

Research Article

Open Access

봄철 논습지에 도래하는 도요·물떼새의 서식지 이용과 개체군 변동

최승혜,¹ 남형규,¹ 유정철^{1*}

¹경희대학교 생물학과·한국조류연구소

Characteristics of Population Dynamics and Habitat Use of Shorebirds in Rice Fields during Spring Migration

Seung-Hye Choi,¹ Hyung-Kyu Nam,¹ and Jeong-Chil Yoo^{1*} (¹Department of Biology, College of Sciences, Kyung Hee University, Seoul 130-171, Korea)

Received: 30 October 2014 / Revised: 24 November 2014 / Accepted: 3 December 2014

Copyright © 2014 The Korean Society of Environmental Agriculture

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, provided the original work is properly cited.

Abstract

BACKGROUND: Shorebirds use a variety of wetlands as their stopover sites to replenish energy and nutrient reserves along the migration route. It is increasingly important to understand how birds use the remaining available habitats during migration period, because shorebird stopover sites are often altered and destroyed. Rice fields serve as a major inland stopover site for migrating shorebirds. However, the information on habitat use patterns of shorebirds in rice fields is very limited in Korea. Therefore, we studied the patterns of shorebird abundance and their habitat use in rice fields during spring migration period in western-central Korea.

METHODS AND RESULTS: Surveys were conducted at interval of 2-3 days during the spring migration period of 2014 at rice fields of mid-western Korea. We recorded the location of the observed birds on the rice field map according to the local habitat type. The habitat types were divided by physical structure and cultivation methods. Fifteen shorebird species and 7,852 individuals were recorded during the survey period. The number of shorebird

species and their abundance began to increase from the beginning of flooding in late-April, and reached a maximum in early-May. After rice transplantation, the number of shorebird species and their abundance dramatically declined. Shorebirds selectively used paddy and levee rather than road and ditch and most species used shallow depth field type. Plowed field types were less attractive to most species.

CONCLUSION: Flooding rice fields were functioned as stopover sites for a variety of shorebird species during spring migration period. Furthermore, these results provide that the appropriate agricultural practices can be improving the habitat quality for shorebirds.

Key words: Flood fields, Microhabitat, Rice field, Shorebirds, Stopover site

서론

장거리 이동(long-distance migration)을 하는 조류개체군은 일정한 경로를 따라 이동하며 여러 형태의 중간기착지(stopover site)를 이용하면서 다음 여정을 위한 에너지를 축적한다(Gudmundsson *et al.*, 1991; Alerstam and Hedenström, 1998). 이주 여정은 비행에 따른 에너지소비와 중간기착지에서 머물며 에너지를 축적하는 기간에 따라

*교신저자(corresponding author): Jeong-Chil Yoo
Phone: +82-2-961-0245; Fax: +82-2-961-0244;
E-mail: jcyoo@khu.ac.kr

결정되며, 전체 이주 과정 중 대부분의 시간은 중간기착지에서 소비된다(Alerstam and Hedenström, 1998; Lourenço and Piersma, 2008). 따라서 중간기착지의 서식환경은 장거리 이동을 하는 개체의 생활사에 매우 중요하며(Newton, 2006), 이곳에서의 충분한 취식과 휴식은 남은 여정과 번식지에서의 번식성공을 위해 필수적이다(Ricklefs, 1974; Davidson and Evans, 1988).

도요·물떼새류는 장거리이동을 하는 대표적인 철새로 북반구에서 번식을 하고 남반구로 이동하여 월동기를 보내며 다양한 패턴의 이주방법을 선택하여 이주한다. 이주 시 이동경로의 결정과 중간기착지의 선택은 개체군의 생존에 필수적이므로 전략적으로 행동한다(Hedenström and Alerstam, 1997; Colwell, 2010). 한국 중서부지역은 대표적인 도요·물떼새류의 이동경로인 동아시아-대양주 이동경로(EAAF; The East-Asian Australasian Flyway)에 위치한 국제적인 주요습지로 다양한 철새들의 서식처 및 중간기착지로서 그 중요성이 강조되고 있다(Kim *et al.*, 1994; Mackinnon *et al.*, 2012).

세계자연보호연맹(IUCN)에 따르면 EAAF 조간대의 생물다양성 감소가 급격히 나타나고 생태서비스가 소실되고 있으며, EAAF 중 특히 황해가 가장 우려되는 지역으로 조사되었다(MacKinnon *et al.*, 2012). 급격히 진행되고 있는 연안 매립으로 조간대 서식지가 사라짐이 직접적 요인으로 사료되고, 국내에서는 지난 50년 동안 염습지를 포함한 연안습지가 60%가 사라졌다(Hilton and Manning, 1995; Yee *et al.*, 2010). 간석지 지역의 소실, 습지의 다양성 파괴와 단순화가 초래되어 조류개체군의 서식지에 많은 영향을 주었으며(Barter *et al.*, 2002), 특히 물새들은 매년 5~9%씩 매우 빠

른 속도로 개체수가 감소되고 있는 실정이다(MacKinnon *et al.*, 2012). EAAF를 이동하는 도요·물떼새류에게 아시아의 조간대 지역(한국중서부지역)은 이동에 결정적으로 중요한 병목지역으로(Barter *et al.*, 2002; Cha, 2007) 본 지역의 상황 분석 및 조간대 지역과 연안내륙습지도 포괄하여 광범위한 관리와 보호가 필요하다.

EAAF 뿐만 아니라, 전세계적으로 급격한 자연습지파괴 및 조간대의 매립으로 인한 도요·물떼새류의 개체수 감소가 심각해지면서 농지, 목초지, 염전 등이 대체서식지로서 가치가 높아졌다(Colwell, 2010). 최근 논습지는 생물다양성 보존에 큰 가치를 지닌 인공습지로, 자연습지의 급격한 감소에 따라 그 중요성은 증가하고 있다(Smith *et al.*, 1989; Remsen *et al.*, 1991; Fasola *et al.*, 1996; Fasola and Ruiz, 1996, 1997; Elphick and Oring, 1998; Elphick, 2010). 특히, 논습지내 무논(flooding fields) 조성은 수조류(waterbirds)를 포함한 다양한 야생동물에게 중요한 서식처를 제공한다(Tréca, 1994; Fasola and Ruiz, 1996; Elphick and Oring, 1998; Elphick, 2000; Maeda, 2001; Elphick and Oring, 2003). 국내 벼(*Oryza sativa*)는 주요 농작물로 넓은 면적을 차지하며, 주기적으로 뚜렷한 환경 변화와 시기에 따라 다양한 수조류의 서식처 기능을 하는 것으로 알려져 있다(Nam *et al.*, 2012). 특히, 봄철에는 무논의 형태로 인공습지를 형성하여 도요·물떼새류등 다양한 수조류에게 서식처를 제공하는 것으로 알려져 있는데, 한국 중서부지역은 EAAF의 연안내륙습지로서 도요·물떼새류에게 중간기착지 역할의 보다 명확한 파악이 필요하다.

1990년대가 되어서야 도요·물떼새류의 생물다양성에 중요한 지역이(16개의 핵심지역 중 6개가 황해에 위치) 국제적

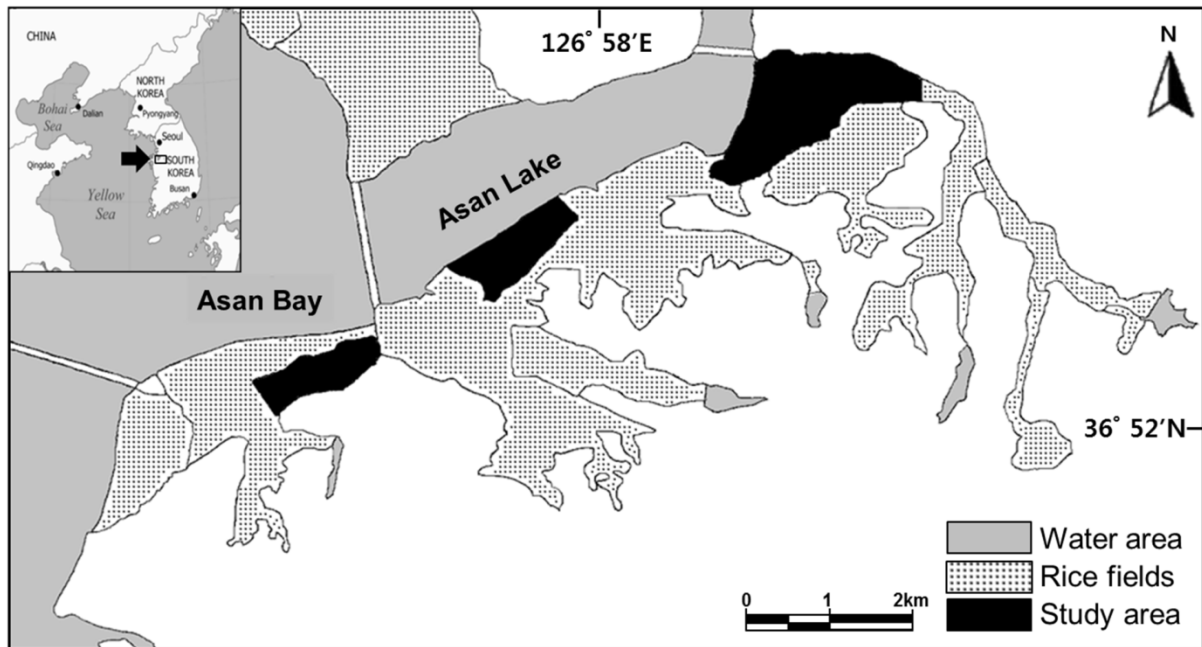
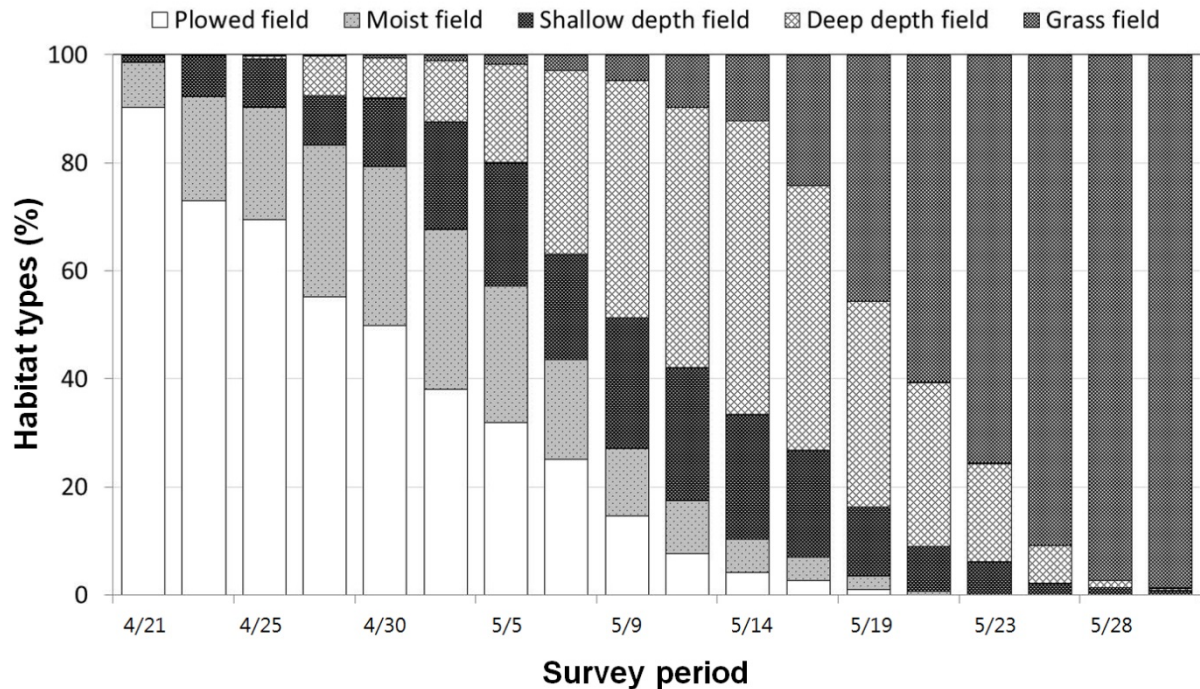


Fig. 1. Map of the study areas, located around the Asan bay in Korea. The monitored rice field areas are presented in black.



The five habitat types defined to (1) Plowed field: a form of post-harvest dry field condition, (2) Moist field: after plowing a field, water supply remaining moist, (3) Shallow depth field: after harrowing a field, remaining low water of field by water supply, (4) Deep depth field: after harrowing a field, remaining flooded field by water supply, and (5) Grass field: transplant rice (*Oryza sativa*), remaining water field condition.

Fig. 2. Seasonal variation of the habitat types in study area during the northward migration period of 2014. See text for the definition of the categories.

으로 인식되었다(MacKinnon *et al.*, 2012). 국내 도요·물떼새류의 연구는 대부분 서해안 간석지(tidal flats) 및 도서 지역 중심으로 생태 조사(Kim *et al.*, 1994; Kim and Yoo, 2004), 도래실태조사(Lee *et al.*, 2004; NIER Report, 2005; NIBR Report, 2011), 현황 및 서식지특성, 황해지역(Yellow Sea)에서의 개체군의 중요성, 위협, 보존 상태(Barter *et al.*, 2002; Karico, 2005)를 중심으로 진행되었다. 반면 내륙습지를 중간기착지로 이용하는 도요·물떼새류에 대한 연구는 미비하다. 내륙습지 중 논습지는 수조류의 대체습지로 중요하게 고려 되어지는 만큼 이에 대한 연구가 필요하다. 본 연구는 봄철 논습지를 이용하는 도요·물떼새의 도래패턴과 서식지 이용 특성을 살펴보고자 한다.

조사 방법

본 연구는 아산만과 아산호 남단 농업지역에서 수행되었다(Fig. 1). 이곳은 동아시아-대양주 철새이동경로(EAAF)에 위치하여 다양한 철새들이 대단위로 이용하는 곳이다(Bamford *et al.*, 2008). 조사지 일대 농경지는 우리나라에서 1970년대 추진된 농업종합개발사업으로 조성된 대규모 간척지이며, 이 중 도요·물떼새류의 이용이 두드러지는 지역(505.3ha)을 조사 지역으로 선정하였다. 조사지역 농경지의 물리적 구조는 본답(paddy), 논둑(levee), 수로(ditch), 농로

(road)로 이루어져있었다. 조사지역은 총 1,022개의 본답으로 구성되어 있으며, 각 본답은 평균 100 m×45 m의 직사각형 형태이며, 논둑, 수로, 농로에 의해 다른 본답과 분리된 형태를 띄고 있었다. 조사기간 동안 논둑, 수로, 농로는 변화가 거의 없었으며, 본답은 지역 농업인의 계획에 따라 영농 방법과 시기가 약간의 차이를 나타냈다. 일반적으로 조사기간 동안의 본답은 4월 중후반부터 물을 대기 시작하여(영농 준비기) 5월 초에 모내기가 시작되어 5월 말(영농 초기)에는 모든 논에 모내기가 마무리 되었다(Fig. 2). 본답은 총 5가지 형태의 미소서식지로 나타났으며 그 분류는 다음과 같다. (1) 수확 후 추경한 형태(Plowed field), (2) 추경 후 물을 댄 형태(Moist field), (3) 썩레질 후 5 cm 이하로 물을 얇게 댄 형태(Shallow depth field), (4) 썩레질 후 5 cm 이상으로 물을 깊게 댄 형태(Deep depth field), (5) 모내기 한 형태(Grass field)로 나누었다.

조류조사는 2014년 4월 21일부터 5월 30일까지 40일 동안 2일 또는 3일 간격으로 총 18회 수행하였다. 이 기간 동안 도요·물떼새류는 농경지를 중간기착지로 활발히 이용하는 것으로 알려져 있다(Nam *et al.*, 2012). 농로를 따라 이동하며 좌우 100 m 내 관찰되는 조류를 쌍안경(Nikon 8-32)과 망원경(Nikon 20-60×)을 이용하여 종과 개체수를 확인 및 기록하였다. 조류가 본답에서 관찰되었을 경우, 위에서 언급한 본답의 미소서식지 형태를 함께 기록하였다. 도요·물떼

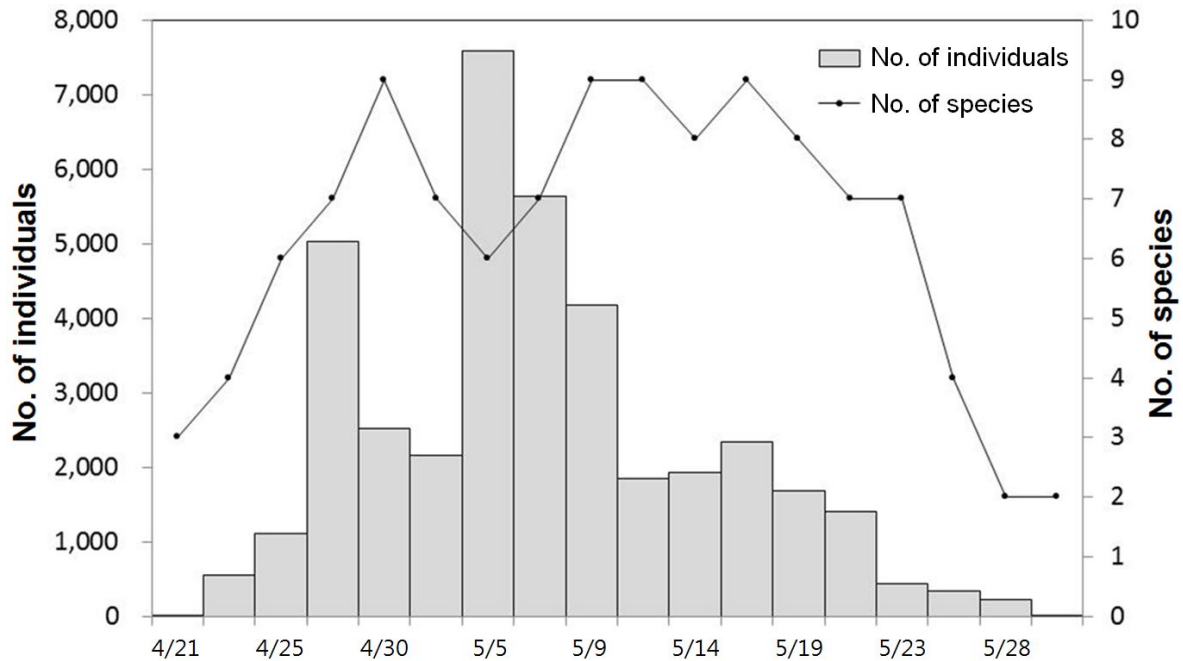


Fig. 3. Seasonal change in the total number of individuals and species of shorebirds in rice fields during the northward migration period of 2014.

새류의 행동조사는 농경지의 이용형태에 따라 휴식과 취식의 기능으로 구분하였다. 취식행동(feed)은 먹이 취식을 위한 이동 및 부리로 먹이획득을 위해 시도하는 경우, 휴식행동(rest)은 깃 다듬는 행동이나 눈을 감고 있는 경우로 분류하였다.

조사지역 농경지의 물리적 구조와 미소서식지 선호성에 관한 분석은 개체군의 밀도(평균 ± 표준오차)를 이용하여 분석하였다. 출현 빈도가 낮은 도요·물떼새류는 서식지 선호성 분석에서 제외하였다. 미소서식지 선호성에 관한 평균 비교는 Kruskal-Wallis test를 이용하여 검증한 후 유의한 차이가 있을 경우 Bonferroni correction을 이용한 Mann-Whitney 검증을 통해 집단간의 차이를 확인하였다. 통계프로그램은 SPSS 18.0을 이용하였다.

결 과

도요·물떼새의 시기별 도래 특성

조사기간 동안 논습지를 이용하는 도요·물떼새류는 15종 7,852개체가 관찰되었으며, 이 중 물떼새과(Charadriidae)가 2종, 도요과(Scolopacidae)가 13종이었다(Appendix I). 본답에 물을 대기 시작하는 4월 중반(21일)부터 도요·물떼새류가 도래하기 시작하여 대부분의 본답에 물을 댄 4월 말에서 5월 초까지 지속적으로 종수와 개체수가 증가하는 경향이 나타났으며, 모내기 한 논의 비율이 증가하는 5월 중후반으로 갈수록 종수와 개체수는 점차 감소하는 특성을 나타냈다(Fig. 3).

우점종은 조사기간 중 출현한 최대개체수를 기준으로 흑

Table 1. Species preferences for different physical structure in rice field during the northward migration period of 2014

Scientific Name	Physical structure				Kruskal-Wallis test (χ^2)
	Levee	Ditch	Road	Paddy	
<i>Pluvialis fulva</i>	0.954 ± 0.321 ^a	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.553 ± 0.213 ^{ab}	18.354 ^{**}
<i>Limosa limosa</i>	0.617 ± 0.425 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0 ^b	290.014 ± 89.319 ^a	58.471 ^{**}
<i>Numenius phaeopus</i>	1.684 ± 0.408 ^a	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.024 ± 0.014 ^b	34.680 ^{**}
<i>Tringa nebularia</i>	1.066 ± 0.277 ^a	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0 ^b	2.205 ± 0.406 ^a	43.413 ^{**}
<i>Tringa glareola</i>	0.617 ± 0.218 ^b	0.056 ± 0.056 ^b	0.000 ± 0 ^b	10.624 ± 2.437 ^a	39.751 ^{**}
<i>Actitis hypoleucos</i>	0.393 ± 0.202 ^a	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.015 ± 0.011 ^{ab}	8.206 [*]
<i>Calidris ruficollis</i>	0.168 ± 0.122 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.829 ± 0.373 ^a	16.308 ^{**}
<i>Chlidris subminuta</i>	0.000 ± 0.000 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.081 ± 0.036 ^a	15.869 [*]
<i>Calidris acuminata</i>	0.224 ± 0.174 ^b	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0 ^b	5.147 ± 1.303 ^a	47.567 ^{**}

All densities are in birds/10 ha ± se. In each line of the Table, different letters indicate significant differences among paddy types based on Kruskal-Wallis test with *post hoc* Mann-Whitney *U* test with the Bonferroni correction. Statistical significance was evaluated at $\alpha = 0.05$, * indicates $p < 0.05$, and ** indicates $p < 0.01$

꼬리도요(*Limosa limosa*)가 93.67%로 가장 많았으며, 알락도요(*Tringa glareola*) 2.45%, 메추라기도요(*Calidris acuminata*) 1.62%, 청다리도요(*Tringa nebularia*) 0.90% 순으로 나타났다. 청다리도요의 경우 40일에 걸쳐 논습지를 중간기착지로 이용하는 것을 관찰할 수 있었고, 흑꼬리도요 37일, 메추라기도요 34일, 알락도요 33일 순으로 체류 기간을 나타냈다.

종별 도래 패턴을 살펴보면, 흑꼬리도요, 중부리도요(*Numenius phaeopus*), 청다리도요, 알락도요, 메추라기도요는 4월 후반에 도래하기 시작하여 점점 개체수가 증가하는 특성을 나타냈다. 이들 종은 각각 5월 5일, 5월 16일, 5월 16일, 5월 2일, 5월 14일에 최대 개체수가 관찰됐으며, 이후에 감소하는 특성을 나타냈다. 검은가슴물떼새(*Pluvialis fulva*)는 4월 24일부터 5월 14일까지 평균 0.15개체/10ha가 관찰됐으며, 쯤도요(*Calidris subminuta*)는 5월 9일부터 5월 23일까지 평균 0.41개체/10ha, 갑작도요(*Actitis hypoleucos*)는 5월 16일부터 5월 26일까지 평균 0.04개체/10ha가 꾸준히 관찰되는 특성을 나타냈다. 꼬마물떼새(*Charadrius dubius*), 학도요(*Tringa erythropus*), 종달도요(*Chlidris subminuta*)는 4월 후반부터 5월 중반까지 불규칙적으로 관찰되었으며, 이 밖에도 깍도요(*Gallinago gallinago*), 뒷부리도요(*Xenus cinereus*), 꼬까도요(*Arenaria interpres*), 민물도요(*Calidris alpina*)는 전체 조사기간 중 1회 관찰되었다(Fig. 4).

도요·물떼새 군집의 서식지 이용 특성

농경지의 물리적 구조에 따라 도요·물떼새류의 종별 이용 형태는 다르게 나타났다(Table 1). 흑꼬리도요, 알락도요, 쯤도요, 종달도요, 메추라기도요는 본답의 이용이 크게 나타났으며, 검은가슴물떼새, 청다리도요, 갑작도요는 본답과 논둑 모두 선호하는 것을 확인 할 수 있었다. 중부리도요는 논둑을 가장 선호하는 것으로 나타났다. 대부분의 종에서 수로와 농로에 대한 선호성은 나타나지 않았다.

본답의 미소서식지 형태에 따라 도요·물떼새류 종별 선호성 역시 다르게 나타났다(Table 2). 대부분의 종이 본답에 물을 대지 않은 건논의 형태인 수확 후 추경한 형태는 선호하지 않았다. 검은가슴물떼새, 알락도요, 쯤도요, 종달도요, 메추라기도요는 수심이 얇은 썩레질 후 5 cm 이하로 물을 댄 형태의 논을 선호했고, 흑꼬리도요, 청다리도요는 수심에 상관없이 썩레질 후 5 cm 이하로 물을 댄 형태의 논과 5 cm 이상으로 물을 댄 형태의 논을 모두 선호하는 것을 확인 할 수 있었다. 검은가슴물떼새와 쯤도요는 수심이 얇은 형태의 논뿐만 아니라 추경 후 물을 댄 형태와 모내기 한 형태의 논 역시 선호하는 것을 알 수 있었다.

고 찰

다양한 도요·물떼새류가 내륙 습지인 논을 중간기착지로 이용하는 것을 확인 할 수 있었다(Appendix I). 우리나라 통

과철새 중요 도래지 실태 조사에 따르면(NIBR Report, 2011), 전체 중요 도래지에서 관찰된 도요·물떼새류 종의 약 44%, 조사 지역에 인접한 중요 도래지인 아산만 지역에 관찰된 도요·물떼새류 종의 약 75%를 차지하고 있을 정도로 논을 중간기착지로 이용하는 도요·물떼새류 종이 다양한 것으로 나타났다. 중간기착지는 도요·물떼새류에게 장거리 비행에 의해 소모된 에너지를 안전하게 회복할 수 있도록 하는 기능을 한다(Colwell, 2010). 일반적으로 많은 도요·물떼새류가 대륙의 해안선을 따라 이동하며, 조간대를 일차적인 중간기착지로 이용하는 것으로 알려져 있다(Recher, 1966; Bengtson and Svensson, 1968). 그러나 이러한 조간대 서식지는 만조로 인하여 도요·물떼새류들이 주기적으로 이용이 불가능하므로 이에 상응하여 다양한 내륙습지를 취식지로 이용한다(Long and Ralph, 2001). 그리고 약천후 기간 동안 논을 취식지로 이용함으로써 에너지를 회복하기도 한다(Goss-Custard, 1969; Townshend, 1981). 본 연구결과는 내륙습지인 논이 다양한 도요·물떼새류에게 중요한 중간기착지로서 기능을 가짐을 보여준다.

본 연구에서는 담수논 조성 시기에 도요·물떼새류가 논습지에 도래하기 시작하는 것을 확인 할 수 있었다(Fig. 2). 이는 물이 유입된 논은 자연습지와 유사한 기능을 가져 수조류에게 중요한 취식지를 제공하기 때문이다(Fasola and Ruiz, 1996; González-Solís *et al.*, 1996; Marques and Vicente, 1999; Elphick, 2010). 논은 벼 생육기(growing season) 동안 일시적인 수생태계(aquatic ecosystem)를 형성하여 다양한 저서무척추동물에 부양한다(Bambaradeniya *et al.*, 2004). 저서무척추동물은 도요·물떼새류를 포함한 수조류에게 중요한 단백질원을 비롯한 기타 영양분을 제공하기 때문에 먼 거리로 이동함에 있어서 필수 요소로 작용 한다(Krapu and Reinecke, 1992; Sánchez *et al.*, 2006), 풍부한 저서무척추동물은 도요·물떼새류에게 취식지를 결정하는 중요한 요인으로 작용하며(Sherfy *et al.*, 2000), 도요·물떼새류의 번식지와 월동지 사이를 이동하는 과정에서 안정적인 취식지로 이용됨을 확인 할 수 있었다.

도요·물떼새류는 논 물리적 구조 중 본답과 논둑을 각기 다른 기능을 가진 서식지로 이용하는 것으로 보인다. 본답과 논둑은 수로나 농로에 비해 도요·물떼새류가 크게 이용하는 특성을 확인 할 수 있었다(Table 1). 본답은 다른 물리적 구조에 비해 넓은 면적과 함께 실질적으로 물이 유입되어 저서무척추동물을 부양하는 곳이기 때문에 취식지로서의 기능이 높게 나타난 것으로 판단된다(Maeda, 2001). 논둑은 다른 물리적 구조보다 높게 위치하여 시야확보가 용이하기 때문에 취식 이외에도 경계활동의 공간으로 활용되는 것으로 생각된다. 실제로 조사기간 동안 논둑에서 경계행동을 하는 도요·물떼새류를 쉽게 관찰 할 수 있었다. 수로와 농로는 현대화로 인해 대부분이 콘크리트로 포장되어 도요·물떼새류의 다양한 먹이원이 안정적으로 서식할 수 있는 공간이 되지 않기 때문에 이용이 현저히 낮은 것으로 생각된다.

본답은 지역농업인의 관리에 의해 서로 다른 형태를 나타

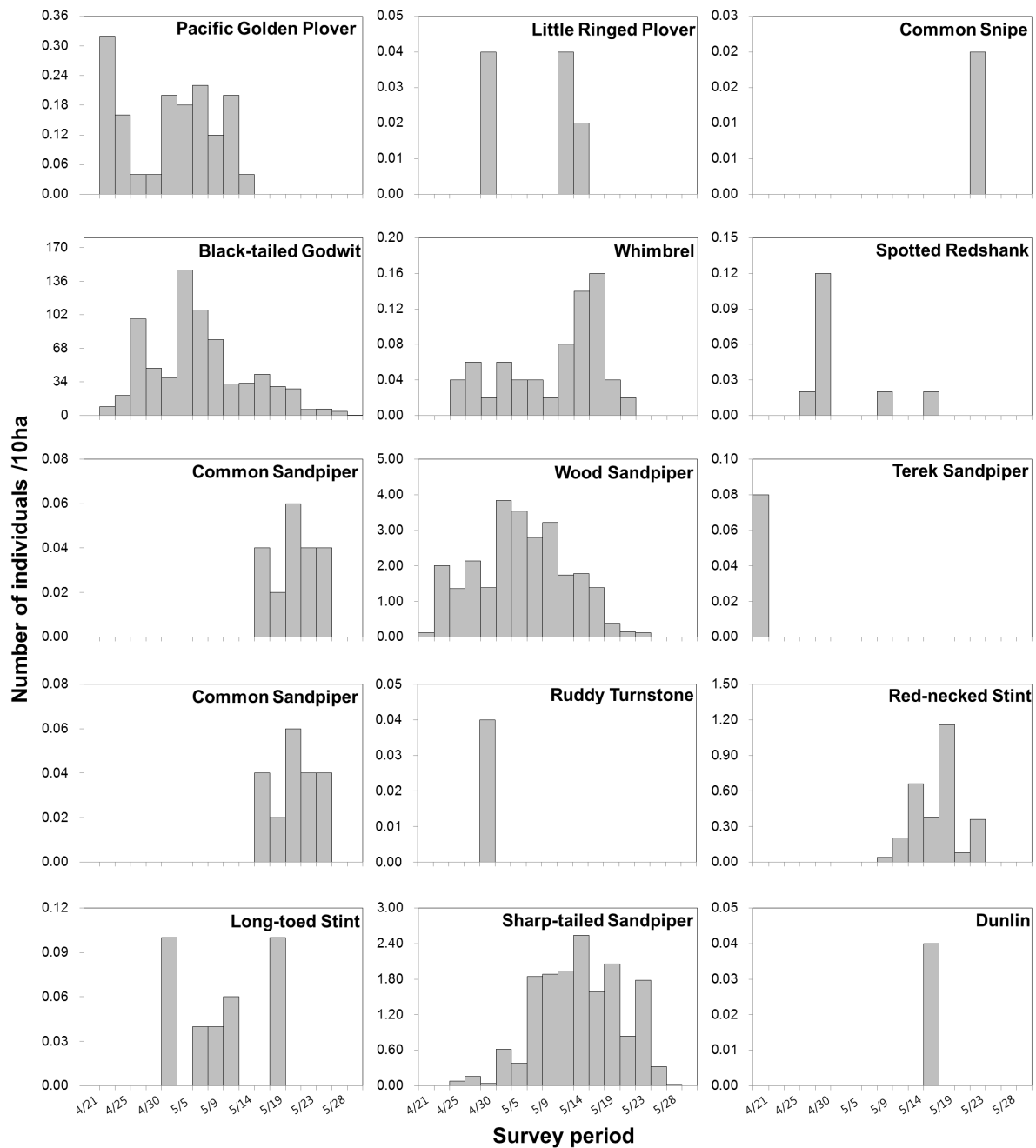


Fig. 4. Seasonal change in the number of individuals of shorebird species in rice fields during spring migration period of 2014.

내며, 도요·물떼새류에게 다양한 서식지를 제공한다(Nam *et al.*, 2012).

도요·물떼새류가 도래하는 기간의 본답은 크게 수심과 토양의 상태에 따라 여러 형태를 나타낸다. 이렇게 형성된 다양한 서식지는 도요·물떼새류 종별 이용에 명확한 차이를 나타낸다(Table 2). 이러한 차이는 선호하는 취식 방법과 형태적 특성에 의해 결정되는 것으로 생각된다. 일반적으로 도요·물떼새류의 취식방법은 크게 시각에 의존한 취식(visual feeding)과 촉각에 의존한 취식(tactile feeding)으로 나눌

수 있다(Krupa *et al.*, 2009). 시각에 의존한 취식은 주로 짧은 부리를 가진 종(예: 물떼새류)들이 이용하며, 촉각에 의존한 취식은 긴부리를 가진 종(예: 마도요류)들이 선호한다. 썩레질 작용은 땅속 깊이 서식하는 저서무척추동물을 지면으로 노출시키는 작용을 한다(Burger and Gochfeld, 1983; Lombardini *et al.*, 2001). 따라서 “썩레질 후 5 cm 이하로 물을 얇게 댄 형태”에서는 시각에 의존한 취식을 이용하는 종들의 이용이 높게 나타난다. 그러나 시각적으로 먹이원을 관찰하기 힘든 “썩레질 후 5 cm 이상으로 물을 깊게 댄 형

Table 2. Species preferences for different habitat types in rice field during the northward migration period of 2014

Scientific Name	Habitat types					Kruskal-Wallis test (χ^2)
	Plowed field	Moist field	Shallow depth field	Deep depth field	Grass field	
<i>Pluvialis fulva</i>	0.000 ± 0 ^b	0.056 ± 0.032 ^{ab}	0.415 ± 0.205 ^a	0.014 ± 0.014 ^b	0.068 ± 0.048 ^{ab}	13.617 ^{**}
<i>Limosa limosa</i>	0.000 ± 0 ^b	4.981 ± 2.965 ^b	99.293 ± 41.364 ^{ab}	164.587 ± 57.177 ^a	21.152 ± 14.230 ^b	33.824 ^{**}
<i>Tringa nebularia</i>	0.000 ± 0 ^c	0.036 ± 0.025 ^c	1.165 ± 0.361 ^a	0.818 ± 0.200 ^{ab}	0.185 ± 0.080 ^{bc}	35.012 ^{**}
<i>Tringa glareola</i>	0.000 ± 0 ^b	0.224 ± 0.075 ^b	6.170 ± 1.728 ^a	3.941 ± 1.481 ^{ab}	0.289 ± 0.132 ^b	35.847 ^{**}
<i>Calidris ruficollis</i>	0.000 ± 0 ^b	0.099 ± 0.099 ^{ab}	0.573 ± 0.249 ^a	0.026 ± 0.018 ^b	0.131 ± 0.114 ^{ab}	10.565 [*]
<i>Chlidris subminuta</i>	0.000 ± 0 ^b	0.000 ± 0.000 ^b	0.068 ± 0.035 ^a	0.000 ± 0.000 ^b	0.013 ± 0.013 ^b	12.552 [*]
<i>Calidris acuminata</i>	0.000 ± 0 ^b	0.417 ± 0.248 ^b	3.903 ± 1.028 ^a	0.480 ± 0.222 ^b	0.347 ± 0.158 ^b	25.954 ^{**}

All densities are in birds/10 ha ± se. In each line of the Table, different letters indicate significant differences among paddy types based on Kruskal-Wallis test with *post hoc* Mann-Whitney *U* test with the Bonferroni correction. Statistical significance was evaluated at $\alpha = 0.05$, * indicates $p < 0.05$, and ** indicates $p < 0.01$

태"에서는 이용이 낮았으며, 축각에 의존한 취식을 이용하는 종에서는 "씨레질 후 5 cm 이상으로 물을 깊게 댄 형태"의 이용이 높게 나타났다. 이러한 이용 패턴은 다양한 형태의 본답은 혼합 무리(mixed-species flocks)를 형성하는 도요·물떼새류에게 각기 다른 자원의 이용가능성(resource availability)을 제공함으로써 중간경쟁을 최소화 할 수 있을 것으로 생각된다.

인간의 개발로 인하여 도요·물떼새류가 이용하는 다양한 형태의 중간기착지들이 사라지거나, 파괴되고 있다. 그에 따라 도요·물떼새류의 서식지 이용과 관련된 특성을 이해하는 것은 도요·물떼새류의 보전 전략 수립에 중요하다(Davis and Smith, 2001). 본 연구는 논에 도래하는 도요·물떼새류의 시공간적인 분포 형태를 구체적으로 파악한 논문으로 보전 전략 수립에 정보를 제공하는 것에서는 중요한 의미를 가진다. 그러나 본 연구는 도요·물떼새류의 일반적인 특성에 대한 기초자료를 제공하고 있다는 한계점도 가진다. 따라서 향후 먹이자원과 관련한 도요·물떼새류의 서식지 이용특성이나 지역농업인의 관리와 이용 패턴의 구체적인 관련성 등에 관한 연구를 통해 좀 더 세부적이고 체계적인 관리방안을 모색하는 것이 필요하다.

요 약

본 연구는 봄철 논습지에 도래하는 도요·물떼새류의 도래패턴과 서식지 이용 특성을 파악하고자 수행되었다. 조사는 한국 중서부지역에 위치한 아산만 일대의 농경지에서 2014년 4월 21일부터 5월 30일까지 2~3일 간격으로 총 18회 수행되었다. 조사 기간 동안 관찰된 도요·물떼새류는 총 15종 7,852개체였다. 대상 종들의 시기별 도래 특성은 본답에 물을 대기 시작하는 4월 중반부터 관찰되었고 5월 초까지 지속적으로 종수와 개체수가 증가하는 경향이 나타났으며 5월 후반으로 가면서 종수와 개체수는 감소하였다. 농경지의 물리적 구조에 따른 서식지 이용 특성은 종별 차이가 나타났으며, 대부분의 종에서 본답과 논둑은 수로나 논로에 비해 선호성이

높게 나타났다. 본답의 미소서식지 선호성은 지역 농업인의 농업 관리에 의해 다양하게 나타났으며, 도요·물떼새류의 종별 서식지의 선호성 차이가 명확히 나타났다. 대부분 종은 무논의 본답 형태에서 관찰되었고, 씨레질 후 5 cm 이하로 물을 얇게 댄 형태인 본답의 이용이 가장 높았다. 반면 물을 대지 않은 건답의 형태인 수확 후 추경한 형태는 이용을 하지 않았다. 결론적으로 봄철 논습지는 도요·물떼새류에게 중간기착지로서 중요한 기능을 하는 것으로 나타났다.

References

- Alerstam, T., Hedenström, A., 1998. The development of bird migration theory, *J. avian. boil.* 29, 343-369.
- Bambaradeniya, C.N.B., Edirisinghe, J.P., De Silva, D.N., Gunatilleke, C.V.S., Ranawana, K.B., Wijekoon, S., 2004. Biodiversity associated with an irrigated rice agro-ecosystem in Sri Lanka, *Biodivers. Conserv.* 13, 1715-1753.
- Bamford, M., Watkins, D., Bancroft, W., Tischler, G., Wahl, J., 2008. *Migratory shorebirds of the East Asian-Australasian Flyway: Population estimates and internationally important sites*, pp. 14-26, Wetlands International Oceania, Canberra, Australia.
- Barter, M., 2002. *Shorebirds of the Yellow Sea: Importance, threats and conservation status. Wetlands International-Oceania*, pp. 5-13, Global Ser. 9, Int. Wader Studies 12, Canberra, Australia.
- Bengtson, S.A., Svensson, B., 1968. Feeding habits of *Calidris alpina* L. and *C. minuta* Leisl.(Aves) in relation to the distribution of marine shore invertebrates, *Oikos* 19, 152-157.
- Burger, J., Gochfeld, M., 1983. Behavior of nine avian species at a Florida garbage dump, *Colonial Waterbirds* 6, 54-63.

- Colwell, M.A., 2010. *Shorebird ecology, conservation, and management*, pp. 105-115, Univ of California Press, USA.
- Davidson, N.C., Evans, P.R., 1988. Prebreeding accumulation of fat and muscle protein by arctic-breeding shorebirds, *Int. Ornithol. Congr. Ottawa* 19, 342-352.
- Davis, C.A., Smith, L.M., 2001. Foraging strategies and niche dynamics of coexisting shorebirds at stopover sites in the southern Great Plains, *The Auk* 118, 484-495.
- Elphick, C.S., 2000. Functional equivalency between rice fields and seminatural wetland habitats, *Conserv. Biol.* 14, 181-191.
- Elphick, C.S., 2010. Why Study Birds in Rice Fields? *Waterbirds* 33(sp1), 1-7.
- Elphick, C.S., Oring, L.W., 1998. Winter management of Californian rice fields for waterbirds, *J. A. ppl. Ecol.* 35, 95-108.
- Elphick, C.S., Oring, L.W., 2003. Conservation implications of flooding rice fields on winter waterbird communities, *AGR. Ecosyst Environ.* 94, 17-29.
- Fasola, M., Canova, L., Saino, N., 1996. Rice fields support a large portion of herons breeding in the Mediterranean region, *Colon. Waterbirds* 19, 129-134.
- Fasola, M., Ruiz, X., 1996. The value of rice fields as substitutes for natural wetlands for waterbirds in the Mediterranean region, *Colon. Waterbirds* 19, 122-128.
- Fasola, M., Ruiz, X., 1997. *Rice farming and waterbirds: integrated management in an artificial landscape*. pp. 210-235, Framing and Birds in Europe. Academic Press, London, United Kingdom.
- González-Solís, J., Bernadí, X., Ruiz, X., 1996. Seasonal variation of waterbird prey in the Ebro Delta rice fields, *Colon. Waterbirds* 19, 135-142.
- Goss-Custard, J.D., 1969. The winter feeding ecology of the Redshank *Tringa tetanus*, *Ibis* 111, 338-356.
- Gudmundsson, G.A., Lindström, Å., Alerstam, T., 1991. Optimal fat loads and long-distance flights by migrating Knots *Calidris canutus*, Sanderlings *C. alba* and Turnstones *Arenaria interpres*, *Ibis* 133, 140-152.
- Hedenström, A., Alerstam, T., 1997. Optimum fuel loads in migratory birds: distinguishing between time and energy minimization, *J.Theor. Biol.* 189, 227-234.
- Hilton, M.J., Manning, S.S., 1995. Conversion of coastal habitats in Singapore: indications of unsustainable development, *Environ. Conserv.* 22, 307-322.
- Kim, H.B., Yoo, J.C., Won, P.O., 1994. Seasonal fluctuations, biometrics, fat and non-fat masses of Dunlins *Calidris alpina sakhalina* migrating to Sannok Island on the west coast of Korea, *Korean J. Ornithol.* 1, 15-24.
- Kim, H.C., Yoo, J.C., 2004. Local Movement of Shorebirds for Roosting between Ganghwa and Yeongjong Island in the West Coast of Korea, *Kor. J. Ecol.* 27, 73-77.
- Krapu, G.L., Reinecke, K.J., 1992. *Foraging ecology and nutrition*, pp. 1-29 Ecology and Management of Breeding Waterfowl. University of Minnesota Press, Minneapolis, MN, USA.
- Krupa, M., Ciborski, R.K., Popis, R., Wołoszyn, J., 2009. Differences in foraging ecology of Wood Sandpiper *Tringa glareola* and Ruff *Philomachus pugnax* during spring migration in Sajna River valley (northern Poland), *Ornis Svecica* 19, 90-96.
- Lee, K.S., Kim, M.R., Lee, S.W., Lee, H.S., 2004. The study for grading of the mudflat by birds, *J. of Wetlands Research* 6, 105-115.
- Lombardini, K., Bennetts, R.E., Tourenq, C., 2001. Foraging success and foraging habitat use by Cattle Egrets and Little Egrets in the Camargue, France, *Condor* 103, 38-44.
- Long, L.L., Ralph, C.J., 2001. Dynamics of habitat use by shorebirds in estuarine and agricultural habitats in northwestern California, *Wilson Bull.* 113, 41-52.
- Lourenço, P.M., Piersma, T., 2008. Stopover ecology of Black-tailed Godwits *Limosa limosa limosa* in Portuguese rice fields: a guide on where to feed in winter: Capsule Conservation management of rice fields may be necessary to guarantee the availability of high quality stopover habitats, *Bird study* 55, 194-202.
- MacKinnon, J., Verkuil, Y.I., Murray, N., 2012. *IUCN situation analysis on East and Southeast Asian intertidal habitats, with particular reference to the Yellow Sea (including the Bohai Sea)*, pp. 9-14, Occasional paper of the IUCN species survival commission, 47.
- Maeda, T., 2001. Patterns of bird abundance and habitat use in rice fields of the Kanto Plain, central Japan, *Ecol. Res.* 16, 569-585.
- Marques, P.A., Vicente, L., 1999. Seasonal variation of waterbird prey abundance in the Sado estuary rice fields, *Ardeola* 46, 231-234.
- Nam, H.K., Choi, S.H., Choi, Y.S., Yoo, J.C., 2012. Patterns of waterbirds abundance and habitat use in rice fields, *Korean J. Environ. Agric.* 31, 359-367.
- Newton, I., 2006. Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds?

- J. Ornithol.* 147, 146-166.
- Recher, H.F., 1966. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds, *Ecology* 47, 393-407.
- Remsen, J., Swan, M., Cardiff, S., Rosenberg, K., 1991. The importance of the rice-growing region of south-central Louisiana to winter populations of shorebirds, raptors, waders, and other birds, *J. La. Ornithol.* 1, 35-47.
- Ricklefs, R.E., 1974. Energetics of reproduction in birds, *Avian energetics* 15, 152-192.
- Sánchez, M.L., Green, A.J., Alejandre, R., 2006. Shorebird predation affects density, biomass, and size distribution of benthic chironomids in salt pans: an enclosure experiment, *J.N. Am. Benthol Soc.* 25, 9-18.
- Sherfy, M.H., Kirkpatrick, R.L., Richkus, K.D., 2000. Benthos core sampling and chironomid vertical distribution: implications for assessing shorebird food availability, *Wildlife Soc.B.* 28, 124-130.
- Smith, L.M., Pederson, R.L., Kaminski, R.M., 1989. *Habitat management for migrating and wintering waterfowl in North America*, pp. 243-251, Texas Tech University Press. Lubbock, Texas, USA.
- Townshend, D.J., 1981. The importance of field feeding to the survival of wintering male and female Curlews *Numenius arquata* on the Tees estuary, *Feeding and Survival Strategies of Estuarine Organisms Marine Science* 15, 261-273.
- Tréca, B., 1994. The diet of Ruffs and Blacktailed Godwits in Senegal, *Journal of African Ornithology* 65, 256-263.
- Yee, A.T.K., Ang, W.F., Teo, S., Liew, S.C., Tan, H.T.W., 2010. The present extent of mangrove forests in Singapore, *Nature in Singapore* 3, 139-145.

Appendix I. List of shorebird species observed in rice field during spring migration period of 2014

Scientific name	Physical structure				Activity	
	Paddy	Ditch	Levee	Road	Feed	Rest
Family Charadriidae						
<i>Pluvialis fulva</i>	○		○		○	○
<i>Charadrius dubius</i>	○		○	○	○	
Family Scolopacidae						
<i>Gallinago gallinago</i>	○				○	
<i>Limosa limosa</i>	○		○		○	○
<i>Numenius phaeopus</i>	○		○		○	○
<i>Tringa erythropus</i>	○		○		○	
<i>Tringa nebularia</i>	○		○		○	○
<i>Tringa glareola</i>	○	○	○		○	○
<i>Xenus cinereus</i>	○				○	
<i>Actitis hypoleucos</i>	○		○		○	
<i>Arenaria interpres</i>	○				○	
<i>Calidris ruficollis</i>	○		○		○	○
<i>Chlidris subminuta</i>	○				○	
<i>Calidris acuminata</i>	○		○		○	○
<i>Calidris alpina</i>	○				○	