

اولین گزارش دو جنس و پنج گونه متعلق به دو زیر راسته پادمان (Hexapoda : Entognatha) Collembola از ایران

علیه یحیی پور، معصومه شایان مهر*

گروه گیاه پزشکی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

چکیده

در طی سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به منظور شناسایی راسته پادمان نمونه برداری های متعددی از خاک و خاکبرگ مناطق مختلف شهر ساری به عمل آمد. استخراج نمونه ها در یک سیستم مشابه مکانیسم به کار رفته در کیف برلیز (فرار حشرات خاکزی از نور و گرما) از خاک و خاکبرگ صورت گرفت. به منظور شناسایی گونه ها اسلاید میکروسکوپی با استفاده از محلول هویر و یا محلول اسید لاکتیک و گلیسیرین (۵:۱) تهیه شد. گونه ها توسط کلید های شناسایی معتبر شناسایی شد. در این تحقیق جنس *Dicyrtomina* Börner, 1903 و *Orthonychiurus* Stach, 1954 برای اولین بار از ایران گزارش می شود. گونه های *Xenylla welchi* Tullberg, 1839، *Orthonychiurus folsomi* (Schaffer, 1900)، *Dicyrtoma fusca* (Lubbock, 1842)، *Dicyrtomina ornata* (Nocolet, 1842) و *Sminthurinus aureus* (Lubbock, 1862) برای اولین بار از ایران گزارش می شود. گونه *Sminthurinus elegans* (Fitch, 1863) برای فون مازندران اولین بار گزارش می شود.

واژه های کلیدی : پادمان، خاک، فون، ساری، ایران

مقدمه

دم فتری ها (پادمان) فراوان ترین بندپایان کوچک خاکزی هستند. اندازه آنها کوچک (۰/۱۲ تا ۱۰ میلی متر) از لحاظ طبقه بندی در گروه دهان درونیان قرار دارند. شش پایان بدون بال و دارای شاخک می باشند. اغلب گونه ها دارای فورکا در بخش عقبی شکم می باشند. فسیل های پادمان به ۴۱۲ میلیون سال پیش بر می گردد که حاکی از این است که پادمان

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی : Shayanm30@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۹۰/۱۲/۱۱ ، تاریخ پذیرش : ۹۱/۲/۲۱

بخش مهمی از اولین اکوسیستم های خاکی بوده است. در جهان تا کنون بیش از ۸۰۰۰ گونه از پادمان توصیف شده اند (Rusek, 1998; Bellinger *et al.*, 1996-2012). این حشرات همه جازی بوده و به غیر از چند گزارش از آفت بودن برخی از گونه ها، در کل به عنوان حشرات سودمند شناخته شده اند (Hopkin, 1997). پادمان به عنوان شاخص های زیستی در نواحی آلوده یا به عنوان ارگانسیم های آزمایشی برای آزمایش مواد شیمیایی جدید استفاده می شوند (Hopkin, 1997). مطالعات اخیر نشان داد که پادمان روی مورفولوژی ریشه گیاهان اثر می گذارد و ریشه ها درازتر و باریک تر شده و نوک ریشه رشد بیشتری دارند (Endlweber *et al.*, 2006). علاوه بر این، پادمان با تغذیه روی مواد گیاهی مرده نقش مهمی در فرآیند های تجزیه، چرخه مواد مغذی، شکل گیری ریز ساختار های خاک و اصلاح رشد گیاه بازی می کنند و بنابراین موجوداتی بسیار پر اهمیت تلقی می شوند (Chahartaghi *et al.*, 2005; Klironomos, 1995; Parkinson, 1998; Visser, 1985). در رده بندی جدید پادمان راسته ای از حشرات نبوده بلکه خود به عنوان یک رده در کنار رده حشرات قرار می گیرند (Hopkin, 2005). با این وجود هنوز در بسیاری از منابع از لغت حشرات برای نام بردن این بندپایان استفاده می شود. راسته پادمان خود به سه زیر راسته *Neelipleona*، *Symphyleona*، *Arthropleona* تقسیم می شود. *Arthropleona* شامل گونه هایی از پادمان می باشد که دارای بدن کمابیش کشیده (طول بدن بیشتر از عرض بدن) می باشند و در آنها مرز بین بندهای قفسه سینه و بندهای شکم به راحتی قابل دیدن نیست. گونه های *Symphyleona* و *Neelipleona* دارای بدن کروی شکل می باشند که بندهای سینه و بخش جلویی شکم در هم ادغام شده است (Fjellberg, 1998). به دلیل اهمیت این حشرات، در این تحقیق به بررسی گونه های موجود در خاک های مناطق مختلف شهرستان ساری پرداخته شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی فون پادمان در شهرستان ساری، نمونه برداری هایی در سال ۱۳۸۹-۱۳۹۰ از زیستگاه های مختلف از خاک و بقایای گیاهی به عمل آمد. نمونه های پادمان بوسیله ظروف پلاستیکی به شکل مکعب مستطیل به طول ۱۸ و عرض ۱۳ و ارتفاع ۶ سانتی متر که کف این ظروف جدا گردید و به جای آن یک صفحه توری با نخ سیمی دوخته شده بود، استخراج گردید. یک سری پنج تایی لامپ در بالای این ظرف ها تعبیه شده است. نمونه های خاک درون ظرف قرار گرفتند و بندپایان در ظرف زیرین جمع آوری شده و مورد بازبینی قرار گرفتند (شکل یک). به منظور استخراج کامل پادمان، نمونه ها تا خشک شدن نهایی (به مدت ۲-۵ روز) داخل دستگاه باقی ماندند. پادمان داخل آب جمع آوری شده و بوسیله استریومیکروسکوپ مورد بررسی قرار گرفتند.



شکل ۱- دستگاه برای جداسازی پادمان از خاک و خاکبرگ

Figure 1. The system for extracting Collembola from soil and leaf litter

جدول ۱- اطلاعات مربوط به مناطق نمونه برداری گونه های مختلف پادمان شهرستان ساری

Table 1. Sampling information for Collembola species of different regions in Sari

Location of sampling	Habitat	Date of sampling	species
Kordkhil Village	Near the river under Maple trees	2009/12/24	<i>Ceratophysella denticulata</i> <i>Xenylla welchi</i> <i>Orthonychiurus folsomi</i>
Kordkhil Village	Margin of Citrus orchards	2010/06/05	<i>Sminthurus aureus</i>
Panbehcholeh Village	Under Prunella trees	2010/09/29	<i>Sminthurinus elegans</i>
Yard of university (Sari Agricultural Science faculties)	Under ornamental shrubs	2010/02/11	<i>Dicyrtoma ornata</i> <i>Ceratophysella denticulata</i> <i>Sminthurinus elegans</i>
Yard of university (Natural Resources faculties)	Under Maple trees	2010/10/08	<i>Dicyrtomina ornata</i> <i>Sminthurinus elegans</i> <i>Dicyrtoma fusca</i>
Zarrin Abad Forest	Leaf litter	2010/02/11	<i>Dicyrtomina ornata</i> <i>Sminthurinus areus</i> <i>Sminthurus marginatus</i> <i>Ceratophysella denticulata</i>
Salardareh Forest	Leaf litter	2011/02/23	<i>Orthonochiurus folsomi</i>
Kiasar Forest	Leaf litter	2011/01/15	<i>Orthonychiurus folsomi</i>
Poultry Farm, Sari	Fertilizer	2010/08/28	<i>Ceratophysella denticulata</i> <i>Xenylla welchi</i>

برای شناسایی بیشتر با استفاده مخلوط هویر و در بعضی موارد از مخلوط گلیسیرین و اسید لاکتیک (به نسبت ۵:۱) اسلاید میکروسکوپی تهیه گردید (Christiansen, 1990). شناسایی گونه ها با استفاده از کلید های شناسایی مختلف انجام شد. شناسایی گونه ها مورد تایید دکتر شولتز و دکتر بورخارت از آلمان قرار گرفت. اطلاعات مربوط به جمع آوری گونه ها در جدول یک آورده شده است.

نتایج و بحث

در بررسی های انجام شده پنج گونه از پنج جنس و سه خانواده، متعلق به دو زیر راسته به شرح زیر جمع آوری و شناسایی گردید:

۱- زیر راسته آرتروپلئونا (*Arthropleona*):

از این زیر راسته نمونه هایی مربوط به دو خانواده *Hypogastruridae* و *Onychiuridae* جمع آوری و شناسایی شد. این خانواده ها در گروه *Podumorpha* قرار می گیرند.

۱-۱- خانواده *Hypogastruridae*:

از خانواده *Hypogastruridae* دو جنس و دو گونه به شرح زیر جمع آوری و شناسایی شد.

۱-۱-۱- گونه *Ceratophysella denticulata* (Bagnall, 1941)

نمونه های مطالعه شده این گونه به طول ۱/۲ میلیمتر و به رنگ آبی مایل به خاکستری می باشند (شکل ۲). بدن دانه دار می باشد. دارای ۸+۸ چشم ساده روی سر می باشد (شکل ۲a). دارای یک زائده بین بند سوم و چهارم شاخک می باشد (شکل ۲b). پست آنتنال ارگان یا اندامک پس شاخکی (PAO) چهار لوب می باشد (شکل ۲c). جلد بدن در بند پنجم شکم کاملاً دانه دار از بند چهارم می باشد (شکل ۲d). موکرو قاشقی شکل و دنس دارای ۷ مو می باشد (شکل ۲f). بند چهارم شکم دارای ۳+۳ موی کوتاه میانی می باشد. امپودیوم کوتاهتر از ناخن می باشد. دارای دو خار مخرجی بلند می باشد (شکل ۲e). موکرو کوتاه و قاشق مانند بوده و دارای یک دندان سه گوش بلند بر حاشیه خارجی خود می باشد (شکل ۲f). تناکولوم ۴+۴ دندان می باشد (شکل ۲f). پیش پنجه دارای موهای تننت مانند (Tenent hairs) می باشد.

این گونه دارای پراکنش جهانی بوده که از اکثر نقاط دنیا گزارش شده است. جنس *Ceratophysella* همانطور که (Nematollahi et al. (2009 نیز گزارش نموده اند در رده بندی قدیم در قالب جنس *Hypogastrura* قرار می گرفت اما در رده بندی جدید به این اسم تغییر پیدا کرده است که از طریق شکل متفاوت موکرو و خارهای انتهایی بدن از جنس *Hypogastrura* تمایز می یابد. بنابراین گونه گزارش شده *Hypogastrura denticulata* در رده بندی جدید با عنوان *Ceratophysella denticulata* معرفی می شود. از ایران این گونه با نام علمی *Hypogastrura denticulata* توسط (Cox (1982 از استان های مرکزی، گیلان، آذربایجان شرقی و غربی، زنجان و مازندران گزارش شده است. علاوه بر این نمونه هایی از این گونه توسط (Morravej et al. (2007 از تهران گزارش شده است.

۱-۱-۲- گونه *Xenylla welchi* Folsom, 1916

این گونه به طول یک میلیمتر و به رنگ آبی تیره می باشد (شکل ۳). موکرو دارای یک میله مشخص که در انتها به یک گره ختم می شود (شکل ۳d). تناکولوم دارای ۳+۳ دندان می

باشد. دارای یک موی تننت چماقی روی پیش پنجه پای اول می باشد (شکل ۳a). پیش پنجه پای دوم و سوم دارای دو موی تننت می باشد (شکل ۳b,c). این گونه برای اولین بار از ایران گزارش می شود. این گونه دارای پراکنش جهانی بوده و از بسیاری نقاط دنیا گزارش شده است.

۲-۱- خانواده Onychiuridae

گونه های این خانواده با داشتن رنگ سفید و چشم های کاذب (Pseudocelli) روی بند های بدن از خانواده های دیگر متمایز می شود. از این خانواده گونه *Orthonychiurus folsomi* جمع آوری و شناسایی شد.

۱-۲-۱- گونه *Orthonychiurus cf. folsomi* (Schaffer, 1900)

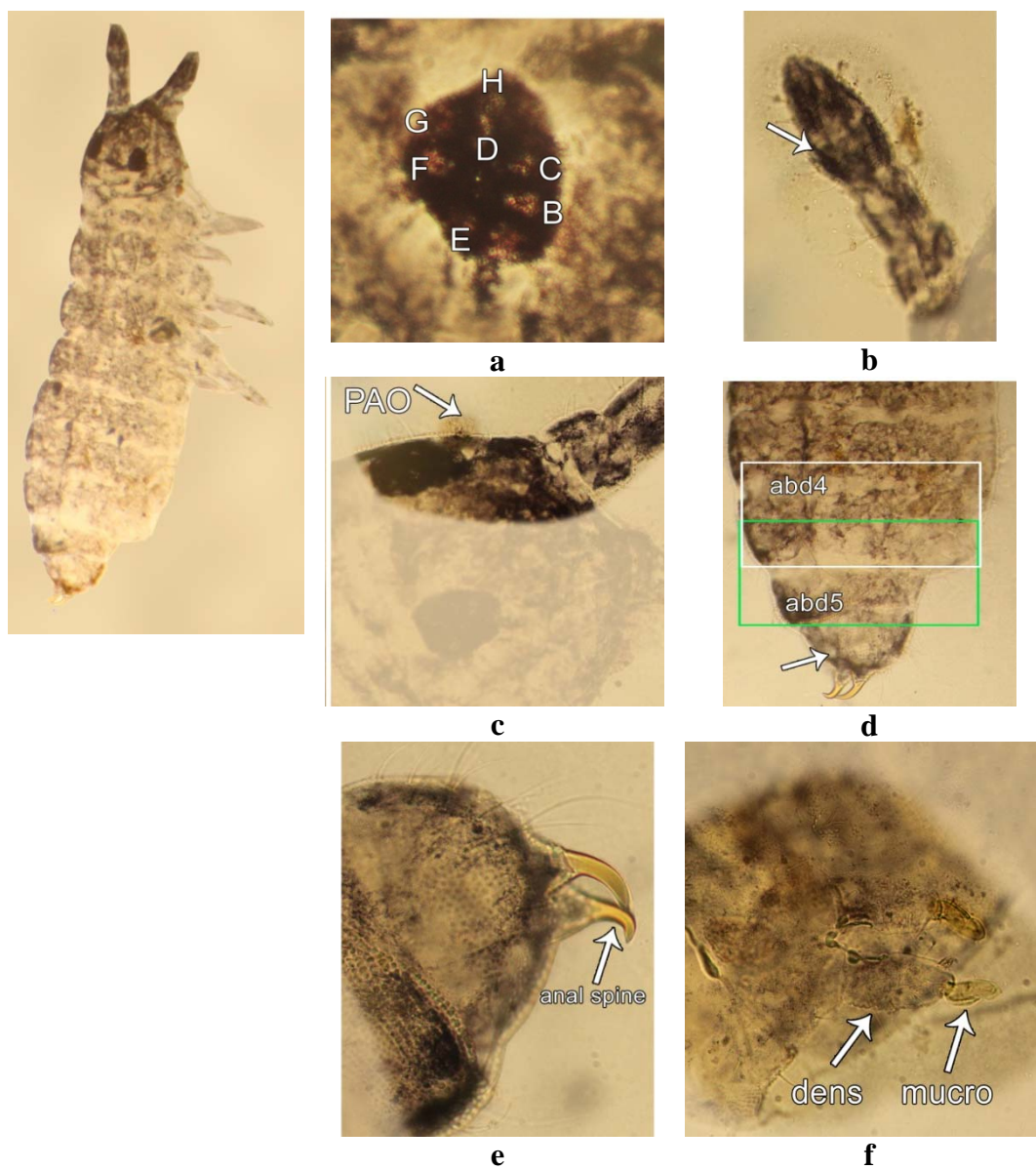
نمونه های مطالعه شده این گونه به طول $1/3 - 1/7$ میلیمتر بوده و به رنگ سفید می باشد (شکل ۴ نمونه شفاف شده و نشده). فرمول چشم های کاذب روی بدن به شرح زیر است. سطح پشتی $32/022/33342$ و سطح شکمی $3/000/11(0-1)1$ می باشد. گونه های خانواده Onychiuridae دارای اندامک های حسی روی بند سوم شاخک می باشند (شکل ۴c). شکل پست آنتنال ارگان (PAO) در شناسایی گونه ها نقش دارد (شکل ۴b). در نرها (شکل ۴a) زایده شکمی روی بند دوم دارای $2+2$ سنسیلا (Sensilla) می باشد. نمونه های جمع آوری شده فاقد چشم کاذب روی استرنیت سوم بودند. این جنس و گونه برای اولین بار از ایران گزارش می شود. این گونه از سراسر اروپا گزارش شده است.

۲- زیر راسته سیمفیلئونا (Symphypleona)

از زیر راسته سیمفیلئونا دو گونه از خانواده Katiannidae و دو گونه از خانواده Dicyrtomidae شناسایی شد.

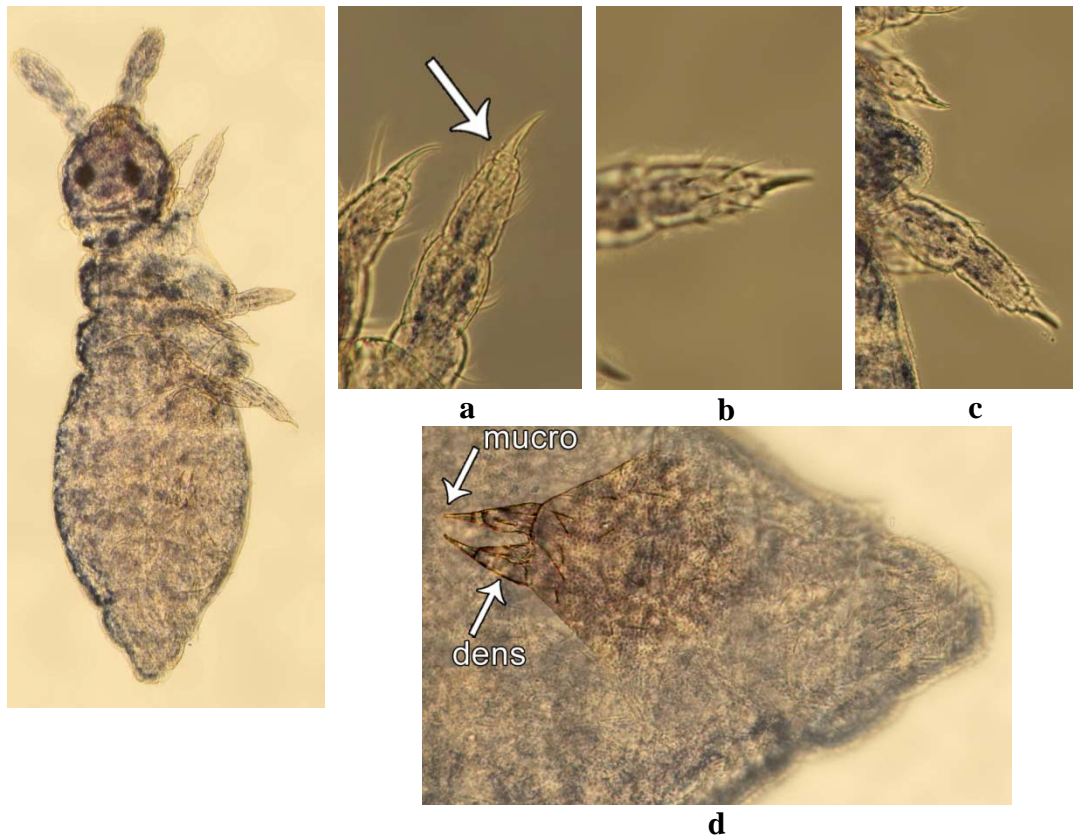
۱-۲- خانواده Dicyrtomidae

از خانواده Dicyrtomidae گونه *Dicyrtomina ornata* که در رده بندی قدیم (Fjellberg, 1980) در جنس *Dicyrtoma* و خانواده Sminthuridae قرار می گرفت ولی در رده بندی جدید (Fjellberg, 1998) در جنس *Dicyrtomina* و خانواده Dicyrtomidae قرار می گیرد. این جنس و گونه برای اولین بار از ایران گزارش می شود. از جنس *Dicyrtoma* گونه *D. fusca* برای اولین بار از ایران گزارش می شود.



شکل ۲- گونه *Ceratophysella denticulata* (Bagnall, 1941): a: چشم های ساده (۸ عدد) b: برجستگی بین بند سوم و چهارم شاخک c: پست آنتنال ارگان (PAO) d: بند چهارم و پنجم شکم e: خار مخرجی یا آنال اسپین f: تناکولوم، فورکا شامل موکرو، دنس و مانوبریوم

Figure 2. *Ceratophysella denticulata* (Bagnall, 1941) species: a- Ocelli (8 numbers). b- eversible sac. c- Post antennal organ (PAO). d- Fourth and fifth abdominal segment. e- Anal spin. f- Tenaculum, Furca includes mucro, dens and manubrium.



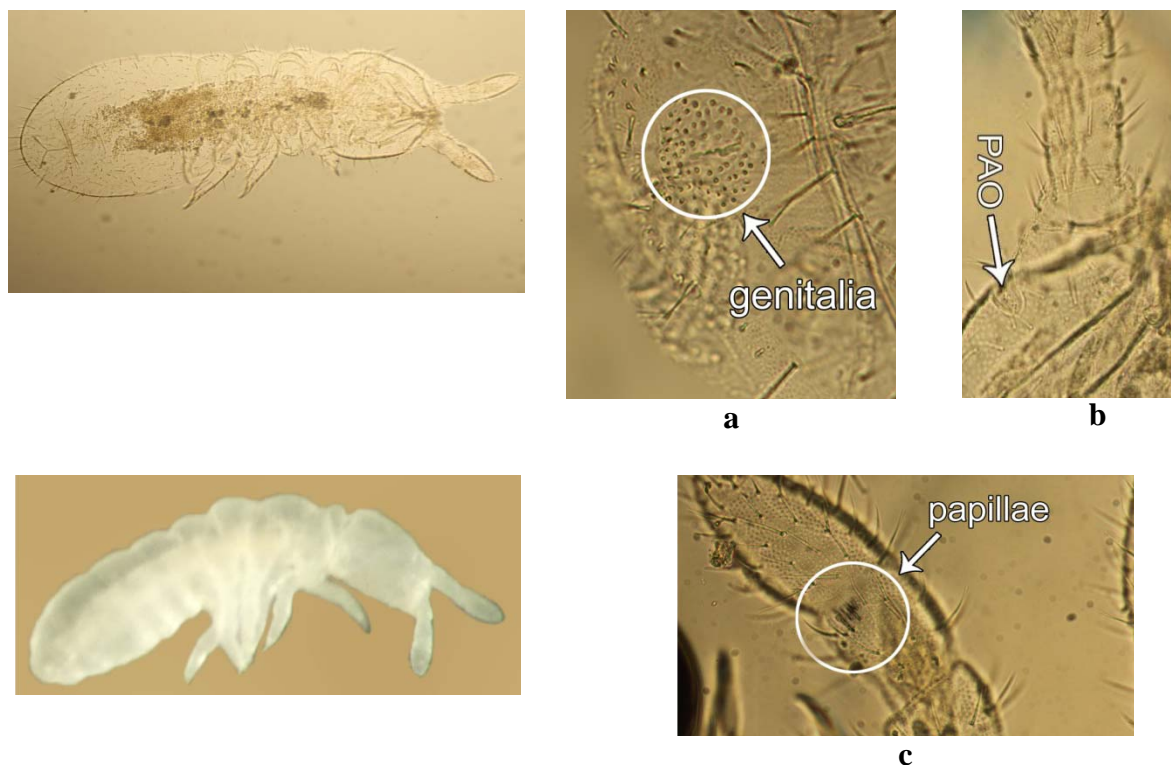
شکل ۳- گونه *Xenylla welchi* Folsom, 1916: a: پیش پنجه و ناخن پای اول b: موی تننت روی پیش پنجه پای دوم c: پیش پنجه و ناخن پای سوم d: موکرو و دنس

Figure 3. *Xenylla welchi* Folsom, 1916 species: a- Pretarsus and first claw. b- Tenent hair on second pretarsus. c- Third pretarsus and claws. d- mucro and dens.

۲-۱-۱- گونه *Dicyrtoma fusca* (Lubbock, 1873)

نمونه های مطالعه شده این گونه به طول ۲ میلیمتر، و به رنگ بنفش مایل به قهوه ای بطور یکنواخت و پاها و شاخک به رنگ قرمز می باشد (شکل ۵). تمام گونه های خانواده *Dicyrtomidae* بوسیله کوتاه بودن بند ۴ شاخک تشخیص داده می شوند (شکل ۵b). سر این گونه دارای یکسری خارهای مشخص می باشد (شکل ۵a). بند سوم شاخک در این گونه بدون تقسیمات فرعی می باشد (شکل ۵b). ناخن در پرده غشایی قرار ندارد و امپودیوم بصورت رشته بلندی از نوک ناخن بیرون زده است (شکل ۵c). لبه داخلی و خارجی موکرو دنداندار است (شکل ۵e). موهای روی سطح شکمی دنس پرورش می باشد (شکل ۵d). بند ۶ شکم دارای خار های کوتاه می باشد (شکل ۵g). انتهای شکم در جنس ماده دارای موی تغییر شکل یافته است (شکل ۵f).

این گونه دارای پراکنش زیاد در سرتاسر اروپا می باشد و از بسیاری کشورها گزارش شده است از جمله ایسلند، روسیه، ایتالیا، آرژانتین و پرتغال.

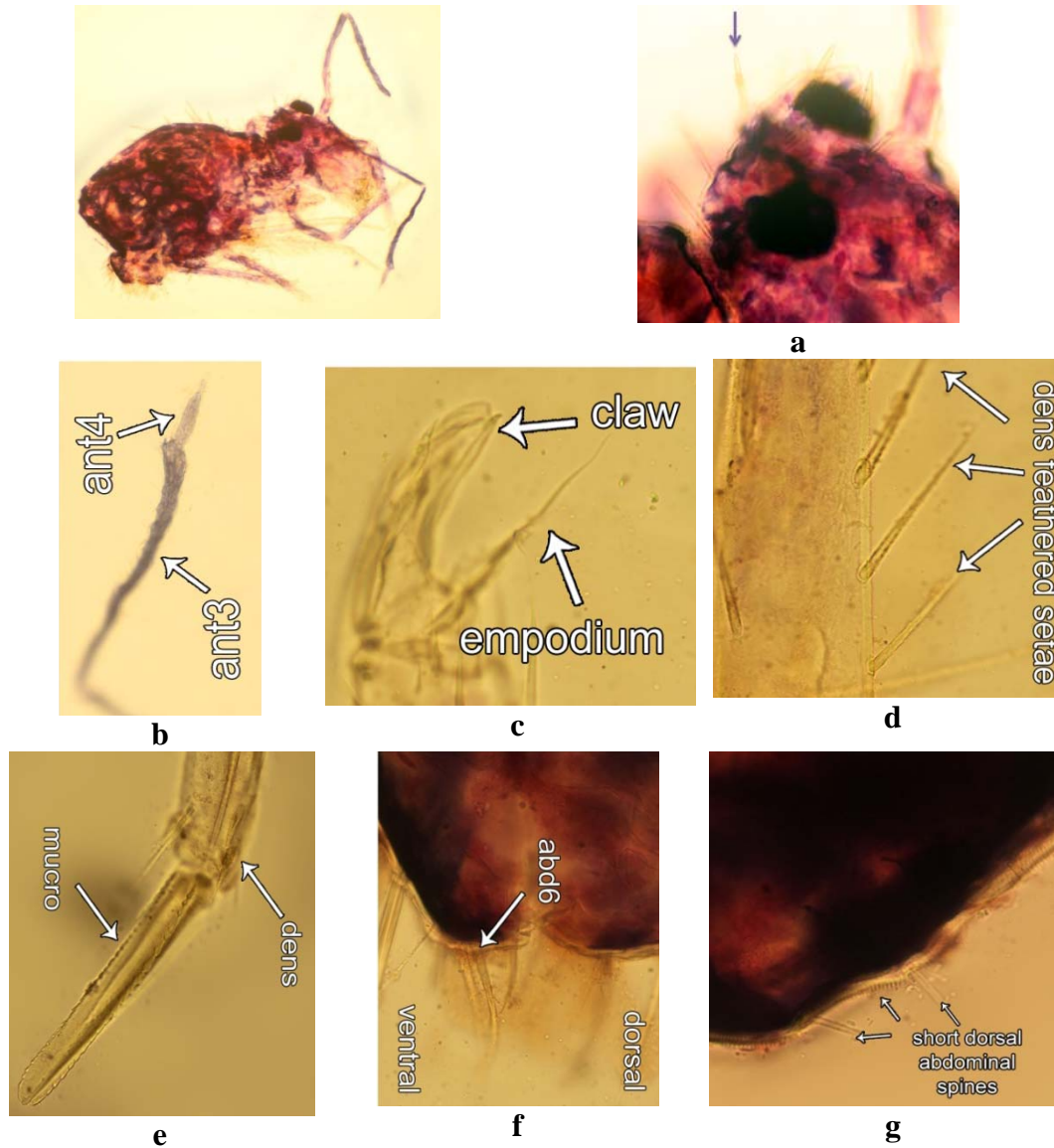


شکل ۴- گونه *Orthonychiurus folsomi* (Schaffer, 1900): a: اندام جنسی خارجی در نر b: پست آنتنال ارگان (PAO) c: اندام های حسی به نام سنسوریال بادی بین بند سوم شاخک
Figure 4. *Orthonychiurus folsomi* (Schaffer, 1900) species: a- Male genitalia. b- Post antennal organ (PAO) c- Sensorial bodies on third antennal segment.

۲-۱-۲- گونه *Dicyrtomina ornata* (Nicolet, 1842)

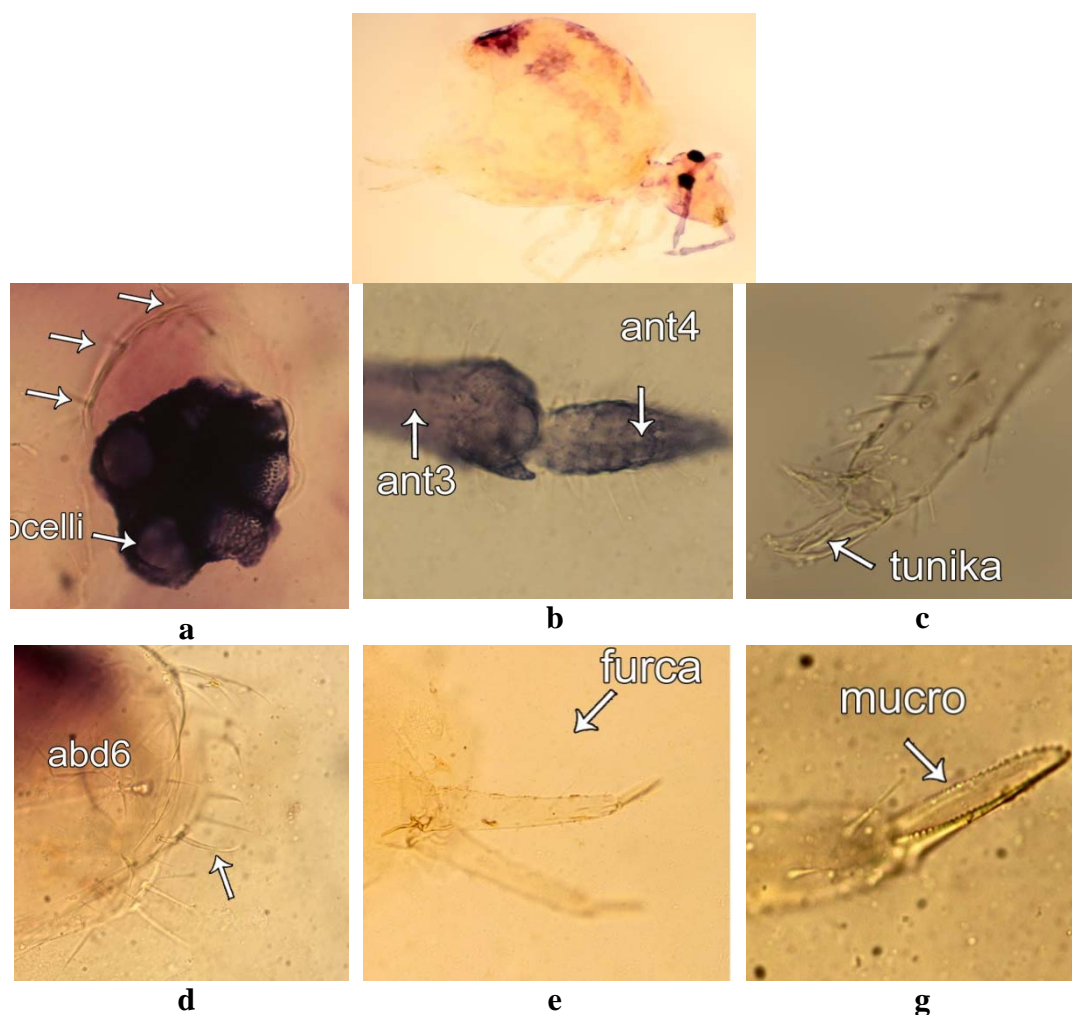
نمونه های مطالعه شده این گونه ۳ میلیمتر است. رنگ زمینه بدن روشن اما دارای نقش به رنگ بنفش متمایل به قهوه ای روی بدن است. قسمت عقب شکم در سطح پشتی دارای یک لکه تیره مستطیلی شکل می باشد (شکل ۶). دارای موهای خارمانند روی سر و دارای ۸+۸ چشم ساده می باشد (شکل ۶a). بند چهارم شاخک کوتاهتر از بند سوم آن می باشد (شکل ۶b). ناخن در روی پرده غشایی قرار دارد (تونیکا) (شکل ۶c). بند ششم شکم در جنس ماده دارای موی تغییر شکل یافته می باشد (شکل ۶d). دارای فورکا رشد یافته (شکل ۶e) و موکرو در هر لبه دارای دندان می باشد (شکل ۶g).

نمونه های این گونه بسیار معمول و در مناطق مختلف پالئارکتیک (آذربایجان، مدیترانه، یوگوسلاوی و غیره) جمع آوری شده است.



شکل ۵- گونه *Dicyrtoma fusca* (Lubbock, 1873) a: خارهای روی سر b: بند ۳ و ۴ شاخک c: امپودیوم بلندتر از ناخن d: دندس دارای موهای پشیمانی e: موکرو دندانه دار f: موی تغییر شکل یافته (SAA) g: خارهای کوتاه روی بند ششم شکم

Figure 5. *Dicyrtoma fusca* (Lubbock, 1873) species a- Spins on head. b- Third and fourth antennal segment c- Empodium longer than claw d: Dens with serrate setae. e- Mucro with teeth. f- Modified of setae. g- Short spins on sixth abdominal segment.



شکل ۶- گونه *Dicyrtomina ornata* (Nicolet, 1842): a: چشم های ساده (۸ عدد) و خار های روی سر b: بند ۴ شاخک کوتاهتر از بند ۳ c: ناخن در داخل پرده غشایی (tunika) d: بند ششم شکم دارای موی تغییر شکل یافته e: فورکا شامل موکرو، دنس و مانوبریوم g: موکرو دنداندار

Figure 6. *Dicyrtomina ornata* (Nicolet, 1842) species: a: Ocelli (8 numbers) and spins on head b: Fourth antennal segment shorter than third segment c: Claws with tunika d: Sixth abdominal segment with modified setae e: Furca includes mucro, dens and manubrium g: Mucro with teeth

۲-۲- خانواده Katiannidae

از خانواده Katiannidae گونه *Sminthurinus aureus* جمع آوری و معرفی شد. این گونه برای اولین بار از ایران گزارش می شود. گونه *S. elegans* قبلا توسط Cox (1982) از ایران گزارش شده است. در رده بندی قدیم تمام گونه هایی که بدن گرد و یا کروی داشتند در قالب یک خانواده به نام Sminthuridae قرار می گرفتند (Fjellberg, 1980). اما در رده بندی جدید زیر راسته سیمفیلئونو، بسیاری از جنس های خانواده Sminthuridae جدا شده و با نام های خانواده های جدید نام گذاری شده اند (Fjellberg, 2007). گونه *S. elegans* نیز که توسط

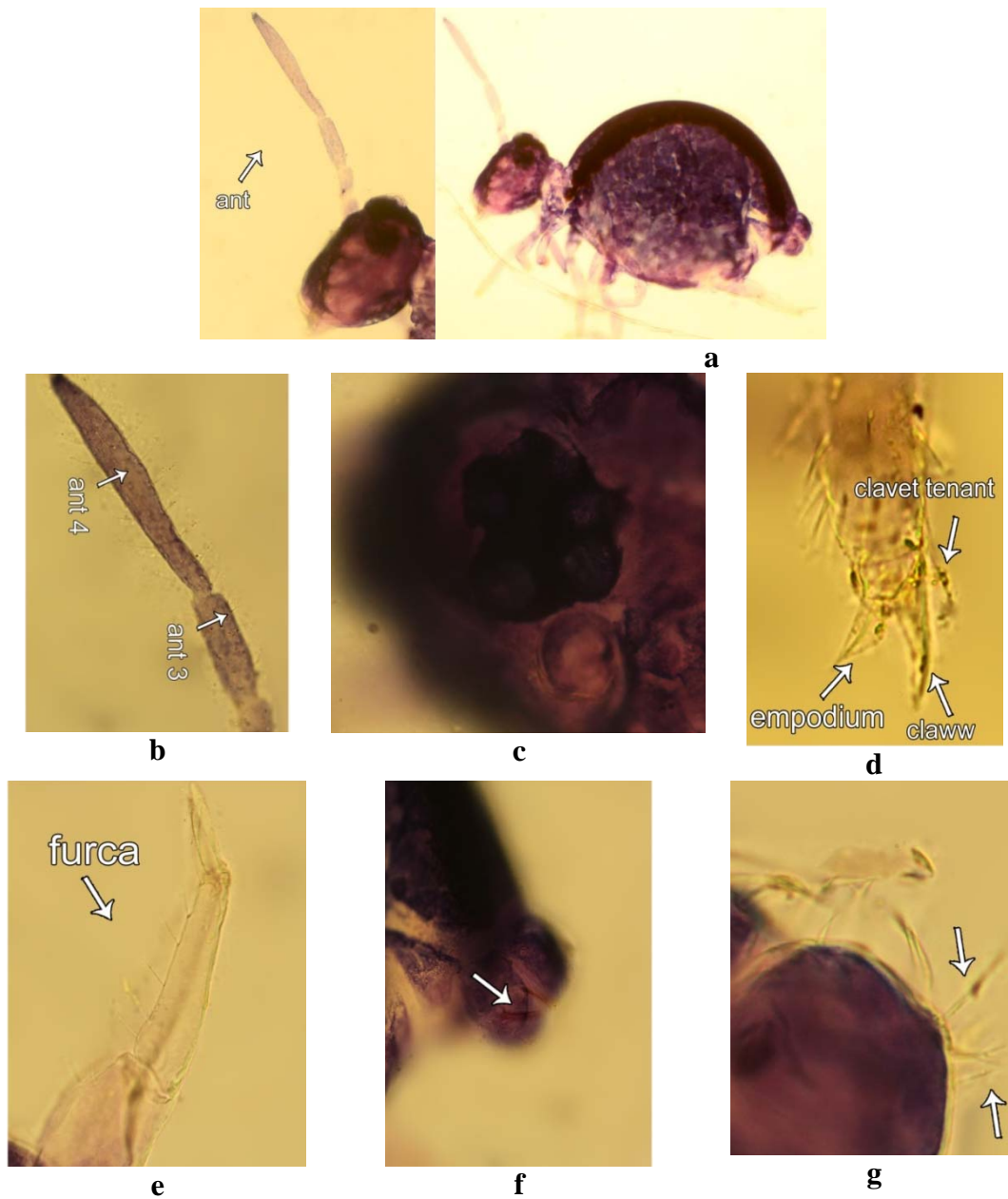
Fjellberg (1980) در خانواده Sminthuridae قرار می‌گرفت در کلید ارائه شده توسط نامبرده در سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۷ در خانواده Katiannidae قرار می‌گیرد.

۲-۲-۱- گونه *Sminthurinus aureus* (Lubbock, 1862)

نمونه‌های مطالعه شده این گونه حدود یک میلی‌متر و معمولا به رنگ تیره مایل به بنفش و بدون باند رنگی روی شکم می‌باشد (شکل ۷). این گونه بسیار رایج و گسترده می‌باشد و اغلب در لابلاهای خاکبرگ‌ها و پوشش گیاهی یافت می‌شود. دارای شاخک چهاربندی می‌باشد (شکل ۷a). بند چهارم شاخک بدون تقسیمات فرعی است (شکل ۷b). دارای ۸+۸ چشم ساده در دو طرف سر می‌باشد (شکل ۷c). لبه خارجی موکرو صاف و لبه داخلی آن دندانه دار است (شکل ۷e). ماده‌ها دارای موی تغییر شکل یافته (SAA) روی بند ششم شکم می‌باشد که در نوک مو به شکل پرورش می‌باشد (شکل ۷f). انتهای بدن دارای موهای بلند خنجری شکل است (شکل ۷g). پیش پنجه دارای موی چماقی می‌باشد (شکل ۷d). این گونه تاکنون از کشورهای مراکش، پرتغال، نواحی غرب مدیترانه، انگلستان، ایسلند و ژاپن گزارش شده است.

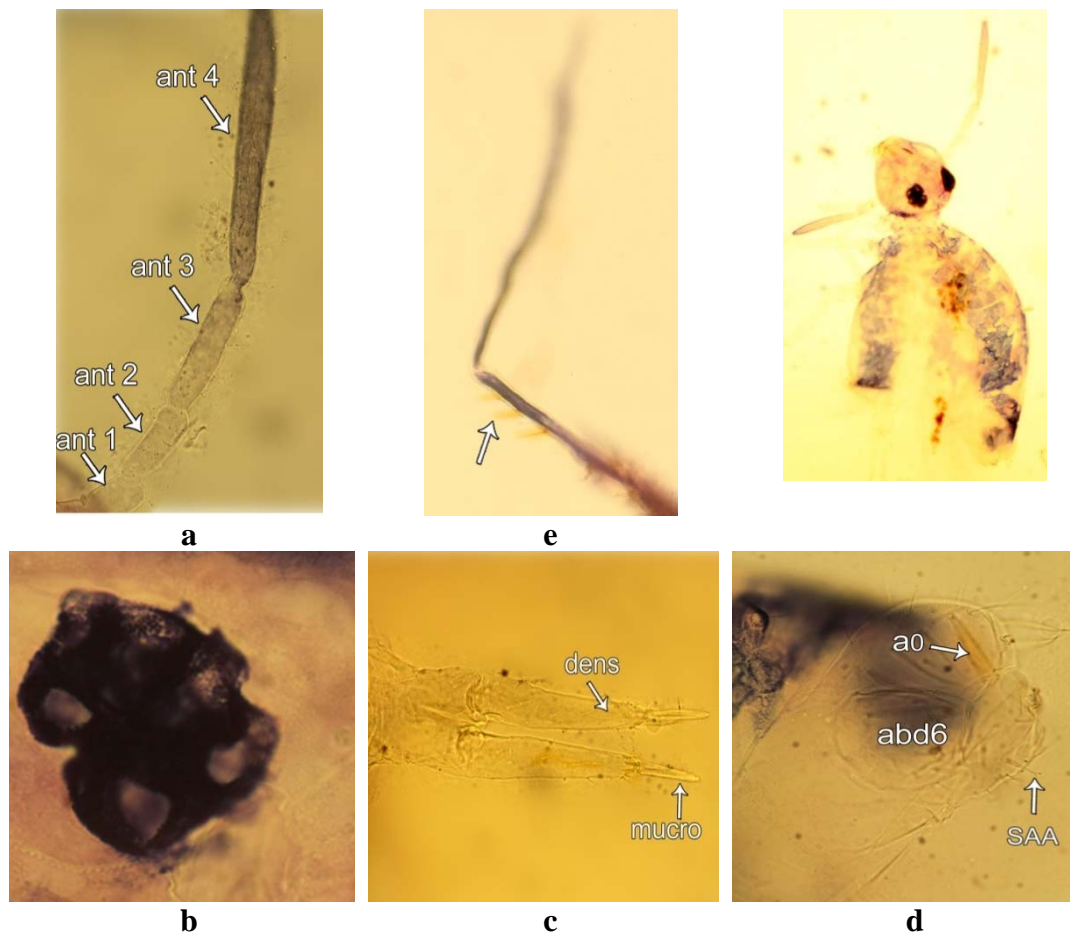
۲-۲-۲- گونه *Sminthurinus elegans* (Fitch, 1863)

نمونه‌های مطالعه شده این گونه یک میلی‌متر یا کمتر بوده و دارای طرح و رنگ خاص روی بدن می‌باشد (شکل ۸). نوار پشتی میانی اغلب کم‌رنگ یا وجود ندارد. شاخک چهاربندی و بند چهارم شاخک فاقد تقسیمات فرعی می‌باشد (شکل ۸a). چشم‌ها به تعداد ۸+۸ در دو طرف سر قرار گرفته است (شکل ۸b). لبه خارجی موکرو صاف و لبه داخلی دندانه دار می‌باشد (شکل ۸c). موهای بند سوم شاخک هم اندازه می‌باشد (شکل ۸e). کتوتاکسی روی دنس و لوب مخرجی به شکل موهای نیزه مانند می‌باشد (شکل ۸d). دارای موی a_0 روی بند ششم شکم می‌باشد. ماده‌ها دارای موی تغییر شکل یافته می‌باشند (شکل ۸d). این گونه قبلا توسط Cox (1982) از ایران گزارش شده ولی استان جمع‌آوری شده ذکر نشده است. نمونه‌های این گونه از شهرستان ساری جمع‌آوری شده است که برای اولین بار از استان مازندران گزارش می‌شود. تاکنون این گونه از آمریکا، پرتغال و انگلستان گزارش شده است.



شکل ۷- گونه *Sminthurinus aureus* (Lubbock, 1862): a: شاخک چهاربندی b: بند ۴ شاخک بدون تقسیمات فرعی c: چشم ۸+۸ d: امپودیوم و ناخن و موی چسبنده روی پای سوم e: فورکا شامل موکرو، دنس و مانوبریوم f: موی تغییر شکل یافته (sub anal appendages) g: موی خنجری شکل روی بند ۶ شکم

Figure 7. *Sminthurinus aureus* (Lubbock, 1862) species a- Antennal with four segment. b- Fourth antennal segment without subdivided. c- Ocelli (8 numbers). d- Empodium, claw and tenant hair on third leg e- Furca includes mucro, dens and manubrium. f- Modified setae. g- Ensiform setae on sixth abdominal segment.



شکل ۸- گونه *Sminthurinus elegans* (Fitch, 1863): a: شاخک چهار بندی b: چشم ۸+۸ عدد c: فورکا شامل موکرو، دنس و مانوبریوم d: بند ششم شکم دارای موی دو شاخه (a_0) و موی تغییر شکل یافته (SAA) e: بند دو شاخک دارای موهای هم اندازه

Figure 8. *Sminthurinus elegans* (Fitch, 1863) species a- Antennal with four segment. b- Ocelli (8+8). c- Furca includes mucro, dens and manubrium. d- Sixth abdominal segments with a_0 setae and modified setae (SAA). e- Second antennal segment with equal setae.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات Dr. Ulrich Burkhart و Dr. Hans-Jürgen Schulz (Senckenberg Museum of Natural History Görlitz, Department Soil Zoology,) Section apterygota and Scanning Electron Microscopy Laboratory, Görlitz, Germany) به خاطر تایید گونه ها تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

Bellinger, P.F., Christiansen, K. A. & Janssens, F. 1996-2012. Checklist of families. Available online from URL : <http://www.collembola.org/taxa/collembol.html>.

- Chahartaghi, M., Langel, R., Scheu, S. & Ruess, L. 2005. Feeding guilds in Collembola based on nitrogen stable isotope ratios. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 1718-1725.
- Christiansen, K. A. 1990. Insecta: collembola. In: Dindal, D. L. (Editor). *Soil Biology Guide*. John Wiley and Sons. New York. pp. 965-995.
- Cox, P. 1982. The Collembola fauna of north and north western Iran. *Entomologist's Monthly Magazine*, 118: 39-49.
- Endlweber, K. & Scheu, S., 2006. Effects of Collembola on root properties of two competing ruderal plant species. *Soil Biology and Biochemistry*, 38: 2025-2031.
- Fjellberg, A. 1980. *Identification Keys to Norwegian Collembolan*. Norsk Entomologisk Forening, Ås.
- Fjellberg, A. 1998. *The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I. Poduromorpha*. Brill, Leiden, Boston.
- Fjellberg, A. 2007. *The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part II. Entomobryomorpha and Symphypleona*. Brill, Leiden, Boston.
- Hopkin, S. 2005. *The biology of Collembola (springtails): the most abundant insects in the world*. Available online from URL: <http://www.fathom.com/features/122603>. (Accessed at Feb 2010).
- Hopkin, S. P. 1997. *Biology of Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford University Press, Oxford.
- Klironomos, J. N. & Kendrick, W.B. 1995. Simulative effects of arthropods on endomycorrhizas of sugar maple in the presence of decaying litter. *Functional Ecology*, 9: 528-536.
- Moravvej, S.A., Potapov, M., Kamali, K. & Hodjat, S.H. 2007. Isotomidae (Collembola) of the Tehran region (Iran). *Zoology in the Middle East*, 41: 118.
- Nematollahi, M., Bagheri, M., & Radwanski, J., 2009. New reports of Collembola for Iran with surveying of the importance in the greenhouses of Esfahan province, Iran. *Plant Protection Journal, Islamic Azad University, Shiraz branch*, 3: 327-335. (In Persian with English abstract).
- Parkinson, D., 1988. Linkages between resource availability, microorganisms and soil invertebrates. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 24: 21-32.
- Rusek, J., 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 7: 1207-1219.
- Visser, S., 1985. Role of soil invertebrates in determining the composition of soil microbial communities. In: Fitter, A.H., Atkinson, D., Read, D.J., Usher, M.B. (Eds), *Ecological Interactions in Soil*. Blackwell Scientific, Oxford, pp. 297-317.