وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
مؤسسه تحقیقات شیلات ایران – مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

بررسی بیولوژی و پراکنش فون گاماریدها در استان فارس

مجری :
مهرداد زمانپور

شماره ثبت
۸۵/۲۷۵

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
مؤسسه تحقیقات شیلات ایران – مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

عنوان پروژه / طرح : بررسی بیولوژی و پراکنش فون گاماریدها در استان فارس

شماره مصوب : ۰۱-۰۷۱۰۲۴۱۰۰۰-۷۹

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارنده گان : مهرداد زمانپور

نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) : -

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : مهرداد زمانپور

نام و نام خانوادگی همکاران : محمدرضا دارمی پوران

نام و نام خانوادگی مشاور (ان) : فرامرز حسینی

محل اجرا : استان فارس

تاریخ شروع : ۱۳۷۹

مدت اجرا : ۲ سال

ناشر : مؤسسه تحقیقات شیلات ایران

شمارگان (تیتراژ) : ۱۵ نسخه

تاریخ انتشار : سال ۱۳۸۶

حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است .

به نام خدا

عنوان	«فهرست مندرجات »	صفحه

پیشگفتار ۱
چکیده ۲
۱- مقدمه ٤
۱-۱- آمفی پودها ٥
۱-۱-۱- تاریخچه ٥
۱-۱-۲- توصیف ٥
۱-۲- بیولوژی ۱۱
۱-۲-۱- تغذیه ۱۱
۱-۲-۲- تولید مثل ۱٤
۱-۲-۳- جفت گیری ۱٦
۱-۲-٤- تکوین جنینی ۱۸
۱-۲-٥- چرخه سالانه ۲۲
۱-۳- اکولوژی ۲۳
۱-۳-۱- زیست گاه ۲۳
۱-۳-۲- شرایط محیطی ۲٤
۱-٤- کاربردها ۲۸
۱-٥- جغرافیای زیستی و تکامل ۳۰
۱-٦- تاکسونومی ۳۱
۱-۷- سابقه تحقیق در منطقه و ایران ۳٤
۲- مواد و روش‌ها ۳۷
۲-۱- حوضه‌های آبریز استان فارس .....
۲-۲- نمونه‌برداری برای سنجش پهنه گسترش و پراکنش .....
۲-۳- نمونه‌برداری برای سنجش شرایط زیستی محیطی .....
۲-٤- شناسایی رده بندی جمعیتهای محلی .....
۳- نتایج ٤٥
۳-۱- سنجش پهنه گسترش و پراکنش ٤٥
۳-۲- شرایط محیطی زیست گاهها ٤۸
۳-۳- شرایط عوامل محیطی در طول زیست گاه ٥۲
۳-٤- اندازه‌گیری از یک نقطه در طول سال در هر زیست گاه ٥٤
۳-٥- نتایج بررسی‌های آماری ٦۱

عنوان	«فهرست مندرجات »	صفحه

٦-٣- گیاهان آبزی ٧٥
٧-٣- بیوسیستماتیک ٧٦
١-٧-٣- درازا و وزن تر تنه ٧٦
٢-٧-٣- ویژگیهای ریختی ٨٠
٤- بحث و نتیجه گیری ١٠١
١-٤- پهنه‌ی گسترش و پراکنش جغرافیایی ١٠٥
٢-٤- سنجش شرایط محیطی ١٠٨
٣-٤- تاکسونومی ١١١
٤-٤- نتیجه گیری کلی جغرافیای زیستی و بیوسیستماتیک ١١٨
پیشنهادها ١٢٠
منابع ١٢٣
پیوست ١٢٧
چکیده انگلیسی ١٤٠

MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE
AGRICULTURE RESEARCH AND EDUCATION ORGANIZATION
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION- Natural Resources & Agriculture
Research Center of Fars Province

On the Biology and distribution of Amphipod Fauna in Fars Province

Executor :
Mehrdad Zamanpoore

85.275

Ministry of Jihad – e – Agriculture
Agriculture Research and Education Organization
IRANIAN FISHERIES RESEARCH ORGANIZATION – Natural Resources & Agriculture Research Center of Fars Province

---

Title : On the Biology and Distribution of Amphipod Fauna in Fars Province

Approved Number :*79-0710241000-01*

Author: Mehrdad Zamanpoore
Executor *:* Mehrdad Zamanpoore
Collaborator *:* M.R. Darmi Pooran
Advisor : F. Hosseini
Location of execution : Fars
Date of Beginning : 2000
Period of execution : *2 years*
Publisher : *Iranian Fisheries Research Organization*
Circulation : *15*
Date of publishing : *2007*

All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted without indicating the Original Reference

بسمه تعالی

طرح **بررسی بیولوژی و پراکنش فون گاماریدها در استان فارس** با مسئولیت اجرایی **آقای مهرداد زمانپور**[1] در تاریخ **۱۳۸٤/۹/۲۱** در کمیته تخصصی شیلات با رتبه **خوب** تأیید شد.

موسسه تحقیقات شیلات ایران

۱- آقای مهرداد زمانپور متولد سال ۱۳٤٦در شهرستان بهبهان دارای مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد در رشته علوم جانوری بوده و در حال حاضر در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس مشغول به فعالیت می‌باشد.

پیش‌گفتار

اگر برخی کارهای پراکنده بر فون دوجورپایان ایران را به کناری نهیم، این گروه از بی‌مهره‌گان آب‌زی تنها در سال‌های اخیر و در پی‌آمد مطرح شدن احتمال بهره‌برداری از آنان در پرورش سایر آب‌زیان مورد توجه محققان کشور قرار گرفته است. شاید از این رو است که بر خلاف بسیاری از سایر گروه‌های جانوری که وجود متخصصان تاکسونومی در کشور به شناسایی و معرفی آن‌ها انجامیده است، هم‌زمان با آغاز پژوهش‌های تاکسونومیایی بررسی‌های چندی نیز بر جنبه‌های مختلف بیولوژی و اکولوژی آنان صورت پذیرفته است، تا با به دست آوردن شناخت کافی از ویژگی‌ها و نیازهای محیطی آنان، راه بر فعالیت‌های بعدی به سوی پرورش مصنوعی آن‌ها گشوده شود. پژوهش حاضر را نیز می‌توان در همین گروه قرار داد.

شناسایی جایگاه گونه‌یی جمعیت‌های موجود نیز وظیفه‌ای است که بی‌انجام آن نمی‌توان هیچ پژوهش دیگری را بر هر یک از اجزای زیا کامل دانست، کاری که به طور عمده با بررسی‌های ریختی آن‌ها انجام می‌شده و می‌شود. اما یکی از دیدگاه‌های نسبتا جدیدتر در تاکسونومی، دیدگاه بیوسیستماتیک و استفاده از همه‌ی ویژگی‌های زیستی ممکن است، چنان که ارنست مِیر می‌گوید: "*برای درک سیستماتیک باید جنبه‌های گسترده‌ای پوشش داده شود، جنبه‌هایی مانند تحلیل علیت‌ها، تئوری‌های طبقه‌بندی، منشاهای گوناگونی (مانند گونه‌زایی و انشعاب سازشی (adaptive radiation) و در مجموع همه‌ی عوامل و فرآیندهایی که از نظر عِلّی مسوول گوناگونی زیستی اند*" و "*به همین دلیل است که چون این سطح گسترده‌ای از علایق مشترک میان سیستماتیک، زیست‌شناسی تکاملی، اکولوژی و زیست‌شناسی رفتاری بوجود آمده است*" (Mayr and Ashlock, 1991). بنا بر این از آن جا یکه سیستماتیک میدانی (field systematics) اهمیت فزاینده‌ای در تاکسونومی یافته است، نیازهای اطلاعاتی به اکولوژی و رفتار برای تصمیم‌گیری در باره‌ی شناسایی‌های تکسونومیکی اهمیت بسیار یافته است. سیستماتیک در شاخه‌های مختلف خود همه‌ی آن‌چه را که در باره‌ی جانوران دانسته شده است، ریخت‌شناسی، فیزیولوژی، رفتارشناسی یا اکولوژی، یک‌جا می‌کند، خلاصه می‌کند و به کار می‌بندد.

به همین دلیل است که در این پژوهش تلاش شده است همراه با گزارش سنجش‌های برخی از عوامل اکولوژیک ممکن در زیست‌گاه‌های جمعیت‌های محلی دوجورپایان، این زیست‌گاه‌ها با یک‌دیگر مقایسه شود. هم‌چنین درازا و وزن تنه در هر جمعیت سنجیده و میان جمعیت‌ها مقایسه شد تا معیاری برای اندازه‌ی نزدیکی و دوری آن‌ها باشد.

چکیده

از سخت‌پوستان دوجورپا در ۲۲۲ نقطه از زیست‌گاه‌های آبی استان فارس، از تیرماه ۱۳۷۹ تا اردی‌بهشت ۱۳۸۱ نمونه‌برداری شد. نمونه‌برداری در طول روز از میان برگ‌های گیاهان آبی و ریشه‌های درختان، سنگ‌ریزه‌ها، و مواد آلی در حال فساد انجام گرفت. برای سیستماتیک کردن کار، از هریک از ۹ نقطه‌ی زیستگاهی شاخص از هفت حوضه و دو زیرحوضه‌ی آب‌ریز استان یک زیست‌گاه شاخص انتخاب شد و جمعیت آن زیست‌گاه مورد بررسی‌های ریخت‌شناسی(مورفولوژیک) قرار گرفت. از بخش‌های مختلف و کلیدی بدن، طراحی‌های دقیق تهیه شد که برای مقایسه با کلیدهای شناسایی موجود به‌کار رفت. در هر یک از ایستگاه‌های انتخاب‌شده، فاکتورهای مهم محیطی شیمیایی شامل اکسیژن محلول،pH، هدایت الکتریکی، سختی کلسیم و منیزیم، سختی کل، غلظت یون کلر، پتاسیم و سولفات و نیز عوامل فیزیکی مهم مانند دما، عمق، سرعت جریان، فاصله از سرچشمه، عرض جویبار و میزان تخلیه برخی به‌صورت ماهانه و برخی نیز یک‌بار در سال اندازه‌گیری شد. هم‌چنین در جمعیت‌های موجود در نه زیست‌گاه مذکور میانگین طول و وزن تر بدن اندازه‌گیری شد. داده‌های همگی اندازه‌گیری‌های بالا به کمک آزمون‌های آماری تحلیل پراش، LSD و دانکن مورد تحلیل قرار گرفت. بررسی‌های دامنه‌دار بر این جانوران نشان داد که این جانوران همه‌گی از خانواده‌ی GAMMARIDAE جنس *Gammarus* و از گروه پیولکس(*Gammarus pulex*-group) هستند که یک گروه قراردادی است. شناسایی درست در تراز گونه برای این جمعیت‌ها با کلیدهای شناسایی موجود ممکن نیست و نیازمند مطالعات دقیق‌تر بعدی است. نتایج عوامل محیطی نشان‌دهنده‌ی تفاوت‌های عمده در میانگین اندازه‌ی دما، هدایت الکتریکی، اکسیژن، عمق و نیز سختی آب است. از نظر میانگین طول و وزن تر بدن نیز تفاوت‌های کاملا آشکار و معنادار آماری میان بیش‌تر جمعیت‌ها وجود داشت. تلفیق این نتایج با نتایج حاصل از کارهای ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی می‌تواند به تشخیص موقعیت تاکسونومیکی گونه‌ها یا جمعیت‌های موجود کمک کند. نمونه‌برداری‌ها نشان داد که این جانوران اگر نه در همه بلکه در نزدیک به همه‌ی زیست‌گاه‌های آب شیرین استان فارس، از چشمه‌ها و جویبارها تا رودها و رودخانه‌ها پراکنده اند، مگر در برکه‌ها و دریاچه‌ها اعم از شور یا شیرین و چشمه‌ها و رودهای شور دارای بیش از ۵ درصد نمک. بدین‌سان این جانوران در بخش‌های شمالی تا جنوب میانه‌ی استان در زیست‌گاه‌های نام‌برده پراکنده اند و به‌سوی بخش‌های جنوب شرق، جنوب غرب و جنوبِ جنوب نایاب و نایاب‌تر می‌شوند. در چشمه‌ها و رودهای

شیرین گرم‌تر به سوی جنوب و شرق (با دور شدن از بخش‌های کوهستانی) جمعیت آنان آشکارا کم‌شمارتر می‌شود. به‌نظر می‌رسد که انتشار و گسترده‌گی آمفی‌پودها در این قسمت از استان به سوی مناطق جنوبی‌تر بیش‌تر با شوری محدود می‌شود تا با دما یا شاید با ترکیبی از این دو. هم‌چنین در بخش‌های جنوب شرقی حوضه‌ی آب‌ریز رودخانه‌ی کر ازجمله چشمه-جویبارهای پارک ملی بمو که پیش از این وجود آن‌ها گزارش شده بود، اکنون دیگر وجود ندارند. شاید این امر پی‌آمد بازتاب اکولوژیک زیست‌گاه، در برابر آلودگی‌های کشاورزی کودی-سمی باشد

واژه‌های کلیدی: دوجورپایان، *گاماروس*، پراکنش جغرافیایی، اکولوژی آب‌های شیرین، تاکسونومی، ایران، فارس،

۱-مقدمه

گاماریدها که میگوی آب شیرین یا اسکاد (scud) نیز نامیده می‌شوند جانوران بسیار فراوانی هستند که تقریبا در همه‌ی انواع زیست‌گاه‌های آبی، بخصوص درچشمه،جویبارهایی یافت می‌شوند که دارای مقادیر زیادی‌گیاهان آبی یا مواد آلی در حال خرد شدن یا خاشاک هستند. جمعیت‌های متراکمی از آنان در میان خار و خاشاک یا سنگ‌ریزه‌های بستر آب پنهان می‌شوند. اندازه‌ی آن‌ها به حدود ۲ سانتی متر می‌رسد و بسرعت تکثیر می‌شوند. وزن بدن هر فرد در گونه‌های *Gammarus fossarum* و *Gammarus roeseli* در آزمایشگاه به‌ترتیب به ۴۱ و ۵۸ میلی گرم رسیده است (Pockl, 1993). پراکنش دوجور پایان عموما وسیع است و به‌خصوص جنس *Gammarus* گسترش جهانی دارد. این جنس در آب‌های سطحی در شمال اروپا تا ایتالیا، آسیا و یوراسیا، و آمریکا تا مرزهای سواحل قطبی و حتی دریاچه‌های قطبی الیگوتروفیک (Sutcliffe, 1992) در شمال و در جنوب امریکای شمالی تا مناطق کوهستانی نیومکزیکو و کالیفرنیا گسترده اند (DeMarch, 1981). این جانوران به دلیل نوع تغذیه‌ی خود و نیز ارزشی که در تغذیه‌ی جانوران دیگر به عنوان شکار آن‌ها دارند، نقش اصلی و مرکزی را در شبکه غذایی آب‌های شیرین، بخصوص آب‌های جاری، بر عهده دارند. از آن‌جاییکه مهم‌ترین شکارگران آمفی‌پودها در طبیعت ماهی‌ها هستند و نیز با توجه به مشکلات موجود در تغذیه در صنعت پرورش ماهی، این گروه از مهم‌ترین نامزدهای پرورش انبوه برای استفاده در پرورش ماهی است. گستردگی انتشار در آب‌های داخلی کشور و استان فارس، ارزش غذایی بالای آمفی‌پودها و درصد بالای پروتیین در محتوای بدن (بیش از ۴۰ درصد) (مقدسی، ۱۳۷۹) و مواد ضروری مهمی مانند ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و مواد معدنی مانند منیزیم (Glazier *et al.*, 1992) و کلسیم (Schram, 1986; Florskin 1960) و نیز رنگ‌دانه‌های کاروتنوییدی (Lorenz 1998)، اندازه مناسب مراحل مختلف زندگی برای تغذیه مراحل مختلف رشد ماهی‌ها، نرخ بالای تولید مثل و دایمی بودن آن و نیز آسانی نگه‌داری و پرورش آزمایشگاهی این جانوران از عواملی است که بر ارزش آمفی‌پودها برای پرورش‌یافتن به منظور تهیه غذای طبیعی و مفید برای ماهیان پرورشی می‌افزاید. پژوهش حاضر با شناسایی ذخایر موجود در استان و نیز شناخت آغازین زیست شناسی و نیازهای اکولوژیک آن‌ها گامی نخستین به سوی این هدف است.

۱-۱-آمفی‌پودها

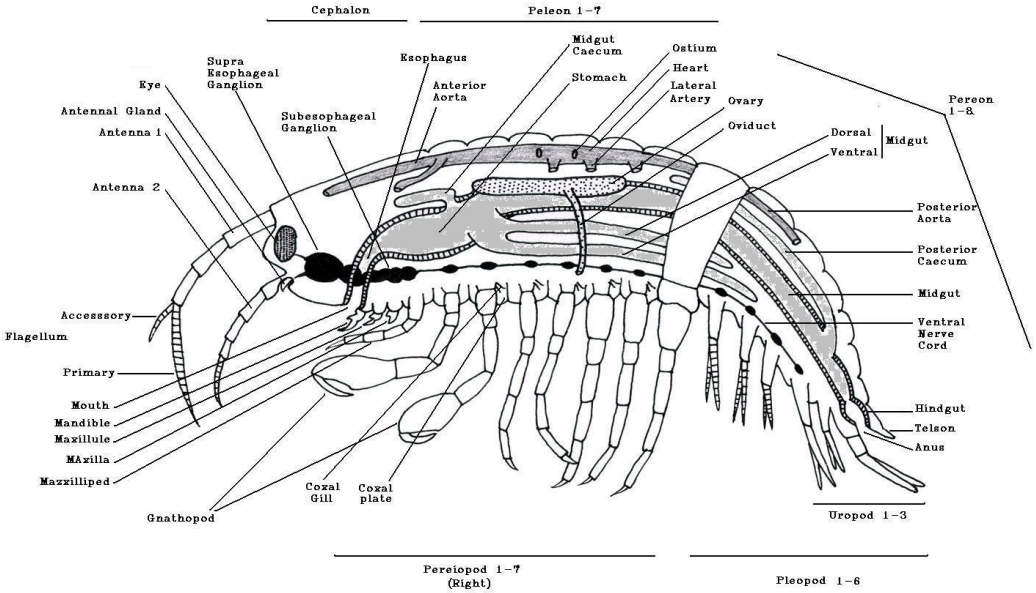
۱-۱-۱-تاریخچه

Laterille رده Amphipoda را در سال ۱۸۱۶ برقرار کرد که امروزه به گروه گاماریدها شناخته می‌شود. با این حال حتی در همان دوران قدیم نیز آمفی‌پود انگل نهنگ (شپش نهنگ) چیز جدایی دانسته و با گروه جورپایان (Isopoda) قرار داده می‌شد. این شناخت سرانجام به این صورت رسمی شد که Caprellidها و Cyamidها در گروه Laemodipoda، تاکسونی که در اصل از نظر موقعیت هم‌تراز Isopoda و Amphipoda دانسته می‌شد قرار گرفتند. بعدها Milne Edwards، Hyperiidها را از Gammaridها جدا کرد. با این حال Dana در ۱۸۵۲ سه زیر رده سنتی و قراردادی آمفی‌پودها را (Caprellideans, Hyperiideans و Gammarideans) را تشخیص داد و برقرار کرد، بعدها Hansen در ۱۹۰۳، Ingolfiellideanها را تشخیص داد و به آن‌ها اضافه کرد. آمفی‌پودها هرگز از چشم مونوگراف‌نویس‌ها دور نبوده اند و برخی از تازه‌ترین بررسی‌ها برای Ingolfiellideanها (Stock, 1976; 1981)، Hyperiideanها (Bowman and Gruner, 1973)، gammaridean‌ها (Barnard, 1969; Bousfield, 1982b; Lincoln, 1979)، aprellidها (McCain, 1968; Laubitz, 1970, 1976)، و cyamidها (Leung, 1967) نوشته شده است (نقل از Schram, 1986). زمانی Leach ،آمفی‌پودها را با آیزوپودها در تاکسون Edriophthalma یکی کرد. در طبقه‌بندی‌یی که Calmon در ۱۹۰۹ از peracaridها ارایه کرد، به این دو گروه جایگاه جداگانه‌ای داد و این جداسازی (که Siewing با لحاظ کردن ویژه‌گی‌های لوله‌ی گوارش (gut) و تکوین آن را تقویت کرد)، تا زمان‌های اخیر بی‌چالش باقی ماند، تا آن که Schram احساس کرد که ویژگی‌های مشترک اشتقاقی آمفی‌پودها و آیزوپودها بازگشت به استفاده از Edriophthalma را توجیه می‌کند (Schram, 1986).

۱-۱-۲- توصیف

سخت پوستانی بدون کاراپاس اند، چشم‌ها ثابت و نخستین بند سینه‌ای با سر پیوسته است. آنتنیول‌ها (شاخک نخست) معمولا دو زایده‌ای وبخوبی رشد یافته است (شکل ۱). آنتن (شاخک دوم) بدون فلس و معمولا دارای یک پایه‌ی پنج بندی، قطعات دهانی معمولا در یک توده‌ی دهانی فشرده، پاهای آرواره‌ای بالایی (maxillipedeها) بدون اپی‌پودایت (epiopdite) و کوکساها (coxa) دست کم تا حدی به تنه پیوند شده است. پاهای سینه‌ای تک زایده‌ای، دومین و سومین آن معمولا به‌صورت پاهای آرواره‌ای پایینی (gnathopod) چنگال‌دار و کوکساها معمولا

به‌صورت صفحه‌های گسترده‌ی کناری-شکمی شده است. دست‌کم برخی از پاهای سینه‌ای دارای اپی‌پودایت‌های آبششی درونی، اووستگایت (oostegite) و کیسه‌ی زاد و ولد است پلورا (pleura) که بخوبی رشدکرده، معمولا در پاهای شکمی جلویی است. بندهای شکمی پسین به‌صورت تنه دمی (urosome) دور هم جمع شده زایده‌های (rami) سه پای شکمی اول بندبندی، سه پای شکمی پسین مانند پای دمی (Uropod)، و تلسون معمولا آزاد و اغلب دو تکه است



شکل ۱. نمای ظاهری آمفی‌پود جنس گاماروس (بازکشیده از منابع مختلف)

۱-۲-۱-۱-ریخت‌شناسی

اگرچه به‌نظر می‌رسد که کارهای تاکسونومیک اخیر پیرامون آمفی‌پودها موجب برخاستن فزاینده تاکسون‌های خانواده و زیرخانواده شده است (تقریبا ۶۰۰۰ گونه به گزارش Bousfield در 1982 که به یقین تا امروز تعداد بسیار دیگری بر آن افزوده شده است)، تاکسونومی مراحل بالاتر این گروه از آغاز قرن بیستم بی‌تغییر مانده است. با این‌که به‌نظر می‌رسد آمفی‌پودها با داشتن سه جفت یوروپود به‌طور مشخصی تعریف شوند (البته بیش‌تر caprellideanها این زایده‌ها را ندارند) و قطعات دهانی یک توده فشرده دهانی را تشکیل می‌دهد، این گروه از سوی دیگر، به‌دلیل حفظ بسیاری از ویژگی‌های ابتدایی مورد توجه قرار گرفته است.

این ویژگی‌ها عبارت است از تسهیم کامل در تخم‌ها، یک مرحله Egg-nauplius، وقوع تسهیم به‌طور کامل در غشاهای تخم و خروج نوزاد تفریخ شده با مجموعه کامل زواید، آنتنیول‌های دو زایده‌ای، غده‌ی شاخکی، تمایل به این که همیشه coxal plate کامل را نسازند، رایج بودن مفصل‌های دو زایده‌ای (dicondylic) Coxa-Basis در پاهای سینه‌ای، حفظ آب‌شش‌های پاهای سینه‌ای (این ویژه‌گی می‌تواند یک بازیابی دوباره (ثانویه) باشد)، معده میانی کامل و یک دستگاه گردش خون سینه‌ای در مقابل دستگاه شکمی در آیزوپودها. احتمال این که داشتن بیش‌تر این ویژگی‌های آغازینی یک حالت نخستینی است تا بازیابی دوباره بسیار بالا است.

سر نسبتا کوتاه است. چشم‌های مرکبِ ثابت ممکن است به‌صورت‌های متنوعی تکوین‌یافته باشد، و از نداشتن کامل این اندام‌ها مانند اشکال زیرزمینی، تا چشم‌های کروی درشت در بسیاری، اما نه همه هاپیریدها متغیر است. به هر حال نکته‌ای که باید مورد توجه ویژه قرارگیرد این حقیقت است که چشم آمفی‌پودها فاقد facet (واحدهای عدسی‌مانند کوچک که در چشم‌های مرکب بی‌مهره‌گان عمومیت دارد) است. ممکن است یک پوزه (Rostrum) وجود داشته باشد، اما به‌طور شاخصی تحلیل رفته یا هرگز وجود ندارد. گفته می‌شود که Ingolfiellidean‌ها "لوب‌های چشمی" دارند، اما از آن‌جا بیکه هیچ نوع عنصر دیوپتری و تامین عصب ندارد، عملکرد این لوب‌ها در حال حاضر ناشناخته است.

آنتنیول‌ها پایه‌ای با سه بند دارد که تاژک‌ها (فلاجلوم‌ها) روی آن قرار می‌گیرد. شاخه بیرونی معمولا بخوبی توسعه یافته و شاخه درونی (تاژک کمکی) معمولا کمی کوچک‌تر است و ممکن است گاهی غایب باشد. شاخک اولیه معمولا اندام حسی aesthetasc دارد (بخصوص در نرها). در برخی گاماریدها آنتنیول‌ها و هم آنتن‌ها دارای ساختمان‌های حسی فنجان مانندی به نام calceoli است که روی بندهای پایه یا تاژک و به طور عمده در نرها قرار دارد.

آنتن‌ها تک‌شاخه و بی‌فلس اند. پایه پنج بند و یک منفذ مخروطی برای غده شاخکی روی دومین مفصل دارد. calceoli ممکن است روی این زواید هم باشد، در هردوی آنتن و آنتینول گوناگونی در اندازه، شکل و مقدار پرزها (sitae) و تکوین aesthetascها و calceolusها معمولا دو شکلی جنسی را نشان می‌دهد و Bousfield, 1978 و Lincoln and Hurley, 1981 ثابت کرده اند که اهمیت تاکسونومیک بالایی دارد. در برخی از هاپیریدها مانند

Mimonectidها و Poscirid‌ها آنتن‌ها در ماده تنها به tubercleهای منفذ غده شاخکی کاهش‌یافته است. در برخی از نمونه‌ها، آنتن ممکن است به شکل پا (Pediform) باشد.

Labrum ممکن است یک لخته‌ی (لوب، lobe) ساده گرد باشد یا در قسمت راسی شکاف‌دار باشد که لختک‌های (لوبول‌های) حاصل گاهی به‌طور نامتقارن شکل گرفته است. پاراگنات‌ها (paragnath) نیز ممکن است از شرایط ابتدایی لوب‌های ساده باریک تا وضعیت اشتقاقی که بسیار وسیع است و "لوب‌های داخلی" ظریفی را می‌سازد متغیر باشد. آرواره‌ی پایینی (مندیبل، mandible) شکل‌های گوناگونی را نشان می‌دهد، و از بخش‌های "زایده‌ی آسیاکننده" (molar process)، ردیفی از خار، lacinia mobilis، "زایده‌ی خردکننده" (incisor process)، و یک پالپ تشکیل می‌شود. این بخش‌ها ممکن است بسیار پیش‌رفته، کاهش‌یافته یا کاملا غایب باشد.

ساختار آرواره‌ی بالایی دوم (maxillule) می‌تواند بسیار ظریف باشد. این زایده حرکتی در آمفی‌پودها اهمیت خاصی دارد، زیرا معمولا بزرگ‌تر و بسیار پیچیده‌تر (مفصل‌تر) از ماکزیلا (آرواره‌ی بالایی اول) است که در کنار آن جای دارد. ماکزیلای آمفی‌پودها در شرایط دیده شده در Eumalacostracaهای دیگر کاهش یافته و شکل آن بیشتر به ماکزیلیول‌های گروه‌های دیگر شبیه است. دو لخته‌ی پُرزدار از پایه آن خارج می‌شود. مقدار پرزها متفاوت است و گاهی نیز لخته‌ها تحلیل می‌رود، به‌طوری که در Cyamidها ماکزیلا به‌صورت یک جفت لخته است که تا حدی به هم متصل اند. به نظر می‌رسد که این کاهش آشکار ماکزیلا تنها ویژگی است که همه‌ی آمفی‌پودها را یکی می‌کند. در ماکزیلی‌پدها (Maxilipede) یا اولین پاهای سینه‌ای (thoracopod) معمولا کوکساها به هم پیوسته است. Basis و ischium دارای endite‌های بخوبی رشد کرده‌ای است که به سوی موقعیت دور از بدن (distal) جهت گرفته است. پالپ اندوپود عموما بخوبی توسعه‌یافته است و اندایت‌ها درجه‌های مختلفی از اتصال را نشان می‌دهد.

شکل پاهای سینه‌ای عقبی‌تر یا pereiopodها (پا=podos، مجموع بندهای سینه‌یی=pereion) گوناگونی زیادی را نشان می‌دهد. کوکسای این زواید حرکتی به نزدیکی و یکی شدن با دیواره‌ی بدن تمایل دارد و به شکل صفحه‌ای دیده می‌شود. پای سینه‌ای دوم و سوم عموما به شکل گناتوپودهای چنگک دار (chelate or subchelate) ظاهر می‌شود و گاهی نیز شکل‌های عجیب و غیرطبیعی می‌گیرد. گناتوپودها در گرفتن و جمع کردن غذا کمک می‌کند، اما در نرها بزرگ‌تر است که از آن برای گرفتن ماده‌ها – گاهی به مدت طولانی- پیش از جفت‌گیری و

در حین آن استفاده می‌کنند. زواید حرکتی سینه‌ای عقبی برای جهش است، اگر چه این‌ها نیز در برخی از هایپریدین‌ها و تعداد کمی از گاماریدین‌ها ممکن است چنگک‌دار باشد و عمل قاپ زدن را انجام دهد. پریوپودها دارای Oostegite و آب‌شش‌های کوکسایی نیز هست.

اووستگایت‌ها صفحه‌هایی است که از پایین پریوپودها منشا می‌گیرد و در دو طرف سطح شکمی سینه با افتادن روی هم و درهم‌رفتن پرزها فضایی بسته برای نگه‌داری تخم‌ها فراهم می‌کند. معمولا پهن و حاشیه‌ی آن پرزدار است، اما ممکن است باریک یا خطی با تعداد کمی پرز نیز باشد. آب‌شش‌ها از صفحه‌های اپی‌پودا که به سوی درون جهت‌یافته ساخته شده و ممکن است ساده باشد یا با پیچ‌خوردگی‌ها، حاشیه‌ها یا زواید دندریتی تزیین شده باشد. آبشش های جناغی در گروه‌های زیادی از آمفی‌پودها به خصوص از انواع آب شیرین دیده می‌شود، اگر چه به‌نظر می‌رسد که بیش‌تر عمل تنظیم اسمزی داشته باشد تا تنفسی.

اتصال کوکسا-بیسیس (Coxa-basis) که در انواع دیگر peracaridها مشخص است، در آمفی‌پودها بسیار متفاوت است. پای سینه‌ای (توراکوپود) دوم تا پنجم اتصال‌های (مفصل‌های) دو زایده‌ای ساده در محل اتصال مفصل دارد. زایده حرکتی ششم و هفتم که آن‌ها هم دو زایده‌ای است، آرایش ویژه‌ای در ماهیچه‌ی چرخاننده دارد (بعلاوه یک مجموعه پیش برنده) که به آن مفصل اجازه حرکت آزادانه می‌دهد. تنها توراکوپود هشتم یک مفصل تک زایده‌ای دارد که ویژگی منحصر زواید حرکتی سایر انواع peracarid است و این شاید به قرار گرفتن basis در درون کوکسا در این زایده حرکتی مربوط باشد.

پاهای شکمی یا pleopodها (پا=podos، مجموعه بندهای شکم=pleon) بسته به این‌که در کدام یک از زیرناحیه‌های شکم باشد، می‌تواند به دو نوع اصلی باشد. سه بند پلیومر جلویی اغلب دارای پلوراهای بخوبی توسعه‌یافته است و پلیوپودها بندبندی، پرزدار (setose) و دو شاخه‌ای (biramous) است. این پاها در انواع نکتونیک برای شنا به کار می‌رود و ضربان پیوسته آن‌ها در همه آمفی‌پودها جریان‌های تنفسی را در اطراف آب‌شش‌های سینه‌ای تسهیل می‌کند. سه پلیومر پشتی یوروسوم را می‌سازد و سه زایده شکمی آخری "یوروپود" نامیده می‌شود که معمولا سوزنی‌شکل (styliform) است، اگر چه یوروپودها در انواع نکتونیک، مانند هایپرییدها می‌تواند تیغه‌دار باشد. تلسون وقتی هست آزاد است و تفاوت‌های زیاد در شکل آن وسیله‌ی بسیار خوبی برای هدف‌های تاکسونومیک است.

در Ingolfiellideanها آخرین جفت یوروپود ریشه‌ای است (تقریبا از میان رفته است). در بیش‌تر Caprellideanها بجز Caprogammaridها، تمامی بخش شکم ریشه‌ای است. این کاهش‌ها و ازمیان‌رفتن‌ها ویژگی مشترک "سنتی" آمفی‌پودها-یعنی داشتن سه یوروپود– را در کاربرد جهانی آن برای شناسایی اعضای بالقوه‌ی گروه به کنار می‌گذارد.

دستگاه گوارش در آمفی‌پودها تفاوت‌های زیادی را در گروه‌های مختلف نشان می‌دهد. پیچیده‌ترین آرایش معده جلویی در گاماریدها و کاپرلیدها دیده می‌شود (شکل ۱). در کناره محل ورود به معده کاردیاک از مری، تیغه‌های خاردار و پرزداری قرار دارد که غذا را می‌ساید و از بازگشت آن جلوگیری می‌کند. چین‌خوردگی‌های کناری در بالا و پایین، دو مجرای بالایی و پایینی را در فضای کاردیاک جلویی از هم مشخص می‌کند. فضای پایلوریک نیز با چین‌های کناری به یک مجرای بالایی (پشتی) وفضاهای پشتی و شکمی تقسیم می‌شود. فضای شکمی یا صافی غده‌ای (gland filter)، یا صافی پایلوریک، با یک تیغه‌ی میانی شکمی به دو نیمه چپ و راست جدا شده است. مواد هضم شده از معده کاردیاک از صافی غده‌ای شکمی می‌گذرد و به سیکوم‌های گوارشی می‌رسد که در بخش پسین آن باز می‌شود. فضای پایلوریک پشتی در قسمت جلویی با ناحیه کاردیاک پیوسته است و از میان یک شیپور پایلوریک که از مجموعه‌ای از دریچه‌ها و تیغه‌ها درست شده، مواد جامد هضم ناشدنی را از روی منافذ سیکومی به معده میانی می‌ریزد.

طرح دستگاه گردش خون شامل یک قلب سینه‌ای است که خون را به آئورت‌های جلویی و عقبی می‌فرستد. ممکن است رگ‌های جلویی دیگری هم باشد یا نباشد. خون پیشین و پسین بدن سرانجام به یک حفره‌ی (سینوس) شکمی می‌ریزد که آبشش های اپی‌پودال آن را اکسیژن‌دار می‌کند. سپس خروجی وابرانِ آبشش خون را به فضای وسیع پری‌کاردیوم می‌برد تا چرخه از نو آغاز شود.

دفع توسط غده‌های شاخکی انجام می‌شود که در انواع دریایی اندازه متوسط، در انواع آب شیرین و نیمه‌شور اندازه‌ی بویژه بزرگ و در انواع خشکی‌زی اندازه بسیار کوچک یا تحلیل‌رفته‌ای دارد. سلول‌های نفرونی هر بند یا غده‌های کوکسایی نیز در حاشیه سینوس پری‌کاردیال وجود دارد. به‌علاوه از گذشته‌های دور گفته می‌شد که سیکوم پسین معده در طبیعت نقش دفعی دارد، زیرا گاهی در آن‌ها توده کربنات کلسیمی دیده می‌شد، با این

حال، به نظر نمی‌رسد که این مساله هرگز به‌طور مشخصی حل شده باشد. آب‌شش‌های جناغی نیز ممکن است نقشی در تنظیم اسمزی داشته باشد.

دستگاه عصبی مرکزی اتصال وسیع اجزا را نشان می‌دهد. گره‌های عصبی قطعات دهانی و ماکزیلی‌پدها جوش خورده است، گره‌های عصبی سینه‌ای و سه گره عصبی شکمی جلویی آزاد است، اما در گاماریدها گره‌های عصبی بندهای دمی (یوروسومی) به هم متصل است و در چهارمین بند شکمی قرار دارد. علاوه بر اندام‌های حسی مذکور، در بخش پشتی سر گاماریدها و هایپرییدها، تعدادی اندام تعادلی (استاتوسیست) قرار دارد. (تمامی این بخش برگرفته و خلاصه شده از Schram, 1986).

۲-۱-بیولوژی

۱-۲-۱-تغذیه

آمفی‌پودها از منابع غذایی متنوعی تغذیه می‌کنند، از جمله به روش scavenger از موادگیاهی و جانوری موجود در کف آب (Newman, 2002) ، غذای جلبکی(DeMarch, 1981)، ماهی‌های مرده، شکارگری (گوشت خواری) از zooplanktonها، کایرونومیدها وتریکوپترا، روش grazer (خراشیدن برش‌هایی از روی سنگ‌ها) و تصفیه گری (فیلتر کردن) (DeMarch, 1981). اما مهم‌ترین و فراگیرترین روش تغذیه‌ای آن‌ها "detrivory "است (Sutcliffe, 1992). (دتریتوس مواد آلی غیر زنده‌ای است که به‌صورت قطعه قطعه و خرد شده درآمده باشد.) روش تغذیه‌ای detrivory به گرفتن مواد آلی غیر زنده ذره‌ذره شده به همراه میکروارگانیسم‌های همراه آن گفته می‌شود (Henritte Vos, 2001). این روش تغذیه‌ای مهم‌ترین عامل در تثبیت و تعادل چرخه‌های غذایی اکوسیستم است، زیرا با آن که در یک دورنمای کلی از شبکه‌های غذایی، گیاه خواران اعضای غالب سیستم هستند، اما در حقیقت ۹۰ درصد ساخت نخستین گیاهی در سیستم‌های آبی وارد شبکه غذایی دتریتوسی می‌شود. دتریتوس‌خورها هم‌چنین با فرآوری کردن مواد آلی مرده با کیفیت پایین و تحریک، تسریع و تخریب مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها، رابط‌های مهمی در شبکه‌ی غذایی هستند. از سوی دیگر، همین جانوران منبع غذایی اصلی شکارچیانی مانند ماهی‌ها، پرنده‌گان و بی‌مهرگان گوشت‌خوار مانند کنه‌ها و لارو damselfly هستند. تغذیه‌کننده‌گان از دتریتوس نیز به انواع مختلفی از جمله رسوب‌خورها (گیرنده‌های جمع کننده،Collector gatherer)، تغذیه‌گرهای مواد معلق

(گیرنده‌های صاف کننده)[1] و خردکننده‌ها (Shredders) دیده می‌شوند. آمفی‌پودها به گروه سوم تعلق دارند و از بازمانده‌های گیاهی با اندازه‌های بزرگ (ذرات درشت مواد آلی، 1mm (POM) استفاده می‌کنند، اگرچه به همراه تغذیه از برگ‌ریخته‌ها (litter)، ذرات ریز مواد آلی را نیز جذب می‌کنند (Henritte Vos, 2001).

منبع اساسی غذایی دتریتوس‌خورها بازمانده‌های بدن جلبک‌ها و گیاهان است، اما ممکن است قطعه‌هایی از بدن جانوران نیز در آن باشد. بخش اصلی آن را در دریاچه‌های بزرگ جلبک‌ها و در رودهای کوچک بیش‌تر ماکروفایت‌ها و برگ‌های ریخته تشکیل می‌دهد. این مواد آلی غیر زنده پس از قطعه‌قطعه شدن و ته‌نشین شدن وارد چرخه اکسید و احیا می‌شود. هم‌زمان، فرآوری میکروبی نیز آغاز می‌شود. این عمل میکروب‌ها برگ‌ها را برای دتریتوس‌خورها خوردنی‌تر و دوست داشتنی‌تر می‌کند.

اگرچه خود میکروارگانیسم‌های موجود بر مواد آلی کم‌تر از ۱ درصد وزن ذرات دتریتوس را تشکیل می‌دهند، اما برخی مطالعات نشان داده است که تا ده درصد رشد جانوران دتریتوس‌خوار را موجب شده اند (Henritte Vos, 2001). هر چند مقدار بیومس میکروب‌ها بسیار کم است، مقدار زیادی از مواد مغذی هم‌چون ویتامین‌ها و آمینواسیدها را برای دترتیوس‌خورها فراهم می‌آورد (Phillips, 1984 و Wolf *et al.*, 1997). از سوی دیگر، برخی از مواد مهم و ضروری برای جانوران نیز وجود دارد که ناپایدار و محلول در آب است و اگر میکروب‌ها آن‌ها را نگیرند و به‌صورت ترکیب یا تغییرشکل‌یافته درنیاورند، پیش از مصرف شدن به‌صورت غذای بی مهرگان از میان می‌رود. بنابراین، بیومس میکروبی بخش اگرچه کوچک اما بسیار مقوی‌تری از غذای آن‌ها را تشکیل می‌دهد. سرانجام، عمل دیگر میکروارگانیسم‌ها شکستن مواد آلی به زیرواحدهای هضم‌شدنی برای دتریتوس‌خورهاست، زیرا مواد فراوانی وجود دارد که با وجود وارد شدن به فرآیندهای شیمیایی تخریب، هنوز امکان هضم شدن در دستگاه گوارش بی‌مهرگان را ندارد. با عمل آنزیم‌های میکروبی این مانع نیز برداشته می‌شود و بخش دیگری از نیازهای غذایی آنان تامین می‌شود.

اگر چه آنزیم‌های مورد نیاز برای شکستن پلی‌ساکاریدهای مهم‌گیاهی در جنس گاماروس و چند جنس دیگر دیده می‌شود و آنزیم‌های شکننده‌ی پیوندهای گلیکوسیدی (مانند آنزیم‌هایی که در شکستن میکروبی پلی‌ساکاریدهای برگ مورد استفاده قرار می‌گیرد)، در گاماروس و سایر بی‌مهرگان نیز دیده شده است، اما

۱- استفاده‌ی از ذرات ریز مواد آلی، Fine Particulate Organig Matter, FPOM(1 mm

جلبک‌های خورده شده تا اندازه‌ای مسئول فعالیت آنزیم سلولاز در معده گاماروس است (Martin *et al.*, 1980; Sinsabaugh *et al.*, 1985; Barlocher and Porter, 1986; Chamier and Willoughby, 1986; Chamier, 1991; McGrath and Mathews, 2000; Harris, 1983).

در مجموع، وجود میکروارگانیسم‌ها در میان دتریتوس‌ها موجب افزایش کیفیت مواد آلی می‌شود، پدیده‌ای که آن را تقویت میکروبی(Microbial enrichment) می‌نامیم.

در مورد تغذیه گیاه‌خواری و استفاده ازگیاهان و جلبک‌های بزرگ (Macrophytes and Macroalgae) نیز اگر چه گزارش‌هایی اندک از مصرف مستقیم آن‌ها وجود دارد، اما مطالعات دقیق‌تر نشان می‌دهد که با وجود فراوانی آن‌ها در محیط آبی و پوشاندن زیست‌گاه و فراهم آوردن یک زیست‌گاه و پناهگاه مناسب برای گاماروس‌ها، این گیاهان منبع غذایی برای گاماروس نیستند. از نخستین کسانی که بر استفاده نکردن آمفی‌پودها از جلبک‌های پرسلولی تاکید کرده Enequist, 1949 است که نشان داد آمفی‌پودهایی که در میان جلبک‌ها زندگی می‌کنند، با جذب دتریتوس از روی جلبک‌ها و نیز محتوای دتریتوس آب تغذیه می‌کنند و خود بیومس جلبک را به مصرف نمی‌رسانند (Aikins and Kikuchi, 2001). به روشنی معلوم شده است که گیاهان آبی زنده نیز بندرت غذای آمفی‌پودها می‌شوند. Zettler و Ostrofsky در 1986 نشان دادند که گروه گسترده و منتشری از ترکیبات سمی (به‌نام آلکالوییدها) در پانزده گونه از ماکروفایت‌های آبی وجود دارد که حفاظت ازگیاهان را در برابر مصرف‌کنندگان همه‌گرای(Generalist) سیستم‌های آب شیرین (از جمله caddisfly ، حلزون‌ها و آمفی‌پودها) بر عهده دارد (Ginsberg, 1998). این ترکیبات بر اثر تخریب بافت دچار تغییرات شیمیایی می‌شود که علاوه بر سمیت، مزه تندی نیز ایجاد می‌کند (Bones and Rossiter, 1996; Vageeshbaru and Chopra, 1997). مقدار آن در برگ‌های تازه و زنده بسیار زیاد اما در برگ‌های مرده و زرد بسیار کم است (Newman *et al.*, 1996). به‌نظر می‌رسد که علت آن‌که با وجود تهاجم گیاه‌خواران آبی، هرگز در محیط‌های آبی تخریب شدید گیاهی رخ نمی‌دهد، همین سیستم دفاع شیمیایی باشد(Ginsberg, 1998).

یکی دیگر از مهم‌ترین نیازهای غذایی آمفی‌پودها مقادیر زیاد کلسیم است که در ساخت اسکلت خارجی آن‌ها به کار می‌رود. این ویژگی در سخت‌پوستان دیگر نیز دیده می‌شود، به‌طوری که دیده شده است دریاچه‌هایی که

نمک‌های محلول و کلسیم آن‌ها بالا ست، در تولید میگو بسیار فعال است و از سوی دیگر، برخی دریاچه‌های اسیدی‌تر، معمولا جمعیت کمتری از میگوها را در خود پرورش می‌دهد (Newman, 2002).

۲-۲-۱-تولید مثل

آمفی‌پودها دارای تولید مثل جنسی هستند. بیش‌تر گونه‌های مربوط به جنس گاماروس ۲۶ کروموزوم هاپلوید و ۵۲ کروموزوم دیپلویید دارند، اما انواع دوشکلی کروموزومی نیز در برخی از گونه‌ها دیده می‌شود. به‌طوری که گاهی افرادی با ۲۷ کروموزوم هاپلوید نیز در جمعیت دیده می‌شود. حتی در مواردی ممکن است یک حیوان ماده، oocyteهایی تولید کند که برخی ۲۶ و برخی ۲۷ کروموزومی باشند. در برخی دیگر از گونه‌ها، تعداد کروموزوم به رقم‌های بالاتر نیز می‌رسد. در *Gammarus minus* افرادی با ۵۰، ۵۱ و ۵۲ کروموزوم دیپلویید و در *G. pirloti* افرادی با ۵۹ تا ۶۳ کروموزوم دیپلویید دیده شده است. هم‌چنین در گروهی از ۷ گونه‌ی محدود به‌یوگسلاوی ۱۲،۲۱،۲۵ و ۳۴ کروموزوم هاپلویید گزارش شده است (Sutcliffe, 1992).

شواهدی از ویژگی‌های بینابینی نیز وجود دارد که نشان می‌دهد برخی از دوجورپایان انواعی از میان‌جنس بودن را نشان می‌دهند. در میان جمعیت‌های آمفی‌پودها افرادی پیدا می‌شود که ویژگی ثانویه‌ی جنسی اندومورفیک مربوط به هر دو جنس را بروز داده اند، مانند وجود پاپیلا روی هفتمین صفحه‌ی سینه‌ای(pereonite)، داشتن گناتوپودهای یک و دو قوی‌تر و شاخک دوم بزرگ‌تر و در همین حال oostegite را در مراحل و اندازه‌های مختلف آن ساخته اند (Zielinski, 1998).

جنس‌ها جداست و دو شکلی جنسی وجود دارد. تشخیص ظاهری جنس‌ها علاوه بر تفاوت اندازه که در اندازه بزرگ‌تر نرها در بیش‌تر گونه‌ها نمود می‌یابد، از طریق برخی ویژگی‌های تولیدمثلی امکان‌پذیر است. مهم‌ترین آن‌ها وجود اندام‌های جنسی خارجی در بند استرنوم هفتم (در حاشیه‌ی پاهای سینه‌یی هفتم) در حیوان نر و نیز صفحه‌های نگه دارنده تخم از بندهای سینه‌ای دوم تا ششم در ماده است. هم چنین هنگامی که ماده‌ها بارور شوند، آن‌ها را می‌توان با نشانه کیسه‌های سیاه یا نارنجی رنگ تخم در سطح پهلویی بدن میان زواید حرکتی سینه‌ای به راحتی تشخیص داد.

نسبت جنسیتی در شرایط مختلف دمایی و در گونه‌های مختلف متفاوت است. برای مثال، Zielinski, 1998 گزارش می‌کند که در *Gammarus leopoliensis* تعداد ماده‌ها در کل طول سال از نرها بیش‌تر بوده است. کم‌ترین نسبت

جنس نر به ماده ۰/۱۵ در ماه ژانویه و میانگین کل سال تنها ۰/۳۱ بود. از سوی دیگر، نشان داده شده است که حرارت و دوره‌های نوری می‌تواند بر نسبت جنسیتی اثر بگذارد. در *G. duebeni* و با تاثیر کم‌تری *G. zaddachi* در شرایط روزهای بلندتر، تعداد نرهای بیش‌تری به وجود می‌آید و در شرایط روزهای کوتاه‌تر ماده‌های بیش‌تر. در دمای۱۵ درجه سانتیگراد و بلندی روز ۱۴-۱۳ساعتی تعداد نرها و ماده‌ها در جمعیت‌های اروپایی *G. duebeni* مساوی بوده است. جمعیت‌های کانادا و نیوفاندلند از همین گونه چنین تاثیری از دوره‌ی نوری را نشان نداد (Bulnheim, 1978).

دستگاه تولید مثل ساختمان ساده‌ای دارد. در بند سینه‌ای چهارم تا هفتم در حیوان نر یک جفت گناد استوانه‌ای شکل قرار دارد که انتهای آن کمی منبسط می‌شود و seminal vesicle را می‌سازد. ادامه این استوانه باز هم منبسط می‌شود و کانال کوچکی را به نام vassa defferentia بوجود می‌آورد که دیواره آن دارای ویژگی ترشحی است. سرانجام این مجرا از راه دو برجستگی به نام penis papilla به خارج بدن باز می‌شود که در خط میانی در بخش شکمی بند سینه‌ای هفتم قرار دارد (Fingerman, 1987; Schram, 1986; Sutcliffe, 1992).

در حیوان ماده نیز گنادها زوج است و بالای معده میانی در زیر قلب در بندهای سینه‌ای دوم تا هفتم قرار می‌گیرد. از قسمت میانه تخمدان مجرای تخم‌بر (oviduct) جدا می‌شود و در سطح شکمی basis در پنجمین جفت پای سینه‌ای به خارج باز می‌شود. دستگاه ماده علاوه بر این دارای یک بخش اضافی در بیرون از بدن برای نگه‌داری تخم‌های لقاح شده تا زمان تفریخ است. این قسمت اضافی از صفحه‌هایی به نام Oostegite ساخته می‌شود که در بندهای دوم تا ششم سینه‌ای قرار دارد. این اندام در ماده نابالغ یا ماده بالغی که آماده‌ی جفت‌گیری نیست، به شکل صفحه‌های باریکی است که به‌ترتیب روی سینه را می‌پوشاند. Oostegite از ویژگی‌های ثانویه جنس ماده‌هاست و با تاثیر "هورمون دایمی تخمدانی" ساخته می‌شود. در ماده‌ای که برای جفت‌گیری آماده می‌شود، با تاثیر هورمون دیگری به نام "هورمون موقتی تخمدانی" رشد می‌کند و سطح آن بزرگ‌تر می‌شود و هم زمان با آن تعداد زیادی پرز بلند بر لبه‌های آن می‌روید. این پرزها خمیده است و نحوه قرار گرفتن آن به گونه‌ای است که سطح کلی Oostegite را افزایش می‌دهد و آن را مقعر می‌کند، به‌طوری که فضایی در زیر آن ایجاد می‌شود. مجموع این Oostegiteها، دالانی در زیر سینه حیوان بوجود می‌آورد که تخم‌ها در آن رها می‌شود و تا زمان تفریخ شدن (hatch)

در آن می‌ماند. این فضای سراسری را brood pouch ,brood champer یا کیسه (marsupium) می‌نامند (Schram, 1986; Sutcliffe, 1992).

۳-۲-۱-جفت‌گیری

با آغاز فعالیت جنسی حیوان ماده و رسیدگی بافت تخمدان، هم‌چنان که آماده اولین پوست‌اندازی می‌شود فرآیندهای بیوشیمیایی و هورمونی بدن وارد عمل می‌شود تا همه جنبه‌های مختلف تولیدمثل را تنظیم و آغاز آن را تحریک کند. در چنین شرایطی حیوان ماده از نظر جنسی برای نرها جذب‌کننده می‌شود. هم‌زمان صفحه‌های Oostegite نیز شروع به رشد می‌کند. مشخص شده است که در گونه‌های *G. duebeni* و *G. pulex* ادرار حیوان ماده حاوی ماده شیمیایی خاصی است که جذب کننده نرهاست و احتمال داده شده است که این ماده هورمون پوست اندازی (ecdysone) باشد که مانند یک فرومون عمل می‌کند (Hammoud *et al.*, 1975; Ducruet, 1982). این هورمون، یا ماده احتمالی دیگری که ممکن است در این پدیده دخالت داشته باشد، در تماس بدنی با حیوان نر توسط گیرنده‌های شیمیایی روی شاخک دوم حیوان نر حس می‌شود (Dahl *et al.*, 1970; Hartnol and Smith, 1980; Borowski and Borowski, 1987). اگر چه گاماروس‌ها می‌توانند مواد شیمیایی دیگری را که در متابولیسم برخی بی‌مهرگان و نیز ماهی‌ها تولید می‌شود در مسافت‌هایی نسبت به خود در جریان آب حس کنند، این مساله مورد مناقشه است که گاماروس‌ها فرومون‌ها را نیز در فاصله‌ای دورتر در جریان آب حس کنند (Williams and Moore, 1985).

شکل ۲. جفت‌گیری (amplexus) در *گاماروس*

علاوه بر ecdysone احتمال می‌رود که فرومون دیگری نیز درکار باشد. این فرومون برای هر گونه ویژه است، تا بخصوص در زیست‌گاههایی که بیش از یک گونه از گاماروس‌ها در آن زندگی می‌کند، با کمک به تشخیص ماده‌های هم‌گونه از صرف انرژی بیهوده جلوگیری کند (Sutcliffe, 1992). با این حال، تشخیص گونه نیز صددرصد دقیق نیست و بندرت افرادی از دوگونه متفاوت لقاح انجام می‌دهند. البته در این موارد رشد تخم در ابتدای گاسترولا متوقف می‌ماند (Meijering, 1972; Kolding, 1986). تماس اتفاقی شاخک دوم حیوان نر با ماده‌ای که جلب‌کننده جنسی است، در ابتدا موجب تماس بیش‌تر و ارادی شاخک‌ها با بدن ماده می‌شود. سپس حیوان نر طی حرکات مفصلی در چند مرحله ماده را به کمک پاهای گناتوپود خود می‌گیرد و محکم نگه می‌دارد (شکل ۲). این مرحله که پیش‌لقاح (precopula) نامیده می‌شود بسته به شرایط مختلف از دو روز تا یک ماه ممکن است به طول بیانجامد. به طوری که به‌طور متوسط سه‌چهارم از وقت یک ماده بالغ در حال جفت بوده‌گی سپری می‌شود(DeMarch,1981). حیوان نر به‌طور کامل جهت حرکت جفت را در اختیار می‌گیرد. مهم‌ترین عامل در تعیین مدت زمان باقی ماندن در پیش‌لقاح حرارت محیط است. در حرارت‌های پایین‌تر این دوره طولانی‌تر است (Sutcliffe, 1992). این مرحله با پوست اندازی ماده به پایان می‌رسد.

پس از جدا شدن جفت‌ها، حیوان ماده اسکلت خارجی خود را می‌اندازد تا لقاح انجام گیرد. لقاح خارجی است و نر دوباره ماده را می‌گیرد و اسپرم‌هایش را از سطح شکمی حیوان ماده (به‌صورت رو در رو) در کیسه تخم خالی می‌کند (Zielinski, 1998; Masters, 1975). خروج اسپرم از پاپیلای لقاحی به همراه یک ماده چسبنده (viscous) انجام می‌شود. پاهای شکمی نر دسته‌های اسپرم را به طرف منفذ مجرای تخم‌بر (oviduct) هدایت می‌کند. عمل لقاح ممکن است چند بار به فاصله‌های ۳۰ دقیقه‌ای از هم تکرار شود (Sutcliffe, 1992).

فرآیند لقاح ۳-۲ ساعت پس از تخمک گذاری تکمیل می‌شود، بنابراین ویژگی جذب‌کنندگی در حیوان ماده تا مدت کوتاهی پس از لقاح باقی می‌ماند. در این مدت اگر نر دیگری او را لمس کند، امکان جفت‌گیری با ماده را خواهد داشت. البته در *Gammarus pulex* حدود ۹۰ درصد از تخمک‌های لقاح شده مربوط به اولین نر بوده است. بنابراین، نرهای بعدی بخت بسیار کمتری برای لقاح دادن اسپرم‌های خود دارند و این بخت در مواردی که نر اول مدت زمان بیش‌تری با ماده بماند، به صفر نزدیک می‌شود (Sutcliffe, 1992).

٤-۲-۱-تکوین جنینی

oocyteها از لحظه تشکیل پس از حدود دو چرخه پوست اندازی در ماده‌ی بالغ، رسیده و آماده تخمک‌گذاری می‌شود. مدت کوتاهی پس از لقاح تقسیم میتوز در تخم آغاز می‌شود. جنسیت تخم لقاح شده علاوه بر وجود کروموزوم‌های X و Y در گونه‌هایی مانند *Gammarus zaddachi*، *Gammarus duebeni* و *Gammarus pulex* با دستگاه چند عاملی متوازنی از ژن‌های جنسی آلیلی تعیین می‌شود که روی چندین جفت از کروموزوم‌ها قرار دارند (Bulnheim, 1972; 1978). تعداد تخمک‌ها معمولا با افزایش اندازه تخم‌دان و بدن ماده (بنابراین با افزایش سن و شمار پوست‌اندازی) افزایش می‌یابد (Sutcliffe, 1992 ،Poeckl, 1993).

دوره رشد و تکوین جنینی متفاوت است. در شرایط آزمایشگاهی تخم‌های لقاح یافته‌ی *Gammarus leopoliensis* پس از ۲۳-۱۹ روز به‌صورت نوزاد تفریخ می‌شدند(Zielinski, 1998). برای نمونه‌های *G. lacustris* در Big Island آلبرتا این مدت زمان در درجه حرارت۱۸ درجه سانتیگراد چهار هفته و در ۲۲ درجه سانتیگراد دو هفته بود (DeMarch,1981).

پژوهش‌های زیادی بر تکوین در *Gammarus pulex* انجام شده است. اولین تقسیم‌ها کامل است و چهار ماکرومر و چهار میکرومر تولید می‌کند. پس از این مرحله تقسیم سلولی هم‌زمان نیست، و پس از مرحله ۱۶ سلولی تسهیم تنها سطحی است. اولین چیزی که روی بلاستودرم تمایز می‌یابد، اندام پشتی است که ناحیه جلویی جنین را می‌سازد. سپس در این مرحله، گاسترولایی شدن بسرعت منجر به تمایز مزودرم ناپلیوسی، مزانِدودرم و سلول‌های زاینده نخستین (primary germ cell) می‌شود. تکوین به تمامی درون غشای تخم انجام می‌شود، و در زمان تفریخ یک نوزاد کاملا شکل‌گرفته از آن خارج می‌شود که همه اندام‌ها را در جای خود دارد. اگر چه در برخی از هایپریدها نوزاد در حالی تفریخ می‌شود که پای سینه‌ای هشتم آن کامل نیست (Schram, 1986).

این نوزادان یک هفته دیگر در کیسه تخم می‌مانند تا در زمانی که مادر یک بار دیگر اسکلت خود را می‌اندازد، از بدن او رها شوند (Masters, 1975). در گذر این زمان مادر جفت دیگری تشکیل داده و مرحله تخمک‌گذاری جدیدی را آغاز کرده بوده است. بنابراین، با این پوست‌اندازی علاوه بر رها شدن نوزادان، یک لقاح دیگر توسط نر دیگری انجام می‌شود که در دوره‌ی تکوینی جنین‌ها پیش‌لقاح دیگری با مادر تشکیل داده بود. ماده‌های

گونه‌های *Gammarus roeseli* و *Gammarus fossarum* پس از بلوغ ۸-۶ بار پوست اندازی می‌کنند، بنابراین توان تولید ۸-۶ دسته تخم را دارند (Poeckl, 1993).

تعداد زادآوری به حرارت آب نیز بستگی دارد. در آلبرتا، بالغ‌های *Gammarus lacustris* یک بار در تابستان تولید مثل می‌کنند و سپس می‌میرند (Menon, 1966). در محیط‌های طبیعی در مانیتوبا یک تا دو بار و در آزمایشگاه سه بار تخم تولید کردند (DeMarch,1981).

شکل ۳. مقایسه‌ی نوزاد، جوان و بالغ (از پایین به بالا) در جنس *گاماروس*.

تکوین جنین در آمفی‌پودها کامل است. بنابراین نوزادها به‌صورت کامل و به شکل بالغ (اما با اندازه بسیار کوچک) از کیسه تخم خارج می‌شوند، و اگرچه بازمانده‌ای ناقص از طرح تشکیل ناپلیوس در دوره جنینی به صورت تخم-ناپلیوس دیده می‌شود(Schram, 1986)، مرحله‌ی لاروی پس از خروج از تخم وجود ندارد (Newman, 2002). بسیاری از نوزادها پس از رها شدن و پوست‌اندازی مادر، دوباره به سوی او باز می‌گردند، با چنگال‌های گناتوپودهای خود به او می‌آویزند و در زیر بدن او پناه می‌گیرند (Zielinski, 1998; Masters, 1975).(شکل **۳**).

۱-٤-۲-۱-اندازه‌ی دسته‌ی تخم (Clutch size)

تعداد تخم رها شده در هر بار تولید مثل تنوع بسیار زیادی را در رابطه با شرایط و عوامل مختلفی مانند اندازه بدن و سن مادر، درجه حرارت آب، در دسترس بودن غذا و ویژگی‌های شیمیایی آب نشان می‌دهد. میزان بارآوری با اندازه بدن ماده نسبت مستقیمی دارد (Meliyan, 1991). هم چنین نشان داده شده است که اندازه‌ی زاد و رود (brood

size) رابطه محکمی با توده بدن مادر دارد (Glazier, 1999). بهترین دما برای تولید بیش‌ترین تخم در *Gammarus fossarum*، ۲۱/۱ درجه سانتیگراد و در *G. roeseli* ، ۱۶/۳ درجه سانتیگراد بوده است (Poeckl, 1993).

دسترسی به منابع غذایی نیز عامل مهم دیگری است که بر اندازه توده جنینی اثر می‌گذارد. در پایان پاییز و آغاز زمستان که حجم زیادی از برگ‌های مرده وارد اکوسیستم آبی می‌شود، مادرها درشت‌تر و چاق‌تر هستند و توده جنینی افزایش می‌یابد (Glazier, 1999). به همین دلیل نیز در تابستان (سپتامبر) با به حداقل رسیدن فراوانی غذا، زادآوری نیز به کم‌ترین مقدار خود می‌رسد (Poeckl, 1993).

کم‌ترین تعداد تخم گزارش شده ۲ عدد در *Gammarus fossarum* و بیش‌ترین آن در *Crangonyx pseudogracilis* با ۱۰۹ تخم در کیسه‌ی مارسوپیوم بوده است (Poeckl, 1993). این تعداد در خانواده گاماریدها به‌طور متوسط ۵۰ تخم گزارش شده است (Newman, 2002). جدول ۱ برخی گزارش‌ها را از تعداد تخم در کیسه مارسوپیوم در هر بار تولید مثل نشان می‌دهد.

جدول ۱ . تعداد تخم در کیسه‌ی مارسوپیوم در هر بار تولید مثل در برخی از گونه‌های آمفی‌پوده

گونه	اندازه‌ی clutch	میانگین	مرجع
Crangonyx pseudogracilis Bousfield	ماکزیمم ۸۶	۳۳	Hynes, 1955
Crangonyx pseudogracilis Bousfield	۹۳ و ۱۰۹ و ۴۵	–	Embody, 1911
Gammarns fossarum	۲–۵۹	۵–۶	Lehman, 1967
Gammarus pulex *Gammarus roeseli*	۸–۴۱	–	Heinze, 1932
G. roeseli	۶۸	–	Schulz, 1961
G. roeseli	۷–۸۷	۳۱ ۳۸	Poeckl, 1993
Echinogammarns berilloni Catta	ماکزیمم ۱۰۰	۲۹	Goedmaker, 1981
G. duebeni Lilljeborg	ماکزیمم ۸۱ ماکزیمم ۱۰۷	–	Kinne, 1953 Bulnheim, 1977
G. Zaddachi Sexton	ماکزیمم ۱۰۱	–	Kinne, 1961
G. tigrinns Sexton	ماکزیمم ۹۵	–	Chambers, 1977
G. komareki	ماکزیمم ۲۳	۶/۵۶	روشن، ۱۳۸۰
G. lacustris	ماکزیمم ۶۰	–	Bitte, 1969 Menon,1966

درتحقیق مفصلی که بر زادآوری *گاماروس*‌های گونه‌های *fossarum* و *roeseli* انجام شد، زادآوری بالقوه هر ماده در طول عمر خود به‌صورت نظری محاسبه شد. این مقادیر زادآوری برای *Gammarus fossarum* ۱۹۴ تخم و برای

Gammarus roeseli ۱۳۳ تخم بود. همین تحقیق با تقسیم چشمه‌های مورد مطالعه به سه نوع تابستان-سرد، تابستان-خنک و تابستان-گرم، پتانسیل نظری تولید مثل سالانه را برای ماده‌های با اندازه‌ی متوسط به تفکیک سه نوع زیستگاه محاسبه کرده است. نتایج در جدول ۲ می‌آید (Poeckl, 1993).

جدول۲) پتانسیل نظری تولید مثل سالانه (تعداد تخم) برای ماده‌های با اندازه‌ی متوسط در دو گونه از جنس *گاماروس*

	تابستان-سرد	تابستان-خنک	تابستان-گرم
Gammarus fossarum	۵۲	۱۳۸	۳۸۴
Gammarus roeseli	۳۲	۱۱۶	۱۲۷۷

۲-٤-۲-۱-درصد بقای تخم‌ها

مقادیرمذکور این جدول‌ها تنها نشان‌دهنده تخم‌های بارورشده در کیسه تخم است. بدیهی است که مانند همه زیندگان دیگر، در آمفی‌پودها نیز تمامی تخم‌ها نمی‌تواند با موفقیت تکوین یابد و به‌صورت نوزادهای کامل رها شود. درصد بقای تخم‌ها در گونه‌های جمعیت‌های مختلف متفاوت است. برای *Gammarus fossarum* میانگین بقای تخم‌ها در طبیعت ۶۵ درصد و در آزمایشگاه ۶۰ درصد گزارش شده است. در مورد *Gammarus roeseli* این دو عدد به‌ترتیب ۵۲ درصد و ۴۱ درصد بوده است(Poeckl, 1993). بقای تخم‌ها و تولید نوزاد تا حد زیادی به درجه حرارت محیط وابسته است. برای گونه‌های مختلف محدوده‌ی مناسب حرارتی متفاوت است. برای نمونه بیش‌ترین تعداد جنین‌های تفریخ شده به‌صورت نوزاد در *Gammarus fossarum* در ۱۲–۸ درجه سانتی‌گراد (۸۰ – ۷۰ درصد بقایافتگی) و در *Gammarus roeseli* در دمای ۱۶–۱۰ درجه سانتی‌گراد (۵۰–۴۰ درصد بقایافتگی) است. در حرارت‌های بالاتر و پایین‌تر مرگ‌ومیر جنین‌ها افزایش می‌یابد، به‌طوری که در ۲۶ درجه مرگ‌ومیر جنین‌ها در هر دو گونه صد در صد است.

۳-٤-۲-۱-بلوغ

نوزادان گاماریدها به‌طور متوسط به۷–۶ هفته زمان برای رسیدن به بلوغ نیاز دارند (Masters, 1975). این مدت بر اساس شرایط آب و هوایی ممکن است افزایش پیدا کند، و به دو ماه تا سه سال برسد (DeMarch,1981). *Gammarus*

roeseli در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد در ۸۵ روز و *G. fossarum* در ۷۴ روز (Poeckl, 1993)، و از سوی دیگر *Amplesia abdita* در حرارت ۲ درجه سانتیگراد در ۲۵ روز به بلوغ جنسی می‌رسند (Redmond *et al*., 1994).

۵-۲-۱-چرخه‌ی سالانه

فعالیت تولیدمثلی آمفی‌پودها در طبیعت جز در زمستان در تمام طول سال پیوسته جریان دارد (Zielinski, 1998؛ DeMarch,1981؛ Meliyan, 1991؛ روشن، ۱۳۸۰). اگر چه با ثابت نگه داشتن دما، نور و غذادهی در جمعیت‌هایی که در شرایط آزمایشگاهی نگه‌داری می‌شدند توقف زمستانی زادآوری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد که کاهش دما، کوتاهی روز و کاهش مقدار غذای دردسترس از عوامل اصلی توقف فعالیت تولیدمثلی باشد. از سوی دیگر، تولیدمثل با تثبیت نسبی درجه حرارت و طول روز در *Gammarus fossarum* آغاز شده است. اندازه مورد نیاز این دو عامل برای تحریک به آغاز تولیدمثل، اندازه‌های کم‌ترین آن‌هاست (Poeckl, 1993).

واضح است که تثبیت این شرایط در کم‌ترین اندازه‌ها (سردترین دمای آب و کوتاه‌ترین طول روز) نشانه‌ی آن است که فصل سرما رو به پایان دارد. بنابراین، مکانیسم‌های درونی بدن بکار می‌افتد تا جانور را برای زادآوری در آینده نزدیکی آماده کند که دوره کمبود نور و حرارت به پایان می‌رسد. اما در مجموع به نظر می‌رسد که بود و نبود و نیز طول دوره توقف تولید مثل در شرایط آب و هوایی و حرارتی، ارتفاع و سیستم‌های رودخانه‌ای مختلف متفاوت است.

دوره زندگی آمفی‌پودها با تغییرات اندک کم‌وبیش در حدود یک سال تا حداکثر ۲ سال است (Poeckl, 1993؛ Zielinski, 1998؛ روشن، ۱۳۸۰). به دلایل مشابه در جاهایی که فراوانی مواد غذایی محدودیت فصلی داشته باشد (مانند وارد شدن برگ‌های مرده درختان و فرآوری آن‌ها توسط میکروارگانیسم‌ها)، مقدار میانگین تلاش تولید مثلی (حاصل‌ضرب اندازه تخم‌ها در تعداد تخم‌ها در هر clutch یا دسته تخم) در پایان زمستان بیش از اندازه‌های تابستانی بود.

در برخی از گونه‌ها مانند *Gammarus leopoliensis* که طول عمر یک سال است، نوزادان از جولای (تیر) تا اکتبر(مهر) تفریخ می‌شوند و تا پایان زمستان و اوایل بهار به بلوغ می‌رسند (Zielinski, 1998). طول این دوره نیز بر اساس شرایط جغرافیایی و آب و هوایی در گونه‌ها و جمعیت‌های مختلف متفاوت است.

تعداد زادآوری در هر سال نیز تغییرات زیادی را نشان می‌دهد و تا حد زیادی به درجه حرارت آب وابسته است. در گونه *Gammarus lacustris* در آلبرتا (غرب کانادا) بالغ‌ها تنها یک بار در تابستان تولید مثل می‌کنند و سپس می‌میرند. اما در مانیتوبا (کانادا ، جنوب میانه) دوبار زادآوری در تابستان انجام می‌شود. همین جمعیت‌ها هنگامی که در شرایط۱۵ درجه سانتیگراد آزمایشگاهی نگهداری شدند سه دسته تخم را در پنج ماه از بهار و تابستان بوجود آوردند (DeMarch,1981).

۳-۱-اکولوژی

۱-۳-۱-زیست‌گاه

آمفی‌پودها در تقریبا تمامی انواع محیط‌های آبی دایمی زنده‌گی می‌کنند، اما در شرایط خشکی‌زی مطلق موفقیت کمتری نسبت به آیزوپودها داشته اند. عموما تمایل دارند که چندان به چشم نیایند. بخش اصلی بیومس (توده‌ی زنده‌ی) اجتماع را تشکیل می‌دهند و با رفتارهای پنهان کننده مانند فرورفتن در رسوبات، پنهان شدن در بازمانده‌های گیاهی یا جلبکی، هم‌سانی شکل بدن با محیط و ساختن خانه‌های محافظت کننده خود را پنهان می‌کنند. آمفی پود *Pleustes platypa* با تغییر طرز قرار گرفتن بدن و رنگ‌آمیزی آن به تقلید از شکم‌پای *Mitrella carinata* خود را به این شکم‌پا شبیه می‌کند (Schram, 1986 به نقل از Crane, 1969).

اگر چه در میان آمفی‌پودها، بخصوص انواع دریایی، گونه‌هایی‌یافت می‌شود که زندگی پلانکتونی دارند، اما گاماریدها اساسا کف‌زی اند (Barnes, 1987). با این حال، کف‌زی بودن آن‌ها بر خلاف کف‌زیان دیگری مانند نرم‌تنان به معنای بی‌حرکت یا کم‌حرکت بودن آن‌ها نیست، زیرا آمفی‌پودها راه می‌روند و بخوبی شنا می‌کنند. راه رفتن با پاهای سینه‌ای است، اما هنگام راه رفتن سریع پاهای شکمی نیز کمک می‌کند. نیروی اولیه رانش برای شروع شنا از ضربان ناگهانی و رو به عقب شکم تامین می‌شود و ادامه شنا با کمک پاهای شکمی و در برخی نیز با پاهای دمی است (Barnes, 1987).

گونه‌های مختلف آمفی‌پودها را در تقریبا تمامی انواع زیست‌گاههای آبی از چشمه‌ها، چشمه‌جویبارها، رودها ، آب‌گیرها و دریاچه‌ها، آب‌های زیرزمینی، خورها و دریاها می‌توان دید. این جانوران بیش‌تر در میان جلبک‌ها و سایر رستنی‌های کف، زیرسنگ‌ها و حفره‌های موجود در زمینه پناه می‌گیرند. بدین وسیله خود را از چشم شکارچی‌ها دور می‌کنند و فضایی برای عمل آوری غذا، جفت‌گیری و نگه داری فرزندان در اختیار می‌گیرند. به

همین دلیل است که طبیعت و شکل زمینه زیست‌گاه گونه‌های مختلف را از نظر انتخاب ریز-زیست‌گاه (microhabitat) بر اساس تفاوت‌های ریختی و رفتاری طبیعی میان آن‌ها جدا می‌کند (Aikins & Kikuchi, 2001). عمده فعالیت آن‌ها در شب انجام می‌شود. فعالیت شنا تقریبا ۱ ساعت پس از تاریکی بالاترین مقدار و کمی پیش از آغاز روشنایی کم‌ترین مقدار را دارد (Nelson, 1995). در دریاها و دریاچه‌ها در اعماق مختلف‌یافت می‌شوند، اما بیش‌تر در آب‌های کم‌تر از ۱۰ متر پراکنده اند.

گسترده شدن آن‌ها در یک زیست گاه آبی به سوی پایین دست (رانش، Drift) هر سه الگوی رفتاری، زمینه‌ای و فاجعه‌ای Catastrophic را نشان می‌دهد. در برخی گونه‌ها رانش فصلی است و در زمانی که سرعت جریان آب به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد حداکثر را نشان می‌دهد (بیش‌تر در مورد رانش زمینه‌ای). در برخی دیگر، به عکس، با سرعت جریان کم هم زمان است (بیش‌تر در موارد رفتاری). در *گاماروس*‌ها رانش پس از غروب و با تاریکی هوا افزایش می‌یابد و در شب‌ها به بیش‌ترین مقدار می‌رسد (Moss, 1998).

۲-۳-۱-شرایط محیطی

۱-۲-۳-۱-دما

یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده رشد و گسترش جمعیت‌های آمفی‌پودها، درجه حرارت محیط آبی است. حداکثر دمای قابل تحمل در مورد گونه‌های مختلف متفاوت است، اما برخی گونه‌های جنس *گاماروس* در دریاچه‌های یوتروفیک یا مزوتروفیک دمای ۲۰ درجه سانتیگراد (DeMarch,1981)، و در رودخانه‌ها دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (Poeckl, 1993) را تحمل می‌کردند. حداکثر آستانه قابل تحمل برای این جنس $۲۸^{o}C$ گزارش شده است (DeMarch,1981). از سوی دیگر، حداقل دمایی که گاماروس‌ها در زیست‌گاههای مختلف مشاهده شدند به ۰ درجه سانتیگراد (صفر درجه) رسیده است (Poeckl, 1993)، اگر چه سرعت شنا و فعالیت نسبی این جانوران با کاهش دما کم می‌شود. بخشی از علت این پدیده در ویژگی سطح غشاهای سلولی نهفته است، زیرا نشان داده شده است که ایجاد و هدایت پتانسیل عمل در رشته‌های عصبی با کاهش دما کندتر می‌شود (Lindstrom and Fortelius, 2001). دلیل دیگر این امر را می‌توان در تغییرات خاصیت چسبندگی آب جست و جو کرد. میزان چسبنده‌گی آب در ۳ درجه سانتیگرادحدود ۱۵۰ درصد مقداری است که در ۱۸ درجه دارد (Lindstrom and

Fortelius, 2001 به نقل از Macdonald and Wells, 1991). بدیهی است که هر چه جانور کوچک‌تر و ضعیف‌تر باشد، چسبندگی آب تاثیر بیش‌تری در حرکت آن دارد.

درجه حرارت پایین، دوره بلوغ را طولانی‌تر می‌کند (DeMarch,1981) و زمان جفت‌گیری و اندازه‌ی بارآوری را افزایش می‌دهد (Sutcliffe, 1992; Maranhao *et al.*, 2001). کاهش بیش‌تر دما سرانجام در محیط‌های طبیعی موجب توقف تولید مثل می‌شود (Poeckl, 1993). از سوی دیگر، زادآوری با افزایش دما در محدوده حداکثری هم کاهش می‌یابد (Poeckl, 1993)، اگر چه این کاهش زادآوری باکاهش غذای در دسترس نیز همراه است.

هم چنین در گونه‌های *Gammarus roeseli* و *Gammarus fossarum* درجه حرارت‌های پایین‌تر و بالاتر از ۱۶-۱۰ و ۱۲-۸ درجه سانتیگراد مرگ و میر جنین‌ها را افزایش می‌دهد، به‌طوری که در ۲۶ درجه سانتیگرادصددرصد جنین‌ها ازمیان می‌روند (Sutcliffe, 1992).

۲-۲-۳-۱-اکسیژن محلول

سطح اکسیژن در آب‌های پرسرعت به دلیل اثر shear turbulence (که طی آن آب با هوا مخلوط می‌شود) بالاست. اما در آب‌های کم‌سرعت نیز گاهی به دلیل فراوانی زندگی گیاهی ممکن است غلظت اکسیژن بالایی (روزهنگام) ثبت شود. عمق آب، ویژگی کف رود و فراوانی آبشارها نیز بر هوادهی اثر می‌گذارد. آب کم‌عمقی که از روی یک بستر سنگی می‌گذرد، اکسیژن بیش‌تری از آبی دارد که با همان سرعت می‌گذرد اما نیم‌متر عمیق‌تر است و بستر آن گلی است. اندازه غلظت اکسیژن اغلب نشان‌دهنده کیفیت آب‌های شیرین است. برای مثال، آلودگی فاضلاب سبب افزایش رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌شود که اکسیژن آب را مصرف می‌کنند و موجب مرگ حیات جانوری می‌شوند.

اکسیژن محلول اگر چه عامل مهمی در بقای آمفی‌پودهاست، اما دامنه تحمل آن در جمعیت‌ها ، گونه‌های مختلف و در شرایط متفاوت بسیار متغیر است. طبیعی است که با افزایش غلظت آن، وضعیت تنفس و در نتیجه متابولیسم و فعالیت جانور بهتر می‌شود. کاهش بحرانی اکسیژن موجب ازمیان‌رفتن جمعیت *گاماروس*‌ها می‌شود (Borgman, 1994)، به عنوان نمونه مرگ و میر آمفی‌پود *Corophium volutator* در محیط‌های کم‌اکسیژن (کم‌تر از ۳۰ در صد اشباع) افزایش معناداری را نشان داد (Eriksson, 1994). اما شرایطی نیز مشاهده شده است که آمفی‌پودها مقادیر کم اکسیژن را تحمل کرده اند، برای مثال DeMarch,1981 چال–آب‌های علف زاری را گزارش می‌کند که اکسیژن

محلول زمستانی آن‌ها در حالی که سطح آن کاملا یخ‌زده است، بسیار کم‌تر از آن است که ماهی‌ها دوام بیاورند، اما آمفی‌پودها در آن‌جا فراوان اند. اگرچه انواعی از آمفی‌پودها مانند *Niphargus rhenorhodan* که زندگی زیرزمینی دارد و نیز *Gammarus fossarum* به شرایط کم‌اکسیژن سازش پیدا کرده اند(Hervant *et al.*, 1995)، اما بیش‌تر آمفی‌پودها حساسیت بالایی را به مقدار اکسیژن محلول نشان داده اند. برای نمونه مرگ و میر آمفی‌پود *Corophium volutator* در محیط‌های کم‌اکسیژن (کم‌تر از ۳۰ درصد اشباع) افزایش شدیدی نشان داد(Eriksson and Weeks, 1994). در تحقیقی پیرامون جنس گاماروس حداقل میزان اکسیژن محلول در محیط طبیعی سرچشمه در طول تحقیق از ۳/۵mg/l کم‌تر نبود (روشن، ۱۳۸۰). علاوه بر همه این موارد، کاهش اکسیژن تا حدودی به‌تنهایی قابل تحمل است، اما هنگامی که با آلودگی مواد سمی یا غنی شدن آب با مواد آلی همراه باشد درجه تحمل آمفی‌پودها ناگهان کاهش می‌یابد. هم‌چنین Sutcliffe 1984 بیان می‌کند که در آب‌هایی که اکسیژن محلول آن بالاتر از محدوده‌ی پایین بحرانی باشد، حتا آلوده‌گی از نوع غنی‌شدن آب با مواد آلی اثری منفی بر جمعیت‌های گاماروس ندارد. هم‌ارز با همین یافته، Meijering 1991 نیز نشان داد که گاماروس‌ها با کاهش بحرانی اکسیژن به‌طور ناگهانی ناپدید می‌شوند و جوامع جانوری دیگر نیز به‌ناگهان تغییر می‌کند.

pH-۱-۳-۲-۳

پی‌اچ و محتوای یونی آب عامل تعیین کننده دیگری است که آن نیز مانند برخی از دیگر عوامل، محدوده وسیعی را از نظر درجه تحمل پذیری آمفی‌پودها نشان می‌دهد. یکی از مهم‌ترین نیازهای بدنی آمفی‌پودها (و همه‌ی سخت پوستان) برای ساخت اسکلت خارجی یون کلسیم است و pH پایین (اسیدی) جلوی جذب کلسیم را در بی‌مهرگان می‌گیرد و در نتیجه از رشد و پوست‌اندازی جانور جلوگیری می‌کند (Moss, 1998)، به‌طوری که خرچنگ‌ها در pH=۵/۳ و گونه *گاماروس* در pH کم‌تر از ۶ در رودخانه‌ها ناپدید می‌شوند (Moss, 1998). در پژوهش مستقل دیگری در ۳۰ دریاچه در امریکا نشان داده شد که در پنج دریاچه‌ای که pHهای ۵/۰۴-۵/۰۳ یا غلظت کلسیم کم‌تر از ۱/۲۴mg/l داشتند، آمفی‌پودها غایب بودند و در ۲۵ دریاچه دیگر حضور داشتند که pH آن‌ها بیش از ۶ و غلظت یون کلسیم آن‌ها بیش‌تر از ۱/۲۴ mg/l بود. هم‌چنین دیده شد که در زیست‌گاههایی که pH در اندازه‌ی ۵/۸ ثابت می‌ماند، جمعیت‌های آمفی پود *Hyalella azteca* از میان می‌رود (Grapentine and Rosenberg, 1992). به همین گونه، در بررسی دیگری دیده شد که تعداد گونه‌ها در یک زیست‌گاه آبی نیز به pH

وابستگی نشان داد، به‌طوری که ۴۸ درصد تغییرات آن‌ها تنها بر اثر pH بود. در این بررسی تغییر تعداد گاماروس‌ها در گونه *Gammarus pulex* به اندازه‌ی ۴۹/۳ درصد به دلیل pH، به اندازه۵۶/۲ درصد به دلیل pH و کلسیم با هم، و به اندازه‌ی ۶۱ درصد به دلیل مقدار pH، کلسیم و نیترات با هم بود (Moss, 1998). گونه *G. minus* نیز در چشمه‌های مرکزی پنسیلوانیا در محیط‌های آبی با pH کم‌تر از ۶ و هدایت الکتریکی کم‌تر از ۲۵ وجود نداشت وتراکم جمعیت‌های آن نسبت مستقیمی با pH، هدایت الکتریکی، و سایر متغیرهای شیمی آب وابسته به آن‌ها داشت (Glazier, 1998).

با این حال، تحقیقات دقیق نشان داد که اگر چه بود و نبود گاماروس‌ها به PH وابستگی نشان می‌دهد، اما در آن جا که گاماروس وجود دارد، pH تاثیری در بسیاری از شرایط بدن و برون‌ده تولیدمثلی ندارد، اگر چه در ماده‌های در حال زادآوری و جنین‌های در حال تکوین اثرهایی دیده شد (Glazier *et al.*, 1992). آزمایش‌هایی که با *G. minus* در رابطه با تاثیر شیمی آب در مرگ و میر انجام شد، نشان داد که این گونه توانایی سازگار شدن با آب‌های نرم و کمی اسیدی را دارد (Glazier, 1998). البته معلوم شده است که آب‌های نرم اسیدی جذب انرژی را در بدن جانور کاهش می‌دهد و این اثر از هر دو روش مستقیم (با تاثیر در مکانیسم‌های جذب انرژی) و نامستقیم (با تاثیر در کیفیت غذا) اعمال می‌شود. این اثر با افزایش نرخ تنفس نیز همراه است که به معنی سوختن بیش‌تر مواد غذایی است. کاهش جذب انرژی به همراه افزایش مقدار سوخت به معنی آن است که ا نرژی کم‌تری برای هزینه شدن در راه رشد و تولیدمثل باقی می‌ماند. در همین مورد دیده شد که اندازه ذخایر چربی بدن بخصوص درماده‌های درحال زادآوری، با قلیاییت و سختی کلسیم و منیزیم متناسب است. (Glazier *et al.*, 1992).

با وجود همه‌ی شواهد بالا، نمی‌توان عمومیتی را در این زمینه به دست آورد، زیرا درمثال‌هایی نشان داده می‌شود که برخی از گونه‌ها وابستگی زیادی به سختی آب و pH نشان نمی‌دهند، از جمله *Gammarus lacustris* که در آب‌های نرم دریاچه‌های قطبی، و نیز در آب‌های نرم آزمایشگاه به خوبی رشد کرده است (DeMarch,1981).

٤-۲-۳-۱-جریان

جریان آب مهم‌ترین عامل مکانیکی محیطی برای آب‌زیان است. از سوی دیگر، حرکت آب حاملی برای عوامل محیطی دیگر مانند گازهای محلول و مواد ته‌نشین شده است و بدین‌ترتیب با فراهم کردن جریانی دایمی از اکسیژن و مواد غذایی برای تغذیه و تنفس جانور، عامل تنظیمی مهمی برای رشد و بقای جانوران بشمار می‌رود.

سرعت زیاد جریان آب برای گونه‌هایی که زندگی آزاد (در مقابل چسبیده) دارند به دلیل وارد کردن کشش مکانیکی تنش‌آور است. آزمایش‌های دقیق آزمایشگاهی نشان می‌دهد که در مورد آمفی پود *Melita setiflagella* بیش‌تر افراد، جاهای کم جریان و میان سرعت را به جاهای پرسرعت ترجیح می‌دهند. در مشاهده‌های صحرایی نیز دیده شد که تراکم بیش‌تر گونه‌ها در ایستگاه‌های پرسرعت کم‌تر از ایستگاه‌های کم سرعت است (Aikins and Kikuchi, 2001). اگر چه جانورانی که مانند آمفی‌پودها زواید چنگالی دارند می‌توانند با نگه‌داشتن محکم جلبک‌ها جای‌گاه خود را تا حدودی حفظ کنند و نسبت به آن‌ها که چنین ویژگی را ندارند، برتری یابند، اما بدیهی است که این عمل با صرف انرژی همراه است و جانور زیستگاهی را ترجیح می‌دهد که در آن مجبور به تحمل چنین هزینه‌ای نباشد. از سوی دیگر، در جاهایی که سرعت جریان پایین است، مقدار رسوب گل و لای بیش‌تر است و این مساله برای گونه‌هایی امتیاز مثبتی است که سازش‌های ویژه‌ای برای بقا در این محیط‌ها و تغذیه و پناه‌گیری در مواد آلی رسوب کرده به همراه گل و لای دارند.

٤-١-کاربردها

آمفی‌پودها از حساس‌ترین موجودات نسبت به آلودگی محیط خود هستند، زیرا ساختار و فیزیولوژی بدن آن‌ها به گونه‌ای است که بسیاری از مواد سمی و آلوده‌کننده را براحتی و بسرعت جذب می‌کند، به‌طوری که گونه‌های مختلف آن در آزمون‌های سنجش آلودگی به‌صورت شناساگر زیستی (Bio-indicator یا Bio-monitor) بخصوص در رسوبات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Amyot, *et al.*, 1994; Amyot *et al.*, 1991) و نیز نقشی که انواع موش‌ها در آزمایش‌های فیزیولوژیک به‌عنوان موجود آزمایشی بر عهده دارند، در تحقیقات سمیت‌شناسی تا حد زیادی بر عهده‌ی آمفی‌پودهاست (Thuren and Woin, 1991).

انواع متنوعی از مواد سمی و آلوده‌کننده‌ی آلی و غیرآلی مورد بررسی قرار گرفته و تاثیر مخرب آن‌ها در جنبه‌های مختلف زیستی آمفی‌پودها به اثبات رسیده است که در نهایت به افزایش مرگ‌ومیر (با استفاده از معیار LD_{50}) منجر می‌شود. این تاثیر گاهی بحدی است که با ازمیان رفتن کامل یا نسبی جمعیت آمفی‌پودها، تغذیه‌ی ماهی‌ها وبخصوص بچه‌ماهی‌ها در یک اکوسیستم آبی با تهدید جدی مواجه شده است (Nelson, 1995). تعداد پژوهش‌ها و مقاله‌های منتشر شده درمورد این تاثیرها، در آزمایشگاه و در محیط، بی شمار است و در این جا می‌توان تنها فهرست‌وار به پژوهش‌هایی که در مورد تاثیر آلوده‌کننده‌هایی چون آمونیاک، DDT و مشتقات آن،

فلزات سنگین ازجمله مس، روی، کادمیوم، کرومیوم، ارسنیک، جیوه و نقره، هیدروکربن‌های کلردار و اکروماتیک (مانند Dimethylnaphthalene) و آروماتیک چند حلقه‌ای، سم Dieldrin، انواع آفت‌کش‌ها، بخش‌های محلول در آب سوخت دیزل و Phthalateها (که حدود ۲ میلیون تن از آن در سال به‌صورت ماده افزودنی در تولید پلاستیک مصرف می‌شود)، بر تراکم جمعیت در جنس‌ها و گونه‌های مختلف آمفی‌پودها از جمله *Gammarus pulex*، جنس *Diporeia*، *Corophium insidiosum*، *Elasmopus bampo*، *Rhepoxinus abronius*، *Pontoporeia hoyi*، *Allorchestes compressa*، *Gammarus kischineffensis*، *Eohaustorius estuarius*، و *Hyalella azteca* انجام شده است اشاره کرد (Melyian, 1991؛ Borgman, 1994؛ Swarts *et al.*, 1994؛ Mound *et al.* 1992؛ Hoke *et al.*, 1994؛ Reish, 1993؛ Thuren and Woin, 1991؛ Roddie *et al.*, 1992؛ Landrum *et al.*, 1991؛ Ahsanullah and Williams, 1991؛ Landrum *et al.*, 1989؛ Plesha *et al.*, 1988).

دریک پژوهش در منطقه‌ای از انگلستان که مزارع بزرگ تولید رازیانه آبی درآن وجود دارد و برای کنترل آفت‌های ریسه این گیاه از مقادیر زیادی نمک‌های روی استفاده می‌شود، مشاهده شد که این نمک‌ها به‌صورت محلول و ذره‌های معلق وارد آب شده و آمفی‌پود *Gammarus pulex* را تا کیلومترها دورتر از محل تخلیه‌ی آب مزارع به داخل رودخانه، به‌صورت انتخابی حذف کرده است (Roddie *et al.*, 1992).

در غلظت‌های کم‌تر از حد کشنده مواد سمی نیز تاثیرهای زیستی آن‌ها در جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و رفتار آمفی‌پودها بررسی شده است. برای مثال، کادمیوم، کرومیوم، مس و روی، متوسط وزن و بیومس آمفی‌پودها را کاهش داده است (Ahsanullah and Williams, 1991)، آمونیاک حتی در غلظت‌های پایینی در حد ۰/۳۲ mM سبب کاهش تولید مثل شده است (Borgman, 1994)، فلز مس تولید تخم و نرخ موفقیت تولید مثلی را کم کرده است (Eriksson and Weeks, 1994)، آفت‌کش‌هایی مانند Eptam، Propicanazol، و Lindane بر فرآیند جفت شدن، جفت‌گیری، لقاح و تخم‌گذاری در کیسه (مارسوپیوم) و اسپرم‌ریزی (Melyian, 1991) و نیز بر پاسخ تغذیه‌ای بخصوص در نوزادان (Blockwell *et al.*, 1998) اثر گذاشته است و phthalmateها به فعالیت حرکتی آسیب رساندند (Thuren and Woin, 1991).

تأثیر این مواد به عوامل مختلفی بستگی دارد و از مسیرهای متفاوتی صورت می‌گیرد. یکی از این مسیرها افزایش نرخ تنفس بافتی بر اثر جذب این مواد است (Kierstead and Baerlocher, 1989). افزایش نرخ تنفس به معنی افزایش سوخت در بدن نسبت به میزان ساخت و در نتیجه کاهش رشد است.

یکی دیگر از عوامل موثر در تاثیر پذیری از مواد آلوده‌کننده و سمی، ماهیت ماده شیمیایی، و ویژگی پوست و غشاهای محافظتی آمفی‌پودهاست که سرعت جذب آن ماده بخصوص را تعیین می‌کند. نفوذپذیری کوتیکول و روش زندگی آمفی‌پودها از تعیین کننده‌ترین عوامل است (Rainbow and White, 1989). همین عوامل موجب می‌شود که نوزادان آمفی‌پودها حساسیت بسیار بیش‌تری نسبت به آلوده‌گرها ،حتی مقادیری که برای دیگر موجودات خطر کمتری دارد، داشته باشند (Amyot, *et al.*, 1994؛ Blockwell *et al.*, 1998). با افزایش غلظت یک آلوده‌گر، ترکیب نسبی جمعیت در جهت کاهش تعداد نوزادان تغییر می‌کند (Mound *et al.* 1992). درهمین سو، در مقایسه‌ای میان نرهای بالغ جنسی و ماده‌ها در مراحل مختلف تولید مثلی، دیده شد که ماده‌های بدون تخم یا دارای تخم‌های لقاح‌نیافته یا دارای تخمِ در مرحله جنینیِ ۱، حدود ۱۳ برابر و ماده‌های دارای تخم در مراحل جنینیِ ۶-۲، حدود دو برابر نرهای بالغ حساسیت نشان دادند. این تفاوت میان حساسیت‌ها با تفاوت در مراحل چرخه‌های پوست اندازی همراه بود و به کمک آن تفسیر شد (McCahon and Pascoe, 1988)، زیرا در این دوره کوتیکول می‌افتد تا دوباره بتدریج ساخته شود و طی این روند میزان نفوذپذیری پوست بدن بشدت دچار افزایش می‌شود.

از آن‌جا ییکه آمفی‌پودها در میانه زنجیره غذایی تبدیل مواد آلی موجود در رسوبات و انتقال آن‌ها به مصرف کننده‌های بالاتر قرار دارند، آلودگی آن‌ها به مواد سمی به آسیب‌های فردی و جمعیتی خود آن‌ها ختم نمی شود و بسیاری از مواد آلوده و سمی از راه خوردن آن‌ها به ماهی‌ها و پرندگان (Rainbow, 1989) و چه بسا انسان منتقل خواهد شد.

۵-۱-جغرافیای زیستی و تکامل

اگر چه اولین فسیل‌های این گروه از دوران Eocene بدست آمده است، اما تحلیل‌های تکاملی منشا احتمالی آن را از انتهای پالیوزوییک نشان می‌دهد. از نظر انتشار جهانی، به نظر نمی رسد که عامل غذا (به دلیل انعطاف‌پذیری تغذیه‌ای آن‌ها) عامل محدود کننده‌ای باشد. در برخی موارد (چنان که پیش‌تر نشان داده شد) دما نقش مهمی برای بعضی گروههاا دارد. برای نمونه گاماریدها به شرایط سرد سازش‌یافته اند و بنابراین از نظرترجیح دمای سرد و

مناطق شمالی مورد توجه قرار گرفته اند (Schram, 1986 به نقل از Barnard, 1976). اگر چه در بسیاری از موارد، حوادث اتفاقی و ناگهانی نیز نقش مهمی در توضیح انتشار آمفی‌پودها دارد. به هر حال بخوبی مشخص شده است که هر دوطرح vicariance و dispersal در برقراری تاکسون‌های آمفی‌پودها نقش داشته است. برخی از طرح‌های منحصر بفرد انتشار، نشان‌دهنده مسایل ویژه مخصوص به این گروه است. برای نمونه، یک توده گونه‌ای (species swarm) در آبگیرهای دریاچه‌های جدا مانده‌ای مانند تیتیکاکا و بایکال (Lake Titicaca و Lake Baikal) دیده شده است. Bazikalova, 1945 (نقل از Schram, 1986) حدود ۳۰۰ گونه از بیش از ۴۰ جنس از آمفی‌پودها را در دریاچه بایکال تشخیص داد، که تقریبا۲۵ درصد فون آمفی‌پودهای آب شیرین جهان را شامل می‌شود. انتشار بسیار وسیع جنس *Ingolfiella* نیز از اعماق دریا در Greenland تا ۲۰۰۰ متری در کوه‌های آند دیده می‌شود (اگر چه Karaman,1959 احساس کرد که این جنس باید به ۴ جنس شکسته شود). در هر صورت، توده‌های گونه‌یی آمفی‌پودها و انتشار فراگیر زمانی و مکانی آن‌ها برای مطالعه و درک سازوکارهای تکاملی اهمیت بسیاری دارد.

٦-١-تاکسونومی

گاماریدها (اعضای خانواده‌ی GAMMARIDAE)، جانورانی از شاخه‌ی بندپایان، زیرشاخه سخت‌پوستان، رده مالاکواستراکا، فوق رده پراکاریدا و راسته دوجورپایان (AMPHIPODA) هستند (Barnes, 1987). این راسته حدود ۶۰۰۰ گونه را شامل می‌شود که آن‌ها را در چندین زیرراسته و خانواده جای داده است، از جمله زیرراسته GAMMARIDEA، که این زیرراسته نیز شامل چند فوق‌خانواده از جمله فوق خانواده GAMMAROIDEA، و آن نیز به نوبه‌ی خود در بردارنده چند خانواده، که خانواده GAMMARIDAE از جمله آنان است .(Schram, 1986)

Fabricius در سال ۱۷۷۵ جنس *Gammarus* را با *Cancer pulex* Linnaeus, 1758 به عنوان یک گونه‌ی تایپ برقرار کرد. در ۱۹۲۸، از سوی **کمیسیون بین‌المللی نام‌گذاری‌های جانورشناسی** نام ژنریک *Gammarus* با شماره **۴۹۳** در فهرست رسمی نام‌های ژنریک جانورشناسی قرار گرفت. تا مدت‌ها گونه‌های دریایی و آب شیرینِ شبیه‌به‌گاماروس در یک جنس قرار داده می‌شد، عقیده‌ای که هنوز بسیاری از نویسندگان از آن حمایت می‌کنند. عده دیگری معتقد شدند که این دو گروه باید در دو جنس جدا قرار داده شود. هم‌اکنون پس از دوره‌های طولانیِ تقسیم‌بندی‌ها و نام‌گذاری‌های متعدد، به نظر می‌رسد که درست‌ترین نام برای جنسِ گونه‌های آب شیرین همان *Gammarus* است (Schram, 1986).

SubS Subphylum Crustacea

Class Malacostraca

Superorder Peracarida

Order Amphipoda

Suborder Gammaridea

Superfamily Gammaroidea

Family Gammaridae

Genus *Gammarus*

رده بندی گاماریدها (برگرفته از Barnes, 1987 و Shram, 1986)

در میان جنس‌های مختلف دوجورپایان جنس *Gammarus* شاید بیش‌ترین تعداد از تاکسون‌های آب‌شیرین سطح‌زی (epigean، در برابر تاکسون‌های زیرِ زمینی، hypogean) را داشته باشد. نخستین اعضای این جنس در دوران لینه، حدود ۲۰۰ سال پیش توصیف شدند. در دوره‌های بعدی شمار بسیاری از گونه‌های مختلف به جنس گاماروس اضافه شد که بسیاری از آنان هم اکنون در جنس‌های دیگر قرار داده شده است.

در نیمه دوم قرن ۱۹ و قرن بیستم، بسیاری از گونه‌هایی که به جنس *گاماروس* نسبت داده شده بود به درون جنس‌های نو جابه‌جا شد. با این حال، تا این هنگام جنس *Gammarus* به‌طور رضایت‌بخشی تعریف نشده و تاکسونومی گونه‌های مختلف در این جنس بخصوص برای انواع آب شیرین، هنوز بدرستی جا نیافتاده است.

به دلیل تنوع پذیری بیش‌ازاندازه از سویی، و داشتن ویژگی‌های هم‌گرا (convergent) از سوی دیگر، تا مدت‌ها گمان می‌رفت که تنها تعداد محدودی از گونه‌های بسیار متنوع *Gammarus* در اروپا و بخش‌های مجاور از آسیا و افریقا وجود دارد. آزمایش‌های دورگه‌گیری در کنار بررسی‌های دقیق پیرامون تنوع، پراکنش و اکولوژی جمعیت‌های مختلفی که از نظر ریختی متفاوت اند نشان داد که شمار بسیاری از گونه‌های بدون میان‌زادآوری (inter-sterile) *گاماروس* در آب‌های درونی منطقه‌ی بررسی‌شده وجود دارد.

برای یک‌پارچه کردن تاکسونومی گونه‌های آب شیرین جنس *گاماروس* Karaman و Pinkster تصمیم گرفتند که آن‌ها را در منطقه‌مذکور با استفاده از معیارهای تاکسونومیک مشابه بررسی کنند. مطالعه بر اساس مواد موجود در همه مجموعه‌های مهم اروپا و مواد غنی انجام شد که Pinkster جمع‌آوری کرده بود.

با این همه در مورد چگونگی طبقه‌بندی کردن آمفی‌پودها، تفاهم کامل وجود ندارد. در حالت حداکثری گفته می‌شود که همه آن‌ها را می‌توان در یک تاکسون GAMMAMRIDEA جمع کرد، چیزی که عملا با مفهوم آمفی‌پودها یکی می‌شود. یک دیدگاه منطقی‌تر که امروزه حمایت بیش‌تری از آن می‌شود، تشخیص چهار گروه اصلی است که سه تای آن‌ها کم‌ترین بحث‌ها را برانگیخته اند: CAPRELLIDEA، HYPERIIDEA و NGOLFIELLIDEA. اما GAMMARIDEA موضوع مناقشه‌های فراوان است (برای مثال، در Bousfield, 1978 و Barnard and Karaman, 1980) به‌طوری که حتی هیچ تفاهمی بر آرایش خانواده‌ها و فوق‌خانواده‌های آن (حتی گاهی درون یک مقاله) وجود ندارد (Barnard and Karaman, 1983).

Bousfield و همکاران او اساسا کار تاکسونومی را با روش‌های فنتیک (استفاده از میانگین‌های عددی برای گروه بندی تاکسون‌ها) انجام داده اند. چنین دیدگاهی در بهترین حالت یک "تخمین اولیه" از روابط به دست می‌دهد. این روش در همان حال که می‌کوشد ویژگی‌های پیشرفته را از ابتدایی تشخیص دهد، گروه بندی تاکسونومیک بالاتری را ایجاد می‌کند که آن ویژه‌گی‌ها در دسته (rank) خود استثناهایی نسبت به ویژگی‌های تعیین کننده دارند. در حال حاضر، تنها معدودی از صاحب نظران نگریستن به زمینه ویژگی‌ها (Character matrices) را با در نظر گرفتن شرایط طرح پایه‌ای بدن با استفاده از روش‌های ثابت و مشخص کلادیستیک آغاز کرده اند. به نظر می‌رسد که پس از زمان‌های طولانی، تنها با تحلیلی که نخست طبیعی باشد و سپس فرض‌های اساسی آن آشکار باشد، امید به ایجاد طبقه‌بندی از آمفی‌پودها ممکن خواهد بود.

طبیعت سست و ناپایدار تاکسونومی آمفی‌پودها در تراز گونه با یافته‌های Pinkster (1983) در بخشی از گروه *Gammarus pulex* نشان داده شده است، او گونه‌یی را توصیف کرد که نمی‌شد آن را بدرستی تشخیص داد: *G. stupendus* را نمی‌توان با استفاده از معیارهای معمولی کلیدها شناسایی کرد، زیرا به نظر می‌رسید که چند ریختی مشخص در این تاکسون وجود سه گونه را نشان می‌دهد، در حالی که آزمایش‌های دورگه سازی (hybrid experiments) آشکار کرد که سه تایپ تشخیص داده شده هم‌گونه اند. به علاوه، *G. stupendus* را به دلیل تنوع‌های گسترده آن نمی‌توان از گونه‌ها همسایه جغرافیایی آن *G. fossarum* و *G. iberica* تشخیص داد، اگر چه نمی‌توان از آن‌ها دورگه نیز گرفت.

۷-۱-سابقه‌ی تحقیق در منطقه و ایران

اگر چه حجم عظیمی از منابع علمی در مورد سیستماتیک آمفی‌پودهای آب شیرین در جهان وجود دارد، بخش عمده‌ای از آن به امریکای شمالی و اروپا اختصاص دارد و برای شناسایی سیستماتیک آمفی‌پودها در منطقه آسیا کارهای پراکنده‌ای صورت گرفته است. عمده این کارها توسط S. Karaman در دهه‌های نخستین سده بیستم و سپس G. karaman ، Stock (موزه‌ی آمستردام هلند)، S. Ruffo (موزه‌ی تاریخ طبیعی ورونا ، ایتالیا) و N.J. Alouf بوده است. برای نمونه می‌توان به کارهای Alouf در معرفی و توصیف دو گونه جدید *Gammarus oronticus* و *G. laticoxalis libanicus* (هر دو از گروه *G. pulex*) و اطلاعاتی جدید از *G. syriacus* Chevreux از لبنان (Alouf, 1979) ، توصیف سه گونه آب شیرین از جنس *Echinogammarus* از بیروت وتریپولی (Alouf. 1979)، کارهای متعدد Ruffo پیرامون آمفی‌پودهای سومالی، سودان، مصر و فلسطین (Ruffo, 1963; 1970;1982a,b;1984) به نقل از Stock *et al.*, 1998) و ماداگاسکار و ایران (Ruffo, 1979) ، کارهای متعدد S. Karaman در مورد آمفی‌پودهای اروپای شرقی (S. Karaman, 1929)، آمفی‌پودهای زیرزمینی آسیا (S. Karaman, 1934) و بالکان (Karaman & Karaman 1959)، و مجموعه کلیدهای شناسایی G. Karaman برای اروپا، شمال افریقا و نواحی مجاور (Karaman, G. S. & S. Pinkster, 1977a, b) اشاره کرد. این محققان و نیز محققان دیگری در سوی دیگر، قاره کارهای مفصلی برای شناسایی فون آمفی‌پودهای آب شیرین در ژاپن و چین (Karaman, G. and B. Sket, 1990) انجام داده اند. در شمال آسیا نیز کارهای مفصلی بر فون بسیار غنی آمفی‌پودهای دریاچه بایکال و خزر صورت گرفته است (Berstein, 1938 ; 1945a,b). مجموعه این مقاله‌ها و مقاله‌های بسیارِ دیگر در مرورهای باارزش Karaman and Barnard, 1979 و Barnard and Barnard, 1983جمع آوری شده است. اما آن‌چنان که ملاحظه شد، منطقه‌ی میان لبنان و سوریه در غرب تا چین در شرق از نظر نوشته‌های علمیِ فون آمفی‌پودها بسیار فقیر است و کلیدهای کلی تهیه شده در اروپا و امریکا نیز از آن‌جا که بدون درنظر گرفتن نمونه‌های منطقه مذکور تهیه شده است، برای شناسایی فون این منطقه چندان مفید و کافی نیست.

نمونه‌برداری و شناسایی دقیق آمفی‌پودهای ایران در اندازه باز هم محدودتری بوده است، به‌طوری که در سطح مقاله‌های ثبت شده مجلات جهان تنها به S. Karaman, 1934 روی نمونه‌یی از آمفی‌پودهای زیرزمینی، Birstein, 1945 با کارهای محدودی در مناطق ترکمنی ایران، G. Karaman, 1969 با معرفی گونه *Gammarus komareki* از

کوه‌های سبلان در نزدیکی اردبیل، S. Ruffo با شناسایی یک نمونه آمفی‌پود بدون‌چشم زیرزمینی در شهرکرد اصفهان، و Pesce *et al.*, 1982 (باز هم) با نمونه‌هایی از آمفی‌پودهای زیرزمینی ختم می‌شود. در سال‌های اخیر حرکتی در جهت جمع‌آوری و شناسایی نمونه‌های آمفی‌پود ایران با هدایت J. H. Stock و با همکاری دکتر بهرام کیابی از دانشگاه شهید بهشتی و دانشجویان ایشان، از جمله آقای ا. ر. میرزاجانی محقق مرکز تحقیقات شیلاتی گیلان انجام گرفت. در این پژوهش از ۳۸ نقطه از آب‌های داخلی و ساحلی دریای خزر نمونه‌برداری شده، اگرچه بیش‌تر مناطق شمالی و شمال غربی کشور تا شازند اراک و شیخ‌میری لرستان را شامل می‌شود، به‌طوری که از این نقطه به طرف جنوب و شرق تنها دو نمونه از استان فارس (پارک ملی بمو و دریاچه پریشان) ویک نمونه از یاسوج برداشته شده است. در این تحقیق، ۲۹ گونه معرفی شد که ۹ گونه آن گونه جدید و بقیه جدید برای ایران بوده است. بر همین اساس، Stock (که در سال ۱۹۹۷، یک سال پیش از انتشار مقاله درگذشت) یک کلید شناسایی برای آمفی‌پودهای آب‌های جاری و نیمه شور (brackish water) ایران تهیه کرد (Stock *et al.*, 1998).

بررسی‌ها و نمونه‌برداری‌های نگارنده در سال ۱۳۷۷ که با هدف انتخاب یک گونه مناسب از سخت‌پوستان به‌منظور انجام آزمایش‌های کشت و پرورش انبوه برای استفاده در صنعت آب‌زی‌پروری صورت گرفت، نشان داد که اولا در منطقه‌ی پارک ملی بمو که یکی از محل‌های نمونه‌برداری تیم پروفسور Stock بود، دیگر هیچ نمونه زنده‌یی از آمفی‌پودها وجود ندارد. دوم، بررسی برخی نمونه‌های موزه جانورشناسی بخش زیست شناسی دانشگاه شیراز از پارک ملی بمو نشان داد که این نمونه دارای تفاوت‌های مهمی با توصیف Stock از گونه‌ای است که ایشان از همین محل به نام*Gammarus Crinicaudatus* معرفی کرده اند. سوم، نمونه‌برداری از بخش‌های بالایی حوضه آب‌ریز رودخانه کر (که در گزارش Stock به اشتباه حوضه آب ریز رود کارون ثبت شده است) نیز نشان داد که این نمونه‌ها نیز تفاوت‌های اساسی با توصیف مذکور دارد (پارک ملی بمو در این حوضه آب‌ریز قرار دارد). این تفاوت در نمونه‌های برداشته شده از چشمه،جویبارهای اطراف دریاچه پریشان نیز با توصیفات مربوط به گونه *Gammarus komareki* گزارش شده از همان محل وجود داشت. بنابراین، چنین به نظر رسید که ضمن ادای احترام و بزرگداشت تحقیق انجام شده توسط تیم پروفسور Stock، تعداد نمونه‌برداری و نیز تعداد نمونه‌ها در هر نمونه‌برداری برای قضاوت درباره فون گروه گسترده و متنوعی هم‌چون آمفی‌پودهای ایران و نیز استان فارس کافی نبوده است و البته بدیهی است که انجام چنین کار بزرگی بر گروهی از جانوران که به تاکید همه متخصصان

جهانی از دشوارترین گروهها برای کار تاکسونومیک است، آن هم در گستره جغرافیایی وسیعی چون ایران، با تنوع‌های اقلیمی بسیار زیاد و سدهای جغرافیایی بزرگی هم‌چون دو رشته کوه سراسری البرز و زاگرس، در یک طرح پژوهشی ممکن نیست. به همین دلیل، انجام یک طرح تحقیقاتی برای بررسی پراکنش، شناسایی و بررسی بیولوژی آمفی‌پودهای استان فارس پیشنهاد شد. در همین سال‌ها، دکتر علیرضا ساری از بخش زیست شناسی دانشگاه تهران با تخصص بر برخی سخت‌پوستان نیز تمرکز فعالیت‌های پژوهشی خود را بر آمفی‌پودهای ایران قرار داد، و چندین پروژه دانشجویی بر سیستماتیک و بیولوژی آمفی‌پودها در برخی از استان‌های کشور مانند اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد، کرمان، مرکزی و قم به اجرا رساند که امید است با انتشار آن‌ها بر غنای مدارک علمی آمفی‌پودهای ایران افزوده شود و با جمع‌آوری اطلاعات از سراسر کشور، تهیه کلید کاملی برای شناسایی آمفی‌پودهای ایران میسر شود.

هدف از اجرای این پژوهش علاوه بر شناخت زیست‌گاههای جمعیت‌های آمفی‌پودهای استان فارس و تهیه نقشه پراکنش آن‌ها، شناسایی جایگاه تاکسونومیک این جمعیت‌ها تا تراز گونه، و بررسی برخی ویژگی‌های اکولوژیک و زیستی آن‌هاست.

۲-مواد و روشها

۱-۲-حوضه‌های آب‌ریز استان فارس

استان فارس در محدوده جغرافیایی "۴۳ '۳۱ و "۱۴'۵۲ در شمال تا "۰۶ '۲۷ و "۲۴'۵۳ در جنوب، و"۵۱'۲۷ و "۳۸'۵۵ در شرق تا "۰۹'۳۰ و "۳۳'۵۰ در غرب قرار دارد. بخش بزرگی از استان فارس در محدوده رشته‌کوه‌های زاگرس است، بنابراین منطقه وسیعی از استان کوهستانی است که رشته‌کوه‌هایی با درازای بسیار از میان آن می‌گذرد. این مسئله سبب شده است که سطح استان با دیواره‌های بلندی از هم جدا شود و حوضه‌های آب‌ریز مختلفی را پدید آورد. وجود این رشته‌کوه‌ها علاوه بر برقراری جدایی جغرافیایی میان بخش‌های مختلف استان، گستره گوناگونی از شرایط اکولوژیک را نیز ایجاد کرده است، به طوری که از مرتفع‌ترین نواحی در شمال غربی استان تا پست‌ترین نواحی در جنوب شرقی، طیفی از تغییرات اقلیمی بویژه دما و شوری آب‌ها را می‌توان دید. هم‌چنین در درون هر حوضه نیز بخش‌هایی به‌صورت جدا شده نسبی یا موقتی (زیر حوضه)بوجود آمده است. منابع مختلفی که حوضه‌ها و زیرحوضه‌های آب‌ریز استان را شناسایی کرده اند، بر اساس دیدگاههای خاص خود ترازهای مختلفی از بیان جزییات را بکار برده اند. برای مثال، سازمان برنامه و بودجه سابق (۱۳۶۷) در مجموع ۱۴ حوضه و زیر حوضه را در سطح استان معرفی کرده است. از آن‌جا بیکه هدف از پرداختن به شناخت حوضه‌های آب‌ریز در این پژوهش، آگاهی از امکان وجود ارتباط زیست‌گاهی و در نتیجه تبادل ژنی میان جمعیت‌های یک موجود آب‌زی در جاهای مختلف است، پرداختن به جزییات زیرحوضه‌هایی که ارتباط‌های موقتی یا هر نوع ارتباط دیگری در مقیاس زمانی یا مکانی ممکن است میان آن‌ها وجود داشته باشد، اهمیت چندانی ندارد. بنابراین در این گزارش تنها به حوضه‌های اصلی پرداخته می‌شود. نام هشت حوضه اصلی استان و رودخانه‌های مهم هر یک در جدول ۳ می‌آید.

جدول ۳. حوضه‌های آب‌ریز اصلی استان فارس و رودخانه‌های مهم هر حوضه

	نام حوضه	رودخانه‌های مهم
۱	مرکز ی	رحیمی
۲	بختگان	آب‌بالنگان، کر، شادکام، سیوند
۳	خیرآباد (زهره)	چهل‌چشمه، فهلیان، زهره
۴	مهارلو	پل‌فسا، راه‌دار
۵	هِله	حنا، تنگ‌چوگان، شاپور، شیرین، دالکی، هله
۶	کُل	کُل، تنگ چرخی، شور، رودبال
۷	موند	موند، شور دهرم، هونیفقان، فیروزآباد، شور جهرم، قره‌آقاج
۸	لار	چاه‌عینی، شور اشکنان، دارالمیزان، مهران

این هشت حوضه به‌صورت تقریبی در نقشه شکل ۴ نشان داده شده است.

۲-۲- نمونه‌برداری برای سنجش پهنه‌ی گسترش و پراکنش

نخستین مرحله طرح جست‌وجوی تمامی زیست‌گاه‌های آب شیرین استان فارس و نمونه‌برداری از آن‌ها به منظور تهیه نقشه پراکندگی آمفی‌پودها در استان بود. این جست‌وجو از تابستان ۱۳۷۹ آغاز شد و در بهار ۱۳۸۰ به پایان رسید. اگر چه، برخی نمونه‌برداری‌های تکمیلی در سال‌های بعد نیز انجام شد، به‌طوری که آخرین آن‌ها در تابستان ۱۳۸۲ بود. نمونه‌برداری‌ها در همه‌ی حوضه‌های آب ریز از مناطق شمالی استان و از شهرستان آباده آغاز شد و بتدریج مناطق مرکزی، غربی، شرقی، جنوب و جنوب شرقی، و جنوب غربی را نیز در بر گرفت و در آن وجود آمفی‌پودها در انواع مختلف زیست‌گاههای آب شیرین شامل چشمه‌ها، چشمه‌جویبارها، رودخانه‌ها، آب‌گیرها و دریاچه‌های استان جست‌وجو شد. در صورت حضور، نمونه برداری از آن‌ها به کمک توری‌های دستی با دسته محکم در طول روز از میان سنگ‌ریزه‌ها، برگ‌های مرده، خاشاک یا لای و لجن موجود در کف و لابه‌لای گیاهان آبی یا ریشه‌های درختان، انجام گرفت. نمونه‌ها پس از ثبت مشخصات جغرافیایی محل (شامل جهت و فاصله از نزدیک‌ترین شهرستان) و اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های محیطی مانند دما و (در صورت امکان) اکسیژن محلول و pH، در محلول الکل اتیلیک ۹۵ درصد ثابت و نگه داری شد. ثبت مشخصات جغرافیایی هر محل با دستگاه GPS انجام گرفت. از برخی از زیست‌گاه‌ها عکس یا طرح تهیه شد. در پایان این مرحله نقاط بودن

و نبودن آمفی‌پودها در نقشه استان تعیین، و نقشه‌ی پراکنش آن‌ها به صورت نقطه‌ای و سایه‌ای در محدوده جغرافیایی استان تهیه شد.

۳-۲- نمونه‌برداری برای سنجش شرایط زیستی محیطی

۱-۳-۲-تعیین ایستگاههای ماهانه

بر اساس اطلاعات به دست آمده در مرحله نخست، زیست‌گاههای شاخص در هریک از حوضه‌های آب‌ریز و برخی از زیرحوضه‌های مهم آن‌ها شناسایی شد، تا به عنوان ایستگاه‌های بررسی ویژگی‌های اکولوژیک انتخاب شود. ملاک‌های اصلی برای این انتخاب بزرگی چشمه و حجم تخلیه (دبی)، اطمینان نسبی از دایمی بودن آن و فراوانی جمعیت آمفی‌پودها نسبت به زیست‌گاههای دیگر بود. بر این اساس، ۹ ایستگاه شاخص از ۷ حوضه و دو زیرحوضه‌ی آب‌ریز برگزیده شد (در یکی از حوضه‌های هشت‌گانه هیچ جمعیتی وجود ندارد). نام و مشخصات جغرافیایی هریک از این زیست‌گاهها در جدول ۴ می‌آید. نقشه حوضه‌های آب‌ریز استان فارس و محل هریک از زیست‌گاههای برگزیده در شکل ۴ آمده است.

۲-۳-۲-طرح اندازه‌گیری‌ها

الف. تهیه‌ی نقشه‌ی زیست‌گاه. از هریک از زیست‌گاه‌ها یک نقشه‌ی ساده تهیه شد. از هر یک از زیست‌گاه‌ها نیز عکس‌برداری شد. نتایج عددی به‌دست آمده از سنجش‌ها مورد تحلیل آماری قرار گرفت و تفاوت‌های میان زیست‌گاهها و ماه‌های مختلف در هر زیست‌گاه به کمک آزمون تجزیه و تحلیل پراش (ANOVA) و دانکن مقایسه شد.

جدول ٤. مشخصات جغرافیایی زیست‌گاه‌های مورد مطالعه.

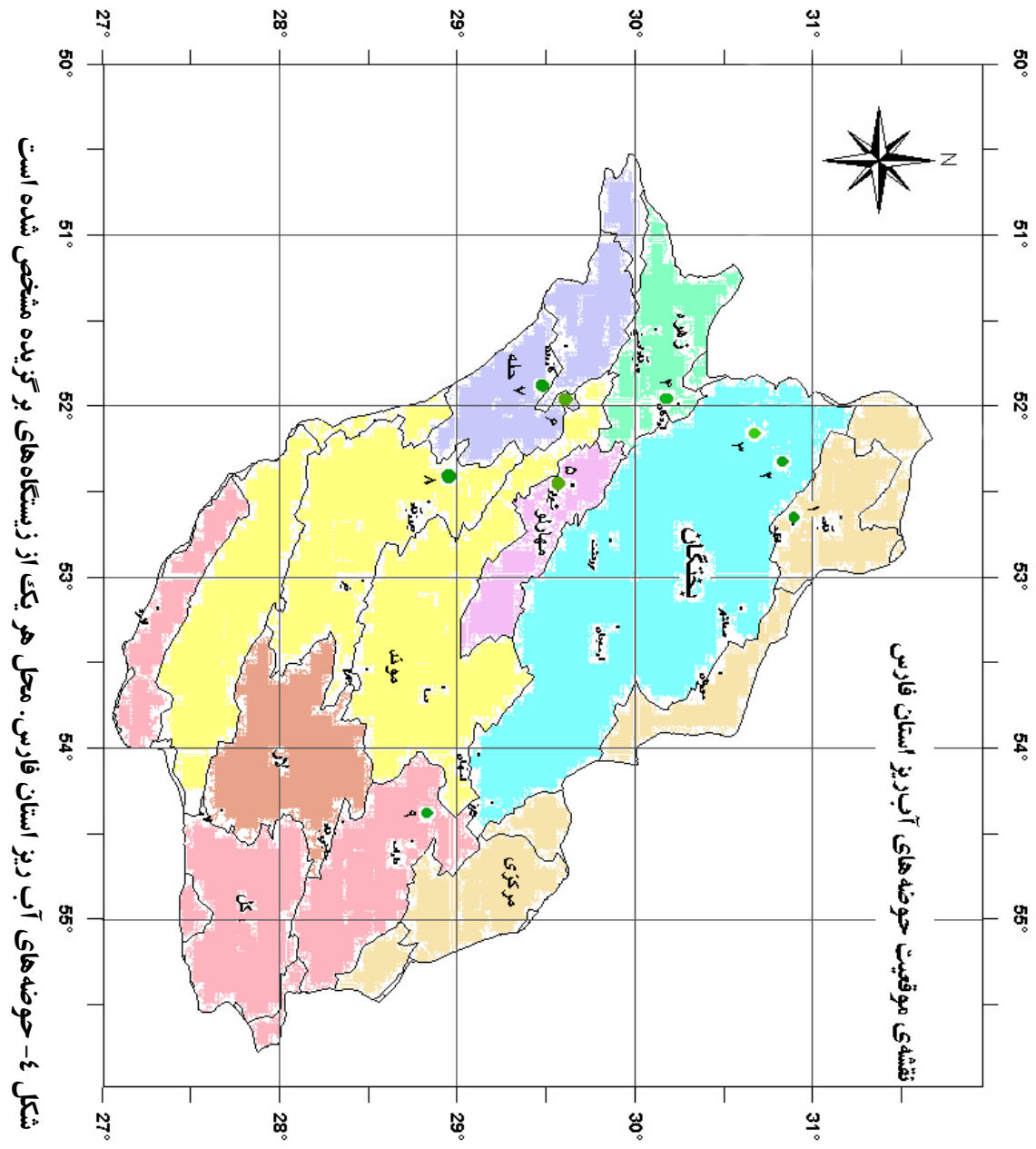
نام چشمه	حوضه‌ی آب‌ریز	شهرستان	مشخصات جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
چشمه‌رسول	مرکزی	اقلید	N: 30,53,31; E: 52,40,14	۲۲۸۵
کوشک زر	بختگان – زیرحوضه‌ی شادکام	اقلید (شهر میان)	N: 30,48,19; E: 52,20,06	۲۳۸۲
قدمگاه	بختگان	اقلید (سه‌ده)	N: 30,43,33; E: 52,10,34	۲۲۰۶
خانی‌وَرگ	خیرآباد (زهره)	سپیدان	N: 30,13,52; E: 51,58,53	۲۱۹۰
پل‌برنجی	مهارلو	شیراز	N: 29,28,41; E: 52,21,50	۱۴۵۰
ارژن	دشت ارژن	دشت ارژن	N: 29,39,16; E: 51,58,44	۱۹۹۰
جهانگیرخان	حِلّه	کازرون	N: 29,28,27; E: 51,55,08	۸۷۱
هونیفقان	موند	فیروزآباد	N: 28,58,13; E: 52,25,37	۱۶۵۰
چشمه‌گلابی	کل	داراب	N: 28,47,20; E: 54,22,18	۱۱۳۶

ب. اندازه‌گیری در طول زیست‌گاه. علاوه بر اندازه‌گیری‌های بالا چند عامل شامل عرض و عمق چشمه‌جویبار، سرعت جریان و نرخ تخلیه‌ی آن تا فاصله‌یی از طول چشمه–جویبار یک بار در زمستان ۱۳۸۱ اندازه‌گیری شد. برخی از دیگر عوامل شیمیایی مهم نیز یک بار اندازه‌گیری شد. این عوامل عبارت بود از غلظت یون‌های سولفات و کلر، سختی کلسیم، سختی منیزیم و سختی کل. برای سنجش این عوامل نمونه‌ی آب به آزمایشگاه آورده و بلافاصله اندازه‌گیری می‌شد. (Greenberg *et al.*, 1992). اگرچه اندازه‌گیری‌های این عوامل نیز اگر به صورت ماهانه صورت می‌گرفت بر دقت کار و توان پیش‌بینی شرایط بهتر می‌افزود، اما محدودیت شدید اعتبارات طرح از سویی و پذیرفتن این واقعیت که تغییرات این گروه از عوامل در آب‌های جاری وب‌خصوص چشمه‌ها و سرچشمه‌های آن‌ها بسیار اندک است، ما را از اندازه‌گیری ماهانه این عوامل باز داشت، و تنها یک بار اندازه‌گیری برای به‌دست آوردن مقیاسی از محدوده غلظت هر یک از عوامل انجام شد. این عوامل شامل غلظت یون سولفات و کلر، سختی کلسیم، سختی منیزیم و سختی کل بود.

ج. اندازه‌گیری از یک نقطه در طول سال در هر زیستگاه. برای شناخت نیازهای زیستی دوجورپایان به اندازه‌ی مناسبِ عوامل فیزیکی و شیمیایی در هر زیست‌گاه در طول یک سال زندگی، و نیز امکان بکارگیری از میانگین‌های سالانه هر زیست‌گاه هم‌چون بخشی از نیچ (niche) برای تشخیص افتراقی میان جمعیت‌ها با اهداف سیستماتیک، برخی از مهم‌ترینِ این عوامل برگزیده و ماهانه در محل نمونه‌برداری و استقرار جمعیت دوجورپایان در چشمه که گمان می‌رفت به همین دلیل دارای شرایط اپتی‌مم برای آنان باشد اندازه‌گیری شد. این عوامل عبارت بود از دما، اکسیژن، pH، هدایت الکتریکی، عرض، عمق، جریان، عوامل شیمیایی (کلر، سختی کلسیم، منیزیم و کل، سولفات و پتاسیم)، و تخلیه (discharge).

اندازه‌گیری اکسیژن محلول به وسیله دستگاه اکسیژن‌متر صحرایی WTW مدل OXI 320، و اندازه‌گیری pH و EC با دستگاه pH متر صحرایی HANA مدل HI 1281 در محل انجام می‌شد.

د. شناخت گیاهان آب‌زی. برای شناخت وضعیت پناهگاه (shelter) و نیز روابط احتمالی غذایی دوجورپایان با گیاهان آب‌زی ریشه‌دار (macrophyte) در هر زیستگاه، نمونه‌هایی از گیاهان بزرگ (macrophyte) آبی برداشته و در الکل ۹۵ درصد ثابت شد. از برخی از جانوران موجود در زیست‌گاه نیز تا حد ممکن نمونه‌برداری شد.



شکل ٤- حوضه‌های آب ریز استان فارس. محل هر یک از ایستگاه‌های برگزیده مشخص شده است
۱: چشمه‌ی رسول ؛ ۲: کوشک زر؛ ۳: قدم گاه ؛ ٤: خانی ورگ ؛ ٥: پل برنجی ؛ ٦: ۷: جهانگیر خان ؛ ۸: هونیقان؛ ۹: گلابی (نقشه ازمصباح ، ۱۳۸۲)

٤-۲- شناسایی رده‌بندی (بیوسیستماتیک) جمعیت‌های محلی

۱-٤-۲-ویژگی‌های بررسی شده

الف. اندازه‌گیری وزن و درازای تنه. برای رسیدن به امکان مقایسه‌ی میان جمعیت‌ها به منظور استفاده از تفاوت‌های احتمالی میان آن‌ها در بررسی‌های سیستماتیک، در هر یک از جمعیت‌ها تعداد ۱۰۰ نمونه (و در آن‌ها که مجموع نمونه‌ها کم‌تر از این تعداد بود همه‌ی نمونه‌های موجود) از بزرگ‌ترین افراد بالغ انتخاب و طول کل بدن و نیز وزن

بدن آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول کل به کمک لوله ترسیم و میکروسکوپ استریو، خطی منطبق بر خط پشتی بدن از محل نوک پوزه در سر (روستروم) تا انتهای تلسون کشیده می‌شد. سپس با استفاده از یک رشته سیم نازک فلزی خط کشیده‌شده (که به دلیل انحنای طبیعی بدن آمفی‌پودها خطی خمیده بود) به یک خط راست تبدیل و با خط‌کش اندازه‌گیری می‌شد. سرانجام با اعمال ضریب‌های بزرگ‌نمایی میکروسکوپ طول واقعی بدن به‌دست می‌آمد. برای اندازه‌گیری وزن تر نیز نمونه‌ها پس از آن که به مدت یک دقیقه بر برگی از دستمال کاغذی قرار داده می‌شد با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۱) گرم وزن کرده می‌شد.

ب. ویژگی‌های ریختی

بررسی بیوسیستماتیک دوجورپایان نمونه برداری شده تا تراز جنس با استفاده از منابع شناسایی آب زیان آب‌های شیرین از جمله Edmondson, 1965 ؛ Fitzpatrick, 1983 و Schram, 1986 صورت گرفت. برای بررسی امکان شناسایی تا تراز گونه نیز از دو کلید شناسایی موجود برای دوجورپایان منطقه اروپا،آفریقا و نواحی آسیایی کناری (Karaman and Pinkster, 1977) و ایران (Stock *et al.*, 1998) استفاده شد.

برای بررسی‌های ریخت‌شناسی از میکروسکوپ تحقیقاتی کامپاند ZEISS مدل AXIOLAB و استریومیکروسکوپ تحقیقاتی Bausch & Lamb و لوله ترسیم و لوازم تشریح ظریف استفاده شد. از آن‌جا یکه در زمان اجرای این طرح هیچ یک از تجهیزات پیش‌گفته در مرکز تحقیقات منابع طبیعی استان فارس در اختیار مجری طرح نبود، با تلاش مشاور محترم طرح از امکانات آزمایشگاه بیوسیستماتیک جانوری در بخش زیست‌شناسی دانشگاه شیراز استفاده شد.

بر اساس کلیدهای موجود قطعه‌های مهم و کلیدی بدن شناسایی و از نمونه‌های هریک از زیستگاهها (۵ نمونه از هر جمعیت) طرح‌هایی تهیه شد. بخش‌های طراحی شده بدن عبارت است از شاخک دوم (Antenna 2)، صفحه کوکسایی‌یک (coxal plate 1)، صفحه‌های اپی‌مری یک تا سه (epimeral plates 1-3) و بندهای pleosome، پای سینه‌ای هفتم (pereopod 7)، پای دمی سوم (uropod 3)، و تلسون. در پایان از طرح‌های کشیده شده به کمک نرم افزار Corel Draw 11 تصاویر دقیقی تهیه شد. این تصاویر با کلیدهای شناسایی پیش‌گفته مقایسه شد تا جایگاه گونه‌ای جمعیت‌ها در هر زیستگاه بدست آید.

۲-٤-۲-تشخیص گونه‌ها

توجه به نکته‌ای مهم در مورد نحوه کار پژوهش حاضر ضروری است. اساس کارهای بعدی بر آمفی‌پودهای ایران در واقع می‌بایست بر مقاله با ارزش Stock و همکاران (۱۹۸۸) با عنوان "آمفی‌پودهای آب شیرین و نیمه‌شور ایران" و کلید شناسایی آن قرار گیرد. اما چنان که در **مقدمه** گفته شد این بررسی به طور عمده بر نواحی شمالی کشور محدود بود (۵ نمونه از سه‌چهارم جنوبی کشور و دو نمونه از استان فارس در برابر ۳۱ نمونه از حاشیه شمالی) و با توجه به گستردگی جغرافیایی کشور و گوناگونی (قابل انتظار) در این تاکسون، شاید درست‌تر می‌بود که آن را بیش‌تر کلید شناسایی آمفی‌پودهای حوزه جنوبی دریای خزر و حاشیه البرز دانست؛ از همین رو به نظر می‌رسید تکیه بر آن به عنوان تنها مرجع شناسایی کافی نباشد، گو این که ابهام‌های موجود در به‌کارگیری‌های بعدی آن این مطلب را تایید کرد. به همین دلیل در پژوهش حاضر نمونه‌های موجود علاوه بر منبع پیش‌گفته با کلید شناسایی "آمفی‌پودهای آب شیرین اروپا، شمال آفریقا و مناطق آسیایی کناری" (Karaman and Pinkster, 1977) نیز مقایسه شد.

مجموعه‌ای از کلیدهای بکار رفته برای شناسایی طبقه‌های مختلف تاکسونومیک این گروه در پیوست این گزارش آورده شده است.

۳-نتایج

۱-۳-سنجش پهنه گسترش و پراکنش

۱-۱-۳-نمونه‌برداری از حوضه‌های آب‌ریز.

در عملیات نمونه‌برداری که از تابستان ۱۳۷۹ آغاز شد و عملا تا تابستان ۱۳۸۲ ادامه یافت، در مجموع از ۲۵۱ نقطه در آب‌های جاری استان نمونه‌برداری شد. نتایج نمونه‌برداری‌ها به‌ترتیب در هر یک از حوضه‌های آب‌ریز در پی می‌آید. ذکر این نکته پیشاپیش لازم است که در طول سال‌های اجرای این پژوهش استان فارس دچار یک خشک‌سالی گسترده و فراگیر شد، به‌طوری که حتی بزرگ‌ترین چشمه‌های تغذیه کننده رودها و جویبارها نیز با خشکی نسبی یا دست‌کم کاهش بسیار شدید میزان تخلیه مواجه شد، و تقریبا همه دریاچه‌های استان که آب آن‌ها از منابع بیرون‌ازخود تامین می‌شد، به‌طور کامل خشک شد.

۱. حوضه آب‌ریز مرکزی. بخش بیش‌تر حاشیه ضلع شرقی استان که در جهت جنوب شرقی-شمال غربی کشیده می‌شود، در این حوضه قرار دارد. در بالایی‌ترین نقطه شهرستان ایزدخواست (رودخانه‌ی رحیمی) است که در زمان نمونه‌برداری در سال ۱۳۷۹ بتازگی سدی در آن ساخته شده بود و از آن‌جا یکه هنوز آب‌گیری نشده بود، نمونه‌برداری از رودخانه در ۱۰۰ متری سد انجام شد. نمونه‌برداری‌ها از این منطقه به سوی جنوب، تا نواحی غرب شهرستان آباده، خود شهرستان اقلید و حومه آن و سپس منطقه شرقی شهرستان بوانات (در حاشیه شرقی استان) نشان‌دهنده وجود آمفی‌پودها در تقریبا همه‌ی آب‌های جاری است. این نقاط در شکل ۵ مشخص شده است. نبود نقطه‌های علامت‌گذاری شده در غرب آباده نشان دهنده‌ی اطمینان از نبودن دایمی جمعیتی از آمفی‌پودها در این جا نیست، بلکه به معنای نیافتن چشمه‌های دایمی در زمان نمونه‌برداری در میانه خشک‌سالی است.

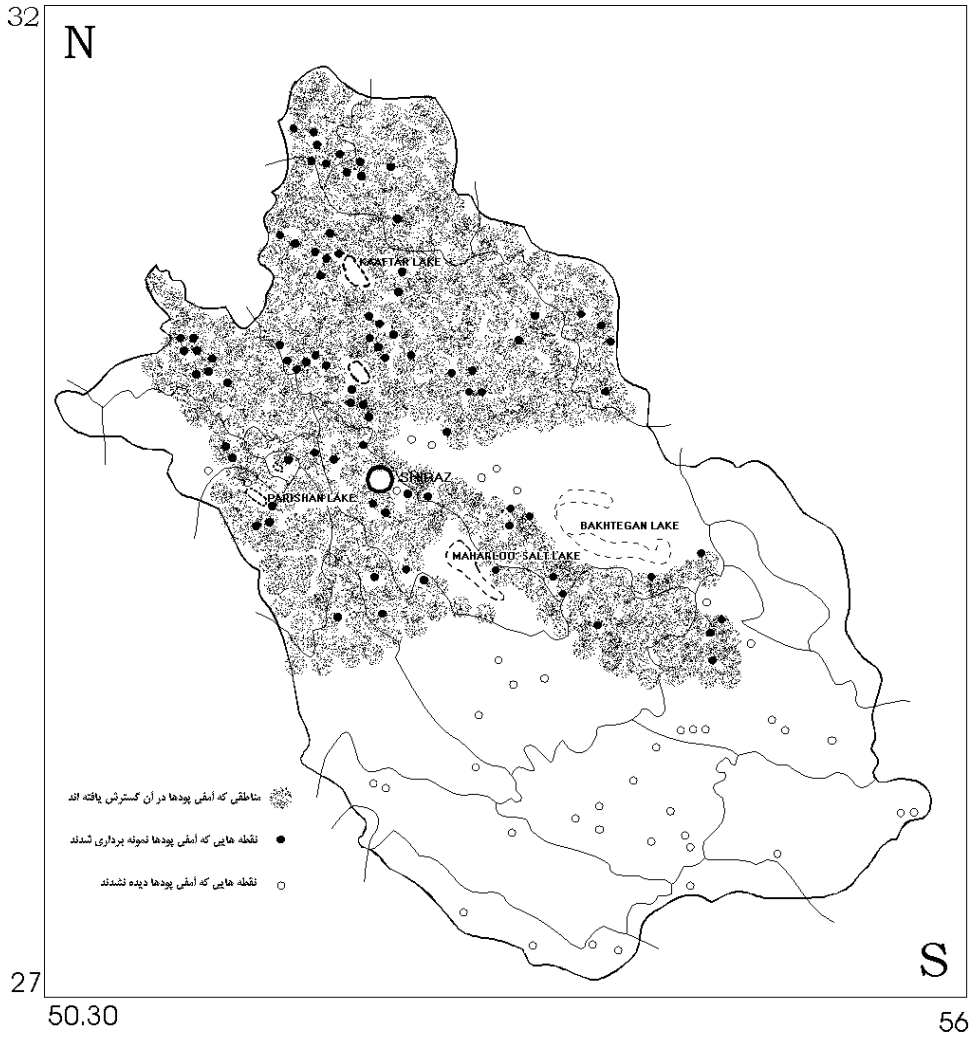
۲. حوضه‌ی آب‌ریز بختگان. این حوضه که در کنار حوضه‌ی آب‌ریز موند یکی از دو حوضه بزرگ استان است، از انتهای شمال غربی استان در منطقه خسرووشیرین آغاز می‌شود، در جنوب به دریاچه بختگان و تشک پایان می‌یابد و مرز غربی آن از نزدیکی شمال و شرق شهر شیراز می‌گذرد. در شمال، در غرب شهرستان اقلید یک حوضه آب‌ریز موقتی از روخانه‌ی شادکام وجود دارد، که دریاچه موقتی کافتر را پر

می‌کند و در سال‌های پرآبی سرریز این دریاچه به رودخانه کر می‌پیوندد. در غرب این زیرحوضه موقتی شاخه دیگری از حوضه کر آغاز می‌شود و به سوی جنوب ادامه می‌یابد تا به سد درود زن می‌رسد. در تمامی این مناطق تا انتهای شمالی و غربی این حوضه هیچ رودخانه یا جویباری نبود که آمفی‌پودها در آن یافت نشده باشد. در نیمه پایینی حوضه، بتدریج به سوی جنوب و شرق از حضور و اندازه تراکم جمعیت‌های آنان کم شد، به‌طوری که از شهرستان مرودشت و شیراز به سوی شرق دیگر هیچ نمونه‌ای از آمفی‌پودها یافت نشد. اگرچه در دو چشمه در جنوب و جنوب شرقی دریاچه بختگان دوباره جمعیت‌ها یافت شدند. در دریاچه کافتر، سد درودزن و نیز دریاچه‌های بختگان و تشک نمونه‌ای دیده نشد.

۳. حوضه‌ی آب‌ریز کُل. این حوضه که در بخش شرقی-جنوبی مساحت استان قرار دارد، تنها در سه زیست‌گاه در قسمت شمالی (در نزدیکی شهر داراب) پراکنش آمفی‌پودها را نشان داد و در قسمت‌های مرکزی و جنوبی آن هیچ نمونه‌ای یافت نشد.

٤. حوضه‌ی آب‌ریز زهره. بخش‌های وسیعی از این حوضه که در شمال غربی استان قرار دارد، کوهستانی است و دسترسی به سرچشمه‌ها در بسیاری از موارد بسیار دشوار است. با این حال، نمونه‌برداری از نقاط ممکن نشان داد که مانند بخش‌های غربیِ حوضه‌ی آب‌ریز بختگان، در تقریبا هر آبی که در جایی جاری است تعداد فراوانی از آمفی‌پودها را می‌توان یافت.

۵. حوضه‌ی آب‌ریز مهارلو. در قسمت‌های شمالی این حوضه نمونه‌های آمفی‌پود یافت شد، اما در مناطق جنوبی و در چشمه‌های اطراف دریاچه مهارلو و البته در خود دریاچه نیز چیزی دیده نشد.



شکل ٥. نقشه‌ی پراکنش آمفی‌پودها در استان فارس.

٦. حوضه‌ی آب‌ریز هِلّه. آمفی‌پودها در بخش‌های آغازین این حوضه در سرشاخه‌های رودخانه‌ی شاپور، یافت شد اما به سوی غرب و شمال دیگر نمونه‌ای دیده نشد. هم‌چنین در سوی دیگر، در نیمه‌ی جنوبی که به رودخانه دالکی مربوط می‌شود، در منطقه شهرستان کازرون، منطقه‌ی فامور تا فراش‌بند جمعیت‌های آمفی‌پودها وجود داشت. نمونه‌برداری از حاشیه جنوبی این حوضه انجام نشد. در دریاچه پریشان نیز نمونه‌ای دیده نشد.

٧. حوضه آب‌ریز موند. در این حوضه نیز که از مناطق سرد و مرتفع در بخش‌های شمالی آن آغاز می‌شود و به مناطق پست و گرم در جنوب، شرق و غرب می‌رسد، جمعیت‌های آمفی‌پودها در بخش‌های بالاتر مشاهده شدند، اما از جنوب شهر فیروز آباد به‌سوی جنوب، غرب و شرق دیگر هیچ نمونه‌ای دیده نشد.

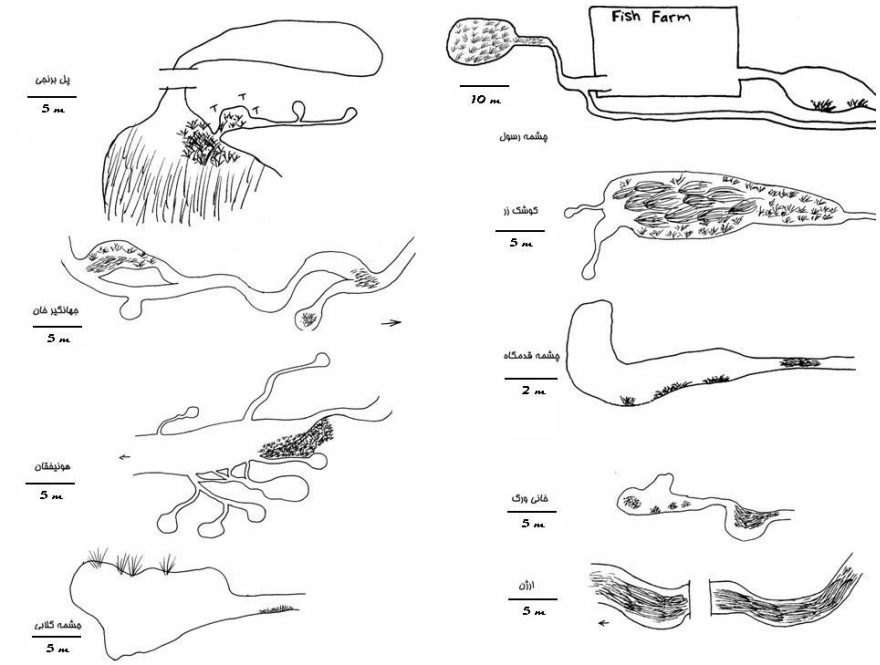
٨. حوضه آب‌ریز لار. در هیچ یک از زیست‌گاههای آبی این حوضه نمونه‌ای از آمفی‌پودها یافت نشد.

در بیش‌تر زیست‌گاههای نمونه‌برداری شده علاوه بر جست‌وجو برای یافتن آمفی‌پودها، برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی محیط نیز مانند دمای آب، غلظت اکسیژن محلول، pH و کل یون‌های محلول در آب (به‌صورت هدایت الکتریکی) اندازه‌گیری و ثبت شد (در این گزارش آورده نشده است).

۲-۳- شرایط محیطی زیست‌گاه‌ها

۱-۲-۳- شکل زیست‌گاه‌ها

آن‌چنان که دیده شد آمفی‌پودها در همه حوضه‌های آب‌ریز بجز حوضه‌ی لار پراکنده اند. بنا بر این، از هر یک از حوضه‌ها یک زیست‌گاه شاخص انتخاب شد. هم‌چنین به دلیل جدا بودن جغرافیایی زیرحوضه ارژن به رغم اتصال آب‌های جاری آن از مسیرهای زیرزمینی به حوضه‌ی حله و نیز وضعیت اتصال موقتی در زیرحوضه رود شادکام (دریاچه‌ی کافتر)، از این دو زیرحوضه نیز یک زیست‌گاه انتخاب شد و شرایط مورد نظر به‌طور ماهانه در آن‌ها سنجیده شد. نقشه‌های ساده‌ای از شکل کلی زیست‌گاه‌ها در ۹ ایستگاه انتخاب‌شده از ۷ حوضه تعیین شده، تهیه شد. این نقشه‌ها با رعایت مقیاس تقریبی در شکل ۶ آورده شده است. عکس‌هایی از برخی از این زیست‌گاهها نیز در شکل‌های ۷ تا ۹ آمده است.



شکل ٦.نقشه‌های ۹ زیست‌گاه انتخاب‌شده در ۷ حوضه و ۲ زیرحوضه.

شکل۷. عکس‌هایی از زیست‌گاه‌های برگزیده. به ترتیب از بالا: چشمه‌ی‌رسول، کوشک‌زر و قدم‌گاه.

شکل۸. عکس‌هایی از زیست‌گاه‌های برگزیده. به ترتیب از بالا: چشمه‌ی‌خانی‌ورگ، پل‌برنجی و ارژن.

شکل۹. عکس‌هایی از زیست‌گاه‌های برگزیده. به ترتیب از بالا: چشمه‌ی جهان‌گیرخان، هونیفقان و گلابی.

۳-۳- شرایط عوامل محیطی در طول زیست‌گاه

۱-۳-۳-عوامل فیزیکی

اندازه‌گیری‌های شرایط فیزیکی زیست‌گاه‌ها بر اساس ویژه‌گی‌های هر زیست‌گاه در زمستان ۱۳۸۱ انجام گرفت. در هر زیست‌گاه سنجش‌های متوالی انجام و میانگین هر عامل محاسبه شد. تعداد اندازه‌گیری‌ها به طورعمده بر اساس تنوع عامل مورد نظر متغیر بود، برای مثال، در چشمه‌ی پل‌برنجی به دلیل آن که چشمه پس از گذر از مسافت حدود ۱۵متر به یک آب‌گیر عمیق با رویش متراکم نی‌زار می‌رسد، اندازه‌گیری عمق تنها ۴ بار، در چشمه رسول ۲۰ بار که در چند متر ابتدایی آن یک کانال سیمانی ساخته شده است (و بنابراین عمق آن تغییرات اندکی دارد) و در چشمه قدم‌گاه به دلیل تغییرات طبیعی آن، ۸۱ بار اندازه‌گیری شد. تعداد اندازه‌گیری‌ها برای هر عامل در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵. تعداد اندازه‌گیری‌های انجام‌شده برای هر یک از عوامل فیزیکی

عامل اندازه‌گیری شده	تعداد اندازه‌گیری در چشمه‌ها							
	رسول	کوشک زر	قدم‌گاه	خانی‌ور گ	پل برنجی	جهانگیر خان	هونیفقان	گلابی
عرض	۲۰	۲۰	۲۰	۱۰	۱	۱۳	۴	۱۰
عمق	۲۰	۸۱	۸۰	۴۸	۴	۸۹	۲۰	۱۰
سرعت جریان	۲	۳	۳	۱	۱	۲	۲	۱
تخلیه	۲	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۲

نتایج نشان می‌دهد که کم‌ترین عمق متوسط را چشمه پل‌برنجی با ۴/۲۵ سانتی‌متر و بیش‌ترین عمق متوسط را چشمه گلابی با ۴۲/۳۷ سانتی‌متر داشت. کم‌ترین عرض متوسط در چشمه پل‌برنجی با عرض ۱۱۰/۰سانتی‌متر و بیش‌ترین آن در چشمه جهانگیرخان با ۷۲۷/۷ سانتی‌متر مشاهده شد. کم‌ترین سرعت جریان متوسط و تخلیه نیز به ترتیب در چشمه گلابی با ۰/۱۳ متربرثانیه و چشمه پل‌برنجی با ۸/۵ لیتربرثانیه، و بیش‌ترین آن‌ها در چشمه جهانگیرخان با ۰/۸۳ متربرثانیه و ۸۶۰ لیتربرثانیه اندازه‌گیری شد. میانگین این عوامل در طول هر زیست‌گاه و انحراف معیار هر کدام در جدول ۶ آورده شده است. اندازه‌گیری‌ها در فصل زمستان انجام شد. شایان ذکر است که همه عواملمذکور در چند متر آغازین چشمه و در محل‌های تجمع آمفی‌پودها نمونه‌برداری و اندازه‌گیری شده است و قابل تعمیم به کل چشمه در تمام مسیر و در تمام نقاط آن نیست.

جدول ٦. میانگین عوامل فیزیکی اندازه‌گیری شده در نُه زیست‌گاه مورد مطالعه.

	ایستگاه	عرض (cm)		عمق متوسط (cm)		سرعت جریان (m/s)		تخلیه (l/s)		فاصله تا سرچشمه (m)
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
۱	چشمه رسول	۱۹۱/۲۰	۴/۲۳	۳۶/۴	۲/۸۷	۰/۳۸۵	۰/۱۲۰	۲۷۵	۴۵/۲۵	۰-۵۰
۲	کوشک زر	۵۰۶/۵۰	۹۴/۰۳	۱۴/۵۸	۵/۲۷	۰/۷۴۰	۰/۲۷۶	۲۲۶	–	۱۰-۳۰
۳	قدمگاه	۳۴۴/۷۵	۳۶/۸۴	۲۷/۳۰۸	۳/۰۱	۰/۳۰۳	۰/۰۲۳	۱۷۶/۹	۱۰/۸۴	۵
۴	خانی‌ورگ	۱۴۳/۳۰	۲۹/۸۴	۱۰/۲۵	۶/۱۱	۰/۱۶۰	–	۲۹/۳	–	۲۰
۵	پل‌برنجی	۱۱۰/۰۰	–	۴/۲۵	۲/۰۶	۰/۱۸۰	–	۸/۵	–	۱۰
۶	ارژن	–	–	–	–	–	–	–	–	۲۰-۱۰۰
۷	جهانگیرخان	۷۲۷/۶۹	۱۰۴/۱۵	۱۷/۳۷	۵/۶۵	۰/۸۳۰	۰	۸۶۰/۵	۲۲۸/۳۹	>۱۰۰
۸	هونیفقان	۳۸۷/۵۰	۷۴/۱	۹/۸۷	۴/۲۲	۰/۶۸۷	۰/۴۴۱	۸۵/۱	–	۲
۹	چشمه گلابی	۴۲۹/۰۰	۲۹/۲۳	۴۲/۳۷	۱۷/۳۲	۰/۱۳۷	–	۲۵۰/۵	۳۷/۴۷	۲۰

علامت – نشان‌دهنده نبود اطلاعات به دلیل انجام نشدن نمونه‌برداری است.

۲-۳-۳-عوامل شیمیایی

کم‌ترین غلظت یون کلر در چشمه‌ی هونیفقان ($۱۲/۳۹_{ppm}$)، بیش‌ترین آن در چشمه‌ی پل‌برنجی ($۳۰۹/۷۵_{ppm}$) و میانگین زیست‌گاه‌ها $۸۴/۱۴_{ppm}$ (SD=۹۳/۴) بود.

برای غلظت یون سولفات بیش‌ترین مقدار مربوط به چشمه‌ی جهانگیرخان ($۲۱/۶۰_{ppm}$)، کم‌ترین در چشمه‌ی رسول ($۷/۲۰_{ppm}$) و میانگین آن $۱۴/۲۹_{ppm}$ (SD=۴/۰) اندازه‌گیری شد.

در مورد سختی کلسیم، سختی منیزیم، و سختی کل بیش‌ترین مقدار مربوط به چشمه ارژن (به ترتیب ۸۵/۷۷، ۲۴۶/۲۲، ۳۳۲) و کم‌ترین مقدار مربوط به چشمه قدم‌گاه (۵۰/۵۰، ۹۹/۵۰، ۱۵۰) و میانگین آن‌ها به ترتیب ۶۷/۵۹ (SD= ۱۶/۰)، ۱۶۳/۵۱ (SD=۵۳/۹)، ۲۳۴/۲۲ (SD=۶۸/۹) بوده است.

اندازه‌گیری غلظت یون پتاسیم تنها برای چشمه‌های رسول، کوشک‌زر، قدم‌گاه، پل‌برنجی، هونیفقان و گلابی صورت گرفت. در این چشمه‌ها کم‌ترین مقدار $۰/۱۵_{ppm}$ در چشمه قدم‌گاه، و بیش‌ترین مقدار ppm ۶ در چشمه گلابی ثبت شد. میانگین غلظت یون پتاسیم در این چشمه‌ها $۱/۸۲_{ppm}$ (SD=۲/۳) بود. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های بالا در جدول ۱۳ می‌آید.

جدول ۷. نتایج اندازه‌گیری برخی عوامل شیمیایی در ۹ چشمه‌ی مورد بررسی در زمستان ۱۳۸۱.

ایستگاه	کلر	سختی کلسیم	سختی منیزیم	سختی کل	سولفات	پتاسیم
چشمه رسول	۴۷/۴۹	۶۵/۷۳	۱۳۲/۲۷	۱۹۸	۷/۲	۰/۳
کوشک زر	۴۲/۴۸	۵۳/۷۰	۱۱۲/۳	۱۶۶	۱۴/۴	۰/۳
قدم‌گاه	۴۴/۲۵	۵۰/۵۰	۹۹/۵	۱۵۰	۱۲	۰/۱۵
خانی‌ورگ	۲۶/۵۵	۵۹/۳۱	۱۰۲/۶۹	۱۶۲	۱۶/۸	*
ارژن	۵۶/۶۴	۸۵/۷۷	۲۴۶/۲۲	۳۳۲	۱۳/۴۴	*
جهانگیرخان	۱۵۲/۲۲	۱۰۰/۲	۲۲۱/۸	۳۲۲	۲۱/۶	*
پل برنجی	۳۰۹/۷۵	۶۳/۳۲	۱۹۰/۶۸	۲۵۴	۱۴/۴	۱/۱۵
هونیفقان	۱۲/۳۹	۵۹/۳۱	۱۹۰/۶۸	۲۷۸	۱۶/۸	۳/۰
چشمه گلابی	۶۵/۴۹	۷۰/۵۴	۱۷۵/۴۶	۲۴۶	۱۲	۶/۰
علامت * نشان دهنده‌ی انجام نشدن اندازه‌گیری است.						

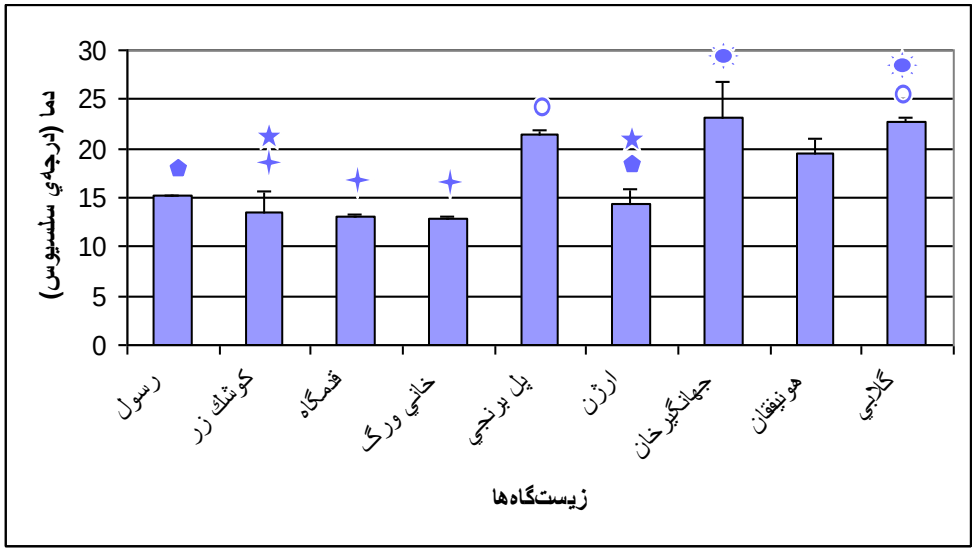
٤-۳- اندازه‌گیری از یک نقطه در طول سال در هر زیست‌گاه

۱-٤-۳-عوامل فیزیکی

سه عامل دما، سرعت جریان و عمق به‌صورت ماهانه اندازه‌گیری شد. جدول ۷ و نمودار شکل ۱۰ تغییرات ماهانه دما، جدول ۸ و نمودار شکل ۱۱ تغییرات ماهانه سرعت جریان و جدول ۹ و نمودار شکل ۱۲ تغییرات ماهانه عمق بستر چشمه‌ها را نشان می‌دهد. این اندازه‌گیری‌ها از اردیبهشت ۱۳۸۰ تا فروردین ۱۳۸۱ انجام شد. تکرار این نکته کاملا ضروری است که این سال در میانه دوره خشک‌سالی‌های اخیر بوده و حجم آب چشمه‌ها نسبت به سال‌های پیش کاهش چشم‌گیری داشته است.

جدول ۸. تغییرات ماهانه دما در ۹ زیست‌گاه (درجه‌ی سانتی‌گراد)

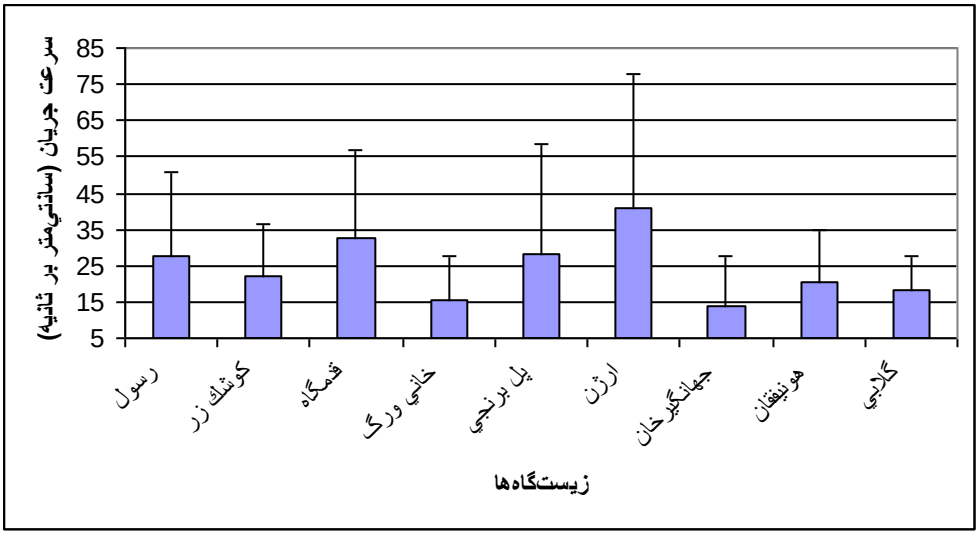
	چشمه	کم‌ترین دما	بیش‌ترین دما	میانگین	انحراف معیار
۱	رسول	۱۵/۰	۱۵/۳	۱۵/۲	۰/۱۱۷
۲	کوشک‌زر	۱۱/۲	۱۸/۴	۱۳/۵	۲/۲۹۷
۳	قدم‌گاه	۱۲/۵	۱۳/۸	۱۳/۰	۰/۳۷۸
۴	خانی‌ورگ	۱۲/۳	۱۳/۴	۱۲/۸	۰/۳۷۱
۵	پل‌برنجی	۲۰/۵	۲۱/۹	۲۱/۴	۰/۵۳۵
۶	ارژن	۱۱/۲	۱۶/۳	۱۴/۴	۱/۵۰۶
۷	جهانگیرخان	۱۷/۲	۳۰/۰	۲۳/۲	۳/۴۹۹
۸	هونیفقان	۱۵/۷	۲۲/۴	۱۹/۵	۱/۵۳۶
۹	گلابی	۲۲/۲	۲۳/۴	۲۲/۷	۰/۴۲۳



شکل ۱۰. نمودار مقایسه میانگین دما در ۹ چشمه از اردیبهشت ۱۳۸۰ تا فروردین ۱۳۸۱. علامت‌های یکسان نشان‌دهنده گروه‌هایی است که تفاوت آماری معناداری ندارد. (Error bars = SD)

جدول ۹. تغییرات ماهانه‌ی سرعت جریان در نه زیست‌گاه (سانتی‌متر بر ثانیه).

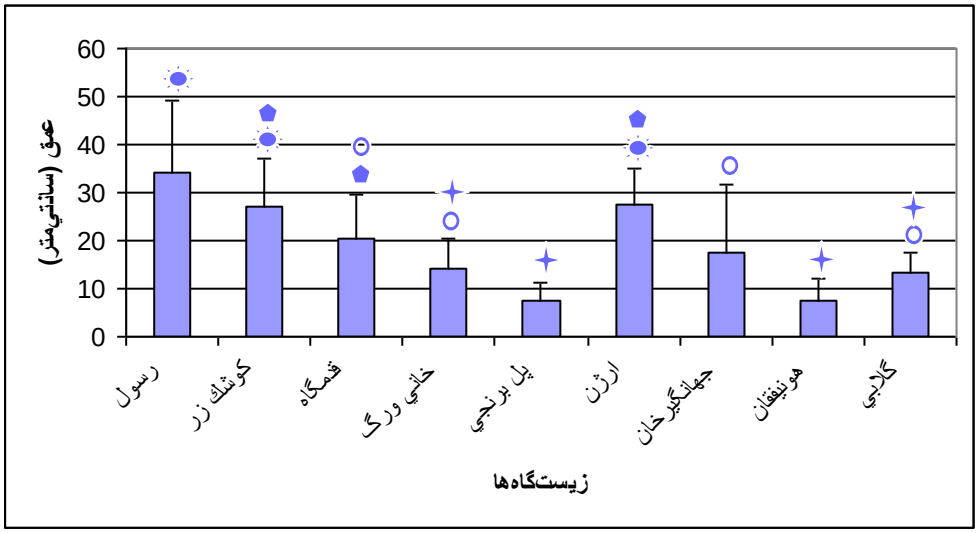
	چشمه	کم‌ترین	بیش‌ترین	میانگین	انحراف معیار
۱	رسول	۶/۶۰	۹۰/۰۰	۲۷/۴۶	۲۳/۳۰۷
۲	کوشک‌زر	۷/۰۰	۴۰/۰۰	۲۲/۱۰	۱۴/۱۷۹
۳	قدم‌گاه	۶/۶۰	۷۷/۰۰	۳۲/۵۱	۲۴/۱۱۹
۴	خانی‌ورگ	۲/۵۰	۳۳/۰۰	۱۵/۳۰	۱۱/۶۸۱
۵	پل‌برنجی	۱۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۲۷/۹۳	۳۰/۷۱۰
۶	ارژن	۱۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۴۱/۰۰	۳۶/۸۸۹
۷	جهانگیرخان	۰/۰۰	۴۰/۰۰	۱۵/۲۵	۱۴/۰۹۹
۸	هونیفقان	۰/۰۰	۵۰/۰۰	۱۸/۴۹	۱۴/۲۵۰
۹	گلابی	۶ /۰۰	۲۸/۵۰	۱۸/۲۵	۹/۲۱۸



شکل ۱۱. نمودار مقایسه میانگین سرعت جریان در ۹ چشمه از اردیبهشت ۱۳۸۰ تا فروردین ۱۳۸۱. (Error bars = SD)

جدول ۱۰. تغییرات ماهانه عمق در ۹ زیستگاه (سانتی‌متر)

	چشمه	کم‌ترین	بیش‌ترین	میانگین	انحراف معیار
۱	رسول	۱۳/۰۰	۶۰/۰۰	۳۴/۲۰	۱۴/۷۷۰
۲	کوشک‌زر	۱۰/۰۰	۴۵/۰۰	۲۷/۰۰	۱۰/۱۵۴
۳	قدم‌گاه	۱۰/۰۰	۳۸/۰۰	۲۰/۳۰	۹/۴۰۵
۴	خانی‌ورگ	۵/۰۰	۲۳/۰۰	۱۴/۲۸	۶/۱۵۶
۵	پل‌برنجی	۴/۰۰	۱۵/۰۰	۷/۵۶	۳/۶۳۹
۶	ارژن	۱۷/۰۰	۴۰/۰۰	۲۷/۴۰	۷/۶۰۴
۷	جهانگیرخان	۵/۰۰	۵۰/۰۰	۱۷/۴۵	۱۴/۱۴۴
۸	هونیفقان	۲/۰۰	۱۵/۰۰	۷/۷۰	۴/۴۷۳
۹	گلابی	۸/۰۰	۲۰/۰۰	۱۳/۵۰	۴/۰۳۵



شکل ۱۲. نمودار مقایسه میانگین عمق در ۹ چشمه از اردیبهشت ۱۳۸۰ تا فروردین ۱۳۸۱. علامت‌های یکسان نشان‌دهنده‌ی گروه‌هایی است که تفاوت آماری معناداری ندارد. (Error bars = SD)

نتایج نشان می‌دهد که در میان ۹ زیستگاه مورد بررسی، چشمه گلابی با ۲۳/۴ درجه سانتی‌گراد در ماه شهریور بیش‌ترین و چشمه‌ی ارژن در ماه آذر و کوشک‌زر در ماه اسفند با ۱۱/۲ درجه سانتی‌گراد کم‌ترین دما را داشته است.

بیش‌ترین سرعت جریان مربوط به چشمه ارژن در ماه بهمن و اسفند و پل‌برنجی در ماه بهمن با ۱۰۰/۰۰ سانتی‌متربرثانیه و کم‌ترین آن مربوط به چشمه جهانگیرخان در ماه مهر و آذر و هونیفقان در اردیبهشت با جریانی نزدیک به صفر بوده است.

هم‌چنین بیش‌ترین عمق بستر در چشمه رسول با ۶۰/۰۰ سانتی‌متر عمق در ماه خرداد و کم‌ترین عمق در چشمه‌ی هونیفقان با ۲/۰۰ سانتی‌متر در ماه شهریور دیده شد.

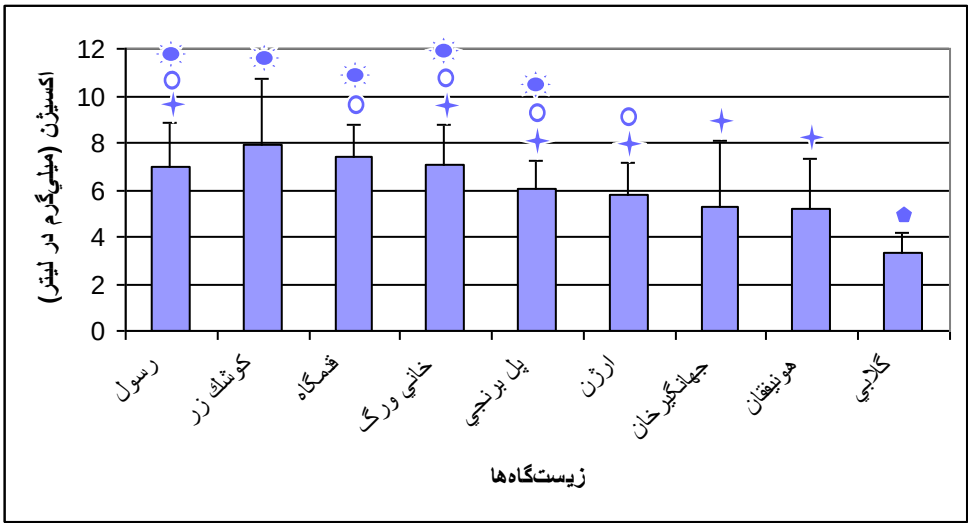
۲-٤-۳-عوامل شیمیایی

اندازه‌گیری عوامل شیمیایی قابل‌توجه هر زیست‌گاه برای فاکتورهای اکسیژن محلول،pH، و هدایت الکتریکی به‌صورت ماهانه در طول یک سال از اردیبهشت ۱۳۸۰ تا فروردین ۱۳۸۱ و برای فاکتورهای دیگر یک بار در زمستان ۱۳۸۱ انجام گرفت.

نتایج نشان می‌دهد که در میان ۹ زیست‌گاه مورد مطالعه، چشمه جهانگیرخان با$_{ppm}$۱/۷۰ در ماه آذر کم‌ترین و چشمه کوشک‌زر با $_{ppm}$۱۳/۳۳ در ماه مهر بیش‌ترین غلظت اکسیژن محلول را داشته است. کم‌ترین pH اندازه‌گیری شده در چشمه هونیفقان به میزان $_{ppm}$۵/۳۷ در ماه فروردین و بیش‌ترین آن در چشمه خانی‌ورگ در ماه آذر، جهانگیرخان در آذر و دی، و گلابی در دی به میزان $_{ppm}$ ۸/۸۰ بوده است. میزان هدایت الکتریکی نیز در چشمه کوشک‌زر، قدمگاه، و خانی‌ورگ در فروردین کم‌ترین مقدار یعنی ۲۰۰µs/cm و در چشمه‌ی پل‌برنجی بیش‌ترین مقدار یعنی ۱۸۰۰µs/cm را داشته است. جدول‌های تغییرات و منحنی‌های تغییرات سالانه‌ی این عوامل در جدول‌های ۱۰ تا ۱۲ و نمودارهای شکل‌های ۱۳ تا ۱۵ آمده است.

جدول ۱۱. تغییرات ماهانه اکسیژن در ۹ زیست‌گاه (ppm).

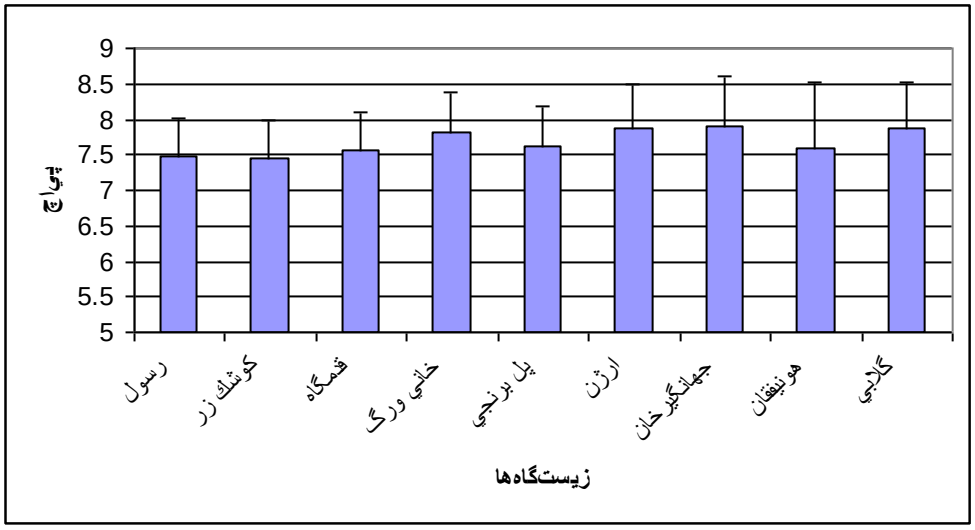
	چشمه	کم‌ترین	بیش‌ترین	میانگین	انحراف معیار
۱	رسول	۳/۴۹	۹/۷۱	۶/۹۵	۱/۹۰
۲	کوشک‌زر	۳/۴۵	۱۳/۳۳	۷/۹۰	۲/۷۹
۳	قدم‌گاه	۵/۰۱	۹/۱۰	۷/۴۳	۱/۳۱
۴	خانی‌ورگ	۴/۰۶	۱۰/۱۰	۷/۰۳	۱/۷۳
۵	پل‌برنجی	۳/۵۹	۷/۴۰	۶/۰۷	۱/۱۶
۶	ارژن	۳/۶۴	۷/۵۵	۵/۷۵	۱/۳۷
۷	جهانگیرخان	۱/۷۰	۱۲/۰۲	۷/۹۰	۰/۷۱
۸	هونیفقان	۲/۴۴	۱۰/۷۰	۷/۵۹	۰/۵۱
۹	گلابی	۲/۱۹	۴/۳۲	۳/۳۳	۰/۸۱



شکل ۱۳. نمودار مقایسه میانگین غلظت اکسیژن محلول در ۹ چشمه از اردیبهشت ۱۳۸۰ تا فروردین ۱۳۸۱.
علامت‌های یکسان نشان‌دهنده گروه‌هایی است که تفاوت آماری معناداری ندارد. (Error bars = SD)

جدول ۱۲. تغییرات ماهانه‌ی pH در۹ زیست‌گاه

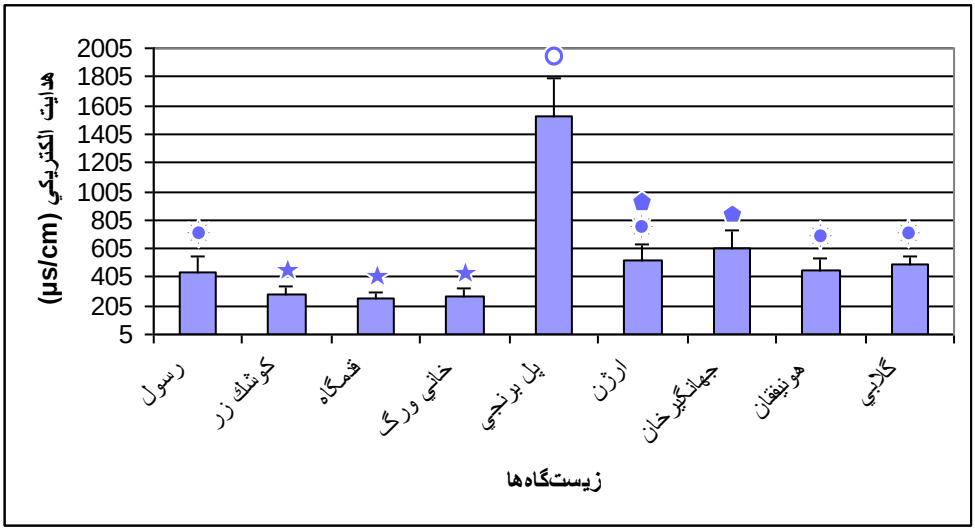
	چشمه	کم‌ترین	بیش‌ترین	میانگین	انحراف معیار
۱	رسول	۶/۵۰	۸/۴۰	۷/۴۷	۰/۵۳
۲	کوشک‌زر	۶/۵۰	۸/۱۴	۷/۴۶	۰/۵۱
۳	قدم‌گاه	۶/۷۰	۸/۵۰	۷/۵۵	۰/۵۵
۴	خانی‌ورگ	۶/۸۰	۸/۸۰	۷/۸۱	۰/۵۶
۵	پل‌برنجی	۶/۷۰	۸/۳۰	۷/۶۲	۰/۵۵
۶	ارژن	۶/۵۰	۸/۶۰	۷/۸۶	۰/۶۴
۷	جهانگیرخان	۶/۶۰	۸/۸۰	۷/۹۰	۰/۷۱
۸	هونیفقان	۵/۳۷	۸/۵۰	۷/۵۹	۰/۹۱
۹	گلابی	۶/۸۰	۸/۸۰	۷/۸۶	۰/۶۶



شکل ۱٤. نمودار مقایسه میانگین pH در ۹ چشمه از اردیبهشت ۱۳۸۰ تا فروردین ۱۳۸۱. (Error bars = SD)

جدول ۱۳. تغییرات ماهانه هدایت الکتریکی در ۹ زیستگاه (µs/cm).

	چشمه	کم‌ترین	بیش‌ترین	میانگین	انحراف معیار
۱	رسول	۳۵۰	۶۵۰	۴۴۰/۷۲	۱۱۴/۸۳
۲	کوشک‌زر	۲۰۰	۳۸۹	۲۸۲/۶۳	۵۷/۲۷
۳	قدم‌گاه	۲۰۰	۳۴۰	۳۸/۶۸	۲۵۷/۲۷
۴	خانی‌ورگ	۲۰۰	۴۰۸	۲۷۳/۳۰	۵۳/۳۹
۵	پل‌برنجی	۱۱۴۰	۱۸۰۰	۱۵۲۴/۸۵	۲۷۱/۴۹
۶	ارژن	۳۸۰	۷۶۰	۵۲۶/۵۴	۱۰۴/۱۱
۷	جهانگیرخان	۴۹۰	۸۳۰	۶۱۲/۰۰	۱۱۶/۶۹
۸	هونیفقان	۳۷۰	۶۳۰	۴۵۱/۰۰	۸۳/۵۹
۹	گلابی	۴۰۰	۶۱۰	۴۹۲/۲۲	۵۸/۴۷



شکل ۱۵. نمودار مقایسه میانگین هدایت الکتریکی در ۹ چشمه از اردیبهشت ۱۳۸۰ تا فروردین ۱۳۸۱.
علامت‌های یکسان نشان‌دهنده گروه‌هایی است که تفاوت آماری معناداری ندارد. (Error bars = SD)

۵-۳-نتایج بررسی‌های آماری

مقایسه عوامل فیزیکی و شیمیایی مذکور میان پنج زیست‌گاه انتخابی با آزمون تحلیل پراش (واریانس) یک‌طرفه (one-way ANOVA)، آزمون LSD و آزمون دانکن انجام گرفت. نتایج این آزمون‌ها در ادامه می‌آید.

۱-۵-۳-دما

۱-۱-۵-۳-تحلیل پراش و آزمون LSD

مقایسه‌ی میانگین یک‌ساله دما در میان ۹ زیستگاه مورد نظر نشان داد که:

- چشمه‌ی رسول با میانگین سالانه ۱۵/۱۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت معناداری ($p<0.05$) با زیستگاه ارژن نداشت، اما با خانی‌ورگ ($p<0.01$)، کوشک زر ($p<0.03$)، قدمگاه ($p<0.004$)، و سایر زیستگاهها ($p<0.0001$) تفاوت معناداری در این محدوده نشان داد.

- چشمه کوشک‌زر (میانگین دما ۱۳/۵۱درجه سانتیگراد) با چشمه قدم‌گاه، خانی‌ورگ و ارژن تفاوت آماری معناداری را از نظر دما در محدوده‌ی $p<0.05$ نشان نداد، اما با چشمه رسول ($p<0.03$)، و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت معناداری داشت.

-چشمه قدم‌گاه (میانگین دما ۱۳/۰۱درجه سانتیگراد) با چشمه کوشک‌زر و خانی‌ورگ تفاوت آماری نداشت، اما با چشمه‌ی رسول ($p<0.03$) و همه سایر زیست‌گاهها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

- چشمه خانی‌ورگ(میانگین دما $12/77^{o}C$) با کوشک‌زر و قدم‌گاه تفاوت آماری نشان نداد، اما با ارژن ($p<0.01$)، رسول ($p<0.001$) و سایر زیست‌گاه‌ها ($p<0.0001$)تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- چشمه پل‌برنجی (میانگین دما $21/31^{o}C$) با چشمه گلابی تفاوت معناداری نشان نداد، اما با جهان‌گیرخان ، هونیفقان ($p<0.02$)، و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت معناداری داشت.

- چشمه ارژن (میانگین دما ۱۴/۴۰درجه سانتیگراد) با رسول و کوشک‌زر تفاوتی نداشت اما با قدم‌گاه و خانی‌ورگ ($p<0.03$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت معناداری داشت.

- چشمه جهانگیرخان (میانگین دما ۲۳/۲۱درجه سانتیگراد) با گلابی تفاوت معناداری نداشت اما با چشمه پل‌برنجی ($p<0.02$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

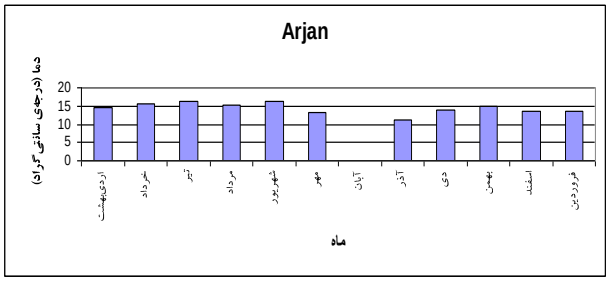
- چشمه هونیفقان (میانگین دما۱۹/۵۲درجه سانتیگراد) با پل‌برنجی ($p<0.02$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت معناداری نشان داد.

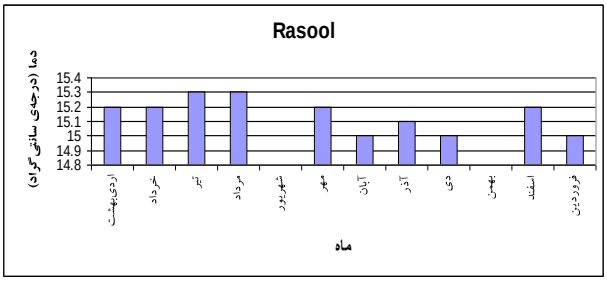
- چشمه گلابی (میانگین دما۲۲/۷۲درجه سانتیگراد) با پل‌برنجی و جهان‌گیرخان تفاوتی نداشت، اما با سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$)، تفاوت آماری معناداری نشان داد.

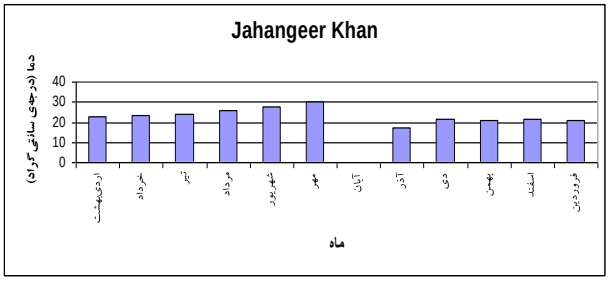
تغییرات ماهانه دما در هر یک از زیست‌گاه‌های مورد بررسی در نمودارهای شکل ۱۶ می‌آید.

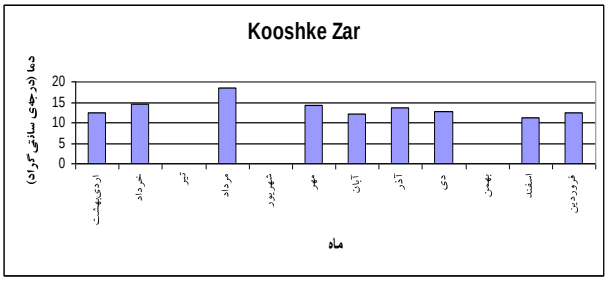
۲-۱-۵-۳-گروه‌بندی دانکن

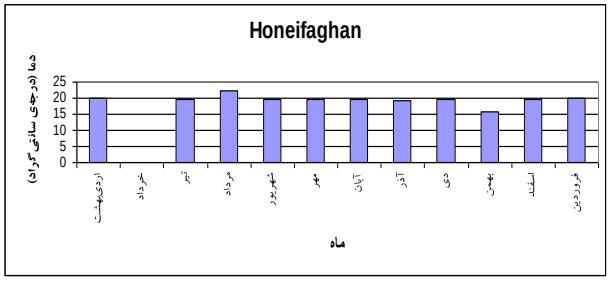
بر اساس این آزمون دیده می‌شود که زیست‌گاه‌های مورد بررسی از نظر دمایی در شش گروه مجزا جای می‌گیرد. گروه اول شامل چشمه‌های، کوشک‌زر، قدم‌گاه و خانی‌ورگ، گروه دوم شامل چشمه‌های ارژن، کوشک‌زر، گروه سوم شامل ارژن و رسول، و پل‌برنجی، و گروه چهارم چشمه‌ی هونیفقان، گروه پنجم شامل چشمه‌های پل‌برنجی، گلابی و گروه ششم شامل چشمه‌ی جهانگیرخان است. در مجموعِ زیست‌گاه‌های مورد بررسی کم‌ترین دمای متوسط سالانه‌ی مشاهده شده ۱۲/۷۷ در چشمه‌ی‌خانی‌ورگ، بیش‌ترین دمای متوسط سالانه ۲۳/۲۱ در چشمه‌ی‌جهان‌گیرخان، و میانگین کل آن ۱۷/۳۴(SD=۴/۳۸) بود.

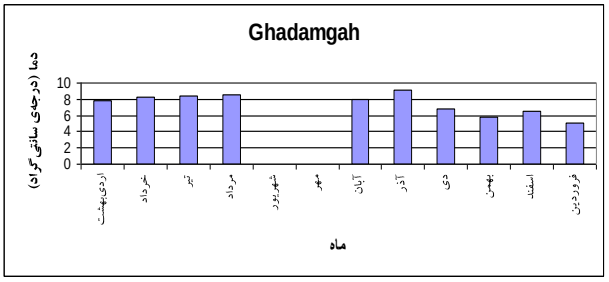


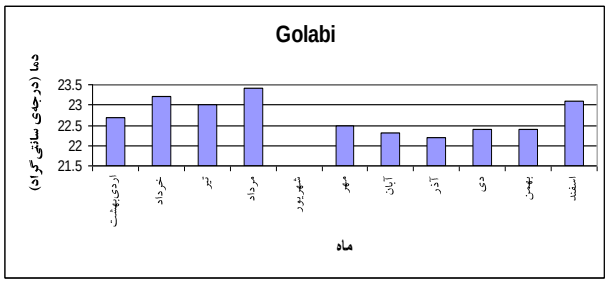


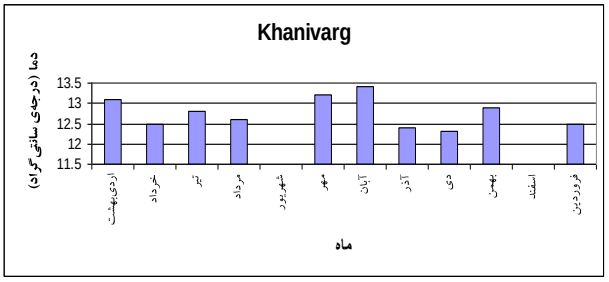


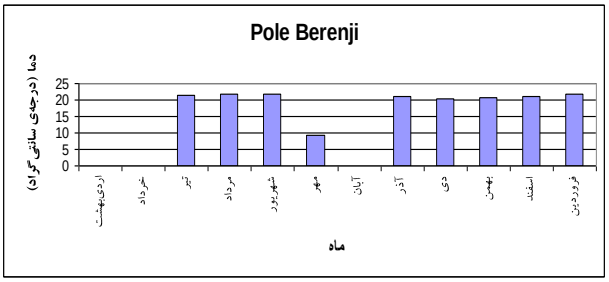












شکل ١٦. نمودارهای تغییرات ماهانه دما در ٩ زیست‌گاه مورد بررسی. ستون‌های خالی نشان دهنده‌ی انجام نشدن اندازه‌گیری است.

۲-۵-۳- عمق

۱-۲-۵-۳-تحلیل پراش و آزمون LSD

مقایسه میانگین یک‌ساله عمق در زیست‌گاه‌های مذکور بیانگر آن است که :

- چشمه رسول با میانگین سالانه ۳۴/۲ سانتی‌متر تفاوت آماری معناداری را با کوشک‌زر و ارژن نشان نداد، با قدم‌گاه ($p<0.02$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- چشمه‌کوشک‌زر (میانگین ۲۷/۰۰سانتی‌متر) با رسول، قدم‌گاه، و ارژن تفاوتی نشان نداد، اما با جهان‌گیرخان ($p<0.03$)، خانی‌ورگ ($p<0.01$)، با گلابی ($p<0.005$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت معناداری نشان داد.

- چشمه قدم‌گاه (میانگین ۲۰/۳۰سانتی‌متر) با کوشک‌زر، خانی‌ورگ، ارژن، جهان‌گیرخان و گلابی تفاوتی نشان نداد، اما با رسول ($p<0.002$)، هونیفقان ($p<0.004$) و پل‌برنجی ($p<0.006$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- چشمه خانی‌ورگ (میانگین ۱۴/۲۹سانتی‌متر) با رسول ($p<0.0001$)، کوشک‌زر ($p<0.008$)، ارژن ($p<0.007$) تفاوت آماری معناداری داشت، اما با سایر چشمه‌ها تفاوتی را نشان نداد.

- چشمه پل‌برنجی (میانگین ۷/۵۶سانتی‌متر) با خانی‌ورگ، هونیفقان و گلابی تفاوتی نشان نداد، اما با جهان‌گیرخان ($p<0.03$)، قدم‌گاه ($p<0.006$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- چشمه ارژن (میانگین ۲۷/۴۰سانتی‌متر) با رسول، کوشک‌زر، و قدم‌گاه تفاوتی نداشت، اما با گلابی ($p<0.003$)، جهان‌گیرخان ($p<0.02$)، خانی‌ورگ ($p<0.007$) وسایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت معناداری داشت.

- چشمه جهانگیرخان (میانگین ۱۷/۴۵سانتی‌متر) با قدم‌گاه، خانی‌ورگ و گلابی تفاوتی نشان نداد، اما با کوشک‌زر، پل‌برنجی، ارژن ، هونیفقان ($p<0.03$) و رسول ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- چشمه هونیفقان (میانگین ۷/۷۰ سانتی‌متر) با خانی‌ورگ، پل‌برنجی و گلابی تفاوتی نداشت، اما با جهان‌گیرخان ($p<0.03$)، قدم‌گاه ($p<0.004$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- چشمه گلابی (میانگین ۱۳/۵۰سانتی‌متر) با ارژن ($p<0.003$)، کوشک‌زر ($p<0.004$)، و رسول ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت، اما با سایر چشمه‌ها تفاوتی را نشان نداد.

تغییرات ماهانه عمق در هر یک از زیست‌گاههای مورد بررسی در نمودارهای شکل ۱۷ می‌آید.

۲-۲-۵-۳-گروه‌بندی دانکن

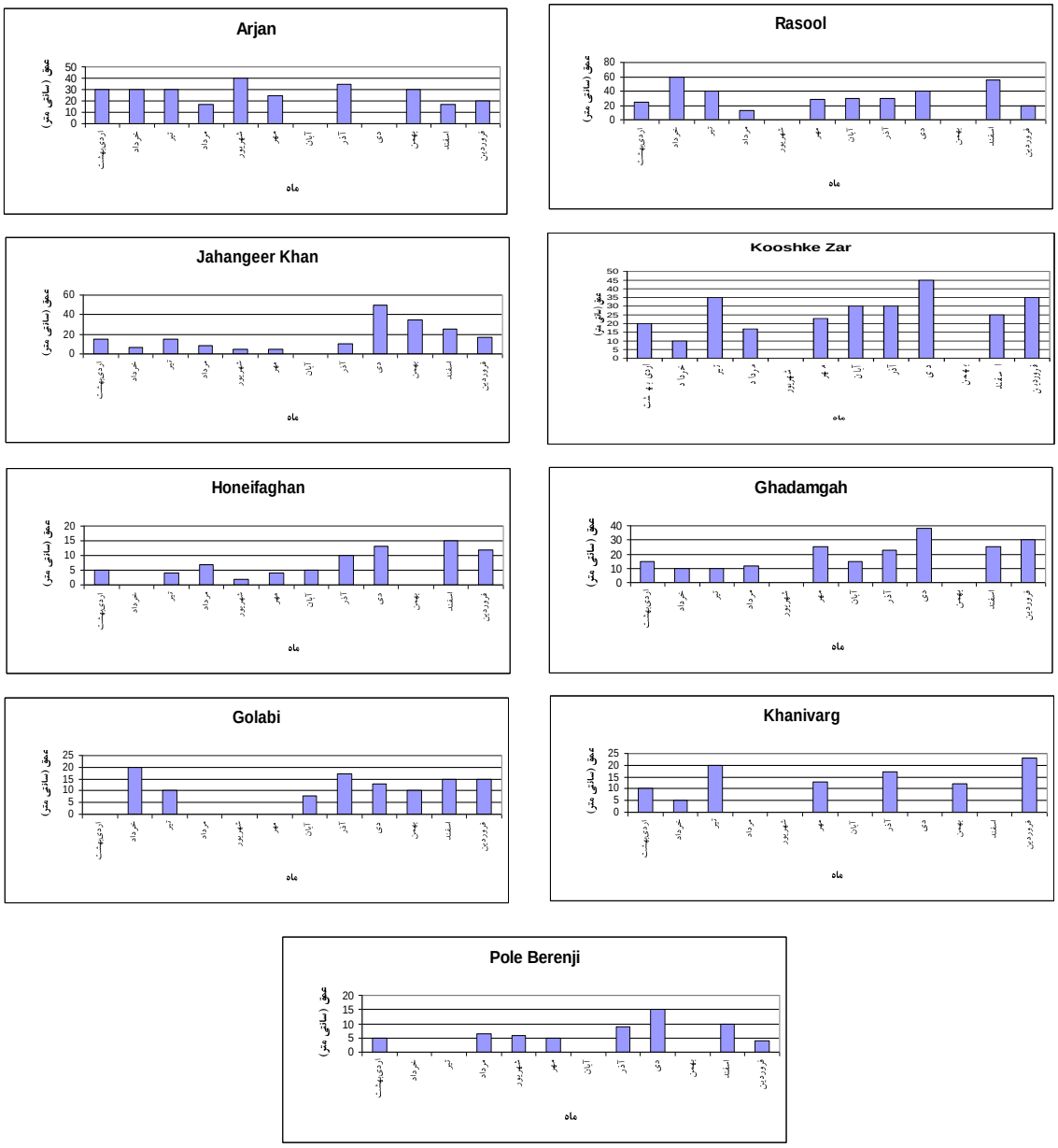
در مورد عمق، چشمه‌ها به چهار گروه قابل تقسیم بود، به‌طوری که چشمه‌های پل‌برنجی، هونیفقان، گلابی، و خانی‌ورگ در گروه اول، چشمه‌های گلابی، خانی‌ورگ، جهانگیرخان و قدم‌گاه در گروه دوم، چشمه‌های قدم‌گاه، کوشک‌زر و ارژن در گروه سوم و چشمه‌های کوشک‌زر، ارژن، و رسول در گروه چهارم جا گرفتند. در مجموع و در میان همه زیست‌گاه‌های مورد بررسی، بیش‌ترین و کم‌ترین عمق متوسط ۳۴/۲۰ در چشمه رسول و ۷/۵۶ در چشمه پل‌برنجی با میانگین ۱۹/۳۶ سانتی‌متر (SD=۱۲/۶۲) بود.

۳-۵-۳- سرعت جریان

۱-۳-۵-۳-تحلیل پراش و آزمون LSD

میانگین یک‌ساله سرعت جریان در زیست‌گاه‌های مورد بررسی نشان داد که میان این زیست‌گاه‌ها اختلاف آماری معناداری وجود نداشت. تغییرات ماهانه سرعت جریان در هر یک از زیست‌گاه‌های مورد بررسی در نمودارهای شکل ۱۸ می‌آید.

در مجموع در میان همه‌ی چشمه‌ها، کم‌ترین و بیش‌ترین سرعت جریان متوسط ۱۵/۲۵cm/s در چشمه‌ی‌جهان‌گیرخان و ۴۱/۰۰cm/s در چشمه‌ی‌ارژن با میانگین ۲۹/۹۳ (SD=۲۲/۷۵) بود.



شکل ۱۷. نمودارهای تغییرات ماهانه عمق آب در ۹ زیست‌گاه مورد بررسی. ستون‌های خالی نشان دهنده انجام نشدن اندازه‌گیری است.

٤-٥-٣- اکسیژن محلول

١-٤-٥-٣-تحلیل پراش و آزمون LSD

نتایج آزمون‌های آماری در مورد مقایسه غلظت اکسیژن محلول در زیست‌گاه‌های مورد بررسی نشان داد که:

- چشمه رسول (میانگین ۶/۹۵ppm) با جهان‌گیرخان ($p<0.05$) ، هونیفقان ($p<0.04$) و گلابی ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد، اما با سایر چشمه‌ها تفاوتی نشان نداد.

- چشمه کوشک‌زر (میانگین ۷/۹ppm) با رسول، قدم‌گاه و خانی‌ورگ تفاوتی نداشت، اما با پل‌برنجی ($p<0.04$)، ارژن ($p<0.01$)، جهان‌گیرخان ($p<0.002$)، هونیفقان ($p<0.001$) و گلابی ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

- چشمه قدم‌گاه (میانگین ۷/۴۳ppm) با رسول، کوشک‌زر، خانی‌ورگ، و پل‌برنجی تفاوتی نداشت، اما با ارژن ($p<0.05$)، جهان‌گیرخان ($p<0.02$)، هونیفقان ($p<0.009$) و گلابی ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

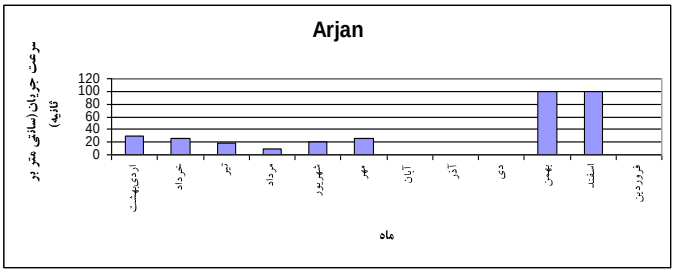
- چشمه خانی‌ورگ (میانگین ۷/۰۳ppm) با جهان‌گیرخان ($p<0.04$)، هونیفقان ($p<0.03$) و گلابی ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد، اما با سایر چشمه‌ها تفاوتی نشان نداد.

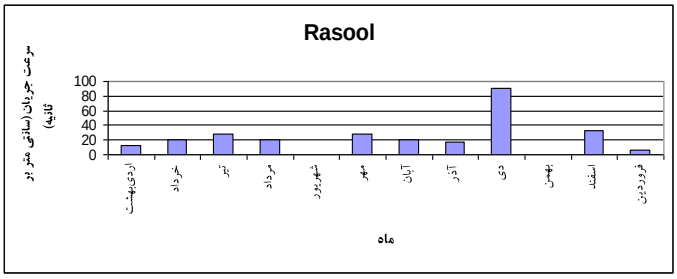
- چشمه پل‌برنجی (میانگین ۶/۰۸ppm) تنها با چشمه گلابی ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت، و با هیچ‌یک از چشمه‌های دیگر تفاوتی نشان نداد.

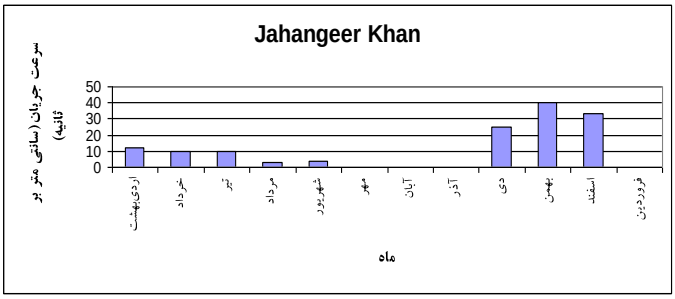
- چشمه ارژن(میانگین ۵/۷۵ppm) با کوشک‌زر ($p<0.01$)، قدم‌گاه ($p<0.05$)، و گلابی ($p<0.002$) تفاوت آماری معناداری داشت و با سایر چشمه‌ها تفاوتی نشان نداد.

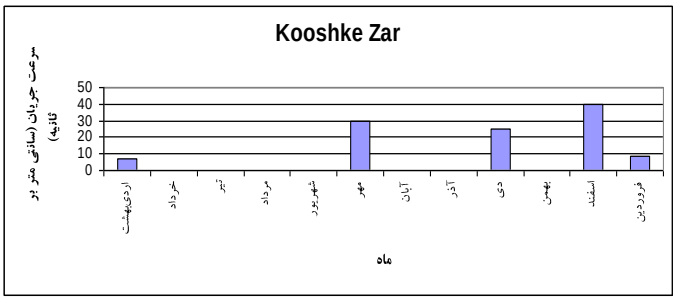
- چشمه جهانگیرخان (میانگین ۵/۲۹ppm) با پل‌برنجی، ارژن و هونیفقان تفاوتی نداشت، اما با رسول ($p<0.05$)، خانی‌ورگ ($p<0.04$)، قدم‌گاه ($p<0.02$)، کوشک‌زر ($p<0.002$) و گلابی ($p<0.03$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

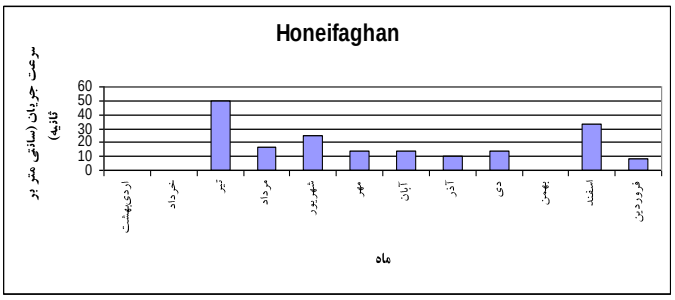
- چشمه هونیفقان (میانگین ۵/۱۹ppm) تفاوت آماری معناداری را با پل‌برنجی، ارژن و جهان‌گیرخان نشان نداد، اما با رسول و خانی‌ورگ ($p<0.04$)، گلابی ($p<0.03$)، قدم‌گاه ($p<0.01$)، و کوشک‌زر ($p<0.001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

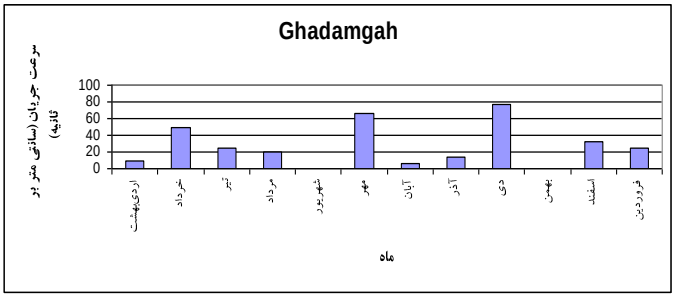


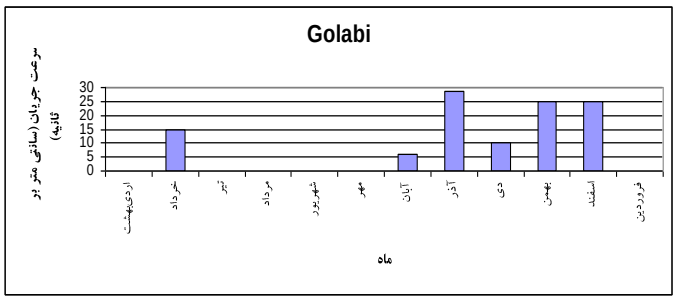


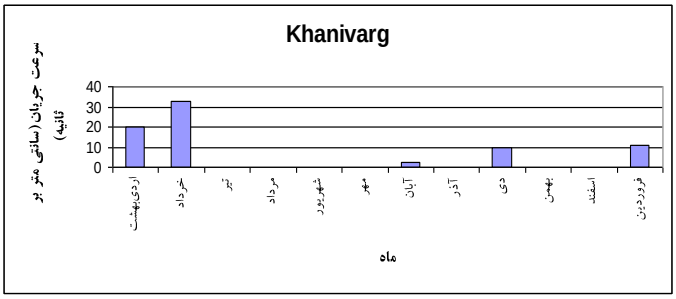


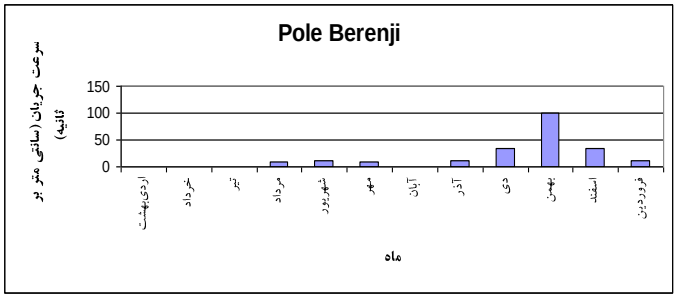












شکل ۱۸. نمودار تغییرات ماهانه سرعت جریان آب در ۹ زیست‌گاه مورد بررسی. ستون‌های خالی نشان دهنده انجام نشدن اندازه‌گیری است.

- چشمه گلابی (میانگین ۳/۳۳ppm) با جهان‌گیرخان و هونیفقان ($p<0.03$)، پل‌برنجی ($p<0.002$)، ارژن ($p<0.005$)، و نیز چهار چشمه دیگر ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

تغییرات ماهانه اکسیژن محلول در هر یک از زیست‌گاه‌های مورد بررسی در نمودارهای شکل ۱۹ می‌آید.

۲-٤-٥-۳-گروه‌بندی دانکن

زیست‌گاه‌های مورد بررسی از نظر اکسیژن محلول به چهار گروه تقسیم شد. چشمه گلابی در گروه اول، چشمه‌های هونیفقان، جهانگیرخان، ارژن، پل‌برنجی، رسول، و خانی‌ورگ در گروه دوم، چشمه‌های ارژن، پل‌برنجی، رسول، خانی‌ورگ و قدم‌گاه در گروه سوم و چشمه‌های پل‌برنجی، رسول، خانی‌ورگ، قدم‌گاه و کوشک‌زر در گروه چهارم قرار گرفت. در مجموع در چشمه‌های مورد مطالعه بیش‌ترین مقدار متوسط سالانه غلظت اکسیژن ۷/۹۱، کم‌ترین آن ۳/۳۳ با میانگین $۶/۱۱_{ppm}$ (SD=۲/۲۶) بوده است.

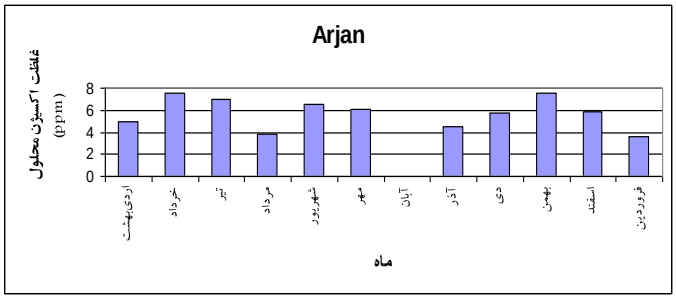
pH-۳-٥-٥

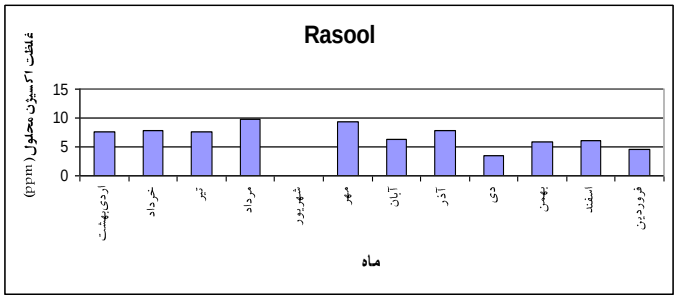
۱-٥-٥-۳-تحلیل پراش و آزمون LSD

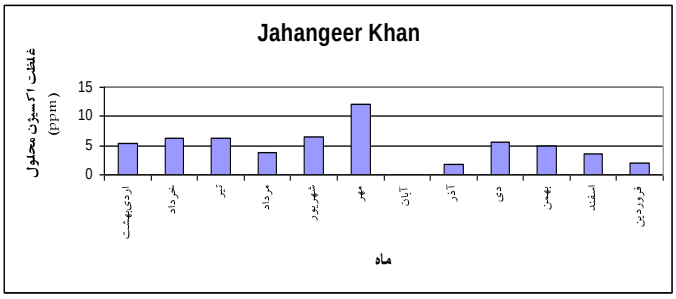
از نظر pH نیز هیچ تفاوت آماری معناداری میان زیست‌گاه‌های مورد نظر دیده نشد. تغییرات ماهانه pH در هر یک از زیست‌گاه‌های مورد بررسی در نمودارهای شکل ۲۰ می‌آید.

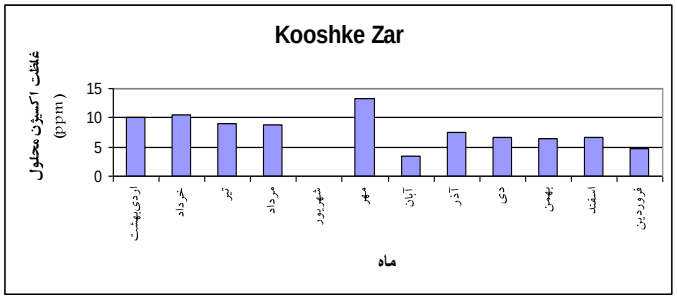
۲-٥-٥-۳-گروه‌بندی دانکن

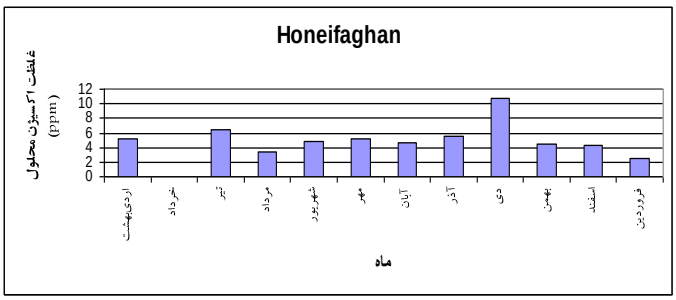
با نبود تفاوت آماری معنادار در میانگین‌های pH میان زیست‌گاه‌ها بدیهی است همه زیست‌گاه‌های مورد مطالعه از نظر pH در یک گروه قرار گرفت. بیش‌ترین مقدار متوسط pH در این زیست‌گاه‌ها ۷/۹۰ در چشمه‌ی‌جهان‌گیرخان، کم‌ترین آن ۷/۴۶ در چشمه‌ی‌کوشک‌زر و میانگین آن ۷/۶۹ (SD=۰/۶۳) بود.

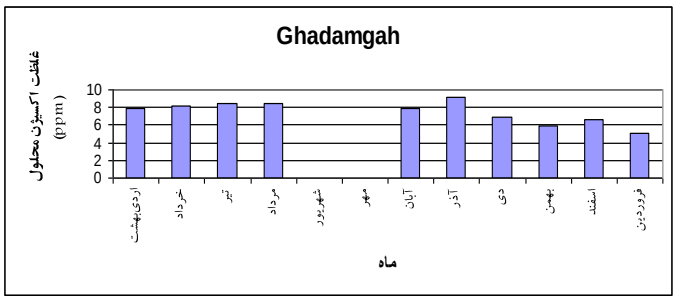


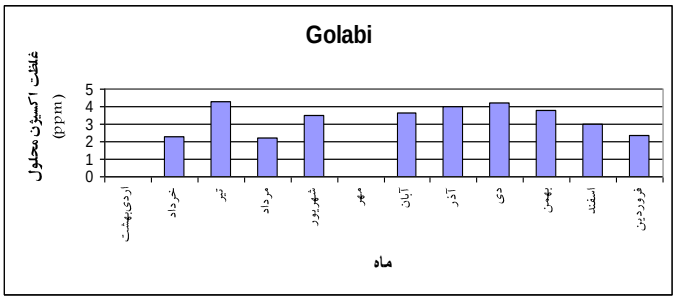


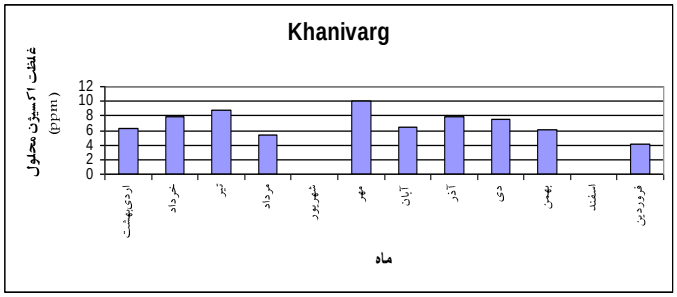


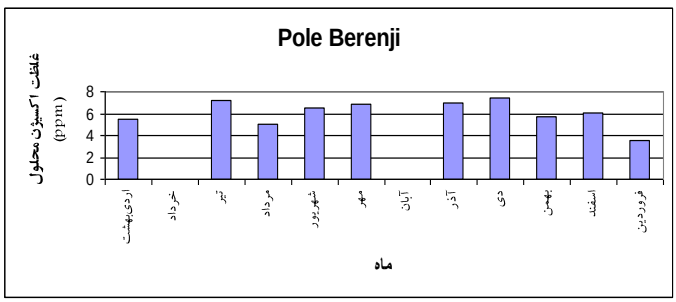




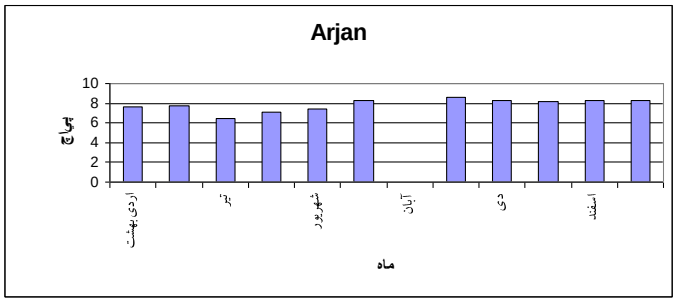


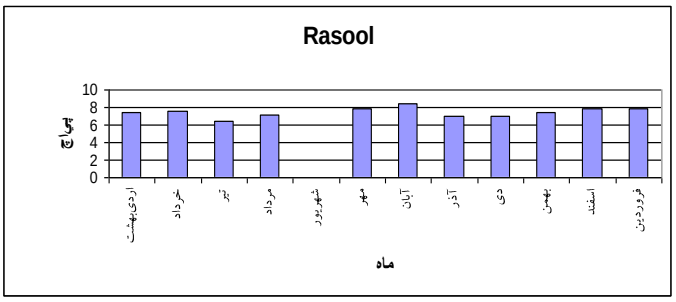


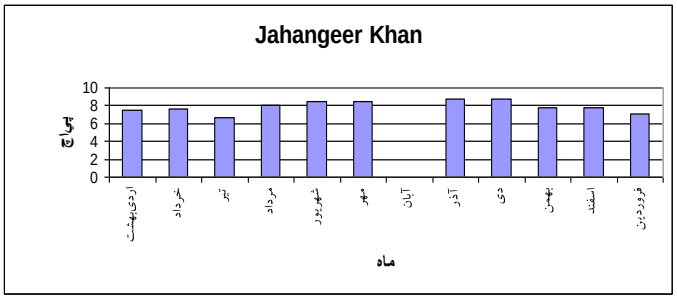


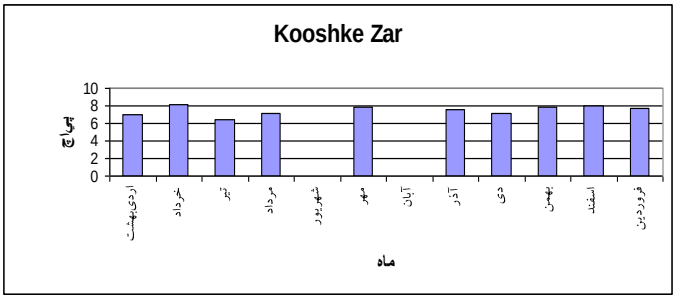


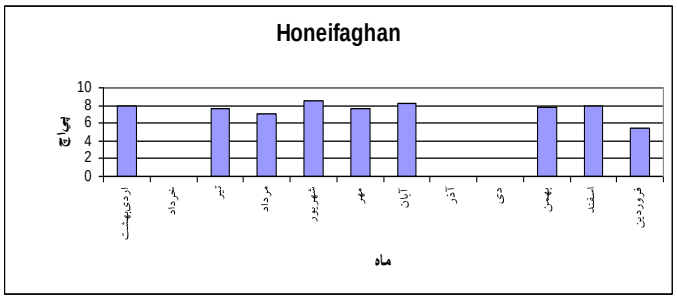
شکل ۱۹. نمودار تغییرات ماهانه غلظت اکسیژن محلول در آب در ۹ زیست‌گاه مورد بررسی. ستون‌های خالی نشان دهنده انجام نشدن اندازه‌گیری است.

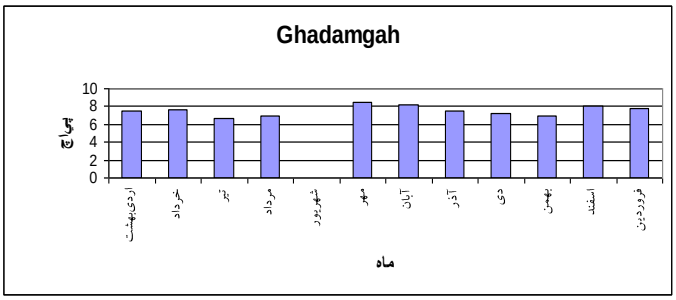


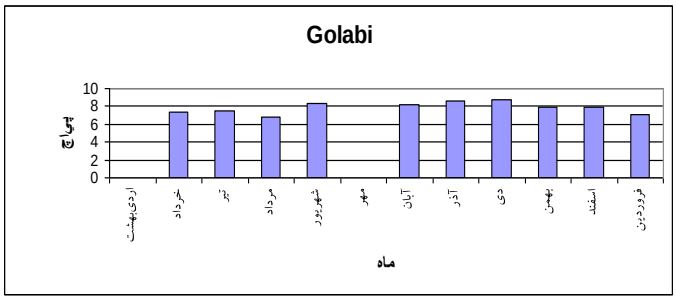


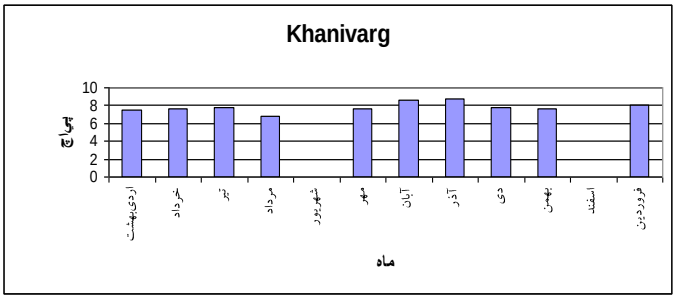


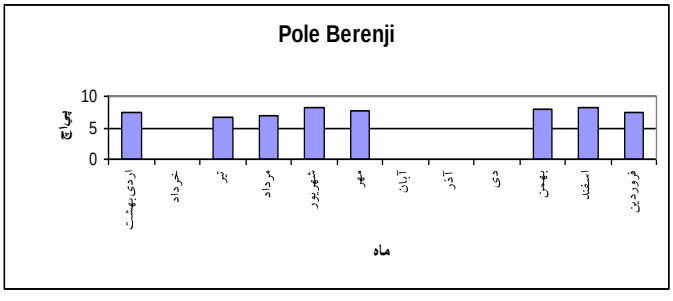












شکل ۲۰. نمودار تغییرات ماهانه pH آب در ۹ زیست‌گاه مو
رد بررسی. ستون‌های خالی نشان دهنده انجام نشدن اندازه‌گیری است.

۶-۵-۳- هدایت الکتریکی

۱-۶-۵-۳-تحلیل پراش و آزمون LSD

نتایج مقایسه میانگین‌های یک‌ساله هدایت الکتریکی در زیست‌گاه‌های مورد تحقیق مشخص کرد که:

- چشمه رسول (میانگین ۴۴۰/۷۳µs/cm) با ارژن، هونیفقان و گلابی تفاوتی نشان نداد، در حالی که با کوشک‌زر، خانی‌ورگ و جهان‌گیرخان ($p<0.001$)، قدم‌گاه و پل‌برنجی ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- چشمه کوشک‌زر (میانگین ۲۸۲/۶۴µs/cm) با قدم‌گاه و خانی‌ورگ تفاوتی نداشت، اما با رسول و هونیفقان ($p<0.001$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- چشمه قدم‌گاه (میانگین ۲۵۷/۲۷µs/cm) با کوشک‌زر و خانی‌ورگ تفاوتی نشان نداد، ولی با همه چشمه‌های دیگر تفاوت آماری معناداری ($p<0.0001$) داشت.

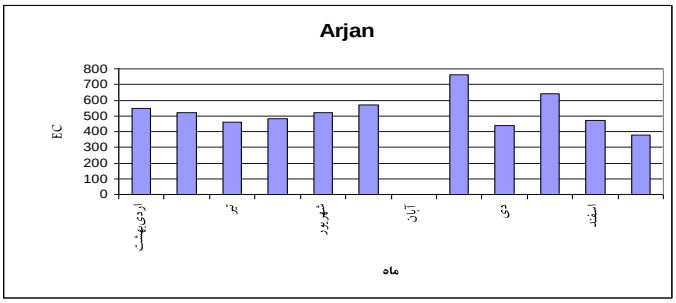
- چشمه خانی‌ورگ (میانگین ۲۷۳/۳۰µs/cm) با کوشک‌زر و قدم‌گاه تفاوتی نداشت، درحالی‌که با رسول ($p<0.001$)، و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

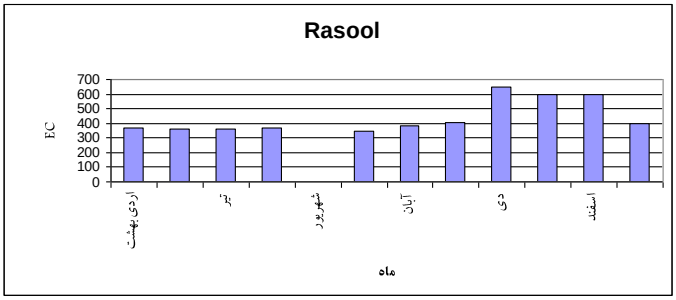
- چشمه پل‌برنجی (میانگین ۱۵۲۴/۸۶µs/cm) با همگی چشمه‌ها تفاوت آماری معناداری ($p<0.0001$) داشت.

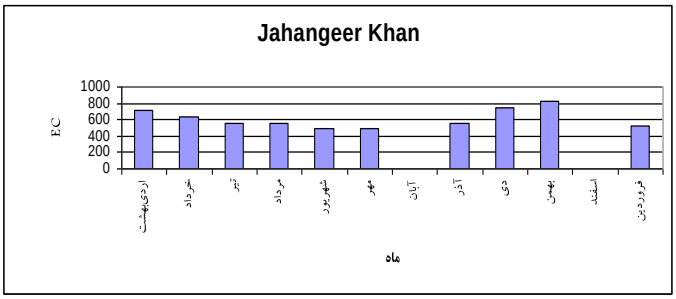
- چشمه ارژن (میانگین ۵۲۶/۵۴µs/cm) با رسول، جهان‌گیرخان، هونیفقان، و گلابی تفاوتی نشان نداد، اما با سایر چشمه‌ها تفاوت آماری معناداری ($p<0.0001$) نشان داد.

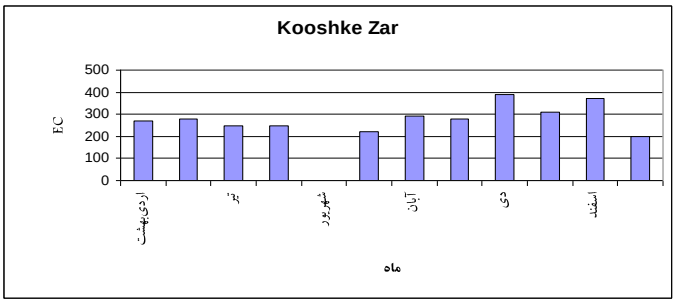
- چشمه‌ی جهانگیرخان (میانگین ۶۱۲/۰۰µs/cm) با ارژن تفاوتی نداشت، اما با گلابی ($p<0.02$)، رسول و هونیفقان ($p<0.001$)، و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

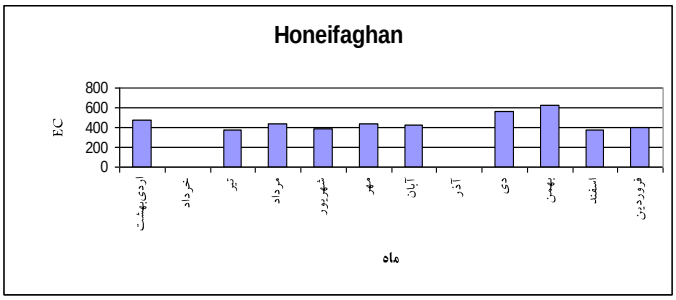
- چشمه هونیفقان (میانگین ۴۵۱/۰۰µs/cm) تفاوت آماری معناداری را با رسول، ارژن، و گلابی نشان نداد، اما با کوشک‌زر و جهان‌گیرخان ($p<0.001$)، و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

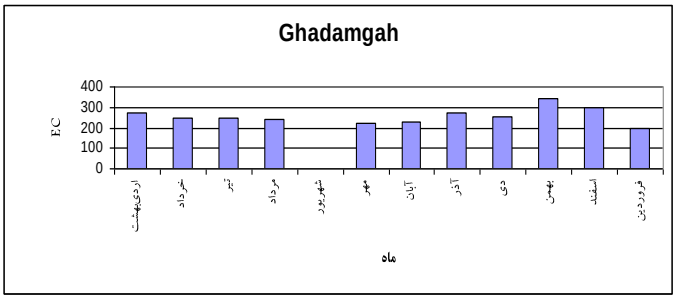


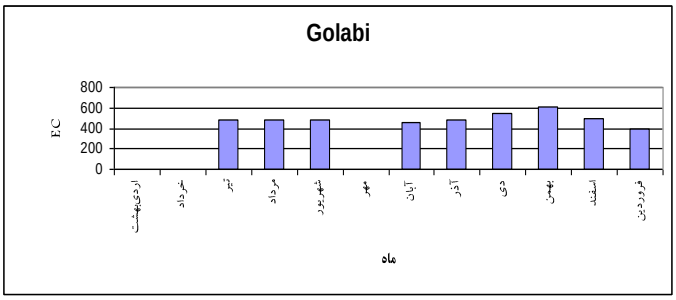


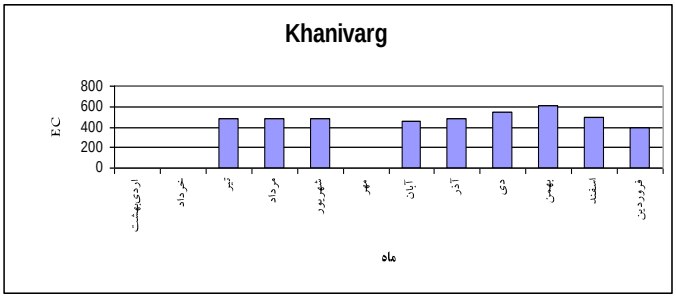


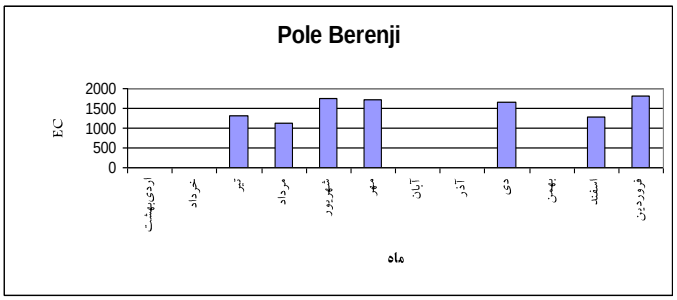












شکل ۲۱. نمودار تغییرات ماهانه هدایت الکتریکی آب در ۹ زیست‌گاه مورد بررسی (µs/cm). ستون‌های خالی نشان دهنده انجام نشدن اندازه‌گیری است.

– چشمه‌ی گلابی (میانگین ۴۹۲/۲۲µs/cm) با رسول، ارژن و هونیفقان تفاوتی نداشت، درحالی‌که با جهان‌گیرخان ($p<0.02$) و با سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

تغییرات ماهانه هدایت الکتریکی آب در هر یک از زیست‌گاه‌های مورد بررسی در نمودارهای شکل ۲۱ می‌آید.

گروه‌بندی دانکن

از نظر مقدار هدایت الکتریکی چشمه‌های مورد تحقیق در چهار گروه جدا از هم دسته‌بندی شد. در گروه نخست چشمه‌های خانی‌ورگ، قدم‌گاه و کوشک‌زر، در گروه دوم چشمه‌های ارژن، هونیفقان، گلابی و رسول، در گروه سوم چشمه‌های ارژن و جهانگیرخان و در گروه چهارم چشمه پل‌برنجی قرار داشت. در مجموع زیست‌گاه‌ها مشاهده شد که بیش‌ترین مقدار متوسط EC ممکن ۱۵۲۴/۸۶µs/cm در پل‌برنجی، کم‌ترین آن ۲۵۷/۲۷µs/cm در قدم‌گاه و میانگین آن ۵۰۰/۵۱µs/cm (SD=۳۳۸/۵۲) بوده است.

۶-۳- گیاهان آب‌زی

نمونه‌های ثابت‌شده گیاهان آب‌زی در هر یک از زیست‌گاه‌ها شناسایی شد (شناسایی توسط سرکار خانم مهندس عفت جعفری عضو هیات علمی گروه گیاه‌شناسی بخش منابع طبیعی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس). این گیاهان در مجموع از چهار جنس *Nasturtium* (تره‌تیزک آبی) از خانواده CRUCIFERAE، *Ceratophyllum* (علف شاخی) از خانواده CERATOPHYLLACEAE، *Lemna* (عدسک آبی) از خانواده LEMNACEAE و *Juncus* (سازو) از خانواده JUNCACEAE بود. گونه‌های شناسایی شده به ترتیب زیست‌گاه‌ها در پی می‌آید.

چشمه رسول	*Lemna sp.; Ceratophyllum demersum*
چشمه کوشک‌زر	*Juncus sp.; Nasturtium officinale*
چشمه قدم‌گاه	*Ceratophyllum demersum; Nasturtium officinale*
چشمه خانی‌ورگ	*Ceratophyllum demersum*
چشمه پل‌برنجی	*Ceratophyllum demersum; Nasturtium officinale*
چشمه ارژن	*Ceratophyllum demersum*
چشمه جهان‌گیرخان	*Nasturtium officinale*
چشمه هونیفقان	*Ceratophyllum demersum; Nasturtium officinale*
در چشمه گلابی در اطراف محل زندگی آمفی‌پودها گیاه آبزی دیده نشد.	

۷-۳- بیوسیستماتیک

۱-۷-۳- درازا و وزن تر تنه

۱-۱-۷-۳- درازای تنه

بیش‌ترین درازای دیده شده بزرگ‌ترین افراد بالغ از نوک روستروم تا پایان تلسون در این بررسی ۲/۶۰cm در چشمه‌ی قدم‌گاه و کم‌ترین آن ۰/۶۰cm در چشمه گلابی بود. تغییرات اندازه درازای تنه در جمعیت‌های مورد بررسی در نمودار شکل ۲۲ آمده است.

۱-تحلیل پراش و آزمون LSD

نتایج مقایسه‌ی میانگین‌های اندازه‌ی درازای تنه در زیست‌گاه مشخص کرد که:

- جمعیت چشمه رسول (میانگین ۱/۶۹ cm) با پل‌برنجی ($p<0.05$)، خانی‌ورگ ($p<0.001$)، و سایر چشمه‌های دیگر ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- جمعیت چشمه کوشک‌زر (میانگین ۲/۴۱cm) با سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- جمعیت چشمه قدم‌گاه (میانگین ۲/۰۸cm) با ارژن ($p<0.003$) و نیز با سایر چشمه‌های دیگر تفاوت آماری معناداری ($p<0.0001$) داشت.

- جمعیت چشمه خانی‌ورگ (میانگین ۱/۴۹cm) با پل‌برنجی تفاوتی نداشت، درحالی‌که با رسول ($p<0.001$)، و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- جمعیت چشمه پل‌برنجی (میانگین ۱/۵۷cm) با خانی‌ورگ تفاوتی نداشت، اما با رسول ($p<0.05$) و نیز سایر چشمه‌های دیگر تفاوت آماری معناداری ($p<0.0001$) داشت.

- جمعیت چشمه ارژن (میانگین ۱/۹۱cm) با قدم‌گاه ($p<0.003$) و با سایر چشمه‌ها تفاوت آماری معناداری ($p<0.0001$) نشان داد.

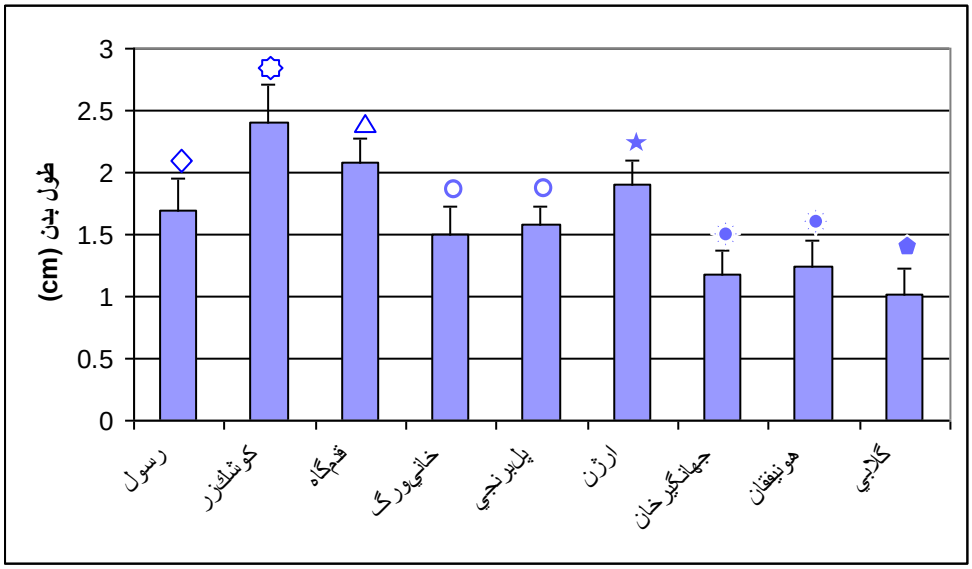
- جمعیت چشمه‌ی جهانگیرخان (میانگین ۱/۱۸cm) با هونیفقان تفاوتی نداشت، اما با گلابی ($p<0.004$) و دیگر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- جمعیت چشمه هونیفقان (میانگین ۱/۲۵cm) تفاوت آماری معناداری را با جهان‌گیرخان نشان نداد، اما با سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

- جمعیت چشمه گلابی (میانگین ۱/۰۱cm) با جهان‌گیرخان ($p<0.004$)، و نیز با سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

۲-گروه‌بندی دانکن

از نظر اندازه طول بدن جمعیت‌های چشمه‌های مورد تحقیق در هفت گروه جدا از هم دسته‌بندی شد. در گروه نخست چشمه گلابی، در گروه دوم چشمه‌های جهان‌گیرخان و هونیفقان، در گروه سوم چشمه‌های خانی‌ورگ و پل‌برنجی، در گروه چهارم چشمه رسول، در گروه پنجم چشمه ارژن، در گروه ششم چشمه‌قدم‌گاه، و در گروه هفتم چشمه‌کوشک‌زر قرار داشت. در مجموع جمعیت‌ها مشاهده شد که بیش‌ترین مقدار متوسط اندازه‌ی بدن ۲/۴۱cm در کوشک‌زر، کم‌ترین آن ۱/۰۱cm در گلابی و میانگین آن ۱/۶۲cm (SD=۰/۴۸) بوده است.



شکل ۲۲. نمودار مقایسه طول تنه میان ۹ جمعیت از آمفی‌پودها در اسفند ۱۳۸۰. علامت‌های یکسان نشان‌دهنده گروه‌هایی است که تفاوت آماری معناداری ندارد. (Error bars = SD)

۲-۱-۷-۳- وزن تر تنه

بیش‌ترین وزن اندازه‌گیری شده بدن بزرگ‌ترین افراد بالغ در این بررسی ۰/۱۵cm در چشمه قدم‌گاه، و کم‌ترین آن ۰/۰۱cm در چشمه‌های جهانگیرخان و پل برنجی بود. تغییرات وزن تر بدن بالغ در هر یک از جمعیت‌های مورد بررسی در نمودار شکل ۲۳ می‌آید.

۱-تحلیل پراش و آزمون LSD

نتایج مقایسه میانگین‌های اندازه‌ی وزن تر بدن در جمعیت‌ها مشخص کرد که:

- جمعیت چشمه رسول (میانگین ۰/۰۴gr) با ارژن تفاوتی نداشت اما با سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- جمعیت چشمه کوشک‌زر (میانگین ۰/۰۸gr) با همه چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- جمعیت چشمه قدم‌گاه (میانگین ۰/۰۶gr) با سایر چشمه‌ها تفاوت آماری معناداری ($p<0.0001$) نشان داد.

- جمعیت چشمه خانی‌ورگ (میانگین ۰/۰۳gr) با پل‌برنجی، جهان‌گیرخان و گلابی تفاوتی نداشت، درحالی‌که با هونیفقان ($p<0.001$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

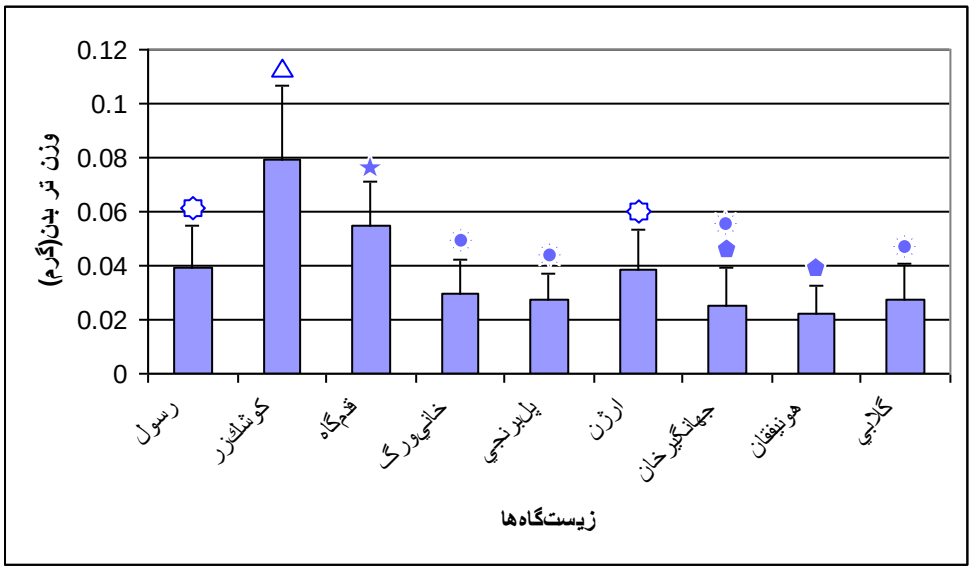
- جمعیت چشمه پل‌برنجی (میانگین ۰/۰۳gr) با خانی‌ورگ، جهان‌گیرخان و گلابی تفاوتی نداشت، اما با هونیفقان ($p<0.03$) وسایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت معناداری داشت.

- جمعیت چشمه ارژن (میانگین ۰/۰۴gr) با رسول تفاوتی نداشت، اما با سایر چشمه‌ها تفاوت آماری معناداری ($p<0.0001$) نشان داد.

- جمعیت چشمه جهانگیرخان (میانگین ۰/۰۳gr) با خانی‌ورگ، پل‌برنجی، هونیفقان و گلابی تفاوتی نداشت، اما با سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری نشان داد.

- جمعیت چشمه هونیفقان (میانگین ۰/۰۲gr) تفاوت آماری معناداری را با جهان‌گیرخان نشان نداد، اما با گلابی و پل‌برنجی ($p<0.03$)، خانی‌ورگ ($p<0.001$) و سایر چشمه‌ها ($p<0.0001$) تفاوت آماری معناداری داشت.

- جمعیت چشمه گلابی (میانگین ۰/۰۳gr) با خانی‌ورگ، پل‌برنجی و جهان‌گیرخان تفاوتی نداشت، اما با هونیفقان ($p<0.03$) و چشمه‌های دیگر ($p<0.0001$) تفاوت معناداری نشان داد.



شکل ۲۳. نمودار مقایسه میانگین وزن تر تنه میان ۹ جمعیت در اسفندماه ۱۳۸۰. علامت‌های یکسان نشان‌دهنده گروه‌هایی است که تفاوت آماری معناداری ندارد. (Error bars = SD)

۲-گروه‌بندی دانکن

از نظر اندازه وزن تر بدن جمعیت‌های چشمه‌های مورد تحقیق در پنج گروه جدا از هم دسته‌بندی شد. در گروه نخست چشمه هونیفقان و جهان‌گیرخان، در گروه دوم چشمه‌های جهان‌گیرخان، پل‌برنجی، گلابی و

خانی‌ورگ، در گروه سوم چشمه‌های ارژن و رسول، در گروه چهارم چشمه‌ی قدم‌گاه و در گروه پنجم چشمه کوشک‌زر قرار داشت.

در مجموع جمعیت‌ها مشاهده شد که بیش‌ترین مقدار متوسط اندازه وزن تنه ۰/۰۷۹gr در کوشک‌زر، کم‌ترین آن ۰/۰۲۲gr در گلابی و میانگین آن ۰/۰۳۹gr (SD=۰/۰۲۳) بود.

۲-۷-۳- ویژگی‌های ریختی

توجه به ویژگی‌های کلیدی (Edmondson, 1983) نشان داد که در همه جمعیت‌های جمع آوری و بررسی شده، اندازه شاخک یک بزرگ‌تر از شاخک دو است، پاهای شکمی‌هفتم اندازه‌ای برابر با پاهای شکمی‌ششم یا کمی بزرگ‌تر از آن دارد. بر این اساس تمامی جمعیت‌های مذکور از خانواده GAMMARIDAE هستند.

همه خانواده را به سه گروه ساختگی (Karaman and Pinkster, 1977 *G. balcanicns*–group و *Gammarus pulex*-group و *G. roeseli*-group) تقسیم کرده اند. اگر چه این کلید، مفصل‌ترین متن برای شناسایی دو جورپایان منطقه اروپا، شمال افریقا و نواحی آسیایی کناری است، در این گزارش تاکید بیش‌تری در مورد آن بود و قرارداد ساختگی آن برای گروه بندی درون خانواده پذیرفته شد.

شناسایی در ترازهای پایین‌تر از خانواده در منابع مختلف با رویکردهای متفاوتی انجام شده است براساس کلیدهای کلی‌تر (Chace *et al.*, 1983) بررسی ویژگی‌های کلیدی نشان می‌دهد که گناتوپود اول در حیوان نر کوچک‌تر از گناتوپود دوم است، تمامی جمعیت‌ها آبشش‌های کوکسایی را در کنار بند پایه‌ای پاهای سینه‌ای خود دارند و طول شاخه درونی پای دمی سوم در آن‌ها بیش‌تر از نصف طول شاخه‌ی بیرونی است. بدین‌ترتیب مشخص است که تمامی جمعیت‌های نمونه‌برداری شده به جنس *Gammarus* تعلق دارد.

گروه بندی درون جنس بر اساس دو ویژگی اصلی صورت می‌گیرد، داشتن یا نداشتن تیغه (carina) روی بندهای متاسوم و بلندی یا کوتاهی پرزهای روی پاهای سینه‌ای ۳ و ۴ و پای دمی۳. توجه به این ویژگی نیز نشان داد که همه جمعیت‌های مورد مطالعه فاقد تیغه در بندهای متاسوم اند، و پرزهای روی پاهای سینه‌ای ۳ و ۴ و پای دمی۳ عموما بلند است، بنابراین طبق تعریف قراردادی Karaman & Pinkster, 1977 تمامی این جمعیت به "گروه" *Gammarus pulex* تعلق دارد.

۱-۲-۷-۳-نتایج تشخیص گونه‌ها

مقایسه طرح‌های کشیده شده با توصیف‌های این دو کلید در مورد هیچ یک از جمعیت‌ها انطباق دقیق را نشان نداد. در برخی موارد استفاده از دو کلید در مورد یک جمعیت بخصوص به دو گونه متفاوت ختم شد. در برخی دیگر، ابهام در توصیف‌های ارایه‌شده، و انطباق نداشتن طرح با هیچ یک از دو گزینه موجود در کلید، کار تشخیص را نیمه‌کاره گذاشت. دسترسی نداشتن به نمونه‌های type دو کلید نیز بر ابهام‌های موجود افزود، زیرا امکان مقایسه نمونه‌های طبیعی با هم فراهم نبود.

۲-۲-۷-۳-ساختار تاکسونومیکی این بررسی

به دلیل گوناگونی موجود در ریخت‌شناسی جمعیت‌های مورد بررسی و بروز موارد مبهم و متناقضی که امکان شناسایی جایگاه گونه‌ای جمعیت‌ها را گرفت، چنان که گفته شد و نشان داده خواهد شد، با هدف آن که نقاط دارای ابهام و تناقض برای پژوهش‌های بعدی به روشنی نشان داده شود، این بخش از مطالب به صورت گزارشی از روند کار شناسایی، با اشاره به ویژگی‌های توصیف شده در کلیدها و مقایسه آن‌ها با نمونه‌ها تهیه شد و نه در قالب مرسوم برای توصیف‌های تاکسونومیک.

۸-۳-توصیف‌ها

نتیجه‌ی مقایسه‌ی طرح‌های برداشته شده با هریک از دو کلید برای یکایک جمعیت‌های مورد مطالعه در پی می‌آید.

۱-۸-۳- چشمه رسول

الف. Stock *et al.*

- تاژک ضمیمه‌ی شاخک اول ۲ تا سه بند دارد. چشم‌ها متوسط و لوبیایی شکل و اندوپودایت پای دمی سوم بسیار کم از ۹۰ درصد طول اولین بند اگزوپودایت است (1b).

- شاخک دوم بسیار پرزدار نیست. پرزهای روی بخش نزدیک‌تر تاژک (proximal) تقریبا به اندازه طول بندهاست (2b).

- سطح پشتی بندهای pleosome یک تا سه تیغه‌ی میانی و خار ندارد (6b).

- حاشیه‌ی عقبی بندهای pleosome یک تا سه کنگره دار نیست، اما بر خلاف این بند از کلید پرزهای ریزی دارد (۷b).

- گوشه‌های عقبی–شکمی صفحه‌ی اپی‌مری دو نوک‌تیزی مشخصی ندارد اما سه نوک‌تیز است (۸).

چنان که در شکل دیده می‌شود انتهای عقبی–شکمی‌صفحه اپی‌مری ۲ نوک‌تیز نیست، در حالی که در صفحه اپی‌مری ۳ چنین است. بنابراین نمی‌توان قضاوت کرد که کدام‌یک از این دو گزینه مناسب‌تر است.

ـ در صورتی که گزینه ۸a پذیرفته شود:

(۹a) لوب‌های تلسون با چندین پرز بلند انتهایی. گوشه‌ی عقبی – شکمی‌بخش basis در پای سینه‌ای هفتم (p7) به‌صورت آزاد ساخته شده است. معمولا چند پرز روی سطح درونی بخش basis در پای سینه‌ای هفتم وجود دارد. به این ترتیب نتیجه گونه *Gammarus osselai* Karaman & Pinkster, 1977 خواهد بود.

در این حالت دیده می‌شود که پرزهای انتهایی روی تلسون بلند نیست، اما گوشه عقبی–شکمی basis در p7 به‌صورت آزاد ساخته شده و روی سطح درونی آن نیز پرز دارد. اگر گزینه مقابل آن را انتخاب کنیم که:

(۹b) در این گزینه لوب‌های تلسون تنها چند پرز کوتاه دارد، بنا بر این به *G. lacustris* Sars, 1863 می‌رسیم.

در حالی که در این گونه، گوشه عقبی شکمی basis در p7 آزاد نیست و پرز ندارد.

ـ اگر گزینه‌ی ۸b انتخاب شود:

(۱۰a) اندوپودایت پای دمی سوم کمی‌بیش از نصف (حدود ۶۰درصد) اولین بند اگزوپود و چشم لوبیایی‌شکل و کشیده است. در این صورت به *G. lobifer* Stock *et al.*, 1998 می‌رسیم.

ب. Karaman & Pinkster

– دارای چشم است (۱b)، چشم‌ها، اندازه متوسط و لوبیایی شکل است (۳b) و صفحه کوکسایی یک در پایین تنها کمی گشادتر است (۴a).

ـ در صورت پذیرفتن گشادتر بودن بخش پایینی صفحه کوکسایی یک به گونه *G. laticoxalis* Karaman & Pinkster, 1976 می‌رسیم.

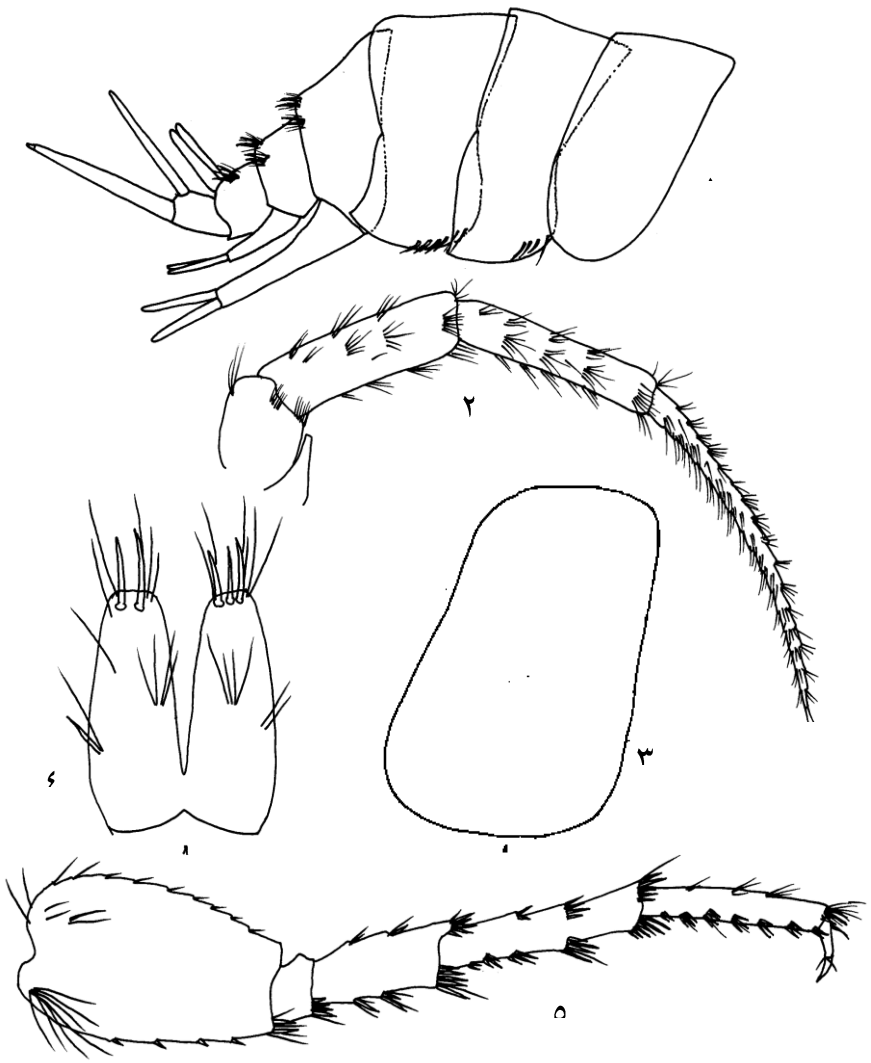
ـ در صورتی که گشاد بودن کمِ سطح پایینی را در صفحه کوکسایی یک نپذیریم (۴b):

بندهای متاسوم یک تا سه دارای برجستگی روی سطح پشتی – عقبی است. پرزهای بلند روی هر برجستگی دیده می‌شود (شکل). این برجسته‌گی‌ها مشخص است (5b) .*G. crenulatus* Karaman & Pinkster, 1976 با وجود این، در مقایسه طرح‌های برداشته شده با طرح‌های Karaman از همین گونه دیده شد که :

۱- در نمونه ما سطح عقبی صفحه آزادی که به basis در پای هفتم چسبیده است، با انحنای نرم تغییر می‌کند در حالی که در طرح Karaman از گونه‌ی *G. crenulaxis* این انحنا در میانه صفحه نوک‌تیز می‌شود و تغییر جهت می‌دهد.

۱- پرزهای روی تلسون طرح‌های Karaman ،بلندتر از نمونه‌های ما ست.

تصاویری از قطعه‌های کلیدی در شکل ۲۴ می‌آید.



شکل ۲٤. طرح‌های قطعه‌های کلیدی جمعیت چشمه‌ی رسول. ۱: بندهای متاسوم و یوروسوم، ۲: شاخک دوم، ۳: صفحه‌ی کوکسایی ۱، ٤: تلسون، ۵: پای سینه‌یی هفتم.

۲-۸-۳- کوشک زر و قدمگاه

نمونه‌های این دو زیست‌گاه در مقایسه با یکدیگر هیچ تغییری نشان نداد.

الف. Stock et al.

- شاخک اول ۳-۲ بند دارد. چشم‌ها متوسط و لوبیایی‌شکل است. اندوپودایت پای دمی سوم کم‌تر از ۹۰درصد (۶۴درصد) تاژک ضمیمه‌ی اولین بند اگزوپودایت است (۱b).
- شاخک دوم پرزهای متراکم ندارد. پرزهای روی بخش نزدیک‌تر تقریبا به اندازه طول بندهاست (۲b).

سطح پشتی بندهای pleosome ، یک تا سه تیغه و خار با هم دارد (۶b).

- حاشیه عقبی بندهای pleosome ، یک تا سه کنگره دار نیست. اما برخلاف این بند از کلید دارای پرز هست (۷b).

اگر کنگره‌دار بودن را ملاک قرار دهیم ۷a پذیرفته می‌شود، که در آن صورت به گونه *G. paricrenatus* Stock *et al.*, 1998 می‌رسیم.

ـ در غیر این صورت:

در این مورد نیز در صفحه‌های اپی‌مری دو (و سه) گوشه عقبی–شکمی نوک‌تیزی بسیار کوچکی دارد (۸a).

در صورت پذیرفتن وجود این نوک‌تیزی:

لوب‌های تلسون پرزهای بلندی در انتها دارد، گوشه‌ی عقبی-شکمی بند basis در پای سینه‌ای هفتم به‌صورت آزاد ساخته شده است، اما روی سطح درونی آن پرز نیست (۹a).

بنابراین، اگر چه دو ویژگی از این بند کلید با نمونه مورد نظر تطابق دارد، یک ویژگی دیگر تطابق را نشان نمی‌دهد.

در صورت نادیده گرفتن این اختلاف به گونه *G. osselai* Karaman & Pinkster, 1977 می‌رسیم.

ب. Karaman & Pinkster

- دارای چشم (۱b)، با اندازه طبیعی لوبیایی‌شکل (۳b)، صفحه کوکسایی یک در قسمت پایین گشاد نیست (۴b).

– حاشیه پشتی–عقبی بندهای متاسوم دندانه دار نیست (۵b) و در سطح پشتی بندهای متاسوم پرزهای کوتاه وجود ندارد (۶b).

– در حاشیه جلویی p5 تا p7 خار و پرز مخلوط دارد (۷a).

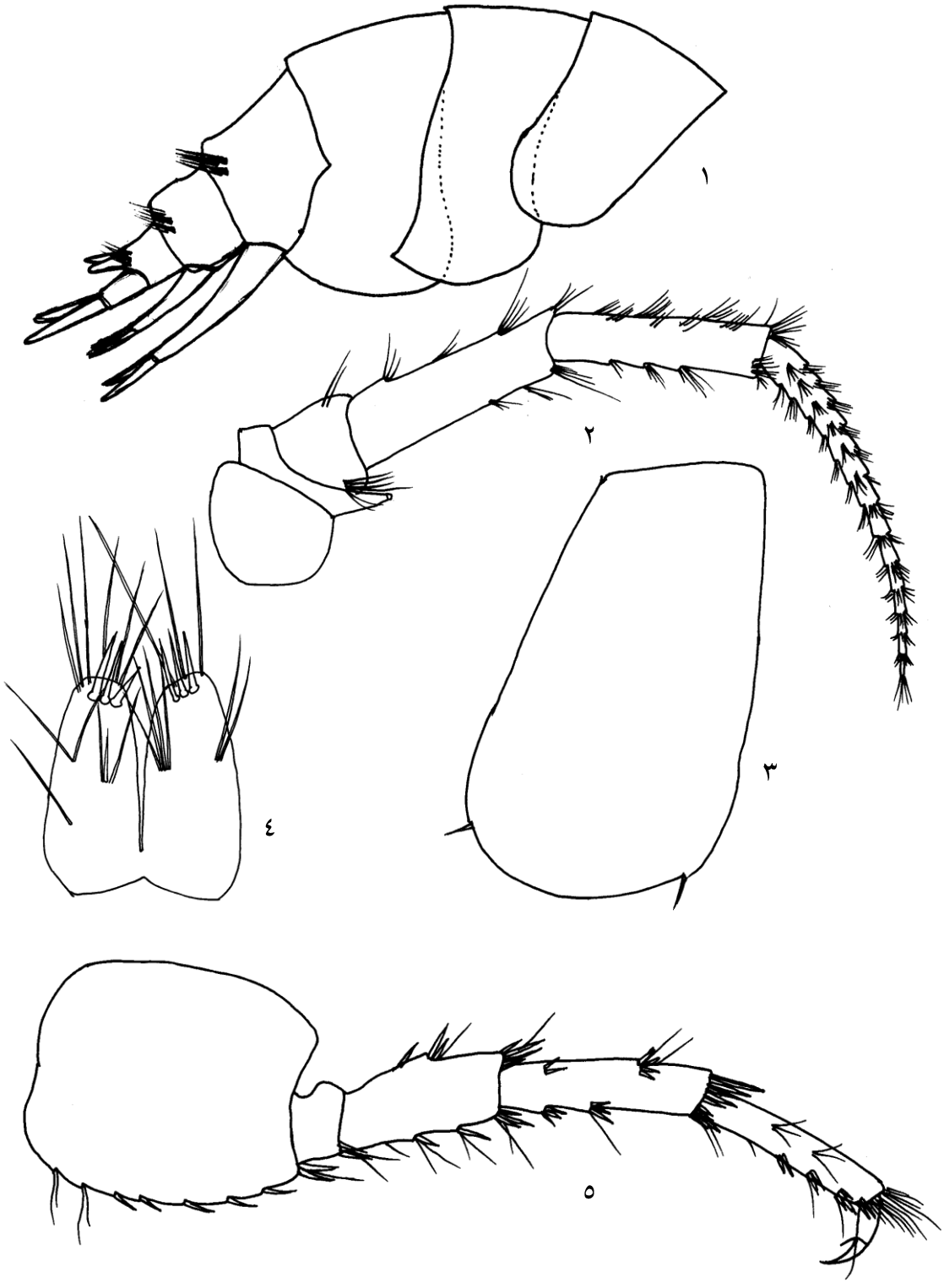
– طرف پشتی بندهای یوروسوم ۱ و ۲ برآمدگی کمی‌دارد. قضاوت در باره‌ی بلندی و کوتاهی این برآمدگی، با مقایسه با شکل‌های داده شده برای گونه *G. agrarius* و *G. Syriacus* (به عنوان برآمده‌گی بلند) و *G.osellai* (به عنوان برآمدگی کوتاه) انجام شد. نوک‌تیزی حاشیه عقبی در صفحه‌های اپی‌مری ۲ و ۳ نیز به کمک همین مقایسه نفی می‌شود (۸b). اگر چه به نظر می‌رسد این حالت در جمعیت‌های مختلف دارای شیب درجات است.

– بند پایه (basis) در پای سینه‌ای هفتم پرزهای کوتاهی روی حاشیه عقبی دارد، و اپی‌مرهای ۲ و۳ نیز در حاشیه شکمی پرزهای زیاد و بلندی ندارد (به ندرت پرزهایی کوتاه) (۱۰b).

– شاخه درونی یوروپود ۳ بیش از نصف بلندی شاخه بیرونی (حدود ۰/۶) است (۱۱b).

– سطح داخلی– پشتی بند basis در p7 پرز ندارد. البته چند پرز بلند در حاشیه این سطح دیده می‌شود، اما با مقایسه این طرح با طرح‌های داده شده در کلید از *G. osellai* (به عنوان دارنده پرز در سطح درونی) و *G. ibericus* و *G. pseudosyriacus* (به عنوان فاقد این پرزها)، قضاوت در باره این که این پرزهای بلند حاشیه‌ای همان است که منظور Karaman و Pinkster بوده است، امکان‌پذیر نشد، زیرا طرح‌های این سه گونه نیز در واقع از این نظر تفاوت مشخصی را نشان نمی‌دهد.

ـ با توجه به این مطالب، اگر نمونه‌ها را دارای پرز در سطح داخلی–پشتی بند basis در p7 بدانیم به گونه *G. osellai* Karaman & Pinkster, 1977 می‌رسیم (۱۲a).ـ در غیر این صورت، از آن‌جا که بند پایه (pednncle) در شاخک دوم پرزهای تُنُکی دارد و اندام‌های حسی calceoli روی آن هست به *G. ibericus* Margalef, 1951 می‌رسیم (۱۳a). تصاویری از قطعه‌های کلیدی در شکل ۲۵ می‌آید.



شکل ۲۵. طرح‌های قطعه‌های کلیدی جمعیت کوشک‌زر و قدم‌گاه. ۱: بندهای متاسوم و یوروسوم، ۲: شاخک دوم، ۳: صفحه‌ی کوکسایی ۱، ٤: تلسون، ٥: پای سینه‌ای هفتم.

۳-۸-۳- خانی ورگ

الف. Stock *et al.*

- تاژک ضمیمه شاخک اول کم‌تر از ۳ بند دارد، شاخک دوم دارای اندام حسی calceoli، چشم‌ها متوسط و لوبیایی شکل و اندوپودایت پای دمی سوم بسیار کم‌تر از ۹۰ درصدِ ۷۰درصد) طول اولین بند اگزوپودایت است (۱b). پایه و تاژک شاخک دوم پرزهای متراکم ندارد و پرزهای روی بخش نزدیک‌تر تاژک تقریبا به اندازه طول بندهاست (۲b). سطح پشتی بندهای pleosome یک تا سه فاقد تیغه (carina) و خار است (۶b). حاشیه عقبی بندهای pleosome یک تا سه کمی‌دندانه‌دار است و پرزهای ریزی روی دندانه‌ها دیده می‌شود (۷a).

بر این اساس با گونه *G. paricrenatus* Stock *et al.*, 1998 منطبق می‌شود.

ب – Karaman & Pinkster

- دارای چشم (۱b) و چشم‌ها با اندازه طبیعی و لوبیایی‌شکل (۳b) است. قسمت پایینی صفحه کوکسایی کمی‌گشاد شده و به طرف جلو منحرف شده است.

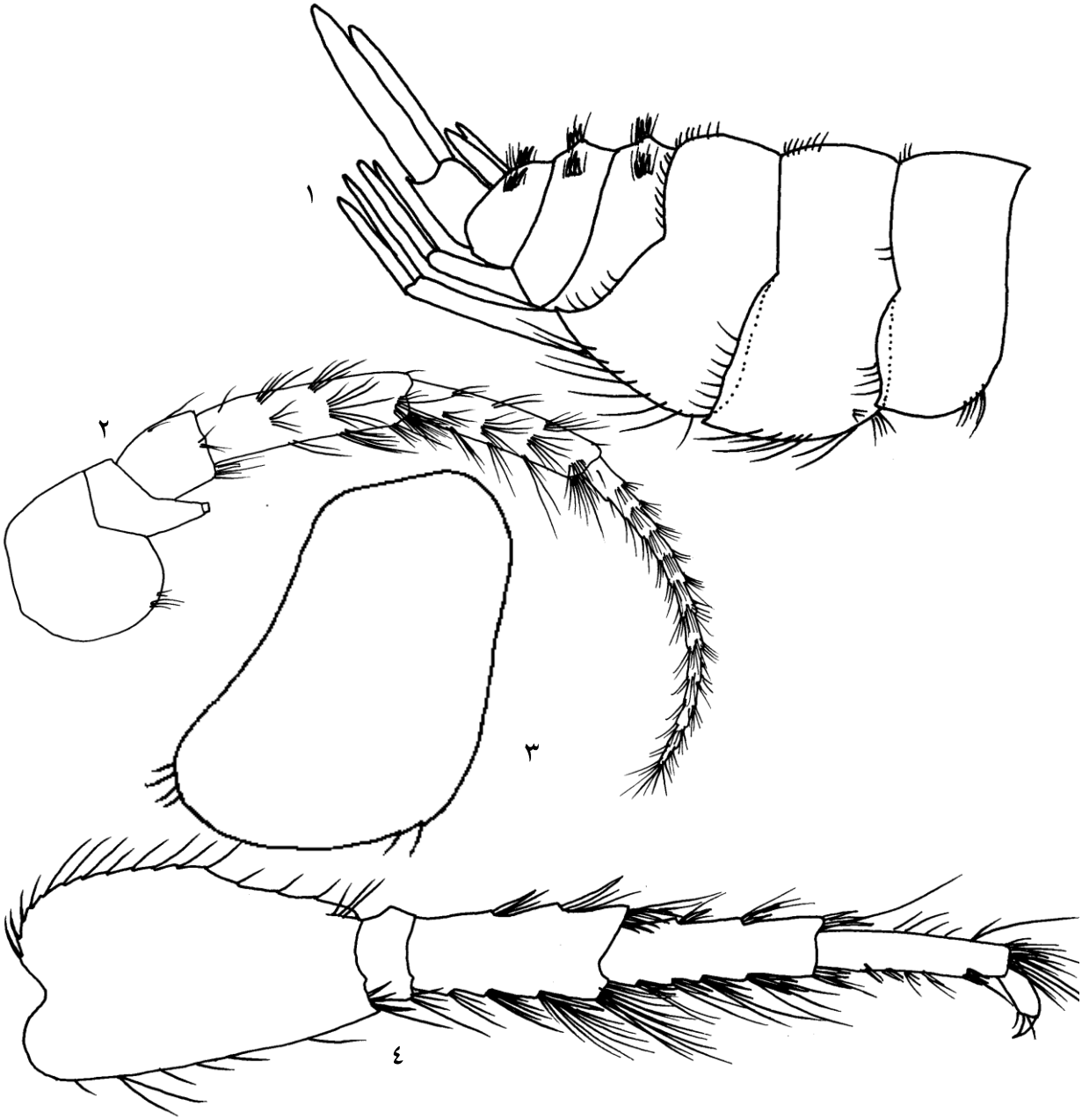
با این حال مقدار گشادشدن آن از آن‌چه که در طرح‌های Karaman از گونه *G. laticoxalis* به عنوان "گشاد شدن" دیده می‌شود کم‌تر است، و در واقع حد میانه‌ای از گشادشدن را نشان می‌دهد.

دیگر ویژگی‌های طرح‌های Karaman & Pinkster از G. laticoxalis مانند تراکم پرزهای روی شاخک دوم و برجستگی‌های روی بندهای‌یوروسوم با نمونه موجود تفاوت اساسی دارد. بر این اساس به نظر می‌رسد گشاد ندانستن قسمت پایینی صفحه کوکسایی یک برتری داشته باشد (۴b).

- حاشیه پشتی–عقبی بندهای متاسوم دندانه دار است و روی آن پرزهای کوتاهی هست.

ـ اگر به داشتن دندانه‌ها اهمیت بیش‌تری دهیم (۵) به گونه *G. crenulatus* Karaman & Pinkster, 1976 می‌رسیم،

ـ اما اگر بلندی پرزها را مهم‌تر بدانیم (۵b) از آن‌جا بیکه بندهای متاسوم ۱ تا ۳ پرزهای کوتاهی روی سطح پشتی دارد (۶a) گونه *G. effultus* G. Karaman, 1975 انتخاب بعدی خواهد بود. تصاویری از قطعه‌های کلیدی در شکل ۲۶ می‌آید.



شکل ٢٦. طرح‌های قطعه‌های کلیدی جمعیت خانی‌ورگ. ۱: بندهای متاسوم و یوروسوم، ۲: شاخک دوم، ۳: صفحه کوکسایی ۱، ٤: پای سینه‌ای هفتم.

٤-۸-۳- پل برنجی

الف. Stock *et al.*

- تاژک ضمیمه شاخک اول ۳ بند دارد، شاخک ۲ دارای calceoli، و اندوپودایت پای دمی سوم ۸۰ درصد طول اولین بند اگزوپودایت است (۱b).

- پایه و تاژک شاخک دوم پرزهای‌تراکم دارد و پرزهای روی بخش نزدیک‌تر (proximal) تاژک طویل‌تر از طول بندهاست (۲a).

- بندهای دمی۱ و ۲ با هم اندکی اختلاف سطح دارد، اما "برجستگی"در میانه سطح پشتی آن‌ها دیده نمی‌شود. اثری نیز از مثلثی بودن و فشرده بودن نیست.

ـ اگر این برجستگی را معیار اصلی بدانیم به *G. komakeri* Schaferna, 1922 می‌رسیم،

در حالی که طبق جمله دوم همین بند (بند ۳ کلید) طول بدن این گونه معمولا کم‌تر از ۱۰ میلی متر است، و در نمونه‌های ما طول بیش از این نیز فراوان دیده شد.

اگر حداکثر طول بدن را اصل قرار دهیم(۳a) :

حاشیه جلویی بند merus و carpus از پای سینه‌یی هفتم خار و پرزهای بلندی دارد (۴a). این ویژه‌گی‌ها کاملا مشخص است، و بر این اساس به گونه *G. syriacus* Chevreux, 1895 می‌رسیم.

ب. Karaman & Pinkster

- دارای چشم است (۱b)، چشم‌ها اندازه‌ی طبیعی و لوبیایی شکل (۳b) دارد.

- صفحه کوکسایی یک در قسمت پایینی گشاد نیست (۴b).

- بندهای متاسوم یک تا سه در حاشیه عقبی کنگره دار و پرزدار نیست (۵b)، و فقط یک پرز بسیار کوتاه روی بند سوم دیده می‌شود (۶b).

- در حاشیه جلویی پای سینه‌ای پنجم تا هفتم، خار و پرز به‌صورت توامان وجود دارد (۷a).

- برآمدگی در طرف پشتی بندهای دمی (یوروسوم) ۱ و ۲ دیده نمی‌شود، اما کناره پشتی–شکمی در صفحه اپی‌مری ۲ و ۳ نوک‌تیز است.

- اگر نوک‌تیزی صفحه‌های اپی‌مری را ملاک اصل بدانیم (۸a):

مفهوم متورم بودن تاژک شاخک دوم روشن نیست، به هر حال تورمی در آن دیده نشد. پرزها به‌صورت دسته‌ای هستند (= احتمالا منظور نویسنده کلید از برس‌های پرچم مانند (flag–like brushes)). بندهای پایه‌ی شاخک ۲ تعداد پرزهای کمی دارد که چندان کوتاه نیست.

این بند از کلید (۹) به دو گونه *G. agrarius* G. Karaman, 1973 و *G. Syriacus* Chevreux, 1895 ختم می‌شود.

- اگر برجستگیِ روی یوروسوم‌ها را ملاک اصلی بدانیم (۸b) :

- بند پایه‌ای در پای سینه‌ای هفتم پرزهای کوتاهی در حاشیه عقبی دارد، در حاشیه شکمی اپی‌مرهای ۲ و ۳ پرز وجود ندارد (۱۰b).

- شاخه درونی پای دمی سوم بیش از نصف طول شاخه بیرونی است (حدود ۷۵ درصد از مجموع دو بند شاخه‌ی بیرونی) (۱۱b).

- در سطح داخلی–پشتی بند پایه (basis) در پای سینه‌یی هفتم چند پرز کوچک دارد (۱۲a). در این صورت به گونه‌ی *G. osellai* Karaman & Pinkster, 1976 می‌رسیم. تصاویری از قطعه‌های کلیدی در شکل ۲۷ می‌آید.

۵-۸-۳- ارژن

الف. Stock *et al.*

- تاژک ضمیمه شاخک اول ۳ بند دارد. شاخک ۲ در حیوان نر دارای calceoli است. چشم‌ها متوسط و لوبیایی‌شکل است. طول اندوپودایت پای دمی سوم حدود ۷۵ درصد طول اولین بند اگزوپودایت است (۱b).

- پرزهای تاژک ۲ کوتاه و تنک است. پرزهای بخش نزدیک‌تر (proximal) تاژک تقریبا به اندازه طول بندهاست (۲b).

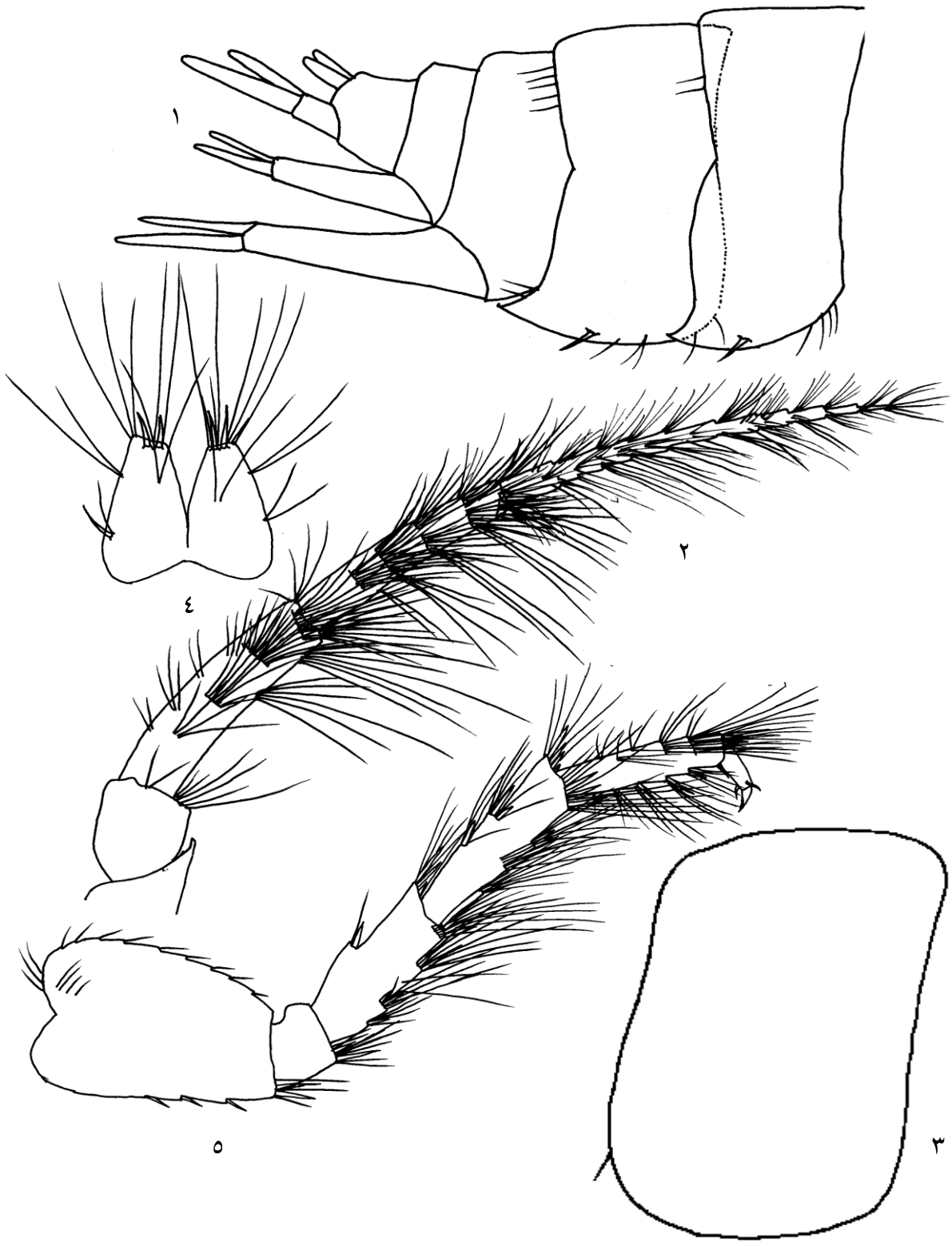
- سطح پشتی بندهای pleosome یک تا سه تیغه و خار ندارد (۶b).

- حاشیه عقبی بندهای pleosome یک تا سه دندانه‌دار و پرزدار نیست (۷b).

- گوشه عقبی–شکمی صفحه‌های اپی‌مری ۲ و ۳ نوک‌تیز نیست و بیش‌تر شکل مثلثی دارد (۸b).

- اندوپودایت پای دمی سوم حدود سه‌چهارم (۷۵٪) اولین بند اگزوپودایت است، چشم‌ها لوبیایی است اما گرد و کوچک نیست بلکه کمی کشیده است (۱۰).

ـ اگر شکل چشم را دارای برتری بدانیم (۱۰a) به *G. lobifer* Stock *et al.*, 1998 می‌رسیم.



شکل ۲۷. طرح‌های قطعه‌های کلیدی جمعیت پل‌برنجی. ۱: بندهای متاسوم و یوروسوم، ۲: شاخک دوم، ۳: صفحه‌ی کوکسایی ۱، ٤: تلسون، ٥: پای سینه‌ای هفتم.

ـ اما اگر نسبت اندازه‌های شاخه‌های درونی و بیرونی پای دمی سوم را ملاک اصلی قرار دهیم (۱۰b):

سطح پشتی یوروسوم و تلسون پرزهای کمی‌دارد به گزینه‌ی (۱۱b) می‌رسیم: *G. imberbus* Karaman & Pinkster, 1977.

ب. Karaman & Pinkster

– دارای چشم (۱b)، و چشم‌ها با اندازه متوسط و لوبیایی شکل (۳b) است.

– صفحه کوکسایی یک در قسمت پایینی کمی گسترش‌یافته‌تر از حالت مستطیلی معمولی است.

ـ اگر این گسترش‌یافتگی را مطابق با "گشادبودن در پایین" (۴a) بدانیم به *G. laticoxalis* Karaman & Pinkster, 1976 می‌رسیم.

اگر نه:

– بندهای متاسوم یک تا سه در حاشیه عقبی–پشتی دندانه‌دار نیست (۵b) و سیتا ندارد (۶b).

– در حاشیه جلویی پاهای سینه‌ای پنجم تا هفتم تنها خار وجود دارد (۷b).

– سطح داخلی–پشتی بند basis در پای سینه‌یی هفتم پرز ندارد (۱۵b).

– سطح پشتی بندهای دمی ۱ و ۲ برآمده‌گی ناچیزی دارد (۱۶b).

– پایه و تاژک شاخک اول برس‌های کمی از پرز دارد (۲۰b).

– در بند propodus از پای سینه‌ای ۱ و ۲ (گناتوپودهای ۱ و ۲) هیچ خار محکمی میان خار میانی کف (median palmar spine) و خار گوشه‌ای کف (palmar angle spine) وجود ندارد (۲۴b).

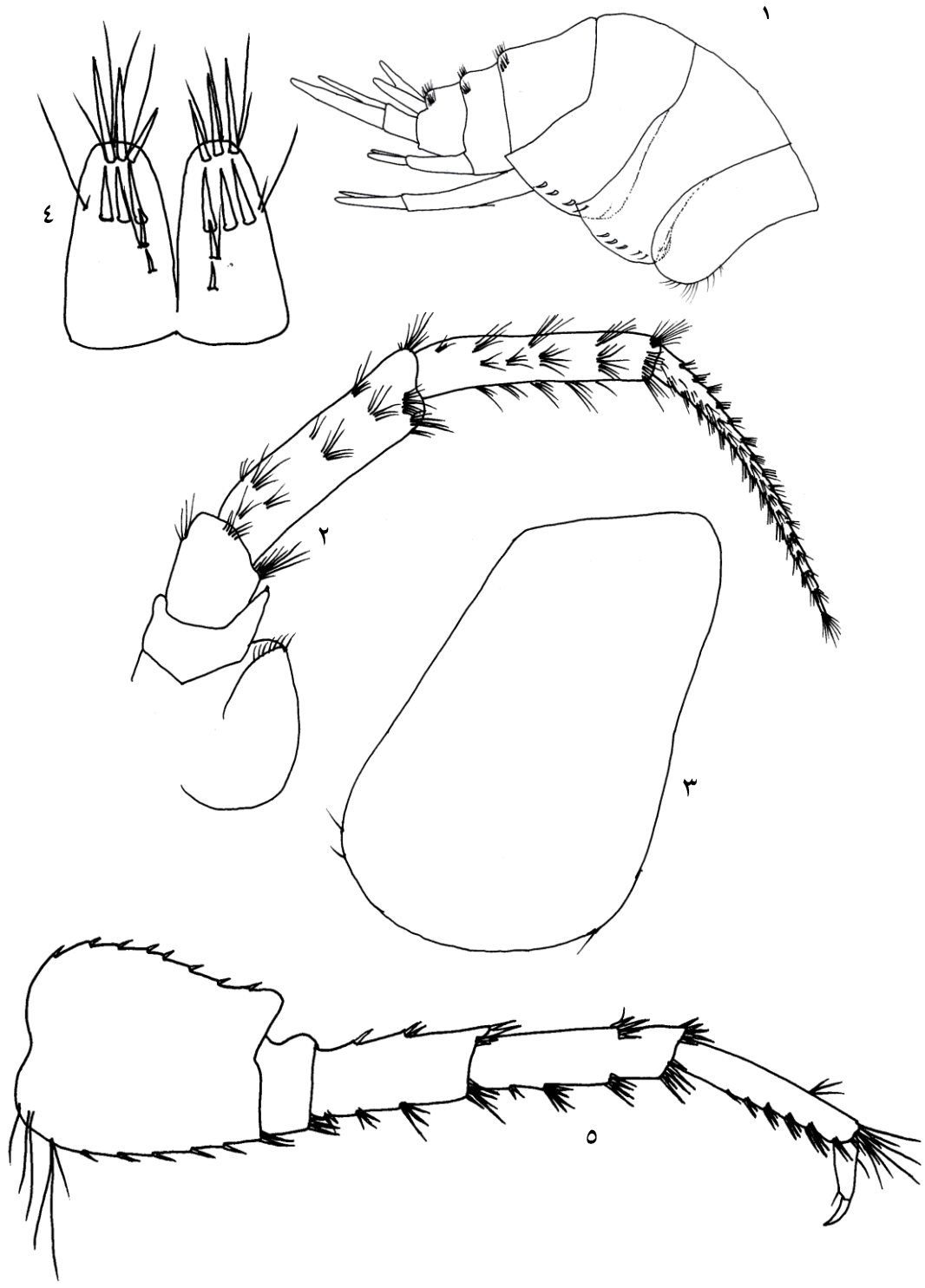
– حاشیه عقبی پای سینه‌ای سوم وچهارم دارای پرزهای تقریبا زیاد و بلند است و تمام حاشیه بیرونی اگزوپودایت در پای دمی‌سوم پرزدار است(۲۵b).

– گوشه‌های عقبی–پایینی در اپی‌مرهای ۲ و ۳ نوک‌تیزی زیادی ندارد و بیش‌تر مربعی تا کمی نوک‌دار است (۲۶b).

– تاژک شاخک دوم به دلیل پرزهای سطح درونی آن که به سمت بیرون زده باشند، به شکل یک برس پرچم‌مانند(flag–like brush) در نیامده است (۲۸a).

– طول کل شاخه‌ی درونی پای دمی سوم در حدود ۶۵٪ شاخه‌ی بیرونی (کم‌تر از سه‌چهارم) است، بند پایه (basis) در پای سینه‌یی هفتم یک تکه‌ی (لوب) برجسته به طرف عقب دارد (۲۹a):

G. gauthieri S. Karaman, 1935 تصاویری از قطعه‌های کلیدی در شکل ۲۸ می‌آید.



شکل ۲۸. طرح‌های قطعه‌های کلیدی جمعیت ارژن. ۱: بندهای متاسوم و یوروسوم، ۲: شاخک دوم، ۳: صفحه کوکسایی ۱، ٤: تلسون، ٥: پای سینه‌ای هفتم.

۶-۸-۳- جهانگیرخان

الف. Stock *et al.*

- تاژک ضمیمه شاخک اول سه بند دارد. شاخک دوم در نر دارای calceoli، چشم‌ها متوسط و لوبیایی شکل، و اندوپودایت پای دمی‌سوم کم‌تر از ۹۰ درصد (حدود ۸۰ درصد) طول اولین بند اگزوپودایت است (۱b).

- شاخک دوم پرزهای متراکم ندارد، پرزهای روی بخش نزدیک‌تر تاژک کوتاه‌تر یا مساوی با طول بندهاست (۲b).

- سطح پشتی بندهای pleosome یک تا ۳، تیغه و خار ندارد (۶b).

- حاشیه عقبی بندهای pleosome یک تا ۳ دندانه‌دار نیست، اما چند پرز ریز دارد. اگر توجه بیش‌تر را بر دندانه‌دار بودن یا نبودن متمرکز کنیم باید گزینه (۷b) را انتخاب کنیم.

- صفحه اپی‌مری ۲ و ۳ در گوشه عقبی–شکمی نوک‌تیزی متوسطی دارد (۸a).

- لوب‌های تلسون چند پرز بلند انتهایی دارد. گوشه‌ی عقبی–شکمی بند basis در پای سینه‌ای هفتم به‌صورت آزاد ساخته شده است. چند پرز بلند روی سطح درونی بخش basis در پای سینه‌ای هفتم وجود دارد (۹a)

G. osselai Karaman & Pinkster, 1977

ب. Karaman & Pinkster

- دارای چشم (۱b)، با اندازه طبیعی لوبیایی شکل (۳b) است.

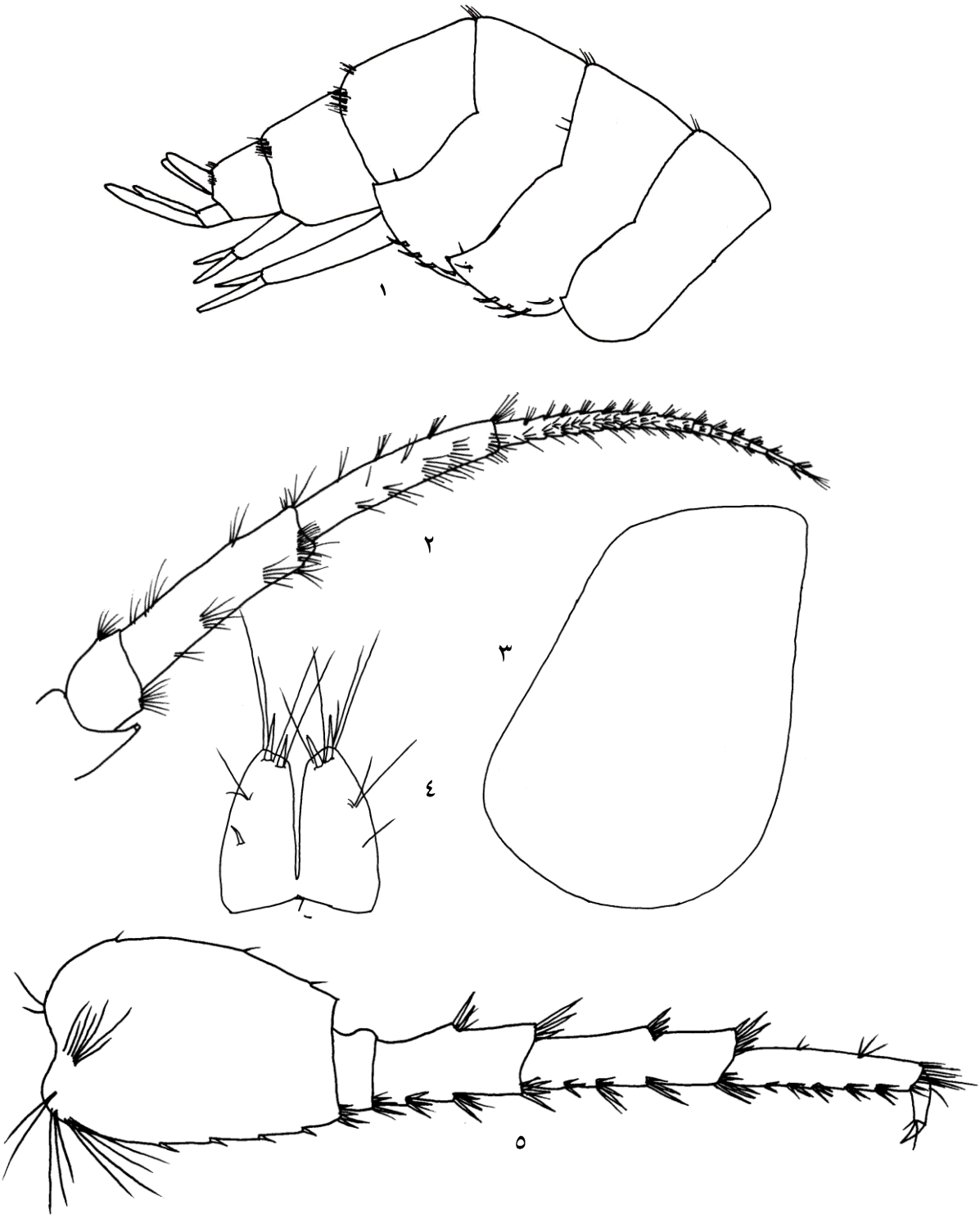
- صفحه کوکسایی ۱ در قسمت پایینی گسترده و گشاد نیست، اگر چه عرض آن در پایین بیش‌تر از بالاست، اما حالت بیرون‌زده ندارد (۴b).

- بندهای متاسوم ۱ تا ۳ در حاشیه پشتی–عقبی دندانه‌دار نیست و تنها چند پرز ریز دارد (۵b).

- بندهای متاسوم ۱ تا ۳ روی سطح پشتی در محل تلاقی بندها پرزهای کوتاه دارد (۶a):

G. effultus G. Karaman , 1975

تصاویری از قطعه‌های کلیدی در شکل ۲۹ می‌آید.



شکل ۲۹. طرح‌های قطعه‌های کلیدی جمعیت جهانگیرخان. ۱: بندهای متاسوم و یوروسوم، ۲: شاخک دوم، ۳: صفحه کوکسایی ۱، ٤: تلسون، ٥: پای سینه‌ای هفتم.

۷-۸-۳- هونیفقان

الف. Stock *et al.*

- تاژک ضمیمه شاخک اول سه بند دارد. شاخک دوم در نر دارای calceoli، چشم‌ها متوسط و لوبیایی، و اندوپودایت پای دمی سوم کم‌تر از ۹۰ درصد (حدود ۸۰ درصد) طول اولین بند اگزوپودایت است (۱b).

- پایه (peduncle) و تاژک شاخک دوم پرزهای نیمه‌بلند متراکم دارد، اما پرزهای روی بخش نزدیک‌تر (proximal) تاژک بلندتر از طول بندهاست (۲a).

- یوروسومایت ۱ و۲ در بخش میانی–پشتی برجستگی ندارد، اما طول بدن بیش از ۱۰ میلی متر هم فراوان دیده می‌شود (۳).

ـ اگر برجسته نبودن را ملاک اصلی قرار دهیم به *G. komakeri* Schaferna, 1922 می‌رسیم (۳b).

اما اگر حداکثر طول بدن تعیین کننده باشد (۳a):

- حاشیه جلویی بندهای merus و carpus در p7 دارای خارها و پرزهای بلند است (۴a) و به این ترتیب به گونه‌ی *G. syriacus* Chevreux, 1895 می‌رسیم.

ب. Karaman & Pinkster

- دارای چشم (۱b) با اندازه متوسط و لوبیایی شکل (۳b) است. صفحه کوکسایی یک در قسمت پایینی گشاد نیست (مقایسه نسبی) (۴b). بندهای متاسوم ۱ تا ۳ در حاشیه پشتی–عقبی دندانه‌دار نیست (۵b).

- بندهای متاسوم ۱ و ۲ در سطح پشتی پرز ندارد و تنها چند پرز کوچک روی بند ۳ هست (۶b).

- در حاشیه جلویی پای سینه‌ای پنجم تا هفتم خار و پرز به‌صورت مخلوط‌باهم وجود دارد (۷a).

- طرف پشتی بندهای یوروسوم ۱ و ۲ برآمدگی‌های بلند ندارد، کناره‌ی عقبی–پایینی در صفحه اپی‌مری ۲ و ۳ نوک‌تیز است (۸a).

مفهوم و تفاوت میان متورم بودن یا نبودن تاژک شاخک ۲ واضح نیست، اما به‌طورکلی بندهای آن کم‌تر حالت کشیده بودن دارند. در سطح داخلی تاژک در هر بند پرزها روی ردیف‌هایی قرار می‌گیرند (برس‌های پرچم مانند) و این دو ویژگی با دو جمله اول قسمت (۹a) تطابق بیش‌تری دارد که به *G. agrarius* G. karaman, 1973 منتهی می‌شود.

– اما بندهای پایه‌ای (peduncle) چهارم و پنجم پرزهای بلندی دارد و از این نظر با توصیف (۹b)یعنی *G. syriacus* Chevroux, 1895 منطبق‌تر است.

تصاویری از قطعه‌های کلیدی در شکل ۳۰ می‌آید.

۸-۸-۳- چشمه گلابی

الف. Stock *et al.*

– تاژک ضمیمه شاخک اول سه بند دارد. شاخک دوم دارای calceoliاست. چشم‌ها متوسط و لوبیایی است. طول اندوپودایت پای دمی ۳ کم‌تر از ۹۰ درصد (۷۵درصد) اولین بند اگزوپودایت (۱b).

– شاخک دو پرزهای متراکمی‌دارد که از نظر بلندی در حد میانه است. پرزهای روی بخش نزدیک‌تر تاژک به هر حال بلندتر از طول بندهاست (۲a).

– بندهای دمی (یوروسومایت‌های) ۱ و ۲ دارای برجستگی در قسمت میانی–پشتی است و حداکثر طول بدن کمی‌از ده میلی متر بیش‌تر است (۱۴ میلی متر) (۳a).

– حاشیه‌ی جلویی بندهای merus و carpusاز پای سینه‌یی هفتم (p7) دارای خار و پرزهای بلند که مخلوط با هم قرار دارد (۴a) *G. syriacus* Chevreux, 1895

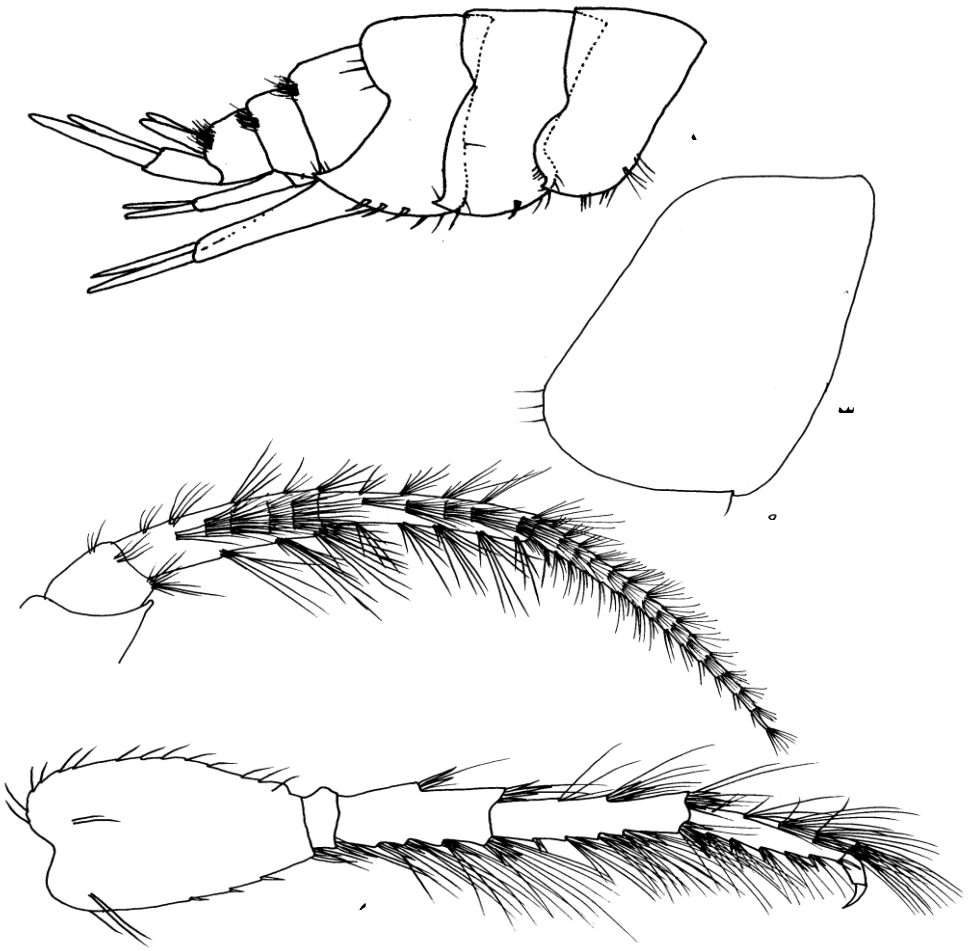
ب. Karaman & Pinkster

– دارای چشم (۱b) با اندازه متوسط و لوبیایی شکل (۳b) است.

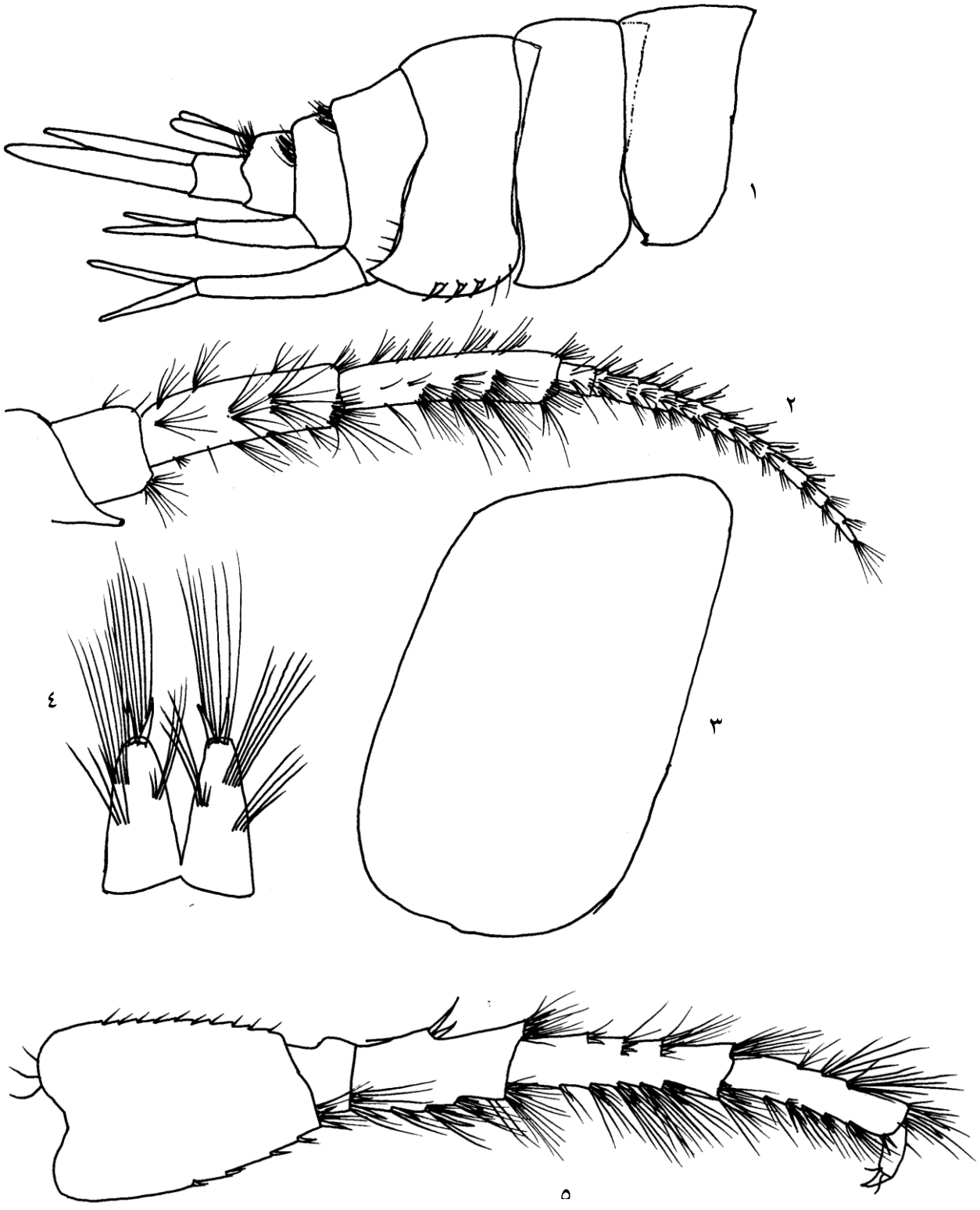
– صفحه کوکسایی یک کاملا مستطیل شکل است و در قسمت پایینی گسترده‌تر نشده است (۴b).

– بندهای متاسوم ۱ تا ۳ در حاشیه عقبی–پشتی دندانه‌دار نیست (۵b)، و پرزهای کوتاهی در مرز بندها وجود دارد. (۶a) *G. effultus* G. Karaman , 1975

تصاویری از قطعه‌های کلیدی در شکل ۳۱ می‌آید.



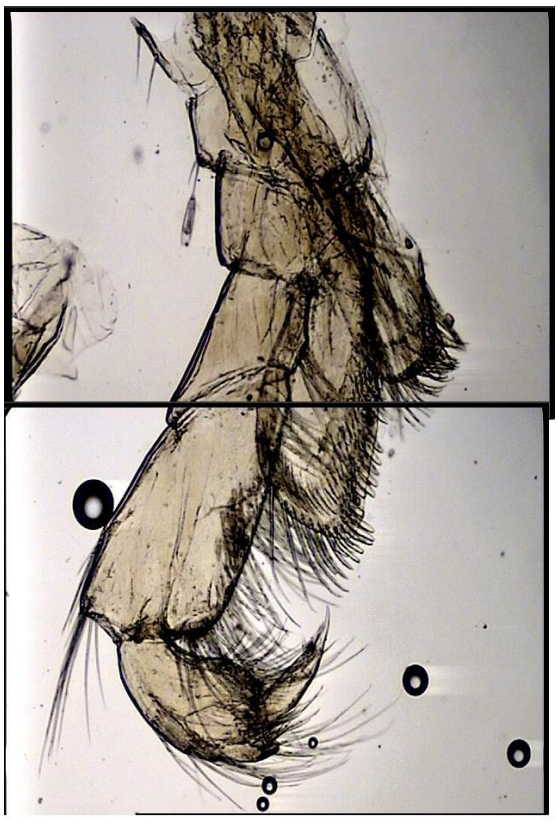
شکل ۳۰. طرح‌های قطعه‌های کلیدی جمعیت هونیفقان. ۱: بندهای متاسوم و یوروسوم، ۲: شاخک دوم، ۳: صفحه کوکسایی ۱، ٤: پای سینه‌ای هفتم.



شکل ۳۱. طرح‌های قطعه‌های کلیدی جمعیت گلابی. ۱: بندهای متاسوم و یوروسوم، ۲: شاخک دوم، ۳: صفحه کوکسایی ۱، ٤: تلسون، ٥: پای سینه‌ای هفتم.

ماکزیلای ۲ **ماکزیلای ۱**

labium



ماکزیلی‌پد

شکل ۳۲. عکس‌هایی از برخی قطعات بدن آمفی‌پودها.

٤-بحث و نتیجه‌گیری

٤-١- پهنه‌ی گسترش و پراکنش جغرافیایی

۱-۱-۴-کلیات

آن‌چنان که در نمای کلی پراکنش دوجورپایان در استان فارس (نقشه‌ی ۵) دیده می‌شود، در سراسر بخش‌های شمالی و غربی استان همه زیست‌گاه‌های آبی، جمعیت‌های آن‌ها را در خود جای داده اند. مشاهده‌های نگارنده از جمعیت‌های هر یک از زیست‌گاه‌ها بیانگر آن است که بتدریج به سوی جنوب در هر یک از حوضه‌های آب‌ریز از تراکم جمعیت آمفی‌پودها کاسته می‌شود (بررسی‌های تراکم جمعیتی جزو اهداف و وظایف این پژوهش نبود، بنا بر این اندازه‌گیری تراکم جمعیت برای۲۲۲ زیست‌گاه انجام نشد).

مشاهده کاهش جمعیت آمفی‌پودها از مناطق سردسیر استان به سوی مناطق گرم‌تر جنوبی که دمای آب‌های جاری آنان نیز به سوی گرم‌شدن می‌رود (از متوسط سالانه‌ی ۱۵/۱۵ درجه در چشمه‌ی رسول با تراکم بالا تا متوسط سالانه ۲۲/۷۲ درجه در چشمه گلابی با تراکم کم و ۳۳ درجه در لامرد، جایی که دیگر جمعیتی وجود ندارد) دور از انتظار نیست، زیرا آن‌چنان که نشان داده شده است، درجه حرارت آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده رشد و گسترش جمعیت‌های آمفی‌پودهاست که اگرچه حداکثر دمای قابل تحمل برای گونه‌های مختلف آن متفاوت است، اما اندازه‌های بیشینه ۲۵-۲۰ درجه سانتیگراد (DeMarch, 1981) تا (Poeckl, 1993)، و حداکثر۲۸ درجه سانتیگراد گزارش شده است (DeMarch, 1981). هم‌چنین دیده شده است که با افزایش دما، نرخ زادآوری نیز کاهش می‌یابد (Poeckl, 1993). یک مشاهده مهم‌تر از آن این است که دیده شده است در گونه‌های *Gammarus roeseli* و *Gammarus fossarum* حرارت‌های بالاتر از ۱۶ و۱۲درجه سانتیگراد مرگ ومیر جنین‌ها را افزایش می‌دهد، به‌طوری که در ۲۶ درجه سانتیگراد صددرصد جنین‌ها ازمیان می‌روند (Sutcliffe, 1992). افزایش دما موجب افزایش نرخ سوخت‌ساز بدن می‌شود و در نتیجه از مقدار مواد اولیه‌ای می‌کاهد که جانور برای انجام موفق فرآیندهای زیستی مانند رشد بدن و تولید مثل به‌دست می‌آورد. از سوی دیگر، افزایش دما سبب کاهش حلالیت اکسیژن در آب می‌شود و بدین ترتیب هم‌زمان با افزایش نیاز بدن به اکسیژن، مقدار دردسترس این گاز را در محیط کاهش می‌دهد (Schmidt-Nielsen, 1990).این حقایق

پایین بودن تراکم جمعیت‌های دوجورپایان را در دماهای بالاتر (در صورت تحمل داشتن گونه‌ها به دمای بالا) توجیه می‌کند.

یکی دیگر از عوامل موثر محدود کننده زنده‌گی آمفی‌پودها،pH و محتوای یونی (میزان نمک‌های محلول در آب ، یا شوری) است. تغییرات pH در زیست‌گاه‌های مورد بررسی میان ۵/۳۷ و ۸/۸ بود. پی‌اچ اهمیت بسیار زیادی برای آب دارد، زیرا بسیاری از فعالیت‌های زیستی تنها در محدوده‌ی باریکی از pH انجام می‌شود و هر تغییری می‌تواند برای جانوران کشنده باشد (Slingsby & Cook, 1986). به‌طور کلی، در آب‌های با pH بالا معمولا جمعیت بی‌مهرگانی مانند نرم‌تنان و سخت‌پوستان بسیار بالاست، زیرا این جانوران برای ساخت صدف‌ها و پوسته خارجی خود به کلسیم احتیاج دارند و pH پایین با جذب کلسیم تداخل و از پوست اندازی جلوگیری می‌کند (Moss, 1998). با این حال در مورد pH آمفی‌پودها تحمل پذیری وسیعی را نشان می‌دهند. کم‌ترین مقدار pH تحمل‌پذیر برای خرچنگ‌ها ۵/۳ و برای گونه‌ی *گاماروس* در pH کم‌تر از ۶ گزارش شده است (Moss, 1998). در پژوهش دیگری در امریکا دیده شد که در دریاچه‌هایی که پی‌اچ‌های ۵/۰۴-۵/۰۳ یا غلظت کلسیم کم‌تر از ۱/۲۴mg/l داشتند، آمفی‌پودی وجود نداشت و در مقابل در دریاچه‌های دیگری حضور داشتند که pH آن‌ها بیش از ۶ و غلظت یون کلسیم آن‌ها بیش‌تر از ۱/۲۴ mg/l بود (Grapentine and Rosenberg, 1992). هم‌چنین دیده شد که در هیچ‌یک از زیست‌گاه‌هایی که pH آن‌ها در طول سال در حدود ۵/۸ می‌ماند، آمفی‌پود *Hyalella azteca* امکان زیست و بقا ندارد (Grapentine and Rosenberg, 1992). در بررسی دیگری در مورد گونه *G. minus* نیز دیده شد که در محیط‌های آبی با pH کم‌تر از ۶ این گونه به طور کامل از میان می‌رود و تراکم جمعیت‌های آن نسبت مستقیمی با pH، هدایت الکتریکی و سایر متغیرهای شیمی آب وابسته به آن‌ها دارد (Glazier, 1998). در ماده در حال زادآوری و جنین‌های در حال تکوین اثرهای منفی روشنی بر بسیاری از شرایط بدن و برون‌ده تولید مثلی دیده شد (Glazier *et al.*, 1992). معلوم شده است که آب‌های اسیدی با محتوای یونی کم جذب انرژی را در بدن جانور کاهش می‌دهد، و به افزایش نرخ تنفس، یعنی سوزاندن هرچه بیش‌تر مواد غذایی منجر می‌شود. نتیجه‌ی منطقی کاهش جذب انرژی و افزایش سوزاندن غذا آن است که انرژی کم‌تری برای رشد و تولیدمثل می‌ماند (Glazier *et al.*, 1992). بنابراین کاملا آشکار است که بود و نبود گاماروس‌ها در یک زیست‌گاه آبی به pH وابسته است، با این حال قرار داشتن همه‌ی جمعیت‌ها ی مورد

بررسی در محدوده قابل تحمل تاثیر مهمی را از سوی این عامل بر جمعیت‌های آمفی پودها در استان فارس پیشنهاد نمی‌کند.

در هرجاییکه افزایشی در میزان شوری آب داشت، معمولا اثری از جمعیت‌های آمفی‌پودها دیده نشد. این عامل در بخش‌های جنوبی و جنوب شرقی استان بشدت افزایش می‌یابد، به‌طوری که در برخی چشمه‌های انتهای جنوب شرقی استان به ۱۸۰۰۰ میکروزیمنس در سانتی‌متر نیز می‌رسد (مصباح، ۱۳۷۹). در برخی مناطق شمالی‌تر نیز به صورت موردی نقاطی با غلظت نمک‌های محلول بالا وجود دارد که در آن‌ها در جهت شمال غرب به سمت جنوب شرق کیفیت آب چشمه‌ها کاهش می‌یابد و هدایت الکتریکی آب چشمه‌ها به بیشتر از ۱۰۰۰۰ میکروموهس بر سانتیمتر می‌رسد. برای نمونه، هدایت الکتریکی در دشت مجاور یال تاقدیس رحمت (دشت کربال) در ۵۵ کیلومتری شمال شرق شیراز به بیش‌تر از ۱۵۰۰۰۰ میکروموهس بر سانتیمتر می‌رسد (رضایی، ۱۳۷۷). مقدار نمک‌های محلول در آب که با شوری یا هدایت الکتریکی بیان می شود عامل بسیار مهمی است که به دلیل سادگی ساختارهای پوششی و محافظتی آمفی‌پودها و نیز ابتدایی بودن دستگاه‌های دفعی و تنظیم اسمزی و محدود بودن آن به طور عمده به آبشش‌های جناغی، سازگار شدن آن‌ها به درجات مختلف شوری در محدوده بسیار مشخصی صورت گرفته است و بنابر این تحمل آن‌ها به تغییرات شوری اندک است (Schram, 1986).

اکسیژن محلول اگر چه عامل مهمی در بقای آمفی‌پودهاست و کاهش بحرانی اکسیژن موجب از میان رفتن جمعیت *گاماروس*‌ها می‌شود، اما دیده شده است که دامنه تحمل آن بسیار متغیر است (Borgman, 1994). به‌علاوه، مشخص شده است که اگرچه آمفی‌پودها کاهش اکسیژن را به تنهایی تا حدودی تحمل می‌کنند، اما هنگامی که این کاهش با آلودگی مواد سمی یا غنی شدن آب از مواد آلی همراه باشد درجه تحمل آنان ناگهان کاهش می‌یابد (Borgman, 1994). هم‌چنین با توجه به وابستگی غلظت اکسیژن محلول به دمای آب، هر نوع بررسی ویژه تاثیر آن در پراکنش و تراکم جمعیتی آمفی‌پودها باید با در نظر گرفتن این رابطه متقابل انجام پذیرد.

چون نشانگر مستقر نبودن هیچ جمعیتی از آمفی‌پودها را در برخی از بخش‌های شمالی استان (جنوب شرقی حوزه‌ی آب‌ریز کر) می‌باشد، در حالی که عوامل محیطی اصلی و مهم آن‌ها مانند ناحیه‌های همسایه در

همین حوزه، در اندازه‌های مناسبی است. تنها می‌توان با به‌حساب آوردن مساله آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی در این مناطق که بار سنگین بهره‌برداری‌های کشاورزی و صنعتی را بر دوش می‌کشد توجیه کرد. وضعیت رودخانه‌های کر و سیوند در پژوهش‌های متعددی از جنبه‌های مختلف آلودگی مورد بررسی قرار گرفته است (بنانی ۱۳۷۱؛ کریمی ۱۳۷۳؛ رهنمایی ۱۳۷۷؛ خوانساری ۱۳۷۸). آلودگی شدید ناشی از فاضلاب‌های شهری خانگی، صنعتی و کشاورزی بویژه آلده‌گی فلزات سنگین در آب، رسوب بستر، آبزیان و سایر منابع مشکوک در رودخانه‌ی کر و سیوند نشان داده شده است (کریمی ۱۳۷۸، امین و کریمی ۱۳۷۸، عباسی و نعمت زاده ۱۳۷۹). آمفی‌پودها نسبت به آلودگی محیط بسیار حساس و آسیب‌پذیرند، زیرا ساختار و فیزیولوژی بدن آن‌ها به‌گونه‌ای است که بسیاری از مواد سمی و آلوده‌کننده را براحتی و بسرعت جذب می‌کند (Amyot *et al.*, 1991؛ Amyot, *et al.*, 1994؛ Thuren and Woin, 1991).

تاثیر مخرب انواع مواد سمی و آلوده‌کننده آلی و غیرآلی در جنبه‌های مختلف زیستی آمفی‌پودها و افزایش مرگ‌ومیر به اثبات رسیده است (Nelson, 1995). تاثیر آلوده‌کننده‌هایی چون آمونیاک، DDT و مشتقات آن، Dieldrin، فلزات سنگین ازجمله مس، روی، کادمیوم، کرومیوم، ارسنیک، جیوه و نقره، هیدروکربن‌های کلردار و اکروماتیک (مانند Dimethylnaphthalene) و آروماتیک چند حلقه‌ای، انواع آفت‌کش‌ها، بخش‌های محلول در آب سوخت دیزل و Phthalateها بر تراکم جمعیت در جنس‌ها و گونه‌های مختلف آمفی‌پودها نشان داده شده است (Melyian, 1991؛ Borgman, 1994؛ Swarts *et al.*, 1994؛ Mound *et al.* 1992؛ Hoke *et al.*, 1994؛ Reish, 1993؛ Thuren and Woin, 1991؛ Roddie *et al.*, 1992؛ Landrum *et al.*, 1991؛ Roddie *et al.*, 1992, Ahsanullah and Williams, 1991؛ Landrum *et al.*, 1989؛ Plesha *et al.*, 1988). کادمیوم، کرومیوم، مس و بر میانگین وزن و بیومس آمفی‌پودها (Ahsanullah and Williams, 1991)، آمونیاک حتی در غلظت‌های پایینی در حد ۰/۳۲ mM بر تولید مثل (Borgman, 1994)، مس بر تولید تخم و نرخ موفقیت تولید مثلی (Eriksson and Weeks, 1994)، آفت‌کش‌هایی مانند Eptam، Propicanazol و Lindane در فرآیند جفت شدن، جفت‌گیری، لقاح و تخم‌گذاری در کیسه (مارسوپیوم) و اسپرم ریزی (Melyian, 1991) {۲۸} و نیز در پاسخ تغذیه‌ای بخصوص در نوزادان (Blockwell *et al.*, 1998)، و phthalmateها بر فعالیت حرکتی (Thuren and Woin, 1991) تأثیر منفی گذاشته است.

تحلیل پراکنش در حوزه‌ها

افزایش دما در مناطق جنوبی‌تر حوضه آب‌ریز مرکزی می‌تواند مهم‌ترین عامل گسترش نیافتن آن‌ها در این مناطق باشد. در نواحی شمالی‌تر این حوزه، دمای آب از حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد در اقلید با بیش‌ترین تراکم‌ها تا شهرستان بوانات با حداکثر ۲۳ درجه با تراکم‌های کم‌تر متغیر بود. در مناطق جنوبی‌تر از این حوضه آب‌ریز دیگر هیچ جمعیتی مشاهده نشد.

در حوضه آب‌ریز بختگان نیز همین الگو دیده می‌شود. در تمامی چشمه‌ها و جویبارهای مناطق شمالی این حوضه دمای آب پایین (تا حدود ۱۱ درجه) و مقدار اکسیژن بالا (حداکثر۱۳ppm در چشمه کوشک‌زر) بود. بنابراین، جمعیت‌ها بسیار متراکمی از آمفی‌پودها در تمامی چشمه‌جویبارهای این منطقه دیده شد. به‌سوی جنوب، با نزدیک شدن به دشت‌های وسیع در قسمت‌های شمالی، غربی، و شرقی شهرستان مرودشت که به‌تمامی زیر کشت انواع محصولات کشاورزی قرار دارد، از تراکم جمعیت آنان کاسته می‌شود، به‌طوری که از حدود ۲۰ کیلومتری شمال و غرب شهر مرودشت به سوی شرق و جنوب، دیگر هیچ نمونه‌ای از آمفی‌پودها دیده نشد. شایان ذکر است که نمونه‌برداری‌های انجام شده توسط گروه جانورشناسی بخش زیست‌شناسی دانشگاه شیراز از برخی از چشمه‌های شرق مرودشت (از جمله برم‌دِلَک Barm-e Delak) در سال‌های ۱۳۵۰ وجود آمفی‌پودها را در این چشمه‌ها ثابت می‌کند. به‌نظر می‌رسد که آشکارترین دلیل حذف این جانوران از ناحیه پیش‌گفته افزایش بیش از اندازه آلودگی‌های کشاورزی از جمله سم‌ها و کودهای شیمیایی و نیز افزایش شدید آلایندگی فلزات سنگین ناشی از کارخانه پتروشیمی در این ناحیه باشد (کریمی ۱۳۷۸، امین و کریمی ۱۳۷۸، عباسی و نعمت زاده ۱۳۷۹). سایر عوامل تغییر مهمی را نشان ندادند.

حوضه آب‌ریز کُل در شمالی‌ترین بخش خود (زیرحوضه‌ی تنگ‌چرخی در شهرستان داراب) چند جمعیت از آمفی‌پودها را در خود داشت. دمای آب دراین قسمت به حدود ۲۲ درجه می‌رسید. در قسمت‌های جنوب شرقی این حوضه (زیرحوضه‌ی شور کُل در انتهای شرقی شهرستان لار) دمای آب چشمه‌ها به حدود ۲۶ درجه‌ی سانتی‌گراد و در دنباله جنوب غربی این حوضه (زیرحوضه‌ی شورمهران در حاشیه‌ی جنوبی شهرستان لامرد) دمای چشمه‌ها به حدود ۳۰ درجه می‌رسد. از سوی دیگر، میزان شوری آب که در بالاترین اندازه خود در چشمه‌های مناطق شمالی استان به ۲-۱ میلی‌گرم در لیتر می‌رسید، در تقریبا تمامی چشمه‌های

بخش جنوب غربی و جنوب شرقی این حوضه به ۵ میلی‌گرم در لیتر رسید. هم‌چنین متوسط مقدار هدایت الکتریکی به عنوان معیاری از کل یون‌های آب در شمال این حوضه ۴۹۰µs/cm و در جنوب غربی آن ۸۰۰–۱۰۰۰µs/cm بود. سرانجام، مقدار متوسط pH در شمال ۷/۸۶ و مناطق جنوبی از ۷/۶۴–۷/۲ متغیر بود، که تفاوت محسوسی را نشان نمی‌دهد.

حوضه آب‌ریز زهره همسانی کاملی را در بخش‌هایی نشان می‌دهد که در محدوده استان فارس قرار دارد و از آن‌جا که تمامی این حوضه در قسمت‌های سرد استان قرار دارد، تمامی زیست‌گاه‌ها دمای آب مناسبی (۲۰–۱۸ درجه‌ی سانتی‌گراد) داشت.

حوضه آب‌ریز مهارلو در بیش‌تر زیست‌گاه‌های خود که به طور عمده در بخش‌های شمال غربی حوضه قرار دارد، شرایط یک‌سان و مناسبی از نظر دما و هدایت الکتریکی دارد و در این زیست‌گاه‌ها وجود جمعیت‌های آمفی‌پودها را نشان داد. تنها در برخی از چشمه‌های اطراف دریاچه مهارلو در جنوب شرقی حوضه که شوری آب به‌طور آشکاری بسیار بالا بود (هدایت الکتریکی تا ۱۰۰۰۰µs/cm، نتایج این اندازه‌گیری‌ها در این گزارش ارایه نشده است)، اثری از آن‌ها دیده نشد. بنا بر این می‌توان این غیاب آمف‌پودها را به شوری آب نسبت داد.

از سوی دیگر، حوضه آب‌ریز حِلّه تنوعاتی را در عوامل مهم مذکور نشان می‌دهد. در بخش‌های بالایی (نزدیک‌تر به سرشاخه‌ها) هدایت الکتریکی در حدود ۶۲۵µs/cm (در زیرحوضه‌ی ارژن)، ۵۹۷µs/cm (در زیرحوضه دالکی) و ۶۵۱µs/cm (در زیرحوضه شاهپور) متغیر بود، اما در نواحی غربی (نزدیک به انتهای مسیر حوضه) به ۶۶۲۰µs/cm (در زیرحوضه دالکی) و ۳۶۴۲۸µs/cm (در زیرحوضه شاهپور) رسید. دمای آب نیز بجز ۱۳ درجه در ارژن، شیب از ۱۸ تا ۲۴ درجه را در فاصله میان بخش‌های بالایی و پایینی حوضه نشان می‌دهد.

حوضه آب‌ریز موند نیز از مناطقی با ویژگی‌های متغیر می‌گذرد. هدایت الکتریکی آب که در سرچشمه‌های رودخانه‌های این حوضه در حدود ۳۶۶µs/cm و دمای آن حدود ۲۱–۱۷ درجه سانتی‌گراد بود، در بخش‌های انتهایی به ۹۲۰۰µs/cm و ۲۸ درجه سانتی‌گراد رسید. بنابراین غیبت آمفی‌پودها در مناطق انتهایی

حوضه (در زیرحوضه چاه‌عینی و انتهای زیر حوضه‌های دژگاه و جنوبی‌ترین بخش‌های قره‌آقاج) با توجه به این دو عامل قابل انتظار است.

در حوضه آب‌ریز لار دمای آب در چشمه‌های مختلف از۲۸-۱۸ متغیر بود. از سوی دیگر، میزان شوری آب در همه سرچشمه‌ها نیز در حدود۵-۴ میلی‌گرم در لیتر بود، اگرچه در ادامه مسیر در رودها، به ۱۳ و در رودخانه شور لار به ۳۵ گرم در لیتر نیز رسید (به دلیل مشکلات اجرایی اندازه‌گیری هدایت الکتریکی از این منطقه انجام نشد).

در مجموع می‌توان گفت که انتشار و گستردگی آمفی‌پودها در این استان از شمال به سوی مناطق جنوبی‌تر با افزایش شوری و دما محدود می‌شود. اگرچه در برخی از گونه‌های گاماروس‌ها، درجه حرارت‌های بالا مرگ ومیر جنین‌ها را افزایش داده است (Sutcliffe, 1992)، اما به‌طور کلی دانسته شده است که تاثیر دما بیش‌تردر کاهش میزان رشد بدن و نیز کاهش تولیدمثل و زادآوری (Poeckl, 1993) صورت می‌گیرد. گمان می‌رود که هر دوی این تاثیرها به طور عمده از طریق افزایش دادن نرخ متابولیسم بر اثر افزایش دما اعمال شود، زیرا به‌خوبی دانسته شده است که اصولا در جانوران افزایش درجه حرارت موجب افزایش مصرف اکسیژن و در نتیجه افزایش نرخ متابولیسم به میزان ۱۰ درصد به ازای هر یک درجه افزایش دما می‌شود (Schmidt-Nielsen, 1990).

بنابراین، در مجموع به‌نظر می‌رسد که با توجه به اثر شدیدتر شوری بر مرگ‌ومیر، عامل اصلی محدودیت گسترش آمفی‌پودها در این استان در درجه اول شوری و سپس دما باشد.

یادآوری یک نکته‌ی فیزیولوژیک در مورد فرآیندهای تنظیم اسمزی و متابولیسم می‌تواند به ما در به‌دست آوردن درک درستی از علت واقعی توقف گسترش آمفی‌پودها به سوی مناطق مذکور یاری دهد. تنظیم اسمزی در واقع به تعادل رساندن غلظت نمک‌های موجود در مایعات بدن است و معنای غلظت مواد در مایعات بدن چیزی جز نسبت اندازه آن مواد به مقدار آب بدن نیست. این نسبت باید ثابت بماند، پس نمک‌های اضافی باید دفع شود و دفع نمک‌ها فقط در محیط آبی انجام می‌شود. بنابراین، هرچه شوری آب محیط بیش‌تر باشد غلظت نمک‌های بدن بیش‌تر می‌شود، و به همان نسبت به مقدار آب بیش‌تری برای دفع آن‌ها نیاز است.

از سوی دیگر، همه‌ی واکنش‌های متابولیک برای انجام شدن به محیط آبی نیاز دارد. با افزایش متابولیسم، تولید متابولیت‌ها افزایش می‌یابد که آن نیز به نوبه خود نیاز بدن را به آب افزایش می‌دهد. بنابراین، هنگامی که دما افزایش می‌یابد هم‌چنان که مصرف اکسیژن و سوزاندن مواد در بدن افزایش می‌یابد، مقدار آب مورد نیاز برای انجام واکنش‌های متابولیک بیش‌تر می‌شود. نتیجه آن که این هر دو عامل سبب افزایش نیاز بدن به آب می‌شود.

بنابراین، یک احتمال دیگر نیز این است که شاید ترکیبی از این دو عامل بتواند اثر محکم‌تری بر مرگ‌ومیر این جانوران و بنابراین گسترش جغرافیایی آن‌ها به سوی مناطقی با دما و شوری بیش‌تر داشته باشد. مدرک عینی که می‌توان در این‌جا به آن استناد کرد وجود مناطقی است که هر یک از این عوامل در آن جاها به تنهایی بالاست، اما جمعیت‌های –اگرچه اندکی- از آمفی‌پودها در آن‌ها وجود دارد. برخی مناطق در جنوب شهر شیراز (جنوب حوضه‌ی آب‌ریز مهارلو) با هدایت الکتریکی بالای ۱۷۲۰µs/cm–۱۱۰۰، و دمای در حد متوسط ۲۱–۱۹ درجه از یک سو و چشمه‌های حومه‌ی شهر داراب (شمال حوضه‌ی آب‌ریز کُل) با دمای به‌نسبت بالاتر ۲۸–۲۱ درجه و هدایت الکتریکی پایین‌تر ۷۵۰µs/cm–۴۶۰ از این جمله است .

در زیست‌گاه‌های گروه اول هدایت الکتریکی بالا و در زیست‌گاه‌های گروه دوم دما بالاتر است، اما در هر دو گروه جمعیت‌های آمفی‌پودها بقا یافته اند. در حالی که در مناطق جنوبی، در جاهایی که این دو عامل با هم در سطح بالایی است، امکان زیست برای آنان نبوده است.

۲-٤- سنجش شرایط محیطی

۱-۲-٤- اندازه‌گیری در طول زیست‌گاه

۱-۱-۲-٤-عمق.

آن‌چنان که دیده شد بیش‌ترین عمق در چشمه گلابی با متوسط ۴۲ سانتی‌متر و کم‌ترین آن در چشمه پل‌برنجی با متوسط ۴ سانتی‌متر ثبت شد. نگاهی به انحراف معیار در اندازه‌های عمق نشان می‌دهد که چشمه گلابی دارای تغییرات زیاد(۱۷/۳۲±) در طول زیست‌گاه است، در حالی‌که چشمه‌ی پل‌برنجی تنها در حدود ۲ سانتی‌متر تغییر را در طول خود نشان می‌دهد. در هر حال، هر دو این چشمه‌ها جمعیت اندکی از آمفی‌پودها را

در خود جای داده اند و نمی‌توان پیش از انجام یک پژوهش مستقل در باره تراکم جمعیت و رابطه آن با این عامل، با استفاده از داده‌های عمق ارتباطی میان وضعیت تراکم جمعیت برقرار کرد.

اگر چه اندازه‌گیری‌هایی که از محل تجمع آمفی‌پودها انجام می‌گرفت کم‌ترین عمق را ۴cm نشان داد، اما در مشاهده‌های مکرر، افراد پراکنده حتی در عمق صفر (بیرون از آب و در حاشیه مرطوب چشمه) نیز دیده شدند. از سوی دیگر، بیش‌ترین عمق ممکن که در آن آمفی‌پودها در کف دیده شدند حداکثر ۶۰/۰۰cm بود. مشاهده‌های پراکنده دیگر نیز نشان داد که حتا در چشمه‌هایی که عمق بیش از ۶۰/۰۰cm در طول آن وجود دارد نیز اگر آمفی‌پودها در محل حاضر اند، تنها در بخش‌های میانی تا بالایی تنه گیاهان آبی پناه گرفته اند و در عمق و کف حضور ندارند.

۲-۱-۲-٤-سرعت جریان

بیش‌ترین سرعت جریانی که آمفی‌پودها در زیست‌گاه‌های مورد بررسی تحمل کردند ۲/۵۰ سانتی‌متر بر ثانیه و کم‌ترین آن ۰/۱۰ سانتی‌متر بر ثانیه بود. بیش‌ترین سرعت جریان متوسط ۰/۳۸ سانتی‌متر بر ثانیه در چشمه جهانگیرخان و کم‌ترین آن در چشمه گلابی با متوسط ۰/۱۳ سانتی‌متر بر ثانیه ثبت شد. محدود بودن حضور این جانوران به فاصله‌ای از اندازه عمق بخوبی نشان داده شده است. حرکت آب مهم‌ترین عامل محیطی مکانیکی است که از طریق کشش مکانیکی فشاری را بر موجودات آزادزی اعمال می‌کند. از سوی دیگر، جریان آب حاملی برای عوامل محیطی دیگر مانند گازهای محلول و ته‌نشین‌ها نیز هست، بنابراین نقش مهمی در تنظیم شرایط محیطی دارد (Aikins and Kikuchi, 2001). هم‌چنین دیده شده است که در آمفی‌پودها بیش‌تر افراد جاهای دارای جریان کم و میان-سرعت را به جاهای پرسرعت ترجیح می‌دهند. برای مثال Aikins و Kikuchi این مساله را در جنس *Melita* نشان داده اند. اگرچه Moore 1973, Dommasnes 1968 و Hagerman 1966 نشان دادند که جانورانی مانند آمفی‌پودها که زواید چنگال‌مانند دارند خود را تا حدی با گرفتن جلبک‌ها و گیاهان آب‌زی در مقابل فشار جریان حفظ می‌کنند، اما اصولا اثر کششی جریان زیاد آب تنش‌زاست و موجب کاهش تراکم جمعیت می‌شود (Aikins and Kikuchi, 2001).

از سوی دیگر، چنان‌که نشان داده شد تغییر سرعت جریان در طول هر چشمه زیاد نبود، به طوری که این تغییر در چشمه جهانگیرخان صفر و در چشمه هونیفقان ۰/۴۴± بوده است، این مساله می‌تواند دلیلی بر یکنواختی و همگونی زیست‌گاه‌ها بشمار آید.

۳-۱-۲-٤-عرض

بیش‌ترین عرض ثبت شده در زیست‌گاه‌های مورد بررسی ۵۰۶/۵۰ سانتی‌متر در چشمه جهانگیرخان و کم‌ترین آن ۱۱۰/۰۰ سانتی‌متر در چشمه پل‌برنجی بود. تغییر عرض در طول چشمه از ۴± در چشمه رسول تا ۱۰۴± سانتی‌متر در چشمه جهانگیرخان متغیر بوده است. عرض بیش‌تر چشمه الزاما به معنای فراهم شدن زیست‌گاه وسیع‌تر برای آمفی‌پودها نیست، زیرا نخست در بیش‌تر موارد در بخش‌های میانی چشمه، سرعت جریان بیش‌تر است و بنابراین برای آن‌ها تحمل‌کردنی نیست، دوم، گیاهان آبی بیش‌تر در کناره‌ها می‌رویند و سوم آنکه بخش عمده مواد خاشاکی و بقایای آلی که پناهگاه و منبع تغذیه آنان است، بیش‌تر در کناره‌های چشمه که سرعت جریان کم‌تری دارد ته‌نشین می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که عرض چشمه عملا تاثیری در فراوانی زیست‌گاه ندارد. تغییرات وسیع عرض در طول چشمه نیز می‌تواند نشان دیگری از اهمیت اندک این عامل برای زیست آمفی‌پودها باشد.

٤-۱-۲-٤-نرخ تخلیه (دبی)

بیش‌ترین نرخ تخلیه ثبت شده در زیست‌گاه‌های مورد بررسی ۸۶۰/۰ لیتربرثانیه در چشمه‌ی جهانگیرخان و کم‌ترین آن ۸/۵ لیتربرثانیه در چشمه پل‌برنجی بود. نرخ تخلیه از آن‌جاکه با مقدار کلی آب دردسترس ارتباط پیدا می‌کند، از راه فراهم کردن زیستگاهی با وسعت بیش‌تر و عمق مناسب‌تر و ازآن‌جا بیکه با سرعت جریان نیز تا حدودی (که به‌وسیله‌ی شیب زمین تعیین می‌شود) مربوط می‌شود با اثر گذاشتن بر مقدار مواد آورده‌شده، از جمله اکسیژن و یون‌های ضروری و نیز دور کردن مواد و گازهای زاید دفعی خود این جانوران و سایر زیندگان در محل، عاملی برای زیست بهتر آمفی‌پودها به شمار می‌رود. با این حال آشکار است که این اثر تا حد میانه‌ای محسوس است و افزایش آن، در صورتی که عوامل مهم دیگر مانند دما، شوری و نیز البته غذای دردسترس به اندازه کافی خود نباشد، تاثیری در رشد فردی و جمعیت آمفی‌پودها نخواهد داشت.

به همین دلیل چشمه جهانگیرخان که بیش‌ترین نرخ تخلیه را داشت (۸۶۰/۰)، جایگاه جمعیت بسیار محدودی از آن‌ها بود، به‌طوری که در برخی از ماهها اصولا نمونه‌ای پیدا نشد، و از سوی دیگر چشمه رسول با نرخ تخلیه ۲۷۵/۰ لیتربرثانیه بیش‌ترین جمعیت دیده شده در تمامی استان را در خود جای داده بود.

۲-۲-٤- اندازه‌گیری از یک نقطه در طول سال در هر زیستگاه

۱-۲-۲-٤- دما. در مورد دما چشمه‌های مورد برسی در طول سال، تغییرات کم‌تری را نشان داد. در چشمه‌هایی مانند هونیفقان، پل‌برنجی، جهانگیرخان و ارژن که گذر چشمه روان و بدون توقف است و یا قدم‌گاه که پیوسته در سایه انبوهی از درختان قرار دارد، تاثیر تابش آفتاب در دمای آب اندک و بنابراین افزایش تابستانه در آن‌ها کم است. در برابر، در چشمه‌های رسول، کوشک‌زر، گلابی و خانی‌ورگ که برکه‌هایی در آغاز گذر چشمه شکل گرفته است، با ایستادن آب در برکه‌ها تاثیر تابش‌های تابستانه افزایش می‌یابد و در نتیجه افزایش بیش‌تری در آن‌ها دیده می‌شود.

۲-۲-۲-٤-عمق و سرعت جریان. نمودارها نشان می‌دهد که همه زیست‌گاه‌ها در طول سال تغییرات زیادی را در اندازه عمق بستر و سرعت جریان شاهد بوده است. از آن‌جا بیکه همه این ایست‌گاه‌ها در سرچشمه‌ها قرار داشته است، تغییراتی که در میزان تخلیه سالانه روی می‌داد،به طور مستقیم بر شرایط زیست‌گاه اثر می‌گذاشت. آن‌چنان که در فصل روش‌ها و ابزارها یادآوری شد، نمونه‌برداری در میانه دوره خشک‌سالی‌های اخیر انجام گرفت و بنابراین کاهش چشم‌گیر آب آن در تابستان موجب کاهش عمق و سرعت جریان در ماه‌های این فصل و گاه ماه‌های نخست پاییز می‌شد. ازسوی دیگر، با آغاز بارش‌ها در اواخر پاییز، بتدریج بر میزان عمق و سرعت جریان در فصل زمستان افزوده می‌شد.

۳-۲-۲-٤-اکسیژن محلول. تغییرات سالانه اکسیژن محلول در زیست‌گاه چشمه گلابی تا حد زیادی با وابستگی نظری میزان حلالیت اکسیژن در آب به دمای آن هماهنگی نشان داد. به‌طوری‌که غلظت اکسیژن در ماه‌های بهار و تابستان با افزایش دما کاهش، و در پاییز و زمستان با کاهش دما افزایش یافت.

در زیست‌گاه‌هایی که تغییرات دما در آن‌ها اندک یا نامنظم بود، غلظت اکسیژن نیز تغییرات زیاد یا نظم مشخصی نداشت. اما در نگاه نخست به نظر می‌رسد که در مورد زیست‌گاه‌های چشمه رسول و کوشک‌زر که تغییر سالانه دما در آن‌ها دیده شده بود، نکته مبهمی وجود داشته باشد، زیرا تغییرات سالانه غلظت اکسیژن

در آن‌ها نه‌تنها از طرح مشخص کاهش در برابر افزایش دما (و به‌عکس) پیروی نمی‌کند، بلکه چنین به نظر می‌رسد که گاه روندی کاملا بر عکس این طرح اجرا شده است. دلیل این پدیده را شاید بتوان با سطح وسیع این چشمه-آبگیر که امکان تبادل گاز اکسیژن میان آب و هوا را افزایش می‌دهد و حضور توده‌های فراوان گیاهان ریشه‌دار آبی (ماکروفایت‌ها) و جلبک‌ها در این دو زیست‌گاه بیان کرد که با انجام فوتوسنتز شدید در تابستان غلظت اکسیژن را در روزهای طولانی و پرنور افزایش می‌دهد و با قطع یا کاهش شدید فوتوسنتز در زمستان موجب کاهش آن می‌شود و اثر افزاینده دمای پایین را برطرف می‌کند.

pH-٤-٢-٢-٤. مقدار pH در تقریبا تمامی زیست‌گاه‌های مورد بررسی در محدوده اندکی میان ۸/۸-۵/۳۷ متغیر بود. با توجه به تنوع عوامل موثر بر pH آب از یک‌سو، نزدیکی محدوده تغییر و محدود بودن اندازه‌گیری‌ها به یک بار در هر ماه (که امکان انجام آزمون‌های آماری را برای آشکار شدن معنادار بودن یا نبودن تفاوت‌ها در کنار نزدیکی اعداد به هم از میان برده است)، تحلیل دقیق تغییرات pH در طول سال در زیست‌گاه‌های مورد بررسی با اطلاعات موجود ممکن نیست.

pH آب به عوامل مختلفی بستگی دارد که یکی از مهم‌ترین آنان طبیعت سنگ‌هایی است که آب از روی آن ها می‌گذرد. بالا بودن pH آب در یک رودخانه یا آب‌گیر ممکن است نشان‌دهنده آن باشد که آب آن‌ها از یک منطقه‌ی آهکی (limestone) عبور کرده است. از سوی دیگر، با افزایش دمای آب میزان یونیزه شدن مواد محلول افزایش می‌یابد و بدین ترتیب بر غلظت یون‌های H^+ افزوده و از مقدار پی‌اچ کاسته می‌شود.

یک عامل مهم دیگر در تغییر پی‌اچ آب در آب‌های زیرزمینی نرخ تخلیه و در نتیجه سرعت جریان آب است. با افزایش نرخ تخلیه، سرعت عبور آب از روی لایه‌های سنگ‌های زیرزمینی موجود در گذر آب افزایش می‌یابد، در نتیجه فرصت کم‌تری برای حل شدن نمک‌های آن در آب فراهم می‌شود وبا توجه به نوع و ترکیب شیمیایی آن سنگ‌ها، pH آب کاهش یا افزایش می‌یابد. هم‌چنین با آغاز بارندگی‌ها و نفوذ آب باران به لایه‌های نزدیک به منبع تغذیه چشمه از یک سو و به‌راه افتادن سیلاب‌ها و ارتباط برقرار شدن میان سازندهایی که در مناطق دورتر و جدایی قرار داشت، ترکیبات جدیدی وارد آب می‌شود که بر میزانpH اثر می‌گذارد، و بدین ترتیب موجب پیدا شدن بی‌نظمی در روند سالانه تغییرات آن می‌شود (Todd, 1980).

علاوه بر ویژگی‌های زمین‌شناختی و ژئوشیمی زمین و آب‌های زیرزمینی، برخی عوامل زیستی نیز بر مقدار pH آب موثر است. از مهم‌ترین و موثرترین این عوامل می‌توان به فرآیند فوتوسنتز و تنفس در گیاهان اشاره کرد که با تغییر سطح دی‌اکسید کربن آب بر pH اثر می‌گذارد به‌طوری که شب‌ها که با قطع فوتوسنتز ساخت این گاز آغاز می‌شود،pH به آرامی افت می‌کند.

۵-۲-۲-٤-هدایت الکتریکی و محتوای یونی. تغییر هدایت الکتریکی در تقریبا تمامی چشمه‌های مورد بررسی طرح یکسانی را نشان می‌دهد. در همه این زیست‌گاه‌ها، تغییرات هدایت الکتریکی به‌طور کامل با تغییرات سرعت جریان هماهنگ بود، به‌طوری که از اواخر تابستان شروع به کاهش کرد، در اواخر پاییز به کم‌ترین رسید و رو به افزایش گذاشت و در میانه زمستان به بیش‌ترین مقدار خود رسید.

مقدار هدایت الکتریکی در آب نشانه مناسبی از مقدار مواد محلول یونیزه شونده آن است، مانند فسفات‌ها، نیترات‌ها و نیتریت‌ها و نیز کلرید سدیم که بخصوص در دریاها نقش مهمی دارد. در آب‌گیرها تبخیر آب در شرایطی که ورود آب دچار کاهش می‌شود، می‌تواند هدایت الکتریکی آب را افزایش دهد، اگرچه این مساله در مورد چشمه‌ها و آب‌های جاری اثر ناچیزی دارد. بسیاری از مواد آلی نیز یونیزه شونده نیستند و بر هدایت الکتریکی اثری نمی‌گذارند، اما با آغاز تخریب، مواد یونیزه شونده دیگر (نیترات، نیتریت، فسفات و مانند آن‌ها)، از آن‌ها بوجود می‌آید و هدایت الکتریکی را افزایش می‌دهد.

مهم‌ترین عوامل موثر بر هدایت الکتریکی که در مورد pH نیز به آن‌ها اشاره شد، یعنی جنس سازندهای تشکیل‌دهنده زمین‌شناسی منطقه در درجه اول و تاثیر نرخ تخلیه و سرعت جریان در ترکیب شیمیایی آبی که از روی آن‌ها می‌گذرد، تاثیر دما در یونیزاسیون مواد محلول و نیز اثر بارندگی و سیلاب‌ها بر منابع تغذیه‌کننده چشمه‌هاست که می‌تواند با تغییر ترکیب مواد محلول، غلظت کل نمک‌های محلول در آب را تغییر دهد.

٦-۲-۲-٤-مقایسه میانگین عوامل میان زیست‌گاههای مختلف

آزمون‌های دانکن و LSD برای میانگین‌های عوامل بالا میان زیست‌گاههای مختلف بیش‌تر برای مقایسه جمعیت‌های این زیست‌گاهها به منظور استفاده بیوسیستماتیک انجام گرفت. هم‌چنان که در بخش نتایج دیده شد، بیش‌تر این زیست‌گاهها تفاوت‌های آماری معناداری را میان یکدیگر نشان داد و این تفاوت‌ها بخصوص

در مورد عواملی که اهمیت زیستی بیش‌تری دارد مانند حرارت، اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی و عمق آشکارتر بود و گستردگی بیش‌تری داشت.

با توجه به آن چه که در اهمیت محدوده قابل تحمل عوامل پیش‌گفته در بخش‌های مذکور گفته شد، این تفاوت‌های معنادار میان زیست‌گاه‌ها از نظر میانگین سالانه عوامل محیطی گفته شده می‌تواند در یک تحلیل همه‌جانبه به احتمال جدا بودگی جمعیت‌ها کمک کند و در بررسی‌های سیستماتیک هم‌چون مدارکی برای جدا دانستن این جمعیت‌ها از یکدیگر به‌کار گرفته شود.

۳-۲-٤- گیاهان آبزی

نتایج شناسایی گیاهان آب‌زی نشان‌دهنده همسانی نسبی آنان درهمه زیست‌گاه‌ها است. اگرچه هنوز پژوهش دقیقی در مورد شناسایی و پراکنش گیاهان آب‌زی استان انجام نشده است، اما مشاهده‌های ما در پژوهش حاضر حاکی از آن بود که پراکندگی گیاهان نام‌برده با پراکندگی آمفی‌پودها هم‌پوشانی دارد، به‌طوری که در دوره نمونه‌برداری پراکنش تقریبا هر کجا که به این گیاهان برمی‌خوردیم می‌توانستیم به حضور آمفی‌پودها پی‌ببریم. شاید این زیندگان نیز به شرایط محیطی یکسانی با آمفی‌پودها خو گرفته باشند و این هم‌بودی (co-existance) بازتاب یک سابقه‌ی هم‌تکاملی (co-evolution) در جهت تشکیل و برقراری اجتماعات است.

اهمیت حضور و نقش گیاهان آب‌زی در اکولوژی و بیوسیستماتیک این گروه از آب‌زیان نشان داده شده است (Newman *et al.*, 1996). اگرچه به خوبی نشان داده شده است که سیستم‌های دفاع شیمیایی که در بسیاری از این نوع گیاهان وجود دارد، آنان را از حمله جمعیت انبوه چرندگان آبی (به طورعمده بی‌مهره‌گان) در امان می‌دارد و سبب می‌شود بویژه برگ‌های زنده و سبز آن‌ها نقشی در تغذیه آمفی‌پودها نداشته باشند. این سیستم دفاع شیمیایی از سم‌های آلکالوییدی تشکیل می‌شود که در صورت تخریب بافت گیاهی با تغییرات شیمیایی موجب ایجاد مزه تندی می‌کند (Bones and Rossiter, 1996; Vageeshbaru and Chopra, 1997, Ginsberg, 1998). با این حال نقش اساسی این این گیاهان هم‌چون پناهگاه بخصوص در جاهایی قابل توجه است که سرعت آب بیش‌تر است یا زمینه‌ی بستر، جای اندکی برای پنهان شدن دارد.

۳-٤- تاکسونومی

۱-۳-٤- مقایسه میانگین درازا و وزن تر تنه میان جمعیت‌های مختلف

درازای تنه در این نه جمعیت تفاوت‌های شدیدی را نشان داد، به‌طوری که آن‌ها را در هفت گروه جداازهم قرارداده است. از نظر وزن بدن نیز تفاوت‌ها آشکار و روشن‌کننده است. این‌ها نیز در کنار نتایج ویژگی‌های شیمیایی-زیستی محیط می‌تواند کمک بزرگی برای مطالعه بیوسیستماتیک این جمعیت‌ها باشد. با این‌حال، نکته‌ای که نباید در تحلیل نتایج مربوط به طول و وزن تر بدن از نگاه دور بماند، تاثیر همان شرایط فیزیکی و شیمیایی محیطی و نیز شرایط تغذیه‌ای در میزان رشد این جانوران و در نتیجه افزایش طول و وزن بدن است. آن‌چه این مطلب را بااهمیت‌تر می‌کند، مشاهده‌ای مربوط به چشمه رسول است. در این چشمه پس از مسافتی در حدود ۳۰ متر از سرچشمه یک کارگاه پرورش ماهی قرار دارد. در ادامه گذر جویبار پس از کارگاه که بازمانده‌های غذایی ماهیان به‌صورت دتریتوس در آمده و به‌شکل مواد آلی درحال‌فساد بستری غنی فراهم آورده است، *گاماروس*ها اندازه‌هایی بسیار بزرگ‌تر از آن‌چه در چشمه طبیعی نشان می‌دهند دارند (نتایج اندازه‌گیری‌های این گروه به دلیل آن‌که در نوعی شرایط "مصنوعی" قرار داشتند، درنظر آورده نشده و در این گزارش به آن‌ها اشاره نشده است.). چنین به‌نظر می‌رسد که اگر عوامل اکولوژیک و ریختی نیز در نظر گرفته شود، داده‌های طول و وزن در شرایط طبیعی چشمه بتواند به قضاوت در باره تفاوت‌های تاکسونومیک دو جمعیت کمک کند.

۲-۳-٤- ویژگی‌های ریختی

آن‌چنان که در بخش نتایج دیده شد، شناسایی جنس برای جمعیت‌های مورد بررسی به‌آسانی انجام شد. هم‌چنین، دسته‌بندی قراردادی Karaman-Pinkster نیز به‌آسانی نشان داد که همه این جمعیت‌ها در گروه *Gammarus pulex* قرارمی‌گیرند. اما در مورد تشخیص و شناسایی جایگاه تاکسونومیک این جمعیت‌ها در تراز گونه، چنان‌که پیش‌تر نشان داده شد، ابهام، یا به بیان درست‌تر، پیچیده‌گی بسیاری وجود دارد که گرفتن یک نتیجه‌ی قطعی را دشوار و در این مرحله غیرممکن می‌کند.

بر این مساله می‌توان چند نکته مهم دیگر را نیز افزود:

۱.مسلم است که گاماریدهای دریایی و آب شیرین در ارتباط با طرح‌های یخ‌بندان و جدایی‌های اتفاقی روند تکامل سریعی را در دوران اخیر گذرانده اند (DeMarch, 1981)، به عبارت دیگر، فرآیند گونه‌زایی در مدت کوتاهی بسرعت کار کرده و گونه‌های بسیاری را از تنه قدیمی به وجود آورده است. به همین دلیل تاکسونومی این خانواده پیچیده است. ویژگی‌های تشخیصی در میان آن‌ها متفاوت است و گونه‌ها در جزییات بسیار ریزی با هم تفاوت دارند. به‌نظر می‌رسد که گونه‌زایی نخست با سازش به شرایط محیطی متفاوت رخ داده باشد (DeMarch, 1981) که با توجه به تغییرات شدید میان زیست‌گاه‌های آب شیرین در کشور ایران و نیز استان فارس، برای این منطقه نیز می‌توان انتظار چون‌این گوناگونی در گونه‌ها را داشت.

۲.در تقریبا تمامی متن های علمی مربوط، تاکسونومی آمفی‌پودها از دشوارترین کارهای تاکسونومیک دانسته شده و موارد بی‌شماری از اشتباه در شناسایی گونه‌ها و نیز تشخیص گونه‌های جدید و نام‌گذاری آن‌ها حتی توسط تاکسونومیست‌های باتجربه این گروه ثبت شده است (Chace, *et al.*, 1986; Karaman and Pinkster, 1977).برای مثال، طبیعت سست و ناپایدار تاکسونومی آمفی‌پودها درتراز گونه با یافته‌های Pinkster (1983) در بخشی از گروه *Gammarus pulex* نشان داده شده است او گونه‌ای را توصیف کرد که نمی‌شد آن را بدرستی تشخیص داد. *G. stupendus* را نمی‌توان با استفاده از معیارهای معمولی کلیدها شناسایی کرد، زیرا به نظر می‌رسید که چند ریختی مشخص در این تاکسون وجود سه گونه را نشان می‌دهد، در حالی که آزمایش‌های دورگه سازی (hybrid experiments) آشکار کرد که سه تایپ تشخیص داده شده هم‌گونه اند. به علاوه *G. stupendus* را به دلیل تنوع‌های گسترده‌ی آن نمی‌توان از گونه‌های همسایه جغرافیایی آن *G. fossarum* و G. iberica تشخیص داد، اگر چه نمی‌توان از آن‌ها دورگه گرفت.

۳. برخی از متخصصان به‌نام جهانی این گروه که بیش‌ترین آشنایی را با تاکسونومی جمعیت‌های اروپایی و آسیایی این گروه از جانوران دارند، مانند دکتر Karaman و دکتر Jazdzewiscky بر خودداری از شناسایی و تشخیص عجولانه‌ی این گروه تاکید داشته و جمع‌آوری هرچه‌بیش‌تر اطلاعات و مواد از این گروه را برای بررسی‌های هرچه‌بیش‌تر و دقیق‌تر توصیه کرده اند (مکاتبه شخصی با نگارنده).

۱- ویژگی بسیار مهم چرخه‌ای بودن ریخت (cyclomorphosis) در آمفی‌پودها نیز گزارش شده است (Karaman and Pinkster, 1977). این مطلب به آن معنی است که ویژگی‌های ریختی این گروه از جانوران

در طول سال دچار تغییر می‌شود. معنای عملی این گفته آن است که یک‌بار نمونه‌برداری در سال و مقایسه نمونه‌های یک فصل با کلیدها و تایپ‌ها برای شناسایی دقیق کافی نیست و برای چنین منظوری دست‌کم به طراحی و مقایسه چهار نمونه در سال با نمونه‌های تایپ مربوط به همان چهار فصل احتیاج داریم. طبیعی است که کلیدهای شناسایی جدید نیز می‌بایستی بر همین اساس نوشته شود.

با توجه به مجموع این نکته‌ها، در این‌جا سعی می‌شود با مروری بر نتایج بررسی‌های مورفولوژیک جمعیت‌های مورد مطالعه، اطلاعات به‌دست‌آمده از این جمعیت‌ها بحث شود.

۱-۲-۳-٤- جمعیت چشمه رسول

نمونه‌های این جمعیت بر اساس کلید Stock در برابر چند گزینه *Gammarus osselai*، *G. lacustris*، و *G. lobifer* قرار گرفتند. اما هر کدام از این انتخاب‌ها اگرچه تا مرحله‌ای با برخی از مشخصات کلید چنان که نشان داده شد دارای تفاوت‌های دیگری با توصیفات دیگر کلید است که اطلاق هر یک از آن‌ها را با تردید مواجه می‌سازد.

نتیجه پیگیری کلید Karaman-Pinkster نیز در مورد این نمونه‌ها دو گونه *G. laticoxalis* و *G. paricrenatus* که در هر دوی این موارد نیز اختلاف‌هایی در توصیف‌های دیگر وجود داشت.

۲-۲-۳-٤- جمعیت چشمه کوشک‌زر و قدم‌گاه

نمونه‌های این جمعیت براساس کلید Stock به دو احتمال *G. paricrenatus* و *G. osselai* منتهی می‌شود.

کلید Karaman-Pinkster نیز در مورد این نمونه‌ها به دو احتمال *G. osellai* و *G. ibericus* (اختلاف دو املا *G. osellai* و *G. osselai* مربوط به اصل دو مقاله است) که در هر دو این موارد نیز مانند دو مورد کلید Stock اختلاف‌هایی در توصیف اجزای دیگر وجود داشت.

۳-۲-۳-٤- جمعیت چشمه خانی‌ورگ

بر اساس کلید Stock این جمعیت به گونه *G. paricrenatus* نزدیک است.

بررسی با کلید Karaman-Pinkster به دو گونه *G. crenulatus* و *G. effultus* رسید.

٤-۲-۳-٤- جمعیت چشمه پل‌برنجی

بر اساس کلید Stock این جمعیت احتمالا به دو گونه *G. komakeri* و *G. syriacus* نزدیک است.

بررسی با کلید Karaman-Pinkster به گونه‌های *G. agrarius* و *G. syriacus* و *G. osellai* رسید.

۵-۲-۳-٤- جمعیت چشمه ارژن

بر اساس کلید Stock این جمعیت به دو احتمال *G. lobifer* و *G. imberbus* نزدیک است.

بررسی با کلید Karaman-Pinkster به‌صورت احتمالی به گونه‌های *G. laticoxalis* و *G. gauthieri* رسید.

٦-۲-۳-٤-جمعیت چشمه جهان‌گیرخان

بر اساس کلید Stock این جمعیت احتمالا به گونه *G. osselai* نزدیک است.

بررسی با کلید Karaman-Pinkster به احتمال به گونه *G. effultus* رسید.

۷-۲-۳-٤- جمعیت چشمه هونیفقان

بر اساس کلید Stock این جمعیت احتمالا به دو گونه *G. komakeri* و *G. syriacus* نزدیک است.

بررسی با کلید Karaman-Pinkster به‌صورت احتمالی به گونه *G. agrarius* و *G. syriacus* رسید.

۸-۲-۳-٤- جمعیت چشمه گلابی

بر اساس کلید Stock این جمعیت احتمالا به گونه *G. syriacus* نزدیک است.

با کلید Karaman-Pinkster به‌صورت احتمالی به گونه *G. effultus* رسید.

٤-٤-نتیجه‌گیری کلی جغرافیای زیستی و بیوسیستماتیک

۱. پراکنش دوجورپایان در منطقه‌ی زاگرس می‌تواند نتیجه پراکنش گسترش در جهت‌های گوناگون (dispersal) باشد.

۲. گاماریدهای دریایی و آب شیرین روند تکامل سریعی را در دوران اخیر گذرانده اند، به عبارت دیگر، فرآیند گونه‌زایی در مدت کوتاهی بسرعت کار کرده و گونه‌های بسیاری را از تنه قدیمی به وجود آورده است. به همین دلیل تاکسونومی این خانواده پیچیده است. ویژگی‌های تشخیصی در میان آن‌ها متفاوت است و گونه‌ها در جزییات بسیار ریزی با هم تفاوت دارند.

به‌نظر می‌رسد که این گونه‌زایی‌ها نخست با سازش به شرایط محیطی متفاوت رخ داده باشد (DeMarch, 1981) که با توجه به تنوعات شدید میان زیست‌گاه‌های آب شیرین در کشور ایران و منطقه زاگرس، برای منطقه‌ی استان فارس نیز می‌توان انتظار چنین گوناگونی را در گونه‌ها داشت (Khalaji & Sari, 2004) .

۳. تاکسونومی آمفی‌پودها مانند هر گروه مشابه دیگر، که گونه‌زایی‌های فراوان در زمان‌های کوتاهی در آن‌ها انجام شده از کارهای دشوار، وقت گیر و نیازمند به بازنگری تاکسونومی دانسته شده است (Karaman and Chace *et al*, 1986 ،Pinkster, 1977).

۴. در بررسی ویژگی های ریختی کلیدی، هیچ یک از این ویژگی ها کاملا با ویژگی‌های داده شده در کلیدهای شناسایی منطبق نبود. در برخی موارد، استفاده از دو کلید در مورد یک جمعیت بخصوص به دو گزینه (احتمالی) متفاوت ختم شد

۵. برای اطمینان بیش‌تر در شناسایی درست گونه‌یی نیاز بود تا گونه‌های تایپی که کلیدها از روی آن‌ها درست شده است، از نزدیک بررسی شود. این مطلب با پروفسور Karaman (یکی از مراجع جهانی متخصص روی آمفی‌پودهای ناحیه) که نگارنده از آغاز کار تاکسونومی با ایشان در تماس بوده است در میان گذاشته شد. وی نیز ضمن تایید اختلاف‌ها و ابهام‌های موجود، تاکید داشت که برای شناسایی نهایی بایستی نمونه‌های مورد بررسی با نمونه‌های تایپ مقایسه شود که کلید از روی آن‌ها درست شده است. از آن جا ییکه امکان حضور در موزه‌های مورد نظر در طرح پیش‌بینی نشده بود، شناسایی نهایی نمونه‌ها موکول به انجام چنین مرحله‌ای است.

۱-٤-٤-چند احتمال

ممکن است تغییرات مشاهده شده در جمعیت‌های مورد مطالعه تنها بازتاب برخی گوناگونی‌های درون‌گونه‌ای باشد.

این جمعیت‌ها ممکن است زیرگونه‌ها یا نژادهای جغرافیایی (geographical races) باشند که تحت تاثیر founder effect با تغییرات اندکی نسبت به جمعیت‌های مادری به صورت neoendemic ظهور یافته و برقرار شده اند.

هم‌چنین ممکن است با گونه های جدیدی مواجه باشیم، چنان که مطالعات اخیر بر جمعیت‌های محلی آمفی‌پودها در منطقه زاگرس (Khalaji & Sari, 2004) وجود چنین احتمالی را منتفی نمی‌داند.

پیشنهادها

تحقیقات پیرامون فون گسترده و گوناگون دوجورپایان در ایران در مراحل آغازین قرار دارد و برای شناخت ویژگی‌های زیستی آن‌ها به منظور بهره‌برداری‌های اقتصادی و استفاده در آزمون‌های سنجش آلودگی نیازمند شناخت دقیق‌تر آن‌ها هستیم که پژوهش حاضر گامی نخستین در این راه است. کارهای بسیاری باید در ادامه‌ی آن انجام شود تا بتوان به درکی حداقل از جایگاه تاکسونومیک آن‌ها و نحوه زندگی، شرایط زادآوری، رشد و سایر جنبه‌های زیستی آنان رسید. در راستای این پژوهش می‌توان به برخی از نخستین گام‌هایی که باید از این پس در این راه برداشته شود به شرح ذیل اشاره کرد:

۱. بررسی‌های دقیق‌تر و مفصل‌تر پیرامون تاکسونومی ریختی این گروه، از جمله توصیف کامل همه ویژگی‌ها و قطعات ممکن بدن دست کم با چهار بار نمونه‌برداری در سال برای یافتن تغییرات چرخه‌های ریختی سالانه (cyclomorphosis).

۲. بررسی‌های ریخت‌سنجی جمعیت‌های مورد بررسی.

۳. بررسی چرخه زندگی و ویژگی‌های زایشی و رویشی هر یک از جمعیت‌ها، از جمله نرخ زادآوری، تعداد زادآوری در هر سال، اندازه دسته‌ی تخم (clutch size)، حداکثر اندازه‌ی طول بدن در هر یک از مراحل نوزاد،جوان و بالغ و نسبت جنسیتی (sex retio) به‌منظور یافتن شباهت‌ها و تفاوت‌های احتمالی.

۴. آزمون‌های پرورش در شرایط کنترل‌شده آزمایشگاهی برای مقایسه الگوهای رشد و زایش هر یک از جمعیت‌ها در شرایط یکسان.

۵. انجام آزمایش‌های دورگه‌گیری برای بررسی احتمال هم‌گونه‌بودن یا نبودن این جمعیت‌ها.

۶. آزمایش‌های مقایسه‌یی بیوشیمیایی و ملکولی جمعیت‌ها.

۷. تهیه‌ی عکس‌های میکروسکوپ الکترونی برای مقایسه ویژگی‌های فراساختاری (ultrastructure).

۸. بررسی‌های دامنه دار بر دینامیک جمعیت‌ها، تغییرات تراکم آن‌ها و یافتن روابط دقیق تراکم جمعیت با ویژگی‌های محیطی.

هم‌چنین، آن‌چنان که در ابتدای فصل روش‌ها و ابزارها گفته شد، به دلیل گستردگی بسیارِ استان و فراوانی زیست‌گاه‌های آبی و آمفی‌پودها در آن، این بررسی تنها به ۹ زیست‌گاه محدود شد، و فرض بر آن گرفته شد که هر یک از این ۹ زیست‌گاه نماینده یکی از حوضه‌های آب‌ریز استان است. درستی این فرض تنها زمانی به اثبات می‌رسد که همه نمونه‌های جمع‌آوری‌شده و بسیاری از نمونه‌های جمع‌آوری نشده چشمه‌هایی که محدودیت اعتبار و زمان ما را از برداشتن آن‌ها بازداشت، به‌طور کامل بررسی شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همه‌ی کسانی که به هر گونه و به هر اندازه مرا در انجام این طرح و تهیه‌ی این گزارش یاری کرده اند، به ویژه آقای دکتر فرامرز حسینی که علاوه بر مشاوره‌ی پیوسته، امکانات آزمایشگاهی خود را نیز به مدت سه سال در اختیار من نهادند، و همه‌ی هم‌کارانی که در مراحل مختلف به پیش‌برد کار کمک کردند، از جمله:

- آقایان محمدرضا قاید عبدی، نبی‌الله یزدی و احسان نصر در نمونه‌برداری،
- خانم‌ها نرگس احمدی در اندازه‌گیری‌های شیمیایی، مهندس عفت جعفری در شناسایی گیاهان آب‌زی، و مهندس لادن جوکار در راهنمایی آماری، و
- آقای کریم علمی تکنسین سابق آزمایشگاه حشره‌شناسی در بخش زیست‌شناسی دانشگاه شیراز

تشکر و قدردانی می‌کنم.

هم‌چنین مراتب سپاس خود را حضور محققان جهانی آمفی‌پودها آقایان:

- دکتر Douglas Glazier از دانشگاه ایالتی پنسیلوانیا برای فرستادن مقالات و راهنمایی در باره‌ی روش‌های بررسی شرایط محیطی
- دکتر Manfred Poekl از دانشگاه وین برای راهنمایی‌های ارزنده در زمینه بیولوژی تولیدمثل آمفی‌پودها
- دکتر Krystof Jazdzewski، Gordan Karaman، و Alan Meyers برای فرستادن مقاله‌ها و راهنمایی در باره مشکلات شناسایی گونه‌ها،

تقدیم می‌دارم.

منابع

امین، س.؛ کریمی، ی. ۱۳۷۸. بررسی کیفیت آب رودخانه‌ی کر و تعیین ظرفیت خود پالایی آن. طرح پژوهشی دانشکده‌ی کشاورزی. دانشگاه شیراز، شیراز.

بنانی، کمال.۱۳۷۱. گزارش وضعیت رودخانه‌ی کر و سیوند. اداره‌ی کل حفاظت محیط زیست استان فارس. شیراز. ۶۸ ص.

خوانساری، ج. ۱۳۷۸. آلودگی‌های رودخانه کر. نشریه‌ی علمی و فنی مسایل کشاورزی ، سال ۲ ، شماره ۲، ص‌ص ۸۵-۸۱.

رضایی، م. ۱۳۷۷. هیدروژئولوژی چشمه‌های کلروره کارستی در تاقدیس رحمت. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد. ۱۴۹ صفحه، تصویر، جدول، نمودار، کتابنامه. - دانشگاه شیراز. شیراز.

روشن، ا. ۱۳۸۰. بررسی خصوصیات زیستی گونه‌ی *Gammarus komareki* با تاکید بر تولید مثل. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. ۱۵۸ ص.

رهنمایی، ه. ۱۳۷۷. نگرشی کوتاه به رودخانه‌های کر و سیوند در استان فارس. محیط زیست ، شماره ۹، ص‌ص ۳۴-۳۷.

عباسی، ع.؛ جعفرزاده، ن. ۱۳۷۹. تاثیر ورود فاضلاب‌های صنعتی و شهری بر تغییرات بیوشیمیایی رودخانه‌ی کر. آب و فاضلاب، شماره‌ی ۲۱، ص‌ص ۲۹-۲۳.

کریمی، ی. ۱۳۷۳. پروژه‌ی مطالعه‌ی حوضه‌ی آبریز رودخانه‌های کر و سیوند؛ طرح بررسی مدیریت زیست‌محیطی منابع آب و خاک. گزارش اول. تهران. سازمان حفاظت محیط زیست- ۱۱۵ ص.

کریمی، ی. ۱۳۷۸. بررسی وضعیت آلودگی رودخانه‌های کر و سیوند. اداره‌ی کل حفاظت محیط زیست فارس.

مصباح، س. ح. ۱۳۸۲. بررسی و ارزیابی آبخیز به‌منظور تهیه‌ی شناسنامه‌ی آب‌خیزهای استان فارس. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس.

مصباح، س. ح.؛ مُر، ف. ۱۳۷۹. رده‌بندی و ویژه‌گی‌های فیزیکوشیمیایی چشمه‌های آب گرم و معدنی استان فارس. سی و پنجمین سمینار آب‌درمانی آب‌های گرم و معدنی. ۱۸-۱۷ اردی‌بهشت ۱۳۷۹. تهران.

مقدسی، ب. **۱۳۷۹**. بررسی ترکیبات عمده‌ی بیوشیمیایی گاماریدها در طول ساحل جنوبی دریای خزر. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال. **۱۲۶** ص.

-Ahsanullah, M., and Williams, A. R. 1991. Sublethal Effects and Bioaccumulation of Cadmium, Copper and Zinc in the Marine Amphipod *Allorchestes compressa*. *Mar. Biol.* 108(1): 59-65.
-Aikins, S. S. and E. Kikuchi. 2001. Water Current Velocity as an Environmental Factor Regulating the Distribution of Amphipod Species in Gamo Lagoon, Japan. *Limnology*. 2: 185-191.
-Alouf, N. J. 1976. Sur la Presece D'*Echinogammarus* Du Grope *pungenus* Au Liban: *E. bertensis* N. sp., *E. tripoliensis* N. sp. et *E. rashini* N. sp. (Crustacea, Amphipoda). *Bull. Zoll. Mus. Univ. Amst.* 5(20): 163-176.
-Alouf, N. J. 1979. Sur la Presece D'*Echinogammarus* Du Genre *Gammarus* Au Liban Avec Description De Deux Nouveaux Taxa (Crustacea, Amphipoda). *Bull. Zoll. Mus. Univ. Amst.* 6(23): 178-186.
-Amyot, M., Pinel-Alloul, B., and Campbell, P. G. C. 1992. Bioaccumulation of Heavy Metals in an Amphipod of the St. Lawrence River in Relation to Sediment Contamination. *Proceedings of the Eighteenth Annual Aquatic -Toxicity Workshop: September 30-October 3, 1991*. Ottawa, Ontario. Canada. Niimi, A. J. and Taylor M. C. (eds.). No. 1863, pp. 67-80.
-Amyot, M., Pinel-Alloul, B., and Campbell, P. G. C. 1994. Abiotic and Seasonal Factors Influencing Trace Metal Levels (Cd, Cu, Ni, Pb, and Zn) in the Freshwater Amphipod *Gammarus fasciatus* in Two Fluvial Lakes of the St. Lawrence River. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51(9): 2003-2016.
-Baerlocher, f., and C. W. Porter. 1986. Digestive Enzymes and Feeding Strategies of Three Stream Invertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 5: 58-66.
-Baerlocher, F. and M. Corkum. 2003. Nutrient Enrichment Overwhelms Diversity Effects in Leaf Decomposition by Stream Fungi. *OIKOS*. 101: 247–252.
-Barnard, J. L., and Karaman, G. S. 1980 Classification of Gammarid Amphipoda. *Crustaceana suppl.* 6: 5-16.
-Barnard, J. L., and Karaman, G. S. 1983. Australia as a Major Evolutionary Center for Amphipoda. *Mem. Aust. Mus.* 18: 45-61.
-Barnes, R. D. 1987. (5th Ed.) Invertebrate Zoology. Saunders Colloege Publishing. 893 p.
-Birstein, J. A. 1938. *Derzhavinella macrochelata* n. gen. n. sp., Novyi Rod i vid Amphipoda iz Severnogo Kaspija. *Zool. Zhurnal*, 18:54-69.
-Birstein, J. A. 1945a. Revizija Sistemy Kaspiiskikh Gammaridae. *Doklady Akademiia Nauk SSSR*.50: 517-520.
-Birstein, J. A. 1945b. Zametka o Presnovodnykh visshikh Rakoobraznykh Turkmenii i Irana. Uchenye Zapiski Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 83: 151-164.
-Bitte, R. M. 1969. Life History and Habitat Differences Between *Gammarus lacustris lacustris* Sars and *Hyalella azteca* (Saussure) in Wst Blue Lake, Manitoba. M.Sc. Thesis, University of Manitoba, Winnipeg, Man. 98 p.
-Blockwell, S. J., Tailor, E. J., Jones, I., Pascoe, D. 1998. The Influence of the Freshwater Pollutants and Interaction with *Acellus aquaticus* (L.) on the Feeding Activity of *Gammarus pulex* (L.). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34: 41-47.
-Bones, A. M., and Rossiter, J. T. 1996. The Myrosinase-Glucosinolate System, Its Organization and Biochemistry. *Physiologia Plantarum*. 97:194-208.
-Borgman, U. 1994. Chronic Toxicity of Ammonia to the Amphipod *Hyalella azteca*; Importance of Ammonium Ion and Water Hardness. *Environ. Pollut.* 86(3): 329-335.
-Borowski, B., and Borowski, R. 1987. The Reproductive Behaviors of the Amphipod Crustacean *Gammarus palustris* (Bousfield) and Some Insights into the Nature of their Stimuli. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* 107: 131-144.
-Bousfield, E. L. 1978. A Revised Classification and Phylogeny of Amphipod Crustaceans. *Trans. Roy. Soc. Can.* 4(16): 343-390.
-Bulnheim, H. P. 1972. On Sex-Determining Factors in Some Euhaline *Gammarus* Species. In *fifth European Marine Biology Symposium, Padova* (ed. B. Battaglia), pp. 115-130.
-Bulnheim, H. P. 1977. Effects of Inbreeding on the Relative Fittness of the Amphipod *Gammarus duebeni* Lilljeborg, 1852. *Crustaceana, Supplementband.* 4: 3-14.
-Bulnheim, H. P. 1978. Variability of the Models of Sex Determination in Littoral Amphipods. In *Marine Organisms: Genetics, Ecology and Evolution* (eds. B. Battaglia & J. A. Beardmore), pp. 529-584. Plenum Press. New York.
-Chace, F. A., McKin, J. G., Hubricht, L., Banner, A. H., and Hobbs H. H. 1965. Malacostraca. In: Edmondson, W. T. (ed). Freshwater Biology. John Whiley and Sons, Inc. USA. 1250 p.
-Chamier, A. C. 1991. Cellulose Digestion and Metabolism in the Freshwater Amphipod *Gammarus pseudolimnaeus* Bousfield. *Freshw. Biol.* 25: 33-40.

-Chamier, A. C., and L. G. Willoughby. 1996. The role of Fungi in the Diet of the Amphipod *Gammarus pulex* (L.): An Enzymatic Study. *Fresh. Biol.* 16: 197-208.
-Dahl, E., Emanuelsson, H., and Mecklenburg, C. von. 1970. Pheromone Reception in the Males of the Amphipd *Gammarus duebeni* (Lilljeborg). *Oikos*. 21: 42-47.
-DeMarch, B. G. E. 1981. *Gammarus lacustris lacustris.* In: Lawrence, S. G. (ed.) "Manual for the Culture of Selected Freshwater Invertebrates". *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci*. 54: 79-94.
-Ducruet, J. 1982. Effects de l'Ecdysterone sur la Formation des Couples et sur la Vitellogenese chez *Gammarus pulex* (L.) et *Gammarus fossarum* Koch (Crustaces, Amphipods). *PolskieArchivumHydrobiologii*. 29: 307-317.
-Chambers, M. R. 1977. The population Ecology of *Gammarus tigrinus* (Sexton) in the Reed Beds of the Tjeukemeer. *Hydrobiologia. 53: 155-164.*
-Edmondson, W. T. 1965. Freshwater Biology. John Whiley and Sons, Inc. USA. 1250 p.
-Embody, G. C. 1911. A Preliminary Study of the distribution Food and Reproductive Capacity of Some Freshwater Amphipods. *Internationale revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Supplementband.* 3: 1-35.
-Ericksson, S. P. and J. M. Weeks.1994. Effects of Copper and Hypoxia on Two Populations of the Benthic Amphipod *Corophium volutator* (Pallas). *Aquat. Toxicol*. 29(1-2): 73-81.
-Fingerman, M. 1987. The Endocrine Mechanism of Crustaceans. *Journal of Crustacean Biology.* 7: 1-24
-Fitzpartick, J. F. 1983. How to know Freshwater Crustacea. Wm. C. Brown Company Publishers. USA. 227 p.
-Florkin, M. 1960. Blood Chemistry. In: Waterman, T.H. (ed.) "Physiology of Crustacea, Volume 1, Metabolism and Growth".Academic Press. New York and London. 670 p.
-Ginsberg, D. S. 1998. Selective Feeding of *Gammarus pseudolimnaeus* on Fresh and Senescent Leaves of Watercress *Nasturtium officinale*. *General Ecology.* University of Michigan Biological Station Publication.
Ginsberg, D. S. 1998. Chemical Defenses in Aquatic Plants. Journal of Ecology. 74: 279-287.
-G-lazier, D.S. (1998) Springs as Model Ecosystems for Ecology and Evolutionary Biology: A Case Study of *Gammarus minus* Say (Amphipoda) in Mid-Appalachian Springs Differing in pH and Ionic Content. In: *Studies in Crenobiology. The Biology of Springs and Springbrooks* (ed., L. Botosaneanu), Backhuys, Leiden, pp. 49-62.
-Glazier, D.S.; M.T. Horne; and M.E. Lehman. 1992. Abundance, Body Composition, and Reproductive Output of *Gammarus minus* Say (Crustacea: Amphipoda) in Ten Cold Springs Differing in pH and Ionic Content. *Freshwater Biology*, 28, 149-163.
-Glazier, D.S. 1999. Variation in Offspring Investment Within and Among Populations of *Gammarus minus* Say (Crustacea, Amphipoda) in Ten Mid-Appalachian Springs (USA). *Arch. Hydrobiol.* 146(3): 257-283.
-Goedmakers, A. 1981. Population Dynamics of Three Gammarid Species (Crustacea, Amphipoda) in a French Chalk Stream. Part II. Standing Crop. *Bijdragen tot de Dierkunde.* 51: 31-69.
-Grapentine, L. C.; D. M. Rosenberg.1992. Responses of the Freshwater Amphipod *Hyalella azteca* to Environmental Acidification. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 49(1): 52-64.
-Greenberg, A. E.; Clesceri, L. S. and Eaton, A. D. (ed). 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewter. 8th edition. American Public Health Association, American Water works Association and Water Environment Federation, USA.
-Harris, J. M. 1983. The Presense, Nature, and Role of Gut Microflora in Aquatic Invertebrates: A Synthesis. *Microb. Ecol.* 25: 195-231.
-Harnol, R. G., and Smith, S. M. 1980. An Experimental Study of Sex Discrimination and Pair Formation in *Gammarus duebeni* (Amphipoda). *Crustaceana.* 38: 253-264.
-Hammoud, W., Comte, J., and Ducruet, J. 1975. Recherche d'une Substance Sexuellement Attractive chez les Gammares du groupe *pulex* (Amphipodes, Gammaridae). *Crustaceana.* 28: 152-157.
-Heinze, K. 1932.Fortpflanzung und Brutflege bei *Gammarus pules* L. und *Carinogammarus roeseli* Geravis. *Zoologicshe Jahrbucher (Abteilung Allgemeine Zoologie und Physiologie der Tiere).* 51: 397-440.
-Henritte Vos, J. 2001. Feeding of Detrivores in Freshwater Sediments.(PhD Thesis).
-<www.uva.nl/onderzoek/aot/publications/thesis-vos/chapter1.htm > Accessed: 20 Nov. 2002.
-Hervant, F.; J.Mathiew; D. Garin; and A. Freminet. 1995. Behavioral, Ventilatory, and Metabolic Responces to Severe Hypoxia and Subsequent Recovery of the Hypogean *Niphargus rhenorhodanensis* and the Epigean *Gammarus fossarum* (Crustacea, Amphipoda). *Physiol. Zool*. 68(2): 223-244.
-Hoke, R. A., Ankley, G. T., Cotter, A. M., and Goldstein, G. 1994. Evaluation of Equilibrium Partitioning Theory for Predicting Acute Toxicity of Field-Collected Sediments Contaminated with DDT, DDE and DDD to the Amphipod *Hyalella azteca*. *Environmen. Toxicol. Chem.* 1391): 157-166.
-Hynes, H. B. N. 1955. The reproductive Cycle of Some British Freshwater Gammaridae. *Journal of Animal Ecology*. 24: 352-387.
-Karaman, G. S. 1969. Bemerkungen uber *Gammarus komareki* Schaf., seine Taxonomie und Verbreitung. *Fragmenta Balcanica*. 7(5): 33-44.
-Karaman, G. S. 1990. *Bogidiella stocki*, a new Species from the Sinai Peninsula (Amphipoda, Bogidiellidae). *Beaufortia*. 41(20): 141-149.

-Karaman, S. 1929. II. Beitrag Zur Kenntnis der Amphipoden Jugoslaviens. *Glasnika zamaljskog Muzeja u Bosni i Hercegovini.* 41(1): 38-100.
-Karaman, S. 1934. Uber Asiatische Susswassergammariden. *Zool. Anz.* 106(5/6): 127-134.
-Karaman, S., and Karaman, G. S. 1959. *Gammarus (Fluviogammarus) triacanthus* Schaferna, *argaeus* Varva und *roeseli* Gervais am balkan. *Izdanjia de Pisciculture de la Republique populaire de Macedonie.* 2(9): 183-211.
-Karaman, G. S., and Pinkster, S. 1977a. Fresh Water *gammarus* Species From Europe, North America and Adjacent Regions of Asia (Crustacea, Amphipoda), 1. *Bijdr. Dierk.* 47:1-97.
-Karaman, G. S., and Sket, B. 1990. *Bogidiella sinica* sp.n. (Crustacea: Amphipoda) from Southern China. *Biol. Vestn.* 38(1): 35-48.
-Kierstead, W. G., and Baerlocher, F. 1989. Ecological Effects of Pentachlorophenol on the Brackish water Amphipod *Gammarus tigrinus*. *Arch. Hydrobiol.* 115(1): 149-156.
-Kinne, O. 1953. Zur Biologie und Physiologie von *Gammarus duebeni* Lilljeborg I. *Zeitschrift fur wissen Shaftliche Zoologie.* 157: 426-491.
-Kinne, O. 1953. Growth, Molting Frequency, Heartbeat, Number of Eggs, and Incubation time iin *Gammarus zaddachi* Exposed to Different Environments. *Crustaceana.* 2: 26-36.
-Kolding, S. 1986. Interspecific Competition for Mates and habitat Selection in Five Species of *Gammarus* (Amphipoda, Crustacea). *Marine Biology.* 19: 491-495.
-Landrum, P. F., Faust, W. R., and Eadie, B. J. 1989. Bioavailability and Toxicity of a Mixture of Sediment-Associated Chlorinated Hydrocarbons to the Amphipod *Pontoporeia hoyi*. *Aquatic Toxicology and Hazard Assessment: 12th Volume.* Cowgill, U. M. and Williams A. R. (eds.). Vol. 12, pp. 315-329.
-Landrum, P. F., Eadie, B. J., and Faust, W. R. 1991. Toxicokinetics and Toxicity of a Mixture of Sediment-Associated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons to the Amphipod *Diporeia* sp. *Environ. Toxicol. Chem.* 10(1): 35-46.
-Lehmann, U. 1967. Drift und Populationdynamik von *Gammarus pulex fossarum. Zeitschrift fur Morphologie und Okologie der Tiere.* 60: 227-274.
-Lindstrom, M. and W. Fortelius. 2001. Swimming Behavior in *Monoporeia affinis* (CRUSTACEA, Amphipoda) Dependence on Temperature and Population Density. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 265: 73-83.
-Lorenz, T. 1998. Nov. 24. A Review of the Carotenoid, Astaxanthin, as a Pigment and Vitamin Source for Cultured *Penaeus* Prawn. Cyanotech Corporation. NatuRose™ Technical Bulletin no. 051.
-<http://www.cyanotech.com/pdfs/axbul51.pdf> Accessed: 11/8/2002.
-Maund, S. J., Tailor, E. J., Pascoe, D. 1992. Population Responses of the Freshwater Amphipod Crustacean *Gammarus pulex* (L.) to copper. *Freshwat. Biol.* 28(1): 29-36.
-Maranhao, P.; N. Bengala.; M. Pardal; and J. C. Marques. 2001. The Influence of Environmental Factors on the Population Dynamics, Reproductive Biology, and Productivity of *Echinogammarus marinus* Leach. (Amphipoda, Gammaridae) in the Mondego Estuary (Portugal). *Acta Oecologia.* 22:139-152.
-Martin, M. M., Martin, J. S., Kukor, J. J., and Merritt, R. W. 1980. The Digestion of Protein and Carbohydrates by the Stream Detrivore *Tipula abdominalis* (Diptera: Tipulidae). *Oecologia*. 46: 360-364.
-Masters, C. O. 1975. Amphipods. In: Encyclopedia of Live Foods. T.F.H Publications. Neptune City, USA. pp. 180-183.
-McCahon, C. P., and Pascoe, D. 1988.Increased Sensitivity to Cadmium of the Freshwater Amphipod *Gammarus pulex* (L.) During the Reproductive Period. *Aquat. Toxicol.* 13(3): 183-194.
-Meijering, M. P. D. 1972. Physiologicshe Beitrage zur Frage der Systematischen Stellung von *Gammarus pulex* (L.) und *Gammarus fossarum* Koch (Amphipoda). *Crustaceana supplement*. 3: 313-325.
-Meijering, M. P. D. 1991. Lack of Oxygen and Low pH as Limiting Factors for *Gammarus* in Hessain Brooks and Rivers. *Hydrobiologia*. 223: 159-169.
-Menon, P. S. 1966. Population Ecology of *Gammarus lacustris lacustris* in Big Island Lake. Ph.D. Thesis. University of Alberta Edmonton, Alta, 109 p.
-Melyian, R. L. 1991. Effect of Pesticides on the Reproductive Function of fFreshwater Amphipod *Gammarus kischineffensis* (Schellenberg). *Hydrobiol. J.* 3: 107-111.
-Moss, B. 1998. (3rd Ed.) Ecology of Freshwaters, Man and Medium, Past to Future. Blackwell Science. 557 p.
Nelson, W. G. 1995. Amphipod Crustaceans of the Indian River Lagoon: Current Status and Threats to Biodiversity. *Bull. Mar. Sci.* 57(1): 143-152.
-Newman, R. 2002. *Gammarus* Shrimp.
-<http://www.bcadventure.com/adventure/angling/bugs/shrimp/shrimp.phtml> Accessed: 18/11/2002.
-Newman, R. M., Kerfoot, W. C., and Hanscom, Z. 1996. Watercress Allelochemical Defends High-Nitrogen Foliate Against Consumption: Effects on Freshwater Invertebrates . *Ecology*. 77: 2312-2323.
-Pesce, G. L., Pace, R., and Maggi, D. 1982. Ricerche Faunistiche in Acque Sotterranee Fratiche dell'Iran Nordoccidentale. *Riv. Idrobiologia*. 21(1/3): 37-74.

-Philips, N. W. 1984. Role of different Microbes and Substrates as Potential Suppliers of Specific, Essential Nutrients in Small Ponds. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*. 42: 1418-1422.
-Pinkster, S. 1983. The Value of Morphological Characters in the Taxonomy of *Gammarus. Beaufortia.* 33: 15-28.
-Plesha, P. D., Stein, J. E., Schiewe, M. H., MacCain, B. B., and Varanasi, U. 1988. *Mar. Environ. Res.* 25(2): 85-97.
-Poeckl, M. 1993. Reproductive Potential and Lifetime Potential Fecundity of the freshwater amphipods *Gammarus fossarum* and *G. roeseli* in Austrian Streams and Rivers. *Freshwater Biology*. 30: 73-91.
-Rach, J. J. 1982. Water-Soluble Diet for Aquatic Invertebrates. *Prog. Fish. Cult*. 44(2): 111-112.
-Rainbow, P. S. 1989. Copper, Cadmium and Zinc Concentrations in Oceanic Amphipod and Euphausiid Crustaceans as a Source of Heavy Metals to Pelagic Seabirds. *Mar. Biol.* 103(4): 513-518.
-Rainbow, P. S., White, S. L. 1989. Comparative Strategies of Heavy Metal Accumulation by Crustaceans: Zinc, Copper and Cadmium in a Decapod, an Amphipod and a Barnacle. *Hydrobiologia*. 174(3): 245-262.
-Redmond, M. S.; K. J. Scott; R. C. Swartz; and J. K. P. Jones. 1994. Preliminary Culture and Life Cycle Experiments with the Benthic Amphipod *Amplesia abdita. Environ. Toxicol. Chem.* 13(8): 1355-1365.
-Reish, D. J. 1993. Effects of Metals and Organic Compounds on Survival and Bioaccumulation in Two Species of Marine Gammaridean Amphipod, Together with a Summary of Toxicological Research on This Group. *J. Nat. Hist.* 27(4): 781-794.
-Roddie, B., Kedwards, T., and Crane, M. 1992. Potential Impact of Watercress on the Freshwater Amphipod *Gammarus pulex* L. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 48(1): 63-69.
-Ruffo, S. 1979. Two New Blind Amphipods From Iran and Madagascar. *Bul. Mus. Civ. Stock et al. Nat. Verona.* VI: 419-440.
-Schmidt-Nielsen, K. 1990. Animal Physiology: Adaptation and Environment. Cambridge University Press. USA. 602 pp.
-Schram, F. R. 1986. Crustacea. Oxford University Press, Inc. New York. pp. 606.
-Schulz, G. 1961. Untersuchungen zur Biologie und Produktionsbiologie von *Carinogammarus roeseli* Geravis. Ph.D. Thesis, University of Vienna.
-Sinsabaugh, R. L. Linkins, A. E., and Benfield, E. F. 1985. Cellulose Digestion and Assimilation by Three Leaf Shredding Aquatic Insects. *Ecology*. 66: 1464-1471.
-Slingsby,D. and C. Cook. 1986. Practical Ecology. Macmillan Education. England. 213 p.
-Stock, J. H., Mirzajani, A. R., Vonk, R., Naderi, S., and Kiabi, B. H. 1998. Limnic and Brackish water Amphipoda (Crustacea) from Iran. *Beaufortia.*48(9): 173-233.
-Sutcliffe, D. W. 1992. Reproduction in *Gammarus* (Crustacea, Amphipoda): Basic Processes. *Freshwater Forum*. 2(2): 102-128.
-Swarts, R. C., Cole, F. A., Lamberson, J. O., and Ferraro, S. P. 1994. Sediment Toxicity, Contamination and Amphipod Abundance at a DDT- and Dieldrin Contaminated Site in San Francisco Bay. *Environ. Toxicol. Chem.* 13(6): 949-962.
-Thuren, A., and Woin, P. 1991. Effect of Phthalate Esters on the Locomotor Activity of the FreshWater Amphipod *Gammarus pulex*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 46(1): 159-166.
-Todd, D. K. 1980. Groundwater Hydrology. John Wiley and Sons. New York. 753 p.
-Vageeshbaru, H. S., and Chopra, V. L. 1997. Genetic and Biotechnological Approaches for Reducing Glucosinolates from Rapeseed-Mustard meal. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*. 6: 53-62.
-Williams, D. D., and Moore, K. A. 1985. The Role of Semiochemicals in Benthic Community Relationships of the Lotic Amphipod *Gammarus pseudolimnaeus*: a Laboratory Analysys. *Oikos*. 44: 280-286.
-Wolf, B., Zwick, P., and J. Marxsen. 1997. Feeding Ecology of the Freshwater Detrivore *Ptychoptera paludosa* (Diptera: Nematocera). *Freshw. Biol*. 38: 375-386.
-Zielinsky, D. 1998. Life Cycle and Altitude Range of *Gammarus leopoliensis* Jazdzewski & Konopacka, 1989 (Amphipoda) in South-Eastern Poland. *Crustaceana*. 71(2): 129-143.

پیوست

شناسایی و تشخیص راسته‌های *Malacostraca (Chace* et al., *1986)*

۱.الف– بدون کاراپاس. سر با نخستین بند سینه یکی شده است. هفت بند سینه‌ای آزاد دارند. چشم‌ها یا ثابت است یا هرگز وجود ندارد .....۲. راسته‌های ISOPODA و AMPHIPODA ۱.ب– دارای کاراپاس که بیش‌تر یا همه‌ی بندهای سینه‌یی را می‌پوشاند. چشم‌ها دارای پایه است.

.....راسته‌های MYSIDACEA و DECAPODA ۲.الف– بدن در جهت پشتی– شکمی کم‌وبیش پهن شده است. تلسون با آخرین بند شکمی یکی شده است. برانشیاها یا صفحات برانشیایی اگر وجود داشته باشد به زواید شکمی چسبیده است. سه جفت اول پاهای سینه‌یی تغییر شکل‌های زیادی یافته ، اما هرگز شاخه‌های چند مفصلی ندارد..... Order ISOPODA

۲.ب– بدن از پهلوها پهن شده است. تلسون کوچک است اما به‌طور مشخص با یک شکاف از آخرین بند شکمی جدا شده است. زواید برانشیایی به بند پایه‌یی (basal) پاهای سینه‌ای یا سطح شکمی بندهای سینه‌یی چسبیده است. سه جفتِ جلوییِ زواید شکمی شاخه‌های چند مفصلی دارد، شاخه‌ی سه جفت آخری یک یا دو مفصل دارد..... ۸ order AMPHIPODA

شناسایی و تشخیص خانواده‌های راسته آمفی‌پودا (*Chace* et al., *1986*)

۸.الف- شاخک اول بدون تاژک ضمیمه. منديبل بدون پالپ. ماکزیلای اول دارای پالپ یک‌مفصلی کوچک..... Family TALITRIDAE ۸.ب- شاخک اول دارای تاژک ضمیمه. منديبل دارای پالپ. ماکزیلای اول دارای پالپ دو مفصلی .....

۹.الف- شاخک اول کوتاه‌تر از دوم، تاژک در ماده بسیار کوتاه اما در نر بالغ بسیار بلند. پای سینه‌یی هفتم بسیار کوتاه‌تر از ششم و بند دوم آن پهن‌تر است. ..... Family HAUSTORIIDAE ۹.ب- شاخک اول معمولا بلندتر از دوم، تفاوت جنسیتی در طول تاژک وجود ندارد. پاهای سینه‌ای (pereiopods) کم و بیش کشیده و لوله‌ای (slender) است و بند دوم از پاهای پنجم تا هفتم تنها به مقدار کمی پهن شده است، پای سینه‌یی هفتم تقریبا مساوی با یا بلندتر از ششم است ..... Family GAMMARIDAE

شناسایی و تشخیص جنس‌های خانواده‌ی *GAMMARIDAE* (**Chace et al., 1986**)

۱۰.الف- تاژک ضمیمه شاخک اول با ۷-۳ بند. بندهای دمی (urosome) دارای خارهای پشتی است. فاقد آب‌شش‌های جناغی ۱۱

۱۰.ب- تاژک ضمیمه شاخک اول با یک بند بلند و یک بند کوتاه. بندهای دمی بدون خارهای پشتی. آبشش‌های جناغی ممکن است باشد یا نباشد ۱۲

۱۱.الف- گناتوپود اول در حیوان نر کوچک‌تر از گناتوپود دوم است. آبشش‌های کوکسایی ممکن است باشد یا نباشد. شاخه درونی پای دمی (uropod) سوم بیش از نصف طول شاخه بیرونی را دارد.....

Gammarus Fabricious(*G. limnaeus* S. I. Smith=) *G. lacustris* Sars 1865. .....

دارای اندام‌های حسی تنها روی شاخک دوم حیوان نر. شاخه درونی یوروپود سوم در حدود سه چهارم بلندی شاخه بیرونی. بند پایانی شاخه بیرونی یوروپود سوم دارای پرزهای پَرمانند (Plumose). طول نر بالغ بیش از ۱۲ میلی‌متر.

G. pseudolimnaeus Bousfield 1958.

شبیه *G. lacustris* اما کشیده‌تر و بدون پرزهای پَرمانند روی آخرین بند شاخه بیرونی یوروپود سوم. طول نرهای بالغ بیش از ۱۲ میلی‌متر.

(*G. purpurascens* W. P. Hay= *G. propinquus* W. P. Hay=) *G. minus* Say 1818.

شبیه *G. pseudolimnaeus* اما کوچک‌تر، شاخه‌ی درونی یوروپود سوم تنها دو-سوم طول شاخه بیرونی.

G. fasciatus Say 1818.

بدون اندام‌های حسی روی شاخک دوم هر دو جنس.

معرفی خانواده GAMMARIDAE (Fitzpatrick , 1983)

۱.الف- تاژک ضمیمه شاخک اول ۷-۳ بند دارد؛ سومین پای دمی به خوبی شکل گرفته است..... *Allocrangonyx* spp.

۱.ب – تاژک ضمیمه ناقص است، یا حداکثر دو بند دارد. سومین پای دمی کوچک ۲

۲.الف– آبشش‌های کوکسایی دارای زوایه استوانه‌ای است ..... *Anisogammarus* spp.

۲.ب– آب‌شش‌های کوکسایی زایده‌ی استوانه‌ای ندارد ..... ۳ *Gammarus*

۳. الف– شاخک دوم بسیار پرزدار (setose) است ..... *Gammarus* spp.

در *G. bousfieldi* Cole and Minckley روی شاخک دوم حیوان نر اندام حسی پارو مانندی به نام calceolus وجود دارد و این شاخک از شاخک اول کوتاه‌تر است. این گونه پراکنش محدودی در شمال کنتاکی (امریکا) دارد.

در *G. fasciatus* Say طول شاخک اول و دوم مساوی، یا شاخک دوم بلندتر است.

G. pecos Cole and Bousfield را می‌توان با نبود calceoli و کوتاه‌تر بودن شاخک دوم شناخت.

۳.ب- شاخک دوم بسیار پرزدار نیست ۴

۴.الف– پرزهای بلندی در حاشیه‌ی عقبی پایه (بند basis) در هفتمین پای سینه‌ای ..... *Gammarus* spp.

ماده‌های گونه *G. pseudolimnaeus* Bousfield فاقد calceolus روی شاخک دوم است و حاشیه عقبی پایه (بند basis) در پای سینه‌ای هفتم در قسمت دور از بدن (distal) مقعر است.

ماده‌های *G. troglophilus* Hubricht and Mackin روی شاخک دوم calceolus دارند و حاشیه عقبی پایه پای سینه‌ای هفتم در قسمت دور از بدن کمی باریک می‌شود.

۴.ب- حاشیه عقبی پایه پای شکمی هفتم پرزهای کوتاه دارد ..... *Gammarus* spp.

G. acherondytes Hubricht and Mackin را می‌توان از روی بندهای دمی (uronite) برجسته با دست کم ۲۰ خار پشتی برجسته شناسایی کرد گونه‌های دیگر در این گروه خارهای نامشخص‌تری دارند.

G. lacustris sars پرزهای پَرمانندی پر روی دومین بند پای دمی سوم دارد. دو زیرگونه آن با کمی ابهام در شناسایی عبارت است از *G. lacustris lacustris* و *G. lacustris limnaeus*.

G. breviramus Bousfield and Elwood و *G. minus* Say هر دو فاقد پرزهای پرمانند روی بند مذکور از پای دمی سوم هستند و جداکردن آن‌ها از هم دشوار است.

گروه‌های گونه‌ای درون جنس *Gammarus* (Karaman and Pinkster, 1977)

همه‌ی گونه‌های آب شیرین در این جنس ویژهگی مشترک بسیاری دارند، مانند داشتن چشم‌های کوچک گرد تا لوبیایی، قطعات دهانی (همگی دارای‌یک ردیفِ شانه مانند منظم از پرزهای D (D-setae) روی سومین بند زایده‌ی آرواره‌ای (mandibular palp)، با این حال می‌توان سه گروه ساختگی (Artificial) را شناسایی کرد که کم و بیش بر اساس ویژه‌گی‌های ریختی قابل تشخیص باشند، گروه *Gammarus roeseli* ، گروه *Gammarus balcanicus* و گروه *Gammarus pulex*.

- اعضای گروه *Gammarus roeseli* را می‌توان با داشتن تیغه (carina)، و دندانه‌های پشتی–عقبی روی برخی از بندهای متاسوم از دو گروه دیگر تشخیص داد.

- در هردو گروه *pulex* و *balcanicus* تیغه پشتی کاملا غایب است. در گروه *G. balcanicus* پرزهای روی پاهای سینه‌ای ۳ و ۴ و نیز روی حاشیه بیرونی پای دمی ۳ بسیار کوتاه یا غایب است. در گروه *G. pulex* پرزهای پاهای سینه‌ای ۳ و ۴ و پای دمی ۳ بلند است.

کلید شناسایی آمفی‌پودهای آب‌شیرین و نیمه‌شور ایران (Stock *et al.*, 1998)

۱a- در شاخک اول تاژک ضمیمه بیش از ۶ بند دارد، شاخک ۲ (نر) دارای calceoli، لوب‌های کناری سر acute، چشم‌ها بزرگ و کشیده، و اندوپودایت یوروپود ۳ به اندازه‌ی ۹۹-۹۵درصد طول اولین بند اگزوپودایت است *G. equicauda* .....

۱b- تاژک ضمیمه شاخک اول کم‌تر از ۶ بند دارد، شاخک ۲ (نر) با یا بدون calceoli، لوب‌های کناری سر truncate، چشم‌ها کوچک یا متوسط، لوبیایی یا لوبیایی کشیده، و اندوپودایت یوروپود ۳ کم‌تر از ۹۰ درصد(معمولا بسیار کم‌تر) طول اولین بند اگزوپودایت ۲

۲a- پایه (peduncle) و تاژک شاخک ۲ با پرزهای متراکم (densely setose)، پرزهای روی بخش نزدیک‌تر (proximal) تاژک (بسیار) طویل‌تر از طول بندها ۳

۳b- شاخک ۲ بسیار پرزدار نیست – پرزهای روی بخش نزدیک‌تر تاژک تقریبا به اندازه طول بندها است ۶

۳a- یوروسومایت ۱ و ۲ با برجسته‌گی‌های میانی‌پشتیِ (mid-dorsal elevation) مثلثی و کمی فشرده، طول بدن تا ۳۳ میلی‌متر است .....

۳b- یوروسومایت ۱ و ۲ تنها کمی برجسته است. طول بدن معمولا کم‌تر از ۱۰ میلی‌متر است. *G.komakeri*.Schaferna,1922.....

۴a- حاشیه جلویی merus و carpus از پای سینه‌یی ۷ دارای خار و پرزهای بلند است. G.syriacusChevreux,1895.....

۴b- حاشیه جلویی مروس و کارپوس در پریود ۷ تنها دارای خار (spine) ۵

۵a- پرزهای روی بند پایه‌ای (peduncle) و تاژک شاخک ۲ خمیده است. طول لخته‌های (لوب‌های) تلسون بیش‌تر اوقات دو برابر عرض آن‌هاست. کف (palm) در گناتوپود ۲ نر کوتاه و عرضی است. *G. proiectus* Stock *et al.*, 1998 .....

۵b- پرزهای پدانکل و تاژک شاخک ۲ خمیده نیست. طول لوب‌های تلسون بیش از دو برابر عرض آن‌هاست. پالم گناتوپود ۲ طویل و مورب است. *G.parthicus*Stock*etal.*,1998

۶a- سطح پشتی بندهای pleosome یک تا سه دارای تیغه (carina) مدور و کمی خاردار (spinulose) است..... *G. anodon* Stock*etal.*,1998

۶b- سطح پشتی بندهای pleosome یک تا سه تیغه و خار ندارد ۷

۷a- حاشیه عقبی بندهای pleosome یک تا سه دندانه‌دار (کنگره‌دار؟، crenulate) است و پرزهای ریزی روی هر برجستگی دارد..... *G. paricrenatus*b Stock *et al.*, 1998 ۷- حاشیه عقبی بندهای pleosome یک تا سه فاقد دندانه و پرز است. ۸

۸a- گوشه عقبی–شکمی صفحه اپی‌مری دو (و ۳) با نوک‌تیزی مشخص ۹

۸b-گوشه عقبی صفحه اپی‌مری ۲ و ۳ مثلثی (rectangular) است ۱۰

۹a- لوب‌های تلسون با چندین پرز بلند انتهایی، گوشه عقبی–شکمی بخش basis در پای سینه‌ای ۷ به‌صورت آزاد ساخته شده است. معمولا چند پرز روی سطح درونی بخش basis در پای سینه‌ای ۷ وجود دارد ..... *G. osellai* Karaman & Pinkster, 1977b ۹- لوب‌های تلسون تنها چند پرز کوتاه دارد. گوشه‌ی عقبی-شکمی بخش basis در پای سینه‌یی ۷ به‌صورت آزاد ساخته نشده است. سطح درونی basis نرم است (smooth) ..... *G. lacustris* Sars, 1863

۱۰a- اندوپودایت یوروپود ۳ حدود نصف اولین بند اگزوپود است. چشم لوبیایی کشیده و کمی بزرگ ..... *G. lobifer* Stock *et al.*, 1998……

۱۰ b- اندوپودایت یوروپود ۳ حدود دو سوم اولین بند اگزوپودایت است. چشم لوبیایی-گرد و کوچک ۱۱

۱۱a- سطح پشتی یوروسوم و تلسون با پرزهای بزرگ .....

G. crinicaudatus Stock *et al.*, 1998

۱۱b- سطح پشتی یوروسوم و تلسون با پرزهای کم .....

imberbus Karaman & Pinkster, 1977

کلید شناسایی گاماریدهای آب‌شیرین اروپا، افریقا و نواحی آسیایی مجاور

(Karaman & Pinkster, 1976)

۱A- بـــــــدون چشـــــــم ۲

۱B- دارای چشـــــــــــــم ۳

۲A- تـــاژک شـــاخک دو کشـــیده اســـت..... *G. vignai* pinkster and karaman, 1977

۲B- تاژک شاخک دو متورم است..... ..... *G. pulex polonensis* Karaman & Pinkster, 1976

۳A- چشـــم‌هـــا بســـیار کوچـــک و گـــرد اســـت. ..... *G. microps* Pinkster and Goedmakers, 1975

۳B- چشـــم‌هـــا بـــا انـــدازه طبیعـــی و بیضـــی یـــا لوبیـــایی (renal) شـــکل ۴

۴A- صفحه کوکسایی یک در پایین گشاد است ..... *G. laticoxalis* Karaman&Pinkster,1976

۴B- صـــفحه کوکســـایی یـــک در قســـمت پـــایینی گشـــاد نیســـت ۵

۵A- حاشیه پشتی–عقبی بندهای متاسوم ۱ تا ۳ دندانه‌دار (کنگره‌دار)؛ دارای پرزهـای بلنـد روی هـر برجسـتگی ..... *G.renulatus*Karaman&Pinkster,1976

۵B- بنـــدهـــای متاســـوم بـــدون شـــکاف (incision) ۶

۶A- بنـــدهـــای متاســـوم ۱ تـــا ۳ دارای پـــرزهـــای کوتـــاه روی ســـطح پشـــتی *G.effultus*G.Karaman,1975

۶B- بنـدهـای متاسـوم در سـطح پشـتی پـرز نـدارد، اگـر باشـد تنهـا روی بنـد ۳ اسـت ۷

۷A- در حاشـیه جلـویی پـای سـینه‌ای پـنجم تـا هفـتم (p5 تـا p7) خـار و پـرز تـوام وجـود دارد ۸

۷B- در حاشیه جلویی پای سینه‌ای پنجم تا هفتم تنها خار وجود دارد (اگر پرز باشد هم همیشه کوتاه‌تر از خارها است)..... ۱۵

۸A- طرف پشتی بندهای یوروسوم ۱ و ۲ دارای برآمدهگی‌های بلند و از پهلو فشرده شده؛ کناره‌ی عقبی–پایینی در صفحه‌ی اپی‌مری ۲ و ۳ بسیار تیز و شبیه علامت ویرگول ۹

8B- طرف پشتی بندهای یوروسوم ۱ و ۲ بدون برآمدگی یا با برآمده‌گی کم و بدون فشردگی از پهلو، کناره عقبی–پایینی در صفحه اپی‌مری ۲ و ۳ شبیه ویرگول نیست ۱۰

9A- تاژک شاخک دوم (A2) متورم است. پرزها روی برس‌های پرچم مانند؛ بندهای پایه‌ی (peduncle) شاخک دوم پرزهای کمی‌دارد *G.agrarius*G.Karaman,1973

9B- تاژک شاخک دوم متورم نیست. پرزهای کمی‌دارد؛ بندهای پایه شاخک دوم پرزهای بلندی دارد. *G.syriacus*Chevreux,1895

10A- حاشیه عقبی بند basis در پای سینه‌ای هفتم پرزهای بسیار بلندی دارد، اپی‌مرهای ۲ و ۳ با پرزهای زیاد و بلند در حاشیه‌ی شکمی ..... *G. rouxi* Pinkster and Goedmakers, 1975

10B- حاشیه عقبی بند basis در پای سینه‌ای هفتم پرزهای کوتاهی دارد؛ اپی‌مرهای ۲ و ۳ با (بدون؟) پرزهای زیاد و بلند در حاشیه‌ی شکمی ۱۱

11A- شاخه درونی پای دمی سوم (U3) به اندازه یک-سوم تا دو-سوم طول شاخه بیرونی ..... *G.birsteini*Karaman&Pinkster,1976

11B- شاخه درونی پای دمی سوم دست‌کم به اندازه نصف طول شاخه بیرونی ۱۲

12A- سطح داخلی–پشتی بند basis در P7 دارای پرز .... *G. osellai* Karaman & Pinkster, 1976

12B- سطح داخلی–پشتی بند basis در P7بدون پرز ۱۳

13A- بند پایه‌ای (peduncle) در شاخک دوم دارای پرزهای تنک؛ دارای calceoli *G.ibericus*Margalef,1951

13B- بند پایه‌یی (peduncle) در شاخک دوم دارای پرزهای زیاد و بلند؛ بدون claceoli ۱۴

14A- بند basis در P7 بدون لبه‌ی بیرون زده به طرف عقب، یوروسوم دارای (خار و) پرزهای کوتاه *G.rambouseki*S.Karaman,1931

14B- بند basis در P7 دارای لبه بیرون زده به طرف عقب،یوروسوم دارای (خار و) پرزهای کوتاه *G.acalceolatus*Pinkster,1970

15A- سطح داخلی–پشتی بند basis در p7 دارای پرز *G.arduus*G.Karaman,1975

۱۵B- سطح داخلی–پشتی بند basis در p7 بدون پرز ۱۶

۱۶A- سطح پشتی یوروسومایت ۱ و ۲ برآمده است ۱۷

۱۶B- سطح پشتی یوروسومایت ۱ و ۲ بدون برآمدگی یا با برآمدگی کم ۲۰

۱۷A-یوروسومایت‌های ۱ و ۲ بسیار برآمده، از پهلوها پهن شده، اپی‌مرهای ۲ و ۳ نوک تیز ۱۸

۱۷B-یوروسومایت‌های ۱ و ۲ کمی برآمده، پهن نشده، اپی‌مرهای ۱ و ۲ زاویه دار (angular) تا کمی نوک‌تیز ۱۹

۱۸A- تاژک شاخک ۱ بسیار بلند با ۴۵ تا ۵۰ بند، تاژک شاخک ۲ با برس‌های پرچم مانند از پرزها..... *G.monspeliensis*Pinkster,1972

۱۸B- تاژک شاخک ۱ بسیار بلند نیست، تاژک شاخک ۲ فاقد برس‌های پرچم مانند از پرزها..... *G. pseudosyriacus* Karaman & Pinkster, 1976

۱۹A- پایه شاخک ۲ با پرزهای بلند، تاژک بادکرده و متورم نیست .... *G. laborifer* Karaman & Pinkster, 1976.....

۱۹B- پرزهای روی پایه‌ی شاخک ۲ کوتاه و تنک؛ تاژک بادکرده (swolen) و دارای دسته‌هایی از پرزهای کوتاه *G.pulexgallicus*S.Karaman,1935

۲۰A- پایه و تاژک A2 به‌صورت متراکم دارای brushهایی از پرزهای بلند ۲۱

۲۰B- بندهای پاهای A2 تنها با brushهای کمی‌از پرز ۲۴

۲۱A- بند پایه‌ای A1 تنها با پرزهای کوتاه ۲۲

۲۱B- بند پایه‌ای A1 تنها با گروه‌هایی از پرزهای بلند ۲۳

۲۲A- شاخه درونی یوروپود ۳ بلندتر از سه–چهارم شاخه‌ی بیرونی، P1 و P2 دارای پرزهای سیخ شده (straight)، سطح پشتی یوروسوم دارای پرزهای کوتاه *G.komareki*Schaferna,1922

۲۲B- شاخه درونی یوروپود ۳ نصف تا دو–سوم بلندی شاخه‌ی بیرونی، P1 و P2 دارای پرزهای خمیده، سطح پشتی یوروسوم دارای تعداد زیادی پرز بلند ..... *G. uludagi* G.Karaman,1975

۲۳A- تاژک شاخک ۱ دارای پرزهای بلند ..... *G bergi*Martinov,1930

۲۳B- تاژک شاخک ۱ بدون پرزهای بلند ..... *G.frater*Karaman&Pinkster,1976

۲۴A- propodus در P1 و P2 با یک خار محکم در میان خار میانی کف (medial palmar spine) و خارهای گوشه‌ای کف (palmar angle spines)؛ همه‌ی زوایه پرزهای کمی دارند ..... *G. inberbus* Karaman & Pinkster, 1976.

۲۴B- propodus در P1 و P2 بدون خارهایی در میان خار میانی کف و خارهای گوشه‌ای کف همه‌ی زوایه پرزهای کمی دارند ۲۵

۲۵A- حاشیه عقبی P3 و P4 دارای پرزهای کم، پرزها کوتاه؛ بخش proximal در حاشیه بیرونی اگزوپود پای دمی سوم (U3) تنها دارای تعدادی خار ..... *G. kischineffensis* Schellenberg,1937

۲۵B- حاشیه عقبی P3 و P4 دارای پرزهای زیاد و متراکم، پرزها بلند؛ در تمام حاشیه بیرونی اگزوپود در UR3 پرز قرار دارد..... ۲۶

۲۶A- گوشه‌های posteroinferior (عقبی-پایینی) در اپی‌مرهای ۲ و ۳ نوک تیز ۲۷

۲۶B- اپی مرهای ۲ و ۳ مربعی تا کمی نوک‌دار ۲۸

۲۷A- مخروط antennal gland در قسمت distal دوباره خم می‌شود، P3 تا P7 دارای dactylus محکم و کوتاه *G.varsoviensis*Jazdzewski,1975.....

۲۷B- مخروط antennal gland مستقیم است، P3 تا P7 دارای dactylus بلند و استوانه‌ای *G. lacustris* G.O. Sars, 1895.....

۲۸A- تاژک A2 بدون دسته‌های پرز پرچم‌مانند (flag-like brush of setae) ۲۹

۲۸B- تاژک A2 دارای دسته‌های پرز پرچم‌مانند ۳۲

۲۹A- شاخه درونی U3 بلندتر از سه-چهارم بیرونی، بند basis در P7 دارای یک لخته‌ی (لوب) بیرون‌زده به طرف عقب *G.gauthieri*S.Karaman,1935

۲۹B- شاخه درونی UR3 کوتاه‌تر از سه-چهارم بیرونی، بند basis در P7 بدون لخته‌ی بیرون زده به طرف عقب ۳۰

۳۰A- بند پایه‌ای (peduncle) چهارم و پنجم از A2 دارای گروه‌هایی از پرز که بلندتر از قطر بندی هستند که روی آن قرار دارند ۳۱

۳۰B- بند پایه‌ای (peduncle) چهارم و پنجم از A2 دارای گروه‌هایی از پرز که کوتاه‌تر یا مساوی با قطر بندی هستند که روی آن قرار دارند *G.Wautieri*Roux,1967

۳۱A- شاخک ۱ و ۲ بسیار کوتاه، بند پایه‌یی ۴ و ۵ تنها با گروه‌های کمی از پرز ..... *G.italicus*Goedmakers&Pinkster,1977

۳۱B- شاخک ۱ و ۲ به‌طور طبیعی رشد کرده است، بند پایه‌ای ۴ و ۵ تنها با تعدادی (بیش از پنج) گروه از پرز ..... *Gfossarum*Koch(inPanzer,1836)

Abstract

Amphipod crustaceans were collected from 251 spots in aquatic habitats of Fars province during July 2000 and May 2002. Different means such as aquatic nets or strainers, with strong handles and rings, were used to collect amphipods among macrophytes, leaves, roots, sands, and detritus. All collections were in daytime. To perform a systematic work, a 'type' habitat was selected in each of the 9 station points in 7 water basins and 2 sub-basins in the province, and their populations became subjected to morphological studies. Precise drawings were made from different parts of the body (e.g. head capsule, eyes, mouth parts, antennae, pleosomes, epimeral plates, first coxal plate, key moving appendages like seventh pereopod, third uropod, and telson). These drawings were used to compare with existing identification keys. Extensive studies on each of these populations showed that they all belong to the family GAMMARIDAE, genus *Gammarus* and are members of the *Gammarus pulex-group*, an artificial group. It was impossible to identify these populations using existing keys; hence more subtle studies are needed. Regarding the so much diversity among amphipod populations in Fars, it seems that a specific identification key for this region must be produced. Some of important environmental factors were measured monthly during April 2001 and March 2002 in each of the selected stations, while others measured once in this year. These factors include some chemical factors including dissolved oxygen, pH, electrical conductivity, calcium and magnesium hardness, total hardness, chlorine, potassium and sulfate concentrations, and some physical factors including water temperature, depth, water current velocity and distance from the source, width, and discharge. Mean body lengths and wet weights of the 9 population were also measured in each of the habitats. All resulted data were analyzed using ANOVA, LSD, and Duncan statistical tests. Results showed great differences in average of temperature, electrical conductivity, dissolved oxygen, and depth. Some other factors like pH, and current velocity did not show any significant differences among these habitats. Body lengths and wet weights of the 9 population also showed clear and statistically significant differences amongst the populations. Putting together these results and morphological and morphometrical studies can help identifying the taxonomic situation of these populations. Collections showed that these animals are distributed in nearly-all, if not in all, fresh water habitats including springs, brooks, streams, and rivers in Fars province, with the exception of ponds, pools, or lakes _salty or fresh water_ and salty springs and rivers with more than 5 percent of salt (sodium chloride). Thus, these animals are distributed mainly in northern lotic habitats of the province, being extended southward to mid-south, and became sparse in eastern, western, and south south fresh water warm springs and rivers. It seems that the southward dispersal of amphipods in this parts of the Province is limited primarily by salinity rather than temperature, or perhaps by a combination of the two. They also decrease in occurrence and number from west to east (away from the mountain regions). Also no populations of amphipods in southeast regions of the Kor water basin, including springs and brooks of Bamoo National Park were found, while their existence was reported from the here before. This could be due to the sever change in their habitats, probably as a result of agricultural fertilizers and toxins' pollution.

Keywords: Amphipod, *Gammarus*, geographical distribution, freshwater ecology, taxonomy, Iran, Fars.