

시설원예단지 조성이 농업생태계의 식생다양성에 미치는 영향 분석

손진관·공민재·강동현·박민정·윤성욱·이시영[†]

농촌진흥청 국립농업과학원

The Change Analysis of Plant Diversity in Protected Horticulture of Agricultural Ecosystems

Son, Jin-Kwan·Kong, Min-Jae·Kang, Dong-Hyeon·Park, Min-Jung·Yun, Sung-Wook·Lee, Si-Young[†]

National Academy of Agricultural Science, RDA

(Received : 9 April 2016, Revised: 19 May 2016, Accepted: 19 May 2016)

요약

인간은 생태계로부터 다양한 공익적 기능을 제공받고 있지만 시설원예단지 조성은 불투수면적 확장과 생물서식처 손실로 인해 기능저하의 원인이 될 수 있다. 시설원예단지 조성이 식물 종 다양성에 미치는 영향을 파악하였다. 식생분포 특성 분석결과 논에 비해 시설원예단지의 식물다양성이 상당히 낮다는 것을 알 수 있었다. 따라서 저 영향개발, 서식공간 배치, 식물 보전, 화학비료 사용제한, 서식처 조성, 보전비용 등을 제안하였다. 생활형 분석을 통해 일년생식물과 수생식물의 생육기반 환경 조성을 제시하였다. 귀화식물은 총 10과 20종류가 확인되었으며, 귀화율은 유리온실과 연동형 온실이 매우 높게 분석되어 콘크리트 피복을 지양하고 자연토양 피복을 유도 할 것을 제안하였다. 연구결과는 통계분석을 통해 확인하고 불투수면적을 자연형 토양으로 전환을 제안하였다. 본 연구결과는 지속가능한 농업경관 유지와 대규모 간척지 개발 사업에 있어 친환경, 생태적 시설원예단지 조성을 위한 정책자료에 활용되길 기대한다.

핵심용어 : 생태계서비스, 생물다양성, 식생, 농업경관, 온실

Abstract

Although the ecosystem extends numerous functions for the benefit of humankind, construction of horticultural facilities can potentially lead to the degeneration of some of these functions owing to the expansion of impervious regions and loss of habitats. Thus, this study aimed to examine the effect of construction of horticultural facilities on plant biodiversity. Analysis of the vegetation distribution characteristics showed that horticultural facilities had significantly lower plant diversity than did rice paddies. Hence, the proposed approach involved low-impact development, arrangement of habitat space, plant preservation, restricted use of chemical fertilizer, habitat creation, and reduced preservation cost. Lifestyle analysis suggested the importance of developing favorable environments for the growth of annual plants and aquatic plants. In all, 20 species of naturalized plants belonging to 10 families were identified. Furthermore, the proportion of these naturalized plants was higher in glass greenhouses and multi-span greenhouses, suggesting the advantages of employing natural soil mulching while avoiding concrete mulching. Statistical analysis was performed to validate the results, which suggested that impervious regions be converted to natural soils. Collectively, the findings of this study are expected to be used for establishing policies for the construction of eco-friendly and ecological horticultural facilities; this may aid the maintenance of sustainable agricultural landscapes and large-scale development of the reclaimed lands.

Key words : Ecosystem Service, Biodiversity, Vegetation, Agricultural Landscape, Greenhouse

1. 서 론

인간은 생태계로부터 다양한 공익적 기능을 제공받고 있으며, 이를 생태계서비스로 일컫는다(Daily, 1997; Palmer et al. 2004). 이것은 자연과 인간의 연관성(Odum, 1959),

경제적 혜택(Vihervaara et al., 2010; Lee, 2013) 등으로 정의되기도 한다. 그 중 농업생태계(Agricultural Ecosystem)는 본래 가졌던 식량생산 이외에도 수질정화, 생물서식처, 대기정화, 토양보전, 경관창출, 수질정화 등 다양한 서비스를 제공하는 공간으로 평가받는다(Lee et al., 2003; Son et al., 2015).

한편, 국내 농업은 각종 FTA, 고령화, 벼농사 가격하락 등 다양한 위기에 처해있다(Kang et al., 2015). 이러한

[†] To whom correspondence should be addressed.
National Academy of Agricultural Science, RDA
E-mail: leesy42@korea.kr

어려움을 극복하기 위한 방안으로 시설원예를 통한 농산물 생산이 주목받아 2010년 이후 농업에서 원예산업이 약 40% 정도를 차지하고 있다(MAFRA, 2014). 이러한 시설원예 산업은 인건비 절감, 연중 공급, 토지이용도 제고 등으로 우리 농업의 국제경쟁력 강화에 이바지하여 백색혁명이라 불릴 만큼 그 가치인식이 전환되었다(GDI, 2009).

생태적 서비스의 제공은 인간사회에 필수적 요소이지만, 농업경관에서 시설원예단지 조성은 불투수면적 확장과 생물서식처 손실로 인해 생태계서비스 기능저하의 원인이 될 수 있다고 평가된다(Palmer et al. 2004; Kang et al., 2015). 자연생태계에서 식생피복은 제방 안정성, 생물서식 정도, 빛 여과 정도, 오염물 여과 등 다양한 기능을 수행하며 해당지역 생태계를 유지시킨다(Congalton et al, 2002; Fernandes, 2011). 이러한 식생 서식공간은 식생다양성 유지 상태에서 자연 천이가 이루어 져야 지속가능하고 건강한 생태계로 유지될 수 있다. 하지만 귀화식물 및 외래종 유입으로 특정 종이 무분별 하게 우점하여 생태적 기능 저하의 원인이 되기도 한다(Derric et al , 2010; Park, 2015).

따라서 본 연구는 농업경관 중 가장 식생다양성이 높다고 할 수 있는 논외 식물 종을 조사하고, 토지이용 변화로 시설원예단지가 조성 된 상태를 비교하고자 하였다. 시설원예단지 유형으로는 우리나라 대표 유형인 단동형온실,

연동형온실, 유리온실로 구분하였다. 연구를 통해 생태계 서비스 기능 중 식생다양성에 대한 비교를 실시하고 시설원예단지 조성이 식물의 종 다양성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 이러한 연구결과는 우리나라 시설원예 단지의 환경, 생태적 문제점을 거론하고 미래세대에 지속 가능한 농업경관을 제공하기위한 방안으로 생태적 온실단지 조성을 제안하고자 하였다. 더불어 앞으로 추진될 대규모 간척지 개발 사업에 있어 시설원예단지의 친환경, 생태적 조성에 대한 필요성 언급에 본 연구가 활용되길 기대한다.

2. 조사 및 분석방법

2.1 연구대상지

연구대상지는 시설원예단지 분포현황을 고려해 단동형비닐하우스(Single Vinyl Greenhouse), 연동형비닐하우스(Multi Vinyl Greenhouse), 유리온실(Glass Greenhouse)로 구분하였다. 시설원예단지의 식생분포특성을 농업경관의 주요 토지이용과 비교하기 위하여 해당 대상지와 인접하고 면적이 비슷한 논(Paddy) 농업경관을 선정하였다. 지역별 분포로는 부여(BY, Single-Multi-Paddy), 진주(JJ, Single-Multi-Paddy), 구미(GM, Glass-Paddy), 김제(GJ, Glass-Paddy) 등 4개 지역 10개 대상지를 중심으로 조사하였다 (Table 1).

Table 1. The present conditions at 10 study sites

Site	Type	Location		Size(m ²)		
				Total	Impervious Areas	Percentage of Impervious
BYs	Single Vinyl Greenhouse	Chungnam Buyeo	N 36° 16' 49. 27"	812,925.2	456,939.7	56.2
			E 126° 99' 26. 31"			
JJs	Gyeongnam Jinju	Gyeongnam Jinju	N 35° 16' 19. 37"	321,596.5	218,452.0	67.9
			E 127° 95' 01. 45"			
BYm	Multi Vinyl Greenhouse	Chungnam Buyeo	N 36° 15' 58. 84"	785,727.6	544,888.8	69.3
			E 126° 98' 64. 52"			
JJm	Gyeongnam Jinju	Gyeongnam Jinju	N 35° 22' 29. 20"	812,709.7	369,352.9	45.4
			E 128° 18' 54. 71"			
GMg	Glass Greenhouse	Gyeongbuk Gumi	N 36° 33' 51. 69"	260,310.8	204,108.7	78.4
			E 128° 27' 94. 03"			
GJg	Jeonbuk Gimjae	Jeonbuk Gimjae	N 35° 82' 29. 68"	134,703.5	74,225.5	55.1
			E 126° 91' 57. 73"			
GMp	Paddy	Gyeongbuk Gumi	N 36° 34' 34. 74"	241,846.3	15,517.4	6.4
			E 128° 27' 80. 94"			
GJp	Jeonbuk Gimjae	Jeonbuk Gimjae	N 35° 82' 52. 29"	100,675.7	0.0	0.0
			E 126° 91' 67. 60"			
BYp	Chungnam Buyeo	Chungnam Buyeo	N 36° 15' 83. 36"	887,059.3	84,858.2	9.6
			E 126° 93' 83. 36"			
JJp	Gyeongnam Jinju	Gyeongnam Jinju	N 35° 21' 49. 54"	722,652.4	117,482.4	16.3
			E 128° 20' 98. 27"			

* Impervious Areas : Facilities, Roads etc.

2.2 식생조사 및 분석방법

식생조사는 2015년 5월과 9월에 실시하고, 학명의 동정과 구분은 식물도감(Lee, 2014; Lee, 2006)을 활용하였다. 방형구는 연구대상지 별로 3개를 2×2m로 설치하여 조사하였으며(Braun-Blanquet, 1964), 일부 단동형 비닐하우스는 공간확보의 어려움으로 1×4m의 동일면적을 조사하였다. 출현종은 식물분류학적 구분에 따라 과, 종으로 구분하고 Raunkiær(1934)의 기준으로 생활형을 분석하였다.

귀화식물은 Lee et al.(2011)의 기준인 321종류(Taxa)를 대상으로 분석하였으며, 귀화도등급(Degree of Naturalization: N.D), 이입시기(Introduced period; Int-p), 생활형(Growth type; L-f), 귀화율(Naturalized Ratio, NR)과 도시화지수(Urbanization Index, UI), 원산지-Origin: Orig.)를 산출하여 시설원예단지 유형에 따른 귀화식물 발달 특성을 알아보았다(Kariyama and Kobatake, 1998; Park et al., 2002; Numata, 1996; Yim and Jeon, 1980).

3. 결과 및 고찰

3.1 식생특성 분석

조사대상지별 출현종은 Appendix 1.에 나타내었으며, 전

체 조사대상지의 출현한 종은 총 42과 105속 113종 17번종 1아종으로 총 131종류(taxa)가 조사되었다.

전체 출현종에 대한 과별 출현비율은 벼과(Gramineae)와 국화과(Compositae)가 각각 14.5%로 가장 많았으며, 다음으로 콩과, 사초과, 십자화과 등의 순으로 일반적인 농업경관, 하천, 습지 등과 유사하게 확인되었다(Kang et al. 2009; Kang and Son, 2011; Park et al., 2012; Son et al., 2012)

연구대상지 유형에 따른 식생분포 특성을 살펴보면 단동형온실의 경우 평균 19.5±2.1과 29.0±2.8속 30.0±4.2종 1.5±0.7변종으로 총 31.5±4.9종류(taxa)가 확인되었다. 연동형온실의 경우 평균 14.0±1.4과 21.0±2.8속 19.5±0.7종 2.5±0.7변종으로 총 22.5±2.1종류(taxa)가 확인되었으며, 유리온실의 경우 11.0±2.8과 20.0±1.4속 19.0±1.4종 3.0±1.4변종으로 총 22.0종류(taxa)가 확인되었다. 반면, 연구대상지와 비교하기 위한 논(논의 경우 평균 23.3±3.3과 43.3±3.9속 41.8±2.6종 6.0±1.4변종으로 총 47.8±3.4종류(taxa)가 확인되었다. 출현 종으로 연구대상지를 단순 비교해 보면 논(47.8±3.4) > 단동형(31.5±4.9) > 연동형(22.5±2.1), 유리온실(22.0)로 판단할 수 있으며, 본 연구결과만을 미루어 판단했을 때 논에 비해 시설원예단지의 식생다양성은 상당히 차이가 있음을 알 수 있다. 식생 1종에 대한 생태계

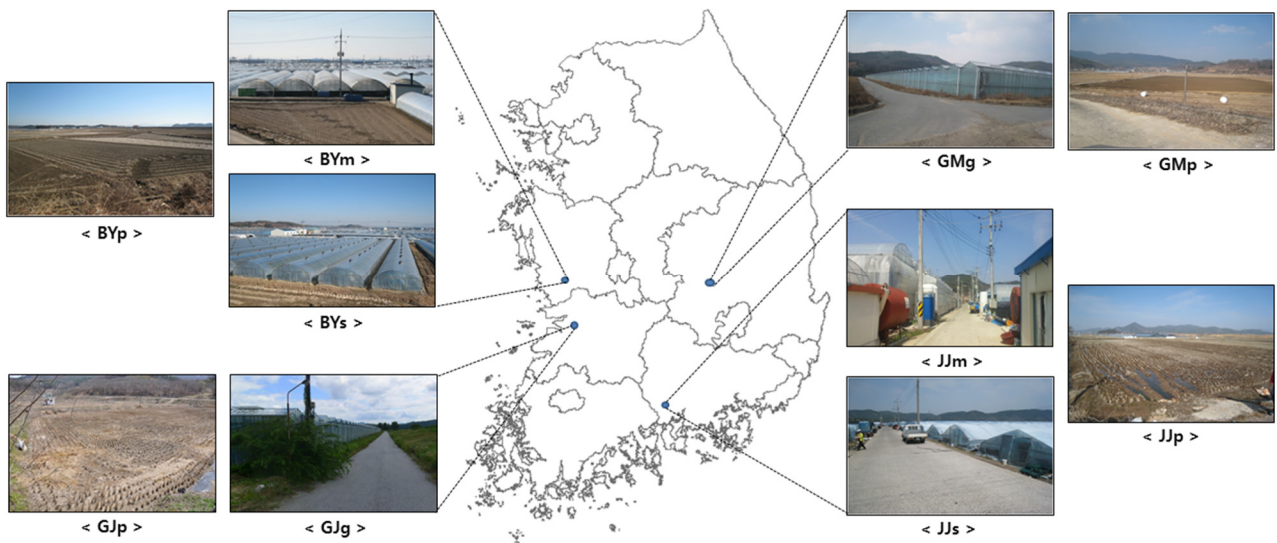


Fig. 1. The location of study sites.

Table 2. The number of taxa by taxonomix at 10 study sites

Classification	Single		Multi		Glass		Paddy			
	BYs	JJs	BYm	JJm	GMg	GJg	GMp	GJp	BYp	JJp
Family(Fa)	18	21	15	13	9	13	20	25	21	27
Generic(Ge)	27	31	19	23	19	21	38	45	43	47
Species(S)	27	33	19	20	18	20	38	42	44	43
Variety(V)	1	2	2	3	4	2	5	6	5	8
Forma(Fo)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Subspecies(Su)	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Taxa	28	35	21	24	22	22	43	48	49	51

Table 3. The number of life form at 10 study sites

Classification	Single		Multi		Glass		Paddy			
	BYs	JJs	BYm	JJm	GMg	GJg	Gmp	Gjp	BYp	JJp
Megaphanerophytes(M)	-	1	-	1	-	1	1	1	-	-
Nanophanerophytes(N)	1	1	-	2	-	-	-	2	1	4
Geophytes(G)	2	3	2	-	1	2	1	4	3	4
Chamaephytes(CH)	-	-	1	2	-	-	-	2	1	1
Hemicryptophytes(H)	11	10	3	6	6	6	13	10	8	12
Therophytes(Th)	14	19	15	13	15	13	26	26	34	28
Hydrophytes(HH)	-	1	-	-	-	-	2	3	2	2

서비스 가치는 정확하게 규정된 바 없지만, 식물과 식생은 탄소고정, 토양비옥도 조절, 유기물 유지 및 교환, 경관제공 및 창출, 문화적 가치, 생물다양성 유지 등 평가 할 수 없을 정도의 가치를 지니고 있다고 판단한다(Antle and Stoorvogel, 2006; Porter et al., 2009; Ribaud et al., 2010). 하지만 본 연구 결과만으로 미루어 봤을 때 시설원예단지 조성이 유형에 따라 많게는 25종까지의 종 다양성이 떨어지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 미래세대를 위한 지속가능한 농업과 국가 생물다양성의 중심공간으로 평가 받고 있는 농업경관의 보전을 위해 시설원예단지 조성 시 식생다양성의 저감이 최소화 될 수 있는 방향으로 개발이 필요하다고 판단된다. 이러한 관점에서 Son et al.(2015)는 시설원예단지 조성 시 식생다양성을 위해 식물이 서식 할 수 있는 공간을 배치하고, 개발 전 식물 보전, 화학비료 사용제한, 습지 등 서식처 조성 등의 전문가 의견을 제시한 바 있다. 따라서 시설원예단지 조성 시 식물, 식생의 생태계서비스 기능 유지 및 보전을 위해 다양한 연구지원 및 예산확보가 필요하다고 판단된다.

전체 조사대상지의 출현종에 대한 생활형 비율은 Table 3와 같으며 대형지상식물(M) 4종류, 소형지상식물(N) 5종류, 지중식물(G) 8종류, 지표식물(CH) 3종류, 접지식물(H) 40종류, 수생식물(HH) 5종류, 일년생식물(Th) 66종류로 확인되었다.

연구대상지 유형에 따른 생활형 출현비율을 살펴보면 단동형온실의 경우 대형지상식물(M) 0.5±0.7종류, 소형지상식물(N) 1.0±0.0종류, 지중식물(G) 2.5±0.7종류, 접지식물(H) 10.5±0.7종류, 수생식물(HH) 0.5±0.7종류, 일년생식물(Th) 16.5±3.5종류가 확인되었으며, 연동형온실은 대형지상식물(M) 0.5±0.7종류, 소형지상식물(N) 1.0±1.4종류, 지중식물(G) 1.0±1.4종류, 지표식물(CH) 1.5±0.7종류, 접지식물(H) 4.5±2.1종류, 일년생식물(Th) 14.0±1.4종류, 유리온실은 대형지상식물(M) 0.5±0.7종류, 지중식물(G) 1.5±0.7종류, 접지식물(H) 6.0±0.0종류, 일년생식물(Th) 14.0±1.4종류로 나타난 반면, 논의경우 대형지상식물(M) 0.5±0.6종류, 소형지상식물(N) 1.8±1.7종류, 지중식물(G) 3.0±1.4종류, 지표식물(CH) 1.0±0.8종류, 접지식물(H) 10.8±2.2종류, 수생식물(HH) 2.3±0.5종류, 일년생식물(Th) 28.5±3.8종류로 시설원예단지에 비해 접지

식물(H) 논(10.8±2.2) > 단동형(10.5±0.7) > 유리온실(6.0±0.0) > 연동형(4.5±2.1), 일년생식물(Th) 논(28.5±3.8) > 단동형(16.5±3.5) > 연동형(14.0±1.4), 유리온실(14.0±1.4), 수생식물(HH) 논(2.3±0.5) > 단동형(0.5±0.7)로 기존 토지이용인 논에 비해 시설원예단지에서 해당 생활형 식물의 서식차이를 확인 할 수 있었다. 이것은 시설원예단지가 기존의 토지이용인 논보다 생육기반환경이 좋다는 것을 보여주는 것으로 판단 할 수 있다. 따라서 시설원예단지의 식생 다양성을 위해서 생육기반 환경을 보다 넓게 조성 할 필요가 있고 그에 따른 지속적 연구 및 예산편성 지원이 필요하다고 판단된다(Yun, 2007; Kim et al., 2011; Son et al., 2015). 더불어 생활형 유형별로는 접지식물, 일년생식물, 수생식물이 서식할 수 있도록 서식처를 조성할 필요성이 인식되었다고 할 수 있다.

3.2 귀화식물 특성분석

조사대상지에서 출현한 귀화식물은 총 10과 17속 19종 1변종으로 20종류(Taxa)가 확인되었다. 국내에서 보고된 귀화식물은 40과 321종류(Lee et al., 2011)의 6.23%에 해당하는 수치에 해당한다. 원산지의 경우 8종류(40.0%)가 북아메리카(nA; north America)였으며, 유럽(Eu; Europe)이 7종류(35.0%), 유럽-아시아(Eu-As; Europe-Asia)가 2종류(10.0%), 아시아(As; Asia), 유럽-아프리카(Eu-Af; Europe-Africa), 남아메리카(sA; south America)가 각 1종류(5.0%)로 분석되었다(Table 4).

귀화식물이 우리나라 전 국토에 상대적으로 많이 퍼져 자생하는 것을 의미 귀화도 등급(Degree of Naturalization)은 Kariyama and Kobatake(1998)은 5등급이 13종류(65.0%), 3등급이 5종류(25.0%), 4등급이 1종류(5.0%), 2등급(5.0%)이 1종류의 순으로 분석되었다. 귀화도 등급이 5등급으로 갈수록 우리나라에 널리 퍼져있는 것을 의미하는 것으로 미루어 봤을 때(Park et al., 2002), 본 연구대상지에서 서식하는 귀화식물은 대부분 전국적으로 널리 분포하는 종으로 판단 할 수 있다. 이입시기(Introduced period)는 1921년 이전(1기), 1922년~1963년(2기), 1964년 이후 3기로 구분하며(Park et al., 2002), 출현한 20종의 귀화식물의 이입 시기는 1기가 15종류로 가장 많은 것으로 분석되었다. 국내에 서식하는 321종의 귀화식물의 생활형

Table 4. The list of naturalized plant at 10 study sites*

Family name Species name	N.D	Int-p.	L-f	Orig.	Single		Multi		Glass		Paddy				
					BYs	JJs	BYm	JJm	GMg	GJg	GMp	GJp	BYp	JJp	
Compositae															
<i>Erigeron annuus</i>	5	1	2	nA		O	O	O	O	O	O	O	O	O	
<i>Erigeron canadensis</i>	5	1	2	nA		O	O	O	O	O	O	O	O		
<i>Bidens frondosa</i>	5	3	1	nA		O	O	O	O	O	O	O	O	O	
<i>Xanthium strumarium</i>	2	1	1	As					O				O		
<i>Ambrosia artemisiifolia var. elatior</i>	5	2	1	nA										O	
<i>Bidens pilosa L</i>	4	3	1	sA					O						
<i>Taraxacum officinale</i>	5	1	Pe	Eu	O					O					
<i>Sonchus oleraceus</i>	3	1	1	Eu	O	O	O								
<i>Sonchus asper</i>	5	1	1	Eu		O									
Euphorbiaceae															
<i>Euphorbia supina</i>	5	1	1	nA								O		O	
Polygonaceae															
<i>Rumex crispus</i>	5	1	Pe	Eu				O	O	O	O	O			
<i>Cuscutapentagona</i>	5	3	1	nA					O						
Chenopodiaceae															
<i>Chenopodium ficifolium</i>	5	1	1	Eu	O		O		O				O		
<i>Chenopodium album L.</i>	5	1	1	Eu-As					O	O					
Onagraceae															
<i>Oenothera odorata</i>	5	1	2	nA				O	O					O	
Gramineae															
<i>Lolium perenne</i>	3	2	Pe	Eu				O						O	
Cruciferae															
<i>Lepidium apetalum</i>	3	1	2	nA						O					
<i>Thlaspi arvense</i>	3	1	2	Eu			O								
Leguminosae															
<i>Trifolium repens</i>	5	1	Pe	Eu-Af			O	O					O		
Scrophulariaceae															
<i>Veronica arvensis</i>	3	1	1	Eu-As									O		
Total	10(Fa) 20(S) 1(V)					3	3	5	7	10	7	5	8	3	7

* N.D : Naturalized degree; Int-p. : Introduced period; L-f : Life-form(1:Annual, 2:Biennial, Pe.:Perennial, Tr.:Tree); Orig. : Origin(nA.:north America, sA.:south America, tA.:tropical America, As.:Asia, tAs.:tropical Asia, Eu.:Europe, Eu-As.:Europe-Asia, Eu-Af.:Europe-Africa).

Table 5. The Naturalized ratio and Urbanization index at 10 study sites

Classification	Single		Multi		Glass		Paddy			
	BYs	JJs	BYm	JJm	GMg	GJg	GMp	GJp	BYp	JJp
Naturalized ratio (%)	10.7	14.3	33.3	29.2	45.5	31.8	11.6	16.7	6.12	13.7
Urbanization index (%)	0.9	1.6	2.2	2.2	3.1	2.2	1.6	2.5	0.9	2.2

(Growth type)은 초본 97.8%, 목본 2.2%과 1-2년생 67.9%, 다년생 32.1%로 구분되어진다(Lee et al., 2011). 본 조사에서는 20종 모드 초본으로 이루어져 있으며, 1-2년생이 16종류로 높은 비율로 확인되었다. 귀화식물은 다른 식물종을 압박하여 종 다양성을 떨어뜨릴 우려가 있지만 본 연구대상지의 경우 1-2년생 위주의 초본이 대부분이므로 지속적인 관리를 통해 자생종 비율을 높일 수 있다고 판단된다(Oh et al., 2006; Son et al. 2015).

귀화율(Naturalized ratio)의 경우 논 지역이 12.0±0.7%, 단동형의 경우 12.5±0.5% 인것에 반해, 유리온실 38.7±0.6%, 연동형온실 31.3%로 매우 높게 분석되었으며, 도시화지수(Urbanization Index)도 같은 경향을 보였다. 연동형과 유리온실 주변 식물서식이 가능한 공간은 대부분 콘크리트로 피복되거나 여름철 강한 복사열로 척박한 환경으로 귀화종이 자생종 보다 환경적응 능력이 뛰어나고 서식에서 우세하여 높은 귀화식물의 비율이 높은 것으로 판단된다.

따라서 연동형온실과 유리온실 유형의 경우 최소한 단동형 온실과 같이 식생이 서식 할 수 있도록 콘크리트 피복은 지양하고 자연토양 피복을 유도 할 필요가 있을 것이다.

3.3 토지이용에 따른 식생다양성 평가

10개 연구대상지의 식물분류학적 분석결과와 토지이용의 불투수면적(Impervious Areas), 불투수율(Percentage of Impervious)과의 상관관계 분석결과 불투수면적은 식물의 종수(Number of Taxa; $-.655^*$), 일년생식물의 종수(Number of Therophytes; $-.636^*$), 수생식물의 종수(Number of Hydrophytes; $-.727^*$)가 95%의 신뢰수준에서 상관관계가 인정되었다.

Table 6. The correlation analysis result between taxonomic and land-use

Factors	Impervious Areas	Percentage of Impervious
Number of Family	$-.423$.223	$-.731^*$.016
Number of Taxa	$-.655^*$.040	$-.871^{**}$.001
Number of Therophytes	$-.636^*$.048	$-.828^{**}$.003
Number of Hydrophytes	$-.727^*$.017	$-.887^{**}$.001
Naturalized ratio	.298 .403	.668* .035

* : Correlation is significant at the 0.05 level

** : Correlation is significant at the 0.01 level

전제면적 대비 불투수면적을 나타내는 불투수율과의 상관관계는 과 수(Number of Family), 종 수, 일년생식물의 종 수, 수생식물의 수가 모두 음의 상관관계로 유의하게 분석되었다. 이것은 불투수면적이 식물의 종 다양성을 떨어뜨린다는 것과 일맥상통하며, 시설원예단지의 불투수면적은 일년생식물과 수생식물의 서식처에 크게 영향을 미친다고 설명할 수 있다. 더불어 불투수면적 비율과 귀화율(Naturalized ratio)과의 상관관계가 양의 상관관계에서 95%의 신뢰수준으로 분석되었으므로, 시설원예단지의 불투수면적이 높을수록 귀화식물의 분포범위가 넓어진다고 판단 할 수 있다. 따라서 시설원예단지 조성 시 식생다양성과 고유종의 서식을 위해 식생서식공간을 제공 할 필요가 있으며, 시설원예 이외의 도로나 동 사이의 공간, 기타시설 등은 식생이 서식 할 수 있도록 자연형 토양으로 조성해야 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

인간은 생태계로부터 다양한 공익적 기능을 제공받고 있지만 시설원예단지 조성은 불투수면적 확장과 생물서식처 손실로 인해 기능저하의 원인이 될 수 있다. 또한 식생피복은 제방 안정성, 생물서식 정도, 빛 여과 정도, 오염물 여과

등 생태계 유지에 중요한 역할을 담당한다. 따라서 본 연구는 논 의 식생과 시설원예단지를 비교하고 개선방안을 제시하고자 하였다.

연구대상지는 단동형온실, 연동형온실, 유리온실로 구분하고 논과 비교하였으며, 식생분류와 귀화식물 등을 분석하여 시설원예단지 조성이 식물 종 다양성에 미치는 영향을 파악하였다.

연구대상지 유형에 따른 식생분포 특성 분석결과 논>단동형>연동형, 유리온실로 다양성이 높아 논에 비해 시설원예단지의 식물다양성이 상당히 낮다는 것을 알 수 있었다. 따라서 미래세대를 위한 지속가능한 농업과 국가 생물다양성위해 다양성 저감이 최소화 될 수 있도록 개발을 제시하고 서식공간 배치, 식물 보전, 화학비료 사용제한, 서식처 조성 등을 제안하였다. 더불어 농업경관 식물의 생태계서비스 기능 유지를 위한 연구개발 및 예산편성을 제안하였다.

생활형 분석결과 논과 단동형 온실에 비해 연동형과 유리온실에서 일년생식물과 수생식물의 차이를 확인 할 수 있었다. 이것으로 생육기반환경이 좋다는 것을 다시한번 확인할 수 있었고 시설원예단지의 식물다양성을 위해서 일년생식물과 수생식물의 서식에 필요한 생육기반 환경을 넓게 조성 할 것을 제시하였다.

귀화식물은 총 10과 19종 1변종으로 20종류(Taxa)가 확인되었고 귀화율은 논과 단동형온실 유형은 거의 차이가 없지만 유리온실과 연동형온실은 두배 이상 높게 분석되었다. 연동형과 유리온실 주변은 콘크리트로 피복 및 복사열로 척박한 환경으로 귀화율이 높은 것으로 판단하고 콘크리트 피복을 지양하고 자연토양 피복을 유도 할 것을 제안하였다.

이러한 연구결과는 통계분석을 통해 유의한 것임을 확인하여 불투수면적을 줄일 수 있도록 도로, 동 사이의 공간, 기타 시설공간은 자연형 토양의 피복을 제안하였다.

이러한 연구결과는 우리나라 시설원예단지의 환경, 생태적 문제점을 거론하고 미래세대에 지속가능한 농업경관을 제공하기위한 방안으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 더불어 앞으로 추진될 대규모 간척지 개발 사업에 있어 시설원예단지의 친환경, 생태적 조성에 대한 필요성 언급과 국가 차원의 예산확보를 위한 정책자료에 활용되길 기대한다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호 : PJ010957)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Antle, J.M. and Stoorvogel, J.J. (2006). Predicting the supply of ecosystem services from agriculture. *American J. of Agricultural Economics*, 88:1174-1180.

- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde. Springer-Verlag, New York.
- Congalton, R.G., K. Birch, R. Jones, and J. Schriever, (2002). Evaluating remotely sensed techniques for mapping riparian vegetation, *Computers and Electronics in Agriculture*, 37(1.3):113-126.
- Daily, GC (1997). *What are ecosystem services. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, DC.
- Derric NP., Hansel JR., Gorchov DL (2010). Urbanization and riparian forest woody communities : Diversity, composition and structure within a metropolitan landscape. *Biological Conservation*, 143, pp. 182-194.
- Fernandes MR., Aguiar DC., Ferreira MT (2011). Assessing riparian vegetation structure and the influence of land use using landscape metrics and geostatistical tools. *Landscape and Urban Planning*, 99, pp. 166-177.
- Gyeongnam Development Institute (GDI). (2009). Gyeongnam horticulture development of era of low carbon green growth. [Korean Literature]
- Kang, BH, Son, JK (2011). The Study on the Evaluation of Environment Function at Small Stream -In the Case of Hongdong Stream in Hongsung gun, *J. of Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 14(5), pp. 81-101. [Korean Literature]
- Kang, BH, Son, JK, Lee, SH and Kim, NC (2009). The Vegetation Characteristics of Small Palustrine Wetland in Rural Area. *J. Korean Env. Res. Tech.* 12(3):33-48. [Korean Literature]
- Kariyama, S. and H. Kobatake(1988) Naturalized plants of Gagyū-zan, Takahashi-City, Okayama Prefecture, Japan. *Bull. Kurushiki Mus. Nat. Hist.* 3:31-40. [Japaness Literature].
- Kang, DH, Lee, SY, Kim, JG, Choi, HG, Park, MJ, Yeon, JS and Son JK (2015). The meteorological themes selection for the site selection of protected horticulture complex in saemanguem. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 24(4):287-295. [Korean Literature].
- Kim, WS., Kwak, JI, Lee, KJ and Han BH. (2011). A Study on Characteristics of Vegetation Distribution according to Revetment Techniques of Riverbank in Han River, Korea. *Kor. J. Env. Eco.* 25(1): 17-30.
- Lee, CB (2014). *Coloured flora of Korea*. Hyngmunsa.[Korean Literature]
- Lee, KB, Kim, CH, Kim, JG, Lee, DB, Lee, SB, Na, SY (2003). How Soil Characteristics and Vegetation Influence the Inflow of Sewage in a Tributary of the Mankyeong River, *Published by the Institute for Environmental Science*, 12, pp. 9-21.[Korean Literature]
- Lee, MS (2013). Development and Application of Assessment Model for Urban Green Ecosystem Services : Focusing on Urban Cemeteries in Seoul. Graduate School of Dongkook University. doctorate thesis [Korean Literature].
- Lee, YM, Park, SH, Jung, SY, Oh, SH and Yang JC (2011). Study on the current status of naturalized plants in South Korea. *Korean J. Pl. Taxon.* 41(1), pp. 87-101. [Korean Literature]
- Lee, YN (2006). *New flora of Korea*. Gyohaksa. [Korean Literature]
- Ministry of Agricultural Food and Rural Affairs (MAFRA). (2014). 2013 Greenhouse Status and Vegetable Production Performance. [Korean Literature]
- Numata, M (1996). *Landscape Ecology*. Asakura Shoten. [Japanese Literature]
- Odum, E.P., (1959). *Fundamentals of ecology*, Philadelphia: W.B. Saunders Company, pp. 546.
- OH, CH, Kim HS and Kim YH (2006). Distribution Characteristics of Naturalized plants According to Characteristics of Land-Use in Rural village of Korea. *Proceeding of Korean Society of Environment and Ecology Conference*, pp. 181-182. [Korean Literature]
- Palmer, ME., Bernhardt, E., Chornesky, S., Collins, AP., Dobson, C., Duke, B., Gold, R., Jacobson, S., Kingsland, R., Kranz, M., Mappin, ML., Martinez, F., Micheli, J., Morse, M., Pace, M., Pascual, S., Palumbi, OJ., Reichman, A., Simons, A., Townsend, and M., Turner (2004). Ecology for a crowded planet. *Science* 304, pp. 1251-1252.
- Park, JE (2015). *Analysis of flora and vegetation in forest road slopes according to the years after the forest road construction : on the Uiryong-gun*, Master's Thesis, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, Korea. [Korean Literature]
- Park, KL, Kong, MJ, Kim NC and Son JK (2012). The Analysis of Vegetation Characteristics of Organic Rice Paddy for Value Assessment of the Rice Paddy Wetland. *J. of Wetlands Research*, 14(1), pp. 59-73. [Korean Literature]
- Park, SH, Shin, JH, Lee, YM, Lim, JH and Moon, JS. (2002). Distributions of naturalized alien plants in Korea. *KFRI research bulletin No. 193*, Korea forest research institute/Korea national arboretum Ukgo Press Seoul, Korea. [Korean Literature]
- Porter, J., Costanza, R., Sandhu, H., Sigsgaard, L. and Wratten, S. (2009). The value of producing food, energy, and ecosystem services within an agro-ecosystem. *AMBIO: A J. of the Human Environment*, 38, 186-93.
- Raunkiær, C (1934). *The life forms plants and statistical plant geography*, Clarendon Press. Oxford.
- Ribaudo, M., Greene, C., Hansen, L. and Hellerstein, D. (2010). Ecosystem services from agriculture: steps for expanding markets. *Ecological Economics*, 69, 2085-092.
- Son, JK, Kong, MJ, Kang, DH, Nam, HS and Kim, NC. (2015). The Comparative Studies on the Urban Park and Rural Landscape for the Improvement Ecosystem Service Function in Pond Wetland. *J. of Wetlands Research*, 17(1),

- pp. 62–74. [Korean Literature]
- Son, JK, Kim, MH and Kang BH. (2012). The Vegetation Characteristics of Palustrine Wetland by Land-use in Rural Areas. *J. of Wetlands Research*, 14(4), pp. 699–713. [Korean Literature]
- Son, J.K., Kong, M.J., Kang, D.H. and Lee, S.Y. (2015). A study on the improvement of Ecosystem Service Function for the Protected Horticulture Complex in Agricultural Landscape. *J. of the Korean Society of Rural Planning*, 21(4), pp. 45–53.
- Vihervaara, P., Raunkiaer, M., and Walls, M. (2010). Trends in ecosystem service research : early steps and current drivers, *Ambio*, 39(4) pp. 314–324.
- Yim, YJ and Jeon, ES (1980). Distribution of Naturalized Plants in the Korean Peninsula. *J. of Korean Botany*, 23(3–4), pp. 69–83. [Korean Literature]
- Yun, KS (2007). Soil and Vegetation Characteristics of Abandoned Paddy Field. *J. of Korean Association of Regional Geographers*, 13(2), pp. 129–142. [Korean Literature].

Appendix 1. The list of plants at 10 study sites.

Family	Botanic Name	L,F	N,P	Single		Multi		Glass		Paddy			
				BYs	JJs	BYm	JIm	GMg	GJg	GMp	GJp	BYp	JIp
1	Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>	Th										
2		<i>Capsicum annuum</i>	Th		○								
3	Lemnaceae	<i>Spirodela polyrhiza</i>	HH							○	○	○	
4		<i>Lemna paucicostata</i>	HH										○
5	Juncaceae	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>	H		○								
6	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>	G		○			○			○		
7	Compositae	<i>Erigeron annuus</i>	Th	*	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8		<i>Erigeron canadensis</i>	Th	*	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9		<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>	H				○	○	○	○	○	○	○
10		<i>Eclipta prostrata</i>	Th		○					○	○		
11		<i>Bidens frondosa</i>	Th	*	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12		<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i>	Th			○		○		○	○	○	○
13		<i>Ixeris dentata</i>	H							○			
14		<i>Xanthium strumarium</i>	Th	*				○			○		○
15		<i>Centipeda minima</i>	Th								○	○	
16		<i>Youngia sonchifolia</i>	Th									○	○
17		<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>	Th	*									○
18		<i>Bidens pilosa</i> L	Th	*				○					
19		<i>Hemistepta lyrata</i>	H					○					
20		<i>Gnaphalium affine</i>	Th		○				○				
21		<i>Taraxacum mongolicum</i>	H		○								
22		<i>Taraxacum officinale</i>	H	*	○				○				
23		<i>Sonchus oleraceus</i>	Th	*	○	○							
24		<i>Youngia japonica</i>	H		○								
25		<i>Patasites japonicus</i>	H			○							
26		<i>Sonchus asper</i>	Th	*	○								
27	Rubiaceae	<i>Rubia akane</i>	G		○	○						○	
28	Labiatae	<i>Salvia plebeia</i>	H			○							
29	Commelinaceae	<i>Arenaria serpyllifolia</i>	H			○							
30		<i>Commelina communis</i>	Th		○	○	○			○	○	○	○
31	Crassulaceae	<i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i>	M				○						
32	Euphorbiaceae	<i>Acalypha australis</i>	Th		○	○	○		○	○	○		
33		<i>Euphorbia supina</i>	H	*						○			○
34	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	H	*			○	○	○	○	○		
35		<i>Persicaria blumei</i>	Th		○	○				○		○	
36		<i>Persicaria thunbergii</i>	Th				○	○		○	○	○	○
37		<i>Polygonum aviculare</i>	Th		○	○						○	
38		<i>Persicaria hydropiper</i>	Th		○								
39	Convolvulaceae	<i>Calystegia hederacea</i>	H						○	○	○		
40		<i>Calystegia japonica</i>	H							○	○	○	
41		<i>Ipomoea batatas</i>	G										○
42		<i>Cuscuta australis</i>	Th		○								○
43		<i>Cuscutapentagona</i>	Th	*				○					
44	Chenopodiaceae	<i>Chenopodium ficifolium</i>	Th	*	○		○	○			○		
45		<i>Chenopodium album</i> L.	Th	*				○	○				
46		<i>Chenopodium album</i> var. <i>centrorubrum</i>	Th				○						
47	Pontederiaceae	<i>Monochoria vaginalis</i> var. <i>plantaginea</i>	HH							○	○		○
48		<i>Monochoria korsakowi</i>	HH			○							
49	Ranunculaceae	<i>Clematis apiifolia</i>	N		○	○	○				○	○	○
50	Onagraceae	<i>Ludwigia prostrata</i>	H		○					○			
51	Onagraceae	<i>Oenothera odorata</i>	H	*			○	○					○
52	Asclepiadaceae	<i>Metaplexis japonica</i>	G					○			○		○
53	Menispermaceae	<i>Menispermum dauricum</i>	N										○
54	Liliaceae	<i>Scilla scilloides</i>	G										○
55		<i>Hemerocallis fulva</i>	G		○	○							
56	Salicaceae	<i>Salix gracilistyla</i>	N								○		○
57	Gramineae	<i>Oryza sativa</i>	Th		○					○	○	○	○
58		<i>Setaria viridis</i>	Th		○		○	○	○	○	○	○	○
59		<i>Digitaria sanguinalis</i>	Th		○	○	○	○	○	○	○	○	○
60		<i>Echinochloa crus-galli</i>	Th		○	○	○	○		○	○	○	○
61		<i>Eleusine indica</i>	Th							○	○		
62		<i>Eragrostis ferruginea</i>	H							○	○		
63		<i>Alopecurus aequalis</i> var. <i>amurensis</i>	Th								○	○	
64		<i>Phragmites communis</i>	G					○			○	○	
65		<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>oryzicola</i>	Th									○	○

Appendix 1. The list of plants at 10 study sites.

Family	Botanic Name	L.F	N.P	Single		Multi		Glass		Paddy				
				BYs	JJs	BYm	JJm	GMg	GJg	GMp	GJp	BYp	JJp	
66	Gramineae	<i>Arthraxon hispidus</i>	Th				O						O	
67		<i>Lolium perenne</i>	H	*			O							O
68		<i>Setaria faberii</i>	Th											O
69		<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>frumentacea</i>	Th											O
70		<i>Agropyron tsukushiense</i> var. <i>transiens</i>	Th				O	O	O					
71		<i>Bromus japonicus</i>	Th					O						
72		<i>Miscanthus sinensis</i> var. <i>purpurascens</i>	H					O						
73		<i>Eragrostis multicaulis</i>	Th						O					
74		<i>Zoysia japonica</i>	H						O					
75		<i>Andropogon ischaemum</i>	H		O									
76	Amaranthaceae	<i>Achyranthes japonica</i>	H		O	O			O	O	O	O	O	O
77		<i>Amaranthus mangostanus</i>	Th							O		O		
78	Moraceae	<i>Morus alba</i>	M						O					
79	Cyperaceae	<i>Cyperus microiria</i>	Th			O				O				
80		<i>Cyperus iria</i>	Th							O	O			
81		<i>Cyperus orthostachyus</i>	Th							O		O		
82		<i>Cyperus amuricus</i>	Th		O		O		O		O	O	O	
83		<i>Scirpus radicans</i>	H			O							O	
84		<i>Cyperus difformis</i>	Th			O							O	
85	Umbelliferae	<i>Oenanthe javanica</i>	H				O				O		O	O
86		<i>Caucalis scabra</i>	H											O
87	Cannabaceae	<i>Humulus japonicus</i>	Th				O	O	O		O			O
88	Caryophyllaceae	<i>Aneilema keisak</i>	Th			O								
89		<i>Cerastium holosteoides</i> var. <i>hallaisanense</i>	Th									O	O	O
90		<i>Dianthus superbus</i> var. <i>longicalycinus</i>	H									O		
91		<i>Stellaria media</i>	Th									O	O	O
92		<i>Stellaria aquatica</i>	H		O									
93	Equisetuaceae	<i>Equosetum arvense</i>	G			O					O	O	O	O
94	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i>	Th								O	O	O	O
95	Cruciferae	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	Th									O	O	O
96		<i>Cardamine flexuosa</i>	Th										O	
97		<i>Rorippa islandica</i>	H		O	O							O	O
98		<i>Rorippa indica</i>	H			O								O
99		<i>Lepidium apetalum</i>	Th	*						O				
100		<i>Thlaspi arvense</i>	Th	*			O							
101	Urticaceae	<i>Boehmeria spicata</i>	CH					O						
102	Primulaceae	<i>Androsace umbellata</i>	H			O								
103	Papaveraceae	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i>	Th								O			O
104	Rosaceae	<i>Duchesnea chrysantha</i>	H								O		O	O
105		<i>Sedum sarmentosum</i>	H			O	O							
106		<i>Rosa multiflora</i>	N				O							
107		<i>Rubus parvifolius</i>	N											O
108		<i>Fragaria ananassa</i>	H			O								
109	Violaceae	<i>Viola mandshurica</i>	H		O						O	O		O
110	Geraniaceae	<i>Geranium nepalense</i> subsp. <i>thunbergii</i>	H				O							
111		<i>Geranium sibiricum</i>	H								O		O	
112	Boraginaceae	<i>Trigonotis peduncularis</i>	H			O						O		
113		<i>Trigonotis nakaii</i>	H											O
114	Plantaginaceae	<i>Plantago asiatica</i>	H			O	O					O		
115	Pedaliaceae	<i>Sesamum indicum</i>	Th										O	
116	Cupressaceae	<i>Juniperuschinensis</i>	M										O	
117	Leguminosae	<i>Kummerowia stipulacea</i>	Th						O	O	O	O	O	O
118		<i>Pueraria thunbergiana</i>	M								O			
119		<i>Glycine soja</i>	Th				O				O		O	O
120		<i>Amphicarpaea edgeworthii</i> var. <i>trisperma</i>	Th								O			O
121		<i>Trifolium repens</i>	CH	*			O	O				O		
122		<i>Lespedeza cuneata</i>	CH									O	O	O
123		<i>Aeschynomene indica</i>	Th									O	O	O
124		<i>Glycine max</i>	Th										O	O
125		<i>Cassia tora</i>	Th											O
126		<i>Vicia amoena</i>	H			O								
127	Alismataceae	<i>Sagittaria aginashi</i>	HH									O	O	
128	Scrophulariaceae	<i>Lindernia micrantha</i>	Th			O	O				O	O	O	
129		<i>Mazus pumilus</i>	Th			O	O				O		O	
130		<i>Veronica arvensis</i>	Th	*								O		
131		<i>Veronica polita</i> var. <i>lilacina</i>	Th			O								