

مقاله کوتاه

Didymosphenia geminata (Lyngbye) M.Schmidt
تهدیدی برای اکوسیستم رودخانه کرج، البرز مرکزی، ایران

سمیه خیری^{*۱}

*۱- نویسنده مسئول، استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

پست الکترونیک: Kheiri@rif-ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۶

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۲۷

چکیده

دیاتومه‌ها متنوع‌ترین جلبک‌های تک‌سلولی هستند که حاوی رنگیزه‌های فوکوگزانتین و کلروفیل a و c هستند. این گروه به‌عنوان جلبک‌ها، گروه آغازین زنجیره غذایی در اکوسیستم‌های آبی به حساب می‌آیند. باوجود این، گونه‌ای از آنها با نام علمی *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M.Schmidt به‌عنوان گونه مهاجم در آمریکای شمالی، اروپا، نیوزیلند و استرالیا شناخته شده است که مشکلات زیست‌محیطی زیادی به‌بار آورده است. در بررسی انجام شده در مورد شناسایی فلور دیاتومه‌های رودخانه کرج، حضور این گونه در ایستگاه پایین‌دست سد کرج به‌عنوان گونه غالب با فراوانی ۱۰٪ در دی‌ماه ۱۳۹۰ مشهود بود. غالب بودن این گونه در رودخانه، زنگ خطری برای اکوسیستم رودخانه کرج به حساب می‌آید. از این رو به‌منظور حفاظت از اکوسیستم رودخانه کرج، انجام برنامه‌های پایش به‌صورت سالیانه ضروری است که در صورت مشاهده شیوع بالای گونه در سال‌های دیگر، باید تدابیری در مورد پاک‌سازی گونه از این رودخانه انجام شود.

واژه‌های کلیدی: دیاتومه، مهاجم، *Didymosphenia geminata*، رودخانه کرج.

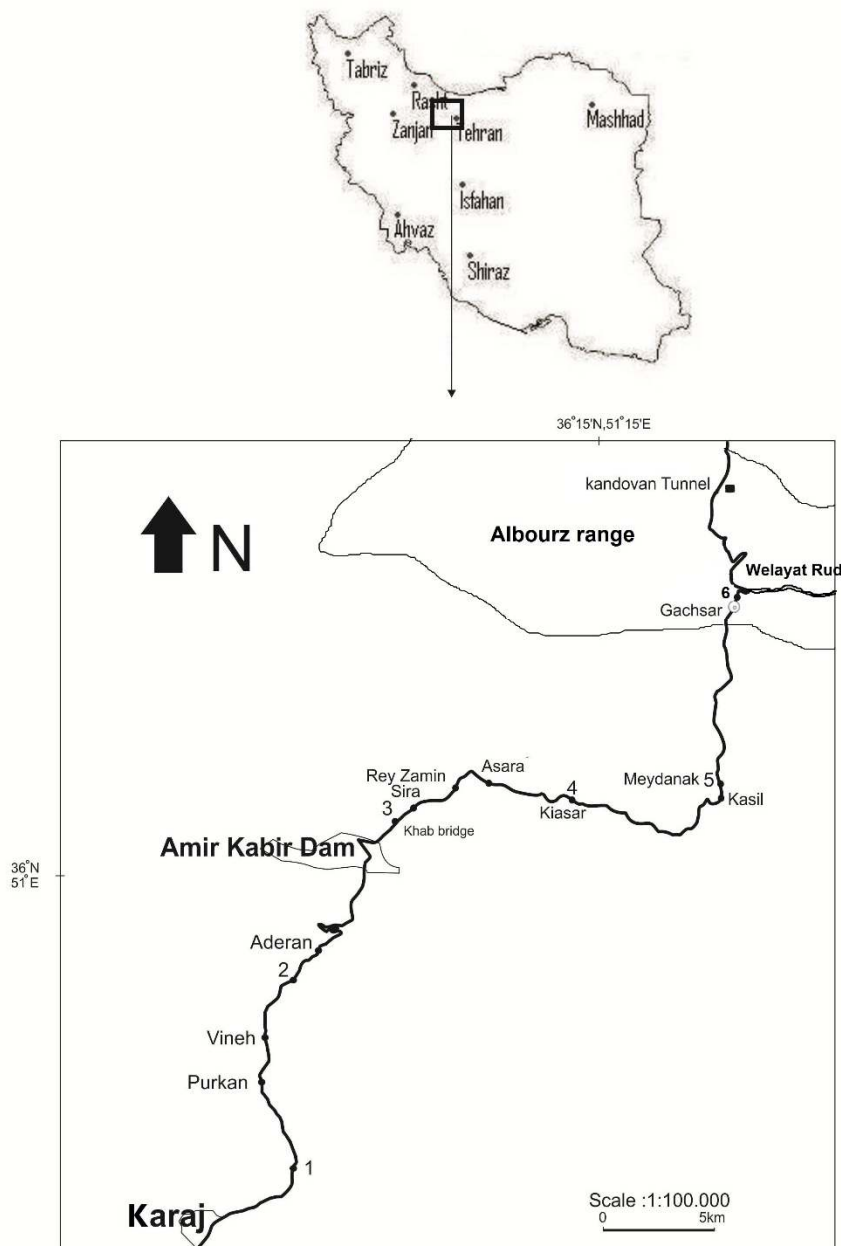
گونه مهاجم ظهور پیدا کرد (Sherbot and Bothwell, 1993). این گونه برای نخستین بار از ایالت بریتیش کلمبیای کانادا گزارش شده بود (Lord, 1866). با این همه به‌سرعت در آمریکای شمالی، نیوزیلند، اروپا و آسیا به‌صورت توده‌های عظیمی در رودخانه‌ها گسترش پیدا کرد و در نتیجه شیوع بالا، شرایط فیزیکی و زیستی رودخانه‌ها را تغییر داده و مشکلات زیست‌محیطی زیادی به بار آورد. از جمله باعث کاهش تنوع زیستی بی‌مهرگان و نیز انواع دیاتومه‌ها در رودخانه‌هایی شده است که این گونه در آنها شیوع دارد. رشته‌های خارج سلولی که این

دیاتومه‌ها گروه بزرگی از جلبک‌های تک‌سلولی یوکاریوت هستند که دیواره سیلیسی دارند و تعداد زیادی از گونه‌های آن به‌عنوان شاخص زیستی در اکوسیستم‌های آبی حائز اهمیت هستند (Kuwata and Jewson, 2015; Alakananda et al., 2011). این گروه از جلبک‌ها، گروه آغازین زنجیره غذایی در اکوسیستم‌های آبی به حساب می‌آیند (Cox, 1996). باوجود این، در سال‌های اخیر گونه‌ای از دیاتومه‌ها با نام علمی *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M.Schmidt با ظهور در شهر ونکوور کانادا (۱۹۹۳) و تولید توده‌هایی عظیم به‌عنوان

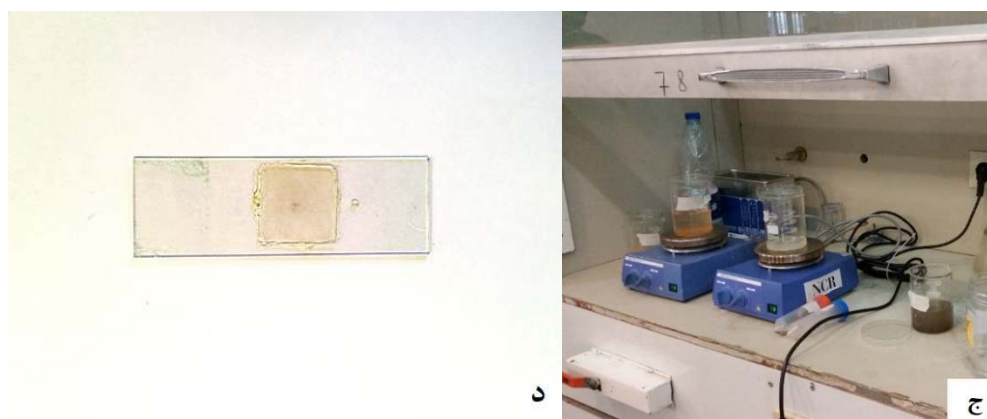
پایین دست سد کرج برای نمونه برداری انتخاب شدند (شکل ۱ و جدول ۱). نمونه برداری به صورت ماهیانه و در فصول مختلف سال با مسواک کردن از روی سنگ‌های بستر رودخانه انجام شد. در مجموع، ۷۲ نمونه دیاتومه تهیه شد و نمونه‌ها در آزمایشگاه برای زوده شدن کلروفیل و رنگیزه‌های دیگر با پراکسید هیدروژن ۳۷٪ به مدت ۴ تا ۸ ساعت جوشانده شدند. همچنین، برای از بین بردن مواد معدنی چند قطره اسید کلریدریک به سوسپانسیون اضافه شد. در نهایت، نمونه‌ها به طور متوالی با آب مقطر شستشو شدند تا اسید اضافی از سوسپانسیون حذف شود. لام‌های دائمی با فیکس کردن نمونه‌ها با چسب نفراکس روی هات‌پلیت تهیه و با میکروسکوپ Nikon Eclipse Ci بررسی شدند (شکل‌های ۲، الف-د). عکس برداری از والو دیاتومه‌ها با دوربین Nikon Ds-Fil انجام شد. شناسایی نمونه‌ها مطابق با فلور اروپا (Krammer and Lange-Bertalot, 1986) انجام گردید (شکل ۳). برای محاسبه فراوانی نسبی ۳۰۰ والو در لام شمارش شد و نسبت تعداد والوهای گونه‌ای به کل براساس درصد محاسبه شد.

گونه تولید می‌کند از جنس نوعی موکوپلی ساکارید مقاوم است که مانع از تجزیه شدن توسط باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌شود (Spaulding and Elwell, 2007). البته شکوفایی *Didymosphenia geminata* تهدیدی برای اکوسیستم رودخانه‌ها به حساب می‌آید. به این صورت که ازدیاد بیش از حد این گونه در رودخانه، با حذف بی‌مهرگان و دیاتومه‌های با اندازه بزرگ، امکان رشد و ازدیاد گونه‌های فرصت طلب و کوچک را فراهم می‌کند. از این رو، در چنین شرایطی تغییرات بزرگی در رژیم غذایی و تنوع زیستی این اکوسیستم‌های آبی به وجود می‌آید. بی‌مهرگان و دیاتومه‌هایی با اندازه بزرگ غذای ماهی‌هایی مانند سالمون هستند. بنابراین بیم آن می‌رود که شیوع این گونه باعث تغییر در جمعیت ماهی‌ها و سایر موجوداتی شود که از این موجودات تغذیه می‌کنند (Spaulding and Elwell, 2007; Ladrera et al., 2018).

در مطالعه‌ای که روی ساختار و تغییرات فصلی دیاتومه‌ها در امتداد رودخانه کرج در سال ۱۳۹۰ انجام شد چهار ایستگاه در بالادست سد کرج و دو ایستگاه در



شکل ۱- ایستگاه‌های نمونه‌برداری ۱ تا ۶، رودخانه کرج



شکل ۲-الف، کلنی دیاتومه‌ها روی سنگ (اصلی) ب- نمونه برداری و تهیه سوسپانسیون دیاتومه‌ها از روی سنگ (اصلی) ج- زدودن کلروفیل و مواد معدنی زائد از نمونه‌ها (اصلی) د- اسلاید دائمی شده با نفراکس (اصلی)

جدول ۱- مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه برداری در امتداد رودخانه کرچ (سال ۱۳۹۰)

ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول و عرض جغرافیایی	شرح مکان ایستگاه‌ها
۱	۱۴۰۵	۵۱ درجه و ۳/۵ دقیقه طول شرقی ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی	دو کیلومتری کرچ، نزدیک روستای کندر
۲	۱۵۵۵	۵۱ درجه و ۳/۷ دقیقه طول شرقی ۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی	دوازده کیلومتری کرچ، نزدیک روستای آدران
۳	۱۸۰۲	۵۱ درجه و ۸ دقیقه طول شرقی ۳۶ درجه و ۱ دقیقه شمالی	سی و دو کیلومتری کرچ، نزدیک روستای پل خواب
۴	۱۸۸۷	۵۱ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی ۳۶ درجه و ۲ دقیقه شمالی	چهل و دو کیلومتری کرچ، نزدیک روستای کیاسر
۵	۲۰۳۶	۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی ۳۶ درجه و ۲ دقیقه شمالی	پنجاه و دو کیلومتری کرچ، نزدیک روستای میدانک
۶	۲۲۲۲	۵۱ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی ۳۶ درجه و ۷/۰۵ دقیقه شمالی	شصت و دو کیلومتری کرچ، بین روستای ولایت رود و گچسر

دی ماه به عنوان گونه غالب ظاهر شد. نتایج آزمایش های آب در این تحقیق مقادیر نامحسوسی از فسفات را نشان داد. با وجود این، مقادیر املاحی مانند نترات، سولفات و کلر و همچنین میزان نیاز زیستی اکسیژن در رودخانه بالا بود (جدول ۳).

نتایج بررسی میکروسکوپی نمونه ها نشان داد که ۹ نمونه از کل ۷۲ نمونه حاوی *Didymosphenia geminata* هستند (جدول ۲). این گونه در هر دو فصل گرم و سرد در ایستگاه های نمونه برداری مشاهده شد ولی با داشتن بالاترین فراوانی (۱۰٪) در ایستگاه اول و پایین دست سد کرج در

جدول ۲- نتایج فراوانی نسبی *Didymosphenia geminata* در طول ماه های نمونه برداری سال ۱۳۹۰

ماه	دی	دی	دی	دی	بهمن	مرداد	شهریور	شهریور	مهر
ایستگاه	اول	دوم	چهارم	ششم	دوم	ششم	پنجم	ششم	ششم
فراوانی نسبی	۱۰٪	۱٪	< ۱٪	۳٪	۱٪	۲٪	۱٪	۱٪	۲٪

جدول ۳- مقادیر فاکتورهای محیطی در ایستگاه ششم در دی ماه ۱۳۹۰ در رودخانه کرج

فاکتورهای محیطی	سولفات	نترات	آمونیم	زیستی اکسیژن	شیمیایی اکسیژن	نیاز	نیاز	اکسیژن	کلر	فسفات	هدایت الکتریکی	سدیم	دما	pH
غلظت	۴۴	۳/۷	۰/۱	۳۰	۵۴	(BOD)	(COD)	۸/۳	۴۹۶	۰	۴۴۷	۱/۶	۲/۶	۷/۹

نکته: مقادیر یون ها و اکسیژن بر مبنای میلی گرم بر لیتر، مقدار هدایت الکتریکی بر مبنای میکروزیمنس بر سانتی متر و درجه حرارت سلسیوس است.

Gomphoneis olivaceum (Hornemann), Kingston P.A. Dawson ex R. Ross and P.A. Sims (با فراوانی نسبی ۱۴٪)، *Diatoma moniliformis* (Kützing), D.M. Williams *Achnantheidum minutissimum* (Kützing) Czarnecki *Cocconeis pediculus* (O.F. Müller) Ehrenberg *Navicula tripunctata* (O.F. Müller) Ehrenberg *Encyonema lange-* Bory de Saint-Vincent *bertalotii* Krammer morphotype 1 (با فراوانی نسبی ۵٪) و *Melosira varians* C. Agardh (با فراوانی نسبی ۶٪) بودند. گونه هایی که به عنوان گونه متداول ظاهر شدند شامل *Pantocsekiella iranica* (Nejadsattari, Kheiri, Spaulding and Edlund) K.T. Kiss, L. Ector and *Cymbella excisa* var. *procera* Krammer, E. Ács

Didymosphenia geminata در ایستگاه اول در دی ماه با فراوانی نسبی بیش از ۵٪، به صورت گونه غالب و در ایستگاه ششم در دی، مرداد و مهر با فراوانی نسبی ۲-۴٪ به صورت گونه متداول ظاهر شد. این گونه در ایستگاه دوم و چهارم در دی ماه، در ایستگاه دوم در بهمن ماه، ایستگاه پنجم در مرداد ماه و ایستگاه ششم در شهریور و مهر ماه با فراوانی ۱٪ و کمتر به صورت گونه نادر دیده شد (جدول ۲). از این رو، فراوانی نسبی گونه های همراه در ایستگاه هایی که *Didymosphenia geminata* غالب، یا متداول بود محاسبه شد. گونه های همراه *Didymosphenia geminata* در دی ماه، در ایستگاه اول به عنوان گونه های غالب شامل *Achnantheidum deflexum* (Reimer)

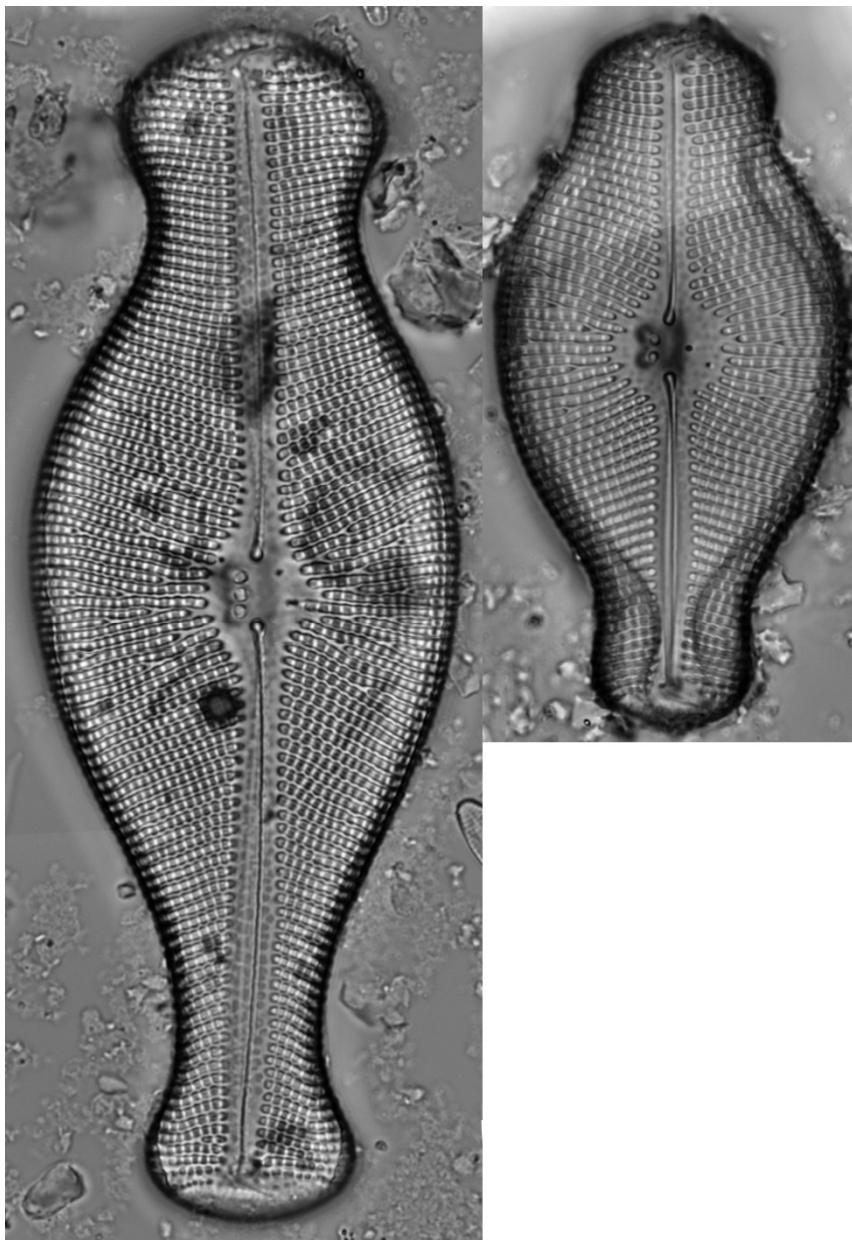
E. lange-bertalotii با فراوانی نسبی ۱-۵٪، *mesodon* morphotype 1 با فراوانی نسبی ۱-۲٪، *E. silesiacum* فراوانی نسبی ۲-۴٪، *Fragilaria vaucheriae* (Kützing) با فراوانی نسبی ۱-۳٪، *Gomphonema calcifugum* Lange-Bertalot and Reichardt با فراوانی نسبی ۲-۳٪، *Cocconeis pediculus* Ehrenberg فراوانی نسبی ۲٪، *Nitzschia dissipata* (Kützing) با فراوانی نسبی ۱-۲٪، *Nitzschia tubicola* Rabenhorst با فراوانی نسبی ۲٪ و گونه‌های *A. deflexum*، *P. iranica*، *C. placentula* var. *lineata*، *A. pediculus*، *Encyonema lange-bertalotii* Krammer morphotype، *Gomphonema minutum* (C.Agardh) C.Agardh، *N. tripunctata*، *N. cryptotenella*، *G. olivaceum*، *Nitzschia frustulum* (Kützing) Grunow، *Planothidium lanceolatum* (Kützing ex Brébisson) Lange-Bertalot، *Rhoicosphenia abbreviata*، *Staurosirella pinnata* (C.Agardh) Lange-Bertalot و *U. ulna* (Ehrenberg) با فراوانی نسبی ۱٪ و کمتر بودند. گزارش‌هایی که محققان اروپایی و آمریکایی در مورد نیاز اکولوژیک این گونه به مواد مغذی برای شکوفایی ارائه کردند مقادیر متغیری از فسفات را نشان می‌دهد. باوجود این اولین گزارش‌ها، شکوفایی این گونه را در مقادیر پایین فسفات و در آب‌های الیگوتروف (oligotrophic) (با مواد مغذی کم) نشان می‌دهد (Sherbot and Bothwell, 1993; Bothwell et al., 2014). گزارش‌های بعدی حکایت از حضور بالای گونه در آب‌های یوتروف (eutrophic) (با مواد مغذی بالا) دارد (Spaulding and Elwell, 2007; Kawecka and Sanecki, 2003). نتایج این مطالعه از لحاظ مقادیر یون فسفات با نتایج Sherbot و Bothwell (۱۹۹۳) مطابقت دارد، درحالی‌که مقادیر بالای املاحی مانند کلر، سولفات و نیترات مقاومت گونه را به شرایط یوتروف و نیاز زیستی بالا به اکسیژن نشان می‌دهد. این داده‌ها با گزارش‌های Kawecka و Sanecki (۲۰۰۳) در مورد مقاومت گونه به آلودگی آلی و معدنی مطابقت دارد.

با *Encyonema ventricosum* (C.Agardh) Grunow فراوانی نسبی ۴٪، *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg) Cleve *Amphora* (با فراوانی نسبی ۳٪)، *Encyonema silesiacum* و *indistincta* Levkov (با فراوانی نسبی ۲٪) بودند و گونه‌های نادر عبارت بودند از *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow in A.Schmidt، *Cymbella* cf. *exigua*، *compacta* Østrup، *Odontidium mesodon* (Kützing) Kützing، Krammer، *Encyonopsis minuta* Krammer and Reichardt، *Grunowia tabellaria* (Grunow) Rabenhorst، *Nitzschia Navicula cryptotenella* Lange-Bertalot، *Nitzschia dissipata* var. *media* (Hantzsch) Grunow، *fonticola* (Grunow) Grunow in Van Heurck، *Nitzschia linearis* (Agardh) W.، *Nitzschia recta* Hantzsch ex Rabenhorst، *Smith*، *Surirella*، *Stephanodiscus hantzschii* Grunow و *Surirella minuta* Brébisson، *angusta* Kützing و *Ulnaria ulna* (Kützing) P.Compère. گونه‌های همراه *Didymosphenia geminata* در ایستگاه ششم در دی، مرداد و شهریورماه شامل *Hannaea arcus* (Ehrenberg) Patrick با فراوانی نسبی ۱۹-۴۰٪، *N. fonticola* با فراوانی نسبی ۲-۱۶٪، *minutum* (Hilse) D.G.Mann با فراوانی نسبی ۳-۱۷٪، *D. moniliformis* با فراوانی نسبی ۴-۲۲٪، *perminuta* (Grunow) Lange-Bertalot با فراوانی نسبی ۱-۹٪، *Cymbella* cf. *neocistula* Krammer با فراوانی نسبی ۱-۸٪، *Cymbella lange-bertalotii* Krammer با فراوانی نسبی ۲-۵٪، *A. minutissimum* با فراوانی نسبی ۱-۳٪، *Cymbella* cf. *excisa* Kützing با فراوانی نسبی ۱-۲٪، *N. linearis* با فراوانی نسبی ۵٪، *Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek and Stoermer با فراوانی نسبی ۱-۳٪، *Odontidium maximum* (Grunow) با فراوانی نسبی ۱-۲٪، *O.*

داده و اکوسیستم آن را رو به زوال برده است، فراوانی بالای این گونه در رودخانه کرج در ایستگاههای پایین دست کرج زنگ خطری برای رودخانه کرج به حساب می آید. از این رو به منظور حفاظت از اکوسیستم رودخانه باید برنامه های پایش به صورت سالیانه انجام و در صورت مشاهده شیوع بالای گونه، تدابیری در مورد پاک سازی گونه از رودخانه انجام شود.

در رودخانه کرج، این گونه در سردترین ماه سال در درجه حرارت پایین به بالاترین فراوانی خود رسید. این نتایج با گزارش های سایر محققان که شیوع بالای این گونه را در درجه حرارت پایین نشان می دهد مطابقت می کند (Spaulding and Elwell, 2007).

از آنجایی که شیوع بی رویه *Didymosphenia geminata* در رودخانه های سراسر دنیا چهره رودخانه ها را کاملاً تغییر



شکل ۳- جمعیت گونه *Didymosphenia geminata* (مقیاس ۱۰ میکرومتر)

- Bacillariophyceae, 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (Eds.). *Suswasserflora von Mitteleuropa*. Vol. 2/1, G Fischer Verlag, Stuttgart and New York, 876p.
- Ladrera, R., Gomà, J. and Prat, N. 2018. Effects of *Didymosphenia geminata* massive growth on stream communities: Smaller organisms and simplified food web structure. *PLOS ONE*, 13(3): 1-18.
- Lord, J.K., 1866. *Naturalist in Vancouver Island and British Columbia*. Vols. 1,2. R. Bentley. Spottiswoode and New-Street Square, London, 375p.
- Sherbot, D.M.J. and Bothwell, M.L. 1993. *Didymosphenia geminata* (Gomphonemaceae). A review of the ecology of *D. geminata* and the physiochemical characteristics of endemic catchments on Vancouver Island. NHRI Contribution No. 93005. National Hydrology Research Institute, Environment Canada, Saskatoon, Saskatchewan.
- Spaulding, S.A. and Elwell, L. 2007. Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatom *Didymosphenia geminata*: U.S. Geological Survey Open-File Report, 1425, 38p.
- منابع مورد استفاده**
- Alakananda, B., Karthick, B., Malesh, M.K. and Ramachandra, T.V. 2011. Diatom based pollution in urbanwetlands. *The IUP Journal of Soil and Water Sciences*, 4(2): 1-17.
- Bothwell, M.L., Taylor, B.W. and Kilroy, C. 2014. The Didymo story: the role of low dissolved phosphorus in the formation of *Didymosphenia geminata* blooms. *Diatom Research*, 29(3): 229-236.
- Cox, E.J. 1996. *Identification of freshwater diatoms from live material*. Chapman and Hall, London, 158p.
- Kawecka, B. and Sanecki, J. 2003. *Didymosphenia geminata* in running waters of southern Poland-symptoms of change in water quality? *Hydrobiologia*, 495: 193-201.
- Kuwata, A. and Jewson, D.H. 2015. Ecology and evolution of marine diatoms and Parmales: 251-275. In: Ohtsuka, S., Suzuki, T., Horiguchi, T., Suzuki, N., Not, F. (Eds.). *Marine Protists, Diversity and dynamics*. Springer, Tokyo.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. 1986.

***Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M.Schmidt, a threat for the Karaj River's ecosystem, Central Alborz, Iran**

S. Kheiri^{1*}

^{1*}- Corresponding author, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran E-mail: kheiri@rifr-ac.ir

Received: 16.02.2020

Accepted: 26.05.2020

Abstract

Diatoms are the most diverse group of single-celled algae that contain fucoxanthin, chlorophyll a and c. This group is considered as algae, the first group of food chain in aquatic ecosystems, however, a species of them with the scientific name *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M.Schmidt as an invasive species in North America, Europe, New Zealand and Australia are known to cause many environmental problems. During investigation on diatom flora of the Karaj River, *Didymosphenia geminata* was found as a dominant species with a relative abundance of 10% in January 2011. The dominance of this species in the Karaj River is a threat for the ecosystem of the river. Therefore, to protect the river ecosystem, monitoring programs should be conducted annually and in case of high prevalence of the species, measures should be taken to clear the species from the river.

Key words: Karaj River, *Didymosphenia geminata*, invasive, diatom.