

고리 주변해역에서 출현하는 응어 (*Coilia nasus*)의 위내용물 조성

백근욱 · 박주면^{1,*} · 추현기² · 허성희³

경상대학교 해양생명과학과/해양산업연구소, ¹전남대학교 해양기술학부, ²한국해양수산기술연구소,
³부경대학교 해양학과

Diet Composition of *Coilia nasus* in the Coastal Waters off Gori, Korea by Gun Wook Baeck, Joo Myun Park^{1,*}, Hyun Gi Choo² and Sung Hoi Huh³ (Department of Marine Biology & Aquaculture/Institute of Marine Industry, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea; ¹Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea; ²Korea Ocean & Fisheries Institute, Busan 608-810, Korea; ³Department of Oceanography, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea)

ABSTRACT The feeding habits of *Coilia nasus* were studied using 107 specimens collected from January to December 2005 in the coastal waters off Gori, Korea. The size of *C. nasus* ranged from 8.4 to 29.5 cm in standard length (SL). *C. nasus* was a carnivore that mainly consumed shrimps and copepods. Its diet also included small quantities of amphipods, euphausiids and chaetognaths. The feeding strategy graphical method revealed that *C. nasus* was a specialized feeder and showed a narrow niche width. Both small and large size classes of *C. nasus* mainly consumed shrimps and copepods, and did not show significant size-related changes in feeding habits. However, the mean number and weight of preys per stomach was higher in the large size class than in the small size class.

Key words : Feeding habits, *Coilia nasus*, Gori

서 론

응어 (*Coilia nasus*)는 청어목 (Clupeiformes) 멸치과 (Engraulidae)에 속하는 어류로서, 우리나라 전 연안을 비롯하여 동중국해, 발해만 등 북서태평양의 연안의 내만이나 하구역에 주로 분포하며 강의 중류까지 서식하기도 한다 (Yamada *et al.*, 1995; 김 등, 2005; Kwun *et al.*, 2010). 멸치과 어류는 우리나라 연안에서 총 6종이 출현하는 것으로 알려져 있는데 (김 등, 2005), 이 중 응어는 비교적 큰 크기의 어류로 최대 41 cm까지 성장하는 것으로 알려져 있다 (Whitehead *et al.*, 1988). 또한 응어는 소하성 (anadromous) 어류로 산란기 (5~8월)에 강 하구역 또는 중류까지 올라가 산란하는 것으로 알려져 있다 (Riede, 2004).

지금까지 응어에 관한 생태학적 연구는 서해에 서식하는 응어의 생식주기에 관한 연구 (이 등, 2003) 뿐이었다. 멸치과 어류의 경우 멸치류 (anchovy)의 섭식생태에 관한 연구

가 주로 진행되어 왔다 (Din and Gunter, 1986; 박과 차, 1995; Yasue *et al.*, 2010). 과거 연구에 의하면 멸치과 어류는 대부분 부어류로 플랑크톤 식성을 나타내었다. 큰 크기의 어류는 작은 크기의 어류에 비해 더 큰 먹이를 섭식하는 것이 일반적이다. 따라서 멸치과 어류 중 비교적 큰 크기에 속하는 응어는 플랑크톤 외에 더 큰 먹이도 섭식할 것으로 생각된다.

멸치과 어류인 응어는 유용 수산자원생물로 이들의 생태학적 특성을 이해하는 것은 자원 보존과 관리 측면에서 중요하다. 따라서 본 연구는 동해 남부 고리 주변해역에서 소형 기선저인망에 의해 채집된 응어의 위내용물 조성 및 체장별 섭식의 차이를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 응어 시료는 2005년 1월에서 12월까지 고리 주변해역에서 (35° 17'N, 129° 18'E) 소형기선저인망

*교신저자: 박주면 Tel: 82-51-629-6570, Fax: 82-51-629-6268,
E-mail: marbus@hanmail.net

(small otter trawl)을 이용하여 채집하였다. 채집된 시료는 10% 중성 포르말린에 보관하여 실험실로 운반하여 각 개체의 체장(0.1 cm)과 체중(0.1 g)을 측정하였다. 조사기간 동안 총 107개체가 채집되었는데, 체장은(standard length, SL) 8.4~29.5 cm (18.2 ± 5.7 cm)의 범위를 보였다. 이후 각 개체는 위 부분을 분리하여 위내용물을 분석하였다. 위내용물 중 발견된 먹이생물을 종류별로 계수하였으며, 건조기를 이용하여 80°C에서 24시간 건조시킨 뒤, 건조중량을 측정하였다.

위내용물 조사를 위한 충분한 표본크기를 결정하기 위하여 누적먹이곡선(cumulative prey curve)을 사용하였다(Ferry and Cailliet, 1996). 분석된 위내용물은 요각류(Copepoda), 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 새우류(Macrura), 기타 먹이생물(others)로 구분하여 위의 순서를 100번 무작위화한 뒤, 평균과 표준편차를 그래프상에 나타내었다. 이때 곡선의 점근선은 위내용물 분석을 위한 최소 표본크기를 나타낸다.

위내용물 분석 결과는 각 먹이생물의 출현빈도(%F), 개체수비(%N) 그리고 건조중량비(%W)로 나타내었으며, 다음 식을 이용하여 구하였다.

$$\%F = A_i / N \times 100$$

$$\%N = N_i / N_{total} \times 100$$

$$\%W = W_i / W_{total} \times 100$$

여기서, A_i 는 위내용물 중 해당 먹이생물이 발견된 용어의 개체수이고, N 은 먹이를 섭식한 용어의 총 개체수, N_i (W_i)는 해당 먹이생물의 개체수(건조중량), N_{total} (W_{total})은 전체 먹이개체수(건조중량)이다.

먹이생물의 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)는 Pinkas *et al.* (1971)의 식을 이용하여 구하였다.

$$IRI = (\%N + \%W) \times \%F$$

상대중요성지수는 백분율로 환산하여 상대중요성지수비(%IRI)로 나타내었다.

용어의 먹이중요도(dominant or rare), 섭식전략(specialist or generalist), 섭식폭(niche width)은 도해적방법(graphical method)을 사용하여 나타내었다(Amundsen *et al.*, 1996). 이 방법은 출현빈도(%F)에 대하여 prey-specific abundance를 도식화함으로써 나타내며, prey-specific abundance는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_i = (\sum S_i / \sum S_{ii}) \times 100$$

여기서, P_i 는 먹이생물 i 의 prey-specific abundance, S_i 는 위내용물 중 먹이생물 i 의 개체수(또는 중량), S_{ii} 는 먹이생물 i 를 섭식한 개체의 위내용물 중 전체 먹이개체수(또는 중량)이다.

또한 성장에 따른 용어의 먹이생물 변화를 파악하기 위해

서 채집된 시료를 작은 크기군(8~20 cm)과 큰 크기군(20~30 cm)으로 나누어 각 크기군별 먹이생물의 조성을 조사하였다. 체장군간 위내용물 조성의 통계적 차이를 분석하기 위하여 카이검정(χ^2 -test)을 실시하였으며, 체장과 섭식된 먹이생물 사이의 관계는 선형회귀분석을 실시하였다. 그리고 체장에 따른 먹이섭식 특성 파악을 위해 체장군별 개체 당 먹이의 평균 개체수(mean number of preys per stomach, mN/ST)와 개체 당 먹이의 평균 중량(mean weight of preys per stomach, mW/ST)을 구하였으며, t검정을 이용하여 체장군간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 위내용물 조성

총 107개체의 용어의 위내용물을 분석한 결과, 위내용물이 없었던 개체는 20개체로 18.7%의 공복율을 보였다. 위내용물이 발견된 87개체를 대상으로 조사한 누적먹이곡선은 27개체에서 점근선에 근접하였다(Fig. 1). 본 연구는 27개체 이상의 표본을 조사하였기 때문에 용어의 위내용물을 설명하기에 충분하였다.

먹이를 섭식한 87개체의 위내용물을 분석한 결과(Table 1), 용어의 가장 중요한 먹이생물은 출현빈도 57.4%, 개체수비 11.4%, 건조중량비 85.0%, 상대중요성지수비는 48.7%를 나타낸 새우류(Macrura)와 출현빈도 63.0%, 개체수비 77.8%, 건조중량비 8.8%, 상대중요성지수비 48.0%를 나타낸 요각류(Copepoda)였다. 그 다음으로 중요한 먹이생물은 출현빈도 22.2%, 개체수비 10.6%, 건조중량비 5.8%, 상대중요성지수비 3.2%를 나타낸 난바다곤쟁이류(Euphausiacea)

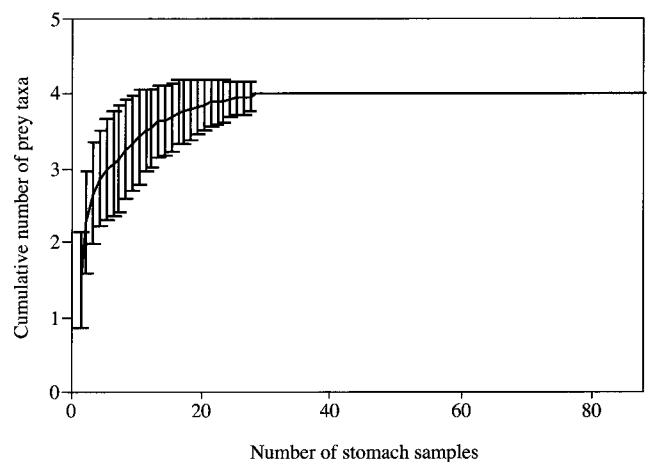


Fig. 1. Cumulative prey curves of prey taxa per stomach of *Coilia nasus* in the coastal waters off Gori. Vertical bars are standard deviations after 100 permutations.

였다. 그 외, 단각류(Amphipoda), 갯가재류(Stomatopoda), 화살벌레류(Chaetognatha)가 먹이생물이었으나, 상대중요성지수비 0.1% 이하로 그 양은 매우 적었다. 따라서 옹어는 새우류와 요각류를 주로 섭식하는 전형적인 갑각류식자였다. 갑각류식자는 주 먹이생물에 따라 크게 요각류, 단각류, 새우류를 섭식하는 세 그룹으로 나눌 수 있었지만(허 등, 2008a), 옹어는 새우류와 요각류를 전 체장에 걸쳐 많이 섭식하였

Table 1. Composition of the stomach contents of *Coilia nasus* by frequency of occurrence, number, weight and index of relative importance (IRI)

Prey organisms	%F	%N	%W	IRI	%IRI
Copepoda	63.0	77.8	8.8	5451.5	48.0
<i>Calanus</i> sp.	38.9	55.3	6.3		
<i>Euchaeta</i> sp.	3.7	0.3	+		
<i>Paracalanus</i> sp.	7.4	2.0	0.1		
<i>Nudinula</i> sp.	3.7	0.2	+		
Unidentified Copepoda	35.2	20.0	2.3		
Amphipoda	3.7	0.1	0.1	0.6	+
Euphausiacea	22.2	10.6	5.8	365.8	3.2
Stomatopoda	1.9	+	0.1	0.3	+
Macrura	57.4	11.4	85.0	5534.5	48.7
<i>Crangon hakodatei</i>	3.7	0.1	26.8		
<i>Crangon</i> sp.	1.9	+	0.7		
<i>Eualus spathulirostris</i>	1.9	0.1	21.1		
<i>Latreutes anoplonyx</i>	1.9	0.1	0.9		
<i>Leptochela sydniensis</i>	40.7	9.5	31.0		
Unidentified Macrura	20.4	1.5	4.5		
Chaetognatha	1.9	+	0.2	0.4	+
Total		100.0	100.0		100.0

+: less than 0.1%

다. 실고기(*Syngnathus schlegeli*)가 옹어와 유사하게 전반적인 식성에서 요각류의 섭식량이 많았으나 성장에 따라 요각류의 비율은 감소하고 단각류의 비율이 증가하는 양상을 보였다(허와 곽, 1997). 대부분 갑각류식자들은 새우류, 단각류, 요각류 등의 먹이생물 각 종들을 전 체장에 걸쳐 지속적으로 섭식하지 않고 체장에 따라 ‘요각류→단각류→새우류’와 같은 먹이전환을 보였다.

옹어가 속하는 멸치과 어류의 식성 연구를 살펴보면, 황해 남부에 출현하는 멸치는 동물플랑크톤(주로 요각류)을 섭식하였으며(Meng, 2003), 북대서양 Biloxi Bay에 서식하는 *Anchoa Mitchilli*는 요각류를(Din and Gunter, 1986), 발해만에 출현하는 *Setipinna taty*는 요각류와 곤쟁이류를 주로 섭식하였다(Hong, 1989). 이와 같이 많은 멸치과 어류들이 동물플랑크톤을 섭식하는 것과 달리 옹어는 요각류 외에 새우류의 섭식량도 많았는데, 이는 옹어가 다른 멸치과 어류에 비해 비교적 큰 체장과 입크기를 가지고 있어 큰 크기의 새우류를 섭식할 수 있었던 것으로 판단된다.

옹어의 섭식형태와 섭식전략을 파악하기 위하여 위내용물에 대한 도해적방법을 사용하였다(Fig. 2). 새우류와 요각류는 그래프에서 상부에 위치해 있어 우점 먹이생물이었다. 난바다곤쟁이류는 22.2%의 높은 출현빈도를 보였지만, 위내용물 중 차지하는 비율이 낮았다. 그 외의 먹이생물은 그래프의 왼쪽 아랫부분에 위치해 있었으며, 비우점 먹이생물이었다. 출현빈도에 대한 prey-specific abundance를 그래프 상에 나타내는 방법은 Amundsen *et al.*(1996)에 의해 제안되었으며, 많은 연구에서 어류의 섭식형태 및 섭식전략을

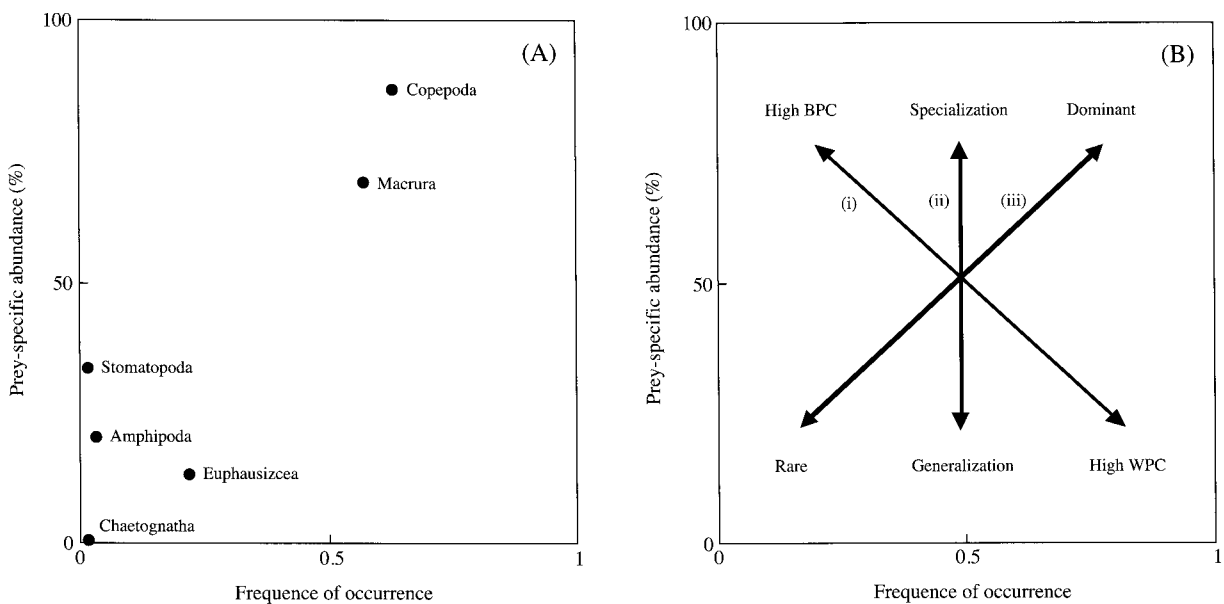


Fig. 2. (A) Graphical representation of feeding pattern of *Coilia nasus* in the coastal waters off Gori. (B) Explanatory diagram for interpretation of niche-width contribution (axis i, within-phenotypic component [WPC] or between-phenotypic component [BPC]) of the study population, feeding strategy (axis ii), and prey importance (axis iii).

Table 2. Size-related differences in diet composition of *Coilia nasus*

Prey items	Small (n=52)			Large (n=35)		
	%F	%N	%W	%F	%N	%W
Copepoda	88.5	71.8	18.3	34.5	76.5	15.5
Amphipoda	7.7	1.1	1.0	-	-	-
Euphausiacea	23.1	10.6	10.4	24.1	11.2	7.3
Stomatopoda	-	-	-	3.4	0.1	0.3
Macrura	57.7	16.5	70.2	62.1	12.2	76.6
Chaetognatha	-	-	-	3.4	0.1	0.3

Table 3. Size-related differences in mean number and weight of preys per stomach of *Coilia nasus*

	Small	Large
mN/ST	4.9	79.8
mW/ST	0.0046	0.0255

분석하는데 유용하게 사용되고 있다. 먹이생물종(또는 분류군)이 그래프에서 상부에 위치할수록 우점 먹이생물(dominant prey)이며, 좁은 섭식폭을 가진(high BPC) 섭식특화종(specialist predator)임을 나타낸다. 또한 그래프 아래쪽에 위치할수록 넓은 섭식폭을 가진(high WPC) 섭식일반종(generalist predator)임을 나타낸다. 어류의 섭식전략에서 섭식특화종은 좁은 섭식폭을 가지는 반면, 섭식일반종은 넓은 섭식폭을 가진다(Pianka, 1988). 본 연구에서 출현빈도에 대한 prey-specific abundance 분석 결과 용어는 새우류와 요각류를 주로 섭식하는 섭식특화종을 알 수 있었다(Fig. 2). 갑각류식자 중에서 퍄치와 불블락 역시 위내용물 중 특정 먹이생물을 주로 섭식하는 섭식특화종이었다(허, 1997; 허 등, 2008).

2. 성장에 따른 위내용물 조성의 변화

용어의 성장에 따른 위내용물 조성의 변화를 조사한 결과(Table 2), 용어는 작은 체장군과 큰 체장군 사이에서 먹이생물의 개체수($\chi^2=2.225$)와 건조중량($\chi^2=1.975$)의 비율이 유사하여 체장군 간에 위내용물 조성에 대한 유의한 차이를 나타내지 않았다($P>0.05$). 우점 먹이생물 중 요각류는 작은 체장군에서 출현빈도 88.5%, 개체수비 71.8%, 건조중량비 18.3%, 큰 체장군에서는 출현빈도 34.5%, 개체수비 76.5%, 건조중량비 15.5%를 나타내었다. 새우류는 작은 체장군에서 출현빈도 57.7%, 개체수비 16.5%, 건조중량비 70.2%, 큰 체장군에서 출현빈도 62.1%, 개체수비 12.2%, 건조중량비 76.6%를 나타내었다. 그러나 용어의 개체 당 평균 먹이생물 개체수(mN/ST)는 큰 체장군에서 더 높았으며($t=-2.839, P<0.05$), 개체 당 평균 먹이생물 중량(mW/ST) 또한 큰 체장군에서 더 높았다($t=-2.578, P<0.05$) (Table 3). 용어의 먹이생물 크기와 체장의 선형회귀분석 결과, 체

장과 먹이생물 크기 사이에는 유의한 차이가 없었다($F=0.330, P>0.05$).

본 연구에서 용어는 작은 체장군과 큰 체장군에서 위내용물 조성에서 큰 차이를 보이지 않았는데, 많은 플랑크톤식자들이 용어와 유사한 위내용물 조성을 보였다. 또한 용어와 유사하게 체장과 관계없이 지속적으로 유사한 먹이생물을 섭식하는 어종은 성장함에 따라 먹이생물 개체수가 증가하는 경향을 보였다(Hansen and Penthon, 1985; Last, 1989). 반면, 어식성어류인 갈치(*Trichiurus lepturus*)와 *Lepidorhombus whiffiagonis*는 체장 증가에 따라 작은 크기의 먹이생물에서 큰 크기의 먹이생물로 먹이전환이 이루어지며 먹이전환에 따라 먹이생물 개체수는 감소하고 중량은 증가하는 양상을 보였다(허, 1999; Šantić et al., 2009).

고리 주변해역에서 출현하는 용어의 위내용물 분석 결과 주 먹이생물은 새우류와 요각류였으며, 섭식특화종이었다. 또한 전체 체장에서 새우류와 요각류를 주로 섭식하는 경향을 나타내었다. 그러나 향후, 용어의 전반적인 위내용물 조성과 먹이전환을 정확히 파악하기 위해서는 가능한 넓은 체장범위에 걸쳐 좀 더 많은 시료를 확보하여 분석할 필요가 있다.

요 약

2005년 1월에서 12월까지 고리 주변 해역에서 채집된 용어(*Coilia nasus*) 107개체의 식성을 조사하였다. 용어의 표준체장(SL)은 8.4~29.5 cm 범위였다. 용어의 위내용물을 분석한 결과 용어는 새우류(Macrura)와 요각류(Copepoda)를 주로 섭식하는 육식(carnivore)어류였다. 단각류(Amphipoda), 난바다곤쟁이류(Euphausiacea), 화살벌레류(Chaetognatha)도 섭식하였으나 그 양은 많이 없었다. 용어의 섭식전략에 대한 도해적방법은 용어가 섭식특화종(specialist predator)임을 보여주었다. 용어는 작은 체장군과 큰 체장군에서 모두 새우류와 요각류를 주로 섭식하여 체장군간 위내용물 조성에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 개체당 섭식한 평균 먹이개체수와 건조중량은 큰 체장군에서 더 높았다.

인 용 문 헌

김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. 교학사, 615pp.
 박광재 · 차성식. 1995. 광양만 멸치(*Engraulis japonica*)의 후기 자어의 먹이생물. 한국수산학회지, 28: 247-252.
 이봉우 · 정의영 · 이정열. 2003. 용어, *Coilia nasus*의 생식주기에 관한 조직학적 연구. 한국양식학회지, 16: 179-186.
 허성희. 1997. 퍄치(*Liparis tanakai*)의 식성. 한국어류학회지, 9:

- 71-78.
- 허성희. 1999. 갈치(*Trichiurus lepturus*)의 식성. 한국어류학회지, 11: 191-197.
- 허성희 · 광석남. 1997. 광양만 잘피밭에 서식하는 실고기(*Syngnathus schlegeli*)의 식성. 한국수산학회지, 30: 896-902.
- 허성희 · 남기문 · 추현기 · 백근욱. 2008. 부산 주변 해역에서 채집된 볼볼락(*Sebastes thompsoni*)의 식성. 한국수산학회지, 41: 32-38.
- Amundsen, P.A., H.M. Gabler and F.J. Staldvik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - modification of Costello (1990) method. J. Fish. Biol., 48: 607-614.
- Din, Z.B. and G. Gunter. 1986. The food and feeding habits of the common bay anchovy, *Anchoa Mitchilli* (Vanenciennes). Pertanika, 9: 99-108.
- Ferry, L.A. and G.M. Cailliet. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly. In: MacKinlay, D. and K. Shearer (eds.), Feeding Ecology and Nutrition in Fish, Symp. Proc., American Fisheries Society. San Francisco, CA, pp. 71-80.
- Hansen, L.P. and P. Penthon. 1985. The food of Atlantic salmon, *Salmo solar* L., caught by long-line in northern Norwegian waters. J. Fish. Biol., 26: 553-562.
- Hong, G. 1989. Feeding habits and food composition of half-fin anchovy, *Setipinna taty* (C et V) in the Bohai Sea. Chin. J. Oceanol. Limnol., 8: 280-288.
- Kwon, H.J., Y.H. Kim, J.B. Kim, C.H. Jeong and J.G. Kim. 2010. One unusual species, *Coilia* sp. (Engraulidae, Pisces) from the Yellow Sea. Ani. Cel. Syst., 14: 137-145.
- Last, J.M. 1989. The food of herring, *Clupea harengas*, in the North Sea, 1983~1986. J. Fish. Biol., 34: 489-501.
- Meng, T. 2003. Studies on the feeding of anchovy (*Engraulis japonicus*) at different life stages on zooplankton in the Middle and Southern Waters of the Yello Sea. Mar. Fish. Res./Haiyang Shuichan Yanjiu., 24: 1-9.
- Pianka, E.R. 1988. Evolutionary Ecology, 4th ed. Harper Collins, New York, 468pp.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Fish. Bull., 152: 1-105.
- Riede, K. 2004 Global Register of Migratory Species - from global to regional scales. Final Report of the R&D-Projekt. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany. 329pp.
- Šantić, M., M. Podvinski, A. Pallaoro, I. Jardas and M. Kirinčić. 2009. Feeding habits of megrim, *Lepidorhombus whiffiagonis* (Walbaum, 1792), from the central Adriatic Sea. J. Appl. Ichthyol., 25: 417-422.
- Whitehead, P.J.P., G.J. Nelson and T. Wongratana. 1988. FAO Species Catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Part 2 - Engraulididae. FAO Fish. Synop. 125(7/2): 305-579.
- Yamada, U., S. Shirai, T. Irie, M. Tokimura, S. Deng, Y. Zheng, C. Li, Y.U. Kim and Y.S. Kim. 1995. Names and Illustrations of fishes from the East China Sea and the Yellow Sea. Overseas Fishery Cooperation Foundation, Tokyo, Japan (xi+288pp.).
- Yasue, N., R. Doiuchi, Y. Yoshimoto and T. Takeuchi. 2010. Diet of late larval Japanese anchovy *Engraulis japonicus* in the Kii Channel, Japan. Fish. Sci., 76: 63-73.