

## 감성돔 (*Acanthopagrus schlegeli*)의 초기생활사 동안 소화기관 발달

이정식 · 김흥윤 · 변순규\* · 김진도\* · 고창순\*\* · 진 평\*\*\*

여수대학교 어병학과, \*국립수산진흥원 여수수산종묘시험장, \*\*국립수산진흥원 남해수산연구소, \*\*\*경북대학교 해양생물학과

### Ontogeny of the Digestive Organ during Early Life Stages of the Black Sea Bream, *Acanthopagrus schlegeli* (Teleostei: Sparidae)

Jung Sick LEE, Heung-Yun KIM, Soon Gyu BYUN\*, Jin Do KIM\*, Chang Soon GO\*\* and Pyung CHIN\*\*\*

Department of Fish Pathology, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

\*Yosu Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Yosu 556-905, Korea

\*\*South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Yosu 550-120, Korea

\*\*\*Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Differentiation and development of the digestive organ of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli* were studied by means of histological methods. The hatched larva in TL (total length) 2.0 mm (n=10) had a yolk sac of 1,000×590 μm and simple straight digestive tract, which was composed of cuboidal epithelium. In the pre-larval stage of TL 3.5 mm, digestive tract could be distinguished into esophagus, stomach and intestine, and the exocrine glands were appeared in the pancreas. In this stage mucosal folds, eosinophilic granule cells and brush border were observed in the posterior intestine. Yolk materials were completely absorbed and the brush border was recognized in the free surface of anterior intestine in TL 3.7 mm. In the stomach mucosal folds began to appear from TL 4.0 mm. In this time the zymogen granules were recognized in the cytoplasm of pancreatic exocrine cells. In the post-larval stage ranged from 4.5 to 5.0 mm in TL, hepatic cords started to develop, and the mucous secretory cells of PAS positive were observed at esophagus and intestine. In the post-larval stage ranged from 6.3 to 7.0 mm in TL, histological layer of esophagus and intestine could be distinguished into serous membrane, muscular layer, submucosal layer and mucosal layer. From over TL 9.0 mm, stomach could be distinguished into cardiac, fundic and pyloric portion, and the gastric gland began to appear at mucosal fold of fundic stomach. In the juvenile stage ranged from 10.0 to 11.0 mm in TL, histological structures of esophagus and intestine were similar to those of adult. From over TL 15.0 mm, histological structures of stomach were similar to those of adult. Structural and functional digestive organ of black sea bream was present from the juvenile stage ranged from 15.0 to 17.0 mm in TL.

Key words: *Acanthopagrus schlegeli*, ontogeny, digestive organ

#### 서 론

어류는 수정 후 초기 배발생 과정과 전기자어기 동안 난황은 거의 대부분 흡수되고, 이후부터 에너지원을 외부로부터 섭취하여야 한다. 그러므로 성장에 따른 소화관 조직상의 분화·발달을 구명하는 것은 각 성장시기에 어류가 요구하는 적절한 영양분에 대한 정보를 얻을 수 있고, 동시에 인위 사육시 효율성 있는 먹이를 제공하기 위한 기본적인 자료가 될 것이다.

따라서 어류의 초기생활사 동안 소화기관의 발달에 관해서는 많은 연구들이 있는데, 그 결과 소화기관 각 부위의 완성 시기는 어종에 따라 차이가 있는 것으로 보고되었다. 그 가운데 *Chanos chanos* (Ferraris et al., 1987), *Gadus morhua* (Pedersen and Falk-Petersen, 1992), *Hippoglossus hippoglossus* (KjΦrsvik and Reiersen, 1992), *Solea solea* (Boulhic and Gabaudan, 1992), *Paralichthys dentatus* (Bisbal and Bengtson, 1995) 그리고 조피볼락, *Sebastes schlegeli* (Lee et al., 1998)의 경우는 치어기 (juvenile stage)를 중심으로 기능적인 위가 완성되므로 이들 어류의 실질적이고 완전한 소화·흡수기능의 시작은 이때부터라고 보고되고 있다.

본 연구는 감성돔의 초기생활사를 중심으로 소화기관의 구조·기능적 완성시기를 조직화학적 방법을 통하여 판정하고, 이를

토대로 초기생활사 동안 이들의 섭이 생태에 관한 자료와 인위 사육시 적절한 먹이공급에 관한 기초자료를 제공하고자 하였다.

#### 재료 및 방법

본 연구에 사용된 감성돔 자치어는 국립수산진흥원 여수수산종묘시험장에서 제공받은 것이다. 사육기간동안 사육수의 온도 및 비중의 일 변화는 Fig. 1로 나타냈으며, 부화일수에 따른 길이성장은 자치어를 5% 중성포르말린으로 10분간 고정된 후 수세하여 해부현미경과 측정자를 이용하여 전장을 0.1 mm까지 측정하여 10개체의 평균값을 Fig. 2로 나타냈다.

광학현미경 조직표본 제작은 Bouin's solution에 일정시간 동안 고정된 후, 파라핀 절편법에 의하여 두께 5~6 μm의 연속절편을 만들었다. 절편방향은 같은 크기의 개체를 각각 cross section, frontal section 그리고 sagittal section을 실시하였으며, 제작된 조직표본은 Mayer's hematoxylin-0.5% eosin (H-E)의 비교염색과 Mallory 삼중염색 그리고 periodic acid-Schiff (PAS) 반응을 실시하였다.

소화기관의 구조적 완성 여부의 판단 기준은 Lee and Chin (1999)의 보고를 기초로 하였다.

결 과

배체가 형성된 수정란의 크기는 직경 약 1,000  $\mu\text{m}$ 이며, 한 쪽에 직경 약 250  $\mu\text{m}$  크기의 유구를 가지고 있다 (Fig. 3, A). 초기생활사 단계는 전기자어기는 부화 후 약 7일 전장 3.7 mm, 후기자어기는 부화 후 25~27일 전장 8.0 mm까지, 그 이후는 치어기로 조사되었으며, 각 단계별 소화기관의 형태 및 조직학적 발달양상은 다음과 같다.

**전기자어기 (Pre-larval stage):** 전기자어기의 시발점인 부화직후 자어의 크기는 전장 2.0 mm (n=10)였다. 부화자어는 복부에 크기가 약 1,000 $\times$ 590  $\mu\text{m}$  (장경 $\times$ 단경)인 계관형태의 난황낭을 보유하고 있다 (Fig. 3, B). 이 시기에 소화관은 거의 직선상으로 내강은 매우 좁은 편이고, 점막주름은 아직 형성되지 않은 상태이며 (Fig. 3, C), 내강쪽의 상피층은 대부분 입방상피로 구성되어 있었다 (Fig. 3, D).

부화 2일째 전장 2.8 mm 개체에서는 항문의 개구가 확인되었으며, 소화관의 내강은 넓어져 있었으며, 후방부의 상피층을 구성하는 세포들은 원주형으로 확인되었다 (Fig. 3, E). 전장 3.2 mm 개체에서는 아직 상당량의 난황이 관찰되었고, 인두와 식도가 될

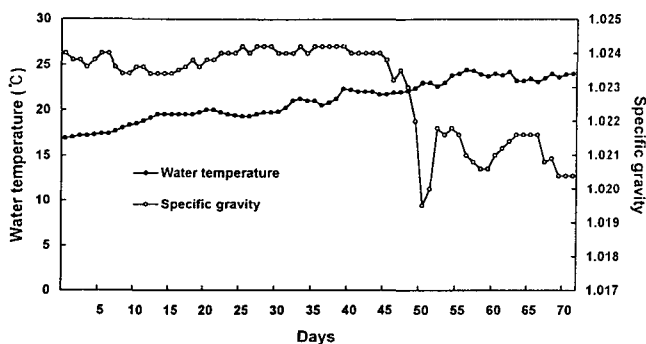


Fig. 1. Daily changes of water temperature and specific gravity.

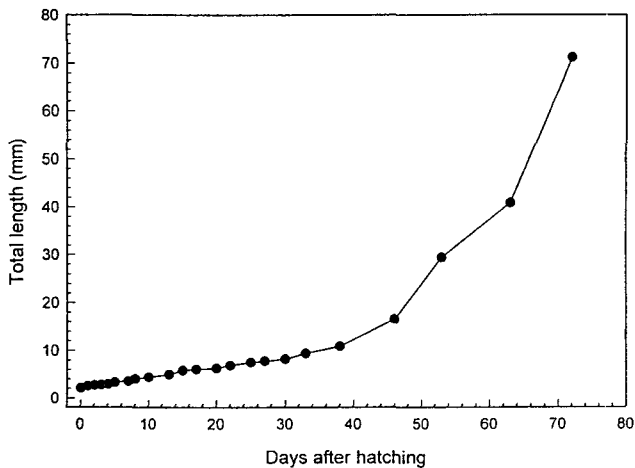


Fig. 2. Growth in total length during early life stages of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*.

부위의 구분이 명확하였으며, 간과 췌장의 조직상이 확인되었다 (Fig. 3, F). 전장 3.5 mm 시기에 소화관은 이미 회전되어 고리를 형성하고 있었으며, 식도, 위, 장의 구분이 가능하였다. 장 부위는 전장부와 후장부의 구분이 가능하였으며, 상피층은 원주세포들로 구성되어 있었다. 췌장에서는 외분비선의 형성은 관찰되지만, 효소원과립은 아직 확인되지 않는다 (Fig. 3, G). 이 시기에 후장부에서는 점막층 구성세포의 증식과 함께 점막주름의 형성이 관찰되었으며, 상피층에서는 다수의 호산성과립을 가지는 세포들과 선조연이 형성된 원주세포들이 확인되었다 (Fig. 4, A). 전기자어기가 끝나는 무렵인 전장 3.7 mm 시기에 난황은 관찰되지 않았다. 식도와 전장부에서 점막주름의 형성이 관찰되면서, 전장부 점막주름의 상피층 정단면에서는 미약하나마 선조연이 구분되었다 (Fig. 4, B).

**후기자어기 (Post-larval stage):** 후기자어기로 성장하면서 전장 4.0 mm 시기에 식도의 점막주름에서는 점막근층의 구분이 가능하지만, 점액분비세포의 관찰은 불가능하였다. 이 시기에 간세포들은 증식되어 있었지만, 소엽구조는 아직 확인되지 않으며, 췌장의 외분비선의 세포질에서 효소원과립이 관찰되었다. 그리고 식도와 부레 사이에서는 기도 (pneumatic duct)가 확인되었으며 (Fig. 4, C), 위에서는 점막주름의 구분이 가능하였다 (Fig. 4, D). 전장 4.3 mm 시기에 위는 점막주름의 발달과 내강의 확장이 관찰되었으며 (Fig. 4, E), 췌장의 외분비선 구성세포의 세포질에서는 다수의 효소원과립이 확인되었다 (Fig. 4, F).

전장 4.5~5.0 mm 개체들의 장에서는 PAS에 양성반응을 보이는 배상세포와 흡수세포들이 관찰되며 (Fig. 4, G), 전장 5.0 mm 시기에 식도의 점막주름에서는 다수의 점액분비세포들이 확인되었으며, 간에서는 간소엽 구조의 구분이 가능하였다 (Fig. 4, H).

전장 5.4 mm 시기에 위 내강의 확장과 점막주름의 형태는 차츰 뚜렷해지며, 간소엽의 발달과 췌장의 효소원과립이 증가되어 나타난다 (Fig. 5, A). 전장 6.0 mm 시기부터 장에서는 PAS 반응에 양성을 나타내는 배상세포와 흡수세포들의 증가와 근육층의 구분이 가능해진다 (Fig. 5, B). 전장 6.3 mm 시기부터 식도에서는 PAS에 양성 반응을 보이는 점액분비세포들의 증가와 함께 장막층, 근육층, 점막하층, 점막층의 구분이 가능하였다 (Fig. 5, C). 하지만, 전장 6.6 mm 시기에 위는 두 부분으로의 구분이 가능하지만, 위선의 형성은 관찰되지 않았으며, 식도에서처럼 조직층의 구분이 불가능한 상태이다 (Fig. 5, D). 전장 7.0 mm 시기에 장은 점막주름, 선조연, 조직층의 구분은 뚜렷하지만 아직 점막주름의 분지는 형성되지 않았다 (Fig. 5, E).

후기자어기에서 치어기로 넘어가기 직전인 전장 8.0 mm 시기에 식도의 점액분비세포는 매우 발달된 양상을 보이지만, 점막주름의 분지는 관찰되지 않았다. 이 시기에 위는 분문부와 유문부의 구분이 뚜렷하며, 장에서는 점막주름의 분지가 관찰되었다 (Fig. 5, F).

**치어기 (Juvenile stage):** 전장 8.0 mm 이후의 치어기에는 식도와 장의 분화 및 발달보다는 위의 조직학적 발달양상이 뚜렷한 경향을 보인다.

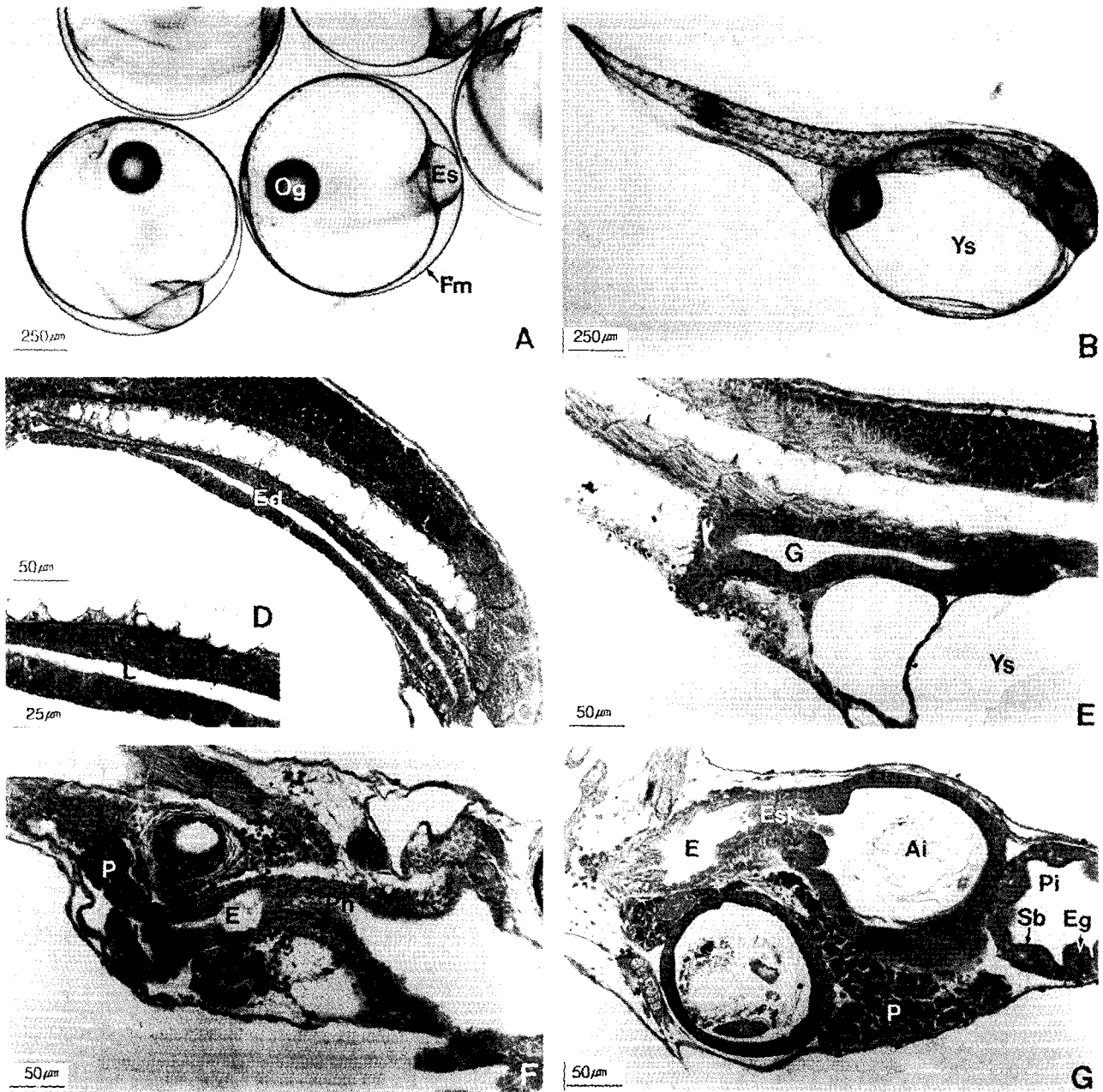


Fig. 3. Photomicrographs on the development of the digestive organ during early life stages in the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. A. Fertilized egg in embryonic shield stage. B. External morphology of hatched larva. Note the yolk sac in the abdomen. C. Early digestive tract of hatched larva. D. High power view of Fig. 3. C. Epithelial layer consists of cuboidal cells. E. Sagittal section of larva in TL 2.8 mm showed columnar epithelia of gut. F. Sagittal section of larva in TL 3.2 mm. G. Digestive tract of larva in TL 3.5 mm. Note the eosinophilic granule cells. Ai: anterior intestine, E: esophagus, Ed: early digestive tract, Eg: eosinophilic granule cell, Es: embryonic shield, Est: early stomach, Fm: fertilization membrane, G: gut, L: lumen, Og: oil globule, P: pancreas, Pi: posterior intestine, Pn: pharynx, Sb: striated border, Ys: yolk sac.

전장 9.0 mm를 전후한 시기에 소화기관의 전체적인 외부형태는 성체와 유사하며, 내부구조는 인두, 식도, 분문위, 위체부, 유문위, 전장부, 중장부, 후장부의 구분이 가능한 상태였으며, 간은 전체적

인 간소엽의 발달로 성체와 유사한 조직학적 특징을 보였다 (Fig. 6, A). 하지만 이 시기에 위선은 위체부에서만 확인되었으며, 조직화학적으로 위선의 기능 여부를 확인할 수 있는 분비과립은 관

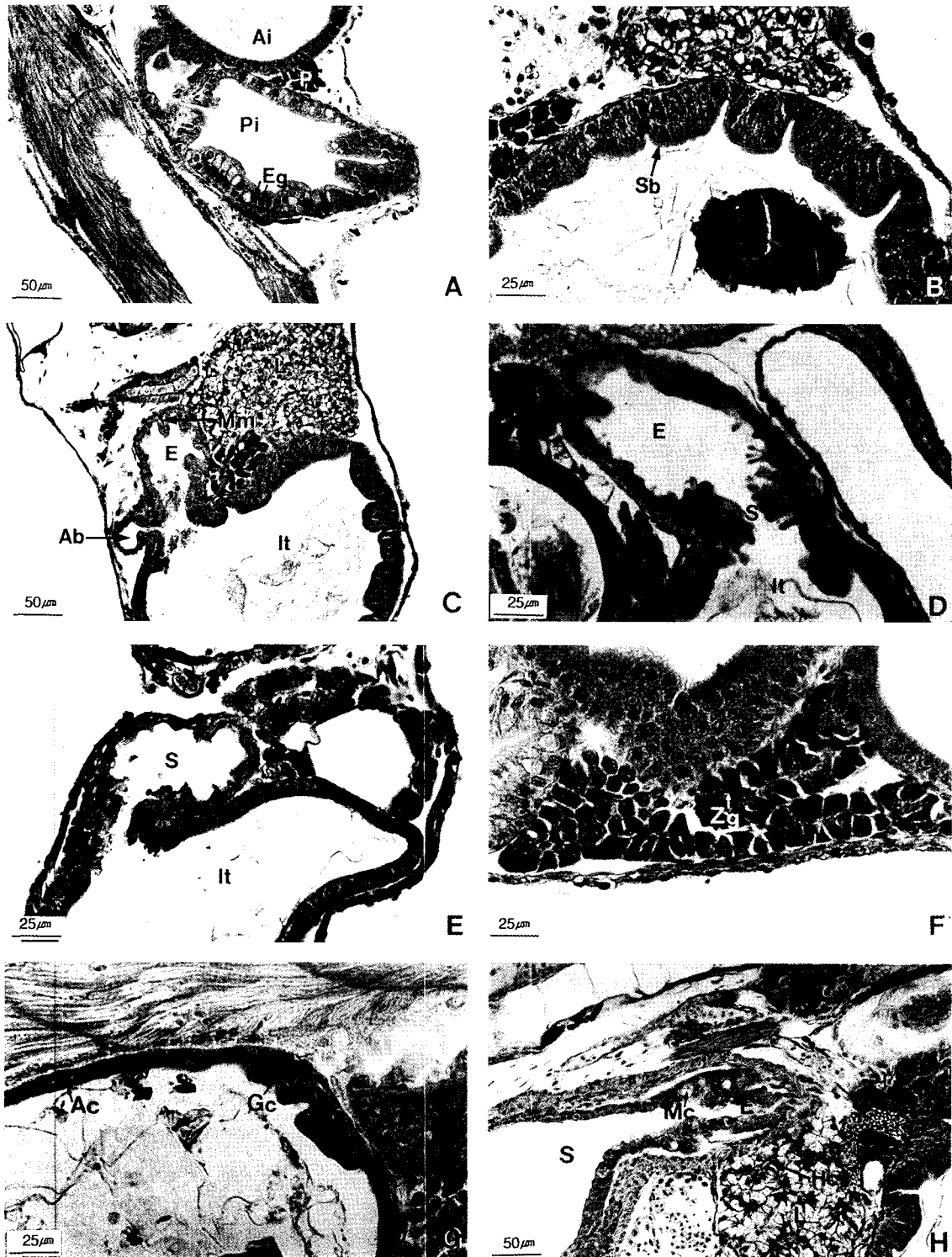


Fig. 4. Photomicrographs on the development of the digestive organ during early life stages in the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. A. Frontal section of larva in TL 3.5 mm. Note the mucosal fold, striated border and eosinophilic granule cells in the posterior intestine. B. Digestive organ of larva in TL 3.7 mm. Note the formation of mucosal fold and striated border in the anterior intestine. C. Digestive tract of larva in TL 4.0 mm. Note the esophageal mucosal fold. D. Digestive tract of larva in TL 4.0 mm. E. Stomach of larva in TL 4.3 mm. F. Pancreas of larva in TL 4.3 mm. Note the developed zymogen granules. G. Intestine of larva in TL 4.7 mm. Note the PAS positive cells. H. Digestive organ of larva in TL 5.0 mm. Note the mucous secretory cell of esophagus and hepatic cord. Ab: air bladder, Ac: absorptive cell, Ai: anterior intestine, E: esophagus, Eg: eosinophilic granule cell, Gc: goblet cell, Hc: hepatic cord, It: intestine, L: liver, Mc: mucous secretory cell, Mm: muscularis mucosa, P: pancreas, Pi: posterior intestine, S: stomach, Sb: striated border, Zg: zymogen granules.

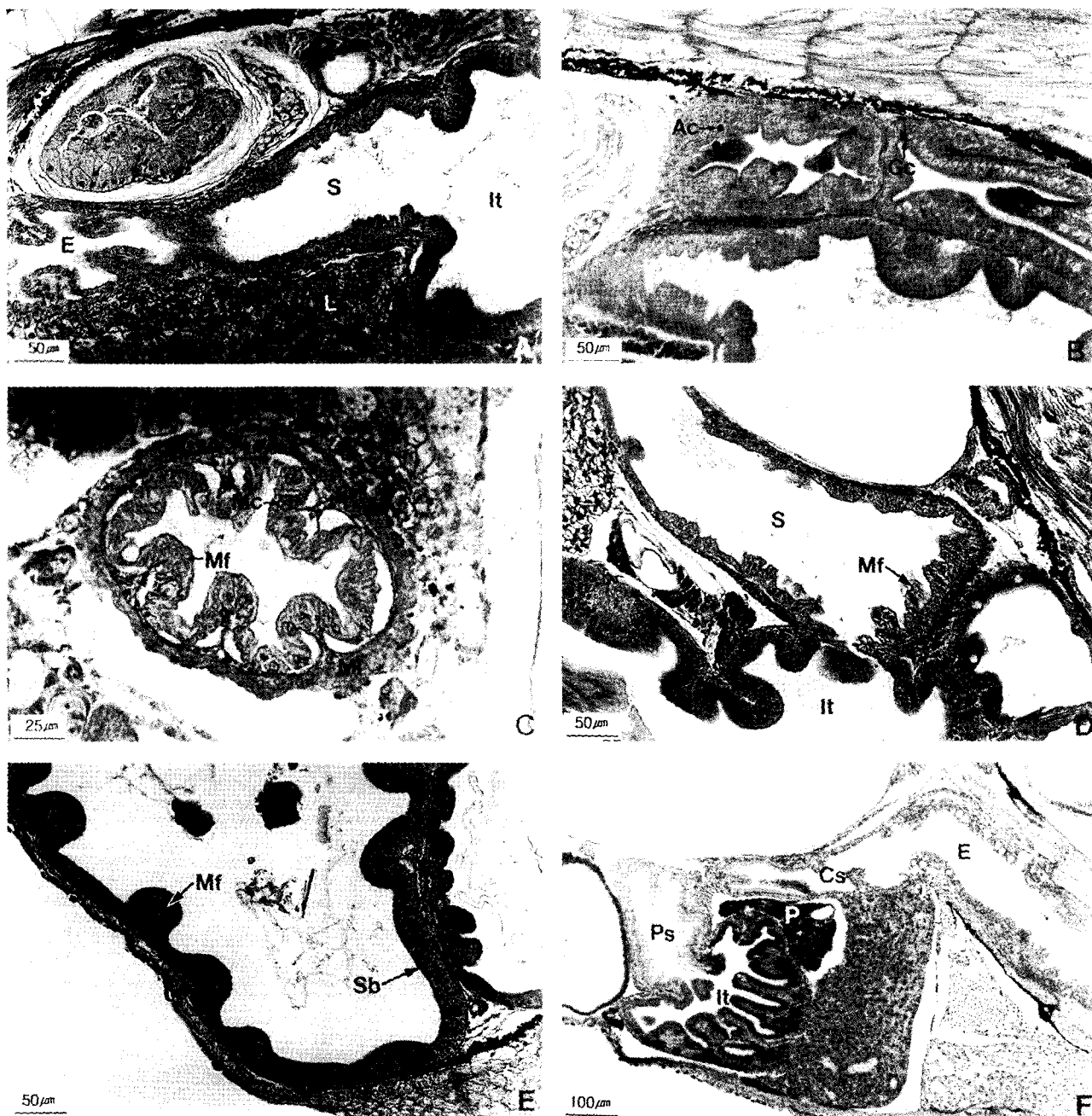


Fig. 5. Photomicrographs on the development of the digestive organ during early life stages in the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. A. Digestive organ of larva in TL 5.4 mm. Note the mucosal fold of stomach. B. Intestine of larva in TL 6.0 mm. C. Esophagus of larva in TL 6.3 mm. Note the well-developed muscular layer and mucous secretory cells of PAS positive. D. Stomach of larva in TL 6.6 mm. E. Intestine of larva in TL 7.0 mm. F. Digestive organ of larva in TL 8.0 mm. Ac: absorptive cell, Cs: cardiac stomach, E: esophagus, Gc: goblet cell, It: intestine, L: liver, Mc: mucous secretory cell, Mf: mucosal fold, Ml: muscular layer, P: pancreas, Ps: pyloric stomach, S: stomach, Sb: striated border.

찰되지 않았다 (Fig. 6, B). 전장 10.5 mm 시기에 식도의 점막주름은 분지형을 나타냈으며, 점막상피층에서는 PAS에 양성반응을 보이는 분비과립들도 다수 관찰되어 성체와 유사한 조직학적 상태를 보였다 (Fig. 6, C). 전장 11.0 mm 개체에서 장은 전장부, 중장부, 후장부 모두 점막주름의 분지가 확인되는 성체와 유사한 조직학적

상태를 보였다 (Fig. 6, D). 전장 13.5 mm 이후 위의 모든 부위에서 위선의 발달과 점막주름의 표면상피에서 분비과립이 확인되기 시작하여 (Fig. 6, E), 전장 16.0 mm 이후에는 근육층의 발달을 비롯한 조직층의 명확한 구분과 위선의 발달 그리고 분비과립의 증가 등 성체와 유사한 조직학적 특징이 확인되었다 (Fig. 6, F).

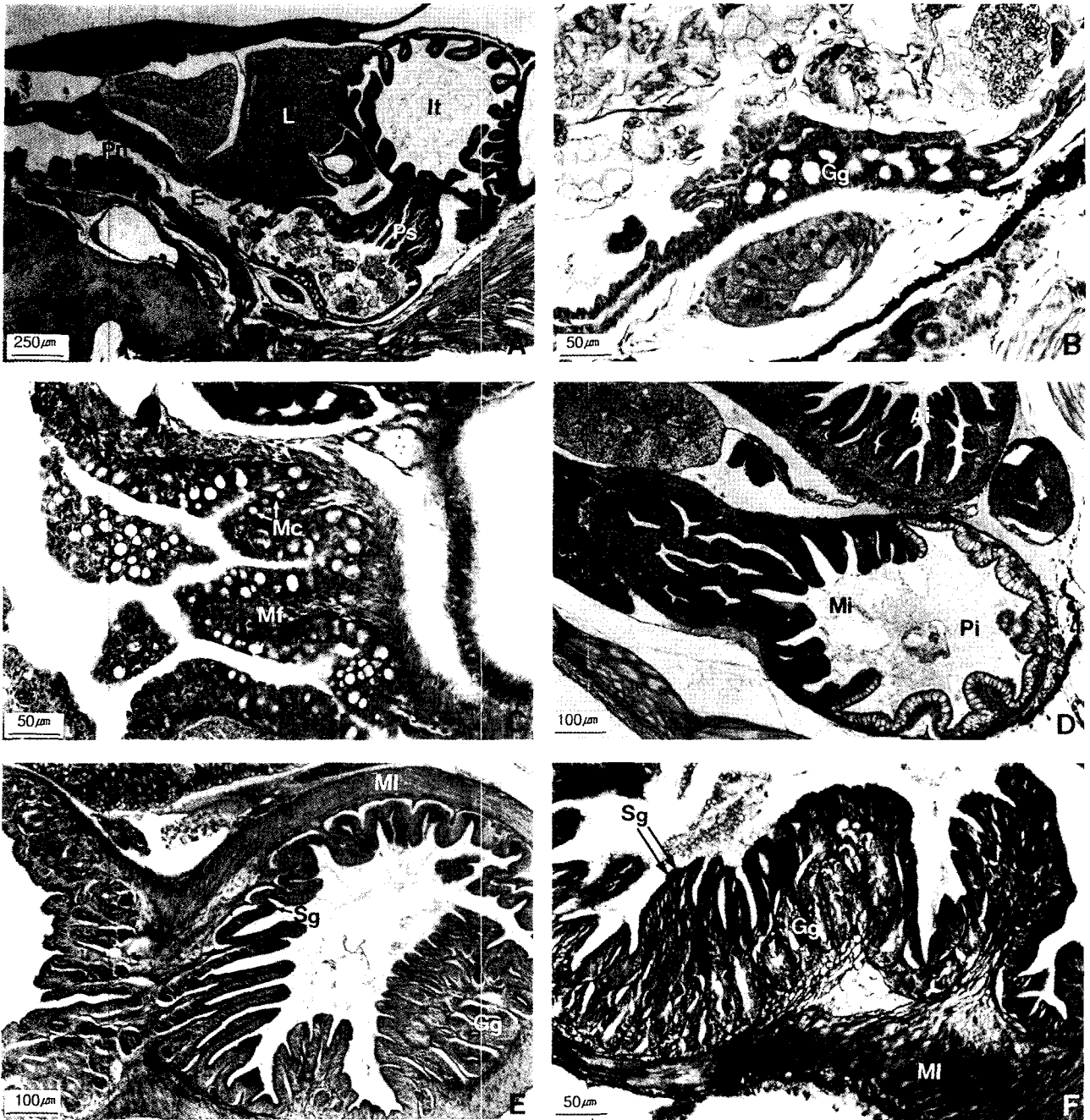


Fig. 6. Photomicrographs on the development of the digestive organ during early life stages in the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. A. Digestive organ of juvenile in TL 9.2 mm. Note the three regions of stomach. B. Stomach of juvenile in TL 9.2 mm. Note the gastric gland. C. Esophagus of juvenile in TL 10.5 mm. Note the well-developed mucous secretory cell. D. Intestine of juvenile in TL 11.0 mm. E. Stomach of juvenile in TL 15.0 mm. Note the well-developed gastric gland and PAS positive granules of surface epithelium. F. Stomach of juvenile in TL 16.0 mm. Ai: anterior intestine, Cs: cardiac stomach, E: esophagus, Fs: fundic stomach, Gg: gastric gland, It: intestine, L: liver, Mc: mucous secretory cell, Mf: mucosal fold, Mi: mid intestine, MI: muscular layer, Pi: posterior intestine, Pn: pharynx, Ps: pyloric stomach, Sg: secretory granules.

## 고찰

어류 소화기관의 발달양상은 종에 따라 다소 차이가 있으나, 일반적으로 소화관의 구조 및 기능적인 완성은 인두, 식도, 장, 위의

순으로 보고되고 있다 (Pedersen and Falk-Petersen, 1992; Bisbal and Bengtson, 1995; Otake et al., 1995; Lee et al., 1998).

본 연구에서 감성돔의 초기생활사 동안 조직학적인 측면으로 볼 때, 소화와 관련된 기관들의 완성은 인두, 체장, 간, 식도, 장, 위

의 차례로 나타나 기존의 보고들과 같은 결과를 보였다. 감성돔 소화기관의 구조 및 기능적인 완성은 소화관의 경우 점막주름의 형태와 점막상피층 구성세포, 미세융모의 발달양상, 위선의 발달 및 분비과립, 근육층 발달, 그리고 췌장의 경우는 외분비선의 형성과 효소원과립의 출현, 간의 경우는 간소엽 구조의 발달 등 성체 소화기관의 조직학적 특징을 기준으로 볼 때, 부화 후 40~45일 전장 약 15.0 mm의 치어기에 완성되는 것으로 나타났다.

어류의 소화관에서 흡수기능의 시작은 난황흡수 완료시기와 유사한 경우와 난황흡수 완료시기 이전인 경우들이 보고되고 있다. *Coregonus fera* 자어의 경우 난황은 부화 후 11일경에 완전히 흡수되며, 이 시기에 장 상피의 흡수기능이 동시에 시작되며 (Loewe and Eckmann, 1988), summer flounder (*Paralichthys dentatus*)의 경우에는 부화 후 3일에 난황이 완전 흡수되고, 4일째부터 장의 흡수기능이 시작되는 것으로 보고되었다 (Bisbal and Bengtson, 1995). 그러나 dover sole (*Solea solea*)의 자어는 부화 후 5일경에 난황이 완전 흡수되지만, 부화 후 3일경 후장부에서 호산성과립을 가지는 원주형의 enterocyte가 발달됨으로써 난황이 완전히 흡수되기 전에 장 상피의 흡수기능이 시작되는 것으로 보고되었다 (Boulhic and Gabaudan, 1992). Pike eel (*Muraenesox cinereus*) 자어에서 장 상피의 흡수기능은 부화 후 3일 난황이 완전 흡수되기 전에 시작되는 데, 이때 장에서 점막주름은 형성되지 않았지만, 장 상피는 원주형으로 광학현미경상에서는 선조연으로 확인되는 미세융모 구조를 전자현미경으로 확인하였으며, 이들 세포에서 HRP를 활성적으로 흡수하는 것이 관찰되어, 용해성 영양분은 이 시기에 흡수 가능한 것으로 보고하고 있다 (Otake et al. 1995).

감성돔의 경우 전장 3.5 mm 시기 자어소화관의 후장부에서 점막주름의 형성과 호산성과립 및 선조연을 가지는 원주상피들이 관찰되었으며, 이러한 양상은 전장 3.7 mm 시기에는 전장부에서도 확인되었다. 따라서 감성돔 자어는 dover sole이나 pike eel과 마찬가지로 난황이 완전히 흡수되는 전장 3.7 mm 시기 이전에 장에서 일부 흡수기능이 수행되는 것으로 생각된다.

어류의 성장과정 가운데 치어시기는 형태 및 기능적으로 변화가 심한 시기로 알려져 있는데, 소화기능도 이 시기에 완성된다는 보고들이 다수 있다. 그 가운데 *Clarias lazera*는 부화 후 경과일수를 기준으로 볼 때 시기적인 차이는 있으나, 어류의 성장단계에 맞추어 볼 때 수정 후 12일 된 치어시기에 기능적인 위가 완성되는 것으로 보고되고 있다 (Stroband and Kroon, 1981). 그리고 참돔 (*Pagrus major*)은 체장 약 13.0 mm 시기에 완성되며 (Fukuhara, 1985), 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)는 체장 약 15.0 mm 시기에 소화기관이 구조 및 기능적으로 완성되는 것으로 보고되고 있다 (Fukuhara, 1986). Cod (*Gadus morhua*)의 경우는 체장 40.0 mm의 치어시기에 완성되며 (Pedersen and Falk-Petersen, 1992), summer flounder (*Paralichthys dentatus*)의 경우에는 부화 31일 이후의 치어기에 완성되며 (Bisbal and Bengtson, 1995), 조피볼락 (*Sebastes schlegelii*)의 경우에는 광학 및 전자현미경적 연구 결과 완전한 소화기관의 형성은 전장 20.0 mm 이상의 치어기로 보고되었다 (Lee et al., 1998).

이외에도 *Hypomesus transpacificus nipponensis* (Watanabe,

1981), *Chanos chanos* (Ferraris et al., 1987), *Hippoglossus hippoglossus* (KjØrsvik and Reiersen, 1992) 그리고 *Solea solea* (Boulhic and Gabaudan, 1992) 에서도 치어시기에 외부형태적 변화와 소화관의 기능적 변화가 서로 잘 일치되는 것으로 보고되었다.

감성돔 소화기관의 발달과정에서 위선은 전장 9.0 mm 전후시기에 나타난다. 하지만 위선의 표면상피의 세포질에서 분비과립이 관찰되지 않는 점으로 보아 실질적으로 고형물질과 분자량이 높은 단백질성 영양분의 소화는 불완전 할 것으로 판단되며, 이러한 물질의 소화는 위선에서 분비과립이 풍부하게 존재하는 전장 15.0 mm 이후에 가능하리라 판단된다.

## 요 약

부화직후 자어는 전장 2.0 mm (n=10)이며, 약 1,000×590 µm 크기의 난황낭과, 입방상피로 구성된 직선상의 소화관을 가진다. 전장 3.5 mm 자어의 소화관은 회전되어 있으며, 식도, 위, 장의 구분이 가능하며, 췌장에서는 외분비선이 관찰된다. 그리고 이 시기에 후장부에서는 점막주름과 호산성과립세포 및 선조연이 관찰된다. 전장 3.7 mm 시기에 난황은 완전 흡수되며, 전장부의 상피층 정단면에서 선조연이 구분된다. 전장 4.0 mm 시기에 위에서 점막주름의 형성과 췌장의 외분비선세포의 세포질에서 효소원과립이 확인되었다. 전장 4.5~5.0 mm 시기에 간소엽의 구분이 가능하며, 장과 식도에서는 PAS에 양성을 보이는 점액분비세포들이 관찰된다. 전장 6.3~7.0 mm 자어의 식도와 장에서는 조직층의 구분이 가능하다. 전장 9.0 mm 시기에 위는 분문부, 체부, 유문부의 구분이 가능하며, 위체부에서 위선이 관찰되기 시작한다. 식도와 장의 조직학적 구조가 성체와 유사한 시기는 전장 10.0~11.0 mm의 치어기이며, 위는 전장 15.0 mm에 성체와 유사한 조직학적 구조를 보였다. 본 연구 결과 감성돔의 기능적 소화관은 전장 15.0~17.0 mm의 치어기에 완성된다고 할 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 부경대학교 해양산업개발 연구센터를 통한 한국과학재단 우수 연구센터 지원금에 의한 것임.

## 참 고 문 헌

- Bisbal, G.A. and D.A. Bengtson. 1995. Development of the digestive tract in larval summer flounder. *J. Fish Biol.*, 47, 277~291.
- Boulhic, M. and J. Gabaudan. 1992. Histological study of the organogenesis of the digestive system and swim bladder of the dover sole, *Solea solea*. *Aquaculture*, 102, 373~396.
- Ferraris, R.P., J.D. Tan and M.C. De La Cruz. 1987. Development of the digestive tract of milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal) : Histology and histochemistry. *Aquaculture*, 61, 241~257.
- Fukuhara, O. 1985. Functional morphology and behaviour of early

- life stages of red sea bream. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 731~743.
- Fukuhara, O. 1986. Morphological and functional development of Japanese flounder in early life stages. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52, 81~91.
- KjΦrsvik, E. and A.L. Reiersen. 1992. Histomorphology of the early yolk-sac larvae of the Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) - an indication of the timing of functionality. J. Fish. Biol., 41, 1~19.
- Lee, J.S. and P. Chin. 1999. Morphology and histology of the digestive tract of the black sea bream, *Acanthopagrus schlegeli*. J. Korean Fish. Soc., 32, 642~648 (in Korean).
- Lee, J.S., P. Chin and Y.K. Shin. 1998. Biological study on the increment of survival rate during early life cycle in the rockfish, *Sebastes schlegeli* (Teleostei: Scorpaenidae). IV. Structural and functional development of the digestive tract in the larva and juvenile stage. Korean J. Ichthyol., 10, 207~215 (in Korean).
- Loewe, H. and R. Eckmann. 1988. The ontogeny of the alimentary tract of coregonid larvae: normal development. J. Fish Biol., 33, 841~850.
- Otake, T., J. Hirokawa, H. Fujimoto and K. Imaizumi. 1995. Fine structure and function of the gut epithelium of pike eel larvae. J. Fish Biol., 47, 126~142.
- Pedersen, T. and I.B. Falk-Petersen. 1992. Morphological changes during metamorphosis in cod (*Gadus morhua* L.), with particular reference to the development of the stomach and pyloric caeca. J. Fish Biol., 41, 449~461.
- Stroband, H.W.J. and A.G. Kroon. 1981. The development of the stomach in *Clarias lazera* and the intestinal absorption of protein macromolecules. Cell Tissue Res., 215, 397~415.
- Watanabe, Y. 1981. Ingestion of horseradish peroxidase by the intestinal cells in larvae or juveniles of some teleosts. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 47, 1299~1307.

---

2000년 1월 26일 접수

2000년 3월 8일 수리