کارکردهای اکولوژیک و تنوع میکروبی در محیط های خاکی و آبی: رویکردهای نوین در زیست فناوری و بیوانفورماتیک برای پایش و مدیریت زیست محیطی

آرمان مرادی* – سارا کریمی

گروه میکروبیولوژی،واحد لاهیجان،دانشگاه آزاد اسلامی،لاهیجان،ایران.

چکیده

تنوع میکروبی و نقش‌های اکولوژیکی در محیط‌های خاکی و آبی از ستون‌های اساسی حفظ تعادل زیستی و پایداری اکوسیستم‌ها محسوب می‌شوند .بررسی جوامع میکروبی با استفاده از رویکردهای پیشرفته زیست‌فناوری و بیوانفورماتیک، امکان تحلیل دقیق و مدیریت مؤثر سلامت زیست‌محیطی را فراهم کرده است .این مقاله مروری به تحلیل جامع تنوع زیستی میکروارگانیسم‌ها، به‌ویژه باکتری‌ها و قارچ‌ها، پرداخته و تأثیرات آنها در فرآیندهای زیست‌پالایی، چرخه‌های مواد مغذی و حفظ تعادل اکولوژیکی در خاک و آب را بررسی می‌کند .بهره‌گیری از روش‌های پیشرفته مانند تحلیل توالی ژن‌های 16S rRNAو ابزارهای بیوانفورماتیکی، امکان شناسایی دقیق‌تر ساختار، عملکرد و پویایی جوامع میکروبی را تا سطح مولکولی فراهم نموده است .این تکنیک‌ها در شناسایی گونه‌های کلیدی، ارزیابی اثرات ناشی از آلودگی و پیش‌بینی واکنش جوامع میکروبی نسبت به تغییرات محیطی نقش مهمی ایفا می‌کنند .پژوهش‌های انجام‌شده بین سال‌های ۲۰۲۳ تا ۲۰۲۵ نشان داده‌اند که تلفیق زیست‌فناوری با بیوانفورماتیک روش‌های نوینی برای پایش زیست‌محیطی، ارتقای کیفیت خاک و آب، و مدیریت پایدار آلودگی‌ها ارائه می‌دهد. این مطالعه علاوه بر برجسته‌سازی اهمیت تنوع میکروبی به‌عنوان شاخص‌های زیست‌محیطی، به چالش‌ها و فرصت‌ها در توسعه فناوری‌های پایش زیستی و مدل‌سازی بیوانفورماتیکی نیز پرداخته است.

کلیدواژه‌ها: تنوع میکروبی، خاک، آب، زیست‌فناوری، بیوانفورماتیک، پایش زیست‌محیطی، اکولوژی میکروبی

Ecological Functions and Microbial Diversity in Terrestrial and Aquatic Environments: New Approaches in Biotechnology and Bioinformatics for Environmental Monitoring and Management

Arman Moradi* – Sara Karimi

Department of Microbiology,La.C.,Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Abstract

Microbial diversity and ecological roles in terrestrial and aquatic environments are considered to be fundamental pillars of maintaining biological balance and ecosystem sustainability. Investigating microbial communities using advanced biotechnology and bioinformatics approaches has enabled accurate analysis and effective management of environmental health. This review article provides a comprehensive analysis of the biodiversity of microorganisms, especially bacteria and fungi, and examines their effects on bioremediation processes, nutrient cycles, and maintaining ecological balance in soil and water. The use of advanced methods such as 16S rRNA gene sequencing and bioinformatics tools has enabled more precise identification of the structure, function, and dynamics of microbial communities down to the molecular level. These techniques play an important role in identifying key species, assessing the effects of pollution, and predicting the response of microbial communities to environmental changes. Research conducted between 2023 and 2025 has shown that the integration of biotechnology with bioinformatics offers new methods for environmental monitoring, improving soil and water quality, and sustainable management of pollutants. In addition to highlighting the importance of microbial diversity as environmental indicators, this study also addresses the challenges and opportunities in the development of biomonitoring technologies and bioinformatics modeling.

Keywords: Microbial diversity, soil, water, biotechnology, bioinformatics, environmental monitoring, microbial ecology

Reference

1) Ogidi, O. I., Angaye, T. C., & Carbom, H. E. (2024). Microorganisms in the Monitoring of Terrestrial and Aquatic Ecosystems: Applications, Challenges, and Future Prospects. *Biomonitoring of pollutants in the global south*, 639-665.
2) Kumar, V., Singh, K., Shah, M. P., Singh, A. K., Kumar, A., & Kumar, Y. (2021). Application of omics technologies for microbial community structure and function analysis in contaminated environment. In *Wastewater treatment* (pp. 1-40). Elsevier.
3) Chinthala, L. K. (2016). Environmental microbiomes: Exploring the depths of microbial diversity. *MICROBIAL DIVERSITY AND ENVIORNMENT*.
4) Satyanarayana, T., Johri, B. N., & Das, S. K. (2019). *Microbial Diversity in Ecosystem Sustainability and Biotechnological Applications. 2V* (pp. 319-353). Singapore: Springer.
5) Chandran, H., Meena, M., & Sharma, K. (2020). Microbial biodiversity and bioremediation assessment through omics approaches. *Frontiers in Environmental Chemistry*, *1*, 570326.
6) Ininbergs, K., Bergman, B., Larsson, J., & Ekman, M. (2015). Microbial metagenomics in the Baltic Sea: recent advancements and prospects for environmental monitoring. *Ambio*, *44*(Suppl 3), 439-450.
7) Nandal, K., Rathee, J., Dahiya, P., & Kaur, M. (2025). Unraveling microbial ecosystems: Advances in metagenomics for biotechnology applications. *Journal of Advances in Microbiology Research*, *6*(1), 262-277.