꽃가루 비산시기 (A: 목본류, B: 잡초류, C: 잔디류)

제 2 절 보건기상과 꽃가루 (꽃가루와 알레르기 환자)

주변 공기 중 식물의 꽃가루는 인간의 알레르기 반응을 일으키는 특정 단백질(알레르겐)을 가지고 있으며, 특히, 이 단백질은 어린이에게 보건적 영향을 크게 끼친다. 또한, 알레르겐과의 직접적인 접촉으로 인한 알레르기 반응은 전 세계 인구의 약 30%가 일상생활에서의 불쾌함을 느끼게 하며, 독일 국민의 15%, 대한민국 국민의 약 18%가 앓고 있는 알레르기 질환의 주요 원인이다.

대기 중 꽃가루는 크기가 20~50㎛로 비강이나 상기도의 점막에 침착되어 증상을 일으킨다. 꽃가루 알레르기는 비염, 결막염 및 천식을 동반하고, 특히, 도시화가 심화하고 도시 녹지가 임의로 조성됨에 따라 알레르기를 유발하는 꽃가루 발생이 증가하고, 이에 따른 도시민의 알레르기 발생률이 증가하고 있다. 보건복지부 2018년도 자료에 따르면 해가 지날수록 성인과 청소년의 알레르기 진단율이 높아진 것을 알 수 있다 (Fig. 4).

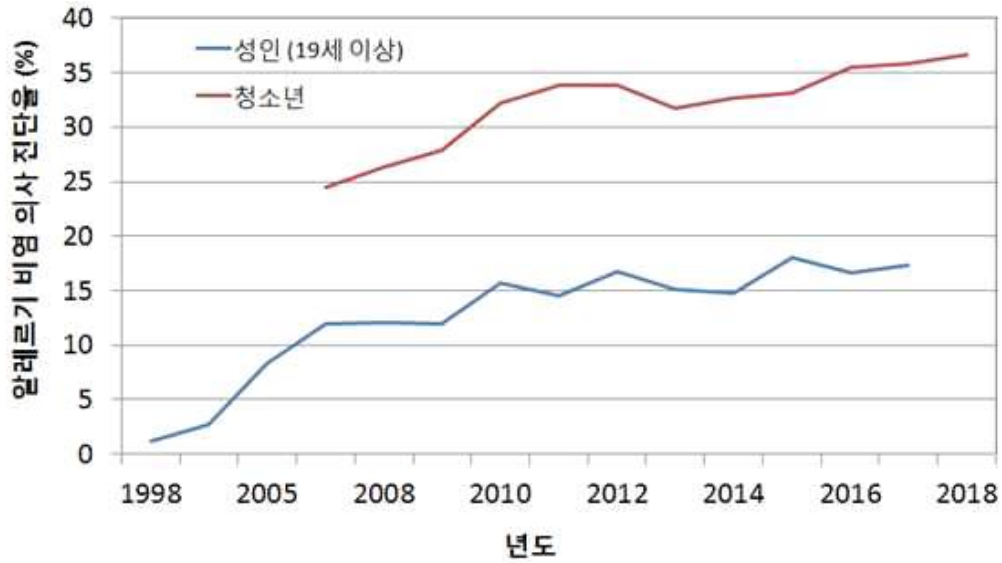


Fig. 4. 성인과 청소년의 알레르기 비염 진단율 변화 추세 (보건복지부, 2018)

제 2 장 꽃가루 관측망

제 1 절 꽃가루 관측망 운영상황 및 관리

2018년 이전의 꽃가루 관측망은 국립기상과학원과 대한소아알레르기호흡기학회에서 공동운영하였으나, 2018년부터 국립기상과학원에서 전국 12개 지점(Table 1)에서 수동관측기인 Burkard trap(Fig. 5)을 사용하여 꽃가루 관측망을 단독 운영 및 관리하고 있으며, 부산지역 관측지인 부산지방기상청의 청사 이전으로 인해 2021년 7월 27일 부산광역시 동래구 충렬대로237번길 117에서 부산광역시 강서구 대저1동 1246으로 이전 설치하였다 (Table 1).



Fig. 5. 꽃가루 관측기 (Burkard trap)

Table 1 2021년 꽃가루 관측망 운영 현황

관측지점	위도 (도)	경도 (도)	주소	운영 (년도)
기상청본청	37.49382	126.9167	서울특별시 동작구 여의대방로 16길 61	2007
서울기상관측소	37.57151	126.9662	서울특별시 종로구 송월길 52	2018.3
수도권기상청	37.25791	126.9819	경기도 수원시 권선구 권선로 276	2018.3
대전지방기상청	36.37229	127.3717	대전광역시 유성구 대학로 383	2007
청주기상지청	36.63963	127.4407	충청북도 청주시 흥덕구 공단로 76	2018.3
대구지방기상청	35.87913	128.6509	대구광역시 동구 효동로2길 10	2018.3
광주지방기상청	35.17363	126.8914	광주광역시 북구 서암대로 71	2018.3
전주기상지청	35.84076	127.116	전라북도 전주시 덕진구 상가마을길 25	2018.3
부산지방기상청	35.2062	129.0828	부산광역시 동래구 충렬대로237번길 117 ->부산광역시 강서구 대저1동 1246	2018.3 ->2020.07
강원지방기상청	37.80522	128.8548	강원도 강릉시 과학단지로 130	2018.3
제주지방기상청	33.51422	126.5291	제주특별자치도 제주시 만덕로6길 32	2018.2
국립기상과학원	33.25858	126.5179	제주특별자치도 서귀포시 서호북로 33	2018.2

- 기상청 본청

서울 동작구 여의대방로16길 61에 위치하며, 위도 37.49382도, 경도 126.9167도이다. 2007년에 설치하였으며, Fig. 6은 기상청 본청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.

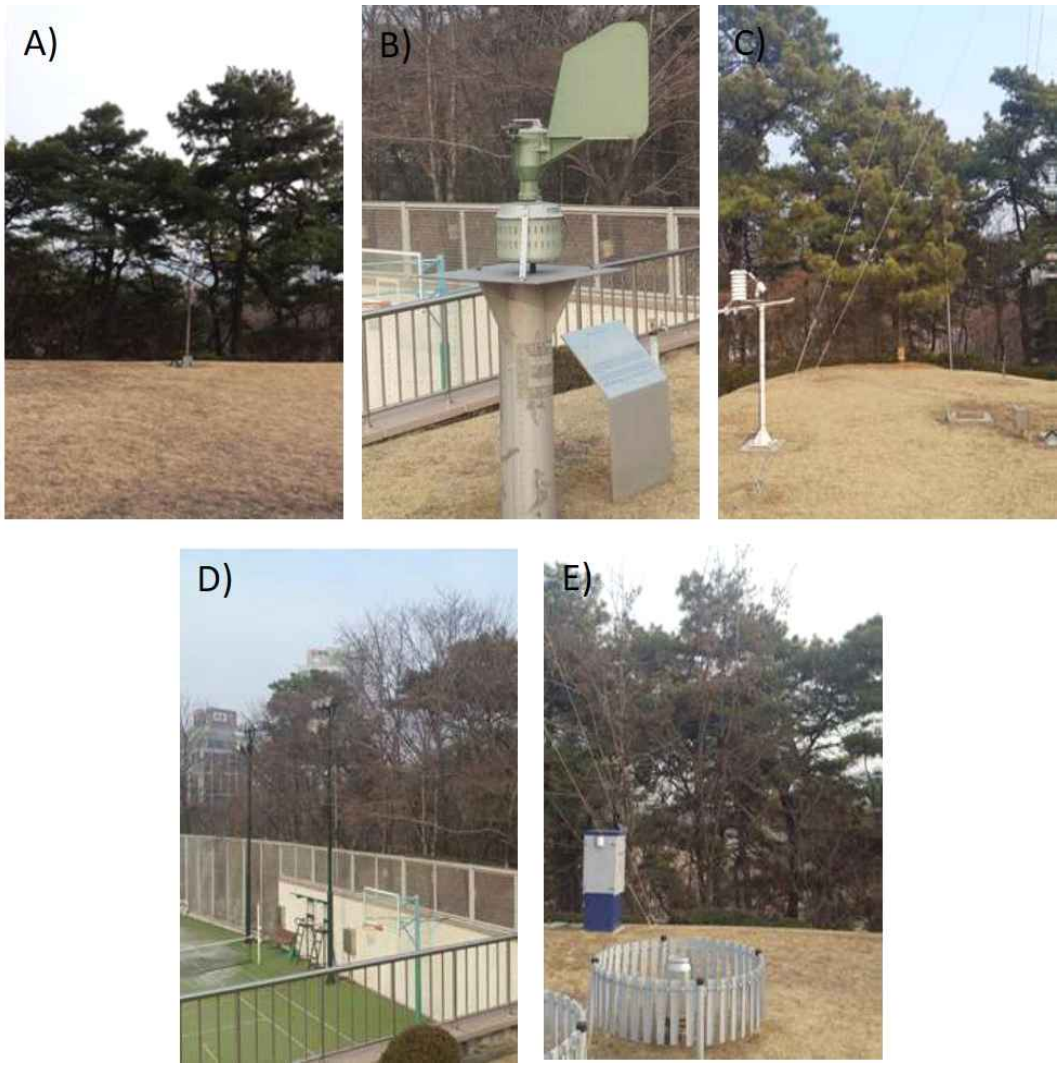


Fig. 6. 기상청 본청(서울)에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 서울기상관측소

서울 종로구 송월길 52에 위치하며, 위도 37.57151도, 경도 126.9662도이다. 2018년에 설치하였으며, Fig. 7은 서울기상관측소에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.

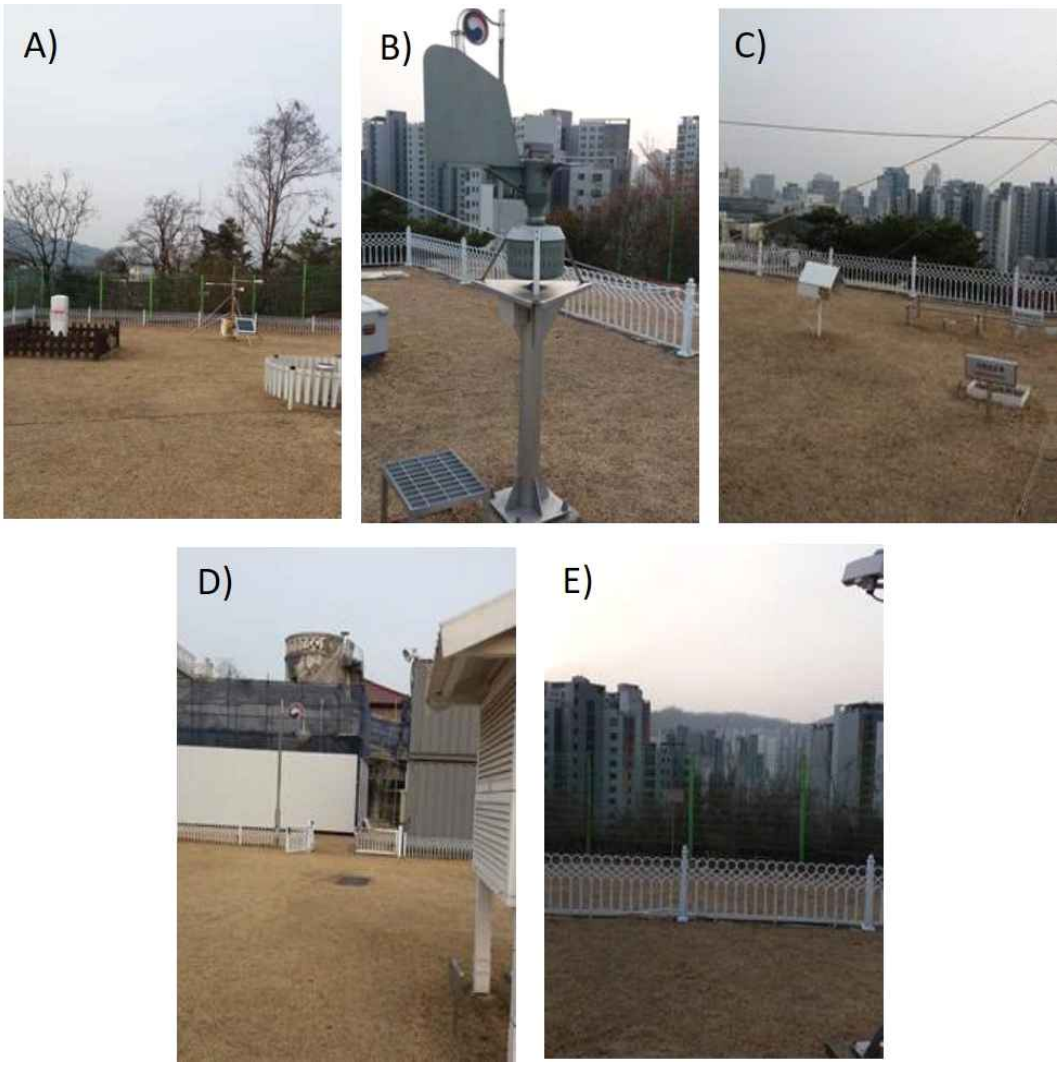


Fig. 7. 서울기상관측소(송월동)에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 수도권기상청

경기도 수원시 권선구 권서로 276에 위치하며, 위도 37.25791도, 경도 126.9819도이다. Fig. 8 은 수도권기상청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.

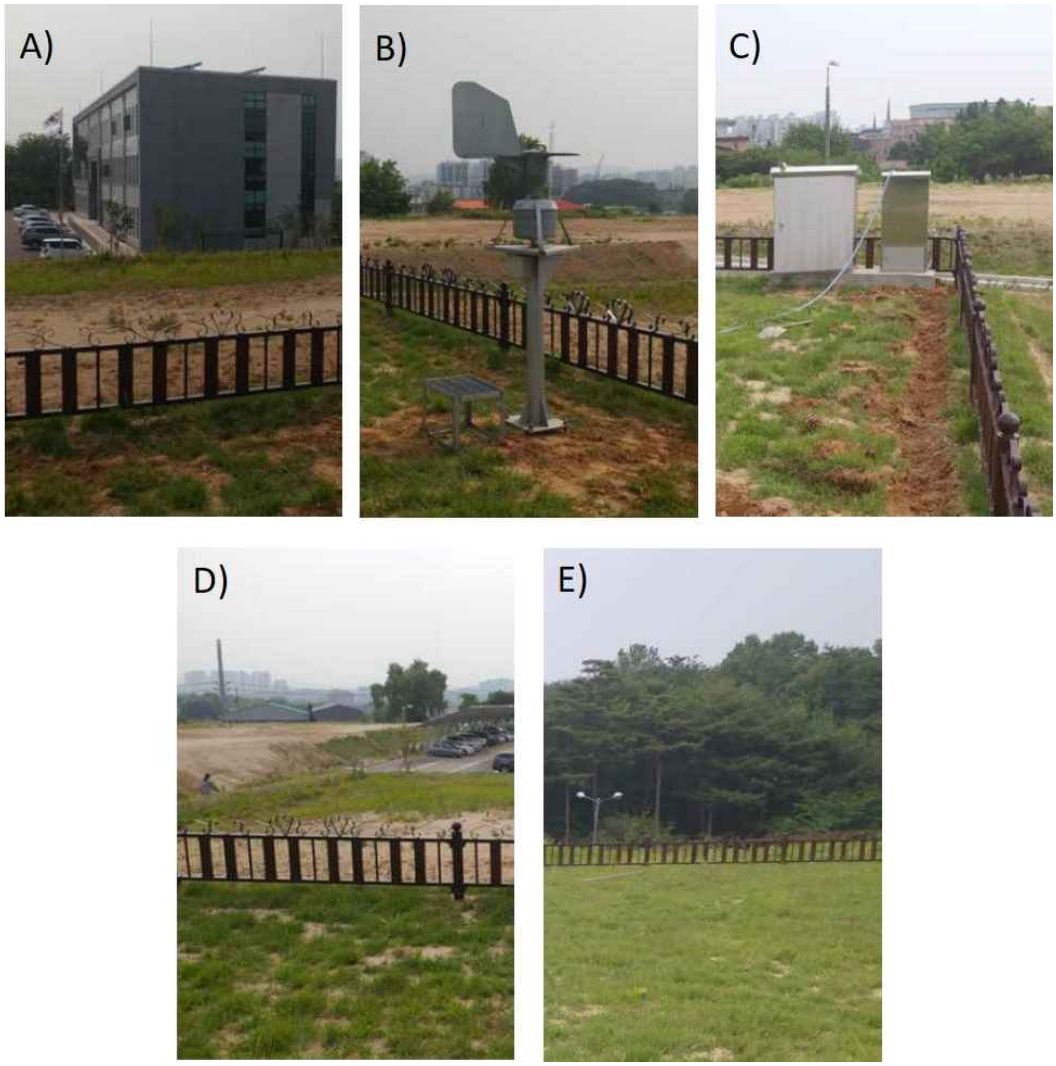


Fig. 8. 수도권기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 대전지방기상청

대전광역시 유성구 대학로 383에 위치하며, 위도 36.37229도, 경도 127.3717도이다. 2007년에 설치하였으며, Fig. 9 는 대전지방기상청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E) 사진이다.

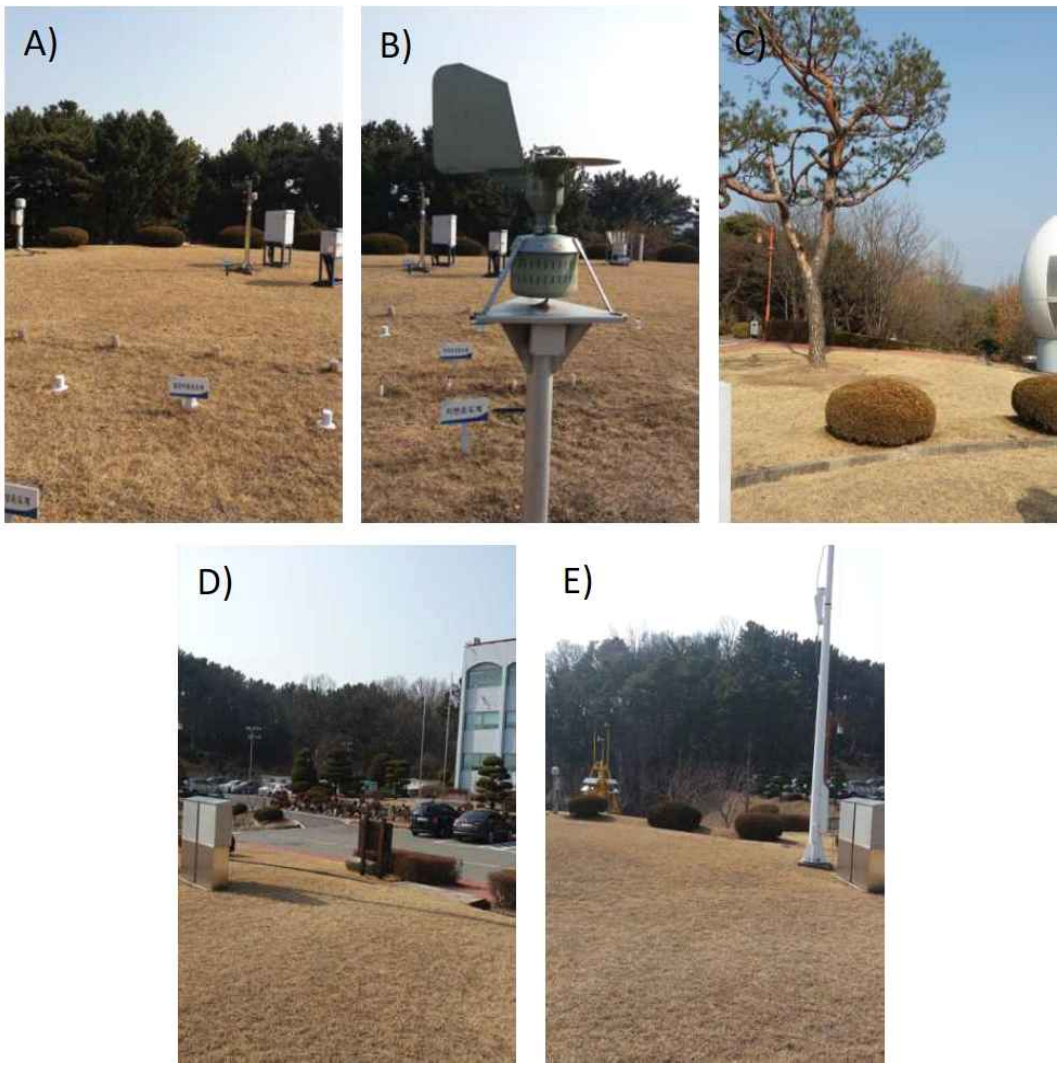


Fig. 9. 대전지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 청주기상지청

충북 청주시 흥덕구 공단로 76에 위치하며, 위도 36.63963도, 경도 127.4407도이다. 2018년에 설치하였으며, Fig. 10은 청주기상지청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.



Fig. 10. 청주기상지청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 대구지방기상청

대구 동구 효동로2길 10에 위치하며, 위도 35.87913도, 경도 128.6509도이다. 2018년에 설치하였으며, Fig. 11은 대구지방기상청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.

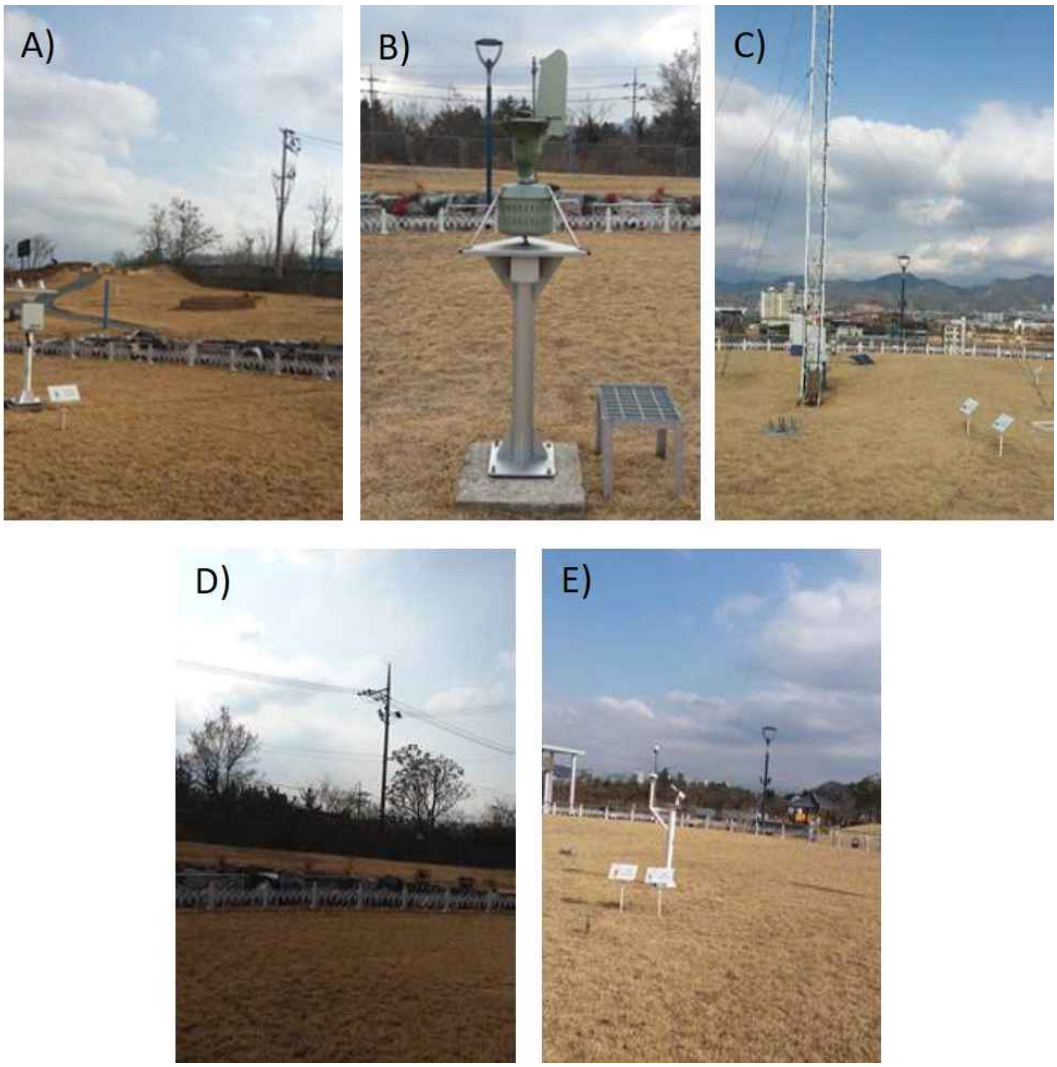


Fig. 11. 대구지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 광주지방기상청

광주 북구 서암대로 71에 위치하며, 위도 35.17363도, 경도 126.8914도이다. 2018년에 설치하였으며, Fig. 12 는 광주지방기상청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.

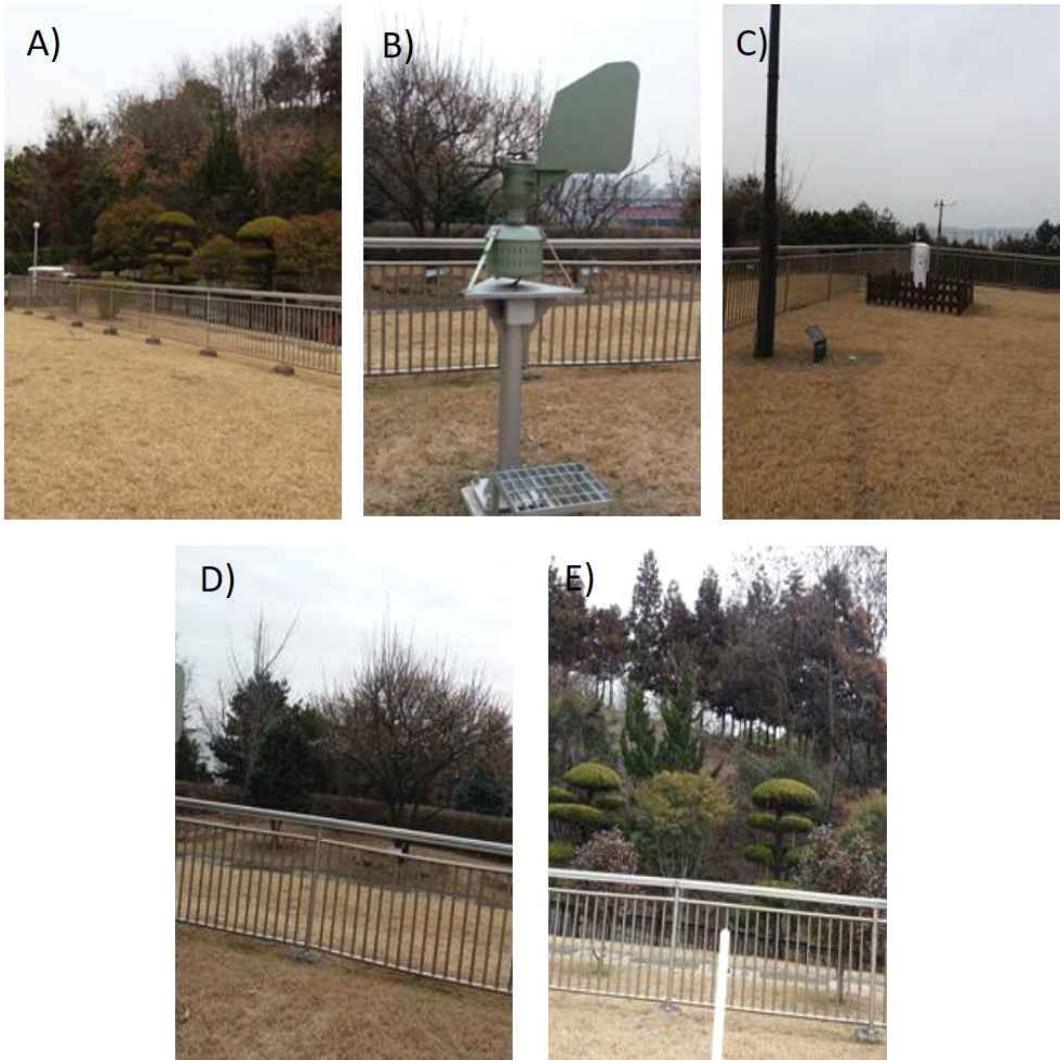


Fig. 12. 광주지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 전주기상지청

전북 전주시 덕진구 상가마을길 25에 위치하며, 위도 35.84076, 경도 127.116도이다. 2018년에 설치하였으며, Fig. 13은 전주기상지청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.

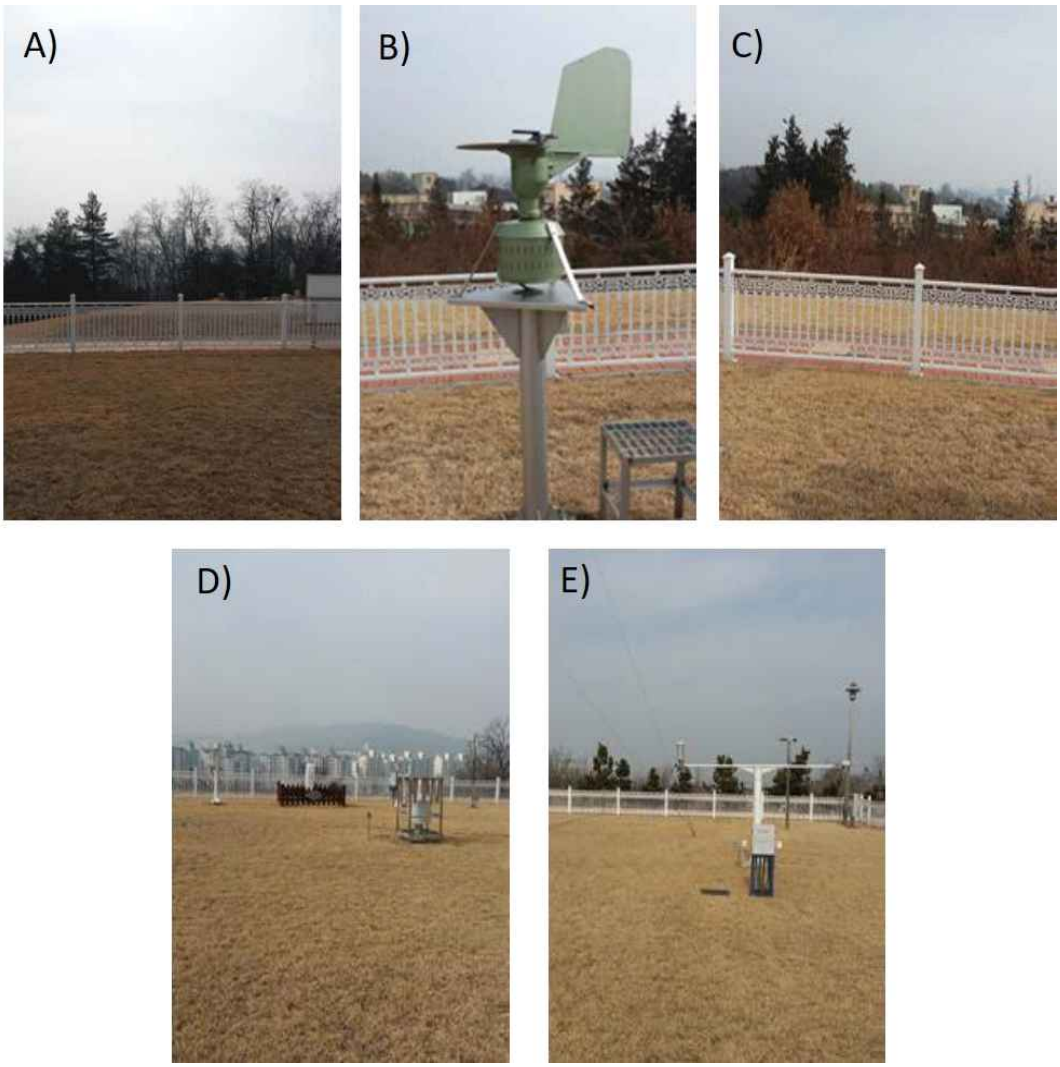


Fig. 13. 전주기상지청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 부산지방기상청

부산광역시 강서구 대저1동 1246에 위치하며, 2018년도에 구청사인 부산광역시 동래구 충렬대로237번길 117에 설치하였으나, 2021년 7월 27일 청사 이전으로 인해 현재 위치에 이전 설치하였다. Fig. 14 는 부산지방기상청에 이전 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E) 사진이다.

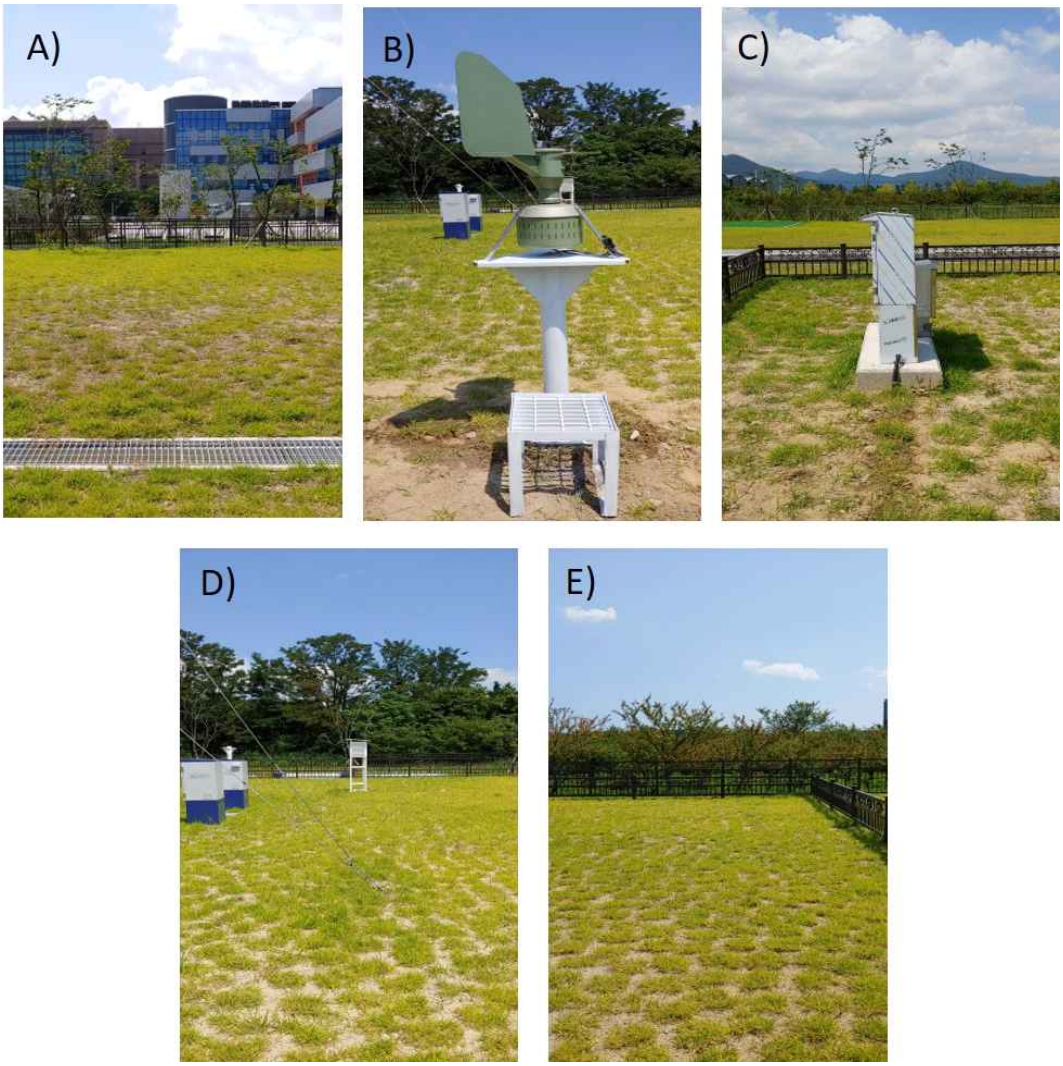


Fig. 14. 부산지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경 (2021)

- 강원지방기상청

강원도 강릉시 과학단지로 130에 위치하며, 위도 37.80522도, 경도 128.8548도이다. 2018년에 설치하였으며, Fig. 15 는 강원지방기상청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E) 사진이다.

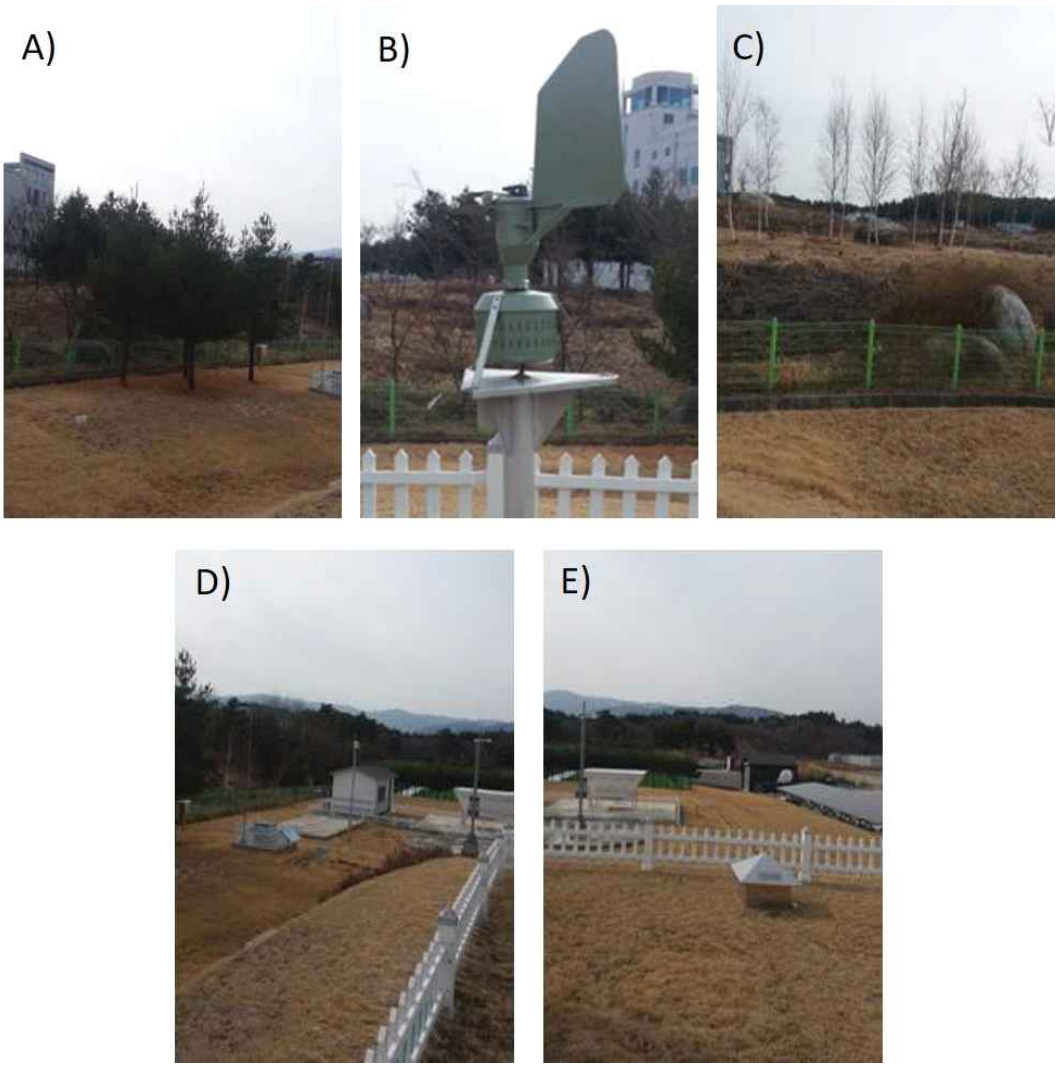


Fig. 15. 강원지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 제주지방기상청

제주도 제주시 만덕로6길 32에 위치하며, 위도 33.51422도, 경도 126.5291도이다. 2018년에 설치하였으며, Fig. 16은 제주지방기상청에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.

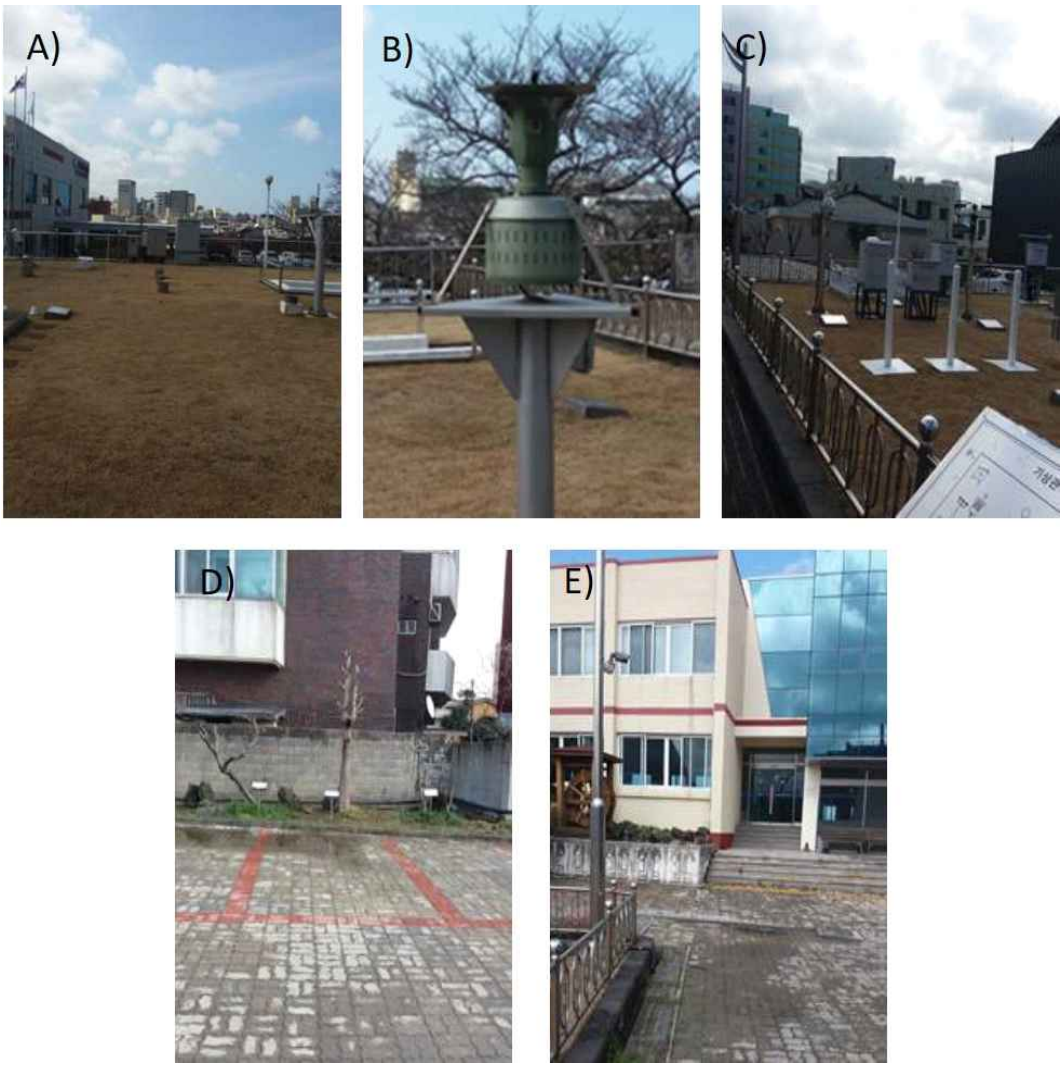


Fig. 16. 제주지방기상청에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

- 국립기상과학원

제주도 서귀포시 서호북로 33에 위치하며, 위도 33.25858도, 경도 126.5179도이다. 2018년에 설치하였으며, Fig. 17은 국립기상과학원에 설치된 꽃가루 채집기(B)와 주변환경(A,C,D,E)사진이다.

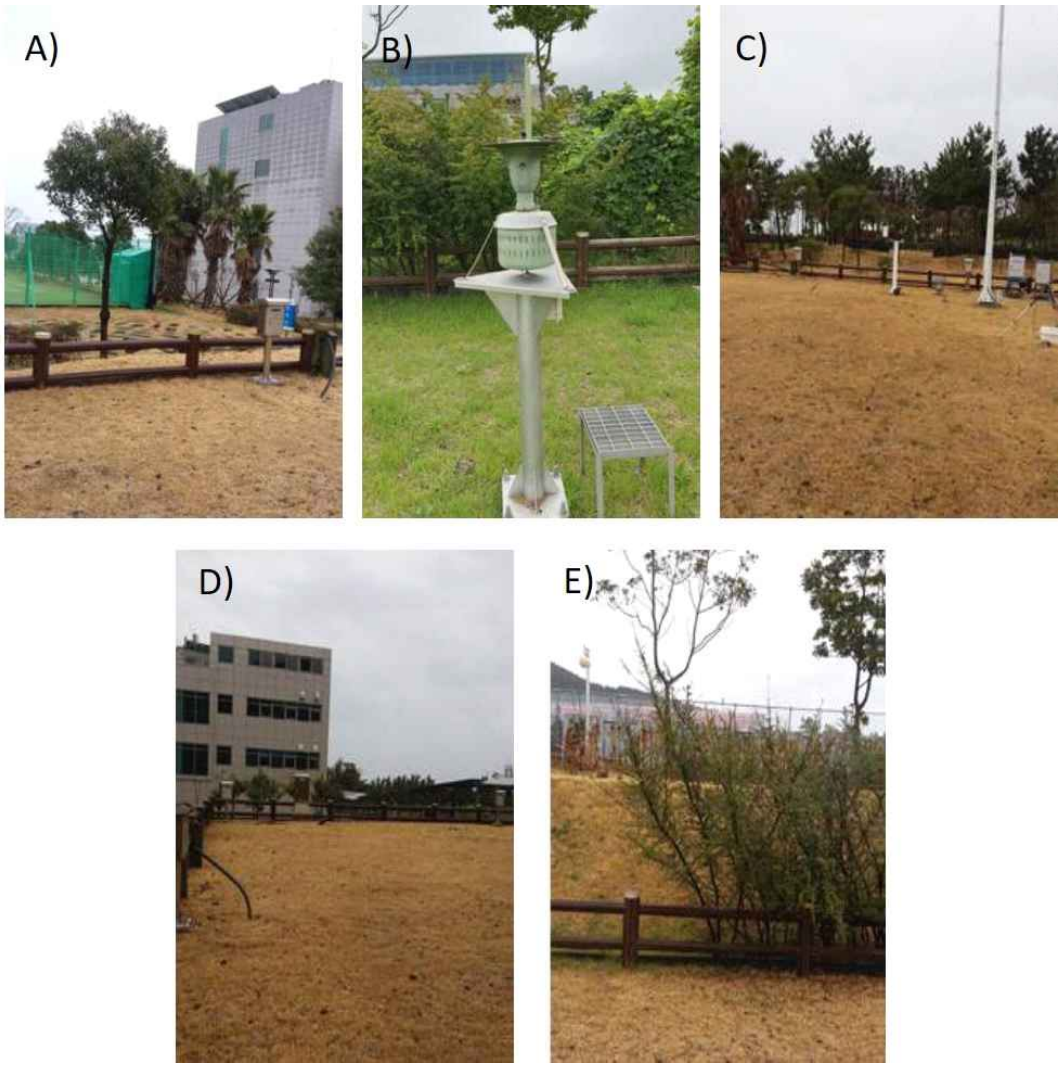


Fig. 17. 국립기상과학원(서귀포)에서 운영 중인 꽃가루 관측기와 주변 환경

제 2 절 꽃가루 관측기 관리 (정도 검사)

매년 꽃가루 관측 시작 전에 전국의 지점마다 관측기 유지 관리를 하기 위해 정도 검사를 시행한다. 정도 검사는 동적 하중을 가하지 않고 각 부의 작동 상태를 검사하는 것을 말하며 순서는 다음과 같다 (Fig. 18).

(1) 채집기 부분별 결착 확인 (Fig. 18 A, B)
(2) 기기 몸통 회전축의 이상 유무 확인 (Fig. 18 D)
(3) 태엽 소리 확인 (Fig. 18 C)
(4) 흡입 모터의 회전수가 일정한지와 발열 여부 확인 (Fig. 18 E)
(5) 블레이트 축의 수평 확인 (Fig. 18 F)
(6) 드럼 덮개 실링(sealing) 부분 확인 (Fig. 18 G)
(7) 유량계 확인 및 유량 10L/min으로 조절 (Fig. 18 H, I)
(8) 공기 흡입구 먼지 및 이물질 확인 후 제거 (Fig.18 J, K)
(9) 드럼 삽입 부위 청소 및 윤활 작업 (Fig. 18 L)



Fig. 18. 꽃가루 관측기 정도 검사 과정

제 3 장 꽃가루 채집 및 동정

제 1 절 꽃가루 수동관측 채집 방법

꽃가루 채집 및 동정의 전반적인 과정은 Fig. 19와 같이 연속적인 과정으로, 관측 및 채집, 프레파라트제작, 검경, 동정 순으로 한다. 매년 정도 검사(Fig. 18)를 1회 거친 후 드럼 교체(Fig. 20)를 시작으로 공기 중 꽃가루 샘플을 채집한 후 채집 테이프(Melinex tape)를 절단하고 염색하여 검경하는 과정을 포함하여, 채집 테이프를 교체 하는 과정을 일주일 단위로 반복하며, 광학현미경 검경을 통하여 최종 동정한다 (Fig. 21, 22).

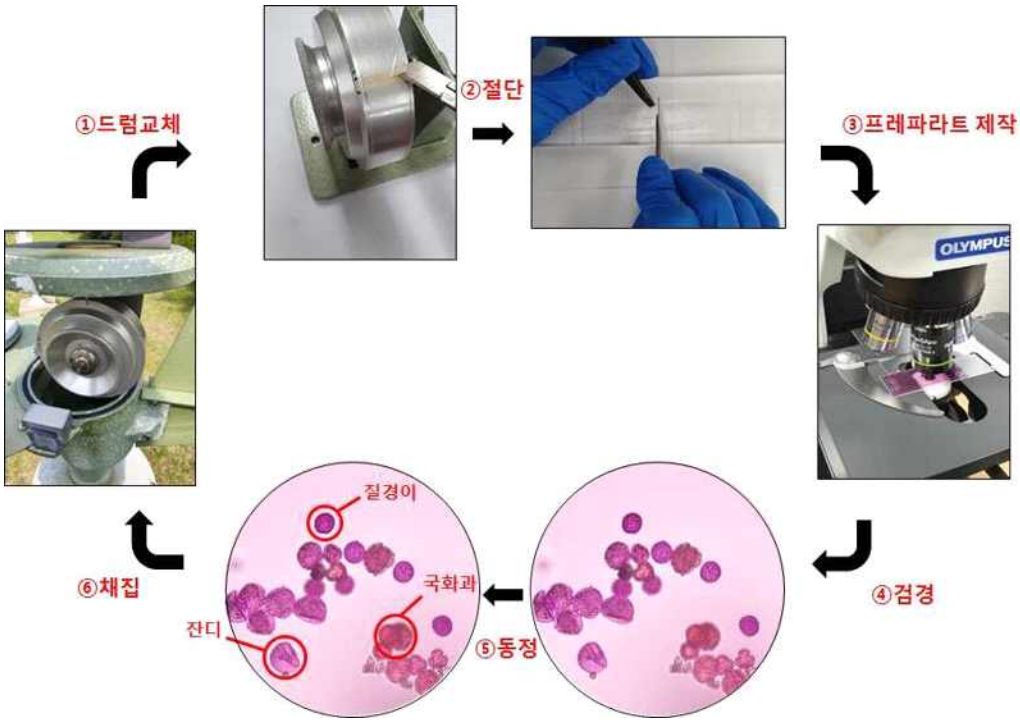


Fig. 19. 꽃가루 수동관측의 전반적인 과정

제 2 절 꽃가루 수동관측 드럼, 채집 테이프 교체 및 필름 염색 방법

지속적인 관측을 위해서 주기적으로 드럼을 교체해야 한다. 드럼 교체는 각 관측지점에서 일주일 간격으로 매주 같은 시간에 수행한다. 드럼의 교체방법 및 순서는 다음과 같다 (Fig. 20).

(1) 꽃가루 수동 채집기 내의 모터가 작동하는지 외부 소음을 통해 확인한다.

(2) 채집기의 회전축을 안전핀으로 고정해준다 (Fig. 20 A, B).

(3) 채집기 최상단의 이중 잠금 바를 누르면서 시계방향으로 180도 돌려 잠금을 해제한다 (Fig. 20 C, D).

(4) 채집기 최상단의 손잡이를 들어 올려 일체형으로 부착된 드럼과 태엽 장치를 채집기로부터 분리한다 (Fig. 20 E).

(5) 관측한 시간이 맞게 이동했는지 드럼의 위치를 확인한다 (Fig. 20 F). 기준은 하루에 48mm이다.

(6) 기존의 드럼을 분리하고, 교체할 드럼을 보관함에서 꺼내 장착한다 (Fig. 20 G).

(7) 교체한 드럼을 즉시 잠금장치로 처리한 후 태엽을 시계 반대 방향으로 끝까지 돌린다 (Fig. 20 H). 단, 파손의 위험이 있으므로, 무리하게 감지 않는다.
(8) 태엽이 정상적으로 작동하는지 소리를 통해 확인한다.
(9) 교체한 드럼의 빨간색 선이 화살표와 일치되게 하여 채집기에 재장착한다 (Fig. 20 I).
(10) 유량 측정계로 유량이 10L/min에 맞게 되어있는지 확인한다 (Fig. 20 J).
(11) 회전축 고정했던 안전핀을 탈착하여 원위치한다 (Fig. 20 A).
(12) 교체한 드럼의 채집 기간과 교체시간을 기재한다 (Fig. 20 K).



Fig. 20. 꽃가루 수동관측기 드럼 교체 순서

관측의 주요 작업인 채집 테이프 교체는 판독센터에서 실시하며, 관측이 끝난 드럼을 실내에서 오픈한 후, 테이프를 드럼으로부터 분리한다. Fig. 21은 관측이 끝난 드럼에서 채집 테이프를 분리하는 과정이다.
(1) 채집이 끝난 드럼을 제공된 고정장치에 고정한다 (Fig. 21 A).
(2) 미세 날(커터칼)로 양면테이프의 절반을 자른 후 채집 방향을 염두에 두어 채집 필름을 분

리한다 (Fig. 21 B). 이때, 채집 테이프에 이물질이 묻지 않도록 주의한다.
(3) 채집 테이프와 분리된 드럼에 새로운 채집 테이프 고정을 위한 양면테이프를 너비에 맞춰 붙인다 (Fig. 21 C).
(4) 준비된 드럼에 양면테이프 중간부터 채집 테이프를 고정하여 한 바퀴 두른 후 최종 결착시킨다 (Fig. 21 D).
(5) 드럼에 결착시킨 채집 테이프 부분에 부유 중인 꽃가루를 고정하기 위한 접착제를 얇고 일정하게 펴서 바른다 (Fig. 21 E).
(6) 새로운 채집 테이프를 설치한 드럼은 드럼 보관함에 다시 넣은 후 각 지역으로 보낸다 (Fig. 20 K).

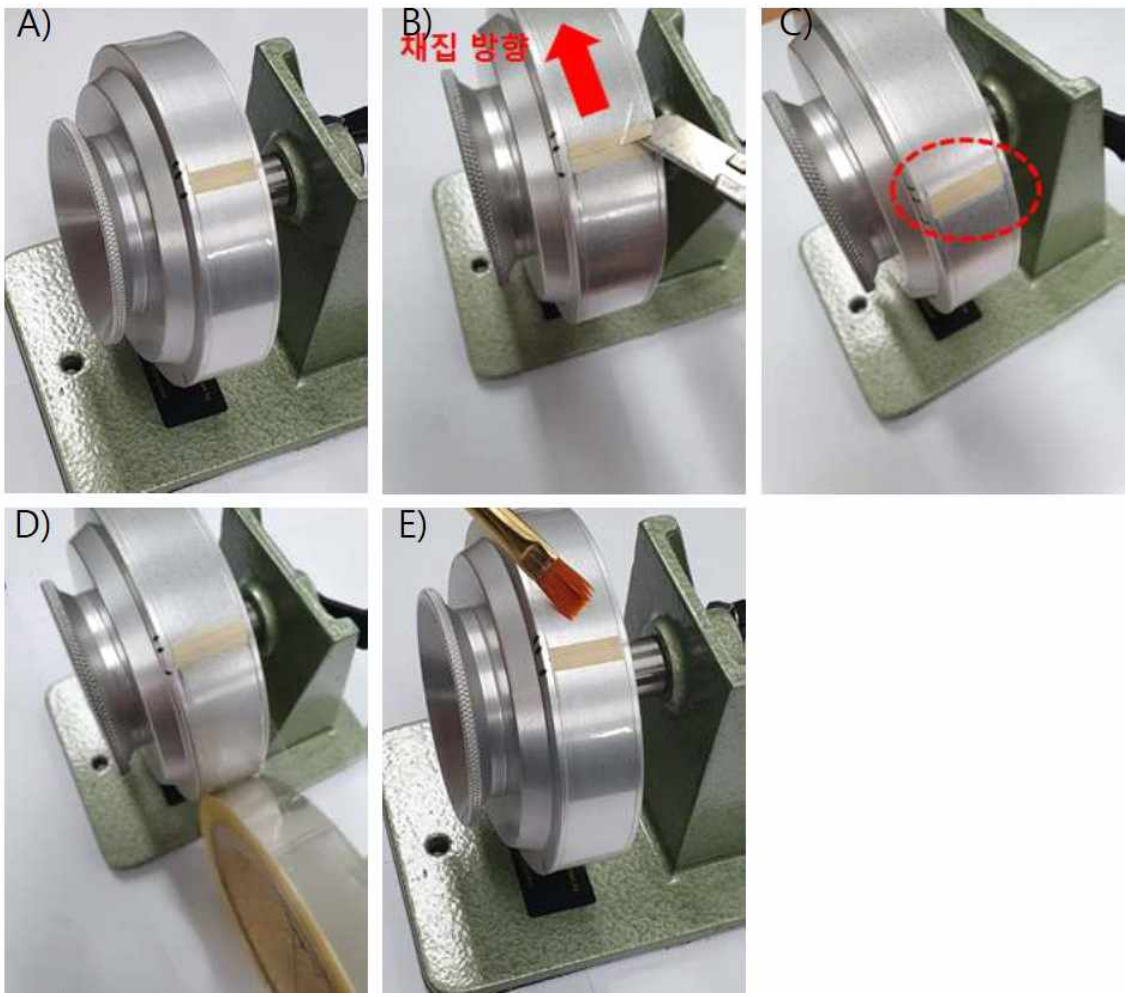


그림 21. 꽃가루 수동관측기 채집 테이프 교체 순서

드럼으로부터 분리한 채집 테이프는 일별 채집된 꽃가루 검정을 위해 커팅 바를 사용하여 절단하고 슬라이드 글라스에 날짜와 지역을 표기한다. 본 관측망에서 사용 중인 수동관측기 Burkard trap의 시스템은 한 시간 동안 2mm가 움직이게 되어있다. 하루를 기준으로 48mm를 절단하여 구분한다. Fig. 22는 채집 테이프를 절단하고 현미경으로 검경하기 바로 전 작업인 염색하는 과정이다.

(1) 관측이 끝난 채집 테이프를 mm 단위가 표시된 커팅 바 위에 올려놓는다 (Fig. 22 A, B).
(2) 하루기준인 48mm 단위로 미세 핀셋과 날이 잘 드는 커터칼을 이용하여 자른다 (Fig. 22 C).
(3) 현미경 검경용 슬라이드 글라스에 지역과 날짜를 기재하여 준비한다 (Fig. 22 D).
(4) 날짜를 기재한 슬라이드 글라스에 채집 테이프가 잘 고정되도록 증류수를 바른 후 일일 단위로 자른 채집 필름을 슬라이드 글라스 별로 올려놓는다 (Fig. 22 E).
(5) 꽃가루가 잘 보이도록 Calberla's fuchsin을 도포한 후 커버글라스를 덮어 자연적으로 골고루 염색되도록 한다 (Fig. 22 F).

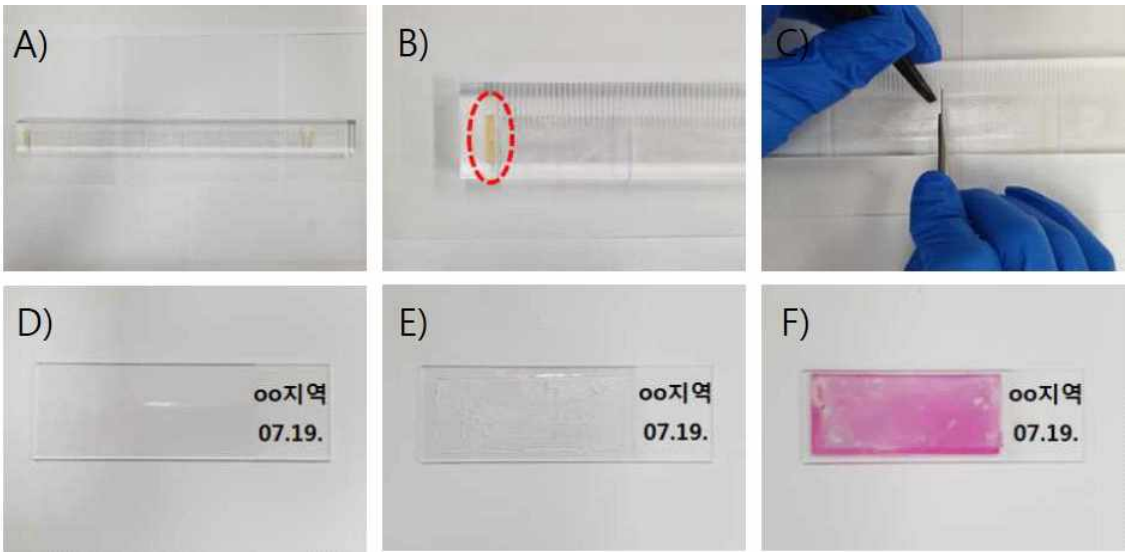


Fig. 22. 꽃가루 수동관측 검경을 위한 관측 테이프 염색 과정

Table 2 는 부유 중인 꽃가루를 채집 및 고정하도록 하는 접착제의 조성물질이다.

Table 2 꽃가루 채집 테이프 도포용 접착제

종류	조성물질
Gelvatol	Gelvatol (mowiol) 35g; glycerin 50mL; phenol 2g; DW 100mL
Gelatine	Gelatine 10g; glycerin 54mL; phenol 1.4g; DW 60mL

제 3 절 꽃가루 수동관측 분석 방법 (꽃가루 검경 및 동정)

채집된 꽃가루의 검경은 현재 현미경 등의 장비가 설치된 판독센터에서 진행한다. Calberla's fuchsin으로 염색된 각각의 프레파라트는 광학현미경(BX43, OLYMPUS)을 통해 현미경으로 검경한다. Fig. 23은 현미경 검경에 대한 이해 사진이다. 배율은 200배 배율에서 주로 검경을 하며 (Fig. 23 A), 구분하기가 어려운 입자를 발견할 경우 400배율로 재 검경한다 (Fig. 23 B). 꽃가루 채집기 흡입구의 너비가 14mm이므로 채집 테이프에 흡착되는 너비 또한 14mm

가 된다. 따라서, 14mm 너비 에서 상, 중, 하로 구역을 나누어 현미경으로 검경한다 (Fig. 23 C, D).

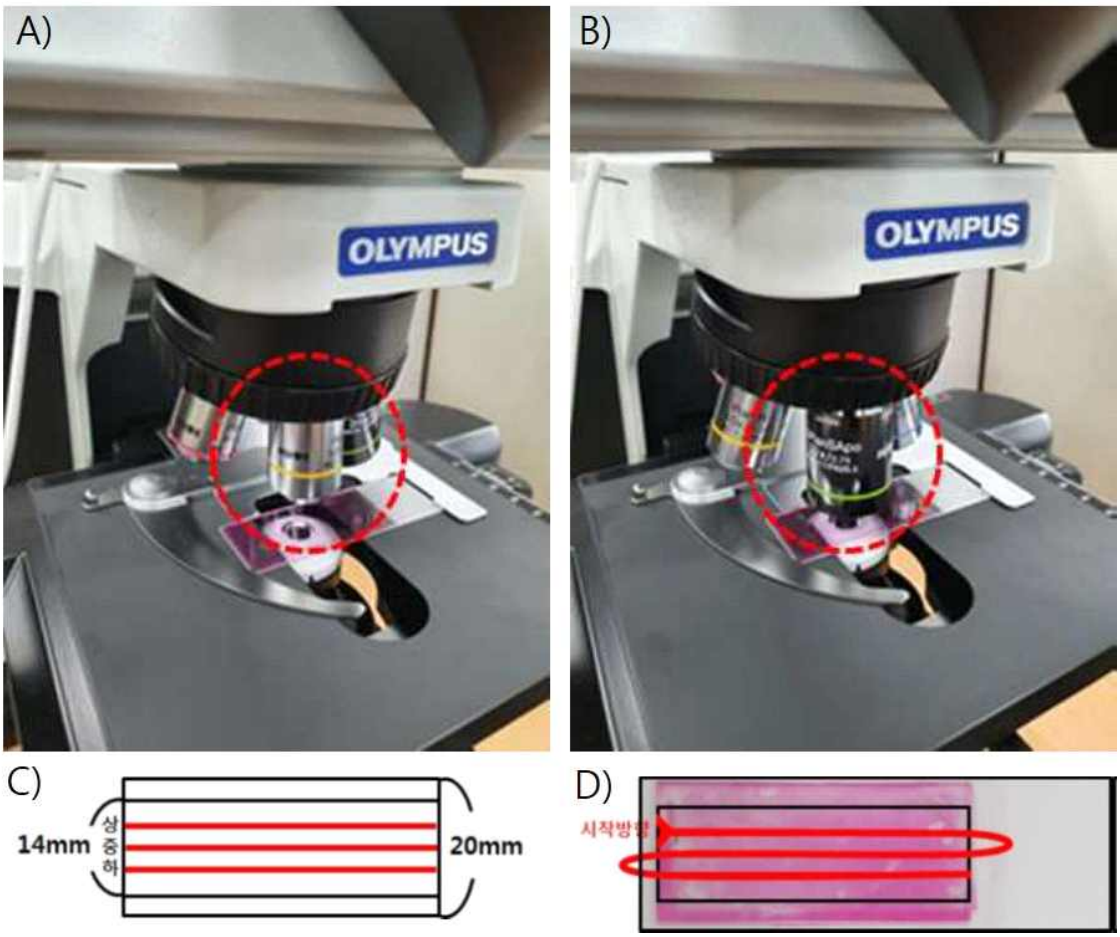


Fig. 23. 꽃가루 검경을 위한 광학현미경, 검경 순서

제 4 절 꽃가루 관측 및 동정 대상 종류

현재 운영 중인 Burkard trap을 이용한 광학현미경 분류법에서는 꽃가루의 모양과 크기를 이용하여 분류한다. 같은 속(Genus)의 꽃가루가 거의 같은 모양을 갖고 있으며, 꽃가루를 종(Species)으로 구별하기 어렵다. 따라서 먼저 종별로 분류 후 속 단위로 그룹화하여 동정하도록 하며, 속 단위로도 구분하기 어려운 것들은 과(Family) 단위로 분류한다. 이와 같은 방법을 사용하여 채취한 꽃가루를 Table 3과 같이 수목류, 잔디류, 잡초류, 총 46종으로 분류할 수 있다. 또한, 수목류, 잔디류, 잡초류 각각의 분류명 및 관측지별로 구분하여 기록한다 (Fig. 24). 이어서 식물의 설명과 꽃가루 표본을 소개한다.

Table 3 현재 운영중인 꽃가루 관측망 분석 대상 식물 목록

과명	학명	한국명	분류명
	수목류		
Betulaceae	*Alnus japonica* (Thunb.) Steud	오리나무	*Alnus*
	Betula platyphylla var. *japonica* (Miq.) H.Hara	자작나무	*Betula*
	Corylus heterothylla Fisch. ex Trautv.	개암나무	*Corylus*
Cupressaceae	*Cryptomeria japonica* (L.F.) D.Don	삼나무	Cupressaceae
	Juniperus chinensis L.	향나무	
Fagaceae	*Castanea crenata* Siebold & Zucc.	밤나무	*Castanea*
	Quercus acutissima Carruth.	상수리나무	*Quercus*
	Q. aliena Bl.	갈참나무	
	Q. dentata Thunb.	떡갈나무	
	Q. mongolica Fisch. ex Ledeb.	신갈나무	
	Q. serrata Murray	졸참나무	
	Q. variavilis Bl.	굴참나무	
Ginkgoaceae	*Ginkgo biloba* L.	은행나무	*Ginkgo*
Juglandaceae	*Juglan sinensis* Dode	호두나무	*Juglan*
Pinaceae	*Pinus densiflora* Siebold & Zucc.	소나무	Pinaceae
Salicaceae	*Populus euramericana* Guinier	포플러나무	*Populus*
	Salix koreensis Ander.	버드나무	*Salix*
Ulmaceae	*Celtis sinensis* Persoon	팽나무	*Celtis*
	Ulmus davidiana var. *aponica* Nakai	느릅나무	Ulmaceae
	잔디류		
Poaceae	*Cynodon dactylon* (L.) Pers.	우산잔디	Poaceae
	Dactylis glomerata L.	오리새	
	Phleum pratense L.	큰조아재비	
	Zoysia japonica Steud.	잔디	
	잡초류		
Amaranthaceae	*Amaranthus lividus* L.	개비름	Am-Chen
	A. Mangostanus L.	비름	
	A. retroflexus L.	털비름	
	A. viridis L.	청비름	
Asteraceae	*Ambrosia* artemisiifolia L.	돼지풀	*Ambrosia*
	A. trifida for. *integrifolia* (Muhi.)Fern.	둥근잎돼지풀	
	A. trifida L. var. trifida	단풍잎돼지풀	
	Artemisia absinthium L.	향쑥	*Artemisia*
	A. montana (Nakai) Pamp.	산쑥	
	A. Princeps Pamp.	쑥	
	A. vulgaris L.	잔쑥	
Cannabaceae	*Humulus japonicus* Siebold et Zucc.	환삼덩굴	*Humulus*
Chenopodiaceae	*Chenopodium album* var. *centrorubrum* Makino	명아주	Chen-Am
	C. ambrosioides L.	양명아주	
	C. bryoniaefolium Bunge	청명아주	
	C. glaucum L.	취명아주	
Plantaginaceae	*Plantago asiatica* L.	질경이	*Plantago*
	P. lanceolata L.	창질경이	
	P. major var. *japonica* (Fr.&Sav.) Miyabe	왕질경이	
Polygonaceae	*Rumex acetosa* L.	수영	*Rumex*
	R. acetosella L.	애기수영	
	R. crispus L.	소리쟁이	

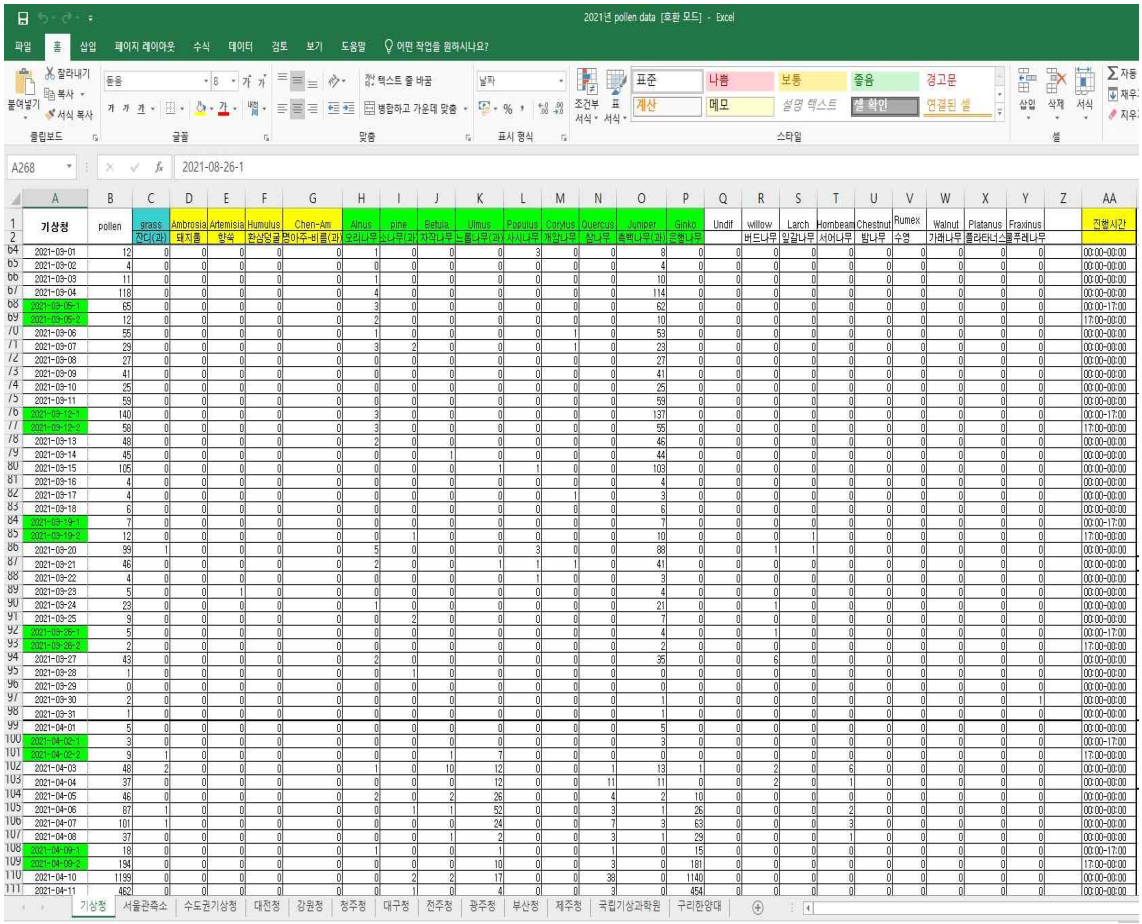


Fig. 24. 관측지별, 분류명에 따른 꽃가루 동정 원천 데이터 기록 및 정리

1. 수목류

(1.1) 자작나무과

(1.1.1) 오리나무속

*분류명: *Alnus* (오리나무)

오리나무속 식물은 자작나무와 같은 자작나무과에 속하며 낙엽교목으로 전 세계에 약 25종이 알려져 있으며, 국내에는 약 6개 종이 있다고 알려져 있다. 산기슭과 개울가에서 주로 자라며 잎은 타원형으로 가장자리에 잔 톱니가 있다. 서울지역에서는 북한산, 우면산, 청계산 계곡 등에 서식하고 있다. 2~3월에 잎이 나기 전에 꽃이 피며, 화분의 크기는 25~27㎛로 발아구는 공형으로 4~6개가 있다 (Fig. 25). 알레르기는 강한 반응을 나타내며, 자작나무와 교차 알레르기 반응을 보인다고 알려져 있다.

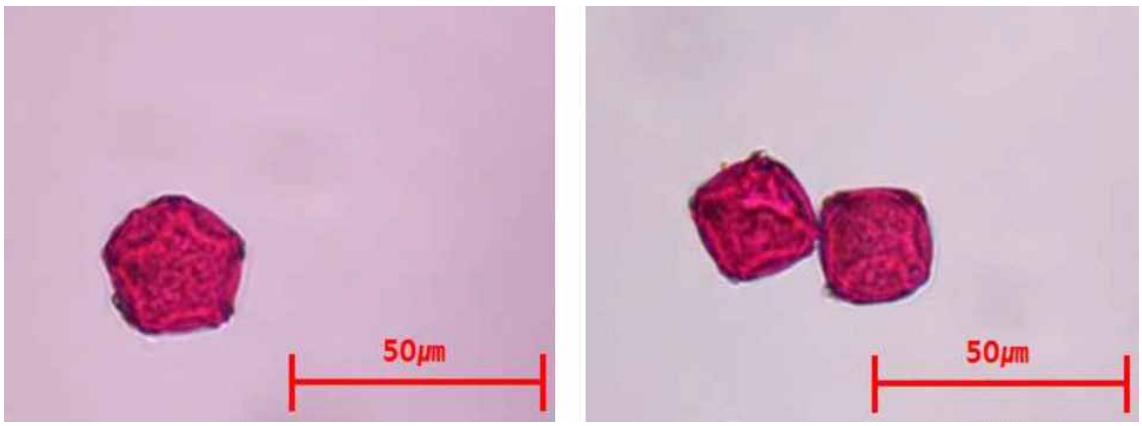


Fig. 25. 오리나무 꽃가루 표본

(1.1.2) 자작나무속

*분류명: *Betula* (자작나무)

자작나무속 식물은 전 세계적으로 약 60종 정도가 있고, 국내에는 약 8개 종이 알려져 있으며, 대표 종으로는 자작나무, 박달나무 등이 있다. 대개 20m 정도 자라며 북부 지방의 깊은 숲에서 자라며, 산불 등으로 산림이 파괴된 곳에서 군집을 형성한다. 추위 및 낮은 토양습도에서 잘 견디며, 4~5월에 자갈색의 꽃이 핀다. 수꽃은 이삭 형태로 아래쪽으로 처지며, 암꽃은 위로 선다. 화분의 크기는 23~25㎛이며, 발아구는 둥근 공형으로 3개의 발아구를 가지고 있는 형태이다 (Fig. 26). 자작나무속은 유럽 등에서 꽃가루 알레르기를 강하게 유발하는 식물로 알려져 있으며, 최근, 국내의 아파트나 공원 등에 조경용으로 식재가 늘어나고 있어 주의가 필요하다.

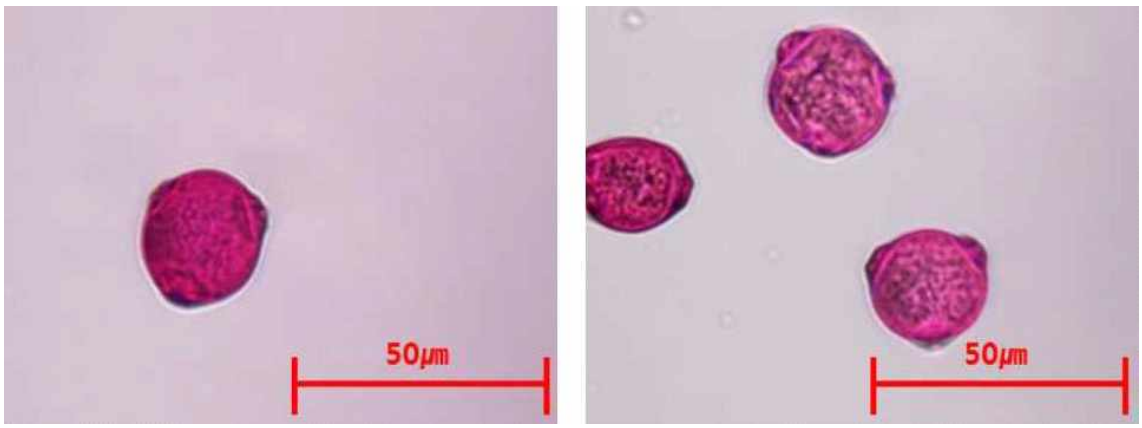


Fig. 26. 자작나무 꽃가루 표본

(1.1.3) 개암나무속

*분류명: *Corylus* (개암나무)

자작나무과에 속하는 개암나무는 낙엽 활엽관목으로, 약 20종이 분포한다고 알려져 있으며, 국내에는 약 3개 종이 있다고 알려져 있다. 개암나무는 한국, 일본, 중국이 원산으로 우리나라 여러 지역의 양지바른 산록이나 산골짜기의 암석 사이에 2~3m 정도로 자라며 3~4월에 개화한다. 화분의 크기는 20~23㎛이며, 발아구는 공형으로 3개를 가지고 있다 (Fig. 27). 꽃가루는 비교적 약한 알레르기 항원성을 가지며, 자작나무와 교차 반응을 보인다. 열매는 헤이즐넛이라 하며, 터키, 유럽, 미국 등지에서 대량 생산하고 있는 자원이다.

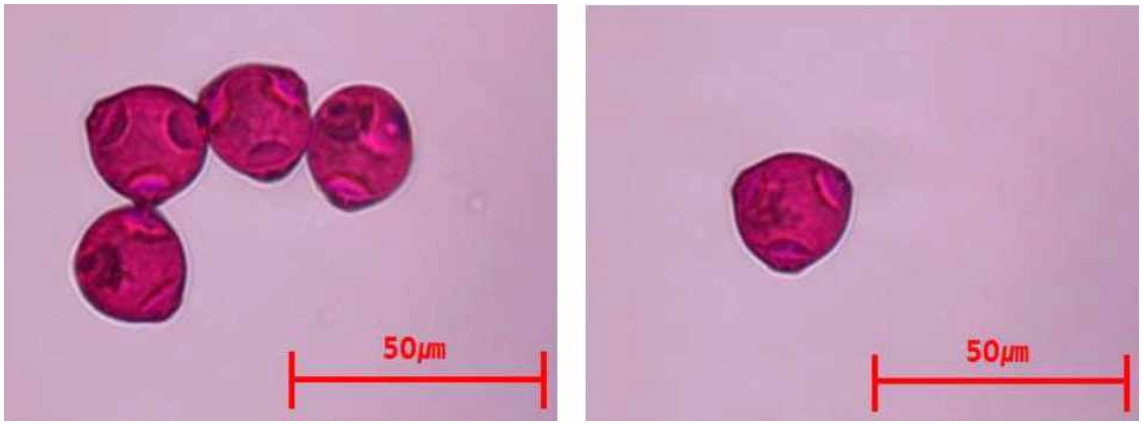


Fig. 27. 개암나무 꽃가루 표본

(1.2) 측백나무과

*분류명: Cupressaceae (측백나무(과))

측백나무과는 구과목의 과이며, 현재 꽃가루 관측망에서 분류하는 측백나무과는 향나무속(*Juniperus*)과 삼나무속(*Cryptomeria*)이 있다. 측백나무과에 속하는 향나무속, 측백나무속(*Platycladus*), 쿠프레수스속(*Cupressus*), 편백속(*Chamaecyparis*) 등을 포함한 많은 경우가 광학현미경 하에서 종 및 속 단위로 구분하는 데 어려움이 있어 꽃가루 판독 시 측백나무과로 기재하고 있다.

향나무속은 국내에 9종이 자생하며, 향나무, 연필향나무, 노간주나무 등이 있다. 개체당 꽃가루 발생량이 많으며, 국내 학교 및 공원수로 많이 쓰이고 있다. 3~4월에 개화를 하는데, 봄철 꽃가루 알레르기를 유발하는 주요 원인 식물 중 하나로 발아구는 무구형이다 (Fig. 28 A, B). 일본 원산인 삼나무속은 국내에 1종이 있다고 알려져 있다. 상록 침엽교목으로 40m까지 자라며, 수형은 원추형이다. 1924년 일본에서 도입되어 내한성이 약하여 현재 제주도와 일부 남부 지역에 생육하고 있다. 초봄인 2~3월에 대량의 꽃가루가 비산하며, 화분의 크기는 39~41㎛로 발아구가 없는 무구형이다 (Fig. 28 C, D). 원산지인 일본에서 알레르기 항원성이 매우 강하여 일본의 봄철 알레르기 화분의 주요 원인 식물이며, 3월에는 그 농도가 최고조에 달하여 초등학교나 중학교가 휴교하기도 한다. 일본 메이지 시대 이후 전 국토의 70%에 분포하고 있다.

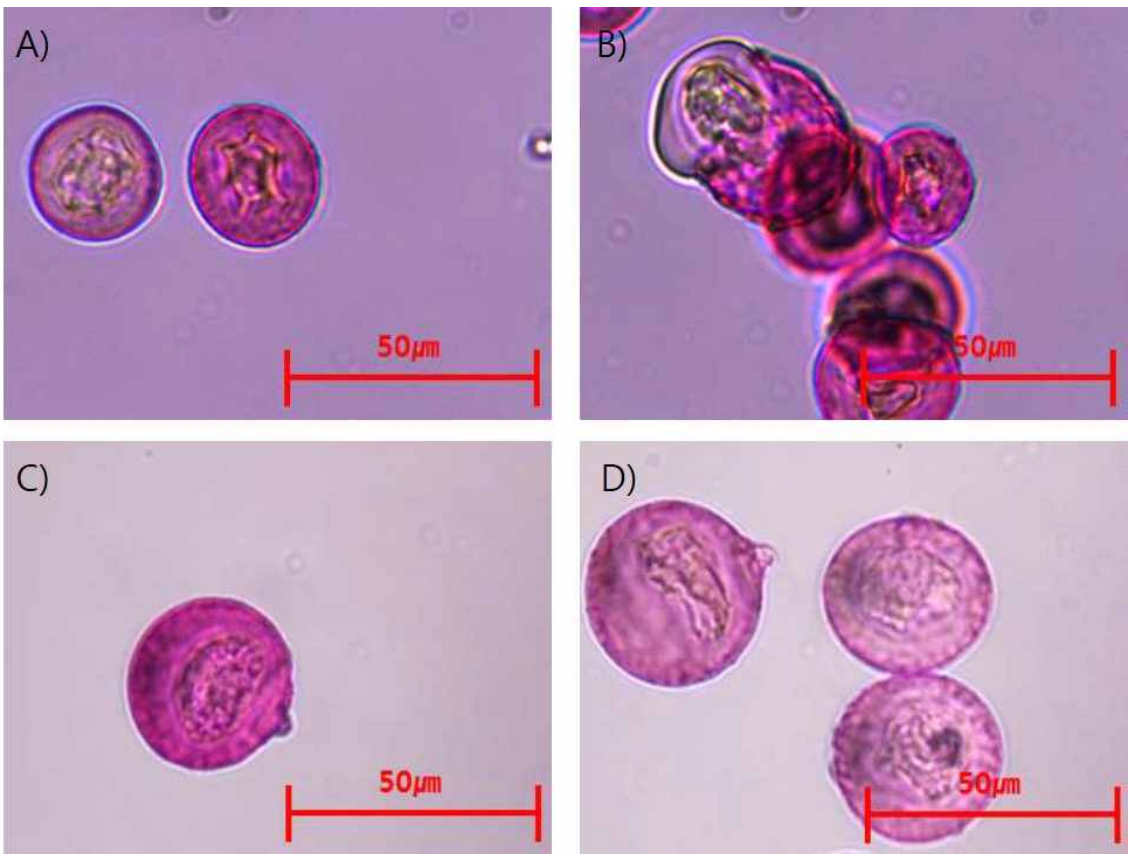


Fig. 28. 측백나무과 꽃가루 표본 (A,B: 아쉐향나무, C,D: 삼나무)

(1.3) 참나무과

(1.3.1) 밤나무속

*분류명: *Castanea* (밤나무)

밤나무는 참나무과의 낙엽 활엽 교목이며, 한국과 일본이 원산지이다. 전국에 분포하며, 산기슭이나 비옥하고 물 빠짐이 좋은 땅에서 잘 자란다. 밤꽃은 암수한그루로, 암꽃과 수꽃이 새 가지 밑부분에서 자라는 기다란 미상 꽃차례에 무리 지어 핀다. 꽃은 흰색이나 옅은 노란색을 띠며 초여름인 6~7월에 핀다. 화분의 크기는 10~15㎛로 3공구 형이다 (Fig. 29).

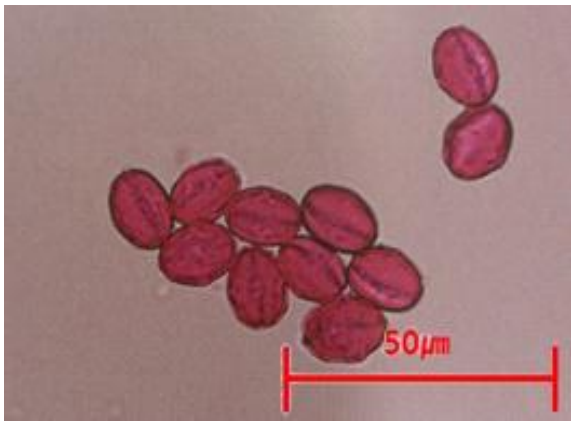


Fig. 29. 밤나무 꽃가루 표본

(1.3.2) 참나무속

*분류명: *Quercus* (참나무)

참나무속 식물은 세계적으로 약 400여종이 있으며, 국내에는 약 11개 종이 있다고 보고되어 있다. 대표적 수종은 상수리나무, 떡갈나무, 신갈나무 등이 있고 이들 수종 모두 총칭하여 참나무라 부르고 있다. 대표 종인 상수리나무는 높이 20~25m 정도의 낙엽교목이며, 4~5월에 꽃이 핀다. 흔히 도토리라 부르는 난형의 열매를 맺고, 국내에는 전국의 해발 약 800m 이하의 양지바른 산기슭에 군생한다. 떡갈나무, 굴참나무, 갈참나무, 신갈나무 등은 전국 산지에 자라는 낙엽교목으로 밑으로 처지는 다수의 수술을 갖는 유이화서를 갖고 5월에 개화한다. 이들의 화분은 모두 위아래로 가늘고 긴 구형으로 3개의 발아구를 가지고 있다. 크기는 상수리나무 39~44㎛, 떡갈나무 40~45㎛, 갈참나무 33~35㎛, 신갈나무 33~38㎛로 되어 있다 (Fig. 30). 이들은 꽃가루 알레르기를 일으키는 주요 원인식물로 종들 사이에 교차 반응이 나타나는 것으로 알려져 있다.

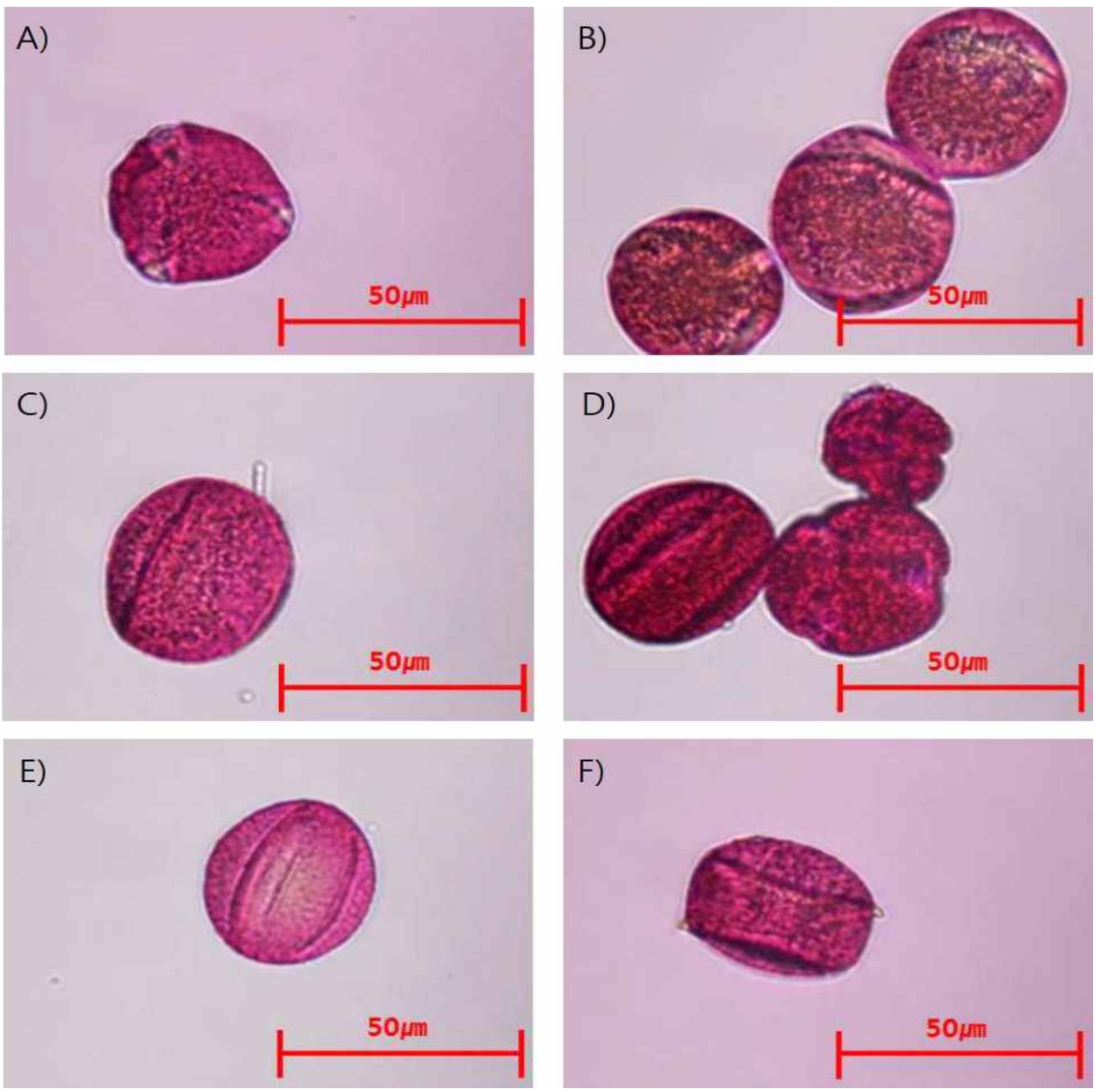


Fig. 30. 참나무속 꽃가루 표본 (A,B: 상수리, C,D: 떡갈, E: 갈참, F: 신갈나무)

(1.4) 은행나무과

(1.4.1) 은행나무속

*분류명: *Ginkgo* (은행나무)

은행나무속은 1속 1종 식물로 국내 가로수로 많이 식재되어 있고, 기후 변화에 따른 온난화로 개화기가 빨라져 공기 중 꽃가루 양이 특히 도심에서 증가 추세여서 지속적인 모니터링이 필요하다. 화분은 주로 4월에 관찰되며, 암수딴그루이다. 화분립은 단립으로 크기는 22~42㎛ 정도이며, 발아구는 원구, 표면무늬가 없는 평활상이다 (Fig. 31). 꽃가루 알레르기와 연관성은 약한 것으로 알려져 왔으나, 피부 반응은 증가하는 추세이다.

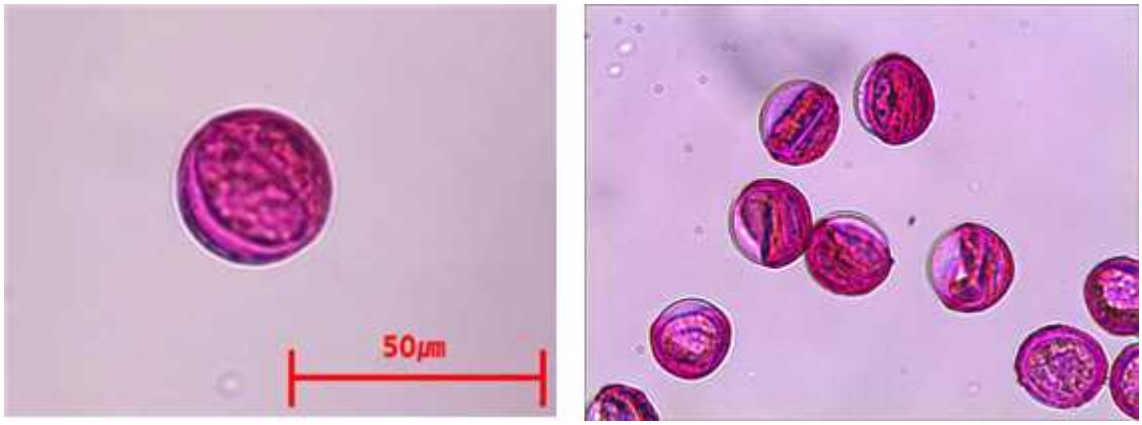


Fig. 31. 은행나무 꽃가루 표본

(1.5) 가래나무과

(1.5.1) 가래나무속

*분류명: *Juglans* (가래, 호두나무)

가래나무속 식물은 북반구 온대에 약 20여 종이 알려져 있으며, 국내에는 가래나무, 호두나무 2종이 있다고 알려져 있다. 호두나무는 가래나무와 외형상 매우 유사한데 호두나무의 소엽은 5~7개지만 가래나무는 7~17개로 쉽게 구분이 된다. 꽃은 암수한그루로 4~5월에 개화하며, 꽃가루는 비교적 크고 멀리 날지 못하는 것으로 알려져 있다. 두 종 모두 화분립은 단립이며, 가래나무 40~47㎛, 호두나무 34~39㎛ 정도이다 (Fig. 32). 꽃가루가 널리 비산하지 못해 재배지역 주위에서만 높은 농도를 나타내며, 알레르기 증상을 유발할 수 있다.

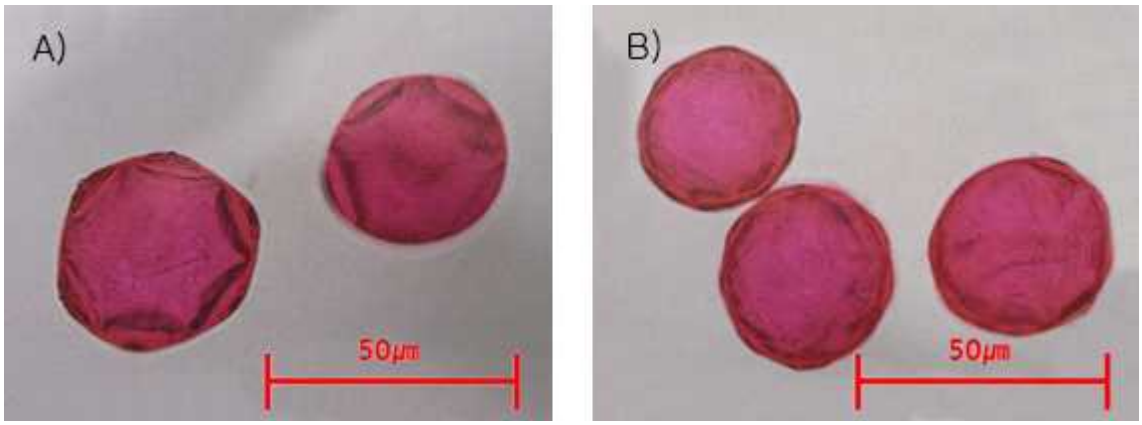


Fig. 32. 가래나무속 꽃가루 표본 (A: 가래나무, B: 호두나무)

(1.6) 소나무과

*분류명: Pinaceae (소나무)

소나무과 식물은 약 109종이 분포하는 상록침엽수로서 국내에는 소나무, 잣나무, 리기다소나무, 개잎갈나무 등 14개 종이 생육하고 있다. 꽃은 암수한그루로 암꽃 송이는 줄기 끝에, 수꽃 송이는 가지 측면에 붙어나며, 수꽃 송이는 많은 꽃밥이 모여 이루어져 있다. 화분의 크기는 크나, 바람에 잘 분산될 수 있도록 양쪽에 공기주머니가 발달 되어있어 비교적 멀리까지 비산된다. 대부분의 소나무종은 5~7월에 꽃이 피며, 화분은 단립으로 크기는 45~70㎛이다(Fig. 33). 개잎갈나무의 경우 10~11월 사이에 화분이 비산된다. 소나무 꽃가루는 알레르기를 일으키는 주요 꽃가루는 아니나 봄철 전국적으로 제일 많이 관찰되는 꽃가루이다.

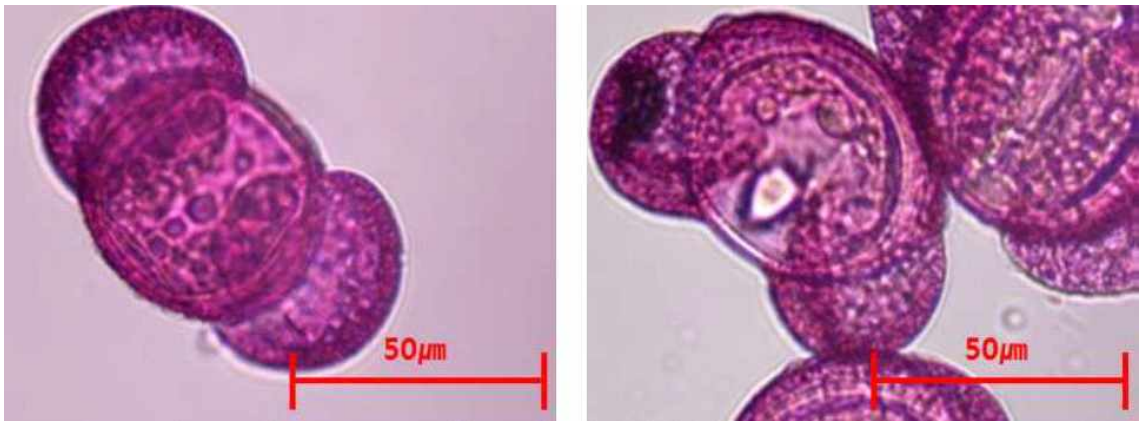


Fig. 33. 소나무 꽃가루 표본

(1.7) 버드나무과

(1.7.1) 사시나무속

*분류명: *Populus* (사시나무)

사시나무속의 식물은 북반구 온대 지방에 약 35여 종이 있으며, 국내에는 11개 종이 있다고 알려져 있다. 대표적인 종은 사시나무, 미루나무, 이태리포플러 등이 있으며, 이태리포플러는 이탈리아에서 처음 도입된 양버들과 미루나무 사이에 생긴 잡종 중에서 유전형질이 우수한 개체를 선발한 수종으로, 우리나라에는 1955년 도입되어 보급되었다. 암수 분리 수종이며, 4월에 개화한다. 화분의 크기는 22~27㎛이며, 발아구가 없는 무구형이다 (Fig. 34). 초여름에 솜털 모양의 씨앗이 날리게 되는데 이것이 꽃가루 알레르기 원인으로 오인되어 많이 벌목되어서 현재는 많이 분포되어 있지 않다.

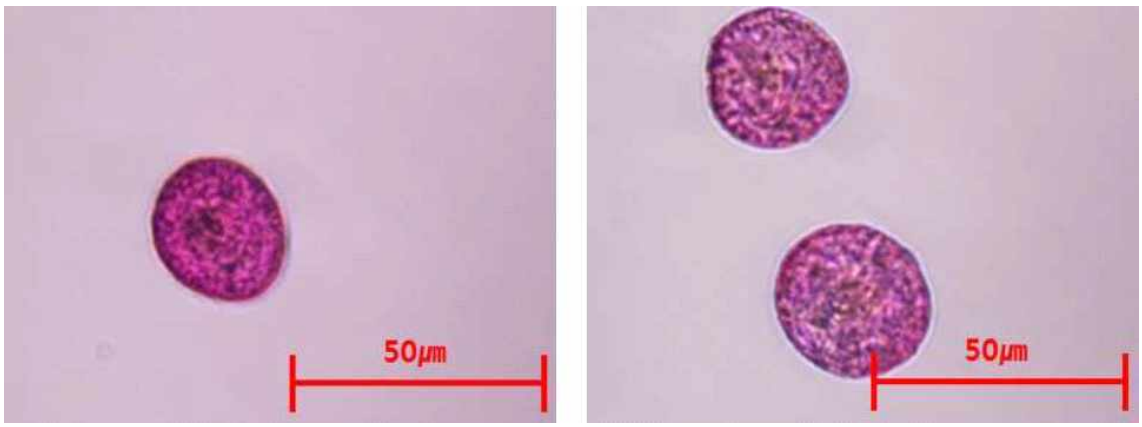


Fig. 34. 양버들 꽃가루 표본

(1.7.2) 버드나무속

*분류명: *Salix* (버드나무)

버드나무속 식물은 세계적으로 약 350여 종이 있으며, 국내에는 약 35개 종이 있다고 알려져 있다. 대표적인 종은 호랑버들, 왕버들, 능수버들, 수양버들, 버드나무 등이 있다. 버드나무는 전국 각처에 하천유역이나, 산기슭, 인가 주변 등에서 흔하게 자라는 낙엽교목으로 암수와 수나무가 따로 있으며, 꽃은 4월에 잎과 함께 개화한다. 화분의 크기는 20~24㎛이며, 발아구는 공구형으로 3개를 가지고 있으며 화분 표면은 그물 모양이다 (Fig. 35). 알레르기 항원성은 그리 높지 않으며, 주위에서 흔히 볼 수 있는 것은 수양버들이며, 능수버들은 많지 않다. 사시나무와 같이 솜털 모양의 씨앗이 공중에 비산하여 알레르기 원인으로 오인되기도 하였다.

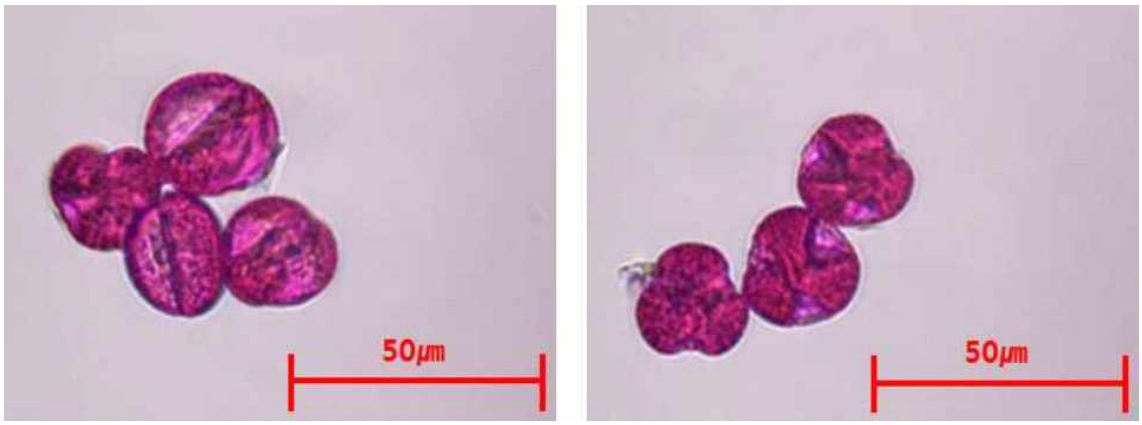


Fig. 35. 호랑버들 꽃가루 표본

(1.8) 느릅나무과

(1.8.1) 팽나무속

*분류명: *Celtis* (팽나무)

팽나무속 식물은 세계적으로 약 100여 종이 있으며, 국내에는 약 9개 종이 있다고 알려져 있다. 대표 종으로는 산팽나무, 왕팽나무, 팽나무 등이 있다. 우리나라 전 지역에 생육할 수 있고, 다습한 해안지방, 도서지방에 거목이 많이 남아 있다. 낙엽활엽교목으로 느티나무와 함께 마을 주변에서 많이 볼 수 있는 향토 수종이다. 꽃은 4~5월에 개화하며, 화분립은 단립으로 크기는 24~26㎛이며, 발아구는 공형으로 3개를 가지고 있다 (Fig. 36). 꽃가루 알레르기의 주요 원인이라고 알려진 바는 없으나, 알레르기 유발식물인 느릅나무속과 근연속이라는 점에서 지속적인 관측정보가 필요하다.



Fig. 36. 팽나무 꽃가루 표본

(1.8.2) 느릅나무속

*분류명: *Ulmus* (느릅나무)

느릅나무속 식물은 북반구 온대지역에 30여 종이 있으며, 국내에는 6개 종이 있다고 알려져 있다. 대표적인 수종은 참느릅나무, 왕느릅나무, 느릅나무 등이 있다. 느릅나무는 경기 이남의 냇가 주변에서 흔히 자라며, 제주도에도 분포한다. 대부분 봄에 양성화로 3~4월에 개화하나, 9~10월에 개화하는 참느릅나무도 있다. 화분은 단립이며, 크기는 24~28㎛이고, 발아구는 공형으로 4~5개를 가지고 있다 (Fig. 37). 외래 도입종으로 미국느릅나무는 공원이나 도로변에 간혹 식재하기도 한다. 느릅나무속은 강한 알레르기 항원성을 가지고 있으며, 과거와 비교하면 점차 환자들의 알레르기 반응률이 높아지고 있다.

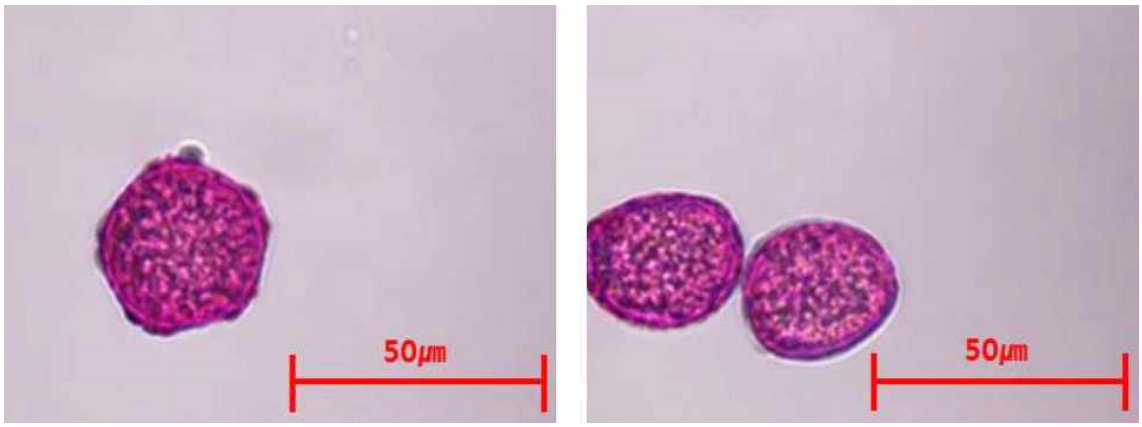


Fig. 37. 미국느릅나무 꽃가루 표본

2. 잔디류

벼과 식물은 세계적으로 약 650속이 있으며, 우리나라에는 약 94속 212종이 있다고 알려진 피자식물 중 가장 큰 과 중 하나이다. 일년초, 또는 다년초이며, 줄기는 마디를 제외하고 속이 비어 있다. 곡류로 알려진 벼, 보리, 밀, 귀리, 수수, 옥수수 등이 이 과에 속한다. 화분의 크기는 22~100㎛로 다양하나 25~40㎛의 크기를 가지는 화분이 알레르기를 일으키는 것으로 알려져 있으며, 벼과 꽃가루는 광학현미경 상으로 각 속간이나 종간의 명확한 분류가 어렵다. 현재 꽃가루 관측망에서는 우산잔디(*Cynodon dactylon*), 오리새(*Dactlis glomerata*), 큰조아재비(*Phleum pratense*), 잔디(*Zoysia japonica*) 꽃가루를 총칭하여 Poaceae(잔디류)로 통합 분류하여 관찰하고 있다.

(2.1) 벼과 (잔디류)

*분류명: Poaceae (잔디)

우산잔디속은 아프리카 원산이며, 전 세계에 약 10여 종이 분포하며, 국내에는 1개 종이 있다고 알려져 있다. 남부 해안가에 자생하는 다년초로, 끝부분이 3~7개 가지가 우산대 모양으로 갈라져 있어 우산잔디라고 불리며, 6~8월에 개화한다. 화분은 단립으로, 크기는 28~30㎛이며, 단공형이다 (Fig. 38 A, B). 유럽 및 북미지역에서 알레르기와 관련된 주요한 식물이다.

오리새속 식물은 전 세계에 1종이 분포하며 국내에도 1종이 존재한다고 알려져 있다. 유럽 원산의 다년생으로 전국 각 처의 길가나 빈터, 강둑 등에 자생한다. 꽃은 6~7월에 개화하며, 화분은 단립형, 크기는 34~40㎛로 단공형이다 (Fig. 38 C, D).

큰조아재비속은 세계적으로 12개 종이 있고, 국내에는 2개 종이 있다고 알려져 있다. 전국 각 처의 야산, 밭 주변, 강둑 가에 자생하는 다년생이다. 꽃은 6~7월에 개화하며, 화분은 단립, 크기는 38~42㎛로 단공형이다 (Fig. 38 E, F). 잔디류에 의한 알레르기증세가 의심되는 경우 대표적으로 알레르기 피부반응검사를 시행하는 식물이다.

잔디속 식물은 세계적으로 10종이 있고, 국내에는 5개 종이 있다고 알려져 있다. 우리나라 각 처의 산, 들 해안가나 물가 등에서 나는 다년초이며, 5~6월에 개화한다. 화분은 단립이며, 크기는 22~122㎛로 매우 다양하며, 원형으로 단공형이다. 잔디의 항원성 여부에 관한 연구가 많지 않으나, 국내에서는 알레르기 유발성이 강하지 않는 것으로 알려져 있다.

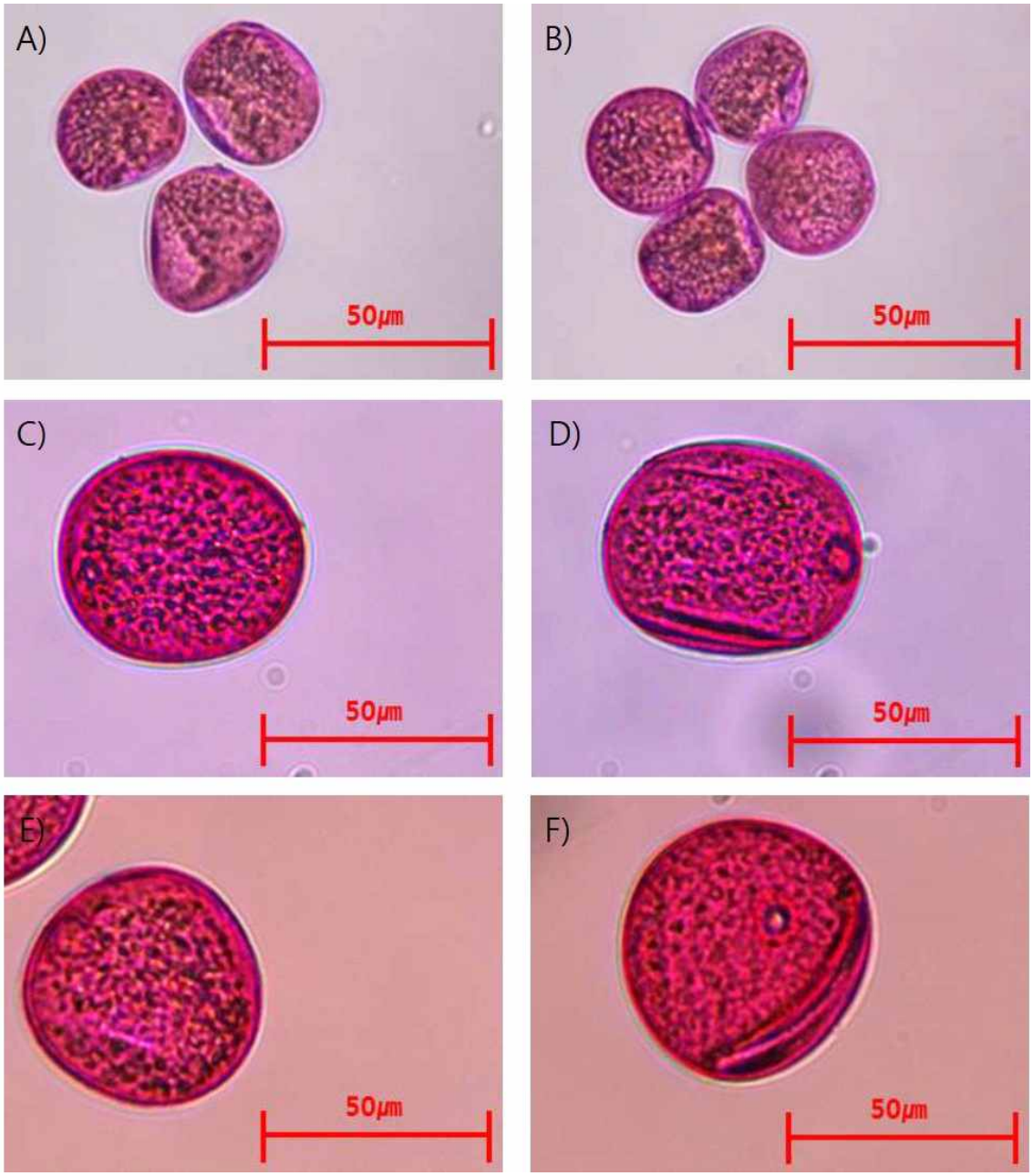


Fig. 38. 잔디류 꽃가루 표본 (A,B: 우산잔디, C,D: 오리새, E,F: 큰조아재비)

3. 잡초류

(3.1) 비름과

*분류명: Am-Chen (비름)

비름은 전 세계적으로 약 60종이 있으며, 국내에는 5개 종이 알려져 있다. 이 중 개비름은 우리나라 각처의 산, 밭, 길가에 흔히 자라는 유럽 원산의 1년생 귀화식물로 6~9월에 녹색의 꽃이 핀다. 화분은 단립, 크기는 22~24㎛로 다공형이다. 털비름은 열대 아메리카 원산으로 국내에는 주로 중부지방의 밭이나 길가에 나는 한해살이풀이다. 꽃은 7~8월에 피며, 화분은 단립으로 크기는 28~29㎛로 다공형이다 (Fig. 39). 청비름도 열대 아메리카 원산의 1년생 귀화식물로 7~9월에 꽃이 핀다. 비름의 꽃가루는 전자현미경에서 보면 명아주 꽃가루와 크기 및 모양이 아주 유사하다. 또한, 가을철 꽃가루 알레르기의 주요 원인으로 강한 알레르기 항원성을 보이며, 서로 간에 교차 알레르기 반응을 보인다.

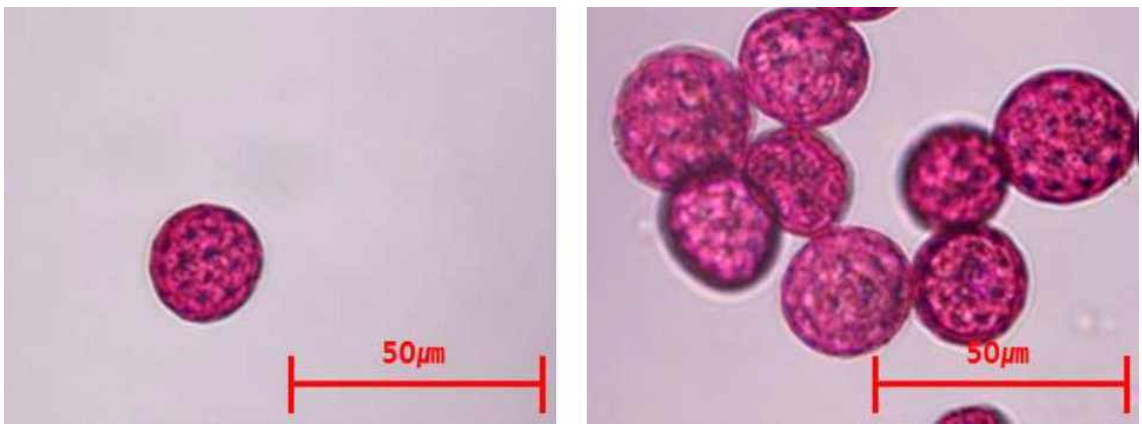


Fig. 39. 털비름 꽃가루 표본

(3.2) 국화과

(3.2.1) 돼지풀속

*분류명: *Ambrosia* (돼지풀)

돼지풀속은 전 세계에 약 43여 종이 있으며, 국내 2 개종, 12 변종이 있다고 알려져 있다. 돼지풀은 초본성 1년생으로, 북아메리카 원산의 귀화식물이다. 잎은 쑥잎과 유사한 형태를 가지며, 꽃은 8~9월에 황록색으로 핀다. 화분은 단립으로, 크기는 20~22㎛이며, 발아구는 공형과 구형이 같이 있는 공구형 3개를 가지고 있다. 화분의 표면은 작은 바늘 모양의 돌기들이 있다(Fig. 40). 봄에 비가 많이 오고, 가을에 덥고 건조한 날씨가 되면 꽃가루 양이 많아지는 경향이 있다. 단풍잎돼지풀은 북미 원산의 귀화식물로 8~9월에 꽃이 핀다. 변종이 둥근잎돼지풀은 잎이 갈라지지 않고 타원형이며, 서울 근교에서 드물게 관찰된다. 화분의 크기는 20~22㎛로 발아구는 돼지풀과 같다. 돼지풀 종류는 가을철 강한 알레르기 항원성을 가지고 있는 대표적인 알레르기 유발식물이다.

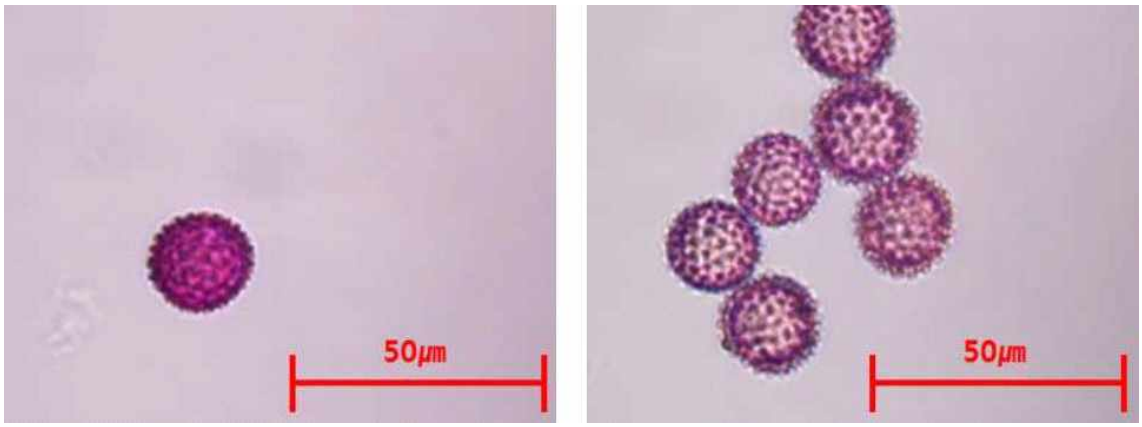


Fig. 40. 돼지풀 꽃가루 표본

(3.2.2) 쑥속

*분류명: *Artemisia* (쑥)

쑥속 식물은 초본성 다년생으로 북반구에 약 390종이 있으며, 국내에는 32종이 있는 것으로 알려져 있다. 전국 각지의 산야지, 초원, 길가 언덕 및 둑 등지에 흔히 자생하며 7~9월에 연한 홍자색의 꽃이 핀다. 화분은 단립이며, 크기는 21~24㎛로, 발아구는 공구형이고 3개를 가지고 있다 (Fig. 41). 우리나라 토종 식물로서 강한 알레르기 항원성을 보이는 대표적인 식물이다. 쑥속 식물 사이에 교차 알레르기 반응이 있어 국내외에서 사용되는 쑥 알레르기 피부 시험시약은 대개 Mugwort로 만들어진다.

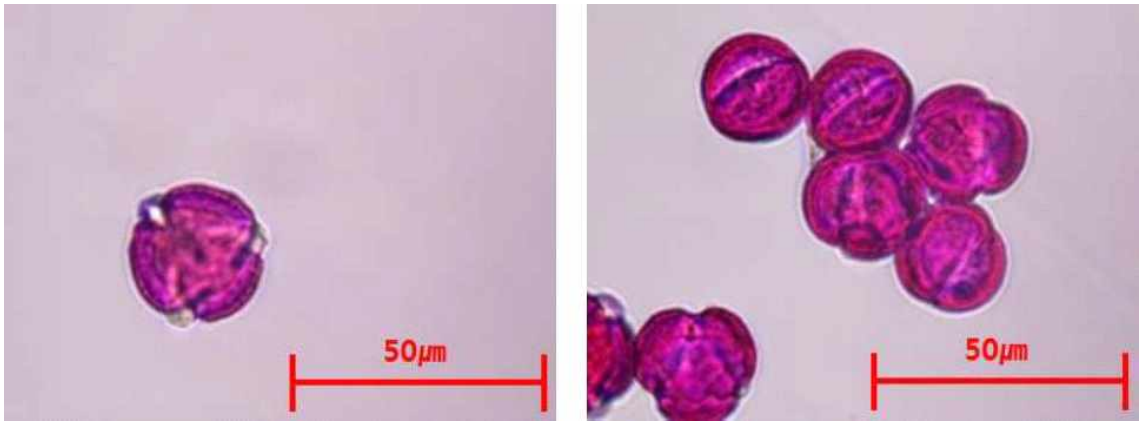


Fig. 41. 쑥 꽃가루 표본

(3.3) 삼과

(3.3.1) 환삼덩굴속

*분류명: *Humulus* (환삼덩굴, Japanese hop)

환삼덩굴속 식물은 덩굴성 한해살이 식물로 북반구에 약 3개 종이 있으며, 국내에는 이 중 2개 종이 있다고 알려져 있다. 전국 각처의 들, 빈터, 개천가 등에 집단으로 군생하며, 흔히 발견되는 생명력이 강한 잡초이다. 꽃은 암수딴그루이며, 8~9월에 꽃이 핀다. 화분은 단립으로, 크기는 22~26㎛이며, 발아구는 공형이고 3개를 가지고 있다 (Fig. 42). 유사 종으로 맥주 원료로 쓰이는 hop 및 환각성이 있는 대마 등이 있다. 돼지풀, 쑥, 명아주 등과 함께 가을철 주요 꽃가루 알레르기 원인으로서 알레르기 발병률이 높아져 가고 있는 식물이다.

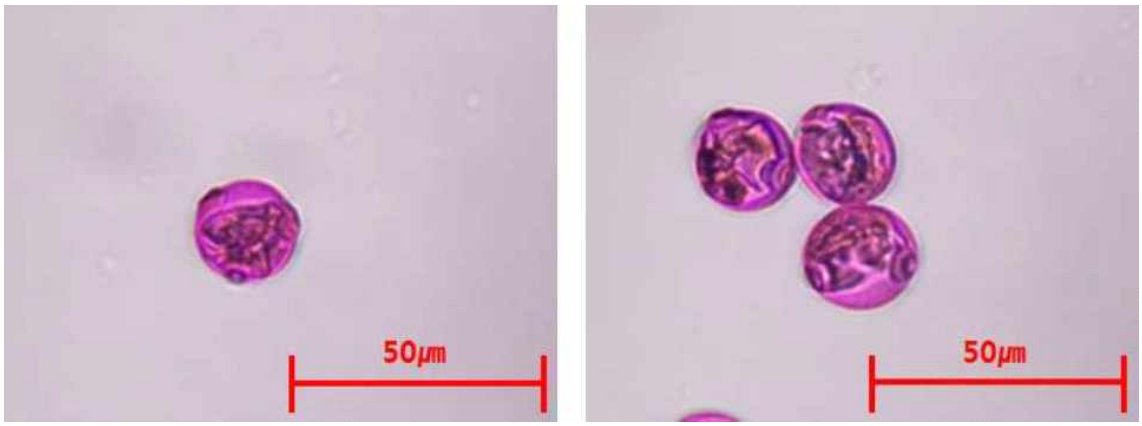


Fig. 42. 환삼덩굴 꽃가루 표본

(3.4) 명아주과

*분류명: Chen-Am (명아주)

명아주는 세계적으로 약 170여 종이 있으며, 국내에는 약 9개 종이 있는 것으로 알려져 있다. 대표 종으로는 명아주, 양명아주, 취명아주 등이 있다. 명아주는 유라시아 원산으로 전국 각지에서 흔히 자생하는 1년생 초본으로 귀화식물이다. 양명아주는 명아주속 식물 중 가장 알레르기 항원성이 강한 식물로 남아메리카 원산이며, 한국전쟁 이후 들어온 귀화식물이다. 명아주는 6~9월에 꽃이 피며, 화분의 크기는 26~28㎛로 발아구는 다공형(약 52개)이다 (Fig. 43). 명아주는 비름과 꽃이 피는 시기 및 군생 지역이 같으며, 알레르기 항원성이 높고 서로 간에 교차 알레르기 반응이 나타난다.

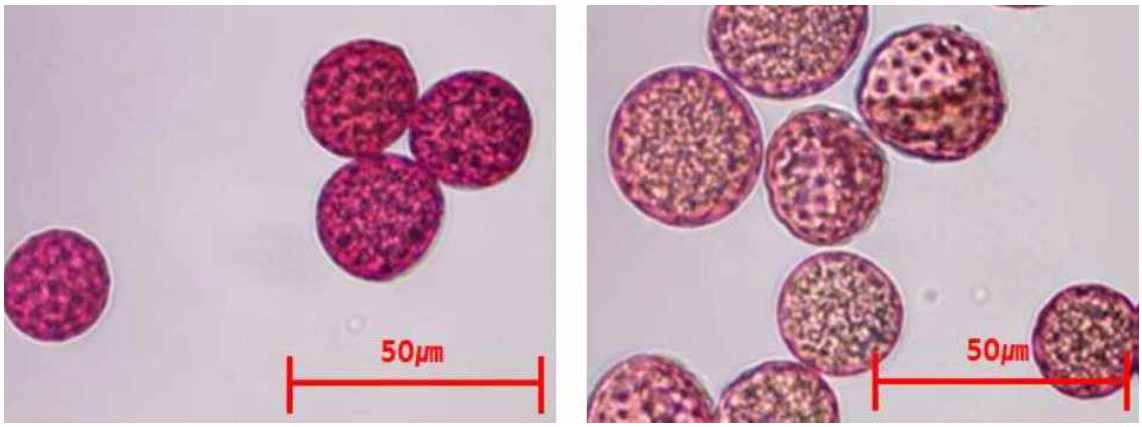


Fig. 43. 명아주 꽃가루 표본

(3.5) 질경이과

(3.5.1) 질경이속

*분류명: *Plantago* (질경이)

질경이속 식물은 세계적으로 약 250여 종이 있으며, 국내에는 6개 종이 있다고 알려져 있다. 전국 각지의 산이나 길가 등에서 흔히 볼 수 있고, 차가 다니는 도로에서도 잘 자란다고 하여 차전초라 부르기도 한다. 대부분 한해살이풀이나 왕질경이는 바닷가 양지에 자라는 다년생초로 전체에 털이 없다. 대부분 질경이의 꽃은 흰색이며 6~8월에 핀다. 화분은 단립형이며, 크기는 23~28㎛로 발아구는 공형이며 5~6개를 가지고 있다. 단, 창질경이의 화분의 크기는 23~25㎛로 유사하지만, 발아구가 다공형(약 12개)이다 (Fig. 44). 창질경이는 질경이속 식물 중 알레르기 항원성이 가장 강하다고 알려져 있다.

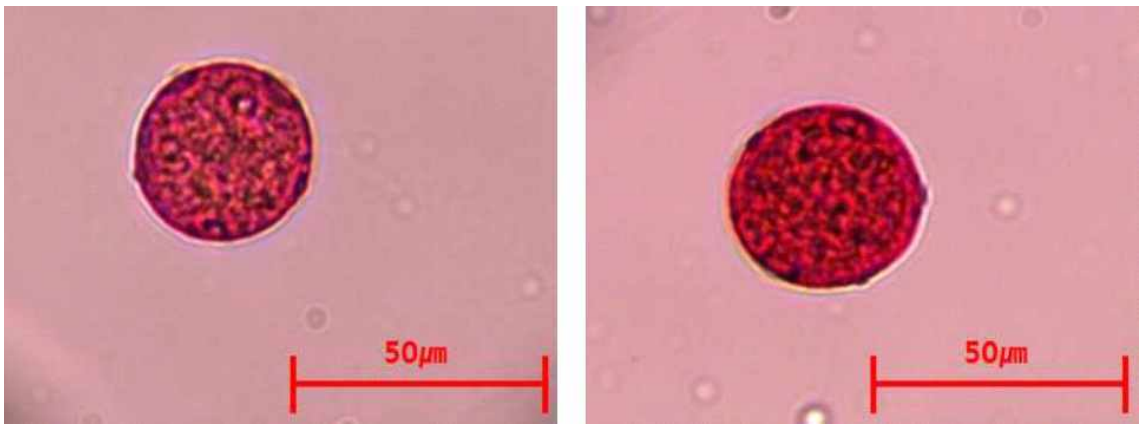


Fig. 44. 창질경이 꽃가루 표본

(3.6) 마디풀과

(3.6.1) 소리쟁이속

*분류명: *Rumex* (수영)

소리쟁이속은 세계적으로 약 200여 종이 있으며, 국내에 귀화식물로 약 12개 종이 있다고 알려져 있다. 전국 각처의 산야지, 길가, 초원 등에 흔히 자생하는 여러해살이풀로 5~7월에 꽃이 핀다. 화분은 25~30㎛, 단, 애기수영은 20~24㎛로 발아구는 모두 구형으로 3~4개를 가지고 있는 형태이다 (Fig. 45). 알레르기 항원성을 가지고 있으며, 소리쟁이속(수영속) 식물에 알레르기 반응을 보이는 환자는 마디풀과 메밀속 식물인 메밀(*Fagopyrum esculentum*)에도 같은 알레르기 반응을 보일 수 있다.

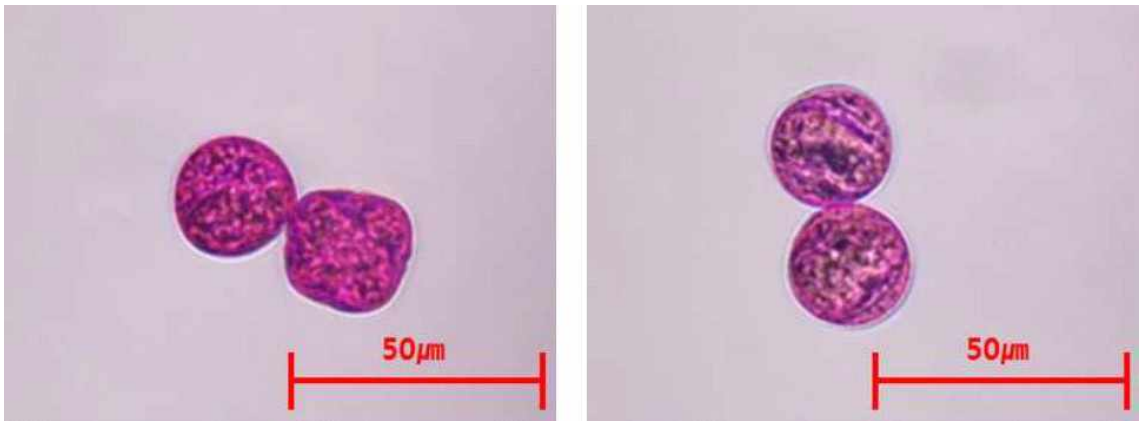


Fig. 45. 애기수영 꽃가루 표본

제 5 절 보건기상(꽃가루) 서비스 현황

1. 꽃가루 달력

꽃가루 달력은 기상청과 국립기상과학원이 개발하여 꽃가루 알레르기 환자와 국민에게 제공하는 서비스이며, 현재 국립기상과학원 홈페이지 (http:// www.nims.go.kr ; '기상기후이야기' -> '알기쉬운 기상이슈' -> '꽃가루' -> '4.꽃가루 달력')에서 2019년판 달력을 확인할 수 있다. 지역별, 식물별, 기간별(월)로 나누어 정보를 제공하여 각 지역에서 원하는 종류의 꽃가루에 대한 정보를 얻을 수 있도록 하였다 (Fig. 46).



Fig. 46. 국립기상과학원 홈페이지 꽃가루 달력 정보 제공

2. 오늘의 꽃가루 정보 제공

국립기상과학원 홈페이지 (http://www.nims.go.kr ; '기상기후이야기' -> '알기쉬운 기상이슈' -> '꽃가루' -> '오늘의 꽃가루(서울)')에서는 꽃가루에 의해 알레르기가 많이 발병하는 계절 동안 구리 한양대병원에서 매일 수동관측기로 측정한 꽃가루 양에 대한 정보를 알 수 있다. (Fig. 47). 오늘의 꽃가루(서울)는 봄철 수목류 꽃가루가 많이 비산되는 기간(4~5월)과 초본류 꽃가루가 많이 비산되는 기간(8~10월)에 제공한다.



Fig. 47. 국립기상과학원 홈페이지 오늘의 꽃가루 정보 제공

3. 꽃가루 농도 위험지수 정보 제공

꽃가루 농도 위험지수는 기상청 날씨누리 홈페이지 (http://www.weather.go.kr ; 기상청 날씨누리 -> '생활기상정보' -> '보건기상지수' -> '꽃가루농도위험지수')에서 확인할 수 있다. 봄철 4~6월에는 참나무와 소나무, 가을철인 8~10월에는 잡초류에 대해 지역별로 2일간의 예보 정보가 제공된다. 일별 예보는 매우 높음, 높음, 보통, 낮음의 4단계로 구분되는데 이에 따른 대응요령 정보도 함께 제공된다 (Fig. 48).

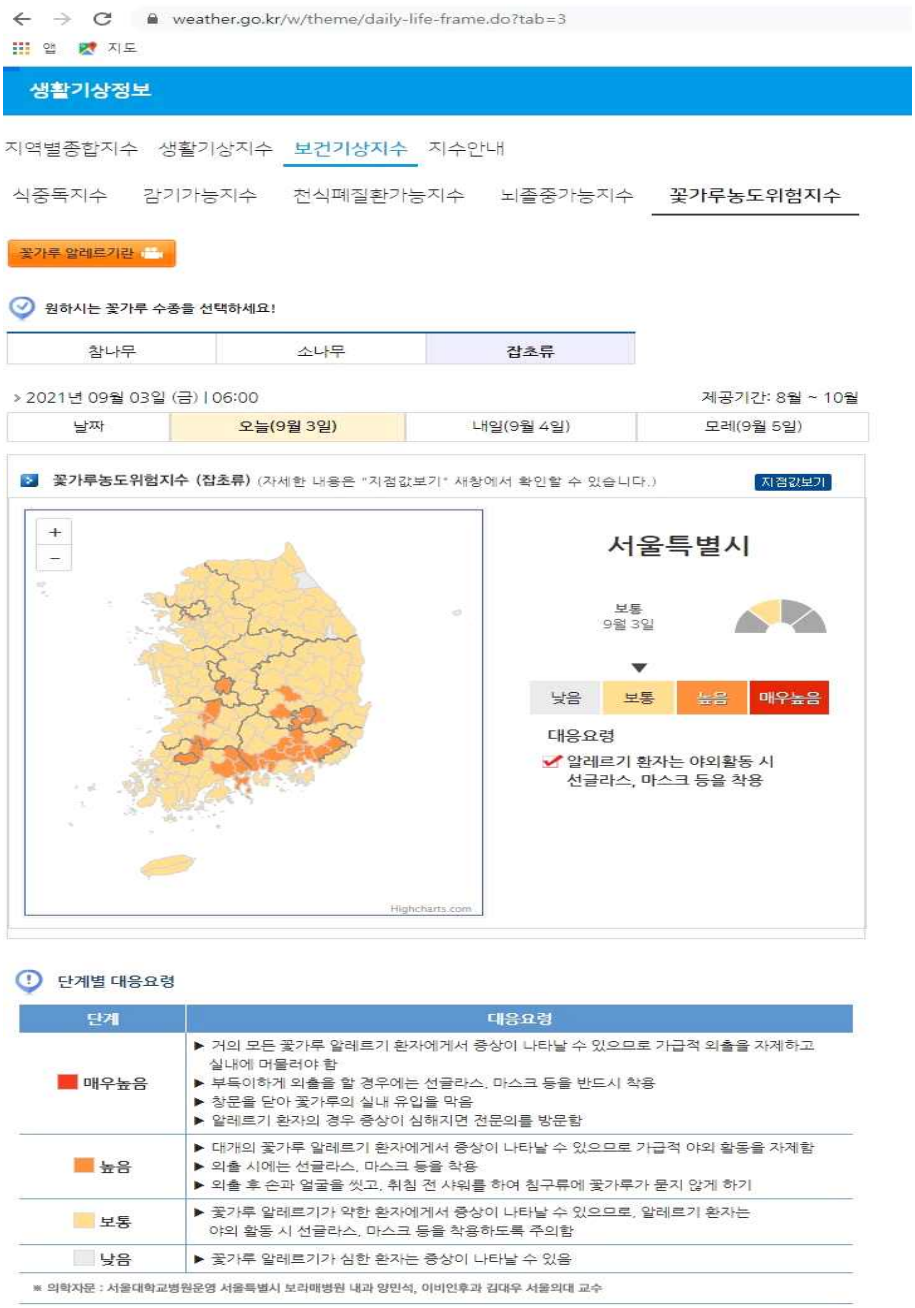


Fig. 48. 기상청 날씨누리 홈페이지 꽃가루농도위험지수 정보 제공

제 4 장 꽃가루 자동 분석기

제 1 절 꽃가루 관측기 현황

유럽 외 여러 국가에서는 다양한 종류의 대기 중 꽃가루 농도에 대한 실시간 정보를 제공하며, 이를 이용하여, 꽃가루 종류별 농도 예측을 통해 보건기상 정보서비스를 제공한다. 이러한 서비스는 대기 중 꽃가루 농도에 대한 지속적인 관찰을 통해 축적한 데이터 및 실시간 관측정보와 함께 융합하여 만들어진다.

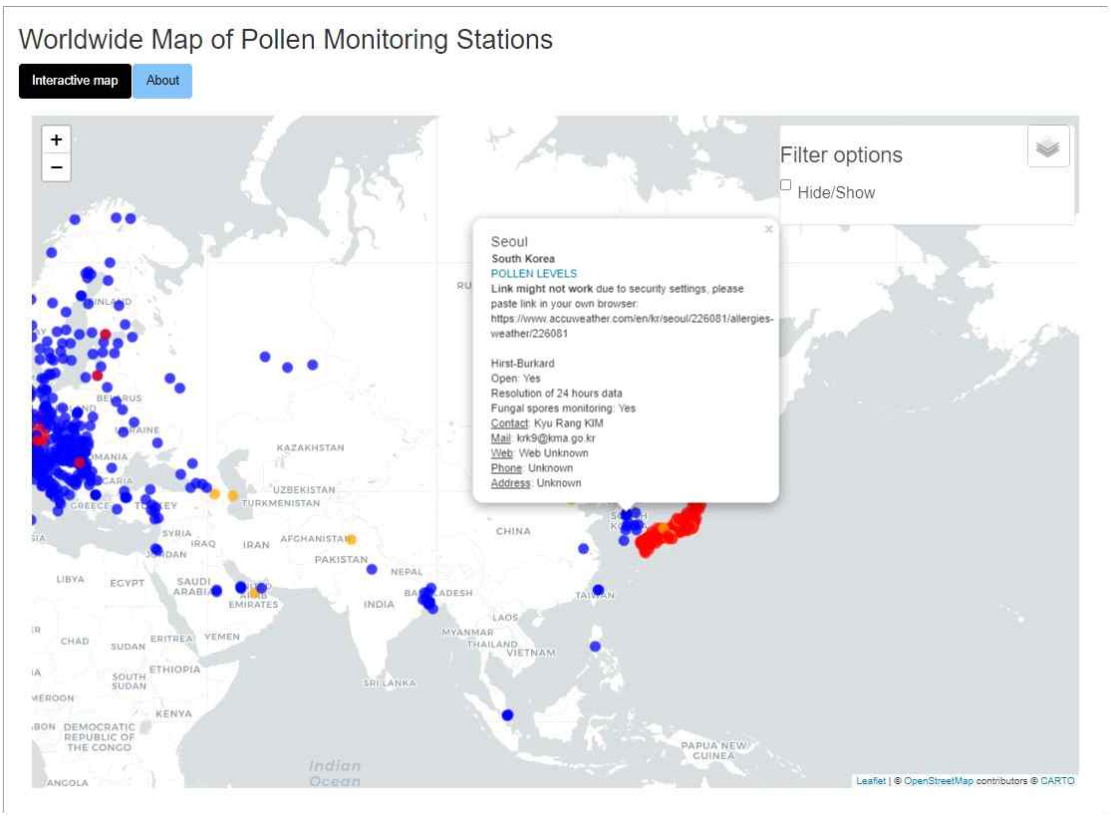


Fig. 49. 꽃가루 관측지점 'Worldwide map' (eaaci.org)

전 세계의 꽃가루 관측지점은 공개적으로 총 1,010개 지점이며, 자동 175개 지점, 'Burkard' 수동 690개 지점, 기타 수동 145개 지점이다. 자동화 시스템은 아시아, 유럽, 아메리카, 오세아니아 순으로 보유하고 있으며, 아시아는 전량 일본이 보유하고 있다 (Table 4). 현재 국내에는 국립기상과학원이 12개 지점에서 수동방식으로 관측망을 보유하고 있으며 (Fig. 49), 2021년 6월에 강원지방기상청 내에 자동관측기 'Pollensense' 1기를 시범 설치하였다.

Table 4 전 세계 꽃가루 관측지점

대륙	관측방법			
	자동	수동(Burkard)	수동(기타)	전체
아메리카	21	48	109	178
아시아	124	64	28	216
아프리카	0	2	3	5
오세아니아	1	21	0	22
유럽	29	555	5	589
전체	175	690	145	1010

*아프리카대륙 북서쪽에 위치한 섬은 소속 국가령으로 카운트: Ponta Delgada, Funchal 은 포르투갈, Santa Cruz de Tenerife, Las Palmas는 스페인, 터키는 지리상 아시아로 구분, 비공개 관측지점은 제외 하였음

제 2 절 꽃가루 자동 분석기 종류

생물학적 에어로졸 입자의 검출 방법은 다양한 연구 분야와 지속 가능한 보건기상 분야에서 새로운 쟁점이 되고 있다. 특히, 꽃가루 자동 검출 기술은 보건기상 예측 정보 제공을 위해 자동감지 및 실시간 온라인 데이터 전송 기술이 개발되고 있다. 현재까지 꽃가루 자동 검출에 활용 가능한 주요 과학적 및 기술적 방법론은 fluorescence spectroscopy, elastic scattering holography, breakdown spectroscopy 등이 있다.

현재 꽃가루 자동관측기를 개발하여 상용화된 제품으로, 미국 1개 (Pollensense), 독일 1개 (BAA500), 스위스 2개 (Poleno, Rapid-E) 일본 1개 (KH-3000) 제품이 있다 (Fig. 50). 각 제품의 꽃가루 분석에 쓰이는 방법론은 Table 5에 정리되었다.



Fig. 50. 꽃가루 자동관측기 모델별 설치 사진

Table 5 꽃가루 자동관측기 분석 방법 종류

모델	감지원리	분석타입	매개변수	입자[㎛]	기타
BAA500	광학현미경을 이용한 고화질 이미지	광학현미경	현미경 이미지	>5	다양한 꽃가루
KH-3000	탄성 산란	탄성 산란	전방 및 측면 산란	>10	선택적 꽃가루
Poleno	형광, 탄성 산란, 홀로그래피	레이저유도형광 (다채널)홀로그래피	입자크기, 여러채널의 형광, 홀로그램 이미지	0.5-100	다양한 꽃가루
Pollensense	광학현미경을 이용한 고화질 이미지	광학현미경	현미경 이미지	>5	다양한 꽃가루
Rapid-E	형광	레이저유도형광 (다채널)	입자크기, 형광강도	0.5-100	다양한 꽃가루

제 5 장 꽃가루 자동 분석기 'Pollensense' 시범 설치 및 운영

제 1 절 꽃가루 자동 분석기 설치 준비

1. 설치 지침

(1) 기본 설치 지침

2021년 현재 운영 중인 수동관측기와 비교관측을 위해서 강원지방청 수동관측기가 있는 동일 장소에 꽃가루 자동관측기인 Pollensense 1기를 설치하여 시범운영 하였다. Table 6은 설치된 Pollensense 의 제품규격이다.

기기의 설치에 주의할 점은 전후좌우 10m (35ft) 이내 큰 수목이 없어야 하며, 수목의 수고와 비교적 수평이 되도록 설치하는 것이 좋은 환경이라는 점이다. 또한, 비교관측 시 다른 기기와의 간섭이 없도록 최소 2m 간격을 두어서 설치해야 한다 (Fig. 51).

Table 6 꽃가루 자동관측기 'Pollensense' 기본 사항

Category	Specification
Device physical dimensions	(L * W * H / mm) 346.71 * 295.91 * 1.52
Power requirements	110 - 220v AC via standard household current, USA AC/DC converter for 12VDC, 6A to device
Network interfaces	Ineternet access required, Wireless 102.11 n, b, g, Ethernet 10/100/1000Gb, Cable: RJ45 or Ethercon
Suggested temperature operation range	-20 to 50℃
Chassis features	Material: polycarbonate UV rating: f1 2 * Pad lok pins
Maintenance requirements	~1mon: change tape (depending on the density) periodic dust cleaning and checking of inlet and outlet
Environmental limitations	Excess vibration impairs effective imaging Heavy saturation of airborne particulates
Climate	The device contains sensitive instruments. It should be disconnected and sheltered during harsh winters, if applicable.

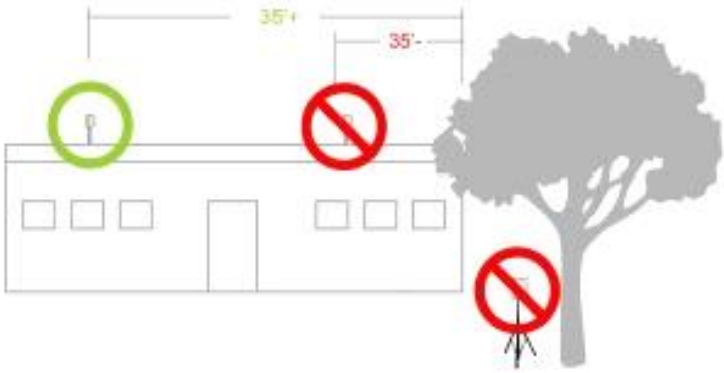


Fig. 51. 꽃가루 자동관측기 'Pollensense' 설치 유의거리

(2) 분석기기 (Pollensense)

Fig. 52는 꽃가루 자동관측기 'Pollensense' 주요 부속품에 대한 사진이다. 수동관측의 전 과정을 온 보드 PC, 컨트롤보드를 설치하여 하나의 상자 형태로 하여 구성한 것을 알 수 있다. 카메라 렌즈는 360배율이다.



Fig. 52. 꽃가루 자동관측기 'Pollensense' 제품의 주요 구성 부품

2. 시범 설치 위치

꽃가루 자동 분석기 시범 설치 및 수동관측기와 비교 분석 검증을 위해 미국 'PollenSense' 분석기기를 수동관측기가 설치된 강원지방기상청 관측장소에 2021년 05월 31일 시범 설치하였다. 강원지방기상청은 강원도 강릉시 과학산업단지 내 과학단지로 130에 있으며, 위도 37.80522도, 경도 128.8548도, 해발 75.24m이다. Fig. 53은 수동관측기와 비교 분석을 위해 설치 완료된 자동관측기 사진이다.



Fig. 53. 꽃가루 수동 및 자동 비교관측을 위한 시범 설치 (강원지방기상청 관측장소)

제 2 절 꽃가루 자동 분석기 설치방법

1. Pollensense 노장 설치방법 및 순서

자동관측기 설치방법 및 순서에 대해서 아래의 순서와 그림을 통해 설명한다.

(1) 기반설치 (Fig. 54)

ㄱ. 설치할 지점에 사전에 준비 제작한 설치 봉 지지대 매설 작업을 한다.

*기존 수동관측기가 설치되어 있을 시 최소 2m 이상 간격을 두고 설치해야 한다.

ㄴ. 노장에 있는 전력공급지부터 설치할 지점까지 배선 매립 기초 작업을 한다.



Fig. 54. 지지대 매립

(2) 배선설치 (Fig. 55)

ㄱ. 꽃가루 자동관측기에 필요한 전원공급배선 1개 라인, 통신망 배선 1개 라인을 매립 배관을 통해 연결한다 (Fig. 55 A).

ㄴ. 전원공급지 전원이 내려져 있는지 확인한 후 배선작업을 실시한다 (Fig. 55 B).

ㄷ. 수평자를 이용해 수평을 맞춘 뒤 지지대와 배선을 설치한다 (Fig. 55 C).

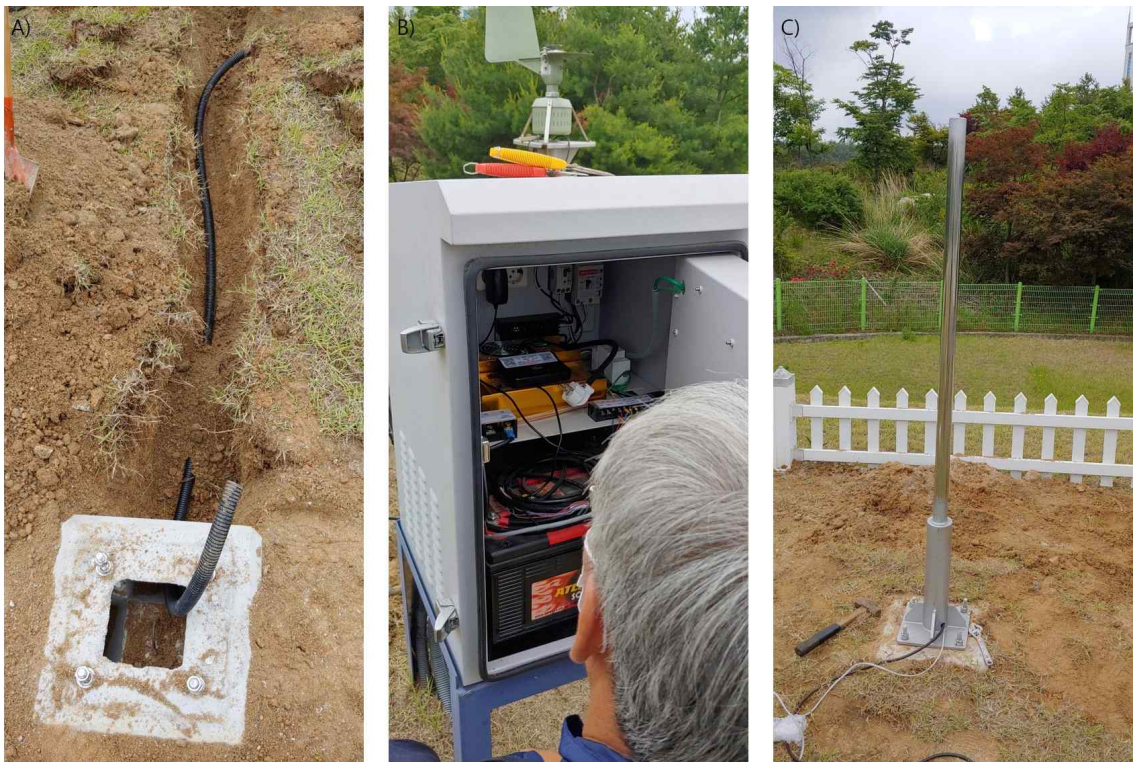


Fig. 55. 자동관측기 설치 배선작업

(3) 자동관측기 본체 설치 (Fig. 56)

ㄱ. 사전에 제작한 사각형의 고정판과 분석기기 본체를 볼트를 이용해 체결한다 (Fig. 56 A).

ㄴ. 지침에 따라 지상으로부터 1.5m 높이에 흡입구가 위치하도록 한다.

ㄷ. ‘U’ 자형의 체결 고리와 볼트를 이용해 설치 봉에 고정한다 (Fig. 56 B).

ㄹ. 설치된 배선을 배전 정리함을 따로 설치하여 정리한다 (Fig. 56 C).

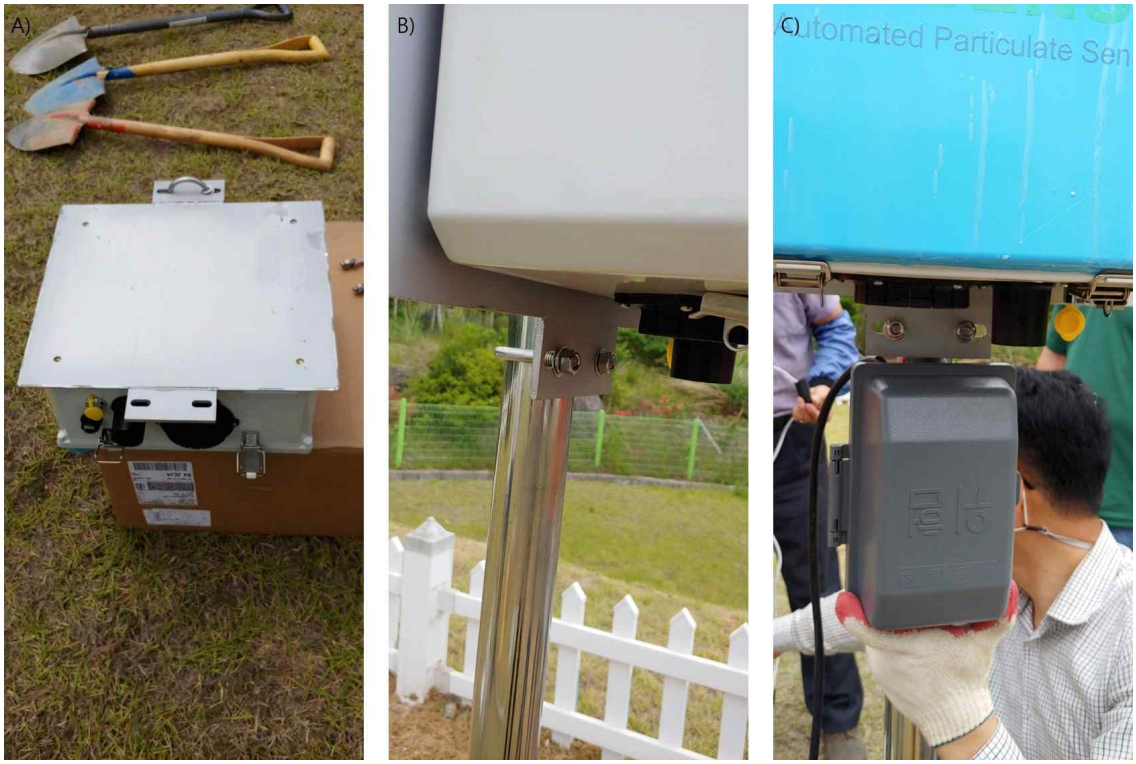


Fig. 56. 자동관측기 본체 고정작업

(4) 자동관측기 전원 및 통신 연결 (Fig. 57)

ㄱ. 정리된 랜선과 전원 잭을 본체와 연결한다 (Fig. 57 A, B, C).

ㄴ. 체결을 확인 후 공기 배출구 호스를 본체와 연결한다 (Fig. 57 D).

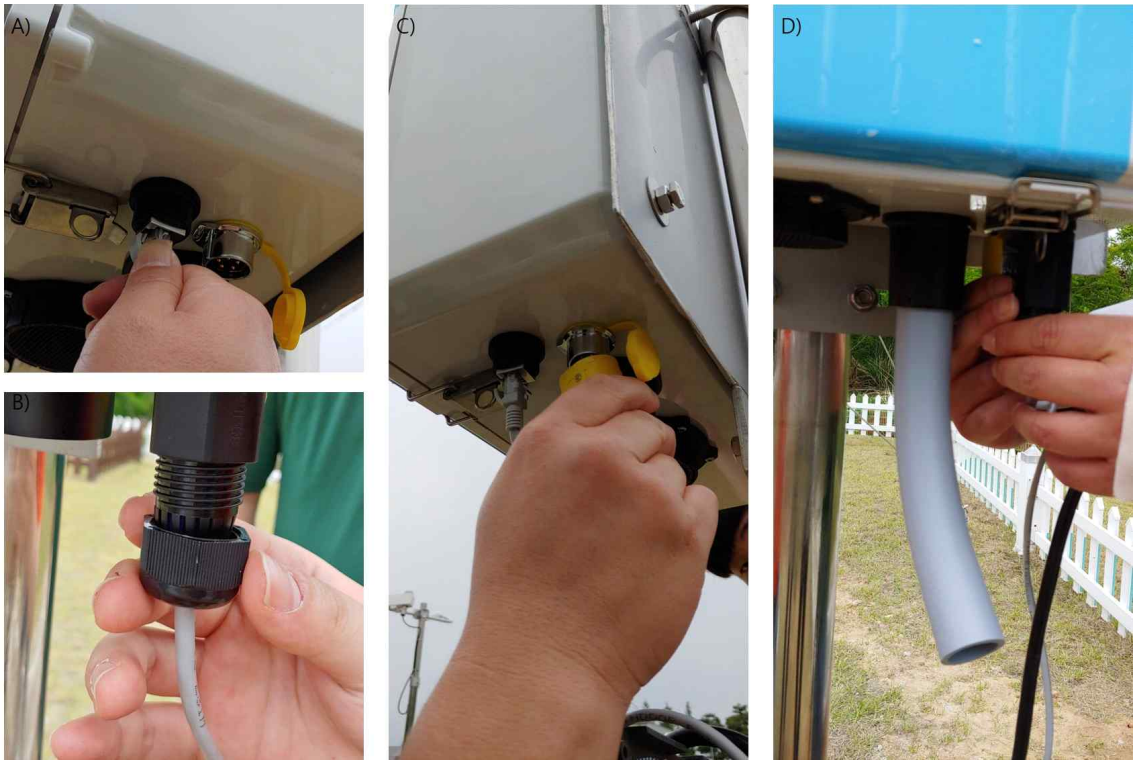


Fig. 57. 자동관측기 전원 및 통신 배선 설치작업

(5) 전원 및 통신 연결 확인 (Fig. 58)

ㄱ. 장치 아이디 등을 기록한 후, 통신용 어댑터 전원과 분석기기 본체 전원을 배전함에서 스위치를 켠다 (Fig. 58 A, B, C, D).

ㄴ. 본체 흡입구 펜 소리가 나오는지 물리적으로 확인하고, 체결 부위를 최종 점검한다 (Fig. 58 E).



Fig. 58. 자동관측기 설치 마무리 작업

(6) 꽃가루 자동분석기 자료 확인

ㄱ. Pollensense 관리 포털 (portal.pollensense.com) 에 접속하여 데이터 송신이 정상적으로 되는지 확인한다 (Fig. 59 A, B)

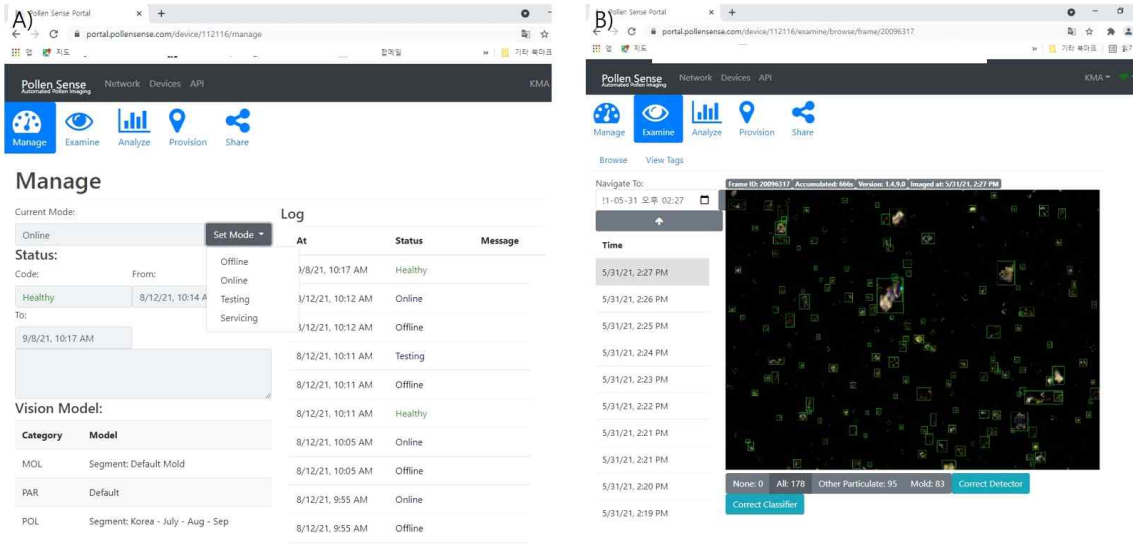


Fig. 59. 꽃가루 자동관측기 설치 후 데이터 전송 확인 작업

제 6 장 요약 및 결론

바람을 통해 확산된 꽃가루에는 인간의 알레르기 반응을 일으키는 특정 단백질이 있으며, 특히, 이 단백질은 어린 연령에 보건적 영향을 크게 끼친다. 꽃가루 흡입 및 접촉으로 인한 알레르기 반응은 호흡기, 피부병 등과 관련된 질병을 악화시킬 수 있고, 이러한 꽃가루 알레르기 반응은 전 세계 인구의 약 30%, 독일 국민의 15% 대한민국 국민의 약 18%가 일상생활에 불쾌함을 주고 있는 알레르기 질환의 주요 원인이다. 더욱이 산업화와 기후 온난화의 가속화로 인한 식물의 개화 기간이 길어짐에 따라 식물의 환경변화 방어 메커니즘으로 인한 알레르기 유발 항원성이 강해짐과 동시에, 꽃가루에 노출되는 기간이 길어지고, 미세먼지 등 공기오염으로 인한 인체 면역반응에 길항작용으로 알레르기 증상이 심해지고, 비염이나 기관지 천식을 비롯한 아토피 피부염 환자도 급증하고 있다.

국립기상과학원에서는 이러한 국민의 일상생활 속에서 불편함을 예방하고자, 총 13종류의 꽃가루 관측결과를 바탕으로 분석하여 꽃가루 달력을 개발 및 서비스하고 있으며, 국립기상과학원 홈페이지에서 오늘의 꽃가루 서비스를 시행하고 있다.

유럽 외 여러 보건기상 선진국에서는 다양한 꽃가루 종류에 대한 실시간 정보를 제공하며, 종류별 농도 예측을 통해 대국민 서비스를 제공한다. 이러한 서비스는 대기 중 꽃가루에 대한 지속적인 관찰을 통한 축적된 데이터와 꽃가루 달력, 인공지능학습모델 등을 기반으로 만들어진다.

본 기술노트에서는 꽃가루 관측망을 운영하기 수월하도록 꽃가루 알레르기를 일으키는 꽃가루의 정의와 관측 대상 식물의 정보를 요약하였으며, 현재 운영 중인 꽃가루 관측방법인 수동관측 방법에 대한 사전 준비, 관측, 관측 후 동정 과정까지를 기술하여 운영자가 모든 과정을 이해하기 쉽게 하였다. 또한, 지속발전 가능성이 큰 꽃가루 자동관측기 시범 도입에 대한 이해와 설치작업, 꽃가루 종류 분류 과정 등을 기술하였다. 이를 통해 꽃가루 관측방법을 표준화하고, 지속발전 가능한 자동관측 기술의 실용화에 대한 활용을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

제 7 장 참고문헌

국립수목원. 국가표준식물목록 www.nature.go.kr

김미진, 김규랑, 조창범, 한매자, 김백조. 2015. 꽃가루 관측망 현황 및 자료 활용. 국립기상과학원 기술노트 11-1360620-00014-01.

김상배, 박찬호, 정은희, 김선유, 홍석표, 문혜경, 송준호, 공민정. 2015. 한반도 알레르기 유발 꽃가루 가이드북. 국립생물자원관. 두현 ISBN 978-89-6811-187-7 03480.

오재원, 백원기, 김규랑, 김진석, 한매자. 2015. 꽃가루와 알레르기. 한국학술정보(주) ISBN 978-89-268-6725-9.

이혜란, 김규언, 김태정, 김일경, 박종화, 오재원. 2001. 한국의 알레르기 식물. 대한 소아알레르기 및 호흡기학회, 식물추장 ISBN 89-951348-5-2.

한매자, 김민우, 조창범, 김규랑, 하종철. 2019. 꽃가루 관측망 운영자를 위한 기술노트. 국립기상과학원 기술노트 11-1360620-000155-01.

홍천수. 2014. 한국 꽃가루 알레르기 도감. 디스커버리미디어 ISBN 978-8996911630.

Damialis, A., Kaimakamis, E., Konoglou, M., Akritidis, I., Traidl-Hoffmann, C., Giouleka, D., 2017. Estimating the abundance of airborne pollen and fungal spores at variable elevations using an aircraft: how high can they fly? Scientific Reports 7,44535.

Kasprzyk, I., Ćwik, A., Kluska, K., Wójcik, T., Cariñanos, P., 2019. Allergenic pollen concentrations in the air of urban parks in relation to their vegetation. Urban Forestry and Urban Greening 46,126486.

Pacini, E., Dolferus, R., 2019. Pollen developmental arrest: Maintaining pollen fertility in a world with a changing climate. Forntiers in Plant Science 10:679.

Park, H.J., Lim, H.S., Park, K.H., Lee, J.H., Park, J.W., Hong, C.S., 2014. Changes in allergen sensitization over the last 30 years in Korea respiratory allergic patients: A single-center. Allergy Asthma Immunol. Res. 6,434-443.

Smith, E.G., 1990. Sampling and identifying allergenic pollens and molds: an illustrated identification manual for air samplers. San Antonio, Texas, Blewstone press ISBN 978-0930961022.

Vigo, M., Jassan, L., Vance, W., Jay, C., Brass, A., Cruickshank, S., 2017. Britain breathing: using the experience sampling method to collect the seasonal allergy symptoms of a country. Journal of the American Medical Informatics Association 25,88-92.

Huffman, J.A., Perring, A.E., Savage, N.J., Clot, B., Crouzy, C., Tummon, F., Shoshanim, O., Damit, B., Schneider, J., Sivaprakasam, V., Zawadowicz, M.A., Crawford, I., Gallagher, M., Topping, D., Doughty, D.C., Hill, S.C., Pan, T., 2020. Real-time sensing of bioaerosols: Review and current perspectives. Aerosol Science and Technology, 54,465-495.

Sauvageat, E., Zeder, Y., Tummon, F., Clot, B., Crouzy, B., 2019. Online pollen monitoring using digital holography.

Lucas, R., Bunderson, L., Allan, N., Lambson. K., 2018, Automated airborne

particulate matter collection, imaging, identification, and analysis. US Patent WO2016073745A3, filed November 5, 2015, and issued September 29, 2016.

Crouzy, B., Stella, M., Konzelmann, T., Calpini, B., Clot, B., 2016. All-optical automatic pollen identification: Towards an operational system. Atmos. Environ., 140,202-212.

Oteros, J., Pusch, G., Weichenmeier, I., Heimann, U., Moller, R., Roseler, S., Traidl-Hoffmann, C., Schmidt-Weber, C., Nuters, J.T.M., 2015. Automatic and online pollen monitoring. Int. Arch. Allergy Immunol. 167,158-166.

Kawashima, S., Clot, B., Fujita, T., Takahashi, Y. and Nakamura, K., 2007, An algorithm and a device for counting airborne pollen automatically using laser optics. Atmos. Environ., 41(36), 7987-7993.

Kawashima, S., Thibaudon, M., Matsuda, S., Fujita, T., Lemonis, N., Clot, B. and Oliver, G., 2017, Automated pollen monitoring system using laser optics for observing seasonal changes in the concentration of total airborne AEROSOL SCIENCE AND TECHNOLOGY 489 pollen. Aerobiologia, 33(3), 351-362.

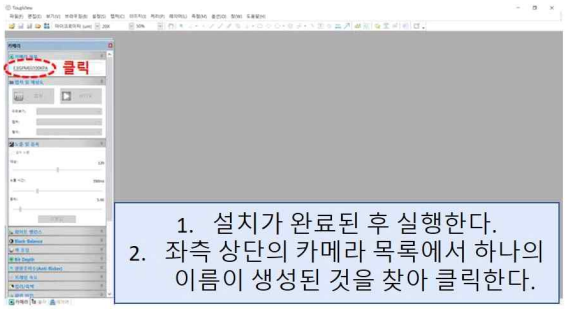
부록 1. Toupview 사용방법 (광학현미경 디지털 모니터)

Toupview 프로그램은 현미경에서 관찰되는 검경 이미지를 컴퓨터와 연결하여 실시간으로 확인할 수 있는 프로그램이다. 현미경으로 보여지는 이미지를 컴퓨터에서 디지털 사진으로 촬영할 수 있으며, 검경 교육용에도 활용이 가능하다.

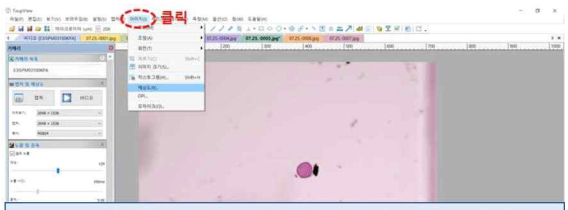


1. Toupcam 카메라와 현미경 상단 결합 체결한다.
2. Toupview 3.7 프로그램을 설치한다.
3. 현미경 렌즈 상단 우측면 조절바를 통해 현미경, 현미경+카메라, 카메라 모드로 변경할 수 있다.

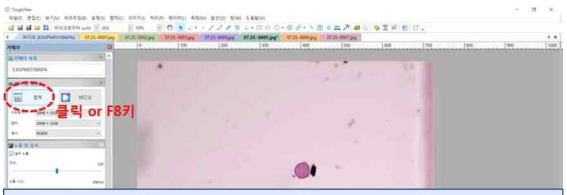
Fig. S1. Toupview 프로그램 설치 전 작업 및 설치작업



1. 설치가 완료된 후 실행한다.
2. 좌측 상단의 카메라 목록에서 하나의 이름이 생성된 것을 찾아 클릭한다.



1. 현미경의 해상도 일치를 위해 좌측 상단의 '이미지'를 클릭한 후 현재 현미경의 배율로 설정한다.



1. 좌측 상단의 '캡쳐 ' 부분을 클릭하면 현재 사진이 촬영이 되어 이미지로 저장된다.
2. 또다른 방법으로 'F8' 단축기를 눌러 촬영한다.

Fig. S2. Toupview 프로그램 설정 및 이미지 생성 방법

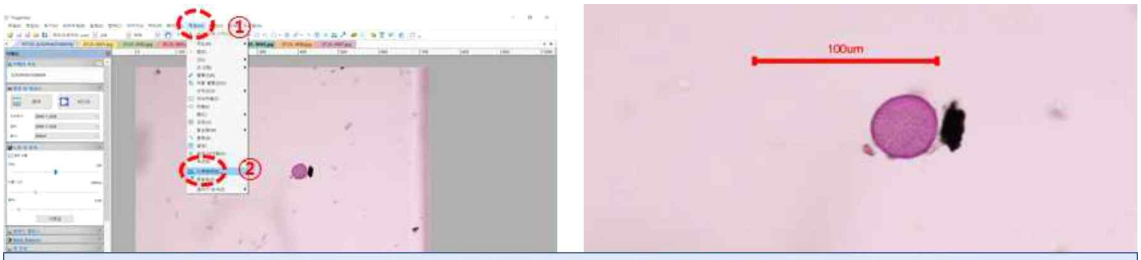


1. 비디오 촬영을 위해서 좌측 상단의 '비디오' 를 클릭한다.

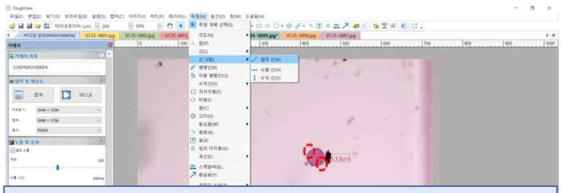


1. 인코딩, 영상파일명, 녹화시작 정보를 차례데로 설정한 후 마침을 누르면 동영상으로 저장된다.

Fig. S3. Toupview 프로그램을 이용한 동영상 제작 방법



1. 스케일바를 생성하기 위해 '측정', '스케일바' 항목을 클릭하면 생성된다.



1. 꽃가루의 정확한 직경을 알기 위해 '측정', '선', '임의의 선' 을 클릭하여 시작점과 끝지점을 사용자가 선택하여 정확히 측정할 수 있다.

Fig. S4. Toupview 프로그램을 이용한 스케일바 생성 및 꽃가루 직경 측정 방법

부록 2. 수동, 자동 비교관측

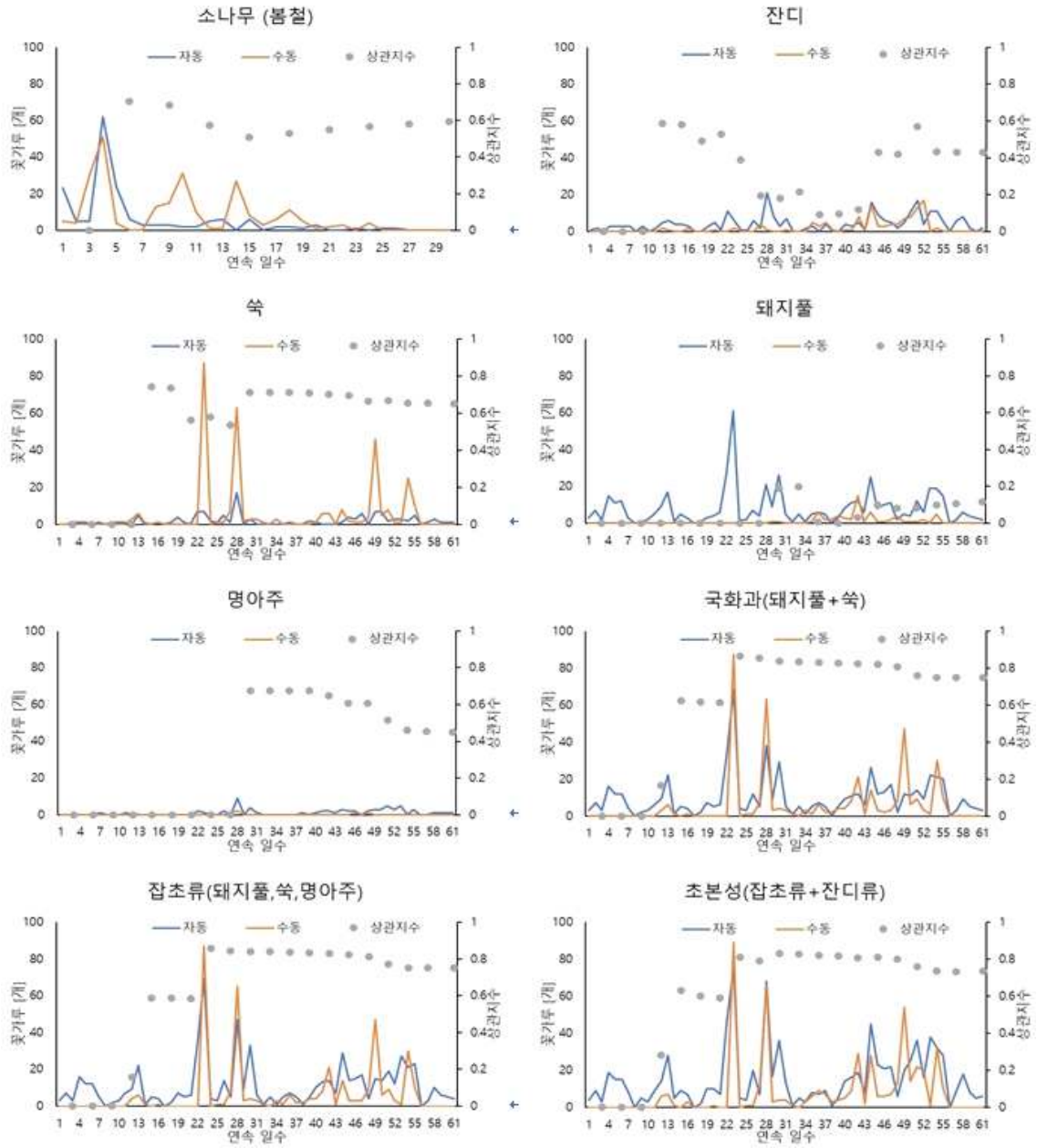


Fig. S5. 수동, 자동관측기 소나무(6월), 초본류(8~9월) 시계열 자료 및 상관분석

부록 3. 서울지역 10년간 꽃가루 정보 (2009~2018)

Table S1 서울의 10년간 종류별 꽃가루 년도별 총량 [grains·m^{-3}] 변화

Pollens	Year									
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Alnus	99	276	33	15	197	52	20	74	83	40
Betula	204	262	282	58	197	64	18	133	63	112
Carpinus	0	0	0	0	0	0	0	32	107	3
Castanea	0	4	0	0	6	3	2	39	10	34
Corylus	81	34	35	19	7	47	21	61	31	9
Ginkgo	35	0	0	611	1655	5527	932	2470	4651	1776
Juglans	0	0	0	0	0	0	3	4	9	2
Juniperus	1855	612	536	239	840	344	731	671	1047	764
Larix	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinus	10029	12456	6997	4269	5285	1679	2195	3724	4680	4066
Populus	2671	38	1	1	0	5	0	12	9	0
Quercus	2859	2794	744	1378	1597	2777	709	1567	1860	1207
Salix	6	2232	0	0	0	0	0	0	0	0
Ulmus	534	279	138	67	929	66	579	402	1028	237
Amaranthus	7	29	25	8	7	9	8	31	17	41
Ambrosia	169	71	311	107	105	51	94	427	117	137
Artemisia	272	98	124	88	125	141	184	468	439	273
Humulus	715	870	1510	439	693	356	298	1799	360	300
Rumex	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

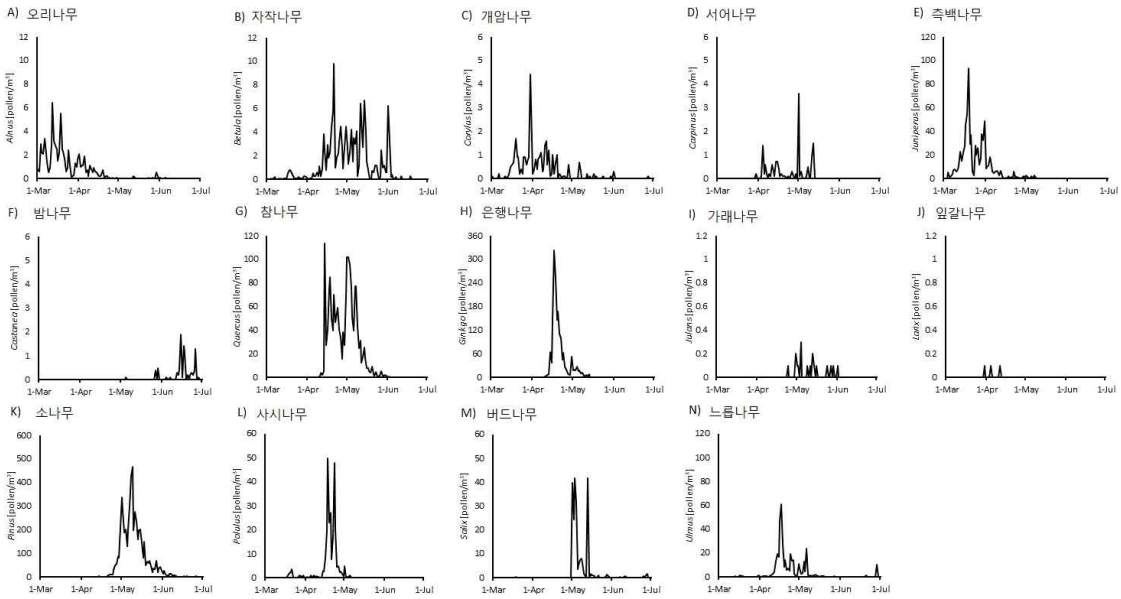


Fig. S6. 서울의 10년 평균 일별 꽃가루 발생 농도 (수목류)

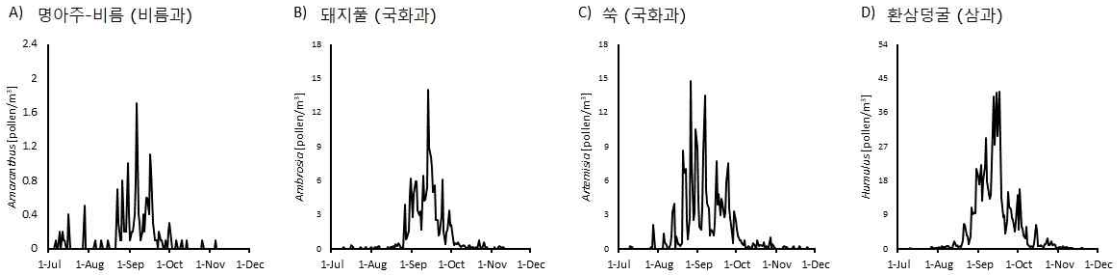


Fig. S7. 서울의 10년 평균 일별 꽃가루 발생 농도 (잡초류)

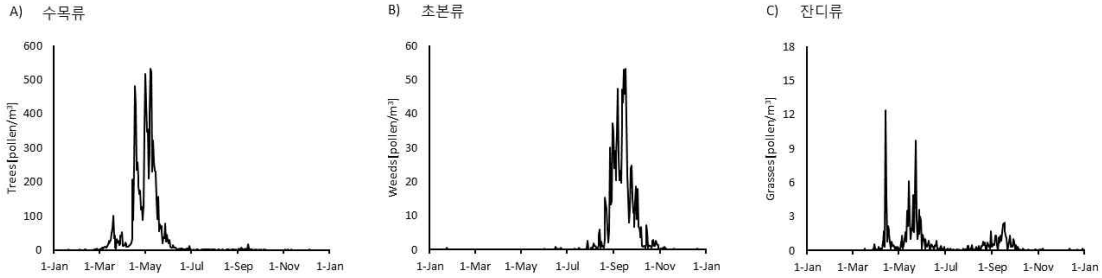


Fig. S8. 서울의 10년 평균 일별 수목류, 초본류, 잔디류 꽃가루 총량 발생 농도

Table S2 서울의 10년 평균 꽃가루 계절 시작일, 끝일, 기간

종류	시즌 시작일 [Julian day / dd-mm]	시즌 끝일 [Julian day/ dd-mm]	시즌기간 [days]
Alnus	49.6 ± 5.4 / 18-Feb	106.6 ± 6.4 /15-Apr	57.0 ± 7.5
Betula	84.6 ± 6.1 / 24-Mar	136.8 ± 3.0 /15-May	52.2 ± 7.0
Carpinus	93.0 ± 1.5 / 2-Apr	118.3 ± 7.0 / 27-Apr	25.3 ± 7.0
Castanea	160.6 ± 5.1 / 8-Jun	174.1 ± 4.2 / 22-Jun	13.6 ± 3.8
Corylus	77.8 ± 3.4 / 17-Mar	107.3 ± 5.4 / 16-Apr	29.5 ± 6.8
Ginkgo	107.6 ± 2.0 / 16-Apr	119.0 ± 2.8 / 28-Apr	11.4 ± 1.3
Juglans	123.5 ± 4.1 / 2-May	138.3 ± 7.0 / 17-May	14.8 ± 7.1
Juniperus	67.5 ± 1.0 / 7-Mar	101.6 ± 4.0 / 10-Apr	34.1 ± 4.0
Larix	89.0 ± 0.0 / 29-Mar	101.0 ± 0.0 / 10-Apr	12.0 ± 0.0
Pinus	116.2 ± 1.9 / 25-Apr	144.3 ± 1.4 / 23-May	28.1 ± 2.1
Populus	80.2 ± 4.4 / 20-Mar	108.8 ± 8.2 / 17-Apr	28.6 ± 12.2
Quercus	106.9 ± 1.6 / 15-Apr	131.5 ± 2.8 / 10-May	24.6 ± 1.8
Salix	99.0 ± 22.0 / 8-Apr	113.0 ± 22.0 / 22-Apr	14.0 ± 0.0
Ulmus	89.4 ± 4.0 / 29-Mar	206.7 ± 19.0 / 24-Jul	117.3 ± 22.7
Total trees	75.7 ± 3.8 / 15-Mar	140.4 ± 2.4 / 19-May	64.7 ± 5.0
Amaranthus	181.0 ± 13.5 / 29-Jun	270.5 ± 5.6 / 26-Sep	89.5 ± 16.0
Ambrosia	187.8 ± 25.8 / 5-Jul	274.0 ± 3.4 / 30-Sep	86.2 ± 27.0
Artemisia	202.8 ± 15.8 / 20-Jul	277.3 ± 3.9 / 3-Oct	74.2 ± 17.8
Humulus	231.4 ± 2.6 / 18-Aug	275.5 ± 3.5 / 1-Oct	44.1 ± 3.3
Rumex	173.0 ± 0.0 / 21-Jun	173.0 ± 0.0 / 21-Jun	0.0 ± 0.0
Total weeds	196.9 ± 19.7 / 14-Jul	275.4 ± 3.5 / 1-Oct	78.5 ± 19.3
Total grasses	97.0 ± 2.2 / 6-Apr	266.1 ± 2.1 / 22-Sep	169.1 ± 1.6

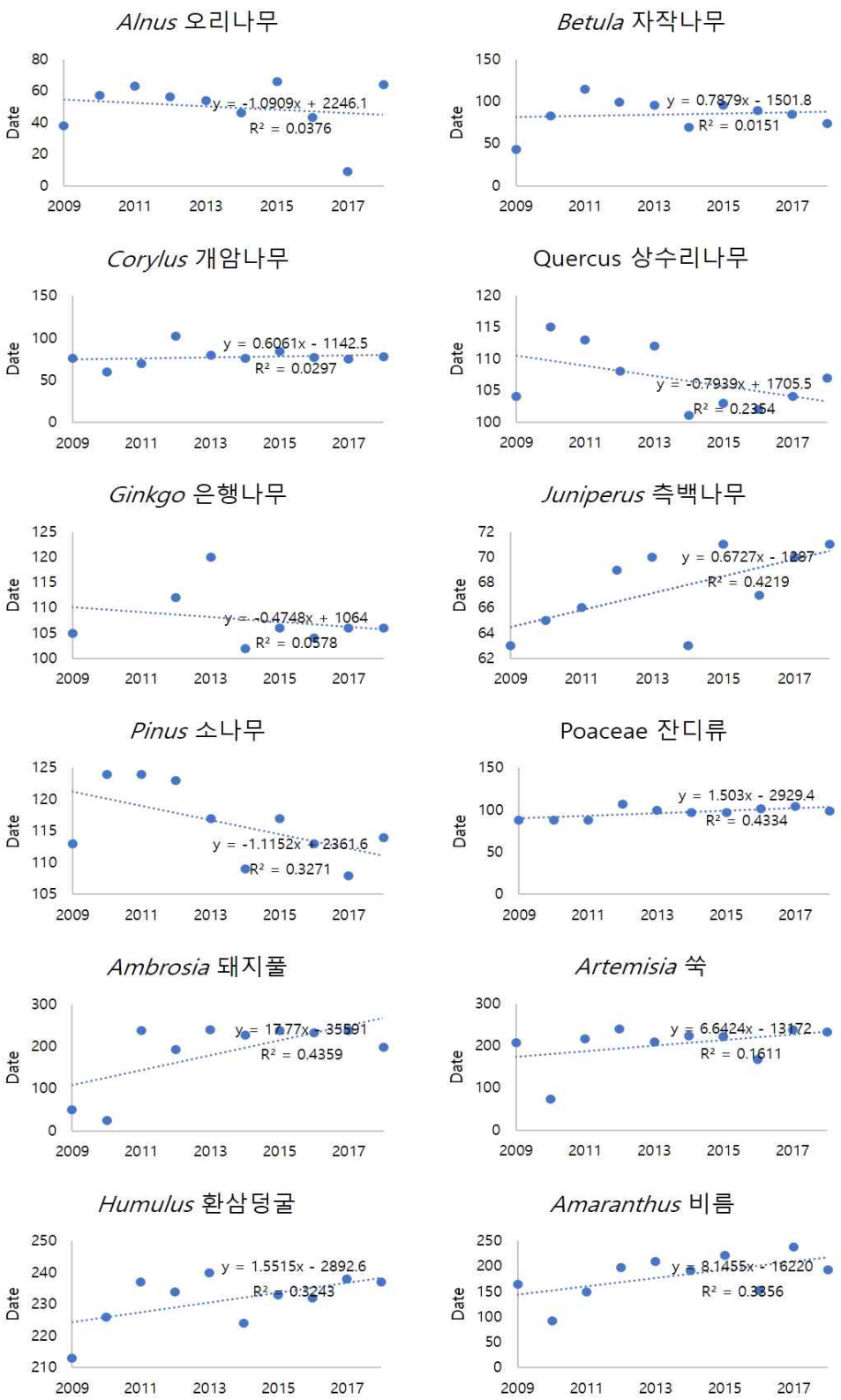


Fig. S9. 서울의 10년간 주요 식물별 꽃가루 계절 시작일 경향

25457 강원도 강릉시 죽헌길 7 강릉원주대학교 산학협력관 707호
국립기상과학원 재해기상연구부

본 기술노트의 저작권은 국립기상과학원에 있습니다.