

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

حمید رضا عبدوس^۱ و آیت اله سعیدی زاده^{۲*}

۱- کارشناس ارشد، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، مهدی شهر، 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 ارگانسیم‌های خاکزی در اکوسیستم‌های طبیعی از جمله 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 نماتی 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 به ترتیب در عمق‌های ۲۰، ۱۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر و بیشترین درصد افزایش جمعیت در خاک سوخته در زمان نمونه‌برداری دوم به ترتیب در عمق‌های ۳۰، ۴۰، ۲۰ و ۱۰ سانتی‌متر خاک بود (P 0.05).

مقدمه

آتش‌سوزی بخش مهمی از تاریخچه تکاملی اغلب اکوسیستم‌های جنگلی است (Conard *et al.*, 2001). اثر آتش در اکوسیستم جنگل پیچیده است، به طوری که 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

داده از نوع سطحی بود، به طوری که در منطقه انتخاب شده برای مطالعه، شدت آتش سوزی به اندازه ای بوده که پوشش علفی کاملاً سوخته و شاخ و برگ درختان و درختچه ها تا ارتفاع تقریباً 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 می شود. پوشش گیاهی منطقه شامل درختان ممرز (*Carpinus betulus* L.)، توسکا (*Alnus subcordata* C.A.Mey)، آزاد (*Zelkova carpiniifolia* (Pall.) Dippel)، ون (*Fraxinus excelsior* L.)، سرخدار (*Acer insigne* Boiss. & Gled.)، افرا (*Taxus baccata* L.)، شیردار (*Acer cappadocicum* Gled.) و گیاهان علفی اسپرس (*Onobrychis viciifolia* Scop.)، دمروباهی (*Alopecurus myosuroides* Huds.)، آویشن (*Thymus vulgaris* L.) و شیدر (*Trifolium pratense* L.) بوده است.

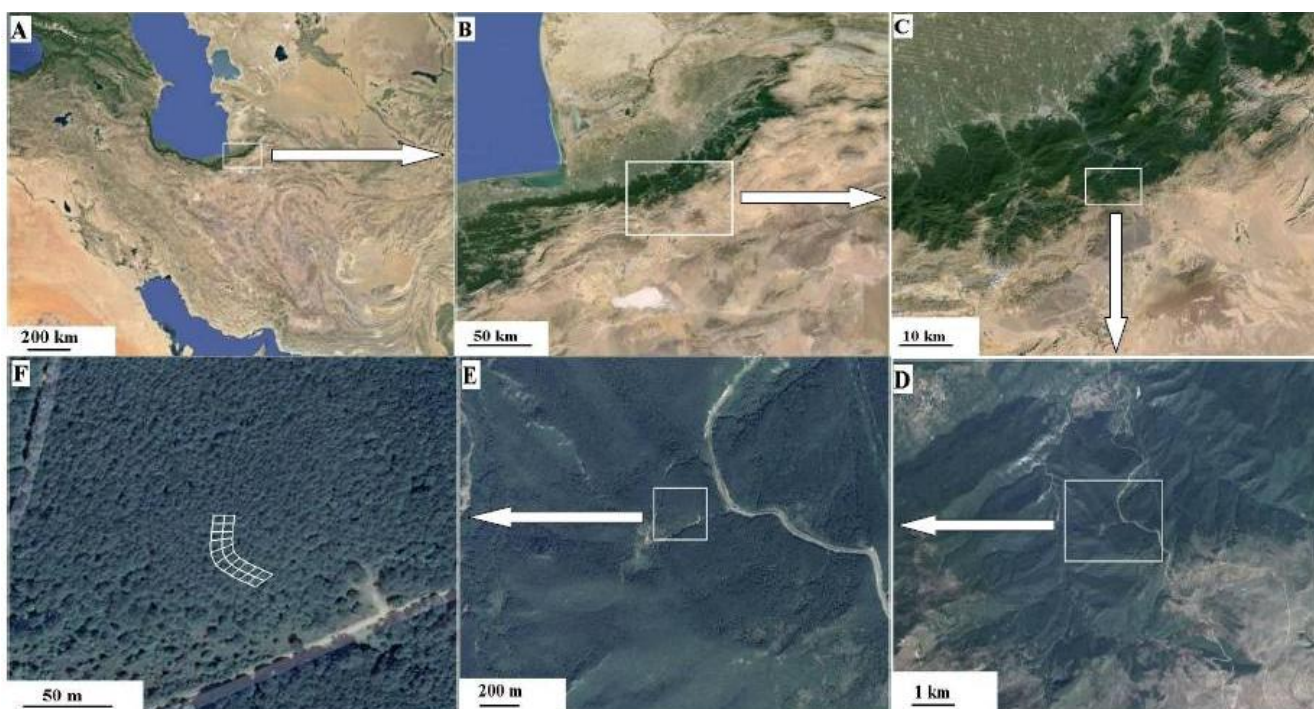
با توجه به پراکندگی لکه ای نماتدها، برای یکسان بودن شرایط در منطقه مورد بررسی و کاهش خطای آزمایش، ناحیه ای از مرز خاک سوخته و نسوخته برای مطالعه انتخاب شد که از لحاظ پوشش گیاهی و ارتفاع از سطح دریا از شرایط یکسانی برخوردار بود. موقعیت جغرافیایی منطقه ۵۵°، ۴' و ۴۳" شرقی و ۳۶°، ۴۷' و ۴۹" شمالی بوده است. 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 لکه ای نماتدها در محیط خاک، بلوک های سوخته و نسوخته (شاهد) به صورت پیوسته و همجوار با یکدیگر و همچنین سطح مورد بررسی منطقه کوچکی از جنگل سوخته را شامل شد.

دیده می شوند و از نظر تنوع گونه ای از بزرگترین گروه های جانوری محسوب می شوند (Rödelsperger *et al.*, 2013). به دلیل فراوانی و تأثیر بر فرایندهای موجود در اکوسیستم های طبیعی، این جانوران به عنوان شاخص زیستی (bioindicator) برای بررسی اثر عوامل مختل کننده محیط زیست معرفی شده اند (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 آتش سوزی بر ساختار جمعیت میکروبی خاک جنگل انجام شده است (Matlca, 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 آتش سوزی های متعدد در جنگل های ایران از جمله مناطق شمالی طی سال های اخیر و آسیب اراضی جنگلی، مطالعه اثر آتش بر ارگانسیم های خاک به منظور حفظ شرایط بهینه و مدیریت جنگل مورد نیاز می باشد. بررسی تأثیر آتش بر میکروارگانسیم های خاک از جمله نماتدها، با در نظر گرفتن میزان عمق خاک، در ثبات و عملکرد تمام اجزای اکوسیستم جنگل قابل توجه می باشد. بنابراین در این تحقیق جمعیت نماتدهای موجود در خاک سوخته و نسوخته بر اساس عمق خاک در منطقه - ای به وسعت ۵۰۰ مترمربع از جنگل ابر شهرستان شاهرود بررسی شد.

منطقه مورد مطالعه

در مهر ۱۳۸۹ آتش منطقه ای به وسعت در حدود ۵۰ هکتار از اراضی جنگل ابر را دربرگرفت. آتش سوزی رخ



شکل ۱- تصویر هوایی منطقه مورد مطالعه (A-F). A: ایران، B: شمال شرقی 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 هر یک از اعماق مورد نظر ۱۰۰ عدد نمونه خاک جمع‌آوری شد. میزان هر نمونه در حدود ۲۵۰ گرم خاک در کیسه‌های پلاستیک در بسته 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; Andrassy, 2007). میزان جمعیت نماتدها در گروه‌های مختلف به هر کیلوگرم خاک تعمیم داده شد و برای هر بلوک در تجزیه و تحلیل داده‌ها بکار رفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی بر مبنای جمعیت نماتدها با در نظر گرفتن عمق خاک و زمان نمونه‌برداری به منظور 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) به جز 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 ($P < 0.05$) داشت (جدول ۱). به جز 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). به جز aphelenchid، بیشترین جمعیت نماتدها در تمام گروه‌ها، در عمق ۴۰ سانتی‌متری خاک سوخته ۱۳ ماه پس از آتش‌سوزی بدست آمد، در حالی که در مورد aphelenchid

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) به ترتیب در عمق‌های ۲۰، ۱۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر خاک بود. این کاهش جمعیت در مورد گروه‌های dolichodorid، dorylaimid، mononchid، rhabditid و tylenchid در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک سوخته مشاهده شد. در مورد گروه‌های cephalobid، aphelenchid، criconematid و hoplolaimid کاهش جمعیت به ترتیب 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 به ترتیب در عمق‌های ۳۰، ۴۰، ۲۰ و ۱۰ سانتی‌متر خاک بدست آمد. این افزایش جمعیت در مورد گروه‌های aphelenchid، dorylaimid، cephalobid، rhabditid و hoplolaimid 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).

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

گروه نماتد

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

± میانگین نشان داده شده است. حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار است.

۲- مقایسه میانگین درصد کاهش و افزایش جمعیت نماتدها در عمق‌های سطحی خاک سوخته جنگل ابر به روش دانکن (P 0.05)

گروه نماتد

tylenchid	longidorid	hoplotlaimid	dolichodorid	ericonematid	aphelenchid	dorylainid	mononchid	rhabditid
۷۳/۷±۶/۸ A	۶۶/۳±۷/۷ A	±۱۲/۶ B ۵۴/۴	±۱۳/۵ B ۷۳/۹	۵۲±۱۰/۸ B	±۶/۴ BC ۴۸/۷	±۱۳/۷ B ۵۷/۱	۶۸/۸±۱۴/۸ A	۵۶/۷±۱۱/۸
۷۱/۱±۹/۵ A	۶۰/۸±۵/۲ A	±۱۴/۴ B ۵۶/۸	±۱۵/۶ A ۷۶/۸	۳۸/۷±۶/۸ C	۵۰±۱۲/۳ B	±۱۲/۴ A ۶۲/۶	۶۸/۲±۱۳/۲ A	۶۶±۱۴/۸
۵۶/۶±۶/۱ B	۱۷/۶±۳/۵ C	±۱۳/۸ A ۶۰/۵	±۱۰/۷ C ۴۶/۹	۶۱/۲±۱۳/۱ A	±۱۴/۳ A ۶۱/۱	±۱۱/۶ C ۵۰/۹	۴۹±۱۸/۳ B	۵۵/۱±۱۸/۸
۴۶/۴±۵/۲ C	۳۳/۳±۶/۴ B	±۶/۷ C ۱۹/۹	±۸/۹ D ۳۷/۱	۴۱/۲±۵/۵ C	±۱۰/۶ C ۴۵/۵	۲۱/۲±۵/۶ D	۱۲/۴±۵/۴ C	۵/۷±۱/۸
۷۲/۵±۱۱/۶ c	۱/۲±۰/۳ d	±۱۱/۱ c ۶۵/۲	۷۷±۱۴/۵ c	±۱۹/۴ b ۱۲۴/۸	۶۰±۱۱/۵ b	۳۳/۱±۷/۶ d	۶۴/۱±۱۲/۹ c	۳۸/۶±۹/۸
۳۹/۲±۷/۲ d	۴۰/۲±۱۱/۶ c	±۱۵/۸ b ۱۱۳/۱	±۲۲/۵ a ۱۹۱/۷	۱۰۹±۱۷/۶ c	۲±۰/۴ d	±۱۰/۴ b ۸۴/۲	±۱۸/۵ a ۱۵۵/۶	۹۵/۴±۱۸/۸
±۲۶/۷ ۲۹۱/۳ a	۶۲/۹±۱۵/۹ b	±۲۰/۱ a ۱۶۴/۶	±۱۰/۹ b ۱۴۲/۴	±۱۸/۷ c ۱۱۳/۹	±۲۴/۷ a ۲۷۷/۸	±۱۵/۶ a ۱۲۰/۲	۱۰۴/۵±۱۷/۶ b	۱۶۶±۲۸/۸
۱۵۶/۳±۱۴/۵ b	۲۰۱/۳±۲۷/۳ a	۱۳۴±۱۴/۸ ab	۲۰۲±۲۸/۴ a	۱۵۴/۷±۲۱/۳ a	۲۲/۵±۶/۱ c	۶۰/۸±۷/۴ c	۱۳۹/۱±۲۷/۵ ab	۱۳۴/۱±۲۰/۸

± میانگین نشان داده شده است. حروف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار است.

(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). جمعیت میکروارگانیزم‌ها از جمله 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 آتش‌سوزی 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*، *Malenchus Aglenchus* و *Paratylenchus* بوده است. افراد جنس *Pratylenchus* فقط در خاک سوخته و نمونه‌های *criconematid* (جنس‌های *Crossonema*، *Criconemoides* 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* به ترتیب 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 خلل و فرج خاک قابلیت جابه‌جایی دارند. این جانوران اساساً موجوداتی آبدوست هستند، از این‌رو چنین به

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 0.05) (جدول ۲). در خاک شاهد (نسوخته) میانگین جمعیت نماتدها در نمونه‌برداری اول و دوم در اغلب گروه‌های نماتدی (به‌جز *cephalobid* و *criconematid*) تفاوت معنی‌داری نشان نداد (P 0.05) (جدول ۲). البته میزان جمعیت نماتدهای گروه *tylenchid* و *longidorid* در خاک نسوخته در هر دو نمونه‌برداری در تمام اعماق از نظر آماری یکسان بوده است (P 0.05) (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 نمی‌دهد. این در حالی است که وجود مواد آلی در خاک، از جمله 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 آتش‌سوزی به مواردی مانند ضخامت، نسبت فشردگی (*packing ratio*) و رطوبت بستر خاک بستگی دارد

cephalobid و rhabditid. 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 از جمله آتش‌سوزی 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 سوخته بوده است. با این حال تفاوتی بین جمعیت نماتدهای aphelenchid در مناطق سوخته و سوخته 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 tylenchid و hoplolaimid, longidorid, criconematid

نظر می‌رسد که وجود گرما در لایه‌های سطحی و متعاقباً کاهش رطوبت خاک علاوه بر کشتن نماتدها، موجب حرکت آنها به لایه‌های پایین‌تر خاک می‌شود. محققان معتقدند که فراوانی بیشتر نماتدها در بلوک‌های منطقه سوخته در مقایسه با بلوک‌های منطقه سوخته منعکس‌کننده تفاوت‌های بزرگ در میزان رطوبت خاک بین مناطق سوخته 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 احتمالاً 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 criconematid و cephalobid 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 hoplolaimid، longidorid، criconematid و dolichodorid مشاهده شد (جدول ۲). به‌جز دو گروه

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.

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 آتش‌سوزی (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 میکروارگانسیم‌های 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 (به جز *cephalobid* و *criconematid*) نشان از یکسان بودن آنها داشته است ($P < 0.05$) (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 (*tylenchid* و *longidorid*) در خاک نسوخته در هر دو نمونه‌برداری در تمام اعماق تفاوتی نشان نداده است ($P < 0.05$) (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 پراکنندگی نماتدها در خاک می‌باشد. با توجه به پراکنندگی موضعی یا لکه‌ای نماتدها، برای افزایش دقت اطلاعات بدست آمده از نوسانهای جمعیت نماتدها در اثر آتش‌سوزی، باید در هر نقطه از نقاط مورد

- 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.
- 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'étude 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.

- 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 radiata 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.
- Ren o, M., erevková, 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.