

번식기 유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새 (*Haematopus ostralegus osculans*) 성체와 미성체의 섭식 능력 비교

이상연^{1,2}, 유영한³, 정길상⁴, 최유성^{5,*}, 주성배^{6,*}

¹국립생태원 자연환경조사팀, ²전남대학교 생물과학·생명기술학과, ³공주대학교 생명과학과,
⁴국립생태원 장기생태연구팀, ⁵국립생물자원관 국가철새연구센터, ⁶국립생태원 진화생태연구팀

Comparison of the foraging efficiency between adult and immature Eurasian Oystercatchers (*Haematopus ostralegus osculans*) during the breeding season on Yubu Island

Sang-Yeon Lee^{1,2}, Young-Han You³, Gilsang Jeong⁴, Yu-Seong Choi^{5,*} and Sungbae Joo^{6,*}

¹National Ecosystem Survey Team, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

²School of Biological Sciences and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea

³Department of Biological Sciences, Kongju National University, Gongju 32588, Republic of Korea

⁴Long Term Ecological Research Team, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

⁵National Migratory Birds Center, National Institute of Biological Resources, Incheon 23106, Republic of Korea

⁶Evolutionary Ecology Research Team, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea

*Corresponding author

Yu-Seong Choi
Tel. 032-836-8316
E-mail. yschoi0321@korea.kr
Sungbae Joo
Tel. 041-950-5637
E-mail. doctorjoo@nie.re.kr

Received: 20 September 2019

Revised: 15 October 2019

Revision accepted: 16 October 2019

Abstract: During the breeding season, both adults and immature Eurasian Oystercatchers (*Haematopus ostralegus osculans*) were observed to feed on prey, such as gastropods (*Umbonium thomasi*) and bivalves, at the tide water line around Yubu island in Korea. To determine differences in the foraging efficiency between the adult and immature birds, we recorded the feeding behavior using digiscoping with a telescope and a smartphone. We compared the pace, the prey search rate, the proportion of prey search techniques, the feeding success rate, the handling time, and the heads-up rate between the adult and immature birds. There were significant differences in the proportion of prey search techniques when gastropods were consumed and in the prey search rate and heads-up rate when bivalves were consumed but there were no significant differences in feeding success rates. Therefore, although the immature birds on Yubu Island were inferior to adults during the breeding season and they lacked the proficiency to locate prey, their overall foraging efficiency was similar to adults. This was considered to be due to the continuous eating of bivalves during the wintering season, which requires a high level of foraging efficiency.

Keywords: adult, breeding season, foraging efficiency, *Haematopus ostralegus osculans*, immature, Yubu Island

서 론

섭식은 야생동물에게 있어서 생존과 직결된 매우 중요한 활동으로 (Skórka and Wójcik 2008; Berón *et al.* 2011) 적합한 섭식지와 먹이원, 섭식 기술을 선택하는 일련의 과정으로 구성된다 (Wunderle 1991). 동종 내에서의 섭식 능력은 개체에 따라 차이가 있지만, 일반적으로 연령에 따라 확연하게 구분되는 것으로 알려져 있다. 번식 연령에 도달하지 않은 어린 미성체 (Immature)는 성체 (Adult)에 비해 먹이원을 부정확하게 인식하는 경향이 두드러지고 (Espin *et al.* 1983; Bertellotti and Yorio 2000), 먹이원을 다루는 능력이 미숙하여 (Burger 1981; Greig-Smith 1985) 섭식하기까지의 시간이 오래 걸리며 (Porter and Sealy 1982; Sutherland *et al.* 1986), 성체와의 경쟁에 대한 대처 능력이 부족하다 (Slater 1983; Berón *et al.* 2011). 이러한 한계점을 극복하기 위해 미성체는 먹이원의 크기 (Sullivan 1988a; Gomez *et al.* 2009), 섭식지를 변경하는 전략을 이용하기도 한다. 그러나 이러한 미성체의 섭식 전략이 항상 효율적인 것은 아니다 (Burger and Gochfeld 1986). 성체와 함께 섭식할 경우 사회적 촉진 효과 (social facilitation effect)에 의해 미성체의 섭식 성공률이 오히려 증가하는 사례도 상당수 보고되었다 (Burger 1980; Porter and Sealy 1982; Sullivan 1988b).

해양성 조류 (seabird)는 수명이 길고 (Holmes and Austad 1995), 집단 생활을 하며, 유소성 (site fidelity)이 있는 야생 조류에 해당한다 (Wooller *et al.* 1992). 특히, 해양성 조류는 번식 가능한 연령이 최소 3년 이상으로 다른 종과 비교하여 다소 오래 걸리는 경향을 보이는데, 이는 최적의 섭식 능력을 갖추기까지 상당한 시간이 필요하다는 사실과 관련이 있는 것으로 알려져 있다 (Marchetti and Price 1989). 이러한 이유로 해양성 조류는 야생동물의 연령별 섭식 능력의 차이에 관한 연구 수행 시 주요 대상으로 활용되고 있다 (Nisbet 2001).

해양성 조류 중 하나인 검은머리물떼새 (*Haematopus ostralegus*)는 해안과 인접한 사구와 간척지, 염습지를 비롯한 암반으로 구성된 무인도에서 번식하고 (Gerasimov *et al.* 1999; Moores 2006), 갯벌 지역을 섭식지로 이용하는 종으로서 (Hulscher 1996) 평균 수명 11~13년 (van de Pol *et al.* 2011), 야생에서 확인된 최대 수명은 43년 (Staav and Fransson 2006)으로 수명이 길며, 번식 가능한 연령 역시 평균 4~5년 정도로 늦은 편에 속한다. 국내에 서식하는 검은머

리물떼새는 전 세계에 분포하는 4아종 중 동아시아 아종 (*H. o. osculans*)에 해당한다 (Gill and Donsker 2019). 이 아종은 최근 가장 극심한 환경 변화를 보이는 황해 연안이 주요 서식지이며, 지구상에 약 11,000여 개체가 생존한 것으로 추정되는 (Melville *et al.* 2014) 국제적 멸종위기종으로 IUCN 적색목록집 (Red List)에 준위협종 (Near Threatened; NT)에 등록되어 있다 (BirdLife International 2017). 국내에서도 멸종위기 야생생물 II급 (by Wildlife Protection and Management Act)과 천연기념물 (by Cultural Heritage Protection Act), 보호대상 해양생물 (by Conservation and Management of Marine Ecosystems Act)로 지정 및 관리되고 있다. 이 아종이 큰 규모의 집단으로 월동과 번식을 하는 서식지는 국내의 유부도 일대가 유일하다. Melville *et al.* (2014)은 동아시아 아종 전체 개체군의 50% 이상이 유부도 일대에서 월동하는 것으로 보고하였으며, Lee *et al.* (2018)은 번식기 유부도 일대에 약 300여 개체가 지속적으로 머물며 번식 및 서식하는 것을 확인하였다. 유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새는 주로 조수 경계부 (tide water line)를 따라다니며 복족류 (gastropod)나 이매패류 (bivalve)를 섭식하는데 (Lee *et al.* 2018), 번식기에도 성체와 미성체가 혼재되어 섭식을 하는 모습이 자주 목격된다 (Lee *et al.* pers. obs.). 본 연구는 번식기 유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새 성체와 미성체의 섭식 능력을 주요 먹이원별로 분석하여 비교함으로써 법정보호종인 검은머리물떼새 개체군 및 서식지 보호 정책 마련을 위한 기초자료 확보를 목적으로 한다.

재료 및 방법

1. 연구 지역

유부도 (N 35°59'35", E 126°36'07")는 충남 서천군 장항읍 송림리에 위치한 소규모의 유인도로서 국내에 도래하는 이동성 물새류의 중요 서식지 (Kang *et al.* 2010)임을 인정받아 2008년 습지보호지역, 2009년 람사르 습지, 2011년 동아시아-대양주 철새이동경로상의 주요 협력지역 (EAAF Network Site 101)으로 지정되었다. 주민이 거주하고 있는 본섬으로부터 북쪽으로 약 2km 떨어진 3개의 무인도는 유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새의 주요 번식지이며, 간조 시 넓은 갯벌이 드러나는 조간대 지역은 주요 섭식지

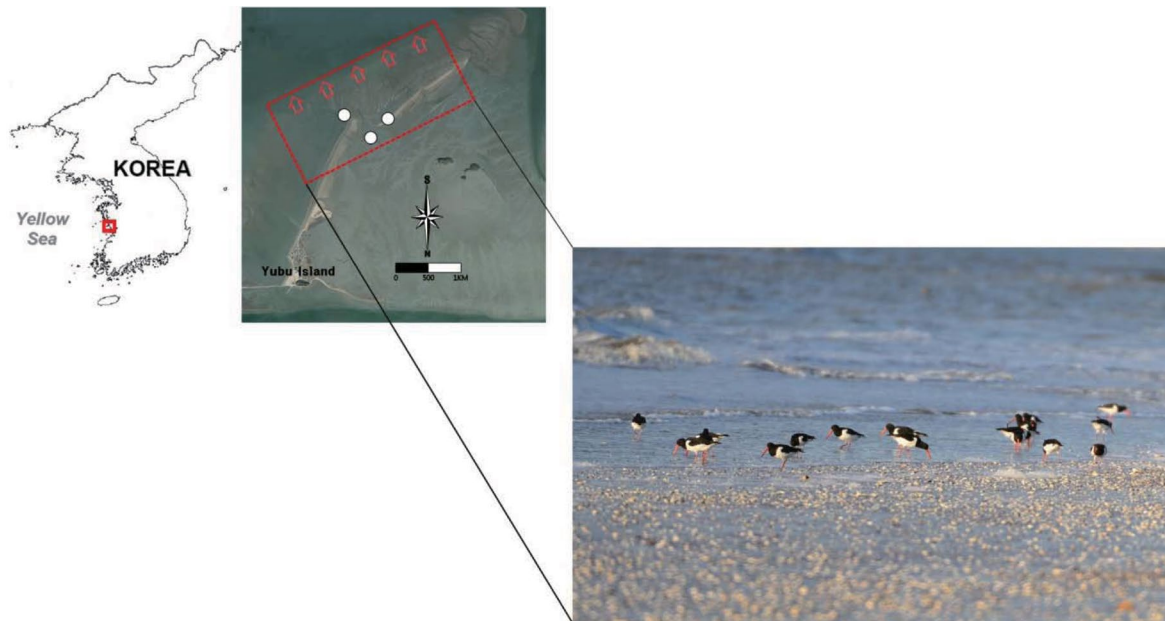


Fig. 1. Map of the study area (Yubu Island tidal flat). The open circles indicate the breeding site and the dotted line indicates the monitoring range of the foraging behavior of Eurasian Oystercatchers (*Haematopus ostralegus osculans*). As the tide ebbs, the tide flows in the direction of the arrow. The tide line formed was the main feeding site of Eurasian Oystercatchers (right).

로 이용하고 있다(Fig. 1).

2. 섭식 과정 녹화

2016년 검은머리물떼새의 번식기인 3월 말부터 6월 말까지 유부도 주변 갯벌의 조수 경계부에서 섭식하는 개체들을 임의로 선택하여 연구 대상으로 선정하였다. 갯벌 지역을 섭식지로 이용하는 조류들을 대상으로 한 섭식 연구들은 본 연구처럼 개체표식(banded)이 이루어지지 않은 경우 이들을 식별하여 개체별로 섭식 정보를 확보하는 것은 매우 어렵기 때문에(Catry *et al.* 2014) 중복이 되더라도 임의로 선택한 개체들을 대상으로 개체군 수준에서의 경향성 파악을 시도한 연구들이 보고된 상당수이다(Altmann 1974; Goss-Custard and Durell 1983; Whitfield 1990; Martin *et al.* 1993; Berón *et al.* 2011). 이렇게 선택한 개체들을 망원경(Swarovski ATS 80 HD w/25-50×)과 스마트폰(Samsung Galaxy Grand)을 조합한 디지스코핑(digiscoping) 방식을 통해 개체당 약 3분 가량의 섭식 과정을 녹화하였으며, 이때, 녹화된 영상에서 연령과 먹이원이 명확하게 구분되어야 하므로 해당 개체들을 녹화할 때 경계를 하지 않는 범위 내에 최대한 근접하는 것을 원칙으로 하였다(Lee *et al.* 2018).

3. 영상 분석

녹화된 영상은 컴퓨터에서 미디어 플레이어를 이용하여 분석하였다. 우선적으로 녹화된 영상 내 개체의 외형적 특징으로 성체와 미성체로 구분하였다. 성체는 검은색과 흰색의 깃, 선명한 붉은색 부리와 눈, 분홍색 다리를 지니고 있는 반면, 미성체는 검갈색의 깃, 적갈색의 눈, 부리 끝의 검은색, 어두운 분홍색의 다리를 지니고 있어 구분이 가능하다(Fig. 2). 이후 섭식과정 중에서 확인되는 먹이원의 패각 또는 몸체의 모양을 통해 복족류와 이매패류로 분류하였으며, 특히, 복족류는 모두 고등류로서 검은머리물떼새가 섭식 후 갯벌 표면에 남겨놓은 패각을 수거하여 동정한 결과 모두 서해비단고둥(*Umbonium thomasi*)으로 종을 특정할 수 있었다.

먹이원별 성체와 미성체의 섭식 능력을 비교하기 위해 해당 먹이원 한 종류만 섭식하는(specialization) 영상만을 대상으로 단위 시간(1분)당 해당 먹이원을 찾기 위한 걸음수와 갯벌 표면에 부리를 접촉하는 먹이원 탐색시도횟수, 섭식성공횟수를 산출하였다. 이 중 먹이원 탐색시도횟수는 검은머리물떼새의 주요 탐색방법인 단일탐침(single peck), 중복탐침(multiple peck), 찔러넣기(boring) 횟수의 총합으로 구성된다(Hulscher 1982). 세부적으로 살펴보면



Adult

Immature

Fig. 2. Comparison of age-specific morphology of the Eurasian Oystercatcher (*Haematopus ostralegus osculans*). Adult (left) and immature bird (right).

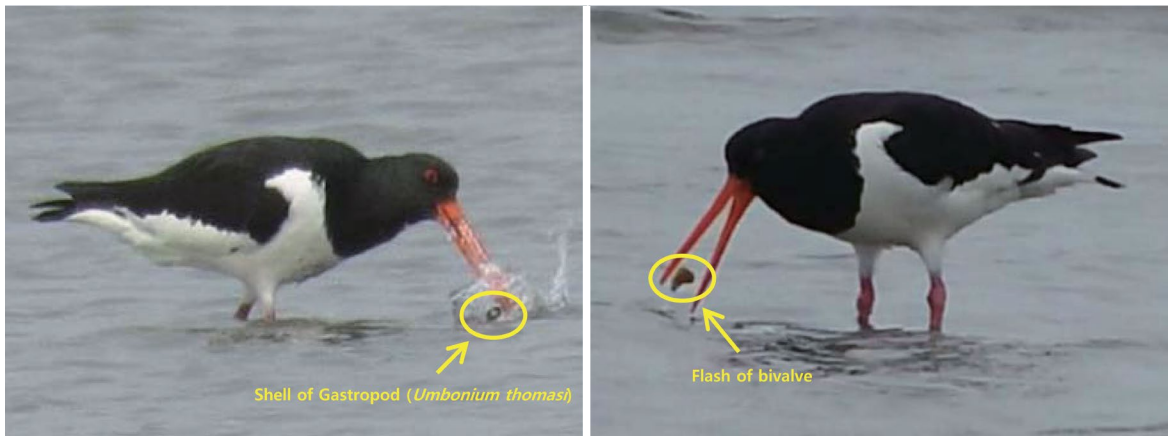


Fig. 3. The main prey of the Eurasian Oystercatcher (*Haematopus ostralegus osculans*) on the tide line during the breeding season on Yubu Island. Gastropods (*Umbonium thomasi*, left) and bivalves (right).

단일탐침은 갯벌 표면의 약 1~20mm 깊이를 빠른 속도로 1회 찌르는 행동이며, 중복탐침은 갯벌 표면을 다양한 깊이로 초당 3회에서 7회에 걸쳐 넓은 면적을 찌르는 행동으로 머리를 들어 정지하는 순간까지를 중복탐침 1회로 간주하였다. 찢러넣기는 갯벌 표면 내부로 1회 깊숙히 넣었다 빼는 행동으로 부리가 보이지 않는 특징이 있다. 성체와 미성체가 해당 먹이원 섭식을 위해 사용하는 탐색방법의 구성 차이를 비교하고자 단일탐침, 중복탐침, 찢러넣기 횟수는 비율(%)로 변환하였다. 추가적으로 먹이원을 포획한 순간부터 섭식이 완료되는 순간까지의 조작시간(handling time)과 조작시간 내 일종의 경계(vigilance) 행동으로서 갯

벌 표면과 수평 방향을 유지하는 머리 들어올리기(head-up) 횟수를 측정하여 비교하였다(Boates and Goss-Custard 1992). 이때 머리 들어올리기는 확실한 수치 상의 비교를 위해 단위 시간(1분)당 횟수로 변환하였다.

4. 통계 분석

산출된 결과는 평균과 표준오차(SE; Standard Error)로 표현하였으며, 유의성 검증을 위한 통계 유형은 Shapiro-Wilk test를 통한 정규성 검정으로 결정하였다. 각각의 결과에 대해 성체와 미성체의 유의확률 모두 0.05 이상일 경

우 모수 통계인 T-test, 하나라도 0.05 미만일 경우 비모수 통계인 Mann-Whitney U test를 이용하였다. 단, 성체와 미성체 각각의 표본수가 10 미만일 경우 Shapiro-Wilk test 정규성 검정 결과에 관계없이 Mann-Whitney U test를 이용하였다. 모든 통계는 SPSS (ver.18.0)를 통해 수행하였으며, $p < 0.05$ 일 때에 한하여 통계적 유의성을 적용하였다.

결 과

서해비단고둥을 섭식하는 경우 단위 시간당 걸음수는 성체 ($n=29$) 68.23 ± 5.01 회 분⁻¹, 미성체 ($n=11$) 79.96 ± 4.26 회 분⁻¹으로 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 (T-test: $F_{1,38} = 0.794$, NS, Fig. 4), 먹이원 탐색시도횟수는 성체

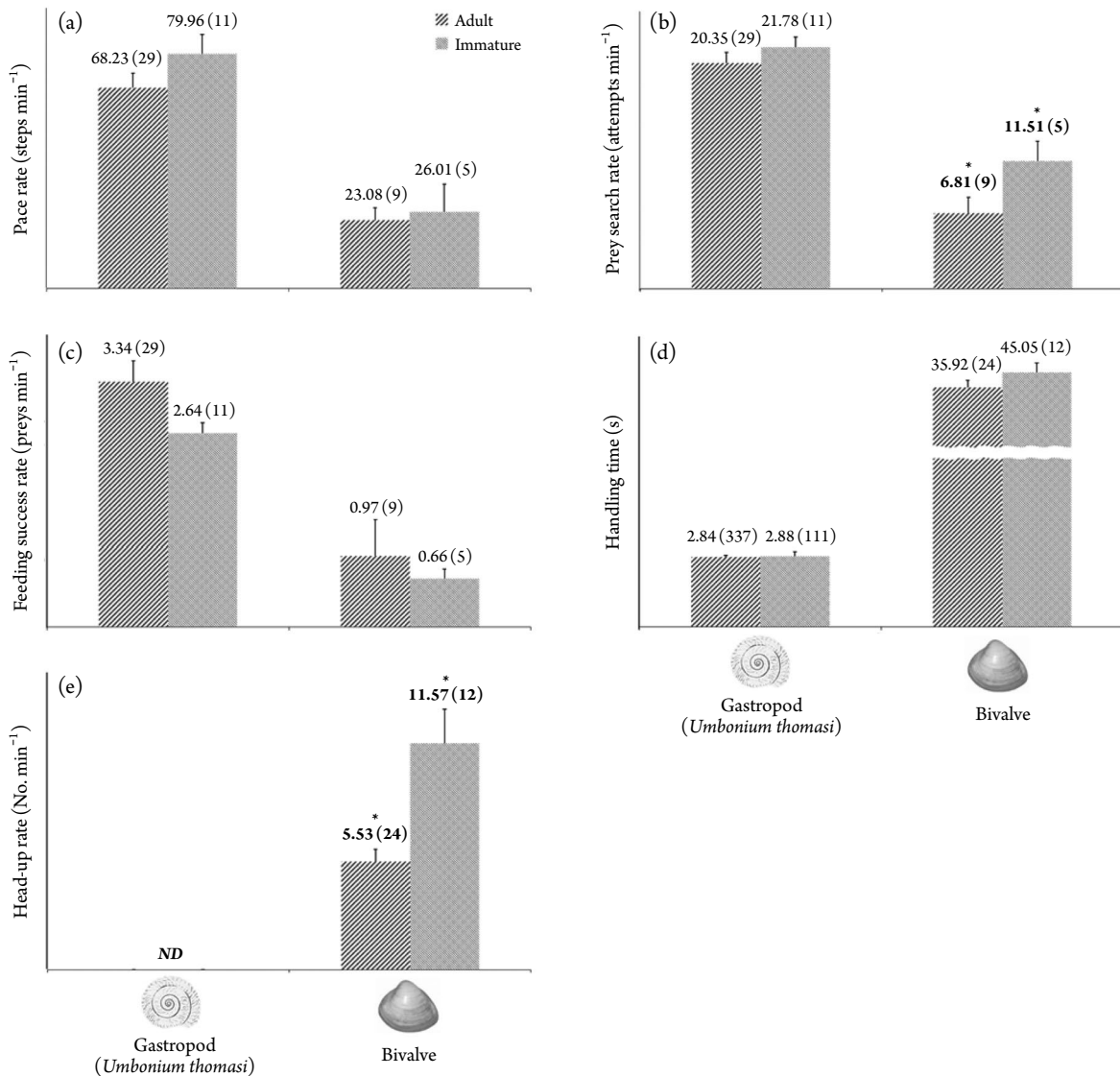


Fig. 4. Comparisons of the foraging efficiency between adult and immature Eurasian Oystercatchers (*Haematopus ostralegus osculans*) by main prey (gastropods (*Umboonium thomasi*) and bivalves) during the breeding season on Yubu Island in Korea. (a) Pace rate (the number of steps per a minute); (b) the prey search rate (the number of the bill contacts with the surface of the tidal flat for feeding); (c) the feeding success rate (the number of prey eaten per a minute); (d) the handling time (the time consumed from prey search to swallow); and (e) the heads-up rate (the number of the times the head was raised and the bill held parallel to the tidal flat per handling time). Handling time was converted to minutes. The numbers above the graph indicate the mean and the numbers in parentheses indicate the sample size. The asterisks indicate a significant difference in mean values between the significance levels in the Mann-Whitney U test: * $p < 0.05$; ND: not detected.

Table 1. The proportion of prey search techniques between adult and immature Eurasian Oystercatchers (*Haematopus ostralegus osculans*) by main prey (gastropods (*Umbonium thomasi*) and bivalves) during the breeding season on Yubu Island in Korea

Prey/age	Prey search technique (%)		
	Single peck	Multiple peck	Boring
Gastropod (<i>Umbonium thomasi</i>)			
Adult (n=29)	97.41 ± 1.03	2.41 ± 1.04	0.18 ± 0.13
Immature (n=11)	90.72 ± 4.24	8.33 ± 4.26	0.95 ± 0.47
Statistics (Mann-Whitney U test)	U=76.5, p<0.05	U=75.5, p<0.05	U=112.5, p<0.05
Bivalve			
Adult (n=9)	29.33 ± 10.18	66.80 ± 10.02	3.86 ± 3.39
Immature (n=5)	25.19 ± 13.17	65.85 ± 14.95	8.96 ± 2.61
Statistics (Mann-Whitney U test)	U=20.0, NS ¹⁾	U=22.0, NS	U=9.5, NS

¹⁾not significant

20.35 ± 0.96회 분⁻¹, 미성체 21.78 ± 1.44회 분⁻¹으로 역시 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($F_{1,38} = 0.081$, NS). 그러나 탐색방법의 구성 비율에서 단일탐침은 성체 97.41 ± 1.03%, 미성체 90.72 ± 4.24%로 성체가 더 많은 비율을 이용한 반면 (Mann-Whitney U test, $U = 76.5$, $p < 0.05$), 중복탐침은 성체 2.41 ± 1.04%, 미성체 8.33 ± 4.26% ($U = 75.5$, $p < 0.05$), 찢러넣기는 성체 3.34 ± 0.29%, 미성체 0.18 ± 0.13% ($U = 112.5$, $p < 0.05$)로 미성체가 더 많은 비율을 이용하였다 ($U = 75.5$, $p < 0.05$, Table 1). 섭식성공횟수는 성체 3.34 ± 0.29회 분⁻¹, 미성체 2.64 ± 0.49회 분⁻¹으로 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 (T-test: $F_{1,38} = 0.001$, NS, Fig. 4), 서해비단고둥을 섭식하기까지의 조작시간은 성체 ($n = 337$) 2.84 ± 0.08초, 미성체 ($n = 111$) 2.88 ± 0.19초로 역시 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Mann-Whitney U test, $U = 18,347.5$, NS). 조작시간 내 머리 들어올리기는 성체와 미성체 모두에게서 탐지되지 않았다.

한편, 주요 먹이원이 이매패류일 때 단위 시간당 걸음수는 성체 ($n = 9$) 23.08 ± 6.60회 분⁻¹, 미성체 ($n = 6$) 26.01 ± 9.39회 분⁻¹으로 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 (Mann-Whitney U test, $U = 19.0$, NS, Fig. 4), 먹이원 탐색시도횟수는 성체 6.81 ± 0.91회 분⁻¹, 미성체 11.51 ± 1.79회 분⁻¹으로 미성체가 더 많은 탐색시도를 한 것으로 나타났다 ($U = 7.0$, $p < 0.05$). 단일탐침은 성체 29.33 ± 10.18%, 미성체 25.19 ± 13.17% ($U = 20.0$, NS), 중복탐침은 성체 66.80 ± 10.02%, 미성체 65.85 ± 14.95% ($U = 22.0$, NS), 찢러넣기는 성체 3.86 ± 3.39%, 미성체 8.96 ± 2.61% ($U = 9.5$, NS)로 통계적으로 탐색방법의 구성 비율 면에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 1). 섭식성공횟수는 성체 0.97 ± 0.14회 분⁻¹, 미성체 0.66 ± 0.13회 분⁻¹으로 통계적으로

유의한 차이는 없었으며 ($U = 13.5$, NS, Fig. 4), 섭식에 소요된 조작시간은 성체 ($n = 24$) 35.92 ± 0.08초, 미성체 ($n = 12$) 45.05 ± 6.76초로 역시 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 도출되었다 ($U = 100.0$, NS). 서해비단고둥을 섭식할 때와 달리 이매패류를 섭식하는 경우 머리 들어올리기 행동이 탐지되었으며, 성체가 5.53 ± 0.62회 분⁻¹이었던 것에 반해 미성체는 11.57 ± 1.74회 분⁻¹으로 미성체가 머리 들어올리기 행동을 훨씬 빈번하게 한 것으로 분석되었다 ($U = 50.5$, $p < 0.05$).

고 찰

유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새의 번식기 주요 먹이원인 서해비단고둥과 이매패류의 섭식 영상을 통해 성체와 미성체의 섭식 능력을 비교하였다. 서해비단고둥을 섭식할 때 단위 시간당 걸음수 및 먹이원 탐색시도횟수, 섭식성공횟수, 조작시간에서 성체와 미성체 간 유의한 차이를 확인할 수 없었다. 그러나 탐색방법을 살펴보면 단일탐침은 성체가, 중복탐침과 찢러넣기는 미성체가 더 높은 비율로 이용하였다. 해양성 조류의 일종인 섭금류 (shorebird)는 복족류를 손쉽게 섭식할 수 있는 먹이원으로 인식하는 경향이 있다. Dierschke *et al.* (1999)의 연구에 따르면 번식지로 이동 (migration)하는 민물도요 (*Calidris alpina*) 개체군은 기착지 (stopover site)인 발트 해 (Baltic Sea) 남쪽 지역에 도착하였을 때 1년생 미성체는 성체와 달리 복족류인 *hydrobia ventrosa*를 주로 섭식하는데, 이는 다른 먹이원에 비해 단순한 기술로도 섭식이 가능하기 때문으로 보고하였다. 실제로 대부분의 섭금류는 강력한 근위 (gizzard)

를 보유하고 있어 패각을 지닌 복족류나 소형 이매패류를 통째로 섭식하므로 (Piersma *et al.* 1993) 특별한 기술이 필요 없다. 이와는 달리 검은머리물떼새는 패각 내부에 위치하는 조직 (flesh)들을 꺼내 섭식하는 유일한 섭금류이다 (Hulscher 1996). 이러한 섭식행동은 검은머리물떼새가 가장 선호하는 먹이원인 이매패류 (De vlas *et al.* 1996; Hulscher 1996; Schwemmer *et al.* 2011)에만 해당되지 않는다. 서해비단고둥을 섭식할 때 역시 이동 또는 섭식을 위해 내놓은 복족 (foot)을 부리로 잡아 강한 반동을 이용하여 패각과 조직을 분리한 후 섭식한다 (Fig. 3). 따라서 검은머리물떼새가 서해비단고둥을 섭식하기 위해서는 복족을 정확하게 잡는 능력이 필수라고 할 수 있다. 중복탐침과 찢러넣기는 단일탐침과 비교하여 갯벌 내부로 삽입하는 부리의 깊이가 깊고, 여러 번 움직임으로 인해 에너지가 많이 소모된다 (Hulscher 1982; Boates and Goss-Custard 1992). 결국 미성체의 중복탐침과 찢러넣기의 비율이 높았던 것은 성체에 비해 서해비단고둥 복족의 위치를 정확하게 탐지하는 능력이 떨어지는 것에 기인한 결과로 판단된다.

이매패류를 섭식하는 경우 단위 시간당 걸음수 및 섭식 성공횟수, 조작시간은 성체와 미성체가 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 탐색시도횟수는 미성체가 성체에 비해 빈번하게 시도한 것으로 확인되었다. 그러나 탐색시도횟수를 구성하는 탐색방법의 비율 면에서 유의한 차이는 없었다. 미성체의 탐색시도횟수가 성체보다 많았던 것은 서해비단고둥의 경우와 유사한 것으로 보여진다. 검은머리물떼새는 이매패류가 이동 또는 섭식을 위해 패각의 틈 (cleft)을 벌리고 내놓은 출수관 (siphon)을 정확히 인지한 후 그 부분을 부리로 찌르는 (stabbing) 방법을 이용하는데 (Hulscher 1982), 그런 능력이 부족한 경우 탐색시도횟수는 자연스럽게 증가할 수 밖에 없다. 한편, 서해비단고둥을 섭식할 때 확인되지 않았던 머리 들어올리기는 이매패류를 섭식할 때 성체와 미성체 모두 관찰되었다. 서해비단고둥에 비해 이매패류는 조작시간이 훨씬 긴 먹이원이므로 섭식 과정에서 부가적으로 행해진 행동으로 볼 수 있다. 섭식 시 머리 들어올리기는 여러 연구를 통해 포식자를 경계하기 위한 일종의 반포식 (antipredation) 행동으로 알려져 있으며 (Loughry 1992; Gochfeld and Burger 1994; Arenz and Leger 1997), 대부분 성체가 미성체에 비해 훨씬 빈번하게 하는 경향이 있는 것으로 보고하고 있다 (Arenz and Leger 2000; Boukhriss *et al.* 2006; Avilés and Bednekoff 2007). 이에 대해 Arenz and Leger (2000)는 세 가지 가설을 제시

하였다. i) 미성체는 섭식 능력이 부족하여 이를 향상시키기 위한 학습에 집중하느라 경계 행동이 적다. ii) 성체에 비해 미성체의 체형 (body size)이 작으므로 성체에 비해 포식자의 눈에 띄기 가능성이 적어 성체만큼 경계 행동을 할 필요가 없다. iii) 미성체는 성장이라는 문제에 직면하고 있어 성체에 비해 생존에 취약한 상태이므로 경계를 포기함으로써 섭식을 통한 에너지 획득을 최대화하는 것이다. 그러나 본 연구에서는 미성체의 머리 들어올리기가 성체보다 훨씬 빈번하게 하는 것으로 확인되어 전술한 세 가지 가설 외에 다른 접근이 필요할 것으로 판단된다. Cayford (1988)는 검은머리물떼새가 머리 들어올리기를 하는 이유는 포식자가 아닌 동종의 다른 개체들을 경계하기 위한 행동으로 기록하였다. Ens and Cayford (1996)는 검은머리물떼새의 우세한 개체들이 열세인 개체들의 먹이를 빼앗는 행동 (kleptoparasitism)을 빈번하게 하는 것으로 보고하였으며, 실제로 검은머리물떼새가 먹이를 다른 개체에게 빼앗기는 비율이 성체에 비해 미성체가 훨씬 높았다는 Goss-Custard *et al.* (1998)의 연구는 연령이 어릴수록 열세에 놓일 가능성이 크다는 것을 입증한다. 게다가 Kersten and Breninkmeijer (1995)는 검은머리물떼새 미성체가 성체 수준의 섭식 능력을 갖춘다고 하더라도 성체의 우세함 (dominance)을 극복하기 어려운 존재로 언급하고 있다.

종합적으로 번식기 유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새 미성체는 성체에 비해 열세일 확률이 높고, 먹이원의 정확한 위치를 탐지하는 능력이 떨어지지만, 전반적인 섭식 능력은 성체와 차이가 없었다. 그렇다면 검은머리물떼새 미성체의 섭식 능력은 언제 성체 수준으로 도달할까? Goss-Custard and Durell (1987)은 당해 연도에 태어난 검은머리물떼새 미성체들이 월동지인 엑스 강 (River Exe) 하구 지역으로 이동한 직후인 8월에 그들의 섭식 능력이 성체의 절반에도 미치지 못하는 44%에 불과하였으나, 월동기간이 완료되는 이듬 해 2월에는 성체와 유의한 차이가 나타나지 않은 것을 확인하였다. 이에 대해 Goss-Custard and Durell은 월동기간 동안 이매패류인 *Mytilus edulis*를 지속적으로 섭식하는 것을 섭식 능력 향상의 직접적인 원인으로 제안하였다. 이매패류는 검은머리물떼새가 섭식하는 먹이원 중 생체량이 높아 에너지 측면에서 분명 효율적이지만 (Rodrigues *et al.* 2006), 조작이 서툴 경우 섭식 과정 중 부리가 파손될 위험성이 있어 조수 경계부에서 가장 고도의 기술이 필요한 먹이원이다 (Goss-Custard *et al.* 1996). 실제로 유부도 일대에서 월동하는 검은머리물떼새 개체군들



Fig. 5. Immature Eurasian Oystercatchers (*Haematopus ostralegus osculans*) eat bivalves in November 2016 during the winter season on Yubu Island.

이 이매패류를 섭식하는 것은 빈번하게 관찰된다(Lee *et al.* pers. obs., Fig. 5.)

한편, 유부도 일대와 신안 일대에서 태어난 개체들에게 가락지를 부착하여 분포 경향을 모니터링한 결과, 유부도 일대에서 태어난 개체들은 연중 내내 지속적으로 유부도 일대에서 관찰되는 텃새(sedentary) 형태를 보이나, 신안 일대에서 태어난 개체들은 유부도 일대에서 월동기간을 보낸 후 태어난 지역(natal site)으로 되돌아가는 경향을 보였다(Joo *et al.* 2018). 이를 토대로 번식기 유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새 미성체들이 모두 유부도 일대에서 태어난 개체들이라면, Goss-Custard and Durell (1987) 이 제안한 것보다 훨씬 단기간에 이미 성체 수준의 섭식 능력을 갖추었을 가능성이 있다고 판단된다.

본 연구를 통해 서해비단고둥과 이매패류를 먹이원으로 이용하는 각각의 비율이 성체와 미성체 간 유의한 차이가 있는지는 확인할 수 없었다. 상당수의 조류 종들에게서 섭식 능력이 부족한 미성체는 조작시간을 줄임으로써 소비되는 에너지를 최소화하고(Nam and Kim 2017), 경쟁을 피하기 위해(Boates and Goss-Custard 1989) 성체의 먹이원 보다 크기가 작은 먹이원을 선택하는 전략을 활용하고 있다(Wunderle 1991). 그러나 이러한 연령별 먹이원 선택의 차이 현상은 지속기간이 짧으며(Bryan and Larkin 1972), 특히, 미성체가 성체 수준의 섭식 능력에 도달하였을 경우 먹이원 종 구성의 차이는 거의 없기 때문에(Richardson and Verbeek 1987) 번식기 유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새 성체와 미성체의 먹이원 이용 경향성은 유사할

것으로 추정된다.

검은머리물떼새는 번식이 가능한 연령에 도달하는데 수년이 걸리며, 개체 간 형태적 변이로 인해 외형 상으로는 정확한 연령을 알기 어렵다. 검은머리물떼새 개체군의 연령별 섭식 능력 변화를 파악하기 위해 유부도 일대를 비롯한 전국의 검은머리물떼새 번식지에서 태어난 개체들을 대상으로 지속적인 가락지 부착을 추진하되 유부도 일대를 대규모로 이용하는 가을철과 겨울철 개체 수준(individuals)의 섭식 능력 비교에 관한 연구가 추가로 수행되어야 한다.

적 요

번식기 유부도 일대의 조수 경계부에서는 검은머리물떼새(*Haematopus ostralegus osculans*) 성체와 미성체가 한데 모여 복족류(서해비단고둥, *Umbonium thomasi*)와 이매패류를 섭식하는 것이 관찰된다. 본 연구는 성체와 미성체 간의 섭식 능력에 차이가 있는지 알아보고자 해당 먹이원을 섭식하는 개체들의 행동을 영상으로 녹화한 후 성체와 미성체로 구분하여 단위 시간당 걸음수, 먹이원 탐색시도횟수 및 탐색방법 구성비율, 섭식성공횟수, 조작시간, 머리 들어올리기횟수를 비교하였다. 서해비단고둥을 섭식할 때 먹이원 탐색방법의 구성 비율, 이매패류를 섭식할 때 먹이원 탐색시도횟수와 머리 들어올리기횟수에서 유의한 차이를 나타냈으나, 단위 시간당 걸음수, 탐색시도횟수, 섭식성공횟수

는 차이가 없었다. 결과적으로 번식기 유부도 일대에 서식하는 검은머리물떼새 미성체가 성체에 비해 비록 열세이고, 먹이원의 위치를 파악하는 능력이 부족하지만, 전반적인 섭식 능력은 성체와 유사한 수준임을 의미한다. 월동기간 동안 고도의 섭식 능력을 갖추어야 섭식이 가능한 이매패류를 지속적으로 섭식한 것에 기인한 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립생태원 연구 과제인 NIE-C-2016-03과 NIE-C-2019-25에 의해 수행되었습니다.

REFERENCES

- Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 49:227-266.
- Arenz CL and DW Leger. 2000. Antipredator vigilance of juvenile and adult thirteen-lined ground squirrels and the role of nutritional need. *Anim. Behav.* 59:535-541.
- Avilés JM and PA Bednekoff. 2007. How do vigilance and feeding by common cranes *Grus grus* depend on age, habitat, and flock size? *J. Avian Biol.* 38:690-697.
- Berón MP, GO García, T Luppi and M Favero. 2011. Age-related prey selectivity and foraging efficiency of Olog's Gulls (*Larus atlanticus*) feeding on crabs in their non-breeding grounds. *Emu* 111:172-178.
- Bertelotti M and PYorio. 2000. Age-related feeding behavior and foraging efficiency in Kelp Gulls *Larus dominicanus* attending coastal trawlers in Argentina. *Ardea* 88:207-214.
- BirdLife International. 2017. *Haematopus ostralegus* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017:e.T22733462A117739875. [http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22733462A117739875.en.?](http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T22733462A117739875.en.) Downloaded on 30 July 2019.
- Boates JS and JD Goss-Custard. 1989. Foraging behaviour of oystercatchers *Haematopus ostralegus* during a diet switch from worms *Nereis diversicolor* to clams *Scrobicularia plana*. *Can. J. Zool.* 67:2225-2231.
- Boates JS and JD Goss-Custard. 1992. Foraging behaviour of oystercatchers *Haematopus ostralegus* specializing on different species of prey. *Can. J. Zool.* 70:2398-2404.
- Boukhriss J, S Selmi, A Bechet and S Nouira. 2007. Vigilance in greater flamingos wintering in southern Tunisia: age-dependent flock size effect. *Ethology* 113:377-385.
- Bryan JE and PA Larkin. 1972. Food specialization by individual trout. *J. Fish. Res. Board Can.* 29:1615-1624.
- Burger J. 1980. Age differences in foraging black-necked Stilts in Texas. *Auk* 97:633-636.
- Burger J. 1981. Feeding competition between laughing gulls and herring gulls at a sanitary landfill. *Condor* 83:328-335.
- Burger J and M Gochfeld. 1986. Age differences in foraging efficiency of American Avocets *Recurvirostra Americana*. *Bird Behav.* 6:66-71.
- Catry T, JA Alves, JA Gill, TG Gunnarsson and JP Granadeiro. 2014. Individual specialization in a shorebird population with narrow foraging niche. *Acta Oecol.* 56:56-65.
- Cayford JT. 1988. The foraging behaviour of oystercatchers, *Haematopus ostralegus*, feeding on mussels, *Mytilus edulis*. Ph.D. thesis, University of Exeter, UK.
- De Vlas SJ, EJ Bunschoeke, BJ Ens and JB Hulscher. 1996. Tidal changes between *Nereis diversicolor* and *Macoma balthica* as main prey species of the Oystercatcher *Haematopus ostralegus*. *Ardea* 84:105-116.
- Dierschke V, J Kube, S Probst and U Brenning. 1999. Feeding ecology of dunlins *Calidris alpina* staging in the southern Baltic Sea, 1. Habitat use and food selection. *J. Sea Res.* 42:49-64.
- Ens BJ and JT Cayford. 1996. Feeding with other oystercatchers. pp. 77-104. In *The Oystercatcher: from Individuals to Populations* (Goss-Custard JD ed.). Oxford University Press, New York, USA.
- Espin PMJ, RM Mather and J Adams. 1983. Age and foraging success in Black-winged Stilts *Himantopus himantopus*. *Ardea* 71:225-228.
- Gerasimov Y, Y Artukin, N Gerasimov and E Lobkov. 1999. Status of shorebirds in Kamchatka, Russia. *Stilt* 34:31-34.
- Gill F and D Donsker. 2019. IOC World Bird List (v9.1). doi:10.14344/IOC.ML.9.1.
- Gochfeld M and J Burger. 1994. Vigilance in African mammals: differences among mothers, other females, and males. *Behaviour* 131:153-169.
- Gomez A Jr, J Jr Pereira and L Bugoni. 2009. Age-specific diving and foraging behavior of the Great Grebe (*Podiceps major*). *Waterbirds* 32:149-156.
- Goss-Custard JD and SLVD Durell. 1983. Individual and age differences in the feeding ecology of oystercatchers *Haematopus ostralegus* wintering on the Exe Estuary, Devon. *Ibis* 125:155-171.
- Goss-Custard JD and SLVD Durell. 1987. Age-related effects in oystercatchers, *Haematopus ostralegus*, feeding on mussels, *Mytilus edulis*. I. Foraging efficiency and interference. *J. Anim. Ecol.* 56:521-536.
- Goss-Custard JD, JT Cayford and SEG Lea. 1998. The changing

- trade-off between food finding and food stealing in juvenile oystercatchers. *Anim. Behav.* 55:745–760.
- Goss-Custard JD, SLVD Durell, CP Goater, JB Hulscher, RHD Lambeck, PL Meininger and J Urfi. 1996. How oystercatchers survive the winter. pp. 133–154. In *The Oystercatcher: from Individuals to Populations* (Goss-Custard JD ed.). Oxford University Press, New York, USA.
- Greig-Smith PW. 1985. Winter survival, home ranges and feeding of first-year and adult Bullfinches. pp. 387–392. In *Behavioral Ecology: the Ecological Consequences of Adaptive Behaviour* (Sibley RM and RH Smith eds.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK.
- Hesp LS and CJ Barnard. 1989. Gulls and Plover: Age-related differences in kleptoparasitism among Black-headed Gulls (*Larus ridibundus*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 24:297–304.
- Holmes DJ and SN Austad. 1995. Birds as animal models for the comparative biology of aging: a prospectus. *J. Gerontol. Ser. A-Biol. Sci. Med. Sci.* 50:B59–B66.
- Hulscher JB. 1982. The oystercatcher *Haematopus ostralegus* as a predator of the bivalve *Macoma balthica* in the Dutch Wadden Sea. *Ardea* 70:89–152.
- Hulscher JB. 1996. Food and feeding behavior. pp. 7–29. In *The Oystercatcher: from Individuals to Populations* (Goss-Custard JD ed.). Oxford University Press, New York, USA.
- Joo S, SY Lee, IJ An, SS Kim, SY Park, JY Kang, HJ Ryu, SD Jin and G Jeong. 2018. Population ecology of vulnerable wildlife species in the ecosystem change. Final report NIE-BR-2018-03. National Institute of Ecology, Seocheon, Republic of Korea.
- Kang TH, HJ Cho, IK Kim, YS Lee and SW Lee. 2010. Avifauna at Spring season in Yubudo island, Korea. *J. Korean Nat.* 3:213–218.
- Kersten M and A Brenninkmeijer. 1995. Growth rate, fledging success and post-fledging survival of juvenile oystercatchers. *Ibis* 137:396–404.
- Lee SY, YS Choi, S Joo, G Jeong and YH You. 2018. Foraging behavior and preys in relation to feeding site types of the Eurasian oystercatcher (*Haematopus ostralegus osculans*) during the breeding season in Yubu Island, Korea. *Korean J. Ecol. Environ.* 51:184–191.
- Loughry WJ. 1992. Ontogeny of time allocation in black-tailed prairie dogs. *Ethology* 90:206–224.
- Marchetti K and T Price. 1989. Differences in the foraging of juvenile and adult birds: the importance of developmental constraints. *Biol. Rev.* 64:51–70.
- Martin P, PPG Bateson and P Bateson. 1993. *Measuring Behaviour: an Introductory Guide*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Melville DS, YN Gerasimov, N Moores, Y Yat-Tung and Q Bai. 2014. Conservation assessment of far eastern oystercatcher *Haematopus [ostralegus] osculans*. *Int. Wader Stud.* 20:129–154.
- Moores N. 2006. South Korea's shorebirds: a review of abundance, distribution, threats and conservation status. *Stilt* 50: 62–72.
- Nam HK and MH Kim. 2017. Determinations of shorebirds diets during spring migration stopovers in Korean rice fields. *Korean J. Environ. Biol.* 35:452–460.
- Nisbet ICT. 2001. Detecting and measuring senescence in wild birds: experience with long-lived seabirds. *Exp. Gerontol.* 36: 833–843.
- Piersma T, A Koolhaas and A Dekinga. 1993. Interactions between stomach structure and diet choice in shorebirds. *Auk* 110:552–564.
- Porter JM and SG Sealy. 1982. Dynamics of sea bird multispecies feeding flocks: age-related feeding behavior. *Behaviour* 81: 91–109.
- Richardson H and NAM Verbeek. 1987. Diet selection by yearling Northwestern Crows (*Corvus caurinus*) feeding on littleneck clams (*venerupis japonica*). *Auk* 104:263–269.
- Schwemmer P and S Garthe. 2011. Spatial and temporal patterns of habitat use by Eurasian oystercatchers (*Haematopus ostralegus*) in the eastern Wadden Sea revealed using GPS data loggers. *Mar. Biol.* 158:541–550.
- Skórka P and JD Wójcik. 2008. Habitat utilisation, feeding tactics and age related feeding efficiency in the Caspian Gull *Larus cachinnans*. *J. Ornithol.* 149:31–39.
- Slater PJB. 1983. The development of animal behavior. In *Animal Behaviour: Genes, Development, and Learning* (Halliday TR and PJB Salter eds.). Freeman, New York, USA.
- Staab R and T Fransson. 2006. EURING of longevity records for European birds. European Union for Bird Ringing. http://www.euring.org/data_and_codes/longevity.htm.
- Sullivan KA. 1988a. Age-specific profitability and prey choice. *Anim. Behav.* 36:613–615.
- Sullivan KA. 1988b. Ontogeny of time budgets in Yellow-eyed juncos: Adaptation to ecological constraints. *Ecology* 69:118–124.
- Sutherland WJ, DWF Jones and RW Hadfield. 1986. Age differences in the feeding ability of Moorhens *Gallinula chloropus*. *Ibis* 128:414–418.
- Van de Pol M, Y Vindenes, BE Sæther, S Engen, BJ Ens, K Oosterbeek and JM Tinbergen. 2011. Poor environmental tracking can make extinction risk insensitive to the colour of environmental noise. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B-Biol. Sci.* 278:3713–3722.
- Whitfield DP. 1990. Individual feeding specializations of wintering turnstone *Arenaria interpres*. *J. Anim. Ecol.* 59:193–211.
- Wunderle JM. 1991. Age-specific foraging proficiency in birds. pp. 273–324. In *Current Ornithology, VOL. 8* (Power DM ed.). Plenum Press, New York, USA.