

시설원예단지과 논습지의 조류서식 및 다양성 비교분석 연구

손진관 · 이시영* · 강동현 · 박민정 · 윤성욱 · 김남춘** · 공민재*** · 최덕규
농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부 · *농촌진흥청 국립농업과학원 기획조정과
단국대학교 녹지조경학과 · *농촌진흥청 국립농업과학원 농업환경부

The Comparative Studies on the Avian Diversity in Protected Horticulture Complex and Paddy Wetland

SON, Jinkwan · LEE Siyoung* · KANG DongHyeon · PARK Minjung · YUN Sungwook ·
KIM Namchoon** · KONG Minjae*** · CHOI Duckkyu

Dept. of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences, RDA,

**Dept. of Planning and Coordination, National Institute of Agricultural Sciences, RDA,*

***Dept. of Landscape Architecture, Dankook University,*

****Dept. of Agricultural Environment, National Institute of Agricultural Sciences, RDA*

ABSTRACT : We examined the impact of paddy wetland's avian-diversity on the development of the protected horticulture complex. The results of this study were made to propose ecological protected horticulture complex and development direction suitable for avian habitat. The total number of species surveyed was analyzed as 1168 individuals in 11 orders 26 families and 36 generic 48 species. Type average was analyzed as paddy 17.25±4.83 species and 74.50±38.08 individuals, glass 10.00±0.82 species and 46.75±2.06 individuals, single 13.75±7.27 species and 59.50±35.34 individuals, multi 8.75±0.96 species and 36.75±9.29 individuals. Paddy showed higher species diversity than protected horticulture complex. The average number of species surveyed for one year was glass 14±2.83, multi 12±1.41, single 18±11.31, and paddy 26±11.31. The diversity difference was identified as paddy> single> glass and multi. Statistical analysis showed statistical difference of Ciconiiformes. Development of protected horticulture complex causes loss of avian habitat. The diversity index was glass 1.73±0.07, multi 1.68±0.14, single 1.91±0.47, and paddy 2.29±0.17. Paddy has a higher species diversity than the protected horticulture complex. For the purpose of ecological protected horticulture complex, detention ponds, artificial wetlands and habitats should be reflected in the design. This should be applied to reclamation areas or large-scale protected horticulture complexes.

Key words : Agricultural Ecosystem, Bio-diversity, Bird, Ecosystem Service, Greenhouse

1. 서 론

인간이 생태계로부터 제공받는 다양한 기능을 일컬어 생태계서비스라 하며(Daily, 1997; Palmer et al., 2004), 이것은 자연과 인간의 연관성, 경제적 혜택 등으로 정의된다(Lee, 2013; Odum, 1959; Vihervaara et al., 2010). 국내

농업생태계(Agricultural Ecosystem)는 국토면적의 약 23%를 차지하는 자연생태계의 주요 토지이용으로 평가된다(Kang, 2009). 농업생태계의 주요 기능은 식량생산과 공급이지만 홍수조절, 생물서식처, 기후완화, 토양보전, 경관창출, 수질정화 등 다양한 서비스를 제공하는 공간으로 평가받는다(A.G. Power, 2010; Kim and Oh, 2003; Kim, 2005; Kong et al., 2013; Lee et al., 2003; Son et al., 2015). 하지만 화학비료사용, 단일작물생산, 비점오염 증가, 토지이용의 급격한 변화 등은 다양한 공익적 기능을

Corresponding author : CHOI Duckkyu
Tel : 063-238-4090
E-mail : chdukk@korea.kr

제공하는 농업생태계에 위협요인이 된다(Kim, 2005; Son et al., 2015).

한편, 국내 농업은 각종 FTA(Free Trade Agreement), 고령화, 벼농사 가격하락 등 다양한 위기에 처해 있다(Kang et al., 2015). 이러한 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).

하지만 이러한 시설원예 산업의 확장은 농업생태계의 중요 위협요인인 토지이용의 급격한 변화를 초래했고 이것은 불투수 면적 확장으로 환경적 기능 손실을 가져와 생물다양성에도 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 이러한 토지이용변화에 따른 생물다양성에 미치는 영향을 분석하는 것은 주요한 과제이며(Dunning et al., 1992; Bestelmeyer et al., 2003), 어떤 서식처에서 면적과 생물종이 밀접한 상관관계로 설명되는 것과 같이(Holt et al., 1999), 특정 토지이용과 생물다양성 사이의 연관성은 연구를 통해 찾아 낼 수 있다(Gustafson, 1998; Tischendorf, 2001; Turner et al., 2001). 세계적으로 지난 50여 년간 농업과 임업의 발달은 서식지의 감소를 야기 시켰으며(Kang, 2009), 그로 인해 생물다양성과 생태계서비스 또한 현저히 감소되고 있는 것으로 평가되었다. 농업경관에서 시설원예단지 조성은 불투수면적 확장과 생물서식처 손실로 인해 생태계서비스 기능저하의 원인이 될 수 있다고 평가되고 있다(Palmer et al. 2004; Kang et al., 2015).

생물다양성 분야 중 조류의 종다양성은 식생구조와 밀접한 관계가 있으며(Willson, 1974), 실제로 자연 하안 지역이 인공 하안지역보다 조류서식에 더 적합하며 종다양성이 높다는 연구결과가 있다(Anderson et al., 1983). 농경지나 초지에서 채식을 하는 수면성 오리류를 포함한 농경지를 이용하는 조류에게 식생구조, 토지이용, 기후변화, 침입종 등의 급격한 변화는 서식에 지대한 영향을 줄 수밖에 없게 된다(Kim et al., 2012; Loesh and Kaminski, 1989). 기본적으로 조류는 먹이섭취, 은신처, 이동통로 등의 공간이 필수적이며(Yang, 2016), 조류서식을 위한 핵심구성요소로 번식지, 채식지, 월동지, 휴식지, 취침지 등을 위한 산림, 초지, 저수지, 습지, 모래, 자갈, 기수지 등이 필요한 것으로 보고되고 있다(MOE, 2011; Woo, 1989; Lee, 1994). 최근에는 야생조류에 관한 연구가 활발하게 진행되어 대체서식지(Jung, 2008; An, 2011; Hwang, 2011), 철새(Hahm and Yu 1993; Min, 1994), 복

원(Lee et al., 2014; , Park et al., 2016) 등의 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 다양한 종의 유입과 서식을 위해서는 다양한 형태의 채식 및 번식공간이 필요한 것으로 보고되고 있다(Pyo and You, 2011).

따라서 본 연구는 농업생태계 중 조류의 서식처로서 중요한 토지이용의 하나인 논습지의 조류 다양성을 조사하고, 시설원예단지로 변화하였을 때를 가정하여 비슷한 면적의 시설원예단지의 조류다양성을 평가하고 비교하였다. 연구를 통해 논습지와 시설원예단지의 조류다양성에 대한 비교를 실시하고 시설원예단지의 조성이 조류의 종다양성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 하였다. 연구결과는 시설원예 농업의 환경적, 생태적 문제점 거론과 지속가능한 농업경관 제공을 위해 실시되었으며, 연구결과를 활용하여 생태적 온실단지 조성을 제안하고자 하였다. 이러한 연구결과들을 취합하여 새만금 등 대규모 간척지 개발 사업에 친환경, 생태적인 시설원예단지가 조성 될 수 있도록 예산배정 등 국가 정책자료에 활용되길 기대한다.

II. 조사 및 분석방법

2.1 연구대상지

연구대상지는 시설원예단지 분포현황을 고려해 단동형비닐하우스(s; Single Vinyl Greenhouse), 연동형비닐하우스(m; Multi Vinyl Greenhouse), 유리온실(g; Glass Greenhouse)로 구분하였다.

시설원예단지의 조류분포특성을 농업경관의 주요 토지이용과 비교하기 위하여 해당 대상지와 인접하고 면적이 비슷한 논(p; 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 지역을 중심으로 조사하였다(Table 1).

2.2 연구 및 분석방법

조류는 활동반경과 생태특성을 고려하여 선조사법(line census)과 정점조사법(spot census)을 병행하여 실시하였으며, 선조사법은 1km/30min 속도로 보행하면서 쌍안경(Nikon, 10×36)으로 주변에서 관찰되는 조류를 동정, 기록하는 방법으로 기록하고 정점조사법은 10분간 한 장소에 머물면서 주변에서 관찰되는 종을 기록하는 방법으로 조사하였다. 조사는 2015년 5월과 9월 총 2회에 걸쳐 실시하였으며, 조사를 통해 확인된 종은 야외원색도감 한

Table 1. The present condition of study sites

Sites	Location		Type	Land-use	Size ¹⁾
GJg	Jeonbuk Gimjae Soon-dong	N 35° 82' 29. 68"	Glass Greenhouse	Mountain, Rice field, field, Road	13.00ha
		E 126° 91' 57. 73"			
GMg	Gyeongbuk Gumi-si Okgwon-ri	N 36° 33' 51. 69"	Glass Greenhouse	Road, Mountain, River	21.74ha
		E 128° 27' 94. 03"			
BYs	Chungnam Buyeo-gun Gahoe-ri	N 36° 16' 49. 27"	Single Greenhouse	River, field, Mountain, Road	77.24ha
		E 126° 99' 26. 31"			
JJs	Gyeongnam Jinju-si Wonoe-ri	N 35° 16' 19. 37"	Single Greenhouse	Mountain, House, River	29.97ha
		E 127° 95' 01. 45"			
BYm	Chungnam Buyeo-gun Cheongpo-ri	N 36° 15' 58. 84"	Multi Greenhouse	River, field, Road	75.24ha
		E 126° 98' 64. 52"			
JJm	Gyeongnam Jinju-si Deokgok-ri	N 35° 22' 29. 20"	Multi Greenhouse	House, Mountain, Road, River	81.04ha
		E 128° 18' 54. 71"			
GJp	Jeonbuk Gimjae Soon-dong	N 35° 82' 52. 29"	Paddy	Rice field, Road, field, House	13.00ha
		E 126° 91' 67. 60"			
GMp	Gyeongbuk Gumi-si Gubong-ri	N 36° 34' 34. 74"	Paddy	Mountain, River, Rice field, Road	23.78ha
		E 128° 27' 80. 94"			
BYp	Chungnam Buyeo-gun Gandae-ri	N 36° 15' 83. 36"	Paddy	Rice field, River, Road, Mountain	93.27ha
		E 126° 93' 83. 36"			
JJp	Gyeongnam Jinju-si Gajin-ri	N 35° 21' 49. 54"	Paddy	Rice field, field, Road, River	73.72ha
		E 128° 20' 98. 27"			

Table 2. The analysis method of environment evaluation

Analysis	Method	Explanation
Dominance Index (McNaughton, 1967)	$DI = (n1 + n2) / N$	n1, n2 : 1,2 Number of individuals Dominant Species, N : Number of Total Species
Diversity Index (Shannon Index, H' 1963)	$H' = -\sum_{i=1}^s [(ni/N) \cdot \ln(ni/N)]$	ni : i Number of individuals Dominant Species, N : Total Number of Species
Evenness Index (Pielou, 1975)	$E' = H' / \ln S$	E' : Evenness Index, H' : Diversity Index, S : Total number of species
Richness Index (Margalef, 1958)	$RI = (S - 1) / \ln(N)$	RI : Richness Index, N : Total Number of Species, S : Total number of species

국의 새(Lee et al., 2005)를 참고하여 분류 및 동정하였다. 군집분석(Community Analysis)은 우점도지수(DI : McNaughton's dominance index; McNaughton, 1967), 다양도지수(H' : Shannon-Wiever Function; Pielou, 1969), 풍부도지수(RI : Richness index; Margalef, 1958), 균등도지수(EI : Evenness index; Pielou, 1975) 등 총 4가지 군집지수(Community Indices) 분석을 실시하였다(Table 2). 통계 분석은 SPSS(WIN 19.0)을 이용하여 개체수, 출현종에 따라 유형별 분석, 군집분석결과도 동일하게 진행하였다.

III. 결과 및 고찰

3.1 연구대상지 출현 조류 일반 현황

본 연구에서 조사된 종은 총 11목 26과 36속 48종 1,168개체로 분석되었으며, 종 조성은 일반적으로 농업 생태계에서 많이 출현하는 참새(*Passer montanus*), 직박구리(*Hypsipetes amaurotis*), 까치(*Pica pica*) 등으로 민가 및 시설물 등 인위적 간섭에 적응력이 뛰어난 종으로 국내 어디서든 흔히 관찰되는 종이 확인되었다. 연구대상지 유형별로 조사된 종은 Appendix 1.에 기재하였다.

연구대상지 유형별 출현 종과 개체수에 대한 2회 조사 결과는 논이 17.25±4.83종 74.50±38.08개체, 유리온실 10.00±0.82종 46.75±2.06개체, 단동형온실 13.75±7.27종 59.50±35.34개체, 연동형온실 8.75±0.96종 36.75±9.29개체로 분석되었다. 통계적으로 분석한 결과 논 유형이 유리온실, 연동형온실, 단동형온실 유형에 비해 종다양성이 높게 분석된 것을 99.99% 유의수준으로 확인하였다(table

Table 3. Characteristics of bird distribution by study site types

Site		Order	Family	Genus	Species	Individual
GJg	First	4	10	10	10	47
	Second	3	9	10	11	44
GMg	First	3	9	10	10	47
	Second	4	8	9	9	49
BYs	First	6	17	20	21	88
	Second	4	14	17	19	92
JJs	First	3	7	7	7	32
	Second	2	6	7	8	26
BYm	First	4	9	10	10	36
	Second	4	7	8	8	24
JJm	First	3	8	9	9	42
	Second	2	8	8	8	45
GJp	First	4	11	13	13	67
	Second	6	13	15	15	63
GMp	First	7	14	17	18	50
	Second	6	14	15	15	41
BYp	First	7	20	24	25	138
	Second	9	20	23	24	134
JJp	First	5	10	11	12	52
	Second	8	13	15	16	51
Total species		11	26	36	48	1168

Table 4. Number of individuals and species of bird at statistical analysis

Classification	Glass		Multi		Single		Paddy		F	post-hoc
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D		
Order	3.50a	0.58	3.25a	0.96	3.75a	1.71	6.50b	1.60	7.64**	G,S,M<P
Family	9.00a	0.82	8.00a	0.82	11.00ab	5.35	14.38b	3.74	3.99*	G,M<S<P
Genus	9.75a	0.50	8.75a	0.96	12.75ab	6.75	16.63b	4.60	4.07*	G,M<S<P
Species	10.00a	0.82	8.75a	0.96	13.75ab	7.27	17.25b	4.83	4.11*	G,M<S<P
Individual	46.75a	2.06a	36.75a	9.29	59.50a	35.34	74.50a	38.08a	N.S	P,G,S,M

* Test result is statistically significant at the P = 0.05 level(*), 0.01 level(**), N.S = Not significant result.

4). 따라서 농업생태계의 조류 중 다양성을 위해서는 시설원예단지 설계 시 조류가 쉬고 먹이활동을 할 수 있는 서식처가 필요한 것으로 판단된다(Table 5).

Kim et al.(2013)의 연구에 의하면 국내 논습지를 이용하는 조류는 47과 279종이지만 본 연구에서 조사 된 종

은 총 48종이 조사되었다. 이것은 연간 2회 조사에 그쳤을 뿐 아니라 논을 이용하는 조류의 약 52%가 겨울철새이지만 본 연구에서는 겨울 조사를 포함하지 않아 낮은 분포 조사결과를 보인 것으로 판단된다. 하지만 본 연구는 해당지역의 조류상 전체를 분석하는데 초점이 있

Table 5. Comparison of bird diversity by study site types

Classification	Glass		Multi		Single		Paddy			
	GMg	GJg	BYm	JJm	BYs	JJs	GMp	GJp	BYp	JJp
Order	4	5	4	3	6	3	6	6	9	8
Family	11	12	9	9	17	8	16	16	23	14
Species	12	16	13	11	26	10	22	18	34	18
Individual	96	91	60	87	180	58	91	130	272	103

는 것이 아니라 해당지역의 논습지와 시설원예단지 조류 분포를 정량적으로 평가하는데 있어 낮은 종 조성이지만 평가에 활용하였다.

2회 조사를 통해 출현한 조류의 연간 종 조성은 Table 5와 같이 구미유리온실이 11과 12종인 반면 동일면적 인근 논은 16과 22종으로 차이가 확인되었다. 김제지역은 유리온실 16종 논이 18종으로 2종의 차이가 확인되었으며, 부여지역은 연동형 비닐온실이 13종인데 반해 단동형 비닐온실이 26종, 논이 18종으로 확인되었다. 진주지역은 연동 11종, 단종 10종 인데 반해 논이 18종으로 차이가 확인되었다. 통계적으로 살펴보면 유리온실이 14±2.83종, 연동형온실이 12±1.41종, 단동형온실이 18±11.31종 인데 반해 논이 26±11.31종으로 확인되어 논>단동형온실>유리온실, 연동형온실 순으로 다양성이 차이가 난다고 할 수 있다. 이것은 사전 연구를 통해 살펴 본 식생, 곤충과 같은 경향으로 온실의 불투수 피복면적이 높을수록 서식처 및 먹이처 등이 사라지는 것으로 판단 할 수 있다(Son, et al., 2015a; 2015b).

특히, 진주지역의 경우 연동형 온실에서 확인되지 않은 황조롱이(천연기념물 323-8호), 새호리기(멸종위기야생생물 II 급)는 논습지를 이용하는 종으로서 논에 대한

의존도는 높지 않지만 보호 할 만한 가치가 있는 종으로 평가한다(Kim et al., 2013). 논습지에서 먹이 활동하는 보호종 모습이 관찰된 만큼 주변의 온실단지에 비해 논이 조류서식처로서 가치가 인정되었다고 판단할 수 있다. 더불어 유리온실의 경우 닛새류가 내부로 진입 후 다시 외부로 나가지 못해 사체로 발견되는 온실킬(Grasshouse Kills)이 확인 되었다(Figure 1). 이것은 유리온실이 조류의 서식에 방해가 될 뿐 아니라 위협적인 구조물이 될 수 있다는 조사결과로 최근 조류 충돌 및 위협을 방지하기 위한 건축 디자인 Bird-Safe Buildings(San Francisco Planning Department, 2011), Bird-Friendly Best Practices Glass(City of Toronto, 2016), Bird-friendly Building Design(American Bird Conservancy, 2011)등의 구성요소 집목을 고려 해 볼 필요가 있다고 판단된다.

목별 출현 종(Species)의 양상에 대한 유형별 일원배치 분석결과(ANOVA) 황새목(Ciconiiformes)이 논에서 3.13±1.13종 조사된 반면 유리온실, 연동형온실, 단동형온실에서 0~1종이 조사되어 99% 이내에서 통계적 유의성을 확인되었다(Table 6). 세부적으로 살펴보면 황새목의 왜가리, 중대백로, 쇠백로, 황로, 검은대기해오라기, 해오라기가 논에서 집중적으로 출현했지만 시설원예단지에서는 낮은 출현 빈도로 확인되었다. 황새목은 수심 50cm 미만의 얕은 하천이나 논에서 주로 활동하는 특성으로(Kim, 2006; Son et al., 2011), 본 연구대상지와 같은 시설원예단지 개발은 황새목의 서식처의 손실을 가져오는 것이 생물조사를 통해 입증되었다고 할 수 있다. 또한 두견목(Cuculiformes)에서도 단동형보다는 연동형, 연동형보다는 논이 높게 통계 분석되었다(Table 6).

이 외에도 매가치과(Laniidae), 딱따구리과(Picidae), 매과(Falconidae) 등이 통계적으로는 인정되지 않았지만 논과 차이가 확인되었다. 개별종별로 차이가 확인된 종은 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*), 잠작도요(*Tringa hypoleucos*), 삵꾸기(*Cuculus canorus*), 제비(*Hirundo rustica*), 찌르레기(*Sturnus cineraceus*), 붉은머리오목눈이



Figure 1. The glasshouse kills of birds

Table 6. Species and individual numbers at statistical analysis.

Classification		Glass		Multi		Single		Paddy		F	post-ho
		Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D		
Species	Ciconiiformes	0.00a	0.00	1.00a	1.15	0.75a	0.96	3.13b	1.13	11.32***	G,S,M<P
	Cuculiformes	0.00a	0.00	0.25ab	0.50	0.00a	0.00	0.75b	0.46	5.45**	G,S<M<P
Individual	Ciconiiformes	0.00a	0.00	1.00a	1.41	1.50a	1.91	9.75b	6.54	6.51**	G,M,S<P
	Cuculiformes	0.00a	0.00	0.00a	0.00	0.25ab	0.50	0.75b	0.46	5.45**	G,M<S<P

* Test result is statistically significant at the P = 0.01 level(**), 0.001 level(***).

(*Paradoxornis webbiana*) 등으로 서식처는 논이 아니지만 먹이처 및 휴식처로서 논습지를 이용한다고 판단 해 볼 수 있다(NIBR, 2018). 실제로 논에 의존도가 높은 종으로 흰뺨검둥오리와 황로(*Bubulcus ibis*) 등을 대상으로 한 연구가 있다(Kim et al., 2013).

목별 출현 개체수(Individual)에 대한 유형별 일원배치 분석결과(ANOVA) 목별 출현종 통계분석과 동일하게 황새목(Ciconiiformes)과 두견목(Cuculiformes)을 제외한 다른 목에서는 통계적 유의성은 확인되지 않았지만 논, 단동형온실 순으로 출현개체수가 높게 조사되었다. 반면 유리온실 유형과 연동형온실 유형은 논과 단동형온실에 비해 조사 된 개체수가 낮게 분석되었다. 조사 대상지별로 조사된 개체수의 편차가 심해 통계적 유의성은 확인되지 않았다(Table 6).

3.2 연구대상지 출현 조류 다양성 군집분석

연구대상지별 출현종의 다양성 군집분석 결과는 Table 7과 같다. 우점종(Dominance Species) 및 아우점종(Sub-dominance Species)은 시설원에 지역 6개소 12조사에서 모두 참새(*Passer montanus*)가 우점하였으며, 아우

점종은 직박구리(*Hypsipetes amaurotis*) 5개소, 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbiana*)와 까치(*Pica pica*)가 각 2개소로 분석되었다. 논 4개소 8번의 조사에서 우점종 및 아우점종은 참새가 5회, 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbiana*) 4회, 제비(*Hirundo rustica*) 4회 등으로 분석되었다. 우점도지수(DI)는 유리온실이 평균 2.28±0.31, 연동 2.24±0.51, 단동 2.77±0.99인데 반해 논이 3.34±0.78로 높은 차이가 확인되었다. 이것은 논을 이용하는 참새, 직박구리, 제비의 출현빈도가 높아 평가된 결과이다.

종 다양도지수(H')를 살펴보면 부여의 경우 논>단동형>연동형, 진주의 경우 논>연동형, 구미, 김제는 논>유리온실로 분석되어 전체적으로 시설원에단지가 종 다양도가 낮음을 확인하였다(Table 7, Table 8). 유형별로는 유리온실이 1.73±0.07, 연동 1.68±0.14, 단동 1.91±0.47 인데 반해 논은 2.29±0.17로 통계적으로도 논이 시설원에 단지 보다 종 다양성이 높다는 차이가 확인되었다. 더불어 연동이나 유리온실 보다는 피복면적이 적은 단동형 온실에서 조류의 다양성과 풍부도가 높으므로 적정 피복 면적을 알아볼 필요도 있다고 판단된다. 이런 연구결과로 미루어 미래형 친환경 시설원에단지 조성을 위해서는

Table 7. The various community analysis at study sites.

Site		Dominance Species	Sub-dominance Species	DI	H'	RI	EI
GJg	First	<i>Passer montanus</i>	<i>Hirundo rustica</i>	2.47	1.71	2.34	0.74
	Second	<i>Passer montanus</i>	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	2.20	1.78	2.64	0.74
GMg	First	<i>Passer montanus</i>	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	1.88	1.64	2.34	0.71
	Second	<i>Passer montanus</i>	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	2.58	1.78	2.06	0.81
BYm	First	<i>Passer montanus</i>	<i>Streptopelia orientalis</i>	1.89	1.64	2.51	0.71
	Second	<i>Passer montanus</i>	<i>Parus major</i>	2.00	1.65	2.20	0.79
JJm	First	<i>Passer montanus</i>	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	3.00	1.88	2.14	0.86
	Second	<i>Passer montanus</i>	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	2.05	1.54	1.84	0.74
BYs	First	<i>Passer montanus</i>	<i>Paradoxornis webbiana</i>	4.00	2.46	4.47	0.81
	Second	<i>Passer montanus</i>	<i>Paradoxornis webbiana</i>	3.07	2.13	3.98	0.72
JJs	First	<i>Passer montanus</i>	<i>Pica pica</i>	2.29	1.55	1.73	0.80
	Second	<i>Passer montanus</i>	<i>Pica pica</i>	1.73	1.48	2.15	0.71
GJp	First	<i>Paradoxornis webbiana</i>	<i>Hirundo rustica</i>	3.72	2.12	2.85	0.83
	Second	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Paradoxornis webbiana</i>	4.50	2.30	3.38	0.85
GMp	First	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Passer montanus</i>	2.78	2.37	4.35	0.82
	Second	<i>Hirundo rustica</i>	<i>Passer montanus</i>	2.73	2.22	3.77	0.82
BYp	First	<i>Passer montanus</i>	<i>Paradoxornis webbiana</i>	3.83	2.48	4.87	0.77
	Second	<i>Paradoxornis webbiana</i>	<i>Passer montanus</i>	4.32	2.42	4.70	0.76
JJp	First	<i>Passer montanus</i>	<i>Sturnus cineraceus</i>	2.36	1.98	2.78	0.80
	Second	<i>Passer montanus</i>	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	3.19	2.39	3.82	0.86

Table 8. The statistical analysis of community analysis at study site type.

Classification	Glass		Multi		Single		Paddy		F	post-hoc
	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D	Mean	S.D		
DI	2.28 ^a	0.31	2.24 ^a	0.51	2.77 ^{ab}	0.99	3.43 ^b	0.78	3.533*	M,G<S<P
H	1.73 ^a	0.07	1.68 ^a	0.14	1.91 ^a	0.47	2.29 ^b	0.17	7.872*	M,G,S<P
RI	2.35 ^a	0.24	2.17 ^a	0.27	3.08 ^{ab}	1.35	3.82 ^b	0.79	5.100*	M,G<S<P
EI	0.75 ^a	0.04	0.78 ^a	0.07	0.76 ^a	0.05	0.81 ^a	0.04	N.S	G,S,M,P

* Test result is statistically significant at the P = 0.05 level(*), N.S = Not significant result.

조류의 먹이원이 될 수 있는 저류지, 인공습지가 필요할 것으로 판단되며, 일부 지역은 논으로 보전하여 조류가 될 수 있는 공간으로 유지된다면 종다양성은 높아질 수 있다고 판단된다.

IV. 결론

인간이 생태계로 부터 다양한 서비스를 제공받고 있고 논습지도 그 유형의 하나이다. 하지만 시설원에 산업의 확장은 불투수 면적을 확장시켜 논습지의 위협으로 평가된다. 본 연구는 논습지와 시설원예단지의 조류다양성에 대해 비교하여 생태적 온실단지 조성을 제안하고 바람직한 개발방향을 제시하기 위해 이루어 졌다.

연구결과 논이 시설단지에 비해 종 다양성이 높게 분석된 것을 통계적으로 확인하고 시설원예단지 설계 시 조류가 쉬고 먹이활동을 할 수 있는 서식처 조성 및 유지를 제안하였다. 통계적으로 논>단동형온실>유리온실, 연동형온실 순으로 다양성이 차이가 확인됐고 원인으로 불투수 면적 및 개발공간을 거론하여 논습지의 조류다양성 유지를 위한 서식처 보전을 제안하였다. 특별 출현종에 대한 통계분석 결과 논에서 왜가리, 중대백로, 쇠백로, 황로, 검은댕기해오라기, 해오라기 등 황새목이 3.13±1.13종 조사된 반면 유리온실, 연동형온실, 단동형온실에서 0~1종이 조사되어 통계적 차이를 확인하였다. 논은 황새목의 중요한 먹이처로 본 연구대상지와 같은 시설원예단지 개발은 황새목 서식처의 손실을 가져오는 것을 확인 할 수 있었다. 더불어 유리온실로 인한 방해와 위협을 해결하기 위한 추가 연구를 제안하였다. 출현종의 다양성 군집분석 결과 시설원에 12조사에서 모두 참새가 우점하고 직박구리, 붉은머리오목눈이와 까치가 아우점하는 것으로 분석되었고 우점도지수는 유리온실이 평균 2.28±0.31, 연동 2.24±0.51, 단동 2.77±0.99인데 반해 논이 개별 종의 출현 빈도가 높아 3.34±0.78로 차이가

확인하였다. 다양도지수는 유리온실이 1.73±0.07, 연동 1.68±0.14, 단동 1.91±0.47 인제 반해 논이 2.29±0.17로 시설원예단지 보다 종 다양성이 높다는 차이가 확인되었다. 따라서 조류가 다양한 친환경 시설원예단지 조성을 위해서는 조류의 먹이원이 될 수 있는 저류지, 인공습지가 필요할 것으로 판단되며, 조류의 서식처로서 논의 보전을 위해 서식처, 휴식공간 등의 배려가 시설원예단지 설계 등에 반영할 것을 제안하였다.

연구결과는 지속가능한 농업생태계 유지를 위해 시설원예단지의 환경적, 생태적 문제점을 거론하여 생물다양성이 보전 될 수 있는 생태적 온실단지 조성을 제안하고자 하였다. 연구결과는 다른 생태, 환경 분야들을 취합하여 앞으로 이루어 질 간척지 개발 사업 및 대규모 시설원예단지 조성 사업 시 설계 등에 반영 할 수 있는 정책자료로 활용되길 기대한다.

연구는 2018년도 농촌진흥청 국립농업과학원 연구개발사업(PJ012654)에 의해 이루어진 것임.

References

1. An, CK (2011). A study on the evaluation of Substitute habitat of Gori-Salamander (*Hynobis yangi*), Graduate School of Hanyang University. Master thesis.
2. Anderson, BW, Ohmart, RD and Rice, J (1983). Avian and vegetation community structure and their seasonal relationships in the lower Colorado river wally. *Condor* 85: 392-405.
3. American Bird Conservancy. 2011. Bird-friendly Building Design.

4. Bestelmeyer, BT, Brown, JR, Havstad, KM, Alexander R, Chavez G, Herrick, JE (2003). Development and use of state-and-transition models for rangelands. *J. Range Manage.* 56(2), pp. 114-126.
5. City of Toronto. 2016. Bird-Friendly Best Practices Glass.
6. Daily, GC (1999). Developing a scientific basis for managing Earth's life support systems, *Conservation Ecology* 3(2) : 14.
7. Dunning, JB, Danielson, BJ (1992). Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* 65, pp. 468-475.
8. Gustafson, EJ (1998). Quantifying landscape spatial pattern. What is the state of the art? *Ecosystems* 1, pp. 143-156.
9. Gyeongnam Development Institute(GDI) (2009). Gyeongnam horticulture development of era of low carbon green growth.
10. Hahm, KH, Yu, JP (1993). Study on the Distribution of Migratory Birds in the Estuary of Nakdong-river, Environment Problems Research Institute, Kyungnam Univ, 15, pp. 81-93.
11. Holt, RD, Lawton, JH, Polis, GA, Martinez ND (1999). Trophic rank and the species area relationship. *Ecology* 80, pp. 1495-1504.
12. Hwang, SH (2011). A Study on the eDesign Process of Habitat Restoration for Cranes –A Case study of Gun-Nam Flood Control Area, Graduate School of Hanyang University. Master thesis.
13. Jung, YS (2008). A Planning Model for a Substitute Habitat of Wildlife based on Wetland-Case of Shinki Village Dang dong in Gunpo City, Graduate School of Sangmyung University. Doctorate thesis.
14. Kang, BH (2009). The Characteristics of Carabid Beetle (Coleoptera: Carabidae) Community in Four Different Habitat Types of Rural Landscapes. Seoul National University, Doctorate thesis.
15. Kang, DH, Lee, SY, Kim, JK, Choi, HK, Park, MJ, Yeon, JS and Son, JK (2015). The Meteorological Themes Selection for the Site Selection of Protected Horticulture Complex in Saemangeum. *Protected Horticulture and Plant Factory*, 24(4), pp. 1-9.
16. Kim, JH. (2005). Ecological land use planning considering the characteristics of urban ecosystem - a case study of Hanam, Gyeonggi province, Dissertation of University of Seoul. pp271.
17. Kim, JH. (2006). Studies on Wintering Ecology of Oriental White Stork *Ciconia boyciana* in Seosan AB Reclaimed area. Kongju University Master's Thesis.
18. Kim, JS, Hong SH and Oh, CH (2012). The characteristics of the bird communities by land-use types: the case study of Siheung city, Korea. *Kor. J. Env. Eco* 26(3): 313-321.
19. Kim, MR, Nam, HK, Kim, MH, Cho, KJ, Kang, KK and Na, YE. (2013). Status of Birds Using a Rice Paddy in South Korea. *Korean Journal of Environmental Agriculture*, 32(2):155-165.
20. Kim, SS and Oh, SI. (2003). Valuation of The Multifunctionality of Agriculture, *J. of Korea rural economic institute*, 26(2), pp. 47 – 58.
21. Kong, KS, Lee, CL and Lee, MH (2013). Evaluating Multifunctionality of Rice-Farming as regards Climate Change. *J. of Korean Agricultural Management and Policy*, 40(2) : 352-380.
22. Lee, KB, Kim, CH, Kim, JG, Lee, DB, Lee, SB and Na, SY. (2003) How Soil Characteristics and Vegetation Influence the Inflow of Sewage in a Tributary of the Mankyong River. Published by the Institute for Environmental Science, 12:9-21.
23. 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.
24. Lee, SW, Yun, EY, Kim, JK. (2014). Comparison Trends of Animal and Plant Ecosystems Before and After Stream Restoration, *Journal of Korean Society of Environment Technology*, 15(4) : 255-262.
25. Lee, W. (1994). Our new hundred things. Hyunahnsa.
26. Loesch, CR and Kaminski, RM. (1989). Winter bodyweight patterns of female mallards fed agricultural seed. *Journal of Wildlife Management* 53: 1081-1087.
27. Margalef, R. (1958) Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, 3, pp. 36-71.
28. McNaughton, SJ. (1967). Relationship among functional properties of California Glassland. *Nature*, 216, pp. 168-144.
29. Min, BY (1994). Organochlorine compound residues in the estuary of the Nakdong-river, the wintering

- place of migratory birds, Environment Problems Research Institute, Kyungnam Uni, 16, pp. 23-29.
30. National Institute of Biological Resources (NIER) (2018). The Biodiversity of Korea Webpage(<https://species.nibr.go.kr>).
 31. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA) (2014). 2014 Vegetable greenhouse status and vegetable production performance, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
 32. Ministry of Environment, Nature Conservation Bureau (2011). Guidelines for the creation and management of alternative habitats.
 33. Odum, EP (1959). Fundamentals of ecology, Philadelphia: W.B. Saunders Company, pp. 546.
 34. 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.
 35. Park, CY, Kim, HJ, Paik, IH, Jin, SD, Paek, WK and Lee JW (2016). The Intertidal Restoration and Relationship with Water birds According to Before and After Operation of Sihwa Lake Tidal Power Plant, Korean J. Environment Ecology, 30(3) : 320-327.
 36. Pielou (1969) Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. Amer. Nat., 100, pp. 463-465.
 37. Pielou, EC (1975) Ecological diversity. New York, John Wiley.
 38. Powe, AG (2010). Ecosystem services and agriculture : tradeoffs and synergies. Philos Trans R SocB, 365, pp. 2959-2971.
 39. Pyo, J.H. and You, Y.H. (2011). Classification of avian habitats based on vegetation types in urban and natural streams. Journal of Korean Wetlands Society 13(1): 67-77.
 40. San Francisco Planning Department. 2011. Standards for Bird-Safe Buildings.
 41. Son, JK, Kong, MJ, Kang, DH and Lee, SY (2015). A study on the improvement of Ecosystem Service Function for the Protected Horticulture Complex in Agricultural Landscape, Journal of the Korean Society of Rural Planning, 21(4) : pp. 45-53. 1.
 42. Son, JK, Sung, HC and Kang, BH (2011). The Study on the Selection of Suitable site for Palustrine Wetland Creation at Habitat Restoration Areas for Oriental stork(*Ciconia boyciana*). Journal of Wetland Research, 13(1), 95-104.
 43. Son, JK, Kong, MJae, Kang, DH, Park, MJ, Yun, SW and Lee, SY. (2016a). The Change Analysis of Plant Diversity in Protected Horticulture of Agricultural Ecosystems. Journal of Wetlands Research, 18(2):173-182.
 44. Son, JK, Kong, MJae, Kang, DH, Kang, BH, Yun, SW and Lee, SY. (2016b). The Comparative Studies on the Terrestrial Insect Diversity in Protected Horticulture Complex and Paddy Wetland. Journal of Wetlands Research, 18(4):395-402.
 45. Tischendorf L (2001). Can landscape indices predict ecological processes consistently?. Landsc. Ecol, 16, pp. 235-254.
 46. Turner DG, Gary W, Marianne G, David F (2001). Characteristics Of The Variable Star P Cygni Determined From Cluster Membership. JAAVSO, 29.
 47. Vihervaara, P, Raunkiaer, M, Walls, M (2010). Trends in ecosystem service research : early steps and current drivers. Ambio, 39(4), pp. 314-324.
 48. Willson, MF (1974). Avian community organization and habitat structure. Ecology 55: 1015-1030.
 49. Woo, HJ (1989). Migratory birds and protection measures. Nature protection No. 54 pp.12.
 50. Yang, DS (2016). A Study on Influence of Inhabitation Environment Change on the Avifauna – Focused on Sihwaho Lake, Graduate School of Sangmyung University. Doctorate thesis.

-
- Received 14 September 2018
 - First Revised 13 November 2018
 - Accepted 14 November 2018

Appendix 1. The list of bird at study sites.

Classification	GJg		GMg		BYm		JJm		BYs		JJs		GJp		GMp		BYp		JJp		Type of arrival ¹⁾
	1st	2st																			
<i>Order Ciconiiformes</i>																					
<i>Family Ardeidae</i>																					
<i>Ardea cinerea</i>						2			2	1			5	3	2	1	3	7	2	3	SV
<i>Egretta alba modesta</i>															3	1	2	6	5	3	SV
<i>Egretta garzetta</i>													2	1	2		12	5	2	1	SV
<i>Bubulcus ibis</i>						1			2	1							2	1			SV
<i>Nycticorax nycticorax</i>						1												1		3	SV
<i>Order Anseriformes</i>																					
<i>Family Anatidae</i>																					
<i>Anas poecilorhyncha</i>																		2		2	WV
<i>Order Falconiformes</i>																					
<i>Family Falconidae</i>																					
<i>Falco linnunculus</i>	1													1				1		1	Res
<i>Falco subbuteo</i>																	1		1		SV
<i>Order Galliformes</i>																					
<i>Family Phasianidae</i>																					
<i>Phasianus colchicus</i>			1	2	1				2						1		1	2			Res
<i>Order Gruiformes</i>																					
<i>Family Rallidae</i>																					
<i>Gallinula chloropus</i>																		1			SV
<i>Order Charadriiformes</i>																					
<i>Family Scolopacidae</i>																					
<i>Tringa hypoleucos</i>																1	2			2	SV
<i>Order Columbiformes</i>																					
<i>Family Columbidae</i>																					
<i>Streptopelia orientalis</i>	2	5	5	7	5	2	5	7	5	7	5	2	5	8			2	8	3	4	Res
<i>Order Cuculiformes</i>																					
<i>Family Cuculidae</i>																					
<i>Cuculus micropterus</i>																		1			
<i>Cuculus canorus</i>									1					1	1	1	1			1	SV
<i>Order Coraciiformes</i>																					
<i>Family Coraciidae</i>																					
<i>Eurystomus orientalis</i>	1			2	1	1	2		2	1	1		1	2	3	2			1	2	SV
<i>Family Upupidae</i>																					
<i>Upupa epops</i>									2	1											SV
<i>Order Piciformes</i>																					
<i>Family Picidae</i>																					
<i>Dendrocopos kizuki</i>																		1			Res
<i>Dendrocopos leucotos</i>																	1				Res
<i>Dendrocopos major</i>															1						Res
<i>Picus canus</i>																1					Res

* 1) RES(Resident); SV(Summer Visitor); WV(Winter Visitor); PM(Passage Migrant)

Appendix 1. Continue.

Classification	GJg		GMg		BYm		JJm		BYs		JJs		GJp		GMp		BYp		JJp		Type of arrival ¹⁾
	1st	2st																			
<i>Order Passeriformes</i>																					
<i>Family Hirundinidae</i>																					
<i>Hirundo rustica</i>	12	5		5	3	2			6	8			15	14	18	15	17	22			SV
<i>Family Motacillidae</i>																					
<i>Motacilla cinerea</i>		1	1				1		2	1				1	1		1	2		2	SV
<i>Motacilla alba leucopsis</i>					1			1		1					1						SV
<i>Family Pycnonotidae</i>																					
<i>Hypsipetes amaurotis</i>	4	6	5	8			8	7	8	7	4	2	3	5	2	1	5		2	6	Res
<i>Family Laniidae</i>																					
<i>Lanius bucephalus</i>							3	1					2		3		5		2		Res
<i>Lanius cristatus</i>										1								2			SV
<i>Family Muscicapidae</i>																					
<i>Phoenicurus aureoreus</i>	1		1		1				2	1		1	1		1	2	2	1			RES
<i>Family Turdidae</i>																					
<i>Turdus pallidus</i>																2		2			SV
<i>Family Sylviidae</i>																					
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>									1							1	2				SV
<i>Phylloscopus occipitalis</i>									2	1					1						SV
<i>Cettia diphone</i>														1							SV
<i>Family Panuridae</i>																					
<i>Paradoxornis webbiana</i>								19	22				18	11			26	31			Res
<i>Family Aegithalidae</i>																					
<i>Aegithalos caudatus</i>									2								3	1			Res
<i>Family Paridae</i>																					
<i>Parus palustris</i>	1								1	2							2				Res
<i>Parus ater</i>										1											Res
<i>Parus major</i>		1	1	1		2	2	1	1		1			1	2	4	2		2	1	Res
<i>Parus varius</i>		1																			Res
<i>Family Emberizidae</i>																					
<i>Emberiza cioides</i>		2	2														2	1			Res
<i>Emberiza elegans</i>	1										1	1									Res
<i>Emberiza spodocephala</i>					1	2	2	1				2						1			PM
<i>Family Ploceidae</i>																					
<i>Passer montanus</i>	19	20	25	19	19	12	14	22	22	30	14	15	5	8	5	5	36	27	22	16	Res
<i>Family Sturnidae</i>																					
<i>Sturnus cineraceus</i>														1			2	6	5	2	SV
<i>Family Oriolidae</i>																					
<i>Oriolus chinensis</i>																	1				SV
<i>Family Corvidae</i>																					
<i>Garrulus glandarius</i>					2				1					1	2	1		1			Res
<i>Cyanopica cyana</i>										2											Res
<i>Pica pica</i>	5	1	3	5			6	3	4	1	6	2	8	4	2	2	6	2	5	2	Res
<i>Corvus macrorhynchos</i>		1	2	1	2		2			3		1									Res
Total Individual	47	44	47	49	36	24	42	45	88	92	32	26	67	63	50	41	138	134	52	51	

* 1) RES(Resident); SV(Summer Visitor); WV(Winter Visitor); PM(Passage Migrant)