

Research Paper

## 생태통로에 조성된 식생의 천이에 따른 종조성적 변화

조광진 · 송의근 · 김기현 · 이한비 · 김세희

국립생태원

### Successional Changes in Species Composition of Vegetation Established in Wildlife Crossing Structure

KwangJin Cho · EuiGeun Song · KiHyun Kim · HanBi Lee · SeHee Kim

National Institute of Ecology

**요약:** 본 연구는 국내에 조성된 생태통로 9개소를 대상으로 식물 종조성과 조성 연차에 따른 식생 변화를 분석하였다. 조사를 통해 총 56과 128속 155종, 3아종, 6변종, 1품종 1잡종을 포함하는 166분류군의 식물이 확인되었으며, 국화과, 벼과, 콩과 등의 출현 빈도가 높게 나타났다. 휴면형 분석 결과, 다년생 식물의 비율이 높았고 특히 반지중식물과 목본성 식물의 비율이 높았다. 귀화식물은 총 24분류군이 출현하였으며, 개망초, 달맞이꽃, 아카시나무 등이 주요 우점종으로 확인되었다. 생태통로를 조성 시기별로 초기형, 중기형, 후기형으로 구분하여 비교한 결과, 초기와 중기에는 건조지 및 교란지에 적응한 초본종의 기여도가 높았으나, 후기형에서는 임연성 및 산림성 식물종의 비중이 증가하였다. 자연 천이에 따라 자생종 위주로 안정화되는 경향을 보였다. 또한 조성 후 10년을 기점으로 체감도시화지수가 감소하면서 입지환경이 점차 안정화되는 경향을 보였다.

**주요어:** 생태통로, 육교형, 체감도시화지수, 귀화식물

**Abstract:** This study analyzed plant species composition and vegetation changes over time across nine wildlife crossing structures (WCSs). A total of 166 taxa were identified, comprising 56 families, 128 genera, 155 species, 3 subspecies, 6 varieties, 1 forma and 1 hybrid, with Asteraceae, Poaceae, and Fabaceae showing high occurrence frequency. Analysis of dormancy form revealed a higher proportion of perennial plants, particularly hemicryptophytes and woody species. A total of 24 naturalized plant species were recorded, and species such as *Erigeron annuus* (L.) Pers., *Oenothera biennis* L., and *Robinia pseudoacacia* L. were frequently observed. When comparing early-, middle-, and late-stage WCSs, early and middle stages were dominated by herbaceous species adapted to dry and disturbed habitats, while late stage WCSs showed an increased presence of forest edge species. A

First Author: KwangJin Cho, Tel: +82-41-950-5670, E-mail: kjcho@nie.re.kr, ORCID: 0000-0003-1796-7050

Corresponding Author: SeHee Kim, Tel: +82-41-950-5155, E-mail: ksh0720@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-7333-3995

Co-Authors: EuiGeun Song, Tel: +82-41-950-5426, E-mail: song@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-1532-8370

KiHyun Kim, Tel: +82-41-950-5897, E-mail: k717kh@nie.re.kr, ORCID: 0009-0006-3923-5896

HanBi Lee, Tel: +82-41-950-5474, E-mail: ecohb@nie.re.kr, ORCID: 0009-0005-2929-2988

Received: 23 September, 2025. Revised: 16 November, 2025. Accepted: 25 November, 2025.

stabilization trend dominated by native species was observed along natural succession. Actual urbanization index decreased after 10 years of corridor establishment, indicating gradual stabilization of habitat conditions.

*Keywords: Ecological corridor, Overpass, Actual urbanization index, Naturalized plant*

## I. 서론

도로, 철도 등과 같은 선형 인프라는 매년 증가하고 있으며(Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2024, Park et al. 2009) 이로 인해 산림생태계가 훼손되거나 파편화되면서 야생동물 서식지의 양적, 질적 저하가 발생하고 있다(Park et al. 2009). 도로 등에 의한 서식지 단절을 방지하고 훼손된 생태계의 연결성을 확보하여 야생동물이 안전하게 이동할 수 있도록 생태통로(wildlife crossing structure; WCS)가 조성되고 있다(Ministry of Environment 2023). 생태통로는 동물이 도로 및 기타 선형 인프라 아래와 위를 안전하게 횡단할 수 있도록 하여 생물다양성 보전에 중요한 역할을 한다(van der Ree et al. 2015). 국내에서는 1994년 분당 중앙공원과 불곡산 자락을 연결하는 생태통로가 처음으로 조성된 이후(Kim 2005) 현재까지 지속적으로 신설, 확장되고 있다(Ministry of Environment 2006).

생태통로는 크게 육교형과 터널형으로 구분되며, 조성시 생태통로 유형별 폭, 너비, 진출입로 경사, 개방도 등의 형태와 생태통로와 함께 설치되는 울타리, 탈출구 등과 같은 부대시설에 대한 크기, 높이 등이 중요하게 규정되어 있다(Ministry of Environment 2023). 생태통로에서 식생조성은 조경식재와는 다르게 주변 식생과의 연결성이 고려되어야 하지만 대부분 주변 서식지와 조화를 이루지 못한 일반 조경공간과 유사한 식재양식을 나타내고 있다(Kim 2005, Choi et al. 2007). 국내 생태통로 조성현황을 조사한 연구에서도 주변 식생과 어우러지지 않는 식물의 식재, 다층식재가 아닌 단조로운 식생구조, 식재 후 사후관리 미흡 등을 문제점으로 제기하고 있다(Kim 2005, Seoul Development Institute 2006).

생태통로와 관련한 선행연구를 살펴보면 식재수종과 관련한 현황과 문제점을 고찰한 연구(Kim 2005)에

서 생태통로에 식재하는 식물상의 경우, 주변 지역에 생육하는 식물종의 도입, 다층구조의 식재, 먹이와 번식을 위한 수종 선택을 제안하고 있다. 이외에도 우선순위 평가(Park et al. 2009), 로드킬 현장조사(Lee and Lee 2006) 및 공간정보분석을 통한 위치선정 방안(Jeong 2011), 분류군별 조사를 통한 생태통로의 효과성 검증과 각 분류군에 적합한 조성방안 등에 대한 연구(Seoul Development Institute 2006, Choi et al. 2012, Jung et al. 2016, Woo et al. 2019, Jeong et al. 2023)가 수행되어 있다. 선행연구는 야생동물별 이용 효과성에 대한 연구가 주를 이루며, 식재수종과 연계한 효과성, 시간의 흐름에 따른 조성된 식생의 변화에 대한 생태적 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 준공년도가 다른 육교형 생태통로를 대상으로 생태통로 내부에 발달하고 있는 식물군락의 종조성과 군락특성을 파악하고 식재 이후 식생이 발달해 가면서 나타나는 식물사회학적 정보를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 식생조사

식생조사는 2024년 5월부터 6월에 준공년도가 다른 9곳(전라권 3개소, 충청권 3개소, 경상권 3개소)의 육교형 생태통로를 대상으로 수행하였다(Table 1, Figure 1, 2). 생태통로별로 인공적으로 조성된 통로 내부의 비교적 식생이 균일한 3개 지점을 선정하여 5m×5m 방형구를 설치하고 방형구 내 식물종을 층위별로 구분하여 기재하였다(Figure 1).

각 식물종은 피도에 따라 우점도를 기재하였고 피도계급은 식물종의 피복면적과 개체수에 따라 9계급으로 구분된 변환통합우점도(Westhoff and van der Maarel 1973)를 활용하였다. 현장에서 동정 불가능한 종에 대

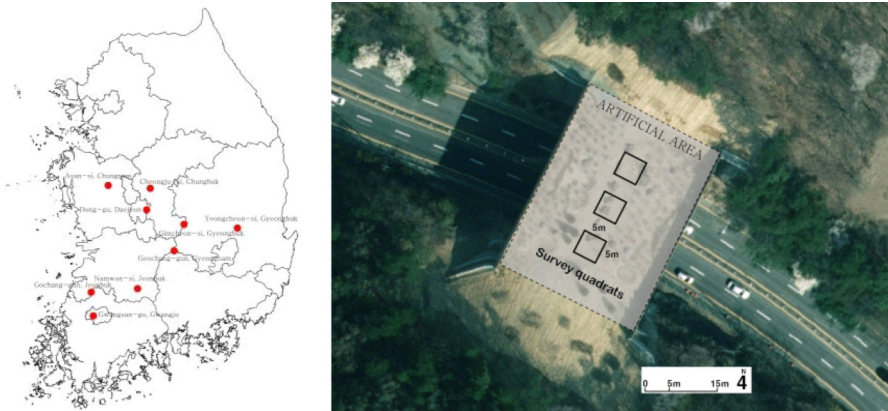


Figure 1. Locations (9 sites) of surveyed wildlife crossing structure and example (Daejeon) of survey quadrats

Table 1. Status of survey area

Administrative district	GPS coordinates	Area (m <sup>2</sup> ) of WCS*	Altitude (m)	The year of establishment
Gochang-eup, Gochang-gun, Jeonbuk	N 35°24'50" E 126°44'50"	1,768	303	2023
Sangsin-dong, Dong-gu, Daejeon	N 36°20'28" E 127°30'15"	2,267	177	2023
Songak-myeon, Asan-si, Chungnam	N 36°39'07" E 126°58'57"	1,237	229	2019
Bongsan-myeon, Gimcheon-si, Gyeongbuk	N 36°12'09" E 128°00'25"	3,258	239	2018
Goje-myeon, Geochang-gun, Gyeongnam	N 35°53'56" E 127°51'55"	7,218	688	2017
Sangok-dong, Namwon-si, Jeonbuk	N 35°25'22" E 127°21'44"	4,171	195	2015
Jijeong-dong, Gwangsan-gu, Gwangju	N 35°08'39" E 126°43'42"	2,475	78	2012
Sinnyeong-myeon, Yeongcheon-si, Gyeongbuk	N 36°06'15" E 128°44'59"	4,458	259	2011
Jangam-dong, Seowon-gu, Cheongju-si, Chungbuk	N 36°35'06" E 127°28'34"	1,725	105	2009

\* Wildlife Crossing Structure



Figure 2. Photographs of the study site by period of WCS establishment

해서는 채집 후 실내에서 동정하였다. 식물의 동정 및 분류를 위해 Lee(1996a), Lee(2003), Park(2009) 등의 도감을 이용하였고 증명 및 학명은 국가생물종목록 (National Institute of Biological Resources 2024)을 따랐다.

2. 자료분석

시간의 경과에 따른 출현식물종의 생태적 특성을 파악하기 위해 준공된 연수를 기준으로 초기형(5년 이하), 중기형(6~10년), 후기형(11년 이상)인 3가지 유형으로 구분하여 휴면형(Dormancy form) 분석을 수행하였고 (Lee 1996b) 유형별 구성종의 양적 비교를 위해 상대 기여도(r-NCD; relative net contribution degree)를 산출하였다(Kim and Manyko 1994). 휴면형을 토대로 유형별 입지의 안정성 등을 간접적으로 확인하기 위해 일년생 초본식물의 구성비를 분석하였다. 또한 유형별 인위적 간섭 강도를 평가하고자 귀화식물을 활용하여 유형별로 체감도시화지수(AU<sub>i</sub>, actual urbanization index)와 대상지별 비교가 가능하도록 표준화한 상대체감도시화지수(r-AU<sub>i</sub>, relatively actual urbanization index)를 산출하였다(Kim and Lee 2006). 체감도시화지수 산정시 국내 귀화식물 총수는 368종으로 Lee et al.(2011)과 Ryu et al.(2017)를 참고하여 중복된 종을 재정리하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생태통로의 종조성 특징

조성된 생태통로 9곳에 생육하는 식물종(식재종 포함)은 56과 128속 155종 3아종 6변종 1품종 1잡종으로 166분류군이 확인되었다(Table 2). 과별로는 국화과(21분류군, 12.7%)와 벼과(21분류군, 12.7%)의 출현율이 가장 높았고 다음으로 콩과(16분류군, 9.7%), 장미과(15분류군, 9.1%), 사초과(9분류군, 5.4%) 등의 순으로 나타났다. 토양의 수분환경이 건조하고 인위적인 간섭빈도가 높은 발경작지에 생육하는 식물종의 과별 분포현황(국화과, 벼과, 콩과, 마디풀과, 장미과 순)과 비교했을 때(Kim et al. 2016), 생태통로 내부에 생육하는 식물종의 과별 상위 출현빈도와 유사한 양상을

Table 2. The number of vascular plants by the taxonomic category in study area

	Family			Genus			Species			Subspecies			Variety			Forma			Hybrid					
	ES	MS	LS	TT	ES	MS	LS	TT	ES	MS	LS	TT	ES	MS	LS	TT	ES	MS	LS	TT	ES	MS	LS	TT
Pteridophyta	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinophyta	1	2	1	2	1	3	1	3	2	5	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Liliopsida	5	6	5	7	12	17	12	25	15	24	15	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnoliopsida	35	22	32	45	64	44	58	98	64	48	55	112	3	1	2	3	-	3	5	5	1	-	1	1
Total taxa	43	32	40	56	79	66	73	128	82	78	73	156	3	1	2	3	1	4	6	6	1	0	1	1

ES: Early stage (≤5years), MS: Middle stage (≤10years), LS: Late stage (10years <), TT: Total taxa

Table 3. Dormancy form of plants in survey sites

Dormancy form	Perennial						Annual					
	Ch	G	H	H <sub>G</sub>	HH	M	MM	N	Th	Th(w)	Th, Th(w)	HH(Th)
No. of species	11	16	34	1	1	10	27	16	19	26	2	3
Ratio(%)	6.6	9.6	20.5	0.6	0.6	6.0	16.3	9.6	11.5	15.7	1.2	1.8

Ch: Chamaephytes, G: Geophyte, H: Hemicryptophytes, MM: Megaphanerophytes, M: Microphanerophytes, N: Nanophanerophytes, HH: Hydrophytes, Th: Therophyte(summer annual), Th(w): Therophyte(winter annual)

Table 4. Frequency of naturalized plants by survey sites

Species name	No. of appearances	Ratio (%)	Species name	No. of appearances	Ratio (%)
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초	8	88.9	<i>Poa pratensis</i> L. 왕포아풀	2	22.2
<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃	5	55.6	<i>Sicyos angulatus</i> L. 가시박	2	22.2
<i>Trifolium repens</i> L. 토끼풀	4	44.4	<i>Phytolacca americana</i> L. 미국자리공	2	22.2
<i>Coryza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초	4	44.4	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. 큰김의털	2	22.2
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. 아까시나무	4	44.4	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. 시리아수수새	2	22.2
<i>Veronica arvensis</i> L. 선개불알풀	3	33.3	<i>Coreopsis lanceolata</i> L. 큰금계국	2	22.2
<i>Bidens frondosa</i> L. 미국가막사리	2	22.2	-	-	-

The following plants are one-time occurrence species with an occurrence rate of 11.1%. *Ambrosia artemisiifolia* L. 돼지풀, *Rumex crispus* L. 소리쟁이, *Helianthus tuberosus* L. 풍만지, *Bidens pilosa* L. 울산도깨비바늘, *Amorpha fruticosa* L. 족제비싸리, *Coreopsis tinctoria* Nutt. 기생초, *Fallopia dumetorum* (L.) Holub 닭의덩굴, *Ambrosia trifida* L. 단풍잎돼지풀, *Tagetes minuta* L. 만수국아재비, *Dactylis glomerata* L. 오리새, *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. 서양민들레

나타내었다.

휴면형 분석결과, 일년생식물은 50분류군(30.2%)이었으며 다년생식물은 116분류군(69.8%)으로 나타났다(Table 3). 다년생식물 중 반지중식물(H, 20.5%)과 목본성 식물(M, MM, N, 31.9%)의 비율이 높게 나타난 것이 특징적이다. 육교형 생태통로는 산림과 산림을 연결하는 생태축을 보전하는데 목적성을 두고 있어 조성되는 위치적 특성을 고려할 때 산림성 목본식물의 초기 식재와 더불어 조성 이후 주변 산림 및 임연성 식물의 유입으로 목본성 식물의 비율이 높게 나타난 것으로 보인다.

귀화식물은 24종이 조사되었고 9곳의 생태통로에서 출현빈도가 높은 귀화식물은 개망초(88.9%), 달맞이꽃(55.6%), 토끼풀(44.4%), 망초(44.4%), 아까시나무(44.4%), 선개불알풀(33.3%)등의 순으로 확인되었다(Table 4). 출현빈도와 피도를 동시에 고려한 상대기여도가 가장 높은 순서도 개망초(65.7), 아까시나무(29.7), 토끼풀(11.8), 달맞이꽃(11.8) 등의 순이었다(Appendix). 이러한 종들은 대부분 수분조건이 건조하고 척박한 토양에서 관찰되는 종들로 생태통로 조성과 수목식재를 위해 성토된 토양에 함께 유입되었거나 식재되지 않고 방치된 나지에 자연스럽게 유입되었을 가능성이 높아 보인다. 조사지역의 체감도시화지수는 0.0000140으로 확인되었다.

## 2. 조성 연차별 종조성 특징

초기형 생태통로는 전북 고창군, 대전광역시 동구, 충남 아산시에서 위치하고 있으며, 3곳의 생태통로에서 9개의 식생자료가 수집되었다. 출현식물종은 43과 79속 82종 3아종 1변종 1품종 1잡종으로 88분류군이 관찰되었고 조사구당 평균 출현식물종수는 20.8분류군으로 분석되었다. 각 식물종의 상대기여도를 분석한 결과, 개망초(100.0)가 가장 높은 상대기여도를 나타내었고 다음으로 쑥(68.6), 잔디(60.8), 토끼풀(44.1), 싸리(35.9), 둥근매듭풀(33.3) 등의 순으로 나타났다.

중기형 생태통로는 경북 김천시, 경남 거창군, 전북 남원시에 위치하고 있으며, 3곳의 생태통로에서 9개의 식생자료가 수집되었다. 출현식물종은 32과 66속 78종 1아종 4변종 1잡종으로 84분류군이 관찰되었고 조사구당 평균 출현식물종수는 20.9분류군으로 분석되었다. 각 식물종의 상대기여도를 분석한 결과, 쑥(100.0)이 가장 높은 상대기여도를 나타내었고 다음으로 개망초(73.8), 아까시나무(65.1), 비수리(55.6), 버드나무(52.4), 큰낭아초(42.3) 등의 순으로 나타났다.

후기형 생태통로는 광주광역시 광산구, 경북 영천시, 충북 청주시에 위치하고 있으며, 다른 유형과 같이 3곳의 생태통로에서 9개의 식생자료가 수집되었다. 출현식물종은 40과 73속 73종 2아종 6변종으로 81분류군의 식물이 관찰되었고 조사구당 평균 출현식물종수는 19.3분류군으로 분석되었다. 식물종별 상대기여도를 분석한 결과, 칩(100.0), 주름조개풀(96.8), 환삼덩굴

(80.3), 쑥(70.3), 쇠무릎(45.2), 아까시나무(37.6) 등의 순으로 나타났다.

평균 출현종수는 조성 연차별로 큰 차이가 없었으며, 통계적으로 유의하지 않음을 알 수 있었다(Figure 3). 생태통로 조성 초기와 중기에 높은 기여도를 나타내는 쑥과 개망초는 건조한 지역에 군락을 형성하는 종으로 생태통로의 토양수분 상태를 간접적으로 나타낸다. Oh et al.(2008)은 논둑에서 습한지역 보다 경사가 지고 건조한 지역에서 흔히 관찰되는 쑥-개망초군락을 구분한 바 있다. 후기형 생태통로의 우점종인 칩은 남해안과 남부, 중부지방의 중저해발 지역에 분포하는 임연식생의 주요종이며(Jung and Kim 1998) 주름조개풀은 인간간섭이 지속적으로 이루어지고 있는 자연성이 낮은 이차림의 지표종으로(Kim 2013) 교란이 빈번한 저해발 도시주변 산림지역에 발달하는 아까시나무림의 주요 구분종으로 제시된 바 있다(Cho and Kim 2005). 산림을 연결하는 생태통로는 조성 초기에는 이차초지에서 주로 나타나는 식물종이 우세하다가 후기로 갈수록 산지 임연부에 생육하는 식물종으로 종조성이 변화하는 것으로 보인다.

귀화식물은 조성 초기형에서는 14분류군이 조사되

었고 개망초(100.0), 토끼풀(44.1), 망초(21.6) 등이 높은 기여도를 나타내었다. 중기형에서는 14분류군이 관찰되었고 개망초(73.8), 아까시나무(65.1), 달맞이꽃(19.0) 등의 순으로 기여도가 높았다. 후기형에서는 11분류군이 확인되었고 아까시나무(37.6), 개망초(7.5), 달맞이꽃(7.5) 등의 순으로 기여도가 높게 분석되었으나 조성 초기와 중기에 비해 귀화식물들의 기여도가 낮게 나타났다. 조성 연차별 체감도시화지수는 초기와 중기가 유사한 수치를 보였으며 후기로 갈수록 체감도시화지수는 떨어지는 경향을 나타냈다. 후기형에 비해 초기형과 중기형이 1.5-1.6배 높은 것으로 분석되었다(Table 5). 인위적인 간섭강도를 가늠할 수 있는 체감도시화지수를 통해 생태통로 조성 후 10년까지는 지속적인 교란, 간섭으로 인해 입지의 안정성이 불안정하며 10년 이후부터 상대적으로 입지환경이 안정화되어 간다는 것을 확인할 수 있었다. 다만, 조성 연차별 귀화식물종수는 통계적으로 유의한 차이를 보였지만 체감도시화지수는 평균의 차이가 유의하지 않았고 후기형에 다소 낮은 경향을 보였다(Figure 3).

조성 연차별 휴면형 분석에서는 일년생식물종의 구성비가 초기형 34.1%, 중기형 25.0%, 후기형 37.0%로

Table 5. Actual urbanization index by period of WCS establishment

	The year of establishment of the WCS			Total
	Early stage (≤5years)	Middle stage (≤10years)	Late stage (10years <)	
Survey area (m <sup>2</sup> )	225	225	225	675
No. of releve	9	9	9	27
No. of species	88	84	81	166
Mean no. of species	20.8	20.9	19.3	20.3
No. of naturalized plants	14	14	11	24
Actual urbanization index	0.0000269	0.0000282	0.0000180	0.0000140
Relatively urbanization index	1.5	1.6	1	0.8

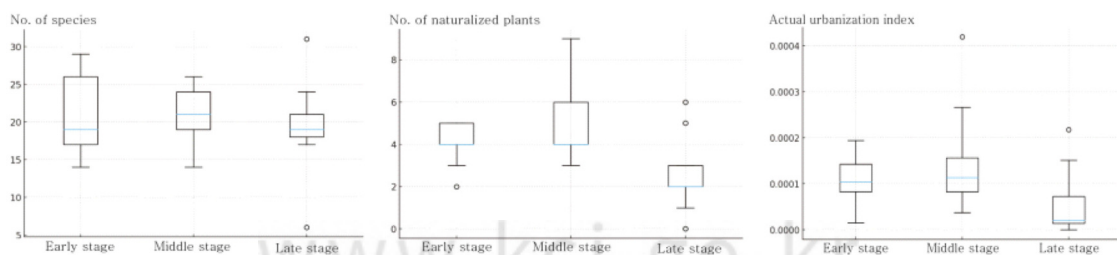


Figure 3. Comparison of variations in plant species composition by period of WCS establishment using ANOVA

Table 6. Dormancy forms of plant species by period of WCS establishment

Dormancy form		Perennial								Annual			
		Ch	G	H	H,G	HH	M	MM	N	Th	Th(w)	Th,Th(w)	HH(Th)
Early stage (≤5years)	No. of species	6	9	15	1	-	5	16	6	10	18	1	1
	Ratio (%)	6.8	10.2	17.1	1.1	-	5.7	18.2	6.8	11.4	20.5	1.1	1.1
Middle stage (≤10years)	No. of species	8	8	21	1	1	4	12	8	9	9	1	2
	Ratio (%)	9.5	9.5	25.0	1.2	1.2	4.8	14.3	9.5	10.7	10.7	1.2	2.4
Late stage (10years <)	No. of species	6	8	11	-	-	3	14	9	12	17	1	-
	Ratio (%)	7.4	9.9	13.6	-	-	3.7	17.3	11.1	14.8	21.0	1.2	-

확인되었고 목본성식물종의 구성비는 초기형 30.7%, 중기형 28.6%, 후기형 32.1%으로 나타났다(Table 6). 일년생식물종, 목본성식물종의 구성비는 상기 입지의 안정성에 대한 체감도시화지수와 유사한 경향을 보이지는 않았다. 일반적인 천이 경향상 시간이 경과할수록 일년생초본식물이 줄어들고 목본식물이 우세하면서 입지환경이 안정화되어 가지만, 본 연구에서는 자료 분석시 식재종이 포함되어 분석이 이루어졌기 때문에 일년생초본식물과 목본성 식물 구성비 비교를 통한 천이 경향을 확인할 수 없었다. 한편, 국내의 생태통로는 준공 후 인위적 관리를 배제할 수 없는 상황이며, 이러한 인위적인 관리(제초, 보식 등)는 생태통로의 일반적인 천이 흐름을 방해하는데 기인했을 것으로 사료된다. 이러한 점을 고려하여 향후 연구에서는 관계 기관과의 협의를 통해 보다 체계적인 대상지 선정과 지속적인 식생 모니터링을 수행하여 천이 패턴을 파악해야 할 것으로 판단되었다. 그리고 이러한 과정을 통해 장기적으로는 보다 과학적인 정보를 토대로 생태통로 관리에 대한 정책적 개선 방향을 제시할 수 있을 것으로 생각되었다.

#### IV. 결론

본 연구는 국내에 조성된 9곳의 생태통로를 대상으로 식생조사를 실시하여 식물종의 종조성 특성과 조성연차에 따른 변화 양상을 분석하였다. 총 56과 128속 166분류군의 식물종이 확인되었으며, 국화과와 벼과가 각각 21분류군(12.7%)으로 가장 높은 출현율을 보

였다. 이는 생태통로의 토양이 대체로 건조하고 간섭이 잦은 환경임을 시사하며, 기존 연구에서 언급된 발경작지 식생의 분포 특성과 유사한 양상을 보였다(Kim et al. 2016).

휴면형 분석에서는 전체 식물종 중 다년생 식물의 비율이 69.8%로 일년생식물(30.2%)보다 높았고, 그 중에서도 반지중식물과 목본성 식물의 비율이 높게 나타났다. 이는 육교형 생태통로가 산림과 산림을 연결하는 위치적 특성이 반영된 것이며, 조성 초기의 식재와 주변 산림 식생의 자연 유입으로 인해 산림성 식물종의 점유도가 증가한 것으로 판단된다.

귀화식물은 전체적으로 24분류군이 확인되었으며, 특히 개망초, 달맞이꽃, 토끼풀, 아까시나무 등의 종은 출현빈도가 높았다. 이들 종은 대체로 건조하고 척박한 토양에서 잘 생육하는 종으로, 생태통로 조성 시 사용된 성토지반이나 식재되지 않은 나지에 자연 유입된 것으로 추정된다.

생태통로의 조성 시기를 기준으로 초기형, 중기형, 후기형으로 나누어 종조성을 비교한 결과, 조성 초기형과 중기형에는 개망초와 쑥과 같은 건생이차초지에 주로 출현하는 식물종이 높은 상대기여도를 보였다. 후기형에서는 칩, 주름조개풀, 환삼덩굴 등 임연성 종들이 우점하는 것을 확인하였다. 특히 후기형 생태통로에서는 귀화식물의 상대기여도가 전반적으로 감소하였고 이는 시간이 경과하면서 생태통로의 식생이 비교적 안정화되고, 자연 천이에 따라 자생종 중심으로 변화하고 있음을 나타낸다.

체감도시화지수 분석 결과, 조성 후 10년까지는 인

위적인 간섭과 교란의 영향이 지속적으로 나타나며 입지 안정성이 낮은 것으로 확인되었으나, 이후로는 간섭의 강도가 줄어들고 상대적으로 안정된 식생 환경이 조성되는 경향을 보였다. 조성 연차별 일년생 및 목본성 식물의 구성비는 일반적인 천이 경향과는 다소 차이를 보였으며 이는 본 연구에서 식재종을 포함하여 분석하였고 조사구 수가 제한적이었던 점이 영향을 미친 것으로 판단된다. 따라서 일년생 초본식물 감소 및 목본식물 증가와 같은 천이 패턴은 본 연구의 자료만으로는 명확히 규명하기 어려웠으며 향후 보다 장기적이고 정밀한 조사분석이 필요해 보였다.

향후 연구에서는 인위적 식생 관리와 같이 생태통로의 자연적인 천이 흐름을 방해하는 요인에 대한 반영이 이루어져야 하며, 보다 체계적인 대상지 선정과 지속적인 식생 모니터링을 통해 천이 패턴을 정확하게 파악할 필요가 있다. 이를 통해 향후 생태통로 관리에 대한 효율적인 관리 방안을 마련하는데 기여할 수 있을 것이다.

## 사사

본 연구는 기후에너지환경부 및 국립생태원의 지원으로 수행되었습니다(NIE-B-2025-05).

## References

- 국립생물자원관. (2024). 국가생물종목록, [접속 2024년 5월]. 국립생물자원관.
- National Institute of Biological Resources [Internet]. National list of indigenous species of Korean peninsula: [cited 2024 May]. Available from: <https://species.nibr.go.kr/index.do>
- 국토교통부. (2024). 도로통계, [접속 2024년 9월]. 국토교통부.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport [Internet]. Road statistics: [cited 2024 September]. Available from: <https://stat.molit.go.kr/portal/main/portalMain.do>
- 김명수. (2005). 생태통로 식재수종의 현황 및 문제점 고찰. 한국환경복원기술학회, 8(1), 7-26.
- Kim MS. 2005. The existing conditions and problems of ecological corridor in Korea: focusing on planting species. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech*, 8(1), 7-26.
- 김명현, 조광진, 오영주, 양동우, 이욱재, 박상규, 최순균, 어진우, 김민경, 나영은. (2016). 우리나라 밭경작지 귀화식물의 생활형과 정착특성. *환경생물*, 34(2), 63-72.
- Kim MH, Cho KJ, Oh YJ, Yang DW, Lee WJ, Park SK, Choi SK Eo JU, Kim MK, Na YE. 2016. Life form and naturalization characteristics of naturalized plants in upland fields of South Korea. *Korean J. Environ. Biol.*, 34(2), 63-72. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2016.34.2.063>
- 김종원, Yuri I. Manyko. (1994). 극동러시아 남연해주의 냉온대 침활혼합림의 군락분류 및 분포적 특성. *한국생태학회지*, 17(3), 391-413.
- Kim JW, Manyko YI. 1994. Syntaxonomical and synchorological characteristics of the cool-temperate mixed forest in the Southern Sikhote Alin, Russian Far East. *The Korean Journal of Ecology*, 17(3), 391-413.
- 김종원, 이울경. (2006). 식물사회학적 식생 조사와 평가 방법. 월드사이언스, 서울.
- Kim JW, Lee YK. 2006. Classification and assessment of plant communities. Worldscience, Seoul.
- 김종원. (2013). 한국식물생태보감 1. 자연과 생태, 서울.
- Kim JW. 2013. The plant book of Korea Vol. 1. Nature & Ecology, Seoul.
- 류태복, 김종원, 이승은. (2017). 한국의 귀화식물: 신귀화식물상의 현황과 생태형질 특성. *한국환경생태학회*, 31(4), 365-380.
- Ryu TB, Kim JW, Lee SE. 2017. The exotic flora of Korea: actual list of neophytes and their ecological characteristics, *Korean Journal of Environment and Ecology*, 31(4), 365-380. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2017.31.4.365>
- 박수현. (2009). 세밀화와 사진으로보는 한국의 귀화

- 식물. 일조각; 서울.
- Park SH. 2009. New illustrations and photographs of naturalized plants of Korea. Ilchokak, Seoul.
- 박지희, 유현석, 박미영. (2009). 생태통로 우선 설치지역의 평가항목 중요도 분석; AHP 기법을 적용하여. 환경영향평가, 18(5), 301-312.
- Park JH, Yoo HS, Park MY. 2009. A Study on assessment items analysis for eco-corridors area; Using the analytic hierarchy process. Korean Society of Environment Impact Assessment, 18(5), 301-312.
- 서울시정개발연구원. (2006). 생태통로의 조성효과 분석 및 관리 매뉴얼 작성. 서울시정개발연구원.
- Seoul Development Institute. 2006. Analysis on the effect of ecological corridor in Seoul and construction of management manual. Seoul Development Institute.
- 오영주, 손수인, 김창석, 김병우, 강병화. (2008). 논둑 식생의 식물사회학적 군락분류. 한국환경농학회지, 27(4), 413-420.
- Oh YJ, Sohn SI, Kim CS, Kim BW, Kang BH. 2008. Phytosociological classification of vegetation in paddy levee, Korean Journal of Environmental Agriculture, 27(4), 413-420. <https://doi.org/10.5338/kjea.2008.27.4.413>
- 우동걸, 서현진, 박태진, 송의근, 김경민, 최태영. (2019). 야생동물 이용빈도 및 종다양도를 활용한 생태통로 효율성 평가. 환경영향평가, 28(6), 525-535.
- Woo DG, Seo HJ, Park TJ, Song EG, Kim KM, Choi TY. 2019. Evaluation of wildlife crossings effectiveness on use frequency and diversity indicators of wildlife. J. Environ. Impact Assess., 28(6), 525-535. <https://doi.org/10.14249/eia.2019.28.6.525>
- 이용욱, 이명우. (2006). 목표종 생태통로의 위치선정; 포유류 Road-kill 현장조사를 중심으로. 한국환경복원기술학회지, 9(3), 51-58.
- Lee YW, Lee MW. 2006. Eco-corridor positioning for target species: by field surveying of mammals' road-kill. J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech., 9(3), 51-58.
- 이우철. (1996a). 원색한국기준식물도감. 아카데미서적, 서울.
- Lee WT. 1996a. Coloured standard illustrations of Korean plants. Academy Press, Seoul.
- 이우철. (1996b). 한국식물명고. 아카데미서적, 서울.
- Lee WT. 1996b. Lineamenta florum Koreae. Academy Press, Seoul.
- 이유미, 박수현, 정수영, 오승환, 양종철. (2011). 한국내 귀화식물의 현황과 고찰. 식물분류학회지, 41(1), 87-101.
- Lee YM, Park SH, Jung SY, Oh SH, Yang JC. 2011. Study on the current status of naturalized plants in South Korea. Korean Journal of Plant Taxonomy, 41(1), 87-101.
- 이창복. (2023). 원색 대한식물도감. 향문사, 서울.
- Lee TB. 2023. Coloured Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul.
- 정기영. (2023). 등줄쥐의 육교형 생태통로 이용에 미치는 환경 특성. 한국환경생태학회지, 37(5), 337-346.
- Jeong GY, Lee JH, Mo YW. 2023. Environmental factors on the use of wildlife bridge by striped field mouse(Apodemus agraius). Korean J. Environ. Ecol., 37(5), 337-346.
- 정용규, 김원. (1998). 임연군락의 분포 특성. 한국생태학회지, 21(1), 7-13.
- Jung YK, Kim W. 1998. Distributional characteristics of mantle communities. Korean J. Ecol., 21(1), 7-13.
- 정종국, 박유정, 이선경, 이효석, 박영균, 이준호, 최태영, 우동걸. (2016). 생태통로 내부 식생구조에 대한 지표성 딱정벌레류(딱정벌레목: 딱정벌레과)의 반응. 30(2), 185-198.
- Jung JK, Park YJ, Lee SK, Lee HS, Park YG, Lee JH, Choi TY, Woo DG. (2016). Response of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) to vegetation structure in wildlife crossings. Korean Journal of Environment and ecology, 30(2), 185-198. <https://doi.org/10.13047/kjee.2016.30.2.185>

- 정종철. (2011). 생태통로의 최적지 평가를 위한 공간 분석. *환경영향평가*, 20(5), 697-703.
- Jeong JC. 2011. Spatial analysis for the assessment of optimum Place of eco-bridge. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 20(5), 697-703. <https://doi.org/10.14249/eia.2011.20.5.697>
- 조광진, 김종원. (2005). 아까시나무림의 군락분류와 군락생태. *한국생태학회지*, 28(1), 15-23.
- Cho KJ, Kim JW. 2005. Syntaxonomy and synecology of the Robinia pseudoacacia forests. *The Korean Journal of Ecology*, 28(1), 15-23. <https://doi.org/10.5141/jefb.2005.28.1.015>
- 최병진, 조영석, 정종철, 김주필. (2007). 야생동물 생태학적 사례연구를 통해서 본 교량형 생태통로의 현황 및 문제점. *환경영향평가*, 16(4), 285-300.
- Choi BJ, Jo YS, Jeong JC, Kim JP. 2007. Ecological case study of eco-bridges in Korea: state and problem. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 16(4), 285-300.
- 최태영, 양병국, 우동걸. (2012). 국내 포유동물에 적합한 생태통로의 유형과 규격. *환경영향평가*, 21(1), 209-218.
- Choi TY, Yang BG, Woo DG. 2012. The suitable types and measures of wildlife crossing structures for mammals of Korea. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 21(1), 209-218. <https://doi.org/10.14249/eia.2012.21.1.209>
- 환경부. (2006). 전국 생태통로 설치 기본계획 수립방안 연구. 환경부.
- Ministry of Environment. 2006. A study on the basic plan for the establishment of wildlife crossing structures in Korea. Ministry of Environment.
- 환경부. (2023). 생태통로 설치 및 관리지침. 환경부.
- Ministry of Environment. 2023. Guidelines for design and management of wildlife crossing structures in Korea. Ministry of Environment.
- van der Ree R, Smith DJ, Grilo C. 2015. *Handbook of road ecology*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons, Inc.
- Westhoff V, van der Maarel E. 1973. The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R.H., Ed., *Ordination and classification of communities*, Dr. W. Junk by Publisher. Hague . Boston . London.

Appendix. The list of plant species according to the period of wildlife crossing structure (WCS) establishment (value; r-NCD)

Scientific name / Korean name	The year of establishment of the WCS			Total	Dormancy form
	Early stage (≤5years)	Middle stage (≤10years)	Late stage (10years <)		
<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers. 개망초 <sup>†</sup>	100.0	73.8	7.5	65.7	Th(w)
<i>Artemisia indica</i> Willd. 쑥	68.6	100.0	70.3	100.0	Ch
<i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi 칩	0.7	0.5	100.0	16.7	Ch
<i>Oplismenus undulatifolius</i> (Ard.) Roem. & Schult. 주름조개풀	11.8	4.8	96.8	33.9	H
<i>Zoysia japonica</i> Steud. 잔디	60.8	0.8		10.3	H,G
<i>Trifolium repens</i> L. 토끼풀 <sup>†</sup>	44.1	5.6		11.8	Ch
<i>Lespedeza bicolor</i> Turcz. 싸리	35.9	6.3	5.7	16.5	N
<i>Kummerowia stipulacea</i> (Maxim.) Makino 둥근매듭풀	33.3	6.3	0.7	11.7	Th
<i>Chionanthus retusus</i> Ldl. & Paxton 이팝나무	28.8			3.8	MM
<i>Amphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i> (Benth.) H. Ohashi 새콩	26.1	13.2	11.5	20.7	Th
<i>Equisetum arvense</i> L. 쇠뜨기	26.1	15.9	2.9	16.7	G
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist 망초 <sup>†</sup>	21.6	2.1	3.6	8.7	Th(w)
<i>Stellaria aquatica</i> (L.) Scop. 쇠별꽃	18.3		2.9	4.7	Th(w)
<i>Bromus japonicus</i> Thunb. 참새귀리	17.0	2.1	7.2	9.4	Th
<i>Clematis apiifolia</i> DC. 사위질빵	14.7		4.3	4.6	N
<i>Youngia japonica</i> subsp. <i>elstonii</i> (Hochr.) Babc. & Stebbins 포리뱅이	10.5		2.9	3.1	Th(w)
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. 아까시나무 <sup>†</sup>		65.1	37.6	29.7	MM
<i>Lespedeza cuneata</i> (Dum. Cours.) G. Don. 비수리	0.7	55.6	2.9	15.7	H
<i>Salix pierotii</i> Miq. 버드나무	5.9	52.4		15.3	MM
<i>Indigofera bungeana</i> Walp. 큰낭아초		42.3	6.5	12.5	Ch
<i>Arenaria serpyllifolia</i> L. 벼룩이자리	2.6	19.8		5.8	Th(w)
<i>Oenothera biennis</i> L. 달맞이꽃 <sup>†</sup>	2.6	19.0	7.5	11.0	Th(w)
<i>Coreopsis lanceolata</i> L. 큰금계국 <sup>†</sup>		15.1	6.5	6.1	H
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers. 시리아수수새 <sup>†</sup>		14.8		2.4	H
<i>Poa trivialis</i> L. 큰새포아풀		13.8		2.3	H
<i>Potentilla fragarioides</i> L. 양지꽃		13.2		2.2	Ch
<i>Veronica arvensis</i> L. 선개불알풀 <sup>†</sup>	5.9	10.6		4.9	Th(w)
<i>Humulus japonicus</i> Siebold & Zucc. 환삼덩굴	5.9	2.1	80.3	21.9	Th
<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i> Miq. 쇠무릎		0.5	45.2	7.0	H
<i>Celtis sinensis</i> Pers. 팽나무	1.0		24.4	4.3	MM
<i>Castanea crenata</i> Siebold & Zucc. 밤나무			21.5	2.6	MM
<i>Commelina communis</i> L. 닭의장풀	0.7	2.1	17.9	5.6	Th
<i>Morus alba</i> L. 뽕나무	5.2		16.1	5.0	MM
<i>Rosa multiflora</i> Thunb. 찔레나무		0.5	12.9	2.4	N
<i>Corylus heterophylla</i> Fisch. ex Trautv. 개암나무			11.8	1.4	M

## Appendix. Continued

Scientific name / Korean name	The year of establishment of the WCS			Total	Dormancy form
	Early stage (≤5years)	Middle stage (≤10years)	Late stage (10years <)		
<i>Phryma leptostachya</i> var. <i>oblongifolia</i> (Koidz.) Honda 파리풀		0.8	11.5	2.4	G
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz. 자귀나무			10.8	1.3	M
<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson 억새	3.9	7.1	9.7	8.3	H
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc. 소나무	2.3	2.1	7.2	4.6	MM
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> (Desv.) Underw. ex A. Heller 고사리	0.3	0.5	5.7	1.9	G
<i>Rubus parvifolius</i> L. 멥석말기	0.7	0.8	3.6	1.7	N
<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino 박주가리	2.6	8.5	2.9	5.6	G
<i>Pinus strobus</i> L. 스트로브잣나무	8.5	0.8	2.2	3.8	MM
<i>Duchesnea indica</i> (Andr.) Focke 뱀말기	6.9	0.5	0.7	2.4	Ch
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i> (Nakai) Nakai 조팝나무		9.5	6.5	4.6	N
<i>Crepidiastrum denticulatum</i> (Houtt.) Pak & Kawano 이고들빼기		0.5	6.5	1.4	Th(w)
<i>Acer palmatum</i> Thunb. 단풍나무	4.9		5.7	2.8	MM
<i>Elymus tsukushiensis</i> Honda 개밀		0.5	2.9	0.8	Th(w)
<i>Carex lanceolata</i> Boott 그늘사초		0.5	2.9	0.8	H
<i>Poa sphondylodes</i> Trin. 포아풀		0.5	2.9	0.8	H
<i>Miscanthus sacchariflorus</i> (Maxim.) Hack. 물억새		2.4	2.2	1.3	H
<i>Alnus firma</i> Siebold & Zucc. 사방오리	7.8		2.2	2.4	M
<i>Leomurus japonicus</i> Houtt. 익모초	0.7		2.2	0.7	Th(w)
<i>Salix chaenomeloides</i> Kimura 왕버들		2.1	1.1	0.9	MM
<i>Torilis japonica</i> (Houtt.) DC. 사상자	2.6		1.1	0.9	Th(w)
<i>Styrax japonicus</i> Siebold & Zucc. 때죽나무	0.3		1.1	0.3	MM
<i>Ulmus parvifolia</i> Jacq. 참느릅나무	0.3		1.1	0.3	MM
<i>Lactuca indica</i> L. 왕고들빼기		0.5	0.7	0.3	Th,Th(w)
<i>Phytolacca americana</i> L. 미국자리공 <sup>†</sup>	2.6		0.7	0.8	G
<i>Galium spurium</i> L. 갈퀴덩굴	2.6		0.7	0.8	Th(w)
<i>Arabis glabra</i> (L.) Bernh. 장대나물	0.7		0.7	0.3	Th(w)
<i>Hemistepta lyrata</i> Bunge 지칭개	0.7		0.7	0.3	Th(w)
<i>Sicyos angulatus</i> L. 가시박 <sup>†</sup>	0.3		0.7	0.3	Th
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb. 큰김의털 <sup>†</sup>	1.0	8.5		2.5	H
<i>Oxalis corniculata</i> L. 팽이밥	6.9	5.6		3.7	Ch
<i>Dioscorea polystachya</i> Turcz. 마	0.7	4.8		1.4	G
<i>Quercus acutissima</i> Carruth. 상수리나무	2.3	2.1		1.4	MM
<i>Crepidiastrum sonchifolium</i> (Bunge) Pak & Kawano 고들빼기	2.6	0.5		0.8	Th(w)

## Appendix. Continued

Scientific name / Korean name	The year of establishment of the WCS			Total	Dormancy form
	Early stage (≤5years)	Middle stage (≤10years)	Late stage (10years <)		
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc. 산초나무	2.0	0.5		0.7	M
<i>Populus × tomentiglandulosa</i> T. B. Lee 은사시나무	1.3	0.5		0.5	MM
<i>Bidens frondosa</i> L. 미국가막사리†	0.7	0.5		0.3	Th
<i>Poa pratensis</i> L. 왕포아풀†	0.7	0.5		0.3	H
<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb. 신갈나무	0.3	0.3		0.2	MM

Other Occurring Species(Species appearing once by period of WCS establishment; Scientific name Korean name r-NCD, Dormancy form): **Early stage** – *Liriope platyphylla* F. T. Wang & T. Tang 맥문둥 9.8 1.3 G, *Vicia sativa* L. 살갈퀴 8.8 1.2 Th(w), *Ziziphus jujuba* Mill. 대추나무 7.8 1.0 MM, *Euonymus alatus* (Thunb.) Siebold 화살나무 6.5 0.9 N, *Rubus coreanus* Miq. 복분자딸기 5.9 0.8 N, *Ambrosia trifida* L. 단풍잎돼지풀† 3.3 0.4 Th, *Taraxacum officinale* F. H. Wigg. 서양민들레† 2.6 0.3 H, *Viburnum dilatatum* Thunb. 가막살나무 2.0 0.3 M, *Festuca ovina* L. 김의털 2.0 0.3 H, *Malus floribunda* Siebold ex Van Houtte 꽃사과나무 2.0 0.3 M, *Persicaria perfoliata* (L.) H. Gross 머느리배꼽 2.0 0.3 Th, *Prunus jamasakura* Siebold ex Koidz. 벚나무 2.0 0.3 MM, *Vicia hirsuta* (L.) Gray 새완두 2.0 0.3 Th(w), *Pennisetum alopecuroides* (L.) Spreng. 수크령 2.0 0.3 H, *Sorbus alnifolia* (Siebold & Zucc.) K. Koch 팔배나무 2.0 0.3 MM, *Ajuga decumbens* Thunb. 금창초 1.0 0.1 H, *Bothriospermum tenellum* (Hornem.) Fisch. & C. A. Mey. 꽃받이 1.0 0.1 Th(w), *Rhododendron yedoense* f. *poukhanense* (H. Lév.) M. Sugim. 산철쭉 1.0 0.1 N, *Cerastium fontanum* subsp. *vulgare* (Hartm.) Greuter & Burdet 점나도나물 1.0 0.1 H, *Viola mandshurica* W. Becker 제비꽃 1.0 0.1 H, *Ligustrum obtusifolium* Siebold & Zucc. 쥐똥나무 1.0 0.1 M, *Cornus controversa* Hemsl. 층층나무 1.0 0.1 MM, *Lysimachia clethroides* Duby 큰까치수염 1.0 0.1 G, *Helianthus tuberosus* L. 풍뎡지† 0.7 0.1 G, *Carex japonica* Thunb. 개쩌벼리사초 0.7 0.1 H, *Carex neurocarpa* Maxim. 팽이사초 0.7 0.1 H, *Eupatorium japonicum* Thunb. 등골나물 0.7 0.1 G, *Digitaria ciliaris* (Retz.) Koeler 바랭이 0.7 0.1 Th, *Carex heterolepis* Bunge 산비늘사초 0.7 0.1 H, *Potentilla freyniana* Bormm. 세잎양지꽃 0.7 0.1 Ch, *Rorippa palustris* (L.) Besser 속속이풀 0.7 0.1 Th(w), *Persicaria hydropiper* (L.) Delarbre 여뀌 0.7 0.1 HH(Th), *Hieracium umbellatum* L. 조밥나물 0.7 0.1 H, *Mazus pumilus* (Burm. f.) Steenis 주름잎 0.7 0.1 Th(w), *Coreopsis tinctoria* Nutt. 기생초† 0.3 0.04 Th,Th(w), **Middle stage** – *Luzula capitata* Kom. 평의밥 4.8 0.8 H, *Rumex acetosa* L. 수영 4.8 0.8 H, *Vicia tetrasperma* (L.) Schreb. 얼치기완두 4.8 0.8 Th(w), *Aeschynomene indica* L. 자귀풀 4.8 0.8 Th, *Dactylis glomerata* L. 오리새† 2.1 0.3 H, *Salix koriyanagi* Kimura ex Goerz 키버들 1.9 0.3 N, *Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière 일본잎갈나무 1.6 0.3 MM, *Lespedeza maximowiczii* C. K. Schneid. 조록싸리 1.6 0.3 N, *Amorpha fruticosa* L. 족제비싸리† 0.8 0.1 N, *Festuca parvigluma* Steud. 김의털아재비 0.8 0.1 H, *Betula dahurica* Pall. 물박달나무 0.8 0.1 MM, *Hydrocotyle sibthorpioides* Lam. 피막이 0.8 0.1 Ch, *Rumex crispus* L. 소리쟁이† 0.5 0.1 H, *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. 강아지풀 0.5 0.1 Th, *Persicaria thunbergii* (Siebold & Zucc.) H. Gross 고마리 0.5 0.1 HH(Th), *Carex aphanolepis* Franch. & Sav. 골사초 0.5 0.1 H, *Juncus decipiens* (Buchenaui) Nakai 골풀 0.5 0.1 HH, *Rubia argyi* (H. Lev. & Vaniot) H. Hara ex Lauener & D.K. Ferguson 꼭두선이 0.5 0.1 G, *Cudrania tricuspidata* (Carrière) Bureau ex Lavallée 구지뽕나무 0.5 0.1 M, *Fraxinus rhynchophylla* Hance 물푸레나무 0.5 0.1 MM, *Rubus crataegifolius* Bunge 산딸기 0.5 0.1 N, *Cyperus difformis* L. 알방동사니 0.5 0.1 HH(Th), *Convallaria keiskei* Miq. 은방울꽃 0.5 0.1 G, *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. 잣나무 0.5 0.1 MM, *Artemisia japonica* Thunb. 제비쑥 0.5 0.1 H, *Plantago asiatica* L. 질경이 0.5 0.1 H, *Aster scaber* Thunb. 참취 0.5 0.1 G, *Carex breviculmis* R. Br. 청사초 0.5 0.1 H, *Platycladus orientalis* (L.) Franco 측백나무 0.5 0.1 M, *Cyperus nipponicus* Franch. & Sav. 푸른방동사니 0.5 0.1 Th, *Lagerstroemia indica* L. 배롱나무 0.3 0.04 M, **Late stage** – *Chenopodium album* L. 명아주 6.5 0.8 Th, *Elymus ciliaris* (Trin.) Tzvelev 속털개밀 6.5 0.8 Th(w), *Tagetes minuta* L. 만수국아재비† 3.6 0.4 Th, *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich. 모시풀 3.6 0.4 Ch, *Prunus serrulata* var. *pubescens* (Makino) Nakai 잔털벚나무 3.2 0.4 MM, *Fallopia dumetorum* (L.) Holub 닭의덩굴† 2.9 0.3 Th, *Paederia foetida* L. 계요등 2.9 0.3 Ch, *Trigonotis peduncularis* (Trevir.) Steven ex Palib. 꽃마리 2.9 0.3 Th(w), *Lindera obtusiloba* Blume 생강나무 2.9 0.3 N, *Rubus oldhamii* Miq. 줄딸기 2.9 0.3 N, *Microstegium vimineum* (Trin.) A. Camus 나도바랭이새 2.5 0.3 Th, *Campsis radicans* (L.) Seem. 미국능소화 2.2 0.3 MM, *Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Barkley 옷나무 1.1 0.1 MM, *Agrimonia pilosa* Ledeb. 짚신나물 1.1 0.1 G, *Ambrosia artemisiifolia* L. 돼지풀† 0.7 0.1 Th, *Bidens pilosa* L. 울산도깨비바늘† 0.7 0.1 Th, *Quercus aliena* Blume 갈참나무 0.7 0.1 MM, *Stephanandra incisa* (Thunb.) Zabel 국수나무 0.7 0.1 N, *Cleistogenes hackelii* (Honda) Honda 대새풀 0.7 0.1 H, *Stellaria media* (L.) Vill. 별꽃 0.7 0.1 Th(w), *Carex leioryncha* C. A. Mey. 산팽이사초 0.7 0.1 H, *Chelidonium majus* var. *asiaticum* (H. Hara) Ohwi 애기똥풀 0.7 0.1 Th(w), *Dunbaria villosa* (Thunb.) Makino 여우팔 0.7 0.1 G, *Hemerocallis fulva* L. 원추리 0.7 0.1 G, *Lophatherum gracile* Brongn. 조릿대풀 0.7 0.1 H, *Smilax china* L. 청미래덩굴 0.7 0.1 N, *Torilis scabra* (Thunb.) DC. 큰사상자 0.7 0.1 Th(w)

†Naturalized plants