

似鲇高原鳅皮肤与鳍的组织学观察

杨淞^① 李冬梅^① 赵柳兰^{①*} 符红梅^① 王艳^① 肖青^①
吴应斌^② 汤巨平^② 杜宗君^①

① 四川农业大学动物科技学院水产养殖系 成都 611130; ② 四川省似鲇高原鳅省级原种场 峨眉山 614224

摘要: 采用石蜡切片技术及 H.E 和 AB-PAS 染色方法, 对似鲇高原鳅 (*Triplophysa siluroides*) 头部、腹部、背部、侧线部和尾部皮肤结构及胸鳍、腹鳍、背鳍、臀鳍和尾鳍的组织结构进行观察。各部位皮肤均由表皮和真皮构成, 真皮包括疏松层和致密层, 不同部位皮肤厚度不同。表皮层腹部最厚, 为 $(84.62 \pm 10.82) \mu\text{m}$, 侧线部最薄, 为 $(14.97 \pm 3.95) \mu\text{m}$, 各部位表皮厚度差异显著。表皮层分布着黏液细胞、棒状细胞及味蕾。疏松层头部最厚, 为 $(282.71 \pm 70.56) \mu\text{m}$, 尾部最薄, 为 $(29.07 \pm 4.88) \mu\text{m}$, 该层分布有黑色素细胞、空泡状细胞和颗粒腺, 而黏液腺分布于致密层。各部位的鳍均由表皮层、胶原纤维层、胶原下层及鳍条构成, 表皮层与皮肤表皮层组成相似, 鳍条是矿化的结缔组织。

关键词: 似鲇高原鳅; 皮肤; 鳍; 组织学

中图分类号: Q954 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263 (2017) 05-842-08

Histology of Skin and Fins in Catfish-like Loach (*Triplophysa siluroides*)

YANG Song^① LI Dong-Mei^① ZHAO Liu-Lan^{①*} FU Hong-Mei^① WANG Yan^①
XIAO Qing^① WU Ying-Bin^② TANG Ju-Ping^② DU Zong-Jun^①

① College of Animal Science and Technology, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130;

② Breed Farm of Mountain Loach, E'meishan 614224, China

Abstract: The structural characteristics of the skin and fins were observed by paraffin section, haematoxylin-eosin and Alcian blue-periodic acid Schiff staining in Catfish-like Loach (*Triplophysa siluroides*). Skin samples were taken from head, abdomen, dorsal, lateral and caudal peduncle, respectively, and fins samples were taken from pectoral fin, ventral fin, dorsal fin, anal fin and caudal fin. The comparison of difference between groups was analyzed with one-way ANNOVA method using SPSS 17.0. The results showed that the skins were all composed of epidermis and dermis, and the latter was divided into stratum spongiosum and stratum compactum (Plate I). Different parts of skins had different thicknesses which was related to the size of the glands (Table 1, Table 2). Among the five different positions, the thickest epidermis layer $(84.62 \pm 10.82 \mu\text{m})$ was present in the abdomen, while the thinnest epidermis $(14.97 \pm 3.95 \mu\text{m})$ was

基金项目 四川省“十三五”水产育种攻关项目 (No. 16ZC2847), 四川农业大学双支计划项目 (No. 03572406);

* 通讯作者, E-mail: zhaoliulan2007@163.com;

第一作者介绍 杨淞, 男, 博士; 研究方向: 水产动物健康养殖与资源保护; E-mail: ysys210@hotmail.com.

收稿日期: 2016-09-30, 修回日期: 2017-02-17 DOI: 10.13859/j.cjz.201705013

present in lateral region, and there was significant difference in epidermis thickness at different positions (Table 1). Mucous cells, club cells and taste buds were observed in the epidermis layer. For stratum spongiosum, the thickest layer ($282.71 \pm 70.56 \mu\text{m}$) was in the head, while the thinnest layer ($29.07 \pm 4.88 \mu\text{m}$) was in the caudal peduncle (Table 1). There were some pigment cells, vacuolar cells and granular glands in the stratum spongiosum, and the mucous glands were present in the stratum compactum (Plate I). The thickness of stratum spongiosum could be thicker due to the presence of glands. Fins were composed of epidermis layer, collagen fiber layer, sub-collagen fiber layer and fin ray. The composition of epidermis layer was similar with that in the skin. Fin ray was mineralized connective tissue (Plate I).

Key words: Catfish-like Loach, *Triplophysa siluroides*; Skin; Fins; Histology

鱼类皮肤直接与外界水环境接触，其特殊的组织结构能防止病原微生物进入体内，保护鱼体免受外界不利环境的影响（吕爱军等 2011）。鱼类皮肤含有大量黏液细胞，能够分泌黏液，黏液中含有黏多糖、糖蛋白、免疫球蛋白及各种水解性酶类等多种活性物质，对鱼类的免疫防御有重要作用（Mehner et al. 1994, 黄智慧等 2009）。已有对鱼类皮肤的研究集中在其组织结构，如斑鳢（*Channa maculata*）（郭素敏等 1989）、南方鲃（*Silurus meridionalis*）（杨桂枝等 1997）和松江鲈鱼（*Trachidermus fasciatus*）（蒋鑫等 2012）等；生化分析，如南亚野鲮（*Labeo rohita*）（Rai et al. 2012）、许氏平鲈（*Sebastes schlegeli*）（Cho et al. 2014）等；免疫球蛋白及黏液分泌的研究，如欧洲鳗鲡（*Anguilla anguilla*）（林娟娟等 2009）、鲃（*Silurus asotus*）（李学军等 2009）、斑马鱼（*Danio rerio*）（王艺 2013）等。并且大多数鱼类的皮肤含有感觉器官，能够感受外界环境刺激（吕爱军等 2011）。鳍对鱼类运动及鱼体平衡起重要作用（谢从新 2009），大鳍鱠（*Mystus macropterus*）臀鳍和脂鳍的组织结构已有相关报道（钟明超等 1996），而同时对鱼类不同部位皮肤及鳍条系统性的组织学研究比较少见。研究鱼类皮肤和皮肤的感觉器官是鱼类学和鱼类生理学研究的重要内容，为探讨鱼类与环境适应之间的关系提供基础资料。

似鲃高原鳅（*Triplophysa siluroides*），属鲤形目（Cypriniformes）鳅科（Cobitidae）条鳅

亚科（Cobitidae）高原鳅属，俗称老虎鱼，肌肉丰腴，肉质鲜美，营养丰富，是一种新兴的名特优水产养殖品种（李华 2013），曾作为易危（vulnerable, VU）物种被列入《中国濒危动物红皮书——鱼类》（乐佩琦等 1998）。目前已有对似鲃高原鳅肌肉营养成分（李华 2013）、遗传多样性（张艳萍等 2013）、病理学（周燕等 2014）和人工养殖（何光彬等 2014）等的研究，而其皮肤及鳍条组织结构的研究仍然缺乏。作为一种极具地方特色的名优鱼类，为了保护、开发和科学利用该鱼类，近年其人工繁殖技术已被突破，并逐步开始进行集约化养殖，然而随着养殖规模的扩大，各种疾病也随之爆发（范玉蕾等 2015）。因此，本研究对似鲃高原鳅头部、腹部、背部、尾部和侧线部 5 个部位皮肤及胸鳍、腹鳍、背鳍、臀鳍和尾鳍 5 种鳍进行组织结构对比分析，并采用 AB-PAS 染色方法对黏液细胞进行定位，可为似鲃高原鳅提供基础生物学性状，也有利于该种鳅的资源保护和科学开发利用。

1 材料与方法

1.1 实验动物

似鲃高原鳅健康成体 28 尾取自四川省似鲃高原鳅原种场，平均体重为（ 93.12 ± 12.73 ）g，平均体长为（ 22.08 ± 1.91 ）cm。实验鱼带回实验室，微循环水暂养一周，挑选体色正常的 10 尾进行实验（雌雄比例为 1：1）。

分别取头部、腹部、背部、侧线部、尾部

皮肤及胸鳍、腹鳍、背鳍、臀鳍、尾鳍,用 Bouin's 固定液固定 24 h 以上。将固定样品修成 1 cm × 0.5 cm × 0.5 cm 大小,背部、尾部及侧线部皮肤与各部位的鳍需用甲酸脱钙液(88%甲酸与 40%甲醛比例为 30:1)浸泡 5 d 进行脱钙,然后经梯度酒精脱水、二甲苯透明、石蜡包埋后,用转轮式切片机连续切片,厚度为 6 μm。

采用常规 H.E 及 AB-PAS (pH = 2.5)染色,中性树胶封片,在 Nikon Eclipse 50i 油镜下观察并拍照。采用 Adobe Photoshop CS5 软件测量数据。

1.2 统计方法

SPASS17.0 软件单因素方差分析进行组间差异比较,结果以平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 表示, $P < 0.05$ 为差异显著。

2 结果

2.1 皮肤的组织结构

2.1.1 表皮 各部位皮肤的表皮由表层、中间层和基底层构成(图版 I: 1)表层为紧密排列的扁平上皮细胞,基底层为规则排列的基底细胞,表层与基底层之间为中间层,中间层主要分布形状不规则上皮细胞、棒状细胞及黏液细胞(图版 I: 1)。

各部位表皮厚度不一,差异显著,腹部最厚,侧线部最薄(表 1)。

2.1.2 真皮 真皮由疏松层和致密层构成。疏

松层为疏松结缔组织,含有黑色素细胞和空泡状细胞(图版 I: 2~6)。黑色素细胞,细胞形状不规则,体积较大。各部位黑色素细胞数量多少不一。头部(图版 I: 2)、背部(图版 I: 3)、尾部(图版 I: 4)及侧线部(图版 I: 5)黑色素细胞含量较多,腹部几乎没有黑色素细胞(图版 I: 6)。各部位空泡状细胞数量不一,呈椭圆形空泡状。头部、尾部及侧线部空泡状细胞较多,为复层排列,腹部及背部空泡状细胞较少,仅有单层(图版 I: 2~6)。腹部和背部疏松层厚度无显著差异,其余各部位差异显著,头部最厚,尾部最薄(表 1)。

致密层是纤维密集排列的致密结缔组织。各部位致密层的致密程度不一。背部(图版 I: 3)及侧线部(图版 I: 5)的致密层非常致密,头部(图版 I: 2)、腹部(图版 I: 6)及尾部(图版 I: 4)偶见致密层胶原纤维间有空隙。各部位致密层厚度不一,侧线部最厚,头部最薄,仅为侧线部的 40.44%(表 1)。

2.1.3 细胞腺 似鲇高原鳅的皮肤腺分为单细胞腺和群细胞腺。单细胞腺主要有黏液细胞、棒状细胞。黏液细胞多为卵圆形,偶见长柱形,大小不一。各个部位黏液细胞分布的数量不一,头部及腹部分布较多(图版 I: 7, 8),背部、尾部较少(图版 I: 9, 10),侧线部未观察到黏液细胞。棒状细胞呈柱形或椭圆形,细胞核多呈圆形或椭圆形,中位,细胞核周围有一圈

表 1 似鲇高原鳅各部分皮肤结构比较

Table 1 The thickness of the skin in different parts of *T. siluroides* (Mean ± SD)

部位 Parts	表皮厚度 (μm) Thickness of epidermis	真皮厚度 Thickness of dermis (μm)	
		疏松层 Stratum spongiosum	致密层 Stratum compactum
头部 Head	77.55 ± 17.78 ^a	282.71 ± 70.56 ^a	68.27 ± 19.14 ^a
腹部 Abdomen	84.62 ± 10.82 ^b	50.21 ± 9.50 ^b	161.94 ± 14.81 ^{bc}
背部 Dorsal	26.15 ± 4.41 ^c	54.52 ± 8.21 ^b	147.11 ± 17.45 ^a
侧线部 Lateral	14.97 ± 3.95 ^d	112.06 ± 38.89 ^c	168.81 ± 55.82 ^c
尾部 Caudal peduncle	34.06 ± 5.19 ^e	29.07 ± 4.88 ^d	153.91 ± 22.00 ^b

同列数据上标不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Different letters (upper labeled) in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$).

淡色区域,各部位分布数量及排列方式不一(图版 I: 1, 11, 12)。腹部棒状细胞较为密集,呈复层不规则排列(图版 I: 1);头部则分布非常密集,多见复层排列规则的长柱状棒状细胞,偶见多层紧密排列的椭圆形棒状细胞(图版 I: 11);背部中间层仅见单层椭圆形细胞(图版 I: 12);侧线部及尾部偶见棒状细胞。

似鲇高原鳅的黏液腺和颗粒腺位于皮肤的真皮层,为群细胞腺。在似鲇高原鳅头部、侧线部及尾部皮肤中观察到黏液腺和颗粒腺两种腺体,颗粒腺大小为 $(368.15 \pm 33.78) \times (358.44 \pm 20.49) \mu\text{m}$,黏液腺大小为 $(310.67 \pm 69.24) \times (253.02 \pm 35.78) \mu\text{m}$ 。颗粒腺多分布于疏松层深层,呈球形或椭圆形,腺泡腔充满分泌颗粒,泡壁由单层扁平上皮细胞构成,细胞核椭圆形或长梭形,细胞界限不清,腺体外有一层类肌细胞和纤维束包绕(图版 I: 13)。黏液腺多分布于致密层浅层,可见黏液腺开口于体表,腺体形状有圆形、方形和不规则形等,腺泡壁由单层立方上皮细胞构成,细胞界限明显,细胞核圆形或椭圆形(图版 I: 14)。一般颗粒腺较黏液腺大。颗粒腺主要存在于头部、侧线部、尾部皮肤。皮肤腺的存在增加了皮肤的厚度,如在尾部皮肤,皮肤腺存在处比无皮肤腺处表皮厚度增加了 15.34%;三个部位的皮肤有皮肤腺处疏松层均有明显增加,头部增加了 54.91%,侧线部增加了 167.74%,其中尾部增加最明显,增加了 1 416.10%,头部皮肤致密层厚度增加了 42.05%。

2.1.4 其他 头部、腹部皮肤中均发现味蕾,呈梨形,位于表皮表层。味蕾由支持细胞、感觉细胞和基细胞组成。支持细胞位于味蕾外层,染色较浅,细胞呈梭形;感觉细胞居中,染色较深,细胞核呈椭圆形,基细胞位于味蕾基部(图版 I: 15)。

2.2 鳍组织结构

似鲇高原鳅的鳍由表皮层、胶原纤维层、胶原下层及鳍条组成(图版 I: 16)。表皮层与皮肤表皮层相似,为扁平上皮细胞,中间层

含有黏液细胞、棒状细胞、不规则上皮细胞及味蕾,最下层为基底层,由排列整齐的基底细胞组成(图版 I: 17, 18)。黏液细胞呈卵圆形,在各种鳍中均有分布(图版 I: 19)。棒状细胞呈椭圆形,排列在鳍表皮层的中间层(图版 I: 20)。味蕾在鳍条间分布较广,各种鳍中均观察到味蕾,其组成与皮肤的味蕾组成相同,由支持细胞、感觉细胞及基底细胞构成(图版 I: 19, 21)。胶原纤维层紧贴表皮基底层,由紧密平行排列的胶原纤维组成,其间分布着形态各异的黑色素细胞。胶原下层有鳍条时较薄,无鳍条时较厚。鳍条是钙化的结缔组织,左右各一条分节的钙化结构,中间不钙化,充满结缔组织(图版 I: 17, 20)。

3 讨论

3.1 似鲇高原鳅皮肤组织结构与功能的关系

似鲇高原鳅皮肤组织结构与其他鱼类相似,由表皮及真皮构成,真皮包括疏松层及致密层,但不同部位表皮厚度差异明显。侧线部最薄,腹部最厚。由于似鲇高原鳅常生活于水深湍急的砾石地质河段(张大治等 1998),腹部表皮经常与水体摩擦,所以表皮较厚;侧线部与其他物体发生碰撞或摩擦的机会少,因此表皮较薄。这与南方鲇(*Silurus meridionalis*)(杨桂枝等 1997)和松江鲈鱼(*Trachidermus fasciatus*)皮肤结构特点一致(蒋鑫等 2012)。在似鲇高原鳅真皮层发现有空泡状细胞,与大弹涂鱼(*Boleophthalmus boddarti*)相似(Zhang et al. 2000)。Yokoya 等(1992)认为这种空泡状结构能够有效减少皮肤水分损耗,并储存部分水分,避免皮肤干燥,这与似鲇高原鳅体表无鳞的结构相适应。在常规组织切片过程中,脂肪细胞中的脂肪滴会被酒精溶解,从而也会使脂肪细胞呈空泡状(谢从新 2009)。因此,本文中的空泡状细胞是否脂肪细胞还有待进一步研究。

似鲇高原鳅头部和腹部皮肤分布黏液细胞较多,背部、尾部及侧线部皮肤分布很少,这

与其营底栖生活相适应。由于水体底部泥沙较多,丰富的黏液可使鱼体在觅食时保持清洁及润滑,并且能防止鱼体直接接触底质而损伤腹部皮肤(李学军等 2010)。似鲇高原鳅头部黏液细胞要比尾部多,这可能与鱼体向前运动时,黏液由于摩擦力有向后的趋势,鱼体尾部黏液来自尾部表皮黏液细胞的分泌和身体前部的黏液,而鱼体头部黏液只来自头部表皮黏液细胞分泌,因此需要更多的黏液细胞有关(Pickering 1974),这与林旋等(2008)对欧洲鳗鲡皮肤的研究结果相似。似鲇高原鳅的棒状细胞与南方鲇相似,胞核周围有一圈淡色区域,再外方出现深色区域(杨桂枝等 1998),而与鲤鱼(*Cyprinus carpio*)胞质无浓淡晕圈不同(孟庆闻等 1987),表皮中的棒状细胞不仅有促进形成黏液的功能,且胞核周围淡色区域可分泌一种警戒物质,起到防范和警戒作用(Henrikson et al. 1967)。头部、侧线部、尾部皮肤真皮的厚度和皮肤总厚度较厚,这与其真皮层分布有体积较大的颗粒腺和黏液腺相关。似鲇高原鳅腺体的分布与版纳鱼鲷(*Ichthyophis bannanicus*)相似,后者黏液腺分布于真皮疏松层浅层,体积比颗粒腺小,颗粒腺分布于黏液腺深面(李家洲等 2011)。黏液腺可分泌大量黏液,对体表有良好的保湿和润滑作用(陆宇燕等 2004)。颗粒腺是一种毒腺,其分泌物对防御天敌有重要作用(Brodie et al. 1990)。黏液腺和颗粒腺多在两栖动物体表出现,而在鱼类中少见报道,本研究发现似鲇高原鳅皮肤中黏液腺和颗粒腺同时存在,可能与其既需要分泌黏液减少躯体与底部砾石的摩擦,又需要在躲避敌害中对身体起良好的保护作用有关。

3.2 味蕾和黑色素细胞的分布与功能

似鲇高原鳅的头部和腹部皮肤及各种鳍中均分布有味蕾。鱼类味蕾是重要的化学及机械感受器官(张根华等 2006),对外界刺激的敏感性较高(姜云垒等 2006),进而促使鱼类快速适应环境(王永翠等 2012)。似鲇高原鳅属冷水性鱼类,营底栖生活,味蕾的广泛分布有

助于其在底栖环境光线较弱时快速识别食物及外界环境因子,如温度等。

似鲇高原鳅各部位皮肤及鳍均分布有黑色素细胞。黑色素细胞、黄色素细胞、红色素细胞及鸟粪素细胞(又名虹彩细胞)是鱼类色素细胞的大致分类(徐伟等 2007)。鱼类的色素细胞主要分布在皮肤真皮的疏松层上方和致密层下方(黄永政 2008),形成体色(李欢等 2013),对鱼类隐蔽、伪装、警戒及吸引异性起着重要作用(Nilsson et al. 2013)。似鲇高原鳅头部、背部、侧线部及尾部皮肤暴露于光线之下,其黑色素细胞分布较多,有利于在紧急情况下通过黑色素细胞迅速改变体色,腹部皮肤黑色素细胞较少,体色较浅,接近水面光线,有利于躲避敌害。

综上所述,似鲇高原鳅皮肤及鳍的组织结构特点与其生活环境及生活习性相适应,但环境对其组织结构的影响有待进一步研究。

参 考 文 献

- Brodie Jr E D, Nussbaumer R A, Yang D T. 1990. Antipredator behavior of Chinese salamanders. *Zoological Research*, 11(1): 7-18.
- Cho J K, Jin Y G, Rha S J, et al. 2014. Biochemical characteristics of four marine fish skins in Korea. *Food Chemistry*, 159(13): 200-207.
- Henrikson R C, Matoltsy A G. 1967. The fine structure of teleost epidermis: iii. club cells and other cell types. *Journal of Ultrastructure Research*, 21(3): 222-232.
- Mehner T, Wieser W. 1994. Energetics and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Fish Biology*, 45(2): 325-333.
- Nilsson S H, Aspöngren S, Wallin M. 2013. Rapid color change in fish and amphibians-function, regulation, and emerging applications. *Pigment Cell & Melanoma Research*, 26(1): 29-38.
- Pickering A D. 1974. The distribution of mucous cells in the epidermis of the brown trout *Salmo trutta* (L.) and the char *Salvelinus alpinus* (L.). *Journal of Fish Biology*, 6(2): 111-118.
- Rai A K, Srivastava N, Kumari U, et al. 2012. Histochemical analysis of glycoproteins in the secretory cells in the epidermis of the

- head skin of Indian Major Carp, *Labeo rohita*. Tissue and Cell, 44(6): 409–417.
- Yokoya S, Tamura O S. 1992. Fine structure of the skin of the amphibious fishes, *Boleophthalmus pectinirostris* and *Periophthalmus cantonensis*, with special reference to the location of blood vessels. Journal of Morphology, 214(3): 287–297.
- Zhang J, Taniguchi T, Takita T, et al. 2000. On the epidermal structure of *Boleophthalmus* and *scartelaos* mudskippers with reference to their adaptation to terrestrial life. Ichthyological Research, 47(3/4): 359–366.
- 范玉蕾, 耿毅, 周艳, 等. 2015. 一株似鲃高原鳅源蛙病毒的分离与鉴定. 中国水产科学, 22(3): 556–562.
- 郭素敏, 林振滨, 罗明庆. 1989. 斑鳢皮肤的组织学观察. 湛江水产学院学报, 9(1): 19–29.
- 何光彬, 杨淞, 陈柯, 等. 2014. 似鲃高原鳅幼鱼耗氧率和窒息点的初步研究. 水产养殖, 35(10): 16–20.
- 黄永政. 2008. 17 α -甲基甾酮与类胡萝卜素对观赏鱼体色影响的研究. 重庆: 西南大学硕士学位论文.
- 黄智慧, 马爱军, 汪岷. 2009. 鱼类体表黏液分泌功能与作用研究进展. 海洋科学, 33(1): 90–94.
- 姜云垒, 冯江. 2006. 动物学. 北京: 高等教育出版社.
- 蒋鑫, 潘连德, 马召腾. 2012. 松江鲈鱼皮肤的显微和亚显微结构. 动物学杂志, 47(4): 96–103.
- 李华. 2013. 野生和人工养殖似鲃高原鳅肌肉营养成分比较. 四川动物, 32(4): 584–587.
- 李欢, 桑卫国, 段青源, 等. 2014. 鱼类体色成因及调控研究进展. 海洋科学, 38(8): 109–115.
- 李家洲, 蒙绍权, 李燕君, 等. 2011. 版纳鱼鳅幼体和成体皮肤的结构. 四川动物, 30(4): 573–577.
- 李学军, 彭新亮, 乔志刚, 等. 2009. ConA 或 PHA 对鲃 (*Silurus asotus*) 皮肤和鳃粘液细胞密度的影响. 河南师范大学学报: 自然科学版, 37(6): 108–111.
- 李学军, 彭新亮, 乔志刚. 2010. 鲃皮肤和鳃粘液细胞的分类, 分布和分泌研究. 上海海洋大学学报, 19(6): 751–755.
- 林娟娟, 杨金先, 陈强, 等. 2009. 欧洲鳗皮肤黏膜免疫球蛋白纯化及其结构组成分析. 中国水产科学, 16(3): 404–410.
- 林旋, 张伟妮, 林树根, 等. 2008. 欧洲鳗皮肤、鳃及消化道粘液细胞的分布与类型. 福建农业学报, 23(1): 39–43.
- 陆宇燕, 王健, 刘新海, 等. 2004. 爪鲃皮肤的显微结构和呼吸作用. 四川动物, 23(3): 178–182.
- 吕爱军, 胡秀彩, 薛军, 等. 2011. cDNA 芯片技术筛选斑马鱼皮肤免疫相关差异表达基因. 中国水产科学, 18(6): 1226–1233.
- 孟庆闻, 苏锦祥, 李婉端. 1987. 鱼类比较解剖. 北京: 科学出版社.
- 王艺. 2013. 葡萄球菌诱导斑马鱼皮肤免疫相关基因差异表达的研究. 合肥: 安徽农业大学硕士学位论文.
- 王永翠, 李加儿, 区又君, 等. 2012. 野生与养殖黄鳍鲷味蕾的组织结构研究. 广东农业科学, 39(15): 137–139.
- 谢从新. 2009. 鱼类学. 北京: 中国农业出版社.
- 徐伟, 李池陶, 曹顶臣, 等. 2007. 几种鲤鲫鳞片色素细胞和体色发生的观察. 水生生物学报, 31(1): 67–72.
- 杨桂枝, 张耀光. 1997. 南方鲃皮肤, 唇瓣和须结构的研究. 西南师范大学学报: 自然科学版, 22(3): 296–301.
- 杨桂枝, 张耀光. 1998. 南方鲃的皮肤腺和味蕾结构研究. 西南师范大学学报: 自然科学版, 23(6): 693–699.
- 乐佩琦, 陈宜瑜. 1998. 中国濒危动物红皮书: 鱼类. 北京: 科学出版社.
- 张大治, 张显理. 1998. 似鲃高原鳅在宁夏永宁黄河段的形态变异. 农业科学研究, (2): 24–26.
- 张根华, 李红涛, 邓少平. 2006. 黄颡鱼口须味蕾分布模式及味蛋白 α -味导素的表达. 动物学报, 52(1): 190–195.
- 张艳萍, 娄忠玉, 王太, 等. 2013. 黄河玛曲段似鲃高原鳅的种群遗传多样性. 淡水渔业, 43(6): 86–89.
- 钟明超, 罗泉笙, 叶华. 1996. 大鳍鱮臂鳍和脂鳍的比较组织学研究. 西南师范大学学报: 自然科学版, 21(2): 168–172.
- 周燕, 耿毅, 汪开毓, 等. 2014. 似鲃高原鳅败血症病原菌的分离鉴定与病理学观察. 中国预防兽医学报, 36(11): 863–866.

图 版 说 明

似鲈高原鳅皮肤与鳍的组织结构

1~6, 11~18, 20~21. H.E 染色; 7~10, 19. AB-PAS 染色。

1, 6, 7. 腹部皮肤; 2, 8, 11. 头部皮肤; 3, 9, 12. 背部皮肤; 4, 10. 尾部皮肤; 5. 侧线部皮肤; 13. 颗粒腺; 14. 黏液腺; 15. 味蕾; 16~21. 鳍;

BC. 基底细胞; BL. 表皮基底层; C. 胶原纤维层; CL. 棒状细胞; E. 表皮层; EC. 上皮细胞; GG. 颗粒腺; MC. 黏液细胞; MG. 黏液腺; ML. 表皮中间层; P. 黑色素细胞; R. 鳍条; RC. 感觉细胞; S. 胶原下层; SC. 真皮致密层; SL. 表皮表层; SS. 真皮疏松层; Su. 支持细胞; TB. 味蕾; VC. 空泡状细胞。

Explanation of Plate

Histological structure of the skin and fins of *Riplophysa siluroides*

1 - 6, 11 - 18, 20 - 21. H.E staining; 7 - 10, 19. AB-PAS staining.

1, 6, 7. Skin of abdomen; 2, 8, 11. Skin of head; 3, 9, 12. Skin of dorsal; 4, 10. Skin of caudal peduncle; 5. Skin of lateral; 13. Granular gland; 14. Mucous gland; 15. Taste buds; 16 - 21. Fins.

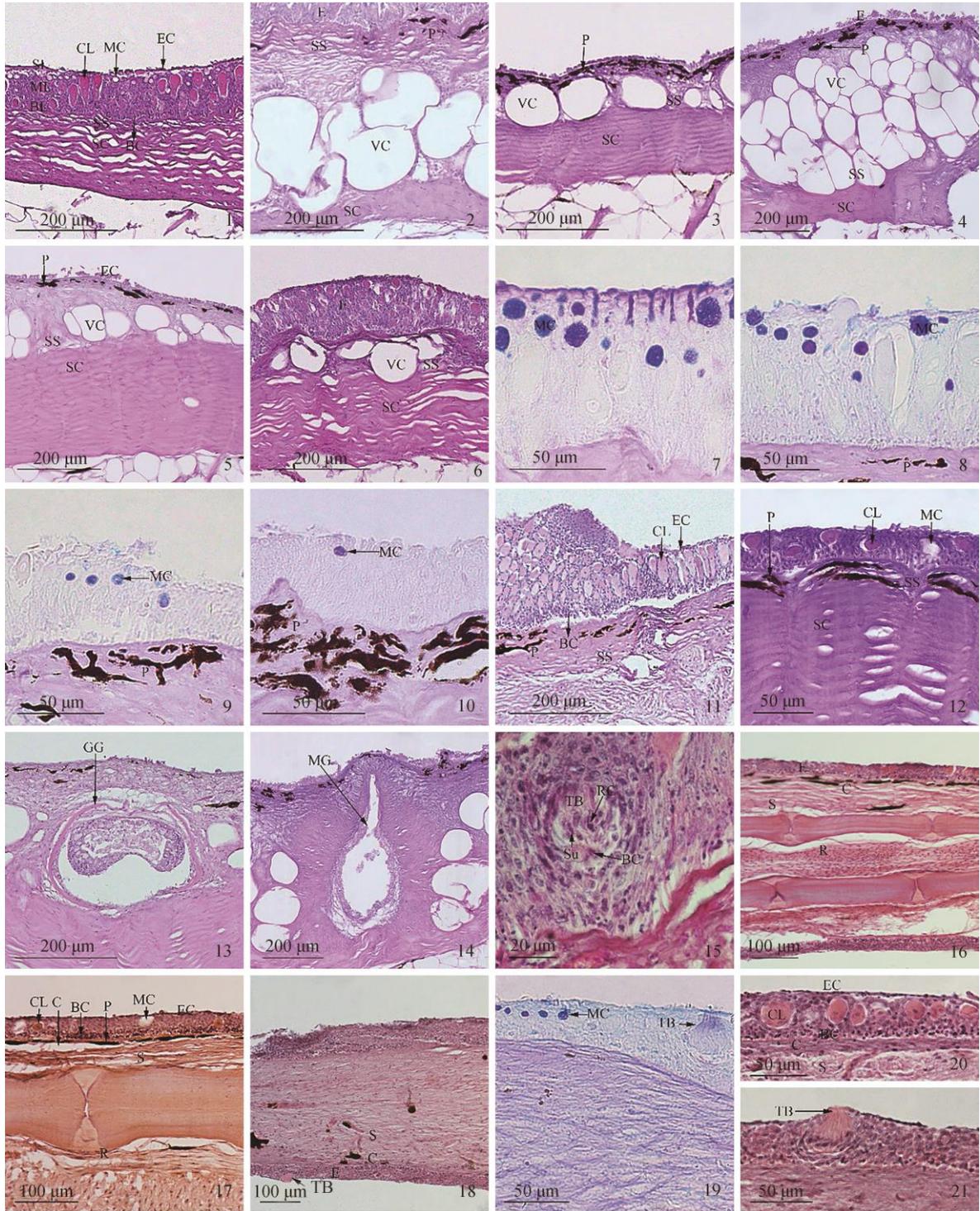
BC. Basal cells; BL. Basal layer of epidermis; C. Collagen fiber layer; CL. Club cells; E. Epidermis layer; EC. Epithelial cells; GG. Granular gland; MC. Mucous cells; MG. Mucous gland; ML. Middle layer of epidermis; P. Pigment; R. Fin ray; RC. Receptor cells; S. Collagen lower; SC. Stratum compactum; SL. Superficial layer of epidermis; SS. Stratum spongiosum; Su. Supporting cells; TB. Taste buds; VC. Vacuolar cells.

杨淞等：似鲇高原鳅皮肤与鳍的组织学观察

图版 I

YANG Song *et al.*: Histology of Skin and Fins in Catfish-like Loach (*Triplophysa siluroides*)

Plate I



图版说明见文后