فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۱۸۲-۱۶۹، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121054
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.1.4

مقالهٔ پژوهشی

بررسی ویژگی‌های فیزیکی خاک ۱۱ سال پس از ساخت جوی-پشته بر روی مسیرهای چوبکشی

مهسا هاشمی[۱]، مهرداد نیکوی*[۲]، علی صالحی[۳] و رامین نقدی[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (mahsaa.hashemi@gmail.com)
۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (nikooy@guilan.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (asalehi70@hotmail.com)
۴- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (naghdir@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۳۰

چکیده

شناخت راهکارهایی برای بازیابی خاک مسیرهای چوبکشی ضروری است. یکی از فعالیت‌های مدیریتی برای اصلاح کوبیدگی و جلوگیری از فرسایش، احداث جوی‌پشته در مسیرهای چوبکشی است. بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک ۱۱ سال پس از احداث جوی-پشته بر روی مسیرهای چوبکشی در قطعات ۴۰ مترمربعی در قالب دو طبقه شیب (کمتر از ۱۰ درصد و بیشتر از ۱۰ درصد) و سه طبقه ترافیک (کم، متوسط و شدید) در جنگل‌های سری ناو در غرب استان گیلان بررسی شد. متغیرهای موردبررسی شامل وزن مخصوص ظاهری، تخلخل، نفوذپذیری و عمق شیار بود. اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک با استفاده از پنترومتر جیبی، نمونه‌برداری مربوط به وزن مخصوص ظاهری با استفاده از سیلندر و اندازه‌گیری شیار با استفاده از شاخص ۵ متری انجام شد. شاخص‌های موردبررسی در هر تیمار، در سه تکرار مورد تحقیق قرار گرفتند. تأثیر تغییرات شیب و ترافیک بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک بر روی ۷۲ نمونه انجام شد. نتایج نشان داد که اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، نفوذپذیری و عمق شیار معنی‌دار است. مقدار وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و نفوذپذیری در طبقه شیب کم و ترافیک کم بازیابی شده بود و بین این طبقه با طبقه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج پژوهش اثر مثبت ساخت جوی-پشته در بازیابی ویژگی‌های خاک در مسیرهای چوبکشی را مسیرهای با ترافیک و شیب کم نشان داد.

واژه‌های کلیدی: وزن مخصوص ظاهری، جوی پشته، ویژگی‌های فیزیکی خاک، عمق شیار، نفوذپذیری.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۱۳۴۴۳۲۰۸۹۴

مقدمه

عملیات بهره‌برداری جنگل که با احداث مسیر چوبکشی و تردد ماشین‌آلات برای خروج محصولات جنگلی در این مسیرها همراه است، ممکن است به‌طور متوسط حدود ۱۶ تا ۲۵ درصد از کل منطقه را در برگیرد و سبب تغییر ویژگی‌های فیزیکی، کاستن از توان تولیدی آن و موجب تخریب خاک شود (Murphy, 2004). تخریب خاک به‌صورت کوبیدگی، افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، افزایش مقاومت به نفوذ، جابه‌جایی لایه لاشبرگ، کاهش تهویه و نفوذپذیری آب‌وهوا در خاک، شیاری‌شدن مسیر، جابه‌جایی و هدررفت خاک سطحی، کاهش ریشه‌دوانی گیاهان، فرسایش و تغییرات هیدرولوژی عرصه و اختلال در تبادل گازها است. کوبیدگی، جابه‌جایی آب‌وهوا را در داخل خاک کاهش و میزان رواناب سطحی و فرسایش را افزایش می‌دهد (Williamson and Neilson, 2000). همچنین کوبیدگی خاک در درازمدت می‌تواند روی بهره‌وری خاک، توده جنگل و تغییرات هیدرولوژیکی تأثیر بگذارد (Ozturk, 2016; Kazemi et al., 2015). با گذشت زمان تخریب وارده به خاک در طی عملیات مدیریتی جنگل پدیده‌ای برگشت‌پذیر هستند که بسته به شرایط اقلیمی، توپوگرافی و فیزیوگرافی، سن توده، فعالیت فون و فلور خاک شدت و وسعت خسارات می‌تواند از یک سال در لایه‌های سطحی تا ۱۰۰ سال در لایه‌های عمیق‌تر خاک زمان ببرد (Greacen and Sand, 1980; Rab et al., 2005; Sylvia and James, 2006). در چند دهه اخیر، افزایش نگرانی‌ها درباره تأثیرات مدیریتی جنگل بر محیط زیست به‌ویژه کیفیت آب و خاک بالا رفته است. این افزایش حساسیت نسبت به مدیریت جنگل، از پژوهش‌های مرتبط با ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی عملیات بهره‌برداری جنگل منتج می‌شود (Grace et al., 2006). هدف مدیریتی در بهره‌برداری جنگل به حداقل رساندن تأثیرات وسایل نقلیه بر روی خاک است که تأثیرات منفی آن می‌تواند معنی‌دار و طولانی‌مدت باشد (Cambi et al., 2015). درحالی‌که علل و راه‌حل‌های احتمالی تراکم خاک در سیستم کشت زراعی مورد بررسی قرار گرفته است، اما دانش اثرهای عملیات چوبکشی بر اصلاح خاک‌های جنگلی هنوز ناقص است (Hamza and Anderson, 2005). طراحی دقیق و درست مسیر چوبکشی مهم‌ترین راه برای کاهش اثرهای زیست‌محیطی بهره‌برداری و نیز کاهش وسعت و شدت تخریب خاک است. متداول‌ترین شیوه‌های مدیریتی در این زمینه شامل طراحی قبل از برداشت، ساختارهای کنترل آب و پوشش خاک است. پژوهش‌ها نشان داده است که این روش‌ها در صورت اجرای درست می‌توانند ۹۴-۵۲ درصد از غلظت جریان رسوب بکاهند (Edwards and Williard, 2010). زهکش‌های عرضی یکی از روش‌های مدیریتی در کاهش تولید رسوب مسیرهای چوبکشی است که در پژوهش‌های مختلفی به نقش اصلاحی آن پرداخته شده است (Lotfalian *et al.*, 2018). عموماً زهکش‌های عرضی به‌تنهایی و یا به‌صورت تلفیق با بذر، مالچ‌های گیاهی، مازاد مقطوعات درختی (پهن‌برگ و سوزنی‌برگ) در مقادیر مختلف در کاهش تولید رواناب و رسوب مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Solgi et al., 2015). در زهکش‌های عرضی اغلب با استفاده از خاک یا چوب موانعی عرضی به‌صورت قائم و یا مورب در مسیر ایجاد کرده و سبب توقف و نفوذ آب به داخل مسیر و یا هدایت آن به اطراف مسیر چوبکشی می‌شوند (Imani et al., 2018، Jourgholami et al, 2018). مطابق با دستورالعمل سازمان جنگل، مراتع و آبخیزداری کشور حفاظت از مسیرهای چوبکشی با استفاده از روش جوی پشته در

فواصل مختلف از حدود یک دهه قبل در جنگل‌های شمال کشور شروع شده است و مسیرهای خروج چوب‌آلات پس از پایان عملیات چوبکشی توسط جوی پشته مورد حفاظت و نگهداری قرار گرفته‌اند. هدف از کاربرد این روش‌ها مدیریت، حفاظت از خاک مسیرهای چوبکشی و کمک و بررسی اندازه بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک مانند وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، مقاومت به نفوذ، عمق شیار و رطوبت خاک پس از یک دوره بلند مدت است. استفاده از تیمارهای حفاظتی در بهبود ویژگی‌های خاک مسیرهای چوبکشی این تیمارها کمتر مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است هر چند موارد مرتبط با تولید رسوب و رواناب و نقش تیمارهای حفاظتی در کاهش مقدار رواناب و رسوب بیشتر مورد توجه بوده است (Solgi et al, 2017; Parsakhoo et al., 2017; Jourgholami et al, 2018; Imani et al., 2018) ولی اثرهای ساخت این انحراف دهنده‌های آب بر ویژگی‌های خاک مسیرهای چوبکشی و روند بازیابی آن در ایران در طولانی‌مدت مورد پژوهش قرار نگرفته است، موضوعی که در این تحقیق مورد توجه قرارگرفته است.

مواد و روش‌ها

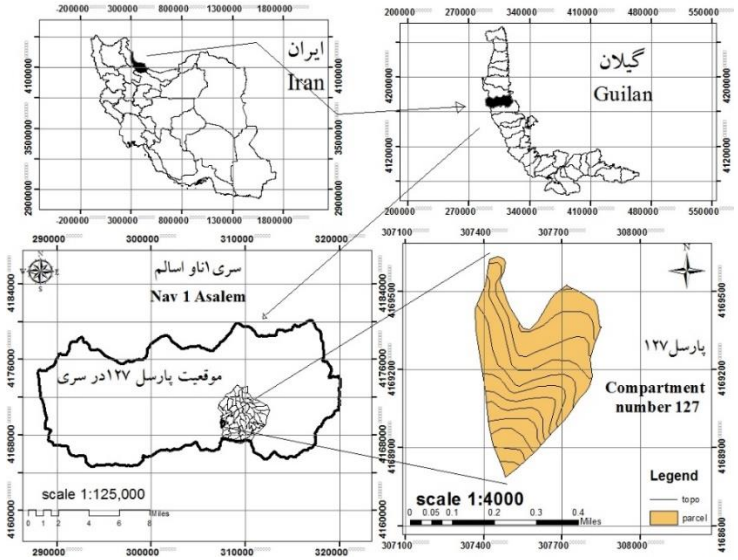
این پژوهش در پارسل بیست و هفت سری یک ناو اسالم واقع در حوزه هفت جنگل‌های شمال کشور انجام شد. این منطقه بین طول جغرافیایی ´´۵۱´۴۸°۴۸ تا ´´۲۷´۵۲°۴۸ و عرض جغرافیایی ´´۵۱´۳۷°۳۷ تا ´´۱۶´۴۱°۳۷ واقع شده است. متوسط بارش سالانه منطقه مورد پژوهش (با ارتفاع متوسط ۹۲۱ متر از سطح دریا)، حدود ۹۴۵ میلی‌متر و مقادیر بیشینه و کمینه آن به‌ترتیب برابر ۱۱۵۵ و ۷۴۶ میلی‌متر است. میانگین دمای سالانه منطقه برابر ۱۲/۴ °C و متوسط تعداد روزهای یخبندان منطقه، ۷۱ روز در سال است.

روش و شیوه جنگل‌شناسی در این سری روش دانه‌زاد ناهمسال و شیوه تک‌گزینی بود. تیپ پهن‌برگ آمیخته با حضور درختان راش، ممرز، بلوط و توسکا است. تعداد درختان در هکتار ۳۹۸ اصله، حجم در هکتار ۲۵۵ مترمکعب، جهت شمالی، مقدار تاج پوشش ۸۵-۹۵ درصد، میانگین شیب ۵۰-۲۰ درصد، حجم برداشت ۲۲۰ مترمکعب و طول مسیر چوبکشی ۲۲۵۰ متر بود. اسکیدر چوبکشی مورد استفاده در عملیات چوبکشی مسیر مورد بررسی در این پژوهش تیمبرجک 450C بود.

روش پژوهش

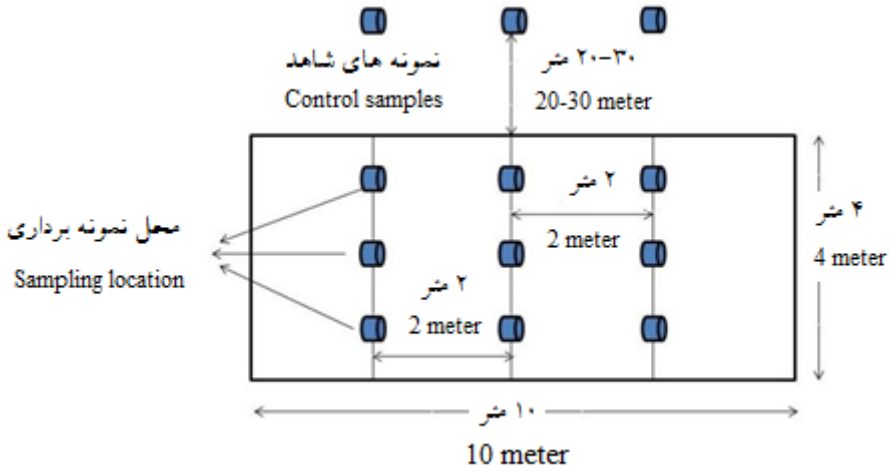
در این پژوهش ضمن جنگل‌گردشی دقیق و بررسی شیب و ترافیک مسیرهای چوبکشی بر اساس فاصله از دپو و مسیرهای فرعی یک مسیر چوبکشی انتخاب شد که ۱۱ سال بعد از چوبکشی و احداث جوی پشته بود. این مسیر بر اساس شیب طولی و شدت ترافیک طبقه‌بندی شد. در این مسیر سه شدت ترافیک بر اساس فاصله از دپو (کم، متوسط، زیاد) شناسایی و بر اساس شیب طولی در هر طبقه ترافیک، دو طبقه شیب (۱۰-۰ درصد و ۲۰-۱۰ درصد) جدا شد (Ezzati et al., 2012، Jourgholami et al., 2018). شیب طولی در مسیر چوبکشی به‌وسیله شیب‌سنج سونتو اندازه‌گیری شد. در هر طبقه ترافیک، با توجه به تأثیر دو طبقه شیب شش قطعه‌نمونه با ابعاد ۱۰×۴ متر پیاده شد (Ezzati et al., 2012). در هر قطعه‌نمونه پنج خط با فاصله ۲ متر از همدیگر طراحی و سه خط به‌صورت تصادفی انتخاب شد (Suvinon, 2007). روی هرکدام از خطوط انتخاب‌شده، دو نمونه در مرکز شیار سمت راست و چپ و نمونه‌ی دیگر در مرکز شیار وسط چرخ‌ها برداشت شد. همچنین سه قطعه‌نمونه شاهد در فاصله ۲۰-۳۰ متری و شرایط همگن با تیمارهای مورد بررسی

در نظر گرفته شد. بنابراین در هر پلات ۱۲ نمونه و در مجموع ۷۲ نمونه برداشت شد (شکل ۲).



شکل ۱- نقشه منطقه مورد بررسی واقع در حوزه هفت جنگل‌های شمال ایران

Figure 1. Map of the study area located in the watershed number 7 in North forests of Iran



شکل ۲- روش نمونه‌برداری در پلات‌های مستقر بر روی مسیر چوبکشی

Figure 2. Sampling method in located plots on skid trail

در ادامه تحقیق شاخص‌های تخریب خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، عمق شیار، درصد تخلخل خاک و میزان نفوذپذیری خاک مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند، تا با مقایسه این شاخص‌ها با ناحیه شاهد میزان بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک در مسیرهای چوبکشی مورد بررسی قرار گیرند (Froehlich et al., 1985). وزن مخصوص ظاهری خاک با استفاده از روش نمونه‌برداری با سیلندر از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متر به‌دلیل تأثیرپذیری زیاد این افق خاک از عملیات چوبکشی (Fernández et al., 2002) تعیین شد. نمونه‌های خاک در داخل پلاستیک به‌منظور توزین وزن مرطوب به آزمایشگاه منتقل شد. پس از تعیین وزن

مرطوب، نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و دوباره وزن شد (Demir et al., 2007). سپس سه ویژگی فیزیکی خاک شامل وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت و مجموع تخلخل مطابق رابطه ۱ ۲ و ۳ محاسبه شدند (Tan et al., 2005).

$$BD = \frac{m}{v}$$ رابطهٔ (۱)

$$\mathrm{TP\%} = 100 - (\frac{\mathrm{BD}}{\mathrm{PD}} \times 100)$$ رابطهٔ (۲)

$$W\% = \frac{Mw - Ms}{Ms} \times 100$$ رابطهٔ (۳)

در این روابط m وزن خاک خشک‌شده در کوره الکتریکی برحسب گرم و v حجم سیلندر برحسب سانتی‌متر مکعب است. با توجه به تأثیر رطوبت خاک در برداشت نمونه‌های مورد بررسی، کلیه نمونه‌ها در روز آفتابی، در شرایط خشک خاک و در شرایط یکسان برداشت شد (Jourgholami *et al.*, 2018). برای اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک در هر نقطه نمونه‌برداری از دستگاه پنترومتر جیبی (مدل EIJkelkamp Zevenaar Netherlands) استفاده شد (Ezzati et al., 2012). نفوذپذیری خاک در یک روز آفتابی و در خاک خشک و در فاصله ۱۰ سانتی‌متری محل نمونه‌برداری خاک اندازه‌گیری شد (Jourgholami et al., 2018). اندازه‌گیری شیارها روی مسیر اندازه‌گیری خط کوبیدگی انجام و شیارهای با عمق ۵ سانتی‌متر در عمیق‌ترین نقطه و حداقل طول دو متر به‌عنوان شیار ناشی از تخریب خاک درنظر گرفته شد. در هر شیار در فواصل افقی دو و نیم سانتی‌متر عمق شیار اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها به‌عنوان عمق شیار در هر پلات درنظر گرفته شد. بدیهی است که فاصله خطوط تصادفی نمونه‌برداری کوبیدگی و شیار از یکدیگر کمتر از دو متر نبود (Nugent et al., 2003). این پژوهش در قالب آزمایش طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو فاکتور شدت ترافیک (در سه طبقه ترافیک کم، متوسط و زیاد) و شیب (در دو طبقه ۱۰-۰ و ۲۰-۱۰ درصد) در سه تکرار انجام شد. بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنف و همگنی داده‌ها با استفاده از آزمون لون انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS۱۸ انجام شد. برای بررسی اثر شیب مسیر چوبکشی (دو سطح) و ترافیک (سه سطح) بر متغیرهای مورد بررسی (وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، مقاومت به نفوذ، عمق شیار و رطوبت خاک) از تجزیه واریانس دو عامله استفاده شد. در صورت معنی‌داربودن اثر هر یک از عامل‌ها، از آزمون چندگانه دانکن برای گروه‌بندی مقدار تغییر ویژگی‌های فیزیکی خاک استفاده شد.

نتایج

اثر شیب طولی مسیر چوبکشی و شدت تردد بر روند بازیابی وزن مخصوص ظاهری خاک

تجزیه و تحلیل مقادیر مربوط به وزن مخصوص ظاهری خاک در پلات‌های موردبررسی با استفاده از آنالیز واریانس دوطرفه به‌روش کاملاً تصادفی نشان داد که اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، مقاومت به نفوذ و عمق شیار معنی‌دار است (جدول ۱). نتایج نهایی بررسی بافت خاک نشان داد که خاک نمونه‌های مورد بررسی از نوع لومی-رسی بوده و بین ذرات آن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($\alpha \geq ۰/۰۰۵$). همچنین بررسی میانگین رطوبت خاک در طبقه‌های مختلف شیب و ترافیک تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($\alpha \geq ۰/۰۰۵$).

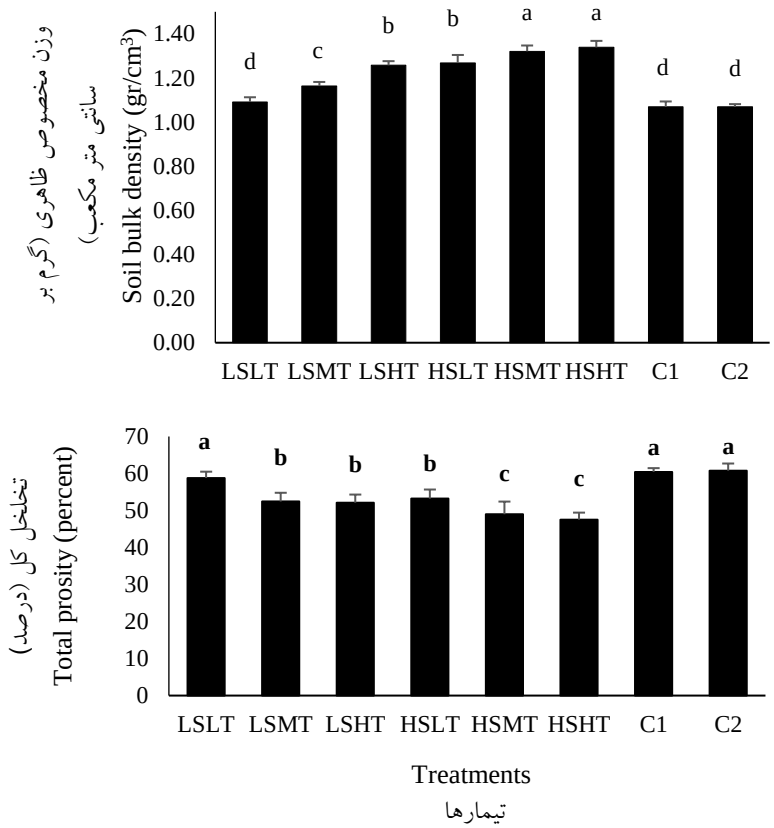
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ترافیک و شیب طولی مسیر چوبکشی و اثر متقابل آن‌ها بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک

Table 1. Analysis of Variation of traffic effect and longitudinal slope of skid trail and their interaction effect on soil physical properties

	F				Sig.			
	وزن مخصوص ظاهری Bulk density	تخلخل Porosity	نفوذپذیری Penetration	عمق شیار Rutting	وزن مخصوص ظاهری Bulk density	تخلخل Porosity	نفوذپذیری Penetration	عمق شیار Rutting
شیب Slope	436.69	132.86	8.96	37.47	.000	.000	.004	.000
ترافیک Traffic	107.344	67.062	33.003	34.056	.000	.000	.000	.000
شیب × تردد Slope × Traffic	19.428	1.262	4.832	7.026	.000	.290	.011	.003

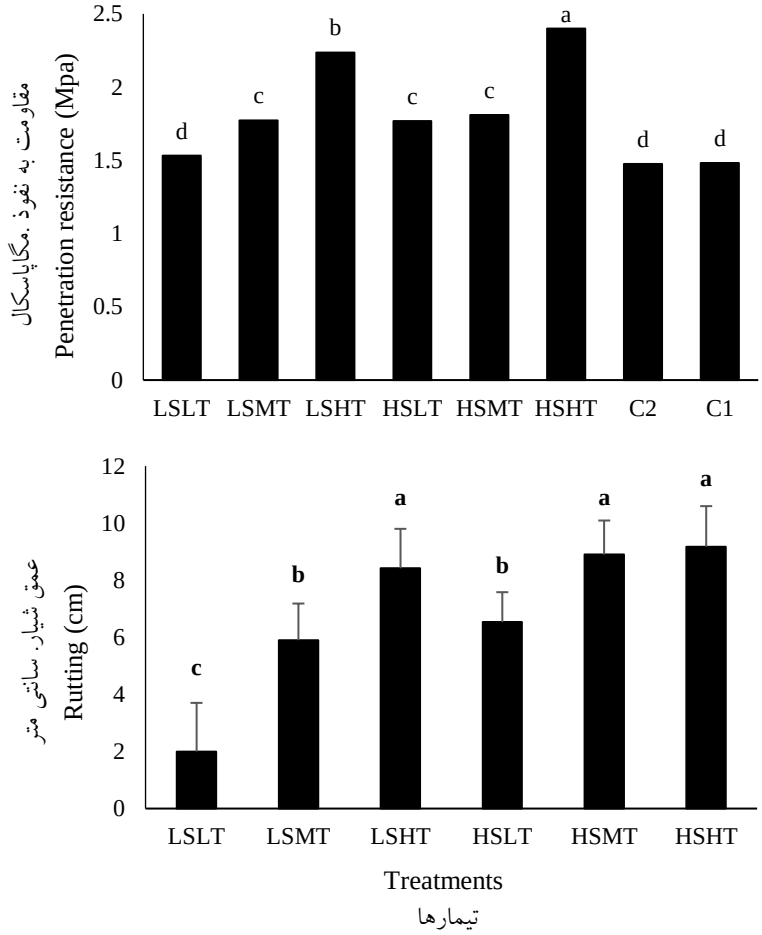
بررسی اثر متقابل شیب و ترافیک بر وزن مخصوص ظاهری نشان داد که مقدار این متغیر در طبقه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارد. با گذشت ۱۱ سال از ساخت جوی‌پشته‌ها مقدار وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب کم و ترافیک کم (LSLT) دو درصد، در طبقه شیب کم و ترافیک متوسط (LSTM) ۸/۸ درصد، در طبقه شیب کم ترافیک زیاد (LSTH) ۱۷/۶ درصد، در طبقه شیب زیاد ترافیک کم (HSLT) ۱۸/۶ درصد، در طبقه شیب زیاد و ترافیک متوسط (HSMT) ۲۳/۶ درصد و در طبقه شیب زیاد و ترافیک شدید (HSHT) ۲۵/۳ درصد بیشتر از منطقه شاهد بود. مقدار وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب کم و ترافیک کم بازیابی شده بود و بین این طبقه با طبقه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، درحالی‌که تفاوت معنی‌داری بین دیگر طبقه‌ها مشاهده شد. بین مقادیر میانگین وزن مخصوص ظاهری ترافیک متوسط و شدید در طبقه شیب بالا و هم‌چنین مقادیر وزن مخصوص ظاهری شیب کم ترافیک زیاد و شیب زیاد و ترافیک کم هم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳). ۱۱ سال پس از ساخت جوی‌پشته در امتداد مسیرهای چوب‌کشی مقدار تخلخل کل در طبقه شیب کم و به‌ترتیب در طبقه ترافیک کم، متوسط و شدید ۲/۸، ۱۳/۳۱ و ۱۳/۸۶ درصد و در طبقه شیب زیاد و طبقه ترافیک کم، متوسط و شدید به‌ترتیب ۱۲، ۱۹ و ۲۱/۴ درصد از منطقه شاهد بود. مقادیر تخلخل کل در طبقه شاهد و شیب کم با ترافیک کم تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین میانگین تخلخل کل در طبقه شیب کم با ترافیک متوسط و شدید و طبقه شیب زیاد با ترافیک کم تفاوت معنی‌داری نشان نداد. چنین روندی در طبقه شیب زیاد با ترافیک متوسط و ترافیک شدید هم مشاهده شد (شکل ۳). با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه و به روش کاملاً تصادفی اثر شیب و ترافیک بر روی مقاومت به نفوذ بررسی و نتایج نشان داد که هرکدام از متغیرها و اثر متقابل آن‌ها بر روی مقاومت به نفوذ معنی‌دار است (جدول ۱). بیشترین درصد افزایش مقاومت به نفوذ در بین تیمارها متعلق به شیب بالای ده درصد و ترافیک بالا (۶۲ درصد) و کمترین مقدار آن متعلق به طبقه شیب کم و ترافیک کم (۳/۵ درصد) بود. نتایج نشان داد که در طبقه شیب زیر ده درصد و طبقه ترافیک کم مقاومت به نفوذ تفاوت معنی‌داری با منطقه

شاهد نداشته و بازیابی شده است. طبقه شیب کم با ترافیک شدید درصد افزایش مقاومت به نفوذ بالای ۵۱ درصد را در مقایسه با منطقه شاهد نشان داد درحالی‌که در طبقه شیب کم و تردد متوسط، طبقه شیب زیاد و تردد کم و متوسط مقدار افزایش به‌ترتیب ۲۰، ۱۹ و ۲۲ درصد بود و تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد (شکل ۳). بررسی اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی عمق شیار (سانتی‌متر) نشان داد که شیب و ترافیک به‌صورت مستقل و توأم بر روی عمق شیار مؤثر بوده‌اند (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقدار عمق شیار متعلق به طبقه شیب و ترافیک زیاد (۱/۴۲±۹/۱۷ سانتی‌متر) و طبقه شیب کم و ترافیک کم بود (۱/۷۰±۲ سانتی‌متر). میانگین عمق شیار در طبقه‌های شیب زیاد- ترافیک زیاد (۱/۴۲±۹/۱۷ سانتی‌متر)، شیب زیاد- ترافیک متوسط (۱/۱۹±۸/۹) و شیب کم- ترافیک شدید (۱/۳۸±۸/۴۱) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. هم‌چنین میانگین تیمارهای شیب کم-ترافیک متوسط (۱/۲۸±۵/۹) و شیب زیاد-ترافیک کم (۱/۰۴±۶/۵۳) و تفاوت معنی‌داری را نشان داد (شکل ۳).



شکل ۳- مقایسه میانگین وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، نفوذپذیری و عمق شیار در طبقه‌های مختلف شیب و ترافیک در منطقه مورد پژوهش (LSLT شیب کم ترافیک کم، LSMT شیب کم ترافیک متوسط، LSHT شیب کم و ترافیک شدید، HSLT شیب زیاد ترافیک کم، HSMT شیب زیاد و ترافیک متوسط و HSHT شیب زیاد و ترافیک زیاد)

Figure 3. Comparison of average of soil bulk density, total porosity, penetration resistance and rutting depth in different slope and traffic classes in the study area (LSLT (low slope low traffic), LSMT (low slope medium traffic), LSHT (low slope high traffic), HSLT (high slope low traffic), HSMT (high slope medium traffic), and HSHT (high slope high traffic))



ادامهٔ شکل ۳.

Figure 3.

بحث

وزن مخصوص ظاهری در تمام طبقه‌های ترافیکی با افزایش شدت ترافیکی از کم به زیاد افزایش یافت. این نتایج با پژوهش‌های Solgi et al. (2015)، Zenner et al. (2007) ، Rab (2004)، Susnjar et al. (2006) در مورد تخریب خاک مطابقت دارد. تجزیه و تحلیل مقادیر مربوط به وزن مخصوص ظاهری خاک در قطعات نمونه مورد پژوهش با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه به روش کاملاً تصادفی نشان داد که اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی متغیرهای وزن مخصوص ظاهری، معنی‌دار است. Zenner et al. (2007) در بررسی بازیابی لایه ۵-۰ سانتی‌متری خاک در شدت ترافیک‌های مختلف را سه سال پس از عملیات بهره‌برداری جنگل در مینسوتا به این نتیجه رسیدند که وزن مخصوص ظاهری در تردد شدید هنوز بیشتر از ناحیه تردد کم بوده است. بررسی Ezatti et al. (2012) ۲۰ سال پس از عملیات چوبکشی در جنگل‌های مازندران نشان داد که در ترافیک کم وزن مخصوص ظاهری خاک در مقایسه با منطقه شاهد تا اندازه‌ای بازیابی شده بود ولی هنوز به‌اندازه ۱۲ درصد بیشتر از منطقه شاهد بود. در این پژوهش ۱۱ سال بعد از عملیات چوبکشی با احداث جوی‌پشته این اختلاف به دو درصد رسید. بر اساس نتایج این پژوهش علاوه بر تعداد تردد، شیب طولی مسیر اسکیدررو نیز تأثیر معنی‌داری بر روی فرآیند کوبیدگی و به‌تبع آن روند بازیابی خاک دارد. به‌طوری که در شیب‌های بیشتر از ۱۰ درصد وزن

مخصوص بیشتر از شیب‌های زیر ۱۰ درصد بوده است. در شیب‌های بالای ۱۰ درصد، به‌دلیل کاهش سرعت اسکیدر مدت زمان کوبیده شدن خاک بیشتر از مناطق مسطح است که این وضعیت سبب تشدید کوبیدگی مسیر چوبکشی و افزایش زمان بازیابی مؤلفه‌های خاکی می‌شود. بررسی بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک مسیرهای چوبکشی محافظت شده با موانع عرضی چوبی و خاک اره شش سال پس از بهره‌برداری در جنگل‌های شمال ایران نشان داد که بیشترین مقدار وزن مخصوص ظاهری در طبقه شیب بالای ۲۰ درصد و در طبقه ترافیک متوسط (۱/۳۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب) و شدید (۱/۳۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب) دیده می‌شود (Jourgholami et al., 2018). نتایج این تحقیق نشان داد که با وجود کاهش مقادیر وزن مخصوص ظاهری در طبقه‌های شیب زیر ۲۰ درصد و ترافیک کم، هنوز تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها و منطقه شاهد وجود داشت و تیمارهای مورد استفاده پس از شش سال موفق به بازیابی خاک نشده بود. بررسی عملکرد برخی از تیمارهای اصلاحی در بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک مسیرهای چوبکشی در منطقه دارابکلا ساری نشان داد که ۱۸ ماه پس از بکاربردن تیمارهای حفاظتی مسیرهای چوبکشی در طبقه شیب کمتر از ۲۰ درصد وزن مخصوص ظاهری در تیمار مرکب (۱/۱۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب) به مقدار شاهد (۱/۰۰ گرم بر سانتی-مترمکعب) نزدیک شده است، درحالی که بین وزن مخصوص ظاهری تیمارهای شیار مورب (۱/۱۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، شیار قائم (۱/۱۶ گرم بر سانتی‌مترمکعب) و مازاد مقطوعات (۱/۱۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب) و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری وجود دارد (Imani et al., 2018). در این تحقیق در طبقه شیب بالای ۲۰ درصد هم تغییر معنی‌دار تیمارهای مختلف در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نشد (Imani et al., 2018). در تمام تیمارهای ترافیکی با افزایش شدت ترافیک میزان تخلخل خاک کاهش یافت. در اثر چوبکشی زمینی و اعمال فشار بیش از ظرفیت باربری، خاک در معرض فشار قرار گرفته و حجم منافذ خاک کاهش پیدا می‌کند. طی کوبیدگی و تخریب ساختارهای درشت، بر سهم منافذ ریز افزوده می‌شود (Fernández, 2002). در تمام مسیرهای چوبکشی با افزایش شدت ترافیک از کم به شدید مقدار تخلخل خاک کم شده بود که با نتایج McNabb and Startsev (2001)، Rab (2004) و Servadio et al. (2001) مطابقت دارد. کاهش تخلخل خاک بیشتر در ارتباط با وزن مخصوص ظاهری خاک است (Ezzati et al., 2012). با افزایش وزن مخصوص ظاهری تخلخل کل کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش منافذ خاک و فشار زیاد به خاک است (Lotfalian and Parsakho, 2009). مقدار تخلخل کل در تیمارهای مورد پژوهش کمتر از حد بحرانی نبود (شکل ۳). Jourgholami et al. (2018) در پژوهشی نقش خاک اره و کانال‌های عرضی چوبکشی را در افزایش نسبی تخلخل کل مورد بررسی قرار داده و این عامل را مؤثر دانسته‌اند. پژوهش آن‌ها نشان داد که خاک اره بیشترین نرخ بازیابی را در شیب‌های زیر ۲۰ درصد و ترافیک متوسط و زیاد و کانال عرضی چوبکشی در شیب ۲۰ و ۳۰ درصد و ترافیک شدید داشته است (Jourgholami et al., 2018). Imani et al. (2018) در بررسی خود تفاوت معنی‌داری بین تخلخل کل تیمار شاهد (۵۵/۷۵) و هر یک از تیمارهای شیار مورب (۴۸/۲۶)، شیار قائم (۴۹/۳۰)، مازاد مقطوعات (۴۸/۹۹) و تیمار مرکب (۵۰/۶۴) در مسیرهای کم شیب (زیر ۲۰ درصد) مشاهده کردند (Imani et al., 2018). بررسی اثر شیب، ترافیک و اثر متقابل آن‌ها بر روی عمق شیار (سانتی‌متر) نشان داد که شیب و ترافیک به‌صورت مستقل و توأم بر روی عمق شیار مؤثر بودند. ارزیابی

شیاری‌شدن در مسیرهای چوبکشی در یک دوره ۱۱ ساله نشان داد که بیشترین عمق شیاری‌شدن در ترافیک شدید بوده است. همچنین نتایج نشان داد که در پاسخ به افزایش شیب طولی مسیر عمق شیار افزایش پیدا کرده است. چنانچه بیشترین و کمترین مقدار عمق شیار متعلق به طبقه شیب و ترافیک زیاد (۱/۴۲±۹/۱۷ سانتی‌متر) و طبقه شیب کم و ترافیک کم (۱/۷۰±۲ سانتی‌متر) بود. Botta (2006) و Nugent et al. (2003) در پژوهش‌های خود اعلام کردند که با افزایش تردد اسکیدر شیاری‌شدن خاک اتفاق می‌افتد. Williamson (1990) در ارزیابی بصری خاک چوبکشی زمینی با وسایل مکانیزه در جنگل‌های اکالیپتوس تاسمانی به این نتیجه رسید که ناحیه ترافیک کم در چوبکشی با اسکیدر چرخ زنجیری چهار سال پس از عملیات بهره‌برداری از ناحیه شاهد قابل‌تشخیص نبوده است اما در ترافیک متوسط اثرهایی از شیاری‌شدن به عمق کمتر از ۱۱ سانتی‌متر و جابجایی جزئی لایه لاشبرگ قابل‌تشخیص بوده است. بررسی وی نشان داد که شیاری شدن عمیق و جابجایی خاک و لایه لاشبرگ در ترافیک شدید به‌طور چشم‌گیری قابل‌رؤیت بوده است این نتایج با پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. این مسئله همچنین در تحقیق Ezatti و همکاران (2012) هم مشاهده شد. در این پژوهش میانگین عمق شیار در طبقه‌های شیب زیاد–ترافیک زیاد (۱/۴۲±۹/۱۷ سانتی‌متر)، شیب زیاد–ترافیک متوسط (۱/۱۹±۸/۹) و شیب کم–ترافیک شدید (۱/۳۸±۸/۴۱) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. همچنین میانگین تیمارهای شیب کم–ترافیک متوسط (۱/۲۸±۵/۹) و شیب زیاد–ترافیک کم (۱/۰۴±۶/۵۳) و تفاوت معنی‌داری را نشان داد. Jourgholami et al. (2018) در بررسی اثر تیمار حفاظتی خاک اره و کانال عرضی چوبی شش سال پس از چوبکشی هم نشان دادند که هیچ‌کدام از تیمارهای حفاظتی موفق به ترمیم شیار نشده‌اند. شیارهای ناشی از تردد ماشین‌آلات چوبکشی نقش بسیار مهمی در جمع‌آوری و افزایش رواناب مسیرهای چوبکشی دارند که می‌تواند همراه با جداشدن ذرات خاک و فرسایش شیاری و در نهایت گالی شود. استفاده از کانال‌های عرضی خاکی می‌تواند در ذخیره‌سازی و کاهش قدرت فرسایشی رواناب مؤثر بوده و در طولانی‌مدت منجر به ترمیم شیار شود (Cambi et al., 2015). نفوذپذیری خاک به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های کیفی خاک در پژوهش‌های بازیابی خاک از اهمیت بالایی برخوردار است. در مسیرهای چوبکشی محافظت‌شده با جوی پشته با افزایش ترافیک و شیب از سرعت نفوذ کاسته شده بود، به‌طوری‌که بیشترین درصد افزایش مقاومت به نفوذ در بین تیمارها متعلق به ترافیک بالا و شیب بالای ده درصد (۶۲ درصد) بود.

Jourgholami et al. (2018) با بررسی تأثیر تیمار حفاظتی خاک‌اره و کانال عرضی چوبی شش سال پس از چوبکشی بر روی ویژگی‌های فیزیکی خاک نشان دادند که با افزایش وزن مخصوص ظاهری مقاومت به نفوذ به‌صورت لگاریتمی افزایش می‌یابد. افزایش مقاومت به نفوذ سبب کاهش تحرک و حفر خاک توسط جانوران خاکزی می‌شود و اصلاح آن را به تأخیر می‌اندازد. این واقعیت که مقدار مقاومت به نفوذ در راستای وزن مخصوص ظاهری تغییر می‌کند در این تحقیق هم مشاهده شد، موضوعی که در پژوهش DeArmond et al. (2019) هم به آن اشاره شده است. بررسی سرعت نفوذ در شیب‌های مختلف به‌روشنی بیان‌کننده تأثیر مخرب ماشین‌آلات بهره‌برداری بر روی خاک مسیر چوبکشی است. به این صورت که شیب‌های بالای ۱۰ درصد سرعت نفوذ کمتری را به نسبت شیب‌های زیر ۱۰ درصد داشته‌اند. در شیب‌های بالا به‌دلیل برخوردارنبودن خاک از استحکام کافی،

به‌هم‌خوردگی تعادل ماشین در این نواحی به نسبت نواحی مسطح و کمتر شدن سرعت ماشین و بیشتر شدن مدت زمان ویبره و تنش خاک، تخریب در این نواحی بیشتر از نواحی مسطح است (Rab et al., 2005). در این تحقیق کمترین مقدار مقاومت به نفوذ متعلق به طبقه شیب کم و ترافیک کم بود. نتایج نشان داد ۱۱ سال بعد از احداث جوی پشته در طبقه شیب زیر ده درصد و طبقه ترافیک کمتر از پنج تردد مقاومت به نفوذ تفاوت معنی‌داری با منطقه شاهد نداشته و بازیابی شده است. طبقه شیب کم با ترافیک شدید درصد افزایش مقاومت به نفوذ بالای ۵۱ درصد را در مقایسه با منطقه شاهد نشان داد درحالی‌که در طبقه شیب کم و تردد متوسط، طبقه شیب زیاد و تردد کم و متوسط مقدار افزایش به‌ترتیب ۲۰، ۱۹ و ۲۲ درصد بود و تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد. Ivanove (1976) و Dickerson (1976) در بررسی خود نشان دادند که برای بازیابی کامل در خاک‌های هیدرومورف حداقل ۱۵ سال زمان لازم است. این نتایج صحت فرضیه احیا کوتاه‌مدت‌تر نفوذپذیری در مقایسه با وزن مخصوص ظاهری را تایید می‌کند، هرچند ۱۱ سال شاید مدت کمی برای هر گونه قضاوت در این زمینه است.

نتیجه‌گیری

بررسی اثرهای میان‌مدت (۱۱ سال) ساخت جوی پشته در مسیرهای چوبکشی در جنگل‌های غرب استان گیلان روند بازیابی ویژگی‌های فیزیکی خاک در مناطق با شیب و ترافیک کم را نشان داد. انتظار می‌رود باگذشت زمان شاهد بهبود شرایط در طبقه‌های شیب کم و ترافیک متوسط باشیم. برای روشن‌شدن این فرض‌ها باید پژوهش‌های بیشتری انجام شود تا بتوان یک راهکار مدیریتی درست به مجریان طرح‌های جنگلداری ارائه کرد. توجه به بحث حفاظت و نگهداری از جوی پشته‌ها پس از احداث، نقش مهمی در افزایش کارآیی و سرعت روند بازیابی خاک مسیرهای چوبکشی دارد موضوعی که باید در بحث حفظ و نگهداری از مسیرهای چوبکشی مدنظر قرار گیرد.

References

Botta, G.; Jorajuria, D.; Rosatto, H.; Ferrero, C., Light tractor traffic frequency on soil compaction in the Rolling Pampa region of Argentina. *Soil and Tillage Research* **2006,** *86* (1), 9-14.

Cambi, M.; Certini, G.; Neri, F.; Marchi, E., The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest ecology and management* **2015,** *338*, 124-138.

DeArmond, D.; Emmert, F.; Lima, A. J. N.; Higuchi, N., Impacts of soil compaction persist 30 years after logging operations in the Amazon Basin. *Soil and Tillage Research* **2019,** *189*, 207-216.

Demir, M.; Makineci, E.; Yilmaz, E., Investigation of timber harvesting impacts on herbaceous cover, forest floor and surface soil properties on skid road in an oak (*Quercus petrea* L.) stand. *Building and Environment* **2007,** *42* (3), 1194-1199.

Dickerson, B., Soil compaction after tree-length skidding in northern Mississippi. *Soil Science Society of America Journal* **1976,** *40* (6), 965-966.

Edwards, P. J.; Williard, K. W., Efficiencies of forestry best management practices for reducing sediment and nutrient losses in the eastern United States. *Journal of Forestry* **2010,** *108* (5), 245-249.

Ezzati, S.; Najafi, A.; Rab, M.; Zenner, E. K., Recovery of soil bulk density, porosity and rutting from ground skidding over a 20-year period after timber harvesting in Iran. *Silva Fennica* **2012,** *46* (4), 521-538.

Fernández, R.; MacDonagh, P.; Lupi, A.; Rodolfo, M.; Pablo, C. In *Relations between soil compaction and plantation growth of a 8 yearsold Lobolly pine second rotation, in Misiones, Argentine*, Proceedings of the ASAE Annual Meeting, ASAE: 2002.

Froehlich, H. A.; Miles, D.; Robbins, R., Soil bulk density recovery on compacted skid

trails in central Idaho. *Soil Science Society of America Journal* **1985,** *49* (4), 1015-1017.

Grace III, J.; Skaggs, R.; Cassel, D., Soil physical changes associated with forest harvesting operations on an organic soil. *Soil Science Society of America Journal* **2006,** *70* (2), 503-509.

Greacen, E. L.; Sands, R., Compaction of forest soils. A review. *Soil Research* **1980,** *18* (2), 163-189.

Hamza, M.; Anderson, W., Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil and tillage research* **2005,** *82* (2), 121-145.

Imani, P.; Lotfalian, M.; Parsakhoo, A.; Naghdi, R., Investigating the performance of some improvement treatments in restoring soil physical properties of skid trails (Case Study: Darabkola Forest, Sari). *Iranian Journal of Forest* **2018,** *10* (2), 181-195.

Ivanov, B., Seasonal changes in the density of soil on felled areas in spruce forests. *Lesovedenie* **1976,** *4*, 26-30.

Jourgholami, M.; Khajavi, S.; Labelle, E. R., Mulching and water diversion structures on skid trails: Response of soil physical properties six years after harvesting. *Ecological engineering* **2018,** *123*, 1-9.

Kazemi, Sh.; Hojati, S.M.; Fallah, A.; Tafazzoli, M., Effects of forest management on soil physical and chemical properties of Khalil-Mahale forest, *Journal of Forest Research and Development* **2015,** *1* (2), 167-180.

Lotfalian, M.; Parsakho, A.; Sadeghi, M.; Nazariani, N., Comparison of soil compaction recovery methods on Skid Trails. *Journal of Forest Research and Development* **2018,** *4* (1), 59-71.

Lotfalian[1], M.; Parsakhoo, A., Investigation of forest soil disturbance caused by rubber-tired skidder traffic. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* **2009,** *3* (1), 01-04.

McNabb, D.; Startsev, A.; Nguyen, H., Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils. *Soil Science Society of America Journal* **2001,** *65* (4), 1238-1247.

Murphy, G.; Firth, J. G.; Skinner, M. F., Long-term impacts of forest harvesting related soil disturbance on log product yields and economic potential in a New Zealand Forest. *Silva Fennica* **2004,** *38* (3), 279-289.

Nugent, C.; Kanali, C.; Owende, P. M.; Nieuwenhuis, M.; Ward, S., Characteristic site disturbance due to harvesting and extraction machinery traffic on sensitive forest sites with peat soils. *Forest Ecology and Management* **2003,** *180* (1-3), 85-98.

OZTurk, T., The effects on soil compaction of timber skidding by tractor on skid road in plantation forest in northern Turkey. *Šumarski list* **2016,** *140* (9-10), 485-490.

Parsakhoo, A.; Mostafa, M.; Pourmalekshah, A., The effects of slash and sawdust on reducing soil compaction on skid trails. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017,** 25 (1), 172-183, (In Persian)

Rab, M., Recovery of soil physical properties from compaction and soil profile disturbance caused by logging of native forest in Victorian Central Highlands, Australia. *Forest Ecology and Management* **2004,** *191* (1-3), 329-340.

Rab, M.; Bradshaw, J.; Murphy, S., Review of factors affecting disturbance, compaction and trafficability of soils with particular reference to timber harvesting in the forests of south-west Western Australia. *Department of Conservation and Land Management SFM Technical Report* **2005,** *2*, 160.

Servadio, P.; Marsili, A.; Pagliai, M.; Pellegrini, S.; Vignozzi, N., Effects on some clay soil qualities following the passage of rubber-tracked and wheeled tractors in central Italy. *Soil and Tillage Research* **2001,** *61* (3-4), 143-155.

Solgi, A.; Naghdi, R.; Tsioras, P. A.; Ilstedt, U.; Salehi, A.; Nikooy, M., Combined effects of skidding direction, skid trail slope and traffic frequency on soil disturbance in north mountainous forest of Iran. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* **2017,** *38* (1), 97-106.

Solgi, A.; Naghdi, R.; Nikooy, M., Effects of skidder on soil compaction, forest floor removal and rut formation. *Madera y bosques* **2015,** *21* (2), 147-155.

Susnjar, M.; Horvat, D.; Šešelj, J., Soil compaction in timber skidding in winter conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering* **2006,** *27* (1), 3-15.

Suvinen, A., Economic comparison of the use of tyres, wheel chains and bogie tracks for timber extraction. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and*

Application of Forestry Engineering **2006,** *27* (2), 81-102.

Sylvia, W.; James, F., Compacted of Boreal Forest Soils. Sustainable Forest Management. Network University of Alberta. Edmonton. 2006. Report number: 17: 1-6.

Tan, X.; Chang, S. X.; Kabzems, R., Effects of soil compaction and forest floor removal on soil microbial properties and N transformations in a boreal forest long-term soil productivity study. *Forest Ecology and Management* **2005,** *217* (2-3), 158-170.

Williamson, J. R., *Effects of mechanised forest harvesting operations on soil properties and site productivity*. Tasmanian Forest Research Council in conjunction with the National Soil …: 1990.

Williamson, J.; Neilsen, W., The influence of forest site on rate and extent of soil compaction and profile disturbance of skid trails during ground-based harvesting. *Canadian Journal of Forest Research* **2000,** *30* (8), 1196-1205.

Zenner, E. K.; Fauskee, J. T.; Berger, A. L.; Puettmann, K. J., Impacts of skidding traffic intensity on soil disturbance, soil recovery, and aspen regeneration in north central Minnesota. *Northern Journal of Applied Forestry* **2007,** *24* (3), 177-183.

Investigation of soil physical properties 11 years after water-bar construction on skid trail

M. Hashemi[1], M. Nikooy[*2], A. Salehi[3] and R. Naghdi[4]

1- Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (mahsaa.hashemi@gmail.com)
2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (nikooy@guilan.ac.ir)
3- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (asalehi70@hotmail.com)
4- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (naghdir@yahoo.com)

Received: 18.07.2020 Accepted: 20.09.2020

Abstract

It is necessary to find solutions for soil recovery of skid trail. Water-bar construction is one of the best management practices to improve the compaction and prevent the erosion of skid trail soil. Recovery of soil physical properties 11 years after water-bar construction on skid trail was investigated on 40 square meter sample plots in two slope (0-10% and 10-20%) and three traffic classes (Low, Medium, High) in the forests of Nav district in the west of Guilan province. The studied variables included soil bulk density, total porosity, penetration resistance and rutting depth. Soil bulk density, penetration, and rutting depth were measured by steel cylinder, pocket penetrometer, and a 5-m leveling rod. The parameters in each treatment were studied in three replications. The effect of slope and traffic variation on soil physical properties was performed on 72 sample plots. The results showed that the effect of slope, traffic and their interaction were significant on soil bulk density, total porosity, penetration resistance, and depth of rutting. The value of soil bulk density, total porosity, and penetration resistance in LSLT (Low Slope-Low Traffic) class was recovered, and there was no significant difference between this class and the control area. The results of the study showed a positive effect of water-bar construction on the recovery of soil properties in skid trail with low slope and low traffic.

Keywords: Bulk density, Water-bar, Soil physical properties, Rutting depth, Penetration resistance.

[*] Corresponding author Tel: +981344320894

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۱۹۷-۱۸۳، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121055
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.2.5

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر اجرای طرح صیانت بر ویژگی‌های کمی و کیفی توده بالغ، زادآوری و گسترش موخور در جنگل‌های شهرستان ثلاث‌باباجانی، استان کرمانشاه

مظهر محمودی[۱]، احمد علیجانپور*[۲]، عباس بانج‌شفیعی[۳]، محمدرضا زرگران[۴] و علی منصوری[۵]

۱- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (Zhivan_m@yahoo.com)
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.alijanpour@urmia.ac.ir)
۳- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)
۴- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (m.zargaran@urmia.ac.ir)
۵- کارشناس ارشد منابع طبیعی استان کرمانشاه، ثلاث باباجانی، ایران. (Soranmansouri246@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۲۳

چکیده

این پژوهش برای بررسی تأثیر اجرای طرح صیانت بر ویژگی‌های کمی، کیفی، گسترش موخور و زادآوری در توده‌های جنگلی شهرستان ثلاث‌باباجانی انجام‌شد. بدین منظور در داخل توده‌های جنگلی صیانت‌شده و صیانت‌نشده، دو عرصه به مساحت ۴۰ هکتار با شرایط فلورستیکی و فیزیوگرافی مشابه انتخاب شدند. سپس شبکه آماربرداری منظم تصادفی به ابعاد ۱۰۰×۱۰۰ متر طراحی و ۴۰ قطعه نمونه دایره‌ای‌شکل به مساحت ۱۲ آر در هر کدام از آن‌ها پیاده شد. در هر قطعه‌نمونه علاوه بر مشخصات محیطی، ویژگی‌های توده بالغ شامل نوع گونه، مشخصات کمی درختان مانند قطر برابرسینه (با حد شمارش ۷/۵ سانتی‌متر) و قطر کوچک و بزرگ تاج درختان و ویژگی‌های زادآوری اندازه‌گیری شد. برای مقایسه داده‌های کمی بین دو توده، از آزمون t مستقل و برای داده‌های کیفی از آزمون مربع کای استفاده شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش گونه *Quercus brantii* و گونه *Crataegus* sp. به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد آمیختگی در منطقه مورد بررسی بودند. میانگین قطر تاج، درصد پایه‌های سالم، میانگین تعداد جست در پایه‌های دارای جست و میانگین تعداد موخور در پایه‌های مبتلا به موخور در منطقه صیانت‌شده بیشتر از منطقه صیانت‌نشده است.

واژه‌های کلیدی: ثلاث باباجانی، جنگل‌های زاگرس، طرح صیانت، قطر تاج، موخور.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۴۳۴۰۲۲۹۸

مقدمه

سطح و کیفیت جنگل‌های ایران در سال‌های اخیر به‌دلیل افزایش جمعیت جوامع انسانی و عدم اجرای روش‌های مدیریتی علمی و فراگیر رو به کاهش نهاده است (Hosseinzadeh *et al*., 2004; Moradi Dirmandrik et al., 2015). تخریب و تکه‌تکه‌شدن مناطق جنگلی و کاهش سطح آن به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه، علاوه بر تاثیرات منفی آن در سطح محلی مانند فرسایش خاک و تنش بر جوامع بومی، در سطح جهانی نیز مسائل زیست‌محیطی دیگری مانند تغییرات آب و هوا را موجب شده است (Houghton, 2005; Butchart et al., 2010). جنگل‌های زاگرس به‌دلیل کوهستانی بودن، تخریب خاک و پوشش‌گیاهی ضعیف، فاقد توان تولیدی بالا بوده و در زمره جنگل های حمایتی قرار گرفته‌اند (Nos and Cooperri, 1994). این جنگل‌ها از نظر تولید چوب مورد توجه قرار نمی‌گیرند، اما از جنبه زیست‌محیطی، حفاظت منابع آب و خاک، پناه‌گاه حیات وحش و تولید محصولات فرعی متنوع نقش انکارناپذیری در پایداری اکوسیستم و معیشت ساکنان این مناطق ایفا می‌کنند (Hamzehpour et al., 2006). عواملی چون ضعف رویشگاه، چرای دام، فقر جنگل‌نشینان و برداشت‌های سنتی چوب، آتش‌سوزی و ریزگردها سبب تخریب جنگل‌های زاگرس می‌شوند و عواملی هم مانند زراعت در زیرآشکوب، عدم زادآوری درختان، آفات و بیماری‌ها در گسترش پدیده خشکیدگی درختان نقش اساسی دارند. این عوامل سبب کاهش تراکم و حجم تاج‌پوشش، پایین‌آمدن تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری می‌شوند.

در پژوهشی Li Zahi et al. (2015) با بررسی جنگل‌زادیی و تکه‌تکه‌شدن جنگل‌های طبیعی در چین بیان کردند که حفاظت از جنگل‌ها از مهم‌ترین راه‌ها برای جلوگیری از روند جنگل‌زدایی است. Zandebasiri et al. (2017) با بررسی هفت شاخص پایداری در رابطه با مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس بیان‌کردند که شاخص پایداری در این جنگل‌ها بسیار کم است. همچنین در یک بررسی با عنوان اثرهای رخدادهای اقلیمی و نحوه مدیریت انسانی بر توده‌های بلوط که در منطقه کانزاس آمریکا معلوم شد، که اثر وقایع اقلیمی بر توده‌های بلوط در مناطق با شدت فعالیت‌های انسانی بیشتر، معنی‌دارتر است (Aber et al., 2002). Wheeler et al. (2016) در یک پژوهش در جنگل‌های تروپیکال به نتیجه رسیدند که حفاظت جنگل‌های مخروبه سبب احیا و افزایش قطر برابر سینه درختان می‌شود. Sasanifar et al. (2019) با بررسی اثر مدیریت مبتنی بر حفاظت بر بخش حفاظت‌شده جنگل‌های ارسباران با پیاده‌کردن ۱۳۲ قطعه نمونه در دو منطقه حفاظت‌شده و غیرحفاظتی این جنگل‌ها به نتیجه رسیدند که شاخص‌های قطر برابر سینه، سطح مقطع برابر سینه، درصد پایه‌های دانه‌زاد، ارتفاع کل و ارتفاع تاج درختان به‌طور معنی‌داری در منطقه حفاظت‌شده بیشتر از منطقه غیرحفاظتی است.

صیانت از جنگل‌ها و مراتع نیاز ملی و تلاش همگانی و راهبردی برای حفظ ارکان محیط زیست کشور است. یکی از طرح‌های صیانت از منابع جنگلی اجراشده در کشور، طرح صیانت از جنگل‌های زاگرس است. این طرح از سال ۱۳۸۲ به‌صورت طرح ملی در ۱۱ استان کشور مانند کرمانشاه اجرا شد. حفظ، احیاء، توسعه جنگل‌ها و رساندن درصد تاج‌پوشش جنگلی منطقه زاگرس به مرز ۱۰ درصد از مهم‌ترین اهداف طرح صیانت به‌شمار می‌رفت. از دیگر اهداف طرح صیانت می‌توان به شناسایی دقیق محدوده‌های جنگلی، به‌دست‌آوردن کمیت و کیفیت جنگل، بهره‌برداری از محصولات فرعی، توسعه و احیای جنگل‌های تخریب‌

شده اشاره کرد. یکی از عرصه‌های جنگلی مورد صیانت واقع‌شده استان کرمانشاه، در شهرستان ثلاث‌باباجانی قرار دارد. برای بررسی تاثیر مدیریت از نوع صیانت با اهداف ازپیش‌تعیین‌شده مبنی بر بهبود وضعیت رویشگاهی جنگل و درختان جنگلی ضروری است مقدار اثرگذاری این نوع مدیریت مورد ارزیابی قرار گیرد. هدف اصلی این پژوهش بررسی تأثیر اجرای طرح صیانت برویژگی‌های کمی، کیفی توده بالغ، زادآوری و گسترش موخور درتوده‌های جنگلی مورد صیانت واقع‌شده و توده‌های مجاور آن درشهرستان ثلاث- باباجانی استان کرمانشاه است.

مواد و روش‌ها

شهرستان ثلاث‌باباجانی با مساحت ۱۹۲۰ کیلومتر مربع، در ۱۵۰ کیلومتری شمال‌غربی استان کرمانشاه واقع شده است. متوسط بارندگی بلندمدت این منطقه از ۴۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و به‌طور میانگین ۵۵۰ میلی‌متر در نوسان است. متوسط درجه حرارت سالیانه شهرستان ۱۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل آن ۱۰- و حداکثر آن ۴۷ درجه سانتی‌گراد در مناطق گرمسیری است. دوره خشکی از خرداد ماه شروع و تا مهر ماه ادامه دارد. سطح این شهرستان پوشیده از جنگل‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii* lindl.) بوده و گونه‌های دیگر شامل پسته وحشی (*Pistacia atlantica*)، بادام کوهی (*Amygdalus scoparia*)، آلبالوی وحشی (*Prunus incana*)، گلابی وحشی (*Pyrus boissieriana*)، مازودار(*Quercus infectoria*)، زالزالک (*Crataegus aronia*)، ارغوان(*Cercis siliquastrum*)، انار (*Punica granatum*) و گردو (*Juglans regia*) به- صورت گونه همراه حضور دارند. همچنین در فصل بهار و در روزهای آغازین سال انواع گیاهان دارویی، خوراکی و معطر در دامنه کوه‌های آن می‌روید.

از سال ۱۳۸۵ طی طرح صیانت از جنگل‌های زاگرس با هدف غنی‌سازی و توسعه جنگل بخش‌هایی از توده‌های جنگلی این شهرستان با مساحت ۱۸۰ هکتار قرق‌شده و محدوده آن حصارکشی شده است. برای انجام این پژوهش ابتدا براساس اطلاعات ارایه شده از اداره منابع‌طبیعی شهرستان و سپس با جنگل‌گردشی و بررسی تصاویر Google Earth از توده‌های جنگلی تحت طرح صیانت، منطقه‌ای به مساحت ۴۰ هکتار در محدوده ارتفاعی ۱۲۵۰ تا ۱۵۴۶ متر از سطح دریا انتخاب شد. همچنین در مجاورت منطقه صیانت‌شده، منطقه‌ای در بخش صیانت‌نشده به مساحت ۴۰ هکتار با شرایط فلورستیکی و فیزیوگرافی مشابه در حدود ارتفاعی از ۱۲۳۸ تا ۱۵۱۹ متر از سطح دریا انتخاب‌شد. براساس بازدید محلی و جنگل‌گردشی یک شبکه آماربرداری ۱۰۰×۱۰۰ متر برای منطقه طراحی و با استفاده از محیط Google Earth و به روش منظم - تصادفی موقعیت ۴۰ قطعه‌نمونه در هر یک از مناطق صیانت‌شده و صیانت‌نشده مشخص‌شد. در ادامه موقعیت هر یک از قطعات نمونه در عرصه با استفاده از دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) مشخص شده و در محل تلاقی شبکه، قطعه نمونه‌ای به شکل دایره و با مساحت ۱۲ آر (۱۲۰۰ مترمربع) پیاده شد. در هر قطعه- نمونه ابتدا مشخصات محیطی محل قطعه‌نمونه از قبیل شیب دامنه، ارتفاع از سطح دریا و جهت دامنه ثبت- شدند. سپس در قطعات نمونه ضمن ثبت نوع گونه، مشخصه‌های قطر برابر سینه در طبقات قطری یک سانتی‌متری و قطر کوچک و قطر بزرگ تاج درختان (متر) برای درختان با قطر بیش از ۷/۵ سانتی‌متر اندازه- گیری‌شدند. همچنین ارتفاع قطورترین و نزدیک‌ترین درخت به مرکز قطعه‌نمونه با استفاده از شیب‌سنج سونتو اندازه‌گیری‌شد. در رابطه با مشخصات کیفی منشاء و سلامت پایه‌ها و در صورت ناسالم بودن مواردی

همچون کت‌زنی، سرشاخه‌زنی، حضور گیاه انگلی موخور (درصد اشغال در چهار طبقه به‌صورت طبقه اول= ۲۵-۰ درصد، طبقه دوم= ۵۰-۲۵ درصد، طبقه سوم= ۷۵-۵۰ درصد و طبقه چهارم= ۷۵-۱۰۰ درصد) تمام درختان قرارگرفته در قطعه‌نمونه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای بررسی زادآوری، قطعه‌نمونه دیگری به مساحت یک آر (۱۰۰ متر مربع) و به مرکزیت قطعه-نمونه اصلی پیاده و مشخصات زادآوری در دو طبقه ارتفاعی با ارتفاع کمتر از ۱/۳۰ متر و با ارتفاع بیشتر از ۱/۳۰ متر طبقه‌بندی‌شد. همچنین نهال‌های با ارتفاع بیشتر از ۱/۳۰ متر بر اساس طبقات قطری ۲/۵-۰، ۲/۵-۵ و ۷/۵-۵ سانتی‌متر دسته‌بندی‌شدند. تمامی داده‌های ثبت‌شده از قطعات نمونه برای تجزیه و تحلیل اولیه وارد محیط نرم‌افزار Excel شده و در نهایت داده‌ها پس از آماده‌سازی وارد نرم‌افزار SPSS شدند. از آزمون کولموگروف اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده‌شد. برای مقایسه میانگین داده‌های کمی بین دو منطقه از آزمون t مستقل و برای مقایسه میانگین داده-های کیفی (منشاء، سلامت) بین دو منطقه از آزمون مربع کای استفاده‌شد.

نتایج

نتایج مربوط به مقایسه درصد آمیختگی گونه‌های درختی برای دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به جدول ۱ مشاهده می‌شود که بین دو منطقه از لحاظ درصد آمیختگی گونه‌ها تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. نتایج بررسی و مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی رویشی برای هر دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده در جدول ۲ ارائه شده‌است.

جدول ۱- میانگین درصد آمیختگی گونه‌ها در دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده

Table 1. Average percentage of species composition in preserved and not-preserved regions

مربع کای Chi-square	*Crataegus sp.*	*Pistacia atlantica*	*Quercus infectoria*	*Quercus brantii*	منطقه Region
.24$^{n.s}$	1	2.2	24.1	72.7	صیانت‌شده Preserved
	2.4	3	22.1	72.4	صیانت‌نشده Not-preserved

ns: No significant difference of means

ns: عدم معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها

با توجه به جدول ۲ و آزمون تی مستقل انجام شده مشاهده می‌شود که میانگین قطر تاج در منطقه صیانت-شده در سطح احتمال یک درصد بیشتر از منطقه صیانت‌نشده است. اما میانگین قطر برابر سینه و ارتفاع کل در دو منطقه اختلاف معنی‌داری ندارند. وضعیت متوسط تعداد جست در هر پایه و متوسط تعداد موخور در پایه‌های مبتلا به موخور در دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده در جدول ۳ ارائه شده‌است.

جدول ۲- مقایسه میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های کمی مورد بررسی در دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده

Table 2. Mean comparison (Standard error) of studied quantitative characteristics in preserved and not-preserved regions

قطر تاج (متر) Crown diameter (m)	ارتفاع کل (متر) Total height (m)	قطر برابر سینه (سانتی‌متر) DBH (cm)	منطقه Region
8(0.05)	4.84(0.06)	27.57(0.3)	صیانت‌شده Preserved
5.08(0.03)	4.86(0.07)	27.94(0.31)	صیانت‌نشده Not-preserved
0.00^{**}	$0.83^{n.s}$	$0.4^{n.s}$	تی مستقل Independent t

ns: No significant difference of means — ns: عدم معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها

**: significant differences, α= 1% — ** اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های کیفی مورد بررسی در دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده

Table 3. Mean comparison (Standard error) of studied qualitative characteristics in preserved and not-preserved regions

متوسط تعداد موخور در پایه‌های مبتلا شده Mean number of *Loranthus europaeus*	متوسط تعداد جست Mean number of sprouts	منطقه Region
1.73 (0.08)	12.18 (0.27)	صیانت‌شده Preserved
1.65 (0.12)	11.68 (0.24)	صیانت‌نشده Not-preserved
0.00^{*}	0.00^{*}	مربع کای Chi-square

*: significant differences, α= 5% — *: اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد

بر این اساس مشاهده می‌شود که از لحاظ تعداد جست و تعداد پایه‌های مبتلا به موخور در قطعه نمونه بین دو منطقه صیانت‌شده و نشده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. نتایج مربوط به مقایسه میانگین مشخصات کیفی درختان (منشأ وسلامت پایه‌ها) در دو منطقه صیانت‌شده و صیانت-نشده در جدول ۴ ارائه شده‌است. بر اساس جدول ۴ مشاهده می‌شود بین دو منطقه از لحاظ منشأ درختان تفاوت معنی‌دار وجود ندارد، ولی بین دو منطقه از لحاظ سلامت درختان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد. همچنین نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که درصد پایه‌های سالم در منطقه صیانت‌شده بیشتر از منطقه صیانت‌نشده است. نتایج مربوط به میانگین مشخصات کمی در جهت‌های مختلف جغرافیایی در کل منطقه و هر دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده در جدول ۵ ارائه شده است.

بر اساس تجزیه واریانس انجام‌شده، نتایج مربوط به مقایسه میانگین مشخصه‌ها مربوط به اثرهای اصلی مدیریت و جهت دامنه و اثرهای متقابل نشان داد که فقط اثرهای اصلی مدیریت بر روی مشخصه قطر تاج تأثیر معنی‌داری دارد. با توجه به اینکه اثرهای اصلی جهت‌های جغرافیایی و اثرهای متقابل مدیریت و جهت‌های جغرافیایی بر روی مشخصه‌های کمی مورد بررسی تأثیر معنی‌داری نداشت، از این‌رو مقایسه میانگین بین آن‌ها انجام نشد (جدول ۶).

جدول ۴- مقایسه وضعیت منشأ و سلامت پایه‌ها در دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده

Table 4. Comparison of trees origin and health in preserved and not-preserved regions

مشخصه Characteristic		منطقه صیانت‌شده Preserved region	منطقه صیانت‌نشده Not-preserved	مربع کای Chi-square
منشأ (درصد) Origin (%)	دانه‌زاد Seedling	72.5	68.5	0.16 ns
	شاخه‌زاد Coppice	27.5	31.5	
سلامت (درصد) Health (%)	سالم Healthy	92.6	87.4	0.01*
	ناسالم Unhealthy	7.4	12.6	

ns: عدم معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها ns: No significant difference of means

*: اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد *: significant differences, α= 5%

جدول ۵- میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های کمی مورد بررسی در دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده در جهت‌های مختلف جغرافیایی

Table 5. Mean (Standard error) of quantitative characteristics in preserved and not-preserved regions in different aspects

منطقه Region	جهت Aspect	قطر برابر سینه (سانتی‌متر) DBH (cm)	ارتفاع کل (متر) Total height (m)	قطر تاج (متر) Crown diameter (m)	تعداد جست Number of sprout	متوسط تعداد موخور Mean number of *Loranthus europaeus*
صیانت‌شده Preserved	شمال North	27.69 (0.61)	4.95 (0.13)	8 (0.12)	11.74 (0.39)	1.38 (1.60)
	شرق East	27.48 (1.03)	4.92 (0.21)	8.09 (0.17)	12.92 (0.80)	2.50 (0.50)
	جنوب South	27.26 (0.42)	4.71 (0.09)	7.99 (0.07)	12.36 (0.41)	1.67(0.12)
	غرب West	28.58 (0.76)	4.97 (0.18)	7.92 (0.12)	11.87 (0.90)	2 (0.00)
صیانت‌نشده Not-preserved	شمال North	27.74 (0.58)	4.80 (0.13)	5.08 (0.06)	11.93 (0.37)	1.78 (0.26)
	شرق East	28.01 (0.88)	4.89 (0.21)	5.05 (0.10)	10.77 (0.64)	1.89 (0.42)
	جنوب South	28.13 (0.48)	4.87 (0.11)	5.09 (0.05)	12.12 (0.44)	1.46 (0.12)
	غرب West	27.79 (0.84)	4.91 (0.18)	5.11 (0.10)	10.81 (0.64)	1.67 (0.44)

نتایج مربوط به میانگین مشخصات کمی در شیب‌های مختلف ثبت‌شده در کل منطقه و هر دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده در جدول ۷ ارائه شده‌است.

نتایج مربوط به مقایسه میانگین مشخصه‌ها مربوط به اثرهای اصلی مدیریت و طبقات شیب و اثرهای متقابل آن‌ها در جدول ۸ ارائه شده‌است.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس تغییرات مشخصه‌های کمی تحت عامل‌های مدیریت و جهت جغرافیایی

Table 6. ANOVA results of quantitative characteristic changes under management and aspect factors

Sig.	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات MS	درجه آزادی df	منبع تغییرات Change source	
0.74^{ns}	0.10	5.13	5.13	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	قطر برابر سینه (سانتی‌متر) DBH (cm)
0.90^{ns}	0.18	8.89	26.68	3	اثر اصلی جهت Main effect of aspect	
0.64^{ns}	0.55	27.06	81.20	3	اثرهای متقابل Interactions	
		48.54	47864.88	986	خطا Error	
0.86^{ns}	0.03	0.07	0.07	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	ارتفاع کل (متر) Total height (m)
0.73^{ns}	0.42	1.02	3.08	3	اثر اصلی جهت Main effect of aspect	
0.58^{ns}	0.65	1.59	4.77	3	اثرهای متقابل Interactions	
		2.44	2412.37	986	خطا Error	
0.00**	1391.23	1542.95	1542.95	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	قطر تاج (متر) Crown diameter (m)
0.98*	0.05	0.06	0.18	3	اثر اصلی جهت Main effect of aspect	
0.86^{ns}	0.24	0.27	0.81	3	اثرهای متقابل Interactions	
		1.10	1093.53	986	خطا Error	
0.06^{ns}	3.43	33.11	33.11	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	تعداد جست Number of sprouts
0.45^{ns}	0.87	8.46	25.40	3	اثر اصلی جهت Main effect of aspect	
0.29^{ns}	1.24	11.96	35.90	3	اثرهای متقابل Interactions	
		9.64	2710.92	281	خطا Error	
0.28^{ns}	1.15	0.82	0.82	1	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	تعداد موخور Number of *Loranthus europaeus*
0.32^{ns}	1.18	0.84	2.52	3	اثر اصلی جهت Main effect of aspect	
0.60^{ns}	0.62	0.44	1.33	3	اثرهای متقابل Interactions	
		0.71	63.39	89	خطا Error	

ns: No significant difference of means — ns: عدم معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها

**: significant differences, α= 1% — **: اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

*: significant differences, α= 5% — *: اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد

جدول ۷- میانگین (اشتباه معیار) مشخصه‌های کمی مورد بررسی در کل منطقه و دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده در شیب‌های مختلف

Table 7. Mean (Standard error) of quantitative characteristics in preserved and not-preserved regions at different slopes

منطقه Region	طبقات شیب Slope classes	قطر برابر سینه (سانتی‌متر) DBH (cm)	ارتفاع کل (متر) Total height (m)	قطر تاج (متر) Crown diameter (m)	تعداد جست Number of sprouts	تعداد موخور Number of *Loranthus europaeus*
صیانت‌شده Preserved	10 – 20	28.36(0.34)	4.99(0.20)	8.26(0.15)	11.09(0.78)	2(0.00)
	20 – 30	27.62(0.35)	4.84(0.07)	7.98(0.06)	12.47(0.33)	1.80(0.10)
	30 – 40	26.12(0.89)	4.53(0.18)	7.65(0.16)	10.63(0.65)	1.33(0.21)
	40 – 50	28.58(1.17)	5.12(0.25)	8.40(0.28)	13(0.53)	1.67(0.33)
صیانت‌نشده Not-preserved	10 – 20	0	0	0	0	0
	20 – 30	28.05(0.34)	4.89(0.08)	5.09(0.04)	11.45(0.26)	1.64(0.14)
	30 – 40	26.83(0.85)	4.58(0.18)	5(0.09)	13.09(0.68)	1.75(0.36)
	40 – 50	29.93(1.90)	5.24(0.44)	5.43(0.22)	11.25(0.62)	1.50(0.50)

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس تغییرات مشخصه‌های کمی تحت عامل‌های مدیریت و طبقات شیب

Table 8. ANOVA results of quantitative characteristic changes under management and aspect factors

	منبع تغییرات Change source	درجه آزادی df	مجموع مربعات MS	میانگین مربعات MS	F	Sig.
قطر برابر سینه (سانتی‌متر) DBH (cm)	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	۱	۴۷/۳۴	۴۷/۳۴	۰/۹۸	۰/۳۲ns
	اثر اصلی شیب Main effect of slop	۳	۳۴۰/۶۴	۱۱۳/۵۵	۲/۳۵	۰/۰۷ns
	اثرهای متقابل Interactions	۲	۱۰/۰۹	۵/۰۴	۰/۱۰	۰/۹۰ns
	خطا Error	۹۸۷	۴۷۶۱۴/۴۷	۴۸/۲۴		
ارتفاع کل (متر) Total height (m)	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	۱	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۱۴	۰/۷۰ns
	اثر اصلی شیب Main effect of slop	۳	۱۶/۳۷	۵/۴۵	۲/۲۴	۰/۰۸ns
	اثرهای متقابل Interactions	۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۹۸ns
	خطا Error	۹۸۷	۲۴۰۲/۶۶	۲/۴۳		

ادامهٔ جدول ۸

Continued table 8.

	منبع تغییرات Change source	درجه آزادی df	مجموع مربعات MS	میانگین مربعات MS	F	Sig.
قطر تاج (متر) Crown diameter (m)	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	۱	۵۵۶/۵۱	۵۵۶/۵۱	۵۱۱/۴۸	۰/۰۰**
	اثر اصلی شیب Main effect of slop	۳	۱۴/۳۴	۴/۷۸	۴/۳۹	۰/۰۰**
	اثرهای متقابل Interactions	۲	۱/۶۴	۰/۸۲	۰/۷۵	۰/۴۷ns
	خطا Error	۹۸۷	۱۰۷۳/۹۰	۱/۰۸		
تعداد جست Number of sprouts	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	۱	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۰۲	۰/۸۸ns
	اثر اصلی شیب Main effect of slop	۳	۹/۱۸	۳/۰۶	۰/۳۲	۰/۸۰ns
	اثرهای متقابل Interactions	۲	۱۰۲/۱۰	۵۱/۰۵	۵/۴۱	۰/۰۰**
	خطا Error	۲۸۲	۲۶۵۶/۷۵	۹/۴۲		
تعداد موخور Number of *Loranthus europaeus*	اثر اصلی مدیریت Main effect of management	۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۹۲ns
	اثر اصلی جهت Main effect of slop	۳	۰/۷۱	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۸۰ns
	اثرهای متقابل Interactions	۲	۰/۹۵	۰/۴۷	۰/۶۵	۰/۵۲ns
	خطا Error	۹۰	۶۵/۵۲	۰/۷۲		

ns: عدم معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها

**: اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد

ns: No significant difference of means

**: significant differences, α= 1%

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، با توجه به مقایسه میانگین مشخصه‌های ویژگی‌های کمی مربوط به اثرهای اصلی مدیریت و طبقات شیب و اثرهای متقابل آن‌ها معلوم شد که اثرهای اصلی مدیریت و اثرهای اصلی شیب تنها بر روی عامل قطر تاج تأثیر معنی‌داری دارد. با توجه به اینکه مقایسه میانگین قطر تاج بین دو منطقه قبلاً در نتایج ارائه شد ه‌است، از این‌رو در ادامه نتایج مربوط به مقایسه میانگین قطر تاج بین طبقات مختلف شیب (مربوط به اثرهای اصلی شیب) ارائه می‌شود (جدول ۹).

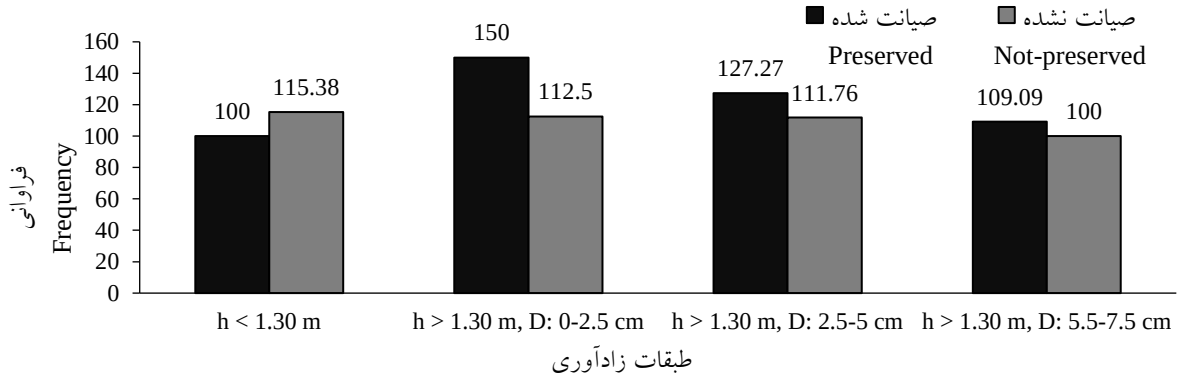
در این بررسی میانگین تعداد در هکتار زادآوری برای هر دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده نیز بررسی شد که در شکل ۱ ارائه شده است.

جدول ۹- مقایسه میانگین قطر تاج بین طبقات مختلف شیب با استفاده از آزمون دانکن (میانگین ±اشتباه معیار)

Table 9. Comparison of the mean crown diameter between different classes of slope using Duncan test (mean ± standard error)

طبقات شیب Slope classes	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50
قطر تاج Crown diameter	8.26 ± 0.15[a]	6.40 ± 0.06[c]	6.35 ± 0.15[c]	7.67 ± 0.28[b]

حروف متفاوت، نشانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد است. Different letters represent significant differences, α= 5%.



شکل ۱- میانگین تعداد در هکتار زادآوری در هر دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده (h= ارتفاع، d= قطر)

Figure 1. Mean number of stems per regeneration in preserved and not-preserved regions (h= height, d= diameter)

نتایج مربوط به مقایسه میانگین تعداد در هکتار زادآوری بین دو منطقه با استفاده از مربع کای در جدول ۱۰ ارائه شده است. با توجه به جدول ۱۰ بین دو منطقه از لحاظ میانگین تعداد در هکتار زادآوری تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد و با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که فراوانی میانگین تعداد در هکتار زادآوری در طبقه زادآوری با ارتفاع کوتاه از ۱/۳۰ متر در منطقه صیانت‌شده کمتر از منطقه صیانت نشده است. همچنین فراوانی میانگین تعداد در هکتار زادآوری‌ها در طبقات زادآوری با ارتفاع بالاتر از ۱/۳۰ متر، در منطقه صیانت‌شده بیشتر از منطقه صیانت‌نشده است.

جدول ۱۰- آزمون مربع کای میانگین تعداد در هکتار زادآوری بین دو منطقه صیانت‌شده و صیانت‌نشده

Table 10. Chi-square test of mean number of stems per regeneration in preserved and not-preserved regions

مشخصه Characteristic	
مربع کای Chi-square	20.76
درجه آزادی df	1
Sig.	0.00**

** وجود تفاوت معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

**: significant differences, α= 1%

بحث

پژوهش‌های متعددی با دیدگاه‌های مختلف در توده‌های جنگلی ناحیه رویشی زاگرس انجام شده‌است، اما به‌دلیل گسستگی زمانی و مکانی نتایج به‌دست آمده از این پژوهش‌ها، پایش این توده‌ها در دوره‌های زمانی مشخص را امکان‌پذیر نمی‌سازد. در همین راستا با توجه به سیاست‌های متغیر مدیریتی در این جنگل‌ها، همواره فقدان آمار و اطلاعات دقیق برای راهبری بخش اجرا و تعیین برنامه استراتژیک بلندمدت وجود نداشته است. براساس نتایج حاصل از این پژوهش گونه *Q. brantii* و گونه *Crataegus* sp. به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد آمیختگی در منطقه مورد بررسی بودند. آمیختگی و تنوع گونه‌ها برای ارزیابی اکوسیستم کارآیی مهمی دارد. از این‌رو حفاظت از تنوع گونه‌ای، به‌عنوان مهم‌ترین هدف در طولانی‌مدت برای حفظ عملکرد اکوسیستم‌ها ضروری است. با اعمال مدیریت مبتنی بر حفاظت، با افزایش تنوع گونه‌ای در توده‌های مخروبه، توان تولیدی این توده‌ها نیز افزایش می‌یابد. بررسی‌های انجام گرفته نشان داد که بهره‌برداری از اراضی و تغییر کاربری آن‌ها، سبب تغییر در تنوع زیستی می‌شود. به‌طور کلی، حداکثر غنای گونه‌ای در حد متعادل استرس و تخریب به‌وجود می‌آید و با استمرار آن، تنوع به پایین ترین سطح تنزل می‌یابد (Shackleton, 2000). Alijanpour et al. (2009) در پژوهشی برای بررسی تنوع گیاهان چوبی در دو منطقه حفاظت‌شده و غیرحفاظتی جنگل‌های ارسباران به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های غنا، یکنواختی و تنوع گونه‌ای در توده‌های جنگلی منطقه حفاظت‌شده در مقایسه با منطقه غیرحفاظتی اختلاف معنی‌داری دارند. صیانت در منطقه مورد بررسی سبب شده‌است که قطع و سرشاخه‌زنی درختان کمتر شده و در نتیجه درختان توانسته‌اند نیروی خود را برای افزایش قطر تاج حفظ کنند و متوسط قطر تاج درختان در منطقه صیانت شده بطور معنی داری بیشتر از منطقه صیانت نشده است (جدول ۴). که این امر به‌نوبه خود موجب افزایش قدرت باروری درختان و تولید زادآوری بیشتر می‌شود. Salehi et al. (2011) در بررسی خود در جنگل‌های زاگرس بیان کرده‌اند که در مناطق کمتردست‌خورده زاگرس به‌دلیل عدم قطع درختان و سرشاخه‌زنی آن‌ها درصد تاج‌پوشش و قطر برابر سینه درختان و برخی ویژگی‌های حاصلخیزی خاک بهتر از مناطق تخریب‌یافته است. همچنین نتایج نشان‌داد که قطر تاج درختان در طبقات شیب ۱۰ الی ۲۰ درصد نسبت به شیب‌های زیادتر، بیشتر است. Bordbar et al. (2010) در بررسی خود در استان فارس بر روی بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl) به نتیجه رسیدند که بیشترین مقدار سطح تاج در نواحی مسطح و کم شیب وجود دارد. به‌نظر می‌رسد به‌علت تخریب‌های انسانی و دخالت‌های بیش از حد در این جنگل‌ها، خاک منطقه فرسایش و تخریب پیدا کرده است که در شیب‌های بالاتر به مراتب اثرهای تخریب خاک بیشتر نمایان شده‌است و این امر سبب کاهش توان رشد درختان در شیب‌های بالاتر شده است. به‌بیان دیگر درختان در شیب‌های بالاتر به‌دلیل عدم دست‌یابی به مواد مغذی و خاک غنی و عمیق توانایی بهبود مشخصه‌های کمی و کیفی خود مانند قطر تاج را ندارند. نتایج نشان‌داد میانگین تعداد جست در پایه‌های دارای جست و میانگین تعداد موخور در پایه‌های مبتلا به موخور در منطقه صیانت‌شده بیشتر از منطقه صیانت‌نشده است. با توجه به اینکه در منطقه صیانت‌شده تاثیر عوامل انسانی مهاجم کمتر بوده و توده‌ها و درختان در وضعیت مناسب‌تری از لحاظ خاک و دیگر عوامل رویشگاهی قرار دارند به‌نظر می‌رسد پایه‌های درختی توانایی بیشتری برای تولید جست دارند. از طرف دیگر در منطقه صیانت‌شده میانگین مشخصه قطر تاج در

سطح احتمال یک درصد، بیشتر از منطقه صیانت‌نشده به‌دست آمده‌است که این امر موجب ایجاد فضای بیشتر برای رشد، گسترش و استقرار موخور روی درختان شده و سبب افزایش تعداد و سطح اشغال موخورها بر روی تاج درختان شده‌است. Navidi et al. (2016) با بررسی تاثیر عوامل فیزیوگرافی بر فراوانی و پراکنش موخور در جنگل های میرآباد شهرستان سردشت، به نتیجه رسیدند که با کاهش درصد تاج‌پوشش و افزایش برخی مشخصه‌های کمی درختان مانند قطر تاج و قطر برابر سینه، درصد ابتلا به موخور بر روی پایه‌های درختی افزایش می‌یابد. همچنین نتایج حاصل از پژوهش Kumbasli et al. (2011) بر روی پراکنش موخور (*Loranthus europaeus* Jacq.) در جنگل‌های بلوط ترکیه نشان‌داد که بیشترین مقدار آلودگی درختان به داروواش مربوط به قطعات نمونه‌ای که دارای درختان قطورتر (دامنه قطری ۲۱ تا ۳۶ سانتی‌متر)، تاج‌پوشش متوسط (۴۰ تا ۷۰ درصد) و دامنه‌های رو به آفتاب بودند. در منطقه مورد بررسی درصد پایه‌های سالم در منطقه صیانت‌شده بیشتر از منطقه صیانت‌نشده بوده و در رابطه با منشا درختان، تفاوت معنی‌داری بین دو منطقه وجود ندارد (جدول ۴). با توجه به اینکه در منطقه صیانت شده محدودیت در تردد انسان و دام به‌دلیل فنس‌کشی اتفاق افتاده است، بنابراین پایه‌ها کمتر مورد تعرض انسان و دام مانند کت‌زنی و سرشاخه‌زنی وتعلیف سرشاخه قرار دارند. اما با امعان نظر به اینکه منطقه مورد بررسی به مدت ۱۰ سال تحت صیانت قرار گرفته است، به احتمال زیاد زمان بیشتری برای رسیدن به تفاوت معنی‌دار در رابطه با شاخص دانه‌زادی بین دو منطقه نیاز است. براساس نتایج این پژوهش فراوانی میانگین تعداد در هکتار زادآوری در طبقه ارتفاعی بزرگ‌تر از ۱/۳۰ متر در منطقه صیانت‌شده بیشتر از منطقه صیانت‌نشده است. در صورتی که میانگین تعداد در هکتار زادآوری در کلاسه ارتفاعی پایین‌تر از ۱/۳۰ متر در منطقه صیانت‌نشده بیشتر از منطقه صیانت‌شده است. این موضوع نشان‌دهنده این است که صیانت جنگل در واقع منجر به افزایش زنده‌مانی نهال‌ها و رسیدن آن‌ها به مراحل بعدی رویش شده‌است که به‌دنبال آن تبدیل به درخت می‌شود و پایداری و استمرار جنگل حفظ می‌شود. از این‌رو می‌توان گفت که نوع دخالت‌های مدیریتی، اثرهای متفاوتی بر روی تعداد و تراکم زادآوری در جنگل دارند. بنابراین آگاهی از تأثیر اجرای شیوه‌های مختلف مدیریت جنگل بر روی زادآوری و تنوع گونه‌ای برای حفظ و توسعه پایدار جنگل‌ها بسیار ضروری است (Amiri et al., 2009). این موضوع بایستی مورد توجه مدیران جنگل قرار گیرد که اجرای طرح صیانت سبب افزایش و پایداری نهال‌های جنگلی می‌شود. در واقع در اثر دخالت‌های انسانی در منطقه صیانت‌نشده زادآوری درختان کمتر به مراحل بعدی رویش می‌رسند و ازبین می‌روند. اغلب جنگل‌هایی که در حاشیه مناطق روستایی واقع هستند، بیشتر در اثر دخالت‌های انسانی مورد تخریب قرار می‌گیرند و تعداد در هکتار درختان آن‌ها نیز کاهش می‌یابد (Fernandez et al., 2005; Castro et al., 2005). بنابراین حفاظت مؤثر از توده‌ها نیز می‌تواند در افزایش معنی‌دار تعداد درختان در منطقه مورد بررسی، نقش غیرقابل انکار داشته باشد. زیرا حفاظت توده جنگلی تأثیر به‌سزایی در افزایش تعداد در هکتار درختان دارد (Kalliovirta et al., 2005). به‌طور کلی نتایج این پژوهش بیانگر لزوم و اهمیت حفاظت، احیا و توسعه توده‌های جنگلی زاگرس در راستای کاهش خطرات و صدمات ناشی از دخل و تصرف و تخریب عموم و گسترش موخور است.

References

Aber, J. S.; Wallace, J.; Nowak, M. C., Response of forest to climatic events and human management at Fort Leavenworth, Kansas. *Midcontinent Geoscience* **2002**, 1-24.

Alijanpour, A.; Rad, J. E.; Shafiei, A. B., Comparison of woody plants diversity in protected and non-protected areas of Arasbaran forests. *Iranian journal of forest and Poplar research* **2009,** *17* (1), 125-133.

Amiri, M.; Dargahi, D.; Azadfar, D.; Habashi, H., Comparison Structure of the natural and managed Oak (Quercus castaneifolia) Stand (shelter wood system) in Forest of Loveh, Gorgan. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* **2009,** *15* (6), 33-43.

Bordbar, K.; Sagheb-Talebi, K.; Hamzehpour, M.; Joukar, L.; Pakparvar, M.; Abbasi, A., Impact of environmental factors on distribution and some quantitative characteristics of Manna Oak (Quercus brantii Lindl.) in Fars province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2010,** *18* (3), 390-404.

Butchart, S. H.; Walpole, M.; Collen, B.; Van Strien, A.; Scharlemann, J. P.; Almond, R. E.; Baillie, J. E.; Bomhard, B.; Brown, C.; Bruno, J., Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* **2010,** *328* (5982), 1164-1168.

Christenson, J.; Young, D.; Olsen, M., True mistletoe, the University of Arizona. *Publication AZ, online at: http://www. ag. arizona. edu/pubs/diseases/az* **2003,** *1308*.

Commarmot, B.; Bachofen, H.; Bundziak, Y.; Bürgi, A.; Ramp, B.; Shparyk, Y.; Sukhariuk, D.; Viter, R.; Zingg, A., Structures of virgin and managed beech forests in Uholka (Ukraine) and Sihlwald (Switzerland): a comparative study. *Forest Snow and Landscape Research* **2005,** *79* (1/2), 45-56.

Dahlgren, R.; Singer, M., Nutrient cycling in managed and non-managed oak woodland-grass ecosystems: Final Report. *Integrated Hardwood Range Management Program, Davis, CA* **1994**.

García-Fernández, C.; Casado, M. A., Forest recovery in managed agroforestry systems: the case of benzoin and rattan gardens in Indonesia. *Forest Ecology and Management* **2005,** *214* (1-3), 158-169.

Hamzehpour, M.; Bordbar, S.; Joukar, L.; ABBASI, A. R., The potential of rehabilitation of wild pistacio forests through straight seed sowing and seedling planting. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2006**, 14 (3), 207-220. (In Persian)

Hosseinzadeh, J.; Namiranian, M.; Marvi Mohajer, M. R.; Zahedi Amiri, Gh., Structure of less degraded oak forests in Illam province (southwest Iran). *Iranian Journal of Natural Resources* **2004**, 57 (1), 75-90. (In Persian)

Houghton, R., Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global change biology* **2005,** *11* (6), 945-958.

Kalliovirta, J.; Tokola, T., Functions for estimating stem diameter and tree age using tree height, crown width and existing stand database information. *Silva Fennica* **2005,** *39* (2), 227-248.

Kumbasli, M.; Keten, A.; Beskardes, V.; Makineci, E.; Yilmaz, E.; Zengin, H.; Sevgi, O.; Yilmaz, H. C.; Caliskan, S., Hosts and distribution of yellow mistletoe (*Loranthus europaeus* Jacq. (Loranthaceae)) on Northern Strandjas Oak Forests-Turkey. *Scientific Research and Essays* **2011,** *6* (14), 2970-2975.

Marín, G. C.; Nygård, R.; Rivas, B. G.; Oden, P. C., Stand dynamics and basal area change in a tropical dry forest reserve in Nicaragua. *Forest ecology and management* **2005,** *208* (1-3), 63-75.

Moradi Dirmandrik, Sh.; Ramezani Kakroudi, E.; Alijanpour, A.; Banj Shafiei, A., Quantitative and qualitative characteristics of Arasbaran Forest Protected Area in slope gradient classes. *Forest Research and Development* **2015**, *1*(1), 1-15.

Navidi, M.; Banj Shafiei, A.; Ramezani Kakroudi E.; Pato, M., Effect of altitude on the abundance and distribution of Loranthus europaeus in Mirabad Forests – Sardasht, West Azerbaijan province, Iran. *Forest Research and Development* **2016**, 2 (3), 193-204. (In Persian)

Noss, R. F.; Noss, R. F.; Cooperrider, A., *Saving nature's legacy: protecting and restoring biodiversity*. Island Press: 1994.

Salehi, A.; Mohammadi, A.; Safari, A., Investigation and comparison of physical and chemical soil properties and quantitative characteristics of trees in less-damaged and damaged area of Zagross forests (case study: Poldokhtar, Lorestan Province). *Iranian Journal of Forest* **2011,** *3* (1), 81-89.

Shackleton, C. M., Comparison of plant diversity in protected and communal lands in the Bushbuckridge lowveld savanna, South Africa. *Biol. Conserv.* **2000,** *94* (3), 273-285.

Zandebasiri, M.; Soosani, J.; Pourhashemi, M., Evaluation of Sustainable Forest Management of Iran's Zagros forests. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* **2017,** *21* (5), 811-815.

Effects of preservation plan on quantitative and qualitative characteristics of the mature stand, regeneration and extension of *Loranthus europaeus* in Salas-e Babajani County Forest

M. Mahmoudi[1], A. Alijanpour[*2], A. Banj Shafiei[3], M.R. Zargharan[4] and A. Mansouri[5]

1- MSc. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (Zhivan_m@yahoo.com)
2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (a.alijanpour@urmia.ac.ir)
3- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)
4-Assitant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (m.zargaran@urmia.ac.ir)
5- Senior Expert, Kermanshah Province, Department of Natural Resources, Salaseh Babajani, I. R. Iran. (Soranmansouri246@gmail.com)

Received: 18.03.2020 Accepted: 12.05.2020

Abstract

This research was conducted to study the effect of implementation forest protected plan on quantitative and qualitative characteristics, extension of *Loranthus europaeus* and regeneration in Salas-babajani's Forest stands. For this purpose, in the protected and unprotected region, 40 hectares area with similar physiography and floristic condition in a range of 1250 to 1550 meters above sea level, were selected. 40 circular sample plots with 1200 m2 area in a 100*100-meter inventory grid was established in each of them. In each sample plot, the general specification of the location of the sample plot such as slope, altitude, aspect, species type, quantitative characteristics of tree (diameter at breast height, small and large diameter of the crown) measured. Independent t-test and chi-square test were used to compare quantitative and qualitative data, respectively. According to the results of this study, *Quercus brantii* and *Crataegus* sp. had the highest and lowest percentage of mixing in the forest stands of the study area, respectively. The mean of crown diameter, the percentage of healthy trees, average sprout number and the average number of *Loranthus europaeus* in the polluted trees in protected area were higher than unprotected area. The results of this research indicated that the forest conservation-based management has positive effect on quantitative and qualitative characteristics in protected forests and emphasized the necessity of conservation, regeneration and development of these forests.

Keywords: Crown diameter, *Loranthus europaeus*, Preservation policy, Salas-e Babajani, Zagros forests.

[*] Corresponding author Tel: +989143402298

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۲۱۱-۱۹۹، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121056
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.3.6

مقالهٔ پژوهشی

ارزیابی برداشت چوب و دام بر تخریب جنگل با مدل بهینه تخریب

علی جهانی*[۱]، جهانگیر فقهی[۲] و وحید اعتماد[۳]

۱- دانشیار، گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، تهران، ایران. (ajahani@ut.ac.ir)
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. (jfeghhi@ut.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران. (vetemad@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۳۱

چکیده

طرح‌های جنگلداری اغلب از اثرها و پیامدهای ناسازگار محیط‌زیستی مانند بهره‌برداری بی‌رویه چوب و چرای دام برخوردارند. هدف از این پژوهش ارزیابی اثر برداشت چوب و دام بر تخریب جنگل خیرود نوشهر با استفاده از مدل بهینه تخریب جنگل و در چهار سناریوی وضعیت موجود، بدون برداشت چوب، بدون دام، و بدون برداشت چوب و دام است. واحدهای همگن محیط‌زیستی با استفاده از منابع اکولوژیکی تهیه و مجموعه فعالیت‌های انسانی انجام‌شده و شدت اثرهای آن‌ها در واحدهای همگن محیط‌زیستی به‌دست آمد. پس از پیش‌بینی ضرایب مدل در سناریوهای ذکرشده اقدام به مقایسه آماری خروجی‌ها و بررسی معناداری تغییرات شد. مقایسه آماری ضرایب تخریب در چهار سناریو با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کروسکال والیس انجام شد. بر اساس سطح معناداری به‌دست آمده تفاوت معناداری بین ضرایب تخریب سناریوهای مختلف وجود دارد. میانگین ضرایب تخریب در در هر یک از سناریوهای وضعیت موجود، حذف دام، حذف برداشت چوب و حذف هر دو فعالیت به‌ترتیب برابر با ۱/۴۹، ۰/۷۲، ۰/۹ و ۰/۳ به‌دست آمد. بر اساس نتایج پژوهش، دام مهم‌ترین عامل تخریب جنگل و پس از آن بهره‌برداری چوب قرار دارد. مدل مورد استفاده در این پژوهش به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری قابلیت بالایی در پیش‌بینی و مقایسه سناریوها و سیاست‌های مختلف مدیریتی در جنگل دارد و با استفاده از این مدل می‌توان قبل و بعد از اجرا طرح جنگلداری اثرهای اجرای طرح را به‌خوبی ارزیابی کرد.

واژه‌های کلیدی: جنگل خیرود، مدیریت جنگل، واحد همگن محیط زیستی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۲۷۵۲۴۸۷۷

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی یکی از ارزشمندترین اکوسیستم‌های جنگلی در دنیا به‌حساب می‌آید به‌طوری که قدمت آن به دوران سوم زمین شناسی می‌رسد. طرح‌های جنگلداری از ابتدا تا این زمان عملا توسط دو قطب متضاد تولید چوب و دامداری مدیریت می‌شوند. مورد اول توسط ذی‌نفعان دولتی که هدف آن‌ها بهره‌برداری صنعتی برای تولید چوب است و مورد دوم توسط گروهی از ذی‌نفعان بومی که هدف آن‌ها بهره‌برداری معیشتی و سنتی است مدیریت و اجرا شده است. این دو شیوهٔ بهره‌برداری با هم ناسازگارند و در بلندمدت با دیگر عوامل دیگر مانند جاده‌سازی و چوب‌کشی و دیگر موارد موجب افت کمی و کیفی توده‌های جنگلی شده‌اند (Avatefi Hemmat et al., 2013). چنین مدیریتی نیز از سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۵ موجب کاهش سطح جنگل‌های هیرکانی به اندازه ۱۶۱۲۹۰ هکتار شده است به‌طوری که نرخ کاهش سطح (تخریب) جنگل در کل محدوده جنگل‌های هیرکانی برابر با ۰/۷۴ درصد برآورد می‌شود (Mirakhorlou and Akhavan, 2017). از طرف دیگر وضعیت کیفی و تنوع و ترکیب گونه‌ای این جنگل‌ها نیز به‌شدت کاهش یافته و کنترلی بر موفقیت اجرای طرح‌های جنگلداری یا مدیریت دام نبوده است (Shamekhi, 1993; Khoonsiavashan et al., 2020). در طراحی و برنامه‌ریزی اولیه طرح‌ها اگر ملاحظات محیط‌زیستی جامع و همه‌سونگر مانند پایش و ارزیابی اجرا می‌شد با حداقل پیامدهای محیط‌زیستی روبرو بوده و کنترلی بر فعالیت‌های جنگلداری وجود می‌داشت. ادامه چنین روندی در دهه هفتاد مورد توجه کارشناسان جنگل قرار گرفت و در نهایت با تصویب طرح صیانت از جنگل‌ها، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور را ملزم به اجرای ماده ۱۷ از فصل پنجم این مصوبه کرد که در آن آمده است که طرح‌های جنگلداری باید دارای ارزیابی محیط‌زیستی بوده و سازمان محیط زیست اجرای طرح‌های جنگلداری را نظارت کند (Council of Ministers, 2003). از آنجایی‌که در عمل ارزیابی محیط زیستی طرح‌های جنگلداری انجام نشده است، نیاز به ابزار و روشی متناسب با فعالیت‌های طرح جنگلداری و اکوسیستم‌های جنگلی برای انجام این ارزیابی وجود دارد که در این پژوهش به اجرای یکی از این روش‌ها پرداخته شده است.

در پژوهش‌های اخیر ارزیابی اثرهای برداشت چوب و دام بر جنگل با استفاده از معیارها و شاخص‌های مختلفی انجام شده است (Aghnoum et al., 2016; Tohidy et al., 2019; Joriz et al., 2020; Jourgholami et al., 2013; Salehzadeh et al., 2016). Javanmiri Pour et al. (2013) با بررسی تغییرات کمی و کیفی زادآوری در اطراف دام‌سراها دریافتند که با افزایش فاصله از دام‌سرا سلامتی نهال‌ها افزایش و مقدار انحراف رویش طولی آن‌ها و بی‌شکلی نهال‌ها کاهش می‌یابد. همچنین درصد پوشش زادآوری با افزایش فاصله از دام‌سراها افزایش یافته به‌طوری که در فاصله بیش از ۱۵۰۰ متر از ۲۰ درصد در اطراف سراها (کمتر از ۵۰۰ متر) به بیش از ۷۰ درصد افزایش می‌یابد.

در سال‌های اخیر مدل‌های تخریب سرزمین برای ارزیابی مقدار اثر فعالیت‌های انسانی بر تخریب اکوسیستم ارائه شده‌اند (Barati et al., 2017). مدل تخریب در دسته‌بندی کلی مدل‌ها، جزء مدل‌های اطلاع‌رسان برای آگاهی مدیریت کلان طرح‌ها محسوب می‌شود. این مدل از نوع تجزیه و تحلیل سیستمی بوده و از شیوه مدل‌سازی ریاضی بهره گرفته شده است (Yarali et al., 2010). مدل تخریب برای اولین بار توسط Makhdoum (2002) ارائه شده و در سال‌های اخیر در پژوهش‌های بسیاری مانند ارزیابی پیامد

فعالیت‌ها در تخریب سیمای سرزمین حوزه آبخیز شفارود (Azari Dehkordi and Khazai, 2009)، تعیین آثار توسعه بر محیط‌زیست منطقه حفاظت‌شده اشترانکوه (Yarali et al., 2010)، بررسی اثرهای محیط‌زیستی گردشگری بر جنگل نمک‌آبرود (Yazdian et al., 2012)، ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی توسعه بر منطقه حفاظت شده کرکس (Shirmohammadi et al., 2017) و ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی توسعه در منطقه حفاظت شده باشگل قزوین (Rezazadeh et al., 2019) مورد استفاده قرار گرفته است. مدل تخریب از آسیب‌پذیری رویشگاه بر اساس تنوع عوامل اکولوژیک شامل ارتفاع، شیب، جهت، پوشش گیاهی، خاک و زمین‌شناسی، اقلیم، تنوع گونه‌های جانوری و منابع آب استفاده کرده و بر اساس مقدار آسیب‌پذیری رویشگاه، تراکم جمعیت و شدت فعالیت‌های انسانی در واحدهای کار، قابلیت توسعه اراضی را مشخص می‌سازد.

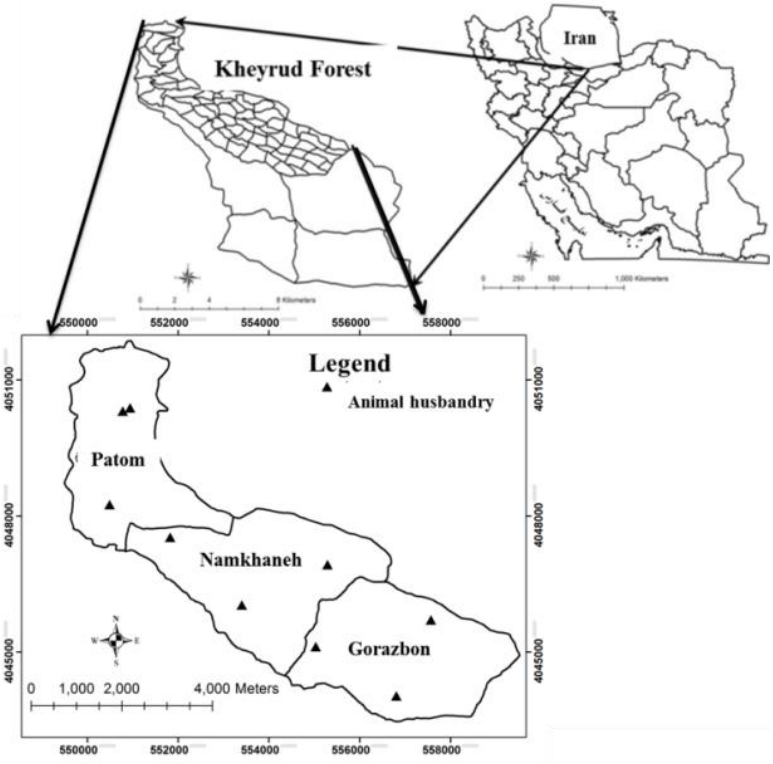
Jahani et al. (2016) مدل تخریب را با شاخص‌های ضریب شدت فرسایش و شدت فرسایش لاشبرگی در جنگل خیرود نوشهر تلفیق کرده و مدل بهینه تخریب جنگل را ارائه کردند. مدل بهینه تخریب جنگل با استفاده از فعالیت‌های طرح جنگلداری شامل برداشت چوب (قطع و تبدیل، چوب‌کشی، دپوسازی و غیره) و دامداری (احداث دام‌سرا، مسیرهای مالرو، تراکم دام و غیره)، گردشگری (جاده‌سازی، مسیر پاکوب، زباله‌ریزی و غیره) و حفاظت جنگل (نهالکاری، بذرکاری، فنس‌کشی و غیره) قادر به پیش‌بینی مقدار تخریب جنگل (خروجی مدل) با استفاده از تکنیک شبکه عصبی مصنوعی است (Jahani et al., 2016). خروجی مدل تخریب جنگل در شش طبقه به‌صورت فازی ارائه شده و قابلیت توسعه جنگل بر اساس شدت تخریب به‌دست آمده را مشخص می‌سازد. جنگل خیرود دارای سه بخش مدیریتی بوده که در بخش پاتم سه دوره، بخش نمخانه دو دوره و بخش گرازبن یک دوره طرح جنگلداری ده‌ساله اجرا شده است. طی اجرای طرح جنگلداری، بهره‌برداری‌های انجام شده و دامداری سنتی در منطقه تخریب زیادی در خاک، زادآوری و موجودی چوب سرپای جنگل به‌وجود آمده است، به‌طوری که در حال حاضر امکان نشانه‌گذاری و برداشت چوب از بخش پاتم وجود ندارد. بخش نمخانه برداشت چوب محدود و غیراقتصادی داشته و تنها در بخش گرازبن امکان برداشت چوب صنعتی و اقتصادی وجود دارد. حال سوال اساسی اینجاست که کدام‌یک از فعالیت‌های دامداری و برداشت چوب اثر بیشتری بر تخریب جنگل داشته است؟ و حذف هریک از این دو فعالیت به چه اندازه در کاهش تخریب جنگل اثر دارد؟ پاسخ به‌این سوال موجب می‌شود شدت اثر هریک از فعالیت‌ها مشخص شده و اقدامات لازم برای کنترل هرچه سریع‌تر هر یک صورت گیرد. هدف از پژوهش پیش‌رو نیز ارزیابی اثر برداشت چوب و دام بر تخریب جنگل خیرود نوشهر با استفاده از مدل بهینه تخریب جنگل و در چهار سناریوی وضعیت موجود، بدون دام، بدون برداشت چوب، و بدون برداشت چوب و دام است تا امکان تعیین مقدار اثرگذاری هریک از فعالیت‌ها در تخریب جنگل مشخص شده و در سیاست‌گذاری و برنامه‌های آتی مدیریت جنگل به‌کار گرفته شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی سه بخش پاتم، نمخانه و گرازبن جنگل آموزشی پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران است که به جنگل خیرود موسوم است. جنگل آموزش و پژوهشی خیرود در هفت کیلومتری شرق شهرستان نوشهر بین ´۳۰ °۳۶ تا ´۳۲ °۳۶ عرض شمالی

و ´۴۰ °۵۱ تا ´۴۱ °۵۱ طول شرقی و در حوزه اداره کل منابع طبیعی نوشهر در منطقه خیرود قرار دارد (شکل ۱). این پژوهش بر اساس اطلاعات حاصل از فعالیت سه دوره اجرای طرح جنگلداری طرح پاتم، دو دوره طرح جنگلداری نمخانه و یک دوره طرح جنگلداری گرازبن تشکیل شده است. جنگل خیرود در سال ۱۳۴۳ برای فعالیت‌های آموزشی و پژوهشی در زمینه علوم مختلف جنگل، تهیه طرح جنگلداری نمونه و بهره‌برداری اصولی به‌مدت ۳۰ سال به دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران واگذار شد (اعتماد، ۱۳۸۸). بخش پاتم به مساحت ۹۰۸ هکتار از سال ۱۳۵۱ دارای طرح جنگلداری بوده و مجموعا ۶۳۷۵۰ سیلو چوب در طی سه دوره طرح جنگلداری برداشت شده است. بخش نمخانه به مساحت ۱۰۸۴ هکتار از سال ۱۳۶۲ دارای طرح جنگلداری بوده و در مجموع ۹۰۲۰۶ سیلو چوب در طی دو دوره طرح جنگلداری برداشت شده است. بخش گرازبن به مساحت ۱۰۲۱ هکتار از سال ۱۳۸۹ دارای طرح جنگلداری بوده و تا زمان اجرای این پژوهش برداشت صنعتی انجام نشده است و برداشت چوب به‌صورت محلی برای تامین سوخت مورد نیاز دام‌سراها، احداث محل دپوها و مسیرهای چوبکشی (برای برداشت چوب در سال‌های آتی بر اساس طرح جنگلداری) و انجام عملیات پرورشی جنگل بوده است (تغییر وضعیت تخریب در سناریوی حذف برداشت چوب ناشی از حذف عملیات مرتبط با برداشت چوب مانند احداث محل دپوها و مسیرهای چوب‌کشی خواهد بود). در منطقه مورد بررسی نه واحد دام‌سرا وجود دارد. بخش پاتم دارای سه سرا با ۱۵۷۵ واحد دامی از نوع گاو بومی، بخش نمخانه دارای سه سرا با ۱۲۲۵ واحد دامی از نوع گاو بومی و بخش گرازبن دارای سه سرا با ۱۲۵۰ واحد دامی از نوع گاو بومی است. در حال حاضر تمامی سراها فعال بوده و موجب اثرهای محیط زیستی بسیاری در جنگل می‌شود.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Figure 1. The geographical location of the study area

روش پژوهش

واحدهای همگن محیط‌زیستی

واحدهای همگن محیط‌زیستی با استفاده از منابع اکولوژیکی و ابزار دقیق سامانه اطلاعات جغرافیایی، در گام‌های زیر تهیه شد (Makhdoum, 2006). تعداد طبقات لایه‌های اطلاعاتی و نحوه تهیه آن‌ها بر اساس روش Makhdoum (2006) در ارزیابی توان اکولوژیک تعیین و تهیه شد.

۱. روی‌هم‌گذاری نقشه، طبقات شیب، جهت و ارتفاع و تهیه نقشه یگان شکل زمین.

۲. روی‌هم‌گذاری نقشه یگان شکل زمین با نقشه خاک- شناسی و تهیه نقشه نخستین یگان محیط زیستی.

۳. روی‌هم‌گذاری نقشه نخستین یگان محیط‌زیستی با نقشه پردازش شده رستنی‌ها و انبوهی جنگل و تهیه نقشه یگان محیط زیستی.

۴. تهیه و تنظیم جدول ویژگی‌های یگان‌های محیط- زیستی حاصل از مرحله قبل به‌طوری که این جدول حاصل از جمع‌بندی اطلاعات و طبقات ویژگی‌های اکولوژیک در هریک یگان‌های محیط زیستی در نقشه مرحله قبل است.

۵. تکمیل جدول‌های یگان‌های محیط‌زیستی با فراهم- آوری و تدوین ویژگی‌های اکولوژیکی ناپایدار شامل آب و هوا و اقلیم و حیات وحش. این اطلاعات به- صورت توصیفی برای هریک از یگان‌های محیط زیستی در جدول مرحله قبل وارد می‌شوند و در روش Makhdoum (2006) این اطلاعات به‌دلیل عدم وجود مرزهای دقیق روی هم‌گذاری و نقشه‌سازی نمی‌شوند.

در ادامه مجموعه فعالیت‌های انسانی انجام‌شده و شدت اثرهای آن‌ها در واحدهای همگن محیط زیستی با استفاده از پژوهش‌های پیشین در جنگل خیرود (Jahani, 2013) به‌دست آمده و برای استفاده در مدل بهینه تخریب جنگل در جدول ۱ جمع‌بندی شد. مقدار یا ارزش هر یک از نشانگرهای اکولوژیکی در یگان‌های محیط زیستی طی نقشه‌سازی یگان‌ها موجود است. شدت اثرهای فعالیت‌های انسانی در یگان‌های محیط زیستی به‌صورت کیفی و قیاسی در چهار طبقه کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد و بر اساس آثار فعالیت در محل ارزیابی می‌شود که در این پژوهش از ارزیابی موجود در پژوهش‌های پیشین در جنگل خیرود (Jahani, 2013) استفاده شد. فاصله از ساختارهای زیربنایی از روی نقشه‌های موجود در طرح جنگلداری خیرود به‌دست آمد. اطلاعات مربوط به عملیات مختلف جنگل‌شناسی، بهره‌برداری وتراکم دام نیز از جدول‌های عملیات جنگل‌شناسی، نشانه‌گذاری و سامان‌های عرفی در طرح جنگلداری خیرود استخراج شد.

مدل بهینه تخریب جنگل در مرحله مدل‌سازی توسط Jahani et al. (2016) به‌صورت رابطه ۱ معرفی شد.

$$OFDM = \frac{(\sum I + DPl)}{V + Z + E} \qquad \text{رابطهٔ (۱)}$$

OFDM: مدل بهینه تخریب جنگل هر یگان نشانزد، ∑I: مجموع شدت عوامل تخریب هر یگان نشانزد، DPl: تراکم فیزیولوژیک دام هر یگان نشانزد، V: آسیب‌پذیری اکولوژیکی هر یگان نشانزد، Z: کلاس ضریب شدت فرسایش هر یگان نشانزد، E: کلاس شدت فرسایش.

جدول ۱- ورودی‌های مدل بهینه تخریب جنگل

Table 1. The inputs of optimized forest degradation model

نشانگرهای اکولوژیکی(ورودی‌های مدل بهینه تخریب جنگل) Ecological indicators (The inputs optimized forest degradation model)		نشانگرهای مدیریتی (ورودی‌های مدل بهینه تخریب جنگل) Management indicators (The inputs optimized forest degradation model)		خروجی شبکه Network output
درصد شیب Slope (percent)	جهت جغرافیایی Geographical aspect	شدت اثرهای مخرب چرای دام Intensity of destructive impacts of livestock grazing	شدت اثرهای مخرب مسیر مالرو Intensity of destructive impacts of trail	ضریب تخریب مدل بهینه تخریب جنگل The degradation coefficient of optimized forest degradation model
ارتفاع از سطح دریا Altitude	عمق خاک Soil depth	شدت اثرهای مخرب قطع Intensity of destructive impacts of cutting	شدت اثرهای مخرب چوب‌کشی Intensity of destructive impacts of skidding	
زه‌کشی خاک Soil drainage	تیپ جنگلی Forest type	شدت اثرهای مخرب کوبیدگی خاک Intensity of destructive impacts of soil compaction	شدت اثرهای مخرب تبدیل مقطوعات Intensity of destructive impacts of logging	
فرسایش‌پذیری خاک Soil erosion capability	متوسط دمای سالانه Annual temperature average	شدت اثرهای مخرب توریست Intensity of destructive impacts of tourist	شدت اثرهای مخرب زباله‌ریزی Intensity of destructive impacts of garbage	
متوسط بارش سالانه Annual precipitation average	زمین‌شناسی Geology	شدت اثرهای مخرب لوله‌گذاری Intensity of destructive impacts of piping	شدت اثرهای مخرب تخریب جاده Intensity of destructive impacts of road	
		شدت اثرهای نهالکاری Intensity of impacts of seedling	شدت اثرهای مخرب کابل‌کشی Intensity of destructive impacts of cabling	
		فاصله از جاده Distance to road	فاصله از مسیر مالرو Distance to trail	
		فاصله از سرا Distance to animal breeding	فاصله از دپوی چوب Distance to depot	
		تراکم دام Cattle density	سطح عملیات نهالکاری انجام‌شده Seedling area	
		سطح عملیات بذرکاری انجام‌شده Seeding area	حجم برداشت چوب انجام‌شده Wood harvesting area	

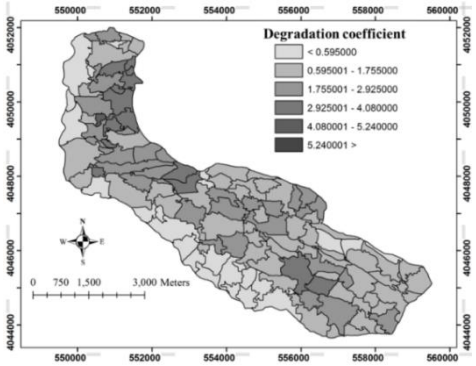
با توجه به دقت بالای شبکه عصبی (Azimi et al., 2019)، در پژوهش حاضر کمیت ضریب OFDM با استفاده از شبکه عصبی در هریک سناریوها و در هر یک از یگان‌ها پیش‌بینی شد. در واقع امکان محاسبه این ضریب پیش از اجرای طرح یا در سناریوهای مورد نظر این پژوهش وجود نخواهد داشت و مدل شبکه عصبی ارائه شده توسط Jahani et al. (2016) نیز برای پیش‌بینی ضریب OFDM در سناریوهای مختلف و پیش از اجرای طرح است. درواقع افزونه نرم‌افزاری شبکه عصبی جایگزین محاسبه مستقیم ضریب OFDM پس از اجرای طرح شده است. مدل شبکه عصبی مورد استفاده به‌صورت یک افزونه نرم‌افزاری در محیط MATLAB 2018 توسط Jahani et al. (2016) ارائه شده است. از این‌رو دیگر ضرایب مدل OFDM با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی و متغیرهای اکولوژیک و مدیریتی (جدول۱)، پیش‌بینی شد. کمیت متغیرهای اکولوژیک و مدیریتی (جدول ۱) در هریک از سناریوها به‌صورت یک جدول اکسل به نرم‌افزار معرفی شده و نرم‌افزار با استفاده از مدل شبکه عصبی طراحی شده اقدام به پیش‌بینی ضرایب مدل OFDM در هریک از یگان‌ها می‌کند. مدل بهینه تخریب جنگل به‌صورت یک افزونه نرم‌افزاری در محیط MATLAB 2018 ارائه شده است که با ورود متغیرهای اشاره‌شده در جدول ۱، نتایج و خروجی کمی مدل به‌دست آمد.

ضرایب مدل بهینه تخریب جنگل در چهار سناریوی مدیریتی محاسبه و نقشه‌سازی شد: ۱.وضعیت موجود با کاربری‌ها و فعالیت‌های انجام‌شده تاکنون، ۲.حذف فعالیت‌های مرتبط با دامداری در جنگل و حفظ فعالیت‌های برداشت چوب، ۳.حذف فعالیت‌های مرتبط با برداشت چوب در جنگل و حفظ فعالیت‌های دامداری، ۴.حذف فعالیت‌های مرتبط با دامداری و برداشت چوب در جنگل. پس از پیش‌بینی ارزش خروجی مدل بهینه تخریب جنگل در سناریوهای ذکر-شده اقدام به مقایسه آماری خروجی‌ها و بررسی معناداری تغییرات شد.

نتایج

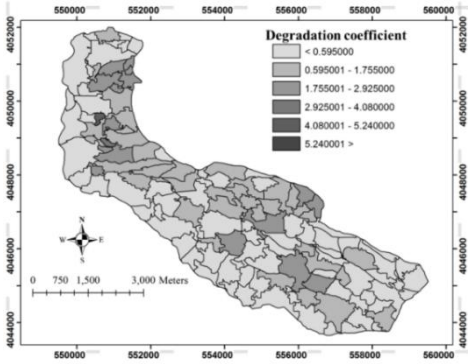
طی فرآیند تشکیل واحدهای همگن محیط‌زیستی در جنگل خیرود مجموعا ۱۲۹ واحد همگن به‌دست آمد. جدول اطلاعاتی این نقشه با ویژگی‌های پایدار، ناپایدار و فعالیت‌های طرح جنگلداری تکمیل شد. به‌طوری که پایگاه داده نقشه یگان‌های محیط‌زیستی به‌عنوان ورودی‌های مدل بهینه تخریب جنگل مورد استفاده قرار گرفت. بر اساس چهار سناریوی تعریف‌شده اقدام به محاسبه ارزش مدل بهینه تخریب جنگل در هر یک از واحدهای همگن محیط زیستی شد. بر این اساس نقشه ضرایب تخریب در هر یک از سناریوها در محیط نرم-افزار MATLAB 2018 به‌دست آمد. شکل ۲ نقشه مقدار تخریب در واحدهای همگن محیط زیستی را بر سناریوی اول نشان می‌دهد. بر این اساس در صورتی که تمام فعالیت‌های انسانی شامل برداشت چوب و دامداری در جنگل انجام شود وضعیت ضرایب تخریب در سطح جنگل به‌صورت شکل ۲ است. همان‌گونه که از این شکل پیداست در واحدهای محیط‌زیستی در بخش شمالی جنگل (بخش پاتم) تخریب بیشتری را شاهد هستیم به‌طوری که توان توسعه کمتری در آینده خواهد داشت. شکل ۳ نقشه مقدار تخریب در واحدهای همگن محیط زیستی را بر سناریوی دوم نشان می‌دهد. بر این اساس در صورتی که تمام فعالیت‌های دامداری در جنگل حذف شود و صرفا برداشت چوب ادامه‌دار باشد وضعیت ضرایب تخریب در سطح جنگل به‌صورت شکل ۳ است. بر اساس سناریوی دوم و

حذف دام از جنگل شاهد تخریب کمتری خواهیم بود. شکل ۴ نقشه مقدار تخریب در واحدهای همگن محیط زیستی را بر سناریوی سوم نشان می‌دهد. بر این اساس در صورتی که تمام فعالیت‌های برداشت چوب در جنگل حذف شده و فقط دامداری به‌عنوان فعالیت سنتی در منطقه ادامه‌دار باشد وضعیت ضرایب تخریب در سطح جنگل به‌صورت شکل ۴ خواهد بود. بر اساس سناریوی سوم و حذف برداشت چوب از جنگل شاهد تخریب بینابینی در دو سناریوی اول و دوم خواهیم بود. در واقع مقدار ضریب تخریب از وضعیت موجود کمتر و از سناریوی بدون دام بیشتر خواهد بود. شکل ۵ نقشه مقدار تخریب در واحدهای همگن محیط زیستی را بر سناریوی چهارم نشان می‌دهد. بر این اساس در صورتی که تمام فعالیت‌های برداشت چوب و دامداری در جنگل حذف شود وضعیت ضرایب تخریب در سطح جنگل به‌صورت شکل ۵ خواهد بود. بر اساس سناریوی چهارم و حذف برداشت چوب و دام از جنگل شاهد حداقل تخریب خواهیم بود که ناشی از دیگر فعالیت‌ها مانند گردشگری و استفاده‌های محلی است. در این سناریو شاهد حفظ پتانسیل توسعه‌ای جنگل هستیم و پایداری جنگل در ارائه خدمات اکوسیستمی حفظ خواهد شد.



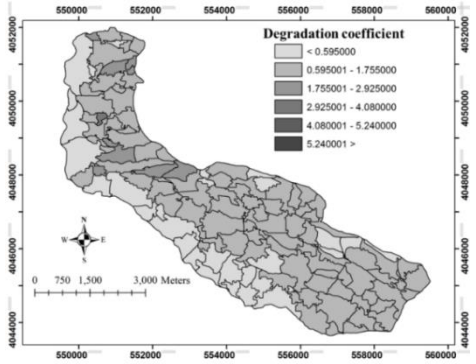
شکل ۲- نقشه ضرایب تخریب بر اساس مدل بهینه تخریب جنگل در سناریوی اول (وضعیت موجود)

Figure 2. The map of degradation coefficients based on the optimized forest degradation model in the first scenario (Current condition)



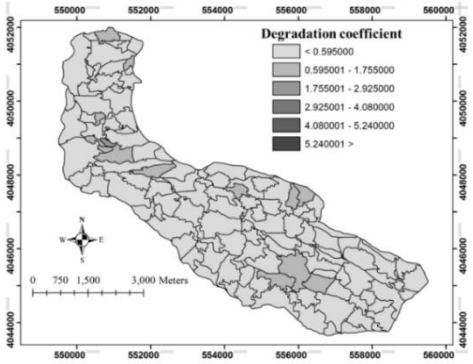
شکل ۳- نقشه ضرایب تخریب بر اساس مدل بهینه تخریب جنگل در سناریوی دوم (حذف دام)

Figure 3. The map of degradation coefficients based on the optimized forest degradation model in the second scenario (Without livestock)



شکل ۴- نقشه ضرایب تخریب بر اساس مدل بهینه تخریب جنگل در سناریوی سوم (حذف برداشت چوب)

Figure 4. The map of degradation coefficients based on the optimized forest



شکل ۵- نقشه ضرایب تخریب بر اساس مدل بهینه تخریب جنگل در سناریوی چهارم (حذف برداشت چوب و دام)

Figure 5. The map of degradation coefficients based on the optimized forest degradation model

degradation model in the third scenario (Without wood harvesting)

in the second scenario (without livestock and wood harvesting)

برای مقایسه آماری ضرایب تخریب در واحدهای محیط زیستی در چهار سناریو در گام اول نرمال بودن داده‌ها به دو روش شاپیرو ویلک و گلموگروف اسمیرنف محاسبه و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شد. بر اساس سطح معناداری به‌دست‌آمده هیچ‌یک از گروه داده‌ها از منحنی نرمال پیروی نکرده و برای مقایسه آماری از روش‌های ناپارامتریک استفاده شد. همچنین سناریو اول، سناریو سوم، سناریو دوم و سناریو چهارم به‌ترتیب بیشترین میانگین ضرایب تخریب را دارند. در واقع حذف دام از جنگل اثر بیشتری نسبت به حذف برداشت چوب از جنگل بر کاهش ضریب تخریب جنگل دارد. مقایسه آماری ضرایب تخریب در چهار سناریو با توجه به غیرنرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کروسکال والیس انجام شد. بر اساس سطح معناداری به‌دست آمده در جدول ۳ تفاوت معناداری بین ضرایب تخریب در سناریوهای مختلف وجود دارد. همچنین مقایسه جفتی نمونه‌ها با توجه به وابسته و غیرنرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون ویلکاگسون انجام و نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و سطح معنی‌داری می‌توان دریافت که تفاوت معنی‌دار بین تمام جفت سناریوها وجود دارد.

جدول ۲- نتایج بررسی نرمال‌بودن داده‌ها در چهار سناریوی مورد پژوهش

Table 2. The results of data normality in four research scenarios

گلموگروف اسمیرنف Kolmogorov-Smirnov		شاپیرو ویلک Shapiro-Wilk			
سطح معناداری Significance	درجه آزادی Degree of freedom	سطح معناداری Significance	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین Average	سناریوها Scenarios
0.00	129	0.00	129	1.49	اول First
0.00	129	0.00	129	0.72	دوم Second
0.00	129	0.00	129	0.9	سوم Third
0.00	129	0.00	129	0.3	چهارم Fourth

جدول ۳- نتایج مقایسه آماری کروسکال والیس ضرایب تخریب در چهار سناریو

Table 3. The results of Kruskal-Wallis test for the comparison of degradation coefficients in four scenarios

سطح معناداری Significance	رتبه میانه Mean rank	تعداد Number	سناریوها Scenarios
0.00	363.72	129	اول First
	226.11	129	دوم Second
	305.26	129	سوم

Third			
چهارم Fourth	129	138.9	

جدول ۴- نتایج مقایسه آماری جفتی ضرایب تخریب در چهار سناریو با استفاده از آزمون ویلکاگسون

Table 4. The results of paired comparison of degradation coefficients in four scenarios using Wilcoxon test

مقایسه سناریوها Scenario's comparison	اول و دوم First and second	اول و سوم First and third	اول و چهارم First and fourth	دوم و سوم Second and third	دوم و چهارم Second and fourth	سوم و چهارم Third and fourth
Z	-9.587	-8.706	-9.794	-4.159	-6.06	-9.822
Sig.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

بحث

بهره‌برداری چوب و دامداری که توسط ذی‌نفعان دولتی و بومی و در قالب طرح‌های جنگلداری و واحدهای دامداری سنتی در جنگل انجام می‌شود موجب تخریب اکوسیستم جنگل‌های هیرکانی شده (Avatefi Hemmat et al., 2013) و لزوم ارزیابی اثرهای فعالیت‌های مختلف در چارچوب طرح‌های جنگلداری را آشکار می‌سازد. نتایج این پژوهش از دو دیدگاه قابل تحلیل است. دیدگاه اول به مدل‌سازی و قابلیت‌های آن و دیدگاه دوم به نتایج و خروجی مدل‌ها اختصاص دارد. از دیدگاه مدل‌سازی، مدل OFDM با با استفاده از شاخص آسیب‌پذیری اکوسیستم تنوع کلیه شرایط اکولوژیک در هر یک از واحدهای همگن محیط زیستی را به‌عنوان نشانگری مبنی بر آسیب‌پذیری کمتر و توان توسعه بیشتر درنظر می‌گیرد و جامعیت ارزیابی را نشان می‌دهد. از طرفی مدل بهینه تخریب جنگل با در نظر گرفتن ضریب فرسایش و شدت فرسایش سطح جنگل و همچنین تراکم فیزیولوژیک دام شاخص معتبری را برای آشکارسازی تخریب اکوسیستم جنگل ارائه می‌کند (Jahani et al., 2016). مدل بهینه تخریب جنگل هم‌چون بسیاری از ابزارهای مدیریت جنگل امروزی (Jahani, 2017; Jahani, 2019) با استفاده از ابزار شبکه عصبی مصنوعی قابلیت پیش‌بینی بر اساس شرایط اکولوژیک و فعالیت‌های طرح جنگلداری و فعالیت‌های بهره‌برداران سنتی پیدا کرده است. از دیدگاه نتایج مدل‌سازی چهار سناریوی مورد استفاده در این پژوهش امکان مقایسه نتایج مخرب حاصل از چهار سیاست در برنامه‌ریزی و هدف‌گذاری در این جنگل‌ها را فراهم کرد. بر اساس سناریوهای تعریف شده بیشترین ضرایب تخریب در جنگل (میانگین ۱/۴۹) در وضعیت موجود با بهره‌برداری چوب و دامداری به‌صورت هم‌زمان اتفاق خواهد افتاد. کمترین ضرایب تخریب در جنگل (میانگین ۰/۳) در وضعیت سیاست‌گذاری بر مبنای حذف بهره‌برداری چوب و دام از جنگل روی می‌دهد. اما آنچه جالب توجه است تفاوت معنی‌دار بهره‌برداری چوب و دام در ایجاد تخریب در جنگل است به‌طوری که ضرایب تخریب در جنگل با حذف بهره‌برداری چوب برابر با ۰/۹ و در صورت حذف دام برابر با ۰/۷۲ خواهد شد. Shirmohammadi et al. (2017) و Rezazadeh et al. (2019) نیز در ارزیابی تخریب سرزمین با مدل تخریب، فعالیت‌های دامداری در اکوسیستم‌های طبیعی را از مهم‌ترین عوامل بالارفتن ضریب تخریب و کاهش توان توسعه سرزمین معرفی کرده‌اند. دامداری بخش عظیمی از تاریخ سیاست‌گذاری و بررسی علل تخریب جنگل‌ها را شامل می‌شود و بررسی منابع موجود نشان می‌دهد عمده متخصصان جنگل، بهره‌برداران سنتی را عامل تخریب جنگل می‌دانند (Shamekhi, 1993; Javanmiri Pour et al.,

2013). امروزه نیز شاهد سیاست "ممنوعیت چرای دام در جنگل‌های شمال ایران و خروج دام‌های موجود از آن" در برنامه ملی جنگل (۱۳۹۵-۱۴۰۴) هستیم. از طرفی، بهره‌برداران سنتی عامل تخریب جنگل را در بهره‌برداری چوب در طرح‌های جنگلداری می‌دانند (Nurzad, 2005). بر اساس نتایج به‌دست آمده از مدل بهینه تخریب جنگل تفاوت معنی‌داری بین سناریو حذف برداشت چوب و حذف دام وجود دارد و تخریب جنگل در اثر دامداری بیشتر از بهره‌برداری چوب است. در این راستا سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری بر اساس ماده ۶ قانون برنامه بهینه‌سازی پایش، حفظ، بهره‌برداری و مدیریت جنگل‌های کشور مصوب سال ۱۳۹۲ مکلف به بهره‌برداری جنگل، فقط از درختان آسیب دیده (شکسته، افتاده، ریشه‌کن، آفت‌زده) و عملیات پرورشی شده است. گرچه این سیاست موجب کاهش تخریب جنگل می‌شود اما بر اساس نتایج این پژوهش عامل مهم‌تر تخریب که دامداری در جنگل است نادیده گرفته شده است. مدل OFDM به‌عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری قابلیت بالای در پیش-بینی و مقایسه سناریوها و سیاست‌های مختلف مدیریتی در جنگل دارد. از این‌رو پیشنهاد می‌شود مدیریت و برنامه‌ریزی جنگل به سمت خروج دام از جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان مهم‌ترین عامل تخریب، دیگر کارکردهای جنگل بر اساس توان اکولوژیک رویشگاه و استفاده از مدل بهینه تخریب جنگل برای ارزیابی فعالیت‌های برنامه‌ریزی‌شده در طرح جنگلداری سوق یابد.

References

Aghnoum, M.; Feghhi, J.; Makhdoum, M.; Jabariyan, B., Determination of Vulnerable Areas to Grazing in Forest (Case study: Patom District of Kheyrud Forest). *Environmental Researches* **2016,** *6* (11), 11-66.

Avatefi Hemmat, M.; Shamekhi, T.; Zobeiri, M.; Reza Arab, D.; Ghazi Tabatabai, M., Forest Degradation: an Investigation of Forestry Organization Experts and Local Herders' Mental Models. *Journal of Forest and Wood Products* **2013**, 66 (1), 29-54. (In Persian)

Azari Dehkordi, F.; Khazai, N., Rapid Decision-Making Support System for Evaluating the Consequences of Activities in Landscape Degradation of Shafarud Watershed, *Journal of Environmental Studies* **2009**, 35 (51), 69-80. (In Persian)

Azimi, Y.; Khoshrou, S. H.; Osanloo, M., Prediction of blast induced ground vibration (BIGV) of quarry mining using hybrid genetic algorithm optimized artificial neural network. *Measurement* **2019,** *147*, 106874.

Barati, B.; Jahani, A.; Zebardast, L.; Rayegani, B., Integration assessment of the protected areas using landscape ecological approach (Case Study: Kolah Ghazy National Park and Wildlife Refuge). *Town and Country Planning* **2017,** *9* (1), 153-168.

Council of Ministers. Comprehensive forest protection program in the north of the country (conservation, maintenance and development of northern forests). Council of Ministers Press, Tehran, 2003, 276 p. (In Persian)

Jahani, A., Aesthetic quality evaluation modeling of forest landscape using artificial neural network. *Journal of Wood & Forest Science and Technology* **2017**, 24 (3), 17–33. (In Persian)

Jahani, A., Risks assessment of forest project implementation in spatial density changes of forest under canopy vegetation using artificial neural network modeling approach. *Journal of Spatial Analysis Environmental hazarts* **2019,** *6* (2), 21-34.

Jahani, A.; Feghhi, J.; Makhdoum, M. F.; Omid, M., Optimized Forest degradation model (OFDM): an environmental decision support system for environmental impact assessment using an artificial neural network. *Journal of Environmental Planning and Management* **2016,** *59* (2), 222-244.

Jahani, A.; Saffariha, M., Human activities impact prediction in vegetation diversity of lar national park in Iran using artificial neural network model. *Integrated Environmental*

Assessment and Management **2021,** *17* (1), 42-52.

Javanmiri Pour, M.; Jahani, A.; Mohadjer, M. R. M., Effects of livestock grazing on vegetation in relation to distance from corral in Caspian Forest north of Iran. *Res. J. For. Environ. Prot.* **2013,** *1* (1), 1-11.

Joriz, S.; Jourgholami, M.; Malekian, A.; Etehadi, M., Evaluating the forest harvesting operations impact on sediment yield in forest watershed (Case study: Kheyrud forest). *Journal of Range and Watershed Managment* **2019,** *72* (3), 665-681.

Jourgholami, M.; Soltanpour, S.; Abari, M.; Majnounian, B., Effects of wood extraction using farm tractor on soil physical properties (case study: Gorazbon district in Khyrud forest). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014,** *21* (4).

Khoonsiavashan, S.; Shakeri, Z.; Mohammadi Samani, K.; Maroofi, H., Effect of livestock type and grazing intensity on vegetation composition and diversity in Armardeh forests, Baneh, *Journal of Forest Research and Development* **2021,** *7* (2): DOI: 10.30466/JFRD.2021.121026.

Makhdoum, M. F., Degradation model: a quantitative EIA instrument, acting as a Decision Support System (DSS) for environmental management. *Environmental management* **2002,** *30* (1), 151-156.

Makhdoum, M., *Land-Use Planning Fundamental*, Sixth Edition, University of Tehran Press, Tehran, 2006, 344p. (In Persian)

Mirakhorlou, K.; Akhavan, R., Area changes of Hyrcanian Forests during 2004 to 2016. *Iran Nature* **2017,** *2* (3), 40-45.

Nurzad, M., Studying of relationship between Kheyroudkenar forest and upward village (Barkan, Kolyak, Kohneh deh), M.Sc. thesis, Forestry group, University of Tehran, Tehran. 2005,133p. (In Persian)

Rezazadeh, S.; Jahani, A.; Goshtasb, H.; Makhdoum, M., Development Environmental Impact Assessment in Bashgol Protected Area Using Landscape Degradation Model. *Environmental Researches* **2019,** *10* (19), 15-26.

Salehzadeh, O.; Eshaghi-Rad, J.; Maroofi, H., The effect of anthropogenic disturbance on flora and plant diversity in Oak forests of west (Baneh city), *Journal of Forest Research and Development* **2016,** *2* (3): 219-240.

Shamekhi, T., Why does the industrial sector coulden› t utilise the ecological potentiel of northern forest. *Iranian Journal of Natural Resources* **1993,** *46*, 79-93.

Shirmohammadi, I.; Jahani, A.; Etemad, V.; Zargham, N.; Makhdom, M., Development Environmental Impact Assessment (EIA) on Karkas Protected Area by Using Destruction. *Environmental researches* **2017,** *7* (14), 91-102.

Tohidy, M.; Jalali, J.; Yazdian, F.; Naghi Adel, M.; Jiroudnezhad, R.; Azarnoosh, M. R.; Kuhestani, J. S., Effects of livestock and forest dweller exclusion on natural regeneration in Abbas-Abad Forest, Mazandaran province. *Human & Environment* **2018,** *16* (4), 139-159.

Yarali, N.; Soltani, A.; Jafari, A.; Mafi Gholami, D.; Mahmoudi, M., Environmental Impacts Assessment (EIA) on Oshtrankouh Protected Area Using Degradation Model, *Journal of Environment Researches* **2010**, 1 (1), 13-22. (In Persian)

Yazdiyan, F.; Faqih Nasiri, L.; Kiapasha, K., Impacts of tourism on Namak Abroud forest (by the application of destruction model). *Journal of Iranian Forests* **2012,** *1* (2), 113-121.

Evaluation of the wood harvesting and livestock on the degradation of forest using optimized degradation model

A. Jahani[*1], J. Feghhi[2] and V. Etemad[3]

1- Associate Professor, Department of Assessment and Environment Risks, Research Venter of Environment and Sustainable Development, Tehran, Karaj, I. R. Iran. (Ajahani@ut.ac.ir)
2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran. (Jfeghhi@ut.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I. R. Iran. (Vetemad@ut.ac.ir)

Received: 16.07.2020 Accepted: 21.09.2020

Abstract

Forestry projects often result in inconsistent environmental impacts and consequences, including wood exploitation and livestock grazing. The aim of study is to evaluate the effect of wood harvesting and livestock on the degradation of Kheyrud Forest in Nowshahr city using the optimized forest degradation model in four scenarios of current situation, without wood harvesting, without livestock, and without wood harvesting and livestock. Homogeneous environmental units were prepared using ecological resources. A set of human activities and the intensity of the impacts in homogeneous environmental units were obtained. After predicting the coefficients of model in the scenarios, the statistical comparisons of the outputs and the significance of changes were evaluated. Due to the abnormality of the data, Kruskal-Wallis test was performed for statistical comparison of coefficients of degradation in four scenarios. Considering the results, there is a significant difference between the coefficients of degradation in different scenarios. The average coefficients of degradation in the current situation, without wood harvesting, without livestock, and without wood harvesting and livestock scenarios are 1.49, 0.72, 0.9 and 0.3 respectively. According to the results, livestock and wood exploitation are the most important factor influencing forest degradation. The model, which has been used in this research, has a high capability in predicting and comparing different scenarios and management policies as a decision support system in the forest; and using this model we can evaluate forest plan impacts before and after the implementation of project.

Keywords: Forest management, Homogeneous environmental unit, Kheyrud Forest.

[*] Corresponding author Tel: +989127524877

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۲۳۴-۲۱۳، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121026
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.4.7

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر نوع دام و شدت چرا بر ترکیب و تنوع پوشش گیاهی در جنگل‌های آرمرده شهرستان بانه

سیران خون‌سیاوشان*[۱]، زاهد شاکری[۲]، کیومرث محمدی سمانی[۳] و حسین معروفی[۴]

۱- دانش‌آموختهٔ کارشناسی‌ارشد جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. (sairankhoonsiavashan@gmail.com)

۲- پژوهشگر گروه تعاملات اکولوژیک- اجتماعی در بوم سازگان‌های کشاورزی، دانشگاه گوتینگن و دانشگاه کاسل، آلمان. (shakeri.zahed@gmail.com)

۳- استادیار گروه جنگلداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج و مرکز پژوهش و توسعهٔ جنگلداری زاگرس شمالی دکتر هدایت غضنفری، بانه، ایران. (k.mohammadi@uok.ac.ir)

۴- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سنندج، ایران. (Hosein_marrofi@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۵

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر نوع و شدت چرای دام و عوامل محیطی بر ترکیب و تنوع پوشش‌گیاهی در پنج منطقه با انواع دام (گاو، بزمرخز، بزمو، گوسفند) و شدت چرایی متفاوت (در قالب پنج تیمار) در جنگل‌های آرمردهٔ بانه است. برای نمونه‌برداری از پوشش‌گیاهی، ۳۴ قطعه‌نمونه (۱۰۰ مترمربع) برداشت شد. تفاوت بین مناطق از نظر تنوع گونه‌ای با استفاده از آنالیز واریانس و تأثیر چرای دام بر ترکیب پوشش‌گیاهی با استفاده از آنالیز گرادیان مستقیم (RDA) بررسی شد. نتایج نشان داد منطقهٔ قرق و منطقهٔ دارای چرای هر چهار نوع دام با شدت بالا به‌ترتیب از بیشترین و کمترین تنوع گونه‌ای برخوردارند. درصد تاج‌پوشش، ارتفاع از سطح دریا، تیپ بلوط ایرانی- مازودار و نرخ چرای دام مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر پوشش گیاهی بودند. نتایج رسته‌بندی نشان داد نوع دام و شدت چرا در کنار عوامل محیطی فوق تأثیر معنی‌داری بر ترکیب پوشش‌گیاهی می‌گذارند به‌گونه‌ای که با افزایش نوع دام و شدت چرا، گونه‌های یکساله و مهاجم بیشترین حضور و با کاهش آن پهن‌برگان علفی، درختچه‌ها و ژئوفیت‌های پیازدار بیشترین پراکنش را در ترکیب پوشش‌گیاهی به‌خود اختصاص می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: آنالیز گرادیان مستقیم، بزمرخز، تنوع گونه‌ای، نرخ چرای دام، زاگرس شمالی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۸۵۱۷۶۰۱۴

مقدمه

پوشش علفی بستر جنگل، نقش کلیدی و مهمی را در اکوسیستم جنگل ایفا می‌کند؛ مانند ذخیرهٔ کربن آلی در خاک، ایجاد ریزاقلیم در بستر جنگل، تغییر ترکیب فلورستیک، پراکنش و فراوانی گونه‌های جانوری و در نهایت بر پویایی جامعهٔ گیاهی تأثیرگذار است (Onaindia et al., 2004). چرای دام یکی از عوامل محیطی تأثیرگذار بر زیست‌تودهٔ گیاهی است (Nakano et al., 2020). از دیدگاه محیط‌زیستی رابطه بین دام و گیاه جنبه‌ای دوسویه دارد؛ به گونه‌ای که اگر تعداد دام متوازن با ظرفیت چراگاه باشد می‌توان از آن به‌عنوان یک روش کم‌هزینه برای مدیریت ترکیب پوشش‌گیاهی علفزارها، کنترل علف‌های هرز و آتش، پراکنش بذر، تحریک رشد و افزایش تولید گیاهان استفاده شود (Fraser et al., 2014). در حالی‌که چرای بی‌رویه منجر به کاهش تراکم پوشش‌علفی بستر جنگل، حذف نهال‌ها و نونهال درختان بومی و جایگزینی گیاهان مهاجم و مقاوم به چرا در اکوسیستم‌های طبیعی می‌شود (Ghaderzadeh et al., 2015؛ Valadi et al., 2017). بنابراین چرای بی‌رویهٔ دام به‌طور معنی‌داری ساختار، ترکیب و تنوع گونه‌ای اکوسیستم‌های طبیعی را تغییر می‌دهد (Lindenmayer et al., 2018).

رفتارهای چرایی دام باتوجه به فصل ورود به چراگاه، توزیع مکانی علوفه و ترکیب گیاهان خوشخوراک منطقه متغیر خواهد بود (Habibian et al., 2013). بزهای بومی رفتار تغذیه‌ای متفاوتی نسبت به دیگر نشخوارکنندگان دیگر (گاو و گوسفند) دارند به‌صورتی که برخی خصوصیات آناتومیکی و فیزیولوژیکی به آن‌ها اجازه می‌دهد که بسیار انتخابی عمل کنند. بزها قادرند درحالت ایستاده بر روی دو پا از برگ‌های قسمت‌های بالاتر درختان استفاده کنند؛ حتی گاهی اوقات برای بالارفتن از ساختار شاخهٔ درختان نیز استفاده می‌کنند (Narjisse, 1991). آن‌ها می‌توانند گونه‌های چوبی و غنی از تانن را مصرف کرده و درنتیجه رژیم غذایی آن‌ها به‌طور عمده از گونه‌های چوبی تشکیل شده است؛ همچنین می‌توانند گونه‌های خاردار و پرتیغ را مصرف کنند (Ventura-Cordero et al., 2019). درصورت چرای مشترک دام‌های مختلف، ارجحیت‌های غذایی آن‌ها متفاوت خواهد بود به‌طوری که گاوها اغلب گندمیان را به پهن‌برگان علفی و گیاهان بوته‌ای ترجیح داده (Coffey, 2001)، در حالی‌که بزها سرشاخه‌ها و گیاهان بوته‌ای و گوسفندها پهن‌برگان علفی را انتخاب می‌کنند (Ventura-Cordero et al., 2019)؛ از این‌رو با مدیریت صحیح می‌توان ظرفیت چرایی را بالا برد و فرصت لازم برای رشد گونه‌های متنوع را فراهم کرد.

جنگل‌های زاگرس وسیع‌ترین عرصهٔ جنگلی کشور و یکی از مهم‌ترین منابع زیستی با زیراشکوب غنی است. این جنگل‌ها از نظر ارزش‌های زیست‌محیطی، حفاظت خاک، محصولات فرعی و تأمین آب کشور از اهمیت خاصی برخوردارند. متأسفانه ترکیب و تنوع پوشش‌گیاهی در این جنگل‌ها به‌دلیل مشکلات اجتماعی- اقتصادی و وابستگی معیشتی مردم محلی به جنگل مثل استفادهٔ بی‌رویه از آن به‌عنوان چراگاه دام دچار تغییرات زیادی شده است (Jazirehi and Ebrahimi Rastaghi, 2003).

مدیریت سنتی چراگاه‌ها توسط دامداران محلی در سطح جنگل‌ها و مراتع زاگرس سابقه‌ای طولانی دارد. شهر آرمرده یکی از زیستگاه‌های اصلی و بومی بزمرخز در استان کردستان است. هدف اصلی پرورش بزمرخز در درجهٔ اول الیاف ارزشمند و سپس گوشت آن است، مردمان محلی در کوخ‌های (روستاهای کوچک) اطراف آرمرده مساحت مشخصی از جنگل را

مدیریت می‌کنند و در کنار دیگر بهره‌برداری‌ها به پرورش بزمرخز همراه با بزمو، گوسفند و گاو مشغول هستند. نژاد بزمرخز باتوجه به جثهٔ کوچک و سازگاری بالا با اقلیم منطقهٔ زاگرس و همچنین امکان تغذیه از شاخ و برگ درختان برای پرورش در این منطقه مناسب است. اما امروزه جمعیت آن به‌شدت کاهش پیدا کرده و از آنجایی که از نظر تولید گوشت و لبنیات، کیفیت و کمیت به نسبت پایین‌تری از دیگر دام‌ها دارد، ازاین‌رو به‌سختی می‌توان گله‌های بزرگ و خالص آن را یافت (Seyed Sharifi, 2017). بنا به شرایط طبیعی منطقهٔ زاگرس (روستاهای اطراف بانه) و کمبود علوفه مناسب در مراتع یا زمین‌های تحت کشت علوفه، دام غالب این مناطق بز است چراکه توانایی سازگاری آن با شرایط موجود نسبت به دیگر دام‌های دیگر بیشتر است. زمان شروع چرای گوسفند و بزمو در عرصه همانند بزمرخز (اوایل فروردین) بوده با این تفاوت که در رژیم غذایی آن‌ها شاخ و برگ درختان بلوط نقش بسیار کمتری دارند (Bahmani et al., 2015; Shakeri, 2006).

از پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص تأثیر چرای دام بر پوشش‌گیاهی می‌توان به پژوهش James et al. (2017) در رابطه با چرای دام (گاو، گوسفند) بر پوشش‌گیاهی در کالیفرنیا اشاره کرد. نتایج نشان داد کاهش تراکم و مدت زمان چرای دام در چراگاه‌ها، سبب کاهش گیاهان یکساله مهاجم و افزایش گیاهان بومی می‌شود. در پژوهش دیگری Benthien et al. (2018)اثر چرای گوسفند و بز بر روی تنوع گیاهان را در علفزارهای آلمان بررسی کردند. نتایج نشان داد چرای بلندمدت ترکیب پوشش‌گیاهی را به‌طور واضح تغییر می‌دهد. در ایران نیز در این زمینه پژوهش‌هایی انجام شده است. Ahmadi and heydari (2018) به بررسی تأثیر شدت‌های چرایی مختلف دام بر برخی شاخص‌های کمی و کیفی گیاهان بر روی سه نوع مدیریت قرق، چرای متوسط و چرای شدید در مراتع استان کرمانشاه پرداختند. شاخص‌های تنوع گونه‌ای در رویشگاه قرق بیشترین مقدار و در رویشگاه با چرای شدید کمترین مقدار را دارا است. Ghafari et al. (2020) اثر شدت‌های مختلف چرایی بر مقدار تخریب مرتع در مغان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد بیشترین مقدار تنوع گونه‌ای در شدت چرای متوسط و کمترین آن در چرای سنگین است.

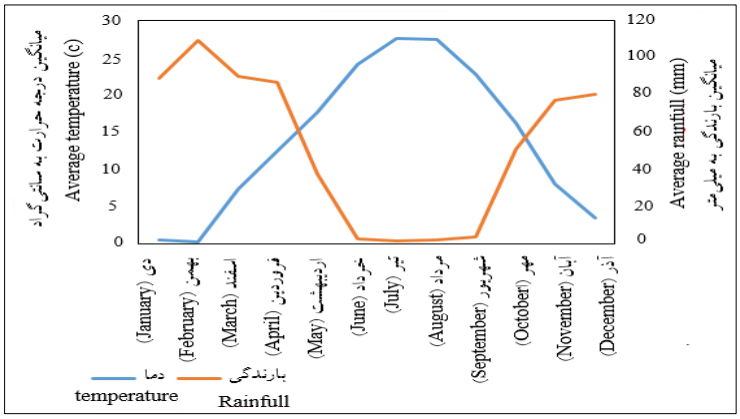
اثرهای چرای دام بر پوشش‌گیاهی توسط محققان زیادی در جهان بررسی و گزارش شده است، اما باتوجه به ترکیب پوشش‌گیاهی، اقلیم منطقه، توپوگرافی، مدت و شدت چرا، نوع و تعداد دام ممکن است نتایج متفاوتی حاصل شود. باتوجه به شرایط اقلیمی، پوشش‌گیاهی، توپوگرافی خاص در منطقهٔ زاگرس؛ از طرفی دیگر وجود بزمرخز در آرمرده، تاکنون پژوهش دقیقی بر روی تأثیر چرای دام بر پوشش‌گیاهی در این منطقه انجام نشده است، از این‌رو کسب اطلاع از تأثیر نوع دام و شدت چرا با در نظر گرفتن دیگر عوامل محیطی بر ترکیب و تنوع پوشش-گیاهی می‌تواند به شناخت بیشتر رابطه بین دام و گیاه و همچنین حفظ ترکیب و تنوع گونه‌های گیاهی در این اکوسیستم ارزشمند کمک شایانی کند.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

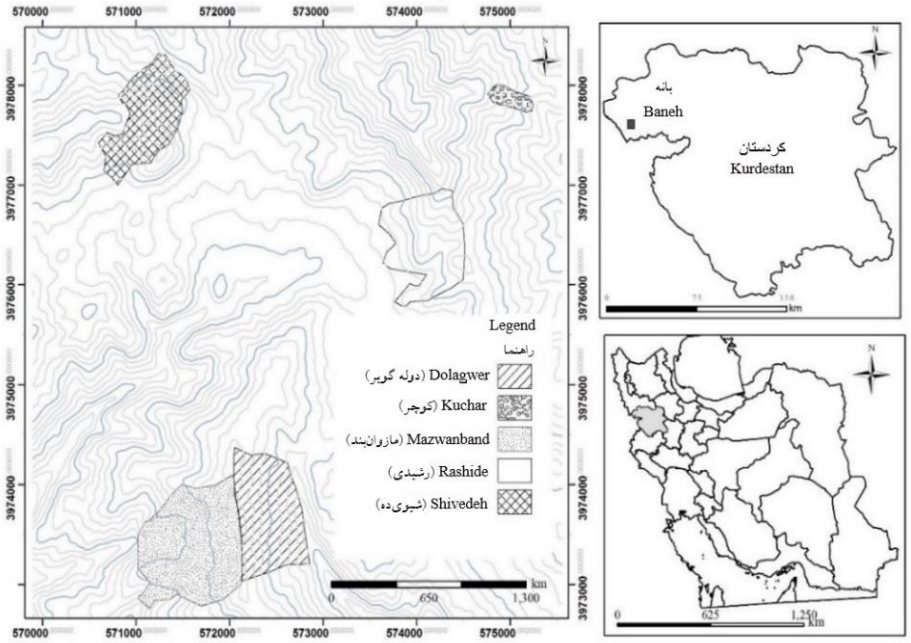
شهر آرمرده در جنوب غربی شهرستان بانه و در شمال غربی استان کردستان، در طول جغرافیایی ´۴۵ °۴۵ تا ´۴۹ °۴۵ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۲ °۳۵ تا ´۵۶ °۳۵ شمالی واقع شده است. بیشینه مطلق دما سالیانه ۳۵/۱ و حداقل دما ۲۸/۷- بوده، متوسط بارندگی و دمای هوای سالانه به‌ترتیب ۶۶۷

میلی‌متر و ۱۴ درجه سانتی‌گراد و طبق منحنی آمبروترمیک دارای چهار ماه فصل خشک در سال بوده (شکل۱) و ازنظر اقلیمی دارای آب و هوای نیمه-خشک است. همچنین pH خاک بین شش تا هشت و ارتفاع از سطح دریا ۱۲۰۰ تا ۲۲۰۰ بوده، میانگین شیب منطقه حدود ۳۵ درصد است (Anonymous, 2013).



شکل ۱- منحنی آمبروترمیک شهرستان بانه

Figure 1. Ambrothermic curve of Baneh city



شکل۲- موقعیت جغرافیایی مناطق مورد بررسی

Figure 2. Geographical position of study areas

پوشش عمدهٔ گیاهی شامل جوامع گیاهی گون همراه با خانواده گندمیان، نخودیان، علف‌ها و درختچه‌ها است. درختان موجود در ترکیب پوشش گیاهی منطقه عبارتند از بلوط برودار (*Quercus brantii* Lindl)، مازودار(*Quercus infectoria* oliv.)، وی‌ول (*Quercus libanii* oliv.) و از گونه‌های درختی همراه می‌توان زالزالک (*Crategus* spp.)، بنه (*Pistacia atlantica*)، گلابی‌وحشی (*Pyrus*

syriaca)، و کیکم (*Acer monspessulanum* subsp. Cinerascens) را نام برد. گلازنی رایج‌ترین بهره‌برداری از جنگل در آرمرده بوده که برای تأمین علوفه زمستانه توسط مردم محلی انجام می‌شود. این مسئله درباره خانوارهایی که در ترکیب دام‌های خود بز دارند عمومیت دارد. البته به‌غیر از گلازنی در طول فصل رویشی، دام‌ها هم قسمت زیادی از علوفه خود را از جنگل به‌ویژه از شاخ و برگ درختان تأمین می‌کنند که این امر موجب کاهش تراکم تاج‌پوشش در اغلب نقاط تنک تا نیمه‌انبوه شده است (Anonymous, 2013). برای انجام این پژوهش پنج منطقه از سامان عرفی آرمرده انتخاب شدند. انتخاب مناطق براساس نوع دام و شدت چرا انجام شد. منطقهٔ کوچر با ۲۰ سال قرق به‌عنوان منطقهٔ شاهد، منطقهٔ رشیدی دارای چرای بزمرخز با شدت بسیارکم انتخاب شدند. متأسفانه در آرمرده به‌غیر از گلاجار رشیدی که به‌مدت بیش از ۱۰ سال فقط توسط یک نوع دام چرا شده باشد، گلاجار دیگری یافت نشد، به این دلیل مناطق مازوان‌بند، دوله‌گویر و شیوی‌ده با ترکیب‌ها و شدت‌های متفاوت چرایی و شرایط فیزیوگرافی مشابه (درصد شیب، جهت شیب، و ارتفاع از سطح دریا) انتخاب شدند. باتوجه به مساحت مناطق و همگنی پوشش گیاهی تعداد ۳۴ رولوه (قطعه نمونه) پیاده شد (جدول۱).

شیوه اجرای پژوهش

برای کسب حداکثر اطلاعات ممکن از پوشش‌گیاهی، برداشت داده‌ها در خردادماه و زمانی که بیشتر گونه های گیاهی در منطقه حضور داشته و دورهٔ رویشی خود را کامل کرده‌اند، انجام شد. نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی انجام شد. مساحت مناسب قطعه‌نمونه‌ها براساس پژوهش‌های قبلی (Ghaderzadeh et al., 2015)، ۱۰۰ مترمربع انتخاب و موقعیت آن به‌صورت تصادفی در منطقه مکان‌یابی شد. در هر قطعه‌نمونه نام علمی گونه‌های درختی و علفی و فراوانی‌غلبه آن‌ها با استفاده از مقیاس لوندو برای هرگونه گیاهی ثبت شد (Londo, 1976). از تمام گونه‌های موجود در قطعه‌نمونه‌ها، نمونه‌برداری و پس از کد‌گذاری و خشک‌شدن در هرباریوم گیاه‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان مورد شناسایی قرار گرفتند. در کنار این داده‌ها، ارتفاع از سطح دریا، جهت‌جغرافیایی، زهکشی، درصد شیب، درصد خاک لخت، ضخامت لاشریزه و هوموس، تعداد اشکوب و درصد پوشش‌تاجی و تیپ جنگل به‌عنوان داده‌های محیطی کمکی برای هر قطعه‌نمونه ثبت شد. سپس براساس ضریبی که سازمان خواروبار جهانی برای تعیین وزن دام و تبدیل آن نسبت به واحد دامی مشخص کرده (ضریب بز و گوسفند=۰/۱، گاو=۰/۶) تعداد واحد دامی به‌دست آمد (فرمول۱). در نهایت نرخ چرای دام (Stocking rate) با استفاده از فرمول ۲ محاسبه شده و به‌عنوان شاخصی از شدت چرا مورد استفاده قرار گرفت (Thorne and Stevenson, 2007).

رابطهٔ (۱) تعداد دام در هکتار × ضریب واحد دامی = تعداد واحد دامی

رابطهٔ (۲) (مساحت به هکتار × فصل چرا به ماه) / تعداد واحد دامی در هکتار = نرخ چرای دام در فصل چرا

جدول ۱- اطلاعات منطقه و وضعیت دام در تیمارهای مورد بررسی

Table 1. Study area information and livestock status at each treatment

مناطق مورد بررسی- تیمارهای چرایی Study areas- grazing treatments	ترکیب و شدت چرای دام The Grazing Livestock composition and intensity	مشخصات قطعه‌نمونه Sample Characteristics				مساحت (هکتار) Area (ha)	تعداد واحد دامی در هکتار FAO Number livestock units in ha	نرخ چرای دام (فصل چرا) Stocking rate (grazing season)	تعداد واحد دامی Number livestock units			
		تعداد Number	شیب Slop	جهت Aspect	ارتفاع Elevation (m)				گاو Cow	گوسفند Sheep	بزمو Mo goat	بزمرخز Markhozgoat
کوچر (شاهد) Kochar-1	فاقد دام no grazing	5	34	شمال‌شرقی Northeast	1730	7	0	0	0	0	0	0
رشیدی Rashidi	بزمرخز- چرای بسیارکم Markhoz goat- very low grazing	10	31	شمالی، جنوبی، شرقی و غربی Northern, Southern, Eastern, Western	1720	78	0/14	0/016	0	0	0	120
دوله‌گویر Dolagwer	گوسفند و بزمو- چرای متوسط Sheep،Mo goat moderate grazing	4	30	شمالی، جنوبی و غربی Northern, Southern Western	1650	39	0/47	0/052	0	98	302	0
مازوان‌بند Mazwanband	گوسفند و بزمو- چرای کم Sheep،Mo goat Low grazing	5	35	شرقی Eastern	1670	38	0/32	0/035	0	80	170	0
شیوی‌ده Shiwedeh	گوسفند، بزمو، گاو، بزمرخز- چرای شدید Cow, Sheep, Mo goat, Markhoz goat- high grazing	10	40	شمالی، جنوبی، جنوب شرقی و غربی Northern, Southern, Southeast, Western	1740	67	0/78	0/086	6	160	204	244

پس از برداشت داده‌ها و شناسایی گونه‌های گیاهی، داده‌های پوشش‌گیاهی و متغیرهای محیطی در قالب دو ماتریس وارد نرم‌افزار اکسل (Excel) شد. برای تجزیه و تحلیل روابط بین پراکندگی گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی اندازه‌گیری‌شده، از روش رسته‌بندی مستقیم و از نسخه ۴/۵ نرم‌افزار CANOCOاستفاده شد و برای تعیین نوع روش رسته‌بندی مستقیم از آنالیز تطبیقی قوس‌گیری‌شده (DCA) استفاده شد. برحسب طول گرادیان محور اول (۲/۵) از آنالیز مستقیم افزونگی (RDA) برای بررسی ارتباط عوامل محیطی مؤثر بر تغییرات تنوع گونه‌ای و پراکنش گونه‌های گیاهی در منطقه استفاده شد. معنی‌داری محورها با استفاده از آزمون جایگشت مونت کارلو با ۹۹۹ جایگشت و در سطح یک درصد ارزیابی شد. برای تفسیر گرافیکی نتایج مربوط به ارتباط بین گونه‌های گیاهی- عوامل محیطی، نمودار دوبعدی با دو محور اول و دوم آنالیز RDA در نرم‌افزار Canodraw 4.5 ترسیم شد.

برای تعیین تأثیر چرای دام بر تنوع گونه‌ای گیاهان از سه شاخص تنوع شانون‌وینر، شاخص سیمپسون و شاخص یکنواختی بوزاس‌گیبسون استفاده شد. معنی‌داری شاخص‌های تنوع گونه‌ای تحت تأثیر شدت‌های مختلف چرا باتوجه به نرمال نبودن داده‌ها، با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن آزمون شد. همچنین برای تعیین تأثیر تیمارهای چرا بر شاخص‌های تنوع گونه‌ای از آنالیز واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد. آنالیزهای فوق در نرم‌افزار PAST نسخه ۳/۲۱ انجام شد.

نتایج

در مجموع تعداد ۱۳۸ گونهٔ گیاهی متعلق به ۳۱ خانواده از پنج گلاجار موردنظر شناسایی شدند (جدول۲). خانواده‌های Asteraceae، Fabaceae و Poaceae به‌ترتیب بیشترین تعداد گونه‌های گیاهی را به‌خود اختصاص داده‌اند. طبقه‌بندی گیاهان براساس شکل زیستی به‌گونه‌ای است که به‌ترتیب تروفیت‌ها، همی‌کریپتوفیت‌ها، ژئوفیت‌ها بیشترین درصد حضور را در سطح منطقه داشتند. مهم‌ترین گروه‌های کرولوژیک منطقه به‌ترتیب عناصر رویشی ایران تورانی، مدیترانه و اروپا سیبری بوده است.

نتایج آنالیز مستقیم افزونگی (RDA) نشان داد که محور اول با مقدار ویژه ۰/۲۲۱ و همبستگی۰/۹۴۴ درصد، ۲۲/۱ درصد تغییرات پوشش گیاهی و محور دوم با مقدار ویژه ۰/۱۳۶ و همبستگی۰/۹۵۱ درصد، ۳۵/۷ درصد و تمام متغیرهای محیطی اندازه‌گیری شده ۶۱/۱ تغییرات را توجیه می‌کند (جدول۳). انتخاب رو به جلو در آنالیز RDA منجر به انتخاب شش متغیر که بیشترین تأثیر را بر ترکیب پوشش- گیاهی داشتند، شد (جدول۴). متغیرهای انتخاب‌شده از مجموع ۶۱/۶ کل واریانس موجود، حدود ۵۰/۴ درصد واریانس را تفسیر می‌کنند.

جدول ۲- فهرست اشکال زیستی، پراکنش جغرافیایی و فرکانس نسبی گونه‌های گیاهی شناسایی‌شده در منطقه (Ph: فانروفیت، He: همی‌کریپتوفیت، Ch: کامفیت، Cr: کریپتوفیت، Ge: ژئوفیت، Th: تروفیت)؛ (IT: ایران- تورانی، M: مدیترنه‌ای، ES: اروپا- سیبری، SS: صحرا- سندی، Pl: چند ناحیه‌ای، Com: جهان وطن)

Table 2. List of life forms of plant، Geographical distribution، Relative frequency species identified in the Area (Phanerophyte, Hemicryptophyte Chaemophyte, Cryptophyte, Geophyte, Throphyte)؛ (IT: Irano- Turanian, M: Mediterranean, ES: Europe- Siberian, PI: Pluriregional)

پراکنش جغرافیایی Geographical distribution	فرکانس‌نسبی‌گونه‌های گیاهی (درصد) Relative frequency of plant species (percent)	شکل زیستی Life form	نام گونه Species Name	خانواده‌های گیاهی Plant families
IT	3	He	*Acanthus dioscoridis* L.	Acanthaceae
IT	3	Ge	*Allium jesdianum* Boiss.& Buhes	Amaryllidaceae
IT	9	Ge	*Allium macrochaetum* Boiss. & Hausskn	
IT	6	Ge	*Allium stamineum* Boiss	
IT	9	Ph	*Pistacia atlantica* Desf	Anacardiaceae
IT	50	Th	*Bunium elegans* (Fenzl) Freyn	Apiaceae
IT	9	He	*Chaerophyllum macropodum* Boiss	
IT, M	9	He	*Chaerophylum aureum* L.	
IT	12	He	*Grammosciadium scabridum* Boiss.	
IT	12	He	*Pimpinella aurea* DC.	
IT, ES	21	He	*Prangos* sp.	
IT, M	21	Th	*Scandix iberica* M. B.	
IT, ES	82	He	*Torilis leptophylla* (L) Reichman	
IT, M	29	Th	*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm	
IT, ES	64	He	*Achillea wilhelmsii* C. Koch	Asteraceae
IT	9	He	*Centaurea behen* L.	
IT, ES	32	Th	*Centaurea iberica* Trev. ex Spreng.	
ES, M	6	He	*Centaurea solstitialis* L.	
IT, ES	26	He	*Centaurea virgata* Lam subsp. squarrosa. (Willd.) Gugler	
IT	65	Th	*Chardinia orientalis* (L.) O. Kuntze	
IT	6	He	*Chondrilla juncea* L.	
IT	47	He	*Cousinia fursei* Rech.f.	
IT, M	3	Th	*Crepis sancta* (L.) Babc.	
IT, M	3	He	*Crupina crupinastrum* (Moris) Vis.	
IT	15	He	*Echinops orientalis* Trautv.	
IT, ES, M	35	He	*Eryngium billardieri* F. Delaroche	
IT, ES, M	65	Th	*Filago arvensis* L.	
IT, ES	44	Th	*Garhadiolus angulousus* Jaub.& Spach	
IT	6	He	*Gundelia tournefortii* L.	
IT, ES	6	Ch	*Helichrysum armenium* DC.	
IT	3	He	*Hieracium echioides* Lumn.	
IT	6	He	*Hieracium procerum* Friss	
IT	3	Th	*Lactuca serriola* Boiss.	
IT	6	He	*Onopordon* sp.	
IT, M	3	Th	*Picnomon arcarna* (L.)	
IT	32	He	*Scariola orientalis* (Boiss) Sojak subsp. orientalis	
IT, ES, M	6	Ge	*Scorzonera laciniata* L.	
IT	24	Ge	*Scorzonera mucida* Rech. f., Aell. & Esfand	

ادامهٔ جدول ۲.

Continued table 2.

پراکنش جغرافیایی Geographical distribution	فرکانس‌نسبی‌گونه‌های گیاهی (درصد) Relative frequency of plant species (percent)	شکل زیستی Life form	نام گونه Species Name	خانواده‌های گیاهی Plant families
IT	24	Th	*Senecio vernalis* Waldst. & Kit.	
IT	35	He	*Taraxacum montanum* (C.A.Mey.) DC.	
IT	3	He	*Tragopogon bornmuelleri Rech.f.*	
IT	24	He	*Tragopogon buphthalmoides* Boiss.	
IT	3	He	*Onosma subsericeum* Freyn	Boraginaceae
IT	6	Th	*Rochelia disperma* (L.f.) C. Koch	
IT	3	Th	*Galium tricornutum* Dandy	
IT	12	He	*Symphytum kurdicum* Boiss. & Hausskn.	
IT, ES, M	12	He	*Alliaria petiolate* (M.B.) Cavara & Grande	Brassicaceae
IT	9	Th	*Alyssum stapfii* Vierh.	
IT, M	47	Th	*Alyssum szowitsianum* Fisch & C.A. Mey.	
IT, ES	9	He	*Cardaria draba* (L.) Desv.	
IT	6	Th	*Neslia apiculata* Fisch., C. A. Mey.& Ave- Lall	
Pl	9	Th	*Thlaspi perfoliatum* L.	
IT	3	Cr	*Asyneuma amplexicaule* (Willd.) Hand. - Mazz. var. *amplexicaule*	Campanulaceae
IT	3	He	*Campanula involucrata* Auch. ex DC	
IT, M	6	Ph	*Lonicera numulariifolia* Jaub.& Spach	Caprifoliaceae
IT, M	9	Th	*Valerianella dactylophylla* Boiss. & Hohen.	
Pl	38	Th	*Arenaria serpyllifolia* L. var. serpyllifolia	Caryophyllaceae
IT,M	3	Th	*Cerastium dichotomum* L.	
IT	24	He	*Dianthus strictus* Sm.	
IT, ES, M	12	He	*Herniaria glabra* L. var. *glaberrima* Fenzl	
IT	12	He	*Silene ampulata* Boiss	
IT	6	He	*Silene latifolia* Poir.	
IT	3	He	*Silene prilipkoana* schischk	
Pl	18	Th	*Vaccaria grandiflora* (Fisch. ex. DC.) Jaub. & Spach	
IT, ES, SS	29	Th	*Velezia rigida* L.	
IT	12	He	*Johreniopsis scoparia* (Boiss.) M. Pimen	Chenopodiaceae
IT, M, SS	26	Th	*Helianthemun ledifolium* (L.) Mill.	Cistaceae
IT, M	6	Th	*Sedum rubens* L.	Crassulaceae
IT	3	He	*Euphorbia* sp.	Euphorbiaceae
IT	3	Ch	*Astragalus (Sect Incani* DC.) confusus Bunge	Fabaceae
IT	88	Ch	*Astragalus gossypinus* Fischer	
IT	26	Ch	*Astragalus ovinus* Boiss.	

ادامهٔ جدول ۲.

Continued table 2.

پراکنش جغرافیایی Geographical distribution	فرکانس‌نسبی‌گونه‌های گیاهی (درصد) Relative frequency of plant species (percent)	شکل زیستی Life form	نام گونه Species Name	خانواده‌های گیاهی Plant families
IT	3	He	*Astragalus piranshahricus* Maassoumi & Podlech	
IT	41	He	*Astragalus tortuosus* DC.	
IT	6	He	*Astragalus (Adiaspastus) michauxianus* Boiss.	
IT, ES	3	Th	*Lathyrus inconspicuus* L. var. *inconspicuous*	
IT, ES	6	He	*Lotus corniculatus* L. var. *corniculatus*	
IT	12	He	*Lotus gebelia* Vent. var. gebelia	
IT, ES, M	15	Th	*Trifolium campestre* Schreb.	
IT	18	Th	*Trifolium pilulare* Boiss.	
Pl	29	Th	*Trifolium purpureum* Loisel. Var. *purpureum*	
M	24	Th	*Trifolium spumosum* L.	
IT	3	Th	*Vicia michauxii* Spreng. var. stenophylla Boiss.	
IT, M	12	Th	*Vicia narbonensis* L. var. *narbonensis*	
IT, M	41	He	*Vicia sericocarpa* Fenzl	
IT	35	Ph	*Quercus brantii* Lindl. (SD)	Fagaceae
IT	97	Ph	*Quercus infectoria* Oliv.(SD)	
IT	85	Ph	*Quercus libani* Oliv.	
IT	15	Ge	*Geranium tuberosum* L.	Geraniaceae
IT	29	Ch	*Hypericum asperulum* Jaub.& Spach	Hyperiaceae
IT	3	Ge	*Iris* sp.	Iridaceae
IT, M	9	Cr	*Ixiolirion tataricum* Schult.f.	Ixioliriaceae
IT, ES	24	He	*Lamium album* L. subsp. *album*	Lamiaceae
ES	12	Th	*Lamium amplexicaule* L. var. *amplexicaule*	
IT, ES, SS	3	He	*Marrubium astracanicum* jacq.	
Pl	26	He	*Marrubium cuneatum* Banks & Sol.	
IT	9	Th	*Nepeta sintenissii* Bornm.	
IT	21	He	*Phlomis persica* Boiss.	
IT, M	3	He	*Salvia bracteata* Banks & Soland	
IT, M	24	He	*Teucrium polium* L.	
IT	79	Th	*Ziziphora capitata* L.	
IT	32	Ge	*Muscari comosum* (L.) Miller	Liliaceae
IT	3	Cr	*Ornithogalum cuspidatum* Betrol	
IT	6	Cr	*Tulipa systola* Stapf.	
IT, M	9	He	*Alcea hohenackeri* (Boiss. & Huet) Boiss.	Malvaceae
IT	3	Ge	*Comperia comperiana* (Stev.) Ascherson & Graebner	Orchidaceae
ES	26	Cr	*Epipactis helleborine* (L.) Crantz	
IT, ES	3	Th	*Lens orientalis* (Boiss) Hand-Mzt.	Papilionaceae
Cosm	6	He	*Plantago lanceolata* L.	Plantaginaceae
IT	35	Th	*Veronica bozakmani* M. A. Fischer	
IT, M	26	Th	*Veronica campylopoda* Boiss.	

ادامهٔ جدول ۲.

Continued table 2.

پراکنش جغرافیایی Geographical distribution	فرکانس‌نسبی‌گونه‌های گیاهی (درصد) Relative frequency of plant species (percent)	شکل زیستی Life form	نام گونه Species Name	خانواده‌های گیاهی Plant families
IT, ES	3	He	*Veronica orientalis* Mill.	
IT, M	44	Th	*Aegilops triuncialis* L.	Poaceae
IT, ES, M	6	Ge	*Alopecurus arundinaceus* Poir. var. *arundinaceus*	
IT	76	Th	*Bromus danthoniae* Trin. var. *dantoniae*	
IT	3	Th	*Bromus sterilis* L.	
Cosm	50	Th	*Bromus tectorum* L. vat. tectorum	
IT, M	38	He	*Dactylis glomerata* L.	
IT	9	Th	*Elymus panormitanus* Parl.	
IT, M	26	Th	*Eremopoa persica* (Trin.) Roshev. var. persica	
IT, M	68	Th	*Heteranthelium piliferum* Hochst. ex Jaub.& Spach	
IT, M	71	Cr	*Hordeum bulbosum* L.	
IT, M	74	Ge	*Poa bulbosa* L. var. *vivipara* Koel	
IT	56	Th	*Taeniatherum crinitum* (Schreb.) Nevski	
IT	21	Th	*Polygonum aviculare* L.	Polygonaceae
IT, M	35	Th	*Ceratocephalus testiculatus* (Crantz) Roth	Ranunculaceae
IT	12	Th	*Ranunculus arvensis* L.	
IT	41	Cr	*Ranunculus aucheri* Boiss.	
IT, ES, M	6	He	*Ranunculus pinardi* (Stev.) Boiss.	
IT	3	Ph	*Cotoneaster* sp.	Rosaceae
IT	18	Ph	*Crategus* sp.	
IT, ES, M	12	Ph	*Pyrus syriaca* Boiss. (SD)	
IT, ES, M	47	Th	*Asperula arvensis* L.	Rubiaceae
IT	32	Th	*Calipeltis cucullaris* Stev.	
IT, M	3	He	*Crucianella exasperata* Fisch & C. A. Mey	
IT, ES, M	6	Cr	*Galium humifusum* M. Bieb.	
IT	6	He	*Galium* sp.	
IT	29	Th	*Galium setaceum* Lam. subsp. decaisnei Boiss. & Ehrend.	

جدول ۳- نتایج حاصل از آنالیز RDA برای تمامی متغیرهای محیطی

Table 3. Result of RDA analysis for all environmental variables

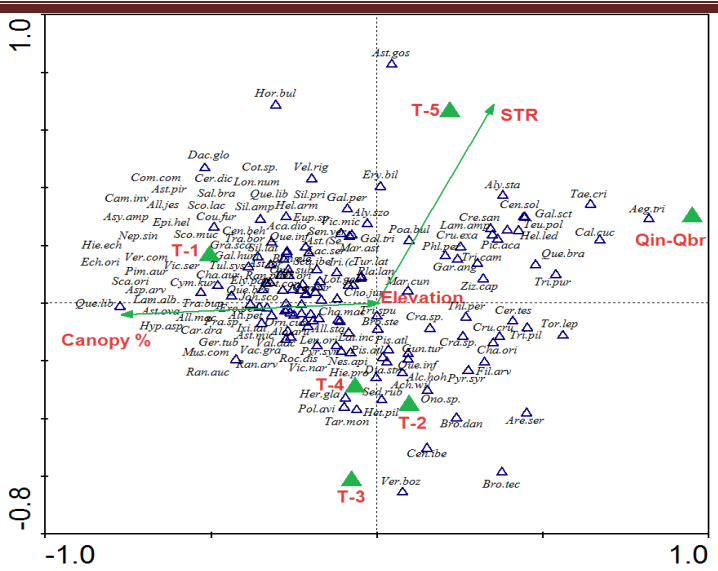
محورها Axes				
4	3	2	1	
0.042	0.085	0.136	0.221	مقادیر ویژه Eigenvalues
0.82	0.931	0.951	0.944	همبستگی گونه-محیط Species-environment correlations
48.4	44.2	35.7	22.1	واریانس تجمعی داده‌های گونه‌ها Cumulative percentage variance
1				جمع کل مقادیر ویژه Sum of all eigenvalues
0.616				جمع کل مقادیر ویژه متعارف Sum of all canonical eigenvalues

جدول ۴- نتیجه انتخاب روبه جلو در آنالیز RDA، متغیرهایی که براساس مقدار لامبدا معنی‌دار شده‌اند، ذکر شد

Table 4: Forward Selection Result in RDA analysis, only variables that are significant by lambda value are listed in the table

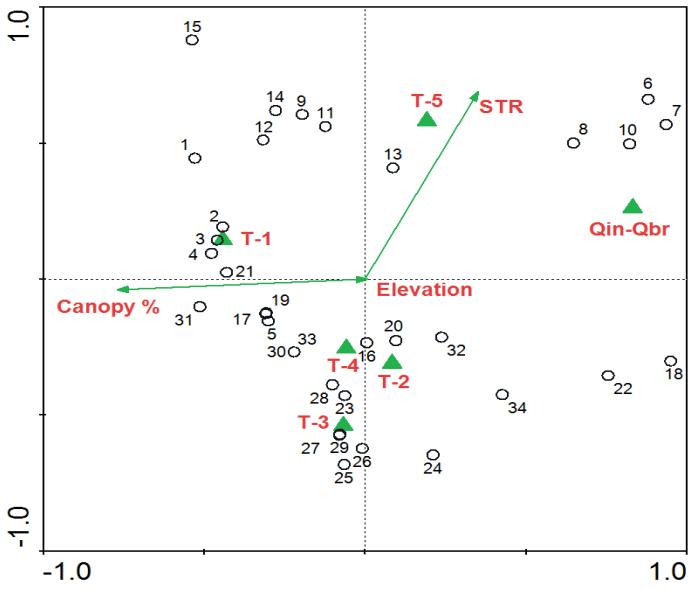
P	F	LambdaA	Var.N	متغیرهای محیطی Environmental variable
0.001	6.7	0.17	6	تیپ بلوط مازودار- ایرانی *Quercuse infectoria- branti*
0.001	4.92	0.12	11	تیمار ۵ Treatment 5
0.001	5.01	0.1	4	درصد تاج‌پوشش Canopy Cover
0.007	2.04	0.04	5	نرخ چرای دام Stocking rate
0.008	2.07	0.04	15	تیمار ۴ Treatment 4
0.008	0.95	0.03	1	ارتفاع از سطح دریا Elevation

تأثیر چرای دام بر فضای رسته‌بندی به‌گونه‌ای است که به‌وضوح می‌توان سه گروه عمده از گیاهان را در سه بخش تفکیک نمود. در ربع اول نمودار به‌طور- عمده گونه‌های مقاوم به چرای شدید دام (تیمار ۵) مشاهده می‌شوند، اغلب این گونه‌ها خاردار یا بسیار غیرخوشخوراک هستند. ربع دوم نمودار نمایانگر شرایط منطقهٔ شاهد (تیمار ۱) است که در طی ۲۰ سال قرق منطقه، احیا شده و به رویشگاه حاصلخیزی تبدیل شده است. اغلب گونه‌های موجود در آن سایه- پسند و ژئوفیت بوده و دارای پیاز، ریزوم هستند. این گونه‌ها به چرای شدید و لگدکوب‌شدن توسط دام حساس بوده از این‌رو در بخش‌های دیگر به‌ندرت یافت می‌شوند. در بخش پایینی نمودار (ربع سوم و چهارم) ترکیبی از گونه‌های گیاهی دیده می‌شود که با ویژگی‌های خاص خود می‌توانند شدت متوسط و کم چرای موجود (تیمار ۲، ۳ و ۴) را تحمل کرده و بقای خود را حفظ کنند. این گونه‌ها اغلب خزنده بوده و مقاومت بالایی به کوبیدگی خاک دارند (شکل ۳).



شکل ۳- نمودار رسته‌بندی RDA برای گونه‌های گیاهی و متغیرهای محیطی انتخاب‌شده. تیپ جنگل و تیمارهای چرای دام با استفاده از مثلث، متغیرهای پیوسته با پیکان و گونه‌های گیاهی با مثلث‌های توخالی نشان داده شده‌اند. نام علمی گونه‌های گیاهی به‌صورت مخفف ذکر شده است (*Qin-Qbr*: تیپ بلوط ایرانی–مازودار؛ STR: نرخ چرای دام؛ Canopy: درصد تاج پوشش؛ T-1: قرق؛ T-2: بزمرخز؛ T-3: بزمو و گوسفند با شدت متوسط؛ T-4: بزمو و گوسفند با شدت کم؛ T-5 : بزمو، بزمرخز، گوسفند، گاو با شدت زیاد)

Figure3. RDA classification chart for selected plant species and environmental variables. Forest type and grazing treatments are shown using triangles, arrow-related variables, and plant species with hollow triangles. The scientific name of the plant species is abbreviated (Qin-Qbr: Quercuse-Infectoria؛ STR: Stocking rate، Canopy، T-1: no grazig، T-2: Markhoz goat- very low grazing، T-3: Mo goat and sheep-moderate grazing، T-4: Mo goat and sheep- low grazing، T-5: Mo goat، Markhoz goat، sheep، cow- high grazing).



شکل ۴- نمودار رسته‌بندی RDA برای قطعات نمونه برداشت‌شده و متغیرهای محیطی

Figure 4. RDA classification chart for sampled plots and environmental variable

درحالی‌که هرسه شاخص تنوع مورد بررسی با همدیگر همبستگی معنی‌دار دارند، اما نتایج حاصل از ضریب همبستگی اسپیرمن بیانگر وجود همبستگی مثبت بین شاخص تنوع شانون‌وینر و سطح تاج‌پوشش است؛ بدین معنی که با افزایش سطح تاج‌پوشش مقدار این شاخص نیز افزایش خواهد یافت. ازسوی‌دیگر درصد تاج‌پوشش با ارتفاع از سطح دریا و نرخ چرای دام همبستگی منفی دارد (جدول ۵).

جدول ۵- مقادیر همبستگی شاخص‌های تنوع گونه‌ای محاسبه‌شده با سه متغیر محیطی براساس ضریب همبستگی اسپیرمن

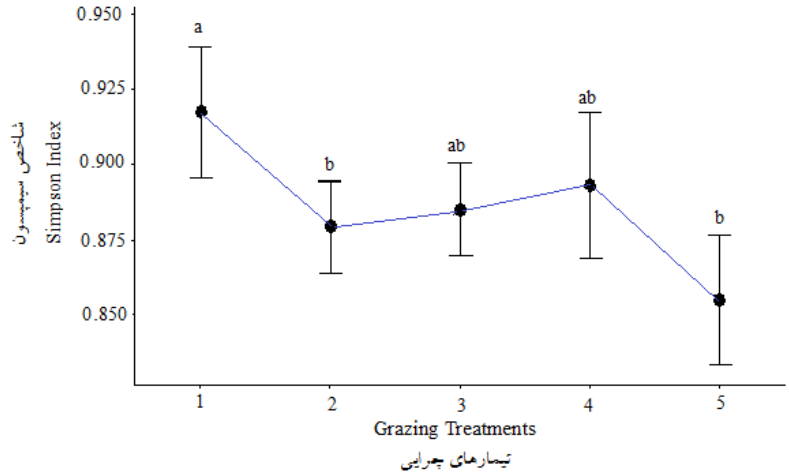
Table 4. Correlation values of Species diversity indices calculated with three environmental variables based on Spearman rank correlation coefficient

	سیمپسون Simpson	یکنواختی Evennes	ارتفاع از سطح دریا Elevation	درصد تاج پوشش Canopy cover	شاخص نرخ چرای دام Stocking rate index
شانون وینر Shannon- winner	0.872**	0.347*	-0.263	0.342*	-0.286
سیمپسون Simpson		0.691**	-0.133	0.127	-0.239
یکنواختی Evennes			0.250	-0.225	0.053
ارتفاع از سطح دریا Elevation				-0.323*	0.280
درصد تاج پوشش Canopy cover					-0.561**

**معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹درصد؛ *معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵درصد

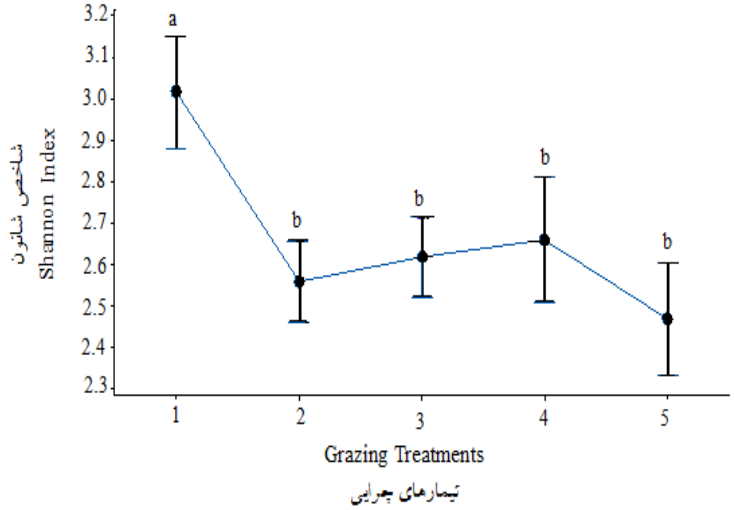
** significant at 99 percent level ؛ *significant at 95 percent level

نتایج آنالیز واریانس یک‌طرفه حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای چرا از نظر دو شاخص تنوع زیستی سیمپسون و شانون‌وینر و عدم وجود اختلاف معنی‌دار از نظر یکنواختی است. تیمارهای چرا تأثیر معنی‌داری بر شاخص سیمپسون گذاشته‌اند (F=۴/۵۸**)، به‌گونه‌ای که تیمار شاهد دارای بیشترین مقدار و دو تیمار دو و پنج از کمترین مقدار شاخص سیمپسون برخوردارند (شکل ۵). شاخص شانون‌وینر نیز بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای چرا است (F=۱۰/۴۶**). این اختلاف به‌طورعمده مربوط به تفاوت زیاد تیمار شاهد با دیگر تیمارهاست؛ به گونه‌ای‌که مقایسه میانگین‌ها حاکی از قرار گرفتن چهار تیمار دیگر در یک گروه است (شکل ۶). تنها شاخصی که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای چرا ندارد، شاخص یکنواختی بوزاس‌گیبسون است (F=۰/۸۱^{ns}) مقادیر میانگین مربوط به‌این شاخص به‌طور تقریبی برای تمام تیمارها یکسان است، هرچند در دو تیمار یک و چهار مقداری بیشتر است اما به‌دلیل واریانس زیاد تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود (شکل ۷).



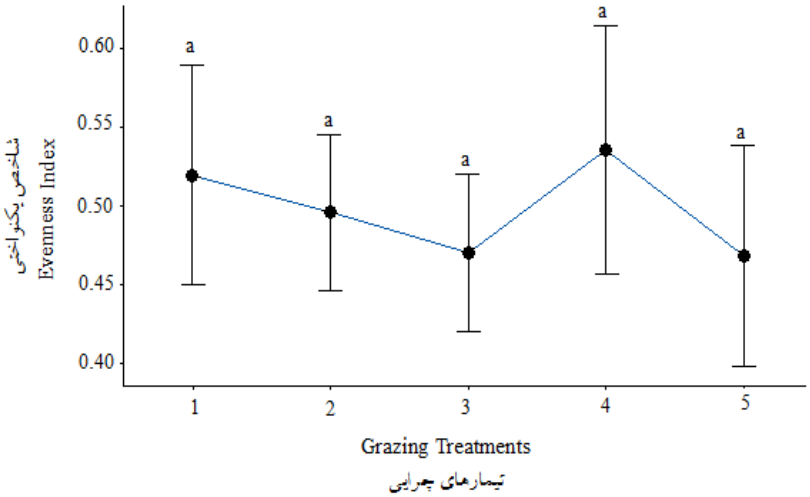
شکل ۵- میانگین مقادیر مربوط به شاخص سیمپسون برای ترکیب‌های دامی مختلف در تیمارهای چرایی. حدود اطمینان در سطح ۹۵ درصد و نتایج مقایسه میانگین با استفاده از حروف انگلیسی نشان داده شده است.

Figure 5. Mean values of the Simpson index for different livestock combinations in grazing treatments. The 95 percent confidence level and the mean comparison results are shown using English letters



شکل ۶- میانگین مقادیر مربوط به شاخص شانون وینر برای ترکیب‌های دامی مختلف در تیمارهای چرایی. حدود اطمینان در سطح ۹۵ درصد

Figure 6. Mean values of the Shannon-Wiener index for different livestock combinations in grazing treatments. The 95 percent confidence level



شکل ۷- میانگین مقادیر مربوط به شاخص یکنواختی بوزاس- گیبسون برای ترکیب‌های دامی مختلف در تیمارهای چرایی. حدود اطمینان در سطح ۹۵ درصد

Figure 7. Mean values of the Bozas-Gibson uniformity index for different livestock combinations in grazing treatments. The 95 percent confidence level

بحث

در اکوسیستم‌های طبیعی، بین گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی رابطه متقابلی وجود دارد (Shakeri, 2012). نتایج حاصل از شکل رسته‌بندی RDA گونه- محیط نشان داد متغیرهای محیطی ارتفاع از سطح دریا، درصد تاج‌پوشش و نرخ چرای دام بیشترین نقش را در پراکندگی پوشش‌گیاهی منطقه دارند. به‌صورتی که همبستگی مثبتی بین نرخ چرای دام و تیپ بلوط ایرانی- مازودار با تیمار۵ وجود دارد که نشان می‌دهد نوع و شدت چرای دام در این تیمار بیشتر از مناطق دیگر است. همچنین شاخ و برگ جزء اصلی‌ترین موارد تغذیه‌ای برای فراوان‌ترین دام در آرمرده (بز) است. ارتفاع از سطح دریا یکی از عوامل مهم در اکوسیستم بوده و با اثرهای مستقیم و غیرمستقیم بر اقلیم، خاک و در آخر بر پوشش‌گیاهی تأثیر می‌گذارد (Maltez- Mouro et al., 2005).

مقایسه عوامل مدیریتی (قرق، چرای دام) بر ترکیب گونه‌ای به‌صورتی است که سبب جایگزینی گونه‌های خوشخوراک و ارزشمند با گونه‌های مهاجم و غیرخوشخوراک شده است. حضور خانواده Asteraceae منعکس‌کنندهٔ تخریب و فشار بر اکوسیستم است که با نتایج Dolatkhahi et al. (2011) همخوانی دارد. همچنین حضور خانواده Fabaceae به‌علت غیرخوشخوراک‌بودن برای دام بوده که با نتایج Toupchii (2011) مشابهت دارد. بیشترین شکل زیستی در کل مناطق مورد بررسی تروفیت بوده، به‌دلیل کوتاه‌بودن فصل رویش، کمی بارندگی، خشکسالی‌های اخیر و شرایط نامناسب چرا است (Rostami, 2012). همی‌کریپتوفیت‌ها از نظر فراوانی در رتبهٔ دوم قرار گرفته‌اند که نشان‌دهندهٔ اقلیم سرد و کوهستانی در منطقه است (Archibold, 1995).

حضور خانواده Orchidaceae در منطقهٔ شاهد، بیانگر حضور ژئوفیت‌های پیازدار در منطقه است. ارکیده‌ها به تخریب و کوبیدگی بیش‌ازحد خاک بسیار حساس و جزء گونه‌های نادر هستند (Moradi et al., 2016). همچنین عدم حضور دام در منطقهٔ شاهد منجربه افزایش عمق لاشبرگ شده است؛ امری‌که به-

نظر می‌رسد می‌تواند کمک بسیار زیادی به حفاظت خاک، پوشش گیاهی، گونه‌های جانوری و تا حدی زادآوری درختان بلوط کند (Omidi et al., 2014). باتوجه به نتایج، قرق سبب افزایش درصد پوشش تاجی گونه‌های چوبی، گرامینه‌های چندساله و پهن-برگان علفی در آخر موجب افزایش ترکیب و تنوع گونه‌ای شده است که با نتایج Karami et al. (2019) همخوانی دارد. ازطرفی حضور ترکیب گونه‌های یکساله و فرصت‌طلب در منطقهٔ قرق به‌دلیل نزدیکی به جاده و گلاجارهای دارای چرای دام بوده که موجب انتقال اندام‌های زایشی و بذر گیاهان مهاجم به این محدوده شده است (Shakeri, 2012، Zamani et al., 2019).

چرای بی‌رویهٔ دام، اثرهای زیانباری به اکوسیستم جنگل وارد می‌سازد. ترکیب دامی با چهار نوع دام چراکننده با شدت زیاد (تیمار ۵) منجر به جایگزینی گیاهان بوته‌ای و بالشتکی و غیرخوشخوراکی همچون Astragalus gossypinus و گیاهان یکساله Taeniatherum crinitum، Galium sctaceum و Hordeom bulbosum با گیاهان چندساله می‌شوند. به‌صورتی که فرم رویشی جامعه گیاهی از سمت گراس‌های یکساله خوشخوراک، گیاهان علفی چندساله، گیاهان ژئوفیت‌دار و درختچه‌ای همچون Dactylis glomerata، Galium humifusum، Epipactis hellebrien و Lonicera numulariifolia به سمت گندمیان یک‌ساله مهاجم و بوته‌ای غیرخوشخوراک حرکت کرده است، که بیانگر استفادهٔ بیشتر دام از این گونه‌ها و حساس بودن آن‌ها نسبت به چرا است که موجب حذف آن‌ها و کاهش ترکیب پوشش گیاهی می‌شود. باتوجه به نوع و شدت زیاد دام که کوبیدگی خاک را به‌دنبال دارد، آشیان‌های اکولوژیکی گونه‌ها تخریب و سبب افزایش گیاهان یکساله و مهاجم شود که با نتایج Mekuria et al. (2007)همخوانی داشته، ولی با نتایج Wang et al. (2016) مغایرت دارد؛ این عدم مشابهت می‌تواند به-دلیل شرایط متفاوت رویشگاهی، نوع دام و توپوگرافی باشد.

در ترکیب دامی بزمو و گوسفند با شدت متوسط و کم (تیمار ۳ و ۴)، بیشترین درصد حضور خانواده-های گیاهی Asteraceae، Fabaceae و Poaceae بوده، باتوجه به ارزش غذایی پایین این گیاهان در تغذیه دام، نشان از تخریب پوشش گیاهی منطقه را دارد، اما در مقابل حضور به‌نسبت فراوان دیگر تیره-های دیگر در مقایسه با تیمار ۵ بیانگر آن است که هرچند تخریب وجود داشته، اما شدت آن به‌گونه‌ای نبوده که کل گونه‌های ارزشمند از این رویشگاه حذف شوند.

در ترکیب دامی بزمرخز با شدت چرایی خیلی‌کم (تیمار۲)، دام چراکننده غالب در سطح منطقه بزمرخز که از نظر جثه کوچک‌تر از دام‌های دیگر بوده به‌همین دلیل در این منطقه برخلاف دیگر مناطق دارای چرای دام، کوبیدگی خاک کمتر و در سطح منطقه به‌طور پراکنده لاشریزه وجود دارد. حضور تعدادی گونه از خانواده Orchidaceae و Liliaceae می‌تواند نشان-دهندهٔ شدت کمتر چرا در این منطقه و وجود شرایط لازم برای استقرار گونه‌های حساس باشد (Aazami et al., 2017). با این‌وجود هنوز گیاهان متعلق به خانواده‌های Asteraceae، Fabaceae و Poaceae با شکل زیستی تروفیت از حضور بالایی برخوردار هستند که می‌تواند نشان‌دهندهٔ مقاوم‌بودن گونه‌های این خانواده‌ها به شرایط محیطی و تخریب ناشی از چرای دام باشد.

همبستگی مثبت شاخص تنوع شانون‌وینر با سطح تاج‌پوشش جنگل نشان از اهمیت این متغیر در ایجاد

ریزاقلیم مناسب، افزایش حاصلخیزی خاک (Isichei and Muoghalu, 1992) و شرایط اکولوژیک بهتر برای طیف گسترده‌تری از گونه‌های گیاهی، به‌ویژه گونه‌های سایه‌پسند است. با وجودی که افزایش سطح تاج‌پوشش می‌تواند تاحدی منجر به افزایش تنوع گونه‌ای (به‌خصوص با افزایش حضور گونه‌های سایه-پسند) شود، اما از سوی دیگر منجر به کاهش و یا حتی حذف گونه‌های نورپسند خواهد شد (Hartel and Plieninger, 2014، Valipour et al., 2014)، از این‌رو جنگل‌نشینان زاگرس با کاهش سطح تاج‌پوشش جنگل سعی خواهند کرد پوشش علفی را برای تغذیهٔ دام‌هایشان تقویت کنند، این‌امر در همبستگی منفی سطح تاج‌پوشش و نرخ چرای دام نیز نمایان است.

آنالیز واریانس یک‌طرفه اختلاف معنی‌داری بین نمودارهای تنوع گونه‌ای شانون‌وینر و سیمپسون نشان داد که تیمارهای مختلف چرای دام می‌تواند موجب تغییر در تنوع گونه‌ای شود، به‌طوری که بیشترین مقدار تنوع مربوط به منطقه شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار ۵ بوده است. ازاین‌رو باتوجه به نتایج Rad et al. (2018) می‌توان گفت که منطقهٔ قرق و چرای متوسط سبب افزایش تنوع و چرای شدید، تنوع گونه-ای را کاهش می‌دهد. همچنین براساس شاخص یکنواختی همهٔ گونه‌ها به‌طور تقریبی دارای تعداد افراد مساوی هستند، به‌عبارتی مشابه‌بودن یکنواختی در ترکیب‌های مختلف دامی نشان می‌دهد که توزیع فراوانی گونه‌های گیاهی در خانواده‌ها، در همهٔ مناطق به‌طور تقریبی یکسان است.

ترکیب دامی بزمو و گوسفند با شدت متوسط و کم (تیمار ۳ و ۴)، هر دو در یک سطح بالایی از تنوع گونه‌ای در بین ترکیب‌های دامی دیگر قرار دارند. باتوجه به نتایج Lyseng et al. (2018) چرای طولانی مدت بز و گوسفند سبب افزایش گندمیان، افزایش تنوع گونه‌های غیربومی و کاهش گونه‌های درختچه‌ای می‌شود. چرای دام در حد متوسط سبب افزایش رقابت گیاهان با یکدیگر و به‌عنوان عامل تحریک گیاهان برای رشد و زادآوری شده که موجب افزایش تعداد گونه‌های گیاهی در منطقه می‌شود (Bouchard et al., 2003).

ترکیب دامی بزمرخز با شدت بسیارکم (تیمار ۲) به‌صورتی است که چرای کم، ناهمگنی را در توزیع منابع دردسترس بیشتر می‌کند و همزیستی گونه‌های گیاهی با استراتژی استفاده از منابع غذایی مختلف را بالا می‌برد. براساس پژوهش Ainalis et al. (2010) در چراگاه‌های بز با شدت کم، رشد درختان بهبود یافته و سبب تولید پایدار گیاهان علفی زیراشکوب و سرشاخه‌ها می‌شود. با اینکه تنوع گونه‌های گیاهی در تیمار ۲ کم است اما فرصت رشد به خانواده‌های متنوع دیگر داده می‌شود که در ترکیب‌های دامی دیگر کمتر مشاهده می‌شود، به این صورت که با چرای سبک بزمرخز، ترکیب جوامع گیاهی زیراشکوب اکوسیستم به سمت گونه‌های نامرغوب نخواهد رفت. همچنین این دام در کنار استفاده از گیاهان علفی، تا حد زیادی به شاخ و برگ درختان بلوط نیز وابسته است. از این-رو به‌نظر می‌رسد این امر کمک شایانی به کاهش فشار چرا بر پوشش علفی داشته باشد.

در آخر می‌توان نتیجه گرفت که رویشگاه قرق و ترکیب دامی بزمرخز در میان تیمارهای چرایی مختلف، بالاترین مقدار تنوع خانواده‌های گیاهی (راسته، خانواده، جنس) را دارند. بزمرخز با دارا بودن وزن کمتر و سازگاری بیشتر با پوشش گیاهی منطقه و همچنین امکان تغذیه از شاخ و برگ درختان بلوط، سازگاری بالاتری با اهداف حفاظت و حفظ تنوع گونه‌ای زیراشکوب دارد. هرچند قرق جنگل می‌تواند تا حد زیادی ویژگی‌های کمی و کیفی توده‌های

جنگلی را بهبود بخشد، اما باتوجه به مشکلات اقتصادی-اجتماعی و آتش‌سوزی‌های متعدد سال‌های اخیر، قرق صرف نمی‌تواند پاسخگوی مشکلات حال-حاضر جنگل‌های زاگرس شمالی باشد. بنابراین نیاز است پژوهش‌های جامع‌تر و دقیق‌تری از روابط میان تنوع گونه‌ای و تنوع عملکردی پوشش گیاهی در آینده انجام شود؛ چراکه با استفاده از این شاخص‌ها می‌توان به توصیف و مقایسه وضعیت کنونی و پیش‌بینی وضعیت آینده، برای برنامه‌ریزی جهت حفظ و احیا تنوع زیستی این اکوسیستم‌های ارزشمند پرداخت.

References

Aazami, A.; Fayaz, M.; Hosianzadeh, J., The study preference value of rangeland species for sheep and goat (Case study: Saleh Abad site in province Ilam). *Journal of Range and Watershed Management* **2017**, 70 (2), 277-286.(In Persian)

Ahmadi, R.; Heydari, Q., Effect of different intensities grazing livestock on certain quantitative and qualitative indicators of plant (Case Study: Choghakadou Rangeland in the Kermanshah province). *Journal of Plant Ecosystem Conservation* **2018**, 5 (11),177-190. (In Persian)

Ainalis, A. B.; Platis, P. D.; Meliadis, I. M., Grazing effects on the sustainability of an oak coppice forest. *Forest Ecology and Management* **2010,** *259* (3), 428-432.

Anonymous, The forest management plan for Armardeh district (Kurdistan Province, Baneh). Faulty of Natural Resources, University of Kurdistan, Iran. **2013**. 124pp. (In Persian)

Archibold, O. W., Ecology of word vegetation. Chapman and Hall INC, London. **1995**, pp 509.

Bahmani, H.; Tahmoorespur, M.; Aslaminejad, A.; Vatankhah, M.; Rashidi, A., Simulating Past Dynamics and Assessing Current Status of Markhoz Goat Population on its Habitat. *Iranian Journal of Applied Animal Science* **2015**, 5 (2), 347-354. (In Persian)

Benthien, O.; Braun, M.; Riemann, J. C.; Stolter, C., Long-term effect of sheep and goat grazing on plant diversity in a semi-natural dry grassland habitat. *Heliyon* **2018,** *4* (3), e00556.

Bouchard, V.; Tessier, M.; Digaire, F.; Vivier, J.-P.; Valery, L. c.; Gloaguen, J.-C.; Lefeuvre, J.-C., Sheep grazing as management tool in Western European saltmarshes. *Comptes Rendus Biologies* **2003,** *326*, 148-157.

Coffey, L., Multispecies grazing. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). Retrieved from http://whatcom.wsu.edu/ag/documents/other_animals/MultispeciesGrazing. 2001, PP 1-6.

Dolatkhahi, M.; Asri, Y.; Dolatkhahi, A., 2011. Floristic study of Arjan-Parishan protected area in Fars province, *Journal Taxonomy and Biosystematics*, 3(9): 31-46. (In Persian)

Fraser, M. D.; Moorby, J. M.; Vale, J. E.; Evans, D. M., Mixed grazing systems benefit both upland biodiversity and livestock production. *PLoS One* **2014,** *9* (2), e89054.

Ghaderzadeh, S.; Shakeri, Z.; Hosseini, V.; Maroofi, H., Determination of environmental factors affecting the distribution of plant species in northern Zagros forests (Case study: Armardeh Forest, Baneh). *Iranian journal of forest* **2015**, 7 (3), 299-315.(In persion)

Ghafari, S.; Ghorbani, A.; Arjmand, K-a.; Teymorzadeh, A.; Kakehmami, A.; Jafari, S., The effect of grazing intensity on vegetation and soil at different distances of village critical centre (Case study: Panjalo village in Moghan). *Journal of Plant Ecophysiology* **2020**, 12 (42), 186-198. (In persion)

Habibian, S.; Arzani, H.; Habibian, S., Comparison of Two Methods of Preference Value Determination of Plant Species for Goat in Semi-Steppe Rangelands in Fars Province. *Journal of Plant Ecophysiology* **2013**, 5 (13), 81-95. (In Persian)

Hartel, T.; plieninger, T., European wood-pastures in transition: *A* social-ecological approach. Oxfordshire: Routledge **2014**. 322p.

Isichei, A. O.; Muoghalu, J. I., The effects of tree canopy cover on soil fertility in a Nigerian savanna. *Journal of Tropical Ecology* **1992,** *8* (3), 329-338.

James, J. J.; Davy, J.; Doran, M. P.; Becchetti, T.; Brownsey, P.; Laca, E. A., Targeted

grazing impacts on invasive and native plant abundance change with grazing duration and stocking density. *Rangeland Ecology & Management* **2017,** *70* (4), 465-468.

Jazirehi, M. H.; Ebrahimi Rastaghi, M., Silviculture in Zagros. University of Tehran, Tehran, **2003**. 560p. (In Persian)

Karami, P.; Bandak, I.; Karaji, M. G., Comparing the effects of continuous grazing and long term exclosure on floristic composition and plant diversity in rangeland ecosystems of Saral, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology* **2019,** *16* (12), 7769-7776.

Lindenmayer, D. B.; Blanchard, W.; Crane, M.; Michael, D.; Sato, C., Biodiversity benefits of vegetation restoration are undermined by livestock grazing. *Restoration ecology* **2018,** *26* (6), 1157-1164.

Londo, G., The decimal scale for releves of permanent quadrats. *Vegetatio* **1976,** *33* (1), 61-64.

Lyseng, M. P.; Bork, E. W.; Hewins, D. B.; Alexander, M. J.; Carlyle, C. N.; Chang, S. X.; Willms, W. D., Long-term grazing impacts on vegetation diversity, composition, and exotic species presence across an aridity gradient in northern temperate grasslands. *Plant Ecology* **2018,** *219* (6), 649-663.

Maltez-Mouro, S.; García, L. V.; Marañón, T.; Freitas, H., The combined role of topography and overstorey tree composition in promoting edaphic and floristic variation in a Mediterranean forest. *Ecological Research* **2005,** *20* (6), 668-677.

Mekuria, W.; Veldkamp, E.; Haile, M.; Nyssen, J.; Muys, B.; Gebrehiwot, K., Effectiveness of exclosures to restore degraded soils as a result of overgrazing in Tigray, Ethiopia. *Journal of arid environments* **2007,** *69* (2), 270-284.

Moradi, S.; Dianati Daylami, S.; Vahdati, K.; Arab, M., Effect of medium, explants and BA on somatic embryogenesis induction in tow Iranian native orchids. *Journal of Plant Production Research* **2016,** *22* (4), 119-132.

Nakano, T.; Bavuudorj, G.; Iijima, Y.; Ito, T. Y., Quantitative evaluation of grazing effect on nomadically grazed grassland ecosystems by using time-lapse cameras. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **2020,** *287*, 106685.

Narjisse, H., Feeding behaviour of goats on rangelands. *Goat Nutrition (Editors: P Morand-Feh r). Wageningen: Pudoc* **1991,** *3*, 13-24.

Omide, H. A.; Akbari Nia, M.; Hosseini, S. M.; Mirzaei, J., Effects of conservation practice on covering parameters and natural regeneration of trees and shrubs in the Zagros forests. *Iranian Journal of Forest* 2014, 5 (3),229-238. (In Persian)

Onaindia, M.; Dominguez, I.; Albizu, I.; Garbisu, C.; Amezaga, I., Vegetation diversity and vertical structure as indicators of forest disturbance. *Forest Ecology and Management* **2004,** *195* (3), 341-354.

Rad, J. E.; Valadi, G.; Salehzadeh, O.; Maroofi, H., Effects of anthropogenic disturbance on plant composition, plant diversity and soil properties in oak forests, Iran. *Journal of Forest Science* **2018,** *64* (8), 358-370.

Rostami, A., Flora and plant life forms in natural forests upstream watershed Ivan in Ilam. *Journal of Plant Environmental Physiology* **2012**, 7 (28), 48-58. (In Persian)

Seyed Sharifi, R.; Badberin, N.; Hedayat Ayorigh, N., Investigation for QTL affecting body weight traits and their pleiotropic effects on chromosome 2 of Markhoz goat. *Journal of Animal production* **2016**, 18 (4), 661-670. (In Persian)

Shakeri, Z., Ecological and silvicultural effects of Galazani in Northern Zagros oak forests. Msc. University of Tehran, **2006**, 66p. (In Persian)

Shakeri, Z., Invasive plants resulting of disturbance *in Fagus orientalis communities* in Caspian forests, north of Iran. PhD Thesis, Department of Forestry, *Faculty of Natural Resources*, University of Tehran, **2012**, 105 p. (In Persian)

Thorne, M.; Stevenson, M., Stocking rate: The most important tool in the toolbox. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii, Manoa. 2007.

Toupchii, Zh., Identification of Flora and Life Forms of Plants in Kandovan (East Azarbaijan). *Jounal of Agricultural Sciences* **2011**, 4-14 (1), 23-40. (In Persian)

Valadi, G.; Eshagh-Rad, J.; Zargaran, M. R., Evaluation of disturbance impact on species diversity of oak forest using parametric method, *Journal of Forest Research and Development* **2017**, 2 (4), 315-324. (In persion)

Valipour, A.; Plieninger, T.; Shakeri, Z.; Ghazanfari, H.; Namiranian, M.; Lexer, M.

J., Traditional silvopastoral management and its effects on forest stand structure in northern Zagros, Iran. *Forest ecology and management* **2014,** *327*, 221-230.

Ventura-Cordero, J.; González-Pech, P.; Torres-Acosta, J.; Sandoval-Castro, C.; Tun-Garrido, J., Sheep and goat browsing a tropical deciduous forest during the rainy season: why does similar plant species consumption result in different nutrient intake? *Animal Production Science* **2017,** *59* (1), 66-72.

Wang, J.; Zhong, M.; Wu, R.; Dong, Q.; Wang, K.; Shao, X., Response of plant functional traits to grazing for three dominant species in alpine steppe habitat of the Qinghai–Tibet Plateau, China. *Ecological Research* **2016,** *31* (4), 515-524.

Zamani, M.; Nikooy, M.; Pourbabaei, H.; Naghdi, R., Effects of road age on diversity variation and species importance value (SIV) at various distances from the roadside (Case study: Western Guilan forests). *Journal of Forest Research and Development* **2019,** *5* (3), 497-511.

Effect of livestock type and grazing intensity on vegetation composition and diversity in Armardeh forests, Baneh

S. Khoonsiavashan[*1], Z. Shakeri[2], K. Mohammadi Samani[3] and H. Maroofi[4]

1- M.Sc. of Silviculture and Forest Ecology, University of Kurdistan, Sanandaj, I. R. Iran. (sairankhoonsiavashan@gmail.com)
2- Social-Ecological interactions in Agricultural Systems, University of Goettingen and University of Kassel, Germany. (shakeri.zahed@gmail.com)
3- Assistant professor, Dept. of Forestry, University of Kurdistan, Sanandaj and Dr. Hedayat Ghazanfari Center for Research and Development of Northern Zagros Forestry, Baneh, Iran., University of Kurdistan, Sanandaj, I. R. Iran. (K.mohammadi@uok.ac.ir)
4- Researcher, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Kurdistan, Sanandaj, I. R. Iran. (hosein_maroofi@yahoo.com)

Received: 28.02.2020 Accepted: 11.07.2020

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of grazing intensity and type of livestock and environmental factors on vegetation composition and diversity in five areas with different livestock types (cattle, Markhoz goat, Mo goat, and sheep) and different grazing intensities (five treatments) at the forests of Armardeh. In total, 34 sample plots (100 m^2) for vegetation cover sampling were taken. Differences between regions in terms of species diversity were analyzed using analysis of variance and the effect of livestock grazing on vegetation composition using Redundancy Analysis (RDA). Result indicates that, control and the region with four livestock types have highest and lowest diversity respectievely. Canopy cover (percent), elevation, *Quercues branti- Q. infectoria* type, and stocking rate where the most important environmental factors are driving vegetation composition. Livestock type and grazing intensity with some environmental variables shape affect significantly the vegetation composition, in a way that with increasing grazing intensity and livestock type, annual and invasive plants appear in highest presence and with decreasing of those, forbs, shrubs, and geophyte plants are widely spread in the vegetation composition.

Keywords: Markhoz goat, Northern Zagros, Redundancy analysis, Stocking rate, Species diversity.

[*] Corresponding author Tel: +989185176014

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۲۴۸-۲۳۵، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121025
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.5.8

مقالهٔ پژوهشی

ارزیابی کمی پویایی کربن و نیتروژن خاک تحت جنگلکاری‌های بلندمازو و توسکا ییلاقی

محمدکاظم پارساپور[۱]، یحیی کوچ*[۲]، سیدمحسن حسینی[۳] و سیدجلیل علوی[۴]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم جنگل، دانشکدهٔ منابع‌طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران، ایران. (m.parsapour@modares.ac.ir)
۲- دانشیار، گروه مرتعداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (yahya.kooch@modares.ac.ir)
۳- استاد، گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (hosseini@ modares.ac.ir)
۴- دانشیار، گروه علوم جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (j.alavi@modares.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۲۱

چکیده

با توجه به تخریب جنگل‌های هیرکانی طی سال‌های گذشته، جنگلکاری توانسته است به‌عنوان یک راهکار مناسب به‌منظور احیاء مناطق تخریب‌شده مورد توجه قرار گیرد. در این میان، گونه‌های توسکا ییلاقی و بلندمازو در سطوح وسیع مورد جنگلکاری قرار گرفته‌اند. روابط کمی عناصر (استوکیومتری)، نقش مهمی در تجزیه ماده آلی با تغییر دسترسی نسبی این عناصر در خاک دارد و شاخص مهمی برای فهم بهتر شرایط میکروبی و مواد آلی در خاک است. هدف از این پژوهش، تعیین اثر نوع گونه درختی در سنین مختلف بر روابط کمی در این جنگلکاری‌ها است. این بررسی در توده‌های ۱۵، ۲۰ و ۲۵ ساله جنگلکاری‌های شرکت چوب و کاغذ مازندران انجام و در هر یک از عرصه‌ها، تعداد ۳۰ نمونه خاک و لاشبرگ به‌روش تصادفی سیستماتیک از عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک برداشت شدند. براساس نتایج، بیشترین مقادیر روابط کمی کربن به نیتروژن خاک (۱۸/۳۳)، زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن (۱۵/۸۸)، کربن به نیتروژن آلی ذره‌ای (۱۰/۳۶) و کربن به نیتروژن آلی محلول (۳/۰۰) در سنین بالاتر بلندمازو مشاهده شدند که اختلاف معنی‌داری با گونه توسکا ییلاقی داشتند. همچنین، توده‌های بلندمازو در سنین بالاتر موجب بهبود روابط کمی کربن و نیتروژن خاک در سال‌های آتی جنگلکاری می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: احیاء جنگل، زی‌توده میکروبی، مواد آلی ذره‌ای، مواد آلی محلول، نسبت میکروبی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۲۹۳۲۳۱۳

مقدمه

در سال‌های اخیر، مساحت زیادی از عرصه‌های جنگلی شمال کشور به‌دلیل افزایش تقاضا برای الوار، هیزم، چراگاه، غذا و زمین‌های مسکونی، با نرخ هشداردهنده‌ای به‌ویژه در استان مازندران تخریب شده‌اند. به این‌ترتیب تخریب و کاهش سطح جنگل‌ها مستلزم جنگلکاری در راستای احیاء و گسترش این منابع جنگلی است (Yousefi and Darvishi, 2013، Hashemi et al., 2017، Kooch et al., 2018). جنگلکاری به‌طور گسترده به‌عنوان یک عملکرد مناسب به‌منظور حفاظت آب و خاک، احیاء و بازسازی عرصه‌های طبیعی و جلوگیری از تخریب آن‌ها، مبارزه با بیابان‌زایی، تأمین چوب و افزایش ذخیره کربن محسوب می‌شود (Zhang et al., 2017). احیاء اراضی جنگلی تخریب‌یافته، به‌واسطه جنگلکاری، اثر معنی‌داری بر تغییرپذیری ویژگی‌های خاک دارد که در این زمینه، بین گونه‌های بومی و غیربومی و همچنین گونه‌های تثبیت‌کننده و غیرتثبیت‌کننده نیتروژن تفاوت اساسی وجود دارد (Hoogmoed et al., 2014). طی سال‌های گذشته، جنگلکاری با گونه‌های مختلف به‌خصوص توسکا ییلاقی و بلندمازو در سطوح وسیعی از جنگل‌های تخریب‌شده شمال کشور انجام شده است که از نظر کیفیت لاشبرگ و مواد آلی ورودی به خاک دارای سرشت کاملاً متفاوتی هستند (Kooch et al., 2018).

جنگلکاری به‌طور مستقیم روی تنوع و فعالیت میکروب‌های خاک اثرگذار است و به‌تبع آن می‌تواند در بسیاری از فرآیندهای مهم مثل تجزیه مواد آلی و چرخه عناصر غذایی خاک و عملکرد اکوسیستم نقش داشته باشد. سن توده به‌عنوان شاخص پویایی جنگل نقش مهمی در تعیین کیفیت مواد آلی خاک از طریق تغییر در کیفیت و کمیت لاشبرگ‌های گیاهی دارد (Zhao et al., 2016). اثر سن توده بر چرخه عناصر خاک تحت گونه‌های درختی مختلف با درنظر گرفتن اهمیت سن توده مورد بررسی قرار گرفته و نشان داده شد که با افزایش سن در توده‌های پهن‌برگ مشخصه‌های کربن و نیتروژن خاک بهبود می‌یابند (Pitman et al., 2014). میکروب‌های خاک نسبت به جنگل‌زدایی، تغییرات پوشش زمین، مدیریت انسانی و غیره حساس هستند و نقش کلیدی در جریان انرژی و عناصر غذایی در خاک ایفا می‌کنند. مشخصه‌های میکروبی به‌عنوان شاخص‌هایی برای ارزیابی کیفیت و عملکرد خاک در نظر گرفته شده‌اند و این به‌دلیل نقش محوری میکروارگانیسم‌ها در چرخه کربن و نیتروژن است (Maharjan et al., 2017).

کربن و نیتروژن دو عنصر اساسی در اکوسیستم بوده و نسبت آن‌ها به‌عنوان شاخصی مهم در ساختار و عملکرد اکوسیستم‌ها مطرح است. روابط بین این عناصر در خاک توسط شاخصی به نام استوکیومتری (روابط کمی) که روابط بین عناصر را نشان می‌دهد (به‌طور مثال نسبت کربن به نیتروژن) بیان می‌شود که اثر مهمی بر تجزیه ماده آلی خاک با تغییر دسترسی نسبی کربن و نیتروژن برای میکروارگانیسم‌های خاک دارد (Ren et al., 2016). شاخص‌های بر مبنای روابط کمی، حساسیت بالایی نسبت به تغییرات پوشش گیاهی در اثر کیفیت لاشبرگ‌های متفاوت دارند؛ به‌عبارت دیگر بررسی روابط کمی کربن و نیتروژن در مناطق جنگلکاری‌شده، می‌تواند درک بهتری از پویایی اکولوژیکی اکوسیستم و وضعیت دسترسی به عناصر غذایی در مناطق جنگلکاری‌شده را ارائه دهد. از آنجا که توانایی یک اکوسیستم در مواجهه با اختلالات اکولوژیکی تا حدودی به فعالیت‌های میکروبی آن بستگی دارد، مشخص‌کردن پویایی روابط کمی کربن و نیتروژن به درک بهتر و بهبود خدمات

اکوسیستم کمک می‌کند (Ren et al., 2016، Liu et al., 2017). از آنجایی که پایداری درازمدت اراضی جنگلی وابسته به حفظ کیفیت خاک است، از این‌رو تعیین دقیق اثر فعالیت‌هایی چون تخریب و احیاء عرصه‌های جنگلی بر خاک، برای مدیریت بهینه این عرصه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

در پژوهش‌های پیشین، تغییر مشخصه‌های روابط کمی خاک در مناطق جنگلکاری‌شده نسبت به مناطق بدون پوشش گیاهی نشان داده شده است (Zhao et al., 2016). روابط کمی خاک با جنگلکاری در نتیجه کیفیت لاشبرگ و ریشه تغییر می‌کنند و مطابق با پژوهش Ren et al. (2016) روابط کمی کربن و نیتروژن پس از ۴۰ سال جنگلکاری در مناطق تخریب‌شده جنگلی در چین، افزایش یافتند (Ren et al., 2016). در پژوهشی، Heuck and Spohn, (2016) روابط کمی کربن و نیتروژن و زی‌توده میکروبی را در نتیجه جنگلکاری با گونه‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ در آلمان بررسی کرده و نشان دادند که روابط کمی کربن و نیتروژن با جنگلکاری افزایش می‌یابد و این می‌تواند با توجه به نوع گونه مورد استفاده و نرخ متفاوت تجزیه لاشبرگ آن‌ها متفاوت باشد. همچنین افزایش نسبت روابط کمی کربن و نیتروژن پس از ۶۰ سال جنگلکاری در مناطق معتدله چین در پژوهشی نشان داده شده است (Yu et al., 2018). در مناطق جنگلی شمال ایران، پژوهشی در رابطه با تغییرات روابط کمی کربن و نیتروژن به‌خصوص روابط کمی کربن و نیتروژن زی‌توده میکروبی خاک در سنین مختلف جنگلکاری انجام نشده و به‌نظر می‌رسد توجه اندکی به ارتباط بین جنگلکاری در بلندمدت با پویایی این شاخص‌ها در جنگل‌های هیرکانی، به‌ویژه در مقایسه با منطقه تخریب‌شده جنگلی شده است. از آنجایی که با توجه به پژوهش‌های انجام شده، شناخت بهتر اثر پوشش‌های گیاهی مختلف بر خاک موجب پیش‌بینی دقیق‌تر اثر گونه‌ها بر بوم‌سازگان و مدیریت بهینه آن‌ها برای مدیران و برنامه‌ریزان می‌شود، تعیین اثر نوع گونه درختی بر خصوصیات میکروبی کربن و نیتروژن و روابط کمی بین آن‌ها در سنین مختلف جنگلکاری توسکا ییلاقی و بلندمازو و ارزیابی جنگلکاری‌های انجام‌شده با این گونه‌ها در شمال کشور مورد بررسی قرار گرفت. هدف پژوهش دستیابی به روشی علمی و عملی برای ارزیابی دقیق‌تر مواد آلی در مناطق جنگلکاری‌شده در گذر زمان است که می‌تواند در انتخاب گونه مناسب برای جنگلکاری‌های آتی در مناطق تخریب‌یافته جنگلی شمال کشور درنظر گرفته شود. همچنین فرض این پژوهش بر آن است که با مسن‌ترشدن توده‌های جنگلکاری‌شده، مشخصه‌های کربن و نیتروژن و روابط کمی بین آن‌ها در خاک بهبود یابند و این روند در توده‌های بلندمازو ملموس‌تر باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

این پژوهش در منطقه دلاک خیل از جنگل‌های شرکت چوب و کاغذ مازندران در شمال ایران (″۳۰′۰۰ ° ۵۳ تا ″۳۰′۰۴°۵۳ طول شرقی و ″۰۸′۲۱°۳۶ تا ″۱۵′۲۷°۳۶ عرض شمالی) با دامنه ارتفاعی ۳۵۰ – ۳۶۰ متر از سطح دریا انجام شده است. میانگین بارندگی سالانه ۷۲۶ میلی‌متر و دمای متوسط روزانه از ۷/۱ درجه سانتی‌گراد در بهمن تا ۲۶/۱ درجه سانتی‌گراد در ماه مرداد متغیر و بافت خاک آن عموماً لوم رسی سیلتی و لوم رسی است. حدود ۵۰ سال پیش، این منطقه تحت تأثیر جنگل‌های طبیعی شامل گونه‌های درختی بومی مانند بلوط (*Quercus*

castaneifolia C. A. M *macranthera* F. & M.)، ممرز (*Carpinus betulus* L.) و انجیلی (*Parrotia persica* C. A. Meyer) بود که در سال ۱۳۶۶ این جنگل‌ها قطع یکسره شده و از سال ۱۳۷۰ دوباره جنگلکاری شدند. در این پژوهش، سنین مختلف توسکا ییلاقی و بلندمازو شامل ۱۵، ۲۰ و ۲۵ ساله بودند. منطقه‌ای خالی از پوشش درختی در مجاورت مناطق جنگلکاری‌شده و با شرایط توپوگرافی همسان با آن‌ها به‌عنوان منطقه شاهد انتخاب شد. منطقه مورد بررسی، بین ۳۵۰ تا ۳۶۰ متر ارتفاع از سطح دریا، شرایط فیزیوگرافی، آب و هوایی و شیوه‌های مدیریت مشابهی را با توده‌های جنگلکاری‌شده نشان می‌دهد (Parsapour et al., 2018).

نمونه‌برداری لاشبرگ و خاک و تجزیه آزمایشگاهی

در هر یک از رویشگاه‌های مورد بررسی (توده‌های جنگلی ۱۵، ۲۰ و ۲۵ ساله توسکا ییلاقی، بلندمازو و نیز منطقه بدون پوشش درختی)، عرصه‌هایی با مساحت یک و نیم هکتار انتخاب و در هر عرصه، تعداد ۳۰ نمونه خاک به روش منظم تصادفی با فاصله ۴۰ متر از یکدیگر از عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک و لاشبرگ سطحی با ابعاد (۲۰ × ۲۰ × ۱۰ سانتی‌متر) در طول ترانسکت‌های موازی (در مجموع، ۲۱۰ نمونه خاک و لاشبرگ) برای تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی برداشت شدند. نمونه‌های خاک و لاشبرگ به آزمایشگاه انتقال یافته و وارد فرآیند تجزیه آزمایشگاهی شدند. کربن لاشبرگ با استفاده از روش احتراق خشک (Nilsson et al., 1999) و نیتروژن لاشبرگ بعد از هضم نیم گرم از هر نمونه در اسید سولفوریک غلیظ و به‌کارگیری یک قرص کاتالیزور با روش کجلدال (Kjeldahl) تعیین شد (Bremner and Mulvaney, 1982). نمونه‌های خاک از الک دو میلی‌متری عبور داده شده و کربن آلی به روش والکی بلاک (Nelson and Sommers, 1982)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Mulvaney, 1982 Bremner and) اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن خاک (MBC و MBN) از روش تدخین- استخراج (Brookes et al.,1985)، اندازه‌گیری کمی مواد آلی ذره‌ای از روش کاهش وزن به‌وسیله سوزاندن و کربن و نیتروژن آلی محلول با استفاده از دستگاه تجزیه کربن آلی اندازه‌گیری شدند (Nelson and Sommers, 1982).

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

داده‌های جمع‌آور شده در نرم‌افزار اکسل به‌عنوان بانک اطلاعات ذخیره شدند، سپس برای تجزیه و تحلیل و همچنین مقایسه داده‌ها، ابتدا نرمال‌بودن آن‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف و همگنی واریانس با آزمون لون تست شد. برای بررسی تفاوت یا عدم تفاوت مقادیر مشخصه‌های مختلف لاشبرگ و خاک در ارتباط با سنین مختلف عرصه‌های جنگلکاری‌شده، از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد. آزمون دانکن نیز به‌منظور مقایسه چندگانه میانگین‌ها به‌کار گرفته شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در بسته نرم‌افزاری SPSS نسخه ۲۰ انجام شد. از تجزیه مؤلفه‌های اصلی (PCA) برای بررسی روابط در داده‌های چندمتغیره استفاده و همبستگی چندمتغیره برای شناسایی روابط بین متغیرها و مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار PC-ORD نسخه ۵ انجام شد.

نتایج

مقدار کربن (۴۳/۱۴ درصد) و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ (۳۹/۹۹) در توده توسکا ییلاقی ۱۵ ساله نسبت به دو توده مسن‌تر ۲۰ و ۲۵ ساله به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. نتایج نشان‌دهنده روند معکوس مقادیر کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در

توده بلندمازو بودند، به این معنی که با افزایش سن، به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند (کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در توده ۲۵ ساله بلندمازو به‌ترتیب ۵۲/۰۹ درصد و ۷۴/۸۰ گزارش شدند). مقدار نیتروژن لاشبرگ در توده توسکا ییلاقی با افزایش سن، به‌طور معنی‌داری افزایش (۲/۲۳ درصد در توده ۲۵ ساله) و مقدار نیتروژن لاشبرگ در توده بلندمازو با افزایش سن تغییری را نشان نداد و اختلاف آماری معنی‌داری بین سنین مختلف این گونه مشاهده نشد (جدول ۱). مقدار کربن آلی خاک در سنین مختلف ۱۵، ۲۰ و ۲۵ سال و نیز گونه‌های توسکا ییلاقی و بلندمازو اختلاف آماری معنی‌داری نشان ندادند ولی به‌طور معنی‌داری در خاک تحت کشت توده‌های جنگلکاری‌شده بیشتر از خاک منطقه بدون پوشش درختی بودند. همچنین نتایج بیانگر آن هستند که مقدار نیتروژن خاک در توده توسکا ییلاقی با رشد توده‌ها، افزایش می‌یابد، در حالی که این روند در خاک تحت کشت توده بلندمازو مشاهده نشد (جدول ۱). نسبت کربن به نیتروژن خاک در منطقه بدون پوشش درختی نسبت به توده‌های جنگلکاری شده توسکا ییلاقی بالاتر، در حالی‌که نسبت به توده‌های بلندمازو در سنین مختلف، مقادیر کمتری را نشان داد. مطابق نتایج به‌دست آمده، مشاهده می‌شود که در توده‌های توسکا ییلاقی، با افزایش سن توده، نسبت کربن به نیتروژن روند کاهشی دارد ولی در توده‌های بلندمازو با افزایش سن، این نسبت افزایش می‌یابد (شکل ۱).

مطابق با نتایج به‌دست‌آمده، زی‌توده میکروبی کربن در خاک توده‌های ۲۵ ساله هر دو گونه درختی مورد بررسی، به‌طور معنی‌داری بیشتر از سنین دیگر (به‌ترتیب ۶۴۵/۰۶ و ۵۸۹/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در توسکا ییلاقی و بلندمازو) و نیز مقدار این مشخصه در توده‌های جنگلکاری شده توسکا ییلاقی و بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در منطقه بدون پوشش درختی گزارش شد. بالاترین مقدار زی‌توده میکروبی نیتروژن در خاک توده ۲۵ ساله توسکا ییلاقی (۶۷/۴۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو توده جوان‌تر این گونه، تمام سنین گونه بلندمازو و نیز منطقه بدون پوشش درختی بود. زی‌توده میکروبی نیتروژن در توده‌های جنگلکاری بلندمازو در سنین مختلف ثابت بوده و افزایش سن، تفاوت آماری معنی‌داری در مقدار این مشخصه نشان نداده است؛ ولی مقادیر این مشخصه در خاک تحت کشت بلندمازو به‌طور معنی‌داری از مقدار آن در خاک منطقه بدون پوشش درختی بیشتر بود (جدول ۱). نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن روند متفاوتی نشان داد و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، افزایش سن تأثیری در افزایش مقدار این نسبت در توده جنگلکاری توسکا ییلاقی نداشت و تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد. از سن ۱۵ تا ۲۰ سال، نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن روند افزایشی را نشان داد ولی پس از آن کاهش یافت. در گونه بلندمازو افزایش مقدار این نسبت استوکیومتری با افزایش سن مشاهده شد و نیز در هر دو توده جنگلکاری‌شده توسکا ییلاقی و بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در منطقه بدون پوشش درختی بود (شکل ۱).

مشخصه‌های کربن و نیتروژن آلی محلول در توده‌های ۲۵ ساله هر دو نوع گونه درختی مورد بررسی به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده ۲۰ ساله > ۱۵ ساله > منطقه بدون پوشش درختی بودند، هرچند بین گونه‌های مورد بررسی، این مقادیر تفاوت آماری معنی‌داری را نشان ندادند. روابط کمی کربن به نیتروژن آلی محلول به‌طور معنی‌داری در توده‌های

بلندمازو بیشتر از توده‌های توسکا ییلاقی گزارش شد. این نسبت در توده‌های توسکا ییلاقی در تمامی سنین یکسان بود و تفاوت آن‌ها معنی‌دار مشاهده نشد. این در حالی است که در توده‌های بلندمازو، با افزایش سن از ۱۵ تا ۲۵ سال، روند افزایشی معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱). مطابق با نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)، می‌توان مشخصه‌های کربن و نیتروژن خاک و لاشبرگ، نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ، زی‌توده میکروبی کربن و نیتروژن و نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن، کربن و نیتروژن آلی محلول و ذره‌ای و نسبت کربن به نیتروژن آلی محلول را به سنین مختلف جنگلکاری با دو گونه مورد بررسی نسبت داد. همچنین مطابق با نتایج به‌دست آمده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی، مشاهده می‌شود که بیشترین مقادیر روابط کمی در توده‌های مسن‌تر به‌ویژه توده ۲۵ ساله بلندمازو بوده؛ همچنین مقادیر بیشتر نسبت کربن به نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن آلی ذره‌ای تحت تأثیر توده ۲۰ ساله بلندمازو و نیز منطقه بدون پوشش درختی قرار داشتند. (شکل ۲). با توجه به شکل، می‌توان مشاهده کرد که مقادیر بالاتر مشخصه‌های نیتروژن در سنین مختلف توده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن توسکا ییلاقی و بیشترین مقدار مشخصه‌های کربن، در خاک تحت کشت توده‌های بلندمازو نشان داده شده‌اند.

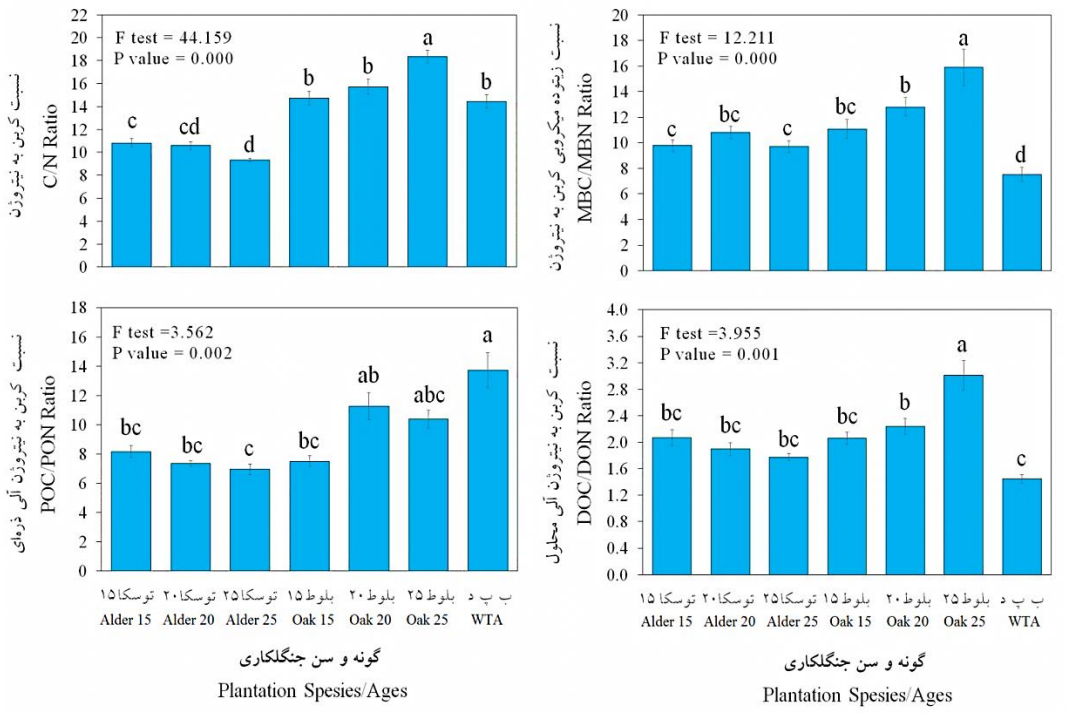
بحث

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، مقادیر مقدار کربن و نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در توده‌های بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های توسکا ییلاقی بودند. این درحالی بود که بیشترین مقادیر نیتروژن لاشبرگ در توده‌های توسکا ییلاقی مشاهده شد. گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن معمولاً غلظت بالای نیتروژن را در لاشبرگ خود دارند که طی فرآیند تجزیه و با افزایش سن توده‌ها غلظت نیتروژن افزایش می‌یابد و این مسئله در تمامی لاشبرگ‌های این گونه مشاهده می‌شود. با دردسترس‌بودن لاشبرگ در سنین مختلف توسکا ییلاقی و افزایش دسترسی به منابع، لاشبرگ‌ها در کف جنگل انباشته شده و توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه و معدنی می‌شوند (Chase, Singh and 2014). تجزیه سریع لاشبرگ در گونه توسکا ییلاقی منجر به آزاد شدن مواد غذایی در خاک توده توسکا ۲۵ ساله می‌شود که بالاتر از دو سن دیگر است. پژوهش‌های پیشین به افزایش مقدار نیتروژن طی تجزیه لاشبرگ در اراضی جنگلکاری‌شده اشاره داشته‌اند (Devi and Yadava, Ribeiro et al., 2002; 2007). نسبت کربن به نیتروژن لاشبرگ در پژوهش حاضر در توده‌های توسکا ییلاقی روند کاهشی را نشان داد که همسو با نتایج به‌دست آمده در پژوهش‌های پیشین است که اشاره کرده‌اند گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن معمولاً لاشبرگ‌هایی با غلظت بالای نیتروژن و نسبت C/N پایین تولید می‌کنند (Hoogmoed et al., 2014; Zhu et al., 2015). تجزیه سریع لاشبرگ در گونه توسکا ییلاقی منجر به آزاد شدن مواد غذایی در خاک توده توسکا ییلاقی ۲۵ ساله می‌شود که بالاتر از دو سن دیگر بوده و بیشتر بودن مقدار نیتروژن در خاک تحت کشت توسکا ییلاقی موجب می‌شود نسبت کربن به نیتروژن خاک نیز کاهش یابد. افزایش سرعت تجزیه در گونه توسکا ییلاقی به‌طور عمده به علت غلظت بالای کربوهیدرات‌های محلول و غلظت کم لیگنین مرتبط است.

جدول ۱. میانگین (± اشتباه معیار) مشخصه‌های لاشبرگ و خاک در ارتباط با سنین مختلف توسکا ییلاقی، بلندمازو و منطقه بدون پوشش درختی

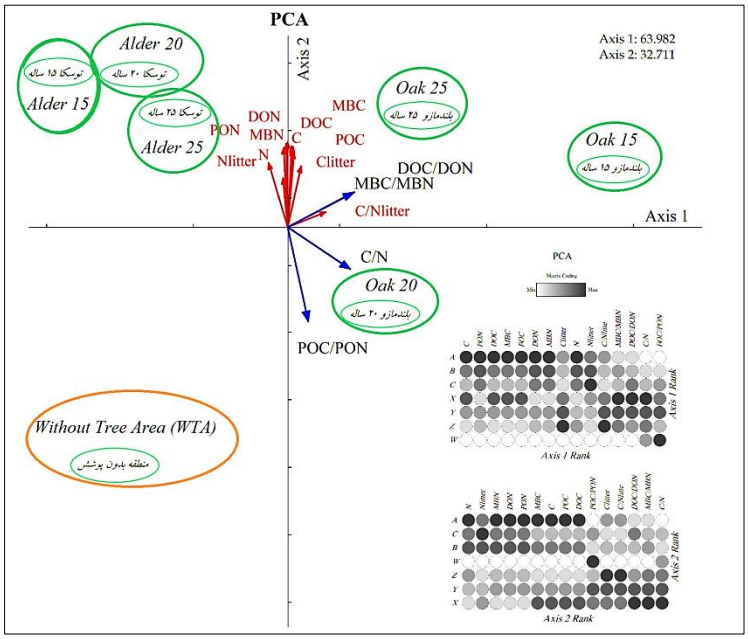
Table 1. Mean values and standard error (SE) of the litter and soil properties in relation with different ages of Alder and Oak plantations and without tree area

Sig.	F	سنین مختلف گونه‌های درختی Different ages of tree species							مشخصه Properties	
		منطقه بدون درخت Without tree area	بلندماوز ۲۵ ساله Oak 25 years	بلندماوز ۲۰ ساله Oak 20 years	بلندماوز ۱۵ ساله Oak 15 years	توسکا ۲۵ ساله Alder 25 years	توسکا ۲۰ ساله Alder 20 years	توسکا ۱۵ ساله Alder 15 years		
0.000	12.396	-	52.09 ± 1.05a	48.61 ± 1.77de	45.57 ± 1.39bc	38.13 ± 1.52e	40.34 ± 1.57de	43.14 ± 1.44cd	کربن (درصد) C (%)	لاشبرگ Litter
0.000	131.696	-	0.71 ± 0.02d	0.73 ± 0.01d	0.75 ± 0.02d	2.23 ± 0.06a	1.54 ± 0.10b	1.09 ± 0.02c	نیتروژن (درصد) N (%)	
0.000	82.659	-	74.80 ± 2.49a	68.16 ± 3.20ab	62.86 ± 3.38b	17.28 ± 0.76e	30.98 ± 2.73d	39.99 ± 1.51c	نسبت کربن به نیتروژن C.N ratio	
0.000	9.782	1.93 ± 0.20b	4.24 ± 0/33a	3.99 ± 0.44a	3.83 ± 0.25a	4.58 ± 0.18a	4.22 ± 0.20a	3.98 ± 0.23a	کربن (درصد) C (%)	خاک Soil
0.000	48.282	0.13 ± 0.01d	0.23 ± 0.01c	0.24 ± 0.02c	0.26 ± 0.01c	0.49 ± 0.02a	0.40 ± 0.02b	0.36 ± 0.01b	نیتروژن (درصد) N (%)	
0.000	64.531	109.46 ± 6.61c	589.86 ± 34.25a	514.53 ± 20.91b	451.00 ± 21.12b	645.06 ± 25.43a	585.20 ± 19.09a	510.33 ± 18.14b	زی‌توده میکروبی کربن MBC (mg kg^{-1})	
0.000	87.811	15.23 ± 0.70d	40.78 ± 2.62c	42.56 ± 2.12c	43.22 ± 1.79c	67.48 ± 1.02a	55.45 ± 1.49b	53.44 ± 1.66b	زی‌توده میکروبی نیتروژن MBN (mg kg^{-1})	
0.000	15.768	1.04 ± 0.09c	3.12 ± 0.24ab	3.00 ± 0.30ab	2.56 ± 0.20b	3.24 ± 0.18a	3.08 ± 0.08ab	3.00 ± 0.14ab	کربن آلی ذره‌ای POC (g kg^{-1})	
0.000	28.117	0.10 ± 0.00d	0.35 ± 0.02c	0.37 ± 0.03bc	0.38 ± 0.02bc	0.51 ± 0.02a	0.45 ± 0.02ab	0.42 ± 0.02bc	نیتروژن آلی ذره‌ای PON (g kg^{-1})	
0.000	26.111	15.08 ± 1.32c	60.31 ± 4.33ab	56.43 ± 3.83ab	52.59 ± 3.09b	64.55 ± 2.46a	59.22 ± 3.29ab	56.32 ± 3.64ab	کربن آلی محلول DOC (mg kg^{-1})	
0.000	34.646	10.86 ± 0.43d	26.19 ± 2.09c	27.91 ± 1.34bc	28.20 ± 1.39bc	38.21 ± 1.44a	35.83 ± 1.81a	30.98 ± 1.47b	نیتروژن آلی محلول DON (mg kg^{-1})	



شکل ۱- میانگین نسبت کربن به نیتروژن (بالا چپ)، نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن (بالا راست)، نسبت کربن به نیتروژن آلی ذره‌ای (پایین چپ) و نسبت کربن به نیتروژن آلی محلول (پایین راست) پوشش‌های مختلف شامل مناطق جنگلکاری شده ۱۵ تا ۲۵ سال توسکا ییلاقی و بلندمازو و منطقه بدون پوشش درختی (ب پ د).

Figure 1. Mean soil C/N ratio (Up, Left), MBC/MBN ratio (Up, Right), POC/PON ratio (Down, Left) and DOC/DON ratio (Down, Right) under different ages (15-25 years old) of Alnus and Oak plantations and without tree area (WTA).



شکل ۲- توزیع مکانی پوشش‌های مختلف، مشخصه‌های کربن و نیتروژن و نسبت‌های روابط کمی آن‌ها در خاک در تحلیل PCA

Figure 2. PCA of different covers (plantation ages of Alder and Oak and without tree area (WTA)), soil C and N properties and stoichiometry indices

در توجیه مقادیر بالای کربن لاشبرگ در توده بلندمازو، به نقش اختصاصی این گونه در الگوی معدنی‌سازی کربن لاشبرگ اشاره شده است (Gao et al., 2014). توده‌های بلندمازو نسبت به توسکا ییلاقی، کربن بیشتری جذب می‌کنند. تجمع بالای لاشبرگ و ایجاد لایه عایق در سطح خاک در این توده‌ها تا حدی مانع هدر رفت کربن لاشبرگ و به‌تبع آن افزایش کربن خاک در مقایسه با گونه توسکا ییلاقی می‌شود (Gao et al., 2014).

نتایج این پژوهش همچنین مقادیر بیشتر کربن خاک را توده‌های جنگلکاری‌شده با هر دو گونه توسکا ییلاقی و بلندمازو به‌خصوص در سنین بالاتر جنگلکاری در مقایسه با منطقه بدون پوشش درختی نشان دادند. کمبود ورودی کربن آلی به خاک ممکن است دلیل اصلی کاهش کربن آلی خاک در چند سال اول جنگلکاری باشد چرا که درختان کوچک و ورودی لاشبرگ به خاک جنگل ناچیز بوده است. با رشد درختان، مقدار کربن به‌دلیل انباشت کربن آلی و به‌تبع آن نسبت کربن به نیتروژن در اثر ازدیاد لاشه‌ریزی افزایش یافته است (Zhu et al., 2015). این نتایج با یافته‌های قبلی که اشاره داشته‌اند جنگلکاری با توسکا ییلاقی و بلندمازو می‌توانند در طول زمان، ذخیره کربن و نسبت کربن به نیتروژن را افزایش دهد، مطابقت دارد (Zhu et al., 2015، Parsapour et al., 2018). مقدار نیتروژن خاک در توده‌های توسکا ییلاقی با رشد توده‌ها، افزایش می‌یابد، در حالی که این روند در خاک تحت کشت توده بلندمازو مشاهده نشد. سطح پایین نیتروژن خاک در منطقه عاری از پوشش درختی می‌تواند به‌علت تاج‌پوشش باز باشد که سبب شستشوی مواد از سطح و در نتیجه کاهش نیتروژن در خاک می‌شود (Waring et al., 2015).

مطابق با نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، مقادیر زی‌توده میکروبی کربن در خاک توده‌های مسن‌تر توسکا ییلاقی و بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از دیگر سنین بود. زی‌توده میکروبی کربن به‌عنوان یک بخش زنده و فعال از متابولیسم ماده آلی خاک، بخش مهمی از کربن آلی خاک را شکل می‌دهد (Gorobtsova et al., 2016). این مشخصه یک جزء مهم در غالب اکوسیستم‌های جنگلی است و یک تغییر کوچک در زی‌توده میکروبی می‌تواند تأثیر زیادی بر عناصر غذایی دردسترس درختان داشته باشد (Yang et al., 2010). از طرفی زی‌توده میکروبی کربن با حاصلخیزی و سلامت خاک ارتباط مثبتی دارد و به‌عنوان یک شاخص اکولوژیکی مفید برای ارزیابی استرس ناشی از تغییرات اراضی جنگلی و تخریب جنگل‌ها عنوان شده است (Zheng et al., 2005). ثابت شده است که مقدار زی‌توده میکروبی کربن در خاک تا حد زیادی به مواد آلی خاک بستگی دارد؛ کاهش مقدار کربن آلی خاک سبب کاهش زی‌توده میکروبی کربن در آن خاک خواهد شد (Chen et al., 2005)؛ بنابراین مقدار زی‌توده میکروبی کربن بیشتر در جنگلکاری‌های توسکا ییلاقی و بلندمازو مورد بررسی در سنین بالاتر نسبت به دیگر سنین، به‌دلیل دردسترس بودن ماده آلی بیشتر است (Wang and Wang, 2007). همسو با نتایج این پژوهش، نشان داده شده است که طی مراحل تبدیل منطقه بدون پوشش (جنگل تخریب‌شده) به جنگل، کربن آلی خاک و نسبت کربن به نیتروژن در خاک افزایش می‌یابند. زی‌توده میکروبی نیتروژن بالاتر در توده‌های مسن‌تر به بیشتر بودن مواد آلی و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن در این سنین باز می‌گردد. ارتباط مثبت قابل‌توجهی بین زی‌توده میکروبی و نیتروژن آلی خاک وجود دارد که با یافته‌های پیشین منطبق است (Wang and

Wang, 2007). مقادیر بیشتر منابع آلی و عناصر غذایی از طریق ورودی لاشبرگ و در توده توسکا ییلاقی نسبت به بلندمازو موجب بیشتربودن زی‌توده میکروبی نیتروژن در این توده تثبیت‌کننده نیتروژن عنوان شده است (Wen et al., 2014). همسو با نتایج این پژوهش، نشان داده شده است که در توده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، مقدار زی‌توده میکروبی نیتروژن بیشتر از دیگر جنگلکاری‌ها است (Smolander and Kitunen, 2002).

این درحالی است که نسبت زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن روند متفاوتی نشان داد و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، افزایش سن تأثیری در افزایش مقدار این نسبت در توده جنگلکاری توسکا ییلاقی نداشت. در گونه بلندمازو افزایش مقدار این نسبت روابط کمی با افزایش سن مشاهده شد و نیز در هر دو توده جنگلکاری‌شده توسکا و بلندمازو به‌طور معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در منطقه بدون پوشش درختی بود. مقدار زی‌توده میکروبی کربن تا حد زیادی به مواد آلی خاک بستگی دارد در نتیجه می‌توان کاهش مقدار کربن آلی خاک را علت کاهش زی‌توده میکروبی کربن در آن خاک دانست؛ بنابراین مقدار زی‌توده میکروبی کربن بیشتر در جنگلکاری‌های توسکا ییلاقی و بلندمازو مورد بررسی در سنین بالاتر نسبت به دیگر سنین، به‌دلیل دردسترس بودن ماده آلی بیشتر است (Wang et al., 2007). همسو با نتایج این پژوهش، نشان داده شده است که طی مراحل تبدیل منطقه بدون پوشش به جنگل، کربن آلی خاک و نسبت کربن به نیتروژن در خاک افزایش می‌یابد (Compton and Boone, 2000). مقادیر کمتر روابط کمی زی‌توده میکروبی کربن به نیتروژن نشان‌دهنده تنش و استرس بیشتر در منطقه بدون پوشش درختی و افزایش این نسبت نشان دهنده اثر رقابتی بین درختان و میکروارگانیسم‌های خاک است که در مناطق جنگلکاری‌شده در این پژوهش مشهود است (McGee et al., 2019). روابط کمی کربن به نیتروژن بیشتر نشان‌دهنده فعال‌تربودن میکروارگانیسم‌های خاک هستند که در نتیجه ازدیاد کربن در توده‌های مسن‌تر بلندمازو به‌همراه تقاضای بالای نیتروژن برای تثبیت نیتروژن در زی‌توده میکروبی است، درحالی که نسبت کمتر در منطقه بدون پوشش درختی، پتانسیل بیشتری برای آزاد کردن نیتروژن از زی‌توده میکروبی نشان می‌دهد (Heuck and Spohn, 2016، McGee et al., 2019).

افزایش مقدار مواد آلی ذره‌ای در مناطق جنگلکاری‌شده در مقایسه با منطقه بدون پوشش درختی به‌طور معنی‌داری با تغییرپذیری مقدار مواد آلی خاک مرتبط است (Kooch, 2012). در ارتباط با مواد آلی خاک تصور می‌شود که بخش‌های مواد آلی ناپایدار، مربوط به کیفیت مواد آلی خاک باشند (Haynes, 2005، Von Lützow et al., 2007). تغییرپذیری روابط کمی کربن به نیتروژن آلی ذره‌ای را می‌توان با کربن آلی و نیتروژن کل خاک تحت سنین و شرایط مختلف زمین توجیه کرد. نتایج نشان می‌دهند که نسبت کربن به نیتروژن آلی ذره‌ای در خاک تحت کشت گونه بلندمازو در سنین بالاتر، بیشترین مقدار را دارد که به‌علت بالاتربودن نسبت کربن به نیتروژن در این گونه است (Kooch, 2012). نتایج بیانگر مقادیر بیشتر مشخصه‌های کربن و نیتروژن آلی محلول در توده‌های مسن‌تر توسکا ییلاقی و بلندمازو بودند، هرچند بین گونه‌های مورد بررسی، این مقادیر تفاوت آماری معنی‌داری را نشان ندادند. به‌طور کلی، کیفیت لاشبرگ و مقدار مواد آلی ورودی به خاک بر پایداری مواد آلی محلول و در نتیجه، غلظت و جریان آن‌ها در خاک تأثیر می‌گذارند (Kooch et al., 2018).

تفاوت‌های مشاهده‌شده در مقادیر مواد آلی محلول در خاک در بین پوشش‌های مختلف تنها به‌دلیل تفاوت‌های ذاتی در کیفیت این مواد آلی نیستند، بلکه ممکن است ناشی از کیفیت لاشبرگ (منابع اصلی مواد آلی محلول در خاک‌های جنگلی) باشند (Kooch et al., 2018). این درحالی است که روابط کمی کربن به نیتروژن آلی محلول به‌طور معنی‌داری در توده‌های بلندمازو بیشتر از توده‌های توسکا ییلاقی مشاهده شد. این نسبت در توده‌های توسکا ییلاقی در سنین مختلف اختلاف آماری معنی‌داری را نشان نداد ولی در توده‌های بلندمازو روند افزایشی را با افزایش سن نشان داد. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه مؤلفه‌های اصلی، مشاهده می‌شود که بیشترین مقادیر روابط کمی در توده‌های مسن‌تر بلندمازو بوده؛ این در حالی است که مقادیر بیشتر نسبت کربن به نیتروژن و نسبت کربن به نیتروژن آلی ذره‌ای تحت تأثیر منطقه عاری از پوشش درختی قرار داشتند (شکل ۲). با توجه به شکل، می‌توان مشاهده کرد که مقادیر بالاتر مشخصه‌های نیتروژن در سنین مختلف توده‌های تثبیت‌کننده نیتروژن توسکا ییلاقی و بیشترین مقدار مشخصه‌های کربن در خاک تحت کشت توده‌های بلندمازو قرار دارند.

مطابق با نتایج این پژوهش، مشخصه‌های میکروبی خاک در مناطق جنگلکاری شده بیشترین مقدار را داشتند و با افزایش سن روند افزایشی را نشان دادند. شاخص‌های میکروبی کربن در توده‌های بلندمازو و شاخص‌های میکروبی نیتروژن در توده‌های توسکا ییلاقی و روابط کمی در توده‌های بلندمازو با مسن‌تر شدن توده‌ها افزایش می‌یابند که تأییدکننده فرض این پژوهش هستند. مطابق با نتایج این پژوهش، گونه توسکا به‌عنوان گونه تثبیت‌کننده نیتروژن، در بهبود کیفیت لاشبرگ و خاک و چرخه کربن و نیتروژن عملکرد بهتری نسبت به گونه بلندمازو داشته است. هرچند با توجه به مقدار بالای کربن آلی خاک تحت پوشش توده‌های بلندمازو، این گونه می‌تواند به‌عنوان یکی از گزینه‌های مؤثر بر ذخیره‌سازی و حفظ کربن خاک در جنگلکاری‌های آینده در کنار توسکا ییلاقی مدنظر قرار گیرد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که سنین مختلف جنگلکاری توسکا ییلاقی و بلندمازو دارای تأثیر قابل‌توجهی بر فعالیت‌های میکروبی کربن و نیتروژن و روابط کمی بین آن‌ها در خاک است. این پژوهش نشان داد که فقط بررسی مشخصه‌های میکروبی برای بررسی اثر جنگلکاری در خاک کافی نیستند. روابط کمی کربن و نیتروژن، از تنوع میکروبی خاک تأثیر می‌پذیرند و شاخص مهمی برای فهم بهتر شرایط میکروبی در خاک هستند؛ از این‌رو روابط کمی بین آن‌ها را می‌توان به‌کار برد. در مجموع این یافته‌ها به‌صورت توأمان، روشی علمی و عملی برای ارزیابی دقیق‌تر مواد آلی در مناطق جنگلکاری‌شده در گذر زمان هستند و می‌توانند در انتخاب گونه مناسب برای جنگلکاری‌های آتی درنظر گرفته شوند.

References

Bremner, J. M.; Mulvaney. C., Nitrogen-total. In L. Page, Miller, R. H.; Keeney, D., (Eds.), Methods of soil analysis. Part 2. Madison, WI: American Society of Agronomy, Agron, 1982. Pp, 595– 624.

Brookes, P.; Landman, A.; Pruden, G.; Jenkinson, D., Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil biology and biochemistry* **1985,** *17* (6), 837-842.

Chase, P.; Singh, O., Soil nutrients and fertility in three traditional land use systems of Khonoma, Nagaland, India. *Resources and Environment* **2014,** *4* (4), 181-189.

Chen, T.-H.; Chiu, C.-Y.; Tian, G., Seasonal dynamics of soil microbial biomass in coastal sand dune forest. *Pedobiologia* **2005,** *49* (6), 645-653.

Compton, J. E.; Boone, R. D., Long-term impacts of agriculture on soil carbon and nitrogen in New England forests. *Ecology* **2000,** *81* (8), 2314-2330.

Devi, A. S.; Yadava, P., Wood and leaf litter decomposition of Dipterocarpus tuberculatus Roxb. in a tropical deciduous forest of Manipur. *Current Science* **2007,** *93*.

Gao, Y.; Cheng, J.; Ma, Z.; Zhao, Y.; Su, J., Carbon storage in biomass, litter, and soil of different plantations in a semiarid temperate region of northwest China. *Annals of Forest Science* **2014,** *71* (4), 427-435.

Gorobtsova, O.; Gedgafova, F.; Uligova, T.; Tembotov, R. K., Ecophysiological indicators of microbial biomass status in chernozem soils of the Central Caucasus (in the territory of Kabardino-Balkaria with the Terek variant of altitudinal zonation). *Russian journal of ecology* **2016,** *47* (1), 19-25.

Hashemi, S.A., Hojati, S.M., HOSEINI, N.S., Asadyan, M. and Tafazoli, M., 2017. Studying soil physical, chemical and net Nitrogen mineralization in plantation and natural stands in Darabkola Forest (Sari). *Journal of Forest Research and Development*, 3(2):119-132. (In Persian).

Haynes, R., Labile organic matter fractions as centralcomponents of the quality of agricultural soils: anoverview. *Adv Agron* **2005,** *5*, 221-268.

Heuck, C.; Spohn, M., Carbon, nitrogen and phosphorus net mineralization in organic horizons of temperate forests: stoichiometry and relations to organic matter quality. *Biogeochemistry* **2016,** *131* (1), 229-242.

Hoogmoed, M.; Cunningham, S. C.; Baker, P. J.; Beringer, J.; Cavagnaro, T., Is there more soil carbon under nitrogen-fixing trees than under non-nitrogen-fixing trees in mixed-species restoration plantings? *Agriculture, Ecosystems & Environment* **2014,** *188*, 80-84.

Kooch, Y., Response of earthworms' ecological groups to decay degree of dead trees (case study: Sardabrood forest of Chalous, Iran). *Eur J Exp Biol* **2012,** *2*, 532-538.

Kooch, Y.; Tavakoli, M.; Akbarinia, M., Microbial/biochemical indicators showing perceptible deterioration in the topsoil due to deforestation. *Ecol. Indic.* **2018,** *91*, 84-91.

Liu, X.; Ma, J.; Ma, Z.-W.; Li, L.-H., Soil nutrient contents and stoichiometry as affected by land-use in an agro-pastoral region of northwest China. *Catena* **2017,** *150*, 146-153.

Maharjan, M.; Sanaullah, M.; Razavi, B. S.; Kuzyakov, Y., Effect of land use and management practices on microbial biomass and enzyme activities in subtropical top-and sub-soils. *Applied Soil Ecology* **2017,** *113*, 22-28.

McGee, K. M.; Eaton, W. D.; Shokralla, S.; Hajibabaei, M., Determinants of soil bacterial and fungal community composition toward carbon-use efficiency across primary and secondary forests in a Costa Rican conservation area. *Microbial ecology* **2019,** *77* (1), 148-167.

Nelson, D.W. & Sommers, L, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter 1. *Methods of soil analysis. Part 2, Chemical and microbiological properties*, (methodsofsoilan2), pp. 539-579.

Nilsson, M.-C.; Wardle, D. A.; Dahlberg, A., Effects of plant litter species composition and diversity on the boreal forest plant-soil system. *Oikos* **1999**, 16-26.

Parsapour, M. K.; Kooch, Y.; Hosseini, S. M.; Alavi, S. J., Litter and topsoil in Alnus subcordata plantation on former degraded natural forest land: a synthesis of age-sequence. *Soil and Tillage Research* **2018,** *179*, 1-10.

Pitman, R.; Benham, S.; Poole, J., A chronosequence study of soil nutrient status under oak and Corsican pine with Ellenberg assessed ground vegetation changes. *Forestry* **2014,** *87* (2), 287-300.

Ren, C.; Zhao, F.; Kang, D.; Yang, G.; Han, X.; Tong, X.; Feng, Y.; Ren, G., Linkages of C: N: P stoichiometry and bacterial community in soil following afforestation of former farmland. *Forest Ecology and Management* **2016,** *376*, 59-66.

Ribeiro, C.; Madeira, M.; Araújo, M., Decomposition and nutrient release from leaf litter of Eucalyptus globulus grown under different water and nutrient regimes. *Forest Ecology and Management* **2002,** *171* (1-2), 31-41.

Smolander, A.; Kitunen, V., Soil microbial activities and characteristics of dissolved organic C and N in relation to tree species.

Soil Biology and Biochemistry **2002,** *34* (5), 651-660.

von Lützow, M.; Kögel-Knabner, I.; Ekschmitt, K.; Flessa, H.; Guggenberger, G.; Matzner, E.; Marschner, B., SOM fractionation methods: relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biology and Biochemistry* **2007,** *39* (9), 2183-2207.

Wang, Q.; Wang, S., Soil organic matter under different forest types in Southern China. *Geoderma* **2007,** *142* (3-4), 349-356.

Waring, B. G.; Becknell, J. M.; Powers, J. S., Nitrogen, phosphorus, and cation use efficiency in stands of regenerating tropical dry forest. *Oecologia* **2015,** *178* (3), 887-897.

Wen, L.; Lei, P.; Xiang, W.; Yan, W.; Liu, S., Soil microbial biomass carbon and nitrogen in pure and mixed stands of Pinus massoniana and Cinnamomum camphora differing in stand age. *Forest Ecology and Management* **2014,** *328*, 150-158.

Yang, K.; Zhu, J.-J.; Yan, Q.-L.; Sun, O. J., Changes in soil P chemistry as affected by conversion of natural secondary forests to larch plantations. *Forest Ecology and Management* **2010,** *260* (3), 422-428.

Yousefi, A.; Darvishi, L., Soil changes induced by hardwood and coniferous tree plantations establishment: Comparison with natural forest soil at Berenjestanak lowland forest in north of Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* **2013,** *1* (4), 432-449.

Yu, Z.; Wang, M.; Huang, Z.; Lin, T. C.; Vadeboncoeur, M. A.; Searle, E. B.; Chen, H. Y., Temporal changes in soil C-N-P stoichiometry over the past 60 years across subtropical China. *Global change biology* **2018,** *24* (3), 1308-1320.

Zhang, Q.; Yang, J.; Koide, R. T.; Li, T.; Yang, H.; Chu, J., A meta-analysis of soil microbial biomass levels from established tree plantations over various land uses, climates and plant communities. *Catena* **2017,** *150*, 256-260.

Zhao, X.; Li, F.; Zhang, W.; Ai, Z.; Shen, H.; Liu, X.; Cao, J.; Manevski, K., Soil respiration at different stand ages (5, 10, and 20/30 years) in coniferous (Pinus tabulaeformis Carrière) and deciduous (Populus davidiana Dode) plantations in a sandstorm source area. *Forests* **2016,** *7* (8), 153.

Zheng, H.; Ouyang, Z.; Wang, X.; Fang, Z.; Zhao, T.; Miao, H., Effects of regenerating forest cover on soil microbial communities: a case study in hilly red soil region, Southern China. *Forest Ecology and Management* **2005,** *217* (2-3), 244-254.

Zhu, L.; Henze, D.; Bash, J.; Jeong, G.-R.; Cady-Pereira, K.; Shephard, M.; Luo, M.; Paulot, F.; Capps, S., Global evaluation of ammonia bidirectional exchange and livestock diurnal variation schemes. *Atmospheric Chemistry and Physics* **2015,** *15* (22), 12823-12843.

Quantitative evaluation of soil carbon and nitrogen dynamics under oak and alder afforestations

M.K. Parsapour[1], Y. Kooch[*2], S. M. Hosseini[3] and S. J. Alavi[4]

1- Ph.D. of Forest Sciences, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran. (m.parsapour@modares.ac.ir)
2- Associate Professor, Department of Range Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (yahya.kooch@modares.ac.ir)
3- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (hosseini@ modares.ac.ir)
4- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (J.alavi@modares.ac.ir)

Received: 26.02.2020 Accepted: 11.07.2020

Abstract

In recent years, with an alarming degradation rate of Caspian forests, afforestation can be considered as a suitable solution to restore the degraded areas. Different species especially Oak (*Quercus castaneifolia* C. A. M) and Alder (*Alnus subcordata* C. A. M) were planted in vast areas. Elements quantitative relations (stoichiometry) has an important roll in organic matter decomposition by changing these elements availablity in soil and is a main index to better undrestanding of microbial and OM conditions in soil as well. The aim of this study was to determine the effect of tree species in deferent ages on quantitative relations in these afforestations. This research was carried out in 15-, 20-, and 25-years old stands of Mazandaran wood and paper company afforestations and 30 soil and litter samples were collected from 10 cm depth of soils in each stand using systematic random method. Based on the results, the highest amount of quantitative relations of soil C/N (18.33), C/N microbial biomass (15.88), carbon to particle organic nitrogen ratio (10.36) and carbon to dissolved organic nitrogen ratio (3.00) were seen in older oak afforestations which had significant differences with alder afforestations. Also, oak stands in higher ages amend quantitative relations of soil carbon and nitrogen in future years of the afforestations, these findings provide a scientific theory for use in the evaluation of soil nutrients in afforested areas.

Keywords: Afforestation dissolved organic matter, Microbial biomass, Microbial ratios, Particle organic matter.

[*] Corresponding author Tel: +989112932313

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۲۶۱-۲۴۹، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2020.53081.1499
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.6.9

مقالهٔ پژوهشی

ارزیابی تخریب روسازی در محل قوس‌های جاده جنگلی درجه دو (بررسی موردی: حوزه آبخیز ۱۱ شاندرمن)

پوراندخت قویدل[۱]، رامین نقدی*[۲]، اسماعیل قجر[۳] و مهرداد میرزایی[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (ghavidelpouran@gmail.com)
۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (rnaghdi@guilan.ac.ir)
۳- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (i.ghajar@guilan.ac.ir)
۴- دانش‌آموخته دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (mehrdadmirzaei28@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۰۹

چکیده

هدف از این بررسی، ارزیابی تخریب روسازی جاده‌های جنگلی در محل قوس‌ها است. بدین منظور ۳۰ قطعه نمونه به مرکزیت قوس‌های موجود به‌صورت انتخابی برداشت و اندازه‌گیری شد. در مجاورت هر یک از قطعات نمونه، یک قطعه نمونه به‌عنوان نمونه شاهد اندازه‌گیری شد. در هر قطعه نمونه شاخص تخریب روسازی براساس هفت شاخص «مقطع عرضی تخریب‌شده»، «زهکشی تخریب‌شده»، «تولید غبار»، «کرکره‌ای شدن»، «چاله»، «شیار» و «سستی توده خاک» اندازه‌گیری شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آزمون‌های آماری t جفتی و ویلکاکسون استفاده شد. نتایج نشان داد در همه قطعات نمونه در محل قوس‌ها، دو شاخص تخریب «مقطع عرضی تخریب‌شده» و «تولید غبار» مشاهده شد درحالی‌که ۳/۳ درصد قطعات نمونه کناری بدون این تخریب‌ها بودند. شدت تخریب ناشی از «زهکشی تخریب‌شده» کنار جاده و «مقطع عرضی تخریب‌شده» در محل قوس‌ها بیشتر از قطعات کناری بود و از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین قوس‌ها با قطعات کناری مشاهده شد. بررسی مقدار «کرکره‌ای شدن» نشان داد که به‌ترتیب ۷۰ و ۶۶/۷ درصد از قطعات نمونه برداشت‌شده در محل قوس‌ها و قطعات کناری بدون این نوع تخریب بودند. نتایج نشان داد، عمق و مساحت «چاله‌ها» و «شیارهای» ایجادشده و همچنین «سستی توده خاک» در محل قوس‌ها بیشتر از قطعات کناری بود. نتایج این پژوهش اهمیت انجام فعالیت‌های مستمر تعمیر و نگهداری و لزوم به‌کارگیری شاخص‌های ارزیابی را در برنامه‌ریزی نگهداری روسازی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تخریب روسازی، تعمیر و نگهداری، جاده‌سازی، جنگل‌های هیرکانی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۱۳۸۰۱۰۸

مقدمه

رشد و توسعه منابع طبیعی و اجرای برنامه‌های حفاظتی ارتباطی مستقیم با توسعه جاده‌های جنگلی و سهولت دسترسی به اعماق جنگل‌ها به‌ویژه در مناطق کوهستانی دارد، از این‌رو جاده‌سازی برای مدیریت و استفاده بهینه از خدمات جنگل ضروری است. احداث جاده‌های جنگلی برای دسترسی به جنگل برای استفاده از خدمات مختلف آن، اجرای عملیات حفاظتی و حمل‌ونقل محصولات چوبی و غیرچوبی یک نیاز اساسی بوده و در درآمد ملی کشور نقش ویژه‌ای دارد (Salmalian et al., 2016; Deljouei et al., 2017; Lotfalian et al., 2018). یکی از مهم‌ترین اجزای ساختمانی راه، لایه رویه جاده‌هاست که نقش مهم و مؤثری در بارگذاری و ترافیک‌پذیری راه ایفا می‌کند. روسازی جاده‌های جنگلی سرمایه با ارزشی در مدیریت جنگل است که هر ساله هزینه‌های زیادی صرف تعمیر و نگهداری آن‌ها می‌شود. از این‌رو، لایه رویه جاده‌های جنگلی باید طوری مدیریت شود که با حفظ کارآیی بتواند با گذشت زمان در سطح قابل‌قبول مورد استفاده قرار گیرند (Visser et al., 2009). عملیات تعمیر و نگهداری جاده چنانچه در موعد لازم انجام شده باشد و گزینه مناسب برای روش نگهداری انتخاب شده باشد، علاوه بر آنکه تخریب جاده را به تأخیر می‌اندازد، به‌دلیل افزایش کیفیت سطح جاده موجب کاهش هزینه‌های عملکردی وسایل نقلیه و بازبودن مداوم جاده می‌شود (Grigolato et al., 2013). ارزیابی روسازی قسمتی از مدیریت روسازی است که اخیراً مورد توجه زیادی قرار گرفته است. سیستم مدیریت روسازی شامل مجموعه کامل و هماهنگ از فعالیت‌ها در زمینه برنامه‌ریزی، طراحی، ساخت، نگهداری، ارزیابی، بهسازی، بازسازی و پژوهشات روسازی است (Johnson et al., 2014). از آنجایی که شرایط حاکم بر جاده‌های جنگلی (کوهستانی بودن، شیب بیشتر، سرعت طرح کمتر، نقش جابجایی، نقش دسترسی و نقش اجتماعی) متفاوت از جاده‌های غیرجنگلی است، مدیریت تعمیر و نگهداری آن‌ها بیشتر ناشی از عوامل انسانی است. از این‌رو تکنیک‌ها و شاخص‌هایی که بتوانند کارایی روسازی و روند زوال و سطح هشدار آن‌ها را ارزان‌تر و سریع‌تر مدل‌سازی کنند، توسعه یافته است (Niu, 2013). معمولاً، به‌خاطر کمبود بودجه نمی‌توان همه بخش‌های جاده‌ها را هم‌زمان تعمیر و بازسازی کرد، بنابراین باید مسیرهایی که در اولویت هستند و از نظر اقتصادی و فنی در ارجحیت قرار دارند، انتخاب شوند. درحالی‌که در کشورهای پیشرو در مدیریت منابع طبیعی وضعیت جاده‌های موجود به‌طور مداوم به‌وسیله شاخص‌های کنترل کیفیت پذیرفته‌شده بین‌المللی رصد و نسبت به تعمیر اصولی آن‌ها بدون تعلل اقدام می‌شود. متاسفانه در شرایط کنونی مدیریت جنگل‌های ایران، اجرای توقف بهره‌برداری موسوم به طرح تنفس، در سال‌های اخیر سبب شده تا جاده‌های جنگلی، این سرمایه عظیم که هزینه‌های فراوانی برای احداث آن‌ها پرداخته شده است، به حال خود رها شده، به‌سرعت رو به زوال رود و اقدامات لازم در راستای تعمیر و نگهداری‌شان انجام نشود. رعایت نشدن اصول فنی استاندارد در طراحی قوس جاده‌های جنگلی از عوامل مؤثر در تخریب روسازی جاده‌های جنگلی به‌شمار می‌روند؛ زیرا سرعت حرکت ماشین‌آلات جنگلی در محل قوس‌ها، کمتر است و در نتیجه خاک برای مدت زمان بیشتری تحت تأثیر فشار و نیروی ناشی از ماشین‌آلات باقی می‌ماند. در چنین وضعیتی خاک علاوه بر اینکه در معرض کوبیدگی قرار دارد، هم‌زمان نیروهای حاصل از کوبیدگی ارتعاشی را نیز دریافت می‌کند (Solgi et al., 2013). یکی از مهم‌ترین شاخص‌های بررسی وضعیت روسازی راه‌های عمومی و تا حدودی راه‌های شوسه،

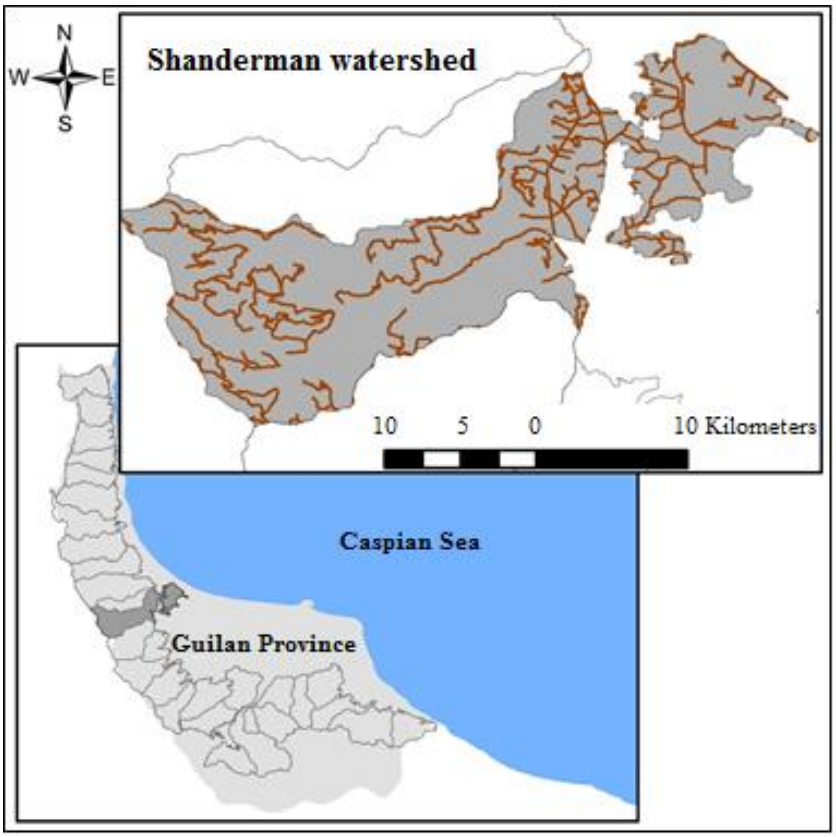
شاخص وضعیت روسازی (Pavement Condition Index) است که توسط گروه مهندسی ارتش ایالات متحده پیشنهاد شده است و برای درجه‌بندی وضعیت خرابی روسازی‌ها ارائه شده است و به‌دلیل انعطاف بسیار بالا، هزینه کم و دقت زیاد در جاده‌های عمومی مورد استفاده قرار می‌گیرد. Eaton et al. (1998) از شاخص PCI برای بررسی جاده‌های شوسه متصل به جاده‌های شهری در آمریکا استفاده کردند و نام این شاخص را به URCI تغییر دادند و ویژگی‌های مورد بررسی‌شان چاله، شیار، گردوغبار جاده‌ها، کرکره‌ای شدن جاده و سستی توده خاک بوده ولی وضعیت زهکشی جاده در این شاخص در نظر گرفته نشده بود و در نتیجه این شاخص کارآیی خود را از دست داد. Parsakhoo and Hosseini (2013) برای بررسی استاندارد قوس جاده‌های جنگلی علت آسیب‌دیدگی جاده‌های جنگلی شمال کشور را رعایت نشدن اصول فنی استاندارد در طراحی قوس‌ها دانستند. Heidari et al. (2017) به بررسی کاربرد تکنیک الگوریتم ژنتیک در شناسایی سطح اخطار روسازی جاده‌های جنگلی و برنامه‌ریزی ترمیم و نگهداری روسازی پرداختند. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین سطح هشدار خرابی بیرون‌زدگی برابر با پنج سانتی‌متر و برای شیارشدگی ۱۰ سانتی‌متر بود. Ghajar et al. (2019) تأثیر سایه‌اندازی درختان را بر شاخص‌های تخریب روسازی جاده‌های جنگلی (مقطع عرضی تخریب شده، زهکشی تخریب شده، کرکره‌ای شدن، تولید غبار، چاله، شیار و سستی توده خاک) در حوزه ۱۰ چفرود گیلان مورد بررسی قرار دادند که نتایج نشان داد تخریب ناشی از شاخص‌های مذکور در منطقه سایه بیشتر از منطقه غیرسایه بود. هدف از این بررسی ارزیابی انواع تخریب روسازی در محل قوس‌های جاده جنگلی درجه دو و مقایسه آن‌ها با قطعات کناری آن‌ها بر اساس شاخص PCI است. انجام این پژوهش با توجه به وجود کیلومترها جاده جنگلی در شمال کشور و هزینه‌های بالای تعمیر و نگهداری سالیانه این جاده بسیار حائز اهمیت است. ضمن اینکه در سالیان اخیر وجود محدودیت‌های مالی و تنگناهای اقتصادی در مدیریت جنگل‌های شمال کشور اهمیت استفاده از شاخص‌های فوق را دوچندان می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

سری ۱۱ شاندرمن در حوزه آبخیز شماره ۱۱ شاندرمن و در محدوده استحفاظی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان ماسال واقع شده است. مساحت کل سری ۱۲۵۹ هکتار است که به ۲۶ قطعه تقسیم شده است و میان عرض جغرافیایی ´۱۱ °۳۷ تا ´۳۰ °۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ´۰۱ °۴۹ تا ´۳۰ °۴۹ شرقی و در حد ارتفاعی ۹۷۰-۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). بافت خاک از نوع لومی-رسی-شنی بوده و ساختمان خاک نیز گرانوله تا مکعبی دانه‌درشت و توده-ای است. میانگین بارندگی سالانه بر اساس ایستگاه هواشناسی شاندرمن، ۹۲۶ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه نیز ۱۵/۷ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن از نوع خیلی‌مرطوب است. در این سری جمعاً ۳۲/۹۳۱ کیلومتر جاده جنگلی وجود داشته که ۴/۳۸۴ کیلومتر جاده درجه دو، ۲۳/۹۲۳ کیلومتر جاده درجه سه و ۴/۶۲۵ کیلومتر جاده درجه چهار بوده که کار دسترسی به کل سری را به‌خوبی فراهم می‌سازد. تراکم طول جاده در سری به‌طور متوسط ۱۹/۵۴ متر در هکتار است. در این جاده‌ها با گذشت ۶ سال از آخرین عملیات مرمت آثار تخریب روسازی به چشم می‌خورد. از آنجایی که جنگل در گذشته در سطح وسیع به‌صورت یکسره بهره‌برداری شده و جنگلکاری

انجام شده و جنگل‌های سری اغلب جوان و فاقد توان تولید چوب بوده و حجم برداشت نیز به‌صورت پرورشی و بسیار ناچیز است و با وجود جاده‌های بسیار زیاد و به قدر کافی در سری و نیز وجود مسیرهای چوبکشی زیاد که تمامی سطح سری را پوشش می‌دهند، برای خروج چوب‌آلات این سری مسیر چوبکشی جدیدی احداث نشده است.

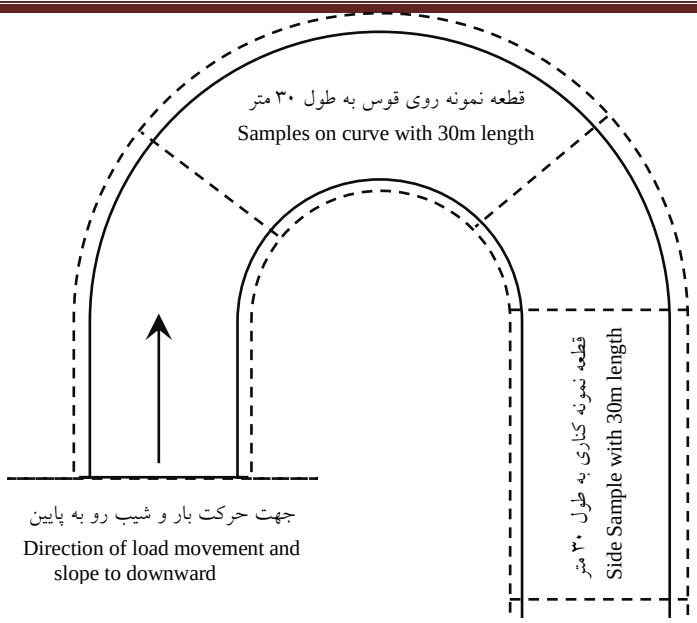


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد بررسی

Figure 1. Geographical location of the study area

روش پژوهش

برای انجام این پژوهش، جاده جنگلی درجه دو به طول ۲۰ کیلومتر انتخاب شد. از روش نمونه‌برداری انتخابی برای اندازه‌گیری قطعات نمونه استفاده شد. بدین صورت که در طول جاده جنگلی حرکت کرده و در محل قوس‌های جاده جنگلی، دو قطعه نمونه (یکی روی مرکز قوس و به‌عنوان قطعه نمونه اصلی و دومی در یک مسیر مستقیم و نرسیده به قوس به‌عنوان قطعه نمونه شاهد) مطابق شکل ۲ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (Naghdi et al., 2019). در مجموع تعداد ۳۰ قطعه نمونه برای قوس و ۳۰ قطعه نمونه کناری نیز اندازه‌گیری شد. شعاع قوس‌های اندازه‌گیری‌شده بین ۲۰ تا ۱۰۰ متر متغیر بود. همچنین شیب طولی جاده در قطعات نمونه برداشت‌شده یکسان (کمتر از ۵ درصد) بوده است.



شکل ۲- طرح کلی نمونه‌برداری

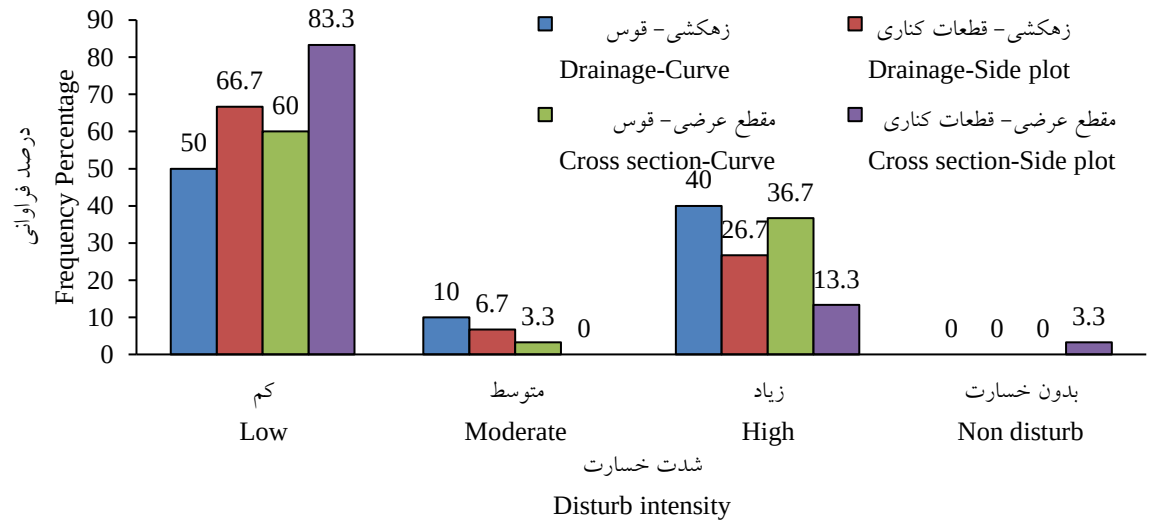
Figure 2. Sampling method

برای هر قطعه نمونه، هفت نوع خرابی مطابق شاخص تخریب روسازی (PCI) شامل (۱) مقطع عرضی تخریب‌یافته در سه طبقه کم (چاله‌های کوچک آب یا شواهدی دال بر وجود آن‌ها روی سطح جاده وجود دارد یا سطح جاده به‌طور کامل مسطح است)، متوسط (چاله متوسط آب یا شواهدی دال بر وجود آن‌ها روی سطح جاده وجود دارد یا سطح جاده کاسه‌ای شکل است) و زیاد (چاله‌های بزرگ آب یا شواهدی دال بر وجود آن‌ها روی سطح جاده وجود دارد، یا سطح جاده دارای فرورفتگی‌های بزرگ است)؛ (۲) وضعیت نامناسب جوی‌های کنار جاده در سه طبقه کم (چاله‌های کوچک آب یا شواهدی دال بر وجود آن‌ها در جوی‌های وجود دارد یا پوشش گیاهی یا ضایعات درون جوی‌ها وجود دارد)، متوسط (چاله متوسط آب یا شواهدی دال بر وجود آن‌ها در جوی‌های کناری وجود دارد یا پوشش گیاهی یا ضایعات درون جوی‌ها وجود دارد یا فرسایش جوی‌ها به شانه یا سطح جاده زده است) و زیاد (چاله-های بزرگ آب یا شواهدی دال بر وجود آن‌ها در جوی‌های کناری وجود دارد یا آب از درون جوی به عرض یا سطح جاده سرازیر می‌شود یا پوشش گیاهی یا ضایعات درون جوی‌ها وجود دارد یا فرسایش جوی‌ها به شانه یا سطح جاده زده است)؛ (۳) سستی توده خاک در سه طبقه کم (ذرات روی سطح جاده، سست و یک خاکریز باریک با عمق کمتر از ۵ سانتی‌متر در شانه‌ها یا نواحی کمتر مورد تردد ایجاد شده‌اند)، متوسط (یک خاکریز متوسط با عمق بین ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر در شانه‌ها یا نواحی کمتر مورد تردد ایجاد شده است. مقدار زیادی ذرات ریز به‌طور معمول در سطح جاده پیدا می‌شود) و زیاد (خاکریز بزرگی (با عمق بیشتر از ۱۰ سانتی‌متر) در شانه‌ها یا نواحی کمتر مورد تردد ایجاد شده است)؛ (۴) کرکره‌ای شدن؛ (۵) چاله‌ها (عمق و مساحت)؛ (۶) شیار (عمق و مساحت) و (۷) برای اندازه‌گیری گرد و غبار، اتومبیل با سرعت ۴۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کند و ابر غبار مشاهده می‌شود. غبار با شدت کم (تردد نرمال یک غبار سبکی را که مانع دید ناست را ایجاد می‌کند)، متوسط (تردد نرمال یک ابر به‌نسبت سنگینی که به‌صورت محلی مانع دید است و باعث کاهش سرعت تردد می‌شود را ایجاد

می‌کند) و زیاد (تردد نرمال یک ابر بسیار سنگین تولید می‌کند که به‌شدت دید را کاهش می‌دهد و باعث کاهش سرعت تردد یا ایست اتومبیل‌ها می‌شود) اندازه‌گیری شدند (Eaton et al., 1998; Ghajar et al., 2019). برای بررسی نرمال‌بودن داده‌های کمی از آزمون کولموگرف- اسمیرنوف استفاده شد. برای مقایسه انواع خرابی‌های بررسی‌شده در محل قوس‌ها با قطعات نمونه کناری آن‌ها به‌ترتیب برای داده‌های کمی و کیفی از آزمون‌های آماری t جفتی و ویلکاکسون استفاده شد. همه تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری IBM SPSS var. 22 و همه نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 ترسیم شد.

نتایج

نتایج بررسی مشخصه مقطع عرضی تخریب‌یافته نشان داد که همه قطعات نمونه برداشت‌شده (۳۰ قطعه) در محل قوس‌ها دارای این مشخصه تخریب بودند در حالی‌که ۳/۳ درصد از قطعات نمونه برداشت‌شده در قطعات کناری دارای مقطع عرضی بدون تخریب هستند. همچنین نتایج نشان داد که ۳۶/۷ و ۱۳/۳ درصد از قطعات نمونه برداشت شده به‌ترتیب در محل قوس‌ها و قطعات کناری دچار خسارت شدید شده‌اند (شکل ۳) که این تفاوت از نظر آماری نیز معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی زهکشی تخریب‌یافته نیز حاکی از این مطلب بود که همه قطعات نمونه برداشت‌شده هم در محل قوس‌ها و هم در محل قطعات کناری آن دارای زهکشی تخریب‌یافته بودند به‌طوری که بیشترین مقدار تخریب مربوط به طبقه تخریب کم بوده است؛ در حالی‌که ۴۰ و ۲۶/۷ درصد از قطعات نمونه برداشت شده به‌ترتیب در محل قوس‌ها و قطعات کناری دچار خسارت شدید شده‌اند (شکل ۳). نتایج آزمون ویلکاکسون نیز نشان داد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین مقدار تخریب ناشی از زهکشی تخریب یافته در محل قوس‌ها با قطعات کناری در سطح احتمال ۹۵ درصد وجود دارد (جدول ۱).



شکل ۳- مقایسه نتایج مقطع عرضی و زهکشی تخریب‌یافته در قوس‌ها با قطعات کناری

Figure 3. Comparisons of inappropriate cross section and inadequate roadside drainage values between curves and side plots

جدول ۱- نتایج آزمون ناپارامتری ویلکاکسون برای متغیر مقطع عرضی و زهکشی تخریب‌یافته کنار جاده

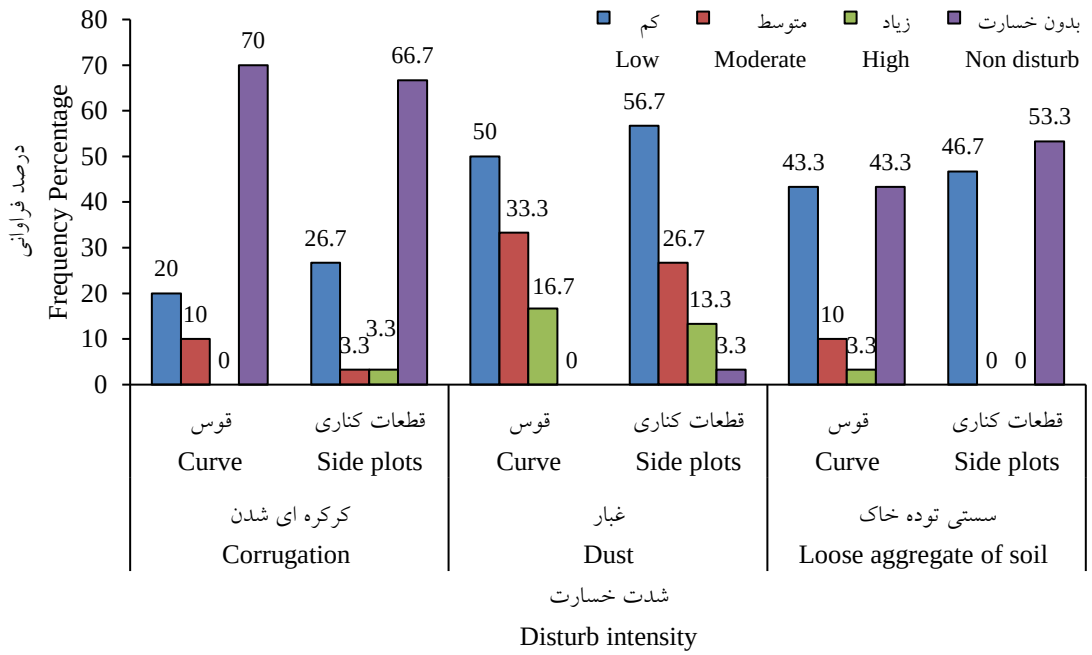
Table 1. Results of Wilcoxon test for cross section and inadequate roadside drainage variables

معنی‌داری Sig.	Z	متغیر Variable
0.018 *	-2.37	مقطع عرضی تخریب یافته improper cross section
0.014 *	-2.46	زهکشی تخریب یافته کنار جاده inadequate roadside drainage

*Significant difference at the 0.05 level

* اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵

بررسی مقدار کرکره‌ای‌شدن جاده‌ها نشان داد که بیشتر قطعات نمونه برداشت شده فاقد این نوع تخریب بوده‌اند به‌طوری که ۷۰ و ۶۶/۷ درصد از قطعات نمونه برداشت‌شده به‌ترتیب در محل قوس‌ها و قطعات کناری بدون تخریب کرکره‌ای بوده‌اند (شکل ۴). ضمن اینکه مقدار تخریب در قطعات کناری (۳۳/۳ درصد) بیشتر از محل قوس‌ها (۳۰ درصد) بود. درحالی‌که نتایج نشان داد مقدار تولید غبار در محل قوس‌ها بیشتر از قطعات کناری بود (شکل ۴). نتایج آزمون آماری اما نشان داد که اختلاف بین مقدار کرکره‌ای شدن و تولید غبار در قطعات کناری با قوس‌ها، معنی‌دار نبوده است (جدول ۲). نتایج بررسی سستی توده خاک نیز نشان داد اختلاف معنی‌داری بین مقدار سستی توده خاک در محل قوس‌ها با قطعات کناری وجود ندارد (شکل ۴ و جدول ۲).



شکل ۴- مقایسه نتایج شدت کرکره‌ای‌شدن، غبار و سستی توده خاک در قوس‌ها با قطعات کناری

Figure 4. Comparisons of corrugation, dust and loose aggregate values between curves and side plots

جدول ۲- نتایج آزمون ناپارامتری ویلکاکسون برای متغیرهای کرکره‌ای‌شدن، غبار و سستی توده خاک

Table 1. Results of Wilcoxon test for corrugation, dust and loose aggregate of soil variables

معنی‌داری Sig.	Z	متغیر Variable
ns 0.942	-0.073	کنگره‌ای شدن corrugation
ns 0.059	-1.89	غبار dust
ns 0.108	-1.60	سستی توده خاک Loose aggregate of soil

ns عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ ns Not significant difference at the 0.05 level

نتایج بررسی عمق و شیارهای ایجاد-شده در محل قوس‌ها و قطعات کناری در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان داد اختلاف معنی‌داری بین عمق و مساحت چاله‌ها و شیارهای ایجاد شده در محل قوس‌ها با قطعات کناری وجود نداشته است.

جدول ۳- شاخص‌های آماری متغیرهای چاله و شیار (عمق و مساحت) در قوس‌ها و قطعات کناری

Table 3. Statistical parameters of potholes and ruts variables (depth and area) in curves and side plots

معنی‌داری Sig.	d.f	t	حداکثر Max.	حداقل Min.	انحراف معیار S.D	میانگین Mean	نمونه Sample	متغیر Variable
0.377 ns	29	0.896	5	0	1.46	1.43	قوس Curve	عمق چاله (cm) Pothole's depth (cm)
			3.5	0	1.31	1.16	قطعه کناری Side plot	
0.636 ns	29	0.478	4	0	1.06	0.796	قوس Curve	مساحت چاله (cm^2) Pothole's area (cm^2)
			3.5	0	1.04	0.690	قطعه کناری Side plot	
0.347 ns	29	0.956	6	0	1.5	2.85	قوس Curve	عمق شیار (cm) Rut depth (cm)
			4	0	1.28	2.49	قطعه کناری Side plot	
0.453 ns	29	0.760	18	0	4.09	4.20	قوس Curve	مساحت شیار (cm^2) Rut area (cm^2)
			11.1	0	2.66	3.62	قطعه کناری Side plot	

ns عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ ns: not significant difference at the 0.05 level

بحث

در این پژوهش مقدار تخریب روسازی جاده‌های جنگلی درجه دو در محل قوس‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج نشان داد در متغیرهای مقطع عرضی و زهکشی تخریب‌یافته اختلاف معنی‌داری میان محل قوس‌ها و قطعات کناری آن وجود داشته است (جدول ۱ و شکل ۲). برخلاف دیگر نتایج این پژوهش، نتایج این دو مشخصه تخریب که حکایت از هم‌راستایی آنان دارد، نشان می‌دهد در محل قوس‌ها مصالح بیشتر از روسازی، از سطح جاده کنده شده و در زهکش‌های

کناری تجمع کرده‌اند. Hosseini et al. (2012) و Lotfalian et al. (2013) بیان کردند که کیفیت روسازی جاده و متعاقب آن کیفیت زهکشی از عوامل مؤثر بر مقدار تولید رسوب توسط جاده‌های جنگلی است. نتایج این پژوهش نشان داد همه قطعات نمونه برداشت‌شده در محل قوس دارای زهکشی تخریب‌یافته بوده‌اند و تخریب مقطع عرضی روسازی موجبات تغییر مشخصات هندسی جوی‌های کناری و حتی از بین رفتن آن‌ها شده است؛ به‌طوری که Parsakhoo et al. (2009) بیان می‌کنند که عبور ماشین‌آلات سنگین بهره‌برداری سبب تغییر شکل ترانشه‌های خاکبرداری و خاکریزی می‌شود. از طرفی دیگر، اصطکاک چرخ کامیون‌های حمل‌ونقل چوب‌آلات با سطح راه در مناطق پرشیب‌تر زوال روسازی را بیشتر می‌کند (Jafari et al., 2015). همچنین در جاده‌هایی با شیب‌های نزدیک به صفر، چاله‌ها ایجاد می‌شوند که به‌علت جمع‌شدن آب روی سطح روسازی، نامناسب بودن زهکش عرضی، خارج شدن تاج از شکل اصلی و دیگر عامل‌ها روی روسازی است (Ouma et al., 2015). با توجه به شیب ملایم در بیشتر قطعات نمونه روی قوس‌ها در پژوهش حاضر، اثر شیب روی این مشخصه‌های تخریب منتفی است. مقایسه وضعیت روسازی با جاده‌های حوزه کلیبرچای منطقه ارسباران که موضوع پژوهش Talebi et al. (2015) بوده است، نشان داد که حدود ۲۵/۱۹ درصد مسیر جاده‌ها بدون اشکالات روسازی بوده‌اند درحالی‌که در پژوهش حاضر همه قطعات نمونه برداشت‌شده در محل قوس‌ها و انشعاب‌ها دارای اشکالات روسازی (مقطع عرضی و زهکشی تخریب‌یافته) بوده‌اند.

در این پژوهش با اینکه انتظار بر این است که به‌دلیل اینکه نمونه‌های کناری در پایین‌دست نمونه‌های روی قوس برداشت شده‌اند شدت کرکره‌ای‌شدن در محل قوس‌ها بیشتر از نمونه کناری باشد، اما چنین نبوده است. طبق نتایج، شدت کرکره‌ای شدن در قطعات کناری از قوس‌ها بیشتر بوده است هرچند اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. دلیل این امر احتمالا آن است که چون شیب طولی مسیر در بیشتر قوس‌ها کمتر از پنج درصد بوده و شعاع بیشتر قوس‌ها بیش از ۱۶ متر بوده است، در حرکت رو به پایین کاهش سرعت چندانی در اثر ترمز ماشین‌آلات در محل قوس‌ها اتفاق نیفتاده و به‌تبع آن کرکره‌ای شدن سطح روسازی اتفاق نیفتاده است و در حرکت رو به بالا بیشترین تلاش برای افزایش سرعت قبل از رسیدن به محل قوس موجب کرکره‌ای‌شدن بیشتر قطعات نمونه کناری شده است. Ghajar et al. (2019) در پژوهشی در جنگل‌های حوزه چفرود نشان دادند که بین قطعات نمونه برداشت شده در محل‌های سایه و غیرسایه اختلاف معنی‌داری در کرکره‌ای‌شدن قطعات وجود نداشته است. گردوغبار در اثر ضربات چرخ‌ها و لق کردن ذرات و سپس ایجاد حالت مکش در عبور چرخ (بلندشدن ذرات) به‌وجود می‌آید. این امر به‌نسبت خشکی خاک و تراکم ترافیک، ابعاد وسیع‌تری پیدا می‌کند و بافت خاک را از نظر دانه‌بندی و استحکام به‌هم می‌زند. Ghajar et al. (2019) در جنگل‌های حوزه ۱۰ چفرود نشان دادند که دلیل تولید غبار بیشتر در بخش غیرسایه می‌تواند خشک شدن سریع‌تر سطح جاده در این بخش باشد که از طرفی شرایط را برای تولید غبار بیشتر فراهم می‌کند و از طرف دیگر فرصت لازم برای به‌هم‌خوردگی سطح روسازی، تولید شیار یا حرکت ذرات به طرفین جاده را باقی نمی‌گذارد. در این پژوهش نیز مقدار و شدت زیاد تولید غبار در محل قوس‌ها بیشتر از قطعات کناری بود که از دلایل آن می‌توان به متفاوت بودن زاویه چرخ ماشین در محل‌قوس‌ها و قطعات کناری که موجب گسستگی خاک در محل قوس‌ها و جدا شدن ذرات ریزتر می‌شود، اشاره کرد.

بررسی چاله‌ها و شیارهای ایجاد شده (عمق و مساحت) نشان‌دهنده تخریب بیشتر در محل قوس‌ها نسبت به قطعات کناری بود (جدول ۳). رد چرخ تأثیر منفی روی خواص هیدرولیکی (هدایت صحیح آب‌های جاری) بستر جاده، افزایش فشردگی و کاهش نفوذپذیری دارد و جریان یافتن آب در مسیرهای رد چرخ باعث افزایش شیارشدگی و زوال روسازی می‌شود. با گذشت زمان و به‌ویژه طی تردد کامیون‌های حمل چوب و ماشین‌آلات سنگین بهره‌برداری و حمل‌ونقل، شیارهای کم‌عمق، عمیق می‌شوند که باعث افزایش شیارشدگی و حضور بیرون‌زدگی سنگی مصالح کوهی و یا مخلوط می‌شود (Shoop et al., 2006). در مناطق کم شیب جاده (شیب های کمتر از سه درصد) برخورد قطرات باران به سطح روسازی موجب از هم‌پاشیدگی ذرات خاک شده که چاله‌ها را در سطح جاده ایجاد می‌کند. چاله‌های مسیر راه، آب داخل چاله و موادی که به داخل چاله ریخته می‌شوند را وارد ساختمان روسازی جاده کرده و موجب زوال روسازی جاده می‌شوند. Nasiri et al. (2012) با بررسی نقش عملیات خروج چوب‌آلات در توسعه شیارشدگی روسازی جاده‌های جنگلی نشان دادند که تفاوت معنی‌داری در توسعه شیارها، قبل و بعد از عملیات خروج چوب‌آلات وجود دارد. Heidari et al. (2017) نیز بیان کردند که مناسب‌ترین سطح هشدار خرابی بیرون‌زدگی برابر ۵ سانتی‌متر و برای شیارشدگی ۱۰ سانتی‌متر بود درحالی‌که در این پژوهش حداکثر عمق شیار در محل قوس‌ها و انشعاب‌ها به‌ترتیب برابر ۶ و ۵ سانتی‌متر به‌دست آمد که این نتایج نشان می‌دهد اقدامات مدیریتی در راستای کاهش اثرهای خسارت روسازی می‌بایست اعمال شود و گرنه در آینده‌ای نزدیک باعث خسارات جبران‌ناپذیری به سطح روسازی جاده‌های جنگلی خواهد شد. نتایج بررسی سستی توده خاک نیز نشان داد که سستی توده خاک در محل قوس‌ها (۵۶/۷ درصد) بیشتر از قطعات کناری (۴۶/۷ درصد) است (شکل ۴) ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵). Ghajar et al. (2019) نیز در جنگل‌های حوزه ۱۰ چفرود نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سستی دانه‌بندی خاک در قطعات نمونه برداشت‌شده در سایه و غیرسایه در سه شدت ترافیک کم، متوسط و زیاد وجود نداشته است. لازم به ذکر است که آخرین عملیات مرمت جاده در محورهای مورد بررسی در سال ۱۳۹۳ و ارزیابی و نمونه‌برداری از شاخص‌های تخریب در این پژوهش در سال ۱۳۹۷ انجام شده است، غیر از شاخص‌های مقطع عرضی و زهکشی تخریب‌یافته در بقیه موارد اختلاف معنی‌داری میان قطعات نمونه روی قوس‌ها و قطعات متناظر کناری آن‌ها مشاهده نشده است. متغیر زمان عاملی است که تفاوت میان تیمارهای مختلف در چنین پژوهش‌هایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده تصور می‌شود با گذشت زمان بیشتر از آخرین عملیات مرمت جاده این تفاوت‌ها بیشتر نمایان خواهند شد.

استفاده از شاخص‌های تخریب روسازی به‌منظور ارزیابی وضعیت روسازی جاده‌های جنگلی سبب می‌شود که همواره وضعیت جاده تحت کنترل باشد و برنامه‌ریزی بر مبنای آن آسان‌تر از بررسی‌های سنتی جاده‌های جنگلی باشد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار تخریب روسازی جاده‌های جنگلی درجه دو در محل قوس‌ها بیشتر از قطعات نمونه کناری (به‌استثنای تخریب ناشی از کرکره‌ای شدن) بود. با توجه به اینکه در اثر اجرای طرح تنفس جنگل‌های شمال کشور فرآیند تعمیر و نگهداری جاده‌های جنگلی انجام نمی‌شود و از آنجایی که روسازی جاده‌ها، به‌عنوان سرمایه‌های عظیم در مدیریت جنگل محسوب می‌شوند، پیشنهاد می‌شود که از شاخص‌های ارزیابی وضعیت

جاده‌های جنگلی مانند شاخص PCI استفاده شود. همچنین بررسی تفاوت در هزینه‌های عملی تعمیر و نگهداری روسازی در محل قوس‌ها و قطعات کناری آن نیز می‌تواند در پژوهش‌های آینده مورد توجه قرار گیرند.

References

Deljooei, A.; Abdi, E.; Hasanvand, M.; Sadeghi, S. M. M.; Kaybondori, S., Zone effect of secondary forest roads on flora, life forms, and chorology of plants. *Journal of Forest Research and Development* **2017,** *3* (1), 77-89.

Eaton, R.; Gerard, S.; Dattilo, R., A method for rating unsurfaced roads. *Northern Engineer* **1988**, 30.

Ghajar, I.; Pouremam, A.; Naghdi, R.; Nikooy, M., Shade trees effects on some forest road pavement destruction indexes. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2019,** *27* (1), 77-89.

Grigolato, S.; Pellegrini, M.; Cavalli, R., Temporal analysis of the traffic loads on forest road networks. *iForest-Biogeosciences and Forestry* **2013,** *6* (5), 255- 261.

Heidari, M.; Najafi, A.; Alavi, S., Detecting the warning level of forest roads pavement using the genetic algorithm. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017,** *24* (4), 577-587.

Hosseini, S. A.; Omidvar, E.; Naghavi, H.; Parsakhoo, A., Estimation of Sediment Yield from Forest Roads Using SEDMODL. *Wood & Forest Science and Technology* **2012**, 19 (1), 23-42. (In Persian)

Jaafari, A.; Najafi, A.; Rezaeian, J.; Sattarian, A.; Ghajar, I., Planning road networks in landslide-prone areas: A case study from the northern forests of Iran. *Land Use Policy* **2015,** *47*, 198-208.

Johnson, D.; DeBruycker, J.; Grabow, K., Paving to the Center of the Earth: Asphalt Adds Safety and Efficiency to Hard Rock Mine. *Asphalt* **2014,** *29* (2), 7-12.

Lotfalian, M.; Parsakhoo, A.; Kavian, A.; Hosseini, S. A., Runoff and sediment concentration of different parts of a road in Hyrcanian forests. *Forest Science and Practice* **2013,** *15* (2), 144-151.

Lotfalian, M.; Savadkoohi, A.; Parsakhoo, A.; Karamirad, S., Effects of CBR+ nano materials on mechanical resistance and chemical characteristics of forest roads runoff. *Journal of Forest Research and Development* **2018,** *4* (3), 289-301.

Naghdi, R.; Solgi, A.; Zenner, E.; Tsioras, P., Effect of skid trail curvature on residual tree damage. *Australian Forestry* **2019,** *82* (1), 1-8.

Nasiri, M.; Hosseini, S. A.; Tafazoli, M.; Sohrab, M., The Role of Logging Operation on Rut Development in Hyrcanian Forest Roads. *Journal of Applied Biological Sciences* **2012**, 6 (3), 7-11. (In Persian)

Niu, J. In *Research on Rural Highway Maintenance Management Assessment Methods Based on ANN*, 2013 Sixth International Symposium on Computational Intelligence and Design, IEEE: 2013; pp 209-212.

Ouma, Y. O.; Opudo, J.; Nyambenya, S., Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS for road pavement maintenance prioritization: methodological exposition and case study. *Advances in Civil Engineering* **2015,** *2015*.

Parsakhoo, A.; Hosseini, S. A.; Lotfalian, M.; Jalilvand, H., Soil loss and displacement by heavy equipment in forest road subgrading projects. *International Journal of Sediment Research* **2009,** *24* (2), 227-235.

Parsakhoo, A.; Hosseini, S. A., Horizontal curve standards and its relation to damages on secondary forest roads in Lolet-Sari. *Road & Building Monthly* **2013**, 8 (75), 22-30. (In Persian)

Pouremam, A., Investigation of some pavement destruction indexes in various parts of forest road. MSc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, 2018, 66p. (In Persian)

Salmalian, M.; Mousavi, S. R.; Erfanian, M.; Hosseinzadeh, O., Prioritization of the influencing factors in the designing forest roads (Case study: Lakobon forest, Abbas-abad, North of Iran). **2016,** 1 (4), 337-349. (In Persian)

Shoop, S.; Haehnel, R.; Janoo, V.; Harjes, D.; Liston, R., Seasonal deterioration of unsurfaced roads. *Journal of geotechnical*

and geoenvironmental engineering **2006,** *132* (7), 852-860.

Solgi, A.; Najafi, A.; Sam Daliri, H., Assessment of crawler tractor effects on soil surface properties. *Caspian Journal of Environmental Sciences* **2013,** *11* (2), 185-194.

Talebi, M.; Majnounian, B.; Abdi, E.; ELAHIAN, M. R., Evaluation the Maintenance Situation of Road in Arasbaran Region. *Journal of Forest and Wood Product* **2015**, 68 (3), 591-613. (In Persian)

Visser, R.; McGregor, R.; Fairbrother, S., Forest Road Pavement Design in New Zealand. In: 32nd Annual Meeting of the Council on Forest Engineering (COFE 09). University of Canterbury. School of Forestry, USA, **2009**, pp 15-18.

Evaluation of pavement distress on forest road curves (Case study: Shanderman watershed)

P. Ghavidel[1], R. Naghdi[*2], E. Ghajar[3] and M. Mirzaei[4]

1- MSc of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (ghavidelpouran@msc.guilan.ac.ir)
2- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (naghdir@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (i.ghajar@yahoo.in)
4- PhD of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (mehrdadmirzaei28@gmail.com)

Received: 21.07.2020 Accepted: 29.12.2020

Abstract

This study aimed to evaluate of unsurfaced forest road distresses on the existing curves. Numbers of 30 selective plots on the center of curves were measured. A paired sample plot beside of each curve was measured. In each plot, seven indices of unsurfaced road distress including improper cross section, inadequate roadside drainage, corrugation, dust, potholes, ruts and loose aggregate of soil were measured. Paired samples t-test and Wilcoxon test were used to analysis of data. Result showed that there were improper cross section and dust distresses factors in all plots on the curves, while 3.3 % of paired plots had none of these distresses. Also, distress intensity causing by improper cross section and inadequate roadside drainage factors were more in the curves than to paired plots and significant difference between the curves and paired plots was observed. The results of corrugation indicated that 70 and 66.7 % of sampled plots in the curves points and side plots lacked this type of distress, respectively. Results showed that the depth and area of potholes and ruts, and loose of soil aggregate in the curves points were greater than the paired plots but there was no significant difference between the curves and paired plots. Results of this study shows importance of regular maintenance activities and application of evaluation indices at the network level of pavement.

Keywords: Pavement distress, Repair and maintenance, Road construction, Hyrcanian forests.

[*] Corresponding author Tel: +989111380108

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۲۷۸-۲۶۳، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121027
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.7.0

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر خصوصیات خاک در خشکیدگی درختان بلوط (*Quercus brantii* Lindi.) و بررسی پاسخ‌های اکوفیزیولوژیک این گونه به درجات مختلف خشکیدگی (پژوهش موردی: منطقهٔ دادآباد در استان لرستان)

زهرا عظیم‌نژاد[۱]، ضیاءالدین بادەیان*[۲]، عبدالحسین رضایی‌نژاد[۳] و شهرام احمدی[۴]

۱- دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (azimnejadzahra@yahoo.com)
۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (badehian.z@lu.ac.ir)
۳- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (rezaeinejad.hossein@gmail.com)
۴- دکتری جنگلداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان فارس، شیراز، ایران. (shahmadi110@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۰۶

چکیده

برای بررسی ارتباط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و همچنین ویژگی‌های فیزیولوژیکی درختان بلوط در ارتباط با پدیده خشکیدگی، تعداد ۳۰ قطعه‌نمونه مربعی به روش منظم تصادفی به مساحت ۲۵۰۰ مترمربع و با استفاده از شبکه‌ای به ابعاد ۲۰۰×۲۰۰ مترمربع انتخاب شدند. درصد خشکیدگی در هر قطعه‌نمونه محاسبه و نمونه‌برداری از خاک و برگ درختان بلوط انجام شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت، هدایت الکتریکی، اسیدیته، وزن مخصوص ظاهری، درصد تخلخل، کربن و مواد آلی و غلظت عناصر Ca، Mg، N، P، K و Na اندازه‌گیری شدند. آنزیم‌های پراکسیداز، کاتالاز، آسکوربات‌پراکسیداز، مالون‌دی‌آلدهید، اسیدآمینه پرولین، کلروفیل a و b، کلروفیل کل، رنگدانه کاروتنوئید و غلظت عناصر Ca، Mg، N، P، K و Na در برگ درختان نیز سنجش شد. مقایسه میانگین متغیرهای مورد بررسی نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی تنها از نظر نیتروژن برگ اختلاف معناداری وجود دارد. به‌طورکلی نتایج این پژوهش نشان داد که در منطقه مورد بررسی، ویژگی‌های خاک ارتباط معناداری با خشکیدگی نداشته است. از طرفی قابلیت‌های فیزیولوژیکی درختان نمی‌تواند به‌تنهایی پاسخگوی درجات خشکیدگی‌های متفاوت آن‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: زوال، خصوصیات خاک، صفات فیزیولوژیکی، عناصر غذایی.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۷۷۳۰۳۹۷۷

مقدمه

جنگل‌های زاگرس یکی از گسترده‌ترین رویشگاه‌های گیاهی و دومین اکوسیستم مهم جنگلی ایران هستند. در این منطقه سه گونه اصلی و مهم بلوط، شامل *Quercus brantii* Lindl.، *Q. infectoria* Oliv. و *Q. libani* Oliv. وجود دارد. گونه بلوط ایرانی (*Q. brantii*) وسیع‌ترین پراکنش را در بین گونه‌های بلوط در حوضه رویشی زاگرس دارا است (Jazireii and Ebrahimi Rastaghi, 2003). جنگل‌های بلوط این ناحیه رویشی که به‌طور عمده شاخه‌زاد هستند، سالیان متمادی است که یک سیر قهقرایی را طی می‌کنند. برداشت غیراصولی از این جنگل‌ها و نداشتن شیوه مدیریتی متناسب با آن‌ها و نیز فشارهای انسانی و مشکلات خاص منطقه‌ای مانند آتش‌سوزی، خشکیدگی و سوسک‌های چوب‌خوار، سبب تخریب روزافزون این جنگل‌ها شده است (Marvi Mohadjer, 2014). جنگل‌های بلوط زاگرس طی چند سال اخیر دچار پدیده خشکیدگی و مرگ شده‌اند. این پدیده در بسیاری از جنگل‌های دنیا به‌ویژه جنگل‌های معتدله و مدیترانه‌ای به‌دنبال تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی‌های شدید ناشی از آن، رخ داده است (Linares *et al*., 2009; Guarin and Taylor, 2005). در خصوص دلایل زوال درختان می‌توان به پنج نظریهٔ رایج اشاره کرد: ۱- نظریهٔ تنش‌های محیطی و ارگانیسم‌های ثانویه (درختان تحت تأثیر تنش‌های محیطی ضعیف شده و مورد حمله ارگانیسم‌های ثانویه قرار می‌گیرند)، ۲- نظریهٔ تغییر اقلیم (مرگ گروهی و یک‌شکل و همگن‌بودن صدمه در بین چند گونه ناشی از تغییر اقلیم)، ۳- نظریهٔ اکولوژیکی (مرگ درختان طی روند طبیعی توالی)، ۴- نظریهٔ آلودگی هوا (افزایش نیتروژن، دی‌اکسیدکربن، باران‌های اسیدی و گردوغبار، علاوه بر اثرهای مستقیم بر شادابی گیاهان، می‌توانند به‌عنوان عوامل شروع‌کننده زوال اکوسیستم شناخته شوند) و ۵- نظریهٔ عوامل مستعدکننده، شروع‌کننده و مشارکت‌کننده (اثرهای متقابل مجموعه‌ای از عوامل زنده و غیرزنده) (Brasier and Scott, 1994). در تشریح نظریهٔ ۵ می‌توان بیان کرد که سه عامل سبب خسارت به جنگل می‌شود: ۱) عوامل زنده ۲) عوامل غیرزنده ۳) زوال. بر خلاف دو مورد اول که با عوامل مبنی بر علت سروکار دارد، زوال با فعل و انفعالات یک‌سری از عامل‌هایی که درختان در طولانی‌مدت در معرض آن‌ها قرار می‌گیرند ارتباط دارد و این عامل‌ها علاوه بر اینکه زمینه را فراهم می‌کنند، در زوال نیز به‌طور مستقیم اثر دارند (Manion, 1981). عوامل مستعدکننده مانند پتانسیل اکولوژیکی، شرایط رویشگاه، اقلیم و آلودگی هوا می‌تواند جنگل را بی‌ثبات کند. عامل‌های تحریک‌کننده مانند حشرات، قارچ‌ها، یخبندان و خشکی ممکن است سبب نابودی یک بوم‌سازگان بی‌ثبات و خسارت قابل‌توجه شود (Larsen, 1995). در شرایط خشکسالی، کمبود رطوبت خاک به مرور افزایش یافته و به حدی می‌رسد که نبود آن اختلالات فیزیولوژیکی را در درختان ایجاد کرده و به بافت‌ها و اندام‌های آن‌ها آسیب می‌رساند (McDowell et al., 2008). از طرفی روابط آبی تمام فرآیندهای فیزیولوژیک را که با حلالیت و قابل‌دسترس‌بودن عناصر غذایی ارتباط دارند، تحت تأثیر قرار می‌دهد (Alam, 1999). ارتباط خشکیدگی گونه‌های درختی با خصوصیات خاک و ویژگی‌های اکوفیزیولوژیکی درختان در پژوهش‌های متعددی بررسی شده است. Parvaneh et al. (2016) نشان دادند که مرگ‌ومیر درختی در خاک‌های با مواد آلی و نیتروژن کمتر، بیشتر روی داده است. Jahanbazi Goujani et al. (2016) نیز نشان دادند که مقدار

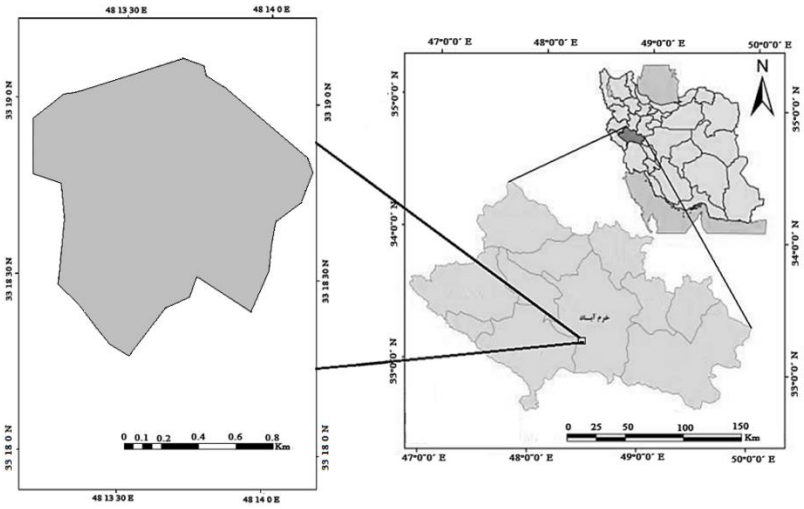
جذب عناصر کلسیم، پتاسیم، نیتروژن، منگنز، منیزیم، آهن، روی و مس در برگ درختان سالم توت بیشتر از برگ درختان ناسالم بود، ولی مقدار سدیم و کلر در برگ درختان ناسالم بیشتر از برگ درختان سالم اندازه‌گیری شد. Rozas and Sampedro (2013) در بررسی ارتباط بین خشکیدگی بلوط و ویژگی‌های شیمیایی خاک مشاهده کردند که غلظت عناصر سدیم، منیزیم، کلسیم و نیتروژن در اطراف درختان خشکیده کمتر از اطراف درختان سالم و غلظت فسفر در اطراف درختان خشکیده کمتر از درختان در حال زوال بود. Rahmani et al. (2009) با تجزیهٔ برگ درختان به‌نسبت سالم و درختانی که بیشتر دچار عارضه خشکیدگی‌شده بودند، نشان دادند که درختان سالم‌تر، نیتروژن و پتاسیم بیشتری در برگ خود دارند. Liu et al. (1997) با بررسی وضعیت فیزیولوژیکی دو تودهٔ سالم و دچار خشکیدگی افرا قندی (*Acer saccharum*) گزارش کردند که نرخ فتوسنتز در درختان تودهٔ دچار خشکیدگی کمتر است.

اگر چه پژوهش‌های متعددی نیاز است تا عامل‌های مؤثر بر زوال شناسایی شوند، بااین‌حال در این تحقیق به بررسی برخی از عوامل احتمالی مؤثر در وقوع این پدیده پرداخته شد. در این پژوهش اهمیت برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در خشکیدگی درختان بلوط مورد بررسی قرار گرفت، همچنین بررسی پاسخ‌های اکوفیزیولوژیک درختان بلوط نیز برای شناخت اندازه حساسیت و درجه سازگاری آن‌ها به تغییرات رخ داده، انجام شد. در آخر با تجزیه شاخ و برگ درختان بلوط در درجات مختلف خشکیدگی و مقایسهٔ آن‌ها، وضعیت تغذیهٔ درختان زوال‌یافته و علل ضعف و خشکیدگی آن‌ها بررسی شد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد پژوهش

منطقهٔ پژوهش، منطقهٔ دادآباد با مساحت کلی ۱۲۵۷ هکتار است که در حدود ۱۵ کیلومتری جنوب خرم‌آباد، در استان لرستان و در محدوده ″۲۷ ′۱۸ °۳۳ الی ″۰۵ ′۱۹ °۳۳ عرض شمالی تا ″۲۵ ′۱۳ °۴۸ تا ″۱۴′۰۷ °۴۸ طول شرقی واقع شده است. کمینه و بیشینه ارتفاع منطقه به‌ترتیب ۱۴۵۲ و ۱۷۸۰ متر از سطح دریا است (شکل ۱).

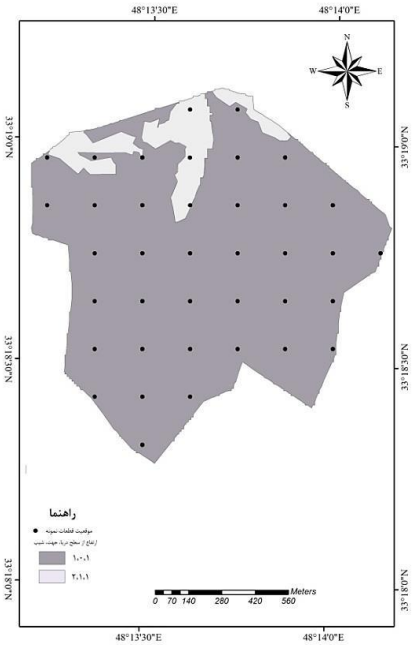


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد پژوهش در استان لرستان

Figure 1. The geographical location of study area in Lorestan province

تهیهٔ نقشه‌های مورد نیاز

بخشی از منطقهٔ مورد بررسی (به وسعت ۱۴۷ هکتار) که درختان بلوط آن ناحیه دچار خشکیدگی و زوال شده بودند، انتخاب شد. جداسازی واحدهای تحقیق با درنظرگرفتن اجزای توپوگرافی انجام شد. با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS 10.3) لایه‌های شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقهٔ مورد پژوهش استخراج شد. با توجه به شکل ۲، واحد همگن با کد یک دارای شیب صفر تا ۱۰درصد، بدون جهت و ارتفاع ۱۶۵۸ تا ۱۷۶۱ و واحد همگن با کد دو دارای شیب بیش از ۱۰ درصد، جهت شمالی و ارتفاع ۱۶۵۸ تا ۱۷۶۱ است (شکل ۲).



شکل ۲- نقشهٔ واحد اراضی و موقعیت قطعات‌نمونهٔ منطقهٔ مورد پژوهش

Figure 2. Land units map and sampling plot of study area

پیاده کردن قطعات نمونه و نمونه‌برداری

برای نمونه‌برداری از روش منظم با نقطه شروع تصادفی (منظم-تصادفی) استفاده شد (Zobeiri, 2009). بدین منظور شبکه‌ای به ابعاد ۲۰۰×۲۰۰ متر با قطعات نمونه مربعی‌شکل به مساحت ۲۵۰۰ مترمربع (۵۰×۵۰ متر) درنظر گرفته شد. مجموعاً تعداد ۳۰ قطعه‌نمونه برداشت شد. برای نمونه‌برداری از خاک و برای به حداقل رساندن خطا، در هر قطعه‌نمونه، سه نمونه به‌صورت تصادفی برداشت شد. نمونه‌ها از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و سپس با هم مخلوط شدند و در نهایت از هر قطعه‌نمونه یک نمونه خاک به‌عنوان معرف خاک قطعه‌نمونه برداشت شد (Maranon et al., 1999). در مجموع ۳۰ نمونه خاک جمع‌آوری شد. همچنین در هر قطعه‌نمونه سه درخت بلوط (*Quercus brantii* Lindi.) به‌صورت تصادفی انتخاب و از یک‌سوم قسمت بالای تاج درختان، شاخه‌هایی در چهار جهت جغرافیایی انتخاب و از آن‌ها نمونه برگ برداشت شد (Attwill and Adams, 1996). نمونه‌برداری، از برگ‌های کامل که به بیشترین حد رشد خود رسیده بودند و ذخیرهٔ عناصر غذایی آن‌ها

نسبت به برگ‌های کوچک و متوسط بیشتر بود، انجام شد. با توجه به تعداد سه تکرار در هر قطعه‌نمونه، تعداد ۹۰ نمونه برگ برداشت شد. برای ارزیابی خشکیدگی درختان بلوط در هر قطعه‌نمونه از روش مورد استفاده در دستورالعمل شماره ۱۶۹۶/۸۷ اتحادیهٔ اروپا (EC and UN/ECE, 2000) استفاده شد. در این دستورالعمل برگ‌ریزی درختان در پنج دستهٔ کمتر از ۱۰، بین ۱۰ تا ۲۵، بیشتر از ۲۵ و کمتر از ۶۰، بین ۶۰ و ۹۹ و ۱۰۰ درصد طبقه‌بندی شده است (طبقه ۱۰۰ درصد، درختان کاملاً خشکیده هستند). در آخر میانگین خشکیدگی درختان بلوط با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Klobucar and Pernar, 2012).

$$MD\% = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i}$$ رابطهٔ (۱)

که در آن F_i: فراوانی درختان در طبقه خشکیدگی و X_i: مرکز طبقه در طبقه خشکیدگی I است.

برای اندازه‌گیری عناصر برگ، نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، بلافاصله با آب مقطر شسته و برای خشک‌شدن در پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده خاک پس از خشک‌شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتری (Gee and Bauder, 1986)، وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه (Blake and Hartge, 1986)، تخلخل با استفاده از رابطه وزن مخصوص ظاهری و حقیقی (Danielson and Sutherland, 1986)، اسیدیته در گل اشباع (Mclean, 1983)، EC در عصاره اشباع (Rhoades, 1982)، فسفر قابل‌جذب خاک به روش اولسن (Olsen and Sommers, 1982) و فسفر موجود در عصاره به روش رنگ‌سنجی با دستگاه اسپکتروفتومتر (Murphy and Riley, 1962)، نیتروژن کل با استفاده از روش کجلدال (Westeman, 1990)، کلسیم و منیزیم محلول خاک به روش کمپلکسومتری (Lanyon and Heald, 1982)، پتاسیم قابل‌دسترس و سدیم محلول خاک به روش فلیم‌فتومتری (Knudsen et al., 1983) و کربن و مواد آلی نیز به روش سرد و بر مبنای اکسیداسیون کربن آلی به کمک بیکربنات‌پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در محیط کاملاً اسیدی (H_2SO_4) اندازه‌گیری شدند (Allison, 1965). برای عصاره‌گیری و تجزیهٔ نمونه‌های برگ نیز از روش سوزاندن خشک و سپس انحلال در اسیدنیتریک استفاده شد (Benton and Case, 1990). غلظت عناصر مورد نظر در عصاره توسط دستگاه جذب اتمی در طول موج خاص هر عنصر اندازه‌گیری شد. همچنین برای بررسی ویژگی‌های فیزیولوژیکی، برگ‌های درختان پس از نمونه‌برداری بلافاصله در ازت مایع منجمد و سپس به یخچال ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. سنجش مقدار کلروفیل‌ها و کاروتنوئید با روش Lichtenthaler (1987)، آنزیم کاتالاز با روش Chance and Maehly (1995)، آنزیم پراکسیداز با روش MacAdam et al. (1992)، آسکوربات‌پراکسیداز طبق روش Nakano and Asada (1981)، پرولین با استفاده از روش Bates et al. (1973) و سنجش مقدار پراکسیداسیون لیپیدهای غشا با روش Buge and Aust (1978) انجام شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

برای تجزیه و تحلیل داده‌های آماری از نرم‌افزار SAS Ver. 2.4 استفاده شد. بررسی نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف‌اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون انجام شد. برای مقایسهٔ میانگین متغیرها در طبقات مختلف خشکیدگی از تجزیه واریانس یک‌طرفه برای متغیرهای نرمال و از آزمون کروسکال‌والیس برای داده‌های غیرنرمال استفاده شد.

نتایج

شکل ۳ نمودار فراوانی درختان بلوط را در طبقات مختلف خشکیدگی نشان می‌دهد. تعداد ۴۰۲ اصله درخت بلوط در قطعات‌نمونهٔ مورد بررسی قرار گرفت که ۱۶۹ پایهٔ درختی آن دارای خشکیدگی کمتر از ۱۰ درصد بودند. تنها یک پایه درختی با خشکیدگی ۱۰۰ درصد یا کاملاً خشکیده مشاهده شد. به‌طور کلی بیشترین فراوانی درختان از نظر خشکیدگی مربوط به طبقات یک و دو خشکیدگی (کمتر از ۱۰ درصد و بین ۱۰ تا ۲۵ درصد) بود. در منطقهٔ مورد بررسی درخت کاملاً سالم مشاهده نشد که نشان‌دهندهٔ گسترش خشکیدگی در منطقه بود.

شکل ۳- فراوانی مطلق درختان بلوط در طبقات مختلف خشکیدگی در منطقهٔ دادآباد

Figure 3. The absolute frequency of oak trees in decline classes

برای حذف اثرهای شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا بر تفاوت متغیرها و بررسی مستقیم اثرهای خشکیدگی، واحدهای همگن منطقه تهیه شد. بر مبنای این سه عامل دو واحد همگن ایجاد شد. سپس دو واحد همگن از نظر خشکیدگی و کلیه متغیرها مورد مقایسه قرار گرفتند. با توجه به نبودن اختلاف معنی‌دار در خشکیدگی و نیز متغیرهای مورد بررسی بین واحدهای همگن تعیین‌شده و همچنین عدم معنی‌داری اثر فیزیوگرافی بر این متغیرها، مقایسات با درنظر گرفتن طبقات خشکیدگی و در کل منطقه انجام شد. بدین منظور درصد خشکیدگی در طبقات صفر تا ۱۰ درصد، ۱۰ تا ۲۵ درصد و بیش از ۲۵ درصد قرار گرفت. نتایج بررسی تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه و آزمون کروسکال‌والیس نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی در منطقه دادآباد از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در سطح پنج درصد اختلاف معناداری وجود ندارد. با وجود عدم اختلاف معنی‌دار متغیرهای خاک، وزن مخصوص ظاهری و درصد رس همسویی با افزایش طبقات خشکیدگی داشته، در حالی‌که تخلخل و درصد شن، وضعیتی معکوس با طبقات خشکیدگی داشتند. نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد اندازه‌گیری خاک در طبقات مختلف خشکیدگی معنی‌دار نبودند، اما غلظت نیتروژن خاک در طبقات خشکیدگی بالاتر بیشتر بود (جدول‌های ۱و ۲).

جدول ۱- تجزیهٔ واریانس برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طبقات خشکیدگی

Table 1. Analysis of variance for some soil physical and chemical properties in decline classes

متغیرها Variables	تجزیهٔ واریانس Analysis of variance		طبقات خشکیدگی Decline classes					
	F	Sig معنی‌داری	0-10%		10-25%		>25%	
			میانگین Mean	اشتباه معیار SE	میانگین Mean	اشتباه معیار SE	میانگین Mean	اشتباه معیار SE
وزن مخصوص ظاهری (gr/cm3) Bulk density (gr/cm3)	0.87	0.432	1.45	0.065	1.59	0.069	1.69	0.063
خلل و فرج (درصد) Porosity (%)	0.87	0.432	45.05	2.46	39.97	2.68	33.7	2.46
سیلت (درصد) Silt (%)	0.02	0.976	38.9	3.58	39.73	1.81	43.7	2.56
رس (درصد) Clay (%)	0.53	0.596	24.3	4.55	27.84	1.81	28.58	2.51
اسیدیتی pH	1.62	0.216	7.59	0.08	7.33	0.10	7.55	0.10
مواد آلی (درصد) Organic Matter (%)	2.80	0.078	3.37	0.29	4.75	0.39	4.98	0.35
کربن آلی (درصد) OC (%)	2.80	0.078	1.95	0.17	2.75	0.22	2.88	0.20
نیتروژن (درصد) N (%)	2.80	0.078	0.16	0.013	0.23	0.018	0.24	0.015
پتاسیم (mg/kg) K (mg/kg)	0.66	0.525	619.68	46.85	561.48	37.24	532.47	46.92

جدول ۲- آزمون کروسکال‌والیس برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طبقات خشکیدگی

Table 2. Kruskal-Wallis H test results for some soil physical and chemical properties in decline classes

متغیرها Variables	میانگین رتبه‌ها Mean Score			درجه آزادی df	مربع کای Chi-square	معنی‌داری Sig
	0-10%	10-25%	>25%			
بافت Texture	11.9	16.07	16.45	2	1.38	0.499
شن (درصد) Sand (%)	17.2	15.89	14.22	2	0.444	0.800
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) EC (µSiemens/cm)	13.6	18.5	12.54	2	3.09	0.212
فسفر (mg/kg) P (mg/kg)	14.8	18.10	12.5	2	2.537	0.281
کلسیم (mg/kg) Ca (mg/kg)	21	12.71	16.54	2	3.508	0.173
سدیم (mg/kg) Na (mg/kg)	13.6	18.21	12.9	2	2.516	0.284
منیزیم (mg/kg)	12.6	16.28	15.81	2	0.66	0.715

Mg (mg/kg)

همچنین نتایج تجزیهٔ واریانس یک‌طرفه و آزمون کروسکال‌والیس نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی از نظر ویژگی‌های فیزیولوژیکی مورد آزمایش، اختلاف معناداری وجود ندارد. بااین‌حال با افزایش طبقات خشکیدگی، غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کاهش یافت (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی درختان بلوط در طبقات خشکیدگی

Table 3. Analysis of variance and compare mean results for some oak tree physiological properties in decline classes

متغیرها Variables	تجزیهٔ واریانس Analyze variance		طبقات خشکیدگی Decline classes					
			0-10%		10-25%		>25%	
	F	معنی‌داری Sig	میانگین Mean	اشتباه معیار SE	میانگین Mean	اشتباه معیار SE	میانگین Mean	اشتباه معیار SE
کلروفیل a (mg g^{-1} FW) Chlorophyll a (mg g^{-1} FW)	0.78	0.470	12.55	0.97	12.34	0.51	11.24	0.93
کلروفیل b (mg g^{-1} FW) Chlorophyll b (mg g^{-1} FW)	0.34	0.717	4.41	0.29	4.39	0.20	4.09	0.37
کلروفیل کل (mg g^{-1} FW) Total Chlorophyll (mg g^{-1} FW)	0.66	0.524	16.96	1.26	16.73	0.70	15.33	1.29
کاروتنوئید (mg g^{-1} FW) Carotenoid (mg g^{-1} FW)	0.77	0.471	3.69	0.24	3.52	0.14	3.39	0.26
پرولین (µmol g FW^{-1}) Proline (µmol g FW^{-1})	0.11	0.896	2.69	0.11	2.51	0.21	2.58	0.24
کاتالاز (µmol min^{-1} g FW^{-1}) Catalase (µmol min^{-1} g FW^{-1})	1.66	0.208	0.013	0.003	0.016	0.002	0.01	0.001
پراکسیداز (µmol min^{-1} g FW^{-1}) Peroxidase (µmol min^{-1} g FW^{-1})	0.09	0.917	0.028	0.004	0.026	0.003	0.027	0.001
آسکوربات‌پراکسیداز (µmol min^{-1} g FW^{-1}) Ascorbate peroxidase (µmol min^{-1} g FW^{-1})	0.43	0.653	0.58	0.05	0.55	0.02	0.53	0.03

جدول ۴- نتایج آزمون کروسکال‌والیس غلظت مالون‌دی‌آلدهید برگ در طبقات خشکیدگی

Table 4. Kruskal-Wallis H test results for leaf MDA concentreation in decline classes

متغیرها Variables	میانگین رتبه‌ها Mean Score			درجه آزادی df	مربع کای Chi-square	معنی‌داری Sig
	0-10%	10-25%	>25%			
مالون‌دی‌آلدهید (µmol g FW^{-1}) MDA (µmol g FW-1)	17.8	15.21	14.81	2	0.42	0.809

نتایج بررسی تجزیه واریانس یک‌طرفه و آزمون کروسکال‌والیس غلظت عناصر برگ نیز نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی تنها از نظر نیتروژن برگ در سطح پنج درصد اختلاف معناداری وجود دارد ($p<0.05$)، به‌طوری‌که بیشترین غلظت نیتروژن برگ در نمونه‌های مربوط به طبقه خشکیدگی کمتر از ۱۰ درصد مشاهده شد. مقایسهٔ میانگین غلظت عناصر دیگر نیز هر چند معنی‌دار نشد، اما نتایج نشان داد که درختان سالم‌تر علاوه بر نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و فسفر بیشتری در برگ خود دارند (جدول‌های ۵ و ۶).

جدول ۵- تجزیهٔ واریانس برخی از عناصر برگ در طبقات مختلف خشکیدگی

Table 5. Analysis of variance results for some leaf nutrients concentration in decline classes

متغیرها Variables	تجزیهٔ واریانس Analyze variance		طبقات خشکیدگی Decline classes					
			0-10%		10-25%		>25%	
	F	معنی‌داری Sig	میانگین Mean	اشتباه معیار SE	میانگین Mean	اشتباه معیار SE	میانگین Mean	اشتباه معیار SE
نیتروژن (درصد) N (%)	3.68	0.038	1.54	0.017	1.51	0.024	1.44	0.018
نیتروژن/فسفر (mg/kg) N/P (mg/kg)	0.98	0.388	5.49	0.62	6.82	0.60	6.53	0.37
پتاسیم (mg/kg) K (mg/kg)	0.50	0.611	4393.71	120.38	4025.90	193.27	4165.04	246.24
منیزیم (mg/kg) Mg (mg/kg)	0.88	0.424	4655.82	202.39	4043.53	259.50	4378.94	319.62

جدول ۶- نتایج آزمون کروسکال‌والیس برخی از عناصر برگ در طبقات خشکیدگی

Table 6. Kruskal-Wallis H test results for some leaf nutrients in decline classes

متغیر Variable	میانگین رتبه‌ها Mean Score			درجه‌آزادی Df	مربع کای Chi-square	معنی‌داری Sig
	0-10%	10-25%	>25%			
فسفر (mg/kg) P (mg/kg)	22.2	14.85	13.27	2	3.67	0.159
کلسیم (mg/kg) Ca (mg/kg)	8.8	18.21	15.09	2	4.25	0.119
سدیم (mg/kg) Na (mg/kg)	14	16.28	15.18	2	0.27	0.873

بحث

نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در طبقات مختلف خشکیدگی، اختلاف معناداری را نشان نداد. در ارتباط با نتیجه حاصل‌شده در این بررسی قابل ذکر است که پژوهشگران در مناطق مختلف دنیا نتایج متفاوتی را ارائه کرده‌اند (Kabrick et al., 2008; de Toledo et al., 2011; Thomas and Buttner, 1998; Rozans and Sampedro, 2013; Demchic and Sharp, 2000). Amir-Ahmadi et al. (2015) در بررسی ارتباط بین خشکیدگی درختان بلوط ایرانی با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک ارتباط معناداری مشاهده نکردند که با نتیجه این پژوهش همخوانی دارد. Kabrick et al. (2008) خشکیدگی شدید گونه-

های بلوط مناطق کوهستانی Ozark را در دوران خشکسالی به فقر مواد غذایی و مسن‌بودن گونه‌های بلوط نسبت دادند. در حالی‌که Thomas and Buttner (1998) نشان دادند که هیچ کدام از مواد مغذی و استرس شیمیایی ناشی از خاک از عوامل اصلی ایجاد کننده خشکیدگی فعلی درختان بلوط در آلمان نیست. محققان دیگری در سراسر دنیا به نتایج مشابه اشاره کرده‌اند که روابط تغذیه‌ای درختان و توده جنگلی در مقایسه با دیگر عامل‌هایی مانند تغییرات شدید اقلیمی و روابط آبی رویشگاه نقش کمتری در قدرت حیات درختان بلوط دارند (Berger and Glatzel, 1994). این نتایج متفاوت می‌تواند نشان‌دهندهٔ ویژگی‌های خاص هر منطقه و اثرهای هم‌زمان عوامل دیگر بر خشکیدگی درختان باشد که موجب پیچیدگی در ایجاد یک الگوی واضح برای مرگ‌ومیر درختی می‌شود. Thomas and Hartmann (1998) تغییرات آب و هوایی، شرایط رویشگاه و آلودگی هوا را از عوامل غیرزنده اصلی خشکیدگی درختان بلوط دانستند. Oak et al. (1991) عوامل مؤثر بر زوال بلوط را ترکیب گونه‌ها (به‌دلیل ایجاد رقابت)، کیفیت رویشگاه (شامل خاک و تنش‌های خشکی طولانی مدت)، سن (درختان کم سن با قطر کمتر از ۱۲/۵ سانتی‌متر) و عوامل فیزیوگرافی دانستند. De Toledo et al. (2011) اشاره کردند که ارتباط بین خشکیدگی و مرگ‌ومیر درختان با خصوصیات خاک و توپوگرافی در مقیاس محلی و منطقه‌ای ممکن است به برخی طبقات قطری درختان محدود شود و علت آن رقابت درختان برای منابع محدود و فشار رقابتی بر روی این پایه‌ها است (Coomes et al., 2003 ؛ Ruize-Benito et al., 2013). Carnicer et al. (2011) نیز بیان کردند که تغییرات عامل‌هایی همچون اقلیم، تنش‌های محیطی و فرآیندهای رقابتی در یک چشم‌انداز جنگلی، منجر به تغییرات عمده در الگوهای مرگ‌ومیر درختان خواهد شد. از طرفی توپوگرافی، خاک و آشفتگی‌های اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای بر مرگ‌ومیر درختی تأثیر معنی‌داری دارند، اما مقدار این تأثیرات در سطوح محلی و کوچک مشخص نیست. ارتباط خاک و توپوگرافی با مرگ‌ومیر درختان تغییرات زمانی دارد. بنابراین الگوهای موجود بر مرگ‌ومیر درختان در مقیاس محلی و منطقه‌ای (Quesada et al., 2009; Ferry et al., 2010; Phillips et al., 2004) ممکن است با گذشت زمان تغییر کنند و از طرفی ممکن است ارتباط یافت شده کنونی در نتیجه تغییرات احتمالی به وجود آمده در اقلیم تغییر کند. این پژوهش در سطحی محدود (حد گسترش خشکیدگی در منطقه) و در یک بازهٔ زمانی انجام شد. بنابراین این عدم معناداری می‌تواند به‌دلیل وسعت کم منطقه و آماربرداری در یک‌زمان باشد.

درختان بلوط دارای سازگاری‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی متعددی هستند که آنان را قادر می‌سازد تا اثرهای نامطلوب عامل‌های محیطی همچون خشکی را به تأخیر بیندازند (Tulik and Bijak, 2016). البته این واکنش‌های دفاعی در کنار افزایش تنش خشکی، موجب آسیب‌پذیرترشدن درختان نسبت به دیگر تنش‌ها می‌شود (Thomas et al., 2002). نتایج نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی از نظر ویژگی‌های فیزیولوژیکی مورد آزمایش اختلاف معناداری وجود ندارد. بااین‌حال با افزایش طبقات خشکیدگی، غلظت رنگدانه‌های فتوسنتزی کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین غلظت صفات مذکور مربوط به طبقهٔ خشکیدگی کمتر از ۱۰ درصد بود. تنش‌های زیستی و غیرزیستی منجر به شکل‌گیری اکسیژن فعال می‌شوند. اکسیژن فعال (ROS) موجب پراکسیداسیون

لیپیدهای غشاء، تخریب پروتئین‌ها و اسیدهای‌نوکلئیک شده و محتوای کلروفیل سلول را کاهش می‌دهد (Gregersen and Holm, 2007). به‌عبارتی هنگامی که گیاهان در شرایط تنش قرار می‌گیرند سنتز مولکول‌های کلروفیل کمتر شده و با افزایش تخریب آن‌ها، محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد (Chen et al., 2007) و درنتیجه فعالیت فتوسنتزی نیز کاهش می‌یابد (Jamil, 2007). به‌نظر می‌رسد در این پژوهش تخریب مولکول‌های کلروفیل در درختان با خشکیدگی‌های متفاوت صورت گرفته است، اما این اختلافات درحدی نبوده که بتواند اثر معنی‌داری روی این صفات بگذارد. به‌عبارتی درختان با خشکیدگی‌های متفاوت فتوسنتز خود را در برگ‌های سبز باقی‌مانده به‌خوبی انجام می‌دهند و از این نظر با مشکلی روبه‌رو نیستند. از طرفی نتایج مقایسهٔ غلظت عناصر در طبقات خشکیدگی نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی ازنظر نیتروژن برگ اختلاف معناداری وجود دارد. بیشترین غلظت نیتروژن در نمونه‌های برگ طبقهٔ خشکیدگی کمتر از ۱۰ درصد مشاهده شد. نیتروژن نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف دارد و جزء اصلی دستگاه فتوسنتزی، آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و رنگدانه‌ها است (Huang et al., 2004). از طرفی بین محتوای کلروفیل برگ و مقدار نیتروژن مصرفی رابطهٔ خطی مثبت و معناداری وجود دارد (Schlemmer et al., 2005). زیرا فتوسنتز با رابیسکو و دیگر پروتئین‌های موجود در مزوفیل مرتبط است. این پروتئین‌ها حدود ۷۵ درصد از کل نیتروژن سلولی را شامل می‌شوند. با کاهش نیتروژن برگ، مقدار بیشتر پروتئین‌های برگ نیز کاهش می‌یابد (Evans, 1989). در پژوهش‌های متعددی ارتباط مستقیم و نزدیک بین محتوای کلروفیل و غلظت نیتروژن برگ، گزارش شده است (Sibley et al., 1996). Wu و همکاران (2008) نشان دادند که نیتروژن با افزایش سطح برگ و محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی موجب افزایش ظرفیت فتوسنتز در نهال‌های Sophora davidii می‌شود. به‌طور کلی کاهش شدید رنگدانه‌ها در سطوح بالای تنش، به‌علت کاهش انتقال مواد معدنی و عناصر ضروری برگ در اثر کاهش مکش ناشی از تعرق در آوند چوبی و افزایش گونه‌های فعال اکسیژن و اکسیداتیو ناشی از سلول‌های برگی و تجزیهٔ این رنگدانه ها است (Hosseinzadeh et al., 2016). به‌نظر می‌رسد درختان با خشکیدگی بیشتر در مقایسهٔ با درختان سالم‌تر پتانسیل کمتری در جذب عناصری همچون نیتروژن داشته‌اند. بنابراین کاهش جذب نیتروژن در برگ درختان با خشکیدگی بیشتر به‌نوبه خود منجر به کم شدن فتوسنتز شده است. همچنین نتایج نشان داد که بین طبقات مختلف خشکیدگی از نظر آمینواسید پرولین، غلظت مالون‌دی‌آلدهید، آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز اختلاف معناداری وجود ندارد. در شرایط تنش سیستم‌های مهار ROS مانند آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و آسکوربات‌پراکسیداز نقش مهمی در تحمل به خشکی دارند. Hosseini et al. (2017) نشان داد که بین تیمارهای خشکیدگی درختان بلوط از نظر مقادیر آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز اختلافی وجود ندارد که با نتیجه این پژوهش همخوانی دارد. عدم معناداری صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی می‌تواند به این دلیل باشد که درحال حاضر بین درختان مختلف از نظر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی تفاوتی وجود ندارد و درختان با استفاده از مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مشابهی نسبت به شرایط به‌وجودآمده، در مقابل تنش خشکی مقابله می‌کنند. به‌طور کلی با توجه به نتایج شاید بتوان اختلافات مربوط به کاهش نیتروژن برگ و رنگدانه‌های فتوسنتزی در طبقات

خشکیدگی بالا را به ویژگی‌های مورفولوژیکی ریشه درختان نسبت داد. چرا که نتایج نشان داد که با افزایش طبقات خشکیدگی وزن مخصوص ظاهری و درصد رس افزایش و تخلخل و درصد شن خاک کاهش یافته است. Fensham et al. (2007) بیان کردند که بخشی از دلایل لکه‌ای‌بودن مرگ‌ومیر درختان به‌دلیل ناهمگنی زیر خاک و رقابت برای به‌دست آوردن رطوبت خاک است. آنان مرگ درختان را با افزایش رس خاک مرتبط دانستند. از طرفی با افزایش فشردگی خاک، تخلخل کاهش یافته و با محدود شدن اکسیژن، توانایی نفوذ ریشه‌های درختان کم و درنتیجه رشد ریشه مختل می‌شود (Heilman, 1981). بنابراین می‌توان گفت با درنظرگرفتن خصوصیات فردی پایه‌های درختی (مانند سن و قطر) و از طرفی وقوع خشک‌سالی‌های متوالی، در خاک‌هایی با درصد رس بالا و فشرده‌تر قابلیت رشد و توسعه ریشه برخی درختان کاهش یافته و همین امر منجر به کاهش توانایی جذب رطوبت از خاک و در نتیجه ایجاد اختلاف در خشکیدگی درختان شده است. با وجود عدم تفاوت معنی‌دار نیتروژن در نمونه‌های خاک مشخص شد که خاک در قطعات نمونه با درختان با خشکیدگی بالاتر از ۱۰ درصد حاوی نیتروژن بالاتری است که نشان‌دهندهٔ عدم جذب این عنصر توسط درختان در طبقات بالای خشکیدگی است. این نتیجه نیز اهمیت ریشه درختان را در جذب عناصر روشن می‌سازد. زیرا ویژگی‌های مورفولوژیک ریشه در جذب عناصر پرمصرفی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Barley, 1970). به‌نظر می‌رسد در شرایط کمبود آب با توجه به ویژگی‌های خاک، درختانی که قابلیت‌های لازم در جذب آب و عناصر معدنی در شرایط تنش خشکی را ندارند، فعالیت‌های حیاتی ضعیف‌تری دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در مقیاس خشکیدگی‌های موجود در منطقه و در سطح مورد بررسی، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک عامل اصلی خشکیدگی درختان نبوده است. با این حال در ضعف یا مقاومت درختان نقش داشته‌اند. به‌عبارتی خصوصیات خاک با اثری که بر رشد و توسعه ریشه درختان می‌گذارند به‌طور غیرمستقیم در خشکیدگی درختان نقش دارند. از طرفی با توجه به اینکه درختان بلوط از نظر مکانیسم‌های فیزیولوژیکی با یکدیگر اختلافی نداشتند، می‌توان گفت قابلیت‌های فیزیولوژیکی درختان نمی‌تواند به‌تنهایی پاسخگوی درجات خشکیدگی متفاوت آن‌ها باشد. به‌طور کلی خشکسالی و تنش شدید ناشی از کمبود رطوبت و در نتیجه اختلال در روابط آبی و به‌هم‌خوردن توازن عناصر غذایی منجر به ضعف درختان شده و با حمله آفات و بیماری‌ها، شرایط برای خشکیدگی و زوال درختان بلوط زاگرس فراهم شده است.

References

Alam, S. M., Nutrient uptake by plants under stress conditions. *Handbook of plant and crop stress* **1999,** *2*, 285-313.

Allison, L., Organic carbon: In: Black, CA, DD Evans, JL White, LE Ensiminger, FE Clark and RC Dinauer (Editors), Methods of soil analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. *SSSA, Madison, WI* **1965**, 367-378.

Amir Ahmadi, B.; Zolfaghari, R.; Mirzaei, M. R., Relation between dieback of Quercus brantii Lindl. trees with ecological and sylvicultural factors, (study area: Dena Protected Area). *Ecology of Iranian Forest* **2015,** *3* (6), 19-27.

Attiwill, P. M.; Adams, M. A., *Nutrition of eucalypts*. CSIRO Publishing: 1996.

Barley, K., The configuration of the root system in relation to nutrient uptake. In *Advances in*

agronomy, Elsevier: 1970; Vol. 22, pp 159-201.

Bates, L. S.; Waldren, R. P.; Teare, I., Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil* **1973,** *39* (1), 205-207.

Benton, J.; Case, V. W., Sampling, handling and analyzing plant tissue samples, P 389-428. In: Westerman, R.L (Ed.). Soil testing and plant analysis. 3rd ed. Book series No.3, Soil Science Society of America, Inc, Madison, WI, USA, 1990.

Berger, T.; Glatzel, G., Deposition of atmospheric constituents and its impact on nutrient budgets of oak forests (Quercus petraea and Quercus robur) in Lower Austria. *Forest ecology and management* **1994,** *70* (1-3), 183-193.

Blake, G. R.; Hartge, K. H., Bulk density. Pp. 363-375. In: Klute A (Ed), Methods of Soil Analysis Part1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd Ed, American Society of Agronomy, Madison, WI. **1986**.

Brasier, C. M.; Scott, J. K., European oak declines and global warming: a theoretical assessment with special reference to the activity of Phytophthora cinnamomi. *EPPO Bulletin* **1994,** *24* (1), 221-232.

Buge, J. A.; Aust, S. D., Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzyme* **1978**, 52, 302-310.

Carnicer, J.; Coll, M.; Ninyerola, M.; Pons, X.; Sanchez, G.; Penuelas, J., Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified tree mortality with increased climate change-type drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **2011,** *108* (4), 1474-1478.

Chance, B., Assay of catalase and peroxidase. *Methods in enzymology* **1955,** *2*, 765-775.

Chen, C.; Tao, C.; Peng, H.; Ding, Y., Genetic analysis of salt stress responses in asparagus bean (Vigna unguiculata (L.) ssp. sesquipedalis Verdc.). *Journal of Heredity* **2007,** *98* (7), 655-665.

Coomes, D. A.; Duncan, R. P.; Allen, R. B.; Truscott, J., Disturbances prevent stem size-density distributions in natural forests from following scaling relationships. *Ecology letters* **2003,** *6* (11), 980-989.

Danielson, R. E.; Sutherland, P. L., Porosity; in: Klut. Method of soil analysis, part 1-Phisical and mineralogical method, American Society of Agronomy, INC, Soil Science Society of America, INC, Madison Wisconsin USA. 1986, 377-381.

de Toledo, J. J.; Magnusson, W. E.; Castilho, C. V.; Nascimento, H. E., How much variation in tree mortality is predicted by soil and topography in Central Amazonia? *Forest Ecology and Management* **2011,** *262* (3), 331-338.

Demchik, M. C.; Sharpe, W. E., The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak (Quercus rubra L.) growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality. *Forest Ecology and Management* **2000,** *136* (1-3), 199-207.

Fensham, R.; Fairfax, R., Drought-related tree death of savanna eucalypts: Species susceptibility, soil conditions and root architecture. *Journal of Vegetation Science* **2007,** *18* (1), 71-80.

Ferry, B.; Morneau, F.; Bontemps, J. D.; Blanc, L.; Freycon, V., Higher treefall rates on slopes and waterlogged soils result in lower stand biomass and productivity in a tropical rain forest. *Journal of ecology* **2010,** *98* (1), 106-116.

Gee, G.; Bauder, J., Particle-size analysis, pp. 383-412, In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis: Physical and mineralogy methods, Part I. ASA and SSSA, Madison, WI: 1986.

Gregersen, P. L.; Holm, P. B., Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat (Triticum aestivum L.). *Plant Biotechnology Journal* **2007,** *5* (1), 192-206.

Guarín, A.; Taylor, A. H., Drought triggered tree mortality in mixed conifer forests in Yosemite National Park, California, USA. *Forest ecology and management* **2005,** *218* (1-3), 229-244.

Heilman, P., Root penetration of Douglas-fir seedlings into compacted soil. *Forest Science* **1981,** *27* (4), 660-666.

Hosseini, A.; Matinizadeh, M.; Shariat, A., Effect of crown dieback intensity on some physiological characteristics of Persian oak trees (Quercus brantii var. persica). *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* **2017,** *25* (1).

Hosseinzadeh, S.; Amiri, H.; Ismaili, A., Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (Cicer arietinum L.) under drought stress. *Photosynthetica* **2016,** *54* (1), 87-92.

Huang, Z.-A.; Jiang, D.-A.; Yang, Y.; Sun, J.-W.; Jin, S.-H., Effects of nitrogen deficiency on gas exchange, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzymes in leaves of rice plants. *Photosynthetica* **2004,** *42* (3), 357-364.

Jahanbazi, H.; Iranmanesh, Y.; Mehnatkesh, A.; Haghighian, F., Comparing of elements absorption and amount of proline, plant pigments in healthy and dieback mulberry (Morus alba L.). *Journal of Forest Research and Development* **2016,** *2* (1), 33-47.

Jamil, M.; Lee, K. J.; Kim, J. M.; Kim, H.-S.; Rha, E. S., Salinity reduced growth PS2 photochemistry and chlorophyll content in radish. *Scientia Agricola* **2007,** *64*, 111-118.

Jazireii, M. H.; M., Ebrahimi Rostaghi, Silviculture in Zagros, University of Tehran Press, Tehran, 2003, 560p. (In Persian)

Kabrick, J. M.; Dey, D. C.; Jensen, R. G.; Wallendorf, M., The role of environmental factors in oak decline and mortality in the Ozark Highlands. *Forest Ecology and Management* **2008,** *255* (5-6), 1409-1417.

KLOBUČAR, D.; Pernar, R., Geostatistical approach to spatial analysis of forest damage. *Periodicum biologorum* **2012,** *114* (1), 103-110.

Knudsen, D.; Peterson, G.; Pratt, P., Lithium, sodium, and potassium. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties* **1983,** *9*, 225-246.

Lanyon, L. E.; Heald, W. R., Magnesium, Calsium, Strontium, and Barium. In: A.L. Page (Ed), Methods of soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbilogical Properties, 2nd Ed. Agron. Monogr. No. 9, ASA and SSSA. Madison WI. 1982**.**

Larsen, J. B., Ecological stability of forests and sustainable silviculture. *Forest ecology and management* **1995,** *73* (1-3), 85-96.

Lichtenthaler, H. K., [34] Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in enzymology* **1987,** *148*, 350-382.

Linares, J. C.; Camarero, J. J.; Carreira, J. A., Plastic responses of Abies pinsapo xylogenesis to drought and competition. *Tree Physiology* **2009,** *29* (12), 1525-1536.

Liu, X.; Ellsworth, D. S.; Tyree, M. T., Leaf nutrition and photosynthetic performance of sugar maple (Acer saccharum) in stands with contrasting health conditions. *Tree physiology* **1997,** *17* (3), 169-178.

MacAdam, J. W.; Nelson, C. J.; Sharp, R. E., Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue: I. Spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. *Plant Physiology* **1992,** *99* (3), 872-878.

Manion, P. D., *Tree disease concepts*. Prentice-Hall, Inc.: 1981.

Marañón, T.; Ajbilou, R.; Ojeda, F.; Arroyo, J., Biodiversity of woody species in oak woodlands of southern Spain and northern Morocco. *Forest ecology and management* **1999,** *115* (2-3), 147-156.

Marvie Mohadjer, M. R., Silviculture. University of Tehran Press, Tehran, 2014, 418p. (In Persian).

McDowell, N.; Pockman, W. T.; Allen, C. D.; Breshears, D. D.; Cobb, N.; Kolb, T.; Plaut, J.; Sperry, J.; West, A.; Williams, D. G., Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought? *New phytologist* **2008,** *178* (4), 719-739.

McLean, E., Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties* **1983,** *9*, 199-224.

Murphy, J.; Riley, J. P., A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica chimica acta* **1962,** *27*, 31-36.

Nakano, Y.; Asada, K., Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant and cell physiology* **1981,** *22* (5), 867-880.

Oak, S.W.; C. M.; Huber, Sheffield, R. M., Incidence and impact of oak decline in western Virginia, USD Department of Agriculture Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, Resource Bulletin SE-123 Asheville, NC, USA, 1991, 16 pp

Olsen, S.; Sommers, L. E., Phosphorus. *Methods of soil analysis* **1982**, 403-430.

Parvaneh, E.; Etemad, V.; Mohajer, M. M.; Amiri, G. Z.; Attarod, P., The relationships between the rate of oak trees decline and forest types, soil characteristics and topographic conditions in Ghalaje Forests of Kermanshah, west of Iran. *Iranian Journal of Forest* **2016,** *8* (3).

Phillips, O. L.; Baker, T. R.; Arroyo, L.; Higuchi, N.; Killeen, T. J.; Laurance, W. a. e.; Lewis, S. L.; Lloyd, J.; Malhi, Y.;

Monteagudo, A., Pattern and process in Amazon tree turnover, 1976–2001. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* **2004,** *359* (1443), 381-407.

Quesada, C.; Lloyd, J.; Schwarz, M.; Baker, T.; Phillips, O. L.; Patiño, S.; Czimczik, C.; Hodnett, M.; Herrera, R.; Arneth, A., Regional and large-scale patterns in Amazon Forest structure and function are mediated by variations in soil physical and chemical properties. *Biogeosciences Discussion* **2009,** *6*, 3993-4057.

Rahmani, A.; Shoraki, Y.; Banedjschafie, S., Nutritional status of Elm (Ulmus glabra Huds.) trees in National Botanical Garden of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2009,** *17* (1), 99-106.

Rhoades, J., Soluble salts, Methods of soil analysis, A. L. Page (Ed), Madison, Wis, American Society of Agronomy. *Soil Science Society of America* **1982,** 2 (1), 167-179.

Rozas, V.; Sampedro, L., Soil chemical properties and dieback of Quercus robur in Atlantic wet forests after a weather extreme. *Plant and soil* **2013,** *373* (1), 673-685.

Ruiz-Benito, P.; Lines, E. R.; Gómez-Aparicio, L.; Zavala, M. A.; Coomes, D. A., Patterns and drivers of tree mortality in Iberian forests: climatic effects are modified by competition. *PLoS One* **2013,** *8* (2), e56843.

Schlemmer, M. R.; Francis, D. D.; Shanahan, J.; Schepers, J. S., Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. **2005**. 97:106 112.

Sibley, J. L.; Eakes, D. J.; Gilliam, C. H.; Keever, G. J.; Dozier, W. A.; Himelrick, D. G., Foliar SPAD-502 meter values, nitrogen levels, and extractable chlorophyll for red maple selections. *HortScience* **1996,** *31* (3), 468-470.

Thomas, F. M.; Blank, R.; Hartmann, G., Abiotic and biotic factors and their interactions as causes of oak decline in Central Europe. *Forest Pathology* **2002,** *32* (4-5), 277-307.

Thomas, F. M.; Büttner, G., Nutrient relations in healthy and damaged stands of mature oaks on clayey soils: two case studies in northwestern Germany. *Forest Ecology and Management* **1998,** *108* (3), 301-319.

Thomas, F. M.; Hartmann, G., Tree rooting patterns and soil water relations of healthy and damaged stands of mature oak (Quercus robur L. and Quercus petraea [Matt.] Liebl.). *Plant and Soil* **1998,** *203* (1), 145-158.

Tulik, M.; Bijak, S., Are climatic factors responsible for the process of oak decline in Poland? *Dendrochronologia* **2016,** *38*, 18-25.

Westeman, R. E. L., Soil Testing and Plant Analysis, SSSA, Madison, Wisconsin, USA. 1990.

Wu, F.; Bao, W.; Li, F.; Wu, N., Effects of water stress and nitrogen supply on leaf gas exchange and fluorescence parameters of Sophora davidii seedlings. *Photosynthetica* **2008,** *46* (1), 40-48.

Zobeiri, M, Forest inventory (measuring trees and forests), Published: University of Tehran, 2009, 401 p. (In Persian)

Effect of soil properties on Oak tree dieback (*Quercus brantii* Lindi.) and its ecophysiological responses to different degrees of dieback (case study: Dadabad in Lorestan Provinc)

Z. Azimnejad[1], Z. Badehian[*2], A. Rezaei Nejad[3] and S.H. Ahmadi[4]

1- Ph.D. of Forest Ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (azimnejadzahra@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Agricultural and Natural Reasources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (badehian.z@lu.ac.ir)
3- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (rezaeinejad.hossein@gmail.com)
4- Ph.D. of Forestry, Fars Natural Resources Office, Forests, Range and Watershed Management Organization, Shiraz, I. R. Iran. (shahmadi110@gmail.com)

Received: 03.08.2020 Accepted: 26.10.2020

Abstract

To investigate the relationship between some physical and chemical properties of soil and tree ecophysiological properties on dieback of Oak trees, 30 square sample plots with 2500 m^2 area, in a random systematic grid (200×200) were selected. The percentage of dieback were measured in each sample plot and soil and leaves of trees were sampled. Some soil properties such as texture, electrical conductivity, acidity, bulk density, porosity, Carbon and organic matter and concentrations of Ca, Mg, N, P, K, Na were measured. Also, Peroxidase, Catalase and Ascorbate peroxidase enzymes, MDA, Proline, Chlorophyll a, b, total Chlorophyll, Carotenoid pigment and concentrations of Ca, Na, K, Mg, P and N in leaves were measured. Comparison of variable means showed that there is just significant difference in leaf nitrogen between different dieback classes. In general, the results of this study showed that the soil properties in our study area were not significantly affect on oak decline. On the other hand, the physiological capabilities of trees solely, cannot be the cause of their different dieback.

Keywords: Nutrients, Decline, Physiological properties, Soil properties.

[*] Corresponding author Tel: +989177303977

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۲۹۱-۲۷۹، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121058
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.8.1

مقالهٔ پژوهشی

تأثیر سن توده دست‌کاشت توسکا ییلاقی بر ترسیب کربن خاک

مظاهر الازمنی[۱]، سیدمحمد حجتی*[۲]، سیدمحمد واعظ موسوی[۳] و محیا تفضلی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (alazmani.mazaher@yahoo.com)
۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (s_m_hodjati@yahoo.com)
۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (waezmousavi@gau.ac.ir)
۴- دکتری جنگلداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (mahya_tafazoli@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۱۳

چکیده

تاکنون پژوهشی در خصوص اثر سن درختان روی ویژگی‌های خاک و همچنین ترسیب کربن در خاک انجام نشده است، بنابراین هدف از اجرای این پژوهش بررسی اثر سن توده دست‌کاشت توسکا ییلاقی روی برخی ویژگی‌های خاک و ترسیب کربن آن بود. سه توده جنگلکاری ۲۵، ۳۰ و ۳۵ ساله توسکا ییلاقی واقع در پارسل‌ها شش و هفت جنگل شصت‌کلاته انتخاب شد. برای بررسی ویژگی‌های کمی درختان قطر و ارتفاع تمام درختان با استفاده از روش آماربرداری صددرصد ثبت شد. در هر یک از توده‌ها قطعات‌نمونه با ابعاد ۲۰×۲۰ متر با استفاده از روش منظم-تصادفی با ابعاد شبکه ۵۰×۵۰ متر پیاده شد. سپس در هر قطعه نمونه از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر با استفاده از روش استوانه فلزی نمونه خاک تهیه شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار رطوبت خاک (۲/۴۴±۴۵/۴۹ درصد) و کمترین مقدار چگالی ظاهری (۰/۰۲±۱/۳۶ گرم بر سانتی‌متر مکعب) در توده ۳۵ ساله مشاهده شد. بیشترین مقدار pH (۰/۰۱±۷/۵۹) و کمترین مقدار هدایت الکتریکی (۰/۰۲±۰/۷۱ دسی‌زیمنس بر متر) در توده ۳۵ سال مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار درصد نیتروژن کل خاک و همچنین ترسیب کربن به‌ترتیب در توده‌های ۳۵ و ۲۵ سال مشاهده شد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که توده ۳۵ ساله با دو توده دیگر تفاوت دارد؛ از این‌رو می‌توان بیان کرد که توده توسکا ییلاقی در این سن نیز توانایی بالایی در ترسیب کربن خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی: تثبیت نیتروژن، تغییر اقلیم، جنگلکاری، ویژگی‌های خاک.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۱۱۳۳۸۸۵۴۱۱

مقدمه

یکی از مهم‌ترین عوامل ایجاد گرمایش جهانی پدیده انتشار غیرمجاز گازهای گلخانه‌ای است؛ که مهم‌ترین آن‌ها شامل دی‌اکسید نیتروژن (NO_2)، دی‌اکسید کربن (CO_2) و متان (CH_4) هستند (Osabohien *et al.*, 2019). اما با توجه به حجم بیشتر تجمع دی‌اکسید کربن در اتمسفر، این گاز یکی از کلیدی‌ترین گازها در پدیده گرمایش جهانی کره زمین مطرح شده است که با توجه به افزایش سوختن سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی مقدار آن در جو رو به افزایش است (Srivastava et al., 2012). پالایش کربن با روش‌های مصنوعی مثل فیلتر، هزینه‌های سنگینی دربر دارد (Cannell et al., 2003)، بنابراین برای کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری و ایجاد تعادل در محتوای گازهای گلخانه‌ای، کربن اتمسفر باید جذب و در شکل‌های متعدد ترسیب شود (Naghipour Borj et al., 2008). ترسیب کربن در زی‌توده گیاهی و خاک‌هایی که تحت این زی‌توده هستند، ساده‌ترین و از نظر اقتصادی عملی‌ترین راهکار ممکن برای کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفری است (Sheikh et al., 2009). در این میان، جنگل‌ها که مهم‌ترین اکوسیستم‌های خشکی نیز به‌حساب می‌آیند، نقش مهمی در چرخه گاز دی‌اکسیدکربن ایفا می‌کنند و یکی از مهم‌ترین محل ذخیره و ترسیب کربن هستند (Khalili ardali et al., 2019; Pan et al., 2011). بنابراین افزایش سطح جنگل‌ها طی فرآیند جنگلکاری می‌تواند راهکار مناسبی برای جذب و ذخیره کربن جو باشد. از گونه‌های مناسب و بومی جنگل‌های شمال کشور که کاربرد فراوان در فعالیت جنگلکاری دارد می‌توان گونهٔ توسکا ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A.Mey) را نام برد. توسکا از درختان روشنی‌پسند و تندرشد جنگل‌های شمال است که معمولا در خاک‌های مرطوب، سبک و شنی از رشد مناسبی برخوردار است. این گونه از ارتفاع کم تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا در کنار دره‌ها، جویبارها و مسیرهای جاده‌های جنگلی رویش دارد. علاوه بر استقرار در نقاط مختلف جنگل موجب تثبیت ازت جو و تقویت جنبه‌های تغذیه‌ای خاک می‌شود (Mohammadnejad Kiasari et al., 2010).

افزایش نگرانی‌ها در زمینه گرمایش جهانی و تغییر اقلیم موجب شده است که به خاک و قابلیت آن نیز در ترسیب کربن به‌صورت پایدار توجه ویژه‌ای شود (Lal, 2004). در سال‌های اخیر توجه به ماده آلی خاک در رابطه با ترسیب کربن افزایش یافته و دست‌یابی به افزایش ترسیب کربن خاک به‌عنوان روش مناسبی برای کاهش تراکم دی‌اکسید کربن اتمسفری در مجامع علمی و سیاسی جهان مطرح شده است (Kimble et al., 2003). ترسیب کربن خاک بخش مهمی از ترسیب کربن در اکوسیستم خشکی است و تأثیر شدیدی بر دی‌اکسید کربن اتمسفری دارد، به‌طوری که تغییرات کم در تراکم کربن خاک در اثر تغییر کاربری اراضی و یا مدیریت اراضی ممکن است تغییرات زیادی در تراکم دی‌اکسید کربن اتمسفری ایجاد کند. همچنین کاهش ذخیره کربن آلی خاک با افزایش احتمال فرسایش‌پذیری و فشردگی خاک و افزایش رواناب اثر زیادی بر ساختمان خاک می‌گذارد (Lal, 2004).

پژوهش‌های زیادی در مورد پویایی کربن اکوسیستم جنگلی و همچنین اثر جنگلکاری بر ترسیب کربن رو و زیر زمین در مقیاس‌های مختلف انجام شده است. با این وجود، پژوهش‌های اندکی در مورد تأثیر سن توده جنگلی بر ذخیره کربن خاک در توده‌های جنگلی انجام شد (Wei et al., 2013). سن یک توده جنگلی پیش‌بینی‌کننده مهمی از عملکردهای اکوسیستم است (Zeng et al., 2014; Bradford and Kastendick, 2010) و ممکن است بر ذخیره کربن در اکوسیستم‌های جنگلی تأثیر بگذارد (Pregitzer and

Euskirchen, 2004). اگرچه زی‌توده و ذخیره کربن درختان با افزایش سن افزایش می‌یابد، ولی در ارتباط با ترسیب کربن خاک نتایج پژوهش‌های مختلف اثر یکسانی را نشان ندادند (Powers and Marín-Spiotta, 2017; Wu et al., 2017; Han et al., 2017). بنابراین درک رابطه بین پویایی کربن در اکوسیستم جنگلی و سن آن به‌ویژه در توده‌های جنگلکاری لازم و ضروری است. در راستای اثر سن توده جنگل روی ترسیب کربن بررسی‌های مختلفی در خارج از ایران انجام شده است که برخی اثر افزایشی، برخی کاهشی و در مواردی اثر خنثی را گزارش کردند (Han et al., 2017; Wu et al., 2017; Powers and Marín-Spiotta, 2017). در بین پژوهش‌های انجام‌شده در ایران در خصوص اثر سن توده روی ترسیب کربن می‌توان به پژوهش Imani et al. (2019a) اشاره کرد که بیان کردند با افزایش سن توده، ترسیب کربن روی زمین درختان افرا پلت افزایش می‌یابد. همچنین Imani et al. (2019b) در پژوهش دیگر اثر سن توده (دو طبقه سن ۲۵ و ۳۵ سال) را روی ترسیب کربن خاک در توده افرا پلت بررسی کردند و بیان کردند که با افزایش سن، مقدار ترسیب کربن در خاک افزایش می‌یابد.

بر اساس اطلاعات موجود پژوهش‌های محدودی در ارتباط با اثر سن توده جنگلکاری روی ویژگی‌های شمیایی خاک و همچنین ترسیب کربن آن در شمال کشور انجام شده است. بنابراین هدف از اجرای این پژوهش دست‌یابی به نتایج بیشتر در ارتباط با اثر سن توده (سه طبقه سنی ۲۵، ۳۰ و ۳۵ سال) روی ویژگی‌های شیمیایی و ترسیب کربن خاک در توده دست‌کاشت توسکا ییلاقی بود. کسب اطلاعات در خصوص اثر سن روی ترسیب کربن در توده‌های جنگلکاری می‌تواند راهکار مناسبی برای مدیریت جنگل‌ها در راستای کاهش کربن جو و تعدیل گرمایش جهانی باشد.

مواد و روش‌ها

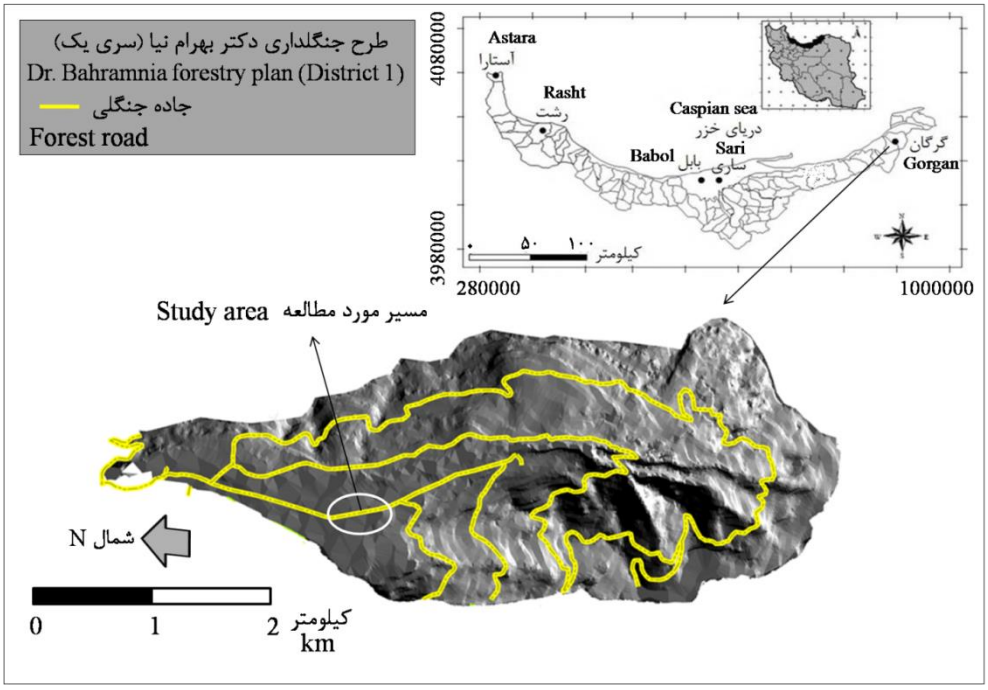
منطقه مورد بررسی

برای انجام این پژوهش سه توده جنگلکاری ۲۵، ۳۰ و ۳۵ ساله توسکا ییلاقی واقع در پارسل‌ها شش و هفت جنگل آموزشی پژوهشی شصت‌کلاته انتخاب شدند. سطح هر یک از توده‌ها تقریبا یک و نیم هکتار و فواصل کاشت در هر سه توده ۲×۲ متر بود. همچنین عملیات پرورشی در هر سه توده به شکل یکسان انجام شد. از نظر موقعیت مکانی، سه توده در مجاورت یکدیگر قرار دارند و از نظر ارتفاع از سطح دریا و جهت دامنه نیز مشابه هستند (شکل ۱).

جنگل آموزشی-پژوهشی شصت‌کلاته (طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا) در ۱۷ کیلومتری جنوب غربی گرگان قرار دارد. رستنی‌های این جنگل که سری اول طرح جنگلداری را می‌پوشاند، با رستنی‌های جنگل‌های حوزه دریای خزر مشابه بوده و بیشتر پهن‌برگ آمیخته هستند. گونه‌های درختی اصلی که در ارتفاعات پایین‌تر از ۵۰۰ تا ۷۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا مستقر شده‌اند ممرز و انجیلی است و بالاتر از این ارتفاع گونهٔ راش به‌صورت مخلوط و به‌عنوان گونه‌های اصلی اضافه می‌شود و این گونه‌های اصلی بیشتر به‌صورت گروهی با هم آمیخته‌اند (Anonymous, 1995).

زمین این ناحیه از سنگ‌های ماسه‌ای تشکیل شده است و تاریخ آن احتمالاً به دوره اولیه مزوزوئیک تعلق دارد. لایه فوقانی آن به‌طور کلی از سنگ‌های ماسه‌ای و لایه زیرین آن از لایه‌های متناوب شیست و ماسه تشکیل یافته است. خاک این منطقه از خاک‌های جنگلی به رنگ قهوه‌ای و بسیار عمیق با بافت clay-loam-silty تشکیل شده است. ضخامت افق A این خاک پنج تا ۱۰ سانتی‌متر، قهوه‌ای تیره، غنی از مواد آلی و دانه‌ای با ظرفیت نفوذی زیاد، افق B آن به عمق بیش از ۵۰ سانتی‌متر رسیده و به رنگ زرد متمایل به قرمز، با بافت

سخت، مکعبی و به‌نسبت متراکم است (Anonymous, 1995).



شکل ۱- منطقه مورد بررسی و موقعیت آن در استان گلستان و ایران

Figure 1. Studied area and its location in Golestan province and Iran

جمع‌آوری داده‌ها و بررسی‌های آزمایشگاهی

برای بررسی ویژگی‌های کمی درختان با استفاده از روش آماربرداری صد در صد، قطر برابر سینه و ارتفاع کل تمام درختان (قطر برابر سینه بیشتر از هفت و نیم سانتی‌متر) به‌ترتیب با استفاده از خط‌کش دوبازه و دستگاه شیب‌سنج اندازه‌گیری و ثبت شد. با استفاده از قطر درختان ابتدا سطح مقطع درختان ($G = \frac{\pi}{4} d^2$) و در نهایت حجم درختان ($V = G \times h \times f$) بر حسب مترمکعب محاسبه شد. پس از جنگل‌گردشی در هر یک از توده‌های جنگلکاری مورد بررسی قطعات نمونه با ابعاد ۲۰×۲۰ متر با استفاده از روش منظم-تصادفی با ابعاد شبکه ۵۰×۵۰ متر پیاده شد. سپس در مرکز و چهار گوشه هر یک از قطعات نمونه پس از کنارزدن لایه لاشبرگ از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متر با استفاده از روش استوانه فلزی (قطر دهانه هشت سانتی‌متر) نمونه خاک تهیه شد (با رعایت فاصله یک متر از تنه درختان). سپس نمونه‌ها باهم آمیخته شده و یک نمونه برای هر قطعه-نمونه استخراج شد. نمونه‌های خاک درون پلاستیک قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل شدند.

در آزمایشگاه ویژگی‌های فیزیکی درصد رطوبت به روش وزنی، چگالی ظاهری به روش کلوخه (Jafarihaghighi, 2003)، بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1951) اندازه‌گیری شدند. ویژگی‌های شیمیایی خاک شامل اسیدیته خاک (pH) به روش پتانسیومتری (Jafarihaghighi, 2003)، هدایت الکتریکی (EC) به روش هدایت‌سنجی (نسبت خاک به آب برابر با یک به دو و نیم بود)، کربن آلی به روش والکی-بلاک (Nelson and Sommers, 1996)،

نیتروژن به روش کجلدال (Anonymous, 1980)، فسفر قابل‌جذب با روش اولسن (Olsen et al., 1954)، پتاسیم با روش عصاره‌گیری با استات آمونیم (Jafarihaghighi, 2003) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از اندازه‌گیری مشخصه‌های درصد کربن و وزن مخصوص ظاهری، مقادیر ترسیب کربن خاک درطبقه‌های سنی برحسب تن در هکتار از رابطه ۱ محاسبه شد (Razakamanarivo et al., 2011).

$$Cs = 10000 \times OC\ (\%) \times Bd \times E$$ رابطهٔ (۱)

که در رابطه فوق، Cs، ترسیب کربن (kg/ha)، OC، درصد کربن آلی، Bd، وزن مخصوص ظاهری خاک (g/cm^3) و E عمق لایه به سانتی‌متر است.

در ادامه نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف – اسمیرنوف (Kolmogorov – Smirnov test) و همگنی واریانس‌ها با آزمون لون (Levene's test) مورد بررسی قرار گرفت. برای مقایسه ویژگی‌های خاک از تجزیه واریانس یک‌طرفه با استفاده از نرم‌افزارSPSS v.26 استفاده شد. برای مقایسه چندگانه میانگین‌ها از آزمون SNK استفاده شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای متغیرهای مورد بررسی با استفاد از نرم‌افزار R مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

ویژگی‌های کمی درختان

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار تعداد در هکتار به‌ترتیب در توده‌های ۲۵ و ۳۵ ساله مشاهده شد. همچنین بیشترین مقدار قطر و ارتفاع در توده ۳۵ ساله مشاهده شد درحالی‌که کمترین مقدار قطر و ارتفاع در توده ۲۳ ساله مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار سطح مقطع و حجم در هکتار درختان نیز به‌ترتیب در توده‌های ۳۵ و ۲۵ سال اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

ویژگی‌های فیزیکی خاک

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار رطوبت خاک در توده ۳۵ ساله است و بین دو توده ۲۵ و ۳۰ سال اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین مقدار چگالی ظاهری در توده ۳۵ سال به‌طور معنی‌داری کمتر از دو توده ۲۵ و ۳۰ سال بود. در مورد درصد اجزای بافت خاک (شن، سیلت و رس) اختلاف معنی‌داری بین سه توده مشاهده نشد (جدول ۲).

ویژگی‌های شیمیایی خاک

نتایج این پژوهش در ارتباط با مقدار اسیدیته خاک نشان داد که بیشترین مقدار آن در توده ۳۵ سال مشاهده شد درحالی‌که کمترین مقدار هدایت الکتریکی در توده ۳۵ سال اندازه‌گیری شد. بیشترین و کمترین مقدار درصد نیتروژن کل خاک به‌ترتیب در توده‌های ۳۵ و ۲۵ سال مشاهده شد. از نظر فسفر قابل‌جذب اختلاف معنی‌داری بین سه توده مشاهده نشد. همچنین کمترین مقدار پتاسیم قابل‌جذب در توده ۳۵ سال اندازه‌گیری شد در حالی‌که بین دو توده ۲۵ و ۳۰ سال از نظر این مشخصه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین و کمترین مقدار کربن خاک نیز به‌ترتیب در توده‌های ۳۵ و ۲۵ سال مشاهده شد (جدول ۳). از نظر مقدار ترسیب کربن خاک بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب در توده‌های ۳۵ و ۲۵ سال مشاهده شد (شکل ۲).

جدول ۱- نتایج آماربرداری صددرصد مشخصات کمی درختان در توده‌های مورد بررسی

Table1. Results of full inventory of quantitative characteristics of trees in the studied stands

توده ۳۵ ساله 35 Years Old Stand	توده ۳۰ سال 30 Years Old Stand	توده ۲۵ سال 25 Years Old Stand	مشخصات کمی Quantitative Characteristics
558	772	1050	تعداد در هکتار Number per Hectare
32	21	17	قطر برابر سینه (سانتی‌متر) Diameter at Breast Height (cm)
33	23	23	ارتفاع کل (متر) Total Height
47.66	29.55	26.66	سطح مقطع (مترمربع در هکتار) Basal Area (m^2/Ha)
811.34	362.94	314.15	حجم (مترمکعب در هکتار) Volume (m^3/Ha)

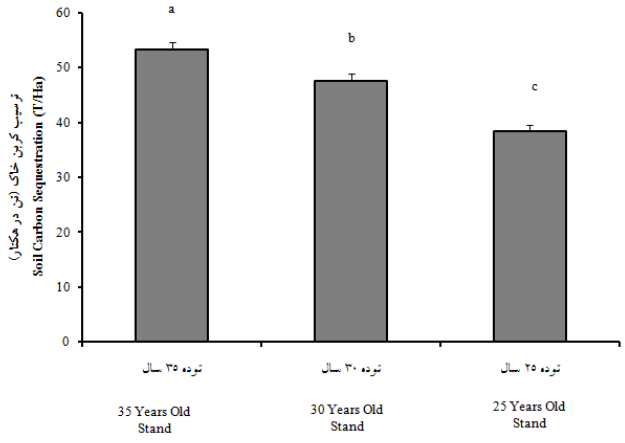
جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی خاک (میانگین ± اشتباه معیار) در توده‌های مختلف توسکا ییلاقی

Table 2. Physical properties of soil (mean ± standard error) in different *Alnus sabcurdata* stands

توده ۳۵ ساله 35 Years Old Stand	توده ۳۰ سال 30 Years Old Stand	توده ۲۵ سال 25 Years Old Stand	
45.49±2.44 a	34.03±0.47 b	37.89±1.98 b	درصد رطوبت Moisture (%)
1.36±0.02 b	1.50±0.02 a	1.51±0.03 a	چگالی ظاهری Bulk Density (g/m3)
30.80±1.67 a	38.80±1.53 a	38.20±3.73 a	درصد شن Sand (%)
44.00±2.23 a	43.20±2.00 a	39.80±1.87 a	درصد سیلت Silt (%)
24.20±2.25 a	18.00±1.58 a	21.00±1.88 a	درصد رس Clay (%)

حروف لاتین مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

Different letters indicate a significant difference at the 5% level using the Duncan test.



شکل ۲- ترسیب کربن خاک (تن در هکتار) در توده‌های مختلف توسکا ییلاقی

Figure 2. Soil carbon sequestration (tons per hectare) in different Alnus sabcurdata stands

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی خاک (میانگین ± اشتباه معیار) در توده‌های مختلف توسکا ییلاقی

Table 2. Chemical properties of soil (mean ± standard error) in different Alnus sabcurdata stands

توده ۳۵ ساله 35 Years Old Stand	توده ۳۰ سال 30 Years Old Stand	توده ۲۵ سال 25 Years Old Stand	
7.59±0.01 a	7.53±0.01 b	7.49±0.01 b	اسیدیته pH
0.71±0.02 b	0.85±0.02 a	0.86±0.05 a	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (ds/m)
0.60±0.02 a	0.53±0.01 b	0.36±0.01 c	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)
8.52±0.16 a	7.84±0.21 a	7.85±0.20 a	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available Phosphorus (mg/kg)
377.40±14.21 b	445.50±14.20 a	454.50±18.30 a	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available Potassium (mg/kg)
3.90±0.12 a	3.17±0.08 b	2.54±0.06 c	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)

حروف لاتین مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.

Different letters indicate a significant difference at the 5% level using the Duncan test.

نتایج تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در توده‌های مورد بررسی نشان داد که مؤلفه‌های اصلی محور اول و دوم به‌ترتیب ۴۰/۴۸ و ۲۱/۲۳ درصد از تغییرات را به‌خود اختصاص داد (جدول ۴). مطابق شکل ۲، توده ۳۵ سال از دو توده ۲۵ و ۳۰ سال جدا شده و فاصله بیشتری دارد. همچنین نتایج نشان داد که مقدار اسیدیته، نیتروژن، کربن آلی و ترسیب کربن همبستگی بالایی با توده ۳۵ سال داشتند. مقادیر هدایت الکتریکی، چگالی ظاهری و شن بیشترین همبستگی را با توده ۲۵ ساله داشت. همچنین مقادیر اسیدیته و نیتروژن بیشترین همبستگی را با ترسیب کربن خاک داشتند (شکل ۳).

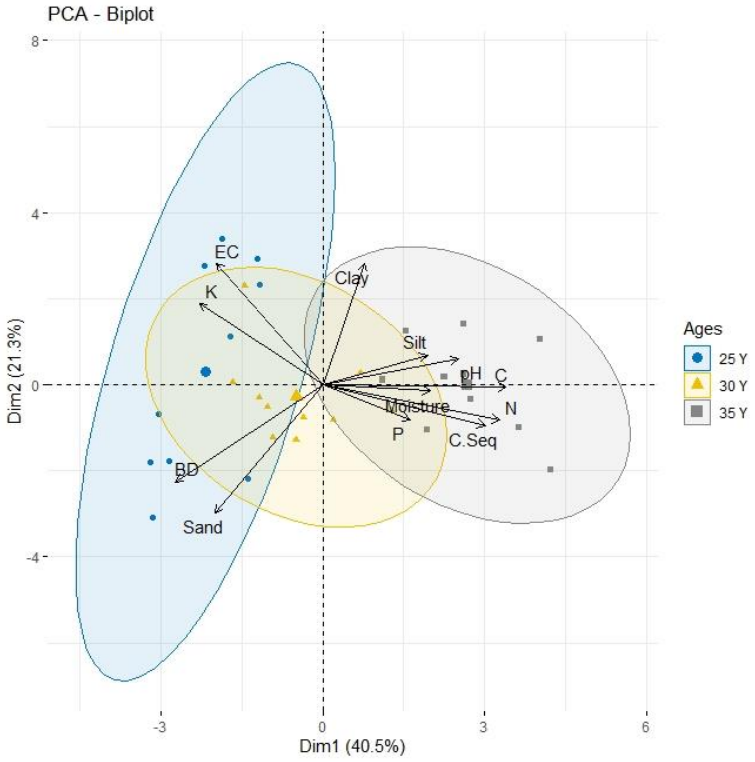
بحث

در این پژوهش اثر سن توده جنگلکاری توسکا ییلاقی روی ویژگی‌های خاک و ترسیب کربن آن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد در هکتار درختان به‌ترتیب در توده ۲۵ و ۳۵ سال مشاهده شد. Gorji Bahri et al. (2009) تعداد در هکتار گونهٔ توسکا ییلاقی را در توده دخالت‌شده در نه سالگی ۱۶۶۹ اصله و در ۱۳ سالگی، ۱۰۸۱- اصله و در ۱۹ سالگی، ۴۰۰ اصله به‌دست آورد. Ardeshiri (2010) تعداد در هکتار را در سن ۳۳ سالگی در توده توسکا ییلاقی ۶۵۷ اصله در هکتار به‌دست آورد. علت تفاوت تعداد در هکتار به‌نظر می‌رسد در ارتباط با شرایط رویشگاهی و ارتفاع از سطح دریا و به‌ویژه شدت دخالت‌کردن در عملیات پرورشی است. از طرفی با توجه به فاصله کاشت تلفاتی هم ناشی از خسارات طبیعی نظیر رقابت شدید به‌خاطر نورپسندبودن و باد وجود داشت. بیشترین و کمترین مقدار قطر برابر سینه، ارتفاع کل، سطح مقطع و حجم در هکتار درختان به‌ترتیب در توده‌های ۲۵ و ۳۵ ساله مشاهده شد. تحقیقات انجام شده توسط Gorji Bahri et al. (2009, 2007) میانگین قطر و رویش متوسط قطری گونهٔ توسکا را در سن نه سالگی به‌ترتیب ۱۵/۵ و ۱/۷۲ سانتی‌متر و در ۱۳ سالگی ۲۱/۴ و ۱/۶ سانتی‌متر و در ۱۹ سالگی ۲۷/۳ و ۱/۴ سانتی‌متر به‌دست آوردند.

جدول ۴- نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای ویژگی‌های خاک

Table 4. Results of PCA for soil properties

محور	مقدار شاخص ارزش ویژه	درصد واریانس
Axis	Eigen Value	Percent of Variance
1	4.85	40.48
2	2.56	21.33



شکل ۳- پراکنش متغیرهای خاک در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA)

Figure 3. Principal component analysis (PCA) of soil properties

نتایج نشان داد که مقدار رطوبت خاک در توده ۳۵ ساله به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو توده ۲۵ و ۳۰ ساله بود و اختلاف معنی‌داری بین دو توده ۲۵ و ۳۵ ساله مشاهده نشد. دلیل بیشتربودن مقدار رطوبت خاک در توده ۳۵ سال می‌تواند ناشی از تجمع لاشبرگ‌ها در مدت زمانی بیشتر نسبت به توده دیگر و بیشتربودن مواد آلی خاک در آن باشد. چرا که افزایش لاشبرگ می‌تواند سبب افزایش مواد آلی در خاک شود و همچنین می‌تواند به‌عنوان مانعی برای تبخیر آب از سطح خاک باشد. به‌طورکلی مواد آلی از طریق کاهش تبخیر از سطح خاک و همچنین قابلیت نگهداری آب و حفظ رطوبت در خاک می‌شود (Oztas et al., 2003). همچنین کمتر بودن تراکم درختان در توده ۳۵ ساله می‌تواند منجر به افزایش مقدار آب رسیده به کف جنگل و درآخر افزایش رطوبت خاک شود (Tafazoli et al., 2015; Joukar et al., 2019). مقدار چگالی ظاهری در توده ۳۵ ساله به‌طور معنی‌داری کمتر از دو توده دیگر بود. کاهش چگالی ظاهری می‌تواند به معنای افزایش فضای منافذ در خاک باشد. افزایش سن درختان و توسعه و نفوذ ریشه درختان در خاک می‌تواند موجب افزایش فضا منافذ در خاک شود. همچنین اضافه شدن مواد آلی طی فرآیند لاشه‌ریزی و ترشحات ریشه‌ای می‌تواند منجر به

بهبود ساختمان خاک و در نهایت کاهش چگالی ظاهری خاک شود (Norden, 1994 ،Weil and Brady 2016).

نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار واکنش خاک (pH) در توده ۳۵ سال به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو توده ۲۵ و ۳۰ سال بود. توسکا از درختانی است که با اکتینومیست‌های جنس فرانکیا همزیستی دارد و در نتیجهٔ این همزیستی، غده‌های ریشه‌ای تشکیل و در این غده‌ها نیتروژن مولکولی تثبیت می‌شود. به‌طور کلی فرآیند تثبیت نیتروژن بدون توجه به نقش میکروارگانیزم‌ها، فرآیندی است که موجب مصرف یون هیدروژن در خاک شده و درآخر می‌تواند منجر به افزایش pH خاک شود. برای این منظور، نیتروژن مولکولی به‌همراه یون هیدروژن و در حضور آنزیم نیتروژناز به آمونیاک تبدیل می‌شود (Weil and Brady 2016). بنابراین با توجه به اینکه در توده ۳۵ ساله نسبت به دو توده دیگر فرآیند تثبیت نیتروژن مدت زمان طولانی‌تری درحال انجام بود، بنابراین مقدار pH خاک نیز در این توده بیشتر از دو دیگر بود. نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار هدایت الکتریکی در توده ۳۵ سال به‌طور معنی‌داری کمتر از دو توده دیگر بود. دلیل این امر می‌تواند ناشی از آبشویی کاتیون‌های قلیایی به‌همراه یون نیترات از خاک باشد. افزایش فرآیند تثبیت نیتروژن در نهایت سبب افزایش مقدار قابل‌توجهی از یون آمونیم در خاک خواهد شد (Weil and Brady 2016). یکی از سرنوشت‌های احتمالی یون آمونیم در خاک، تبدیل آن به یون نیترات است. بنابراین با افزایش مقدار یون نیترات در خاک و توجه به‌این موضوع که این یون به‌راحتی از سطح خاک آبشویی می‌شود و آبشویی آن به‌همراه کاتیون‌های قلیایی اتفاق می‌افتد، از این‌رو درآخر این فرآیند منجر به کاهش مقدار هدایت الکتریکی در خاک خواهد شد (;Weil and Brady 2016). نتایج این پژوهش نیز نشان داد مقدار یون پتاسیم در توده ۳۵ سال به‌طور معنی‌داری کمتر از دو توده دیگر بود که دلیل اصلی آن می‌تواند ناشی از آبشویی این یون از خاک به‌همراه یون نیترات باشد (Weil and Brady 2016). نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار یون نیتروژن در توده ۳۵ سال به‌طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های ۲۵ و ۳۰ سال بود. با گذشت زمان و وجود گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مقدار این عنصر در خاک به مقدار قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (Weil and Brady 2016). پس از تثبیت نیتروژن در محل غده‌های ریشه درختان، مقدار زیادی از نیتروژن آلی به نیتروژن معدنی تبدیل خواهد شد. مقدار تثبیت نیتروژن ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار در سال توسط همزیستی فرانکیا با توسکا گزارش شده است (Newton et al., 1968).

نتایج نشان داد که کربن آلی خاک و همچنین ترسیب کربن با افزایش سن توده افزایش یافته است. یکی از دلایل اصلی این امر این است که لاشه‌ریزی اغلب با افزایش اندازه تنه و قطر درختان افزایش می‌یابد. لاشه‌ریزی نه تنها به افزایش ماده آلی تازه کمک می‌کند بلکه ممکن است شراطی را نیز فراهم کند که فرآیند هوموسی شدن در خاک‌ها را بهبود بخشد (Cao et al., 2018; Han et al., 2017). افزایش کربن آلی با سن توده نتیجهٔ مستقیم لاشه‌ریزی انباشته‌شده است. همچنین مقدار تنفس ریشه‌ای با افزایش سن کاهش پیدا می‌کند؛ بنابراین می‌توان به‌عنوان عاملی در تجمع کربن باشد (Cao et al., 2018; Zeng et al., 2014). یکی دیگر از دلایل پایین بودن کربن خاک برای توده‌های ۲۵ و ۳۰ سال می‌تواند به‌این واقعیت مربوط باشد که درختان در مرحله توسعه اولیه قرار دارند. همچنان که درخت به رشد خود ادامه می‌دهد، باید نرخ گردش کربن بالاتر و فعالیت‌های متابولیک بیشتری را در ریشه‌هایی که مسئول جذب مواد مغذی هستند حفظ کند (Zhang et al., 2011). و بدین ترتیب کربن خاک را

برای ایجاد سیستم ریشه در مرحله رشد سریع آن تخلیه می‌کند (Davidson et al., 2002). Davis et al. (2003) افزایش کربن در خاک (۰-۱۰ سانتی‌متر) را با افزایش سن توده گزارش کردند. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی متغیرهای مورد بررسی نشان داد که توده ۳۵ ساله به‌طور کامل از توده ۲۵ ساله جدا شده و توده ۳۰ ساله یک حالت بینابینی دارد. متغیرهای واکنش خاک، درصد نیتروژن کل، کربن آلی و ترسیب کربن همبستگی بالایی با توده ۳۵ سال داشتند. همچنین واکنش خاک و درصد نیتروژن کل همبستگی بالایی با ترسیب کربن در خاک داشت.

در این پژوهش برای اولین بار اثر سن درختان توسکا ییلاقی روی ویژگی‌های خاک و ترسیب کربن مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ویژگی‌های فیزیکی درصد رطوبت با افزایش سن افزایش و چگالی ظاهری کاهش پیدا کرد. همچنین ویژگی‌های شیمیایی شامل واکنش خاک، هدایت الکتریکی، درصد نیتروژن کل، پتاسیم قابل جذب و کربن آلی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سن درختان قرار می‌گیرند. همچنین بیشترین مقدار ترسیب کربن خاک نیز در توده ۳۵ ساله مشاهده شد. با توجه به نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی که بیانگر آن بود که اختلاف زیادی بین توده ۲۵ و ۳۰ ساله وجود ندارد و از طرف دیگر توده ۳۵ ساله از توده ۲۵ ساله به‌طور کامل جدا شد، بنابراین می‌توان بیان کرد که در سن حدود ۳۵ سال نیز توده توسکا توانایی بالایی برای تثبیت نیتروژن، بهبود حاصلخیزی خاک و همچنین ترسیب کربن دارد. بنابراین در برنامه‌های مدیریتی برای احیا جنگل و همچنین ترسیب کربن جو در خاک باید زمان بلندمدت، حدود ۳۵ سال درنظر گرفته شود.

References

Anonymous, Forest Management Plan of Dr. Bahramnia Forest. Published by Forests, Range and Watershed Management Organization of Iran, 1995. 820 p. (In Persian)

AnonymousSoil and Plant Testing and Analysis as a Basis of Fertilizer Recommendation, F.A.O. *Soils Bulletin*, 1980. 250 p.

Ardeshiri, A., Effect of thinning on diameter growth of alder and pure maple plant species. M.Sc thesis. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 2010, 100 p. (In Persian)

Bouyoucos, G. J., A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy journal* **1951,** *43* (9), 434-438.

Bradford, J. B.; Birdsey, R. A.; Joyce, L. A.; Ryan, M. G., Tree age, disturbance history, and carbon stocks and fluxes in subalpine Rocky Mountain forests. *Global change biology* **2008,** *14* (12), 2882-2897.

Cannell, M. G., Carbon sequestration and biomass energy offset: theoretical, potential and achievable capacities globally, in Europe and the UK. *Biomass and Bioenergy* **2003,** *24* (2), 97-116.

Cao, J.; Zhang, X.; Deo, R.; Gong, Y.; Feng, Q., Influence of stand type and stand age on soil carbon storage in China's arid and semi-arid regions. *Land Use Policy* **2018,** *78*, 258-265.

Davidson, E. A.; Savage, K.; Bolstad, P.; Clark, D. A.; Curtis, P. S.; Ellsworth, D. S.; Hanson, P. J.; Law, B. E.; Luo, Y.; Pregitzer, K. S., Belowground carbon allocation in forests estimated from litterfall and IRGA-based soil respiration measurements. *Agricultural and Forest Meteorology* **2002,** *113* (1-4), 39-51.

Davis, M.; Allen, R.; Clinton, P., Carbon storage along a stand development sequence in a New Zealand Nothofagus Forest. *Forest Ecology and Management* **2003,** *177* (1-3), 313-321.

Gorgi Bahri, Y.; Faraji, R.; Kiadaliri, H.; Abbasi, E.; Gharib, B., The effect of thinning on growth and wood production of Caucasian alder (*Alnus subcordata*) plantation in Nowshahr region, *Iranian Journal of Forest* **2009**, 1 (1), 43-55. (In Persian)

Gorji Bahri, Y.; Hemati, A.; Mahdavi, R., Effects of thinning intensities on Loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation in Guilan province (Iran), *Iranian Journal of Forest*

and Poplar Research **2007**, 15 (3), 217-233. (In Persian)

Han, X.; Zhao, F.; Tong, X.; Deng, J.; Yang, G.; Chen, L.; Kang, D., Understanding soil carbon sequestration following the afforestation of former arable land by physical fractionation. *Catena* **2017,** *150*, 317-327.

Imani, M.; Hojjati, S. M.; Pourmajidian, M. R.; Fallah, A., The effect of stand age on soil carbon sequestration of *Acer velutinum* plantation. Annual International Congress on New Findings in Agricultural Sciences and Natural Resources, Environment and Tourism. 2019b. (In Persian)

Imani, M.; Hojjati, S. M.; Pourmajidian, M. R.; Fallah, A.; Tafazoli, M., Effect of stand age on carbon sequestration of Acer velutinum plantation. The second international congress on agricultural and environmental development with emphasis on the United Nations development program. September 2019a. (In Persian)

Jafarihaghighi, M., *Sampling and analysis of important physical and chemical soil analysis*. Neda Zoha press, 2003, 236 p. (In Persian)

Joukar, Z.; Moradi, M.; Basiri, R., Distribution of rain fall in pure Tamarix arceuthoides stand in the riparian forests. *Journal of Forest Research and Development* **2019,** *4* (4), 501-513.

Khalili ardali, Z.; Mirazadi, Z.; Mansour, S. R., Estimation of biomass, carbon sequestration and leaf area of Acer monspessulanum in Middle-Zagros, case study: Ghaleh Gol forests in Lorestan province. **2019**.

Kiasari, S.; Sardabi, H.; Mousavi Garmestani, S. A.; Borhani, A.; Karandeh, M.; Bozorgnejad, R.; Ghasemi, S. i., Effect of sowing date on growth and survival of Brutain Pine (Pinus brutia) and Mediterranean Cypress (Cupressus sempervirens var. horizontalis) in eastern Mazandaran (Passand Research Station). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2008,** *16* (2), 261-251.

Kimble, J. M.; Heath, L. S.; Birdsey, R. A.; Lal, R., The Potential of U.S. Forest Soils to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. CRC Press, New York, 2003, 448p.

Lal, R., Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma* **2004,** *123* (1-2), 1-22.

Naghipour Borj, A. A.; Haidarian Aghakhani, M.; Dianati, Gh. A.; Tavakoli, H., Role of Iran's gangelands in gbsorption of greenhouse gasses. *A*bstracts of the 2nd National Conference on World Environment, Iran, 2008, pp, 219-220. (In Persian)

Nelson, D.; Sommers, L. E., Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties* **1983,** *9*, 539-579.

Nordén, U., Leaf litterfall concentrations and fluxes of elements in deciduous tree species. *Scandinavian Journal of forest research* **1994,** *9* (1-4), 9-16.

Olsen, S. R., *Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*. US Department of Agriculture: 1954.

Osabohien, R.; Matthew, O.; Aderounmu, B.; OLAWANDE, T. I., Greenhouse gas emissions and crop production in West Africa: Examining the mitigating potential of social protection. *International Journal of Energy Economics and Policy* **2019,** *9* (1), 57-66.

Oztas, T.; Koc, A.; Comakli, B., Changes in vegetation and soil properties along a slope on overgrazed and eroded rangelands. *Journal of Arid Environments* **2003,** *55* (1), 93-100.

Pan, Y.; Birdsey, R. A.; Fang, J.; Houghton, R.; Kauppi, P. E.; Kurz, W. A.; Phillips, O. L.; Shvidenko, A.; Lewis, S. L.; Canadell, J. G., A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* **2011,** *333* (6045), 988-993.

Powers, J. S.; Marín-Spiotta, E., Ecosystem processes and biogeochemical cycles in secondary tropical forest succession. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **2017,** *48*, 497-519.

Pregitzer, K. S.; Euskirchen, E. S., Carbon cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. *Global change biology* **2004,** *10* (12), 2052-2077.

Razakamanarivo, R. H.; Grinand, C.; Razafindrakoto, M. A.; Bernoux, M.; Albrecht, A., Mapping organic carbon stocks in eucalyptus plantations of the central highlands of Madagascar: A multiple regression approach. *Geoderma* **2011,** *162* (3-4), 335-346.

Sheikh, M. A.; Kumar, M.; Bussmann, R. W., Altitudinal variation in soil organic carbon stock in coniferous subtropical and broadleaf

temperate forests in Garhwal Himalaya. *Carbon balance and management* **2009,** *4* (1), 1-6.

Srivastava, A. K.; Gaiser, T.; Paeth, H.; Ewert, F., The impact of climate change on Yam (Dioscorea alata) yield in the savanna zone of West Africa. *Agriculture, ecosystems & environment* **2012,** *153*, 57-64.

Tafazoli, M.; Attarod, P.; Hojjati, S., Rainfall interception by Quercus castaneifolia, Acer velutium, and Pinus brutia plantations within the growing season in Darabkola Forest of Mazandaran province. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2015,** *23* (1).

Wei, Y.; Li, M.; Chen, H.; Lewis, B. J.; Yu, D.; Zhou, L.; Zhou, W.; Fang, X.; Zhao, W.; Dai, L., Variation in carbon storage and its distribution by stand age and forest type in boreal and temperate forests in northeastern China. *PLoS One* **2013,** *8* (8), e72201.

Weil, R.; Brady, N., The nature and properties of soils, ed. *Columbus, Ohio: Pearson* **2016**.

Wu, G. L.; Liu, Y.; Tian, F. P.; Shi, Z. H., Legumes functional group promotes soil organic carbon and nitrogen storage by increasing plant diversity. *Land Degradation & Development* **2017,** *28* (4), 1336-1344.

Zeng, X.; Zhang, W.; Cao, J.; Liu, X.; Shen, H.; Zhao, X., Changes in soil organic carbon, nitrogen, phosphorus, and bulk density after afforestation of the "Beijing–Tianjin Sandstorm Source Control" program in China. *Catena* **2014,** *118*, 186-194.

Zhang, J.; Shangguan, T.; Meng, Z., Changes in soil carbon flux and carbon stock over a rotation of poplar plantations in northwest China. *Ecological research* **2011,** *26* (1), 153-161.

Effect of alder plantation age on soil carbon sequestration

M. Alazmani1, S.M. Hojjati*2, S.M. Waez Mousavi3 and M. Tafazoli4

1- M.Sc. Student Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari. I.R. Iran. (alazmani.mazaher@yahoo.com)
2- Associate Professor, Department of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran. (s_m_hodjati@yahoo.com)
3- Assistant Professor, Department of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran. (waezmousavi@gau.ac.ir)
4- Ph.D in Forestry, Department of Forestry, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I.R. Iran. (mahya_tafazoli@yahoo.com)

Received: 16.08.2020 Accepted: 04.10.2020

Abstract

There had been no study about the effect of the plantations' age on the properties of forest soils and soil carbon sequestration. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of an alder plantation's age on some soil properties and carbon sequestration. Three alder plantation stands (25, 30, and 35 years old) located in Parcels No. 6 and 7 in Shastkolateh forest were selected. In order to investigate the quantitative characteristics of trees, the diameter and height of all trees were recorded using the full inventory method. In each stand, 20 × 20 m sample plots were considered using a systematic random method with a 50 × 50 m grid. A soil sample was then taken at the depth of 0-15 cm in each plot using the core method. The result showed that the 35-year-old stand had the highest soil moisture (45.49%±2.44) and the lowest bulk density (1.36 g/cm^2±0.02). The highest pH (7.59 ±0.01) and the lowest EC (0.71±0.02 dS/m) were observed in the 35-year-old stand. The highest and lowest percentages of total soil nitrogen as well as carbon sequestration were observed in the 35- and 25- year-old stands, respectively. The results of component analysis showed that the 35-year-old stand was different from the other two stands; hence, it can be stated that alder plantation stands will have a high capacity for carbon sequestration at this age.

Keywords: Climate change, Nitrogen fixation, Plantation, Soil properties.

* Corresponding author Tel: +989111719613

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۳۱۱-۲۹۳، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121059
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.9.2

مقالهٔ پژوهشی

شناسایی و تحلیل نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای فراروی سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت پایدار عرصه‌های جنگلی استان گلستان

غلامرضا اعتمادی نسب[۱]، محمدهادی معیری*[۲]، احمد عابدی سروستانی[۳] و محمدرضا شهرکی[۴]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (gh.etemadi2017@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (moayeri38@yahoo.com)

۳- دانشیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (abediac@yahoo.com)

۴- کارشناس اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری و دانشجوی کارشناسی ارشد توسعه روستایی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (m.rshahraki@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۲۱

چکیده

باوجود تلاش‌های انجام‌شده در شکل‌گیری و نقش‌آفرینی سازمان‌های مردم‌نهاد در حفاظت و پایداری عرصه‌های منابع طبیعی، سازمان‌های مردم‌نهاد هنوز نتوانسته‌اند جایگاه مناسب را کسب کنند. این پژوهش با هدف شناخت نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای فراروی سازمان‌های مردم‌نهاد محیط زیستی در مدیریت پایدار عرصه‌های جنگلی انجام شد. جمعیت مورد بررسی شامل کارشناسان و اعضای ۱۲ سازمان مردم‌نهاد منابع طبیعی و زیست‌محیطی در استان گلستان بود که ۱۲۰ نفر از آن‌ها به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. ابزار جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه محقق‌ساخته بود که سوالات آن بر مبانی نظرات کارشناسان و اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد طی ۶۰ مصاحبه تنظیم شد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از روش SWOT استفاده شد. نتایج نشان داد که وزن نقاط قوت بیشتر از وزن نقاط ضعف و وزن تهدیدها بیشتر از فرصت‌های فراروی سازمان‌های مردم‌نهاد است. بر مبنای برآیند عوامل درونی و بیرونی، بهترین استراتژی برای سازمان‌های مردم‌نهاد، استراتژی تهاجمی است که در آن بر استفاده از نقاط قوت و فرصت‌های موجود برای گسترش فعالیت‌های سازمان‌های مردم‌نهاد تأکید می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مدیریت پایدار، جنگل، حفاظت، سمن.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۱۱۷۱۹۶۱۳

مقدمه

برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری درباره منابع جنگلی مسئله‌ای پیچیده است که عمدتاً دربرگیرنده معیارهای چندگانه است (Díaz-Balteiro and Romero, 2008). مدیریت جنگل‌ها در مرحله گذار از جنگلداری سنتی به جنگلداری نوین قرار دارد و پرداختن به‌نحوه مدیریت و تعیین استراتژی‌های مدیریتی می‌تواند برای برنامه‌ریزان سازمان جنگل‌ها مفید باشد (Omidi et al., 2020). یکی از جنبه‌های مطرح در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌ها، جنبه اجتماعی است (Park and Lee, 2016). موضوع مشارکت نیز به‌عنوان یکی از الزامات توسعه پایدار در مدیریت عرصه‌های محیط‌زیستی (Primmer and Kyllönen, 2006)، از مهم‌ترین و اصلی‌ترین ابزار اجتماعی در مدیریت پایدار جنگل‌ها محسوب می‌شود (Kangas et al., 2010). یکی از بدیل‌ها برای جلب مشارکت مردم، تأسیس شبکه‌های اجتماعی به‌ویژه سازمان‌های مردم‌نهاد یا سمن‌ها است. این درحالی است که تشویق مشارکت عمومی در مدیریت منابع محیط‌زیستی موجب افزایش نقش سازمان‌های غیردولتی شده است (Gupta, 2012). سازمان‌های مردم‌نهاد جایگزینی برای بخش دولتی در ارائهٔ خدمات محسوب می‌شوند. این تشکل‌ها بر اساس نیاز و توانایی گروه‌های مختلف و در ارتباط با موضوعات مختلف مربوط به محیط‌زیست و همچنین اجرای برنامه‌های توسعه ایجاد می‌شوند (Kameli and Rezai, 2011). به‌همین دلیل، یکی از سازوکارهای مهم در فرآیند توسعه پایدار، تقویت سازمان‌های غیردولتی است (Noei and Saje, 2011). برخی نیز معتقدند توسعهٔ فرهنگ محیط‌زیستی با بهره‌گیری از ظرفیت سازمان‌های مردم‌نهاد محیط‌زیستی، رویکردی کم‌هزینه و فراگیر است که می‌تواند بستر مناسب برای حفاظت از محیط‌زیست کشور را فراهم آورد (Jalali et al., 2015).

در بیشتر کشورها سازمان‌های مردم‌نهاد نقش اساسی در فرآیند توسعه برعهده دارند (Rahimi et al., 2011). بر اساس نتایج تحقیقات Hines et al. (1987) و He et al. (2017) سازمان‌های غیردولتی می‌توانند از طریق حضور در مراکز آموزشی، ارائه سخنرانی در برنامه‌های مختلف، برپایی و برگزاری نمایشگاه و تهیه و توزیع پوسترهای ترویجی، علاوه بر افزایش آگاهی، به تغییر رفتار افراد با طبیعت و منابع طبیعی کمک کنند (Jianan, Raisingh and Abdulrahman, 2012، 2012). ارائه خدمات به شهروندان در کنار دولت، مشارکت فعال در برنامه‌ها و به چالش کشیدن مدیریت محیط‌زیستی و پاسخگو ساختن سیاست‌ها و برنامه‌ها، به‌عنوان نقش‌های سازمان‌های مردم‌نهاد معرفی شده‌اند (Young, 2000). علاوه بر این، سازمان‌ها و تشکل‌های مردمی تأثیر به‌سزایی در تقویت مشارکت مردمی و سرمایه اجتماعی و همچنین افزایش مسئولیت‌پذیری مردم دارند (Morrison and Lane, 2004، Ulvila and Heinrich, Abdulaziz, 2015 ،Hossain, 2002، 2001). همچنین، نشر دانش یکی دیگر از کارکردهای این تشکل‌ها محسوب می‌شود (Hendriks, 2002). این قبیل سازمان‌های غیردولتی با انتشار اطلاعات و اجرای خدمات عمومی، می‌توانند به حمایت و حفاظت از عرصه‌های محیط‌زیستی بپردازند (Anheier, 2007). نتایج تحقیق انجام‌شده در کشور مالزی نشان داد که سازمان‌های مردم‌نهاد با ترویج استفادهٔ درست آب به حفاظت از عرصه‌های محیط‌زیستی کمک کرده‌اند (Hashim et al., 2010). Raj (2010)، نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسید که سازمان‌های مردم‌نهاد می‌توانند با ظرفیت‌سازی از طریق فعالیت‌های آموزشی و ترویجی، به افزایش ظرفیت‌های جامعه کمک کنند و

زمینه‌ساز حفاظت از محیط زیست روستایی شوند. برخی نیز معتقدند سازمان‌های مردم‌نهاد در توانمندی مردم برای حفاظت از عرصه‌های محیط‌زیستی نقش بی‌بدیل دارند (Sianipar and Widaretna, 2012، Banks et al., 2015).

از مهم‌ترین محدودیت‌های سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی و محیط زیستی می‌توان به پراکندگی اعضای این سازمان، عدم تخصص کافی در زمینه‌های محیط‌زیستی، نبود منابع مالی حمایت‌کننده و همچنین خلاء قانونی اشاره کرد. با این حال سازمان‌های مردم‌نهاد دارای مزیت‌هایی مانند اقدام داوطلبانه مستقل از دولت، ترویج مشارکت‌های محلی، توانایی دست‌یابی به جوامع فقیر و مناطق دور افتاده، انجام امور با حداقل هزینه، شناسایی نیازهای محلی، ایجاد منابع محلی و معرفی فنون و مهارت‌های جدید هستند (Samuel and Thanikachalam, 2003). افزایش مقدار اعتماد دستگاه‌های دولتی به سازمان‌های مردم‌نهاد، رفع مشکلات مالی سازمان‌های مردم‌نهاد با واگذاری برخی پروژه‌ها به آن‌ها و همچنین، حمایت قانونی و منطقی از این تشکل‌ها، از عامل‌های مؤثر در پیشبرد اهداف سازمان‌های مردم‌نهاد محیط‌زیستی محسوب می‌شوند (Moghimi and Alambeigi, 2012).

Yasouri (2011)، مشکلات سازمان‌های مردم‌نهاد را شامل مشکلات درون سازمانی مانند مسایل مدیریتی، ارتباطات ناقص، نبود تجربه کافی در برنامه‌ریزی و ضعف فرهنگی مشارکت، و برون سازمانی شامل مشکلات ثبت، عدم اطلاع‌رسانی، مسایل مالی، فقدان شبکه‌های تخصصی و نداشتن همکاری دستگاه‌های دولتی با سازمان‌های غیردولتی، می‌داند. نتایج یک تحقیق نشان داد که کم‌آگاهی و نگاه منفی و رقابت‌آمیز دولت نسبت به سمن‌ها، وابستگی مالی و ضعف درونی و آگاهی کم مردم از فواید مشارکت در سمن‌ها، به‌عنوان سه چالش و تهدید عمده برای سازمان‌های مردم‌نهاد مطرح هستند (Damari et al., 2014).

با توجه به‌این‌که سازمان‌های مردم‌نهاد یکی از ابزارهای اساسی نوین برای رشد و توسعه فعالیت‌های اجتماعی-سیاسی در بیشتر کشورها محسوب می‌شوند (Rahimi et al., 2011)، در کشور ما نیز به نقش این سازمان‌ها در حفاظت و مدیریت منابع طبیعی توجه شده است. اما سازمان‌های مردم‌نهاد فعال در این زمینه، هنوز نتوانسته‌اند جایگاه مناسب را به‌دست آورند و اعتماد سازمان‌هایی مانند ادارات منابع طبیعی و آبخیزداری را جلب کنند. همچنین سوال‌هایی پیرامون اثربخشی و کارآمدی سازمان‌های مردم‌نهاد در جلب مشارکت مردمی برای حفاظت و حمایت از عرصه‌های جنگلی وجود دارد. برخی معتقدند اثربخشی پایین سازمان‌های مردم‌نهاد به عوامل مختلف درونی و بیرونی این سازمان‌ها ارتباط دارد. این پژوهش با هدف شناخت نقاط قوت، ضعف، فرصت‌ها و تهدیدهای فراروی سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی و محیط‌زیست در مدیریت پایدار عرصه‌های جنگلی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق

این پژوهش از نظر ماهیت توصیفی- پیمایشی و از نظر هدف اکتشافی- تحلیلی است. جامعهٔ آماری تحقیق شامل ۱۵۱۵ نفر از اعضای ۱۲ سازمان مردم‌نهاد در استان گلستان بودند. بر اساس جدول بارتلت، تعداد ۱۲۰ نفر به‌عنوان حجم نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شدند (n=۱۲۰). بدین منظور از هر سازمان مردم‌نهاد، ۱۰ نفر مصاحبه شدند. ابزار جمع‌آوری اطلاعات پرسشنامه محقق‌ساخته بود. برای طراحی سوالات پرسشنامه، با ۳۰ نفر کارشناس منابع طبیعی و همچنین ۳۰ نفر از اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد مصاحبه به‌عمل

آمد تا نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدهای سازمان-های مردم‌نهاد در مدیریت عرصه‌های جنگلی مشخص شوند. پس از ویرایش و حذف موارد مبهم و مشابه، نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید نهایی شدند. پرسشنامه تحقیق در چهار بخش شامل نقاط قوت با ۲۱ سوال، نقاط ضعف با ۲۹ سوال، فرصت‌ها با ۲۳ سوال و تهدیدها با ۲۱ سوال، تنظیم شد. هر کدام از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید در یک دامنه پنج گزینه-ای طیف لیکرت شامل خیلی زیاد (با ارزش عددی ۵)، زیاد (با ارزش عددی ۴)، متوسط (با ارزش عددی ۳)، کم (با ارزش عددی ۲) و خیلی کم (با ارزش عددی ۱) سنجش شد. پس از آن، نقاط قوت و ضعف به‌عنوان عوامل درونی و فرصت‌ها و تهدیدها به‌عنوان عوامل بیرونی دسته‌بندی شدند. برای تعیین روایی محتوایی پرسشنامه تدوین‌شده، از نظرات تخصصی اساتید دانشگاه و کارشناسان منابع طبیعی بهره گرفته شد. به-طوری که، پس از اعمال نظرات و اصلاحات نهایی، پرسشنامه برای بخش پایایی آماده شد. برای تعیین پایایی آن نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد که متوسط آن ۰/۷۰۱ به‌دست آمد. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات و دستیابی به بهترین استراتژی برای ادامه فعالیت سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت جنگل‌ها، از روش تحلیلی SWOT استفاده شده که در آن با وزن-دهی به عامل‌های درونی و بیرونی، استراتژی مناسب مشخص می‌شود. استراتژی‌های چهارگانه عبارتند از:

الف) استراتژی‌های تهاجمی (SO)

در قالب این استراتژی‌ها سازمان با استفاده از نقاط قوت داخلی می‌کوشد از فرصت‌های خارجی بهره‌برداری کند و با بهره‌گیری از نقاط قوت، فرصت‌ها را به حداکثر برساند. معمولاً سازمان‌ها برای رسیدن به چنین موقعیتی از استراتژی‌های ST،WO و WT استفاده می‌کنند تا بدان جا برسند که بتوانند از استراتژی‌های SO استفاده کنند.

ب) استراتژی‌های بازنگری (WO)

هدف از این استراتژی‌ها این است که سازمان با بهره-برداری از فرصت‌های موجود در محیط داخل بکوشد نقاط ضعف‌داخلی را بهبود ببخشد. در این حالت سازمان به‌دلیل داشتن ضعف داخلی نمی‌تواند از این فرصت‌های به‌دست آمده بهره‌برداری کند. ازاین‌رو لازم است استراتژی‌هایی به‌کار گرفته شود تا با از بین بردن نقاط ضعف از فرصت‌ها استفادهٔ مناسب شود.

ج) استراتژی‌های تنوع (ST)

سازمان‌ها با اجرای این استراتژی‌ها می‌کوشند با استفاده از نقاط قوت خود، اثرهای ناشی از تهدیدات موجود را کاهش داده یا آن‌ها را از بین ببرند.

د) استراتژی‌های تدافعی (WT)

سازمان‌هایی که این استراتژی را به‌کار می‌برند، حالت تدافعی به خود می‌گیرند و هدف از این استراتژی کم کردن نقاط ضعف داخلی و پرهیز از تهدیدات ناشی از محیط خارجی است. در واقع چنین سازمان‌هایی می-کوشند برای حفظ بقای خود از فعالیت‌های خود بکاهند.

با کمک نرم‌افزار اکسل و برای اندازه‌گیری وزن اولیه و وزن نهایی، در ستون‌ها وزن گزینه‌های ممکن (خیلی‌زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی‌کم) به نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید آورده شد و در ردیف‌ها، فراوانی پاسخ‌دهندگان به‌هر گزینه مشخص شد. سپس مجموع وزن اولیه هر کدام از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید محاسبه شد. برای این کار، فراوانی افرادی که هر گزینه را انتخاب کرده بودند در وزن هر گزینه (خیلی زیاد=۵؛ زیاد=۴؛ متوسط=۳؛ کم=۲؛ خیلی کم=۱) ضرب و مجموع آن‌ها برای هر کدام از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید محاسبه شد. سپس جمع مجموع اوزان اولیه محاسبه و بر مبنای آن، نسبت هر یک از مجموع وزن‌های اولیه عامل محاسبه شد. پس از

آن، برای هر کدام از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید ضریب اهمیت بین ۱ تا ۴ اختصاص داده شد. این ضریب برای متعادل کردن وزن نهایی هر کدام از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید بر اساس مقدار اهمیت هر کدام از نقاط مورد استفاده قرار گرفت که مقدار آن‌ها با انجام مصاحبه گروه متمرکز شامل ۸ نفر از کارشناسان منابع طبیعی و اعضای فعال سازمان‌های مردم‌نهاد به‌دست آمد که در آن، عدد ۱ بیانگر کمترین ضریب اهمیت و عدد ۴ بیانگر بیشترین ضریب اهمیت بود. سپس ضریب اهمیت هر کدام از نقاط در نسبت مجموع وزن‌های اولیه ضرب و بدین ترتیب وزن نهایی محاسبه شد (Policastro, 2001). این روش به‌صورت جداگانه برای نقاط قوت و ضعف (به‌عنوان عوامل درونی) و همچنین فرصت‌ها و تهدیدها (به‌عنوان عوامل بیرونی) مورد استفاده قرار گرفت. در نهایت وزن نهایی عوامل درونی و بیرونی به‌صورت مجزا محاسبه شد و بر اساس آن، موقعیت سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی بر محور مختصات تحلیل راهبردی SWOT مشخص شد.

نتایج

ویژگی‌های فردی پاسخگویان

نتایج نشان داد که ۶۵/۸ درصد از افراد مورد بررسی مرد و ۳۴/۲ درصد زن بودند. ۳۶/۷ درصد با بیشترین فراوانی دارای سن بیشتر از ۵۰ سال داشتند و میانگین سنی افراد مورد بررسی برابر ۴۷/۹۳ بود. یافته‌ها نشان داد که ۵۴/۲ درصد از پاسخگویان دارای تحصیلات در حد لیسانس داشتند که تحصیلات ۸۴/۲ درصد از آنان غیرمرتبط با رشته‌های منابع طبیعی بود. متوسط سابقه عضویت افراد مورد بررسی در سازمان‌های مردم‌نهاد برابر ۱۳ سال به‌دست آمد.

تحلیل SWOT و تعیین موقعیت راهبردی

جدول ۱ نتایج رتبه‌بندی نظرات اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی را در ارتباط با نقاط قوت این تشکل‌ها نشان می‌دهد. بر این اساس «تشکیل گروه‌های مؤثر در حوادث بحرانی به‌ویژه آتش‌سوزی در جنگل‌ها»، «بالا بودن مسئولیت‌پذیری در بین اعضای سازمان» و «بالا بردن حساسیت‌های اکولوژیکی و حفاظتی از جنگل‌ها» به‌ترتیب با وزن نهایی ۰/۲۴۱، ۰/۲۲۱ و ۰/۲۰۹ در اولویت‌های اول تا سوم قرار گرفتند. در مقابل، «پراکندگی مناسب سازمان‌های مردم‌نهاد در سطح استان» و «حضور مداوم اعضای سازمان در عرصه‌های جنگلی» به‌ترتیب با وزن نهایی ۰/۰۶۱ و ۰/۰۵۱ در دو رتبهٔ انتهایی قرار گرفتند.

جدول ۲ نتایج رتبه‌بندی نظرات افراد مورد بررسی درباره نقاط ضعف سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی را نشان می‌دهد. بر این اساس، «توانایی پایین اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد از نظر فنی برای حفظ، احیای و توسعه جنگل‌ها»، «عدم وجود ساختار و نظام مالی قوی در سازمان‌های مردم‌نهاد و احتمال بروز اختلافات و تخلفات» و «پایین بودن سطح آگاهی و دانش قوانین و مقررات منابع طبیعی در بین اعضای سازمان مردم‌نهاد» به‌ترتیب با وزن نهایی ۰/۱۶۴، ۰/۱۵۸ و ۰/۱۴۹ در اولویت‌های اول تا سوم قرار گرفتند. در مقابل، «ایجاد بی‌نظمی در مدیریت جنگل‌ها با توجه به اقدامات خودسرانهٔ برخی از افراد منتسب به سازمان‌های مردم‌نهاد» با وزن نهایی ۰/۰۳۱ و «نبود تضمین در اجرای مصوبات سازمان‌های مردم‌نهاد» با وزن نهایی ۰/۰۲۵ به‌ترتیب در دو رتبهٔ انتهایی جای گرفتند.

جدول ۱- وزن نهایی و رتبه نقاط قوت سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی

Table 1. The Final weight and prioritizing the strengths of natural resource NGOs

رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
1	0.241	4	0.060	تشکیل گروه‌های مؤثر در حوادث بحرانی به‌ویژه آتش‌سوزی در جنگل‌ها Forming effective groups in crisis situation, especially forest fires
2	0.221	4	0.055	بالا بودن مسئولیت‌پذیری در بین اعضای سازمان Promotion responsibility among members of the organization
3	0.209	4	0.052	بالا بردن حساسیت‌های اکولوژیکی و حفاظتی از جنگل‌ها Improving ecological and protective sensitivities about forests
4	0.206	4	0.051	داشتن نیت خالصانه و داوطلبانه اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد Sincere and voluntary intention of NGOs members
5	0.205	4	0.051	غیردولتی و مردمی بودن سازمان‌های مردم‌نهاد Non-governmental and people oriented of NGOs
6	0.200	4	0.050	قابل اعتماد بودن در بین جوامع مختلف Being reliable among different communities
7	0.192	4	0.048	جذب شخصیت‌های برجسته در سازمان برای ترویج فرهنگ منابع طبیعی Employing prominent people in the organization to promote culture of natural resources
8	0.184	4	0.046	ترویج فرهنگ منابع طبیعی با حضور گسترده در فضای مجازی Promoting culture of natural resources using cyberspace
9	0.165	4	0.041	عضویت اقشار مختلف جامعه در سازمان‌های مردم‌نهاد Membership of different individuals of society in NGOs
10	0.139	3	0.046	انتقال سریع و آسان مفاهیم اصولی استفاده از جنگل‌ها به مردم Quick and easy transfer of basic concepts of forest to people
11	0.138	4	0.035	آگاهی و اطلاع‌رسانی درست به ذینفعان روستایی و شهری Proper awareness-raising of rural and urban residents
12	0.135	3	0.045	تهیه و تدوین بروشور و نشریات مرتبط با منابع طبیعی و توزیع در بین مردم Preparing and distributing brochures and publications related to natural resources among people
12	0.135	3	0.045	جذب اعضای متخصص و آشنا به مسائل منابع طبیعی به‌ویژه جنگل Employing knowledgeable and expert people about natural resource issues, especially forestry
13	0.127	3	0.042	آموزش رشته‌های مهارتی توسط اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد در روستاهای جنگل‌نشین Training of skills by NGO members in forested villages
14	0.119	3	0.040	تبلیغات گسترده سازمان‌های مردم‌نهاد در خصوص اهمیت جنگل‌ها Extensive advertising about the importance of forests by NGOs

ادامهٔ جدول ۱.

Continued table 1.

رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
15	0.110	3	0.037	انجام کارها بدون بودجه مصوب سازمان‌های مردم‌نهاد Performing affairs without any enacted budget for non-governmental organizations (NGOs)
16	0.098	2	0.049	عکس‌العمل سریع در مقابل فعالیت‌های غیرقانونی Rapid response to illegal activities
17	0.096	2	0.048	استقلال عمل در سازمان‌های مردم‌نهاد Independence of NGOs for action
17	0.087	2	0.044	بر انگیختن احساسات عمومی در مدیریت بر عرصه‌های منابع طبیعی Encouraging public sentiment about natural resource management
18	0.061	1	0.061	پراکندگی مناسب سازمان‌های مردم‌نهاد در سطح استان Proper distribution of NGOs in the province
19	0.051	1	0.051	حضور مداوم اعضای سازمان در عرصه‌های جنگلی Continuous presence of members of NGOs in forested areas
	3.117			جمع Total

جدول ۲- وزن نهایی و رتبه نقاط ضعف سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی

Table 2. The Final weight and prioritization of weaknesses of natural resources NGOs

رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
1	0.164	2	0.041	توانایی پایین اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد از نظر فنی برای حفظ، احیا و توسعه جنگل‌ها echnical ability of NGOs in preserving, restoring, and developing of forests:
2	0.158	2	0.040	عدم وجود ساختار و نظام مالی قوی در سازمان‌های مردم‌نهاد و احتمال بروز اختلافات و تخلفات Lack of strong financial system and structure in NGOs and the possibility of disputes and violations
3	0.149	2	0.037	پایین بودن سطح آگاهی و دانش قوانین و مقررات منابع طبیعی در بین اعضای سازمان مردم‌نهاد Low level of awareness and knowledge of natural resources laws and regulations among NGOs members
4	0.148	2	0.037	عدم تخصص و داشتن دیدگاه‌های غیرکارشناسی در زمینهٔ مدیریت جنگل‌ها Lack of expertise and non-expert views about forest management
5	0.145	4	0.036	عدم بهره‌گیری مناسب سازمان‌های مردم‌نهاد از فارغ التحصیلان منابع طبیعی Lack of proper utilization of NGOs of natural resource graduates

ادامهٔ جدول ۲.

Continued table 2.

رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
6	0.141	3	0.035	دور شدن سازمان‌های مردم‌نهاد از واقعیت و اغراق در برخی از مسائل مربوط به منابع طبیعی به‌ویژه جنگل‌ها Getting away of NGOs from the reality and exaggeration in some issues related to natural resources, especially forests
7	0.137	1	0.034	عدم هماهنگی سازمان‌های مردم‌نهاد با اداره منابع طبیعی در اجرای فعالیت‌های اداری Lack of coordination among non-governmental organizations and the management of natural resources in implementation of administrative activities
8	0.135	1	0.034	ناآشنایی اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد با فنون و اقدامات کارشناسی در حوزه منابع طبیعی و جنگلداری Unfamiliarity of NGOs members about techniques and expert measures in the field of natural resources and forestry
9	0.121	4	0.040	مداخله سازمان‌های مردم‌نهاد در برنامه‌ریزی‌های دولتی مرتبط با جنگل‌ها Intervention of NGOs in government planning related to forests
10	0.116	1	0.039	آگاه نبودن کامل اعضای سازمان‌ها به وظایف و مسئولیت‌های خود به‌ویژه در بحث منابع طبیعی Low awareness of members in their duties and responsibilities, especially in the field of issues of natural resources
11	0.109	3	0.036	عدم ارائهٔ کامل و دقیق خدمات آموزش فرهنگی سازمان‌های مردم‌نهاد به مردم Lack of NGOs activities regarding complete and accurate presentation of cultural education services to people
12	0.102	2	0.034	عدم انتخاب مسیر قانونی برای پیگیری مطالبات مرتبط با عرصه‌های منابع طبیعی Failure to choose a legal path to pursue claims related to natural resource areas
13	0.099	3	0.033	عدم توسعه یافتگی علمی و فنی سازمان‌های مردم‌نهاد Lack of scientific and technical development of non-governmental organizations
14	0.098	3	0.033	مشخص نبودن اهداف دقیق سازمان‌های مردم‌نهاد زیست محیطی Unspecified goals for environmental NGOs
15	0.094	4	0.023	عدم گذراندن آموزش‌های تخصصی مرتبط با مفاهیم جنگل توسط اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد Lack of specialized training related to forest concepts for NGOs members
16	0.092	1	0.031	دخالت‌های غیرفنی اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد با توجه به تنوع افکار و سلایق اعضای آن‌ها Non-technical interventions of NGOs members due to diversity of opinions among members
17	0.083	4	0.042	ایجاد تفرقه و انشقاق در اعضاء در مواردی که منافع مالی وجود داشته باشد. Dispute among members in cases of financial benefits

ادامهٔ جدول ۲.

Continued table 2.

رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
18	0.079	3	0.026	نبود نیروی تخصصی از کارشناسان منابع طبیعی در سازمان‌های مردم‌نهاد Lack of natural resource experts in NGOs
19	0.075	2	0.037	برخورد رسانه‌ای سازمان‌های مردم‌نهاد با موضوعات و ساختن تیترهای روزنامه‌ای Dealing NGOs with issues like other media issues and making mere newspaper headlines
20	0.074	4	0.037	عدم آگاهی و اطلاع‌رسانی درست سازمان‌های مردم‌نهاد به ذینفعان روستایی و شهری Lack of proper informing rural and urban people by NGOs
21	0.071	4	0.035	عدم حضور مداوم سازمان‌های مردم‌نهاد در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌های منابع طبیعی Lack of continuous presence of NGOs in natural resource planning and policy making
22	0.070	2	0.035	عدم تشخیص نیازهای اصلی جنگل‌نشینان و حاشیه‌نشینان جنگل توسط سازمان‌های مردم‌نهاد No recognition of main needs of forest dwellers by NGOs
23	0.069	4	0.034	سوء استفاده برخی از اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد از عرصه‌های منابع طبیعی در مناطق دور دست Abuse of some NGOs members from natural resources in distant areas
24	0.066	3	0.022	عدم جذب افراد بومی روستایی جنگل‌نشین در سازمان‌های مردم‌نهاد No membership of indigenous rural forest dwellers in NGOs
25	0.058	3	0.029	ضعف برخورد سازمان‌های مردم‌نهاد با تخلفات در عرصه‌های تحت مدیریت با توجیه مردم‌داری و مردمی بودن تشکیلات Weakness of NGOs reactions in dealing with offending in areas under management with the justification of populism and popularity
26	0.039	3	0.039	عدم مدیریت متمرکز سازمان‌های مردم‌نهاد در منطقه شهرستانی Lack of centralized management of NGOs in the county area
27	0.035	3	0.035	فاصله گرفتن سازمان‌های مردم‌نهاد از اهداف اصلی تشکیلات منابع طبیعی به‌دلیل ورود به مباحث اقتصادی و مالی NGOs getting away from the main goals of natural resource organization due to dealing with economic and financial issues
28	0.031	4	0.031	ایجاد بی‌نظمی در مدیریت جنگل‌ها با توجه به اقدامات خودسرانهٔ برخی از افراد منتسب به سازمان‌های مردم‌نهاد Disorder in forest management regarding the arbitrary actions of some of NGOs members
29	0.025	4	0.025	نبود تضمین در اجرای مصوبات سازمان‌های مردم‌نهاد Lack of guarantee in implementing the resolutions of NGOs
	2.782			جمع Total

نتایج رتبه‌بندی فرصت‌های فراروی سازمان‌های مردم‌نهاد در جدول ۳ نشان می‌دهد که «برخورداری از وجهه اجتماعی مورد قبول در امر فرهنگ‌سازی حفاظت از جنگل‌ها»، «برگزاری کارگاه‌های آموزشی با مشارکت سازمان‌های ذیربط در بین جوامع محلی جنگل‌نشین برای مشارکت در حفاظت از جنگل‌ها» و «ایجاد زمینه مناسب برای به عضویت گرفتن کارشناسان منابع طبیعی بازنشسته در ترکیب سازمان‌های مردم‌نهاد» به‌ترتیب با وزن نهایی ۰/۲۰۲، ۰/۱۹۵ و ۰/۱۹۲ در اولویت‌های اول تا سوم قرار گرفتند. در مقابل، «استفاده دستگاه‌های اجرایی از توانایی به مشارکت گرفتن نیروی مردمی در مبارزه با آفات و امراض جنگلی توسط سازمان‌های مردم‌نهاد»، «حمایت و استفاده مسئولین از پتانسیل سازمان‌های مردم‌نهاد در تبلیغات مؤثر مناطق طبیعت‌گردی (اکوتوریسم) استان از طریق رسانه‌های مختلف» و «نهاینه‌سازی سازمان‌های مردم‌نهاد توسط دستگاه‌های متولی در امر بهره‌وری و بهره‌برداری از جنگل‌ها» به‌ترتیب با وزن نهایی ۰/۰۴۴، ۰/۰۴۲ و ۰/۰۴۱ در سه رتبهٔ انتهایی جای گرفتند.

جدول ۳- وزن نهایی و رتبه فرصت‌های سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی

Table ۳. The Final weight and prioritization of opportunity points of natural resources NGOs

عامل Factor	وزن اولیه Primary weight	ضریب Coefficient	وزن نهایی Last weight	رتبه Rank
برخورداری از وجهه اجتماعی مورد قبول در امر فرهنگ‌سازی حفاظت از جنگل‌ها Having an accepted social picture in the field of forest protection	0.050	4	0.202	1
برگزاری کارگاه‌های آموزشی با مشارکت سازمان‌های ذیربط در بین جوامع محلی جنگل‌نشین برای مشارکت در حفاظت از جنگل‌ها Holding workshops with the participation of relevant organizations in local communities of forest dwellers for taking part in forest protection	0.049	4	0.195	2
ایجاد زمینه مناسب برای به عضویت گرفتن کارشناسان منابع طبیعی بازنشسته در ترکیب سازمان‌های مردم‌نهاد Creating the suitable environment for retired experts of natural resources to join NGOs	0.048	4	0.192	3
نهادینه کردن سازمان‌های مردم‌نهاد در فعالیت‌های منابع طبیعی توسط سازمان‌های متولی Engaging NGOs in the natural resources' affairs by responsible organizations	0.047	4	0.187	4
استفاده دستگاه‌های متولی از سازمان‌های مردم‌نهاد برای بالا بردن سطح توانمندی جوامع جنگل‌نشین با آموزش صنایع مهارتی و با هدف کاهش وابستگی معیشتی آن‌ها به جنگل Using NGOs by responsible organizations to increase the capability of forest communities by training technical skills in order to reduce their livelihood dependence on forests	0.046	4	0.183	5
حمایت دولت در تجهیز سازمان‌های مردم‌نهاد برای حمایت و حفاظت از جنگل‌ها Governmental supports to equip NGOs to enhance protect forests	0.045	4	0.178	6

ادامهٔ جدول ۳.

Continued table 3.

رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
7	0.167	4	0.042	استفاده دستگاه‌های اجرایی از توانایی حمایت و به مشارکت گرفتن مردم در جلوگیری از حریق جنگل‌ها توسط سازمان‌های مردم‌نهاد Using ability of people to participate in the prevention of forest fires by executive organizations
8	0.164	4	0.041	تمدید پروانه فعالیت سازمان‌های مردم‌نهاد در زمینه‌های کاری با توجه به عملکرد مناسب Extending licenses expiration time for NGOs in the scope of activity based on their performance
9	0.142	3	0.047	همکاری تشکل‌ها با سازمان‌های ذیربط برای آموزش افراد و جوامع محلی از وجود منابع مختلف انرژی فسیلی و دیگر انرژی‌ها مانند خورشید و باد Cooperation of NGOs with relevant organizations to train individuals and local communities about the existence of various sources of fossil energy and other energies such as the sun and wind
10	0.140	3	0.047	ایجاد شرایط مناسب انجام بازدیدهای مشترک سازمان‌های مردم‌نهاد توسط سازمان‌های ذیربط Providing suitable conditions for joint visits of NGOs by the relevant organizations
11	0.127	3	0.042	ارائه برنامه‌های کوتاه و بلند مدت بر اساس پتانسیل‌های موجود در سازمان‌های مردم‌نهاد توسط سازمان‌های ذیربط Providing short-term and long-term plans based on the potentials of NGOs by relevant organizations
12	0.113	3	0.038	استفاده دستگاه‌های متولی از سازمان‌های مردم‌نهاد برای ترویج فرصت‌های شغلی جایگزین به جوامع جنگل‌نشین برای جلوگیری از مراجعات به جنگل Use of NGOs by responsible organizations to promote alternative job opportunities for forest communities to prevent frequent entrance to the forest
13	0.093	2	0.046	درخواست تهیه و تدوین گزارشات سه ماهه عملکرد سازمان‌های مردم‌نهاد توسط دستگاه‌های متولی Request for preparation of quarterly reports on the performance of NGOs by the responsible agencies
13	0.112	3	0.037	آموزش تخصصی اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد توسط ادارات ذیربط Specialized training of NGOs members by the relevant departments
14	0.095	2	0.045	ارتباطات شبکه‌ای وسیع سازمان‌های مردم‌نهاد در جامعه Extensive communication network of NGOs in the community
15	0.083	2	0.041	تهیه و تنظیم چارت تشکیلاتی جدید متناسب با سیاست‌های منابع طبیعی توسط سازمان‌های ذیربط Preparation and adjustment of new organizational chart in accordance with natural resource policies by relevant organizations

ادامهٔ جدول ۳.

Continued table 3.

رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
16	0.071	2	0.035	وجود شرایط مناسب برای عضویت کننده سازمان‌های مردم‌نهاد در تصمیمات منابع طبیعی Existence of suitable conditions for NGOs representatives to participate in natural resource decisions
17	0.059	2	0.029	به‌کارگیری سازمان‌های مردم‌نهاد توسط دستگاه‌های متولی در مدیریت مناطق صعب‌العبور جنگلی Using of NGOs by responsible agencies in hard forest areas
18	0.052	1	0.052	تشکیل گردهمایی مشخص با برنامه‌ریزی و شرح وظایف سازمان‌های مردم‌نهاد توسط سازمان‌های ذیربط Organizing specific meetings that consistent with NGOs plans and duties by the relevant organizations
19	0.044	1	0.044	به‌کارگیری سازمان‌های مردم‌نهاد توسط دستگاه‌های متولی در شناسایی استعدادها و پتانسیل‌های اکوتوریسمی عرصه‌های جنگلی Using of NGOs by the responsible agencies in identifying ecotourism potentials of forest areas
19	0.044	1	0.044	استفاده دستگاه‌های اجرایی از توانایی به مشارکت گرفتن نیروی مردمی در مبارزه با آفات و امراض جنگلی توسط سازمان‌های مردم‌نهاد Using of NGOs abilities by executive agencies to participate people in firefighting and controlling forest pest and diseases
20	0.042	1	0.043	حمایت و استفاده مسئولین از پتانسیل سازمان‌های مردم‌نهاد در تبلیغات مؤثر مناطق طبیعت‌گردی (اکوتوریسم) استان از طریق رسانه‌های مختلف Supporting and using of NGOs potentials in effective ecotourism advertisements of the province through various media
21	0.041	1	0.041	نهادینه‌سازی سازمان‌های مردم‌نهاد توسط دستگاه‌های متولی در امر بهره‌وری و بهره‌برداری از جنگل‌ها Institutionalization of NGOs by the responsible agencies in exploitation of forests
	2.720			جمع Total

بر اساس رتبه‌بندی تهدیدهای فراروی سازمان‌های مردم‌نهاد (جدول ۴) «استفاده برخی دستگاه از سازمان‌های مردم‌نهاد در انجام فعالیت‌های اقتصادی» با وزن نهایی ۰/۱۹۱ از دید افراد مورد بررسی در رتبه اول قرار گرفته است. همچنین، «به چالش کشاندن سازمان‌ها و مؤسسات دولتی و آزاد مرتبط با منابع طبیعی توسط تشکل‌ها» با وزن نهایی ۰/۱۸۸ و عامل «عدم تنظیم آیین‌نامه‌ای کامل و دقیق از سوی سازمان‌های استانی و کشوری برای سازمان‌های مردم‌نهاد» با وزن نهایی ۰/۱۸۷ در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند.

جدول ۴- وزن نهایی و رتبه تهدیدهای سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی

Table 4. The Final weight and prioritization of threat points of natural resources NGOs

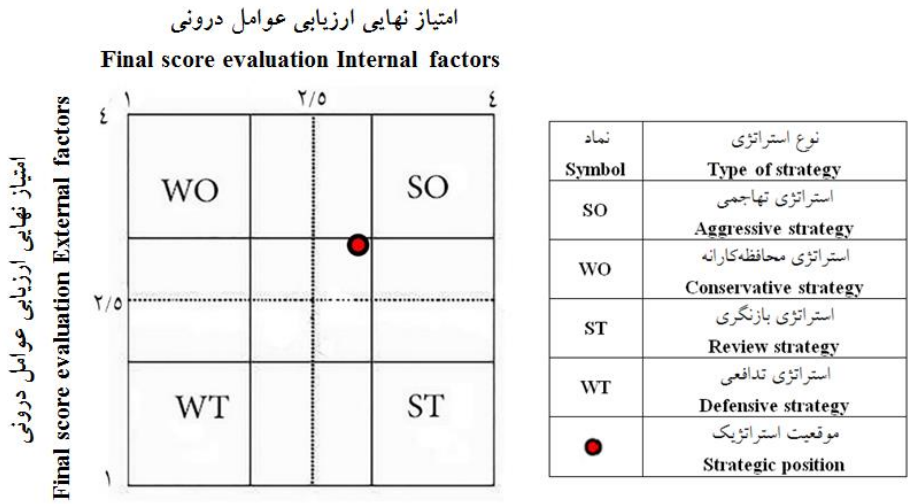
رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
1	0.191	۴	0.048	استفاده برخی دستگاه از سازمان‌های مردم‌نهاد در انجام فعالیت‌های اقتصادی Using of NGOs by some organization in economic activities
2	0.188	۴	0.047	به چالش کشاندن سازمان‌های مردم‌نهاد توسط دیگر تشکل‌ها Challenging NGOs by other organizations
۳	۰.۱۸۷	4	0.047	عدم تنظیم آیین‌نامه‌ای کامل و دقیق از سوی سازمان‌های استانی و کشوری برای سازمان‌های مردم‌نهاد Failure to formulate a complete and accurate regulations by provincial and national organizations for NGOs
4	0.186	4	0.046	عدم تعریف دقیق جایگاه سازمان‌های مردم‌نهاد در چارت اداری منابع طبیعی Lack of precise definition of the position of NGOs in the administrative chart of natural resources
4	0.186	4	0.046	عدم ساماندهی و طبقه‌بندی سازمان‌های مردم‌نهاد توسط دستگاه‌های متولی استانی و کشوری بر اساس موضوعات تخصصی Lack of organizing and classifying the NGOs by provincial and national responsible bodies based on specialized matters
5	0.176	4	0.044	کمبود حمایت دولت از سازمان‌های مردم‌نهاد Lack of governmental support for NGOs
6	0.174	4	0.043	عدم نظارت دقیق دستگاه‌های متولی بر وظایف محولهٔ سازمان‌های مردم‌نهاد Lack of exact supervision of the responsible agencies on duties of NGOs
7	0.172	4	0.043	استفاده گروه‌ها و تشکیلات خاص از سازمان‌های مردم‌نهاد برای کسب منافع مالی و اقتصادی از جنکل‌ها Use of specific groups and organizations of NGOs to obtain financial and economic benefits from the forests
8	0.154	3	0.051	وارد کردن سازمان‌های مردم‌نهاد توسط برخی از دستگاه‌ها در مسائل سیاسی و دخالت در مدیریت جنگل‌ها بر اساس ضوابط سیاسی Involving NGOs by some agencies in political issues and interference of them in forest management based on political criteria
9	0.153	3	0.051	عدم تغییرپذیری شیوهٔ سنت‌گرای مداخله در مدیریت منابع طبیعی Lack of changeability of traditional methods of intervention in natural resource management
10	0.138	3	0.046	عدم جایگاه واقعی سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت جنگل‌ها Lack of real position of NGOs in forest management
11	0.124	3	0.041	مشخص نبودن صلاحیت‌های عمومی سازمان‌های مردم‌نهاد توسط ارگان یا مرکز مشخص Non-specified general qualifications of NGOs by any specific organizations and agencies
12	0.119	3	0.040	عدم شفافیت متولی سازمان‌های مردم‌نهاد در دولت Vague in responsible agencies for NGOs in the government

ادامهٔ جدول ۴.

Continued table 4.

رتبه Rank	وزن نهایی Last weight	ضریب Coefficient	وزن اولیه Primary weight	عامل Factor
13	0.108	2	0.054	عدم ارتباط نزدیک مدارس و جامعه دانش‌آموزی با سازمان‌های مردم‌نهاد در راستای ترویج فرهنگ منابع طبیعی Lack of close connection between NGOs, schools and the student community in order to promote the culture of natural resources
14	0.105	2	0.052	عدم داشتن اطلاعات کافی مسئولین دولتی و اجرایی از سازمان‌های مردم‌نهاد زیست محیطی Insufficient information of government and executive officials regarding environmental NGOs
15	0.102	2	0.051	عدم به‌کارگیری صحیح دستگاه‌های اجرایی از توانایی سازمان‌های مردم‌نهاد در امور جنگل‌کاری Incorrect use of the ability of NGOs by executive organization in forest planting
16	0.094	2	0.047	پایین بودن همکاری و مشارکت ادارات منابع طبیعی در شهرستان‌ها با سازمان‌های مردم‌نهاد Weak cooperation and participation of natural resources departments with NGOs in the county
16	0.094	2	0.047	نبود حمایت‌های اداری، قضائی و اجرایی کافی برای بیان مسائل و مشکلات فنی اجرایی پروژه‌های منابع طبیعی Lack of sufficient administrative, judicial and executive support to express technical issues and problems in the implementation of natural resource projects
17	0.093	2	0.046	کم توجهی دولت به نقش سازمان‌های مردم‌نهاد Lack of governmental attention to the role of NGOs
18	0.086	2	0.043	عدم مشورت‌پذیری ادارات ذیربط مانند منابع طبیعی با سازمان‌های مردم‌نهاد Lack of consultation of relevant departments including natural resources department with NGOs
19	0.058	1	0.058	عدم به‌کارگیری صحیح دستگاه‌های اجرایی از توانایی سازمان‌های مردم‌نهاد در اطفاء آتش‌سوزی‌های احتمالی در جنگل Lack of proper use of the potential of NGOs by the executive department to extinguish possible forest fires
	2.887			جمع Total

با توجه به برآیند وزن نهایی عوامل درونی (نقاط قوت و ضعف) (۲/۹۲۵) و عوامل بیرونی (فرصت‌ها و تهدیدها) (۲/۸۰۲)، وضعیت سازمان‌های مردم‌نهاد استان گلستان در موقعیت تهاجمی (SO) قرار می‌گیرد (شکل ۱). این موقعیت نشان می‌دهد که می‌بایستی استراتژی‌هایی برای ادامه فعالیت سازمان‌های مردم‌نهاد دنبال شود که بر استفاده از نقاط قوت‌و فرصت‌های موجود تأکید داشته است.



شکل ۱- موقعیت استراتژیک سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت پایدار جنگل‌ها

Figure 1. Strategic position of NGOs in sustainable forest management

بحث

به‌طورکلی ۸۴ نقطه قوت، ضعف، فرصت و تهدید مربوط به سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی مورد بررسی قرار گرفت. از بین آن‌ها، ۵۰ مورد جزو عوامل درونی (قوت، ضعف) و ۳۴ مورد جزو عوامل بیرونی (فرصت و تهدید) بودند. با توجه به یافته‌ها، «تشکیل گروه‌های مؤثر در حوادث بحرانی به‌ویژه آتش‌سوزی در جنگل‌ها»، به‌عنوان مهم‌ترین نقطه قوت سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت پایدار عرصه‌های جنگلی بود که با نتایج پژوهش Gupta (2012) همسو است. همچنین، از نظر پاسخگویان «غیردولتی و مردمی بودن فعالیت‌های سازمان‌های مردم‌نهاد» نقطه قوت مهم دیگر این قبیل سازمان‌ها است. در این راستا می توان به Dombrowski (2010) اشاره کرد که معتقد است داوطلبانه بودن سازمان‌های مردم‌نهاد در انعکاس فرآیند تصمیم‌گیری و اجرای فعالیت‌های زیست‌محیطی مؤثر است. همچنین، از نظر Samuel and Thanikachala (2003) اقدام داوطلبانه مستقل از دولت مانند مهم‌ترین و مؤثرترین مزایای سازمان‌های مردم‌نهاد به شمار می‌رود. از طرف دیگر، بالا بودن حساسیت‌های بوم‌شناختی و حفاظتی از جنگل‌ها سومین عامل قوت سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت جنگل‌هاست، چرا که اصلی‌ترین انگیزه برای ادامه فعالیت اعضای سازمان و گروه‌های سازمان‌های مردم‌نهاد حفاظت از منابع طبیعی به‌دلیل وابستگی فعالیت‌های معیشتی بیشتر اعضاء به آن است (Falsoleyman and Hajipoor, 2011). از این‌رو سازمان‌های مردم‌نهاد نقش مهمی در حمایت و حفاظت از عرصه‌های زیست محیطی دارند (Anheier, 2007; Hashim et al., 2010). ضمن این که، سازمان‌های مردم‌نهاد زیست محیطی می‌توانند در بالا بردن سطح مسئولیت‌پذیری مردم در حفاظت از عرصه‌های زیست محیطی نقش به‌سزایی داشته باشند (He et al., 2017). نتایج تحقیقات در کشورهای مالزی و آفریقای جنوبی نیز به تأثیرگذاری سازمان‌های مردم‌نهاد در بالا بردن سطح مسئولیت‌پذیری مردم اشاره کرده‌اند (Heinrich, 2001 ،Abdulaziz, 2015).

نتایج این پژوهش نشان داد که مهم‌ترین ضعف‌های سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی استان گلستان مربوط به سرمایه انسانی، دانش و مهارت فنی نسبت به مسائل منابع طبیعی است به‌طوری که «توانایی

فنی پایین اعضای سازمان‌های مردم‌نهاد برای حفظ، احیا و توسعه جنگل‌ها» و «پایین بودن سطح آگاهی و دانش قوانین و مقررات منابع طبیعی در بین اعضای سازمان مردم‌نهاد» به‌عنوان مهم‌ترین ضعف‌های سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی و زیست‌محیطی در مدیریت پایدار عرصه‌های جنگلی به‌دست آمد. در این راستا Khorshidvand (2009)، معتقد است نبود مهارت‌های تخصصی و فنی در اعضاء یکی از محدودیت‌هایی است که سازمان‌های مردم‌نهاد (محیط زیستی) با آن مواجه هستند. Damari et al. (2014) نیز آگاهی کم مردم از فواید مشارکت در سمن‌ها را به‌عنوان یکی از تهدیدهای اصلی مطرح کرده است. Raisingh and Abdulrahma (2012) نیز معتقدند سازمان‌های مردم‌نهاد در بالا بردن دانش و آگاهی زیست محیطی مردم نقش زیادی دارند. نتایج نشان داد که «عدم وجود ساختار و نظام مالی قوی در سازمان‌های مردم‌نهاد و احتمال بروز اختلافات و تخلفات» دومین ضعف سازمان‌های مردم-نهاد منابع طبیعی در مدیریت پایدار جنگل‌ها است. در این راستا، Yasouri (2011) بیان می‌کند که عدم تأمین نیازهای مالی و اعتباری مانند مهم‌ترین موانع تشکیل و توسعه سازمان‌های مردم‌نهاد است. همچنین Damari et al. (2014) معتقدند منابع مالی محدود در سازمان-های مردم‌نهاد، یکی از موانع اصلی برای این قبیل سازمان‌ها است.

نتایج نشان داد که «به مشارکت گرفتن سازمان‌های مردم‌نهاد در حفاظت از جنگل‌ها» یکی از مهم‌ترین فرصت‌های پیش‌رو محسوب می‌شود. در این رابطه Dombrowski (2010) بیان کرد که یکی از ابعاد پررنگ و حائز اهمیت سازمان‌های مردم‌نهاد، مربوط به مشارکت آن‌ها است. وی معتقد است رکن اساسی سازمان‌های مردم‌نهاد بر مشارکت ذینفعان و افراد از جوامع مختلف بنا شده است. این مشارکت می‌تواند در فعالیت‌های اجتماعی، سیاسی و فرهنگی خود را نشان دهد. این درحالی است که فعالیت سازمان‌های غیردولتی در سازمان‌دهی مردم به تقویت سرمایه اجتماعی نیز کمک می‌کند (Madan and Luis, 2003).

نتایج نشان داد که مهم‌ترین تهدیدها برای سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی شامل نبود ساختاری قانونی، سازمان‌دهی‌شده و نظام‌مند (آیین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های اختیارات و وظایف قانونی) و نبود نظارت دستگاه‌های متولی منابع طبیعی بر فعالیت سازمان‌های مردم‌نهاد است. همچنین مشکلات مالی یکی از مهم‌ترین تهدیدهای دیگری است که سازمان‌های مردم‌نهاد با آن مواجه هستند. در این رابطه با این یافته‌ها می‌توان بیان کرد که تقویت چارچوب مناسب برای تأسیس سمن‌ها و استفاده از تجارب دیگر نظام‌های حقوقی در این رابطه می‌تواند کمک شایانی به فعالیت این نهادها و استفاده از ظرفیت آن‌ها کند. این در حالی است که تسهیل روند تأسیس و تأمین استقلال سمن‌ها معیاری برای ارزیابی عملکرد دولت‌ها نسبت به‌یکی از مصادیق مهم جامعه مدنی دانسته می‌شود. برای مثال، نظام حقوقی فرانسه با تدوین قواعد و مقررات جامع برای تأسیس انجمن‌ها سعی کرده است ضمن نظارت بر آن‌ها از اعمال محدودیت‌های قبلی بکاهد. به‌نظر می‌رسد نظارت‌های پیش‌بینی‌شده در نظام حقوقی ایران برای دریافت پروانه فعالیت سمن‌ها، می‌تواند سبب ایجاد مشکلاتی در مرحله آغاز تأسیس سمن‌ها شود.

نتایج نشان داد که در شرایط فعلی، بهترین استراتژی (راهبرد) برای سازمان‌های مردم‌نهاد منابع طبیعی استان گلستان، راهبرد تهاجمی (SO) است. از این‌رو، تلاش‌ها می‌بایستی بر استفاده از نقاط قوت سازمان‌های مردم‌نهاد در مدیریت عرصه‌های جنگلی و بهره‌گیری از فرصت‌های موجود باشد. در این راستا،

استفاده از سازمان‌های مردم نهاد برای تشکیل گروه‌های محلی متشکل از افراد علاقمند برای حفاظت از جنگل‌ها، مشارکت سازمان‌های مردم‌نهاد در مبارزه با آتش در جنگل‌ها، تشویق کارکنان بازنشسته ادارات منابع طبیعی به عضویت در سازمان‌های مردم‌نهاد و فعالیت بیشتر سازمان‌های مردم‌نهاد در ارائه خدمات آموزشی مرتبط با حفاظت از جنگل‌ها از راهبردهای پیشنهادی برای ادامه فعالیت سازمان‌های مردم‌نهاد هستند.

References

Anheier, H. K., Reflections on the concept and measurement of global civil society. *Voluntas: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations* **2007,** *18* (1), 1-15.

Aziz, N. M. A., Does social "closeness" is essential in the medical relief NGO? *Procedia-Social and Behavioral Sciences* **2015,** *172*, 487-494.

Banks, N.; Hulme, D.; Edwards, M., NGOs, states, and donors revisited: Still too close for comfort? *World Development* **2015,** *66*, 707-718.

Damari, B.; Heydarnia, M. A.; Rahbari Bonab, M., Role and function of NGOs in maintaining and improving society health, *Monitoring Journal* **2014**, 13 (5), 541-550.

Diaz-Balteiro, L.; Romero, C., Making forestry decisions with multiple criteria: A review and an assessment. *Forest ecology and management* **2008,** *255* (8-9), 3222-3241.

Dombrowski, K., Filling the gap? An analysis of non-governmental organizations responses to participation and representation deficits in global climate governance. *International environmental agreements: politics, law and economics* **2010,** *10* (4), 397-416.

Falsoleyman, M.; Hajipoor, M., Analyses the sustainability of NGOs in rural regions, lessons from carbon sequestration in Khorasan Joonoobi, *Research on Applied Geographical Sciences* **2011**, 20 (23), 107-127. (In Persian)

Gupta, N., role of NGOs in Environmental Protection: A case study of Ludhiana city in Punjab. *JOAAG* **2012,** *7* (2), 9-18.

Hashim, R.; Amran, M. A.; Yusoff, M. M.; Siarap, K.; Mohamed, R.; Hussein, A.; Jeng, W. C., The Environmental non-governmental organizations (ENGOs) in Malaysia Northern Region: Their roles in protecting water resources. *International NGO journal* **2010,** *5* (7), 167-170.

He, P.-P.; Zhuang, Y.-J.; Lin, Y.; Zheng, C.-H., Environmental law clinics in collaboration with environmental NGOs in China. *Sustainability* **2017,** *9* (3), 337.

Heinrich, V. F., The role of NGOs in strengthening the foundations of South African democracy. *Voluntas: international journal of voluntary and nonprofit organizations* **2001,** *12* (1), 1-15.

Hendriks, C., Institutions of deliberative democratic processes and interest groups: roles, tensions and incentives. *Australian Journal of Public Administration* **2002,** *61* (1), 64-75.

Hines, J. M.; Hungerford, H. R.; Tomera, A. N., Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: A meta-analysis. *The Journal of environmental education* **1987,** *18* (2), 1-8.

Jalali, M.; Hejazi, Y.; Rezvanfar, A.; Poor Taheri, M., Analysis of challenges ahead of environmental NGOs of Kordestan Province, *Journal of Village and Development* **2015**, 18 (3), 85-107. (In Persian)

Jia-nan, C., Contributions of environmental NGO to environmental education in China. *IERI Procedia* **2012,** *2*, 901-906.

Kameli, M. J.; Rezayi, A., Affecting factors on Information dominance on non-governmental organization of Hamedan in 2008, *Security Management studies* **2011**, 6 (1), 63-76. (In Persian)

Kangas, A.; Saarinen, N.; Saarikoski, H.; Leskinen, L. A.; Hujala, T.; Tikkanen, J., Stakeholder perspectives about proper participation for Regional Forest Programmes in Finland. *Forest Policy and Economics* **2010,** *12* (3), 213-222.

Khorshidvand, R., Assessment the role of NGO's participation in maintaining order and security, *Police Human Development Journal* **2009**, 25, 35-44. (In Persian)

Madan, V.; Sanz, M. A.; Carrasco, L., Requirement of the vesicular system for membrane permeabilization by Sindbis virus. *Virology* **2005,** *332* (1), 307-315.

Moghimi, S.; Alambeigi, A., Government Facilitator Roles and Ecopreneurship in

Environmental NGOs. **2012**. 6(3): 635-644. (In Persian)

Morrison, T. H.; Lane, M. B., The rise and rise of environmental NGOs: unforeseen risks to democratic environmental governance in Australia. **2004**.

Noei, Gh.; Saje, L., The role of non-governmental organization (NGOs) in sustainable development, The first international conference on Tourism Management and Sustainable Development, Islamic Azad University, Marvdasht. 2011. (In Persian)

Omidi, A.; Hasanzad Navroodi, I.; Ghajar, E.; Yousefpour, R., Determining appropriate strategies for management of Hyrcanian forests, using the quantitative strategic planning matrix (Case study: Siahkal Forests). *Journal of Forest Research and Development* **2020,** *6* (2), 329-345.

Park, M. S.; Lee, H., Legal opportunities for public participation in forest management in the Republic of Korea. *Sustainability* **2016,** *8* (4), 369.

Policastro, M. L., *Introduction to Strategic Planning*. London: Routledge. 2001, 20P.

Primmer, E.; Kyllönen, S., Goals for public participation implied by sustainable development, and the preparatory process of the Finnish National Forest Programme. *Forest policy and Economics* **2006,** *8* (8), 838-853.

Rahimi, F.; Esmaeili, M.; Nouri, A.; Mahdavi, A., The investigation social capital with emphasizeto non-governmental organization role's in prevention of drug dependency, *Quarterly Social Psychology Research* **2011**, 1 (4), 45-62. (In Persian)

Raj, K., The role of NGOs in promoting empowerment for sustainable community development. *J Hum Ecol* **2010**, 30 (2),85-92.

Samuel, R.; Thanikachalam, V., Non-governmental organization (NGOs) spearheading public participation in environmental issues. **2003**.

Sianipar, C. P. M.; Widaretna, K., NGO as Triple-Helix axis: Some lessons from Nias community empowerment on cocoa production. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* **2012,** *52*, 197-206.

Singh, H. R.; Rahman, S. A., An approach for environmental education by non-governmental organizations (NGOs) in biodiversity conservation. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* **2012,** *42*, 144-152.

Ulvila, M.; Hossain, F., Development NGOs and political participation of the poor in Bangladesh and Nepal. *Voluntas: International Journal of Voluntary and Nonprofit Organizations* **2002,** *13* (2), 149-163.

Yasouri, M., The Role of Non-Governmental Organizations (NGOs) in Empowering Rural Women and Youth (Example: Ardoghsh Village). *Geographical Perspective (Human Studies)* **2011,** *6* (7), 60-44.

Young, D. R., Alternative models of government-nonprofit sector relations: Theoretical and international perspectives. *Nonprofit and voluntary sector quarterly* **2000,** *29* (1), 149-172.

Identification and analysis of strengths, weaknesses, opportunities and threats facing NGOs in sustainable management of forest areas in Golestan province

G.R. Etemadinasab[1], M.H. Moayeri[*2], A. Abedi Sarvestani[3] and M.R. Shahraki[4]

1- MSc student of forestry, Faculty of Forestry Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I.R. Iran. (gh.etemadi2017@yahoo.com)
2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Forestry Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (moayeri38@yahoo.com)
3- Associate Professor, Agricultural Extension and Education, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (abediac@yahoo.com)
4- Development, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (m.rshahraki@yahoo.com)

Received: 01.07.2020 Accepted: 10.11.2020

Abstract

Despite the efforts made in the formation of non-governmental organizations and their role in the protection and sustainability of natural resources, non-governmental organizations have not yet been able to gain a proper position. The aim of this study was to identify the strengths, weaknesses, opportunities and threats facing NGOs in environmental and sustainable forest management. The study population included experts and members of 12 natural resources and environment non-governmental organizations in Golestan province, 120 of whom were selected as the sample. The data collection tool was a researcher-made questionnaire in which the questions were designed based on the opinions of experts and members of non-governmental organizations obtained during 60 interviews. SWOT method was used to analyze the data. The results showed that the weight of strengths is more than the weight of weaknesses and the weight of threats is more than the weight of opportunities faced by NGOs. Based on the results of analyzing internal and external factors, the best strategy for NGOs is an offensive strategy that emphasizes the use of existing strengths and opportunities to expand the activities of NGOs.

Keywords: Sustainable Management, Forest, Conservation, NGO.

[*] Corresponding author Tel: +989111719613

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۳۲۵-۳۱۳، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121029
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.10.3

مقالهٔ پژوهشی

اثر مدیریت بر لاش‌ریزه، اندوخته کربن خاک و برخی از ویژگی‌های خاک توده‌های گلابی وحشی (*Pyrus syriaca* and *P. globra*) (بررسی موردی: جنگل ده‌کهنه سپیدان، استان فارس)

مهرداد زرافشار*[۱]، یعقوب ایرانمنش[۲]، مهدی پورهاشمی[۳]، سیدکاظم بردبار[۴]، محمدرضا نگهدارصابر[۵]، محمدجواد روستا[۶]، کوکب عنایتی[۷] و علیرضا عباسی[۸]

۱- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (M.zarafshar@areeo.ac.ir)

۲- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران. (y.iranmanesh@areeo.ac.ir)

۳- دانشیار، بخش تحقیقات جنگل، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (pourhashemi@rifr-ac.ir)

۴- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (s.bordbar@areeo.ac.ir)

۵- استادیار، بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (m.negahdarsaber@areeo.ac.ir)

۶- دانشیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (mjavadrousta@areeo.ac.ir)

۷- کارشناس‌ارشد، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (enayatik@yahoo.com)

۸- کارشناس، بخش تحقیقات منابع‌طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران. (a.abasi@areeo.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۲۵

چکیده

خاک اکوسیستم‌های جنگلی منبع عظیمی برای ذخیره کربن اتمسفر بوده که در صورت مدیریت صحیح سهم آن در مقابله با گرمایش زمین فزونی خواهد گرفت. در این پژوهش، سهم اندوخته‌کربن در خاک و لاش‌ریزه در دو توده قرق‌شده ۵۰ ساله (کمتر دخالت‌شده) و قرق‌نشده (دخالت‌شده) گلابی وحشی مقایسه شد. همچنین، ویژگی-های خاک شامل درصد رطوبت، چگالی‌ظاهری، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر و درنهایت تنفس‌میکروبی خاک نیز بررسی شد. در هر توده، نمونه‌های خاک در ۵ و نمونه‌های لاش‌ریزه در ۱۰ تکرار برداشت و خصوصیات آن‌ها با استفاده از آزمون T غیرجفتی تجزیه و تحلیل شدند. نتایج به‌طور واضح نشان داد که ذخیره کربن خاک و کربن آلی

لاش‌ریزه چوبی در توده کمتردخالت‌شده به‌دلیل تراکم بیشتر پوشش درختی بیش از دو برابر توده دخالت‌شده بود. با این‌وجود، کربن آلی لاش‌ریزه بین دو توده یکسان بود. مقدار فسفر و نیتروژن خاک در توده کمتردخالت‌شده به‌ترتیب ۶ و ۲ برابر بیشتر از توده دخالت‌شده بود. نه‌تنها درصد رطوبت خاک در توده کمتردخالت‌شده (۳۶ درصد) بیشتر از توده دخالت‌شده (۲۱ درصد) بود، بلکه مقدار تنفس میکروبی خاک در توده کمتردخالت‌شده حدود ۳۱ درصد بیشتر از توده دخالت‌شده بود. در نهایت می‌توان گفت اعمال مدیریت قرق در توده‌های جنگلی گلابی وحشی نه‌تنها سبب افزایش اندوخته‌کربن خاک تا بیش از دو برابر شده، بلکه حاصل‌خیزی آن را بهبود داده که این یافته اهمیت مدیریت قرق توده‌های جنگلی زاگرس در راستای حفظ عملکردهای خاک را گوشزد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: تنفس میکروبی، ذخیره کربن، عملکرد جنگل، قرق.

[۱] نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۲۶۰۵۵۴۲۴

مقدمه

نقش اکوسیستم‌های جنگلی در چرخه کربن جهانی بسیار حائز اهمیت بوده، چراکه درختان طی فرآیند فتوسنتز دی‌اکسید کربن اتمسفر را در زی‌توده خود ذخیره می‌کنند. حدود نیمی از این کربن ذخیره‌شده پس از تنفس درختان به اتمسفر بازگشت داده شده و مابقی کربن ذخیره‌شده در پیکره درختان توسط لاش- ریزه و ریشه‌ها به خاک اکوسیستم‌های جنگلی برگشته و در آنجا ذخیره می‌شود. بنابراین، در مقیاس جهانی حدود یک‌سوم کربن آلی در خاک رویشگاه‌های جنگلی ذخیره می‌شود (Grüneberg et al., 2019). طبق نظر Schlesinger (1991)، سهم کربن آلی ذخیره شده در خاک رویشگاه‌های جنگلی بیشتر از مجموع سهم زی‌توده گیاهی و اتمسفر بوده و این مقدار حدود ۱/۲-۵×۱۰^{۱۵} تن کربن در یک متر بالایی خاک جنگل تخمین زده شده است (Amundson, 2001). بنابراین، می‌توان گفت که ترسیب کربن در خاک جنگل می- تواند به‌عنوان یک سیاست و راه‌کار مقابله با تغییر اقلیم محسوب شده، چراکه سهم عظیمی در کاهش دی‌اکسید کربن اتمسفر دارد (Janzen, 2004). از این- رو، هرگونه مدیریت، حفاظت، تخریب و تغییرکاربری در جنگل‌ها می‌تواند عملکرد و پتانسیل خاک جنگل را تحت تأثیر قرار دهد که این مهم باید مورد پژوهش قرار گرفته تا راه‌کارهای مدیریتی در راستای سیاست- های مقابله با تغییر اقلیم در اختیار مدیران قرار گیرد.

بررسی اندوخته کربن خاک می‌تواند به‌عنوان یک شاخص و معیار در ارزیابی مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی مورد توجه قرار گیرد، چراکه مقدار آن نسبت به تغییرات کاربری و نوع مدیریت بسیار حساس است (Tate et al., 2007). براساس نظر پژوهش‌گران، عوامل اقلیمی و محیطی ازقبیل بارندگی و دما و عوامل انسانی می‌توانند سبب افزایش اندوخته کربن خاک شوند (de Vries et al., 2009 ;Liski et al., 2002; Tan et al., 2004) که این موضوع به اهمیت مدیریت صحیح اراضی جنگلی در راستای ترسیب بیشتر کربن اتمسفر در خاک دلالت دارد. البته شایان ذکر است که توانایی خاک‌های جنگلی در ترسیب کربن متفاوت بوده و به توانایی خاک در تثبیت کربن آلی وابسته است (Grüneberg et al., 2019). پژوهش Eskandari Shahraki et al. (2016) نشان داد در صورتی‌که مدیریت صحیح در اکوسیستم‌های جنگلی اعمال شود، ترسیب کربن خاک در آن‌ها افزایش یافته و درمقابل تخریب جنگل‌ها سبب کاهش این پتانسیل می‌شود، به‌طوری که مدیریت قرق سبب افزایش چهار برابری اندوخته کربن در خاک در مقایسه با توده تخریب‌شده بود.

در یک نگاه کلی هر گونه دخالت در توده‌های جنگلی از قبیل بهره‌برداری چوب و تنک‌کردن درختان بر پویایی کربن خاک تأثیرگذار است (Nave et al., 2010; Johnson et al., 2002) و بی‌شک حفاظت و مدیریت اصولی اکوسیستم‌های جنگلی می‌تواند سبب بهبود عملکرد جنگل‌ها در ترسیب کربن شود. به‌بیان دیگر، ترسیب کربن در خاک اکوسیستم‌های جنگلی روشی کم‌هزینه در راستای مقابله با تغییر اقلیم و گرمایش زمین است و ازآنجایی‌که پتانسیل ذخیره - کربن در توده‌های جنگلی با مدیریت توده ارتباط تنگاتنگی دارد، اهمیت این موضوع بسیار زیاد می‌شود. با عنایت به شکننده‌بودن اکوسیستم‌های زاگرس و همچنین دخالت‌های شدید انسانی بر انواع توده‌های جنگلی، در برخی از مناطق مدیریت قرق توده‌های جنگلی مورد توجه قرار گرفته که می‌تواند سبب کاهش نسبی تخریب در این توده‌های ارزشمند شود. در پژوهش پیش‌رو، اندوخته کربن در خاک و لاش- ریزه در دو توده قرق نشده (دخالت‌شده) و قرق (کمتر

دخالت‌شده) گلابی وحشی در منطقه ده‌کهنه استان فارس مورد بررسی قرار گرفت تا مشخص شود آیا ۱) مدیریت قرق سبب اختلاف معنی‌دار آماری در اندوخته کربن خاک در توده جنگلی شده است؟، ۲) اندوخته کربن لاش‌ریزه تحت تأثیر مدیریت قرق قرار گرفته است؟ و ۳) کدام‌یک از مشخصه‌های مورد بررسی خاک در مدیریت قرق به‌طور معنی‌داری بهبود یافته است؟. همچنین، ویژگی‌های خاک شامل مقدار رطوبت، نیتروژن کل، فسفر و تنفس میکروبی در دو توده یادشده بررسی و مقایسه شد. خاطرنشان می‌شود که توده‌های مورد بررسی در این پژوهش بخشی از ذخیرگاه ژنتیکی گلابی وحشی در استان فارس بوده و تاکنون تأثیر مدیریت قرق بر خصوصیات خاک آن مورد بررسی قرار نگرفته است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد بررسی

جنگل گلابی وحشی در منطقه ده‌کهنه، منطقه‌ای محصور با وسعت ۴۶۶ هکتار، در سپیدان در شمال استان فارس بین عرض جغرافیایی ″۳۲ ′۲۱ °۳۰ تا ″۰۰ ′۲۳ °۳۰ شمالی و طول جغرافیایی ″ ۳۵ ′۴۶ °۵۱ تا ″۴۱ ′۴۹ °۵۱ شرقی با حداکثر ۲۵۵۴ و حداقل ۲۱۰۰ متر ارتفاع از سطح دریا واقع شده و دارای جهت شمالی و شیب متوسط ۴۰ درصد است. این منطقه به‌عنوان یک ذخیره‌گاه ژنتیک گونه‌های گلابی وحشی شامل امرود (*Pyrus syriaca* var. *syriaca*) و انچوچک (*P. glabra*) بوده که از سال ۱۳۵۲ تحت مدیریت قرق است (Hamzehpour et al., 2010). قطعه نمونه‌ای به مساحت یک هکتار (۱۰۰×۱۰۰ متر) از جنگل قرق ده‌کهنه با عرصه‌ای به همین مساحت که در نزدیکی این جنگل قرار داشت (عرصه دخالت‌شده) درنظر گرفته شد. هر دو عرصه یادشده از نظر ترکیب پوشش‌گیاهی و شرایط توپوگرافی مشابهت زیادی به هم دارند. مشخصات عمومی هر دو در جدول ۱ ارائه شده است.

روش نمونه‌برداری

برای بررسی اندوخته کربن و ویژگی‌های خاک در دو قطعه یک هکتاری، پنج نمونه خاک به‌طور منظم از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری برداشت شد (IPCC, 2003) فاصله نمونه‌ها با یکدیگر حدود ۸۰ متر بوده به‌طوری که کل عرصه یک هکتاری پوشش داده شود (شکل ۱). نمونه‌های خاک بلافاصله در پلاستیک ریخته و پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا از الک دو میلی‌متری عبور داده و قسمتی از هر نمونه برای اندازه‌گیری تنفس میکروبی در یخچال نگهداری و بقیه برای تعیین ویژگی‌های موردنظر آماده شدند. برای بررسی اندوخته کربن لاش‌ریزه، یک قاب نمونه‌برداری به مساحت یک متر مربع تهیه و در هر قطعه یک هکتاری ۱۰ نمونه به‌طور منظم برداشت شد (شکل ۱). در داخل هر قاب تمام نمونه‌های لاش‌ریزه به‌طور کامل جمع‌آوری شده و پس از تقسیم آن‌ها به دو گروه شامل لاش‌ریزه‌های کوچک و ریز (شامل کلیه لاش‌برگ‌ها، لایه‌های هوموس و کلیه قطعات چوبی کوچک با قطر کمتر از یک سانتی‌متر) و قطعات چوبی بزرگ (قطر بیشتر از یک سانتی‌متر) در عرصه وزن تر نمونه‌ها اندازه‌گیری شده و به آزمایشگاه منتقل شدند.

اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی

جرم مخصوص ظاهری طبق روش کلوخه و پارافین، محتوی رطوبت به روش توزین، کربن آلی خاک (روش والکی-بلاک) با اکسایش تر کربن آلی، نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner and Mulvaney, 1982)، شوری عصاره‌اشباع خاک با دستگاه هدایت-سنج الکتریکی و فسفرقابل‌جذب به روش اولسن (Homer and Pratt, 1961). نسبت C/N نیز از تقسیم

درصد کربن آلی به درصد نیتروژن هر نمونه خاک محاسبه شد. همچنین تنفس میکروبی نمونه‌های خاک (انتشار CO_2) در ظروف شیشه‌ای دربسته با به دام انداختن دی‌اکسید کربن در محلول هیدروکسید سدیم و سپس تیتراسیون آن اندازه‌گیری شد (Page et al., 1992).

جدول ۱- ویژگی‌های عمومی دو توده گلابی وحشی مورد بررسی

Table 1. General characteristics of the two studied stands of wild pear

توده Stand	شیب متوسط (درصد) Medium slope (Percent)	تعداد در هکتار Number of Trees per hectare	بافت خاک Soil texture	فراوان‌ترین گونه‌های درختی The most frequent tree species
کمتردخالت‌شده Less degraded	15-20	253	رسی لومی Clay loam	ارژن، گلابی وحشی، ون، زالزالک، کیکم *Amygdalus elaegnifolia*, *Pyrus syriaca* and *glabra*, *Fraxinus rotundifolia*, *Crataegus* spp, *Acer monspessulanum*
دخالت‌شده Degraded	20-30	200	رسی لومی Clay loam	زالزالک، ارژن، ون، کیکم، گلابی وحشی *Crataegus* spp, *Amygdalus elaegnifolia*, *Fraxinus rotundifolia*, *Acer monspessulanum*, *Pyrus syriaca* and *glabra*

شکل ۱- طرح نمونه‌برداری خاک و لاش‌ریزه از توده‌های گلابی وحشی منطقه ده‌کهنه

Figure 1. Soil and litter sampling designs from wild pear stands at Dehkoneh region

اندوخته کربن نمونه‌های خاک توسط رابطه ۱ محاسبه شد (Kooch et al., 2012).

رابطهٔ (۱) $Cs = OC \times BD \times D \times 0.1$

که در آن: OC کربن آلی (گرم در کیلوگرم خاک)، BD جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)× درصد سنگریزه، D ضخامت لایه خاک (سانتی‌متر) و ۰/۱ ضریب تبدیل است.

نمونه‌های لاش‌ریزه و قطعات چوبی بزرگ به‌صورت جداگانه به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۰ درجه در آون قرار گرفته و بلافاصله وزن خشک نمونه‌ها محاسبه شد. درصد کربن نمونه‌های لاش‌ریزه به روش احتراق در کوره‌الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت چهار ساعت اندازه‌گیری و از اختلاف وزن نمونه پیش و پس از احتراق، کربن آلی هر نمونه تعیین شد.

تجزیه‌وتحلیل آماری

اطلاعات جمع‌آوری‌شده پس از ساماندهی در نرم‌افزار Excel ذخیره و نمودارهای مورد نظر ترسیم شد. در ادامه، داده‌های مورد نظر توسط آزمون T غیرجفتی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ تجزیه و تحلیل آماری شد. شایان ذکر است که پیش از انجام آزمون آماری

مذکور، همگنی و نرمال‌بودن داده‌ها به‌ترتیب توسط آزمون لون و شاپیرو–ویلک بررسی شد.

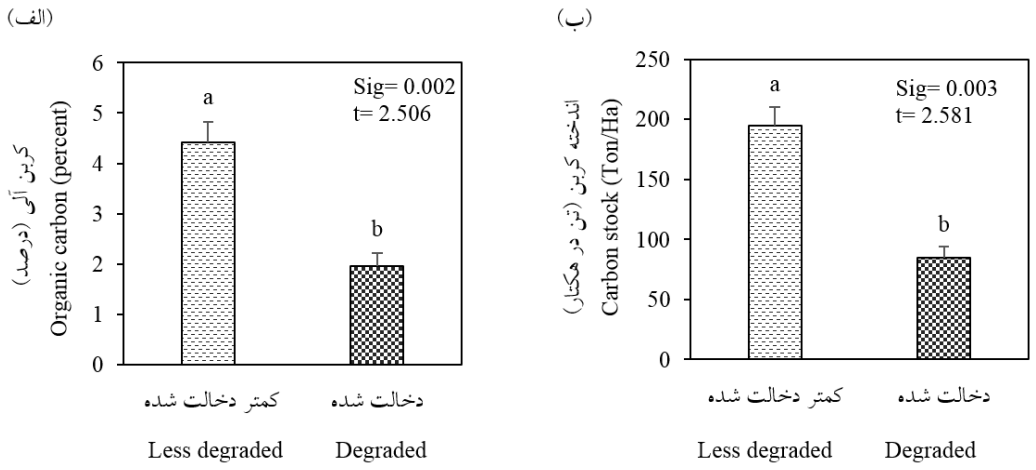
نتایج

مقایسه کربن آلی و اندوخته کربن در دو توده دخالت‌شده و کمتردخالت‌شده

نتایج آزمون T غیرجفتی نشان داد که بین دو توده دخالت‌شده و کمتردخالت‌شده از نظر کربن آلی خاک اختلاف معنی‌دار آماری وجود داشت. به‌طوری که در توده کمتردخالت‌شده، کربن آلی خاک حدود ۴۴ گرم در هر کیلوگرم و در مقابل در توده دخالت‌شده این مقدار حدود ۲۰ گرم در هر کیلوگرم بود (شکل ۲– الف). همچنین، نتایج آماری ضمن تأیید اختلاف معنی‌دار آماری در مقدار اندوخته کربن خاک دو توده مورد پژوهش نشان داد که مقدار بیشتر (حدود ۱۹۵ تن در هکتار) مربوط به توده کمتردخالت‌شده و مقدار کمتر (حدود ۸۵ تن در هکتار) مربوط به توده دخالت‌شده بود (شکل ۲– ب).

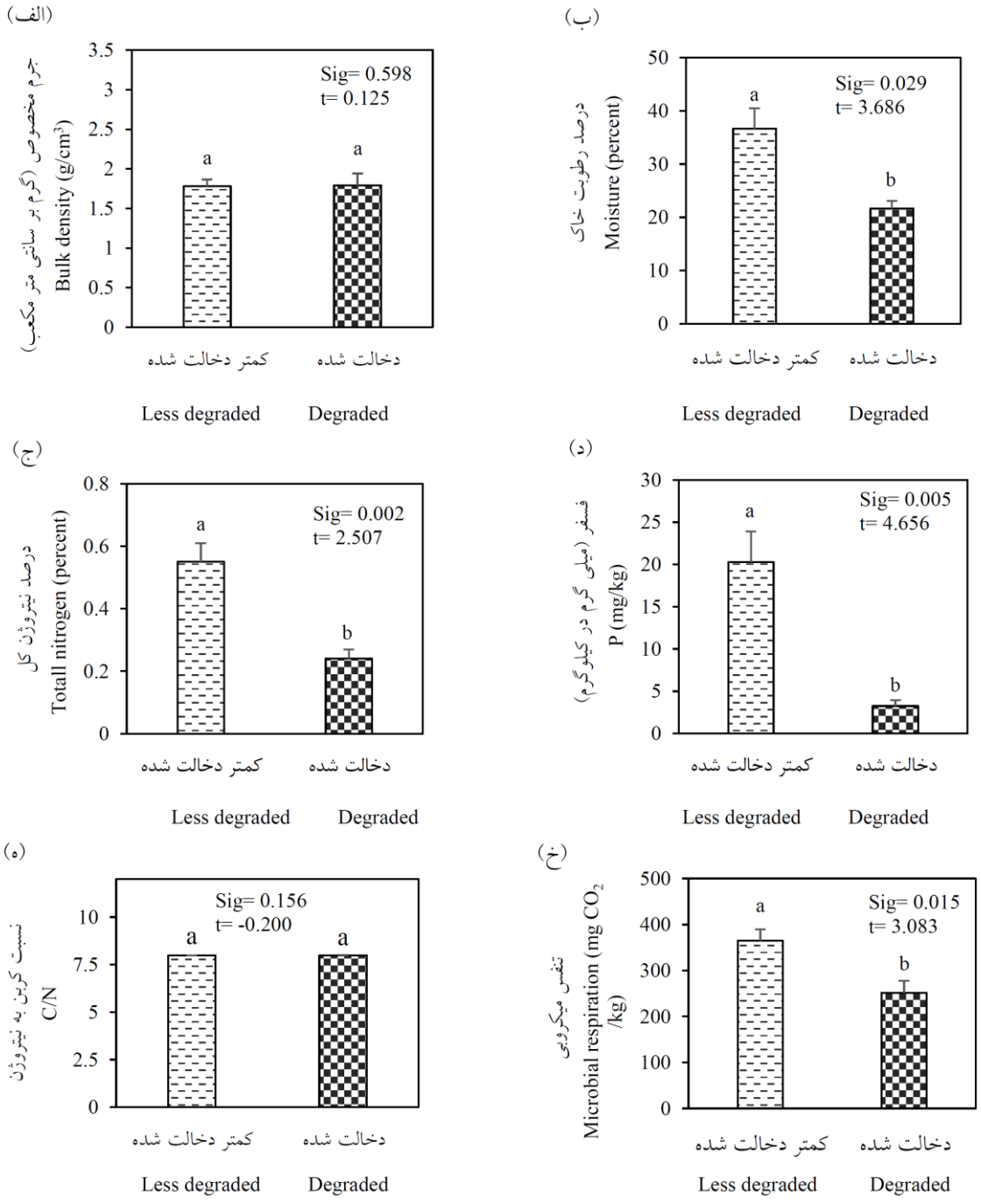
مقایسه ویژگی‌های خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتردخالت‌شده

اگرچه از نظر جرم مخصوص ظاهری خاک بین دو توده مورد پژوهش تفاوت معنی‌دار آماری مشاهده نشد و برای هر دو عرصه حدود ۱/۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود، اما محتوی رطوبت خاک در توده کمتر– دخالت‌شده (حدود ۳۷ درصد) از نظر آماری بیشتر از توده دخالت‌شده (حدود ۲۲ درصد) بود (شکل ۳). درصد نیتروژن خاک در توده کمتردخالت‌شده ۰/۵۵ درصد و در توده دخالت‌شده ۰/۲۴ درصد بود که از نظر آماری با هم تفاوت معنی‌دار داشتند. مقدار فسفر قابل‌دسترس در خاک توده دخالت‌شده حدود ۳/۳ گرم بر هر کیلوگرم از خاک بود، درحالی که این مقدار برای توده کمتردخالت‌شده حدود ۲۰ گرم بر هر کیلوگرم خاک بود و این تفاوت از نظر آماری نیز معنی‌دار بود. متوسط تنفس میکروبی در خاک توده کمتر دخالت‌شده حدود ۳۶۵ و در توده دخالت‌شده حدود ۲۵۱ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر کیلوگرم خاک بود، که این تفاوت از نظر آماری نیز معنی‌دار بود (شکل ۳). درآخر، از نظر نسبت کربن به نیتروژن (C/N) بین دو توده اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد.



شکل ۲– متوسط (±اشتباه معیار) کربن آلی و اندوخته کربن خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتردخالت‌شده گلابی وحشی

Figure 2. Mean value (±SE) of organic carbon and carbon storage between two less degraded and degraded stands of wild pear



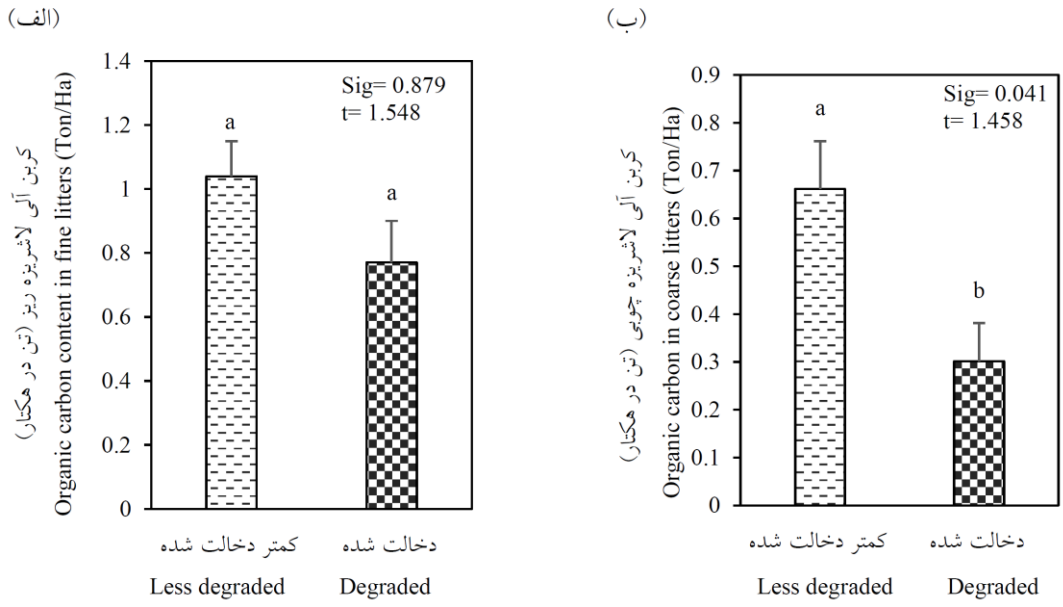
شکل ۳- متوسط (±اشتباه معیار) برخی ویژگی‌های خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتردخالت‌شده گلابی وحشی

Figure 3. Mean value (±SE) of some soil characteristics between two less degraded and degraded stands of wild pear

مقایسه اندوخته کربن لاش‌ریزه در دو توده دخالت‌شده و کمتردخالت‌شده

نتایج آزمون T غیرجفتی نشان داد که بین دو توده دخالت‌شده و کمتردخالت‌شده گلابی وحشی از نظر اندوخته کربن لاش‌ریزه اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت و مقدار آن برای توده کمتر دخالت‌شده حدود یک و برای توده تخریب‌شده ۰/۷۸ تن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۴- الف). از سوی‌دیگر، بین دو توده

مورد پژوهش از نظر اندوخته کربن لاش‌ریزه قطعات چوبی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد. اندوخته کربن لاش‌ریزه چوبی توده کمتردخالت‌شده حدود ۰/۶۶ و در عرصه دخالت‌شده حدود ۰/۳ تن در هکتار برآورد شد (شکل ۴- ب).



شکل ۴- متوسط (±اشتباه معیار) اندوخته کربن لاشریزه چوبی و ریز در دو توده دخالت‌شده و کمتر دخالت‌شده گلابی وحشی

Figure 4. Mean value (±SE) of carnon storage in fine and coarse litters between two less degraded and degraded stands of wild pear

بحث

براساس نظر پژوهش‌گران، با اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک و مقایسه آن‌ها با خاک مناطق دست‌نخورده، می‌توان تأثیر انواع مدیریت اراضی را بررسی و ارزیابی کرد (Mandal et al., 2010)، بنابراین در این پژوهش به‌منظور درک اثر حفاظت و قرق توده‌های جنگلی گلابی وحشی، اندوخته کربن خاک و لاش‌ریزه و همچنین ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتردخالت‌شده مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج حاکی از اثرهای مثبت و بهبوددهنده مدیریت قرق بر اغلب شاخص‌های مورد بررسی بود که البته تأثیر این مدیریت بر روی همه مشخصه‌های مورد بررسی یکسان نبود.

تغییر در مدیریت اراضی سبب اثر معنی‌دار بر کربن آلی خاک به‌ویژه در لایه سطحی آن می‌شود (Wang et al., 2013) که این یافته در پژوهش پیش‌رو نیز کاملاً مشهود بود، چراکه نتایج نشان داد که مقدار متوسط کربن آلی در توده کمتردخالت‌شده حدود ۲/۲ برابر بیشتر از توده دخالت‌شده است. همچنین، مقدار متوسط اندوخته کربن در توده کمتردخالت‌شده ۲/۳ برابر بیشتر از توده دخالت‌شده برآورد شد که حاکی از اهمیت مدیریت قرق در ترسیب کربن خاک است. در شرایط قرق، تراکم درختان و درختچه‌های توده بیشتر بوده و به‌دلیل مصون‌بودن نسبی توده جنگلی از تخریب، شرایط برای بهبود کربن آلی خاک و پیرو آن اندوخته کربن فراهم‌تر خواهد بود که این یافته با نتایج

Eskandari Shahraki et al. (2016) همسو است. آن‌ها با بررسی مقدار ترسیب کربن در کاربری‌های مختلف در منطقه چهارطاق اردل استان چهارمحال و بختیاری به این نتیجه رسیدند که جنگل قرق‌شده در مقایسه با جنگل تخریب‌شده و حتی جنگل طبیعی غیرقرق دارای بیشترین مقدار ترسیب کربن بود. همچنین پژوهش دیگر در زاگرس شمالی نشان داد که مقدار ترسیب کربن در توده‌های حفاظت شده از توده‌های تحت بهره‌برداری بیشتر است (Pato et al., 2017). به‌نظر می‌رسد تراکم بیشتر درختان در توده کمتردخالت‌شده سبب بازگشت باقی‌مانده گیاهی (شاخ و برگ و لاش‌برگ) بیشتر به خاک شده و در ادامه مواد آلی بیشتری به خاک جنگل بازگشت داده می‌شود (Laik et al., 2009). از سوی دیگر، Kooch et al. (2020) نیز گزارش کردند که ترسیب کربن خاک در توده‌های جنگلی تخریب‌شده کمتر از توده‌های کمتر-تخریب‌شده است که در این پژوهش نیز مشاهده شد.

برخلاف انتظار، جرم مخصوص ظاهری خاک در دو عرصه مورد پژوهش یکسان بود. انتظار بر این است که با حضور و عبور مداوم افراد بومی و چرای - دام در توده دخالت‌شده، جرم مخصوص ظاهری خاک افزایش یابد، اما تفاوتی مشاهده نشد. شاید کم‌رنگ شدن مدیریت قرق در سالیان اخیر در منطقه و حضور موردی افراد بومی و عبور دام توجیه‌کننده این عدم تفاوت باشد. درمقابل، رطوبت خاک در توده کمتر-دخالت‌شده حدود ۴۰ درصد بیشتر از توده دخالت‌شده بود که این یافته با تراکم و تاج‌پوشش بیشتر درختان و در نتیجه آن کاهش تبخیر و تعرق خاک قابل توجیه است (Zarafshar et al., 2020). از سوی‌دیگر، بیشتر بودن شیب توده تخریب‌شده نسبت به توده کمتر تخریب‌شده نیز می‌تواند تا حدودی در تفاوت رطوبت خاک نقش داشته باشد.

براساس نظر Jha et al. (1984)، اغلب خاک‌هایی که دارای کربن آلی زیاد هستند، الزاماً درصد نیتروژن زیادی نیز دارند. این یافته در پژوهش پیش‌رو مشهود بود، به‌طوری که مقدار نیتروژن کل خاک در توده کمتردخالت‌شده حدود ۲/۳ برابر بیشتر از توده دخالت‌شده بود که با نتایج کربن آلی آن نیز هم‌خوانی داشت. افزایش نیتروژن خاک می‌تواند سبب بهبود کمیت و کیفیت لاش‌برگ و همچنین فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک شده و در آخر منجر به افزایش کربن آلی خاک شود (Lorenz and Rattan, 2010). از طرفی دیگر، نسبت کربن به نیتروژن (C/N) برای هر دو توده مورد پژوهش کاملا یکسان و حدود ۷/۹۹ بود. طبق تقسیم‌بندی ارائه‌شده از سوی Yerima and Van Ranst (2005)، از آنجایی که این نسبت کمتر از ۱۰ است، می‌توان بیان داشت که کیفیت مواد آلی در هر دو عرصه در وضعیت خوب قرار دارد.

عناصر غذایی خاک نیز شاخص بسیار مهمی برای ارزیابی تأثیر مدیریت و کاربری‌های مختلف هستند (Zarafshar et al., 2020)، بنابراین در این پژوهش فسفر خاک در دو توده دخالت‌شده و کمتر-دخالت‌شده گلابی وحشی مقایسه شد. نتایج نشان داد که فسفر خاک در توده کمتردخالت‌شده حدود شش برابر بیشتر از توده دخالت‌شده بود که این موضوع بر اهمیت مدیریت قرق در بهبود عناصر غذایی خاک تأکید می‌کند. یکی از ویژگی‌های درختان پهن‌برگ بومی این است که ریشه این درختان قادر است مقدار زیادی از فسفر را از سنگ بستر جدا کرده و آن‌ها را پس از لاش‌برگ‌ریزی به لایه‌های سطحی خاک برگرداند (Salim et al., 2018)، بنابراین می‌توان بیان داشت که هرچه تراکم درختان پهن‌برگ در یک توده بیشتر باشد، فسفر بیشتری پس از خزان برگ‌ها به خاک بازگشت داده شده که این می‌تواند فسفر بیشتر

در توده قرق با تراکم درختی و درختچه‌ای بیشتر را توجیه کند. براساس یافته‌های Silver (1998)، نرخ تجزیه مواد آلی در خاک‌های جنگلی غنی از فسفر بیشتر است، بنابراین می‌توان گفت که مدیریت قرق سبب افزایش تراکم درختان، در ادامه افزایش فسفر در لایه‌های سطحی خاک و درآخر تجزیه بیشتر مواد آلی شده که در انتهای این فرآیند کربن آلی و نیتروژن خاک نیز بیشتر می‌شود.

فعالیت میکروبی خاک یکی دیگر از شاخص‌های معتبر در ارزیابی مدیریت اراضی است (Liang et al., 2012) بنابراین، تنفس میکروبی خاک در دو توده مورد بررسی اندازه‌گیری شد. مقدار میانگین تنفس میکروبی خاک در توده کمتردخالت‌شده حدود ۳۱ درصد بیشتر از توده دخالت‌شده بود (۳۶۴/۷ درمقابل ۲۵۱/۳ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در کیلوگرم خاک). تنفس میکروبی خاک در توده‌های جنگلی تحت تأثیر رطوبت خاک (Pabst et al., 2016)، کربن‌آلی (Samuelson et al., 2009)، حاصل‌خیزی (Bolat et al., 2015) و تراکم تاج‌پوشش درختی (Kooch and Bayranvand, 2019) است. اغلب مشخصه‌های مؤثر در تنفس میکروبی در توده کمتردخالت‌شده بیشتر از توده دخالت‌شده بود، از این‌رو اختلاف در مقدار تنفس میکروبی نیز قابل توجیه است. هم‌سو با نتایج این تحقیق، Zarafshar et al. (2020) گزارش کردند که تخریب جنگل و تغییر کاربری از جنگل به کشاورزی سبب کاهش تنفس میکروبی خاک تا حدود دو تا سه برابر می‌شود.

بازگشت عناصر غذایی و کربن آلی توسط لاش‌ریزه درختان به خاک و تجزیه آن‌ها به‌عنوان آخرین مرحله چرخه عناصرغذایی در اکوسیستم‌های جنگلی مطرح است (Farhadi, 2006). در این پژوهش، سهم کربن آلی لاش‌ریزه درختان نیز مورد پژوهش قرار گرفت تا نقش قرق در این منبع ارزشمند کربن ارزیابی شود. اگرچه کربن آلی لاش‌ریزه در هر دو توده دارای اختلاف معنی‌دار آماری نبود، ولی این تفاوت در لاش‌ریزه چوبی معنی‌دار و چشم‌گیر بود، به‌طوری که در توده کمتردخالت‌شده مقدار آن ۲/۲ برابر بیشتر از توده دخالت‌شده بود. به‌نظر می‌رسد تراکم بیشتر درختان گلابی در توده کمتردخالت‌شده نسبت به توده دخالت‌شده و برگشت فراوان شاخه‌ها به زمین سبب این تفاوت معنی‌دار شده است. از سوی‌دیگر، حضور بیشتر افراد بومی در عرصه قرق‌نشده و جمع‌آوری چوب‌های خشک موجود در کف جنگل به‌منظور تهیه سوخت یکی از دلایل اساسی کمتربودن قطعات چوبی در این عرصه قرق‌نشده است. براساس نظر Bigler and Veblen (2011)، سهم لاش‌ریزه و چوب مرده در چرخه کربن توده‌های جنگلی حائز اهمیت است، بنابراین می‌توان بیان کرد که با قرق توده‌های گلابی-وحشی ضمن حفظ این پایه‌های درختی، امکان برداشت لاش‌ریزه درشت توسط جنگل‌نشینان کمتر شده و در آخر نقش جنگل در اندوخته کربن حفظ می‌شود.

یافته‌های پژوهش پیش‌رو به‌طور واضح نشان داد که اعمال مدیریت قرق در توده‌های جنگلی گلابی - وحشی، به‌عنوان توده‌های جنگلی نادر در رویشگاه زاگرس سبب می‌شود تا کربن آلی، اندوخته کربن، نیتروژن کل خاک و همچنین کربن‌آلی لاش‌ریزه چوبی بیش از دوبرابر، فسفر خاک حدود شش برابر، رطوبت خاک حدود ۴۰ درصد و درنهایت تنفس میکروبی خاک تا ۳۱ درصد افزایش می‌یابد. مدیریت قرق سبب حفظ پایه‌های درختی و درختچه‌ای و به سبب آن برگشت بقایای گیاهی بیشتر به خاک، نگهداری رطوبت در خاک و ارتقاء فعالیت‌های میکروبی شده و درنتیجه موجب بهبود اندوخته کربن و حاصل‌خیزی

خاک می‌شود. با توجه به پدیده تغییر اقلیم و افزایش گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر، اهمیت قرق و حفاظت اکوسیستم‌های جنگلی در جنگل‌های زاگرس در راستای ترسیب کربن و نیتروژن در خاک بیش از پیش تأکید می‌شود.

References

Amundson, R., The carbon budget in soils. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* **2001,** *29* (1), 535-562.

Bigler, C.; Veblen, T. T., Changes in litter and dead wood loads following tree death beneath subalpine conifer species in northern Colorado. *Canadian Journal of Forest Research* **2011,** *41* (2), 331-340.

Bolat, I.; Kara, Ö.; Sensoy, H.; Yüksel, K., Influences of Black Locust (Robinia pseudoacacia L.) afforestation on soil microbial biomass and activity. *iForest-Biogeosciences and Forestry* **2015,** *9* (1), 171.

Bremner J. M.; Mulvaney, C. S., Nitrogen-total. In: Page A. L., Miller R. H., Keeney D. R. (Eds.), Methods of Soil Analyses. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, 1982. pp. 595-624.

de Vries, W.; Solberg, S.; Dobbertin, M.; Sterba, H.; Laubhann, D.; Van Oijen, M.; Evans, C.; Gundersen, P.; Kros, J.; Wamelink, G., The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration by European forests and heathlands. *Forest Ecology and Management* **2009,** *258* (8), 1814-1823.

Farhadi, F., The determination of nutrient return to forest floor by litterfall in permanent plot of forest assessment in Caspian Forest. A master thesis in Gorgan University of agriculture and natural resources. 2006. 61 P.

Grüneberg, E.; Schöning, I.; Riek, W.; Ziche, D.; Evers, J., Carbon Stocks and Carbon Stock Changes in German Forest Soils. In *Status and Dynamics of Forests in Germany*, Springer, Cham: 2019; pp 167-198.

Hamzehpour, M.; Sagheb-Talebi, K.; Bordbar, K.; Joukar, L.; Pakparvar, M.; Abbasi, A., Impact of environmental factors on distribution of wild pear (Pyrus glabra Boiss.) in Sepidan region, Fars province. *Iranian journal of forest and poplar research* **2010,** *18* (4), 499-516.

Homer, C. D.; Pratt, P. F., *Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters*. University of California, Agricultural Sciences Press, Berkeley, 1961. pp. 309

IPCC., Good practices guidance for land use, land-use change and forestry. Penman, J. et al. (eds.). IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan. 2003.

Janzen, H., Carbon cycling in earth systems—a soil science perspective. *Agriculture, ecosystems & environment* **2004,** *104* (3), 399-417.

Jha, R. C.; Sharma, N. N.; Maurya, K. R., Effect of sowing dates and mulching materials on the yield of turmeric. Proc. PLACROSYM-V. 1984. pp. 495-498.

Johnson, D.; Knoepp, J. D.; Swank, W. T.; Shan, J.; Morris, L.; Van Lear, D.; Kapeluck, P., Effects of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. *Environmental Pollution* **2002,** *116*, S201-S208.

Kooch, Y.; Hosseini, S. M.; Zaccone, C.; Jalilvand, H.; Hojjati, S. M., Soil organic carbon sequestration as affected by afforestation: the Darab Kola Forest (North of Iran) case study. *Journal of Environmental Monitoring* **2012,** *14* (9), 2438-2446.

Kooch, Y.; Mehr, M. A.; Hosseini, S. M., The effect of forest degradation intensity on soil function indicators in northern Iran. *Ecol. Indic.* **2020,** *114*, 106324.

Kooch, Y.; Bayranvand, M., Labile soil organic matter changes related to forest floor quality of tree species mixtures in Oriental beech forests. *Ecol. Indic.* **2019,** *107*, 105598.

Laik, R.; Kumar, K.; Das, D.; Chaturvedi, O., Labile soil organic matter pools in a calciorthent after 18 years of afforestation by different plantations. *Applied Soil Ecology* **2009,** *42* (2), 71-78.

Liang, Q.; Chen, H.; Gong, Y.; Fan, M.; Yang, H.; Lal, R.; Kuzyakov, Y., Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-

maize system in the North China Plain. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **2012,** *92* (1), 21-33.

Liski, J.; Perruchoud, D.; Karjalainen, T., Increasing carbon stocks in the forest soils of western Europe. *Forest Ecology and Management* **2002,** *169* (1-2), 159-175.

Lorenz, K.; Lal, R., *Carbon sequestration in forest ecosystems*. Springer: 2009.

Mandal, D.; Singh, R.; Dhyani, S.; Dhyani, B., Landscape and land use effects on soil resources in a Himalayan watershed. *Catena* **2010,** *81* (3), 203-208.

Nave, L. E.; Vance, E. D.; Swanston, C. W.; Curtis, P. S., Harvest impacts on soil carbon storage in temperate forests. *Forest Ecology and Management* **2010,** *259* (5), 857-866.

Pabst, H.; Gerschlauer, F.; Kiese, R.; Kuzyakov, Y., Land use and precipitation affect organic and microbial carbon stocks and the specific metabolic quotient in soils of eleven ecosystems of Mt. Kilimanjaro, Tanzania. *Land degradation & development* **2016,** *27* (3), 592-602.

Page A.; Miller, R. H.; Keeney, D. R., Method of Soil Analysis, part 2: Chemical and Microbiological Properties, Second Edition, Sixth Printing, Soil Science Society of America, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA. 1992.

Pato, M.; Salehi, A.; Zahedi A. G.; Banj, S. A., The economic value of carbon storage functions in different land uses of northern Zagros forests. *Journal of Forest Research and Development* **2017**, 2 (4), 367-377.

Salim, M.; Kumar, S.; Kumar, P.; Gupta, M., A comparative study of soil physicochemical properties between eucalyptus, teak, acacia and mixed plantation of Jhilmil Jheel wetland, Haridwar-Uttrakhand. *Int J Sci Res* **2018,** *8* (1), 378-385.

Samuelson, L.; Mathew, R.; Stokes, T.; Feng, Y.; Aubrey, D.; Coleman, M., Soil and microbial respiration in a loblolly pine plantation in response to seven years of irrigation and fertilization. *Forest Ecology and Management* **2009,** *258* (11), 2431-2438.

Schlesinger, W., The global carbon cycle. *Biogeochemistry, an analysis of global change* **1991**.

Shahraki, A.; Kiani, B.; Iranmanesh, Y., Effects of different landuse types on soil organic carbon storage. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2016,** *24* (3).

Silver, W. L., The potential effects of elevated CO 2 and climate change on tropical forest soils and biogeochemical cycling. In *Potential Impacts of Climate Change on Tropical Forest Ecosystems*, Springer: 1998; pp 197-221.

Tan, Z.; Lal, R.; Smeck, N.; Calhoun, F., Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. *Geoderma* **2004,** *121* (3-4), 187-195.

Tate, K. R.; Ross, D.; Saggar, S.; Hedley, C.; Dando, J.; Singh, B. K.; Lambie, S. M., Methane uptake in soils from Pinus radiata plantations, a reverting shrubland and adjacent pastures: effects of land-use change, and soil texture, water and mineral nitrogen. *Soil Biology and Biochemistry* **2007,** *39* (7), 1437-1449.

Wang, Q.; Xiao, F.; He, T.; Wang, S., Responses of labile soil organic carbon and enzyme activity in mineral soils to forest conversion in the subtropics. *Annals of forest science* **2013,** *70* (6), 579-587.

Yerima, B. P.; Van Ranst, E., *Introduction to soil science: Soils of the tropics*. Trafford publishing: 2005.

Zarafshar, M.; Bazot, S.; Matinizadeh, M.; Bordbar, S. K.; Rousta, M. J.; Kooch, Y.; Enayati, K.; Abbasi, A.; Negahdarsaber, M., Do tree plantations or cultivated fields have the same ability to maintain soil quality as natural forests? *Applied Soil Ecology* **2020,** *151*, 103536.

The impact of wild pear (*Pyrus syriaca* and *P. globra*) stand management on carbon storage of soil and litters and some soil characteristics (case study: Dehkohneh forest of Sepidan, Fars Province)

M. Zarafshar[*1], Y. Iranmanesh[2], M. Pourhashemi[3], S.K Bordbar[4], M. Negahdarsaber[5], M.J. Rousta[6], K. Enayati[7] and A. Abbasi[8]

1- Assistant Professor, Department of natural resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (M.zarafshar@areeo.ac.ir)
2- Assistant Professor, Department of natural resources, Chaharmahl-Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shahrkord, I. R. Iran. (y.iranmanesh@areeo.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Forest, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran, I. R. Iran. (pourhashemi@rifr-ac.ir)
4- Assistant Professor, Department of natural resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (s.bordbar@areeo.ac.ir)
5- Assistant Professor, Department of natural resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (m.negahdarsaber@areeo.ac.ir)
6- Associate Professor, Department of soil conservation and watershed management, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (mjavadrousta@areeo.ac.ir)
7- Super expert, Department of soil conservation and watershed management, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (enayatik@yahoo.com)
8- Expert, Department of natural resources, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, I. R. Iran. (a.abasi@areeo.ac.ir)

Received: 09.05.2020 Accepted: 15.08.2020

Abstract

Soil in forest ecosystems is a giant source for storage of atmospheric carbon that would increase its contribution against climate warming under proper management. In the current research, soil and litter contribution in carbon sequestration were compared between a 50 years old enclosure (less degraded) and un- enclosure (degraded) wild pear stands. Besides, some soil characteristics including soil moisture, bulk density, organic carbon, total nitrogen, phosphorus, and soil microbial respiration were studied. In each stand, 5 soil samples and 10 litter samples were collected from each plot and the characteristics were compared with T-student independent analysis. The results clearly indicated that soil carbon storage and carbon storage in coarse litter due to greater tree covers in enclosure field were two times higher than un- enclos6ure. Meanwhile, carbon storage in fine litter was same in the both stands. Phousphurus content and total nitrogen in soil of enclosure field were 6 and 2 times higher than un- inclosure, respectively. Moisture content Not only was higher in less degraded field (36%) in comparison with degraded one (21%) but also soil microbial respiration in less degraded field was higher around 31% when compared with degraded field. Finally, it can be proposed that enclosure management not only can improve soil carbon storage more than two times but also can increase soil fertility. This finding highlights the importance of enclosure management in Zagros region for maintaining of soil functions.

Keywords: Enclosure, Carbon storage, Soil respiration, Forest function.

[*] Corresponding author Tel: +989126055424

فصلنامهٔ علمی پژوهش و توسعه جنگل
جلد ۷، شماره ۲، صفحه ۳۴۲-۳۲۷، (۱۴۰۰)
DOI: 10.30466/jfrd.2021.121009
DOR: 20.1001.1.24763551.1400.7.2.11.4

مقالهٔ پژوهشی

بررسی ذخیره کربن خاک در پارک جنگلی لویزان تهران

مریم محمودی[۱]، الیاس رمضانی کاکرودی*[۲]، عباس بانج شفیعی[۳]، علی صالحی[۴]، مجید پاتو[۵] و امید حسین‌زاده[۶]

۱- دانش‌آموخته دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (Maryammahmoodi63@gmail.com)
۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (e.ramezani@urmia.ac.ir)
۳- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)
۴- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (asalehi@guilan.ac.ir)
۵- دکتری جنگلداری، اداره منابع طبیعی شهرستان مهاباد، مهاباد، ایران. (patomajid@yahoo.com)
۶- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (o.hoseinzadeh@urmia.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۵

چکیده

این پژوهش در شش جنگلکاری شامل کاج تهران و سروسیمین (خالص سوزنی‌برگ)، اقاقیا و ون (خالص پهن‌برگ) و اقاقیا-ون و اقاقیا-سرو سیمین (آمیخته) در پارک جنگلی لویزان انجام شد. مقادیر کربن ذخیره‌شده در خاک اندازه‌گیری و رابطه بین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی با مقدار کربن آلی خاک بررسی شد. در۶۰ نمونه خاک جمع‌آوری‌شده از دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۳۰ سانتی‌متری این جنگلکاری‌ها اسیدیته، بافت، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی و درصد کربن آلی اندازه-گیری شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کربن ذخیره‌شده در هر دو عمق خاک به‌ترتیب مربوط به تیپ‌های کاج تهران و ون است. مقدار ذخیره کربن در خاک همه زمین‌های جنگلکاری‌شده در عمق پایین (۱۰-۳۰ سانتی‌متر) بیشتر بود. بیشترین مقدار ذخیره کربن در هر دو عمق مورد بررسی در جنگلکاری‌های خالص سوزنی‌برگ و پهن‌برگ به‌ترتیب در تیپ کاج و اقاقیا و در جنگلکاری‌های آمیخته، در تیپ اقاقیا-سرو سیمین مشاهده شد. همچنین نتیجه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که در بین ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی خاک، اسیدیته، جرم مخصوص ظاهری و رس و در بین مشخصات کمی درختان، قطر برابرسینه، ارتفاع و قطر تاج مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر مقدار کربن آلی خاک در منطقه مورد بررسی هستند.

واژه‌های کلیدی: جنگلکاری، ذخیره کربن خاک، گرمایش جهانی، مناطق نیمه‌خشک.

* نویسنده مسئول شمارهٔ تماس: ۰۹۱۴۳۸۸۴۱۹۴

مقدمه

تغییر آب‌وهوا یکی از تهدیدهای بزرگ جهان است که از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، به‌ویژه دی‌اکسیدکربن (CO_2)، با مصرف سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی ناشی می‌شود (Loni et al., 2018). پژوهش‌های جدید نشان داده که میانگین دمای جهانی با نرخ بی‌سابقه‌ای در حال افزایش است (Zuidema et al., 2013). با آن‌که کربن یک عنصر اساسی برای زندگی بر روی زمین است، حدود نیمی از گرمای گلخانه‌ای از افزایش دی‌اکسیدکربن جو (اتمسفر) و جذب طول موج‌های بازتابی ناشی می‌شود.

مهم‌ترین منبع ذخیره‌سازی کربن در اکوسیستم‌های خشکی، پوشش گیاهی است. در جریان ترسیب کربن (carbon sequestration)، کربن موجود در هوا در ترکیبات آلی کربن‌دار در مدت زمان معین در گیاهان ذخیره می‌شود. به بیان دیگر، ترسیب کربن فرآیندی است که طی آن دی‌اکسیدکربن در جریان فتوسنتز از جو گرفته شده و در بافت‌های گیاهی به‌صورت کربوهیدرات ذخیره و سپس بخشی از آن به‌صورت کربن آلی در لاشبرگ و خاک ذخیره می‌شود. جوامع شهری بیش از ۷۰ درصد از گازهای گلخانه‌ای جهان را تولید می‌کنند. انتظار می‌رود که این مقدار تا سال ۲۰۳۰ به‌دلیل افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و افزایش حجم حمل‌ونقل (ترافیک) به ۷۶ درصد افزایش یابد (Gratani et al., 2016). نواحی سبز شهری مانند پارک‌ها، باغ‌ها، زمین‌های ورزشی، درختان خیابانی و چپرهای سبز، نقش مهمی در چرخهٔ کربن شهری دارند (Svirejeva-Hopkins and Schellnhuber, 2006). گیاهان در فرآیند ترسیب کربن در جریان فتوسنتز، دی‌اکسیدکربن را به زی‌توده رو و زیر زمین انتقال می‌دهند و کربن را در ساقه، ریشه و شاخه ذخیره می‌کنند. همچنین، خاک جنگل‌های شهری مقدار زیادی از کربن آلی را قبل از انتشار آن در جو در خود ذخیره می‌کند.

بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر ویژگی‌های مختلف خاک نشان داده که مقدار کربن آلی آشکارا بیش از مشخصه‌های دیگر تحت تأثیر نوع گونه گیاهی قرار می‌گیرد (Bejarano et al.,2010). از این‌رو انتخاب گونه یکی از گزینه‌های مدیریتی برای افزایش مقدار انباشت کربن است. بر این اساس اندازه‌گیری کربن ذخیره‌شده در خاک، در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی یکی از موضوعات مهم در نقاط مختلف دنیاست. تاکنون پژوهش‌های زیادی در داخل و خارج از کشور در این زمینه انجام شده است ومحققان زیادی بر نقش جنگلکاری در ترسیب کربن خاک تأکید کرده‌اند (Haghdoost et al., 2012).

Varamesh et al. (2010) در بررسی اثر جنگلکاری بر ترسیب کربن خاک در پارک جنگلی چیتگر تهران به این نتیجه رسیدند که اقاقیا بیشتر از کاج تهران کربن را درخاک ترسیب می‌کند. این پژوهش نشان داد که کربن آلی در عمق ۰–۱۵ سانتی‌متری خاک توده‌های جنگلکاری‌شده بیشتر از عمق ۱۵–۳۰ سانتی‌متری است (به‌جز در اراضی باز). نتیجه رگرسیون گام به گام نیز نشان داد که درصد رس و نیتروژن به ترتیب از مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار بر مقدار کربن آلی خاک هستند. در پژوهشی دیگر، که توده‌های دست‌کاشت سوزنی‌برگ و پهن‌برگ پارک مخمل‌کوه در خرم‌آباد از نظر ترسیب کربن خاک بررسی شد، Azadi et al. (2014) به این نتیجه رسیدند که مقدار ترسیب کربن در دو گونه سرونقره‌ای و کاج بروسیا به‌طور معنی‌داری بیشتر از ون و زیتون است. در یک پژوهش دیگر، اثرهای جنگلکاری شهری بر مقدار ترسیب کربن خاک در توده‌های اقاقیا–ون، اقاقیا و سرو نقره‌ای در دو عمق ۰–۱۵ و

۱۵-۳۰ سانتی‌متری در پارک پردیسان تهران بررسی شد (Fathi et al., 2015). در این پژوهش، بیش‌ترین مقدار ترسیب کربن در توده اقاقیا-زبان‌گنجشک مشاهده شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام کربن آلی با عوامل دیگر مورد بررسی نشان داد که درصد ماده آلی و نیتروژن خاک از مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار بر مقدار کربن آلی خاک است. Pato et al. (2017) در بررسی مقادیر وزنی ذخیره کربن و ارتباط آن با دیگر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در چهار کاربری (جنگل بکر، جنگل حفاظتی، جنگل بهره‌برداری شده و باغی) در جنگل‌های میرآباد شهرستان سردشت (زاگرس‌شمالی) به این نتیجه رسیدند که درصد کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری و درصد تخلخل بیشترین تأثیر را در مقدار ذخیره کربن دارند. Soleimani et al. (2019) در پژوهش اثرهای جنگل طبیعی و چهار جنگلکاری بر توان ذخیره کربن خاک و همچنین خصوصیات مختلف خاک در جنگل آموزشی پژوهشی دارابکلا به این نتیجه رسیدند که جنگلکاری می‌تواند نقش مهمی در جذب دی‌اکسیدکربن داشته باشد. البته عوامل مختلفی مانند گونه درختی، سن جنگلکاری، عمق خاک، شرایط رویشگاه وعملیات پرورشی جنگل می‌تواند بر ترسیب کربن تأثیرگذار باشد. در پژوهشی دیگر در چین، Liua and Li (2012) نتیجه گرفتند که مقدار ذخیره‌سازی و ترسیب کربن در جنگل‌های شهری با ترکیب گونه‌ای و ساختار سنی مختلف، متفاوت است. Kulakova (2012) نیز در بررسی خود به این نتیجه رسید که گونه درختی بر مقدار کربن و نیتروژن خاک تأثیرگذار است و مقادیر کربن در مناطق جنگلی ۱/۱ تا ۶/۱ برابر بیشتر از مناطق استپی (علفزار) برآورد شد.

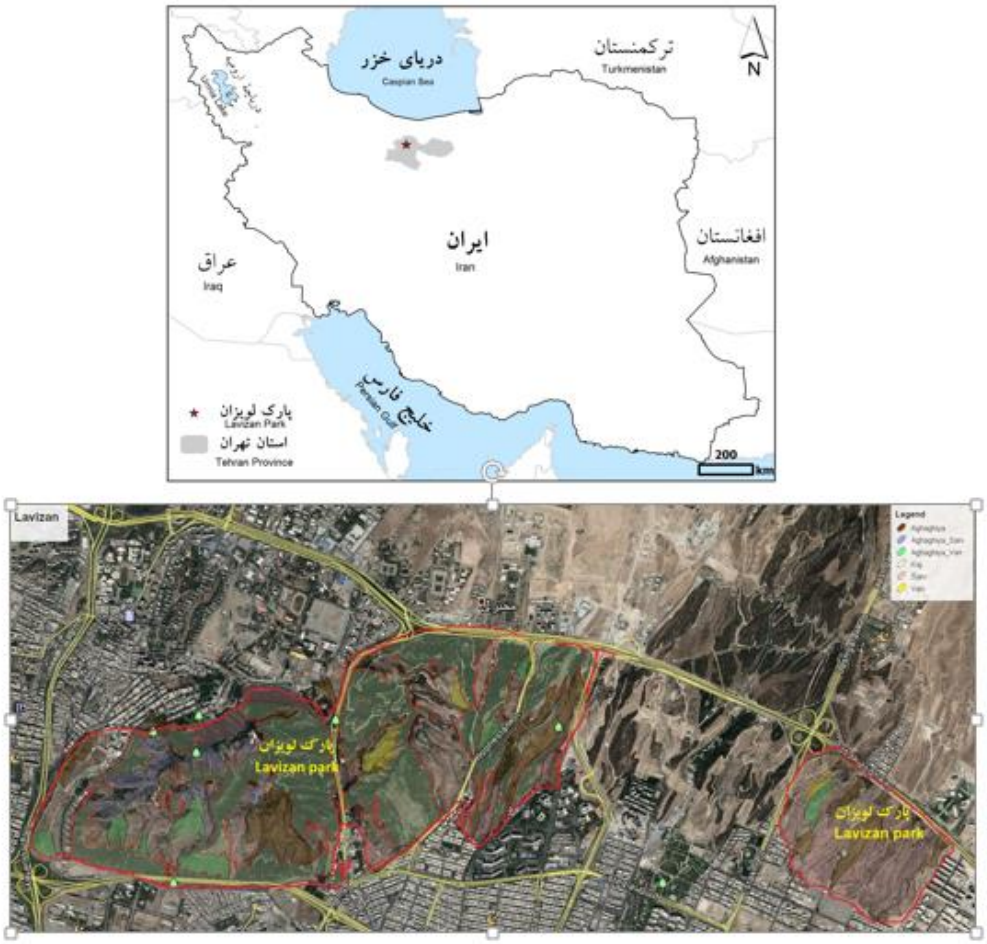
تاکنون پژوهشی درباره مقدار ذخیره کربن در خاک پارک جنگلی لویزان و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک در توده‌های مختلف جنگلی آن انجام نشده است. با توجه به اهمیت ذخیره کربن آلی خاک در کاهش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی، به‌ویژه در شهرهای بزرگ مانند تهران، اندازه‌گیری ترسیب کربن در مناطق مختلف کشور داده‌های ارزشمندی را در اختیار مدیران و برنامه‌ریزان منابع طبیعی قرار خواهد داد. هدف از این پژوهش مشخص کردن قابلیت مقدار ذخیره کربن خاک در تیپ‌های کاج تهران و سرو سیمین (خالص سوزنی‌برگ)، اقاقیا و ون (خالص پهن‌برگ) و اقاقیا-ون و اقاقیا-سرو (آمیخته) و مقایسه این تیپ‌ها با یکدیگر و همچنین بررسی ارتباط کربن آلی با برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و مشخصه‌های کمی درختان در پارک جنگلی لویزان تهران است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

پارک جنگلی لویزان (۱۵۹۰-۱۳۹۰متر از سطح دریا؛ ´´۴۴ ´۲۰ °۳۵ - ´´۴۵ ´۴۶ °۳۵ عرض شمالی؛ ´´۲۹ ´۰ °۵۱ - ´´۱۵ ´۳۴ °۵۱ طول شرقی) در سال ۱۳۴۱ احداث شد. این پارک با مساحتی در حدود ۷۶۳ هکتار در شمال شرق تهران قرار دارد (شکل۱). بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مهرآباد، میانگین بارش سالیانه تهران ۲۳۲ میلی‌متر است. منطقه مورد بررسی در زون ایران مرکزی قرار دارد که مهمترین تشکیلات زمین‌شناسی آن شامل سازند نئوژن بوده و عموماً شامل آبرفت‌های قدیمی هستند. در پارک لویزان درختان سوزنی‌برگ سروسیمین وکاج تهران و پهن‌برگ اقاقیا، ون و آسمان‌دار از بیشترین فراوانی برخوردار بوده و گونه‌های داغداغان، چنار، توت سفید، بید، سنجد، جوالدوز، بادام و نارون به-

صورت تک‌پایه یا لکه‌ای کاشته شده‌اند (Kiaee and Jafari, 2014).



شکل ۱- موقعیت پارک جنگلی لویزان

Figure1. Location of Lavizan Forest Park

جمع‌آوری داده‌ها

پس از بازدید مقدماتی از منطقه مورد بررسی و با توجه به مساحت تیپ‌های جنگلکاری‌شده، شش تیپ با بیش‌ترین مساحت انتخاب شد. تیپ‌های کاج تهران و سرو سیمین (خالص سوزنی‌برگ)، اقاقیا و ون (خالص پهن‌برگ) و اقاقیا-ون و اقاقیا-سرو (آمیخته) مورد ارزیابی قرار گرفت و در هر یک از تیپ‌های انتخاب- شده، پنج قطعه‌نمونه ۱۰۰ مترمربعی (۱۰×۱۰ متر) پیاده شد. ملاک انتخاب این مساحت، قرارگرفتن حداقل ۱۰ تا ۱۲ اصله درخت در هر قطعه‌نمونه بوده است. اطلاعات مربوط به قطر برابر سینه (DBH)، ارتفاع کل (H) و دو قطر عمود بر هم تاج درختان در قطعات نمونه به‌ترتیب با کالیپر و متر نواری معمولی اندازه‌گیری و ثبت شد.

بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند که جنگلکاری بیشترین تأثیر را بر لایه‌های بالایی خاک (عمق ۰-۱۰ سانتی‌متر) می‌گذارد و از طرف دیگر مقدارکربن آلی خاک در اعماق پایین‌تر از ۳۰ سانتی‌متر ناچیز است وافزایش معنی‌داری ندارد. بر این اساس، در هر قطعه- نمونه پس از کنار زدن لایه لاشبرگ از دو عمق ۰-۱۰ و ۱۰-۳۰ سانتی‌متری، نمونه‌های خاک برداشت شد (Gruneberg et al., 2014). برای به حداقل رساندن خطا، نمونه‌بردای به‌صورت ترکیبی انجام شد؛ به این صورت که پنج نمونه خاک از چهار گوشه و مرکز

قطعه‌نمونه برداشت و سپس نمونه‌ها با هم مخلوط شدند. در مجموع ۶۰ نمونه خاک از شش توده برداشت شد.

روش آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک در هوای آزاد خشک و بعد از خرد کردن کلوخه‌ها و جداسازی ریشه‌ها، سنگ و ناخالصی‌های دیگر، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. برای نمونه‌های خاک، کربن آلی خاک با روش والکلی–بلک، بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری بایکاس، جرم مخصوص ظاهری و حقیقی خاک به‌ترتیب با استفاده از روش کلوخه و روش پیکنومتری و اسیدیته خاک به روش پتانسیومتری با کمک دستگاه pH متر الکترونیکی در آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان تعیین شد. پس از اندازه‌گیری درصد کربن آلی در هر لایه خاک، مقدار ذخیرهٔ کربن آلی به تفکیک هر لایه، مقدار ذخیرهٔ کربن آلی با مقیاس گرم در مترمربع از طریق رابطهٔ زیر محاسبه شد (Wong et al., 2008):

رابطهٔ (۱)
$$Cc(gr/m^2)= 1000\times C(\%)\times Bd(gr/cm^3)\times e(cm)$$

در این فرمول، Cc وزن (برحسب گرم) کربن ذخیره شده در سطح یک مترمربع، C کربن آلی در عمق مشخصی از خاک، Bd جرم مخصوص ظاهری خاک برحسب گرم بر سانتی‌مترمکعب و e ضخامت خاک بر حسب سانتی‌متر است.

تجزیه‌وتحلیل آماری

برای انجام محاسبات آماری، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت. سپس برای مقایسهٔ میانگین‌های خصوصیات خاک و میانگین مشخصات کمی درختان درتیپ‌های مختلف جنگلکاری‌شده و عمق‌های خاک به‌ترتیب از آزمون دانکن و آزمون تی مستقل و برای تعیین اثرهای متقابل از تحلیل واریانس دوطرفه استفاده شد. از آزمون رگرسیون گام به گام برای تعیین مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کربن خاک استفاده شد. آنالیزهای آماری در نرم‌افزار SPSS نسخه۲۱ انجام شد.

نتایج

مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های خاک در تیپ‌های مختلف پارک جنگلی لویزان (جدول۱) نشان داد که در هر دو عمق مورد بررسی بیشترین و کمترین مقدار ذخیره کربن به‌ترتیب مربوط به تیپ‌های کاج تهران و ون بود. در همهٔ تیپ‌های مورد بررسی، مقدار ذخیره کربن در عمق ۱۰–۳۰ سانتی‌متری از عمق ۰–۱۰ سانتی‌متری خاک بیشتر بود. همچنین، در هر دو عمق مورد بررسی، در بین تیپ‌های خالص سوزنی‌برگ، توده کاج، تیپ‌های خالص پهن‌برگ، توده اقاقیا، و تیپ‌های آمیخته، توده اقاقیا–سرو بیشترین ذخیره کربن را داشتند. در عمق ۰–۱۰ سانتی‌متری خاک اختلاف آماری معنی‌داری بین تمامی تیپ‌های جنگلکاری‌شده مشاهده نشد و در عمق ۱۰–۳۰ سانتی‌متری خاک، بین تیپ‌های کاج، سروسیمین، اقاقیا–سرو و اقاقیا با تیپ ون اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

تحلیل واریانس دو طرفه ویژگی‌های مورد بررسی (جدول ۲) نیز نشان داد که همه ویژگی‌های خاک به‌جز جرم مخصوص ظاهری در بین تیپ‌های مورد بررسی معنی‌دار بودند. در بین دو عمق مورد بررسی تفاوت در مقدار کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری، جرم مخصوص حقیقی، درصد رس و مقدار ذخیره کربن معنی‌دار بود. بررسی اثرهای متقابل توده و عمق نشان داد که درصد رس و ماسه و مقدار ذخیره کربن اختلاف معنی‌داری دارند.

جدول ۳ میانگین و اشتباه معیار مشخصات کمی (قطر برابر سینه، ارتفاع و میانگین قطر تاج) هر یک از درختان را در تیپ‌های مورد بررسی نشان می‌دهد.

جدول ۱- میانگین و اشتباه معیار برای ویژگی‌های خاک در دو بازه عمق درتیپ‌های مختلف جنگلکاری‌شده

Table 1. Mean and standard error for soil physico-chemical properties in two depth ranges under different plantation types

Sig.	F	ون *Fraxinus* sp.	سروسیمین *Cupressus arizonica*	کاج تهران *Pinus eldarica*	اقاقیا–ون *R. pseudoacacia-Fraxinus* sp.	اقاقیا–سرو سیمین *R. pseudoacac ia-C.arizonica*	اقاقیا *Robinia pseudoacacia*	عمق (سانتی متر) Depth (cm)	
0.02	3.11	8.02(±0.07) Aabc	8.05(±0.03) Aab	7.98(±0.07) Aabc	7.86(±0.04) Abc	7.82(±0.10) Ac	8.13(±0.03) Aa	0-10	اسیدیته pH
0. 02	3.15	8.19(±0.03) Aa	8.00(±0.04) Aabc	8.08(±0.10) Aab	7.78(±0.10) Ac	7.93(±0.09) Abc	8.08(±0.06) Aab	10-30	
0.32	1.22	1.66(±0.19) Aa	2.11(±0.03) Aa	2.54(±0.12) Aa	1.95(±0.04) Aa	2.32(±0.30) Aa	1.87(±0.33) Aa	0-10	کربن آلی Organic carbon (%)
0.016	3.50	0.87(±0.23) Bc	2.03(±0.41) Aab	2.19(±0.41) Aa	1.18(±0.31) Abc	2.14(±0.30) Aa	1.84(±0.10) Aab	10-30	
0.089	2.19	2.28(±0.02) Bab	2.51(±0.03) Ba	2.25(±0.07) Aab	2.14(±0.21) Ab	2.22(±0.04) Aab	2.48(±0.06) Aa	0-10	جرم مخصوص حقیقی Particle density (gr/cm3)
0.008	4.04	2.38(±0.02) Ab	2.67(±0.03) Aa	2.47(±0.10) Ab	2.49(±0.03) Ab	2.35(±0.04) Ab	2.5(±0.04) Ab	10-30	
0.50	0.89	1.44(±0.04) Aa	1.37(±0.05) Ba	1.41(±0.04) Ba	1.49(±0.04) Aa	1.36(±0.04) Aa	1.41(±0.05) Aa	0-10	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr/cm3)
0.53	0.836	1.51(±0.04) Aa	1.59(±0.05) Aa	1.61(±0.03) Aa	1.53(±0.04) Aa	1.49(±0.04) Aa	1.57(±0.07) Aa	10-30	
0.07	2.31	12.63(±0.77 Aab	12.34(±1.50) Bab	11.93(±0.95) Aab	14.85(±2.39) Aa	8.16(±3.10) Bb	7.41(±1.43) Bb	0-10	رس (درصد) Clay (%)
0.00	15.14	9.28(±1.61) Bd	20.01(±0.66) Ab	11.17(±1.80) Acd	8.18(±0.65) Bd	26.65(±3.18) Aa	15.26(±0.33) Abc	10-30	
0.92	0.27	29.20(±3.07) Aa	30.30(±1.69) Aa	27.71(±1.57) Aa	26.62(±2.43) Aa	29.84(±3.26) Aa	28.76(±2.43) Aa	0-10	لای (درصد) Silt (%)
0.013	3.65	34.83(±1.00) Aa	23.14(±1.94) Bc	27.60(±3.36) Abc	25.28(±3.50) Abc	31.18(±0.36) Aab	27.74(±0.46) Abc	10-30	
0.39	1.08	58.16(±3.82) Aa	57.62(±1.37) Aa	60.34(±0.64) Aa	58.52(±2.57) Aa	61.98(±1.47) Aa	63.81(±2.67) Aa	0-10	ماسه (درصد) Sand (%)
0.00	10.40	55.87(±0.58) Ab	56.84(±1.67) Ab	61.22(±1.57) Aab	66.53(±3.96) Aa	42.16(±4.06) Bc	56.99(±0.32) Bb	10-30	
0.50	0.88	24.17(±3.12) Aa	29.23(±5.42) Aa	35.8(±1.30) Aa	29.13(±5.35) Aa	31.63(±3.97) Ba	25.91(±5.58) Ba	0-10	ذخیره کربن Carbon storage (ton/ha)
0.02	3.38	26.81(±7.34) Ac	65.76(±14.45) Aab	71.11(±13.30) Aa	37.13(±10.52) Abc	63.65(±2.95) Aab	57.51(±1.13) Aab	10-30	

حروف بزرگ متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بین میانگین عوامل اندازه‌گیری شده در عمق‌های مورد بررسی خاک است.

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بین میانگین‌ها در تیپ‌های جنگلی مورد بررسی است.

Dissimilar uppercase letters refer to significant difference at 0.05 confidence level for the mean of the analysed parameters in the studied soil depths.

Dissimilar lowercase letters indicate significant difference at 0.05 confidence level for the mean of the analyzed parameters in the studied forest types.

جدول ۲- میانگین مربعات ویژگی‌های خاک در دو بازه عمق در تیپ‌های مختلف جنگلکاری همراه با اثرهای متقابل توده و عمق در پارک جنگلی لویزان براساس تحلیل واریانس دوطرفه

Table 2. Mean squares of soil physico-chemical properties in two depth ranges under different plantation types with the interaction of depth and type in Lavizan Forest Park based on two-way analysis of variance

Sig.	ذخیره کربن Carbon sequestration (ton/ha)	درصد ماسه Sand (%)	درصد لای Silt (%)	درصد رس Clay (%)	جرم مخصوص ظاهری Bulk density (gr/cm^3)	جرم مخصوص حقیقی Particle density (gr/cm^3)	کربن آلی Organic carbon (%)	اسیدیته pH	
6	2183.143**	930.253**	492.473**	122.182**	0.018	0.178**	3.595**	0.294**	تیپ Type
1	6659.875**	40.59	23.14	125.05**	0.401**	0.502**	3.367**	0.056	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
6	875.970**	248.893**	44.409	203.559**	0.015	0.027	0.379	0.032	تیپ × عمق Type × Depth

**معنی‌داری در سطح ۰/۰۱.

**Significant difference at 0.01 confidence level.

جدول ۳- میانگین و اشتباه معیار مشخصات کمی درختان درتیپ‌های مختلف جنگلکاری در پارک جنگلی لویزان

Table 1. Mean and standard error for quantitative characteristics of different plantation types in Lavizan Forest Park

Sig.	F	ون *Fraxinus* sp.	سرو سیمین *Cupressus arizonica*	کاج تهران *Pinus eldarica*	اقاقیا–ون *R. pseudoacacia-Fraxinus* sp.	اقاقیا–سرو سیمین *R. pseudoacac ia-C. arizonica*	اقاقیا *Robinia pseudoacacia*	
0.00	185.75	11.16(±0.25)^{c}	14.79(±0.32)^{b}	18.07(±0.35)^{a}	10.67(±0.26)^{c}	11.21(±0.34)^{c}	6.34(±0.1)^{d}	قطر برابرسینه (سانتی‌متر) DBH (cm)
0.00	343.58	3.49(±0.06)^{d}	6.73(±0.13)^{b}	8.34(±0.16)^{a}	3.59(±0.07)^{d}	5.30(±0.17)^{c}	2.49(±0.04)^{e}	ارتفاع درخت (متر) Tree height (m)
0.00	149.95	2.04(±0.03)^{d}	3.32(±0.063)^{a}	2.71(±0.05)^{b}	2.08(±0.03)^{d}	2.44(±0.07)^{c}	1.58(±0.02)^{e}	میانگین قطر تاج (متر) Mean crown diameter (m)

حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بین میانگین‌ها در تیپ‌های جنگلی مورد بررسی است.

Dissimilar lowercase letters indicate significant difference at 0.05 confidence level for the mean of the analysed parameters in the studied forest types.

در جدول۴، ضرایب متغیرهای مستقل در هریک از مدل‌ها نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، متغیرهای اسیدیته، درصد رس و جرم مخصوص ظاهری خاک (ویژگی‌های

فیزیکی و شیمیایی خاک) و متغیرهای قطر برابرسینه، ارتفاع و میانگین قطر تاج (مشخصات کمی درختان) به‌دلیل داشتن ضریب بتا بالا در تمامی مدل‌های تیپ‌ها نسبت به متغیرهای دیگر در مدل رگرسیونی از اهمیت بالایی برخوردار بودند. به این ترتیب مشخص شد که اسیدیته، درصد رس و جرم مخصوص ظاهری خاک (ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک) و قطر برابرسینه، ارتفاع و میانگین قطر تاج (مشخصات کمی درختان) ، بهترین متغیرها برای پیشگویی متغیر وابسته (کربن آلی) بودند.

مدل کلی با استفاده از رگرسیون گام به گام (جدول ۵) نشان داد که از بین متغیرهای اندازه‌گیری شده خاک و مشخصات کمی درختان، قطر برابر سینه درختان مؤثرترین متغیر در پیش‌بینی درصد کربن آلی خاک در کل پارک لویزان بود.

جدول ۴- ضرایب متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی کربن آلی (متغیر وابسته) در تیپ‌های جنگلکاری مختلف در پارک جنگلی لویزان براساس رگرسیون گام به گام

Table 5. Coefficients of independent variables to predict the organic carbon (dependent variable) under different plantation types in Lavizan Forest Park based on stepwise regression

تیپ جنگلکاری Plantation type	عمق خاک Soil depth	R^2تعدیل‌یافته Adjusted R square	متغیرهای مستقل Independent variables	ضرایب استانداردنشده Unstandardised coefficients		ضرایب استانداردشده Standardised coefficients	t	Sig.
				B	اشتباه معیار Std. error	Beta		
اقاقیا *Robinia pseudoacacia*	10-30	0.991	(مقدارثابت) (Constant)	7.258	0.683		10.624	0.009
			اسیدیته خاک pH	-0.377	0.082	-0.222	-4.618	0.044
			جرم مخصوص ظاهری (گرم/سانتی‌متر مکعب) Bulk density (gr/cm3)	-1.501	0.072	-1.000	-20.81	0.002
اقاقیا-سرو سیمین *R. pseudoacacia- C. arizonica*	۱۰-۰	0.993	(مقدار ثابت) (Constant)	-3.158	0.299		-10.550	0.009
			میانگین قطر تاج Mean crown diameter (m)	2.001	0.101	1.420	19.882	0.003
			رس (درصد) Clay (%)	0.060	0.007	0.616	8.628	0.013
	10-30	0.904	(مقدار ثابت) (Constant)	0.952	0.194		4.898	0.016
			میانگین قطر تاج Mean crown diameter (m)	0.477	0.077	0.963	6.216	0.008
اقاقیا-ون *R. pseudoacacia- Fraxinus* sp.	0-10	0.703	(مقدار ثابت) (Constant)	-3.603	1.728		-2.085	0.128
			قطر برابرسینه DBH (cm)	0.488	0.151	0.882	3.235	0.048

ادامهٔ جدول ۴.

Continued table 4.

Sig.	t	ضرایب استانداردشده Standardised coefficients	ضرایب استانداردنشده Unstandardised coefficients		متغیرهای مستقل Independent variables	R^2تعدیل‌یافته Adjusted R square	عمق خاک Soil depth	تیپ جنگلکاری Plantation type
		Beta	اشتباه معیار Std. error	B				
0.003	18.32		0.059	1.078	(مقدار ثابت) (Constant)	0.996	0-10	کاج تهران *Pinus eldarica*
0.012	8.92	0.466	0.02	0.175	میانگین قطر تاج (متر) Mean crown diameter (m)			
0.008	11.38	0.594	0.009	0.10	ارتفاع درخت Height (m)			
0.182	-1.731		0.924	-1.6	(مقدار ثابت) (Constant)	0.805	10-30	
0.025	4.184	0.924	0.045	0.19	قطر برابرسینه DBH (cm)			
0.006	-13.372		0.049	-0.661	(مقدار ثابت) (Constant)	0.999	0-10	سروسیمین *Cupressus arizonica*
0.014	-8.275	-0.074	0.002	-0.019	رس (درصد) Clay (%)			
0.000	107.842	0.962	0.002	0.188	قطر برابر سینه DBH (cm)			
0.021	4.448		14.652	65.17	(مقدار ثابت) (Constant)	0.815	10-30	
0.023	-4.309	-0.928	1.830	-7.88	اسیدیته خاک pH			
0.004	-8.247		2.379	-19.61	(مقدارثابت) (Constant)	0.952	0-10	ون *Fraxinus* sp.
0.003	8.947	0.982	0.296	2.65	اسیدیته خاک pH			
0.05	-3.17		0.646	-2.046	(مقدارثابت) (Constant)	0.833	10-30	
0.02	4.57	0.935	0.058	0.265	قطربرابرسینه DBH (cm)			

جدول ۵- ضرایب متغیرهای مستقل برای پیش‌بینی کربن آلی (متغیر وابسته) در کل پارک جنگلی لویزان براساس رگرسیون گام به گام

Table 5. Coefficients of independent variables to predict the organic carbon (dependent variable) in the whole Lavizan Forest Park based on stepwise regression.

متغیرهای مستقل Independent variables	R^2تعدیل‌یافته Adjusted R square	ضرایب استانداردنشده Unstandardised coefficients		ضرایب استانداردشده Standardised coefficients	t	Sig.
		B	اشتباه معیار Std. error	Beta		
(مقدارثابت) (Constant)	0.345	0.746	0.217		3.440	0.001
قطربرابرسینه (سانتی‌متر) DBH (cm)		0.088	0.016	0.597	5.661	0.000

بحث

بسیاری از پژوهش‌های اخیر (Varamesh et al., 2010، Hopmans and Elms, 2009، Rossi et al., 2009، Wauthers et al., 2008، Bordbar and Jahromi, 2006)، نشان داده‌اند که جنگلکاری قابلیت زیادی در ذخیره کربن خاک دارد. نتایج این پژوهش (جدول ۱) نیز نشان داد که جنگلکاری سبب افزایش ذخیره کربن خاک می‌شود. تفاوت‌های مشاهده‌شده در مقدار کربن موجود در خاک‌های مورد بررسی در این پژوهش، نشانه بارز تأثیرگونه‌های مورد استفاده در جنگلکاری بر مقدار ذخیره کربن است. این موضوع نشان می‌دهد که گونه‌های مختلف توانایی متفاوتی در بازسازی خاک اکوسیستم از طریق تأثیر بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در تعامل با دیگر اجزای اکوسیستم دارند. Dinakaran and krishnayya (2008) معتقدند که نوع پوشش گیاهی تأثیر معنی‌داری بر مقدار ذخیره کربن خاک می‌گذارد؛ به‌طوری‌که تغییر در مقدار ذخیره کربن خاک، به مقدار ورودی کربن به خاک از راه بقایای گیاهی و هدررفت کربن از راه تجزیه بستگی دارد. نتایج تحقیقات Mahmoudi Taleghani et al. (2007) هم نشان داد که موجودی سرپای جنگل و تنوع در ترکیب و آمیختگی گونه‌ها از عوامل مهم تأثیرگذار بر ترسیب کربن است.

در این پژوهش، ذخیره کربن در تیپ کاج تهران بیشتر از تیپ‌های دیگر بود (جدول ۱). به‌نظر می‌رسد که تجمع لاشبرگ در سطح خاک و حفاظت بیشتر سوزنی‌برگان از خاک، تأثیر چشمگیری در جلوگیری از هدررفت کربن دارد. همچنین گونه‌های سوزنی‌برگ تندرشدتر و دارای سطح برگ بیشتری نسبت به گونه‌های پهن برگ هستند. بنابراین، در منطقه مورد بررسی مقدار ذخیره کربن خاک در تیپ‌های سوزنی‌برگ در مقایسه با پهن‌برگ بیشتر بوده است. Nobakht et al. (2011) در پژوهشی با هدف مقایسهٔ مقدار ذخیره کربن خاک در جنگلکاری‌های خالص سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در طرح جنگلداری دهمیان، مازندران به این نتیجه رسیدند که مقدار ذخیره کربن در خاک سوزنی‌برگان بیشتر از پهن‌برگان است. درحالی‌که، Varameshet al. (2010) در بررسی تأثیر جنگلکاری در افزایش ذخیره کربن و بهبود ویژگی‌های خاک در پارک چیتگر تهران نتیجه گرفتند که کربن ذخیره‌شدهٔ خاک در توده اقاقیا بیشتر از توده کاج تهران بود که علت این موضوع را به‌دلیل بالا بودن نیتروژن خاک در

توده اقاقیا نسبت به توده کاج تهران دانسته‌اند. از طرف دیگر در پارک چیتگر تهران، توده اقاقیا نسبت به توده کاج از زی‌توده بالاتری برخوردار بود که این امر به بیشتر بودن زی‌توده ریشه و افزایش ذخیره کربن در خاک این تیپ نسبت داده شد.

در بین سوزنی‌برگان مقدار ذخیره کربن در هر دو عمق مورد بررسی، در تیپ کاج بیشتر از تیپ سرونقره‌ای بود (جدول ۱) که علت آن را می‌توان به بیشتر بودن ضخامت لاشبرگ در تیپ کاج در منطقه مورد بررسی دانست. مقدار ذخیره کربن در هر دو عمق مورد بررسی، در تیپ آمیخته اقاقیا–سرو بیشتر از تیپ آمیخته اقاقیا–ون بود (جدول ۱). Cannel (1993) and Dewar در بررسی خود در جنگل‌های اسکاتلند به این نتیجه رسیدند که گونه‌های سوزنی‌برگ موجب افزایش تراکم لاشبرگ در سطح خاک و به‌عبارتی موجب افزایش کربن آلی خاک می‌شود. وارد کردن سوزنی‌برگان در توده‌های پهن‌برگ موجب افزایش کربن در افق‌های آلی و معدنی خاک می‌شود، زیرا خاک در توده‌های سوزنی‌برگ اسیدی‌تر از توده‌های پهن‌برگ است. Augusto et al. (2002) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که سوزنی‌برگان سبب کاهش pH خاک می‌شوند. بدیهی است که تغییرات pH خاک موجب تغییراتی در جذب نیتروژن و فعالیت میکروارگانیسم‌ها و جذب مواد غذایی توسط درختان می‌شود و در مقدار کربن خاک تغییر ایجاد می‌کند.

در مقایسه بین پهن‌برگان در این پژوهش، مشخص شد که مقدار ذخیره کربن در خاک زیر تیپ اقاقیا بیشتر از زبان‌گنجشگ است (جدول ۱). دلیل این امر را می‌توان به قابلیت بالای گیاهان خانواده نیام‌داران (Fabaceae) در تثبیت نیتروژن و رابطه مستقیم بین ذخیره کربن و تثبیت نیتروژن نسبت داد (Aliarab et al., 2005). نتایج پژوهش Varamesh et al. (2010) در پارک جنگلی چیتگر نیز نشان داد که ترسیب کربن خاک در توده اقاقیا بیشتر از توده زبان‌گنجشگ است.

براساس جدول ۱، مقدار ذخیره کربن در تمامی تیپ‌ها در عمق ۱۰–۳۰ سانتی‌متری بیشتر از عمق ۰–۱۰ سانتی‌متری خاک بود. درحالی‌که مشخص شد مقدار کربن آلی در تمامی تیپ‌ها در عمق ۰–۱۰ سانتی‌متری بیشتر از عمق ۱۰–۳۰ سانتی‌متری خاک است. ذخیرهٔ کربن کل خاک شامل اجزای فعال (مواد گیاهی تجزیه‌پذیر، مواد گیاهی مقاوم، زی‌تودهٔ میکروبی و مواد گیاهی هوموسی‌شده) و غیرفعال کربن است (Jimenez et al., 2011). بسیاری از بررسی‌ها نشان داده‌اند که کربن تجزیه شده از مواد آلی و سخت کف جنگل (شاخه‌ها، برگ‌ها، پوست و میوه) به لایه‌های سطحی خاک وارد می‌شود و سپس به‌وسیله پدیده جابه‌جایی به لایه‌های معدنی در عمق‌های پایین‌تر خاک انتقال می‌یابد و این فرآیند منجر به افزایش مقدار ذخیره کربن در لایه‌های معدنی خاک می‌شود (Peichl and Arain, 2006). همچنین، آبیاری و بارندگی، می‌تواند سبب انتقال مواد آلی کف جنگل و یا ترکیبات کربن‌دار لایه‌های سطحی به عمق‌های معدنی خاک شود. البته عوامل فیزیوگرافی، مانند شیب منطقه، هم می‌توانند تأثیرگذار باشد (Vahedi et al., 2014). Jimenez et al. (2011) بیان کردند که در خاک‌های رسی–سیلتی و به‌ویژه خاک‌هایی با درصد رس بیشتر، به‌دلیل چسبندگی ذرات خاک، حجم هدر رفت کربن در طی تبادلات، کم‌تر است و این موضوع سبب افزایش هر چه بیشتر ذخایر کربن آلی خاک می‌شود. در پارک لویزان، تیپ‌های اقاقیا، اقاقیا–سرو و سرو سیمین در عمق ۱۰–۳۰ سانتی‌متری خاک دارای درصد رس بیشتری نسبت به عمق ۰–۱۰ سانتی‌متری بودند و این امر بیشتربودن ذخیره کربن در عمق پایین‌تر خاک را توجیه می‌کند. Vahedi et al. (2014)

نیز در بررسی تغییرات ذخایر وزنی حوض کربن آلی خاک در ارتباط با تنوع زیستی به نتیجه مشابهی دست یافتند. همچنین، Pato et al. (2017) نشان دادند که مقدار ذخیره کربن در عمق ۰–۱۵ سانتی‌متری خاک با وجود بالابودن درصد کربن آلی در این عمق، کمتر از عمق ۱۵–۳۰ سانتی‌متر بوده است. همچنین در پژوهشی در جنگل گلبند در شمال کشور، مقدار ذخیره کربن خاک در عمق ۱۰–۳۰ سانتی‌متر بیشتر از عمق ۰–۱۰ سانتی‌متر گزارش شد (Mahmoudi Taleghani et al., 2007).

نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که اسیدیته، درصد رس و جرم مخصوص ظاهری خاک (مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک) و قطر برابر سینه، ارتفاع و میانگین قطر تاج (مشخصات کمی درختان) مهم‌ترین اجزای تأثیرگذار بر کربن آلی خاک هستند. Skullberg (1991) با بررسی تغییرات pH در لایه‌های مختلف خاک در توده نوئل (*Picea abies*) به این نتیجه رسید که pH می‌تواند ارتباط معنی‌داری با کربن آلی خاک داشته باشد. درحالی‌که Zahedi (1998) در پژوهشی که به‌منظور مقایسه ترسیب کربن در دوتوده پهن‌برگ راش–بلوط و افرا–ون انجام داد، نتیجه گرفت که pH با برخی از عناصر خاک مانند نیتروژن رابطه معنی‌داری دارد، اما ارتباط معنی‌داری بین کربن و pH مشاهده نکرد. Varamesh et al. (2010) نیز نشان دادند که بین درصد کربن و مقدار اسیدیته خاک رابطه معنی‌داری وجود دارد. بالا بودن مقدار ذرات ریز خاک مانند رس و سیلت، که در بیشتر خاک‌های تکامل یافته دیده می‌شود، در حفظ و تثبیت کربن آلی نقش و اهمیت دارد (Muller and Hoper, 2004). خاک‌هایی با بافت ریز در مقایسه با خاک‌های درشت دانه، در درازمدت قابلیت بیشتری در ترسیب و ذخیره کربن دارند. نتایج بسیاری از پژوهش‌ها نشان‌دهنده ارتباط قطعی و معنی‌دار بین مقدار رس و کربن ذخیره‌ای خاک است (Joneidi et al., 2013). Sheidai et al. (2017) در بررسی ارتباط ذخیره کربن آلی خاک با برخی ویژگی‌های خاک در مراتع آذربایجان شرقی به این نتیجه رسیدند که رطوبت اشباع، اسیدیته، سیلت (لای)، هدایت الکتریکی و مقدار رس به‌ترتیب با ضرایب مسیر ۰/۴۴۳، ۰/۲۴۴–، ۰/۲۲۳، ۰/۲۰۴– و ۰/۱۷۵ اثر مستقیمی بر مقدار کربن آلی ذخیره‌ای خاک دارند. در پژوهشی دیگر با هدف تعیین روابط بین ذخیره کربن آلی خاک با برخی از متغیرهای رویشگاهی در توده آمیخته راش– ممرز نشان داده شد که رس، ساختمان خاک، رطوبت و حرارت خاک بیشترین سهم را در تخمین ذخیرهٔ کربن آلی خاک دارند (Moslehi et al., 2018).

بر اساس پژوهش پیش‌رو، افزون بر اسیدیته و درصد رس، جرم مخصوص ظاهری خاک هم بر درصد کربن آلی تأثیر می‌گذارد. بین جرم مخصوص ظاهری و درصد کربن آلی خاک رابطه‌ای متقابل وجود دارد؛ چنانکه افزایش مقدار مادهٔ آلی خاک، جرم مخصوص ظاهری را کاهش و درصد منافذ و نفوذپذیری خاک را افزایش می‌دهد که می‌تواند به کاهش رواناب منجر شود. با کاهش رواناب، هدررفت کربن از راه فرسایش کاهش می‌یابد (Mahmoudi Taleghaniet al., 2007). Pato et al. (2017) نیز در بررسی خود به نقش جرم مخصوص ظاهری خاک بر افزایش مقدار ذخیره کربن اشاره کردند. همچنین، Gholami et al. (2016) دریافتند که تغییر کاربری زمین‌های جنگلی به کشاورزی، موجب کاهش مقدار مواد آلی خاک و پایداری خاکدانه‌ها (تخریب ساختمان خاک) می‌شود که به‌نوبه خود، کاهش

تخلخل و افزایش جرم مخصوص ظاهری خاک را در پی دارد.

نتایج این پژوهش نشان داد که قطر برابرسینه، ارتفاع و میانگین قطر تاج، متغیرهای مؤثری در تعیین کربن آلی خاک در تیپ‌های مختلف جنگلکاری در پارک جنگلی لویزان هستند (جدول۴). Mahmoudi et al. (2012) نیز نشان دادند که افزایش ارتفاع تاغ (*Haloxylon persicum*) دست‌کاشت در دشت حسین آباد استان خراسان جنوبی با مقدار کربن خاک همبستگی مثبت دارد. یافته‌های پژوهش پیش‌رو با نتایج Panahi et al. (2011) در باغ گیاهشناسی ملی ایران، که با هدف بررسی مقدار کربن خاک در زیر درختان بنه (*Pistacia atlantica*) و تأثیر قطر تاج درخت بر مقدار کربن خاک انجام شد، هم‌خوانی دارد. با افزایش سطح تاج درختان، مقدار جذب دی‌اکسیدکربن از جو بیشتر و امکان ترسیب کربن در خاک افزایش می‌یابد. از بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده خاک و مشخصات کمی درختان در کل پارک لویزان، قطر برابرسینه درختان قوی‌ترین متغیر پیش‌بینی‌کننده کربن آلی در خاک بود (جدول ۵). دلیل این امر را می‌توان در توانایی بالای درختان قطور در افزایش حاصلخیزی خاک و ایجاد چرخه بزرگ‌تر درخت–لاشبرگ–عناصر غذایی دانست (Bernhard, 1982). این یافته را می‌توان چنین تفسیر کرد که افزایش رشد قطری و ارتفاعی درختان و در پی آن افزایش لاشبرگ که منبع اصلی مواد آلیست، سبب افزایش توانایی درختان در نگهداشت و در نهایت بازگشت عناصری مانند کربن به خاک می‌شود. نتایج این پژوهش با یافته‌های Salehi et al. (2011)، که نشان دادند بین قطر برابرسینه درختان و کربن آلی خاک در مناطق کمتر تخریب‌یافته زاگرس رابطه‌ای مثبت وجود دارد، همسو است.

نتیجه‌گیری

افزایش گازهای گلخانه‌ای به‌ویژه کربن در کلان–شهرهایی مانند تهران یکی از دغدغه‌های امروزی است. نتایج این پژوهش نشان داد که جنگلکاری تأثیری شگرف بر ذخیره کربن خاک دارد. از طرف دیگر، آمیختگی گونه‌ها و تیپ جنگلکاری بر مقدار ذخیره کربن در خاک بسیار مؤثر است. بنابراین، پیشنهاد می‌شود که این نتایج در مدیریت جنگلداری شهری مورد استفاده قرار گیرد. با شناخت گونه‌های دارای قابلیت بیشتر ذخیره کربن و همچنین بررسی عوامل مدیریتی تأثیرگذار بر این فرآیند، می‌توان به اصلاح و احیای اراضی از جنبه شاخص ذخیره کربن امیدوار بود. این نگرش سیستمی در اصلاح و احیای محیط زیست، ضمن تأمین حفاظت کمی و کیفی ویژگی‌های خاک، می‌تواند راهکاری مؤثر برای مقابله با آلودگی هوا وبحران تغییر اقلیم و در نهایت دست–یابی به توسعه پایدار باشد. پیشنهاد می‌شود که در مناطقی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مشابه خاک، که هدف از جنگلکاری کاهش دی‌اکسید کربن جو است، از گونه کاج تهران برای مقابله با تغییر اقلیم و افزایش ذخیره کربن در خاک استفاده شود.

References

Aliarab, A.; Hoseini, M.H.; Jalali, GH., Effects of *Acer velutinum*, *Robinia pseudoacania*, *Populus balsamifera* and *Cupressus sempervirens* on some soil physico-chemical properties in eastern Haraz forestry, *Journal of water and soil* **2005**, 19, 104-116.

Azadi, A.; Hojati, S.M.; Jalilvand, H.; Naghavi, H., Investigation on soil carbon sequestration and understory biodiversity of hardwood and softwood plantations of Khoramabad city (Makhamalkoh site), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, 21 (4), 702-715. (In Persian)

Bejarano, A.; Mataix-Solera, J. R.; Zornoza, C.; Guerrero, V.; Arcenegui, J.; Mataix-Beneyto, Cano-Amat, S., Influence of plant species on physical, chemical and biological soil properties in a Mediterranean forest soil, *European Journal of Forest Research volume* **2010**, 129, 15–24.

Bernhard, R.F., Biogeochemical cycle of nitrogen in semi-arid savanna, *Journal of Oikos* **1982**, 38: 321- 332.

DeGryze, S.; Six, J.; Paustian, K.; Morris, S. J.; Paul E. A.; Merckx, R., Soil organic carbon pool changes following land-use conversions, *Global Change Biology* **2004**, 10, 1120-1132.

Dinakaran, J.; Krishnayya, N. S. R., Variation in type of vegetal cover and heterogeneity of soil organic carbon in affecting sink capacity of tropical soils, *Current Science* **2008**, 94 (9), 1144-1150.

Fathi, m.; Babaei Kafakki, S.; Kiadaliri, H., Effects of afforestation on soil carbon sequestration rates in Pardisan Park of Tehran, *Renewable Natural Resources Research* **2015**, 6 (2), 1-12.

Gholami, L.; Davari, M.; Nabiollahi, Joneidi, K.; Jafari, H., Effect of land use changes on some soil physical and chemical properties (case study: Baneh), *Journal of Water and Soil Resource Conservation* **2016**, 5 (3), 13-27.

Gratani, L.; Varone, L.; Bonito, A., Carbon sequestration of four urban parks in Rome, *Urban Forestry & Urban Greening* **2016**, 19, 184–193.

Gruneberg, E.; Ziche, D.; Wellbrock, N., Organic carbon stocks and sequestration rates of forest soils in Germany, *Global Change Biology* **2014**, 20, 2644–2662.

Haghdoost, N.; Akbariniya, M.; Hoseini, M.; Varamesh, S., Effects of substitution of degraded natural, *Journal of Eenvironmental studies* **2012**, 38 (3), 135-146.

Jimenez, J. J.; Lal, R.; Leblanc H. A.; Russo, R. O.; Soil organic carbon pool under nativetree plantations in Caribbean lowlands of Costa Rica, *Forest Ecology and Management* **2011**, 241, 134–144.

Joneidi, H.; Azarnivand, H.; Zare Chahooki, M.A.; Jafari, M.; Nikoo, S., Study of the effects of some ecological factors and management practices on carbon sdorage in *Artemisia sieberi* species in rangelands using PCA analyze, *Journal of natural environment* **2013**, 65 (4), 451-464.

Kiaee, M.; Jafari, M., Investigation and consideration of forest tree reaction to climate and environmental changes (Case study: Lavizan forest park), *Journal of Plant Research* **2014**, 27, 130-141.

Kulakova, N., Impact of plant species on the formation of carbon and nitrogen stock in soils under semi-desert conditions, *European Journal Forest Research* **2012**, 131, 1717–1726.

Liua, X.; Li, X., Carbon storage and sequestration by urban forests in Shenyang, China, *Urban Forestry & Urban Greening* **2012**, 11, 121– 128.

Loni, A.; Radnezhad, H.; Martynova-van kley, A.; Hassanvand, A.; Sadeghi, M.; Zaremanesh, H., The role of Haloxylon plantations in improving carbon sequestration potential of sand dunes of Iran, *Ecology and Environmental Research* **2018**, 16 (1), 321-333.

Mahmoudi, A.; Zahdiamire, G.H.; Adali, A., Estimates of carbon sequestration in managed forests (forest garland case study in the north), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2007**, 3,241-252. (In Persian)

Mahmoudi, A.A.; Zahedi, Gh.; Etemad, V., The investigation on the relationship between soil physical and chemical properties and succulence of natural and planted saxaul (Haloxylon spp) (Case study: Hosseinabad plain, Southern Khorasan province), *Iranian Journal of Forest* **2012**, 4 (4), 289-299.

Moslehi, M.; Habashi, H.; Rahmani, R.; Saghebtalebi, Kh., Relationship between soil organic carbon pool and some site variables in the mixed beechhornbeam stand, *Journal of Forest Research and Development* **2018**, 3 (4), 329-342.

Muller, T.; Hoper, H., Soil organic matter turnover as a function of the soil clay content: consequences for model applications, *Soil Biol Biochem* **2004**, 36, 877–888.

Nobakht, A.; Pourmajidiyan, M. R.; Hojati, M.; Fallah, A., A comparison of soil carbon sequestration in hardwood and softwood monocultures (Case study: Dehmian forest management plan, Mazindaran), *Iranian Journal of Forest* **2011**, 3 (1), 13-23. (In Persian)

Pato, M.; Salehi, A.; Zahedi, G.H.; Shafiei, A., Soil carbon stock and its relationship with physical and chemical characteristics in soil

of different land-uses in Zagros region, *Journal of Forest and Wood Product* **2017**, 4: 747-756. (In Persian)

Panahi, P., Pourhashemi, M.; Hassani Nejad, M., Estimation of leaf biomass and leaf carbon sequestration of *Pistacia atlantica* in National Botanical Garden of Iran, *Iranian Journal of Forest* **2011**, 3 (1), 1-12. (In Persian)

Peichl, M.; Arain, M. A., Above- and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an agesequence of white pine plantations in southern Onfario, Canada, *Agricultural and Forest Meteorology* **2006**, 140, 51–63.

Rossi, J., Govaerts, A.; Bruno, D.V.; Verbist, B.; Vevourt, A.; Poesen, J.; Muys B.; Deckers, J., Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests, a case study of southeastern Tanzania, *Catena* **2009**, 77 (1), 19-27.

Sheidai Karkaj, A.; Barani, H.; Motamedi, J., Soil organic carbon reserve relationship with some soil properties in East Azerbaijan rangelands, *Journal of Rangeland* **2017**, 11 (2), 125-138.

Skullberg, U., Seasonal variation of pH_{H2O} and pH_{CaCL2} in centimeter- layers of mor humus in a *Picea Abies* (L.) Karst stand, *Scandinavian Journal of Forest Research* **1991**, 6, 3-18.

Soleimani, A., Hosseini, S.M.; Massah Bavani, A.R.; Jafari, M.; Francaviglia, R., The effects of tree species on soil organic Carbon and soil properties in natural forest and plantations of northern Iran (Case study: Darabkola Forest-Sari), *Journal of Environmental Science and Technology* **2019**, 21 (9), 173-183.

Svirejeva-Hopkins, A.; Schellnhuber, H., Modelling carbon dynamics from urban land conversion: fundamental model of city in relation to a local carbon cycle, *Carbon Balance and Management* **2006**, 1-8.

Varamesh, S.; Hosseini, S.M.; Abdi, N., Comparison of broad-leavedand needle-leaf species of carbon sequestration in urban forests (case studyCheetgar park Tehran), M.Sc. Thesis, Department of natural resources andmarine sciences. University of Moddaress. **2010**. 86p. (In Persian)

Vahedi, A.; Motaji, A.; Eshaghi Rad, J., Variation of soil organic carbon pool weight associated with plant biodiversity (case study: mixed-Beech forests of Glandrood in Nour), *Iranian Journal of Applied Ecology* **2014**, 3 (7), 1-12. (In Persian)

Wauters, JB.; Coudert, S.; Grallien, E.; Jonard, M.; Ponette, Q., Carbon stock in rubber tree plantations in western Gana and MatoGrosso (Brazil), *Forest Ecology and Management* **2007**, 225 (2008), 2347-2361.

Wong, V.; Murphy, B.; Koen, T.; Greene, R.; Dalal, R., Soil organic carbon stocks in saline and sodic landscapes, *Australian Journal of Soil Research* **2008**, 46, 378-389.

Zuidema, P.A.; Baker, P.J.; Groenendijk, P., Tropical forests and global change: filling knowledge gaps, *Trends in plant science* **2013**, 18, 413–419.

The study of soil carbon storage in Lavizan Forest Park, Tehran

M. Mahmoudi[1], E. Ramezani Kakroudi[*2], A. Banj Shafiei[3], A. Salehi[4], M. Pato[5] and O. Hosseinzadeh[6]

1- Ph.D. of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran. (Maryammahmoodi63@gmail.com)
2- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran. (e.ramezani@urmia.ac.ir)
3- Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I.R. Iran. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)
4- Associate Professor of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Gilan University, Gilan, I.R. Iran. (asalehi@guilan.ac.ir)
5- Ph.D. of Forest Sciences, Expert of Natural Resources and Watershed Management Department of Mahabad, I.R. Iran. (patomajid@yahoo.com)
6- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (o.hoseinzadeh@urmia.ac.ir)

Received: 03.08.2020 Accepted: 26.10.2020

Abstract

This study was performed in six plantations including *Pinus eldarica* and *Cupressus arizonica* (pure coniferous), *Robinia pseudoacacia* and *Fraxinus* sp. (pure broadleaved) along with *R. pseudoacacia-Fraxinus* and *R. pseudoacacia-C. arizonica* (mixed) in Lavizan Forest Park. Soil carbon stock was measured and the relationship between some physico-chemical properties of soil with organic carbon was examined. Soil acidity, texture, bulk density, particle density and percentage organic carbon were measured in 60 soil samples collected from 0-10 cm and 10-30 cm depths under the plantations. According to the results, the maximum and minimum soil carbon stocks in both depths were seen in *Pinus eldarica* and *Fraxinus* types, respectively. In all plantations under consideration, carbon storage was greater at lower, i.e. 10-30 cm, soil depth. In both studied soil depths, the highest carbon storage in pure coniferous and hardwood types was respectively observed in *P. eldarica* and *R. pseudoacacia* plantations and among mixed types in *R. pseudoacacia-C. arizonica* type. Also, stepwise regression showed that of physic-chemical soil properties, pH, bulk density and clay and of quantitative characteristics of trees, DBH, hight and crown diameter were the most important factors affecting soil organic carbon in the study area.

Keywords: Global warming, Plantation, Semi-arid areas, Soil carbon storage.

[*] Corresponding author Tel: +989143884194