مروری بر بوم‌شناسی و نقش نماتدهای آزاد زی در محیط دریایی

نرجس صحراییان*[۱]، هادی مصلی نژاد[۲]، همایون حسین زاده صحافی[۱]

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲-موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
fereshtehs@gmail.com

تاریخ دریافت : مرداد ماه ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

چکیده

نماتدهای آزاد زی دریا زی، فراوان‌ترین و متنوع‌ترین جانوران بی‌مهرهٔ کف زی (Meiobenthos) هستند که تراکم آن‌ها ممکن است در هر مترمربع بین ۱۰۰ هزار تا ۱۰ میلیون و تنوع آن‌ها نیز به بیش از ۱۰ گونه در هر سانتی‌متر مربع برسد. این موجودات در زیستگاه‌های مختلف نظیر نواحی جزری-مدی سواحل، اعماق دریاها، پای رودها (Estuary) و جنگل‌های ساحلی (Mangrove) یافت می‌شوند. با توجه به تنوع زیستی نسبتاً زیاد آن‌ها، از نظر رژیم تغذیه‌ای متنوع بوده و در گروه‌های مختلف باکتری خوار، دیاتوم خوار، جلبک خوار و لاشه خوار طبقه‌بندی می‌شوند. ازاین‌رو این موجودات نقش و وظایف مختلفی را در زیستگاه‌های خود بر عهده دارند. مثلاً منبع غذایی مناسبی برای جانوران واقع در سطوح بالاتر زنجیرهٔ غذایی بوده و بنابراین وظایف مهمی در شبکه‌های غذایی ایفا می‌کنند. گونه‌های مخصوصی از این موجودات، سازگاری فوق‌العاده‌ای نسبت به شرایط محیط زندگی خود نشان می‌دهند، به طوری که در محیط‌های آلوده یافت می‌شوند. این موضوع سبب شده است که آن‌ها از لحاظ کاربردی به عنوان یک شاخص زیستی (Bio-indicator) قابل‌اعتماد برای آگاهی از سلامت زیستگاه‌های آبی، در دنیا معرفی و استفاده شوند. با توجه به اینکه بررسی‌های بسیار کمی در کشور ما بر روی جنبه‌های مختلف این موجودات به عنوان مهم‌ترین گروه میوبنتوزها صورت گرفت است، پرداختن به این مهم نقش شایانی در آگاهی از زیست‌بوم‌های دریایی دارد.

واژه‌های کلیدی: نماتدهای دریا زی، میوبنتوز، بوم‌شناسی

مقدمه

از لحاظ مساحت، رسوبات دریایی (Marine sediments)، بزرگ‌ترین زیستگاه روی کره زمین محسوب می‌شوند ((Schwartz, 2005. در نگاه اول سواحل دریاها ممکن است به عنوان صحرای دریایی که عاری از هرگونه موجود زنده باشد، قلمداد شوند ولی باید اذعان کرد که این گونه نبوده و این رسوبات، با فراهم کردن زیستگاهی مناسب، بسیاری از جانوران ریزودرشت را در خود جای داده‌اند. موجودات زنده‌ای که در درون یا بر روی سطح یا کف رسوبات دریاها، اقیانوس‌ها، رودخانه‌ها و سواحل منابع آبی زندگی می‌کنند بنتوز (Benthos)، نامیده می‌شوند. نام بنتوز از واژه یونانی به معنای «اعماق دریا» گرفته شده است. بنتوزها گسترهٔ وسیعی از موجودات شامل گیاهان (فیتوبنتوز) و جانوران (زئوبنتوز) را شامل می‌شوند. این موجودات با زندگی خود در این بستر، روی بسیاری از فعالیت‌های اکوسیستم‌های دریا زی تأثیرگذار بوده (Snelgrove *et al.*, 1997,

Snelgrove, 1999) و خدمات متعددی را ارائه می‌دهند که امروزه تحت عنوان خدمات اکوسیستم نامیده می‌شوند (Boyd and Banzhaf, 2007) . بزرگ بی‌مهرگان کف زی (Macrobenthos)، جانوران بی‌مهره‌ای هستند که بزرگ‌تر از یک میلی‌متر هستند و سخت‌پوستان (Crustaceans)، نرم‌تنان (Molluscs) و کرم‌های پرتار (Polychaetes) از مهم‌ترین آن‌ها محسوب می‌شوند.

کوچک بی‌مهرگان کف زی (Meiobenthos) (که از این پس در این مقاله، میوبنتوزها نامیده می‌شوند)، گروهی از جانوران هستند که از الک با منفذ ۳۲-۳۸ میکرون رد می‌شوند و دارای تنوع خیلی زیادی بوده و شامل جانوران متنوعی ازجمله Turbellaria، Copepoda، Nematoda، Kinorhyncha، Tardigrada، Rotifera و Gastrotricha هستند (Giere, 2009). این موجودات از لحاظ تبار شناختی (فیلوژنتیک)، ممکن است هیچ‌گونه نزدیکی به هم نداشته باشند. واژۀ میوبنتوز در حقیقت برای مشخص کردن اندازۀ این موجودات از ماکروبنتوزها (بزرگ بی‌مهرگان کف زی)، ابداع شد. در بسیاری از موارد مطالعه روی تنوع و فراوانی میوبنتوزها، منحصراً به نماتدها اشاره دارد (Fonseca *et al.*, 2011; Carugati *et al.*, 2015; Danovaro *et al.*, 2002).

هارپکتیکوید کوپه پودها (Harpacticoid Copepods) معمولاً دومین گروه میوبنتوز از نظر فراوانی هستند. این به منزلۀ این نیست که سایر گروه‌ها کم‌اهمیت باشند. گروه‌هایی مثل Foraminifers and Ostracods به واسطۀ داشتن فسیل‌ها، در مطالعات زمین‌شناسی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. فراوانی میوبنتوز معمولاً در رسوبات دریایی بین ۱۰۰ هزار تا ۱۰ عدد میلیون در هر مترمربع (ind/m^2) برآورد شده است (Giere, 2009). زیست تودۀ (Biomass) آن‌ها نیز بین ۰/۱ تا ۱۰ گرم وزن خشک در هر مترمربع ($g\ dry\ wt/m^2$) متغیر بوده که بیش‌ترین مقدار آن در رسوبات ماسه‌ای آب‌های شور است (Heip *et al.*, 1985). البته باید یادآور شد که فراوانی میوبنتوزها در همۀ زیستگاه‌ها یکسان نیست، بلکه این فراوانی بر حسب نوع زیستگاه متغیر است. بیش‌ترین فراوانی در زیستگاه‌های خور (پای رود در محدوده جزرومدی) و کمترین فراوانی آن‌ها از عمق دریاها اندازه‌گیری شده است (Coull, 1999).

رشتۀ نماتدشناسی دریا زی در بعضی از کشورها ازجمله ایران، هنوز توسعه نیافته و بیشتر نماتدشناس‌های کشور بر روی نماتدهای انگلی، گیاهی یا جانوری کار می‌کنند. با توجه به اینکه، مهم‌ترین گروه میوبنتوزها یعنی نماتدهای دریا زی تاکنون در کشور ما تا حد زیادی ناشناخته باقی مانده‌اند، در این مقالۀ مروری، جنبه‌های مختلف این جانوران شامل بوم‌شناسی و نقش آن‌ها در اکوسیستم‌های دریایی، ارائه می‌شود.

۱- برخی ویژگی‌های عمومی نماتدها

شاخۀ نماتدها از لحاظ تکاملی گروه موفقی از موجودات هستند و آن‌ها به عنوان جانورانی منحصربه‌فرد، با تنوع و فراوانی بالا در اکوسیستم‌های خشکی و آبی محسوب می‌شوند (Giere, 2009). نماتدها از این لحاظ که می‌توانند در دامنۀ وسیعی از زیستگاه‌ها، ازجمله خاک، رسوبات دریایی، دریاچه‌ها و رودخانه‌های آب‌های شیرین زندگی کنند و همچنین از این لحاظ که می‌توانند انگل‌های حیوانی و گیاهی باشند، شگفت‌انگیز هستند.

نماتدها به همراه بندپایان (Arthropods)، در یک سوپرتاکسون به نام اکدایسوزوآ (Ecdysozoa) یا پوست‌اندازان (بی‌مهرگانی که در چرخۀ زندگی خود پوست‌اندازی می‌کنند)، قرار می‌گیرند (Aguinaldo *et al.*, 1997). از مهم‌ترین زیرشاخه‌های بندپایان می‌توان به حشرات، سخت‌پوستان (میگوها و خرچنگ‌ها)، هزارپایان و گیره(کلیسر)داران (عقرب‌ها و عنکبوت‌ها)، اشاره کرد. نماتدها می‌توانند حتی در محیط‌هایی با شرایط زندگی بی‌نهایت سخت و طاقت‌فرسا مانند اطراف

مجاری آب گرم بستر اقیانوس‌ها و دریاها (Hydrothermal vents) زندگی کنند (Vanreusel *et al.*, 2010). این زیستگاه‌ها اغلب از مواد شیمیایی سمی، مانند سولفید هیدروژن و فلزات سنگین غنی هستند و تعداد محدودی از جانوران می‌توانند در این شرایط دشوار به زندگی ادامه دهند. از دیگر محل‌های عجیبی که نماتدها در آن زندگی می‌کنند، می‌توان به درون مواد آلی که در گیاهان هوایی (Epiphyte plants) جمع می‌شوند، اشاره کرد. در یکی از جدیدترین پژوهش‌ها تعداد ۸۹ گونه نماتد از مواد آلی جمع شده روی گیاهی استوایی به نام Tank bromeliads، در جنگل‌های پاناما شناسایی شدند (Zotz and Traunspurger, 2016)

۲- نماتدها به عنوان غذای زنده در آبزی‌پروری

با توجه به گسترش آبزی‌پروری در سال‌های اخیر و افزایش تقاضا برای تأمین غذای زنده، تحقیقات زیادی برای یافتن موجودات زندهٔ با قابلیت استفاده در این حوزه، انجام شده است. نماتدها به عنوان یکی از غنی‌ترین موجودات کرهٔ زمین که دارای گونه‌های آزاد زی، انگل‌های جانوری و گیاهی می‌باشند، از سال‌ها قبل به عنوان غذای زنده در شیلات و آبزی‌پروری، مورد تحقیق و پژوهش قرار گرفته‌اند (Brüggemann, 2012). یکی از نژادهای (Strain NFS 24-5) نماتد آزاد زی *Panagrolaimus* sp.، قابلیت استفاده به عنوان غذای زنده برای مراحل اولیهٔ ماهیان و میگوها از خود نشان داد ه است و ازآنجاکه می‌تواند در شرایط بدون رطوبت و خشک نگه داشته شود، لذا نقل و انتقال آن به مناطق مختلف آسان و میسر است. این نماتد قادر به تولید دو اسید چرب ضروری Eicosapentaenoic acid و Arachidonic acid است اما قادر به تولید اسید چرب (Docosahexaenoic acid= DHA) نیست لذا برای رفع این مشکل با یکی از تاژک‌داران چرخان به نام *Crypthecodinium cohnii* که سرشار از این اسید چرب است، غنی‌سازی می‌گردد. این نماتد بعد از غنی‌سازی قادر است در شرایط بدون آب تا ۱۰ ماه در دمای ۴ درجه سلسیوس، ذخیره‌سازی و نگهداری شود و قبل از استفاده نیز فقط به ۶۰-۳۰ دقیقه زمان برای رطوبت‌گیری و آماده کردن آن برای تغذیهٔ لاروهای میگو نیاز دارد. یک گروه پژوهشی آلمانی به سرپرستی، R.U. Ehlers اخیراً موفق به تولید انبوه این نماتد به منظور استفاده تجاری در پرورش میگوی پا سفید (*Penaeus vannamei*)، شده‌اند ((Seychelles *et al.*, 2018).

۳- تنوع زیستی نماتدها

نماتدهای آزاد زی دریا زی یکی از متنوع‌ترین موجودات پرسلولی در بسیاری از رسوبات دریایی هستند که پراکنش آن‌ها از زیستگاه‌های طبیعی و دست‌نخورده (غیر آلوده) تا زیستگاه‌های بسیار آلوده را شامل می‌شود (Moreno *et al.*, 2011; Heip *et al.*, 1985; Boucher and Lambshead, 1995). گزارش شده است که بعضی نماتدها، تنها گروه جانوری هستند که می‌توانند منحصراً در بعضی رسوبات آلوده زندگی کنند (Zeppilli *et al.*, 2015; Zeppilli *et al.*, 2018).

تخمین تعداد کل گونه‌های نماتدها (خاکزی-آبزی) از یک‌صد هزار (Coomans, 2000) تا یک‌صد میلیون متغیر است (Lambshead, 1993**;** Hugot *et al.*, 2001). تاکنون حدود ۳۰،۰۰۰ گونه نماتد، اعم از آزاد زی و انگل، در دنیا توصیف‌شده است (Baldwin *et al.*, 2000**;** Hugot *et al.*, 2001) که طبق تخمین صاحب‌نظران، این تعداد فقط بین ۰/۳ تا ۵/۳ درصد از کل فون نماتدهای جهان را شامل می‌شود (Hugot *et al.*, 2001). در مورد نماتدهای آزاد زی دریا زی، برآوردهای مختلفی ارائه شده است. بر اساس یک برآورد محافظه‌کارانه، تعداد گونه‌های این نوع نماتدها، می‌تواند تا ۵۰،۰۰۰ باشد. با توجه به اینکه تاکنون تنها حدود ۶۹۰۰ گونه از نماتدهای آزاد زی دریا زی توصیف شده‌اند، بنابراین تخمین زده می‌شود هنوز ۸۶ درصد گونه‌ها بایستی کشف و توصیف شوند (Appeltans *et al.*, 2012).

در خصوص تنوع زیستی نماتدهای دریا زی در کشور و برای اولین بار Sahraean و همکاران (۲۰۱۲)، از رسوبات ساحلی (محدوده جذر و مدی) شهر بندرعباس، ۳۹ جنس متعلق به ۱۷ خانواده را شناسایی کردند.

۴- نقش نماتدهای دریا زی در اکوسیستم

فراوانی بالای نماتدها در تمام رسوبات دریایی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای می‌تواند بر بسیاری از فرآیندهای اکولوژیک مانند بازسازی مواد مغذی (Regeneration of nutrients)، انتقال انرژی به سطوح بالاتر تغذیه‌ای در شبکه‌های غذایی بنتوزها و آشفتگی زیستی رسوبات (Bioturbation of sediments)، تأثیر بگذارد. در این بخش، نقش‌های مهم آن‌ها در زیستگاه‌های دریایی، به‌اختصار مرور خواهد شد.

۴-۱- نقش در زنجیرهٔ غذایی بنتوزها: علیرغم جثهٔ کوچک میوبنتوزها، نرخ تغییر و تبدیل زیست توده (Biomass turnover rate) در آن‌ها پنج برابر بیشتر از ماکروبنتوزها است (Giere, 2009). در شبکهٔ غذایی بنتوزی، اعضای میوبنتوزها (نماتدها و Harpacticoid copepods) موقعیت بینابینی یا واسطه‌ای بین تولیدکنندگان اولیه (ریز جلبک‌ها، میکروفیتوبنتوزها و باکتری‌ها) و سطوح بالاتر زنجیرهٔ غذایی یعنی ماکروبنتوزها (خرچنگ‌ها، میگوها، پرتاران، شکم پایان و بچه ماهی‌ها) دارند (Gee,1989; Coull, 1985; 1990). میوبنتوزها به‌طور میانگین، بین ۱۰ تا ۲۵ درصد از کل انرژی در بیوتوپ‌های بنتوزی دریایی (Marine benthic biotope) را تولید می‌کنند (Munro *et al.*, 1978)، بنابراین میوبنتوزها در زنجیره‌های غذایی دریایی، ارتباط بین موجودات کوچک‌تر و بزرگ‌تر را برقرار می‌کنند (Piot *et al.*, 2014).

۴-۲- نقش در تجزیهٔ میکروبی و باز چرخش مواد مغذی: نماتدهای دریا زی دارای نقش کاتالیزوری در تجزیهٔ مواد آلی و باز چرخش مواد مغذی (از قبیل معدنی شدن مواد مغذی) هستند. تجزیه، معمولاً یک فرایند میکروبی است. در خصوص تأثیر نماتدها بر فعالیت باکتری‌های تجزیه‌کننده، هم اثرات تحریک‌کنندگی (Alkemade *et al.*, 1992**;** Findlay and Tenore, 1982) و هم اثرات بازدارندگی (De Mesel *et al.*, 2003)، گزارش شده است. اثر تحریک‌کنندگی نماتدها بر فعالیت میکروبی، ممکن است ناشی از فعالیت حرکتی (Locomotory activity and microbioturbation) آن‌ها باشد که باعث جریان بیشتر اکسیژن و مواد مغذی شده که برای فرایندهای تجزیهٔ میکروبی ضروری است (Alkemade *et al.*, 1992; Aller and Aller, 1992). نقش دیگری که برای نماتدهای دریا زی گزارش شده است تأثیر درروند معدنی شدن کربن (Carbon mineralization)، یعنی تبدیل مواد کربنی به دی‌اکسید کربن است که از مهم‌ترین کارهای جوامع میکروبی در خاک و یا رسوبات دریایی است. گزارش شده است که در حضور نماتد دریا زی *Diplolaimella chitwoodi*، معدنی شدن کربن برای خرده‌ریزهای جلبک قرمزی از جنس Gracilaria تا ۳ برابر افزایش می‌یابد (Findlay and Tenore, 1982).

۴-۳- نماتدها به عنوان شاخص (نشان‌گر) زیستی: در پژوهش‌های مربوط به استفاده از شاخص‌های زیستی به منظور بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی در اکوسیستم‌های دریایی، در میان موجودات بنتوزی، ماکروبنتوزها به دلیل سهولت کار با آن‌ها بیشتر مورد استفاده قرار گرفته‌اند، درحالی‌که میوبنتوزها به دلیل ریز بودن و سختی کار با آن‌ها، کمتر موردتوجه قرار گرفته و تا حدودی مورد غفلت واقع شده‌اند (Kennedy and Jacoby, 1999; Semprucci and Balsamo, 2012).

در ارزیابی‌های زیست‌محیطی، با استفاده از شاخص‌های زیستی، هم گونه‌های انفرادی و هم اجتماع گونه‌ها می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند، اما معمولاً داده‌های مربوط به ساختار جوامع نماتدها، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wilson and Khakouli-Duarte, 2009). به‌طور مثال جنس‌های Oncholaimus، Epacanthion و Pomponema در محیط‌های غیر آلوده و پاک یافت می‌شوند و نشان‌دهندهٔ سلامت رسوبات سواحل هستند (Vezzulli *et al.*, 2008; Mahmoudi *et al.*,

2005). در سواحل غیر آلوده و پاک بندرعباس جنس‌های مذکور مشاهده گردیده‌اند که از این منظر با یافته‌های سایر محققین مطابقت دارد (Sahraean *et al.*, In press).

۵- طبقه‌بندی نماتدها از لحاظ رژیم تغذیه‌ای

نماتدهای آزاد زی دریا زی از طیف وسیعی از منابع غذایی ازجمله باکتری‌ها، مواد آلی، جلبک‌های ریز، قارچ‌ها، تک یاختگان (پروتوزوآ) و همچنین از دیگر میوبنتوزها، استفاده می‌کنند. نماتدها اغلب در مطالعات مربوط به ساختار جوامع نماتدها و به منظور تجزیه و تحلیل ترکیب و ساختار این جوامع، بر اساس نوع تغذیه طبقه‌بندی می‌شوند (Jensen, 1987; Moens and Vincx, 1997; Wieser, 1953). در این خصوص چندین نوع طبقه‌بندی برای نماتدهای دریا زی پیشنهاد شده است، اما تنها دو مورد از آن‌ها استفاده می‌شود که یکی از آن‌ها توسط Wieser(۱۹۵۳) و دیگری توسط Moens و Vincx (۱۹۹۷)، ارائه شده است.

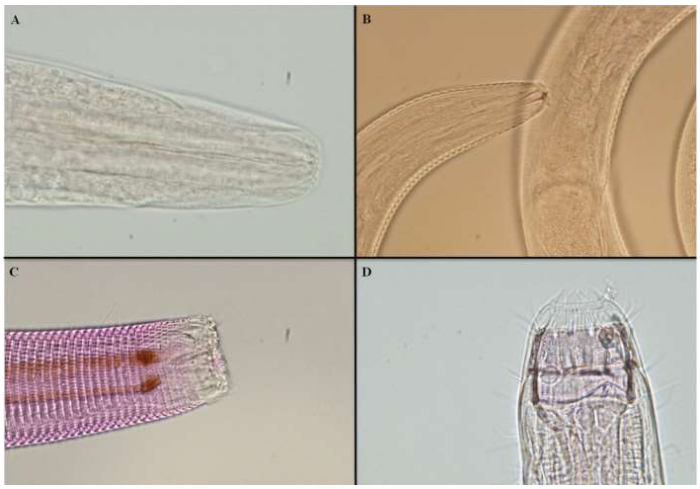
الف- طبقه‌بندی Wieser(۱۹۵۳)، بر اساس مورفولوژی حفرهٔ دهان (Buccal cavities): بر این اساس نماتدهای دریا زی به چهار گروه تغذیه‌ای تقسیم شده‌اند (شکل ۱):

الف-۱- ته‌نشین خواران انتخابی (گروه 1A) (Selective deposit feeders): نماتدهایی با حفره دهانی کوچک (بدون دندان) که تنها می‌توانند ذرات کوچک (در محدودهٔ اندازه باکتری‌ها) را هضم کنند. آن‌ها درواقع، غذای نرم خود را از طریق مکیدن به داخل روده می‌فرستند مثل *Terschellingia* sp. (شکل ۱ قسمت A). در ارزیابی زیست‌بوم‌های دریایی، جامعهٔ نماتدی متشکل از این گروه می‌تواند نشان‌دهندهٔ آلودگی‌های شهری (مثل فاضلاب) باشد که باعث رشد باکتری‌ها در این نوع محیط‌ها شده و بنابراین نماتدهای این گروه، غالبیت ساختار جامعهٔ نماتدی را تشکیل می‌دهند (Semprucci *et al.*, 2015a).

الف-۲- ته‌نشین خواران غیر انتخابی (گرو 1B) (Non-selective deposit feeders): نماتدهایی با حفرهٔ دهانی بزرگ‌تر از گروه 1A، اما هنوز بدون دندان هستند، اما قادر به جذب ذرات بزرگ‌تر ازجمله بعضی دیاتوم‌ها و همین طور دیگر پروتیست‌ها هستند مثل *Camacolaimus* sp. (شکل ۱ قسمت B). غالبیت این گروه از نماتدها در رسوبات غنی از مواد آلی، گزارش شده است (Mirto *et al.*, 2002).

الف-۳- روی رویش خواران (Epigrowth feeders) (گروه 2A) (Epistratum feeders): نماتدهایی با یک یا چند دندان (نسبتاً کوچک) در حفرهٔ دهانی که وجود آن‌ها باعث شکستن یا سوراخ کردن سلول‌ها و مکیدن محتویات آن‌ها شده و یا اینکه به وسیلهٔ آن‌ها ذرات را از سطوح جدا می‌کنند.

الف-۴- شکارچیان (Predators) و همه چیز خواران (Omnivores) (گروه 2B): غالباً نماتدهایی بزرگ با دندان و یا ماندیبل‌های بزرگ که وجود آن‌ها باعث گرفتن طعمه و هضم آن، مکیدن و یا قطعه‌قطعه کردن آن‌ها می‌شود.



شکل ۱. معرفی نماتدهای نماینده از گروه‌های چهارگانهٔ تغذیه‌ای (طبقه‌بندی Wieser, 1953)
A- Selective deposit feeder, *Terschellingia* sp.
B- Non-selective deposit feeder, *Camacolaimus* sp.
C- Epistrate feeder, *Euchromadora* sp.
D- Predator/Omnivor, *Sphaerolaimus* sp.

این طبقه‌بندی بر اساس شواهد تجربی، دارای نقص‌ها و کمبودهایی بود. مثلاً نماتدها ممکن است استراتژی تغذیه‌ای انعطاف‌پذیر داشته باشند، یعنی قادر به تغییر نوع تغذیهٔ خود باشند. این نوع طبقه‌بندی بیشتر برای نماتدهایی که در بعضی زیستگاه‌ها (رسوبات کم‌عمق) زندگی می‌کردند، تأیید شد و برای نماتدهای واقع در زیستگاه‌هایی مثل اعماق دریا، قابل انطباق نبود. ازاین‌رو Moens و Vincx (۱۹۹۷)، یک طبقه‌بندی اصلاح‌شده را بر اساس مشاهدات واقعی از رفتارهای تغذیه‌ای گونه‌های مختلف نماتدهای خور (Estuarine nematodes) پیشنهاد کردند.

ب-طبقه‌بندی Moens و Vincx (۱۹۹۷)، بر اساس رفتار تغذیه‌ای: این طبقه‌بندی شامل شش گروه تغذیه‌ای است (شکل ۲):
ب-۱- ریز خواران (Microvores): نماتدهایی که منحصراً روی باکتری‌ها و یا مواد آلی حل‌شده تغذیه می‌کنند (این گروه در طبقه‌بندی Wieser (۱۹۵۳)، تحت عنوان "تەنشین خواران انتخابی" بودند).
ب-۲- تەنشین خواران (Deposit feeders): که تحت عنوان فرصت‌طلب خواران (Opportunistic feeder) هم نامیده می‌شوند، چون سعی می‌کنند از هر مادهٔ غذایی که در محیط وجود داشته باشد، تغذیه کنند اما عمدتاً از باکتری‌ها، دیاتومه‌ها و یا از ریز جلبک‌ها تغذیه می‌کنند. بعضی مواقع قادر به شکار گری از دیگر میوبنتوزها نیز هستند (این گروه در طبقه‌بندی Wieser (۱۹۵۳)، تحت عنوان "تەنشین خواران غیر انتخابی" بودند). از نماتدهای مهم این گروه .*Daptonema* sp و .*Theristus* sp را می‌توان نام برد. مطالعات Sahraean و همکاران (۲۰۱۷)، نشان داد که نماتدهای این گروه شامل .*Paramonhystera* sp، .*Daptonema* sp و .*Promonhystera* sp، غالبیت نماتدها در ساحل آلوده به فاضلاب‌های شهری، واقع در اسکلهٔ حقانی بندرعباس را تشکیل داده‌اند.
گروه کوچکی از نماتدهای گروه ۲، چون بیشتر از مژک‌داران تغذیه می‌کردند، گروه مستقلی (گروه ۳) را ایجاد کردند:
ب-۳- مژک خواران (Ciliate feeders): نماتدهایی که بیشتر از مژک‌داران (از تک یاختگان) و همچنین از باکتری‌ها تغذیه می‌کنند.
ب-۴- روی رویش خوارها (Epigrowth feeders): نماتدهایی که عمدتاً روی دیاتومه‌ها و ریز جلبک‌ها (Microalges)، به طریق مشابهی که در مورد تەنشین خوارها گفته شد، تغذیه می‌کنند. در این نوع تقسیم‌بندی، گروه روی رویش خواران به

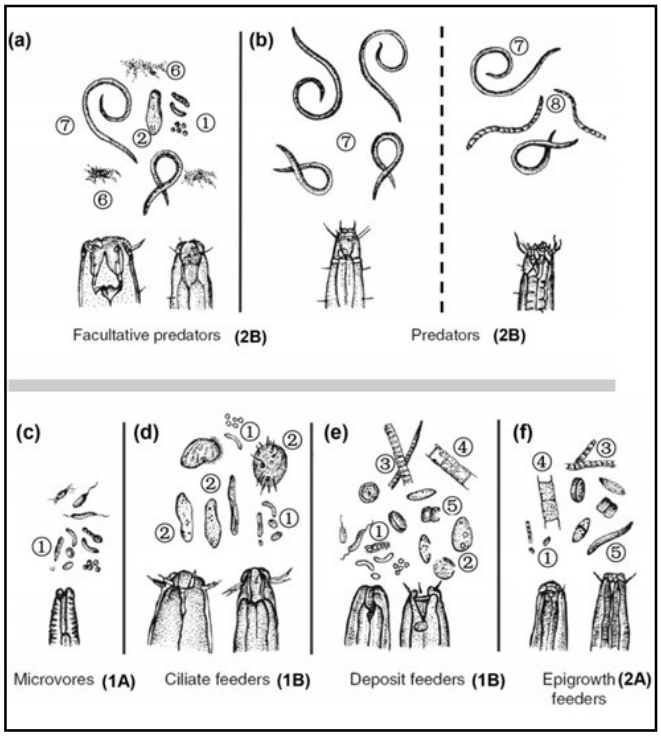
عنوان یک گروه مستقل حفظ شد، اما بعضی نماتدهایی که در طبقه‌بندی قبل جزو Predators/Omnivores قرار می‌گرفتند، به این گروه اضافه شدند. در حقیقت در این نوع طبقه‌بندی، صرف داشتن دندان‌های برجسته و حنجرهٔ عضلانی در نماتد، به منزلهٔ رژیم تغذیه‌ای شکار گری به‌حساب نیامده است، بلکه چنین نماتدهایی ممکن است از ریز جلبک‌ها (Microalgal grazers)، تغذیه کنند مانند *Metachromadora* sp. ،*Hypodontolaimus* sp. و*Ptycholaimellus* sp.**.**

در این تقسیم‌بندی، شکار گرها نیز به دو گروه مستقل زیر تفکیک شدند.

ب-۵- شکار گرهای اختیاری (Facultative predators): این نماتدها رژیم تغذیه‌ای لاشه خواری (Scavengers) دارند و کلاً از اقلام گوناگونی نظیر خرده‌ریزها (Detritus) و آغازیان (Protists) هم تغذیه می‌کنند، اما خصوصیت ویژهٔ آن‌ها در این طبقه‌بندی این است که بتوانند شکار خود را فعالانه بگیرند. جنس Viscosia از مهم‌ترین این شکار گرهاست.

ب-۶- شکار گرها (Predators): این گروه شامل شکار گرهای واقعی هستند که عمدتاً یا منحصراً از میوبنتوزها (مثل خود نماتدها) تغذیه می‌کنند. جنس Enoploides از شکار گرهای این گروه است.

به‌طورکلی، این نوع طبقه‌بندی تأکید دارد که خیلی از نماتدهای دریا زی ممکن است رژیم تغذیه‌ای کاملاً قابل‌انعطاف داشته باشند و بنابراین بسته به نوع غذای در دسترس، رژیم تغذیه‌ای خود را تغییر دهند. مثلاً یک نماتد ته‌نشین خوار، ممکن است شکار گر هم باشد.



شکل ۲. طبقه‌بندی نماتدها از لحاظ رژیم تغذیه‌ای (طبقه‌بندی Moens and Vincx, 1997)

(اقتباس از: Du *et al.*, 2014)

۶- پراکنش زمانی نماتدها

پراکنش زمانی نماتدها تحت تأثیر عوامل زنده و غیرزنده قرار می‌گیرد که در زیر به آن‌ها پرداخته می‌شود:

۶-الف- دما: دما در محیط‌های دریایی یک عامل مهم غیر زیستی است. به طوری که حتی تغییرات جزئی دما می‌تواند بر فعالیت‌های تولیدمثلی و متابولیسمی نماتدها تأثیر بگذارد (Moens and Vincx, 1997). دما به‌طور مستقیم بر فراوانی نماتدها (از طریق گرفتن آب بدن (Dehydration) و تولیدمثل) و همچنین به‌طور غیرمستقیم، از طریق کنترل رشد غذای آن‌ها، مثل باکتری‌ها و دیاتوم‌ها، تأثیرگذار است.

۶ – ب- میزان بارندگی (Precipitation): بارش نیز می‌تواند یکی از عوامل نوسانات جمعیتی فصلی در نماتدها باشد. تحقیقات ثابت کرده است که در مناطق گرمسیری، بارندگی‌های دوره‌ای، روی تراکم نماتدها تأثیر می‌گذارد (Ingole and Parulekar; 1998, Pattnaik and Lakshmana Rao, 1990; Venekey *et al.*, 2014b).

۶-ج- شوری: شوری عامل مهم دیگری است که بر توزیع زمانی و مکانی نماتدهای دریا زی مؤثر است. نوسانات شوری با دوره‌های فصلی بارش ارتباط دارد به طوری که در فصول پر بارش، شوری کاهش می‌یابد و در فصول کم بارش، شوری افزایش می‌یابد (Paranhos and Mayr, 1993).

۶-د- در دسترس بودن غذا: یکی دیگر از عواملی که باعث ایجاد تغییرات زمانی و مکانی در جمعیت نماتدهای دریا زی می‌شود، در دسترس بودن غذاست (Heip *et al.*, 1985; Moens *et al.*, 2013). به‌عنوان‌مثال، تراکم نماتدهای با یک نوع تغذیه در یک محل، نشان‌دهندهٔ فراوانی آن نوع منبع غذایی برای آن دسته یا گروه از نماتدها است، به طوری که نوع تغذیه و نوع نماتدها نیز باهم ارتباط دارند (Austen and Warwick, 1995; Ólafsson and Elmgren, 1997; Kendall *et al.*, 1995).

۷- پراکنش مکانی نماتدها

نماتدهای دریا زی از الگوهای توزیع مکانی، در مقیاس‌های بزرگ و کوچک برخوردار هستند. پراکنش مکانی نماتدها تحت تأثیر عوامل فیزیکی و شیمیایی ازجمله دما، شوری، اندازهٔ دانهٔ رسوبات و غلظت اکسیژن محلول (Nozais *et al.*, 2005; Adão *et al.*, 2009; Steyaert *et al.*, 2003; Hourston *et al.*, 2005) و همچنین عوامل بیولوژیک مانند کیفیت و کمیت غذا، تأثیرات شکار گری گونه‌ها، رقابت بین گونه‌ها و همچنین پتانسیل‌های تولیدمثلی آن‌ها قرار می‌گیرد (Gallucci *et al.*, 2005; Montagna *et al.*, 1983; Rudnick *et al.*, 1985; Moens *et al.*, 1999; Dos Santos and Moens, 2011; Maria *et al.*, 2012; Urban-Malinga *et al.*, 2016).

معمولاً عوامل فیزیکی و شیمیایی تعیین‌کنندهٔ الگوی پراکنش، در مقیاس بزرگ (مثلاً مقیاس کیلومتر)، درحالی‌که عوامل بیولوژیک تعیین‌کنندهٔ این الگو در مقیاس کوچک (مثلاً مقیاس کمتر از یک متر) هستند (Moens *et al.*, 2013; Heip *et al.*, 1985). به‌طورکلی، نماتدهای دریا زی تحت تأثیر برآیند و اثرات متقابل فاکتورهای اشاره‌شده قرار می‌گیرند که درنهایت منجر به توزیع و پراکنش آن‌ها در محیط می‌شود.

در زیر به برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی که در پراکنش مکانی نماتدهای دریا زی مؤثرند، اشاره می‌شود:

-شوری: شوری عامل مهمی است که اهمیت بسیار زیادی بر پراکنش نماتدها به ویژه در زیستگاه خور دارد (Adão *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2012). رابطهٔ قوی بین شیب شوری (Salinity gradient) و ساختار جوامع نماتدی گزارش شده است و در زیستگاه خور، توزیع نماتدها بر اساس نوع تغذیه با شوری، ارتباط دارد (Austen, 1989).

-اندازهٔ رسوبات: چون نماتدهای دریا زی به‌طور مداوم در رسوبات زندگی می‌کنند، هرگونه تغییر در خصوصیات رسوبات (اندازه و شکل ذرات، دانه‌بندی و فضای بین ذرات)، بر ساختار جمعیتی نماتدها اثر می‌گذارد (Giere, 2009). Boyd و همکاران (۲۰۰۰)، گزارش کرده‌اند که نماتدها نسبت به ماکروبنتوزها نسبت به تغییرات ساختار رسوبات، حساس‌تر هستند. اندازهٔ ذرات رسوبات، روی تنوع گونه‌ای نماتدها در یک منطقه تأثیر دارند. به این صورت که معمولاً رسوبات دانه درشت از غنای گونه‌ای بیشتری نسبت به رسوبات دانه ریز برخوردار هستند (Vanaverbeke *et al.*, 2002; Vanaverbeke *et al.*, 2011;

Semprucci *et al.*, 2010). به همین ترتیب ترکیب ساختار جمعیتی نماتدها نیز با توجه به ویژگی‌های دانه‌بندی (Granulometry) رسوبات، تغییر می‌کند (Heip *et al.*, 1985; Vanaverbeke *et al.*, 2002; Vanaverbeke *et al.*, 2011; Vincx *et al.*, 1990; Wieser, 1959; Fonseca *et al.*, 2014).

ویژگی و ساختار رسوبات همچنین سایر جنبه‌های محیطی رسوب، مانند در دسترس بودن مواد آلی را تعیین می‌کند (Coull, 1985; Danovaro and Gambi, 2002). به‌طورکلی خاک‌های رسی و سیلتی، مواد آلی بیشتری نسبت به رسوبات شنی و ماسه‌ای در خود نگه می‌دارند. در این ارتباط، گزارش شده است که محتوای مواد آلی رسوبات، می‌تواند بخشی از پراکنش مکانی نماتدهای دریا زی، در برخی از زیستگاه‌های دریایی را توضیح دهد (Ólafsson and Elmgren, 1997; Schratzberger *et al.*, 2006). ذرات ریز ممکن است ماده آلی بیشتری در خود نگه‌دارند که این خود ممکن است باعث افزایش زیست توده و تراکم نماتدها شود که دلیلی بر افزایش فراوانی نماتدها در خاک‌های دانه ریز شنی است (Adão *et al.*, 2009).

آلودگی: آلودگی محیط یکی دیگر از عوامل مهم غیر زیستی است که بر الگوی توزیع نماتدهای دریا زی تأثیر می‌گذارد. این اثرات بستگی به نوع آلاینده ها، میزان در معرض قرار گرفتن و سایر شرایط میدانی دارد .آلودگی از طریق تغییر در فراوانی، تنوع، ترکیب جوامع نماتدها از لحاظ رژیم تغذیه‌ای و همچنین توانایی تولیدمثل، بر روی نماتدهای دریا زی تأثیر می‌گذارد (Balsamo *et al.*, 2012, Nanajkar and Ingole; 2010; Kang *et al.*, 2014).

توصیه ترویجی

نماتدها یکی از مهم‌ترین گروه‌های جانوری در زیست‌بوم‌های دریایی هستند که نقش‌های منحصربه‌فردی را ایفا می‌کنند که لازم است در کشور ما مورد توجه قرار گرفته و در برنامه‌های پژوهشی مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی وارد شوند. اولین قدم در تحقق این برنامه‌ها، شناسایی و رده‌بندی این موجودات با توجه به غنای گونه‌ای فوق‌العاده آن‌هاست. در قدم‌های بعدی، توجه به جنبه‌های کاربردی، نظیر استفاده به عنوان شاخص‌های زیستی و تعیین سلامت زیست‌بوم‌های دریایی و همین طور دست‌یابی به دانش استفاده از آن‌ها به عنوان غذای زنده در آبزی‌پروری و شیلات، می‌تواند موردتوجه قرار گیرد. این پژوهش‌ها نه‌تنها از لحاظ تنوع زیستی کشور می‌تواند ارزشمند باشد، بلکه نقش مهمی در آگاهی از زیست‌بوم‌های دریایی به منظور مدیریت صحیح و پایدار اکوسیستم‌ها خواهد داشت.

منابع

1- Adão, H., Alves, A.S., Patrício, J., Neto, J.M., Costa, M.J. and Marques, J.C., 2009. Spatial distribution of subtidal Nematoda communities along the salinity gradient in southern European estuaries. *acta oecologica*, *35*(2), pp.287-300.
2- Aguinaldo, A.M.A., Turbeville, J.M., Linford, L.S., Rivera, M.C., Garey, J.R., Raff, R.A. and Lake, J.A., 1997. Evidence for a clade of nematodes, arthropods and other moulting animals. *Nature*, *387*(6632), pp.489-493.
3- Alkemade, R., Wielemaker, A., De Jong, S. and Sandee, A.J.J., 1992. Experimental evidence for the role of bioturbation by the marine nematode Diplolaimella dievengatensis in stimulating the mineralization of Spartina anglica detritus. *Marine Ecology Progress Series*, *90*.
4- Aller, R.C. and Aller, J.Y., 1992. Meiofauna and solute transport in marine muds. *Limnology and oceanography*, *37*(5), pp.1018-1033.

5- Austen, M.C. and Warwick, R.M., 1989. Comparison of univariate and multivariate aspects of estuarine meiobenthic community structure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *29*(1), pp.23-42.
6- Austen, M.C. and Warwick, R.M., 1995. Effects of manipulation of food supply on estuarine meiobenthos. *Hydrobiologia*, *311*(1-3), pp.175-184.
7- Baldwin, J.G., Nadler, S.A. and Wall, D.H., 2000. Nematodes: pervading the earth and linking all life. *Nature and human society, the quest for a sustainable world*, pp.176-91.
8- Balsamo, M., Semprucci, F., Frontalini, F. and Coccioni, R., 2012. Meiofauna as a tool for marine ecosystem biomonitoring. *Marine ecosystems*, *4*, pp.77-104.
9- Boucher, G. and Lambshead, P.J.D., 1995. Ecological biodiversity of marine nematodes in samples from temperate, tropical, and deep-sea regions. *Conservation Biology*, *9*(6), pp.1594-1604.
10- Boyd, J. and Banzhaf, S., 2007. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological economics*, *63*(2-3), pp.616-626.
11- Boyd, S.E., Rees, H.L. and Richardson, C.A., 2000. Nematodes as sensitive indicators of change at dredged material disposal sites. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *51*(6), pp.805-819.
12- Brüggemann, J., 2012. Nematodes as live food in larviculture–a review. *Journal of the World Aquaculture Society*, *43*(6), pp.739-763.
13- Carugati, L., Corinaldesi, C., Dell'Anno, A. and Danovaro, R., 2015. Metagenetic tools for the census of marine meiofaunal biodiversity: an overview. *Marine genomics*, *24*, pp.11-20.
14- hen, C.A., Long, S.M. and Rosli, N.M., 2012. Spatial distribution of tropical estuarine nematode communities in Sarawak, Malaysia (Borneo). *Raffles Bulletin of Zoology*, *60*(1), pp.173-181.
15- Coomans, A., 2000. Nematode systematics: past, present and future. *Nematology*, *2*(1), pp.3-7.
16- Coull, B.C., 1985. Long-term variability of estuarine meiobenthos: an 11 year study. *Marine ecology progress series. Oldendorf*, *24*(3), pp.205-218.
17- Coull, B.C., 1990. Are members of the meiofauna food for higher trophic levels?. *Transactions of the American Microscopical Society*, pp.233-246.
18- Coull, B.C., 1999. Role of meiofauna in estuarine soft-bottom habitats. *Australian Journal of Ecology*, *24*(4), pp.327-343.
19- Danovaro, R. and Gambi, C., 2002. Biodiversity and trophic structure of nematode assemblages in seagrass systems: evidence for a coupling with changes in food availability. *Marine Biology*, *141*(4), pp.667-677.
20- Danovaro, R., Gambi, C. and Della Croce, N., 2002. Meiofauna hotspot in the Atacama Trench, eastern south Pacific Ocean. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, *49*(5), pp.843-857.
21- Danovaro, R., Gambi, C., Höss, S., Mirto, S., Traunspurger, W. and Zullini, A., 2009. Case studies using nematode assemblage analysis in aquatic habitats. *Nematodes as enviornmental indicators. Wallingford, UK: CABI publishing*, pp.146-171.

22- De Mesel, I., Derycke, S., Swings, J., Vincx, M. and Moens, T., 2003. Influence of bacterivorous nematodes on the decomposition of cordgrass. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *296*(2), pp.227-242.
23- Dos Santos, G.A. and Moens, T., 2011. Populations of two prey nematodes and their interaction are controlled by a predatory nematode. *Marine Ecology Progress Series*, *427*, pp.117-131.
24- Du, Y., Gao, S., Warwick, R.M. and Hua, E., 2014. Ecological functioning of free-living marine nematodes in coastal wetlands: an overview. *Chinese science bulletin*, *59*(34), pp.4692-4704.
25- Findlay, S. and Tenore, K.R., 1982. Effect of a Free-Living Marine Nematode(Diplolaimella chitwoodi) on Detrital Carbon Mineralization. *Marine ecology progress series. Oldendorf*, *8*(2), pp.161-166.
26- Fonseca, G., Hutchings, P. and Gallucci, F., 2011. Meiobenthic communities of seagrass beds (Zostera capricorni) and unvegetated sediments along the coast of New South Wales, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *91*(1), pp.69-77.
27- Fonseca, G., Maria, T.F., Kandratavicius, N., Venekey, V., Gheller, P.F. and Gallucci, F., 2014. Testing for nematode–granulometry relationships. *Marine Biodiversity*, *44*(3), pp.435-443.
28- Gallucci, F., Steyaert, M. and Moens, T., 2005. Can field distributions of marine predacious nematodes be explained by sediment constraints on their foraging success?. *Marine Ecology Progress Series*, *304*, pp.167-178.
29- Gee, J.M., 1989. An ecological and economic review of meiofauna as food for fish. *Zoological journal of the Linnean Society*, *96*(3), pp.243-261.
30- Giere, O., 2008. *Meiobenthology: the microscopic motile fauna of aquatic sediments*. Springer Science & Business Media.
31- Heip, C., Vincx, M. and Vranken, G., 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanography and Marine Biology,* 23(3), pp.399-489.
32- Hourston, M., Warwick, R.M., Valesini, F.J. and Potter, I.C., 2005. To what extent are the characteristics of nematode assemblages in nearshore sediments on the west Australian coast related to habitat type, season and zone?. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *64*(4), pp.601-612.
33- Hugot, J.P., Baujard, P. and Morand, S., 2001. Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. *Nematology*, *3*(3), pp.199-208.
34- Ingole, B.S. and Parulekar, A.H., 1998. Role of salinity in structuring the intertidal meiofauna of a tropical estuarine beach: field evidence. *Indian Journal of Marine Sciences,* 27(3)**,** pp.356-361.
35- Jensen, P., 1987. Feeding ecology of free-living aquatic nematodes. *Marine Ecology Progress Series*, *35*(1953), pp.187-196.
36- Kang, T., Min, W.G., Rho, H.S., Park, H.S. and Kim, D., 2014. Differential responses of a benthic meiofaunal community to an artificial oil spill in the intertidal zone. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *94*(2), pp.219-231.
37- Kendall, M.A., Davey, J.T. and Widdicombe, S., 1995. The response of two estuarine benthic communities to the quantity and quality of food. *Hydrobiologia*, *311*(1-3), pp.207-214.

38- Kennedy, A.D. and Jacoby, C.A., 1999. Biological indicators of marine environmental health: meiofauna–a neglected benthic component?. *Environmental Monitoring and Assessment*, *54*(1), pp.47-68.
39- Lambshead, P.J.D., 1993. Recent developments in marine benthic biodiversity reserch. *Oceanis*, *19*, pp.5-24.
40- Mahmoudi, E., Essid, N., Beyrem, H., Hedfi, A., Boufahja, F., Vitiello, P. and Aissa, P., 2005. Effects of hydrocarbon contamination on a free living marine nematode community: results from microcosm experiments. *Marine Pollution Bulletin*, *50*(11), pp.1197-1204.
41- Maria, T.F., Vanaverbeke, J., Esteves, A.M., De Troch, M. and Vanreusel, A., 2012. The importance of biological interactions for the vertical distribution of nematodes in a temperate ultra-dissipative sandy beach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *97*, pp.114-126.
42- Moens, T., Braeckman, U., Derycke, S., Fonseca, G., Gallucci, F., Ingels, J., Leduc, D., Vanaverbeke, J., Van Colen, C., Vanreusel, A. and Vincx, M., 2013. Ecology of free-living marine nematodes. In *Handbook of zoology: Gastrotricha, Cycloneuralia and Gnathifera, vol. 2: Nematoda* (pp. 109-152). De Gruyter.
43- Moens, T., Verbeeck, L., de Maeyer, A., Swings, J. and Vincx, M., 1999. Selective attraction of marine bacterivorous nematodes to their bacterial food. *Marine Ecology Progress Series*, *176*, pp.165-178.
44- Moens, T. and Vincx, M., 1997. Observations on the feeding ecology of estuarine nematodes. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *77*(1), pp.211-227.
45- Montagna, P.A., Coull, B.C., Herring, T.L. and Dudley, B.W., 1983. The relationship between abundances of meiofauna and their suspected microbial food (diatoms and bacteria). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *17*(4), pp.381-394.
46- Moreno, M., Semprucci, F., Vezzulli, L., Balsamo, M., Fabiano, M. and Albertelli, G., 2011. The use of nematodes in assessing ecological quality status in the Mediterranean coastal ecosystems. *Ecological Indicators*, *11*(2), pp.328-336.
47- Munro, A.L.S., Wells, J.B.J. and McIntyre, A.D., 1978. Energy flow in the flora and meiofauna of sandy beaches. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh, Section B: Biological Sciences*, *76*(4), pp.297-315.
48- Nanajkar, M. and Ingole, B., 2010. Impact of sewage disposal on a nematode community of a tropical sandy beach. *Journal of Environmental Biology, 31*(2)**,** pp.819-826.
49- Nozais, C., Perissinotto, R. and Tita, G., 2005. Seasonal dynamics of meiofauna in a South African temporarily open/closed estuary (Mdloti Estuary, Indian Ocean). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *62*(1-2), pp.325-338.
50- Ólafsson, E.L.M.G.R.E.N. and Elmgren, R., 1997. Seasonal dynamics of sublittoral meiobenthos in relation to phytoplankton sedimentation in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *45*(2), pp.149-164.
51- Paranhos, R. and Mayr, L.M., 1993. Seasonal patterns of temperature and salinity in Guanabara Bay, Brazil. *Fresenius Environmental Bulletin*, *2*(11), pp.647-652.
52- Pattnaik, A. and Rao, M.V., 1990. Composition and distribution of interstitial meiofauna of the sandy beach at Gopalpur, south Orissa coast.

53- Piot, A., Nozais, C. and Archambault, P., 2014. Meiofauna affect the macrobenthic biodiversity–ecosystem functioning relationship. *Oikos*, *123*(2), pp.203-213.
54- Rudnick, D.T., Elmgren, R. and Frithsen, J.B., 1985. Meiofaunal prominence and benthic seasonality in a coastal marine ecosystem. *Oecologia*, *67*(2), pp.157-168.
55- Sahraean, N., Hosseinzadeh Sahafi, H., Mosallanejad, H. and Ingels, J., *In press*. Temporal variability and industrial pollution effects on marine nematode assemblages from Iranian beaches (Bandar Abbas, Persian Gulf).
56- Sahraean, N., Bezerra, T.C., Khanaghah, K.E., Mosallanejad, H., Van Ranst, E. and Moens, T., 2017. Effects of pollution on nematode assemblage structure and diversity on beaches of the northern Persian Gulf. *Hydrobiologia*, *799*(1), pp.349-369.
57- Schratzberger, M., Bolam, S., Whomersley, P. and Warr, K., 2006. Differential response of nematode colonist communities to the intertidal placement of dredged material. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *334*(2), pp.244-255.
58- Semprucci, F. and Balsamo, M., 2012. Free-living marine nematodes as bioindicators: past, present and future perspectives. *Environmental Research Journal*, *6*(1), pp.17-36.
59- Semprucci, F., Colantoni, P., Baldelli, G., Rocchi, M. and Balsamo, M., 2010. The distribution of meiofauna on back-reef sandy platforms in the Maldives (Indian Ocean). *Marine Ecology*, *31*(4), pp.592-607.
60- Semprucci, F., Losi, V. and Moreno, M., 2015. A review of Italian research on free-living marine nematodes and the future perspectives on their use as Ecological Indicators (EcoInds). *Mediterranean Marine Science*, *16*(2), pp.352-365.
61- Seychelles, L.H., Happe, S., Palacios, E., Ludwig, M., Hollmer, S., Ehlers, R.U., Schulz, C. and Mercier, L., 2018. Successful rearing of whiteleg shrimp Litopenaeus vannamei larvae fed a desiccation-tolerant nematode to replace Artemia. *Aquaculture Nutrition*, *24*(2), pp.903-910.
62- Snelgrove, P.V., 1999. Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats: ocean bottoms are the most widespread habitat on earth and support high biodiversity and key ecosystem services. *Bioscience*, *49*(2), pp.129-138.
63- Snelgrove, P.V., 1997. The importance of marine sediment biodiversity in ecosystem processes. *Ambio*, pp.578-583.
64- Steyaert, M., Vanaverbeke, J., Vanreusel, A., Barranguet, C., Lucas, C. and Vincx, M., 2003. The importance of fine-scale, vertical profiles in characterising nematode community structure. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *58*(2), pp.353-366.
65- Vanaverbeke, J., Gheskiere, T., Steyaert, M. and Vincx, M., 2002. Nematode assemblages from subtidal sandbanks in the Southern Bight of the North Sea: effect of small sedimentological differences. *Journal of Sea Research*, *48*(3), pp.197-207.
66- Vanaverbeke, J., Merckx, B., Degraer, S. and Vincx, M., 2011. Sediment-related distribution patterns of nematodes and macrofauna: Two sides of the benthic coin?. *Marine Environmental Research*, *71*(1), pp.31-40.
67- Vanreusel, A., De Groote, A., Gollner, S. and Bright, M., 2010. Ecology and biogeography of free-living nematodes associated with chemosynthetic environments in the deep sea: a review. *PLoS One*, *5*(8).
68- Venekey, V., Santos, P.J.P.D. and Fonsêca-Genevois, V.G.D., 2014. The influence of tidal and rainfall cycles on intertidal nematodes: a case study in a tropical sandy beach. *Brazilian Journal of Oceanography*, *62*(4), pp.247-256.

69- Vezzulli, L., Moreno, M., Marin, V., Pezzati, E., Bartoli, M. and Fabiano, M., 2008. Organic waste impact of capture-based Atlantic bluefin tuna aquaculture at an exposed site in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *78*(2), pp.369-384.
70- Wieser, W., 1953. Die Beziehung zwischen Mungdhlengestalt, Ernahrungsweise und vorkommen bei freilebenden marine Nematoden. *Archives fur Zoologie*, *4*(26), pp.436-484.
71- Wieser, W., 1959. The effect of grain size on the distribution of small invertebrates inhabiting the beaches of Puget Sound. *Limnology and Oceanography*, *4*(2), pp.181-194.
72- Zeppilli, D., Leduc, D., Fontanier, C., Fontaneto, D., Fuchs, S., Gooday, A.J., Goineau, A., Ingels, J., Ivanenko, V.N., Kristensen, R.M. and Neves, R.C., 2018. Characteristics of meiofauna in extreme marine ecosystems: a review. *Marine Biodiversity*, *48*(1), pp.35-71.
73- Zeppilli, D., Sarrazin, J., Leduc, D., Arbizu, P.M., Fontaneto, D., Fontanier, C., Gooday, A.J., Kristensen, R.M., Ivanenko, V.N., Sørensen, M.V. and Vanreusel, A., 2015. Is the meiofauna a good indicator for climate change and anthropogenic impacts?. *Marine Biodiversity*, *45*(3), pp.505-535.
74- Zotz, G. and Traunspurger, W., 2016. What´ s in the tank? Nematodes and other major components of the meiofauna of bromeliad phytotelms in lowland Panama. *BMC ecology*, *16*(1), p.9.