

اولین کنفرانس بوم شناسی و حفاظت از تنوع زیستی  
First International Conference of Ecology and Conservation Biodiversity  
۱۵ – ۱۶ December 2021 / ۱۴۰۰ و ۲۵ آذر



Damghan University



YEREVAN STATE UNIVERSITY

## اهمیت و نقش بوم شناختی دم فنریان (Collembola) در تنوع زیستی خاک

انسیه صابری پور<sup>۱</sup>، فاطمه طباطبائی یزدی<sup>۲\*</sup>، مرتضی کهراریان<sup>۳</sup>، آوا حیدری<sup>۴</sup> سمت نویسنده اول)

- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
- عضو هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
- داشتیار گروه زراعت و اصلاح بیاتات، دانشکده کشاورزی، واحد کرمانشاه دانشگاه آزاد اسلامی
- عضو هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

en.saberipour@mail.um.ac.ir  
f.tabatabaei@um.ac.ir  
mkahrarian@iauksh.ac.ir  
heidari@um.ac.ir

### چکیده

تنوع زیستی در عامیانه ترین مفهوم، شکل‌های متنوع حیات بر روی زمین اطلاق می‌شود که در برگیرنده کلیه میکرووارگانیسم‌ها و ژن‌های آن‌ها می‌باشد. خاک یکی از پیچیده‌ترین زیستگاه‌های روی زمین و میزبان تنوع زیستی شگفت‌انگیزی می‌باشد که تقریباً در تمام خدمات اکوسيستم از قبیل رفاه بشر، تأمین، تنظیم و حمایت چرخه‌های مواد و انرژی به ایفای نقش می‌پردازد. با این حال، تنوع خاک در زیر زمین پنهان و اغلب نادیده گرفته شده است. دم فنریان (Collembola) از مهم‌ترین، موفق‌ترین و فراوان‌ترین اعضای جوامع خاکزی معرفی می‌شوند. این بندپایان خرد جثه از پراکنش جهانی برخوردار بوده و تقریباً در همه زیستگاه‌های کره زمین سکونت دارند. دم فنریان نقش مهمی در چرخه مواد غذایی، انتقال انرژی و حفظ تنوع زیستی در خاک ایفا می‌کنند. دانش دم فنریان در توسعه استراتژی‌های حفاظت و پایش مناطق تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی مفید می‌باشد. در این مقاله مروری، به آشنایی با تنوع زیستی دم فنریان و اهمیت آن‌ها در حفاظت از تنوع زیستی خاک پرداخته می‌شود.

کلمات کلیدی: تنوع زیستی، حفاظت، بوم شناسی، خاک، دم فنریان

### مقدمه

تنوع زیستی در عامیانه ترین مفهوم، شکل‌های متنوع حیات بر روی زمین اطلاق می‌شود که در برگیرنده کلیه میکرووارگانیسم‌ها و ژن‌های آن‌ها می‌باشد تنوع زیستی سه مفهوم از تنوع به نام‌های ژنتیکی، گونه‌ای و اکوسيستم را در بر می‌گیرد که به تشریح هر کدام در ذیل پرداخته می‌شود:

تنوع ژنتیکی، تنوع واحدهای اساسی اطلاعات ارثی (ژن‌ها) در درون یک گونه می‌باشد که از نسل دیگر منتقل می‌شود. این سطح از تنوع، اساس گونه زایی و منبع اصلی تغییرات و تنوع زیستی می‌باشد. تنوع گونه‌ای، به تنوع گونه‌ها در یک منطقه اشاره دارد و نوعی از تنوع می‌باشد که در جمیعت یک گونه یا بین گونه‌های مختلف یک جامعه یافت می‌شود. سطح گونه، واحد اصلی بوده که برای طبقه بندی موجودات استفاده می‌شود و تنوع آن رایج‌ترین سطح مورد استفاده برای توصیف تنوع زیستی می‌باشد. به طور گسترده تنوع گونه‌ای، غنای گونه‌ها و

اولین کنفرانس بوم شناسی و حفاظت از تنوع زیستی  
First International Conference of Ecology and Conservation Biodiversity  
۱۵ – ۱۶ December 2021 / ۱۴۰۰ و ۲۵ آذر



Damghan University



YEREVAN  
STATE  
UNIVERSITY

فراوانی آن‌ها را در یک جامعه نشان می‌دهد. تنوع اکوسیستمی، عبارت است از تنوع زیستگاه‌ها (مکانی که یک ارگانیسم یا جمعیتی از موجودات به طور طبیعی در آن زندگی می‌کنند)، که شامل اشکال مختلف زندگی در داخل آن می‌شود (Gregorius et al., 2003; Gugerli et al., 2008; Verma, 2016).

از بزرگترین مخازن تنوع زیستی، می‌توان اکوسیستم خاک را معرفی کرد، تنوع این اکوسیستم بسیار بیشتر از تنوع زیستی اکوسیستم‌های سطح زمین و از پیچیده‌ترین زیستگاه‌های روی زمین می‌باشد تخمین زده می‌شود که ۳۰ تا ۲۵ درصد از همه گونه‌های روی زمین، تمام یا بخشی از دوره حیات خود را در خاک زندگی می‌کنند (Orgiazzi et al., 2016). مطالعات جهانی تنوع زیستی خاک نشان می‌دهد که خاک هر منطقه دارای ترکیب گونه‌های متفاوت و منحصر به فردی می‌باشد (Leff et al., 2015). تنوع خاک بر عملکرد اکوسیستم تأثیر می‌گذارد و به طور کلی این فرضیه وجود دارد که تنوع زیستی خاک باعث مقاومت و انعطاف‌پذیری در برابر اختلال و استرس می‌شود. تنوع زیستی خاک را می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از منابع در نظر گرفت که سرمایه طبیعی خاک را ایجاد می‌کند. از طریق تصمیمات مربوط به تسهیلات می‌توان چنین ثروتی را حفظ نمود (Matter, 2018). تنوع زیستی خاک تقریباً در تمام خدمات اکوسیستم از قبیل رفاه بشر، تامین خدمات دارو، حمایت و پشتیبانی چرخه‌های مواد و انرژی، تنظیم آب و هوا، و غیره دخیل می‌باشد (Brevik et al., 2018; Gugerli et al., 2008).

از بین رفتن تنوع، موجب قطع ارتباطات و در نتیجه محدود ساختن عملکردها و خدمات حیاتی اکوسیستم می‌گردد، بنابراین ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم نیازمند بینش اکولوژیکی در پاسخ‌های کمی از تنوع زیستی به واسطه عملکرد ارگانیسم‌های خاک برای ارائه خدمات اکوسیستمی می‌باشد (Matter, 2018).

جوامع بندپایان ساکن خاک، بخش اساسی اکوسیستم را تشکیل می‌دهند که نقش بسیار مهمی در تشکیل و توسعه خاک، حفظ گردش اکوسیستم، چرخه‌های غذایی، تجزیه بستر خاک و ... دارند. دم فنریان از مهم‌ترین بندپایان خاک می‌باشند (Fountain & Hopkin, 2004) که در ذیل به تشریح آن‌ها پرداخته می‌شود:

## ۱- ارده بندی دم‌فنریان

در سال ۱۸۷۰، سر جان لویاک نام Collembola را برای رده‌ای از بندپایان قرار داد، که متعلق به زیر کلاس Apterygota بودند (Abdul-Rassoul, 2021). این رده را به ۴ راسته تقسیم می‌کنند: راسته Poduromorpha (شامل ۶ بالاخانواده و ۱۱ خانواده)، راسته Symplypleona (شامل ۴ بالاخانواده و ۱۱ خانواده)، راسته Neelipleona (شامل یک خانواده کوچک) و راسته Entomobryomorpha (شامل ۵ بالاخانواده و ۱۰ خانواده) (Bellinger et al., 1996). بزرگترین گونه‌ها در خانواده‌های Entomobryidae، Neanuridae و Mackenziellidae یافت می‌شوند که اغلب به ۵ میلی متر و گاه به بیش از ۱۰ میلی متر طول می‌رسند، اما Tomoceridae و Neelidae به ندرت به ۱ میلی متر می‌رسند (Christiansen et al., 2009).

## ۲- ریخت شناسی دم‌فنریان

دم‌فنریان، بندپایانی با اندازه کوچک (افراد بالغ ۰/۲ میلی متر)، شاخص‌دار، بی‌بال می‌باشند. ساختار بدن دم‌فنریان متشکل از یک سر، سه بند قفسه سینه و شش بند شکمی می‌باشد. در بعضی از خانواده‌ها مانند Symphyleona و Neelidae چهار بخش اول شکمی به هم متصل شده‌اند و کم و بیش با بخش‌های قفسه سینه آمیخته می‌شوند (Christiansen et al., 2009). سر دارای یک جفت شاخص، که در اغلب گونه‌ها متشکل از چهار بند و دارای تعداد زیادی setae و sensillae با طول و شکل‌های متفاوت می‌باشند. sensillae و setae مانند گیرنده‌های حسی عمل می‌کنند. قطعات دهانی پیچیده و در حفره درون سر وجود دارند. این قطعات شامل چهار بخش: لب بالا، آرواره بالا، لب

اولین کنفرانس بوم شناسی و حفاظت از تنوع زیستی  
First International Conference of Ecology and Conservation Biodiversity  
۱۵ – ۱۶ December 2021 / ۱۴۰۰ و ۲۵ آذر



Damghan University



YEREVAN  
STATE  
UNIVERSITY

پایین و آواره پایین می‌باشند. در سر معمولاً ۱۶ اوتانیدیوم وجود دارد که در هر طرف آن ۸ عدد می‌باشند. این تعداد در برخی گونه‌ها کاهش یافته یا گاهی اوقات وجود ندارد، مثل گونه‌هایی که در غارها زیست می‌کنند.(Thibaud, 1997) دم فربیان دارای اندام پرش شکمی به نام فورکولا هستند که منشا آن بند چهارم شکمی می‌باشد. این اندام به فرار از شکارچیان و جفت‌گیری کمک می‌کند. از آنجا که فورکولا برای پراکنده شدن کافی نبوده، تصویر می‌شود دم فربیان امروزی با ذرات خاک به عنوان "پلانکتون هوایی" یا توسط آب به منظور حمل و نقل در مسافت‌های طولانی پراکنده می‌شوند.(Deharveng et al., 2007; Robin et al., 2019).

### ۱-۳ اکولوژی دم فربیان

دم فربیان دارای تنوع بسیار زیادی چه در مقیاس محلی و چه در سطح جهانی می‌باشند (Cicconardi et al., 2013). تاکنون ۷۵۰۰ گونه از آن‌ها مورد شناسایی قرار گرفته‌اند (Mark Paul Culik et al., 2006). این احتمالاً بخش کوچکی از تنوع گونه‌ای کل آن‌ها را نشان می‌دهد، تنوعی که می‌تواند به بیش از ۵۰۰۰۰ گونه برسد (Hopkin, 1997). مجموع ۵۲۵ گونه از دم فربیان وابسته به آب شناسایی شده‌اند که ۱۰۳ گونه به آب‌های شیرین آزاد و ۱۰۹ گونه به آب‌های آنکیالین یا دریابی وابسته می‌باشند. همچنین برخی در شرایط بینایینی و بسیاری از گونه‌ها در لایه‌هایی از خاک که اشباع از آب هستند زندگی می‌کنند. (Mark Paul Culik et al., 2006). این بندپایان خرد جنه جز مهم‌ترین، موفق‌ترین و فراوان‌ترین اعضای جوامع خاکزی معرفی می‌شوند (Kristiansen et al., 2021; Santeshwari & Singh, 2015).

این بندپایان تقریباً در همه زیستگاه‌های زمینی سکونت دارند. در خاک‌ها، بر روی گیاهان، چوب پوسیده، زباله و... یافت می‌شوند. البته اغلب این موجودات در چند سانتیمتری بالای خاک زندگی می‌کنند. آن‌ها دارای پراکنشی از ساحل دریا تا بالاترین ارتفاعات، از غارهای عمیق تا سایبان جنگل، از یخچال‌های قطب جنوب تا بیابان‌های گرمسیری می‌باشند (Deharveng et al., 2007). این جانداران در جنگل‌های طبیعی و خاک علفزارها از بیشترین تنوع گونه‌ای برخوردار بوده که در این زیستگاه‌ها فراوانی کل غالباً  $10,000 \text{ m}^{-2}$  می‌باشد و می‌تواند در صورت شرایط ایده‌آل به  $60,000 \text{ m}^{-2}$  برسد (Sterzyńska et al., 2018).

### ۱-۴ اهمیت دم فربیان

دم فربیان نقش مهمی به عنوان تجزیه کنندگان خاک دارند و به طور مستقیم از مواد در حال پوسیدگی و قارچ‌های خاک تغذیه می‌کنند(Nursita et al., 2005). تقدیم کردن آن‌ها سبب تجزیه مواد آلی، تاثیر بر اکولوژی میکروبی خاک و تداوم بر چرخه مواد غذایی می‌شود (Mark P Culik & Zeppelini Filho, 2003; Ju et al., 2019). گلوله‌های فضولات آن‌ها به واسطه میکروب‌ها مورد تجزیه قرار می‌گیرند و به آرامی مواد مغذی ضروری را برای ریشه گیاهان آزاد می‌کنند(Nursita et al., 2005). دم فربیان دارای توانایی زیادی در تنظیم سرعت تجزیه کربن آلی خاک (SOC) و بستر کردن از طریق تاثیرگذاری مستقیم بر میزان مواد آلی (به عنوان مثال جوین) دارند(Yu et al., 2021). این بندپایان بر ریز ساختارهای خاک(Robin et al., 2019) و روند تنفس خاک موثر می‌باشند و با تغذیه، می‌توانند کانی سازی را افزایش داده و رشد گیاه را بهبود بخشند(Burkhardt, 2005; J Filser, 1993; Juliane Filser, 2002). بنابراین این بندپایان خرد جنه نقش مهمی است زودتر از سایر جانداران نشان دهنده اختلال در اکوسیستم باشند(Nursita et al., 2005). بنابراین این بندپایان خرد جنه نقش Li et al., 2021; Sławski & Sławska, 2021)

(2019)

اولین کنفرانس بوم شناسی و حفاظت از تنوع زیستی  
First International Conference of Ecology and Conservation Biodiversity  
15 – 16 December 2021 / ۱۴۰۰ و ۲۵ آذر



Damghan University



YEREVAN  
STATE  
UNIVERSITY

## نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه لزوماً این چنین نیست که سطوح بالای تنوع زیستی زیرزمین با "نقاط داغ" تنوع زیستی سطح زمین مطابقت داشته باشد و همچنین از آنجایی که تنوع زیستی خاک با فرا گرفتن چالش‌های بسیاری از جمله تنظیم آب و هوا، کیفیت آب، اصلاح آلودگی، تولید مواد غذایی، زیستگاه موجودات و غیره زمینه مساعدی را برای پیشبرد پایداری جهانی فراهم می‌کند ضروری می‌باشد با انجام پژوهش‌هایی در رابطه با جانداران خاکزی به ویژه دم فنربان، به شناسایی ارتباط تنگاتنگ و نقشی که این موجودات در تنوع زیستی خاک و حیات روی زمین، ایفا می‌کنند پرداخته شود و تنوع زیستی خاک و بندهایان مورد حفاظت قرار گیرند.

## منابع و مراجع

- Abdul-Rassoul, M. S. (2021). Checklist of springtails (Class, Collembola) from Iraq. *The Iraq Natural History Museum Publication*, 39.
- Bellinger, P. F., Christiansen, K. A., & Janssens, F. (1996). 2008. *Checklist of the Collembola of the world*.
- Brevik, E. C., Pereg, L., Steffan, J. J., & Burgess, L. C. (2018). Soil ecosystem services and human health. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 87–92.
- Burkhardt, U. (2005). *Species identification of Collembola by means of PCR-based marker systems*. Universität Bremen.
- Christiansen, K. A., Bellinger, P., & Janssens, F. (2009). Collembola:(Springtails, Snow Fleas). In *Encyclopedia of Insects* (pp. 206–210). Elsevier.
- Cicconardi, F., Fanciulli, P. P., & Emerson, B. C. (2013). Collembola, the biological species concept and the underestimation of global species richness. *Molecular Ecology*, 22(21), 5382–5396.
- Culik, Mark P, & Zeppelini Filho, D. (2003). Diversity and distribution of collembola (arthropoda: hexapoda) of Brazil. *Biodiversity & Conservation*, 12(6), 1119–1143.
- Culik, Mark Paul, Martins, D. dos S., & Ventura, J. A. (2006). Collembola (Arthropoda: Hexapoda) communities in the soil of papaya orchards managed with conventional and integrated production in Espírito Santo, Brazil. *Biota Neotropica*, 6.
- Deharveng, L., D'Haese, C. A., & Bedos, A. (2007). Global diversity of springtails (Collembola; Hexapoda) in freshwater. In *Freshwater Animal Diversity Assessment* (pp. 329–338). Springer.
- Filser, J. (1993). Die Bodenmesofauna unter der landwirtschaftlichen Intensivkultur Hopfen: Anpassung an bewirtschaftungsbedingte Bodenbelastungen. *Bodenmesofauna Und Naturschutz-Infor-Mationen Zu Naturschutz Und Landschaftspflege in Nordwest-Deutschlands*. Ed. R Ehrnsberger, 368–386.
- Filser, Juliane. (2002). The role of Collembola in carbon and nitrogen cycling in soil: Proceedings of the Xth international Colloquium on Apterygota, České Budějovice 2000: Apterygota at the Beginning of the Third Millennium. *Pedobiologia*, 46(3–4), 234–245.
- Fountain, M. T., & Hopkin, S. P. (2004). Biodiversity of Collembola in urban soils and the use of Folsomia candida to assess soil 'quality.' *Ecotoxicology*, 13(6), 555–572.
- Gregorius, H.-R., Bergmann, F., & Wehenkel, C. (2003). Analysis of biodiversity across levels of biological organization: a problem of defining traits. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 5(4), 209–218.
- Gugerli, F., Englisch, T., Niklfeld, H., Tribsch, A., Mirek, Z., Ronikier, M., Zimmermann, N. E., Holderegger, R., Taberlet, P., & Consortium, I. (2008). Relationships among levels of biodiversity

اولین کنفرانس بوم شناسی و حفاظت از تنوع زیستی  
First International Conference of Ecology and Conservation Biodiversity  
15 – 16 December 2021 / ۱۴۰۰ و ۲۵ آذر



Damghan University



YEREVAN  
STATE  
UNIVERSITY

- and the relevance of intraspecific diversity in conservation—a project synopsis. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 10(4), 259–281.
- Hopkin, S. P. (1997). *Biology of the springtails: (Insecta: Collembola)*. OUP Oxford.
- Ju, H., Zhu, D., & Qiao, M. (2019). Effects of polyethylene microplastics on the gut microbial community, reproduction and avoidance behaviors of the soil springtail, *Folsomia candida*. *Environmental Pollution*, 247, 890–897.
- Kristiansen, S. M., Borgå, K., Rundberget, J. T., & Leinaas, H. P. (2021). Effects on Life- History Traits of Hypogastrura viatica (Collembola) Exposed to Imidacloprid Through Soil or Diet. *Environmental Toxicology and Chemistry*.
- Leff, J. W., Jones, S. E., Prober, S. M., Barberán, A., Borer, E. T., Firn, J. L., Harpole, W. S., Hobbie, S. E., Hofmockel, K. S., & Knops, J. M. H. (2015). Consistent responses of soil microbial communities to elevated nutrient inputs in grasslands across the globe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(35), 10967–10972.
- Li, S., Li, J., Li, Z., Ke, X., Wu, L., & Christie, P. (2021). Toxic effects of norfloxacin in soil on fed and unfed *Folsomia candida* (Isotomidae: Collembola) and on gut and soil microbiota. *Science of The Total Environment*, 788, 147793.
- Matter, W. D. S. B. (2018). Trends in Global Biodiversity: Soil Biota and Processes. *Prokaryotes*, 100, 9000.
- Nursita, A. I., Singh, B., & Lees, E. (2005). The effects of cadmium, copper, lead, and zinc on the growth and reproduction of *Proisotoma minuta* Tullberg (Collembola). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60(3), 306–314.
- Orgiazzi, A., Bardgett, R. D., & Barrios, E. (2016). *Global soil biodiversity atlas*. European Commission.
- Robin, N., D'haese, C., & Barden, P. (2019). Fossil amber reveals springtails' longstanding dispersal by social insects. *BMC Evolutionary Biology*, 19(1), 1–12.
- Santeshwari, M. R., & Singh, J. (2015). Collembola (Insecta: Collembola) community from Varanasi and nearby regions of Uttar Pradesh, India. *J. Exp. Zool.*, 18(2), 571–577.
- Sławski, M., & Sławska, M. (2019). Seven decades of spontaneous forest regeneration after large-scale clear-cutting in Białowieża forest do not ensure the complete recovery of collembolan assemblages. *Forests*, 10(11), 948.
- Sterzyńska, M., Nicia, P., Zadrożny, P., Fiera, C., Shrubovych, J., & Ulrich, W. (2018). Urban springtail species richness decreases with increasing air pollution. *Ecological Indicators*, 94, 328–335.
- Thibaud, J. (1997). Collembola class ("springtails"). *Animal Resource and Diversity in Africa*. Cairo, Egypt: UNESCO-EOL, 2.
- Verma, A. K. (2016). Biodiversity: Its different levels and values. *International Journal on Environmental Sciences*, 7(2), 143–145.
- Yu, Z., Schmidt, O., Zhao, Y., Liu, M., Kumar, A., Luo, Y., & Xu, J. (2021). Dinotefuran alters Collembola-fungi-bacteria interactions that control mineralization of maize and soil organic carbon. *Journal of Hazardous Materials*, 126391.

اولین کنفرانس بوم شناسی و حفاظت از تنوع زیستی  
First International Conference of Ecology and Conservation Biodiversity  
۱۵ – ۱۶ December ۲۰۲۱ / ۱۴۰۰ و ۲۵ آذر



Damghan University



YEREVAN  
STATE  
UNIVERSITY

### The importance and ecological role of collembola in the soil biodiversity

Ensieh Saberi Pour<sup>1</sup>, Fatemeh Tabatabaei Yazdi <sup>\*2</sup>, Morteza Kahrarian<sup>3</sup>, Ava heidari<sup>4</sup>

1MSc student of Environmental Engineering Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad , Mashhad, Iran  
en.saberipour@mail.um.ac.ir

\*2 Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad , Mashhad, Iran  
f.tabatabaei@um.ac.ir

3Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Kermanshah branch, Islamic Azad University, Kermanshah, Iran  
mkahrarian@iauksh.ac.ir

4 Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad , Mashhad, Iran  
heidari@um.ac.ir

### Abstract

Biodiversity in the most common concept refers to the diverse forms of life on the earth that include all microorganisms, and their genes. Soil is one of the most complex habitats on the earth and host of amazing biodiversity that play an important role in the human welfare, and almost all ecosystem services such as provisioning, regulating, supporting material and energy cycles. However, soil diversity in the belowground is hidden and often overlooked. The Collembola is one of the most important, successful, and abundant members of soil communities. These micro-arthropods have been globally distributed and inhabit almost all terrestrial habitats. Collembola play an important role in the food cycle, energy transfer, and conservation of soil biodiversity. Collembola knowledge is useful in developing protection and monitoring strategies in areas affected by natural and anthropogenic. This review article introduces the biodiversity of Collembola and their importance in conservation of the soil biodiversity

**Keywords:** Biodiversity, conservation, ecology, soil, Collembola