

<Note>

화학살충제의 사용이 한국 중서부지역 논습지에 도래하는 수조류 분포에 미치는 영향

남형규 · 김미란¹ · 최그린² · 장둘리² · 최승혜 · 조광진³
최락중⁴ · 나영은⁵ · 김명현^{5,*}

한국교원대학교 황새생태연구원, ¹국립공원관리공단 국립공원연구원
²경희대학교 생물학과, ³국립생태원
⁴국립종자원 동부지원, ⁵농촌진흥청 국립농업과학원

Influence of Pesticide Use on Distribution of Waterbirds in Rice Fields at Mid-western Part of South Korea

Hyung-Kyu Nam, Miran Kim¹, Green Choi², Dooly Jang², Seung-Hye Choi, Kwang-Jin Cho³,
Lak-Jung Choe⁴, Young-Eun Na⁵ and Myung-Hyun Kim^{5,*}

*Ecological Institute for Oriental Stork, Korea National University of Education,
Cheongwon 28173, Republic of Korea*

¹*National Park Research Institute, Korea National Park, Namwon 55803, Republic of Korea*

²*The Korea Institute of Ornithology and Department of Biology, Kyung Hee University,
Seoul 02447, Republic of Korea*

³*National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea*

⁴*Dongbu Office, Korea Seed & Variety Service, Pyeongchang 21966, Republic of Korea*

⁵*National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Republic of Korea*

Abstract - Waterbirds using rice fields has increased due to a decline of natural wetlands. The rice field is an essential habitat to supports the waterbird population. Although use of rice field by waterbirds has been widely documented, little information is available on distribution patterns of waterbirds under the pesticide use in rice fields. The current study conducted to understand the relationship between habitat use by waterbirds and pesticide applications in rice fields. We monitored the distribution of waterbirds at Daeho reclaimed area in July 2013 to June 2014 and September 2014 to August 2015. As a results, three heron species (Black-crowned Night Heron *Nycticorax nycticorax*, Eastern Cattle Egret *Bubulcus coromandus* and Intermediate Egret *Egretta intermedia*) are more sensitive to pesticides use than other waterbird species in rice fields. Future studies are necessary to explore the relationship between bird's distribution and management practices including pesticide use at different spatiotemporal scales.

Key words : agriculture, pesticides, rice field, toxicity, waterbird group

* Corresponding author: Myung-Hyun Kim, Tel. 063-238-2503,
Fax. 063-238-3823, E-mail. wildflower72@korea.kr

서 론

최근 자연습지의 감소로 인해 논습지를 이용하는 수조류가 증가하고 있다. 일부 수조류 중은 그들의 개체군 유지를 위해 논습지를 주요 서식지로 이용하는 것이 필수적이다. 우리나라에서 수조류의 논습지 이용에 대한 연구는 논습지의 미소서식지 구조에 따라 수조류의 이용 특성에 관한 연구를 중심으로 수행되었다(Choi *et al.* 2014; Nam *et al.* 2015). 그러나 벼 재배에 화학살충제를 사용할 경우 수조류의 논 이용 분포에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구는 미흡하다. 따라서 본 연구는 논습지에 화학살충제 사용 유무가 도래 수조류 종들의 분포에 어떤 영향을 미치는지 확인하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

조사는 1979년 대호 대단위농업종합개발사업에 의해 조성된 간척농지(37°02'N, 126°30'E)에서 수행되었다. 전체 벼 재배 지역의 면적은 3,904 ha이며, 그중 574.7 ha의 면적을 친환경농업방법을 이용하여 벼를 재배하고 있다(KRC Report 2008). 친환경농업지역은 화학살충제를 소량으로 사용하거나 사용하지 않고 있으며, 관행농업지역은 tiadinil, clothianidin 등의 화학성분이 포함된 화학살충제를 사용하여 벼를 재배하고 있었다. 조사 지역은 전체 친환경농업지역 중 460필지(550 ha)와 관행농업지역 770필지(640 ha)를 대상으로 하였다. 이 두 대상 지역은 서로 인접해 있으며 계절에 따라 다양한 조류들이 이용하는 동아시아-대양주 철새 이동경로 상에 위치한다.

조류 조사는 2013년 7월부터 2014년 6월, 2014년 9월부터 2015년 8월까지 월 1회 오전 6시부터 12시 사이에 이루어졌으며, 농로를 따라 이동하면서 쌍안경과 망원경을 이용하여 수조류의 종과 개체수를 확인하였다. 수조류는 오리기러기류(waterfowl), 백로류(herons)와 도요물떼새류(shorebirds)로 크게 세 그룹으로 나누었다. 도래 시기에 따라 오리기러기류는 10월부터 3월까지, 백로류는 5월부터 10월까지, 도요물떼새류는 4월부터 5월까지로 나누어 조사하였다.

자료 분석은 벼 재배방식(관행 또는 친환경농업)이 수조류의 분포에 중요한지 확인하기 위해 선형혼합모형(linear mixed model)을 이용하였다. 종별 밀도(10 ha당 개체수)를 응답 변수(response variable)로, 벼 재배방식(관행농업=0, 친환경농업=1)을 설명 변수(explanatory variable)로, 조사기간을 확률 변수(random variable)로 지정하였다. 통계분석은 R version 3.2.1 통계 소프트웨어를 이용하였

고(R Development Core Team 2014) 선형혼합모형은 lme4 package를 이용하였다(Bates *et al.* 2014).

결 과

수조류 그룹별로 각 조사 시기 내에 관찰된 수조류는 오리기러기류 5종, 백로류 7종, 도요물떼새류 8종이었다(Table 1).

화학살충제의 사용은 해오라기(*Nycticorax nycticorax*), 황로(*Bubulcus coromandus*), 중백로(*Egretta intermedia*)와 같은 백로류의 서식지 선택에 영향을 미치는 것으로 나타났다(linear mixed model: *N. nycticorax* $\chi^2=4.011$, $df=1$, $p=0.045$; *B. coromandus* $\chi^2=5.687$, $df=1$, $p=0.017$; *E. intermedia* $\chi^2=4.336$, $df=1$, $p=0.037$). 이러한 백로류는 친환경농업으로 벼를 재배하는 지역에서 밀도가 높았다(mean \pm standard error/10 ha: *N. nycticorax* environmentally friendly cultivation 0.02 ± 0.006 , conventional cultivation 0.01 ± 0.003 ; *B. coromandus* environmentally friendly cultivation 3.00 ± 0.866 , conventional cultivation 0.97 ± 0.279 ; *E. intermedia* environmentally friendly cultivation 1.12 ± 0.324 , conventional cultivation 0.47 ± 0.134). 반면에 논습지에서 관찰된 오리기러기류와 도요물떼새류 모든 종들은 화학살충제 사용 지역과 친환경농업지역의 분포 특성에는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(Table 1).

고 찰

백로류가 논습지에 주로 도래하는 시기는 5월부터 10월까지이며, 일반적으로 모내기가 마무리되는 시점인 5월 말경부터 화학살충제의 사용이 증가함에 따라 백로류의 분포에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 백로류 내에서도 통계적 유의성이 종에 따라 다르게 나타난 이유는 종에 따라 논습지에 대한 의존성이 다르기 때문으로 판단된다. 통계적 유의성이 나타난 종(해오라기, 황로, 중백로)들은 대부분이 벼 수확기인 10월까지 꾸준히 관찰된 종들이며, 유의성이 확인되지 않은 종(검은맹기해오라기, 왜가리, 중대백로, 쇠백로)들은 논습지보다는 저수지나 하천과 같은 다른 서식지를 선호하는 종들이다(Choi *et al.* 2007). 또한 이들 종들은 논습지를 이용함에 있어서도 벼의 성장으로 밀도가 높아지기 전에 논습지를 한시적으로 이용한다(Nam *et al.* 2015).

백로류를 제외한 다른 수조류 그룹에서 유의한 결과가 도출되지 않은 것은 논습지에 도래하는 시기와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다. 도요물떼새류는 봄철 중간 기착지로,

Table 1. Results of linear mixed models used to pesticide effects between waterbird species at broad spatial scale. For analyses of the waterbirds, the response variable was density (birds/10 ha) of waterbird species in each rice cultivation technique (conventional or environmentally friendly field). The explanatory variable is the rice cultivation technique (conventional field = 0, environmentally friendly field = 1), and the random variable is the survey period

Response variable	Intercept			Explanatory variable (rice cultivation technique)			
	Estimated	S.E.	t-value	Estimated	S.E.	t-value	p
Waterfowl							
Bean goose	2.268	1.652	1.373	2.330	2.091	1.114	0.261
White-fronted goose	2.106	1.862	1.131	1.652	2.573	0.642	0.514
Whooper swan	0.019	0.025	0.739	0.026	0.036	0.740	0.451
Mallard	0.049	0.068	0.731	0.108	0.092	1.182	0.234
Spot-billed duck	0.141	0.196	0.721	0.477	0.276	1.728	0.083
Hérons							
Black-crowned night heron	0.002	0.003	0.777	0.005	0.003	2.045	0.045*
Striated heron	0.004	0.003	1.456	0.001	0.001	1.000	0.312
Eastern cattle egret	0.257	0.360	0.712	0.907	0.366	2.480	0.017*
Grey heron	0.168	0.086	1.955	0.133	0.097	1.378	0.168
Great egret	0.237	0.269	0.880	0.651	0.354	1.839	0.070
Intermediate egret	0.261	0.149	1.750	0.300	0.141	2.134	0.037*
Little egret	0.066	0.057	1.163	0.125	0.065	1.925	0.058
Shorebirds							
Little ringed plover	0.003	0.003	1.238	-0.001	0.001	-1.000	0.312
Common snipe	0.016	0.010	1.632	-0.002	0.006	-0.271	0.782
Whimbrel	0.012	0.008	1.565	-0.010	0.010	-1.000	0.312
Spotted redshank	0.001	0.002	0.278	0.004	0.003	1.112	0.259
Common greenshank	0.043	0.026	1.682	-0.003	0.013	-0.240	0.806
Wood sandpiper	0.095	0.040	2.390	-0.062	0.037	-1.647	0.102
Common sandpiper	0.003	0.002	1.504	0.001	0.002	0.285	0.771
Long-toed stint	0.003	0.002	1.726	-0.002	0.002	-1.000	0.312

S.E., standard error, *statistically significant.

오리기러기류는 겨울철 월동지로 논습지를 주요 취식지로 이용한다(Nam *et al.* 2012). 이들 수조류 그룹이 도래하는 시기는 직접적인 화학살충제를 사용하는 시기가 아니기 때문에 통계적인 유의한 결과가 나타나지 않은 것으로 판단된다.

백로류를 제외한 나머지 수조류 그룹에서 통계적으로 유의한 결과가 도출되지 않은 것이 오리기러기류와 도요물떼새류에게 화학살충제의 사용 유무가 이들의 분포에 영향을 미치지 않는다는 의미로 판단되지는 않는다. 기본적으로 화학살충제의 성분은 논습지 내 저서생물의 감소를 야기하기 때문에 수조류의 먹이원 감소와 같이 직접적인 영향을 미칠 뿐 아니라 화학제의 체내 농축과 같은 2차적인 영향을 미친다(Liess and Ohe 2005; Jang *et al.* 2010). 따라서 오리기러기류와 도요물떼새류에게서 통계적 유의성이 나타나지 않은 것은 단기적인 영향력이 없다는 것으로 판단된다.

반대로 백로류 종들 중에 화학살충제 사용 유무에 대한 통계적 유의성이 확인된 종들은 다른 종들에 비해 화학살충제에 더욱 민감하다는 것을 의미한다.

도요물떼새류와 오리기러기류에서 유의한 결과가 도출되지 않은 다른 요인으로는 시공간적인 스케일의 영향을 생각

해 볼 수 있다. Katayama *et al.* (2012)은 증백로와 먹이원의 관계가 시공간적 스케일에 따라 다르게 나타난다고 하였다. 즉 시공간적 스케일에 따라 조류의 분포에 미치는 원인의 통계적 유의성이 달라질 수 있다. 논습지의 분담 구조는 논둑으로 분리된 형태가 반복되어 나타난다. 그리고 이러한 분담들은 소유 농업인에 따라 조금씩 다른 관리 형태를 나타낸다. 본 연구는 친환경농업지역 460필지, 관행농업지역 770필지를 각각 하나의 조사구역으로 설정했으며, 이보다 작은 분담 크기의 수준에서 화학살충제의 사용 유무를 확인해 볼 필요가 있다. 따라서 향후 연구는 수조류 군집에 미치는 영향을 다층 스케일에서 복합적으로 평가할 필요가 있다.

적 요

자연습지의 감소로 인해 논습지를 이용하는 수조류가 증가하고 있다. 그에 따라 논습지는 수조류 개체군의 유지를 위한 중요한 서식지로서 역할을 한다. 논습지를 이용하는 수조류에 관해서는 여러 연구가 수행되었지만 화학살충제의

사용이 수조류에 미치는 영향에 관한 연구는 미비하다. 따라서 본 연구는 화학살충제의 사용이 수조류의 분포를 결정하는지 확인하기 위해 수행하였다. 2013년 7월부터 2014년 6월, 2014년 9월부터 2015년 8월까지 대호간척농지 내 조성된 친환경농업지역과 관행농업지역에 도래하는 도요물떼새류, 백로류, 오리기러기류의 분포 특성을 확인하였다. 그 결과 해오라기, 황로, 중백로와 같은 백로류에서 화학살충제 사용이 분포를 제한하는 것으로 확인되었다. 다른 분류군에서는 화학살충제가 분포를 결정하는 요인으로 확인되지 않았다. 향후 다층 스케일의 공간적 스케일에서 분석을 통해 더욱 명확한 관련성을 확인하는 것이 필요하다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ00997002) 및 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업 (과제번호: PJ00860803)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Amano T, Y Kusumoto, Y Tokuoka, S Yamada, EY Kim and S Yamamoto. 2008. Spatial and temporal variations in the use of rice-paddy dominated landscapes by birds in Japan. *Biol. Cons.* 141:1704-1716.
- Choi SH, HK Nam and JC Yoo. 2014. Characteristics of population dynamics and habitat use of shorebirds in rice fields during spring migration. *Korean J. Environ. Agric.* 33:334-343.
- Choi YS, IK Kwon and JC Yoo. 2007. Foraging habitat preferences of herons and egrets. *J. Ecol. Environ.* 30:237-244.
- Jang JH, YH Bong, DG Kim, M Kim, GS Chung and SW Son. 2010. Analysis of residual pesticides in dead wild birds and other animals during 2008-2009 in Korea. *Korean J. Vet. Res.* 50:197-203.
- Katayama N, T Amano, G Fujita and H Higuchi. 2012. Spatial overlap between the intermediate egret *Egretta intermedia* and its aquatic prey at two spatiotemporal scales in a rice paddy landscape. *Zool. Stud.* 51:1105-1112.
- Liess M and PC Von Der Ohe. 2005. Analyzing effects of pesticides on invertebrate communities in streams. *Environ. Toxicol. Chem.* 24:954-965.
- Nam HK, SH Choi, YS Choi and JC Yoo. 2012. Patterns of waterbirds abundance and habitat use in rice fields. *Korean J. Environ. Agric.* 31:359-367.
- Nam HK, YS Choi, SH Choi and JC Yoo. 2015. Distribution of waterbirds in rice fields and their use of foraging habitats. *Waterbirds* 38:173-183.

Received: 19 October 2016

Revised: 30 October 2016

Revision accepted: 1 November 2016