CC BY

مقاله مروری:

مروری بر تولیدمثل و کوکون‌گذاری در زالو

سپیده فیروزبخش*[۱]، محمد سوداگر[۱]

*Sepide.firouzbakhsh_s02@gau.ac.ir

۱-گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: اردیبهشت ۱۴۰۳

چکیده

در دهه‌های اخیر، به علت اهمیت استفاده از زالوها در علوم پزشکی و درمان بسیاری از بیماری‌ها، این موجودات بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. زالوها هرمافرودیت هستند، اما توانایی خودباروری ندارند. مطالعات ریخت‌شناسی بر گونه‌های مختلف زالو نشان می‌دهد که موقعیت منافذ تناسلی نر و ماده از اهمیت بالایی برخوردار است. این منافذ در ناحیه کلیتلوم زالو قرار دارند. ناحیه کلیتلوم، مسئول بروز رفتارهای تولیدمثلی در زالو است. این ناحیه معمولاً به صورت چند حلقه متورم در بخش قدامی بدن زالو قرار دارد که در زمان تولیدمثل قابل مشاهده است. جفت‌گیری در زالوها از طریق لقاح داخلی و تبادل اسپرم به اندام تناسلی زالوی ماده دیگر است. غدد موجود در ناحیه کلیتلوم، مواد مغذی و پروتئین‌های لازم برای تشکیل کوکون را تولید می‌کنند. تخم‌های زالو از منفذ زالوی ماده به داخل کوکون منتقل شده و پس از گذشت حدود بیست روز لاروهای زالو، از کوکون خارج می‌گردند. در حال حاضر، به دلیل استفاده بیش از اندازه از زالوها، برداشت بی‌رویه و تحت تاثیر آلودگی‌های محیطی در زیستگاه‌های طبیعی، برخی از گونه‌های زالو در خطر انقراض قرار دارند. تکثیر و پرورش زالو، موجب حفظ بقاء و جلوگیری از کاهش جمعیت زالوها می‌گردد. برای داشتن تکثیر و پرورش موفق، آگاهی از چگونگی عملکرد سیستم تولیدمثل زالو اهمیت دارد. در این مطالعه به عملکرد سیستم تولیدمثل زالو، اندام‌های نر و ماده، ناحیه کلیتلوم، لقاح، کوکون گذاری و تولید لارو در زالو پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: زالو، کوکون، تولیدمثل، لقاح داخلی، ریخت شناسی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.4.53]

مقدمه

زالو از گذشته تاکنون در طب سنتی برای درمان بیماری‌ها مورد استفاده قرار می‌گرفته است. برخی گونه‌های زالو را می‌توان در خاک و اطراف دریاها و اقیانوس‌ها یافت، اما بیشتر زالوها در آب شیرین زندگی می‌کنند (Phillips *et al*., 2020). تقریباً ۷۰۰ گونه زالو در جهان شناسایی شده است که فقط ۱۵ گونه از آنها در زالودرمانی و علوم پزشکی کاربرد دارند (Kutschera and Elliott, 2014; Manav *et al*., 2019). در قرن نوزدهم میلادی، استفاده از زالو در پزشکی افزایش چشمگیری یافت (Ceylan, 2023). اولین بار در اوایل سال ۱۸۸۴ هایکرافت، داروشناس اتریشی دریافت که عصاره به‌دست آمده از *Hirudo medicinalis* دارای مواد ضد انعقاد خون است که این ماده هیرودین است (Mammen, 1983; Singah, 2010). در سال ۱۹۵۵، مارکوارد با موفقیت هیرودین را از غدد بزاقی *Hirudo medicinalis* جدا نمود که به طور گسترده‌ای راه‌گشای تحقیقات مهارکننده‌های ترومبین بود (Whitaker *et al*., 2004; Ceylan, 2023). اثبات وجود ترکیبات ضد انعقاد خون در بزاق زالو، موجب بهره‌گیری از زالو و انجام تحقیقات بیشتر بر اثرات درمانی این موجود گردید و مورد توجه شرکت‌های دارویی قرار گرفت (Marchiori *et al*., 2012; Kutschera, 2024; بیدمال و همکاران، ۱۴۰۱؛ Kun *et al*., 2022). سازمان غذا و داروی امریکا(FDA)، در سال ۲۰۰۴ میلادی، زالودرمانی را تایید نمود و این امر باعث رونق زالودرمانی در سراسر جهان گردید (Ceylan, 2023؛ فیروزبخش و سوداگر، ۱۴۰۳). در دهه‌های حاضر، کاربردهای جدید زالو و فرآورده‌های حاصل از آن، در بسیاری از زمینه‌های پزشکی مدرن از جمله: جراحی ترمیمی، بیماری‌های عروقی، میگرن و انواع بیماری‌های پوستی مورد توجه قرار گرفته است (Witwit *et al*., 2024؛ Collier *et al*., 2016). همچنین، در دامپزشکی، تولید محصولات آرایشی و بهداشتی، مطالعات علوم زیستی و سم شناسی به عنوان جانور مدل، از زالو استفاده می‌گردد (Petrauskiene *et al*., 2011). زالوها از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت آب و تنوع زیستی در اکوسیستم هستند. حضور گونه‌های خاص از زالو نشان‌دهنده وجود برخی از جانوران در آن محیط است (Saglam, 2018). با وجود اهمیت این موجود ارزشمند، جمع‌آوری بیش از اندازه زالو از طبیعت، افزایش آلودگی‌های زیست محیطی، توسعه فعالیت‌های کشاورزی، گسترش شهرها، تخریب زیستگاه‌ها و کاهش میزبانان زالو منجر به کاهش میزان تولیدمثل زالوها و در نتیجه کاهش تدریجی جمعیت آنها شده است (Chernaya *et al*., 2019; Firouzbakhsh and Sudagar, 2024). در نتیجه، برخی از گونه‌های زالوی پزشکی، در فهرست موجودات در معرض خطر انقراض وارد شده و تحت حفاظت کنوانسیون های بین المللی قرار گرفته‌اند (Utevsky and Trontelj, 2016; Collier *et al*., 2016; Ceylan, 2020). تعداد کمی از زالوها، در علوم پزشکی کاربرد دارند که معمولاً در آب شیرین برکه‌ها، دریاچه‌ها و نهرهایی با جریان آرام آب زندگی می‌کنند (Torres-Carrera *et al*., 2024). این زالوها از شاخه Annelida، راسته Arhyinchobdellida و از خانواده Hirudinidae هستند (Marrone and Canale, 2019). سه گونه مهم زالوی پرورشی در ایران شامل *Hirudo verbana*، *Hirudo orientalis* و *Hirudo medicinalis* هستند (Lemke and Vilcinskas, 2020; Ceylan *et al*., 2024; کلاته جاری و سوداگر، ۱۳۹۷). در شکل ۱ سه گونه زالوی پرورشی نشان داده شده است.



شکل ۱: A (*Hirudo verbena*)، B (*Hirudo Medicinalis*)، C (*Hirudo orientalis*) (Alaama *et al*., 2024)

علاوه بر عوامل زیست‌محیطی، تغذیه و بعضی از خصوصیات بیولوژیک (سن زالو)، بر عملکرد تولیدمثل زالوها تاثیرگذار هستند (Erdogan and Arslan, 2019; Ceylan, 2020).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.4.53]

کاهش روز به روز ذخایر زالو در طبیعت، مستلزم اقداماتی برای کاهش فشار بیش از حد، در استفاده از ذخایر طبیعی این موجودات در کارهای درمانی و تحقیقات علمی است (Ceylan and Çetinkaya, 2017). همچنین، در صورتی که تکثیر و پرورش زالو، تحت شرایط کنترل شده و بهداشتی انجام گیرد، اطمینان حاصل می‌گردد که از نظر کاربردهای پزشکی، ایمن و موثر هستند (Grafskaia *et al*., 2019). به دلیل افزایش تقاضای روزافزون زالو در جهان، تکثیر و پرورش زالو در محیط غیرطبیعی، رشد چشمگیری یافته است. بنابراین، آگاهی و برخورداری از دانش در مورد عملکرد سیستم تولیدمثل، اندام‌های تناسلی زالو، کوکون‌گذاری و تولید لارو زالو مورد نیاز است.

ریخت‌شناسی زالو

زالو دارای بدنی فاقد اسکلت است. بدن آنها از ۳۴ بند تشکیل شده است. در میان این بندها، حلقه‌هایی قرار دارندکه تعداد آنها به ۱۰۵ حلقه در کل بدن زالو می‌رسد. مطالعات مورفولوژیک بر گونه‌های مختلف زالو نشان می‌دهد که موقعیت منافذ تناسلی نر و ماده در زالو از اهمیت بالایی برخوردار است. در فصل تولیدمثل، کلیتلوم برجسته و متورم در حلقه‌های ۴۰-۲۶ پدیدار می‌گردد (Utevsky and Trontelj, 2005). در این مطالعات مشخص شده است که منفذ نر در حلقه ۳۲ و منفذ ماده در حلقه ۳۷ واقع شده‌اند. منفذ تناسلی زالوی ماده تقریباً پنج حلقه، پایین‌تر از منفذ تناسلی نر قرار دارد. این اعداد به محققان کمک می‌کنند تا موقعیت اندام‌های تناسلی زالو را شناسایی نمایند (Kuo and Lai, 2019). کلیتلوم[1] ناحیه‌ای برجسته و متمایز در بدن زالوهاست که در فصل تولیدمثل نقش بسیار مهمی ایفاء می‌کند (Petrauskiene *et al*., 2011). شروع رفتارهای تولیدمثلی زالو، تحت تاثیر عوامل متفاوتی مانند: اثرات هورمونی، سن زالو، دما و عوامل محیطی قرار دارند. ناحیه فعال در بروز رفتارهای تولیدمثلی، در ناحیه کلیتلوم زالو قرار دارد (Ceylan *et al*., 2015). کونوپروسین[2] G و دو هورمون از خانواده اکسی توسین و وازوپرسین در رفتارهای تولیدمثلی زالو دارای نقش اصلی هستند (Wagenaar *et al*., 2010؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۹). این ناحیه معمولاً به صورت چند حلقه متورم در بخش قدامی بدن زالو مشاهده می‌گردد. غدد موجود در ناحیه کلیتلوم، مواد مغذی و پروتئین‌های لازم برای تشکیل کوکون را تولید می‌نمایند (Sivachandran *et al*., 2015). همچنین کلیتلوم در زمان جفت‌گیری زالوها، به عنوان مکانی برای اتصال دو زالو به یکدیگر و انتقال اسپرم عمل می‌نماید (Ceylan *et al*., 2021). در شکل ۲، ناحیه کلیتلوم زالو و منافذ تناسلی نر و ماده در زالوی *Hirudo verbena* نشان داده شده است.

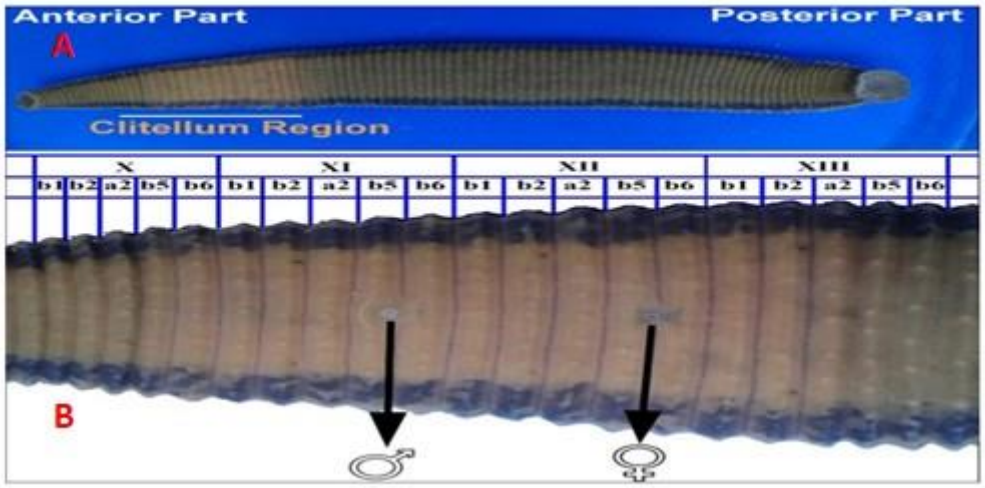
سلول‌های غدد کلیتلوم، در زمان‌های غیرتولیدمثلی، به‌سختی از سلول‌های اپیتلیال معمولی که از آنها به‌وجود آمده‌اند، قابل تشخیص هستند (Malecha and Prensier, 1974). در طول زمان تولیدمثل این غدد، به دلیل اندازه بزرگ‌تر و محتویات ترشحی، قابل تشخیص بوده (Malecha, 1979) تا حدی که کلیتلوم در سطح بدن زالو به‌راحتی قابل مشاهده است. از روش‌های معمول تشخیص بلوغ جنسی در زالوها، متمایز و مشخص بودن ناحیه کلیتلوم در بخش قدامی بدن زالو می باشد (Wagenaar *et al*., 2010). برای تشخیص زالوی باردار، مشاهده تغییر رنگ به صورت رنگ پریدگی، زرد یا نارنجی شدن واضح در ناحیه کلیتلوم زالو، مشاهده تورم و برجسته شدن خیلی اندک در ناحیه کلیتلوم است. با لمس و فشردن آرام این ناحیه در بین انگشتان دست، این تغییرات را می‌توان احساس نمود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Ceylan *et al*., 2015).

سیستم تولیدمثل زالو

زالوها به طور کلی، دارای سه مرحله: تخم، لارو و زالوی بالغ در زندگی هستند. بالغ شدن بیشتر زالوها ۱ تا ۲ سال زمان نیاز دارد. زالوها هرمافرودیت (دوجنسی) هستند و هر زالو دارای اندام جنسی نر و ماده است، اما زالوها توانایی خودباروری ندارند. آنها معمولاً با یک زالوی دیگر جفت‌گیری می‌نمایند. اندام‌های جنسی زالو از بیضه و تخمدان تشکیل شده است (Ceylan *et al*., 2023). به طور معمول، هر زالو دارای ۱۱ جفت بیضه است که این تعداد ثابت نیست و در گونه‌های مختلف زالو می‌تواند متفاوت باشد (Montinari and Minelli., 2022).

[1] Clitellum
[2] Conopressin G

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.4.53]



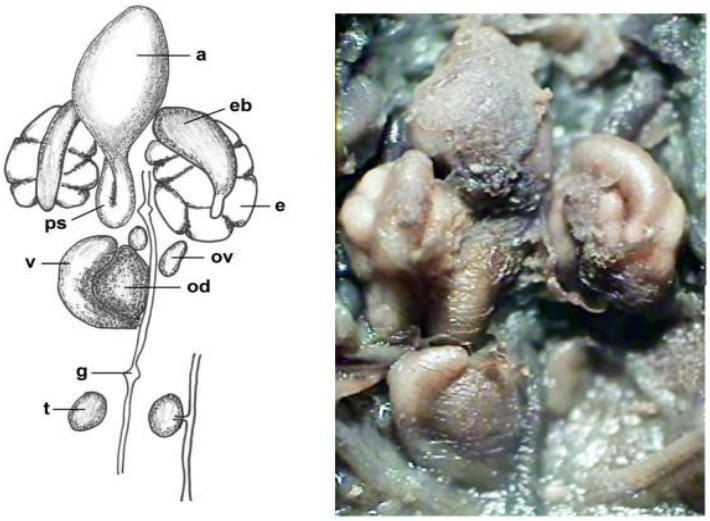
شکل ۲: نمای شکمی از زالو در مرحله تولیدمثل(شکل A)، منفذ نر و ماده در زالو(شکلB). خصوصیات ظاهری ناحیه کلیتلوم در زالوی *Hirudo verbena*. رنگ پریدگی و برجسته شدن ناحیه کلیتلوم در ۱۵ حلقه قابل مشاهده است (Ceylan *et al.*, 2015).

کیسه‌های بیضه، محل تکامل اسپرماتوزوئیدها هستند، به هر کیسه بیضه، مجرایی به نام مجرای آوران[1] متصل می باشد که در نهایت، مجاری آوران متصل به کیسه‌های بیضه، مجرای واحدی به نام مجران وابران[2] را تشکیل می‌دهند (Kutschera, 2017). مجرای وابران در بخش انتهایی دارای پیچ‌خوردگی می‌شود و اپیدیدیم[3] را به‌وجود می‌آورد که محل ذخیره اسپرم است. اپیدیدیم یا کیسه اسپرمی، توده‌ای از مجاری است که در دو سمت آتریوم قرار دارد (Saglam *et al.*, 2016). در قسمت انتهایی اپیدیدیم، مجرایی قرار دارد که به آتریوم[4] ختم می‌گردد. آتریوم از دو قسمت تشکیل شده است: یک قسمت آتریوم با اندازه بزرگ و حبابی شکل بوده و قسمت دیگر غلاف نرینگی[5]است. اسپرم از این قسمت در زمان جفت گیری، وارد کیسه رحمی زالوی ماده دیگر می‌گردد. غلاف نرینگی در قسمت شکمی زالو قابل مشاهده است. آتریوم، دوکی شکل و از اپیدیدیم کوچک‌تر است. نسبت اندازه اپیدیدیم به آتریوم، در *Hirudo verbana* نسبتاً کوچک است، در زالوی *Hirudo orientalis* با اندازه متوسط و در *Hirudo medicinalis* بزرگ‌تر است (Utevsky and Trontelj, 2005). کیسه بیضه، یک و نیم برابر تخمدان و بیضوی شکل است. سیستم تولیدمثلی زالوی ماده، یک جفت کیسه کروی و توخالی به نام تخمدان[6] است که در موقعیت شکمی، نزدیک طناب عصبی قرار گرفته است. داخل تخمدان‌ها با مایع سلومیک پر شده است. در انتهای هر تخمدان، یک لوله کوتاه به نام مجرای تخم‌بر[7] قرار دارد. این مجرا، در انتها به یک کیسه گلابی شکل به نام کیسه رحمی[8] ختم می‌گردد. کیسه رحمی، محل ذخیره تخم‌های مترشحه از تخمدان است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹؛ Petrauskiene *et al.*, 2011). در شکل ۳ قسمت های مختلف اندام تناسلی زالوی ماده و نر نشان داده شده است.

زالوهای رده Clitellata، هرمافرودیت‌های پروتاندریک هستند که گامتوژنز آنها تحت کنترل ترشح عصبی هورمون‌های بازدارنده و گنادوتروف از ناحیه پیشین مغز است (Malecha , 1975). فعالیت بیضه‌ها و تخمدان به صورت هم‌زمان اتفاق می‌افتد، البته اووژنز نسبت به اسپرم‌زایی با اندکی تأخیر اتفاق می‌افتد (Sawyer, 2020). اسپرماتوگونیوم (اووگونیوم) به‌ترتیب از اپی‌تلیوم لایه زاینده کیسه بیضه و کیسه تخمدان[9]، ایجاد می‌شود.

[1] Vas efferens
[2] Vas deferens
[3] Epididyme
[4] Atrium
[5] penis sac
[6] Ovary
[7] Oviduct
[8] Vagina
[9] Ovisac

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.4.53]

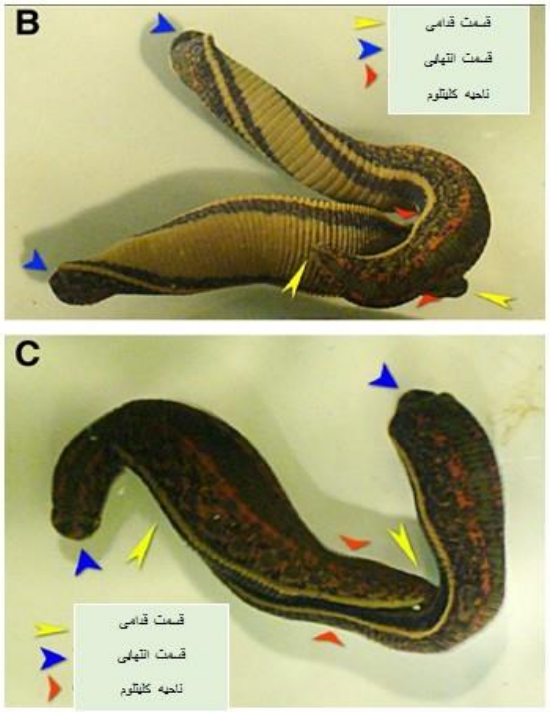


شکل۳: تصویر سیستم تولیدمثل زالوی *Hirudo sulukii*. a: آتریوم (سیستم تولیدمثلی نر)، eb : حباب بیرون دهنده اسپرم، ps: غلاف نرینگی، e: اپیدیدیم، g: گانگلیون(غده عصبی)، ov: تخمدان، v: کیسه رحمی، od : لوله تخم بر، t: کیسه بیضه (Saglam *et al.*, 2016).

مراحل اولیه گامتوژنز نر و ماده از یک الگوی مشترک در زالوها پیروی می‌کند. اسپرماتوگونیوم (اووگونیوم) از اپیتلیوم لایه زاینده آزاد می‌شود و در لومن پر از مایع کیسه سلومیک تکامل و تحت یک‌سری تقسیمات میتوزی قرار می‌گیرد که منجر به ایجاد خوشه‌ای از گامت‌ها می‌شود که به‌وسیله یک توده سیتوپلاسمی به نام سیتوفور[1] به‌هم متصل شده‌اند (Kuo and Lai, 2019). طی اسپرماتوژنز، تمام سلول‌های متصل به سیتوفور، به اسپرم تمایز می یابند. در زالوها، یکی از سلول‌ها به تخمک بالغ تبدیل می‌گردد. در اسپرماتوسیت و تخمک، تقسیم میوز انجام می گیرد، البته، رسیدگی تخمک معمولا در مرحله‌ای متوقف می‌گردد تا زمان تخم گذاری فرا رسد (Sawyer, 1986).

لقاح در زالوها

بیشتر زالوها در اواخر زمستان جفت گیری کرده و در فصل بهار کوکون گذاری می‌کنند.پس از آن، زالوهای تازه متولد شده از کوکون بیرون می‌آیند. بین دمای محیط و شروع تولیدمثل در زالو، ارتباط مستقیم وجود دارد. جفتگیری در زالوها از طریق لقاح داخلی صورت می‌گیرد به این صورت که تبادل اسپرم با استفاده از هدایت اسپرماتوزوا به اندام تناسلی زالوی ماده دیگر است (Kutschera, 2017). در شکل ۴ جفتگیری و انتقال اسپرم در زالوی *Hirudo verbena* نشان داده شده است.



شکل۴: لقاح و انتقال اسپرم در زالوی *Hirudo Verbana*. قسمت قدامی(سر زالو)، قسمت انتهایی(دم زالو) و ناحیه کلیتلوم با فلش‌های زرد، آبی و قرمز نشان داده شده‌اند (Wagennar *et al.*, 2010).

زالوها متناسب با دفعات تغذیه و کیفیت غذایی که دریافت می‌کنند، دما، شرایط محیطی و برخی عوامل دیگر، در سنین ۴-۲ سالگی به بلوغ می‌رسند و قادر به جفتگیری هستند (Ceylan *et al.*, 2023). در شرایط پرورشی، زالوها بعد از حدود ۲۰ ماه

[1] Cytophore

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.4.53]

آماده جفتگیری می‌گردند. با توجه به این‌که زالوها می‌توانند اسپرم را در تخمدان ذخیره نمایند، فاصله زمانی بین جفتگیری و تخم‌گذاری از یک لغایت نه ماه می‌تواند متغیر باشد (Elliott and Kustschera, 2011). پس از آزاد شدن اسپرم در بدن زالوی ماده، تخمک‌ها بارور می‌گردند. هنگامی که تخم‌ها تولید شدند، در کوکون‌ها رها می‌گردند. کوکون‌ها ممکن است نازک یا ضخیم بوده و می‌توانند ظاهری متفاوت از یکدیگر داشته باشند (Ceylan *et al*., 2019). کوکون‌ها برای حمایت و حفاظت از تخم‌ها و لاروهای تازه از تخم درآمده مناسب هستند. تخم‌های زالو در برابر خشکی آسیب‌پذیر بوده، بنابراین به محیط مرطوب نیازمندند (Uğural and Serezli, 2020). در این زمینه غشاء و ساختارهای محافظ کوکون زالو از اهمیت بسیاری برخوردار است. کوکون مانع از دهیدراسیون تخم‌ها می‌گردد (Kutschera, 2017). بیشتر زالوها بعد از کوکون‌گذاری، آنها را ترک می‌کنند اما قبل از آن یک مایع مغذی به نام آلبومین، داخل کوکون‌ها قرار می‌دهند که تخم‌ها و لارو زالوها می‌توانند از آن تغذیه نمایند (Ceylan *et al*., 2023). کوکون، محیط مناسب برای رشد جنین زالو را فراهم کرده و از خشک شدن یا دهیدراسیون، شکار و تهاجم میکروبی جلوگیری می‌کند (Phillips *et al*., 2020).

غدد تولیدکننده کوکون

لایه بیرونی بدن زالو از سلول‌های اپیدرمی پوشیده شده است که به طور مداوم جایگزین می‌شوند و پدیده پوست اندازی را ایجاد می‌کنند. این سلول‌ها با آرایش منظم و فشرده، یک پوشش محافظتی ایجاد می‌کنند (Lizarraga *et al*., 2024). سلول‌های اپیدرم میله‌ای‌شکل هستند که در قسمت بیرون سطح بدن پهن شده و به شکل پنج ضلعی درآمده‌اند و در کنار یکدیگر قرار دارند. پایانه‌های داخلی این سلول‌ها میله‌ای هستند. بین این سلول‌ها، فضاهای خالی وجود دارد که شبکه مویرگی خون، انتهای اعصاب، فیبرهای پوستی و سلول‌های رنگ دانه‌ای قرار می‌گیرند. غدد تک‌سلولی مختلفی از اپیدرم منشا می‌گیرند که از آن جمله غدد موکوسی گلابی‌شکل و غدد لوله‌ای‌شکل هستند (Montinari and Minelli., 2022؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۹). در ناحیه کلیتلوم زالو، همراه غدد موکوسی مذکور، دو نوع غده دیگر، در ارتباط با تشکیل کوکون وجود دارد. غدد کیتوژنوس[1] پوشش خارجی کوکون را ترشح می‌کنند و در بین ماهیچه‌های حلقوی قرار دارند. همچنین غدد ترشح‌کننده آلبومین در عمق بیشتر پوست و در میان ماهیچه های طولی واقع شده‌اند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹).

Malecha (۱۹۷۹) در زالوی *Piscicola geometra* چهار نوع غده مرتبط با تشکیل کوکون، در کلیتلوم این زالو، شناسایی نمود. هر نوع غده با محتویات ترشحی متفاوت خود شناخته می‌شود. غده نوع اول، موکوپلی ساکارید[2] تولید می‌کند که ترشح آن نشان‌دهنده مرحله اولیه تشکیل کوکون است (Malecha and Prensier 1974; Malecha, 1979). این ترشحات یک پوشش عاری از آلودگی را تولید می‌کنند که روی بستر قرار می‌گیرند و یک کیسه قابل انعطاف به‌وجود می‌آورند. در نهایت، سایر غدد، محتویات خود را در این کیسه ترشح می‌کنند. نوع دوم، از دو زیرمجموعه تشکیل شده است که با یکدیگر دیواره جامد و مستحکم کوکون را تشکیل می‌دهند. ترشحات یکی از آنها قسمت فیبریلار دیواره کوکون را ساخته و ترشحات زیرمجموعه دوم، اپرکولوم را می‌سازد (Sivachandran *et al*., 2015). نوع سوم، توده متراکم دیواره کوکون را می‌سازد. نوع چهارم، ذخایر آلبومینی را تولید کرده که جنین زالو از آن تغذیه می‌کنند. همچنین در مطالعات نوع پنجم غدد یافت شد که به‌نظر نمی‌رسد که این غدد ترشحی واقع در ناحیه کلیتلوم زالو، در تشکیل کوکون نقش داشته باشند. نقش ترشح آنها، به عنوان یک فرمون، برای جذب جنسی مطرح شده است (Malecha, 1979). در بافت‌شناسی این غدد در زالوهای مختلف، با تفاوت جزیی قابل مشاهده است (Montinari and Minelli, 2022).

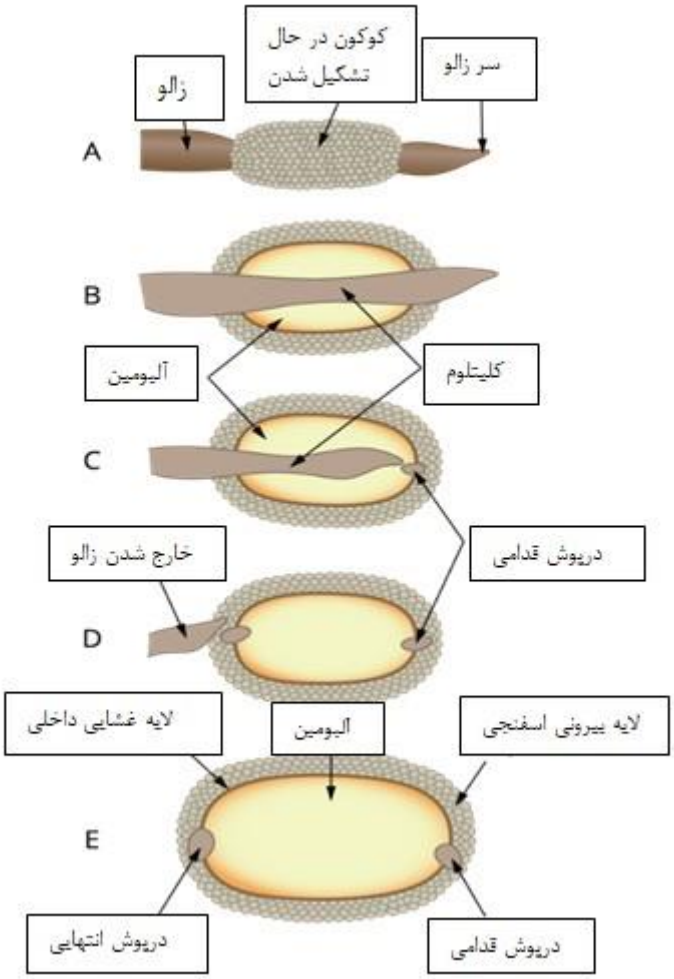
کوکون‌گذاری در زالو

وزن کوکون و وزن آلبومین داخل کوکون، ارتباط مستقیم با وزن زالوی مولد دارد. با گذاشتن هر کوکون بیش از ۲۰ درصد از وزن زالوی مولد کاهش می‌یابد که بخش اصلی این کاهش وزن مربوط به حجم آلبومین موجود در کوکون است (Ceylan *et al*., 2015؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۹).

در شکل ۵ مراحل تولید تا رهاسازی کوکون از کلیتلوم زالو نشان داده شده است. زالوی بزرگ‌تر، کوکون‌های بزرگ‌تر تولید کرده و آلبومین بیشتری را وارد کوکون می‌کند. در زالوی آماده تکثیر، فرآیند تولید کوکون، با ترشح یک لایه مخاطی از ناحیه کلیتلوم آغاز می‌گردد (Kutschera, 2017).

[1] Chitogenous
[2] Acid mucopolysaccharide

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.4.53]

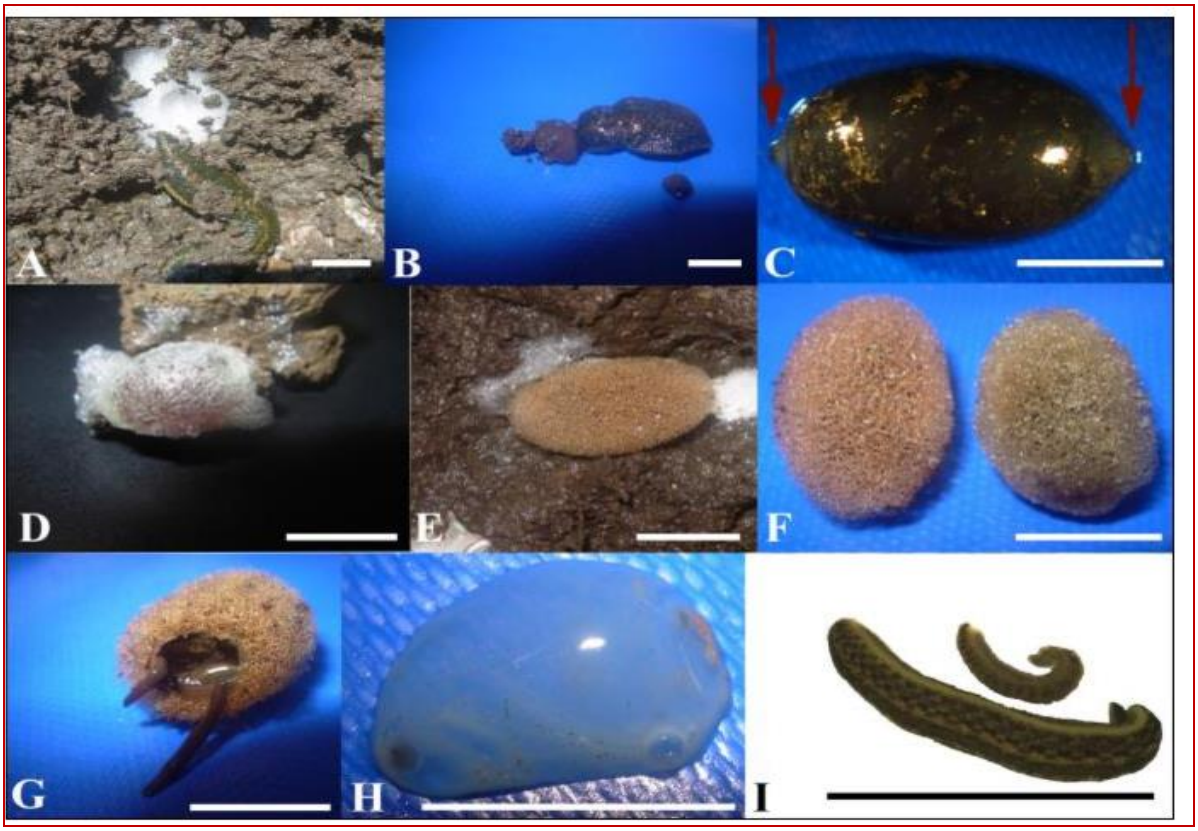


شکل۵: مراحل تشکیل کوکون در ناحیه کلیتلوم زالو. A و B: تشکیل کمربند کف آلود در ناحیه کلیتلوم زالو. C: تشکیل درپوش قدامی. D: تشکیل درپوش خلفی. E: تولید نهایی کوکون و رهاسازی آن

یک شبکه فیبری و پروتئینی تولید شده و کوکون اطراف ناحیه کلیتلوم را احاطه می‌کند (Sivachandran *et al*., 2015). این مایع سفید کف‌مانند، در نهایت سفت شده و تبدیل به یک پوشش اسفنجی در اطراف کوکون می‌گردد. بعد از رها شدن تخم‌های زالو از منفذ زالوی ماده، کوکون و محتویات داخل آن از قسمت قدامی زالو عبور می‌کند و در نهایت در دو انتها با ماده چسب مانند تولیدی از ناحیه کلیتلوم به نام اپرکولوم چسبانده می‌شوند (Uğural and Serezli, 2020). در مدت زمان یک تا دو روز رنگ کوکون از سفید به کرم تغییر می‌یابد. کوکون در سه الی چهار روز ابتدایی انعطاف‌پذیر است (Lizarraga *et al*., 2024). به‌تدریج منافذ هوا درون کوکون براساس رشد جنین و مصرف آلبومین ایجاد می‌گردد و تقریباً پس از حدود ۳۰-۲۰ روز، اپرکولوم[1] شروع به باز شدن می‌کند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹). هر زالو می‌تواند از ۱۰-۱ کوکون تولید نماید. در هر کوکون ۲۵-۱ تخم می‌تواند وجود داشته باشد (Kutschera and Elliott, 2014). یک کوکون به‌خوبی شکل گرفته، دارای ساختار شبکه‌ای به رنگ زرد روشن است که طول آن حدود ۳۰-۲۵ میلی‌متر و قطر آن حدود ۱۵-۱۲ میلی‌متر است. وزن نوزاد زالو با افزایش تعداد آنها در هر کوکون کم می‌گردد. پس از بیرون آمدن لارو زالوها از کوکون‌ها، لاروها دارای توانایی مراقبت از خود هستند (Lizarraga *et al*., 2024). در شکل ۶ از مرحله لقاح زالوی *Hirudo verbena* تا خروج لارو از کوکون نشان داده شده است.

[1] Operculum

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]
[DOI: 10.22034/11.4.53]



شکل ۶: مراحل کوکون گذاری زالوی *Hirudo verbena*. A و B: مرحله اولیه ترشح کوکون در ناحیه کلیتلوم. C: کوکون تازه تولیدی (فلش ها نشان‌دهنده اوپرکولوم هستند). D: کف‌های سفید در اطراف کوکون وجود دارد، کوکون کمی سخت می‌گردد. E: کوکون تازه تولید شده با باقیمانده کف‌ها در اطراف. F: کوکون تولیدی. G: بیرون آمدن لارو زالو از کوکون. H: آلبومین داخل کوکون. I: لاروهای خارج شده از کوکون (Ceylan *et al.*, 2015)

نتیجه‌گیری

از زالو در علوم پزشکی برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها، در مطالعات نوروفیزیولوژیک و ژنتیک تکاملی به عنوان یکی از بهترین موجودات آزمایشگاهی، برای مطالعات سم‌شناسی، فیزیولوژیک، بیوشیمیایی و بافت شناسی استفاده می‌گردد. به علت جمع‌آوری بیش از حد زالوی طبی از طبیعت، توسعه فعالیت‌های کشاورزی، از بین رفتن زیستگاه‌های طبیعی زالوها و استفاده از سموم شیمیایی، خطر انقراض بسیاری از زالوها به‌ویژه زالوهای طبی در طبیعت افزایش یافته است. تکثیر و پرورش مصنوعی زالو یکی از روش‌های حفظ بقاء زالوها و جلوگیری از کاهش جمعیت آنهاست. بنابراین، نیاز به تکثیر و پرورش زالو به کمک متخصصان در محیط غیرطبیعی وجود دارد. این امر نیازمند داشتن اطلاعات در مورد چگونگی تکثیر و پرورش، اندام‌های تولیدمثل و کوکون‌گذاری در زالو هست.

منابع

Alaama, M., Kucuk, O., Bilir, B., Merzouk, A., Ghawi, A. M., Yerer, M.B. and Helaluddin, A.B.M., 2024. Development of Leech extract as a therapeutic agent: A chronological review. *Pharmacological Research-Modern Chinese Medicine*, 10, 100355. DOI:10.1016/j.prmcm.2023.100355.

Bidmal H, Shakouri M, and Sudagar M. (2022). Effect of camel and frog blood on sexual maturity, survival and production rate of cocoon and larvae in eastern leeches. (*Hirudo orientalis*) Journal: Aquaculture Development (Life Sciences). Period 16. Number one. 42-33.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.4.53]

Ceylan, M. and Çetinkaya, O., 2017. Investigation on the Collection and Economy of Medicinal Leeches from Wetlands Around Lake Eğirdir, Turkey. *Turkiye Parazitolojii Dergisi*, 41(2), 96-101. DOI:org/10.5152/tpd.2017.5150.

Ceylan, M., 2020. Effects of maternal age on reproductive performance of the southern medicinal leech, *Hirudo verbena Carena*, 1820. *Animal reproduction science*, 218, 106507. DOI:org/10.1016/j.anireprosci.2020.106507.

Ceylan, M., 2023. Hirudinea Fauna of Lake Karagöl (Sındırgı-Balıkesir) and Lake Gölcük (Bigadiç-Balıkesir): A New Record for Türkiye. *Acta Aquatica Turcica*, 19(3), 209-217. DOI:org/10.22392/actaquatr.1068061.

Ceylan, M., Çetinkaya, O., Küçükkara, R. and Akçimen, U., 2015. Reproduction efficiency of the medicinal leech *Hirudo verbana Carena*, 1820. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(3), 411-418. DOI:10.4194/1303-2712-v15_2_27.

Ceylan, M., Küçükkara, R. and Akçimen, U., 2019. Effects of broodstock density on reproduction efficiency and survival of southern medicinal leech, *Hirudo verbena Carena*, 1820. *Aquaculture*, 498, 279-284. DOI:org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.016.

Ceylan, M., Küçükkara, R. and Karataş, E., 2023. Effects of cocoon incubation angle on hatching success of medicinal leeches (Hirudo spp.). *Invertebrate Reproduction and Development*, 67(3-4), 121-128. DOI:org/10.1080/07924259.2023.2241418.

Ceylan, M., Küçükkara, R., Erbatur, İ., Karataş, E., Tunç, M. and Sağlam, N., 2021. Growth, survival, and reproduction of the Turkish medicinal leech, *Hirudo sulukii*. *Invertebrate Reproduction & Development*, 65(1), 57-68. DOI:org/10.1080/07924259.2021.1885506.

Ceylan, M., Özdoğan, H.B.E. and Tunay, M., 2024. Effects of light on reproduction of the Mediterranean medicinal leech, *Hirudo verbana* Carena, 1820: do circadian rhythm disruptions positively affect reproductive performance of leeches? *Invertebrate Reproduction & Development*, 1–6. DOI:org/10.1080/07924259.2024.2375069.

Chernayat, L.V., Kovalchuk, L.A. and Mikshevich, N.V., 2019. Geographical variability of heavy metal concentrations in tissues of medical leeches (*Hirudo medicinalis*, *Hirudo verbana*) and bottom deposit. *Nature Conservation Research*, 4(3):67-77. DOI:org/10.24189/ncr.2019.051.

Collier, K. J., Probert, P. K., and Jeffries, M. (2016). Conservation of aquatic invertebrates: concerns, challenges, and conundrums. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *26* (5), 817-837. DOI:org/10.1002/aqc.2710.

Elliott, J.M. and Kutschera, U., 2011. Medicinal leeches: historical use, ecology, genetics and conservation. *Freshwater Reviews*, 4(1), 21-41. DOI:org/10.1608/FRJ-4.1.417.

Erdogan, M., and Arslan, T., 2019. Effects of vitamin E on growth and reproductive performance of pindani (Pseudotropheus socolofi Johnson, 1974). *Aquaculture*, 509, 59-66. DOI:org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.019.

Firouzbakhsh, S. and Sudagar, M., 2024. A review of the importance of leeches and the enzymes derived from their saliva. Journal of Aquaculture and Exploitation. (in print).

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.4.53]

Firouzbakhsh, S. and Sudagar, M., 2024. Factors affecting cannibalism in leeches. In "1" international conference of innovative aquaculture. ICIA 2024- 50. Gorgan. Iran.

Grafskaia, E.N., Nadezhdin, K.D., Talyzina, I.A., Polina, N.F., Podgorny, O.V., Pavlova, E.R. and Lazarev, V.N., 2019. Medicinal leech antimicrobial peptides lacking toxicity represent a promising alternative strategy to combat antibiotic-resistant pathogens. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 180, 143-153. DOI:org/10.1016/j.ejmech.2019.06.080

Hosseini, J. Safavipour, S., S., Seyedinnia, A. and Beigi, A., 2020. Scientific Foundations of Leech Therapy and Leech Breeding. Tehran, Iranian Medicine.

Kun, W., Jieqin, M., Liangke, C., Fujuan, S., Chaojie, Y., Mijiti, M. and Yaojun, Y., 2022. Comparative de novo transcriptomics reveals the effect of lead on Leech in aquaculture environments. *Aquaculture Reports*, 23, 101019. DOI:org/10.1016/j.aqrep.2022.101019.

Kuo, D.H. and Lai, Y.T., 2019. On the origin of leeches by the evolution of development. *Development, Growth and Differentiation*, 61(1), 43-57. DOI:org/10.1111/dgd.12573.

Kutschera, U. and Elliott, J., 2014. The European medicinal leech *Hirudo medicinalis* L.: Morphology and occurrence of an endangered species. *Zoosystematics and Evolution*, 90(2), 271-280. DOI:10.3897/zse.90.8715.

Kutschera, U., 2012. The *Hirudo medicinalis* species complex. *Naturwissenschaften*, 99, 433-434. DOI:10.1007/s00114-012-0906-4.

Kutschera, U., 2017. Sex-gender-conflicts in aquatic hermaphrodites: Are genes immortal J. *Marine Science. Research of Development*, 7, 1-4. DOI:10.4172/2155-9910.1000225.

Lemke, S. and Vilcinskas, A., 2020. European medicinal leeches—new roles in modern . Medicine. *Biomedicines*, 8(5),99. DOI:org/10.3390/biomedicines8050099.

Lizarraga, A., Appy, R. and Goffredi, S.K., 2024. Life cycle and development of the marine leech Branchellion lobata (Hirudinea: Piscicolidae), from round stingrays, Urobatis halleri, from southern California. *Scientific Reports*, 14(1), 18108. DOI:org/10.1038/s41598-024-69078-z.

Malecha, J. and Prensier, G., 1974. Clitelar Glands of Piscicola-Geometral structure and annual Cycle. Bulletin De La societe zoologique De France evolution Et Zoologie, *99*(3), 433.

Malecha, J., 1975. Etude ultrastructurale de la spermiogenèse de Piscicola geometra L. (Hirudinee Rhynchobdelle). *Journal of Ultrastructure Research*, 51(2), 188-203.

Malecha, J., 1979. Evidence of a central nervous system action on water exchanges in the rhynchobdellid leech *Theromyzon tessulatum*.

Mammen, E., 1983. Fibrinogen abnormalities. Semin. Thrombosis and *Hemost*asis, 9, 1–9. DOI:10.1055/s-2007-1004999.

Manav, M., Ceylan, M. and Büyükçapar, H.M., 2019. Investigation of reproductive efficiency, growth performance, and survival of the southern medicinal leech, *Hirudo verbana Carena*, 1820 fed with mammalian and poultry blood. *Animal Reproduction Science*, *206*, 27-37. DOI:org/10.1016/j.anireprosci.2019.05.004.

Marchiori, C.H., de Oliveira Santana, M.V. and de Paula Malheiros, K., 2024. Leeches and Their Use in Medicine (Annellida: Hirudinea: Rhynchobdelliformes). DOI:10.36348/merjbs. 2024.v04i03.003. DOI:10.36348/merjbs. 2024.v04i03.003.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.4.53]

Marrone, F. and Canale, D.E., 2019. Occurrence, distribution, and bibliography of the medicinal leech *Hirudo verbana Carena*, 1820 (Hirudinea, Hirudinidae) in Sicily (Italy). *Biogeographia– The Journal of Integrative Biogeography*, 34. DOI:org/10.21426/B634143807.

Montinari, M.R. and Minelli, S., 2022. From ancient leech to direct thrombin inhibitors and beyond New from old. *Biomedicine & pharmacotherapy*, 149, 112878. DOI:org/10.1016/j.biopha.2022.112878.

Petrauskiene, L., Utevska O. and Utevsky, S., 2011. Reproductive biology and ecological strategies of three species of medicinal leeches (genus Hirudo). *Journal of Natural History*, 45(11-12):737–747. DOI:org/10.1080/00222933.2010.535918.

Phillips, A.J., Govedich, F.R. and Moser, W.E., 2020. Leeches in the extreme: Morphological, physiological, and behavioral adaptations to inhospitable habitats. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 12, 318-325. DOI:org/10.1016/j.ijppaw.2020.09.003.

Saglam, N., 2018. The effects of environmental factors on leeches. Advances in Agriculture and Environmental. 1(1), 00001. DOI:10.30881/aaeoa.00001.

Saglam, N., Saunders, R., Lang, S.A. and Shain, D.H., 2016. A new species of Hirudo (Annelida: Hirudinidae): historical biogeography of *Eurasian medicinal*. DOI:10.1186/s40850-016-0002-x.

Sawyer, R.T., 1986. Leech Biology and Behavior. Oxford University. Vol. 1. 192P.

Sawyer, R.T., 2020. Reproduction without cross-fertilization in the invasive Asian leech *Barbronia weberi* (Blanchard, 1897). (Hirudinea: Arhynchobdellida). *Aquatic Invasions*, 15(2), 271-281.

Singh, A.P., 2010. Medicinal leech therapy (hirudotherapy): a brief overview. *Complementary therapies in Clinical Practice*, 16(4), 213–215. DOI:org/10.1016/j. ctcp. 2009.11.005.

Sivachandran, P., Heera, R., Lalitha, P., Ravichandran, M., Sivadasan, S. and Marimuthu, K., 2015. An overview of leech and its therapeutic applications. *Journal of Coastal Life Medicine*, 3(5), 405-413. DOI:10.12980/JCLM.3.201514J96.

Sudagar, M., and Kalateh Jari, P. (2018). A Review of the Optimal Conditions for Propagation and Breeding of Medical Leeches (. Hirudo spp). Caspian Sea Journal of Aquaculture, 3(Summer 2018), 45-54.

Torres-Carrera, G., Velázquez-Urrieta, Y. and Santacruz, A., 2024. Not that many leech species after all: *Myzobdella lugubris* and *Myzobdella patzcuarensis* (Annelida: Hirudinida) are the same species. *Systematic Parasitology*, 101(3), 38. DOI:org/10.1007/s11230-024-10160-5.

Uğural, B. and Serezli, R., 2020. Effects of various environments on a number of cocoons and offspring in the breeding of southern medicinal leech, *Hirudo verbana Carena*, 1820. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(3), 207-211. DOI:10.12714/egejfas.37.3.01.

Utevsky, S.Y. and Trontelj, P., 2005. A new species of the medicinal leech (Oligochaeta, Hirudinida, Hirudo) from Transcaucasia and an identification key for the genus Hirudo. *Parasitology Research*, 98, 61-66. DOI:org/10.1007/s00436-005-0017-7.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.4.53]

Utevsky, S. and Trontelj, P., 2016. Phylogeography of the southern medicinal leech, *Hirudo verbana*: a response to Živić (2015). *Aquatic Ecology*, 50, 97-100. DOI:org/10.1007/s10452-015-9553-0.

Wagenaar, D.A., Hamilton, M.S., Huang, T., Kristan, W.B. and French, K.A., 2010. A hormone-activated central pattern generator for courtship. *Current Biology*, 20(6), 487-495. DOI:10.1016/j.cub.2010.02.027.

Whitaker, I.S., Rao, J., Izadi, D. and Butler, P.E., 2004. Historical Article: *Hirudo medicinalis*: ancient origins of, and trends in the use of medicinal leeches throughout history. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(2), 133-137. DOI:org/10.1016/S0266-4356(03)00242-0.

Witwit, L.J., Ali, L.O. and Abbas, A.M., 2024. A Critical Review of *Hirudo Medicinalis* and Historical Aspects of Leech Therapy. *Medical Journal of Ahl al-Bayt University*, 3(1), 154-170.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.4.53]

A review of reproduction and cocooning in leech

Firouzbakhsh S.[1*]; Sudagar M.[1]

*Sepide.firouzbakhsh_s02@gau.ac.ir

1- Aquaculture Department, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Abstract

In recent decades, due to the importance of using leeches in medical sciences and the treatment of many diseases, these creatures have been receiving a lot of attention. Leeches are hermaphrodites, but they do not have the ability to self-fertilize. Morphological studies on different leech species show that the position of male and female genital pores is of great importance. These pores are located in the leech's clitellum region. The clitellum region is responsible for reproductive behavior in leeches. This area is usually in the form of several swollen rings in the anterior part of the leech's body, which can be seen during reproduction. Mating in leeches is through internal fertilization and the exchange of sperm into the reproductive organs of another female leech. The glands in the clitellum region produce nutrients and proteins necessary for the formation of the cocoon. The leech eggs are transferred into the cocoon from the pore of the female leech, and after about twenty days, the leech larvae come out of the cocoon. Currently, some leech species are in danger of extinction due to excessive use of leeches and indiscriminate harvesting, as well as due to environmental pollution in natural habitats. Reproduction and cultivation of leech help to maintain survival and prevent a decrease in the leech population. In order to have successful reproduction and breeding, it is important to know how the leech reproductive system works. This study discusses the function of the leech reproductive system, male and female organs, clitellum region, fertilization, cocooning, and larval production in leeches.

Keywords: The leech, Cocoon, Reproduction, internal fertilization, morphology.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-17]

[DOI: 10.22034/11.4.53]