

계룡시에 분포하는 귀화식물과 환경지수 분석^{1a}

오현경² · 사공정희³ · 유주한^{4*}

Analysis on Environmental Indices and Naturalized Plants Distributed in Gyeryong-si, Korea^{1a}

Hyun-Kyung Oh², Jung-Hee Sagong³, Ju-Han You^{4*}

요 약

본 연구는 충청남도 계룡시에 분포하는 귀화식물에 대해 객관적이고 체계적인 조사 및 분석을 통해 귀화식물의 생태적 특성을 파악하고 개량도시화지수, 개량교란율, 총합 환경지수를 제안하기 위해 수행되었다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다. 본 지역에서 확인된 귀화식물 수는 15과 35속 47종 등 총 47분류군으로 나타났다. 생태계교란야생식물은 미국쑥부쟁이, 애기수영, 가시박, 단풍잎돼지풀, 돼지풀 등 5분류군이 조사되었다. 행정구역별 분석 결과, 신도안면은 33분류군, 엄사면은 29분류군, 두마면은 31분류군, 금암동은 18분류군으로 나타났다. 생활형 분석 결과, 지표식물 6분류군, 반지중식물 8분류군, 지중식물 2분류군, 일년생식물 31분류군으로 나타났다. 환경지수 분석 결과, 도시화지수의 범위는 6.5~11.8%, 개량도시화지수 0.3~5.3%, 교란율 18.2%~36.4%, 개량교란율 0.9~16.4%, 총합 환경지수 0.6~10.9%로 분석되었다. 계룡시 전체의 개량도시화지수, 개량교란율, 총합 환경지수는 16.8%, 45.5%, 31.2%로 나타났다.

주요어: 생태계교란식물, 교란율, 도시화지수, 도입종

ABSTRACT

This study was carried out to propose AUI(Advanced Urbanized Index), ADI(Advanced Disturbed Index) and TEI(Total Environmental Index) and to understand the ecological characteristics of naturalized plants by objective and systematic analysis about naturalized plants distributed in Gyeryong-si, Chungcheongnam-do, Korea. The numbers of naturalized plants identified in this site were 47 taxa; 15 families, 35 genera and 47 species. The invasive alien plants were 5 taxa; *Aster pilosus* Willd., *Rumex acetocella* L., *Sicyos angulatus* L., *Ambrosia trifida* L., and *A. artemisiaefolia* L. In the results of analysis by administrative district, Shindoan-myeon was 33 taxa, Eomsa-myeon 29 taxa, Duma 31 taxa and Geumam-dong 18 taxa. In an analysis of life forms, there were 6 taxa of chamaephytes, 8 taxa of hemicryptophytes, 2 taxa of geophytes and 31 taxa of therophytes. In the results of analysing environmental indices, the range of UI was 6.5~11.8%, AUI 0.3~5.3%, DI 18.2~36.4%, ADI 0.9~16.4% and TEI 0.6~10.9%. The AUI, ADI and TEI of whole Gyeryong-si

1 접수 2011년 4월 25일, 수정(1차: 2011년 8월 24일), 게재확정 2011년 8월 25일

Received 25 April 2011; Revised(1st: 24 August 2011); Accepted 25 August 2011

2 전북대학교 조경학과, Dept. of Landscape Architecture, Chonbuk National University, Jeonju(561-756), Korea

3 충남발전연구원 환경생태연구부 Dept. of Environmental & Ecological Research, Chungnam Development Institute, Gongju(314-140), Korea

4 동국대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Dongguk University, Gyeongju(780-714), Korea

a 본 논문은 2010년도 계룡시 생태(비오톱)지도 작성 연구 지원에 의해 수행된 결과의 일부임.

* 교신저자 Corresponding author(youjh@dongguk.ac.kr)

were 16.8%, 45.5% and 31.2%.

KEY WORDS: INVASIVE ALIEN PLANT, DISTURBED INDEX, URBANIZED INDEX, INTRODUCED SPECIES

서론

현재 세계는 인적, 물적 교류가 활발히 이루어지면서 내부 폐쇄적 흐름에서 외부 개방적 흐름으로 변화해 감에 따라 생물종도 함께 이동하고 있다. 특히 생물자원은 국가의 경제적 자산일 뿐만 아니라 무역의 중요 자원으로도 인식되고 있다. 그러나 이는 생물의 인위적 이동과 흐름으로, 수출수입국가에서 이러한 추세를 감사감독하여 자국의 생태적 주체성을 유지하고자 노력하고 있다. 반면, 생물의 자연적 이동은 국가간 교역물자와 함께 이입되는 사례가 많고 감지하기 어렵기 때문에 생태계에 문제를 유발시킬 가능성이 상당히 높다. 따라서 비자생식물 즉 외래식물의 침입은 생태적 과정에 영향을 주며, 생물종다양성을 위협한다(Pauchard and Shea, 2006). 이러한 것들 중 외국에서 이입되어 토착된 식물을 귀화식물이라 한다.

귀화식물은 균집을 끊임없이 자체적으로 유지시키고 재생하는 특성 때문에 자생식물의 감소를 초래하며(Richardson *et al.*, 2000), 이들의 구조, 빈도, 침입성은 기후, 지질, 토지 이용, 경관, 자생종과의 경쟁, 인위적 교란에 의해 영향을 받기 때문에(Arévalo *et al.*, 2005) 관리나 발생 예측이 어렵다. 따라서 많은 국가에서 귀화식물에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는데 북미, 호주, 유럽의 많은 국가들은 식물 침입과 외래 식물상이 잘 기록되어 있는 반면, 아시아의 많은 국가들은 여전히 연구가 진행 중이다(Wu *et al.*, 2004).

우리나라도 귀화식물에 대한 연구가 미시적 및 거시적 공간규모에 따라 수행되어 왔는데 미시적 공간규모의 경우 전주천변 귀화식물(Rho and Huh, 2004), 전북대학교 캠퍼스 내 귀화식물(Oh *et al.*, 2006), 임자도의 귀화식물(Kim, 2006), 울릉도의 귀화식물(Park *et al.*, 2007), 한라산국립공원 내 도로변 귀화식물(Kim *et al.*, 2007), 송도임해매립지의 귀화식물(Oh and Shin, 2007), 광양제철소의 귀화식물(Oh *et al.*, 2009a), 변산반도국립공원의 귀화식물(Oh *et al.*, 2009b), 독도의 귀화식물(Lim *et al.*, 2009a), 창원시 내동천의 귀화식물(You *et al.*, 2010), 태안해안국립공원 귀화식물(Lim *et al.*, 2010), 다도해 해상국립공원의 귀화식물(Kim and Oh, 2010), 거시적 공간규모의 경우, 한반도 귀화식물 분포(Yim and Jeon, 1980), 안동시 귀화식물 분포(Song and An, 1999), 우리나라 귀화식물 발생상황(Kang and Shim, 2002), 우리나라 무인도서의 귀화식물 분포(Chung

and Hong, 2006), 중부지방 하천의 귀화식물(Han *et al.*, 2007), 제주도의 귀화식물(Yang, 2007), 전남북부지역 귀화식물(Lim *et al.*, 2009b), 민통선 귀화식물(Oh *et al.*, 2009), 전주지역 귀화식물(Oh *et al.*, 2010) 등 다양한 연구가 진행되고 있다.

본 연구가 진행된 계룡시는 2003년 7월 시로 승격된 지역으로 육해공군 본부가 위치가 하고 있어 군사적 요충지이며, 생태적으로 충남의 타 시군보다 면적은 작지만 계룡산 국립공원과 많은 보호구역이 있고 산림이 도시규모에 비해 크게 유지되고 있다(Chungnam Development Institute, 2006). 따라서 본 연구는 생태학적 연구가 미흡한 신생도시인 계룡시에 분포하는 귀화식물의 현황, 분포특성 등에 대해 정성 및 정량적 연구를 실시하여 향후 신생도시의 귀화식물에 대해 관리방안과 모니터링을 하기 위한 기초자료 제공에 그 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 연구대상지

계룡시는 충청남도 남동부에 위치하며, 동쪽은 대전광역시, 남쪽과 서쪽은 논산시, 북쪽은 공주시와 접하여 있고 전체 면적 60.73km²로서 신도안면, 엄사면, 두마면 등 3개 면과 금암동 1개 행정동으로 구성되어 있으며(Gyeryong-si, 2010), 지리적 위치는 Figure 1과 같다. 기상개황을 살펴보면, 2009년 기준으로 평균기온 11.9℃, 평균최고기온 17.



Figure 1. The geographical position of Gyeryong-si
* Source: Gyeryong-si(2010)

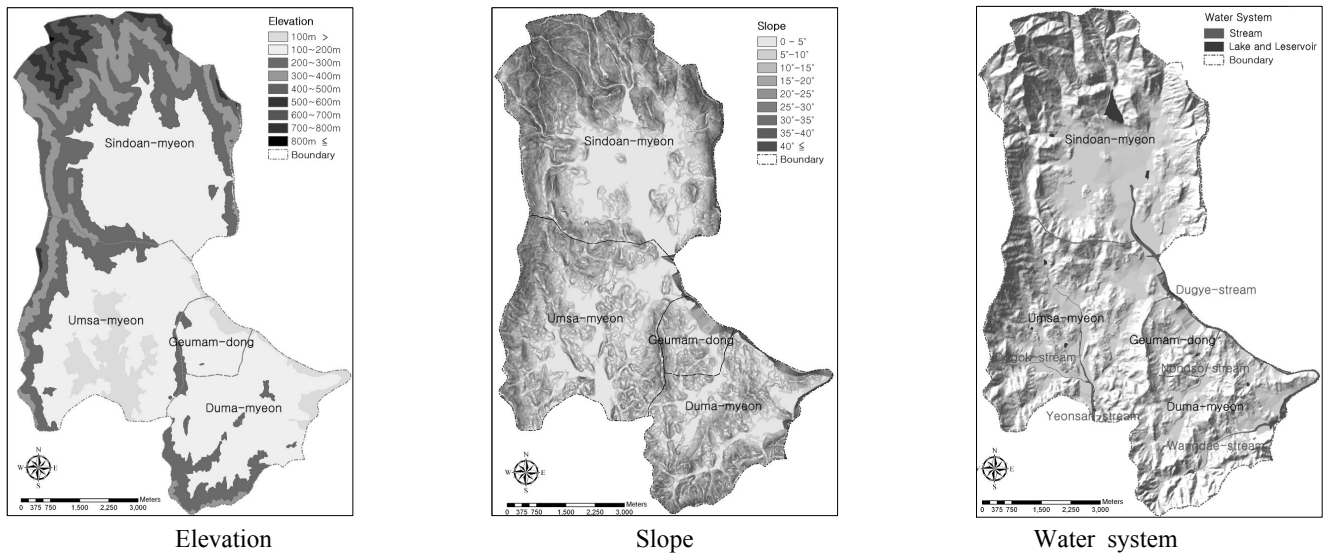


Figure 2. The location environment of Gyeryong-si
 * Source: Gyeryong-si(2010)

9℃, 최고극값 34.0℃, 최저극값 -15.0℃, 강수량 1,021.6mm, 평균상대습도 70.9%, 평균풍속 2.7㎧이다(Gyeryong-si, 2009).

Figure 2는 계룡시의 해발고도, 경사, 수계망에 대한 현황으로서 해발고도의 경우 100~200m가 33.19km²로 전체 면적의 약 55.01%를 차지하였으며, 400m 이상이 약 5.13km²로 나타났다. 경사는 5° 미만이 13.86km²으로 전체 면적의 약 22.97%를 점하고 있었으며, 15~25° 이상이 전체 면적의 약 49.05%를 나타내었다. 하천은 두계천, 연산천, 왕대천, 농소천, 도곡천 등 5개가 있으며, 총 연장길이는 18.5km이고 두계천과 연산천은 남북방향으로, 나머지는 동서방향으로 유하하고 있다.

2. 조사분석

조사기간은 2010년 9월부터 10월까지 수행하였으며, 조사지역은 신도안면, 엄사면, 두마면, 금암동 일대를 대상으로 하였다. 조사범위는 신도안면의 경우 계룡대 주변, 엄사

면과 두마면은 농경지, 금암동은 두계천과 시가지 등을 대상으로 하였으며, 귀화식물로 한정하여 조사하였다. 식물분류는 Park(2009)의 문헌을 이용하였으며, 현장에서 분류 및 동정이 불가능한 종은 채집 후 실험실로 운반하여 채집품에 대해 확대경 및 문헌검토를 통해 확인하였다. 식물종 정리는 Engler의 체계(Melchior, 1964)에 따라 배열하였으며, 과내 학명은 알파벳순으로 하였다. 생태계교란야생식물은 Ministry of Environment(2009)의 자료로 분석하였다. 귀화식물의 속성정보는 원산지, 귀화도, 이입시기로 구분하였으며(Korea Forest Research Institute and Korea National Arboretum, 2002), 귀화도는 Table 1과 같은 기준에 의거하여 정리하였다. 이입시기는 1기의 경우 개항이후부터 1921년, 2기는 1922년부터 1963년, 3기는 1964년부터 현재까지로 구분하였다. 귀화식물의 생활형은 Raunkiaer(1934)의 생활형 스펙트럼에 의해 지표식물(chamaephytes), 반지중식물(hemicryptophytes), 지중식물(geophytes), 일년생식물(therophytes)로 구분하였다.

생태계교란야생식물의 분포특성을 파악하기 위해 신도

Table 1. The criteria about the degree of naturalization

Degree	Criteria
5	Species that widely distribute and have many individuals
4	Species that locally distribute but have many individuals
3	Species that widely distribute but have few individuals
2	Species that restrictively distribute and have few individuals
1	Rare species in terms of distribution areas and individuals

* Source: Korea Forest Research Institute and Korea National Arboretum(2002)

안면에서는 작산교, 신도안교, 남선교, 용암교, 계룡대 입구 등 5개 지점, 엄사면의 경우 두계1교와 인근 나지 등 2개 지점, 두마면은 두계교, 신설도로, 입암3교 등 3개 지점, 금암동은 시가지 나지와 진틀다리 등 2개 지점에 대해 정밀 조사를 실시하였으며, 개체수와 발생빈도를 조사하였다. 발생빈도는 (특정종 발생지점/총 조사지점)×100%로 산정하였다.

환경지수 산정의 경우 도시화지수(UI: Urbanized Index)는 Yim과 Jeon(1980)에 따라 산정하였다. 또한 본 연구에서는 기존 귀화식물의 수량정보 분석과 차별하기 위해 개량 도시화지수(AUI: Advanced Urbanized Index)와 교란율(DI: Disturbed Index)을 새로 고안하여 귀화식물에 대해 정량적인 분석을 시도하였다. 개량도시화지수(AUI)는 Kim과 Lee (2006)가 제안한 체감도시화지수(AUI: Actual Urbanization Index)를 수정한 것으로 기존 UI 공식에 도시면적 비율을 함께 고려한 것이며, 그 식은 $UI \times At$ (At : 전체 지역 내에서 a 지역의 면적비)이다.

교란율의 경우 생태계교란야생식물에 대해 정량적인 해석을 위한 것으로 산출과정은 교란율(DI)=(단위지역의 생태계교란야생식물 종수/우리나라 전체 생태계교란야생식물 11종)×100%과 같다. 또한 지역간 교란율을 비교하기 위해 상대적인 개념을 적용한 개량교란율(ADI: Adanced Disturbed Index)을 이용하였으며, 그 식은 $DI \times At$ 이고 At 는 앞서 언급한 AUI와 동일하다. 마지막으로 총합 환경지수(TEI: Total Environmental Index)는 개량도시화지수(AUI), 개량교란율(ADI)을 산술평균하여 산출하였다. 환경지수 분석을 위해 귀화식물 종수는 Park(2009)이 제시한 279분류군을 기준하였다.

결과 및 고찰

1. 전체 분포 현황

계룡시 일원에 분포하는 귀화식물은 15과 35속 47종 등 47분류군이 확인되었으며, 분류단계별로 살펴보면, 쌍자엽식물아강은 14과 31속 42종, 단자엽식물아강은 1과 4속 5종으로 조사되었다(Table 2). 과별로 살펴보면, 국화과가 가장 많은 19분류군으로 전체 47분류군 중 40.4%를 차지하였

Table 2. The taxonomic numbers of naturalized plants in Gyeroyong-si

Level	Family	Genus	Species
Dicotyledoneae	14	31	42
Monocotyledoneae	1	4	5
Total	15	35	47

으며, 그 다음이 벼과 5분류군(10.6%), 마디풀과-메꽃과 각 4분류군(8.5%) 등의 순으로 나타났다. 우리나라 귀화식물 중 국화과가 가장 많다는 점을 감안한다면 계룡시도 유사한 양상을 나타내었으며, 우리나라 전체 국화과 63분류군 중 30.2%를 차지하였다.

계룡시의 행정구역별 귀화식물 현황은 Figure 3과 같다. 신도안면은 군사시설인 계룡대와 두계천이 있는 지역으로 본 지역에서 확인된 귀화식물은 망초, 오리새, 다닥냉이, 서양민들레, 붉은서나물, 실망초, 미국가막사리, 코스모스 등 33분류군이 확인되었으며, 생태계교란야생식물은 미국쑥부쟁이, 돼지풀, 애기수영, 가시박 등 4분류군이 발견되었다.

엄사면은 금암동과 신도안면 중간에 위치한 지역으로 미국개기장, 둥근잎유홍초, 개비름, 토끼풀, 붉은토끼풀, 미국미역취, 미국자리공, 실망초, 큰도꼬마리 등 29분류군이 관찰되었으며, 생태계교란야생식물은 미국쑥부쟁이와 돼지풀이 발견되었다. 두마면은 대전광역시 유성구와 인접한 지역으로 소리쟁이, 쯤명아주, 달맞이꽃, 털비름, 개소시랑개비, 큰망초, 큰금계국, 미국나팔꽃, 끈끈이대나물 등 31분류군이 조사되었으며, 생태계교란야생식물은 미국쑥부쟁이와 단풍잎돼지풀이 확인되었다. 계룡시의 시가화 지역인 금암동에서는 개망초, 오리새, 쯤소리쟁이, 소리쟁이, 갯, 콩다닥냉이, 쯤명아주 등 18분류군이 확인되었으며, 생태계교란야생식물은 미국쑥부쟁이와 돼지풀이 발견되었다.

행정구역별 귀화식물 분포현황을 종합해보면, 신도안면이 가장 많은 분류군이 확인되었는데 이 지역은 각종 군사시설과 관련된 건축물들이 구성되어 있어 계룡시에서 가장 많은 교란행위가 이루어진 지역이라고 할 수 있으며, 귀화센터 역할을 하는 두계천이 유하하고 있어 귀화식물이 많이 출현한다고 생각된다. 또한 금암동은 계룡시에서 가장 적은 귀화식물이 출현하였는데 이 지역은 시가화가 급속히 이루어진 지역으로서 다른 지역과 달리 불투수면적 즉, 포장면

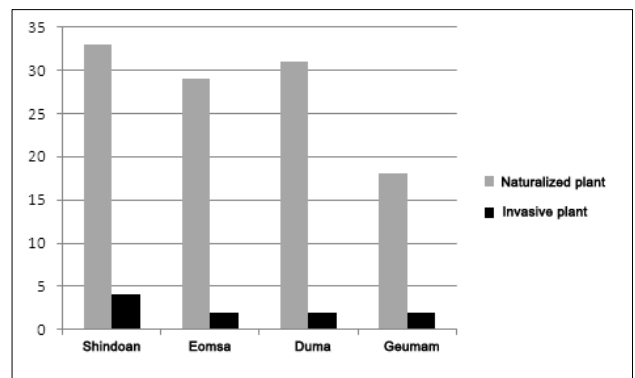


Figure 3. The numbers of naturalized plant and invasive alien plant by administrative districts

Table 3. The origin of naturalized plant in Gyeroyong-si

Origin	NA	EU	TA	A	SA	SAF	Total
Taxa	21	13	7	3	2	1	47
Rate	44.7%	27.7%	14.9%	6.4%	4.2%	2.1%	100.0%

NA: North America; EU: Europe; TA: Tropical America; A: Asia; SA: South America; SAF: South Africa

Table 4. The degree of naturalization on naturalized plant in Gyeroyong-si

Degree	1	2	3	4	5	Total
Taxa	0	10	16	5	16	47
Rate	0.0%	21.3%	34.0%	10.7%	34.0%	100.0%

적기 많기 때문에 식물 종자가 발아하는데 불량한 환경을 가졌기 때문으로 생각된다. 엽사면과 두마면은 귀화식물 현황이 비슷한 양상을 나타내었는데 이들 지역은 서로 유사한 도농복합 특성을 가졌기 때문으로 생각되나 정확한 현황 해석을 위해서는 향후 행정구역별로 토지이용현황, 종다양성지수, 우점도 등 다양한 정보를 토대로 해석하는 것이 필요할 것이다.

2. 귀화식물 속성

1) 원산지

Table 3은 귀화식물의 원산지를 요약한 것이다. 북아메리카(NA)가 21분류군(44.7%)으로 가장 많았으며, 그 다음이 유럽(EU) 13분류군(27.7%), 열대아메리카(TA) 7분류군(14.9%) 등의 순으로 조사되었다. 국내 귀화식물의 경우 원산지가 유럽과 북아메리카가 가장 많다고 하였는데(Koh *et al.*, 1996). 이는 이러한 지역들과 교류가 많다는 것을 의미한다. 따라서 한국의 귀화식물은 미국, 유럽 등 선진국의 영향을 많이 받는다는 것으로 귀화식물의 관리, 방제 등을 위해서 원산지에서의 생태적 특성을 면밀히 검토하여 체계적인 방제법을 규명하는 것이 필요할 것이다.

2) 귀화도

Table 4는 귀화도에 대한 것으로서 분포 및 개체수가 희귀한 1등급은 존재하지 않았으며, 제한적으로 분포하거나 개체수가 적은 2등급은 10분류군(21.3%), 광범위하게 분포하나 개체수가 적은 3등급은 16분류군(34.0%)이었다. 그리고 지역적으로 분포하나 많은 개체수가 있는 4등급은 5분류군(10.7%), 광범위하게 분포하고 개체수가 많은 5등급은 16분류군(34.0%)으로 확인되었다. 등급별 종류를 살펴보면, 2등급은 끈끈이대나물, 털비름, 미국쥐손이, 실망초, 큰금계국 등, 3등급은 애기수영, 돌소리쟁이, 미국자리공, 다닥냉이, 붉은토끼풀 등, 4등급은 가시박, 단풍잎돼지풀, 미국쑥

Table 5. The introduced time of naturalized plant in Gyeroyong-si

Time	1	2	3	Total
Taxa	23	9	15	47
Rate	48.9%	19.2%	31.9%	100.0%

부쟁이, 큰도꼬마리, 큰망초, 5등급은 소리쟁이, 쯤명아주, 콩다닥냉이, 애기땅빈대, 미국실새삼 등으로 조사되었다. 특히 4등급의 경우 계룡시에서 발견된 생태계교란야생식물 5분류군 중 3분류군이 발견되었는데 지역적 분포는 산재되어 있으나 많은 개체수가 있다는 특징이 있기 때문에 향후 5등급으로 변경될 가능성이 상당히 높다고 할 수 있다.

3) 이입시기

귀화식물이 한반도로 이입된 시기를 조사한 결과, 1기는 23분류군(48.9%), 2기는 9분류군(19.20%), 3기는 15분류군(31.9%)으로 확인되었다(Table 5). 1기는 개항에서부터 1921년까지로 이 시기에 이입된 귀화식물은 대부분은 식용, 관상, 약용의 목적으로 인위적인 경로를 통해 이입되었다고 추정되며, 2기는 한국전쟁과 국토개발의 초창기로서 특히 한국전쟁 당시 원조물자 등의 경로를 통해 이입된 것으로 추정된다. 2기에 해당되는 10분류군 중 4분류군이 북미원산인 점을 감안한다면 한국전쟁의 주 참전국인 미국의 영향이 귀화식물 이입에 큰 작용을 했을 것으로 생각된다. 3기는 본격적인 국토 및 경제개발과 다양한 국가 간의 교역이 왕성한 시기로서 미국, 유럽 등 다양한 국가에서 이입된 식물들이 많으며, 특히 가시박, 미국쑥부쟁이, 단풍잎돼지풀 등 주로 미국과 같은 북아메리카 원산이 많았다.

4) 생활형

귀화식물의 생활형에 대해 분석한 결과는 Table 6과 같다. 지표식물(Ch)은 개소시랑개비, 붉은토끼풀, 토끼풀, 미국쑥부쟁이, 오리새, 능수참새그령 등 6분류군(12.8%)이었

Table 6. The origin of naturalized plant in Gyeryong-si

Life form	Ch	H	G	Th	Total
Taxa	6	8	2	31	47
Rate	12.8%	17.0%	4.3%	65.9%	100.0%

으며, 반지중식물(H)은 애기수영, 소리쟁이, 좁소리쟁이, 돌소리쟁이 등 8분류군(17.0%)로 조사되었다. 지중식물(G)는 뽕단지, 원추천인국 등 2분류군(4.3%)이었으며, 일년생식물(Th)은 미국자리공, 끈끈이대나물, 좁명아주, 개비름 등 31분류군(65.9%)으로 가장 많았다. 남한의 일년생 식물 비율인 19.0%(Yim *et al.*, 1982)와 비교할 시 약 3.3배 많은 것으로 조사되었는데 울산광역시의 경우 도시 지역은 주변 산지와 달리 인위적 간섭이 심하기 때문에 교란된 환경에 적응이 뛰어난 일년생 식물이 증가한다(Koh, 1998)고 보고하였다. 계룡시도 신생 도시이면서 개발압력에 따른 교란이 증가함으로 인해 일년생 식물이 증가하는 등 울산광역시와 유사한 양상을 나타낸다고 생각된다.

3. 생태계교란야생식물

본 지역에서 출현한 생태계교란야생식물은 미국쑥부쟁이, 애기수영, 가시박, 단풍잎돼지풀, 돼지풀 등 5분류군으로 확인되었으며(Figure 4), Table 7은 생태계교란야생식물의 군락 특성을 나타낸 것으로 미국쑥부쟁이는 12개의 조사지점 모두에 출현하였고 군락당 50~500여 개체가 생육하였다. 돼지풀은 12개 지점 중 8개 지점에서 출현하였으며, 단풍잎돼지풀, 애기수영, 가시박은 각 1개 지점에서 확인되었다. 이들의 개체수는 적게는 10여 개체에서 많게는 100여 개체가 군락형태를 하고 있었다. 분포지역의 형태를 살펴

면, 돼지풀은 하천, 시설지, 나지에서, 미국쑥부쟁이는 이들 지역과 더불어 도로 주변 등 광역적으로 분포하였다. 이러한 특징으로 미루어볼 때 돼지풀과 미국쑥부쟁이는 다양한 환경에 적응할 수 있는 능력이 강하다고 판단된다. 단풍잎돼지풀, 애기수영, 가시박은 신도안교, 입암3교 등 하천 주변에서만 생육하는 것으로 조사되었다.

행정구역상으로 살펴보면, 신도안면에서는 미국쑥부쟁이와 돼지풀이 전역에서 생육하였으며, 애기수영과 가시박은 신도안교 주변에서 확인되었다. 엄사면의 경우 미국쑥부쟁이는 전역에서, 돼지풀은 공터 일부 지역에서 발견되었으며, 두마면의 경우 엄사면과 마찬가지로 미국쑥부쟁이는 전역에서, 돼지풀과 단풍잎돼지풀은 공터, 하천 주변에서 일부 생육하였다. 금암동에서는 미국쑥부쟁이가 전역에서 관찰되었으며, 돼지풀은 하천 주변에서 군락으로 생육하고 있었다.

계룡시 전역에서 광범위하게 출현하는 것은 미국쑥부쟁이로 확인되었다. 이 식물의 경우 꽃은 아름다우나 키가 크고 성숙된 개체는 옆으로 도복되어 다른 식물을 피압하여 태양광을 차단함으로써 주변 식물의 생육을 저해한다(You, 2010). 또한 미국쑥부쟁이는 바람에 의해 종자가 비산되어 원거리로 확산되어 번식하는 특성을 가지고 있으며, 특히 도시의 바람길인 하천에 많이 분포하는 특징을 가지고 있다(Ministry of Environment, 2009). 대부분의 침입식물들은 천이초기지역에서 진화해왔는데 교란된 환경을 빨리 지배

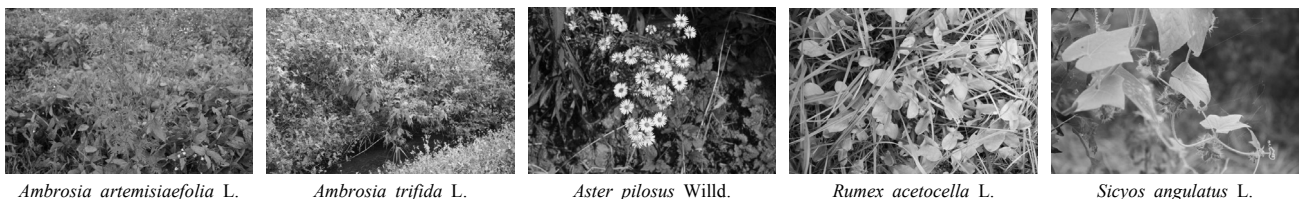


Figure 4. The photos of invasive alien plants in Gyeryong-si

Table 7. The characteristics of invasive alien plant communities

Speices	Frequency	Individuals	Habitat
<i>Ambrosia artemisiaefolia</i> L.	66.7%	10~100	Stream, Facilities, Barren land
<i>Ambrosia trifida</i> L.	8.3%	10	Stream
<i>Aster pilosus</i> Willd.	100.0%	50~500	Stream, Facilities, Barren land, Road
<i>Rumex acetocella</i> L.	8.3%	100	Stream
<i>Sicyos angulatus</i> L.	8.3%	100	Stream

하기 위해서 많은 종자가 요구되며, 이는 바람에 의한 확산으로 우점되는 경향이 있다(Sax and Brown, 2000). 따라서 미국쑥부쟁이도 하천과 같이 빈번한 교란환경을 형성하는 하천이라는 물리적 특성과 바람이라는 이동매체를 통해 급속히 우점된다고 할 수 있다.

돼지풀의 경우 공터, 하천 등에서 관찰되었는데 이 식물은 길가, 공터, 쓰레기장 등 햇빛이 잘 드는 지역뿐만 아니라 습지 등과 같은 수분이 많은 지역에서도 생육을 잘 하는 등 어디에서나 환경적응력이 뛰어난 식물이다(Yang and Kim, 2003; You et al., 2009). 그리고 꽃가루 공해잡초로 잘 알려져 있어 생태계뿐만 아니라 인간에게도 유해한 식물이기 때문에 물리적 방제를 통해 제거가 필요한 식물이다.

또한 가시박은 최근 주요 하천에서 광범위하게 출현하여 생태계를 위협하는 식물로서 특성 상 덩굴식물이기 때문에 다른 식물을 감고 올라가 태양광을 차단하여 고사시키며, 종자가 물과 함께 다른 지역으로 이동하는 등 그 피해가 매우 심각한 실정에 있다. 이러한 생태계교란야생식물은 자생식물군락에 침입하여 그들의 세력권을 확장시킴으로서 광역적으로 우점하는 경향이 있으며, 인간에게도 악영향을 미치기 때문에 지자체와 지역주민들이 협력체를 구성하여 정기적인 생태계교란야생식물 제거작업이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

4. 환경지수

계룡시에 출현한 귀화식물을 정량적으로 분석하기 위해 도시화지수(UI), 개량도시화지수(AUI), 교란율(DI), 개량교란율(ADI), 총합 환경지수(TEI)에 대한 산출 결과는 Table 8과 같다. 도시화지수를 살펴보면, 신도안면이 가장 높은 11.8%였으며, 그 다음으로 두마면 11.1%, 엄사면 10.4%, 금암동 6.5%로 나타났고 계룡시 전체는 16.8%로 조사되었다. 개량도시화지수는 도시화지수와 마찬가지로 신도안면이 가장 높은 5.3%를 나타내었고 그 다음이 엄사

면 3.0%, 두마면 2.2%, 금암동 0.3%, 계룡시 전체는 16.8%로 도시화지수와 동일하게 분석되었다. 계룡시 전체의 도시화지수와 개량도시화지수가 동일한 것은 전체 대비 면적비가 1이 되기 때문이다. 이러한 도시화지수는 귀화식물의 분포를 기준으로 도시화 정도를 파악할 수 있는 중요지표로 알려져 있다(Kim et al., 2000). 그러나 도시화지수는 귀화식물종수만을 가지고 지역 간에 절대적 비교를 하기 때문에 상대적으로 지역면적에 대한 고려가 미흡하다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 지역 간 면적을 상대적 기준으로 제시한 개량도시화지수를 제안하였다.

교란율은 신도안면이 가장 높은 36.4%를 나타내었고 그 다음이 엄사면, 두마면, 금암동이 각각 18.2%로 분석되었으며, 계룡시 전체는 45.5%이다. 개량교란율은 교란율과 마찬가지로 신도안면이 가장 높은 16.4%였으며, 그 다음이 엄사면 5.3%, 두마면 3.8%, 금암동 0.9%로 확인되었다. 기존 생태계교란식물 수를 이용하여 교란율을 지역적으로 산출해서 비교해보면, 전주시 9.1%(Oh et al., 2010), 부산광역시 18.2%(Hong and Huh, 1994), 대전광역시 동구일대 18.2%(Kim et al., 2001), 경기북부지역 36.4%(Shin, 2004) 등으로 다른 지역보다는 계룡시의 교란정도가 높았다. 그러나 대부분 연구들이 개략적인 조사와 특정 지점에 대한 결과만 제시되어 정확한 교란율을 비교하기엔 한계가 있었다.

귀화식물과 생태계교란야생식물에 대한 전체적인 평가를 하기 위해 총합 환경지수를 산출한 결과, 신도안면 10.9%, 엄사면 4.2%, 두마면 3.0%, 금암동 0.6%로 나타났으며, 계룡시 전체는 31.2%로 산출되었다. 이러한 환경지수들을 종합적으로 검토해보면, 귀화식물이 가장 많은 신도안면이 환경지수에서도 가장 높게 평가되어 환경지수는 귀화식물 분류군에 직접적인 영향을 받는다고 할 수 있다. 또한 행정구역 면적 상으로 살펴보면, 신도안면이 가장 크고 금암동이 가장 작았으며, 엄사면과 두마면은 비슷하였다. 따라서 계룡시의 귀화식물분포는 면적에 따라 영향을 받는다고 생각된다.

Table 8. The analysis of the environmental indices by administrative districts

Area	Shindoan	Eomsa	Duma	Geumam	Gyeryong
UI	11.8%	10.4%	11.1%	6.5%	16.8%
AUI	5.3%	3.0%	2.2%	0.3%	16.8%
DI	36.4%	18.2%	18.2%	18.2%	45.5%
ADI	16.4%	5.3%	3.8%	0.9%	45.5%
TEI	10.9%	4.2%	3.0%	0.6%	31.2%

UI=(No. of naturalized plant in unit area/No. of whole naturalized plant in Korea)×100%

AUI=UI×At (At: area ratio of 't'area in whole area)

DI=(No. of invasive alien plant in unit area/No. of whole invasive alien plant in Korea)×100%

ADI=DI×At (At: area ratio of 't'area in whole area)

TEI=(AUI+ADI)/2

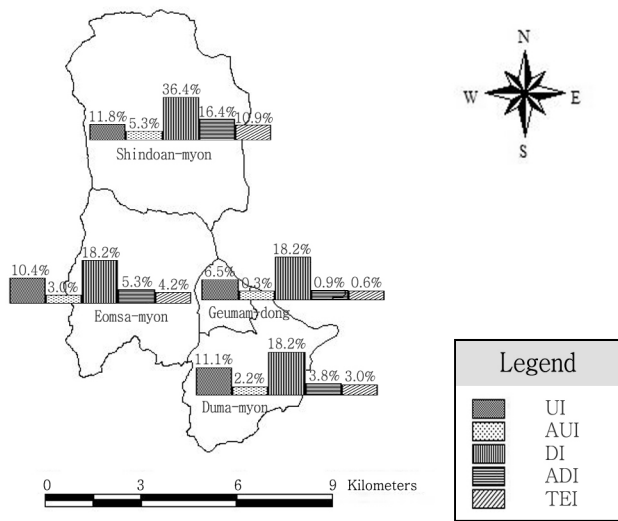


Figure 5. The environmental indices by administrative districts of Gyeroyong-si

그러나 본 연구에서 사용된 환경지수 중 AUI, DI, ADI, TEI는 거의 사용되지 않았기 때문에 연속적인 연구를 통해 검증이 필요할 것이다. 따라서 향후 우리나라의 주요 도시들에 대한 귀화식물 조사가 정량적이고 체계적으로 조사가 이루어져야 상호 비교를 통한 생태계교란야생식물의 관리 전략 수립이 용이할 것이다. Figure 5는 계룡시의 행정구역별 도시화지수, 개량도시화지수, 교란율, 개량교란율에 대해 나타낸 것이다.

인용문헌

- Arévalo, J.R., J.D. Delgado, R. Otto, A. Naranjo, M. Salas, J.M. Fernández-Palacios(2005) Distribution of alien vs. native plant species in roadside communities along an altitudinal gradient in Tenerife and Gran Canaria(Canary Islands). *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 7: 185-202.
- Chung, J.M. and K.N. Hong(2006) Island biogeographic study on distribution pattern of the naturalized plant species on the uninhabited islands in Korea. *J. Ecol. Field Biol.* 29(6): 489-494. (in Korean with English abstract)
- Chungnam Development Institute(2006) Management Plan and Real Condition in Chungnam Area Using Satellite Image. Chungnam Development Institute. Korea, 71pp. (in Korean)
- Gyeryong-si(2009) 2009 Gyeryong statistical yearbook. Gyeryong-si. Korea, 395pp. (in Korean)
- Gyeryong-si(2010) Study of making ecology(biotope) map in Gyeryong-si. Gyeryong-si. Korea, 238pp. (in Korean)
- Han, J.E., S.Y. Kim, W.H. Kim, J.Y. Lee, J.H. Kim, T.H. Ro and B.H. Choi(2007) Distribution of naturalized plants at stream in middle part of Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 25(2): 115-123. (in Korean with English abstract)
- Hong, S.H. and M.K. Huh(1994) Reports on the naturalized plants of Pusan area in Korea. *Journal of Environmental Studies* 12: 55-62. (in Korean with English abstract)
- Kang, B.H. and S.I. Shim(2002) Overall status of naturalized plants in Korea. *Kor. J. Weed Sci.* 22(3): 207-206. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.C., J.G. Koh, C.S. Kim and C.K. Song(2007) Distributional attribute of naturalized plants on the roadsides in Hallasan National Park. *Kor. J. Env. Eco.* 21(3): 278-289. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S.(2006) Ecological studies on the changes of community of naturalized plants in Limja Island, Shinan Gun. *Korean J. Plant Res.* 19(5): 586-591. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.S. and J.G. Oh(2010) Distribution of naturalized plants in Dadohae National Park. *Korean J. Plant Res.* 23(2): 187-196. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.H., D.K. Kim, J.H. Tho and Y.H. Jeon(2001) A study on the flora of Yongun-dong area(Dong-gu, Daejeon City). *Natural Science(Daejeon University)* 12(1): 67-75. (in Korean with English abstract)
- Kim, J.M., Y.J. Yim and E.S. Jeon(2000) The Naturalized Plants of Korea. Science Books, Seoul, 281pp. (in Korean)
- Kim, J.W. and Y.K. Lee(2006) Classification And Assessment of Plant Communities. WorldScience, Seoul, 240pp. (in Korean)
- Koh, J.K.(1998) A study on the flora of Ulsan city. *Journal of Basic Science* 2(2): 35-89. (in Korean with English abstract)
- Koh, K.S., I.K. Kang, M.H. Seo, C.H. Kim, G.D. Kim and J.H. Kil(1996) The influences research of ecosystem from naturalized plant(II). *J. Nat. Ins. Env. Res.* 18: 25-35. (in Korean with English abstract)
- Korea Forest Research Institute and Korea National Arboretum(2002) Distribution of naturalized alien plants in Korea. Korea Forest Research Institute and Korea National Arboretum. Korea, 184pp. (in Korean)
- Lim, D.O., E.K. Chekar, H.W. Choi and I.C. Hwang(2010) The specific plant species and naturalized plants in the area of Taeanhaean National Park, Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 24(2): 117-129. (in Korean with English abstract)
- Lim, D.O., I.C. Hwang, J.H. Hwang and S.J. Park(2009a) The naturalized plants and regulating measures in Dokdo. *Korean J. Plant Res.* 22(1): 96-101. (in Korean with English abstract)
- Lim, D.O., H.S. Kim and M.S. Park(2009b) Distribution and management of naturalized plants in the north area of south Jeolla province, Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 23(6): 506-515. (in Korean with English abstract)
- Melchior, H.(1964) An Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien.

- Band II. Gebruder Borntraeger, Berlin, 666pp.
- Ministry of Environment(2009) Invasive alien animals and plants sourcebook. Ministry of Environment. Korea, 138pp. (in Korean)
- Oh, C.H., I.K. Choi, E.H. Lee and D.O. Lim(2010) Distributional pattern of the naturalized plants in the biotope types in the Jeonju area. Kor. J. Env. Eco. 24(1): 37-45. (in Korean with English abstract)
- Oh, C.H., Y.H. Kim, H.Y. Lee and S.H. Ban(2009) The naturalization index of plant around abandoned military camps in civilian control zone. J. Korean Env. Res. Tech. 12(5): 59-76. (in Korean with English abstract)
- Oh, H.K. and H.T. Shin(2007) Distribution of resource plants and naturalized plants at the reclaimed seaside in Songdo, Incheon. Korean J. Plant Res. 20(4): 312-320. (in Korean with English abstract)
- Oh, H.K., D.H. Kim, D.G. Kim and W. Nam(2009a) Characteristics of naturalized plants in the Gwangyang steel works. J. Korean Env. Res. Tech. 12(3): 9-20. (in Korean with English abstract)
- Oh, H.K., D.O. Lim and Y.S. Kim(2009b) Distribution characteristics and management counterplan of naturalized plants in the Byeonsanbando National Park. Kor. J. Env. Eco. 23(2): 105-115. (in Korean with English abstract)
- Oh, H.K., M.S. Beon, S.G. Lim and S.H. Park(2006) Analysis on naturalized plants in the campus of the Chonbuk National University. Bulletin of the Agricultural College, Chonbuk National University 37: 82-92. (in Korean with English abstract)
- Park, S.H.(2009) New Illustrations and Photographs of Naturalized Plants of Korea. Ilchokak, Seoul, 575pp. (in Korean)
- Park, S.J., G.J. Hwang, S.J. Park and S.W. Son(2007) The study of naturalized plants in Ulleungdo. Kor. J. Env. Eco. 21(1): 1-12. (in Korean with English abstract)
- Pauchard, A. and K. Shea(2006) Integrating the study of non-native plant invasions across spatial scales. Biological Invasions 8: 399-413.
- Rho, J.H. and J. Huh(2004) A study on the distribution characteristics of naturalized plants in the Jeonju-Cheon for the improvement of vernacular scenery. Journal of the Korean Institute of Traditional Landscape Architecture 22(3): 26-32. (in Korean with English abstract)
- Raunkier, C.(1934) Life Forms of Plansts and Statistical Plant Geography. Charendon Press, Oxford, 682pp.
- Richardson, D.M., P. Pyšek, M. Rejmánek, M.G. Barbour, F.D. Panetta and C.J. West(2000) Naturalized and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity and Distributions 6: 93-107.
- Sax, D.F. and J.H. Brown(2000) The paradox of invasion. Global Ecology and Geography 9: 363-371.
- Shin, C.M.(2004) Growth characteristics and distribution of harmful non-indigenous plant at north region in Gyeonggi-province. Master thesis, Daejin University, Pocheon, Korea, 114pp. (in Korean)
- Song, J.S. and S.H. An(1999) Synecological study of the naturalized plant communities in old-Andong city. Korean J. Ecol. 22(3): 169-179. (in Korean with English abstract)
- Wu, S.H., C.F. Hsieh, S.M. Chaw and M. Rejmánek(2004) Plant invasions in Taiwan: insight from the flora of casual and naturalized alien species. Diversity and Distribution 10: 349-362.
- Yang, Y.H. and M.H. Kim(2003) Studies on the distribution and vegetation of *Ambrosia artemisiifolia* var. *elatior* community group Jeju Island. Korean J. Plant. Res. 16(1): 15-24. (in Korean with English abstract)
- Yang, Y.H.(2007) Studies on the vegetation of naturalized plants in Jeju Island. Kor. J. Weed Sci. 27(2): 112-121. (in Korean with English abstract)
- Yim, Y.J. and E.S. Jeon(1980) Distribution of naturalized plants in the Korean Peninsula. Korean Jour. Botany 23(3-4): 69-83. (in Korean with English abstract)
- Yim, Y.J., G.H. Park and J.K. Shim(1982) Geographical significance of Raunkiaer's life form spectra in South Korea. Institute of Technology and Science 9: 5-20. (in Korean with English abstract)
- You, J.H., K.H. Park, S.G. Jung, K.T. Kim and W.S. Lee(2009) Flora and restoration plan of sandeul wetland in Mt. Jaeyak., Miryang-si, Korea. J. Korean Env. Res. Tech. 12(1): 13-31. (in Korean with English abstract)
- You, J.H., K.H. Park and Y.C. Yoon(2010) Distributional characteristics and management device of naturalized plants in Naedong stream, Changwon-si. Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture 38(4): 96-105. (in Korean with English abstract)
- You, J.H.(2010) Vascular plants and characteristics on downtown section distributed in Hyeongsan River, Gyeongju. The Journal of Gyeongju Research 19(2): 79-93. (in Korean with English abstract)

Appendix 1. The list of naturalized plant in Gyeryong-si

Scientific-Korean name	I	II	III	IV	Degree	Origin	Life form
Polygonaceae 마디풀과							
<i>Rumex acetocella</i> L. 애기수영*	√				3	EU	H
<i>Rumex crispus</i> L. 소리쟁이*	√	√	√	√	5	EU	H
<i>Rumex nipponicus</i> Fr. 줌소리쟁이*	√	√		√	2	A	H
<i>Rumex obtusifolius</i> L. 들소리쟁이**	√	√	√		3	A	H
Phytolaccaceae 자리공과							
<i>Phytolacca americana</i> L. 미국자리공***	√	√	√	√	3	NA	Th
Caryophyllaceae 석죽과							
<i>Silene armeria</i> L. 끈끈이대나물*			√		2	EU	Th
Chenopodiaceae 명아주과							
<i>Chenopodium ficifloium</i> Smith 줌명아주*	√	√	√	√	5	EU	Th
Amaranthaceae 비름과							
<i>Amaranthus lividus</i> L. 개비름*	√	√	√		3	EU	Th
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. 털비름*	√		√		2	TA	Th
Cruciferae 십자화과							
<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern. 갓*			√	√	5	A	Th
<i>Lepidium apetalum</i> Willd. 다닥냉이*	√		√		3	EU	Th
<i>Lepidium virginicum</i> L. 콩다닥냉이***			√	√	5	NA	Th
Rosaceae 장미과							
<i>Potentilla supina</i> L. 개소시랑개비*			√		3	EU	Ch
Leguminosae 콩과							
<i>Trifolium pratense</i> L. 붉은토끼풀*	√	√	√		3	EU	Ch
<i>Trifolium repens</i> L. 토끼풀*	√	√	√	√	5	EU	Ch
Geraniaceae 쥐손이풀과							
<i>Geranium catolinianum</i> L. 미국쥐손이***		√			2	NA	Th
Euphorbiaceae 대극과							
<i>Eyphorbia supina</i> Rafin. 애기땅빈대*	√				5	NA	Th
Cucurbitaceae 박과							
<i>Sicyos angulatus</i> L. 가시박***	√				4	NA	Th
Onagraceae 바늘꽃과							
<i>Oenothera odorata</i> Jacq. 달맞이꽃*	√	√	√	√	5	NA	Th
Convolvulaceae 메꽃과							
<i>Cuscuta pentagona</i> Engelm. 미국실새삼***	√		√		5	NA	Th
<i>Ipomea hederacea</i> Jacq. 미국나팔꽃***		√	√		3	TA	Th
<i>Ipomea purpurea</i> Roth 둥근잎나팔꽃*	√	√			3	TA	Th
<i>Quamoclit coccinea</i> Moench 둥근잎유홍초*	√	√			3	TA	Th
Compositae 국화과							
<i>Ambrosia artemisiaefolia</i> L. 돼지풀**	√	√		√	5	NA	Th
<i>Ambrosia trifida</i> L. 단풍잎돼지풀***			√		4	NA	Th
<i>Aster pilosus</i> Willd. 미국쑥부쟁이***	√	√	√	√	4	NA	Ch
<i>Bidens frondosa</i> L. 미국가막사리***	√	√	√	√	5	NA	Th
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist 실망초*	√	√	√		2	SA	Th
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초*	√	√	√	√	5	NA	Th
<i>Conyza sumatrensis</i> E. Walker 큰망초**		√	√		4	SA	Th
<i>Coreopsis lanceolata</i> L. 큰금계국**	√		√		2	NA	H
<i>Coreopsis tinctoria</i> Nutt. 기생초*	√				2	NA	Th

Appendix 1. (Continued)

Scientific-Korean name	I	II	III	IV	Degree	Origin	Life form
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav. 코스모스**	√	√	√	√	3	TA	Th
<i>Cosmos sulphureus</i> Cav. 노랑코스모스**		√			2	TA	Th
<i>Erechtites hieracifolia</i> Raf. 붉은서나물***	√	√	√	√	3	NA	Th
<i>Erigeron annuus</i> Pers. 개망초*	√	√	√	√	5	NA	Th
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. 별꽃아재비***	√				3	TA	Th
<i>Helianthus tuberosus</i> L. 뽕단지*	√	√			3	NA	G
<i>Rudbeckia bicolor</i> Nutt. 원추천인국**			√		3	NA	G
<i>Solidago serotina</i> Ait. 미국미역취***		√			2	NA	H
<i>Taraxacum officinale</i> Weber 서양민들레*	√	√	√	√	5	EU	H
<i>Xanthium canadense</i> Mill. 큰도꼬마리***			√		4	NA	Th
Gramineae 벼과							
<i>Dactylis glomerata</i> L. 오리새*	√	√		√	5	EU, A	Ch
<i>Eragrostis curvula</i> Nees 능수참새그령***			√		3	SAF	Ch
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. 큰김의털***	√	√	√		5	EU	H
<i>Panicum dichotomiflorum</i> Michx. 미국개기장**	√			√	5	NA	Th
<i>Vulpia myuros</i> (L.)C.C Gmel. 들묵새**		√			2	EU	Th

*: 1 time; **: 2 time; ***: 3 time

I: Shindoan; II: Eomsa; III: Duma; IV: Geumam

NA: North America; EU: Europe; TA: Tropical America; A: Asia; SA: South America; SAF: South Africa

M: megaphanerophytes; N: nanophanerophytes; Ch: chamaephytes; H: hemicryptophytes; G: geophytes; Th: therophytes