

## Distribution of Invasive Species in Metropolitan Busan, South Korea

Tae-Bok Ryu<sup>1</sup>, Jeong-Cheol Lim<sup>2</sup>, Cheol-Ho Lee<sup>3</sup>, Eui-Ju Kim<sup>3</sup> and Byoung-Ki Choi<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Ecological Conservation, National Institute of Ecology, Seoecheon 325-813, Korea

<sup>2</sup>National Wetlands Center, National Institute of Environmental Research, Changnyeong 635-833, Korea

<sup>3</sup>Department of Molecular Biology, College of Natural Sciences and Human Ecology, Donggeui University, Busan 614-714, Korea

Received October 24, 2016 / Revised December 8, 2016 / Accepted December 9, 2016

This research aimed to identify the diversity and the distribution of invasive alien plant species in the metropolitan city of Busan, South Korea. According to our results, we discovered 10 species of invasive alien plants distributed in Busan, demonstrating that this urban area has a high domestic plant diversity. A cluster analysis identified that the dominant communities of *Aster pilosus*, *Lactuca serriola*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Rumex acetosella* and *Solanum carolinense* were highly similar in species composition. Different species of invasive alien plants tended to occur together in dominant communities, indicating their preference for shared habitats. The most extensively distributed species in Busan were *Lactuca serriola* (16 districts), followed by *Ambrosia artemisiifolia* (11 districts), *Aster pilosus* (11 districts) and *Rumex acetosella* (10 districts). The administrative districts with the most diverse invasive alien plants were Gangseo-gu (8 species) and Buk-gu (8 species), which are both areas with high human interference and diverse habitats. Additional environmental information was collected for these species' habitats in Busan. The results of this research can be used to assess the current status of invasive alien plants in Busan and can provide basic data useful for effectively controlling and preventing the spread of invasive plants.

**Key words** : Anthropogenic habitat, clustering analysis, naturalized plant species, phytogeography, vegetation types

### 서 론

경제성장과 더불어 국가 간 활발한 무역교류가 이루어지면서 국내 외래종의 수가 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 이들 종의 도입과 확산은 농가재배, 경관조성, 물류이동, 목장초지, 관광지 개발 등 다양한 목적에 따라 의도적/비의도적으로 이루어진다. 이들 중 자연생태계의 구조와 기능에 부정적인 영향을 미치는 것으로 우려되는 종들을 침투외래종 (invasive species)으로 규정하고 있으며, 최근 이들 종에 대한 관심이 증가하고 있다[34, 36, 39].

침투외래종의 발생으로부터 야기되는 문제점은 자생종의 생태적 지위를 위협함으로써 지역의 고유생태계에 교란을 발생시키거나, 토지의 이용 및 자연환경의 패턴을 변화시킴으로써, 농업 및 산업 전반에 걸쳐 직/간접적으로 부정적 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다[39, 41, 42]. IUCN (International Union for Conservation of Nature, 세계자연보전연맹)은

1992년 생물다양성협약을 통해 고유의 생태계와 서식처 또는 지역생물종을 위협하는 종에 대하여 침투외래종으로 규정하고, 이들 종을 선정하여 국제적인 관리대상으로 고지하여 관리하고 있다[33]. 국내에서도 1998년 3종을 시작으로 최근 환경부고시 제2016-112호를 포함할 때, 현재 환경부 지정 생태계교란외래동식물은 총 20종이 지정되어 관리되고 있다[34].

국내 외래식물에 관한 연구는 Lee와 Kim에 의해 65종의 외래종이 기재된 이후(1961) 지속적으로 이루어지고 있으며, 생태계교란식물에 관한 기재는 지역 식물상 연구들에서 분포 정보를 포함한 생물상 연구가 이루어져왔다[27]. 최근 수도권 지역을 대상으로 생태계교란식물의 분포 현황, 확산 및 피해 현황을 파악한 연구가 보다 정밀하게 이루어진바 있으나, 그 외 지역에서 생태계 교란식물에 대한 독립된 학술적 접근은 미흡한 실정이다[13].

부산광역시시는 한국 제2의 도시로, 행정구역 내에 항구, 공항, 대규모 물류센터, 다수의 고속도로, 공단지대 및 매립지 등이 위치하고 있어 많은 외래종이 유입되는 잠재적 공간으로 고려되고 있으며, 다수 연구자들에 의해 국내 귀화식물 유입의 대표적인 도입경로로 인식되고 있다[25, 37]. 도심권역의 범위 또한 산업발전과 더불어 지속적으로 확장되고 있어, 시권역 내 질적/양적 쇠퇴가 발생한 지역생태계를 중심으로 생태계교란식물에 의한 부정적 영향들이 발생되고 있을 것으로 우려된다. 부산광역시의 생태계교란식물에 관한 연구는 지역

#### \*Corresponding author

Tel : +82-51-890-1531, Fax : +82-505-182-6870

E-mail : [eco@deu.ac.kr](mailto:eco@deu.ac.kr)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

식물상 연구들에서 간략한 분포정보만이 반복적으로 기술된 바 있다. Hong과 Kim에 의해 부산광역시 외래종에 관한 개괄적 기술이 이루어지고 난 이후[10], 부산광역시의 산지대 연구인 장산[28, 29], 윤산[38], 물운대[17], 봉래산[14] 등의 연구와 하천서식처인 낙동강 하구 사주 섬[35], 낙동강 하구[20], 낙동강 하구언의 식생[31] 등에 대한 연구, 등산로를 포함한 부산광역시의 들레길 및 갈맷길 등의 서식처에 대한 식물상[12] 연구 등이 진행된 바 있으며, 목록상에 귀화식물을 포함시키고 있다. 부산광역시 전역[2] 과 중부산권역[4], 동부산권역[3] 및 주요하천에 분포하는 생태계교란식물[5] 등에 대한 자연환경조사에서도 종에 대한 정보를 일부 확인할 수 있으나, 학술적 논의는 이루어지지 않았다. 최근까지의 이러한 연구들은 부산광역시 식물상에 관한 생물종다양성 확보와 생태계 보전을 위한 기초자료로 사용되고 있으나 선행연구들은 외래식물의 분포에 관해서 일반적 기술에 그치고 있거나, 특정 지역의 현황 및 분포만을 나타내고 있어, 부산광역시 전역에 대한 생태계교란식물의 현황 및 분포경향을 파악하는 데는 여전히 한계를 보인다.

따라서 본 연구는 부산광역시 전역에 분포하고 있는 생태계교란식물을 대상으로 이들 종의 다양성과 분포현황 및 그 특성을 규명하는데 목적을 두고 있다. 본 연구를 통한 결과는 부산광역시 내 생태계교란식물의 현황과악과 더불어 효율적 관리와 확산 방지를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 재료 및 방법

### 조사지역

부산광역시는 한반도의 동남단에 위치하며, 구릉성 산지가 해안에 접한 부산만으로 둘러싸여 있다. 해안은 소반도와 섬 그리고 만입이 발달하는 리아스식 해안의 특성을 나타내고 있으며, 서부평야지대 및 낙동강의 유수와 앞바다의 연안류에 의해 형성된 수많은 사주가 해안선에 발달하고 있다[6]. 완만한 경사지인 중남부와 서부지역으로 도심이 집중 분포하고 있으며, 다수의 산업공단, 철도, 고속도로, 항구 및 공항이 분포하고 있다(Fig. 1). 본 연구는 부산광역시의 16개 구 전역을 대상으로 연구를 진행하였다.

연구지역의 기후는 동아시아 계절풍이 탁월한 유라시아 대륙 동쪽의 한반도 동남단에 위치하고 있어 4계절이 뚜렷한 온대기후를 나타낸다. 연평균기온 14.7℃이며 최고기온 18.9℃이며, 최저기온 11.3℃이고, 강수량 1519.1 mm로 해양성기후의 특징을 나타낸다[8]. 특히 겨울철의 평균기온은 3.8℃로서 우리나라에서는 제주도 다음으로 온화한 겨울철 기후를 나타내는 것이 특징이다.

부산광역시의 전체 면적은 769.7 km<sup>2</sup>이다. 이 가운데 가장 큰(218.3 km<sup>2</sup>), 강서구(181.6 km<sup>2</sup>) 등의 행정구역이 상대적으로 넓은 면적을 차지하고 있으며, 동구(9.7 km<sup>2</sup>), 중구(2.8 km<sup>2</sup>)

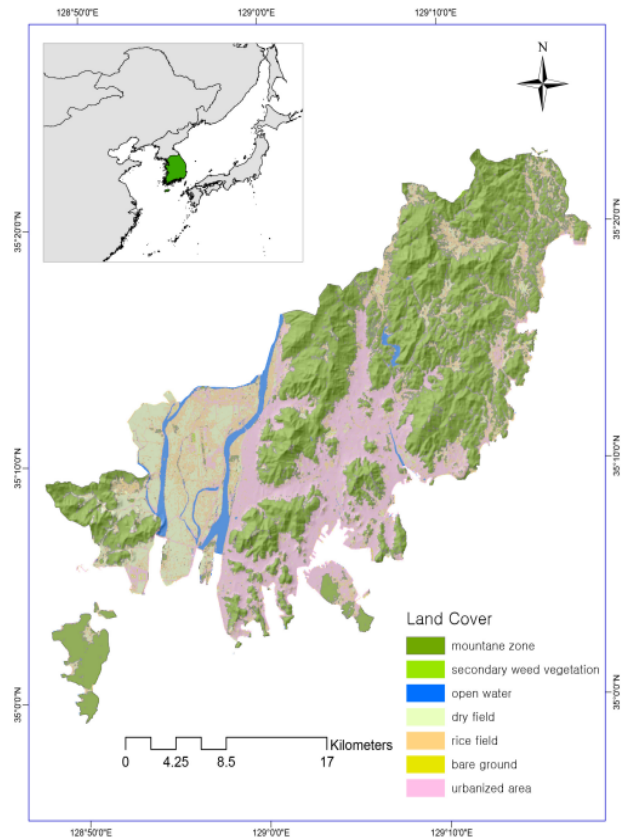


Fig. 1. Study area.

등이 좁은 면적을 차지하고 있다[6]. 부산의 전체 인구수는 3,562,378명으로 국내 제2의 도시이며, 해운대구, 부산진구 등이 높은 인구수를 나타내는 반면, 동구와 중구는 상대적으로 낮은 인구수가 거주하는 것으로 알려져 있다[7](Table 1). 그러

Table 1. Area and population of Busan metropolitan city (2015)

| Region      | Area (km <sup>2</sup> ) | Population | Note          |
|-------------|-------------------------|------------|---------------|
| Gangseogu   | 181.6                   | 97,163     | airport, port |
| Geumjeonggu | 65.2                    | 251,146    |               |
| Gijanggun   | 218.3                   | 153,873    | port          |
| Namgu       | 26.8                    | 288,165    | port          |
| Donggu      | 9.7                     | 94,684     | port          |
| Dongnaegu   | 16.6                    | 274,274    |               |
| Bukgu       | 39.4                    | 308,213    |               |
| Sasanggu    | 36.1                    | 244,426    |               |
| Sahagu      | 41.7                    | 344,353    | port          |
| Seogu       | 13.9                    | 118,048    | port          |
| Suyeonggu   | 10.2                    | 181,497    |               |
| Yeonjegu    | 12.1                    | 211,155    | city hall     |
| Yeongdogu   | 14.1                    | 132,103    | port          |
| Junggu      | 2.8                     | 47,909     | port          |
| Busanjinju  | 29.7                    | 387,580    |               |
| Haeundaegu  | 51.5                    | 427,789    | port          |
| Total       | 769.7                   | 3,562,378  |               |

나 부산광역시는 거주인구 외에도 다수의 관광지 및 기반시설이 위치해 있어 내외국인의 유동인구가 많은 도시이다.

**연구재료 및 방법**

본 연구는 환경부 지정 생태계교란식물을 대상으로 조사를 실시하였다(Table 2). 현재 법적 지정 종수는 14종이지만, 이중 털물참새피는 최근 분류학적 연구에서 물참새피와 동일종으로 인정되고 있으므로, 13분류군에 대해 연구가 이루어졌다 [1, 15, 26, 40]. 조사대상 종 가운데 가시박, 단풍잎돼지풀 등 4종이 1년생이며, 나머지 종들은 모두 다년생식물이다. 대상 종의 출현 시기를 고려하여 미성숙개체를 포함한 식물체 주요 동정요소를 바탕으로 정밀한 분포조사를 실시하였다.

현장 조사는 2015년 8월부터 2016년 9월 기간 동안 부산광역시 전역에 걸쳐 이루어졌으며, 각 행정구역별로 최소 2회 이상 종분포조사를 실시하였다. 현장정보는 국립생태원의 생태계교란식물 조사표에 의해 이루어졌으며, 조사일, 조사구번호, 조사지역, 조사대상종, 분포면적, 경사도, GPS주소, 해발고도 등의 일반 정보와 생육지 유형, 암환경, 토성, 토습과 같은 서식처 정보를 기재하였다. 생태계교란식물 출현군락에 대해서는 식생고의 자승한 면적에 대하여 방형구를 설치하여 함께 출현한 모든 종을 피도와 함께 기록하여 군락 간 유의성을 비교하였다. 각 종의 분포와 풍부도는 GIS (version 10)를 활용하여 나타내었다. 현장 미동정종의 경우 영상자료 확보 및 대상종을 압착, 건조하여 표본으로 제작한 후 Park [37], Lee [24], Lee [30], Lee [32], Ha [9] 등에 의해 동정하였으며, 식물표본을 동의대학교 식물표본실에 보관하였다.

**결과 및 고찰**

**부산광역시 생태계교란식물의 다양성**

Table 2. The invasive species in South Korea

| Scientific name  | Family        | Life form       | Origin        | D.Y. | Note    |
|--|---------------|-----------------|---------------|------|---------|
| <i>Rumex acetosella</i> L.                                     | Polygonaceae  | Hemicryptophyte | Europe        | 2009 |         |
| <i>Sicyos angulatus</i> L.                                     | Cucurbitaceae | Therophyte      | North Ame.    | 2009 |         |
| <i>Solanum carolinense</i> L.                                  | Solanaceae    | Geophyte        | North Ame.    | 2002 |         |
| <i>Aster pilosus</i> Willd.                                    | Compositae    | Hemicryptophyte | North Ame.    | 2009 |         |
| <i>Ambrosia trifida</i> L.                                     | Compositae    | Therophyte      | North Ame.    | 1999 |         |
| <i>Ambrosia artemisiaefolia</i> var. <i>elatior</i> (L.) Desc. | Compositae    | Therophyte      | North Ame.    | 1999 |         |
| <i>Eupatorium rugosum</i> Houtt.                               | Compositae    | Geophyte        | North Ame.    | 2002 |         |
| <i>Hypochaeris radicata</i> L.                                 | Compositae    | Hemicryptophyte | Europe        | 2009 |         |
| <i>Lactuca scariola</i> L.                                     | Compositae    | Therophyte      | Europe        | 2012 |         |
| <i>Solidago altissima</i> L.                                   | Compositae    | Hemicryptophyte | North Ame.    | 2009 |         |
| <i>Spartina alterniflora</i> L.                                | Gramineae     | Chamaephyte     | America       | 2016 |         |
| <i>Spartina anglica</i> Hubb.                                  | Gramineae     | Chamaephyte     | Europe        | 2016 |         |
| <i>Paspalum distichum</i> L.                                   | Gramineae     | Chamaephyte     | Tropical asia | 2002 |         |
| <i>Paspalum distichum</i> L. var. <i>indutum</i>               | Gramineae     | Chamaephyte     | North Ame.    | 2002 | Invalid |

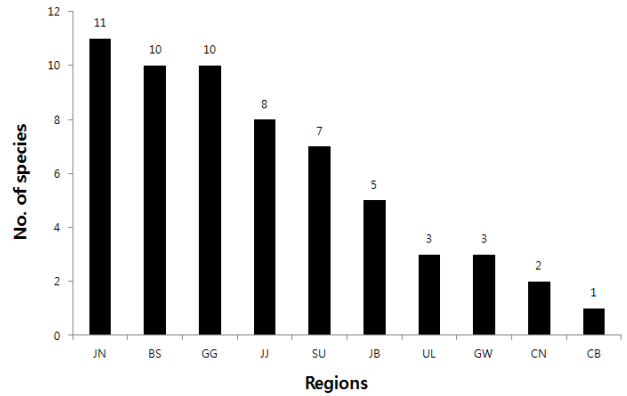


Fig. 2. Species diversity of invasive species at the regions, respectively. (BS: Busan (this study), JN: Jeonnam [11, 36], GG: Gyeongido [16, 21, 36], JJ: Jeju [36], SU: Seoul [18, 23, 36], JB: Jeonbuk [36], UL: Ulleung [43], GW: Gangwon [36], CN: Chungnam [36], CB: Chungbuk [36])

현장조사와 선행연구 결과를 검토한 결과 부산광역시는 최근 지정된 갯줄풀, 영국갯끈풀을 제외한 생태계교란식물 10종이 분포하고 있는 것으로 확인되었다. 전남(11종), 경기도(10종), 제주도(8종), 서울특별시(7종) 등과 같이 귀화식물종의 다양성이 높은 지역과 비교결과에서도 생태계교란식물종의 다양성이 높은 것으로 밝혀졌다(Fig. 2). 그러나 현장조사에서 분포가 확인된 종은 예기수영(*Rumex acetosella*), 가시박(*Sicyos angulatus*), 도깨비가자(*Solanum carolinense*), 미국쑥부쟁이(*Aster pilosus*), 단풍잎돼지풀(*Ambrosia trifida*), 돼지풀(*A. artemisiaefolia* var. *elatior*), 서양금혼초(*Hypochaeris radicata*), 가시상추(*Lactuca scariola*), 양미역취(*Solidago altissima*), 물참새피(*Paspalum distichum*) 등으로 서양등골나물, 영국갯끈풀, 갯줄풀 3종은 분포가 확인되지 않았다[19, 22].

선행연구에서 서양등골나물은 부산광역시의 을숙도 일대

North Ame.: North America, D.Y.: Designated Year

에서 한 차례 분포가 보고된 바 있다[31]. 그러나 이후 진행된 연구 및 현장조사에서는 단 한 번도 종의 분포가 확인되지 않았으며, 선행연구 진행기관에 표본 확인을 의뢰하였으나 표본정보를 확인할 수 없었다. 서양등골나물은 국내에서 서울/경기지역에 제한적으로 분포하고 있으며, 삼림식생의 수관하층에 분포하는 경향을 고려할 때, 연구지역 내에서의 분포는 식물지리학적으로 많은 논의의 여지가 있다. 오동정 또는 소멸의 가능성이 존재하지만 종의 실체에 대한 결정은 본 연구의 목적을 벗어나며, 종의 분포를 단정 짓기는 어렵다. 따라서 추가적 기술을 보류하고 선행연구의 연구지역을 중심으로 지속적인 모니터링을 통한 후속연구를 제안한다.

생태계교란식물이 침투한 식물군락의 출현종을 통한 집괴 분석과 유사도 분석 결과에서는 미국쑥부쟁이 우점군락, 가시상추 우점군락, 돼지풀 우점군락, 애기수영 우점군락, 도깨비가지 우점군락 등이 높은 유사성을 보이는 것으로 나타났다(Fig. 3). 이들 우점군락의 출현은 이차초지 및 노상노방서식처에서 높은 빈도를 보이는 군락으로 출현종에서 유사성을 보이는 것으로 판단된다. 반면, 물참새피와 가시박의 경우 수계 및 하천범람원에 분포가 제한적으로 발생되며, 군락 내 종의 출현이 대상종에 의한 단순우점하는 형태를 보여, 독립적인 집괴를 이루는 것으로 확인되었다. 유사도 분석에서는 가시박과 미국쑥부쟁이가 가장 높은 공통출현종 수치(0.923)를 보였으며, 가시박과 단풍잎돼지풀(0.846), 서양금혼초와 가시상추(0.778)이 상대적으로 높은 수치를 나타내었다(Table 3). 생태계교란식물 간 출현양상에서는 미국쑥부쟁이 우점군락이 가장 다양한 종인 6분류군(도깨비가지, 단풍잎돼지풀, 돼지풀, 가시상추, 양미역취, 물참새피)이 함께 출현하는 것으로 확인되었다. 생태계교란식물 우점군락 가운데 대상 우점종 외에도 다른 생태계교란식물이 전혀 출현하지 않는 군락은 존재하지 않았다(Table 3). 이러한 결과는 부산광역시에서 존재하는 다수의 생태계 교란식물이 서로 중첩된 출현양상을 보이며, 유사 서식처를 점유하고 있음을 의미한다.

Table 3. Similarity ratio of invasive plant communities

|      | RuAc  | SiAn   | SoCa  | AsPi  | AmTr  | AmAr  | HyRa   | LaSc  | SoAl  | PaDi  |
|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| RuAc | 1.000 |        |       |       |       |       |        |       |       |       |
| SiAn | 0.055 | 1.000  |       |       |       |       |        |       |       |       |
| SoCa | 0.418 | 0.462  | 1.000 |       |       |       |        |       |       |       |
| AsPi | 0.560 | 0.923* | 0.576 | 1.000 |       |       |        |       |       |       |
| AmTr | 0.330 | 0.846* | 0.407 | 0.349 | 1.000 |       |        |       |       |       |
| AmAr | 0.495 | 0.692  | 0.576 | 0.419 | 0.488 | 1.000 |        |       |       |       |
| HyRa | 0.286 | 0.308  | 0.339 | 0.194 | 0.175 | 0.216 | 1.000  |       |       |       |
| LaSc | 0.637 | 0.615  | 0.627 | 0.597 | 0.538 | 0.468 | 0.778* | 1.000 |       |       |
| SoAl | 0.209 | 0.615  | 0.237 | 0.279 | 0.250 | 0.207 | 0.306  | 0.205 | 1.000 |       |
| PaDi | 0.022 | 0.077  | 0.017 | 0.039 | 0.075 | 0.036 | 0.028  | 0.024 | 0.068 | 1.000 |

\*: >0.750, shade: common occurrence, community code: RuAc: *Rumex acetosella*, SiAn: *Sicyos angulatus*, SoCa: *Solanum carolinense*, AsPi: *Aster pilosus*, AmTr: *Ambrosia trifida*, AmAr: *Ambrosia artemisiaefolia* var. *elatior*, HyRa: *Hypochaeris radicata*, LaSc: *Lactuca scariola*, SoAl: *Solidago altissima*, PaDi: *Paspalum distichum*

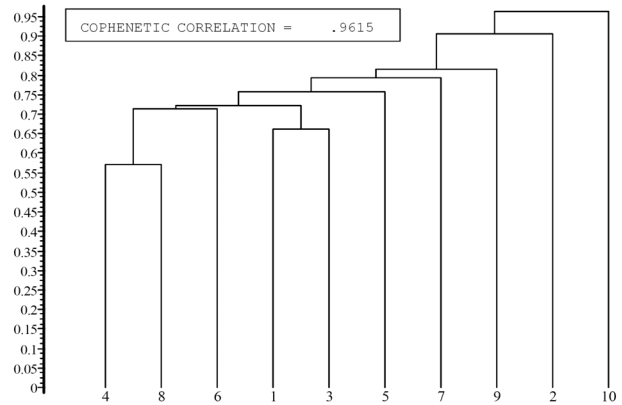


Fig. 3. Clustering of invasive plant communities by dissimilarity (1: *Rumex acetosella*, 2: *Sicyos angulatus*, 3: *Solanum carolinense*, 4: *Aster pilosus*, 5: *Ambrosia trifida*, 6: *Ambrosia artemisiaefolia* var. *elatior*, 7: *Hypochaeris radicata*, 8: *Lactuca scariola*, 9: *Solidago altissima*, 10: *Paspalum distichum*)

부산광역시 생태계교란식물의 종별 분포경향

부산광역시에서 광범위한 분포를 나타내는 생태계교란식물은 가시상추(16개 지점), 돼지풀(11개 지점), 미국쑥부쟁이(11개 지점), 애기수영(10개 지점) 등의 순이며, 제한적인 분포를 나타내는 종은 서양금혼초(3개 지점), 물참새피(3개 지점) 등이었다(Table 4, Fig. 4).

종별 분포면적은 양미역취(58,006 m<sup>2</sup>), 물참새피(27,030 m<sup>2</sup>), 단풍잎돼지풀(23,812 m<sup>2</sup>) 등이 넓은 면적으로 분포를 나타내고 있으며, 가시상추(314 m<sup>2</sup>), 도깨비가지(116 m<sup>2</sup>) 등이 낮은 면적으로 분포하였다.

부산광역시 생태계교란식물은 각 종별 독특한 분포경향을 나타내고 있었다(Fig. 5). 애기수영(*Rumex acetosella*)은 부산광역시 전역에 걸쳐 넓은 분포영역을 나타내고 있으나, 강서구, 사상구 및 기장군 등에서는 분포가 확인되지 않았다. 확인된 분포지의 분포면적은 300 m<sup>2</sup>이하로 일반적으로 소형군락을 형성하는 것으로 확인되었다. 가시박(*Sicyos angulatus*)은 강서

Table 4. Distribution area and frequency of invasive species

|                        | Ra            | Sa              | Sc            | Ap              | At                | Aa              | Hr              | Ls            | Sal               | Pd                | Total             |
|------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| No. of quadrat         | 34<br>(9%)    | 12<br>(3%)      | 18<br>(5%)    | 60<br>(16%)     | 39<br>(10%)       | 36<br>(10%)     | 12<br>(3%)      | 128<br>(34%)  | 25<br>(7%)        | 10<br>(3%)        | 374<br>(100%)     |
| No. of district        | 10<br>(63%)   | 4<br>(25%)      | 9<br>(56%)    | 11<br>(69%)     | 9<br>(56%)        | 11<br>(69%)     | 3<br>(19%)      | 16<br>(100%)  | 6<br>(38%)        | 3<br>(19%)        | 16<br>(100%)      |
| Area (m <sup>2</sup> ) | 358<br>(0.3%) | 1,698<br>(1.4%) | 116<br>(0.1%) | 5,306<br>(4.2%) | 23,812<br>(18.9%) | 2,421<br>(1.9%) | 6,703<br>(5.3%) | 314<br>(0.2%) | 58,006<br>(46.1%) | 27,030<br>(21.5%) | 125,764<br>(100%) |

Ra: *Rumex acetosella*, Sa: *Sicyos angulatus*, Sc: *Solanum carolinense*, Ap: *Aster pilosus*, At: *Ambrosia trifida*, Aa: *Ambrosia artemisiaefolia* var. *elatior*, Hr: *Hypochaeris radicata*, Ls: *Lactuca scariola*, Sal: *Solidago altissima*, Pd: *Paspalum distichum*

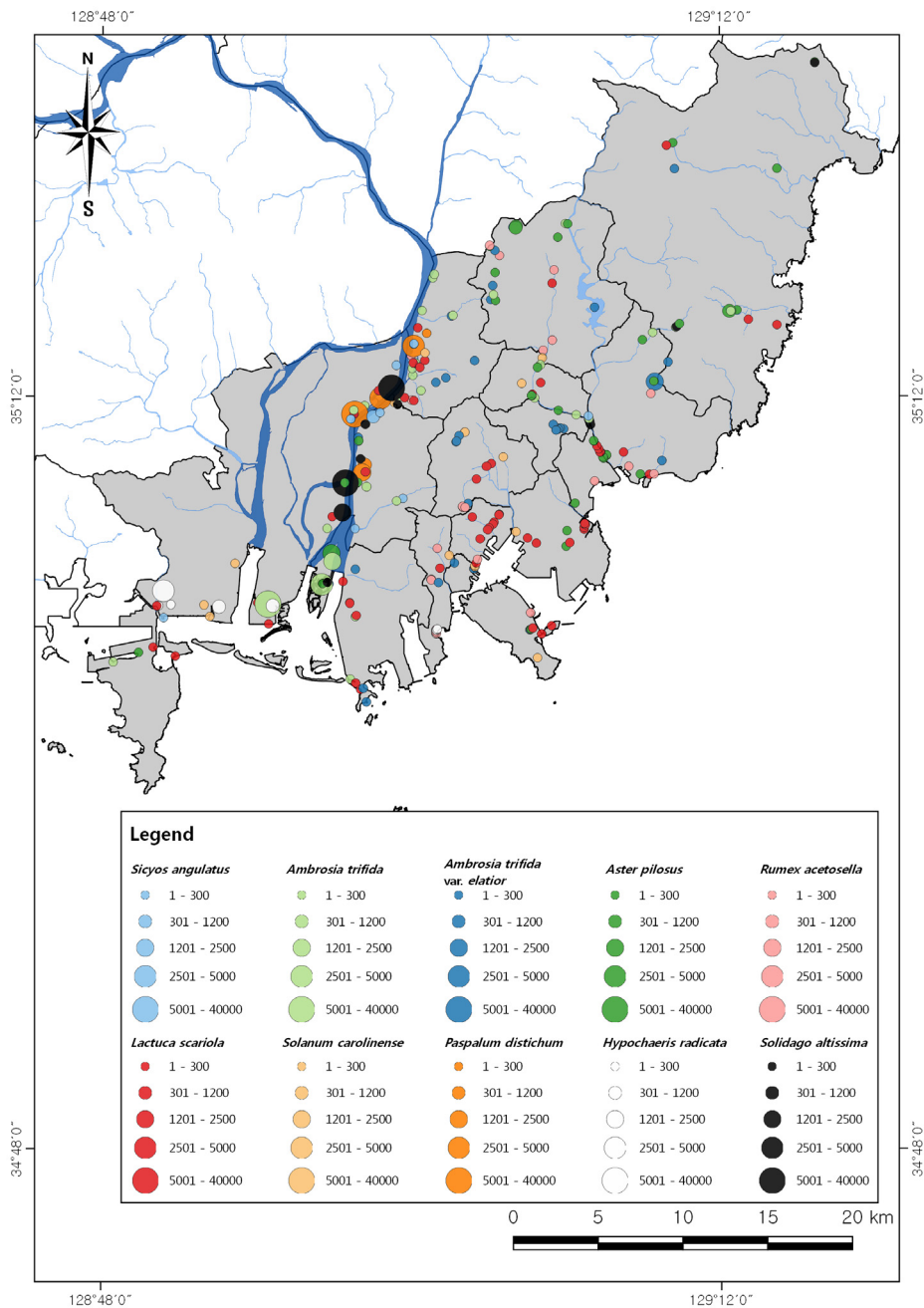


Fig. 4. The status of distribution and abundance of invasive species.



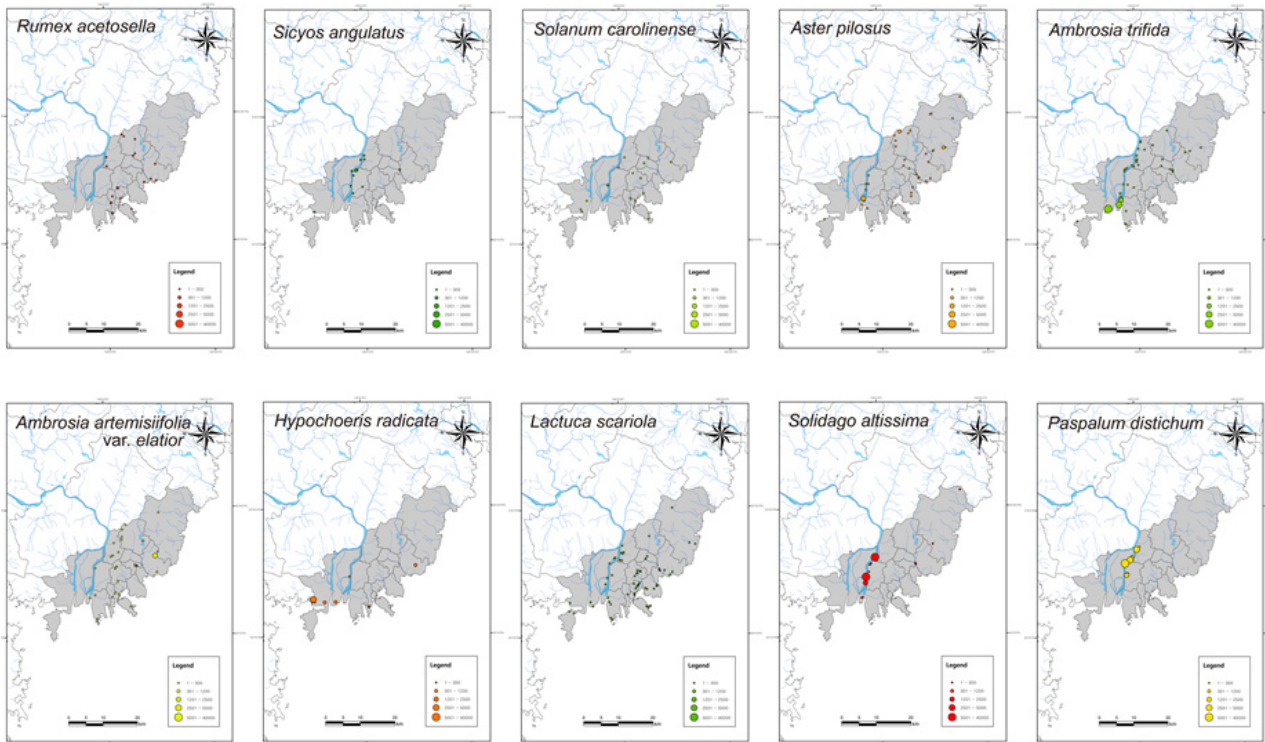


Fig 5. Distribution pattern of invasive species in Busan metropolitan city.

구, 수영구, 사상구 및 북구에 제한적인 분포를 나타내는 것으로 확인되었다. 부산광역시를 통과하는 대형하천인 낙동강과 도심통과하천인 수영강 일대에서 종의 분포가 주로 확인되었으며, 삼락생태공원 일대에서 700 m<sup>2</sup> 크기의 상대적으로 넓은 면적의 군락분포가 확인되었다. 도깨비가지(*Solanum carolinense*)는 부산광역시 전역에 넓은 분포영역을 나타내고 있으나, 기장군, 사하구 등에서 분포가 확인되지 않았다. 군락면적은 300 m<sup>2</sup> 이하의 소형군락들이 주로 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 다양한 서식처에서 분포를 나타내는 것으로 확인되었다. 미국쑥부쟁이(*Aster pilosus*)는 부산광역시 전역에 걸쳐 분포하고 있으며, 가장 대형의 군락은 사하구 을숙도 일대에서 관찰되었다. 그 외에도 기장군 기장읍 일대와 금정구 범어사 일대에서 상대적으로 큰 군락이 확인되었다. 단풍잎돼지풀(*Ambrosia trifida*)은 하천을 포함한 지역구에 제한되어 분포하는 것으로 확인되었다. 이 가운데 낙동강 하구언 일대에서 규모가 큰 군락이 집중적으로 분포하는 것으로 관찰되었는데, 특히 명지동 신도시 개발사업지 일대와 을숙도 생태공원 일대에서 그 분포가 대규모로 확인되었다. 돼지풀(*A. artemisiaefolia* var. *elatior*)은 강서구 일대를 제외한 부산광역시 전역에서 분포를 나타내고 있으며, 동속인 단풍잎돼지풀과는 달리 하천서식처에 대한 의존성이 높지 않은 것으로 확인되었다. 상대적으로 대규모의 군락분포는 해운대구 장산 정상일대의 초지대에서 관찰되었다. 서양금혼초(*Hypochaeris radicata*)는 강서구, 서구 및 해운대구의 해안 인접지를 중심으로 제한적인 분포를

보이는 것으로 확인되었다. 대규모의 군락지는 녹산국가산업단지 및 화전일반산업단지 일대 및 명지신도시개발사업지 등 최근 개발이 활발하게 이루어지고 있는 지역을 중심으로 확인되었으며, 분포면적이 확장되는 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다. 가시상추(*Lactuca scariola*)는 부산광역시 전역에 걸쳐 가장 폭넓은 군락분포를 나타내고 있다. 특정한 지역적 편향을 보이지 않으며, 대부분의 지역에서 소형군락형태(300 m<sup>2</sup> 이하)의 분포를 보였다. 양미역취(*Solidago altissima*)는 낙동강 범람권인 강서구, 북구, 사상구, 사하구의 제외 하천변에서 주로 분포가 확인되었으며, 수영강 인접지 및 기장군 일대 농수로 주변에서도 좁은 면적의 군락분포가 확인되었다. 군락분포지 수는 많지 않으나, 부산광역시 생태계교란식물 가운데 가장 대형(5,001~40,000)의 군락이 2개 지역에서 확인되며, 분포가 확인된 지역에서 높은 피도의 군락을 발달시키는 것으로 확인되었다. 물참새피(*Paspalum distichum*)는 낙동강유역 일대에 편향된 제한적 분포를 나타내었다. 하천변 둔치부와 고수부지 내 잠재범람습지 일대에서 분포가 확인되었으며, 흔히 대형의 단순우점군락을 형태를 보였다.

부산광역시 내 생태계교란식물들의 분포는 가시박, 양미역취, 물참새피, 단풍잎돼지풀 등이 유사한 분포경향을 보이는데, 이들 종은 하천/습지 위주의 서식처를 가지기 때문이다. 서양금혼초는 국내에서 제주도를 중심으로 넓은 면적의 분포를 보이는 종으로 대륙성기후가 강한 한반도에서는 그 분포가 제한되고 있는 것으로 알려져 있다. 최근 보고에서 한반도 남

해도서 해안지역을 따라 그 분포가 확장되고 있는 것으로 보고되고 있으며, 본 연구를 통해 부산광역시 일대에서도 점차 넓은 면적으로 확장되고 있는 것으로 확인되었다.

종의 분포빈도와 면적은 양의 상관관계를 보였으나, 양미역취, 물참새피, 단풍잎돼지풀 등, 특정종들이 제한적인 지역에서 분포하고 있음에도 불구하고 상대적으로 넓은 면적의 분포를 나타내고 있다. 이러한 분포를 나타내는 종들은 국소적인 지역 내에서 단순우점의 넓은 상관을 형성하며, 면적을 점유하는 특징을 보이기 때문이다.

**부산광역시 행정구역별 생태계교란식물의 분포경향**

부산광역시 행정구역 가운데 생태계교란식물이 출현하지 않는 구는 존재하지 않는 것으로 밝혀졌다. 가장 다양한 생태계교란식물의 분포가 확인되는 구는 강서구(8종)와 북구(8종)였으며, 동구(3종)와 중구(2종)는 상대적으로 낮은 다양성이 확인되었다(Table 5).

부산광역시에서 생태계교란식물이 출현한 총 면적은 총 125,264 m<sup>2</sup>이었으며, 가장 넓은 면적이 확인된 지역은 강서구(99,999 m<sup>2</sup>)와 사하구(11,071 m<sup>2</sup>) 등이었다. 상대적으로 좁은 분포로 출현한 지역은 동구(20 m<sup>2</sup>)와 중구(6 m<sup>2</sup>) 등이었다(Table 5).

부산광역시 전체 면적(769.7 km<sup>2</sup>)에서 생태계교란식물이 차지하고 있는 면적은 0.0163%에 해당하며, 각 지역의 행정구역 면적 대비 생태계교란식물이 차지하는 면적은 강서구(0.0551%), 사하구(0.0265%) 등이 상대적으로 넓고, 좁은 범위를 차지하고 있는 지역은 동래구(0.0001%)와 남구(0.0001%) 등이었다(Table 5).

행정구역 면적대비 생태계교란식물의 다양성이 높은 지역은 중구(1종/1.4 km<sup>2</sup>), 수영구(1종/2.0 km<sup>2</sup>), 연제구(1종/2.4 km<sup>2</sup>) 등이었으며, 낮은 지역은 기장군(1종/43.7 km<sup>2</sup>), 강서구(1종/22.7 km<sup>2</sup>) 등이었다. 부산광역시의 전체평균은 1종/8.7 km<sup>2</sup>이었다(Table 4).

**부산광역시 생태계교란식물의 서식처 특성**

부산광역시 생태계교란식물의 해발고도별 분포는 0 m의 해안가에서부터 762 m의 산정부에 이르기까지 다양한 분포범위를 나타내는 것으로 확인되었다. 특히 미국쑥부쟁이(1 m-762 m), 애기수영(2 m-757 m), 돼지풀(1 m-660 m) 등의 종이 넓은 해발고도 분포경향을 보이며, 서양금혼초(1 m-26 m), 가시박(0 m-16 m), 물참새피(2 m-11 m) 등은 상대적으로 좁은 분포경향을 보였다. 서식처 경사도는 가시박이 평균 14±15°의 경사지 사면부 서식지대를 선호하는 경향을 보였으며, 미국쑥부쟁이(0-50)와 단풍잎돼지풀(0-50), 돼지풀(0-45) 등은 비교적 다양한 경사도에 분포하는 것으로 확인되었다. 물참새피는 평지(0°)에서만 분포가 확인되며, 이는 수변에 위치하는 서식처 특성을 반영한 결과이다. 암환경은 대부분의 종이 상관이 개방된 양지서식처에서 출현하지만, 돼지풀, 애기수영, 도깨비가지 등은 반음지 및 음지에서 분포가 확인되었다. 토성은 양토 및 사양토에서 높은 빈도를 보였으나, 양미역취의 경우 자갈입지에서 가장 높은 출현빈도를 나타내었다. 토습의 경우 건조 및 적습한 환경에서 주로 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 물참새피의 경우 수중 및 과습에 제한적으로 분포하고 있었다(Table 6). 추후 후속연구를 통해 이들 종의 분포와 확산에 대한 장기모니터링 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것

Table 5. Species diversity and distribution area in each district

| District    | No. of invasive species | species / area (km <sup>2</sup> ) | Area of invasive specie community (m <sup>2</sup> ) | Ratio of invasive specie community (%) |
|-------------|-------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Gangseogu   | 8                       | 22.7                              | 99,999  | 0.0551                                 |
| Geumjeonggu | 5                       | 13.0                              | 11,071  | 0.0265                                 |
| Gijanggun   | 5                       | 43.7                              | 4,302   | 0.0119                                 |
| Namgu       | 4                       | 6.7                               | 4,312   | 0.0110                                 |
| Donggu      | 3                       | 3.2                               | 2,645   | 0.0051                                 |
| Dongnaegu   | 5                       | 3.3                               | 322   | 0.0032                                 |
| Bukgu       | 8                       | 4.9                               | 235   | 0.0019                                 |
| Sasanggu    | 7                       | 5.2                               | 1,146   | 0.0018                                 |
| Sahagu      | 5                       | 8.3                               | 96  | 0.0007                                 |
| Seogu       | 5                       | 2.8                               | 195   | 0.0007                                 |
| Suyeonggu   | 5                       | 2.0                               | 1,322   | 0.0006                                 |
| Yeonjegu    | 5                       | 2.4                               | 50  | 0.0004                                 |
| Yeongdogu   | 5                       | 2.8                               | 6   | 0.0002                                 |
| Junggu      | 2                       | 1.4                               | 20  | 0.0002                                 |
| Busanjingu  | 4                       | 7.4                               | 22  | 0.0001                                 |
| Haeundaegut | 6                       | 8.6                               | 21  | 0.0001                                 |
| Average     | 5.1                     | 8.7                               | 7,860   | 0.0007                                 |
| Total       | 10                      | 77.0                              | 125,764   | 0.0163                                 |

Table 6. Habitat conditions of invasive species dominant community

|               |                | Ra      | Sa     | Sc      | Ap      | At      | Aa      | Hr     | Ls     | Sal    | Pd     |
|---------------|----------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Elevation (m) |                | 121±187 | 3±4    | 67±127  | 78±160  | 22±58   | 159±156 | 9±8    | 3±4    | 8±9    | 3±3    |
|               |                | (2-757) | (0-16) | (1-467) | (1-762) | (1-359) | (1-660) | (1-26) | (0-16) | (1-81) | (2-11) |
| Slope (°)     |                | 6±8     | 14±15  | 1±4     | 6±11    | 8±12    | 9±11    | 2±4    | 3±7    | 10±11  | 0      |
|               |                | (0-35)  | (0-35) | (0-15)  | (0-50)  | (0-50)  | (0-45)  | (0-15) | (0-25) | (0-50) |        |
| Light         | open           | 7       | 12     | 7       | 44      | 34      | 16      | 10     | 41     | 25     | 10     |
|               | halfshadow     | 13      | 0      | 5       | 2       | 4       | 12      | 1      | 2      | 0      | 0      |
|               | shadow         | 8       | 0      | 3       | 1       | 1       | 4       | 1      | 2      | 0      | 0      |
| Soils         | grave          | 0       | 1      | 1       | 0       | 5       | 0       | 0      | 0      | 13     | 0      |
|               | sand+grave     | 4       | 1      | 3       | 4       | 0       | 7       | 0      | 10     | 0      | 0      |
|               | sand           | 4       | 0      | 2       | 7       | 2       | 2       | 2      | 6      | 1      | 0      |
|               | sand loam      | 4       | 1      | 4       | 5       | 9       | 3       | 0      | 10     | 0      | 0      |
|               | loam           | 15      | 7      | 4       | 24      | 14      | 16      | 10     | 15     | 5      | 0      |
|               | silt loam      | 1       | 2      | 1       | 6       | 9       | 4       | 0      | 4      | 6      | 1      |
|               | silt clay loam | 0       | 0      | 0       | 1       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
|               | silt           | 0       | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 9      |
| Moisture      | dry            | 11      | 2      | 11      | 15      | 17      | 9       | 2      | 22     | 15     | 0      |
|               | moderate       | 10      | 8      | 3       | 25      | 15      | 15      | 8      | 19     | 5      | 0      |
|               | semi-wet       | 7       | 2      | 1       | 6       | 7       | 8       | 2      | 4      | 5      | 0      |
|               | wet            | 0       | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 1      |
|               | aquatic        | 0       | 0      | 0       | 1       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 9      |

Ra: *Rumex acetosella*, Sa: *Sicyos angulatus*, Sc: *Solanum carolinense*, Ap: *Aster pilosus*, At: *Ambrosia trifida*, Aa: *Ambrosia artemisiaefolia* var. *elatior*, Hr: *Hypochaeris radicata*, Ls: *Lactuca scariola*, Sal: *Solidago altissima*, Pd: *Paspalum distichum*

로 판단되며, 종의 생태적 특성을 고려한 관리방안 및 행정구역별 상황을 고려한 지역밀착형 관리전략의 수립이 요구된다.

### References

- Allred, K. W. 1982. *Paspalum distichum* L. var. *indutum* Shinners (Poaceae). *Great Basin Nat.* 42, 101-104.
- Busan 2004. Research of Environmental in Busan city, Report 3rd, p. 333, Busan.
- Busan 2014. Research of Environmental in Busan city: eastern region, Report 2nd, p. 378, Busan.
- Busan 2015a. Research of Environmental in Busan city: central region, Report 2nd, p. 381, Busan.
- Busan 2015b. Distribution status of invasive plant for native species protection and healthy ecosystem conservation, p. 71, Busan.
- Busan 2015c. <http://www.busan.go.kr>.
- Busan 2015d. Population statistics of resident registration in Busan, Busan.
- Busan Regional Office of Meteorology 2015. <http://www.kma.go.kr>.
- Ha, S. H. 2012. Succulent plants, p. 409, Academy, Seoul.
- Hong, S. H. and Kim, Y. H. 1993. Studies on exotic plant of Pusan Area. *J. Environ. Stud.* 11, 109-140.
- Jegal, E. K. 2011. A Study on the selecting locally protected plant species : Focusing on Jeollanam-do Province. Ph. M. Dissertation, Honam University, Gwangju.
- Jeong, L. J. 2014. The flora of Busan Galmaes road. Ph. M. Dissertation, Kyungsoong University, Busan.
- Jeong, S. C., Lee, D. H., Lee, J. Y., Yoo, I. S. and Kim, K. D. 2015. Distribution status of invasive plant species in Seoul and its vicinity. Proceedings of the Korean Environmental Education Conferences, Kongju University, Kongju.
- Jo, J. H. 2006. The flora of Mt. Bongrae in Busan. Ph. M. Dissertation, Kyungsoong University, Busan.
- Jung, S. Y. 2014. A study on the distribution characteristics of Invasive Alien Plant (IAP) in South Korea. Ph. D. Dissertation, Andong University, Andong.
- Kang, D. S. 2004. The flora of northern region in Gyeonggi-Province. Ph. M. Dissertation, Daejin University, Pocheon.
- Kim, B. S. 2009. Studies on the flora and vegetation of Molundae. Ph. M. Dissertation, Donga University, Busan.
- Kim, D. H. 2012. A study on the floral changes of urban restoration stream : On the case of Cheonggye-cheon, Ph. M. Dissertation, Sangmyung University, Seoul.
- Kim, E. K., Kil, J. H., Joo, Y. K. and Jung, Y. S. 2015. Distribution and botanical characteristics of unrecorded alien weed *Spartina anglica* in Korea. *Weed Turf. Sci.* 4, 65-70
- Kim, G. Y. 2001. Study on the distribution and growth of Vascular hydrophytes in the lower part of the Nakdong river, Ph. M. Dissertation, Donga University, Busan.
- Kim, J. K. 2014. Analysis on the floral change before and after the rainy season in natural stream restoration work : a case study of Pocheon cheon river, Ph. M. Dissertation, Hanyang University, Seoul.
- Kim, J. S. 2016. A research review for establishing effective



- management practices of the highly invasive cordgrass (*Spartina* spp.). *Weed Turf. Sci.* **5**, 111-125.
23. Kim, Y. H. 2015. A model of risk assessment for alien plants in urban area : The case of Seoul. Ph. D. Dissertation, Dongguk University, Seoul.
24. Lee, C. B. 2006. Coloured flora of Korea ( I ,II), p. 914 / 910, Hyangmoonsa, Seoul.
25. Lee, C. W., Cho, H. J., Kang, M. j., Huh, M. K., Hawng, I. C. and Choi, B. K. 2015a. Study of the status of naturalized plants in Busan city, South Korea. *J. Life Sci.* **25**, 1244-1254.
26. Lee, C. W., Hwang, I. C., Lee, H. H. M., Song, H. R. and Kim, J. M. 2015b. Classification review and ecological character of *Paspalum distichum* L., invasive species, in Korea. Proceedings of the Korean Ecology and Environmental Science Conferences. February 17-19. Hanyang University, Seoul.
27. Lee, D. B. and Kim, Y. C. 1961. A Historical review of some plants of American origin in Korea. *J. Plant Biol.* **4**, 25-30.
28. Lee, J. H. and Moon, S. G. 2007. The flora of Jangsanbong. *J. Environ. Sci.* **16**, 881-889.
29. Lee, K. R., Moon, S. G. and Lee, J. H. 2011. The flora of Mt. Jang in Busan. *J. Environ. Sci.* **20**, 443-455.
30. Lee, W. C. 1996. Coloured standard illustrations of Korean, p. 624, Academy, Seoul.
31. Lee, Y. J. 2000. Flora and vegetation of the Nakdong river mouth. Ph. M. Dissertation, Keimyung University, Daegu.
32. Lee, Y. N. 2007. New flora of Korea ( I ,II), p. 975 / 886, Kyohak, Seoul.
33. McNeely, J. A. 2001, The great reshuffling: Human dimensions of invasive alien species, p. 212, IUCN.
34. Ministry of Environment and NIER 2012. Invasive species, NIER, 178.
35. Moon, S. G., Sung, J. S. and Lee, J. H. 2008. The flora of delta in the Nakdong river estuary. *J. Environ. Sci.* **17**, 1331-1341.
36. National Institute of Ecology. 2014. Invasive species monitoring ( I ), p. 212, NIER.
37. Park, S. H. 2009a. New illustrations and photographs of naturalized plants of Korea, p. 572, Ilchokak, Seoul.
38. Park, K. H. 2009b. The flora of Mt. Yun in Busan, Ph. M. Dissertation, Kyungsung University, Busan.
39. Pimentel, D. 2002. Biological invasions: economic and environmental costs of alien plant, animal, and microbe species, p. 548, CRC press.
40. Shinnors, L. H. 1954. Notes on North Texas Grasses. *Rhodora*, **56**, 25-38.
41. Vitousek, P. M. and Walker, L. R. 1989. Biological invasion by *Myrica fayain* Hawaii: plant demography, nitrogen fixation, ecosystem effects. *Ecol. Monogr.* **59**, 247-265.
42. Vivrette, N. J. and Muller, C. H. 1977. Mechanism of invasion and dominance of coastal grassland by *Mesembryanthemum crystallinum*. *Eco. Mono.* **47**, 301-318.
43. Yang, S. Y., Jang, H. D., Nam, B. M., Chung, G. Y., Lee, R. Y. and Oh, B. U. 2015. Original article : A floristic study of Ulleungdo island in Korea. *Sigmul Bunryu Hag-hoeji* **45**, 11.

### 초록 : 생태계교란식물의 부산광역시 분포 실태

류태복<sup>1</sup> · 임정철<sup>2</sup> · 이철호<sup>3</sup> · 김의주<sup>3</sup> · 최병기<sup>3\*</sup>

(<sup>1</sup>국립생태원 생태보전연구실, <sup>2</sup>국립환경과학원 국립습지센터, <sup>3</sup>동의대학교 분자생물학과)

부산광역시에 분포하는 생태계교란식물에 대해 종 다양성과 분포현황을 규명하고자 연구를 수행하였다. 연구 결과 부산광역시에는 10종의 생태계교란식물이 분포하고 있는 것으로 확인되었으며, 국내에서 높은 종 다양성을 보이는 지역으로 확인되었다. 집괴분석을 통해 미국쭈부쟁이 우점군락, 가시상추 우점군락, 돼지풀 우점군락, 애기수영 우점군락, 도깨비가지 우점군락 등이 높은 유사성을 나타내는 것으로 확인되었다. 생태계 교란식물은 우점군락 내에서 다른 생태계 교란식물이 함께 혼생하는 경향을 보여, 유사한 서식처를 공유하고 있는 것을 밝혀졌다. 부산시에서 가장 광범위한 분포경향을 보이는 종은 가시상추(16개 구)이며, 돼지풀(11개 구), 미국쭈부쟁이(11개 구), 애기수영(10개 구) 등이 넓은 분포를 보였다. 행정구역 중 가장 다양한 생태계교란식물이 출현한 지역은 강서구(8종)와 북구(8종)이며, 인위적 간섭이 높으면서 다양한 서식처가 존재하는 지역들로 확인되었다. 부산광역시의 종별 서식처 환경정보가 수집되었다. 본 연구를 통한 결과는 부산광역시 내 생태계교란식물의 현황과 과학적 더불어 효율적 관리와 확산 방지를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.