

생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안 (VIII)

Detailed Studies on Invasive Alien Species and Their Management (VIII)

주관연구기관	국립환경과학원
발행년월	2013-12
주관부처	환경부
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO201700008443
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 13:24:57

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.



Detailed Studies on Invasive Alien Species
and Their Management (VIII)



국립환경과학원
National Institute of Environmental Research

인천광역시 서구 환경로 42 (경서동 중합환경연구단지내)
대표전화 : 032-560-7114
<http://www.nier.go.kr>

2013

생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안 (Ⅷ)

발간등록번호
11-1480523-001753-01

mev 환경부
NIER-RP2013-338

생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안 (Ⅷ)

Detailed Studies on Invasive Alien Species
and Their Management (VIII)

2013

| 환경자원연구부 자연평가연구팀 |

길지현, 김영하, 이도훈, 황선민, 김동언, 김현택,
김성열, 이종천, 최문보, 김태수, 정철의, 김동원

Jihyon Kil, Youngha Kim, Dohun Lee, Sunmin Hwang,
Dongeon Kim, Hyunmac Kim, Seongyeol Kim, Jongchun Lee,
Moonbo Choi, Taesu Kim, Chuleui Jung, Dongwon Kim

국립환경과학원



국립환경과학원
National Institute of Environmental Research

Ecosystem Assessment Division
Environmental Resources Research Department
National Institute of Environmental Research

생태계위해성이 높은 외래종의
정밀조사 및 관리방안 (Ⅷ)

발간등록번호
11-1480523-001753-01

 환경부
NIER-RP2013-338

생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)

환경자원연구부 자연평가연구팀

길지현, 김영하, 이도훈, 황선민, 김동언, 김현맥,
김성열, 이종천, 최문보, 김태수, 정철의, 김동원

Detailed Studies on Invasive Alien Species and Their Management (VIII)

Jihyon Kil, Youngha Kim, Dohun Lee, Sunmin Hwang,
Dongeon Kim, Hyunmac Kim, Seongyeol Kim, Jongchun Lee,
Moonbo Choi, Taesu Kim, Chuleui Jung, Dongwon Kim

Ecosystem Assessment Division
Environmental Resources Research Department
National Institute of Environmental Research

2013



요 약 문

1. 제 목

생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)

2. 목 적

생태계위해성이 높은 외래종의 분포와 생태계영향을 조사하고 관리방안을 도출하여 과학적인 외래종 관리 지원

3. 연구내용 및 방법

- 조사기간 : 2013년 1월 ~ 12월
- 조사동물 : 왕달팽이, 등검은말벌, 버즘나무방패벌레
- 조사식물 : 미국좁부처꽃, 대청가시풀
- 조사내용 : 전국 분포, 생육환경, 생리·생태학적 특성, 생태계영향
- 조사방법 : 서식 또는 생육현지에서 출현종, 분포면적과 피도, 생육상태, 피해 내용과 주변 환경에 대한 실측과 청문 및 분석

4. 연구결과

가. 분포

(1) 외래동물

국내에 도입된 왕달팽이는 약 28개 농가에서 사육되고 있으며, 자연에 유출된 사례는 조사되지 않았다. 이들은 습지, 산림, 수변, 도시, 도서지역에서 서식하며 알맞은 환경 조성 시 대량 발생이 가능하다. 주로 식용을 목적으로 하는 사육하는 농가와 애완용 사육을 목적으로 하는 온·오프라인 거래가 활성화 되어 있다.

등검은말벌은 2003년 부산 영도 봉래산에서 처음 채집된 후 경남, 경북 지역으로 확산되었고, 매년 10~20km(평균 12.4km)의 속도로 확산되고 있다. 2013년 전남(구례, 광양, 여수, 곡성, 순천), 전북(남원, 장수, 무주, 순창), 충북(영동), 강원(원주, 횡성, 평창, 영월, 태백, 동해) 등의 지역에서 서식이 확인되었다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

버즘나무방패벌레는 160개 시군을 조사한 결과 47개 시군에서 분포가 확인되었고, 양구, 동해, 옥천, 무주, 순천, 경주, 함안, 제주 지역에서 극심한 피해를 나타내었다.

(2) 외래식물

미국좁부처꽃은 전라남도 지방을 중심으로 분포하고 있었으며, 경상북도, 충청남도 등 일부 내륙지방과 강원도 일부지역에 분포하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 난온대~열대지방의 기후를 선호하는 미국좁부처꽃의 특성에 따라 한국에서도 난온대 지역을 중심으로 분포하는 것이다. 미국좁부처꽃이 대규모 군락을 이루는 경우는 드물었으며, 주요 생육지는 논둑 가장자리였다. 이외의 생육지로는 저수지, 목논 등 주로 습지의 수변부에서 생육하는 것으로 확인되었다.

대청가시풀은 서북도서 지역인 응진군 대청도, 백령도 일대에서만 생육하고 있는 것이 확인되었으며, 빈번한 인간간섭의 영향을 받는 마을과 관광지 주변으로 분포하는 것으로 나타났다. 주요 생육지는 해수의 직접적인 영향이 없는 사구로써 천이초기의 환경조건을 나타내는 서식처였으며, 이외에 사질토양의 도로변, 나대지 등 인간간섭이 빈번한 생육지에서 출현하였다.

나. 생태계 영향 및 기타 피해

(1) 외래동물

겨울철 왕달팽이의 적응 여부를 알아보기 위한 실내 사육에서 성체 3개체가 생후 7개월 경과 후 25℃의 온도조건에서 산란하였고 각각 1회 127개체, 146개체, 137개체, 총 410개체를 산란하였다. 알 상태에서 수분~15일 경과 후 모든 개체가 부화되었으며 평균 부화율은 95%, 부화 개체의 생존율은 77%를 나타내었다. 실외 사육 시 평균기온 4.9℃, 최저기온 -1.4℃의 온도조건에서 전수 폐사하였지만, 사육장의 시설 문제 등의 원인을 고려하지 않았으므로 추가적인 연구가 필요하다. 왕달팽이는 초식동물과의 먹이경쟁, 고유복족류 서식 영향, 산림과 도서 생태계의 생물 다양성 영향, 습지생태계 위협 등 서식 밀도 증가 시 자연생태계에 심각한 피해를 초래할 수 있을 뿐만 아니라, 농업경제와

인체, 식물, 동물체의 질병을 매개하기도 한다.

등검은말벌은 기존 토착 말벌류에 비해 도시 환경 선호도가 높고 점유율도 점점 높아지고 있어 그에 따른 피해가 우려되며, 이미 확산된 지역에서 119구 조대에 의한 벌집 제거율이 매우 높은 비율을 차지한다. 등검은말벌은 서양종 꿀벌을 특이적으로 선호하여 양봉장 피해가 심각한 수준으로 경제적 손실을 야기하며 농가 소득 및 경영악화 등을 야기할 수 있어 방제가 절실히 보인다.

버즘나무방패벌레는 양버즘나무가 주 기주식물이지만 실내 사육을 통해 벽오동나무에서 기주선호성이 파악되었다. 성충과 약충의 밀도는 높았지만 흡즙에 의한 피해는 미미하였다. 엽록소 측정기(CCM-300)를 이용하여 엽록소량을 측정하고 결과 피해를 입은 부위의 잎은 11~24%가 감소하였고, 피해를 심하게 입어 황백색으로 변한 잎은 21~44%의 엽록소가 감소되었다. 잎의 피해정도에 따라 광합성능력이 감소됨으로써 식물의 성장부진, 대기정화능력도 감소되어 심할 경우 동화작용에 의해 생성된 물질의 생산량이 감소하여 조기낙엽이나 수세악화를 초래한다.

(2) 외래식물

미국좁부처꽃의 생육지 출현식물은 총 27과 51속 64종 5변종 등 모두 69분류군의 관속식물이 생육하는 것으로 확인되었으며, 일년생식물이 52%로 가장 높게 출현하는 것이 확인되었다. 다음으로 수생식물(29%)이 높은 비율로 나타난 것은 미국좁부처꽃이 살아가는 생육지가 논, 묵논, 하천변 습지 및 저수지 등 과습한 토양을 나타내는 습지 주변부에서 생육하기 때문이다. 생육지 특성은 지속적인 파랑의 영향과 폭이 낮은 범람을 경험하는 등 매우 불안정한 환경조건을 나타내는 입지였으며, 우점 군락을 형성하지 못하고 주로 수고가 작은 바늘여뀌, 한련초, 명아자여뀌 등이 출현하는 서식처에서 산재하여 출현하였다. 이러한 결과를 볼 때, 미국좁부처꽃은 좁은 생육지 범위와 우점하지 못하는 특성상 생태계에 큰 위협이 없는 것으로 판단된다. 현재 미국좁부처꽃은 농수로를 따라 자연적 확산이 되는 것으로 추정된다.

대청가시풀의 생육지 출현식물은 총 22과 48속 53종 2변종 등 모두 55분류군의 관속식물이 생육하는 것으로 확인되었다. 사토 또는 양질사토의 토양에서만

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

생육하고 있었으며, 개방된 모래사장, 도서 내의 도로변에 확산되고 있는 것으로 보아 인간간섭에 의한 이동이 주요 확산기작으로 추정되었다. 대청가시풀의 생육지는 주로 나대지 또는 지속적 간섭으로 인한 불안정한 입지에서 선구적으로 출현하며, 다년생 초본류나 목본식물이 우점하는 입지에서는 출현하지 않았다. 높은 밀도로 군락을 형성하지 못하며, 낮은 군도를 형성하는 특성을 보여 생태계에 큰 위협은 없는 것으로 판단된다. 그러나 대청가시풀은 중력산포와 동물산포를 동시에 하기 때문에 빠른 확산을 할 가능성이 있으므로 지속적인 관찰과 관리가 필요하다.

다. 관리방안

(1) 외래동물

혹서기와 혹한기의 적응 여부를 알아보기 위한 추가 연구를 통해 국내 자연 유입 시 정착 가능성을 판단할 필요가 있다. 사육 농가를 대상으로 이들의 생태계 위해성 교육을 실시하고 관리지침을 제시하여 외부 유입을 사전에 차단하기 위한 노력이 필요하며 무분별한 증식에 의한 유기를 방지하기 위해 개인 사육자의 교육 및 홍보가 이루어져야 한다.

등검은말벌은 도심, 양봉, 산림생태계의 지속적인 발생 모니터링을 통한 확산 분포를 파악하며 연중 발생 동태를 통한 초기 방제 요건에 대한 연구가 필요하다. 또한 종특이적 유인제, 트랩 및 벌집 추적 기술을 개발하며 말벌 피해자의 정확한 통계를 통해 재발 방지 대책 및 예방 매뉴얼을 개발 및 홍보해야 한다.

버즘나무방패벌레는 피해가 극심한 지역을 대상으로 우선적으로 관리 및 방제가 필요하며, 수간주사, 약제살포, 수목 수피 제거, 가지치기 등의 화학적, 물리적 방제가 필요하다. 또한 생물학적 방제로 다리무늬침노린재를 이용하여 1세대 성충 발생기에 효과적인 천적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

(2) 외래식물

미국좁부처꽃은 농수로를 통한 자연적 확산이 추정됨으로 발생지역으로부터 주변 주요 하천 및 습지지역에 침입을 방지하기 위해 지속적인 관찰과 방제가 필요하다. 발생지역에서는 하류로 확산되기 이전의 5~6월에 식물체를 제거하는

것이 바람직하다. 종자가 땅속 깊이 묻혀있는 경우에는 발아하지 않는 특성을 보이므로 토양 속의 종자확산을 막기 위해 토양의 이동에 주의하여야 하며, 만약 빠른 확산이 확인된다면 미국좁부처꽃 출현지역의 토양을 3cm 이상 복토하거나 흙을 갈아엎는 방법이 효과적일 것으로 판단된다.

대청가시풀은 이동원에 의한 확산이 주요 기작으로 추정됨으로 토양이동관리에 주의를 기울여야 하며, 급속한 확산 방지를 위한 제거 작업을 할 경우 종자를 맺기 전 5~6월 이전에 식물체를 제거하여야 한다. 대청가시풀의 확산방지를 위해서는 천이초기의 나대지를 중심으로 발달하는 대청가시풀의 생육지 특성상 인위적 개발에 따른 대청가시풀 선호 서식처를 제공하지 않아야하며, 토양 이동 및 방제작업에 대한 매뉴얼 개발, 주민들의 교육, 방풍림 및 경관림 조성 등의 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 관광지인 대청도와 백령도에 서만 분포하고 있어 관광객, 물자 등에 의해 타 지역으로의 이동에 주의하여야 하며, 인천 지역과 서해안으로의 확산이 이루어지지 않도록 주의하여야 한다.

5. 연구결과의 활용에 대한 건의

가. 종별 연구결과 활용

- (1) 왕달팽이의 정착·사육·유통·유기에 관한 전반적인 관리가 가능하도록 연구 결과와 자료를 환경부 및 관련 기관에 제공
- (2) 등검은말벌: 관리가 가능하도록 관련 자료를 환경부 및 유관기관에 제공하며, 양봉농가를 대상으로 피해 및 방제를 위한 교육 자료로 제공
- (3) 버즘나무방패벌레: 주요 분포지역, 기주식물 자료를 각 기관에 제공하여 확산, 관리, 예찰이 가능하도록 참고자료로 제공
- (4) 미국좁부처꽃, 대청가시풀: 주요 분포지 및 시·군에 통보하여 자연 생태계로의 확산 방지 및 관리지원 요청

나. 연구결과 홍보 및 정책(시책) 반영

- (1) 논문게재:
 - 방패광대노린재 국내 분포, 기주식물 및 기초 생태보고. 한국응용곤충학회지 52(2):93-100

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

- 외래 기생식물의 생태특성 조사활동을 통한 환경생태교육 프로그램의 개발. 과학교육저널 43(1): 30-35
 - 기생식물 미국실새삼의 분포 및 기주식물상. 자원식물학회지 26(2): 289-302
 - 침입외래식물 가시상추의 확산과 생육지 유형분류. 한국잡초학회지 2(2): 138-151
 - 한국의 외래생물 관리현황 및 개선방향. 환경정책연구 21(2): 35-54
 - 초등학생들을 위한 외래생물 관련 환경교육 프로그램 개발. 과학교육저널 43(2): 73-79
- (2) 학회 발표: 한국환경영향평가학회, 생물과학협회 등 6건
- (3) 보도자료: 환경부, 외래종 말벌 위해성 파악 나서(2013.9.16.)
- (4) 성과홍보: 저널 기고 '미국흰불나방의 생태'(자연과 생태, '13.3월호), 책 자발간 「외래곤충과 먹이식물」 ('13.11.25)
- (5) 정밀조사대상 5종 조사 완료('13.11.30)

목 차

요약문	i
목 차	vii
표 목차	xi
그림 목차	xii
Abstract	xv
I. 서 론	1
II. 외래동물	2
1. 왕달팽이(<i>Achatina fulica</i>)	2
가. 서론	2
나. 조사내용 및 조사방법	3
다. 연구결과	4
(1) 일반적인 특성	4
(가) 왕달팽이 분포	4
(나) 생태적 특성	5
(2) 왕달팽이의 사육 및 자연 정착	8
(가) 왕달팽이의 사육	8
(나) 자연 유입 현황	9
(3) 왕달팽이의 국내 적응	10
(가) 산란 및 부화	10
(나) 실외사육	11
라. 관리방안	12
(1) 위해 사례 및 연구 방향	12
(2) 관리방안	13

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)

2. 등검은말벌(<i>Vespa velutina nigrithorax</i> Buysson 1905)	15
가. 서론	15
나. 조사내용 및 조사방법	16
다. 연구결과	20
(1) 일반적인 특성	20
(가) 생물학적 특성	20
(2) 확산	25
(3) 피해	27
(가) 도심지	27
1) 도시 내에서 출현	27
2) 도시 내에서 119구조대에 의해 제거된 말벌류와 피해	28
(나) 양봉산업	30
1) 양봉장에서 출현	30
2) 경제적 피해	31
라. 관리방안	32
(1) 도심지	32
(2) 양봉산업	33
3. 버즘나무방패벌레(<i>Corythuca ciliata</i> (Say))	35
가. 서론	35
나. 조사내용 및 조사방법	36
다. 연구결과	40
(1) 일반적인 특성	40
(가) 생물학적 특성	40
(2) 형태 측정	45
(3) 기주선호성	46
(4) 엽록소량 측정	47
(5) 생물학적 방제연구	49
라. 관리방안	51

Ⅲ. 외래식물	52
1. 미국좁부처꽃 (<i>Ammannia coccinea</i>)	52
가. 서론	52
나. 조사내용 및 조사방법	53
(1) 전국분포 및 확산실태조사	53
(2) 생육특성 및 번식특성	54
다. 조사결과	55
(1) 전국분포현황 및 생육지 특성	55
(가) 생육지특성	57
(2) 미국좁부처꽃 분포지역 출현식물	59
(가) 출현식물	59
(나) 출현식물 생활형	60
(3) 미국좁부처꽃 확산	61
(4) 정착 및 확산특성	66
라. 관리방안	66
2. 대청가시풀 (<i>Cenchrus longispinus</i>)	68
가. 서론	68
나. 조사내용 및 조사방법	69
(1) 전국분포 및 확산실태조사	69
(2) 생육특성 및 번식특성	70
다. 조사결과	71
(1) 전국분포현황 및 생육지 특성	71
(가) 생육지특성	72
(2) 대청가시풀 분포지역 출현식물	75
(가) 출현식물	75
(나) 출현식물 생활형	76
(3) 대청가시풀 확산	77
(4) 정착 및 확산특성	82

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)

라. 관리방안 82

IV. 결 론 84

1. 왕달팽이 84

2. 등검은말벌 84

3. 버즘나무방패벌레 85

4. 미국좁부처꽃 85

5. 대청가시풀 86

참고문헌 87

표 목 차

<표 2-1> 2013년 등검은말벌 확산 분포지	18
<표 2-2> 국내와 프랑스에서 등검은말벌의 침입과 확산속도에 관한 비교 ..	26
<표 2-3> 5개 지역 트랩에서 채집된 대형 말벌류의 출현	28
<표 2-4> 119구조대의 벌집 제거 현황	29
<표 3-1> 버즘나무방패벌레 출현지	38
<표 3-2> 버즘나무방패벌레 생활사	43
<표 3-3> 버즘나무방패벌레의 성충 형태 측정	45
<표 3-4> 버즘나무방패벌레 기주선호성	46
<표 3-5> 양버즘나무의 엽록소량 측정	47
<표 3-6> 다리무늬침노린재의 일일 포식량	49
<표 4-1> 미국좁부처꽃 행정구역별 현장조사지점	54
<표 4-2> Raunkiaer의 생활형 구분	55
<표 4-3> 미국좁부처꽃 생육지 조사지역	57
<표 4-4> 미국좁부처꽃 생육지 출현식물	63
<표 5-1> 대청가시풀 행정구역별 현장조사지점	70
<표 5-2> Raunkiaer의 생활형 구분	71
<표 5-3> 대청가시풀 생육지 조사지역	73
<표 5-4> 대청가시풀 생육지 출현식물	79

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)

그림 목 차

<그림 1-1> 사육 개체	3
<그림 1-2> 정상개체와 돌연변이 개체의 비교	5
<그림 1-3> 성체와 아성체 및 성체의 교미	6
<그림 1-4> 왕달팽이의 알	7
<그림 1-5> 먹이 섭식 행동	7
<그림 1-6> 국내 왕달팽이 사육장 위치 및 사육장 전경	8
<그림 1-7> 폐각에 막을 형성한 왕달팽이	9
<그림 1-8> 알과 부화 개체	10
<그림 1-9> 실외 사육 대상 왕달팽이	11
<그림 1-10> 기온에 따른 생존율 변화	12
<그림 2-1> 등검은말벌 야외 채집방법	18
<그림 2-2> 등검은말벌 분포지(2003~2013)	19
<그림 2-3> 등검은말벌 암컷의 외부형태	21
<그림 2-4> 등검은말벌의 생태	24
<그림 2-5> 1997~2001, 2010년 부산시 내 도시 등급별 출현 말벌류	29
<그림 2-6> 대도시 내에서 등검은말벌의 제거와 영소	30
<그림 3-1> 실내 사육을 통한 기주식물 선호성 테스트	37
<그림 3-2> 버즘나무방패벌레 분포	39
<그림 3-3> 버즘나무방패벌레의 약충과 성충의 형태	41
<그림 3-4> 버즘나무방패벌레의 암수 구분	42
<그림 3-5> 버즘나무방패벌레 피해	43
<그림 3-6> 버즘나무방패벌레 주요 피해지역	44
<그림 3-7> 엽록소량 측정	48
<그림 3-8> 천적을 이용한 생물학적 방제	50
<그림 4-1> 미국좁부처꽃의 형태적 특징	53
<그림 4-2> 미국좁부처꽃의 분포	56
<그림 4-3> 미국좁부처꽃 생육지	58

목 차

<그림 4-4> 미국좁부처꽃 생육지 출현식물 과별비율	59
<그림 4-5> 미국좁부처꽃 생육지 출현식물 생활형	60
<그림 4-6> 나주호에서 미국좁부처꽃의 확산 추정 경로	61
<그림 5-1> 대청가시풀의 형태적 특징	69
<그림 5-2> 대청가시풀 분포(백령도-대청도-소청도)	72
<그림 5-3> 대청가시풀 생육지	74
<그림 5-4> 대청가시풀 생육지 출현식물 과별비율	76
<그림 5-5> 대청가시풀 생육지 출현식물 생활형	77

Abstract

We investigated the distribution, ecological impact and made a management scheme of five alien species in Korea. A scheme of the national survey and research on alien species of Korea was developed for the improvement of management to conserve ecosystems against deterioration by alien species invasion. Main results obtained from this study are summarized:

1. Giant African snail, *Achatina fulica*

Giant african snail, which has been imported as a pet and food since early 1980's in Korea. It was grown in 28 farming house in the nationwide in 2013. It needs attention in the light of the possibility to adapt to climate, nature ecosystem and the degree of management.

2. Hoenet, *Vespa velutina nigrithorax*

A detailed study and risk assessment on *V. velutina nigrithorax*, an welcome guest in cities threatening the public safety, was carried out to reduce damages. *V. velutina nigrithorax*, a subtropical invasive insect, is known as honeybee killer for hunting native bees.

In this study, the distribution of *V. velutina nigrithorax* was spread rapidly up to Wonju, Gangwon-do, northern part of Korea, Gure-gun, western part of Korea in 2013. It emerges from early June to November and can be observed until the end of November. As a result of risk assessment of this species was assessed in the first grade.

3. *Corythuca dilata*

Major host tree of *C. dilata* is a *Plantanus occidentalis*. The distribution of

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

C. dilatata in Korea was 47 cities such as Yanggu-gun, Donghae etc in 2013. As a result of measuring chlorophyll content, 21~44% of it was decreased in the severe damaged leaves by *C. dilatata*. *C. dilata* damages growth, air filtration, productivity to the host plants. It emerges from May to October.

4. *Ammannia coccinea*

It is surveyed 27 families 51 genera 64 species 5 varieties in *A. coccinea* population. It was scattered, not forming a population in most of the surveyed sites, especially in the southern region. *A. coccinea* is limitedly distributed on coastal and inland of southern region. For the prevention of rapid spreading to other areas, elimination or periodic weeding is needed for controlling the plant's population size and propagation.

5. *Cenchrus longispinus*

It is surveyed 22 families 48 genera 53 species 2 varieties in *C. longispinus* population. It was limitedly distributed along the western coastal line including Dechung-do and Baekryong-do. It was preferred open sand dune. However, it was shown that the distribution was being north from the southern region to the nearby capital region, presuming it was affected by temperature in growth and distribution spreading. The seeds of *C. longispinus* were spread by gravity and animal simultaneously. For the prevention of rapid spreading to other areas, elimination or periodic weeding is needed for controlling the plant's population size and propagation.

I. 서 론

우리 나라에 분포하는 외래종은 식물 309종과 동물 800종으로 총 1,109종에 이르는 것으로 보고되고 있으나(환경부 2013) 각각에 대한 상세한 조사연구는 매우 제한적인 실정이다. 현재 생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률에서는 생태계교란 생물이 18종 고시되어 있다. 2006년부터 본 연구 과제에서는 체계적인 외래종 관리를 위한 외국의 외래종 관련 법제와 관리 실태를 정리하고 우리나라에 필요한 외래종 관리방향과 국가 조사연구의 방향을 제시하여 왔다.

2013년에는 왕달팽이, 등검은말벌, 버즘나무방패벌레와 미국좁부처꽃, 대청가시풀에 대한 국내 분포, 생태적 특징, 생활사 및 생태계에 미치는 영향 등에 관한 정밀조사를 수행하였다.

왕달팽이는 주로 의약, 식용, 연구용으로 들어오거나 비의도적으로 화물에 붙어 전 세계에 유입되었다. 국내에서는 아직까지 자연생태계 유출이 확인되지 않았으나, 전 세계적으로 작물 등을 포함한 농경에 피해를 주고 있다. 등검은말벌은 2003년 부산 영도에서 처음 확인된 이후, 도심에서 그 분포가 계속적으로 확인되고 있다. 특히, 양봉꿀벌을 공격해 사냥하는 꿀벌포식자로 알려져 있다. 버즘나무방패벌레는 1995년 서울과 경기 일부 지역에서 발생이 확인되었는데, 국내에서는 전국에 식재되어 있는 양버즘나무를 기주식물로 이용하여 버즘나무방패벌레의 흡즙으로 인해 잎이 황백색으로 변하여 경관을 해치고 있다. 미국좁부처꽃은 부처꽃과의 일년생 식물로 북아메리카 원산이다. 1964년에 우리 나라에 유입된 것으로 확인되었는데, 주로 남부지방의 농경지에서 출현하면서 경작지에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 대청가시풀은 중앙아메리카 원산의 일년생 식물로 정확한 유입시기와 경로는 알려져 있지 않다. 서북도서 일부에 분포하는데, 대청도와 백령도를 중심으로 분포가 알려져 있고 검역대상식물로 지속적인 방제작업 중이다.

본 연구는 위 5종의 외래동식물에 대한 정밀조사 결과를 축적하여 향후 생태계 위해성평가 등의 기초자료를 확보할 목적으로 수행되었다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

Ⅱ. 외래동물

1. 왕달팽이 (*Achatina fulica*)

가. 서론

국가 간 무역이 증대되고 개인의 삶이 중요한 가치로 여겨지는 현대 사회에 이르러 애완동물에 대한 관심과 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 과거의 애완동물 사육 흐름이 개와 고양이에 한정되어 있던 것과 비교하여, 최근에는 파충류나 유인원에 이르기까지 다양한 종들이 개인의 선호에 따라 사육된다.

왕달팽이는 다양성을 강조하는 시대 흐름과 더불어 손쉬운 사육법이 부각되며 인기 있는 애완동물 중 하나로 자리 잡았다. 특히, 어린이들의 생물학 교육을 위한 교재로 활용되는 등 그 쓰임은 날로 증가되는 추세이다.

온난한 기후를 선호하는 왕달팽이는 왕성한 식욕을 바탕으로 급속한 증식이 가능하여 자연생태계와 농업작물 뿐 아니라, 도심의 해충으로 사회, 경제적 피해를 양산한다. 미국과 일본, 뉴질랜드, 호주, 인도, 브라질 등에서 피해 사례가 속출하고 있으며, 이러한 사례로 인하여 IUCN이 지정한 세계 100대 침입외래종 중 하나이다.

국내에 사육되는 외래 동물종이 자연에 유입될 경우, 정착 여부에 따라 크고 작은 영향을 미칠 수 있지만 관련 연구는 매우 제한적이다. 특히, 위해 우려가 높은 왕달팽이에 관한 연구는 전무하므로 자연 유입 시 막대한 피해를 동반할 수 있으며, 사후 관리 시 여러 가지 어려움에 직면할 가능성이 있다. 위해 우려가 높은 종에 대한 선제적 연구는 대상종의 자연 유입을 미연에 방지하고, 자연 유입 상황을 효과적으로 대처하는 최선의 대책이다.

본 연구에서는 위해성이 높은 왕달팽이의 국내 도입 실태를 파악하고 사육현황과 유통 과정, 적응성 여부, 생태적 특성을 조사하여 종의 기본정보를 제공하였다. 더불어 대상종의 특성에 따른 적절한 관리방안을 제시하여 효율적인 관리에 도움이 되고자 하였다.

나. 조사내용 및 조사방법

왕달팽이의 사육 현황과 자연 유출 실태를 파악하기 위해 2013년 4월부터 10월까지 사육장을 방문하여 현장조사를 실시하였고 사육장 주변을 대상으로 청문조사를 병행하였다. 더불어 사육장 인근의 유출 가능 장소와 관찰이 목견된 지역을 대상으로 서식 여부를 조사하였다.

생태적 특성과 국내 기온 적응성 여부를 확인하기 위하여 2013년 6월부터 8월까지 실내 사육을 실시하였다(그림 1-1). 공시동물로 사용된 왕달팽이는 경기도 시흥시 소재 왕달팽이 사육장에서 생후 2개월령 4개체와 4개월령 4개체를 분양받았으며, 국립환경과학원 곤충사육실에서 사육하였다. 사육 용기는 투명한 아크릴 용기(W250mm X D250mm X H250mm)로 용기 내 바닥에 축축한 모래를 5cm 가량 채운 후 수분이 마르지 않도록 매일 2회 분무기로 물을 뿌려주었다. 왕달팽이는 2일 간격으로 상추와 오이, 바나나 등을 제공하였고, 15일 동안 15℃ 정온, 이후 30일 동안 20℃ 정온, 이후 31일 동안 25℃ 정온으로 유지하였으며, 80~100%의 상대습도, 12L:12D의 일장조건에서 사육하였다.



<그림 1-1> 사육 개체

국내 겨울철 적응 여부를 확인하기 위해 7개월령 3개체에서 생산되어 생후 15~20일 경과 된 410개체를 실외 사육하였다. 기온은 자연 상태의 기온 조건을 적용하였으며, 투명한 아크릴용기(W250mm X D250mm X H250mm)로 용기 내 바닥

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

에 축축한 모래를 5cm 채운 후 수분이 마르지 않도록 매일 2회 분무기로 물을 뿌려주었다. 실외 사육된 개체는 15일 경과 시기 마다 측정(5회)하였다. 개체의 외부 유출을 막기 위해 이동 범위를 사육 용기 내로 한정하였으며, 섭식식물은 실내 사육 조건과 동일하게 2일 간격으로 상추와 오이, 바나나를 제공하였다. 실내에서 사육된 8개체는 향후, 연구를 고려하여 실외 사육에서 배제하였다.

다. 연구결과

(1) 일반적인 특성

(가) 왕달팽이 분포

왕달팽이는 의약, 식용, 연구 등의 의도적인 목적으로 도입되거나 비의도적으로 화물에 붙어 이동하여 세계 각국에 유입되었다. 다양한 섭식 범위와 고유의 행동 습성, 높은 번식력은 다양한 범위에서 위협을 줄 수 있으므로 많은 국가에서는 수입 및 유통을 제어하고 있다.

아프리카 동부 해안에 서식하던 왕달팽이는 1800년대 에티오피아, 소말리아, 모잠비크, 마다가스카르 등 동아프리카에서 확산되었지만, 아프리카 왕달팽이는 원산지인 아프리카 대륙의 북부에서는 1980년대 후반까지 서식하지 않았다. 현재 아프리카 대륙에서의 왕달팽이는 사하라 사막 이남의 거의 모든 지역에 분포한다(Raut and Baker, 2002). 왕달팽이는 1847년 인도의 벵갈 지역에 비의도적으로 도입되며, 본격적인 확산이 시작되었다. 미국에서는 1940년대 최초 발견되었으며, 선박의 수입 화물에 부착하여 도입된 것으로 추정되었다. 플로리다 주의 경우, 1966년 개인이 자신의 정원에서 기른 것이 발단이 되어 자연에서 급속도로 번성하였고, 이로 인하여 플로리다 주가 왕달팽이 박멸에 소비한 비용은 10년간 100만 달러 이상으로 집계되었다(APFISN, 2012).

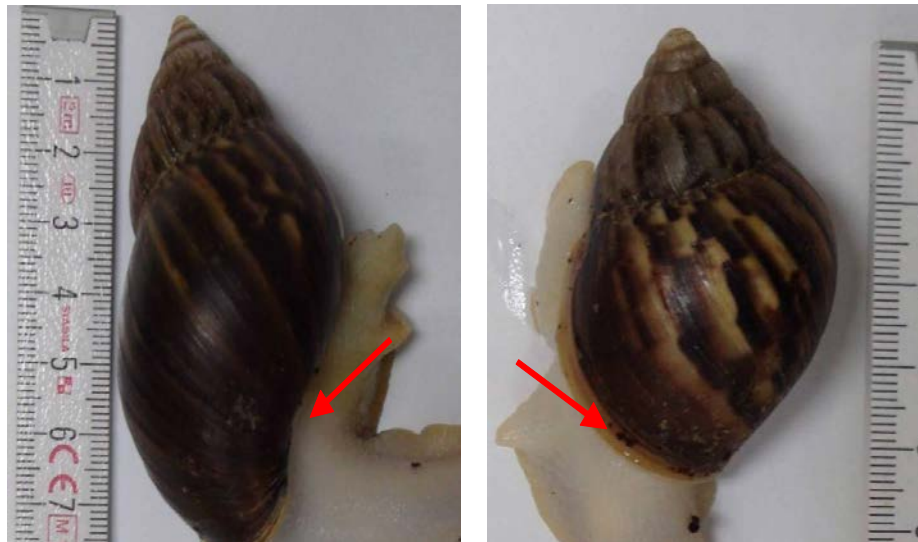
현재 왕달팽이는 아프리카, 인도양 제도, 호주, 뉴질랜드, 남미, 동남아시아, 태평양 제도, 서인도 제도, 미국 등에 주로 분포한다.

(나) 생태적 특성

- 학명 : *Achatina fulica* (Bowdich, 1822)
- 영명 : giant African snail, giant African land snail
- 분류 : 복족강 : Gastropoda
진유폐목 : Eupulmonata
왕달팽이과 : Achatinidae

○ 형태

좁은 원뿔 형태의 껍질을 가지는 왕달팽이는 각정을 기준으로 7-9개의 나층을 가지며(최대 10개) 성장한다. 색상은 붉은 갈색을 보이지만 일반적으로 커피와 비슷한 색을 보인다. 껍각의 색은 서식지의 환경 조건에 따라 변화가 다양하다. 껍각의 길이는 최대 20cm를 초과할 수 있지만, 평균적으로 5~10cm 정도이고 지름은 최대 12cm, 성체의 평균 체중은 약 32g 정도를 나타낸다(Colling, 2005). 장기를 보호하는 껍각의 형성에는 높은 함량의 칼슘이 요구된다. 발은 가늘고 긴 근육질로 되어 있으며 지면에 대고 기어 다니는데 사용하고 머리가 붙어 있다. 머리에는 눈과 눈 자루, 입, 더듬이가 있다.



돌연변이 개체

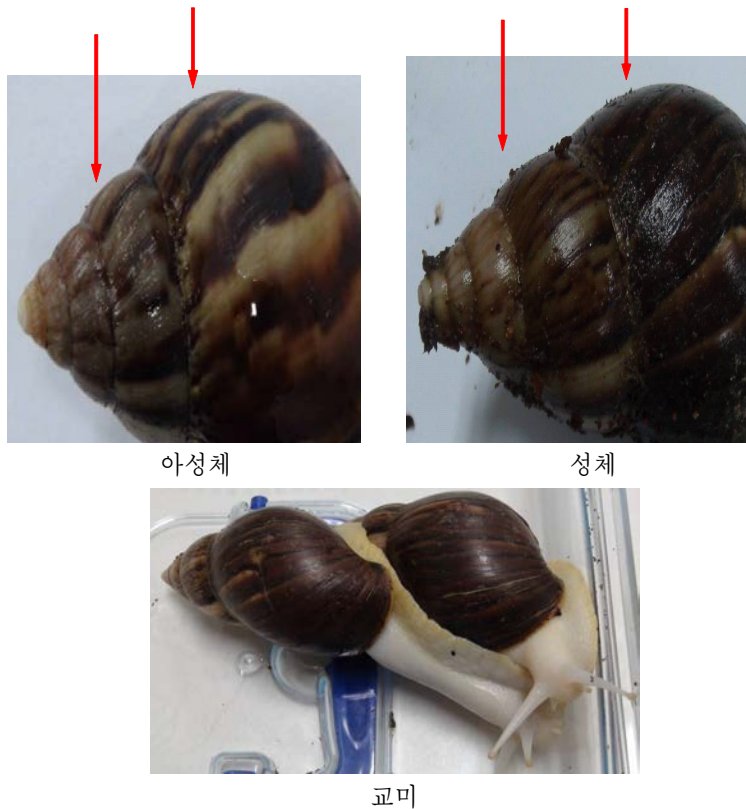
정상 개체

<그림 1-2> 정상 개체(우)와 돌연변이 개체(좌)의 비교

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

○ 생활사

양성 생식기관을 보유한 왕달팽이는 생후 6개월 이후 번식이 가능하다 (Venette and Larson, 2004). 성성숙에 이른 개체는 6~8시간 동안 지속적인 교미를 통해 수정하고 8~20일 사이에 산란을 한다. 초산인 개체는 100개가량의 알을 산란하고 2번째 산란부터는 500개까지 산란하는 등 산란수는 점차 증가된다. 이후 점차 산란수가 감소하는 경향을 보인다. 알의 부화에는 약 17일이 소요된다. 성성숙 이후의 개체 성장은 눈에 띠게 둔화되지만 멈추지 않고 지속된다. 야생 상태에서의 왕달팽이의 수명은 약 3~5년 정도로 추정되지만, 개체에 따라서는 최대 9년을 생존한 사례가 보고된 바 있다(APFISN, 2012).



<그림 1-3> 성체와 아성체 및 성체의 교미



<그림 1-4> 왕달팽이의 알

○ 서식 특성

왕달팽이는 습하고 온화한 연중기온을 선호하며 열대기후 지역에서 크게 번성하여 습지와 산림, 수변, 도심, 도서지역에 정착하고 개체를 증식시킨다. 9℃~29℃의 온도 조건에서 활성이 유지되며, 2℃~30℃의 범위에서 생존이 가능한 것으로 연구된 바 있다(Smith and Fowler, 2003).

잡식성의 왕달팽이는 초식을 주로 섭식하여 약 500여종 이상의 식물이 먹이 자원으로 알려져 있다(APFISN, 2012).



섭식모습

<그림 1-5> 먹이 섭식 행동

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

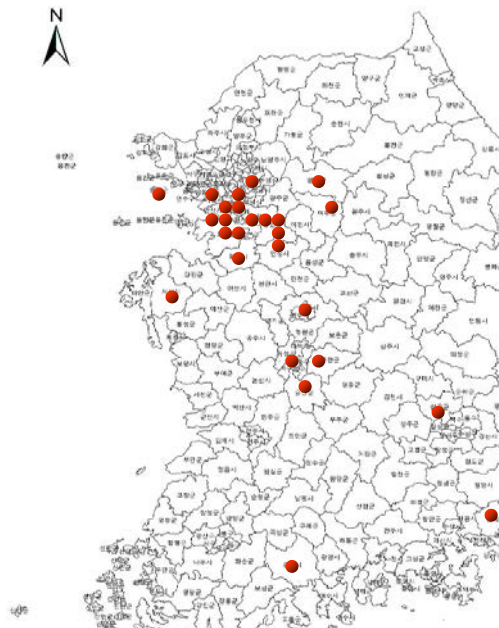
(2) 왕달팽이 사육 및 자연 정착

(가) 왕달팽이의 사육

식용이 가능한 달팽이는 약 116종이 알려져 있는데, 아프리카 왕달팽이는 *Helix pomatia*, *Helix aspersa* 등과 함께 가장 선호되는 종 중 하나이다.

국내에서는 1980년대 도입되어 사육되었으며, 현재 약 28개 농장에서 식용과 개인 판매를 목적으로 사육하고 있다. 왕달팽이는 요식업과 생태 교육 등에 활용하여 이윤을 창출한다.

1970년대를 거치며 급속한 경제성장을 이루었고 이로 인하여 소득이 증대되며 다양성을 강조하는 사회 문화가 형성되었다. 이러한 흐름은 애완동물 시장의 급격한 성장을 가져오게 되었으며 저출산과 1인 가구의 증가, 사회 구조의 급격한 변화 등은 애완동물 사육증가에 영향을 주었다. 현재 애완동물 시장의 규모는 약 2조원 정도로 추정되고 있다(농촌진흥청, 2010).



지도출처 : 국토지리정보원 공개지도(2006.11.30)

<그림 1-6> 국내 왕달팽이 사육장 위치(좌) 및 사육장 전경(우)

II. 외래동물

개와 고양이 위주의 애완동물 시장이 최근에 들어 이색·희귀 동물을 중심으로 동물 수입이 증가하는 추세를 보이고 있으며, 왕달팽이 역시 최근의 흐름에서 각광받고 있는 애완동물 중 하나이다. 애완동물은 정서의 함양과 생명존중 등 순기능이 있는 반면, 생태계의 위협과 질병 전파 등 몇몇 역기능이 잠재되어 있다. 시장의 성장은 영세판매업소의 난립을 가져오고 음성적 거래가 활성화되는 현상이 발생되어 유통 구조의 혼란을 야기한다. 또한 호기심으로 사육하는 일반인들의 단순 변심에 의한 유기는 사회적인 문제로 대두되기도 한다.

(나) 자연 유입 현황

왕달팽이의 자연 유입이 청문된 거제와 제주, 사육장이 위치한 화성, 대전, 서산, 칠곡의 유출 가능 지역을 대상으로 자연 정착 여부에 관한 현장조사를 실시하였다. 조사결과, 조사지역 모두에서 자연 정착 사례가 발견되지 않았다.

자연에 유입되어 정착에 이르기까지 다양한 환경조건에 의한 영향을 받는다. 왕달팽이의 경우, 고온과 저온의 온도 조건에 취약하고 습기가 높은 곳에서의 정착을 선호한다. 해외에서 자연에 서식하는 왕달팽이가 정착지를 동일 국가 내에서도 주로 남반구를 중심으로 형성하는 것은 이러한 특성을 잘 나타내고 있다(Raut and Baker, 2002).



<그림 1-7> 폐각에 막을 형성한 왕달팽이

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

국내에서는 남부지역과 제주 지역에서 정착과 번식의 가능성이 있을 것으로 추정되지만, 적응성 여부는 체계적인 연구를 실시하고 객관적인 사실을 바탕으로 판단하는 것이 적절하다. 아열대 지역 고온의 조건에서 서식하는 왕달팽이는 폐각에 막을 치고 휴지기에 들어가며, 휴지기간이 약 3년간 지속된 사례가 보고된 바 있지만(APFISN, 2012), 겨울철 생존 여부에 관한 연구는 부족하다.

(3) 왕달팽이의 국내 적응

(가) 산란 및 부화

왕달팽이로 인하여 발생될 수 있는 생태계 위협은 이들이 지닌 환경 적응성을 기준으로 판단할 수 있다.

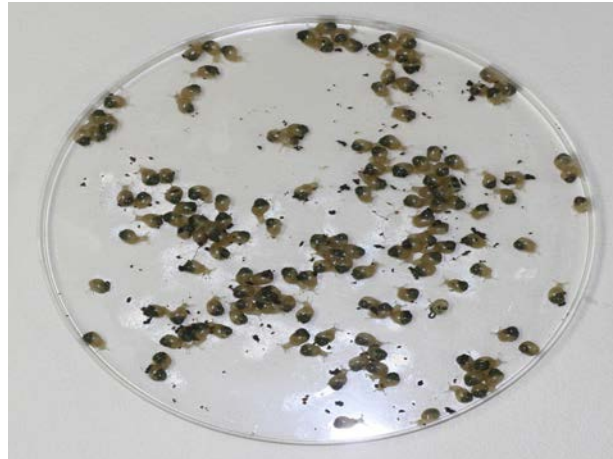
왕달팽이의 국내 겨울철 적응 여부를 확인하기 위해 사육을 실시하였다. 시험에 사용된 공시동물을 사육하여 3개체에서 산란이 이루어졌으며, 흙을 등지 모양으로 파낸 후, 안정된 장소를 만들어 산란하였다. 생후 172일 경과 개체에서 127개체, 173일 경과 개체에서 146개체, 183일 경과 개체에서 137개체를 산란하였다. 1차 산란된 127개체 가운데 119개체가 부화(93.7%)하였고 96개체가 생존(75.5%)하였다. 2차 산란된 146개체 가운데 133개체가 부화(91.0%)하였고, 112개체가 생존(76.7%)하였다. 3차 산란된 137개체는 136개체가 부화(99.2%)하였고, 108개체가 생존(79.4%)하였다. 총 410개체중 388개체가 부화하여 평균 부화율은 94.7%, 평균 생존율은 77.2%로 확인되었다.



<그림 1-8> 알(좌)과 부화 개체(우)

(나) 실외사육

실내사육을 통해 생존한 316개체를 대상으로 실외사육을 실시하였다(그림 1-9).

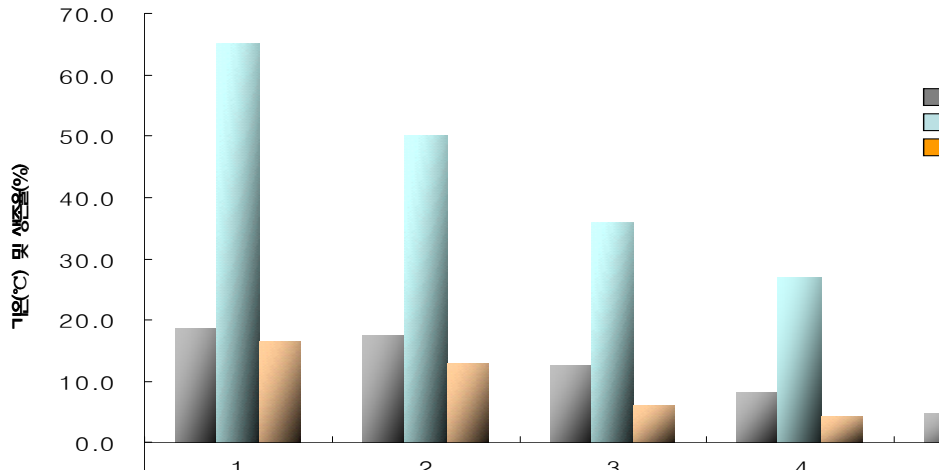


<그림 1-9> 실외 사육 대상 왕달팽이

1차 측정 시기(평균기온 18.7℃, 최저기온 16.4℃)에는 총 267개체, 평균 89.00(SD±11.53)개체가 생존하였고, 생존율은 65%로 나타났다. 2차 측정 시기(평균기온 17.6℃, 최저기온 12.8℃)에는 총 206개체 평균 68.67(SD±23.12)개체가 생존하였고, 생존율은 50%로 확인되었다. 3차 측정 시기(평균기온 12.7℃, 최저기온 6.1℃)에는 총 146개체, 평균 48.67(SD±23.86)개체가 생존하였고, 생존율 36%로 나타났다. 4차 측정 시기(평균기온 8.1℃, 최저기온 4.3℃)에는 총 56개체 평균 18.67(SD±16.44)개체가 생존하였고, 생존율은 27%로 확인되었다. 5차 측정 시기(평균기온 4.9℃, 최저기온 -1.4℃)에는 모든 개체가 생존하지 못하였다.

왕달팽이의 최초 실외 사육 이후, 전수 폐사에 이르기까지 지속적인 개체수 감소를 나타내었다. 서식에 불리한 온도 조건 형성 시 왕달팽이는 땅을 파고 들어가 휴지기를 가지며 에너지 소모를 최소화하지만 본 사육 시설의 문제(흙의 깊이, 사육장 넓이, 이동성 제한 등)로 인하여 효과적인 적응에 실패한 것으로 추정된다. 여름철 고온의 환경에서는 폐각에 막을 치고 휴지기를 가지는 것으로 미루어보아, 겨울철 동면 가능성이 있는 것으로 보이므로 추가적인 연구가 필요하다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



<그림 1-10> 기온에 따른 생존율 변화

고온과 저온의 환경에 취약한 왕달팽이는 특히, 국내 겨울철 영하의 기온에서 생존 가능성이 희박해 보이지만, 자연에서는 다양한 변수의 작용으로 의외의 결과가 나타날 수 있다. 제주지역의 자연에서는 서식 개체가 확인되지 않았지만, 청문에 의한 정보가 수집된 만큼 지속적인 예찰이 필요하다.

라. 관리방안

(1) 위해 사례 및 연구 방향

왕달팽이는 농업 경제적 측면에서 식물체의 다양한 범위를 섭식하여 작물 생산량을 감소시키고 병원체를 전파하여 생산량을 감소시킨다. 또한 폐선충, 광동주혈선충, 코스타리카주혈선충 등에 감염되어 인간의 건강을 위협할 수 있다.

자연생태계에서는 다양한 고유 식물종 감소, 식물의 병원체 매개, 토양 순환 과정의 변경, 고유 복족류와 서식 경쟁, 초식 동물과의 먹이 경쟁 등 부정적인 영향을 나타낸다. 도심지역에 발생된 개체는 서는 주택 등의 건축자재를 훼손하며 도심경관에 부정적이다.

왕달팽이는 일본에 정착하여 고유 생물의 종 다양성이 감소시켰으며, 침입 도서지역의 경쟁 대상 동물종 40%를 감소시킨 사례가 있다. 뉴질랜드에서는 농업과 임업, 원예 산업의 피해를 주었으며, 고유 달팽이와의 경쟁, 고유종과의

II. 외래동물

생태적 지위 치환, 도서 생태계 교란, 인수공통전염병 전파 등 다양한 피해를 보고하였다. 미국에서는 원예 농업의 피해, 멸종위기종 등 국가 보호종의 감소, 마디풀과·콩과·국화과·박과 식물의 심각한 손상, 건설자재의 섭식 피해, 도서 생태계 교란, 질병의 전파 등 심각한 피해를 일으켜 문제가 높은 종으로 인식되고 있다. 동남아시아에서는 농업에 심각한 피해를 초래하였는데, 특히 감자와 감귤 등의 작물 피해가 심각하였다. 인도에서는 생육 초기 식물에 치명적 손상을 보고하였으며, 브라질에서는 심각한 농업 피해와 함께 경쟁종의 서식 피해, 생태계 시스템의 변화, 심각한 습지 생태계 교란, 건설 자재 피해, 질병으로 인한 인체 손상 등의 피해 사례가 확인되었다.

왕달팽이의 자연 적응 여부에 관한 규명은 이들이 국내 생태계에 미칠 위해성을 판단하는데 주요 척도로 이용될 수 있다. 국내의 혹서기와 혹한기의 기온은 이들의 생존과 정착에 제한 요소로 작용할 수 있지만, 국내의 환경적 특성에 거듭된 노출 과정을 거치며 안정적으로 정착할 경우, 높은 위해성을 바탕으로 생태계에 막대한 손상이 예상되며 사회·경제적 비용의 출혈이 불가피하다.

왕달팽이로 인한 피해가 발생되기 전 이들의 효과적인 제어를 위해 국내 정착 여부에 대한 명확한 판단이 필요하다. 많은 개체를 대상으로 다양한 환경 조건의 변화 속에 적응과 정착 및 번식에 관한 추가적인 연구는 위해성이 높은 외래생물의 사전적 방제 측면에서 매우 중요한 부분이다.

(2) 관리방안

야행성의 왕달팽이는 생존에 어려운 환경에서는 스스로 에너지 소모를 최소화 하는 등 적응력이 높은 동물이다. 이들은 식물, 쓰레기, 건축자재, 차량에 붙어 이동하거나 인간에 의한 의도적으로 확산된다.

왕달팽이는 하루 50m, 월간 125m, 연간 250m를 이동하는 사례가 보고된 바 있으며, 이동과 확산에는 온도와 수분의 정도, 칼슘 가용성에 의해 제한받는다 (Venette and Larson, 2004).

이들의 제어방법 중 화학제를 이용한 방법은 왕달팽이 뿐 아니라, 다른 동물 종에 영향을 줄 수 있는 만큼 사용에 제한적이다. 이외에 에탄올이나 극저온 상태를 이용한 방법, 포획, 화염에 의한 소각 방법이 제어에 주로 이용되고 있다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

제어 방법 중 하나인 식용으로의 이용성 증대는 개체수 감소에 효과적이지만, 더욱 높은 확산성이 내재되어 있으므로 신중을 기해야 한다. 이밖에 소금과 등유 등이 제어에 효과적인 것으로 알려져 있다.

앞서 언급한 여러 방법 중 왕달팽이의 관리에 가장 효과적인 방법은 이들이 지닌 위해성을 일반 국민들에게 인식시키는 것이다. 왕달팽이에 의한 생태계교란 및 피해 현황에 관하여 교육 및 홍보를 행하여 외래생물종 문제와 관리의 필요성 부분에 대한 인식을 증진시키고 관리 시 자발적인 참여가 가능하도록 유도해야 한다. 국민들에게 제공하는 직접적인 홍보와 교육은 출현지역에서의 상시감시와 조기탐지의 효과를 기대할 수 있으며 향후 조절과 퇴치 활동에 직접 참여하도록 하여 높은 성과를 나타낼 수 있다.

사육자는 왕달팽이에 대한 관리기록을 의무화하며 관리기관에서는 주기적으로 이동 및 사육 상황에 대해 점검해야 한다. 이력 관리 의무를 이행하지 않는 사육자에게는 그에 합당한 책임을 물어 강제성을 동반할 필요가 있다. 왕달팽이는 급속한 증식이 가능하므로 개체수를 정기적으로 파악하면 관리에 효과적이다. 질병전파와 자연 유출 우려가 높은 만큼 홍보용 무료 분양 및 교육 자료 활용은 중단되어야 한다.

현재 관리절차가 마련되어 있지 않고 위해생물로의 인식이 부족하여 체계적인 관리의 어려움이 있다. 사육, 유통, 판매 등 모든 거래과정의 종합적인 정보는 유관기관에서 수집하고 지속적인 연구를 동반하여 향후 발생 우려가 높은 유출 관련 기제를 마련해야 한다.

2. 등검은말벌 (*Vespa velutina nigrithorax* Buysson 1905)

가. 서론

국내의 말벌과에서 *Vespa* 속에 속한 대형 말벌류는 쯤말벌, 장수말벌, 꼬마장수말벌, 황말벌, 검정말벌, 말벌, 큰흙눈말벌, 등무늬말벌, 털보말벌, 등검은말벌로 총 10종(2아종 포함)이 기록되어 있는데(최문보 등 2013), 주로 장수말벌(*V. mandarinia*), 쯤말벌(*V. analis*), 말벌(*V. crabro*), 털보말벌(*V. simillima*) 종들이 숲속이나 도시 지역에서 가장 보편적으로 출현을 하고 있다. 그 중 등검은말벌(*Vespa velutina nigrithorax*)은 2003년 부산시 영도구 고신대 캠퍼스에서 처음 발견되었는데(Kim *et al.*, 2006), 이곳은 부산항과 약 3-4km 떨어져 있는 곳으로 이들이 중국의 무역선을 통해 부산으로 들어온 것으로 추정된다. 이후 약 10여 년간 서쪽으로는 지리산, 북쪽으로는 강원도 삼척 등 남중부 지역에서 확산되면서 그 분포가 점점 넓어지고 있는 상황이다(Choi *et al.*, 2012a; 정철의, 2012a).

기존의 도시지역에서 많이 나타나는 말벌류인 왕바다리(*Polistes rothneyi koreanus*)가 일반 말벌류에 비해 개체수가 적고 공격성과 독성이 비교적 약한 편인데 비해 등검은말벌은 독성이 훨씬 강하다. 게다가 숲속의 높은 나뭇가지나 바위 밑, 도심지역의 건물 처마, 가로수, 화단 등 매우 다양한 장소에 벌집을 짓고 살아가는 것으로 알려져 있어 등검은말벌로 인해 현재 생태적 교란, 경제적 피해, 공중보건적 피해 등 사회·경제적인 피해가 우려되고 있다. 실제로 국내에 서식하는 토착 대형말벌류는 총 9종으로 알려져 있으며, 그중 5종 정도가 등검은말벌의 침입과 확산 후 세력이 약화되어 생태적 교란을 받고 있다.

등검은말벌의 원산지는 중국 남부의 저장성 등지로 추정하고 있으며(Choi *et al.*, 2013) 이와 유사한 여러 아종들이 베트남, 인도, 인도네시아, 말레이시아, 네팔, 태국, 홍콩, 말레이시아와 같은 아열대 지역에서 주로 서식하는 것으로 파악된다.

전 세계적으로 등검은말벌의 침입은 2003년 한국과 더불어 프랑스가 2004년에 침입이 공식 확인 되었으며 이후 인근 스페인, 포르투갈 등으로 확산되었고 추후 인근 유럽 국가들로 계속적인 확산이 예상되고 있다(Haxaire *et al.*,

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

2006; López *et al.*, 2011; Rome *et al.*, 2009; Villemant *et al.*, 2006 a,b).

국내에 침입한 등검은말벌은 다양한 피해를 나타내고 있는데 먼저 국내 토착 말벌과의 경쟁을 통해 생태적 교란을 심각하게 일으키고 있으며, 토종꿀벌과 양봉꿀벌의 집 앞에서 돌아오는 꿀벌을 공격해 사냥하는 전문 꿀벌포식자로 국내 양봉가에 경제적인 피해가 우려된다. 국내의 꿀벌에 의한 화분매개 가치는 약 6조원으로 그 중요성이 매우 높아 등검은말벌에 의한 경제적 피해가 우려되고 있으며 특히, 화분매개에 있어 꿀벌 의존도가 높은 과수와 채소 농가 등에서 등검은말벌에 의한 경제적 피해가 예상되고 있다. 또한 다른 말벌에 비해 도시 지역에서 영소를 특히 선호하는 것으로 나타나 도시 내 주민들에 대한 말벌 피해가 점차적으로 심각해지고 있는 상황이다(정철의 등, 2008; 2012 a,b; Choi *et al.*, 2012a).

따라서 본 조사에서는 국내에 침입한 등검은말벌에 대한 형태적 특징을 기술하고 생활사, 벌집특성, 영소특성, 먹이활동, 외부활동, 월동과 같은 생태적 특성을 기재하였다. 또한 이들의 전국적 분포를 알아봄으로써 이 종의 확산에 대한 실태를 파악하고, 이들의 출현에 따른 도심 및 양봉농가의 피해를 분석하여 추후 이들의 효율적인 방제 및 관리방안을 도출하고자 하였다.

나. 조사내용 및 조사방법

등검은말벌의 국내 분포 및 확산 현황과 생활사, 영소특성, 먹이원과 같은 생태적 특성 그리고 이들의 출현에 따른 피해를 알아보기 위해 2003~2012년까지 문헌을 중심으로 정리하였으며, 2013년 새로운 확산 장소를 파악하기 위해 이들의 분포 기록이 없는 충청도, 전라도, 강원도 지역을 중심으로 조사하였다. 또한 이들의 생활사, 영소특성 등은 야외에서 실질적으로 이들의 벌집을 찾아내 관찰하였으며 먹이원과 외부활동, 여왕벌 월동 등은 관련 문헌을 참조하였다.

등검은말벌의 출현과 피해를 조사하기 위해 이들의 점유가 가장 높은 부산을 중심으로 조사하였으며 그 외 비교 지역으로 함안군, 마산시, 경산시, 영양군 등에서 조사하였다. 먼저 부산의 도시 내의 말벌 출현 정도를 파악하기 위해 총 5단계로 그 등급을 구분하였다. 채집지역 100×100m² 안에서 녹지율

II. 외래동물

과 도시화율의 비율이 분명한 지역을 선정하여 채집하였다. 1등급은 녹지율 100%에 도시화율 0%로 인공시설이 전혀 없고 녹지비율이 가장 높은 숲과 같은 자연지역이고 2등급은 도시와 인접한 숲 가장자리 지역으로 녹지율 75%에 도시화율 25%, 3등급은 녹지율과 도시율이 각각 50%로 도시 속 산림공원이나 대학 캠퍼스와 같이 도시지역이지만 비교적 녹지대가 많은 지역이다. 4등급은 녹지율이 25%에 도시화율이 75%로 도시의 근린공원, 도시하천의 둔치, 아파트 녹지공원과 같이 녹지대가 일부 남아 있지만 대부분이 도시화된 지역을 의미한다. 마지막으로 5등급은 도시중심부로 녹지가 전혀 없는 지역을 나타낸다. 각 등급에서 녹지대의 녹지는 절대적인 생태질(ecological quality)을 의미하기 보다는 녹지와 도시화 지역의 상대적 세력의 비율을 나타낸 것이며 말벌들이 영소할 수 있는 최소한의 생태적 공간을 말한다. 또한 이들의 말벌 개체 채집을 위해 조사 구역 내에서 날아다니는 개체는 brandishing and sweeping으로 채집하였고, 그 외에는 성충이 sap, honey 등에 유인되는 특성을 이용하여 posted window-fall trap(PWFT)을 디자인하여 사용하였다. PWFT는 2L정도 크기의 통에 말벌이 들어올 수 있는 출입구멍을 통의 중간부위에 뚫어놓고 그 안에 유인액을 넣어둔다. 이를 말벌들이 자주 출현하는 장소에 매달아 놓으면 말벌들이 유인액에 유인되어 통속으로 빠지게 되며 이를 이후에 수거하는 방식이다. 유인액은 기존의 양봉가에서 말벌 퇴치를 위해 성충을 유인할 때 주로 사용하는 것으로 설탕물(sugared water)과 초산(acetic acid), 알코올(ethanol)을 비슷한 비율로 섞어 만든 것이다.

마지막으로 도시 내 119구조대의 벌집 제거에 따른 피해 비율을 조사하기 위해 2010년 8-9월에 부산의 금정구 그리고 2013년 9월에 부산, 대구 칠곡, 울산, 김해, 양산, 함안, 창녕, 하동 등지의 출동기록을 조사하였다. 이들은 제거 시 말벌 개체 1마리를 직접 수거하거나 사진기록 등을 남겨 최종 동정하였다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



포충망을 이용한 채집



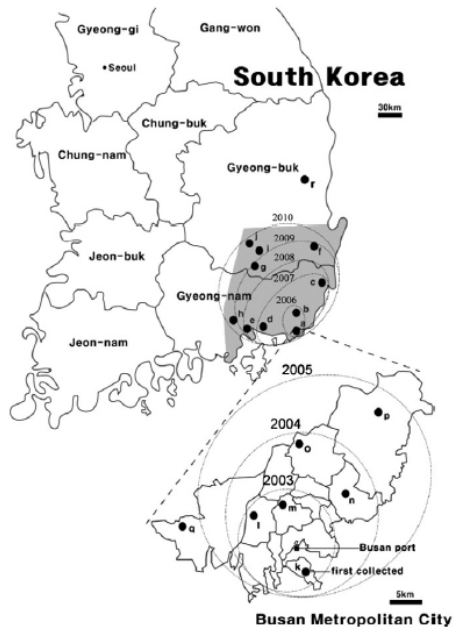
트랩을 이용한 채집

<그림 2-1> 등검은말벌 야외 채집방법

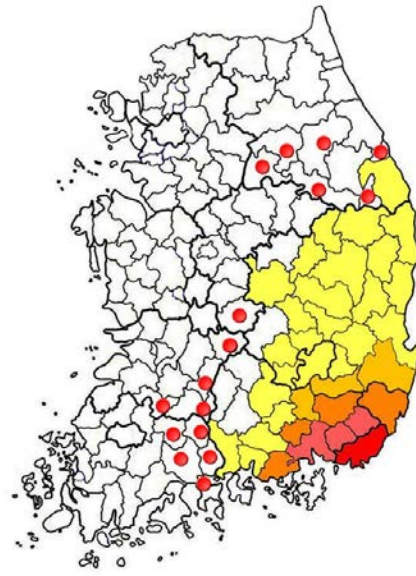
<표 2-1> 2013년 등검은말벌 확산 분포지

일련 번호	소재지	GPS 좌표			
1	전남 구례군 산동면 노고단	N 35° 18'	16.92"	E 127° 30'	48.13"
2	전남 광양시 다압면 금천리	N 35° 08'	55.26"	E 127° 38'	49.02"
3	전남 여수시 종화동	N 34° 43'	56.29"	E 127° 43'	48.40"
4	전남 곡성군 죽곡면 하한리	N 35° 09'	41.2"	E 127° 23'	53.6"
5	전남 순천시 서면 운평리	N 35° 00'	31.0"	E 127° 28'	50.5"
6	전북 남원시 주천면 장안리	N 35° 23'	14.19"	E 127° 26'	11.03"
7	전북 장수군 장수읍 두산리	N 35° 38'	4.82"	E 127° 31'	31.14"
8	전북 무주군 설천면 심곡리	N 35° 53'	6.92"	E 127° 44'	23.37"
9	전북 순창군 유등면 두승리	N 35° 21'	24.92"	E 127° 10'	30.32"
10	충북 영동군 용산면 신항리	N 36° 16'	02.03"	E 127° 49'	14.79"
11	강원 영월군 영월읍 덕포리	N 37° 10'	40.75"	E 128° 29'	04.72"
12	강원 태백시 구문소동	N 37° 05'	59.35"	E 129° 02'	58.93"
13	강원 원주시 반곡동	N 37° 19'	02.23"	E 127° 59'	13.92"
14	강원 횡성군 안흥면 소사리	N 37° 28'	00.08"	E 128° 08'	45.60"
15	강원 평창군 평창읍 중부리	N 37° 21'	42.16"	E 128° 23'	35.04"
16	강원 동해시 천곡동	N 37° 31'	21.30"	E 129° 06'	39.23"

II. 외래동물



등검은말벌 분포(2003~2010)



등검은말벌 분포(2013)

(컬러지역: 2012년까지 분포지역, 붉은점: 2013년 추가 분포 지역)

<그림 2-2> 등검은말벌 분포지(2003~2013)

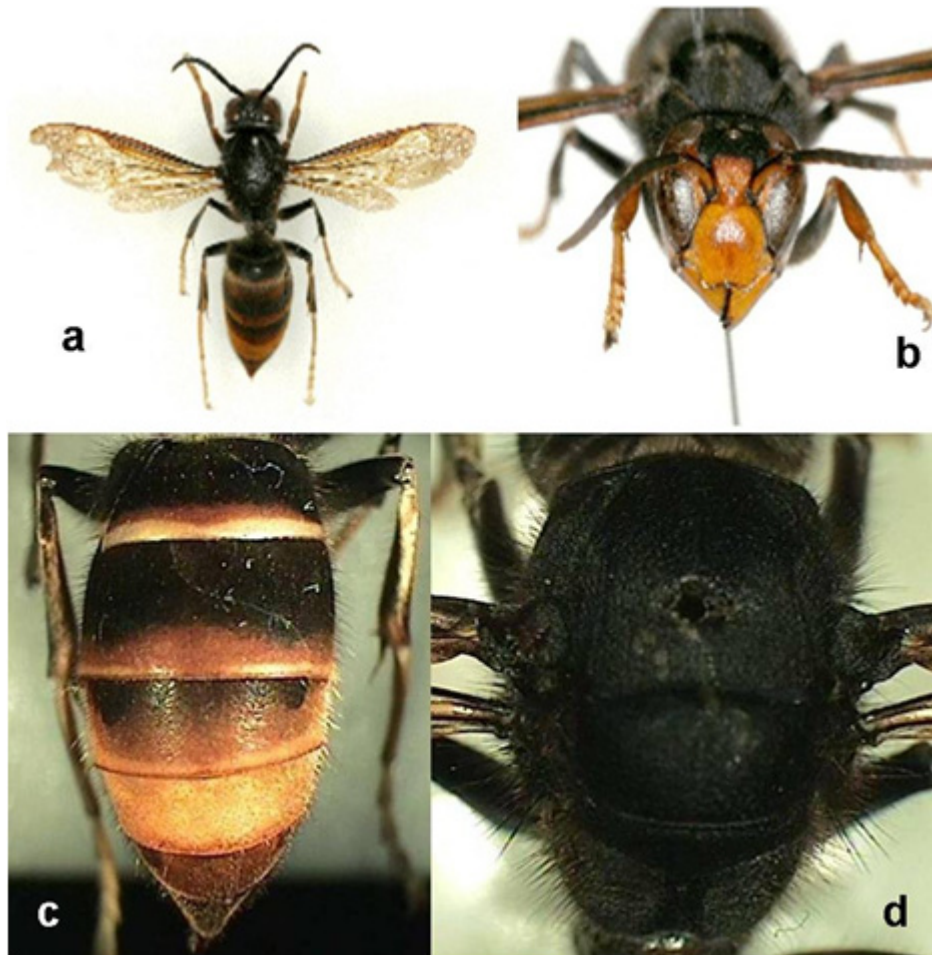
■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

다. 연구결과

(1) 일반적인 특성

(가) 생물학적 특성

- 학명 : *Vespa velutina nigrithorax*
- 영명 : Asian Hornet, Yellow-legged Asian Hornet, Asian black hornet
- 분류 : 별목 (Hymenoptera)
 - 별아목 (Apocrita)
 - 말벌상과 (Vespoidea)
 - 말벌과 (Vespidae)
- 국내 분포 : 부산 영도(2003), 중부산, 금정산, 해운대 장산(2004), 서부산, 기장군(2005), 양산(2006), 창원, 울산(2007), 함안, 밀양(2008), 청도, 경주(2009), 경산, 대구(2010), 울진, 청송, 칠곡, 안동, 영주, 의성, 상주, 영양(2011), 삼척, 하동(2012)
- 국외 분포 : 중국 남동부, 베트남, 인도, 인도네시아, 말레이시아, 네팔, 프랑스, 스페인, 포르투갈 등
- 형태 : 일벌의 크기는 몸길이가 22-25mm이며 머리는 대부분 검은색이다. 이마방패, 더듬이의 기부 앞쪽, 대악, 발목마디 등은 황색이다. 가슴등판은 대부분이 검은색이며 일부 약한 선모양의 붉은색이 앞가슴등판에 있기도 하다. 복부 등판의 첫째마디의 가장자리는 노란색의 선모양이 있고 둘째마디는 좀 더 넓은 띠에 진한 오렌지색을 띠고 셋째마디는 절반 이상이 적황색이다. 넷째마디는 전체가 오렌지색이며 5-6번째 마디는 진한 황갈색을 나타낸다. 한국의 다른 말벌종들과의 차이점은 앞가슴등판 측면 아래부위에 몇 개의 용골선이 있으며 등판 전체와 머리 뒷부분이 완전히 흑색인 것으로 구분되어진다. 그 외 알, 유충, 여왕벌, 숫벌의 형태적 특징은 아직 연구되지 않았다.



a: 전체 몸, b: 앞 머리 부분, c: 등배판의 색깔 패턴, d: 가슴등판의 색깔 패턴

<그림 2-3> 등검은말벌 암컷의 외부형태

- 생활사 : 등검은말벌의 생활사는 기존의 토종말벌과 거의 비슷하다. 여왕벌이 단독으로 지면, 낙엽 밑 등에서 월동을 한다. 월동 여왕벌은 봄철 온도가 상승함에 따라 휴면이 타파되어 활동기로 접어든다. 여왕벌은 4월 중순부터 나와 홀로 생활하면서 초기둥지를 짓는데, 8-16개의 알을 산란하고 스스로 먹이활동과 육아를 담당한다. 한배가 성충으로 우화하면 이들은 일벌이 되며, 이 후 일벌은 먹이, 육아, 조소 및 방어활동을 하고 여왕벌은 산란활동에 집중하면서 개

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

체군은 급격히 성장한다. 일벌들은 육아를 위한 단백질 함량이 높은 먹이를 구하게 되는데 꿀벌 등 집단생활을 하는 곤충류를 주 먹이로 한다. 6월 초에 첫 일벌이 탄생하면서 벌집의 성장속도는 급속도로 빨라지는데 7월에 급성장 하면서 8-9월 중에 개체군이 최고조에 달하며 봉군의 크기는 수천마리로 증가하고 이때부터 새로운 생식세대를 육성한다. 생식세대는 새로운 여왕벌과 수벌이며, 새로 생산되는 여왕벌의 수는 수백~수천마리에 이른다. 이후 10-11월에 신여왕벌과 숫벌이 교미를 하고 수정이 된 신여왕벌은 12월 초에 다시 월동에 들어가면서 벌집은 최종적으로 쇠퇴한다.

- 벌집 특성 : 벌집은 대개 높은 나무 가지 끝에 짓는데, 모양은 길쭉한 배(오얏) 모양이며 크기가 매우 크다. 봉군 활동은 월동 여왕벌이 4~5월부터 등지를 짓고 한배양육을 시작하며, 7월 하순부터 개체가 많아져 8~9월 사이에 최고조를 이루며 약 6-7층 정도의 층을 가지며 최종 육방수는 약 3000-4000개, 성충벌의 수는 약 1000-2000마리 정도에 이른다. 12월 초쯤 봉군이 쇠퇴하는데, 다른 벌류와는 달리 활동개시가 동틀녘부터 시작되어 일몰 후까지 이어지며, 대기온도가 11°C가 되면 활동을 시작하는 특징을 보인다(Perrard et al., 2009) 특히 오전에 활동 최성기를 보이며(Abrol, 1994), 비가 오거나 구름이 많이 낀 날에도 먹이활동을 하는 것으로 보고되었다(Perrard et al., 2009). 벌집은 주로 10-20m 정도의 높은 나무의 꼭대기에 짓는데(그림 2-4), 지면과 가까운 돌틈 사이, 작은 관목류의 가지에 종종 영소하는 경우도 있다. 도시 내에서는 주로 가로수 꼭대기, 처마밑, 건물벽, 아파트 베란다, 화단 관목류의 가지 등 수많은 장소에 영소한다.
- 먹이활동 : 잡식성으로 다양한 곤충을 먹이로 한다 서양종꿀벌(*Apis mellifera*)을 가장 선호하여, “꿀벌잡이말벌 bee-hawking hornet”로도 알려져 있으며, 그 외 다양한 땅벌, 등에, 꽃벌, 파리, 나비 및 나방 등을 포식한다(Abrol, 1994; Perrard et al., 2009). 그 외 성충들은 참나무 수액이나 다양한 현화식물 등에 많이 모여 탄수화물

II. 외래동물

이나 당을 섭취한다. 특히 원산지인 동남아시아에서 문제가 되지 않았던 이유는 재래종꿀벌이 단위 집단의 크기가 작을 뿐 아니라, 봉구열 형성을 통한 반포식 행동(anti-predation behavior)이 잘 발달한 반면 서양종꿀벌은 그러한 행동이 진화하지 않았기 때문으로 본다(Tan *et al.*, 2007). 등검은말벌은 양봉장에서 꿀벌을 잡으면 일단 안전한 곳으로 이동하여 바로 날개와 복부, 머리까지 뜯어내고, 경우에 따라서는 가슴의 등판등표피를 제거하고 단백질이 풍부한 살덩이를 벌집으로 가져간다(Perrard *et al.*, 2009). 정찰비행과 페로몬을 이용한 동료 집합 후 집단공격을 하는 장수말벌과는(Jung *et al.*, 2007b) 달리 단독 먹이활동을 한다. 꿀벌을 사냥 할 때 소문 앞 약 30~50cm 정도 거리에서 외역에서 귀소하는 일벌을 마주보고 한 마리씩 공격한다. 공격 성공률은 10~30% 정도이나, 하루 종일 포획수는 거의 일정하게 나타났다(Perrard *et al.*, 2009). 도시에서는 도시 녹지에 서식하는 소형 도시곤충류들을 주로 사냥하며, 그 외 도시 경관용 과실나무의 과즙이나 쓰레기 더미속의 폐음료수 등을 주로 섭취한다.

- 외부활동 : 일주활동은 계절별 시간차이는 있으나 동틀 무렵부터 활동을 시작하여 오전 10시~오후 3시 사이에 가장 많은 활동을 하고 일몰 직전까지 활동을 한다. 일몰 후에도 간혹 양봉장을 배회하는 개체들이 발견된다. 특정 날씨에 대한 활동 반응을 살펴본 결과 우천 시에도 활동을 하며 비행활동은 천천히 하는 것으로 보였으며 (Abrol, 1994), 더욱이 우천 후에는 먹이공급원의 부족으로 인해 활동이 활발한 것으로 나타났다. 외부활동 시 등지 건설 16%, 탐색 13%, 사냥 47% 등이며, 사냥 중에는 당 섭취 19%, 사냥 10%, 물 흡입 9% 등으로 나타난다(Villemant *et al.*, 2011).

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



교미(11.14)



벌집 내부



처마밑 벌집



관목속 말벌집



나무수액에 모임



가로수 위 벌집



초기 둥지(6.12)



도심 속 폐음료수통 속



나뭇잎의 수액 섭취(10.10)

<그림 2-4> 등검은말벌의 생태

(2) 확산

우리나라에서 등검은말벌의 년당 확산속도는 12.4km/yr이었고 프랑스에서는 67.3km/yr로 우리나라에서 보다 프랑스에서 확산속도가 5~6배 빨랐다. 2003년을 국내 침입기점으로 할 때, 8년 동안 최대거리 211km 확산된 것으로 볼 수 있고, 1년에 가장 멀리 확산된 것은 26.4km 정도로 추정되었다. 반면 프랑스에서는 2004년을 기점으로 6년간 최대 577km 이상 이동하였으며, 1년에 154.5km 이상을 이동한 경우도 있다. 등검은말벌의 확산속도에 영향을 미치는 요인 중 하나는 경쟁종의 존재여부를 볼 수 있다. 국내는 9(아)종의 말벌이 존재하고 (Choi *et al.*, 2012a, b) 또 한 양봉장에 출몰하는 말벌도 6종이나 되는 반면, 프랑스에서는 말벌 한 종만이 서식한다. 따라서 프랑스에서는 새로 침입한 등검은말벌과 경쟁관계에 있는 생물의 수가 훨씬 적기 때문에 침입후 잠복기 역시 짧고, 확산속도가 빠를 수 있었던 것으로 추정된다. 국내에서는 경쟁종이 많기 때문에 등검은말벌이 침입한 이후, 상당 기간 잠복기를 가졌을 것으로 본다. 통상적으로 곤충이 다른 생태계로 침입 할 경우 3.8 ± 2.8 년 정도의 잠복기를 가진다고 보고되었다(Kiritani and Yamamura, 2003). 우리나라에서도 등검은말벌이 사회적 문제로 대두된 것이 2008년 여름경인 것으로 보아 약 5년 정도의 잠복기를 거쳐 개체군이 폭발적 증가와 분포 확대가 이루어지고 있는 시점이라 볼 수 있다. 또한, 말벌이 주로 숲속에서 활동하는 반면, 등검은말벌의 경우 거주지에서도 흔히 볼 수 있고, 등지를 도심지에도 많이 만드는 것으로 보고되었다 (Choi *et al.*, 2012a, b; Villemant *et al.*, 2011). 또한 등검은말벌은 하루에 30km 까지도 비행 할 수 있다는 보고가 있으니, 우리나라에서 지금까지 나타난 12km/yr의 분포확대는 매우 다양한 요인들로 인하여 심하게 제약되고 있다고 볼 수 있다. 그러나 확산계수는 확산속도의 정도를 나타내는 계수로써, 침입 후 연도가 늘어남에 따라지 속적으로 증가하고 있다. 이는 앞으로 확산속도가 더 빨라질 수 있음을 의미한다. 또한 등검은말벌은 잡식성이다. 먹이범위는 꿀벌, 땅벌, 꽃등애, 파리, 호박벌, 기타곤충이나 거미등을 포식하고, 또한 시장 등지에서 생선이나 가재 등의 단백질도 섭취한다고 보고되었다(Perrard *et al.*, 2009; Villemant *et al.*, 2011). Abrol (1994)와 Tan *et al.* (2007)은 등검은말벌이 꿀벌의 전문포식자로 보고했으며, 다른 곤충 등의 먹이가 충분치 않을 경우 꿀벌에 대

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

한 먹이 의존도가 70% 이상으로 증가한다(Rome *et al.*, 2009; Villemant *et al.*, 2011). 세계 최고의 서양종꿀벌 봉군밀도(17봉군/km²)를 자랑하는 우리나라의 양봉환경에서 볼 때(Jung, 2008), 등검은말벌의 개체군 팽창은 국가양봉산업의 큰 위협요인이며, 이미 다수의 부산, 경남, 경북의 양봉인들 사이에서는 우려의 목소리가 매우 높다. 따라서 외래의 말벌침입으로 인한 국내 생태계의 구조와 기능의 교란, 양봉산업의 총체적위기가 오기 전에 등검은말벌의 개체군 팽창억제, 확산방지 또는 제약을 위한 연구개발이 요구되고 있다. 또한 외래종의 침입 및 전파의 경로가 크게 자연전파와 인위적 전파로 나뉠 수 있는 바, 인위적 전파의 억제 노력도 필요하다. 프랑스의 경우, 침입 후 3년과 4년 사이에 확산계수가 다른 집단보다 훨씬 크게 나타나는 점이 있는데, 이점들은 자동차나 화물을 통해 장거리이동이 의심된다. 반면 우리나라의 경우, 전파경로가 점진적으로 넓어지면서, 확산된다는 점은 자연적 전파가 확산의 주된 수단으로 추정된다. 그러나 보다 세심한 감시 노력과 분포상 구명이 된다면 현재의 확산정도를 명확히 할 수 있으며, 이에 따른 개체군관리 방안도 도출될 수 있을 것으로 사료된다.

<표 2-2> 국내와 프랑스에서의 등검은말벌의 침입과 확산속도에 관한 비교

Vector	Korea	France
Location of invasion	Busan port	Aquitaine
Year of invasion	2003	2004
Rate of spread(km/yr)	12.4 ± 6.77	67.3 ± 25.43
Maximum rate of spread (km/yr)	26.4	154.5
Maximum distance (km)	211	577
Number of other <i>Vespa</i> species	9	1

(3) 피해

(가) 도심지

1) 도시 내에서 출현

부산지역에서 1997-2001년까지 조사된 결과를 보면 좀말벌>장수말벌>털보말벌>말벌>꼬마장수말벌>검정말벌 순으로 점유율이 나타났다. 그러나 2003년에 등검은말벌이 첫 발견된 후 2010년의 결과를 보면 등검은말벌이 37%로 가장 높게 나타났고 그 뒤로 좀말벌이 28%로 나타났는데, 특히 털보말벌이 5%로 약 20%정도 급감되었다. 그 외 함안군, 마산시, 경산시는 2010년 이미 등검은말벌이 침입한 지역이지만 아직 기존의 토종말벌 세력에 미치지지는 못하였다.

등검은말벌의 도시 분포에 좀 더 구체적인 분석을 위해 부산지역을 총 5단계의 도시화등급으로 구분하여 채집된 주요 5종을 정리하였는데, 먼저 1997-2001년까지 보면 부산 외곽의 숲과 같은 천연지역인 1등급에서는 주로 좀말벌(*V. analis*)과 장수말벌(*V. mandarinia*), 말벌(*V. crabro*)이 고루 분포하고 있으며 도시화가 높은 4-5등급에서는 털보말벌(*V. simillima*)과 좀말벌(*V. analis*) 두 종만이 나타났다. 그러나 2003년 등검은말벌(*V. velutina*)의 출현 이후 2010년 1등급에서 등검은말벌은 20%를 나타내고 있으며 이후 도시화된 지역으로 가면서 그 비율은 점차적으로 증가하게 되는데 2등급 29%, 3등급 40%, 4등급 65%, 5등급 92%로 나타났다. 따라서 등검은말벌은 도시지역을 특히 선호하는 것으로 나타나 향후 도시 내 출현이 계속적으로 증가할 것으로 보이며 이는 결국 도시 내 피해를 가중시킬 것으로 보인다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

<표 2-3> 5개 지역 트랩에서 채집된 대형 말벌류의 출현

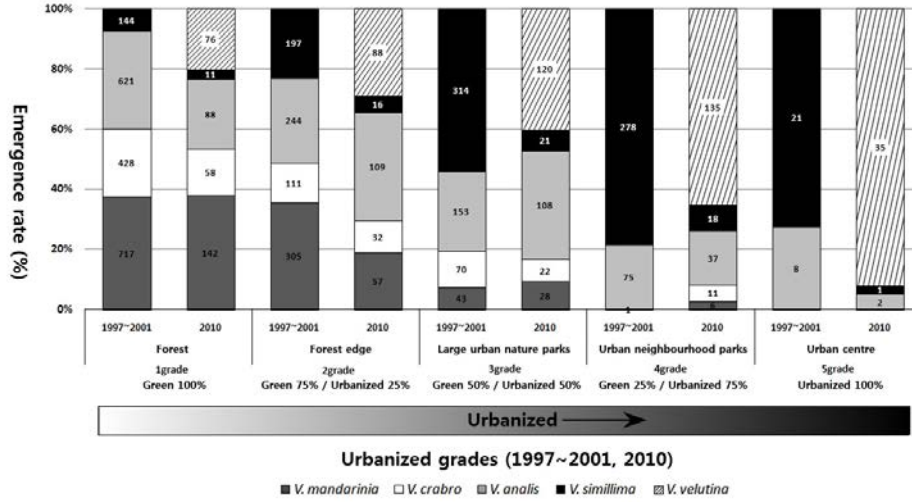
종류	부산시		함안군	마산시	경산시	영양군
	1997~2001	2010	2010	2010	2010	2010
장수말벌	1066(29%)	233(19%)	2(10%)	2(8%)	6(12%)	5(19%)
말벌	609(16%)	123(10%)	16(76%)	11(46%)	20(41%)	17(63%)
좀말벌	1101(29%)	344(28%)	2(10%)	7(29%)	12(24%)	3(11%)
털보말벌	924(25%)	67(5%)	0	0	2(4%)	1(4%)
등검은말벌	0	454(37%)	1(5%)	4(17%)	8(16%)	0
꼬마장수말벌	33(1%)	16(1%)	0	0	1(2%)	1(4%)
검정말벌	3(0.1%)	1(0.1%)	0	0	0	0
Total	3736	1238	21	24	49	27

2) 도시 내에서 119구조대에 의해 제거된 말벌류인 피해

2011년 기준, 전국적으로 119구조대에 7만여 건의 말벌 피해 신고가 접수되었고, 주요 도시별 말벌 피해신고는 10여년 사이에 10배 이상의 증가를 보이고 있다(Choi *et al.*, 2012b). 또한 말벌 쏘임 사상자도 2011년 기준으로 2,523명이었으며 사망자 역시 지속적인 증가 추세에 있다.

2010년 부산 금정구의 8-9월 출동 기록을 보면 등검은말벌이 전체 41%로 가장 높게 나타났고 2013년 9월에도 69%로 가장 높게 나타나고 있다. 이는 기존의 가장 빈번하게 나타난 왕바다리 보다 2-3배 정도의 높은 비율을 나타냄에 따라 도시 내에서 등검은말벌의 높은 서식율을 볼 수 있다. 같은 기간 등검은말벌의 분포가 기록된 다른 지역의 벌집 제거 현황에서도 대부분 높은 비율을 나타냄에 따라 확산과 더불어 각 지역별로 이들의 점유율이 점차 늘어나 그 피해가 증가할 것으로 보인다. 이는 대도시 내에서 과거에 가장 높은 비율로 출현한 왕바다리는 대형 말벌류에 비해 독성이 비교적 약한 쌍살벌인데, 등검은말벌이 도시 내에서 확산된 이후 이들의 비율이 점차적으로 늘어나면서 도시 내 시민들이 대형 말벌에 쏘일 수 있는 기회가 더 증가함에 따라 인명피해가 급증할 것으로 예상되는 바 도시 내 공중보건적 문제가 점차 더 심각해짐을 예상케 하고 있다.

II. 외래동물



<그림 2-5> 1997~2001, 2010년 부산시 내 도시 등급별 출현 말벌류

<표 2-4> 119 구조대의 벌집 제거 현황

말벌종	부산		대구	울산	김해	양산	함안	창녕	하동
	(2010)	(2013)							
등검은말벌	32(41%)	11(69%)	5(13%)	8(89%)	7(59%)	1(25%)	8(80%)	3(50%)	2(25%)
왕바다리	17(21%)	3(19%)	29(76%)		4(33%)		1(10%)	3(50%)	
좁말벌	14(18%)	1(6%)	4(11%)		1(8%)	1(25%)	1(10%)		
털보말벌	4(5%)			1(11%)					4(50%)
큰별쌍살벌	4(5%)								
말벌	2(3%)								
장수말벌	2(3%)								
큰뺨허물쌍살벌	2(3%)	1(6%)							
참땅벌	1(1%)								
꼬마장수말벌						2(50%)			2(25%)
total	78	16	38	9	12	4	10	6	8

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



119 구조대의 벌집 제거



화염에 제거된 벌집



도시 내 공원 소나무림에 달린 벌집



도시 중심가의 가로수에 달린 벌집

<그림 2-6> 대도시 내에서 등검은말벌의 제거와 영소

(나) 양봉산업

1) 양봉장에서 출현

양봉장 근처에 출몰하는 말벌류는 좀말벌>장수말벌>검정말벌>꼬마장수말벌>말벌>털보말벌>등검은말벌 순으로 점유율이 나타났다. 그러나 각종별 개체군밀도의 비교는 상이하게 나타났다. 등검은말벌이 전파되기 이전, 안동지역에서 조사한 결과는 털보말벌이 31%로 가장 많고, 말벌>장수말벌>좀말벌>꼬마장수말벌 순으로 나타났다. 반면, 등검은말벌이 정착한 지역인 경남지역에서 2010년 조사결과는 등검은말벌이 67%로 절대 우점하고 있으며 털보말벌>꼬마장수말벌>장수말벌>말벌>좀말벌 순으로 나타났다. 등검은말벌이 털보말벌을 비롯하여 말벌, 좀말벌 등 크기가 작은 말벌과 장수말벌과 꼬마장수말벌 등 크기가 큰말벌류 개체군밀도에도 부의 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 즉, 같은 길드 내에서 경쟁이 심화되는 것으로 파악할 수 있다. 등검은말벌은 꿀벌을 특이적

으로 선호하고, 빠른 비행 능력과 포식능력으로(Abrol, 1994; Perrard *et al.*, 2009), 양봉장에서의 먹이 경쟁에서 다른 말벌류를 압도할 가능성이 높다. 반면 2010년 부산 기장에서 조사한 바에 따르면 털보말벌, 좀말벌, 말벌은 전혀 채집되지 않았고, 대부분이 등검은말벌이며, 장수말벌과 꼬마장수말벌만이 일부 채집된 것으로 보아, 몸집이 작은 말벌류가 더 경쟁 도태압을 많이 받을 것으로 판단된다. 또한 포식자인 말벌의 증가는 자연 화분매개활동에 영향을 주게 된다. Abrol(1994)는 꽃을 방화하는 꿀벌, 호박벌, 파리 등을 직접 사냥하기도 한다고 보고하였다. 따라서 유용 화분매개곤충의 수를 줄이기 때문에 식물의 번식억제, 화분매개곤충의 밀도감소 등 부정적 피드백을 야기할 수 있다. 반면 경쟁종과의 관계는 아직 잘 알려져 있지 않다. 프랑스로 침입한 등검은말벌의 경우, 토착종인 말벌(*Vespa crabro*)와 직접적 경쟁관계를 형성하지 않고 비어 있는 생태소공간을 차지하며 개체군 성장 및 분포확대를 할 수 있었다. 반면 국내에는 9종의 말벌이 서식하며 먹이사슬이 좀 더 긴밀하게 연결되어 있을 것으로 본다.

2) 경제적 피해

등검은말벌은 원산지에서는 크게 생태적, 사회적 문제를 일으키지 않는다. 추정컨대 주 먹이자원이 되는 재래종꿀벌이 방어행동을 발달시켰으며, 다양한 천적과 병원균 등의 먹이사슬로 인하여 자연적 밀도 조절이 이루어지기 때문으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 일부 아열대지역에서 재래종꿀벌의 30%까지도 망실된다는 보고도 있다. 반면 침입지에서 개체군 행동은 다르게 나타난다. 특히 우리나라는 선호 먹이가 풍부하게 분포한다. 국내 서양종 꿀벌봉군은 150만군 이상이며, 벌꿀 생산은 25만톤에 이르며 벌꿀 소득이 약 2~3천억원에 이르는 양봉 강국이다. 또한 주요 원예작물에 화분매개 효과는 약 6조원 정도로 추정될 정도로 서양종꿀벌 의존도가 높다(Jung, 2008). 따라서 등검은말벌의 분포확산과 개체군밀도의 팽창은 서양종꿀벌의 직접포식으로 인한 사망요인이 된다. 현재 구체적인 피해 자료가 나타나있지는 않지만, 방치된 양봉꿀벌 10봉군이 등검은말벌의 공격으로 폐사하는데 1주일 정도 걸리며, 50군은 2~3주 내에 폐사하는 사례가 보고되었고, 사람의 노동력을 이용한 포획, 방제를 하였어도 300봉군중 약 50봉군은 본 중에 의해 폐사된 사례가 있다(Jung *et al.*, 2008).

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)

국내에서는 8월말부터 11월말까지 약 100일 동안 말벌 경계 기간으로 설정하여 말벌에 대한 경계, 방어, 포획 및 살상 등이 이루어진다. Jung *et al.* (2007a)은 4만여 양봉인이 말벌경계에 드는 노동력만을 계산해도 비용이 년 1,000억 원에 이른다. 경계와 관리가 소홀할 경우 국가적 봉군손실은 30%, 750억 원, 차년도 꿀 생산 감소 30%, 1,000억 원 등 단순 계산할 경우에도 약 1,750억 원 이상의 경제적 손실을 야기하게 되고, 이로 인한 화분매개의 감소, 실업사태발생 및 농가 소득 및 경영악화는 더 큰 사회적 문제를 야기할 수 있다. 또한 생태계 먹이사슬의 변화가 예상된다. 또한 말벌포식자의 존재는 봉군내 경비벌의 숫자를 증가시켜, 상시적 방어활동을 요구하게 되고, 이에 따라 먹이활동 벌의 숫자가 줄어들어 육아 및 먹이활동이 제약된다. 따라서 봉군 건강성은 심각하게 악화되고 질병에 민감해지며, 봉세발달이 원활치 못하여 월동실패 등으로 이어져 양봉산업에 피해를 주게 된다.

라. 관리방안

(1) 도심지

등검은말벌이 침입된 이후 10여년이 흐르면서 이들 개체군의 폭발적 증가와 분포 확대가 이뤄지는 현재 이들의 절멸적 방제는 사실상 불가능하다. 따라서 이들이 집중적으로 분포하면서 사람들에게 피해를 주는 도시지역을 중심으로 등검은말벌 개체군을 조절하는 관리가 필요하다.

사실상 매년 각 지역별로 수백~수천개의 말벌집을 119구조대가 제거하고 있으나, 다음해엔 더 많은 벌집이 늘어남에 따라 현재의 방법으로는 관리가 거의 되지 않는다. 따라서 이들의 확산을 장기적으로 모니터링해야 되며 이들의 생태적 특성을 시급히 파악하여 이들을 조절할 수 있는 기술 확보가 필요하다.

최근 다양한 유인시료를 통해 말벌 유인 트랩이 사용되고 있으나 실질적으로는 큰 방제 효과를 보지 못하고 있다. 따라서 좀 더 전략적으로 트랩을 개선하고 설치할 필요가 있음에 따라 트랩에 대한 추가 연구가 더 필요한 실정이다.

말벌 공격에 의한 사상자의 피해 정도 파악 및 발생 빈도 분석이 거의 이뤄지지 않고 있으며 위협, 쏘임, 부상, 사망과 같은 사상자의 피해정도를 세밀하게 구분하여 향후 피해 예방 및 방지에 활용하여야 한다.

시기적으로 이미 말벌집이 커진 8월 이후 벌집제거는 119구조대의 인력 및 장비 등 사회적 비용의 소모가 심각함에 따라 좀 더 효율적인 관리방안 필요하다. 즉, 등검은말벌의 생태적 특성을 이용하여 이들을 조기에 제거하는 방법(여왕벌 활동시기를 파악하고 이들을 유인하여 제거한다면 벌집 자체가 생기지 않음) 등을 연구할 필요가 있다. 또한 말벌집 추적 기술을 개발하여 도시 내 말벌피해 상습지역에서 말벌집 조기 제거에 관한 연구도 필요하다.

최근 말벌 피해가 늘어남에 따라 말벌 및 말벌집 조우 시 피해 예방 매뉴얼 등을 개발하여 홍보함에 따라 그 피해를 줄이는 방법도 필요하다.

도심지 등에 출몰하는 개체군의 경우 인축 독성 등을 고려할 때 생물적 방제 도 대안으로 제시가 가능하다. Rose *et al.* (1999)은 *Aspergillus flavus*, *Beauveria* spp., *Metarhizium anisopliae*, *Cordyceps*, *Hirsutella*, *Hymenostibe* 등 곤충병원성 곰팡이, *Bacillus thuringiensis* 등세균, *Nosema* spp. 원생생물 및 바이러스, 그리고 곤충병원성 선충을 이용한 생물적 방제를 제안하기도 했으며, 기생응애인 *Pymotes ventricosus*를 통한 방제인자를 소개하였다. 최근 장수말벌집에서 추출한 세균, *Serratia marcescens*가 각종 곤충에 살충성이 있는 것으로 확인되어 (Kim *et al.*, 2012), 이의 활용 가능성도 기대할 수 있다.

(2) 양봉산업

말벌류 밀도 억제는 착농약송환법(Chang *et al.*, 1994), 말벌트랩, 유인트랩 (Lim *et al.*, 1989; Kim *et al.*, 2006; Jung *et al.*, 2007b), 그리고 물리적인 포획 및 먹이가 되는 꿀벌개체군의 격리 등이 있다.

서양종꿀벌의 한 아종인 *A. m. cyprus*는 봉구열 형성을 통한 말벌에 대한 방어와는 다른 형태의 방어기작을 가지고 있음이 보고되었다. 이 꿀벌은 동양의 재래종꿀벌이 봉구열을 발생하기 위해 수십 마리의 일벌이 봉구를 형성하는 것과 비슷한 형태로 침입 말벌에 대한 봉구를 형성하지만, 봉구열을 내는 대신에 동양말벌(*V. orientalis*) 복부 4~6마디의 기문을 감싸서 호흡을 할 수 없게 만들어 질식사 시키는 행동진화를 보고하였고(Papachristoforou *et al.*, 2007), 이를 활용한 말벌방제 기술을 연구 중이다. 등검은말벌에 대한 종 특이적 트랩 연구도 진행 중이다(Maher and Thiery, 2010). Abrol(1994)은 등검은말벌이 썩은

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

생선에 유인력이 가장 높고, 찢은 닭고기, 양고기, 사과배, 호박순으로 보고하였다. Jung *et al.* (2007b)는 말벌류가 선호하는 과일에 대해 사과와 포도과즙에서 유인력이 높았음을 보고하였다. 단백질원으로는 식물성 단백질보다는 동물성 단백질을 더욱 선호하는 것으로 보였으며, 동물단백질 중에서도 찢으면 냄새가 더 진한 생선을 선호하는 것으로 조사되어 트랩연구에 이용 가능할 것으로 판단된다.

3. 버즘나무방패벌레 (*Corythuca ciliata* (Say))

가. 서론

국내에서 노린재목(Hemiptera), 방패벌레과(Tingidae)에 속하는 곤충류는 37종이 기록되어 있다(백문기 등, 2010). 그 중에서 버즘나무방패벌레는 북미가 원산지이며, 미국, 캐나다, 유럽 등에 걸쳐 넓게 분포하고 있다.

국내 최초 유입시기는 1995년 서울시 일원과 경기도, 충북 등 중부지방의 일부 지역에서 발생이 확인되었다(Chung *et al.*, 1996). 1996년에는 전북, 부산, 경남까지 피해가 확산되었고 피해도 심화되었다(Kim *et al.*, 1997).

유럽의 경우 1966년 이탈리아, 1975년 프랑스, 1976년 헝가리, 1978년 스페인, 1980년 유고, 1983년 스위스, 1986년 불가리아, 1988년 그리스 등으로 확산되어 피해가 보고되었다(Arzone, 1975; De-Battisti *et al.*, 1985; Gavrilovic, 1980). 중국에서는 2002년에 처음 관찰된 후 10년 이내에 11개시로 확산이 보고되었다(Streito, 2006; Ju and Li, 2010).

기주식물은 국내의 경우 양버즘나무로 알려져 있으며(Chung *et al.*, 1996), 북미의 경우 양버즘나무류에 피해가 심각하며, 물푸레나무, 히코리, 닥나무 등을 식초로 이용하는 것으로 알려져 있다(Drake and Ruhoff, 1965). 특히 버즘나무는 녹음이 좋고 이식이 용이하며 공해와 공기 정화력이 뛰어나기 때문에 도시 지역의 가로수로 많이 식재되어 있다(Kim *et al.*, 1999).

전국에 식재되어 있는 버즘나무는 버즘나무방패벌레의 흡즙으로 인해 수관 전체의 잎이 황백색으로 변하여 도시 경관을 해치며 조기 낙엽 현상도 초래한다. 또한 이상기온으로 인한 고온건조한 날씨는 버즘나무방패벌레의 발생과 확산에 크게 기여하고 있다(Kim *et al.*, 1997).

본 조사에서는 버즘나무방패벌레의 생태, 분포와 확산, 피해 현황, 기주식물 등을 조사하여 전국 피해 현황과 효율적인 방제 및 관리방안을 도출하고자 하였다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

나. 조사내용 및 조사방법

버즘나무방패벌레의 국내 분포 현황과 자연생태계 내에서의 생활사, 생태학적 특성, 생태계 영향 등을 확인하기 위하여 2013년 5월부터 11월까지 전국 160 시군을 대상으로 조사하였다. 시기별 조사권역으로는 5~7월은 서울, 경기, 인천, 충북, 충남, 전북, 8~9월은 강원, 경북, 경남, 전남, 제주, 10~11월은 인천, 경기, 전남 지역의 가로수와 정원수를 대상으로 조사하였다.

형태적 특징 및 생활사를 파악하기 위해 경주, 익산, 옥천에서 채집된 성충, 약충을 플라스틱 곤충사육병(Ø75×H84mm), 투명아크릴 곤충사육통(Ø150×H73mm)으로 기주식물인 양버즘나무와 함께 수거한 후 실내에서 사육하며 관찰하였다. 사육실의 온도는 25℃(±2), 습도 65%(±2), 광주기 16L:8D의 조건에서 사육하였다. 곤충사육상자(투명아크릴, W250×D250×H250mm, W1200×D1200×H1200mm) 속에 삼각플라스크 유리병(250ml)에 물을 채워 3~4일에 한번씩 신선한 기주식물을 공급하였고, 물속에 빠지는 것을 막기 위해 삼각플라스크 유리병 입구는 랩을 씌워 막아 주었다. 기주선호성을 파악하기 위해 가로수로 흔히 식재되며 주변에 서식하는 벽오동나무, 단풍나무, 칠엽수, 뽕나무, 아카시나무, 은행나무를 대상으로 조사하였다.

형태측정은 암컷 20마리, 수컷 20마리를 대상으로 체장은 머리끝부터 막질부(membrane) 끝부분, 체폭은 앞가슴등판의 폭을 측정하였고, Mean±SD로 나타내었다. 측정기구는 디지털캘리퍼스(CD-15PS)를 이용하였고, 현미경(26x-130x Zoom Digital Microscope)으로 형태를 관찰하였다.

피해잎의 엽록소 파괴를 확인하기 위해 경주의 양버즘나무에서 10개의 피해잎을 채취하여 휴대용 엽록소 측정기(CCM-300)를 이용하여 엽록소량을 측정하였다.

생물학적 방제에 관한 연구로 포식성 곤충인 다리무늬침노린재를 이용하였다. 일일 포식량을 관찰하기 버즘나무방패벌레 성충 40마리, 약충 40마리를 각각 넣고 15일(6월~7월)동안 포식량을 조사하였다.



곤충사육상자
(투명아크릴, W250×D250×H250mm)



벽오동나무 양버즘나무, 뽕나무 단풍나무, 은행나무 칠엽수, 아카시나무

<그림 3-1> 실내 사육을 통한 기주식물 선호성 테스트

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

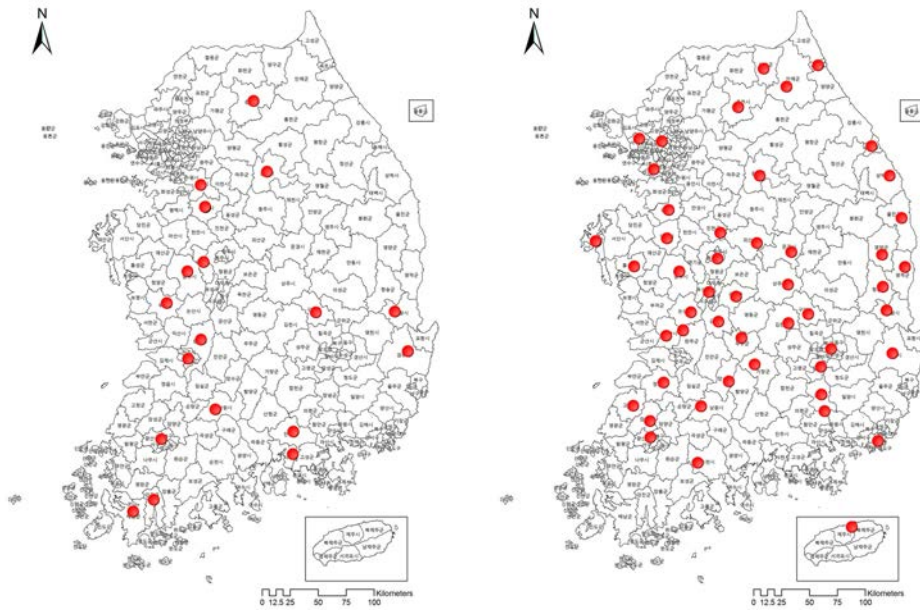
<표 3-1> 버즘나무방패벌레 출현지

일련 번호	소재지	GPS 좌표	서식지	피해
1	서울특별시 용산구 한강로동	N 37° 32' 06.8" E 126° 58' 22.8"	도로변	심
2	경기도 평택시 용이동	N 37° 00' 06.2" E 127° 09' 06.4"	도로변	중
3	경기도 안산시 상록구 장하동	N 37° 21' 24.9" E 126° 51' 54.5"	도로변	심
4	경기도 시흥시 거모동	N 37° 20' 36.2" E 126° 47' 11.9"	학교	심
5	인천광역시 서구 공촌동	N 37° 33' 08.2" E 126° 41' 21.8"	도로변	중
6	충북 증평군 증평읍 미압리	N 36° 47' 26.2" E 127° 35' 59.5"	도로변	중
7	충북 괴산군 괴산읍 제월리	N 36° 49' 18.3" E 127° 49' 46.7"	학교	중
8	충북 옥천군 옥천읍 매화리	N 36° 17' 50.7" E 127° 35' 50.9"	휴게소	극심
9	충남 청주시 흥덕구	N 36° 37' 45.5" E 127° 27' 22.7"	학교	경
10	충남 아산시 신창면	N 36° 46' 22.8" E 126° 56' 00.8"	학교	심
11	충남 홍성군 홍성읍 오관리	N 36° 35' 45.7" E 126° 39' 31.3"	도로변	경
12	충남 공주시 신관동	N 36° 26' 39.0" E 127° 07' 12.6"	학교	심
13	충남 논산시 강경읍 채산리	N 36° 09' 06.5" E 127° 00' 35.1"	도로변	중
14	충남 금산군 금산읍 상리	N 36° 06' 10.4" E 127° 29' 20.6"	도로변	심
15	강원도 원주시 원문로	N 37° 21' 29.8" E 127° 56' 14.1"	도로변	중
16	강원도 춘천시 삼천동	N 37° 52' 16.7" E 127° 42' 08.3"	도로변	경
17	강원도 양구군 양구읍 상리	N 38° 05' 57.5" E 127° 59' 33.2"	학교	극심
18	강원도 인제군 인제읍 상동리	N 38° 04' 09.5" E 128° 10' 18.3"	도로변	경
19	강원도 속초시 동명동	N 38° 12' 39.4" E 128° 35' 17.2"	단지내	경
20	강원도 동해시 천곡동	N 37° 31' 11.3" E 129° 06' 15.7"	단지내	극심
21	강원도 삼척시 남양동	N 37° 26' 12.9" E 129° 10' 01.2"	도로변	경
22	대전광역시 중구 문창동	N 36° 19' 17.3" E 127° 25' 56.0"	도로변	중
23	전북 익산시 금강동	N 35° 55' 13.5" E 126° 58' 43.0"	도로변	심
24	전북 정읍시 수성동	N 35° 34' 09.3" E 126° 51' 20.9"	도로변	경
25	전북 고창군 신흠면 법지리	N 35° 30' 15.2" E 126° 41' 56.6"	도로변	경
26	전북 남원시 향교동	N 35° 24' 50.7" E 127° 23' 01.5"	도로변	중
27	전북 무주군 설천면 청량리	N 36° 00' 47.1" E 127° 45' 32.1"	가로수	극심
28	전북 장수군 장수읍 장수리	N 35° 38' 36.7" E 127° 31' 07.8"	도로변	경
29	전남 장성군 황룡면	N 35° 17' 23.7" E 126° 46' 31.3"	학교	중
30	전남 순천시 인월동	N 34° 53' 21.6" E 127° 28' 50.9"	도로변	극심
31	광주광역시 북구 오치2동	N 35° 11' 01.7" E 126° 54' 10.9"	도로변	경
32	대구광역시 달성군 논공읍	N 35° 43' 48.1" E 128° 27' 11.5"	도로변	경
33	경북 문경시 문경읍 각서리	N 36° 44' 40.5" E 128° 04' 34.8"	도로변	경
34	경북 상주시 남성동	N 36° 24' 55.1" E 128° 09' 23.9"	학교	경
35	경북 김천시 개령면 신흠리	N 36° 09' 23.9" E 128° 09' 09.8"	학교	경
36	경북 구미시 부곡동	N 36° 09' 02.9" E 128° 17' 13.2"	학교	중
37	경북 울진군 울진읍 읍내리	N 36° 59' 16.0" E 129° 23' 44.5"	도로변	심
38	경북 영덕군 영덕읍 덕곡리	N 36° 24' 44.7" E 129° 22' 10.9"	학교	중

<표 3-1> 계속

일련 번호	소재지	GPS 좌표	서식지	피해
39	경북 포항시 북구 기북면 용기리	N 36° 07' 50.4" E 129° 10' 04.5"	학교	중
40	경북 경주시 황성동	N 35° 51' 58.6" E 129° 12' 35.8"	도로변	극심
41	경북 청송군 부남면 대전리	N 36° 20' 33.8" E 129° 03' 53.7"	학교	중
42	경북 영양군 영양읍 서부리	N 36° 39' 41.6" E 129° 06' 45.9"	도로변	심
43	경남 창원군 창녕읍	N 35° 32' 25.5" E 128° 28' 42.9"	도로변	경
44	경남 거창군 마리면 말흘리	N 35° 42' 06.3" E 127° 51' 15.2"	학교	경
45	경남 함안군 칠서면 용성리	N 35° 22' 23.9" E 128° 29' 47.3"	휴게소	극심
46	부산광역시 동구 초량1동	N 35° 06' 47.5" E 129° 02' 19.7"	도로변	경
47	제주특별자치도 제주시 조천읍 함덕리	N 33° 32' 26.4" E 126° 40' 24.9"	도로변	극심

※ 기주식물 전체 잎의 피해, 20% 미만 : 경, 20~50% : 중, 50~80% : 심, 80% 이상 : 극심



버즘나무방패벌레 분포지(산림과학원, 2011)

버즘나무방패벌레 분포지(과학원, 2013)

지도출처 : 국토지리정보원 공개지도(2006.11.30)

<그림 3-2> 버즘나무방패벌레 분포

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

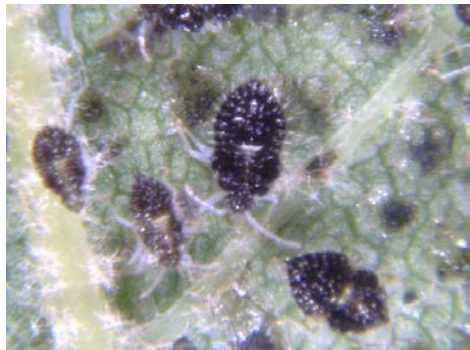
다. 연구결과

(1) 일반적인 특성

(가) 생물학적 특성

- 학명 : *Corythuca ciliata* (Say)
- 영명 : Sycomore lace bug
- 분류 : 노린재목 : Hemiptera
방패벌레과 : Tingidae
- 분포 : 미국, 캐나다, 프랑스, 헝가리, 오스트레일리아, 스웨덴, 그리스 등
- 형태 : 알은 1mm 정도이며 흑갈색을 띤 표주박 모양이다. 노숙약충은 3mm 안팎이며 흑갈색을 띠고 더듬이와 다리는 연한 갈색을 띠며 복부 가장자리에 가시가 있다. 앞가슴등판(pronotum)에는 검고 둥근 모양의 돌출부위가 있으며 가시다발이 발달되어 있다. 성충은 2.7~3.3mm 안팎이며 몸은 검은색을 띠고 날개는 레이스 모양의 반투명 막질로 유백색을 띤다. 더듬이는 4마디로 이루어져 있고 곤봉모양이며 연모가 밀생한다. 앞가슴등판은 원추형이고 양 옆으로 반원꼴 모양의 옆판(propleuron)이 넓게 발달되어 있어 머리부분을 가리며 작은방패판(scutellum)은 역삼각형 모양이다.
- 생활사 : 년 3회 발생하며 양버즘나무 수피틈에서 성충으로 월동한다. 4월에 버즘나무류의 잎 뒷면 주맥과 측맥이 교차되는 곳에 알 10~20개를 낳는다. 약충은 4회 탈피하며 잎 뒷면에 약충과 성충이 모여서 생활한다. 7~8월에는 약충과 성충의 2~3세대가 혼재하면서 피해가 심각하다. 출현시기는 5~10월까지 활동한다.

II. 외래동물



약충(정밀)



성충



성충(정밀)



성충

<그림 3-3> 버즘나무방패벌레의 약충과 성충의 형태

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

- 암수 비교 : 외형적으로 보았을때는 큰 차이가 없다. 그러나 생식기로 구분 가능하다. 암컷은 배끝이 넓고 둥근 반면 수컷은 배끝이 뾰족하게 튀어나와 있으며, 끝에는 교미에 사용되는 한쌍의 파악기가 있다.



암컷 성충



수컷 성충

<그림 3-4> 버즘나무방패벌레의 암수 구분

- 피해 : 흡즙피해는 주로 약층에 의한 피해가 크며 잎 뒷면의 조직을 흡즙하여 잎은 영양물질이 소실되어 흰색, 황갈색으로 변하고 심하면 갈색으로 변해 말라죽는다. 또한 잎 뒷면에 끈적거리는 검은 배설

II. 외래동물

물을 남겨 잎의 기공을 막고 그을음병을 유발하여 잎 조직을 파괴한다. 잎이 황백색으로 변해 가로수의 미관을 해치며 수세를 약화시킨다.



잎 뒷면의 약충과 성충



흡즙으로 인한 잎의 황백화



약충과 성충의 흡즙



잎 뒷면의 끈적거리는 배설물

<그림 3-5> 버즘나무방패벌레 피해

<표 3-2> 버즘나무방패벌레 생활사

Stage	Month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1세대	알				◎	◎						
	약충					◎	◎					
	성충					◎	◎	◎				
2세대	알						◆	◆				
	약충						◆	◆	◆			
	성충							◆	◆			
3세대	알							□	□	□		
	약충							□	□	□	□	
	성충							□	□	□	□	□

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



양구



동해



무주



공주



울진



경주



순천



제주도

<그림 3-6> 버즘나무방패벌레 주요 피해지역

(2) 형태 측정

성충의 체장(뒷날개 끝부분까지)은 암컷이 3.92mm (3.72~4.04)이고, 수컷은 3.78mm (3.64~3.94)로 암컷이 수컷보다 길었다. 체폭은 암컷이 1.90mm (1.79~2.00)이고, 수컷은 1.80mm (1.66~2.09)로 암컷이 넓었다. 배 끝부분까지의 길이는 암컷이 2.67mm (2.61~2.67), 수컷은 2.68mm (2.54~2.79)로 수컷이 길었다. 암컷의 배 끝이 둥근 반면, 수컷은 배 끝이 뾰족하게 튀어나와 있어 상대적으로 수컷이 0.01mm 더 긴 것으로 판단된다.

<표 3-3> 버즘나무방패벌레의 성충 형태 측정

Measurement	N	Sex	Mean±SD(mm)	Range(mm)
Body length (뒷날개 끝부분까지)	20	Female	3.92±0.08	3.72~4.04
	20	Male	3.78±0.10	3.64~3.94
Body length (배 끝부분까지)	20	Female	2.67±0.05	2.61~2.67
	20	Male	2.68±0.07	2.54~2.79
Body width	20	Female	1.90±0.07	1.79~2.00
	20	Male	1.80±0.10	1.66~2.09

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

(3) 기주선호성

버즘나무방패벌레의 기주선호성을 파악하기 위해 주변에서 쉽게 볼 수 있는 가로수 총 7종을 대상으로 실내에서 사육하며 관찰하였다. 그 결과 양버즘나무에서 성충과 약충의 밀도가 가장 높았고, 잎의 피해가 심각하였다. 벽오동나무에서도 밀도가 높게 관찰되었지만 흡즙에 의한 잎의 피해는 미미하였다. 그 외에 은행나무, 단풍나무, 칠엽수, 벚나무, 아까시나무에서 성충과 약충이 관찰되었지만 그 수가 적었고 흡즙에 의한 피해는 관찰되지 않았다.

<표 3-4> 버즘나무방패벌레 기주식물 기주선호성

NO.	과	학명	국명	밀도		흡즙 여부
				약충	성충	
1	Platanaceae (버즘나무과)	<i>Platanus occidentalis</i> L.	양버즘나무	+++	+++	심
2	Ginkgoaceae (은행나무과)	<i>Ginkgo biloba</i> L.	은행나무	+	++	-
3	Sterculiaceae (벽오동과)	<i>Firmiana simplex</i> (L.) W.F.Wight	벽오동나무	++	++	약
4	Aceraceae (단풍나무과)	<i>Acer palmatum</i> Thunb.	단풍나무	-	+	-
5	Hippocastanaceae (칠엽수)	<i>Aesculus turbinata</i> Blume	칠엽수	+	+	-
6	Rosaceae (장미과)	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> (Maxim.) E.H.Wilson	벚나무	-	+	-
7	Leguminosae (콩과)	<i>Robinia pseudoacacia</i> L.	아까시나무	+	+	-

Degree of density, number of Adult and Larva : + : less than 10 individuals, ++ : more than 30 individuals, +++ : more than 50 individuals

Damage of sucking, Percentage of damaged total leaf in a plant, 심 : more than 50%, 중 : 20~50%, 약 : less than 20%

(4) 엽록소량 측정

피해잎의 엽록소 파괴를 확인하기 위해 피해가 심각한 경주의 양버즘나무에서 10개의 피해잎을 채취하여 휴대용 엽록소 측정기(CCM-300)를 이용하여 엽록소량을 측정하였다. 그 결과 피해를 입은 부위의 잎은 11~24%가 감소하였고, 피해를 심하게 입어 황백색으로 변한 잎은 21~44%의 엽록소가 감소되었다.

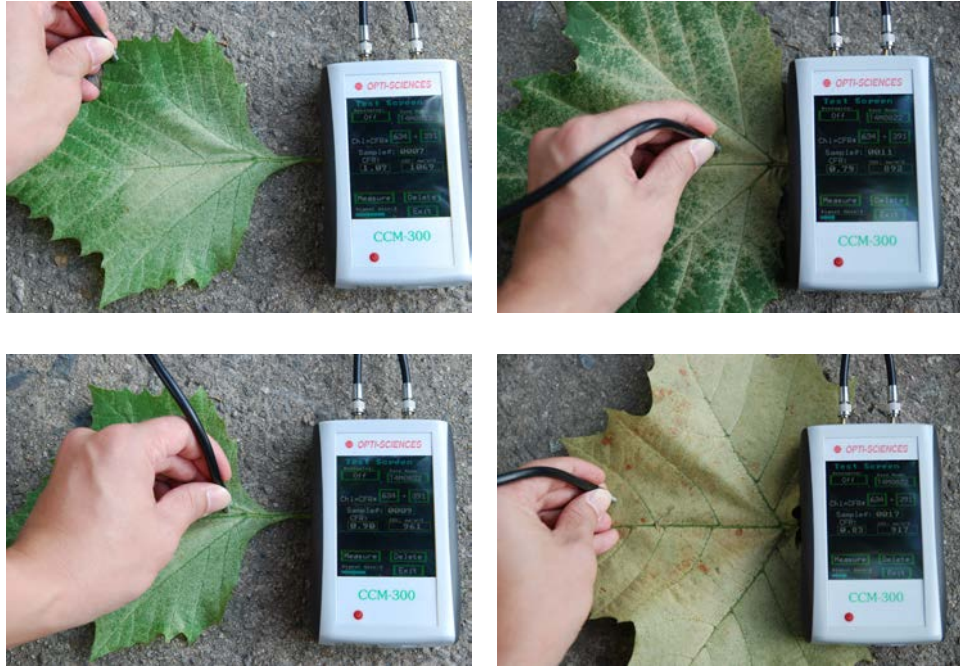
잎의 피해정도에 따라 광합성 능력이 감소됨으로써 식물의 성장부진, 대기정화능력도 감소된다. 또한 심할 경우 동화작용에 의해 생성된 물질의 생산량이 감소하여 조기낙엽이나 수세악화를 초래한다.

<표 3-5> 양버즘나무의 엽록소량 측정

No.	피해를 입지 않은 부위의 잎 (녹색)	피해를 입은 부위의 잎 (녹색과 황색)	피해를 심하게 입은 부위의 잎(황백색)
1	CFR: 1.07, Chl: 1069mg/ m ²	CFR: 0.90, Chl: 961mg/ m ² (11% ↓)	CFR: 0.89, Chl: 955mg/ m ² (21% ↓)
2	CFR: 1.25, Chl: 1183mg/ m ²	CFR: 0.81, Chl: 904mg/ m ² (24% ↓)	CFR: 0.71, Chl: 841mg/ m ² (29% ↓)
3	CFR: 1.16, Chl: 1126mg/ m ²	CFR: 0.76, Chl: 873mg/ m ² (23% ↓)	CFR: 0.69, Chl: 828mg/ m ² (27% ↓)
4	CFR: 1.20, Chl: 1152mg/ m ²	CFR: 0.80, Chl: 898mg/ m ² (22% ↓)	CFR: 0.63, Chl: 790mg/ m ² (32% ↓)
5	CFR: 1.21, Chl: 1158mg/ m ²	CFR: 0.93, Chl: 980mg/ m ² (16% ↓)	CFR: 0.73, Chl: 854mg/ m ² (27% ↓)
6	CFR: 1.06, Chl: 1063mg/ m ²	CFR: 0.87, Chl: 942mg/ m ² (12% ↓)	CFR: 0.71, Chl: 841mg/ m ² (21% ↓)
7	CFR: 1.23, Chl: 1171mg/ m ²	CFR: 0.88, Chl: 945mg/ m ² (20% ↓)	CFR: 0.61, Chl: 778mg/ m ² (44% ↓)
8	CFR: 1.15, Chl: 1120mg/ m ²	CFR: 0.83, Chl: 917mg/ m ² (19% ↓)	CFR: 0.72, Chl: 847mg/ m ² (25% ↓)
9	CFR: 1.03, Chl: 1044mg/ m ²	CFR: 0.85, Chl: 930mg/ m ² (11% ↓)	CFR: 0.68, Chl: 822mg/ m ² (22% ↓)
10	CFR: 1.19, Chl: 1145mg/ m ²	CFR: 0.85, Chl: 930mg/ m ² (19% ↓)	CFR: 0.60, Chl: 771mg/ m ² (33% ↓)

CFR(Chlorophyll Fluorescence Ratio): F735nm/F700nm, chlorophyll: 634*F735/F700 +391

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)



<그림 3-7> 엽록소량 측정

(5) 생물학적 방제연구

버즘나무방패벌레의 천적으로 거미류, 개미류, 노린재류, 맵시벌류가 제시된 바 있다(이경훈, 1999). 그 중에서 양버즘나무와 그 주변에서 관찰된 다리무늬침노린재(*Spheganolestes impressicollis*)는 약충과 성충이 왕성한 포식력을 가지고 있으며 도심지에서도 잘 적응하는 특성상 다리무늬침노린재를 이용하여 일일 포식량을 조사하였다.

그 결과 다리무늬침노린재는 일일 평균 성충 10.4~11.7마리, 최대 18마리를 포식하였고, 약충은 4~4.5마리, 최대 7마리를 포식하는 것으로 관찰되었다.

다리무늬침노린재의 출현시기는 5월 중하순경으로 버즘나무방패벌레의 출현 시기와 비슷하며 형태적으로 흡즙형 구기를 가지고 있어 체액을 빨아먹는다. 실내에서 사육한 결과 약충보다는 성충을 선호하며, 버즘나무방패벌레의 1세대 성충 출현시기에 효과적인 천적으로 판단된다.

<표 3-6> 다리무늬침노린재의 일일 포식량

일	사육상자 1		사육상자 2		사육상자 3		사육상자 4		사육상자 5	
	약충	성충	약충	성충	약충	성충	약충	성충	약충	성충
1	4	7	4	15	3	12	5	11	5	13
2	5	11	5	12	5	10	5	8	3	12
3	3	9	5	9	4	9	4	10	3	14
4	4	14	3	11	3	18	2	14	6	10
5	4	9	4	8	3	13	4	8	7	8
6	2	16	4	13	5	12	3	9	4	11
7	2	12	6	9	5	8	4	11	3	16
8	5	7	4	10	4	11	4	12	5	14
9	5	9	5	11	4	10	4	11	3	14
10	4	12	6	10	5	7	3	15	4	10
11	6	8	4	15	3	13	5	9	6	9
12	5	11	5	8	4	15	4	8	5	10
13	4	9	4	9	5	11	6	11	4	13
14	4	12	5	12	6	9	5	13	5	9
15	3	10	3	10	4	11	4	12	4	12
평균	4	10.4	4.5	10.8	4.2	11.3	4.1	10.8	4.5	11.7

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)



다리무늬침노린재의 포식

<그림 3-8> 천적을 이용한 생물학적 방제

라. 관리방안

버즘나무방패벌레는 1995년 중부지방에서 피해가 확인된 후 약 20년이 지난 현재 전국에 걸쳐 확산되어 피해가 보고되고 있다. 주로 양버즘나무 잎 뒷면의 조직을 흡즙하여 잎은 흰색, 황갈색으로 변하고 심하면 갈색으로 변해 말라죽는다. 또한 잎 뒷면에 끈적거리는 검은 배설물을 남겨 잎의 기공을 막고 그을음병을 유발하여 잎 조직을 파괴하며 장기화될 경우 수세의 약화로 고사목도 나타날 수 있다. 이처럼 전국적으로 확산되어 피해가 발생하지만 사실상 버즘나무방패벌레의 절멸은 불가능하며, 본 연구에서 제시한 피해가 극심한 지역인 양구, 동해, 옥천, 무주, 순천, 경주, 함안, 제주 지역에서 우선적으로 체계적이고 지속가능한 관리대책과 방제가 마련되어야 할 것이다.

방제방법은 수간주사와 약제살포 등의 화학적 방제가 있다. 수간주사법은 7월중에 드릴을 이용해서 나무에 구멍을 뚫고 약제주입병을 주입공에 꽂고 연속 주사기로 주입한 후 상처부위에 실리콘 등으로 막는 방법이다. 약제살포는 방제차를 이용해서 발생부위에 약제를 분무하는 방법이 있다. 버즘나무방패벌레의 월동장소인 수목의 수피를 벗기거나 성충이 월동을 하기 위해 줄기로 내려오는 생태 특성상 가지치기를 실시하는 등의 물리적인 방제가 있다. 생물학적 방제로 다리무늬침노린재를 이용하여 버즘나무방패벌레의 1세대 성충 발생기에 효과적인 천적으로 이용될 수 있을 것으로 예상된다.

또한 날씨가 건조해지면 버즘나무방패벌레의 피해가 확산될 우려가 있으므로 강수량이 적은 6월과 9월에는 가로수에 관수와 시비를 철저히 해주어야 한다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(VIII)

Ⅲ. 외래식물

1. 미국좁부처꽃 (*Ammannia coccinea* Rottb.)

가. 서론

미국좁부처꽃(*Ammannia coccinea* Rottb.)은 부처꽃과의 일년생 식물로 북아메리카 원산의 외래종이다. 주로 남북아메리카 및 아시아의 논이나 습지지역에 분포하고 있다. 외부 형태를 살펴보면 식물전체의 높이는 60cm 정도이고, 털이 없으며 4개의 각이 있는 줄기는 직립한다. 가지와 잎은 마주난다. 잎은 선형으로 길이가 약 25~68mm, 폭이 2.4~8.5mm 정도이며 잎의 아랫부분은 엽병이 없이 줄기를 감싼다. 꽃은 자주색으로 잎겨드랑이에 1~5개씩 밀집하여 달린다. 열매는 삭과로 10월에 익는다(유만희, 2007; 그림 4-1).

우리나라에서는 1964년 이후 유입된 것으로 보고되었으며(박수현, 2009), 1998년 8월에 전남 영광, 2000년 8월에 경남 창원에서 채집된 개체가 보고되었다(박수현, 2001). 국내도감에서는 *A. coccinea*를 가는잎좁부처꽃으로 수록되어 있는 것도 있다(이영노, 2006).

지리적으로는 주로 전라남도지방을 중심으로 분포가 확인되어 있으며, 최근에는 강원도 삼척, 경기도 연천 등에서도 분포가 확인된 기록이 있다. 주로 습지, 논, 저수지 인근 등에서 뿌리가 물속에 잠기거나 젖은 토양에서 자란다.

본 연구에서는 국내에 분포하고 있는 미국좁부처꽃(*A. coccinea* Rottb.)을 대상으로 전국단위의 분포도를 작성하였고, 미국좁부처꽃의 확산관리에 요구되는 동일 서식처 출현식물종과의 관계, 생태계영향, 위해성 및 확산기작에 관한 조사연구를 실시하여 관리에 유용한 자료를 구축하고자 하였다.



<그림 4-1> 미국좁부처꽃의 형태적 특징

a : 미국좁부처꽃, b : 꽃, c : 열매

나. 조사내용 및 조사방법

(1) 전국분포 및 확산실태 조사

조사 대상종의 분포지역을 확인하기 위하여 발표된 조사·연구 보고서, 전국자연환경조사보고서와 국립생물자원관, 국립수목원, 서울대학교 등의 표본관 소장목록에 기록된 생육지 정보를 바탕으로 현지조사를 실시하였다(표 4-1). 또한, 다른 조사자의 탐문과 인터넷 식물동호회의 제보를 통하여 분포대상지에 대한 정보를 수집한 후, 우리나라 전역을 현지조사에 골고루 포함시킬 수 있도록 선정하였다. 조사지역마다 지리정보시스템 (GARMIN, GPS V)을 이용하여 지리적 위치를 표시하였으며 조사 시기는 미국좁부처꽃의 개체식별이 용이한 개화

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

기와 결실기에 맞추어 2012년 7월에 예비조사를 실시하였고, 본 조사는 2012년 8월부터 10월에 걸쳐 실시하였다. 미국좁부처꽃의 분포지도를 작성하였으며, 확산 경로와 기작의 연구를 위하여 우점지에서의 확산 방향, 거리 및 확산 동력을 추정하여 기록하였다.

<표 4-1> 미국좁부처꽃 행정구역별 현장조사지점

행 정 구 역		조사지점
강원도	삼척	1
경상북도	고령	1
전라남도	강진, 나주, 무안, 영암, 해남	10
충청남도	공주	1
	대구광역시	1
		*총 지점 수: 14

(2) 생육특성 및 번식특성

미국좁부처꽃의 각 생육지특성을 조사하기 위한 조사구 선정은 생육지 환경 조건을 반영한 균질한 서식지를 대상으로 하였고, 출현종을 조사하여 목록화 하였다. 출현종의 목록은 Engler의 법식에 따라 배열하였고(Melchior, 1964), 종의 동정은 박수현(1995, 2001, 2009), 이창복(1993), 이영노(2006)의 도감에 의거 하였다. 학명은 국립수목원의 국가표준식물목록에 따라 작성되었으며, 속 이하의 분류군은 알파벳순으로 정렬하였다. 종별 행동양식에 따른 생육지 특성을 확인하기 위하여 라운키에르 생활형(Raunkiaerian life-form)분석을 하였다(표 4-2).

<표 4-2> Raunkiaer의 생활형 구분

Th	1년생식물(Therophytes)로 1년초와 월년초가 포함되며 1년간의 어느 시기에 식물체가 죽음
G	지중식물(Geophyte)로 휴면아가 땅속에 있어 지상부가 마르는 다년초 (거지덩굴, 호장근, 약모밀, 꼭두서니, 박주가리 등)
H	반지중식물(Hemicryptophytes)로 휴면아가 지표 바로 밑에 있는 다년초 (민들레, 제비꽃, 이질풀, 참억새 등)
Ch	지표식물(Chamaephytes)로 휴면아가 지표면에서 0~0.3m 이내에 있는 다년초 (괭이밥, 토끼풀, 팽이싸리 등)
N	저목, 미소지상식물(Nanophanerophytes)로 휴면아가 지표면에서 0.3~2m사이에 있는 식물 (국수나무)
M	아교목, 소형지상식물(Microphanerophytes)로 휴면아가 지표면에서 2~8m사이에 있는 목본식물 (딱총나무)
MM	교목, 대형지상식물(Megaphanerophytes)로 휴면아가 지표면에서 8~20m사이에 있는 목본식물 (졸참나무, 붉가시나무, 예덕나무 등)
HH	수생식물(Hydatophytes)

다. 조사결과

(1) 전국분포현황 및 생육지 특성

미국좁부처꽃은 지리적으로 전라남도 지방을 중심으로 분포하고 있으며 경상북도, 충청남도 등 일부 내륙지방과 강원도 일부지역에 분포하고 있는 것이 확인 되었다(그림 4-2). 분포가 확인된 지점들이 비교적 남부지방에 집중되어 분포하고 있는 것은 미국좁부처꽃이 북아메리카에서도 난온대와 열대지방에서 분포하는 식물고유의 생육특성에 의해 한국에서도 저위도지역의 난온대 지역을 중심으로 발달하고 있음을 반증하는 것이다.

남부지방 이외에도 위도에 상관없이 충청도와 강원도, 경기북부 등에도 점점이 확산분포되어 있는 경향성을 나타내고 있다. 이러한 분포패턴은 식물의 북한계분포와 유사하며, 미국좁부처꽃이 살아가는 서식처가 위도가 높을수록 제한적임을 말한다. 또한, 강원도, 경기북부와 같이 고위도지역에 분포하는 경우는 미국좁부처꽃의 생육특성과 다르지만 인간간섭에 의해 이동하는 전형적인 외래종의 특성을 반영하는 결과로 판단된다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

본 연구를 통해 조사된 생육지는 저수지, 목논, 경작중인 논외 주변부 등 주로 습지의 수변부 가장자리로 확인되었다.



<그림 4-2> 미국좁부처꽃의 분포

(가) 생육지특성

표본조사 및 현지조사를 통하여 확인한 미국좁부처꽃의 생육지 유형은 크게 논둑의 가장자리, 방치된 지 1~2년 된 묵논, 주기적으로 침수가 발생하는 하천변의 습지와 저수지 주변 등으로 점토질의 토양으로 이루어진 수분상태가 과습한 습지 지역의 수변부에서만 출현하는 것이 확인되었다(표 4-3; 그림 4-3). 이러한 수변부 서식처는 잦은 파랑으로 인해 비교적 불안정한 서식처 환경조건을 나타내는 곳으로 1, 2년생 식물이 주로 출현한다. 또한, 인간의 간섭, 침수 등 잦은 환경의 변화로 인해 외부로부터 식물의 유입이 많다. 미국좁부처꽃이 주로 출현하고 있는 경작지의 경우는 주기적으로 관리가 이루어지는 특성으로 인해 논둑 가장자리에 산재하는 경우가 많이 관찰되었으며, 미국좁부처꽃과 같은 서식처 환경조건에서 출현하는 좁부처꽃이 혼생하는 경우도 관찰되었다. 묵논, 하천습지와 같이 관리되지 않은 지역에서도 미국좁부처꽃은 크게 군락을 형성하지 못하였으며, 논경작지에서도 미국좁부처꽃은 여뀌바늘, 한련초, 명아자여뀌 등이 우점 하는 입지에서 산발적으로 출현하고 있었다.

<표 4-3> 미국좁부처꽃 생육지 조사지역

조 사 지 역	생육지유형
강원도 삼척시 미로면 하거노리	논
전라남도 영암군 신북면 행정리	논
전라남도 나주시 반남면 석천리	논
전라남도 해남군 화산면 연정리	논
전라남도 무안군 삼향읍 왕산리	논
전라남도 무안군 삼향읍 왕산리	논
전라남도 무안군 삼향읍 유교리	논
대구광역시 달성군 가창면 행정리	논
경상북도 고령군 개진면 부리	논
전라남도 해남군 화산면 연정리	묵논
전라남도 해남군 화산면 연정리	묵논
충청남도 공주시 계룡면 중장리	묵논
전라남도 나주시 다도면 방산리	하천습지
전라남도 강진군 강진읍 임천리	저수지

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



<그림 4-3> 미국좁부처꽃 생육지

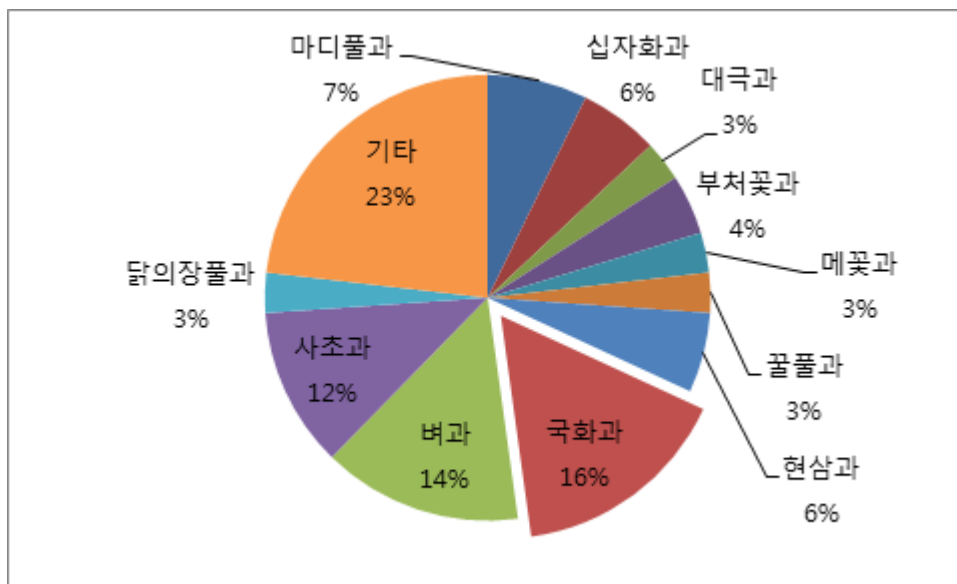
a: 강원도 삼척시 미로면 논, b:, 전라남도 영암군 신북면 논, c: 전라남도 해남군 화산면 묵논, d:, 충청남도 공주시 계룡면 묵논, e:, 전라남도 나주시 다도면 하천습지, f:, 전라남도 강진군 강진읍 하천변,

(2) 미국좁부처꽃 분포지역 출현식물

(가) 출현식물

미국좁부처꽃이 생육하는 지역에서 조사된 관속식물은 총 27과 51속 64종 5 변종 등 모두 69분류군의 관속식물이 생육하는 것으로 조사 되었다(표 4-4). 출현식물종들은 국화과(16%)와 벼과(14%), 사초과(12%)의 비율 순으로 높게 나타났다(그림 4-4). 이러한 결과는 한국의 논경작지에서 출현하는 식물종들의 관속 식물상(송중석, 1997; 김종원과 남화경, 1998)과 유사한 것으로 미국좁부처꽃이 살아가는 서식처 환경조건을 반영한 결과이다.

전체 출현식물종 가운데 외래식물은 생태계교란식물인 털물참새피를 포함하여 돌소리쟁이, 둥근잎나팔꽃, 울산도깨비바늘 등을 포함하여 13분류군(18%)이 확인 되었다. 외래식물종의 비율이 비교적 낮은 이유는 본 서식처가 자연적인 범람과 과습한 수분환경조건에 의해 제한된 식물종만이 살아갈 수 있기 때문인 것으로 판단된다.



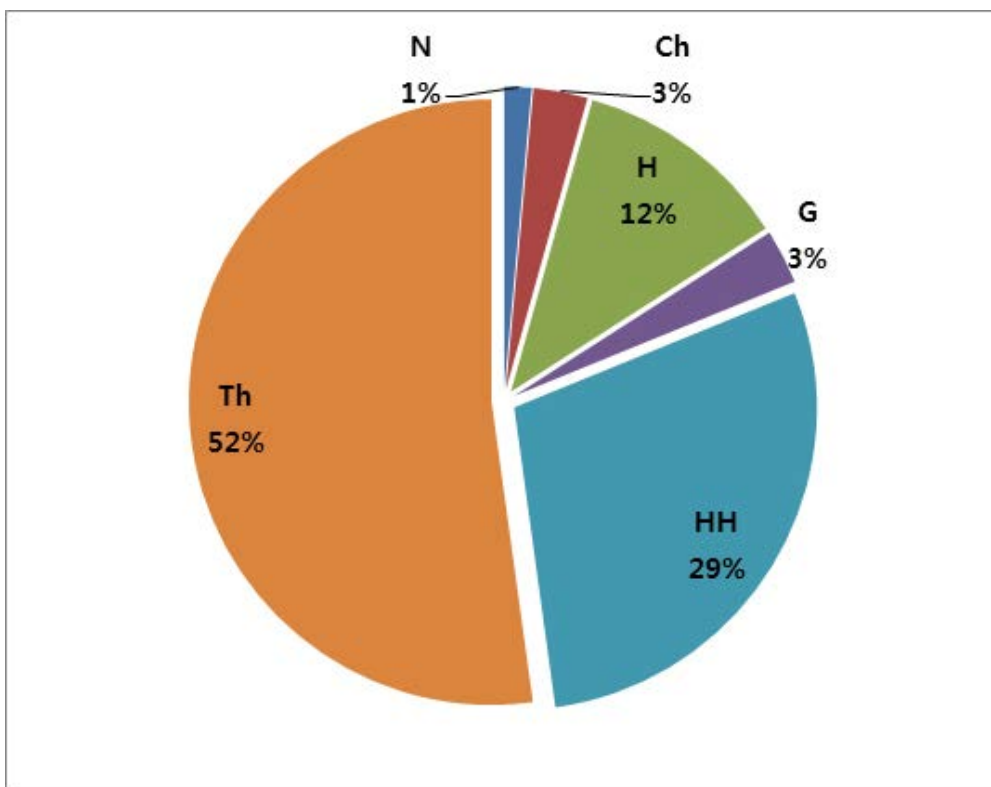
<그림 4-4> 미국좁부처꽃 생육지 출현식물 과별비율

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

(나) 출현식물 생활형

미국좁부처꽃과 동일한 서식처에서 출현하는 식물종을 대상으로 한 생활형 분석결과, 개여뀌, 한련초, 개기장, 강아지풀, 방동사니 등 일년생식물(Th)이 52%로 가장 높게 나타났으며, 미나리, 보풀, 황새풀 등 수생식물(HH)은 29%, 이질풀, 수염가래꽃, 대새풀 등의 반지중식물(H)이 12%, 메꽃, 박주가리와 같은 지중식물(G)과 꿩이밥, 쑥과 같은 지표식물(Ch)이 각각 3%의 순으로 나타났다 (그림 4-5).

일년생식물의 비율이 높은 것은 미국좁부처꽃의 생육지가 과랑이 일며, 주기적인 범람이 일어나는 불안정한 서식처 환경조건을 나타내기 때문이며, 수생식물이 그 다음으로 높은 비율로 나타난 것은 과습한 수분환경조건을 나타내는 미국좁부처꽃의 생육지 환경조건을 반영하는 결과이다.



<그림 4-5> 미국좁부처꽃 생육지 출현식물 생활형

(3) 미국좁부처꽃 확산

조사결과, 미국좁부처꽃은 주로 논경작지에서 출현하고 있으며, 논둑 가장자리에 파랑의 영향을 받는 좁은 면적의 수변부가 출현 중심지이다. 이러한 서식처는 과습한 점토의 토양과 불안정한 서식처 환경조건을 가진다. 미국좁부처꽃이 살아가는 서식처는 논에서 공급되어 머무는 물에 의해서 서식처가 만들어지는 것이다. 미국좁부처꽃이 생육하는 논에 공급되는 물은 대부분 주변 댐, 저수지, 지하수 등에서 농수로를 따라 흐르며, 주로 주변 댐에서 공급되는 것이 대부분이다. 본 조사를 통해 조사된 미국좁부처꽃 출현지역의 논 또한 주변 댐에서 농수를 공급받고 있었다.



<그림 4-6> 나주호에서 미국좁부처꽃의 확산 추정 경로

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

한편, 미국좁부처꽃의 확산 경로를 추정할 수 있는 대표적인 한 예로 영암군에서 미국좁부처꽃의 출현이 확인된 논경작지이다(그림 4-6). 이곳은 미국좁부처꽃의 출현이 기록된 나주호로부터 직선거리 약 17km 떨어진 곳이며, 나주호에서 농수를 공급받고 있었다. 또한 나주호로부터 농수를 끌어 쓰는 농수로 주변으로 미국좁부처꽃이 생육하는 것이 확인되었다. 미국좁부처꽃은 중력산포형의 식물이기 때문에 빠른 확산과 먼 거리 확산이 힘들지만, 이러한 결과를 볼 때 미국좁부처꽃은 농수로를 따라 이동하여 확산되었다는 것을 추정할 수 있다. 다른 지역에서도 유사한 경향성을 나타내는 것을 미루어 볼 때, 미국좁부처꽃은 물길을 따라 확산되는 것으로 판단된다.

<표 4-4> 미국좁부처꽃 생육지 출현식물

No.	과 명	학 명	국 명	외래식물
1	Polygonaceae	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	여뀌	
2		<i>Persicaria longiseta</i> (Brujin) Kitag.	개여뀌	
3		<i>Persicaria nodosa</i> (Pers.) Opiz	명아저여뀌	
4		<i>Rumex crispus</i> L.	소리쟁이	V
5		<i>Rumex obtusifolius</i> L.	들소리쟁이	V
6	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	취비름	
7	Caryophyllaceae	<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop.	취별꽃	
8	Ranunculaceae	<i>Clematis apiifolia</i> DC.	사위질빵	
9	Cruciferae	<i>Cardamine flexuosa</i> With.	황새냉이	
10		<i>Rorippa cantoniensis</i> (Lour.) Ohwi	좁개갯냉이	
11		<i>Rorippa indica</i> (L.) Hiern	개갯냉이	
12		<i>Rorippa palustris</i> (Leyss.) Besser	속속이풀	
13	Leguminosae	<i>Aeschynomene indica</i> L.	자귀풀	
14	Geraniaceae	<i>Geranium thunbergii</i> Siebold & Zucc.	이질풀	
15	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i> L.	괭이밥	
16	Euphorbiaceae	<i>Acalypha australis</i> L.	깨풀	
17		<i>Phyllanthus ussuriensis</i> L.	여우주머니	
18	Callitrichaceae	<i>Callitriche japonica</i> Engelm. ex Hegelm.	별이끼	
19	Lythraceae	<i>Ammannia coccinea</i> Rottb.	미국좁부처꽃	V
20		<i>Ammannia multiflora</i> Roxb.	좁부처꽃	
21		<i>Rotala indica</i> (Willd.) Koehne	마디꽃	
22	Trapaceae	<i>Trapa incisa</i> Siebold & Zucc.	애기마름	
23	Onagraceae	<i>Ludwigia prostrata</i> Roxb.	여뀌바늘	

III. 외래식물

No.	과 명	학 명	국 명	외래식물
24	Umbelliferae	<i>Oenanthe javanica</i> (Blume) DC.	미나리	
25	Asclepiadaceae	<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino	박주가리	
26	Convolvulaceae	<i>Calystegia sepium</i> var. <i>japonicum</i> (Choisy) Makino	메꽃	
27		<i>Ipomoea purpurea</i> Roth	등근잎나팔꽃	V
28	Boraginaceae	<i>Trigonotis peduncularis</i> (Trevir.) Benth. ex Hemsl.	꽃마리	
29	Labiatae	<i>Salvia plebeia</i> R.Br.	배암차즈기	
30		<i>Stachys japonica</i> Miq.	석잠풀	
31	Scrophulariaceae	<i>Mazus pumilus</i> (Burm.f.) Steenis	주름잎	
32		<i>Mazus stachydifolius</i> (Turcz.) Maxim.	선주름잎	
33		<i>Lindernia procumbens</i> (Krock.) Borbas	밭뚝외풀	
34		<i>Lindernia micrantha</i> D.Don	논뚝외풀	
35	Plantaginaceae	<i>Plantago asiatica</i> L.	질경이	
36	Campanulaceae	<i>Lobelia chinensis</i> Lour.	수염가래꽃	
37	Compositae	<i>Artemisia princeps</i> Pamp.	쑥	
38		<i>Aster subulatus</i> var. <i>sandwicensis</i> A.G.Jones	큰비짜루국화	V
39		<i>Bidens pilosa</i> L.	울산도깨비바늘	V
40		<i>Bidens frondosa</i> L.	미국가막사리	V
41		<i>Centipeda minima</i> (L.) A.Br. & Asch.	중대가리풀	
42		<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	한련초	
43		<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	개망초	V
44		<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	망초	V
45		<i>Galinsoga ciliata</i> (Raf.) S.F.Blake	털별꽃아재비	V
46		<i>Xanthium canadense</i> Mill.	큰도꼬마리	V
47		<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	뽕리뱅이	

No.	과 명	학 명	국 명	외래식물
48	Alismataceae	<i>Sagittaria aginashi</i> Makino	모폴	
49	Gramineae	<i>Cleistogenes hackelii</i> (Honda) Honda	대새풀	
50		<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.	물피	
51		<i>Echinochloa crusgalli</i> var. <i>oryzicola</i> (Vasinger) Ohwi	물피	
52		<i>Echinochloa utilis</i> Ohwi & Yabuno	피	
53		<i>Oryza sativa</i> L.	벼	
54		<i>Panicum bisulcatum</i> Thunb.	개기장	
55		<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx.	미국개기장	V
56		<i>Paspalum distichum</i> var. <i>indutum</i> Shinniers	털물참새피	V
57		<i>Setaria glauca</i> (L.) P.Beauv.	금강아지풀	
58		<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	강아지풀	
59	Cyperaceae	<i>Cyperus amuricus</i> Maxim.	방동사니	
60		<i>Cyperus difformis</i> L.	알방동사니	
61		<i>Cyperus iria</i> L.	참방동사니	
62		<i>Cyperus microiria</i> Steud.	금방동사니	
63		<i>Cyperus nipponicus</i> Franch. & Sav.	푸른방동사니	
64		<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	황새풀	
65		<i>Fimbristylis dichotoma</i> (L.) Vahl	하늘지기	
66		<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl	바람하늘지기	
67	Commelinaceae	<i>Aneilema keisak</i> Hassk.	사마귀풀	
68		<i>Commelina communis</i> L.	닭의장풀	
69	Pontederiaceae	<i>Monochoria vaginalis</i> var. <i>plantaginea</i> (Roxb.) Solms	물달개비	
총 27과 51속 69분류군				13

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

(4) 정착 및 확산특성

미국좁부처꽃은 주로 남부지방에 치우쳐 분포하고 있었으며, 드물게 내륙지방에서 출현하고 있다. 이것은 미국좁부처꽃의 원산지인 북아메리카에서 난온대~열대지역의 기후에 맞게 한국에서 적응하여 살아가고 있음을 말한다. 한국에서 난온대 지역은 남해안과 남부지방 일부지역, 서해안과 동해안의 해안 일부지역, 제주도, 울릉도 저해발 지역으로 비교적 제한되어 있다.

미국좁부처꽃의 서식처는 주로 논둑 가장자리의 과랑이 일어나는 수변부이다. 벼를 경작하기 위해 지속적으로 물을 공급하여 일정 수심을 나타내는 논경작지의 특성상 위아래의 작은 변동의 범람을 경험하며, 정수역, 과습한 수분환경조건, 점토의 토양환경조건 등에서 출현하고 있다. 그러므로 유수역인 하천과 경사가 급한 수변부 가장자리를 나타내는 저수지 등에서는 출현하지 않는다. 또한, 미국좁부처꽃은 중력산포를 하는 식물로 자연적으로 확산할 경우, 먼 거리와 빠른 확산이 힘든 식물이다. 이러한 미국좁부처꽃의 생태적 특성들을 볼 때, 미국좁부처꽃이 정착하여 살아가는 서식처 범위와 면적은 매우 좁다는 것을 알 수 있다.

미국좁부처꽃이 조사된 생육지들은 주로 외부의 영향을 많이 받는 습지, 저수지, 농수로 인근의 논 등 물길이 연결된 곳임을 유추해보면 국내에서의 미국좁부처꽃의 주요 이동 원인은 물길의 흐름에 따른 자연적 종자확산으로 판단된다. 또한 분포가 습지지역에서만 국한적으로 확인되고, 종 구성이 단순한 논과 같은 환경에서는 우점하는 모습이 간혹 관찰 되었으나, 생육지 내에서도 물가나 습지에서 주로 자라는 한련초, 여뀌바늘 등과 여뀌속 식물들과 경쟁하여 크게 우점하지 못하는 모습을 보인다.

라. 관리방안

미국좁부처꽃은 일년생 식물이나 주요 생육지역이 논, 하천습지, 저수지 등 습지지역으로 논에서 14주이상 벼와의 경합시 수량이 21% 감소되는 등 경제적 피해를 야기할 수 있다고 보고되고 있다(신향일 등, 2008). 그러나 논경작지의 특성상 지속적으로 농부들이 벼가 자라는 입지에 잡초를 제거하고 있으며, 미국좁부처꽃이 살아갈수 있는 생육지보다 더 높은 수위에서 벼가 자라기 때문

Ⅲ. 외래식물

에, 벼의 수확량에 대한 직접적인 피해는 사실상 미미할 것으로 판단된다.

나주호와 인근 논 지역의 조사결과에서 보듯 수로를 통해 자연적으로 확산되는 것으로 생각되므로 주요 하천 및 습지지역에 침입하지 못하도록 주기적으로 관찰 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 발생지역에서는 하류에 확산되기 이전에 식물체를 제거하는 것이 바람직하다.

미국좁부처꽃에 대한 발아실험 결과에 따르면 토양표면에 파종하였을 때 31%, 파종심도 1cm에서 25%, 2cm에서 6.7% 출아 되었으며, 3cm이상의 깊이에서는 출아되지 않는 결과를 보였다(신향일과 변종영, 2006). 발아실험 결과에서와 같이 종자가 땅속 깊이 묻혀있는 경우 발아하지 않는 특성을 보이므로 토양속의 종자 확산을 막기 위해 토양의 이동 등에도 주의할 필요가 있으며, 만약 빠른 확산이 이루어질 경우는 발생지역의 토양을 3cm이상 복토하거나 흙을 갈아엎는 방법을 시행하는 것도 효과가 있을 것으로 판단된다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

2. 대청가시풀 (*Cenchrus longispinus* (Hack.) Fern.)

가. 서론

대청가시풀(*Cenchrus longispinus* (Hack.) Fern.)은 벼과의 일년생 식물로 중앙 아메리카 원산의 외래종이다. 국외에서는 남북아메리카 및 호주, 뉴질랜드, 남아프리카 등에 분포하고 있다. 형태는 높이가 약 50cm 정도이며, 아랫부분의 줄기는 땅에 퍼지며 윗부분은 직립한다. 엽설은 1mm의 털로 이루어져 있다. 꽃은 7~9월에 피고 길이 3-8cm의 수상화서이다. 총포는 길이 5~8mm이며 전면 에 백색 연모가 있다. 열매는 가시를 포함하여 약 6~10mm 정도이고 가시는 총포 위쪽의 것이 굵고 길며 기부쪽으로 점차 작아지고, 가시의 기부에 백색 연모 가 난다(그림 5-1).

국내로의 정확한 유입시기와 경로는 미상이나 지리적으로는 현재 서북도서 지역에 일부 분포하는 것으로 알려져 있다. 국외에서는 열매의 날카로운 가시로 인한 피해 때문에 캐나다, 미국, 남미, 호주 등에서 매우 위험한 잡초로 알려져 있다. 또한 채소, 담배, 알팔파, 포도, 오렌지, 잔디밭 등에 출현하여 피해를 야기하는 것으로 알려져 있다.

국내에서 자생하는 대청가시풀에 대한 보고로는 검역원에서 대청도 일대 발견 상황보고 기록이 있으며, 2012년의 제거 활동과 도감의 기재 정도가 있을 뿐(박수현, 2009) 생태계 영향에 관한 연구로써 수행된 것은 없다.

본 연구에서는 국내에 분포하고 있는 대청가시풀(*C. longispinus* (Hack.) Fern.)을 대상으로 분포도를 작성 하였고, 대청가시풀의 확산관리에 요구되는 동일 서식처 출현식물종과의 관계, 생태계영향, 위해성 및 확산기작에 관한 조사연구를 실시하여 관리에 유용한 자료를 구축하고자 하였다.



<그림 5-1> 대청가시풀의 형태적 특징

a : 대청가시풀, b : 열매, c : 종자

나. 조사내용 및 조사방법

(1) 전국분포 및 확산실태 조사

조사 대상종의 분포지역을 확인하기 위하여 발표된 조사·연구 보고서, 전국자연환경조사보고서와 국립생물자원관, 국립수목원, 서울대학교 수우표본관, 자연과학대학 표본관 등의 소장목록에 제시되어있는 생육지에 관한 정보를 바탕으로 현지조사를 실시하였다(표 5-1). 또한, 다른 조사자의 탐문과 인터넷 식물동호회의 제보를 통하여 분포대상지에 대한 정보를 수집한 후, 가능하면 우리

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

나라 전역을 현지조사에 골고루 포함시킬 수 있도록 선정하였다. 조사가 이루어진 지역마다 지리정보시스템 (GARMIN, GPS V)을 이용하여 지리적 위치를 표시하였으며 조사 시기는 개체식별이 용이한 개화기, 결실기에 맞추어 2012년 6월에 예비조사를 실시하였고, 본 조사는 2012년 7월부터 10월에 걸쳐 실시하였다. 대청가시풀의 분포지도를 작성하였으며, 확산 경로와 기작의 연구를 위하여 우점지에서 확산 방향, 거리 및 확산 동력을 추정하여 기록하였다.

<표 5-1> 대청가시풀 행정구역별 현장조사지점

행 정 구 역	조사지점
용진군 대청면	7
인천광역시	
용진군 백령면	2
*총 지점 수: 9	

(2) 생육특성 및 번식특성

대청가시풀의 각 생육지 특성을 조사하기 위해 생육지 환경조건을 반영한 균질한 서식지를 대상으로 조사지를 선정하였으며, 출현종을 조사하여 목록화 하였다. 출현종의 목록은 Engler의 범식에 따라 배열하였고(Melchior, 1964), 종의 동정은 박수현(1995, 2001, 2009), 이창복(1993), 이영노(2006)의 도감에 의거하였다. 학명은 국립수목원의 국가표준식물목록에 따라 작성되었으며, 속 이하의 분류군은 알파벳순으로 정렬하였다. 종별 행동양식에 따른 생육지 특성을 확인하기 위하여 라운키에르 생활형(Raunkiaerian life-form)분석을 하였다(표 5-2).

<표 5-2> Raunkiaer의 생활형 구분

Th	1년생식물(Therophytes)로 1년초와 월년초가 포함되며 1년간의 어느 시기에 식물체가 죽음
G	지중식물(Geophyte)로 휴면아가 땅속에 있어 지상부가 마르는 다년초 (거지덩굴, 호장근, 약모밀, 꼭두서니, 박주가리 등)
H	반지중식물(Hemicryptophytes)로 휴면아가 지표 바로 밑에 있는 다년초 (민들레, 제비꽃, 이질풀, 참억새 등)
Ch	지표식물(Chamaephytes)로 휴면아가 지표면에서 0~0.3m 이내에 있는 다년초 (괭이밥, 토끼풀, 괭이싸리 등)
N	저목, 미소지상식물(Nanophanerophytes)로 휴면아가 지표면에서 0.3~2m사이에 있는 식물 (국수나무)
M	아교목, 소형지상식물(Microphanerophytes)로 휴면아가 지표면에서 2~8m사이에 있는 목본식물 (딱총나무)
MM	교목, 대형지상식물(Megaphanerophytes)로 휴면아가 지표면에서 8~20m사이에 있는 목본식물 (줄참나무, 붉가시나무, 예덕나무 등)
HH	수생식물(Hydatophytes)

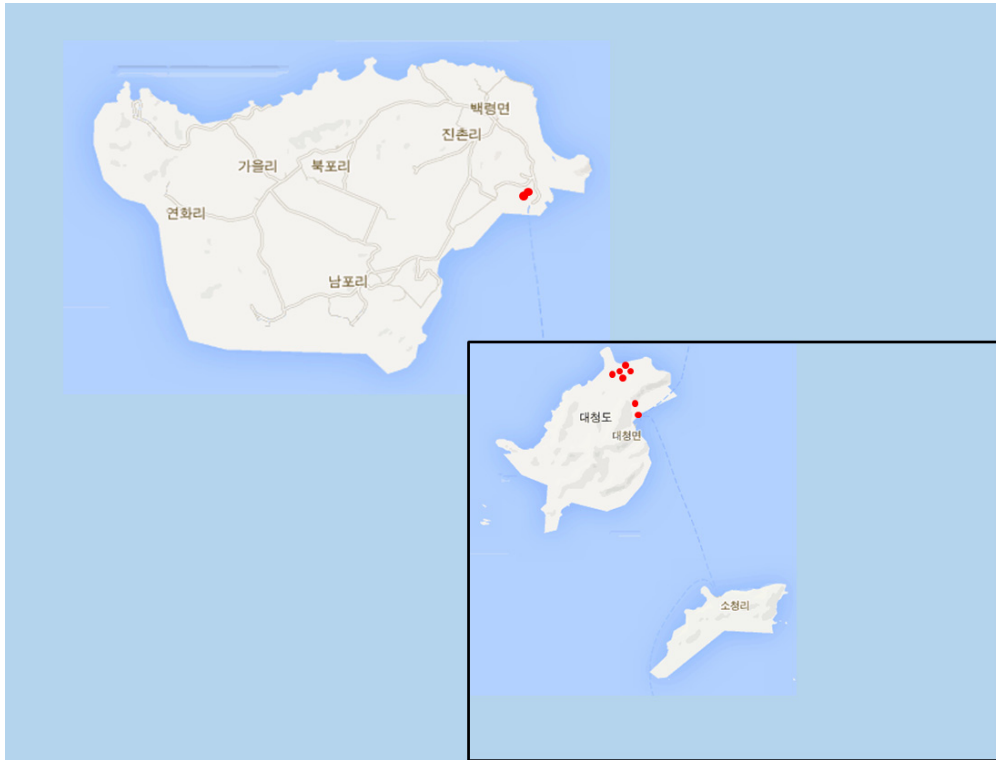
다. 조사결과

(1) 전국분포현황 및 생육지 특성

대청가시풀은 지리적으로 우리나라의 서북 도서 지방인 옹진군 대청도와 백령도 일대에 제한적으로 분포하고 있는 것이 확인 되었다(그림 5-2). 2012년의 수의검역원 발생 결과와 비교해 볼 때 대청도 이외의 백령도 사곶비행장 초입에서 추가로 분포를 확인하였으며, 인근의 소청도, 연평도에서는 발견되지 않았다. 소청도와 연평도에서 대청가시풀이 출현하지 않은 이유는 대청가시풀이 주로 사토와 같은 모래토양의 서식처에서만 생육하기 때문에 이러한 서식처가 소청도와 연평도에서 제한적이거나 출현하지 않기 때문인 것으로 판단된다.

대청가시풀이 분포하고 있는 지역은 대청도와 백령도의 북동쪽과 남동쪽으로 이들 지역은 마을이 모여 있으며, 관광지로 인해 잦은 인간간섭의 영향을 받는 지역이다. 즉, 대청가시풀은 이러한 인간간섭의 영향에 의해 분포·확산하는 것으로 판단된다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



<그림 5-2> 대청가시풀 분포(백령도-대청도-소청도)

(가) 생육지특성

현지조사를 통하여 확인한 대청가시풀의 생육지는 바닷물의 직접적인 영향을 받지 않으며, 사토 또는 양질사토의 토양을 나타내는 해변 모래사장의 사구로써 교란에 의해 식물이 아직까지 생육하지 않는 나대지를 중심으로 출현하고 있다(표 5-3; 그림 5-3). 이러한 특성은 대청가시풀이 선구식물의 성격을 띠고 있음을 말하는 것이며, 다른 초본류(통보리사초, 갯그렁 등) 또는 목본류(해송, 해당화 등)가 우점하는 지역에서 생육하지 않는 것을 보았을 때 대청가시풀은 한국 고유종과의 경쟁에서도 불리한 것으로 판단된다. 또한 수관층이 밀폐된 서식처에서도 출현하지 않으며, 점토질의 토양이 혼재하는 입지에서도 출현하지 않았다.

해안지역을 제외한 섬 내부에서 대청가시풀은 도로주변에 사질토양으로 이루어진 입지에서 일부 출현하고 있으며, 마을 인근 공터의 나대지에서 출현하

Ⅲ. 외래식물

고 있다(그림 5-3). 이러한 대청가시풀 생육지는 대청가시풀의 열매에 있는 가시로 인해 이동원에 의한 확산으로 추정되며, 빈번한 인간간섭으로 인해 만들어진 매우 불안정한 서식처에서 출현하고 있다.

이러한 결과를 볼 때, 대청가시풀은 사토의 나대지를 중심으로 불안정한 서식처에서 출현하고 있는 선구식물로서 양지를 선호하며, 다년생 식물과의 경쟁에서 불리하여 자연적 천이가 이루어지는 입지에서는 세력이 약할 것으로 판단된다.

<표 5-3> 대청가시풀 생육지 조사지역

조 사 지 역	
인천광역시 옹진군 대청면	답동 해변 옥죽동 해변 옥죽동 해안사구 마을 도로변 마을 카센터 뒤 나지
인천광역시 옹진군 백령면	사곶비행장 초입

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



<그림 5-3> 대청가시풀 생육지

a: 대청도 답동해변 인근, b,c: 옥죽동 모래언덕, d: 대청도 마을 도로변, e: 대청도 마을 카센터 뒤 나지, f: 백령도 사곶비행장 초입

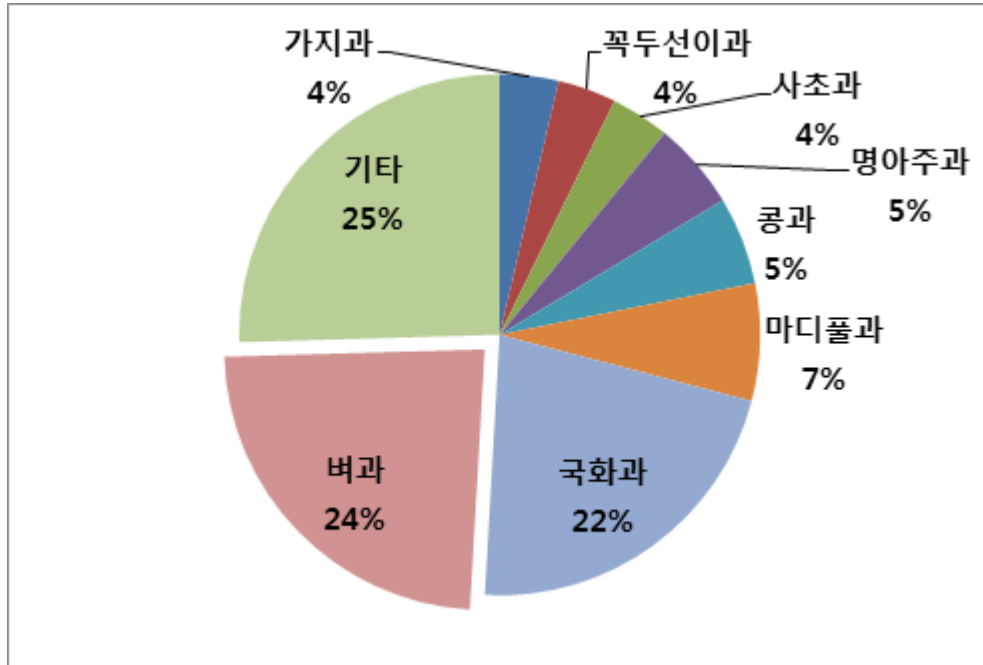
(2) 대청가시풀 분포지역 출현식물

(가) 출현식물

대청가시풀 생육지에서 조사된 관속식물은 총 22과 48속 53종 2변종 등 모두 55분류군이 생육하는 것으로 조사 되었다(표 5-4). 출현식물중 가운데 벼과(24%)와 국화과(22%)의 비율이 높게 나타났으며(그림 5-4), 다음으로 마디풀과(7%)가 비율이 높았고, 그 밖의 과들은 비슷한 비율로 나타났다. 벼과식물이 높은 비율로 출현하고 있는 것은 대청가시풀의 생육지에는 갯그렁, 갯잔디 등의 고유식물종들이 사구에서 우점하고 있으며, 해안 모래사장의 서식처 특징인 해수로 인한 수분스트레스를 잘 견딜 수 있는 벼과식물이 출현하여 이러한 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

전체 출현식물중 가운데 외래식물은 생태계교란식물인 가시박, 도깨비가지, 돼지풀, 단풍잎돼지풀을 포함하여 울산도깨비바늘, 미국가막사리, 백령풀 등 18분류군(33%)이 확인 되었다. 지리적으로 인천으로부터 서북쪽으로 약 200km 이상 떨어져 해상교통을 제외하면 육지로부터 출입이 제한적인 지역임에도 불구하고 외래식물이 높은 비율로 출현하고 있으며, 특히 경기북부 지방에 넓게 출현하는 단풍잎돼지풀과 남부지방의 목초지를 중심으로 도로 및 나지로 확산되어 있는 것으로 알려진 도깨비가지 등 교란식물이 다수 출현하는 특징을 보였다. 이러한 원인으로서는 섬 전체에 주둔하고 있는 군 병력이 육지로부터의 대량물자이동과 조사당시 섬의 넓은 지역에서 이루어지고 있는 건설현장의 장비, 물자 등의 이동, 다수의 관광객에 의한 것으로 판단된다.

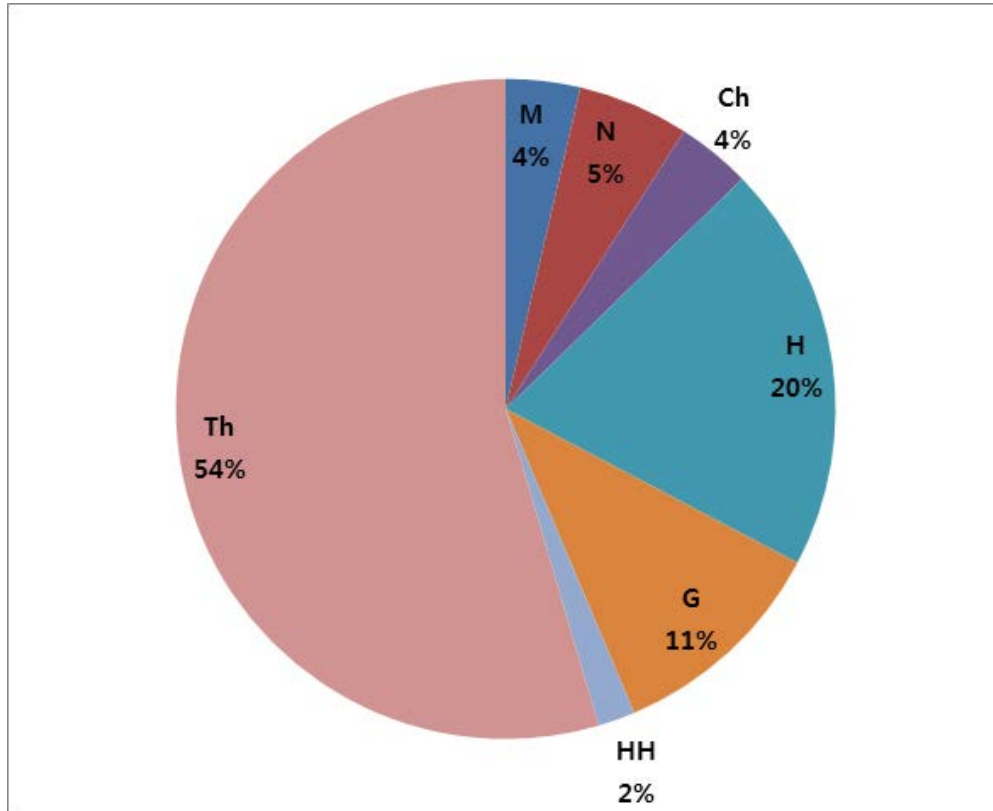
■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)



<그림 5-4> 대청가시풀 생육지 출현식물 과별비율

(나) 출현식물 생활형

대청가시풀 생육지에서 출현하는 식물종을 대상으로 한 생활형 분석결과 환삼덩굴, 명아주, 까마중, 바랭이 등의 일년생식물(Th)이 54%로 가장 높게 나타났으며, 소리쟁이, 사철쭉, 오리새 등의 반지중식물(H)이 20%, 박주가리, 갯메꽃, 도깨비가지, 통보리사초 등의 지중식물(G)이 11%, 땃땃이덩굴, 짜리, 순비기나무 등의 미소지상식물(N)이 5%의 순으로 나타났다(그림 5-5). 이러한 결과는 대청가시풀이 인간간섭의 영향이 빈번하며, 다른 식물이 생육하지 않는 나대지를 선호하는 등 천이 초기의 환경조건에서 생육하기 때문에 다른 식물종들의 유입, 불안정한 서식처환경조건 등으로 인해 일년생식물의 비율이 높게 나타난 것으로 판단된다.



<그림 5-5> 대청가시풀 생육지 출현식물 생활형

(3) 대청가시풀 확산

2012년 농림수산식품부 산하의 검역검사본부에서는 대청도에 분포하고 있는 대청가시풀을 제거하기 위하여 연인원 900명을 투입하여 방제작업을 실시하였다. 당시 대청가시풀은 인부의 손으로 직접 뽑아 제거하였고, 토양 중의 열매를 체로 걸러 제거하였다고 기록하고 있다. 본 현지조사에서는 이러한 당시의 방제지역들을 확인하였다.

제거작업 지역 중 대청면 대청리 마을의 도로변과 공터를 조사한 결과, 작년과 비교하여 대청가시풀이 비교적 넓은 면적과 높은 밀도로 생육하는 것을 확인 할 수 있었다. 인근 주민들도 작년과 비교하여 더욱 높은 밀도로 대청가시풀이 출현하고 있다고 제보하였다. 이러한 결과는 앞서 대청가시풀이 나대지를

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

중심으로 분포하는 선구식물이라는 점에서 이러한 방제작업은 대청가시풀이 생육하기 유리한 서식처를 다시 제공하는 셈이며, 전초를 제거하였기 때문에 대청가시풀이 더욱 넓은 면적과 높은 밀도를 나타낸 것으로 판단된다.

대청가시풀은 중력산포형이면서 동물산포형인 식물이기 때문에 사람의 의복, 동물의 털에 쉽게 붙어 먼 거리 확산과 빠른 확산이 가능하다. 분포 중심지인 사구를 제외하고도 도로변과 공터 및 나대지 등에서도 출현하는 것이 이러한 이유이며, 특히 마을과 그 주변 관광지 등 인간간섭의 빈도가 높은 지역을 중심으로 분포하는 특성을 나타내고 있다.

이러한 결과를 보았을 때, 대청가시풀은 쉽게 확산할 가능성을 가지고 있다. 그러나 대청가시풀은 사토에만 출현하며, 개방된 입지, 교란으로 인해 다른 식물이 자라지 않는 나대지를 선호, 자연적 천이에 의한 다년생 식물과의 경쟁에 불리 등의 특징을 나타내기 때문에 대청도 및 백령도에서 대청가시풀이 확산할 수 있는 생육지는 제한적이다. 만약 자연적으로 방치할 경우 대청가시풀의 확산은 줄어들겠지만, 지속적인 인간간섭(hard culture)으로 인한 사토를 가진 나대지의 면적이 넓어진다면 매우 넓은 확산 패턴을 보일 것으로 판단된다.

<표 5-4> 대청가시풀 생육지 출현식물

No.	과 명	학 명	국 명	외래식물
1	Equisetaceae	<i>Equisetum arvense</i> L.	쇠뜨기	
2	Cannabaceae	<i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc.	환삼덩굴	
3	Polygonaceae	<i>Fallopia dumetorum</i> (L.) Holub	닭의덩굴	V
4		<i>Persicaria nodosa</i> (Pers.) Opiz	명아지여뀌	
5		<i>Polygonum aviculare</i> L.	마디풀	
6		<i>Rumex crispus</i> L.	소리쟁이	V
7	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i> Makino	명아주	
8		<i>Suaeda glauca</i> (Bunge) Bunge	나문재	
9		<i>Suaeda maritima</i> (L.) Dumort.	해홍나물	
10	Amaranthaceae	<i>Achyranthes japonica</i> (Miq.) Nakai	쇠무릎	
11	Menispermaceae	<i>Cocculus trilobus</i> (Thunb.) DC.	땀맹이덩굴	
12	Cruciferae	<i>Lepidium virginicum</i> L.	콩다닥냉이	V
13	Crassulaceae	<i>Sedum sarmentosum</i> Bunge	돌나물	
14	Leguminosae	<i>Lathyrus japonicus</i> Willd.	갯완두	
15		<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz.	싸리	
16		<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi	참	
17	Vitaceae	<i>Parthenocissus tricuspidata</i> (Siebold & Zucc.) Planch.	답쟁이덩굴	
18	Cucurbitaceae	<i>Sicyos angulatus</i> L.	가시박	V
19	Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus umbellata</i> Thunb.	보리수나무	
20	Onagraceae	<i>Oenothera biennis</i> L.	달맞이꽃	V
21	Asclepiadaceae	<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino	박주가리	
22	Convolvulaceae	<i>Calystegia soldanella</i> (L.) Roem. & Schultb.	갯메꽃	
23	Verbenaceae	<i>Vitex rotundifolia</i> L.f.	순비기나무	

III. 외래식물

No.	과	명	학	명	국	명	외래식물
24	Solanaceae		<i>Solanum carolinense</i> L.		도깨비가자		V
25			<i>Solanum nigrum</i> L.		까마중		
26	Rubiaceae		<i>Diodia teres</i> Walter		백령풀		V
27			<i>Rubia akane</i> Nakai		꼭두서니		
28	Compositae		<i>Artemisia capillaris</i> Thunb.		사철쑥		V
29			<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.		돼지풀		V
30			<i>Ambrosia trifida</i> L.		단풍잎돼지풀		
31			<i>Artemisia princeps</i> Pamp.		쑥		
32			<i>Bidens pilosa</i> L.		울산도깨비바늘		V
33			<i>Bidens frondosa</i> L.		미국가막사리		V
34			<i>Breea segeta</i> (Willd.) Kitam.		조뱅이		
35			<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.		코스모스		V
36			<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist		망초		V
37			<i>Lactuca indica</i> L.		왕고들빼기		
38			<i>Tagetes minuta</i> L.		만수국아재비		V
39			<i>Xanthium canadense</i> Mill.		큰도꼬마리		V
40	Gramineae		<i>Echinochloa crusgalli</i> (L.) P.Beauv.		들피		
41			<i>Cenchrus longispinus</i> (Hack.) Fern.		대청가시풀		V
42			<i>Cymbopogon tortilis</i> var. <i>goeringii</i> (Steud.) Hand. -Mazz.		개솔새		
43			<i>Dactylis glomerata</i> L.		오리새		V
44			<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koel.		바랭이		
45			<i>Agropyron repens</i> (L.) P.Beauv.		구주개밀		V
46			<i>Eragrostis cilianensis</i> (All.) Link ex Vignolo		참새그령		
47			<i>Ischaemum antheperoides</i> (Steud.) Miq.		갯쇠보리		

III. 외래식물 ■

No.	과 명	학 명	국 명	외래식물 명
48		<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson	참억새	
49		<i>Poa annua</i> L.	새 포아풀	
50		<i>Setaria glauca</i> (L.) P.Beauv.	급강아지풀	
51		<i>Setaria viridis</i> (L.) P.Beauv.	강아지풀	
52		<i>Zoysia sinica</i> Hance	갯잔디	
53	Cyperaceae	<i>Carex kobomugi</i> Ohwi	통보리 사초	
54		<i>Carex scabrifolia</i> Steud.	천일사초	
55	Commelinaceae	<i>Commelina communis</i> L.	닭의장풀	
총 22과 48속 55분류군				18

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

(4) 정착 및 확산특성

해수의 직접적인 영향이 없으며, 다른 식물이 살아가지 않는 천이 초기상태의 서식처에서 정착하여 살아간다. 다른 식물이 출현하지 않는 생육지에서 더욱 높은 밀도와 넓은 면적으로 정착하는 것이 관찰되었으며, 중력산포와 동물산포에 의해서 근거리 및 원거리 분산과 빠른 확산이 가능하다. 또한 대청가시풀은 중력산포와 동물산포 외에도 물에 떠서 확산하기도 한다.

대청가시풀의 생육지역은 사토를 나타내는 개방된 서식처에 국한되어 있다. 발생지역에서도 대청가시풀은 많은 개체가 우점하는 경우가 드물고, 주로 산재하여 생육하는 특성을 보인다. 그렇지만 인간활동이 빈번한 마을과 관광지를 중심으로 분포하고 있으며, 이동원에 의해 도로변의 교란된 사질토양에 확산되어 있는 경우가 있으므로 종자를 맺을 시기에 주의 하여야 한다.

라. 관리방안

위에서 언급된 내용을 토대로 대청가시풀은 다음과 같은 관리가 효과적일 것으로 판단된다.

첫째, 대청가시풀이 생육하기 유리한 서식처 환경조건인 나대지 및 공터를 지속적으로 관찰 및 관리가 이루어져야한다. 대청가시풀은 천이초기의 환경조건에서 높은 피도와 빈도를 보이며, 사토의 나대지와 빈 공터를 중심으로 발달하는 것이 관찰되었다. 그러므로 지속적인 관찰로 대청가시풀이 확산되는 것을 방지하여야 하며, 이러한 입지에 점토질의 흙을 복토하거나 정원 및 경작지로 이용한다며 대청가시풀의 출현은 없을 것으로 판단된다.

둘째, 대청가시풀이 살아가는 사구지역에 방풍림과 경관림으로써 해송림을 조성할 수 있다. 대청가시풀은 양지성 식물로 다년초 및 다년생 목본식물이 우점하는 입지에서는 출현하지 않았다. 또한 대청가시풀이 살아가는 사구는 일반적으로 해송이 살아갈 수 있는 선구성 생육지이기도 하다. 이를 토대로 대청가시풀이 생육하는 사구지역에는 방풍림과 경관림으로써 해송림을 조성한다면 기능적, 심미적 가치와 더불어 대청가시풀을 방제할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 전초 및 체를 걸러 대청가시풀을 방제할 때에는 전년도의 분포자료를 바탕으로 종자를 맺기 전 5~6월 이전에 제거를 완료하는 방법이 바람직 할 것

Ⅲ. 외래식물

으로 판단된다. 다른 지역으로 급속한 확산 방지를 위해 제거 작업을 할 경우에는 반드시 결실기 이전에 제거 및 주기적 제초를 통하여 식물의 개체군 크기와 번식을 조절할 필요가 있다. 또한, 대청가시풀은 열매의 가시를 이용해 동물, 사람의 의복 등에 달라붙어 확산될 수 있기 때문에, 주변 주민들에 대한 교육과 작업 인부에 붙은 대청가시풀 열매를 모두 제거하여야 한다.

넷째, 대청가시풀이 출현하는 입지의 토양이동에 유의하여야 한다. 대청가시풀이 출현하는 입지의 토양에는 대청가시풀의 열매가 저장되어 있으므로 토양 이동시 대청가시풀 열매 및 식물체를 제거하는 매뉴얼을 개발하여 매뉴얼대로 이용할 수 있도록 하여야 한다.

다섯째, 대청도와 백령도는 관광지인 특성상 타 지역으로의 이동에 주의하여야 한다. 대청도와 백령도는 인천항을 통해 많은 관광객, 물자 등이 이동하고 있다. 인천 또한 대청가시풀이 생육할 수 있는 해안지역의 사구가 발달하고 있다. 그러므로 대청가시풀이 대청도와 백령도에서 인천을 통해 내륙으로 확산하는 일이 없도록 주의 할 필요가 있다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

IV. 결 론

2013년 수행된 외래종의 정밀조사 대상인 왕달팽이, 등검은말벌, 버즘나무방패벌레, 미국좁부처꽃, 대칭가시풀 등을 포함한 5종의 정밀조사에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 왕달팽이

국내 도입된 왕달팽이는 현재 약 28개 농가에서 사육되고 있으며, 개인 간 직거래가 활발히 이루어지고 있다. 애완동물로 각광받고 있는 왕달팽이는 잠재적으로 높은 생태계위해성을 지닌 동물종으로 각별한 주의가 필요하다. 이들이 국내 환경 조건에서 침입외래종으로의 지위를 획득하기 위해서는 안정된 정착과 증식이 전제되어야 한다. 이에 본 연구에서는 국내 겨울철 적응 가능성을 연구하였으나 영하의 온도에서는 생존이 어려운 것으로 나타났다. 하지만 자연에서는 다양한 환경조건의 변화 속에 스스로 적응하며 살아가는 등 다양한 변수가 존재하므로 추가적인 연구를 바탕으로 판단하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 국내 유입되지 않았으나, 발생 가능한 위험에 대처하기 위해 사육 목적, 유통, 관리실태 등 종합적인 정보를 관련 기관에서 파악하고 관리할 필요가 있다.

2. 등검은말벌

등검은말벌은 2003년 부산항을 통해 침입하여 부산 영도구에서 처음 확인되었으며, 2012년까지 서쪽으로는 지리산, 북쪽으로는 강원도 삼척까지 확산되고 있다. 2013년에 전남(구례, 광양, 여수, 곡성, 순천), 전북(남원, 장수, 무주, 순창), 충북(영동), 강원(원주, 횡성, 평창, 영월, 태백, 동해) 지역에서 추가 분포를 확인하였다. 국내 기존 말벌과의 경쟁이 이루어지고 있으며, 도시지역에서는 등검은말벌의 비율이 증가하고 있어 도시 내 피해를 가중시킬 것으로 보인다. 또한 양봉산업에서는 서양종꿀벌을 선호하여 양봉장의 피해가 심각한 수준이다.

물리적, 생태적, 생물학적 방제법을 이용하여 이들의 확산 저지 및 개체군 밀도를 낮추어야 하며 도심, 양봉, 산림생태계의 지속적으로 발생 모니터링을 통한

확산 분포 조사를 실시하여 생태적 특성 조사 연구가 절실하다. 또한 방제할 수 있는 인자를 적극적으로 연구 조사해야 하며, 종특이적인 유인제 및 유인트랩의 개발이 필요하며, 연중 발생 동태를 통한 등검은말벌의 초기 방제 요건 등을 연구해야 한다.

3. 버즘나무방패벌레

버즘나무방패벌레는 1995년 서울시 일원과 경기도, 충북 등 중부지방의 일부 지역에서 발생이 확인된 후 현재 제주도를 포함하여 전국 47개 시군에서 분포 및 피해가 확인되었다. 피해 증상은 잎 뒷면의 조직을 흡즙하여 잎은 흰색, 황갈색으로 변하고 끈적거리는 검은 배설물을 남겨 잎의 기공을 막고 그을음병을 유발하며, 최대 44%로 엽록소량이 감소하였다.

버즘나무방패벌레에 의한 피해가 극심한 지역은 양구, 동해, 옥천, 무주, 순천, 경주, 함안, 제주 지역으로 우선적인 관리가 필요하며, 생물학적 방제로 다리무늬침노린재를 이용하여 1세대 발생 초기에 천적으로 활용 가능할 것으로 판단된다.

4. 미국좁부처꽃

미국좁부처꽃은 주로 남부지방(전라남도)을 중심으로 분포하고 있으며, 내륙 지방(충청도, 강원도, 경기북부)에 점점이 분포하는 경향성을 나타내었다. 이러한 생육지 특성은 미국좁부처꽃의 본래 생태형에 따라 한국에 적응하여 분포하는 것으로 밝혀졌다. 조사결과, 미국좁부처꽃이 살아가는 생육지는 주로 논둑 가장자리의 수변부로 밝혀졌으며, 저수지, 묵논 등의 습지 수변부의 가장자리에도 확인되었다.

생육지 조사결과 미국좁부처꽃이 살아가는 서식처의 환경특성은 파랑이 일어나는 상하의 작은 범람, 과습하고 점토질의 토양 등인 것으로 밝혀졌으며, 이러한 환경조건은 미국좁부처꽃이 살아갈 수 있는 생육지의 범위와 면적이 매우 좁은 것임을 말한다. 이러한 결과를 볼 때 자연상태에서 미국좁부처꽃의 생태적 위협은 매우 낮은 것으로 판단된다.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

확산 방법을 보면 상류의 저수지 또는 습지에 미국좁부처꽃이 물길을 따라 하류로 확산되고 있는 것이 관찰되었으며, 농수로를 따라 주변의 논 주변부로 확산되는 것을 확인 하였다. 미국좁부처꽃이 주로 물길을 따라 확산되는 것으로 판단되어 주요 습지지역이나 저수지의 상류지역에는 주기적인 관찰을 통해 침입을 막는 노력이 필요할 것으로 생각된다. 또한 이미 발생한 지역에서는 물길의 하류 뿐 아니라 상류지역에서도 동시에 제거 작업이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

5. 대청가시풀

대청가시풀은 우리나라의 서북지역 도서인 옹진군의 대청도와 백령도에서만 분포하고 있으며, 내륙지역에는 분포가 확인되지 않았다. 대청도와 백령도에서 대청가시풀이 분포하는 양상은 인간활동이 빈번한 마을 및 관광지를 중심으로 분포하고 있으며, 주요 생육지는 해변의 사구, 사질토양의 나지 또는 도로변 등에서 천이초기의 서식처 특성을 나타내는 입지이다. 일부지역을 제외하고는 대청가시풀이 대규모 군락을 이루는 경우는 드물고 한정된 분포지역을 나타내었으며, 다년초와 다년생 목본식물이 우점하는 입지에서는 출현하지 않거나 산재하는 특성을 보여 생태계에 가하는 위협은 미미할 것으로 생각된다. 그러나 중력산포형과 동물산포형 등 여러 방법으로 확산할 수 있는 대청가시풀의 생육형으로 인해 쉽게 확산될 가능성을 가지고 있다. 또한, 날카로운 가시를 가진 열매의 구조로 인해 주요 생육지인 해변 모래사장에서 인적 및 경제적 피해를 줄 수 있다. 그러므로 현재 제한적으로 분포하고 있는 대청가시풀의 확산방지를 위해서는 인위적 개발로 인해 대청가시풀에게 유리한 서식처를 제공하지 않으며, 토양이동 및 방제작업에 대한 매뉴얼 개발, 주민들의 교육, 방풍림 및 경관림 조성 등의 관리가 효과적일 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 김종원, 남화경. 1998. 논경작지 식생의 군락분류 및 군락생태학적 연구. *Korean J. Ecol.* 21(3): 203-215.
- 농촌진흥청. 2010. 축산시험연구과제. 반려동물 육성 및 산업화 연구. 352p.
- 박수현. 1995. 한국의 귀화식물 원색도감. 일조각, 서울.
- 박수현. 2001. 한국의 귀화식물 원색도감(보유편). 일조각, 서울.
- 박수현. 2009. 세밀화와 사진으로 보는 한국의 귀화식물. 일조각, 서울.
- 백문기, 황정미, 정광수, 김태우, 김명철, 이영준, 조영복, 박상욱, 이흥식, 구덕서, 정종철, 김기경, 최득수, 신이현, 황정훈, 이준석, 김성수, 배양섭. 2010. 한국 곤충 총 목록. 자연과 생태, 서울. 598p.
- 송종석. 1997. 한국의 경작지 및 휴경지의 잡초군락에 대한 식물사회학적 연구. *Korean J. Ecol.* 20(3): 191-200.
- 신향일, 변종영. 2006. 미국좁부처꽃의 발아, 출아, 생장, 및 방제. *Korean J. Weed Sci.* 26(1): 21-24.
- 신향일, 김도순, 변종영. 2008. 미국좁부처꽃의 경합이 벼의 생육 및 수량에 미치는 영향. *Korean J. Weed Sci.* 28(1): 25-31.
- 유만희. 2007. 한국산 부처꽃과의 분류학적 연구. 성균관대학교 일반대학원 석사학위논문. p24-25.
- 이경훈. 1999. 천적 거미류를 이용한 버즘나무방패벌레 *Corythucha ciliata* (Say)의 생물학적 방제에 관한 연구, 제45회 전국과학전람회, 공주. 29p.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

- 이영노. 2006. 새로운 한국식물도감. 교학사, 서울.
- 이창복. 1993. 대한식물도감. 향문사, 서울.
- 정철의, 김동원, 이흥식, 백현. 2008. 신규 꿀벌 해충으로서 *Vespa velutina nigrithorax* Buysson, 1905 (신칭: 등검은말벌)의 생물학적 특징. 한국양봉학회지, 24(1): 61-65.
- 정철의. 2012a. 외래 침입 생물, 등검은말벌, *Vespa velutina nigrithorax* Buysson (Hymenoptera: Vespidae)의 분포지역 확대. 한국양봉학회지, 27(2): 87-93.
- 정철의. 2012b. 외래 침입해충인 등검은말벌, *Vespa velutina nigrithorax* Buysson (Hymenoptera: Vespidae)의 예비 위험 평가. 한국양봉학회지, 27(2): 95-104.
- 최문보, 김정규, 이종욱. 2013. 한국산 말벌과의 종목록 정리 및 분포에 대한 고찰. 한국응용곤충학회지, 52(2): 85-91.
- Abrol, D.P. 1994. Ecology, behaviour and management of social wasp, *Vespa velutina* Smith (Hymenoptera: Vespidae), attacking honeybee colonies. *Korean J. Apic.* 9: 5-10.
- Arzone, A. 1975. The planetree lacebug *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae) in Piedmont: life history and propagation. *Monti. Boschi.* 26: 19-27.
- Asia-Pacific Forest Invasive Species Network. 2012. Pest Fect Sheet(<http://www.fao.org>).
- Chang, Y.D., M.Y. Lee, and Y.N. Youn. 1994. Visiting pattern and control of giant hornet, *Vespa mandarinia* (Hymenoptera:

- Vespidae), in Apiary. *Korean J. Apic.* 9: 178-180.
- Choi, M.B., S.J. Martin, and J.W. Lee. 2012a. Distribution, spread, and impact of the invasive hornet *Vespa velutina* in South Korea. *J. Asia-Pac. Entomol.* 15: 473-477.
- Choi, M.B., J.K. Kim, and J.W. Lee. 2012b. Increase trend of social hymenoptera (wasps and honeybees) in urban area, inferred from moving-out case by 119 rescue services in Seoul of South Korea. *Entomol. Res.* 42(6): 308-319.
- Choi, M.B., S.A. Lee, H.Y. Suk, and J.W. Lee. 2013. Microsatellite variation in colonizing populations of yellow-legged Asian hornet, *Vespa velutina nigrithorax*, in South Korea. *Entomol. Res.* 43(4): 208-214.
- Chung, Y.J., T.S. Kwon, W.H. Yeo, B.K. Byun, and C.H. Park. 1996. Occurrence of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae) in Korea. *Korean J. Appl. Entomol.* 35(2):137-139.
- Cooling, V. 2005. Risk Assessment of the Giant African Snail (*Achatina fulica*) Bowdich in New Zealand. LPSC 7700 Integrative Report. Unitec New Zealand.
- De Battisti, R., A. Forti, and S. Zangheri. 1985. Research on biology sycamore lace-bug (*Corythucha ciliata* Say) (Rhynchota Tingida) in the Venteto Region. *Frustula. Entomol.* 20-21: 1225-141.
- Drake, C.J., and F.A. Ruhoff. 1965. Lace bugs of the world a catalog (Hemiptera: Tingidae), US Nat. Mus. Bull. 243.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

- Gavrilovic, D. 1980. First appearance and distribution of the sycamore lace bug (*Corythucha ciliata*, Say) in Bosnia and Herzegovina Yugoslavia. *Nar. Sumar. Sarajevo* 34: 137-139.
- Haxaire, J., J.P. Bouguet, and J.P. Tamisier. 2006. *Vespa velutina* Lepeletier, 1836. une redoutable nouveauté pour la faune de France et d'Europe. *Bull. Soc. Entomol. Fr.* 111(2): 194.
- Ju, R.T., and B. Li. 2010. Sycamore lace bug, *Corythucha ciliata*, an invasive alien pest rapidly spreading in urban China. *Biodiversity Sci.* 16: 638-646.
- Jung, C., M.S. Kang, D. Kim, and H.S. Lee. 2007a. Vespidae wasps (Hymenoptera) occurring around apiaries in Andong, Korea I. Taxonomy and life history. *Korean J. Apic.* 22: 53-62.
- Jung, C., M.S. Kang, and D. Kim. 2007b. Vespidae wasps (Hymenoptera) occurring around apiaries in Andong, Korea: II. Trap catches and seasonal dynamics. *Korean J. Apic.* 22: 63-70.
- Jung, C. 2008. Economic value of honeybee pollination on major fruit and vegetable crops in Korea. *Korean J. Apic.* 23: 147-152.
- Kim, C.H., S.O. Yoon, S.C. Shin, and D.H. Guak. 1997. A study on the situation of occurrence and control of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Say) in Seoul city. *Res. Bull. of the Expenment For.* 5: 109-121.
- Kim, G.H., M.H. Choi, and J.W. Kim. 1999. Effects of temperatures

- on development and reproduction of the sycamore lace bug, *Corythucha ciliata* (Hemiptera: Tingidae). *Kor. J. Appl. Entomol.* 38(2): 117-121.
- Kim, J.K., M.B. Choi, and T.Y. Moon. 2006. Occurrence of *Vespa velutina* Lepeletier from Korea, and a revised key for Korean *Vespa* species (Hymenoptera: Vespidae). *Entomol. Res.* 36: 112-115.
- Kim, J.M., S.L. Seo, Y. Kim, C. Jung, and Y.H. Jeon. 2012. Extraction of entomopathogenic bacteria from the larvae of *Vespa mandarinia* and its possibility to infest honeybee, p26, In the proceeding of 27th Annual meeting of Apicultural Society of Korea, Andong, Korea.
- Kiritani, K., and K. Yamamura. 2003. Exotic insects and their pathways for invasion. pp. 44-67. In (eds) Ruiz, G.M. and J.T. Carlton. Invasive species, Vectors and management strategies. Island Press. Washington. USA.
- Lim, B.H., M.L. Lee, and K.S. Woo. 1989. Studies on the control of hornet bees (*Vespa* spp.) by feeding attractants. *Korea J. Apic.* 4: 19-33.
- López, S., M. González, and A. Goldarazena. 2011. *Vespa velutina* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Vespidae): first records in Iberian Peninsula. *EPPO Bulletin* 41: 439-441.
- Maher, N., and D. Thiery. 2010. Comparison of trap design against the yellow-legged hornet *Vespa velutina*. <http://www.docstoc.com/docs/47924527/Microsoft-PowerPoint--Apimondia>.

■ 생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안(Ⅷ)

- Melchior, H. 1964. *A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien*. Gebruder Borntraeger. Berlin. Band II.
- Papachristoforou, A., A. Rortais, G. Zafeiridou, G. Theophilidis, L. Garnery, A. Thrasivoulou, and G. Arnold. 2007. Smothered to death: hornets asphyxiated by honeybees. *Current Biology* 17: R1-R2.
- Perrard, A., J. Haxaire, A. Rortais, and C. Villemant. 2009. Observations on the colony activity of the Asian hornet *Vespa velutina* Lepelletier 1836 (Hymenoptera: Vespidae: Vespinae) in France. *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 45: 119-127.
- Raut, S.K., and G.M. Barker. 2002. *Achatina fulica* Bowdich and Other Achatinidae as Pests in Tropical Agriculture. In: Barker (Ed.) *Molluscs as Crop Pests*. CABI.
- Rome, Q., F. Muller, O. Gargominy, and C. Villemant. 2009. Bilan 2008 de l'invasion de *Vespa velutina* Lepelletier en France (Hymenoptera: Vespidae). *Bull. Soc. Entomol. Fr.* 114: 297-302.
- Rose, E.A.F., R.J. Harris, and T.R. Glare. 1999. Possible pathogens of social wasps (Hymemoptera: Vespidae) and their potential as biological control agents. *New Zeal. J. Zool.* 26: 179-190.
- Smith, J. W., and G. Fowler. 2003. Pathway Risk Assessment for Achatinidae with emphasis on the Giant African Land Snail *Achatina fulica* (Bowdich) and *Limicolaria aurora* (Jay) from the Caribbean and Brazil, with comments on related taxa *Achatina achatina* (Linne), and *Archachatina marginata* (Swainson) intercepted by PPQ. USDA-APHIS, Center for Plant Health

- Science and Technology (Internal Report), Raleigh, NC.
- Streito, J.-C. 2006. Note sur quelques espèces envahissantes de Tingidae: *Corythucha ciliata* (Say, 1932), *Stephanitis pyrioides* (Scott, 1874) et *Stephanitis takeyai* Drake & Maa, 1955 (Hemiptera: Tingidae). *L'Entomologiste* 62: 31-36.
- Tan, K., S. Radloff, J.J. Li, H.R. Hepburn, M.X. Yang, L.J. Zhang, and P. Neumann. 2007. Bee-hawking by the wasp, *Vespa velutina*, on the honeybees *Apis cerana* and *A. mellifera*. *Die Naturwissenschaften* 94: 469-72.
- Venette, R.C., and M. Larson. 2004. Mini Risk Assessment Giant African Snail, *Achatina fulica* Bowdich [Gastropoda: Achatinidae]
- Villemant, C., J. Haxaire, and J.C. Streito. 2006a. Premier bilan de l'invasion de *Vespa velutina* Lepeletier en France. *Bull. Soc. Entomol. Fr.* 111: 447-450.
- Villemant, C., J. Haxaire, and J.C. Streito. 2006b. La découverte du frelon asiatique *Vespa velutina* en France. *Insectes*. 143(4): 3-7.
- Villemant, C., F. Muller, S. Haubois, A. Perrard, E. Darrouzet, and Q. Rome. 2011. Bilan des travaux (MNHN et IRBI) sur l'invasion en France de *Vespa velutina*, le frelon asiatique prédateur d'abeilles. In: Barbançon J-M, L'Hostis M (eds) Proceedings of Journée Scientifique Apicole, Arles, 11 Feb 2011. ONIRIS-FNOSAD, Nantes, p3-12.



Detailed Studies on Invasive Alien Species
and Their Management (VIII)



국립환경과학원
National Institute of Environmental Research

인천광역시 서구 환경로 42 (경서동 중합환경연구단지내)
대표전화 : 032-560-7114
<http://www.nier.go.kr>

2013

생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안 (Ⅷ)

발간등록번호
11-1480523-001753-01

mev 환경부
NIER-RP2013-338

생태계위해성이 높은 외래종의 정밀조사 및 관리방안 (Ⅷ)

Detailed Studies on Invasive Alien Species
and Their Management (VIII)

2013

| 환경자원연구부 자연평가연구팀 |

길지현, 김영하, 이도훈, 황선민, 김동언, 김현맥,
김성열, 이종천, 최문보, 김태수, 정철의, 김동원

Jihyon Kil, Youngha Kim, Dohun Lee, Sunmin Hwang,
Dongeon Kim, Hyunmac Kim, Seongyeol Kim, Jongchun Lee,
Moonbo Choi, Taesu Kim, Chuleui Jung, Dongwon Kim

국립환경과학원



국립환경과학원
National Institute of Environmental Research

Ecosystem Assessment Division
Environmental Resources Research Department
National Institute of Environmental Research

생태계위해성이 높은 외래종의
정밀조사 및 관리방안 (Ⅷ)