اثر نوع تغذیه در انعطاف‌پذیری ریختی ماهی دم‌شمشیری (*Xiphophurus helleri*) در مراحل اولیه تکوین

فاطمه مشیدی[۱]، سهیل ایگدری[۱*]، هادی پورباقر[۱]

[*] soheil.eagderi@ur.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

چکیده

انعطاف‌پذیری ریختی مکانیسم مهمی در سازش به شرایط محیطی است. در این مطالعه اثر نوع تغذیه بر ویژگی‌های ریختی ماهی دم شمشیری (*Xiphophurus helleri*) در طول مراحل اولیه تکوین با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی به اجرا درآمد. برای این منظور، دو تیمار شامل تیمار تغذیه شده با ناپلی آرتمیا و تیمار تغذیه شده با جیره دستی (بیومار) در ۳ تکرار و به مدت دو ماه در نظر گرفته شد. براساس نتایج، تغذیه با ناپلی آرتمیا سبب (۱) شکمی‌تر شدن جایگاه نوک پوزه (دهان انتهایی‌تر)، (۲) کاهش عمق تنه، (۳) افزایش طول باله‌ی پشتی و (۴) افزایش طول دم در مقایسه با تیمارهای تغذیه شده با غذای بیومار گردید. بنابراین، نتایج نشان داد که تغذیه اثر معنی‌داری بر شکل بدن ماهی دم شمشیری در مراحل اولیه تکوین داشت و نوع شکل بدن در محیط‌های طبیعی می‌تواند در ارتباط با نحوه تغذیه تغییر کند.

کلمات کلیدی: ماهی زینتی، شکل بدن، تغذیه، ریخت‌سنجی هندسی.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.4.8]

مقدمه

تغییرات ریختی به‌واسطه تفاوت‌های ژنتیکی و تغییرات محیطی ایجاد می‌شود. انعطاف‌پذیری ریختی، پتانسیل فنوتیپیِ ژنوتیپ برای تغییر در برابر محرک‌های محیطی مختلف است و از آن‌جا که انتخاب روی فنوتیپ عمل می‌کند، ماهیت و میزان تغییرات محیطی می‌تواند بر نرخ و جهت - تکامل (Waddington, 1942; Schmalhausen, 1949; West-Eberhard, 1989) و برهم کنش‌های اکولوژیک اثرگذار باشد (Schmalhausen, 1949; West-Eberhard, 1989). شکل بدن ماهی، ویژگی است که در میان افراد یک گونه تحت تأثیر آرایش ژنتیکی فرد، عوامل محیطی همانند جیره، دما (Martin, 1949) و تغذیه (Lovell, 1989) قرار دارد. عوامل محیطی در تعیین شکل ماهیان در طی فرآیند فردزایی به‌عنوان عواملی قدرتمند شناخته شده‌اند (Relyea and Hoverman 2003; Jalili *et al*., 2015). نوع شکل بدن در محیط‌های طبیعی می‌تواند در ارتباط با نحوه تغذیه، دوری از شکارچی و شرایط فیزیکوشیمیایی آب تغییر کند (Langerhans and Reznick, 2010).

آنالیز شکل از جمله ابزارهای مهم در مطالعات زیست‌شناسی برای درک شباهت‌ها و تفاوت‌ها و تنوع‌های ریختی ناشی از فرآیند تغییرپذیری ریختی است (Bookstein, 1991). از جمله ابزارها در مطالعه تغییرپذیری ریختی شکل بدن، مطالعات ریخت‌سنجی است و در این بین روش ریخت‌سنجی هندسی ابزاری نوین جهت آنالیز اشکال هندسی می‌باشد که استخراج اطلاعات جایگاه فضایی متغیرهای ریختی و آنالیز آن‌ها را با استفاده از آزمون‌های آماری چندمتغیره امکان‌پذیر می‌سازد (Zelditch *et al*., 2004). در این روش مقایسه بین فرم‌های زیستی براساس مختصات نقاط مجزا، لندمارک‌ها می‌باشد که براساس معیارهایی از جمله هومولوگ بودن انتخاب می‌شود (Bookstein, 1991; Rohlf and Marcus, 1993).

ماهی دم‌شمشیری *Xiphophorus helleri* (Poecilidae) از جمله ماهیان زینتی شناخته شده است که متعلق به آب‌های گرمسیری و شیرین بوده و جز ماهیان پلاژیک محسوب می‌گردد. این گونه به دلیل داشتن دهان فوقانی از سطح آب تغذیه می‌کند و همه‌چیزخوار است (Goodwin, 2003). با توجه به رژیم همه‌چیزخواری ماهی دم شمشیری، یکی از بهترین غذاهای زنده برای دوره لاروی این گونه آرتمیا است. آرتمیا نوعی سخت‌پوست است که برخلاف سخت پوستان دیگر پوشش بدن آن نسبتاً نرم می‌باشد و نوزادها یا ناپلیوس آن ارزش غذایی بسیار بالایی دارند (Halver, 1989). از طرف دیگر غذاهای فرموله شده نیز دارای درصد پروتئین بالایی بوده و یک کنستانتره از ترکیبات مختلف می‌باشد که در سایز کردن ماهی‌ها بسیار مؤثر می‌باشند (محمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۰).

تاکنون مطالعات زیادی در خصوص اثرات تغذیه و همچنین نتایج جایگزینی غذای فرموله شده با غذای زنده در مراحل اولیه تکوین و لارو ماهیان انجام شده است (Person *et al*., 1993; Cahu *et al*., 1998)، اما در خصوص اثر تغذیه بر ویژگی‌های ریختی ماهی در مراحل لاروی مطالعات محدودی وجود دارد (Wimberger, 1992). از این‌رو این تحقیق، با هدف بررسی اثر نوع تغذیه بر ویژگی‌های ریختی ماهی دم شمشیری در مراحل اولیه تکوین با روش ریخت‌سنجی هندسی اجرا گردید.

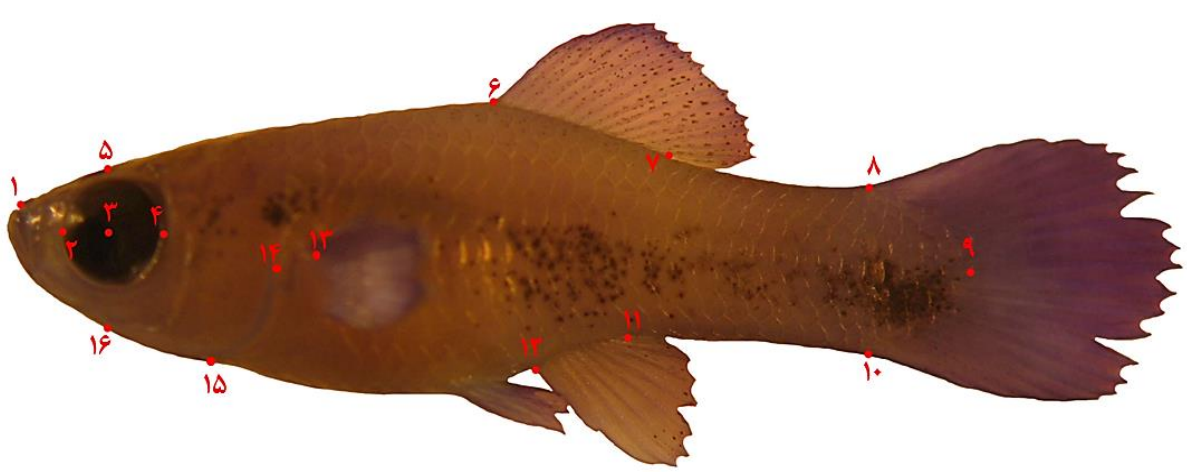
مواد و روش کار

دوره پرورش: مولدین با نسبت جنسیتی ۵ ماده به ازای یک نر در تانک‌های فایبرگلاسی ۵۰ لیتری نگهداری شدند و به منظور ترغیب آن‌ها برای زادآوری از گیاهان مصنوعی در محیط استفاده شد. بلافاصله بعد از به دنیا آمدن بچه ماهیان به‌منظور بررسی اثر تغذیه در دو سطح تغذیه‌ای تیماربندی شدند. برای این منظور در مجموع ۶۰ عدد لارو (برای هر تیمار ۳۰ عدد)، به‌مدت ۲ ماه و برای هر تیمار سه تکرار (۱۰ ماهی در هر تکرار) در ۶ آکواریوم ۳۰ لیتری پرورش داده شدند. تیمارهای آزمایش شامل تیمارهای تغذیه‌ای در دو سطح (۱) تغذیه با ناپلیوس تازه تفریخ‌شده آرتمیا و (۲) تغذیه با غذای فرموله شده بیومار (ساخت کشور فرانسه، ۵۸ درصد پروتئین خام، ۱۵ درصد چربی خام، ۰/۵ درصد فیبر خام، ۱۱/۵ درصد رطوبت و ۱/۶ درصد خاکستر و اندازه ۰/۵ میلی‌متر) بود. کلیه تیمارها دو بار در روز (صبح و عصر) غذادهی شده و در طول دوره آزمایش فاکتورهای محیطی شامل دما، شوری آب، اکسیژن محلول و pH در همه آکواریوم‌ها یکسان و به‌ترتیب ۲۶ درجه سانتی‌گراد، صفر (قسمت در هزار)، ۷/۵ میلی‌گرم در لیتر و ۷/۲ بود.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.4.8]

ریخت‌سنجی هندسی: به‌منظور استخراج داده‌های شکل بدن به روش ریخت‌سنجی هندسی بعد از دوره پرورش، ماهیان در محلول گل میخک بیهوش و سپس از سمت چپ جانبی آنها با استفاده از لوپ مجهز به دوربین دیجیتال (Cannon) با قدرت تفکیک ۶ مگاپیکسل مستقر شده بر روی Copystand عکس‌برداری گردید. تعداد ۱۶ لندمارک توسط نرم‌افزار TPSDig2 بر روی تصاویر دو بعدی رقومی گردیدند (شکل ۱). جهت حذف تغییرات غیر شکل شامل اندازه، جهت و موقعیت، داده‌ها بر اساس آنالیز پروکراست (Generalised Procrustes Analysis) توسط نرم‌افزار MorphoJ روی هم‌گذاری شدند (Rohlf, 2001). بررسی اختلاف بین شکل بدن در تیمارهای مورد مطالعه، با استفاده از آنالیز DFA (Discriminate Functional Analysis) و Hoteling's T-test در نرم‌آفزار PAST انجام شد و مصورسازی نیز براساس WireFrame در نرم‌افزار MorphoJ صورت گرفت (Klingenberg, 1998).

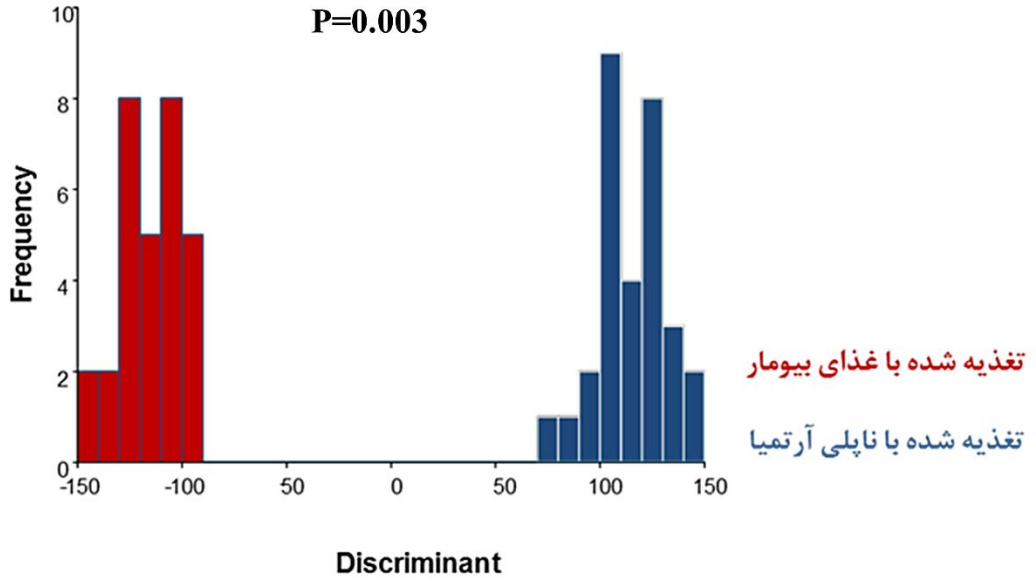


شکل ۱: نقاط لندمارک تعیین شده بر روی ماهی دم‌شمشیری به‌منظور استخراج داده‌های شکل بدن. ۱- ابتدایی‌ترین بخش پوزه در قسمت فک بالا (نوک پوزه)، ۲- ابتدای چشم.۳- قسمت مرکزی چشم، ۴- انتهای چشم، ۵- امتداد خط عمود بر مرکز چشم در بالای سر، ۶- ابتدای قاعده باله پشتی، ۷- انتهای قاعده باله پشتی، ۸- نقطه‌ی بالای انتهای ساقه دمی، ۹- انتهای دم، ۱۰- نقطه پایین انتهای ساقه‌ی دمی، ۱۱- انتهای قاعده باله مخرجی (لگنی)، ۱۲- ابتدای قاعده‌ی باله مخرجی، ۱۳- ابتدای قاعده باله‌ی سینه‌ای، ۱۴- انتهایی‌ترین قسمت سرپوش آبششی در جلوی بدن، ۱۵- ابتدایی‌ترین قسمت سرپوش آبششی و ۱۶- امتداد خط عمود بر مرکز چشم در پایین بدن.

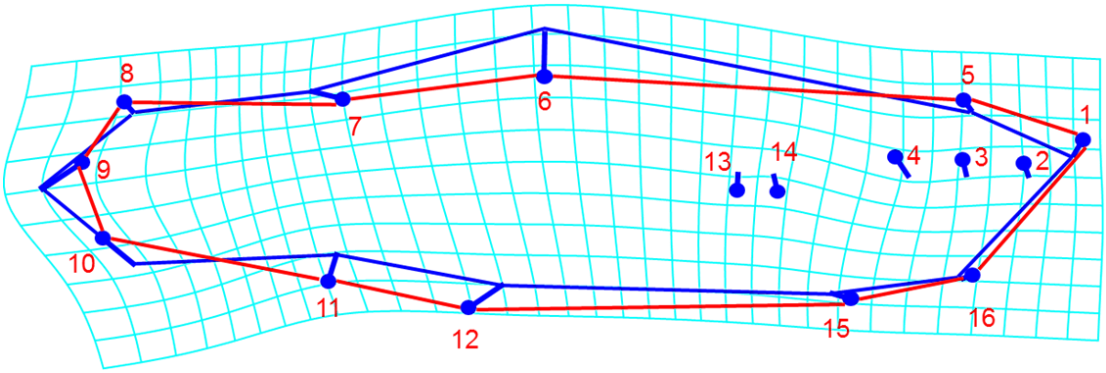
نتایج

نتایج DFA و Hoteling's T-test اختلاف معنی‌داری را بین شکل بدن ماهیان در دو تیمار غذایی نشان داد که بیانگر تأثیر نوع غذایی بر روی شکل بدن ماهی دم‌شمشیری در طی دو ماه اولیه تکوین می‌باشد (شکل ۲). براساس نتایج، تغذیه با ناپلی آرتمیا سبب (۱) شکمی‌تر شدن جایگاه نوک پوزه (دهان انتهایی‌تر)، (۲)کاهش عمق تنه، (۳) افزایش طول باله‌ی پشتی و (۴) افزایش طول دم در مقایسه با تیمارهای تغذیه شده با غذای بیومار گردید.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.4.8]



شکل ۲: آنالیز DFA شکل بدن در دو جمعیت مورد مطالعه در دو تیمار تغذیه شده با غذای دستی بیومار و ناپلئوس آرتمیا.



شکل ۳: نمودار مقایسه شکل بدن ماهیان دم شمشیری (*Xiphophorus helleri*) تغذیه شده با ناپلی آرتمیا و غذای بیومار به صورت گراف Wireframe (رنگ آبی تیمار تغذیه شده با ناپلی آرتمیا و رنگ قرمز، تیمار تغذیه شده با غذای بیومار را نشان می‌دهد).

بحث

مطالعه‌ای که اثر دو نوع رژیم غذایی، آرتمیا و جلبک اسپیرولینا و دیگری غذای دستی بر شکل ماهی گامبوزیا (*Gambusia affinis*) انجام شد، نشان داد که ماهیان تغذیه شده با آرتمیا و جلبک اسپیرولینا، باله‌ی سینه‌ای گسترده‌تر و ارتفاع بدن و ارتفاع سر کمتری نسبت به ماهیان تغذیه شده با غذای دستی داشتند (Ruel *et al.*, 2005). نتایج مطالعه دیگر در مورد تاثیر دو نوع رژیم‌غذایی کرم‌خونی و ناپلی آرتمیا بر روی شکل‌پذیری ماهی سیچلاید (Geophagus) نشان داد که ماهیان تغذیه شده با ناپلی آرتمیا ارتفاع سر و بدن کمتری داشتند (Wimberger, 1992; Greenwood, 1965).

تحقیقاتی که بر روی نوع رژیم‌غذایی دو گونه کفشک ماهی اروپایی *Platichthys felsus* و *Pleuroectes platessa* نیز نشان داد که نوع رژیم‌غذایی با تغییرات سر رابطه‌ی مستقیم دارد (Russo *et al.*, 2008). نتایج این مطالعات مطابق با نتایج تحقیق حاضر بود. در حقیقت، تغذیه با ناپلی آرتمیا ماهی را وادار به فعالیت بیشتر جهت جستجوی غذا می‌کند. عمل جستجوی غذا به‌طور غیرمستقیم می‌تواند منجر به باریک شدن شکل بدن (دوکی شدن بیشتر) شود که این تغییرات به نوبه خود بر بازده عمل جستجوی غذا اثرگذار است (Angelo *et al.*, 2000). ماهیان باریک با سرهای کوچک و ساقه دمی درازتر شناگرهای بهتری هستند و می‌توانند فعالانه

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.4.8]

از ماهیان و سخت‌پوستان تغذیه کنند (Darcy, 1985). افزایش ارتفاع بدن معمولاً به‌عنوان یک استراتژی برای مقابله با شکار شدن بوده و یک سازگاری برای قابلیت مانور سریع را پیشنهاد می‌کند (Langerhans *et al*., 2003; Lattuca *et al*., 2007). اگرچه ماهیان تغذیه شده با جیره دستی به نسبت ماهیان تغذیه شده با ناپلی آرتمیا به‌علت دریافت غذا از سطح آب نیازمند تحرک و فعالیت کمتری هستند، اما با این حال بدن پهن‌تری دارند. در واقع، افزایش ارتفاع بدن در ماهیان تغذیه شده با جیره دستی می‌تواند ناشی از میزان پروتئین و چربی بالا در جیره آن‌ها باشد که موجب افزایش طول و ارتفاع بدن می‌شود.

تغییر شکل سر و دهان عمدتاً منعکس‌کننده تفاوت در تغذیه و ترکیب غذایی مورد استفاده است (Langerhans *et al*., 2003). براین اساس برای تغذیه با ناپلی آرتمیا، ماهی دم‌شمشیری غذا را باید در ستون آب دریافت کند که این امر موجب دهان انتهایی‌تر، افزایش طول باله‌ی پشتی، و کشیده‌تر شدن بدن می‌شود، در حالی به هنگام تغذیه با غذای دستی بیومار، ماهی باید غذا را از سطح آب دریافت کند که این امر موجب موقعیت فوقانی دهان می‌شود (محمدنژاد و همکاران، ۱۳۹۰)، که این ریخت دهان برای هر نوع تغذیه مکانیسم سازگاری برای دریافت بهتر غذا در مراحل اولیه تکوین است.

به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان داشت که نوع تغذیه اثر معنی‌داری بر شکل بدن ماهی دم شمشیری در مراحل اولیه تکوین دارد و انعطاف‌پذیری ریختی در این دوران به‌عنوان یک استراتژی برای سازگاری با ویژگی‌های محیطی است.

منابع

محمدنژاد شموشکی، م.، حیدری، س. و موسوی ثابت، س.ح.، ۱۳۹۰. مقایسه تغذیه‌ای جیره بیومار، دل‌گوساله، کرم فشرده، کرم خونی، گاماروس و آرتمیا بر روی شاخص‌های رشد و بازماندگی ماهی سورم (*Heros severus*). فصلنامه علمی-پژوهشی زیست‌جانوری، ۳(۳): ۴۱-۴۹.

Angelo, L., Busilacchi, S., CLudovic, C. and Cataudella, F.S., 2000. Comparing geometric morphometrics andoutline fitting methods to monitor fish shapevariability of *Diplodus puntazzo* (Teleostea:Sparidae). Aquacultural Engineering, 21: 271-283.

Bookstein, F.L., 1991. Morphometric tools for landmark data. Geometry and Biology. Cambridge University Press. 512 P.

Cahu, C.L., Zamborino Infante, J.L., Eseaffre, A.M., Bergot, P. and Kaushik, S., 1998. Preliminary results on sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae rearing with compound diet from first feeding, comparison with carp (*Cyprinus carpio*) larvae. Aquaculture, 169: 1-7.

Darcy, G.H., 1985. Synopsis of biological data on the sand perch, *Diplectrum formosum* (Pisces, Serranidae). NOAA Technical Report, NMFS. 26: 1-21.

Greenwood, P.H., 1965. Environmental effects on the pharyngeal mill of a cichlid fish, *Astatoreochromis alluaudi* and their taxonomic implications. Proceedings of the Linnaean Society of London. 176*:* 1-10.

Goodwin, D., 2003. The aquarium fish hand book. Island Books publ. Co.Devon, England. 256 p.

Halver, J.E., 1989. FAO online catalogues, Fishery Research. 118 P.

Jalili P., Eagderi S. and Keivany Y., 2015. Body shape comparison of Kura bleak (*Alburnus filippii*) in Aras and Ahar-Chai rivers using geometric morphometric approach Research in Zoology, 5(1): 20- 24.

Klingenberg, C.P., 1998. Heterochrony and allometry: the analysis of evolutionary change in ontogeny. Biological Reviews, 73: 79-123.

Lovell, T., 1989. Nufrition and feeding of fish**.** New York: Van Nostrand Reinhold. 350 P.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-15]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.4.8]

Martin, W.R., 1949. The mechanics of environmental control of body form in fishes. Univcrsig of Toronfo**.** Riological SerieJ, No. 58. Publications of the Ontario Fish Research Lab, No, 70. 46 P.

Langerhans, R.B., Layman, C.A., Langerhans, A.K. and DeWitt, T.J., 2003. Habitat-associated morphological divergence in two Neotropical fish species. Biological Journal of the Linnean Society, 80: 689-698.

Langerhans, R.B. and Reznick, D.N., 2010. Ecology and evolution of swimming performance in fishes: predicting evolution with biomechanics. In: Fish locomotion: an ecoethological perspective (eds. Domenici, P. and Kapoor, B. G.) 200-248. Science Publishers Inc, Enfield. 156 P.

Lattuca, M., Battini, A. and Macchi, P.J., 2007. Trophic interactions among native and introduced fishesin a northern Patagonian oligotrophic lake. Journal of Fish Biology, 72: 1306-1320.

Person Le Ruyet, J., Alexandre, J.C., Thebaud, L. and Mugnier, C., 1993. Marine fish larvaefeeding: Formulate diets or live preys. Journal of the World Aquaculture Society, 24: 211-224.

Relyea, R.A. and Hoverman, J.T., 2003. The impact of larval predators and competitors on the morphology and fitness of juvenile treefrogs. Oecologia, 134: 596-604.

Russo, T., Pulcini, D., O'Leary, Á., Cataudella, S. and Mariani, S., 2008. Relationship between body shape and trophic niche segregation in two closely related sympatric fishes. J Fish Biology, 73: 829-852.

Rohlf, F.J. and Marcus, L.F., 1993. A revolution in Morphometrics. Trends in Ecology and Evolution, 3: 129 -132.

Rohlf, F.J., 2001. Comparative methods for the analysis of continuous variables: Geometric interpretations. Journal of Evolution, 55: 2143-2160.

Schmalhausen, I.I., 1949. Factors of evolution. Philadelphia: The Blakiston Co. 112 P.

Waddington, C.H., 1942. Canalization of development and the inheritance of acquired characters. Nature, 150: 563-565.

West-Eberhard, M.J., 1989. Phenotypic plasticity and the origins of diversity. Annual Review of Ecology and Systematics, 20: 249-278.

Wimberger, P.H., 1992. Plasticity of jaw and skull morphology in the neotropical cichlids Geophagus brasiliensis and G. steindachneri. Journal of Evolution, 45: 1545-1563.

Zelditch, M.L., Lundrigan, B.L. and Garland, T., 2004. Developmental regulation of skull morphology. I. Ontogenetic dynamics of variance. Evolution and Development, 6(3): 194-206.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.4.8]

The effect of food type on phenotypic plasticity of sword tail, *Xiphophurus helleri*, during early ontogeny

Moshayedi F.[1]; Eagderi S.[1]*; poorbagher H.[1]

* soheil.eagderi@ut.ac.ir

1-Fisheries Department, Natural Resource Faculty, University of Tehran, Karaj. Iran.

Abstract

Phenotypic plasticity is an important mechanism of phenotypic adaptation in response to environmental conditions. This study was conducted to investigate the effect of food type on the body shape of swordtail, *Xiphoohurus helleri*, during early development using geometric morphometric method. For this purpose, two treatments including feed by *Artemia* naupli and commercial Biomar diet were used in three replicated during two months. The results showed that feeding by *Artemia* naupli is led to more ventral position of the snout (terminal mouth), decreasing body depth, elongation of dorsal fin and increasing tail length in compared to those fed by commercial diet. Therefore, the results revealed that food type has a significant effect on the body shape of swordtail during early development and body shape can be changed due to feed type.

Keywords: Ornamental fish, Body shape, Feeding, Geometric morphometric.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-15]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1398.6.3.4.8]