Archive of SID

دو فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات حمایت و حفاظت جنگلها و مراتع ایران
جلد ۱۴ شماره ۲، صفحه ۱۳۶-۱۴۶، (۱۳۹۵)

اثر آتش‌سوزی بر جمعیت نماتدها در لایه‌های سطحی خاک جنگل ابر، شهرستان شاهرود

حمید رضا عبدوس[۱] و آیت اله سعیدی‌زاده[۲*]

۱- کارشناس ارشد، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، مهدی‌شهر، سمنان، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران، پست الکترونیک: ayatsaeed314@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۶/۷ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۲۰

چکیده

نماتدها از فراوان‌ترین و مؤثرترین ارگانیسم‌های خاکزی در اکوسیستم‌های طبیعی ازجمله جنگل محسوب شده و به‌عنوان شاخص زیستی برای مطالعه اثر عوامل مختل‌کننده محیط‌زیست بکار رفته‌اند. در این تحقیق اثر آتش‌سوزی بر جمعیت نماتدهای خاک‌زی موجود در لایه‌های سطحی (اعماق ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر) خاک قسمت کوچکی از جنگل ابر شهرستان شاهرود مطالعه شد. برای مقایسه جمعیت نماتدها در نواحی سوخته و نسوخته، ۱۰۰ نمونه خاک از اعماق مورد نظر در دو زمان (یک و ۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی) از بلوک‌های تعیین شده به طور تصادفی گرفته شد. پس از استخراج نماتدها به روش سانتریفیوژ یا شناورسازی در محلول شکر، شناسایی و شمارش گروه‌های نماتدی بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی محفظه دهان و مری با استفاده از استریومیکروسکوپ انجام گردید. نتایج نشان داد که جمعیت نماتدها در تمام گروه‌ها در خاک سوخته در عمق‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر در مقایسه با خاک نسوخته، یک ماه پس از آتش‌سوزی کاهش داشته است. بیشترین درصد کاهش جمعیت در خاک سوخته در زمان نمونه‌برداری اول به‌ترتیب در عمق‌های ۲۰، ۱۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر و بیشترین درصد افزایش جمعیت در خاک سوخته در زمان نمونه‌برداری دوم به‌ترتیب در عمق‌های ۳۰، ۴۰، ۲۰ و ۱۰ سانتی‌متر خاک بود ($P\leq0.05$).

مقدمه

آتش‌سوزی بخش مهمی از تاریخچه تکاملی اغلب اکوسیستم‌های جنگلی است (Conard *et al.*, 2001). اثر آتش در اکوسیستم جنگل پیچیده است، به‌طوری‌که تغییرات فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک از پیامدهای آتش‌سوزی در جنگل به‌شمار می‌آید (Certini, 2005). در بین موجودات زنده جنگل، جانوران خاک نقش مهمی در حفظ ساختمان خاک و برقراری چرخه مواد غذایی ایفا می‌کنند (Coleman *et al.*, 1984; James, 1988; McSorley, 1993; Reichle, 1997). نماتدها، کنه‌ها، روتیفرها، کرم‌های خاکی و لارو برخی حشرات از مهمترین گروه‌های جانوری موجود در خاک می‌باشند (Lupwayi *et al.*, 2010). در حدود ۴۰۰۰۰ تا ۱۰ میلیون گونه برای شاخه نماتدا (Nematoda) برآورد شده است (Yeates & Boag, 2006). نماتدها جانورانی کرمی شکل، اغلب خاک‌زی و میکروسکوپی، به طول ۱-۱۰ میلی‌متر می‌باشند (Perry & Zunche, 1997). اعضای این شاخه در زیستگاه‌های مختلفی

www.SID.ir

Archive of SID

دیده می‌شوند و از نظر تنوع گونه‌ای از بزرگترین گروه‌های جانوری محسوب می‌شوند (Rödelsperger *et al*., 2013). به دلیل فراوانی و تأثیر بر فرایندهای موجود در اکوسیستم‌های طبیعی، این جانوران به‌عنوان شاخص زیستی (bioindicator) برای بررسی اثر عوامل مختل‌کننده محیط‌زیست معرفی شده‌اند (Wilson & Kakouli-Duarte, 2009; Yeates, 2003; Hoss *et al*., 2004; Schratzberger *et al*., 2006; Heininger *et al*., 2007). البته تاکنون مطالعات متعددی در زمینه اثر آتش‌سوزی بر ساختار جمعیت میکروبی خاک جنگل انجام شده است (Matlcak, 2001; De Bano *et al*., 1998; Ginzburg & Steinberger, 2012a,b; Turetsky *et al*., 2011). در اغلب این مطالعات گرمای تولید شده از آتش موجب کاهش جمعیت این موجودات زنده و تغییر تعادل جمعیت آنها شده است (Renco & Cerevkova, 2015; Cerevkova *et al*., 2013; Rutigliano *et al*., 2007).

با توجه به وقوع آتش‌سوزی‌های متعدد در جنگل‌های ایران ازجمله مناطق شمالی طی سال‌های اخیر و آسیب اراضی جنگلی، مطالعه اثر آتش بر ارگانیسم‌های خاک به‌منظور حفظ شرایط بهینه و مدیریت جنگل مورد نیاز می‌باشد. بررسی تأثیر آتش بر میکروارگانیسم‌های خاک ازجمله نماتدها، با در نظر گرفتن میزان عمق خاک، در ثبات و عملکرد تمام اجزای اکوسیستم جنگل قابل توجه می‌باشد. بنابراین در این تحقیق جمعیت نماتدهای موجود در خاک سوخته و نسوخته بر اساس عمق خاک در منطقه‌ای به وسعت ۵۰۰ مترمربع از جنگل ابر شهرستان شاهرود بررسی شد.

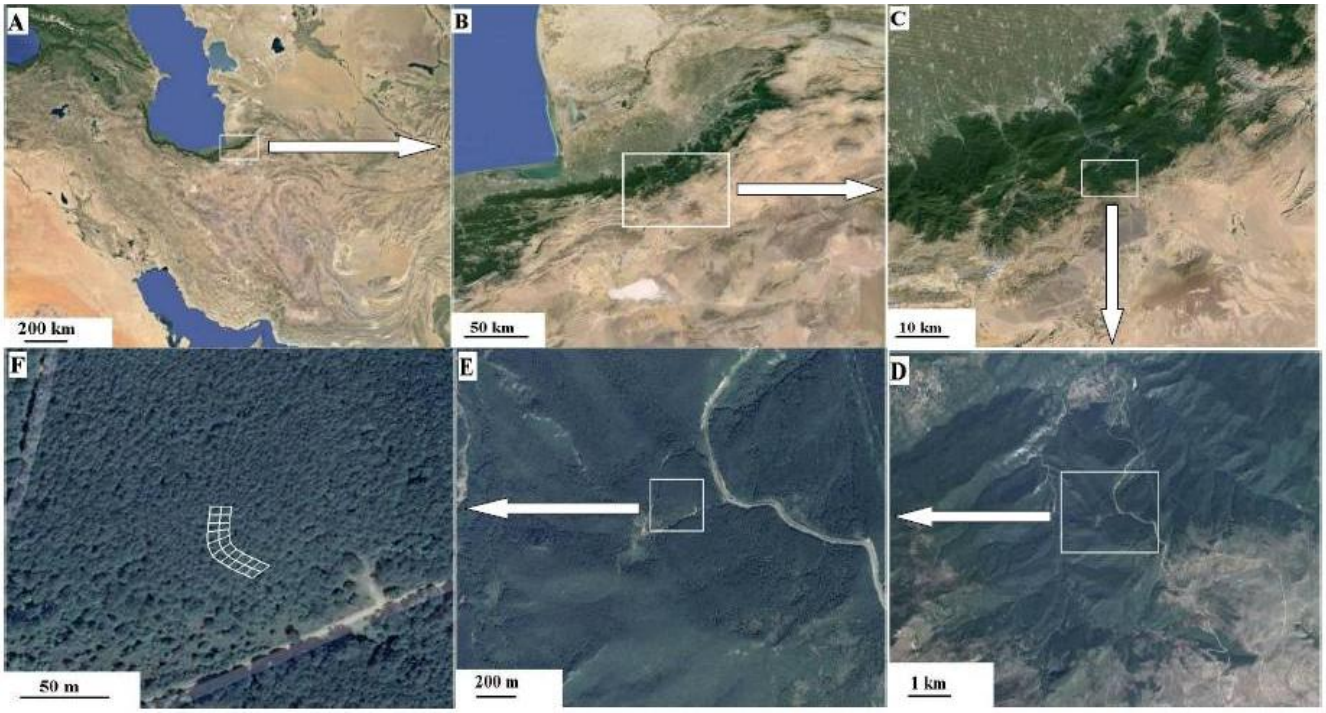
منطقه مورد مطالعه

در مهر ۱۳۸۹ آتش منطقه‌ای به وسعت در حدود ۵۰ هکتار از اراضی جنگل ابر را دربرگرفت. آتش‌سوزی رخ داده از نوع سطحی بود، به‌طوری‌که در منطقه انتخاب شده برای مطالعه، شدت آتش‌سوزی به اندازه‌ای بوده که پوشش علفی کاملا سوخته و شاخ‌وبرگ درختان و درختچه‌ها تا ارتفاع تقریبا دو متری دچار سوختگی شده بود (Alexander, 1982; Keeley, 2009). در این شرایط در فصل بعد پوشش علفی جبران خواهد شد و بخش هوایی درختان ترمیم می‌شود. پوشش گیاهی منطقه شامل درختان ممرز (*Carpinus betulus* L.)، توسکا (*Alnus subcordata* C.A.Mey)، آزاد (*Zelkova carpinifolia* (Pall.) Dippel)، ون (*Fraxinus excelsior* L.)، سرخدار (*Taxus baccata* L.)، افرا (*Acer insigne* Boiss. & Buhse.)، شیردار (*Acer cappadocicum Gled*.) و گیاهان علفی اسپرس (*Onobrychis viciifolia* Scop.)، دم‌روباهی (*Alopecurus myosuroides* Huds.)، آویشن (*Thymus vulgaris* L.) و شبدر (*Trifolium pretense* L.) بوده است.

با توجه به پراکندگی لکه‌ای نماتدها، برای یکسان بودن شرایط در منطقه مورد بررسی و کاهش خطای آزمایش، ناحیه‌ای از مرز خاک سوخته و نسوخته برای مطالعه انتخاب شد که از لحاظ پوشش گیاهی و ارتفاع از سطح دریا از شرایط یکسانی برخوردار بود. موقعیت جغرافیایی منطقه °۵۵، '۴ و"۴۳ شرقی و °۳۶، '۴۷ و "۴۹ شمالی بوده است. در هریک از مناطق سوخته و نسوخته (شاهد) ۱۰ بلوک (در مجموع ۲۰ عدد بلوک) به هم پیوسته، هریک به وسعت ۵×۵ متر برای مطالعه انتخاب شد (شکل ۱). در مجموع منطقه مورد مطالعه ۵۰۰ مترمربع بوده است. با توجه به پراکنش لکه‌ای نماتدها در محیط خاک، بلوک‌های سوخته و نسوخته (شاهد) به صورت پیوسته و همجوار با یکدیگر و همچنین سطح مورد بررسی منطقه کوچکی از جنگل سوخته را شامل شد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه (A-F). A: ایران، B: شمال‌شرقی ایران، C: منطقه شاهرود، D: جنگل ابر، E : منطقه آتش‌سوزی، F: بلوک‌های مورد مطالعه

روش پژوهش

در دو زمان (یک و ۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی) در آبان ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ نمونه‌برداری از خاک مناطق سوخته و نسوخته (شاهد) از بلوک‌های تعیین شده انجام شد (Pen-Mouratov *et al.*, 2012). نمونه‌برداری از هر بلوک به طور تصادفی از اعماق ۰-۱۰، ۱۰-۲۰، ۲۰-۳۰ و ۳۰-۴۰ سانتی‌متری خاک با استفاده از اوگر در پنج نقطه از هر بلوک انجام شد. بنابراین از هر بلوک ۲۰ نمونه مربوط به چهار عمق تهیه شد. در مجموع برای هریک از اعماق مورد نظر ۱۰۰ عدد نمونه خاک جمع‌آوری شد. میزان هر نمونه در حدود ۲۵۰ گرم خاک در کیسه‌های پلاستیک دربسته بود. نمونه‌ها برای استخراج، شناسایی و تعیین جمعیت نماتدها به آزمایشگاه منتقل شد.

جداسازی نماتدها با بکارگیری مجموعه الک‌های آزمایشگاهی (مش‌های ۱۰، ۴۵، ۶۰، ۱۰۰ و ۴۰۰) و با استفاده از روش سانتریفیوژ یا شناورسازی در محلول شکر (۱/۱۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) بر اساس روش ارائه شده توسط جنکینز (Jenkins, 1964) انجام گردید. میزان خاک مورد استفاده از هر نمونه ۲۰۰ گرم بود. کشتن، تثبیت و انتقال نماتدها به محیط گلیسیرین با استفاده از روش تکمیل شده توسط دگریسه (De Grisse, 1969) انجام شد. شناسایی نماتدها بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی محفظه دهان و مری و مواردی مانند ویژگی‌های سر، تعداد تخمدان در افراد ماده، شیارهای عرضی پوست و ریخت‌شناسی دم با استفاده از استریومیکروسکوپ و میکروسکوپ معکوس انجام شد (Siddiqi, 2000; Brzeski, 1998; Perry & Moens, 2006; Andrássy, 2007). میزان جمعیت نماتدها در گروه‌های مختلف به هر کیلوگرم خاک تعمیم داده شد و برای هر بلوک در تجزیه وتحلیل داده‌ها بکار رفت.

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی بر مبنای جمعیت نماتدها با در نظر گرفتن عمق خاک و زمان نمونه‌برداری به‌منظور تعیین اثر آتش‌سوزی با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید (SAS, 2002). مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan's multiple-range test) در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

در جامعه نماتدی مورد مطالعه در خاک سوخته و نسوخته جنگل ابر، گروه‌های rhabditid (اعضای rhabditid با دهان لوله‌ای و مری چهار قسمتی)، cephalobid (اعضای rhabditid با دهان V شکل و مری سه قسمتی)، mononchid (راسته Mononchida)، dorylaimid (راسته Dorylaimida به‌جز خانواده Longidoridae)، aphelenchid (زیرراسته Aphelenchina)، criconematid (خانواده Criconematidae)، dolichodorid (خانواده Dolichodoridae)، hoplolaimid (خانواده Hoplolaimidae)، longidorid (خانواده Longidoridae) و tylenchid (خانواده Tylenchidae) شناسایی شد. البته میزان جمعیت همه گروه‌های نماتدی معرفی شده در خاک سوخته در مقایسه با خاک نسوخته در عمق‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سانتی‌متر در مقایسه با خاک نسوخته کاهش معنی‌دار ($P\leq0.05$) داشت (جدول ۱). به‌جز گروه‌های rhabditid و hoplolaimid، جمعیت نماتدهای تمام گروه‌ها در زمان نمونه‌برداری اول (یک ماه پس از آتش‌سوزی) در عمق ۴۰ سانتی‌متری در خاک سوخته در مقایسه با خاک نسوخته کاهش یافته بود (جدول ۱). به‌جز aphelenchidها، بیشترین جمعیت نماتدها در تمام گروه‌ها، در عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک سوخته ۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی بدست آمد، در حالی که در مورد aphelenchidها این افزایش در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک سوخته مشاهده شد (جدول ۱).

نتایج نشان داد که جمعیت نماتدها در خاک سوخته در مقایسه با خاک نسوخته، در تمام عمق‌های مورد بررسی، در هر دو زمان نمونه‌برداری (یک و ۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی) کاهش داشته است. بیشترین درصد کاهش جمعیت نماتدها در خاک سوخته در زمان نمونه‌برداری اول (یک ماه پس از آتش‌سوزی) به‌ترتیب در عمق‌های ۲۰، ۱۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر خاک بود. این کاهش جمعیت در مورد گروه‌های rhabditid، mononchid، dorylaimid، dolichodorid، longidorid و tylenchid در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک سوخته مشاهده شد. در مورد گروه‌های cephalobid، aphelenchid، criconematid و hoplolaimid کاهش جمعیت به‌ترتیب برای گروه اول و عمق ۳۰ سانتیمتری برای سه گروه دیگر مشاهده شد (جدول ۲).

بیشترین درصد افزایش جمعیت نماتدها در خاک سوخته در زمان نمونه‌برداری دوم (۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی) برای تمام گروه‌های نماتدی به‌ترتیب در عمق‌های ۳۰، ۴۰، ۲۰ و ۱۰ سانتی‌متر خاک بدست آمد. این افزایش جمعیت در مورد گروه‌های rhabditid، cephalobid، dorylaimid، aphelenchid، hoplolaimid و tylenchid در عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شد. در مورد گروه mononchid در عمق ۲۰ سانتی‌متری و در مورد گروه‌های criconematid، dolichodorid و longidorid این افزایش جمعیت در عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک سوخته مشاهده شد (جدول ۲).

بیشترین درصد کاهش جمعیت در خاک سوخته یک ماه پس از آتش‌سوزی در نماتدهای گروه dolichodorid در عمق ۲۰ سانتی‌متری و کمترین آن در مورد نماتدهای گروه rhabditid در عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شد (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مقایسه میانگین جمعیت نماتدها در لایه‌های سطحی خاک در زمان‌های نمونه‌برداری پس از آتش‌سوزی جنگل ابر به روش دانکن (P≤0.05)

زمان نمونه برداری		عمق خاک (cm)	گروه نماتد										
			*cephalobid	rhabditid	mononchid	dorylaimid	aphelenchid	criconematid	dolichodorid	hoplolaimid	longidorid	tylenchid
یک ماه پس از آتش سوزی	سوخته	۱۰	۱۴/۴±۱/۴ h	۱۳/۲±۱/۵ de	۹/۶±۱/۱ h	۲۴/۹±۱/۶ gh	۶/۷±۰/۷ e	۲۱/۱±۱ i	۹/۱۵±۰/۸ hi	۱۳/۸±۱/۱ fg	۸/۳±۱ fg	۱۰/۳±۱/۳ d
		۲۰	۱۶/۲±۱/۲ gh	۹/۷۵±۲/۱ e	۹/۴±۱/۱ h	۲۱/۹±۲ h	۱۰±۱/۷ cd	۲۴/۹±۰/۹ i	۷/۲±۰/۷ i	۱۲/۶±۱/۵ g	۱۰/۷±۰/۶ g	۱۱/۱±۱/۲ cd
		۳۰	۲۹/۱±۱/۴۹ f	۱۴/۵±۱/۳ de	۲۰/۱±۱/۳ fg	۳۴/۹±۱/۸ fg	۸/۱±۱ de	۲۳/۷±۱/۱ i	۱۷/۷±۱/۸ fg	۱۴/۴±۱/۴ fg	۲۱±۲/۲ de	۱۳/۸±۲ cd
		۴۰	۳۴/۳±۱/۱ ef	۳۲/۵±۱/۱ bc	۴۳/۳±۲ bc	۶۳/۷±۱/۷ cd	۶±۰/۷ e	۳۶/۴±۱/۴ h	۲۲±۱/۳ ef	۲۹/۵±۱/۳ bc	۲۴±۱/۸ d	۱۹/۲±۱/۵ c
	نسوخته	۱۰	۵۱/۸±۳/۱ bc	۳۰/۴±۱/۷ c	۳۰/۷±۱/۹ de	۵۹/۴±۲/۸ de	۱۳/۱±۱/۴ cd	۴±۱/۵ fg	۳۵±۱/۶ bc	۳۰/۲±۱/۶ bc	۲۴/۶±۱/۱ d	۳۹/۴±۲ b
		۲۰	۴۸/۷±۲/۹ bc	۲۸/۶±۱/۶ c	۲۹/۷±۱/۲ e	۵۸/۵±۱/۶ de	۲۰±۱/۸ b	۴۰/۶±۲ gh	۳۱±۱/۴ cd	۲۹/۲±۲/۳ bc	۲۷/۳±۱/۳ cd	۳۸/۳±۱/۶ b
		۳۰	۵۵/۴±۲/۱ b	۳۲/۴±۱/۲ bc	۳۹/۴±۲ cd	۷۱/۲±۱/۳ bc	۲۰/۸±۱/۷ b	۶۱/۱±۲/۳ bc	۳۳/۳±۲/۵ bc	۳۶/۵±۱/۴ bc	۲۵/۵±۱/۴ d	۳۱/۸±۲/۴ b
		۴۰	۵۷/۷±۲/۴ b	۳۴/۵±۱/۳ bc	۴۹/۵±۱/۸ b	۸۰/۸±۱/۹ b	۱۱±۱/۷ de	۶۱/۹±۲/۲ b	۳۵±۱/۲ bc	۳۶/۹±۲ bc	۳۶±۱/۶ b	۳۵/۸±۲/۱ b
۱۳ ماه پس از آتش سوزی	سوخته	۱۰	۲۷±۱/۲ fg	۱۸/۳±۱/۲ d	۱۵/۷±۱/۹ gh	۳۳/۱±۲/۳ fg	۱۰/۸±۰/۹ de	۴۷/۵±۱/۵ ef	۱۶/۲±۰/۸ gh	۲۲/۸±۱/۳ ef	۸/۴±۱/۱ fg	۱۷/۸±۱/۱ cd
		۲۰	۳۳±۱/۱ ef	۱۹±۱/۳ d	۲۴/۱±۱/۳ ef	۴۰/۳±۲ f	۱۰/۲±۰/۸ de	۵۲±۲/۱ de	۲۱±۱/۳ ef	۲۶/۸±۱/۶ cd	۱۵±۱/۳ ef	۱۵/۴±۱/۲ cd
		۳۰	۷۷/۷±۲/۲ a	۳۸/۷±۱/۵ b	۴۱/۱±۲ bc	۷۶/۹±۳/۴ b	۳۰/۶±۲/۱ a	۵۰/۷±۱/۸ de	۴۲/۹±۴/۵ b	۳۸/۱±۱/۴ b	۳۴/۲±۱/۸ bc	۵۴±۲/۱ a
		۴۰	۸۰/۵±۲/۴ a	۷۶/۲±۲/۵ a	۱۰۳/۶±۳/۴ a	۱۰۲/۵±۵ a	۷/۳±۱/۱ e	۹۲/۸±۲/۱ a	۶۶/۶±۲/۹ a	۶۹/۱±۳/۶ a	۷۲/۳±۳/۷ a	۴۹/۲±۲/۳ a
	نسوخته	۱۰	۴۲/۹±۱/۹ cd	۲۹/۵±۱/۴ c	۲۸/۹±۱/۲ ef	۵۷/۱±۱/۸ e	۶/۴±۰/۸ e	۴۷/۸±۱/۹ ef	۲۳/۷±۱/۵ de	۲۴/۷±۱/۶ e	۱۹/۹±۱/۱ de	۳۱/۳±۲ b
		۲۰	۴۰/۲±۲/۶ de	۲۷/۹±۱/۸ c	۲۶/۵±۲ ef	۵۳/۴±۳/۳ e	۱۶/۹±۱/۱ bc	۴۷/۳±۲/۱ de	۲۷/۶±۲ cd	۲۶/۱±۱/۳ de	۳۴/۹±۱/۶ bc	۳۲/۸±۱/۵ b
		۳۰	۴۸/۸±۲/۶ bc	۳۳/۹±۱/۷ bc	۴۱/۸±۱/۷ bc	۷۶/۶±۳/۲ bc	۲۲±۲/۶ b	۵۵/۹±۲/۷ bc	۳۶/۴±۲/۵ bc	۳۵/۱±۱/۶ bc	۲۵/۶±۱/۶ d	۳۸/۶±۱/۵ b
		۴۰	۴۳/۷±۲/۳ cd	۳۰±۱/۶ c	۵۰/۴±۲ b	۷۸/۷±۲/۹ b	۱۳/۲±۱/۳ cd	۵۴/۱±۱/۸ cd	۲۷/۴±۲/۳ cd	۳۶/۹±۱/۷ bc	۳۷/۹±۱/۴ b	۳۲/۴±۲/۳ b

* میانگین تیمارها به صورت استاندارد±میانگین نشان داده شده است. حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- مقایسه میانگین درصد کاهش و افزایش جمعیت نماتدها در عمق‌های سطحی خاک سوخته جنگل ابر به روش دانکن ($P\leq0.05$)

	عمق خاک (cm)	گروه نماتد																			
		*cephalobid		rhabditid		mononchid		dorylaimid		aphelenchid		criconematid		dolichodorid		hoplolaimid		longidorid		tylenchid	
کاهش جمعیت (٪)	۱۰	۷۲/۲±۱۲/۱	A	۵۶/۷±۱۱/۵	AB	۶۸/۸±۱۴/۸	A	±۱۳/۷ ۵۷/۱	B	±۶/۴ ۴۸/۷	BC	۵۲±۱۰/۸	B	±۱۳/۵ ۷۳/۹	B	±۱۲/۶ ۵۴/۴	B	۶۶/۳±۷/۷	A	۷۳/۷±۶/۸	A
	۲۰	۶۶/۸±۷/۳	B	۶۶±۱۴/۶	A	۶۸/۲±۱۳/۲	A	±۱۲/۴ ۶۲/۶	A	۵۰±۱۲/۳	B	۳۸/۷±۶/۸	C	±۱۵/۶ ۷۶/۸	A	±۱۴/۴ ۵۶/۸	B	۶۰/۸±۵/۲	A	۷۱/۱±۹/۵	A
	۳۰	۴۷/۵±۵/۲	C	۵۵/۱±۱۸/۲	B	۴۹±۱۸/۳	B	±۱۱/۶ ۵۰/۹	C	±۱۴/۳ ۶۱/۱	A	۶۱/۲±۱۳/۱	A	±۱۰/۷ ۴۶/۹	C	±۱۳/۸ ۶۰/۵	A	۱۷/۶±۳/۵	C	۵۶/۶±۶/۱	B
	۴۰	۴۰/۵±۸/۲	D	۵/۷±۱/۷	C	۱۲/۴±۵/۴	C	۲۱/۲±۵/۶	D	±۱۰/۶ ۴۵/۵	C	۴۱/۲±۵/۵	C	±۸/۹ ۳۷/۱	D	±۶/۷ ۱۹/۹	C	۳۳/۳±۶/۴	B	۴۶/۴±۵/۲	C
افزایش جمعیت (٪)	۱۰	۸۷/۵±۱۵/۳	c	۳۸/۶±۹/۴	c	۶۴/۱±۱۲/۹	c	۳۳/۱±۷/۶	d	۶۰±۱۱/۵	b	±۱۹/۴ ۱۲۴/۸	b	۷۷±۱۴/۵	c	±۱۱/۱ ۶۵/۲	c	۱/۲±۰/۳	d	۷۲/۵±۱۱/۶	c
	۲۰	±۲۲/۸ ۱۰۳/۷	b	۹۵/۴±۱۸/۹	a	±۱۸/۵ ۱۵۵/۶	b	±۱۰/۴ ۸۴/۲	d	۲±۰/۴	d	۱۰۹±۱۷/۶	c	±۲۲/۵ ۱۹۱/۷	a	±۱۵/۸ ۱۱۳/۱	b	۴۰/۲±۱۱/۶	c	۳۹/۲±۷/۲	d
	۳۰	۱۶۷±۲۹/۷	a	۱۶۶±۲۸/۲	a	۱۰۴/۵±۱۷/۶	b	±۱۵/۶ ۱۲۰/۲	a	±۲۴/۷ ۲۷۷/۸	a	±۱۸/۷ ۱۱۳/۹	c	±۱۰/۹ ۱۴۲/۴	b	±۲۰/۱ ۱۶۴/۶	a	۶۲/۹±۱۵/۹	b	±۲۶/۷ ۲۹۱/۳	a
	۴۰	۱۳۴/۵±۲۷/۳	ab	۱۳۴/۱±۲۰/۷	ab	۱۳۹/۱±۲۷/۵	ab	۶۰/۸±۷/۴	c	۲۲/۵±۶/۱	c	۱۵۴/۷±۲۱/۳	a	۲۰۲±۲۸/۴	a	۱۳۴±۱۴/۸	ab	۲۰۱/۳±۲۷/۳	a	۱۵۶/۳±۱۴/۵	b

* میانگین تیمارها به صورت استاندارد±میانگین نشان داده شده است. حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار است.

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین درصد افزایش جمعیت در خاک سوخته در زمان نمونه‌برداری دوم (یک سال پس از نمونه‌برداری اول) در نماتدهای گروه tylenchid در عمق ۳۰ سانتی‌متری و کمترین آن در مورد نماتدهای گروه aphelenchid در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک مشاهده شده است ($P\leq0.05$) (جدول ۲). در خاک شاهد (نسوخته) میانگین جمعیت نماتدها در نمونه-برداری اول و دوم در اغلب گروه‌های نماتدی (به‌جز cephalobid و criconematid) تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P\leq0.05$) (جدول ۲). البته میزان جمعیت نماتدهای گروه longidorid و tylenchid در خاک نسوخته در هر دو نمونه-برداری در تمام اعماق از نظر آماری یکسان بوده است ($P\leq0.05$) (جدول ۲).

بحث

آتش‌سوزی از متداول‌ترین نوع تنش‌های وارده به ساختار زیستی جنگل محسوب می‌شود. دمای سطح خاک در آتش‌سوزی‌ها به طور معمول به ۲۰۰–۳۰۰ درجه سلسیوس افزایش می‌یابد (Franklin *et al*., 1997). در حضور چوب‌های قطور و سنگین این دما تا بیش از ۵۰۰ درجه سلسیوس در سطح خاک ثبت شده است (De Bano *et al*., 1998). در هنگام آتش‌سوزی با توجه به شدت آن، دما با شیب ملایمی در اعماق خاک افزایش می‌یابد. در خاک‌های معدنی (با مواد آلی کم) در عمق پنج سانتی‌متری دما به ندرت از ۱۵۰ درجه سلسیوس فراتر می‌رود و اغلب در اعماق بیشتر از ۳۰ سانتی‌متر تغییرات دمایی رخ نمی-دهد. این در حالی است که وجود مواد آلی در خاک، ازجمله خاک‌های جنگل، در نفوذ حرارت به عمق خاک مؤثر است (De Bano, 2000; Shetler *et al*., 2008). بطور کلی روند افزایش دما در عمق خاک به هنگام آتش-سوزی به مواردی مانند ضخامت، نسبت فشردگی (packing ratio) و رطوبت بستر خاک بستگی دارد (Hartford & Frandsen, 1992; Gillon *et al*., 1995; Campbell *et al*., 1995).

آتش‌سوزی موجب کاهش غنای ترکیبات غذایی و در پی آن کاهش جمعیت میکروبی در لایه‌های سطحی خاک جنگل شده است (Balshi *et al*., 2009; Kane *et al*., 2007; Turetsky *et al*., 2011; Gray & Dighton, 2009; Kara & Bolat, 2009; Killgore *et al*., 2009). آتش‌سوزی تعادل جمعیت میکروارگانیسم‌ها ازجمله نماتدها را در لایه‌های سطحی خاک جنگل به دلیل تغییر ترکیبات آلی و معدنی در ضخامت خاک تغییر داده است (Pen-Mouratov *et al*., 2012; Renco & Cerevkova, 2015; Ginzburg & Steinberger, 2012a,b). به عنوان مثال رنکو و سرکوا (Renco & Cerevkova, 2015) با مطالعه جمعیت نماتدها در خاک جنگل صنوبر هشت سال پس از آتش سوزی دریافتند که نماتدهای dorylaimid فراوان‌ترین گروه نماتدی در خاک سوخته و نسوخته بوده است. جمعیت نماتدهای Mononchid در خاک سوخته کاهش یافته است و فراوان‌ترین جنس‌ها در هر دو منطقه سوخته و نسوخته متعلق به *Acrobeloides*، *Aglenchus*، *Malenchus* و *Paratylenchus* بوده است. افراد جنس *Pratylenchus* فقط در خاک سوخته و نمونه‌های criconematid (جنس‌های *Criconemoides*، *Crossonema* و *Ogma*) فقط در خاک نسوخته بدست آمده‌اند.

در این تحقیق بیشترین جمعیت نماتدی در خاک سوخته و نسوخته مربوط به اعضای dorylaimid، criconematid، cephalobid و mononchid به‌ترتیب در عمق ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متری خاک بود. با بروز آتش‌سوزی اختلاف جمعیت نماتدها در لایه‌های سطحی (عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) در مقایسه با لایه‌های پایینی (عمق ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر) بیشتر شده است (جدول ۱). نماتدها در لایه‌های نازکی از آب موجود در خلل‌وفرج خاک قابلیت جابه‌جایی دارند. این جانوران اساسا موجوداتی آبدوست هستند، از این‌رو چنین به

www.SID.ir

Archive of SID

نظر می‌رسد که وجود گرما در لایه‌های سطحی و متعاقبا کاهش رطوبت خاک علاوه بر کشتن نماتدها، موجب حرکت آنها به لایه‌های پایین‌تر خاک می‌شود. محققان معتقدند که فراوانی بیشتر نماتدها در بلوک‌های منطقه نسوخته در مقایسه با بلوک‌های منطقه سوخته منعکس کننده تفاوت‌های بزرگ در میزان رطوبت خاک بین مناطق نسوخته و سوخته جنگل می‌باشد (Whiteford *et al*., 2014).

برخی تحقیقات نشان داده که اثر آتش بر ساختار جمعیتی نماتدها در مناطقی که جمعیت بیشتری از نماتد وجود دارد محسوس‌تر است. به‌عنوان مثال نماتدهای cephalobid، در خاک سوخته جنگل بیشترین کاهش را داشته‌اند. البته فراوانی جمعیت این نماتدها احتمالا به وجود جمعیت زیاد باکتری‌ها و فراوانی مواد آلی در خاک جنگل مرتبط می‌باشد (Rutigliano *et al*., 2007; Renco & Cerevkova, 2015). در این تحقیق بیشترین میزان جمعیت نماتدها در هر دو نمونه‌برداری در گروه dorylaimid دیده شده است. پس از آن نماتدهای cephalobid و criconematid در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند (جدول ۱).

تحقیقات Ross و همکاران (۱۹۹۷) نشان داد که افزایش جمعیت نماتدهای انگل گیاهان در خاک سوخته به موازات افزایش رشد گیاهان و شکل‌گیری دوباره پوشش گیاهی اتفاق افتاده است. در بررسی خاک سوخته جنگل ابر مشخص شد که پس از گذشت ۱۳ ماه از وقوع آتش‌سوزی (به فاصله یک سال از نمونه‌برداری اول) جمعیت نماتدهای انگل گیاهی و مرتبط با گیاهان از افزایش قابل توجهی در مقایسه با سال قبل (در زمان نمونه‌برداری اول) برخوردار بوده است. در این مطالعه بیشترین افزایش جمعیت، در فاصله دو نمونه‌برداری، پس از نماتدهای tylenchid در عمق ۳۰ سانتی‌متر، در نماتدهای cephalobid، rhabditid و نماتدهای criconematid، longidorid، hoplolaimid و dolichodorid مشاهده شد (جدول ۲). به‌جز دو گروه cephalobid و rhhabditid، سایر گروه‌های مذکور اغلب به صورت انگل مرتبط با ریشه گیاهان می‌باشند. با رشد گیاهان علفی و افزایش پوشش گیاهی بستر جنگل، زمینه برای فعالیت و تکثیر نماتدهای انگل گیاهی فراهم می‌شود. نتایج مشابهی در این زمینه توسط دیگر محققان بدست آمده است (Freckman & Baldwin, 1990; Yeates *et al*., 1997).

تحقیقات نشان داده است که نماتدهای mononchid نسبت به آتش‌سوزی و اثر آن بر محیط خاک بسیار حساس هستند. نتایج تحقیق بونگرس و فریز (Bongers & Ferris, 1999) نیز ثابت می‌کند که این نماتدها به آشفتگی‌های اکولوژیک ازجمله آتش سوزی جنگل واکنش نشان داده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داد که میزان درصد کاهش جمعیت نماتدهای گروه mononchid در خاک سوخته یک ماه پس از نمونه‌برداری در عمق‌های ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری خاک، پس از نماتدهای dolichodorid و tylenchid از بیشترین مقدار برخوردار بوده است (جدول ۲). چنین به نظر می‌رسد که نماتدهای dorylaimid نسبت به آتش‌سوزی واکنشی مشابه با اعضای mononchid داشته‌اند و جمعیت آنها در خاک سوخته یک ماه پس از آتش‌سوزی کم‌وبیش به یک میزان کاهش داشته است (جدول ۲).

طبق تحقیقات مک‌سورلی (McSorley, 1993) برخی از اثرات آتش‌سوزی بر جمعیت نماتدهای خاک سوخته بعد از گذشت دو سال به تدریج برطرف شده است. به‌عنوان مثال جمعیت نماتدهای cephalobid و rhabditid در خاک سوخته جنگل پس از این مدت بیش از منطقه نسوخته بوده است. با این حال تفاوتی بین جمعیت نماتدهای aphelenchid در مناطق سوخته و نسوخته پس از گذشت زمان مشاهده نشد. در این تحقیق، در فاصله یک سال پس از نمونه‌برداری اول میزان درصد افزایش جمعیت نماتدها در تمام عمق‌های مورد بررسی مشاهده شد (جدول ۲). این افزایش در نماتدهای criconematid، longidorid، hoplolaimid و tylenchid

www.SID.ir

Archive of SID

بیشتر و در نماتدهای cephalobid، rhabditid و aphelenchid از درصد کمتری برخوردار بوده است (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد اگرچه جمعیت نماتدهای mononchid و انگل گیاهی مانند criconematid، hoplolaimid، longidorid و dolichodorid پس از آتش-سوزی (نمونه‌برداری یک ماه پس از آتش‌سوزی) به سرعت کاهش داشته است (جدول ۲) ولی پس از یکسال به تدریج با افزایش تراکم پوشش گیاهی و افزایش جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک، جمعیت این نماتدها رو به افزایش بوده است (جدول ۲).

البته مقایسه میانگین جمعیت نماتدها در خاک شاهد (نسوخته)، در هر دو نمونه‌برداری، در اغلب گروه‌های نماتدی (به‌جز cephalobid و criconematid) نشان از یکسان بودن آنها داشته است ($P\leq0.05$) (جدول ۲). با توجه به پراکنش لکه‌ای نماتدها نمی‌توان الگو یا روند یکسانی برای جمعیت نماتدها در بلوک‌های نسوخته (شاهد) انتظار داشت. با این حال میزان جمعیت برخی نماتدها (longidorid و tylenchid) در خاک نسوخته در هر دو نمونه‌برداری در تمام اعماق تفاوتی نشان نداده است ($P\leq0.05$) (جدول ۲).

مطالعات بیشتر در مورد تأثیر آتش‌سوزی بر نماتدها در جنگل‌های سوخته می‌تواند شامل اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک، اسیدیته و مواد آلی در لایه‌های سطحی و بررسی اثر حرارت بر این فاکتورها و ارتباط آنها با جمعیت نماتدها باشد. البته در اغلب موارد جمعیت نماتدها پس از وقوع آتش‌سوزی در خاک سوخته و نسوخته همجوار مورد بررسی قرار گرفته است (Renco & Cerevkova, 2015; Cerevkova *et al.*, 2013). یکی از دلایل روند کاهش نامتوازن جمعیت نماتدها در اثر آتش‌سوزی‌های طبیعی نوع پراکندگی نماتدها در خاک می‌باشد. با توجه به پراکندگی موضعی یا لکه‌ای نماتدها، برای افزایش دقت اطلاعات بدست آمده از نوسانهای جمعیت نماتدها در اثر آتش‌سوزی، باید در هر نقطه از نقاط مورد مطالعه، قبل و بعد از آتش‌سوزی جمعیت نماتدها مورد بررسی قرار گیرد. به این منظور می‌توان در بررسی‌های تکمیلی در شرایط آزمایشگاه، شرایط آتش‌سوزی را به‌طور مصنوعی بازسازی کرده و به بررسی تغییرات جمعیت نماتدها پرداخت.

سپاسگزاری

نویسندگان از مسئولان محترم اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شاهرود و مهدی‌شهر برای تأمین امکانات جهت اجرای این تحقیق کمال تشکر را دارند.

References

-Alexander, M.E., 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. Canadian Journal of Botany, 60: 349-357.

-Andrássy, I., 2007. Free-living nematodes of Hungary (Nematoda errantia), II. In 'Pedozoologica Hungarica No. 4' (Eds C Csuzdi, S Mahunka). (Hungarian Natural History Museum: Budapest, Hungary).

-Balshi, M.S., McGuire, A.D., Duffy, P., Flannigan, M., Kicklighter, D.W., Melillo, J., 2009. Vulnerability of carbon storage in North American boreal forests to wildfires during the 21st century. Global Change Biology, 15: 1491-1510.

-Bongers, T., Ferris, H., 1999. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. Trends in Ecology & Evolution, 14: 224-228.

-Brzeski, M.W., 1998. Nematodes of Tylenchina in Poland and Temprate Europe. Warszawa, Poland, Muzeum I Instytutu Zoologii Polska Academia Nauk, Poland.

-Campbell, G.S., Jungbauer, J.D. Jr., Bristow, K.L., Hungerford, R.D. ,1995. Soil temperature and water content beneath a surface fire. Soil Science, 159: 363-374.

-Cerevkova, A., Renco, M., Cagan, L., 2013. Short-term effects of forest disturbances on soil nematode communities in European mountain spruce forests. Journal of Helminthology, 87: 376–385.

-Certini, G., 2005. Effects of fire on properties of forest soils: a review. Oecologia, 143: 1-10.

www.SID.ir

Archive of SID

-Coleman, D.C., Anderson, R.V., Cole, C.V., McClellan, J.F., Woods, L.E., Trofymow, J.A., Elliott, E.T., 1984. Roles of protozoa and nematodes in nutrient cycling. *In:* Giddens, J.E.; Todd, R.L. (Editors), *Microbial-plant interactions*. pp. 17-28. American Society Agronomy, Madison, USA.

-Conard, S.G., Hartzell, T., Hilbruner, M.W., Zimmerman, G.T., 2001. Changing fuel management strategies the challenge of meeting new information and analysis needs. International Journal of Wildland Fire, 10: 267-275.

-De Bano, L.F., 2000. The role of fire and soil heating on water repellence in wildland environments: a review. Journal of Hydrologic Engineering, 231: 195-206.

-De Bano, L.F., Neary, D.G., Ffolliott, P.F., 1998. Fire effects on ecosystems. Wiley, New York, USA.

-De Grisse, A., 1969. Redescription ou modification de quelques techniques dans L'etude des nematodes phytoparasitaires. Mede. Rijks. Fak. LandbWet Gent, 34: 351-369.

-Franklin, S.B., Robertson, P.A., Fralish, J.S., 1997. Small-scale fire temperature patterns in upland Quercus communities. Journal of Applied Ecology, 34: 613-630.

-Freckman, D.W., Baldwin, J.G., 1990. Soil Biology Guide. Pp. 155-200 in Daniel L. Dindal (Ed). John Wiley & Sons, New York, USA.

-Gillon, D., Gomendy, V., Houssard, C., Marechal, J., Valette, J.C., 1995. Combustion and nutrient losses during laboratory burns. International Journal of Wildland Fire, 5: 1-12.

-Ginzburg, O., Steinberger, Y., 2012a. Effects of forest wildfire on soil microbial-community activity and chemical components on a temporal-seasonal scale. Plant and Soil, 360: 243-257.

-Ginzburg, O., Steinberger, Y., 2012b. Salvage logging versus natural regeneration post-fire practices in a forest: soil chemical and microbial aspects. Open Journal of Ecology, 2: 29-37.

-Gray, D.M., Dighton, J., 2009. Nutrient utilization by pine seedlings and soil microbes in oligotrophic pine barrens forest soils subjected to prescribed fire treatment. Soil Biology and Biochemistry, 41: 1957-1965.

-Hartford, R.A., Frandsen, W.H., 1992. When it's hot, it's hot or maybe it's not! (Surface flaming may not portend extensive soil heating). International Journal of Wildland Fire, 2: 139-144.

-Heininger, P., Hoss, S., Claus, E., Pelzer, J., Traunspurger, W., 2007. Nematode communities in contaminated river sediments. Environmental Pollution, 146: 64–76.

-Hoss, S., Traunspurger, W., Severin, G.W., Juttner, I., Pfister, G., Schramm, K.W., 2004. Influence of 4-nonylphenol on the structure of nematode communities in freshwater microcosms. Environmental Toxicology and Chemistry, 23: 1268-1275.

-James, S.W., 1988. The postfire environment and earthworm populations in tall grass prairie. Ecology, 69: 476-483.

-Jenkins, W.R., 1964. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Report, 48: 692.

-Kane, E.S., Kasischke, E.S., Valentine, D.W., Turetsky, M.R., McGuire, A.D., 2007. Topographic influences on wildfire consumption of soil organic carbon in interior Alaska: implications for black carbon accumulation. Journal of Geophysical Research, 112: G03017.

-Kara, O., Bolat, I., 2009. Short-term effects of wild-fire on microbial biomass and abundance in black pine plantation soils in Turkey. Ecological Indicators, 9: 1151-1155.

-Keeley, J.E., 2009. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. International Journal of Wildland Fire, 18: 116-126.

-Killgore, A., Jackson, E., Whitford, W.G., 2009. Fire in Chihuahuan Desert grassland: Short-term effects on vegetation, small mammal populations, and faunal pedo-turbation. Journal of Arid Environments, 73: 1029-1034.

-Lupwayi, N., Hamel, C., Tollefson, T., 2010. Soil Biology of the Canadian Prairies. Agricultural Soils of the Prairies, 3: 16-24.

-Matlack, G.R., 2001. Factors determining the distribution of soil nematodes in a commercial forest landscape. Forest Ecology and Management, 146: 129-143.

-McSorley, R., 1993. Short-term effects of fire on the nematode community in a pine forest. Pedobiologia, 37: 39-48.

-Pen-Mouratov, S., Ginzburg, O., Whitford, W.G., Steinberger, Y., 2012. Forest Fire Modifies Soil Free-Living Nematode Communities in the Biriya Woodland of Northern Israel. Zoological Studies, 51(7): 1018-1026.

-Perry, R.N., Moens, M., 2006. Plant Nematology. Printed and bound in the UK by Biddles Ltd, King's Lynn, UK.

www.SID.ir

Archive of SID

-SAS Institute., 2002. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC, North Carolina, USA.
-Schratzberger, M., Bolam, S., Whomersley, P., Warr, K., 2006. Differential response of nematode colonist communities to the intertidal placement of dredged material. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 334: 244-255.
-Shetler, G., Turetsky, M., Kane, E., Kasischke, E., 2008. Sphagnum mosses limit total carbon consumption during fire in Alaskan black spruce forests. Canadian Journal of Forest Research, 38(8): 2328-2336.
-Siddiqi, M.R., 2000. Tylenchida, Parasites of Plants and Insects. CABI Publishing, St. Albans, Wallingford, UK.
-Turetsky, M.R., Kane, E.S., Harden, J.W., Ottmar, R.D., Manies, K.L., Hoy, E., Kasischke, E.S., 2011. Recent acceleration of biomass burning and carbon losses in Alaskan forests and peatlands. Nature Geoscience, 4: 27-31.
-Whiteford, W.G., Pen-Mouratov, S., Steinberger, Y., 2014. The effects of prescribed fire on soil nematodes in an arid juniper savanna. Open Journal of Ecology, 4(2): 66-75.
-Wilson, M.J., Kakouli-Duarte, T., 2009. Nematodes as Environmental Indicators. CABI North American Office. USA.
-Yeates, G.W., 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. Biology and Fertility of Soils, 37: 199-210.
-Yeates, G.W., Boag, B., 2006. Female size shows similar trends in all clades of the Phylum Nematoda. Nematology, 8: 111-127.
-Yeates, G.W., Saggar, S., Daly, B.K., 1997. Soil microbial C, N, and P, and microfaunal populations under Pinus radiate and grazed pasture land-use systems. Pedobiologia, 41: 549-565.
-Perry, R.N., Zunche, U., 1997. Nematodes: harmful and beneficial organisms. In G. Benckiser (Ed.), Fauna in soil ecosystems: recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production (pp 85-124). New York: Marcel Dekker, Inc, USA.
-Reichle, D.E., 1997. The role of Soil invertebrates in nutrient cycling, Soil organisms as Components of ecosystems. Ed. V. Lohm, and T. Person, Swedish Natural Science Research Council, Stockholm, Sweden.
-Renčo, M., Čerevková, A., 2015. Long-term effects of a wildfire on the soil nematode communities in the spruce forest ecosystem of High Tatra National Park. International Journal of Wildland Fire, 24(5): 702-711.
-Ro¨delsperger, C., Streit, A., Sommer, R.J., 2013. Structure, Function and Evolution of The Nematode Genome. In: eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0024603.
-Ross, D.J., Speir, T.W., Tate, K.R., Feltham, C.W., 1997. Burning in a New Zealand snow-tussock Grassland: effects on soil microbial biomass and N and P availability. New Zealand Journal of Ecology, 21: 63-71.
-Rutigliano, F.A., De Marco, A., D'Ascoli, R., Castaldi, S., Gentile, A., De Santo, A.V., 2007. Impact of fire on fungal abundance and microbial efficiency in C assimilation and mineralisation in a Mediterranean maquis soil. Biology and Fertility of Soils, 44: 377-381.

www.SID.ir