KJEE 50(2): 254-265 (2017)
https://doi.org/10.11614/KSL.2017.50.2.254
ISSN: 2288-1115 (Print), 2288-1123 (Online)

Original article

농경지 유형에 따른 경기, 충청지역 귀화식물의 출현 양상

양동우 · 이은정[1] · 정선아 · 우아영 · 남기정[2] · 한동욱[3] · 김명현[4] · 박상규*

아주대학교 생명과학과, [1]공주대학교 생명과학과, [2]경상대학교 생물교육과,
[3]국립해양생물자원관 해양생물기반연구본부, [4]농촌진흥청 국립농업과학원 기후변화생태과

Occurrence Patterns of Naturalized Plants by Agricultural Types in the Gyeonggi and Chungcheong Provinces, South Korea. *Yang, Dongwoo* (0000-0002-7335-2352), *Eunjeong Lee*[1] (0000-0001-9296-0532), *Seonah Jeong* (0000-0002-9265-2166), *Ayoung Woo* (0000-0001-5197-8963), *Kijeong Nam*[2] (0000-0003-0040-1595), *Donguk Han*[3] (0000-0001-5991-258X), *Myung-Hyun Kim*[4] (0000-0002-5590-6622) *and Sangkyu Park** (0000-0003-3049-0728) *(Department of biological science, Ajou University, Suwon 16499, Republic of Korea; [1]Kongju National University, Gongju 32588, Republic of Korea; [2]Gyeongsang National University, Jinju 52828, Republic of Korea; [3]National Marine Biodiversity Institute of Korea, Seocheon 33662, Republic of Korea; [4]National Academy of Agricultural Science, Rural Development of Administration, Wanju 55365, Republic of Korea)*

Abstract To elucidate occurrence patterns of naturalized plants in agroecosystems, we surveyed flora in uplands, orchards and rice paddy fields in middle regions (Gyeonggi-do and Chungcheong-do) of Korea in summer and fall from 2013 to 2015. Our results showed that there are 77 species of naturalize plants in 54 genera and 20 families of vascular plants among total 420 species occurred in the agricultural areas composing 18.3% of naturalized index. Community compositions of both native and naturalized plants were different among agricultural types.

We suggested that *Cerastium glomeratum* Thuill., *Bidens frondosa* L. and *Erigeron philadelphicus* L. are capable of dispersal to other regions based on our results with getting to broaden distribution of naturalized plants. The mean naturalized index was the highest in the upland (25.1%) followed by in the orchard (23.0%) and the paddy field (16.1%), while the mean number of naturalized species was the highest in the orchard (21.8 species) followed by in the upland (16.6 species) and paddy field (10.3 species). The numbers of naturalized plants in the orchard were increased along with increasing size of the agricultural land and decreasing ecological area rate. In addition, the number of native species was significantly correlated with the number of naturalized species in the upland. Our results would provide useful information to manage dispersion of naturalized plants in agricultural ecosystems.

Key words: naturalized plant, agricultural type, occurrence pattern, naturalized index, environmental factor

서 론

세계화 및 교통수단의 발달로 인해 인간의 활동 범위는 넓어졌으며, 그에 따라 의도적, 비의도적으로 자생지를 벗어나 다른 나라로 유입되는 외래식물의 수 또한 증가하고 있다(McNeely, 2001; Levine and D'antonio, 2003). 이러한

Manuscript received 6 April 2017, revised 1 June 2017,
revision accepted 5 June 2017
* Corresponding author: Tel: +82-31-219-2967, Fax: +82-31-219-1615,
E-mail: daphnia@ajou.ac.kr

ⓒ The Korean Society of Limnology. All rights reserved.
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, provide the original work is properly cited.

외래식물 중, 인간의 통제를 벗어나 생태계에 이입되어 환경조건에 적응함으로써 세대를 반복하며 야생화 및 토착화된 식물을 귀화식물이라고 한다(Richardson *et al*., 2000; Park, 2009). 귀화식물을 비롯한 침입 외래식물은 토착 생태계의 생물다양성 감소, 양분순환의 변화, 토양 미생물 군집의 변화, 수분망의 변화, 유전자 분화 등의 영향을 끼치게 되어(Lopezaraiza-Mikel *et al*., 2007; Vilà *et al*., 2011; Coats and Rumpho, 2014), 외래식물 침입에 따른 생태계 변화에 대해 국가 차원의 관리 방안이 지속적으로 마련되고 있다(Bang *et al*., 2004; Park and Kim, 2015).

우리나라의 귀화식물은 연구자마다 차이가 있기는 하나 일반적으로 개항(1876년) 이후 유입된 식물을 기준으로 정의하며 귀화식물의 종수는 귀화식물 연구 초기에 보고된 110종(Yim and Jeon, 1980)에서 꾸준히 증가하여 1990년대에 182분류군(Park, 1995), 2000년대에 286분류군(Park, 2009) 그리고 최근에 39과 174속 321분류군이 출현하는 것으로 보고되었다(Korea National Arboretum, 2017).

대부분은 교류가 활발한 북미와 유럽이 원산지(65.7%)로 원산지에서 직접 들어오거나 일본을 경유하여 들어왔으며 시기별로는 경제개발계획의 실시에 따른 산업화 이후(1964년 이후) 221분류군(68.8%)이 대거 유입되었다(Park, 2009; Lee *et al*., 2011). 귀화식물은 공항, 항만 지역, 해안 등 외래식물의 유입이 이루어지는 지역에서 초기에 발견이 되나, 물류 및 사람의 이동 경로를 통해 분포지역은 점차 확산되고 있다(Han, 2002; Oh *et al*., 2002; Jung, 2014). 귀화식물의 토착 생태계로의 유입 및 확산은 침입 종의 특성뿐만 아니라 지리적 위치(위도), 기온, 이입지의 크기(Pysek and Richardson, 2006), 이입지 주변 토지이용도(Kim and Oh, 2011), 자생식물의 종다양성(Knight and Reich, 2005) 등과 같은 환경요인의 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 귀화식물의 출현 정도는 도시화 지수(Urbanization Index)와 귀화율(Naturalization Index) 등의 지표로 나타낼 수 있으며(Numata, 1978; Yim and Jeon, 1980), 다른 지역에 비해 대도시와 수도권, 제주도 등에서 높은 도시화 지수를 보인다(Han, 2002; Jung, 2014). 세부적으로 우리나라를 강원도, 경기 · 충청도, 경상도, 전라도 동서남북 4구역으로 나누어서 보면 경상도, 경기 · 충청도, 전라도, 강원도 순으로 다양한 귀화식물이 분포하는 것으로 보고되었다(Han, 2002). 입지별로는 인간의 활동이 많고 교란이 잦은 주거지, 시가지, 밭 경작지 등에서 귀화율이 높은 것으로 알려져 있다(Kim *et al*., 2000).

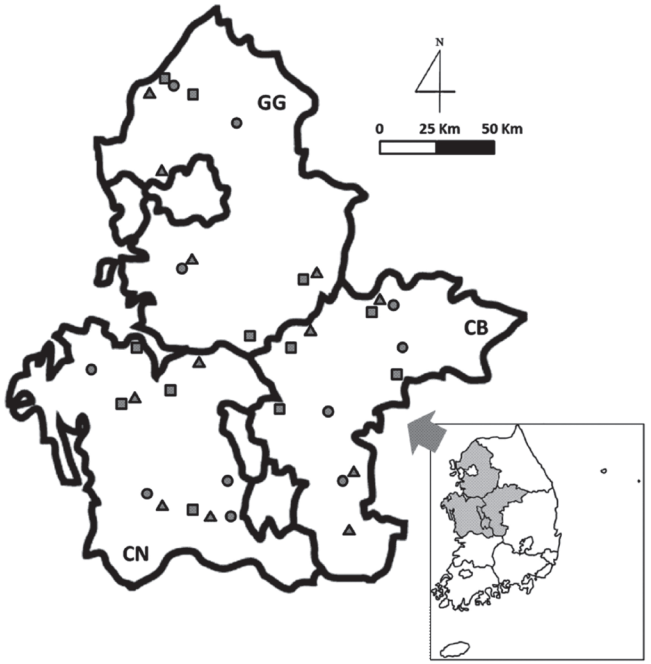
귀화식물의 출현 양상에 대한 국내 연구는 생태계 유형별, 행정구역별 식물상 조사와 함께 꾸준히 수행되었다(Han *et al*., 2007; Oh *et al*., 2009; Oh *et al*., 2011; Lee *et al*., 2015). 하지만 대부분 분포 및 출현종의 특성에 초점을 맞추어 이루어졌으며, 주변 토지이용도와 귀화식물 출현에 관한 연구가 일부 수행되었으나, 침입한 생태계의 환경요인에 따른 귀화식물의 출현 양상에 대한 연구는 전체적으로 미흡한 실정이다(Kim and Oh, 2011). 귀화식물의 출현 양상과 정착한 생태계의 환경요인과의 관계에 대한 연구는 침입식물에 대한 침입 민감도와 더불어 침입에 대한 토착 생태계의 취약성을 파악하고 귀화식물의 정착에 대해 예측, 관리하는 데 중요한 기초 자료를 제공할 수 있다. 따라서 본 연구는 침입외래식물의 유입 및 확산에 대한 예측 및 관리의 기초 자료를 제공하고자, 수도권에 인접하며 다양한 귀화식물이 출현하고 인간 활동에 의한 교란이 잦은 중부지역(경기 · 충청도)의 농업생태계를 대상으로 농경지 유형별 환경요인과 귀화식물 출현과의 관계를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

식물상 조사는 중부지역(경기도, 충청북도, 충청남도)에 위치한 밭, 과수원, 논을 대상으로 각 도별 3~4개 시, 군에서 2013년부터 2015년까지 농경지 유형별로 5~6월과 8~9월에 걸쳐 2회 조사를 실시하였다(2013년: 밭 11지역, 2014년: 과수원 12지역, 2015년: 논 12지역, Fig. 1). 세부적인 조사 범위는 농경지 유형별로 조사면적을 고려하여 각 지역당 밭 5필지, 과수원 1필지, 논 3필지를 대상으로 하였으며 경작지 내부와 주변부(밭둑, 논둑 등)를 조사하였다. 조사지점은 밭 55지점, 과수원 12지점, 논 36지점으로 총 103지점이었다.

식물상 조사는 현장에서 도보로 이동하면서 육안으로 출현 식물을 확인한 후 야장에 기록하였다. 조사지역에서 미동정된 식물은 채집 후, 식물도감(Lee, 1996, 2003; Park, 2009)을 이용하여 실험실에서 동정하였으며 식물명은 국가생물종지식정보시스템(www.nature.go.kr)의 국가표준식물목록을 기준으로 하였다. 귀화식물의 구분은 Lee *et al*. (2011)이 제시한 총 321분류군의 귀화식물 목록을 기준으로 하였으며 본 조사에서 확인된 귀화식물은 생활형, 원산지, 국내분포지역, 귀화도 등급 및 귀화 시기와 함께 과(family) 이하의 분류군을 학명과 같이 알파벳 순으로 나열하였다. 또한 농경지 유형별 출현 유무를 각 종에 대한 본 연구에서의 상대귀화도로 표시하였다(Table 1).

귀화식물의 원산지, 국내분포지역, 귀화도 등급 및 귀화 시기는 Lee *et al*.(2011)의 자료를 활용하였으며 이에 따라 귀화도 등급은 귀화식물의 분포 형태를 5등급으로 나누어,



Agricultural types	Regions		Latitudes and longitudes		Ecological area ratios (%)
Upland (●)	Gyeonggi-do (GG)	Hwaseong-si	N 37° 13′ 57″	E 126° 52′ 25″	78.2
		Namyangju-si	N 37° 43′ 48″	E 127° 17′ 37″	83.9
		Paju-si	N 37° 57′ 43″	E 126° 54′ 14″	85.4
	Chungcheongbuk-do (CB)	Cheongwon-gun	N 36° 38′ 37″	E 127° 36′ 12″	67.9
		Chungju-si	N 37° 03′ 03″	E 127° 53′ 31″	71.0
		Goesan-gun	N 36° 49′ 59″	E 127° 51′ 19″	85.3
		Okcheon-gun	N 36° 22′ 26″	E 127° 41′ 45″	81.9
	Chungcheongnam-do (CN)	Dangjin-si	N 36° 51′ 15″	E 126° 33′ 00″	77.4
		Gongju-si	N 36° 23′ 55″	E 127° 13′ 49″	69.4
		Hongseong-gun	N 36° 29′ 03″	E 126° 40′ 45″	77.8
		Nonsan-si	N 36° 14′ 15″	E 127° 10′ 53″	73.4
Orchard (▲)	Gyeonggi-do	Goyang-si	N 37° 37′ 36″	E 126° 51′ 10″	76.2
		Namyangju-si	N 37° 13′ 57″	E 126° 52′ 29″	77.6
		Paju-si	N 37° 55′ 17″	E 126° 44′ 38″	75.3
		Yeoju-si	N 37° 13′ 37″	E 127° 32′ 44″	76.7
	Chungcheongbuk-do	Boeun-gun	N 36° 24′ 33″	E 127° 45′ 27″	89.4
		Chungju-si	N 37° 06′ 49″	E 127° 50′ 32″	83.6
		Eumseong-gun	N 37° 03′ 29″	E 127° 31′ 04″	83.6
		Yeongdong-gun	N 36° 12′ 51″	E 127° 41′ 23″	76.3
	Chungcheongnam-do	Asan-si	N 36° 52′ 17″	E 127° 01′ 04″	78.5
		Buyeo-gun	N 36° 21′ 05″	E 126° 48′ 22″	89.4
		Nonsan-si	N 36° 15′ 31″	E 127° 05′ 40″	72.4
		Yesan-gun	N 36° 43′ 36″	E 126° 42′ 55″	74.8
Paddy field (■)	Gyeonggi-do	Anseong-si	N 37° 04′ 09″	E 127° 15′ 55″	72.4
		Icheon-si	N 37° 12′ 26″	E 127° 28′ 42″	68.8
		Paju-si	N 37° 58′ 33″	E 126° 50′ 46″	89.5
		Yangju-si	N 37° 55′ 27″	E 126° 59′ 51″	81.4
	Chungcheongbuk-do	Cheongju-si	N 36° 38′ 16″	E 127° 22′ 54″	69.3
		Chungju-si	N 37° 02′ 29″	E 127° 47′ 19″	76.1
		Eumseong-gun	N 36° 56′ 53″	E 127° 30′ 28″	78.2
		Goesan-gun	N 36° 39′ 33″	E 127° 52′ 37″	74.5
	Chungcheongnam-do	Asan-si	N 36° 43′ 36″	E 126° 55′ 27″	87.8
		Buyeo-gun	N 36° 17′ 22″	E 126° 59′ 16″	94.4
		Dangjin-si	N 36° 54′ 19″	E 126° 47′ 35″	79.0
		Yesan-gun	N 36° 43′ 45″	E 126° 42′ 59″	78.8

Fig. 1. Geological information of surveyed sites. Each subdivision is letter-coded on a map, with names as province given in table. Symbols indicate agricultural types, circle: upland, triangle: orchard and square: paddy field.

Table 1. List of naturalized plants in the surveyed sites.

Family	Scientific name	Korean name	L.f[a]	Orig.[b]	Dist.[c]	N.D.[d]	Int.p[e]	Agricultural types[f]		
								Up.	Orc.	Pf.
Amaranthaceae	*Amaranthus lividus* L.	개비름	1	Eu	C,S,JJ	3	1	100.0	75.0	16.7
	Amaranthus retroflexus L.	털비름	1	tA	C,JJ	2	1	–	–	16.7
	Amaranthus viridis L.	청비름	1	tA	C,S,JJ	2	2	100.0	41.7	8.3
Caryophyllaceae	*Cerastium glomeratum* Thuill.	유럽점나도나물	2	Eu	C,S,UI,JJ	5	3	45.5	83.3	91.7
	Silene armeria L.	끈끈이대나물	1	Eu	C,S,UI,JJ	2	1	9.1	–	–
Chenopodiaceae	*Chenopodium album* L.	흰명아주	1	Eu-As	C,S,UI,JJ	5	1	100.0	91.7	50.0
	Chenopodium ficifolium Smith	좀명아주	1	Eu	C,S,UI,JJ	5	1	100.0	83.3	75.0
	Chenopodium glaucum L.	취명아주	1	Eu	C,S,JJ	3	1	36.4	–	–
Compositae	*Ambrosia artemisiifolia* L.	돼지풀	1	nA	C,S,UI,JJ	5	2	36.4	25.0	33.3
	Ambrosia trifida L. var. *trifida*	단풍잎돼지풀	1	nA	C,S	4	3	27.3	16.7	16.7
	Aster pilosus Willd.	미국쑥부쟁이	Pe.	nA	C,S,JJ	5	3	27.3	41.7	41.7
	Aster subulatus Michx.	비짜루국화	1	nA	C,JJ	3	3	–	8.3	16.7
	Aster subulatus var. *sandwicensis* A.G.Jones	큰비짜루국화	1	tA	C,S,JJ	5	3	18.2	8.3	25.0
	Bidens frondosa L.	미국가막사리	1	nA	C,S,UI,JJ	5	3	100.0	58.3	100.0
	Carduus crispus L.	지느러미엉겅퀴	2	Eu-As	C,S,JJ	3	1	–	–	8.3
	Conyza bonariensis (L.) Cronquist	실망초	2	sA	UI,JJ	2	1	27.3	33.3	–
	Conyza canadensis (L.) Cronquist	망초	2	nA	C,S,UI,JJ	5	1	100.0	91.7	91.7
	Cosmos bipinnatus Cav.	코스모스	1	nA	C,S,JJ	3	2	–	8.3	–
	Crassocephalum crepidioides (Benth.) S.Moore	주홍서나물	1	Af	S,JJ	2	3	27.3	25.0	–
	Erechtites hieracifolia Raf.	붉은서나물	1	nA	C,S,JJ	3	3	–	33.3	16.7
	Erigeron annuus (L.) Pers.	개망초	2	nA	C,S,UI,JJ	5	1	100.0	100.0	100.0
	Erigeron philadelphicus L.	봄망초	Pe.	nA	C,S	1	3	90.9	41.7	100.0
	Erigeron strigosus Muhl.	주걱개망초	2	Eu	C,JJ	2	3	27.3	83.3	25.0
	Eupatorium rugosum Houtt.	서양등골나물	Pe.	nA	C	4	3	–	8.3	–
	Galinsoga ciliata (Raf.) S.F.Blake	털별꽃아재비	1	tA	C,JJ	3	3	90.9	33.3	25.0
	Helianthus tuberosus L.	뚱딴지	Pe.	nA	C,S,UI,JJ	3	1	27.3	33.3	8.3
	Senecio vulgaris L.	개쑥갓	1	Eu	C,S,UI,JJ	5	1	18.2	16.7	16.7
	Lactuca scariola L.	가시상추	2	Eu	C,S	5	3	36.4	–	–
	Sonchus asper (L.) Hill	큰방가지똥	1	Eu	C,S,UI,JJ	5	1	36.4	16.7	–
	Sonchus oleraceus L.	방가지똥	1	Eu	C,S,UI,JJ	3	1	54.5	25.0	8.3
	Taraxacum laevigatum DC.	붉은씨서양민들레	Pe.	Eu	C,S,JJ	3	3	9.1	–	–
	Taraxacum officinale Weber	서양민들레	Pe.	Eu	C,S,UI,JJ	5	1	100.0	100.0	91.7
	Xanthium strumarium L.	도꼬마리	1	As	C,S,JJ	2	1	36.4	–	–
Convolvulaceae	*Cuscuta pentagona* Engelm.	미국실새삼	1	nA	C,S,JJ	5	3	9.1	25.0	33.3
	Ipomoea hederacea Jacq. var. *hederacea*	미국나팔꽃	1	tA	C,S,JJ	3	3	36.4	–	–
	Ipomoea lacunosa L.	애기나팔꽃	1	nA	C,JJ	2	3	45.5	25.0	8.3
	Ipomoea purpurea Roth	둥근잎나팔꽃	1	tA	C,S,JJ	3	1	36.4	8.3	–
	Quamoclit coccinea Moench	둥근잎유홍초	1	tA	C,JJ	3	1	54.5	25.0	–

Table 1. Continued.

Family	Scientific name	Korean name	L.f[a]	Orig.[b]	Dist.[c]	N.D.[d]	Int.p[e]	Agricultural types[f]		
								Up.	Orc.	Pf.
Cruciferae	*Lepidium apetalum* Willd.	다닥냉이	2	nA	C,S,JJ	3	1	27.3	–	8.3
	Lepidium virginicum L.	콩다닥냉이	2	nA	C,S,UI,JJ	5	3	81.8	25.0	33.3
	Thlaspi arvense L.	말냉이	2	Eu	C,S,JJ	3	1	18.2	8.3	16.7
Cucurbitaceae	*Sicyos angulatus* L.	가시박	1	nA	C,S	4	3	18.2	8.3	–
Euphorbiaceae	*Euphorbia maculata* L.	큰땅빈대	1	nA	C,S,JJ	4	2	–	–	8.3
	Euphorbia supina Raf.	애기땅빈대	1	nA	C,S,JJ	5	1	54.5	41.7	8.3
Gramineae	*Bromus secalinus* L.	큰참새귀리	2	Eu	C,UI	2	2	18.2	–	–
	Dactylis glomerata L.	오리새	Pe.	Eu-As	C,S,UI,JJ	5	1	–	8.3	8.3
	Festuca arundinacea Schreb.	큰김의털	Pe.	Eu	C,S,UI,JJ	5	3	9.1	–	25.0
	Lolium multiflorum Lam. var. *multiflorum*	쥐보리	2	Eu	C,S,UI,JJ	3	3	–	–	16.7
	Panicum dichotomiflorum Michx.	미국개기장	1	nA	C,S,JJ	5	2	90.9	41.7	25.0
	Paspalum distichum L.	물참새피	Pe.	tAs	S,JJ	4	3	–	–	25.0
	Paspalum distichum var. *indutum* Shinners	털물참새피	Pe.	nA	C,S,JJ	4	3	–	–	8.3
	Phleum paniculatum Huds.	작은조아재비	1	Eu	C	1	3	–	–	8.3
	Phleum pratense L.	큰조아재비	Pe.	Eu	C,JJ	2	1	–	–	8.3
	Poa pratensis L.	왕포아풀	Pe.	Eu	C,S,UI,JJ	5	1	18.2	75.0	41.7
Leguminosae	*Amorpha fruticosa* L.	족제비싸리	Tr.	nA	C,S,UI,JJ	5	2	9.1	8.3	8.3
	Astragalus sinicus L.	자운영	2	As	C,S,JJ	2	1	–	8.3	–
	Robinia pseudoacacia L.	아까시나무	Tr.	nA	C,S,JJ	5	1	18.2	58.3	25.0
	Trifolium pratense L.	붉은토끼풀	Pe.	Eu	C,S,UI,JJ	3	1	–	8.3	–
	Trifolium repens L.	토끼풀	Pe.	Eu-Af	C,S,UI,JJ	5	1	90.9	83.3	91.7
	Vicia villosa Roth	벳지	2	Eu	S,JJ	2	3	–	25.0	–
Malvaceae	*Abutilon theophrasti* Medicus	어저귀	1	As	C,S,JJ	3	1	63.6	–	–
Onagraceae	*Oenothera biennis* L.	달맞이꽃	2	nA	C,S,UI,JJ	5	1	81.8	50.0	58.3
Phytolaccaceae	*Phytolacca americana* L.	미국자리공	Pe.	nA	C,S,JJ	3	3	54.5	66.7	8.3
Polygonaceae	*Fallopia dumetorum* (L.) Holub	닭의덩굴	1	Eu	C,S,JJ	3	1	27.3	16.7	–
	Persicaria orientalis (L.) Spach	털여뀌	1	As	C,S,JJ	3	1	18.2	–	–
	Rumex crispus L.	소리쟁이	Pe.	Eu	C,S,UI,JJ	5	1	100.0	83.3	75.0
	Rumex nipponicus Franch. & Sav.	좀소리쟁이	Pe.	As	S,UI,JJ	2	1	27.3	–	–
	Rumex obtusifolius L.	돌소리쟁이	Pe.	Eu-As	C,S,UI,JJ	3	2	27.3	58.3	–
Rosaceae	*Potentilla amurensis* Maxim.	좀개소시랑개비	2	Eu	C,JJ	2	3	36.4	–	8.3
	Potentilla supina L.	개소시랑개비	2	Eu	C,S,JJ	3	1	72.7	25.0	16.7
Saururaceae	*Houttuynia cordata* Thunb.	약모밀	Pe.	As	S,UI,JJ	1	2	–	16.7	–
Scrophulariaceae	*Lindernia dubia* (L.) Pennell	미국외풀	1	nA	C,S	3	3	–	–	16.7
	Veronica arvensis L.	선개불알풀	1	Eu-As	C,S,UI,JJ	3	1	72.7	83.3	58.3
	Veronica persica Poir.	큰개불알풀	2	Eu-As	C,S,UI,JJ	5	2	63.6	41.7	41.7

Table 1. Continued.

Family	Scientific name	Korean name	L.f[a]	Orig.[b]	Dist.[c]	N.D.[d]	Int.p[e]	Agricultural types[f]		
								Up.	Orc.	Pf.
Simaroubaceae	*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle for. *altissima*	가죽나무	Tr.	As	C,S,JJ	5	1	27.3	–	–
Solanaceae	*Solanum americanum* Mill.	미국까마중	1	nA	C	2	3	–	58.3	8.3
Violaceae	*Viola papilionacea* Pursh	종지나물	Pe.	nA	C,S	4	3	–	8.3	–

[a]L.f: Life form, 1: annual, 2: Biennial, Pe.: Perennial, Tr.: Tree.
[b]Orig.: Origin, sA: south America, nA: north America, tA: tropical America, As: Asia, tAs: tropical Asia, Eu: Europe, Eu-As: Europe-Asia, Eu-Af: Europe-Africa, Af: Africa.
[c]Dist.: Distribution, N: Northern part, C: Central part, S: Southern part, UI: Ullung Island, JJ: Jeju Island.
[d]N.D.: Naturalized degree.
[e]Int. p: Introduced period.
[f]Agricultural types, Up.: Upland, Orc.: Orchard, Pf.: Paddy field. Relative naturalized degree (RND) of each species is represented in agricultural types when it occurred.
Information of naturalized species about the origin, distribution, naturalized degree and introduced period are referred to Lee *et al.* (2011).

1등급: 희귀하게 분포, 2등급: 국지적으로 분포하며 우점도가 낮음, 3등급: 광범위하게 분포하나 우점도가 낮음, 4등급: 국지적으로 분포하나 우점도가 높음, 5등급: 광범위하게 분포하며 우점도가 높음으로 구분하였다(Kariyama and Kobatake, 1988). 귀화 시기는 귀화식물의 이입 시기에 따라 3기로 구분하여 1기: 개항(1876년) 이후~1921년, 2기: 1922년~1963년, 3기: 1964~현재로 구분하였다.

귀화식물의 침입 정도 및 분포 양상을 판단하기 위해 조사지점에 대한 귀화율(Naturalized Index, NI), 상대귀화도(Relative Naturalized Degree, RND)를 구하였으며, 각 지수는 다음의 식을 이용하여 산출하였다.

$$NI\,(\%) = \frac{E_i}{S_i} \times 100 \text{ (Numata, 1978)}$$

$$RND\,(\%) = \frac{N_{ss}}{N_{ts}} \times 100 \text{ (Yim and Jeon, 1980)}$$

E_i: 조사지(i)의 귀화식물 종수, S_i: 조사지(i)의 출현 식물 총 종수, N_{ss}: 특정 귀화식물의 출현지역 수, N_{ts}: 전체 조사지역 수

각 조사지역의 경관 상태를 파악하기 위하여 2009년 환경부에서 제작한 중분류 토지피복도를 기준으로 조사지역 주변 반경 0.5 km 내의 입지(산림면적, 논면적, 시가지면적 등)를 분석하여 생태면적률(Ecological area ratio, EAR)을 계산하였다. 생태면적률은 다음과 같은 식에 의해서 산정하였다.

$$EAR(\%) = \frac{\sum(\text{토지피복유형별 면적} \times \text{가중치})}{\text{전체대상지 면적}} \times 100$$

(Ministry of environment, 2011)

토지피복유형별 가중치는 산림, 습지, 나지-농업지역-시가화 건조지역 순으로 1.0~0.0의 가중치를 부여하였다.

농경지 유형에 따른 귀화식물과 자생식물의 종 분포 양상을 확인하기 위해 조사지 내 출현종을 대상으로 비계량 다차원 척도법(Non-Metric Multidimensional Scaling, NMDS)을 실시하였다. NMDS 분석에는 농업 생태계 출현종에 대하여 각 조사지 내 출현 유무를 정성적으로 구분한 자료를 이용하였다. 또한 환경요인에 따른 귀화식물의 출현 양상을 파악하기 위해 귀화식물 종수와 생태면적률, 경작지 면적 및 자생식물의 다양성 간의 상관 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 농경지 유형에 따라 조사지점 수 및 경작지 면적이 달라 경작지 면적에 따른 귀화식물의 출현 종수를 직접 비교하기 어려워 조사지점 수와 귀화식물 출현 종수 간의 희박곡선(Rarefaction curve)을 그려 귀화식

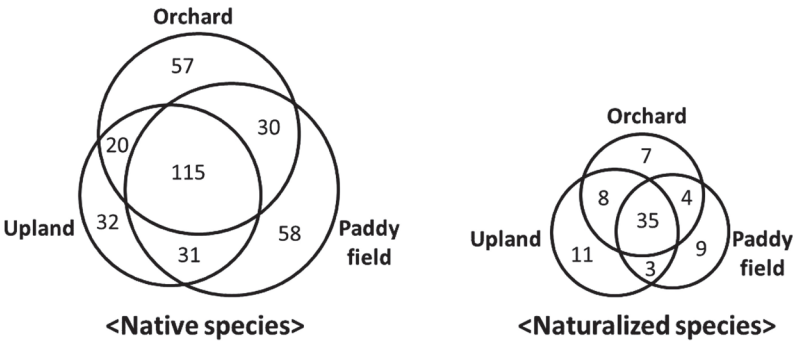


Fig. 2. Venn diagram of the number of native and naturalized species surveyed in upland, orchard and paddy field.

물 출현 종수를 추정하여 비교하였다(Gotelli and Colwell, 2011). 농경지 유형에 따른 귀화율, 귀화식물 종수, 면적당 귀화식물 종수의 비교를 위해 일원 분산분석(one-way ANOVA)과 사후검정(Tukey-HSD)을 실시하였으며 통계분석은 R 프로그램과 vegan 패키지를 이용하여 수행하였다(R Core Team, 2016).

결과 및 고찰

1. 농경지 유형별 출현 식물상

본 조사를 통해 확인된 중부지역(경기, 충청지역) 농경지에 출현하는 식물은 재배작물을 제외하고 77과 251속 420종이었다. 그중 자생식물은 74과 220속 343종이며, 귀화식물은 20과 54속 77종으로 조사지 전체의 귀화율은 18.3%였다(Fig. 2). 농경지 유형별로는 밭 62과 171속 252종, 과수원 60과 188속 276종, 논 57과 180속 285종으로 논에서 가장 많은 종이 확인되었다. 이러한 결과는 조사방법의 차이가 있기는 하나, 10년 전의 Lee *et al*.(2007)의 전국 조사를 통해 출현이 확인된 밭 112종, 과수원 233종, 논 76종보다 훨씬 다양한 식물이 농경지에 유입되어 출현하는 것을 보여준다. 출현종 중, 농경지 유형에 상관없이 공통적으로 출현하는 종은 35.7%인 150종으로 나타났으며, 그보다 더 많은 분류군(174종, 41.4%)이 특정한 유형의 농경지에서만 출현하는 것으로 조사되었다. 세부적으로 살펴보면 밭에는 땅빈대(*Euphorbia humifusa*), 수까치깨(*Corchoropsis tomentosa*)와 어저귀(*Abutilon theophrasti*) 등이, 과수원에는 갈퀴꼭두서니(*Rubia cordifolia* var. *pratensis*)와 벳지(*Vicia villosa*) 등이 특징적으로 출현하였으며 골풀(*Juncus effuusus* var. *decipiens*), 물달개비(*Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*)와 물참새피(*Paspalum distichum*) 등은 논에서만 출현하였다. 농경지에 출현하는 식물상은 농경지 유형뿐만 아니라 경작지 내부와 주변부 등 생육지 유형에 따라 다르게 나타났으며(Cho *et al*., 2014), 조사 시기에 따라서도 차이를 보였다(Park *et al*., 2005). 본 조사에서는 2회 조사 중 한 차례만 확인된 종이 전체 출현종 중 39.3%~59.4%를 차지하였다(밭 39.3%, 과수원 59.4%, 논 57.5%). 이를 통해 논과 과수원이 밭에 비해 상대적으로 계절에 따른 출현 식물의 변화가 더 큰 것으로 나타났다.

농경지 유형에 따른 종의 출현 양상을 확인하기 위한 출현종에 대한 NMDS 분석 결과, 농경지 유형별로 종 조성의 차이를 보였다(Fig. 3). 특히 귀화식물보다 자생식물에서 더 뚜렷한 차이를 보이는데 이는 귀화식물에 비해 오랜 시간 동안 특정 농경지 유형의 환경과 농법에 적응한 식물들이 더 뚜렷하게 구분되는 것을 의미한다. 물론 출현 식물의 해당 농경지에 대한 유입 시기를 정확히 판단할 수 없으나 귀화식물의 귀화 시기를 고려하면 많은 수의 자생식물이 먼저 유입되어 농경지 특성에 맞게 정착하였을 것으로 예상된다.

귀화식물 또한 농경지 유형에 따라 종 분포의 차이를 보였다(Fig. 3, Table 1), 분류군별로 살펴보면 밭에서는 국화과(Compositae, 35.1%)와 메꽃과(Convolvulaceae), 마디풀과(Polygonaceae) (각 8.8%) 순으로 출현하였으며 과수원에서는 국화과(38.9%), 콩과(Leguminosae, 11.1%), 메꽃과(7.4%) 순으로 출현하였다. 논에서도 국화과(33.3%)가 가장 우점하였으나, 밭, 과수원과는 다르게 벼과(Gramineae, 17.7%)가 아우점하였다. 이는 수분이 있는 환경에서 생육하는 물참새피(*Paspalum distichum*), 털물참새피(*P. distichum* var. *indutum*), 작은조아재비(*Phleum paniculatum*) 등의 벼과 식물이 논에서만 출현하였기 때문으로 해석된다(Cho *et al*., 2016). 반대로 밭과 과수원에서는 논에서 출현하지 않은 돌소리쟁이(*Rumex obtusifolius*), 둥근잎유홍

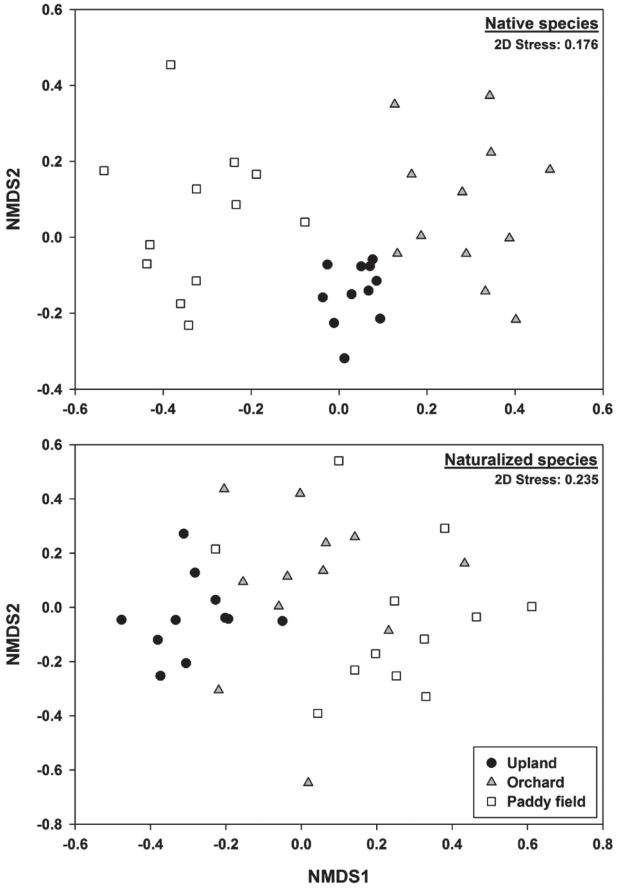


Fig. 3. Nonmetric multidimensional scaling (NMDS) plot presenting species composition of native and naturalized plants in surveyed agricultural lands. Symbols indicate agricultural types, circle: upland, triangle: orchard and square: paddy field.

초(*Quamoclit coccinea*), 실망초(*Conyza bonariensis*) 등이 특징적으로 출현하였다. 농업생태계의 귀화식물상은 선행 연구에서도 생육환경에 따라 농경지 유형별로 뚜렷한 차이를 보여왔으나, 10여 년 전 수행된 전국 조사에서 특정 농경지 유형에서만 발견된 다수의 종들이 본 조사에서는 여러 유형의 농경지에서 동시에 발견되었다(Lee *et al*., 2007; Cho *et al*., 2013). 이는 귀화식물의 생육환경에 대한 분포 범위가 점점 확대되는 것을 의미한다. 지역적으로는 남부지방 및 제주도 등지에 분포하는 것으로 알려진 실망초(*C. bonariensis*), 물참새피(*P. distichum*), 좀소리쟁이(*Rumex nipponicus*), 주홍서나물(*Crassocephalum crepidioides*) 등이(Lee *et al*., 2011), 중부지역 농경지에서 발견되었으며(경기도: Kim *et al*., 2014, 충청도: Choi *et al*., 2009), 본 조사를 통해서도 다시 한 번 확인되었다. 특히 Lee *et al*. (2011)은 귀화도가 4등급 이상이며 이입 시기가 3기인 식

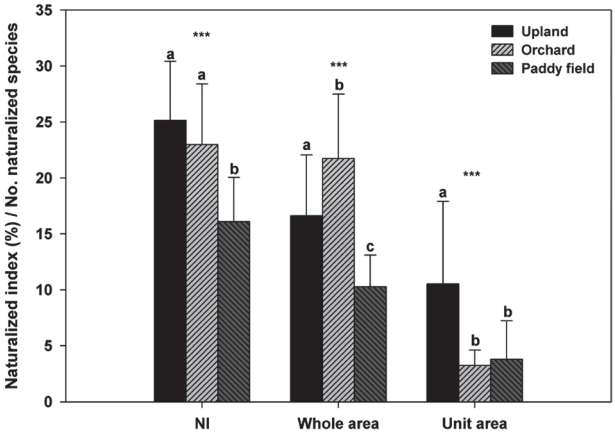


Fig. 4. Bar graphs showing average naturalized index (NI), mean number of naturalized species in whole area of a site (Whole area) and per unit area of 0.1 ha (Unit area) in the upland, orchard and paddy field. Error bars indicate standard deviations. Asterisks indicate statistical differences (one way ANOVA with Tukey's HSD post hoc test, *** for $p<0.001$).

물은 전국으로 빠르게 확산될 우려가 있어 지속적인 모니터링의 필요성을 언급하였으며 본 연구를 통해 중부지역 농경지에 출현하는 14종의 귀화식물이 이에 해당하였다. 이 중, 성숙한 종자가 휴면 없이 발아하는 유럽점나도나물(*Cerastium glomeratum*), 풍수산포형이며 긴 종자수명을 가진 미국가막사리(*Bidens frondosa*) 등은 확산 가능성이 높은 생활형을 가짐과 동시에 모든 농경지 유형에서 상대 귀화도가 높아 확산에 대한 각별한 주의가 필요할 것으로 생각된다(Kim *et al*., 2016, Table 1). 또한 봄망초(*Erigeron philadelphicus*)의 경우, 귀화도가 1등급으로 희귀하게 분포한다고 알려져 있으나 중부지역을 대상으로 한 본 조사에서는 농경지 유형에 상관없이 넓게 분포하는 것으로 나타나 앞으로 이 종의 확산에 대해서도 주의가 요망된다.

2. 환경지수 및 환경요인과의 관계

농경지 유형별 조사지점당 평균 귀화율은 밭(25.1%), 과수원(23.0%), 논(16.1%) 순으로 나타났으며, 평균 귀화식물 종수는 과수원(21.8종)이 제일 높았고 다음으로 밭(16.6종), 논(10.3종) 순이었다(Fig. 4). 이는 밭과 과수원에 비해 경작지 내부에 담수 환경이 조성되는 논에 다양한 귀화식물이 출현하지 못하기 때문인 것으로 해석된다. 출현 식물의 종수는 조사면적의 영향을 받게 되며(Steinmann *et al*., 2011), 상대적으로 조사면적이 넓었던 과수원에서 가장 많은 귀화식물 종수를 보였다. 상대 면적을 고려한 면적당 귀화식물 종수에서는 밭에서 가장 많았으며 이는 단

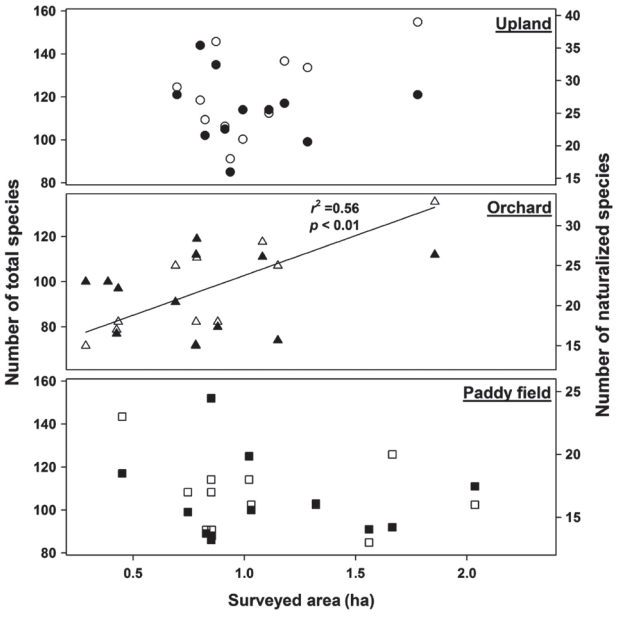


Fig. 5. Relationships between the number of native and naturalized species and size of agricultural lands in the surveyed sites. In the upland and paddy field, the size of surveyed sites and the number of native and naturalized plants were combined in a region. Symbols indicate agricultural types, circle: upland, triangle: orchard and square: paddy field. Closed symbols indicate the number of total species. Open symbols indicate the number of naturalized species.

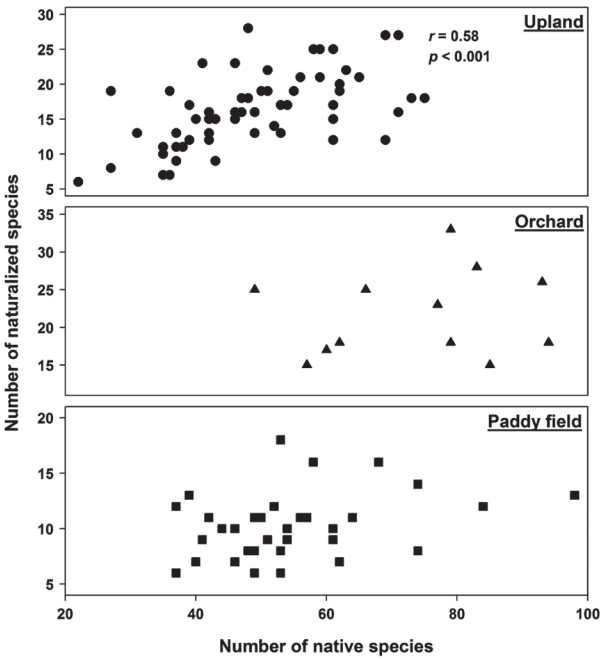


Fig. 6. Relationships between the number of native and naturalized species in surveyed sites. Symbols indicate agricultural types, circle: upland, triangle: orchard and square: paddy field.

일 작물을 재배하는 다른 농경지 유형에 비해 경작 방법에 의한 잦은 교란이 밭에서 일어나고 그에 따라 다양한 귀화식물의 출현 기회가 많아지기 때문인 것으로 생각된다. 본 조사 결과 확인된 중부지역 농경지의 귀화율은 9.8%~41.3%로 국립공원(4.1%~9.1%, Lim and Hwang, 2006; Lim *et al*., 2008; Yoon *et al*., 2013; Lee and Myung, 2014)에 비해 높고 마을 주변(9.9%~33.9%, Kim and Oh, 2011; Rho *et al*., 2013)과 비슷한 수치를 보였다. 하지만 같은 생태계 유형 내에서도 조사지점의 환경에 따라 귀화율의 차이가 크게 나타날 수 있고(Oh *et al*., 2010), 연구자마다 조사 방법의 차이가 있을 수 있어 문헌을 통한 생태계 유형에 따른 귀화율의 직접 비교는 어려움이 있다.

귀화식물의 침입 및 정착에는 침입한 생육지의 크기, 주변 토지이용도, 자생식물의 다양성 등 환경요인의 영향을 받게 된다. 농경지 유형별로 지역 내 이입지 크기와 출현 식물 종수 간의 관계를 분석한 결과, 총 출현 종수는 모든 농경지 유형에서 크기와 상관을 보이지 않았으나 귀화식물 종수는 과수원에서 높은 양의 상관관계를 보였다(r = 0.75, p = 0.005, Fig. 5). 이는 밭과 논에 비해 다년생의 단일 작물을 재배하며 경운 및 물대기 등의 잦은 교란이 없는 과수원에서 면적이 넓을수록 귀화식물의 이입이 쉽고 정착이 용이하기 때문인 것으로 판단된다. 특히 논에서는 경작지 내부의 담수 조건과 높은 밀도로 벼가 생육하기 때문에 이입지 크기가 늘어나도 경작이 유지되는 한 다양한 귀화식물이 출현하기 어려울 것으로 판단된다. 또한 농경지는 농로와 논둑, 밭둑 등으로 주변과 구분되어지며, 일정한 경작방법에 의해 관리되는 독립된 하나의 조각(patch)으로 전체 조사면적이 비슷할지라도 논과 밭처럼 절편화된 이입지는 귀화식물 종수 증가에 큰 영향을 주지 못한 것으로 생각된다. 지역 내 여러 조사지점을 가지는 논과 밭을 대상으로 희박 곡선(rarefaction curve)을 이용한 다양한 크기의 생육지 면적 조합과 추정 귀화식물 종수와의 상관 분석에서도 상관관계가 나타나지 않았다.

조사지역 주변의 생태면적률과 귀화식물 출현 종수와의 상관 분석 결과, 다른 농경지 유형에서는 상관을 보이지 않았으나 과수원에서는 강한 음의 상관관계를 보였다(r = −0.70, p = 0.011). 이러한 결과는 생태면적률이 낮을수록 주변지역에 농업지역, 주거지역 등이 많다는 것을 의미하며 산림지역에 비해 도시화 지수가 높은 이들 지역으로부터 귀화식물의 유입 가능성이 높아지기 때문인 것으로 해석된다(Kim *et al*., 2000). 하지만 밭과 논의 경우, 경작방법에 의한 교란이 빈번하게 발생하여 주변 토지이용도가 귀

화식물의 유입에 대해 큰 영향을 주지 못했을 것으로 생각된다. 실제로 조사지점당 1~2년생 식물이 차지하는 비율은 밭(79.0%±4.9), 논(67.2%±7.7), 과수원(60.3%±7.2) 순으로 과수원에 비해 다른 농경지 유형에서 교란이 자주 일어나는 것으로 유추할 수 있다.

생태계에서 종다양성 및 풍부도가 높은 곳은 각각의 종들이 생육환경의 니치(niche)를 효율적으로 차지하고 자원을 효과적으로 활용함으로써 새로운 종의 정착 및 생존, 번식에 사용될 수 있는 니치 및 가용 자원이 줄어 새로운 종의 침입이 어렵게 된다(Elton, 1958). 이 이론은 외부환경요인이 통제된 작은 규모의 실험에서는 지지하는 결과를 얻었으나(Naeem *et al*., 2000; Kennedy *et al*., 2002), 큰 규모의 조사에서는 반대의 결과가 나타나기도 하였다(Stohlgren *et al*., 2003). 농경지 유형별, 조사지점의 자생식물 종수와 귀화식물 종수 간의 상관관계를 분석한 결과, 과수원과 논에서는 상관을 보이지 않았고 밭에서는 작은 규모의 연구이지만 Elton (1958)의 니치이론과는 반대로 자생종수가 증가할수록 귀화식물도 증가하는 모습을 보였다($r=0.58$, $p<0.001$, Fig. 6). 이는 통제되지 않은 환경에서 외래식물의 침입 및 정착에 종다양성뿐만 아니라 경작방법에 의한 교란, 기후, 비료 유입에 의한 토양비옥도의 차이 등이 영향을 준 것으로 사료된다(Naeem *et al*., 2000). 밭의 경우, 면적당 귀화식물 종수가 많은 이유처럼 경작방법에 의한 잦은 교란과 담수조건 등에 의한 육상식물의 진입 장벽이 존재하지 않으며, 짧은 수확주기에 따른 충분한 비료의 공급으로 자생식물을 비롯한 귀화식물의 수가 동시에 증가한 것으로 보인다.

본 연구를 통해 중부지역 농경지에 출현하는 귀화식물의 출현 양상을 이입지의 환경조건에 따라 분석하여 제시하였으며 연구결과는 국내 농경지에 출현하는 귀화식물의 분포 및 확산 관리에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 일시적인 조사에 의한 단편적인 모습으로 결과를 유추하였기에, 보다 정확한 귀화식물의 출현 양상을 파악하기 위해서는 다양한 유형의 조사지역에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다. 아울러 귀화식물의 침입에 영향을 줄 수 있는 침입지의 영양상태, 식생구조, 침입식물의 번식압(propagule pressure), 주변부 형태 및 경관 요인 등의 조사도 추가로 수반되어야 할 것으로 보인다(Chytrý *et al*., 2008; Kang *et al*., 2013).

적 요

본 연구는 중부지역(경기도, 충청도) 농업생태계에 출현하는 귀화식물의 출현 양상을 파악하고자 2013년부터 2015년까지 농경지 유형별(밭, 과수원, 논)로 연 2회 식물상 조사를 실시하였다. 조사 결과, 중부지역 농경지에 출현하는 식물은 77과 251속 420종이었으며, 그중 귀화식물은 18.3%인 20과 54속 77종이었다. 농경지 유형별로 자생식물과 귀화식물의 종 분포 양상은 모두 차이를 보였다. 귀화식물의 분포지역은 점점 넓어지고 있으며 확산 가능성이 높은 유럽점나도나물, 미국가막사리, 봄망초 등에 대한 주의가 요망된다. 농경지 유형별 평균 귀화율은 밭(25.1%), 과수원(23.0%), 논(16.1%) 순이었으며 귀화식물 종수는 과수원(21.8종), 밭(16.6종), 논(10.3종) 순으로 나타났다. 귀화식물의 출현은 농경지의 환경요인과 상관관계를 보였으며 농경지 유형별로 차이를 나타냈다. 귀화식물 종수는 과수원의 면적이 넓을수록 증가하며, 생태면적률이 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 또한 밭에서 자생식물 종수가 증가하면 귀화식물 종수도 증가하는 모습을 보였다. 본 연구결과는 국내 농업생태계에 출현하는 귀화식물의 분포 및 확산 관리에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원(과제번호: PJ009198282015)의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

Bang, S.W., M.H. Kim and T.H. Roh. 2004. Development of integrated management plan for abating the threats from invasive alien species in Korea. Korea Environment Institute. 325p.

Cho, K.J., M.H. Kim, M.K. Kim, Y.E. Na, Y.J. Oh and L.J. Choe. 2014. Ecological characteristics of vascular plants by habitat types of dry field in Jeolla-do, Korea. *Korean Journal of Environmental Agriculture* **33**(2): 86-102.

Cho, K.J., Y.J. Oh, K.K. Kang, M.S. Han, Y.E. Na, M. Kim, L.J. Choe and M.H. Kim. 2013. Occurrence and Distribution of C4 Plants under Diverse Agricultural Field Types in Korea. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **15**(2): 85-101.

Cho, Y.H., J.H. Kim and S.H. Park. 2016. Grasses and Sedges in South Korea. GeoBooks, Seoul.

Choi, B.S., D.Y. Song, J.H. Roh, Y.C. Ku and C.W. Lee. 2009. Monitoring of exotic weeds on upland fields of chungcheong region in Korea. *Korean Journal of Weed Science*

29(2): 150-158.

Chytrý, M., V. Jarošík, P. Pyšek, O. Hájek, I. Knollová, L. Tichý and J. Danihelka. 2008. Separating habitat invasibility by alien plants from the actual level of invasion. *Ecology* **89**(6): 1541-1553.

Coats, V.C. and M.E. Rumpho. 2014. The rhizosphere microbiota of plant invaders: an overview of recent advances in the microbiomics of invasive plants. *Frontiers in Microbiology* **5**: 368.

Elton, C.S. 1958. The ecology of invasion by plants and animals. Methuen, London.

Gotelli, N.J. and R.K. Colwell. 2011. Estimating species richness. *Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment* **12**: 39-54.

Han, H.J. 2002. Geographical distribution of the naturalized plants and anthropogenic impacts. M.S dissertation. Kyung-Hee University, Seoul.

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 Journal of Environmental Biology* **25**(2): 115-123.

Jung, S.Y. 2014. A study on the distribution characteristics of Invasive Alien Plant (IAP) in South Korea. Ph. D. dissertation. National University of Andong, Andong.

Kang, W., M. Hoffmeister, E.A. Martin, I. Steffan-Dewenter, D. Han and D. Lee. 2013. Effects of management and structural connectivity on the plant communities of organic vegetable field margins in South Korea. *Ecological Research* **28**(6): 991-1002.

Kariyama, S. and H. Kobatake. 1988. Naturalized plants of Gagyu-zan, Takahashi-City, Okayama Prefecture. *Japan Bulletin of the Kurashiki Museum of Natural History* **3**: 31-40.

Kennedy, T.A., S. Naeem, K.M. Howe, J.M. Knops, D. Tilman and P. Reich. 2002. Biodiversity as a barrier to ecological invasion. *Nature* **417**(6889): 636-638.

Kim, C.S., I.Y. Lee, J.R. Lee, S.H. Hong and Y.J. Oh. 2014. Distribution of Exotic Weeds on Upland Crop Field in Gyeonggi-do. *Weed & Turfgrass Science* **3**(4): 284-291.

Kim, H.S. and C.H. Oh. 2011. Distribution characteristics of naturalized plants according to characteristics of landscape ecology in rural village of Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **25**(3): 389-403.

Kim, J.M., Y.J. Yim and E.S. Chun. 2000. Naturalized plants of Korea. Science Books, Seoul.

Kim, M.H., K.J. Cho, Y.J. Oh, D. Yang, W.J. Lee, S. Park, S.K. Choi, J. Eo, M.K. Kim and Y.E. Na. 2016. Life Form and Naturalization Characteristics of Naturalized Plants in Upland Fields of South Korea. *Korean Journal of Environmental Biology* **34**(2): 63-72.

Knight, K.S. and P.B. Reich. 2005. Opposite relationships between invasibility and native species richness at patch versus landscape scales. *Oikos* **109**(1): 81-88.

Korea National Arboretum. 2017. Korea Biodiversity Information System. www.nature.go.kr

Lee, C.W., H.J. Cho, M.J. Kang, M.K. Huh, I.C. Hwang and B.K. Choi. 2015. Study of the Status of Naturalized Plants in Busan City, South Korea. *Journal of Life Science* **25**(11): 1244-1254.

Lee, I.Y., J.E. Park, C.S. Kim, S.M. Oh, C.K. Kang, T.S. Park, J.R. Cho, B.C. Moon, O. Kwon, K.H. Kim, S.T. Lim, J.H. Park, D.Y. Song, K.Y. Seong, I.B. Im, J.G. Kang, S. Kim, Y.C. Ku, J.B. Hwang, S.B. Song, N.I. Park, S.H. Ji, D.S. Kang and K.I. Chung. 2007. Characteristics of weed flora in arable land of Korea. *Korean Journal of Weed Science* **27**(1): 1-21.

Lee, S.M. and H.H. Myung. 2014. The Flora of Vascular Plants in the Mudeungsan National Park. *Journal of National Park Research* **5**(4): 143-173.

Lee, T.B. 2003. Coloured Flora of Korea. Hyangmunsa, Seoul.

Lee, W.T. 1996. Standard illustrations of Korean plants. Academy Publication, Seoul.

Lee, Y.M., S.H. Park, S.Y. Jung, S.H. Oh and J.C. Yang. 2011. Study on the current status of naturalized plants in South Korea. *Korean Journal of Plant Taxonomy* **41**(1): 87-101.

Levine, J.M. and C.M. D'antonio. 2003. Forecasting biological invasions with increasing international trade. *Conservation Biology* **17**(1): 322-326.

Lim, D.O. and I.C. Hwang. 2006. Exotic plants and conservation in Gayasan national park. *Journal of Environment and Ecology* **20**(3): 281-288.

Lim, D.O., Y.S. Kim and H.C. Lee. 2008. The specific plant species and conservation of the Bukhansan national park. *Korean Journal of Environment and Ecology* **22**(2): 138-144.

Lopezaraiza-Mikel, M.E., R.B. Hayes, M.R. Whalley and J. Memmott. 2007. The impact of an alien plant on a native plant-pollinator network: an experimental approach. *Ecology Letters* **10**(7): 539-550.

McNeely, J.A., H.A. Mooney, L.E. Neville, P. Schei and J.K. Waage (eds.) 2001. A Global Strategy on Invasive Alien Species. IUCN Gland, Switzerland, and Cambridge, UK.

Ministry of environment. 2011. Ecological area ratio application guidance.

Naeem, S., J.M. Knops, D. Tilman, K.M. Howe, T. Kennedy and S. Gale. 2000. Plant diversity increases resistance to invasion in the absence of covarying extrinsic factors. *Oikos* **91**(1): 97-108.

Numata, M. 1978. Observation and study of plant ecology. Tokai University Press, Kanagawa.

Oh, C.H., I.K. Choi, E.H. Lee and D.O. Lim. 2010. Distribution pattern of the naturalized plants in the biotope types in the Jeonju area. *Korean Journal of Environment and Ecology* **24**(1): 37-45.

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. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology* **12**(5): 59-76.

Oh, H.K., J.H. SaGong and J.H. You. 2011. Analysis on environmental indices and naturalized plants distributed in Gyeryong-si, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **25**(4): 479-489.

Oh, S.M., C.S. Kim, B.C. Moon and I.Y. Lee. 2002. Inflow information and habitat current status of exotic weeds in Korea. *Korean Journal of Weed Science* **22**(3): 280-295.

Park, J.E., I.Y. Lee, S.M. Oh, T.S. Park, C.S. Kim, B.C. Moon, J.R. Cho, S.T. Lim, I.B. Im, J.G. Kang, S. Kim, J.B. Hwang, S.B. Song, S.H. Ji, D.S. Kang and K.R. Chung. 2005. Characteristics of weed flora and weed community on orchard field in the Korea. *Korean Journal of Weed Science* **25**(4): 267-274.

Park, S.H. 1995. Colored illustrations of naturalized plants of Korea. Ilchokak, Seoul.

Park, S.H. 2009. New illustrations and photographs of naturalized plants of Korea. Ilchokak, Seoul.

Park, Y.H. and J.W. Kim. 2015. Climate Change and Ecosystem-Based Management Strategies of Invasive Alien Species. Korea Environment Institute.

Pyšek, P. and D.M. Richardson. 2006. The biogeography of naturalization in alien plants. *Journal of Biogeography* **33**(12): 2040-2050.

R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org

Rho, J.H., H.K. Oh, Y.H. Han, K.U. Park, M.S. Byun, J. Huh, Y.H. Choi, S.S. Shin, H.W. Lee and H.J. Kim. 2013. The Planting and Occurrence Status of Exotic Plants of the Folk Village as National Cultural Heritage-Focus in Hahoe. Yangdong. Hangae Villages. *Journal of Korean Institute of Traditional Landscape Architecture* **31**(2): 1-19.

Richardson, D.M., P. Pyšek, M. Rejmanek, M.G. Barbour, F.D. Panetta and C.J. West. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions* **6**(2): 93-107.

Steinmann, K., S. Eggenberg, T. Wohlgemuth, H.P. Linder and N.E. Zimmermann. 2011. Niches and noise-Disentangling habitat diversity and area effect on species diversity. *Ecological Complexity* **8**(4): 313-319.

Stohlgren, T.J., D.T. Barnett and J.T. Kartesz. 2003. The rich get richer: patterns of plant invasions in the United States. *Frontiers in Ecology and the Environment* **1**(1): 11-14.

Vilà, M., J.L. Espinar, M. Hejda, P.E. Hulme, V. Jarošík, J.L. Maron and P. Pyšek. 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters* **14**(7): 702-708.

Yim, Y.J. and E.S. Jeon. 1980. Distribution of Naturalized Plants in the Korean Peninsula. *Journal of Plant Biology* **23**: 69-83.

Yoon, J.W., Y.S. Kim, H.T. Shin, G.S. Kim, J.W. Sung, C.H. Lee, K.H. Park and M.H. Yi. 2013. Vascular flora of Gyeongju National Park-focused on Mt. Nam, Mt. Toham, Mt. Danseok. *Korean Journal of Environment and Ecology* **27**(2): 170-195.